

有明工業高等専門学校紀要

第 41 号

平成 17 年 1 月

Research Reports
of the
Ariake National College of Technology
No.41
January 2005

Published by Ariake National College of Technology

Omura, Japan

目 次

	岩 本 晃 代 酒 井 健 司 三 戸 健 司 谷 口 光 男 荒 木 直 雄	
高等専門学校・低学年（1年次）における学年経営の実践報告（1）	1	
擬等角双正則写像の接続について	坂 西 文 俊	23
Holomorphic Mappings with Parametric Representation	本 田 竜 広	29
3次元拡張ANNNIモデルにおける相転移の臨界的性質	村 岡 良 紀 笠 間 敏 博 井 戸 垣 俊 弘	39
メダカ (<i>Oryzias latipes</i>) を用いた化学物質の <i>in vivo</i> 女性ホルモン様活性 評価に関する研究	山 口 明 美 富 永 伸 明	49
旧柳河藩における浄土真宗寺院本堂について	松 岡 高 弘	55
Experimental Study on Composite Shear Reinforcement of RC Beam by Means of Carbon Fiber and Polyethylene Fiber Sheet	下 田 誠 也 村 上 聖 聖 三 井 宜 之 武 田 浩 二	75
次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と温熱環境に関する調査 第2報	戸 田 一 敏 田 中 三 雄 山 下 俊 雄	81
機械工学科1年次における機械基礎実習への新たな試み －実践的な創造性を育てるために－	松 川 真 也 明 石 刚 二 大 山 司 朗 上 原 弘 憲 多 田 限 秀 坂 口 誠 作 木 下 正 司 河 村 英 司	91
知的障害児のための工房バギー用乗込み型自走車の開発	木 下 正 作 林 崎 雅 裕 矢 山 高 昭 安 部 良 史 豊 増 貴 別 川 寄 義 別	97

剛性の低い工作物の高精度切削加工—アルミ薄肉加工の場合—	田口 紘一 明石 剛二	103
総合研究棟オープンスペースにおける校内LAN利用に関する検討	松野 良信 堀田 幸之	109
ロボット大蛇山用画像センサの開発	泉 勝弘	113
ロボット大蛇山（ロボ大蛇）の設計・製作	河村 英司 吉富 貴司 木下 三朗 松原 征男	119
半導体工学教育におけるNMOSプロセスによる集積回路製作（1）—現状と展望—	中村 傑三郎	125
中層大気波動観測用ナトリウムライダーの開発	内海 通弘 柴田 泰邦 阿保 真 長澤 親生 五十嵐 喜良	131
擬似ランダム変調CWライダーの昼間計測の検討	内海 通弘 野原 明信	137
MTBE + メタノール + アルカン系液液平衡の測定と相関	渡辺 徹 木本 克美 東内 秀機 荒井 康彦	143
有明高専生の英語能力の発達に関する総合的研究（3） —通時的モデルの分析を中心に—	安部 規子	151
菅原道真研究—『菅家後集』全注釈（十）	焼山 廣志	164

高等専門学校・低学年(1年次)における学年経営の実践報告(1)

岩本晃代・酒井 健・三戸健司・谷口光男・荒木 真

<平成16年9月29日受理>

Reports on the Practice of the Management and Guidance of the 1st-Year Students
at Ariake National College of Technology (1)

IWAMOTO Teruyo, SAKAI Takeshi, MITO Kenji, TANIGUCHI Mitsuo and ARAKI Makoto

The national college of technology is a higher educational institution in which the students of a variety of ages corresponding to those of senior high schools to universities are enrolled. The social circumstances of the national college of technology have been changing drastically for these ten years. Therefore, especially in the 1st and 2nd years equivalent to those of senior high schools, a more careful and competent guidance considering the developmental stages of the students will be needed. In practicing that, it is important for each teacher to be conscious of the management of the students of each school year. All of the 1st-year classroom teachers in academic year 2004 are working on an original plan of the management of the 1st school year.

This paper outlines our original plan, including the report on the practice of the management and guidance of the 1st-year students during the period from the preparation for the students' entrance through the summer vacation in 2004.

1. はじめに

1. 1. 本稿の目的

高等専門学校は高等教育機関であるが、義務教育を終えたばかりの15歳で入学し、専攻科を含めると、高等学校から4年制大学までに相当する幅広い年齢層の学生が在籍する機関である。15歳人口の減少、学習指導要領の改訂、法人化等々、高等専門学校をとりまく社会的環境は、ここ10年はどの間に急激に変化している。したがって、特に高校に相当する低学年時*においては、これまで以上に学生の発達段階を考慮した細やかな教育指導が必要であろう。高専においても学級は教育指導上最も基礎的な単位の集団である。その学級を効率よく運営し機能させるためには、義務教育や高校の現場で行われているような学年を横断的にまとめる「学年経営」の意識を持つことが重要である。有明高専では、これまでにも高校における教育指導の実態をふまえながら低学年指導が実践されてきたが、高専独自の指導を体系的に記したもののはなかった。義

務教育とも高等学校とも大学とも異なった教育システムをもつ高専においては、やはり高専独自の「学年経営案」が必要なのではないだろうか。

平成16年度の1年生学年会では、これまで一般教育科で実践してきた低学年指導を参考にしながら、さらに検討を重ね、現在の1年次学生の実態に対応した「学年経営案」の作成に取り組んでいる。本稿は、その「学年経営案」の原案であり、いわゆる教育方法論ではない。よって、今後ご教示ご叱正を賜りながら、現場での実務に直接役立つような、よりよい「学年経営案」の作成に努力していきたい。

なお、本稿(1)で扱っているのは、1年生の入学準備期から夏季休暇までの期間である。本年度の「学年組織」を簡単に紹介した後、時系列の記録形式で学年経営による諸活動について報告する。

* 有明高専では1、2年次を「低学年」と位置づけている。なお、平成13年度より2年次において「混合学級」が導入された。「混合学級」には1年次の成績を参考にしたうえで各学科人数、男女比、寄生数等が5学級に均等配分されている。

1. 2. 学年組織

表1 1年次学級担当者および主な担当科目等

クラス	担任	職名	担当教科
機械工学科（M科）	酒井 健	一般教育科助教授	理科・基礎物理学
電気工学科（E科）	三戸 健司	一般教育科助教授	外国語・英語II
電子情報工学科（I科）	岩本 晃代（学年主任）	一般教育科助教授	国語・文学I
物質工学科（C科）	谷口 光男	一般教育科講師	社会・歴史学
建築学科（A科）	荒木 貞	一般教育科教授	数学・基礎解析学

表2 1年次各学級学生数（入学時）

	学生数	男子	女子	寮生数	男子	女子	留学生数
M科	42	41	1	15	14	1	1
E科	44	42	2	11	10	1	2
I科	40	30	10	10	10	0	0
C科	41	16	25	6	4	2	0
A科	41	26	15	16	12	4	1
計	208	155	53	58	50	8	4

2. 平成16年度 1年生学年会の記録

2. 1. 学年会の記録

本表は、学年組織の指導方針を決定する学年会議の議事録をもとに作成したものである。学年として、いつ、何を議論する必要があるかを検討するための原案であり、今後の課題となった議題も多く含まれている。また、定例の学校行事の際に留意すべきこと等についてもメモとして書き込んでおり、現場での実務に直接利用することを念頭において作成した。

【凡例】

- 「日付」は学年会の実施日、「学校行事」は行事予定表に組まれている主要な学校行事、「学年会 議題」はそこでの議題を示している。また、議題の番号①②③…は会議で協議した順番を表している。
- 「詳細」とは、学年会で協議した議題の詳細な

内容である。「詳細」中の番号①②③…は各「議題」に対応するよう付している。また、「議題」に対応する「詳細」が一つしかない場合は、番号を省略した。

- 「詳細」中の→は、学年会で協議した結果あるいは関係機関に検討を依頼した際の結果はどうなったかを示している。
- 「詳細」中の資料1、資料2、…は本表後に載せている資料の番号を示している。
- 資料中にある(A)(B)(C)とは、(A)が学生に配付した資料（「回収」とあるのは後日、担任が回収したもの指す）、(B)が保護者に配付した資料、(C)がクラスに掲示した資料を表している。

日付	学校行事	学年会 議題	詳 細
3/8		1.学年会の方針 2.出校日の業務確認 3.会場整備	(1) 共同で学年運営案の骨子をつくり、経過を記録する (2) 新年度までに前年度までの資料や高等学校の資料を読んで、担任業務の項目を各自検討 資料1 (3) 次回の学年会 3/9 担任業務終了後 出校日担任業務の反省会 (1) 配付物・回収物（教務主事、教務係からの）の再確認 資料2 (2) 資料作成 表面：出校日当日の日程（「入学のしおり」p.2） 資料3 裏面：男女の学校章・学年学科章の付け方（「学生便覧」pp. 39-40） 資料4 (1) 出校口用の受付名簿を利用して座席表をつくり、各教室の黒板に表示 (2) 机の数、配置等の確認 (3) 教室内の物品（前年度分）の処理

3/9	入学手続説明会	1.出校日業務の反省 2.資料作成の分担 3.学年強化目標の設定 4.次回の学年会	<ul style="list-style-type: none"> (1) 予約発学生等の書類は本人が直接学生係に提出すること、を担任が把握しておく (2) 提出書類を必ず生徒にもたせて教室へ入るように、保護者に徹底してほしい（受付時） (3) 誓約書の日付について、書類綴りに注を記してほしい（何月何日と書けばよいかわからず、提出になって担任に質問する生徒がいたため） <p>以上3件について、教務主事に報告</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) ロッカーの名札（岩本） (2) タイムテーブル表（岩本） 資料5・6 (3) 「学生としての心得」（酒井） 資料7 (4) 「日直の仕事」（谷口） 資料8 (5) 「近日中の日程」（三戸） 資料9 <ul style="list-style-type: none"> (1) 掃除の徹底 (2) 5分前行動の定着（阿蘇研の目標と連動させる） <p>4/6 教員会議後 教室整備・配付資料の印刷等、共同作業を予定</p>
4/6	教員会議	1.教務主事室との 入学式打ち合わせ 2.入学式までの業務 確認	<ul style="list-style-type: none"> (1) 入退場の仕方・進行の確認 (2) 新入生氏名の読み上げ方について (3) 主事補に読み飛ばしがないかチェックを依頼 (4) 教務主事の指示により、読み上げ原稿を教務係から担任に配布 (5) 原稿を貼り付ける台紙の準備（原稿から留学生の氏名を削除しておく） <ul style="list-style-type: none"> (1) 各種原稿の準備 (2) 教室掲示物の準備 資料5・6・7・8・9・12・13・14・15・16・17・18・ 19 (3) 入学式当日の配付物（学生用・保護者用） 資料10・11 (4) 原稿をチェックした後、5クラス分の印刷・コピー
4/7	始業式	1.入学式前日の作業 午前 午後	<ul style="list-style-type: none"> (1) 前日準備した配付物をクラス毎に仕分け (2) 教務係に準備してある冊子等をクラス毎にコンテナに収納（校内オリ時に台車で運搬） (3) 入学式当日の業務を再確認（式次第、式後の HR、保護者の会：学科長へ確認） <ul style="list-style-type: none"> (1) 各HR、「保護者の会」用の教室の準備（全担任で共同作業） (2) 掲示物の貼り付け 資料5・6・7・8・9・12・13・14・15・16・17・18・ 19 (3) 板書 (4) 教室施設

4/8	入学式	1.留年生の指導 2.本日の反省 3.翌日の業務確認	1 学年の留年生を集め、学年会で指導 留年の原因について具体的に考えさせ、述べさせる 今後の目標について具体的に述べさせる 学業・生活の両面について、各担任から指導・アドバイス 前期中間試験後に、再度指導を行うことを留年生に予告 (1) 自転車通学届けについて ステッカーが交付されるまでの処置を学生主事室・学生係に検討を依頼 → 新入生の新規申請者については、入学式に届けを提出させ、翌日から 通学可と統一 (2) 配付書類が多すぎるので、新入生用配付書類、保護者用配付書類、のパ ックをつくる → 学年経営案があれば、3月下旬から準備が可能 (3) 新入生を式場に引率後、教室は施錠（貴重品管理の責任、自己管理の指 導の動機づけ） (4) 今後、日常的に放課後施錠してはどうか → 学年会からの提案で一般教育科の会議へ (5) 長期休暇中（特に春休み）における教室の終日完全施錠 (6) 留年生の指導 → 旧担任・新担任の引継は3月中に行った方が効果的である → 3月の面談時に「入学式午後の山校口に、春休みの課題・勉強したもの（ノート・レポート）を持参すること、及び1年生担任が全員で日 を通すこと」を伝達しておく (1) 新入生校内オリエンテーションの日程 (2) 校内案内の順序について確認 (3) 視聴覚室の座席確認（教務主事室から連絡あり） (4) 各学科長との打ち合わせ（待機場所、終了時間等） (5) 配付物の準備（コンテナを台車にのせ、教室に近い場所に保管） (M科・E科…非常勤講師室、I科・C科・A科…G科南棟階段下倉庫)
4/9	校内オリエンテーション	1.本日の反省 2.LHRの原稿作成 3.個人面談	(1) 校内案内に学生会室を追加 (2) クラス役員それぞれの業務内容について、次年度から簡単な説明がほしい 来週の火曜日7限の原稿を作成する 資料20 阿蘇研までに、個人面談を各クラスで実施することを確認 (事情のある学生を把握し、学年会で対応を協議する)
4/12	課題試験 寮生歓迎夕食会	1.校内オリエンテーションの反省 2.その他	(1) 事務手続き説明が担当の事務員への連絡が不徹底だったため遅れた（教 務主事室へ報告） (2) 欠席者の確認 (1) 女子更衣室のロッカーについて伝達（個人割り当てが本日の放課後、明 日から使用可） (2) 体育時の貴重品管理について 各クラスの体育科担当教員と打ち合わせ（貴重品袋をG科で一括購入してはどうか）

			(3) 信教上の理由で、集団活動に参加できない学生を早めに把握しておく (学生主事室へ連絡 対応を協議)
4/13		阿蘇研の打ち合わせ	(1) 学生主事室、担任、指導学生による合同打ち合わせ (2) 担任 5 名と学生会長・5 学科団長との打ち合わせ 出発時の団長待機場所を統一（バスのトランク前、1 年生の荷物搬入の指導） 研修中各担任との連絡を密にすることを確認
4/22		1.個人面談の報告と対応 2.阿蘇研の学年打ち合わせ 3.春季課題試験の成績送付	(1) アレルギー、喘息、その他持病者の確認 (2) 車酔いのひどい学生、中し山のあつた学生へのバス座席の配慮（前方へ座らせる） (3) 身体上の理由により集団で入浴できない学生への配慮（個別に小浴場で） (4) 信教上の理由で校歌が歌えない学生への配慮（主事室と後日協議） → 4月 26 日放課後に該当の学生 4 名を主事室へ 学生会ミーティング時にクラスの集団と離れるかどうか、本人の意思を確認 → 4月 28 日当日、体調不良の学生とともに全員（計 6 名）集団から離れて見学 (5) オリエンテーリングに参加できない学生の確認（足の怪我等） → 4月 29 日当日は、読書やビデオ鑑賞およびオリエンテーリングの点数集計の補助 (1) 就寝時の服装 中学校時代の体操服またはそれに代わるジャージ等 (2) バスの座席 原則として班毎に着席 (3) 乗車時 必ず「しおり」を持参 (4) 2 日目の LHR について学年で統一（春季球技大会選手決め、スピーチ、研修の諸注意） (1) 全クラスとも保護者宛に送付 (2) 送付経費について学科長に相談 学科会議にて 1・2 年生全クラス送付に決定
4/28	阿蘇研	1.1 日目の反省会 2.今後の火曜日 LHR の内容確認 3.3 日日の反省会	(1) 注意事項の確認（食事後のゴミの分別、部屋の消灯・戸締まり、入浴の仕方） (2) 集合への意識が非常に良かった点は持続できるよう指導を継続 今後の火曜日 LHR の学年計画案について検討（前期中間試験まで） 5月 11 日 クリーンデー作業の説明、阿蘇研のクラス新聞づくり 5月 18 日 前期中間試験～向けて学習計画、学習記録表の配付と説明 5月 25 日 学習計画、学習記録表の提出と検査、再配付 反省会での作文用紙の使い方について、書式を説明
4/30		阿蘇研の解散	(1) 各クラスとも教室で解散 最後に教室で田長挨拶、クラス委員長のお礼の言葉 (2) 次回の日直の確認
5/11	クリーン作業	1. LHR 資料について	作成者（酒井）から説明 阿蘇研の「クラス新聞」原稿 資料 21, 「前期中間試験までの勉強計画表」 資料 22

		2.クリーン作業 3.性格適性検査 4.学生の近況	各クラス担当区域の除草作業後、16時を目途にグラウンドへ移動 性格適性検査の事前説明会を学年会として保健室に依頼するかどうか 日程調整 (1) レポート未提出者が例年になく多い (2) 忘れ物が多い (3) 欠席者の確認
5/14		性格適性検査	保健室から実施要領説明 カウンセラーから、検査結果の分析方法、心身に問題のある学生の指導事例について説明
6/1	教員会議	1.クラス新聞 2.学生の近況 3.その他	阿蘇研の「学級新聞」の配布先について検討 資料 23 → 一般教育科、主事室、各クラス（5学科分を1セット） 長期欠席学生について経過報告 「雑巾干し」が教室の備品として教務係発注で一括購入されることに決定
6/8	前期中間試験	1.適性検査の結果表 配付 2.紀要執筆	カウンセラーと担任との面談を学年会で申し込む 今年度の学年会の指導記録を論文にまとめることについて、紀要執筆の役割分担を確認
6/18		1.保護者懇談会 2.夏季休暇前までの LHR 計画 3.面談 4.紀要執筆 5.1・2年生合同担任会	(1) 1年生学年会申し合わせを作成する（原案担当は岩本） (2) アルバイトは原則として禁止へ（学生主事室に連絡し了承を得る） 夏季休暇前までの LHR について学年計画案を検討 6月 22 日 保護者懇談会用の往復葉書（住所確認等の作業） 6月 29 日 中間試験成績の配付と反省文作成（A4 半分の白用紙） 7月 6・13 日「夏季休暇中の注意」「學習記録表」「読書記録カード」配付 夏休みの課題等配付（教務主事室からの資料等） 資料 24・25 個人面談（各クラス） 保護者懇談会関係の作業 カウンセラーと各担任との面談申込について（日程調整） 編集委員会を 7月末に開くことを決定 6月 22 日 16:40 から開催するとの案内
6/29		1.諸資料の検討 2.留年生への指導	「夏季休暇中の注意」（岩本） 資料 26 「読書記録カード」（三戸） 資料 27 「夏休みの計画表」「夏休みの目標・生活設計」（酒井） 資料 28・29 留年生への合同指導の日程について打ち合わせ 7月 6 日はどうか
6/30		1.資料の検討 2.教務主事室との懇談会	「夏季休暇中の注意」について「バイクの免許取得は望ましくない」という一文が主事室の要請により削除された（理由は、学校としては、免許を取得する場合に、授業に支障のないよう、長期休暇中の取得を勧めている。免許の取得そのものを奨励しているわけではないが、「取得した場合は家庭の責任で事故のないよう乗車させて欲しい」という学校としての指導方針があるため。） 中間試験の成績をもとに、1年寮生の生活状況について意見交換を行ない、寮生の把握に努める目的で、7月 8 日（木）16:40 から予定

		3.名札着用の強化指導 4.留年生への指導 5.LHR の内容確認	1・2年生合同担任会で提案のあった名札着用の強化指導について検討 名札を首からかける場合、私物の紐でかけている学生に注意 名札に不要なもの（シール等）を貼り付けている学生に注意 7月6日（火）昼休み、LL教室にて予定 6/18を参照
7/6		1.夏季休暇関係資料の印刷 2.留年生への指導	(1) 学生用（「目標・タイムテーブル」「夏季休暇中の注意」「読書記録カード」「学習記録表」） (2) 保護者用（「夏季休暇中の注意」「阿蘇研クラス新聞」） (1) 学生から以下の内容について各自報告 4月にたてた目標が達成に向けて実行できているかどうか 中間試験の反省 夏季課題試験に向けて（目標は平均75点） (2) 各担任より説論
7/29		1.保護者懇談会の反省 2.今後の日程	保護者から学校への主な要望等 (寮生の保護者上り) 必要な学用品等は早めに知らせて欲しい（理由は、準備してから送付するまでに日数がかかるため、所持している物品であっても購入させなければならないため） 女子寮に物干しを設置して欲しい 部活動の退出について悩んでいる 集団生活によって精神的にも肉体的にも成長することができたので有り難い (全体より) 家庭学習の習慣ができていない 制服の着用がルーズである（シャツ出し、ズボン下げ、女子の夏服が冬服と混同されている。スカートが極端に短い等々） 部活動の終了時間を徹底して欲しい（帰宅時間が21時を過ぎ、防犯面でも問題がある） (その他、学年会の指導方針について) 現段階で各クラス數名バイク免許取得者（取得希望者）がいる 「学習記録表」は保護者にも好評であった 紀要原稿編集委員会をかねて8月30日（月）を予定（LHRの計画その他も議題に）

2. 2. 平成 16 年度 第 1 学年ロングホームルーム実施記録（4 月～7 月）

月 日	指 導 内 容	備 考
4 月 13 日	作文「一年間の目標、自分について」 資料 20	
4 月 20 日	新入生阿蘇オリエンテーション説明会	(学校裁量)
4 月 27 日	春季課題試験の成績表配布 「個人成績表」記入 資料 30 新入生阿蘇オリエンテーション諸注意	28 日～30 日阿蘇研修
4 月 29 日	春季球技大会選手決め（主事室より指示） スピーチ（自己紹介等） 研修（1 日目、2 日目）の反省、諸注意	阿蘇研修中の LHR
5 月 11 日	キャンバスクリーンデー作業の説明 「新入生阿蘇オリエンテーション学級新聞」作成 資料 21 前期中間試験へ向けて「勉強計画表」の配布 資料 22	11 日クリーン作業
5 月 18 日	「勉強計画表」の点検 資料 22 試験勉強	
5 月 25 日	性格適性検査 「勉強計画表」の点検 資料 22	(学校裁量)
6 月 1 日	「勉強計画表」の点検 資料 22 前期中間試験受験上の注意 試験勉強	8 日～14 日 前期中間試験
6 月 15 日	実態調査	(学校裁量)
6 月 22 日	保護者懇談会について説明他 性格適性検査の結果配布 性格適性検査相談票の記入（当日回収）	
6 月 29 日	前期中間試験の成績配布 作文「反省文」	
7 月 6 日	「夏季休暇中の注意」配布・説明 資料 26	
7 月 13 日	「夏休みの目標・生活設計」配布・説明（当日回収、点検） 資料 29 「夏休みの計画表」配布・説明（9 月 1 日回収） 資料 28 「読書記録カード」配布・説明（9 月 1 日回収） 資料 27 「夏季休業前後の主な日程」配布・説明 資料 24 「夏休みの補習・課題、課題試験の範囲」（教務主事室より） 資料 25 個人面談	

注) その他、教室掲示物・学生配布物・保護者配布物も基本的に 5 学級共通。

2. 3. 資 料

配布資料の準備や教室整備、あるいは新入生に対する細かい指導内容の確認など、1学年の担任は入学式の前から受け入れ準備で多忙になる。毎年繰り返される

これらの準備を少しでも効率的に行うため、前年度までの資料を参考に、今年度、実際に用意したものである。

資料1 【平成16年度 始業式・入学式前後の新1年生担任業務】

4月7日（水）：始業式

- 入学者氏名の読みあげ一覧表の作成（5クラスまとめたもの）
- 入学式当日に配布する書類の準備（学生用と保護者用）
- 教室整備
 - 机、椅子の確認（教室、保護者の会で使用する教室）
 - ロッカーの点検および名札付け
 - 掃除用具の確認（用具にクラス記載）
 - チョークの補充、黒板消し、クリーナーの確認
 - 指示板の設置確認
 - 文書掲示
 - 入学式当日の日程を板書（式場の簡単な図、時間など）

（掲示物）

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 【主事室から配布されたもの】 <input type="radio"/> 年間行事予定表 <input type="radio"/> 時間割 <input type="radio"/> 掃除分担表 <input type="radio"/> 掃除分担区分図 <input type="radio"/> 健康診断日程表 <input type="radio"/> 歓迎行事予定表 <input type="radio"/> 自転車通学届 <input type="radio"/> 通学および通学手段について 【担任会で準備したもの】 <input type="radio"/> 学生心得 <input type="radio"/> タイムテーブル <input type="radio"/> 日直の仕事 <input type="radio"/> 近日中の予定表 <input type="radio"/> 各種の許可願・届出書類について <input type="radio"/> 名表(出席番号確認用) <input type="radio"/> 座席表 |
|---|

- 入学式当日の保護者懇談会と校内オリエンテーションの学科紹介について学科長と打ち合わせをする。

4月8日（木）：入学式

■ 教務係の連絡ボックスの確認

■ 入学式前後の指導事項

9:30 HR 出席確認、名前の読み方の確認 服装と姿勢についての指示 式次第の配布
 返事の仕方（返事後は立ったまま） 入退場の仕方 トイレ済みか

9:40 第二体育館入場 担任を先頭に出席番号順に整列後、前後の人の顔を確認させる

10:00 入学式

10:50 HR (副担任の紹介) 書類の配布

（配布物）

【主事室から配布されたもの】

- 時間割 年間行事予定表 通学定期申込書
- 学生証 在学証明書 在寮証明書

【担任会で準備したもの】

- 近日中の予定表 連絡先調査票 学生心得

学生心得についての説明（配布物）

- 学年目標（あいさつ・掃除）について
- 服装について
- 遅刻・欠席などの連絡の徹底、皆勤について

近日中の予定の説明（配布物）

- クラブ勧誘について

※校内オリエンテーションの時にクラブ紹介あり、勧誘開始は12日（月）の放課後から始まる。

トラブルが生じた時はすぐ担任へ連絡。

- 新入生歓迎行事について

連絡先調査票の回収について（明日持ってくるように指示）

明日の昼食についての連絡

ロッカー割当（鍵の注意）

女子更衣室のロッカーについて（後日、連絡有り）

自転車通学許可願の届出説明

（学生係で用紙を受取→主事室に提出）

体操服購入忘れ → 教務係へ

雑巾の回収（持参している学生がいれば）

入寮者→入寮オリエンテーション（12時までに視聴覚室へ）

連絡先調査票		
クラス	番号	氏名
郵便番号と住所（里番は「住居番」をだけ記入）		
〒		
電話番号		
連絡方法（自転車・新幹線・バス・路線バス）		
所属クラブ（既に決めた者だけ）		
連絡責任者		
保護者勤務先（会社名）		
連絡先勤務番号		
（以下は學生だけ記入）		
保護者の連絡番号と住所		
〒		
保護者の電話番号		

ここまでを11:25までに終了。 → （学生は解散、担任は保護者の会の会場へ移動）

11:30から担任と保護者の顔合わせ。

(配布物)

- 1年生の学生心得 前期行事予定表&タイムテーブル
 阿蘇研修についての資料 学生相談室案内 微笑み

 学生心得についての説明

※ (1) と (4) を重点的に説明

※ 学生が遅刻・欠席する場合、保護者から担任への必ず連絡するように依頼する

 前期行事予定表についての説明

阿蘇オリエンテーション (4月28日～30日) の案内 (配布資料を参照)

※ 保険証(=ビー)の用意、学生の健康状態で特に注意すべき事項があれば担任まで。

前期中間試験(6月8日～14日)、保護者懇談会(7月22日～23日)の案内

 対象生および保護者の入寮オリエンテーションの案内 (12時までに視聴覚室へ)

ここまでを11:50までに終了。

4月9日(金) : 校内オリエンテーション

8:40 SHR . . . 副担任の紹介(前日に紹介しなかった場合)

出席確認

今日の日程説明

1限目(8:50) HR

(配布物)

- 学生便覧 授業要目 安全の手引き 国語辞典 (本年度のみ)

学生便覧に氏名を記入させたあと、簡単な説明

授業要目について簡単な説明

日直の仕事の説明

掃除の説明

届出書類(特別欠席届、早退届、寮一時立ち寄り届など)の説明

HR教室以外の場所での授業(音楽、体育、LL、情報処理など)についての簡単な説明

クラス役員選出(クラス委員長、体育委員を優先的に決める)

ここまでを、できる範囲で 9:10 くらいに終了。残りは顔写真撮影後のHRで説明する。

↓

(移動準備) 学生便覧、筆記具を持参させる。2年以上が課題試験や授業中なので私語を慎むように注意。

9:15 ■校内案内 . . . 見学時間が短いので、適宜、重要な場所から見学する。(主な見学先は下記参照)

体育館 学生課 主事室(大会議室) 自転車置き場 修己館(保健室)

各専門学科棟 女子更衣室 図書館(閲覧室、セミナー室) 視聴覚室

情報処理センター室 一般科教官室(担任、副担任教官室) 一般科会議室

LL教室 学生相談室

■HR教室に戻ったら → 2限の始業前に学生便覧・筆記具を持って視聴覚室に移動するよう指示。

顔写真撮影終了後、HRと掃除があるので教室で待機しておくよう支持。

2限目(9:45) 教務主事講話(視聴覚室)

3限目(10:45) 学生主事講話、情報処理センターと学生相談室からの諸注意(視聴覚室)

4限目（11：40） クラブ活動紹介（視聴覚室）

5限目（13：20） 学科長講話、学科紹介（HR教室または専門学科棟） ←※学科長と事前に相談しておく。

6限目（14：15） 頭写真撮影（多目的室）

7限目（撮影終了後）

■HR教室でHR → □ 明日の日程説明（始業時間の確認、課題試験の時間割確認、その他）

1. 英語 2. 数学 3. 物理 4. 化学

■ 掃除の指導（掃除の分担区域の確認、各場所での掃除のやり方の指導）

■ 課題試験の日程を板書、受験上の注意の掲示

4月12日（月）：課題試験&事務手続きと図書館利用についての説明

8：40 SHR ····· □ 出席確認 □ 今日の日程説明 □ 前日までの回収忘れ書類の確認

1限目（8：50～9：40） 課題試験（英語）

2限目（9：45～10：35） 課題試験（数学）

3限目（10：45～11：35） 課題試験（物理）

4限目（11：40～12：30） 課題試験（化学）

5限目（13：20） 事務手続きの説明（視聴覚室） ←学生便覧と筆記具を持参するよう指示。

6限目（14：15） 図書館の利用説明（視聴覚室） ←

撮影終了後、 ■ 教室でHR

- X線（レントゲン）撮影用のパンフレットの配布
- 明日の日程説明（健康診断の説明・女子のレントゲン撮影についても）
- 明日の授業時間割の確認（ただし、授業中に健康診断が入る）
- 日直の確認
- 尿検査容器（受取は保健室）について連絡（回収については体育委員に説明）
- ※ 配布 → 12日（月）朝 ※ 回收 → 14日（水）朝（保健室～）
- 寮生は新入寮生歓迎夕食会がある

HR終了後、 ■ 掃除

資料2 課題、課題試験について

(A)

■ ■ ■ 入学時までの課題、入学直後の課題試験等について ■ ■ ■

入学時めでとうございます。

さて、新入生の皆さん、入学後、最初での学習を行なうわけですが、中学校までの学習と大きく異なるのは、「自らの学習にだけ頼らない」ということです。たとえば先をかられるのではなく、教わったことを自ら理解せねばなりません。技術は学びたいことなどは教わたりして、自分の努力で行動を起こさなければ、成長に迷う可能性があります。

また、学習する内容も、豊富で複雑になります。

そこで、下記の内容ある資料について、入学までの準備が済んでおり、複雑の中身をしっかり覚えること、入学後の授業にスムーズに対応できるようにしておいてください。

また、入学式の4月12日(土)に、面接に来しての説教があります。この説教の結果で、上記次の範囲に反映されることになります。理解をしっかり意識しておいてください。

【入学式までの課題】		【入学直後の課題試験の出題範囲】	
希望		新入生タオル・新規登録用スティック(タオル)、学習した内容を一冊、化粧用鏡の持方式なく持参する。	
参考		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、筆記用具(鉛筆、消しゴム、色鉛筆等)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	
回答		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	
他		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	
参考		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	
参考		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	
参考		新規登録用スティック(新規登録用タオル)、新規登録用スティック(新規登録用タオル)。	

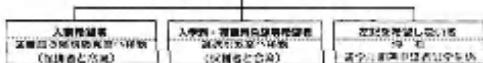
※「入学のしおり」、「新規登録用タオル」では、複数の書類(英語、数字、物理)となっていますが、「新規登録用タオル」のみです。

資料3 出校日当日の日程

(A)

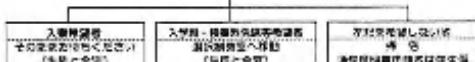
新規登録が終了直後、進路事務室担当教員、各教員の連絡事務室担当教員の時間を行ないます。

■ ■ ■ 新規登録が終了直後 ■ ■ ■



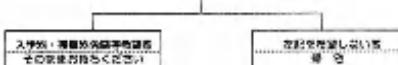
2) 早朝者は新規登録の開始時間へ遊びに来ます。
新規登録が終了直後から1時間、新規登録が終了直後から2時間、新規登録が終了直後から3時間。

■ ■ ■ 新規登録が終了直後 ■ ■ ■



5) 入学登録係への説教(12時00分頃から)
新規登録が終了直後などについて主担当および実務者へ説教を行ないます。

■ ■ ■ 新規登録が終了直後 ■ ■ ■



6) 入学料・奨学料免除登録係への説教(12時00分頃から)
新規登録が終了直後から1時間、新規登録が終了直後から2時間、新規登録が終了直後から3時間など、新規登録が終了直後から1時間、新規登録が終了直後から2時間などについて説教を行なってください。

7) 通学証登録の申込
申込手続きをして後、特別の事務がある入学を説明する者は「通学証登録」が終るとなりますので、新規登録が終了直後から1時間、新規登録が終了直後から2時間など、新規登録が終了直後から3時間などについて説教を行なってください。

8) 入学登録係
人が手続きをして後、特別の事務がある入学を説明する者は「通学証登録」が終るとなりますので、新規登録が終了直後から1時間、新規登録が終了直後から2時間など、新規登録が終了直後から3時間などについて説教を行なってください。

資料4 入学式当日の服装について

(A)

■ ■ ■ 入学式当日の服装等の参考ガイド ■ ■ ■

ATM制服
上 ポロシャツ
下 パンツ
上 フォーマルシャツ
下 パンツ
上 ワンピース
下 ハーフパンツ



1M 1E 1I 1C 1A

資料5 平常授業用タイムテーブル

(C)

【平常授業】

S H R	8:40~ 8:50
1限目	8:50~ 9:40
2限目	9:45~10:35
3限目	10:45~11:35
4限目	11:40~12:30
昼休み	12:30~13:20
5限目	13:20~14:10
6限目	14:15~15:05
7限目	15:15~16:05
8限目	16:10~17:00

資料6 短縮授業用タイムテーブル

(C)

【短縮授業】	
S H R	8:40～8:50
1限目	8:50～9:30
2限目	9:35～10:15
3限目	10:25～11:05
4限目	11:10～11:50
昼休み	11:50～12:30
5限目	12:30～13:10
6限目	13:15～13:55
7限目	14:05～14:45
8限目	14:50～15:30

資料7 学生としての心得

(A, B, C)

平成16年4月

1年生 学生としての心得	
■授業の内容に慣れないところが、入試としてはもっと大事です。 「おはようございます」「こんにちは」となど、お互いに気持ちはよくあいさつをしよう。 全員で協力して雰囲気をしっかりやり、きれいな教室、きれいな学校にしよう！	
(1) 基本的な授業習慣をつけておきたい。 1. 教室は机の大きさだけでなく、卓上どちらでも、各自自分で机をつなぐこと。 2. 教室の扇風機のあいさつをきちんとしよう。(お願い)「また、ありがとうございました。」 3. 砂利で遊ぶないように手洗いしよう(5分間行う)。 4. 大歎息、大歎息、鼻の時は、鼻のままなら直接すること、周囲での迷惑、失算、失礼などが起きる場合は、鼻の奥で行なう。	
(2) 『名前』への認識を高めよう。 1. 今後の会話について、各個人がお互いに行動しよう、オイ世ではしないこと。 2. ごみは分別してごみ箱に捨てよう(紙類、プラスチック類、ペタットボトル)。 3. 口頭での名前を呼んで話すことをやめよう。 4. 食べ歩きはしない。	
(3) 授業で身につくもの。 1. 授業中に先頭の学生をよく目視し、直面式(学生～授業(教員～8秒目))によって理解を深めよう。 内容での発言は必ず自分の名前が入る。(参考)「××さんで論議だ。」 2. 課題、レポートなどを提出する場合は必ず自己紹介をして、部屋内に提出すること(隣座を過ぎると、どんなふうに評価されるかなどになります)。 3. レポートや論調の各段落は、はっきりと丁寧で書くように努力すること。	
(4) 重要なことの認識をめざす。 1. 以下の点には意識を要するなど。 2. 月次会やセミナー、生徒会・学生会・学年会などを正しく行うこと。 3. 朝登校の際は必ず各自の朝日新聞、午前便・休朝便・ジャンパーニュースを活用しない。 4. クラス会、ビデオ会やセミナーなどの会議出席をさせないことを。 5. 運動会は必ず参加して、バッヂも付けて、負めたきりしないことを。 6. 各个の学年は、上層に立たれて喇叭を吹けたり、第一ボランティアで頑張っておく。式ボンをすり下げてはいけない。 7. 月見ともしも着物の上からマスクを出さないことを。 8. ランチやアリババでは運営は運営なんじとあた、他のやかまをみまないこと。	
(5) 両翼生としての自覚を持ち、責任ある行動をとらう。 1. 手ててを、先生が用意するだけではない。わからないことは、自分が率先して行こう。	
(6) 両翼者は自分自身に責任がある。 1. できるだけ休まず、できるだけ出社。 2. ッカッタに寝かけない、自分の責任で、会員・会員会等の業務を行なうこと、特に、所定の役務など、責任を越える時には担当すること。	
●連絡手帳(7月1日～1月1日)　●地図　●定期刊行物	

資料8 日直の仕事

(C)

日直の仕事

1. 出席簿の管理

- (1)朝(8時前)、出席券を教務係から教室(黒板の上)を持ってくる。
 (2)朝まで教室を移動するとときは、出席簿を持っていく、担当の授業の先生に渡す。
 その授業の終了後は、教室に持ち帰る。
 朝放課後、出席券を担任に確認してもらった後、教務係に返却する。

※授業がなく、1日中午休時間が行われる場合は、出席簿の管理をする必要はない。

2. 学級日誌の記入

- (1)朝(8時前)、担任の研究室から学級日誌を持ってくる。
 (2)放課後、必委事項を記入した後、担任の研究室に戻てる。

※学級日誌の提出の御請求は、直ちに受取出し、持ちかない次第にする。

3. 黒板の管理

- (1)黒板が汚れたら、さりやかに拭きを消す。
 (2)黒板拭きや黒板の掃除を清掃する。

4. その他

- (1)放課後、黒板・黒板の下・黒板の下・黒板拭きをきれいに預扱し、次の日直者の名前を黒板に記録する。
 (2)フォーマルな運営をしてることは、教務係からももらつてもよい。
 (3)窓閉め、消灯、戸締まりを行なう。
 (4)次の日の朝、前の日直者はホールーム前にもう一度確認する。

5. 日直の決め方

- (1)原則として、出席番号順に出当する。
 (2)日直担当者が欠席した場合は、その後の出席番号の者が日直となる。欠席者は次の日の日直となる。

※日直の仕事が完了せずに休毛した場合は、再度、次の日の日直をやり直させる。

資料9 近日中の日程

(A, C)

近日中の日程(予定)

■4月5日(水) 第1回生始業オリエンテーション
8:40～8:50 【教室】 5月8日～11日 今日の日程説明
1限(8:50～9:05) 【教室】 ◎ETR

定期的な授業

- 授業組合
□日直の仕事と掃除についての説明 □会議回数(会議を調整)
□出席者(特別欠席、早退者等) の説明

4月6日(木) 新たな説明会

- シッパス □1年生学生心得 □学生食堂
□空港の手引書 □医療講義
□クラス委員の選出
□校内構内、一便箇と黒板の清掃(各専門学科授業は5週目)
3限(9:45～10:35) 【授業室】 ◎教員会議室・1～3授業や会議などに関する説明
3限(10:45～11:35) 【授業室】

○学生生活講話・「学年生活などに関する話」

○保健送信センターからの注意・ネットワークの利用マナー等

○学生相談室からの注意

- 4月6日(木) 12:30 【クラブ活動説明会】・クラブキャラバンによるクラブ紹介

- 5月13日(木) 14:10 【各学科各専科会】・各学科会議
(13:20～14:10) 在籍生に会場、各専門学科員とともに移動)

- 5月13日(木) 15:00 上記会議終了後、段落写真撮影[GIGA 2階コピー】
段落写真撮影終了後、教室内で飾面等

- 7月13日(木) 13:15～13:30 教室にてTMR、授業会等

■4月12日(月) 運賀会

- 8:40～8:50 SHR 【教室】 □民族衣装着替配布(クラス担任により)

- 1限(8:50～9:40) 在籍時間交代(教室) (数学)

- 2限(9:45～10:35) 在籍時間交代(教室) (数学)

- 3限(10:45～11:35) 在籍時間交代(教室) (物理)

- 4限(11:45～12:30) 在籍時間交代(教室) (化学)

- 5限(13:20～14:10) 事務室各会議室(会議室)・・・便箇と実習用具持参

- 6限(14:15～15:00) 上記会議終了後、段落写真撮影[GIGA 2階コピー】
段落写真撮影終了後、教室内で飾面等

- 7限(15:15～16:00) 教室にてTMR、授業会等

- 誕生日のみ(誕生会終了後)

- 4月20日(水) 水曜会

- 授業会中に魅惑歌説あり(体力計測、心拍数、レントゲン、能力検査等)。日程を監視して速達(女子生徒は夏の本後組を準備すること)

- 4月24日(日) 水曜会

- 出席者会員登録及び各種会員提出(担当クラス会員会員にまわる)

- 4月26日(金) 水曜会

- 1～7限生で和服(90分)授業

- 学科毎に、歎行等

- 4月29日(火) 水曜会

- 出席者会員登録(会員登録料)あり(水曜)

資料 10 資料 12 と資料 13 をまとめたもの (B)

平成16年度 前期 授業時間割									
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
火	基礎数学Ⅰ	基礎数学Ⅱ	英語Ⅰ	基礎体育	L.L.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.
水	国語学Ⅰ	国語学Ⅱ	地理学	文学Ⅰ	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.
木	一般数学Ⅰ	一般数学Ⅱ	基礎数学Ⅲ	基礎数学Ⅳ	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.
金	基礎数学Ⅴ	基礎数学Ⅵ	基礎数学Ⅶ	基礎数学Ⅷ	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.	G.H.R.
合									

資料 12 前期行事予定表

(A, C)

平成16年度 前期 行事予定表									
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
火	新入生オリエンテーション								
水	新入生オリエンテーション								
木	新入生オリエンテーション								
金	新入生オリエンテーション								

資料 11 新入生オリエンテーション実施要領 (B)

平成16年度 新入生オリエンテーション(Orientation) 実施要領

- 日 時
 - 新入生様のマナーを覚える。
 - 学校生活のルールを把握する。
 - 級友との交際を深め、クラスの理解意識を高める。
- 実施日時
 平成16年4月2日(木)～4月3日(金) 2泊3日
- 実施場所
 国立自動車専門学校 TEL:067-235-0311 FAX:0655-235-0314
滋賀県守山市守山町守山1-1
- 参 加 者
 平成16年度 1年生全員 名 学生会 員
名 員 員 員 員
- 目 標
 守山市中：朝日、運動会(学校指定)
四年生：守山祭、運動会(学校指定)
新入生：守山祭、運動会(学校指定)
- 施 行 品
 生徒證、監修用紙(各カット)、日記のための牛乳箱シート(シューズ袋)、着替え類、学生時代の体験記、後援会員(各お石川)、その他日用品、オップサック、道具(オリエンテーション用具等)、草履1、水筒(ペットボトル不可)、緊急証の写し、持病証(必要な者)
7. 特記事項
 (1)河原は山地で、走りきりもあるので、特に原野の下者(ヒーター等)を準備すること。
 (2)荷物には名前を書き、他人の物と間違えないように注意する。
 (3)迷子未絶続。走りきり、ソノカシ、カヌカ、ハイドロライド等は使用禁止とする。
 (4)青年の宿はホテルではなく研修施設である、そのように心掛けて行動すること。
 (5)往復のバスの中も研修であるので注意のこと。
 (6)他の団体や青年の団の団員が宿泊も接客もあらず決まり、できるだけ交流の機会をもつこと。
 (7)新入生、シューズ袋(ペットボトル含)の持參は禁止する。
特に宿泊室での飲食は一切認められません。

資料 13 前期授業時間割

(A, C)

平成16年度 前期 授業時間割

1M

平成16年度 前期 授業時間割									
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9
火	地理学Ⅰ	地理学Ⅱ	基礎数学Ⅰ	基礎数学Ⅱ	英語Ⅰ	基礎体育	L.L.	G.H.R.	G.H.R.
水	国語学Ⅰ	国語学Ⅱ	地理学	地理学	地理学	地理学	地理学	地理学	地理学
木	一般数学Ⅰ	一般数学Ⅱ	基礎数学Ⅲ	基礎数学Ⅳ	基礎数学Ⅴ	基礎数学Ⅵ	基礎数学Ⅶ	基礎数学Ⅷ	基礎数学Ⅸ
金	基礎数学Ⅹ	基礎数学Ⅺ	基礎数学Ⅻ	基礎数学Ⅼ	基礎数学Ⅽ	基礎数学Ⅾ	基礎数学Ⅿ	基礎数学ⅰ	基礎数学ⅲ

資料 14 許可願い・届出書類について (C)

各種の許可願い・届出書類について

次の場合は、許可願い・届出書類を提出すること。
書類は、生徒課のカウンターの机の上にある。

●遅刻した場合(交通機関の事情などにより)

書類名: 特別欠席(欠席・遅刻・早退)票
手続: 必要事項を記入 → 相任の印をもらい、登録係に提出

●早退する場合

書類名: 欠席(欠席・遅刻・早退・外出)票
手続: 必要事項を記入 → 相任の印をもらい、登録係に提出
用事前にわかっている欠席や遅刻もこの票を出す。

●寮へ一時立ち寄る場合(忘れ物等を取りに休み時間などに)

書類名: 寮内への一時立寄許可願い
手続: お泊り申請用紙へ → 住民の印をもたらす
→ 宿務係に見せて許可をもらって部屋に入る
→ 寮を出るとともに寮務係に連絡して、学校に戻る

●自転車通学をする場合

書類名: 自転車通学届
手続: 必要事項を記入 → 学生会事務へ提出
→ ステッカーをもらい、自転車に貼る

●その他の場合

相任に聞く

※ 相任の許可をもらひにいったとき、相任が不在の場合は副担任に、
副担任が不在の時は1年の他の担任の先生に担当を委託すること。

資料 15 通学方法と通学手段について

クラス掲示用
通学方法と通学手段について
(平成16年4月7日・学生会議)

班長より、交通工具を記さない上位に、「電動自転車」および「自転車」を守り「安全性」の向上に努めさせてください。また、「交通安全マナー」を「公共交通マナー」の向上に努めてください。皆、通学方法と通学手段に則して守ってもらいたいことを手元に掲げます。

【全ての生徒】

- 体であるいは教諭方も「通名と同じ通学手段」を用いること。

【自転車を用いて通学する学生】

- 「ライトの点灯」……初期は必ず点灯させること。
- やがて点灯も用意する「点滅点灯」をしないこと。
- 路面からの「飛び出し」をしないこと……「一旦停止」「左右確認」すること。
- 「離陸運行」をしないこと。
- 「二人乗り」をしないこと。
- 乗車中の車両への「横断歩道」をしないこと。
- 「自転車通学団」を学生主導部へ提出すること。

【バイク通学許可を受けている学生】

- 「速度」を出し過ぎないこと。
- 「一旦停止」……速度を「10 km/h」に落として足を付き、安全確認すること。
- 「フルフェイストップヘッドセット」……体を教諭技に墜落する時も有用のこと。
- 「正味」を通過する際には「一旦停止」し安全を確認すること。
- 取内では「駐輪場」のみに停車すること。
- バイクで他の学生へ「突きなり」こと。
- バイクで「停車」を半径5m以内にすること。
- 駐輪場の公道の様での「速度超過」をしないこと。

【公共交通機関を用いて通学する学生】

- 来来駅や乗換の場所について「乗り合いの精神」を持つこと。
 - 公共の運営における「マナー」を守ること。
- 以上

資料 16 自転車通学届けの手続きについて

クラス掲示用

自転車通学届けの手続きについて
(平成16年4月7日・学生会議)

自転車通学を希望する学生は、学生会議室に提出せしテッカーの交付を受けること。

1. 自転車通学届けの提出のための条件
自転車通学を希望する学生

2. ステッカーリポートまでの手順
 - (1) 学生会議室提出のための条件
 - (2) 上記の書類が必要事項を記入する（自転車通学届け提出する必要がある）。
 - (3) 学生会議室に提出する。
 - (4) 学生会議室でステッカーリポートを受ける。

3. その他

- 本校のスマッパーを貼っていた自転車が盗難後に戻ってきたこともあるので、自転車通学届け提出しステッカーリポートを受けること。
- 自転車通学届けの提出がなされていないと、たとえ通学中に事故等が生じても、学校で加入している保険が適用されなくなることがある。

以上

資料 17 掃除分担表

(C)

平成16年度 掃除分担表			
担当者	担当箇所	担当内容	担当時間
1年A	1年A	1年A	1年A
1年B	1年B	1年B	1年B
2年A	2年A	2年A	2年A
2年B	2年B	2年B	2年B
3年A	3年A	3年A	3年A
3年B	3年B	3年B	3年B
4年A	4年A	4年A	4年A
4年B	4年B	4年B	4年B

各自の担当箇所と担当内容	
担当者	担当箇所
1年A	1年A
1年B	1年B
2年A	2年A
2年B	2年B
3年A	3年A
3年B	3年B
4年A	4年A
4年B	4年B

資料 18 掃除分担区分図（屋内）

(C)



資料 19 掃除分担区分図（屋外）

(C)



資料 20 1年間の目標

(A 回収)

1年生 LHR課題 (H16.4.) ()月()日()

入学式から数日をもましたが、少しは手放に慣れましたか？
今週から授業も始まり本格的に高校生活がスタートしました。
半期はじめにあたり、担任の先生前に次の点について書いてみましょう。

1) 一年間の目標

2) 自分について

資料 21 阿蘇研修の反省

(A 回収)

名文…名前:	年月日:
課題提出	

資料 22 研究計画表

(A 回収)

初期申請課までの研究計画表 (No.1)				
月日	日付	研究課題・問題	研究方法	結果
202 031				
202 032				
202 033				
202 034				
202 035				
202 036				
202 037				
202 038				
中期申請課までの研究計画表 (No.2)				
月日	日付	研究課題・問題	研究方法	結果
21 031	032	研究課題		
21 032	033			
21 033	034			
21 034	035			
21 035	036			
21 036	037			
21 037	038			
21 038	039			
21 039	040			
21 040	041			
21 041	042			
21 042	043			
21 043	044			
21 044	045			
21 045	046			
21 046	047			

資料 23 学級新聞

(B, C)



資料 24 夏季休業前後の主な日程

(A)

■ 平成16年度夏季休業前の主な日程

7月 15日㈬ 7月16日㈭ 卒業研究会、全校総合
7月 16日㈭ 運動会
14時~15時30分 運動会
15時~16時 全校運動会、高等学校大會(第1体操部)
徒行会地区決勝 JR
7月 19日㈯ 19時~20時(19時) A村・神崎地区新井谷体育大会(内丸、新井、神崎町)
7月 20日㈰ 新井地区開会式
7月 21日㈪ 大庭地区運動会(大庭町)
7月 22日㈫ A村地区新井谷体育大会(内丸町)
7月 23日㈬ 12時~13時 郡平根地区内丸・大庭地区(大井町)
7月 24日㈭ 12時~13時 郡平根地区
7月 25日㈮ 13時~14時 常連者懇親会
7月 26日㈯ 14時~15時 リンダコロノリーカ介護区大会(大井町)
7月 27日㈰ 13時~14時 朝日ゴルフ大会(朝日町)
8月 6日㈪ 10時~11時 小国町春季体育大会(小国・北島地区)
8月 22日㈰ 10時~11時 岩瀬地区開会式

■ 夏季休業後

○ 9月 1日㈭ 全校運動会、旗綱競走、等級評定会
10時 運動会閉幕式
10時 全校運動会(第1体操部)
10時以降 運動会閉幕式、卒業式

年齢	1	2	3	4	5	6	7	8
1 年生								
2 年生								
3 年生								
4 年生								
5 年生								

○ 9月 2日㈮ 予選種目検査、キャンドルマーチング検査

10時まで 運動会
10時以降 キャンドルマーチング検査

○ 9月 3日㈯ 以降 全体年次評定会

3. 反省と今後の課題

以上の報告をふまえ、いくつかの観点から学年全体で反省と今後の課題を述べてみたい。

3. 1. 学級指導

朝の SHR では、点呼を取りながら一人一人の声色や顔色を観察し、適宜声掛けを行い学生とのコミュニケーションを育む機会にした。また、名札や学生服のきちんとした着用といった目標なるものを決めて実施し、ある程度成果があったと思われる。

LHR では、従来からある主事室主催の合同 HR 以外の担任裁量の時間について、随時学年会を開き意見を出し合い検討し、五学科共通の HR を実践した。学生や保護者の間でも比較的好評であった。今後、反省と改善を重ねさらに充実したものにする必要がある。

放課前の SHR では、毎日の掃除の徹底と確認を行い、一日の反省と翌日以降の重要連絡事項の確認を行い放課とした。一日のけじめをつける意味でもある程度成果はあったと思われる。

3. 2. 学習指導

自己管理能力が低い1年生のうちは、学習面においても学生一人一人に対して極め細やかな対応やサポートが必要である。このことを踏まえ、以下のような指導を行った。

- (1) 定期試験前や長期休暇前に「学習計画表」や「生活設計」などを配布し、計画を立てさせ、時機に応じて各自がすべきことを確認させた。
- (2) 本校では、中学校で使用しているようないわゆる「学習記録表」がないことから、それに代わる記録表を作成し、成績や欠課時数を学生に累積的に記録させ、定期的に反省や自覚を促した。

ここで配慮したことは、計画表や記録表を担任がチェックし、LHR の時間を使って一人一人に細かくアドバイスを与えるという点である。また、計画表を保護者にチェックしてもらい、担任と保護者が連携して指導を行ったことも挙げられる。学級運営の一環としてこのような学習指導は、学生自身の勉強への意欲や取り組み方に対する十分なサポートとなることが確認された。

3. 3. 生活指導

まず、1年全体で集団生活を行う基本となるべき目標として、(1)毎日の掃除の習慣、(2)5分前集合の徹底、を掲げた（この効果は、阿蘇新入生オリエンテーション

で遺憾なく發揮された）。個々の学生に対して、制服の着用、名札のつけ方、身だしなみ等の注意がクラスで異なるようにした。また、長期休暇に対して、夏休みの過ごし方、アルバイトの禁止、読書のすすめを掲げ、計画記録表を作成し行動の記録を書かせることにした。このような指導計画は一年担任の全員の協議でなされたもので、担任一人では気がつかないこと、不得意な事柄が学年担任の相互協力で計画的に実行され、さらに担任でない先生の協力の要請となって発展していく気配となった。寮務主事との懇談、普段の授業の中での遅刻、欠席、服装、名札の注意などがその例である。このような同学年での統一した指導の確認は、学級指導において担任の強い精神的バックアップとなつた。

3. 4. 寮生指導

寮生は、そのほとんどが初めて家庭を離れ、寮での集団生活を送るため、何よりも寮生活への適応が重要となる。寮での生活全般に及ぶ指導等は寮務主事室のもとにあり、特に1年生に対しては指導寮生（4年生）がきめ細かなサポートを行っている。

担任としては寮生活への不適応が最も危惧する点であり、面談等を通して個々の状況を把握することに努めるとともに、寮務主事室との意見交換会を設け、寮生の動向を多面的にとらえるようにしている。

幸い、今年度は現時点において一人の退寮者も出すことなく、寮生活にうまく適応できており、今後も、寮務主事室との連携を密に保ちながら、寮生を見守っていきたい。

3. 5. 学年経営

3月末に学年会を発足してから、7月までにひらいだ学年会議は20回にもなる。学習指導、生活指導、寮生指導等の具体的な指導方法を5人で協議し、教材開発・資料作成に取り組んできた。学年組織内のコミュニケーションが深まることによって、それぞれの学級運営が有機的に結びついてきたように思われる。指導の効率化はもちろんのこと、教員の指導意欲、精神面での安定を促すこともできた。また、私たちの学年経営案の原案作り及び学生指導にあたっては、主事室、一般教育科からもさまざまなところでバックアップして頂いており、大変有り難く思っている。今後、年間の指導内容を体系化できるように、さらに議論を重ねて、指導案作成や教材開発に取り組んでいきたい。

後記

夏期休暇以後の指導報告については、次号以降に発表させて頂く予定です。また、本稿の執筆にあたっては、一般教育科の先生方にいろいろとご教示いただきました。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 永岡順・奥田真丈,『新学校教育全集 22 学級・学年経営』,ぎょうせい, 1995.1.20
- 2) 『現代学校教育大辞典』,ぎょうせい, 1993.8.10
- 3) 『教育学大事典』第一法規, 1978.7.31
- 4) 『スタディーサポート通信 7月号』, Benesse, 2004.7.08
- 5) 『VIEW21』(高校版), Benesse, 2004. 4.01

擬等角双正則写像の接続について

坂西文俊

〈平成16年10月4日受理〉

Extension of Quasi-conformal Biholomorphic Mappings

SAKANISHI Fumitoshi

In this paper, we show that quasi-conformal biholomorphic mapping between bounded domains with smooth boundaries is extended to a Hölder continuous diffeomorphism between the closures of domains.

1. はじめに

有界領域間の双正則写像が領域の境界まで接続できるかということについては、領域が強擬凸である場合や条件(R)を満たす場合、あるいは、領域の境界が実解析的である場合など、領域にある種の条件がある場合に、滑らかに接続可能であることが知られている([1], [2])。

ここでは、双正則写像に条件を付けて、それが擬等角であるならば、領域の境界までヘルダ連続に接続できることを示す。

以下では、実行列 \tilde{A} の転置行列を $'\tilde{A}$ で表し、複素行列 A の転置共役行列を $*A$ で表す。また、 N 次元ベクトルにおいて、 $e_p = '(0, \dots, 1, \dots, 0)$ とし、ベクトル $a = \sum_{p=1}^N a_p e_p$ に対して、 $\|a\|^2 := *aa = \sum_{p=1}^N a_p^2$ あるいは $\|a\|^2 := *aa = \sum_{p=1}^N |a_p|^2$ と定義する。さらに、実 N 変数 x の関数 $\tilde{g}(x)$ に対し、 $\tilde{g}' = \left(\frac{\partial \tilde{g}}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial \tilde{g}}{\partial x_N} \right)$ とし、写像 $\tilde{g} = '(\tilde{g}_1, \dots, \tilde{g}_m)$ に対しては、 $\tilde{g}' = '(\tilde{g}_1', \dots, \tilde{g}_m')$ と定義する。加えて、複素 n 変数 z の関数 $g(z)$ に対し、 $\partial g = \left(\frac{\partial g}{\partial z_1}, \dots, \frac{\partial g}{\partial z_n} \right)$ 、 $\bar{\partial} g = \left(\frac{\partial g}{\partial \bar{z}_1}, \dots, \frac{\partial g}{\partial \bar{z}_n} \right)$ とし、写像 $g = '(g_1, \dots, g_m)$ に対しては、 $\partial g = '(\partial g_1, \dots, \partial g_m)$ 、 $\bar{\partial} g = '(\bar{\partial} g_1, \dots, \bar{\partial} g_m)$ とし、 g が止則の場合は $g' = \partial g$ と定義する。

2. 擬等角写像

実 N 次元空間 R^N 内の領域 ω, Ω 間の C^∞ 同型写像 $f: \omega \rightarrow \Omega$ について、そのヤコビアン行列 $\tilde{f}' = \left(\frac{\partial \tilde{f}_j}{\partial x_p} \right)$

からできる正値対称行列 $'\tilde{f}\tilde{f}' = '\tilde{U}\tilde{\lambda}^2\tilde{U}$ と対角化したときの対角行列を $\tilde{\Lambda}^2 = (\tilde{\lambda}_j^2 \delta_{jp})$ 、直交行列を \tilde{U} とする。ここで、 \tilde{U} を適当に選び直して、 $0 < \tilde{\lambda}_1 \leq \tilde{\lambda}_2 \leq \dots \leq \tilde{\lambda}_N$ として一般性を失わない。

さて、 R^N 内の2つの曲線 C_1, C_2 が交わっているとき、その角を $\theta(C_1, C_2)$ で表す。今、 ω 内の任意の2つの曲線 C_1, C_2 に対して、 $\theta(C_1, C_2) = \theta(\tilde{f}(C_1), \tilde{f}(C_2))$ が成り立つとき、 \tilde{f} は等角写像と呼ばれる。よく知られているように、複素1変数の正則関数は実2変数関数の写像として等角写像である。

実は、一般の同型写像 \tilde{f} については、次が言える。

命題2-1 $\theta = \theta(C_1, C_2)$, $\Theta = \theta(\tilde{f}(C_1), \tilde{f}(C_2))$ とおくとき、 $\max_{C_1, C_2} \frac{\tan(\Theta/2)}{\tan(\theta/2)} - \frac{\tilde{\lambda}_N}{\tilde{\lambda}_1}$, $\min_{C_1, C_2} \frac{\tan(\Theta/2)}{\tan(\theta/2)} - \frac{\tilde{\lambda}_1}{\tilde{\lambda}_N}$ が成り立つ([3])。

従って、 \tilde{f} が等角写像であることは、 ω 上で $\tilde{\lambda}_1 = \tilde{\lambda}_2 = \dots = \tilde{\lambda}_N$ であることと同値である。

そこで、 \tilde{f} が擬等角であることは次のように定義されている。

定義2-2 $\frac{\tilde{\lambda}_N}{\tilde{\lambda}_1}$ が ω 上で有界のとき、 \tilde{f} を擬等角という。

先の命題2-1より、 \tilde{f} が擬等角ならば、ある $K > 0$ が存在して、 ω 内の任意の2つの曲線 C_1, C_2 について、 $\frac{1}{K} \cdot \theta(C_1, C_2) \leq \theta(\tilde{f}(C_1), \tilde{f}(C_2)) \leq K \cdot \theta(C_1, C_2)$ が成り立つことが言える。

さて、 $\tilde{f}(x)$ が C^∞ であっても $\frac{\tilde{\lambda}_N(x)}{\tilde{\lambda}_1(x)}$ はそうであるとは限らない。そこで、 ω 上で滑らかな関数を導入して、擬等角性を特徴づけるため、 ω 上で

$$\tilde{k}(x) = \frac{\left(\text{Tr}\left[\tilde{f}'(x)\tilde{f}'(x)\right]\right)^N}{\det\left[\tilde{f}'(x)\tilde{f}'(x)\right]} = \frac{\left(\sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_p^2(x)\right)^N}{\tilde{\lambda}_1^2(x) \cdots \tilde{\lambda}_N^2(x)}$$

する。このとき、 $\frac{\tilde{\lambda}_N(x)}{\tilde{\lambda}_1(x)}$ と $\tilde{k}(x)$ および $\tilde{f}'(x)$ には、次の関係がある。

命題2-3 ω 上で、次が成り立つ。

$$(1) \left(\frac{\tilde{\lambda}_N(x)}{\tilde{\lambda}_1(x)}\right)^2 \leq \tilde{k}(x) \leq N^N \cdot \left(\frac{\tilde{\lambda}_N(x)}{\tilde{\lambda}_1(x)}\right)^{2(N-1)}.$$

(2) 任意の単位ベクトル a, b に対して、

$$\frac{1}{\tilde{k}(x)} \|\tilde{f}'(x)b\|^2 \leq \|\tilde{f}'(x)a\|^2 \leq \tilde{k}(x) \cdot \|\tilde{f}'(x)b\|^2.$$

とくに、任意の $1 \leq p, q \leq N$ に対して、

$$\frac{1}{k} \sum_{j=1}^N \left| \frac{\partial \tilde{f}_j}{\partial x_q} \right|^2 \leq \sum_{j=1}^N \left| \frac{\partial \tilde{f}_j}{\partial x_p} \right|^2 \leq \tilde{k} \cdot \sum_{j=1}^N \left| \frac{\partial \tilde{f}_j}{\partial x_q} \right|^2.$$

$$\begin{aligned} \text{証明)} (1) \quad & \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_1^2} \leq \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_1^2} \cdot \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_2^2} \cdots \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_{N-1}^2} \cdot \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_N^2} \\ & = \frac{\left(\tilde{\lambda}_N^2\right)^N}{\tilde{\lambda}_1^2 \cdots \tilde{\lambda}_N^2} \leq \frac{\left(\sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_p^2\right)^N}{\tilde{\lambda}_1^2 \cdots \tilde{\lambda}_N^2} = \tilde{k} \leq \frac{\left(\sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_N^2\right)^N}{\tilde{\lambda}_1^{2(N-1)} \cdot \tilde{\lambda}_N^2} \\ & = \frac{\left(N\tilde{\lambda}_N^2\right)^N}{\tilde{\lambda}_1^{2(N-1)} \cdot \tilde{\lambda}_N^2} = N^N \frac{\tilde{\lambda}_N^{2N}}{\tilde{\lambda}_1^{2(N-1)} \cdot \tilde{\lambda}_N^2} = N^N \frac{\tilde{\lambda}_N^{2(N-1)}}{\tilde{\lambda}_1^{2(N-1)}}. \end{aligned}$$

(2) 直交行列 $\tilde{U} = (\tilde{u}_{pq})$ で、 $'\tilde{f}'\tilde{f}' = '\tilde{U}'\tilde{A}^2\tilde{U}$ となる。

$\tilde{a} = \tilde{U}a$ とおくと、 $\|\tilde{a}\|^2 = 'a'\tilde{U}'\tilde{U}a = 'aa = 1$ で、

$$\|\tilde{f}'a\|^2 = 'a'\tilde{f}'\tilde{f}'a = \|\tilde{A}\tilde{a}\|^2 = \sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_p^2 |\tilde{a}_p|^2$$

よって、 $\tilde{\lambda}_1^2 = \sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_1^2 |\tilde{a}_p|^2 \leq \|\tilde{f}'a\|^2 \leq \sum_{p=1}^N \tilde{\lambda}_N^2 |\tilde{a}_p|^2 = \tilde{\lambda}_N^2$ が言える。すなわち、

$\tilde{\lambda}_1^2 \leq \|\tilde{f}'a\|^2 \leq \tilde{\lambda}_N^2$ 、 $\tilde{\lambda}_1^2 \leq \|\tilde{f}'b\|^2 \leq \tilde{\lambda}_N^2$ が言える。

これより、 $\frac{\tilde{\lambda}_1^2}{\tilde{\lambda}_N^2} \leq \frac{\|\tilde{f}'a\|^2}{\|\tilde{f}'b\|^2} \leq \frac{\tilde{\lambda}_N^2}{\tilde{\lambda}_1^2}$ が言え、(1)より、

$\frac{1}{k} \leq \frac{\|\tilde{f}'a\|^2}{\|\tilde{f}'b\|^2} \leq \tilde{k}$ を得、 $\frac{1}{k} \|\tilde{f}'b\|^2 \leq \|\tilde{f}'a\|^2 \leq \tilde{k} \cdot \|\tilde{f}'b\|^2$ が成り立つ。□

この命題の(1)により、直ちに次の系が得られる。

系2-4 \tilde{f} が擬等角であることは、 $\tilde{k}(x)$ が ω 上で有界であることと同値である。

3. 有界正則関数

この節では、 ω は複素 n 次元空間 C^n 内の滑らかな境界 $\partial\omega$ を持つ領域とし、 C^n のユーリッド計量に関する ω の境界距離関数を $q(z)$ で表す。すなわち、

$q: \bar{\omega} \rightarrow R; z \rightarrow q(z) = \min_{w \in \omega} |z-w|$ をとする。そして、 $\omega_t := \{z \in \omega \mid q(z) > t\}$ とおく。このとき、 $\partial q(z)$ は、 $\partial\omega_{q(z)}$ の z での単位内法線ベクトルになっている。

また、 ξ を $\partial\omega_{q(z)}$ の z での正則接ベクトルとし、

$g: \omega \rightarrow C$ を ω 上の正則関数とするとき、

$g' \xi = \sum_{p=1}^n \frac{\partial g}{\partial z_p} \xi_p$ および $g' \bar{\partial} q = \sum_{p=1}^n \frac{\partial g}{\partial z_p} \frac{\partial q}{\partial \bar{z}_p}$ を、 g の ξ および $\bar{\partial} q$ 方向への方向微分とする。

以下、「 $\partial\omega$ の近くで $A(z) < B(z)$ 」は、「ある $T > 0$ が存在して、 $\omega \setminus \omega_T$ 上で $\frac{A(z)}{B(z)}$ が有界である。すなわち、 $z \in \omega \setminus \omega_T$ に依存しないある定数 $C > 0$ が存在して、 $A(z) \leq C \cdot B(z)$ が成り立つ」ことを意味することとする。

このとき、次の補題が成り立つ。

補題3-1 (1) ω 上の正則関数 g に対して、 $\alpha \leq 0$ が存在して、 $\partial\omega$ の近くで $|g(z)| \leq q^\alpha(z)$ が成り立つならば、 $\partial\omega$ の近くの z での $\partial\omega_{q(z)}$ の単位正則接ベクトル ξ に対して、 $|g'(z)\xi| \leq q^{\alpha-\frac{1}{2}}(z)$ 、 $|g'(z)\bar{\partial} q(z)| \leq q^{\alpha-1}(z)$ が成り立つ。

