

有明工業高等専門学校紀要

第 36 号

平成 12 年 1 月

Research Reports
of the
Ariake National College of Technology
No. 36
January 2000

Published by Ariake National College of Technology

Omuta, Japan

目 次

	坂 西 文 俊
本校の成績処理システムの改良	福 田 浩 人 1
	鴨 田 孝 之
	谷 口 光 男 7
7世紀から12世紀にかけてのアイルランドにおけるネイションの生成と社 会構造研究序説（I）－D. オコラーン「ノルマン人侵入以前のアイルラ ンドにおけるナショナリティと王権」の翻訳と解説を通しての「始め」－	鶴 島 博 和
Note on the Upper Bound of the Growth of Biholomorphic Convex Mappings	本 田 竜 広 17
有心2次曲線のグラフから未知係数、焦点、準線等の幾何学的構成	川 上 龍 男 21
—双曲線の場合—	
	中 村 俊三郎
酸化物高温超伝導体における低周波交流損失（1）	藤 吉 孝 則 31
—ピンニング・パラメータ依存性について—	山 藤 鑑
	笠 間 敏 博
混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図	西 山 治 利 37
	村 岡 良 紀
長福寺（大分県日田市）の建物について	松 岡 高 弘 45
	森 山 恵 香
旧貝島嘉蔵・健次家の住宅について	松 岡 高 弘 65
	川 上 秀 人
	北 野 隆
	田 口 紘 一
仕上げ加工におけるチップ取り付け角の工具寿命へ及ぼす影響	明 石 剛 二 77
	田 口 紘 一
スラスト軽減のための新しいドリルチゼル部形状の開発	明 石 剛 二 85
	貝 田 正 實
	田 口 紘 一
スラスト軽減のための新しいドリルチゼル部形状の開発	明 石 剛 二 93
(第2報 改良型の切削性能)	貝 田 正 實

ミニヒートパイプ列による電子機器の冷却に関する研究 (最大熱輸送量を予測する理論計算)	吉田正道 M.SCHNEIDER 101 M.GROLL
教育・研究用移動ロボットの研究(2) —第2ステップモデルの全体構造と重量—	瀬々浩俊 堀切淳一 105 川崎義則 木下正作
電子回路実験用ブレッドボードの電気特性について	石井康太郎 池上勝也 111 荻島真澄
廃食油からのリサイクル石けん製造プラントの設計・製作(最終報)	木下正作 多田隈秀憲 121 上原弘 川崎義則
エーテル+メタノール+アルカン系液液平衡のASOGによる相関	渡辺徹 本田克美 133 東内秀機 荒井康彦
Sexism and English Textbooks for Japanese Students	安部規子 141
On the Verb-Adverb Combination in Defoe's <i>Captain Singleton</i> : With Special Reference to Nautical Terms	村田和穂 151
研究活動概要(自1998年10月～至1999年9月)	161

本校の成績処理システムの改良

坂西文俊・福田浩人・堀田孝之

〈平成11年9月30日受理〉

An Improvement on the Statistical Processing
of Students' Records in Our College

Fumitoshi SAKANISHI, Hiroto FUKUDA, Takayuki HORITA

The system for the data management of students' records was developed by using campus LAN.
In this paper, we have described an improvement on the statistical processing of students' records in our college.

1. 一般的な成績処理の概要

一般に、成績処理は大きく分けて3つの行程からなる。第1行程は学生氏名や科目名等のマスターファイルの作成、第2行程は成績データの入力、第3は入力された成績データの処理である。

したがって、成績処理システムの構築においては、上記3つの行程がスムーズに流れるように構築する必要がある。特に、3つの行程を行う機器が異なる場合は、その行程間でのデータ転送等も考慮しなければならない。

2. 本校の成績処理の経緯

本校の成績処理は、情報処理センターの汎用機とオフコンにより処理されていた。すなわち、汎用機でマスターファイルを作成し、OCR装置を接続したオフコンで成績データを入力、そのデータを汎用機で処理するという流れを、データ転送を伴って行わってきた。そして、学科の増設や進級制度の変更、学科のコース制導入等の度に、処理システム特に第3行程の成績データ処理部分の変更が行われてきた。

しかし、2000年問題により汎用機が使用できなくなる状況になってきたため、処理システムを全面的に見直す必要性が生じ、1998年度より、処理機器が従来の汎用機主体からパソコン主体に移行された。すなわち、第1行程のマスターファイル作成と第3行程の成績データ処理が、パソコンの表計算ソフトによる処理に移行された。ただし、第2行程の成績データの入力に関しては、この年度はシステム開発が間に合わず業者委託で行われた。

そして、1998年度末、校内LANを利用した成績データ入力のシステム開発が完了し、1999年度から、パソコンと校内LANを主体とした全く新しい成績処理のシステムが構築・運用されるようになった。

3. システム構築の留意点

システムの構築において留意しなければならない事項は、処理の信頼性と安全性、処理作業の軽減および簡易化、処理期間の短縮、結果出力における表現の柔軟性、経費節減等である。

また、処理機器の主体をどこに設定するかによって、システムの開発および運用の全容が大きく異なってくる。計算機の処理能力や信頼度の点から、従来、処理機器の主体は汎用機であったが、問題点として、処理内容に変更が生じた場合の修正作業の困難さや、成績一覧表等の出力表現の貧弱さ等があった。しかし、近年のパソコン等の処理能力の向上や表計算ソフトの機能の充実により、処理機器は必ずしも汎用機である必要はなくなり、逆にパソコン等の表計算ソフトの利用に移行した方が、汎用機での問題点も解決される状況になってきた。さらに、校内LANが完備された状況では、これを利用する道も開けた。ただし、各行程に異なる機器を使用した場合、それらの機器間でのデータ転送の必要性が生じる。したがって、処理機器の設定においては、すべての行程をLANのサーバ主体で行うことが理想的と考えられる[1]。

さて、本校の場合、LANサーバに表計算ソフトが存在していないため、処理機器の主体はパソコンに設定し、成績データは各教官室から校内LANを利用し

て入力し、それらの間でデータ転送を行うというシステムの流れを採用した。そして、この流れに従い、上記の留意事項を考慮しつつ、システムの開発・構築を行った。

4. 新システムの概要

上述のように、新システムは、第1行程のマスターファイルの作成と第3行程のデータ処理を、処理用パソコンで行い、第2行程の成績データ入力を、処理用パソコンとLANサーバ間のデータ転送を含めて校内LANを利用して行うように構築した。

具体的には、処理用パソコンでは、表計算ソフト(Excel)を用いて行い、成績データ入力は各教官のパソコンでブラウザソフト(Netscape NavigatorまたはInternet Explorer)を用いて行い、処理用パソコンとサーバ間のデータ転送は、ブラウザソフト(Netscape Navigator)で行うようにしている。

具体的な処理の流れは、以下の通りである(図1参照)。マスターファイルの作成とサーバへのデータ転送は年度初めに行い、他の作業は試験毎に行う。

各教官が成績データ入力を行うときは、安全性の点から科目コードの入力を組み入れ、信頼性の点から正式な成績データは成績報告書として印刷・提出の過程を組み入れている。

Excelの処理では、最低限のデータ登録で各種データ・シートが自動形成されたり、あるいはマクロで処理できるようにしている。また、ブラウザの処理では、ほとんどの操作がマウスによるボタン操作ができるようになっている。

■新システムでの処理の流れ

【第1行程】マスターファイルの作成

【年度始め／処理用パソコン】

①学生氏名・科目名・担当教官の登録。

→以下のデータまたはシートが自動形成される。
・各教官配布用科目コード連絡票
・サーバ送信用データ(学生氏名、科目名&コード)
・成績データ用シート

②科目コード連絡票の印刷と配布。

③成績データ用ブック原本の作成。

(マクロによる非常勤講師用成績報告書の印刷)

④サーバへのデータ転送。

(Excelで自動形成されたサーバ送信用データを、Netscape NavigatorのtextareaにCopy & Pasteし、サーバへ送信)

【第2行程】成績データの入力

【試験毎／教官パソコン】

①各教官による成績データの入力・送信、報告書印刷。(クラス選択→科目選択→科目コード入力・成績データ入力・送信→報告書印刷。ほとんどの操作はマウスによるGUI操作で行う)

→送信された成績データは、チェックナンバー(成績データを圧縮した8桁の数)が付加され、サーバに保存蓄積される。

*成績データを表計算ソフトに蓄積している教官の場合は、そのデータのCopy & Pasteでの入力が可能であり、そうでない教官の場合は、点数ボタンによる入力となる(図2参照)。

②印刷した成績報告書の提出。

【第3行程】成績データの処理

【試験毎／処理用パソコン】

①サーバからのデータ受信。

(サーバに蓄積された成績データを、Netscape Navigatorでのボタン操作で受け取り、Excelの成績データ用ブックの欄外にCopy & Paste)

②成績データ用ブックでのデータ入力。

(欄外にPasteしたリバーカーからの受け取りデータをマクロで一覧表内に転記、非常勤講師の成績は報告書のデータを手入力)

③成績処理用ブックでの成績処理。

(成績データ用ブックのデータをマクロにより処理し、成績仮一覧表およびチェックナンバー一覧表を自動形成)

④成績報告書のデータとチェックナンバー一覧表のデータの読み合わせ、誤データの修正。

⑤正式な成績一覧表、コース別成績別表の作成。

⑥学生個人用の成績通知表の印刷。

⑦サーバデータの消去。

(サーバに蓄積された成績データは、処理終了後、Netscape Navigatorでのボタン操作で消去)

⑧年度末は、マクロにより進級判定資料を作成。

5. 新システムの開発部分に関して

上述のような処理システムの運用ができるよう新たに開発した部分は、処理用パソコンのExcelのブック、および、LANサーバに載せたNetscape Navigatorのページ等である。具体的に開発したブックとページは次のものである。

■成績処理用Excelブックの作成について

処理作業の軽減を最優先に考え、数式や関数を多用し、最低限の入力で必要なデータやシートが自動形成できるように構築した。どうしても数式や関数で処理できない部分は、マクロ処理で対応できるようにした。

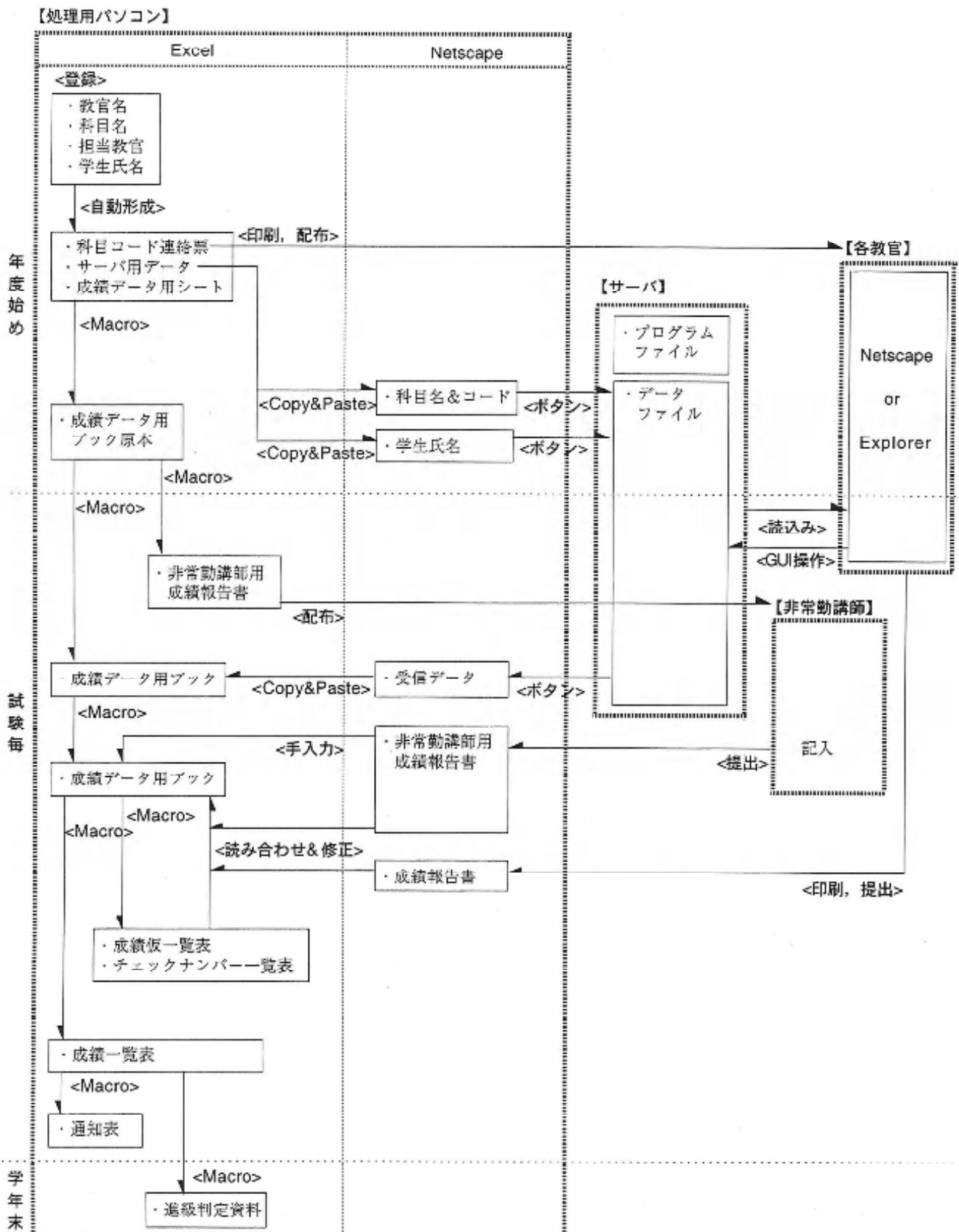


図1. 新システムでの成績処理の流れ

●マスターファイル用ブック

以下のシートを作成した。

- ①科目名・担当教官・学生氏名の登録シート
- ②各教官配布用科目コード連絡票シート
- ③サーバ送信用データ（学生氏名、科目名＆コード）
- ④成績データ用シート

②③④のシートは、①のシートへの登録により自動形成されるように作成した。また、④は、サーバからの受信データをシート内へマクロで転記できるように作成した。

●成績データ処理用ブック

以下のシートを作成した。

- ⑤成績処理用シート
- ⑥成績一覧表シート
- ⑦コース別成績別表シート
- ⑧成績通知表シート
- ⑨進級判定資料シート

⑤⑦は、上記④のシートを（マクロで）⑤に貼り付けるだけで自動形成されるように作成した。⑧⑨は、マクロで形成されるように作成した。

■成績データ入力・転送用のページ作成について

操作性の簡易化を最優先に考え、すべての操作が基本的にマウスによる GUI 操作できるように構築した。サーバでのファイル構成は、図 3 の通りである。

●成績データ入力用ページ

以下のページを作成した。各ページは JavaScript を伴う HTML ファイル、および、サーバでのデータ処理のための Perl による cgi ファイルの組からなる。

各教官のパソコンのブラウザソフトは、Netscape Navigator でも Internet Explorer でも対応できるように作成した。

①クラス選択ページ

②科目選択ページ

③科目コード入力ページ

④成績データ入力・送信ページ

⑤成績報告書印刷ページ

④の HTML ページでは、学生氏名を表示し、データ入力は、ボタンで個別に入力する方式と、表計算ソフトに蓄積済みのデータを Copy & Paste で貼り付けて入力する方式の 2 通りの入力が可能になるよう作成

図 2. 成績データ入力画面

した。また、④の cgi ページでは、受信した成績データを圧縮したチェックナンバーを自動生成し、それを付加してサーバに保存するように作成した。

●データ転送用ページ

次のページを作成した。

⑥データ転送用ページ

このページは、処理用パソコンのマスターファイルのデータをサーバに転送する処理、サーバに蓄積された成績データを処理用パソコンに転送する処理、各試験の成績処理終了後にサーバデータを消去する処理を、ボタン操作と Copy & Paste で行えるように作成した。

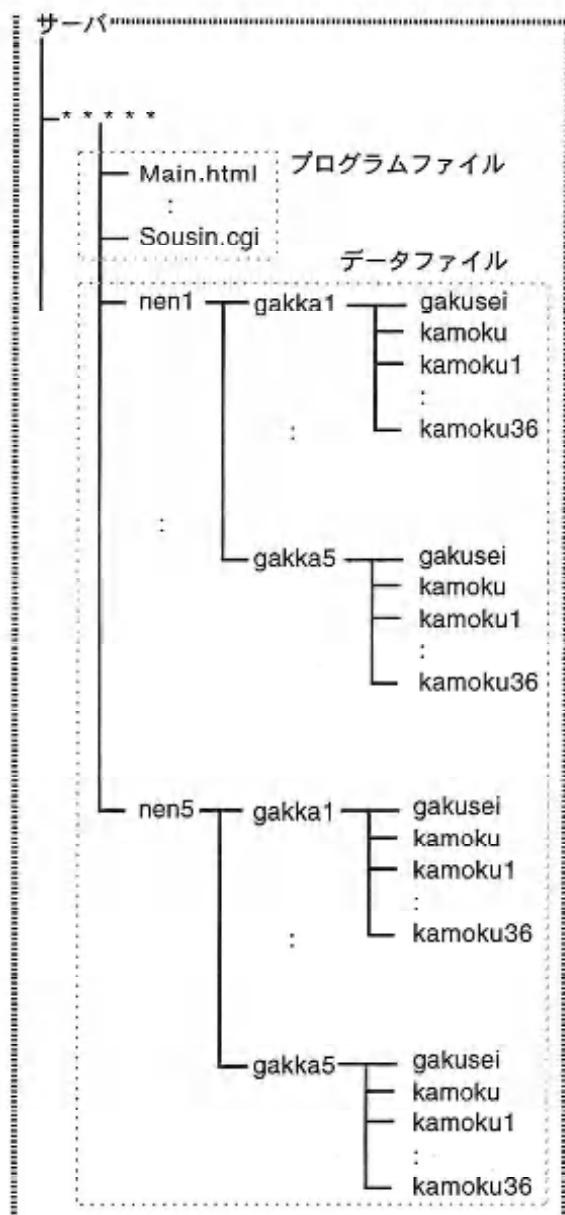


図3. サーバでのファイル構成

6. 新システムの長所と課題

新システムへの移行では、パソコンの処理能力の向上から信頼性においては同等と考えられる。また、仮一覧表と成績報告書の読み合わせも従来通りであるから、処理の安全性に関しても同等である。

新システムにより改善された点は以下の通りである。

- 手務的な作業が、表計算ソフトの自動形成やマクロ操作、ブラウザソフトの GUI 操作で行え、処理作業の軽減と簡易化が図れた。

- 成績データ入力において、表計算ソフトを使用している教官は報告書への手書きの転記が不要になった。

- 読み合わせ作業がチェックナンバーによる確認で行えるようになったため、処理時間の大幅な短縮が図れた。

- 一覧表の最終出力が表計算ソフトによるため、出力表現が見やすくなった。

- 汎用機の場合は専用の OCR 用紙を使用し、専用の一覧表用紙に出力していたが、これらの専用用紙が必要になり、経費節減が図れた。

- 汎用機を使用しないため、成績処理の現場を情報処理センターから教務係へ移行できるようになり、成績管理の安全性を図れるようになった。

- 進級制度やカリキュラムの変更に伴う成績処理の修正が Excel シートのみの修正で済むようになった。

- クラス担任への成績データの譲渡が可能になった。

新システムでの課題は、非常勤講師の成績が手入力であることの改善、処理作業をより軽減化するための改善等である。

謝辞

今回の成績処理の新システムの開発にあたり、本校情報処理センター関係の方々には多くのご助言ご指導をいただき、心より感謝いたします。また、教務係の方々にもご協力いただき、お礼申し上げます。

参考文献

- [1] 松尾真、向山寿孝、武内将洋、吉村公男：表計算ソフトを利用した LAN での成績処理について、情報処理教育研究発表会論文集、第 18 号 (1998)

7世紀から12世紀にかけてのアイルランドにおける ネイションの生成と社会構造研究序説（Ⅰ） —D.オコラーン「ノルマン人侵入以前のアイルランドにおけるナショナリティと王権」の翻訳と解説を通しての「始め」—

谷口光男・鶴島博和*

〈平成11年9月30日受理〉

An Introductory Study on the Formation of the Nation and the Social Structure in Ireland from the Seventh to the Twelfth Century by Translating D. Ó Corraí's Essay, 'Nationality and Kingship in pre-Norman Ireland'

Mitsuo TANIGUCHI and Hirokazu TSURUSHIMA

In the symposium in Kumamoto University in 1997, Ms Suzan Reynolds proposed a new idea on the origins of Nation Identity. Encouraged by Ms Reynolds's suggestion, we decided to D. Ó Corraí's essay 'Nationality and kingship in pre-Norman Ireland'. For, Ireland, where a region that has been experienced the process of the complicated formation of nation-state, gives us valuable example about 'nation'.

This paper attempts to contribute to the study of nationhood in Ireland.

はじめに

1. 翻訳までの経緯
2. アイルランドの中世史におけるネイション研究史
3. 手書き

I 研究史と課題 (以上本号)

II 「アイルランド人」意識の生成

III 法の変容

IV 教会

V 王権

VI 総括

おわりに

文献目録

はじめに

1. 翻訳までの経緯

1997年9月26日、熊本大学教育学部社会科歴史学

* 熊本大学教育学部

研究室は、「近代以前のナショナリズム」という題でシンポジウムを開催した。その詳細については、『歴史評論』No. 584 (1998年12月) に内容とコメントを収録したのでそちらを参照していただくとして、当日明らかになったのは、メインパネリストであるスザン・レイノルズ Suzan Reynolds 氏¹の問題提起、

つまり「ネイションは存在しているという考え方から離れてそれを一つの考え方として処理し、それがどこからきて何を意味しているのかを理解しようとするとき、はじめてネイションについて…理解することができる」という問題提起の「射程の広さ」と、ネイションは近代の産物という社会科学的な常識を否定し、ネイションはそれを意識するものが存在すれば存在したという「斬新さ」であった。そしてこの「射程の広さ」と「斬新さ」を前にすると、彼女の問題提起が、私たちに、ネイション意識が醸成されてくる過程の検討を要請していることに気づかざるをえない。実は私たちは何も知らない。これが、彼女の報告論文「ナショナリズムとネイションの理念」を翻訳し終えた私たち（鶴島・谷口）の感想であった。

当時私たちは、D. オコラーン「ノルマン人侵入以前のアイルランドにおけるナショナリティと王権」²という論文をゼミで読んでいた。そこでこの論文を翻訳しようという話がもちあがった。それは、アイルランドという、北アイルランド問題に象徴されるような複雑な国民国家の形成過程を経験し、今尚苦難のなかにいる「地域」が、ネイションの問題について与える示唆は計り知れないものがあると判断したからである。そして、アイルランドにおけるネイション意識形成についての標準的な日本語の文献が存在しないという学界状況も、私たちに翻訳を迫った別の理由である。しかし、日本語の研究がないということを踏まえて、本論に入る前にアイルランドの中世史におけるネイションの研究史を簡単に整理しておきたい。

2. アイルランドの中世史におけるネイション研究史

中世アイルランドにおけるネイションをめぐる研究は、1169年のノルマン人のアイルランド侵入を分水嶺として、大きく二つの時期に区分して考えられてきた³。私たちは、1169年の事件が、アイルランドの

² 彼女の業績と経歴については、鶴島博和「スーザン・レイノルズの人と学問」『熊本歴史科学研究会解散』第50号（1999）、pp. 7-14. を参照のこと。

³ D. Ó Corráin, 'Nationality and kingship in pre-Norman Ireland', *Historical Studies*, 11 (1978), pp. 1-35.

⁴ これらの研究をあえて単純化すれば、1169年以前におけるアイルランド史は、一つのネイションとしての「アイルランド人の歴史」であり、1169年以降は「アイルランド人」と「イングランド人」という二つのネイションの関係の歴史である、ということができる（現在最も代表的な講座『新アイルランド史』においてもこのことは指摘されている。P. X. Martin, 'Introduction: Medieval Ireland', A. C. Ó Catháin (ed.), *A New History of Ireland, II. Medieval Ireland, 1169-1534* (Oxford, 1987; revised edn., 1993), pp. xliv-lxii.）。単純化した整理とはいえ、これまでの研究者の中に「国民国家史観」が存在することは否定しえない。ノルマン人の侵入に対して「征服」という言葉が使

「ヨーロッパ世界（ラテン的キリスト教的世界）」への「周辺」としての最終的組み込みという視点から分水嶺的画期と考えている⁴。しかし、これを単に「アイルランド」と「イングランド」の二項対立的な重要性でのみ考えるとするならば、それは結局ネイション先にありきの論点先取でもあり、その態度を留保しなくてはならない。とはいえ、オコラーン論文が1169年以前に限定していることもあり、1169年以前の研究史について概略した。尚、以下の研究史整理は、谷口光男のものである。

アイリッシュ・ネイションの起源をめぐる研究の先駆者は G. H. オーベンである。大著『ノルマン人治下のアイルランド、1169-1333年』の中で、彼は「部族国家・封建国家・近代国家」という国家の発展段階論にもとづき、ノルマン人侵入以前のアイルランドを「依然として『部族国家』の段階にあった」アーナーを「くに」と規定した⁵。そして、「進んだ人種」ノルマン人の到来によってはじめて、アイルランドはヨーロッパの中に組み込まれ「封建国家」へと移行していくというのである。

このようなオーベンの主張に対して、最初に反論したのが中世初期アイルランド史研究の基礎を築いたといわれる E. マクニールである。彼の主な論点は以下の二つである。第一に、ターラ Tara の王がアード・リー *ard-rl* であることから、アード・リーは実質的な政治権力をもっていた、すなわち、ターラの王は、彼が召集する「アイルランドの人々の集会」または「諸王の集会」を通して、全アイルランドに支配権を行っていた、ということ。第二に、アイルランドの法は「公的」な性格のものであり、また王は最高の裁判官であり法制定者であった、ということ。つまり、オーベンが「部族国家」と規定した段階を既に脱し、アード・リーを頂点とする中央集権的な君主制を実現して

用されることも、このことを端的に示しているといえよう。しかし「征服」期の史料がほとんど残っていないとしても、アイルランドとイングランドとの対立という捉え方では、歴史のダイナミズムを明らかにすることはできないだろう。「征服」の相対化は、時期区分の問題も含めて、今後の中世アイルランド史における非常に大きな課題の一つである。なお、「征服」期以後の研究史の空白を埋めることを目的とした M. T. フラナガンの研究は、この点で多くの示唆に富んでいる。M. T. Flanagan, *Irish society, Anglo-Norman settlers, Angevin kingship: interactions in Ireland in the late twelfth century* (Oxford, 1989)。

⁵ それは、ちょうど100年前、イングランドが、「半周辺」として組み込まれたあの1066年と同じ意義をもつ。鶴島博和「イングランド-ヨーロッパ形成期におけるその位置と構造」『岩波講座 世界歴史8』岩波書店、1998年、pp. 221-249。

⁶ G. H. Orpen, *Ireland under the Normans, 1169-1333* (4 vols., Oxford, 1911-1920; repr., 1968), i, p. 20.

いた、というのである⁶。彼はノルマン人侵入以前に既に統合されたアイルランドを見出していた。

しかしながら、オーベンとマクニールの二人が、ヴィクトリア時代後期の国家の発展段階論的前提にもとづいて議論を展開していたのは、やむ得ないところであった⁷。第二次世界大戦になると、法史料にもとづきながら研究を進めてきたD. A. ビンチーは、アード・リーの実質的な政治権力と統治組織に関するマクニールの主張を次のように退けている。すなわち、ターラの王が「アイルランドの王」であるとの主張は、法に基盤をおかないように事実にも基礎をおかないし、またその王権と結びついた「ナショナルな」制度も存在しなかった、という⁸。さらに、彼は初期アイルランド社会の特徴の一つとして「部族的」であることを挙げているが⁹、部族制の再編とそれにともなう君主制の発展への動きは「ヴァイキング」の侵入という外的影響によるところが大きい、と主張した¹⁰。

長い研究史をもつネイションをめぐる問題について、議論を包括的に整理し、新しい地平を開いたのが、他ならぬ今回とりあげたD. オコラーンである。彼は、次のように結論づけている。すなわち、7世紀に「アイルランド人は『ミルの共通の子孫』である」という観念が知識人集団の中から生まれるが、その観念は、アイルランド社会の変化とともに、政治性を帯びながら12世紀のノルマン人侵入まで発展していく、と。このようにオコラーンによって新しいネイション、またナショナリティの捉え方が提起されたにもかかわらず、その後1980年代から1990年代において、この問題を検討した論考は管見の限りでは皆無に等しく、オコラーンの研究自体未だ検討されていない。彼の論文は、7世紀から12世紀までの500年間という長期的な射程をもった、全体的な「見取り図」を示したものであり、レイノルズのネイションに関する議論を検討し

ようという私たちの問題意識にとって、そして紹介する十分とはいえないアイルランド中世史の研究状況のなかでは、これを翻訳し、十分な解説を加えることで、アイルランド・ネイション研究の序説、ないしはささやかな「始まり」足りると判断した。そして翻訳が始まった。

3. 手続き

オコラーン論文は以下のような構成をとっている。まず、研究史が整理され課題が設定される(Ⅰ)。次にいつ、どのようにして「アイルランド人」という意識が生まれたのかが考察され(Ⅱ)、その「アイルランド人」意識がアイルランド社会の変化とどのように関係していたのかが考察される。具体的には法の変容(Ⅲ)、教会の動向(Ⅳ)、王権の発展(Ⅴ)という3つの側面から考察されている。そして、最後にこれまでの議論が総括される(Ⅵ)。

本稿では、紙幅の関係もあり、研究史の整理と課題の設定がなされた(Ⅰ)の部分を対象とした。

翻訳に関しては以下の取り決めを行った。

- ① 原註は本文行内に1, 2...の記号を挿入し後註の形をとった。
- ② 原註で挙げられた文献に関しては、最後に一括して表にし(1), (2)...という形で番号を付した。
- ③ 訳註は本文中に【1】、【2】...の記号を挿入し、行註の形をとった。
- ④ アイルランドの人名と地名に関しては、F. J. Byrne, *Irish kings and high-kings* (London, 1973) の補遺IIIにあるアイルランド語の発音記号を参照した。また盛節子氏の研究¹¹も参考させていただいた。
- ⑤ [p.1]は、原文の一頁を表し、段落は全てパラグラフに依ってパラグラフ番号が附されている。例えば、[1]。

⁶ E. Mac Neill, 'Early Irish population-groups: their nomenclature, classification, and chronology', *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 29 C7 (1911-1912), pp. 59-114; *Phases of Irish History* (Dublin, 1920); *Celtic Ireland* (Dublin, 1921; repr., 1981); *Early Irish Laws and Institutions* (Dublin, 1935).

⁷ D. A. Binchy, 'Secular institutions', M. Dillon (ed.), *Early Irish Society* (Dublin, 1954; repr., 1969), p. 62.

⁸ D. A. Binchy, *Celtic and Anglo-Saxon Kingship* (Oxford, 1970), p. 33. また、アード・リーとその「削除」についてはD. A. Binchy, 'The Fair of Tailtu and the Feast of Tara', *Eriu*, 18 (1958), pp. 113-138を参照。

⁹ 「その[初期アイルランド社会]主な特徴は、部族的、農村的、階層的、家族的」である(Binchy, 'Secular Institutions', 1954, p. 54.)。この有名(古文的)な規定については、F. J. Byrneが検討している; F. J. Byrne, 'Tribes and tribalism in early Ireland', *Eriu*, 22 (1971), pp. 128-166.

¹⁰ Binchy, 'The passing of the old order', B. Ó Cuív (ed.), *The impact of the Scandinavian invasions on the Celtic-speaking peoples, c. 800-1100 AD* (Dublin, 1962; 1975), pp. 119-132. アイルランド社会の構造が全般的に変化するのは9世紀以降であると彼は考えている。アイルランド社会の構造変化に関する「ヴァイキング」の影響を重視する彼の主張は、オコラーンらによって批判されており、現在では支持されていない。Cf. D. Ó Corráin, *Ireland before the Normans* (Dublin, 1972); Do., 'High-kings, Vikings and other kings', *Irish Historical Studies*, 21 (1979), pp. 283-323; D. Ó Cróinin, *Early Medieval Ireland, 400-1200* (London, 1995)。しかし、ネイションの問題を考えるとき、「ヴァイキング」という「他者」の存在は大きな影響を及ぼしたであろうし、何よりオコラーン自身も述べているように、ヴァイキングの影響についての考察は不可欠であろう。

¹¹ 盛節子「アイルランドの宗教と文化—キリスト教受容の歴史—」日本基督教団出版局, 1991年。

I 研究史と課題

[p.1]

[1]

ノルマン以前 pre-Norman Ireland [1] のアイルランドにおけるナショナリティを議論しようとするときに、私は、少なくともおそらく極端な修正主義 revisionism [2] である論点に対する反論にこの身を晒していることを十分に自覚している。今世紀二度にわたって、ノルマン人侵入以前にアイリッシュ・ネイションは存在したのかそれともしなかったのかという問題が、公に議論として問題となってきた。この問題は、過去から現在に至るまで発行されてきた政治的な小論文は言うに及ばず、アイルランドの歴史学の文献にも多大な痕跡を残してきたのである。19世紀のロマン主義者たちは、何もないところにネイションとナショナリティを見たと批判してきたし、この批判は一般にもっともだと看做されている。しかしながら、それだからといって議論が終息したわけではない。ノルマン人の攻撃に先立つこと1, 2世紀前〔10・11世紀〕のアイルランドにおいて発展していた社会に、ナショナリティの諸要素が存在していたかどうかを検討することは、依然として今日の歴史家の義務である。そして、これら諸要素のすべてではないにしても大半が、君主制的表いを身にまとっていた以上、以下の議論は、王権やアイルランドの政治制度の考察と不可分である。

訳注

[1] ノルマン人侵入は、1169年ロバート・フィッツ・スティーヴン Robert fitz Stephen に率いられた Anglo-Norman の軍勢がアイルランドに到着したことをもって始まるとするのが通説であるが、ことの発端は1156年から1166年にかけてアイルランド内部で起こった政治的動盪抗争に遡る。この抗争に敗れたレンスター王ダーモット・マクモロー Dermot MacMurrough は1166年アイルランドを出航し、当時フランスにいたイングランド国王ヘンリ二世に援助を求めた。ヘンリ二世はダーモットに援助を約束し、アイルランド遠征のための募兵を許可した。ダーモットは南ウェールズ境界地方のノルマン人領主の一人、ベンブローク伯リチャード・フィッツ・ギルバート・ド・クレア Richard fitz Gilbert de Clare (通称ストロングボウ Strongbow) と接触し、援助を取りつけた。1167年ダーモットは少数の軍勢を率いてアイルランドに戻るが、かつての政敵の攻撃にあって一時降伏し、ウェールズに急使を送り救援を求めた。そして、1169年5月のはじめ新たな軍勢がアイルランドにやってくるのである。

D. オコラーンは「ノルマン人侵入」という名称を用いて

いるが、1169年の出来事については実に様々な名称が与えられている。数世紀にわたって「イギリス人の征服 English conquest」という名称が用いられていたが、最近では「ノルマン人の侵入 Norman invasion」ないし「ノルマン人の征服 Norman conquest」という名称が用いられている(尚、本稿で用いるイギリス人は、イングランド人の意味で用いる)。しかし、実際には「侵入」でも「征服」でもなかったという点から、単にノルマン人の「到来 coming or advent」というのが適切であるとの指摘もある。さらに、「ノルマン人」という名称にも問題がある。1169年以前のアイルランドの史料では、ノルマン人は「フランス人」ないし「フランク人 Franks (Frainc)」を指していたのだが、1169年以後の史料では「イギリス人 English (Saxain)」「海の向こうから来た人々 Allmuraig」「外国人 Gaill」などと意味が変わってきているのである。そこで、研究者たちは「Anglo-Franc」、「Anglo-Conchonental」、「Anglo-Norman」といった名称を用いており、なかでも「Anglo-Norman」が一般的になりつつあるように思われる。; F. X. Martin, 'Introduction : Medieval Ireland', A. Cosgrove (ed.), *A New History of Ireland, II, Medieval Ireland, 1169-1534* (Oxford, 1987; revised edn., 1993), pp. xl-xlii, at pp. li-lvi. ; T. W. Moody / F. X. Martin 著(堀越智監訳)『アイルランドの風土と歴史』論創社, 1982, pp. 123-151.

[2] 「修正主義」とは、アイルランド自由国および共和国の社会において広く見られ、かつ支配的な歴史認識である「ナショナリスト史観」ないし「民族主義史観」を「歴史の科学的研究」によって「修正」することである。ムーディ T. W. Moody とエドワーズ R. D. Edwards による1938年の『アイルランド史研究 Irish historical Studies』創刊に端を発する、「修正主義論争」については、勝田俊輔氏と高神信一氏によって紹介されているが、いずれも近(現)代史に関するもので、中世史に関する歴史学界の動向についてはふれられていない。; 勝田俊輔『共同体の記憶』と『修正主義の歴史学』『史学雑誌』167-9 (1998), pp. 80-95; 高神信一「アイルランド民族運動史の研究動向—修正主義歴史家とフィーニアン運動—」『歴史学研究』709 (1998), pp. 35-44. 中世史に関する議論について、D. オコラーンは F. X. Martin and F. J. Byrne (ed.), *The scholar revolutionary Eoin Mac Neill 1867-1945* (Shannon, 1974) をはじめ、いくつかの文献を挙げている。この論争は歴史学そのものの在り方を問題としていて、中世史家にも多大な影響を与えていている。

[2]

歴史家たちは、[ノルマン人到来の以前の] 最後の数世紀間の在地政体 native polity における「アイルランド

人」やその制度について、多くの、そして異なった見解を述べてきた。【p.2】1911年にオーベンは、アイルランドは依然として「部族国家」tribal state の状態にあったアーナーイーな「くに」country であった、と論じている²。彼は『権利の書 the Book of Rights』【3】や同様の史料に描かれている政治的権威の対称的なピラミッド構造の存在を否定した。これは適切な判断であろう。彼の見解では、アード・リー *ard-rl*, すなわち大王 *high-king* は実質的な政治権力をもたなかつたのである。「もし地域の王 *provincial king* たちの権威がしばしば無視されたならば、アード・リーないしアイルランドの大王の権威は、認められたとしても、ほとんど名目上のものにしかすぎなかつたであろう」³【4】。より正確に言えば、オーベンの見解では、私たちは「くにを、いくつかは比較的承認性をもって統合され、またいくつかは優勢な集團に通常従属していた 185 の部族に分裂したものと看做」されなければならない。こうした状況は、アイルランドがヨーロッパにおける歴史の流れの外にあることに求められた。「パックス・ロマーナ」*pax romana* の外にあり【5】、ゲールをその浅い眠りから目覚めさせたであろう野蛮人の侵入の及ばないところにあり、またキリスト教それ自体は平和的に到来し【6】、結局は、吸収されて部族化してしまつた【7】。さらに、法は古く、またアイルランドには法制定のための、あるいは通常みられる慣習の裁判による執行のための、常設組織は存在しなかつた。その理由もまたオーベンにとっては明らかである。つまり、「ノルマン人の到来まで、アイルランドは自分より進んだ人種 race の直接的な影響を受けたことがなかつた。また、アイルランドはローマ支配の厳格な規律を経験したこととなかつたし、近代ヨーロッパの法制定者たちから進歩した社会にとって必須条件となる考え方—法を作成し、とりわけそれを強制しうる強力な国家の形成—を獲得したこととなかつた」【8】のである。オーベンが語る多くのことは、明らかに彼の時代の政治的先入観と彼自身の社会環境の中で受け入れられた考え方によって特徴づけられている。彼の考え方の他の部分はさらに近年繰り返されている。最近の研究で、ライドン教授はアイルランドの王 *the Irish king* に関して次のように述べている。「アイルランドの王は王たちを廢することができず、自分に従属した傀儡王をつくることも、また彼の祖先のトゥアス *ninth*〈所領〉外の領域に彼の意思を押付けることもできなかつた。アイルランドの他のすべての人たちと同じように、彼もまた法に従つていた。それゆえ、彼は法を制定することができなかつたのである。アングロ・サクソン期のイングランドで生じた小部族王国群から一つのイング

ランド王国への発展はここでは不可能であった」。明らかに法の古さと過去 *dead hand* の重さが、アイルランドの社会を、政治的な変化ないし発展の見込みのない未発達あるいは部族的な国家の状態にしていた。

註注

【3】『権利の書 the Book of Rights』は、紀元後 400 年から 1000 年までの部族の王たちの諸権利と諸義務について書かれた史料である。史料の年代について、オーベンは明確に述べていない。マクニールは 11 世紀、バーンは 12 世紀としているが、両者ともマンスター起源であることでは一致している。; F. J. Byrne, *Irish kings and high-kings* (London, 1973), pp. 43-45; E. Mac Neill, *Celtic Ireland* (Dublin, 1921; 1981), pp. 73-95. この中で叙述されている精巧な物語は、かつてうまく機能したシステムというよりもむしろ、アイルランドの第一の王権を切望するマンスターの王によってもたらされた主張を表している、とオーベンは看做している; G. H. Orpen, *Ireland under the Normans*, i (Oxford, 1911), p. 24. また、ビンチーも「ヴァイキング」侵入以前の時期においてはその史料的価値を認めていはない。; D. A. Binchy, 'Secular institutions', M. Dillon (ed.), *Early Irish Society* (Dublin, 1954; repr., 1969), pp. 52-65, at p. 53.

【4】オーベンは続けて次のようにいう。「『権利の書』は、地域の王たち（12 人はどが列挙される）から大王に、また小王 *sub-king* たちから地域の王たちに支払われるべきであると述べられたもろもろの貢租や、個々の場合における、大王から地域の王に、地域の王から小王に支払われるべき「俸給」の入りで詳細な叙述を含んでいた。しかし、この詳細な叙述は、かつて規則正しく機能したシステムを表しているというよりもむしろ、アイルランドの第一の王を切望するマンスターの王によってもたらされた主張と看做さなければならない。」

【5】「パックス・ロマーナの外」にあるというオーベンの主張は、アイルランドがローマ帝国の政治的支配を経験しなかつたことを指している。確かにウェールズやイングランドと違って、アイルランド（北部スコットランドも）は一度もローマ帝国の版図にはいることはなかつた。しかし、アイルランドがローマ帝国の影響を全く被らなかつたという訳ではない。特に、宗教的・文化的領域における影響は頭著であり、この点に関しては研究者同で見解が一致しているところである。日本においても、佐藤彰一氏が、アイルランドやブリテン島西部などのケルト的西方と東地中海・南西ガリアとの商業取引の事実を確認した E. キャンベルの研究をもとに、アイルランドが「ローマ世界」の中に（但し「周辺」として）位置づけられることを指摘している。; 佐藤彰一「古代から中世へ—ヨー

ロッパの誕生—」『岩波講座 世界歴史7』岩波書店, 1998, pp. 3-78; E. Campbell, 'The archaeological evidence for external contacts: imports, trade and economy in Celtic Britain A.D. 400-800', K. R. Dark (ed.), *External Contacts and the Economy of Late-Roman and Post-Roman Britain* (Woodbridge, 1996), pp. 83-96. また、商業取引という点では、アイルランドとスペインとの関係を分析したJ. H. ヒルガースの研究も示唆に富んでいる。; J. H. Hillgarth, 'Visigothic Spain and early Christian Ireland', *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 62 C (1962), pp. 167-94.

【6】アイルランドにおけるキリスト教受容については、史料の欠陥から明確なことはわかっていない。アイルランドにキリスト教を伝えたとされるパトリックについても、その活動年代等をめぐって激しい議論が交わされており、「パトリック問題」として今なお解決をみていない。ビンチーが「まるで、重要な部分を紛失したジグソーパズルを必死で完成させようとしているようなものである」というように、5世紀のアイルランドは史料的に「失われた世紀」であるといえよう。パトリックについては、これまでの論争の整理も含めて、ビンチーと盛節子氏が詳しい。; D. A. Binchy, 'Patrick and his biographers', *Studia Hibernica*, 2 (1962), pp. 7-173; 盛節子『アイルランドの宗教と文化—キリスト教受容の歴史—』日本基督教団出版局, 1991。また、キリスト教受容については、現在では支持されえない部分もあるが、ヒューズとライアンが最も基本的な文献とされている。; K. Hughes, *The Church in early Irish society* (London, 1966); J. Ryan, *Irish monasticism: origins and early development* (Dublin, 1931; 2nd ed., 1972; 1992).

【7】同じ個所でオーベンは次のように述べている。「概してヨーロッパが強力な中央集権的君主制に向かっていたとき、アイルランドは、12世紀の後半においてさえ、部族国家の状態に留まっていた。一部族ないし諸部族の不安定な（変わりやすい）連合体は他の諸部族や連合体とひっきりなしの戦争状態にあった。それは、アイルランドがヨーロッパの出来事の進展の外にあったからである。アイルランドのケルト人移住者たちは、共通のアーリヤ人の故地から一群の原始的慣習をもたらした。そしてそれはほとんど変わらないままであったし、より進んだシステムと接觸してその発展を止められることもなかった。アイルランドはローマの軍団の衝撃を受けなかった。アイルランドの諸制度は、ローマの法や統治によって新しい型に押し込められることもなかった。アイルランドはパックス・コマーナを知らなかった。しかしながら、アイルランドは幸運にも、他の土地ではローマの権力の解体の後に続いた野蛮人の侵入から免れた。7・8世紀におけるアイルランドの早熟的な文武開拓と相対的な発達は、ほ

ぼ間違いなくこの幸運のおかげであった。この時期に、アイルランドの修道士たちは過去の学問を保存し、優れた信仰の明かりを次世代に伝えたのである。」

【8】オーベンは続ける。「いわゆるブレホン法は実際に慣習法体系であった。それは始まりがわからないが、多かれ少なかれ遠い昔から忠実に遵守された。これらの慣習は、一般的にいって、アイルランドに特有のものではない。おそらくそれらが生じた頃は、かつて全アーリヤ系の共通の遺産であった。しかしアイルランドでは、慣習法は内部から発展し、他の民族との接触によってもほとんど影響を受けなかった。; Orpen, *ibid.*, pp. 104-5.」

[3]

ウォーレン教授は、アイルランドの状況に関してより理論的で実に洗練された説明を提唱している。つまり、アイルランドのケルトによる征服が軍事カーストによって達成されたために、ケルト的アイルランドと前ケルト的アイルランドの統合は入念な妥協によって達成された。そして、その妥協はアイルランド社会の法と社会的慣習に影響を与えた、というのである。

【p.3】これらの妥協は、法の不变性やアイルランドが文化的結合であること、すなわち社会的保守主義という代価を支払って社会秩序が達成した一致であることを説明している。したがって、アイルランド社会は、進歩の余地をほとんど見い出せない均衡を達成したのである。内部に主権を有する局地的な領主権から成るこのケルト世界では、政治的野心は自らの活躍の場を与えられたのである。というのも、社会の強度や安定性は、國家やその制度に依存するのではなく、広く普及している一群の社会的慣習や法に依存したからである。それらはもっぱら密接に統合された近隣集団という単位のなかで強制された。この法の状態が君主制の進展を妨げた。ウォーレン教授によれば、「変化への必要は（法に）宗教的制裁を与えることで阻止された」。そして彼は自説を補強するためによく知られた法格言を引用する。「それゆえこれはパトリックの法であり、アイルランドでおよそ生ある法学者であれば、シェンカス・マー the *Senchas Már*（偉大なる伝統）【9】の中でみるであろういかなるものも無効にする正当な権限をもたない」【10】。しかし、これは、私たちが後にみるよう、非常に不幸なテキストの選択だったといえる。アイルランドの王はアイルランド社会の中の「権威の三重分割」によってさらに不利な立場に立たれていた。王は共同体生活の政治的軍事的側面では並び立つ者はいなかったが、共同体の宗教的生活は部族の（しばしば世襲である）修道院長によって排他的にコントロールされ、一方ブレホン【11】brehonは、法の

番人としての職務を通して、共同体の社会的経済的構造を制御していた。したがって、アイルランドの王は、ヨーロッパの王たち以上に「基本的な社会的保守主義によって重荷を背負わされ、所与の利害の中に身を隠すことになったのである」⁹【12】。

訳注

【9】シェンカスとは、字義通りには「知識」という意味で、地誌的知識、法的知識、系図的知識の三つが主なものとされている。このうち、法的知識は、8世紀初頭に『シェンカス・マー Senchas Már』（「偉大なる伝統」の意）という一つの法書として編纂された。； D. A. Binchy, 'Bretha Nemed', *Ériu*, 17 (1955), pp. 4-6; Do., 'The date and provenance of the *Uraicecht Becc*', *Ériu*, 18 (1958), pp. 44-54; Do., 'The pseudo-historical prologue to the *Senchas Már*', *Studia Celtica*, 10-11 (1975-76), pp. 15-28; F. J. Byrne, *Irish kings and high-kings* (London, 1973), pp. 13-14, p. 34; Do., 'Senchas: the nature of Gaelic historical tradition', *Historical Studies*, 9 (1974), pp. 137-59; D. Ó Corráin, *Ireland before the Normans* (Dublin, 1972), pp. 74-79.

【10】ウォーレン教授は同じ頁で、「アイルランドの法は著しいまでに洗練されており、かつてアングロ・サクソン法がそうであったより以上に洗練されていた。しかしそのため、アイルランドの法はほとんど可銳性をもっていなかったのである。アイルランドの奇異な先史が非常に特別な方法で法をケルト-リグリア国家 *Celt-Ligurian state* の基盤にしたという私の主張が正しいならば、どのようにして法の不变性がその主唱者 [ブレホン] の間で信仰箇条となつたかが容易に理解されるだろう。」と述べている。

【11】ブレホン *brehon* はブレヘン *brihem* (複数形は *brihmain*) の英訳である。ブレヘンは、字義通りには「判決を下す人」という意味で、史料の中では、ラテン語で「法に精通するもの *iuris consultus*」と記されている。一般には、法を司る「法学者」という意味で用いられている場合が多い。彼らは法の番人として、法の「発見」、解釈、適用を行ない、血族間、特に異なる血族間の訴訟の調停者としての役割を果たした。彼らの中にはヒエラルキーがあり、その頂点に立つものは部族の王と同等の地位にあった。また彼らは各地にある専門の学校において法の知識 *fenechas* を暗誦によって学んでいた。； D. A. Binchy, 'The date and provenance of the *Uraicecht Becc*', *Ériu*, 18 (1958), pp. 44-54, at pp. 45-46; L. F. Kenney, *The sources for the early history of Ireland: ecclesiastical: an introduction and guide* (N. Y., 1966; 1979; Dublin, 1993), pp. 1-7.

【12】ウォーレン教授は、「アイルランドの共同体が実際には君主制ではなく「三頭政治」「権威の三分割にもと

づく体制を指す」によって支配されたことは、私が考えるには、法の中で王、修道院長、第一のブレホンが同等の地位を与えられていることから推論されうる。」と続けた。

[4]

オーペンはアイルランドに *natio*、すなわち部族 *tribe* よりも大きな共同体を、見い出せなかつた¹⁰【13】。「自由人として生まれた「アイルランド人 *Irishman*」の忠誠は、まず第一に彼の家族の、そして血族ないし氏族の長に与えられ、そして家族の長を通して彼の家族が構成要素を成す部族の長に与えられた…「アイルランド人」の「くに」はトゥアス *túath* つまり彼の部族に属する領域であった¹¹。したがって、オーペンにとってノルマン人到来以前の半世紀の争いが「地域間 *interprovincial*、部族間 *intertribal* の迷路」であったことは驚くことではないし、そのことを通して「ノルマン人到来までアイルランド中でお祭り騒ぎのアナーキーをかいまみる」ことができた¹²【14】。エオイン・マクニールは、アイルランドの大王制 *the high-kingship* の実在とオーペンが欠如しているとみた多くの統治制度の存在を強調することで、オーペンの主張に対する反論を試みた。【p.4】彼は、アイルランドの法はナショナルな性格を有し、さらに王は最高の裁判官であり法制定者であったと主張した¹³。皮肉にも、そう言ってよいだろうが、[兩極端の意見の持ち主である] オーペンとマクニールはともに彼ら自身の時代の囚われ人であった。二人は、ピンチー教授が指摘するように、「まさに同じ前提を言外にもって出発した」からである。その前提とは、「彼らが育ったヴィクトリア時代後期と同じ機能を國家が実質上もたなかつたどのような社会においても、法と秩序は不可能であつた、というものである。」¹⁴【15】。さらに、ピンチーは法史料に依拠して、法論文それ自体はアイルランドの王すなわち *ard-rlí* に関するマクニールの主張を支持しないとして、「ターラ Tara【16】の王が「アイルランドの王 *king of Ireland*」であるとの主張は、法に基づきをおかないように事実にも基礎をおかない」と結論づけたのである¹⁵【17】。教会法論文 *canonical law-tracts* の時代にアイルランドの王は存在しなかつた、ましてや *a fortiori*、その王権と結びついた同様的な制度は存在しなかつた。

訳注

【13】*tribe-túath*。原註 10 でオコラーンが参照したピンチーは、*tribe*について以下のように述べている。「領域的単位 *territorial unit*—私は政治的あるいは行政的単位というのを

ためらう一はトゥアス *túath* であった。偉大な研究者、故エオイン・マクニール Eoin MacNeill は、この言葉トゥアスが「部族」と訳されるのを常に猛烈に反対した。しかし、彼の記憶に万全の敬意を払ったとしても、私はこれ以上の訳を知らない。「部族」という言葉の初期の含意がどんなものであれ、オックスフォード辞典 Oxford Dictionary における現代的用法、すなわち「頭ないし首長の下にある第一義的集団」は、アイルランド語の意味を正確に伝えている。トゥアスは、一人の王の支配下にある非常に小さな領域—およそ近代のパロニーと一致する—であった；D.A. Binchy, 'Secular institutions', pp. 54-5.

【14】この箇所は次のようにになっている。「1166年の追放に先立つダーモット・マクモロー Dermot Mac Murchadh の運命を跡づけることは、私たちを地域間、部族間の曲がりくねった迷路に導くだろう。しかし、もし私たちが彼の追放に至った原因を理解したいと思い、さらに一より重要なことだが—ノルマン人の到来までアイルランドの至る所でお祭り騒ぎのようなアナーキーを垣間みたならば、いかに申し分のないアイルランドの大家たちによって十分に実証されているとしても、歴史のこのページを完全に素通りすることはできないのである」。アナーキーについては、佐藤伊久男「集権統治の構造」『西洋史研究』新輯1号（1972），pp. 1-28. が含蓄に富んでいる。

【15】ビンチー教授の指摘は次のようなものである。「もし本当にそのような統治組織—立法機関、ペイリフないし警察、正義の公的強制機関—が欠如していたならば、どのようにして秩序の存在は可能であったのか、確かに、法と秩序のようなものが存在しない場合には、唯一專制的暴力と強力な支配があり得たのだろうか。さて、これは公正で学者にふさわしい（もっとも、無意識のうちに偏見に囚われていたのであろうが）歴史家、故ゴダード・ヘンリー・オーベン Goddard Henry Orpen が達した結論であった。彼は、ノルマン人の到来以前、アナーキーがアイルランドを支配したと考えた。この見解はマクニール MacNeill によって激しい反論を受けることになった。この論文の読者の内で、彼の主著『アイルランド史の諸相』を読んだ人々は覚えているであろう。これら二人の傑出した研究者たちは、激しい衝突にも関わらず、まさに同じ前提を言外にもって呂発した、と私はいつも思ってきた。その前提とは、彼らが合ったヴィクトリア時代後期と同じ機能を国家が実質上もたなかつたどのような社会においても、法と秩序は不可能であった、というものである。オーベンは、アイルランド史料の研究からアイルランドの王たちがこれら機能をもたなかつたと確信した。ゲールのアイルランドはアナーキーであった。彼の結論である。マクニールは、暗黙のうちに同様の前提を認めていたのだが、オーベンのいう事実を反証しようとし、

各トゥアスでは王の権威によって法が発布、適用、強制されたことを示そうとした。私はこの点ではマクニールとは完全に合ひ入れないが、オーベンの結論とは全く意見が異なっている。比較法則史が何かを教えるとすれば、それは法秩序が実のところ、古代アイルランドのように國家が萌芽的にのみ存在したところでは、共同体の中で成立する、ということである。また、現代の法学者たちは、國家の強制力に対する恐怖が、大多数の人々が法規則に従う第一義的な理由の一つでは決してないことに同意している。この暗黙の前提是、アイルランドのみならず、19世紀以来の「国民国家史観」が抱えていた共通の枠組みであった。有名な「一世ドイツに国家は存在したか否か」の論争を想起したい。この論争は、周知の壇込・世良論争の言わば出発点とも言える。

【16】ターラ Tara (古アイルランド語の *Temair* 「ながめのよい場所」) は、現在のミーズ州に位置する、低く目に付きにくい丘である。ターラは、キリスト教受容以前の古代アイルランドの都の一つで、中世以降この地はアイルランドのナショナリティの象徴となっていくのだが、それは11世紀の知識人プロバガンダたちによるものと考えられている。というのも、彼らは11世紀ヨーロッパにみられる国民君主制 national monarchy を実現することが正しいことであると感じていたことから、古い大王制の観念を普及させ、それをターラに焦点化していくのである。さらに、彼ら知識人プロバガンダたちの過去の見方は、彼らの社会における相対的な地位の高さから広く受け入れられることとなり、大王制は征服前アイルランド・ネイションのシンボルとなっていくのであった。それでは、彼らはなぜターラを選んだのか。それはターラがアイルランド北部の王たちの中で最強の王、すなわちイ・ネール Uí Néill 家の中心地であったからである。知識人プロバガンドたちは、イ・ネール家の中で「ターラの王」位にある者を「アイルランドの王」すなわち大王として宣伝していくのである。；F.J. Byrne, *Irish kings and high-kings* (London, 1973), pp. 48-59, at p. 56；Liam de Paor, *Ireland and early Europe* (Dublin, 1997), pp. 54-57.

【17】ビンチーは、この箇所で次のように述べている。「このこと〔大王が全アイルランドの最高位の王として法史料の中で言及されていないこと〕は、ターラの王が『アイルランドの王』であるとの主張—それは7世紀初頭アダムナーン Adamnán (彼自身王族のメンバーであった) によってうちだされたものであるけれども—は、事実に基盤をおかないように法にも基礎をおかない、ということを示している。法史料の中では、そのような高位の地位に関する言及は一つもない。また、近年のナショナリストの歴史家により提唱されている議論、すなわち国民君主制が、王位継承法のように、あまりにも自明のことで

法学者がこれを記録しようとしなかったといった議論は、ほとんど反論するにも値しない。」

[5]

アイルランドにおけるノルマン人の歴史のプロローグとして、土着のアイルランド人の制度に幾ばくかの説明を加えることを責務と考える人々は、そして彼らが特にそうなのであるが、かなり頻繁に、史料が残っている最も古い時代に属する社会構造、法、制度についての前述の背景とは違う10・11・12世紀アイルランド政治史像を描いている。私はこの段階の歴史的備品 furniture が大部分時代錯誤であることを示すつもりである。例えば、「アイルランド人」は彼ら自身をより大きな共同体すなわち *natio* として深く意識し、知識人階層はまさにこの観念で頭が一杯であったと思う。そして11・12世紀には、強大化した王たちがその意識を政治的優位性獲得のために利用しようとしたと信じている。また「アイルランド人」が最初に想像されたであろうようなヨーロッパの生活の本流のはるか外側にいたわけではないことも指摘できるであろう。オーペンはアイルランドを多くの自立的小部族群に区分したが、そこに示された極端な政治的分裂は、私が考えるに、文書証拠が残っているどの世紀でも、いや12世紀においてさえ、なかったということを示すことができる。法の位置は極端に誤解されており、少なくとも後の時代においては、王は法において、あるいは少なくとも実践において、今まで主張されているような無力ではなかったことを示すことは可能である。最後に、古典的な法史料の時代【18】と12世紀との間に王権が発展した道筋に鑑して、概略的で満足のいかないものかもしれないが、なんらかの指摘ができると思う。

訳註

【18】古典的な法史料の時代とは具体的には7世紀を指す。アイルランドにおける文字史料の登場は7世紀と考えられており、最初に文字化されるものの一つが法に関するものであった。；F. J. Byrne, 'Seventh-century documents', *Irish Ecclesiastical Record*, 5th series, 108(1967), pp. 164-182; J. V. Kelleher, 'Early Irish History and pseudo-history', *Studia Hibernica*, 3 (1963), pp. 113-127; E. Mac Neill, 'Beginnings of Latin culture in Ireland', *Studies*, 20 (1931), pp. 39-48; 449-460; D. Ó Cróinín, *Early Medieval Ireland*, 400-1200 (London, 1995), pp. 169-195.

原註

¹ 19世紀中葉から20世紀中葉にかけてのネイションが存

在したか否かの議論については、F. X. Martin and F. J. Byrne (ed.), *The scholar revolutionary, Eoin Mac Neill 1867-1945* (Shannon, 1974); Eoin Mac Neill, *Early Irish laws and institutions* (Dublin, [1935]) を参照。初期アイルランド史のナショナリスティックな解釈は、グリーン Alice Stopford Green の著作に強烈に表れている；*The making of Ireland and its undoing* (Dublin, 1920); *The Irish state to 1014* (London, 1925); *Irish nationality* (London, 1911)。グリーンに好意的な考え、また彼女の著作と背景については、R. B. McDowell, *Alice Stopford Green: a passionate historian* (Dublin, 1967) を参照。現在、主として北アイルランドにおける政治的危機の結果として、近代アイルランドのネイションの、あるいは（そう主張する者もいるであろう）諸ネイションの市井的諸起源は、特定の派における激しいイデオロギー論争にとっては重大事であった。この問題については、British and Irish Communist Organisation (以下 BICO と略記), *Aspects of nationalism* (Belfast, 1972); Workers Association, *One Ireland: two nations* (Belfast, 1973); BICO, *On the 'historic Irish nation'* (Belfast, 1972) を参照。アイルランドの島には二つの別個のネイションが存在したことを念頭において *The Two Nations* という雑誌が、1972年以来 BICO によってペルファストで出版されている。これらの考え方に関する解説については、いくらか同じような論争調ではあるが、*The Socialist: Monthly Magazine of the Northern Ireland Labour Party Left*, no. 8 (Aug. 1973) pp 10-15 を参照のこと。これらの著作に表される考え方の中には、北と南両方において、微妙な意見の違いをもち信念の度合いの異なる、政治家たちによって繰り返されているものもある。ただ一つのことが政治的パンフレットの執筆者たちと政治家たちについて確信をもって言いうる。すなわち、すべてのものは、押並べて当該期におけるアイルランド史についての批判的知識といえるものを欠いているということである。

² G. H. Orpen, *Ireland under the Normans*, I (Oxford, 1911), p. 20.

³ Ibid., pp. 23-24.

⁴ Ibid., p. 26.

⁵ Ibid., p. 105.

⁶ James F. Lydon, *The lordship of Ireland* (Dublin, 1972), p. 15.

⁷ W. L. Warren, 'The interpretation of twelfth century Irish history', J. C. Beckett (ed.), *Historical Studies*, vii (London, 1969), pp. 1-19. 血族集團に関するウォーレン教授の奇妙な考え方については、J. Bernard and J. Ruffic, 'Hématologie et culture', *Annales E. S. C.*, 31^e année- no. 4 (July-Aug. 1976), pp. 661-76 を参照。

⁸ Warren, op. cit., p. 6. 引用は *Anc. laws Ire.* i, 18 より [Ancient Laws of Ireland] (6 vols., Dublin and London, 1865-1901) を指

す]。

⁹ Warren, op. cit., p. 7.

¹⁰ オーベンは〈tribe〉を定義せずにいる。この言葉をめぐる議論については、D. A. Binchy, 'Secular institutions', Myles Dillon (ed.), *Early Irish society* (reprint, Cork, 1969) pp. 54-5; Francis John Byrne, 'Tribes and tribalism in early Ireland', in *Ériu*, xxii (1971), pp. 128-66 を参照。

¹¹ Orpen, *Normans*, i, p. 20.

¹² *Ibid.*, p. 39.

¹³ Eoin Mac Neill, *Early Irish laws and institutions*, pp. 91-118; これらの見解は他の他の著作でも繰り返されていることは言うまでもない。Do., *Phases of Irish history* (Dublin, 1919) and *Celtic Ireland* (Dublin, 1921); マクニールの初期アイルランド法史料の取り扱いについては、D. A.

Binchy, 'Mac Neill's study of the ancient laws', F. X. Martin and F. J. Byrne (ed.), *The scholar revolutionary*, pp. 39-48 を参照。

¹⁴ Binchy, 'Secular institutions', p. 62.

¹⁵ Binchy, 'Celtic and Anglo-Saxon kingship' (O'Donnell Lectures, Oxford, 1970), p. 33; 大王制とその制度に関する証拠のより詳細な議論については、Binchy, 'The fair of Tailtu and the feast of Tara', *Ériu*, xviii (1958), pp. 113-38 を参照; 大王制のより詳細な議論と大王制はもともと神聖でカルト的なものであったという見解については、F. J. Byrne, *The rise of the Uí Néill and the high-kingship of Ireland* (O'Donnell Lectures, Dublin [1970]) and *Irish kings and high-kings* (London, 1973), pp. 7-69, 254-74 を参照。

Note on the Upper Bound of the Growth of Biholomorphic Convex Mappings

Tatsuhiro HONDA

〈Received 30 September, 1999〉

Let B be the open unit ball of a Hilbert space H , and let $f: B \rightarrow H$ be a biholomorphic convex mapping such that $f(0) = 0$ and $df(0)$ is identity. We will give an upper bound of the growth of f .

1. INTRODUCTION.

Let $\Delta = \{z \in \mathbb{C} : |z| < 1\}$ denote the open unit disc in the complex plane \mathbb{C} . Let $f: \Delta \rightarrow \mathbb{C}$ be a biholomorphic convex mapping with $f(0) = 0$ and $f'(0) = 1$. Then the following inequality holds :

$$\frac{|z|}{1+|z|} \leq |f(z)| \leq \frac{|z|}{1-|z|}, \text{ for all } z \in \Delta.$$

It is natural to consider a generalization of the above growth theorem to \mathbb{C}^n . Let Ω be a domain in \mathbb{C}^n which contains the origin in \mathbb{C}^n . A holomorphic mapping $f: \Omega \rightarrow \mathbb{C}^n$ is said to be normalized, if $f(0) = 0$ and the Jacobian matrix $Df(0)$ at the origin is identity. Let \mathbb{B}^n denote the Euclidean unit ball in \mathbb{C}^n . Let $f: \mathbb{B}^n \rightarrow \mathbb{C}^n$ be a normalized biholomorphic convex mapping. Then C. H. FitzGerald and C. R. Thomas [7], T. Liu [11] and T. J. Suffridge [12] extended the above upper bound of the growth of f to \mathbb{B}^n in \mathbb{C}^n by using different methods and showed that

$$\|f(z)\|_2 \leq \frac{\|z\|_2}{1-\|z\|_2} \text{ for all } z \in \mathbb{B}^n,$$

where $\|\cdot\|_2$ denotes the Euclidean norm. Let

$$B_p = \left\{ z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n; \|z\|_p = \left(\sum_{i=1}^n |z_i|^p \right)^{1/p} < 1 \right\} \text{ for } p \geq 1,$$

$$D(p_1, \dots, p_n) = \{z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n; |z_1|^{p_1} + \dots + |z_n|^{p_n} < 1\}$$

with $p_1, \dots, p_n \geq 1$. S. Gong and T. Liu [4] gave the above upper bound of the growth of normalized biholomorphic convex mappings on B_p and $D(p_1, \dots, p_n)$. H. Hamada [8] proved on the unit ball in \mathbb{C}^n with respect to an arbitrary norm.

In this paper, we give the upper bound of the growth of a biholomorphic convex mapping on the unit ball in a complex Hilbert space as follows :

MAIN THEOREM. *Let H be a complex Hilbert space with the inner product $\langle \cdot, \cdot \rangle$. Let B be the open unit ball of H for the norm $\|\cdot\| = \sqrt{\langle \cdot, \cdot \rangle}$, and let $f: B \rightarrow H$ be a biholomorphic convex mapping such that $f(0) = 0$ and $df(0)$ is identity. Then*

$$\|f(z)\| \leq \frac{\|z\|}{1-\|z\|} \text{ for all } z \in B.$$

2. NOTATION AND PRELIMINARIES.

Let H, G be complex Hilbert spaces. Let U be an open set in H , and let $f: U \rightarrow G$ be a holomorphic mapping from U to G . Then the following equation holds in a neighborhood V of x in U for $x \in U$:

$$f(z) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(z - x), \quad (2.1)$$

where

$$P_n(y) = \frac{d^n f(x)}{n!}(y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{-1}} \int_{|\zeta|=1} \frac{1}{\zeta^{n+1}} f(x + \zeta y) d\zeta$$

for any $y \in H \setminus \{0\}$ such that $x + \zeta y \in U$ for all $\zeta \in \mathbb{C}$ with $|\zeta| \leq 1$. The series (2.1) is called the Taylor expansion of f by n -homogeneous polynomials P_n at x .

Let D be a convex domain in H , and let $f: D \rightarrow G$ be a holomorphic mapping. A holomorphic mapping f is said to be convex if $f(D)$ is a convex domain in G .

The following theorem (the Maximum Modulus Principle) is well-known (cf. N. Dunford and J. Schwartz [1], etc).

THEOREM 2.1. *Let E be a complex Banach space with the norm $\|\cdot\|$. Let Δ be the unit disc in \mathbb{C} , and let $f: \Delta \rightarrow E$ be a holomorphic mapping. If there exists a point $\zeta_0 \in \Delta$ such that $\|f(\zeta_0)\| = \sup\{\|f(\zeta)\| : \zeta \in \Delta\}$, then $\|f(\zeta)\|$ is constant on Δ .*

3. PROOF OF MAIN THEOREM.

Let Δ be the unit disc in \mathbb{C} . We take a boundary point $w \in \partial B$ of B and fix. Let $f(z) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n(z)$ be the Taylor expansion of f by n -homogeneous polynomials P_n in a neighborhood V of 0 in H . From the condition of f , we have $f(\zeta w) = \zeta w + \sum_{n=2}^{\infty} \zeta^n P_n(w)$ for $\zeta \in \Delta$.

Let $m \geq 2, m \in \mathbb{Z}$ be fixed. Let $a = \exp(2\pi\sqrt{-1}/m)$. Then

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{m-1} f(\zeta^{\frac{1}{m}} a^k w) &= \sum_{k=0}^{m-1} \{\zeta^{\frac{1}{m}} a^k w + \sum_{n=2}^{\infty} (\zeta^{\frac{1}{m}} a^k)^n P_n(w)\} \\ &= \zeta^{\frac{1}{m}} \left(\sum_{k=0}^{m-1} a^k \right) w + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\sum_{k=0}^{m-1} a^{kn} \right) \zeta^{\frac{n}{m}} P_n(w) \\ &= m \sum_{j=1}^{\infty} \zeta^j P_{jm}(w). \end{aligned}$$

This is holomorphic with respect to $\zeta \in \Delta$. Since $f(B)$ is convex, we have $\frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} f(\zeta^{\frac{1}{m}} a^k w) \in f(B)$. We set

$$h(\zeta) = f^{-1} \left(\frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} f(\zeta^{\frac{1}{m}} a^k w) \right).$$

Then $h(\zeta)$ is holomorphic on Δ . From the conditions of f , $f^{-1}(z) = z + O(\|z\|^2)$. We have

$$\begin{aligned}
 h(\zeta) &= f^{-1} \left(\sum_{j=1}^{\infty} \zeta^j P_{jm}(w) \right) \\
 &= \sum_{j=1}^{\infty} \zeta^j P_{jm}(w) + O \left(\left\| \sum_{j=1}^{\infty} \zeta^j P_{jm}(w) \right\|^2 \right) \\
 &= \zeta P_m(w) + O(|\zeta|^2).
 \end{aligned}$$

Therefore $h(\zeta)/\zeta$ is a holomorphic mapping from Δ into H . If $\varepsilon > 0$ is enough to small, $h(\zeta)/\zeta$ is continuous and holomorphic on $|\zeta|; |\zeta| \leq 1 - \varepsilon$. Since $h(\Delta) \subset B$, by Theorem 2.1, we obtain $\|h(\zeta)/\zeta\| < 1/(1 - \varepsilon)$ on $|\zeta|; |\zeta| \leq 1 - \varepsilon$. Letting ε tends to 0, we have

$$\|P_m(w)\| = \left\| \frac{h(\zeta)}{\zeta} \Big|_{\zeta=0} \right\| \leq 1$$

for all $m \geq 2$. Then we have

$$\begin{aligned}
 \|f(\zeta w)\| &\leq \|\zeta w\| + \left\| \sum_{n=2}^{\infty} \zeta^n P_n(w) \right\| \\
 &\leq |\zeta| + \sum_{n=2}^{\infty} |\zeta|^n \\
 &= \frac{|\zeta|}{1 - |\zeta|} \\
 &= \frac{\|\zeta w\|}{1 - \|\zeta w\|}
 \end{aligned}$$

and the proof of Main Theorem is complete. \square

REFERENCES

1. S. Dineen, *Complex Analysis in Locally Convex Spaces*, North-Holland Math. Studies 57, 1981.
2. _____, *The Schwarz Lemma*, Oxford mathematical monographs, 1989.
3. N. Dunford and J. Schwartz, *Linear operators*, vol. 1, Interscience, New York, 1958.
4. C. H. FitzGerald and C. R. Thomas, *Some bounds on convex mappings in several complex variables*, Pacific J. Math. 165 (1994), 295-320p MR 95k:32021.
5. T. Franzoni and E. Vesentini, *Holomorphic maps and invariant distances*, North-Holland Math. Studies 40, 1980.
6. S. Gong, *Biholomorphic mappings in several complex variables*, Contemporary Math. 142 (1993), 15-48, MR 94a:32035.
7. S. Gong and T. Liu, *The growth theorem of biholomorphic convex mappings on \mathbb{B}^n* , Chin. Qar. Jour. Math. 6 (1991), 78-82.
8. H. Hamada, *The growth theorem of convex mappings on the unit ball in \mathbb{C}^n* , Proc. Amer. Math. Soc. 127 (4)(1999), 1075-1077.
9. M. Hervé, *Analyticity in Infinite Dimensional Space*, Walter de Gruyter, 1989.
10. M. Jarník and P. Pflug, *Invariant distances and metrics in complex analysis*, de Gruyter, Berlin-New York, 1993.
11. T. Liu, *The growth theorems, covering theorems and distortion theorems for biholomorphic mappings on classical domains*, University of Science and Technology of China Thesis (1989).

12. T. J. Suffridge, *Biholomorphic mappings of the ball onto convex domains*, Abstracts of papers presented to American Mathematical Society 11 (66) (1990), 46.

TATSUHIRO HONDA
ARIAKE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY
150 HIGASHIHAGIO-MACHI, OMUTA, FUKUOKA, 836-8585, JAPAN
Phone & Fax : + 81-944-53-8663
E-mail address : honda @ ariake-nct.ac.jp

有心2次曲線のグラフから未知係数、焦点、準線等の幾何学的構成—双曲線の場合—

川上 龍男

〈平成11年9月29日受理〉

Geometric Constructions of the Coefficients, Foci, Directrices from the Graphs of Central Conics — The Case of the Hyperbola —

Tatuo KAWAKAMI

In an orthogonal coordinate plane, given the equation $ax^2 + 2hxy + by^2 + 2gx + 2fy + c = 0$, then as the graph of this equation we have a parabola, ellipse or hyperbola if the curve is proper.

In this paper, we consider the converse problem of the statement, Given the graph of the central quadratic curve (-Hyperbolla-), then we construct geometrically the unknown coefficients, foci, and directrices of the curves. For this geometrical construction we use the segments calculation by D. Hilbert, and a description of circle in some cases.