(2) ω 上の正則関数 g_1, \dots, g_m に対して、 $0 < \varepsilon < 1$ が存在し、 $\partial\omega$ の近くの z に対して、 z での $\partial\omega_{q(z)}$ の単位正則接ベクトル ξ が存在して、

$$\|g' \xi\|^2 := \sum_{j=1}^m |\partial g_j \xi|^2, \quad \|g' \bar{\partial} q\|^2 := \sum_{j=1}^m |\partial g_j \bar{\partial} q|^2$$

とおくとき、 $\|g'(z)\bar{\partial} q(z)\| \leq \|g'(z)\xi\| \cdot q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ が成り立つと仮定する。

このとき、 $\beta \leq 0$ が存在して、 $\|g'(z)\xi\| \leq q^\beta(z)$ であるならば、 $\partial\omega$ の近くで、

$\beta + \varepsilon < 0$ の場合は $\|g'(z)\xi\| \leq q^{\beta+\varepsilon}(z)$ が、

$\beta + \varepsilon > 0$ の場合は $\|g'(z)\xi\| \leq 1$ が成り立つ。

証明) 十分小さな $0 < t \leq T$ に対し、 $q(z) = t$ である

$z \in \omega$ を任意に固定する。今、 C^n の適当なユニタリ座標変換により、 $z = te_1$, $\bar{\partial}q(z) = -e_1$, $\xi^1 = 0$ と仮定してよい。さらに、 $2 \leq p \leq n$ に対して、必要なら T を小さく取り直して、 $\Gamma_p(t) := \{te_1 + \zeta e_p \in \omega \mid |\zeta| \leq \sqrt{t}\}$ とおくとき、 $\Gamma_p(t) \subset \omega$, $\frac{t}{2} \leq \min_{w \in \Gamma_p(t)} q(w) \leq 2t$ とできる。

(1) コーシーの積分公式より、

$$\left| \frac{\partial g}{\partial z_p}(te_1) \right| \leq \frac{1}{2\pi} \int_{|\zeta|=\sqrt{t}} \frac{|g(te_1 + \zeta e_p)|}{|\zeta|^2} d\zeta$$

$\leq \int_0^{2\pi} \frac{t^\alpha}{t} \sqrt{t} d\theta \leq t^{\alpha-\frac{1}{2}}$ が言えるから、

$$|g'(z)\xi| \leq \sum_{p=2}^n \left| \frac{\partial g}{\partial z_p}(te_1) \right| \cdot |\xi_p| \leq t^{\alpha-\frac{1}{2}} = q^{\alpha-\frac{1}{2}}(z) を得る。$$

$$\text{また, } |g'(z)\bar{\partial}q(z)| = \left| \frac{\partial g}{\partial z_1}(te_1) \right| \leq \int_{|\zeta|=\frac{t}{2}} \frac{|g(te_1 + \zeta e_1)|}{|\zeta|^2} d\zeta$$

$\leq \int_0^{2\pi} \frac{t^\alpha}{t^2} \cdot t \cdot d\theta \leq t^{\alpha-1} = q^{\alpha-1}(z)$ が言える。

(2) 一般に、 $\sum_{j=1}^m |a_j| \leq \|a\| \leq \sum_{j=1}^m |a_j|$ が言えるから、まず、

仮定と $\frac{t}{2} \leq \min_{w \in \Gamma_p(t)} q(w) \leq 2t$ より、

$$\sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial^2 g_j}{\partial z_1 \partial z_p}(te_1) \right| \leq \int_{|\zeta|=\sqrt{t}} \frac{\sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_1}(te_1 + \zeta e_p) \right|}{|\zeta|^2} d\zeta$$

$$\leq \int_{|\zeta|=\sqrt{t}} \frac{\|g'(te_1 + \zeta e_p)\bar{\partial}q(te_1 + \zeta e_p)\|}{|\zeta|^2} d\zeta$$

$$\leq \int_{|\zeta|=\sqrt{t}} \frac{\|g'(te_1 + \zeta e_p)\xi\| \cdot q^{\epsilon-\frac{1}{2}}(te_1 + \zeta e_p)}{|\zeta|^2} d\zeta$$

$\leq \int_0^{2\pi} \frac{t^\beta \cdot t^{\epsilon-\frac{1}{2}}}{t} \sqrt{t} d\theta \leq t^{\beta+\epsilon-1}$ が言える。

そこで、 $c_p := \sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(Te_1) \right|$ とおくと、

$$\sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) \right| \leq \sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(Te_1) \right| + \sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) - \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(Te_1) \right|$$

$$\leq c_p + \sum_{j=1}^m \int_t^T \left| \frac{\partial^2 g_j}{\partial z_1 \partial z_p}(se_1) \right| ds \leq c_p + \sum_{j=1}^m \int_t^T s^{\beta+\epsilon-1} ds$$

$\leq c_p + \frac{1}{\beta+\epsilon} \{ T^{\beta+\epsilon} - t^{\beta+\epsilon} \}$ が言える。

よって、 $\beta+\epsilon < 0$ ならば $\sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) \right| \leq t^{\beta+\epsilon}$ とでき、

$\beta+\epsilon > 0$ ならば $\sum_{j=1}^m \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) \right| \leq 1$ とできる。

そして、 $|g'(z)\xi| = \sum_{j=1}^m |\partial g_j(z)\xi_j| \leq \sum_{j=1}^m \sum_{p=2}^n \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) \right| \cdot |\xi_p|$

$\leq \sum_{j=1}^m \sum_{p=2}^n \left| \frac{\partial g_j}{\partial z_p}(te_1) \right|$ および $t = q(z)$ より、示すべき評価式を得る。□

さて、 f が ω 上の有界正則関数とすると、上の補題から、次が得られる。

系3-2 (1) f が ω 上の有界正則関数ならば、 $\partial\omega$ の近くの z での $\partial\omega_{q(z)}$ の正則接ベクトル $[\xi_1, \dots, \xi_n]$ に対して、

$$\left| \sum_{j_1, \dots, j_r=1}^n \frac{\partial^r f}{\partial z_{j_1} \cdots \partial z_{j_r}}(z) \xi_{j_1} \cdots \xi_{j_r} \right| \leq q^{-\frac{1}{2}}(z) \text{ および} \\ |f'(z)\bar{\partial}q(z)| \leq q^{-1}(z) \text{ が成り立つ。}$$

(2) ω 上の有界正則関数 f^1, \dots, f^m に対して、 $0 < \epsilon < 1$ と $\partial\omega$ の近くの z での $\partial\omega_{q(z)}$ の正則接ベクトル ξ が存在して、 $\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq \|f'(z)\xi\| \cdot q^{-\frac{1}{2}+\epsilon}(z)$ が成り立つと仮定する。このとき、 $\partial\omega$ の近くで、

$$\|f'(z)\xi\| \leq 1, \|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq q^{-\frac{1}{2}+\epsilon}(z) \text{ が成り立つ。}$$

証明) (1) 補題3-1(1)で、 $g = f$ とすると、 $\alpha = 0$ として仮定が成り立つので、 $\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq q^{-1}(z)$ および $|f'(z)\xi_1| \leq q^{-\frac{1}{2}}(z)$ が成り立つ。次に、 $g = f'\xi_1$ とすると、 $\alpha = -\frac{1}{2}$ として仮定が成り立つので、 $|f''(z)\xi_1\xi_2| \leq q^{-1}(z)$ を得。再び、 $g = f''(z)\xi_1\xi_2$ とするとき、 $|f'''(z)\xi_1\xi_2\xi_3| \leq q^{-\frac{3}{2}}(z)$ を得。以下、繰り返して、示すべき評価式を得る。

(2) (1)で $r = 1$ とするとき、 $\|f'(z)\xi\| \leq q^{-\frac{1}{2}}(z)$ が成り立つ。

すなわち、 $\beta = -\frac{1}{2}$ として、補題3-1(2)の仮定

$$\|f'(z)\xi\| \leq \sum_{j=1}^m |\partial f_j(z)\xi_j| \leq q^\beta(z) \text{ が成り立つ。よって,}$$

$\|f'(z)\xi\| \leq q^{-\frac{1}{2}+\epsilon}(z)$ が成り立つ。これは、 $\beta = -\frac{1}{2}+\epsilon$ として補題3-1(2)の仮定 $\|f'(z)\xi\| \leq q^\beta(z)$ が成り立つことを意味する。よって、 $-\frac{1}{2}+2\epsilon < 0$ ならば

$$\|f'(z)\xi\| \leq q^{-\frac{1}{2}+2\epsilon}(z) \text{ が成り立つ。再び、これは,}$$

$\beta = -\frac{1}{2}+2\epsilon$ として補題3-1(2)の仮定が成り立つことを意味する。従って、 $-\frac{1}{2}+\bar{m}\epsilon > 0$ となるまで同様のことを繰り返すと、補題3-1(2)より、最終的に、 $\|f'(z)\xi\| \leq 1$ が成り立つことが言える。

そして、 $\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq \|f'(z)\xi\| \cdot q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ より、

$\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| < q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ を得る。□

4. 擬等角正則写像

この節では、 $f = (f_1, \dots, f_n) : \omega \rightarrow \Omega$ を双正則写像とする。その正則ヤコビアン行列を $f' = \partial f = \left(\frac{\partial f_j}{\partial z_p} \right)^T$

表し、正值エルミート行列 $*f'f'$ を $*f'f' = *U\Lambda^2 U$ と対角化したときのユニタリ行列を U 、対角行列を $\Lambda^2 = (\lambda_j^2 \delta_{jp})$ 、 $(0 < \lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_n)$ とする。また、

$$k(z) := \frac{(\text{Tr}[*f'(z)f'(z)])^n}{\det[*f'(z)f'(z)]} = \frac{\left(\sum_{p=1}^n \lambda_p^2(z) \right)^n}{\lambda_1^2(z) \cdots \lambda_n^2(z)} \text{とおく。}$$

今、 C^n を R^{2n} と見て、 $\tilde{f} = f : \omega \rightarrow \Omega$ を実 $2n$ 変数の C^∞ 同型写像と見て、 $'\tilde{f}'\tilde{f}'$ を直交行列 \tilde{U} と対角行列 $\tilde{\Lambda}^2 = (\tilde{\lambda}_j^2 \delta_{jp})$ 、 $(0 < \tilde{\lambda}_1 \leq \tilde{\lambda}_2 \leq \dots \leq \tilde{\lambda}_{2n})$ とで

$'\tilde{f}'\tilde{f}' = '\tilde{U}\tilde{\Lambda}^2\tilde{U}$ と対角化したとき、 λ_p と $\tilde{\lambda}_p$ には

$\tilde{\lambda}_{2p-1} = \tilde{\lambda}_{2p} = \lambda_p$ 、 $(1 \leq p \leq n)$ の関係があることが言える。複素 1 変数の正則関数は、 $n=1$ 、 $N=2$ として $\tilde{\lambda}_1 = \tilde{\lambda}_N = \lambda_n$ が成り立つから、等角写像である。

また、 $k(z)$ と第2節で導入した $\tilde{k}(x)$ については、

$$\tilde{k}(x) = \frac{\left(\sum_{p=1}^{2n} \tilde{\lambda}_p^2(x) \right)^{2n}}{\tilde{\lambda}_1^2(x) \cdots \tilde{\lambda}_{2n}^2(x)} = \frac{\left(\sum_{p=1}^n 2\lambda_p^2(z) \right)^{2n}}{\lambda_1^4(z) \cdots \lambda_n^4(z)} = 2^{2n} k^2(z)$$

の関係がある。従って、命題2-3は、双正則写像 f については、次のようになる。

命題4-1 ω 上で、次が成り立つ。

$$(1) \left(\frac{\lambda_n(z)}{\lambda_1(z)} \right)^2 \leq k(z) \leq n^n \cdot \left(\frac{\lambda_n(z)}{\lambda_1(z)} \right)^{2(n-1)}$$

(2) 任意の複素単位ベクトル a 、 b に対して、

$$\frac{1}{k(z)} \|f'(z)b\|^2 \leq \|f'(z)a\|^2 \leq k(z) \cdot \|f'(z)b\|^2 \text{が成り立つ。}$$

証明) (1) 命題2-3(1)の証明と同様にして、

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_n^2}{\lambda_1^2} &\leq \frac{\lambda_n^{2n}}{\lambda_1^2 \cdots \lambda_n^2} \leq \frac{\left(\sum_{p=1}^n \lambda_p^2 \right)^n}{\lambda_1^2 \cdots \lambda_N^2} = k \leq \frac{(n\lambda_n^2)^n}{\lambda_1^{2(n-1)} \cdot \lambda_n^2} \\ &\leq n^n \frac{\lambda_n^{2(n-1)}}{\lambda_1^{2(n-1)}} \text{が言える。} \end{aligned}$$

(2) $*f'f' = *U\Lambda^2 U$ とすると、命題2-3(2)の証明と同様にして、 $\lambda_1^2 \leq \|f'a\|^2 \leq \lambda_n^2$ が言え、

$\frac{\lambda_1^2}{\lambda_n^2} \leq \frac{\|f'a\|^2}{\|fb\|^2} \leq \frac{\lambda_n^2}{\lambda_1^2}$ を得、(1)より $\frac{1}{k} \leq \frac{\|f'a\|^2}{\|fb\|^2} \leq k$ が言え、(2)を得る。□

第2節で述べた実 C^∞ 同型写像 \tilde{f} での擬等角性を双正則写像 f で言い換えると、次の命題が成り立つ。

命題4-2 双正則写像 f について、次は同値である。

- (1) f が擬等角である。すなわち、 $\frac{\tilde{\lambda}_{2n}}{\tilde{\lambda}_1}$ が有界である。
- (2) $\frac{\lambda_n}{\lambda_1}$ が有界である。
- (3) $k(z)$ が有界である。

証明) $\tilde{k}(x)$ と $k(z)$ および λ_p と $\tilde{\lambda}_p$ の関係と、命題4-1より言える。□

5. 擬等角正則写像の接続

以下、 ω, Ω を複素 n 次元空間 C^n 内の滑らかな境界を持つ有界領域とし、 $q(z)$ 、 $\bar{\partial}q(z)$ 、 ω_i 、 ξ を第3節のものとする。また、 $f : \omega \rightarrow \Omega$ を双正則写像とする。 Ω は有界領域だから、 f_p は有界正則関数である。このとき、系3-2より、次の補題が言える。

補題5-1 (1) $\partial\omega$ の近くの z に対して、次が成り立つ。

$$\|f'(z)\xi\| \leq q^{-\frac{1}{2}}(z), \quad \|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq q^{-1}(z).$$

(2) $0 < \varepsilon < 1$ と $\partial\omega$ の近くの z での $\partial\omega_{q(z)}$ の正則接ベクトル ξ が存在して、 $\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq \|f'(z)\xi\| \cdot q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ が成り立つとする。このとき、 $\partial\omega$ の近くの z に対して、

$$\|f'(z)\xi\| \leq 1, \quad \|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z) \text{が成り立つ。}$$

証明) (1) 系3-2(1)より、

$$\|f'(z)\xi\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n |\partial f_j(z)\xi|^2} \leq \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(q^{-\frac{1}{2}}(z) \right)^2} \leq q^{-\frac{1}{2}}(z),$$

および、

$$\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n |\partial f_j(z)\bar{\partial}q(z)|^2} \leq \sqrt{\sum_{j=1}^n (q^{-1}(z))^2} \leq q^{-1}(z)$$

を得る。

(2) $m=n$ として、系3-2(2)を適用すればよい。□

さて、命題4-1と補題5-1より、次の定理を得る。

定理 ω, Ω を複素 n 次元空間 C^n 内の滑らかな境界を持つ有界領域とし、 $q(z)$ を C^n のユークリッド計量に

に関する ω の境界距離関数とする。 $f: \omega \rightarrow \Omega$ を双正則

写像とし、 $f' := \left(\frac{\partial f_j}{\partial z_p} \right)$, $k = \frac{(\text{Tr}[^*f f'])^n}{\det[^*f f']}$ とおく。こ

のとき、ある $0 < \varepsilon < 1$ が存在して、 $\partial\omega$ の近くで

$k(z) \leq q^{-1+2\varepsilon}(z)$ が成り立つならば、 f は $\partial\omega$ まで接続

できて、 $\bar{\omega}$ 上で $\frac{1}{2} + \varepsilon$ -ヘルダ連続である。すなわち、

ある $C > 0$ が存在して、任意の $z, w \in \bar{\omega}$ に対して、

$$\|f(z) - f(w)\| \leq C \|z - w\|^{1+\varepsilon} \text{ が成り立つ。}$$

証明) ξ を $z \in \omega \setminus \omega_T$ での $\partial\omega_{q(z)}$ の任意の単位正則接

ベクトルとすると、命題4-1(2)より、

$$\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\|^2 \leq k(z) \cdot \|f'(z)\xi\|^2 \leq \|f'(z)\xi\|^2 \cdot q^{-1+2\varepsilon}(z) \text{ が}$$

成り立つ。すなわち、補題5-1(2)の仮定

$$\|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq \|f'(z)\xi\| \cdot q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z) \text{ が成り立つ。従って、}$$

ある $C > 0$ が存在して、 $\partial\omega$ の近くの z に対して、

$$\|f'(z)\xi\| \leq 1, \quad \|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| \leq q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z) \text{ が成り立つ。}$$

任意の単位ベクトル a は、 $\xi, \bar{\partial}q, i\xi, i\bar{\partial}q$ の 1 次結合で表すことができ、

$$\|f'(z)\xi\| = \|f'(z)i\xi\|, \quad \|f'(z)\bar{\partial}q(z)\| = \|f'(z)i\bar{\partial}q(z)\| \text{ であ}$$

るから、 $\|f'(z)a\| \leq q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ が言える。必要なら C を大

きく取り直して、 ω 上で $\left| \frac{\partial f_j}{\partial z_p}(z) \right| \leq C \cdot q^{-\frac{1}{2}+\varepsilon}(z)$ が言え。

f は $\bar{\omega}$ 上で $\varepsilon + \frac{1}{2}$ -ヘルダ連続になる。□

系 滑らかな境界を持つ有界領域間の擬等角正則写像

$f: \omega \rightarrow \Omega$ は、 $\bar{\omega}$ 上で 1 -ヘルダ連続である。

証明) 擬等角ならば、 $k(z)$ は ω 上で有界である。すな

わち、 $\varepsilon = \frac{1}{2}$ として定理の仮定が成り立つ。従って、

f は $\bar{\omega}$ 上で 1 -ヘルダ連続になる。□

参考文献

- [1] S. R. Bell and E. Ligocka ; A simplification and extension of Fefferman's theorem on biholomorphic mappings, Invent. Math. 57(1980), 283-289
- [2] C. Fefferman ; The Bergman kernel and biholomorphic mapping of pseudoconvex domains, Invent. Math. 26(1974), 1-65
- [3] F. Sakanishi, Boundary Behavior of the Quasiconformal Diffeomorphism, Proceedings of the Second Korean-Japanese Colloquium on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis (1994), 155-162

Holomorphic Mappings with Parametric Representation

HONDA Tatsuhiro

<Received 4 October, 2004>

Abstract

Let B be the unit ball of a complex Banach space. We obtain growth and covering theorems for some holomorphic mapping on B with parametric representation, and consider various examples.

1 Introduction

It is well known that the classical growth theorem of normalized biholomorphic mappings on the unit disc Δ in one complex space \mathbb{C} can not be generalized to normalized biholomorphic mappings on the unit ball in a higher dimensional space. So we need some more conditions to consider its extensions.

Suffridge [Su1], [Su2] and Gurganus [Gu] gave some characterizations of the starlikeness for a holomorphic mapping on the unit ball in a complex Banach space. There are many results concerning the estimates of growth for starlike mappings (see [Ba-Fi-Go], [Go], [Gu] and [Li-Li]).

The purpose of the present study is to give the condition whereby holomorphic mappings satisfy similar estimates of the growth theorem.

2 Notation and Preliminaries

Let $(E, \|\cdot\|)$ denote a complex Banach space equipped with the norm $\|\cdot\|$. Let $B_r = \{z \in \mathbb{C}^n : \|z\| < r\}$ for $r > 0$ and let $B = B_1$. In the case of one complex variable, B_r is denoted by Δ_r and Δ_1 by Δ . Let G be an open subset in E and let $H(G)$ denote the set of holomorphic mappings from $G \subset E$ into E .

By $L(E, F)$, we denote the space of all continuous linear operators from a complex Banach space E into a complex Banach space F with the standard operator norm. Let Id denote the identity in $L(E, F)$.

If $f \in H(B_r)$, we say that f is normalized if $f(0) = 0$ and $Df(0) = \text{Id}$. Let $N(B_r)$ be the set of all normalized locally biholomorphic mappings in $H(B_r)$. A holomorphic mapping $f : B \rightarrow F$ is said to be starlike if f is univalent, $f(0) = 0$ and $f(B)$ is starlike with respect to the origin in the usual sense, that is, $tf(B) \subset f(B)$ ($0 \leq t \leq 1$). The set of normalized starlike mappings of

B_r is denoted by $S^*(B_r)$.

For each $z \in E \setminus \{0\}$, let

$$T(z) = \{\varphi \in L(E, E) : \varphi(z) = \|z\|, \|\varphi\| = 1\}.$$

This set $T(z)$ is nonempty by the Hahn-Banach theorem. It is used to define mappings of B of "positive real part". When $\|\cdot\| = \langle \cdot, \cdot \rangle^{1/2}$ is the norm on a Hilbert space H with the inner product $\langle \cdot, \cdot \rangle$, $T(z)$ reduces to only one element given by $\varphi(w) = \langle w, z/\|z\| \rangle$, $w \in H$, for any $z \in H \setminus \{0\}$.

We obtain the following theorem from Theorem 1 of Suffridge [Su2]. This theorem gives an analytical characterization of starlike mappings of the open ball in a complex Banach space.

Theorem 2.1. *Let $f : B \rightarrow F$ be a normalized locally biholomorphic mapping. Then f is starlike if and only if $\Re \{\varphi([Df(x)]^{-1}(f(x)))\} > 0$ for $x \in B$, $x \neq 0$ and $\varphi \in T(x)$.*

3 Parametric Representation

We recall that a mapping $f : B \times [0, \infty) \rightarrow E$ is called a Loewner chain if the following conditions hold:

- (i) $f(\cdot, t)$ is univalent on B , $f(0, t) = 0$, $DF(0, t) = e^t \text{Id}$ for $t \geq 0$;
- (ii) there exists a univalent Schwarz mapping $v = v(z, s, t)$ (i.e. $v \in H(B)$, $v(0) = 0$, and $\|v(z)\| < 1$, $z \in B$) such that $f(z, s) = f(v(z, s, t), t)$ for $z \in B$ and $0 \leq s \leq t < \infty$.

The above Schwarz mapping v is called the transition mapping associated to $f(z, t)$. It is known that starlikeness can be characterized in terms of Loewner chains: $f \in S^*(B)$ if and only if $f(z, t) = e^t f(z)$, $z \in B$, $t \geq 0$, is a Loewner chain [Pf-Su1].

Now we set

$$\mathcal{M} = \{p \in H(B) : p(0) = 0, Dp(0) = Id, \Re \varphi(p(z)) > 0, z \in B \setminus \{0\}, \varphi \in T(z)\}.$$

The above set \mathcal{M} of normalized mappings of "positive real part" on B plays a fundamental role in the study of the Loewner differential equation. As in [Ko2], we shall consider properties of the corresponding solutions of the Loewner differential equation.

Definition 3.1. Let $f : B \rightarrow E$ be a normalized locally holomorphic mapping. We say that f has parametric representation if there exists a mapping $h = h(z, t)$ which satisfies the following conditions:

- (i) $h(\cdot, t) \in \mathcal{M}$ for $t > 0$;
- (ii) h is continuous on $B \times [0, \infty)$,

such that

$$f(z) = \lim_{t \rightarrow \infty} e^t v(z, t)$$

for $z \in B$, where $v = v(z, t)$ is the unique solution of the initial value problem

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -h(v, t), \quad t \geq 0, \quad v(z, 0) = z, \quad (3.1)$$

for all $z \in B$.

Let $S^0(B)$ be the set of all mappings which have parametric representation on B . Then $S^0(B) \subset N(B)$ (see [Gr-Ha-Ko]). The following result is due to [Ha-Ko].

Theorem 3.2. Let $f : B \times [0, \infty) \rightarrow E$ be a continuous mapping such that $f(\cdot, t) \in H(B)$, $f(0, t) = 0$, $Df(0, t) = e^t \text{Id}$ for each $t \geq 0$ and $f(z, \cdot)$ is differentiable on $[0, \infty)$ for each $z \in B$, and there exist $r \in (0, 1)$, $t_0 > 0$ and $M > 0$ such that

$$\|f(z, t)\| \leq e^{t_0} M, \quad \|z\| \leq r, \quad t \geq 0. \quad (3.2)$$

We assume that there exists a mapping $h = h(z, t)$ satisfies the conditions (i) and (ii) of Definition 3.1 such that

$$\frac{\partial f}{\partial t} = Df(z, t)h(z, t), \quad z \in B, \quad t \geq 0. \quad (3.3)$$

Then $f(z, t)$ is a Loewner chain and $\lim_{t \rightarrow \infty} e^t v(z, s, t) = f(z, s)$ for all $z \in B$, $s \geq 0$, where $v = v(z, s, t)$ is the solution of the initial value problem (3.1). Hence, if $f(z) = f(z, 0)$ is locally biholomorphic on B , then $f(z) = f(z, 0) \in S^0(B)$.

4 Growth results for mappings in $S_{k+1}^0(B)$

Let $f \in H(B)$ and let k be a positive integer. Then f is said to be k -fold symmetric if the image of f is unchanged when it multiplied by the scalar complex number $\exp(2\pi i/k)$. We say that $z = 0$ is a zero of order k of $f(z)$ if $f(0) = 0, \dots, D^{k-1}f(0) = 0$ and $D^k f(0) \neq 0$. We denote by $S_{k+1}^0(B)$ the subset of $S^0(B)$ consisting of mappings f for which there exists a Loewner chain $f(z, t)$ such that $\{e^{-t}f(z, t)\}_{t \geq 0}$ is a normal family on B , $f = f(\cdot, 0)$ and $z = 0$ is a zero of order $k + 1$ of $e^{-t}f(z, t) - z$ for each $t \geq 0$.

Lemma 4.1. *Let $f \in N(B)$. If f is k -fold symmetric and $f(z) \neq z$, then $z = 0$ is a zero of order m of $f(z) - z$ for some m with $m \geq k + 1$.*

Proof. We set, for $z \in B$,

$$F(z) = f^{-1}(e^{-2\pi i/k} f(e^{2\pi i/k} z)).$$

Then F is biholomorphic from B into B . Moreover $F(0) = 0$ and $DF(0) = \text{Id}$. It follows from these and the Cartan Theorem that F is identity, that is,

$$f(z) = e^{-2\pi i/k} f(e^{2\pi i/k} z).$$

Therefore $D^m f(z) = e^{-2(m-1)\pi i/k} D^m f(e^{2\pi i/k} z)$, that is, $f(0) = 0, Df(0) = \text{Id}, D^2 f(0) = 0, \dots, D^k f(0) = 0$. This completes the proof.

One of the main results of this section is a growth theorem for mappings in $S_{k+1}^0(B)$. To this end, we need to use the following lemma (cf. [Ko2]).

Lemma 4.2. *Let f and h satisfy the assumptions of Theorem 3.2. Let $v = v(z, s, t)$ be the solution of the initial value problem (1.3). If $e^{-t}f(z, t) - z$ has a zero of order $k + 1$ for each $t \geq 0$, then*

$$\|z\| \frac{1 - \|z\|^k}{1 + \|z\|^k} \leq \Re \varphi(h(z, t)) \leq \|z\| \frac{1 + \|z\|^k}{1 - \|z\|^k} \quad (4.1)$$

for $z \in B$, $\varphi \in T(z)$ and $t \geq 0$.

Proof. We take a point z_0 with $\|z_0\| = 1$ and set $g(\zeta) = (1 + \zeta)/(1 - \zeta)$ for $\zeta \in \Delta$. Let $p(\cdot, t) : \Delta \rightarrow \mathbb{C}$ be given by

$$p(\zeta, t) = \begin{cases} \frac{1}{\xi} \varphi(h(\xi z_0, t)), & \xi \neq 0 \\ 1, & \xi = 0 \end{cases}$$

for $\varphi \in T(z_0)$ and $\zeta \in \Delta$. Then $p(\cdot, t) \in H(\Delta)$, $p(0, t) = g(0) = 1$. Since $e^{-t}f(z, t) - z$ has a zero of order $k+1$ for each $t \geq 0$, for each $t \geq 0$, there exists a holomorphic mapping $F(z, t)$ on a neighbourhood of 0 such that

$$f(\xi z_0, t) - e^t \xi z_0 = \xi^{k+1} F(\xi z_0, t)$$

Then

$$\frac{\partial f}{\partial t}(\xi z_0, t) - e^t \xi z_0 = \xi^{k+1} \frac{\partial F}{\partial t}(\xi z_0, t).$$

Therefore, we obtain that

$$p(\xi, t) = \varphi([Df(\xi z_0, t)]^{-1} e^t z_0) + \varphi\left([Df(\xi z_0, t)]^{-1} \frac{\partial F}{\partial t}(\xi z_0, t)\right) \xi^k.$$

Thus, there exists a holomorphic function $\tilde{p}(\xi, t)$ on a neighbourhood of 0 such that $p(\xi, t) = 1 + \xi^k \tilde{p}(\xi, t)$. Since $h(z, t) \in \mathcal{M}$, we deduce that $p(\xi, t) \in g(\Delta)$ for $\xi \in \Delta$. Therefore, $g^{-1} \circ p(\cdot, t) : \Delta \rightarrow \Delta$ and $g^{-1} \circ p(0, t) = 0$. Since $g^{-1}(1) = 0$, there exists a holomorphic function $G(w)$ on a neighbourhood of 1 such that $g^{-1}(w) = (w - 1)G(w)$. Therefore, we obtain that $g^{-1} \circ p(\xi, t) = \xi^k \tilde{p}(\xi, t) G(p(\xi, t))$ on a neighbourhood of 0. Then, by the Schwarz lemma, we obtain that $|g^{-1} \circ p(\xi, t)| \leq |\xi|^k$ for $\xi \in \Delta$. Thus, there exists a holomorphic function $H(\xi)$ on Δ such that $g^{-1} \circ p(\xi, t) = \xi^k H(\xi, t)$ on Δ and $|H(\xi, t)| \leq 1$ on Δ . Then, $p(\xi, t) = g(\xi^k H(\xi, t))$. Next, in view of the maximum and minimum principle of harmonic functions, we conclude that

$$\min\{g(|\xi|^k), g(-|\xi|^k)\} \leq \Re p(\xi, t) \leq \max\{g(|\xi|^k), g(-|\xi|^k)\}, \xi \in \Delta.$$

For $\xi = \|z\|$ in the above relations, we obtain the inequality (4.1). This completes the proof.

Lemma 4.3. *Let h satisfy the assumptions of Theorem 3.2. Let $v = v(z, s, t)$ be the solution of the initial value problem (3.1). If $e^{-t}f(z, t) - z$ has a zero of order $k+1$ for each $t \geq 0$, then*

$$e^s \|z\| \exp \int_{\|v(z, s, t)\|}^{\|z\|} \frac{-2x^{k-1}}{1+x^k} dx \leq e^t \|v(z, s, t)\| \leq e^s \|z\| \exp \int_{\|v(z, s, t)\|}^{\|z\|} \frac{2x^{k-1}}{1-x^k} dx, \quad (4.2)$$

for $z \in B$ and $t \geq s \geq 0$.

Proof. Fix $s \geq 0$ and $z \in B \setminus \{0\}$ and let $v(t) = v(z, s, t)$. Also let $l_z \in T(z)$. Then for all t, t_0 with $s \leq t < t_0$, we have

$$\begin{aligned} \left| \|v(t)\| - \|v(t_0)\| \right| &\leq \|v(t) - v(t_0)\| \leq \left\| \int_t^{t_0} \frac{dv(\tau)}{d\tau} d\tau \right\| \\ &\leq \int_t^{t_0} \left\| \frac{dv(\tau)}{d\tau} \right\| d\tau = \int_t^{t_0} \| - h(v(\tau), \tau) \| d\tau \leq M(t_0 - t). \end{aligned}$$

Hence $\|v(t)\|$ is absolutely continuous for $t \in [s, \infty)$ and thus $\|v(t)\|$ is differentiable a.e. on $[s, \infty)$. Moreover,

$$\frac{\partial \|v\|}{\partial t} = \Re \left[\varphi \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) \right]$$

for $\varphi \in T(v(t))$ a.e. on $[s, \infty)$, by [Ka, Lemma 1.3]. Equivalently,

$$\frac{\partial \|v\|}{\partial t} = -\Re [\varphi(h(v, t))], \quad \text{almost everywhere on } [s, \infty). \quad (4.3)$$

We now integrate in both sides of (4.1) with respect to t to obtain

$$\begin{aligned} &- \int_{\|z\|}^{\|v\|} \frac{1+x^k}{x(1-x^k)} dx \\ &= - \int_s^t \frac{1+\|v(\tau)\|^k}{\|v(\tau)\|(1-\|v(\tau)\|^k)} \cdot \frac{d\|v(\tau)\|}{d\tau} d\tau \\ &\geq \int_s^t d\tau = t-s \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} &- \int_{\|z\|}^{\|v\|} \frac{1-x^k}{x(1+x^k)} dx \\ &= - \int_s^t \frac{1-\|v(\tau)\|^k}{\|v(\tau)\|(1+\|v(\tau)\|^k)} \cdot \frac{d\|v(\tau)\|}{d\tau} d\tau \\ &\geq \int_s^t d\tau = t-s \\ &- \int_{\|z\|}^{\|v\|} \frac{dx}{x \max\{g(x^k), g(-x^k)\}} \\ &= - \int_s^t \frac{1}{\|v(\tau)\| \max\{g(\|v(\tau)\|^k), g(-\|v(\tau)\|^k)\}} \cdot \frac{d\|v(\tau)\|}{d\tau} d\tau \\ &\leq \int_s^t d\tau = t-s. \end{aligned}$$

Finally straightforward computations in the above relations yield (4.2), as desired. This completes the proof.

We now are able to obtain the following growth result for the set $S_{k+1}^0(B)$.

Theorem 4.4. *If $f \in S_{k+1}^0(B)$, then*

$$\frac{\|x\|}{(1 + \|x\|^k)^{\frac{2}{k}}} \leq \|f(x)\| \leq \frac{\|x\|}{(1 - \|x\|^k)^{\frac{2}{k}}} \quad \text{for all } x \in B. \quad (4.4)$$

Proof. Since $f \in S_{k+1}^0(B)$ we have

$$f(z) = \lim_{t \rightarrow \infty} e^t v(z, t) \quad (4.5)$$

locally uniformly on B , where $v = v(z, t)$ is the solution of the initial value problem

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -h(v, t), \quad \text{a.e. } t \geq 0, \quad v(z, 0) = z,$$

for all $z \in B$. Taking into account the relations (3.1), one deduces that

$$\|z\| \exp \int_{\|v(z, t)\|}^{\|z\|} \frac{-2x^{k-1}}{1+x^k} dx \leq e^t \|v(z, t)\| \leq \|z\| \exp \int_{\|v(z, t)\|}^{\|z\|} \frac{2x^{k-1}}{1-x^k} dx, \quad (4.6)$$

for $z \in B$, $t \geq 0$.

Since

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^t \|v(z, t)\| = \|f(z)\| < \infty,$$

we must have

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|v(z, t)\| = \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-t} \|e^t v(z, t)\| = 0.$$

Letting $t \rightarrow \infty$ in (4.6) and using (4.5), we obtain the estimate (4.4), as desired. This completes the proof.

We remark that if $f(z, t)$ is a Loewner chain, then using similar reasoning as in the above result, we obtain the following growth theorem.

Corollary 4.5. *Let $f(z, t)$ be a Loewner chain. If $e^{-t} f(z, t) - z$ has a zero of order $k+1$ for each $t \geq 0$, then*

$$\frac{\|x\|}{(1 + \|x\|^k)^{\frac{2}{k}}} \leq \|e^{-t} f(z, t)\| \leq \frac{\|x\|}{(1 - \|x\|^k)^{\frac{2}{k}}}$$

for $z \in B$, $t \geq 0$.

Acknowledgements

1. Dedicated to Professor Kenzo Adachi on his 60th birthday
2. Partially supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research (C) no. 15540193 from Japan Society for the Promotion of Science, 2004

References

- [Ba-Fi-Go] R.W. Barnard, C.H. FitzGerald, S. Gong, *The growth and $1/4$ -theorems for starlike functions in \mathbb{C}^n* , *Pacif. J. Math.*, **150**(1991), 13-22.
- [Go] S. Gong, *Convex and Starlike Mappings in Several Complex Variables*, Kluwer Acad. Publ., 1998.
- [Gr-Ha-Ko] I. Graham, H. Hamada, G. Kohr, *Parametric representation of univalent mappings in several complex variables*, *Canadian J. Math.*, **54**(2) (2002) 324-351.
- [Gr-Ha-Ko-Su] I. Graham, H. Hamada, G. Kohr, T. Suffridge, *Extension operators for locally univalent mappings*, *Michigan Math. J.*, to appear.
- [Gr-Ko] I. Graham, G. Kohr, *Univalent mappings associated with the Roper-Suffridge extension operator*, *J. Analyse Math.*, **81**(2000), 331-342.
- [Gr-Ko-Ko] I. Graham, G. Kohr, M. Kohr, *Loewner chains and the Roper-Suffridge extension operator*, *J. Math. Anal. Appl.*, **247**(2000), 448-465.
- [Gu] K. Gurganus, *Φ -like holomorphic functions in \mathbb{C}^n* , *Trans. Amer. Math. Soc.*, **205**(1975), 389-406.
- [Ha] H. Hamada, *Starlike mappings on bounded balanced domains with C^1 -plurisubharmonic defining functions*, *Pacif. J. Math.*, **194**(2000), 359-371.
- [Ha-Ko] H. Hamada, G. Kohr, *Loewner chains and parametric representation of biholomorphic mappings in complex Banach spaces*, *Glasnik Mat.*, **39(59)** (2000), 55-72.
- [Ha-Ko2] H. Hamada, G. Kohr, *Subordination chains and univalence of holomorphic mappings on bounded balanced pseudoconvex domains*, *Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska, Sect. A*, **55**, **6**(2001), 61-80.
- [Ha-Ko3] H. Hamada, G. Kohr, *Growth and distortion results for convex mappings in infinite dimensional spaces*, *Complex Variables* **47** (2002) 291-301.
- [Ha-Ko-Li] H. Hamada, G. Kohr, P. Liczberski, *Starlike mappings of order α on the unit ball in complex Banach spaces*, *Glasnik Mat.*, **36(56)**(2001), 39-48.
- [Har] L. Harris, *The numerical range of holomorphic functions in Banach spaces*, *Amer. J. Math.*, **93**(1971), 1005-1019.
- [Ho] T. Honda, *The growth theorem for k -fold symmetric convex mappings*, *Bull. London Math. Soc.* **34** (2002) 717-724.
- [Ka] T. Kato, *Nonlinear semigroups and evolution equations*, *J. Math. Soc. Japan*, **19**(1967), 508-520.
- [Ko1] G. Kohr, *On some best bounds for coefficients of subclasses of biholomorphic mappings in \mathbb{C}^n* , *Complex Variables*, **36**(1998), 261-284.
- [Ko2] G. Kohr, *The method of Löwner chains used to introduce some subclasses of biholomorphic mappings in \mathbb{C}^n* , *Rev. Roum. Math. Pures Appl.*, to appear.
- [Li-Li] T. Liu, X. Liu, *On the precise growth, covering and distortion theorem for normalized biholomorphic mappings*, *J. Math. Anal. Appl.* **295** (2004) 404-417.

- [Pf-Su] J.A. Pfaltzgraff, T.J. Suffridge, *An extension theorem and linear invariant families generated by starlike maps*, Ann. Mariae Curie-sklodowska, Sect.A, **53**(1999), 193-207.
- [Po] C. Pommerenke, *Univalent Functions*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1975.
- [Por1] T. Poreda, *On the univalent holomorphic maps of the unit polydisc of \mathbb{C}^n which have the parametric representation, I - the geometrical properties*, Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska, Sect.A, **41**(1987), 105-113.
- [Por2] T. Poreda, *On the univalent holomorphic maps of the unit polydisc of \mathbb{C}^n which have the parametric representation, II - necessary and sufficient conditions*, Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska, Sect.A, **41**(1987), 114-121.
- [Por3] T. Poreda, *On the univalent subordination chains of holomorphic mappings in Banach spaces*, Commentationes Math., **128**(1989), 295-304.
- [Su1] T.J. Suffridge, *The principle of subordination applied to functions of several variables*, Pacif. J. Math., **33**(1970), 241-248.
- [Su2] T.J. Suffridge, *Starlike and convex maps in Banach spaces*, Pacif. J. Math., **46**(1973), 474-489.
- [Su3] T.J. Suffridge, *Starlikeness, convexity and other geometric properties of holomorphic maps in higher dimensions*, Lecture Notes in Math., **599**(1976), 146-159.

3次元拡張 ANNNI モデルにおける相転移の臨海的性質

村岡 良紀・笠間 敏博^{*}・井戸垣俊弘^{*}

<平成16年10月4日受理>

The Critical Properties of Phase Transition in the Three-Dimensional Extended ANNNI Model

MURAOKA Yoshinori, KASAMA Toshihiro and IDOGAKI Toshihiro

We consider the three-dimensional axial next-nearest-neighbor Ising(ANNNI) model, which is composed of two kinds of alternately stacked ferromagnetic layers with different intralayer interactions. In the previous study, the finite temperature magnetic phase diagram of this model is investigated by the site-dependent molecular-field approximation(MFA). The phase diagram shows that there exist the partially disordered states(PDS) and the saturated point(SP) where critical wave number saturates to $k=4$. In addition, it is confirmed that Monte Carlo results are consistent with those of MFA.

In this study, the Monte Carlo simulation is performed on the simple cubic lattice with linear dimension L ($L=20, 32, 40, 60$ and 80), assuming the periodic boundary condition in three directions, and the order parameter, the fourth-order energy cumulant and the specific heat are calculated. A minimum of the fourth-order energy cumulant, which corresponds to the phase transition to PDS with the wave number $k=4$, reaches the value very close to $2/3$ as L approaches to the thermodynamical limit. Therefore, we conclude that the phase transitions to PDS with the wave number $k=4$ are the second order phase transition. From the finite-size scaling analysis of the specific heat, we estimate the critical exponents at the phase transition to PDS with the wave number $k=4$. The estimated exponents do not obey the usual universality and suggest the possibility of the weak universality.

1. はじめに

ANNNI (Axial Next-Nearest-Neighbor Ising) モデルは相互作用の競合によるスピニ配列の変調構造を記述する最も簡単なモデルの1つとして知られており、これまでにも多くの研究がなされている^{1,2)}。3次元 ANNNI モデルは次のハミルトニアンによって記述される：

$$H = - \sum_i \sum_j \left[\frac{J_0}{2} \sum_{k=1}^z S_{i,j} S_{i,k} + J_1 S_{i,j} S_{i+1,j} + J_2 S_{i,j} S_{i+2,j} \right]. \quad (1)$$

このモデルは c 軸に平行なスピニ鎖から構成されており、最隣接スピニ鎖は強磁性的鎖間交換相互作用 $J_0 > 0$ を通して相互作用している。 i 番目の c 面内にある j サイトのイジングスピニを $S_{i,j}$ ($= \pm 1/2$) によって表し、 i および j についての和はそれぞれスピニ鎖上および c 面内の全てのスピニに対して取られる。 k についての和は c 面内にある j サイトの z 個の最隣接スピニに対

して取られる。 J_1 および J_2 はそれぞれ互いに競合する最隣接および次隣接鎖内交換相互作用である。競合の強さは J_2/J_1 によって表され、 J_2/J_1 の値により c 軸方向のスピニ配列に様々な変調構造が出現し、さらに温度・外部磁場と共に逐次相転移を起こす。 Er^{3+} 、 CeSb^{4+} 等の希土類金属・合金において温度・外部磁場の変化とともにスピニ配列が複雑に変化し、その振る舞いが ANNNI モデルを用いて定性的に説明されている^{1,2)}。

CeSb^{4+} は磁性イオンが面心立方格子に配置したイジングスピニ系である。ネール温度以下で様々な整合変調相間の相転移が逐次的に起こる。秩序状態は、各 c 面に形成された強磁性状態が c 軸に沿った周期的変調状態に安定化されたものである。注目すべき点は多くの秩序状態が常磁性面を有することであり、このような状態を部分無秩序状態と呼んでいる。上でも述べたように、ANNNI モデルは CeSb における逐次相転移および秩序状態について定性的に説明できた。その一方で、ANNNI モデルは部分無秩序状態を再現することはできなかった。ANNNI モデルに分子場近似を適用することにより Yokoi *et al.*³⁾

* 九州大学大学院工学府エネルギー量子工学専攻

は、面内相互作用が弱いならば部分無秩序状態が安定化することを指摘した。しかしながら、ANNNI モデルの相互作用の競合方向に対して輸送行列法を用いることによって Nakanishi⁶⁾ は少なくとも周期 3 の変調構造においては部分無秩序状態が現れないことを示した。また、Rotthaus and Selke⁷⁾ は、モンテカルロシミュレーションによる結果は Nakanishi の結論と矛盾しないことを示した。

これまでの研究において、我々は次のハミルトニアン：

$$H = - \sum_i^L \sum_j \left[\frac{1}{2} \sum_{k=1}^z \left(J_0 S_{2i-1,j} S_{2i-1,k} + J'_0 \mu_{2i,j} \mu_{2i,k} \right) + J_1 (S_{2i-1,j} \mu_{2i,j} + \mu_{2i,j} S_{2i+1,j}) + J_2 S_{2i-1,j} S_{2i+1,j} + J'_2 \mu_{2i,j} \mu_{2i+2,j} \right], \quad (2)$$

で記述される 3 次元拡張 ANNNI モデルを提案した（図 1 参照）。このモデルは交互に積層する 2 種類の強磁性層から構成される。これらの層は $S_{i,j}$ ($= \pm 1/2$) または $\mu_{i,j}$ ($= \pm 1/2$) から成り、以下ではそれぞれの層を S 層または μ 層と呼ぶことにする。 J_0 および J'_0 はそれぞれ S 層および μ 層の最隣接層内強磁性相互作用である。また $J_1 > 0$, $J_2 < 0$ および $J'_2 < 0$ はそれぞれ最隣接層間相互作用、 S 層間の次隣接層間相互作用および μ 層間の次隣接層間相互作用である。サイト依存型分子場近似は、 $J_0 \neq J'_0$ の場合磁気相図に部分無秩序状態が現れ、Lifshitz point (LP) に加えて秩序一無秩序転移線上に臨界波数が $1/4$ に飽和する Saturated point (SP) が存在することを明らかにした⁸⁾。さらに、モンテカルロシミュレーションによる結果はサイト依存型分子場近似の結論と矛盾しないことが確認された^{8), 9)}。

本稿では、磁気相図の広い領域に現れる逐次相転移 ($\uparrow\uparrow\downarrow\downarrow$ (基底状態) $\Rightarrow \uparrow\circlearrowleft\downarrow\circlearrowright$ (部分無秩序状態) \Rightarrow 常磁性状態) の臨界的性質についてモンテカルロシミュレーションにより調べた。ここで、 \uparrow , \downarrow および \circlearrowleft および \circlearrowright はそれぞれ上向き、下向きに秩序化した強磁性の層および常磁性の層を表している。3 方向に周期的境界条件を課した L^3 ($L = 20, 32, 40, 60$ および 80) 単純立方格子上でモンテカルロシミュレーションを行い、秩序変数、4 次のエネルギーキュムラントおよび比熱を計算した。4 次のエネルギーキュムラントの熱力学極限 ($L \rightarrow \infty$) より 2 つの相転移はともに 2 次相転移であることを示した。さらに有限サイズスケーリングより臨界指数を評

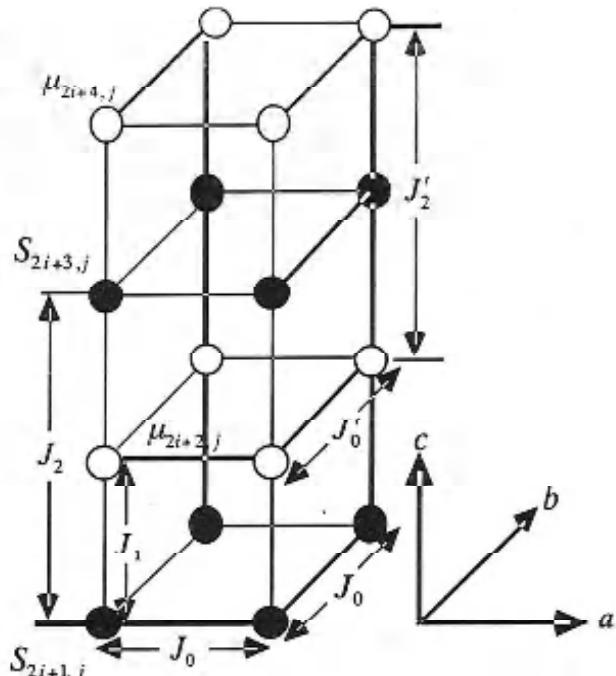


図 1 交互に積層する 2 種類の強磁性層から構成される 3 次元拡張 ANNNI モデル。

価した。

本稿の構成は以下の通りである。2. では本稿で行ったモンテカルロシミュレーションについて説明する。3. ではモンテカルロシミュレーションによって得られた結果を示し、有限サイズスケーリングにより臨界指数を評価する。最後に、4. で以上の結果をまとめ、今後の課題について述べる。

2. モンテカルロシミュレーション^[10, 11]

本稿では、交互に積層する S 層および μ 層内の相互作用をそれぞれ $\alpha_s = J_0/J_1 = 0.5$ および $\alpha_\mu = J'_0/J_1 = 1.0$ に取り、競合する相互作用の比として $\kappa = J_2/J_1 = J'_2/J_1 = -0.9$ および -2.0 の場合についてモンテカルロシミュレーションを行った。3 方向に周期的境界条件を課した L^3 ($L = 20, 32, 40, 60$ および 80) 単純立方格子上でモンテカルロシミュレーションを行い、秩序変数、4 次のエネルギーキュムラントおよび比熱を計算した。モンテカルロシミュレーションは波数 $k = 1/4$ の基底状態 ($\uparrow\uparrow\downarrow\downarrow$) より開始し、昇温過程で各熱平均値を計算した。スピニ状態の更新は Metropolis アルゴリズムに従つて行った。各温度毎に熱平衡化のための 10^4 MCS (Monte Carlo Step per spin) のスピニ状態の更新後、5000 MCS のシミュレーションデータを 200 サンプル取り各熱平均値を評価した。

格子サイズ $L=40, 60$ および 80 のモンテカルロシミュレーションにおいては、OS・コンパイラに起因するメモリに対する制限およびモンテカルロシミュレーションに要する時間が格子点の個数に比例することから、パーソナルコンピュータでのシミュレーションが実行困難となる。本研究では、プログラムをベクトル化可能なものに書き直し、九州大学情報基盤センター研究用計算機システム VPP5000/64 を用いてシミュレーションを行った。

3. 結果および考察

3. 1 秩序変数

これまでに行ったシミュレーションでは、格子として $L \times L \times L_z$ ($L = 10, 20, 30, 40; L_z = 40$) 単純立方格子を採用して部分無秩序状態の存在を検証してきた^{8), 9)}。本研究では、後述するように有限サイズスケーリングを用いて臨界指数の評価を行うため、格子として L^3 ($L = 20, 32, 40, 60$ および 80) 単純立方格子上でモンテカルロシミュレーションを行った。そこで、はじめに $\kappa = -0.9$ の場合についてシミュレーションの結果が格子の取り方に依存しないことを秩序変数の温度依存性およびその熱力学極限から検証する。

秩序変数として、次の副格子磁化を定義する；

$$\begin{aligned} M_{S_{-3d}}(L) &= \frac{2}{L^3} \left| \sum_i^{L^2} (-1)^i \left(\sum_j^L S_{2i-1,j} \right) \right|, \\ M_{\mu_{-3d}}(L) &= \frac{2}{L^3} \left| \sum_i^{L^2} (-1)^i \left(\sum_j^L \mu_{2i,j} \right) \right|, \\ M_{S_{-2d}}(L) &= \frac{2}{L^3} \sum_i^{L^2} \left| \sum_j^L S_{2i-1,j} \right|, \\ M_{\mu_{-2d}}(L) &= \frac{2}{L^3} \sum_i^{L^2} \left| \sum_j^L \mu_{2i,j} \right|. \end{aligned} \quad (3)$$

$M_{S_{-3d}}(L)$ および $M_{\mu_{-3d}}(L)$ はそれぞれ S スピンおよび μ スpinからなる副格子の交代磁化であり層間の相関も考慮されている。一方、 $M_{S_{-2d}}(L)$ および $M_{\mu_{-2d}}(L)$ はそれぞれ S 層および μ 層内の強磁性秩序に着目した秩序変数であり、層間の相関は考慮されていない。基底状態 ($\uparrow \uparrow \downarrow \downarrow$) では全ての秩序変数が有限の値をとり、部分無秩序状態 ($\uparrow \circlearrowleft \downarrow \circlearrowright$) では $M_{\mu_{-3d}}(L)$ および $M_{\mu_{-2d}}(L)$ は有限の値をとり、 $M_{S_{-3d}}(L) = M_{S_{-2d}}(L) = 0$ となる。

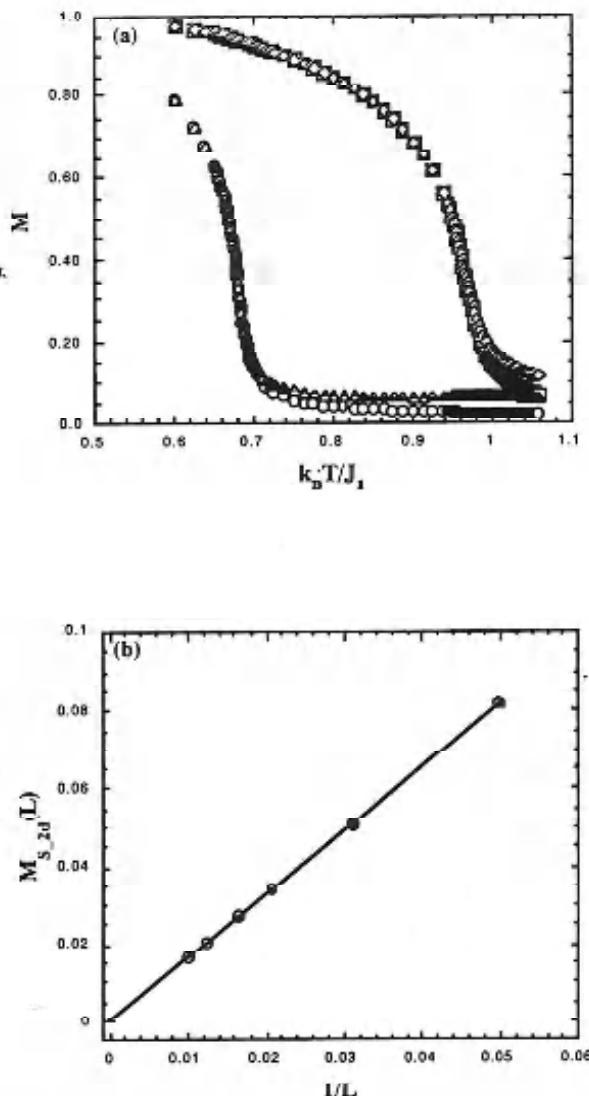


図 2 (a) $L = 20$ の場合の秩序変数の温度依存性。ここで、○、□、△および◇はそれぞれ $M_{S_{-3d}}(L)$ 、 $M_{\mu_{-3d}}(L)$ 、 $M_{S_{-2d}}(L)$ および $M_{\mu_{-2d}}(L)$ である。(b) $k_B T / J_1 = 0.75$ における $M_{S_{-2d}}(L)$ の格子サイズ依存性。実線は最小2乗法により決定されている。エラーパーは各データ点内に納まっている。

$L=20$ の場合について (3) 式で定義された秩序変数の温度依存性を図 2 (a) に示す。 $M_{S_{-3d}}(L)$ および $M_{S_{-2d}}(L)$ は $k_B T / J_1 = 0.68$ 付近で急激に減少し 0 に近付く。一方 $M_{\mu_{-3d}}(L)$ および $M_{\mu_{-2d}}(L)$ はその温度領域では有限の値をとり $k_B T / J_1 = 0.96$ 付近で急激に減少し 0 に近付く。したがって、 $0.7 < k_B T / J_1 < 1.0$ の温度領域において層内が強磁性に秩序化した各 μ 層が反強磁性的に積層し S 層が無秩序状態である部分無秩序状態が出現していることを図 2 (a) は示唆している。図 2 (a) において $0.7 < k_B T / J_1 < 1.0$ の

温度領域で $M_{S_{-3d}}(L)$ および $M_{S_{-2d}}(L)$ は完全に 0 にはなっていないが、これは有限サイズ効果によるものである。図 2(b) に $k_B T / J_1 = 0.75$ における $M_{S_{-2d}}(L)$ の格子サイズ依存性を示す。

各格子サイズでの結果から、 $M_{S_{-2d}}(L)$ の熱力学的極限を最小2乗法によって評価すると

$$M_{S_{-2d}}(\infty) = -1.9933 \times 10^{-5} \pm 0.0001$$

となり、熱力学的極限において S 層が無秩序状態である部分無秩序状態が出現している。また、 $M_{S_{-3d}}(L)$ に関する同様の結果が得られている。したがって、シミュレーションの結果は格子の取り方に依存しないと考えられる。

3. 2 $\kappa = -0.9$

4次のエネルギーキュムラント；

$$V(L) = 1 - \frac{\langle E^4 \rangle}{3\langle E^2 \rangle^2}, \quad (4)$$

は相転移温度近傍で極小を示し、熱力学的極限 ($L \rightarrow \infty$) において、その極小値 $V_{\min}(L)$ は

$$V_{\min}(\infty) - V_{\min}(L) \propto \frac{1}{L^d}, \quad (5)$$

に従って $V_{\min}(\infty)$ に近付いていく。ここで、 d は相転移を起こしている系の空間次元である。さらに相転移の次数によりその熱力学的極限の値が異なっており、2次相転移に対しては

$$V_{\min}(\infty) = 2/3, \quad 1\text{次相転移に対しては} \\ V_{\min}(\infty) < 2/3 \text{ をとる}^{[12]}.$$

図 3 に $V(L)$ の温度依存性を示す。2つの相転移に対応して2つの極小が現れている。格子

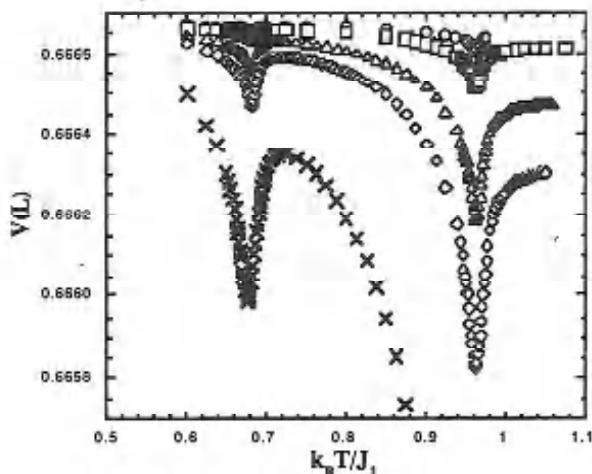


図 3 $V(L)$ の温度依存性。ここで、○、□、△、◇および×はそれぞれ $L = 20, 32, 40, 60$ および 80 の場合を示す。

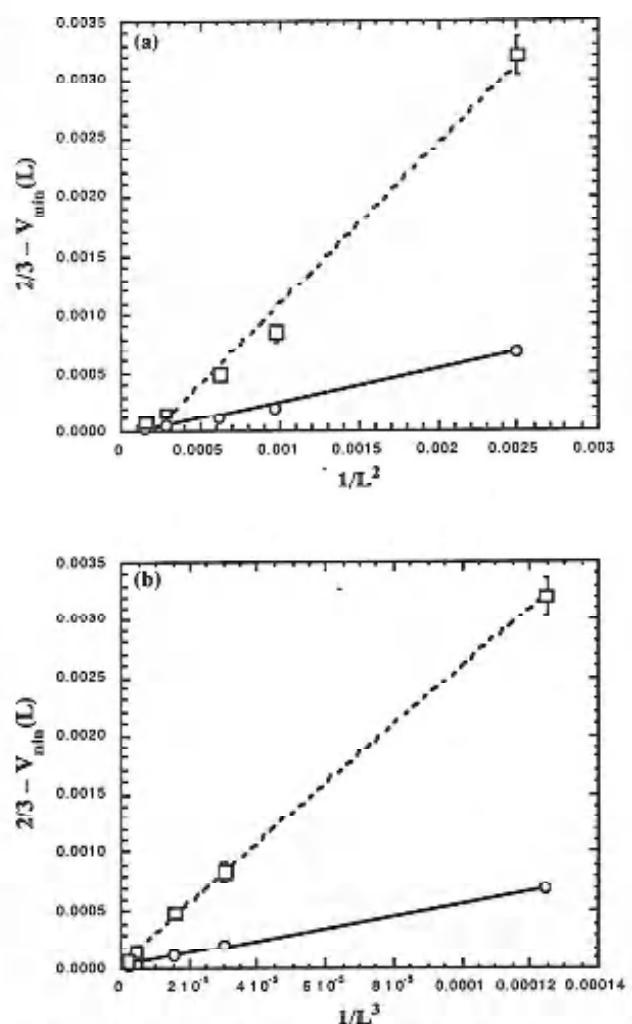


図 4 極小値 $V_{\min}(L)$ の格子サイズ依存性。(a) および(b) はそれぞれ $1/L^2$ および $1/L^3$ に対するプロットである。ここで、○および□はそれぞれ低温側および高温側の極小値を示している。実線および破線は最小2乗法により決定されている。

サイズ L が大きくなるに伴い、それぞれの極小の深さは浅くなり $2/3$ に近付く傾向を示し、極小を示す温度は格子サイズ L とともにわずかに高温側にシフトする。

図 4 に2次相転移を仮定した $2/3 - V_{\min}(L)$ の格子サイズ依存性を (a) : $d = 2$ および (b) : $d = 3$ に対してプロットしたものを見た。最小2乗法によって、それぞれ相転移点についての熱力学的極限を評価した。低温側の相転移点では

$$d = 2; 2/3 - V_{\min}(\infty) = -5.44 \times 10^{-5}, R = 0.9963,$$

$$d = 3; 2/3 - V_{\min}(\infty) = -1.75 \times 10^{-5}, R = 0.9991, \\ \text{高温側の相転移点では}$$

$$d = 2; 2/3 - V_{\min}(\infty) = 2.89 \times 10^{-4}, R = 0.9943,$$

$d = 3; 2/3 - V_{\min}(\infty) = 4.80 \times 10^{-5}, R = 0.9998$, である。低温側および高温側の相転移点では、とともに $V_{\min}(\infty) = 2/3$ であることが確認され、両者の相転移は2次相転移であることが結論される。系の空間次元に関しては、高温側の相転移点において $d = 2$ のデータ点が $d = 3$ のデータ点に比較して最小2乗法によって決定した直線に乗っていないこと、すなわち最小2乗法によって決定した直線によるデータ点の再現の度合いを表す R 値が1桁悪いことから、 $d = 3$ と結論される。低温側の相転移点においては、図4(a)および図4(b)のグラフ上で高温側のような顕著な差異が見受けられないが、同様に R 値が1桁悪いことから、系の空間次元は $d = 3$ と結論される。

比熱は散逸-振動関係

$$C(L) = \frac{\langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2}{k_B T^2 L^3}, \quad (6)$$

に基づき、モンテカルロシミュレーションによって計算した。比熱の温度依存性を図5に示す。2つの相転移に対応して2つのピークが現れている。格子サイズ L が大きくなるに伴い、それぞれのピークは高くかつ鋭くなる傾向を示し、その入射形のピークの形状は、2次相転移であること示している。また4次のエネルギーキュムラントと同様に、ピークを示す温度は格子サイズ L とともにわずかに高温側にシフトする。

2次相転移において熱力学的極限での比熱の振る舞いは

$$C(T) \sim (T - T_c)^{-\alpha}, \quad (7)$$

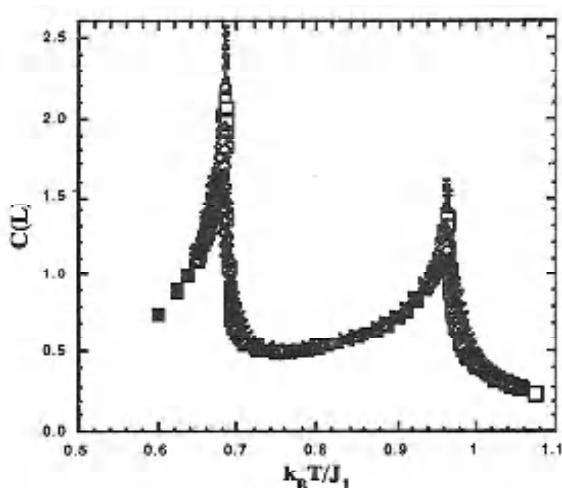


図5 比熱の温度依存性。ここで、○、□、△、◇および×はそれぞれ $L = 20, 32, 40, 60$ より 80 の場合を示す。

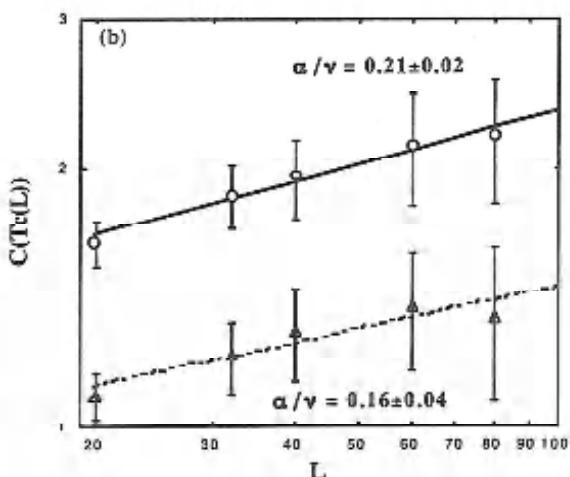
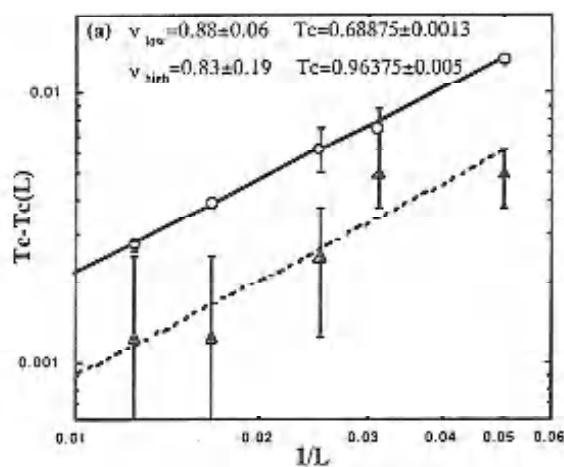


図6 (a) 比熱のピーク位置より決定された臨界温度のサイズ依存性。(b) 比熱のピークの値のサイズ依存性。ここで、○および□はそれぞれ低温側および高温側のを示している。実線および破線は最小2乗法により決定されている。

で記述され、臨界温度 T_c で発散する。ここで α は比熱の臨界指数で、臨界温度における発散の強さを表している。有限系では比熱の発散は丸められて図5に示されているようにピークとなって現れる。上述したように比熱のピークを与える温度 $T_c(L)$ は系のサイズとともにシフトする。 $T_c = T_c(\infty)$ と考えると、シフト指數 λ を導入して $T_c(L)$ のサイズ依存性を

$$\frac{T_c(L) - T_c}{T_c} \sim L^{-\lambda}, \quad (8)$$

に上り定義する。有限サイズスケーリング仮説は、熱力学的量の特異性を記述するのに重要な量は相関長 ξ であり、系のサイズ L が十分大きいとき

$$\xi(T_c(L), L) \sim L, \quad (9)$$

とすることである。無限に大きい系の相関長

$\xi(T)$ の臨界温度近傍の振る舞いは

$$\xi(T) \sim (T - T_c)^{-\nu}, \quad (10)$$

で記述され、 ν は相関長の臨界指数である。ここで、(8)式および(9)式より

$$\xi(T_c(L), L) \sim (T_c(L) - T_c)^{-\lambda}, \quad (11)$$

であり、系のサイズ L をパラメータとして無限系の T_c へ温度を近付けるとみなすと(10)式と一致すべきである。

$$\lambda = 1/\nu, \quad (12)$$

が得られる。したがって、有限サイズスケーリング仮説が成立する領域すなわち(9)式が成立する領域においては

$$C(T_c(L)) \sim (T_c(L) - T_c)^{-\alpha}, \quad (13)$$

$$\sim L^{\alpha},$$

$$\sim L^{\alpha/\nu},$$

となる。

比熱のピーク位置より決定された各サイズにおける臨界温度から、(8)式および(12)式より得られる関係式

$$T_c(L) - T_c \sim L^{-1/\nu}, \quad (14)$$

を用いて熱力学的極限における臨界温度 T_c および臨界指数 ν を評価することができる。同様に、各サイズにおける比熱のピークの値の log-log プロットより、 α/ν を評価することができる。したがって、比熱のサイズ依存性から臨界指数 α および ν の値を評価することが可能となる¹¹⁾。