§ 1. はじめに

私達は、これまで高校・高専において、有心2次曲線 $a x^2 + 2hxy + b y^2 + 2gx + 2fy + c = 0$ が与えられたとき、座標軸の回転および平行移動によって、 $y^2 = 4px, (x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1, (x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$ の形に変形することで焦点・離心率・漸近線などを調べてグラフを描いたり、グラフの通過点や様々な条件を与えてその方程式を決定することを指導してきた。しかるに、直交座標平面上にこうしたグラフが、先に与えられたとき、そのグラフを表す方程式の未知数および焦点・離心率・準線などは、座標平面上の何処に作図できるのかという素朴な疑問をもつ。

1994年に発表されたJ. Metz [2] やD. R. Snow [4] そしてK. Yamaguti の $y = a x^2 + b x + c$ の未知係数 a, b, c の幾何学的構成についての論文に示唆されて、3次・4次関数の方程式の未知係数をはじめ、上記の標準形の固有2次曲線の方程式の未知係数、そして焦点・準線・離心率等の幾何学的構成について論究してきた ([5], [6], [7], [8], [9])。

さらに、[10]において、有心2次曲線 $a x^2 + 2hxy + b y^2 + 2gx + 2fy + 1 = 0 \cdots \text{④}$ のグラフが椭円である場合について、その未知係数の幾何学的構成について論究した。

そこで、本論文では、このグラフが双曲線である場

合についての未知係数 a, h, b, g, f の幾何学的構成ならびに、方程式

$$(x-p)(y-q) = k \quad (k > 0)$$

が表す双曲線のグラフについて、その未知係数 p, q, k および焦点・準線の幾何学的構成について論究する。

尚、ここで用いられる作図の方法は、これまでと同様に、D. Hilbert による「線分算」と、いくつかの場合について「円を描くこと」である。

§ 2では、—準備—として、双曲線

$$(x-p)(y-q) = k \quad (k > 0)$$

の持つさまざまな性質について整理しておく。

§ 3では、座標軸に平行な漸近線を持つ双曲線のグラフから、その未知係数の幾何学的構成について述べる。

§ 4では、§ 3のグラフについて、その準線・焦点の幾何学的構成について述べる。

§ 5では、④が双曲線を表す場合について、そのグラフが x 軸と異なる 2 点で交わるときの未知係数 a, h, b, g, f を幾何学的に構成する。

§ 2. 双曲線 $(x-p)(y-q) = k \quad (k > 0)$ の性質

曲線 $(x-p)(y-q) = k \quad (k > 0) \cdots \text{①}$ は中心 (p, q) の直角双曲線である。座標軸の平行移動 $x = x' + p, y = y' + q$ を行うと x, y 座標系では、方程式①は

$$x'y' = k \cdots \text{②}$$

になる。さらに、点 (p, q) のまわりに $\pi/4$ だけの座標軸の回転

$$x' = X \cos(\pi/4) - Y \sin(\pi/4)$$

$$y' = X \sin(\pi/4) + Y \cos(\pi/4)$$

を行うと、 X, Y —座標軸で、方程式②は

$$X^2/(2k) - Y^2/(2k) = 1 \dots\dots\dots \text{③}$$

となり、標準形が得られる。

このとき、座標 $(x, y), (X, Y)$ の間の関係式は

$$X = (1/\sqrt{2})(x + y - p - q)$$

$$Y = (1/\sqrt{2})(y - x + p + q)$$

したがって、 x, y —座標系における双曲線①の主軸の方程式は次のようにある。

横軸(裁軸)の方程式は $y = x - p + q$

共役軸の方程式は $y = -x + p + q$

頂点 A, A' の座標は

$y = x - p + q$ を①に代入して

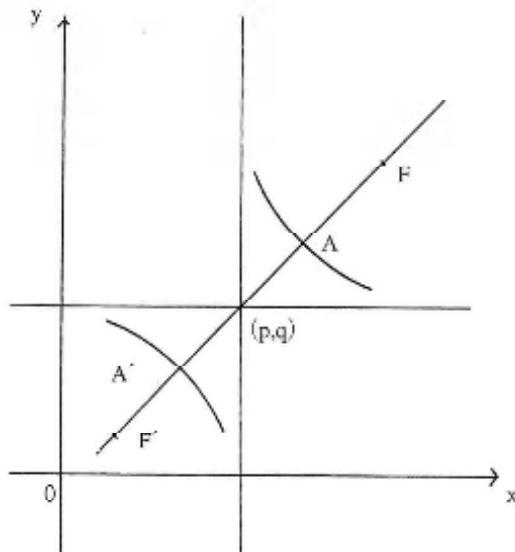
$$(x - p)(x - p) - k = 0$$

$$x^2 - 2px + p^2 - k = 0$$

$$x = p \pm \sqrt{p^2 - (p^2 - k)} = p \pm \sqrt{k}$$

$$y = (p \pm \sqrt{k}) - p + q = q \pm \sqrt{k}$$

$$\therefore A(p + \sqrt{k}, q + \sqrt{k}), A'(p - \sqrt{k}, q - \sqrt{k})$$



③より離心率 e は、

$$e = \sqrt{2k+2k}/\sqrt{2k} = \sqrt{2}$$

点 (p, q) と焦点 F との距離が、 $\sqrt{2k} \cdot \sqrt{2} = 2\sqrt{k}$

だから

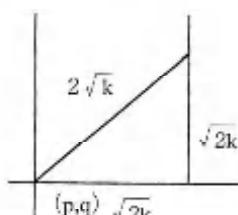
焦点 F, F' の座標は、

$$F(p + \sqrt{2k}, q + \sqrt{2k})$$

$$F'(p - \sqrt{2k}, q - \sqrt{2k})$$

準線の方程式は、

$$X = \pm \sqrt{2k}/\sqrt{2} = \pm \sqrt{k}$$



$$\therefore (x + y - p - q)/\sqrt{2} = \pm \sqrt{k}$$

$$\therefore x + y - p - q = \pm \sqrt{2k}$$

$$\therefore y = -x + (p + q \pm \sqrt{2k}) \dots\dots \text{④}$$

準線④と横軸 $y = x - p + q$ との交点 H, H' の座標は、

$$H(p + \sqrt{k}/2, q + \sqrt{k}/2)$$

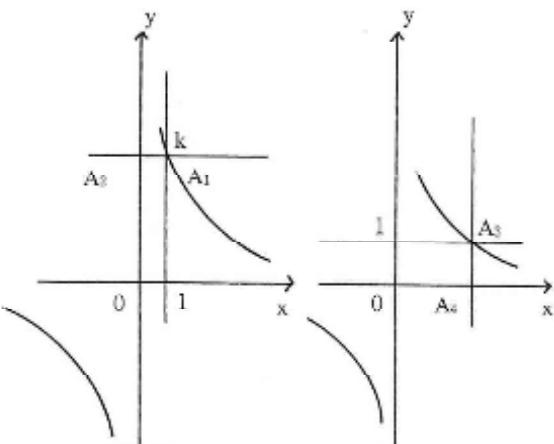
$$H'(p - \sqrt{k}/2, q - \sqrt{k}/2)$$

[注意] k が正の値をとりながら限りなく大きくなるとき、頂点 A, A' および焦点 F, F' は、直線 $y = x - p + q$ 上を動きながら点 (p, q) から限りなく遠ざかる。そのとき、 k の変化に対する A, A' の速度ベクトルは $(\pm 1/2\sqrt{k}, \pm 1/2\sqrt{k})$, F, F' の速度ベクトルは $(\pm 1/\sqrt{2k}, \pm 1/\sqrt{2k})$ である。

§ 3. 座標軸に平行な漸近線を持つ直角双曲線のグラフから未知係数の作図

1. $x y = k (k > 0)$ のグラフから未知係数 k の作図
点 $(1, 0)$ を通って y 軸に平行な直線と与えられた双曲線との交点を A_1 とすると、 A_1 の座標は $(1, k)$ である。点 A_1 を通って x 軸に平行な直線と y 軸との交点を A_2 とすると、 A_2 の y 座標が k となり未知係数 k が作図される(図3-1a)。

[注意] 点 $(0, 1)$ を通って x 軸に平行な直線と与えられた双曲線との交点を A_3 とし、 A_3 を通って y 軸に平行な直線と x 軸との交点を A_4 としても、 A_4 の x 座標が k として作図される(図3-1b)。



(図3-1a)

(図3-1b)

2. $(x - p)(y - q) = k (k > 0)$ のグラフから未知係数 p, q および k の作図

$$(x - p)(y - q) = k \dots\dots \text{①}$$

$$\text{直線 } y = x \dots\dots \text{②}, y = (1/2)x \dots\dots \text{③}$$

とする。

①, ②の交点の x 座標は、 $(x - p)(x - q) = k$ すなわち、 $x^2 - (p + q)x + pq - k = 0$ の異なる2

実数解である。この解を x_1, x_1' ($x_1 < x_1'$) とすると、 $x_1 + x_1' = p + q$ である。

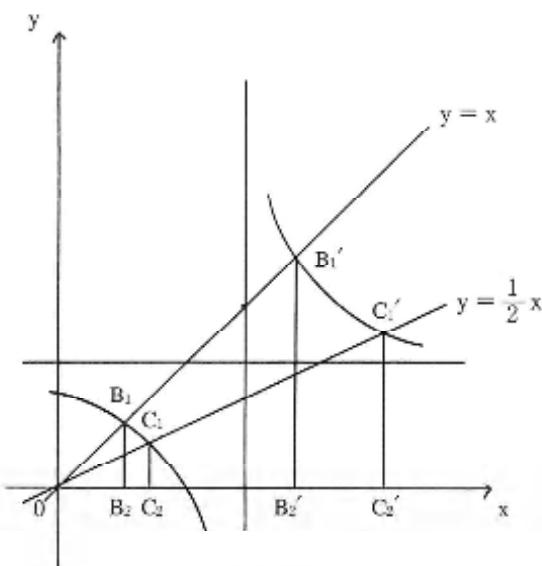
①, ③の交点の x 座標は

$$(x - p)(1/2)x - q = k \quad \text{すなわち}$$

$$x^2 - (p + 2q)x + 2(pq - k) = 0$$

の 2 実数解だから、解を x_2, x_2' ($x_2 < x_2'$)

とすると、 $x_2 + x_2' = p + 2q$ である。



(図 3-2a)

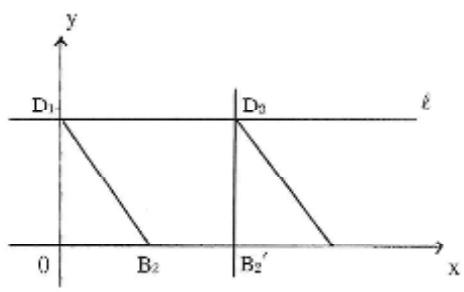
一作図 I —

(1) ①, ②の交点 B_1, B_1' を通り、y 軸に平行な直線と x 軸との交点を B_2, B_2' とすると、その座標は、 $B_2(x_1, 0), B_2'(x_1', 0)$ で
 $x_1 + x_1' = p + q \cdots \cdots ④$ である。

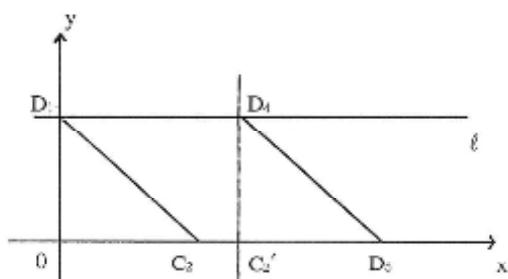
同様に、①, ③の交点 C_1, C_1' を通り、y 軸に平行な直線と x 軸との交点を C_2, C_2' とすると、その座標は、 $C_2(x_2, 0), C_2'(x_2', 0)$ で
 $x_2 + x_2' = p + 2q \cdots \cdots ⑤$ である (図 3-2a)。

(2) xy 平面上で、x 軸と異なり x 軸に平行な直線 ℓ と y 軸との交点を D_1 とし、点 B_2' を通り y 軸に平行な直線と直線 ℓ の交点を D_2 とする。 D_2 を通り直線 D_1B_2 に平行な直線と x 軸との交点を D_3 とすると D_3 の座標は、 $(x_1 + x_1', 0) = (p + q, 0)$ である (図 3-2b)。

(3) 同様に、点 C_2' を通り y 軸に平行な直線と直線 ℓ の交点を D_4 とする。点 D_4 を通り直線 D_1C_2 に平行な直線と x 軸との交点を D_5 とすると、 D_5 の座標は、 $(x_2 + x_2', 0) = (p + 2q, 0)$ である (図 3-2c)。

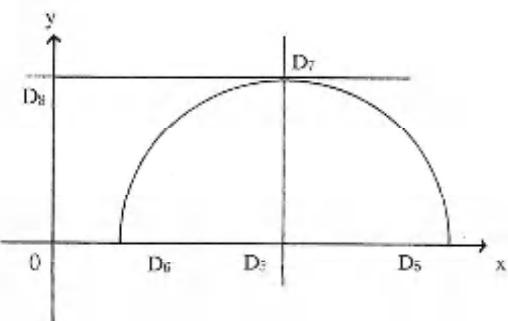


(図 3-2b)



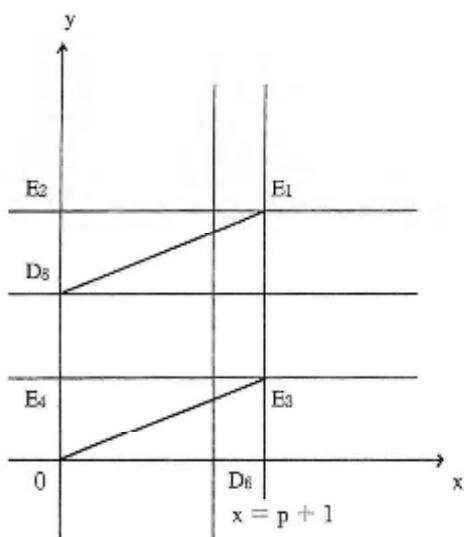
(図 3-2c)

(3) 点 D_3 を中心とし、半径 D_3D_5 の円と x 軸との交点のうち D_5 と異なる点を D_6 とし、この円と D_3 を通って y 軸に平行な直線との交点のうち、y 座標が q である点を D_7 とすると、 $D_7(p, 0)$, $D_7(p + q, q)$ である。次に点 D_7 を通って x 軸に平行な直線と y 軸との交点を D_8 とすると、 $D_8(0, q)$ となる。よって、 D_6 の x 座標、 D_8 の y 座標として未知係数 p, q が作図される (図 3-2d)。



(図 3-2d)

(4) 次に、点 $(p + 1, 0)$ を通り y 軸に平行な直線と与えられた双曲線との交点を E_1 とし、 E_1 を通り x 軸に平行な直線と y 軸との交点を E_2 とすると、 E_2 の y 座標は $q + k$ である。そこで、原点を通り直線 D_8E_1 に平行な直線と E_1 を通り y 軸に平行な直線との交点を E_3 とし E_3 を通り x 軸に平行な直線と y 軸との交点を E_4 とすると、 E_4 の y 座標が k となって未知係数 k が作図される (図 3-2e)。



(図 3-2。)

—作図 II —

$$(x-p)(y-q) = k \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$\text{直線 } y = x \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$\text{直線 } y = x + 1 \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

に対して、①、②の交点を B_1, B'_1 とするとき、その x 座標は、 $x^2 - (p+q)x + pq - k = 0$ の解である。この解を x_1, x'_1 とすると

$$x_1 + x'_1 = p + q \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$$x_1 x'_1 = pq - k \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

①、③の交点を C_1, C'_1 とし、その x 座標を x_2, x'_2 とすると、これは

$$(x-p)(x+1-q) - k = 0 \text{ すなわち}$$

$$x^2 - (p+q-1)x + pq - p - k = 0$$

の解だから

$$x_2 + x'_2 = p + q - 1 \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

$$x_2 x'_2 = pq - p - k \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

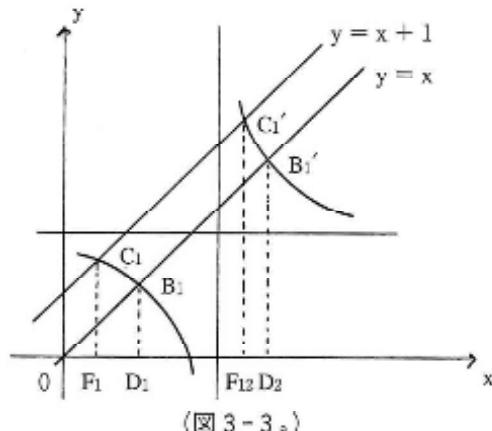
$$\textcircled{5}-\textcircled{7} \text{ より } p = x_1 x'_1 ; -x_2 x'_2$$

そこで、次の作図を得る。

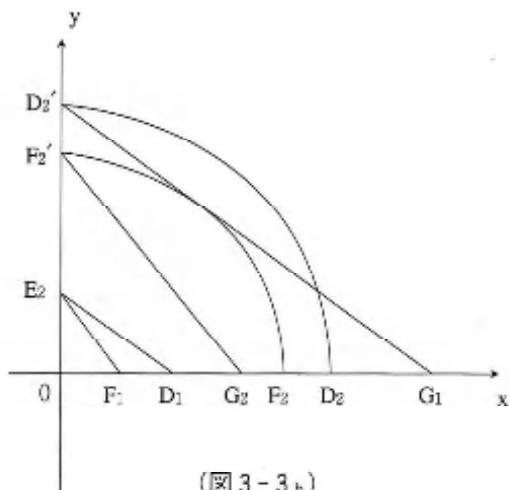
- (1) 上記の交点 B_1, B'_1, C_1, C'_1 を通って y 軸に平行な直線をひき、 x 軸との交点を順に D_1, D_2, F_1, F_2 とするとき、 $D_1(x_1, 0), D_2(x'_1, 0), F_1(x_2, 0), F_2(x'_2, 0)$ である(図 3-3a)。
- (2) 原点 O を中心とし OD_2, OF_2 を半径とする 2 つの円と y 軸との交点のうち座標が $(0, x'_1), (0, x'_2)$ である点を D'_2, F'_2 とする。

$D_1(x_1, 0), F_1(x_2, 0), E_2(0, 1)$ に対して、点 D'_2 を通り直線 $E_2 D_1$ に平行な直線と x 軸との交点を G_1 とすると、 $G_1(x_1 x'_1, 0)$ である。同様に、点 F'_2 を通り直線 $E_2 F_1$ に平行な直線と x 軸との交点を G_2 とすると、その座標は $(x_2 x'_2, 0)$ である(図 3-3b)。

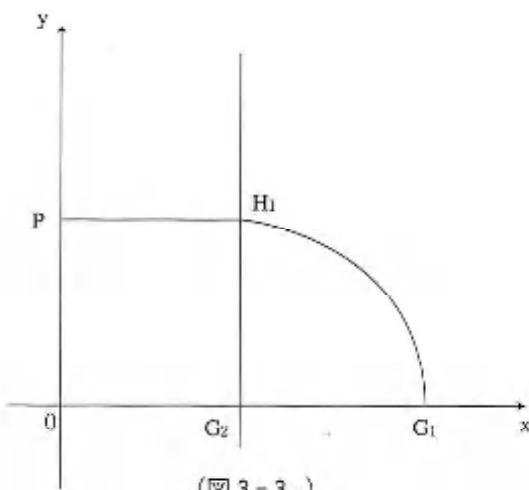
(3) 点 G_2 を通って y 軸に平行な直線と点 G_1 を中心とし、半径 $G_2 G_1$ の円との交点のうち、座標が $(x_2 x'_2, x_1 x'_1 - x_2 x'_2)$ である点を H_1 とする。点 H_1 を通って x 軸に平行な直線と y 軸との交点の y 座標が $x_1 x'_1 - x_2 x'_2 = p$ となる。よって、未知係数 p が作図される(図 3-3c)。



(図 3-3a)



(図 3-3b)

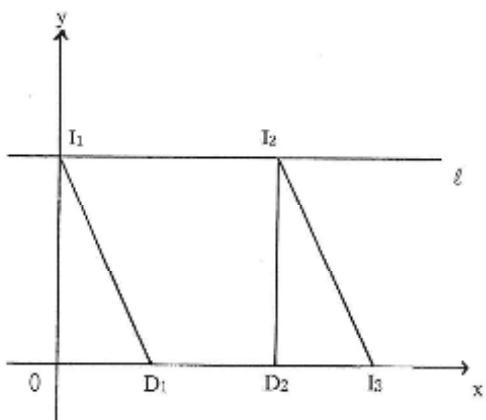


(図 3-3c)

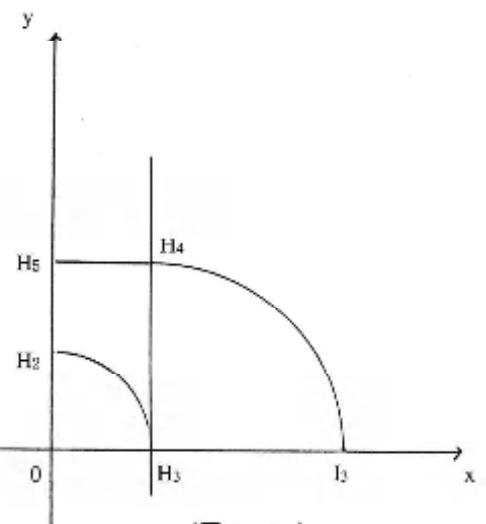
(4) 次に、 $D_1(x_1, 0)$, $D_2(x'_1, 0)$ と x 軸に平行で x 軸と異なる直線 ℓ に対して、 ℓ と y 軸との交点を I_1 とし、点 D_2 を通って y 軸に平行な直線と ℓ の交点を I_2 とする。点 I_2 を通って直線 $I_1 D_1$ に平行な直線と x 軸との交点を I_3 とすると、 I_3 の座標は

$$(x_1 + x'_1, 0) = (p + q, 0) \text{ である (図 3-3d).}$$

(5) 点 $H_2(0, p)$ に対して、原点 O を中心とし半径 $O H_2$ の円を描き x 軸との交点のうち座標が $(p, 0)$ である点を H_3 とする。点 H_3 を通って y 軸に平行な直線と点 H_3 を中心とし半径 $H_3 I_3$ の円との交点のうち座標が $(p, x_1 + x'_1 - p)$ である点を H_4 とする。点 H_4 を通って y 軸に平行な直線と y 軸との交点を H_5 とすると、 H_5 の y 座標が $x_1 + x'_1 - p$ すなわち q となり、未知係数 q が作図される (図 3-3e)。



(図 3-3d)

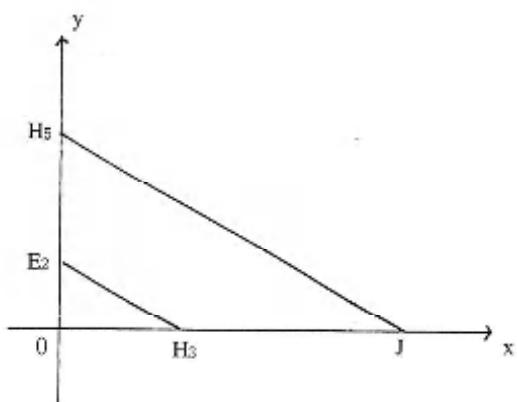


(図 3-3e)

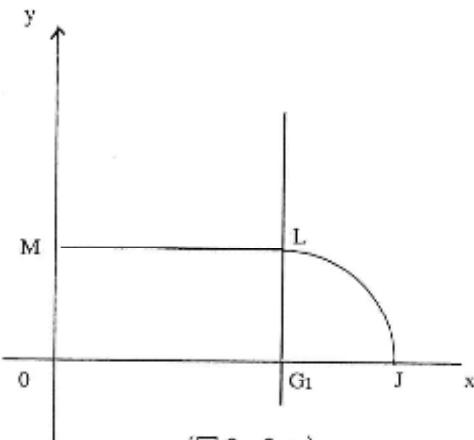
(6) 点 $E_2(0, 1)$, $H_5(0, q)$, $H_3(p, 0)$ に対して H_5 を通って直線 $E_2 H_5$ に平行な直線と x 軸と

の交点を J とするとその座標は $(p, q, 0)$ である (図 3-3f)。

(7) 点 G_1 を中心として半径 $G_1 J$ の円を描き、点 G_1 を通って y 軸に平行な直線との交点のうち座標が $(x, x'_1, p, q - x_1 x'_1)$ である点を L とする。点 L を通って x 軸に平行な直線と y 軸との交点を M とすると、 M の y 座標が $p, q - x_1 x'_1 = k$ となり、未知係数 k が作図される (図 3-3g)。



(図 3-3f)



(図 3-3g)

§ 4. 双曲線 $(x-p)(y-q)=k$ ($k > 0$) の頂点、焦点、準線の作図

点 (p, q) を通り傾き 1 の直線は双曲線の横軸であり、双曲線との交点 A, A' は双曲線の頂点である。

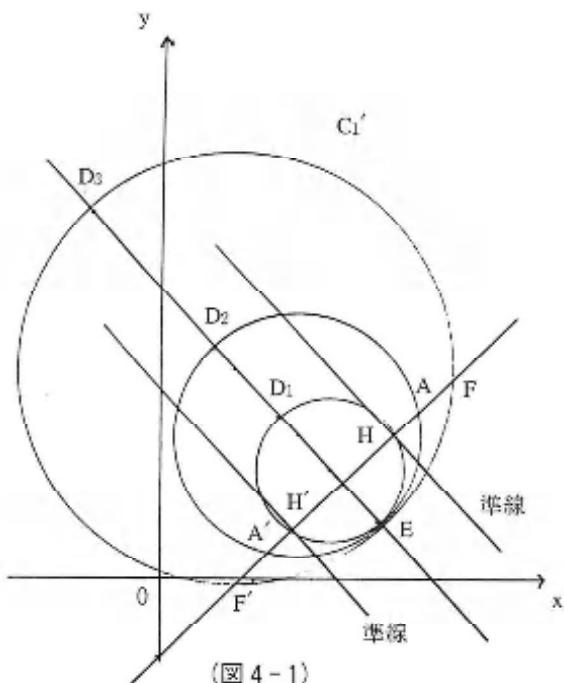
点 (p, q) を通り傾き -1 の直線は双曲線の共軸である。

共軸上に横軸に関して一方の側に、点 (p, q) からの距離が $k, 2k, 4k$ である点を D_1, D_2, D_3 とし、反対側に点 (p, q) からの距離が 1 である点を E とする。

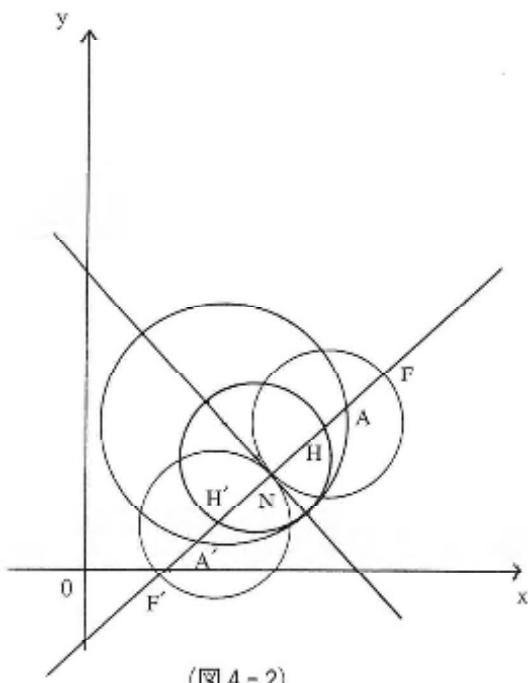
$D_1 E, D_2 E, D_3 E$ を直径とする円を描き横軸との交点を H, H', A, A', F, F' とすると、 A, A' は双曲線の頂点、 F, F' は焦点で

ある。点H, H'をそれぞれ通り、共軸に平行な直線をひくと、これらの直線は双曲線の準線である（図4-1）。

[注意] 焦点F, F'の作図については、点(p, q)をNとするとき、Hを中心、半径NHの円およびH'を中心、半径NH'の円と横軸との交点のうち、点N以外の交点としても作図できる（図4-2）。



(図4-1)



(図4-2)

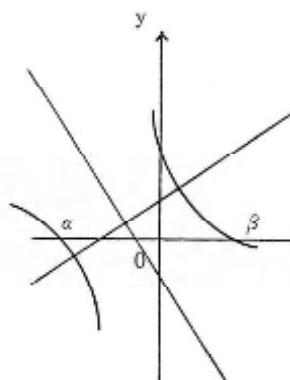
§ 5. 双曲線 $ax^2 + 2hxy + by^2 + 2gx + 2fy + 1 = 0$ が x 軸と異なる 2 つの共有点を持つ場合

◎未知係数 a の作図

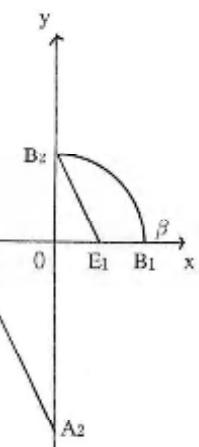
1. $y = 0$ として得られる 2 次方程式

$ax^2 + 2gx + 1 = 0$ の 2 解を α, β ($\alpha < \beta$) とすると、これは与えられた双曲線と x 軸との共有点の x 座標で、 $\alpha + \beta = -2g/a$, $\alpha\beta = 1/a$ である（図5-1a）。

2. x 軸上の定点 $A_1(\alpha, 0)$, $B_1(\beta, 0)$, $E_1(1, 0)$ に対して、原点 O を中心として半径 OB₁ の円を描いて、y 軸との交点のうち座標が $(0, \beta)$ である点を B₂ とする。点 A₁($\alpha, 0$) を通り直線 B₂E₁ に平行な直線をひき、y 軸との交点を A₂ とすると、A₂ の y 座標が $a\beta$ すなわち $1/a$ である（図5-1b）。

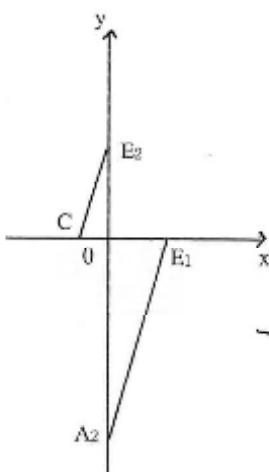


(図5-1a)

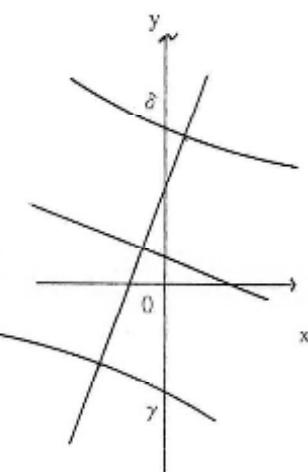


(図5-1b)

3. 点 E₂(0, 1) を通り直線 E₁A₂ に平行な直線と x 軸との交点を C とすると、C の x 座標が a である。ゆえに、未知係数 a が作図される（図5-1c）。



(図5-1c)



(図5-2a)

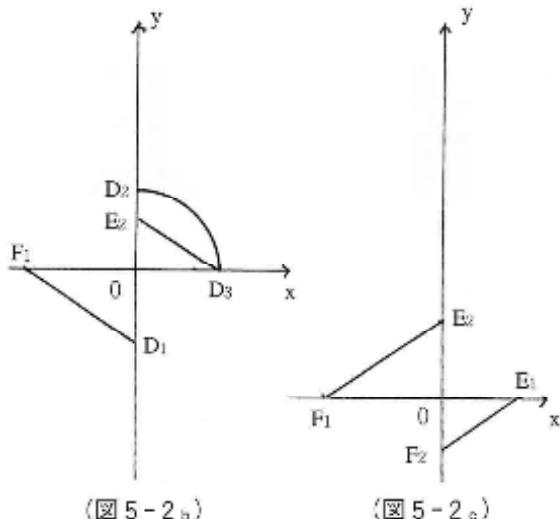
◎未知係数 b の作図

1. $x = 0$ として得られる 2 次方程式

$b y^2 + 2 f y + 1 = 0$ の 2 解を γ, δ ($\gamma < \delta$) とすると、 γ, δ は与えられた双曲線と y 軸との交点で、 $\gamma + \delta = -2f/b$, $\gamma \delta = 1/b$ である (図 5-2a)

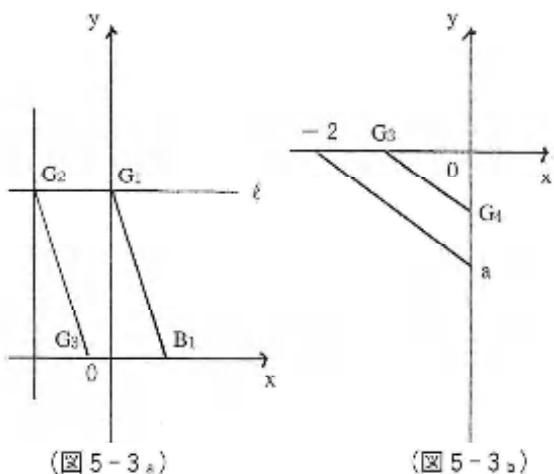
2. y 軸上の定点 $D_1(0, \gamma)$, $D_2(0, \delta)$, $E_2(0, 1)$ に対して、原点 O を中心とし半径 OD_2 の円を描き、 x 軸との交点のうち座標が $(\delta, 0)$ である点を D_3 とする。さらに、点 D_1 を通り直線 D_3E_2 に平行な直線をひき x 軸との交点を F_1 とすると、 F_1 の x 座標が $\gamma \delta$ すなわち $1/b$ である (図 5-2b)。

3. 定点 $E_1(1, 0)$ を通り直線 E_2F_1 に平行な直線をひき、 y 軸との交点を F_2 とすると、 F_2 の y 座標が b である。よって、未知係数 b が作図される (図 5-2c)。

◎未知係数 b の作図

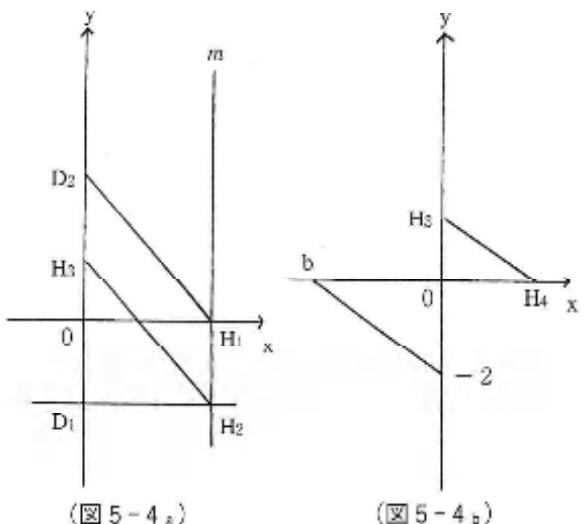
1. x 軸に平行で、 x 軸と異なる直線を ℓ とする。直線 ℓ と y 軸および直線 $x = a$ との交点を G_1, G_2 とし、 G_2 を通り直線 G_1B_1 に平行な直線と x 軸との交点を G_3 とすると、 G_3 の x 座標は $a + \beta$ である (図 5-3a)。

2. 点 G_3 を通って、2 定点 $(-2, 0)$, $(0, a)$ を通る直線に平行な直線と y 軸との交点を G_4 とすると G_4 の y 座標が $-a(a + \beta)/2$ すなわち g である。よって、未知係数 g が作図される (図 5-3b)。

◎未知係数 f の作図

1. y 軸に平行で y 軸と異なる直線を m とする。直線 m と x 軸および直線 $y = \gamma$ との交点を H_1, H_2 とし、 H_2 を通り直線 H_1D_2 に平行な直線と y 軸との交点を H_3 とすると、 H_3 の y 座標は $\gamma + \delta$ である (図 5-4a)。

2. 点 H_3 を通って、2 定点 $(0, -2)$, $(b, 0)$ を通る直線に平行な直線と x 軸との交点を H_4 とすると、 H_4 の x 座標が $-b(\gamma + \delta)/2$ すなわち f である。よって、未知係数 f が作図される (図 5-4b)。

◎未知係数 h の作図

双曲線 $ax^2 + 2hxy + by^2 + 2gx + 2fy + 1 = 0 \cdots \cdots ①$ について

- 中心 P の作図 -

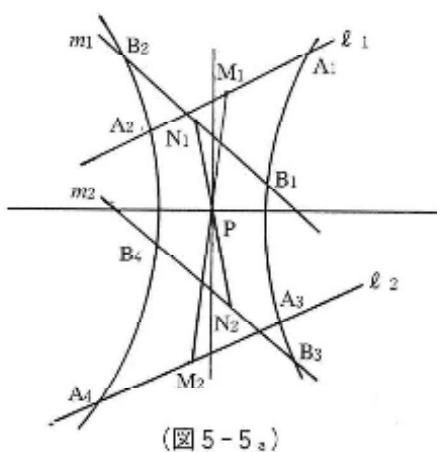
中心 $P(x_0, y_0)$ については

$$ax_0 + hy_0 + g = 0 \cdots \cdots ②$$

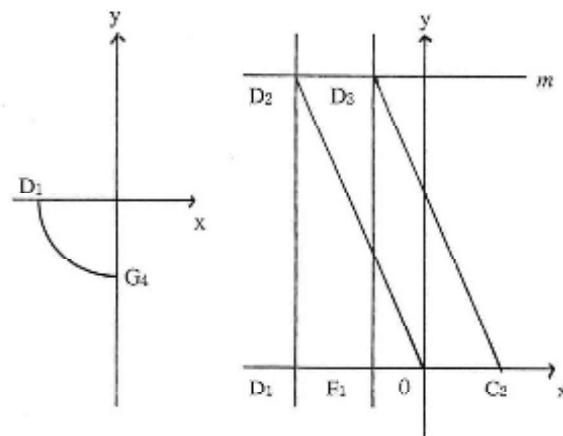
$$hx_0 + by_0 + f = 0 \cdots \cdots ③$$

が成り立つ。

与えられた双曲線の相対する2曲線の両方に各1点で交わり、互いに平行で異なる2直線の組 (ℓ_1, ℓ_2) と (m_1, m_2) をとり、双曲線 ℓ_1, ℓ_2 との交点の組を $(A_1, A_2), (A_3, A_4)$ 、 m_1, m_2 との交点の組を $(B_1, B_2), (B_3, B_4)$ とし、線分 $A_1A_2, A_3A_4, B_1B_2, B_3B_4$ の各中点を M_1, M_2, N_1, N_2 とする直線 M_1M_2 と直線 N_1N_2 との交点を P とすると、点 P がこの双曲線の中心である(図5-5_a)。

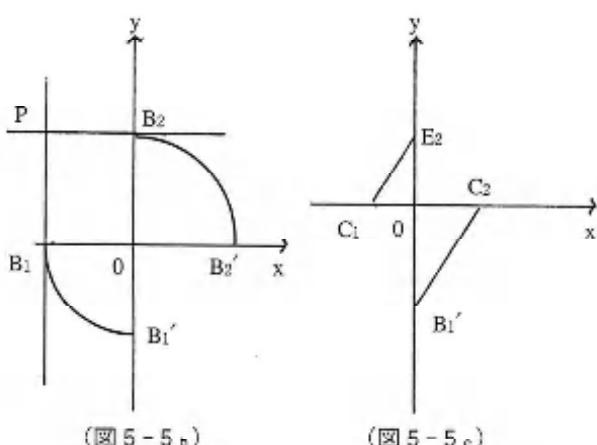
(図5-5_a)

3. $G_4(0, g)$ に対して、原点Oを中心とし半径 $O G_4$ の円を描き、x軸との交点のうちその座標が $(g, 0)$ である点を D_1 とする(図5-5_a)。
4. 点 $D_1(g, 0)$ を通り、y軸に平行な直線とx軸に平行でx軸と異なる直線 m との交点を D_2 とし、 $C_2(a x_0, 0)$ を通り直線 OD_2 に平行な直線と直線 m との交点を D_3 とする。点 D_3 を通りy軸に平行な直線とx軸との交点を F_1 とすると、 F_1 のx座標は $a x_0 + g$ である(図5-5_e)。

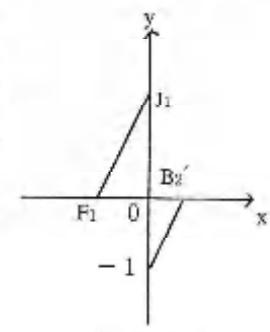
(図5-5_e)(図5-5_e)

- h の作図 -

1. 点 P を通り、y軸、x軸にそれぞれ平行な直線とx軸、y軸との交点を順に B_1, B_2 とすると、その座標は、 $B_1(x_0, 0), B_2(0, y_0)$ である、原点Oを中心とし、半径 OB_1, OB_2 の円を描き、y軸、x軸との交点で座標が $(0, x_0), (y_0, 0)$ である点をそれぞれ B'_1, B'_2 とする(図5-5_b)。
2. 点 $B'_1(0, x_0)$ を通り、2点 $E_2(0, 1), C_1(a, 0)$ を通る直線に平行な直線とx軸との交点を C_2 とすると、 C_2 のx座標は $a x_0$ である(図5-5_c)。

(図5-5_b)(図5-5_c)

5. 点 $F_1(a x_0 + g, 0)$ を通り、2点 $(0, -1), B'_2(0, y_0)$ を通る直線に平行な直線とy軸との交点を J_1 とすると、 J_1 のy座標が $- (a y_0 + g) / y_0$ となり、②よりこれは h である(ただし、 $y_0 \neq 0$)。よって、 h が作図される。(図5-5_f)。

(図5-5_f)

引用・参考文献

- [1] D. Hilbert, Grundlagen der Geometrie, 9. Aufl., B, G, Teubner, Stuttgart, 1962.
- [2] J. Metz, Seeing b in $y = ax^2 + bx + c$, Mathematics Teacher, 87, No. 1, (1994), 23-25.
- [3] 本部 均, 解析幾何学(基礎数学講座4), 共立出版, 1959.
- [4] D, R, Snow, Foci found, Mathematics Teacher, 87, No.8 (1994), 587.
- [5] K, Yamaguti and T, Kawakami, A study of teaching materials of high school mathematics from geometric

- viewpoint-geometric construction of the coefficients from the graphs of cubic functions and quartic functions-, J, Fac, Intern'l Stud, Culture, Kyushu Sangyo Univ No, 3 (1995), 103–116.
- [6] 川上龍男, 固有2次曲線の標準方程式のグラフから, 未知係数, 焦点, 離心率, 準線の幾何学的構成について, 有明工業高等専門学校紀要第32号 (1996), 21–26.
- [7] 川上龍男・山口 清, x 軸に平行な軸をもつ放物線から方程式の係数および焦点, 準線の幾何学的構成, 有明工業高等専門学校紀要第33号 (1997), 25–31.
- [8] 川上龍男, 楕円・双曲線のグラフから未知係数, 焦点, 離心率および準線の幾何学的構成, 有明工業高等専門学校紀要第34号 (1998), 11–17.
- [9] T, Kawakami, Geometric constructions of the coefficients, foci, eccentricities, directrices from the graphs of equation of prooer quadratic curves whose axis is parallel to the xaxis, Proceedings of ICMI-EARCOME 1 (1998), 613–636.
- [10] 川上龍男, 有心2次曲線のグラフから未知係数の幾何学的構成—椭円の場合—, 有明工業高等専門学校紀要第35号, (1999), 21–29.

酸化物高温超伝導体における低周波交流損失 (1)

— ピンニング・パラメータ依存性について —

中村俊三郎・藤吉孝則*・山藤馨

(平成11年9月30日受理)

AC Loss in High- T_c Cuprate Superconductors (1) — On the Pinning-Parameter Dependence —

Shunzaburo NAKAMURA, Takanori FUJIYOSHI, Kaoru YAMAFUJI

The AC loss in a high- T_c superconducting slab was estimated numerically by solving the Maxwell equations, and the results are compared with the existing theoretical expression for the AC loss, especially for the dependence on the pinning parameter as a measure of the sharpness of the current vs. voltage characteristics.

1. はじめに

金属性低温超伝導体のパワー応用においては多芯線が主として用いられる。多芯線内の超伝導フィラメントの直径はミクロン又はサブミクロン程度と極めて細いため、 $10^{-1} - 10^2$ Hz程度の低周波の交流磁界又は交流電流を印加した際に発生する超伝導フィラメントの履歴損失については、Beanモデル¹⁾に基づくNorrisの式²⁾で十分定量的に記述される。しかし、金属系超伝導多芯線はツイストされていて、多芯線の交流損失には結合損失のほうが履歴損失よりも通常大きい寄与をする³⁾。

一方、酸化物高温超伝導線材においては、材料の脆さのために短いピッチでツイストするのが困難であることから、結合損失は無視出来る。したがって、理想的には、超伝導フィラメントの交流損失を評価すればよい。実際の線材では、線材内の電流分流の不均一性に由来するもの等、付加的な損失も無視できないが、その評価の為にも、超伝導フィラメントの交流損失を先ず定量的に評価出来ることが望ましい。

しかし、酸化物高温超伝導体は異方性が大きい層状結晶構造を有するため、高い直流磁界下での混合状態における磁束ピンニングに対する熱揺動の影響が、今後の応用が期待される高周波の温度領域で深刻となる⁴⁾。このため、実用上重要な低周波の交流磁界又は交流電

流印加時においても、試料内部の磁束分布の緩和時間が交流の周期と同程度になり⁵⁾、1周期当たりの低周波交流損失も、単純な履歴損失と異なり、周波数依存性を持ってくる⁶⁾。したがって、実用上重要な低周波交流損失は、Norrisの式のように周波数依存性を持たない式では記述出来ない。

最近、酸化物高温超伝導体の高温側のグラス・液体転移温度付近の広い温度範囲で電界・電流密度特性の測定結果を定量的に記述する理論式が提出された^{7), 8)}。したがって、その理論式を物質方程式と見なして Maxwell 方程式を解けば、低周波交流損失が理論的に評価出来る。この場合、Maxwell 方程式は非線形性が強い方程式になるが、数値解法で計算時間を十分に取れば、低周波交流損失も精度良く評価出来る筈である。したがって、数値計算結果を測定結果と比較すれば、採用した電界・電流密度特性の理論式が低周波交流損失の定量的評価に耐え得る程度に良い近似になっているかどうかが判定出来るが、この点は既に Bi2212 バルク試料に対して確認されている⁹⁾。

しかしながら、実際の線材では種々の付加的損失が生じるため、超伝導フィラメントの低周波交流損失を定量的に記述出来る理論式の役割は、線材の交流損失評価の基礎として重要である。非線形の Maxwell 方程式を理論的に正確に解くのは困難なため、近似的に解いて低周波交流損失の式を導いた結果の式が最近提出された¹⁰⁾。しかし、使いやすい簡便な形にまとめるため、導出過程における近似が結果の式の近似

* 熊本大学工学部電気システム工学科

度に及ぼす影響を評価出来ない直感的近似を採用しているので、提出された式の適用範囲が明確でない。

本研究では、上記の理論式の適用範囲を数値計算結果と比較して明らかにする。本論文では、第一段階として電界が電流密度に対してどれほど急激に増加するかの目安を与えるピンシング・パラメータ依存性に注目して研究を行った結果について報告する。

2. 低周波交流損失の理論表式

線材内の超伝導フィラメントは円柱形又は梢円柱形の切り口を持つが、形状の効果は簡単に補正できることから、厚さ $2d$ の無限に広いスラブに対する表式を導いておけばよい。厚さの方向に x 軸を取り、 z 軸方向に磁束密度 B_{dc} の直流磁界を印加し、これに z 軸方向に $B_{ac} = B_m \sin \omega t$ の交流磁界を重畠した時の 1 周期当たり単位体積当たりの低周波交流損失を W とすれば、Bean モデル¹⁾に基づく Norris の式は次式で与えられる²⁾。

$$W = \frac{2}{3} \frac{B_m^3}{\mu_0^2 d J_{ce}}; \quad 0 < B_m \leq B_p \quad (1a)$$

$$W = \frac{2}{3} \mu_0 d^2 J_{ce}^2 + 2d \tilde{J}_{ce} (B_m - \mu_0 d J_{ce}); \quad B_p < B_m \ll B_{dc} \quad (1b)$$

ここで、 $B_p = \mu_0 d J_{ce}$ は交流磁束が試料の中心まで到達する B_m の値、 μ_0 は真空透磁率である。金属系の超伝導体に対して提出された Norris の原式では、 J_{ce} 及び \tilde{J}_{ce} は理論的な臨界電流密度 J_c に等しいと仮定されている。Bean モデルでは、試料内の電流密度は J_c に等しいと仮定されているからである。

実用の金属系超伝導フィラメントの場合には、 J_c を理論から定量的に評価するのは困難な場合もあるが、上式に含まれる J_{ce} 及び \tilde{J}_{ce} として、 J_c の代わりに、測定された臨界電流密度 J_c^E の値を代入すれば、上式が W の測定値を定量的に記述出来ることが判っている³⁾。この場合、実測による臨界電流密度 J_c^E は、或る基準電界 E_c を発生する印加電流密度として定義される。 E_c の値としては、実用的な観点から $0.1 - 1.0 \mu N/m$ の範囲の値が採用されることが多い。

金属系超伝導体の場合には、理論的な臨界電流密度 J_c の付近の電界・電流密度特性は、近似的には

$$E = \rho_{FF}(J - J_c) \quad (2a)$$

の式で与えられるが、 $J \sim J_c$ の極く近傍で詳細にみると

$$\ln E = \ln E_c + n \ln(J/J_c^E) \quad (2b)$$

の形の式で良く記述される。測定された電界から(2b)式に基づいて J_c^E と、電界・電流特性の「鋭さ」の目安を与える n 値を決定する。 n 値が数十もあり、磁束フロー抵抗率 ρ_{FF} の値も酸化物系超伝導体の場合より 2 術以上も大きいため、決定された J_c^E の値の J_c からのずれは、 E_c の値を上記の範囲程度で少々動かしても、無視できる程小さい。

一方、銅酸化物系超伝導体の場合には、グラス・液体転移温度 $T_g(B)$ の付近のかなり広い温度範囲で、電界・電流密度特性が次式で定量的に記述出来ることが判っている⁴⁾。

$$E = \begin{cases} \frac{\hat{\rho}_{FF}}{(m+1)J_0^m} (J - |J_{cM}|)^{m+1} S(J - |J_{cM}|); & T < T_g(B) \\ \frac{\hat{\rho}_{FF}}{(m+1)J_0^m} [(J + |J_{cM}|)^{m+1} - |J_{cM}|^{m+1}]; & T > T_g(B) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、 $S(x)$ は $x < 0$ で 0, $x > 0$ で 1 をとする階段関数、 $\hat{\rho}_{FF}$ は熱振動が存在するときの磁束フロー抵抗率であり、パラメータ、 m, J_0, J_{cM} の値は電界・電流密度の測定結果から決定できる。

銅酸化物系超伝導体の場合には、 $T_g(B)$ 付近の温度で J_c の値は小さくなり、かなり広い分布を持つようになる⁵⁾。 J_{cM} は J_c の最小値であり、 $T = T_g(B)$ では零になる⁶⁾。この温度では、(3)式は $E \propto J^{m+1}$ となることから、(2b) 式と較べて見れば、 $(m+1)$ が n と対応して電界・電流密度特性の「鋭さ」の目安になっていることが判る。

最近提出された銅酸化物系超伝導体に対する低周波交流損失 W の式は、(1a), (1b) 式における J_{ce} 及び \tilde{J}_{ce} に対して、銅酸化物系超伝導体の場合を定量的に記述する表式を提出することを目的として導かれた⁷⁾。

銅酸化物系超伝導体の場合には、 m の値はこれまでに開発された線材では 10 以下と極めて小さく、 $\hat{\rho}_{FF}$ の値も金属系の ρ_{FF} よりも 2 術以上小さいため、 E_c の選び方によって得られる J_c^E の値が大きく変わり、これを J_c 又は \tilde{J}_{ce} に等しいとして (1a), (1b) 式に代入すると W の値が大きく変動する。そこで、磁束密度 $B_{ac} = B_m \sin \omega t$ の交流磁束が印加された時に試料表面に誘起される電界は $(B_m d \omega)$ の程度であるので、

[近似1] E_c として試料内の電界の空間平均を半周期に亘って平均した量を採用する³⁾。

この [近似1] に基づき理論的に評価された E_c を形式的に

$$E_c = \alpha^{m+1} B_m d\omega; \quad B_m < B_p, \quad (4a)$$

$$E_c = \tilde{\alpha}^{m+1} B_m d\omega; \quad B_m > B_p, \quad (4b)$$

と置く。しかし、 α 及び $\tilde{\alpha}$ の表式を正確に求めるのは困難なため、試料内の電界分布に対して近似的な考察を行った結果^{5,7)},

[近似2] α 及び $\tilde{\alpha}$ を次式で近似する。

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{m+1}{m+2} \quad (5a)$$

$$\tilde{\alpha} = \frac{m+1}{m+2} \frac{(B_m + B_p)^2 + 10^{-1}(B_m - B_p)^2}{2(B_m + B_p)^2 + 10^{-1}(B_m - B_p)^2} \quad (5b)$$

(4a) 式の E_c を (3) 式の左辺の E に等しいと置けば J_{ce} が求まり、

$$J_{ce}(B_m) = \begin{cases} |J_{cM}| + \alpha J_\omega(B_m); & T < T_g(B_{dc}) \\ [|J_{cM}|^{m+1} + (\alpha J_\omega(B_m))^{m+1}]^{\frac{1}{m+1}} - |J_{cM}|; & T > T_g(B_{dc}) \end{cases} \quad (6a)$$

$$J_\omega(B_m) = J_0 [(m+1)B_m d\omega / \rho_{FF} J_0]^{\frac{1}{m+1}} \quad (6b)$$

が得られる。 \tilde{J}_{ce} は (6a) 式の α を $\tilde{\alpha}$ で置き換えて得られる。

この場合、 J_{ce} が B_m の関数であるので、 B_p は

$$B_p = \mu_0 d J_{ce}(B_p) \quad (7)$$

で定義される。

3. 数値計算による W の評価

本章では、超伝導体平板に対して正弦波状に変化する交流磁界を印加した場合の交流損失 W を数値計算により評価する。ここでは超伝導体内部での交流振幅に対して直流バイアス磁界が十分に大きいものとする。 x 軸方向に厚さ $2d$ で、 yz 平面に十分広い超伝導スラブに、 z 方向に磁界が印加されているような座標系とする。

混合状態にある超伝導体試料内部の磁束密度 $B = (0, 0, B)$ 、電界 $E = (0, E, 0)$ 、電流密度 $J = (0, J, 0)$ とおくと、電磁界分布は、次の Maxwell 方程式

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (8a)$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 J \quad (8b)$$

で記述される。これらの Maxwell 方程式は、 E と J の関係が既知であれば、解くことができる。本研究では、銅酸化物系超伝導体において広い温度・磁界領域で電界・電流密度特性を定量的に記述できる (3) 式を採用する。したがって、超伝導平板の電磁界を求める基礎方程式は、(3) 式、(8a) 式および (8b) 式より

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{\rho_{FF}}{\mu_0 J_0^m} (-\lambda \frac{1}{\mu_0} \frac{\partial B}{\partial x} \pm |J_{cM}|)^m \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} \quad (9)$$

となる。ただし、負符号は $T < T_g(B)$ 、正符号は $T > T_g(B)$ に対応し、 λ は $E / |E|$ で与えられる符号因子である。この基礎方程式は、非線形拡散方程式となっており、解析的解を得ることができない。

超伝導体スラブには、磁束密度 B_{dc} の直流バイアス磁界に、振幅 B_m の微小な磁束密度を持つ交流磁界が重畠されているものとすると

$$B_e(t) = B_{dc} + B_m \sin \omega t; \quad B_m \ll B_{dc} \quad (10)$$

の磁束密度 B_e の外部磁界が印加される。なお、 $B_{dc} \ll B_{dc}$ であるから、電界・電流密度特性は、 B_{dc} により決定されるものとする。

超伝導体内部の電磁界分布を調べるために、(9) 式で与えられる非線形拡散方程式の中の偏導関数を、その差分近似で置き換えることにより連立代数方程式に変え、それを反復法により数値的に解く。本研究では、Crank-Nicolson 法⁸⁾を用い、偏導関数 $\partial B(x, t) / \partial t$ 、 $\partial^2 B(x, t) / \partial x^2$ を

$$\frac{\partial B(x, t)}{\partial t} = \frac{1}{\Delta t} [B_{i+1,j} - B_{i,j}] \quad (11a)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 B(x, t)}{\partial x^2} &= \frac{\eta}{(\Delta x)^2} [B_{i+1,j+1} - 2B_{i+1,j} + B_{i+1,j-1}] \\ &\quad + \frac{1-\eta}{(\Delta x)^2} [B_{i,j+1} - 2B_{i,j} + B_{i,j-1}] \end{aligned} \quad (11b)$$

と近似する。なお、添字 i, j は、時空間平面 (x, t) における格子点 $t_i = i \Delta t, x_j = j \Delta x$ を表している。また、 η は、区間 $[0, 1]$ の中で選ばれる数値パラメータで、数値計算では 0.6 を使った。時間刻みとしては、 $\Delta t \sim (2\pi/\omega)/1000000$ 、空間刻みとしては、 $\Delta x = (2d)/1000$ とした。また、電流密度分布 $J(x, t)$ は、Maxwell 方程式を中心差分近似することにより、

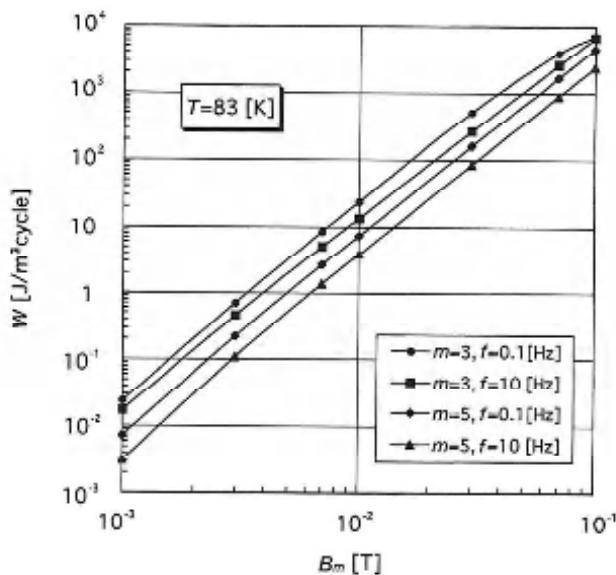
$$J_{i,j} = \frac{1}{\mu_0} \frac{B_{i,j+1} - B_{i,j-1}}{2\Delta x} \quad (12)$$

から得ることができる。さらに、電界・電流密度特性から電界分布 $E(x, t)$ を得る。これより、1 サイクル当たりの交流損失 W は、

$$W = \int_{1cycle} \left\{ \int_{-d}^d J E dx \right\} dt \quad (13)$$

で与えられる。

数値計算において、パラメータ $\hat{\rho}_{eff}, J_0, J_{cM}$ の値としては、実際にエピタキシャル YBCO 超伝導薄膜で測定された値を用いた（表 1 参照）。



(a)

図 1. 数値計算による低周波交流損失 W の交流磁界振幅 B_m 依存性

4. 数値計算結果及び検討

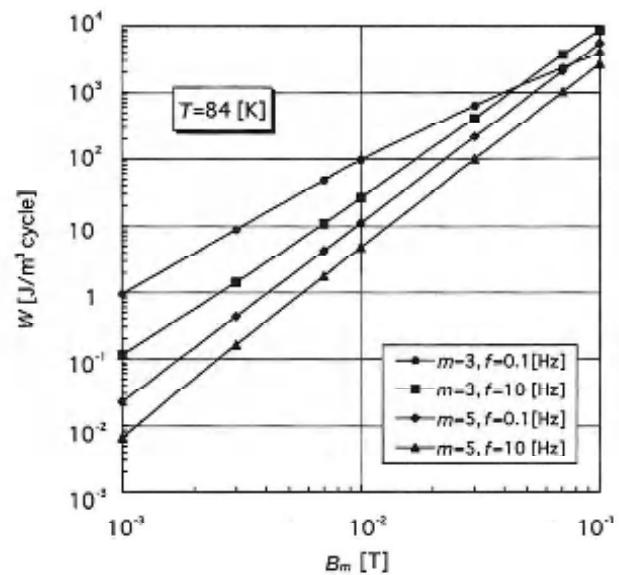
ここでは、結晶異方性が比較的小さいため、近い将来の実用線材として現在長尺線材の開発が積極的に行われつつある Y 系線材について考察する。

例として、電界・電流密度特性が詳細に測定されているエピタキシャル YBCO 薄膜の場合には、 B_{dc} が 2 T (テスラ) の時の $T_g(B)$ は 83.5 K であるので、ここでは $T < T_g(B)$ の例として $T = 83.0$ K, $T > T_g(B)$ の例として $T = 84.0$ K の 2 つの温度に対して考察する。この場合の諸パラメータの値を表 1 に示す。

表 1. $B_{dc} = 2$ T における YBCO 薄膜のパラメータ値

パラメータ	$T = 83.0$ K	$T = 84.0$ K
$\hat{\rho}_{eff}$ [Ω m]	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}
J_{cM} [A/m ²]	4.8×10^7	4.8×10^7
J_0 [A/m ²]	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}

先ず、低周波交流損失 W の印加交流磁束密度の振幅 B_m 依存性に関する典型的な例を図 1 (a), (b) に示す。(1a), (1b) 式からは、 W は $B_m < B_p$ では B_m のほぼ 3 乗、 $B_m > B_p$ では B_m のほぼ 1 乗で増加することが予測される。ここに示した例では、(7) 式より予測される B_p の値は $f = 0.1$ Hz の場合で約 5×10^{-2} T、他



(b)

の場合は 10^{-1} T より大きいことに注意すると、理論の予測通りになっていることが判る。周波数依存性は、 $B_m > B_p$ の場合が著しい筈であるが、ここに示した $B_m < B_p$ の場合でさえも、かなり著しい周波数依存性を示している。特に、ピンニングの影響が小さくなる $T > T_g(B)$ においては、W の値も 1 衍以上増し、周波数依存性も著しくなることが判る。図 1(a), (b) に示したのは電界・電流密度特性の「鋭さ」の目安となるピンニングパラメータ m の値が $m = 3$ の場合であるが、他の m の値に対しても同じ傾向を示す。

例として、 $B_m = 1.0 \times 10^{-3}$ T の場合に対する周波数依存性の m 依存性を図 2 に示す。特徴的な事実は、 $f = 0.1$ Hz と 10 Hz における W の差は、W が大きいほど大きいが、その比は 2 倍程度と、 m の値によって余り大きくは変化していない事である。

本論文で議論したパラメータの範囲、 $3 < m < 10$, $0.1 < f < 100$ Hz, $10^{-3} < B_m < 10^{-1}$ T においては、数値計算結果と 2 節で示した理論式とはほぼ定量的な一致を示した。典型的な例を図 3(a), (b) に示す。 $T > T_g(B)$ においては B_m が余り小さくなるとやや合わなくなるが、これは内部磁束分布の緩和時間があまり長くなると、Bean モデル的な近似で扱うのが近似が悪くなるせいと思われる。

5. まとめ

銅酸化物系超伝導体においては、 $T_g(B)$ 付近の温度においてピンニングパラメータ m が 10 以上の線材を開発するのは困難と思われる。本論文で数値計算によって確認した通り、このような線材では低周波交流

損失は著しい周波数依存性を示す。したがって、銅酸化物系線材の応用の基礎として、このような著しい周波数依存性を示す低周波交流損失を定量的に記述する理論式が存在することが望ましい。現在提出されている低周波交流損失の理論式³⁾は、本論文で調べた実験条件の範囲では低周波交流損失を定量的に記述できることが判った。しかし、もっと広範なパラメータの範囲に対しても、その適応性を調べる必要があり、今後に残された課題である。

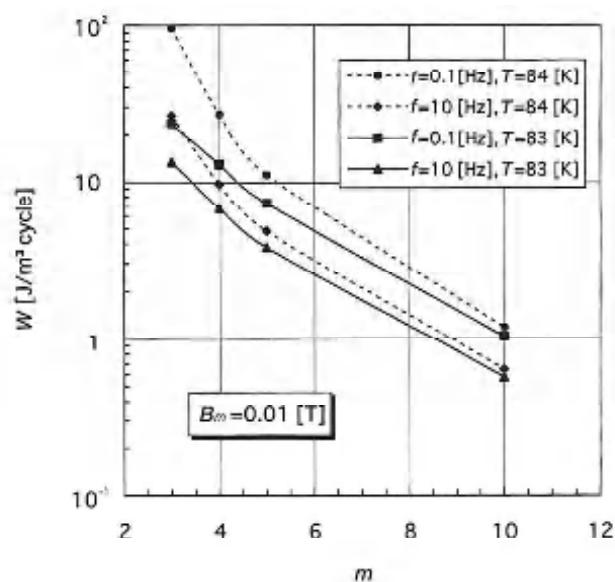
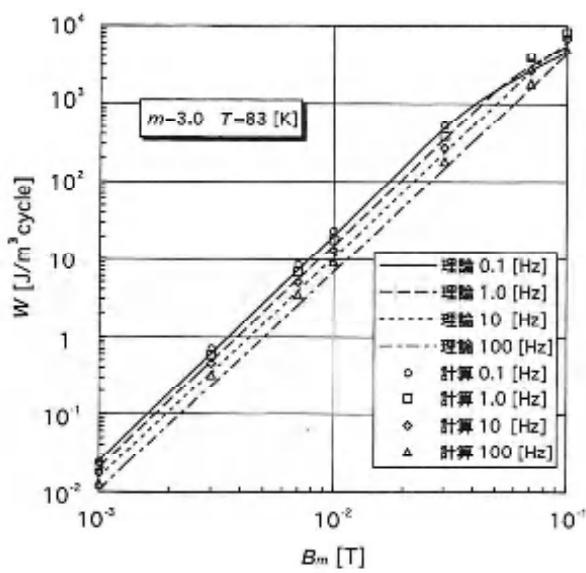
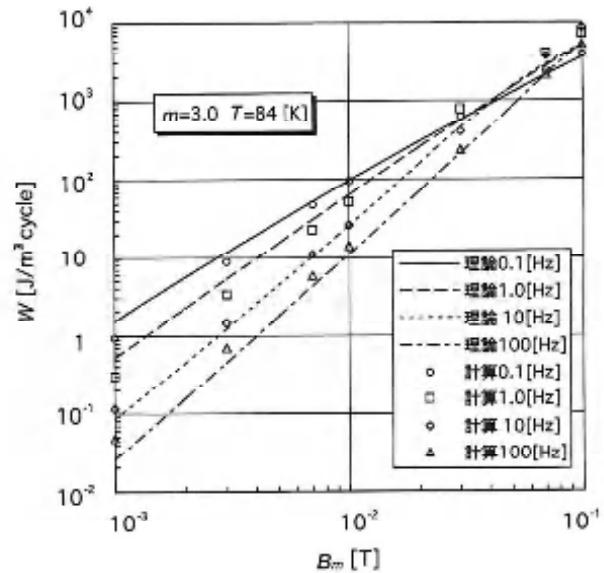


図 2. 数値計算による低周波交流損失 W のピンニング・パラメータ m 依存性



(a)



(b)

図 3. 低周波交流損失 W の交流磁界振幅 B_m 依存性における理論値と数値計算結果との比較

参考文献

- 1) C. P. Bean, *Phys. Rev. Lett.* **8** (1962) 250.
- 2) N. M. Wilson, *Superconducting Magnets*, Clarendon Press, Oxford (1983).
- 3) 池上英雄, 山藤馨, 他編, 核融合研究II, 核融合炉工学, 第4編核融合実験装置の超伝導工学, 名古屋大学出版会(1995) 第2章.
- 4) G. Blatter et al., *Rev. mod. Phys.* **66** (1994) 1125.
- 5) K. Yamafuji, T. Kiss and T. Fujiyoshi, *STUDIES IN HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTORS* 36 Nova Science Publishers, New York (1999) in press.
- 6) K. Yamafuji, T. Wakuda and T. Kiss, *Cryogenics* **37** (1997) 421.
- 7) K. Yamafuji and T. Kiss, *Physica C* **290** (1997) 9.
- 8) W. F. Ames, *Numerical Methods for Differential Equations*, Academic Press (1997).

混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図

笠間敏博・西山治利・村岡良紀

〈平成11年9月30日受理〉

Finite Temperature Magnetic Phase Diagrams of Mixed-spin Axial Next-Nearest Neighbor Ising Model

Toshihiro KASAMA, Harutoshi NISHIYAMA and Yoshinori MURAOKA

We consider the mixed-spin axial next nearest neighbor Ising (ANNNI) model, in which two kinds of layers, spin value S layer and spin value μ layer, are stacked alternatively. For $(S, \mu) = (1, 1/2)$ and $(3/2, 1/2)$, the finite temperature magnetic phase diagram of this model has been investigated by the site dependent molecular field approximation. The phase diagrams show the direct phase transition from $1/4$ phase to paramagnetic phase. In the high temperature region of $1/4$ phase, there exists the partially disordered phase. These features are attributed to not only the competing interactions but also the structure of this model.

1. はじめに

ANNNI (Axial Next Nearest Neighbor Ising) モデル^{1,2)}は、単純立方格子の各頂点にイジング型スピンを配置し、スピン間に働く相互作用として層内最隣接間相互作用 $J_0 > 0$ 、最隣接層間相互作用 $J_1 > 0$ 、および J_1 と競合する次隣接層間相互作用 $J_2 < 0$ を考えたものである。このモデルのハミルトニアンは、

$$H = -J_0 \sum_{\langle i,j \rangle}^{n.n.} S_i S_j - J_1 \sum_{\langle i,j \rangle}^{n.n.} S_i S_j - J_2 \sum_{\langle i,j \rangle}^{n.n.n.} S_i S_j \quad (1)$$

で表される。ここで、 S_i は $S_i = S, S = 1, \dots, -(S-1)$ 、 $-S$ の値を取りうるイジング型スピンである。 (1) 式の n.n. および n.n.n. はそれぞれ nearest neighbor および next nearest neighbor を表す。第1、第2、および第3項はそれぞれ層内最隣接間、最隣接層間および次隣接層間相互作用によるエネルギーの和を表している。横軸に競合する相互作用の比、 J_2/J_1 、縦軸に温度をとった、 $S = 1/2^3$ および $S = 1^3$ の ANNNI モデルの有限温度磁気相図が分子場近似によって得られている。競合する相互作用の比を固定し温度を上げていくと、様々な周期のスピン配列が次々と現れる逐次相転移が起きることがわかる。これは温度の上昇によって、自由エネルギーの最も低いスピン配列が移り変わっていくためである。スピン配列の周期ごとに相を分けて描いたその相図は、華が開いたようなその様相から“悪魔の華”とも呼ばれている。スピン $S = 1/2$ ANNNI モ

デルについては、分子場近似の他にもモンテカルロシミュレーション³⁾、低温展開⁴⁾等によって多くの研究がなされている。

近年、高度化する合成技術により多種多様な分子磁性体が生み出されている⁵⁾。それらの磁性体のひとつに $R(\text{hfac})_3\text{NITEt}$ (R : Gd, Tb, Dy, Ho, Er) がある。これは1次元鎖上に交互に配列するスピン S の希土類金属イオンおよびスピン $1/2$ の有機ラジカルが磁性を担う擬1次元磁性体である⁶⁾。この物質の帶磁率は最隣接間相互作用と競合する次隣接間相互作用を考慮することにより説明されている^{6, 7)}。測定の行われた温度領域では相転移は起こっていないが、より低温では鎖間相互

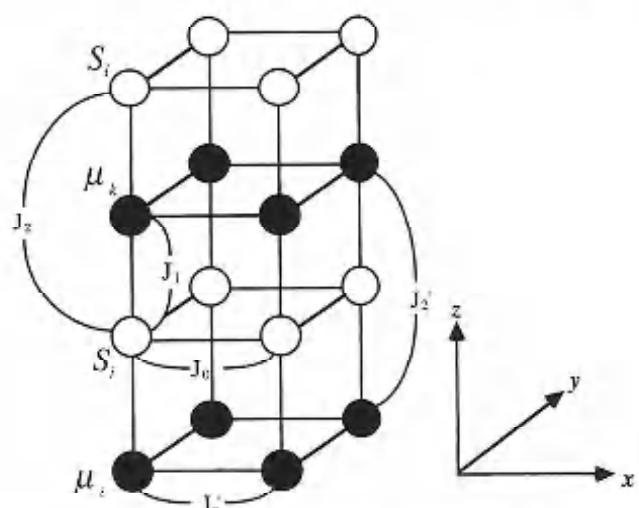


図-1 3次元混合スピン ANNNI モデル

作用により相転移を起こすことが期待され、その相転移を通常の ANNNI モデルの拡張である 3 次元混合スピン ANNNI モデルで定性的に記述できると考えられる。

本研究で扱う混合スピン ANNNI モデルは、スピン S およびスピン μ の層が z 軸方向に交互に積層したモデルである(図-1)。このモデルのハミルトニアンは、

$$H = -J_0 \sum_{\langle ij \rangle}^{n,n} S_i S_j - J'_0 \sum_{\langle ij \rangle}^{n,n} \mu_i \mu_j \\ - J_1 \sum_{\langle ij \rangle}^{n,n} S_i \mu_j - J_2 \sum_{\langle ij \rangle}^{n,n,n} S_i S_j - J'_2 \sum_{\langle ij \rangle}^{n,n,n} \mu_i \mu_j \quad (2)$$

である。ここで、スピン S_i は $S_i = S, S-1, \dots, -(S-1), -S$ 、スピン μ_j は $\mu_j = \mu, \mu-1, \dots, -(\mu-1), -\mu$ の値を取りうるイジング型のスピンである。(2)式において、第1、第2項は層内最隣接間、第3項は最隣接層間、第4、5項は次隣接層間相互作用によるエネルギーの和を表している。基底状態($T=0$)の磁気相図は、すでに Kim et.al.¹⁰ および Muraoka et.al.¹¹ によって得られているが、有限温度磁気相図はまだ得られていない。そこで $(S, \mu) = (1, 1/2)$ および $(3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図を分子場近似によって描き、スピン混合が競合系の磁気相転移にどのような影響を与えるかを定性的に解明することが本稿の目的である。

本稿の構成は次の通りである。まず第2節で、分子場近似を用いて数値計算に必要な式を導く。第3節において一般化帯磁率を導出し、秩序-無秩序転移温度および臨界波数を求める。第4節において $(S, \mu) = (1, 1/2)$ および $(3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの磁気相図を描き、部分無秩序相の存在を示す。最後の第5節では結果をまとめ今後の課題について述べる。

2. 分子場近似

分子場近似は多体問題を解くための簡単かつ有効な方法であり、スピン S_i が平均的な分子場の中に存在するとして、多体問題を一体問題化するものである。混合スピン ANNNI モデルのハミルトニアン((2)式)において $S_i = \langle S_i \rangle + (S_i - \langle S_i \rangle)$ 、 $\mu_j = \langle \mu_j \rangle + (\mu_j - \langle \mu_j \rangle)$ と書き表し、磁化の熱平均値からの揺動の2次以上を無視することにより分子場近似のハミルトニアン、

$$H_{MF} = -J_1 S \mu \sum_j (S_j h_j + \mu_j h_j^*) \\ + \frac{1}{2} J_1 S \mu \sum_j (\langle S_j \rangle h_j + \langle \mu_j \rangle h_j^*), \quad (3)$$

を得る。ここで、

$$h_j = \frac{\alpha_S}{S^2} \sum_i^{n,n} \langle S_i \rangle + \frac{1}{S \mu} \sum_i^{n,n} \langle \mu_i \rangle + \frac{\chi_S}{S^2} \sum_i^{n,n,n} \langle S_i \rangle, \quad (4)$$

$$h_j^* = \frac{\alpha_\mu}{\mu^2} \sum_i^{n,n} \langle \mu_i \rangle + \frac{1}{S \mu} \sum_i^{n,n} \langle S_i \rangle + \frac{\chi_\mu}{\mu^2} \sum_i^{n,n,n} \langle \mu_i \rangle. \quad (5)$$

(4) および (5) 式において、 α_S 、 α_μ 、 χ_S 、 χ_μ はそれぞれ

$$\alpha_S = \frac{J_0 S^2}{J_1 S \mu}, \quad \alpha_\mu = \frac{J'_0 \mu^2}{J_1 S \mu}, \\ \chi_S = \frac{J_2 S^2}{J_1 S \mu}, \quad \chi_\mu = \frac{J'_2 \mu^2}{J_1 S \mu}, \quad (6)$$

を表している。 h_j および h_j^* 式はそれぞれスピン S_i および μ_j の位置の分子場を表し、(4) および (5) 式の第1、2 および 3 項はそれぞれ j 番目のスピンに対し層内最隣接間、最隣接層間、および次隣接層間相互作用がはたらく位置にあるスピンについて和をとることを表している。

(3) ~ (6) 式より分配関数 Z は

$$Z = \sum_{\{S, \mu\}} \sum_{j} \exp(-\beta H_{MF}), \\ = A \prod_j \sum_{\{S_j, \mu_j\}} \exp\{K(S_j h_j + S_j h_j^*)\}, \quad (7)$$

で与えられる。ここで、

$$\beta = \frac{1}{k_B T} \quad (8)$$

$$A = \prod_j \exp\left\{-\frac{K}{2} (\langle S_j \rangle h_j + \langle \mu_j \rangle h_j^*)\right\}, \quad (9)$$

$$K = \frac{J_1 S \mu}{k_B T}, \quad (10)$$

である。 k_B および T はそれぞれボルツマン定数および絶対温度である。また、(7) 式において $|S_i|$ および $|\mu_j|$ はそれぞれ全てのスピン S_i およびスピン μ_j に対

して、取り得る全ての値について和を取ることを表している。したがって $(S, \mu) = (1, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの分配関数は、

$$Z = A \prod_i (2\cosh kh_i K + 1) \times \prod_j \left(2\cosh \frac{1}{2} kh_j^* K \right), \quad (11)$$

また $(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの分配関数は、

$$\begin{aligned} Z = A \prod_i & \left(2\cosh \frac{3}{2} kh_i K + 2\cosh \frac{1}{2} kh_i K \right) \\ & \times \prod_j \left(2\cosh \frac{1}{2} kh_j^* K \right). \end{aligned} \quad (12)$$

である。

熱平均値 $\langle S_j \rangle, \langle S_j^2 \rangle$ および $\langle \mu_j \rangle$ はそれぞれ

$$\langle S_j \rangle = \frac{A \sum_{(S_i, \mu_i)} \prod_{i=1}^N S_i \exp\{K(S_i h_i + \mu_i h_i^*)\}}{Z}, \quad (13)$$

$$\langle S_j^2 \rangle = \frac{A \sum_{(S_i, \mu_i)} \prod_{i=1}^N S_i^2 \exp\{K(S_i h_i + \mu_i h_i^*)\}}{Z}, \quad (14)$$

$$\langle \mu_j \rangle = \frac{A \sum_{(S_i, \mu_i)} \prod_{i=1}^N \mu_i \exp\{K(S_i h_i + \mu_i h_i^*)\}}{Z}, \quad (15)$$

によって与えられる。ここで N は層の数を表し、混合スピン ANNNI モデルにおいては偶数である。したがって $(S, \mu) = (1, 1/2)$ モデルの熱平均値は、

$$\langle S_j \rangle = \frac{2 \sinh Kh_j}{2 \cosh Kh_j + 1}, \quad (16)$$

$$\langle S_j^2 \rangle = \frac{2 \cosh Kh_j}{2 \cosh Kh_j + 1}, \quad (17)$$

$$\langle \mu_j \rangle = \frac{1}{2} \tanh \frac{1}{2} Kh_j^*, \quad (18)$$

また、 $(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ モデルでは

$$\langle S_j \rangle = \frac{3 \sinh \frac{3}{2} Kh_j + \sinh \frac{1}{2} Kh_j}{2 \cosh \frac{3}{2} Kh_j + 2 \cosh \frac{1}{2} Kh_j}, \quad (19)$$

$$\langle S_j^2 \rangle = \frac{9 \cosh \frac{3}{2} Kh_j + \cosh \frac{1}{2} Kh_j}{4 \cosh \frac{3}{2} Kh_j + 4 \cosh \frac{1}{2} Kh_j}, \quad (20)$$

$$\langle \mu_j \rangle = \frac{1}{2} \tanh \frac{1}{2} Kh_j^*, \quad (21)$$

である。1スピン当たりの自由エネルギー F は、

$$F = -\frac{k_B T}{N} \log Z, \quad (22)$$

により与えられる。

z 方向（競合方向）のスピン配列は整合相（Commensurate phase）を考える限りでは、 N 層ごとに周期的に同じ配列が繰り返し現れるため、(16), (18) および (19), (20) 式はそれぞれ N 元連立方程式となる。周期的境界条件を満足する N 個のスピンの配列には独立な $(N+2)/2$ 種類が考えられ、それらのひとつひとつに対して最隣接層間の距離を単位とした波数ベクトルが定義される。混合スピン ANNNI モデルにおいては、層内に働く相互作用 J_0 は強磁性的であるので、同じ層内にあるスピンはすべて等しい熱平均値をとり波数ベクトルの x, y 成分は常に 0 と考えられる。したがって、波数ベクトルの z 成分が重要な意味を持つ。以下では、波数 q という場合波数ベクトルの z 成分を表すものとする。

(16), (18) および (19), (20) 式は様々な波数に対する解を持ち、その値は温度とともに変化するが逐次代入法によって自己無撞着的に数值解として求めることができる。各温度で実際に出現する安定なスピン配列は、このようにして求められた様々な波数に対する解のうち、(22) 式で与えられる 1スピン当たりの自由エネルギーを最低にするものとして決定される。

あらゆるスピン配列を考慮するためには、 N を無限大にとらなくてはならないが、計算上の制約から、ここでは N の最大値を 16 とした。このとき、考えるべき独立なスピン配列は、 $q = 0$ の強磁性状態と、 $1/16 \leq q/2\pi \leq 1/4$ の範囲にある変調構造および逆位相構造である。 N の値をさらに大きくとることによって、より複雑なスピン配列を考慮に入れることができるが、そのようなスピン配列は極めて狭い温度領域において安定であり、磁気相図に大きな影響を及ぼさないため考察から除外した¹³⁾。

3. 一般化帶磁率

一般化帶磁率を導出し、混合スピン ANNNI モデルの秩序-無秩序転移温度および臨界波数を計算する。

常磁性状態に外部磁場 H_j を加えるとき誘起される $\langle S_j \rangle$ および $\langle \mu_j \rangle$ をマクローリン展開によって 1 次の微少量まで求めると、

$$\langle S_j \rangle = \frac{S(S+1)}{3} K(h_j + g\mu_B H_j), \quad (23)$$

$$\langle \mu_j \rangle = \frac{\mu(\mu+1)}{3} K(h_j^* + g\mu_B H_j). \quad (24)$$

ここで g および μ_B はそれぞれ g 因子および Bohr 磁子であり, H_j はサイト j にかかる外部磁場を表す. H_j , $\langle S_j \rangle$ および $\langle \mu_j \rangle$ のフーリエ変換,

$$H_j = \sum_q H_q e^{iq \cdot r_j}, \quad (25)$$

$$\langle S_j \rangle = \sum_q \langle S_q \rangle e^{iq \cdot r_j}, \quad (26)$$

$$\langle \mu_j \rangle = \sum_q \langle \mu_q \rangle e^{iq \cdot r_j}, \quad (27)$$

を導入し, ある特定のモードの外部磁場 H_q に同調する $\langle S_q \rangle$ および $\langle \mu_q \rangle$ を求めると,

$$\begin{aligned} \langle S_q \rangle &= \frac{S(S+1)}{3} K(J_s(q) \langle S_q \rangle \\ &\quad + J'(q) \langle \mu_q \rangle + g\mu_B H_q), \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \langle \mu_q \rangle &= \frac{\mu(\mu+1)}{3} K(J_\mu(q) \langle \mu_q \rangle \\ &\quad + J'(q) \langle S_q \rangle + g\mu_B H_q). \end{aligned} \quad (29)$$

ここで,

$$J_s(q) = \frac{2}{S^2} (2\alpha_s + \chi_s \cos 2q), \quad (30)$$

$$J_\mu(q) = \frac{2}{\mu^2} (2\alpha_\mu + \chi_\mu) \cos 2q, \quad (31)$$

$$J'(q) = \frac{2}{S\mu} \cos q, \quad (32)$$

である. ただし格子定数は 1 にとっている. (28) および (29) 式より

$$\begin{aligned} \langle S_q \rangle &= K g \mu_B H_q [a_s + a_s a_\mu K \{J'(q) - J_\mu(q)\}] \\ &\quad / [(a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1)] \quad (33) \\ &\quad - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle \mu_q \rangle &= K g \mu_B H_q [a_\mu + a_s a_\mu K \{J'(q) - J_s(q)\}] \\ &\quad / [(a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1)] \quad (34) \\ &\quad - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2, \end{aligned}$$

ここで, $a_s = S(S+1)/3, a_\mu = \mu(\mu+1)/3$ である.

波数 q に依存した一般化帶磁率は,

$$\chi_s(q) = \frac{Ng\mu_B \langle S_q \rangle}{H_q}, \quad (35)$$

$$\chi_\mu(q) = \frac{Ng\mu_B \langle \mu_q \rangle}{H_q}, \quad (36)$$

により与えられ, (33) および (34) 式より

$$\begin{aligned} \chi_s(q) &= N(g\mu_B)^2 a_s K [1 + a_\mu K \{J'(q) - J_\mu(q)\}] \\ &\quad / [(a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1) \\ &\quad - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2], \end{aligned} \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \chi_\mu(q) &= N(g\mu_B)^2 a_\mu K [1 + a_s K \{J'(q) - J_s(q)\}] \\ &\quad / [(a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1) \\ &\quad - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2]. \end{aligned} \quad (38)$$

したがって,

$$\begin{aligned} (a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1) \\ - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2 = 0, \end{aligned} \quad (39)$$

の解で最小の K が秩序-無秩序転移温度 K_c^{-1} , そのときの q が臨界波数 q_c を与える.

$$\begin{aligned} f(q, K) &= (a_s K J_s(q) - 1)(a_\mu K J_\mu(q) - 1) \\ &\quad - a_s a_\mu \{K J'(q)\}^2 \end{aligned} \quad (40)$$

とおけば極値をとるための必要条件は,

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial q} &= a_s K \frac{dJ_s(q)}{dq} (a_\mu K J_\mu(q) - 1) \\ &\quad + a_\mu K \frac{dJ_\mu(q)}{dq} (a_s K J_s(q) - 1) \\ &\quad - 2a_s a_\mu K^2 J'(q) \frac{dJ'(q)}{dq} = 0, \end{aligned} \quad (41)$$

である. したがって, (39) および (41) の連立方程式の解が, q_c および K_c を与える.

4. 有限温度磁気相図

$(S, \mu) = (1, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図を図-2 に示す。ここで、 $\kappa = \kappa_x = \kappa_y$ とおいている。ferro は強磁性相、para は常磁性相を表し、分数はそれぞれその相の波数 $q/2\pi$ を表している。図-2において、 $\kappa < -0.5$ 側の変調構造相 (M 相) の相境界が大きく湾曲しており、その特徴は

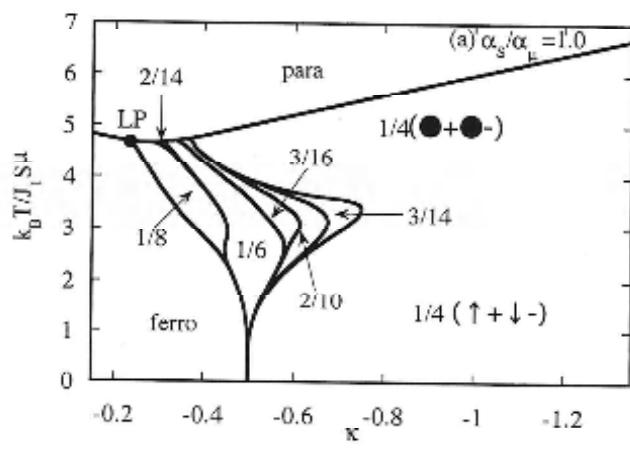


図-2. (a)

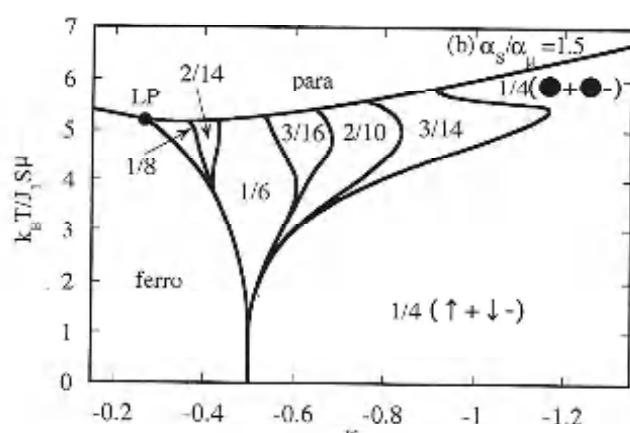


図-2. (b)

図-2 $(S, \mu) = (1, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図 (a) $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ および (b) $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.5$ 。分数は z 方向の変調構造の波数を表す。LP はリフシツ点。↑, ↓ および ● はそれぞれ $\langle S_j \rangle > 0$, $\langle S_j \rangle < 0$ および 常磁性状態 $\langle S_j \rangle = 0$ を表し、+ やび - はそれぞれ $\langle \mu_j \rangle > 0$ やび $\langle \mu_j \rangle < 0$ を表している。

α_s/α_μ に拘らないことがわかる。その結果混合スピン ANNNI モデルにおいては、通常の ANNNI モデルでは起こり得なかった $1/4$ 相から常磁性相 (P 相) への相転移が起こっている。

上で指摘した $1/4$ 相から P 相への相転移の起こる領

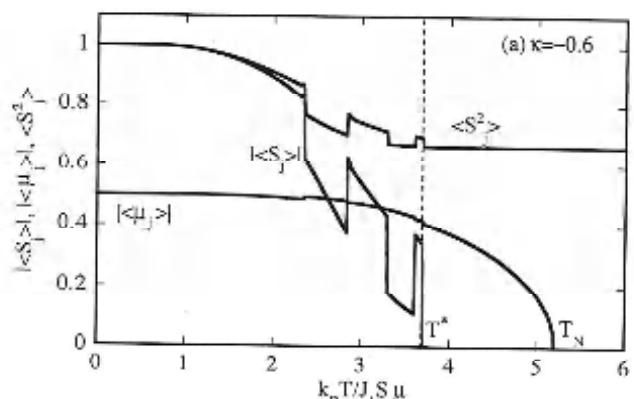


図-3. (a)

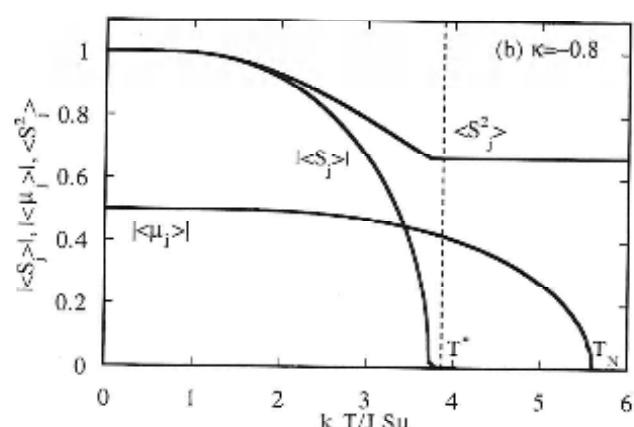


図-3. (b)

図-3 $(S, \mu) = (1, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ の場合の各サイトの熱平均値 $|\langle S_j \rangle|$, $|\langle S_j^2 \rangle|$ および $|\langle \mu_j \rangle|$ の温度依存性 (a) $\kappa = -0.6$ および (b) $\kappa = -0.8$ 。ここで、 T_N および T^* は秩序-無秩序転移温度および $\langle \mu_j \rangle \neq 0, \langle S_j \rangle = 0$ となる温度を示している。

域は相図上で 2 つに分割できる。すなわち、絶対零度から温度の上昇とともに、 $1/4$ 相 → 他の M 相 → $1/4$ 相 → P 相の逐次相転移が起こる領域および $1/4$ 相 → P 相の相転移のみが起こる領域である。この 2 つの領域における各サイトの熱平均値 $|\langle S_j \rangle|$, $|\langle S_j^2 \rangle|$ および $|\langle \mu_j \rangle|$ の温度依存性を $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ の場合について図-3 (a) $\kappa = -0.6$ および (b) $\kappa = -0.8$ に示す。ここで、 T_N は秩序-無秩序転移温度を表している。また、 T^* は $\langle S_j \rangle = 0$ となる温度を示している。図-3 (a) および (b) において興味深い点は、 $T^* < T_N$ であり、かつ $T > T^*$ の温度領域において $\langle S_j^2 \rangle = 2/3$ であることがある。よって $T^* < T < T_N$ においてスピン S_j は常磁性状態にあり、スピン μ_j は秩序状態にある。すなわち、この温度領域において混合スピン ANNNI モデルは部分無秩序相にある。したがって、図-2 の磁気相図において $1/4$ 相を 2 種類の記号 ($\uparrow + \downarrow -$) および

(●+●-) を用いて示している。ここで、↑、↓および●はそれぞれ $\langle S_j \rangle > 0$, $\langle S_j \rangle < 0$ および常磁性状態 $\langle S_j \rangle = 0$ を表し、+および-はそれぞれ $\langle \mu_j \rangle > 0$ および $\langle \mu_j \rangle < 0$ を表している。

次に T^* 近傍の $|\langle S_j \rangle|$ の温度依存性について考察する。図-3 (a) より、 $|\langle S_j \rangle|$ は T^* において通常の M 相間の相転移と同様の 1 次相転移的な変化を示していることがわかる。一方、図-3 (b) より $|\langle S_j \rangle|$ は T^* において連続的（高次の）相転移を示唆するような変化を示していることがわかる。

$(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図を図-4 に示す。 κ 依存性および α_s/α_μ 依存性は $(S, \mu) = (1, 1/2)$ の場合と定性的に一致している。また各サイトの熱平均値 $\langle S_j \rangle$, $\langle S_j^2 \rangle$ およ

び $|\langle \mu_j \rangle|$ の温度依存性を $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ の場合について図-5 に示す。図-5 もまた $(S, \mu) = (1, 1/2)$ の場合と同様の特徴を有し、 $(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルにおいても波数 1/4 の部分無秩序相が存在することを示している。

このモデルにおける部分無秩序相の出現に関しては、整数スピン・半整数スピンの定性的差異は無いと考えられる。場内相互作用の違いから、 T^* 近傍でスピン μ の層は安定であるがスピン S の層は不安定になっていると考えると、層間相互作用の競合とエントロピー効果は不安定になったスピン S の層を常磁性状態にすることによりこの系の自由エネルギーの極小を実現していると考えられる。したがって、波数 1/4 の部分無秩序相が出現する。

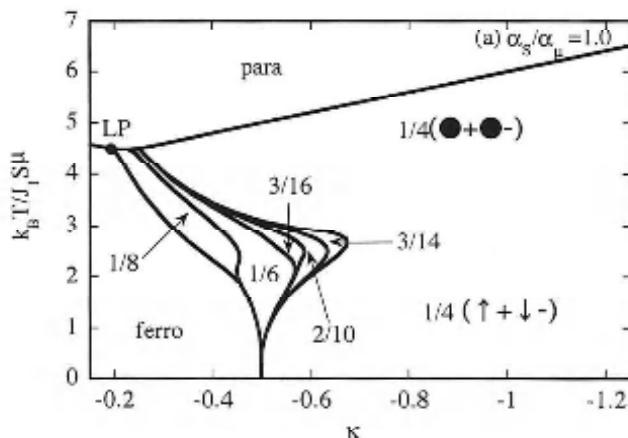


図-4. (a)

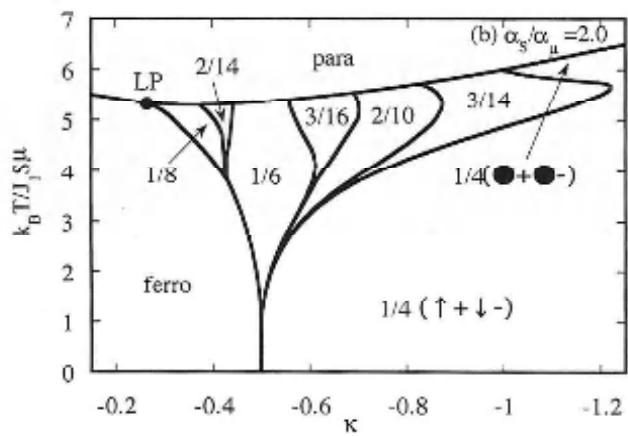


図-4. (b)

図-4 $(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図 (a) $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ および (b) $\alpha_s/\alpha_\mu = 2.0$. LP はリフシツ点。↑および↓はそれぞれ $\langle S_j \rangle > 0$ および $\langle S_j \rangle < 0$ を表し、+および-はそれぞれ $\langle \mu_j \rangle > 0$ および $\langle \mu_j \rangle < 0$ を表している。

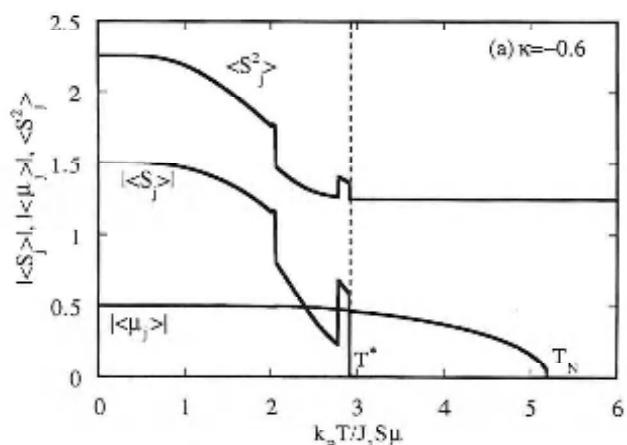


図-5. (a)

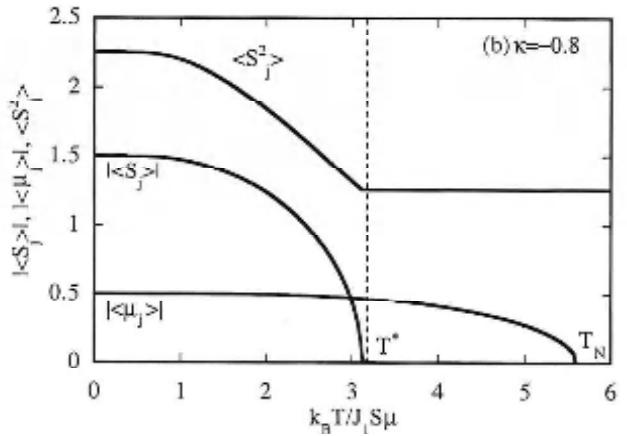


図-5. (b)

図-5 $(S, \mu) = (3/2, 1/2)$ 混合スピン ANNNI モデルの $\alpha_s/\alpha_\mu = 1.0$ の場合の各サイトの熱平均値 $|\langle S_j \rangle|$, $\langle S_j^2 \rangle$ および $|\langle \mu_j \rangle|$ の温度依存性 (a) $\kappa = -0.6$ および (b) $\kappa = -0.8$. ここで、 T_N および T^* は秩序-無秩序転移温度および $\langle \mu_j \rangle \neq 0$, $\langle S_j \rangle = 0$ となる温度を示している。

1/4相以外のM相についても各サイトの熱平均値 $\langle S_j \rangle$, $\langle S_j^2 \rangle$ および $\langle \mu_j \rangle$ の温度依存性の計算を行い、他の相は部分無秩序相になつてないことを確認した。したがって、混合スピン ANNNI モデルにおける波数 1/4 の部分無秩序相は、このモデルのスピン S および μ の 2 種類の層が積層した構造を強く反映していると考えられる。

5. おわりに

本稿では、分子場近似に基づき混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図および各サイトの熱平均値 $\langle S_j \rangle$, $\langle S_j^2 \rangle$ および $\langle \mu_j \rangle$ の温度依存性を求めた。その結果、通常の ANNNI モデルでは起こり得なかった 1/4 相から常磁性相への相転移が起こっていることが確認できた。また 1/4 相の高温領域において、整数スピン・半整数スピンに関係なく波数 1/4 の部分無秩序相が存在することを明らかにした。さらに、1/4 相以外のM相は部分無秩序相になつてないことを確認した。

部分無秩序相の出現に関しては、層内相互作用の違いから、 T^* 近傍でスピン μ の層は安定であるがスピン S の層は不安定になり、層間相互作用の競合とエントロピー効果が不安定になったスピン S の層を常磁性状態にすることによりこの系の自由エネルギーの極小を実現していると考えられる。本稿では、スピン S の層が常磁性状態にある部分無秩序相について報告したが、上述の出現機構に従うと、層内相互作用の比 α_s / α_μ を変えることにより、スピン μ の層が常磁性状態にある部分無秩序相を出現させることも可能と考えられる。

1/4 相以外のM相は部分無秩序相になつてないことから、混合スピン ANNNI モデルにおける部分無秩序相は、このモデルのスピン S および μ の 2 種類の層が積層した構造を強く反映していると考えられる。また、整数スピン・半整数スピンに関係なく波数 1/4 の部分無秩序相が存在することは、1 層ごとに層内相互作用を変えることによる通常の ANNNI モデルにおける波数 1/4 の部分無秩序相の出現を示唆する。この問題については現在計算を進めている。

参考文献

- W. Selke, Phys. Rep. 170 (1988) 213.
- J. Yeomans, Solid State Physics 41 (1988) 151.
- P. Bak and J. von Boehm, Phys. Rev. B21 (1980) 5297.
- Y. Muraoka, K. Ochiai and T. Idogaki, J. Phys. A : Math. Gen. 27 (1994) 2675.
- W. Selke and M. Fisher, Phys. Rev. B20 (1979) 257.
- M. Fisher and W. Selke, Phys. Rev. Lett. 44 (1980) 1502.
- O. Kahn, *Molecular Magnetism*, (VCH, New York, 1993).
- M. G. Pini and A. Rettori, Phys. Rev. B48 (1993) 3240.
- C. Benelli, A. Caneschi, D. Gatteschi and R. Sessoli, J. Appl. Phys. 73 (1993) 5333.
- J.J. Kim, S. Mori and I. Harada, Phys. Lett. A. 202 (1995) 68.
- Y. Muraoka, K. Oda and T. Idogaki, Physica B to be published.
- J. von Boehm and P. Bak, Phys. Rev. Lett. 42 (1982) 122.