図 6 (a) に比熱のピーク位置より決定された臨界温度のサイズ依存性を示す。上述した有限サイズスケーリングによる解析より、臨界温度および相関長の臨界指数をそれぞれ

低温側:

$$T_c = 0.68875 \pm 0.0013,$$

$$\nu_{low} = 0.88 \pm 0.06,$$

高温側:

$$T_c = 0.96375 \pm 0.005,$$

$$\nu_{high} = 0.83 \pm 0.19.$$

と評価した。図 6 (b) に各サイズにおける比熱のピークの値のサイズ依存性を示す。臨界指数の比 α/ν を

低温側:

$$\alpha_{low}/\nu_{low} = 0.21 \pm 0.02,$$

高温側:

$$\alpha_{high}/\nu_{high} = 0.16 \pm 0.04,$$

と評価した。

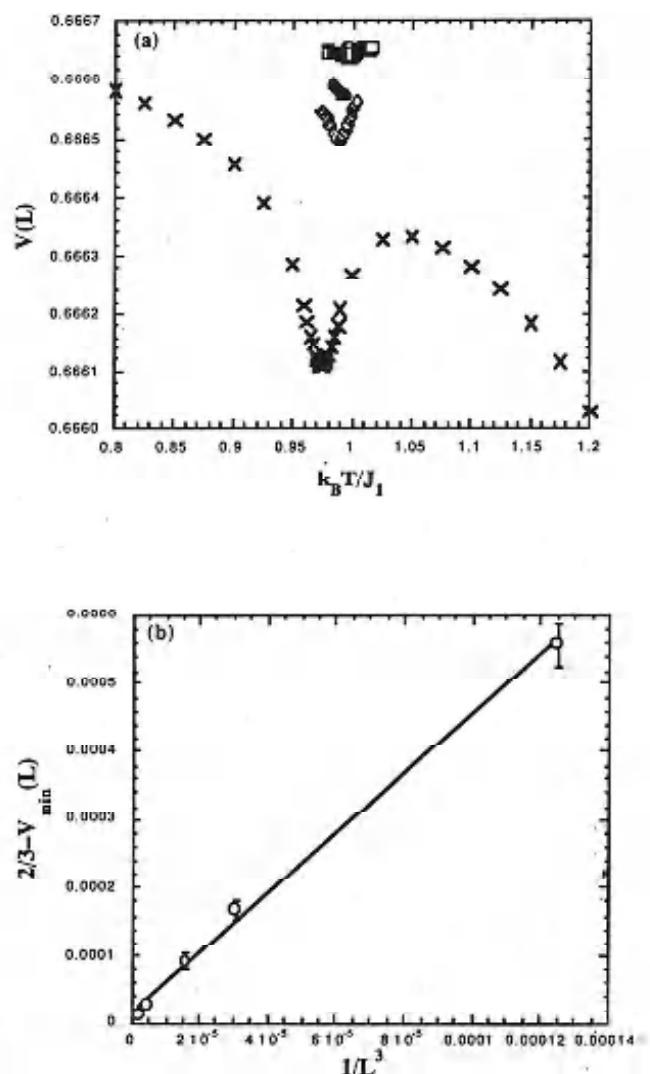


図 7 (a) $V(L)$ の温度依存性。ここで、○、□、△、◇ および × はそれぞれ $L = 20, 32, 40, 60$ および 80 の場合を示す。(b) 極小値 $V_{min}(L)$ の格子サイズ依存性。ここで、実線は最小 2 乗法により決定されている。

3. 3 $\kappa = -2.0$

ここでは特に興味深い通常の秩序状態から部分無秩序状態への相転移、すなわち低温側の相転移 ($\uparrow \uparrow \downarrow \downarrow \Rightarrow \uparrow \circ \downarrow \circ$) に焦点を絞った解析を行う。

図 7(a) に 4 次のエネルギーキュムラント $V(L)$ の温度依存性を示す。ここでは低温側の極小のみを示している。 $\kappa = -0.9$ の場合と同様に格子サイズ L が大きくなるに伴い、相転移に対応した極小の深さは浅くなり $2/3$ に近づく傾向を示し、極小を示す温度は格子サイズ L とともにわずかに高温側にシフトする。2 次相転移を仮定した $2/3 - V_{min}(L)$ の格子サイズ依存性

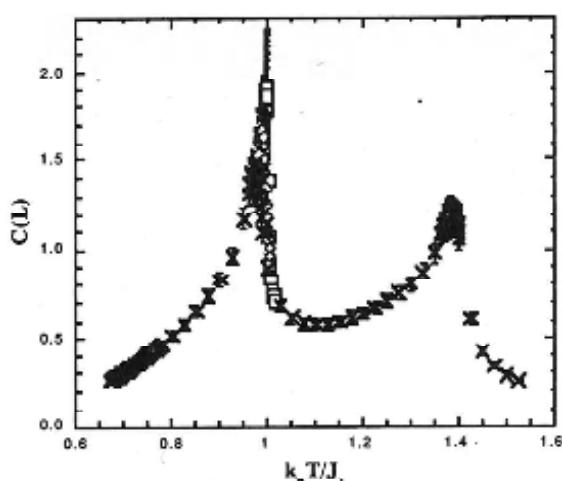


図 8 比熱の温度依存性。ここで、○、□、△、◇および×はそれぞれ $L = 20, 32, 40, 60$ および 80 の場合を示す。

を図 7(b) に示す、ここで $\kappa = -0.9$ の場合の結果を踏まえ $1/L^3$ を横軸に取っている。最小2乗法による熱力学的極限の評価より $2/3 - V_{\min}(\infty) = -1.78 \times 10^{-5}$, $R = 0.9984$, が得られた。低温側の相転移点では $V_{\min}(\infty) = 2/3$ であることが確認され、相転移は2次相転移であることが結論される。系の空間次元に関しては $d = 3$ と結論される。

比熱の温度依存性を図 8 に示す。2つの相転移に対応して2つのピークが現れている。図 8 では、 $L = 32, 40, 60$ および 80 の場合については低温側の相転移に対応するピーク近傍の結果を示している。 $\kappa = -0.9$ の場合と同様に格子サイズ L が大きくなるに伴い、ピークは高くかつ鋭くなる傾向を示し、その入形のピークの形状は、2次相転移であることを示している。また4次のエネルギーキュムラントと同様に、ピークを示す温度は格子サイズ L とともにわずかに高温側にシフトする。

図 9(a) に比熱のピーク位置より決定された臨界温度のサイズ依存性を示す。上述した有限サイズスケーリングによる解析により、臨界温度および相関長の臨界指数を

$$T_c = 1.00375 \pm 0.0025,$$

$$\nu_{low} = 0.744 \pm 0.13,$$

と評価した。図 9(b) に各サイズにおける比熱のピークの値のサイズ依存性を示す。臨界指数の比 α/ν を

$$\alpha_{low}/\nu_{low} = 0.235 \pm 0.024,$$

と評価した。

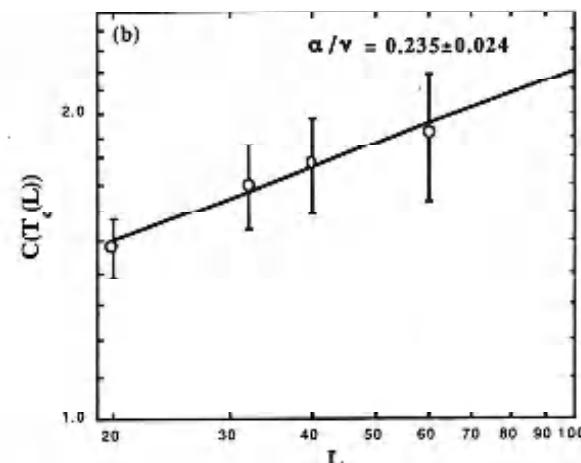
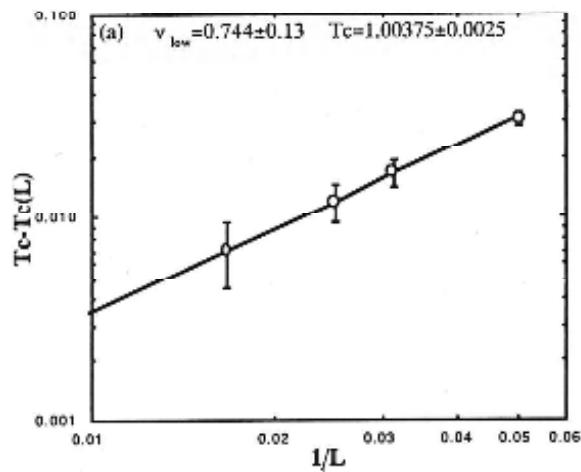


図 9 (a) 比熱のピーク位置より決定された臨界温度のサイズ依存性。(b) 比熱のピークの値のサイズ依存性。ここで、実線は最小2乗法により決定されている。

4. おわりに

モンテカルロシミュレーションで得られた各格子サイズに対する比熱のデータを有限サイズスケーリングにより解析することにより臨界温度 T_c 、相関長の臨界指数 ν および臨界指数の比 α/ν を評価した。これらの値より決定した臨界指数は

$$\kappa = -0.9$$

$$\nu_{low} = 0.88 \pm 0.06,$$

$$\alpha_{low} = 0.18 \pm 0.02,$$

$$\kappa = -2.0$$

$$\nu_{low} = 0.744 \pm 0.13,$$

$$\alpha_{low} = 0.175 \pm 0.05,$$

である。これらの値は2次元イジングスピニンモデルの臨界指数

$$\nu = 1, \alpha = 0(\log),$$

および3次元イジングスピニンモデルの臨界指数

$$\nu = 0.629, \alpha = 0.113,$$

と異なっている。

3次元イジングスピニン系といつても、単純立方格子・面心立方格子等の様々なタイプの格子、また相互作用についても強磁性および反強磁性に加えて相互作用の到達距離等といろいろなパリエーションが可能である。このとき、それぞれのイジングスピニンモデルにおいて現れる臨界現象を特徴付ける臨界指数は個々のモデルに対応した独自の値ではなく、多くのモデルにおいては上に示した3次元イジングスピニンモデルの臨界指数を示す。同様のことが2次元イジングスピニン系においてもみられる。このように、臨界指数等がモデルの詳細には依らず一定の値を取ることは臨界現象のユニバーサリティ（普遍性）と呼ばれている。

本研究で扱ったモデルの臨界現象は、4次のエネルギーキュムラントの解析より3次元イジングスピニン系の臨界現象とみなすことができる。一方、得られた臨界指数は上記の3次元イジングスピニン系の値とは一致しておらず、またその値は相互作用比 κ に依存している。したがって、本研究の3次元拡張 ANNNI モデルは3次元イジングスピニン系のユニバーサリティ・クラスに属さないばかりか、 κ に依存するため臨界指数がユニバーサルな量となっておらず通常のユニバーサリティに従わないことがわかった。

ところで、通常のユニバーサリティにおいてユニバーサルな量として考えられている臨界指数の多くは

$$\begin{aligned} A(T) &\sim (T - T_c)^{-\gamma}, \\ C(T) &\sim (T - T_c)^{-\alpha}, \\ \chi(T) &\sim (T - T_c)^{-\tau}, \\ M(T) &\sim (T - T_c)^{-\beta}, \end{aligned} \quad (15)$$

のように臨界温度 T_c からの温度差に関する物理量の特異性を表す幕によって定義されている。

Suzuki¹³⁾は、臨界現象において臨界温度 T_c からの温度差が必ずしも絶対的な意味を有するものでないという考え方から、別の臨界指数の定義を与えた。有限サイズスケーリングの説明において述べたように、臨界現象において相関長 ξ が本質的な役割を果たしており、臨界温度 T_c からの温度差の代わりに相関長の逆数に関する物理量の特異性を表す幕によって臨界指数を定義

した。新しく定義された臨界指数と通常の臨界指数との関係は

$$\hat{\phi} = (2 - \alpha)/\nu, \hat{\gamma} = \gamma/\nu, \text{etc.} \quad (16)$$

である。Suzuki はこれらの臨界指数がユニバーサルであるべきという要請をウイーク・ユニバーサリティとして提案した。

本研究で決定した臨界指数の値から (16) 式で定義された臨界指数の値を求める

$$\kappa^* = -0.9$$

$$\hat{\phi} = 2.06 \pm 0.17,$$

$$\kappa^* = -2.0$$

$$\hat{\gamma} = 2.45 \pm 0.5,$$

となる。これらの値はエラーバーの範囲でユニバーサルになっていると見ることができ、本研究の3次元拡張 ANNNI モデルにおいてウイーク・ユニバーサリティが成立立つ可能性を示唆している。

ここでは、エラーバーが大きいため3次元拡張 ANNNI モデルにおけるウイーク・ユニバーサリティ成立に関しては最終的な結論を出すことはできない。臨界指数 $\hat{\phi}$ etc. は相関長の逆数に関する物理量の特異性を表す幕によって定義されているため、モンテカルロシミュレーションで得られる物理量の解析から直接得られるものではなく、比熱等の解析から得られた臨界指数 ν および α から (16) 式を用いて決定される。

したがって、臨界指数 $\hat{\phi}$ etc. のエラーバーを減少させ、より精度の高い議論を行うためには、臨界指数 ν および α の値を精度良く求めることが要求される。

近年、系の非平衡緩和過程から臨界温度および臨界指数を解析する非平衡緩和法¹⁴⁾を用いたモンテカルロシミュレーションが多くの系に適用されている。非平衡状態を初期状態に取ったとき、秩序変数は2次相転移点以外では指數関数的に緩和する。一方、系が2次相転移点に在るとき秩序変数は幕緩和を示す。したがって、秩序変数の緩和の違いを利用して臨界温度が評価できる。また、臨界指数に関しても揺らぎの非平衡緩和過程を解析することにより評価できる。

非平衡緩和法においては平衡状態への緩和過程のモンテカルロシミュレーションを行えば良いわけで、通常の平衡系のシミュレーションで行われている平衡化に浪費している計算部分を有効利用することになり、シミュレーションが必要となる計算時間が短縮できるためよりサイズの大きい系に対するシミュレーションが可能

となる。現在、 $1024 \times 1024 \times 64$ 単純立方格子において非平衡緩和法によるモンテカルロシミュレーションを行っており、本研究の3次元拡張ANNNIモデルの臨界温度および動的臨界指数が精度良く評価できることを確認している¹⁵⁾。今後、揺らぎの非平衡緩和過程を解析することにより臨界指数を評価し、3次元拡張ANNNIモデルにおいてウイーク・ユニバーサリティ成立の可能性を検証する予定である。

参考文献

- 1) W. Selke, Phys. Rep. **170**, 213 (1988).
- 2) J. Yeomans, *Solid State Physics* (Academic Press, New York, 1988), Vol. 41, p. 151.
- 3) M. Habenschuss, C. Stassis, S.K. Sinha, H.W. Deckman and F.H. Spedding, Phys. Rev. B **10**, 1020 (1974).
- 4) J. Rossat-Mignod, P. Burlet, H. Bartholin, O. Vogt and R. Lagnier, J. Phys.C **13**, 6381 (1980).
- 5) C.S.O. Yokoi, M.D. Countinho-Filho and S.R. Salinas, Phys. Rev. B **24**, 4047 (1981).
- 6) K. Nakanishi, J. Phys. Soc. Jpn. **61**, 2901 (1992).
- 7) F. Rothaus and W. Selke, J. Phys. Soc. Jpn. **62**, 378 (1993).
- 8) Y. Muraoka, T. Kasama, T. Shimamoto, K. Okada and T. Idogaki, Phys. Rev. B **66**, 064427 (2002).
- 9) T. Kasama, T. Shimamoto, Y. Muraoka, K. Okada and T. Idogaki, Physica B **329-333**, 1061 (2003).
- 10) K. Binder, in *Monte Carlo Methods in Statistical Physics*, edited by K. Binder (Springer-Verlag, Berlin, 1986).
- 11) D. P. Landau and K. Binder, *Monte Carlo Simulations in Statistical Physics* (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2000).
- 12) A. M. Ferrenberg and R. H. Swendsen, Phys. Rev. Lett. **61**, 2635 (1988).
- 13) M. Suzuki, Prog. Theore. Phys. **51**, 1992 (1974).
- 14) 伊藤伸泰・尾関之康, 固体物理 **36**, 839 (2001).
- 15) Y. Muraoka, H. Nishiyama, T. Kasama, and T. Idogaki, Czech.J. Phys. **54** (2004) to be published.

メダカ(*Oryzias latipes*)を用いた化学物質の*in vivo*女性ホルモン様活性評価に関する研究

山口 明美・富永伸明

<平成16年10月4日受理>

A Study on *in vivo* Estrogenic Activity Screening Methods using Medaka (*Oryzias latipes*)

YAMAGUCHI Akemi and TOMINAGA Nobuaki

Vitellogenin (VTG) and estrogen receptor (ER) are estrogen responsive genes. Then these are used as biomarker for assessment of estrogenic activity of chemicals. However there are few investigations of VTG and ER gene expression pattern in early stage. In this study, we investigated VTG and ER time dependent gene expression in short exposure time using male Medaka. Medaka were exposed to estradiol-17 β (E₂) on 1, 4, 8, 12 hour, and measured hepatic VTG 1, VTG 2, ER gene expressions by reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). Consequently, these genes expression increased typically in 8 hour. In comparison between VTG 1, VTG 2 and ER, gene expression of VTG1 increased slower than VTG 2 and ER genes. Thus male Medaka exposed to nonylphenol (NP), 4-(1-adamantyl)phenol (AdP), bisphenol A (BPA), BPA metabolite 4-methyl-2',4-bis(4-hydroxyphenyl)pent-1-en-3-one (MBP), and 4,4'-dihydroxy- α -methylstilbene (DHMS) for 8 hour and investigated hepatic VTG1, VTG 2, ER gene expression and assessed estrogenic activity. As a result, AdP showed high estrogenic activity comparable with E₂, MBP and DHMS, which are metabolites of BPA, showed higher estrogenic activity than original compound. These results suggested that VTG 2 and ER are useful biomarker for assessment estrogenic activity of chemicals, and there is a possibility that VTG1 and VTG 2 are regulated by different gene expression systems.

1. はじめに

近年、極微量で生体内の様々な働きを制御する物質であるホルモンと似た作用を示す化学物質が存在すること、野生生物に生殖行動異常や結果卵などの異常が起きていることが報告され、ホルモン様作用化学物質がヒトを含む生物に影響を及ぼす可能性があることが指摘された。¹⁾²⁾³⁾その中でも特に生殖機能に影響を及ぼし、生物の生息数の減少を招く恐れがあることから、女性ホルモンであるエストロゲン様の作用をもつ化学物質が注目された。女性ホルモン様活性評価における指標として、卵生生物の肝臓で合成される卵黄タンパク質であるビテロジェニン(VTG)が用いられる。VTGは、肝細胞の表面にあるエストロゲン受容体(ER)に女性ホルモンであるエストロゲンが結合することで遺伝子発現がおこり合成される。合成されたVTGは血流により卵巣に運ばれて卵にとりこまれ、卵巣を形成するために使われる⁴⁾。VTGは通常産卵期のメスで多く誘導され、オスや未成熟メスでの発現量は低いが、エストロゲンに暴露されるとオスや未成熟メスにも誘

導されるため、VTGは魚類などの卵生生物を用いた女性ホルモン様活性評価の有用なマーカーとされている⁵⁾。VTGによる女性ホルモン様活性評価は血中VTGタンパク質の定量で行われることが多いが、VTG遺伝子発現を指標とすることでより感度の高い評価法となると考えられる。しかしながら、VTG遺伝子発現の詳細について十分に調査されているとはいえない。我々はRT-PCR法でキンギョ、メダカ肝臓のVTG遺伝子発現量の測定に使用できるプライマーを作成し、VTGの遺伝子発現を指標に女性ホルモン様活性を評価できることを明らかにしてきた⁶⁾⁷⁾。さらに、女性ホルモン様作用で誘導されるER、卵巣タンパク質であるコリオジエニン(Chg)遺伝子も同時に測定できることも示した⁸⁾。本研究では、女性ホルモン応答遺伝子であるVTGおよびERの短時間での発現変動を詳細に検討することで、女性ホルモン様作用評価系の短時間化を可能にすることを試み、さらに、その評価系により女性ホルモン様活性を疑われる化合物であるノニルフェノール(NP)、4-(1-adamantyl)phenol(AdP)、ビスフェノールA(BPA)、BPAの代謝物である4-methyl-2',4-

bis(4-hydroxyphenyl)pent-1-ene(MBP)⁹, 4,4'-dihydroxy- α -methylstilbene(DHMS)¹⁰の評価を行った。

2. 材料及び方法

2.1 材料

estradiol-17 β (E₂)はシグマケミカルより購入した。NP, AdPはアルドリッヂケミカルより購入した。BPA, ジメチルスルホキシド(DMSO), ジエチルピロカーボネート(DEPC)は和光純業より購入した。TRIzol Reagent, Oligo(dT) Primerはインビトロジェンから購入した。5×Buffer, RevaTra Ace, 10×Buffer, 10mM dNTP, 2 mM dNTP, r Taq DNA Polymeraseは東洋精から購入した。BPAの代謝物であるMBP, DHMSは、長崎大学環境科学部高良教授から御供与いただいた。

2.2 メダカの飼育

メダカは熊本県立大学より譲り受け、本校で経代飼育したd-Rのオスを用いた。メスのメダカから採取した卵をシャーレに移して孵化するまで培養し、孵化後はガラス水槽に移して脱塩素水道水で飼育した。実験には4ヶ月齢のオスを用いた。飼育時にはブラインシュリンプ (*Artemia sp.*) 孵化幼生のみを一日一回飽食量給餌し、水温25±1°C、光周期を明期16時間、暗期8時間に維持した。

2.3 E₂, アルキルフェノール類への暴露

E₂とアルキルフェノール類は、DMSOを助剤として保存溶液を調整した。暴露溶液は、保存溶液を脱塩素水でそれぞれE₂ (1, 10 $\mu\text{g/l}$), BPA (800, 8000 $\mu\text{g/l}$), MBP (2.6, 26 $\mu\text{g/l}$), DHMS (22, 220 $\mu\text{g/l}$), NP (50, 500 $\mu\text{g/l}$), AdP (40, 400 $\mu\text{g/l}$)となるように希釈し、ソニケーターを用いて攪拌して均一な溶液とした。暴露はガラスのビーカーを用いて、200mlの暴露溶液に対してメダカ5匹を一群として行った。コントロールは脱塩素水に助剤として用いたDMSOを加えた。化学物質への暴露を行った後、肝臓を採取して直ちに液体窒素で凍結し、分析に用いるまで-80°Cで保存した。

2.4 RT-PCR

TRIzol Reagentの手順に従ってtotal RNAの抽出を行い、DEPC溶液に溶解し、RNA濃度を測定した。サンプルごとに、total RNA 5 μg , Oligo(dT) 1 μl にDEPC水溶液を加えて全量で13 μl のRT-PCR反応液を調整し、70°Cでヒートブロックを行い、氷上に移して急冷した。さらに10mM dNTP 2 μl , 5×Buffer 4 μl を加え攪拌した後、RevaTra Ace 1 μl を加え、42°Cで60

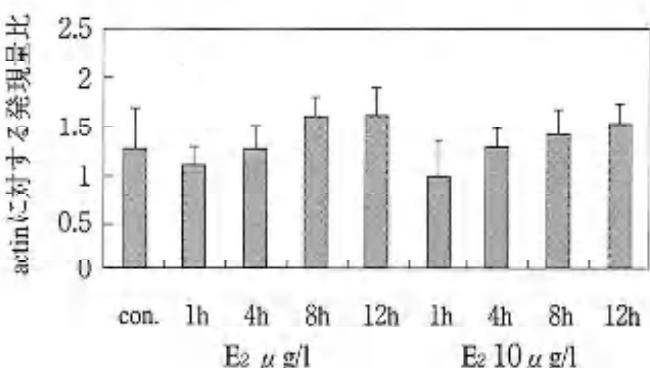
分間静置し、次に99°Cで5分間熱処理し、反応を停止させ、cDNAを作成した。PCRはMilliQ 15.3 μl , 2 mM dNTP 2 μl , 10×Buffer 2 μl , cDNA 0.1 μl , Primer 0.4 μl , r Taq DNA Polymerase 0.2 μl の、全量で20 μl のPCR溶液を調整した。PCR反応条件は、VTG1, 2は94°C 30sec, 60°C 30sec, 72°C 1minで25サイクル、ERは94°C 30sec, 60°C 30sec, 72°C 1minで30サイクルとした。PCRプライマーは以前報告したもの用いた¹¹。PCR反応液は、1.5%アガロースゲル電気泳動で分析し、エチジウムプロミドで染色して1D Image Analysis Software (Kodak Digital Science, Rochester, NY, USA)を用いて画像解析を行った。画像解析の結果得られた各遺伝子の発現量は、細胞内で恒常に発現しているハウスキーピング遺伝子であるactinの発現量に対する比として表した。

3. 結果と考察

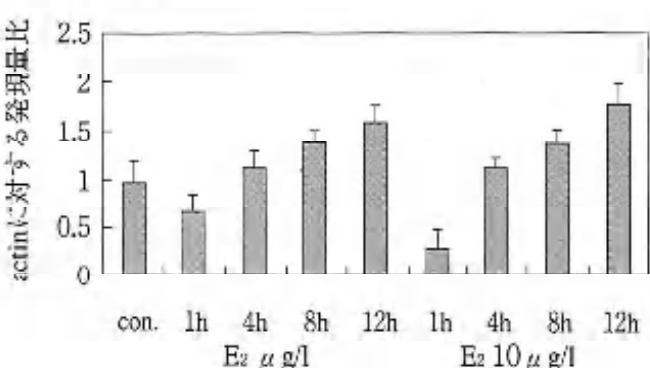
3.1 E₂ 1-12時間暴露結果

E₂に1, 4, 8, 12時間暴露したメダカのマーカー遺伝子の発現量を図1に示す。

(1) VTG1



(2) VTG2



(3) ER

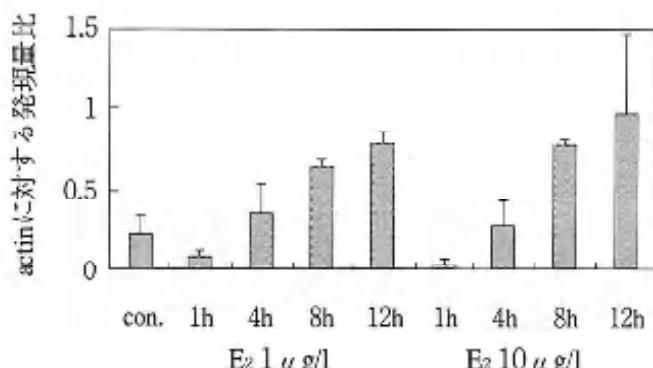


図1. E_2 1, 10 $\mu\text{g}/\ell$ に暴露したメダカのマーカー遺伝子の actinに対する発現量比。

VTG 1, VTG 2, ER遺伝子は4時間目までコントロールとの差は見られなかったが、8時間目以降はコントロールとの有為な差が現れており、8時間から12時間にかけて発現量の増加が見られた(図1)。個々の遺伝子を見ると、VTG 1遺伝子は定常状態においても発現量が多く、4時間から8時間にかけて急激に上昇し、その後緩やかな上昇を示した(図1 (1))。一方、VTG 2遺伝子は普段の発現量は低いが、時間経過とともに発現が上昇した(図1 (2))。さらに、ER遺伝子は通常の発現量が低いが、時間経過とともに発現量が上昇し、4時間から8時間後の上昇は著しかった(図1 (3))。また、VTG 1, VTG 2, ER遺伝子の1, 10 $\mu\text{g}/\ell$ の暴露濃度における発現量を比較すると、全ての遺伝子で同じ暴露時間ではほぼ同程度の発現量を示しており、暴露濃度による違いはほとんど見られなかった。 E_2 の女性ホルモン作用発現には一定の閾値を越える濃度の E_2 が必要と考えられていることから、今回行った1, 10 $\mu\text{g}/\ell$ の暴露により生体内に移行した E_2 の濃度が、1, 10 $\mu\text{g}/\ell$ の二つの濃度ともにメダカにおける E_2 活性の閾値を超えていたと思われる。以上の結果より、メダカにおける E_2 の作用で誘導されるマーカー遺伝子の発現は8時間前後の暴露で十分に検出可能な濃度まで誘導されることがわかったことから、次に行った化学物質の女性ホルモン様活性評価の暴露時間は8時間とした。

3. 2 アルキルフェノール類への暴露結果

BPA(800, 8000 $\mu\text{g}/\ell$), MBP(2.6, 26 $\mu\text{g}/\ell$), DHMS(22, 220 $\mu\text{g}/\ell$), NP(50, 500 $\mu\text{g}/\ell$), AdP(40, 400 $\mu\text{g}/\ell$)で8時間暴露を行い、RT-PCR法により得られたサンプルをアガロースゲル電気泳動法で分析した結果を図2に示す。

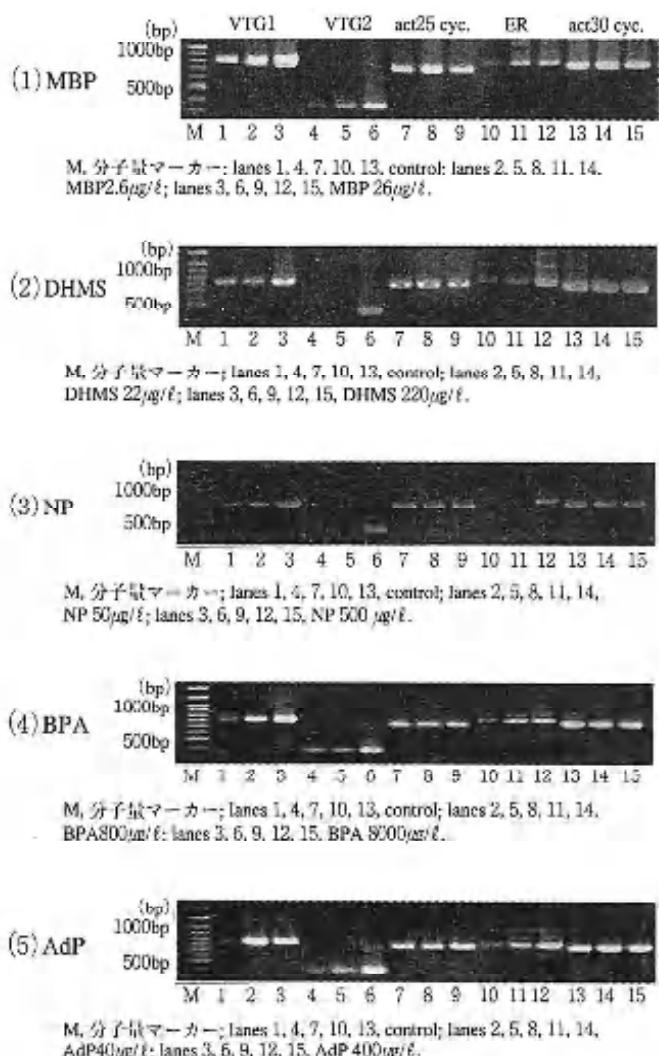
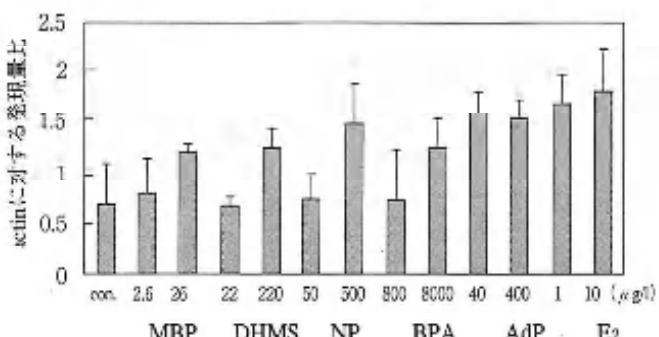


図2. アルキルフェノールに暴露したメダカのマーカー遺伝子のactinに対する発現量比

図2に示した全てのアルキルフェノール暴露群において、VTG 1, VTG 2, ERの遺伝子発現は濃度依存的に上昇している。一方、生体内で恒常に発現する遺伝子であるactin(図2の1, lanes 7, 8, 9, lanes 13, 14, 15)は各暴露群のサンプルではほぼ一定量発現している。電気泳動像の画像解析を行い、サンプルごとの遺伝子発現量をactin遺伝子の発現量に対する比として表したもの(図3)を示す。

(1) VTG1



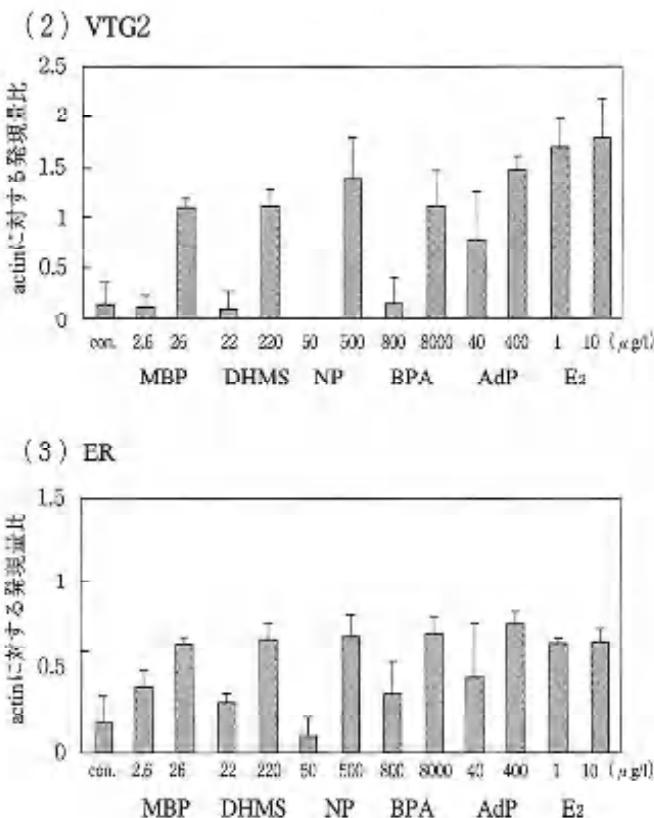


図3. アルキルフェノールに暴露したメダカのマーカー遺伝子のactinに対する発現量比

今回の暴露条件下では、VTG1遺伝子は、 $2.6\mu\text{g/l}$ MBP, $22\mu\text{g/l}$ DHMS, $50\mu\text{g/l}$ NP, $800\mu\text{g/l}$ BPAはコントロールとの差は見られなかったが、 $40\mu\text{g/l}$ AdPはE₂による発現量の上昇に匹敵する値を示し、コントロールの約2倍に上昇していた(図3(1))。また、 $26\mu\text{g/l}$ MBP, $220\mu\text{g/l}$ DHMS, $500\mu\text{g/l}$ NP, $8000\mu\text{g/l}$ BPAはコントロールと比べ明らかなVTG1遺伝子の発現上昇を示し、その上昇率はコントロールの約2倍程度であった。VTG2遺伝子はVTG1と同様に $2.6\mu\text{g/l}$ MBP, $22\mu\text{g/l}$ DHMS, $50\mu\text{g/l}$ NP, $800\mu\text{g/l}$ BPAではコントロールとの差は見られなかったが、 $40\mu\text{g/l}$ AdPでは有為な発現量の上昇が見られた(図3(2))。 $40\mu\text{g/l}$ AdPのコントロールに対する発現量比は約6倍で、VTG1遺伝子と比較してVTG2遺伝子は発現量の上昇の割合が高かった。また、 $26\mu\text{g/l}$ MBP, $220\mu\text{g/l}$ DHMS, $500\mu\text{g/l}$ NP, $8000\mu\text{g/l}$ BPAはVTG2遺伝子の発現を上させ、コントロールに比べそれぞれ約7.7, 8, 10, 8倍と高いものであった。一方、ER遺伝子はMBP, DHMS, BPA, AdPのいずれの濃度でも発現量の上昇が見られ、 $2.6\mu\text{g/l}$ MBP, $22\mu\text{g/l}$ DHMS, $40\mu\text{g/l}$ AdP, $800\mu\text{g/l}$ BPAではそれぞれコントロールの2.3, 1.8, 2.8, 2.1倍で、 $26\mu\text{g/l}$ MBP, $220\mu\text{g/l}$ DHMS, $400\mu\text{g/l}$ AdP, $8000\mu\text{g/l}$ BPA, $500\mu\text{g/l}$ NPでは、約4, 4.2,

4.7, 4.4, 4.2倍であった(図3(3))。 $50\mu\text{g/l}$ NPのみコントロールとの差が見られなかった。以上のことから、化学物質の暴露によるVTG1遺伝子の発現量の上昇は比較的緩やかに起こり、VTG2, ER遺伝子はVTG1遺伝子よりも短時間に急激に上昇することが明らかになった。このことは、VTG2, ER遺伝子はVTG1遺伝子より鋭敏な女性ホルモン様活性評価のバイオマーカーとして用いることができる事を示唆する。また、VTG1, VTG2遺伝子はともに一連のVTGタンパク質をコードする遺伝子であるが、化学物質暴露による発現変動の違いや、コントロールにおける発現量の違いなどから、これら二つの遺伝子は異なる経路の発現制御を受けている可能性が考えられる。また、今回活性を評価したアルキルフェノール化合物の中でMBPおよびDHMSは他の化合物に比べ高い女性ホルモン様活性を持つことが明らかになった。BPA, NPはすでに環境省でも環境ホルモンとして認定されており、水生生物への影響は認知されている。MBP, DHMSはBPAがそれぞれ動物、微生物中で代謝された化合物である^{11, 12}。これらの化合物がBPAよりも高い女性ホルモン様活性を持つことを今回明らかにできたが、このことは、BPAが環境中に放出され、さらに活性の高い物質となることを示すもので、今後水環境を考えるうえでも物質の代謝物、分解中間体の挙動に注意を払う必要があることを示すものであると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、d-Rメダカを御供与いただいた熊本県立大学有薗幸司先生、石橋弘志博士、MBP, DHMSを御供与いただいた高良真也先生に感謝します。また、本研究は一部科学研究費補助金の援助を受けて行いました。

参考文献

- Colborn, T., Dumanoski, D., Myers, J.P., 1996. *Our Stolen Future*. Dutton, NY, USA.
- Colborn, T., vom Saal, F.S., Soto, A.M., 1993. Environ. Health Perspect. 101, 378–384.
- Hanits, J.E., Sheahan, D.A., Jobling, S., Mauhsissen, P., Neall, P., Sumpter, J.P., Tyler, T., Zaman, N., 1997. Environ. Toxicol. Chem. 16, 534–542.
- A. Hara, 1999. Jpn. J. Environ. Toxicol., 2, 35.
- Sumpter, J.P., Jobling, S. 1995. Environ. Health

Perspect. 103, 173-178.

6) Yamaguchi A. and Tominaga N., 有明工業高等専門学校紀要 2003. 第39号, 27-30.

7) Yamaguchi A. and Tominaga N., 有明工業高等専門学校紀要 2004. 第40号, 25-28.

8) Yoshihara S., Makisima M., Suzuki N., Ohata S., 2001. Toxicol. Sci., 62, 221-227.

9) Spivak, J., Leib, T.K., Lobos, J.H., 1994, J. Biol. Chem., 269, 7323-7329.

旧柳河藩における浄土真宗寺院本堂について

松岡 高弘

<平成16年10月1日受理>

On the Buildings of the Main Hall of the Jodoshinshu Sect in the Yanagawa Feud

MATSUOKA Takahiro

Early in the Meiji era, there were above 170 temples of Jodoshinshu sect in the Yanagawa feud. In the region, the buildings of the main hall which were built in the Edo era remained only 56 buildings. I consider the historical changes of the buildings from constructions of the Gejin(worship space).

The constructions of the Gejin were classified into 8 types according to the thresholds and the beams. In the last of 18th century, various types of the Gejin were built. In the middle of 19th century (1840's), the Gejin was divided into 3 spaces with the thresholds corresponding the installation of the beams and as a result of the division the solemnization of the Gejin was completed.

1. はじめに

平成4年1月現在、福岡県内の仏教系の宗教法人2380のうち、浄土真宗本願寺派は592、真宗大谷派は338であった¹⁾。次に多いのが浄土宗258、曹洞宗164であるため、圧倒的に浄土真宗が多いことが解る。昭和44年の『全国寺院名鑑』では県内に2372寺あり、浄土真宗本願寺派は594、真宗大谷派は360であった²⁾。

このように浄土真宗寺院が多いことは江戸時代においても同様であった。例えば、『寛文十年久留米藩寺院開基』(1670年)の214箇寺のうち、浄土真宗である一向宗は最も多く118箇寺で、浄土宗の38箇寺、禪宗の35箇寺が続く³⁾。天和壬戌仲冬丁卯(1682)の序がある『筑後地鑑』⁴⁾では「北筑八郡諸宗諸寺、凡二百拾六箇寺」の中に一向宗109箇寺、浄土宗39箇寺、禪宗37箇寺があり、「南筑領分」の「諸宗諸寺、百三拾六箇寺」の中に一向宗は82箇寺ある。従って、江戸時代前期における一向宗は、旧久留米藩では50%、旧柳河藩では60%を占めていたことになる。

少し時代が降った明和2年(1765)の序がある『南筑明覧』⁵⁾の「柳川領内ノ寺數」には165箇寺があり、その内、一向宗92、禪宗黄檗派26・禪宗妙心寺派7・同一月寺派2・禪宗曹洞宗2(禪宗計37)、浄土宗12であった。寛政5年(1793)の寺院帳⁶⁾には木寺庵(阿弥陀堂・地蔵堂も含む)を含む122寺が挙がっている。明治13年の寺院明細帳⁷⁾では旧柳河藩と旧三池藩を含めて178寺が確認できる。

このように徐々に浄土真宗寺院が増加しており、近世に普及をみた浄土真宗における本堂は、他の宗派が少ないことを考慮すると地域を代表する近世の佛教建

築であると考えても支障ない。

ところで、各藩の政策により主流である派が異なる。旧久留米藩では大谷派、旧佐賀藩・旧福岡藩では本願寺派が主である。旧柳河藩・旧三池藩には両派が存在しており⁸⁾、両派の本堂の状況が把握される。そこで本稿では、旧柳河藩と旧三池藩⁹⁾(旧領内)において地域を代表する近世の佛教建築である浄土真宗寺院本堂の建築的特徴について考察していく。

2. 明治初期における旧領内の浄土真宗寺院

江戸期の遺構は後述するように56棟しか確認できなかった。しかし、明治13年の寺院明細帳では旧領内の浄土真宗寺院が178寺にのぼる。但し、明治になって新たに寺院となったものが含まれているが、現存する江戸期の遺構は1/3にも満たないことになる。

別の資料として明治5年の寺院調¹⁰⁾も伝わっているが、それでは54箇寺分しか確認できない。両者とも本堂の規模を書き記しており、明治13年では間口を「横」、奥行を「入」で統一して表現する。明治5年ではこの上うか標記もあるが、「横」「長」「廣」「長」「入」等の表現があり、統一されていない。また、同一本堂でも明治5年と同13年では規模の数値が異なる場合がみられるが、178寺分が把握される明治13年の寺院明細帳から江戸期の本堂の状況をみていくこととする。

尚、現存する江戸期の本堂と明治13年の「横」「入」を比較した場合、同一規模の本堂でも「横」「入」が異なっている¹¹⁾。従って、どこまでの規模を書き記しているのか判然としないので謹密でないかもしれないが、江戸期の凡そその状況を把握することは出来るであろう(表-1)。

表-1 明治13年寺院明細帳記載規模一覧

入間数	横間数																			合計 (棟数)
	11	10	9	8.5	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5		
11	1						1													2
10	1	1					1													3
9	1		4																	5
8.5				1			1													2
8					1	1														2
7.5								1												1
7			1		2		11	1	3	1	4	1	1							25
6.5							1	3	2		3				2					11
6									15		11	2	5	1	1					35
5.5									3		1	2	3		1					10
5						1				24	1	5	3	8	2					44
4.5										3	2	8	2	4	1					20
4														1	1	1				3
3.5											2	1	1							4
3											1	1	2	1	2					7
2.5																			1	1
2																			1	1
合計(棟数)	3	1	5	1	3	2	15	4	24	1	43	9	17	17	16	9	5	1		176

注：178箇寺のうち、2箇寺は「風災」や「風倒」により明治13年時点で本堂が存在しなかつたため規模の記載がない。

本堂の規模が最大は11間×11間の本願寺派の触頭であった西方寺（柳川市）である。「横」「入」とも10間以上の規模を有するのは11間×10間の大谷派の触頭であった真勝寺（柳川市）、10間×10間の正覚寺（瀬高町）である。11間×9間の勝光寺（大牟田市）は三池藩主立花家の菩提寺格であった¹²。最小は1.5間×2.5間の善勝寺で、その他、2間1尺×2間の地福寺、2間×3間の淨慈寺（立花町）・金井庵が小規模である¹³。本堂の規模では、5間×5間が24棟と最も多く、6間×6間の15棟、5間×6間の11棟、7間×7間の11棟が続く。

「横」と「入」を別々にみていくこととする。「横」では5間が43棟、6間が24棟、4間が17棟、3.5間が17棟、7間が15棟と続く。5間未満は74棟を数える。5間・6間が多いのは内陣3間と左右余間各1間、或は1.5間を有しているからであろう。「入」でも5間が44棟と最も多く、6間35棟、7間25棟、4.5間20棟が続く。4間以下は13棟と少ない。本

堂を構成する上で、正面から入側縁・外陣・内陣・後堂が必要となることが多く、小規模でも外陣・内陣を必要とするため「横」に比べて「入」の間数が多くなるのは当然であろう。例えば、長壽寺・崇樹寺は2.5間×5間、海雲寺は3.5間×6間、金剛寺・阿弥陀寺は3.5間×6.5間で

ある。

明治13年以後に再建された本堂は規模を大きくしている（表-2）。例えば、雲照寺は3間3尺×4間3尺が、明治20年再建の本堂では5間×5.5間であり、長寿寺は2.5間×5間であったのが明治31年再建では4間×5間である。

明治5年の寺院調で解る54棟のうち44棟について屋根葺材が記されている。瓦葺とするのは11棟しかなく、他は茅葺・草葺・藁葺である。「八間半四面」の大規模な光鷹寺（当時、上妻郡木屋村）でも藁葺であり、瓦葺は少数であったと推測される。

3. 江戸期の造構の概要

旧領内の浄土真宗寺院本堂をほぼ悉皆的に調査を行った結果、調査時点での江戸期の木堂は56棟確認できた。但し、調査後解体されたものもあるため現存する遺構数は明確でない。

表-2 明治期再建本堂と明治13年寺院明細帳との比較

木堂名	所在地	再建年代	現本堂			明治13年寺院明細帳	
			外陣間口	内陣部間口	奥行	横	入
長榮寺本堂	柳川市	明治13年	6間	7間	7間弱	6間	6間
明願寺本堂	高田町	明治13年頃	7間	7間	8間	7間	7間
雲照寺本堂	漸高町	明治20年	5間	6間	5.5間	3間3尺	4間3尺
長寿寺本堂	柳川市	明治31年	4間	4間	5間	2間3尺	5間
淨華寺本堂	柳川市	明治41年	6間	6間	6.5間弱	6間	6間
萬通寺本堂	高田町	19世紀後期	6間	7間	6間	6間3尺	7間
願行寺本堂	大牟田市	19世紀後期	7間	7間	8間弱	8間	7間
正心寺本堂	柳川市	19世紀後期	5間	5間	5.5間	5間	5間
西覺寺本堂	柳川市	19世紀後期	5間	5間	5.5間	5間	5間
皆覺寺本堂	大牟田市	19世紀後期	5間	5間	6間	6間	7間

表-3 本堂一覧表

	本堂名	所在地	宗派	建立年代	典拠	規模 全體	間数(間口×奥行)	余間 張出(間)	外陣 構成	内陣部正面 組物
1	明正寺	大牟田市	大谷派	17世紀初期		7×6	7×4		A	なし
2	西光寺	三橋町	本願寺派	享保21年 1736	旧校木格	5.5m×7.5m	5.5m×4.5m		I	平二斗
3	正光寺	立花町	本願寺派	18世紀中期		5×6.5弱	5×4		A	平二斗
4	照安寺	三橋町	大谷派	18世紀中期		5×6.5	5×4		I	平三斗
5	覚成寺	立花町	本願寺派	18世紀中期		4×6弱	4×4		I	なし
6	福法寺	柳川市	大谷派	18世紀中期		6.5×6.5	6×4	左0.5	A	平三斗
7	蓮華寺	大牟田市	大谷派	18世紀中期		4×6	4×3.5		I	なし
8	雲瑞寺	三橋町	大谷派	安永8年 1779	記録	3×5.5	3×3.5		I	平三斗
9	慈善寺	高田町	真本願寺	安永8年 1779	守記	6×5.5弱	5×3.5	左右0.5	H	平三斗
10	明行寺	大牟田市	本願寺派	天明3年 1783	棟札	6×6.5	5×4	左右0.5	E	出組
11	清福寺	潮高町	大谷派	天明8年 1788	過去帳	6.5×6	6×3.5	左0.5	C	出組
12	楳御寺	立花町	大谷派	天明9年 1789	寺伝	7×6弱	6×3.5	左右0.5	A	平二斗
13	利涉寺	柳川市	本願寺派	18世紀後期	寛政3年開基	2.5×4.5	2.5×3		I	なし
14	福因寺	大牟田市	大谷派	寛政8年 1796	棟札門頭銘	6×6.5	5×4	左右0.5	C	出組
15	龍本寺	潮高町	大谷派	寛政12年 1800	過去帳	5強×5	4×3	左右0.5	H	平三斗
16	西念寺	潮高町	大谷派	寛政12年 1800	寺院明細帳	6×6	5×3.5	左右0.5	A	出組
17	伝教寺	潮高町	本願寺派	寛政	旧校木格	6×6.5弱	5×3	左右0.5	II	なし
18	円福寺	立花町	本願寺派	18世紀後期		6×6弱	6×3.5		B	なし
19	入性寺	山川町	大谷派	18世紀後期		6×5	6×3.5		A	なし
20	覺成寺	山川町	大谷派	18世紀後期		4×5	3×3.5	右1	I	なし
21	芳徳寺	黒木町	本願寺派	18世紀後期		6×5	6×3		F	平三斗
22	西楽寺	山川町	本願寺派	19世紀初期		7×6.5弱	7×4		A	出三斗
23	光円寺	大牟田市	大谷派	享和頃 1801~04	寺伝	7×7.5強	7×5		E	二手元
24	光源寺	黒木町	本願寺派	文化3年 1806	寺院明細帳	7×7.5弱	7.5×5弱		E	出組
25	妙光寺	潮高町	大谷派	文化7年 1810	寺伝	7×6	5×3.5	左右1	A	平三斗
26	常光寺	柳川市	大谷派	文化頃		7×7	7×4.5		F	出組詰組
27	正覺寺	潮高町	大谷派	文化年間 1804~18	寺院沿革史	7×9	9×6		E	出組
28	淨慈寺	立花町	大谷派	文政年間以前	寺院沿革史	2×4	2×2.5		I	なし
29	光源寺	潮高町	大谷派	文政11年 1828	寺院明細帳	7×6.5	6×4	左右0.5	B	出組
30	安照寺	大牟田市	大谷派	文政13年 1830	棟札	6.5×7弱	6×4.5弱	左0.5	H	出組
31	西方寺	柳川市	本願寺派	文政13年~ 1830~	文書	10×10.5	10×7		D	出組
32	普教寺	大川市	大谷派	文政頃 1818~31	寺伝	6×6.5	6×4		A	出組
33	潮音寺	大和町	大谷派	19世紀前期		5弱×7弱	5弱×5弱		I	平三斗
34	清台寺	高田町	大谷派	19世紀前期		5×6	5×3.5		I	なし
35	勝樂寺	大川市	本願寺派	19世紀前期		5×5.5	4×3.5	左右0.5	H	平三斗
36	健徳寺	潮高町	大谷派	19世紀前期						
37	寛敏寺	立花町	本願寺派	天保3年以前 ~1832	寺院沿革史	3×4.5	3×3		I	なし
38	莊嚴寺	矢部村	木霊寺派	天保5年 1834	寺伝	7×8弱	6×5弱	左右0.5	E	出組
39	光嚴寺	柳川市	大谷派	天保8年以後 1837~	記録	6×6.5	5×3	左右0.5	H	出組
40	広濟寺	立花町	大谷派	天保12年 1841	寺院明細帳	7×7.5	7×4.5		D	平二斗
41	淨福寺	大川市	本願寺派	天保14年 1843	棟札	6.5×6弱	5×3.5	左右	F	二手元
42	本光寺	柳川市	大谷派	弘化2年 1845	寺伝	7.5×8	7.5×5		F	出組
43	光榮寺	大川市	本願寺派	弘化4年 1847	寺伝	4.5×5.5	4.5×3		H	出組
44	海藏寺	柳川市	本願寺派	安政2年 1855	寺伝	4×6弱	4×3.5弱		I	なし
45	少林寺	高田町	大谷派	安政2年 1855	寺伝	4×5	4×3		I	なし
46	頤光寺	柳川市	大谷派	安政6年 1859	木牌銘	6×6.5	5×3	左右0.5	H	出組
47	淨光寺	大和町	木霊寺派	文久2年 1862	記録	5×6	5×3.5		G	出組
48	西光寺	高田町	大谷派	慶応3年 1867	寺院明細帳	4×4.5	4×2.5		I	なし
49	宝泉寺	高田町	大谷派	19世紀中期		3×4.5	3×3		I	なし
50	智顕寺	立花町	大谷派	19世紀中期		5×5	5×3		H	平三斗
51	光照寺	柳川市	木霊寺派	19世紀中期		7×7.5	7×4.5		B	出組
52	行滿寺	柳川市	大谷派	19世紀中期		6×6.5	5×4	左右0.5	A	出組
53	西光寺	柳川市	大谷派	19世紀中期		6×6.5	6×4		A	出組
54	放光寺	柳川市	大谷派	19世紀中期		3×5	3×3		I	なし
55	金仙寺	柳川市	大谷派	19世紀中期		5×6.5	5×4		A	平三斗
56	宗然寺	三橋町	大谷派	19世紀中期		2.5×4.5	2.5×2.5		I	なし

注：典拠の中で、寺院明細帳は明治13年寺院明細帳、寺院沿革史は『福岡縣寺院沿革史』(昭和5年)、をさす。

本堂の規模のうち、全体の間口は内陣部を示し、横堂は含んでいない。奥行は正面から内陣・余間の仏壇背面の柱通りまでを示しており、後堂は含んでいない。

24 光榮寺と27 止寛寺は、外陣間口に向側面の引込縁を含んでいる。

36 健徳寺の内部は未調査である。

17世紀に遡るのは1棟、18世紀前期は1棟、18世紀中期は5棟、18世紀後期は14棟、19世紀前期は16棟、19世紀中期は19棟である。17世紀初期と推測されていた明正寺は解体されている（表-3）。

実年代が明確で最も古い遺構は享保21年（1736）の西光寺で、次は安永8年（1779）の雲瑞寺と寂善寺である。18世紀後期から遺構が増えており、19世紀になると外陣間口7間以上を有する遺構が増えてくる。

最大規模は西方寺（文政13年）の10間×10.5間で、本願寺派の触頭に相応しい規模を有する（写真-1）。正覚寺（文化年間）は吹放しの広縁を外陣の正側面3方に設けた遺構で、それを含めると9間×9間である（写真-2）。

大谷派の触頭である真勝寺は大正8年（1919）に再建されたもので今回対象としないが、その規模は9.5間×9間で大規模である。尚、前身木堂は元禄11年（1698）に成就し¹⁰、「横十一間入十間坪数七十二坪」であった¹¹。

外陣間口（表-4）が最大は上述の西方寺の10間で、9間の正覚寺、7.5間の光源寺（文化3年）・本光寺（弘化2年）が続くが、7間は6棟と少ない。6間は8棟で、5間は20棟と最も多い。5間が多いのは上述した明治13年の寺院明細帳と一致する。

5間未満は17棟で小規模な本堂が多く残存していることが解る。これらの中には庫裏と接続したものもある。例えば、利渉寺（18世紀後期）は鍵屋の片方に本堂を設け、2.5間×4.5間の規模である（写真-3）。

表-4 外陣間口一覧表

	17世紀		18世紀		19世紀		合計
	前期	後期	前期	後期	前期	中期	
10間					1		1
9間					1		1
7.5間					1	1	2
7間	1				3	2	6
6間			1	4	2	2	9
5間		1	2	6	4	7	20
4.5間以下			2	4	4	7	17
合計	1	1	5	14	16	19	56

表-5 内陣部間口一覧表

	17世紀		18世紀		19世紀		合計
	前期	後期	前期	後期	前期	中期	
10間					1		1
7.5間						1	1
7間	1			1	7	3	12
6.5間			1	1	1	1	4
6間				8		4	12
5間		1	2	1	4	3	11
4.5間以下			2	3	3	7	15
合計	1	1	5	14	16	19	56

内陣部（内陣と余間）の間口を外陣の間口と揃えていない場合があるので、内陣部間口の状況をみていくこととする（表-5）。西方寺の10間、本光寺の7.5間が大きく、外陣9間の正覚寺は両側面の吹放し部分が内陣部では横堂となるので、内陣部間口は7間としている。正覚寺を含めて7間は12棟、5間は11棟、6間が12棟、6.5間が4棟、5間未満は15棟である。外陣に比べ6間・6.5間・7間が増えているのは、余間を外壁脇間によりも広くとっているためである。片方の余間だけを拡げる場合と両余間とも拡げる場合があり、拡げる場合は半間とすることが多いが、妙光寺（文化7年）のように1間とするものもある。

4. 外陣構成

浄土真宗寺院本堂の特徴の一つとして、広い外陣に無目敷居を入れ、その敷居に対応するように飛貫や虹梁を入れて、外陣を平面的・空間的に区画することができる。正面の1間通りを吹放しの広縁とする場合や敷居や虹梁を架げずに外陣を一室とする場合、等もある。外陣の敷居と飛貫・虹梁、入側縁・広縁の取り方に注目して外陣の構成をみていく。

A：外陣3分（中央間・両脇間）十入側縁

最古の明正寺（17世紀初期、図-1、写真-4・7）や正光寺（18世紀中期、図-2、写真-5・8）・福法寺（同、図-3、写真-6）、入性寺（18世紀後期、写真-9）では正面1間通りの入側縁と外陣との境に1間毎に柱を建て、内法長押を打ち、内法上を壁（一部、欄間としたものを含む）として両者を区別している。明正寺以外はその境に障子を立て込めるようになっており、完全に間仕切ることが出来る。外陣は奥行き方向にのみ無目敷居を入れて中央間と両脇間とに区画され、その敷居に対応して飛貫を入れる。このような外陣平面の区画は19世紀中期になんでも見られる。但し、入側縁と外陣との境、外陣中央間と脇間との境の区切り方に年代差がある。

西楽寺（19世紀初期、図-4、写真-10）は1間毎に柱を立てるが、入側縁と外陣中央間との境には虹梁型飛貫を入れて内法高が高くなっている。外陣中央間・脇間境にも虹梁型飛貫を入れる。極円寺（天明9年、図-5、写真-11）では柱を1間毎に立てないで入側縁と外陣中央間との境には3間、外陣中央間と脇間との境には2.5間の虹梁型飛貫を入れている。西念寺（寛政12年、図-6、写真-12）も同様であるが内陣奇リの1間の位置に中柱を立てている。妙光寺（文化7年、写真-13）・西光寺（19世紀中期）は柱配置が西念寺と同じであるが、外陣中央間と脇間との境は頭貫となり虹梁の位置が高くなる。

以上の変化はほぼ年代の推移に対応して現れており、外陣と入側縁とを明確に区別していたものから入側縁を空間的には外陣に含むような変化とみることができる。但し、平面では豊かな外陣に対して板張りの入側縁であり、敷居の成だけ床高が低いという区別は明確である。また、外陣中央間と脇間との境では飛貫が直材から虹梁型となり、飛貫よりも高い位置の頭貫へと変化する。

この上うな無目敷居の入れ方をした本堂で中柱間に3間梁を架かけた造構が19世紀になると現れる。該当するのは善教寺（文政頃、写真-14）・行満寺（19世紀中期）・金仙寺（同、写真-15）であり、この虹梁は外陣空間の広がりを意識したものと考えられる。

B：外陣3分十広縁

上述したのは室内に入側縁がある場合であったが、そこを外部の広縁とした場合を見ていくこととする。円福寺（18世紀後期、図-7）・光源寺（文政11年、図-8、写真-16・17）・光照寺（19世紀中期、図-9、写真-18）が該当し、Aよりも時期は遅れる。これら3棟に共通することは、中柱から無目敷居が横方向に入っていないけれども3間梁を架けることである。この3間梁に注目すると円福寺は早い造構になる。尚、広縁は框を入れた床形式であり、その外側に落縁を付設する。

C：外陣3分十入側縁十開放縁

無目敷居の入れ方はA・Bと同様で、入側縁を有する満福寺（天明8年、図-10、写真-19）と福因寺（寛政8年、図-11、写真-20）は外側にも開放縁を設け、2つの縁を有しており、外部に別の空間を設けようという意図があると考えられる。

開放縁は半間の奥行で、正面両端に柱を立て、中央部分は向拝柱と側柱との繁縝上部で虹梁を受けて、天井を張ったもので、落縁とは区別される。両本堂とも入側縁と外陣との境の柱がなく、3間の虹梁を入れている。尚、福因寺は中柱間にも3間梁を入れている。

D：矢来内十外陣3分十入側縁

Aの中柱から横方向に無目敷居と虹梁を入れた形式であり、平面的にも空間的にも矢来内を視覚化したものである。この造構は、西方寺（文政13年、図-13、写真-21）・広済寺（天保12年、図-12、写真-22）の2棟しかない。外陣間口は西方寺が10間、広済寺が7間で、大規模である。入側縁と外陣との境は柱を抜いて大虹梁を架けており、空間的な両者の区別は薄い。平面的には矢来内・外陣・入側縁と3つに区画されているものの、空間的には矢来内と外陣という2つの空間に区別できる。尚、広済寺は入側縁も畳敷である。

E：矢来内十外陣3分十広縁

広縁を有するBの中柱から横方向に無目敷居と虹梁を入れた形式であり、D同様、平面的にも空間的にも矢来内を視覚化したものである。更にEでは外陣・広縁が明確に区別されているため、矢来内・外陣・広縁の3つの空間に区画できる。但し、本堂内部では矢来内と外陣の2つの空間の区別となる。

明行寺（天明3年、図-14、写真-23）、光円寺（享和頃、写真-24）、光源寺（文化3年、図-15）、正覚寺（文化年間、図-16、写真-25・26）、安照寺（文政13年）が該当し、明行寺以外は19世紀になってからの造構である。明行寺は18世紀後期と早いためか、その広縁は奥行が半間と狭い。正覚寺と光源寺は3方向に広縁を設けている。

F：矢来内十外陣3分

形態的にはDから入側縁を、Eから広縁を取り除いた形で、入側縁・広縁の両者ともない形式で、矢来内と外陣の2つの空間で構成されている。芳沢寺（18世紀後期、図-18、写真-27）・常光寺（文化頃、図-17、写真-28）・淨福寺（天保14年）・本光寺（弘化2年、図-19、写真-29）が該当し、芳沢寺は入側縁・広縁がない現存最古の造構である。

当形式は外陣を2分しただけであるため、芳沢寺の3間の奥行でも充分に構成されるが、常光寺は4.5間、本光寺は5間と奥行が深い。DはE・Fよりも後で現れた形式であるので、Fは形態的にEから広縁を取り除いたもの或は広縁を外陣として取り込んだもの、とみることができる。奥行が浅い芳沢寺は前者、奥行が深い常光寺・本光寺は後者となろう。奥行が深い後者ではDのように入側縁を設けることも可能となる。

G：矢来内十外陣

外陣中柱から横方向にのみ無目敷居を入れて矢来内を明確にするが、虹梁は中柱から4方向に架けられており平面に対応していない。Fよりも外陣の平面的な区画を排除しようという意図があろう。

淨光寺（文久2年、図-20、写真-30・31）しか該当しないが、淨光寺は下屋を伴う構成であるため上屋と下屋との境には梁等の構造材が必要であり、そのため奥行方向の梁を室内に現していると考えられる。

尚、明治期には横方向のみの無目敷居に対応するように虹梁も横方向にのみ入れるものがあり¹⁰⁾、その先行事例である。

H：外陣一室

平面を無目敷居で区画せず、虹梁も架けない外陣一室型は、寂善寺（安永8年、図-21、写真-32）が早く、伝教寺（寛政）、光嚴寺（天保8年以後、図-22、写真-33）、順光寺（安政6年）が続く。いずれも5間×3間の規模である。龍本寺（寛政12年、図-23）は4間

×3間で、5間の間口を有していない。勝樂寺（19世紀前期、図-24、写真-34）も4間であるが、両側の半間を室内に取り込んで5間となっている。その境には虹梁を入れ、正面には半間の人側縁を設けているので、他の外陣一室形式とは多少異質である。

智願寺（19世紀中期、図-25、写真-35）は奥行3間のうち前方2間は間口が4間、内陣寄り1間のみ半間ずつ拡げて5間である。小規模ながらも余間正面を1間確保したいという意図を表しているのだろう。

光楽寺（弘化4年、図-26）は4.5間×3間で無目敷居はないが、内陣左端の柱から正面に3間梁を架けている。その梁から左側1間は化粧屋根裏で、右側3.5間は格天井である。この場合もGの淨光寺と同様な理由が考えられる。このように18世紀後期には外陣一室型が現れており、現存最古である寂善寺には開放縁がある。尚、明治になると外陣一室型は増えてくる¹¹⁾。

I : 小規模本堂

以上対象としたのは外陣脇間の大井高が中央間と変わらない本堂であった。このような形態でない本堂が多数ある。それらは、①：外陣中央間のみ。②：脇間や入側縁が下屋で設けられ、天井を張らずに梁や垂木がみえているもの、或は中央間に比べ極端に低い天井を張ったもの。③：②と同様であるが片側に岸裏が接続しているので片側にしか下屋が無いもの。④：大屋根を葺き降ろすが、脇間・入側縁の天井が中央間に比べて極端に低いもの、に分けることができ、A～Gと同一には扱えない。以下に該当する本堂を挙げていく、

- ①：淨慈寺（19世紀中期）・放光寺（同）・宗然寺（同）
- ②：西光寺（享保21年、図-27）・照安寺（18世紀中期、図-28）・清台寺（19世紀前期、図-29）・海雲寺（安政2年）
- ③：覚成寺（18世紀中期）・蓮華寺（同、図-30）・雪瑞寺（安永8年）・利渉寺（18世紀後期、図-31）・覚成寺（同）・常寂寺（天保以前）・少林寺（安政2年）・西光寺（慶應3年）・宝泉寺（19世紀中期）
- ④：潮音寺（19世紀前期）

上屋と下屋で構成された②と③が多いことが解る。これらの中には照安寺のように間口5間を保っているものがあり、平面形式上はAと同じである。しかし、脇間や入側縁は下屋に造られて空間上は異質で、外陣中央間に脇間・入側縁が付加された形態とみなされる（写真-36～39）。

②・③に属する遺構にも変化を見ることができる。清台寺（写真-40）では正面の入側縁を半間とすることで1間幅の側面（脇間）と異なることを表現し、外

陣中央間・脇間と入側縁という構成を探ろうとしている。西光寺では正面幅を狭め、更に内法高を正面5.7尺、側面7.35尺と変えることで入側縁と側面（脇間）を区別している。

④の潮音寺は正側面3方の幅は等しいが内法高を正面は6尺、側面は8.2尺として外陣中央間との繋がり方の差を表している（写真-41）。

尚、開放縁がある蓮華寺・海雲寺（写真-42）では中柱間に無目敷居がないのに3間塾を入れており、この傾向はBと類似する。

5. 外陣の変化

小規模な本堂を除くと、外陣は無目敷居と飛貫或は虹梁の入れ方でA～Hまでの8種類に分けることができ、A（外陣3分+入側縁）が江戸初期から幕末までの長期間採用され、旧領内における古形式と言えよう。18世紀後半にはD・G以外の他の形式が現れていた。但し、Aでも極円寺（天明9年）のように18世紀後期には変化が見られた。

遅れて現れたDと古形式のAとが他の形式と相違するのは入側縁を有することである。Aの中でも明正寺・正光寺・福法寺・入性寺は入側縁を外陣と明確に区別しているが、極円寺のようにその区別が曖昧となる。それでも幕末までAが採用され続けたことから入側縁が旧領内では重要なと判断できる。そのような入側縁の外側に開放縁を付加したCも18世紀後期には見られた。

18世紀後期に現れていたB・E・Fは、重要な入側縁を広縁として屋外に出すか、広縁としても設置せずにそれを設けない形式である。そこで、入側縁・広縁・開放縁と中柱間の無目敷居・虹梁から以下の外陣の変化を考えることができる。

A→C→B→E→F→D

この変化は、Cで奥行半間の開放縁が付設されて新たに外部の場が現れ（写真-20 参照）、BではCの人側縁と開放縁を併せて広縁とし（写真-16 参照）、広縁があるEは中柱間に無目敷居と虹梁を入れて矢来内を明確にし（写真-17と24比較参照）、FではEの広縁を外陣として室内に取り込んで広大な外陣を確保し（写真-29 参照）、Dではその正面を人側縁として区画した（写真-21 参照）と形態的に理解できる。

D以外の形式に該当する18世紀後期の遺構は、Cが満福寺（天明8年）、Bが円福寺（18世紀後期）、Eが明行寺（天明3年）、Fが芳沢寺（18世紀後期）である。

この変化で問題となるのはE→F→Dである。Fの古い遺構である芳沢寺の奥行3間の外陣ではこの変化は考えられず、奥深い外陣が必要となるからである。

ところで、Dが現れた19世紀には規模が大きい間口7間以上の本堂が造られている。それより以前は明正寺（17世紀初期）しかなく、19世紀の遺構は9棟を数える。奥行では4.5間以上は10棟しかなく、すべて19世紀に入ってからの遺構で、その内8棟が間口7間以上である。このように、19世紀は外陣規模の拡大期とみることができる。外陣間口7間以上・奥行4.5間以上の8棟の外陣構成は、E3棟、D2棟、F2棟、B1棟である。19世紀のFの常光寺（文化頃）は4.5間、本光寺（弘化2年）は5間と深く、入側縁を区画することが可能である。従って、この外陣の変化は規模の拡大を伴うことで可能となる。尚、間口7間の西楽寺はAなので奥行は4間に止めているのである。

このように、Dは規模の拡大化に伴って現れた形式と論理的には考えられ、矢来内の視覚化、外陣の莊厳化を実現した発展形と理解できる。つまり、本山や別院のような外陣の3方向に広縁がある形式は正覚寺（文化牛間）に見られ、1つの完成した形式ではあるが、本願寺派の触頭である西方寺がDを採用していることを考え合わせると、この形式は旧領内における独自な浄土真宗寺院本堂の外陣の発展形と理解できる。

尚、18世紀後期にはHの外陣一室型が現われる。同時期に他の形式では外陣と入側縁、外陣中央間と脇間との区別が弱くなってしまい、外陣の一体化の傾向と考えられる。この観点に立てばHはそれが最も進んだ形式となる。但し、H以外には外陣の一体化と共に矢来内の形成がある。

6. 内陣・余間正面構成

内陣・余間と外陣との境の構成は、多くの場合、内陣の正面になる中央3間には両折金障子を吊り、余間正面には襖を立て込む。内法長押の上には彫刻欄間を嵌め、柱上には組物を据える。

内法長押は内陣と余間の正面に打つが、中には内陣の正面だけの場合もある。このようなものは小規模なものに見ることができる。長押を打たず、指物をそのまま見せていている場合もある。以下、長押の打ち方と組物に注目して特徴を見ていくこととする。

（1）内陣・余間正面内法長押

内法長押の打ち方では内陣正面3間を余間正面よりも高くするものが55寺（56寺中1寺未確認）中25寺と多く（写真-18 参照）、内陣正面3間のうち中央間1間を高く打ち、両脇間は余間正面と同高とするのが9寺（写真-31 参照）、内法長押の高さを変えないのが4寺（写真-33 参照）、内陣中央間の1間が最も高く、徐々に低くなるのが1寺である。内陣正面だけに打ち、余間正面だけ無いのが14寺で、そのうち中央間

1間を高くするのが5寺ある。

長押の高さを変えない4寺のうち、2寺は外陣一室型であり、外陣の均質な空間構成に対応させたものと考えられる。

これらは現状で判断しているので建設された当時の状態を考えると異なるのも出てくるだろうが、内陣正面を余間正面よりも一段高く打つことが多いことには変化はないであろう。

（2）組物

組物をみると、平三斗が15、出組が20、二手先・尾垂木付が2、組物無しが18で、出組が僅かに多いが、極端な相違はない。最古の遺構の明正寺（17世紀初）は組物無し、西光寺（享保21年）や18世紀中期は平三斗である。明行寺（天明3年）・満福寺（天明8年）が出組使用の早い例である。規模が最大の西方寺（文政13年）も出組である。最も発達している二手先出組・尾垂木付は光円寺（享和頃、写真-43）と淨福寺（大保14年）の2寺である。特徴的なのは常光寺（文化頃、写真-44）で出組を詰組とする。組物については徐々に出組を使うようになったことが解る。

7. 内陣部構成

内陣と余間は外陣よりも床を高くする。内陣には束迎柱を立てて須弥壇を設け、その背後に後門を開き、その両脇に脇仏壇を造る。余間にも仏壇を設けて、脇仏壇と余間仏壇を一直線に配する。当初はそうではなくてもこのように改造が多い。ここでは仏壇の配置と内陣・余間境の構成をみていく。

（1）仏壇配置

旧領内では多くが後門を設け、脇仏壇と余間仏壇を一直線に並べた形式であり（写真-45）、正光寺・福法寺（18世紀中期）が早い遺構である。常光寺（文化頃、写真-46）では脇仏壇を余間仏壇よりも半間後退させた特殊な配置である。

後門・須弥壇がなく、三つ並び仏壇とした古形式は、小規模本堂を除くと明正寺（17世紀初期）ぐらいである。現存の遺構では覚成寺（18世紀後期、写真-47）で見られるのみである。内陣背後の壁に沿って設けられた壇の上に宮殿を並べる遺構は利渉寺（18世紀後期、写真-48）等で見られる。

明正寺は右余間には仏壇を設けておらず、床高が外陣と等しく、古い形式を残していた。

（2）内陣・余間境

内陣・余間境の多くは内法長押を打っており、それがない場合は差物を入れている。内法上部は、壁で完全に閉じる（写真-47 参照）、成の低い欄間を入れてその上を壁とする、内法上全てを欄間とする（写真-

46 参照)、開放とする(写真-45 参照)、等様々な場合があるが、当初からかどうかは判断できていない。また、鶴居や差物に溝を切って建具を立て込めるようになるものが多い。これらの事象は建設年代に関わりなく見られる。

8. まとめ

旧柳河藩・旧三池藩の旧領内には明治 13 年に 178 の浄土真宗寺院があったが、現存する江戸期に建設された本堂は 56 棟で、1/3 程度しか残っていないかった。それらの多くが 18 世紀後期以降のものであった。

外陣の無目敷居・虹梁、入側縁・広縁に注目すると外陣構成を 8 形式に分類でき、形態的な変化を推測した。旧領内では入側縁を有する形式が江戸初期から幕末まで採用されており、入側縁が重要であった。しかし、18 世紀後期には入側縁がない形式が現れたが、19 世紀になると外陣の規模の拡大化が始まり、19 世紀中期(1840 年代)に、平面的には矢来内・外陣・入側縁と 3 つに区画する形式が現れた。この形式は本願寺派の触頭である西方寺が採用しており、旧領内における矢来内の視覚化、外陣の莊厳化を表現した発展形と理解できる。

その他、内陣部正面の構成では、中央間 3 間の内法長押を高くするものが多いこと、組物では出組が徐々に使用されるようになること、内陣部の平面構成では後門形式が多いこと、内陣・余間境に建具を立て込めるものが多いこと、が全体的な傾向として掴めた。

謝辞

浄土真宗寺院本堂の研究は平成 3 年度から現在まで継続している卒業研究のテーマである。本稿で用いた多くの図面は卒論生が卒業研究として作成したものである。対象とした本堂の実測調査は、これを卒業研究のテーマとして選んでいない他の卒論生の協力を得ている。多くの卒論生に感謝の意を表する次第である。

注

- 1)『福岡県宗教法人名簿』 福岡県総務部私学学事振興局 平成 4 年 1 月

当宗教法人名簿にはその他の浄土真宗の宗派(木辺派等)として 77 法人がある。単立 107 の中の 39 は大谷派を離脱したものであり、現在、東本願寺派となっている。

- 2)『全国寺院名鑑 中国・四国・九州・沖縄・海外篇』

全国寺院名鑑刊行会 昭和 44 年

当寺院名鑑の真宗大谷派が平成 4 年よりも多いのは、平成 4 年当時大谷派から単立となった法人があるためである。

- 3)『寛文十年久留米藩寺院開基』 久留米郷土研究会 昭和 57 年 2 月

尚、本文中には 119 箇寺の状況が記されている。

- 4)『筑後地誌叢書』所収 文献出版 昭和 54 年 7 月、筑後遺跡刊行会 昭和 4 年 3 月

- 5) 4)

- 6)「旧柳河藩誌第二」九編社寺第二巻」

- 7) 福岡県所蔵

- 8) 以下、旧柳川藩と旧三池藩を含め旧領内と記す。

- 9)「明治三年午筑後柳川藩淨土真宗本願寺末西方寺配下」(山田(浩)エ 8-3) では 55 寺(数ヶ寺が欠落している)、「浄土真宗東派本末寺号其外明細帳」(貞勝寺文書 13) では 96 寺確認できる。

- 10) 柳川古文書館所蔵 山田(浩)家文書

- 11) 柳川市の光嚴寺(天保 8 年以後)は横 6 間・入 6 間 3 尺、同市の順光寺(安政 6 年)は横 5 間・入 6 間と記されている。両者とも外陣間口 5 間・奥行 3 間、内陣部間口 6 間・奥行 2.5 間で、奥行半間の後堂を付設している。後堂まで含めると、外陣では横 5 間・入 6 間となり、内陣部では横 6 間・入 6 間となる。順光寺は正しい規模であるが、光嚴寺では正面の縁を含めれば入 6 間 3 尺となる。

- 12)『福岡縣寺院沿革史全』 福岡縣寺院沿革史刊行會 昭和 5 年 11 月

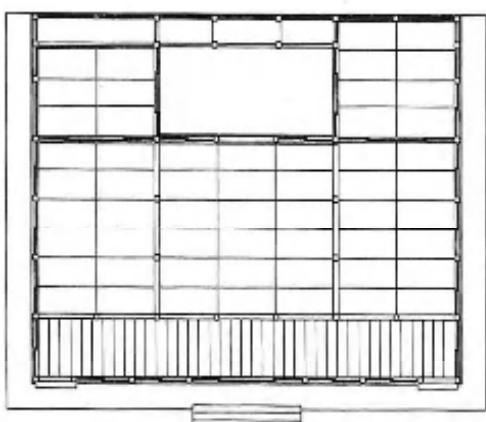
- 13) 小規模本堂のうち善勝寺・地福寺・金井庵は平成 4 年の宗教法人名簿に記載がない。

- 14) 柳川古文書館所蔵 貞教寺文書『浄土真宗東派畠山緒寫』(文政 4 年)

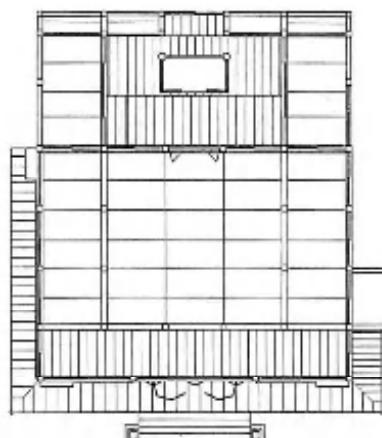
- 15) 柳川古文書館所蔵 貞教寺文書『寺院明細更書扣』(明治 12 年)

- 16) 浄華寺(明治 41 年) や円成寺(明治期)が該当する。

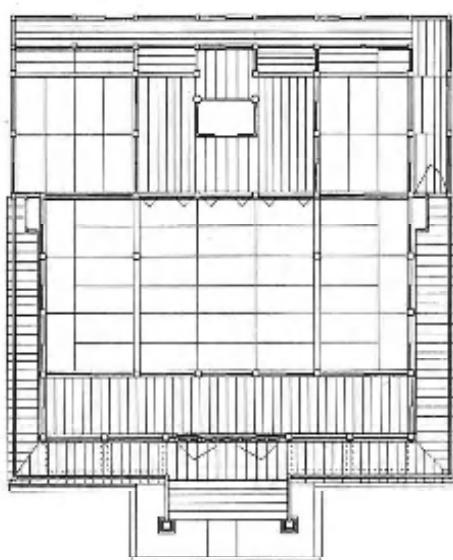
- 17) 明治になると外陣一室型は多くなり、しかも外陣の規模が大きくなる。長榮寺(明治 13 年)は 6 間 × 4 間、萬通寺(19 世紀後期)は 6 間 × 3 間で、間口が 5 間を超えており、雪照寺(明治 20 年)は 5 間 × 3 間で上述の近世の規模を伝えている。また、智願寺では内陣寄りの半間を抜けていたが、明治期の正応寺・西覚寺では外陣 3 間の奥行の半分の位置で抜けている。



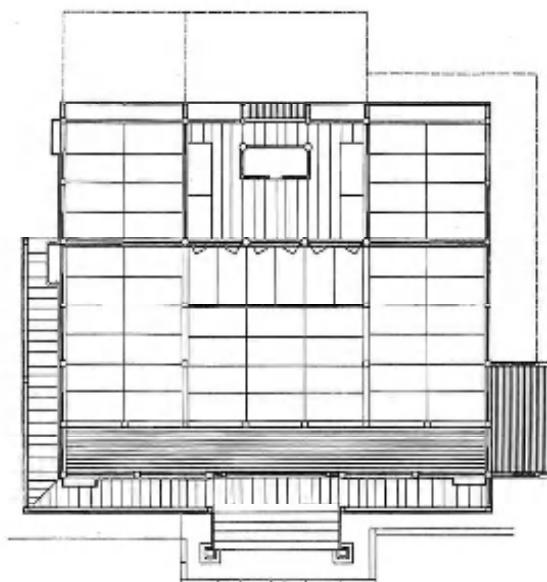
図一 明正寺本堂・A



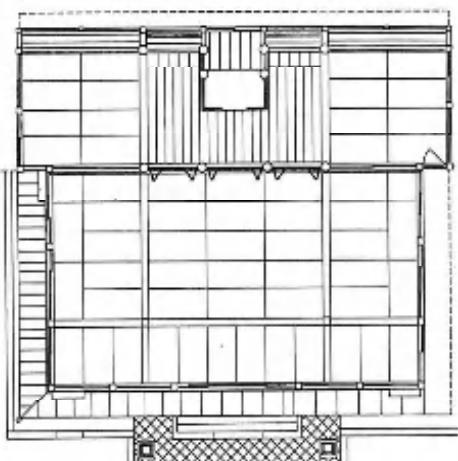
図二 正光寺本堂・A



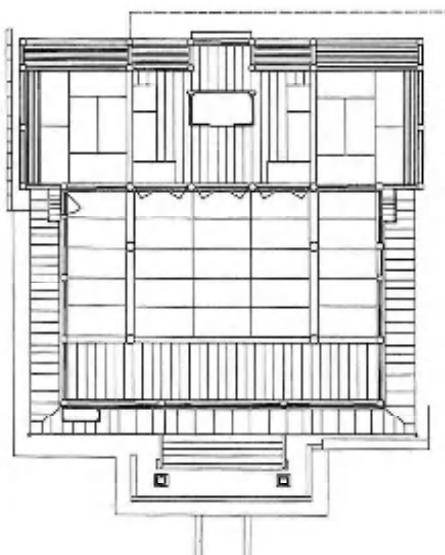
図三 福法寺本堂・A



図四 西在寺本堂・A



図五 極円寺本堂・A



図六 西念寺本堂・A

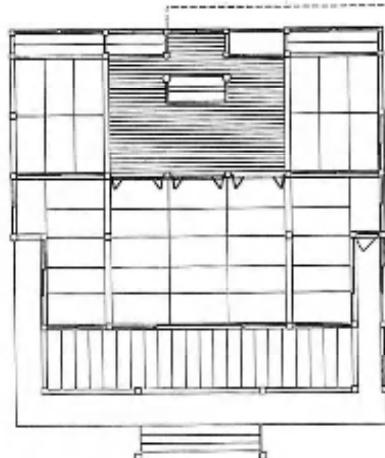


図-7 圓福寺本堂・B

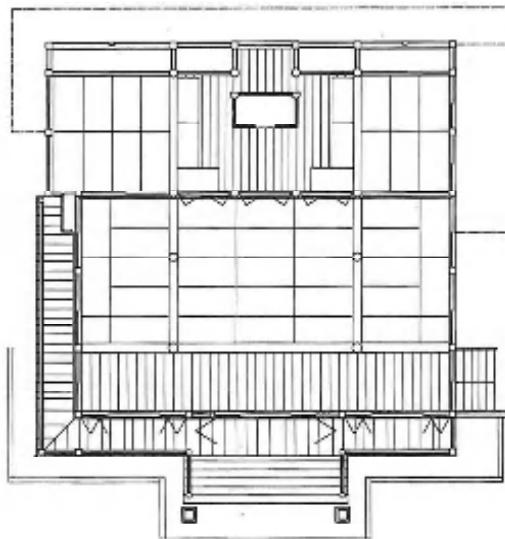


図-10 満福寺本堂・C

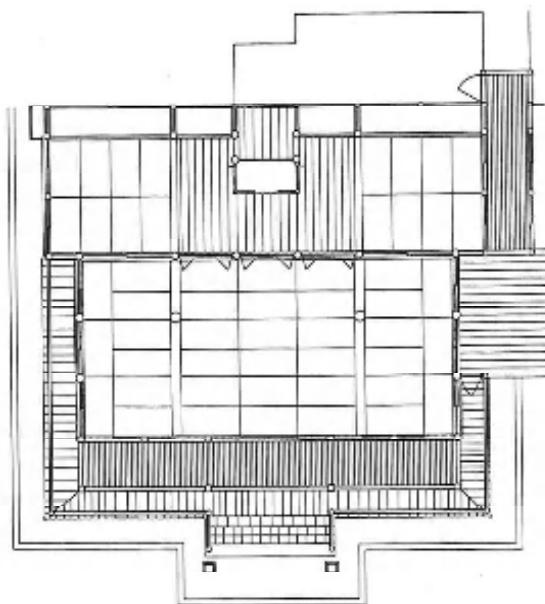


図-8 光源寺本堂(瀬高町)・B

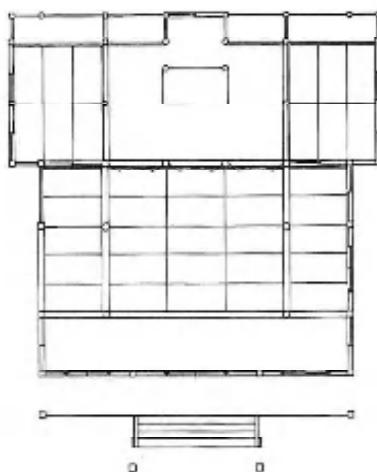


図-11 福因寺本堂・C

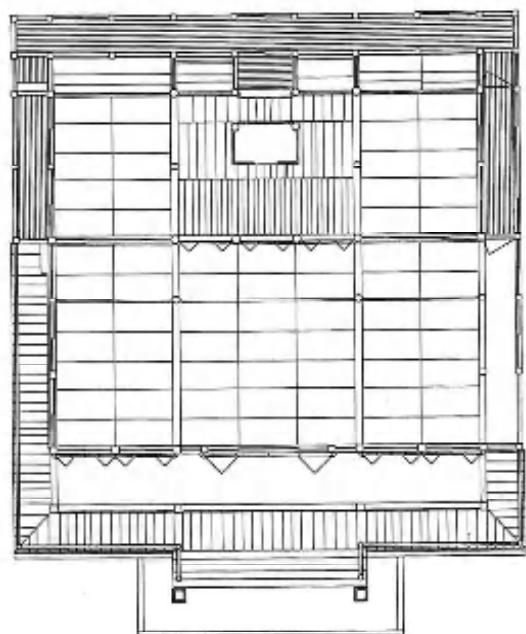


図-9 光照寺本堂・B

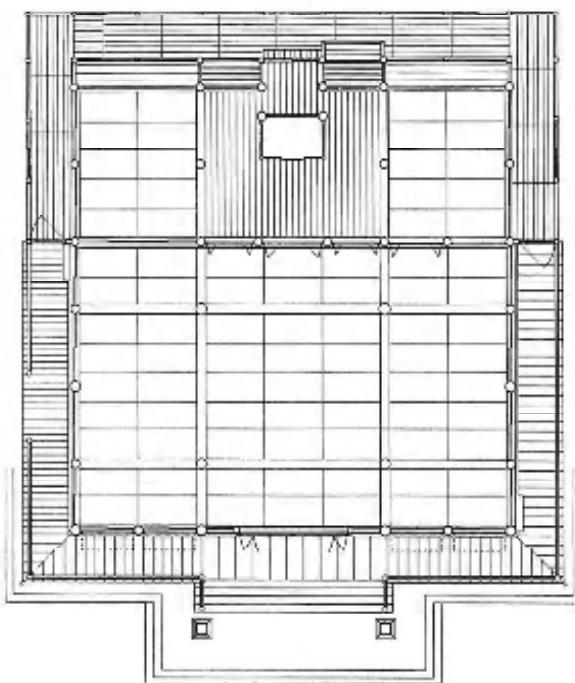


図-12 広済寺本堂・D

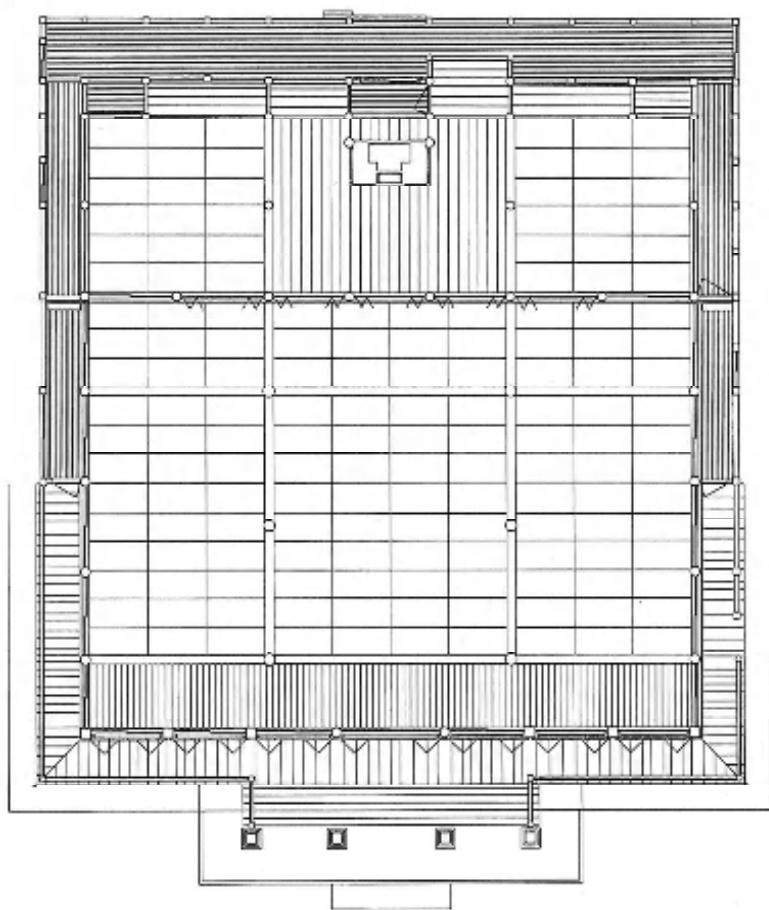


図-13 西方寺本堂・D

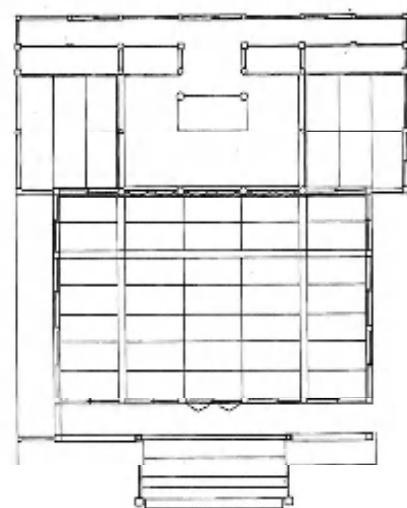


図-14 明行寺本堂・E

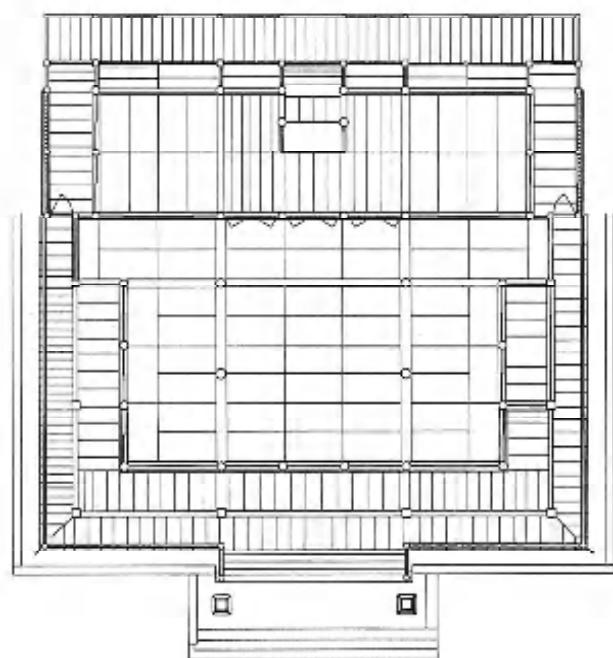


図-15 光源寺本堂(黒木町)・E

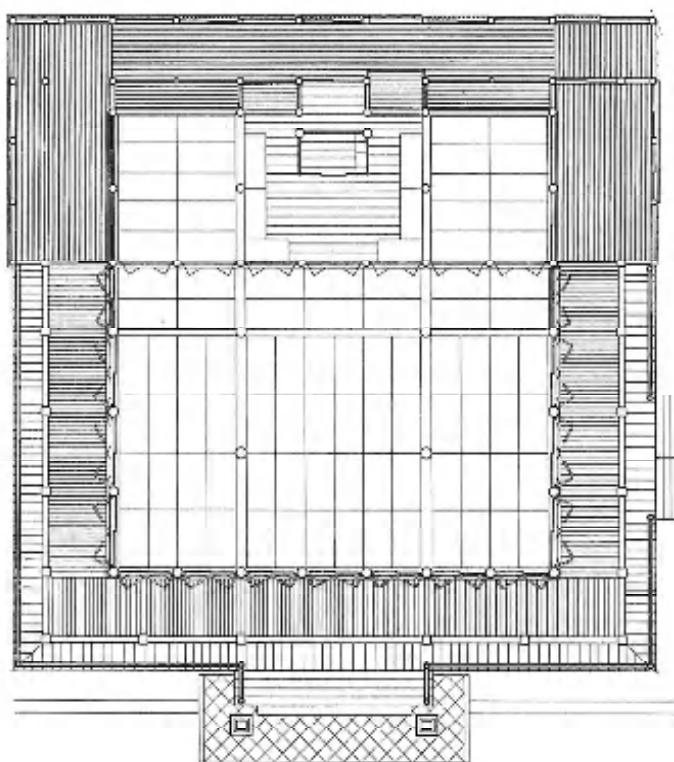


図-16 正覚寺本堂・E

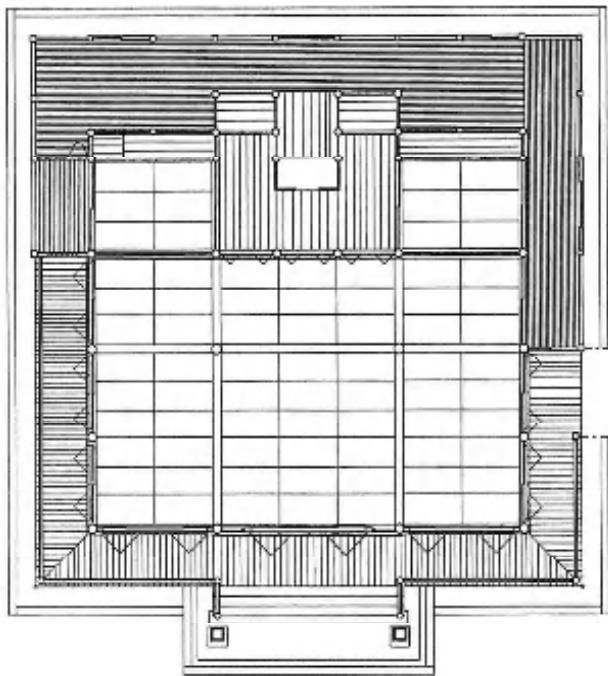


図-17 常光寺本堂・F

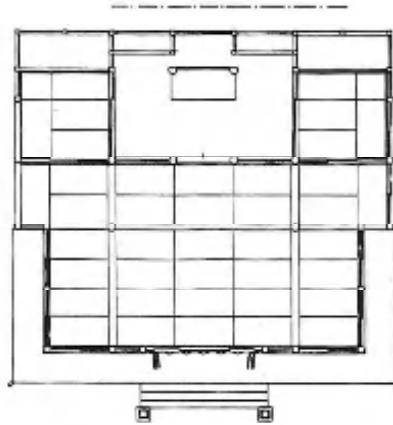


図-18 芳沢寺本堂・F

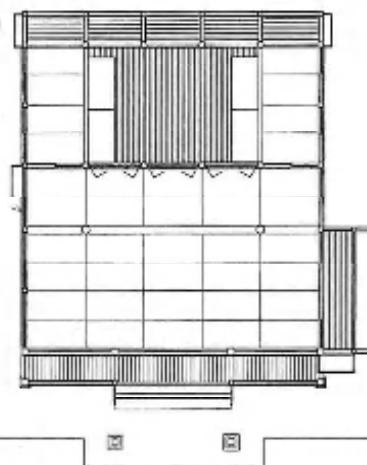


図-20 浄光寺本堂・G

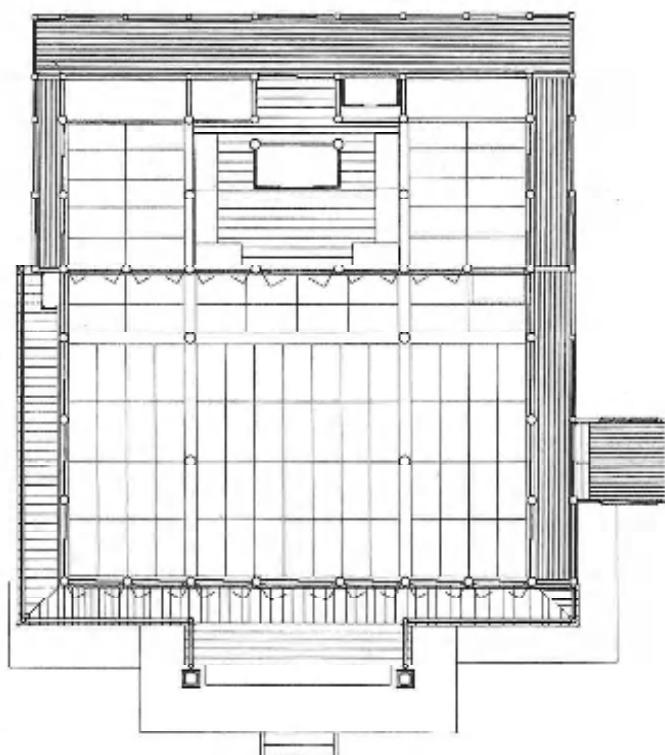


図-19 本光寺本堂・F

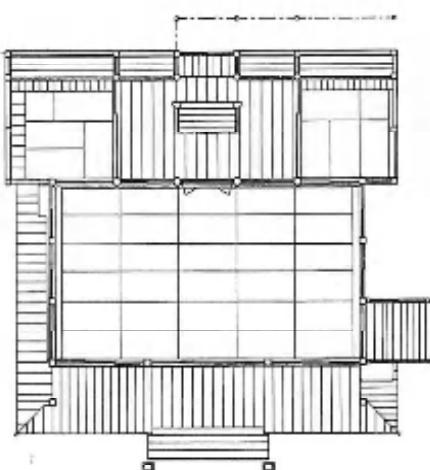


図-21 寂善寺本堂・H

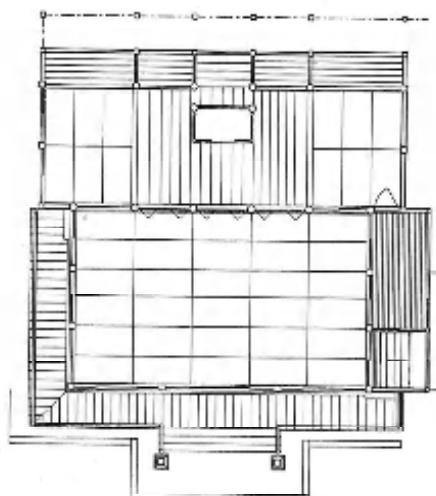


図-22 光厳寺本堂・H

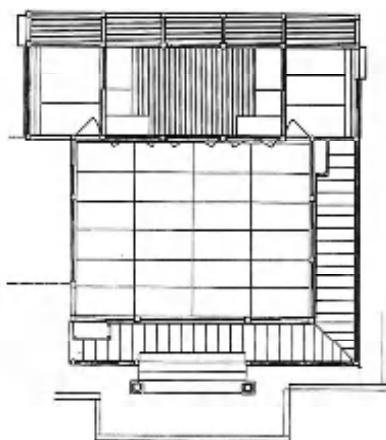


図-23 龍本寺本堂・H

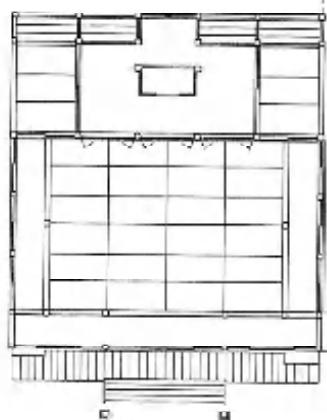


図-24 勝樂寺本堂・H

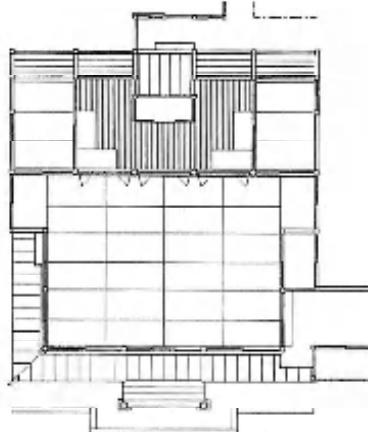


図-25 智願寺本堂・H

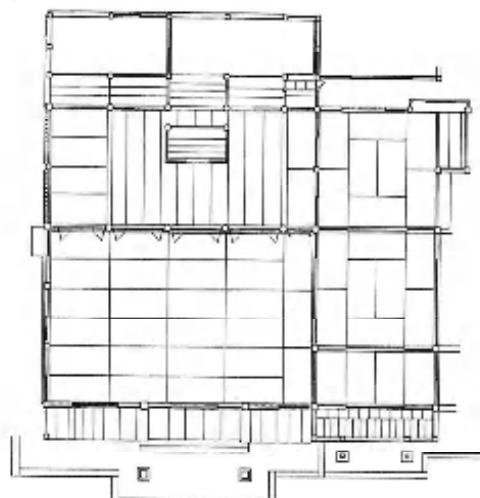


図-26 光榮寺本堂・H

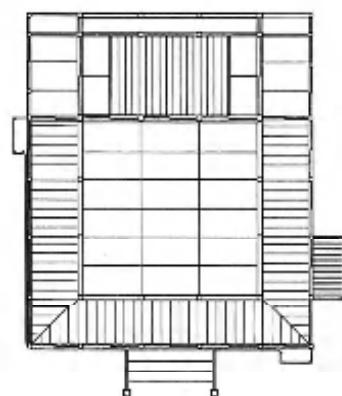


図-27 西光寺本堂(三橋町)・I②

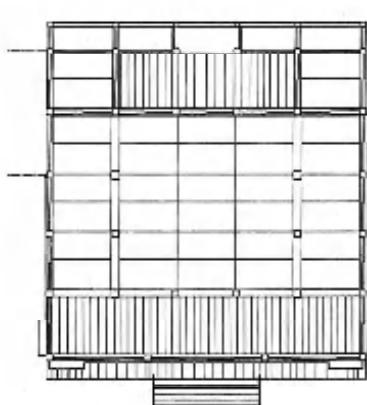


図-28 照安寺本堂・I②

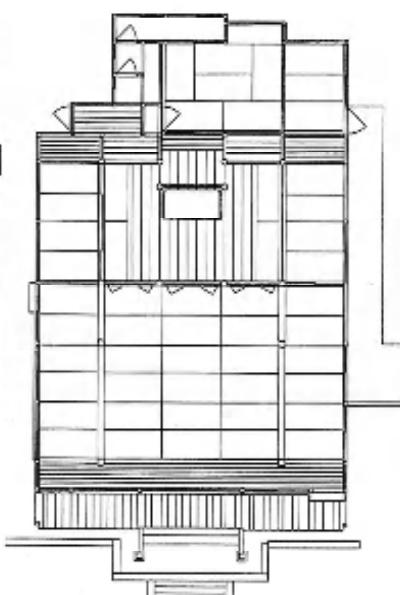


図-29 清台寺本堂・I②

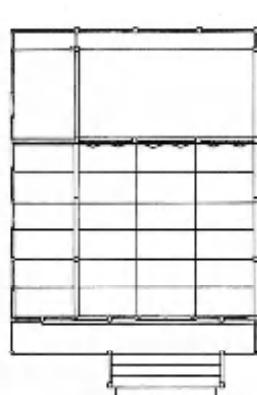


図-31 利渉寺本堂・I③

図-30 蓮華寺本堂・I③



写真-1 西方寺本堂



写真-5 正光寺本堂 外陣・入側縁境



写真-2 正覚寺本堂



写真-6 福法寺本堂 入側縁・外陣境



写真-3 利渉寺本堂



写真-7 明正寺本堂 外陣(左入側縁)



写真-4 明正寺本堂 入側縁



写真-8 正光寺本堂 外陣(左入側縁)



写真-9 入性寺本堂 外陣(左入側縁)



写真-13 妙光寺本堂 外陣・入側縁



写真-10 西楽寺本堂 外陣(左入側縁)



写真-14 善教寺本堂 外陣(中柱間の3間梁)



写真-11 極円寺本堂 入側縁・外陣



写真-15 金仙寺本堂 外陣(中柱間の3間梁)



写真-12 西念寺本堂 外陣(右入側縁)



写真-16 光源寺本堂(瀬高町)広縁



写真-17 光源寺本堂(潮高町)外陣



写真-21 西方寺本堂 入側縁・外陣・矢来内



写真-18 光照寺本堂 外陣・矢来内



写真-22 広済寺本堂 矢来内・外陣・入側縁



写真-19 満福寺本堂 入側縁・外陣(当初無目敷居あり)



写真-23 明行寺本堂 広縁上部



写真-20 福因寺本堂 開放縁



写真-24 光円寺本堂 外陣・矢来内



写真-25 正覚寺本堂 広縁



写真-29 本光寺本堂 矢来内・外陣



写真-26 正覚寺本堂 外陣・矢来内



写真-30 淨光寺本堂 左側面(上屋茅葺型鉄板葺・下屋桟瓦葺)



写真-27 芳沢寺本堂 外陣・矢来内



写真-31 淨光寺本堂 矢来内・外陣



写真-28 常光寺本堂 外陣・矢来内



写真-32 寂善寺本堂 外陣



写真-33 光嚴寺本堂 外陣(内陣部正面)



写真-37 少林寺本堂 古写真(上屋茅葺・下屋桟瓦葺)



写真-34 勝樂寺本堂 外陣(右入側縁)



写真-38 西光寺本堂(三橋町)外陣と側面下屋



写真-35 智願寺本堂 外陣(内陣寄り1間拡張)



写真-39 少林寺本堂 正面下屋と外陣



写真-36 照安寺本堂 正面



写真-40 清台寺本堂 外陣(正面(左)と側面(奥)の幅が異なる)



写真-41 潮音寺本堂 外陣(正面と側面の内法高が違う)



写真-45 西方寺本堂 余間・内陣



写真-42 海雲寺本堂 外陣



写真-46 常光寺本堂 余間・内陣(内陣脇仏壇が半間後退)



写真-43 光円寺本堂 内陣部正面詳細(二手先出組)



写真-47 覚成寺本堂(山川町) 内陣三つ並び仏壇



写真-44 常光寺本堂 内陣部正面詳細(出組詰組)



写真-48 利渉寺本堂 内陣仏壇

Experimental Study on Composite Shear Reinforcement of RC Beam by Means of Carbon Fiber and Polyethylene Fiber Sheet

SHIMODA Seiya, MURAKAMI Kiyoshi*, MITSUI Yoshiyuki** and TAKEDA Koji**

<Received 28 September, 2004>

Abstract

An experimental study was conducted on composite shear reinforcing effect of reinforced concrete(RC) beams by means of both externally bonding of carbon fiber(CF) sheet and externally wrapping of polyethylene fiber(PEF) sheet. Obtained results are as follows. (1)The RC beam reinforced with externally wrapping of the PEF sheets showed large deformation capacity until shear failure occurred, as if flexural yielding occurred. (2)Hybrid shear reinforcing effect of the RC beam reinforced with both externally wrapping of PEF sheets and externally bonding of CF sheets was not observed. Further investigations are needed relating to number of sheets and arrangement to sheets, etc.

1. Introduction

Seismic strengthening of the RC component using the continuous fiber sheet is used as general method in order to assure the ductility improvement of the component. The carbon fiber(CF) sheet is general in the continuous fiber sheet and many experiment is reported concerning effectiveness of the reinforcing method. The CF sheet has high tensile strength and high modulus of elasticity. However in the reinforcement of rectangular RC beam by means of externally wrapping of the CF sheet, it is necessary to bevel the corner part of beam. Because, the CF sheet is weak in shearing and twisting. it is recommended that bevel radius is 20mm¹⁾.

In this study, polyethylene fiber sheet(PEFS) was used. The PEF sheet has low tensile strength and low modulus of elasticity as compared with the CF sheet. However it is strong in shearing and twisting. So it is possible to wrap the PEF sheet on the surface of rectangular RC beam without beveling the corner of the beam.

If both of those sheets was used together for shear reinforcement of the RC beam, it can be expected to obtain hybrid shear reinforcing effect of the RC beam.

This paper presents the results of an experimental study on composite shear reinforcing effect of RC beam by means of both externally bonding of the CF

sheet and externally wrapping of the PEF sheet.

2. Experimental

2. 1 Materials

Details of the materials used are shown in Table 1. A ready-mixed concrete with nominal strength of 30N/mm² was used. The slump and air content of the fresh concrete are shown in Table 1. The steel reinforcement comprised deformed prestressing bars for longitudinal reinforcement and round bars for stirrup. Tensile test results of the raw materials used are shown in Table 1. Two types of the CF sheets, namely high strength type and high elasticity one were used. They are made of unidirectional continuous carbon fibers impregnated with a small amount of epoxy resin. The PEF sheet was also made of unidirectional continuous polyethylene fiber. It was not impregnated with epoxy resin. Mechanical properties of the carbon fiber and polyethylene one are shown in Table 1. Epoxy resin was used as primer and adhesive.

2. 2 Specimens and testing procedures

The configuration and bar arrangement of the RC beam specimen are shown in Fig. 1. Four specimens were supplied for the test. Each specimen did to have

* Kumamoto University, Graduate School of Science and Technology, Environmental Science

** Kumamoto University, Department of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering

Table 1 Summary of materials

Concrete	Ready-mixed concrete Nominal compression strength : Required slump : Maximum size of coarse aggregate : Measured slump of fresh concrete : Measured air content of fresh concrete :	30N/mm ² 18cm 20mm 13.2cm 3.5%
Main reinforcement	Deformed prestressing bar,D11 Nominal sectional area : 0.2% proof stress : Young's modulus : Failure elongation :	90mm ² 1422N/mm ² 201kN/mm ² 8%
Stirrup	Polished steel bar, ϕ 5 Tensile strength : Failure elongation :	593N/mm ² 16.6%
Fiber sheet	High-strength type carbon fiber sheet Nominal thickness : Tensile strength : Tensile elastic modulus : High-elasticity type carbon fiber sheet Nominal thickness : Tensile strength : Tensile elastic modulus : Polyethylene fiber sheet Nominal thickness : Tensile strength : Tensile elastic modulus :	0.167mm 3430N/mm ² 230kN/mm ² 0.148mm 2560N/mm ² 630kN/mm ² 0.258mm 1850N/mm ² 70kN/mm ²

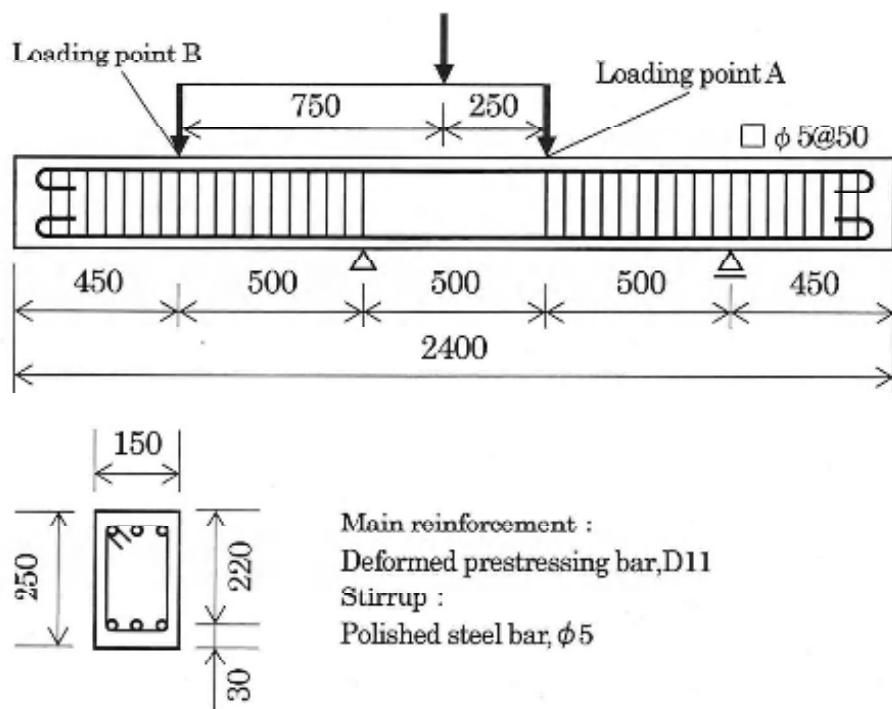


Fig. 1 Specimen size, bar arrangement and loading method

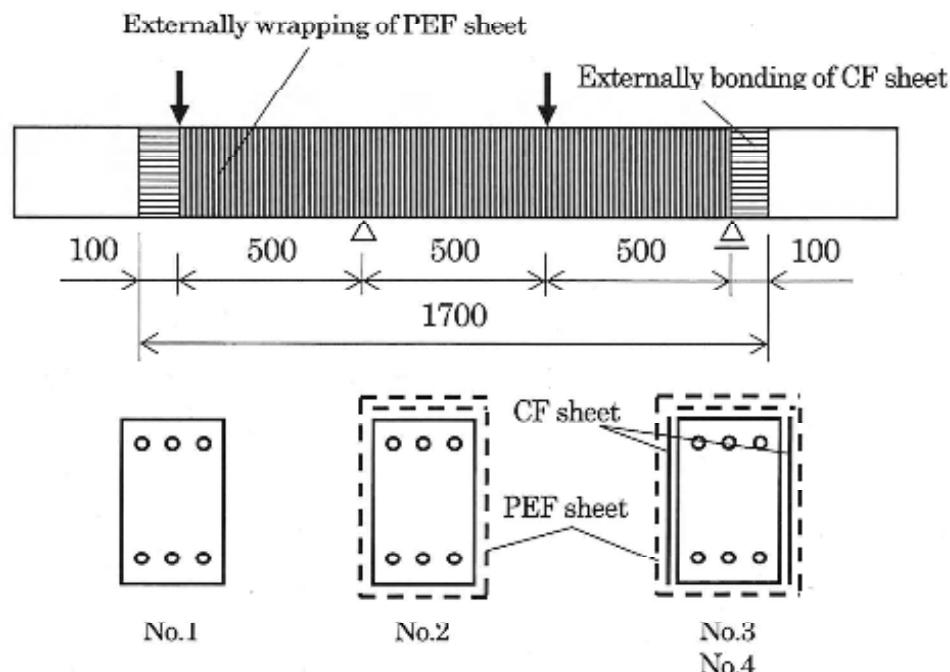


Fig. 2 Arrangement of sheets

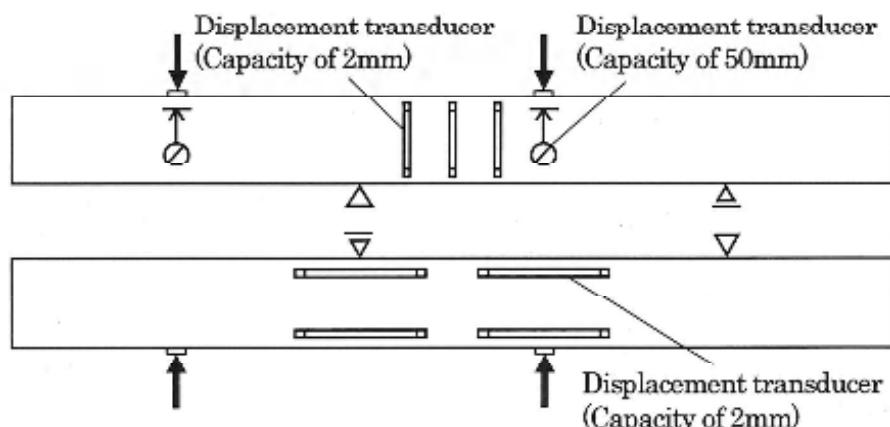


Fig. 3 Details of measurement

stirrups in the central part of the beam for the purpose of occurring shear failure previous to flexural failure. The specimens were removed from the form-work at 7 days after casting the concrete, then cured in wet conditions for 21 days, and afterwards air-cured.

Arrangement of the sheets is shown in Fig. 2. The bonding of the sheets to the concrete surface was achieved as follows. Firstly the concrete surface was brushed by a grinder without beveling the corner of the beam and coated with primer agent. Secondly the sheet was bonded on the concrete surface using epoxy

resin adhesive. The CF sheet was bonded on both sides of the beam as the fiber direction of the sheet and the axial direction of the beam paralleled each other. The PEF sheet was wound around the beam as the fiber direction of the sheet and the axial direction of the beam crossed each other.

The sheet reinforcement method by the sheet of RC beam specimen is shown in Table 2, and pasting method of the sheet is shown in Fig. 2. Summary of sheet reinforcements are shown in Table. 2. Specimen No.1 was non-reinforced. Specimen No.2 was reinforced with externally wrapping of the PEF sheets.

Table 2 Summary to sheet reinforcements

Specimen	Reinforcing method
No.1	Non-reinforcing
No.2	Externally wrapping of PEF sheet
No.3	Externally wrapping of PEF sheet and externally bonding of high strength type CF sheet
No.4	Externally wrapping of PEF sheet and externally bonding of high elasticity type CF sheet

Table 3 Results of compressive test of hardened concrete

No.1, No2			
Standard curing			
F _c (N/mm ²)	E _c (kN/mm ²)	ε _{co} (μ)	F _t (N/mm ²)
32.6	32.4	—	2.19
Field wet curing			
F _c (N/mm ²)	E _c (kN/mm ²)	ε _{co} (μ)	F _t (N/mm ²)
40.0	29.4	2520	2.37
No.3, No4			
Standard curing			
F _c (N/mm ²)	E _c (kN/mm ²)	ε _{co} (μ)	F _t (N/mm ²)
34.7	30.6	1900	2.69
Field wet curing			
F _c (N/mm ²)	E _c (kN/mm ²)	ε _{co} (μ)	F _t (N/mm ²)
36.8	28.7	2517	2.77

F_c : Compressive strength, E_c : Modulus of elasticity,ε_{co} : Ultimate compressive strain at F_c,F_t : Split tensile strength

Specimen No.3 and No.4 were reinforced firstly with externally bonding of the high strength type CF sheet and the high elasticity type CF sheet respectively and secondly with externally winding of the PEF sheets. The PEF sheet was overlapped on the upper surface of the beam to secure anchorage length of the sheet.

The test was conducted under antisymmetric bending load as shown in Fig. 1. Thus, the shear force in the central shear span was one-half of the applied load, P. Details of measurement are shown in Fig. 3.

The deflection at loading point was measured with the displacement transducer. The change in distance between the upper and lower surface of the beam was measured with the displacement transducers, to detect crack initiation in the concrete of the beam. The

measurement was done at three points in the central shear span. The displacement transducer with gauge length of 30mm was installed at the position of main reinforcement on the side of the beam to measure axial strain of main reinforcement. The measurement was done at two points in the position of tension and compression reinforcement, respectively.

Table 3 shows test results of hardened concrete. The difference in test results due to curing conditions was not observed

3. Experiment Result and Examination

3. 1 Results and Discussion

Cracking pattern and failure mode of the beams are shown in Fig. 4. The specimen No.1 non-reinforced

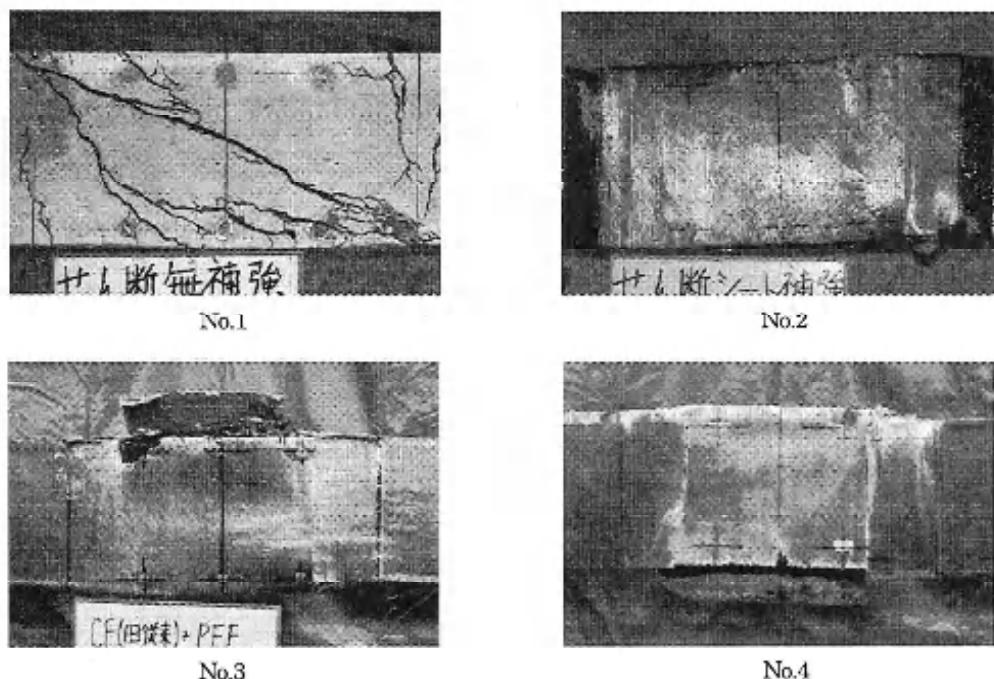


Fig. 4 Cracking pattern and failure mode at test end

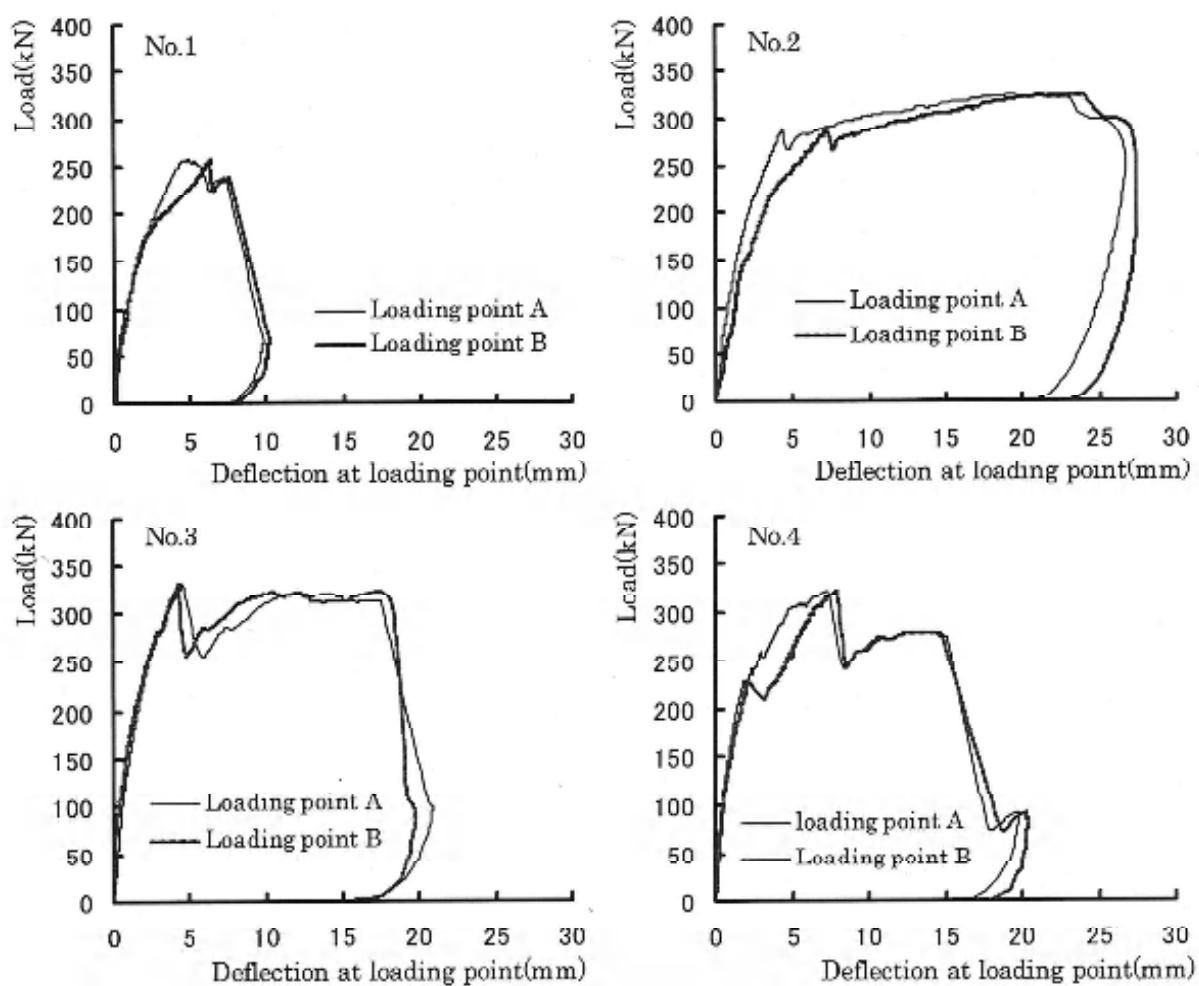


Fig. 5 Load-deflection at loading point curves

failed due to diagonal tension cracking in the central shear span area with accompanying the bond splitting crack which parallels to the longitudinal reinforcement. The specimen No.2 reinforced with externally wrapping of the PEF sheets failed due to diagonal compression crushing of concrete after multiple cracks occurred on the surface of the PEF sheet. As the PEF sheet was semitransparent, the crack of concrete was able to observe on the immediately surface of the sheet. In the final stage, tear of the sheet on the side of the beam and fracture of the sheet on the corner of the beam occurred in part. The specimen No.3 reinforced with externally bonding of the high strength type CF sheet and wrapping of the PEF sheet failed due to fracture of the PEF sheet on the corner of the beam after multiple shear cracks occurred. The specimen No.4 reinforced with externally bonding of the high elasticity type CF sheet and afterwards wrapping of the PEF sheet failed due to fracture of the PEF sheet on the corner of the beam as well as the specimen No.3 after the CF sheet fractured due to flexural cracking of concrete.

3. 2 Deformation capacity and ultimate shear strength

Load-deflection curves at loading points shown in Fig. 5, and measured ultimate shear strength is shown in Table 4. The specimen No.1 non-reinforced failed immediately after reaching maximum load of 268kN. The specimen No.2 reinforced with externally wrapping of the PEF sheet showed large deformation capacity with increase in load, though fall in load occurred at load of 288kN. The beam showed ductile behaviors as if flexural yielding occurred. The specimen No.3 and No.4 reinforced with both externally bonding of the CF sheet and wrapping of the PEF sheet showed deformation behaviors similar to the specimen No.2. However both of them showed smaller deformation capacity and larger fall in load as compared with the specimen No.1. Table 4 shows measured ultimate shear strength of all of the beams. Composite shear reinforcing effect of the RC beam reinforced with both externally bonding of the CF sheet and wrapping of the PEF sheets was not observed from these results. More investigations are necessary relating to number of sheets and arrangement of sheets, etc.

Table 4 Measured ultimate shear strength

Specimen	Measured ultimate shear strength (kN)
No.1	258 (1.00)
No.2	325 (1.26)
No.3	332 (1.28)
No.4	322 (1.25)

*Numerical values in parentheses shows the ratio of ultimate shear strength of the strengthened beam to that of the unstrengthened beam(specimen No.1)

4. Conclusion

An experimental study was conducted on composite shear reinforcing effect of the RC beams by means of both externally bonding of the CF sheet and wrapping of the PEF sheets. Obtained results are as follows.

- The RC beam reinforced with externally wrapping of the PEF sheets showed large deformation capacity until shear failure occurred, as if flexural yielding occurred.

- Composite shear reinforcing effect of the RC beam reinforced with both externally bonding of the CF sheet and externally wrapping of the PEF sheets was not observed. More investigations are necessary relating to number of sheets and arrangement of sheets, etc.

Acknowledgement

The authors are thankful to Mr.Sadao Kai and all the staffs of the Building Materials Laboratory of Kumamoto University for cooperation in conducting the experiments. Also thanks are given to Mitsubishi Chemical Functional Products, Inc., Aisawa Construction co., Ltd and Toyobo Co., Ltd for providing materials used.

Reference

- Architectural Institute of Japan :Design and Construction Guideline of Continuous Fiber Reinforced Concrete (2002)

次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と 温熱環境に関する調査 第2報

戸田一敏*・田中三雄・山下俊雄

<平成16年9月28日受理>

An Evaluation of Houses Based on the Energy-saving Standards
Next Generation and a Research for the Thermal Environment in the House
TODA Kazutoshi, TANAKA Mitsuo and YAMASHITA Toshio

The energy-saving standards of next generation were announced in 1991 in order to conserve the energy consumed in houses. In this paper, the various energy-saving indices of the next generation, the thermal environment and the energy consumption were investigated in six houses built around 1999, in order to increase samples.