長福寺（大分県日田市）の建物について

松岡 高弘

（平成 11 年 9 月 30 日受理）

On the Buildings of the Chofukuji Buddhist Temple

Takahiro MATSUOKA

The Chofukuji Temple stands in Mameda, Hita City, Oita Prefecture. It belongs to the Otani sect of the Jodoshinshu. In Mameda, there are many traditional Japanese town houses, and the historical townscape is preserved. The main hall of the Chofukuji Temple was built in 1669 and the oldest building in Mameda.

In this paper, I consider the situation of the Chofukuji Temple in Mameda and the architectural meanings of the main hall and the buildings in the precincts of the temple of the Jodoshinshu sect in Kyushu.

The Chofukuji Temple is the only temple in the center of Mameda. Hirose Tanso, who was a famous confucianist in the early 19th century, studied the base of learning from the bonze of the Chofukuji. The Chofukuji made a great contribution to the development of culture, studies and thoughts of the population. Therefore, the Chofukuji is an important component of historical townscape and culture in Mameda.

The main hall is the oldest hall of the Jodoshinshu sect in Kyushu. In the precincts, the stora repository, the votive light building and so on stand since the former half of the 18th century. Few temple buildings of the Jodoshinshu sect in Kyushu constructd in the former half of the 18th century. The Chofukuji Temple plays an important role in the building of the Jodoshinshu sect in Kyushu.

1. はじめに

真宗大谷派照雲山長福寺は大分県日田市豆田町に所在する。豆田には大分県指定有形文化財の草野家住宅や広瀬家住宅等、多くの伝統的家屋が残り、町並みを形成している¹⁾。その一郭、上町通の平野町に長福寺は寺域を備える（写真-1、図-1）。

本堂は平成 7 年に大分県指定有形文化財に指定された。また、18 世紀前半の伽藍を今日に良好な状態で伝えている（図-2）。

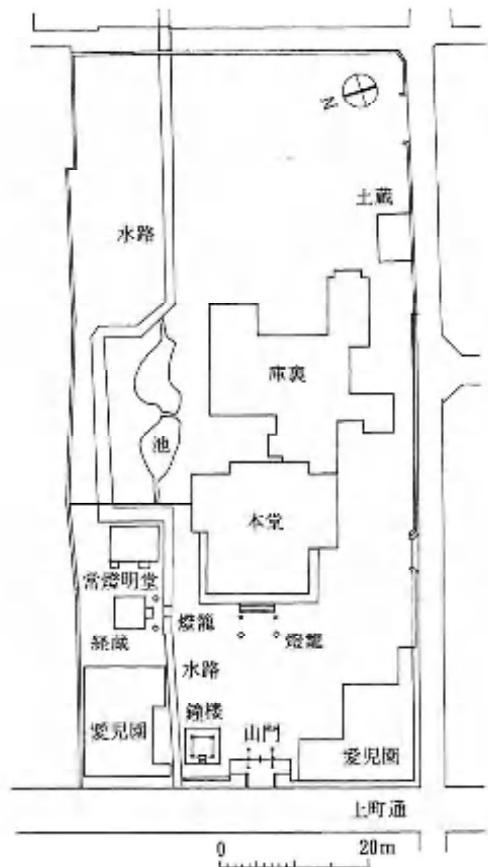
ところで、長福寺の諸僧は広瀬淡窓と学問を通しての繋がりがあった。そして、京都高倉学寮²⁾において、11 世宝月は天明 2 年（1782）に擬講に任じられ、宝月の子、法海は光徳寺（八代）の住職となるが、文政 11 年（1828）に最高学級の講師に任じられた。このように、長福寺の諸僧は学問を通して豆田の人々や高倉学寮に全国から参集した所化に影響を与えていた。

そこで、長福寺には本堂と境内諸建物を含めた淨土真宗寺院としての建築的意義、豆田の町並を構成する要素としての意義があると考えられ、本稿では各建物の概要とそれらに関わる長福寺の歴史からその意義を明らかにしていく。

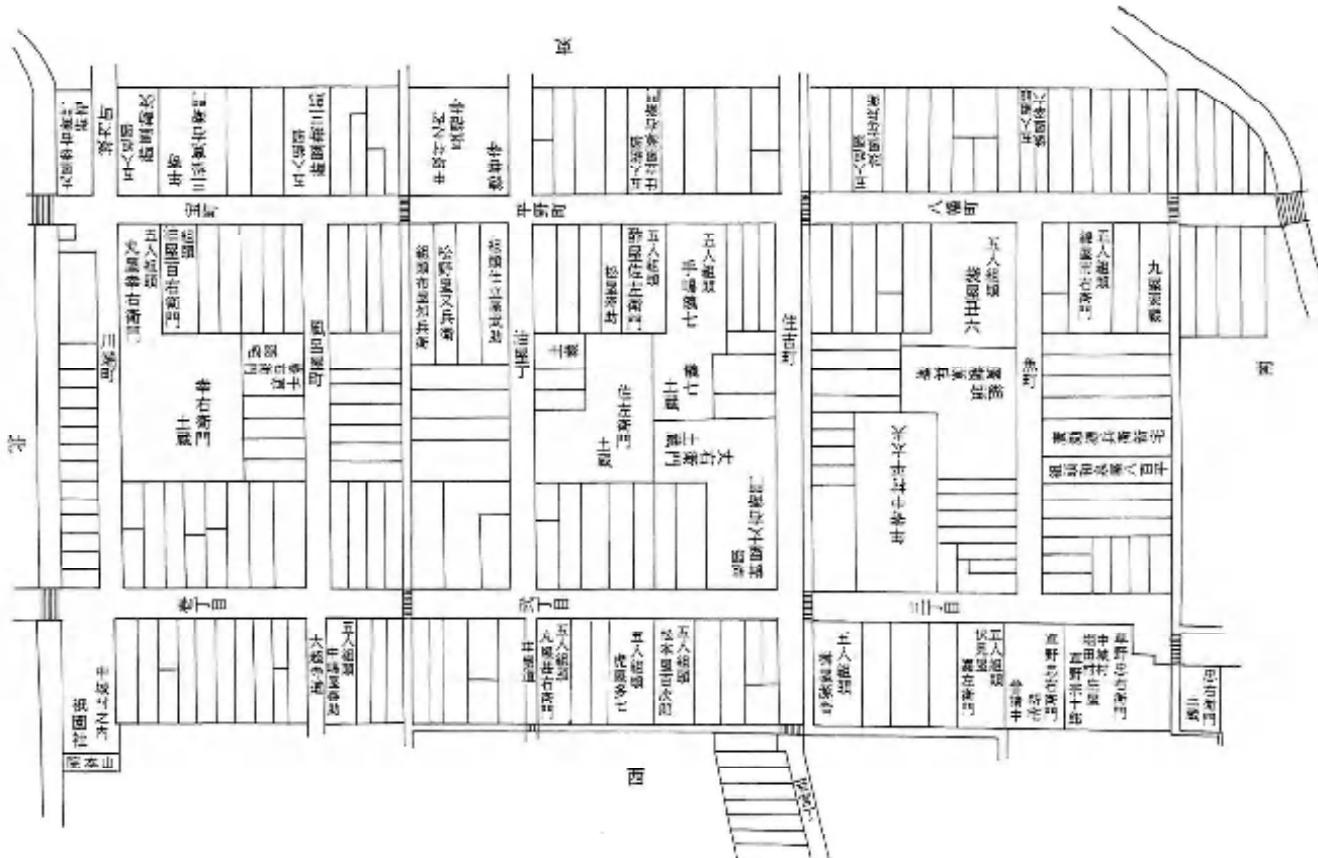


写真-1 上町通に面する山門・愛児園

尚、長福寺の歴史に関しては『長福寺記録』、『長福寺開基代々之事』、長福寺の系譜を書いた巻物の『紀家系譜』に掲った。『長福寺開基代々之事』は 10 世普明（宝月）のことまで詳しく記し、本文中に「天明五年迄」云々と書き入れる。『長福寺記録』は天保 4 年（1833）7 月に「此通ニ志多、め當御役所に納候」とあるが、7 世体印のこと迄を記し、文中に「天明六年迄」云々との書き入れがある。『紀家系譜』は 16 世一印まで記すが、11 世普明から異等になる³⁾。



図一2 境内配置図



図一1 元治元年豆田町絵図（図中には主たる名称のみ書き入れた）

2. 由緒

「長福寺開基代々之事」に「筑前長福寺開基宗心」、「日田長福寺初代安誓」とある。宗心・安誓以前のことに関する記録は、『長福寺記録』の「第一先祖の事」に

抑豈後國日田郡中城村長福寺の灌漑ハ天正の此
當地に武内山城守といふ人氏あり大友氏の幕下
の士なりしが大友氏没落の時に黒田如水に仕えん
とて筑前の國にいたる道すち閑村の東の方はき山
といふ所にて馬の跡に當りて金石の響をなす
ものあり山城守むねうちさわき馬を下りて開き
見れば淨土真宗二百御丈の御本尊にして
実如上人大永四年當所堀田村定正に授与し
玉ふ繪像なりそれすなはち出家發心して淨土
往生を願ふ還しとの大悲の佛勅なりとて俄に
馬を返して城内村ニとどまり鬱髪を剃除し
て法名宗栄と號しその繪像を本尊とあがめ
但信念佛して終に往生の本懐を遂げき

とあり、宗栄のことを記している。また、『紀家系譜』には天正12年(1584)に「於城内村堀居法名宗栄長福寺開基」とする。しかし、『長福寺開基代々之事』には、宗栄一体了—安誓という系譜の中で宗栄の名が見えるだけである。

『長福寺記録』中の「実如上人大永四年當所堀田村定正に授与し給ふ繪像」は長福寺に伝わっている。

さて、長福寺という寺号は慶長12年(1607)に准如上人から宗心に下付された。『長福寺記録』には「興正寺門徒端坊下筑前國下座郡二木村長福寺常住物也」と「筑前三木村木佛寺号の御免書」に記すとある。

筑前國下座郡は現在の福岡県甘木市付近に相当するがそこに三木という地名はない。『紀家系譜』には「慶長十二年上京謁西本願寺准如上人授受弥陀木像及長福寺號版三奈木建堂安像」と記していることから、三木は三奈木の誤りと考えられる。

その後、宗心は三奈木から日田の城内村に移り、安誓に木仏寺号を譲り、安誓は中城村に移して、「一字を建立して本尊を安置し長福寺を号せり後に寛永元年七月京都ニ上りて宣如上人に参謁して御開山聖人御真影を拝受し」たと『長福寺記録』に記す。

寛永元年(1624)の御開山聖人御真影は寺に伝わり、その裏書に「豊後國日田郡夜開郷永山町長福寺常住物也」とある。

長福寺が豆田に移ったのは『紀家系譜』には寛永14年(1637)5世了安の時で、

寛永十四年以中城村長福寺遷豆田町三松順西及門

徒中同心遷之

と記す。享和3年(1803)の『豊後國志』「卷之八」に日田郡に関する記述がある⁴。その「佛事」に

長福寺在夜開郷豆田街。天正中僧體了結宇於城内
村。修念佛門二世安誓移于中城。號曰長福寺。寛
永丁丑。又移于此。

とある。

上述したように、長福寺は筑前國下座郡三奈木から豊後國日田郡夜開郷城内村へ、そして中城村、更に豆田に移ったことになる。

豆田へ移転後の寛永21年(1644)の「親鸞聖人縁起」の裏書には「豊後國日高郡夜開郷永山町」とあり、寛永元年の「親鸞聖人御影」の裏書「豊後國日田郡夜開郷永山町」や寛永8年の「蓮如上人真影」・「三朝高祖真影」・「聖徳太子真影」の各裏書の「豊後國日高郡夜開郷永山町」と等しく、豆田という地名は記されていない。但し、『長福寺記録』には寛永16年の「飛燈御印書」に「豆田町長福寺」とあることを記す。多少時期が遅れるが、慶安5年(1652)の教如上人真影の裏書には「豊後國日高郡豆田町」とある。

3. 豆田と長福寺

長福寺が寺域を構える豆田に関して『豊後國志』「卷之八」の「關梁」に

豆田街屬夜開郷中城村。慶長六年。始置。稱丸山街。

元和二年。改名豆田。

とある。慶長6年(1601)に丸山町を開き、元和2年(1616)に丸山町から豆田町に改名している。

その豆田町に長福寺が移ったのは寛永14年(1637)である。町がつくられてから36年後のことである。

ところで、豆田の町を描いた「元治元年豆田町絵図」

(図-1)で解るように、町中には寺院として長福寺以外ではなく、神社も祇園社のみである。それには「中城村之内長福寺」、「中城村之内祇園社」と書き込まれている。

豆田への移転に際しては、『紀家系譜』に「三松順西及門徒中同心遷之」とあるように豆田町の有力者の尽力に負うところが大きいと推測される。三松順西の系譜に属すると考えられる三松氏は幕末まで豆田町年寄を勤めている有力者である。

三松氏は元禄13年(1700)に本堂前に燈籠2基を寄進し、三松氏同様幕末まで年寄を勤めた中村氏も同年に経蔵前に燈籠2基を寄進している。

その後も松屋・柳屋(草野家)・伏見屋(岩尾家)・松野屋・俵屋・唐津屋等が寄進している(表-1)。これらの中で唐津屋は常灯堂・経蔵・石塀を寄進するが、唐津屋は「元治元年豆田町絵図」に見られない⁵。宝曆9年(1759)に舛屋伊右衛門・舛屋丈右衛門の寄進で長福寺学寮が造られた。そして、舛屋伊右衛門・舛屋丈右衛門・舛屋利左衛門3名は「學校永代修復料」として「田壱ヶ所」を寄進している⁶。

ところで、儒者廣瀬淡窓は寛政元年(1789)8歳の時に長福寺で法幢から詩経の句誦を受け、文化2年(1805)、24歳の時には長福寺学寮を借りて塾を開いている。後に咸宜園を開いて多くの人々に思想的影響を与えた淡窓は長福寺の諸僧から学問の基礎を学んでいる。

このように長福寺は豆田との強い関係を維持し続け、豆田に必要不可欠な寺院である。

4. 本堂

4.1 建築概要(図-3)

入母屋造・本瓦葺の本堂は西を正面とする(写真-2)。自然石礎石上に角柱を立て、切口長押・内法長押を打ち、台輪を巡らし、大斗繪様肘木を据える。軒は二軒繁垂木で(写真-3)、妻は漆喰で塗り固められ、破風の押みに鰐付き無懸魚を飾る(写真-4)。

正面の間口は7間で、奥行は、正面1間入側縁、4間外陣、内陣脇仏壇背面柱まで3間の計8間で、更に5尺延ばして後堂を造る。正面に柱間3間分の向拝を設け、木階4級を付設し、正側面三方に擬宝珠高欄付切目縁を巡らす。縁は右側面(南)では正面から3柱

表一 長福寺年表

年 代	内 容	典 譜	備 考
天正4年9月 1524	方便法身尊像	裏書	実如花押、興正寺門徒端坊下豊後國日田郡対連郷田村、願主定正
	方便法身尊形	裏書	證如花押(證如天文23年没)
天正12年 1584	開基	系譜	於城内垂居法名宗慶長福寺開基(系譜)
慶長12年7月 1607	方便法身尊形 寺號木佛	開基記録 寺記	准如花押、興正寺門徒端坊下筑前國下座郡三木村、願主宗心
元和元年 1615	東本廟寺に屬す	系譜	
寛永元年7月 1624	親鸞聖人御影	裏書	宣如花押、光徳寺下豊後國日田郡夜間郷永山村、願主安誓
寛永8年4月 1631	蓮如上人真影	裏書	宣如花押、豊後國日高郡夜間郷永山村、願主誓元
	三朝高祖真影	裏書	宣如花押、豊後國日高郡夜間郷永山村、願主誓元
	聖德太子真影	裏書	宣如花押、豊後國日高郡夜間郷永山村、願主誓元
寛永14年 1637	豆田町に移る	系譜	『豊後國志』にも記す。
寛永16年11月 1639	飛櫓出仕御免許	寺記	飛櫓御印書に豆田町長福寺(記録)
寛永21年6月 1644	大鐘成就	寺記	
寛永21年7月 1644	親鸞聖人縁起	裏書	宣如花押、豊後國日高郡夜間郷永山村、願主了安
正保4年9月 1647	鐘撞堂建立	寺記	願主長福寺了庵(開基・記録)
慶安5年初夏 1652	教如上人真影	裏書	宣如花押、豊後國日高郡夜間郷永山村、願主了安
寛文9年5月 1669	本堂再建	寺記	正月十一日卯初五月八日上棟、大工井上奎兵衛 同次右衛門(開基・記録)
	本門建立	記録	
貞享2年5月 1685	納一切経	寺記	
元禄5年 1692	経蔵建立	寺記	
元禄13年仲冬 1700	燈籠	銘	本堂前2基三松久左衛門寄進、経蔵前2基中村氏寄進
元禄15年 1702	余間欄間	墨書	岩尾宗安寄進
	水鏡亭三間	系譜	
	御上使止宿	系譜	
享保2年6月 1717	手水鉢	銘	本堂前、倉富茂兵口寄進
享保11年2月 1726	常灯堂建立	寺記	唐津屋草遊妙因施主ニ而所の子助左衛門世話なり(記録) 唐津屋助右衛門速常燈堂(系譜)
	太子伝	寺記	裏書なし、俵屋妙信升屋宗信等納聖徳太子四輪繪傳(系譜)
	石ノ屏	開基	現石屏に「草遊妙因」の刻銘あり、系譜に元文4年「造石屏并溝石牆」
	南廻	開基	伏見屋宗故寄進
享保17年4月 1732	常燈明堂	旧棟木銘	常燈守家施主原田了優妙圓代子草遊、大工真田半兵衛尉重房
享保20年2月 1735	経蔵再建	東墨書	施主原田草遊代妙因、大工棟梁真田半兵衛尉重房
元文2年 1737	藏庫建立	系譜	
元文4年 1739	造立堂北廻 造石屏并溝石牆	系譜	唐津屋助右衛門
延享4年5月 1747	一如上人真影	裏書	從如御判、豊後國日田郡中城村、願主通元
寛延3年8月 1750	須弥壇	墨書	松屋貞林寄進
宝曆9年 1759	長福寺学寮	系譜	舛座伊右衛門外屋丈右衛門寄進
明和5年7月 1768	覺如大和尚真影	裏書	乘如御判、壹後日田郡中城村、願主普聞
安永6年 1777	鐘樓新造	記録	
享和2年9月 1802	賽錢箱	墨書	
享和3年正月 1803	乗如上人真影	裏書	達如、豊後國日田郡豆田町、願主法幢
文化6年 1809	内外陣境欄間	墨書	草野氏丈右衛門寄進
文政11年仲春 1828	宣如上人真影	裏書	達如、豊後國日田郡豆田町、願主法幢
弘化2年 1845	達如上人壽像		願主道跋
安政7年 1860	石橋	銘	山門前、施主松尾又兵衛
明治22年 1889	井戸	銘	長福寺女人講中寄附
明治29年 1896	誠如上人御影		願主圓從
明治32年 1899	蓮如上人御影		願主圓從
昭和3年 1928	庫裡改築		庫裡2階を増築
	宮殿新調		
昭和10年 1935	愛児園新築 現如上人御影		
昭和11年2月 1936	石橋架替	銘	山門前、施主岩尾昭太郎
昭和18年 1943	学寮解体		愛児園舍新築
昭和24年4月 1949	梵鐘	銘	
昭和34~36年	本堂屋根葺替		
昭和36年 1961	山門屋根葺替		
昭和36~37年	庫裡修理		
昭和39年 1964	本堂修理		
昭和53年 1978	常燈明堂修理		
昭和54年 1979	内陣修理		
平成7年3月 1995	本堂県文化財	指定書	大分県指定有形文化財

注：開基は『長福寺開基代々之事』、記録は『長福寺記録』、系譜は『紀家系譜』を示す。

寺記は『長福寺開基代々之事』・『長福寺記録』・『紀家系譜』三者に記されている事柄を指す。

間まで、左側面（北）では4柱間まで伸び（写真-5）、右側面では縁の端部に石段6級を付設する⁷⁾。

向拝柱は礎盤上の唐戸面取角柱で、連三斗枠肘木を組み、牡丹の籠彫の手挟を付ける。水引虹梁上に中備えに裏股を配し、獣の木鼻を付ける（写真-6）。

正面中央間には胴差を入れ、その下に指鶴居を入れて2間分を開放し、束に太瓶束を張り付ける。そこには障子4枚引違いを立て込み、その他は障子を嵌める。両側面は障子2枚引違いで、両側面の張り出し部分の正面は格子戸片引戸とし、左側面では欄間には櫻桟を打つ。

正面1間の入側縁は板張りで、外陣との境に1間毎に4分の切面を取った角柱を立て、無目敷居を入れ、内法長押を回し、内法上は白漆喰壁とする。天井は格天井である（写真-7・8）。

外陣は中央間3間、脇間2間で、中央間・脇間境には、内外陣境手前1間の位置と残り3間を2等分する位置に角柱を立てる。そして奥行き方向に無目敷居を入れ、高い位置に長押を内外陣境手前1間の柱まで打ち、頭貫と台輪を内外陣境まで通す（写真-9）。中央間・脇間境の柱計4本の柱上には平三斗実肘木付を据え（写真-10）、中備えに裏束を配す。余間・脇間境の柱上にも平三斗実肘木付を据え、その他の柱上には大斗絵様肘木を据える。

天井は格天井であるが、内外陣境手前1間の矢来内は他より9.5寸高く天井を張る。

内陣部（内陣・余間）正面は1間毎に柱を立て、両折金障子を吊る。内外陣境正面は余間外陣境よりも内法長押を高く打ち（写真-11）、柱上に出組を据え、支輪板に牡丹の浮彫りを施す。欄間は内陣正面3間とも龍、余間正面は迦陵頻伽である（写真-12）。

内陣中央に須弥壇を構え、宮殿を置き、阿弥陀如来を安置する。来迎柱は唯一の丸柱で、二手先出組を据える。脇仏壇の正面には茨状虹梁を架け（写真-13）、右に親鸞聖人、左に蓮如上人の絵像を祀る。

余間仏壇の正面柱通りは来迎壁と一致する（写真-14）。欄間は右余間内陣寄が龍で、その横は竹に寅と龍、左余間は獅子と牡丹である。内陣余間境には無目敷居を入れ、内法長押上は漆喰壁で、反対側には襖引違いを立て込む（写真-15）。

横堂は右側面では内外陣境の手前2間から設けられ、外側に下屋で更に張り出す。左側面では手前1間から設けられる。後堂は後門より5尺の奥行きを有しているが、左余間背後は後門の柱通りに一致させ、奥行きが浅い。

ほとんどの化粧材は櫻で、背面の柱に杉を用いるものもある。

天井すぐ上に太い小屋梁を渡し、堂中央部分では3カ所に貫を背違いに通した長い小屋束を建て、その上に3重に梁を架ける（写真-16・17）。

3.2 沿革

（1）建立

『長福寺開基代々之事』に

御堂再建

寛文九年己酉正月十一日斧初五月八日上棟
と記し、更に

此書付皎印自筆之下書有之候

千吉寛文九戌酉曆

大工 井上空兵衛

同 次右衛門

奉再建御堂

小工 惣太夫

同 庄左衛門

五月九日

同 与右衛門

同 新左衛門

小比丘 同 八左衛門

長福寺四代之孫 皎旬 同 清右衛門

とある。同様の内容は『長福寺記録』に見られる。

寛文九年本堂再興正月十一日斧ヲ初メ正月

本堂玄関の木鼻鉢股達印ノ自作なり

八日棟上皎印自筆梁上ノ書稿あり云

柱六十本浦瀬原与り出せりけや木宅本ニ而わきと散
し多り

千吉寛文九戌酉曆
己

大工 井上空兵衛

同 次右衛門

奉再建御堂

小工 惣太夫

同 庄左衛門

五月九日

同 与右衛門

同 新左衛門

同 八左衛門

同 清右衛門

長福寺四代之孫小比丘皎旬

本堂の建設年代に関する記録は管見の限り他にないが、様式上、寛文9年（1669）の建築と考えてよからう（写真-18・19）。管見の限りでは当堂よりも古い淨土真宗寺院本堂は九州に存在しない（表-2）。

（2）余間の修理

左右両余間仏壇欄間裏面に元禄15年（1702）、岩尾宗安寄進の墨書きがある。

・左（北）余間欄間墨書き

元禄十五壬午 施主岩尾宗安

・右（南）余間欄間墨書き

元禄十五

壬午歲

施主岩尾宗安

欄間の彫刻は右余間内陣側が龍、その横は竹に寅と龍、左余間は獅子と牡丹である。元禄15年に彫刻欄

間になったと推測される。但し、仏壇落掛けは後ろからの払い込みなので、欄間新調時に落掛けを取り替えたのであろう。

ところで、余間仏壇を構成する背面の柱のうち、左（北）余間の北側の柱には半柱を用いて納まりが悪く、右余間とは異なる。当初から仏壇が備えられていたとは考えにくく、彫刻欄間を新調する時に左余間にも仏壇を設けたと推測される。

(3) 内陣の修理

須弥壇の天板や根太の墨書きから寛延3年（1750）に松屋貞林が須弥壇を寄進したことが解る。それぞれの

墨書きは以下のとおりである。

・須弥壇天板裏墨書き

須弥壇

寄進

・須弥壇根太墨書き

寛延三年八月日

須弥壇寄進人松屋貞林

長福寺通元代

・須弥壇墨書き

須弥壇奉寄附松屋釋尼貞林寛延三年歲

八月三日

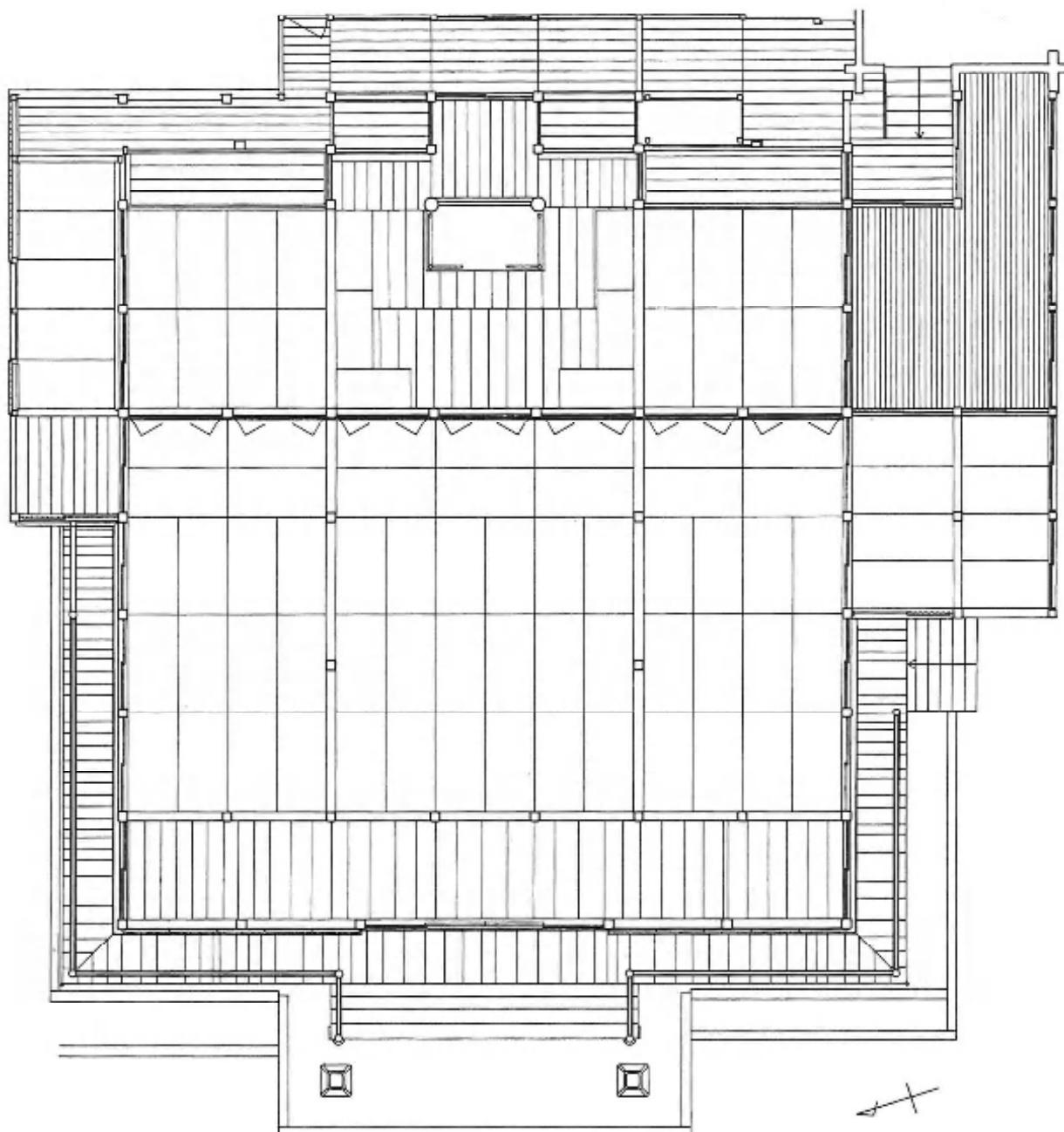


図-3 本堂現状平面図 1 / 125



写真-2 本堂正面（西）面（大分県指定有形文化財）



写真-6 本堂向拝



写真-3 本堂軒（西北隅）見上げ



写真-7 本堂正面入側縁



写真-4 本堂正側（西南）面

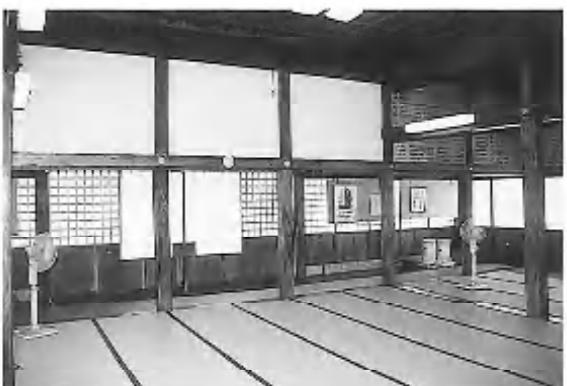


写真-8 本堂外陣中央間見返し



写真-5 本堂北側面

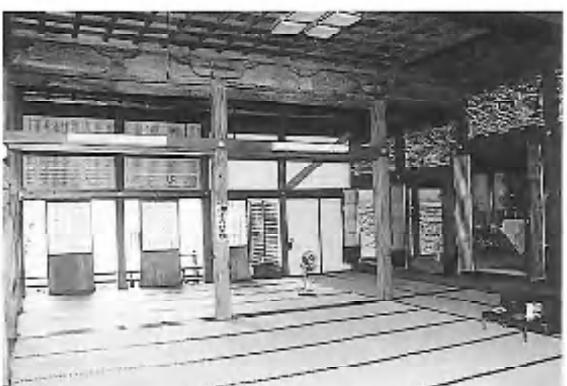


写真-9 本堂外陣



写真-10 本堂外陣組物



写真-14 本堂北余間・内陣

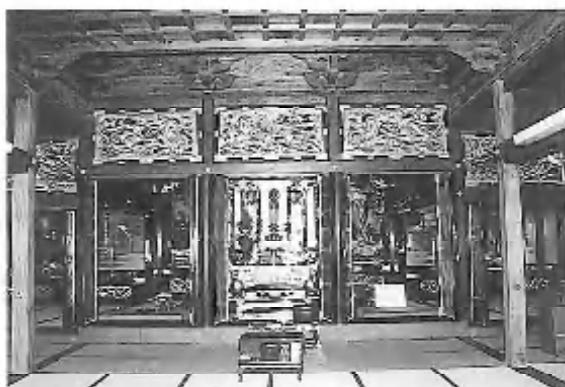


写真-11 内外陣境正面

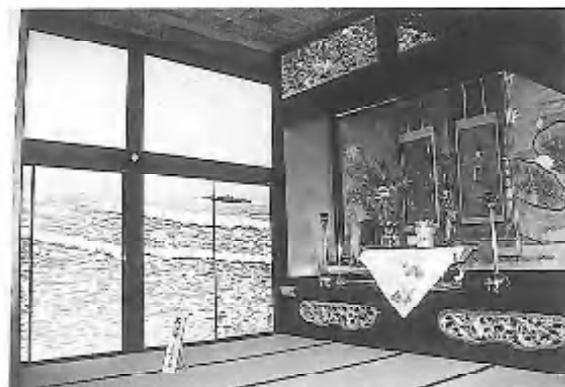


写真-15 本堂北余間



写真-12 本堂矢来内



写真-16 本堂小屋組

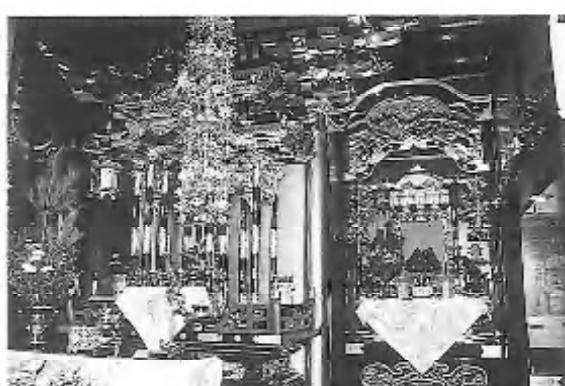


写真-13 本堂内陣



写真-17 本堂小屋組 (外陣中央間・脇間境)



写真-18 本堂隅柱上部 木鼻・台輪・絵様附木



写真-19 本堂外陣中備え簾束



写真-20・1 本堂内外陣境頭貫



写真-20・2 本堂向拝虹梁



写真-20・3 山門虹梁

ところで、内陣来迎柱や余間仏壇の内陣側の柱には柱の痕跡があり、来迎柱の裏側には板溝が見られる。これらの痕跡は内陣仏壇が三つ並び仏壇の形式であったことを示している。

現在の内陣の仏壇は脇仏壇が余間仏壇より半間下がった位置に設けられている。その脇仏壇の内側の柱は他に比べ新しい。これらのことから三つ並び仏壇から後門形式に改造する時に脇仏壇を下げ、柱を取り替えたと考えられる。尚、来迎柱は円柱で余間仏壇の柱との間に茨状の虹梁を架けている。寛文9年（1669）時に円柱を用いることは時期的に早いと思われる。茨状の虹梁絵様は元禄頃と考えられ、来迎柱と茨状の虹梁の納まりは不自然でない。従って、来迎柱と茨状の虹梁は余間仏壇欄間の寄進に合わせた内陣部の莊嚴の所産であろう。

ところで、内外陣境の彫刻欄間の裏面に

寄進
草野氏
丈右衛門
文化六
己巳
年ノ
四月
五百五十
御遠忌
志

の墨書きがある。

上述したように内外陣境手前1間は従来より9.5寸天井を高くしている。内外陣境の内法も改造して9.5寸高くなっている。内外陣境に入れられた頭貫等の絵様は19世紀前期のものなので、彫刻欄間の文化6年（1809）と同時に修理を行ったと考えられる。

また、向拝水引虹梁の絵様も内外陣境頭貫の絵様と同時期と見られ（写真-20）、これらの修理は墨書きにも記されているように文化8年の親鸞聖人の550回忌に合わせた一連のものであろう。

5. 境内諸建物

境内には本堂以外に山門・鐘楼・経蔵・常燈明堂が建ち並び、その他に燐籠・石屏・水路等があり、18世紀前半からの状況が見られる（写真-21・22）。但し、上町通に面して山門の南と鐘楼の北に愛児園が建つ。

5.1 山門（図-4）

四脚門・切妻造、本瓦葺 19世紀前期

山門は上町通に面して建つが、道端には水路があるため安政7年（1860）、松野屋又兵四郎寄進の石橋を介して通りと繋がる。山門の両側に短く塀を立て、南側には片引戸の潜り戸を設ける。塀は矩折りに水路まで伸

び、再び矩に折れて水路に臨む（写真一23）。

親柱は唐居敷上に立つ円柱で、その前後に礎盤上に角柱の控柱を立てる。親柱間に冠木を渡し、控柱間に頭貫を架け、台輪を廻す。控柱4本で囲まれた部分に格天井を張る（写真一24）。

正面の虹梁型頭貫には菊を浮彫りし（写真一25）、他は渦とする。組物は出組で詰組とし、肘木に筐縁を

付ける。正面の支輪板には牡丹、背面は波に鳥、他は雲と波を浮彫りする。妻側の虹梁には蓮を浮彫りし、妻飾りにも蓮の浮彫りを飾る（写真一26）。

懸魚は燕懸魚・鎧付で、桁締は雲と波・蓮に形造る。木鼻は正面が獅子に牡丹、側面が猿、背面は獅子で変化をつける。

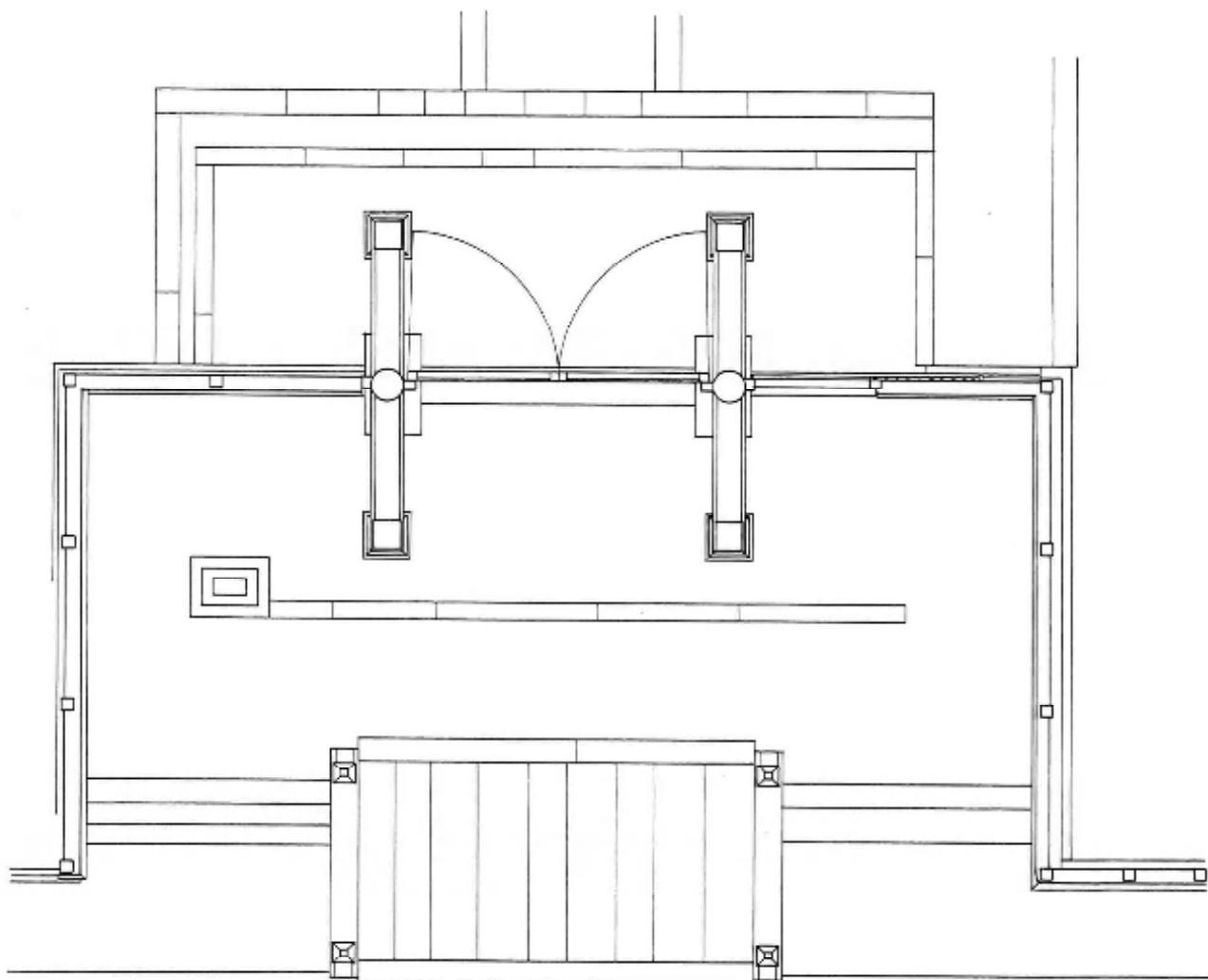
大棟両端は獅子口とし、他の堂宇とは異なる。



写真一21 山門・鐘楼



写真一22 経蔵・常燈明堂



図一4 山門現状平面図 1/60



軒は二軒・簾垂木で柱間が22枝、柱から破風板内側までは11枝+1/2木間で、傍軒の出が大きい。

諸記録に山門の建設に関わる事項はなく、また、小屋組を確認していないため、建設年代は判然としない。但し、控柱間の虹梁型頭貫の絵様は上述のように本堂向拝に類似し、様式上、19世紀前期と考えられる。

装飾性が強く、上町通に面した山門として相応しい規模と装飾を有する。

5.2 鐘楼（図-5）

桁行1間・梁間1間、入母屋造・本瓦葺、
安永6年（『長福寺記録』）

山門の北隣に、棟を南北に配り、成1尺の石を5段積み、地面から4.75尺高く、16尺四方の基壇の上に建つ。西面に基壇を切り込む形で6級の石段を設ける。

4本の柱から成る鐘楼で、軒は二軒・簾垂木で、入母屋の妻は小さく、軒反が強い（写真-27）。壇上の礎盤上に柱を建て、上下共に粽を付ける。内転びの柱は腰貫・内法貫・頭貫で固められ、台輪を廻す。組物は出組で詰組とし、内部では格天井の天井桁を受ける（写真-28）。禅宗様に基づいているが、和様の肘木を用いる。中備えの幕股の中にはそれぞれ異なる彫刻を嵌める（写真-29）。

小屋梁は梁行に2本入れ、その上に梁間中央位置で桁行に入れる。桁行の梁に梵鐘の吊金具を固定し、その金具には「同國同所新原邑鐵治卯兵衛作」と刻む。それぞれの梁の下端には2カ所に2行にわたって文を書く。「梁東」・「梁西」等の四方位と「梁上」・「梁下」の計6つの文から成る。例えば、

北側の梁、西

□梁東萬年山上金芙蓉原是神
所棲託天鵝夜叫日輪紅

南側の梁、西

□梁上法界如米盡影梵蓋寶幡
驚雲羨念衆住除禍障

である。

鐘楼に関して『長福寺開基代々之事』・『長福寺記録』には前身建物の梁上銘を記す。『長福寺記録』には

當鐘撞堂建立者

正保四年曆臯月十九日

亥 原主長福寺了庵建立之

とあり、続けて

昔代安永六年大破ニよりて新造すその時この
銘を写置くもの也

とある。つまり、正保4年（1647）建立の前身建物が大破したため安永6年（1777）に再建し、その時に前身建物の梁上銘を記したという。但し、『長福寺開基代々之事』には詳しい説明や年代はなく、「十代普明」

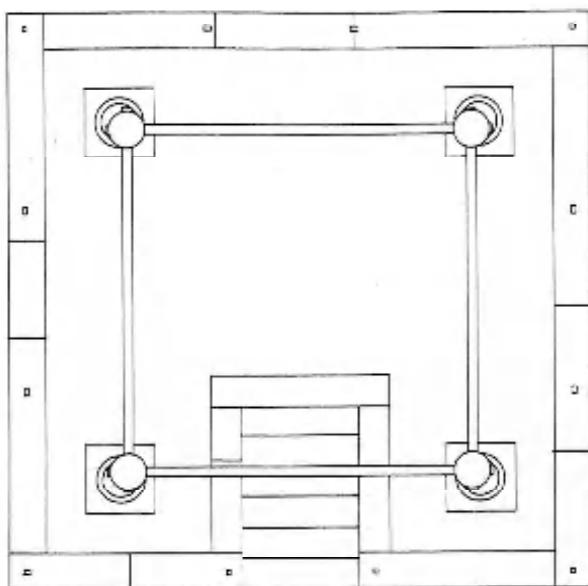


図-5 鐘楼現状平面図 1/60

の代の事柄として、

鐘堂建立之事

徳善寺建立

蓮如様太子高僧表具之事

と記すのみである。『紀家系譜』には記述がない。

当鐘楼の建設年代を示すものはなく、棟木は取り替えられている。様式上、『長福寺記録』にある安永6年の再建と考えられる。

高い基壇の上に建ち、堂々とした威容を誇っている。戦争で供出するまで『長福寺開基代々之事』・『長福寺記録』にある寛永21年(1644)の鐘(大)鐘が吊り下がっていた。現梵鐘は昭和24年のものである。

5.3 経蔵(図-6)

宝形造・本瓦葺、享保20年(墨書き)

本堂の北側、境内を東西に流れる水路に石橋を渡し、南を正面として建つ。

成8寸の石を5段積んで地面より3.9尺高く床を築く。外部は軒先まで漆喰で塗り固めた大壁で、軒先には波形の飾りを付ける。正面では屋根を落として腕木を設けて庇とする。屋根頂部には瓦製の露盤・宝珠を載せる(写真-30)。

内部は貞壁で4.6寸の柱を見せ、柱真々が13尺四方の正方形平面である。間口方向では中央間を広くとり、奥行き方向は3.25尺毎に柱を建てる。

正面中央部に5級の石段を設ける。正面に両開扉を吊り、内側に引分けのガラス戸を立て込み、床は瓦の四半敷で、棹縁天井を張り、正面奥に須弥壇を置き、両側面に経棚を作る(写真-31)。その棚には貞享2年(1685)に納入された一切経(黄葉版大藏経)を納め



写真-27 鐘樓軒見上げ(二軒屋垂木)



写真-28 鐘樓内部見上げ(格天井)



写真-29 鐘樓中備え豪絶

ている。

小屋組は間口・奥行き方向とも、それぞれの中央部に小屋架を渡し、それが交わる中心に6角形の束をたてる。その束に享保20年(1735)の墨書きがある(写真-32)。3つの面に以下のように記す。

- 施主原田草遊代妙因
- 享保貳乙年二月廿八日
- 大工棟梁真田半兵衛尉重房 小工伊藤恭四郎尉重行
小工日隈庄助尉重政

『長福寺開基代々之事』には9代通元の時の手柄として

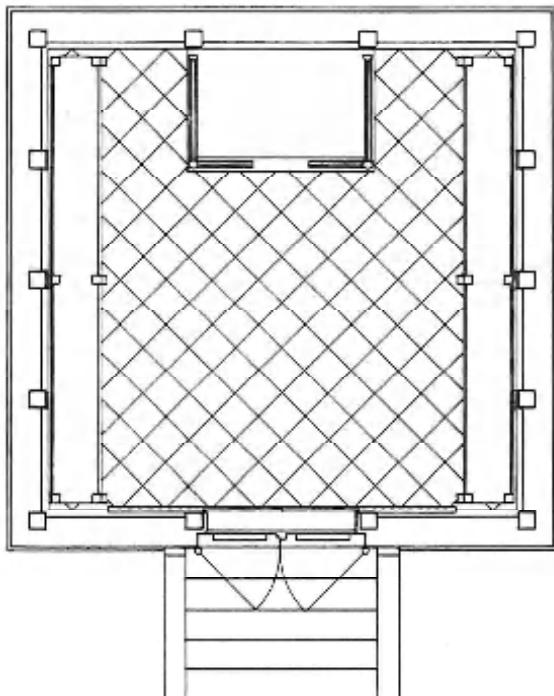


図-6 経蔵現状平面図 1/60



写真-32 経蔵小屋組

経蔵再建 から津や

蔵庫

寮 升や

と記すのみである。

前身建物は元禄5年(1692)に「経蔵建立」とあるので、43年後の享保20年(1735)に再建されたことになる。元禄13年(1700)仲冬に燈籠が寄進された。

当経蔵は13尺四方で規模が小さく、内部に輪蔵ではなく経棚を設け、正面扉上部の屋根を差し掛けにせずに臺階ろすことが建築的特徴と言えよう。そして、九州各县の近世社寺調査報告書では建築年代が古い方に属し、淨土真宗寺院では最古に属する(表-3)。

5.4 常燈明堂(図-7)

寄棟造・本瓦葺、享保17年(旧棟木銘)

本堂北側、境内を東西に流れる水路を挟んで本堂同様西を正面として建ち、経蔵に向かう。3.3尺の高さに石を4段積み、床板は更に7.5寸高く張る。

外部は漆喰で塗り固めた大壁で、軒先に波形の飾りを付ける。正面では腕木を出して庇を伸ばす(写真-33)。内部は5.5寸の柱を見せた真壁で、柱真々距離で桁行20尺、梁間13.15尺の規模を有する。南北2室、10尺ずつに別れ、それぞれの正面に入口を設ける。南間は格子引分け戸、北間は片引のガラス戸で、かつて外側には両開戸と片開戸があったことが吊金具から解る(写真-34)。

南間は背面に仏壇を構え、樋を2尺の高さに入れ、柱を立てて3間に分け、中央間には肘子を安置する。かつて観音を祀り、観音堂と称していた時期があった

(写真-35)。南面には正面から2柱間に窓を開ける。格天井の格間に花等の絵を描くが、天井廻縁との納まりが悪く、後補であろう。天井廻縁は8.75尺の高さを



写真-30 経蔵正(南)面



写真-31 経蔵内部(西面経棚・北面須弥壇)

有する。床にはかつて畳を敷いていたと考えられる。

北間には畳を敷き、東面中央間に窓を開ける。棹縁天井は廻縁を高さ9.85尺に張る。両間の境には4.2寸×1尺の2筋の差鶴居を入れる。

旧棟木には享保17年(1732)の墨書きがある。棟木の中央に束のホゾ穴があり、そこから端に向かって2方向に記す。

常燈守家施主原田了優代子草遊
妙圓

享保十七壬歳四月十七日大工真田半兵衛尉重房※
子

□□□□ 耐□□

※小工田中藤四良尉□□

伊藤新助 耐春之

日隈庄助 耐進□

建設年代に関しては『長福寺記録』に

享保十一丙午二月常灯堂建立 唐津屋草遊妙因
施主ニ而所の子助左衛門
世話なり

とあり、享保11年の建立とする。『長福寺開基代々之事』には

常灯堂 から津や 享保十一年丙午二月
と記す。

記録は墨書きよりも6年早いことになる。墨書きと記録の相違の理由は明確でない。

当堂は常灯のための堂であり、他の寺院では殆ど例

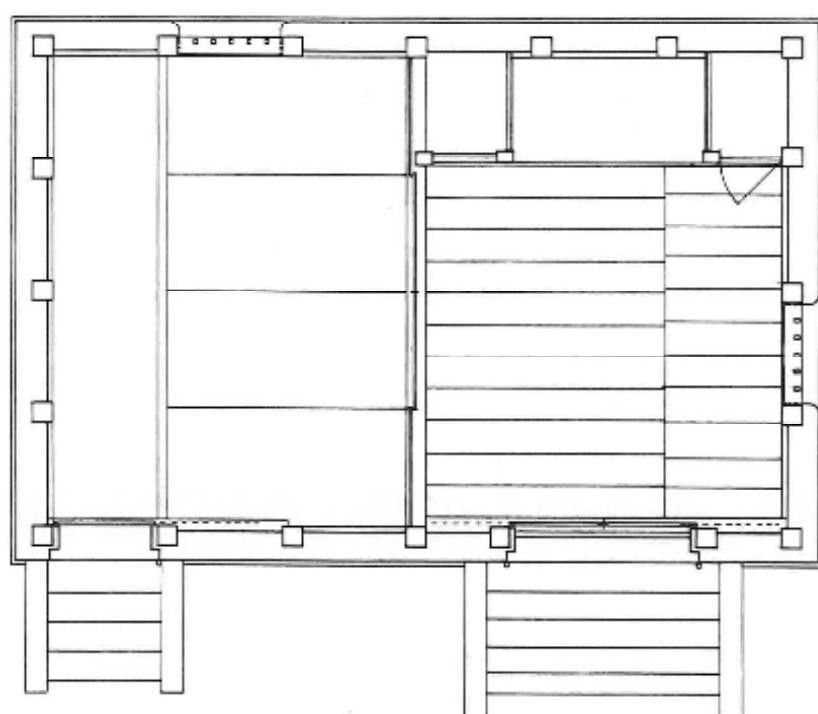
を見ない。「常灯壇軸志施主唐津屋了優妙円」⁸⁾とあり、常燈を寄進し、疊を敷いて窓を設け、參籠を考慮



写真ー33 常燈明堂正側（西南）面全景



写真ー34 常燈明堂正側（西北）面詳細



図ー7 常燈明堂現状平面図 1/60



写真-35 常燈明堂南面佛壇



写真-36 燈籠(本堂前)



写真-37 燈籠(經藏前)

したものと考えられる。経蔵との統一のため土蔵造にしたのであろう。

5.5 燈籠

元禄13年(銘)

燈籠は本堂前に2基、経蔵前に2基ある。いずれも元禄13年の寄進で、「元禄十三庚辰歳中冬月一日」と刻む。本堂前は施者三松久左衛門、経蔵前は施主中村氏である。

本堂前の燈籠(写真-36)は、竿が六角形で、正面には、向かって右の燈籠に「石中含陽 燈火施章」、左に「東園西庵 慰人聞音」と刻む。二重の基壇は下が4尺幅、上が3尺幅で、基礎は1面1.2尺の六角形で、反花を含めた高さが1尺あり、竿は3.55尺の長さを有する。基壇上端から宝珠先端まで8.55尺を数える。

経蔵前の燈籠(写真-37)は竿が直径8寸の円形で、基壇は土中に隠れて見えない。基礎は1面9寸の六角形で、竿は2.55尺の長さを有する。反花上端から宝珠先端まで5.6尺ある。現在は経蔵正面石段の横に移動されている。

5.6 石塀(図-8)

石塀は、上方の石は木堂の左側面の横堂に取り付き、下方の石は側柱まで達する(写真-38)。常燈明堂の背後(東)を通り、その北側、経蔵の背後に短折りに続き、「草遊妙因」と陰刻する。この石塀の建設年代は明確でないが、『長福寺開基代々之事』に8代体印の事項の一つとして「石ノ塀 から津や」とある。9代通元は享保16年(1731)に住職を継いでいるので、それ以前と考えられる。

ところが、『紀家系譜』には10世通元の代、元文4年(1739)に「唐津屋助右衛門造立堂北廡造石屏并溝石塀」とある。「石屏并溝石塀」の石塀・溝・石垣は上述の石塀と境内を流れる水路を意味すると考えられる。石塀は体印の時か通元の時か、判然としないが、草遊妙因の子、助右衛門が繼承して元文4年までに完成させたと推測される。

さて、石塀は8尺の高さを有する。東塀・北塀とも



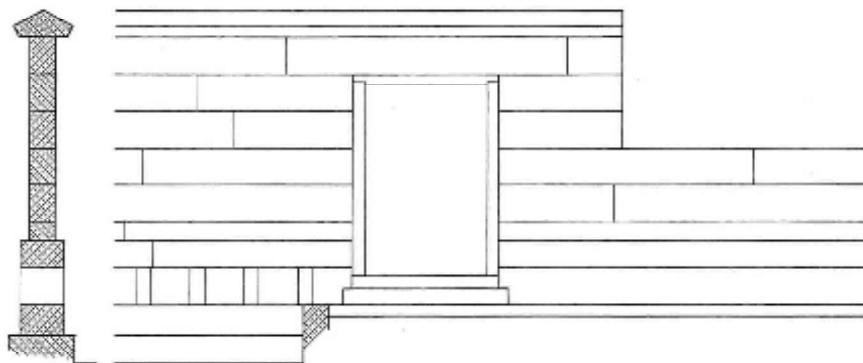
写真-38 石塀(正面)・水路



写真-39 石塀北東部

五角形の笠石(幅1.6尺・成7寸)を頂部に載せる(写真-39)。東塀では厚1.2尺の石を下方に積み、その上に厚7寸・成5.2寸を1段、成1尺を5段積む。水路に面する部分では下方に成・幅とも1.05尺を4寸の間隔を開けて並べる。北塀では笠石の下に幅7寸・成1尺を4段積み、その下に厚1.2尺・成1尺を積む。

経蔵・常燈堂・石塀は唐津屋了優・妙円・草遊・妙因・助右(左)衛門の3代にわたっての寄進になる。長福寺に対する信仰の篤さを窺うことができよう。



図一8 石塀断面図・立面図 1/60

6. 意義

6.1 豆田における長福寺としての意義

長福寺は寛永14年に豆田に移った。豆田にある河家のうち草野家に残る元禄頃の部分が最も古い。草野家は寛永18年に豆田に移っているので⁹、長福寺の方が4年早いことになり、長福寺本堂は豆田の中で最古の建物である。そして、境内は18世紀前半からの状況を今日に伝えている。

このような意味から長福寺は豆田の町並を形成する極めて重要な要素と言えよう。豆田の町中に存在する唯一の寺院であり、豆田の町人の協力があったからこそ寺を構えることができ、今日にまでその寺容を保持してこれたのであろう。

長福寺の他の重要性は、豆田の文化・思想に多大な貢献をしていることである。それは広瀬淡窓が長福寺の宝月・法海等の諸僧から学問的基礎を学び、長福寺学寮を利用して塾を開いたことから窺い得る。長福寺は豆田にとって必要不可欠なのである。

6.2 本堂の建築的意義

当本堂は後世の改修はあるものの寛文9年の再建にかかる。

九州各県の近世社寺調査報告書やその他の資料から18世紀前期頃以前の建立になる浄土真宗寺院本堂はあまり残存していないことが解る（表-2）¹⁰。その中で特に古かった行因寺本堂（唐津市）や明正寺本堂（大牟田市）は現存していない。管見の限りでは長福寺本堂は九州における現存最古の浄土真宗寺院本堂と言えよう。

当本堂はただ単に年代が古いと言うことだけではない。外陣間口7間、奥行き8間（建立当時）で、規模が比較的大きく、本格的な本堂として建設されている。それは内陣や余間の仏壇に祀る、蘊鸞聖人御影が寛永元年（1624）、蓮如上人・七高祖・聖徳太子御影が寛永8年、御絵伝が寛永21年と、いずれも古く、これらを

祀る場として相応しい規模を有する必要性があったものと推察される。

更に、諸資料等から後世の修理の内容と時期が把握され、浄土真宗寺院本堂としての発展が確認しうることも重要である。

当本堂は九州における浄土真宗寺院本堂を研究していく上で一つの指標になる貴重な本堂である。

6.3 境内の建築的意義

明和9年（1772）8月の大火で豆田町は灰塵に帰した。本堂をはじめ境内の經蔵・常燈明堂はこの大火からの災いを免れている。鐘楼も焼失しなかったであろうが、大破により安永6年（1777）に再建された。山門は19世紀前期と推測され、大火後30年以上も経ってからの再建は考えにくいので、大火にはあわなかったと思われる。

さて、境内の建物の中で、經蔵は小規模であるが建築年代が古く、常燈明堂は他に例を見ず、それぞれ貴重な建物である。また、石塀・水路も同時期であり、長福寺の境内は18世紀前半からの伽藍が今日まで継承されている。

庫裏は昭和3年に2階を増築する等の改築はあるものの、奥座敷や広間等、近世にまで遡り得る。昭和37年頃に玄関や台所を解体したのは惜しまれる。

さて、『紀家系譜』等の諸記録から元禄15年の水鏡亭、元文2年の藏庫、宝曆9年の学寮、貞享3年寺家となり山門の南側にあった徳善寺等、現在失われていることが解る。学寮・徳善寺部分には愛児園が建つ。

長福寺第11世香光院宝月「詩詠」を18世が「謹写」した「長福教寺十六勝」には、銅鐘堂・樂法樓・藏經閣・燃燈杆・碧雲門・叢樹園・葵華池・月波橋・開士塔・詩社塔・水鏡亭・香光堂・明月樓・浣花溪・易行庵・伺然庵、という十六勝が書き並べられている。現存するものと対応できないものが多いが、境内にはまだ数多くの近世の諸堂宇が残っている。

長福寺のように数多くの建物を残している浄土系寺

表-2 九州における淨土真宗寺院本堂（18世紀前期頃以前）

本堂名	所在地	建立年代	典拠	備考
行因寺本堂	佐賀県唐津市	16世紀末		近世社寺、現存せず
明正寺本堂	福岡県大牟田市	17世紀初		近世社寺、現存せず
長福寺本堂	大分県日田市	寛文9年 1669	記録	大分県指定有形文化財
明永寺本堂	福岡県八女市	貞享元年 1684	棟札	八女福島伝統の建造物群保存対策調査報告書
正福寺本堂	福岡県八女市	元禄11年 1698	棟木墨書	八女福島伝統の建造物群保存対策調査報告書
満御寺本堂	大分県玖珠町	元禄頃		近世社寺
善行寺本堂	熊本県鹿央町	宝永2年 1705	寺記	平成7年日本建築学会九州支部研究報告
淨徳寺本堂	福岡県広川町	宝永7年 1710	旧天井桟縁墨書	
性應寺本堂	鹿児島県加治木町	宝永7年 1710	宮殿後板墨書	近世社寺、和歌山県から移築
宝光寺本堂	宮崎県国富町	正徳元年 1711	棟札	近世社寺
妙覺寺本堂	佐賀県鳥栖市	正徳4年 1714	棟札写	近世社寺
明巣寺本堂	熊本県菊鹿町	正徳4年 1714	棟札	近世社寺
西宝寺本堂	大分県院内町	正徳6年 1716	棟札	近世社寺
円龍寺本堂	大分県大山町	宝永～正徳	寺伝	近世社寺
誓岸寺本堂	大分県扶間町	享保6年 1721	寺伝	近世社寺
淨明寺本堂	熊本県三加和町	享保8年 1723	墓誌墨書	
常潤寺本堂	福岡県志摩町	享保10年 1725	町史	近世社寺
福正寺本堂	大分県日田市	享保21年 1736	棟札	
觀定寺本堂	大分県中津市	享保21年 1736	棟札写	近世社寺
西光寺本堂	福岡県三橋町	享保21年 1736	旧棟木銘	
高徳寺本堂	佐賀県唐津市	享保17～元文2年	過去帳	近世社寺
光徳寺本堂	熊本県荒尾市	元文2年 1737	棟木銘	近世社寺
伝照寺本堂	大分県大山町	元文4年 1739	旧棟木銘	近世社寺

注：備考欄の近世社寺は九州各県の『近世社寺調査報告書』に基づく。

備考欄に特記ないものは筆者の調査による。

表-3 経蔵（近世社寺調査報告書所載）

寺院名	所在地	宗派	年代	規模 m	輪蔵年代	備考
大分県						
万寿興聖禪寺	大分市	臨済宗	18c初	7115×8130	輪蔵 18c初	
長福寺	日田市	大谷派	享保20 1735	3930×3939		経棚
西光寺	別府市	本願寺派	18c中	4450×4450	輪蔵 宝曆6 1756	輪蔵市指定文化財
慈智寺	佐伯市	臨済宗	明和4 1767	5905×7926	輪蔵 明和4 1767	
合元寺	中津市	浄土宗	安永9 1780	4935×5624	輪蔵 寛政5 1793	
蓮城寺	三重町	真言宗	天明 1781~89	5540×5515	輪蔵 天明 1781~89	町指定文化財
教覚寺	宇佐市	本願寺派	18c末	6115×6100	輪蔵 18c末	
教尊寺	佐賀閑町	本願寺派	文化14 1817	7085×7054	輪蔵 文化14 1817	県指定文化財
長久寺	中津市	本願寺派	天保9頃 1838	5919×5930	輪蔵 天保9頃 1838	
月桂寺	臼杵市	臨済宗	天保12 1841	6048×6053	輪蔵 天保12 1841	
四日市別院	宇佐市	大谷派	18c中	5180×5170	輪蔵 18c中	
西宝寺	院内町	本願寺派	18c末	4560×5210	輪蔵 18c末	
福岡県						
				規模 cm		
聖福寺	福岡市	臨済宗	貞享3 1686	571×579	輪蔵 貞享3 1686	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財
永照寺	北九州市	本願寺派	享保5 1720	597×594	輪蔵 享保5 1720	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財
光福寺	直方市	本願寺派	享保5 1720		輪蔵 享保5 1720	
龍國寺	二丈町	曹洞宗	享保9 1724	455×456		経棚
善導寺	久留米市	浄土宗	寛保8 1743	697×696	輪蔵 寛保8 1743	
光蓮寺	川崎町	大谷派	延享4 1747	579×581	輪蔵 延享4 1747	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財
覺円寺	新吉富村	本願寺派	文政7 1824	492×498	輪蔵 18c末	輪蔵県指定民俗文化財
梅林寺	久留米市	臨済宗	安政5 1858		輪蔵 安政5 1858	
安樂寺	芦屋町	本願寺派	安政7 1860	453×454	輪蔵 安政5 1858	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財
崇福寺	福岡市	臨済宗	元治元 1864	495×494	輪蔵 元治元 1864	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財
伯東寺	田主丸町	大谷派	明治16 1883	486×488	輪蔵 享保14 1729	輪蔵附経蔵県指定民俗文化財

注：近世社寺調査報告書を参考にし、福岡県分は『福岡県指定有形民俗文化財永照寺輪蔵附塔蔵保存修理工事報告書』（財団法人文化財建造物保存技術協会 平成3年）も参考にした。

院は九州には少なく、更に18世紀前半の境内状況を伝えている寺院はほとんどない（表-4）。例えば、福岡県久留米市の善導寺（浄土宗）は重要文化財に指定されて近世の伽藍を伝えている。大分県佐賀関町の教尊寺（浄土真宗本願寺派）には本堂・山門・鐘楼・経蔵・御殿・庫裏・書院が群として残り、18世紀末の伽藍を伝えた貴重な寺院として、平成11年に県指定有形文化財に面として指定された。長福寺は教尊寺よりも古い境内状況を伝えており、その重要性は教尊寺に決して劣らない。つまり、長福寺は浄土真宗寺院の伽藍を伝える貴重な寺院と言っても過言でないであろう。

表-4 浄土真宗・浄土宗寺院近世境内諸建物（3棟以上、九州各県の『近世社寺調査報告書』等より）

寺名	宗派	所在地	本堂	山門	鐘樓	経蔵	その他
大分県							
長福寺	大谷派	日田市	寛文9 1669	19c前	安永6 1777	享保20 1735	常燈明堂 享保17 1732
教尊寺	本願寺派	佐賀関町	寛政3 1791	文化6 1809	文化4 1807	文化14 1817	御殿 安政5 1858 書院 安政4 1857 庫裏 文政6 1823
教尊寺	本願寺派	宇佐市	文化8 1811	19c中		18c末	
長久寺	本願寺派	中津市	天保頃 1838	18c末~19c初	天保頃 1838		
淨安寺	浄土宗	中津市	文化8 1811	19c初	19c初		
西光寺	浄土宗	竹田市	安政5 1858	延宝8 1680	元禄4 1691		
福岡県							
正福寺	東本願寺派	八女市	元禄11 1698	正徳3 1714	享保11 1726		
広因寺	大谷派	豊前市	宝暦8 1758	天明3 1783	宝暦10 1760		
覚了寺	大谷派	大川市	天保頃	文政元 1818	19c中		
覚円寺	本願寺派	新吉富村	弘化5 1848	文政2 1819	19c中	19c前	
永照寺	本願寺派	北九州市	嘉永2 1849		19c中		鼓樓 19c中
光明寺	浄土宗	八女市	17c末	17c末	天保頃		三社堂 天保 觀音堂 天保~嘉永 庫裏 嘉永3 1850
真如寺	浄土宗	直方市	安永7 1778	天明3 1783	天明2 1782		
善導寺	浄土宗	久留米市	天明6 1786	安政3 1856	寛政3 1791	寛保3 1743	大門 慶安4 1651 薬師堂 18c末 開山廟堂 安政3 1856 裏門 18c末
光明寺	浄土宗	芦屋町	文化3 1806		安永6 1777		惣門 明和2 1765
正覺寺	浄土宗	二丈町	文化11 1814	文政11 1828			元禄門 元禄8 1695
佐賀県							
妙覚寺	本願寺派	鳥栖市	正徳4 1714	宝暦2 1752	宝暦2 1752		
円教寺	本願寺派	太良町	文政11 1828	18c末	18c末		
常光寺	浄土宗	伊万里市	文化11 1814	安永4 1775			樓門 18c、 閻魔堂 天保13 1842
長崎県							
阿弥陀寺	浄土宗	小値賀町	安政5 1858	19c中			万口堂 正徳5 1716
宮崎県							
三福寺	浄土宗	延岡市	天保8 1837	文政8 1825			開山堂 寛政11 1799

注：・庫裏の調査例は少ないので、庫裏を含めて3棟になる寺院は除外した。

- ・福岡県久留米市善導寺には上記以外に大庫裏・金星（延享5年直後）、広間・書院・役室及び対面所（宝暦13年）、中蔵（宝暦13年頃）が建っており、本堂・大門同様重要文化財に指定されている。
- ・大分県佐賀関町教尊寺は上記すべてが県指定有形文化財に指定されている。

7.まとめ

以上述べたように長福寺の意義は以下の3点に要約できよう。

1.豆田における長福寺

長福寺は寛永14年に豆田に移り、本堂は豆田で最も古い建物である。また、境内は18世紀前半からの状況を今日に伝えている。長福寺の諸僧は学問を通じて広瀬淡窓と繋がり、豆田の文化・思想への貢献も大きい。このように長福寺は豆田の町、町並に極めて重要な役割を果たしており、豆田にとって必要不可欠である。

2. 浄土真宗寺院本堂としての長福寺本堂

九州で最も古い浄土真宗寺院本堂であること、建設から後世の修繕の時期と内容が把握され、本堂としての発展過程が確認し得ること等、浄土真宗寺院本堂の体系的な研究を進める上で重要な本堂である。

3. 近世寺院としての長福寺

近世の伽藍を良好な状態で現在に伝えている浄土真宗寺院は少ない。その中で長福寺は18世紀前半の様子を残し、地方の浄土真宗寺院の伽藍を知り得る貴重な寺院である。教尊寺同様、面としての指定が望まれる。

謝 辞

本堂をはじめ諸建物の調査や記録の調査に際しては御住職武内一美氏をはじめご家族の方々にお世話になり、御子息武内和朋氏には修士論文『易行院法海の研究』(大谷大学大学院文学研究科) を拝見させていただいた。また、諸記録の解説では柳川古文書館学芸員江島香氏にお世話になった。境内の諸建物の実測調査では有明高専学生江見歩・井口弘彰両氏の協力を得、また、平成7年度の本堂の調査においては伊藤ユミ子氏(平成8年卒業)に協力していただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

注

- 1) 『豆田地区町並み保存基礎調査報告書』 昭和59年大分県日田市
- 2) 学寮とは宗学研究機関で、本願寺派では寛永16年(1640)に学寮が創建され、大谷派では寛文5年(1665)に学寮を開いた。宝暦4年(1754)に

学寮を高倉に移したので高倉学寮と呼ばれる。

- 3) 長福寺では記録により初代が異なる。寺では『紀家系譜』に基づいている。それぞれの歴代住職をあげると以下になる。

『紀家系譜』

- ①宗栄-②體了-③安誓-④誓元-⑤了安-⑥了恵-⑦達印-⑧道印-⑨體印-⑩道元-⑪普明-⑫法幢-⑬東海-⑭道統-⑮圓觀-⑯一印

『長福寺記録』

- ①安誓-②誓元-③了安-④了恵-⑤達印-⑥道印-⑦体印

『長福寺開基代々之事』

- ①宗心-②安誓-③誓元-④了安-⑤了恵-⑥達印-⑦道印-⑧体印-⑨通元-⑩普明-⑪法幢

- 4) 唐橋正濟:『豊後國志』享和3年

昭和6年二豊文献刊行会、昭和50年文献出版

- 5) 唐津屋を含め、寄進を行った家は過去帳や永代経記録にその名が記されている。

- 6) 文化6年4月改の『永代經記録草本』

- 7) 明治34年の『長福寺境内模様図』には石段を書き入れないが、「上口」とある。左側面にも同様に「上り口」と記す。

- 8) 文化6年4月改の『永代經記録草本』

- 9) 草野家住宅保存修理委員会:『大分県指定有形文化財草野家住宅保存修理工事報告書』平成元年

- 10) 長福寺は『大分県近世社寺調査報告書』には記載されていない。九州各県の近世社寺調査報告書に漏れた社寺はあるであろうが、本堂の位置付けは変わらないと考えている。また、経蔵も同様である。

旧貝島嘉蔵・健次家の住宅について

森山恵香・松岡高弘・川上秀人*・北野 隆**

（平成11年9月30日受理）

The Architecture of the Former Residences of Kazuo and Kenji Kaijima

Keiko MORIYAMA, Takahiro MATSUOKA, Hideto KAWAKAMI
and Takashi KITANO

The original primary residence of Kazuo and Kenji Kaijima was built in 1915 in Nogata-city, Fukuoka Prefecture. It was the oldest house among the former houses of the Kaijimas. In time, the original house was removed and reconstructed in the Takamiya part of Fukuoka-city over a period of years and was completed in year 1927. In addition, Kazuo and Kenji Kaijima had set up several detached residences in and around the city of Fukuoka.

We researched the design drawings and the data of the original primary residence and the four detached residences in the Jigyou, Nata, Yuusentei and Heiwa areas of Fukuoka-city. Such drawings that have survived until today are few, and very valuable for the understanding of the construction of these houses.

The purpose of this paper is to clearly show the similarities and differences between the principal residence and the detached residences by comparing the five main drawings, and to define the architectural features of the Kaijimas' residences.

We have concluded that in the site planning the primary residence in Nogata-city was similar to the detached residences in Heiwa and Yuusentei, but different from those in Jigyou and Nata. While most receiving part of that time had rooms larger and more exquisite than the dwelling areas, in Kaijima residences the dwelling areas were comparable in both size and quality to the receiving part.

Although all five of the Kaijima residences basically displayed similar planning, the principal residence in Nogata-city differed from the other four residences in its three-rooms construction and its more extensive approach.