1. はじめに

前報¹⁾では、1985年以降に建設された6軒の住宅について、次世代省エネルギー基準²⁾に基づいて住宅の性能の評価と室内の温熱環境についての調査結果を報告した。しかし、竣工時期が大きく異なることや構造別住宅数も少ないため、省エネルギー指標と居住環境評価との関係に定性的な傾向を見い出すことができなかった。今回はできるだけ竣工時期を次世代省エネルギー基準施行前後に限定し、住宅のサンプル数を増す目的で調査を行った。

2. 調査の概要

2.1 調査項目

調査項目は以下の4項目であり、前報¹⁾に詳述している。

- (1) 夏期と冬期の各1週間の室内温湿度測定
- (2) 次世代省エネルギー基準指標の測定と算出
- (3) 夏期と冬期の室内温熱環境に関するアンケート
- (4) 1年間の電気、ガス、灯油の使用量調査

2.2 調査対象住宅

調査対象住宅は主に次世代省エネルギー基準が策定された1999年以降に建築された住宅4軒とその他の住宅2軒の合わせて6軒である。表-1にこれらの住宅の概要を示している。これらの住宅は福岡県南部と熊本県北部に建つ建物である。表-2に温湿度を測定した室の位置(外壁の方位)と開口部の方位を示している。

表中に居間の単位床面積あたりの窓面積と、単位延床面積あたりの全窓面積も示している。以下、表-1に示す各住宅の概要を述べる。

(1) 次世代プレハブ住宅B-01(次世-B01)

次世代プレハブ住宅B-01は軽量鉄骨系メーカーによる2階建ての省エネルギー住宅である(2001年竣工)。外壁の断熱材は室内側からDCウォール16mm、グラスウール72mm、アルミ蒸着フィルムとなっている。また、外壁パネルと床パネルの接合部分を塞いだ隙間のない連続した気密シートの採用をはじめ、配管貫通部、内部柱周り等に気密テープを施してある。窓はすべて遮熱断熱ペアガラスを用いている。

(2) 計画換気住宅B-01(計画-B01)

計画換気住宅B-01は前報¹⁾の計画換気住宅A-00(2000年竣工)の改良型の木造平屋建て住宅である(2001年竣工)。外壁や屋根の断熱及び外壁の通気層による夏期の排気と室内の空気の排気システムは前報の計画換気住宅A-00と同じである。計画換気住宅B-01の改良点は、エネルギー消費量をさらに抑えるため、計画換気住宅A-00で床下のべた基礎の上にはわせていた床暖房用の温水チューブを床直下に吊り下げていることである。

* 有明工業高等専門学校専攻科学生

(3) RC造住宅 B-98 (RC-B98)

RC造住宅 B-98 は外壁が大型コンクリートパネルの住宅である(1998年竣工)。外壁には厚さ 120 mm の軽量鉄骨が使用された、壁式一体化工法による RC 系プレハブコンクリートパネルが使用されている。断熱材は壁に硬質ウレタン 15 mm、天井はポリスチレンフォーム 50 mm が使用されている。

(4) RC造住宅 C-01 (RC-C01)

RC造住宅 C-01 は RC マンションの中間階に位置する住宅である(2001年竣工)。壁と床スラブの厚さはそれぞれ 150 mm、300 mm となつており、外気に接する壁には硬質ウレタンフォームが 25 mm 吹き付けである。

(5) 在来木造住宅 B-99 (木造-B99)

在来木造住宅 B-99 は個人工務店の設計施工による二階建て木造住宅である(1999年竣工)。天井と外壁の断熱材はともに厚さ 50 mm のグラスウールが使用されており、床は和室を除きホリエチレン断熱材 25 mm が使用されている。

(6) 在来木造住宅 C-91 (木造-C91)

在来木造住宅 C-91 も個人工務店の設計施工による 2 階建て木造住宅である(1991年竣工)。天井と外壁の断熱材はともに厚さ 50 mm のグラスウールが使用されており、床は和室を除き硬質ウレタンフォーム断熱材 15 mm が使用されている。

表-1 対象住宅の概要

	次世-B01	計画-B01	RC-B98	RC-C01	木造-B99	木造-C91
建築年	2001	2001	1998	2001	1999	1991
世帯主年齢	40代	50代	40代	40代	60代	40代
家族人数(人)	3	2	4	5	2	3
冷房の種類	個別冷房	個別冷房	個別冷房	個別冷房	個別冷房	個別冷房
暖房の種類	個別暖房	床暖房	個別暖房	個別暖房	個別暖房	個別暖房
1階床面積(m ²)	82.77	110.13	80.33	100.00	109.67	92.56
2階床面積(m ²)	75.23	-	78.18	-	58.36	59.28
延べ床面積(m ²)	158.00	110.13	158.51	100.00	168.03	151.84
総気積(m ³)	429.61	417.73	387.70	247.00	451.00	407.86

表-2 測定室の位置と窓の方位

	居間		寝室		洗面所		全空面積 全床面積	
	位置	窓方位 窓面積	位置	窓方位	位置	窓方位		
次世-B01	1階(東)	東と北	0.18	2階(南)	南と東	1階(西)	西	0.22
計画-B01	1階(南)	南と東	0.19	1階(北)	北と西	1階(北)	北	0.17
RC-B98	1階(東)	東と南	0.35	2階(西)	南と西	1階(西)	西	0.24
RC-C01	南	南と東	0.50	北	-	北	-	0.24
木造-B99	1階(東)	東と南	0.43	2階(東)	東と南	1階(北)	北と東	0.24
木造-C91	1階(南)	南	0.55	2階(北)	北と東	1階(北)	北	0.28

3. 次世代省エネルギー基準指標の比較

表-3 は次世代省エネルギー基準の指標である熱損失係数、夏期日射取得係数と相当隙間面積、及びエネルギー消費量を前報での対象住宅も含め示したものである。エネルギー消費量は暖冷房だけでなく、炊事や風呂あるいは種々の電気製品によって消費されるエネルギーを含んでおり、次世代省エネルギー基準の暖冷房負荷より大きな値となる。表中の網掛け部分は各指標の省エネルギー基準値を満足していることを示している。

次世代省エネルギー基準をすべて満たしている住宅は前報の調査と同様に次世代プレハブ住宅 B-01、計画換気住宅 B-01、RC 造住宅 C-01 である。

計画換気住宅と次世代プレハブ住宅 B-01 において熱損失係数が小さいことについては、2.2 調査対象住宅でも述べたように外壁や屋根天井の断熱材が厚いこと、窓にペアガラスが用いられていることが考えられる。また、気密性の確保には防湿シートを用いており、その施工も厳重に行われていることが考えられる。夏期日射取得係数が小さいことの要因として、窓にペアガラスを採用していることと厚い断熱材があげられる。これらの住宅はいずれも次世代省エネルギー基準が告示された 1999 年以降に竣工したもので、この基準を考慮して設計施工されたものである。

RC 造住宅 C-01 の熱損失係数が小さいことについては、この住宅が RC マンションの一戸であり、天井、床、北西面と北東面の壁は外気に面しておらず、これらの部位からの熱損失は無いものとして計算したためであると考えられる。また、外壁は RC 造で躯体が一体化しており、隙間は窓やドア周辺に限られてくるため、気密性能が高くなつたと考えられる。日射取得係

表-3 次世代省エネルギー指標

対象住宅	次世代省エネルギー基準指標			
	熱損失 係数 [W/m ² K]	夏期日射 取得係数	相当隙間 面積 [m ² /m ²]	
前報	次世-A01	0.30	0.09	0.30
	計画-A00	1.44	0.04	1.01
	RC-A99	3.43	0.07	2.61
	プレ-A93	4.17	0.07	5.98
	プレ-B85	3.65	0.06	6.49
本報	木造-A96	4.45	0.08	9.39
	次世-B01	2.49	0.05	1.73
	計画-B01	2.29	0.03	1.06
	RC-B98	3.27	0.07	2.34
	RC-C01	2.27	0.06	1.11
基準値(福岡県)	木造-B99	4.50	0.24	6.26
	木造-C91	4.41	0.28	10.35
	基準値(福岡県)	2.70	0.07	5.00
			0.46	

数が小さいことの要因として、上階のバルコニーが庇の役割をするためだと考えられる。特に、南中高度の高い夏期においてこの効果が大きく、日射侵入量が小さくなつたと思われる。

RC 造住宅 B-98 では、夏期日射取得係数と相当隙間面積は基準値を満足しているが、熱損失係数が基準値以下となつてゐる。表-2 の延床面積に対する窓面積の割合は他の住宅とほぼ同じくらいであるため、熱損失係数が大きくなつた原因は窓面積よりもコンクリートの熱伝導率の大きさ ($\lambda = 1.6 \text{ W/mK}$) が原因ではないかと考えられる。

今回調査した木造住宅は 2 駒とも次世代省エネルギー基準の指標を満たしていなかった。天井と外壁の断熱材は 50 mm と薄く気密シートも使用していないため、熱損失係数と相当隙間面積が基準を下まわつたものと思われる。

なお、エネルギー消費量については、5. エネルギー消費量で述べる。

図-1 は北海道や東北地方で調査された木造住宅等の相当隙間面積の資料⁹から、地域ごとに相当隙間面積の平均値を求め施工年との関係(○印)を示したものである。図中の●印は前回と今回の調査対象住宅の相当隙間面積を示している。本報での対象住宅では施工年が 2000 年前後では非常に小さい。北海道や東北の住宅は施工年が 1990 年までと古く、ほとんどが木造住宅であるため厳密な比較はできない。しかし寒冷な地方ではこれまで厳しい断熱工法が採用されており、北海道や東北の住宅の相当隙間面積を比べると同じ程度かそれ以下であり、非常に隙間の小さい住宅である。このことから 1992 年に新省エネルギー基準、1999 年に次世代省エネルギー基準が制定され九州でも住宅プレハブメーカーや設計事務所の省エネルギー意識が高くなっていることが分かる。

しかし、木造住宅については竣工年が下がるにつれて相当隙間面積も小さくなつてゐるが、寒冷な地方の住宅と比べると大きい。木造住宅は一般の工務店で設

計・施工される場合が多く、工務店の省エネルギーに対する考え方が十分流布していないと思われる。

4. 溫湿度変化

4.1 住宅ごとの 1 日の温湿度変化

図-2 は今回調査を行つた 6 駒の住宅の夏期と冬期の 1 週間の内の一日の外気と各室の温湿度の変化を住宅ごとに示したものである。同一の測定日ではないため、外気温がほぼ同じような変化をしている一日を選んでいる。

なお、室内の冷暖房設計温度は省エネルギーを考慮して、夏期で 27~29°C、冬期で 20~22°C と考えている。

4.1.1 次世代プレハブ住宅 B-01(次B-01)

夏期は朝から冷房を使用した形跡はみられず昼間も在宅していないためか、外気温が上昇するとともに各室とともに同じように室温は上昇し、17 時前後には 34°C 前後を示している。冬期の温度は居間が他の部屋に比べ高くなっている。夏期の湿度は居室と寝室については 60~70%，洗面所では若干高く 70~75% の間を変動している。冬期の居間の湿度は 20% から 40% の間と低く、室内は乾燥している。これは居間がエアコンによって暖房されているためだと考えられる。また、洗面所の 22 時からと 24 時の間の急激な温度の上昇は洗面所が使用されたためだと考えられる。

4.1.2 計画換気住宅 B-01(計換-B01)

夏期の温度については居間、寝室、洗面所の各部屋間の温度差が小さく 25°C から 30°C の範囲で変化している。この建物では建物の外壁に通気層が設けてあり、日射によって暖められた空気を屋根から排出しているため日射による負荷が小さいことや、計画換気による終日換気が行われており、室内に空気の流れがあるためどの部屋も同じような温度分布を示していると考えられる。冬期の温度は寝室が他の部屋と比べて少し低いが各部屋間の温度差が 3°C 以内に保たれている。夏期の温度は 70% 前後でほぼ一定であるが若干高く、冬期の温度は 30% から 40% で一定であるが居間と寝室は居室としては 30% と低く、空気が乾燥している。

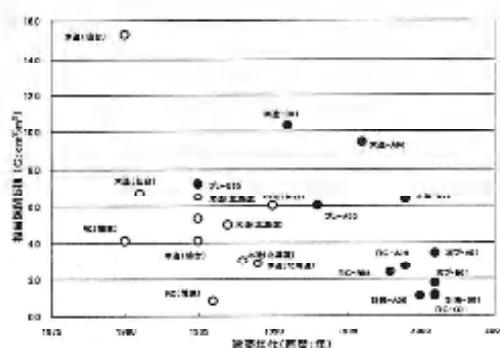


図-1 建物の竣工年と相当隙間面積の関係

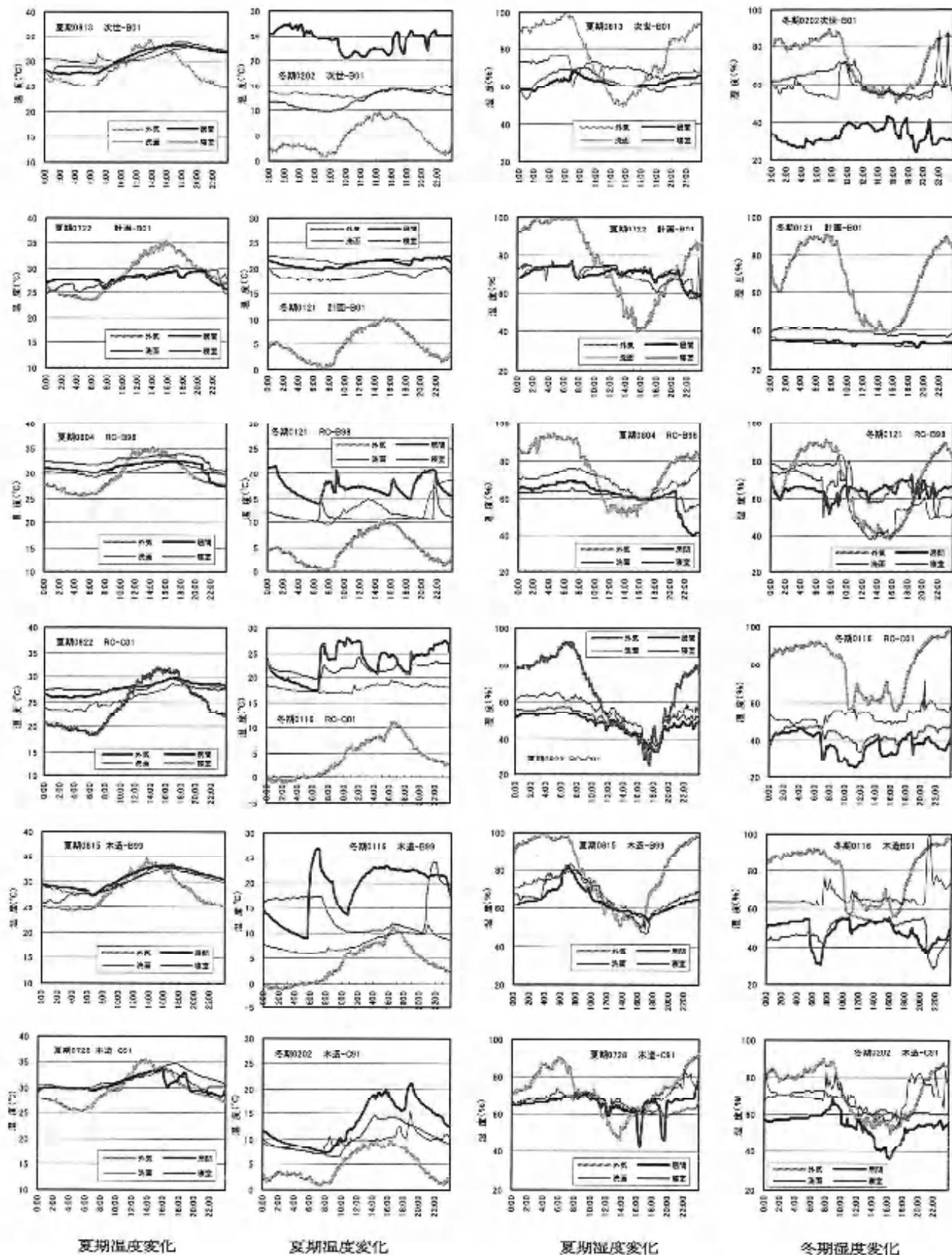


図-2 夏期と冬期の1日の温湿度変化

4.1.3 RC造住宅B-98(RC-B98)

夏期の温度は居間では1日を通して30°Cを超えており、その温度変動は小さい。寝室でも同様の変動を示しているが、居間の温度より常に2~3°Cほど高くなっている。これは居間が1階、寝室が2階に位置しているためであると思われる。冬期の温度は部屋毎に温度差があり、その変動も大きい。急激に温度が変化しているのは間欠的に暖房を使用したためだと考えられる。夏期の温度は居間で60~65%であるが、洗面所では60~75%と変動が大きい。また、21時頃に居間の温度は大きく下がっている。これは冷房を使用したため除湿され湿度が低下したと考えられる。冬期の湿度は居間と寝室では60~70%であるが、洗面所では居間低くなり外気と同様の変動をしている。

4.1.4 RC造住宅C-01(RC-C01)

夏期の居間と寝室温度は26~30°Cの間で変動している。寝室も同様の変動をしているが、居間と比べて常に1~3°C低くなっている。団欒時も冷房を入れた形跡が見られないが、この住宅は12階にあり風通しが良いためではないかと思われる。冬期の温度は居間での温度変動が大きくなっている。これは間欠的に暖房を使用したためだと考えられる。夏期の温度はどの部屋も同じような変動を行っているが、18時頃の居間の温度は35%と空気が乾燥している。冬期の温度は洗面所が50~70%と高いが、居間、寝室の居室は40%前後と快適な湿度となっている。

4.1.5 在来木造住宅B-99(木造-B99)

夏期の温度は、どの部屋も同じ温度変動をしている。また、日中の部屋の温度は30°Cを超えており外気の温度に近くなっている。これは居住者が冷房は使用せず、窓を開けているためではないかと思われる。冬期の温度は各部屋の温度が一定でなく、部屋間の温度差が大きい。特に居間、寝室は急激な温度差が生じている。これは間欠的に暖房を使用しているためだと考えられる。夏期の温度は55~80%の間で変動し、どの部屋も若干湿度が高く、湿度の変動が大きい。冬期の居間の温度は急激に湿度が変化している時間帯を除き、50%前後で変動している。

4.1.6 在来木造住宅C-91(木造-C91)

夏期の室温は常に30°Cを越える状態にあり、特に寝室は夕方にその日の外気の最高気温に近い温度まで室温が上昇している。冬期の温度は午後以降に居間の温度が高く、変動も大きい。これは暖房を使用したためであると考えられる。また暖房を切ったと思われる20

時以降は急激な温度低下が見られる。夏期の湿度は朝方から居間にかけては湿度70%程度で一定で若干高くなっている。冬期の居間の湿度は40~55%の間で変動している。洗面所は60~80%の間で変動し、若干高くなっている。

4.2 居間の温度の比較

4.2.1 居間の温度変動と高さ方向の温度の比較

図-3は夏期と冬期の全測定期間中の、冷暖房を用いていると考えられる19時から深夜24時までの居間の温度の最高(図中の線の上部)、最低(図中の線の下部)、平均(図中の△)を示したものである。図-4は全測定期間中の19~24時の床上10cmの温度から天井下10cmの位置の温度を引いた差を図-3と同様の方法で示している。

図-3から今回の対象住宅について、夏期の居間の平均温度は27.1~29.0°Cと省エネルギーを考慮した冷房設計温度の28°C前後となつておらず、各住宅とも温度変動が小さいのに対して、冬期の居間の平均温度は16.3~20.2°Cと住宅間での差が大きく、また各住宅とも変動が大きい。暖房設計温度範囲(20~22°C)の住宅は木造住宅B-99だけであった。また前報の結果と比較してみると、定性的には同様であった。夏期は外気温度と居間の温度差が小さいのに比べ冬期はその差が大きく、暖房を停止した後に外気温の影響を大きく受けることや、開放型ストーブの温度調節の困難さがその原因であると考えられる。

図-4の天井直下と床での温度差は今回の対象住宅では夏期については全ての住宅で2°C以内であったが、冬期は計画換気住宅B-01を除いた全住宅が2°C以上あり、その変動も大きかった。

次世代プレハブ住宅B-01を前報の次世代プレハブ住宅A-00と比較すると、床上1.5mの居間の温度は平均では両住宅に差はないが、温度変動は次世代プレハブ住宅B-01で夏期・冬期とともに大きい。また、高さ方向の温度差も次世代プレハブ住宅B-01で大きい。次世代プレハブ住宅A-00では、常時使用していないようであるが24時間換気システムが設けられており、住宅内に空気の流れがあると考えられるのに対して、次世代プレハブ住宅B-01には換気システムは設置されていないことがその原因として考えられる。

計画換気住宅B-01とA-00では、両住宅とも居間の温度の変動はどの住宅よりも小さく、冬期に他の住宅で温度変動が大きいのに比べ両住宅では非常に小さい。また、高さ方向の温度差は夏期・冬期とともに平均値で1°C以内と小さい。冬期はどの住宅でも温度変動(図-3)や高さ方向の温度差(図-4)が大きく温度調節が難し

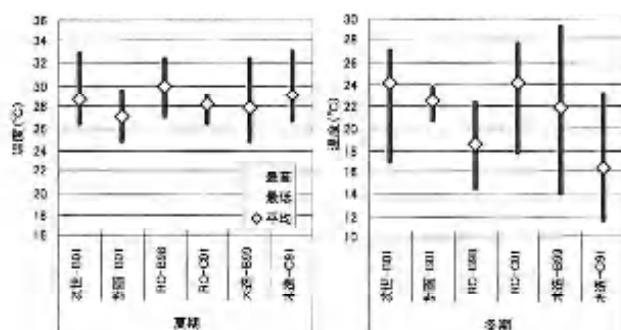
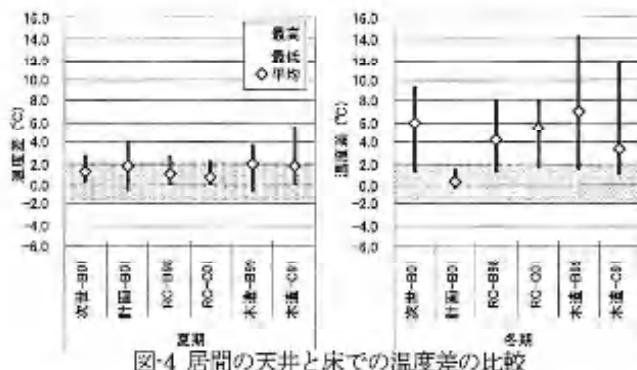


図-3 居間の床上 1.5m における温度の比較



いが、計画換気住宅B-01、A-00では冬期の暖房方式には床下の温められた空気による床暖房と外壁に沿った床にガラリが設けられており、ガラリを通して床下の暖かい空気が室内に供給されるとともに、換気システムによる空気の流れにより室内全体が均等に暖められているものと考えられる。

RC造住宅B-98、C-01、A-99では、夏期にRC造住宅C-01で居間の温度の変動が小さく、RC造住宅A-99で大きい。RC造住宅A-99の居間は2階にあり開口部の居間の床面積に対する割合が0.56と大きいためと考えられたが、RC造住宅C-01の窓面積の割合も0.5とRC造住宅A-99とあまり変わらない。RC造住宅C-01で温度変動が小さい理由として、この住宅がマンションの中層階であり屋根からの輻射熱がないことや、窓を開ければ風通しがよいことが考えられる。冬期の温度変動にあまり差はないが、RC造住宅B-98の平均温度が18.6°Cと低いが、これは住む側のエネルギー消費に対する考え方によるものとも思われる。

木造住宅B-99、C-91と前報の木造住宅A-96を比較すると、夏期の居間の平均温度とその変動（図-2）に大きな差はない。しかし冬期では木造住宅B-99、C-91で平均温度の変動、高さ方向の温度差とその変動が大きい。木造住宅A-96では温水床暖房が設置されていたが、木造住宅B-99、C-91では電気ストーブやヤルームエアコンによる暖房だけであり、これらの暖房器具

の温度調節が難しいものと思われる。

4.2.2 冬期の居間と外気の温度差の比較

図-5は今回調査を行った6軒の住宅の、図-2に示した冬期の測定日の前日の22時から朝の6時までの居間と外気の温度差の変動を示したものである。外気温はこの時間帯、木造住宅C-91、次世代プレハブ住宅B-01では3~5°C、計画換気住宅B-01、RC造住宅B-98では1~5°C、RC造住宅C-01、木造住宅B-99では-2~0°Cであった。終日、床下暖房をしている計画換気住宅B-01を除けば、その他の住宅では就寝時に居間の暖房器具をOFFにするので、このグラフから居間の開口部も含めた外壁の断熱の程度を推測することができる。次世代プレハブ住宅B-01では居間と外気の温度差は23°C前後で一定であり、朝まで温度低下が見られず常に高い温度となっている。外壁の断熱材が厚いことや、窓にペアガラスを採用してあるためだと思われる。

計画換気住宅B-01では居間と外気の温度差は常に17°C程度であり、朝まで温度低下が見られない。これは床下空気の暖房の効果であると思われる。前報の計画換気住宅A-00でも同様に朝まで温度低下は見られなかった。

RC造住宅B-98では大きな温度低下は見られないが、RC造住宅C-01では暖房のOFF後急激な温度低下が見られる。窓の大きさが他の住宅に比べるとかなり大きいためであると考えられる。その後も居間の温度は徐々に下がってきている。しかし、外気温は0°C前後であるが朝方の外気温との温度差は17°Cと室内は比較的暖かい。これは厚さ150mmのRC壁の熱容量が大きいためであると考えられる。

木造住宅はB-99、C-91ともに温度の低下が見られる。特に木造住宅B-99では22時の外気との温度差が20°Cであったが、午前5時過ぎには8°Cと6軒の住宅の中で最も温度低下が見られた。木造住宅C-01では、22時の外気との温度差が11°Cと小さく、時間の経過と共に温度差が5°Cと居間の温度が外気温に近くなっている。

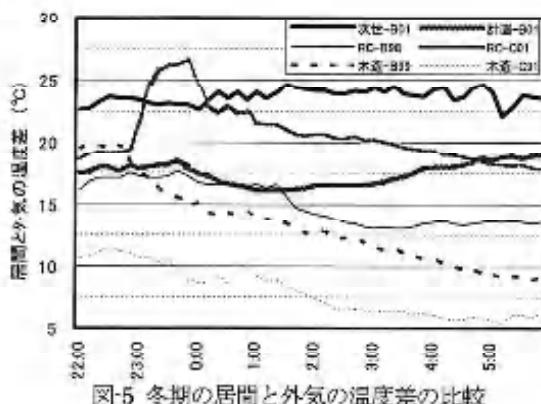


図-5 冬期の居間と外気の温度差の比較

4.3 冬期の洗面所の温度の比較

図-6は冬期の全測定期間中の19時～24時の洗面所と居間の温度を図-3と同様の方法で示している。洗面所はどの住宅も入浴時の脱衣所をかねているため、冬期の寒い時期にその温度が問題となる。

計画換気住宅B-01を除けばどの住宅でも平均温度は居間より洗面所のほうが7～12°C程低いことが分かる。

前報の6軒の住宅を含めた合計12件の住宅を含めて比較すると、計画換気住宅A-00, B-01の2軒が洗面所の平均温度が居間の平均温度を1～2°C程上回っている。これは、床下の空気を暖めるための温水ボイラーが洗面所の床下に置かれているためであるが、洗面所の温度を高く保つことを考えての設置であると思われる。計画換気住宅A-00, B-01以外の住宅は、居間の温度は各住宅間で差があるものの、洗面所の温度は居間より7.3～10.1°C低くなっている。

5. エネルギー消費量

図-7は住宅ごとに年間の総エネルギー消費量と夏期と冬期のエネルギー消費量を示している。エネルギー消費量は月別の灯油、ガス、電気の使用量から2次エネルギーに換算した。換算には灯油：37.3MJ/L、都市ガス：20.1MJ/m³、プロパンガス：100.5MJ/m³、電気：3.6MJ/kWhの係数を用いている。夏期は7月～9月、冬期は12月～2月と冷暖房を主に行う3ヶ月を表している。

年間のエネルギー消費量は木造住宅C-91が37GJと最も小さく少なくなっている。また、夏期と冬期を比較すると冬のエネルギー消費量が夏期のそれと比べて多い。特に、計画換気住宅B-01、RC造住宅C-01、木造住宅B-99では冬期のエネルギー消費量が夏期より2～3倍ととても多い。また、冬期はガスと灯油の消費量が夏期より冬期に非常に多いことがわかる。冬期のガスの消費量が多いのは、ガスが調理の他に風呂に

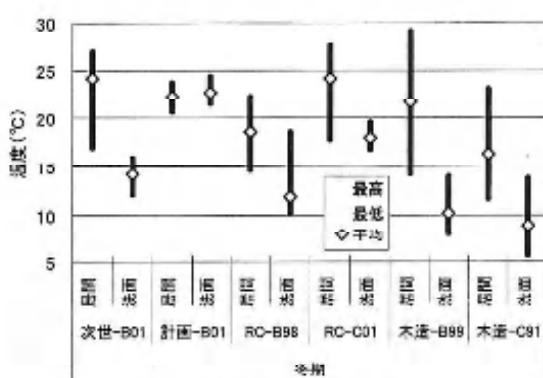


図-6 洗面所の温度の比較

も使用されているためだと考えられる。

図-7の右側には全国のアンケート調査³⁾による北海道、九州、全国の1年間のエネルギー消費量の平均値を示している。対象住宅の形態は戸建と集合の比がおよそ2:3であり、構造に戸建住宅の約60%が木造、集合住宅の約75%がRC造となっている。北海道、九州、全国のエネルギー消費量の平均はそれぞれ、58.0 GJ/世帯・年、32.05GJ/世帯・年、38.5GJ/世帯・年である。今回調査を行った6軒の住宅のエネルギー消費量と比較すると、全国平均より少ない住宅は木造住宅C-91のみであった。次世代省エネルギー基準の指標を満たしている計画換気住宅B-01、次世代プレハブ住宅B-01、RC造住宅C-01でも1年間のエネルギー消費量は平均より大きくなっている。住宅の質は向上しているが、住み手の省エネルギーに対する意識のさらなる高揚が望まれる。

図-8は住宅の延べ床面積に対するエネルギー消費量を表している。図-7と比べ、年間の単位面積当たりのエネルギー消費量はRC造住宅C-01で特に大きくなっている。これは、冬期の風呂によるガスのエネルギー消費量が多いためであると思われる。在来木造住宅B-99、C-01では熱損失係数、夏期日射取得係数、相当隙間面積のいずれも省エネルギー基準値を満たしておらず、断熱性能と気密性能が低いためエネルギー消費量が大きくなると考えられる。しかし、木造住宅B-99、木造住宅C-91の単位面積当たりのエネルギー消費量は木造住宅A-96に比べ少ない。これに、次世代

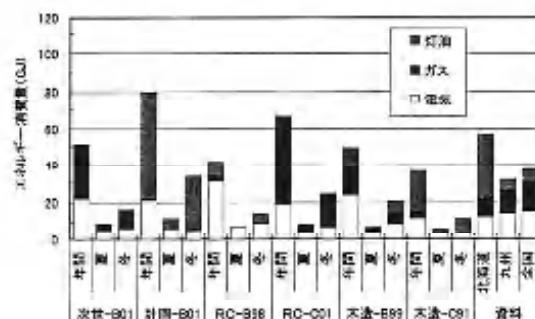


図-7 季節ごとのエネルギー消費量

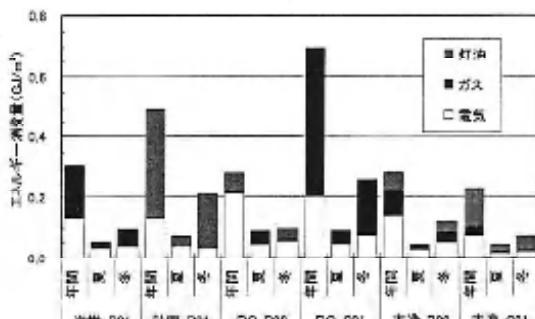


図-8 単位面積あたりのエネルギー消費量

省エネルギー基準の指標の結果とは別に居住者の温冷感などの個人差やランニングコストに対する意識の違い等がエネルギー消費量と関係しているのではないかと思われる。

図-9は前報の調査住宅6軒を合わせた計12軒の冷房負荷と熱損失係数の関係を示している。図-10は暖房負荷と日射取得係数の関係を図-8と同様の方法で示している。調査対象住宅の冷房負荷と暖房負荷はそれぞれ図-7の夏期と冬期のエネルギー消費量とした。また、新省エネルギー基準、次世代省エネルギー基準の暖冷房負荷の基準値を■印と▲印で示している。

図-9では木造住宅B-99、C-91の2軒を除けば夏期のエネルギー消費量は次世代省エネルギー基準値の冷房負荷より小さい。冷房負荷と夏期日射取得係数の関係には相関があるといわれているが²⁾、本調査対象住宅についても2軒を除けば $r=0.64$ の相関が見られる。このことから日射取得係数が小さくなるように住宅を施工すれば、冷房負荷を抑えることができるところがわかる。暖房負荷と熱損失係数との関係にも相関があるといわれているが²⁾、本調査対象住宅では図-10のとおり相関は見られなかった。熱損失係数が小さい住宅でも冬期のエネルギー消費量は大きくなっている。図-2の夏期と冬期の温湿度変化で示したが、冷房時の居間の温度はどの住宅も28°C前後であるのに対し、冬期の居間での暖房時には20~22°Cと設定温度よりも高い。

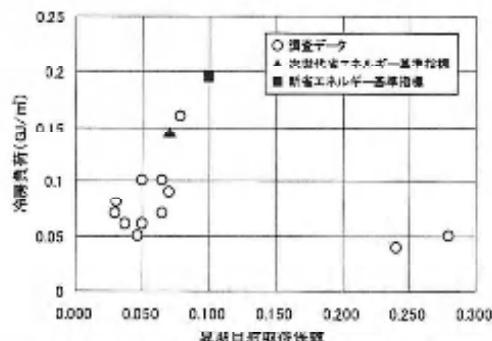


図-9 冷房負荷と夏期日射取得係数との関係

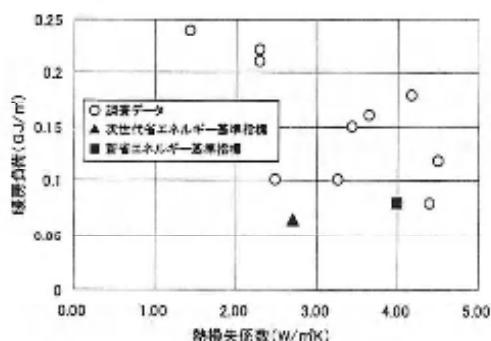


図-10 暖房負荷と夏期日射取得係数との関係

住宅が多く、エネルギー消費量が冬期に大きくなっているのではないかと思われる。ただし、冬期のエネルギー消費量に加え風呂や炊事で消費されるエネルギーも含まれており、今後暖冷房負荷での検討が必要である。

6. 省エネルギー指標の関係

図-11は前報の調査住宅6軒を合わせた計12軒の相当隙間面積と熱損失係数の関係を示している。直線で回帰すると、相関係数 r は約0.86と非常に高くなっている。前報でも相関係数は0.87であることを考えると、熱損失係数を設計図書を基に算出すれば大掛かりな測定をすることなく相当隙間面積を推測することが可能

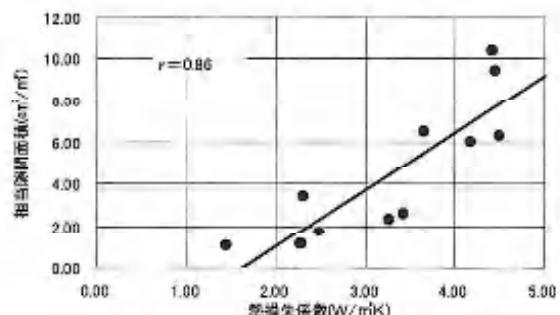


図-11 相当隙間面積と熱損失係数の関係

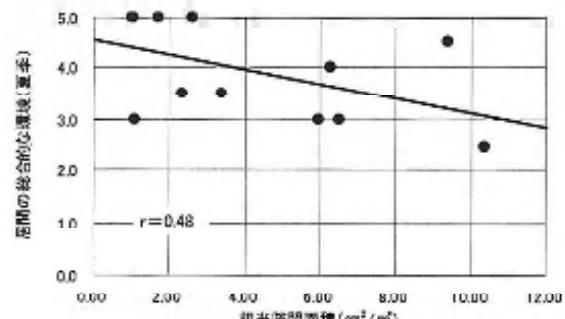


図-12 夏期の居間の総合的な環境に関するアンケートと相当隙間面積の関係

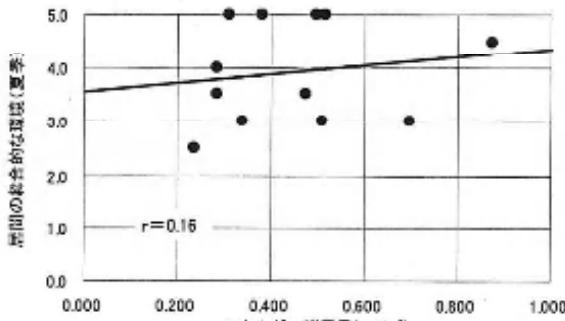


図-13 夏期の居間の総合的な環境に関するアンケートとエネルギー消費量の関係

であると思われる。この他に夏期日射取得係数と熱損失係数、相当隙間面積との相関係数はどちらも 0.66 程度と若干小さくなっている。

単位床面積当たりのエネルギー消費量と日射取得係数、熱損失係数、相当隙間面積との相関係数はそれぞれ 0.43, 0.12, 0.001 であった。日射取得係数が大きくなるとエネルギー消費量が少なくなっているので、日射の有無は比較的冷暖房の on-off 行為に関連するものではないかと思われるが、壁や隙間からの熱損失に対しては鈍感であると思われる。

図-12 と図-13 は夏期の居間の総合的な環境に関するアンケート結果と相当隙間面積、単位床面積当たりのエネルギー消費量との関係を示している。相関係数はそれぞれ 0.48 と 0.16 と小さく、特にエネルギー消費量と夏期の居間の総合的な環境との相関は非常に小さくなっている。エネルギー消費量が多いと居住者の居間の環境評価は良くなると思われたが居住者の快適な温度範囲が異なることや、ランニングコストに対する意識の違いなどがあるためではないかと思われる。

この他に夏期の居間の総合的な環境に関するアンケートと省エネルギー基準の各指標についての相関や、冬期の居間の総合的な環境と省エネルギー基準の各指標についての相関についても同様の比較を行ったが、これらについても高い相関は見られなかった。

7. まとめ

前回と今回の調査で以下の知見を得ることができた。

- 1) 次世代省エネルギー基準の指標である熱損失係数、夏期日射取得係数、相当隙間面積については、前報と同様に次世代プレハブ住宅、計画換気住宅と RC 造住宅で基準値以下であり、木造住宅では基準値を上回っていた。今回の調査地域ではプレハブメーカーや設計事務所の省エネルギーに対する高い意識がうかがわれ、住宅性能は改善している。
- 2) 多くの住宅で冬期の居間と洗面所の温度差が 7~10°C あり、入浴時にヒートショックを感じるのではないかと考えられる。計画換気住宅では居間の温度より洗面所の温度を高く保つ工夫が施されている。特に老人が居住する住宅ではその配慮が必要である。
- 3) 1 年間のエネルギー消費量は全国平均を上回っている住宅が多い。冬期のエネルギー消費量は夏期のエネルギー消費量より大きい、暖房設備水準の向上、あ

るいは暖房時の設定温度を低くする配慮が望まれる。4) 相当隙間面積と熱損失係数とは 0.86 の高い相関が認められた。このことから大がかりな調査を必要とする相当隙間面積を、設計図書から計算できる熱損失係数から推測できそうであることが分かった。

【謝辞】

この研究を進めるにあたり、対象住宅の方々には大がかりな気密性性能試験や長い期間にわたる温湿度測定では大変ご迷惑をおかけしました。また、住宅の設計図書を提供していただきましたプレハブメーカー、工務店、設計事務所の方々にも設計図書について何度も丁寧に説明をしていただきました。

ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 山下俊雄・田中三雄：次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と温熱環境に関する調査研究、有明工業高等専門学校紀要第 39 号、平成 15 年 1 月発行
- 2) 財団法人 建築環境・省エネルギー機構：住宅の次世代省エネルギー基準と指針 第 2 版、平成 12 年 9 月発行
- 3) 長谷川善明・井上隆：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究、日本建築学会環境系論文集 No.583、平成 16 年 9 月発行

機械工学科1年次における機械基礎実習への新たな試み

—実践的な創造性を育てるために—

松川真也・明石剛二・大山司朗・上原 弘

多田隈秀憲・坂口 誠・木下正作・河村英司

<平成16年10月4日受理>

A trial of Machine Shop Basic Practice in the First Year
— to Educate Engineers with Practical Skills and Creativity —

MATSUKAWA Shinya, AKASHI Koji, OYAMA Shiro, UEHARA Hiroshi, TADAKUMA Hidenori
SAKAGUCHI Makoto, KINOSHITA Shosaku and KAWAMURA Eiji

The department of mechanical engineering affords the students technical knowledge by lectures and many exercise, and the students spend a lot of school hours on experiments, workshop practices and mechanical design. In order to educate engineers with practical skills and creativity, staffs of the department of mechanical engineering discussed the "Monodukuri" education from the viewpoint of Hardware and Software, and reached to make the educational program satisfactory by the improvement on the educational facilities and the curriculum. Machine shop practice as required subjects is taught from the first to the third year in order to accomplish basic subjects concerning mechanical engineering. In particular, mechanical shop creative practice in the third year is given to educate the students that equipped with creativity within practical skills nurtured through manufacturing. Further, for this education goal is accomplished certainly, it is necessary to be trained up through their student's untiring efforts from lower years. Newly, a trial of machine shop basic practice in the first year is carried out, the point of improvement is to make much of consideration, questions and answers in report of machine shop practice.

1. はじめに

平成16年4月、独立行政法人国立高等専門学校機構が設置され、全国の55の国立高等専門学校が1つの組織となった。そもそも、高専の教育目標は「深く専門の学芸を教授し、職業に必要な能力を育成すること」であり、実践的なエンジニアの育成を目指してきた。さらに、各高専における専攻科の設置も進み、より高度な知識を持つエンジニアの育成も可能となってきた。

すでに報告^{1), 2)}したように本校の機械工学科においても、創立以来、さまざまカリキュラムの改定や設備の更新などが行われてきた。

平成13年5月より約6ヶ月をかけ、機械工学科棟および機械実習工場の改修が行われた。改修にあたり、ものづくりを常に念頭において、いかに学生が利用しやすく、ものづくりへの興味が沸き、さらに自分自身の手で「もの」を作ることにより創造性を

養うことができるような場にするか検討を重ね、ハード面の充実が図られた。

また、ソフト面の充実を図るためのカリキュラム改定も行い、一貫したものづくり教育が達成できるような編成を進めている。

平成14年度より機械工学科の3年生の実習を創造実習としてカリキュラムの変更を行い、後期に創造性育成を目指したテーマの設定を行った。

一方で、1年次の実習は機械工学に対する興味を実験することで深め、今後の授業に対する動機付けをも行うものである。また、2年次の「機械基礎実習」や3年次の「機械創造実習」の基礎となる科目である。当然、1,2年次での実習が3年次の実習において創造性を發揮させる基礎となることは疑いもない。そこで、1年次の実習においても、3年次に、より創造性が發揮できるような資質を得ることを目的として、新たな1つの試みを行った。

2. 機械基礎実習

機械工学科における教育課程系統図を図 1 に示す。図 1 に示されるように実習は「機械基礎実習」と「機械創造実習」の 2 段階に分かれている。

平成 14 年度のカリキュラムの改定前までは、1 年次から 3 年次まで科目名を機械実習としており、1 年次および 2 年次においては基礎的な実習であり、安全教育から始まり、各種機械の操作方法および加工方法を習得することが主目的となっている。3 年次では実験的なテーマを加えて実施していた。

カリキュラムの改定後は 1,2 年次では改定前と同様に安全教育および基礎的な実習を身に付けるためのテーマが設定されている。3 年次は機械創造実習として創造性の育成を主に目指したテーマを加えた。

時間的には 1 学年、2 学年において機械基礎実習として通年 3 単位 (90 時間) の授業を実施している。また、3 学年では実習を発展的に展開し、機械創造実習として通年 3 単位 (90 時間) を実施している。

すなわち、1 年次、2 年次、3 年次ともに通年 3 単位の実習を行っており、卒業までに 270 時間に及ぶ実技を通して「ものづくり」の基礎を学んでいる。

1 年次の授業目標は単に機械の操作や加工の仕方を覚えるだけの技能習得が目的ではなく、あくまでも技術者として、製造計画や改善策なども提案できるような能力が身につくものでなければならないとし、1 年次では以下の項目に重点をおいて学んでいる。

- 1) 常に安全面に気配りができる
- 2) 各種機械の名称を学ぶ
- 3) 機械類の基礎的な使い方を習得する
- 4) 各種工具の名称および使用法を習得する
- 5) 各種測定器の名称および使用法を習得する
- 6) 加工手順を理解する
- 7) 常に疑問をもち、その背後に存在する理論を考える習慣を身に付ける
- 8) 報告書としてまとめる能力を身に付ける
- 9) チーム作業において、協調性の大切さを学ぶ
- 10) 精度を確保することの難しさを体験する

機械基礎実習の 1 年次のテーマ・実習内容を図 2 に示す。

また、入学後、初めての実習では、実技に入る前に、ホームルームにおいて事前の安全講習を行って

いる。そこでは、全員に対して一般的な安全教育を実施し、安全の重要性を学ぶ。ハインリッヒの法則を中心に作業時の服装などを含め、具体例を挙げて説明を行う。

さらに、各機械類を用いた作業における詳細な安全教育については、各パートの初めに再度行い、安全作業方法の認識を深める。

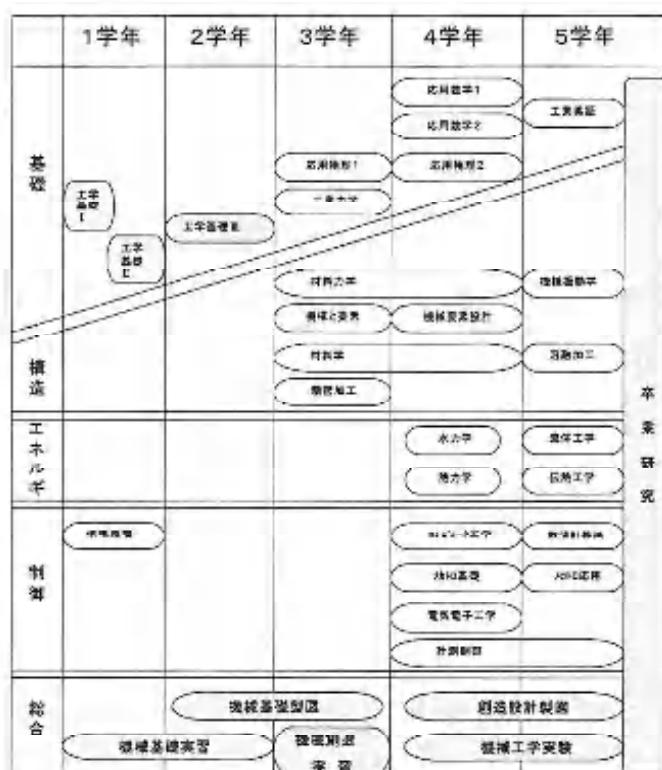


図 1 教育課程系統図

パート	実習内容
旋盤	外丸削り作業、テーパ加工作業、ねじ切り加工作業
手仕上げ	ハツリ作業、ヤスリ作業、ケガキ作業、穴あけ作業、タップ作業、すり合わせ作業
特殊機械	立フライス盤作業、万能フライス盤作業
塑性加工	せん断加工作業、打ち抜き加工作業、曲げ加工作業
溶接・铸造	铸造作業、ガス切断作業、ガス溶接作業、アーク溶接作業

図 2 1 年次の実習内容

3. 実習報告書

1年次の実習において新たな試みとして、実習報告書の有効利用を考えた。機械実習では毎回実習報告書の提出を義務付けている。授業時間は実技のみを行い、報告書の作成は時間外に行い、指定された期限内に必ず提出することになっている。ここで、期限内に提出する必要性を認識させ、1年次より必ず提出する習慣を身に付けることを重点的に指導している。

特に、3年次は機械創造実習として創造性の育成を主に目指したテーマを加え、学生自身でよく考え、創造性を發揮できるような能力を養える科目にする目的として、溶接・旋盤・組み立て・測定の4つのテーマを挙げている。すべてのテーマとも、各自ですべての作業を行うようになっている。すなわち、グループ作業はできるだけ排除し、各自でしっかり考えるような実習を行うようになっている。

評価は技術点およびレポート点の総合とし、製作時の手順や製品の出来により技術点が付けられ、レポート点は、製作時のポイントなどを中心として、各自で考えた事項などを記述させることで評価する。この中には、製作時のミスや考え方なども自己申告されることも行っている。また、1年次においても、5つのテーマ毎に技術点(50%)および報告書(50%)により評価を行い、5テーマによる総計で総合評価を行い、授業の成績としている。

報告書は1年次においてはフォーマットを指定している。2年次、3年次は1年次のフォーマットを参考として、各自で工夫を行っている。図3に現在使用している報告書のフォーマットを示す。基本は製作手順、留意事項、図面、教科との関連および感想であった。最後の項目に質問事項があった。

日付	天候	記録者
実習題目		
実習目標		
使用機械および工具		
製作図または製作工程図		
教科との関連		
作業工程		留意点
感想		質問事項

図3 実習報告書のフォーマット(1年次)

4. 実習報告書の現状

まず、1年次における実習報告書の現状を簡単に述べておく。

実習報告書は家庭学習の中で行われる。そこで、実習報告書作成に要する時間を調査してみた。平成16年度の1年次における、ある調査の実習報告書の作成に要する時間を図4に示す。

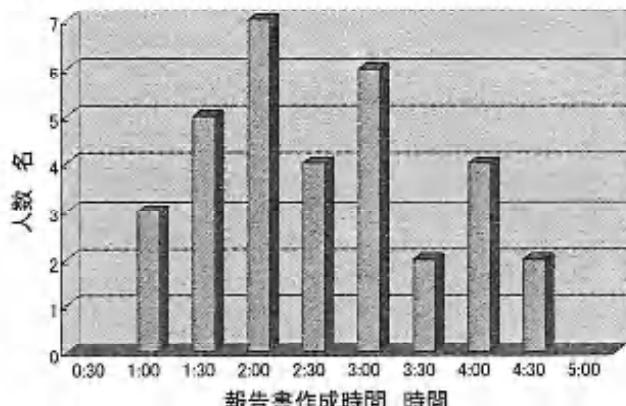


図4 報告書作成時間

図4から実習報告書作成時間はおよそ2時間から3時間を使っている。特に4時間を越える事例も見られる。

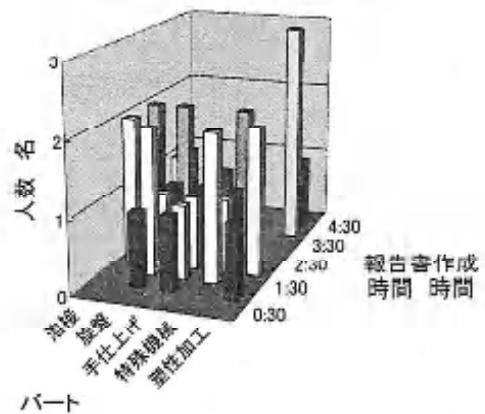


図5 パート別報告書作成時間

図5にはパート別の報告書作成時間を示している。溶接パート、旋盤パート、手仕上げパート、特殊機械パートは、ほぼ同じ傾向を示していることがわかる。一方で、塑性加工パートは他の4つのパートと異なり、作成時間が長いことがわかる。これは、塑性加工パートは実習の中でも実験的要素が多く、理論的な説明も多く、さらに計算も必要となってくるためであると考えられる。

5. 新たな試み

図3に示したように実習報告書のフォーマットには、質問事項の項目もあるが、以前はほとんど利用されていなかった。

高専の特徴である実践的な教育の代表である実習には多くの時間が費やされているが、学生の中にはただ単に、機械の操作を学ぶことだけが目的になっているようにも感じられた。そこで、1年次より必ず毎回質問事項を記入させるようにした。さらに、質問事項を記入するだけではなく、まずは自分の考えを示させることを義務付けた。

平成16年度の1年次の実習では、ほぼ100%質問事項の記載があり、そのほとんどには簡単ながらも自分の意見を示すことができるようになった。自分の意見を述べるために、まずは参考図書やインターネットを利用した検索などを行う学生の数も増えており、自分で調べるという習慣が付き始めている。また、HPを見ることにより、実社会の姿や問題点などもわかり、より機械工学に対する興味も沸いてきている。本年度は2年次でも継続的に指導していく予定である。

機械実習担当教員は、学生が調べた結果がほぼ振りのない場合のみ、補足説明などを記述し、考え方などが正しいことを回答として示す。完全に方向性が誤っている場合や調査などが不十分な質問事項には直接回答を示すのではなく、ヒントを与え、再度各自で調べるなどの努力をさせている。その結果、後期には「どのような調べ方を行えばよいのか」、「どのように考えればよいのか」を身につけている。また、実習担当技術職員が実機や実物を示し、質問事項に対するヒントなどを示すことも行っており、より充実した指導が行われている。

1年次は5テーマの実習（旋盤、特殊機械、手仕上げ、溶接、塑性加工）を各15時間実施しているが、15時間終了後、改めて、質問事項を記入させ、その回答を1枚の用紙にまとめさせ、担当職員の追加説明や再説明などを含め追加調査なども行うように指導している。質問事項は1回の実習報告書提出につき、1問以上としているため、1度に複数の質問事項が出されることもある。そこで、5週間分（1パート分）の質問総数に対する各パートの質問数の割合を調べてみた。

図6は、5週間にわたって出された質問数に対する各パート別の質問数の割合を示している。

手仕上げパートは、1年次の実習内容に関しては

比較的馴染みのある作業も多くあり、質問数自体はそれほど多くはない、比較的に実習内容を理解しやすいと思われる。ただし、機械化の進む中で、手仕上げ作業の必要性がどこにあるのかという質問が多く見られる。

旋盤および特殊機械パートの割合は、ほぼ同じである。また、塑性加工および溶接パートでの質問割合が高くなっていることがわかる。

図7は質問事項を大分類したものを見ると、溶接パートは学生にとって非常に興味があり、実験することによって生じる技術的な疑問などに関する質問事項が多くなっている。

塑性加工は、計算式の意味などをなかなか理解できていないと思われる質問事項が見られる。これは、1年次では計算式の意味や背後にある理論などを考える習慣がなく、単に結果を導くための手段としてしか見ていないといえる。

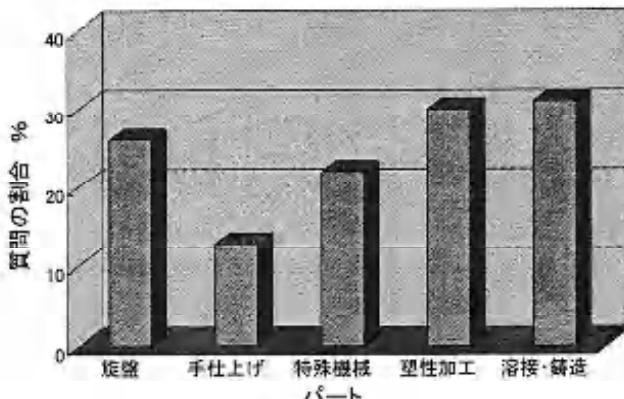


図6 5週間にわたって出された質問数に対する各パートの質問数の割合

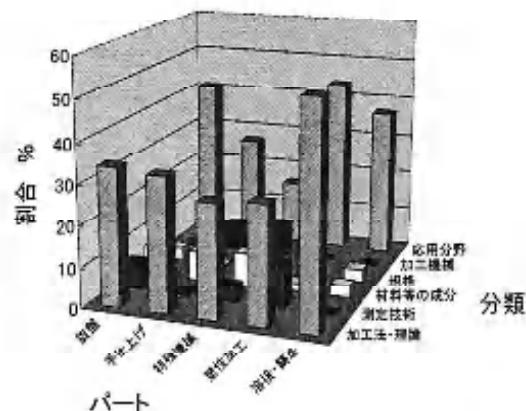


図7 質問事項の大分類

質問事項および指導内容の事例を以下に示す。

a. 旋盤パート

Q: 「逃げ角のないバイトで加工した場合はどのような加工面になるのか？」

A: 旋盤パート担当技術職員が逃げ角のないバイトを作成し、加工を実際に行った。その結果、学生たちは現象を非常によく理解でき、逃げ角の意義を十分に理解できた。

b. 特殊機械パート

Q: 「割り出し作業に使用するインデックスプレートの穴数はどのようにになっているのか？」

A: 実際に使用したインデックスプレートの穴数を確認させ、実際に割り出し可能な数を考えさせる。

c. 手仕上げパート

Q: 「油といしの名前の由来はどこからきているのか？」

A: 最近の本には名前の由来までは載っていないが、図書館にある参考図書には、その名前の由来の記載がある。図書館の利用が有効であることも指導する。

d. 塑性加工パート

Q: 「シリングダーゲージはどの程度の大きさまで測定ができるのですか？」

A: JIS では 400mm までが規定されています。規格 (JIS 等) の大切さを認識させる。また、併せて、ISO の規格も存在することを理解させることができる。

e. 溶接・鋳造パート

Q: 「溶接ひずみをなくす方法は？」

A: まず、なぜひずみが生じるのか考えさせ、その対策にはどのようなことが考えられるかを導く

6. データベースの構築

以上のように、1 年間を通して、質問事項を記述させると学生の着目する点や興味を示す点などが明らかになるとともに、参考図書などに載っていない事項も多くあることが明らかになってきた。

そこで、これらを実習の内容にフィードバックすることも含めて、質問事項をデータベース化する試みを始め、学生がデータベースの検索を自由に活用できるようにする方向で準備を進めている。これは、機械工学科学生のみではなく、機械工学に興味を持つ学生に自由に利用できるようにし、他学科の学生にも機械工学における「ものづくり」の一環を垣間見る機会として利用してほしいと考えている。

さらに、本試みを学会等に報告³を行い、他高専や大学等の関係者にも非常に興味を示して頂いているために、できるだけ早く、インターネットを利用した学外への公開や印刷物としての公開も予定している。

7. まとめ

実践的な教育の代表的な科目である実習・設計製図に十分な時間を確保している高専の特色を活かし、創造性を育成できる教育システムの検討をハードおよびソフト面から行った。

その結果、3 年次における機械実習では、「ものづくり」教育の充実を図ることができたと考えている。

創造性豊かな学生を育てるために、昨年度からは、さらに低学年から与えられた課題を与えられたマニュアルに従い、その結果を単に報告書としてまとめるだけではなく、「自分でなぜそうなるのか」、「テキストに示されている手順が本当に正しいのか」などを考える能力を身につけてもらうため、新たな試みを 1 年次の実習でも開始した。その結果、報告のみであった実習報告書に自分の考えを記入できるようになってきた。来年度には、この試みを実施した学生が 3 年次の機械創造実習を行うことになるが、新たな試みによる成果が期待できると考えている。

今後は、さらに多くの考察および質問事項も記入できるように指導し、質問事項はただ単に疑問点を挙げるのではなく、自分の考え方を述べ、討論する形式で進めるように努力していく。

高専卒業生に対する社会の要求に応えるべく、「ものづくり」教育をより充実させるため、さらに実習の内容を充実していくことは今後も大切である。

文 献

- 1) 松川真也, 猿渡眞一, 上原弘, 明石剛二: 有明高専における「もの作り」教育の充実を図るための改修(ハード)とカリキュラム(ソフト), 日本設計工学会九州支部研究発表会講演論文集, 第30号, (2002),
- 2) 松川・明石・猿渡ほか「機械工学科における「もの作り」教育の充実を図るための改修(ハード)とカリキュラム(ソフト)」, 有明工業高等専門学校紀要 第39号 p63-p68, 2003
- 3) 松川・明石・大山・上原 「高専の特徴を活かした「ものづくり」の実践的創造教育」, 日本設計工学会九州支部第32回研究発表講演会講演論文集, p7-p11, 2004

謝 辞

本研究は、平成15年度教育研究プロジェクトの助成を頂き遂行した。ここに記して感謝の意を表します。

知的障害児のための工房バギー用乗込み型自走車の開発

木下正作・林崎雅哉*・矢山高裕**・安部良昭***・豊増貴史***・川崎義則

<平成16年10月1日受理>

Development of Powered Device Boarded by Buggies for Physically
and Mentally Challenged Children

KINOSHITA Shosaku, HAYASHIZAKI Masaya, YAYAMA Takahiro, ABE Yoshiaki,
TOYOMASU Takashi and KAWASAKI Yoshinori

This report is concerned with a new type welfare equipment for physically and mentally challenged children. Buggies are used to take children anywhere in almost anytime in daily life. However children sitting on buggies can not move independently. Therefore we developed a new wide use type powered device operated by disabled children.

The developed welfare equipment, a new type powered device

- 1) doesn't need any transfer assistance for children.
- 2) can be boarded by almost kinds of buggies.
- 3) can encourage children's sense of independence and play.

1. はじめに

我々は、ここ6年間、有明高専と福岡県立養護学校の共同研究という形で重度知的障害児のための機能回復訓練機器の開発に取り組んでいる。この間、殆ど寝たきりに近い子どもたちのために、①子どもの自立心と遊び心の助長、②より汎用化、この二つをキーワードに自走機を開発してきた。その具体的な成果が①自走車(リキ太力一)^{①, ②}、②立位保持器用自走車(ミフルカー)^③、および③工房バギー用牽引ロボット(シャトル君)^④である。いずれも、現在、養護学校における授業の中でフル稼働中である。

しかし、①と②については、養護学校の先生方に大きな負担となっている移乗行為が存在していることがわかった。そこで、昨年は③工房バギー用牽引ロボット(シャトル君)の開発を行い好評を得たが、しばらく使用してみると、①と②に比べ旋回半径が大きいこと、セットが難しいなどの更なる問題点があることがわかつた。

そこで、今回も毎日多くの時間使用している“工房バギー”(写真1参照)を対象として、児童のもう残存機能(駆動力の能力ではなく、操縦の能力)を生かし、機能回復を図るものである。それは、自走車に工房バギーが直接乗込め児童が操縦できる福祉機器である。小回りが



写真1 工房バギー

動き、工房バギーが簡単に乗り降りができる。しかも、ワンタッチで工房バギーを固定できるなど、ほぼ満足の行く結果が得られたので報告したい。^⑤

2. 開発のポイント

自走車の開発のポイントは、

- ①自走車を操縦することにより、子どもの自立性、遊び心を助長できること、
 - ②どのタイプの工房バギーも、そのままで自走車へ簡単に乗り降りが可能であること、
 - ③工房バギーをワンタッチで固定できること、
 - ④操縦は数種の方法でできること、
 - ⑤外周パンパーにより安全性を十分考慮すること、
 - ⑥小回りがさくこと
- などである。

* 爰媛大学工学部

** 有明工業高等専門学校専攻科学生

***福岡県立福岡養護学校

以上のことをおいて設計・製作を行った。

3. 自走車の設計・製作

①本体フレーム部(図1参照)

本体フレームは、 $60[\text{mm}] \times 25[\text{mm}]$ アルミニウム角パイプ(厚さ2[mm])で井形組合せ構成とした。

接続にはアルミニウム角パイプが空洞のため、カーラー(外径55[mm]×内径11[mm]×厚み21[mm])を角パイプの中に入れ、M10ボルト・ナットを使用して確実な固定ができるようにした。また角パイプの端面には変形しないようにアルミニウム角栓を取り付けた。

小型化を目標にしたため、工房バギーが乗込んだ場合に、隙間がほとんどないスペースのアルミニウム底板($920[\text{mm}] \times 770[\text{mm}] \times 3[\text{mm}]$)とした。

また、車高は乗り降りの容易さと操縦するときの重心の安定度から、地面からアルミニウム板上面までの高さを72[mm]と低く設計した。

②バンパー部(図2、写真2、写真3 参照)

前部バンパーは、本体フレーム前部から突き出したアルミニウム角パイプ25[mm]をガイドとして使用し、鋼棒の先端にアルミニウム板3[mm]を取り付ける。児童の安全性を考え、アルミニウム板前部にはスポンジゴムを取り付けた。更に、ばねを用いて壁にあたった際のショックを吸収するよう配慮した。側面バンパーは、アルミニウムチャンネルを円

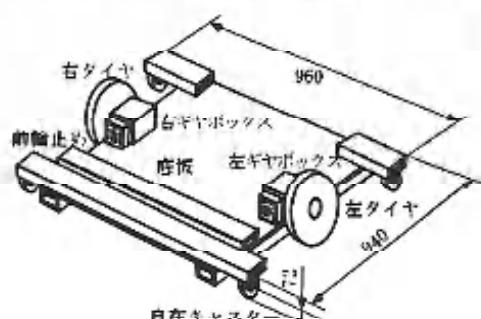


図1 本体フレーム部

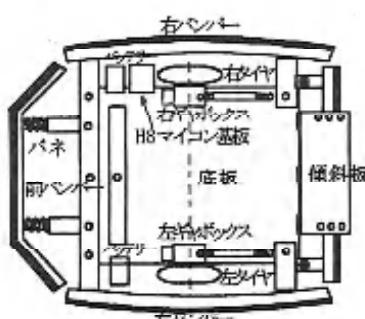


図2 バンパー部

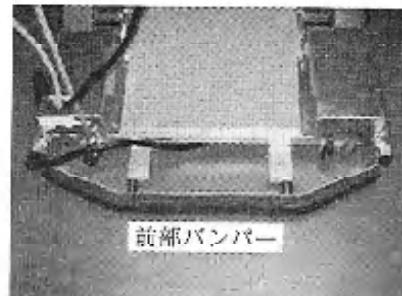


写真2 前部バンパー

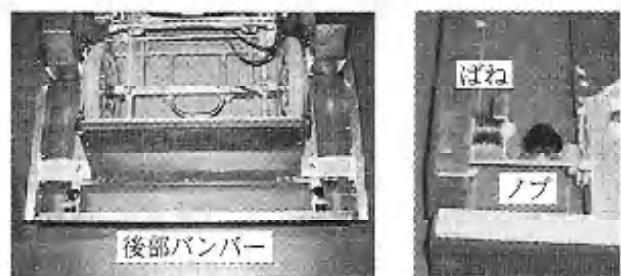


写真3 後部バンバー全姿(左)と着脱部分(右)

弧状に曲げ、衝突時に点接触(接触面を少なく)するように配慮した。また全幅は1020[mm]とした。

それから、乗り降りの際に傾斜板をフロアに設置させることから、後部バンパーは邪魔にならないように着脱ができるように工夫した。当然、ショック吸収用にはねも配した。

③傾斜板部(写真4、写真5 参照)

後方から傾斜板を用いることで、乗り降りを容易にした。この傾斜板の寸法は $630[\text{mm}] \times 250[\text{mm}] \times 3[\text{mm}]$ で、3個の蝶番で固定されている。乗り降りの際に自走車が滑り動かないように、傾斜板の裏側には滑り止めを貼り付けた。この傾斜板は跳ね上げ式で、乗り降り時以外は工房バギーの車輪止めとしての機能を有しており、走行時の安全性を

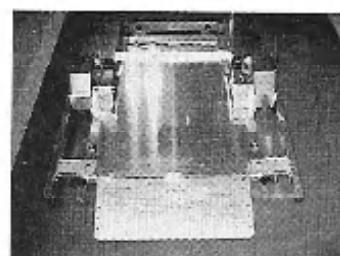


写真4 傾斜板部



写真5 工房バギーの車輪を固定した時の傾斜板(左)
と移乗時の固定用引張ばね・金具(右)

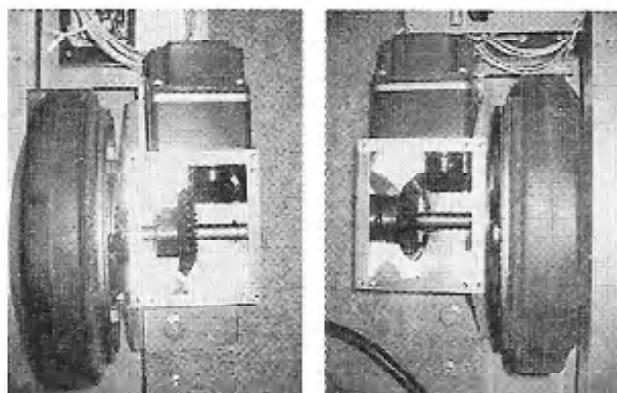


写真6 左ギヤボックス(左)と右ギヤボックス(右)

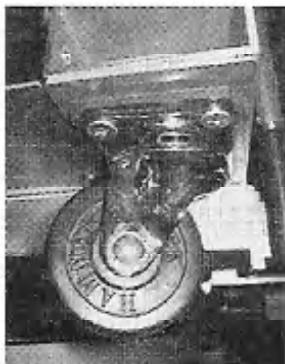


写真7 前部キャスター

考慮して、工房バギーの後輪を引張ばねによって固定するようにした。当然、工房バギーの大きさ(長さ)の違いにより、傾斜板の固定角度も変わるために、止め金具と50[mm]間隔の固定穴により可調整式とした。

④足回り部(写真6、写真7参照)

Φ250[mm]のタイヤを2個、高さ65[mm]の自在キャスターを4個取り付けた6輪フロア接地型とした。しかし、フロア次第ではΦ250[mm]のタイヤが浮いた状態になることも考えられるため、後方のキャスター2個が通常では3[mm]浮くような設計とした。前部キャスターには、フレームとの間に厚さ3[mm]のゴムを挟み込むことで、衝撃吸収性を高めた。駆動用のアルミニウム製ギヤボックス(110[mm]×120[mm]×102[mm])は、50[W]ブラシレスDCモータから、減速比が1.5でM2.5のかさ歯車を介しタイヤに動力を伝達する。このDCモータは、正回転と逆回転でブレーキの挙動が異なっており、ギヤボックスを左右対称に配置すると安定した停止が行えない。その解決法として、かさ歯車を左右非対称に配置した工夫により、モータを2つとも同方向に回転させることができた。なお、最高速度は1.14[km/h]である。

⑤制御・電源・操作盤部(図3 参照)

制御にはH8マイコンを用いた。操作盤としては

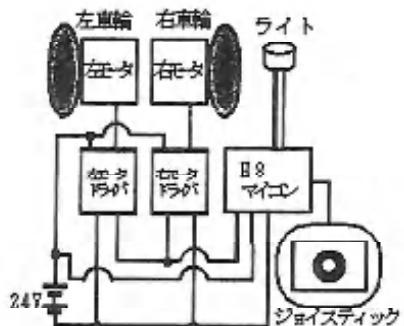


図3 制御・電源・操作盤部の回路概念図

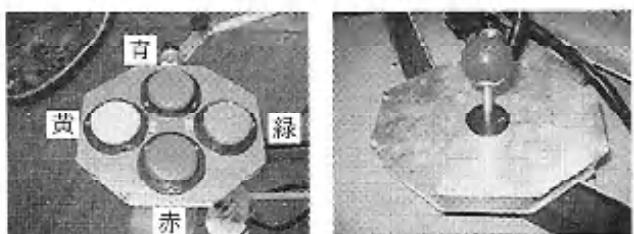


写真8 押しボタン式(左)ジョイスティック式(右)の操作盤

大型ボタン式とジョイスティック式で製作した。児童に合わせて、より操縦しやすい方向に、コネクタで簡単に切り替えることができるようとした。

押しボタンの配置は、4つのボタンがそれぞれ、赤(手前)が前進、青(奥)が後退、黄色(左)が左旋回、緑(右)が右旋回に対応している。児童が一番押しやすい手前側のボタンに前進を配置した。

また、押しボタン式ではうまく操作できない児童のために、ジョイスティック式も採用している。この自走車は、知的障害児の学習面を重視しており、そのため操作は前進、後退、左右各旋回の4動作のみに限定している。したがって、ジョイスティックの入力は4方向のみとし、前に傾けて前進、手前に傾けると後退、右は右旋回、左は左旋回、斜め方向には傾かないようガイドを取り付けた。

それから、扱いやすさを考えレバー部分を60[mm]に延長した。(写真8参照)

また、操作盤は6自由度をもち任意の位置で固定できるように工夫した。(写真9参照)さらに児童の

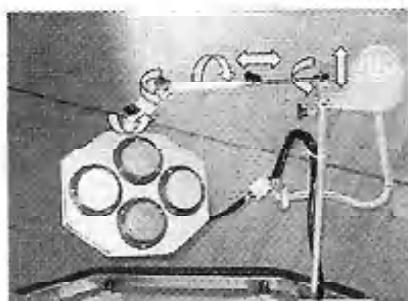


写真9 6自由度の操作盤



写真11 ライト部 図4 進行方向とライト点滅パターン



姿勢等を考慮して、操作盤用支柱パイプを左右の位置に変えられるようにした。(写真10参照)

つぎに、操作盤からの信号経路は、まずH8マイコンに入力され、その信号によりH8マイコンから左右のモータドライバに信号が送出される。それによりモータの回転数が制御されることになる。

それから、旋回方向に応じて支持パイプに固定された円形に配したLEDライトが点滅するように工夫した。目印となるライトは平成14年度の牽引ロボットで好評だったため、本研究でも採用することにした。電源はH8マイコンから直接供給した。

ライト部の内部には、8個のLEDが円周上に並んで納められており、前進を押すとLEDが前方に流れるように順に点滅していく。後退の場合は後方に、右左各旋回の場合はそれぞれ左右に回転するように点滅していく。停止状態では8個全てが点滅を繰り返す。(写真11、図4 参照)

電源は、12[V](8[Ah])の密閉型バッテリを各モータに1個ずつ接続した。(写真12参照)

電源周りの配線は、直列回路と並列回路の切り替



写真12 モータドライバと密閉型バッテリー

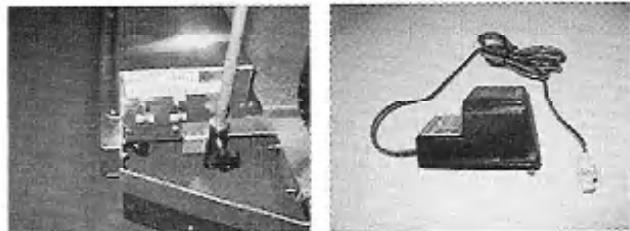


写真13 電源スイッチ(左)とバッテリーチャージャ(右)

え用とH8マイコン・モータドライバへの電力供給ON/OFF用にスイッチを2つ使用した。これにより、双方のスイッチがONの時、直流24[V]電圧をH8マイコン・モータドライバへ供給し駆動状態。双方のスイッチがOFFでは電源停止・充電状態となる。

充電は、1個のコネクターに小型のバッテリーチャージャを接続して、100[V]コンセントから供給するようにした。(写真13参照)

つぎに、H8マイコンの使用ポートとその用途を以下に示す。(写真14参照)

ポートB ピット0,2：左モータドライバへの実際の出力(モータスタート・ストップ、回転方向)

ポートB ピット4,5：右モータドライバへの実際の出力(モータスタート・ストップ、回転方向)

ポート1 ピット0～7：方向表示ランプ用LEDへの出力ポート4 ピット4～7：スイッチへの入力(S1:前進 S2:後退 S3:左旋回 S4:右旋回)

D/Aポート1～0：モーターの速度をアナログ出力

ポートA ピット0,2(テスト用)：左モータドライバへの出力チェック用LED表示

ポートA ピット4,6(テスト用)：右モータドライバへの出力チェック用LED表示

モータドライバとH8マイコンの接続は、モータドライバからのコードをピンソケットに接続して、このピンソケットをH8マイコンのポートに接続している。ポートの接続とピット割り当てを図5に示す。

D/Aポートには、左右モータドライバへの速度制御信号用ケーブルは、ノイズによる誤動作を防ぐ

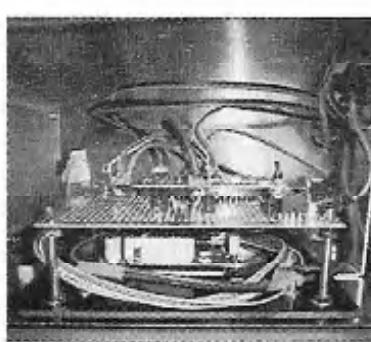


写真14 制御基板

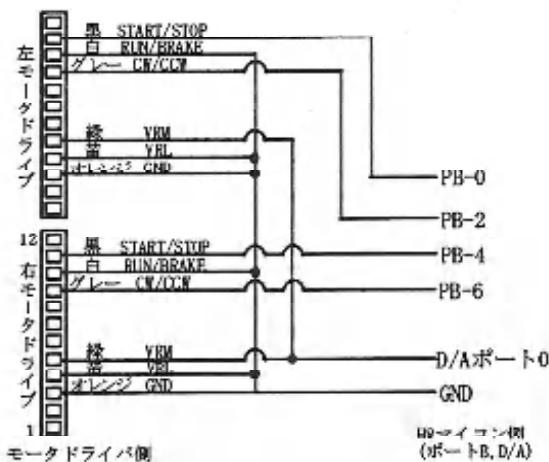


図5 ピット割り当て回路

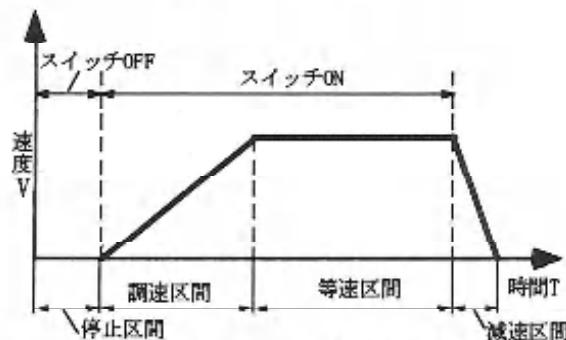


図6 モータの等加減速速度制御

ためシールド線を用いてモータドライバへ出力するようにした。

モータの速度制御方法には、一般的である等加減速速度制御を採用した。(図6参照)

スイッチが押されたのを検出すると、限界速度まで等加速度で加速、それ以降は限界速度のまま等速運動をし、スイッチを放すと等減速度で減速する。この間は児童の混乱を防ぐため、他のスイッチの信号は受け付けないものとした。

⑥各カバー部(写真15参照)

両タイヤとH8マイコン基板にアルミニウム板1.5[mm]でカバーを設置。また、バッテリーも同じくカバーを設置した。

⑦その他(写真16参照)

自走車の底板と傾斜板には、薄目のカーペットとを両面テープとM4のボルトで固定して、工房バギーの車輪が滑らないようにした。また、傾斜板

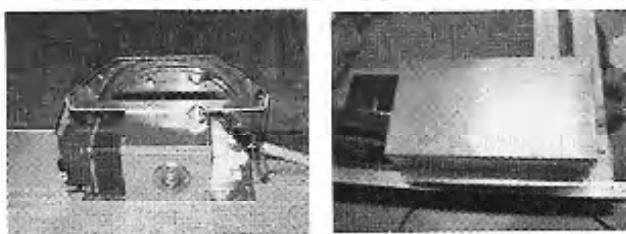


写真15 タイヤカバー部(左)と基板カバー部(右)



写真16 薄日のカーペットを貼った底板と傾斜板



写真17 完成した自走車

の裏にもゴムの滑り止めを取り付けて、移乗時に自走車が動かないようにした。
完成した自走車を写真17に示す。

4. 養護学校での試運転結果(写真18, 写真19参照)

養護学校で、主に使用してもらった3人による試運転の結果、A子さんは、最初押しボタンタイプで操縦を行った。彼女は手を引く力は強いが、押すのは苦手なため、途中からジョイスティック式に変更した。すると、ジョイスティックを傾けて旋回や後退ができるようになり、大変喜んだ。

その他に2人の児童も、それぞれ児童に合った操作盤を選択して自走車を操縦することができた。また操作盤を斜めに傾けたりと様々な状態で固定できるようになったため、児童の操作性は各段に向上したものと思われる。また本研究の主課題である工房バギーの移乗については、円滑に行うことができた。



写真18 試運転中に笑顔を見せた瞬間(左)と上手くジョイスティックを操作したA子さん(右)



写真19 なかなか降りようとしたB子さん

5. 養護学校で使用しての評価

養護学校で使用しての評価として、以下が得られた。

- ①機器を楽しく操縦でき、子どもの自立性、遊び心を助長できたこと。
- ②移乗行為がいらないため、先生と児童の両方の負担減となった。
- ③工房バギーが乗り込んだあと、傾斜板を跳ね上げバギーを固定するのでセットが簡単。
- ④小型コンパクト・パワフルである。
- ⑤そのままの位置姿勢で旋回ができる、牽引自走車タイプに比べて、より小回りができる。
- ⑥バギーと児童に一体感が生れ操縦に、より実感が持てる。
- ⑦大型押ボタンとジョイスティックの両タイプと傾斜板の6自由度により、より多くの児童が使える。このように、今まで開発してきた自走車に比べ、さらに遊び心が助長されることが期待されよう。

6. おわりに

今回は、乗込み型自走車の開発を行って、当初の狙い通りに先生と児童の両方の負担減やセットが簡単で小回りが効くなど、所期の目的を達成すことができた。従って、大枠で理想に近い自走車が完成したと考えている。

ところで、乗込み型自走車を納入して1月後に、養護学校の先生方と打合せを行った際、「屋外で児童を自走車に乗せて、太陽や自然の風や匂いを感じさせたい」との強い願いを聞いた。室内用に開発した自走車を足回りなど、すべてを強化した屋外用自走車の開発という新たな課題をいただいた。

今後も、彼らが遊びながら得られる刺激により、児童の心身共の機能回復が確実に改善されることを期待している。

最後に、本研究を進めるうえで、本校の機械工学科高橋将徳先生はじめ教育研究技術支援センター機械工学系技術班の技術職員の方々には、多くの場面で暖かいご指導ご協力をいただき心よりお礼申し上げます。

なお本研究は筆者の一人木下に対する平成15年度科学研究補助金(奨励研究、課題番号: 15919113)の助成を受けて行なわれたことを付記します。

参考文献

- 1) 木下正作,川寄義則,岩井善太・子供の自発的動作・運動を促進する障害児の機能回復訓練用自走車の開発,日本機械学会九州支部第54期総会講演会論文, No.018-1, 259-260, 2001
- 2) 川寄義則,木下正作: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,論文集「高専教育」, 第24号, 127-132, 2001
- 3) 川寄義則,木下正作:知的障害児の自立性と遊び心の助長を目的とした立位保持器装置の開発,論文集「高専教育」, 第25号, 109-114, 2002
- 4) 木下正作,川寄義則:有明高専における福祉機器開発から2題, 平成15年東京大学総合技術研究会論文, 1-25-27, 2003
- 5) 木下正作,川寄義則:移乗動作に着目した知的障害児のための自走型福祉機器の開発, 平成15年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告集, 1-006, 2004

剛性の低い工作物の高精度切削加工

—アルミ薄肉加工の場合—

田口紘一・明石剛二

<平成16年10月4日受理>

On the Accurate Machining of Thin-walled Parts

TAGUCHI Koichi and AKASHI Koji

On semiconductor equipment, it is often necessary that the part with thin-wall is used. However, the low accuracy of machined these parts become a trouble in the manufacturing industry.

Purposes of this study are the following three points:

- 1) Getting to the trend of deformation on thin-walled cutting
- 2) Making it clear that the deformation is influenced by the cutting thrust force
- 3) Showing that it is possible to reduce the amount of deformation in the case that cutting condition and tool design are appropriate

As a result, it became clear that the finished thickness is increasing at the central point of disk. And, the amount of deformation is under the influence of the cutting thrust force. If the rake angle and cutting depth are set on the most suitable conditions, the cutting force component to the direction of back plane can become to zero.

1. 緒言

この研究は、地元企業においてアルミの半導体装置の中で薄肉部品があって、加工後の変形に苦慮しているとの相談があり、基礎的な実験を試みたものである。

研究目的は、①薄肉削りにおける変形の傾向を把握すること、②まず切削背分力の影響を調べる、③切削背分力を小さく、できれば0にできる切れ刃の設計を行なうことである。研究の順序としては目的の③から逆に行なうことになる。

2. 工具形状と切削背分力の関係

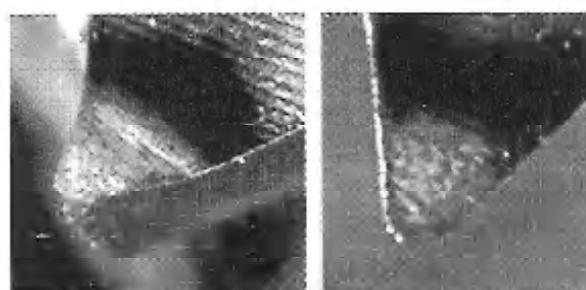
2. 1. 実験装置、実験条件

工具材質はアルミの場合一般には工具との摩擦が小さい焼結ダイヤモンド工具がよく使われている。しかし今回の実験では成形し易い超硬合金K10を主に用い、焼結ダイヤモンドは比較的用いた。

用いた工具チップは3角形アプローチ角0°とした。すくい角は10~30°、すくいの方向を切れ刃に沿う方向(0°)から送り方向(90°)まで変化した。すなわち0°方向とは γ_p が最大となる方向で α_r は0°である。この場合 γ_p =切れ刃傾き角である。90°方向とは γ_p が最大となる方向で α_r は0°である。図1に

工具の例を示す。切削力が小さいので高感度の切削動力計を作製した。

この動力計の構造は、円筒の一部を切り欠き、4方の幅4mm、厚さ2mmの連結部に応力が集中するようにし、そこにはひずみゲージを貼った。図2に外観を示す。1 μ strain/Nの感度を持つ。剛性は6 μm/40N程度である。切削力の測定は直径50mm、材質A-2017T4の丸棒円周面の切削で行った。



コーナー半径：0.2mmすくい角は10°

図1. 使用した工具の例

2. 2. 実験結果

図3にコーナ半径と切削力の関係を示す。コーナ半径を0.5mm以下に小さくしても背分力はそれほど小さくならないことがわかる。また切込みを大き

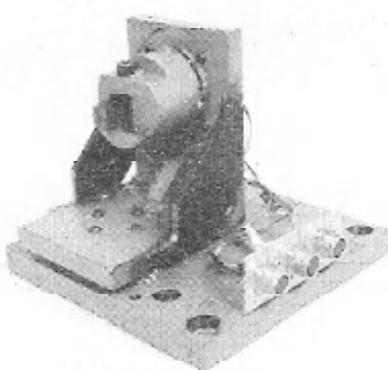


図2. 製作した切削動力計

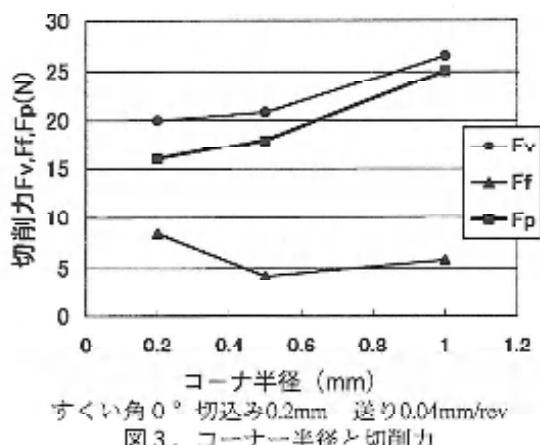


図3. コーナー半径と切削力

くしても同様である（図4）。以降の実験ではコーナ半径を0.2mmとして行った。

図5にすくい角を30°、その最大すくい方向を切れ刃から90°すなわち $\gamma_f=30^\circ$ 、 $\gamma_p=0^\circ$ の場合の切込みと切削力の関係を示す。この場合、切込みに対して背分力はほぼ横ばいになっている。

図6にすくいの方向を0°すなわち $\gamma_p=30^\circ$ 、 $\gamma_f=0^\circ$ の場合を示す。この場合は切込みを小さくするに従い背分力は小さくなり、図の場合切込み0.3mm付近で背分力が0となり、それ以上の切込みでは背分力は負になっている。最大すくいの方向を切れ刃から30°（ $\gamma_f=16.1^\circ$ 、 $\gamma_p=26.6^\circ$ ）にした場合（図7）は切込み0.4mmで背分力0が得られる。この場合の方が図6に比べて主分力や送り分力が小さくなるので、以後は最大すくいの方向を切れ刃から30°の方向にして実験を行った。送りを0.1mm/revに上げても背分力が0となる切込みは同じである（図8）。

図9はすくい角を20°に減らした場合である。背分力の0となる切込みは0.5mmと大きくなり、その時の主分力は約35Nとすくい角30°で背分力0の場合に比べてかなり大きくなる。すくい角を10°にした場合、背分力が0になる切込みと主分力はさらに大きくなっ

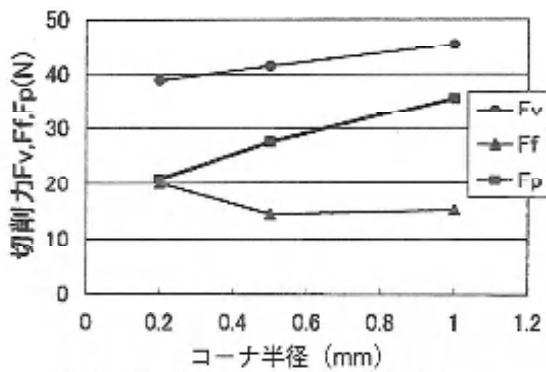


図4. コーナー半径と切削力

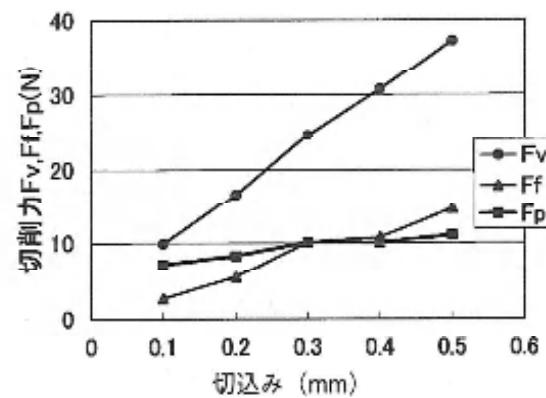


図5. 切込みと切削力

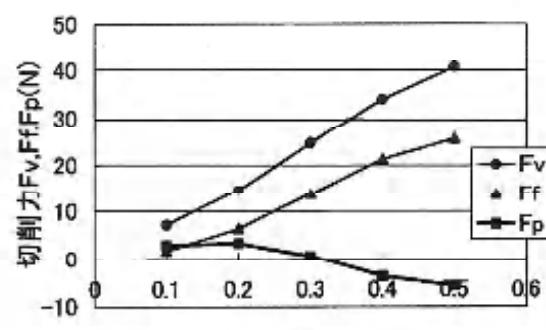


図6. 切込みと切削力

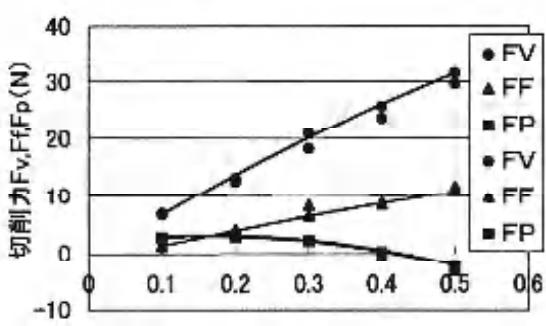
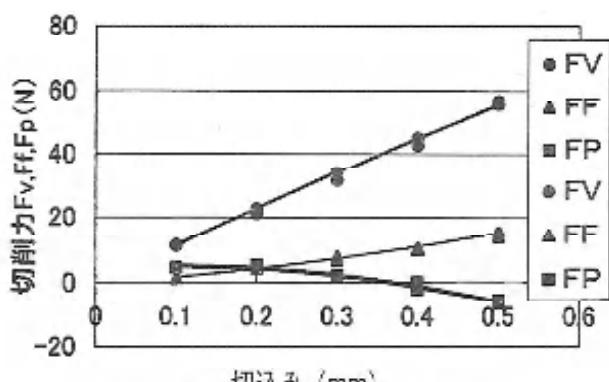
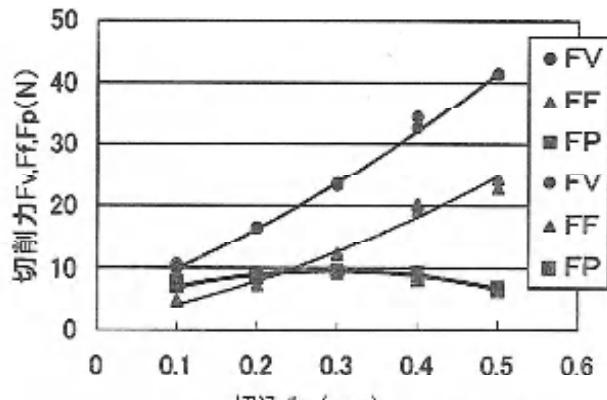


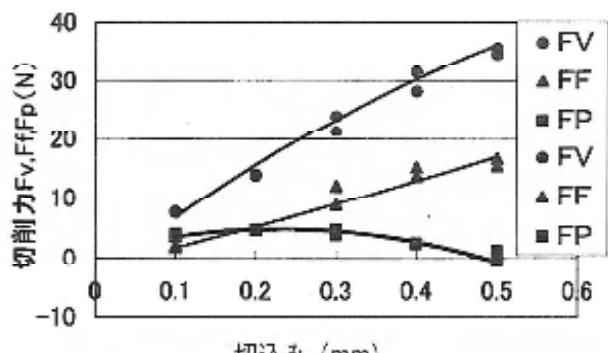
図7. 切込みと切削力



すくい角30° 最大傾斜方向90° 送り0.1mm/rev
図8. 切込みと切削力



すくい角10° 最大傾斜方向30° 送り0.05mm/rev
図10. 切込みと切削力



すくい角20° 最大傾斜方向30° 送り0.05mm/rev
図9. 切込みと切削力

ている（図10）。

3. 薄肉円板加工実験

3. 1. 実験方法

図11に薄肉円板加工の試験板取付け概要を示す。試験板に厚さ6mm内径100mmの補強円板をM3のねじで取り付け、それを旋盤のチャックでつかまれた取付け台に同じくM3のねじで取付ける。補強板をつけた理由は加工後の全体の反りがある場合に、円板中心を対称にした反りを測ることができるようするためである。取付け台には直径100mm高さ6mmの段差を設け、円板を加工中裏面は切削力による円板のたわみを支えることができるようとした。

加工方法は、まず、円板の直徑105～125mmの間に試験バイトとは異なるバイトで必要な深さの溝を作り、その溝のところに試験バイトを移動させ、スタート位置とする。切込み量は旋盤の往復台の縦方向位置をダイヤルゲージで測定する方法で設定した。図12に加工の様子を示す。工作物材料はジュラルミン板(A2017T、厚さ3mm)、加工条件は、主軸回転数：420rpm、送り0.05～0.1mm/rev、切込み0.1～0.4mmである。

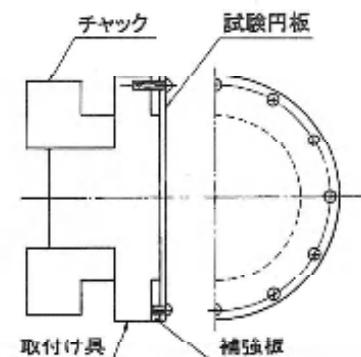


図11. 試験円板取付け具

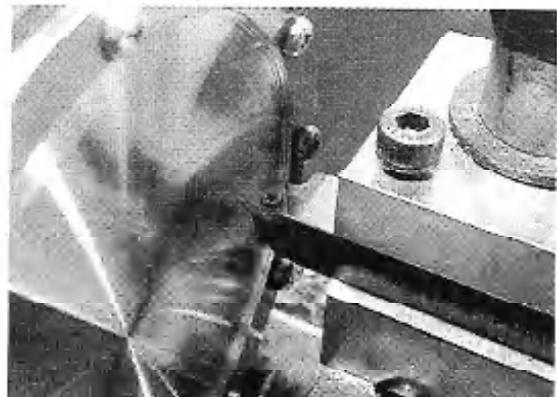


図12. 円板切削状況

加工円板のひずみの測定は、渦電流を利用した非接触式のすきま測定装置を用いた。この測定器はすきま0.6～0.9mmの間で、すきまと出力電圧によい直線性を持つ。係数は0.7mm/Vである。図13に測定の様子を示す。図14に、すくい角30° 切込み0.4mm、送り0.05mm/revの場合において、加工後の板厚と裏面（加工していない面）のひずみ変形量の形を示す。図より加工後の板厚が1.8mmまでは変形量は数μmと小さいが、それより薄くなるにしたがい中央が凸に変形している。1mmの厚さの時の変形量は約40μmとなっている。その時の加工面の変形量を図15に示す。加工面

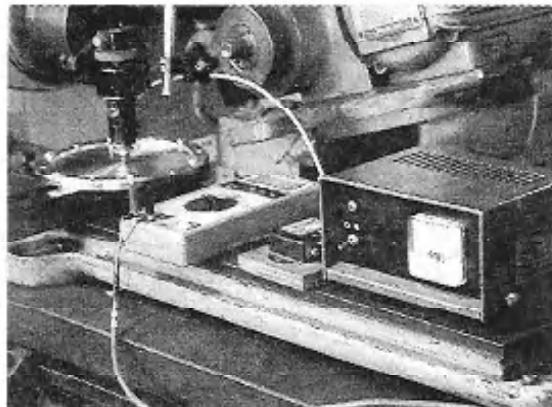


図13. ひずみ測定状況

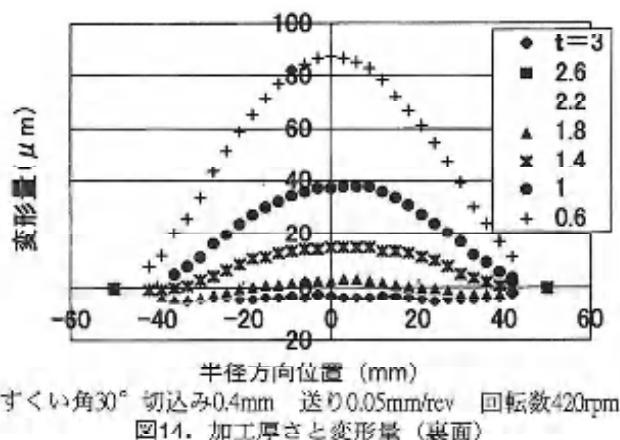


図14. 加工厚さと変形量（裏面）

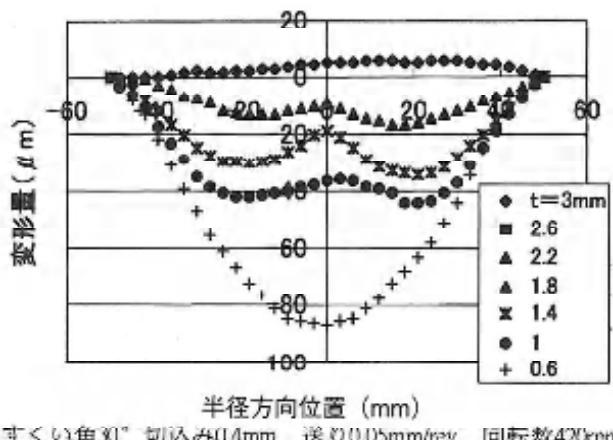


図15. 加工厚さと変形量（加工面）

は板厚1.8mmで、 $17\mu\text{m}$ 程中央が凹に変形している。詳細には最中心部が凸の形状になっている。

これを図14の裏面の形状と重ねて比較すると、加工後の板厚1mmの場合、中心から半径20mm付近では約 $20\mu\text{m}$ 程板厚が薄くなっているが、中心部では逆に5 μm 程厚くなっていることがわかる。

図16は、切削条件をいくつか変えて厚さ1mmに加工した時の最大変形量を示したものである。切り込み0.4mmの場合、すくい角を10°にすると、30°の場合に比べて2倍以上の変形量になる。すくい角30°の同

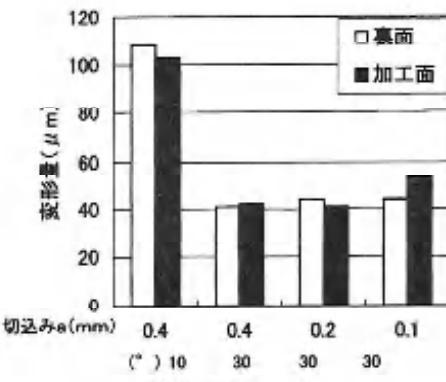


図16. 切削条件と変形量

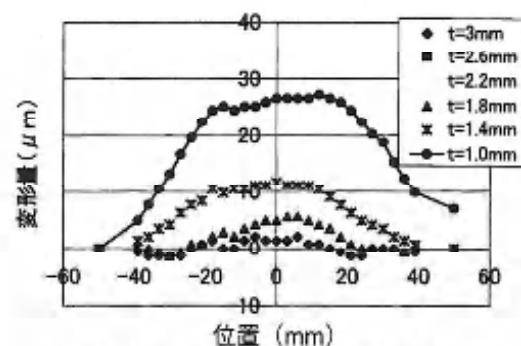


図17. 裏支えがない場合の変形（裏面）

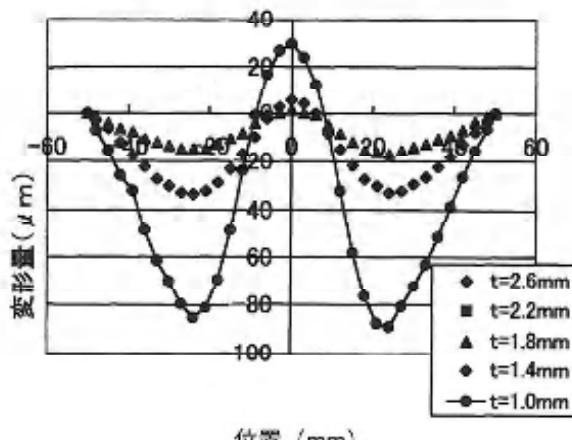


図18. 裏支えがない場合の変形（加工面）

一工具で切り込みを0.2、0.1mmと小さくしても、変形量は小さくならず、かえって若干大きくなる傾向が見られる。これは、切り込み0.4mmの場合は背分力が0であるのに対し、切り込みを小さくすると主分力や送り分力は小さくなるが、背分力は大きくなることが影響していると考えられる。

図17は加工板の裏面に支え板がない場合の、すくい角30°、切り込み0.4mmの加工条件で加工した後の裏面の変形量を示したものである。加工後の厚さを1mmまで加工したときの裏面の変形量は $30\mu\text{m}$ と小さいのに対し、図18に示す加工面側は、最も深いところで $90\mu\text{m}$

μm 、中心部は $35\mu\text{m}$ の絶対値量の凸部が残っている。

図19は焼結ダイヤ工具（すくい角 5° ）を用いて切削した時の切込みと切削力の変化を示す。

超硬合金工具に対して、切削力は全般に小さく、特に送り分力は非常に小さいことがわかる。背分力はすくい角が 5° と小さいので切込みに対してほぼ一定の値となっている。

図20は、この工具で薄肉円板加工（裏面支え方式）した場合の、裏面の変形の様子である。

切削後の厚さ $t = 1\text{ mm}$ の場合の方が、 1.8 mm の場合よりも変形量が少なくなってしまっており、想定できない何らかの条件異変が生じた可能性があるが、 $t = 1\text{ mm}$ の場合を除いて、 t が 1.4 および 1.8 mm の場合について、超硬合金工具での加工で最も結果がよかつたすくい角 30° 切込み 0.4 mm の場合（図14）と比較してみると、両者はほぼ同じレベルの変形量とみることができる。

図21は加工面側の変形量であるが、これも超硬合金の場合（図15）と比べて、特によいとはいえず、やはり同じレベルということができる。

しかし、焼結ダイヤの工具形状はすくい角が 0° であり、超硬合金で同じ条件で加工すれば、はるかに大きな変形をもたらす。

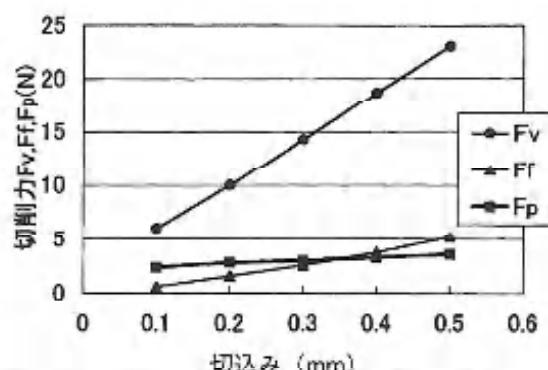
工具材を焼結ダイヤにすることによって、切りくずと工具すくい面の摩擦が大幅に減り、切削力が減少することによって工作物の変形が小さくなると考えられる。

4. 結言

1. パック方向すくい角と切込みを大きくとることによって背分力を 0 にする条件を設定することは可能である。

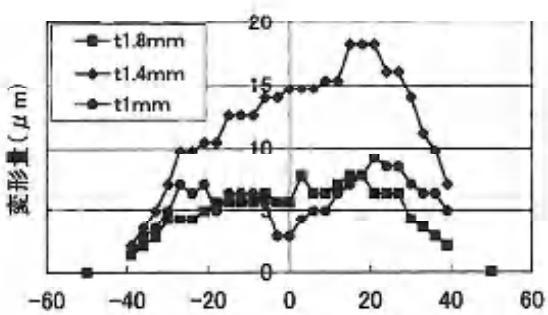
2. 薄肉削りによる変形は、工作物の裏面の変形形状から、中央部が裏面に凸になる変形が見られる。また、加工面側の形状から中央部が切り残しのため厚くなる傾向が見られる。

3. 切込みを小さくした場合、送り分力や主分力が減少するにもかかわらず、加工後の変形量はほとんど変わらなかつたことは、背分力の影響を大きく受けていることが考えられる。

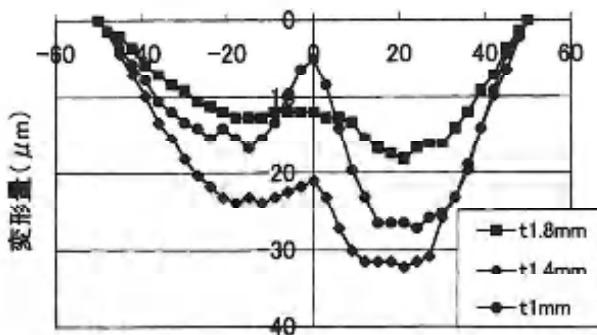


工具材焼結ダイヤ すくい角 5° 送り 0.04 mm/rev

図19. 切込みと切削力



すくい角 0° 切込み 0.1 mm 送り 0.05 mm/rev
焼結ダイヤ、裏面
図20. 半径位置と変形量



すくい角 0° 切込み 0.1 mm 送り 0.05 mm/rev
焼結ダイヤ、加工面
図21. 半径位置と変形量

総合研究棟オープンスペースにおける 校内 LAN 利用に関する検討

松野 良信・堀田 孝之

<平成16年10月4日受理>

Study of the Usage for Campus LAN System at the Open Space in General Research Building

MATSUNO Yoshinobu and HORITA Takayuki

In March 2003, the Open Space was designed in the lobby in General Research Building. The Open Space has a lounge. Electric outlets and LAN jacks are installed in the counter tables. Moreover, wireless LAN access services are provided in the lobby. In this paper, a survey of the usage for Campus LAN System at this Open Space and the administration system is described.

1. はじめに

近年、一般にも無線 LAN のホットスポットなど、開かれた空間におけるネットワーク利用環境が提供されてきている。有明高専においては、平成15年3月に、専攻科と地域共同テクノセンターからなる総合研究棟が竣工し、比較的広いロビーが作られた。このロビーには、カウンター形式の机と椅子等が整備され、机には電源コンセントと情報コンセントが用意されている。また、ロビーの天井裏には無線 LAN のアクセスポイントを設置するための電源コンセントと LAN ケーブルが敷設されている。このロビーは、その性質上、当然ながらオープンな空間であり、有明高専の学生・教職員はもちろん、地域共同テクノセンタに来られた校外の方々にも開かれたものとなっている。

このような総合研究棟のオープンスペースの LAN 機器の整備は、総合研究棟内の他の研究室等の LAN 機器の整備と同時に行われている。しかし、このようなオープンスペースにおけるネットワーク利用では、研究室等での校内 LAN 利用と異なり、利用者の特定やアクセス管理を行うシステムが必要と考えられる。

本稿では、このオープンスペースにおける LAN について、現在のシステムについて紹介し、考えられる問題点と今後について検討する。

2. 総合研究棟の LAN の概要

総合研究棟は4階建で、2階から4階までにオープンスペースが用意されている。その様子を写真1に示す。写真内の左側のカウンター式テーブルに、前述の電源コンセントと情報コンセントが、写真2のように取り付けられている。また、天井裏には前述のように

無線 LAN アクセスポイント用の電源と LAN ケーブルが用意されている。

これらを接続した現状のネットワーク構成を図1に示す。図に示すように、各情報コンセントおよび無線 LAN アクセスポイントは、校内 LAN におけるエッジスイッチとしての Cisco 社製 Catalyst 2950 に接続されている[1]。

このように、ネットワークの物理的な構成としては、特に目新しいものではなく、閉じたスペースに設置すれば、既設の情報コンセント類と同じように VLAN



写真1：総合研究棟のロビー（4階）

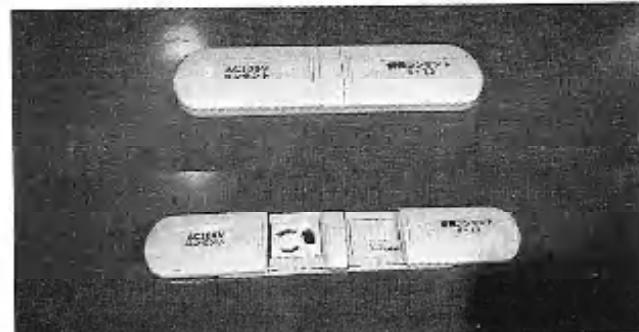


写真2：ロビー内の電源・情報コンセント

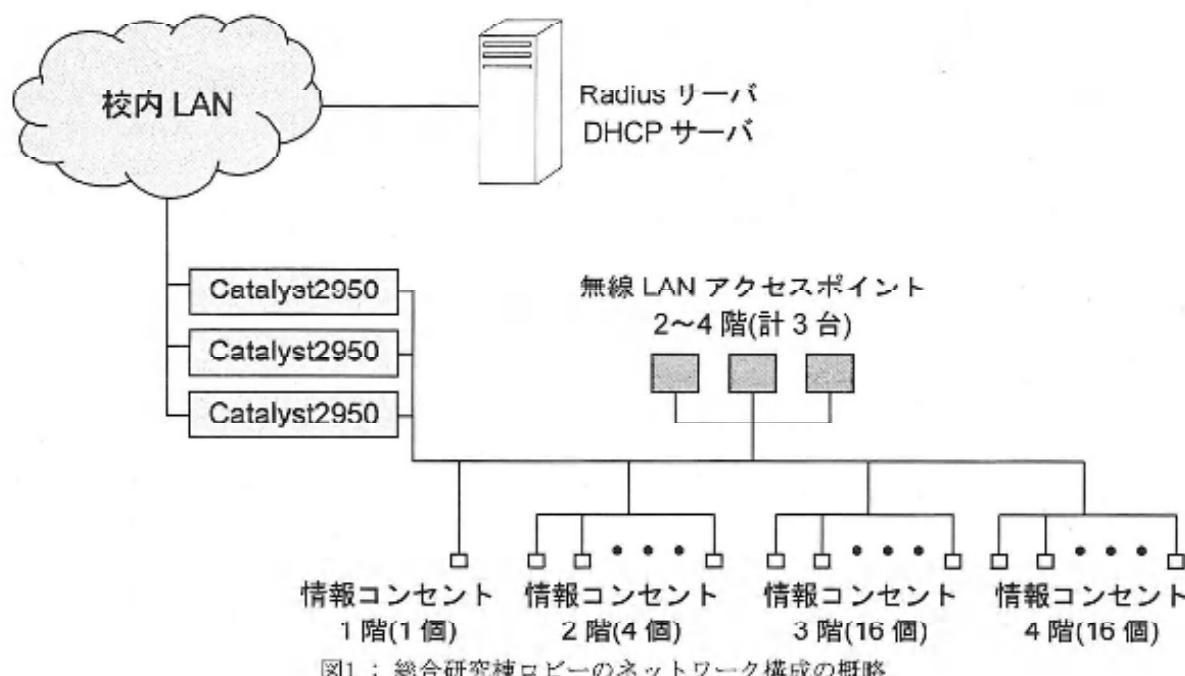


図1：総合研究棟ロビーのネットワーク構成の概略

の設定程度で運用可能と思われる。しかし、オープンスペースであるため、利用方法や管理方法について、ポリシーを含めて検討する必要があると考えている。

3. 現状の運用状況

オープンスペースにおいては、基本的に、オープンスペースのための VLAN を用意し、利用者のホストの MAC アドレスを登録することで、無制限な利用の排除をねらっている。この VLAN では、DHCP によるダイナミックなアドレス割り当てを行う。ただし DHCP サーバは、MAC アドレスによる割り当て制限を行い、登録された MAC アドレスのホストにしかアドレス等を割り当てない。結果として、基本的には登録されたホストのみしか利用できることになる。有線 LAN に関してはこの DHCP による制限だけであるが、無線 LAN では、これに加えて RADIUS サーバと連携した MAC アドレス認証により、クライアントの接続制限を施している。

このような運用では、その管理が繁雑になることは目に見えている。またセキュリティ上も、利用者のなりすましやサービス不能攻撃(DoS, Denial of Service)の可能性等も否定できず、十分とはいえない。そこで、現在のシステムで不十分と思われる点を次に挙げる。

- a) 無線 LAN クライアントは認証を行っているが、有線 LAN クライアントは認証がない。
- b) 無線 LAN 部分の暗号化が弱い。
- c) ユーザレベルの認証が出来ない。
- d) クライアントの利用登録が煩雑である。

まず、a)については、無線 LAN クライアントに対しては RADIUS サーバに登録された MAC アドレスによって、無線 LAN アクセスポイントがクライアントの認証を行い、未登録のクライアントを排除することが可能であるが、有線 LAN クライアントについては、認証を行っておらず接続に関して管理できないことである。DHCP サーバにより、登録された MAC アドレスに対してのみ IP アドレス等の割当を行うことにはしているが、認証とは異なり十分なものとはいえない。かといって、Ethernet スイッチによる、無線 LAN アクセスポイントと同等の RADIUS サーバと連携した MAC アドレス認証の実現は困難な模様である。

つづいて b)については、MAC アドレス認証を用いた場合に利用できる無線 LAN の暗号化としては、標準的な WEP(Wired Equivalent Privacy)が基本となってしまうことである。WEP による暗号化は、厳密性を要求される場合に、十分な強度を持っていないと考えるのが一般的のようである。しかしこの問題に関しては、現在のクライアントの状況を考えると、ある程度仕方のないものとも考えられる。

さらに c)については、アクセス管理に MAC アドレスを用いていることに原因があるのだが、当然ながらクライアント(に取り付けられた NIC)単位での管理となる。登録されたクライアントが厳密にユーザー毎に限定されて利用されていれば特に問題ないと思われるが、異なるユーザーが利用するクライアントの場合やユーザーがクライアントを変更する場合などには、多少管理上の問題が懸念される。

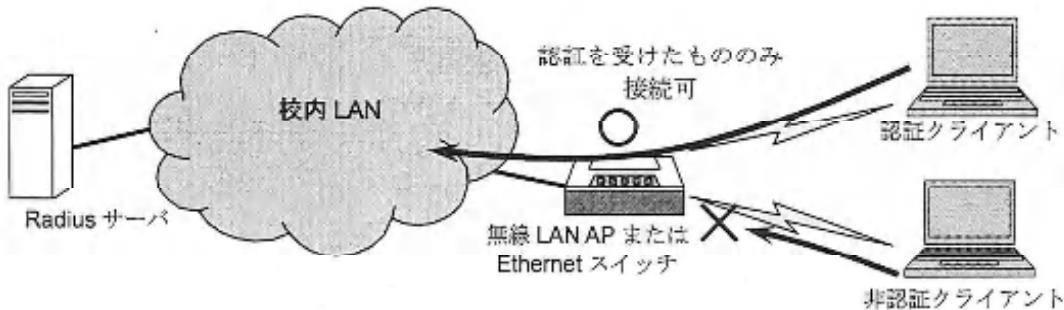


図2：IEEE802.1x認証の概要

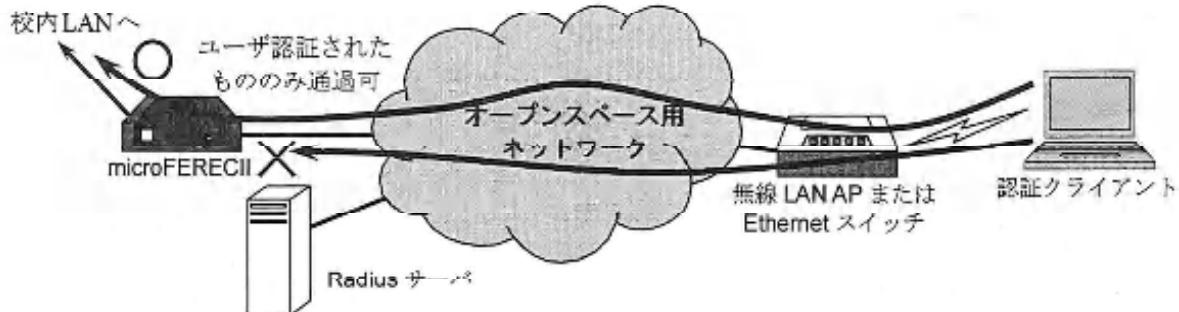


図3：ゲートウェイ認証の概要

最後に d)については、MAC アドレスの登録・管理が RADIUS サーバと DHCP サーバの 2 系統の作業が必要となる。クライアント数が少なければ、大した煩雑さはないかもしれないが、将来的にクライアントが増加する可能性を考慮すると、非常に不安な要素のひとつとなりうる。

4. 新しい認証方式

現状の MAC アドレスによる認証・アクセス管理に加えて、今回は認証方式として次の 2 つについて検討した[2]。

- ・ IEEE802.1x 認証
- ・ ゲートウェイ認証

ここでは、これらの概要について概説する。

4.1 IEEE802.1x 認証

IEEE802.1x による認証は、無線 LAN アクセスポイントによる MAC アドレス認証と同様に、RADIUS サーバと無線 LAN アクセスポイントや Ethernet スイッチにより、クライアントの認証やアクセス管理を可能にする。その概念は、図 2 のように、ネットワークとクライアントの接続点となる無線 LAN アクセスポイントや Ethernet スイッチに上り、認証が取れなかったクライアントを排除し、ネットワークへの接続を制御する。

今回は IEEE802.1x の中でも、認証に電子証明書を用いる EAP-TLS 方式について検討を行うことにした。この方式は、認証用の RADIUS サーバとクライアントの双方に電子証明書を用いており、一般にセキュリティ的に強いとされている。また、EAP-TLS を用いることで無線 LAN 区間の暗号化について、セッションキーの自動生成機能が利用可能となり、従来の WEP による固定キーよりも強固な暗号化が可能である。

なお、IEEE802.1x EAP-TLS を利用するためには、電子証明書を発行してくれる認証局(CA)が必要となる。CA としては、校内専用のプライベート CA を比較的容易に構築できるアイヴィネットワーク社製 IvyRadius 1x Compact を用いることにした。

4.2 ゲートウェイ認証

今回検討するゲートウェイ認証は、図 3 のようにオープンスペース用のネットワークを構築し、このネットワークと校内 LAN との間にゲートウェイとなる機器を設置し、ゲートウェイにより認証とアクセス管理を行うものである。

ゲートウェイとなる機器には、RADIUS サーバと連携した認証が可能な、ネットスプリング社製 LAN アクセス管理システム microFERECHII を用いることにした。microFERECHII は、オープンスペース用ネットワークから校内 LAN へ通信を行う際に、まず Web ブラウザを起動すると、強制的に認証ページが表示され、ユーザ ID とパスワードを入力後に通信が可能となる。これにより、ユーザレベルの認証が実現される。

また、microFERECHII による認証を実現するための RADIUS サーバについては、前述の IvyRadius 1x Compact を用いることにした。

5. 認証方式の検討

前述の2つの認証方式について、実際の動作確認を行った結果を交えながら、現在利用しているMACアドレス認証との比較を含めて検討を行う。

5.1 IEEE802.1x認証について

- まず、その利点として次のようなものがあげられる。
 - ・セキュリティ的に、現在利用できる方式としては、最強に近い。
 - ・適切な機器を選択することにより、有線LANと無線LANの認証が統合できる。
 - ・一度、電子証明書をクライアントに導入してしまえば、認証システムを利用者がさほど意識する必要がない。

これらは、MACアドレス認証と比較して、非常に有利であると思われる。ただし、2004年9月現在では、有線LANと無線LANの認証統合について、Ethernetスイッチの設定方法について不明な点が多く、動作確認には至っていない。

一方、IEEE802.1xを用いる場合の問題点や懸念する点としては、次のようなものが考えられるだろう。

- ・クライアントに必要となるサブリカントと呼ばれるソフトウェアの選択肢が少なく、現実的には利用できるクライアントのOSが、Windows2000かWindowsXPに限定される。
- ・クライアントへの電子証明書の配布やインストールの手間が煩雑である。

今回用いたIEEE802.1x EAP-TLSによる認証は、ユーザレベルというよりもクライアント毎の認証に近いものであると考えられる。もし、今後多くのクライアントでサブリカントが利用できるようになり、電子証明書の簡便な配布方法が確立されれば、MACアドレス認証と置換するのに最適な認証方式と考えられる。ただし、現状では全面的にIEEE802.1x認証を導入するには時期尚早ではないかと思われる。

5.2 ゲートウェイ認証について

つづいて今回考えるゲートウェイ認証には、次のような利点が考えられる。

- ・ユーザレベルの認証が可能である。
- ・Webブラウザさえ動作すれば、クライアントのハードウェア・OS等の制限がない。
- ・RADIUSサーバでのユーザ管理のみのため、運用・管理が非常に楽である。

このように、認証システムの汎用性や運用・管理について大きなメリットがあると思われる。しかし、次のような問題点なども挙げられる。

- ・ゲートウェイで認証・アクセス管理を行うため、図3のオープンスペース用ネットワーク内の通信は無制御となる。
- ・暗号化等のシステムは持っていない。

これらについては、狭い範囲で利用者数が少かい比較的小規模な場合には、大きな問題にならないのではないかと考えている。無線LANの暗号化についても、WEP以外の暗号化はクライアントのハードウェアやOSに対する制限も大きいため、WEP程度の暗号化と併用することで、より現実的になると考える。

しかし、今回のゲートウェイ認証はLayer3レベルの認証となるため、無線LAN等を広域で利用する場合や、有線LANでも多くの場所での運用を考えた場合には、多少不安もある。その際には、オープンスペース用ネットワークの分割や、Layer2以下の認証機能を有する他の認証システムとの組み合わせなどの対応を検討したほうがより望ましいだろう。

6.まとめ

現在、オープンベースの運用に関して、場所が限られており利用者も比較的少数であるため、MACアドレスによる無線LAN認証とDHCPでの割当制限で特に問題は生じていないが、将来的には場所や利用者の拡大を考慮する必要があると考えられる。

今回の検討結果に基づき、当面はゲートウェイ認証を採用し、必要に応じてMACアドレス認証とWEPによる暗号化を組み合わせるのが、現実的であると考える。そして、将来的にはIEEE802.1x等の強力な認証方式の導入の必要があると思われる。また、利用や運用・管理についてのポリシー等の確立も必要であろう。

参考文献

- [1] 松野、堀田、"有明高専におけるオープンスペースでの校内LAN利用に関する検討," 情報処理教育研究発表会論文集, 第23号, pp.118-120, 2003年8月.
- [2] 松野、堀田、"有明高専のオープンスペースにおける校内LAN利用のための認証方式の検討," 情報処理教育研究発表会論文集, 第24号, pp.171-174, 2004年8月.

ロボット大蛇山用画像センサの開発

泉 勝 弘

<平成16年10月4日受理>

Development of Image Sensor for Robot-DAIYAYAMA

IZUMI Katsuhiro

In this paper, the development of the image sensor for Robot-DAIYAYAMA is presented. The hardware consists of a CCD camera with USB interface, a notebook computer, and an interface circuit connected to the sequence controller for the robot. The detection of moving of the human is performed by the difference of the image from old one and by the hue of the image. The output signals of a notebook computer are sent to the sequence controller by using the printer port. This system is available in the JR Omata station.

1. まえがき

大蛇山は大牟田のシンボルとして昔から人々に親しまれ、大牟田観光プラザ内や神社等に展示されている。現在、JR大牟田駅のホームには図1に示す写真のような大蛇山の小型模型が飾られている。同じようにJR長洲駅には産物である金魚の置物が、JR瀬高駅にはキジ車が置かれている。しかし、大牟田駅に置かれている小型の大蛇山模型では存在感が足りないので、もっと存在感のある置物を製作してみてはどうかという話が持ち上がった。こうして、大牟田のシンボルである大蛇山をモチーフにした存在感のある新たな置物を製作しようという計画が生まれた。この計画は、ただ大きさにおいての存在感を出すのではなく、「動き」を取り入れた大蛇山のロボットを製作しようというものである。これは、ロボット大蛇山にカメラを備え付けることにより、人などの動きに反応させて大蛇山の首を振らせたり、目を光らせたりするというものである。

有明工業高等専門学校はこの企画・製作に協力し、高専をアピールすることになった。このために、有明高専では学科ごとに作業を分担し製作を進めていく。機械工学科は本体の土台や機械部分、電子情報工学科はインバータとモーター、建築工学科は大蛇山のフレームおよび山車、物質工学科は大蛇山の外装、そして電気工学科は制御系統を担当する。筆者らは、制御系統の中でも画像処理を担当する。

本論文では、カメラに入ってくる画像の中で人の動きを検出し、これをシーケンサに知らせる画像処理系を開発する。この画像はUSB接続CCDカメラを用いてデジタル信号としてノートパソコンへ取り込み、パソコンによって色相を用いて人の肌色を検出し、これが動いていれば、プリンタポートからON/OFFの信号を出力する。この信号はシーケンサへ送られ、シーケンサがロボット大蛇山を動かす。

2. ロボット大蛇山

ロボット大蛇山の電気系統を図2に示す。大蛇山の首は旋回と起伏用の2個のモーターで動き、このモーターはAC100Vを電源とするインバータにより駆動される。このインバータはシーケンサにより制御され、回転部分に取り付けられた各種スイッチから角度情報を得て大蛇山の首は複雑な動きを行う。今回は3種類の動作を持ち、起動がかかるたびにランダムに切り替えて、見ても飽きないように工夫されている。このとき、大蛇の目やひげの先端に取り付けられた発光ダイオードが点滅して迫力のあるものになっている。また、シーケンサは大型プラズマディスプレイも制御している。このディスプレイには通常各種ニュースやお知らせが流されるが、大蛇山の首が動いている間は大蛇山祭りが流される。



図 1. JR 大牟田駅ホームの大蛇山模型

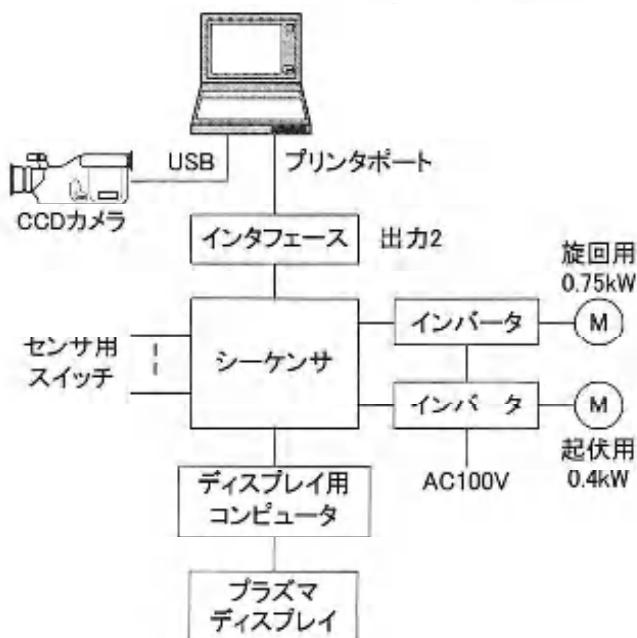


図 2. ロボット大蛇山の電気系

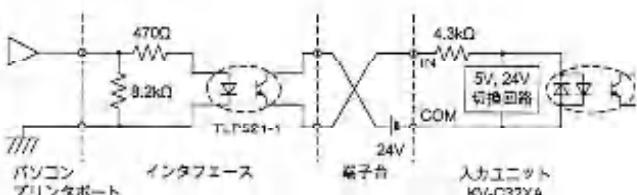


図 3. シーケンサとの接続回路

表 1. インタフェースの信号

プリンタ端子	TLP521-1 出力		内容
	コレクタ	エミッタ	
DATA5	茶	茶白	検出
DATA6	橙	橙白	予備

この動作は画像センサからの信号により開始される。この信号は画像センサ用ノートパソコンのプリンタポートに接続された図 3 に示す回路により電気的に絶縁され、24V 系のシーケンサの入力ユニットに接続されている。このときの接続線を表 1 に示す。

3. 画像センサ

画像センサ用パソコンは JR 大牟田駅に設置して休みなく動作させる必要がある。駅の電源は必ずしも良好なものではなく、かなり不安定であるため、安価なデスクトップパソコンを使用したのでは安定動作は難しい。そこで、電源が不安定でも動作が可能で、小型軽量なノートパソコンを使用する。OS としては I/O ポートの直接制御は出来ないが、安定に動作する Windows XP Home Edition を選択する。以下のプログラム開発では、OS 以外フリーのソフトウェアを使用し、経費を抑えている。

この画像センサは USB 接続の CCD カメラとノートパソコンにより構成されている。画像センサプログラム開発にはフリーの Borland C++ を用いる。これには GUI 開発環境は無くコマンドラインからコンパイラを起動しなければいけないが、Microsoft Visual C++ に匹敵する機能がある。しかし、Borland C++ では直接 Microsoft DirectX にアクセスできないので、Borland 社の DirectX8.0 用ライブラリを間に入れて DirectX にアクセスしている。

Windows 2000 や Windows XP では I/O ポートを直接操作することが出来ないので、Scientific Software Tools, Inc. の DriverLinx Port I/O Driver を用いて、これら OS の制限ユーザからプリンタポートを直接制御している。

カメラからの画像読み取りに使用している Microsoft DirectX9.0b は Windows 用マルチメディア機能を強化するために提供されている拡張 API 群である⁽¹⁾。DirectX は用途に応じて様々な API 群に分かれている。DirectDraw(2 次元グラフィックス)、Direct3D(3 次元グラフィックス)、DirectSound(音声)、Direct3Dsound(3 次元サウンド)、DirectInput(ジョイスティックなどの入力機器)、DirectMusic(ソフトウェア MIDI)、DirectPlay(ネットワーク対戦ゲーム)、DirectShow(大容量マルチメディアデータのストリーミング再生)などが用意

されている。この Direct Show API を用いることにより、簡単に動画像読み取りプログラムの作成を行うことができる。

動体の検出は画像データの差分によって行い⁽²⁾。画像はカメラより 1 フレームの画像データとして取り込まれる。この原理を図 4 に示す。同図において、フレーム [k] を「現在」の画像データとし、フレーム [k-1] はフレーム [k] の一つ前つまり「過去」の画像データとする。フレーム [k-1] からフレーム [k-2] をひくと、この二つのフレームの差分 [k-1]-[k-2] 画像が求まる。次に、現在の画像データであるフレーム [k] からフレーム [k-1] をひくことにより差分 [k]-[k-1] 画像が求まる。この「差分画像」はプログラムでは論理的に 1 か 0 で表している。差分 [k]-[k-1] 画像は k 番目の画像データと k-1 番目の画像データを比較し、変化があった部分だけを残しているので、同図の車のように変化があった部分を 1 とし、図中の背景など動きがなかったものは 0 としている。図では車が重なった状態で 2 台描かれているが、変化があった部分が全て 1 となるので、車の部分は 1 で埋められている。それ以外は 0 で埋められている。こうして出てきた二つの差分画像の論理積は差分 [k-1]-[k-2] 画像と差分画像 [k]-[k-1] で同じ部分を抜き出すということになる。このように動体検出は、現在と過去の差分画像を出し、それらの論理積によって行われる。この結果とフレーム [k-1] 画像から動いているものの画像が得られる。

これを実現するために、そのままフレーム用領域を確保したのでは、フレーム用データの移動が頻繁に発生し高速処理は難しい。そこで、図 5 に示すようにデータ領域を確保する。USB カメラより取り込む画像は frame0 に保存し、これを現在画像とし、1 サンプル前の画像を保存している frame1 との差分画像を求める。この現在画像は 1 サンプル後には 1 サンプル前の画像になるので、画像データの移動ではなく、frame0 と frame1 のアドレスの変更により現在とその前の変更を行っている。差分画像についても同様の処理を行っている。そこで、図に示すように現在どちらが現在画像であるかを現すために変数 mode を用意している。

最終的な検出情報は同図の flag2 に設定している。この flag2 の情報を元に、frame1 から対応するピクセルの値を読み出し次式の色相⁽³⁾により人肌であるか調べて、人肌ならば frame2 に frame1 のデータをコピーしている。ここで、赤、緑、青を R、G、B とし、YCC 色空間を中間変数として、色相を H とする。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

$$C_1 = R - Y \quad (2)$$

$$C_2 = B - Y \quad (3)$$

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \quad (4)$$

人肌部分の割合が閾値を超えると、人が動いたと判断し、シーケンサにプリンタポートから信号を送っている。これらの判断は 0.1 秒間隔で行っているが、シーケンサに信号を送る段階で 0 または 1 の信号が 1 秒より短くならないようにしている。

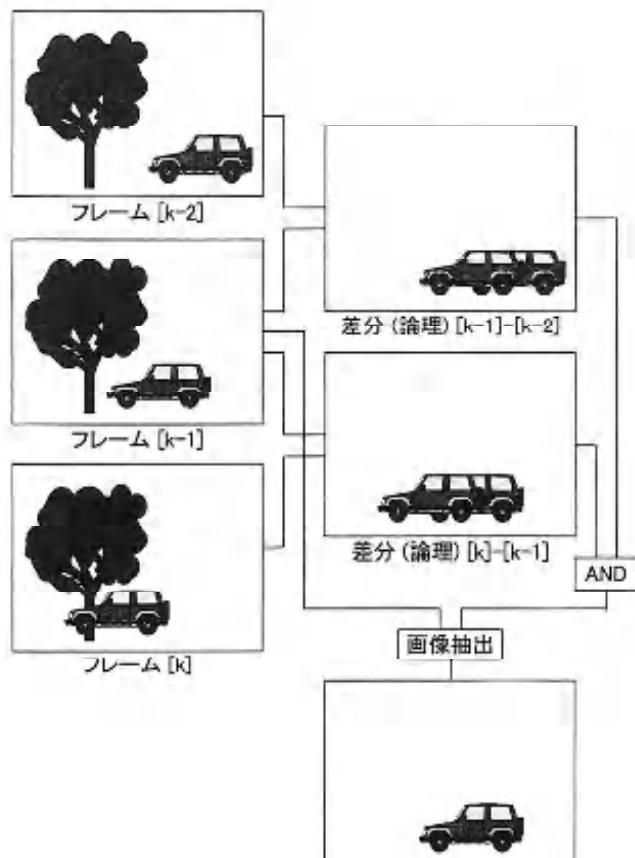


図 4. 動体検出法

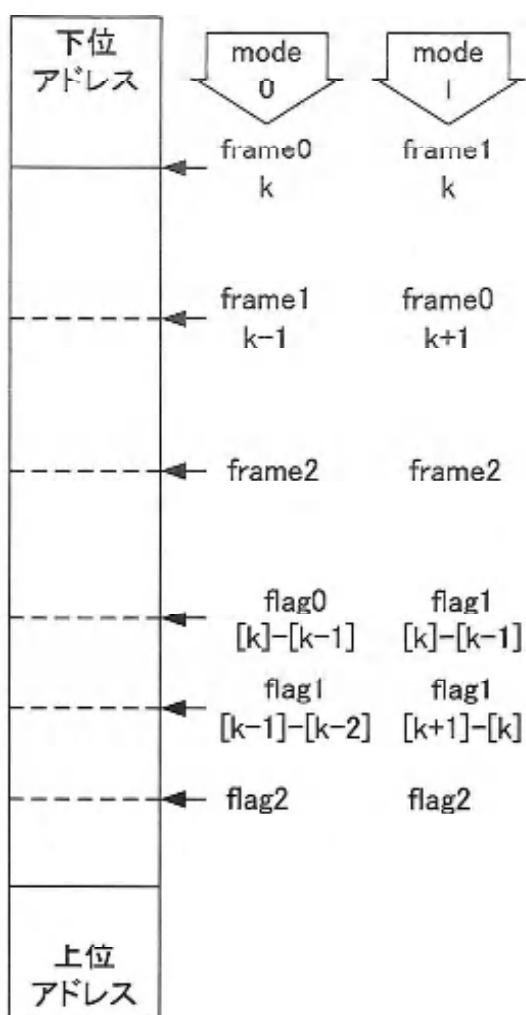


図 5. 動体検出用メモリの使用法

4. 実験

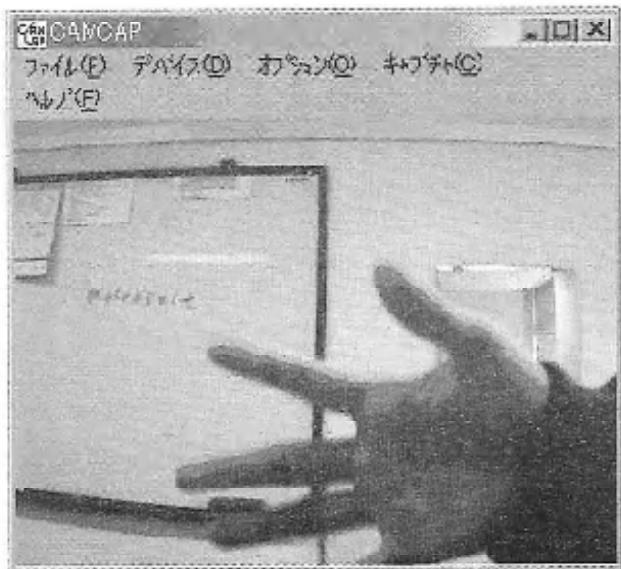
前節において動きの検出について述べてきたが、パソコンにどのように画像が取り込まれるか、USB カメラからの画像をキャプチャしてみる。

図 6 は手を下から上に動かしたときの画像で、上から、現画像、動きが遅い場合、動きが早い場合である。この図は動きのみで検出したものである。

人肌の色相は多数の方の協力を得て調整した。男性では、小学生、20 歳前後、40 歳前後、女性では、小学生、20 歳前後、35 歳前後の色相を調べた。この結果、色相は $2.1 < H < 2.55$ [rad] で肌色とした。

動いた人肌の全体に占める割合の閾値は、長袖をした小学生がカメラから 1m のところを横切ったときにぎりぎり反応するように 0.5% とした。

ロボット大蛇山を各学科で分担して製作し、JR 大牟田駅に設置する前に高専内で最終試験を行った。写真図 7 はこのときの様子である。



(a) 現画像



(b) ゆっくり動いた場合



(c) 早く動いた場合

(d) 図 6. 実験結果

5. むすび

本論文では、カメラに入ってくる画像の中で人の動きを検出し、これをシーケンサに知らせる画像処理系を開発した。このハードウェアはUSB接続CCDカメラ、ノートパソコン、シーケンサとのインターフェース回路から構成した。検出はフレーム間の差による動き、色相による人の肌色で行った。出力はプリンタポートからON/OFFの信号を出力し、シーケンサへ送った。他のプロジェクトメンバーが作成した本体と接続して動作を確認し、JR大牟田駅に設置した。なお、本研究を行うにあたり、卒業研究として協力いただいた西出衣里、吉開利通君には感謝いたします。

参考文献

- 1) "Microsoft DirectX 9.0 SDK 日本語マニュアル", Microsoft, (2003)
- 2) 土井滋貴:「動画処理とWindowsプログラミング」, CQ出版, TRY!PC 2003 Spring (2003)
- 3) 酒井幸市:「Visual Basic & Visual C++によるデジタル画像処理入門」, CQ出版, OpenDesign BOOKS, (2002)

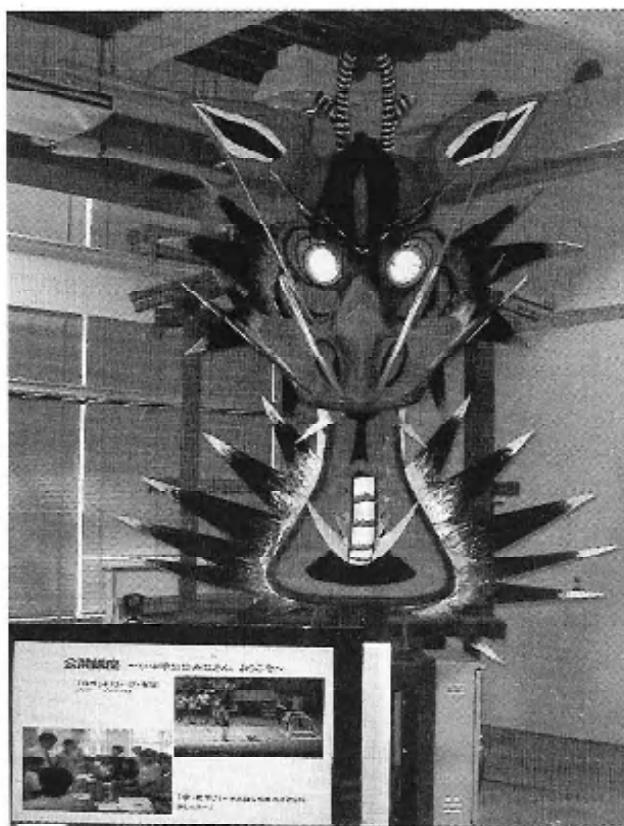


図7. ロボット大蛇山

ロボット大蛇山（ロボ大蛇）の設計・製作

河村英司・吉富貴司・木下三朗・松原征男

＜平成16年9月30日受理＞

Design and Manufacturing of Robo Daija

KAWAMURA Eiji, YOSHITOMI Takashi, KINOSHITA Saburou and MASTUBARA Seio

This report is concerned with design and manufacturing of Robo Daija(Robot Daijyama). Practical activities of manufacturing project in cooperation with regional community are presented here. Contents of this report are shown from a viewpoint of manufacturing technology. We have obtained a lot of technological wisdom through many serious problems that confronted us in this project.