1. はじめに

貝島家は貝島太助を中心として、その弟六太郎・嘉蔵、その子供栄四郎・健次・太市等で、福岡県鞍手郡宮田町の大之浦炭鉱、遠賀郡の大辻炭鉱、佐賀県東松浦郡の岩屋炭鉱等、炭鉱経営で繁榮した。『貝島太助翁の成功談 炭鑛王』という題名の本が明治36年(1903)に発行されており、太助を称賛している。そして、貝島家は麻生家・安川家と共に「筑豊御三家」と称されていた。

貝島家は9家に別れ、太助が宗家、六太郎と嘉蔵が本家、太助の五男太市他5家を連家として区別した。太助の三男栄四郎は六太郎家を、四男健次は嘉蔵家を

継承した。

上記9家のうち、現存する住宅は六太郎邸と嘉蔵邸のみである。前者は大正5年(1916)に福岡県鞍手郡香井田村(現宮田町)に、後者は大正4年に直方町西尾(現直方市)に建設され、貝島家の住宅として最古である。

ところで、貝島家では本邸以外に福岡市及びその周辺に別邸を構えていた¹⁾。嘉蔵・健次家では地行・奈多・友泉亭・平和の各別邸の平面図が残る。このような図面があることは非常に珍しく、別邸の平面構成が解る貴重な資料である。

そこで、本稿では貝島嘉蔵・健次家の本邸と別邸とを比較し、両者の類似点・相違点から、本邸として、別邸としての建築的特徴を明らかにしていく。

* 近畿大学九州工学部教授

** 熊本大学工学部教授

2. 建物概要

2.1 直方本邸

本邸は新築落成披露宴案内図（図-1）から、新築時の住宅の輪郭が知れる、「西尾貝島家落成紀念」の写真³から、二階建の西洋館があったことが確認されるが、案内図に西洋館は描かれていない。

大正12年（1923）の火災保険申込書添付図（図-2）は建物の輪郭を描き、部屋名・規模を記している。大正4年から8年経過した時点での住宅の様子が解り、西洋館も描かれている。

直方での建物は南を正面として描かれており、以下、全体の構成を説明する。

建物のはば中央に位置する玄関の両脇に「應接所」・「事務室」を設け、これら諸室の北には、庭に面して東西に伸びる豊廊下を通す。

玄関棟の南西部の二階建の「洋館」（図-3）には、西面中央部にマントルピースの煙突があり、屋根にはその煙突の北側にドーマー窓を設けていた。

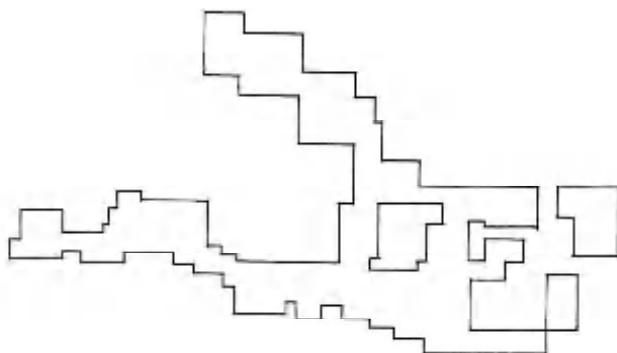


図-1 大正4年5月新築落成披露宴案内図

豊廊下が西端で北に折れる所に「茶の間」がある。その北西部に「本座敷」・「さやの間」・「書院の間」を配置し、便所を附設する。茶の間は本座敷の控間³として機能し、15畳の本座敷と10畳の次間の三方に豊廊下を廻す。本座敷には3畳の書院が附設される。

和室の大広間を設けることが重要であり、それは入側縁を豊敷とすることからも窺える。

本座敷西の便所の脇を通って廊下が東西に伸び、廊下に面して南に「湯場」があり、廊下の西端に「茶室」及び「数寄屋」・「水屋」を配置する。

事務室の東に内玄関・「女中部屋」等が並ぶ。その北に「食堂」・「電話室」があり、食堂の二階には座敷がある。食堂の北東部に「新座敷」を配置する。

新座敷の北西部に「御居間」・「茶ノ間」・「佛間」・「数寄屋」等が雁行形に並ぶ。

新座敷にも二階が載り、新座敷の南東部には「寫眞室」等があり、その奥に「納戸倉」が続く。

女中部屋の東に広い「炊事場」・「斐絃所」等が続き、その階上にも座敷を置く。その北側に「湯場」・「化粧室」が配置され、新座敷等や食堂で取り囲まれた中庭が形成されている。

炊事場等の北東部には「家具物藏」が、南東部には「釜場」・「炭小屋」が設けられ、炭小屋の北側に「漬物小屋」・「米倉」等が並ぶ。

本邸では玄関が横長の棟に設けられ、豊廊下が横に長く続いている。他の棟も横に広がる構成である。

全体的に廊下で連結されて分散した配置であるが、玄関から左方を接客部分、右方を日常の居住部分として、明確に空間を区画している。

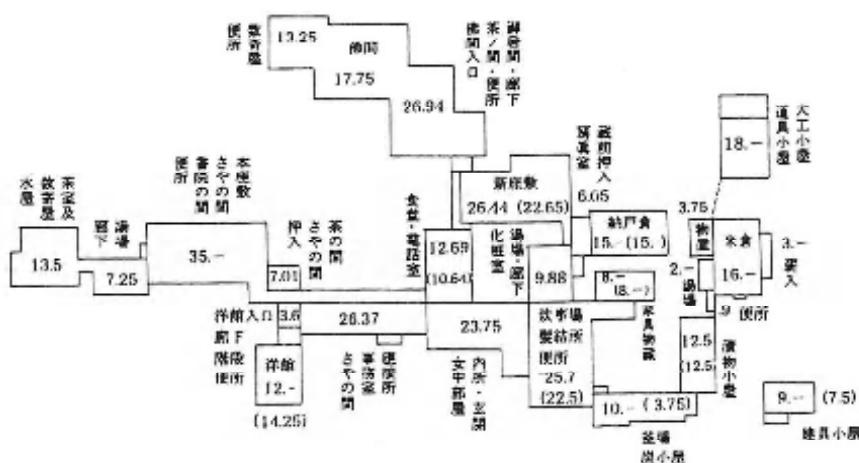


図-2 大正12年6月30日付火災保険申込書添付図
(())は2階部分の坪数を表す

尚、本邸は昭和2年（1927）に福岡市高宮への移築が完了した。移築後の住宅は西洋館の有無、南八畳の新築、仏間・居間の位置等で異なるが、それ以外は当初と大きく変わらず、ほぼ忠実に移築されたと言えよう（図-4）。



図-3 直方本邸

2.2 地行別邸

地行は福岡市中央区の北西部に位置し、西は橘井川を挟んで早良区に接し、北は博多湾に面する。

図面に「福岡市地行別邸 大正十二年八月現在図」の朱書きがあり、本邸の福岡市高宮への移築以前に既に建てられていたと推測される。尚、図面には図名や方位、部屋名等の記述がない（図-5）。

建物のほぼ中央に位置する玄関を入ると、4.5畳の玄関間がある。その左脇に8畳間、右脇に6畳間が並び、これらの諸部屋に面して疊廊下を通す。

玄関から左方に伸びた廊下は上下に分かれ、上方に折れた疊廊下は左上階の一郭に至る。二階を有するこの棟は、6畳・10畳・12.5畳が鍵型に配置され、三室とも座敷飾りを整え、周囲に縁を廻し、便所を附設する。但し、浴室はない。座敷の左に階段を二ヶ所設ける。その左側に板敷の広い部屋が続き、収納部分だと推察される。

その階上には前室として3畳を二室設け、その奥に統間の座敷を配置する。

玄関棟の左下の一郭には6畳・10畳の統間があり、その奥に広縁を設け、縁の左端には4.5畳を配し、横



図-4 本邸移築計画図

に便所を設ける。廊下と6畳から蔵への出入が可能で、蔵の階上の8畳へも行ける。

玄関棟の右上は、他の例から食堂と考えられ、その上方に居住棟を配置する。

居住棟には3畳・4.5畳・10畳の三室を有し、10畳の座敷には縁を設ける。座敷の右下には便所等がある。尚、3畳と4.5畳とは半間の間口部で統いており、4.5畳の独立性は高い。

食堂の下方の廊下に面して洗面所や便所、4.5畳二室、浴室等を設ける。その下方に土間の釜場・板敷の炊事場が続く。4.5畳の階上には6畳・8畳の統間がある。

炊事場の右方には別棟で小屋と便所を設ける。

また、図面最下端の建物は住宅に附属する建物だと推察される。門から玄関に至るアプローチの左方に納屋や小屋等が数棟、並んで配置されている。

地行別邸は玄関棟を中心に各棟を廊下で結んだ日字型の配置である。玄関から右方が日常の居住部分と推測される。しかし、玄関左方については座敷部分の平面構成からは接客として機能していたことも考えられるが、その一郭に納戸や蔵を併設しており、接客部分と居住部分の両方の性格を有していると推察される。



図一五 地行別邸平面図

2.3 友泉亭別邸

友泉亭は福岡市城南区の東端に位置し、北・北東は中央区に接し、南・西は樋井川に接する。

地名の由来となった「友泉亭」は、宝暦4年(1754)に6代藩主黒田継高が別荘として建てたものである。敷地は約4000坪(現在は約3000坪)の庭地である。そして、昭和3年(1928)に貝島家の所有となった。屋敷の大修理がなされ、昭和11年(1936)に完成したといわれている。その後の変遷を経て、現在は友泉亭公園として整備されている(図-6)。

西入りの玄関を入ると、三帖の「取次」があり、その南に「事務室」、北に六帖の「應接」、これら諸部屋に面して南北に伸びる疊廊下を通す。廊下を介して東には、電話室や三帖の「茶之間」を庭に面して配する。

玄関棟の北東部に十七帖半の「座敷」を設ける。座敷の三方に疊廊下を廻し、床の間・棚・付書院を備える。座敷の西には二帖・「應接室」が続き、應接室にも

座敷飾りを整える。

二帖から北に伸びる廊下に面して「湯殿」「脱衣室」・洗面所等を設け、北端に三帖の「茶ノ間」と四帖半の「茶室」を配する。

玄関棟の疊廊下は南端で内玄関から東に伸びる廊下と当たる。その廊下に面して13畳大的食堂を配する。

食堂・中庭の西側に、廊下をはさんで女中室・炊事場があり、女中室横に別の階段をとる。

食堂の階上には六帖の「書斎」・三帖・三帖を鍵形に配置し、女中室・炊事場の階上には六帖・八帖の二室の「書斎」が南北に続く。

炊事場の南は「化粧室」で、そこから板敷廊下は東に折れ、便所・洗面所・浴室等が南面する。廊下の北側には「中庭」に面して納戸・洗面部分を設ける。

食堂・中庭の東側には黒田家別邸時の建物を改造した居間がある。食堂東の階段の北東部が従来の玄関と四帖半の玄関間である。八帖・十一帖の二室の「居間」

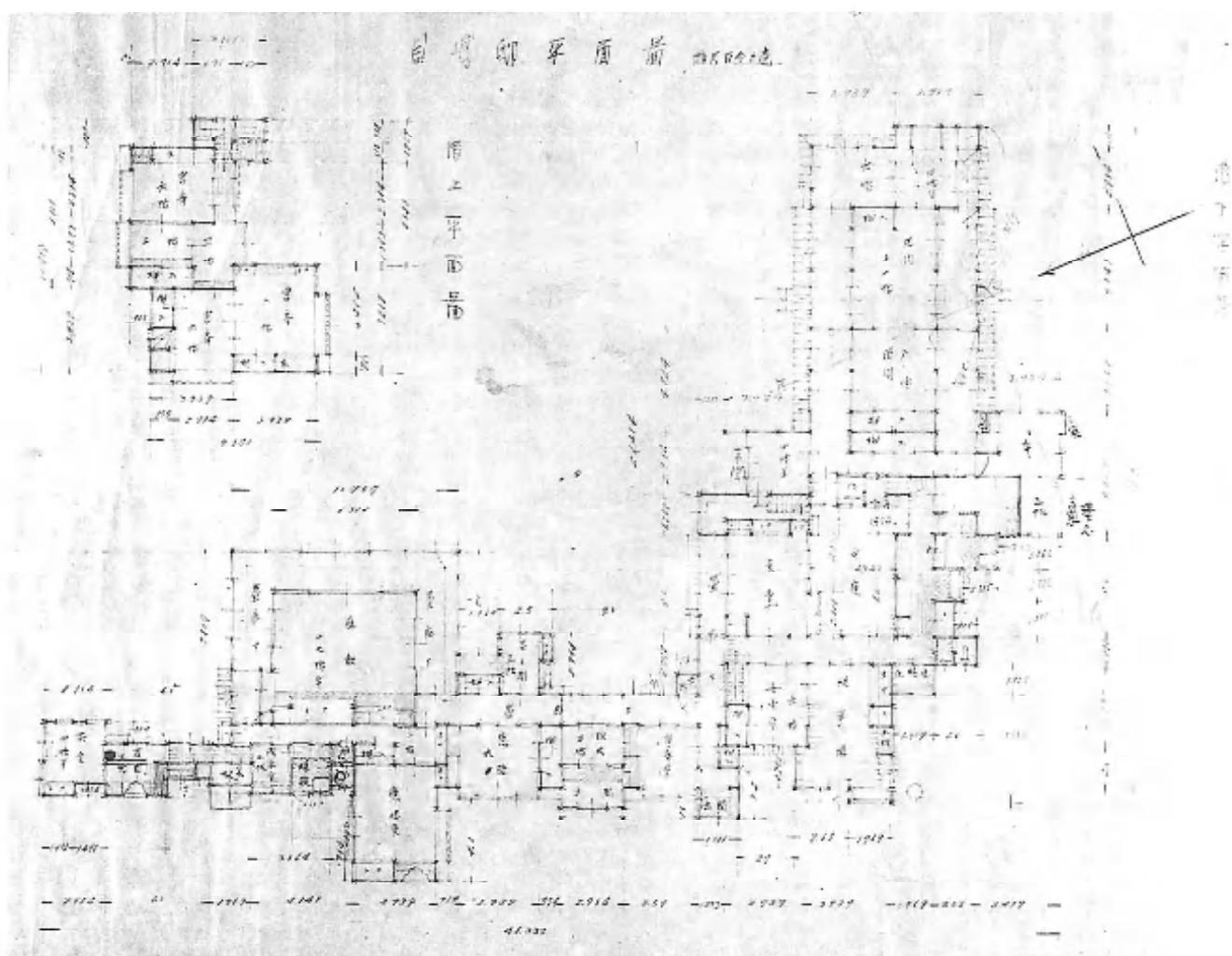


図-6 友泉亭別邸平面図

の南北に亘敷の広縁があり、最東端に六帖と四帖半が続く。

友泉亭別邸では玄関を中心に横長に広がり、黒田藩別邸部分を居住部分として転用しながら接客部分を新築していった結果、玄関の左右で機能が明確に区分されている。

尚、図面上方に「貝島邸平面圖 縮尺百分之卷」と「友泉亭別邸」の書き入れがある。また、図面左方には「既存二〇二、三五m² 新築三五八、四七m² 階下七四、〇二九m² 階上 二階持出し 二、一m²」の記述がある。図面の寸法は尺ではなくメートルを単位に記入され、比較的新しい図面だと考えられる。但し、寸法の中に不正確な箇所があり、図面が加筆・修正された可能性がある。

2.4 平和別邸

平和は福岡市中央区の南端に位置し、南・東は南区に接する。鴻ノ巣山北麓の丘陵地にあり、本邸が移築された高宮に近い。

図面の左下に「貝島邸 平面圖 縮尺百分之卷」と記し、裏面には「平和町貝島家平面圖」と記す。また、図面右下に「本邸及土藏 二〇三坪九三、土藏其他二階 二〇坪三一、物置 一九坪〇六、物置二階 八坪五六、支配人住宅 三八坪七三」と規模についての記述がある（図-7）。

建物西端の土蔵部分を除いた、住宅の東西幅のほぼ中央に「玄関」を配し、四、五帖の「取次」を設ける。そこを起点に三方へ伸びる豊廊下は中庭に面し、開放的である。

玄関間の東に、豊廊下に面して、十五帖大の「オ一心接室」と六帖の「オ二心接室」が南北に並び、両者を繋ぐ位置に「書斎」を設ける。但し、第二応接室には窓がなく、応接としては不適切であろう。

第二応接室の南に七、五帖の「次ノ間」を設け、その東に十二帖の「本座敷」が続く。玄関から南へ伸びた豊廊下は東に折れ、本座敷部分の南を通り、住宅の東端の一郭へと至る。その廊下には「豊廊下巾五尺」と

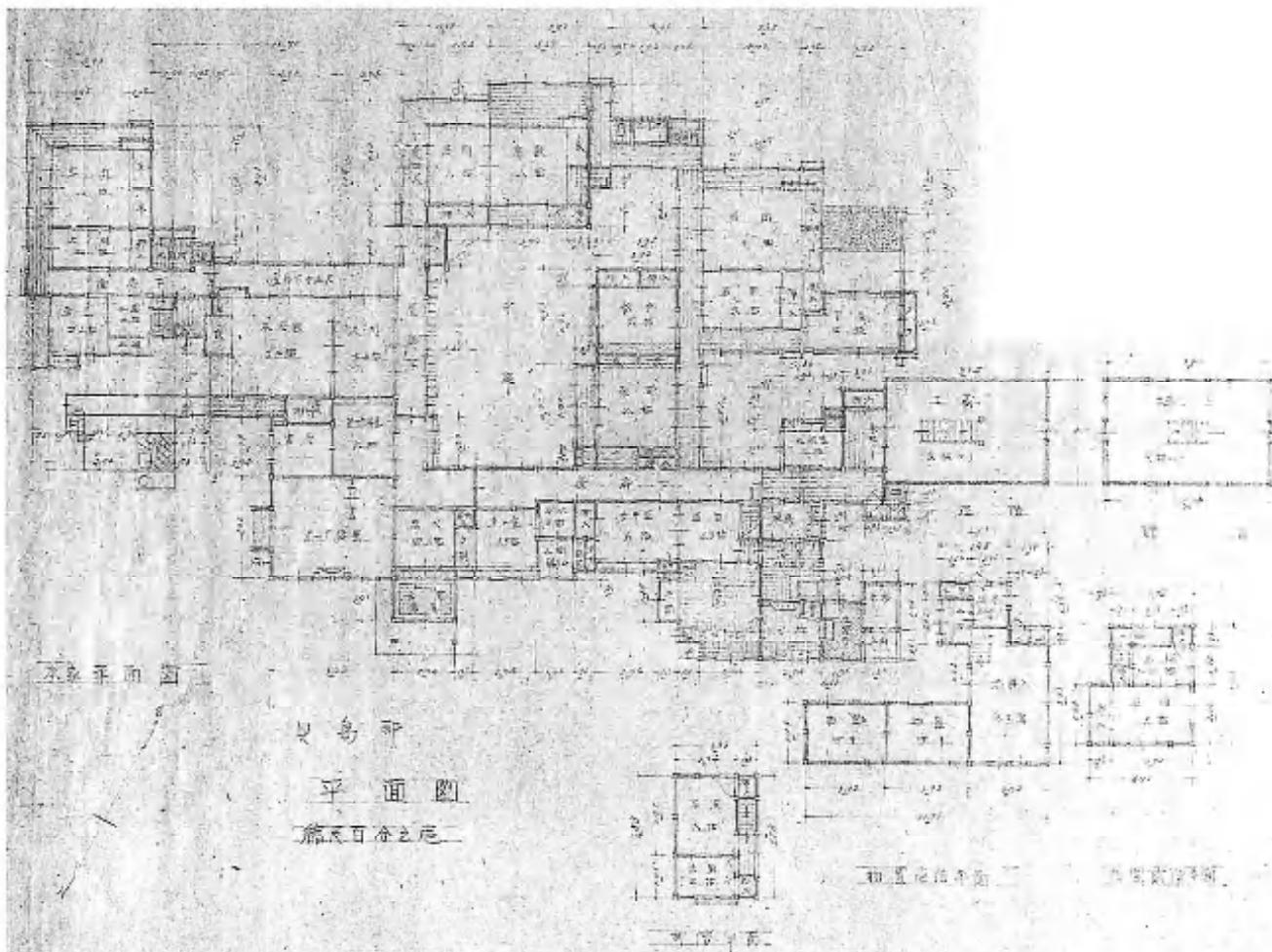


図-7 平和別邸平面図

記述があり、本座敷南西部の居間部分に通された「巾員四尺」の板敷廊下とは異なる。

本座敷には座敷飾りを整え、座敷の北に縁を通し、「押入」・佛壇を設ける。

本座敷の東に「洗面所」・便所を附設するが、浴室の描写はない¹⁰。本座敷棟から東側の廊下がやや狭くなり、東に伸びて最奥の客間・茶室部分と繋がる。

豊廊下の北側に三帖の「水屋」・土間と四、五帖の「茶室」が東西に並ぶ。

豊廊下の南側に四帖の「次ノ間」と八帖の「客間」が続く。これら二室の双方に入側縁を廻す。客間には床の間・付書院を備える。

中庭の南側に六帖の「居間」と八帖の「座敷」が東西に並ぶ。居間の東と南の廊下は上述の「巾員四尺」である。座敷は南北に入側縁を設け、特に南側は約6.5尺の広縁とする。座敷の西の廊下に便所・洗面所を附設する。

洗面所の前から北に伸びる廊下に面し、西側に十帖と六帖の二室統間の「居間」と「書斎」がL字型に並び、廊下の東側には六帖の「納戸」と八帖の「茶ノ間」が南北に並ぶ。板張の「書斎」の南に四帖大の部屋を続けて設ける。その南側の玉砂利を敷き詰めた部分は坪庭であろう。

納戸は板敷の踏込み部分を有し、出窓があることから、以前は別の用途の部屋であった可能性がある。茶ノ間には床を設け、中庭側に縁を通す。尚、他の住宅から、茶ノ間は食堂と考えられる。

玄関間から西へ通す豊廊下の北面に「電話室」・4.5帖の「事務室」・内玄関・六帖の「女中室」・4.5帖の「居間」が東西に並ぶ。尚、事務室と居間は豊敷をアラビア数字で記入し、変更された可能性を窺わせる。

居間の西に階段を設け、北に板敷の調理場を配する。居間・調理場部分の階上には、六帖・三帖の二室の「居間」が南北に続く。

調理場の西に「台所」・「浴室」・洗面所を南北に配し、玄関からの豊廊下に繋がる板敷廊下に北面する。その廊下を介して南側に三帖の「化粧室」と三帖大の板敷が東西に並び、その西側に二階建の「土蔵」を有する。また、板敷廊下の西端に便所を附設する。

台所の西側に「洗濯場」・「釜場」・「土間」が鍵型の配置で並ぶ。

尚、別棟の物置棟に浴室があり、階上には三帖・六帖の二室の「居間」を設ける。

平和別邸は200坪を超え、別邸の中では最も大きい。玄関左方に接客部分、右方に居住部分を配置する全体の基本的構成は本邸と類似する。

しかし、玄関棟向の庭は東西方向の幅が本邸の約

1/3と狭く、また、本邸では玄関間から左方へ豊廊下が伸びていたが、当住宅では玄関間の前が豊廊下の東端となる。これらの相違から、本邸と比較して、接客部分が玄関側へ引き寄せられた配置といえよう。

図面の寸法は友泉亭別邸と同様、メートルを単位に記入されている。尺を単位に描かれた図面よりも新しいと考えられるが、建物の建設年代等については判然としない。

2.5 奈多別邸

奈多は福岡市東区の「海の中道」の基部及び中部に位置する。北方を玄界灘に面して奈多松原があり、南は博多湾に面した風光明媚の地である。

貝嶋家奈多別邸配置図(図-8)には敷地の南側に

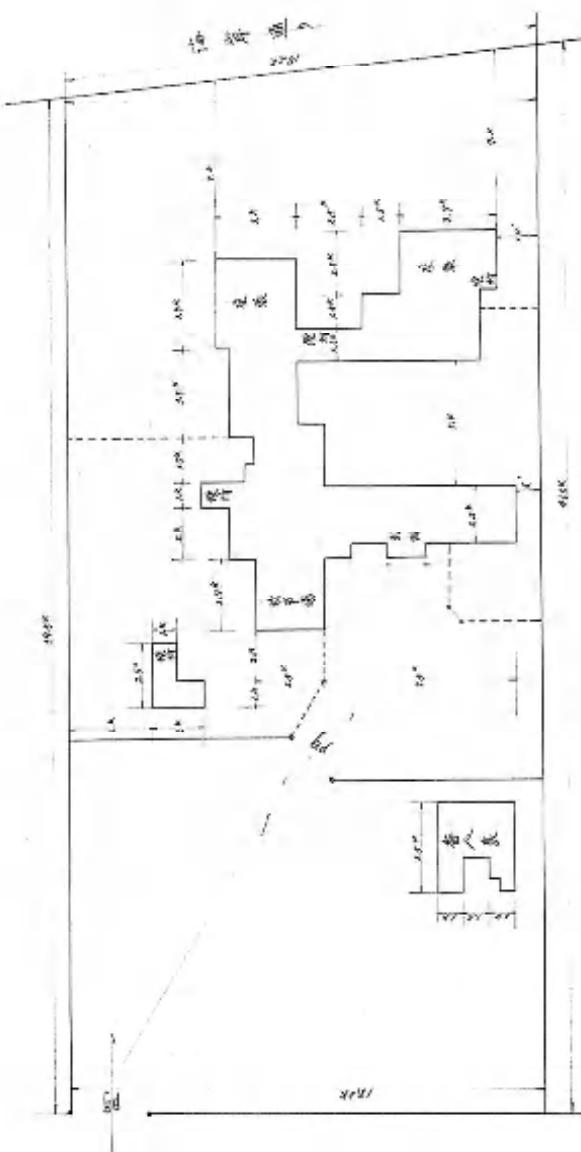


図-8 貝嶋家奈多別邸配置図

「海岸通り」と記し、海に近い場所を窺わせる。当住宅には類似の図面が二枚あり、一枚が下書き、もう一枚が清書された図面であろう。「福岡市高宮貝島家」とスタンプが押された下書きの図面は、本邸の高宮への移築後に描かれたと推察されるが、建設年代等については判然としない。

清書の図面には上方に「奈多別荘平面圖」(図-9)と図名を記し、「総延坪 約100坪(但シ1間ヲ6尺5寸トス)外ニ物置5坪、下便所半坪」と記述がある。

北入りの「玄関」を入ると三帖の玄関間があり、右脇に「次室」、左脇に四帖半の「書生部屋」を設ける。これらの諸部屋の南に「縦廊下」を東西に通し、その西端に八帖の「應接室」を配置する。

書生部屋の東に「内玄関」、六帖の「女中部屋」を配置する。内玄関には玄関間がなく、脇の部屋を通り抜ける配置である。

奈多別荘平面圖

昭和 20 年 (1945 年) 11 月 2 日
大正 12 年 (1923 年) 11 月 2 日

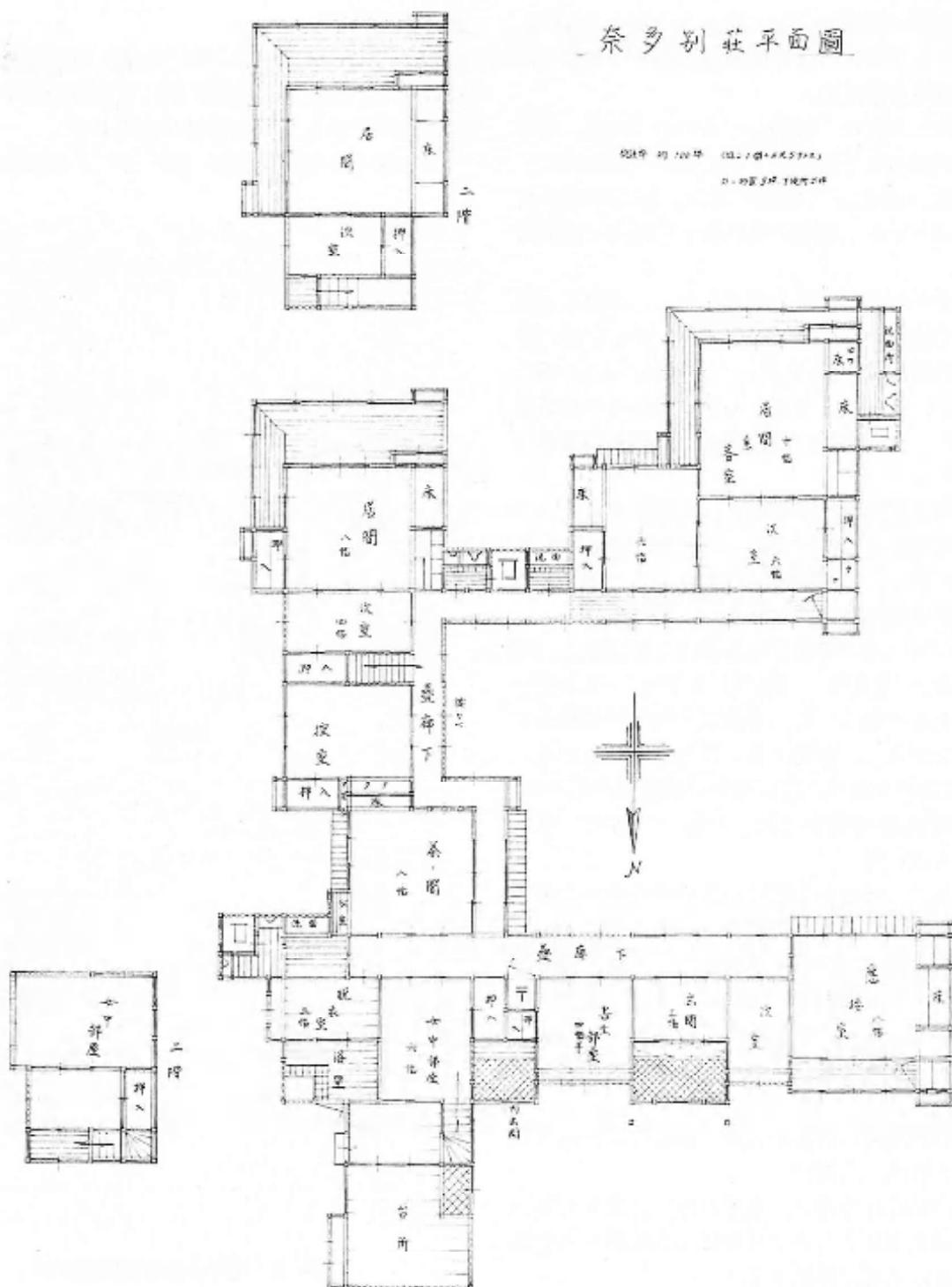


図-9 奈多別荘平面圖

女中部屋の北には板敷の部屋を介して「台所」が続き、台所の南西隅には勝手口を有する。

女中部屋の東に三帖の「脱衣室」・「浴室」が南北に並ぶ。脱衣室の南東部に、玄関からの豊廊下の東端に面して洗面所・便所を附設する。

女中部屋・脱衣室・浴室の階上には「女中部屋」と三帖の部屋が南北に並ぶ。

女中部屋の南に豊廊下を介して八帖の「茶ノ間」を配置する。茶ノ間には床を備え、「水室」を設ける。玄関からの豊廊下が途中で枝分かれし、部屋の二方を通じて矩に折れ、更に南へ伸びる。

茶ノ間の東南部の六帖「控室」の南に階段がある。

階段の南には四帖の「次室」・八帖の「居間」を配置する。居間の南面には巾が1間近い広縁を付ける。

居間部分の二階も一階とはほぼ類似する。

居間・次室の前から豊廊下が西へ折れ、廊下に南面して洗面所・便所等を設ける。そこから西側では板敷の廊下となり、住宅の西南隅に配置した一郭の縁として機能する。

この一郭は六帖・六帖「次室」・十帖「居間兼客室」の三室で構成されている。

十帖の座敷には座敷飾りを整え、部屋の二方に板敷の入側縁を廻す。座敷の西脇に洗面所・便所を附設するが、浴室は設けられていない。

奈多別邸は、本邸のように玄関を中心として左右に幅広く分散した配置ではなく、むしろ、奥行きが深いコの字型の配置である。しかし、それは敷地の制約によるところが大きいであろう。玄関の右方に接客、左方に居住部分を配置し、接客部分と居住部分とが区画されている点は他の住宅と類似するが、玄関左方を接客、右方を居住部分とした配置とは逆である。

また、玄関脇の応接室と、建物奥の居間兼客室の二箇所が接客部分であるが、居間兼容室については居間としての機能が重視され、本格的な接客部分とは考えにくい点がある。建物全体における接客部分の比重が小さい点も特徴といえよう。

3. 考察

3.1 全体配置

本邸は全体的に横に拡がった配置で、長い廊下で各棟を繋いでいる。

友泉亭別邸・平和別邸は本邸に類似する。但し、平和別邸は座敷と居間が廊下で繋がり、中庭を形成することでは本邸と異なる。

奈多別邸では奥深い敷地のため、本邸のような横に拡がった配置はとれず、コの字型の配置である。地行別邸では玄関棟を中心として、上下に伸びた配置とな

る。これら2別邸は本邸と異なるものの、廊下で各棟を繋いでいる。

さて、本邸では玄関から左方を接客、右方を日常の生活空間として明確に区分されている。この玄関の左右で機能を分ける基本構成は4別邸に見られるが、地行・奈多別邸では一概に言えない場合もあり得る。

友泉亭別邸では黒田藩別邸部分があるという制約を受けながらも、そこを居室として転用し、玄関棟や接客空間を庭に臨む位置に設け、本邸同様の配置を示している。また、居間と玄関棟を繋ぐ位置に食堂を設けることでも本邸と同じである。

3.2 玄関及び接客空間

本邸の玄関は、建物の横方向の中央付近に位置し、横長の模に設けられる。庭に面して長い豊廊下を通じた玄関棟全体で、住宅の顔としての格式を表している。

地行別邸でも玄関棟が中心に配置される。その他の別邸でも横方向の中央付近にある。

本邸と4別邸は吹き放しの玄関を突出させて配置し、畳敷の玄関間を設け、その片方に応接室、反対側に事務室や書生部屋を設け、豊廊下を通することで一致する。但し、本邸には和室の応接間の横に二階建の洋館があり、友泉亭別邸では玄関横よりも大きな和室の応接室を設け、地行別邸や奈多別邸とは異なる。平和別邸では第一応接室としてマントルピースを備えた、15畳大と比較的大きな洋館を配置し、本邸の玄関脇の和室の応接間と洋館両者の機能を備えた部屋として意図されたのであろう。

接客の場として、玄関横以外に、玄関から離れた位置に設けられた本座敷がある。本邸では15畳・10畳の統間で、3畳の書院を付設する。平和別邸は12畳・7.5畳の統間とし、友泉亭では17.5畳の1室がある。これら三者には二・三方向に豊廊下を廻らす。

それに対して、奈多別邸には居間兼容室で厳密な意味での接客空間ではなく、地行別邸でも同様である。

さて、本座敷よりも更に玄関から離れた位置に茶室や離れ座敷を設けている。本邸では4.5畳の茶室及び8畳の数寄屋・4.5畳の水屋を配し、平和別邸では8畳の客間と4.5畳の茶室を設ける。平和別邸は本座敷・次間が本邸より小さいにもかかわらず、茶室・客間は同規模である。つまり、奥の接客空間の重要性を示している。友泉亭別邸では4.5畳の茶室のみであるが、上記3者は本座敷の奥に設けることで、重層的な接客空間の構成をとる。

従って、接客空間では平和別邸が本邸と共通した意図でつくられ、友泉亭別邸もそれに近い。地行・奈多別邸では海岸近くに住宅が建てられ、敷地の地理的条

件による性格の違いだと推察される。

尚、本邸では本座敷と最奥の茶室・数寄屋とを繋ぐ位置に浴室を設け、宿泊客に対応できる接客空間であることが窺える。一方、地行・奈多・平和の各別邸には接客部分に浴室がない。友泉亭別邸には本座敷に浴室を附設するが、客間を設けておらず、宿泊客への対応は考えていなかったであろう。

3.3 日常の居住空間

本邸では玄関より右に日常の生活の場を設け、接客空間とは完全に区別している。

平和別邸・友泉亭別邸・奈多別邸の3者は本邸同様に区別が成されている。但し、平和別邸では本座敷と居室が廊下で繋がっていることが相違する。

地行別邸は、確かに玄関より右が日常の生活空間であることでは上記4者と同じであるが、前述したように玄関左側が厳密な接客とは考えにくく、公私が混在した部屋となっていると推察される。

玄関棟の豊廊下が矩に折れた廊下に面して本邸・友泉亭別邸では食堂を設け、平和・奈多別邸では茶の間がある。いずれも炊事場に近い部屋なので、茶の間は食堂としての機能を有した部屋であろう。また、地行

別邸でも部屋名はないが、食堂と考えてよからう。

その食堂よりも奥の位置に、本邸では居間・新座敷の2つの居室棟がある。尚、居間と新座敷へのアプローチは食堂の北で別々になる。

平和別邸でも中庭の南と西の2ヶ所に居室棟を設ける。全体配置での位置は異なるものの、平面構成は本邸と類似する箇所がある。但し、同一の動線上に居室を配置する点に特徴がある。

同様なことは他の別邸にも見られる。

奈多別邸では最奥の居間兼客室とその横の居間の2ヶ所があり、両者とも一つの廊下をつたって行くことが出来る。友泉亭別邸は黒田藩別邸時代の部分を居室としたので、1ヶ所にのみ居室棟があるが、やはり1本の動線上のアプローチで行くことが出来る。

従って、本邸は居室へ二つの道筋で行くことが出来るが、平和・奈多・友泉亭の3別邸では一つの廊下をつたわることで居室へ行くことが出来るという点で本邸と異なる。

また、本邸では居室が3室で構成されており、基本的には2室構成の別邸と異なる。

地行別邸では玄関右奥に3室あるが、4.5畳への繋ぎりは強くない。奈多別邸では最奥の部屋は3室ある

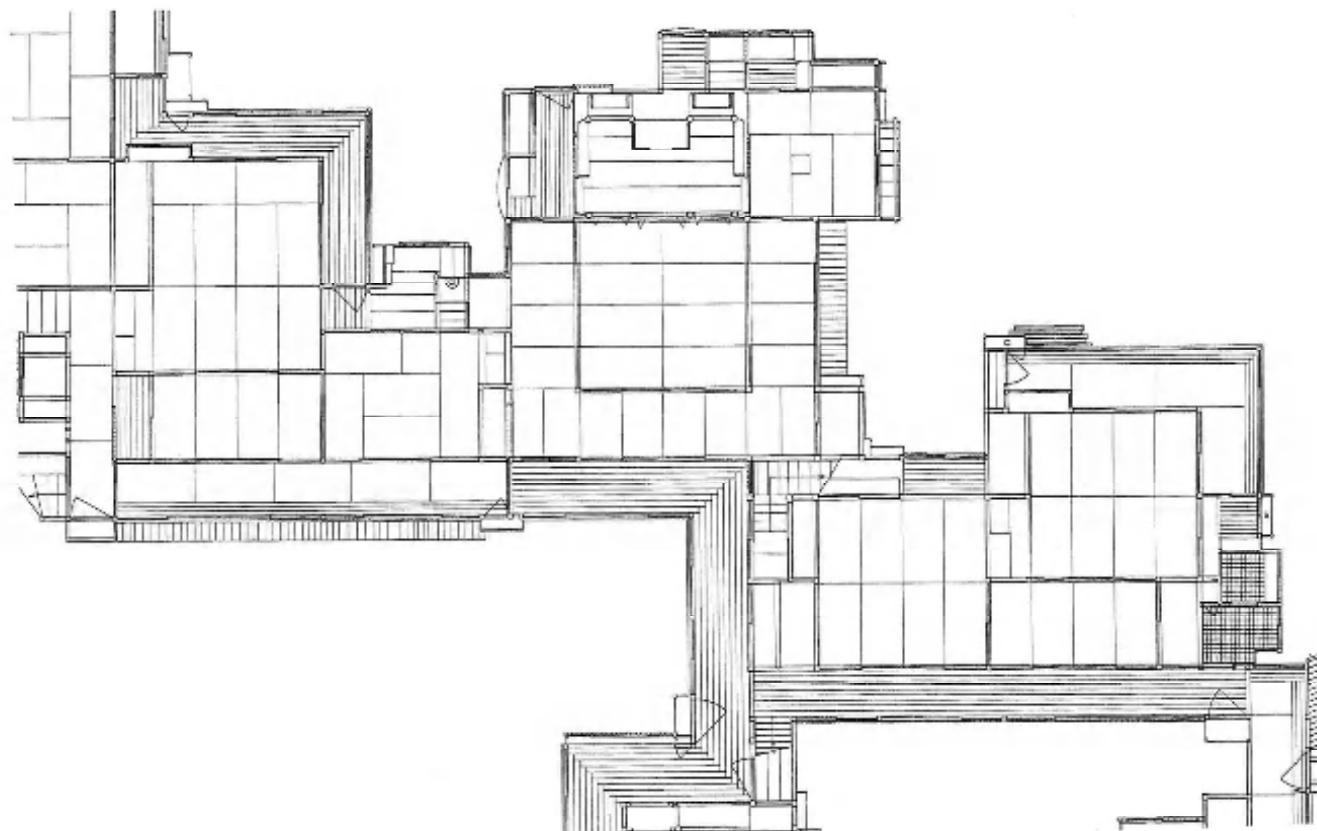


図-10 高宮本邸現状平面図（仏間部分）

が、居間兼客室となるので、性格を異にする。

以上述べたように、本邸では居室棟へのアプローチ、3室構成で別邸とは異なる。

さて、本邸の居室棟は諸部屋の規模も大きく、平面構成も雁行形や鍵型で、矩形の平面ではない。部屋の二・三方を廻らして縁を通し、庭を臨む開放的な平面構成をとり、居住空間は接客空間と対等な構成である。このことは友泉亭別邸を除く3別邸にも共通して言えるであろう。

3.4 仏間

貝島家は直方市にある浄土真宗本願寺派円徳寺の門徒である。貝島家は明治40年(1907)9月に「多年荒廃に委せし円徳寺を新建し以て父母の追福を祈らんと欲し檀徒全部に代り、独力五万五千円を喜捨して之に尽」したように信心深い。それを表すかのように嘉蔵邸・六太郎邸とも立派な仏間を設けている。

嘉蔵邸の仏間は6畳大の内陣と8畳の外陣、外陣三方の畳敷の入側縁等から成る(図-10)。内陣には床を除くすべてに金箔を貼る。

六太郎邸では8畳の外陣と6畳大の内陣の間に外陣よりも床を一段上げた2畳を設け、畳敷の入側縁が外陣の三方にある。嘉蔵邸同様、内陣に金箔を貼る。

このように嘉蔵邸では仏間を他の部屋に比べ豪華に造り、最奥部に配置している。

ところで、地行・友泉亭・奈多の各別邸には仏間はない。平和別邸では本座敷の北面の押入に「佛」と記しているのみである。本邸に立派な仏間を設けるのとは対照的に別邸には設けていない。

つまり、仏間の有無が本邸と別邸の本質的な相違であると推測される。

4.まとめ

以上述べたように、全体の配置・接客では平和・友泉亭別邸と地行・奈多別邸とは異なる。地行・奈多別邸とも海岸近くに建っていたと推測され、別荘として

の性格が強かったものと思われる。だから、厳密な意味での接客空間を設けなかったことも首肯できよう。

平和・友泉亭別邸は本邸との類似性が大きく、その中でも本座敷奥に茶室等、接客のための部屋を用意していることは注目される。

さて、居住空間では本邸・別邸とも接客空間と対等な構成であるが、アプローチや3室構成という点で違いを表す。つまり、別邸は本邸よりも小規模であるが、玄関棟・食堂など本邸の構成に則りながら、別邸としての性格の相違を反映させたもので、本邸は重層的構成をとることで、そして、仏間を設けることで別邸よりも上位の住宅として成立していると考えられる。

高宮本邸の調査の際には貝島寿雄氏にご便宜をはかっていただき、図面の調査では福岡市総合図書館鳥巣京一氏に協力していただいた。ここに記して感謝の意を表する次第である。

尚、本稿は文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号09650707)による。

注

- 1) 例えば、宗家では大正2年(1913)以前に福岡市薬院に別邸があり、昭和3年(1928)4月に直方税務署に提出した書類では貝島亀吉・定一・エツの住所は福岡市荒戸町である。栄四郎家では昭和18~19年(1943~1944)に平尾に別邸を建設している。いずれの住宅も建築的なことは不明であり、嘉蔵・健次家の別邸の平面図は貴重な資料と言えよう。
- 2) 西日本新聞社「写真集福岡100年」刊行事務局「写真集福岡100年」西日本新聞社 昭和60年
- 3) 貝島六太郎邸では「茶の間」を「本座敷控室」と記しているので、嘉蔵邸の場合も控室と考えてよからう。
- 4) 平和別邸では本座敷北の縁の左方に、縁を東に伸ばした形で廊下を付け、その北側に浴室・便所等を加筆している。

仕上げ加工におけるチップ取り付け角の工具寿命へ及ぼす影響

田口 紘一・明石 剛二

（平成11年9月30日受理）

The Influence of Tool Setting Angle to the Tool Life in the Finish Cutting

Koichi TAGUCHI and Koji AKASHI

The purpose of this study is to examine the influence of tool setting angle on tool wears. Cutting test is carried out the condition of finish cutting. When the rake angle is constant, the flank wear cannot be related to the relief angle. The maximum depth of flank wear is getting deeply in proportion to cutting lengths. If tool setting angle is changed on condition that tool angle is constant, the wear depth is related to cutting lengths independent of the angle's influence within constant range of relief angle.

1. 緒言

バイトの逃げ角はフランク摩耗に関する直接的な因子と考えられるにもかかわらずそれに関する報告や論文はほとんど見当らない。わずかに「逃げ角は5~6°とすればよく、それ以上大きくしても工具寿命には大差ない。過剰にすると刃先のチッピングや欠損を起こしやすくなる」といった記述や、「逃げ角は大きいほど逃げ面の接触が少なく、同じ逃げ面摩耗深さ（逃げ面最大摩耗深さ）に対して逃げ面摩耗幅は小さい。しかし過大であればチッピング性の損傷が生じるから寿命も短くなる。逃げ角の限界はP 20程度の工具で低合金鋼SNCM1 (HB: 2GPa) を切削したとき12°位である」という記述がある程度で具体的なデータは記述されていない。例えば上記においても逃げ角を大きくすると逃げ面最大摩耗深さは増えるのか、あるいは変わらないのかもはっきり記述されていないのである。

逃げ角は工具の重要な角度であり、詳細に調べることは種々の工具形状の開発に有効と考えられる。そこで今回全てのコーナを使用することのできるネガティブタイプのチップで仕上げ加工を行なう場合を想定して、その取り付け角の工具摩耗への影響を調べた。

2. 工具と切削条件

工具形状としては最もシンプルな両面8コーナ使用の4角形チップ(SNGA120408)を用いた。コーナ半径

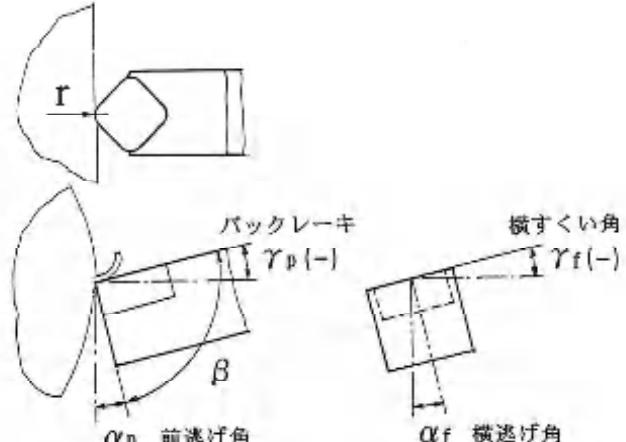


図1 バイト取り付け角

は0.8mm、材種は超硬合金K10である。仕上げ切削なので切込みaを0.1mm、送りfを0.1mm/revとした。従って切削はコーナの円弧状切れ刃部で行なわれることになる。そのため有効な逃げ角は前逃げ角 α_p となる。横逃げ角 α_f はすくい角の変化とともに考えた。刃物角 β 一定の場合は $\alpha_p = -\gamma_p$, $\alpha_f = -\gamma_f$ の関係がある。すなわち逃げ角をプラスにとるとすくい角はマイナスになる。逃げ角を大きくとれば摩耗は少なくなるが、反面すくい角が小さくなつて切削抵抗が増え摩耗を促進する要素となる。したがって、この条件で最適の設定角度を見いだすのが今回の研究の目的である。被削材はS55Cを用いた。

3. 実験方法および実験装置

前述のように切削は切れ刃のコーナの円弧切れ刃部で行なわれる所以、チップの切込み角 κ は 45° となるようにシャンクを改造し、さらにシャンクを回転して横逃げ角 α_t の設定、およびバイトを傾斜して前逃げ角 α_p の設定ができるようなバイト取り付け角可変ホルダーを作製した。それをフライス盤用三分力測定可能な切削動力計（佐藤工機、AST-MH）の上に取り付け、バイトにかかる主分力、送り分力および背分力が測定できるようにした。その動力計を旋盤（大隈 L-S）の前後送り台の上に取り付けた。図 2 に実験装置を示す。

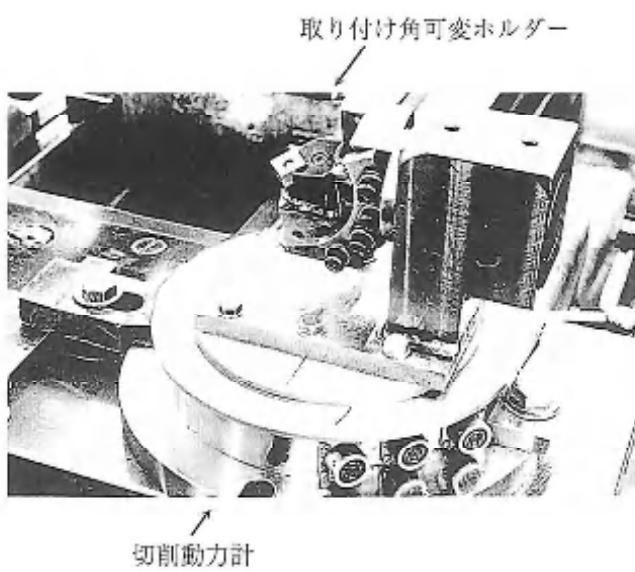


図 2 実験装置

実験はまずすくい角一定の場合の前逃げ角と摩耗速度の関係を調べ、その後刃物角一定の場合のチップ取り付け角と切削力、摩耗の関係を調べた。

4. すくい角一定の場合の逃げ角と工具摩耗

まずすくい角一定すなわち切削力や切りくず排出状況が一定の場合に逃げ角を変化させた場合、摩耗状況はどのように変化するのかを調べた。バイト取り付け角可変ホルダーにより前逃げ角 α_p を変化させ、その都度すくい面を水平に研削し、すくい角 γ を 0° に維持した。

図 3 に、3 種類の切削速度のときの逃げ面摩耗状況を示す。特徴的なことが同図 (a) に顕著に表れている。すなわち主切れ刃での摩耗は極少なく、大きく摩耗しているのは境界摩耗である。切れ刃垂直逃げ角はコーナの先端すなわち仕上げ面を形成する部分でそれは後方境界摩耗部と一致するのでここが最大摩耗幅となる。また逃げ面の摩耗によって切れ刃が後退するの

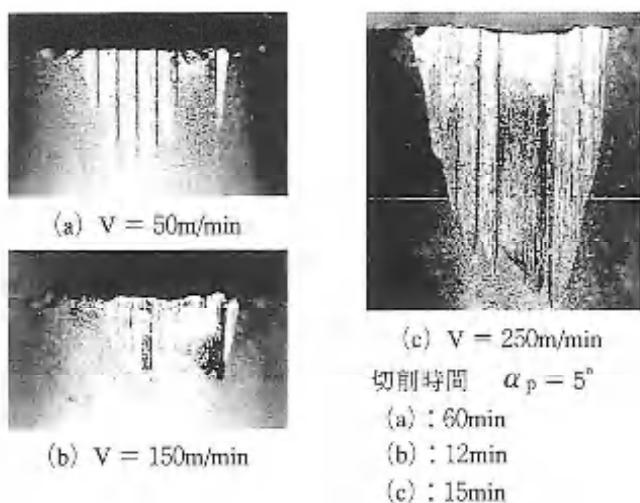
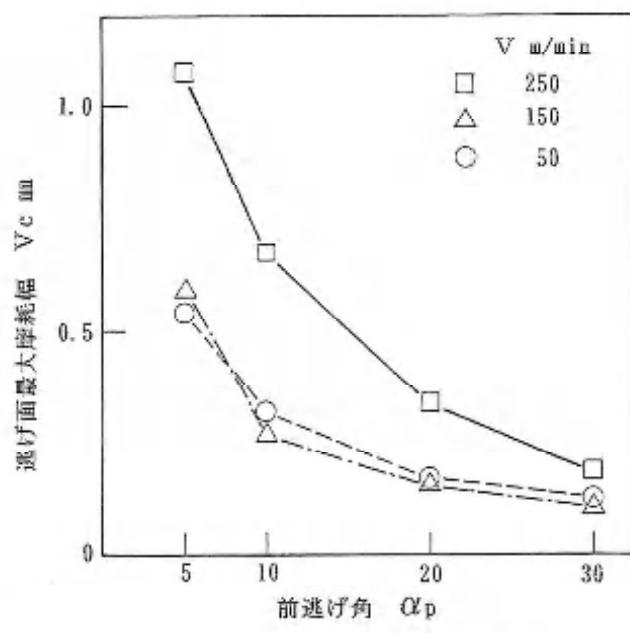
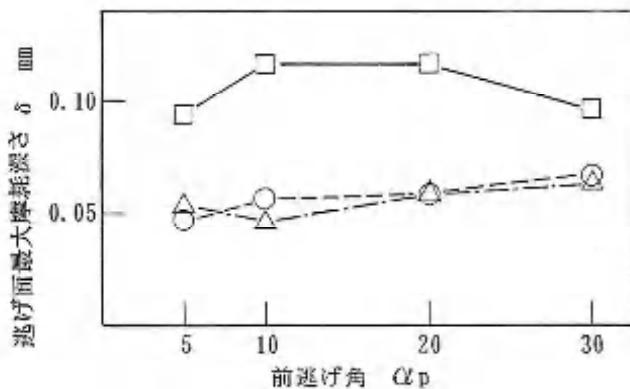


図 3 切削速度と逃げ面摩耗状況



(a) 逃げ面最大摩耗幅への影響



(b) 逃げ面最大摩耗深さの影響

加工条件 $\gamma = 0^\circ$, $\alpha_t = 0^\circ$, 切り込み: 0.1mm
送り: 0.1mm/rev, 切削距離: 3000m

図 4 前逃げ角と逃げ面最大摩耗幅 ($\gamma = 0^\circ$)

で主切れ刃部は図上右方向へ移動することになる。そのため境界摩耗も右の方へ移動する。

最大摩耗幅について整理したのが図4である。

同図(a)は切削距離3000mを加工した後の逃げ面最大摩耗幅 V_c を示す。 α_p を増大させるに従って摩耗幅は急激に減少することがわかる。従来工具寿命の判定においてフランク摩耗については摩耗幅に注目し、この部分での摩擦熱による発生熱が摩耗面積に比例することから、ある幅を越えると切削温度の急上昇を引き起こし、その時点で寿命と判定することが行われている。この判定方法から言えば、 α_p を大きくするほど摩耗幅は大きく減少し、寿命が大きく延長されることになる。

逃げ面最大摩耗深さ δ は $\delta = V_c \tan \alpha_p$ で表される。逃げ面最大摩耗幅より逃げ面最大摩耗深さ δ を換算して示したもののが同図(b)である。全ての切削速度において、前逃げ角 α_p の変化に対して δ はほぼ一定となっている。すなわち逃げ面摩耗幅については α_p の如何にかかわらず一定の速度で刃先が後退していくことになる。この結果から仕上げ加工が刃先の後退による寸法変化が問題になるのであれば、 α_p を変化させても寿命にはあまり影響しないことになる。しかし寸法についてはオンライン測定等により必要に応じて刃先移動して調整できるのであれば、摩耗部の仕上げ面摩擦による表面損傷や工具の加熱が工具寿命の判定要因となり、その時は α_p の効果は非常に大きいといえる。

5. 刃物角一定の場合の逃げ角と切削性能

5.1. すくい角と切削力、流出角、表面粗さ

刃物角 β が 90° のチップの取り付け角の変化による切削性能の変化を調べた。逃げ角はプラスにしなければならないので、原則的にはすくい角はマイナスである。しかし α_p を大きくすると横逃げ角 α_f をマイナスにしても、なおプラスの垂直逃げ角 α_v を保てる範囲がある。その範囲において横すくい角をプラスにできる。 α_p を一定にとった場合切れ刃垂直逃げ角は主切れ刃の外側の方が α_f の影響を大きく受ける。

図5は α_p をパラメータに横逃げ角 α_f と工作物外周側すなわち前方境界部の垂直逃げ角 α_{ok} の関係を示したものである。たとえば α_p を 10° にとると α_f は -17° (横すくい角は $+17^\circ$)まで垂直逃げ角をプラスに保つことができる。

図6は γ_p をパラメータに横すくい角 γ_f と三分力の関係を示す。切削速度50m/minの場合(同図(a))をみると γ_p による切削力の差は少ないことがわかる。横すくい角の増大に伴って送り分力は減少し、 γ_f が

30° では微小になる。背分力は主分力の50%程度の大きさで $\gamma_p = -30^\circ$ のとき γ_f の小さいところ(-20°以下)で増大している。その他の範囲では主分力、背分力とも γ_f の影響もあまり受けていない。

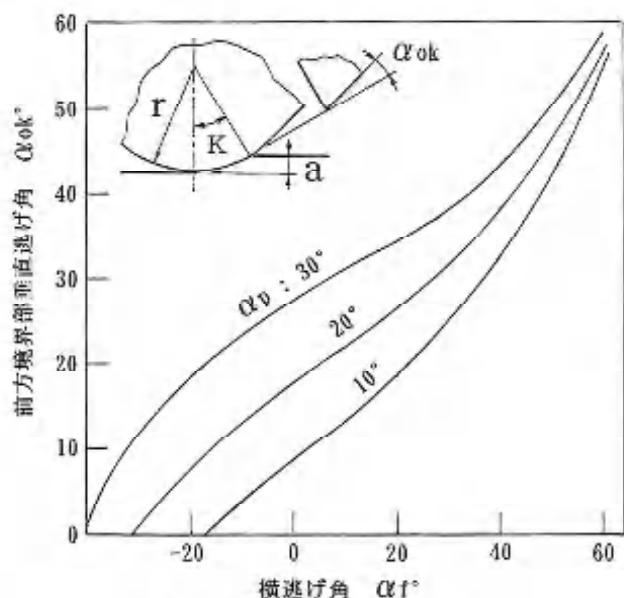
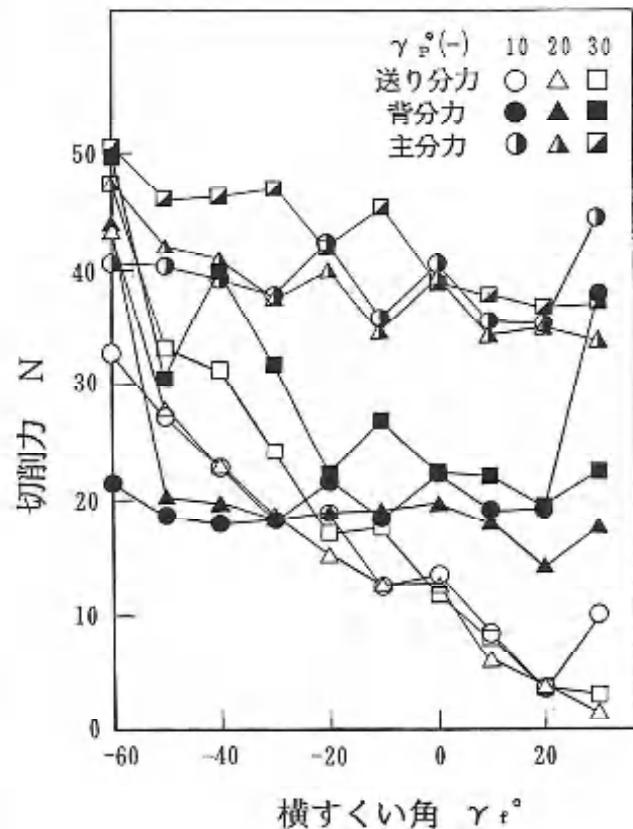
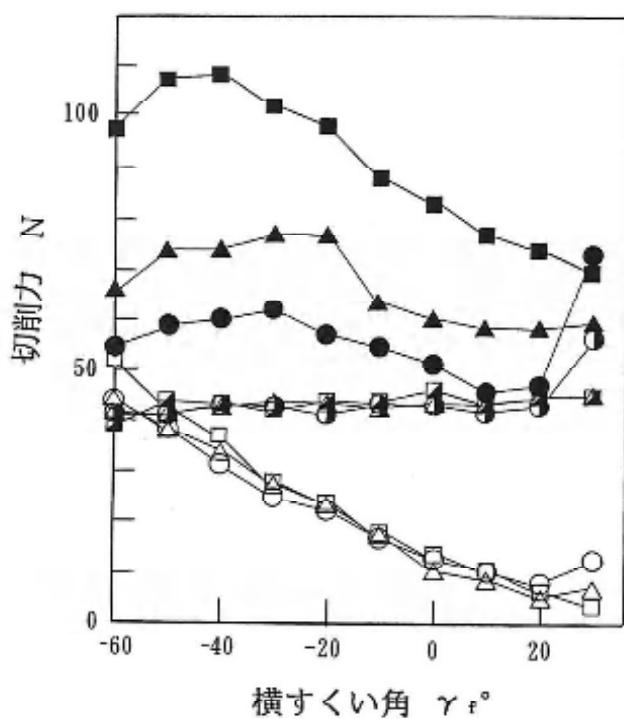


図5 前方境界部の垂直逃げ角



(a) $V = 50\text{m}/\text{min}$ の場合
図6



(b) $V = 150 \text{ m/min}$ の場合
図 6 取り付け角と切削力

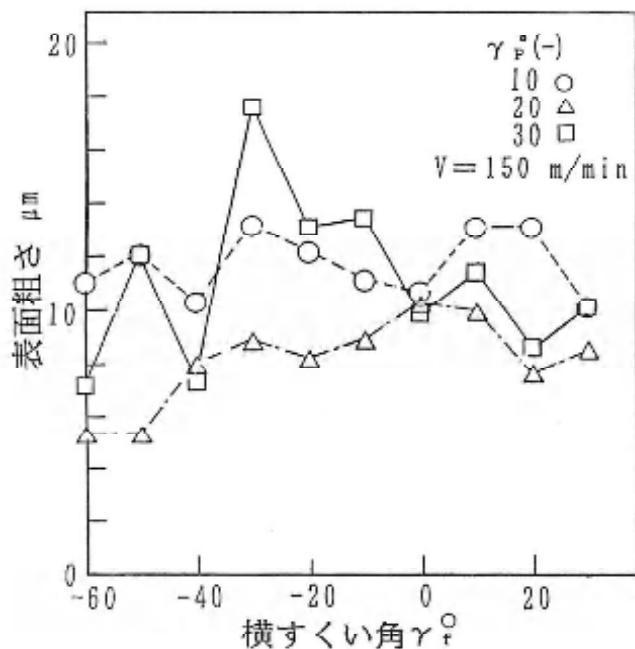


図 8 取付角と表面粗さ

切削速度が 150 m/min の場合(同図(b))は背分力に特徴がみられる。すなわちこの切削速度では背分力は主分力よりも大きいこと、 γ_p が小さいほど(負の大きな角度ほど)背分力は大きな値になっていること、 $\gamma_p = -30^\circ$ では γ_f の大きいほど背分力は小さくなる傾向にあることである。主分力は γ_p 、 γ_f の変化に対して、ほとんど影響を受けていない。送り分力は切削速度 50 m/min の場合と同様に γ_f の影響は受けるが γ_p の影響は受けていない。

図 7 は切りくずの流出方向を示したものである。流出方向はすくい面に生じた溝状の境界摩耗の方向から判断した。切りくず流出角 η_c を図中のように定めると、 γ_p および γ_f に対して、

$$\gamma_f \text{ がマイナスの範囲で } \eta_c = \gamma_p + \gamma_f$$

$$\gamma_f \text{ がプラスの範囲で } \eta_c = \gamma_p + \gamma_f + 20^\circ$$

というおよその関係があるように見える。

加工表面粗さについてみると、切削速度 50 m/min の場合、全ての条件において表面粗さ計では測定が困難なほど粗い面が生じている。これは大きな構成刃先の生成脱落が激しく生じているものと推測される。

切削速度 150 m/min の場合の表面粗さの結果を図 8 に示す。全ての条件で表面粗さが $10 \mu\text{m}$ 前後になっている。強いて挙げれば $\gamma_p = -20^\circ$ 、 γ_f の小さい範囲で表面粗さがよくなっている。

5. 2. 逃げ角と工具摩耗

図 9 に刃物角 $\beta = 90^\circ$ 一定とした場合の逃げ面摩耗状況を示す。 $\alpha_p = 10^\circ$ では主切れ刃となる部分に構

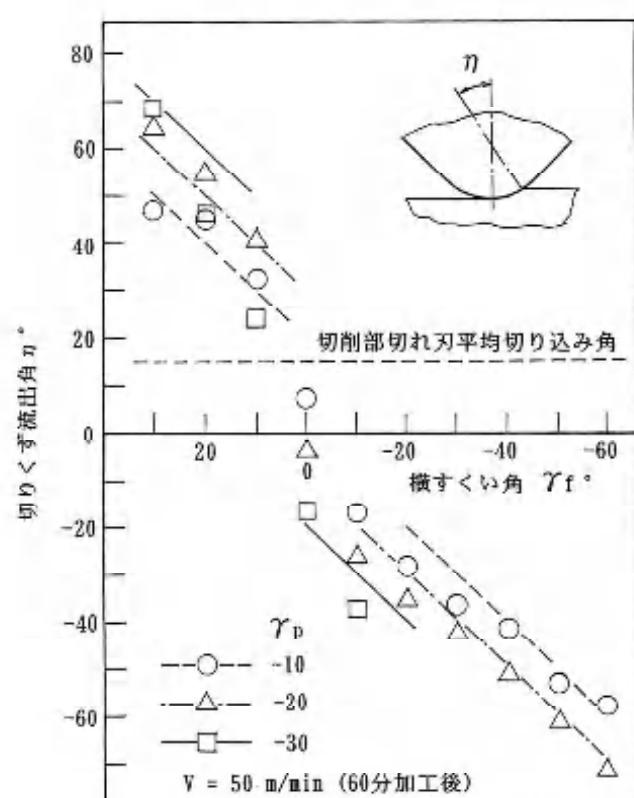


図 7 γ_p 、 γ_f と切りくず流出角 η_c

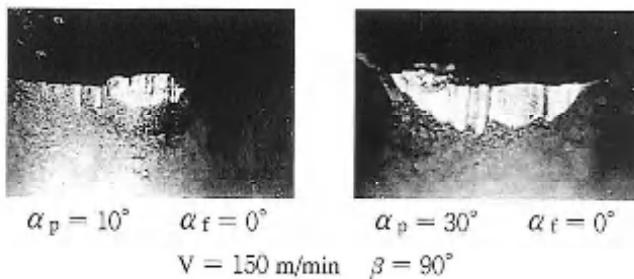


図9 取付角と逃げ面摩耗状況

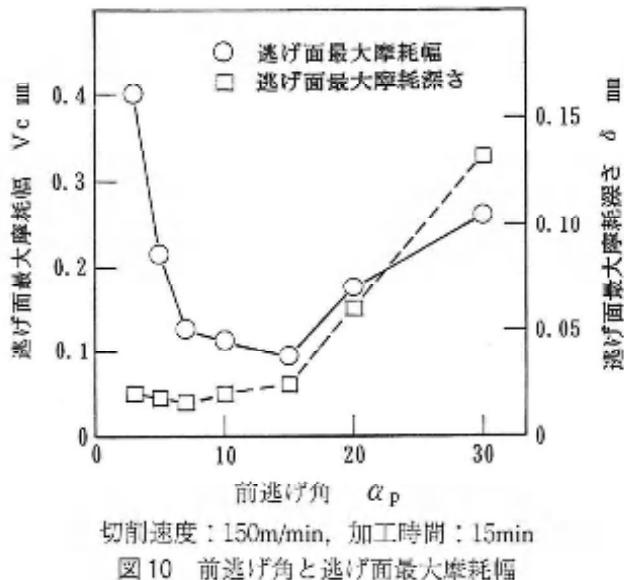


図10 前逃げ角と逃げ面最大摩耗幅

成刃先が付着しているのが見える。また境界摩耗の発達がみられる。この境界摩耗は逃げ面の摩耗が増大し、刃先が後退するにつれ、送りに一致したピッチで副切れ刃部に第二、第三の境界摩耗が発生し、それが逃げ面摩耗の主体をなすようになる。 $\alpha_p = 10^\circ$ の場合にそれがみられる。

図10は前逃げ角 α_p を変化させた場合の逃げ面最大摩耗幅 V_c と逃げ面最大摩耗深さ δ の変化を示す。 α_p に関して V_c が最小となるところがある。すなわち 15° までは α_p を大きくするにしたがって、 V_c は減少し、この間の逃げ面最大摩耗深さは一定である。 α_p が 15° を越えると V_c は増大し、逃げ面最大摩耗深さも増大している。 α_p の小さい範囲では構成刃先の発生があって実質すくい角がさほど変わらず、前述のすくい角一定の場合と同じ傾向を示しているが、 α_p が大きい範囲ではバックレーキ γ_p が負の大きな値になるので、早い切りくずや大きな切削力となり、摩耗が増大するものと考えられる。

図11(a) は切削速度が 150 m/min の場合において、 α_p をパラメータとして横逃げ角 α_f を変化させた場合逃げ面最大摩耗幅の変化を示す。 α_f はマイナスにすると切れ刃垂直逃げ角 α_v が小さくなるため、摩耗

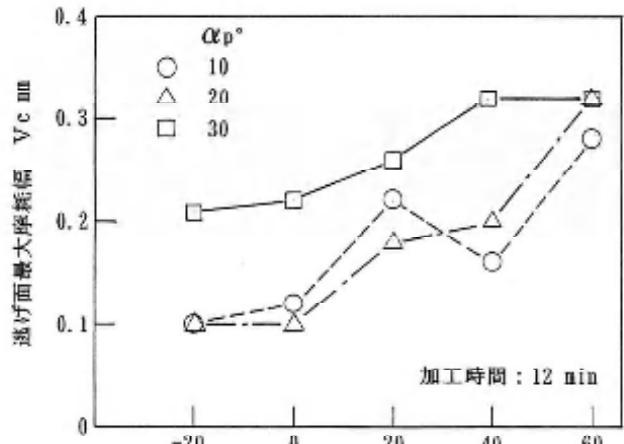
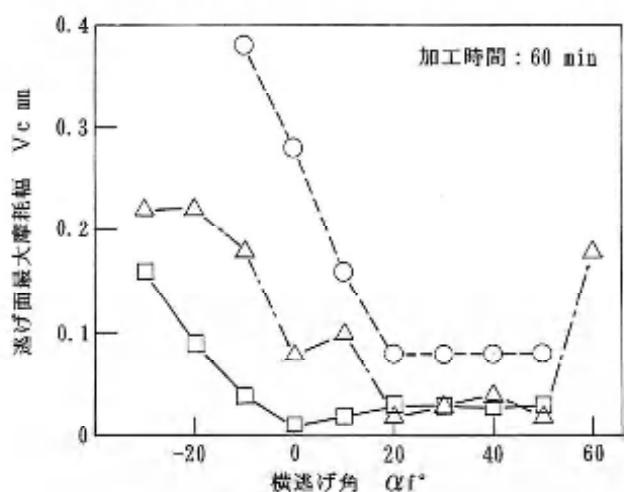
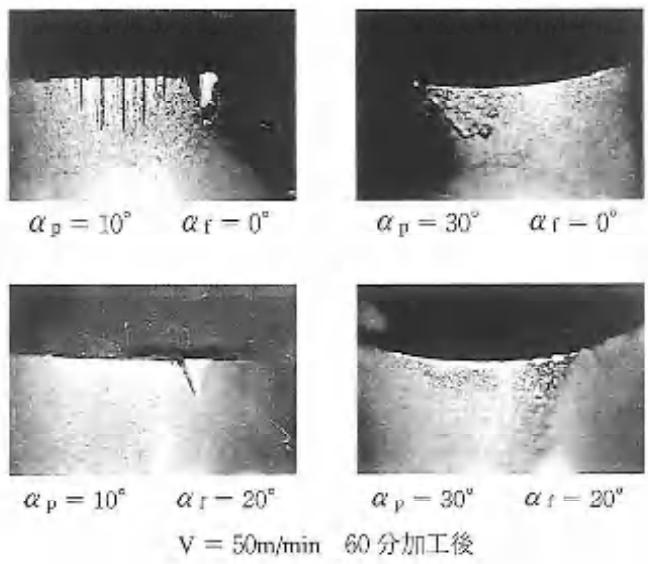
(a) 切削速度 150m/min の場合(b) 切削速度 50m/min の場合

図11 横逃げ角と逃げ面最大摩耗幅

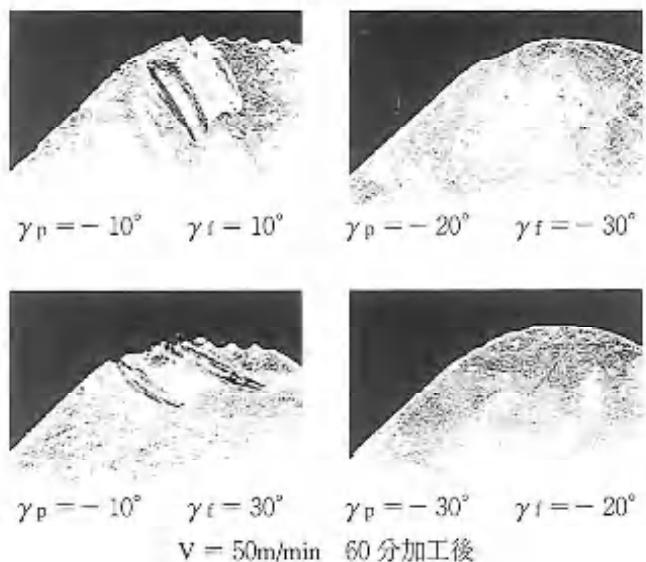
幅が増大することになる。実験からは α_f をプラスにした場合も摩耗幅は増大している。これは α_f をプラスにするということは、横すくい角をマイナスにすることで、切削力の増大を招くためと考えられる。実験結果から α_f は 0° が最もよいことがわかる。

同図(b)に切削速度 50 m/min の場合を示す。前述の傾向とは異なる特徴的なことが生じている。すなわち全般的に α_p が大きいほど逃げ面摩耗が少なく、 α_p が 20° の場合は α_f が 20° から 50° 、 α_p が 30° の場合は α_f が 0° から 50° の範囲でほとんど摩耗していないと言えるほど摩耗が著しく減少している。

図12(a) にその状況を示す。 $\alpha_p = 30^\circ$ の場合逃げ面にはフランク摩耗も境界摩耗も生じていないことがわかる。これは大きな構成刃先が生成し、切りくずや仕上げ面の接触が構成刃先の部分で行なわれ、工具には接触しないで加工が行なわれていると考えられる。これは仕上げ面が著しく粗いことからも推測される。



(a) 逃げ面摩耗状況



(b) すくい面摩耗状況

図 12 取り付け角と工具摩耗状況

同図(b)はすくい面の摩耗状況を示したものである。 $\gamma_p = -10^\circ$ ($\alpha_p = 10^\circ$)において境界摩耗が激しく生じている様子がみえる。また摩耗して仕上げ面と平行になった副切れ刃部に送りと一致したピッチの逃げ面境界摩耗の断面が見える。 $\gamma_p = -30^\circ$ ではすくい面上においてもほとんど切りくず擦過痕がない。

6. 考 察

まず、すくい角を一定とした実験より逃げ角を増加させると逃げ面の摩耗面積が大幅に減少することがわかった。さらに逃げ面最大摩耗深さは逃げ角に関係な

く、ほぼ一定であることが判明した。ただし今回の逃げ面の摩耗の主体をなすものは境界摩耗である。今回の条件が軽切削であり、コーン半径部のみでの切削であること、鋼材加工に対して工具材に超硬合金のK種を使用したこと、切削剤を使用しない乾式切削であったこと等一般的な切削条件に対して外れているところもあり、逃げ面最大摩耗深さが一定になるということが他の条件に対してもただちに適用できるとは言えないかもしれない。しかし、諸文献より逃げ面での摩耗域での加工面との接触圧力は工作物の降伏応力に匹敵するほどの高い一定の圧力となっており、摩擦力は摩耗面積に比例して大きくなるということ、摩耗面積は加工時間に比例して増加するということがわかっている。このことから逃げ面最大摩耗深さも加工時間に比例して増加するということであり摩耗面積には関係しないという推測が成り立つ。

つぎに本研究の主目的であるチップ取り付け角の切削性能への影響であるが、チップ形状を変えないので必然的に逃げ角を大きくすれば、その分すくい角が減少することになる。すなわち逃げ角を大きくして逃げ面摩耗幅を小さくしようとなれば、すくい角が小さくなつて厚い切りくず大きな切削力を生じる。その取り付け角による切削性能の変化の様子と摩耗が最小になる取り付け角を見いだすことを目的とした。

切削速度については低速 50 m/min では構成刃先の発生により仕上げ面粗さが非常に粗くなり、この点では仕上げ加工の目的が達成できず、参考的に考えざるを得ないことがわかった。しかし前逃げ角を大きくすると摩耗がまったく進行しない条件があるなど加工の目的によっては有効なデータも得られた。

構成刃先の少ない高速切削における取り付け角と切削力の関係についてみると、背分力においてバックレーキの影響を大きく受け、横すくい角に対してはバックレーキの大きなとき以外はほとんど影響を受けないことがわかった。工具の形状より、取り付け角を変えて横すくい角を変化させることは同時に切れ刃傾き角も運動して変化されることになるので、その点も加味して考える必要がある。そのため横すくい角の変化に対して切りくず流出角が大きく変化することになる。このように横すくい角の変化は切れ刃角度に複雑な変化をもたらすが主分力に対してはバックランキンギー、横すくい角ともにほとんど影響を与えないという興味ある結果が得られた。

摩耗に関しては前逃げ角が 15° までは逃げ面最大摩耗幅は減少し、その後逃げ面最大摩耗深さはほぼ一定という結果が得られた。また横逃げ角は 0° 付近が最もよいことも判明した。ただしこれは逃げ角よりも

切れ刃傾き角の影響が表れているのかもしれない。本研究ではチッピング摩耗を避けるため、また摩耗が測者に表れるように鋼材加工に超硬合金のC種を用いる等特殊な条件で行なっているので、結果の全てを実際の加工に適用できるものではないが、仕上げ加工においては実質加工はコーナ円弧切れ刃部で行なわれることは実際に合わせている。従って、横すくい角を変えると実際は切れ刃傾き角がそれに伴って変化するということも実際に生じることである。そのような点では本研究の結果が実際の加工において何らかの参考になるのではないかと思われる。

7. 結 言

仕上げ加工のような軽切削、コーナ円弧切れ刃部切削の場合の逃げ面摩耗に及ぼす工具取り付け角の影響について調べた。その結果、すくい角一定の場合は逃げ角に関係なく逃げ面最大摩耗深さが一定になること

すなわち逃げ角の増大に伴い率耗幅は大幅に減少することがわかった。これは刃物角一定の工具チップを用いた実験においても逃げ角がある範囲内では同様のことと言えることがわかった。ただし本研究における摩耗の主体をなすものが境界摩耗であり、通常の切削に対しても適用できるかどうかについては今後の研究に委ねたい。

謝 辞

この研究にあたり、当時卒業研究として実験に協力いただいた平井義弘氏（第一施設工業（株））、山下洋氏（（株）スミヨシ）に感謝申し上げる。

文 献

- (1) 竹山秀彦 切削加工（丸善）
- (2) 加工技術データファイル 301A0034 機械振興
協会技術研究所

スラスト軽減のための 新しいドリルチゼル部形状の開発

田口 紘一・明石 剛二・貝田 正實

〈平成11年9月30日受理〉

The Profile of Drill's Chisel for the Thrust Reduction

Koichi TAGUCHI, Koji AKASHI and Masami KAIDA

A new profile of cutting edge is developed for the improvement of drill performance, and the thrust on chisel section is greatly reduced by the tool that has new cutting edge. When usual X-thinning method is applied, the chisel section is grinded into V-shape. As a result, the second cutting edge is formed on chisel edge. And further, a new thinning method is shifted the top of V-shape while grinding deeply V-nick, and forms the third cutting edge which is made between the second edge and the opposite nick face on the tool central section. Consequently, the thrust is reduced nearly 40% in comparison with X-thinning, because this third edge which is cutting edge of good performance is formed on central section.

1. 緒言

ドリルの性能に及ぼす問題点の1つとしてドリル中心部のチゼルエッジでの非常に大きなスラスト発生が挙げられ、今までに種々の改善形状が考案されている。しかしながら主切れ刃部に比べて非常に大きなスラストを残している。本研究では、ユーザー側で普通の工具研削盤を使用して比較的簡単に研削でき、従来のものよりも大幅にスラストを軽減できる新しい形状の開発を試みた。

2. 従来のチゼル部形状

図1および図2に従来のドリル先端形状と超硬ドリルを含めて最近開発された各種のドリル形状および今回開発したドリル形状とそれらのスラストを示す。

この研究では比較し易いようにドリル外径の20%に当たる径を中心部とした。切削力の測定は市販の3分力切削動力計にトルク測定用の歪みゲージを貼付した薄肉円筒部を持つドリルホルダーを取りつけ、それにドリルを装着し、旋盤主軸にチャッキングした円筒工作物を加工して得た。この装置でトルク、スラストのほか切れ刃方向およびそれに垂直方向の2方向の半径方向力が測定できる。円筒工作物の先端にドリル径の20%に当たる直徑2.5mmの穴を深さ8mmほど明けている。加工初めの深さ8mm間は中心部を除いた部分の切削力が測定され、その後は全切削力が測定される。

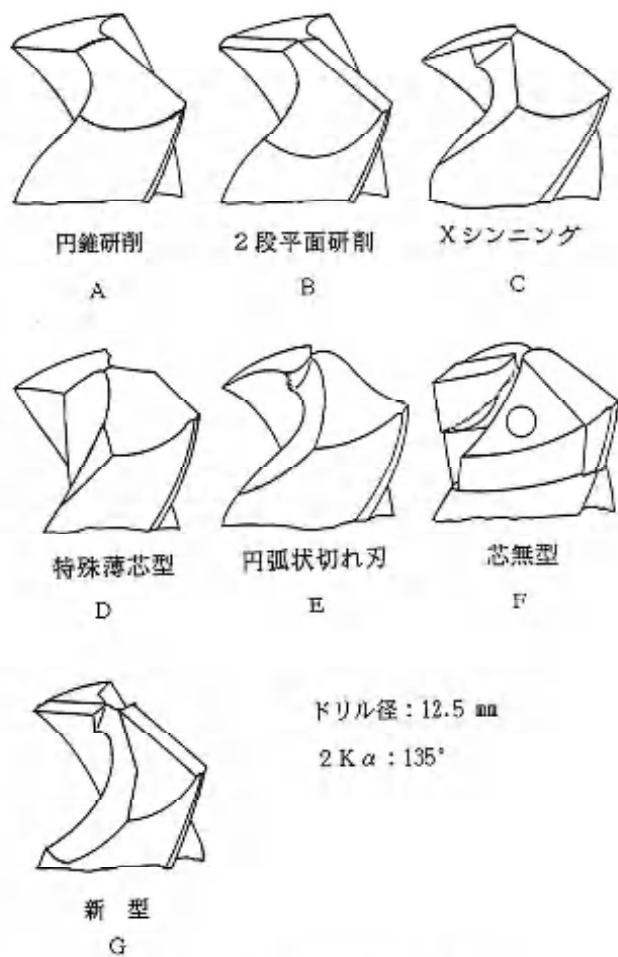


図1 各種ドリルの先端形状

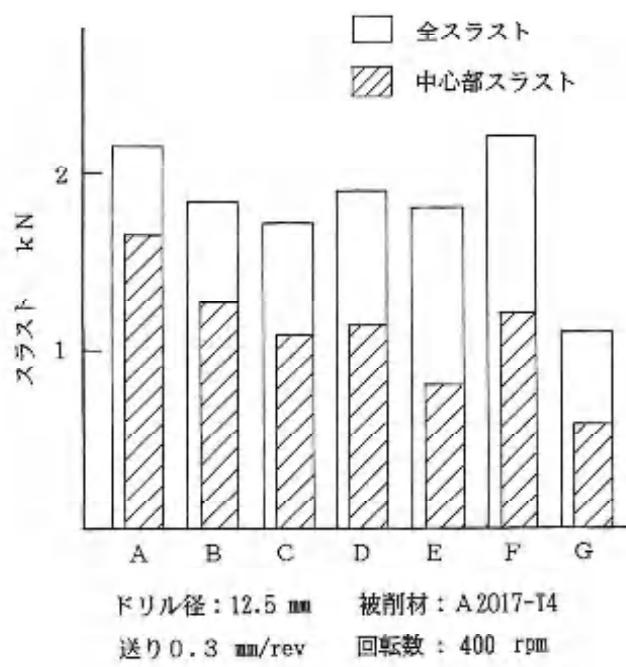


図2 各種ドリルのスラスト比較

前後の差より中心部の切削力が算出される。普通ドリルのウエップ厚さはドリル外径の15~20%である。また先端角は鋼加工に最適とされ¹¹、最近の超硬ドリルに多く採用されている135°としている。被削材は工具摩耗が少なく、銅と同じような形態の切りくずを生成するジュテルミン(A2017T4)を使用した。

図よりシンニングをしていないドリルの場合(図中A)中心部のスラストは全スラストの75%以上を占めている。言い換えると中心部の切れ刃単位長さ当たりのスラストは外周部切れ刃のそれの12倍にもなっている。

二段平面研削(図中B)は一段目と二段日の逃げ面の境界がドリルの中心を通るようにしたものであるが、二段目の逃げ角を大きくすることによって、チゼル部のすくい角を大きくできるのでチゼル部に新たなシンニングを施さなくてもスラストを軽減できる(実験に用いたドリルは第1逃げ角10°、第2逃げ角30°である)。

従来からのシンニング方法の中で最もスラストが軽減できるとされているXシンニング(図中C)は中心の微少部分を残してチゼル部を砥石の角を使ってV字状に両側を図のようにカットし正面から見たときにカット部がX状に見えることからこの名が付いているものであるが、カット部のすくい角を0°にできる。中心部のスラストを2/3程度に軽減できるがそれでも中心部のスラストは外周部の8倍という高いスラストである。したがって全スラストの軽減は20%程度に留まっている。

主切れ刃は外周に近いほどすくい角が大きく、外周コーナ部の横すくい角はドリルのねじれ角に一致するので、約30°とスラストを非常に小さくする要素を持っている。それにしても中心部のスラストの大きさはなお問題視すべき値であると考えられる。実際中心部の摩耗によりこのスラストはさらに増大し、切削速度が小さいとはいえその発熱で先端部全体の温度を上昇させ寿命を短縮させる場合も多々ある。また深穴用ロングドリルではスラストの増大はドリルの挫屈破壊を招く。

次に最近超硬ドリルで開発されたいいくつかの形状について検討してみる。

特殊薄芯型(図中D)はドリル成形時に中心部にみぞを形成し、通常の先端研削を施しただけでXシンニングと同等な先端形状が得られるようにしたものである。その効果もXシンニングの場合とほぼ等しい。

円弧状切れ刃型(図中E)は中心部のVカット部から外周切れ刃までを滑らかにつないだものとみられる。中心のVカットされない残留部を極力小さくしているので、中心部のスラストはかなり軽減できているがその外側のスラストが大きく全体としては大きなスラスト軽減にはなっていない。

芯無し型(図中F)は中心部を削らないので一見スラストを軽減できるのではないかと思われるが中心部の円弧上切れ刃の切削性能や外周切れ刃のすくい角が小さいため、かえって全スラストは上昇している。各形状は切りくずの排出性などの向上がうたわれスラストのみで評価されるものではないにしてもいずれの形状もスラストの軽減は30%以下であり、十分とは言えない。これはすくい角の改善がスラスト軽減に直結するというこれまでのチゼル部形状改善の考え方だけでは限度があることを示していると思われる。

これに対して今回開発した新規形状(図中G)は中心部のスラストをシンニング無しに比べ60%, 従来の代表的なXシンニング形状に対しても40%以上の軽減が見られた。全スラストにおいても従来の形状にない大幅の軽減が得られた。以下に新型ドリルの性能について報告する。

図3は市販されている2種類の超硬ドリルについて切れ刃各部のスラストを比較したものであるが、いずれも中心部はXシンニングされている。そこで極中心部(直径0~1.8mm), 主にXシンニング部(直径1.8~6mm), 主切れ刃部(直径6~12.5mm)に分けたスラストを測定すると、中心部の残留チゼル長さが非常に小さいにもかかわらず大きなスラストを発生していることがわかる。

ドリルBの残留チゼル長さは0.75mmにすぎず、そ

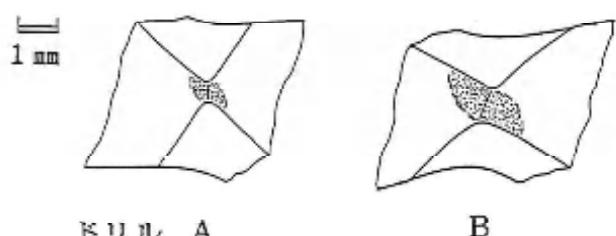
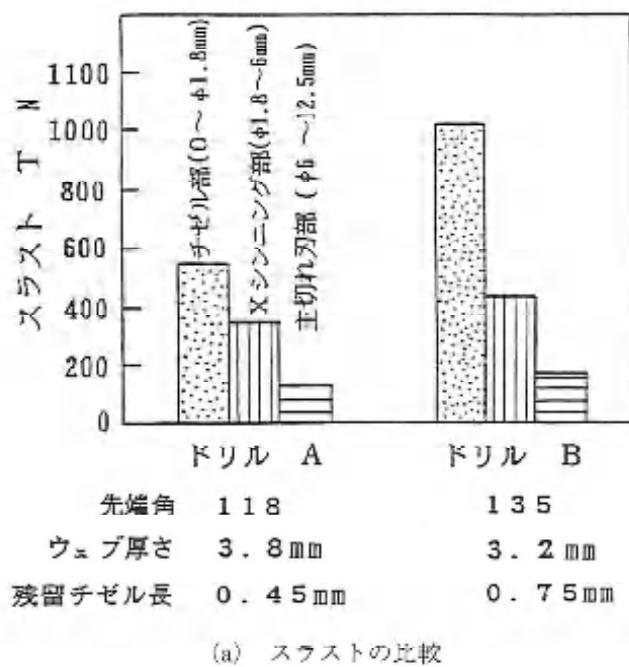


図3 2種のXシンニンギングドリルの比較

の外側のXシンニンギング部のスラストが直径1.8~6mmの部分と同じ単位切れ刃長さ当たりのスラストであると仮定すると、残留チゼル部の単位切れ刃長さ当たりのスラストはXシンニンギング部の8倍、主切れ刃部の46倍にもなっている。そこで残留チゼル部付近の切りくず接触部を観察すると、残留チゼル長さに対して比較的広い面積にわたって強い接触痕が見られた。残留チゼル部スラストをこの接触面積で除すと1042 MPaとなり、被削材(A2017T4)の硬さに近い。すなわちこの接触部では材料は降伏し押し込まれていると推測される。

図4に穴あけ加工中に送りをかけたまま急停止し、ドリルを引いた時の穴底のチゼル部の切りくず流出状況を示す。チゼル部の切りくずは円弧を描いて外へ流出するのであるが隙間が小さく、穴底とも接觸しており、ドリル逃げ面と穴底面に挟まれて溜まった切りくずは唯一空いている外側へ押出されている。

以上のことより残留チゼル部は1mm以下に小さくとっても非常に大きなスラストを発生させることがわかった。

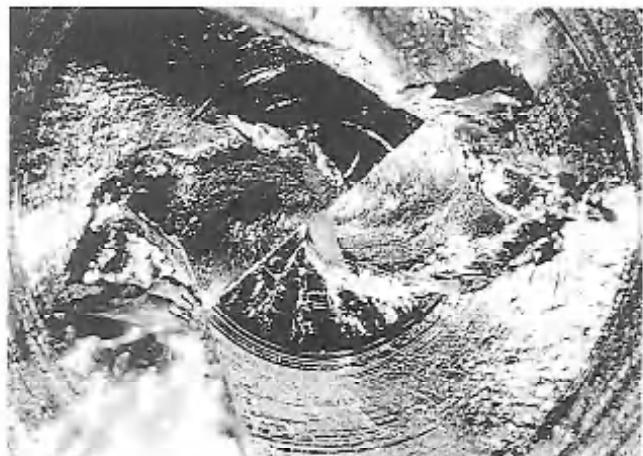


図4 切りくず流出状況

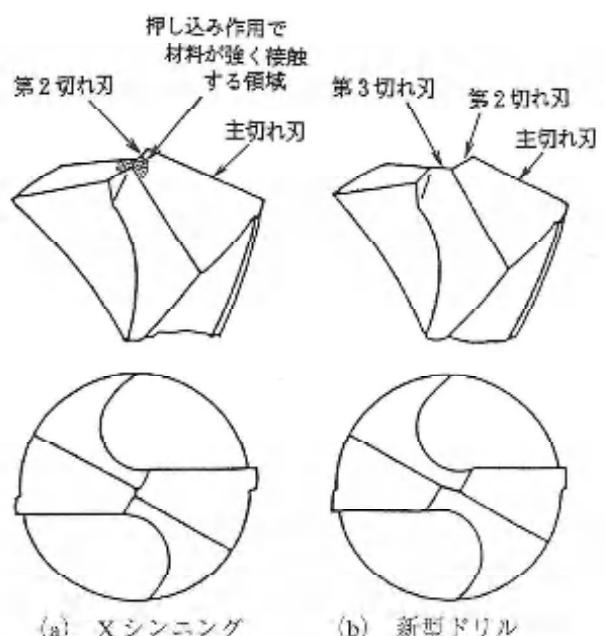


図5 新型ドリルの中心部形状

3. 新型ドリルの形状

スラストの小さい新しいドリル形状は残留チゼル部の非常に大きなスラストを軽減するものでなくてはならない。残留チゼル部の形状上の欠点はチゼル部で発生する切りくずの排出の悪さである。これは從来から言われているようにこの部のすくい角の小ささと切りくずの逃げ場である。このすくい角は主に先端角 K_a で定まり、 K_a が大きいほどすくい角は小さくなり、切りくずの排出する隙間が狭くなる。そこで残留チゼル部をどのように成形すればすくい角の大きな切れ刃をドリル中心部につくることができるかについて試行を重ねた。その結果図5に示すようにXシンニンギングの切り欠き部を頂点が合うまで進め、さらに頂点をずらすと、中心部に第3の切れ刃ができる。このようにす