1. はじめに

ロボット大蛇（愛称：“ロボ大蛇”）は、大牟田市のシンボル大蛇川を、有明高専がもつ技術を生かして設計・製作し、市の玄関口 JR 大牟田駅に展示して欲しいとの提案を受け、この春完成したものである。平成15年春結成された「有明高専ロボット大蛇山支援協議会（代表・大牟田商工会議所会頭）」により、市民、事業所などから募金の支援を受け、本校の教職員、学生の手により完成、平成16年の4月28日市民の前にその勇姿を見せた。

本校において、特に民学連携活動としては過去にない大型の製作プロジェクトとなつたが、この約1年間の設計・製作を通して、得られたものは数えきれない。随所に創意工夫の駆使が求められたのはもちろんである。本報告は、今回のプロジェクトの中で特に中心となって活動した技術職員からのロボ大蛇製作についての報告である。

2. ロボット大蛇山の製作

2. 1 ロボット大蛇山の基本設計（完成イメージ）

大蛇山本体は、毎年祭りが終わった後、とり壊し、縁起物として祭りに関係した人達で眼玉や角など分け合った後、燃やしてしまうという風習が残っている。そのため、祭りの日（7月下旬）の数ヶ月前から、毎年製作を繰り返している。伝統を受け継いだ人達の手によって作られている大蛇山作りには、大まかな寸法図面しかないので、毎年微妙に表情が違う。また代表的な六山の各大蛇山にも違いが表れるため、六山の代表の意向を重視したデザインを元に、デッサンやCGなどで本来の大蛇山の雰囲気を壊さないロボ大蛇独自の完成イメージを作り、おおまかに寸法図面を描き上げた。動きに関しては、旋回と起伏の動きを組み合わせて数種類の動作をすることとした。



写真1 大蛇山

2. 2 本体骨組みの製作

(1) 20分の1のモデル製作

全体のバランス及び三次元の曲線部認を行うため、 $\phi 2\text{ mm}$ のアルミ棒を使って製作した。の確（写真2）

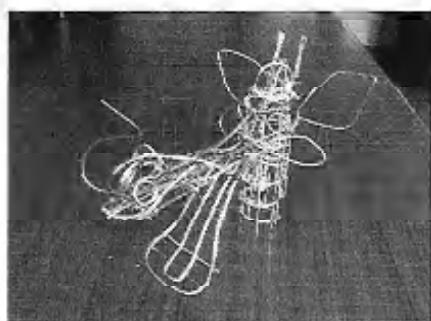


写真2 20分の1のモデル

(2) 素材の決定

骨組みをアルミパイプやアルミ板で製作することになり、パイプの径や板厚を決定した。また溶接の容易な50系のアルミ材とした。（写真3）



写真3 アルミ溶接部

(3) 骨組み基本部製作

首部は $t 5\text{ mm}$ 、 $\phi 140\text{ mm} \times 950\text{ mm}$ のアルミパイプを使用。上下顎部の接合は $t 20\text{ mm}$ 、 $\phi 350\text{ mm}$ 、250mmのフランジ形結合とし、パイプ接合部及び頭部骨組み用には、 $t 20\text{ mm}$ 、 $t 15\text{ mm}$ のアルミ板材を加工して組み付けた。（写真4）

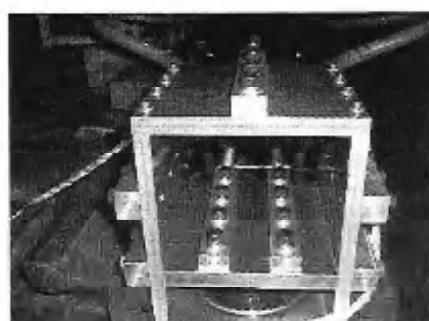


写真4 骨組み基本部

(4) 頭部、胴部及び上下顎部の骨組み製作

上下顎部は $\phi 30\text{ mm}$ パイプに曲げ加工を施し、骨組み基本部に組み付けた。頭部、胴部は縦方向に12本の $\phi 10\text{ mm}$ パイプを曲げ加工し骨組み基本部に組み付け、横方向には頭部、胴部の大きさの径（頭部 $\phi 460\text{ mm}$ 、胴部 $\phi 350\text{ mm}$ ）に加工した $\phi 10\text{ mm}$ パイプ7本を溶接し組み立てた。（写真5）

上下顎部は形状によって顔の表情及び全体のバランスが決定される大事な部分である。また二次元の曲線部でもあり、資料写真やデッサンを参考にしながら加工するという非常に難しいものとなった。

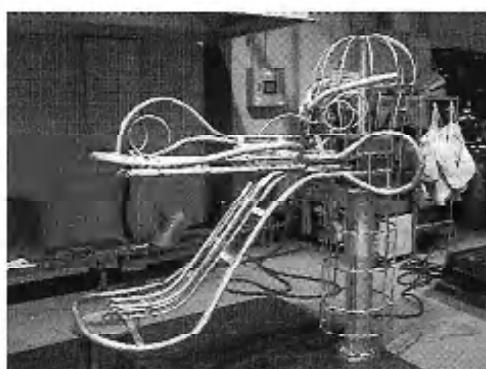


写真5 頭部、胴部及び上下顎部

(5) 顔面部立体造型部の製作

眼、鼻部は $\phi 10\text{ mm}$ パイプ、眉毛部は $\phi 30\text{ mm}$ パイプを加工、歯床部は $\phi 20\text{ mm}$ パイプを加工し、 $t 2\text{ mm}$ のアルミ平板で上下顎部に溶接で取り付けた。鼻から顔面部にかけての部分は $\phi 6\text{ mm}$ のパイプを100mm間隔に溶接し、曲げ加工を施し造型した。（写真6）

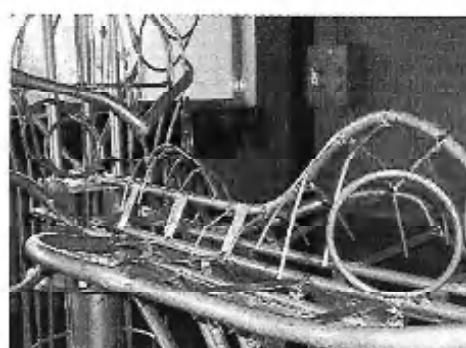


写真6 顔面部立体造型部

(6) 耳、角、歯及び髭部、触覚部の製作

耳は $\phi 10\text{ mm}$ パイプ、角は $\phi 30\text{ mm}$ パイプを加工しバランスを考慮して頭部に溶接して固定した。上下歯、牙は $t 2\text{ mm}$ アルミ板を切断加工（シャー及びパイプロシャー）後、加工済みの歯床部に溶接した。また髭部

は $t=2\text{mm}$ アルミ板加工と $t=2\text{mm}$ アルミフラットバー加工を組み合わせ、上下顎部及び側頭部に溶接した。最後に触覚部は $\phi 20\text{mm}$ 、 10mm 、 6mm のアルミパイプを繋ぎ、曲げ加工後鼻前部に溶接し本体骨組み部を完成させた。（写真7）

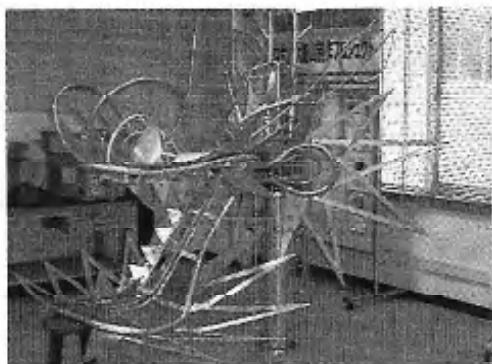


写真7 本体骨組み完成

(7) 眼球部及び電飾の製作

眼球部のレンズ、LEDは大牟田市内の信号機メーカーから提供頂いた信号機を改良することにした。

レーザ加工機で眼の大きさに切削したレンズとED基盤部の取り付け部を製作本体骨組み眼球部に取り付けた。（写真8）

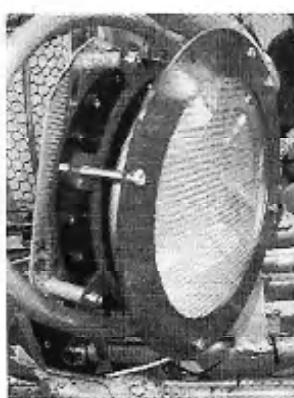


写真8 眼球部

2.3 本体装仕上げ

(1) 和紙および御札貼り

本体骨組みに電飾用LED（眼、鼻先端）の配線を行った後、和紙を3重に貼り付けた。鼻部、眼周り部は重ね貼りを行いながら立体造型を施し、大蛇山の顔を完成させた。また角部には蓑縄を巻きつけるなどを施し本山の雰囲気作りを工夫した。和紙貼り完成後、大蛇山を作る際の風骨（健康、安全、平和等の祈念）である御札貼りでは、大牟田市内の子供達から集めた二百数十枚の、心のこもったメッセージの書かれた御

札や、本校の学生、教職員、関係者の祈念の御札を貼り付けた。（写真9）



写真9 和紙および御札貼り

(2) 彩色

市内に展示してある実物や、祭りの模様を撮った写真やビデオ等で色あいを検討し、伝統のある大蛇山の雰囲気を損なわないような彩色とした。（写真10）

この作業は、本校美術部員の精力的な活動により、短期間で丁寧な仕上がりとなった。

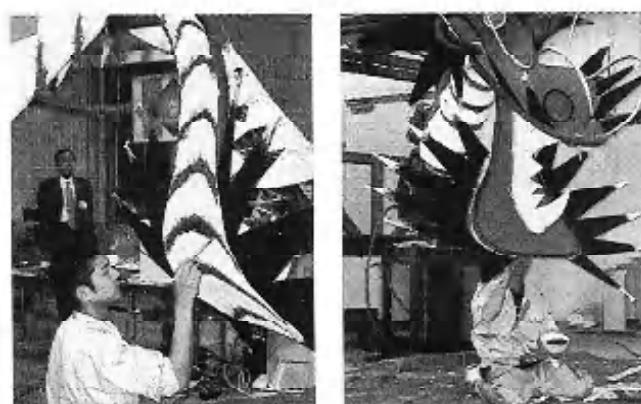


写真10 彩色

2.4 駆動部の製作

(1) 旋回駆動部の製作

旋回駆動軸は $\phi 200\text{mm}$ 、L205mmのS35C材に旋削、キー溝、穴加工を行った。胴部は $\phi 450\text{mm}$ 、L245mmのS35C材を旋盤、穴加工で製作した。上下カバー、フランジは、板厚30mmのSS400材を $\phi 470\text{mm}$ に溶断後、旋盤加工を行い、台座締め付け用ボルト穴加工した。

胴部にスラストベアリング、軸部にラジアルベアリングを組み込み、上下カバーにオイルシールをはめ込み、アムスラーを使用して組み立てた。（写真11）



写真 11 旋回駆動部

(2) 架台（旋回駆動部台座）の製作

75mm×75mm、t 6mm の SS アングル材を使い、高さ 800mm、幅 600mm×600mm の架台を製作し、長さ 726mm、厚さ 13mm の C 型鋼をモータ取り付け位置に合わせ溶接した。（写真 12）



写真 12 架台（旋回駆動部台座）

(3) 旋回駆動部及びモータの取り付け

モータと旋回駆動部部を仮組みし、モータ取り付け穴あけ位置、駆動部中心位置を決定し、中心位置出し用敷板を製作、連結用カップリングを加工後、架台（台座）に組み付けた。（写真 13）

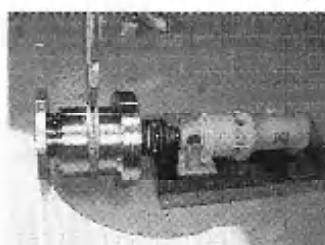


写真 13 駆動部及びモータの取り付け

(4) 起伏駆動部の製作

起伏駆動部は、減速機に偏心ホイールを取り付け、クランクを介して本体取り付け部を起伏運動させる機構である。部品製作には旋盤加工、フライス加工、溶接、NC フライス加工、ワイヤー放電加工及び穴加工と非常に多くの加工工程を要した。

仮組みで各部の仕上げ調整を行い、モータ、カップリング、減速機を取り付け、位置調整を行った。また起伏駆動時の負荷減少のため、起伏可動軸中心部から 600mm の位置に 45kg のウエイトを乗せるために本体クランク部の上部にそのための取り付け部を設けた。（写真 14）



写真 14 起伏駆動部

2. 5 電気制御部

(1) 制御部の設計のコンセプト及び構成

このロボット大蛇山ロボットは大牟田駅に設置するということで、耐久性とメンテナンスを簡単に行えるということが求められた。

電源としては、家庭用で用いられている単相 3 線式を前提とし 100V で統一した。ロボットの頭脳となるコントローラとしてはシーケンサを採用し、ロボット駆動するモータセットは、インバータと誘導電動機を選択した。シーケンサ・インバータ・誘導電動機とも、さまざまな工作機などで実績があり信頼性も高く、耐久性も優れている。

制御部は、制御ユニット・駆動ユニット・センサユニットの 3 つから構成され、制御ユニット・駆動ユニットは 2 つのボックスに分けて収納されセンサユニットはプラズマディスプレイに収納されている。（写真 15）



写真 15 ユニットの構成

(2) 制御ユニット

制御ユニットは制御電圧を24Vに統一し、ロボ大蛇の運動指令から目玉のLED制御とプラズマディスプレイの表示制御等の制御を行う。

シーケンサを中心に、電源ユニット・リレー群・端子台群で構成され、全ての配線がシーケンサに集約されている。(写真16)

シーケンサは、プログラムの処理を行うCPU、デジタル信号の入出力を行うDIO、アナログ信号の入出力を行うDAから構成されており、さまざまな制御を可能にしている。

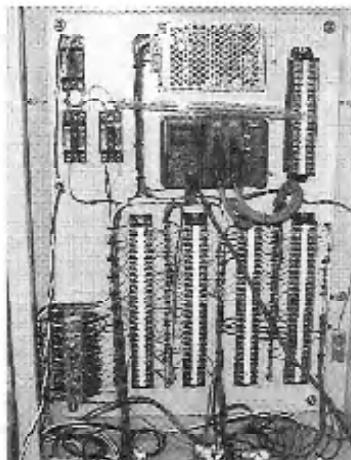


写真16 制御ユニット

(3) 駆動ユニット

駆動ユニットは、制御ユニットより発せられた信号を元に、ロボ大蛇を駆動するモータを回転させる。その際、移動量・スピードを自由自在に設定・変更できる。

モータ回転時に電磁波ノイズを周囲に発するため、ノイズカットフィルタを使用し金属製のボックスに収納し、そのノイズが他の機器に悪影響を出さぬように配慮した。(写真17)

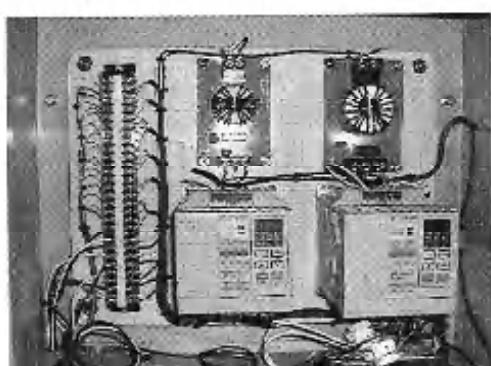


写真17 制御ユニット

(4) センサユニット

センサユニットは、Windowsパソコン上でカメラの入力映像を解析することによって、制御ユニットに運動開始信号を渡す。トリガーとしては、ある特定の色に反応するように制作されており、プログラムを修正することでロボットの運動開始条件を自由に変更することができるようになっている。(写真18)

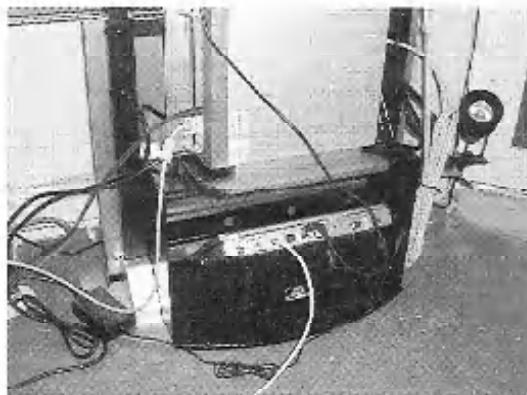


写真18 センサユニット

(5) 制御プログラム

このロボ大蛇の制御は全てシーケンサ内の制御プログラムで行っている。それぞれをブロックで構成し、以下のようなものがある。

1. 初期起動設定
2. スポットライト制御
3. 非常停止ライン監視
4. 運転可能時間スキャン
5. 運転可能状態移行準備
6. 画像センサ入力監視
7. 始動前目玉制御
8. 原点復帰
9. 運転モード判別
10. 運転モード(1・2・3)
11. インバータ指令

運転時の動作としては、設定している運転可能時間内であれば、センサより入力を受けた時点で動作モードを選択し、運転モードに移行する。運転モードのプログラムが動作していると同時に、スポットライト・目玉・ヒゲLEDなどの周辺機器の制御プログラムも動作している。

プログラムは、上記の11のブロックに分割されており、設定の変更・修正を容易に実現することができる。現段階では動作モード(ロボットの動き)は、∞(横八の字)・W・Vの3通りのモードを設定している。可動範囲内であれば、これ以外の動作モードの追

加も可能で、面白い動きの提案があればその都度追加を行う。その際は、新たにブロックを追加するだけで容易に実現することができる。

2. 6 山車部

(1) 山車部の製作

山車部はロボ大蛇の設置場所の関係であまり大きく出来ないため前部のみを製作した。

製作には教育研究技術支援センター建築班の技術職員があたり、車輪部は実習工場の旋盤で削り、表面を焼く等の加工を加えることで、古さを演出することもできた。（写真 19）



写真 19 山車部



3. おわりに

大牟田駅に設置されたケース内に搬入後、テスト運転、最終調整を行い完成を確認した。

平成 16 年 4 月 28 日に大牟田駅において盛大に除幕式が執り行われ、今まで大きなトラブルもなく「ロボ大蛇」の名称で市民の皆さんにも好評をいただいている。（写真 20）

今回のロボット大蛇山製作では、機械工学科、電気工学科、建築学科、物質工学科、電子情報工学科、一般教育科の教員、技術職員、学生が製作を進めた。多分野が集まりひとつの「もの」（今回はロボット大蛇山）を作り上げることで、特に我々技術職員にとっては幅広い知識の習得やスキルアップにもつながった。これらは、本プロジェクト活動を実践したことからこそ発生したものであり、今後の活動に大いに生かされるであろう。

今後も、この様な機会をより多く創出し、積極的に加わっていきたいと考えている。そのような意味からも、今回のロボ大蛇製作プロジェクトの活動から我々が得たものは多い。



写真 20 大牟田駅のロボ大蛇

○ 「ロボット大蛇山」製作プロジェクト

委員会スタッフ

委員長：川寄義則（M） 事務局：焼山廣志（G）
 教員：明石剛二（M）・泉勝弘（E）・掘切洋一（I）
 出口智昭（C）・岩下勉（A）・松尾明洋（G）
 教育研究技術支援センター
 技術職員：河村英司（M）・木下三朗（E）
 吉富貴司（E）・松原征男（A）
 事務部：西川政男
 卒業生・戸上暢啓（M20 期生、富士ダイス勤務）
 地域共同テクノセンター長：川瀬良一（C）

* (M) : 機械工学科 (E) : 電気工学科
 (I) : 電子情報工学科 (C) : 物質工学科
 (A) : 建築学科 (G) : 一般教育科

○ 製作スタッフ

上記委員会スタッフ

教育研究技術支援センター機械班（旧実習工場）

技術長：上原弘

機械班スタッフ：坂口誠・多田隈秀憲・木下正作
 松川貞也

謝辞

製作に対しての貴重なご助言とご指導いただきました機械工学科、電気工学科、建築学科の先生方、ならびに教育研究技術支援センターの上原技術長に心より御礼申しあげます。

また、本報告をまとめるようご助言いただいた教育研究技術支援センター長、川寄義則先生に感謝の意を表します。

おわりに、本プロジェクト活動を通じて終始暖かいご支援とご激励をいただきました尾崎龍夫校長ならびに古田事務部長には御礼申しあげます。

半導体工学教育におけるNMOSプロセスによる集積回路製作(1)

— 現状と展望 —

中村俊三郎

<平成16年10月4日受理>

Integrated Circuit Manufacture by the NMOS Process
in Semiconductor Engineering Education (1)

— Its Current State and Prospect for Development —

NAKAMURA Shunzaburo

The department of electronics and information engineering has been offering a graduation study course of actually manufacturing metal-oxide-semiconductor field-effect transistors (MOSFETs) and simple integrated circuits (ICs) using n-channel MOS process for semiconductor engineering education. This paper describes what can be achieved in manufacturing MOSFETs and ICs until now, and what cannot be achieved. A prospect for development based on the results as well as problems to be solved is described.

1. はじめに

本校、電子情報工学科は電子工学と情報工学をバランスよく身につけたコンピュータ関連分野の技術者を育てる学科である。「半導体工学」は、コンピュータを階層構造的にとらえた場合、その最下層である「物理層」について学ぶ科目になる。半導体の基本的性質、トランジスタなどの素子構造や特性、そして集積回路(Integrated Circuit: IC)の構造や製作方法などを学ぶ。集積回路は、産業用機器から家庭電化製品にいたるまで幅広く使用されている重要な電子部品である。ICを製造している我国の半導体産業は、1970年代後半から1980年代を通じて大躍進を果たし、1990年前後には世界シェアが50%に達し米国を抜いてトップになった。しかし、その後シェアが減少し、現在では30%以下で低迷した状態が続いている。このような状況の中で国際競争力強化のためのいろいろな努力がなされているが、教育面で見ると、たとえば、VLSI Design and Education Center (VDEC) のような教育システムの構築がそれにあたる。¹⁾

集積回路を製造技術的な面でみると、これまでの発達は、素子の微細化とシリコンウェーハの大口径化であろう。1980年前後では素子の設計基準寸法が3 μm程度、ウェーハの直径は100mmであったが、1990年ごろには設計基準寸法は1 μm以下となり、ウェーハ径は150mmとなつた。²⁾ そして現在、設計基準寸法90nmで直径300mmのシリコンウェーハを用いてICを製

造する工場が世界中で稼動し始めている。このような著しい製造技術の発達によって、ICの高性能化と低価格化が実現してきた。また、素子の高性能化は微細化だけでなく、最近では、ひずみSi技術のようなテクノロジー・ブースターの導入も加えて多大な努力が続けられている。³⁾

情報技術に關係の深いデジタルICを構成する素子は、現在では主にMetal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (MOSFET) である。MOSFETは1960年に KahngとAttalaによって発明されたが、そのときのゲート長は20μmであった。MOSFETにはチャネルの導電型によってnチャネルとpチャネルがあり、さらにゲート電圧が0VのときにFETがOFF状態にあるかON状態にあるかによってエンハンスマント型とデプレッショント型がある。したがって、MOSFETは、これらの組み合わせで4種類あることになる。デジタルICにはスイッチング素子としてのエンハンスマント型FETが必要不可欠である。1960年代にMOSFETでICが製造されたころはpチャネルMOSFET (PMOS) が用いられた。これは、当時、nチャネルMOSFET (NMOS) ではエンハンスマント型が製作できなかったからである。しかし、1960年代終わりには動作がより速いNMOS ICが実現し、素子の微細化とともに性能が向上していった。1980年代になると、PMOSとNMOSを相補的に動作させることによって消費電力が非常に小さいComplementary MOS (CMOS) ICが徐々に普及し始めた。

た。当初CMOSは動作速度が遅かったが、素子の微細化がその後も順調に進んで動作速度が向上したため、現在、デジタルICではCMOS ICが最も多く使用されている。^{4,5)}

このような状況を踏まえ、これまで半導体工学教育の一環として、5年生の卒業研究でMOSFETや簡単なMOS ICの製作を試みてきた。⁶⁾「半導体工学」の講義を4年生で受講し、関心を持った学生が、5年生の卒業研究で実際に半導体プロセスを体験すること、たとえばシリコン基板の不純物濃度のような半導体デバイス・パラメータがMOSFETの電流-電圧特性にどのように影響するかを実際に把握したりすることによって、さらに高度な半導体技術を学習する動機付けになるとを考えたからである。

本論文では、MOSFETの製作に関して、現状と問題点、そして今後どのような方向性を持って行っていくかについての展望を述べる。

2. NMOSプロセスの現状

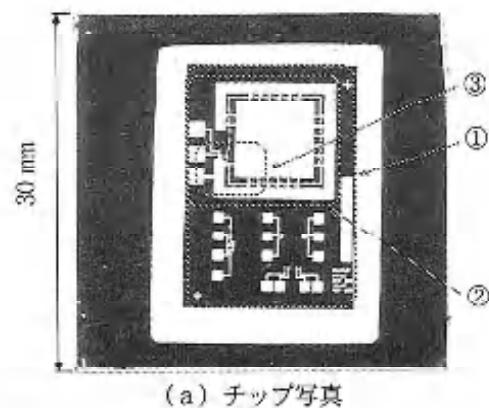
電子情報工学科は平成元年度に設置された。したがって、初めて行なった卒業研究は平成5年度ある。学科棟には、半導体デバイス実験室と称して、約50m²のクリーンルームがある。初めての卒業研究として、そこで行なったことは、すでに導入されていたRFスパッタ装置によるアルミ膜の成膜条件を調べることであった。そして、MOSFETの製作を目指してMOSキャパシタ、pn接合を作成した後、pチャネルMOSFETを作成することができた。その後、「半導体工学」の授業との整合性を考慮して、nチャネルMOSFETと簡単なNMOS ICの製作を試みてきた。

製作プロセスの特徴は、手作りのフォトマスクを4枚使用するプロセスで、不純物導入はすべて熱拡散法で行なっていることである。このプロセスによって、学部レベルの「半導体工学」の教科書⁷⁾に、MOSFETの動作特性を説明するために記載されている基本的構造を実現している。

ここ数年間に製作したチップと特性を示しながら、NMOSプロセスの現状について述べる。図1は、平成13年度の卒業研究で製作したリングオシレータのチップ写真と顕微鏡写真である。⁸⁾図1(a)の①、②、③は、それぞれ製作領域、リングオシレータ、(b)に示した拡大写真的領域である。図(b)では、アルミ電極や配線が光の散乱で黒く映っている。リングオシレータは、図(b)の④で示したインバータ回路を21個リング状に接続したものである。図(b)で⑤のインバータ回路は、発振波形を観測するためのパッファである。図2は、このリングオシレータの発振波形である。電

源電圧V_{DD}が7Vでは、発振周波数は約50kHzであった。発振周波数はFETの特性とゲート容量及び配線容量から計算した値とほぼ一致した。それまでは、FETおよびインバータ回路を製作していたので、このとき初めて製作したチップから信号発生ができたことになる。また、発振したことによって20個程度のゲートで構成される回路の製作可能性が確かめられた。

この後、いくつかの回路について述べるが、チップについては図1(a)と同様で、同図①の製作領域に形成したものである。



(a) チップ写真



(b) ③の部分の顕微鏡写真

図1 リングオシレータのチップ写真と顕微鏡写真

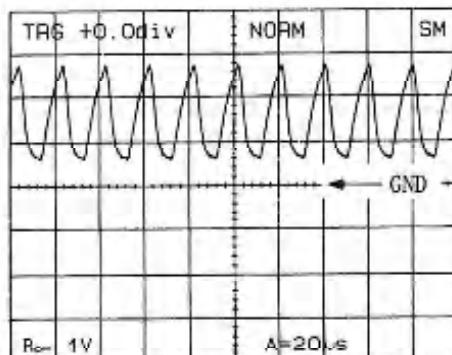


図2 リングオシレータの発振波形

図3は、その翌年に製作したリングオシレータである。オシレータ部は105個のインバータ回路で構成されている。黒い部分がアルミ配線である。図4は、図3の点線で囲まれた範囲を拡大したものである。図4において、①はリングオシレータを構成するインバータ回路、②は測定用バッファのインバータ回路である。③は2層配線部、④はGND端子、⑤は出力端子である。この回路は、残念ながら発振しなかった。はじめに述べたリングオシレータの製作歩留りから推測して、製作できる確率はそれほど高いわけではなかった。発振しなかった原因として考えられることは、同一チップ上のテスト用インバータ回路の測定から、ゲート酸化膜の不良によって一部のインバータ回路が機能していない可能性が高いと考えられる。しかしながら、手作りフォトマスクで、構造的には回路を構成できることが確かめられたことは一つの収穫であった。

NMOSプロセスによるインバータ回路は、エンハンスマントーエンハンスマント形(EE形)とエンハスマ

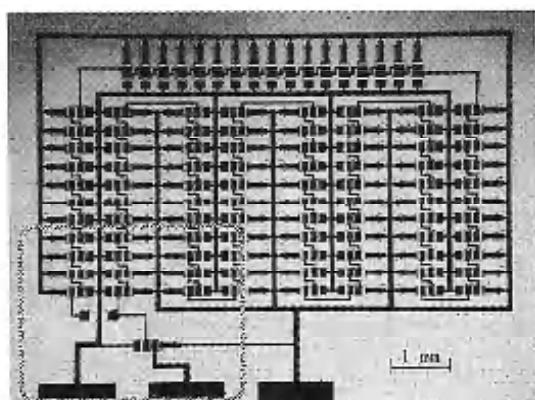


図3 ゲートの個数を増やしたリングオシレータ

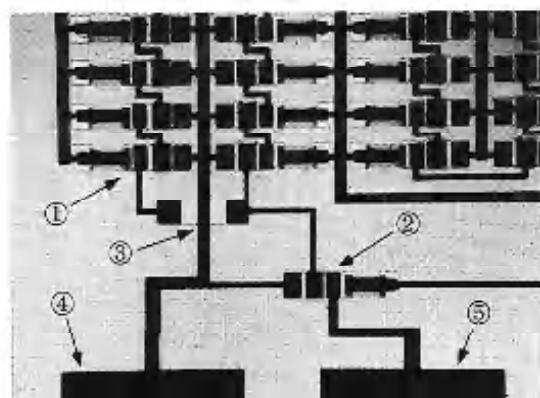


図4 リングオシレータの拡大写真

ントーデプレッション形(ED形)の2種類がある。それまで製作したインバータ回路は、すべてEE形であった。しかし、ED形の方が出力の論理振幅が大きいという特徴を持っている。そこで、ED形の製作を試みた。図5は、製作したED形インバータ回路である。ED形を製作するには、インバータ回路を構成する負荷MOSの方をデプレッション形にしなければならない。この製作では、アクセプタ濃度の低いウェーハを入手して、駆動MOS領域にホウ素を拡散した後、EE形と同じプロセスで製作した。製作したインバータ回路は、一応の動作を示したが、拡散領域上に製作した駆動MOSの特性が正常ではなかった。また、駆動MOSのゲート酸化膜が絶縁破壊を生じやすい傾向が見られた。

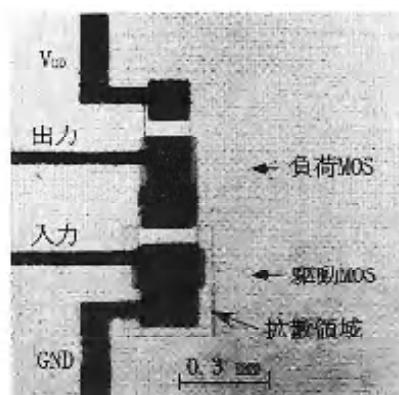


図5 ED形インバータ回路

ある機能をするディジタル回路として、順序回路の製作を考えると、各種の基本ゲートが製作できることに加えて、フリップフリップ(FF)を製作できることが必要である。図6はRS-FFを試作したチップである。回路構成は2つのNORゲートを接続したものである。しかしながら、この回路はFFとして動作しなかった。同一チップ上に製作したMOSFETの $i_D - v_G$ 特性を図7に示す。遮断状態でソースとドレインの間が約4.5 kΩの抵抗で接続されたような特性を示している。FFとして動作しなかったのはFETの特性不良と考えられるが、このFETの特性不良の原因は不明である。このチップは昨年度の卒業研究で製作したものであるが、後で述べる別のグループがFETの特性改善のために同じプロセスで時期的には並行して製作したチップは正常なFETが製作できていたからである。

NMOSはPMOSよりエンハンスマント形のFETが製作しにくいということは、歴史的なこととして「はじめに」でも述べた。卒業研究でMOSFETをブレーナ技術で製作することだけなら、問題にならないが、小規模であれICを製作しようとするとNMOSのしきい

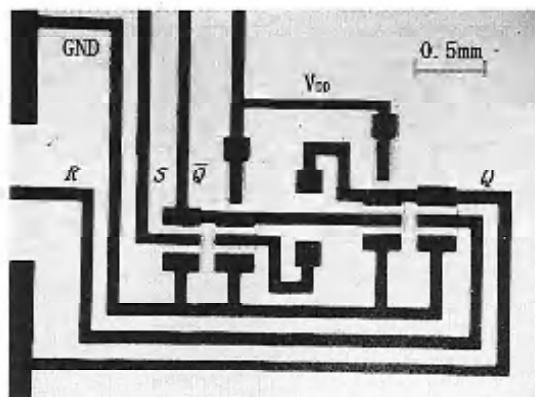
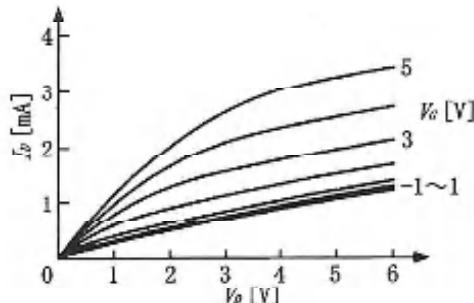


図6 RSフリップフロップ

図7 フリップフロップを構成するMOSFEの Id - V_{ds} 特性

値電圧が問題となる。現状で製作できているNMOSのしきい値電圧は、-0.5から0.5V程度である。かろうじてエンハンスマント形が製作できている状況である。しかも、シリコンウェーハを購入する際、在庫品の中から特に不純物濃度が高いものを選んでの結果である。この点を改善するために行なったのがウェーハ表面の不純物制御である。これは昨年度、FFの製作と並行して行なった。これまでには、プロセスの最初にソース・ドレイン形成のフィールド酸化膜を形成していたが、その前にB（ホウ素）を熱拡散し、ウェーハ表面全体のアクセプタ濃度を上げることによって、しきい値電圧の制御を試みた。図8にその制御性を確かめるためのチップを示す。右側の縦の並びがインバータ回路、左側の並びは駆動MOSと負荷MOSを個別に形成したもの及び基板の抵抗率や拡散領域の面抵抗を測定するテスト領域である。不純物拡散を行なったものとそうでないもののインバータの特性の違いを図9に示す。従来の方法で製作したものの特性がAで、電源電圧 V_{dd} が7Vでの特性である。特性Bが前もってホウ素拡散をしたもので、 V_{dd} は9Vである。この結果からしきい値電圧の制御可能性が確かめられた。

NMOSプロセスの現状を述べたが、学部レベルの教

科書にはCMOSの記述があることやその重要性から、簡単なCMOS ICを製作できることが望ましい。そこで、将来的には5年生の卒業研究に導入することも視野に入れて、専攻科の卒業研究としてCMOSインバータ回路の製作も試みた。^{9,11)} 製作可能性は確かめられたが、5年生の卒業研究として行なうには、プロセス条件を確立するのに時間がかかりすぎると考えた。

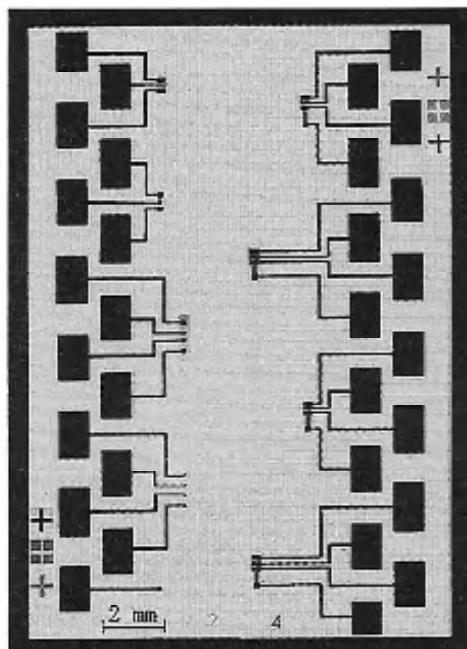


図8 しきい値電圧の制御可能性を調べるためのチップ

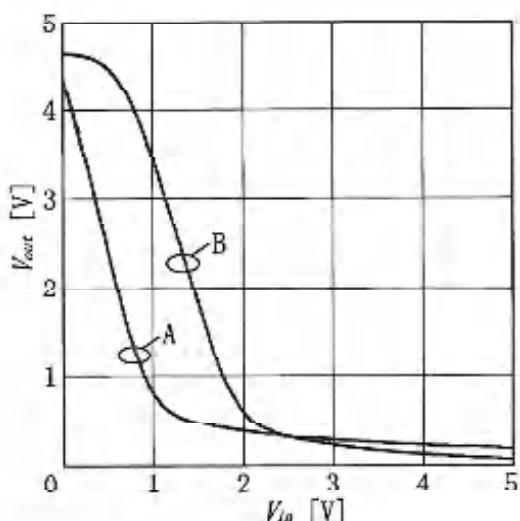


図9 インバータ回路の人出力特性

3. 展望と課題

この卒業研究を実施して、現在あるいは将来の集積回路技術の修得を希望する学生は大学に進学し、高度な設備の中で教育を受けねばよいと考えている。高度に発達した半導体産業を支え、発展させていくことができる技術者の育成は重要であり、一朝一夕にできることではない。電子・情報工学分野全体に対する半導体産業分野の割合などから考えて多數である必要はないが、強い関心を持った学生が少しでも育ってくれれば、この卒業研究は、その役割をほとんど果たすことになると考えている。

また、当学科において5年生で卒業し就職する学生は、最近、約75%である。半導体産業に就職する学生も含めて、そのような学生にとっては、電子・情報工学分野における「読み、書き、そろばん」をより確かに身につけて、卒業することに役立つと考えている。

この卒業研究の意味づけはともあれ、学生が関心を持って製作に取り組み、かつ卒業研究が終わったあとに充実感が残ることが教育的には大切である。そのためには、現有設備とこれまでの経験を生かして、何らかの動作をするデジタル回路を製作できるようになることが好ましい。とはいえ、それほど複雑な回路は、行なえるプロセスの現状から難しい。そこで、汎用ロジックICとの接続を可能にし、一つのボード上で、あるまとまった動作をする回路を構成できるようなICを製作できるようにすることを考えた。図10にその構成図を示す。製作するICは、50～100ゲート程度の小規模IC (Small Scale Integration : SSI) を目標とする。一例として、BCDカウンタ程度のものである。製作したICはファンクション・ジェネレータで信号を入力し、ロジック・アナライザで出力信号を観測することも当然考えられるが、それ自身である機能を示すボードとして構成する。そこで、入力回路は、既製のクロックICで入力信号を発生させ、4本の出力信号線を汎用ロジックICのデコーダに接続することによって、7セグメントLEDが点灯できるようにすると、機能するICを設計・製作できたという実感が持てるのではないかと考えられる。より複雑な機能を持つ回路を製作できるようであれば、メモリICとの接続も考慮したい。

現状から考えて、このようなICを数年以内に製作できるようにするための基本的条件の一つは、NMOSプロセスを使用することである。前節でも述べたように、CMOSプロセスを使用できることが好ましいが、行なえるプロセスの現状や実施内容の理解と製作を1年間で行なうことを考えるとNMOSプロセスを選択せざるを得ない。

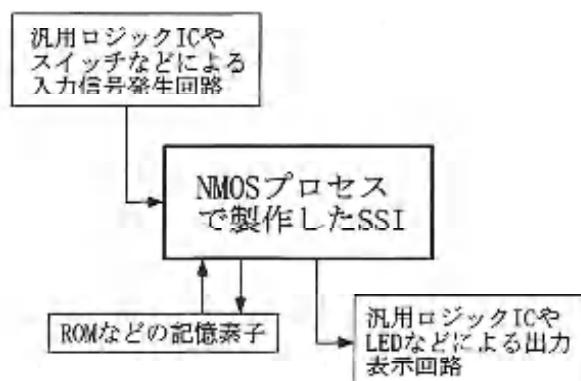


図10 製作したSSIを使用したボードの構成図

もう一つの条件は、ゲート回路の様式をE形にすることである。前節でも述べたように、E形の方が論理振幅を大きく取れる利点があり、製作したICと汎用ロジックICを駆動するのに同一の5V電源を使用できる可能性があるが、やはり最適なプロセス条件を見出すのにかなり時間がかかりそうだからである。F形を使用する場合、汎用ロジックICを電源電圧5Vで動作させるとすると、製作したICは10V程度の電源電圧が必要になると考えられる。

このようなNMOS SSIを実現するための課題として、次のようなことが挙げられる。

- ① シリコンウェーハは在庫品を購入せざるを得ないので、購入のたびに不純物濃度が異なる。したがって、シリコンウェーハ表面の不純物濃度の制御ができるようになること。
- ② いろいろなゲート回路が構成できるように、回路パターンを最適化すること。
- ③ 2層配線ができるようになること。
- ④ フリップフロップ回路を製作できるようにすること。
- ⑤ 100ゲート程度の回路が製作できるように、製作プロセスを最適化すること。

各課題について補足的に説明すると、①については、制御可能性を確認できたところで、今後は、不純物拡散剤の選択、ウェーハの不純物濃度と最適熱処理条件の関係などを把握しなければならない。因みに目標とするFETのチャネル部のアクセプタ濃度は、 10^{22} m^{-3} 程度である。②については、ゲート回路の基本であるインバータ回路については、ほぼ最適化できている。今後は、各種基本ゲートについて最適化を行なう。③については、n型拡散層を利用した2層配線について、構造的に実現でき、拡散層とアルミ配線との接触抵抗

が十分小さいことは確かめている。今後は、この配線が機能するかどうか確認する。④については、RS-FFが製作できることを確認した後、ポジティブ・エッジトリガで動作するD-FFを製作できるようにしなければならない。⑤については、1ロット、10枚の3cm角のチップでプロセスを行なっている。歩留まり30%以上で製作できることが目標である。

また、これらの課題は、相互に関係する。たとえば、②のゲート回路の特性について、①のウェーハの不純物濃度や④の製作プロセスに関するゲート酸化膜生成条件は、ゲート回路の入出力特性に関係する。このような相互関係にも注意を払いながら、SSIを製作できるように各課題を解決していくことが必要である。

4.まとめ

半導体工学教育の一環として、5年生の卒業研究で行なっているMOSFETおよび簡単なIC製作の現状を概観し、今後の進め方について述べた。今後は、汎用ロジックICとの接続が可能な100ゲート程度のSSIをNMOSプロセスで製作できるようにすることが、卒業研究における当面の目標であり、現状の課題を卒業研究の中で解決しながら進めていくことを考えている。

本論文では、フォトマスクの設計や製作方法、製作プロセス、FETの理論的特性と製作できたものの特性との比較検討、また具体的に示した数値の根拠などについての詳細は述べていない。これらのことについては、今後、各課題に関する研究結果を発表していく中で述べる予定である。

謝辞

本研究を進めるに当たり、長年にわたって有益なご助言をいただいた九州工業大学マイクロ化総合技術センターの浅野種正教授に深く感謝の意を表します。また、この卒業研究を行なった卒業生の皆さんに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 小宮啓義, 日本半導体産業の課題 電子ジャーナル (2004).
- 2) 菊地正典, 半導体のすべて 日本実業出版社 (1998).
- 3) 応用物理学会分科会シリコンテクノロジー「IEDM (先端CMOSデバイス・プロセス技術)」特集号 No.57 (2004).
- 4) S. M. Sze, *Semiconductor Devices, Physics and Technology*, John Wiley & Sons (1985).
- 5) S. M. Sze, *VLSI Technology*, McGraw-Hill Book Company (1988).
- 6) J. Mavor, M. Jack, P. Denyer, *Introduction to MOS LSI Design*, Addison-Wesley Publishers Ltd., London (1983).
- 7) 中村俊三郎, 工学教育 51, 1, (2003) 115.
- 8) 例えば、古川静二郎, 萩田陽一郎, 浅野種正, 電子デバイス工学, 森北出版 (1990).
- 9) 中村俊三郎, 塚本直樹, 浅野種正 有明高専紀要 38 (2002) 123.
- 10) 中村俊三郎, 塚本直樹, 浅野種正 有明高専紀要 39 (2003) 105.
- 11) 中村俊三郎, 塚本直樹, 浅野種正 有明高専紀要 40 (2004) 75.

中層大気波動観測用ナトリウムライダーの開発

内海通弘・柴田泰邦*・阿保貞*・長澤親生*・五十嵐喜良**

<平成16年10月4日受理>

Development of a Sodium LIDAR for the Observation
of Wavelike Structures in the Middle Atmosphere.

UCHIUMI Michihiro, SHIBATA Yasukuni, ABO Makoto,
NAGAWASA Chikao and IGARASHI Kiyoshi

Though a mesosphere sodium layer has been observed by LIDARs in several observational locations, some dynamical and chemical phenomena of the sodium layer have not been made clear by perfection yet. One of that causes is because there are no sufficient number of the observation points. Therefore an observatory has been newly built in Omuta which is in the center of Kyushu, and a sodium layer has been observed for one year. It is reported about the LIDAR system and preliminary observational results.

I. はじめに

高度 50km～100km の中間圏、下部熱圏と呼ばれる領域では下層の対流圏、成層圏からの変動の影響が顕著である。最近、下層の積雲対流や海水温度などがこの領域に影響することが明らかになっている。高度 70km～110km に存在するナトリウム中性原子層は、共鳴散乱ライダー (LIDAR, LIght Detection and Ranging) で測定可能であり、この測定に工夫を凝らすことにより、周囲の大気の密度、温度、風速を高精度で測定できる。この領域では、わずかにロケットなど観測や、レーダーを用いて観測ができるのみで、対流圏などの豊富な観測手段があるわけではない。このように、中間圏、下部熱圏の現象を解明する上で数少ない観測手段のひとつとして、ナトリウムライダーは注目されている。

有明高専に都立大、情報通信研究機構の協力を得て、ナトリウムライダーを構築し、東京・鹿児島、インドネシアと観測網に寄与できるところまで来たので報告する。

有明高専は、観測点として(33° 00' N, 130° 29' E)に位置し、海拔は45mである。十数年前には近くの九州大学で観測が行なわれていた。ナトリウム観測は夜間に長時間を要するために、観測の自動化を目指した研究を発展させることは意義があると考え、波長同調形レーザレーダー自動観測システムの構築を検討している。ナトリウム層のある高度 90km では気温が 200K 程度であり、原子スペクトル幅はドップラー幅できまり、2~3pm 程度であるため高い同調技術が必要とされる。しかも可視域であるため、自動化の研究対象としては都合がよいと考えられる。インターネットなどを利用した無人観測技術の発展が期待されている。

表 1 Integra2010 公称性能

帯域	<0.07	cm ⁻¹
絶対波長精度	<15 (@560nm)	pm
波長再設定精度	0.5	pm
パルス出力	60	mJ
ASE 背景光	<5 × 10 ⁻³	
温度安定性	0.014	cm ⁻¹ /C
ビーム径	2.5	mm
ビーム広がり	0.5	mrad
同調域 (+SHG)	550~985	nm
パルス幅	Typ. 5~7	ns
出力安定性	1.0% rms @1064 nm	
出力安定性	1.5% rms @532 nm	
偏光	>98% 垂直	

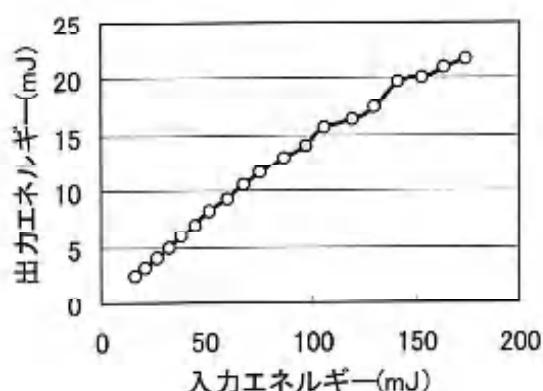


図 1 Nd:YAG レーザ SHG の入力に対する色素
レーザの出力特性 (波長 532nm)。

* 都立大

** 情報通信研究機構

2. 実験装置

使用したレーザーは、Nd:YAG レーザー励起色素レーザー(LAS INTODRA 2010)で公称性能を表1に示す。性能が劣化しているので性能を試験した。観測に用いる波長は D_2 線 589, 995nm(空気中)であるため、レーザー媒質に、この波長域に効率のピークを持つキトンレッド 620(純度 99.5% 特級のエタノールを溶液として、 0.133g/l)を使用した。そのときの、入出力特性を図1に示す。同調域は 586~600nm である。この装置で Rhodamine B を濃度 0.2g/l (メタノール溶液)で使用した形跡があったので、Rhodamine B でも試みた。Rhodamine B が Perchlorate(MW 543)とすれば濃度は $3.7 \times 10^{-4}\text{ mol/l}$ であり、Rhodamine B が chloride(MW 478)としても、濃度は $4.2 \times 10^{-4}\text{ mol/l}$ となり、どちらも濃いとは言えないが安全なエタノールに混ぜただけでは完全には溶けなかつた。

定常観測には、キトンレッド 0.2g を 1.5l のエタノールに溶かして、アンプとオシレータの色素セルのどちらにも同じ濃度で使用した。実際には、2つの色素セルに対して最適濃度が違うと思われるが、最適化は行なっていない。

PIN フォトダイオードにより、パルス幅を測定したところ、オシレータの出力パルスはレーザーの sync out パルスから 56ns 遅れて安定して発生し、幅 5ns FWHM であった。アンプ1と2はともに 60ns 遅れで、幅 5ns FWHM であった。sync out パルスからの遅延が多少揺らいでいるので、平均するとパルス幅は、オシレータ、アンプ1, 2に対して、それぞれ 3.8, 4, 8ns FWHM であった。アンプ1, 2はシングルパス増幅のため遅れがほとんど無いと考えられる。

図2に色素レーザーの構成図を示す。励起用YAGレーザーの第2高調波(SHG)の 532nm 光が拡大され、シリンドリカルレンズで線状に集光されて、2つの色素セルの3箇所に(図面の裏から)照射される。発振器は終端鏡、色素セル、垂直方向ビーム拡大器、回折格子、同調鏡から成り、2次光を帰還する斜入射型の共振器を構成している。0次光は光ファイバーでホロカソードランプに導入され、波長モーダに利用される。発振器を出したレーザー光はブリュースタ角に置かれた平行基板により水平偏光成分がカットされ、直角プリズムで折り返して、1段目の増幅段に入射される。やや光軸がずれて1段目の増幅が行なわれ、出てきたビームは、ビーム拡大器で拡大され2段目の増幅器に注入される。このとき、1段目出力がビーム拡大器の中央に入射するようにミラーM3により YAG SHG 光を傾けると2段目出力から ASE が消えて、出力が増大する。

パワーメータにより出力を測定した結果図1に示すように、入力エネルギーを上げると出力も増加するが、効率が低下するので、観測時には 20mJ で使用した。スペクトル幅を測定するために、ファブリーベロー干渉計によりフリンジパターンを観察した(図3)。その結果を CCD カメラ(TecOptics+ TV lens 75mm F1.3)で観察して、光強度を計測したファブリーベローエクロンのギャップ長は 5mm で、フリースペクトルレンジは 30GHz である。測定結果、線幅は 11.5pm であることがわかった。公称値よりもかなり広いが、調整が不完全か、素子の劣化によるものと考えられる。調整が不完全な場合、ファブリーベローエクロン干渉計でスペクトルを観察しながらのレーザーライメントが必要と思われる。

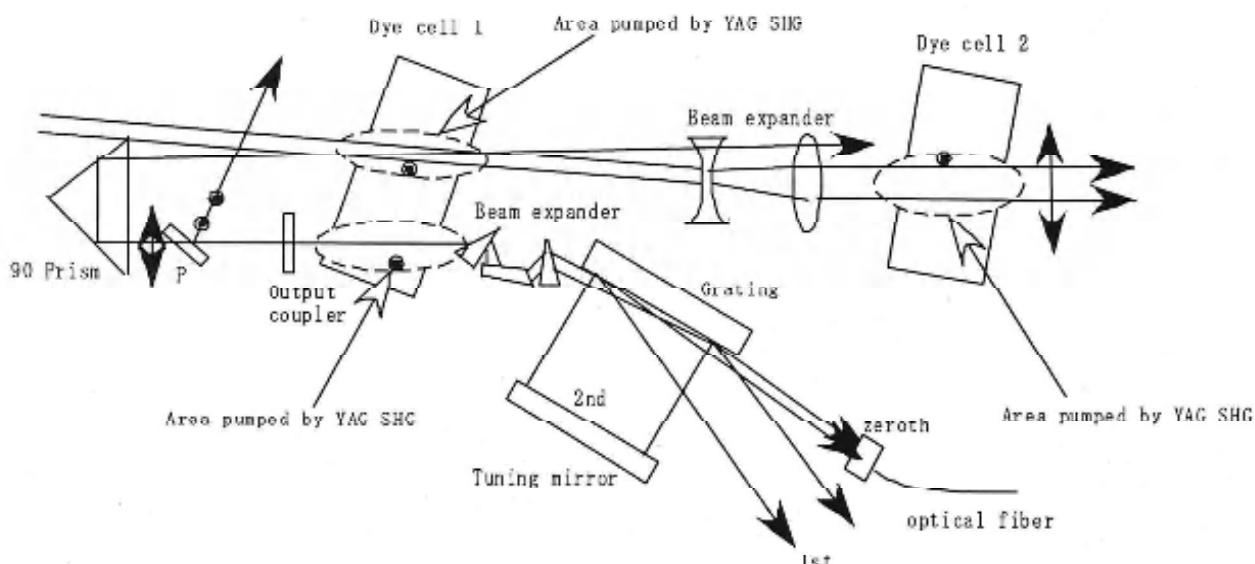


図2 色素レーザーの共振器構成。出力は垂直偏光で紙面上が上。黒い矢印レーザー光路または偏光方向をあらわしている。

◎は、レーザー光の偏光方向または Nd:YAG SHG 光の入射方向を示す。

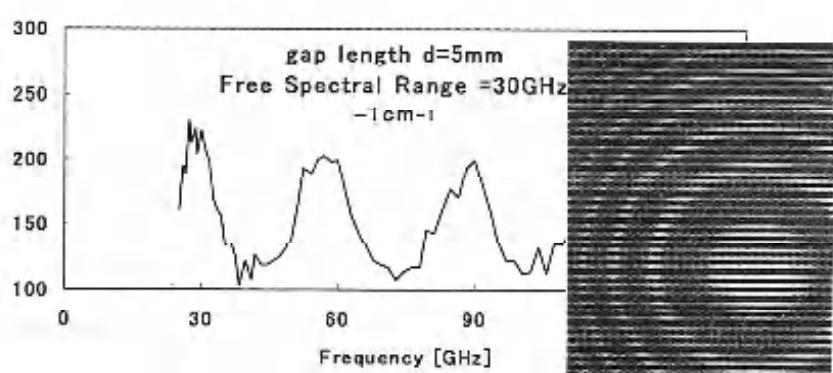


図3 ファブリーベロー干渉計によるフリンジパターン(右の写真)とその光強度分布(左)。

更にスペクトル幅を狭帯域化するためには、共振器内にエタロンを入れるか、回折格子を高性能なものに換えるかが必要である。エタロンを入れた場合は、波長制御機能が使えなくなる欠点が生ずる。回折格子を換える場合、回折格子のスペックが不明な点は問題である。

中心波長の変動は一夜で1~2pmとゆっくりとしたもので、線幅11.5pmに比べてわずかであるが、一定間隔でモニタして調整している。

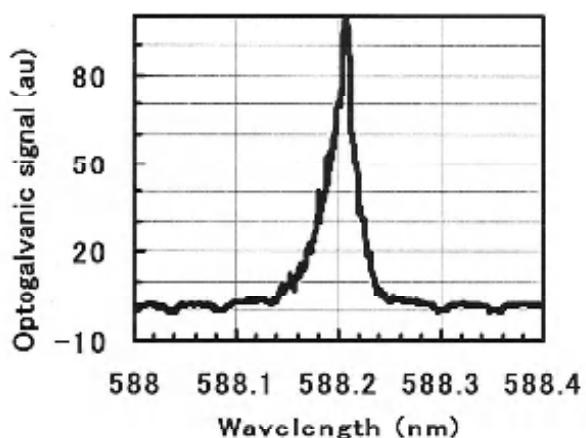


図4 光ガルバノ信号(ネオンガス 588.2nm)

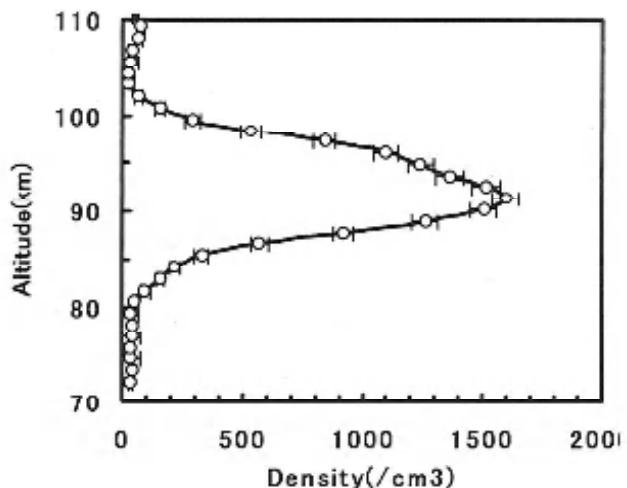


図5 2003年10月24日午前3:47のナトリウム層密度36000ショット(1時間積算)。

表2 ライダーパラメータ

送信系		受信系	
レーザ	Nd: YAG SHG 勵起色素レーザ	直径	50 cm
波長	588.995 nm	焦点距離	5.25 m
出力	20mJ	受光視野角	2.05 mrad
線幅	11.5 pm	検出器	PMT R943-02
繰り返し	10 Hz	干渉フィルタ帯域	3nm (589.5nm)
ビーム広がり	1 mrad	高度分解能	30m/200 m

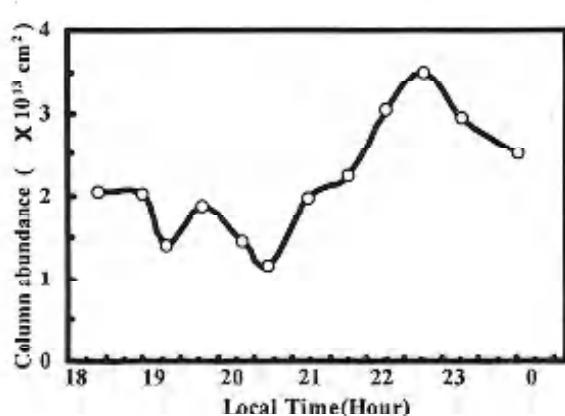


図6. ナトリウム層の全量の時間変化
(2003年12月24日、大牟田市上空。)

波長制御機構は、1チャンネルのBOXCAR積分器、ホロカソードランプ、入力8ポートの1チャンネルのA/D変換器、パソコンからなっている。8ポートからの入力は約50μsごとにマルチプレクサで順次A/D変換される。ホロカソードランプは、ナトリウム電極とネオンガスからなり、放電電流は6mAで使用した。図4にBOXCAR積分器で得られたスペクトルを示す。ゲート幅が1.8μs、遅延が50nsのとき、信号が最大となった。ネオンのライン588, 1895nm(空気中)が強く出やすいので、その近くにナトリウムの589, 995nmを探すと見つけやすい。見つけた

ところで、波長校正する。図4は、波長校正前のネオンのスペクトル形状である。これによれば、レーザの線幅は25pmとなる。浜松ホトニクス社製のホロカソードランプではネオンのOG信号は出るがナトリウムは出なかった。原因是不明である。

ライダーパラメータを表2に示す。望遠鏡は、直径50cmのナスミスクーター式を使用した。レーザ本来が持っているビーム広がり角はレーザから0~10mの間で計測した結果、1.6mradと大きく、公称値とかなり隔たりがあった。通常レーザレーダでは、ビーム拡大器を用いてビーム径を拡大することにより、ビーム広がりを低減する。本レーザのASEを低減するために、5倍のビーム拡大器の入り口の径を3mmとした。結果的に送信ビーム広がりが1mradまで小さくされた。

受信望遠鏡とレーザの上方への発射地点との距離は、最初4mであったので、レーザビームが望遠鏡の視野に入るのは2.5kmからであった。2000年4月のドーム完成後は10mとなったので、リターン信号が得られる最低高度は、6kmからとなった。

3. 観測結果と考察

レーザを1時間発射し、リターン信号を積算し、絶対密度に換算した結果を図5に示す。ナトリウム原子密度への換算方法については、文献1によった。エラーベーで誤差をあらわしている。このように時間的に平均する

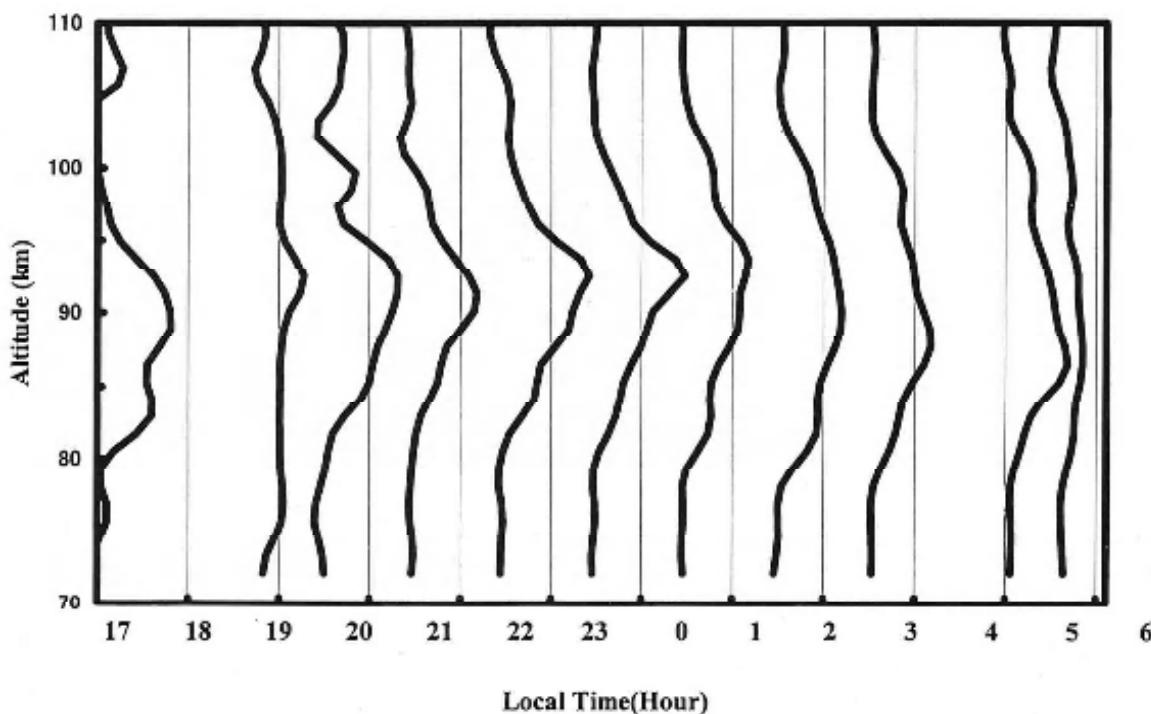


図7. 2004年2月26日 大牟田上空のナトリウム層。

と、中央が濃い層状に分布している。濃度のピークや全量（単位面積あたりの高度積分値）は時間的に変動している。図6にナトリウム原子の全量の時間変化の例を示す。朝方に向かって、ナトリウムの全量が増加することが多いように思える。今後、大気潮汐などの影響を調べるために、統計が取られるべきであろう。図6に、1時間ごとのナトリウム層の垂直プロファイルの時間変化の例を示す。この例では、波状構造が下方に伝播しているのがわかる。上方に向かって大気波動が伝播するとき、このようになることがわかつていい。このように、1時間平均のプロファイルでも、大気潮汐などの1日、1/2日、などの変化を追うことができる。内部重力波などのように短時間の変化を観測するためには、さらに時間分解能を上げて観測する必要がある。現在は、図5の時点よりも精度が向上しており、2004年8月の時点では12分ごとの時間変化の観測が可能になっている。

4.まとめと今後の課題

レーザ調整が終わり、観測システムが完成しナトリウム層観測ができるようになった。レーザの公称の性能より劣化しているのは、主にスペクトル幅と出力である。色素レーザの調整としては、レーザスペクトルパターンを見ながらの調整ができていないことを除けば、考えられる点は行なった。ブラックボックスに入っているNd:YAGレーザの調整は行なっていないことと、フラッシュランプも少なくとも2~3年交換していないことが、出

力の低下につながっていると考えられる。

今後の課題としては、レーザの狭帯域化、夜間の観測の自動化を行い、観測頻度を上げることがある。PMTは太陽光に弱いので夜が明けると閉じる様にする必要がある。また、雨が降り始めたとき天井が自動で閉まる必要がある。また、レーザの同調が外れたとき、再同調する機構が必要である。インターネットや、携帯電話を使った制御が有効と思われる。

ナトリウム層を観測する目的としては、2つの課題解決がある。ひとつは、ナトリウム生成論のために光化学反応モデルを構築し、観測結果により実証する。2つ目は、中層大気の波動現象の解明のための波動解析が上げられる。昼夜連続観測や湿度測定は高度な技術を要する。

謝辞

レーザ計測実験を手伝っていただいた有明高等工業専門学校電子情報工学科5年の西山友二君（現有明高専専攻科）、古賀隆博君（現有明高専専攻科）、四ヶ所萌君（現九州三井アルミニウム㈱）、緒方伸一君（現㈱ランドグループ）に感謝する。

参考文献

- Cerny, T. and C. F. Sechrist, Jr: Aeronomy report 94, University of Illinois, "calibration of the urbana LIDAR system", August 1, 1990.

擬似ランダム変調CWライダーの昼間計測の検討

内海通弘・野原明信*

<平成16年10月4日受理>

Study on a Daytime Measurement of Atmospheric Gases
by Pseudo Random Modulated CW LIDARs

UCHIUMI Michihiro and NOHARA Akinobu

Though a mesosphere sodium layer has been observed by LIDARs in several observational locations, some dynamical and chemical phenomena of the sodium layer have not been made clear by perfection yet. One of that causes is because there are no sufficient number of the observation points. Therefore an observatory has been newly built in Omura which is in the center of Kyushu, and a sodium layer has been observed for one year. It is reported about the LIDAR system and preliminary observational results.