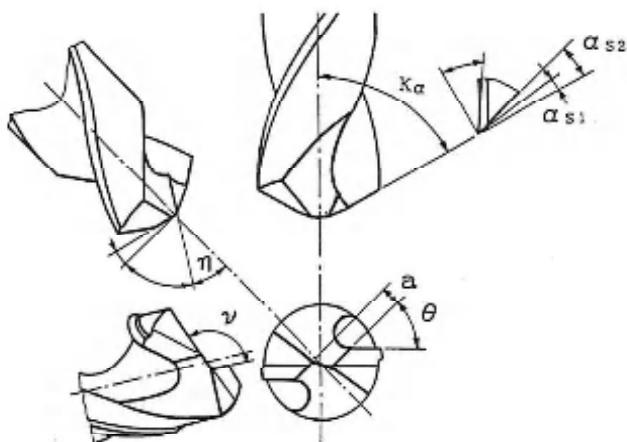


図6 新型ドリルの先端形状

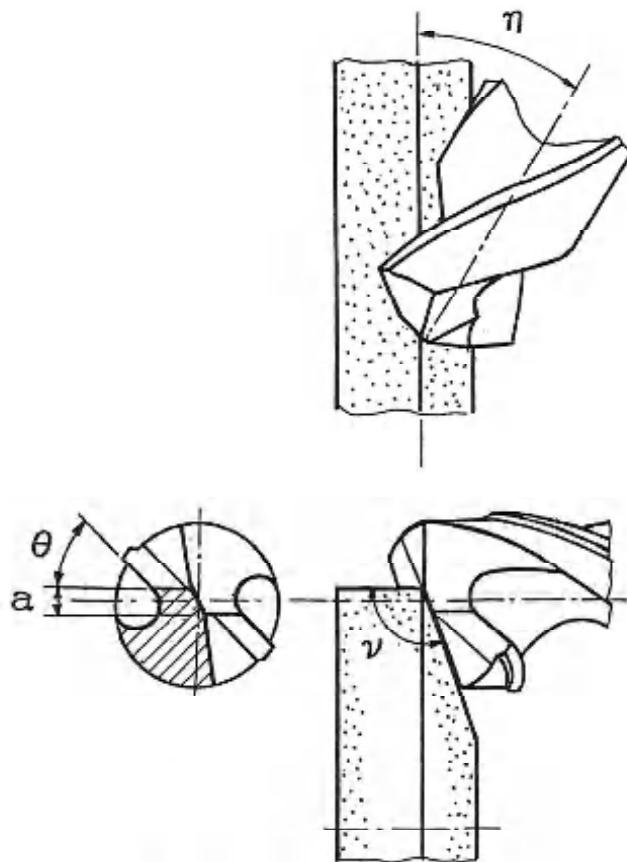


図7 新型ドリルの研削方法

ると、中心部の押し込み作用で切りくずが挟まれ強く接触する部分がなくなる。また第2切れ刃の切りくずの逃げ場、すなわちチップポケットが大きくなるという効果が期待できる。

図6に示すように新型ドリルの各角度の成形は、研削砥石の角を ν に合わせて成形し、ドリルに対して θ と α の角度を設定して通常の工具研削盤でXシンニングと同じようにして切り欠き部を成形することができる。主逃げ面は普通の工具研削盤で成形できるように

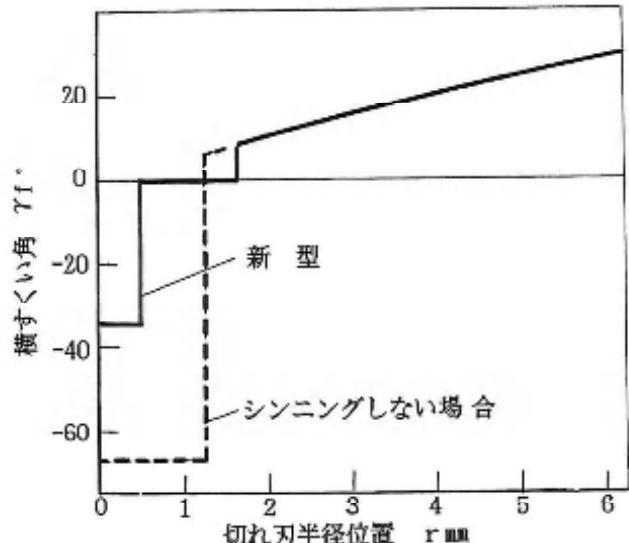


図8 切れ刃に沿うすくい角の変化

2段平面研削としている。研削砥石に対するドリルのセット角度を図7に示す。図8に新型ドリルの切れ刃に沿うすくい角の変化を示すが中心部のすくい角が格段に改良されていることがわかる。

4. 新型ドリルの各角度のスラストへ及ぼす影響

4. 1. 先端角の影響

図9に先端角のスラストへの影響を示す。以下新型ドリルの各角度のスラストへの影響を述べるが、当該角度以外の基準とした角度は次の通りである。
先端角 $2K\alpha = 135^\circ$ 、第1セット逃げ角 $\alpha_{s1} = 10^\circ$ 、第2セット逃げ角 $\alpha_{s2} = 30^\circ$ 、第2切れ刃の主切れ刃となす角 $\theta = 45^\circ$ 。

シンニングをしない普通のドリルの場合、先端角の増大するほどチゼル部、主切れ刃部とともにスラストが増大している。しかし、新型では主切れ刃部は普通のドリルと変わらないので同じであるが、チゼル部スラストは先端角の増大とともに減少している。その原因を式化したものが図10であるが、シンニングをしない場合、チゼル部の傾斜角はほぼ先端半角に等しく、チゼル部の切りくず排出隙間は先端角の大きなほど狭く、排出しにくい形状になる。新型の場合、中心部の第3切れ刃の傾斜を $\eta = 35^\circ$ 一定にしているので、先端角が大きいほど隙間が大きく、切りくずの排出が容易になるためと考えられる。

4. 2. 第3切れ刃長さ a の影響

図11は第3切れ刃長さのスラストへの影響を示した

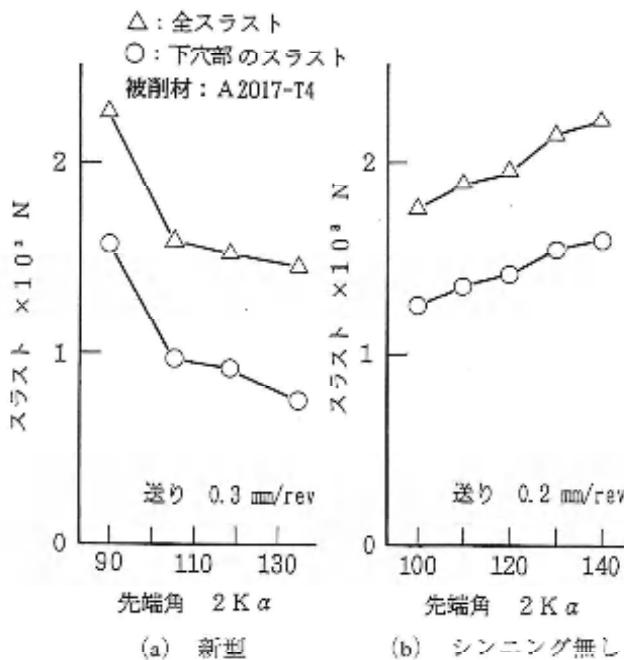


図9 先端角の影響

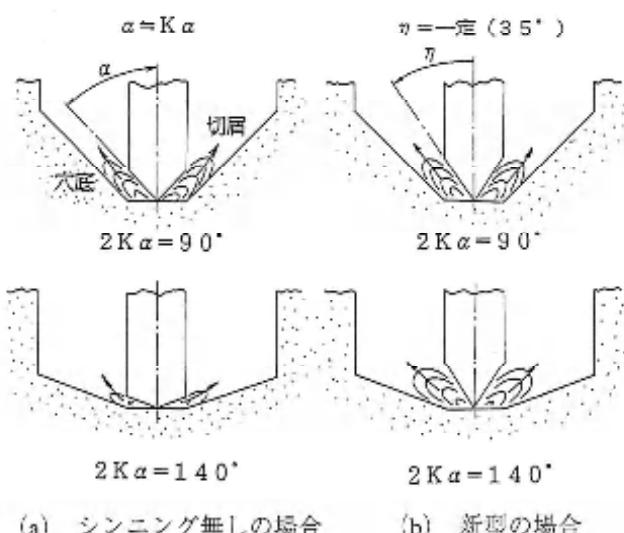


図10 中心部のチップポケット

ものである。長さ a の負というのはチゼル部が残っている状態を示しているが、チゼル部のある負の状態から0まではスラストが減少するが、0以上、すなわち第3切れ刃がある場合 a の増大に対してほぼ一定となっている。これは第3切れ刃のすくい角は、第2切れ刃のそれよりも小さくスラストの増大する因子を持つ一方チップポケットを増大し切りくずの干渉を少なくすることによってスラストを減少させる因子を持つのではないかと考えて実験したのであるが、結果からは上記の因子が互いに相殺して a の影響がないようになったと判断される。

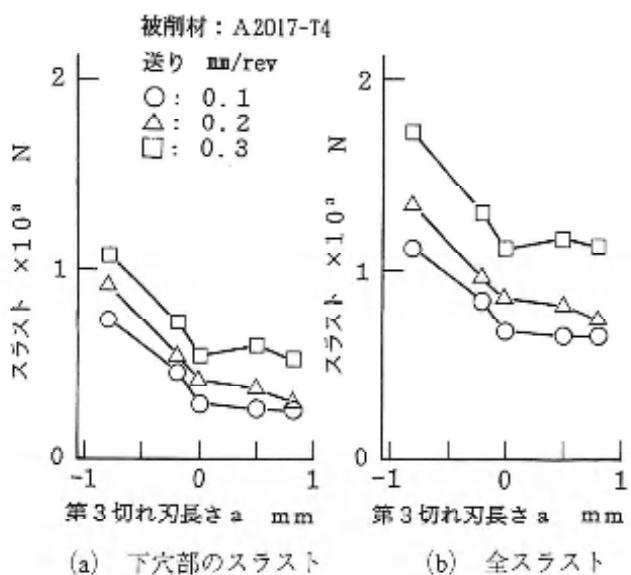
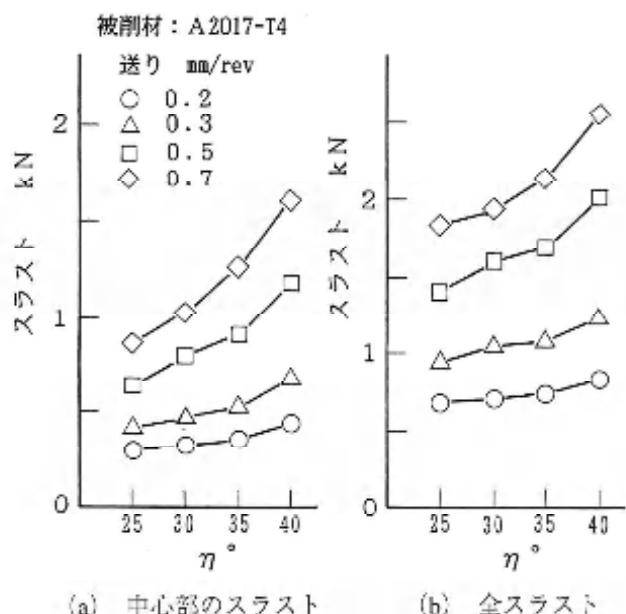
図11 第3切れ刃長さ a の影響

図12 第3切れ刃すくい角の影響

4. 3. 第3切れ刃すくい角 η の影響

η は第3切れ刃部のすくい角に相当する ($\gamma_3 = -\eta$) のでスラストへの影響は大きいことが予想される。図12は η とスラストの関係を調べたものである。送りの小さいところでは η の変化に対するスラストの変化は小さいが送りが0.5mm/rev以上の場合には η の影響が大きくなっている。これは送りが大きな場合第3切れ刃から発生する切りくずが排出空間に近い厚さで流出するため抵抗が大きくなっていると考えられる。 η が小さすぎるとスラストは減少するが刃先が鋭くなりすぎ欠け易くなる。

4.4. 第2切れ刃角度 θ の影響

図13に示すように送りの大きなところでは角度 θ が小さいとスラストが増大するという現象が生じている。これは主切れ刃から出る切りくずとの干渉のためと考えられる。すなわち切りくずは主切れ刃からのものとの干渉がないよう第2切れ刃のポケット内で扇形に巻くことができたが抵抗が少ないと推測される。

また θ を大きくした場合第1逃げ面のドリル軸方向に対する等高線が $\alpha_s = 10^\circ$ の場合約 65° であるのでそれ以上では中心に近いほど切れ刃位置が低くなり適切ではない。したがって θ は 45° 程度が適当と推測される。

図14は送りをかけたまま切削を急停止し、ドリルを引き、穴底に残った切りくず流出状況を観察したものであるが、主切れ刃の切りくずと第2切れ刃の切りくずは分離して巻いているのが見られる。第3切れ刃か

ら出る切りくずは切り欠き斜面に沿って流出し、第2切れ刃部の切りくずに接合して流れているように見える。従来のチゼル部のように切りくずが穴底と挟まれ大きな圧力を生じるところはなくなっている。

5. 寿命試験

スラスト軽減のひとつの目的であるドリル寿命について調べた。被削材にS55C(直径:100mm、厚さ:37.5mm:ドリル径の3倍)を用い、横型マシニングセンタで不水溶性切削油(JIS 1種1号)給油のもとで行った。30個の貫通穴加工毎にスラスト、トルクを測定した。図15に実験結果を示す。図よりシンニングをしない円錐研削のものは加工当初よりスラストが高く、加工個数が増えるにしたがって急激に上昇し、初期スラストの2倍に近い6kN近くまで上がったところで破損した。トルクには大きな変動が見られないでこれは明らかにスラストの増大による破損と考えられる。Xシンニング(残留チゼル長さ0.8mm)のものは初期に20%ほど急上昇した後、250個(穴あけ累計深さ約9m)まで漸増し、その後急激に増大し、350個でス

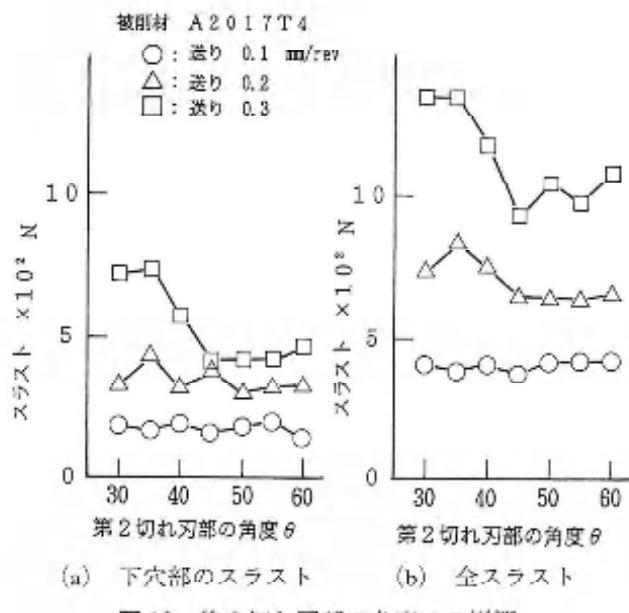


図13 第2切れ刃部の角度 θ の影響

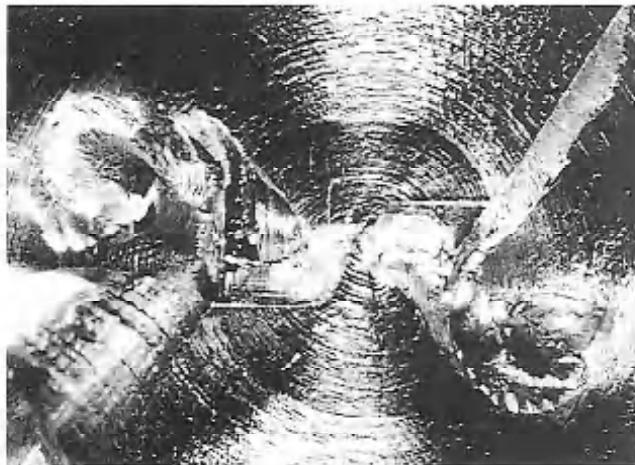
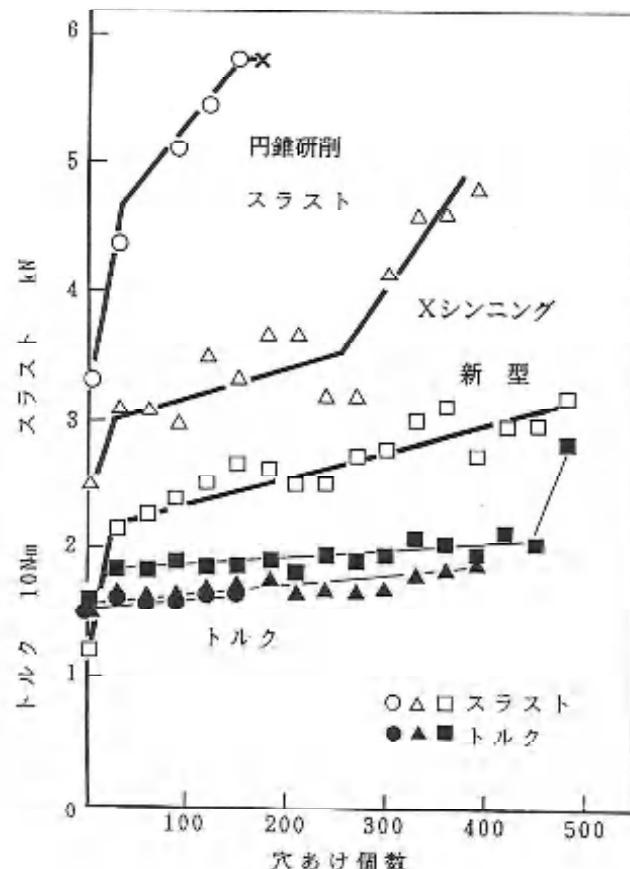


図14 切りくず流出状況



S55C ドリル径: 12.5mm 加工深さ: 37.5mm
f: 0.2mm/rev n: 500rpm 不水溶性切削油

図15 穴あけ数とスラスト、トルクの変化

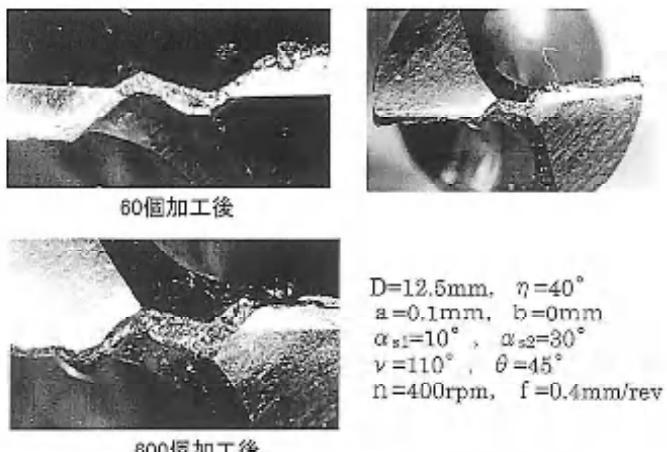


図16 新形状ドリルの中心部摩耗状況

ラストが5kN（初期スラストの2倍、破損スラストの80%）に達したので中止した。この場合もトルクには変動がなかった。

それに対し、新型ドリルでは、1個目のスラストは非常に小さく、初期摩耗でかなり増大するがそれでもXシンニングの1個目のそれより小さい値となっている。その後穴あけ個数が増えるに従い漸増が続き450個まで加工したところでスラストには変化が見られないが、トルクに急上昇が見られたので加工を中止した。トルクの急上昇はドリル外周コーナー部の摩耗によるものと判断される。したがって中心部形状としては寿命に対して満足すべきものと思われる。

図16にドリル先端面の摩耗状況を示す。ドリル中心から外周まではほぼ一様な摩耗幅を示している。主切れ刃部にはクラックが見られ寿命に達していることがわかる。ドリル中心部の摩耗幅は0.5mmほどで主切れ刃の逃げ面摩耗より少し大きいだけである。外周コーナーは約1mm程丸みを持って摩耗しており、トルクの急上昇の原因はこの部の摩耗により、穴がドリル径より小さいわゆる縮小穴があけられ、ドリルマージン部が縮め付けられたためであると考えられる。

6. 加工精度

加工穴については第3切れ刃がドリル軸に対して垂直平坦になっており、中心が定まり難く、懸念されるところであるが、実験結果（図17）は0.3~0.5mmの穴

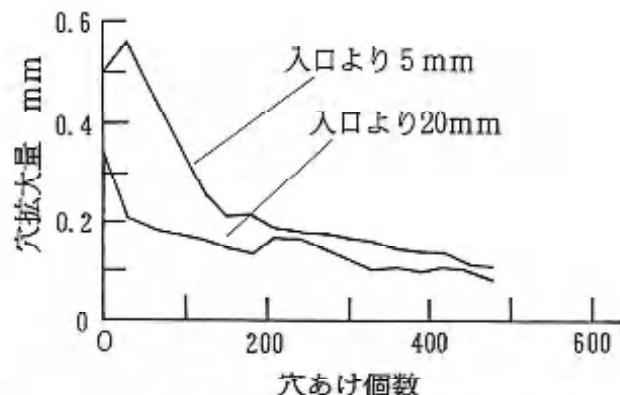


図17 新型ドリルの穴あけ個数と加工穴精度

の拡大が入り口からかなり深くまで生じており、加工精度を要求される場合はこのままでは問題が残ることになる。第3切れ刃を短くすると、先端部の摩耗により再び切りくずの強く当たるところが生じると予想されるので、新形状の効果が薄れてしまうと考えられる。

7. 結 言

本研究において得られた結論は

- (1) 新型ドリルは中心部に比較的簡単な研削を施すこと、大幅にスラストを軽減させることができる。
- (2) 新型ドリルは他のドリルと異なり先端角が大きいほどスラストが減少する。
- (3) 新型ドリルの第3切れ刃の長さはスラストに大きな影響を与えない。また第2切れ刃の主切れ刃とのなす角度は45°付近でよい結果が得られた。
- (4) 新型ドリルは工具寿命も延長できる。
- (5) 加工精度は第3切れ刃がドリル軸に垂直になるためセンタが定まらずかなり大きな加工径の拡大が生じる。

文 献

- (1) 金井実徳：“ドリル加工に関する基礎的研究（第2報）”，機械技術研究所所報 30-1(1976)11.
- (2) 佐久間、田口ほか：ドリル・リーマ加工マニュアル、大河出版(1992)53.

スラスト軽減のための 新しいドリルチゼル部形状の開発 (第2報 改良型の切削性能)

田口 紘一・明石剛二・貝田正實

〈平成11年9月30日受理〉

The Profile of Drill's Chisel for the Thrust Reduction
—The Cutting Performance on Improvement Type—

Koichi TAGUCHI, Koji AKASHI and Masami KAIDA

A new thinning method is developed for the improvement of drill performance. As previously reported, with the tool which has a new cutting edge profile, the thrust is reduced nearly 40% in comparison with X-thinning. But it is inferior to usual thinning in the accuracy of drilling holes. This paper reports a good idea that improves a new thinning method from the viewpoint of the improvement of the accuracy. On the basis of the drilling test that tools which is formed by the grinding using this thinning is carried out, not only the improvement of accuracy but also the reduction of thrust is found.

1. 緒言

前報^①において従来から存在する形で最もスラストが軽減でき、加工精度もよいと言われているXシンニングに比べて、さらに40%近く中心部のスラストを軽減でき、寿命も延長できる新しい形状を報告した。しかし加工精度において加工穴径のドリル径に対する拡大量が大きく問題点として残った。今回その形を基本にして改良を加え、ドリル中心部に頂点と適切な逃げ角が形成されるような形状を開発した。その結果スラストの軽減度はほとんど変化することなく、加工精度がXシンニングと同等まで改善され、さらに送りを標準値の2倍した場合、工具寿命が著しく改善できたのでここに報告する。

2. 開発した改良型ドリルの先端部形状

図1にXシンニング、前報で報告した新型形状およびその改良型のドリルの先端形状を示す。Xシンニングでは残留チゼル幅を小さくしても、中心部から排出される切りくずがドリル先端面にかなり広い面積で接触して滞留し、それが大きなスラストを生じさせ、期待されるほどのスラストの軽減がなされていないと推測された。新型はXシンニングに比べて中心部の残留

チゼル部を取り去るとともに、中心部にすくい角の大きな第3の切れ刃を形成することにある。その効果は第3切れ刃のすくい角の効果だけではなく、中心部から生成される切りくずの排出空間を大きくすることができます。切りくずがドリル先端面に滞留して広い面に接触することはない。しかし新型ドリルでは形成された第3の切れ刃がドリル軸に対して垂直になり、加工中心が定まらない嫌いがあつて加工精度特に穴径において大きな拡大量となつた。

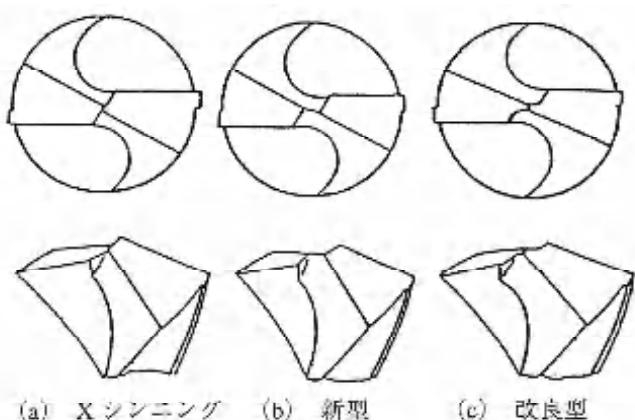


図1 Xシンニングと開発したドリルの先端形状

同図(c)に今回改良した形状の概略図を示す。図2にその詳細を示している。改良の主な目的は加工精度の向上である。新型は中心部に成形した第3切れ刃がドリル軸に垂直になっているため、ドリル先端の回転中心が定まらず偏心したところを中心にドリルが回転するという現象が生じたものと考えられる。加工精度を向上させるためにはドリル中心を回転中心として回転するようにしなければならない。そのためにはドリル中心部が高く、左右の切れ刃は対称に外周に向かって低くなっているため、切削力の半径方向成分は左右の切れ刃で常にバランスをとっている必要がある。そのためには考案した方法として、第3切れ刃の成形の時にわずかにチゼルを残すことを考えた。いわば第3切れ刃の棱線に幅(図2中b)を持たせた形にした。そのことによって中心部は高くなり頂点を持ち、ドリル

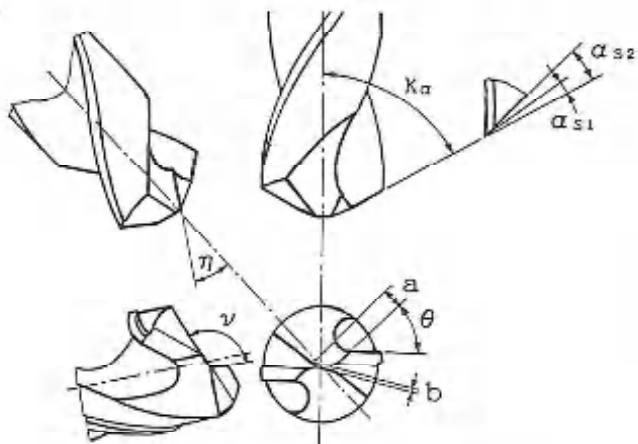


図2 改良型ドリルの先端形状

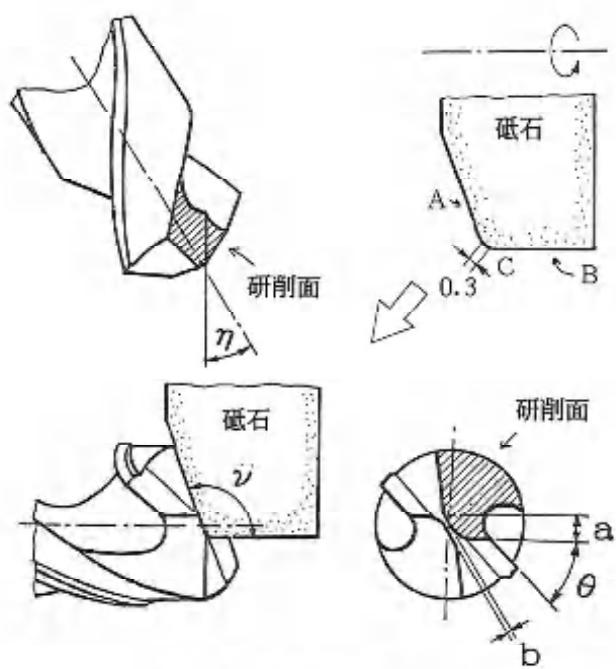


図3 改良型ドリルの研削方法

中心を回転中心としてドリルが回転することが期待される。チゼルを残せば、そのチゼル部で生成される切りくずの滞留が問題になるが、図に示すようにその稜線の幅を狭く、逃げ角を大きくとれば滞留面積は小さいと予想される。実際どの程度スラストが増加するのかは実験に行つことにした。また新型ドリルの寿命試験に際して第2切れ刃・第3切れ刃へのつなぎの部分から割れて破壊した場合があった。この部分は切れ刃の方向が変わり、すくい面側は鋭い凸部になっていて、第2・第3切れ刃から生じる切りくずが衝突するので、そこに大きな応力が集中してかかっていると想定された。そこでもうひとつの改良点としてその部分を円弧でつなぐこととした。

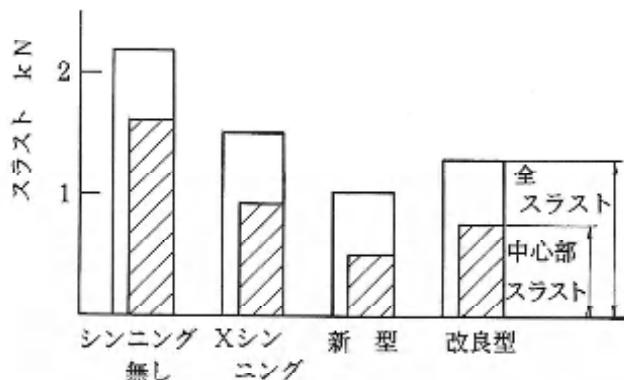
図3に改良型ドリルの研削方法を示す。角度 ν を成形するために砥石の角を ν (=110°)になるように成形しその角を0.3mm程度面取りする。この面取り部は、ドリル研削時には砥石が摩耗するので、第2切れ刃から中心部へのつなぎの部分がR1mm程度の円弧状に仕上がる。実質的には第2・第3切れ刃はそれほど大きくはないので、両切れ刃の大半が円弧切れ刃になっている。

ドリルと砥石の相対位置は砥石B面が切れ刃と θ の角度をなすようにし、角cがドリル軸に対し η の角度を持って擦過されるように研削する。そのとき反対側の切れ刃で形成された砥石面Bで形成された面との間隔がaになるように研削する。このaの値は第3切れ刃の長さを決定するもので、前報の新型のドリルで検討しており、中心部で生成する切りくずの流出空間が十分にとれることから1.0mmとした。また砥石面Aで形成された面の間隔bは新型ドリルでの率耗試験において、第3切れ刃部の稜線は幅0.2mm程度までは急速に摩耗するがその後は比較的落ちていることから残留チゼル幅を0.2mmになるように研削した。

またこの残留チゼル部のセット逃げ角 α_s (1)は切りくずの流出空間を拡げるためおよび中心部の残留チゼル部の凸部を鋭くするため、第2セット逃げ角($\alpha_{s2}=30^\circ$)で形成されるようにした。

3. 従来のドリルとの比較実験

図4に被削材A2017を加工したときの各種ドリルのスラストを示す。主切れ刃部の形状はほとんど相違がないので、この部のスラストはそれほど変わらない。しかしドリル中心部(ドリル径12.5mmに対し、中心部の径2.5mmの範囲)は全切れ刃幅の20%の幅にもかかわらず、シンニング無しではそのスラストは全スラストに対して75%を占めている。また従来のドリル形状の中で最も中心部のスラストが小さいXシンニン



ドリル径 D : 12.5 mm 被削材 : A2017-T4
送り f : 0.3 mm/rev 回転数 n : 400 rpm
先端角 $K\alpha$: 135° シンニン部 α : 35°

図4 各種ドリルの中心部スラスト

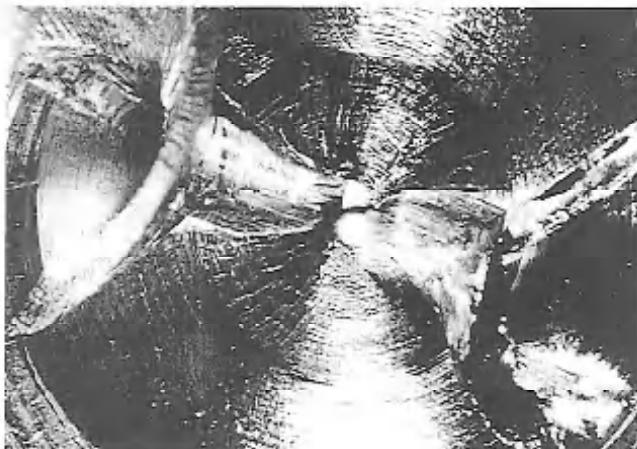
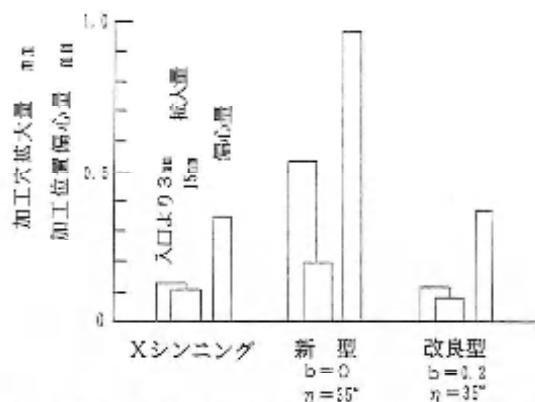


図5 切りくず流出状況

グでも、全スラストに対し中心部のスラストは60%程度を占めている。新型ではそれを50%にまで減少させることができた。

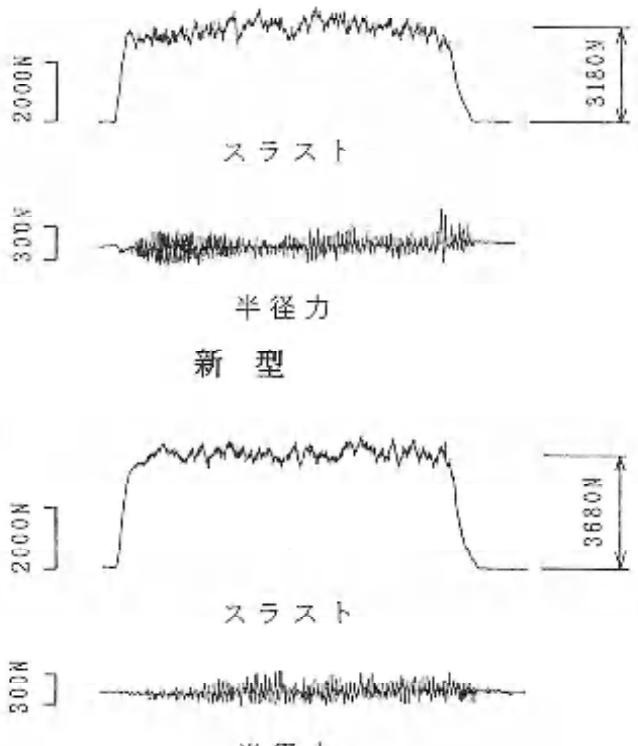
改良型は中心部にチゼル部を残した分だけスラストが上昇し、Xシンニンと新型の中間スラストを示している。しかし新型に比べ中心部の第3切れ刃の強度が増加しているので、たとえば後述のように角度 γ を小さくしてスラストを下げることができると考えられるので、スラストに関しても新型に比べて著しく劣ることはないと予想される。

図5に中心部の切りくず流出状況をみるために、送りをかけたまま中心部が切りはじめたところでボール盤を止め、ドリルを外したところを直上からみた図を示す。全体的に中心部から流れ出る切りくずはスムーズである。残留チゼル部から排出される切りくずが加工底面に残されている面が二つの扇形に見えている。この逃げ面滞留面積は 0.06 mm^2 程度であり、この部分の面積が材料の硬さに相当しても計算上は全スラストの5%に過ぎない。しかし第2・第3切れ刃は凸弧切



被削材 : S55C ドリル径 D : 12.5 mm 送り f : 0.3 mm/rev 回転数 n : 236 rpm ドリル突き出し長さ L : 100 mm 乾式

図6 加工穴精度（穴径拡大量）



ドリル径 : 12.5 mm, 被削材 : S55C
送り : 0.4 mm/rev, 回転数 : 236 rpm

図7 改良形の切削力変動

れ刃でつながっているので切りくずも湾曲してつながって流出するため抵抗が大きくなると予想される。また角度 γ は第3切れ刃の負のすくい角となるのであるが切りくずの流れからみると、切りくずをドリルの溝部へ向かって外側に強制して排出されることになり、 γ が切りくずの流れの抵抗に大きく関与する因子であることが想定される。

図6はS55C材加工の場合の加工穴精度を比較したものである。新型では入り口の穴径、加工位置の偏心量が著しく大きく、ドリルとして標準の誤差と考えられている穴径に関して0.2mm以内、穴位置偏心に関して0.5mm以内に収まっている。しかし改良型はどの値もXシンニングと同等の値に収まっている。改良型はXシンニングと同じように中心部に頂点を持ち、加工初めの食い付き位置が安定し、穴径もドリル先端の回転中心が頂点で行われるため穴拡大量が小さくなっていると推測される。

図7に特製の歪みゲージ式工具動力計で測定したスラストと切れ刃方向の半径力の変動を記録したものである。新型では食い付き時に半径力の大きな変動が見られ、切れ刃方向にドリルが変動している様子がうかがわれるが、改良型では食い付き初めの半径力の変動は少なく安定した食い付き状況であることがわかる。

4. 改良型ドリルの形状変化と性能

図8に γ_3 （第3切れ刃の負のすくい角）を変化させ

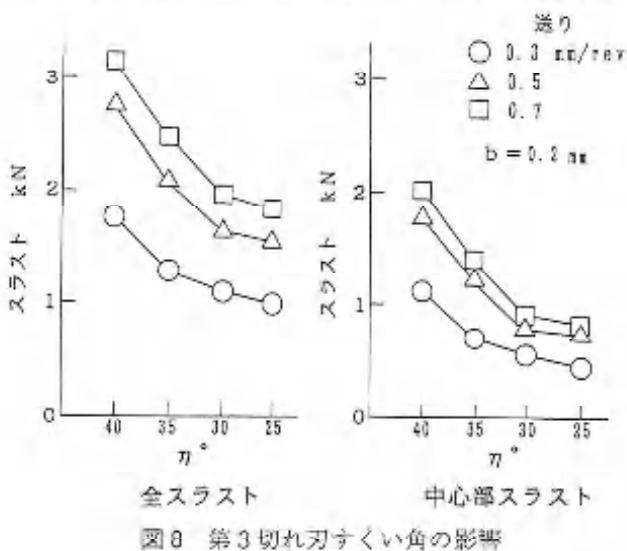


図8 第3切れ刃すくい角の影響

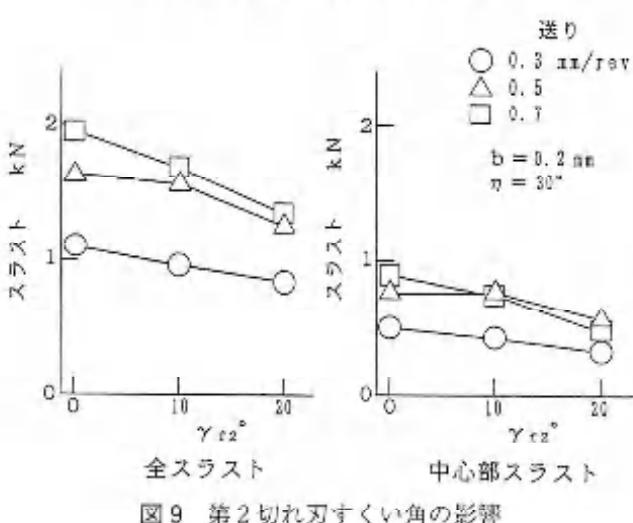


図9 第2切れ刃すくい角の影響

た場合を示す。 30° 近は γ_3 を小さくするとスラストもそれに伴い著しく小さくなるが、 30° 以下ではあまり変化がなく効果は少ない。したがって γ_3 の値は 30° 程度がスラストの点からは適当な値と考えられる。 40° から 30° まで 10° 小さくすると中心部スラストは55%、全スラストにおいても38%の減少が得られる。

図9に第2切れ刃すくい角 γ_{z2} を変化させた場合を示す。 γ_{z2} の増大に対してスラストの減少がみられる。 γ_{z2} が 0° に比べて 20° にすると平均して38%の中心部スラストの減少がある。全スラストにおいても26%の減少で効果は大きい。しかし刃先の弱化も懸念されるので寿命との関連も見なければならない。実験した範囲では γ_3 を 30° 、 γ_{z2} を 20° にすると中心部の全体に占めるスラストの割合は37%にまで減少する。

5. S 55 C材加工による寿命試験

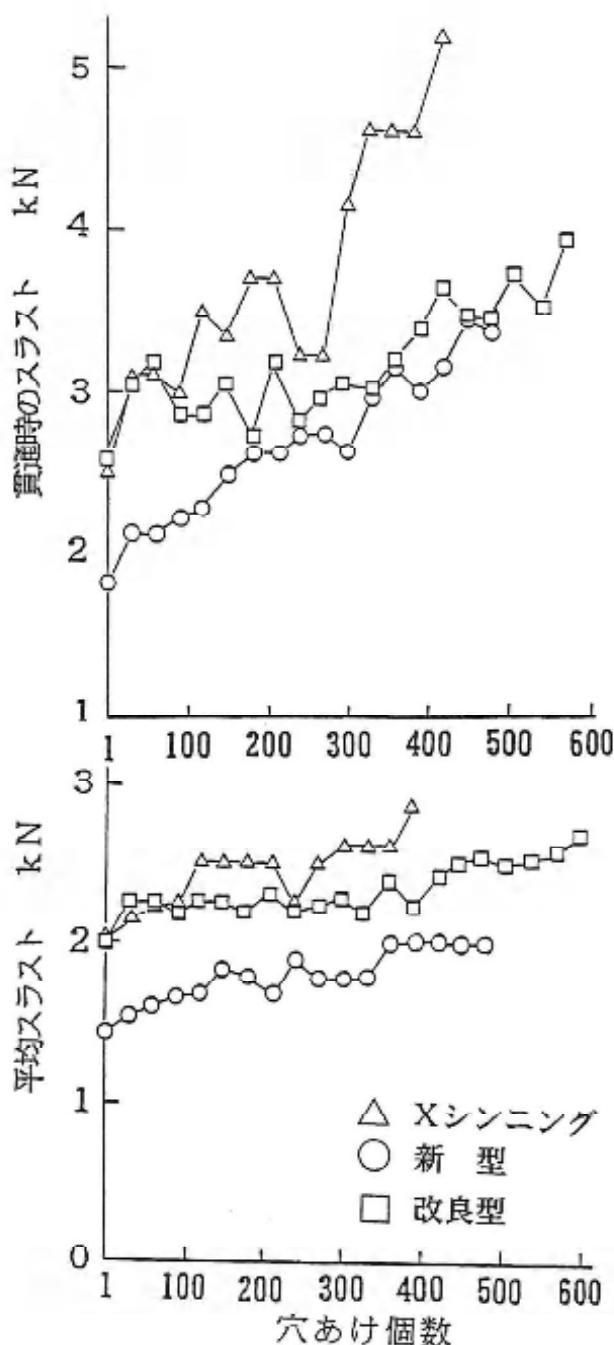
次に改良型ドリルの工具寿命を調べた。食い付き時の切削力が新型より安定し、中心部切れ刃も0.2mm幅のエッジ部を残しているので、強度が増し、寿命も延長されることが予測される。加工条件は被削材をS55Cとし、素材形状は直径150mm、長さ37.5mmの円板にし、直径12.5mmのドリルで各素材に29個の貫通穴をあける。機械は横型マシニングセンタを用い、水平に穴を開けた。油剤は不水溶性1種1号をドリル先端に主軸周りから噴射させ、ある程度の深さまで油剤が届くようにした。

トルク、スラストの計測値は各素材の穴あけの前に工具動力計に取り付けられた直徑、長さの同一材種の力測定用素材に穴あけして得た。

図10、11に送り0.2mm/rev、回転数509rpm（外周切削速度20m/min）の場合における改良型（ $\gamma_3=35^\circ$ ）の穴あけ個数に対するスラスト、トルクの平均値と貫通時の最大値の変化を、前報に示したXシンニング、新型の結果とともに示す。Xシンニングは貫通時のスラストが急上昇し390個（穴あけ深さ14.6m）で初期スラストの2倍を越えたので、新型は切れ刃外周摩耗によるトルクの急上昇のため510個（同19.1m）で寿命と判定した。それに比べて改良型は600個（同22.5m）の穴あけにおいてスラスト、トルク上の顕著な変化は見られない。しかし切れ刃の一部に欠けが見られたので寿命と判定した。

各抵抗力の個々の特徴を見ると次のようなことが観察された。平均スラストについて見ると改良型は加工当初において新型よりも大きく、Xシンニングとはほぼ同じ値となっている。しかし穴あけ個数が増すにつれ、Xシンニングおよび新型はスラストの上昇がかなりあ

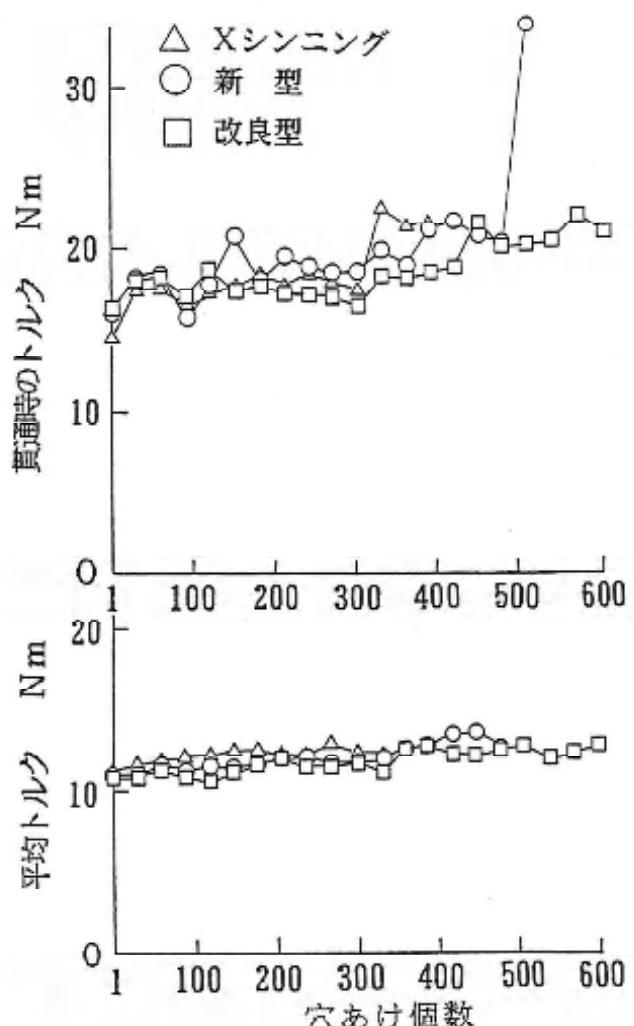
るのに対し、改良型はスラストの上昇が少ない。600個の穴あけ後のスラストの上昇はわずか35%である。スラストの上昇は貫通時において著しく表れる。この場合も寿命までのスラストの上昇率はXシンニングの2.1倍、新型の1.9倍に対し、改良型は1.5倍に過ぎない。トルクに関しては主切れ刃が主に関与するので平均トルクに各ドリル間の差は認められない。



被削材: S55C ドリル径D: 12.5 mm
送り f: 0.2 mm/rev 回転数n: 509 rpm

図10 穴あけ個数とスラストの変化

図12に加工後のドリル先端面の摩耗状況を示している。同図(a), (b)に示すXシンニングの300個加工後と改良型540個加工後のスラストはほぼ同じである。摩耗状況を見ると主切れ刃については改良型の方が穴あけ個数が多いので摩耗幅が大きいのは道理である。中心部について見ると、改良型は第2切れ刃、第3切れ刃までおよそ主切れ刃の摩耗幅に近い。それに対しXシンニングは残留チゼルエッジの周りにかなり広い摩耗部が見える。残留チゼルエッジが摩耗により鈍り剪断角が小さくなり厚い切りくずが発生し、貫通時には特に材料が逃げて切れないため、さらに大きなスラストを生じるものと考えられる。改良型は第3切れ刃の形成によって、残留チゼルエッジ部から生じる切りくずの滞留部を非常に小さくしている。



被削材: S55C ドリル径D: 12.5 mm
送り f: 0.2 mm/rev 回転数n: 509 rpm

図11 穴あけ個数とトルクの変化

同図(c)は改良型で600個穴あけした後の摩耗状況である。右側の主切れ刃に一部大きく摩耗した箇所(矢印A)があるほか、中心部でも切れ刃と反対側の壁が裂けるように破壊した箇所(矢印B)がある。第3切れ刃部は頂点は失われているが、摩耗幅は0.5mm程度に留まっている。主切れ刃部の損傷も激しいので総合的に見て寿命と判定すべき状況である。しかし外周コーナーの摩耗は以外に少ないので、局部的摩耗がなければさらに寿命が延長される可能性がある。

図13にそれぞれのドリルの穴精度を示す。Xシンニングが穴拡大量以下に収まっているのに対し、新型は入り口での拡大量が非常に大きい。改良型は前述の送りが0.3 mm/revの場合においては改良されていたが本実験では入り口の拡大量や奥の方の拡大量も新型か

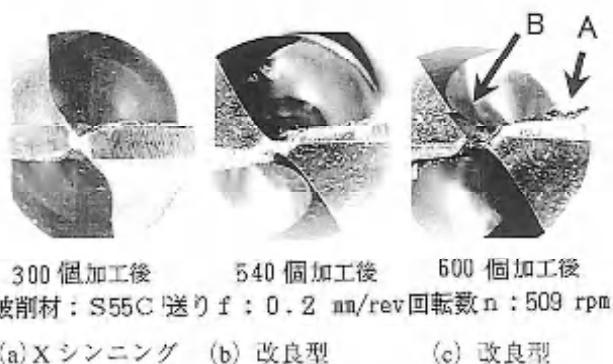


図12 摩耗状況

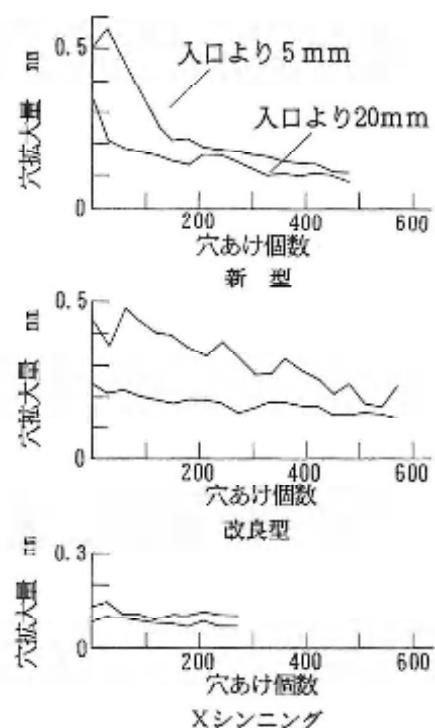


図13 穴あけ個数と穴径の変化

ら改善されていない。改善されなかつた理由として、残留チゼルエッジによる中心部の頂点が早い段階で摩耗して失われたためと考えられる。

スラストの軽減は直接動力の軽減につながるものではなく、深穴加工ではドリルの座屈破壊を防止することが考えられるが、最も望ましいのはスラストの軽減により寿命が延長できないかということであり、できれば加工速度が挙げられないかということである。

そこで切りくずを検討した。図14に切りくず形状を示す。標準送りの場合(0.2 mm/rev)において切りくずは遷移形を示し良好な切りくず形状と言えるが、送りを2倍に上げてみたところ、切りくず形状はさほど変わらず、この条件でも良好な切りくず形状が得られることがわかった。この条件でドリルが摩耗した場合でも同様な切りくずが得られるならば加工速度のアップが可能になる。



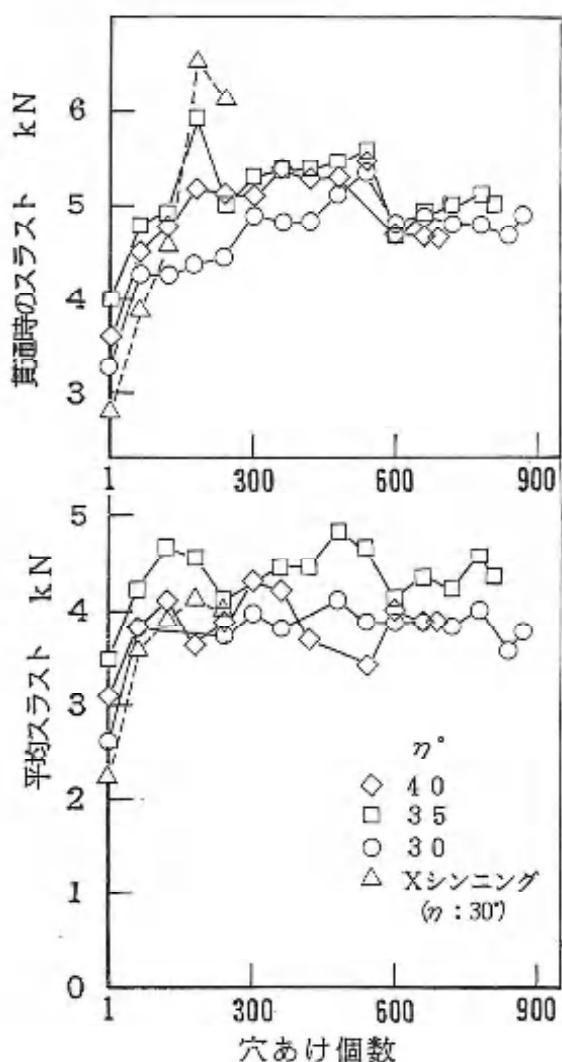
図14 切りくず形状

図15に送りを 0.4mm/rev とし、 γ を変化させた場合の各ドリルの穴あけ個数とスラストの変化を示す。外周切れ刃の摩耗を考慮して回転速度を下げている（外周切削速度 16m/min ）ので実質穴あけ速度は1.6倍になっている。図に示すように、Xシンニングドリルは270個で破損してしまったのに対し、改良型の寿命はさらに延長された。 γ の変化に対しては γ が大きいほど加工当初のスラストが大きい結果になっているが、その後は必ずしも同じ傾向は示していない。かえって γ が 40° の方が小さい値を示している。一穴毎の平均スラストは当初30個ほどあけると40~50%上昇し、その後は寿命まではほとんど上がらず、むしろバラツキの大きさが目立っている。貫通時のスラストについてみると、Xシンニングの場合は急激な上昇を続け、破損直前のスラストは当初スラストの2倍を越えている。それに対し改良型ドリルの場合は加工当初から300個

程度の穴加工数まで上昇し、その後はほとんど上昇していない。加工当初に比べてスラストの上昇割合はやはり40~50%である。その内 γ が 40° のドリルは700個で破損した。他の γ が 35° のドリルは830個で、 γ が 30° のドリルは900個でいずれもドリル外周の摩耗によるトルクの急上昇のため加工を中止した。その間切りくずは良好な形状であり、中心部は寿命には達していないといえる状態であった。

図16にドリル中心部の寿命時の摩耗状況を示す。 γ が 25° のドリルは第2・第3切れ刃の区別がつかないほどに摩耗している。これに対して γ が 35° のドリルは中心部の逃げ面摩耗が 0.2mm 程度であり、ほとんど耗耗していないと言えるものである。ドリル外周の摩耗によりこれ以上の加工は中止したが、中心部の状況はまだ十分に加工可能な状態にあることがわかる。寿命までの穴の累計深さは 10m が目安であるのに対し 33.75m まで延ばすことができ非常に長寿命と言える。

図17に改良型の穴あけ個数と加工精度を示している。改良型は γ の全ての条件で、穴拡大量は 0.2mm 以内に収まっており、送りを擧げることで穴精度も改善された。なお新型は送りを上げた場合でも入り口の穴拡大が大きく、穴精度は改善されなかった。

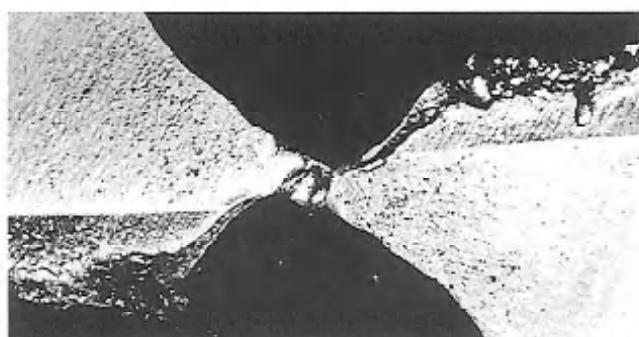


被削材: S55C f : 0.4 mm/rev n : 400 rpm

図15 高送りの場合の穴あけ個数とスラスト



改良型 ($\gamma = 25^\circ$)



改良型 ($\gamma = 35^\circ$)

図16 ドリル中心部の摩耗状況

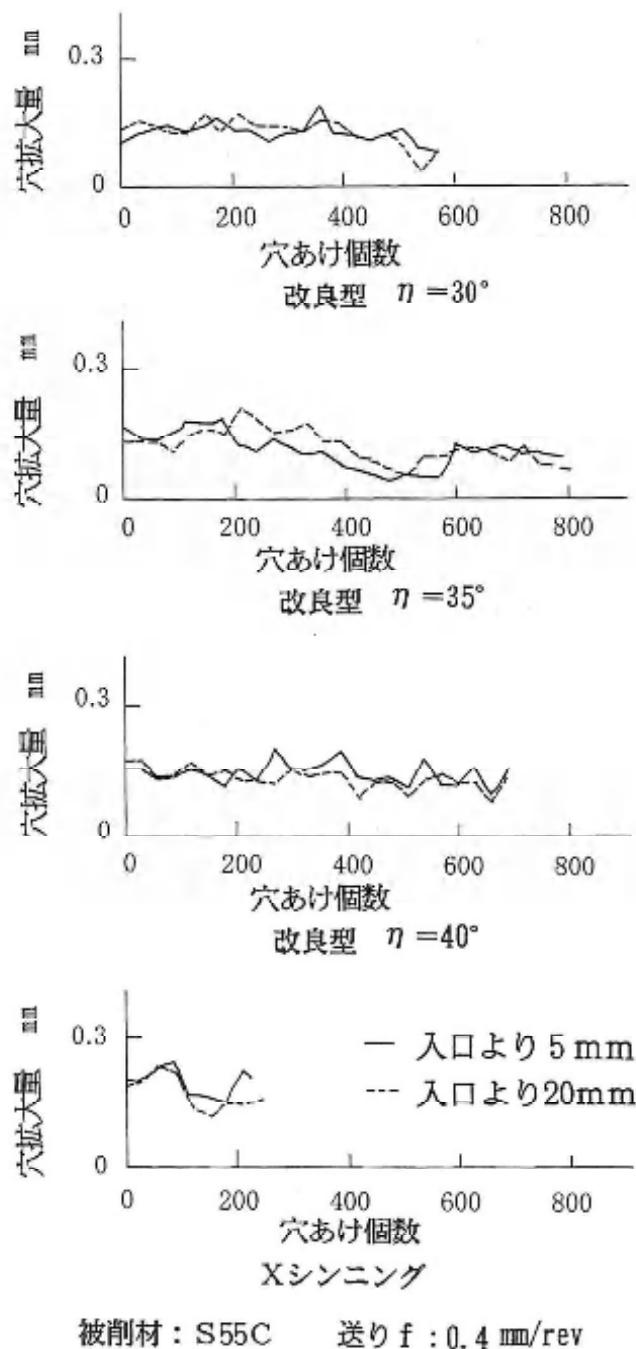


図 17 穴あけ個数と穴径の変化

6. 結 言

本研究において得られた結論は、以下に示す通りである。

- (1) 新型、改良型ドリルは中心部に比較的簡単な研削を行うことで、大幅にスラストを軽減させることができる。
- (2) 改良型ドリルの第3切れ刃の負のすくい角を小さくするとスラストは減少するが 30° 以下ではほとんど効果がない。
- (3) 改良型ドリルは中心部摩耗と関係のないドリル外周の摩耗で加工を中止するところまで延長できた。Xシンニングに対し、改良型は3倍以上に寿命を延ばすことができた。
- (4) 改良型は標準条件の2倍に送りを上げることができ、しかも高寿命である。
- (5) 改良型の穴精度の改善は送りを上げることで達成できた。

文 献

- (1) 田口、明石、貝田：“スラスト軽減のための新しいドリルチゼル部形状の開発”，有明工業高等専門学校紀要，第36号，2000。

ミニヒートパイプ列による電子機器の冷却に関する研究 (最大熱輸送量を予測する理論計算)

吉田正道・M.SCHNEIDER*・M.GROLL*

〈平成11年9月30日受理〉

Investigation of Interconnected Mini Heat Pipe Arrays for Micro
Electronics Cooling

(Theoretical model for predicting maximum heat transfer rate)

Masamichi YOSHIDA,
Marcus SCHNEIDER* and Manfred GROLL*

Theoretical investigation of mini heat pipe array structures(MHPAs) has been performed to predict the maximum heat transfer rate. In optical investigation which has been carried out previously, it was found that the strong "balance" effects can occur dependent on the used wick structure. These effects lead to unevenly fluid distributions within the MHPAs. Therefore, a new numerical model which considers the interconnections was developed. In this model, the pressure distribution along the individual triangular grooves and the interconnection grooves is calculated and thus the resulting fluid flow. Experimental results are used to adjust model parameters. Within reasonable limits, the results of the theoretical investigations are in agreement with experimental data.

1. まえがき

電子回路の高集積化にともない、回路基盤の発熱密度が増加し、電子機器の安定した動作のためには、伝熱素子を用いた局所発熱源からの熱輸送およびヒートシンクによる温度の均一化等の方法による電子回路基盤の冷却が必要不可欠になっている。ヒートパイプは内部に封入された作動流体の相変化にともなう潜熱輸送を利用した高性能伝熱素子で、従来から宇宙空間での人工衛星内温度均一化、ターピン翼の冷却および永久凍土の保全などに用いられてきた。電子機器の冷却においては、マイクロあるいはミニヒートパイプと呼ばれる極小管径のヒートパイプが開発され、既に実用化されている。マイクロおよびミニヒートパイプはそれ単体で用いられた場合、最大熱輸送量は数W程度であり、現在の電子機器冷却において要求されている数十Wレベルの熱輸送は出来ない。そこで、ヒートパイプを複数並列に配置したヒートパイプ列が考案され、その作動特性に関して研究が進められている。

著者らは、三角形断面を持つミニヒートパイプを並列に並べ、その両端を連結した平板型ミニヒートパイプ列について作動特性、内部可視化による作動流体の挙動観察および最大熱輸送量の測定を行った。^{①, ②}

その結果、一般的な単体のミニヒートパイプでは観察されなかった興味ある現象が認められ、それは主にヒートパイプを相互連結させたことに起因すると考えられる。従って、最大熱輸送量の予測計算においても相互作用の影響を考慮しなければならないが、現在のところそのような理論計算の報告は見あたらない。そこで、著者らはこれまでの単体のヒートパイプに関する理論計算に相互連結の影響を加えた簡易数値計算法を提案し、実験結果と比較検討した。本論文においては、その結果を報告する。

2. ミニヒートパイプ列

図1に研究対象としたミニヒートパイプ列の一例を示す(上部平板を取り外した状態)。基盤は長さ110、幅30および厚さ1.5mmの平板でアルミニウムとセラミックの合金である。この基盤上に三角形断面の溝を並列に19本加工し、金網ウイックを装着した後、同材

*シュツットガルト大学

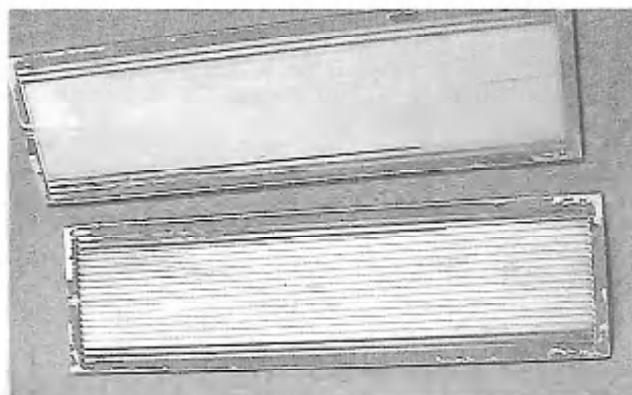


図1 ミニヒートパイプ列内部

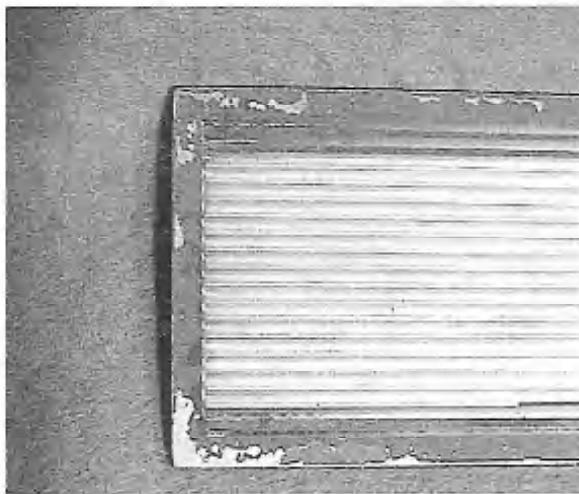


図2 ミニヒートパイプ列端部詳細

質の平板を特殊な方法で接合してミニヒートパイプ列とした。尚、基盤および平板表面は金メッキを施している。

図2は基盤上のパイプ列端部の拡大写真で、幅0.5mmの矩形断面溝で各三角形溝が連結されているようすが分かる。他端も同様の形状になっており、両端部がそれぞれ連結された構造になっている。

3. 理論計算

電子機器の冷却に用いるミニヒートパイプ列の設計においては、その作動限界を適切に見積もることが重要である。一般的にヒートパイプの作動限界は毛細管圧力の限界による作動流体の蒸発部への環流不全に起因することが多い。本計算においても、この毛細管圧力限界を作動限界とし、最大熱輸送量を求めた。しかし、並列に連結されたそれぞれのヒートパイプ間の相互作用は非常に複雑であるため、このようなヒートパイプ列の特性を予測する完全な理論計算を行うことはかなり困難である。そこで、本論文では上述したミニヒートパイプ列に対して、相互連結による作用を簡単な方法で取り扱った最大熱輸送量の予測計算法を提案

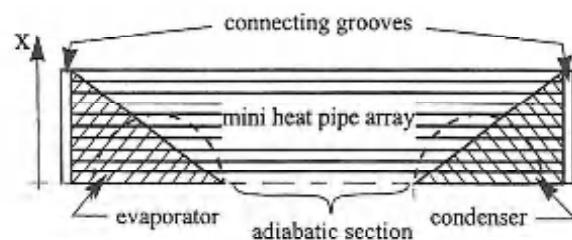


図3 計算のための幾何学モデル

した。

本計算に用いた幾何学モデルを図3に示す。現象は軸対称であるため、計算範囲は図に示すように全幅の半分とした。金網ウイックを装着した三角溝が平行に並べられ、その両端は矩形断面の溝で連結されている。実際の発熱部形状は複雑であるが、計算を簡単にするため、以下のように単純化した。すなわち、破線は実験に用いられたミニヒートパイプ列の下部に実際に設置されたヒータおよびコンデンサーの形状を示したものであるが、本計算においてはそれぞれの溝の蒸発部および凝縮部の長さは異なり、その全体形状は図中に示すように三角形形状と仮定した。その蒸発部形状にしたがってそれぞれの溝内の質量流量を仮定し、毛細管圧力差および蒸気と液体の圧力分布をPeterson³⁾による方法で計算した。

ここで、ヒートパイプ端部連結の影響を考慮しなければならないが、本計算の場合、連結溝内に流体の流れが存在すると考え、前段階で算出された溝端の圧力勾配を使用して、その質量流量を求めた。計算された質量流量を連結溝内の圧力分布にしたがって、図4に示すように圧力勾配が小さくなる方向に再分配し、それぞれの溝内の質量流量分布を修正した。この修正された質量流量を用いて、新しい圧力分布を求めるために同様の方法を繰り返した。この繰り返し計算を質量

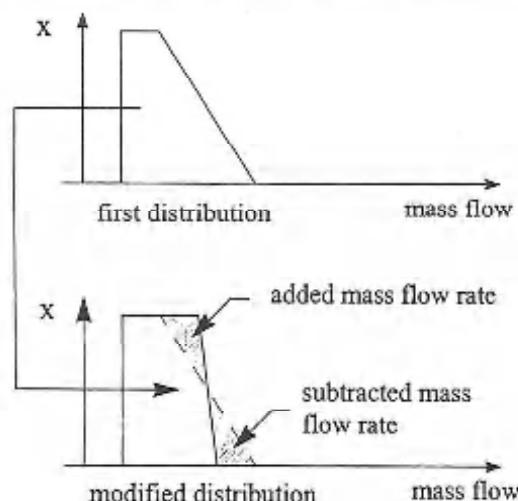


図4 質量流量の修正法

流量の修正量があらかじめ設定された微小量以下になるまで行った。

図5に本計算のフローチャートを示す。最大熱輸送量 Q_{max} は大部分の三角溝内において、毛細管圧力差が蒸気と液体の圧力損失の和よりも小さくなつた場合に得られるものとした。また、本計算においては、修正浸透係数³⁾を用いることによって、簡単な方法で蒸気流路断面積 A_v の修正を行つた。これは、金網ウイックを均一な厚みで装着するのが実際には困難な

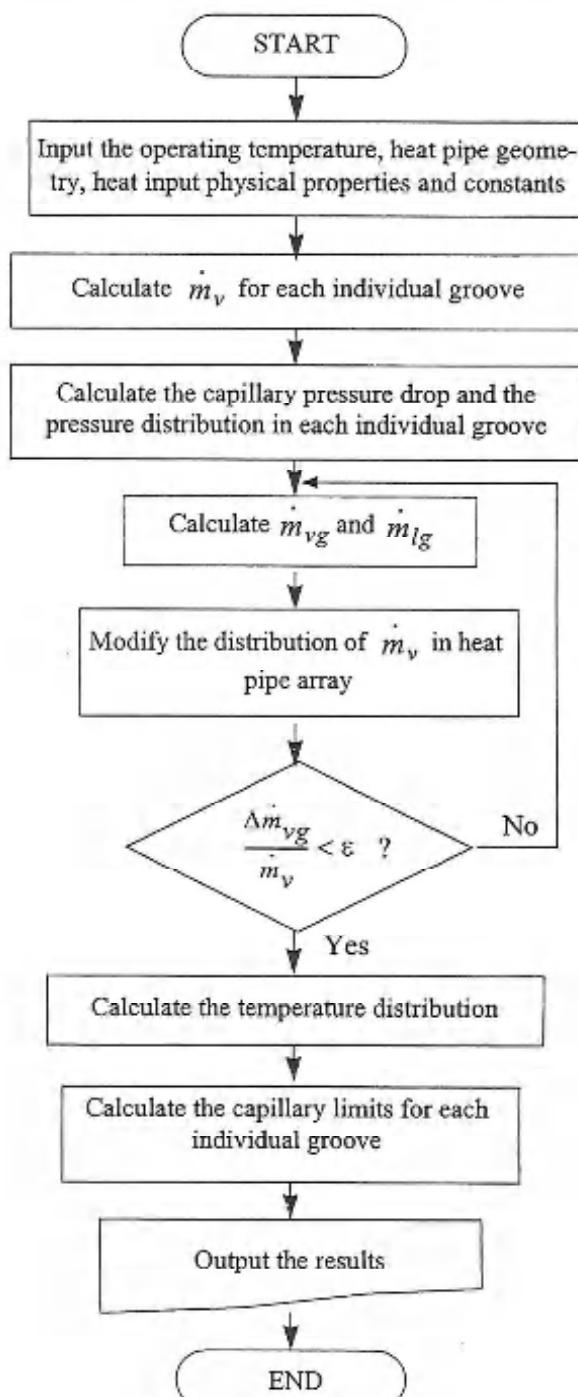


図5 計算のフローチャート

ため、浸透係数の見積もりにおいて修正が必要なためである。

4. 結果と考察

図6は計算対象としたミニヒートパイプ列の断面概略図である。V1およびV2は図1に示したものと同様形状のもので、V1は溝の全表面に金網ウイックを

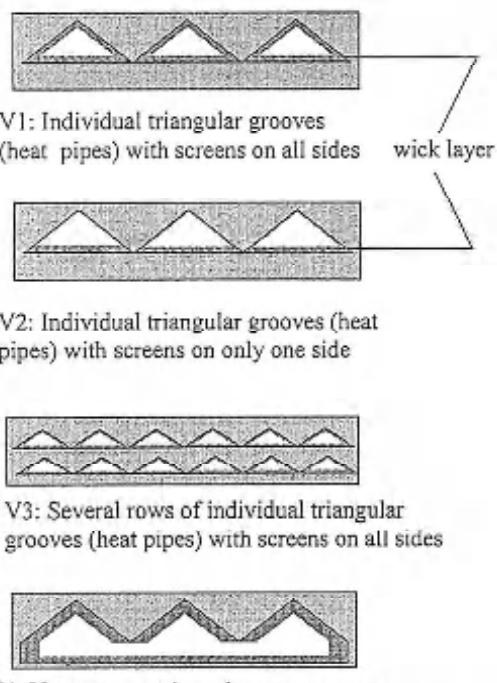


図6 供試ミニヒートパイプ列の断面概略図

装着しており、V2は底面のみに装着したものである。V3は性能向上のためにヒートパイプ列を2段にしたもので、全表面に金網ウイックを装着している。また、V4は蒸気流路を拡大するために溝間に空間を設けたものである。

それぞれのミニヒートパイプ列に対して実験および計算により、最大熱輸送量を求めた。尚、実験においては、蒸発部壁温が安定せず上昇し続けた場合の正味加熱量を最大熱輸送量とした。図7に計算値と実験値の比較を示す。図中○印が計算値を示しているが、V1、V2およびV3に関しては実験値とかなりよく一致している。本計算は、前述したように蒸発部および凝縮部形状を簡略化し、さらに相互連結による影響を連結溝内の質量流量を考慮することによって定式化した簡易計算法であるにもかかわらず、実験結果を適切に予測できている。これは、本計算が本質的な現象を的確にとらえているためだと思われる。V4の場合、計算値が30%程度過大予測をしているが、この原因としては以下のことが考えられる。

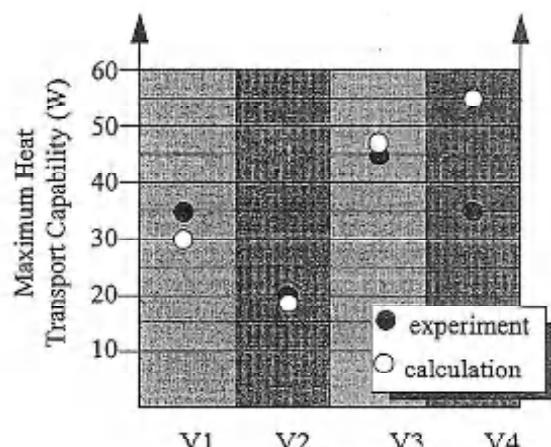


図7 最大熱輸送量

- ・本計算は極小径のヒートパイプに対する1次元式を用いているが、図6に示すようにV4は軸と直角方向にも蒸気の流れが存在する構造になっており、2次元の場で考えなければならない。
- ・液の蒸発部への環流は3角形断面の角部が大きな役割を果たすが、V4の場合、2つの角部が消失している構造になっており、この影響を計算では考慮に入れていない。
したがって、本計算法をV4へ適応するべきではないと思われるが、上述した実際の現象との相違が計算誤差に及ぼす程度を確認するために試算したものである。

5. 結論

本論文で提出した簡易計算法はミニヒートパイプ列の特性を予測できる信頼性の高いモデルであることが確認された。計算においては蒸発部および凝縮部の形状が簡易化されているにもかかわらず、様々な場合において、計算値は良好な結果を示した。すなわち、ミニヒートパイプ列の設計においてこのモデルを用いることによって設計上の重大な間違いを防ぐことができるものと思われる。

提出したモデルは信頼性の高いものであるが、モデルの適用範囲を拡張できるように改良するためには、さらに多くの形状のミニヒートパイプ列に対して異なった作動条件のもとで計算し、その信頼性を確認する必要があると思われる。

謝 辞

本研究に関する実験の大部分は共同研究としてドイツ連邦共和国のシュツットガルト大学で行われたものである。ここに記して謝意を表す。

記 号

A_v	: 蒸気流路断面積
\dot{m}_v	: 蒸気質量流量
\dot{m}_{vg}	: 連結溝内蒸気質量流量
\dot{m}_{lg}	: 連結溝内液質量流量
$\Delta \dot{m}_v$	: 各ヒートパイプ溝内の蒸気質量流量の増分
Q_{max}	: 最大熱輸送量

参考文献

- (1) Schneider, M., Yoshida, M. and Groll, M., "Optical Investigation of Mini Heat Pipe Arrays by means of Digital Image Processing", Proc. of the 11th International Conference on Thermal Engineering and Thermogrammetry, 1999-6
- (2) Schneider, M., Yoshida, M. and Groll, M., "Optical Investigation of Mini Heat Pipe Arrays with Sharp Angled Triangular Grooves", ASME. Advances in Electronic Packaging, 1999, Volume 2, pp1965-1969
- (3) Peterson, G. P., "An Introduction to Heat Pipes", John Wiley & Sons, Inc., 1994
- (4) Wang, C.Y., Groll, M., Roseler, S. and Tu, C.J. "Porous Medium Model with Applications to Micro Heat Pipes", Heat Recovery Systems & CHP, Vol. 14.

教育・研究用移動ロボットの研究（2）

—第2ステップモデルの全体構造と重量—

瀬々浩俊・堀切淳一・川崎義則・木下正作

〈平成11年9月30日受理〉

A Study of the Mobile Robot for Education and Research (2)

Hirotoshi SESE, Junichi HORIKIRI,
Yoshinori KAWASAKI and Shousaku KINOSHITA

We described a concept of the mobile robot for education and research, and mentioned the rough schedule for this research and the outline of first step model : ARSE-1 at last issue. This time, the goal and the estimation of the structure and the weight in second step model : ARSE-2 are described mainly. And, the other topics are mentioned.

1. まえがき

卒業研究などに使える面白いもので、デジタル制御システムのテストベッドともなるロボットが欲しいというのが本研究の発端である。そのロボットの企画、全体構成と最初のモデル ARSE-1（初年度モデル、走行のみ）の進行状況については前号¹⁾に報告した。

ここでは、その後の進展について報告したいが、全体が全て予定どおりに進行している訳ではない。そこで、ほぼ日途のたった ARSE-2（2年度モデル、頭付き）の全体構造、外形と重量について主に述べる事にする。参考までに、ASE-2 の目標仕様を表-1 に示す。図面をきっちり書いて製作を進めているわけではないので、報告書にまとめようすると図面化に時間がかかる。今回は中間報告ということで簡単な図面と写真をもとに説明する。最後に、本計画の進行とともにあって具体化した事項、変更した事項、懸案事項などをまとめておくことにする。

2. 全体構造と重量

移動ロボットを構成する上で決めるべきことは多岐にわたり、それらは相互に関係している。特に、移動物体では、外形と重量は大事な特性であり、構造、即ち構造材料と構成方法、が大きく影響する。初めての試作でもあり、外形はともかく、重量はどうなるか見当がつかなかった。

表-1 ロボットの目標仕様 (ARSE-2)

(1)機械系
車輪走行方式の人間模擬外形
総重量 60kg 程度、身長 160cm 程度
走行 2 輪、首動作 2 軸
(2)電力系及び駆動系
ニネルギー：バッテリー DC12V
インバータで AC100V に変換
(3)制御・センサ系
走行系：二輪走行（2 駆動輪、2 従動輪）
前進一後退、右旋回一左旋回、右曲がり一左曲がり
タッチ機械センサ（8 方向）、超音波センサ（8 対）
頭系：右旋回一左旋回、上向き一下向き
右 CCD カメラ、左 CCD カメラ
右マイク、左マイク
右スピーカ、左スピーカ
(4)情報処理系
DOS/V パソコン、リアルタイム Linux
制御系とは制御系 BUS で接続
情報処理系が複数台必要なときはイーサネットで接続
無線 LAN で監視系とイーサネットで接続
(5)監視系
UNIX マシン又は Windows マシン
イーサネットでロボットと接続
リモート監視制御

2. 1. 構造目標仕様

ロボットの全体構造を決める上で、(1)工作容易、(2)軽くて強度あり、(3)部分交換が容易、(4)人間に近い形の 4 点を考慮した。構造的な目標を表-2 に示す。また、全体の仕様を考慮し、構造設計をする上での制約条件として、下記を決めた。

- ロボットに搭載するコンピュータには、一般に使用されている DOS/V パソコンのマザーボード ATX タイプ 2 ユニットを搭載する。
- 電源用電池として、小型シール鉛蓄電池 40Ah 型(寸法: 196L × 163W × 174H, 重量: 13.6kg) 2 個を搭載する。

表-2 ロボットの構造目標

(1) 工作が容易	→ 木製合板
(2) 軽くて強度あり	→ 箱型構造
(3) 部分交換容易	→ ユニット構造 ユニット間コネクタ接続
(4) 人間に近い形	→ 身長: 160cm 程度 体重: 60kg 程度

全体的な構造は、入手及び加工の容易さからベニヤ板を主体に構成することにして、最小限必要なところに金属を使用することにする。

出来上がった時の荷重に耐える走行メカ部、加速・減速時の G に耐える各部の強度が必要となる。このために、ベニヤ板で構成容易な箱型構造を採用する。

教育・研究用として部分的交換が必要になるが、それの容易なユニット構造をとる事にする。ユニット構

造は、重量や配線工数の増加をまねくが、変更・メンテナンスが容易である。全体のユニットへの分割、ユニット間の結線、結線用電線の収納空間の確保、など工夫すべきことは多い。

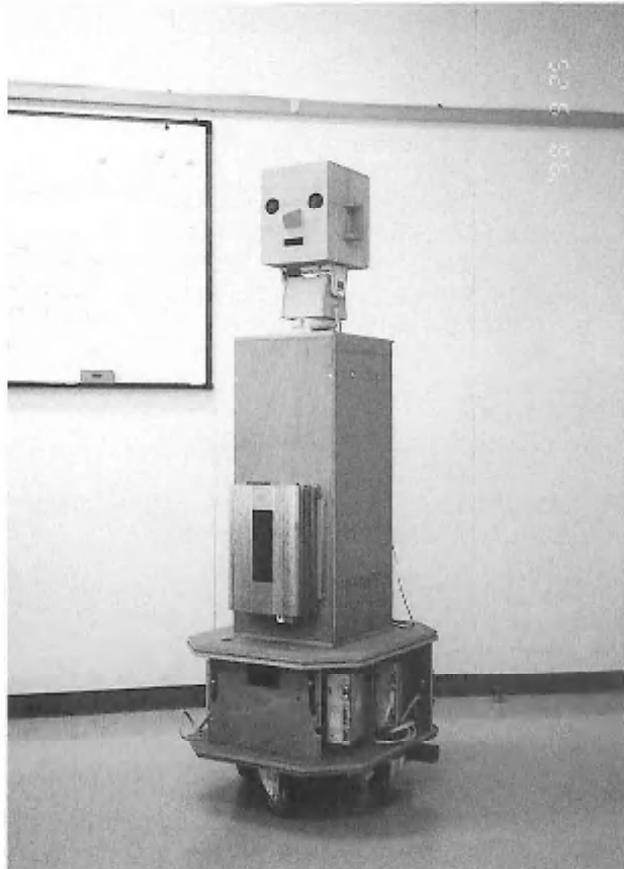
また、ロボット本体とは別に、試験用としてロボット試験台を製作することにした。ロボットをこの台に乗せておけば、走行指令を出してもロボットの車輪は回るが移動しないので、そのまま試験を継続することが出来て、試験時に大変便利と考えた。

2. 2. 試作結果

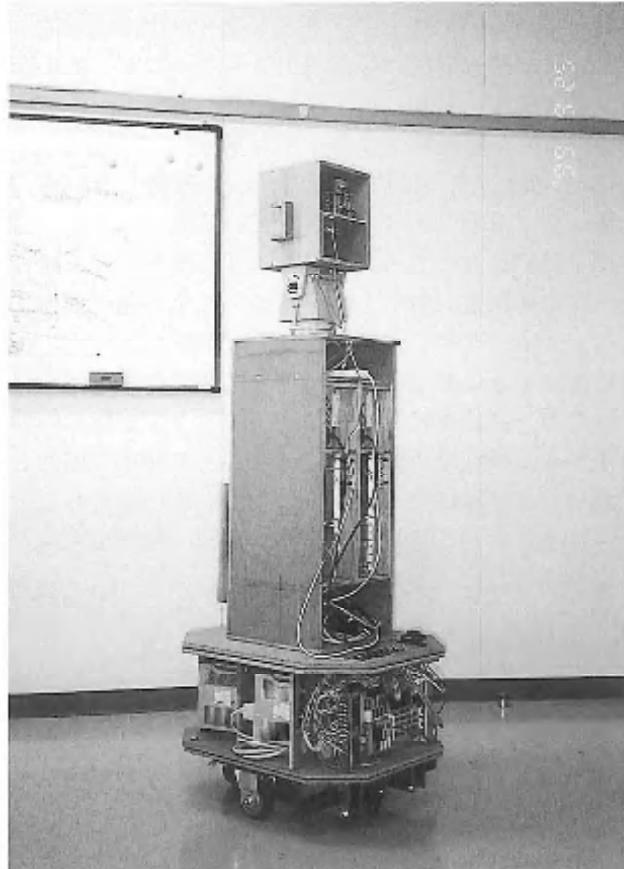
全体の写真を写真-1 に、寸法入りの外形図を図-1 に示す。全体は底部、胴体部、頭部に分けられる。底部は走行メカ部と電力・走行制御部に、胴体部は胴体本体とコンピュータユニット 1 部、コンピュータユニット 2 部に、頭部は首メカ部と頭本体および内蔵の音声・視覚ユニット部に分けられる。

(1) 身長と各部の寸法

身長は約 1600mm であり、目標どおりに出来た。水平面走行だけを想定しているとはいえ、身長が高いので横安定性を心配したが、重心が低く出来ており、電



(a) 前



(b) 後

写真-1 ロボット全体

池を除いても横安定性は問題ない。更に、底部に重量のある電池を収納しており、電池を2個装備した時はもっと安定性は増すであろう。

スタイルは、箱構造を採用したので角張っているのは仕方がない。胴体前部にインパートを装着したので、何か籠を持っているように見えるが、安定感のあるスタイルに仕上がっていると思う。外面はペニヤ板のままで安普請にみえるが、塗装すればもっと見栄えも良くなると思われる。

なお、首メカ部は市販のカメラ回転台を使ってみたが、強度が弱そう、動作速度が遅い、位置の制御が出来ない、などの問題があり、当面はこのまま使うが、将来的には置き換えが必要である。

(2) 体重と各部の重量

全備重量は90kgと目標：約60kgをかなりオーバーしているが、まあまあの結果と思っている。玩具以外では、ちょっとしたロボットでも200kg程度にはなるからである。そのうち電池が30kgと全体の1/3をしめ、走行時間を1時間にすれば75kgとなる。ロボットの重量の配分がどうなっているかを図-2に示す。これは今後の改良の重要な資料となろう。

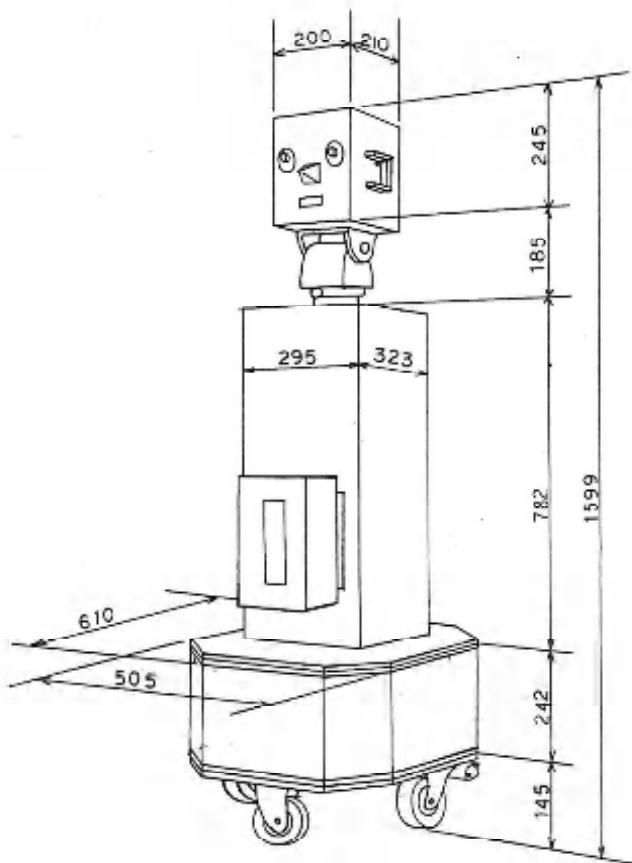


図-1 ロボットの外観図

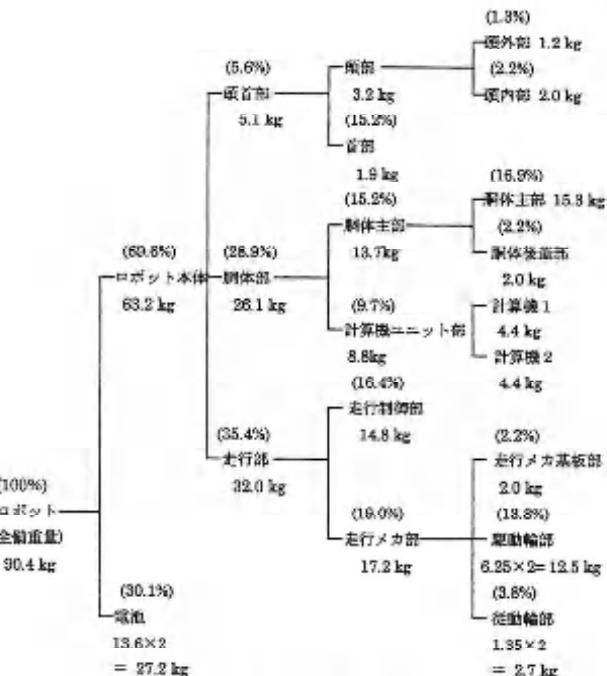


図-2 ロボットの重量分析図

(3) 静止荷重と走行メカ部

ロボットの荷重は台車固定の駆動輪2個と従動輪2個の4点にかかる。これらの駆動輪、従動輪にHAMMER CASTERのキャスター用ゴム車輪を流用した。その仕様を表-3に示す。(これはDIY店で売っているもので、キャスター用固定輪¥1,210.-/1個、従動輪¥1,920.-/1個であった。この固定輪にギア取り付けの加工を加え、ギアを取り付けて駆動輪とした。)

表-3 キャスターの仕様

(1)名称	HAMMER CASTER 100mm ゴム車
(2)型式	固定輪: 420S-R 従動輪: 413S-R
(3)特性	車輪直径: 100mm 許容荷重: 120kg 取付高さ: 132mm 使用ネジ太さ: 10mm

走行メカ部の構成を写真-2に示す。4個の車輪を走行メカ取付基板($t=12mm$)に図-3のように取り付けている。その上に同一面積の底面を持つ走行制御部を重ねて取り付け、荷重が走行メカ取付基板に均一にかかり、走行メカ取付基板が曲がらないよう配慮している。走行制御部は中心に重量のある電池を収納したH型構造を取り、周辺に走行制御ユニット、モータ・ドライブ・ユニットを中心に向かって取り付けている。

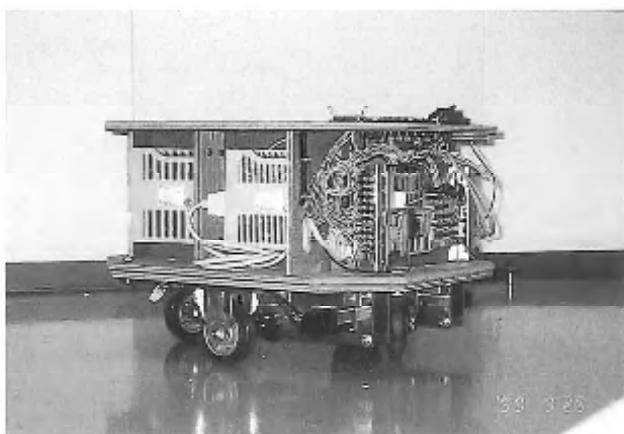


写真-2 走行メカ部

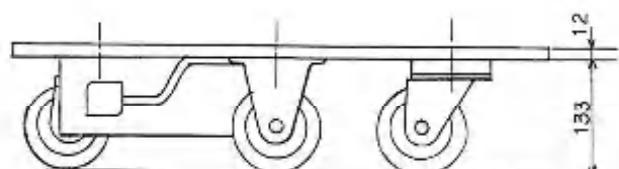
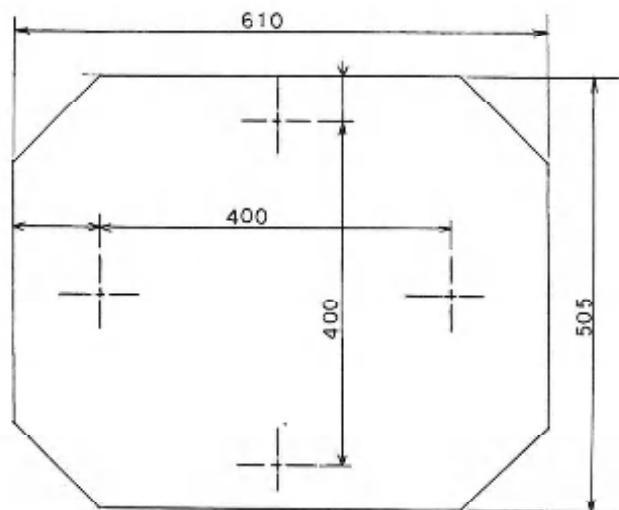


図-3 ロボットの走行メカ部

車輪 1 個で 120kg の許容荷重があるので、車輪 4 個では 480kg の許容荷重をもち、ロボットの体重 90kg と更に入 1 人が乗っても十分耐えることが出来る。

走行は水平面と限っているが、4 車輪のため走行面の凹凸で 2 個の動輪が浮く心配がある。これに対しては、ゴムタイヤ付きの車輪を採用したことで多少の凹凸には耐えうると考えている。

(4)ユニット構造と配線

本章の最初に述べたように、ロボット全体は底部、胴体部、頭部に分けられる。

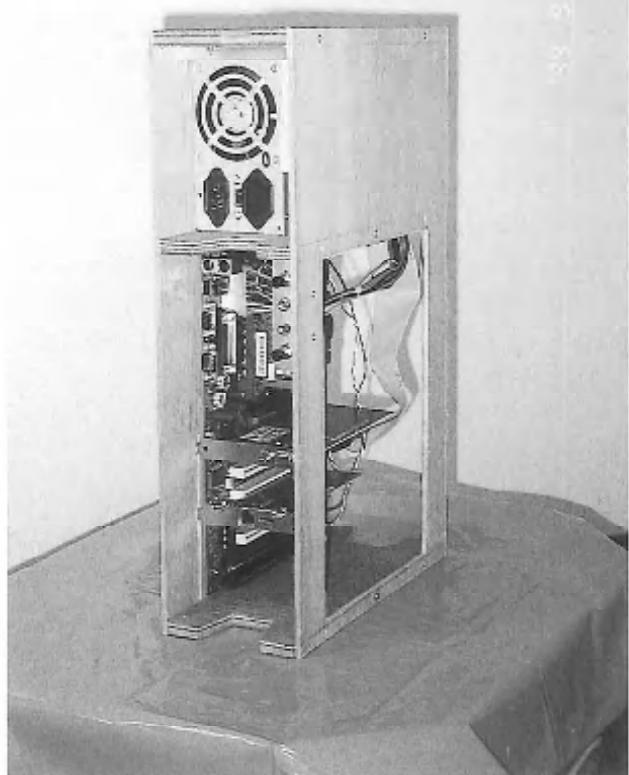


写真-3 コンピュータ・ユニット

底部は走行メカ取付基板部と電力・走行制御部に、胴体部は胴体主部とその内部に収納しているコンピュータ・ユニット 1 部・コンピュータ・ユニット 2 部に、頭部は首メカ部、頭部とその内部に収納する頭内ユニット部に分解できる。

コンピュータ 1・2 のユニットは、ケーブル引き回しと通風を考えて前面と後面にその為の空間をとってい

る。コンピュータ・ユニットの外観を写真-3 に示す。

ユニット間の接続はコネクタと端子台を使用するこ

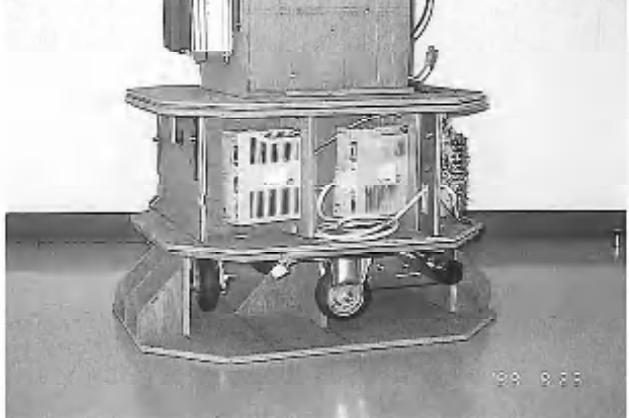


写真-4 底部と試験台

とにした。このため、配線工数が増えることになったが止むを得ない。

(5) 試験台

車輪を浮かせて、ロボット全体を台に乗せることにした。台に乗せた状態のロボット底部の写真を写真-4に示す。

3. その後具体化した事項

本計画の進行にともなって具体化した事項、変更した事項、など主な点を以下に述べる。

- (1) ロボットに搭載するコンピュータにはディスクレス・システムを採用し、その2台を100BASE-Tで接続する構成とした。ディスクレス・システムはリアルタイム制御部(RT-Linux のプログラム、カーネルの一部)のデバッグを考えており、2台使用は処理能力のアップと使用ソフトウェアのカーネル、バージョンとの関係で2つのバージョンを使用可能にするためである。
- (2) したがって、ファイルサーバ用コンピュータが必要になる。それで、専用のモニタ・コンピュータにファイルサーバを兼ねさせる事にした。このコンピュータもOSにはLinuxを使用している。しかし、一般的のコンピュータからもWEBでロボットのモニタができるようにもする予定である。
- (3) ARSE-1の完成よりも、ARSE-2までのハードウェアの完成を優先させるようにした。一つには走行制御部のハードウェアの完成に手間取っていること、又、走行制御は全体の重量がどうなるかに大いに関係があり、早く見通しを得たいこともある。
- (4) FPGAで実装する手動制御部分の実装規模の見積もりを誤り、製作変更をしたこと、実際にデバッグしたりすると修正で規模が膨らみ、1個のFPGA予定が2個必要になり、プリント基板の配線からやり直す必要が生じた。また、追加の素子の入手、開発ソフトウェアのバージョンアップなどに時間を消費した。
- (5) 安全用の走行制御のインターロックスイッチとして、接触形タッチスイッチの試作が遅れている。接触してから完全に停止するまでの距離をどう見込むかは、全体重量と制動性能が関係する。補助としての超音波を使った近接センサについては、超音波距離計を1台試作・試験して、回路的には見込みがついたが、取り付け方法など考えなければならない。
- (6) 市販のカメラ回転台を使用した首メカ部の位置制御は、いいかげんであるが、回転位置と傾斜位置の制

御をon-offとタイマーによる時間推定で行う予定である。それでも、正面位置と頭水平位置のセンサは最低限必要となろう。簡単なフォト位置センサを取り付けて位置の制御を行うかも知れない。

(7) 制御関係のハードウェアとCPUとのインターフェースにPCIを使用する事にした。ISAでも良かったのであるが、今後PCIモジュールの使用が多くなると見込まれるからである。また、ディジタル入出力は市販のPCIモジュールを使用することにした。しかし、Linux用のドライバがないので、ドライバを作成しなければならない。

(8) この1年で、Linuxも2.2バージョンアップ版がリリースされ、RT-Linuxの2.2対応版も最近になって出た。したがって、今後のプログラムの開発はバージョン2.2版主体で行うことになる。使用ライブラリの関係で2.0版も使用する。

(9) 無線LANについては後回しとしている。経費の関係が一番大きな理由であるが、取りあえずの研究の進行に大きな影響を与えないし、技術的進化が激しい部分であり、後の方が高性能機種を選べて有利である、などによる。(現時点であれば、例えば5Mbpsのものを使用する事になろう。)

4. 今後の予定

首メカ部及び首メカ制御系に問題を残すが、ARSE-2までのハードウェアの製作見込みがついた。今後は、首メカ部の検討を進めると共に、ハードウェアの完成を急ぎ、ソフトウェアの開発に早く重点を移したい。

機能、性能はソフトウェアの製作が終わらないと分らない。次回には、ASE-2までのハードウェア構成とソフトウェアについて報告できるよう努力したい。

5. あとがき

ロボットは総合技術であり、その開発には多方面の知識と技術が必要である。実際に、部品やユニットの調査と試験、ソフトウェアのライブラリや機能ユニットの使用法の習熟、そのための試作など時間はいくらあっても足りない状況である。全体を統合する時期がまだすぐにこないが、少しでも成果を出すためには中间目標をしっかりと定めて精力を集中する必要がありそうだ。

参考文献

- [1] 漣々、堀切、石井、川崎：“教育研究用移動ロボットの研究(1)”，有明工業高等専門学校紀要35号(1999)，53-58

電子回路実験用ブレッドボードの電気特性について

石井 康太郎・池上 勝也・荻島 真澄

〈平成11年9月30日受理〉

Electrical Characteristics of Breadboards for Electronic Circuit Experiments

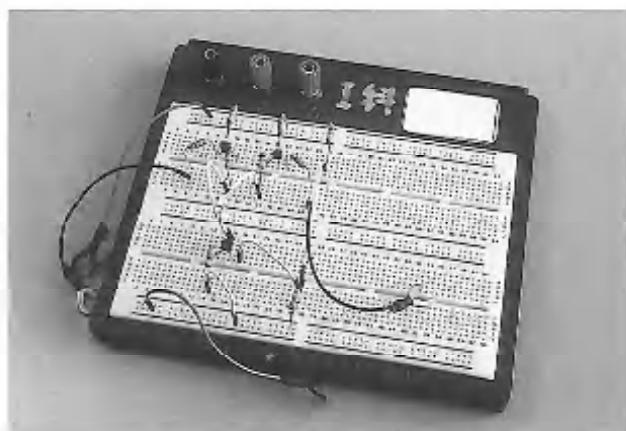
Kotaro ISHII, Katsuya IKEGAMI, Masumi OGISHIMA

Since 1993, at the department of electronics and information engineering, the students have been using breadboards to assemble their experimental electronic circuits. They calculate the circuit constants, get the components from stock, assemble the circuits, and measure the electrical characteristics. They also select suitable instruments for the measurement. In these process, we hope they will have more interest in electronics.

But the circuits on breadboards sometimes show unstable behavior. By the instability, the data lose accuracy, and then the experiment takes long time. So we have studied the cause of the instability, and have gotten some countermeasures.

1. まえがき

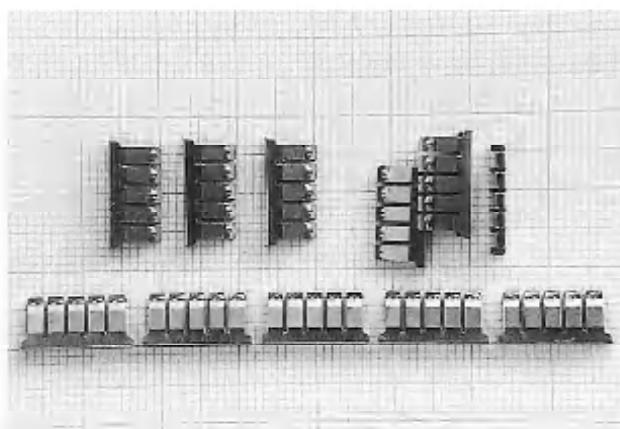
電子回路実験用ブレッドボードは、試作回路の特性確認・評価などに使用される。電子情報工学科では、平成5年度以降、主に5年生の電子回路実験に使用してきた。その使用状況を図1に示す。



幅190mm×奥行168mm、接点数1580
図1 ブレッドボード使用状況

ブレッドボード内部には、電子部品のリード線を相互に接続するため、リセプタクル接点の「連結端子」が配置されている。接点数は5連および25連である。25連のものは電源ラインや接地ラインに使われる。連結端子の写真を図2に示す。

離れた位置にある電子部品との接続や、信号源・負

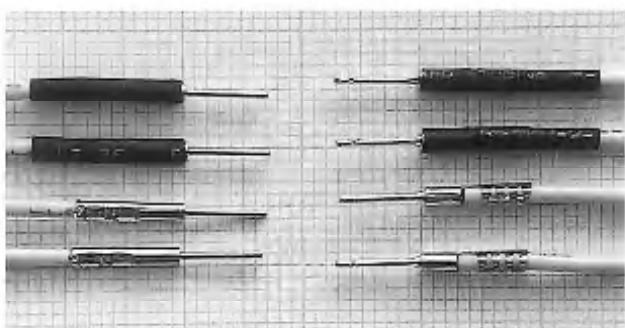


全長：5連 14.2mm, 25連 75.2mm, 板厚：0.2mm
図2 ブレッドボード内の連結端子

荷・電源との接続には、必要に応じてジャンパ線を使う。ジャンパ線は、ビニル被覆電線の両端に插入用ピンを取付けたもので、長さは50から200mmの範囲で数種類準備されている。図3はジャンパ線の插入ピン部分を示す。3年前にモデルチェンジされているので、新旧の構造が分かるように熱収縮チューブを除去したものも示した。

以上のようなブレッドボードとジャンパ線を使って、学生は直流増幅器・交流増幅器・定電圧電源などの回路を組立てる。

ところが通電して調整そして特性測定の段階になると、



左4本が旧型、右4本が新型
熱収縮チューブを除去したものも示す。
ピン挿入部分 Φ 0.6mm、長さ 7.0mm

図3 ジャンパ線

特性が落ち着かない
わずかなショックで特性が変動する
(例: 直流増幅器のオフセット電圧)
特性が実験班によって予想以上にばらつく
(例: 定電圧電源の負荷変動特性)

という問題が多く発生する。変動やばらつきの程度が小さければ測定を続行するが、大きければ回路を組み直して再測定する。このため実験時間が長くなる。

我々は、この特性の不安定さと大きなばらつきの原因を、『回路内の寄生インピーダンス』、つまり『接続点における接触抵抗』と『ジャンパ線などの導体抵抗』と考え、ジャンパ線・連結端子を始め、実験で使用する主な電子部品について抵抗測定を行った。

その結果、現状のジャンパ線・連結端子に問題があることが分かったので、対策についても検討した。

2. 電子回路実験にブレッドボードを採用した理由

電子回路実験の教材を準備するに当たって、次のこととを学生が経験できるようにしたいと考えた。もちろん予算の制約があるので、初期費用と維持費用には留意を要する。

〈R・Cなどの回路定数を決定し、部品棚から要求に合う部品を取り出し、部品配置と配線経路を考えて、回路を組立てる。更に、実験目的に合う測定器・電源装置も学生が選ぶ。そうすることで、回路がうまく動いたときの感動が強くなる。そして電子機器作りへの理解が深まる。〉

実験用電子回路を構成する方法としては、次のようなものがある。使用目的によって評価は異なるが、我々は上記の要求に対してはブレッドボードが適当と考えた。

a. 「論理回路実習装置」のような製品

部品の姿が見えない。電源・GNDが配線済みである。ジャンパ線による接続作業だけで興味がわくだろうか？ 装置が多機能のため1回の実験ではその一部しか使わない。高価だから多くの台数を揃えられない。

b. モジュール化したもの（例：『電子ブロック』）

『積み木』の印象。近寄りやすいが『接続作業』の要素が薄れる。

c. ユニバーサルプリント板に半田付け

配置設計から半田付けまで行えば、それだけで少なくとも実験1回分（半日）を費やす。学生の不注意によるミス（定数・端子番号・極性・配線）が多いので、修正に時間を要す。プリント板と部品は使い捨てになる（部品回収は手間がかかる。何回もヒートショックを与えられない）。

ただこの方法は接続信頼度が高いので、組立・実験を数週間かけて行うのには適している。

3. 測定準備

我々は『接触抵抗』と『導体抵抗』の測定を進めることとし、測定対象・測定方法を検討した。

3.1 電子機器に使用される接触部品や導体の抵抗

電子機器には多くの接触・接続用部材が使われており、機器設計者はそれらの部材の抵抗値を回路設計の際に考慮する。我々もこれらの数値を測定データの参考にした。

いくつかの数値例を記す。

a. ケル（株）製カードエッジコネクタ [1] [2]

9800シリーズ: 30 mΩ以下

4620シリーズ: 16 mΩ以下

1156シリーズ: 10 mΩ以下

（以上 いずれも接触部は金めっき）

100シリーズ: 16 mΩ以下（接触部はすずめっき）

b. ケル（株）製ICソケット [1]

ICC 05/04シリーズ: 20 mΩ以下

（T形: すず合金めっき, G形: 金めっき）

SIC 01シリーズ: 20 mΩ以下（すず合金めっき）

c. 日本開閉器工業（株）製トグルスイッチ [3]

Dシリーズ: 20 mΩ以下（ドライサーチット用）

d. ワイヤラップ用すずめっき軟銅線 [4]

単線, Φ 0.51, 長さ 100mm: 8.92 mΩ @ 20°C

e. プリント板鋼箔 [5] [6]

厚さ 35 μm, 幅 1mm, 長さ 100mm: 約 50 mΩ

3.2 抵抗測定方法の検討

今回測定するのは、接触抵抗と導体抵抗である。接触抵抗は、集中抵抗と境界抵抗（膜抵抗）で構成され、その抵抗値は、材料・表面処理・形状・接触圧力・電気的使用条件・環境条件に影響される [7] ~ [13]。

接触抵抗も導体抵抗も $m\Omega$ 単位の低抵抗測定になることが予想されたので、測定対象の熱起電力・測定電圧による酸化膜破壊・テストリード自身の抵抗・プローブと試料間の接触抵抗による誤差の問題を検討した [14] ~ [17]。

(1) 使用測定器とテストリード

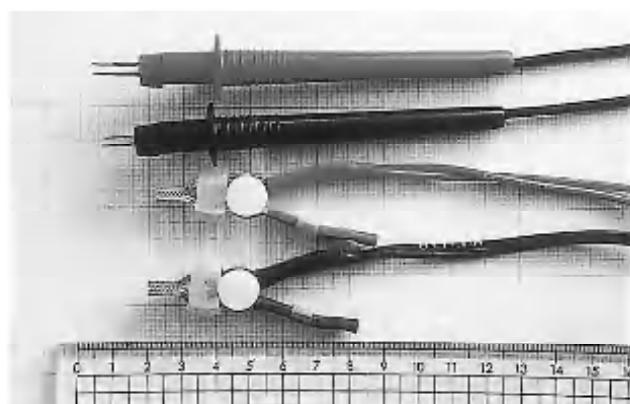
抵抗測定には、Keithley 社製 Model 2010 デジタルマルチメータを使用した。主な仕様を表1に示す。低抵抗測定のため、4線式抵抗測定用のテストリードを使用した。図4参照。4線式だからテストリード自身の抵抗は誤差にならない。また、今回使用したプローブもクリップも、その先端まで電流端子と電圧端子が電気的に分離されているので、試料との間の接触抵抗は測定値に入りにくい。

(2) 热起電力による誤差の問題

実験回路をブレッドボード上に構成すると、接触す

表1 デジタルマルチメータの主な仕様

抵抗測定に関する仕様：	
レンジ 10.000000 Ω ,	分解能 $1 \mu\Omega$, テスト電流 10mA
レンジ 100.00000 Ω ,	分解能 $10 \mu\Omega$, テスト電流 1mA
Test Lead :	
Model 5805 Kelvin Probes, 0.9m (4線式抵抗測定用)	
Model 5806 Kelvin Clip Leads, 0.9m (4線式抵抗測定用)	



ペンシル形をプローブと呼ぶ。

プローブもクリップも、先端の2つの端子は、電流端子と電圧端子に役割が分かれている。

図4 4線式抵抗測定用のテストリード

る金属材料は、銅・ニッケル・スズ・鉛等になる。異金属の組合せでは、温度の不均衡があれば熱起電力が発生し誤差になる。測定電流が 10mA では、熱起電力が $10 \mu V$ あれば抵抗は $1 m\Omega$ の誤差になる。この程度の誤差が問題になるなら、『電流反転法』か『オフセット補償法』を採用することを予定していた。

しかし、実際に測定してみると、接触部・接続部の抵抗は予想以上に高く、1~2 $m\Omega$ の誤差は問題にしないでよいことが分かった。しかし、できるだけ体温で測定対象を暖めないように、小物はピンセットで取り扱う・手早く作業をする・接続端子は伝熱しにくいプローブで触れる、などの注意をした。また測定電流の向きを、ジャンパ線から接続端子に向かう方向で統一した。

(3) 抵抗測定時の印加電圧

接点表面に生成した酸化膜（絶縁物に近い）によって接触抵抗が高くなることがある。測定時に高い電圧を印加すると、酸化膜が絶縁破壊して抵抗値が下がる。破壊しないで測定する方法に、印加電圧を 20mV 以下に抑える、いわゆる『ドライサーキット法』がある。

授業では組立てた回路を次回に持ち越してはいないので、1~2週間にわたる経時変化は問題にしていないが、実際どんな酸化膜が付いているだろうか。実験の都度ブレッドボードへの挿抜を行うことで酸化膜は脱落するか。挿入ピンの汚れ・酸化の影響は？などなど、酸化膜については検討すべき点があるが、今後の課題とし、今回は4線式で通常の測定を行う。

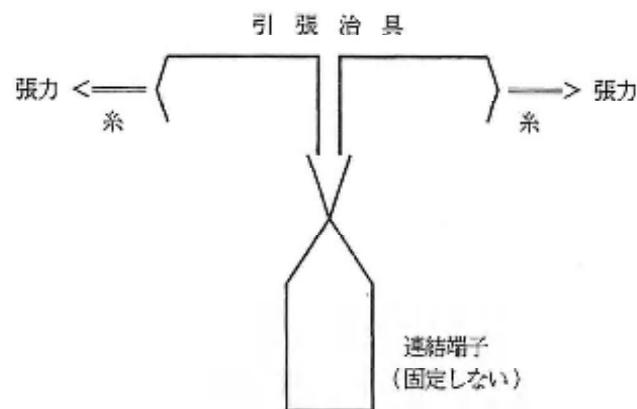
測定電流の値を表1に示している。抵抗値がフルスケール相当に高くなても、端子電圧は 100mV 程度に抑えられる。

3.3 連結端子の接触圧力の測定

接触抵抗には接触圧力が影響する。金めっき接点に比べると、ニッケルめっき接点は、接触圧力が低いときの特性劣化が著しい [9]。

そこで接触圧力を測ることにした。測定方法を考案し、引張り治具は本校実習工場で作って頂いた。測定方法を図5に示す。2つの治具の先端を重ね合わせて連結端子に割り込ませる。治具を糸で両方向に引張り、治具先端が互いに離れるときの張力を測定する。引張り治具の自重は1本 0.8g で、その約半分が張力とベクトル合成されるが、約 50gf の張力測定だから誤差は無視する。

張力測定には、シンボ工業製デジタル・フォースゲージ FGC-0.2 形（測定範囲 ± 200.0 gf）を使用した。



引張治具：質量0.8g、先端の厚さ0.3mm

図5 連結端子の接触圧力測定方法

4. 測定対象（試料）

4.1 プレッドボードとジャンパ線

平成5年度に、A社製のプレッドボードとジャンパ線を採用し、今まで2回補充した。その写真を図1～図3に示した。

材料や電気的仕様についてA社に問い合わせたところ次の回答を得た。材料名については、実際に分析したところ、一部食い違いが見られた（後述）。

a. プレッドボード内の連結端子

材質：銀・ニッケル合金、すずめっき

b. ジャンパ線

導線：すずめっき軟銅線、ビニル被覆、構成11/0.16

導体抵抗 $85.27 \Omega / \text{km}$
(@ 20°C, 筆者計算)

ピン（旧型）材質：

ニッケル合金、ニッケルめっき、丸棒から加工

ピン（新型）材質：

焼青銅合金、ニッケルめっき、板金から加工

A社が新型に切り替えたのは、1996年5月頃という。我々は今回の調査まで知らなかった。実験室のジャンパ線は、まだほとんどが旧型である。

c. プレッドボードとジャンパ線の接続性

電流容量 3 A max

抵抗値 $10 \text{ m}\Omega$

使用可能線径	AWG22-33
(Φ 0.3-0.8)	
絶縁抵抗	1000 MΩ
(DC500 V 1分間)	
静電容量	15 pF 以下 (1MHz)

4.2 電子部品のリード線

実験に使用する部品は、IC・トランジスタ・ダイオード・抵抗・コンデンサなどである。そのリード線材質の例を下に示す。

実験中これらの部品に手が触れたときの特性変動は、ジャンパ線に触れたときよりも小さい、という印象を受けていた。そこでいくつかの部品のリード線についても接触抵抗と導体抵抗を測定した。

また、ジャンパ線の代用として使うことのあるすずめっき軟銅線も評価する。

a. IC [18]

Intel プラスチックおよびセラミック
DIP: Alloy 42, Kovar, Cu Alloy 等のリード上
にソルダーコート (Sn 63% - Pb 37%)

b. 小信号用トランジスタ

東芝 2SC1815: 銅系合金上に、半田ディップ。
リード寸法 0.45 角

c. 固定抵抗器 [19]

炭素皮膜抵抗器
松下 ERD: 電気用軟銅線上に、半田めっき
(Sn 95% - Pb 5%)

リード寸法 Φ 0.60 (1/2 Wの場合)

金属（酸化物）皮膜抵抗器

松下 ERG: 電気用軟銅線上に、半田めっき
(Sn 95% - Pb 5%)

リード寸法 Φ 0.65 (1 Wの場合)

d. アルミ電解コンデンサ [20]

松下 A形Mシリーズ: 銅被覆鋼線上に、
すずめっき

リード寸法 Φ 0.5 (25 V 10 μF の場合)

e. すずめっき軟銅線 [4]

潤工社 ジュンフロン ETFE 電線 BE63A050:
AWG24, 構成 1/0.50

計算断面積 0.205 mm^2

抵抗 最大 $89.2 \Omega / \text{km}$ @ 20°C

この電線は実験装置製作時にワイヤラップ用として使っている。

5. 測定結果と考察

まず現状把握のため、実験室で使用中（以下 中古

と呼ぶ)のジャンパ線とブレッドボード内連結端子について測定した。

測定を始めたら、抵抗値が予想以上に高く、かつ不安定なことが分かった。導線とピンの接続部分を曲げると抵抗値が大きく変動する。熱収縮チューブを除去して観察したところ、構造が2種類あることが分かり、メーカに問い合わせてモデルチェンジを知った。実験室にあるのは、まだほとんどが旧型で、最近購入したものはすべて新型であった。

ジャンパ線に関する測定結果をまとめて図6に示す。測定値が2~3桁にわたって変化するので、片対数方眼紙を使って「箱ひげ図」で表現した。箱ひげ図のドットは、小さい方から、最小値・第1四分位点・第2四分位点(中央値)・第3四分位点・最大値である。対数正規確率紙ほどではないが分布状態の概容が分かる。参考までに平均値を一印で示した。

(注)以下の測定は、空調された室内で行った。室温は26~27°C程度。測定値の温度補正是していない。

(1) 旧型・中古ジャンパ線と中古連結端子

〈データa〉 ジャンパ線の ピン-ピン間抵抗

試料: ジャンパ線 200mm 20本。

備考: 導線抵抗 18.3 mΩとピン抵抗 2.4 mΩ×2を含む。

考察: 抵抗値が安定しない。ふらつきが数秒間止

まつたときの値を読んだ。接続部近くの導線を軽く曲げたり伸ばしたりして3回測定。ジャンパ線単独で20 mΩ近い抵抗を示すものがある。

〈データb〉 ジャンパ線の 導線-ピン間抵抗

試料: ピン先端から41mmのところで導線を切断し、被覆を6mmストリップ。20本。

備考: 導線長19mm分の抵抗 1.74 mΩとピン抵抗 2.4 mΩを含む。

考察: 抵抗値が安定せず、曲げの影響もある。曲げなおして3回測定。

数の値を示すものがある。熱収縮スリーブが電線の曲げを防ぎきれずに、圧着部にストレスが加わるのではないか。素線が切れているものも見つかった。

抵抗値が大きいので、熱起電力による誤差は考慮しなくてよい。しかし今後の測定では、測定電流の極性を統一している。

〈データc〉 ジャンパ線と連結端子間の接触抵抗

試料: 〈データb〉のジャンパ線20本と連結端子20本の組合せ。1本のジャンパ線を5連接点に順番に挿すのでデータ数は100個。

備考: プローブは被測定接点の直下に当てる。測定値にはジャンパ線抵抗と連結端子抵抗(後述)が含まれる。

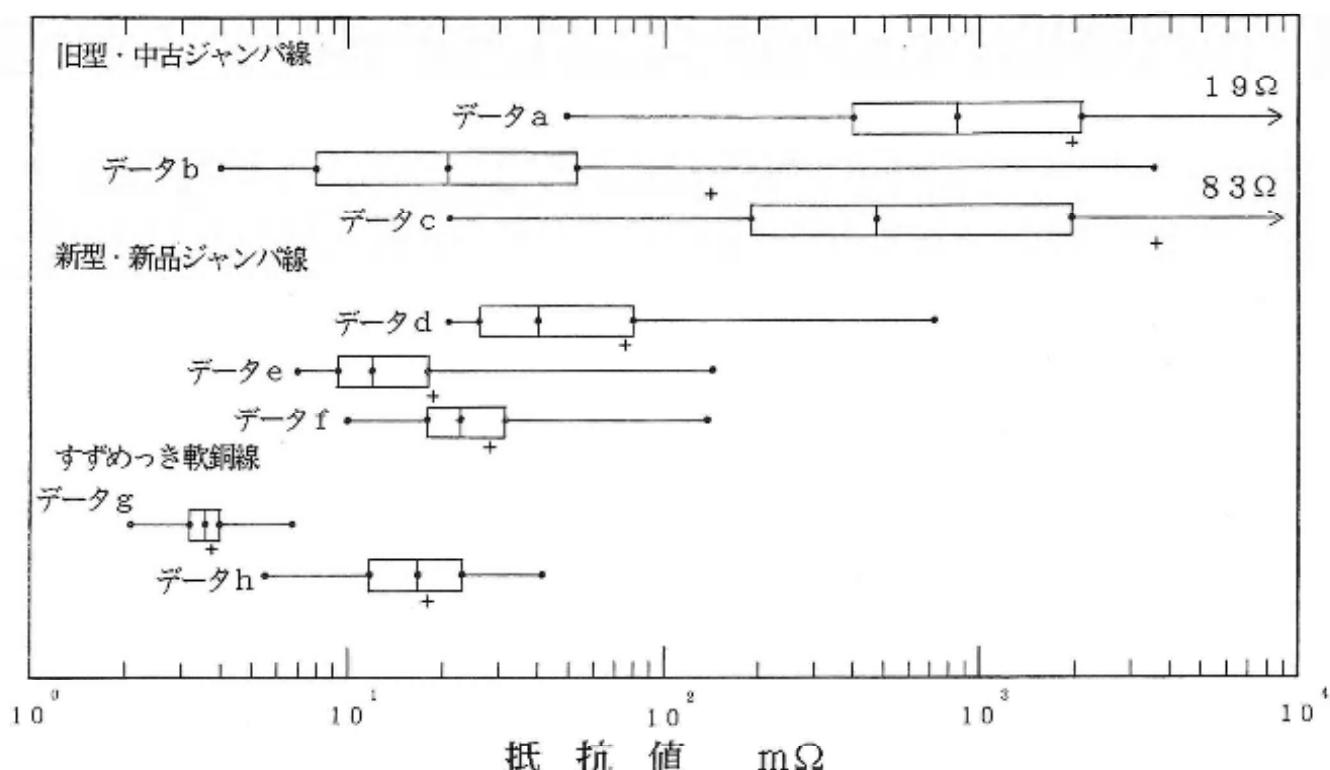


図6 ジャンパ線抵抗、連結端子との接触抵抗(箱ひげ図)

考察：同じ組合せでも挿し直すたびに抵抗値が変わる。不安定な中で数秒落ち着いたとき値を読む。100個のデータ中8個が10mΩを超えた。

(2) 新型・新品ジャンパ線と新品連結端子

前項(1)と同じ要領で測定した。

〈データd〉 ジャンパ線の ピン-ピン間抵抗

試料：ジャンパ線 100mm 20本。
備考：導線抵抗9.2mΩとピン抵抗4.0mΩ×2を含む。

考察：新型も抵抗値が安定しない。3回測定。導線を曲げると抵抗値が変わる。半数が40mΩ以上で、抵抗が高い。

〈データe〉 ジャンパ線の 導線-ピン間抵抗

試料：20本。
備考：導線長19mm分の抵抗1.74mΩとピン抵抗4.0mΩを含む。

考察：新型も抵抗値が安定しない。3回測定。130mΩに達するものがあり、接続部に問題がある。熱収縮チューブを除去して観察。『ビニル被覆の固定』と、『心線との接続』と同じ爪で行う構造だから、電線の曲げが直接接続部にストレスを与え、抵抗値が変わる。
接続方法は、爪を心線(熱線)に突き刺しており、『圧着』とは言い難い。耐久性に不安がある。

〈データf〉 ジャンパ線と連結端子間の接触抵抗

試料：〈データe〉のジャンパ線20本と連結端子20本の組合せ。1本のジャンパ線を5連接点に順番に挿す。

備考：測定値にはジャンパ線抵抗と連結端子抵抗(後述)が含まれる。

考察：挿し直せば抵抗値が変わる。1回ずつの挿入で100個のデータを取った。〈データc〉に比べると抵抗値は低いが、半数が20mΩを超え、136mΩに達するものがある。

(3) すずめっき軟銅線と連結端子

すずめっき軟銅線は、これまでにもジャンパ線不足のときに代用として使って来た。購入ジャンパ線の特性があまり期待できないことが分かってきたので、改めて評価した。

〈データg〉 すずめっき軟銅線と新品連結端子間の接

触抵抗

試料：長さ41mm、両端を6mmずつストリップし、その日の内に測定。20本、連結端子20本。

備考：導線長29mm分の抵抗2.4mΩを含む。

熱起電力による誤差を打ち消す測定法ではないので、測定値には1mΩ程度の誤差はあるかも知れない。

考察：最大値6.7mΩと低く、平均値3.7mΩが中央値3.6mΩとほぼ一致する分布である。計器の指示が2-5mΩの範囲で変動するものもあった。

〈データh〉 すずめっき軟銅線と中古連結端子間の接觸抵抗

試料：〈データg〉用試料とは別の20本。

考察：最大値41mΩ、中央値16.5mΩに増加した。しかし、まだジャンパ線より成績はよい。

(4) 主な電子部品のリード線と連結端子

前に挙げた電子部品のリード線を新品連結端子に挿して接触抵抗を測定した。電子部品は未使用品であるが、部品棚で2-3年保管されたもの。

試料数は、コンデンサリード線が10本、他は各20本である。連結端子の5つの接点に次々に挿して測定するので、データ数は試料数の5倍になる。

測定結果を表2に示す。リード線の長さは部品によって異なる。表には、抵抗測定値に含まれる線長と、その抵抗の実測値も示した。接触抵抗の数値には、このリード線抵抗と連結端子抵抗(後述)が含まれる。

考察：中央接点と外側接点の接触抵抗値の差は認められなかった。

コンデンサが若干高いが、最大値12.3mΩだから実験に支障はない。(試料のコンデンサリード線は陽極が長く、陰極が短い。短い陰極用では最大値10.2mΩだった。)

トランジスタ・抵抗器の接触抵抗は10mΩ未満の低い値であった。

(5) 連結端子自体の抵抗

試料：連結接点 5連 10本
25連 5本

測定結果：

5連 隣接接点 A-B 間抵抗 平均 5.3mΩ
両端接点 A-E 間抵抗 平均 9.2mΩ

25連 両端接点 A-Y 間抵抗 平均 44.4mΩ

備考：プローブの電流端子を接点の近くに当てる

表2 電子部品リード線の接触抵抗

抵抗単位:mΩ, 室温27℃

諸元	トランジスタ	炭素皮膜抵抗器	金属(酸化物)皮膜抵抗器	アルミ電解コンデンサ
最小値	4.0	4.0	4.6	9.5
第1四分位点	5.3	5.5	6.6	10.3
中央値	5.8	6.0	7.0	10.9
平均値	5.92	6.05	7.02	10.9
第3四分位点	6.7	6.6	7.6	11.5
最大値	8.6	8.1	9.3	12.3
リード寸法	0.45角	Φ0.60	Φ0.65	Φ0.50
測定値に含む リード抵抗 リード長 の概略値	1.15 4mm	3.20 17mm	2.16 17mm	6.80 18mm
測定値に含む 連結端子抵抗	隣接接点間抵抗5.3mΩの半分程度と考えられる			

が、電圧端子は2.5mm離れた位置にある。その分短い距離で抵抗を測るよう見えるが、対向接点を通る経路が長くなるので、測定データの補正はしなかった。

考察：接触抵抗を含まずに、連結端子を通り抜けるだけで生じる抵抗としては無視できない値である。特に接地ライン（コモンライン）は回路の基準電位を与えるものだから、回路図上でこの抵抗値の影響を検討する必要がある。今回の接触抵抗測定では、プローブ先端を連結端子の接点直下に当てたので、測定値には連結端子自体の抵抗値が含まれている。その値はA-B間抵抗の半分程度であろう。

(6) 連結端子接点の接触圧力

試料：5連の連結端子20本について、5つの接点（端からA・B・C・D・E）すべて測定した。

測定結果：

接触圧力	最小値	37.1gf
	中央値	54.1gf
	平均値	54.4gf
	最大値	68.8gf
接点Aのみの平均値		51.9gf
接点B タ		54.6gf
接点C タ		57.7gf

接点D タ 54.3gf

接点E タ 51.7gf

考察：中央接点は、外側接点より接触圧力が約1割高い。しかし、今回の接触抵抗の測定値に関しては、接触圧力の差は認められない。ニッケルめっき接点は、接触圧力が100gf程度以下になると不安定になるという指摘がある〔9〕。我々が経験している「不安定さ」の主因と考える。

(7) ジャンパ線・連結端子の材料分析

材料名についてはA社に照会し回答を得ていたが、改善の参考にするため、(株)安川電機 基礎研究所で材料分析をして頂いた。

分析結果：

連結端子：

母材 銅合金 (Cu-Ni-Zn)
めっき材 なし

新型ジャンパのピン：

母材 銅合金 (Cu-Sn)
めっき材 ニッケル

旧型ジャンパのピン：

母材 銅合金 (Cu-Zn-Pb-Sn-Fe)
めっき材 ニッケル

考察：連結端子はめっき処理されていないことが分かった。それが接触抵抗の高さと不安定さにどれだけ影響しているかは調べていないが、耐久性が心配である。
ニッケルめっき接点は低い接触圧力で抵抗が不安定になることから [9]、材料・構造の見直しが必要である。

6. 今後の対策について

以上、測定および材料分析の結果を検討してきた。ジャンパ線の接続部・連結端子のめっきなどの問題はメーカ側に改善を求めるが、学生の電子回路実験を進めなければならないので、次の対策をとる。

a. 現在使用中の旧型ジャンパ線

ジャンパ線の圧着部の劣化が進んでいると思われる所以、使用を中止する。

b. 新型ジャンパ線

導線とピンの接続方法の点で耐久性に不安がある。抵抗が高く、不安定になるのは時間の問題と思われる。

しかし、低抵抗のものを選別して、新しい間に限って使うことはできよう。プレッドボードを使う一連の実験が始まる前に定期点検して使う。

c. すずめっき軟銅線

ジャンパ線として使ってみる。実験の都度新しい電線を使うことにすれば、酸化膜や汚れの問題が軽減される。被覆をむく作業が必要になるが、実験は数名のグループで行うので問題ない。

直径 0.5mm の心線では挿入時に曲がりやすいので、0.6mm (導体抵抗 $6.61 \text{ m}\Omega / 100\text{mm} @ 20^\circ\text{C}$) を試みる。

結果がよければ、新型ジャンパ線の使用を縮小する。

d. 連結端子

これも酸化や汚れで年々特性が劣化するだろうが、目視検査や清掃が難しい。

ジャンパ線 (すずめっき軟銅線) 2本を連結端子に挿して抵抗値を測るというチェックを、定期的に行なうことを考えている。

e. 電子部品リード線

未使用の部品を使ったせいか成績は良かったが、何回も素手で触れば悪くなるかも知れない。部品をプレッドボードに挿す前に、リード線を素手で曲げることが多い。

部品リード線の表面処理は、もともと半田付けを想定している。保管期間が長いものは、予備半

田付け処理が必要かも知れない[21]。特性劣化については、後日改めて調査したい。

f. 取扱い上の注意

上に述べた定期点検のほか次のことに注意する。

プレッドボードの保管は裏返し (実行中)

実験室への飲食物持ち込み禁止 (実行中)

g. 学生へのアドバイス (電子回路の講義とも連携)

○寄生インピーダンスの発生原理と回路動作への影響についての講義。

○部品相互間は部品のリード線で接続して、ジャンパ線の本数を減らす (実行中)。

○回路内の基準電位を与えるライン (一般に接地ライン) 上の電位差を小さくする工夫をさせる。プリント板では接地ラインの幅を広くするのは常識である。

○電流の大きなパワートランジスタにはジャンパ線 2 本を並列使用する (実行中)。

(注) 異常に高い寄生インピーダンスは実験に支障を来すが、皆無にはできない。正常な値であればむしろ歓迎すべきである。その影響の程度を知り、影響を低減する方法を検討することは、実際の設計の役に立つ。

7. むすび

プレッドボード上に組立てた実験用電子回路の動作が安定しないという問題について、原因を知り対策を立てるために、抵抗測定・接触圧力測定・材料分析を行った。

その結果、ジャンパ線と連結端子間の接触抵抗のか、ジャンパ線自体の接続部抵抗も異常に高く、かつ不安定であることが分かった。

材料および構造上の問題については、メーカに連絡して改善を検討して頂くことにする。

一方、我々が実行できる対策も立ったので、すぐ実行に移して学生実験のトラブルを低減したい。

謝 辞

(株) 安川電機 基礎研究所 信頼性技術研究室室長 加来久幸氏には、接触信頼性に関する貴重な情報をご教示頂いたほか、試料の材料分析もして頂いた。

本高専 学生課実習工場係 文部技官 木下正作氏には、接触圧力測定治具の構造検討と製作でお世話になった。

ご両氏に対し深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] ケル(株), “総合カタログ”, 1991
- [2] トランジスタ技術編集部, “電子回路部品活用ハンドブック”, CQ出版社, 1992
- [3] 日本開閉器工業(株), “総合カタログ'92-'93”, 1992
- [4] 潤工社, “電子機器用電線 総合カタログ”, 第4版, 1991
- [5] 石井康太郎, “制御機器のノイズ対策”, 日刊工業新聞社, 1981
- [6] 山崎弘郎・足立昭二・山崎修快・若狭裕, “電子回路のノイズ技術”, オーム社, 1981
- [7] R. R. Tummala, E. J. Rymaszewski, “Microelectronics Packaging Handbook”, Van Nostrand Reinhold, 1989
- [8] 玉井輝雄, “コネクタの接触抵抗特性と磨耗特性”, 洗浄設計, 1989 Winter, pp.54-60
- [9] 長谷川知治, 村田安裕, 小俣桂, “静的コンタクトにおける接触抵抗と接触力の関係”, 三菱電機技報, vol.50, no.8, pp.414-417, 1976
- [10] 唐亮, 章繼高, 杉村公男, 永江昭文, “スズめっき用コンタクト表面塗布材の基油と添加剤の効果”, 信学技報, R95-39, pp.19-24, Feb.1996
- [11] 山崎正八郎, “電子回路接触部の腐食(事例と試験法)”, 防食技術, vol.34, no.9, pp.516-522, 1985
- [12] 真野国夫ほか, “接触部品の信頼性”, 総合電子出版社, 1976
- [13] 植村裕純, “電気・電子系材料”, 槿書店, 1992
- [14] Keithley Instruments, “高感度測定ハンドブック”, 東陽テクニカ, 1995
- [15] Keithley Instruments, “Low Voltage Measurements, Applications Overview”, 1991
- [16] Keithley Instruments, “Model 2010 Multimeter, User’s Manual”, 1996
- [17] 国立天文台, “理科年表, 平成10年”, 丸善, 1997
- [18] Intel Corporation, “Packaging Handbook”, 1992
- [19] 松下電子部品(株), “固定抵抗器 総合カタログ”, 1994
- [20] 松下電子部品(株), “電解コンデンサ 総合カタログ”, 1994
- [21] 田中和吉, “電子機器の組立配線技術”, 総合電子出版社, 1989

廃食油からのリサイクル石けん製造プラントの設計・製作(最終報)

木下正作・多田隈秀憲・上原 弘・川崎義則

(平成11年9月28日受理)

Design and Production of a Manufacturing Plant for Reclaimed Soap Using Cooking Oil Waste (Final Report)

Shousaku KINOSHITA, Hidenori TADAKUMA, Hiroshi UEHARA
and Yoshinori KAWASAKI

This is the final report on the technical cooperation which we were asked by the Ohmura Employment Development Center concerning the design and production of a reclaimed soap manufacturing plant. All of our activities, including one of our college's regional collaboration activities and one project of graduation researches, were finished at the beginning of this year.

So, this final report, as a continuation of previous studies¹⁾, presents the design and manufacturing of mixture in detail and summarizing remarks of this project.

1. 緒言

地元にある(財)大牟田雇用開発センターが展開する高齢者・障害者による廃食油を原料とするリサイクル石けん製造事業、そのプラントの改善に関して技術支援の依頼を受けたのが4年前である。

このたび、依頼された課題についてほぼ完了したので、卒業研究として取り組んだ3年間の実践内容を報告したい。市内の家庭や業者から収集した廃食油から粉石けんを製造するプラントの基幹工程となる反応器と混合器の設計・製作の改善が課題であった。設計の主眼は、効率、操作性、製品の品質、作業の安全性に置かれたことはもちろんであるが、特記すべきは、製作に関しては、すべて本校の設備のみによることを前提に進められたことであり、ここから、数多くの工夫が生まれることになった。以下、新しいプラントの設計・製作、またその運転による改善効果について報告したい。

前報¹⁾においては、反応器の設計・製作および改善効果について詳細に述べたので、本報告では、引き続きもう1つの課題、混合器の設計・製作と評価について示すことにする。また、この3年間の活動のまとめについても報告したい。なお、反応器については、平成9年10月初旬に完成し、稼働中である。また、混合器についても、平成11年1月末に完成し、平成11年2月8日に雇用開発センターにおいて初稼働式が行われ、

その後、効率よく順調に稼働している。

2. 粉石けん製造工程

センターが採用する炊き込み法と呼ばれる粉石けんの製造方式の全工程を図1に示す。

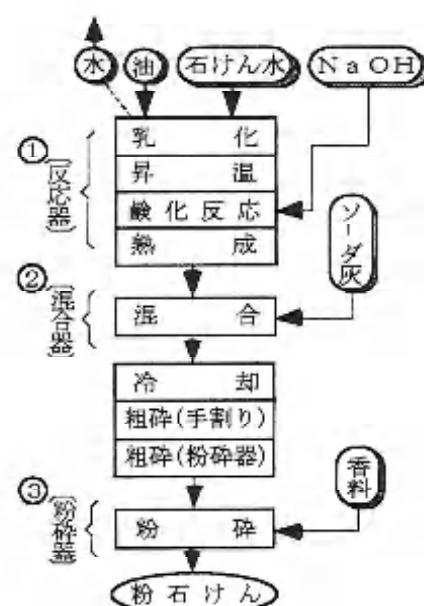


図1 粉石けん製造工程

3. 課題

(1) 反応器

- ・旧反応器では、本体容器の底部を直接ガスバーナで加熱していたため原料が焦付きやすかった。そのため、原料の反応・昇温能率の向上を図った装置を設計する。
- ・旧反応器ではセメント用攪拌器を使用していた。そこで、攪拌能率の良い羽根を設計する。
- ・旧反応器から旧混合器に原料をひしゃくで搬送していた。よって、作業者の負担を軽減し、かつ安全に搬送できる装置を設計する。

(2) 混合器

- ・旧混合器では、混合羽根の隙間が大きかったため原料をむらなく混合できなかった。そこで、原料の混合とせん断の両方の能力をもつ羽根の設計を行う。
- ・旧混合器では、原料を混合してもこぶし大の大きさまでしか粉碎されないため、もっと小さくおかしくなるような装置を設計する。
- ・旧混合器の下方排出方式では、原料が容器の中に付着して残り、作業時間もかかる。そこで、作業者の負担を軽減化し、原料を効率よく排出できる装置の設計を行う。

4. プラントの設計・製作

(1) 反応器の設計・製作

① 加熱装置

- ・蒸気をボイラにより発生させ、伝熱管により熱交換する蒸気加熱方式とした。
- ・容器内に蒸気を通す螺旋状の伝熱管を設けた。
- ・伝熱管の材質は、石けん品質悪化防止・腐食防止のためステンレス（SUS304）管とした。

② 原料搬送装置

- ・円錐底部に取付けた排出口からギヤポンプによって排出・搬送した。

③ 攪拌羽根部

- ・上羽根・下羽根の二層羽根方式とした。
- ・下羽根は軸方向に45度傾け、羽根の回転により上部に攪拌し舞い上がるようとした。
- ・上羽根は軸に平行に取付け、下羽根で上部へ攪拌し舞い上がったものをまた攪拌し循環運動を起こさせた。
- ・各羽根自体とも、回転軸への取付部（2分割固定式）と羽根部に分解できるようにした。

④ 本体容器部

- ・形状は、縦円筒型と円錐底の組み合わせ型とした。

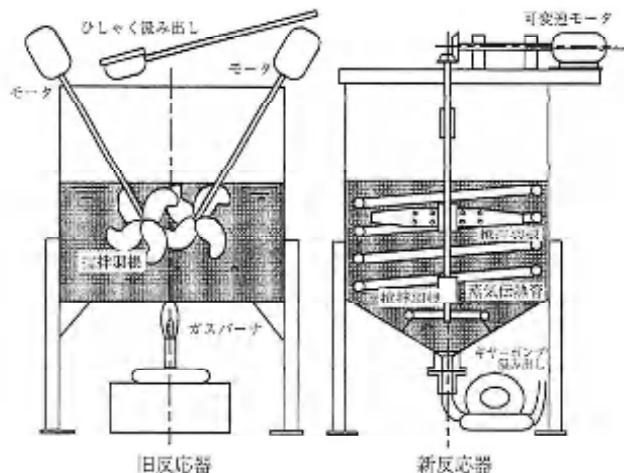


図2 反応器

表1 旧反応器と新反応器の概要比較

反応器	旧反応器	新反応器
形式	縦型円筒(軟鋼製)	縦円筒型ポンプ排出式(ステンレス製)
形状	円筒型	円筒状円錐底型
直径	1000mm	840mm
高さ	1000mm	1100mm
板厚	6mm	2mm (外周4mm補強)
加熱方式	底よりバーナ加热	内部螺旋電熱管
攪拌方式	可搬式プロペラ	2段式・各2枚羽根方式
羽根枚数	4枚	4枚
モータ出力	0.8kw × 2台	0.75kw
回転数	100 ~ 200rpm	12 ~ 120rpm
酸化反応	3.5時間	2.5時間

- ・板厚は、現有設備の関係により2mmとし、上下部、円錐部などに二重巻き補強を施した。
- ・外面には、保溫材を施工し、その上からカラートタン板を巻くこととした。

(2) 混合器の設計・製作

① 本体容器部

- ・1回の混合量を50リットルと設定した。
- ・作業者の経験から混合羽根軸心より100mm以下の所まで原料が入る容器とした。
- ・旧混合器は軟鋼製6mmの板厚であるが、新混合は新反応器製作の経験を十分に考慮し、長さ1000mmR250mmとし、曲げ可能なステンレス板厚を4mmとした。

② 混合羽根部

- ・原料のせん断と混合を併せ持つ混合羽根の設計が、この混合器では最重要点と思われる。そこで、調査検討し、耕運機のロータリのナタが理想に近いことに着眼し、それと相似な羽根を設計した。
- ・羽根の取付け位置は、一様に攪拌でき、しかも原

- 料が一方へ片寄らないことを考慮して、羽根軸を60度等配、また、1ピッチ60mm毎に60度ずらして取付けることを基本とした。
- 容器自体の回転、羽根軸と容器の関係など、回転物に対する十分な安全対策を行う。

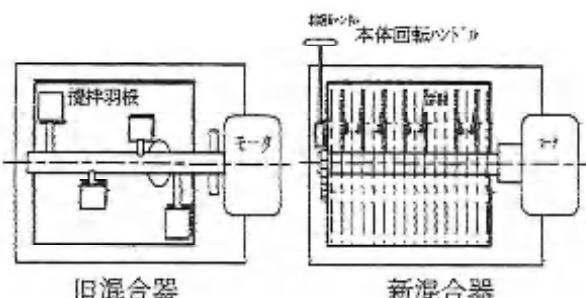


図3 混合器

表2 旧混合器と新混合器の概要比較

混合器	旧混合器	新混合器
形式	水平溝型 攪拌式(軟鋼製)	水平U型 攪拌式(ステンレス製)
形状	円筒型	円筒状円錐底型
横長さ	1000mm	1000mm
綫長さ	600mm	500mm
高さ	900mm	900mm
板厚	6mm	5mm
羽根形状	平板傾斜取付	曲がり錐状
羽根枚数	4枚	24枚
モータ出力	2.2kw	2.2kw
回転数	82rpm	12~120rpm
排出方法	下方排出弁式	本体回転式
混合時間	2時間	8分

5. 新混合器の製作

5.1 全体的な製作留意点

(1) 曲げ加工

- 現有設備のローラ曲げ機では、手動のため一度に曲げようすると、重くてうまくいかない。そのため、上ローラを少しずつ降ろし、前後による曲げ回数を増やして曲げる。
- 曲げの確認は、内側をRゲージで確認するがスプリングバックを生じることが多いので少し強めに曲げておく方が良い。

(2) レーザ加工機による切断

- 株式会社アマダ製のOLC-1000P型

*ステンレス板4mm切断時の加工条件

- アシストガスは酸素を使用
- 出力600W
- パルス発振60ヘルツ

- デューティ比65%
- 送り800mm/min
- 冷却水使用

*ステンレス板5mm切断時の加工条件

- 送り600mm/min
- 他の条件は4mmと同じ

(3) 溶接

- 板厚2mmのステンレス板を溶接する場合は、ステンレス溶接棒(TYPE:D308-16)2.6mmで80Aの電流で溶接。
- 板厚4mm・5mmのステンレス板を溶接する場合は、ステンレス溶接棒(TYPE:D308-16)3.2mmで110Aの電流で溶接。
- 小さな溶接補修をする場合は、ステンレス溶接棒(TYPE:D308-16)2.0mmで80Aの電流で溶接。
- 基本的に溶接位置を合わせて仮溶接を行い、つぎに本溶接を行う。
- 溶接位置を合わせたらシャコ万力で固定して溶接する。
- 本溶接は、溶接ひずみの分散化を図るために後退法で溶接する。
- 常に下向き溶接ができるよう、溶接材料の方を動かして行う。

5.2 主要品の製作

(1) 本体溶器部

①ステンレス板U曲げ加工

- U曲げ加工した場合、両端面にネジレがないように、L1592mm×W1000mm×t4mmのステンレス板中心より、30mm間隔のマーカ線を描いた。
- 現有設備のローラ曲げ機(本校製)で、ステンレス板のマーカ線とローラ面の平行を見ながら、中心より両端にある上ローラ上下ハンドルを均等に下げ、ステンレス板を前後にゆっくり移動させる。(写真1参照)



写真1 U曲げ加工作業

- ・上ローラの下げる前後の移動を繰り返し、内側がR 250mmに均等になるようR 250mmゲージ（ブリーキ板製）に合わせ、ネジレのないU曲げ加工ができた。

②フランジ・側板の製作

- ・レーザ加工機で、まず、フランジと側板ともベニヤ板でテストカットし、U曲げしたステンレス本体に現物合わせを行い、良好な結果を得た。
- ・フランジ、側板とも本切断を行ったが（レーザ加工機による諸条件は前述している。）切断手順として、必ず穴切断を先に行い、最後に外周（フランジは外周と内周）を切断した。外周からでは、切り離されてしまうため後加工ができないからである。（写真2参照）



写真2 レーザ加工機による切断作業

③ステンレス容器とフランジの溶接

- ・フランジの中心（U面の一番底部）に中心線を引き、ステンレス本体容器を出げる際に引いておいたマーカ線と合わせ、本体容器の上端面とフランジの端面が正確に合っていることを確認し、中心部分と両端の3ヶ所を仮溶接した。
- ・その後、ズレがないかを確認し、内側をスミ肉本溶接を後退法で行い、溶接ひずみを少なくするようにした。つぎに本体容器とフランジの接合外周面を、ボルト取付け穴に干渉しないように、ボルト穴間にビード約80mmずつのスミ肉本溶接を行った。以上の要領で両端にフランジを溶接する。

④溶接ひずみの修正

- ・本体容器とフランジを溶接したことにより、本体容器の内幅寸法500mmに予想以上のひずみを生じたため、図4のような簡易ジャッキを作成した。両端を内寸法510mmまで簡易ジャッキ1本ずつで張らせ、2時間後簡易ジャッキを取り外してみたが、内寸法479mmが481mmとあまり変化がなかった。

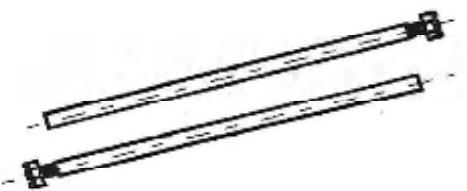


図4 簡易ジャッキ

- ・そのため、同上の要領で24時間張らせておいたあと、簡易ジャッキを取り外したら、図6のように内寸法498mmと2mmの誤差となった。しかしながら、本体容器を上から見た場合、中央部が504mmと外へ張出していることが分かった。

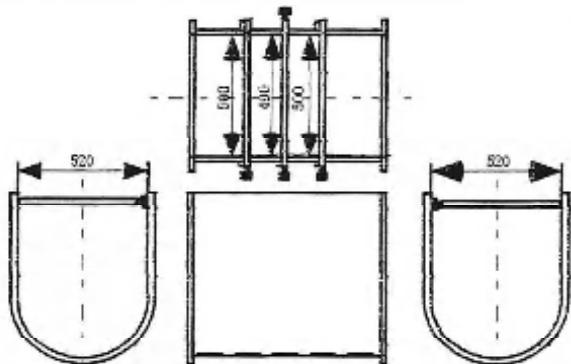


図5 張り2本、押さえ3本による矯正作業

- ・そこで、両端は今まで通り簡易ジャッキで張らせ、中央部は逆に押さえ治具を作成し3本で図5のように押さえて、2週間程そのままの状態で放置しておいた。その後、すべて取り外してみたがほとんど変化がなかった。（図6参照）

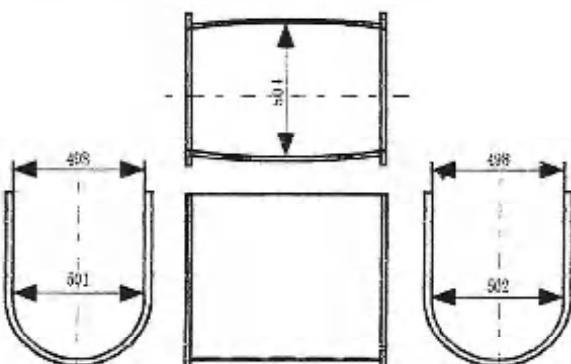


図6 矯正後の寸法

- ・最後に図7のようにフランジの内側への反りをハンマでたたいて修正した。
- ・両端のフランジに側板を組立てたら図8のように、側板が内側へそれぞれ凹凸面となったが、ペアリングユニットとウォームホイールを取付けたら、それぞれそれらが矯正され、凹面の内寸法が

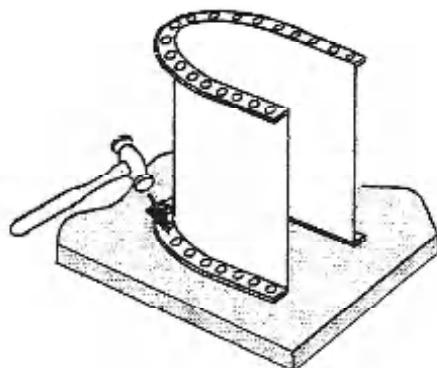


図7 ハンマによる修正作業

1009mm から 1005mm と良い結果が得られたので混合本体容器の完成とした。

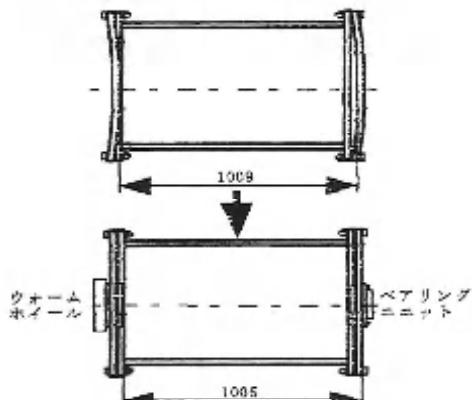


図8 本体容器側板内寸法

(2) 混合部

① 羽根軸製作

- 外径 48.6mm 内径 38.4mm のステンレスパイプ (SUS304) の両端とボス内径はめ込み部、長さ 70mm 内径 40mm に旋削後、栓溶接できるように 10mm 穴加工を行った。
- あらかじめ仁上げ代を 5mm 残しておいたボスをステンレスパイプにはめ込み、直径 50mm 仕上がり部のパイプ側をスミ肉溶接した。
- その後、栓溶接を 4ヶ所行った。この栓溶接はスミ肉溶接だけで羽根を取り付け回転させた場合の混合攪拌による過負荷を考慮したものである。また、この時点でのパイプ部の溶接ひずみは認められなかった。
- ボス部を直径 50mm ツバ直径 60mm に旋削仕上げする。

② 羽根軸のケガキ

- 羽根軸全体に青たけを塗り、両端の直径 50mm 仕上がり部を、定盤の上に置いた V ブロックに載せハイトゲージで軸心の高さに合わせたのち、両端面

とステンレスパイプのすべての部分にケガキ線を描く。この基線より、60 度間隔に同じようにケガキ線を描き、6 等分のケガキ線となった。

- 直径 60mm の端面より 52mm を基点に 60mm ピッチ、羽根軸の垂直方向外周にケガキ線を描く。
- 羽根位置実験結果より、交差したケガキ線の羽根取付け板溶接位置にポンチを打つ。

③ 羽根取付板の溶接

- 写真 3 のように、割り型の溶接治具ケガキ線を羽根軸のポンチを打った位置に合わせ、ステンレスパイプ部に 2 本のボルトで固定する。
- その後、あらかじめレーザ加工機で製作していた羽根取付板を、割り型の溶接治具のガイド板に合わせ M 10 のボルト・ナットで締付け固定する。
- 溶接治具に接していない 3 面をスミ肉溶接する。
- 溶接治具を取外し、残りの 1 面をスミ肉溶接する。つまり、羽根取付板をパイプ部に全周溶接するのである。
- 以上の要領で 23 枚の羽根取付板を溶接する。

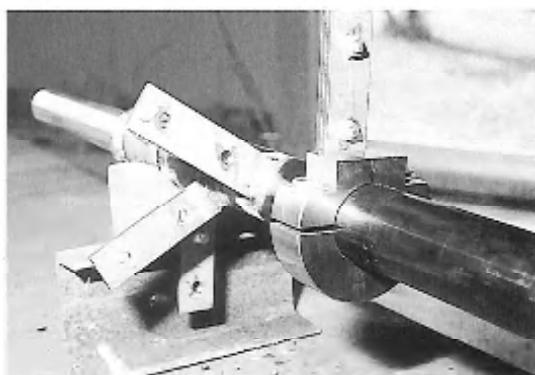


写真3 溶接治具による羽根取付板の固定

④ 羽根軸の溶接ひずみ修正

- 定盤上に置いた同じ形状の V ブロックに、羽根軸の両端直径 50mm 部を載せマグネットスタンド付ダイヤルゲージで、羽根軸の振れを測定した。(図 9 と表 3 参照)

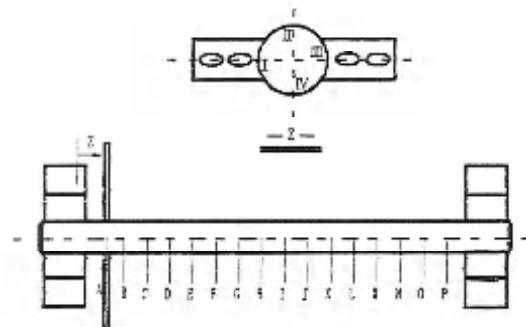


図9 羽根軸測定箇所

表3 溶接ひずみ測定値

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	-0.05	-0.09	-0.01	-0.03	-0.08	-0.04	-0.12	+0.24	-0.02	-0.02	0	-0.12	-0.08	-0.19	-0.22	-0.21
III	-0.12	-0.16	-0.08	-0.03	+0.09	-0.23	+0.03	+0.33	+0.21	+0.21	+0.25	+0.15	-0.25	-0.35	-0.16	-0.10
IV	-0.14	-0.20	-0.15	-0.12	+0.07	-0.20	-0.13	+0.20	+0.31	-0.25	+0.25	+0.23	0	+0.10	+0.04	-0.04

- ・測定位置Lが1.55mmと一番大きな振れがみられた。塑性加工用プレスで、羽根軸の振れ修正部より、各々100mm程度の位置を支持し羽根軸修正部に50~80kgf/cm²の圧力をかけ押さえ量をダイヤルゲージで測定しながら振れを修正した。
- ・全体的に修正した時点で、振れを再チェックしたが、各部スプリングバックが0.1mm程度あったため、各部再プレス修正した。振れは表4のように最大0.35mmまで修正できたので、これで組立ててみることにした。つまり、低速回転60rpmであることと羽根位置は羽根軸に対して出入りできる調整式に設計しているためである。（表4参照）

表4 溶接ひずみ修正結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	-0.19	-0.19	-0.25	-0.45	-0.45	-0.22	-0.07	+0.04	-0.05	-0.45	-0.67	-1.02	-1.05	-1.19	-0.92	-0.69
III	-0.29	0.51	0.85	-1.07	-0.78	0.15	+0.37	+0.56	-0.67	-0.51	-0.56	-0.50	-0.29	-0.90	+0.38	-0.56
IV	-0.19	-0.46	-0.66	-0.66	-0.31	+0.13	+0.43	+0.58	-0.68	-0.92	+1.23	+1.55	+1.43	+1.22	+0.37	-0.72

⑥羽根の製作

- ・耕運機のロータリのナタに相似な羽根をレーザ加工機で、まず、8.2mmの長穴加工2ヶ所を切断後、外周のナタ状の加工切断をする。ナタ状のため、切断の板取に無駄が出ないようにつかみ換え有効な板取を行った。
- ・ナタ状先端より50mmのところでR200mmに曲げる方向の内側角部をグラインダで、C3程度の面取りを行い石けん混合時の流れを良くした。
- ・ナタ状先端より50mmのところを、30mm丸鋼3本（上からの押し1本、下での受け2本）を使った曲げ治具で上から押さえる。
- ・丸鋼の位置をケガキ線に合わせ少しづつ曲げ30度になるように曲げる。（写真4参照）
- ・内径400mm、厚み8mmの鋼管を切断、R曲げ治具を作成し、先端R200mmのR曲げを同上の要領で行った。（図10参照）

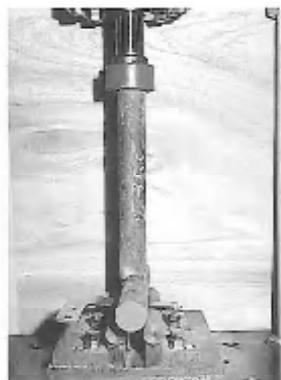


写真4 プレスによる30度曲げ作業

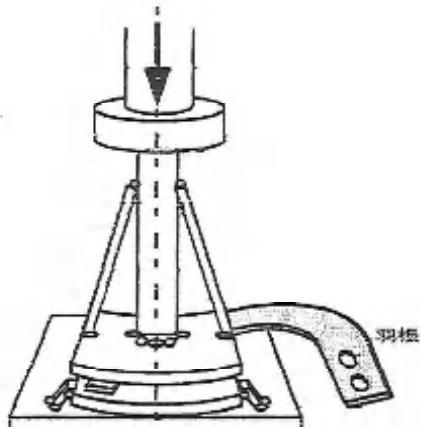


図10 プレスによるR曲げ中の羽根

⑦羽根の組立て調整

- ・混合器本体容器の側板一方を取り外し、あらかじめM8のボルト・ナットで仮締めされた羽根の混合軸をウォームホイール部のペアリングに組立てる。（写真5参照）その後、ペアリングユニットをつけたもう一方の側板を混合軸にはめ込み、側板を組立てる。

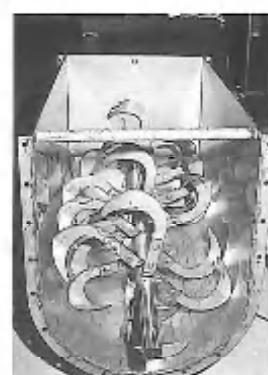


写真5 組立て中の羽根

- ・混合器本体容器の内容器と羽根の隙間を1枚1枚スケールで3mm程度に合わせ、M8のボルト・ナットで本締めする。

(3) 架台部

- ・架台フレーム部は、すべて90mm角形鋼管を帯ノコ盤で切削した。その際、切断長さや切断面の直角度が狂わないようにパイプ部の掃除、クランプ時の状況を確認しながら慎重に切断した。
- ・側面の門形部を定盤の上に置き、スコヤで直角度を合わせ仮溶接する。つぎに、下フレームを仮溶接する。その後、すべての接続面をスミ肉溶接と突合せ溶接をする。
- ・側面部として同じ物を2個製作し、後フレーム上下を仮溶接する。脚の直角度などをハンマで修正しながら慎重に製作した。
- ・側面上フレームの混合軸取付け位置となる中心線とピローブロックの取付け位置に、ケガキ線を描く。
- ・直立ボルト盤で、ピローブロック取付け穴を18キリで穴あけする。本来なら、クランプ用ボルトがM14のため、15キリで充分であるが、混合軸（混合器本体容器）を位置決め調整できるよう大きめの穴あけとした。
- ・脚の底板を仮溶接し、全体にガタ付きがないか確認し本溶接した。（図11参照）

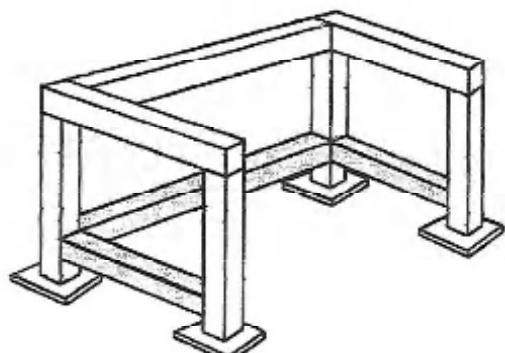


図11 架台

- ・角形鋼管の切断面の空洞が見える側面上フレーム部に3.2mmの鋼板を角形鋼管内挿に入るように切断し、突合せ溶接でふさいだ。
- ・架台の脚部にフロアから250mmの位置（バケットの高さ）に厚さ1mmのステンレス板を取り付け、混合部の粉石けん排出時（本体容器が傾斜した時に、こぼれ落ちた粉石けんを回収できるようにした。

(4) 本体容器可傾部

- ・50mm角形鋼管2本にピローブロックを組立て、直径20mmの回転軸に、ウォームとハンドルを取付けた。

- ・ウォームを混合器本体容器に取付けられたウォームホイルに、現物合わせでかみ合わせを行い、50mm角形鋼管部を架台部のフレームに仮溶接した。
- ・ハンドルを回し、混合器本体容器がスムーズに傾斜（回転）するように、ピローブロックの位置でウォームのバックラッシュ調整を行った。
- ・混合本体容器の傾斜時、ウォームギヤ部の安全対策として、幅310mm、高さ255mm、奥行き160mmのカバーを製作、また、底板は架台フレーム下側に固定し、完全密閉カバーとした。
- ・混合本体容器側板とカバーの5mmの隙間には2mmの耐油性ゴム板を取付けることで、粉石けん、粉じん対策を充分考慮したものとなった。（写真6参照）

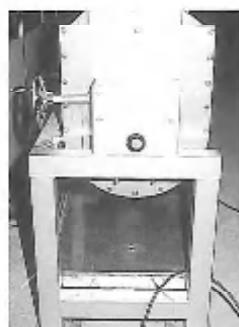


写真6 本体容器可傾部（カバー）

- ・ウォームギヤ部へのグリス注入のために、上カバー部に縦70mm、横100mmの窓を切抜き、縦110mm、横140mmの蓋を取付けた。（写真7参照）



写真7 メンテナンスを考慮したカバー

(5) 動力部

① 動力伝達部

- ・モータ取付け架台は、架台部と同じく90mmの角形鋼管を帯ノコ盤で切削し、スコヤで充分直角度を見ながらコの字形に仮溶接する。その後モータ

取付板固定のため、16 キリ穴あけをした。

- ・15mm の鋼板にモータ取付けの長穴（幅 16mm 長さ 40mm）とモータ架台部に固定する 16 キリ 4ヶ所を加工後、モータ取付板を M14 ボルト・ナットで固定した。
- ・混合軸に取付けられた直径 160mm の V ブーリとモータに取付けられた直径 80mm の V ブーリに V ベルト（3 本掛け）を掛け、3 本の V ベルトが均等に張るように、モータ架台部をジャッキに載せ高さ調整をした。
- ・架台部の脚にモータ取付け架台を仮溶接する。また、モータ取付け架台の側面に厚さ 12mm の鋼板（三角形リブ）を仮溶接する。最後に各部をスミ肉溶接と突合させ溶接を行い剛性のあるモータ取付け架台となった。
- ・モータ側面を M12 のボルト 2 本でスライドさせ、V ベルトの張り具合を決める。（最終的には組立て完成後の試運転時に再調整した。）
- ・混合器運転時の安全対策として、V ブーリと V ベルトをすべて覆った二分割式完全密閉形のカバーを取付けた。当然、これは混合時の石けん粉じん対策をも充分考慮してのものである。

（写真 8 参照）

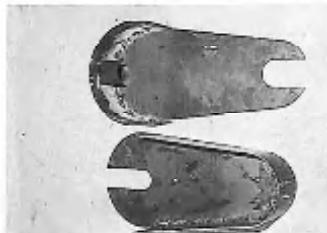


写真 8 動力伝達部カバー

②インバータモータ関係

*インバータモータ

- ・株式会社安川電機製 FELK - 5G71 形
- ・モータ出力 2.2kW
- ・極 数 4 極
- ・入力電源 200 V / 60Hz
- ・減速比 1 / 15

*インバータ

- ・株式会社安川電機製 CIMR - G5A22P21A 形
- ・適用モータ容量 2.2kW
- ・定格出力容量 4.2kVA
- ・定格出力電流 11 A
- ・電源・周波数 200 V / 60Hz

*入力側ノイズフィルタ

- ・双信電機製 LNFD - 2153HY 形
- ・200 V 用簡易形（ケース付）

(6) 混合器本体容器クランプ部

- ・図 12 のように、混合本体容器部の両側板のボルト・ナットを利用し、厚さ 6mm の L 形ツメを固定する。当然、混合器本体容器の傾斜が 0 度の時に、本体容器可傾部側は L 形ツメが架台横フレームに直接接するように、また、モータ側は混合器本体容器クランプ部の深溝の底面に接するように両側板のボルト・ナットで微調整した。
- ・深溝底面についた L 形ツメの上面を押さえツメでクランプ固定する。クランプ固定するところには、押さえツメの上面に皿座ぐりを施し、8mm のボルトプランジャーで押さえ位置決めをした。
- ・モータ側をクランプしたのは、当然負荷のかかり具合を考慮してのことである。

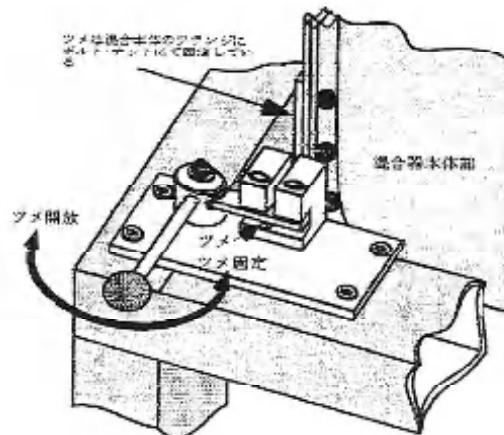


図 12 混合器本体容器クランプ部

(7) 混合器本体容器防塵カバー部

- ・混合時の粉石けん粉じん防止のため、混合器本体容器カバーを作製した。
- ・幅 500mm 長さ 1000mm 厚み 5mm の塩化ビニール板の外周に木製の枠と取っ手を取り付け軽量化されたカバーとなった。（図 13 参照）

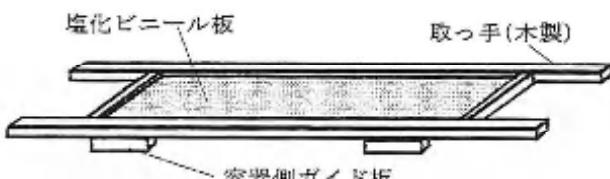


図 13 混合器本体容器防塵カバー

*完成した新混合器全姿略図（図 14）を下に示す

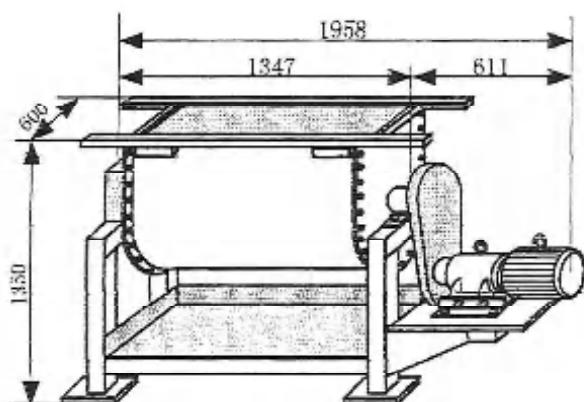


図14 新混合器全姿略図

6. 新混合器の試運転

- ・当初、反応を終了した生石けん（石けん原料）をギヤーポンプを使って反応器より、ただちに新混合器に搬送し混合することにしていたが、けん化反応後の生石けんは93度もあり、また、ソーダ灰を入れて混合すると反応熱も加わり、室温上昇と湿度増大によって混合時間が夏季だと約1時間もかかることが旧混合器の実績より分かった。
- ・そこで、反応器より排出した生石けんを、バケットに流し込み1日放置し、冷却し、かつ水分を蒸発させた。
- ・写真9の1日放置した生石けん（半固体状）70kgを新混合器へ装入、ソーダ灰を25kg加え、混合運転を行った。



写真9 1日放置した生石けん

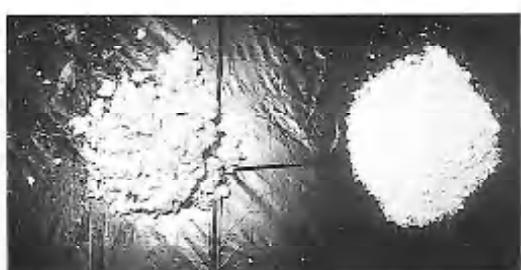


写真10 混合前(左)と混合後(右)の粉石けん

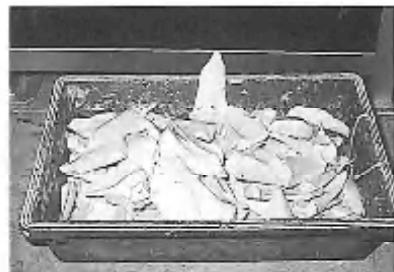


写真11 チップ状の生石けん



写真12 混合できた取出し前の粉石けん

- ・混合状態を見ながら混合回転数を調整し、ナタ状の羽根で一番適正な混合状態を60rpmと決定した。約5分ではほぼ粉状に混合でき8分で終了した。（写真10参照）
- ・つぎに、反応器から排出した生石けんをバケットに流し込み、3日放置した生石けんをチップ状（写真11）にし、同上の要領で混合した。ほぼ固体状の生石けんであるにもかかわらず、十分混合でき8分で終了した。（写真12参照）

7. 混合器の改善効果

製作した混合器では、旧混合器に比べ以下のようないい改善効果が得られた。

- ①混合時間の短縮化
- ②品質の向上
- ③労働の軽減化

- ・混合時間の短縮としては旧混合器の混合時間が約2時間程かかっていたのに対し新混合器では約8分程で混合を終了した。これは羽根の変更により旧混合器にはなかった切るという動作が羽根に加わったためだと考えられる。この動作が加わったことにより旧混合器ではなかなか小さくならなかつた原料のサイズが早い時間で細かく粉碎されるためソーダ灰との混合が早くなつた。
- ・品質の向上という面では、粉石けんの品質を表す条件のひとつとして粉の細かさがある。この粉の細かさというのは粉石けんの水溶性を表すもので

あり、この粉の細かさというのは、混合時の状態で、ほん大きさが決まってしまうため旧混合器では十分な細かさまでに粉碎することができずにいた。混合羽根の改善により従来の物に比べかなり細かくすることができた。

・労働力の軽減化の面では旧混合器では混合終了後粉碎機の入口に入る大きさまで原料をスコップによって粉碎していたが、新混合器では混合終了時の状態で粉碎機の入口に入る状態になるため、スコップによる粉碎が全く必要なくなった。

8. 結言

本報告は、地元大牟田市の雇用開発センターから技術協力依頼を受けた廃食油からのリサイクル石けん製造プラントの設計・製作に関する実践の最終報告である。平成8年度から卒業研究の1テーマとして取り組み、平成9年10月8日、その第1期として反応器が完成した。

その後、取り組んだ混合器は、平成11年2月8日に第2期として完成し、その初稼働式が、同じく当センターの木下栄助理事長・中原厚子社会福祉部長（大牟田市助役代理）と本校の山藤馨校長の手によりとり行われた。（写真13参照）



写真13 初稼働式での木下理事長（右）、中原大牟田市社会福祉部長（中）と山藤校長

大学・高専と一般企業、研究所等の共同研究・開発が产学官連携の本流で、私共の事例は少数派の部類に入ると思われるが、この交流を通じて多くのことが得られた。それらは、

- (1) 卒業研究のテーマに最適として取り上げたが、高専の学生に課題解決型の実践教育ができたこと、フィールドワークによる調査から、問題の抽出、改善案提出、具体化、そして運転評価に至るまでの体験ができたこと。
- (2) 環境問題、福祉問題に関わるテーマであり、本テーマに取り組むことで、これらの重要な問題を

体験を通して学ぶことができたこと、環境・福祉の問題は若い時に体験を通して考えさせることが重要である。

- (3) 納入した反応器・混合器がセンタースタッフに心から喜んでもらえたこと、また、センタースタッフ、高齢者、障害者、技官、教官のなかに学生が入っていくことで通常の学生生活で学べない人的交流が活性化され、学生の人間としての幅を広げることが助長されたこと。
- (4) テーマ研究に技官が積極的に加わることで、物づくりに関する技術向上はもとより、学生、教官を含めて、外注は一切せず、いかにして作るかの工夫の姿勢が促進されたこと、得られた多くのデータは固有の財産である、これらは通常の実験実習では決して得られない、

等である。

なお、平成10年度の卒業研究の椿 康弘君、真島吉将君が、平成10年3月9日、熊本大学で開催された日本機械学会九州支部学生会卒業研究発表会で「廃食油からのリサイクル石けん製造プラントの設計・製作」（地域への技術支援の実践報告）と題して発表。大学・高専多数の発表の中から、ポスターセッション最優秀賞を受賞する栄誉を得ることができた。

このホットニュースを入手された雇用開発センターが、この栄誉を称えられ、本校へ楠材の大木の手づくりテーブル＆椅子を寄贈された。卒業式の3月18日、学生・保護者の前で披露（写真14）されたこのテーブル＆椅子は機械工学科の内庭テラスに据えられ、多くの後輩達に愛用されている。



写真14 受賞披露での真島君（左）と椿君（右）

謝 辞

(財) 大牟田市雇用開発センター木下栄助理事長、
堀内紹元事務局長、内野富士明前事務局長、塚本晃氏、
月成寿郎氏他センターの皆様には、多くの場面でご援
助いただきました。ここに心よりお礼申し上げます。
おわりに、本テーマで熱心に取り組んでくれた卒業
研究生、畠田孝之・西村健児両君(平成8年度)、平川

勉・松藤良太両君(平成9年度)、そして椿康弘・真島
吉将両君(平成10年度)にも謝意を表します。

参考文献

- 1) 木下正作ら、「廃食油からのリサイクル石けん製
造プラントの設計・製作」、有明高専紀要第35号、
(1999)
- 2) 小林一也ら、工業基礎、実教出版、(1993)、220

エーテル+メタノール+アルカン系液液平衡の ASOGによる相関

渡辺 徹・本田克美*・東内秀機**・荒井康彦***
 <平成11年9月30日受理>

Correlation of Liquid-Liquid Equilibria of Ether+Methanol+Alkane
 Ternary Systems by ASOG

Toru WATANABE, Katsumi HONDA,
 Hideki HIGASHIUCHI, Yasuhiko ARAI

Liquid-liquid equilibrium (LLE) data at 25°C were reported for sixteen ternary systems containing ether (diethyl ether, methyl tertiary butyl ether, diisopropyl ether, di-n-butyl ether), methanol, and alkane (heptane, octane, nonane, decane) in our previous papers.

ASOG (Analytical Solution of Groups) is applied to correlate these ternary LLE data. It is found that the conventional ASOG by Tochigi et al. (ASOG(1)) gives the significant discrepancy from the experiments.

Therefore, the group interaction parameters of ASOG are adjusted by using the mutual solubility data and tie-line data for each binary system (ASOG(2)) and by using all sixteen systems (ASOG(3)). It is shown that the correlation performance for ASOG(2) or ASOG(3) is sufficiently improved.

Keywords : Liquid-liquid equilibrium, Ether, Methanol, Alkane, ASOG

1. 緒 言

蒸留、抽出等の分離プロセスを開発する場合、分離の対象となる混合系の平衡データが不可欠となる。その中で液液平衡データは相挙動を予測するための重要な基礎資料の一つである。DECHEMA¹⁾をはじめ既往のデータ集には、多数の気液および液液平衡データが収録されているが、後者の液液平衡データは気液平衡データに比べるとかなり少ない。また、液液平衡データでも非水系の測定例は水を含む混合系と比べて少ない。

近年、新しいオクタン価向上剤としてMethyl tertiary butyl ether (MTBE)に代表されるエーテルやアルコールなどの含酸素化合物がガソリン添加剤として注目されている。その使用に際しては、それらを含む混合系の相平衡関係が重要となる。しかしながら、既往の液液平衡データ集には、エーテル類を含む非水溶

液の液液平衡の測定例は少なく、そのため実測値の蓄積と信頼できる相関法が望まれている。

そこで、著者らは以前、4種のエーテル (Diethyl ether, Di-n-butyl ether, Methyl tertiary butyl ether, Diisopropyl ether) と、メタノール、4種のアルカン (Heptane, Octane, Nonane, Decane) を含む16種の三成分系液液平衡を25°Cで測定し、グループ溶液モデルの一つであるUNIFACによる相関を行った^{2,3)}。ここでは、それらの液液平衡データについて、UNIFACと同様なグループ寄与推算法であるASOGによる推算結果と比較し、その推算精度を検討した。しかし、それらの実測値との一致は十分でなかったため、新たにASOGのパラメータを調整して、推算精度の向上を試みた。

2. 液液平衡の基礎式と ASOG

2.1 液液平衡の基礎式

液液平衡の熱力学的条件は各相の活量が等しいことであり、式(1)で表される。

$$(\gamma x_i)^1 = (\gamma x_i)^2 \quad (1)$$

ここで x_i は液組成、 γ は液相括量係数である。I,

*九大・工学研究科・物質プロセス工学専攻

**久留米高専・工業化学科

***九大・工学研究科・化学システム工学専攻

II はそれぞれ液相 I, II を表す。また、各相の液組成の和は 1 となるので n 成分系に対して I, II 相で式(2), (3)が成り立つ。

$$\sum_{i=1}^n x_i^{(I)} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^{(II)} = 1 \quad (3)$$

そこで、式(1)の液相活量係数を液組成 x_i の関数として与えることができれば、計算により平衡組成を求めることができる。

この基礎式より平衡組成を計算するための手順として分配係数 K_i を導入すると、 K_i は式(1)の関係から、式(4)のように活量係数の比で表される。

$$K_i = x_i^{(I)} / x_i^{(II)} = \gamma_i^{(I)} / \gamma_i^{(II)} \quad (4)$$

ここで、式(4)を三成分系に適用する。いま、I 相のエーテル組成 $x_3^{(I)}$ を固定すると、式(2), (3)の物質収支式と式(4)より次の式(5)~(10)が得られる。

$$x_3^{(I)} = \text{fixed value} \quad (5)$$

$$x_1^{(I)} = ((K_3 - K_2)x_3^{(I)} + K_2 - 1) / (K_2 - K_1) \quad (6)$$

$$x_2^{(I)} = 1 - x_1^{(I)} - x_3^{(I)} \quad (7)$$

$$x_1^{(II)} = x_1^{(I)} K_1 \quad (8)$$

$$x_2^{(II)} = x_2^{(I)} K_2 \quad (9)$$

$$x_3^{(II)} = x_3^{(I)} K_3 \quad (10)$$

I, II 相の液液平衡組成は、活量係数の比、即ち、分配係数 K_i が与えられれば上式の関係より求めることができる。以下では式(6)~(10)の連立方程式の解法には逐次代入法を用いた。

2.2 ASOG^(1,5)

上で述べた計算法により液液平衡を求めるには、分配係数すなわち液相活量係数を液組成の関数として精度良く表すことが必要である。ASOG はグループ溶液モデルを導入して開発された式で、UNIFAC とともに最近注目されている液相活量係数推算式の一つである。

ASOG による活量係数式は、式(11)で表される。

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^{(P)} + \ln \gamma_i^{(G)} \quad (11)$$

ここで左辺の液相活量係数は、溶液中の成分分子の大きさの違いによる寄与を表す右辺第 1 項と、グループ間の相互作用による寄与を表す第 2 項の和として表される。

なお、上式の右辺第 1 項は、次の式(12)で与えられる。

$$\ln \gamma_i^{(P)} = \ln \nu_i^{(P)} / \sum_j \nu_j^{(P)} x_j + 1 - \nu_i^{(P)} \sum_j \nu_j^{(P)} x_j \quad (12)$$

ただし、 $\nu_i^{(P)}$ は純成分 i 中の水素原子を除いた原子の数、 x_j は溶液中の成分 j のモル分率である。

一方、グループ間相互作用による寄与 $\ln \gamma_i^{(G)}$ は溶液中の各グループの寄与の和で与えられるものとし、グループ活量係数 Γ を用いて式(13)で表される。

$$\ln \gamma_i^{(G)} = \sum_k \nu_{ik} (\ln \Gamma_k - \ln \Gamma_k^{(0)}) \quad (13)$$

ただし、 ν_{ik} は成分 i 中のグループ k の数、 Γ_k はタイプ k のグループ活量係数、 $\Gamma_k^{(0)}$ は純成分 i におけるタイプ k のグループ活量係数である。 Γ_k は式(15)で与えられる溶液中の各グループのグループ分率 X_k の関数として式(14)で与えられる。

$$\ln \Gamma_k = -\ln \sum_i X_i a_{ik} + 1 - \sum_i X_i a_{ik} / \sum_m X_m a_{im} \quad (14)$$

$$X_k = \sum_i x_i \nu_{ik} / \sum_i (x_i \sum_j \nu_{jk}) \quad (15)$$

また、式中の a_{ik} はグループ k と i についてのグループ Wilson パラメータで、温度の関数として次式で与えられる。

$$\ln a_{ik} = m_{ik} + n_{ik} / T \quad (16)$$

ただし、 m_{ik} ($\neq m_{ik}$)、 n_{ik} ($\neq n_{ik}$) は ASOG グループ対パラメータであり、平衡データを用いて決定される。

3. ASOG による推算

Table 1 は本研究で対象とした試料の物質名、示性式、沸点を示したものである。これらの物質は ASOG によれば、CH₂, O, OH の 3 つのグループのみで構成されることになる。

Table 1 Substances studied in this work

Substance	Formula	Boiling point, b [°C]
Heptane	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	98.4
Octane	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	125.7
Nonane	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₃	150.8
Decane	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	174.1
Methanol	CH ₃ OH	64.5
Diethyl ether	CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	36.3
MTBE	(CH ₃) ₃ COCH ₃	55.1
Diisopropyl ether	(CH ₃) ₂ CHOCH(CH ₃) ₂	76.7
Di-n-butyl ether	CH ₃ (CH ₂) ₃ O(CH ₂) ₃ CH ₃	140.2

Table 2 に柄木ら⁽⁶⁾ の気液平衡データに基づくグループ対パラメータを示す。これらの値を用いた推算法を ASOG (1)とする。

Table 2 Group pair parameters of ASOG (ASOG (1))

k	CH ₂		OH		O	
	m _{ik}	n _{ik}	m _{ik}	n _{ik}	m _{ik}	n _{ik}
CH ₂	0	0	-41.2503	7686.4	-0.0900	32.4
OH	4.7125	-3060	0	0	-0.671	-150.8
O	-0.5097	165.7	0.9348	-152.2	0	0

$$\ln a_{ik} = m_{ik} + n_{ik} / T$$

ASOG(1)による推算値と実測値との偏差 Dev [mol%]をTable 3に示す。ただし、偏差は次式で定義した値である。

$$\text{Dev} [\text{mol}\%] = \left[\left| \sum_k \sum_i \sum_j (x_{kij}^{\text{exp}} - x_{kij}^{\text{cal}})^2 / 6M \right|^{1/2} \right] \times 100 \quad (17)$$

ここで、 $i (=1, 2, 3)$ は成分、 $j (=I, II)$ は液相の数、 $k (=M)$ はタイラインの数である。

Table 3 Correlation performance

System	Dev[mol%]		
	ASOG(1)	ASOG(2)	ASOG(3)
(1) HE-ME-DBE	9.55	2.12	4.77
(2) OC-ME-DEE	8.80	2.25	4.36
(3) NO-ME-DEE	5.70	1.13	1.87
(4) DE-ME-DEE	6.08	4.35	2.01
(5) HE-ME-DBE	8.20	3.40	2.41
(6) OC-ME-DBE	4.58	1.35	1.50
(7) NO-ME-DBE	4.15	2.08	1.89
(8) DE-ME-DBE	2.90	1.51	1.47
(9) HE-ME-MTBE	12.21	3.45	7.51
(10) OC-ME-MTBE	6.88	0.93	3.34
(11) NO-ME-MTBE	7.06	3.27	2.76
(12) DE-ME-MTBE	6.17	2.40	1.87
(13) HE-ME-DIPE	8.02	0.89	3.92
(14) OC-ME-DIPE	9.18	1.21	3.92
(15) NO-ME-DIPE	5.94	1.11	2.19
(16) DE-ME-DIPE	5.70	2.88	2.56

HE:Heptane, OC:Octane, NO:Nonane, DE:Decane

ME:Methanol, DBE:Diethyl ether, DBE:Di-n-butyl ether

MTBE:Methyl tertiary butyl ether, DIPE:Diisopropyl ether

また、Fig. 1 は、アルカンの炭素数に対して偏差を比較したものである。アルカンの炭素数が大きくなる

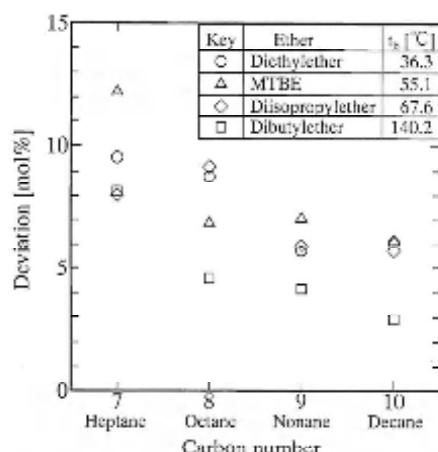


Fig. 1 Deviation in correlation by ASOG(1)

ほど、また、エーテルの沸点が高くなるほど偏差が小さくなる傾向がある。しかし、ほとんどの系で偏差は 5mol% 以上の値となり、良好な推算結果が得られていない。

4. ASOG パラメータの改良

柄木ら¹⁰が与えた ASOG による推算精度は十分でなかったため、以下では既報の実測値^{2,3}を用いて ASOG グループパラメータを調整して相関精度の向上を試みた。その際、実測値は 25°Cにおいて得られているのでパラメータの調整は、3 個のグループ (CH_3 , OH , O) からなる全部で 6 個のグループ Wilson パラメータ a_{kl} に対して行った。

4. 1 各系の液液平衡データによる調整

本実験系では、アルカン(1)-メタノール(2)の2成分系が部分溶解性を示すので、この2成分系相互溶解度の実測値から2個のパラメータ a (CH_3 , OH), a (OH , CH_2) は一意的に決定できる。ニュートン-ラブソン法により決定したこれら2個のパラメータを用いた相関結果の1例を Fig. 2 に示す。本手順によって得られた相関結果 (ASOG(2')) は、柄木らによる推算 (ASOG(1)) に比べると実測値に近づいているが十分とは言えない。なお、Fig. 2 の底辺においては ASOG(2') は実測値と一致している。

上述の相関法では満足な結果が得られなかつたので、次にタイラインデータを用いて残りの4個のパラメータ a (CH_2 , O), a (OH , O), a (O , CH_2), a (O , OH) を個々の16系に対して決定した。その際、次式で定義される目的関数 (O.F.) が最小となるようにマルカート法により求めた。

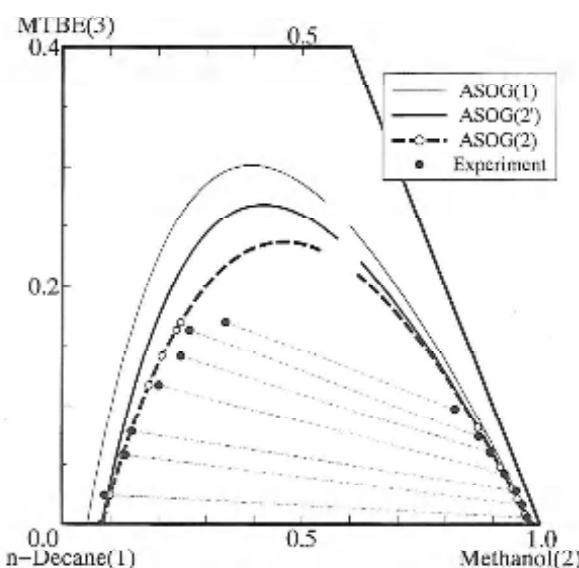


Fig. 2 LLE of n-Decane(1)-Methanol(2)-MTBE(3)

$$O.F. = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^3 [(x_i y_i)^T - (x_i y_i)^T]^2 \quad (19)$$

個々の系に対して決定したパラメータを用いて得られた推算値(ASOG(2))と実測値との偏差を Table 3 に示す。ほとんどの系で偏差は 3mol% 以下となり、良好な推算値が得られた。

4.2 全 16 系の液液平衡データによる調整

前節 4.1 の ASOG(2)は個々の系に対する相関にすぎないため、次に実測された 16 系全ての 2 成分系相互溶解度とタイラインデータを用いて前記の 6 個のパラメータ a_{kl} を前節と同様マルカート法により決定した。これを ASOG(3)とする。決定されたグループ対パラメータを Table 4 に示す。

Table 4 ASOG parameters a_{kl} (ASOG(3))

Group	CH_2	OH	O
CH_2	1.0	0.192	3.165
OH	0.00676	1.0	0.167
O	8.119	52.44	1.0

また、得られた推算値と実測値との偏差を Table 3 に示す。ASOG(3)による偏差は ASOG(2)よりもわずかに大きくなっているが、ASOG(1)に比べるとかなり小さくなっている。比較的良好な推算値が得られている。

4.3 考察

Fig.3 は個々の系についてパラメータを決定した ASOG(2)による推算結果に対する偏差をアルカンの炭素数に対して示したものである。アルカンの炭素数やエーテルの沸点 t_b に関係なく偏差はほぼ一定で、

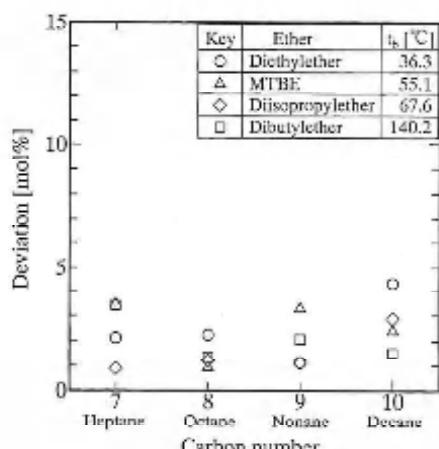


Fig. 3 Deviations in correlation by ASOG(2)

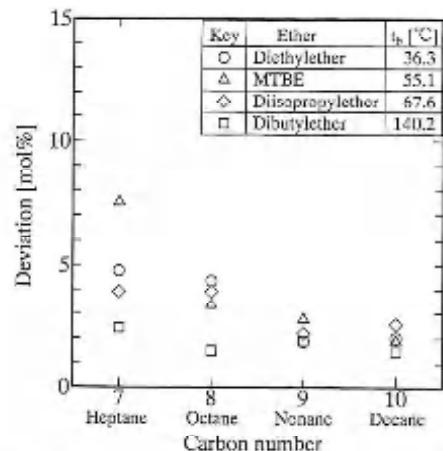


Fig. 4 Deviations in correlation by ASOG(3)

Fig. 1 の ASOG(1)に比べてかなり小さくなった。

Fig. 4 は 16 系全ての LLE データを対象としてパラメータを再決定した ASOG(3)による推算結果に対して、Fig. 3 と同様の関係を示したものである。アルカンの炭素数が大きくなるほど、またエーテルの沸点が高くなるほど偏差が小さくなる傾向は、Fig. 1 の ASOG(1)の場合と同様である。また、炭素数が 10 では、ASOG(2)より偏差が小さくなかった。

Fig. 5-(a), (b) は ASOG(2)を用いた推算結果で偏差の最大と最小を示したデカン-メタノール+ジエチルエーテル系とヘプタン-メタノール+ジイソプロピルエーテル系の液液平衡線図である。Fig. 5-(b)の方が ASOG(2)の溶解度曲線が実測値に近づいている。

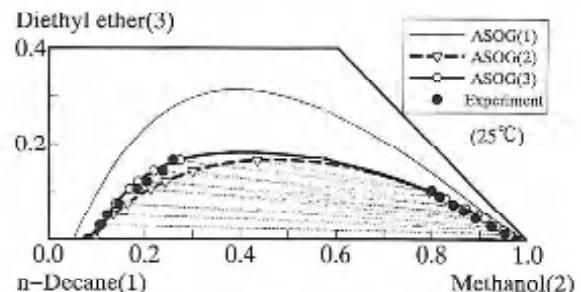


Fig. 5-(a) LLE of Decane(1)+Methanol(2)+Diethyl ether(3)

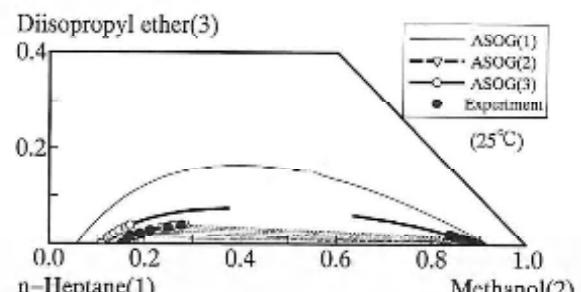


Fig. 5-(b) LLE of Heptane(1)+Methanol(2)+Diisopropyl ether(3)

Fig. 6-(a), (b)はASOG(3)を用いた推算結果で偏差の最大と最小の系であるヘプタン+メタノール+MTBE系とデカン+メタノール+ジブチルエーテル系の液液平衡線図を示したものである。Fig. 6-(b)の方がASOG(3)の溶解度曲線が実測値に近づいている。

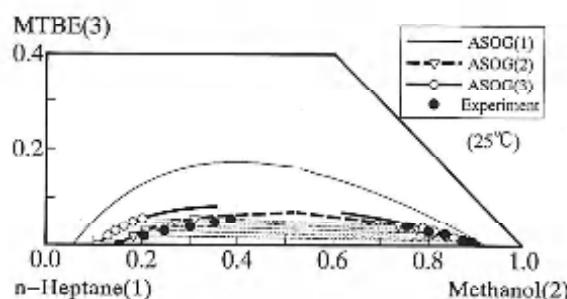


Fig. 6-(a) LLE of Heptane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

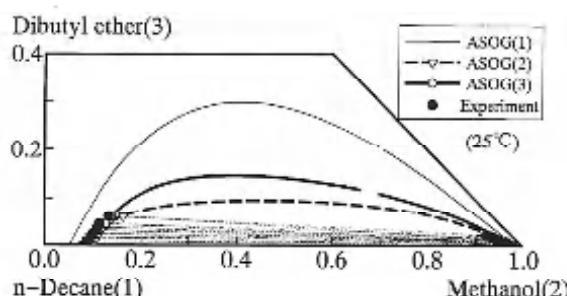


Fig. 6-(b) LLE of Decane(1)+Methanol(2)+Dibutyl ether(3)

Fig. 7-(a)～(d)はエーテルがMTBEの場合について炭素数の異なる各種のアルカン系についてまとめた図である。アルカンの炭素数が大きくなるほど、2成分相溶度の実測値即ち相互溶解度曲線における底辺の幅が広がり、実測値とASOG(1)あるいはASOG(3)との差が小さくなる傾向が見られる。一方、ASOG(2)が実測値と同様に広がっているのは、Fig. 2で示した通りである。このため、ASOG(1)とASOG(3)については、炭素数が大きくなるほど偏差が小さくなつた。これに対しASOG(2)についてはFig. 3でも示されたように偏差が小さく、ほぼ一定となっているのは各系についてパラメータを調節したためである。他の各種アルカン+メタノール+各種エーテルについても同様な傾向が見られた。

Fig. 8-(a)～(d)はオクタン+メタノール+各種エーテル系についてまとめた図である。エーテルの沸点が高くなるほど、即ち、ジエチルエーテル、MTBE、ジイソプロピルエーテル、ジブチルエーテルの順でASOG(3)において溶解度曲線の高さが低くなり、実測値に近づく傾向が見られる。そのため、偏差が小さくなつたと考えられる。他の各種アルカン+メタノール

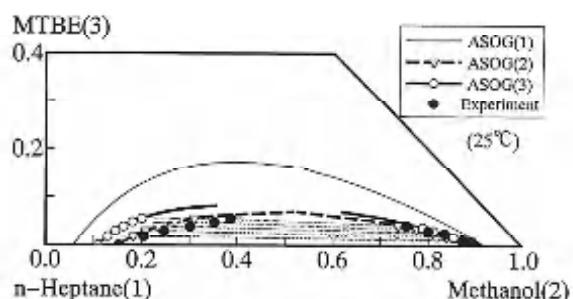


Fig. 7-(a) LLE of Heptane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

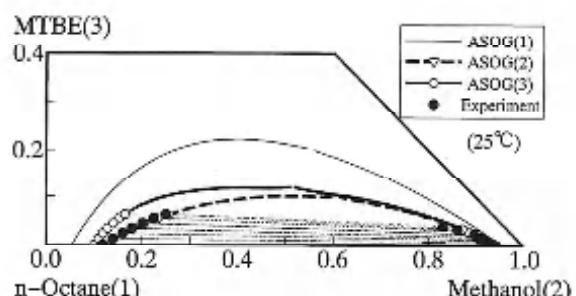


Fig. 7-(b) LLE of Octane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

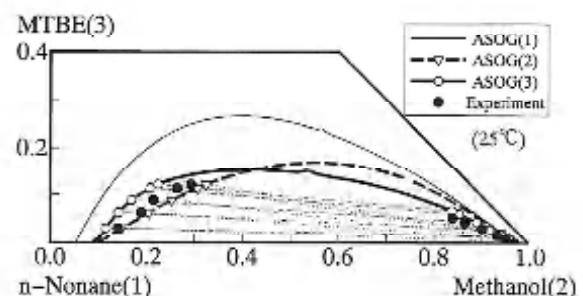


Fig. 7-(c) LLE of Nonane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

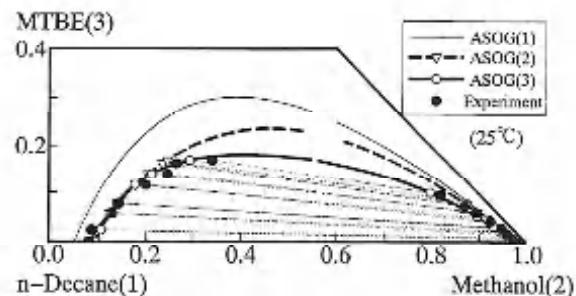


Fig. 7-(d) LLE of Decane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

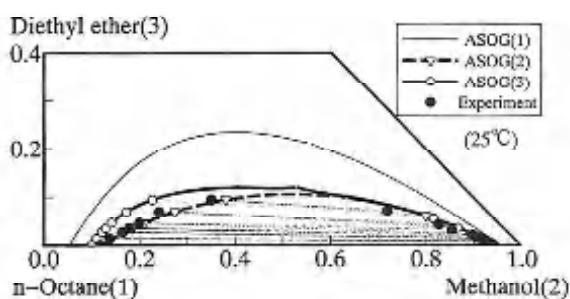


Fig. 8-(a) LLE of Octane(1)+Methanol(2)+Diethyl ether(3)

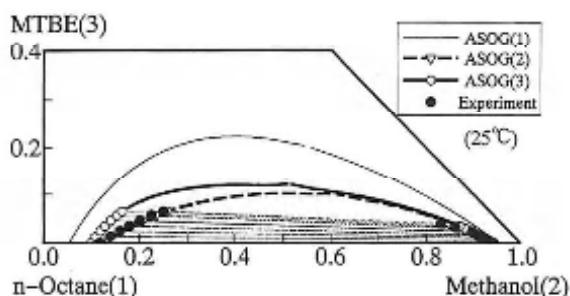


Fig. 8-(b) LLE of Octane(1)+Methanol(2)+MTBE(3)

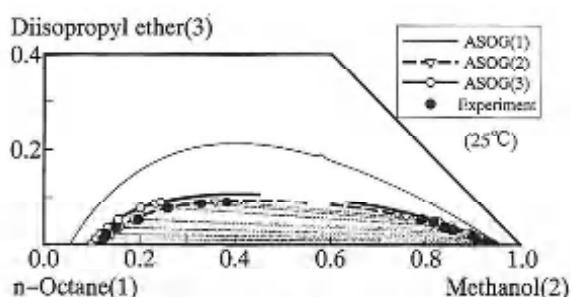


Fig. 8-(c) LLE of Octane(1)+Methanol(2)+Diisopropyl ether(3)

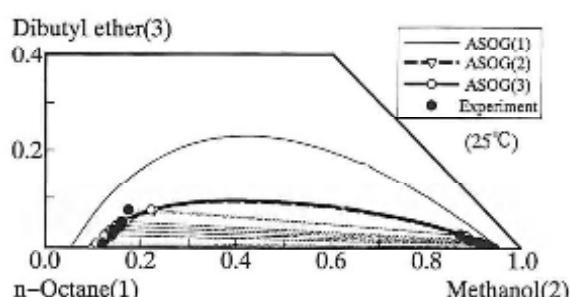


Fig. 8-(d) LLE of Octane(1)+Methanol(2)+Dibutyl ether(3)

+各種エーテルについても同様な傾向が見られた。

次に ASOG 推算値に及ぼすグループ Wilson パラメータ $a_{(k, l)}$ の影響について調べた。

Figs. 9, 10 は、I 相のエーテル組成を固定したときの ASOG(1) 即ち $a_{(k, l)0}$ を基準としてそれを 0.5 倍と 1.5 倍したときの推算値の変化により 2 成分相互溶解度データに直接関与するグループ (CH_2, OH) (Fig. 9) 及び 3 成分タイラインに関する (CH_2, O) と (OH, O) (Fig. 10) の影響をみた図である。

Fig. 9 で左相(アルカン相)の水平方向の変化が大きいのは、 $a_{(\text{OH}, \text{CH}_2)}$ が大きく影響するためで、 $a_{(\text{CH}_2, \text{OH})}$ の相互溶解度への影響は小さい。

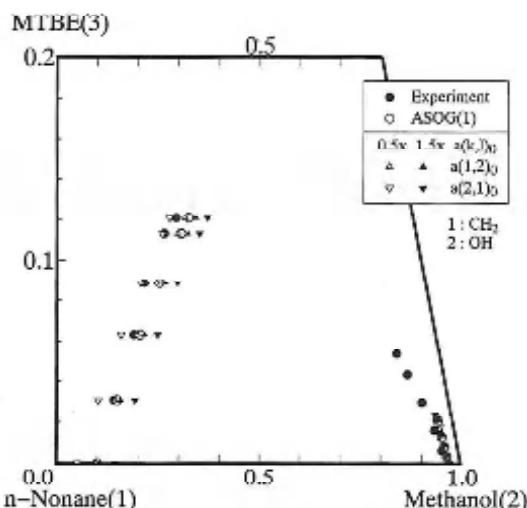
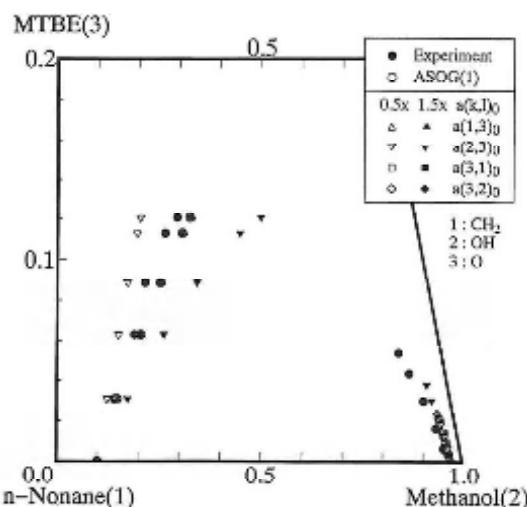
Fig. 9 Influence of $a_{(k, l)}$ at fixed x_3^T

Fig. 10において図中に示した $a_{(k, l)}$ は 2 成分相互溶解度(三角線図の底辺)には何ら寄与しないが、タイラインへの効果は $a_{(\text{OH}, \text{O})}$ が支配的で他の 3 つのパラメータ $a_{(\text{CH}_2, \text{O})}$, $a_{(\text{O}, \text{CH}_2)}$, $a_{(\text{O}, \text{OH})}$

Fig. 10 Influence of $a_{(k, l)}$ at fixed x_3^T

の影響はほとんど無視できる程度である。

5. 結 言

著者らが以前25°Cで実測した4種のエーテル(Diethyl ether, MTBE, Diisopropyl ether, Di-n-butyl ether)とメタノール、4種のアルカン(Heptane, Octane, Nonane, Decane)を含む16種の三成分系溶液平衡データ^{2,3)}についてグループ溶液モデルの一つであるASOGにより検討を行い、以下の知見を得た。

1. 櫻木らによる推算法(ASOG(1))では実測値との偏差はアルカンの炭素数が大きくなるほど小さくなつたが、十分な精度で実測値を推算できなかつた。
2. 個々の系に対してASOGグループパラメータを調整したASOG(2)による相関結果は、相関偏差がアルカンの炭素数、エーテルの沸点に關係なく一定で、ASOG(1)に比べて小さくなつた。
3. 実測された16種の全ての系を対象としてパラメータを調整したASOG(3)による相関偏差は、ASOG(2)に比べてわずかに大きな偏差を与えた。また、アルカン、エーテルの沸点が高くなるほど相関偏差が小さくなりASOG(3)と同様な傾向が見られた。
4. 推算結果に及ぼすグループWilsonパラメータ $a_{(k, l)}$ の影響は $a(OH, O)$ と $a(OH, CH_2)$ が大きく、他の4つのパラメータ $a(CH_2, O)$, $a(CH_2, OH)$, $a(O, CH_2)$, $a(O, OH)$ の影響は小さかつた。

使用記号

t	=temperature	[°C]
a_{kl}	=group Wilson parameter	[—]
m_{kl} , n_{kl}	=group interaction parameter	[—]
X	=group mole fraction	[—]

x_i^I =mole fraction of component i in phase I
 x_i^II =mole fraction of component i in phase II

Γ =group activity coefficient

γ =activity coefficient

ν^{FH} =number of atoms without hydrogen

ν_R =number of groups

〈Subscripts〉

1, 2, i, j =molecule 1, 2, i, j

k, l, m =group k, l, and m

k_i =group k in molecule i

〈Superscripts〉

FH =size contribution

G =group contribution

(i) =standard state (pure component i)

参考文献

- 1) Gmehling et al., "Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection," DECHEMA, Frankfurt(1977 ~ 1984)
- 2) 東内秀機, 櫻木雄二郎, 渡辺徹, 荒井康彦, 久留米高専紀要, 12, 1, 21-26(1996)
- 3) Higashimachi et al., Fluid Phase Equilibria, 136, 141-146 (1997)
- 4) 小島和夫, 櫻木勝巳, "ASOGおよびUNIFAC-BASICによる化学工学物性の推算ー" 化学工業社, 東京(1986)
- 5) 荒井康彦, 高木明, 龟山秀雄, 山口光, "新体系化学工学 計算機化学工学" 講談社, 東京(1992)
- 6) Tochigi et al., J. Chem. Eng. Japan, 23, 453(1990)

Sexism and English Textbooks for Japanese Students

Noriko ABE

〈Received 18 August, 1999〉

1. INTRODUCTION

This paper is an investigation of how men and women are represented in Japanese EFL textbooks in visual terms as well as in professions. Textbooks play an important role in building the picture of the target society in the learners' mind. Unlike movies, magazine cartoons, or novels, textbooks have an authorized presence at school. In studying English, Japanese students will learn about the culture and society in which the language is spoken. In fact as a student I learned that the word "man" can be used as a generic form in a sentence such as "Man is mortal." I also learned the appropriate pronoun for the blank of the sentence "Everybody should do () best" is "his." This knowledge must have planted in my subconsciousness the idea of men being a representative of the English-speaking societies. In contrast, its alternative form "his or her" and other recent linguistic innovations will make the existence of women visible to learners.

As well as the language in textbooks, the characters' professions will have a strong influence on the learners. Kennedy et al. (1998 p.33) say, "textbooks can be sites of implicit discriminatory practices." They take as an example women and girls wearing aprons or carrying brooms, adding that very few women are represented as professionals. The illustrations will visualize the text and effectively strengthen the readers' impressions of people's roles in the target society.

Japanese society is becoming more aware of "sexism". As Japanese women are now advancing into more professional fields, the term "sexual harassment" is getting popular. Fathers as well as mothers are allowed to take leave for child-rearing. There is an enthusiastic discussion about the system of husband and wife retaining separate family names. At schools, the subject of home economics, which used to be taught only to girl students, became a compulsory subject for all high school students in 1994. Students' names in teachers' roll books used to be arranged in a Japanese alphabetical order, with all boys first and all girls next, but at present new mixed roll books are becoming more popular in elementary schools.

Therefore it would be useful to explore what innovations are made in textbooks. Considering the social responsibilities textbooks have, they are expected to describe the society without bias and at the same time contribute to the realization of the desired society. In this paper, I will examine how women and men are described in English textbooks for Japanese high school students.

2. SEXISM AND LANGUAGE

It was since the women's liberation movement in the 1970s that the English language began to be examined in terms of sexism. Feminists have insisted the English language discriminates against women by reflecting their subordinate status or making them invisible.

In 1971, a women's lib magazine "Ms." was first issued and it led to the campaign against the term of "Mrs." and "Miss" and to the large-scale revision from the viewpoint of "degendering" in textbooks and dictionaries. In 1975, McGraw-Hill, a major publisher in New York, published *Guidelines of Equal Treatment of the Sexes* to eliminate all sexist words from textbooks, reference books, magazines and novels they publish. Examples of sexist words were "man-words" occupational terms ending in "man" were replaced by "person"-ending words, and in addition, expressions were created such as mail-carrier, insurance agent or police officer. Another example, the generic "he," has been replaced by "he or she" or singular "they." Holmes (1992 p.339) reports, "an American study of a wide range of magazines and newspapers found a dramatic drop in the use of generic forms from 12 to four per 5000 words between 1971 and 1979."

Several researchers have studied women's language in terms of syntax as well as word choices. Lakoff (1975) points

out women's frequent use of tag questions as an expression of their lack of confidence and certainty. Coates (1986) studied women's communicative style. Tannen (1991) focuses on male and female differences rather than male dominance. She says men and women live in different cultures and have different speech behaviors in conversation, which causes misunderstandings between the two.

Let us now extend these observations into Japanese society. How have these language innovations in English influenced Japanese? Hasagawa (1976) lists three common characteristics of Japanese and English speakers: (a) avoidance of conclusion, (b) exaggerated expressions of feeling, and (c) correctness and politeness. He writes that the speech style women share comes from the way they are brought up. Women have been educated to become obedient, patient and not assertive. In Japan, especially, girls were trained for hundreds of years not to talk a lot, and to talk in a low voice. In short, their language is modified by the role and status in society they have occupied.

Peng et al. (1981) closely studied the male and female difference in Japanese language and found that the children's recognition to the language difference begins at the very early age of three. The authors say the American movement of degendering such as the replacement of "chairperson" for "chairman" has not succeeded in changing people's attitudes to women and men, and it is all the more difficult in Japan to make innovations in the established language, in which far more expressions differ between men and women. They conclude that language only reflects the structure of the society and the language change cannot innovate the society unless the society is changed.

However, opinions are divided among researchers on this subject. Nakamura (1995 p.139) considers language not only reflects established male dominance in the society but creates and reinforces discrimination. A man cannot discriminate against women just by thinking in his head that women are stupid. It is when he says aloud, "Shut up, woman!" that discrimination is achieved. As sources of sexist language, she names mass-media, textbooks and dictionaries. Mass-media popularize language, textbooks standardize it, and dictionaries give guarantee to it. She points out the importance of women's involvement in these three language sources.

Japanese dictionaries have already been examined in this light. Endo (1998 p.142) examined several major Japanese dictionaries and found that there are quite a few examples of sexist expressions. Men are described in a positive way like strong, dependable and active, but women are often described as weak, indecisive and passive. She also pays attention to sample sentences with men or women in them. Men in sample sentences are twice as many as women. What is more, women are described as inferior beings. Examples of sample sentences: "It is difficult for men, still more for women and children." "She is beautiful but not intelligent," which contrasts with "He seldom studies but gets good marks." Another example is "woman as she is" as in "Woman as she is, she drinks a lot" or in "Woman as she is, she blusters out." She insists this expression reveals social constraints to women's behaviors and should not be adopted in modern Japanese dictionaries. She observed how, after protests from various groups including teachers, the dictionaries were revised. Admitting some progress, she concludes there is no major positive change even in newly published dictionaries in the 1990s. In order to produce a dictionary describing Japanese society without bias or sexism for foreign learners of Japanese, she and her fellows (all women) wrote a new dictionary. Their policy was to avoid sexist words and adopt neutral words. Many more women appear in example sentences in neutral positions.

Let us now turn to English textbooks for Japanese students. Hasegawa (1976 p.55) points out some similarity in Japanese and American textbooks where girls are described as good future wives or mothers, while in professions they are destined to be nurses rather than doctors. As evidence of male dominance in American textbooks, he cites a survey by the *New York Times*, in which in 134 textbooks for elementary schools, there are many more stories with boys as their main characters. Besides, whereas men are described in 147 professions, women are in only 26 professions. He also reports a group studying women and professions criticized Japanese textbooks on the grounds that in them men are described as "big," "tall," "nice," "clever," "kind," and "honest"; on the other hand, women are described as "little," "good," "young," and "beautiful."

What innovations have been made in Japanese textbooks in the last 20 years? Kanamaru (1998 p.11) expresses a negative view. From the results of her research into Japanese EFL textbooks, she concludes they are out of date in terms of stereotypes and degendering of language. As its causes she offers two reasons: (a) there are few female textbook editors and (b) in the women's liberation movement in Japan not enough attention was paid to the problems of language and culture.

On the other hand some people warn of the danger of "sexist word hunting." Tawara (1998 p.22), a poet and editor of Japanese textbooks for junior high school students, describes how her suggested textbook material was rejected only because in the story there was a statement, "a girl should be good at home economics." The publisher was afraid of being attacked by feminist groups. She suggests that instead of avoiding all the stereotypes in the literary works, we should make use of them as a discussion subject in classrooms.

Ide (1998 p.22-23) also talks about her job of editing Japanese EFL textbooks and disagrees with the present trend of automatically replacing all "man" as a generic form by "people" or "human." Her criticism is that the procedure of textbook revision is standardized and manualized and that what the publishers are concerned with is not how to make the textbooks better but how to avoid being attacked on the grounds of gender issues.

In order to know what is happening to English textbooks for high school students, I have examined textbooks from the viewpoint of illustration, photos and professions.

3. METHODOLOGY

I have chosen the following three English textbooks for Japanese high school students.

- (A) *Unicorn English Course I* (Bun-eido)
- (B) *New Horizon English Course I* (Tokyo Shoseki)
- (C) *Main Stream The New Comprehensive English Course I* (Zoshindo)

The reason I have chosen textbooks for high schools students is that in high schools teachers are required to use textbooks authorized by the Ministry of Education. It follows that teachers have few books to choose from and often share the same kind of problems in them.

There are 12 to 14 lessons in textbooks and each lesson consists of a passage for reading with its comprehension exercises. Grammatical and phonological points are also introduced. These three textbooks are written for first-year students, and stories are generally related to the current world and our daily life, rather than being English literature or biographies of great people.

The first stage of this research consists of counting all women and men in illustrations and photos in the textbooks and comparing the number. Further, stereotypes have been noted. The second stage consists of an examination of the stories in textbooks in terms of people's professions. I will use the term "professions" to refer to all jobs and occupations, however great or humble. Finally, editor's names were examined to determine if there were males or females.

In addition, one of the latest textbooks was analyzed across three editions—1990, 1993 and 1998—in order to find out whether there is any progress in terms of sexism in newer editions.

4. RESULTS

4.1 As far as the number of people who appear in illustrations and photos, there is no big difference between women and men, except for *New Horizon*. I felt careful attention was paid to this point by the editors.

Table 1 The Number of Men and Women in Illustrations and Photos

Textbook	Men	Women
<i>Unicorn</i>	79 (51%)	77 (49%)
<i>New Horizon</i>	58 (65%)	31 (35%)
<i>Main Stream</i>	45 (43%)	59 (58%)
Average	53%	47%

As stereotypes, I found two examples: one is an illustration of a male dentist and a female nurse in *New Horizon*. Since there are a lot of female dentists in the society, it is important to challenge this stereotype. Another example can be found

in *Main Stream*. In the lesson "London Taxis," the taxi drivers of the three photos are all men. Is there no female taxi driver in London? There is an anti-stereotypical photo in *New Horizon*, in which Mrs. Hattori (her first name is unknown) is making a speech in the United States to appeal for a gun control, with her husband and two male supporters behind her back.

Next I examine the professions men and women in textbooks are engaged in.

Figure1 The Professions of Men and Women

<i>Unicorn</i>	Men (12)	doctor, adventurer, movie director, computer engineer, head editor, guard, math teacher, congressman, scholar, novelist, actor, astronaut
	Women (5)	pianist, children's literature author, congresswoman, hair dresser, ecologist
<i>New Horizon</i>	Men (7)	soccer player, king, professor, doctor, manager, soldier, broadcaster
	Women (2)	ecologist, nurse
<i>Main Stream</i>	Men (9)	astronaut, teacher, taxi driver, artist, art teacher, lawyer, tribal chief, vet, dairy farmer
	Women (4)	Olympic gold medalist runner, clerk, Nobel Prize winner Catholic sister, volunteer worker

From the results presented in Figure 1, we can see that there is a wider variety of professions for men than for women. The male professions in the figure above easily help us imagine that lots of men are working in various fields. On the other hand, female professions make us feel there are a few great women such as a gold medallist runner and a Nobel Prize winner, but the rest are engaged in traditional roles such as nurse, pianist and hairdresser.

Next, an examination of the names of editors for each book reveals the following interesting statistics (see Table 2):

Table 2 The Editors of the Latest Textbooks

	Men	Women
<i>Unicorn</i>	9	0
<i>New Horizon</i>	5	2
<i>Main Stream</i>	13	0

This table shows that the content of the textbooks is controlled by male editors. One possible reason is that high school textbooks are edited mainly by university professors and associate professors, positions which few Japanese women yet hold.

4.2 In this section I would like to examine the three old and new *New Horizon* textbooks and see how they were changed by every revision. The reason why I choose *New Horizon* is that there are two female editors in the 1998 edition, where there is none in *Unicorn* and *Main Stream*. Let me begin by looking at male and female members of textbook editors. The three most recent editions of *New Horizon* are also revealing when it comes to male and female editors (see Table 3).

Table 3 The Editors of *New Horizon*

	Men	Women
1990	9 (100%)	0 (0 %)
1993	17 (77%)	5 (23%)
1998	5 (71%)	2 (29%)

The figure that attracts our interest is the five female members of 1993 edition. It must have been epoch-making, considering the fact that there were no women in older editions of *Unicorn* and *Main Stream*. First I would like to compare the number of women and men in illustrations and photos.

Table 4 Men and Women in Illustrations and Photos in *New Horizon*

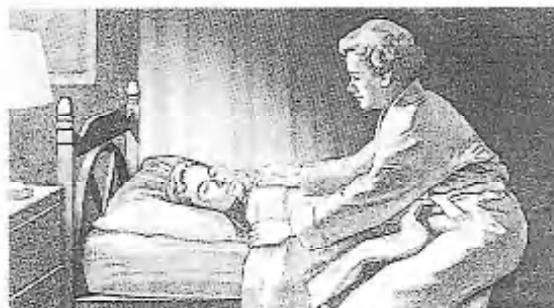
	Men	Women
1990	73 (62%)	44 (38%)
1993	54 (56%)	43 (44%)
1998	58 (65%)	31 (35%)

It is noticeable that in the 1993 edition, the gap between women and men is the smallest. The figures in 1998 have become closer to those in 1990. As the 1993 edition's advantage, some photos are worth paying attention to. In a lesson "Pages from Judy's Diary" there are four photos with captions of "A woman fire fighter" "A woman drawing a plan" "Businesswomen in a conference room" and "A camerawoman" which describe women working actively in the society (see the photos below and in APPENDIX). There is also a photo of Chinese girls picking tea leaves. So scenes of working women are introduced.

As a stereotype, there is an illustration in which a mother takes care of her handicapped son at his bedside (see the illustration below). There's no father in the scene. The story says, "The mother bathes him and helps him go to the toilet. His father shaved him." We cannot say the parents shared their son's care equally.



Businesswomen in a conference room



In the 1990 edition, there is no woman described working. In one of the few scenes where women are described, a woman passenger is looking for her lost ring with a male porter at the platform. In another scene, three formally dressed women and a man are having luncheon on the terrace. There is a photo in which a widow with a black veil on her face is going to her husband's funeral. A mother is illustrated lifting up her little daughter high in the forest of sunflowers.

On the other hand, men are described in various career scenes. A mail carrier is showing an airmail envelope. A porter

is helping passengers. A painter is drawing pictures. A spy is agitating people. Three men are building the Brooklyn Bridge with steel cables. A boy is steering a steamboat. A boy is milking in the barn. A guard of the United Nations is also a man. Let us look at the variety of professions in the following figure.

Figure 2 Professions of Men and Women in *New Horizon*

1990 Edition	Men (29)	historical post runner, emperor, king, nobleman, porter, shopkeeper, artist, teacher, scholar, priest, spy, bridge builder, worker, writer, steersman, steam boat pilot, watchman, farmer, pilot, basketball player, coach, athlete, star, gambler, hero, therapist, dairy farmer, diplomat, publisher
	Women (5)	woman therapist, author, actress, teacher, educational psychologist
1993 Edition	Men (11)	TV show host, newspaper editor, ruler, inventor, prisoner, pianist orchestra conductor, assistant conductor, composer, educator, writer
	Women (3)	queen, professor, environmentalist
1998 Edition	Men (7)	soccer player, king, professor, doctor, manager, soldier, broadcaster
	Women (2)	ecologist, nurse

Figure 2 indicates that the older the edition is, the more professions men are engaged in. In the newest edition, male professions were seven, while in the oldest edition there were 29. A possible reason is that in the newer editions material intended as pleasure reading like funny short stories, a biography and a Greek myth where a lot of characters are introduced have been deleted. Instead more pages are given to essays on "different cultures," "technology" and "environmental problems" to let students learn more about today's world.

I will examine the oldest 1990 edition. From the visual term, it is already clear that there is no intention to let its readers understand the society where both women and men are working or promote their equal opportunities. In the lesson "Sweden—Land of Light," the author says, "Only one word is needed to tell you about the women of Sweden—*beautiful!*" There are also many other stereotyped descriptions about the appearance and character of Swedish people.

As another instance of women's outcast position, I will quote the lesson "Brooklyn Bridge." The introduction inserted before the main text goes:

A father-and-son team led the work on the bridge. But the work was very dangerous. The father, John Roebling, died in an accident. His son, Washington, lost the use of his leg. But he was able to carry out his father's dream."

The main text, however, tells us that the construction of the bridge could not be completed without the devotion of the son's wife after he lost the use of his leg. The story goes:

His wife helped him a great deal. She studied all about bridges and about mathematics, and she went to the bridge daily. She carried her husband's orders to the men and worked with them. At night she returned to her husband and told him of the day's work. In this way, year after year, the work continued.

The woman, in spite of her great contribution to the bridge construction, is just called "his wife" in the text, though the photo inserted says she is called Emily, and is also excluded from "a father-and-son team." This lesson can be regarded as a good example of sexism.

However, we can also find the presence of Helen Keller, who overcame her handicap and became a great author. Ms Sullivan, Helen Keller's teacher is also introduced.

Examination of the three editions of *New Horizon* also reveals changes in the use of "man-words." In the 1990 edition we find an expression "widows of John F. Kennedy and Robert Kennedy." The term "widow" is taken up by Lakoff as one

of the examples to prove her point. Equivalent words referring to men and women do have quite different associations in English because whereas you can say, "She's Fred's widow," you cannot say "He's Sally's widower" (Wardaugh 1996 p.315).

In the 1993 edition, in which five female editors participated, there is a lesson to lead students to think about the role of women in society. Besides, some consideration has been given to the male and female balance. For example, in the lesson to learn about environmental problem, a TV show host asks an environmentalist about the problem. The host is a man and the environmentalist "Dr. Hill" is a woman. We can say this is a challenge to a stereotype.

However, there remains a stereotypical scene in the lesson "My First Japanese Meal." In this story it is always the host mother who serves meals to a foreign student staying with the family.

Although I am not dealing with language in the text, it is interesting to note that generic "man" and "he" appear in the lesson on Santa Claus: "In this great universe man understands very little. He is like a small ant living in a big, big world. He cannot see everything in the world. He cannot understand the world he lives in."

5. WOMEN DESCRIBED IN JAPANESE TEXTBOOKS

In this section let us first discuss what we have discovered from the examination of the latest three English textbooks for high school students. The first thing to be noted is that two of the three textbooks are edited by only male editors. Now that the 21st century is just around the corner, it is difficult to accept the fact that there is no woman editor for the books half of whose readers are girls. I think strong measures should be taken to change this editing policy.

In their illustrations and photos, a balance was found between the number of women and men. However, concerning the variety of professions men and women have, there remains a gap. In fact there are lots of female taxi drivers, math teachers and computer engineers in society whether Japanese or Anglo-American, and textbooks are expected to let students know about it. In this respect, we can say there is much to be improved.

What is encouraging is that perhaps because of editors' awareness to equal opportunities for women and men, more female professionals have appeared. For example, Jeannette Rankin, the first congresswoman (*Unicorn*), Rachel L. Carson, an ecologist (*Unicorn*). Mother Teresa, a Nobel Peace Prize winner (*Main Stream*). In addition, there are more stories about ordinary women. For instance, Tomiko, an Okinawan survivor in the war (*New Horizon*), Mrs. Hattori, who began a gun control campaign after her son's death in the US (*New Horizon*). I think this trend is very important to make it visible that there are many ordinary women who play an active role in the society.

From the results of a further comparison among new and old editions of *New Horizon*, we have discovered that there were a number of problems in the oldest edition. In its illustrations and photos, there was no woman depicted working outside. Instead, they were praised as "beautiful" and engaged in traditional roles, such as taking care of a child. In fact, however, women did work, like Emily in "Brooklyn Bridge." Their presence was ignored and what they did was, without being properly evaluated, regarded as part of their husbands' achievements.

This lesson is based on a true story on the Brooklyn Bridge construction in the 19th century. Therefore it is not so unreasonable that the wife had not attracted much public attention. The problem is that she is still treated in an unfair way in the introduction section of the textbook written only eight years ago. It cannot escape the criticism for being "out of date," as Kanamaru (1998) concludes.

By examining the 1993 edition, we have found that remarkable progress has been made from the view of sexism, probably by female editors. Women working in various areas are introduced and a female environmentalist appears on TV. This change is good evidence to prove that the participation of women in textbook editing scenes actually promotes the balance between men and women. Still, women's voices for innovations are not loud enough to make drastic changes and so the increase of the number of female editors will be a big key.

It is interesting to speculate on appropriate models for the creation of textbooks for the 21st century. A popular TV program for children—"Sesame Street"—will be a good model. It is carefully planned in terms of racism and sexism. There are scenes of men doing housework and female mail carriers. A second model is to be seen in a textbook that is currently not recognized by the Ministry of Education. In a listening comprehension textbook *Listen to America LL English Course* (Taishukan) is a lesson "Sexist Words" in which what are sexist words and their alternatives are introduced.

and why they are created. A woman operating a camera, a woman delivering mail and a woman holding a hose to extinguish fire are illustrated. This lesson will help raise students' consciousness to sexism and learn the equal opportunity of work.

6. CONCLUSION

In this paper I have looked at how women and men are described in Japanese EFL textbooks with a view to discovering whether they are conscious of gender equality. My main concern here is in illustrations and photos, and professions the characters are assigned to. Three 1998 edition textbooks for Japanese high school students have been examined, and in further exploration, three different editions of one textbook *New Horizon* was given the same examination. The analysis of the results has shown advantages and disadvantages the present editions have and also how they have been innovated by revisions for the last eight years.

As one of the advantages the most recent editions have, we have found a good balance in the number of women and men in visual terms. Not only female pioneers in politics and education but ordinary women engaged in social activities are introduced. As disadvantages, we have found some stereotypes, and many more professions for men than for women. It is hoped to try to introduce more professions in which women are engaged in the real society.

In examining older editions of *New Horizon*, we have discovered some interesting points. In the oldest 1990 edition, we have witnessed how women and men are engaged in their traditional roles. Men were described to actively participate in the society as professionals, which range from several sorts of manual laborers to rulers such as king or emperor. On the other hand, we found hardly any proof to show women share the same burden in the society. They were never depicted working outside. They were described as a mother, a tourist, a luncheon guest and a widow.

The next 1993 *New Horizon*, because of female editors' influence, became an innovated edition. Although it cannot be said to be wholly satisfactory, it showed several innovations and consideration to gender equality. The lesson to focus on women's role in the society, along with its impressive photos, will motivate girl students to pursue their careers in the future, and at the same time it will be useful for boys who will share the future society.

I have also suggested some models for appropriate future textbook material. I recommend material challenging stereotypes, free from sexism.

In conclusion, it is possible to say that innovations of English textbooks for Japanese high school students are now on their way, and their progress, though very slow, is being made. As means to promote the change, I would like to emphasize the responsibilities of the following three: the first one is female editors. They should be adopted in all textbooks. Another is teachers of English. Both female and male teachers are expected to have keener sensibility to the treatment of women and men in textbooks. It is up to them how they interpret the material and what they teach from it in classrooms. The last one is the mature society. The penetration of the anti-sexism to the whole society will surely accelerate the change of people's attitude to women and men.

APPENDIX

The Other Example Photos in "Pages from Judy's Diary" of 1993 Edition *New Horizon*



A camerawoman



A woman firefighter



A woman drawing a plan

The Illustration in "Sexist Words" in *Listen to America LL English Course*



References

- Coates, J. (1986) *Women, Men and Language*. London: Longman.
- Endo, O. (1998) Women in Japanese Dictionaries. Tokyo Women's Foundation (ed.) *Chotto Matte Sono "Kotoba," "Kotoba" ni Miru Josei*. Tokyo: Crayon House.
- Hasegawa, K. (1976) *The Cultural Background of the Japanese and English Languages*. Tokyo: The Simul Press, Inc.
- Holmes, J. (1992) *An Introduction to Sociolinguistics*. Longman.
- Ide, S. (1998) Discussion: Women Described in "Language." Tokyo Women's Foundation (ed.) *Chotto Matte Sono "Kotoba," "Kotoba" ni Miru Josei*. Tokyo: Crayon House.
- Kanamaru, F. (1998) Sexism in English Textbooks Published in Japan. *The Language Teacher* Vol. 22, No. 5.
- Kennedy, C. and Knowles, M. and Caldas-Coulthard, C. R. (1998) *Sociolinguistics*. Birmingham: The University of Birmingham.
- Lakoff, R. (1975) *Language and Women's Place*. New York: Harper Row.
- Nakamura, M. (1995) *Language and Feminism*. Tokyo: Keisoshobo.
- Peng, F. C. Hori, M. Hori, J. Ide, S. Takahara, O and Tanaka, M. (1981) *Male / Female Difference in Japanese*. Tokyo: ICU Language Sciences Summer Institute.
- Tannen, D. (1991) *You Just Don't Understand*. London: Virago.
- Tawara, M. (1998) Discussion: Women Described in "Language." Tokyo Women's Foundation (ed.) *Chotto Matte Sono "Kotoba," "Kotoba" ni Miru Josei*. Tokyo: Crayon House.
- Wardhaugh, R. (1996) *An Introduction to Sociolinguistics*. Oxford: Blackwell.

On the Verb-Adverb Combination in Defoe's *Captain Singleton*: With Special Reference to Nautical Terms

Kazuho MURATA

〈Received 30 September, 1999〉

1. INTRODUCTION

A linguistic observation of Defoe's *Captain Singleton* (1720) leads us to be aware of his peculiar manner of using adverbs.¹ For example, as for -ly adverbs, the adverbs expressive of time or direction like "immediately," "presently" and "directly" appear much more frequently than those indicative of mentality or something emotional such as "kindly," "cheerfully" or "happily" in this work.² On the whole, Defoe's employment of adverbs of the latter type is much less frequent. This tendency may affect the uses of "merrily," because this adverb, which is used three times totally, is always in the descriptions of the navigation: e.g., "we went merrily up the River with the Flood, (64)." *OED2* cites the instance of "merrily" from this passage and defines as "With alacrity" (*OED2* s.v. merrily, 3.).

However, what seems to be more interesting and significant in this novel is the uses of adverb particles like "away," "out," or "up."³ These adverbs, together with intransitive verbs, especially verbs of motion, are apt to form intransitive phrasal verbs with various shades of meaning. This linguistic pattern I call "verb-adverb combination" in this paper.⁴ In fact, instances of this combination in this novel are rich and abundant. Seen from the historical movement of English prose, such a linguistic feature may show, more or less, a lexical aspect of what Gordon (1966: pp. 133-35) calls "speech-based prose" which "remained dominant" for the hundred years 1660-1760: "the direct and simple vocabulary in close contact with everyday life."

Here we must notice that many instances of this combination build up nautical terms or expressions, describing vividly the adventures or piracies of this novel. Needless to say, the word "nautical" refers not only to expressions of navigation but also to those of nature such as "wind" or "shore."

Among instances of the combination under consideration, verbs like "go" or "come" are used with a variety of grammatical subjects and in a variety of contexts. Accordingly, it is quite a complex work to examine each instance of these verbs in this short paper. In this respect, I discuss this combination with special reference to nautical terms. In addition, to examine how firmly instances of the combination were fixed as set phrases or idioms in his days, I consult *OED2* (or other dictionaries) and try to record the definition of each phrase and the year of its first (or earliest) citation by *OED2*, for reference. Although a consideration of "transitive" verb-adverb combination of this novel is reserved for another occasion, this study will be a preliminary step to an exhaustive study of the verb-adverb combination, (or verbs themselves and adverbs themselves) in Defoe's novels.

2. NON-NAUTICAL VERBS + ADVERBS

Our text has a plenty of instances of verbs whose primary or conceptual meanings do not refer to nautical things. First of all, we look into the instances of "make," "come" and "go."

[make, come, go]

First, the verb "make" in intransitive sense "to proceed in a certain direction" (*OED2* s.v. make, 35.) is used, though rarely, in the following nautical scenes:⁵

[several of the Natives] were always shy, and afraid of us, making in for the Shore, as soon as we attempted it;

(32)/WE are all betray'd; for God's Sake make off with the Boat, and get on board, or you are all lost. (262)

As for "nautical" expressions of "come," the phrase "come up" attracts our attention (*OED2* s.v. come, 74, come up, i. Naut. To come to a direction; to come as near to the wind as a ship will bear.):

... before our Vessel came up, they had every Man a Pouch like a Bladder, to carry fresh Water in, (63)/The Sloop's Men took her, and had the Rummaging of her before we came up: (187)

This phrase may extend to the phrasal expression "to come up with" in the context where the pirate ship gets its game:

it was our Ship that came up with her ... (156)/they came away before it was Day, and came up with us about seven a Clock, (170)/The Sloop however came up with her, and engaged her, (186)/when we came up with her, never was such a poor Prize chased by Pyrates that look'd for Booty; (174)/it was about half an Hour before he came up with us, (151)

The verb "go" is also used in the description of navigation, but without any particular implication:

Here we came to a Resolution, to go away to the Coast of Brasil, ... (145)/William in the mean time went away to the North, and made the Land about the Cape de St. Thomas, (164)/William and his two Quakers, with about eighteen Men in the Sloop, went away to Surat, and came to an Anchor at a Distance from the Factory. (250)/I was just upon the Point of resolving to go away to Madagascar, (260)/We went forward to the North, (31)/We went forward and forward by a Northerly Course; (32)

[stretch]

As *OED2* suggests, the verb "stretch" tinged with a nautical sense often co-occurs with adverbs in our text (*OED2* s.v. stretch, 11. Naut. To sail (esp. under crowd of canvas) continuously in one direction. Also with advs. 1687 ~):

[we] stretching away to the North, as near the Wind as we could, we had forgotten the Shape and Position of the Island of Madagascar it self; (36)/... so that as soon as we had, with a kind of a Land Breeze, stretched over about 15 or 20 Leagues, (36)/if so, we might have stretched away N.N.W. (36)/Our Debate now was, which Way we should go, and never were Men so irresolute; some were for going to the East, and stretching away directly for the Coast of Malabar; (43)/we stretcht away to the Westward, to get the Wind of him. (216)/... and at that time coming to the E.S.E. we stretcht off, and got above a League more Sea-room in Half an Hour. (220)

The only instance without adverb is the following:

... we kept at the more Distance Northerly, still strctching towards the West. (119)

[put]

The verb "put" is often used as intransitive in our text, in describing the proceeding of the ship. Of course, this verb has already had such a nautical sense as *OED2* states by Defoe's day. (*OED2* s.v. put, 8. Naut. intr. To set out, set forth, proceed, take one's course (to sea, into harbour, etc.) 1595 ~). Among adverbs co-occurring with this verb is "in":

[we] putting in for the Shore early in the Morning, (32)/we put in to the Shore, to furnish our selves again with fresh Water and other Provisions. (44)/[1] was obliged to put in to the Groyn, by a strong South West Wind. (138)/We were nine Weeks in this Voyage, having met with several Interruptions by the Weather, and put in under the Lee of a small Island in the Latitude of 16 Degrees, 12 Minutes, of which we never knew the Name,

(204)/We put in upon the South Coast of the Island, (218)/a Venetian Ship touch'd at Cyprus, and put in at Scanderoon to look for Freight Home: (272)

OED2 cites “put in” as a phrase, and defines as follows: “to enter a port or harbour, esp. by turning aside from the regular course for shelter, provisions, repairs, etc.” (*OED2* s.v. put, 45, put in, f. Naut. a.). However, the slight difference of each contextual meaning may depend on prepositions after this phrase.

See the use of “off” (*OED2* s.v. put 46, put off, n. (a) intr. Naut. To leave the land; to set out or start on a voyage; also, to leave a ship, as a boat. 1582 ~);

... and in a few Minutes more we perceived their Boat put off; and as soon as the Boat put off, the Ship struck, and came to an Anchor, as was directed. (217)/and in three Minutes we saw all the Men hurry into the Boat, and put off; (263)

The expression “put out to sea” is a variation of “put to sea” which appears frequently in the text:

... accordingly we put out to Sea, the 12th of August, (191)/after our Putting out to Sea (220)

Not mentioned in *OED2*, “put away” is discussed as a phrase by Wyld in the following sense: “intrans. (of ships) to move away.”⁶ So we have one instance of “put away”:

... so we put away for the Bay of Campeachy, not doubting we should ship as many Men there as we pleased, and so we did. (142)

[bring]

The phrase “bring to,” where we find rare uses of the adverb “to,” appears twice (*OED2* s.v. bring, 25, bring to, c. intr. (for refl. or absol.) Of a ship or her crew: To come to a standstill; 1697 ~):

... upon which he brought to, and we sent the Sloop to stand in round the farthest Point North, /We brought to, and hoisting an English Ancient and Pendant, lay by for them, as if we intended to attack them. (186)

[lie]

We find four instances of the phrase “lie by” in a nautical sense (*OED2* s.v. by, adv. 2. b. Naut. to lie (lay) by; (a) to come almost to a stand, either by backing sail or by leaving only enough sail to keep the vessel's head straight; 1613 ~):

And in the mean time we hung out a Portuguese Antient at Sea, and lay by all that Night. (169)/the Ships which lay by to the Eastward were English, (169)/Here we lay by a while, to wait for Purchase; (186)/We brought to, and hoisting an English Ancient and Pendant, lay by for them, (186)

[stand]

In *Captain Singleton*, the most remarkable verb in the verb-adverb combination under discussion is “stand.” It seems to me that Defoe greatly depends on this verb in depicting the navigation of ship. According to *OED2*, this verb in the nautical context is defined as follows: “Of a vessel (hence of the commander, sailors, etc.): To sail, steer, direct one's course (in a specified direction, to sea, into harbour, etc.)” (*OED2* s.v. stand, 36, a. Naut.). As seen in the next section, “sail” or “steer” is not so frequently used in this text. Apparently, here the narrator's preference for this verb is displayed. Further, many instances of this verb co-occurring with adverbs form set phrases. Of course, there are several instances without such adverbs:

... after that standing afore the Wind for several Days more, we at last came to an Anchor on the Coast of Madagascar. (10)/we stood along Shore again South, for the River de la Plata, (154)/Upon this we tack'd, and stood after him with all the Sail we could, (216)/for when we had stood due North for about fifteen or sixteen Degrees, (215)/we perceived, understood it, and stood directly for the Place; (234)

Here, "afore," "along" and "after" can be considered prepositions,⁷ and "due North" and "directly" are simple adverbials.

The phrasal instances of "stand" with adverbs are basically divided into the following seven types: "stand away," "stand in," "stand off," "stand on," "stand out," "stand over," "stand off and on." Let us check each phrase out:

[stand away] (*OED2* s.v. stand, 87. stand away. b. Naut. To sail or steer away (from some coast, quarter, enemy, etc.) 1633 ~)

This phrase appears 24 times in our text, and it may be regarded as a sort of cliché:

the Ship stood away to the South-East, (21)/she stood away large with the Wind at E.N.E. (26)/So we stood away to the North, (44)/We took this Advantage, and stood away for Cartagena, (145)/so we stood away for the Isle Trinidad, (146)/she will tack and stand away West again for the Brasil Coast, (147) /it was our best Way to change our Course, and stand away for the Bay, (148)/we resolved to change our Course, and stand away directly to Sea, (150)/we thought our selves sufficiently water'd, and stood away to the Eastward; (169)/we weighed, and stood away South, and afterwards S.S.E. to round the Island, (173)/as the Winds continued still to blow at S.S.E. to E. by S. we were obliged to stand away towards the Coast of Africa, (176) /The next Day we weighed, and stood away Southerly to join Captain Wilmot and his Ship at Mangahelly, (181)/we stood away due South leaving the Straits of Sundy, (190)/we stood away North, (192)/we stood away to the East, (192)/we stood away large, and made fresh Way, (194)/we stood away for China. (197)/it being now near the Return of the Monsoons, we resolved to stand away to the Southward; (203)/now we stood away fair West, (205)/thou may'st stand away North towards Ceylon, (214)/so we stood away to the West, (215)/we stood away to the North for a while, (249)/The only Way we had for it was to stand away for Goa, (249)

Many of these instances accompany with the prepositions indicative of direction, "to" or "for." Further, adverbials such as "Southerly" or "due South" are often added. The inversion of this phrase appears only once:⁸

... and away we stood Southward crossing the Line, ... (204)

[stand in] (*OED2* s.v. stand, 95. stand in. e. Naut. To direct one's course towards the shore. 1595 ~)

This phrase occurs 7 times:

so standing in nearer the Shore, the Pilot, My Master, brought the Ship into a very good Harbour; ... (10) /we stood in for the Shore with all the Sail we could make. (37)/In two Hours after, we saw our Game, standing in for the Bay with all the Sail she could make, (148)/we sent the Sloop to stand in round the farthest Point North, (173)/and in a Word, we all came to this, that we would stand in to the Shore of Formosa, (202)/when we made Land again, and standing in with the Shore, (215)/[We] were standing in fair for Marmagoon, (250)

[stand out] (*OED2* s.v. stand, 99. stand out. h. Naut. (See sense 36.) To sail in a direction away from the shore. Usually to stand out to sea. Hence gen., to start on a journey. 1718 ~)

As *OED2* suggests, the four instances of this phrase are always employed as the larger unit "stand out to sea":

we weighed Anchor the same Tide, and stood out to Sea, (140)/she proved an excellent Sailer, and standing out to Sea, we saw plainly she trusted to her Heels, that is to say, to her Sails; ... (147)/he made William weigh and

stand out to Sea, and put in again, above fifty Miles farther North, (166)/so that he resolved immediately to row on Board, and perswade us all to weigh, and stand out to Sea; (235)

[stand off] (*OED2* s.v. stand, 96. stand off. e. Naut. To sail away from the shore. (Cf. stand out 99 h.) 1625 ~)

This phrase appears 3 times:

[We] resolved to stand off to Sea, steering contrary Way from that which we observed she went. (146)/the Man of War did not see us, but stood off again upon his Cruise; (146)/the Ship stood off to Sea, due East on purpose to lose us, (147)

[stand on] (*OED2* s.v. stand, 98. stand on. c. Naut. (See sense 36.) To keep one's course, continue on the same tack. 1666 ~) and

[stand over] (*OED2* s.v. stand, 100. stand over. a. Naut. (See sense 36.) To leave one shore and sail towards another. 1699 ~)

Each phrase is used only once:

we stood on upon the Brasil Coast, Southward, till we came to the Mouth of the River Janiero; (149)

we found the Winds variable under the Shore, and right against us; so we concluded to stand over directly, ... (44)

[stand off and on] (*OED2* s.v. stand, 97. to stand off and on. 97. Naut. 1666 ~)

The adverbial phrase "off and on" in a nautical sense (*OED2* s.v. off and on. 2. Naut. On alternate tacks, away from and towards the shore.) does not always collocate with "stand." However, in our text, two of its three instances are employed with "stand":⁹

we lay still where we was also, till the Fleet was out of Sight, and then stood off and on, in hopes of meeting with further Purchase. (147)/it stood directly towards us, (155)/Here we took in Water, and stood off and on upon the Arabian Shore. (174)/when the Sloop stood towards her, (186)

3. NAUTICAL VERBS + ADVERBS

Next, the verbs whose primary meanings have more immediate reference to nautical terms are discussed.

[sail]

The verb "sail" is often used without adverbs, but the following instances are the case in point:

We sailed away for the Cape of Good Hope, (168)/If we had adventured to have sailed on along the Coast of Mozambique, ... (49)/From thence we sailed directly to the Banda Island or Islands, (191)/so we soon cross'd the Line to the North Side, and so sailed on towards Mindanoa and Manilla, (196)/We sail'd merrily forward for several Days, (31)

[steer]

The verb "steer" in the transitive sense often appears in this text. This verb is often employed without adverb, such as "we steered for the North Side of the Phillipines, (191)" or "We did not steer to the Malabar Coast, (185)." However, this verb is likely to co-occur with adverbs, especially "away":¹⁰

we weighed Anchor the same Tide, and stood out to Sea, steering away for the Canaries. (140)/we resolved to quit those Seas for the present, and steer away for the Coast of Brasil. (146)/ we all resolved to steer away S.E. for the Cape of Good Hope; (168)/so getting into the variable Winds, to the South of the Tropick of Capricorn, [we] steer away to the West, over the great Indian Ocean. (204)

[haul]

The verb "haul" in our text is likely to be used as transitive, such as "[we] hauled our Canoes on Shore, (72)" or "one of his Men haul'd up the Long-Boat close under the Stern. (162)." The following two are instances as intransitive:

we hall'd away Southward under the Lee of the Island, ... (44)/... so they immediately haul'd up on a-Wind on t'other Tack, (216) [*OED2* s.v. haul v. 3. a. Naut. (intr.) To trim the sails, etc. of a ship so as to sail nearer to the wind (also to haul up); hence more generally, to change or turn the ship's course; to sail in a certain course. 1557 ~]

Such instances are rare cases of verb-adverb combination in our text, but they, therefore, may give a sense of reality to their contexts. Similar instances come as follows:

[edge, slant, ply]

the use of the verb "edge" in intransitive sense appears only twice. *OED2* comments "chiefly Naut." on this verb and defines as "To move edgeways; to advance (esp. obliquely) by repeated almost imperceptible movements. Also with advs. aside, away, down, in, etc." (*OED2* s.v. edge, v. 5.).

... they stood edging in for the Shore, ... (216)/when we got him upon our Quarter we edg'd down, (151)

Although *OED2* does not give the verb "slant" a nautical label, the following instance is employed as a nautical expression:

He moved, that as our Coast was now Northward, so we might slant away North West, ... (112)

[*OED2* s.v. slant, 3. a. Of persons To travel, move, sail, etc. in an oblique direction; to diverge from a direct course.]

The verb "ply" is used once (*OED2* s.v. ply, v², II. In nautical and derived uses. 6. intr. To beat up against the wind; to tack, work to windward. (Cf. apply v. 22.) 1556 ~):

We ply'd about here in the Latitude of [22 Degrees] South for near a Month, ... (154)

4. DESCRIPTIONS of NATURE

The verb-adverb pattern under consideration leads not only to the expressions of navigation but also to another important aspect, that is, the descriptions of nature. Namely, natural elements such as "wind" or "land" are described intransitively with adverbs. Such instances may be employed rather metaphorically, and, in consequence, vivid or realistic expressions seem to arise in their contexts.

First, the following are the instances of "wind":

... the wind came off like a Land Breeze (37)

For if the Wind had chop't about any where, they must have gone with it. (155) [*OED2* s.v chop, v². 6. intr. esp.

Naut. Of the wind: To change, veer, or shift its direction suddenly; usually with *round*, *about* (up, obs.). 1642 ~]

the Winds generally spring up to the Eastward, (43)/when a Gale sprung up, we took her in Tow, (31) [OED2 s.v. *spring*, 12. With up. Of a breeze: To begin to blow.]¹¹

the Northern Monsoons being perhaps by that time also ready to set in, (198) [OED2 s.v. *set*, 146. *set in*. f. Of a current or wind: To flow or blow towards the shore.]¹²

In the following instance, "off" is preposition, but OED2 regards "off shore" as the single unit of adverbial phrase (OED2 s.v. off shore, advb. phr. (a.) adv. a. In a direction away from the shore.):

the Wind blowing off Shore, (230)¹³/the Wind was abated, and blew off Shore, (222)

Next, instances of "land" or "shore" come:

... the West Point of Land, which, as I Observed before, runs out so far towards the Coast of Africa, (148)

the Land trended away to the West, (108)/at length we found the Land break off, and go trending away to the West Sea, (205)

... we came off at the Head of a Promontory or Point of Land that lies about the Middle of the Island, and that stretches out West a great way into the Sea; (36) [not recorded as phrase in OED2]/cf. the Land stretching a great Way to the North-West, ... (30)

... the Western Shore of Africk went out into the Sea above a Thousand Miles West; (80)

[We] were come to that Part where the Shore tending away to the North-West, (32)

we were surprised to see the Shore fall away on the other Side, (33)/the Shore of the Island fell off again above 200 Miles to the East, ... (36) [OED2 s.v. *fall*, 92. *fall off*. d. Naut. Of a coast-line: To trend away.]

[A Cape of Land] pushing out a long Way into the Sea, (33) [OED2 s.v. *put*, 5.b. intr. To stick out, project.]¹⁴

Others:

a great Sea rolling in upon us from the N.E. (194) /c.f. a great Sea came rowling out of the South, (205)

the Tide soon after ebbing out, (178)/When the Tide was out, tho' the Water here ebb'd away, (221)

the Stream rather decreased than encreased, sinking away into the Sands, or drying up by the Heat of the Sun; (118)

These instances, no doubt, serve as "presentation of background [in the novel]," one of two aspects of narrative technique Watt (1957a: pp. 17-18) mentions as "of especial importance in the novel" together with "the individualisation of its characters."

5. The USES of EMPTY "IT"

In this study, our chief concern is with intransitive uses of verb-adverb phrases, but the case where the pronoun "it" appears between a verb and an adverb may bring up a difficult problem. On this problem Kennedy (1920: p. 31) mentions that "In a few instances the impersonal pronoun *it* intervenes, but is itself so colorless that the unity of the verb-adverb combination is hardly affected at all." He gives several examples like "to hit it up = to agree" or "to stick it out = to persevere." In this respect, let us examine the following case:

... the Monsoons beginning to change to the N.E. and N.N.E. we led it away, with the Wind large, to the Maldivies, a famous Ledge of Islands, (185)

OED2 regards "to lead it away" as a set phrase, and cites this passage as only instance in the definition "to take one's course" (*OED2* s.v. *Ilead*, 18. b. to lead it away).¹⁵ However, it is not easy to judge whether "it" in this phrase is colorless or not, or whether this phrase is semantically intransitive or not.

Of course, there are not a few instances where "it" apparently refers to the previous thing, such as "we had fitted our Tent, and set it [= the tent] up for Trial where we made it; (85)." Therefore, doubtful instances, or similar instances to the phrase "lead it away" in our text are cited below:

Some of the nimblest of us got back to the River with more Ease than we had travell'd it out the Day before; (82)/now we stood away fair West, and held it out for about twenty Days, when we discovered Land right ahead, (205)/For I hear you have some Project in your Head, says he, come, let's have it out. (257)/a Man that has a Subsistance, and no Residence, no Place that has a Magnetick Influence upon his Affections, is in one of the most odd uneasy Conditions in the World; nor is it in the Power of all his Money to make it up to him. (276)

The following phrase seems to be more interesting:

We took this Advantage, and stood away for Carthagena, and from thence with great Difficulty beat it up at a Distance from under the Shore for St. Martha, ... (145)/We were at Sea above two Months upon this Voyage, beating it up against the Wind, which blew steadily from the North East, ... (197)

Although "beat it up" as a phrase is never mentioned, *OED2* gives the verb "beat" in a nautical context the following definition: "To strive against contrary winds or currents at sea; to make way in any direction against the wind." (*OED2* s.v. *beat*, 19. a. *Naut.*). Further, this dictionary records that the intransitive phrase "beat up" in the same meaning has appeared since 1720. Thus considered, "beat it up" is a variation of this phrase, and seems to be tinged with an intransitive sense.¹⁶

6. FINAL REMARKS

It would be rash to draw any conclusion from the tentative and limited survey made above. However, what can be pointed out at least here is that a lot of intransitive instances of the verb-adverb combination contribute to vivid and dynamic descriptions of nautical events in *Captain Singleton*. In considering the significance of our instances, the following comments by Watt (1957b: p. 199) may be quite convincing: "[Defoe's prose style is] much closer to the vernacular of the ordinary person than any previous writer's, ..."¹⁷ Certainly, this combination including simple verbs like "stand" or "put" seems to reflect a colloquial scene in those days.

Therefore, in order to elucidate whether the use of this verb-adverb combination is peculiar to this novel or common to Defoe's writings, my next task will be to make closer examination of Defoe's other novels, especially those by female narrators, *Moll Flanders* (1722) or *Roxana* (1724). Needless to say, "transitive" instances as well as intransitive ones must

be investigated. Further, throwing light on novels by Fielding, Richardson or Smollett, my study of the language of Defoe will be enlarged with a historical perspective of the movement of English prose in the first half of the eighteenth century.

NOTES

¹ Quotations are from Shiv K. Kumar ed. *Captain Singleton* (Oxford University Press, 1990). Page numbers follow them and the underlining is my emphasis.

² In this novel, "immediately," "presently" and "directly" appear 56 times, 36 times and 20 times respectively, while "kindly," "cheerfully" and "happily" 7 times, 5 times and 4 times.

³ Quirk et al. (1985: 16.2) call these particles "spatial adverbs (though such adverbs are not necessarily used with spatial meaning)."

⁴ According to Quirk et al. (1985: 16.3), this combination may be divided into the two types: "phrasal verbs" and "free combination in which the verb and the adverb have distinct meanings on the other." Further, they explain on the difference between these two patterns: "In phrasal verbs like *give in* ['surrender'], *catch on* ['understand'], and *blow up* ['explode'], the meaning of the combination manifestly cannot be predicted from the meanings of verb and particle in isolation. But in free combinations the verb acts as a normal intransitive verb, and the adverb has its own meaning." (ibid). Instances of the verb-adverb combination in *Captain Singleton* may belong to the latter type. In addition, in using this terminology, I am indebted to Kennedy (1920), but the adverbs discussed there are limited to sixteen "prepositional adverbs" and those such as "away" are excluded.

⁵ The intransitive use of this verb without adverbs is also not so frequent. We can only cite the following instances: ... she stood away large with the Wind at E.N.E. taking no Notice of our Signal, but making for the Cape de bona Speranza; (26)/if we made for the River Niger, and the Coast of Guiney. (50)/we had not marched above twelve Days more, eight whereof was taken up in rounding the Lake, and four more Southwest, in order to make for the River Congo. (109).

⁶ Henry Cecil Wyld ed. *The Universal Dictionary of the English Language*, s.v. put, v.

⁷ Taking into consideration the fact that *OED2* cites "alongshore" as an adverbial phrase since the year of 1779, I judge that "along" in "along Shore" is still a preposition.

⁸ Instances of such an inverted pattern of adverbs, especially "away," are rare in this text. Others are: away we run up the Hill, (26)/and away we went round about Ceylon, (189)/away he went for Surat, (250)/Away he runs. (237).

⁹ Incidentally, the other instance of "off and on" co-occurs with "cruise": Here we took up our Station, cruising off and on, ... (164)

¹⁰ As other adverbs co-occurring with this verb, we find the instances of adverbials indicative of direction: We steered directly for the Gulph, (262) or when we steered East and E.N.E. having easy Gales from the W.S.W. till we came among the Moluccas, or Spice Islands. (191), etc.

¹¹ From Defoe's *Robinson Crusoe* Part II, *OED2* cites the first instance of this sense.

¹² From Defoe's *Robinson Crusoe* Part I, *OED2* cites the first instance of this sense.

¹³ *OED2* cites this passage as the first instance.

¹⁴ *OED2* cites this passage as the first instance of this sense.

¹⁵ Incidentally, we have one intransitive instance of "lead" with the adverb "away," though its use is in the description of situation or location: [the Ridge of Hills] seemed to lead away to the Northward a great Way, ... (113).

¹⁶ Other instances of "beat" in a nautical sense are: "the rest of the Men said the same, being a little weary of beating about for above three Months together, (175)/the Men that enter'd out of the other Boat, finding the first Boat, as they thought, beaten off, and seeing the Ship full of Men, (156).

¹⁷ This idea is partly supported by his own remark: "Defoe's prose contains a higher percentage of words of Anglo-Saxon origin than that of any other well-known writer, except Bunyan.(199)."

References

- Gordon, I. A. (1966) *The Movement of English Prose*. London: Longman.
- Ito, H. (1993) *Some Aspects of Eighteenth Century English*. Tokyo: Eichosha.
- Jespersen, O. (1909-49) *A Modern English Grammar on Historical Principles*. (7 vols.) London: George Allen & Unwin. Copenhagen: Munksgaard.
- Kennedy, A. G. (1920) *The Modern English Verb-Adverb Combination*. Palo Alto, Calif.: Stanford Univ. Press. Rpt., New York: AMS Pr., 1967.
- Lannert, G. L. (1910) *An Investigation into the Language of Robinson Crusoe as Compared with That of Other 18th Century Works*. Uppsala: Almqvist & Wiksell.
- Leech, G. N. (1981) *Semantics* (2nd ed.). Harmondsworth: Penguin Books.
- Leech, G. N. (1987) *Meaning and the English Verb* (2nd ed.) London: Longman.
- Murata, K. (1994) "Some Uses of Verbs in Defoe's *Robinson Crusoe*: With Special Reference to Psychological Expressions," *Research Reports of the Ariake National College of Technology* 30, 91-99.
- Quirk, R. et al. (1985) *A Comprehensive Grammar of the English Language*. London: Longman.
- Spackman, I. J., W.R. Owens and P.N. Furbank (1987) *A KWIC Concordance to Daniel Defoe's Robinson Crusoe*. New York & London: Garland.
- Starr, G. A. (1988) "Defoe's Prose Style: The Language of Interpretation." *Modern Essays on 18th Century Literature*. (ed. by Leopold Damrosch, Jr.) Oxford: Oxford University Press. 237-60.
- Watt, I. (1957a) *The Rise of the Novel: Studies in Defoe, Richardson and Fielding*. London: Chatto & Windus.
- Watt, I. (1957b) "Defoe as Novelist." *From Dryden to Johnson: A Guide to English Literature* Vol. 4, ed. by Boris Ford, London: Cassell & Company LTD. 195-208.

研究活動概要

発表した論文・著書及び講演題目

(自 1998 年 10 月～至 1999 年 9 月)

論文題目又は著書名	著 者	掲載誌名・巻号	年 月	
Effect of flux pinning on the Nernst and Ettingshausen effects in high-T _c superconductors	K. Yamafuji (T. Fujiyoshi) (T. Kiss)	Physica Part C, Vol.311	平成11年	
Flux depinning and current vs. voltage characteristics near the glass-liquid transition	K. Yamafuji (T. Fujiyoshi) (T. Kiss)	Studies High Temperature Superconductors, Vol.37	平成11年	
曲がり制御深穴あけ法の開発(ピエゾ素子を用いた制御パッド駆動法による変位機構と変位能に及ぼす諸因子)	田口 紘一	明石 刚二 日本機械学会論文集C編, 第 64 卷第 627 号	平成10年11月	
資材管理用クレーンプラットホーム制振制御に関する研究	(東町 高雄) (岩井 善太)	(永田 正伸) 川崎 義則	電応研テクニカルレポート, Vol. 7, No.2	平成10年10月
地域への高専の技術支援	川崎 義則		高等専門学校の教育と研究, 第 4 卷第 1 号	平成11年1月
廃食油からのリサイクル石けん製造プラントの設計・製作	木下 正作 上原 弘	多田 肇秀憲 川崎 義則	有明工業高等専門学校紀要, 第 35 号	平成11年1月
基礎機械工学シリーズ(3) 制御工学	(岩井 善太) 川崎 義則	(石飛 光章)	朝倉書店	平成11年3月
Optical investigation of mini heat pipe arrays with sharp angled triangular grooves	(M. Schneider) (M. Groll)	M. Yoshida	ASME, Advances in Electronic Packaging, Vol.2	平成11年
Optical investigation of mini heat pipe arrays by means of digital image processing	(M. Schneider) (M. Groll)	M. Yoshida	Proc. of 11th International Conference on Thermal Engineering and Thermogrammetry	平成11年6月
Investigation of interconnected mini heat pipe arrays for micro electronics cooling	(M. Schneider) (M. Groll)	M. Yoshida	Proc. of 11th International Heat Pipe Conference	平成11年9月
表面空化処理を施した熱回収造型の熱軟化に関する研究	南 明宏		有明工業高等専門学校紀要, 第 35 号	平成11年1月

Multivariable adaptive model output following control systems and its application to parallel inverted pendulums	M. Takahashi (Z. Iwai)	I. Mizumoto (R. Kohzawa)	Proceedings of 1999 IEEE International Conference on Control Applications	平成11年8月
NIR spectroscopic study of the effect of taste substances on lipids	(H. Chibvongodze) T. Nagamori (K. Toko)	T. Matsuno (K. Hayashi)	九州大学大学院システム情報科学研究科報告, 第4卷第1号	平成11年3月
Quantification of taste of amino acids with a taste sensor	T. Nagamori (K. Toko)	.	The 10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers '99)	平成11年6月
味覚センサと近赤外分光分析法を用いたトレハロースの計測	(都甲 潤) 永守知見 (安田幸正) (三橋正和)	(H. Chibvongodze) 松野哲也 (浜田正一)	九州大学大学院システム情報科学研究科報告, 第4卷第2号	平成11年9月
パルスパワーを用いた排ガス処理—ガス組成と水分が NOx 処理に及ぼす効果—	坂本俊介 (秋山秀典)	有明工業高等専門学校 紀要, 第35号		平成11年1月
Production of nitric monoxide in dry air using pulsed discharge	(T. Namihira) (D. Wang) (H. Akiyama) (K. Okmoto)	S. Tsukamoto (S. Katsuki) (R. Hackam)	11th IEEE International Pulsed Power Conference	平成11年6月
NOx and SO ₂ removal by pulsed power at a thermal power plant	S. Tsukamoto (D. Wang) (H. Akiyama) (A. Sato) (M. Koike)	(T. Namihira) (S. Katsuki) (E. Nakashima) (Y. Uchida)	11th IEEE International Pulsed Power Conference	平成11年6月
火力発電所におけるパルスパワーを用いた実ガス処理	坂本俊介 (王斗鶴) (秋山秀典) (佐藤昭広) (小池正実)	(浪平隆男) (勝木淳) (中島英作) (内田佳孝)	電気学会論文誌(A), 第119卷7号	平成11年7月
プラズマオープニングスイッチの動作特性に関する研究	河野晋		熊本大学学位請求論文	平成10年12月
Microsecond conduction time POS experiments	(I. V. Lisitsyn) (T. Teramoto)	S. Kohno (H. Akiyama)	Fusion Engineering and Design, Vol.44	平成11年
Cable guns as a plasma source in a plasma opening switch	S. Kohno (I. V. Lisitsyn) (H. Akiyama)	(Y. Teramoto) (S. Katsuki)	IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.27, No.3	平成11年6月

Improved operation of microsecond plasma opening switch by plasma source modification	(I. V. Listitsyn) (Y. Teramoto) (H. Akiyama)	S. Kohno (S. Katsuki)	Physics of Plasmas, Vol.6, No.8	平成11年8月
Computed shadowgraphs of the flow field induced by shock/vortex ring interaction	(H. Kishige) (M. Nishida)	T. Minota	Proc. 4th KSME-JAME Fluids Eng. Conf.	平成10年10月
Shock/vortex interaction in a flow field behind a shock wave emitted from a shock-tube	T. Minota		Proc. 2nd Int. Workshop on Shock Wave/Vortex Interaction	平成10年11月
Shock/vortex ring interaction:effects of initial shock strength	T. Minota (M. Nishida)	(H. Kishige)	Proc. 2nd Int. Workshop on shock Wave/Vortex Interaction	平成10年11月
衝撃波と渦輪の干渉(衝撃波の歪みとその変遷)	箕田登世子		平成10年度衝撃波シンポジウム論文集	平成11年3月
電子情報工学科における低学年情報教育の検討と組織間ネットワーク演習	松野良信 羽根由恵	山崎直子	有明工業高等専門学校 紀要, 第35号	平成11年1月
A Hydrogen Peroxide Sensor Utilizing an Oxygen Electrode	R. Nagata (S. Gondo) (Y. Hatate)	(A. Koguchi) (Y. Uemura)	Proceedings of The Third Taipei-Kyushu Joint Symposium on Chemical Engineering, 1999	平成11年3月
球状デンブンイオン交換体の調製と性質	松本和秋 (本里義明)	(平山忠一)	日本化学会誌(1998), 第10号	平成10年10月
Measurement and Correlation of Infinite Dilution Activity Coefficients of Ethers in Alkanols	(K. Fukuchi) T. Watanabe (Y. Arai)	(K. Miyoshi) (S. Yonezawa)	Fluid Phase Equilibria, No.156	平成11年
プラスチック/セラミック複合溶射材料の製造法に関する開発研究	川瀬良一 (吉村有希子)	(松本和子)	高温学会誌, 第24卷, Sup.	平成10年
Composite process to produce plastic/ceramic composite powder for thermal spraying	R. Kawase (Y. Yoshimura)	(T. Matsumoto)	Proceedings of 1999 International Conference on Advanced Manufacturing Technology	平成11年6月
Determination of sulfate ion by potentiometric back-titration using sodium tetrakis (4-fluorophenyl) borate as a titrant and a titrant-sensitive electrode	T. Masadome	Y. Asano	Talanta, Vol.48	平成11年

End-point detection of potentiometric titration for anionic polyelectrolytes using an anionic surfactant-selective plasticized poly (vinyl chloride) membrane electrode and an anionic surfactant as a marker ion	T. Masadome Y. Asano	(T. Imato)	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol.363	平成11年
Continuous monitoring for cyanide ion in waste-water with amperometric hydrogen cyanide sensor using purge system	(H. Hachiya) (Y. Fushinuki)	(S. Ito) T. Masadome Y. Asano	Talanta, Vol.48	平成11年
機器分析の基礎、第13章電気化学分析	正留 隆	(今任 稔彦)	裳華房	平成10年10月
Potentiometric back-titration of sulfate ion using a tetraphenylborate derivative as a titrant and a titrant-sensitive plasticized poly (vinyl chloride) membrane electrode	T. Masadome	Y. Asano	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol.362	平成10年10月
Flow injection determination of dodecylsulfate using a dodecylsulfate-selective plasticized poly (vinyl chloride) membrane electrode detector	T. Masadome (H. Hachiya)	(T. Imato) Y. Asano	J. Flow Injection Anal., Vol.15	平成10年12月
Additive-salt effect in low detection limit and slope sensitivity in response of potassium-and sodium-selective neutral carrier based electrodes and their liquid-membrane based ion-sensitive field-effect transistor	(S. Wakida) (T. Imato) (K. Yakabe)	T. Masadome (Y. Shibutani) (T. Shono) Y. Asano	Analytical Sciences, Vol.15	平成11年1月
テトラフェニルホウ酸電極検出器を用いる陽イオン性高分子電解質のフローインジェクション電位差分析	正留 隆	浅野 泰一	分析化学, Vol.46	平成11年5月
Flow Injection determination of bromide ion in a developer using bromide ion-selective electrode detector	T. Masadome (T. Nakamura)	Y. Asano	Talanta, Vol.50	平成11年9月
Fast screening method for bisphenol a in environmental water and in food by solidphase microextraction (SPME)	(Y. Takao) (Y. Ishibashi) N. Tominaga	(H.C. Lee) (S. Kohra) (K. Arizono)	J. Health Science, Vol.45	平成11年
Determination of a screening system of endocrine disrupters by the induction of vitellogenin mRNA in C. elegans larvae	(S. Kohra) (Y. Mitsui) (Y. Ishibashi)	N. Tominaga (Y. Takao) (K. Arizono)	J. Health Science, Vol.45	平成11年
セラミックス溶射粒子の偏平凝固挙動における支配因子の特定	田中 康徳	(福本昌宏)	溶接学会論文集, 第17卷第2号	平成11年5月
溶射法によるSi-Ge系熱電皮膜の作製と特性改善	田中 康徳 (福本昌宏)	(時本雄次)	日本金属学会誌, 第63卷第8号	平成11年8月

地域図書館における利用形態の特徴とコーナー構成	北岡敏郎	生涯学習空間、第14号	平成11年1月	
相互利用型ネットワークを形成する公共図書館の規模計画に関する研究	北岡敏郎	平成9~10年度科学研 究費補助金基盤研究 (C)(2)研究成果報告書	平成11年3月	
〈分離〉利用型の特徴と児童書コーナーと一般書コーナーの配置構成 ファミリー利用からみた公共図書館のコーナー構成に関する研究(2)	北岡敏郎 (青木正夫) (竹下輝利)	日本建築学会計画系論 文集、第518号	平成11年4月	
地域公共図書館の利用構造に関する建築計画的研究	北岡敏郎	九州大学学位請求論文	平成11年4月	
RC板要素せん断面の力学挙動に及ぼす垂直ひずみ勾配の影響に関する実験的研究 第5報 鉄筋がせん断面に斜交する場合	上原修一 (江崎文也)	九州共立大学工学部研 究報告、第23号	平成11年1月	
組み合わせ応力を受ける鉄筋コンクリートせん断面の強度性状	上原修一 (江崎文也) (崎野健治)	コンクリート工学年次 論文報告集、第21巻 第3号	平成11年7月	
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論によるRC柱部材の極限解析	上原修一 (崎野健治) (江崎文也)	コンクリート工学論文 集、第10巻第3号	平成11年9月	
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論によるRC耐震壁の極限解析	上原修一 (崎野健治) (江崎文也)	コンクリート工学論文 集、第10巻第3号	平成11年9月	
大牟田市における三池炭鉱関連の社宅調査報告書	松岡高弘 (川上秀人)	大牟田市教育委員会	平成11年3月	
旧松本家住宅の卓子類の製作技術	(松本誠一) 松岡高弘	(川上秀人) 近畿大学九州工学部研 究報告、第27号	平成11年3月	
旧長島六太郎邸の家具について	(川上秀人) (松本誠一)	松岡高弘 (高畠秀)	近畿大学九州工学部研 究報告、第27号	平成11年3月
旧立花家住宅(御花)の設計について	森山志香	松岡高弘	有明工業高等専門学校 紀要、第35号	平成11年1月
紀長谷雄作品研究—春雪賦注釈—	焼山廣志	国語・国文学研究、 第34号	平成11年3月	
藏原伸二郎「五月の蝶」—教材研究と実践 報告—	岩本晃代	研究と教育、第37号	平成11年2月	

熊本時代の木下順二年譜	岩本晃代	方位, 第20号	平成11年3月	
心をひらく詩の力—蘿原伸二郎・生誕百年 に—	岩本晃代	毎日新聞	平成11年9月	
白衣派ジャイナ教尊像崇拜派に見るバ リューシャン儀礼	山口英一	ジャイナ教研究, 第5号	平成11年9月	
A Lexical Study on Fielding's <i>Tom Jones</i> : With Special Reference to Parenthesis and Rewording	K. Murata	Kumamoto Studies in English Language and Literature, No.42	平成11年3月	
Teaching intonation in Japanese classrooms	N. Abe	有明工業高等専門学校 紀要, 第35号	平成11年1月	
Hölder continuous weak solutions of degenerate quasi-linear elliptic systems	M. Araki	Nonlinear Analysis, Vol.34, No.1	平成10年10月	
On the existence of Hölder continuous weak solutions of degenerate quasi-linear elliptic systems	M. Araki	Abstracts of invited Lectures delivered at the tenth international colloquium on differential equations	平成11年8月	
双2次交換相互作用をもつ3次元XYモデ ルのモンテカルロシミュレーション	(永田英樹) (村岡良紀)	(田中彰則) (井戸垣俊弘)	九大工学集報, 第72 巻第1号	平成11年1月
Ground state phase diagrams of s=1 ANNNI model with the single-ion anisotropy	Y. Muraoka (T. Idogaki)	(K. Oda)	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.195	平成11年4月
双2次交換相互作用をもつ3次元XYモデ ルのモンテカルロシミュレーションⅡ	(永田英樹) (村岡良紀)	(田中彰則) (井戸垣俊弘)	九大工学集報, 第72 巻第4号	平成11年7月
Topologies on the space of all n -homogeneous polynomials of integral type on locally convex spaces	T. Honda (M. Nishihara)	(M. Miyagi) (M. Yoshida)	Proceedings of the Sixth International Colloquium of Finite or Infinite Dimensional Complex analysis	平成10年
On extensions of holomorphic functions in infinite dimensional spaces	T. Honda (M. Miyagi) (S. Ohgai)	(Y.S. Choi) (M. Nishihara) (M. Yoshida)	Proceedings of the Sixth International Colloquium on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis	平成10年

A characterization of linear isometries	T. Honda (H. Hamada)	Proceedings of the Sixth International Colloquium on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis	平成10年	
Linear Isometries on Hilbert Spaces	T. Honda	Complex Variables, Vol.38	平成11年	
Note on Linear Holomorphic Maps	T. Honda	有明工業高等専門学校紀要, 第35号	平成11年1月	
Anomalous pressure dependence of the giant magneto resistance for Co/Cu magnetic multilayers	T. Sakai (G. Oomi) (K. Takanashi)	H. Miyagawa (K. Saito) (H. Fujimori)	Journal of Physical Society of Japan, Vol.67	平成10年10月
Application of strain gauge method to the thermal expansion measurement under high pressure and high magnetic field	T. Sakai (G. Oomi)	(T. Kagayama)	Journal of Materials Processing Technology, Vol.85	平成11年1月
高圧下における DyB ₆ 単結晶の反強磁性秩序及び構造相転位に関する研究	酒井 健		熊本大学学位論文	平成11年1月
Effect of pressure on the giant magnetoresistance for Co/Cu with different Cu-layer thicknesses	T. Sakai (G. Oomi) (K. Takanashi)	H. Miyagawa (K. Saito) (H. Fujimaru)	Journal of Magnetic Society of Japan, Vol.23	平成11年3月
Thermal expansion study of the structural phase transition in DyB ₆ under high pressure	T. Sakai (S. Kunii)	(G. Oomi)	Physica B, Vol.259-261	平成11年6月
Flow injection determination of bromide ion in a developer using bromide ion-selective electrode detector	T. Masadome (T. Nakamura)	Y. Asano	Talanta	in press
Continuous monitoring for cyanide ion in waste-water with amperometric hydrogen cyanide sensor using purge system	(H. Hachiya) (Y. Fushinuki)	(S. Ito) T. Masadome Y. Asano (T. Imato)	Talanta, Vol.48	平成11年
Determination of sulfate ion by potentiometric back-titration using sodium tetrakis (4-fluorophenyl) borate as a titrant and a titrant-sensitive electrode	T. Masadome	Y. Asano	Talanta, Vol.48	平成11年
End-point detection of potentiometric titration for anionic polyelectrolytes using an anionic surfactant-selective plasticized poly (vinyl chloride) membrane electrode and an anionic surfactant as a marker ion	T. Masadome Y. Asano	(T. Imato)	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol.363	平成11年

Potentiometric back-titration of sulfate ion using a tetraphenylborate derivative as a titrant and a titrant-sensitive plasticized poly(vinyl chloride) membrane electrode	T. Masadome Y. Asano	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol.362	平成10年10月	
米国バイオ産業と環境ベンチャー動向調査報告書	浅野泰一	(財)バイオインダストリー協会	平成10年11月	
電位計測式ガスセンサーによるスープの香り測定	浅野泰一 (田中裕敏) (島田浩治) (金木則明) (八谷宏光) (原 宏)	日本味と匂い学会誌, Vol.5	平成10年12月	
シーケンシャルインジェクション分析装置の機能と可能性	浅野泰一	FIA研究懇談会誌, Vol.15	平成10年12月	
Flow injection determination of dodecylsulfate using a dodecylsulfate-selective plasticized poly(vinylchloride) membrane electrode detector	T. Masadome (T. Imato) (H. Hachiya) Y. Asano	J. Flow Inflection Anal., Vol.15	平成10年12月	
Additive-salt effect on low detection limit and slope sensitivity in response of potassium-and sodium-selective neutral carrier based electrodes and their liquid-membrane based ion-sensitive field-effect transistors	(S. Wakida) (T. Imato) (K. Yakabe) A. Asano	T. Masadome (Y. Shibutani) (T. Shono) Y. Asano	Analytical Sciences, Vol.15	平成11年1月
Luminol immobilized anion-exchange resin as an indicator phase for a chemiluminescence oxygen gas sensor	(T. Okamoto) (H. Goto) (M. Yamada)	(K. Tanaka) (J. Lin) Y. Asano	Anal. Commun., Vol.36	平成11年5月
テトラフェニルホウ酸電極検出器を用いる陽イオン性高分子電解質のフローインジェクション電位差分析	正留 隆	浅野泰一	分析化学, Vol.46	平成11年5月
固体面に沿う噴流型境界流の安定性に関する研究	山下 嶽		九州大学学位請求論文	平成10年12月
本校学生のパソコン利用傾向とコンピュータリテラシー教育への考察	山下 嶽		有明工業高等専門学校 紀要, 第35号	平成11年1月
教育用パーソナルコンピュータの維持・管理	山下 嶽 堀田孝之		有明工業高等専門学校 紀要, 第35号	平成11年1月

(注) 氏名欄 () は学外者を示す

講演題目	講 演 者 名	発表した学会・講演会名	年 月	
廃食油からのリサイクル石けんプラントの設計・製作(地域への技術支援の実践報告)	(椿 康弘) 木下正作 川崎義則	(真島吉将) 川崎義則	日本機械学会・九州学生会 第30回学生員卒業研究発表講演会	平成11年3月
適応制御手法を用いた炭坑巻き上げ機の制御に関する研究	(古田 司) 高橋将徳	(西 裕章) 川崎義則	日本機械学会・九州学生会 第30回学生員卒業研究発表講演会	平成11年3月
適応制御手法を用いた炭坑巻き上げ機の制御に関する研究報告	川崎義則	高橋将徳	有明高専・三井三池製作所技術交流会	平成11年4月
旋回クレーン系の切り換え型振れ止め制御	木下正作 (岩井善太)	川崎義則	第6回全国高専パワー エレクトロニクスセミナー	平成11年7月
相互フィードバック構造に基づく工作機械の軌道制御	原慎真也	(林 朗弘)	精密工学会春季大会学術講演会	平成11年3月
相互フィードバックによる機械の軌道制御	原慎真也	(林 朗弘)	ロボティクス・メカトロニクス講演会	平成11年6月
相互フィードバックによる機械の軌道制御 —5軸工作機械の相互補償—	原慎真也	(林 朗弘)	精密工学会秋季大会学術講演会	平成11年9月
Backstepping法による適応モデル出力追従制御系の外乱に対するロバスト性と巻上制御系への応用	高橋将徳 (水本郁朗)	川崎義則 (岩井善太)	第41回自動制御連合講演会	平成10年11月
味覚センサを用いた複合味を呈するアミノ酸の味の定量化	永守知見 (都甲潔) (江崎秀)	(竹嶽一成) (吉川由紀子)	電気関係学会九州支部連合大会	平成10年10月
Quantification of Taste of Amino Acids with a Taste Sensor	T. Nagamori (K. Toko)		The 10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers '99)	平成11年6月
パルスパワーを用いた火力発電所における排ガス処理	塚本俊介 (王斗艶) (秋山秀典) (佐藤昭広)	(浪平隆男) (勝木淳) (中島英作) (小池正実)	平成10年度電気関係学会九州支部連合大会	平成10年10月
パルスアーク放電プラズマを用いたNO生成	塚本俊介 (王斗艶) (勝木淳) (岡本和文)	(浪平隆男) (辻公輝) (秋山秀典)	平成11年電気学会全国大会	平成11年3月

誘導電圧重畠方式大電流パルスパワー発生装置 ASO-X の特性	(寺本 雄介) 河野 晋 (秋山 秀典)	(I.V. Lisitsyn) (勝木 淳)	平成 10 年度電気関係学会九州支部連合大会	平成 10 年 10 月
誘導電圧重畠方式を用いた大電流パルスパワー発生装置 ASO-X	河野 晋 (寺本 雄介) (秋山 秀典)	(I.V. Lisitsyn) (勝木 淳)	平成 10 年度電気学会総合研究会(プラズマ研究会)	平成 10 年 11 月
パルスパワー発生装置 ASO-X におけるプラズマオープニングスイッチ動作特性	(寺本 雄介) (I.V. Lisitsyn) (秋山 秀典)	河野 晋 (勝木 淳)	プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口地区研究連絡会第 2 回研究発表講演会	平成 11 年 2 月
レーザ干渉法による POS プラズマの初期密度分布計測	(寺本 雄介) (I.V. Lisitsyn) (秋山 秀典)	河野 晋 (勝木 淳)	平成 11 年電気学会全国大会	平成 11 年 3 月
Gas-Puff Z-Pinch Plasmas Driven by Inductive Voltage Adder-Inductive Energy Storage Pulsed Power Generator ASO-X	(K. Murayama) S. Kohno (S. Katsuki)	(T. Nishi) (I.V. Lisitsyn) (H. Akiyama)	12th IEEE International Pulsed Power Conference	平成 11 年 6 月
Scaling of Operation of A Low Magnetic-Field Microsecond Plasma Opening Switch	S. Kohno (I.V. Lisitsyn) (H. Akiyama)	(Y. Teramoto) (S. Katsuki)	12th IEEE International Pulsed Power Conference	平成 11 年 6 月
Gas Puff Z-Pinch Plasmas driven by Inductive Voltage Adder ASO-X modified by POS	(S. Katsuki) S. Kohno (H. Akiyama)	(K. Murayama) (I.V. Lisitsyn)	1999 IEEE International Conference on Plasma Science	平成 11 年 6 月
Characterization of Cable Plasma Guns for Microsecond Plasma Opening Switch	(Y. Teramaoto) (I.V. Lisitsyn) (H. Akiyama)	S. Kohno (S. Katsuki)	12th IEEE International Pulsed Power Conference	平成 11 年 6 月
Effect of Plasma Flow Direction on the Performance of Microsecond Plasma Opening Switch	(I.V. Lisitsyn) (Y. Teramoto) (H. Akiyama)	S. Kohno (S. Katsuki)	1999 IEEE International Conference on Plasma Science	平成 11 年 6 月
プラズマオープニングスイッチ動作時のプラズマ密度計測	(寺本 雄介) (I.V. Lisitsyn) (秋山 秀典)	河野 晋 (勝木 淳)	日本物理学会 1999 年秋の分科会	平成 11 年 9 月
有明高専における対外接続の 2 重化	松野 良信 福田 浩人	山下 崑 堀田 孝之	第 19 回高専情報処理研究発表会 論文集	平成 11 年 8 月
授業用テキストの HTML 化とその利用	福田 浩人		第 19 回高専情報処理研究発表会 論文集	平成 11 年 8 月

Computed Shadowgraphs of the flow field induced by shock/vortex ring interaction	(H. Kishige) (M. Nishida)	T. Minota	4th KSME-JSME Fluids Eng. Conf.	平成10年10月
衝撃波と渦輪の干渉(衝撃波の歪みとその変遷)	蓑田登世子		平成10年度衝撃波シンポジウム	平成11年3月
渦輪に衝突する衝撃波の変形とその変遷	蓑田登世子		日本物理学会第54回年会	平成11年3月
The development of a shock wave distorted by shock/vortex interaction	T. Minota		22nd International Symp. On Shock Waves	平成11年7月
Shock wave deformation in shock-vortex ring interactions and its development	T. Minota		3rd Int. Workshop on Shock-Wave/Vortex Interaction	平成11年9月
有明高専における対外接続の2重化	松野良信 福田浩人	山下巖 堀田孝之	第19回高等専門学校情報処理教育研究委員会研究発表会	平成11年8月
UNIXサーバによる教育用Windows98管理の検討	松野良信 羽根由恵	池上勝也 荻島真澄	第19回高等専門学校情報処理教育研究委員会研究発表会	平成11年8月
光波ネットワークの網再構成—メタヒューリスティックスによる近似解の改良—	嘉藤学 (尾家祐二)		電子情報通信学会交換システム研究会	平成11年5月
熱分解GC法による屋外暴露試験ポリウレタンの劣化状態の検討	吉武紀道 (古川睦久)	(古川睦久)	第3回高分子分析討論会	平成10年11月
熱分解GC法によるSBRの劣化解析	吉武紀道 (古川睦久)	(沖慶子)	日本ゴム協会年会	平成11年5月
熱分解GC法によるポリウレタンゴムの熱劣化解析	吉武紀道 (古川睦久)	(平山めぐみ)	日本ゴム協会年会	平成11年5月
エーテル-メタノール-アルカン系液液平衡のASOGによる相関	渡辺徹 (東内秀機)	(本田克美) (荒井康彦)	化学工学会沖縄大会	平成10年11月
エーテル+アルカン+メタノール系液液平衡の測定と相関	(東内秀機)	(荒井康彦)	化学工学会徳島大会	平成11年7月
MTBEを含む二成分系定圧気液平衡の測定とASOGによる相関	渡辺徹 (荒井康彦)	(本田克美)	化学工学会福岡大会	平成11年8月
MTBE+メタノール+ヘブタン三成分系定圧気液平衡の測定とASOGによる相関	渡辺徹 (荒井康彦)	(本田克美)	化学工学会秋季大会 (金沢)	平成11年9月

プラスチック／セラミック複合溶射材料の 製造法に関する研究	川瀬 良一	高温学会溶射総合討論会	平成10年11月	
プラスチック溶射における材料、装置およ び皮膜性能	川瀬 良一	日本溶射協会中部支部 溶射技術研究会	平成10年11月	
Composite Process to Produce Plastic/Ceramic Composite Powder for Thermal Spraying	R. Kawase	1999 International Conference on Advanced Manufacturing Technology	平成11年6月	
臭化物イオン電極検出器を用いる現像液中 の臭化物イオンのフローインジェクション 電位差分析	正留 隆 (中村 敏)	浅野泰一	日本化学会第76春季 年会	平成11年3月
液膜型ISFETによるニュートラルキャリ ヤー型電極における添加塩効果の応答機構	(脇田慎一) 浅野泰一 (辻村 豊) (吉川 遼)	正留 隆	電気化学会第66回大 会	平成11年4月
電位計測式ガス電極を用いたスプーンの香 り測定法の検討	(田中裕敏) (金木則明) 正留 隆 (原 弘)	(島田浩次) 浅野泰一 (八谷宏光)	第60回分析化学討論 会	平成11年5月
Development of Flow Injection Analysis for Bromide ion and Iodide ion in developer using Ion-Selective Electrode Detector	T. Masadome (T. Nakamura)	Y. Asano (T. Imato)	10th International Conference on Flow Injection Analysis	平成11年6月
液膜型ISFETによるニュートラルキャリ ヤー型電極の応答機構	(脇田慎一) 浅野泰一 (吉川 遼)	正留 隆 (辻村 豊)	日本化学会第48年会	平成11年9月
幼齢 <i>C. elegans</i> における卵黄蛋白の誘導を 指標にする外因性内分泌擾乱化学物質のス クリーニング系の確立	(高良真也) (三井義則) (石橋康弘)	富永伸明 (高尾雄二) (有薗幸司)	環境トキシコロジーシ ンポジウム	平成10年10月
環境ホルモンとは	富永伸明	平成10年度八女保健 所いきいき生活セミ ナー	平成10年12月	
環境ホルモンってなあに	富永伸明	筑紫野市連合婦人会	平成11年2月	
水環境の総合評価系の開発を目指して	富永伸明	水環境技術研究会	平成11年3月	
内分泌かく乱物質の総代的影響評価への線 虫を利用する試み	(川上真人) (荒木真由美) 富永伸明	(川口友彰) (山下満里子)	水環境技術研究会	平成11年3月

土壤線虫を用いた内分泌かく乱化学物質評価系の開発	富永伸明 (城戸亜也子) (三井義則)	(高良真也) (中嶋咲子) (有薗幸司)	日本農芸化学会大会 会年会	平成11年4月
HPLC 法を用いたビテロジェニン分析の内分泌搅乱化学物質調査への応用	(石橋康弘) (緑川隆宏) (高良真也)	富永伸明 (高尾雄二) (有薗幸司)	第33回日本水環境学会年会	平成11年5月
HPLC による魚血中のビテロジェニン分析	(石橋康弘) 富永伸明 (石橋弘志)	(高尾雄二) (征矢野清) (有薗幸司)	環境化学討論会	平成11年6月
線虫を使った内分泌かく乱物質の検出法の開発	富永伸明		第24回日本比較内分泌学会大会ワークショップ	平成11年7月
環境ホルモン研究の実際	富永伸明		山口県高等学校教育研究会理化部会研究大会	平成11年8月
線虫をモデルとした化学物質の経代影響評価手法	(川口友彰) 富永伸明 (有薗幸司)	(川上貞人) (高良真也) (三井義則)	第5回日本環境毒性学会・バイオアッセイ研究会合同発表会	平成11年9月
セラミックス溶射粒子の偏平凝固における動的ぬれ挙動の検討	田中康徳		平成10年度秋季溶接学会全国大会	平成10年10月
セラミックス溶射粒子の偏平凝固挙動に対する因子の検討	田中康徳		第2回溶射協会中部支部溶射技術研究会	平成11年3月
セラミックス溶射粒子の偏平凝固に対する粒子熱伝導率の影響	田中康徳		平成11年度春季溶接学会全国大会	平成11年4月
Investigation of Dominating Factors on Flattening Behavior of Plasma Sprayed Ceramic Particles	Y. Tanaka		International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films	平成11年4月
〈域内・外〉利用型における図書館の使い分け 地域公共図書館の相互利用型ネットワークに関する研究	北岡敏郎		日本建築学会大会学術講演梗概集	平成11年9月
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論による RC 耐震壁の極限解析 その 1 I 形断面の耐震壁について	上原修一 (江崎文也)	(崎野健治)	日本建築学会研究報告 九州支部第38号・1 構造系	平成11年3月
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論による RC 耐震壁の極限解析 その 2 長方形断面、箱形断面およびリブ付き耐震壁について	上原修一 (江崎文也)	(崎野健治)	日本建築学会研究報告 九州支部第38号・1 構造系	平成11年3月

旧蔵内家住宅の建築について	(高畠 秀) 松岡 高弘 (川上秀人)	森山恵香 (川上秀人)	日本建築学会九州支部 研究報告第38号・3	平成11年3月
旧貝島嘉蔵邸の建築について一貝島家の住宅について(その5)－	森山恵香 (川上秀人)	松岡高弘 (高畠 秀)	日本建築学会・九州支 部研究報告 第38号・3	平成11年3月
三井港俱楽部の家具(その3)	(川上秀人) (松本誠一)	松岡高弘	インテリアプランナー ニュース Vol.14	平成11年4月
紀長谷雄の賦ーその出典をめぐってー	焼山廣志		熊本大学黒髪古典研究 会	平成10年11月
紀長谷雄の賦・出典考ー「春雪賦」ー	焼山廣志		第61回和漢比較文学 会西部例会	平成10年11月
太宰府時代の菅原道真の漢詩についてー 「菅家後集」試説(その3)ー	焼山廣志		大牟田市教育委員会婦 人学級合歓の会「文学」 講演	平成11年3月
太宰府時代の菅原道真の漢詩についてー 「菅家後集」試説(その4)ー	焼山廣志		大牟田市教育委員会婦 人学級合歓の会「文学」 講演	平成11年3月
戸原伸二郎「五月の雄」ー教材研究と実践 報告ー	岩本晃代		熊本・国語国文学会	平成10年12月
18世紀イギリス文学案内:「ロビンソン・ ケルーソー」と「ガリヴァー旅行記」の不 思議発見	村田和穂		有明工業高等専門学校 公開講座	平成11年7月
On the existence of Hölder continuous weak solutions of degenerate quasi-linear elliptic systems	M. Araki		The tenth international colloquium on Differential Equations	平成11年8月
双二次交換相互作用をもつ3次元XYモデルの磁気相転移	(永田英樹) 村岡良紀	(田中彰則) (井戸垣俊弘)	第104回日本物理学会 九州支部例会	平成10年12月
混合スピニANNNIモデルの磁気相図	(笠間敏博) 西山治利	(吉原伸一) 村岡良紀	第104回日本物理学会 九州支部例会	平成10年12月
拡張ANNNIモデルの磁気相図	(吉原伸一) 西山治利	(笠間敏博) 村岡良紀	第104回日本物理学会 九州支部例会	平成10年12月
拡張ANNNIモデルの有限温度磁気相図	村岡良紀 (吉原伸一)	(笠間敏博) 西山治利	日本物理学会第54回 年会	平成11年3月
双二次交換相互作用をもつ3次元XYモデルの磁気相転移	(永田英樹) 村岡良紀	(田中彰則) (井戸垣俊弘)	日本物理学会第54回 年会	平成11年3月

Exact ground state phase diagrams of mixed-spin ANNNI model	Y. Muraoka (T. Idogaki)	(K. Oda)	XXII International Conference on Low Temperature Physics	平成11年8月
混合スピン ANNNI モデルの有限温度磁気相図	村岡良紀 西山治利	(笠間敏博)	日本物理学会秋の分科会	平成11年9月
The growth theorem of biholomorphic mappings on a Banach space	T. Honda		The Seventh International Conference on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis	平成11年8月
The Schwarz lemma on complex normed spaces	T. Honda		The Second International ISAAC 99 Congress	平成11年8月
A Schwarz lemma on the Euclidean unit ball	T. Honda	(H. Hamada)	日本数学会秋季総合分科会	平成11年9月
形状記憶合金を駆動力とする新しい高圧装置の試作	(吾妻志保) 酒井 健 (西田 稔)	(小阪 功) (加賀山朋子) (巨海玄道)	第39回高圧討論会	平成10年11月
圧力媒体と歪みゲージの特性	(加賀山朋子) 酒井 健	(本多史憲) (巨海玄道)	第39回高圧討論会	平成10年11月
金属人工格子の巨大磁気抵抗に及ぼす圧力効果 Ⅲ	(武富大志) (巨海玄道) 宮川英明 (齋藤今朝美)	(小阪 功) 酒井 健 (高梨弘毅) (藤森啓安)	第13回熊本県産学者技術交流会	平成11年1月
高圧下における DyB ₆ の単結晶の磁気秩序と構造相転移	酒井 健 (毛利信男) (国井 啓)	(巨海玄道) (上床美也)	日本物理学会第54回年会	平成11年3月
高圧下における DyB ₆ の反強磁性秩序と構造相転移	酒井 健 (国井 啓)	(巨海玄道)	「極限状態にある物質とその物性」研究会	平成11年3月
Magnetic and Structural Phase Transformations in DyB ₆ under High Pressure	T. Sakai (Y. Uwatoko)	(G. Oomi) (S. Kunii)	International Conference on Solid-Solid Phase Transformations '99	平成11年5月
Giant magnetoresistance of magnetic multilayers with two magnetic components at high pressure	(G. Oomi) (T. Ono)	(T. Sakai) (T. Shinjo)	Moscow International Symposium on Magnetism	平成11年6月

Co/Cu 人工格子の巨大磁気抵抗における異常な圧力効果Ⅱ	酒井 健 (上床 美也) (巨海 玄道) (齐藤今朝美)	宮川 英明 (武富 太志) (高梨 弘毅) (藤森 啓安)	日本金属学会九州支 部・日本鉄鋼協会九州 支部共催 平成 11 年 度合同学術講演会	平成 11 年 6 月
Pressure-induced enhancement of giant magnetoresistance of Co/Cu magnetic multilayers	(G. Oomi) T. Sakai (K. Takanashi)	H. Miyagawa (K. Saito) (H. Fujimori)	22nd International Conference on Low Temperature Physics	平成 11 年 8 月
Anomalous magnetoelastic properties of DyB ₆ under high pressure	T. Sakai (Y. Uwatoko)	(G. Oomi) (S. Kunii)	Strongly Correlated Electron Systems '99	平成 11 年 8 月
高压下における結合型人工格子 Co/Cu の巨大磁気抵抗効果	酒井 健 (小坂 功) (上床 美也) (齐藤今朝美)	宮川 英明 (巨海 玄道) (高梨 弘毅) (藤森 啓安)	日本物理学会 1999 年秋の分科会	平成 11 年 9 月
高压下における非結合型人工格子 Co/Cu/NiFe/Cu の巨大磁気抵抗効果	酒井 健 (小野 錦男)	(巨海 玄道) (新庄 錦也)	日本物理学会 1999 年秋の分科会	平成 11 年 9 月
Cooperative Jahn-Teller effect and antiferromagnetism in DyB ₆ under high pressure	T. Sakai (S. Kunii)	(G. Oomi)	The Third Hinokuni Workshop on the Highly Correlated Electron Systems under Multi-extreme Conditions	平成 11 年 9 月
シーケンシャルインジェクション分析装置の機能と可能性	浅野 泰一		第 33 回 フローインジェクション分析講演会	平成 10 年 12 月
臭化物イオン電極検出器を用いる現像液中の臭化物イオンのフローインジェクション電位差分析	正留 隆 (中村 敬)	浅野 泰一	日本化学会第 76 春季年会	平成 11 年 3 月
液膜型 ISFET によるニュートラルキャリヤー型電極における添加塩効果の応答機構	(脇田 慎一) 浅野 泰一 (吉川 還)	正留 隆 (辻村 豊)	電気化学会第 66 回大会	平成 11 年 4 月
電位計測式ガス電極を用いたスープの香り測定法の検討	(田中 裕敏) (金木 則明) 正留 隆 (原 弘)	(島田 浩次) 浅野 泰一 (八谷 宏光)	第 60 回 分析化学討論会	平成 11 年 5 月
Development of Flow Injection Analysis for Bromide Ion and Iodide Ion in Developer using Ion-Selective Detector	T. Masadome (T. Imato)	Y. Asano	The 8th International Conference on Flow Injection Analysis	平成 11 年 6 月

液膜型 ISFET によるニュートラルキャリヤー型電極の応答機構	(脇田慎一) 浅野泰一 (吉川 達)	正留 隆 (辻村 豊)	日本分析化学会第48回年会	平成11年9月
マルチメディア教育の企業ニーズ調査研究	山下 嶽 徳田 仁	中川忠昭 中本潔	第19回高専情報処理教育研究委員会研究発表会	平成11年8月
有明高専における対外接続の2重化	山下 嶽 福田浩人	松野良信 辻田孝之	第19回高専情報処理教育研究委員会研究発表会	平成11年8月
Java RMIによる電子掲示板の試作	河村豊實	(荒木啓二郎)	平成10年度電気関係学会九州支部連合大会	平成10年10月
混合スピinn ANNNI モデルの磁気相図	(笠間敏博) 西山治利	(吉原伸一) 村岡良紀	日本物理学会九州支部例会	平成10年12月
拡張 ANNNI モデルの磁気相図	(吉原伸一) 西山治利	(笠間敏博) 村岡良紀	日本物理学会九州支部例会	平成10年12月
拡張 ANNNI モデルの有限温度磁気相図	村岡良紀 (吉原伸一)	(笠間敏博) 西山治利	日本物理学会	平成11年3月
混合スピinn ANNNI モデルの有限温度磁気相図	村岡良紀 西山治利	(笠間敏博)	日本物理学会	平成11年9月

(注) 氏名欄()は学外者を示す

【特許】

発明の名称	発明者	特許番号	取得年月日
深穴加工における曲がり制御方法	田口紘一	第2543409号	平成8年7月25日

【表彰等】

受賞名	学科	受賞者名	受賞年
九州工学教育協会賞	物質工学科	吉武紀道	平成10年2月
高分子学会会員30年表彰	物質工学科	吉武紀道	平成10年5月
1998年度日本分析化学会・フローインジェクション分析懇談会フローインジェクション分析進歩賞	物質工学科	正留 隆	平成10年12月

【文部省在外研究員／内地研究員】

期 間	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成 11 年 5 月 ～	酸化物半導体を用いた光触媒に関する研究	電子情報工学科	石丸智士	九州工業大学工学部
平成 12 年 2 月				
平成 11 年 5 月 ～	光波ネットワークの性能評価に関する研究	電子情報工学科	嘉藤 学	九州工業大学情報工学部
平成 12 年 2 月				

【奨励研究 (A)】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 11 年度	線虫を用いた内分泌搅乱物質の簡便な生物学的影響評価法の開発	物質工学科	富永伸明	500,000
平成 11 年度	ジャイナ教認識論における到達／非到達作用説の研究	一般教育科	山口英一	1,500,000

【奨励研究 (B)】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 11 年度	養護学校における知的障害児の機能回復を目的とした自走車の開発	機械工学科	木下正作	240,000
平成 11 年度	福岡県筑後地区における木造建築物の耐震診断調査	建築学科	松原征男	240,000

【基礎研究 (B)】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 11 年度	耐熱・耐食・耐摩耗に優れたプラスチックスとセラミックスの複合溶射皮膜の開発	物質工学科	川瀬良一 水室昭三	5,700,000
平成 11 年度	環境汚染内分泌かく乱物質の迅速高感度簡易計測法	一般教育科	浅野泰一	6,000,000

【基礎研究 (C)】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成 11 年度	ステレオーシャドウグラフ法による渦と衝撃波の三次元干涉現象の解明	電子情報工学科	蓑田登世子	1,000,000

平成 11 年度 水晶振動子マイクロバランス法を利用する
界面活性剤および高分子電解質センサーの
開発 物質工学科 正留 隆 500,000

平成 11 年度 携帯用ドラッグチェッカー開発のための基
本技術の確立 一般教育科 浅野泰一 2,200,000

【奨学寄付金】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額	寄付者名
平成 11 年度	タンパク質の立体構造予測のための 専用計算機の開発	電気工学科	松野哲也	1,000,000	財吉田学術 教育振興会

【各種委員会委員等】

年 度	委 員 会 名 簿	学 科	研究者名
平成 11 年度	精密工学会九州支部商議員	機械工学科	田口 紘一
平成 11 年度	大牟田市産業活性化推進協議会委員	機械工学科	田口 紘一
平成 11 年度	大牟田市技術開発支援事業専門委員会委員	機械工学科	田口 紘一
平成 11 年度	荒尾市環境審議会委員	機械工学科	田口 紘一
平成 11 年度	熊本知能システム技術研究会（RIST）委員	機械工学科	川崎 義則
平成 11 年度	ロボティックス・メカトロニクス講演会（ROBOMEC2000） 実行委員会委員（日本機械学会）	機械工学科	川崎 義則
平成 11 年度	先端材料技術交流会先端材料第 156 委員会委員	機械工学科	南 明宏
平成 11 年度	電気学会感性バイオセンサ調査専門委員	電気工学科	永守 知見
平成 11 年度	日本化学会九州支部高専フォーラム協議会代表世話人	物質工学科	吉武 紀道
平成 11 年度	日本化学会九州支部高専フォーラム協議会代表世話人	物質工学科	宮本 信明
平成 11 年度	溶射技術編集委員	物質工学科	川瀬 良一
平成 11 年度	高温学会溶射部会監事	物質工学科	川瀬 良一
平成 11 年度	日本溶射協会誌編集委員	物質工学科	川瀬 良一
平成 11 年度	日本溶射協会評議員	物質工学科	川瀬 良一
平成 11 年度	熊本県生命科学検討会・環境研究分科会委員	物質工学科	富永 伸明
平成 11 年度	日本建築学会九州支部建築計画委員会委員	建築学科	北岡 敏郎

平成 11 年度	大牟田市商業近代化推進協議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成 11 年度	荒尾市都市計画審議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成 11 年度	日本建築学会九州支部構造委員会委員	建築学科	上原 修一
平成 11 年度	柳川市史専門研究員	建築学科	松岡 高弘
平成 11 年度	久留米市伝統的町並み保存審議会委員	建築学科	松岡 高弘
平成 11 年度	日本建築学会九州支部歴史意匠委員会委員	建築学科	松岡 高弘
平成 8 年度～	日本建築学会九州支部材料・施工委員会委員	建築学科	小野 聰子
平成 11 年度	大牟田市生涯学習まちづくり推進本部委員	一般教育科	焼山 廣志
平成 11 年度	和漢比較文学会研究目録委員	一般教育科	焼山 廣志
平成 11 年度	学術雑誌 Talanta アドバイザリーボード	一般教育科	浅野 泰一
平成 11 年度	大牟田市環境審議会委員	一般教育科	浅野 泰一

【卒業研究】(平成 10 年度)

機械工学科

研究題目	指導教官	学生名
防振について	石崎勝典	有賀 厚・吉武 刚
セラミックスと金属の拡散接合に関する研究	大山司朗	猿渡健治・日吉正宜
C++ Builder による応力計算プログラムの作成	大山司朗	石井 衛・松尾伸一
セラミックスの研削加工における残留応力及び強度低下について	大山司朗	下村卓児・藤川裕也
熱間鍛造用マトリックスハイスの熱劣化に関する研究	南 明宏	富安哲也・藤野慈孝
対向液圧を利用した軟硬質薄板深絞り成形に関する研究	南 明宏	花田知子・安武佳代子
廃食油リサイクル石けんプラントの設計製作	川㟢義則	椿 康弘・真島吉将
旋回型クレーン系の振れ止め制御問題	川㟢義則	大村 雄・野口宜伸
複合流路内気液二相流の流量配分に及ぼす流動障害物の影響	猿渡眞一	宗正尚之・末藤俊充
傾斜気液二相流の研究	猿渡眞一	大津 聖・森裕一郎
分歧管における気液二相流の流量配分子測	猿渡眞一	堤 章徳・服部 聰

無接触磁気歯車減速機のトルク伝達特性	原慎真也	安松大輔
メカトロ実験装置の開発	原慎真也	長谷 学・森野 誠
プロペラに関する研究	田口紘一	坂本武司・時津智史
機械工学実験用消音・吐出し式風洞の設計製作	田口紘一	猿渡 亮・山本健太
真円度制御深穴あけ法の開発研究	明石剛二・田口紘一	小柳 誠・高畠正樹
曲がり制御深穴あけ法の開発研究	明石剛二・田口紘一	猿渡直人・藤田憲一
大型搬送車のモデルの製作と制御に関する研究	高橋将徳	石松太郎・板井孝浩 龍 順也
適応制御手法を用いた炭坑巻き上げ機の制御に関する研究	高橋将徳	西 裕章・古田 司

電気工学科

研究題目	指導教官	学生名
インターネットによるデータ収集と表示システム構築の研究	山下 嶽	古賀哲也・橋口 悟
UNIXによる言語処理プログラミング環境構築の研究	山下 嶽	東 朋幸
UNIXによる言語処理プログラミング環境の構築 C言語による環境構築	山下 嶽	平石智嗣
アセンブリ言語のインタプリタ作成	福田浩人	境 浩二・前原啓博
簡易図表示 Java Applet の試作	福田浩人	隅田順子・山下徳晃
文字を含んだビットマップ画像データ縮小処理	福田浩人	小柳雅隆
教育補助スタックの作成(1)	辻 一夫	白水洋平・永井宏毅
教育補助スタックの作成(2)	辻 一夫	藤末 見・甲斐建児
電流共振形コンバータの特性	小澤賢治	小柳 勇・下川 心
電圧共振形コンバータの特性	小澤賢治	加藤太樹・釜田 洋 高田和樹
パルスパワーを用いた排ガス処理	塙本俊介	庄村 純・西山靖彦
誘導性パルスパワーを用いた排ガス処理の研究	塙本俊介	伊藤豪章・河野礼子
排ガス処理実験のシミュレーションプログラムの作成	塙本俊介	杉本 淳

線対円筒電極のコロナ開始電圧特性	濱田伸生	筒井祐貴・何川敬介
倒立振子の安定化制御	濱田伸生	香月 勝・原 大輔 福田巖一
CCD を用いた線径測定器の研究	近藤誠四郎	坂山芳憲・猿渡章彦
IC テスターの製作	近藤誠四郎	佐藤健太郎・平尾幸一 山崎辰也
映像信号処理（広帯域増幅器）	中川忠昭	ハシム
映像信号処理（映像分配器）	中川忠昭	石橋 繁・中野勝慶
映像信号処理（広帯域増幅器）	中川忠昭	本村博政・芳川孝太郎
酸化物半導体に関する研究	石丸智士	渡辺直治・吉村純一 廣瀬晋也
金属一半導体接合界面の評価	石丸智士	松下 剛・廣松知之

電子情報工学科

研究題目	指導教官	学生名
Teleoperation 技術の研究 － Ultrasonic Range Finder の試作－	石井康太郎	大田敏幸・野口由紀
Teleoperation 技術の研究 － Force Feedback System の試作－	石井康太郎	梶原 誠・高口友美
アミューズメントロボットの研究Ⅵ －同時並行動作プログラムの試作 及びグリップメカの設計と試作－	瀬々浩俊	大橋幸代・園田武士
RT - LINUX の応用研究 －カメラの位置制御－	瀬々浩俊	市川英樹
DDA 技術の応用研究Ⅱ － SIN・COS 関数発生器テスト回路の試作－	瀬々浩俊	金兒哲二
DC モータドライブ制御シミュレータ －制御部ハードウェアの評価Ⅱ－	堀切淳一	権藤亮一・古庄健二
DC モータドライブ制御シミュレータ －制御部ソフトウェアの作成Ⅱ－	堀切淳一	一丸 雄・野田 剛
シャドウグラフ法による衝撃波の観測	蓑田登世子	上野 優・飛永圭介

ステレオ法による三次元形状の抽出	蓑田登世子	前川雅津子
Java による電子掲示板の構築	河村豊實	阿津坂知之・前田直樹
タンパク質折り畳みの統計力学的計算を行う 専用高速ハードウェアの開発	松野哲也	塚本貢也
確率的再帰呼び出しアルゴリズム PERM による 状態空間探索の計算量評価	松野哲也	福本岳彦
p チャネル MOSFET の試作Ⅲ —フォトマスクの設計・製作—	中村俊三郎	中村 誠・三坂洋輔
多段 pMOS インバータ回路の試作 I —フォトマスクの設計・製作—	中村俊三郎	北田昌俊・猿渡友美
3 次元データのアニメーション化プログラム “A-Magic”の開発	森綱太朗	上尾直史・井村征智 中崎しのぶ
ハイパーカードによる初級英語学習支援システムの開発	山崎直子	長野真理子
建築学科卒業設計のための構造計算システムの開発	山崎直子	林 豊洋・吉田 誠
サーバ間通信に基づく分散サーバモデルの検討 —経路探索システムへの応用—	松野良信	石橋和子・西原佐知
文字型ネットワークサービスの GUI 化の検討 —Telnet クライアントへの応用—	松野良信	上野吉晴・原田智文
光波ネットワークにおける光バス割当問題へのメタヒューリスティックアルゴリズムの適用	嘉藤 学	大堀将史・筒井 誠 濱田志穂美

物質工学科

研究題目	指導教官	学生名
パラコッカス脱窒細菌による硝酸性窒素の除去	永田良一	田中悠輔
過酸化水素分解膜を用いた過酸化水素センサーの試作	永田良一	高口亜希子
液中乾燥法による磁性体を包含したポリスチレン粒子の調製	永田良一	森 由紀
カタラーゼ固定化粒子を用いた過酸化水素センサー	永田良一	片山 歩
アルギン酸カルシウムゲルの微粒子調製	永田良一	梅木淳二
熱分解 GC 法によるポリウレタンゴムの熱劣化現象の追跡	吉武紀道	平山めぐみ
熱分解 GC 法による屋外暴露ポリウレタンの劣化状態の検討	吉武紀道	大津奈津実

熱分解 GC 法による SBR (Styrene-Butadiene Rubber) の劣化	吉武紀道	沖 慶子
混合スピニ ANNNI モデルの磁気相転移に関する研究	吉武紀道	笠間敏博
拡張 ANNNI モデルの磁気相転移に関する研究	吉武紀道	吉原伸一
セルロースエステルとポリ酢酸ビニルと混合希釈剤からの多孔質セルロースゲルの調製	松本和秋	徳永純一
カルボン酸型ポリビニルアルコールイオン交換体の調製と性質	松本和秋	中島 健
多孔質ポリビニルアルコールゲルの調製	松本和秋	森 聖子
ブルラン球状イオン交換体の調製と性質	松本和秋	平川裕子
$\text{LiMn}_{2-x} \text{M}_x \text{O}_4$ の電池特性に及ぼす添加金属(M) イオンの影響	宮本信明	上園善子
溶融含浸法によるリチウム電池正極剤の合成とその電池特性	宮本信明	藤村佳代
表面構造の異なる CMD を原料とした溶融含浸法	宮本信明	山本樹美華
低温度による LiMn_2O_4 の合成	宮本信明	武守幸子
MTBE - メタノール, MTBE - ヘプタン二成分系の気液平衡測定と ASOG 式による推算	渡辺 徹	大久保宏樹
MTBE - メタノール - オクタン系の液液平衡の測定	渡辺 徹	水江 宏
ヘプタン - メタノール MTBE 系の気液平衡測定と ASOG 式による推算	渡辺 徹	古賀勝哉
ポリフェニレンサルファイドとアルミナの複合溶射皮膜の製作	川瀬良一	藤野大輔
ポリエチレンとアルミナの複合溶射皮膜の性能評価	川瀬良一	藤原理恵子
DNA とアクリジンオレンジの相互作用	水室昭三	城戸孝文
DNA とリボフラビンの相互作用	水室昭三	武末幸代
マイクロバブルを用いた洗浄試験	水室昭三	永田和美
外因性内分泌擾乱化学物質とタンパク質の相互作用	水室昭三	吉田 正
表面プラズモン共鳴 (SPR) 装置の試作とその性能評価	正留 隆	武藤絵美
逆滴定法による硫酸イオンの官能基滴定法の開発とその海水分析への応用	正留 隆	リズアン

塩化物イオン電極を検出器とする塩化物イオンのフローインジェクション分析法の開発とそのテトラクロロエチレン分解反応の追跡への応用	正留 隆	中山雅和
臭化物イオン電極検出器を用いる現像液中の臭化物イオンのフローインジェクション分析	正留 隆	矢野敦士
コレステロールが線虫(<i>C. elegans</i>) のビテロゲニン mRNA 発現に及ぼす影響 —環境ホルモン活性の簡易測定法の開発—	宮永伸明	城戸亜也子
エストラジオールによる線虫ビテロゲニンの誘導 —環境ホルモン活性の簡易測定法の開発—	宮永伸明	中嶋咲子
有機性廃棄物の微生物利用処理に関する研究 —活性汚泥中に存在する微生物による食用油の分解—	笹木昭弘	峰松 薫
有機性廃棄物の微生物利用処理に関する研究 —ベンゼン分解菌体の培養、単離および観察—	笹木昭弘	笹井恵美子
有機性廃棄物の微生物利用処理に関する研究 —フェノール分解菌体の培養、単離および観察—	笹木昭弘	田中裕子

建築学科

研究題目	指導教官	学生名
炭素繊維シートを接着した鋼材の疲労き裂進展性状	原田克身	大和 洋・吉野真紀
プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展	原田克身	木下岳志・松尾 健 松川美智子
精神的ストレスを解放する建築空間デザインの手法に関する研究 —不知火病院・海の病棟の空間構成の評価(退院時の患者を対象として) —	新谷肇一	坂口景子・堤 朋子
養護施設における児童・保母の生活構成と空間利用に関する研究 —荒尾市のシオン園を対象として—	新谷肇一	内浜美弥子・木村悦子 柴田理恵・濱田麻美
膜のフラッタ発生機構に関する基礎的研究	三宅昭春	中島博子・西浦純子 西山大輔
タイにおける道路交通騒音に関する調査研究	山下俊雄	石井加奈子・都合圭美
居住環境の快適性に関する調査研究 —戸建住宅と集合住宅の比較—	山下俊雄	江上久美子・中川香織 山下紗喜子
レパートリー・グリッド発展手法による居住環境の快適性の評価構造に関する研究	山下俊雄	別所佳奈

公共図書館の相互利用型ネットワークに関する研究 —〈域外〉〈域内外〉利用型における区域内外図書館利用の特徴—	北岡敏郎	大佐古剛・福島将師 山本賢司
公共図書館におけるコーナーの利用割合とコーナー利用人数、 座席数の算定	北岡敏郎	松本 哲・水野大輔 宮崎雅広
組み合わせ応力の相関を考慮した降伏線理論による鉄筋コンク リート耐震壁の極限解析	上原修一	大久保たか子・タサナジョン
有明高専校舎の耐震診断	上原修一	石橋泰介・中道大樹
炭鉱主蔵内次郎作邸の建築に関する研究	松岡高弘	長尾嘉紀
三井三池炭鉱の職員社宅に関する研究	松岡高弘	松丸伸一
柳川市における浄土真宗寺院本堂の研究	松岡高弘	田邊早苗・梶山陽子
国内における地震エネルギー吸収装置の現状把握およびその問 題点 —新しいダンパーの開発に向けて—	小野聰子	坂井寛和
教育用構造計算システムの開発 —鉄筋コンクリート造の場合における仕様書改訂および本シス テムの開発・評価—	小野聰子	原 康輔
教育用構造計算システムの開発 —鉄骨造山形ラーメンの場合における仕様書作成—	小野聰子	二宮恵子
大牟田市における三池炭鉱関連住宅に関する耐震調査	小野聰子	福山陽仁
萩市浜崎地区の町並み景観の特性と維持に関する研究	大森洋子	新町重矢
鹿島市浜宿における町並み保存の課題に関する研究	大森洋子	高鍋敦子
旧貝島嘉蔵邸の建築に関する研究	森山恵香・松岡高弘	平川綾子

【学位論文】

学位記番号 熊本大学博工第八六号
 授与年月日 平成十一年三月二十五日 授与
 氏名 河野晋

学位論文題目

プラズマオープニングスイッチの動作特性に関する研究

論文要旨

時間的、空間的に圧縮して得られる高密度で高いピークを持つ電力をパルスパワーという。パルスパワー技術によって狭い空間に短時間ではあるがTWを超える電力の集中ができる。従来の高電圧や大電流の技術では成し得なかつた高エネルギー密度状態の生成が可能となった。パルスパワーは大出力レーザ発振、軟X線発生、荷電粒子ビーム発生、有害ガスの分解除去、衝撃波による岩石破壊等、多岐にわたる分野において利用されている。

パルスパワーを発生する代表的な方式にはエネルギー蓄積方式に応じて容量性と誘導性の2つがある。前者は技術的に完成度の高い方式であるが、エネルギー蓄積に複数のコンデンサを必要とし、絶縁保持のための広大な設置スペースや巨額な設備コストなどの点から研究室レベルでの研究には不向きである。一方、後者はエネルギー蓄積にインダクタを用いる方式でまだ研究段階ではあるが単位体積当たりのエネルギー密度を前者に対して2桁程大きくすることができる期待の持てる方式である。

誘導性エネルギー蓄積方式パルスパワー発生装置の実用化には大電流を高速で遮断可能かつ高繰り返し動作ができるオープニングスイッチが必要不可欠である。現在研究中のオープニングスイッチのなかでもプラズマオープニングスイッチ(POS)はMA級の大電流を数10nsの時間でオープニングできるという優れた特徴を持っている。POSのオープニング特性はパルスパワー電源のもつバラメータ(電流値、周期、スイッチの形狀等)やスイッチプラズマのバラメータ(プラズマ密度やその分布、プラズマイオン種等)によって決定される。POSのオープニングは、電流を導通するプラズマの密度が急激に薄くなる領域(ギャップ)の発生によると考えられている。POSのオープニングをカソード表面でのギャップ拡大によるものとするパイポーラ理論、プラズマを電磁流体として扱いその移動に伴ったギャップ生成によるものとするMHD理論、MHD理論を改良したPotential hill理論などが提唱されているが不明な点が多く実験による検証が必要である。

本研究ではPOS研究分野における現況や要請に応えるべく実験を行ってきた。本論文は6つの章から構成されている。以下に各章の内容について述べる。第1章では、研究の背景として、パルスパワーの有効性とその応用について紹介した。パルスパワーの特徴が、極端に大きい電力と短い時間スケールであるため、その発生には独特的な技術が必要であることをオープニングスイッチの重要性を示し、本研究のメインテーマであるプラズマオープニングスイッチについて、現在の研究状況と問題点をあげた。第2章では、第1章で述べたパルスパワーの応用、誘導性エネルギー蓄積方式と容量性エネルギー蓄積方式パルスパワー発生装置の比較、各種オープニングスイッチの特性を図表で示して、それぞれの特徴を述べる。現在提唱されているPOSのオープニング動作理論を詳しく説明し、POSに関する物理現象がどのように捉えられているかを示すとともに、最近の主流である長い導通時間のPOSに対する新しいモデルの提案なども紹介する。最後にプラズマ源について述べる。第3章では、新しいプラズマ源として提案されたレーザ生成プラズマを用いたPOSの特性試験について述べてある。レーザ生成プラズマとは、レーザ光をターゲット板に照射することで生成されるプラズマのことで、再現性の良いプラズマが得られるのが特徴である。また、レーザ発振周期にあわせたプラズマの繰り返し生成が可能である。Q-switched Nd:YAGレーザを用いた実験で、カーボンターゲットからのプラズマについて密度計測と分光計測を行った。結果をもとにPOS動作と入射プラズマ密度の関係について考察したところ、レーザ生成プラズマ単体に対する測定結果とPOS動作実験における状況の違いから(動作実験の場合、スイッチ領域となる同軸導体と入射プラズマの相互作用がある)関連付けは困難であり、POS動作中のプラズマ密度計測の必要性を確認した。次に、プラズマ源としてレーザ生成プラズマの特徴を生かした、繰り返しPOS動作実験を行った。これは、レー

ザ生成プラズマ方式では再現性の良好なプラズマのレーザ照射周期での生成が可能であり、それを POS のプラズマとすることで再現性の良い POS 動作が期待されたためである。トリガーシステムに含まれるジッタを最小限にすることで、3.3Hz の安定した POS 動作の確認ができた。第4章では、第3章の結論を受けて、レーザ干渉法を用いた POS 動作中のプラズマ密度測定を行った。レーザ干渉法による POS 密度測定を簡便に行えるように、Phase controller を製作した。Phase controller を用いることで測定開始時の初期位相差を $\pi/2$, $3\pi/2$, $5\pi/2$, ..., とすることができます。POS 動作実験では、プラズマ源にはケーブルプラズマガンを用い、POS スイッチ部には平行棒電極を用いた。棒電極間に平行にレーザ光を通し、プラズマ密度変化を測定したところ、電極中央付近で密度の急激な減少が観測され、POS ギャップを確認することができた。第5章では、誘導電圧重畠方式を用いた大電流パルスパワー発生装置 ASO-X（最大出力電圧 180kV、最大電流 400kA）について実験を行った。ASO-X は、ガスパフ Z ピンチやキャビラリー放電など高速大電流を必要とする負荷の電源として使用される。電源 ASO-X の特性を調べたのち、ケーブルプラズマガンをプラズマ源とした POS による出力の高速化実験を行った。その結果、 $3.6 \times 10^3 \text{ A/s}$ で立ち上がる負荷電流が得られ、電源電流の約 20 倍の高速化を達成した。ケーブルプラズマガンの特性を詳細に調べ、電極間全体のプラズマ分布の時間変化を調べるとともに、POS 動作中に測定された POS ギャップとの関係を考察した。ASO-X の POS 動作について動作理論と比較検討を行った。第6章は、本研究で得られた成果をまとめて総括した。

学位記番号 九州大学人環博乙第一号
授与年月日 平成十一年六月二十八日 授与

氏 名 北岡 敏郎

学位論文題目

地域公共図書館の利用構造に関する建築計画学的研究

論文要旨

我が国の地域公共図書館が開架貸出中心のサービスに転換して20数年が経過したが、近年の社会状況の変化により、図書館利用者の利用構造は大きく変化している。その特徴は、利用者の館内滞在型化による館内読書の増加、書籍以外の資料もあわせて利用する複合利用化、幼児や児童における家族同伴のファミリー利用化である。これまでの建築計画においてはこれらの利用はあまり考慮されておらず、新たな平面構成の指針が求められる。一方、近年、隣接する自治体間で図書館の相互利用が始まられ、従来とは異なる利用圏域の形成と新たな利用形態がつくられている。本研究は、こうした地域公共図書館の利用構造を明らかにし、建築計画上の指針を得ることを目的としたものである。その主な内容は、相互利用型ネットワークの利用圏域と利用形態、複合利用におけるコーナー配置構成、着座読書空間の機能、ファミリー利用におけるコーナー配置構成の4点である。

本論文は8章で構成され、以下に各章の課題と明らかにした内容の概要を述べる。

序章は、本研究の目的と方法について述べた。

第1章と第2章は、相互利用型ネットワークにおける利用圏域と利用形態を明らかにした。これまでの図書館網によるサービスシステムは、貸出対象者を限ったため利用圏域は当該自治体の行政区画内に限定されていた。これに対し、相互利用型ネットワークは自治体の行政区画を越えた資料の貸出利用を可能とするものである。第1章は、全国の相互利用型地域公共図書館ネットワークにおけるネットワーク利用の状況を分析し、ネットワークの型を抽出するとともに、それぞれの型毎に異なる利用圏域の形成を明らかにした。第2章は、ネットワークを組んだ図書館の利用型の特徴と構成を明らかにした。特に、区域内図書館と区域外ネットワーク図書館の両方を利用する型は今後の図書館サービスの分担において注目すべきことを指摘した。ネットワークの型と利用型についての知見は、既存施設のストック活用の計画やネットワークエリアを見据えた新規の施設計画の指針となることを提示した。

第3章は、成人の複合利用に適したコーナー配置構成を実証的に提案するとともに、書籍の読書機能空間とそれに必要な座席配置の設計指針を得ることを課題とした。まず、成人と児童のコーナー空間の使われ方の法則性を把握するとともに、成人利用者の利用行動追跡調査から複合利用の型の特性を明らかにし、複合利用の型の構成とコーナーの配置構成との関連を分析した。その結果、最も利用頻度の高い書籍と新聞・雑誌の複合利用においてそれぞれのコーナーを隣接させた配置構成が有効であることを示した。一方、書籍の着座読書機能の多くは一般書コーナーに求められるが、一般書コーナーにおける着座読書の時間量分析を行い、座席数の根拠と座席配置の設計指針を提案した。

第4章は、何故、我が国ではブラウジングコーナーは新聞・雑誌コーナーと兼用させても良いという認識が形成されたのかを明らかにした。米国と我が国における公共図書館のブラウジングコーナー概念を史的に考察した結果、米国では利用者を増やすためにインフォーマルリーディングエリアの観念が重要視されるが、我が国の閉架式図書館においてはこの機能を新聞・雑誌室に求め、その到達がブラウジングコーナーとして定着した。新聞・雑誌の読書機能空間であったブラウジングコーナーは運営方式が開架式へ変更された後も継承され、一方で、閲覧机を減らし書架スペースを確保するために、ブラウジングコーナーは新聞・雑誌コーナーと兼用しても良いという我が国特有の認識がより強化されていった。

第5章と第6章は、幼児から小学生までの子どもが親と同伴して来館するファミリー利用に適したコーナーの配置構成の設計指針を実証的に提示した。第5章は、数多くの家族集団の子どもと親それぞれの利用行動追跡調査をもとに、ファミリー利用における家族集団の構成、利用型の特徴と子どもの年令段階との関連を明らかにした。特に、子どもと親の双方の主目的利用を満たすためには子どもと親がそれぞれ一定分離して利用する分離利

用型が優れており、コーナーの配置構成を検討する上で基本とすべき利用型であることを実証した。統いて、第6章は、分離利用型をさらに利用時間のファクターを入れて分離タイプを設定し、各々のタイプの特徴と子どもの年令段階との関連を明らかにした。また、分離タイプとコーナーの配置構成との関連を分析した結果、主要な分離タイプにおいて子どもと親の双方が児童書コーナーを拠点とした利用となり、カウンター利用の動線と交錯せずに分離型の子どもと親の頻繁な接触を可能にし分離利用の継続を保証しやすい点で、一般書コーナーと児童書コーナーを隣接させた配置構成が有効であることを実証した。

終章は、本研究で得られた知見をまとめて結論とした。

学位記番号 熊本大学博工第九十号

授与年月日 平成十一年三月二十五日 授与

氏 名 酒 井 健

学位論文題目

高圧下における DyB_6 単結晶の反強磁性秩序及び構造相転移に関する研究

論文要旨

希土類六ホウ化物 RB_6 (R : 希土類元素) は R の種類の違いによって、近藤効果、半導体、反強磁性、あるいは電荷秩序など多様で複雑な物性を示すことから興味が持たれ、これまで軽希土類六ホウ化物を中心に数多くの研究が行われてきた。一方、重希土類六ホウ化物 (TbB_6 , DyB_6 , HoB_6) は非調和溶融系の化合物で単結晶育成が困難であるため、これらの化合物の物性は明らかにされていなかった。しかしながら、近年、フローティングゾーン法による大きな重希土類六ホウ化物単結晶の育成に成功し、以来、これらの化合物の物性研究が活発に行われるようになった。

RB_6 の物性は、希土類イオンの磁気的相互作用や $4f$ 電子の四重極モーメントと歪みとの相互作用が重要な役割をしている。これらの効果は熱膨張、磁歪、帶磁率、電気抵抗などの物理量に大きく反映されるだけでなく、圧力や磁場などの外力に対する種々の電子間相互作用の反応は異なるため、これらの環境下における RB_6 の系統的な研究によって磁気秩序や構造相転移の起源に関する様々な知見や新奇な物理現象が期待される。

そこで、これらの点に着目し、本研究では反強磁性秩序や協力的 Jahn-Teller 効果やメタ磁性などの多様な物性を示す DyB_6 を取り上げ、この物質の高圧下における $4f$ 電子状態と格子歪みとの関係を発明する。本論文は以下の 5 章よりなっている。

第 1 章では、希土類化合物の一般的な特徴について述べている。その中でも、 CeB_6 を中心とした軽希土類六ホウ化物が示す多様な物性について詳述し、本論文で取り上げる重希土類六ホウ化物の 1 つである DyB_6 の物性を概説している。さらに、この系の物性研究に対する実験的あるいは理論的な問題点や課題について言及し、本研究の意義、目的について述べている。

第 2 章では、実験方法について述べている。はじめに、電気抵抗や歪みを測定するための高圧装置の説明をしている。これらの装置は熊本大学に設置されている装置ばかりではなく、共同利用研究で利用した東京大学物性研究所や埼玉大学に設置されている装置についても説明している。次に、液体圧を用いた高圧下における X 線回折法や高圧下での帶磁率測定法について述べ、最後にストレインゲージを用いた熱膨張・磁歪測定法について述べている。

第 3 章では、 DyB_6 単結晶に対する本研究で得られた実験結果を 2 つに分けて述べている。

3-1 では、高圧下における DyB_6 の電気抵抗率の温度依存や磁場依存の測定結果について述べている。常圧における DyB_6 の電気抵抗率の温度依存 $\rho(T)$ は、反強磁性秩序に伴い Néel 温度 T_N (= 25 K) でピークを示す。8GPa までの高圧下における電気抵抗率の測定結果で注目すべき点は、 T_N の圧力依存である。 DyB_6 の T_N は、約 1GPa までは印加圧力の増加とともに増大していくが、それ以上の高圧下では圧力に依存せず、ほぼ一定値を示す異常な振る舞いを示すことを明らかにした。また、4.2K における DyB_6 の電気抵抗率の磁場依存（磁気抵抗）は、メタ磁性転移により転移磁場 H_m で急激に増加した後飽和するが、圧力下では H_m における磁気抵抗変化が段階的に増加していく。さらに、1.1GPa 以上の高圧下では 5T までの磁場中においてメタ磁性転移に伴う磁気抵抗の大きな変化は観測されない。これらの実験結果は、1.1GPa までの比較的低圧領域において、 DyB_6 の電子状態が大きく変化していることを示唆するものである。

3-2 では、歪みの圧力依存や温度依存の測定結果について述べている。はじめに、高圧下における X 線回折実験から、 DyB_6 は室温における体積弾性率が約 208GPa で非常に硬い物質であることを明らかにした。また、室温における DyB_6 の結晶構造（立方晶 CsCl 型）は、14GPa までの測定圧力範囲内では安定であり不連続な体積変化は生じないことを示した。次に、常圧における [100], [110], [111] 方向の歪みの温度依存（熱膨張）の測定により、 DyB_6 は $T=30K$ (= T^*) において不連続で異方的な跳びを示し、結晶構造が立方晶から菱面体晶へ 1 次の

構造相転移を起こしていることを明らかにした。そして、高圧下では低温における格子の softening による影響で、協力的 Jahn-Teller 効果による格子変形が幅広い温度領域で連続的に起こることを明らかにした。また、熱膨張係数の圧力効果を調べることにより、 T^* の圧力依存性を示した。

さらに、磁場中の DyB₆ の熱膨張を測定したところ、これまで提唱されていた DyB₆ の磁場-温度相図中に転移点として示されていない領域で、熱膨張に不連続で大きなとびが現れることを発見した。これは 0.3 GPa 以上の圧力が印加されると消失する非常に不安定な転移であることも明らかにした。しかしながら、この転移は帶磁率の温度変化には現れないことが分かった。

第4章では、DyB₆ に対する実験で得られた結果を様々な観点から考察している。まず、電気抵抗率の温度依存の結果について、Matthiesen の法則を用いて、不純物や格子欠陥などによる寄与 ρ_{imp} , spin-disorder による寄与 ρ_{sd} , フォノンによる寄与 $\rho_{\text{ph}}(T)$ にわけ、それぞれの圧力効果を比較検討し、 T_s より高温側では ρ_{sd} の圧力効果が、また T_s より低温側では ρ_{ph} の圧力効果が支配的であることを定量的に示した。そしてそれが、反強磁性転移に伴いフェルミ面に生じるエネルギーギャップの減少に起因していることを明らかにした。また、DyB₆ における T_s の異常な圧力依存性について、間接的交換相互作用モデルの立場からは単純に解釈できないことから、これを協力的 Jahn-Teller 効果による格子変形と関連付けることにより説明した。また、本研究で発見された磁場における熱膨張異常について、DyB₆ では Dy イオンの四重極モーメント間の相互作用（四重極相互作用）が重要であることに着目し、四重極モーメント O_{yy}, O_{zz}, O_{xx} の磁場誘起ドメイン回転モデルを提唱することによりその起源を説明した。最後に、DyB₆ の様々な特性温度の圧力依存性について熱力学的関係式を用いた定量的な考察を行った。

第5章では、本論文をまとめ、問題点と今後の展望について述べている。

学位記番号 九州大学総理工博乙第二八六号

授与年月日 平成十一年二月十二日 授与

氏名 山下 崑

学位論文題目

固体面に沿う噴流型境界流の安定性に関する研究

論文要旨

力学系の微小擾乱に対する免疫性を力学的安定性という。連続体である流体の安定性は、層流から乱流への遷移現象の本質に関わるものとして、流体力学の重要な基礎的課題として位置づけられている。また、安定性の解析は、遷移の予測と制御に必須の知識を提供することから、流体摩擦抵抗の低減などの工学的問題の解決においても重要な役割を担っている。こうした基礎、応用の両面にわたる要請から、これまでにも、実に多くの流れについて安定性が調べられてきた。

その結果、重力や遠心力などの外力が介在しない均一流体の場合、着目する流れ（主流）の速度分布形状と固体境界の存在が、流れの安定性を特徴づける重要な要因であることが知られている。主流の速度分布形状に関しては、特に非粘性流体の場合、その分布が変曲点をもつこと、言い換えると、主流の溝度分布が停留値を持つことが、擾乱が成長するため（不安定化）の必要条件であることが知られている。このように、主流の速度分布が変曲点を持つことによって生ずる不安定を変曲点不安定という。固体境界の介在しない噴流や後流などの、いわゆる自由剪断流に見られる不安定はみなこの種の不安定であり、その中の擾乱の消長・挙動は主流の速度分布の形状のみによってほぼ決定されてしまう。この場合、流体粘性は、擾乱に微弱に減衰作用を及ぼすのみで、本質的な役割を果たさないため、簡単な非粘性解析によって安定性の大略を知ることができる。しかし、固体境界が存在すると、その近傍では、流体粘性は、擾乱を抑える安定化要因であるのみならず、擾乱を増幅させる不安定化要因ともなり得る（粘性作用の二面性）。それゆえ、主流の速度分布が変曲点を持たなくとも不安定が生じ得る。このように、壁面近くの粘性の作用によって誘起される不安定を粘性不安定と言う。管内の流れや境界流に見られる不安定がその例である。この場合には、非粘性解析は全く無力であり、安定性は完全な粘性問題を解くことによって調べられる。それでは、主流の速度分布が変曲点を持たない場合、しかも固体境界が存在する場合には、いかなる安定性を示すであろうか。

Navier-Stokes 方程式の数少ない厳密解の一つである、回転円板上の 3 次元境界層がその典型的な例である。この種の流れに見られる不安定も、本質的に変曲点不安定であろうとの考え方から、一般に、非粘性解析によってその安定性が論じられてきた。しかし、固体境界が存在するこの場合には、非粘性の解析だけで実在の粘性流の安定性が言い尽くされているか否かはそれほど自明ではない。固体境界の存在により、流体粘性が非粘性の安定性とは全く異なる安定性を生み出す可能性があるからである。実際、回転円板上の境界層に関する実験と非粘性解析結果とのくい違いが、その可能性を示唆している。

このような観点から、本研究は、回転円板上の 3 次元境界層と陸岸に沿う噴流型海流の安定性を数值的手法により詳細に調べたものであり、速度分布に変曲点を持つ流れの安定性問題における固体境界と流体粘性の重要性を明らかにした。

第 1 章の序論では、本研究の歴史的背景を概観した後、研究目的と本論文の構成を述べる。

第 2 章では、回転円板上の 3 次元境界層の流体力学的安定問題に着目し、問題の定式化とその数值解法について述べ、計算結果を従来の非粘性解析結果と対比して論ずる。なお、この流れは、乱流への遷移に先行して、規則的に並んだ停留滴列が出現することで有名である。この美しい渦現象は、従来、非粘性解析で得られる伝播速度ゼロの中立擾乱をもって説明されてきた。これに対し、本計算の結果は、粘性の影響のもとでは、伝播速度ゼロでありながらより優勢な別の擾乱が存在し得ることを示している。これは、当の渦現象に新しい説明を与えるものとして注目される。

第 3 章では、地球流体力学において重要な、陸岸に沿う噴流型海流の安定問題を扱う。問題の定式化の後、前章で述べた数值解析を用いた計算結果を示す。固体壁の存在が、流体の内部粘性の効果を助長し安定特性に強く

影響を与える。臨界 Reynolds 数は 100 より小さく、オーダ 100 の Reynolds 数では不安定モードが 2 つ存在して、この Reynolds 数範囲では、これらのモードが共鳴を起こして複雑な安定特性を示す。実際の噴流型海流の安定性が非粘性解析のみでは評価できない事実が明らかにされる。

第 4 章では、第 3 章で行った安定解析結果の検証を行うために室内実験を実施し安定特性を調べる。実験室内的水槽に 2 種類の方式による境界 Jet 流を作り、不安定性を可視化法により観察して、安定特性を探り、数値計算の結果と比較論証し、

- (1) 境界流の不安定限界は Rossby 数ではなく、Reynolds 数で決まる。
- (2) 粘性が効く場合も、 β 効果は流れを安定化させる。

ことなどが示される。

第 5 章では、本研究の成果を総括して、その有効性を述べる。

平成 11 年度 編集委員

委員長 田口 紘一 (教務主事・機械)
委員 中本 潔 (図書館長)
小澤 賢治 (電気)
石井 康太郎 (電子情報)
正留 隆 (物質)
原田 克身 (建築)
酒井 健 (一般教育)
村田 和穂 (一般教育)

有明工業高等専門学校紀要

第 36 号 (2000)

平成 12 年 1 月 31 日発行

編集 有明工業高等専門学校紀要編集委員会
発行 有明工業高等専門学校
大牟田市東萩尾町 150
電話 大牟田 (0944) 53-8613

CONTENTS

An Improvement on the Statistical Processing of Students' Records in Our College	.....Fumitoshi SAKANISHI Hirotō FUKUDA Takayuki HORITA	..... 1
An Introductory Study on the Formation of the Nation and the Social Structure in Ireland from the Seventh to the Twelfth Century by Translating D. Ó Corraí's Essay, 'Nationality and Kingship in pre-Norman Ireland'	.....Mitsuo TANIGUCHI Hirokazu TSURUSHIMA	..... 7
Note on the Upper Bound of the Growth of Biholomorphic Convex Mappings	.....Tatsuhiro HONDA	..... 17
Geometric Constructions of the Coefficients, Foci, Directrices from the Graphs of Central Conics The Case of the Hyperbola	.....Tatuo KAWAKAMI	..... 21
AC Loss in High- T_c Cuprate Superconductors(1) — On the Pinning-Parameter Dependence	.....Shunzaburo NAKAMURA Takanori FUJIYOSHI Kaoru YAMAFUJI	..... 31
Finite Temperature Magnetic Phase Diagrams of Mixed-spin Axial Next-Nearest Neighbor Ising Model	.....Toshihiro KASAMA Harutoshi NISHIYAMA Yoshinori MURAOKA	..... 37
On the Buildings of the Chofukuji Buddhist Temple	.....Takahiro MATSUOKA	..... 45
The Architecture of the Former Residences of Kazuo and Kenji Kaijima	.....Keiko MORIYAMA Takahiro MATSUOKA Hideto KAWAKAMI Takashi KITANO	..... 65
The Influence of Tool Setting Angle to the Tool Life in the Finish Cutting	.....Koichi TAGUCHI Koji AKASHI	..... 77
The Profile of Drill's Chisel for the Thrust Reduction	.....Koichi TAGUCHI Koji AKASHI Masami KAIDA	..... 85
The Profile of Drill's Chisel for the Thrust Reduction — The Cutting Performance on Improvement Type —	.....Koichi TAGUCHI Koji AKASHI Masami KAIDA	..... 93
Investigation of Interconnected Mini Heat Pipe Arrays for Micro Electronics Cooling (Theoretical model for predicting maximum heat transfer rate)	.....Masamichi YOSHIDA Marcus SCHNEIDER Manfred GROLL	.....101
A Study of the Mobile Robot for Education and Research (2)	.....Hirotoshi SESE Junichi HORIKIRI Yoshinori KAWASAKI Shousaku KINOSHITA	.....105
Electrical Characteristics of Breadboards for Electronic Circuit Experiments	.....Kotaro ISHII Katsuya IKEGAMI Masumi OGISHIMA	.....111
Design and Production of a Manufacturing Plant for Reclaimed Soap Using Cooking Oil Waste (Final Report)	.....Shousaku KINOSHITA Hidenori TADAKUMA Hirosi UEHARA Yoshinori KAWASAKI	.....121
Correlation of Liquid-Liquid Equilibria of Ether+Methanol+Alkane Ternary Systems by ASOG	.....Toru WATANABE Katsumi HONDA Hideki HIGASHIUCHI Yasuhiko ARAI	.....133
Sexism and English Textbooks for Japanese Students	.....Noriko ABE	.....141
On the Verb-Adverb Combination in Defoe's <i>Captain Singleton</i> : With Special Reference to Nautical Terms	.....Kazuho MURATA	.....151