1. はじめに

光リモートセンシングにおける各種計測は用途が広く、今後も発展が期待されている技術であるが、レーザーが高価なため普及が遅れている。そこで、我々は安価な半導体レーザーを用いることでシステム全体の価格を抑えることが可能になることに着目した。しかし、半導体レーザーをレーザーレーダに適用する場合の技術的問題点を解決するための研究が必要である。

パルスレーザと異なり、半導体レーザなどのCW(連続波)レーザを対象に照射して、その反射波の時間遅れから距離を計測する場合、通常擬似ランダム変調CWライダー(RM-CWライダー)と呼ばれる手法が用いられ、CWレーザにおいても時間分解が可能となる。その原理は、1983年に初めて竹内らによって提案された^{1) 2)}。その後、竹内らは、最初のプロトタイプとして、アルゴンレーザを用いたRM-CWライダーを完成させている^{3) 4)}。上野ら同グループは、更にM系列の応答特性の研究を行なっている⁵⁾。その後、都立大学の長澤らがM系列に代わるA1, A2系列の使用を提案し^{6) 7)}、また水蒸気の差分吸収ライダーへ(DIAL: Differential Absorption LIDAR)の適応を研究して脚光を浴びた⁸⁾。その後1990年代後半に入り、RM-CWライダーの問題点がたてつづけに指摘されて、RM-CWライダーの最初のブームは過ぎ去った。Macholは、パルスライダーに比べて、SN比が悪いことを指摘した⁹⁾。また、EmeryとFlesiaはA1, A2系列の適応限界を指摘した¹⁰⁾。最近では、RybaltowskiとTafloveは、理論的研究が進むにつれてランダム性が無くなったことを指摘した¹¹⁾。その後、RM-CWライダーは、多様化する方向へ進んでいる。Asakaらは、RM-CWライダーをヘアロダイ

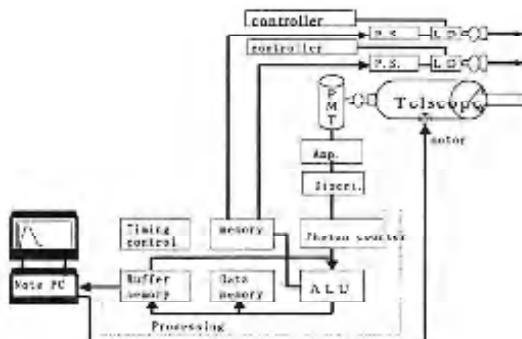


図1 計画中のライダーシステム

表1 仮定したパラメータ

送信系	レーザ	波長	800nm	
		パワー	50mW	
		電流	80mA	
M系列の周期			4095	
M系列のサンプリング時間			60ns	
受信系	望遠鏡	口径	20cm	
		焦点距離	40cm	
		視野	2mrad	
検出器(PMT)			増倍率 2×10^5	

ン検波法と組み合わせた研究を行なった¹²⁾。また、Gittinsらは、それまで可視域の波長域で使用されていたものを中赤外の8μに適用した¹³⁾。一般には、パルスレーザが簡単に手に入る場合でも、RM-CWライダ

一を使うのは、レーザレーダの普及を行なえるからである。

表 2 背景光として太陽、星空を考慮し、検出器については、最高性能を仮定する。

波長 λ [nm]	太陽放射強度 E_λ [erg cm ⁻² Å ⁻¹ s ⁻¹]	光電面放射感 度 S_λ [mA/W]	量子効率 η [%]
400	144	90	0.139 29.17
500	210	65	0.263 17.50
600	185	30	0.279 5.87
800	114	9	0.139 1.54
1000	71	0.8	0.124 0.11

2. ライダーシステム

図 1 に RM-CW ライダーのライダーシステムの典型的な例を示す⁶⁾。現在、波長 830nm 域で使用可能な RM-CW フィーダーを製作中である。すでに、1 波長のレーザで夜間のアナログ測定の場合については、シミュレーションを行なったが^{14)~18)}、太陽のある昼間での測定や、フォトンカウント測定の場合や差分吸収ライダ

ーについての計測シミュレーションは、まだ検討をおこなっていない。今回の計算は、背景光として太陽、星空を考慮し、検出器については、最高性能を仮定した点が主に異なっている。仮定した式などは、先の報告と同じ根拠に基づいている¹⁹⁾。

我々は、近赤外での測定可能について検討を進める必要があると考えている。それは、近赤外には有用な分子の吸収線が多くあり、分子密度の計測が可能になるからである。中赤外においては、多くの吸収線はあるが、検出器の感度が悪いのに対して、近赤外は検出器の感度がよく、多くの利用可能なレーザが開発されつつある。

3. 計算結果

測定可能性を吟味するために、信号対雑音比 (S/N 比、signal to noise ratio) が 10 になる計測を基準に考えた。この場合、誤差が 10% と考えることができるので、誤差 10% を許して計測できる範囲を知ることができる。図 2 に、昼間の太陽光の背景光ノイズにさらされている場合に、S/N 比が 10 で計測に要する時間を計算した結果を示す。この図からわかるように、波長が短いほど、計測に要する時間は少なくてよいことがわかる。最大 1 時間程度が計測に許される時間とすると、3600s が実用的範囲内といえるから、波長 1000nm の場合を除いて、500m くらいが昼間での実用的な測定範囲といえる。波長 1000nm の場合は、ほとんど実用的な範囲内には無いことがわかる。ただし、これは望遠

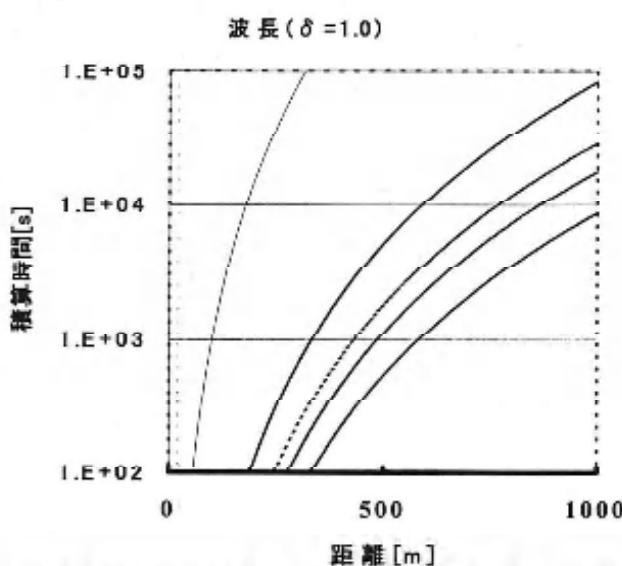


図 2 波長を変化した時の、S/N=10 の測定に必要な計測時間（昼間）。短波長ほど計測時間が短い。上から 1000, 800, 600, 500, 400nm。

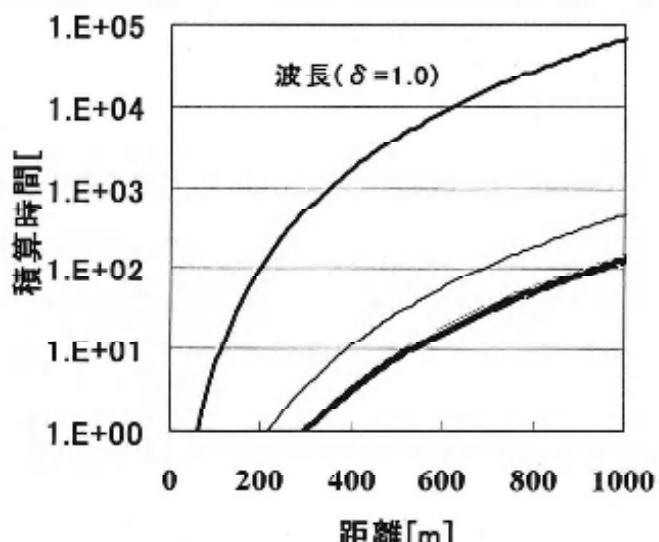


図 3 波長を変化した時の、S/N=10 の測定に必要な計測時間（夜間）。400nm と 500nm が入れ替わる他は、短波長ほど計測時間が短い。上から 1000, 800, 600, 400, 500nm。

鏡の大きさやレーザ出力に大きく依存しており、望遠鏡の直径 20cm、レーザ出力 100mW を仮定している。ここで、 δ はオングストローム係数で、エアロゾルの波長依存性を表しており、エアロゾルの状態により海洋から都会で 0.5 から 1 の範囲で変化するが、 δ をこの範囲で変化させても、ほとんど影響が無かった。また、前回の結果より、かなり変わった理由は、太陽光の背景光ノイズを評価したためと、干渉フィルタを現実的な 10nm の帯域幅としたためである。干渉フィルタを小さな方に変えれば、太陽光の強い 600nm が有利になると考えられる。

同様に夜間の観測の場合を、図 3 に示す。夜間の場合は、波長 1000nm の場合でも実用的な範囲内にあることがわかる。また、波長 800nm 以下では 1km 以内の測定も実用的な範囲内といえる。波長特性については、400nm と 500nm が入れ替わっている点が特徴的である。これは、検出器の感度が 500nm の方が良いためである。

次に現実的な範囲内でレーザパワーを変化させたときの計算結果を図 4 に示す。これは、測定波長が 800nm、望遠鏡半径が 20cm を仮定している。当然のことながら、レーザパワーをあげたほど、計測時間は短縮される。実際のところ、安価で单一モード発振のレーザに限ると、100mW が半導体レーザの限界であるが、それでも測定距離は 500m と実用的な範囲であることがわかる。

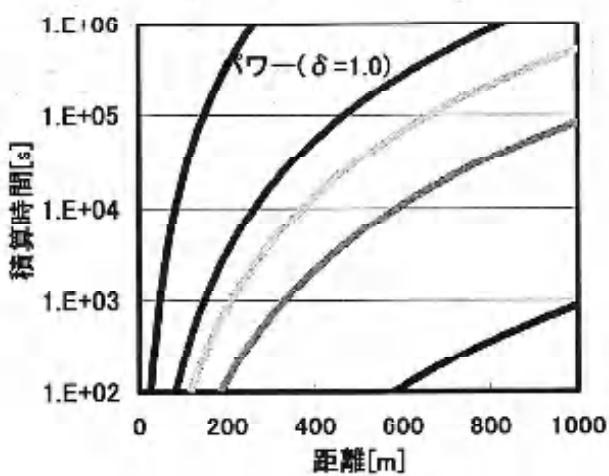


図 4 レーザパワーを変化させた時の、S/N=10 の測定に必要な計測時間（昼間）。パワーが大きいほど計測時間が短い。上から 1, 10, 20, 50, 500 mW の計算結果。

次に望遠鏡の直径を変化させたときの測定時間を計算した結果を図 5 に示す。当然のことながら、

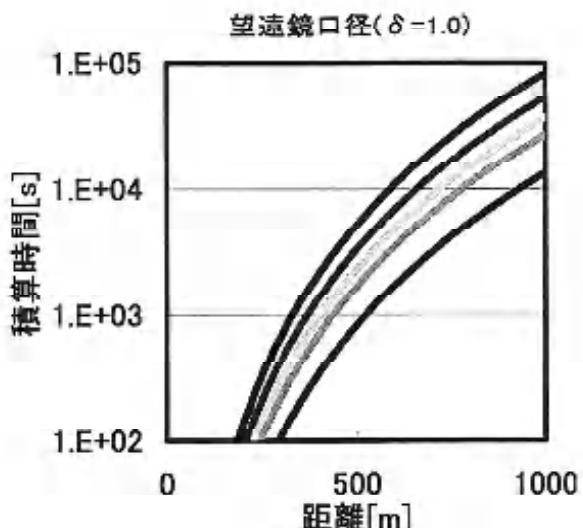


図 5 望遠鏡の直径を変化させた時の、S/N=10 の測定に必要な計測時間（昼間）。望遠鏡の直径が大きいほど計測時間が短い。上から 20, 25, 30, 35, 50 cm の計算結果。

望遠鏡は大きいほど、計測時間は短くなるが、それほど大きく変化していないのがわかる。望遠鏡は大きさにより指數関数的に価格が高くなることから、望遠鏡を大きくしてもコストパフォーマンスの立場からは意味がないことがわかる。

以上の計算により、昼間の計測においても現実的なライダー計測が行なえることが判明した。しかし、これは、あくまで一般的レーリー散乱、ミー散乱の計算である。今後さらに一步進んで、特定の吸収線に同調した波長の光とそれから外れた波長の 2 波長を用いた差分吸収ライダーを検討する必要がある。

図 6 に 830nm の吸収带の水蒸気の吸収線プロファイルを示す。これは、アメリカ空軍の地球物理学研究室の製作した HITRAN データベースをもとに、ローレンツ型プロファイルとドップラー型プロファイルを加味したボイドプロファイルを計算したものである。同じく、図 7 に波長 720nm 帯の吸収を示す。半導体のレーザを用いる場合、830nm の吸収帶を用いるほうが有利であることは、すでに示した⁽¹⁰⁾。この計算によって得られた吸収断面積を用いて、吸収実験から分子密度を求めることができた。なお、図 6, 7 は、理解しやすいため、吸収断面積に吸収長と密度をかけて、透過率で表示している。

4. 考察とまとめ

以上の計算により、星間の計測においても現実的なライダー計測が行なえることが判明した。波長が長くなるにしたがって、測定に要する時間が長くなるが、逆に星間の太陽光ノイズの影響は小さくなる。したが

って、測定レンジは短くなるが、近赤外域で豊富な分子吸収を利用した密度計測が、夜星に關係なく行なえるメリットがある。現在、この見識をもとに近赤外の吸収線を利用した差分吸収ライダーを製作中である。

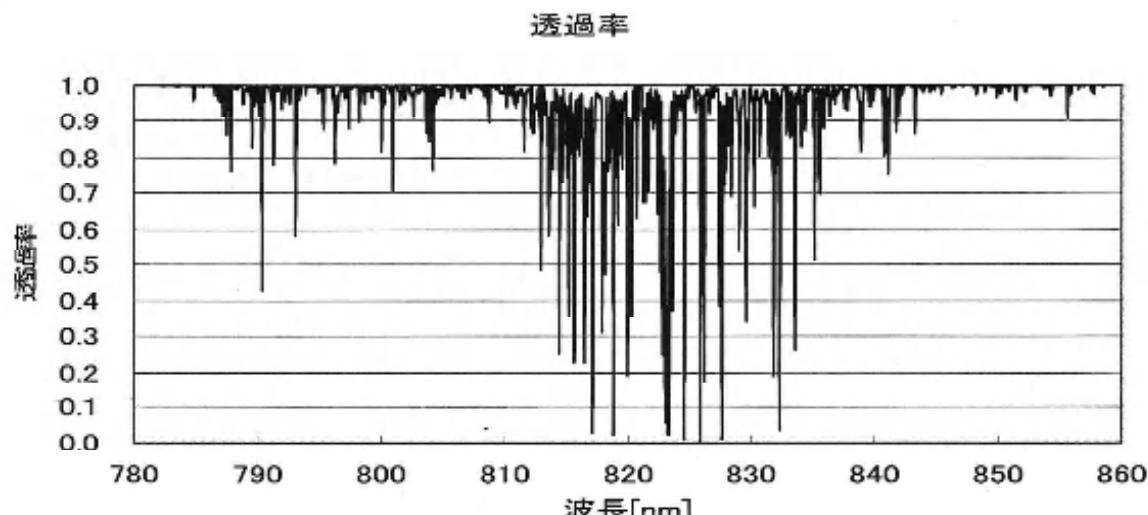


図 6 水蒸気の波長 830nm 付近の吸収スペクトル

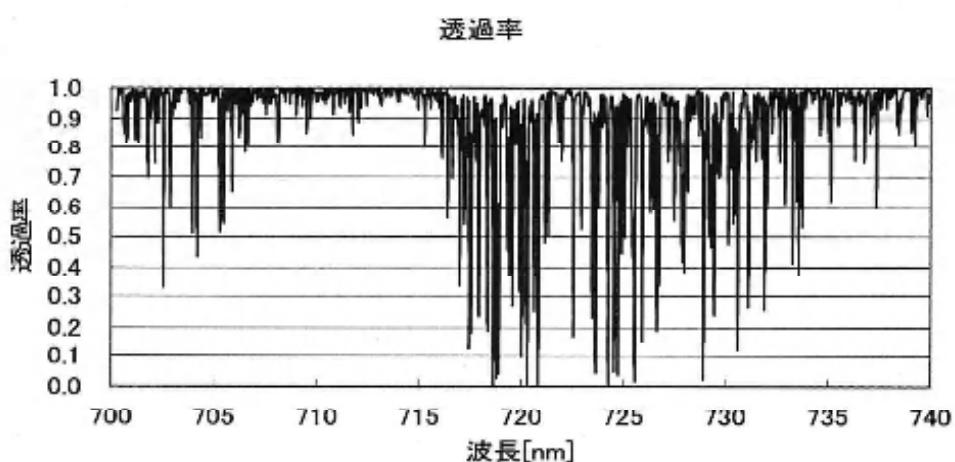


図 7 水蒸気の波長 720nm 付近の吸収スペクトル

謝辞

レーザ計測に関する情報収集を手伝っていただいた有明高等工業専門学校電子情報工学科 5 年の西山友二君、古賀隆博君に感謝する。本研究は文科省の科学研究費基盤研究費(C)によって行われた。

参考文献

1. 竹内延夫、杉本信夫、他：レーザー研究 11(1983) 763.
2. Takeuchi et al, Applied Optics, 1983.
3. 竹内延夫、馬場浩司、桜井捷海、他：レーザー研究 13(1985) 353.

4. Takeuchi et al., Applied Optics, 1986.
5. 上野敏行, 竹内延夫, 他: レーザー研究 16(1988)101.
6. 阿保真, 長澤親生, 内野修: レーザー研究 18(1990)341.
7. Nagasawa et al, Applied Optics, 1990.
8. 阿保真, 長澤親生、赤外線技術, 1990.
9. J. L. Machol: Applied Optics, 36, 24, 6021-6023, 1997
10. Emery and Flesia: Applied Optics, 1998
11. Rybaltowskie and Taflove, Optics Express, 2001
12. Asaka et al, Optics Review, 1998
13. Gittins et al., Optics Letters, 2000
14. K. Ikuta, N. Yoshikane, N. Vasa, Y. Oki, M. Maeda, M. Uchiumi, Y. Tsumura, J. Nakagawa and N. Kawada , Differential Absorption Lidar at 1.67 μm for Remote Sensing of Methane Leakage, Jpn. J. Appl. Phys. 38, Part 1, 1A, 110-114 (1999)
15. M. Uchiumi, K. Muraoka, T. Tanaka, M. Maeda, O. Uchino, DIAL and LPAL Measurement of CH₄, CO₂, CO and N₂O Using a Tunable IR Laser, Proceedings of the 7th Int'l Symposium on Laser Aided Plasma Diagnostics, 325-330 (1995)
16. 内海通弘, 前田三男, 地球温暖化に関する大気中微量成分計測用差分吸収ライダー, レーザー研究 第22巻 第6号, 448-459 (1994)
17. M. Uchiumi, K. Muraoka, O. Uchino, O. C. Chee, M. Maeda, DIAL Measurement of CH₄, CO₂, CO and N₂O using a Tunable IR Source Based on the Ti:Sapphire Laser, Proceedings of the 17th Int'l Laser Radar Conference, 25C2, 31-32, (1994)
18. 内海通弘、M系列擬似ランダム変調CWレーザーライダの特性解析、有明工業高等専門学校紀要 39、平成15年1月 p1111

MTBE+メタノール+アルカン系液液平衡の測定と相関

渡辺 徹・本田克美*・東内秀機**・荒井康彦*

<平成16年10月4日受理>

Measurement and Correlation for Liquid-Liquid Equilibria
of MTBE+Methanol+Alkane Ternary Systems

WATANABE Toru, HONDA Katsumi, HIGASHIUCHI Hideki and ARAI Yasuhiko

Liquid-liquid equilibria of three ternary systems ; methyl tertiary butyl ether(MTBE)+methanol-heptane, MTBE+methanol+octane, MTBE+methanol+*n*-octane were measured at 20, 30, and 40°C. The data obtained were correlated by using ASOG which is a group contribution method to calculate the liquid-phase activity coefficients. The group interaction parameters of ASOG have been adjusted to give good correlation by using the mutual solubility data and tie-line data for the three ternary systems.

1. 緒言

エネルギー資源の使用量等削減は、これまでに増して重要な課題となっている。とくに使用量の膨大な自動車燃料の使用量削減のため、ガソリンにアルコールを添加することが考えられている。また、エンジン効率を上げるため、オクタン価向上やCOおよびCO₂の発生量抑制に効果的なエーテルの添加も試みられている。これらの対策は、化石燃料の使用量削減と環境保全に有効であり、今後積極的に推進されるものと予想される。これらの試みは比較的近年のことであり、これらの混合溶液の基本的な物性値の蓄積は遅れているのが現状である。すなわち、ガソリンにアルコールおよびエーテルを添加した混合溶液の相溶性や気液平衡関係についての知見はきわめて乏しい。そのため、相溶性を知るための相互溶解度や液液平衡データの蓄積とそれらの工学的計算法の開発が急務となっている。

そこで、本研究では、ガソリンの代表的成分であるアルカンとしてヘプタン、オクタンおよびイソオクタンを取り上げ、アルコールとしてはメタノールを、そしてエーテルとしてはすでに実用化されているメチル・ターシャリ・ブチル・エーテル (Methyl Tertiary Butyl Ether: MTBE) を対象にして、MTBE+メタノール+アルカン系の液液平衡データの蓄積を試み、有用な知見として提供することをめざした。これらの液液平衡データは、メタノールおよびMTBEをブレンドしたガソリンの相溶性(均一溶液あるいは2相に分離した不均一溶液)を知る上で貴重なものとなる。

また、これらの液液平衡データを何らかの方法で相

関することが、工学的に重要となる。そこで、グループ貢与法に基づく有用な活量係数式である ASOG による相関を試み、その適用性を検討した。

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。

$$(\gamma_i x_i)^I = (\gamma_i x_i)^II \quad (1)$$

ここで、 x_i は液相組成、 γ_i は液相活量係数である。 I 、 II はそれぞれ液相 I、II を表す。また、各相の液相組成の和は 1 となるので、n 成分系に対して I、II 相で式(2)、(3)が成立立つ。

$$\sum x_i^I = 1 \quad (2)$$

$$\sum x_i^{II} = 1 \quad (3)$$

そこで、式(1)の液相活量係数を液相組成 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。

$$K_i = x_i^{II} / x_i^I = \gamma_i^{II} / \gamma_i^I \quad (4)$$

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_1^I を固定すると、式(2)および(3)の物質収支式と式(4)より次の式(5)～(10)が得られる。

$$x_1^I = \text{fixed value} \quad (5)$$

* 九大大学院工学研究院化学工学部門

** 久留米高専・生物応用化学科

$$x_3^I = \{ (K_1 - K_2) x_1^I + K_2 - 1 \} / (K_2 - K_3) \quad (6)$$

$$x_2^I = 1 - x_1^I - x_3^I \quad (7)$$

$$x_1^H = x_1^I K_1 \quad (8)$$

$$x_2^H = x_2^I K_2 \quad (9)$$

$$x_3^H = x_3^I K_3 \quad (10)$$

I, II相の液液平衡組成は、活量係数の比、すなわち、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。本研究では、式(6)～式(10)の連立方程式の解法に逐次代入法を用いた。

2.2 ASOG (Analytical Solution of Groups)

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 γ_i が与えられれば上式の関係より求めることができる。ASOG はグループ溶液モデルを導入して開発された式で、UNIFAC, NRTL 式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。

$$\ln \gamma_i^H = \ln \gamma_i^M + \ln \gamma_i^G \quad (11)$$

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右辺第2項の和として表される。

式(11)の右辺第1項は、次の式(12)で与えられる。

$$\ln \gamma_i^M = \ln (\nu_i^H / \sum_j \nu_j^H) + 1 - \nu_i^H / \sum_j \nu_j^H x_j \quad (12)$$

ただし、 ν_i^H は純成分 i 中の水素原子を除いた原子の数であり、 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、グループ活量係数 Γ を用いて、式(13)で表される。

$$\ln \gamma_i^G = \sum_k \nu_{ik} (\ln \Gamma_k - \ln \Gamma_k^H) \quad (13)$$

ただし、 ν_{ik} は成分 i 中のグループ k の数、 Γ_k はグループ k のグループ活量係数、 Γ_k^H は純成分 i におけるグループ 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。

$$\ln \Gamma_k = -\ln \sum_l X_l a_{kl} + l - \sum_l (X_l a_{lk} / \sum_m X_m a_{lm}) \quad (14)$$

$$X_k = \sum_l X_l \nu_{kl} / \sum_l (X_l \sum_m \nu_{mk}) \quad (15)$$

また、式中の a_{kl} はグループ k と l についてのグループ間 Wilson パラメータで、温度の関数として次式で与えられる。

$$\ln a_{kl} = m_{kl} + n_{kl} / T \quad (16)$$

ただし、 m_{kl} ($\neq m_{lk}$)、 n_{kl} ($\neq n_{lk}$) は ASOG グループ対パラメータであり、実測値を用いて決定される。

3. 実験

3.1 試薬

本実験に用いた試薬の純度を Table 1 に示す。ガスクロマトグラフィで不純物のピークが見られなかったので、そのまま用いた。

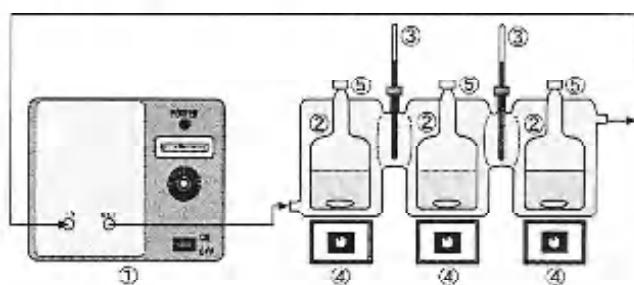
Table 1 Substances studied in this work

Substance	Purity (better than)	Supplier
MTBE	99.0%	Tokyo Kasei
Methanol	99.8%	Wako Jun-yaku
Heptane	99.0%	Wako Jun-yaku
Octane	98.0%	Wako Jun-yaku
i-Octane	99.8%	Wako Jun-yaku

3.2 実験方法

3.2.1 白濁法による溶解度曲線の測定

実験装置を Fig. 1 に示す。恒温槽からの循環水で所定の温度 (20, 30, 40°C) に保たれた三連のガラス製ジャケット付き平衡セル内で濃度の異なる二成分 (メタノール+アルカン) の混合液を攪拌し白濁させ、これに MTBE を白濁が消失するまで注入した。この注入量および二成分系の混合液の組成よりそれぞれの濃度を算出した。白濁法では両相の平衡組成の知見は得られないが、ブレイトポイント付近のデータが入手しやすい利点がある。本実験では、補助データとして白濁法により溶解度曲線を測定した。得られた結果を参考データとして、付録に示した。



① Circulation unit with thermostated bath

② Equilibrium cell ③ Thermometer

④ Magnetic stirrer ⑤ Sample port with septum

Fig. 1 Experimental apparatus for measurement of liquid-liquid equilibria

3.2.2 液液平衡 (タイライシ) の測定

Fig. 1 に示した装置を用い、濃度の異なる (MTBE+メタノール+アルカン) の混合液を入れ、これを所定温度 (20°C, 30°C, 40°C) で一定に保ち、2 時間攪拌し

た後、2時間静置した。その後、二液相に分離した上相と下相よりそれぞれ試料を $2\mu\text{l}$ 採取し、ガスクロマトグラフで一点修正内部標準法にて作成した検量線により定量分析を行った。分析装置には柳本製のガスクロマトグラフ G-2800F を使用し、検出器には水素炎イオン化検出器(FID)、キャリアガスとしてヘリウムを用い、カラムには長さ 4m、内径 3.4mm の石英ガラス管を用いた。ヘリウム圧力、空気圧力、水素圧力ともに 98.07kPa (1kg/cm²) gage とし、感度 10^{-3} アテネータ、減衰率を 1/1 オーダに設定した。また、三成分に含まれるアルカンの種類により充填剤および入口温度、検出器温度、カラム温度を Table 2 に示すように調整した。

Table 2 Packings and temperatures for gaschromatograph analysis

Alkane	Packing	Injector	Detector	Column
		[°C]	[°C]	[°C]
Heptane	SE-30	120	100	75
Octane	BX-10	135	130	65
i-Octane	SE-30	120	100	70

通常、ガスクロマトグラフによる定量分析では、成分ピーク面積比を検量線により重量比に変換する。

また、各成分の単位質量あたりのピーク面積比(感度)は成分によって変動するので検量線の作成が必要である。本研究では一点修正内部標準法により検量線の作成を行った。

一点修正内部標準法においては、測定条件が多少変動しても、目的の成分と内部標準物質のピークはその影響を共通に受けるので、測定結果は測定条件や注入量の変動の影響がほとんど無いとされている。また、この方法では面積比を横軸、重量比を縦軸にて表し、上相、下相ともに測定値に近い標準試料を作り、標準試料と原点を通る直線で検量線を作成し、得られた面積比から重量比を求める方法である。

しかし、この面積比と重量比との関係は必ずしも直線にならず、わずかに湾曲した曲線となる。そのため、サンプルの濃度が標準試料の濃度から離れるほど、誤差が大きくなる。そのため、誤差の補正が必要である。まず試料を上述の検量線を用いて分析した結果を一次測定値とし、この値にはほぼ等しい混合溶液(調整溶液組成)を調整し、分析条件、検量線は一次測定値と同様に分析を行い、これを二次測定値とする。そして次の関係式より最終的なデータ(補正值)を得る。

データ=一次測定値 - (二次測定値 - 調整溶液組成)

4. 実験結果および考察

4.1 実験結果

MTBE(1)+メタノール(2)+ヘプタン(3)系、MTBE(1)+メタノール(2)+オクタン(3)系、MTBE(1)+メタノール(2)+イソオクタン(3)系の液液平衡の測定値(タイラインドータ)を Table 3~Table 5 と Fig. 2~Fig. 4 に文献値と共に示す。メタノールリッチ相はアルカンリッチ相に比べて、温度に対する変化が小さい。また、40°Cについてはタイラインを実線で示したが、メタノールリッチ相がアルカンリッチ相に比べて MTBE 濃度が小さくなつた。

Table 3(a) Experimental liquid-liquid equilibria for MTBE(1)+Methanol(2)+Heptane(3) at 20°C

Phase I			Phase II		
x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1358	0.8642	0.0000	0.8972	0.1028
0.0048	0.1456	0.8496	0.0022	0.9102	0.0876
0.0057	0.1588	0.8355	0.0026	0.9070	0.0904
0.0084	0.1586	0.8330	0.0044	0.9030	0.0926
0.0128	0.1583	0.8289	0.0067	0.8987	0.0946
0.0195	0.1578	0.8227	0.0101	0.8913	0.0986
0.0225	0.1618	0.8157	0.0123	0.8825	0.1052
0.0283	0.1732	0.7985	0.0153	0.8832	0.1015
0.0328	0.1942	0.7730	0.0173	0.8736	0.1091
0.0389	0.2116	0.7495	0.0217	0.8579	0.1204
0.0404	0.2222	0.7374	0.0221	0.8514	0.1265
0.0451	0.2324	0.7225	0.0258	0.8494	0.1248
0.0493	0.2508	0.6999	0.0291	0.8402	0.1307
0.0523	0.2999	0.6478	0.0307	0.8224	0.1469
0.0561	0.3192	0.6247	0.0337	0.8057	0.1606
0.0606	0.4251	0.5143	0.0416	0.7685	0.1899

Table 3(b) Experimental liquid-liquid equilibria for MTBE(1)+Methanol(2)+Octane(3) at 30°C

Phase I			Phase II		
x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1913	0.8087	0.0000	0.8788	0.1212
0.0092	0.2007	0.7901	0.0060	0.8719	0.1221
0.0168	0.2173	0.7659	0.0109	0.8494	0.1397
0.0208	0.2155	0.7637	0.0136	0.8423	0.1441
0.0244	0.2238	0.7518	0.0151	0.8349	0.1500
0.0265	0.2470	0.7265	0.0168	0.8444	0.1388
0.0323	0.2574	0.7103	0.0209	0.8282	0.1509
0.0382	0.3307	0.6311	0.0265	0.8089	0.1646
0.0342	0.3465	0.6193	0.0239	0.7926	0.1835

4.2 ASOGによる相関

上述したように、ASOG グループ対パラメータの値が与えられると、液液平衡は計算によって求めることができる。これまでに ASOG グループ対パラメータは気液平衡データなどを用いて決定され、報告されている¹⁾。しかしながら、液液平衡の計算には不十分な場合が多く、パラメータを決定し直す必要がある。ここでは、メタノール+アルカン二成分系の相互溶解度データおよびタイラインデータを用いることで ASOG グループ対パラメータを決定することを試みた。このようにして得られた結果を Table 6 に示す。

Table 6 ASOG group interaction parameters

$k \setminus l$	CH_3		OH		O	
	m_{kl}	n_{kl}	m_{kl}	n_{kl}	m_{kl}	n_{kl}
CH_3	0	0	11.63	-4021	3.442	-723.0
OH	1.049	-1720	0	0	7.172	-2176
O	7.889	1213	4.672	2639	0	0

Table 6 に示されるグループ対パラメータにより三種の液液平衡データを計算した結果を Table 7 および Fig. 2~Fig. 4 に示す。図に見られるように、良好な結果が得られているが、液液二相領域が狭くなるにつれ、誤差が大きくなる傾向にある。とくにイソオクタンを含む系でやや誤差が大きいようである。

Table 7 Correlation performance for liquid-liquid equilibria of MTBE(1)+Methanol(2)+Alkane(3) by ASOG

Alkane	N	T	Dev.
			[K]
Heptane	16	293.2	1.02
	9	303.2	1.20
	9	313.2	2.13
Octane	14	293.2	0.79
	8	303.2	0.81
	8	313.2	0.58
i-Octane	15*	293.2	6.30
	9*	303.2	5.84

$$\text{Dev.} = 1/M \sum \sum |x_{i,j,k}^{\text{cal}} - x_{i,j,k}^{\text{exp}}| \times 100$$

i=tie-lines, j=components, k=phases

M=6×N, N: Number of tie-lines

*=Number of tie-lines except near the plait-point

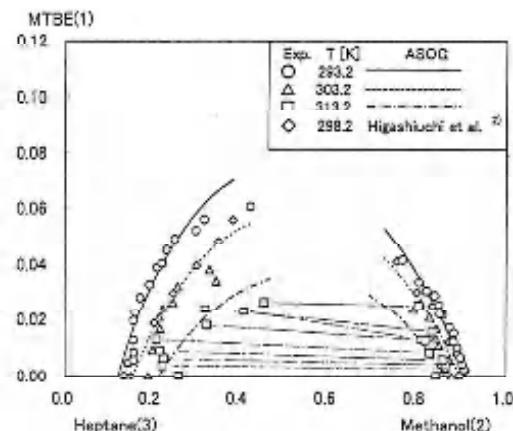


Fig. 2 Liquid-liquid equilibria for MTBE(1)+Methanol(2)+Heptane(3)

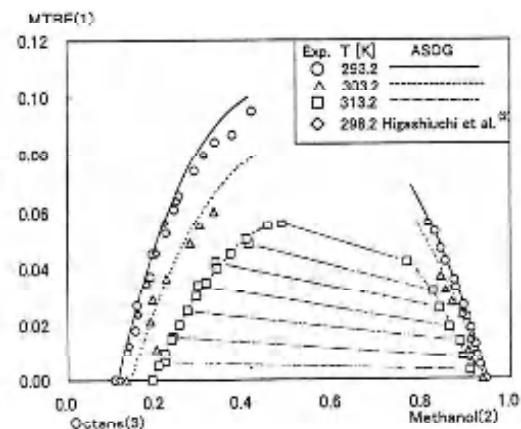


Fig. 3 Liquid-liquid equilibria for MTBE(1)+Methanol(2)+Octane(3)

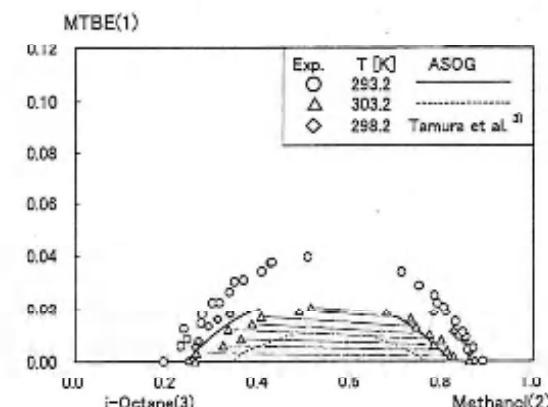


Fig. 4 Liquid-liquid equilibria for MTBE(1)+Methanol(2)+i-Octane(3)

5. 結 言

プレンドガソリンの相溶性を知るためにMTBE+メタノール+アルカン(ヘプタン、オクタン、イソオクタン)三成分系の液液平衡関係を20°C, 30°Cおよび40°Cにて測定した。得られたデータを有用なグループ寄与法であるASOGで相關した。計算に必要なグループ対パラメータは、メタノール+アルカンの二成分系溶解度データおよび三成分系タイラインデータを用いて決定した。得られたパラメータにより相關したところ、ほぼ良好な結果が得られたが、液液二相領域のせまいイソオクタンを含む系では誤差がやや大きくなり、今後の検討が必要である。

謝 辞

本研究にあたり、有明高専物質工学科の卒業生松岡いずみさん、木村圭輔君および現卒業研究生の江口啓君、千場清治君に心から感謝いたします。

使用記号

a_{kl}	=group Wilson parameter	[-]
m_{kl}, n_{kl}	=constants of group interaction parameter	
x_k	=group mole fraction of group k	[-]
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	[-]
$\Gamma_i^{(k)}$	=group activity coefficient of group k in pure component i	[-]
γ_i	=activity coefficient of component i	[-]
v_{ki}	=number of group k in component i	
v_i^{FH}	=number of atoms without hydrogen in component i	

<Subscripts>

cal	=calculated value
exp	=experimental value
1, 2, i, j	=component 1, 2, i, and j
k, l, m	=group k, l, and m
ki	=group k in component i

<Superscripts>

FH	=Flory-Huggins(entropy) term
G	=group interaction term
(i)	=reference state (pure component i)

参考文献

- 1) K. Tochigi et al.: J. Chem. Eng. Japan, 23, 453 (1990)
- 2) H. Higashuchi et al.: Fluid Phase Equilibria, 136, 141 (1997)
- 3) K. Tamura et al.: Fluid Phase Equilibria, 191, 15 (2001)

付録

Table A1(a) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+Heptane(3) at 20 °C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1358	0.8642
0.0000	0.8972	0.1028
0.0249	0.8288	0.1463
0.0251	0.8286	0.1463
0.0366	0.2424	0.7210
0.0404	0.2397	0.7199
0.0439	0.7171	0.2390
0.0443	0.7168	0.2389
0.0443	0.7170	0.2387
0.0446	0.7161	0.2393
0.0447	0.7161	0.2392
0.0509	0.3320	0.6171
0.0511	0.3321	0.6168
0.0528	0.6153	0.3319
0.0532	0.6156	0.3312
0.0580	0.5181	0.4239
0.0584	0.4236	0.5180
0.0585	0.5177	0.4238
0.0587	0.4236	0.5177

Table A1(b) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+Heptane(3) at 30 °C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1913	0.8087
0.0000	0.8788	0.1212
0.0123	0.8394	0.1483
0.0125	0.8393	0.1482
0.0174	0.2453	0.7373
0.0181	0.2450	0.7369
0.0294	0.7276	0.2430
0.0297	0.7278	0.2425
0.0298	0.7280	0.2422
0.0301	0.7281	0.2418
0.0337	0.3381	0.6282
0.0343	0.3378	0.6279
0.0384	0.6247	0.3369
0.0386	0.5287	0.4327
0.0387	0.5286	0.4327
0.0391	0.6244	0.3365
0.0418	0.4309	0.5273
0.0419	0.4312	0.5269

Table A1(c) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
Heptane(3) at 40°C

x_1	x_2	x_3			
0.0000	0.2601	0.7399	0.0658	0.3271	0.6071
0.0000	0.8437	0.1563	0.0707	0.3732	0.5561
0.0007	0.8493	0.1500	0.0707	0.4196	0.5097
0.0007	0.8494	0.1499	0.0712	0.5570	0.3718
0.0020	0.2503	0.7477	0.0736	0.4753	0.4511
0.0023	0.2500	0.7477	0.0768	0.5101	0.4131
0.0153	0.3447	0.6400			
0.0154	0.3450	0.6396			
0.0158	0.3937	0.5905			
0.0178	0.6875	0.2947			
0.0190	0.6373	0.3437			
0.0196	0.4892	0.4912			
0.0199	0.6368	0.3433			
0.0205	0.5878	0.3917			
0.0214	0.6361	0.3425			
0.0215	0.6358	0.3427			

Table A2(c) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
Octane(3) at 40°C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1800	0.8200
0.0000	0.9171	0.0829
0.0096	0.2062	0.7842
0.0097	0.8909	0.0944
0.0256	0.2475	0.7269
0.0288	0.8252	0.1459
0.0368	0.7702	0.1930
0.0370	0.2909	0.6721
0.0407	0.3357	0.6236
0.0423	0.7188	0.2390

Table A2(a) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
Octane(3) at 20°C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1071	0.8929
0.0000	0.9445	0.0554
0.0099	0.1112	0.8789
0.0367	0.8667	0.0966
0.0586	0.1951	0.7464
0.0670	0.7459	0.1872
0.0779	0.2781	0.6440
0.0814	0.6590	0.2596
0.0861	0.5503	0.3637
0.0901	0.3652	0.5447
0.0915	0.4545	0.4540

Table A3(a) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
i-Octane(3) at 20°C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1921	0.8079
0.0000	0.8895	0.1105
0.0294	0.7278	0.2428
0.0300	0.7273	0.2427
0.0302	0.7272	0.2426
0.0318	0.7260	0.2422
0.0356	0.3368	0.6276
0.0361	0.6267	0.3372
0.0364	0.6262	0.3374
0.0365	0.3363	0.6272
0.0372	0.6259	0.3369
0.0397	0.5279	0.4324
0.0403	0.5279	0.4318
0.0412	0.4321	0.5267
0.0412	0.4326	0.5262
0.0419	0.4309	0.5272

Table A2(b) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
Octane(3) at 30°C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.1326	0.8674
0.0000	0.9365	0.0635
0.0221	0.8800	0.0978
0.0249	0.1947	0.7804
0.0398	0.8169	0.1432
0.0446	0.2403	0.7151
0.0561	0.7192	0.2247
0.0578	0.2876	0.6546
0.0595	0.7064	0.2341
0.0613	0.6603	0.2784

Table A3(b) Cloud points for MTBE(1)+Methanol(2)+
i-Octane(3) at 30°C

x_1	x_2	x_3			
0.0000	0.2611	0.7389	0.0037	0.4486	0.5477
0.0000	0.8587	0.1413	0.0042	0.4984	0.4974
0.0062	0.2984	0.6954	0.0043	0.4479	0.5478
0.0065	0.2980	0.6955	0.0044	0.5475	0.4481
0.0119	0.7906	0.1975	0.0044	0.5480	0.4476
0.0120	0.7905	0.1975	0.0045	0.5003	0.4952
0.0149	0.7398	0.2453	0.0046	0.6972	0.2982
0.0154	0.3448	0.6398	0.0049	0.6967	0.2984
0.0157	0.3440	0.6403	0.0055	0.5969	0.3976
0.0157	0.7382	0.2461	0.0060	0.5968	0.3972
0.0159	0.7382	0.2459	0.0064	0.5961	0.3975
0.0163	0.7382	0.2455			
0.0165	0.7379	0.2456			
0.0166	0.6392	0.3442			
0.0170	0.7368	0.2462			
0.0173	0.3939	0.5888			
0.0186	0.3932	0.5882			
0.0188	0.3925	0.5887			
0.0198	0.6863	0.2939			
0.0201	0.4903	0.4896			
0.0206	0.4897	0.4897			
0.0207	0.6363	0.3430			
0.0208	0.5876	0.3916			
0.0208	0.6858	0.2934			
0.0211	0.4895	0.4894			
0.0211	0.5871	0.3918			
0.0212	0.4893	0.4895			
0.0214	0.6359	0.3427			
0.0214	0.6362	0.3424			
0.0214	0.6364	0.3422			
0.0215	0.5868	0.3917			
0.0221	0.5380	0.4399			
0.0222	0.6354	0.3424			
0.0225	0.5377	0.4398			
0.0246	0.4394	0.5360			
0.0249	0.4380	0.5362			

Table A3(c) Cloud points for MIBE(1)+Methanol(2)+
i-Octane(3) at 40°C

x_1	x_2	x_3
0.0000	0.4280	0.5720
0.0000	0.8142	0.1858
0.0022	0.7481	0.2497
0.0025	0.7485	0.2490
0.0026	0.7481	0.2493
0.0033	0.7476	0.2491

有明高専生の英語能力の発達に関する縦断的研究（3）

—通時的モデルの分析を中心に—

安部 規子

〈平成16年9月28日受理〉

The Development of English Abilities of the Students of Ariake National College of Technology,
A Longitudinal Study (3)
—With a Focus on Analyses of Diachronic Models —

ABE Noriko

In this paper, the diachronic change of relationships among English abilities of the students of Ariake National College of Technology was investigated. Seventy one students took the same English exams three times, in 2001, 2002 and 2003. The path models show the increased interrelation between English skills, and their contributions to the corresponding skills of the next years. The findings reveal the students' development of English proficiency and also educational problems to be solved.

1. はじめに

本校における英語教育の重要性は、JABEE の認定をめぐり、ますます高まっている。本校生の英語力の向上のためにすでに多大な努力がなされているが、彼らのどの英語技能がどの段階で発達するかや、どの技能がいつ伸び悩んでいるのかを知ることは、本校の英語教育の改善に必要である。

本研究では、本校生 71 名の 1 年次から 3 年次の英語能力の変化を分析する。これまで、安部 (2003a)、安部・山崎 (2004) で、英語の 6 種類のテスト結果から、リスニングなどの特定の能力の年次ごとの得点の伸びを検定したが、本稿では、各テストの成績が次年度の成績にどのように貢献しているかを分析する。英語の特定の能力が、次年度の同一の能力に貢献し、また、他の技能とも結びつきを深めながら発達していくことにより、総合的な英語能力を向上させることができると考えられる。

2. 英語諸能力間の関係

2. 1 リスニングに関わる能力

英語リスニングや英語リーディングの能力は、独立した個別の能力というよりは、独立しながらもかなりの部分が重なり合っているものと考えられる。例えば、英語リスニングと英語リーディングの能力の間に高い相関があることが、多くの研究によって明らかにされてきた。また、英語リスニングから英語リーディング

への正の転移も指摘されている (門田 2002)。それによると、音声を中心とした授業のみを受けた場合、リスニング能力のみならず、リーディング能力も向上するということである。それは、低次の言語処理段階では、音声と視覚という入力モードが異なるが、文や談話のレベルになると、両技能は語彙・文法の知識や背景知識を利用しながら内容を理解するという類似した過程をたどると考えられる。

ただ、外国語として英語を学ぶ日本人の場合は、実際の音声に触れる機会が限られているため、目でつづりを見れば簡単にわかる語でも、聞き取れないことがよくある。このため、リスニングの場合は、耳で聴いて単語の意味がわかる単語聴覚認知の能力が重要な役割を果たすと考えられる。

2. 2 リーディングに関わる能力

リーディングの処理理論として、「ボトムアップ処理理論」「トップダウン処理理論」が研究され、また現在では、またその両方の処理を組み込んだ「相互作用的処理理論」が広く受け入れられている。

「ボトムアップ処理理論」では、読み手は、文字や語を一つ一つ知覚し、さらに上位の言語単位である句・節などの処理をし、内容を把握すると考えられる。これに対して「トップダウン処理」では、文字や語の処理を基盤として読解が行われるのではなく、読み手が持つ語彙・文法などの言語情報と内容に関する非言

語情報などを総合して、内容について予測を立てる積極的な活動と考えられる。「相互作用的処理理論」では、その両方のプロセスが補完的に統合され、高次レベルと低次レベルの様々な認識過程が同時並行的に行われるというものである。とはいっても、英語学習の初級者では、基本的語彙の知識が理解の大きな決め手になると見えられる。この処理プロセスと語彙認知の重要性はリスニングにも同様に当てはまるものである。

2. 3 クローズ法に関わる能力

クローズ法は、「総合的な言語能力」を測定すると言っている。一定の長さの文章から機械的に n 番目の語を削除し、学習者に削除された語は何であったか推量させると、リーディング力に加えて、内容、文脈、文法などに関する様々な知識や能力を用いると考えられるからである。そのため、クローズテストの得点には複数のテストの成績が貢献し、また、逆にクローズテストの得点も複数のテストに影響を与えることが予想される。

入学当初のこれらの英語技能が、2 年次だけ、また 3 年次にはどのように発達していくかを知るために調査を行った。

3. 目的

本研究の目的は、各年次の英語のどの能力がどの程度、次年度のどの英語の能力に貢献しているかを明らかにすることである。

4. 方法

4. 1 被調査者

有明高専生 71 名

(1 年次から 3 年次まで全てのテストを受けた学生のデータのみを分析した。)

4. 2 調査手順

調査時期

1 年次は平成 13 年 6 月、2 年次は平成 14 年 6 月に、3 年次は平成 15 年 6 月にそれぞれ 1 週間程度で行った。

調査項目

(1) 英語リスニングテスト (40 問 20 分)

日常生活に即した短い英語の会話を聞き、問い合わせに答える問題である。

(2) 英単語聴覚認知テスト (50 問 15 分)

文字で視覚的に見れば知っている中学レベルの単語を耳で聞いて、その意味を日本語で書く問題である。

(3) 英語リーディングテスト (16 問 30 分)

まとまりのある内容の英文を 2 つ読み、設問に答える問題である。

(4) 英語クローズテスト (20 問 20 分)

英語の文章の中に 7 語ごとにあけられたブランクに当てはまる語を答える問題である。

(5) 英語語彙テスト (25 問 15 分)

文の内容に適する語を選ぶ問題である。

(6) 英語文法テスト (25 問 15 分)

正しい英文になるように語を選ぶ問題である。

アスト問題についての詳細及びサンプル問題は、安部 (2003) を参照されたい。

4. 3 分析手順

まず、各テストの 1 年次から 3 年次の各テストの得点を集計し、年度間で差があるかどうかを調べるために分散分析 (反復測定) と下位検定を行なった。次に、この各年次の各技能の得点に、前年度のどの技能の得点がどの程度貢献しているかを明らかにするために、各年次の各能力を従属変数、前年度の各テストの得点を独立変数として重回帰分析 (ステップワイズ法) を繰り返し行った。最後に、重回帰分析の結果に基づいて、パス図を示した。用いた解析ソフトは SPSS12.0 及び Amos 4.0 である。

5. 結果と考察

各年次の各テストの結果は表 1-1 から表 1-3 の通りである。(安部・山崎 (2004) に記載したテストの得点集計に誤りがあり、今回修正した。)

表 1-1 1 年次のテスト結果

1 年次	満点	最高	最低	平均	標準偏差
英語リスニング	40	32	15	22.52	3.722
英単語聴覚認知	50	34	12	23.90	4.482
英語リーディング	16	13	3	6.75	2.334
英語クローズ	20	15	4	8.27	2.124
英語語彙	25	17	6	12.06	2.449
英語文法	25	19	6	14.03	2.613

表 1-2 2 年次のテスト結果

2 年次	満点	最高	最低	平均	標準偏差
英語リスニング	40	35	15	25.86	4.574
英単語聴覚認知	50	37	16	24.46	4.595
英語リーディング	16	14	3	8.03	2.443
英語クローズ	20	15	4	9.15	2.665
英語語彙	25	19	7	14.30	2.696
英語文法	25	22	6	14.70	3.535

表1-3 3年次のテスト結果

3年次	満点	最高	最低	平均	標準偏差
英語リスニング	40	37	17	26.37	3.983
英単語聴覚認知	50	40	15	27.83	4.781
英語リーディング	10	15	2	6.41	2.676
英語クローズ	20	17	5	9.79	2.305
英語語彙	25	21	10	15.92	2.694
英語文法	25	23	7	16.34	3.308

3年次の得点は、2年次、1年次の得点を全てのテストで上回っている。次に分散分析（反復測定）でその差が有意なものかどうか調べた。

表2 分散分析の結果

テスト	df	F	P
英語リスニング	2	35.725	0.000 ***
英単語聴覚認知	2	42.363	0.000 ***
英語リーディング	2	14.739	0.000 ***
英語クローズ	2	17.983	0.002 ***
英語語彙	2	56.103	0.000 ***
英語文法	2	13.880	0.000 ***

***=p<.005

表2から、1年次から3年次では全てのテストの結果に有意差があることがわかった。下位検定を行った結果、有意差があった年次は表3の通りである。

表3 Tukey の検定の結果

テスト	年次間の得点の有意差
英語リスニング	1年次 < 2年次・3年次
英単語聴覚認知	1年次・2年次 < 3年次
英語リーディング	1年次 < 2年次・3年次
英語クローズ	1年次・2年次・3年次 1年次 < 3年次
英語語彙	1年次 < 2年次 < 3年次
英語文法	1年次・2年次 < 3年次

1年次から3年次の年ごとに有意差があったのは、英語語彙のみであった。英語リスニング、英語リーディングは1年次から2年次では有意差があったが、2年次と3年次の間ではなかった。また、英単語聴覚認知と英語文法は、1年次と2年次の間には有意差はなかったが、2年次と3年次の間で有意な向上が見られた。

これらの結果からみると、リスニング・リーディングといった技能が先に発達して、その後、その下位技能となるような単語認知や文法が発達していくようである。

英語クローズの結果は、1年次と3年次の間には有意差があったが、1年次と2年次の間にも、2年次と3年次の間にも有意差がなかった。これは非常に緩や

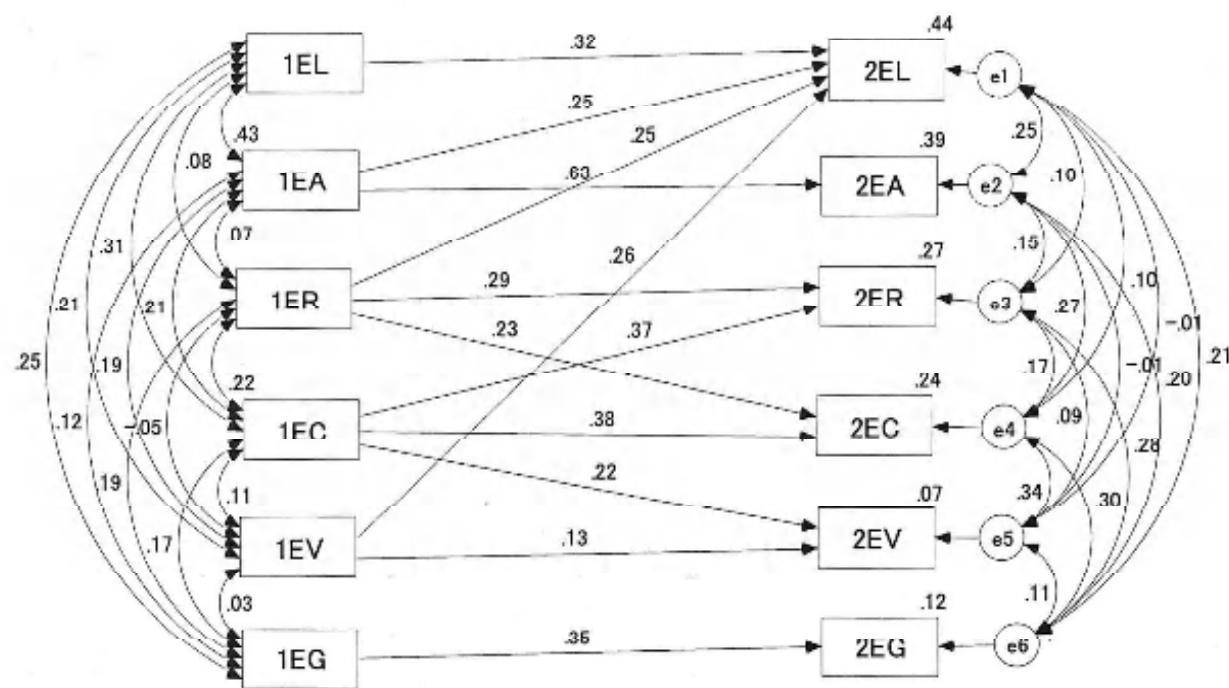
かに向上して行ったということである。

次に、2年次の各テストの得点を従属変数に、1年次の各テストの得点を独立変数に、重回帰分析を繰り返し行い、2年次の各テスト成績に貢献する1年次の要因を調査した。同様の手順で、3年次の各テストの得点に貢献する2年次の要因を調べた。

その結果を図1、2のパス図に示した。長方形はそれぞれの年次のテストの点数である観測変数、楕円は測定誤差を表している。双方向の矢印は相関を表し、数値は相関係数である。片矢印は因果関係を示している。矢印に記されたパス係数のプラス・マイナスや、絶対値の大きさから因果関係を読み取ることができる。観測変数の右上に記された数値は重決定係数 R² 乗値で、説明率を表している。各図の下に示された複数の記号は適合度指標であり、それぞれのパス図の当てはまりが適当であるかどうかを判断するものである。適合度指標の数値は、図1では、GFIが.957、AGFIが.861、図2では、GFIが.957、AGFIは.861、その他の指標も問題がないことから、図1、2は十分に当てはまっていると考えられる。

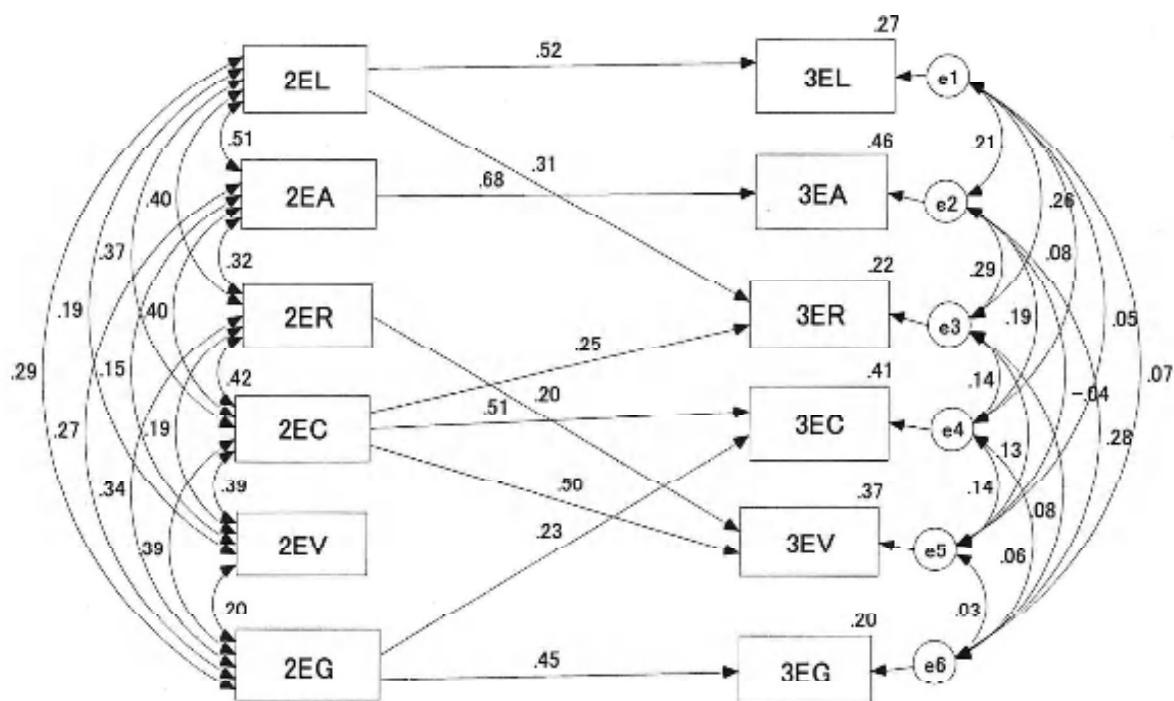
図1、2のパス図に即して、まず、1年次のテスト得点間、2年次のテスト得点間での相関を検討する。1年次は、図1の1年次の6つのテスト成績の相関を示す双方向の矢印と相関係数から、英語リスニングと英単語聴覚認知は.43の中程度の相関があるが、その他の能力同士の相関は低くないことが推察される。語彙は、英語リスニングとも英語リーディングとも相関が低く(.21, -.05)、英語を聞いたり読んだりする際に語彙の知識が役立っていないようである。

しかし2年次になると、図2からわかるように、前年度と同様、英語リスニングと英単語聴覚認知の相関が.51と高いのに加えて、1年次は低かった英リスニングとリーディングの相関が.40と高くなっている。また、文法とその他の技能との相関係数の高まりが顕著である。クローズやリーディングとの相関もそれぞれ.39, .34と高くなった。これは、1年次にはばらばらであった各技能が、2年次には向上して、他の技能と関連性が増してきたと考えられるのではないだろうか。



Note: CMIN=19.742(P=.711), df=24, GFI=.957, AGFI=.861, RMSEA=.000, CFI=1.000
 EL=英語リスニング, EA=英単語聴覚認知, ER=英語リーディング,
 EC=英語クローズ, EV=英語語彙, EG=英語文法

図1 1年次と2年次の英語能力の関係



Note: CMIN=32.832(P=.203), df=27, GFI=.933, AGFI=.807, RMSEA=.056, CFI=.978
 EL=英語リスニング, EA=英単語聴覚認知, ER=英語リーディング,
 EC=英語クローズ, EV=英語語彙, EG=英語文法

図2 2年次と3年次の英語能力の関係

次にリスニング、リーディング、クローズ法に関する能力について検討する。

(1) リスニングに関する能力

図1に示されているように、2年次の英語リスニング能力には、1年次の4つの技能が貢献している。英語リスニング、英単語聴覚認知、リーディング、語彙である。音声にかかるリスニングと英単語認知の能力のみならず、リーディングと語彙が大きな貢献をしている。

これは、リーディングとリスニングの関係に関する先行研究の結果とも一致するものである。このように、英語リスニングには音声と書き言葉の両方の能力が貢献するので、授業で英語リスニング能力を向上させる目的で、テープやCDを聴取する練習をするのに加えて、語彙を増やし、読解力をためめることが重要であることが示されている。

一方、2年次の英語リスニング能力が3年次の英語リスニングと共に英語リーディングにも貢献している。このリスニング力のリーディング力への転移も前述の通り先行研究でも明らかにされていることである。

英単語聴覚認知では、1年次から2年次、2年次から3年次でも、前年度の英単語聴覚認知の能力が唯一の説明要因であり、他の技能から影響を受けていない。本研究では、3回の調査を通じて、goalをgo、campをcan、Europeをyourと誤認している学生がかなりおり、この英単語聴覚認知能力は英語リスニングに大きく貢献しているので、今後、読んで理解できる語を聞いても理解できるよう訓練していくことが大切である。

(2) 英語リーディングに関する能力

2年次の英語リーディング能力は、1年次の英語リーディングと英語の総合力を測ると考えられている英語クローズテストの得点によって説明されているが、3年次の英語リーディング力の説明要因となっているのは、英語リスニングと英語クローズであり、2年次の英語リーディングによって説明されていないのは重大な結果である。テストの得点でも、表3で示された通り、英語リーディングテストの得点では2年次と3年次の間は有意差がなかった。その原因と対策を考えなければならない。

語彙は、リーディングでもリスニングでも重要な役割を果たすと考えられているが、図1、2のバス図によると、語彙があまり他の技能の貢献要因になっていないように思われる。特に2年次の語彙が、3年次の能力のいずれの技能にも貢献していないという結果は、注目に値する。3年次の語彙は2年次の英語リーディングとクローズによって説明されている。英語を読むことによって、リーディング力が向上するとともに、

語彙を身につけたと考えられるが、それで語彙習得が十分なされたとは考えられない。さらに語彙を身につける方策を考える必要があるであろう。

文法は1年次から2年次、2年次から3年次の双方において、次年度に貢献する唯一の要因であり、授業で学習した文法事項が直接次年度に貢献していると考えられる。本校では、授業の中で文法を系統立てて教える機会が少なくて、2年次が終わって一通りの文法事項を学習したことになる。このようなことから1年次、及び2年次当初では、文法の知識が限られているため、次の年次の諸技能に貢献しなかった可能性がある。

(3) 英語クローズ法に関する能力

2年次のクローズテストの得点は、1年次のリーディング及びクローズによって説明され、3年次のクローズは2年次のクローズ及び文法の得点に説明されている。一方、1年次、2年次ともクローズの成績は、それぞれ次年次のリーディング、クローズ、語彙の3つに貢献している。クローズテストは、英語の総合力を測定すると考えられており、この結果はある程度妥当なものであると考えられる。ただ、2年次でも3年次でもクローズテストの得点に、語彙が貢献要因となっていないこと、また1年次の文法の能力が関わっていないという点はさらに深く検討する必要があるのでないかと思われる。

以上、英語の諸技能間の相関とバス図の考察から、被調査者となった71名の英語能力は、年次が上がるにしたがって、ある程度順調な発達をしているが、2年次から3年次の間で英語リーディングと英語語彙が次年次とのつながりが途切れたことなど、反省すべき点があることが明らかになった。

6. おわりに

本研究では、本校生71名に6種類の同一の英語テスト問題を1年おきに3回解答させ、その個別の技能同士の相関と次年度への貢献度を、バス図に示した。その結果、年次が進むに従って、技能同士の相関が高まり、連続的な貢献も明らかになった。

しかし、英語語彙と英語リーディングの成績は2年次から3年次ではいずれの技能の貢献要因ともなっていないことが明らかになった。安部・山崎(2004)でも報告したように、アンケート調査により、2年次で英語学習への意欲が著しく低下することがわかっている。このような2年次の英語学習への意欲低下にも配慮しながら、今後の本校の英語教育の改善に努めたい。

参考文献

- 安部規子 (2003a). 「有明高専生の英語能力の発達に関する縦断的研究（1）—1年次と2年次の比較を中心にして」『有明高専紀要』第39号, 117-123.
- 安部規子 (2003b). 「高校生の英語リスニング能力と他の言語能力及びメタ認知能力との関係」『日本教科教育学会誌』25巻4号, 49-58.
- Abe, N. (2003c). The factors explaining English listening ability of Japanese high school students: With a focus on different ability groups. *ARELE*, 14, 121-130.
- Abe, N. (2003d). The development of English listening ability of Japanese high school students: With a focus on the difference between the 1st year and the 2nd year. *International Journal of Curriculum Development and Practice*, 5 (1), 83-90.
- 安部規子・山崎英司 (2004). 「有明高専生の英語能力の発達に関する縦断的研究（2）—1年次から3年次の比較を中心にして」『有明高専紀要』第40号, 121-128.
- 門田修平 (2002). 『英語の書きことばと話しことばはいかに関係しているか』くろしお出版
- 小塙真司 (2004). 『SPSSとAmosによる心理・調査データ解析—因子分析・共分散構造分析まで』東京図書
- Ross, S. J. (2003). A diachronic coherence model for language program evaluation. *Language Learning*, 53, 1-33.
- 武井昭江 (編著) (2002). 『英語リスニング論』河源社
投野由紀夫 (編著) (1997). 『英語語彙習得論』河源社

「九月九日」当口ではなく、盛りを過ぎた「九月十日」の菊を爱好するものに表出したという旨意があるにしても、それに統く「白髪頭」という表現と対比させて考えてみると、そこに際立つてるのは、「菊花」ではなく、「盛りを過ぎてもなお咲き残る残菊」の前に併む「白髪」の老いた人間、道真自身の姿ではないだろうか。白詩にある菊が、老残の白居易の姿と対比され、一層、若々しく華盛るを表出しているのに対し、道真の詩では、盛りを過ぎてもなおも咲き残つてゐる菊花が、白髪となりて老いてしまつた、五十八回目の秋を迎えてゐる道真の姿を一層際立たせるものになつてゐることに留意したい。

注一 拙稿「菅原道真研究」「菅家後集」全注釈（九）—

（「国語国文学研究」第二十九号）熊本大学国語国文学会

注二 拙稿「菅原道真研究」「菅家後集」全注釈（二）—

（「国語国文学研究」第三十六号）熊本大学国語国文学会

注三 「平安時代文学と白氏文集—道真の文学研究篇」二冊—

金子彦一郎著

四〇〇頁

注四 拙稿「菅家後集」編纂事情の一考察—卷尾の詩「讀居春初」の解釈を通じて—

（「菅原道真論集」和漢比較文学叢編 勉誠出版）

注五 拙稿「菅原道真研究」「菅家後集」全注釈（四）—

（「有明工業専門高等学校紀要」第二十八号）

注六 「平安時代文学と白氏文集—道真の文学研究篇」二冊—

金子彦一郎著

二九九—四〇〇頁

【追記】

この稿を草するにあたり、木下文理氏より多大の御助力をいただいた。とりわけ語秋・白詩中の詩語の検索等にお力添えをいただいた事に深謝申し上げる。

又中国古典籍の調査には「台大中央研究院漢籍電子文献」のデータベースによる検索を行なつた。（<http://www.sinica.edu.tw/ftms-bin/ftmsw3/>）唐詩の検索は北京大学中文系の「全唐詩全文検索系統」を大いに活用した。（<http://chinese.pku.edu.cn/cgi-bin/tanglibrary.exe>）

開け尽きて更に花の無ければなり」という「菊花」中の詩句が平安朝の詩人に愛唱されるものとなつたことがあることを紹介した。この「512九月盡」でも同じ。

○白髮頭 : しらが頭。

類義語に【白頭人】として「漢語大詞典」では「白髮老人」と説明をし、「白氏文集」「臨江送夏贈詩」に「愁見舟行風又起、白頭浪裡白頭人」とあるを挙げる。「菅家文草」「280元日戲詣小郎」に「不須多勸屠蘇酒、其奈家君曰髮新」の句が、又類義語に【白霜（頭）】として、同じく「菅家文草」「24春盡」「485秋夜」に「黃萎顏色白霜頭、况復千餘里外枝」の句が見える。

補説

◎四句目「黃萎顏色白髮頭」の表現について
この「512九月盡」の詩句への「白氏文集」からの投影が強く窺われるのは、既に先学の指摘（注六）にある所だが、それは次の作品である。全文を挙げる。

3382 九月八日 贈皇子十見贈

九月八日 皇子十の贈られしに酬ゆ

君方對酒報詩章
我正持齋坐道場
處處追遊雖不去
時時吟詠亦無妨

君は方に酒に對して詩章を綴り
我は正に齋を持して道場に坐す
處處追遊して去らずと雖ども
時時吟詠するも亦妨げ無し

霜蓬舊鬢三分白
霜菊新花一半黃

惆悵す 東籬に同じく醉はざるを

陶家明日是れ重陽

（本文は「白居易集箋校」朱金城著による。）
(傍線 等者)

この時は、朱金城氏の考収に拠れば、開成三年（八三六）白居易六十七

歳の時、太子少傅分司をしており、洛陽の地で詠んだものとされる。九月八日に皇子を贈られて來たものに酬いた詩である。
九月九日を明日にひかえ、陶淵明の「九月九日」の故事を踏まえて皇子曙とともに東籬の菊花のもとで心いくまで会飲出来ないのが無念だと詠む。その五・六句日の表現、「霜蓬の舊鬢三分白く、露菊の新花一半黄」（=霜枯れの蓬のようには私の髪の毛は、三割ほど白くなつてしまつた。露にぬれている今年咲いたばかりの菊花は半ば黄色になつてゐる）に注目したい。この両句は抄句として「和漢朗詠集」卷上「菊」の項に収録されている。この句について、菅野禮行氏は次のように説明されている。（和漢朗詠集）では「舊鬢」を「老鬢」に作る。

重陽を前にして咲き出した菊が若々しく見えるのに對して、老残の身を嘆いている。開成三年（八三六）作者六十七歳の時、洛陽での作。詩題によれば皇子曙が重陽の前日に詩を贈つてきたのに答えたものである。「本朝無題詩一卷」、藤原茂明「菊花賦す」詩に「歳は芳采を吐き裸に遇ふと雖も、霜蓬の老鬢年を送ひて衰ふ」。『泥之草再新』菅原宣義の「春意」詩に「暦を送る宿草は三分緑に、御に被ふ新花は一半紅」

（日本古典文学全集－和漢朗詠集－）（小学館）
菅野禮行 校注・訳（一四六）（一四七）

菅野氏が指摘されているように、重陽の節句を前に咲き始めた菊の瑞々しさと、老いを迎えている自分の姿との対比を「霜蓬」と「露菊」、「舊鬢」と「新花」、「三分」と「一半」、「白」と「黄」という見事な対句表現を駆使した表現で描いている所に重點があるようになつて思ふ。この表現を直譯が、「512九月盡」の第四句で「黃菊の残花、白髮の頭」として使つているのは疑いようもないが、両詩の詩情まで踏み込んで考察してみると自と相違点が浮き出でてくる。

つまり白詩では、蓬が霜にうたれたような白髮頭の老いた白居易の姿は次の句の、九月九日、重陽の節句を前に黄色の花を咲かせようとする瑞々しい美しさを際立たせるものとして表現されているよう思える。白居易のこの詩での主眼は、菊花を前に、皇子曙とともに会飲出来ぬ無念さであつて、そこに年老いた我が身への悲哀等はさほど込められていないようを感じる。

一方、道真の詩に目を移すと、黄色の花が、「新花」ではなく「残花」となつてゐる。そこに日本特有の季節感、季節を好む心情が重陽の節句の感する。

我が身は五十八回目の秋を送ろうとしている。

(陶淵明のようすに東離の菊に対し醉えるわけでもなく、又、白居易のように友とつれづれの心情を詠み交わすこともなく) ただ一人中庭に立つて一体何をあれこれ思いやるというのだろうか。

(庭に目をやると) 黄色の菊が、重陽の節句を過ぎても、まだ咲き残り(霜にでもあつたような)そこには白髪となつた男がたたずんでいるのである。

語釈

○年 : 延喜二年。道貢五十八歳時。(太宰府論居生活二年目。)

○盡 : つゞもり。月末。「歲華紀麗」に「大醜小盡」。(注) 月三十日爲人盡。二十九日爲小盡とある。

○思量 : 思いはかる。考案めぐらす。種々に考案する。史料。

「顏氏家訓」(帰心)に「何況神通感應、不可思量」の用例が、又「元稹・和樂天夢亡友劉太白同遊」の用例が見える。〔漢語大詞典〕では「老處・付度」と説明し、「杜荀鶴・秋日寄吟友詩」の「問坐田畠小來事。祇應元是夢中遊」の用例が見える。〔漢語大詞典〕では「老處・付度」と説明し、「杜荀鶴・秋日寄吟友詩」の「問坐緯思量、惟吟不可忘」の用例を挙げる。「菅家文草」(274冬夜閑思)に「千方百量身上事、慾聞報得欲明天」の句が、又「菅家後集」(483慰少男女)に「思量汝於彼、天惑甚冤怨」の句が見える。

○黃菊

花の黄色なる菊。「漢語大詞典」には「(○) 黄色的菊花」と説明し、「劉長卿・感懷詩」の「秋葉正堪悲、黃菊殘花欲待誰」の用例、又「姚合・寄主客郎中詩」の「吟詩紅葉寺、對酒黃菊灘」の用例を引く。

この語の類義語の用例として紀長谷雄の詩文「71九月辱宴勸賜群臣菊花序」に「尋舊跡於魏文、亦黃花助彰祖之術」の句が、又「田氏家集」には「168七言重陽後節題秋叢廳製一首」に「蘭佩始應鳴紫玉、菊綺猶未統黃袍」の句が、又「23和野内史選局前菊之什」に「昔花何處賦宮籞 左掖門前史局垂」の句が見える。「菅家文草」(460九日佳宴、同賦菊散一叢金、應製)に「不是秋江練白沙、黃金化出菊叢花」の句が見える。

○殘花

散り残つた花。色香の失せた花。残英。

「杜甫・送率員外詩」に「細草留連侵坐軟、殘花長望迫人間」の用例がある。「漢語大詞典」では「待謝的花。未落尽的花」と説明し、「劉長卿・感懷詩」の「秋葉正堪悲、黃菊殘花欲待誰」の句を、又「庚信・和宇文內史史東陽閣」の「舊蘭憔悴長、殘花爛漫舒」の句を載せる。「田氏家集」には「45晚春同門會飲瓶庭上殘花」に「閑散只懨哀及會、殘花勸醉未須辭」の句が見える。「菅家文草」(45晚春、同門會飲瓶庭上殘草)に「榮枯物我自應知、春晚殘花幾許枝」が見える。

但しこの「512九月盡」では「殘菊」の事を詠んでいる。この「殘菊」については「菅家後集」「505秋晚題白菊」を取り挙げ、注釈を試みた詒稿(注五)の中で詳述したので、ここでは重ねて述べない。この詩の一句目に「殘菊白花是雪も如かず」と詠む表現の中の「殘菊」の語釈と用例を挙げた。更に補説の頁で、渡辺秀夫氏の著より「殘菊」が日本人の愛好するものの一つとなつた要因として、唐代の詩人、元稹の「これ、花の中に偏に菊を愛するのみにあらず、この花

梅雨無聲濕桂花、今夜月明人盡望、不知秋思在誰家」の句の用例が見える。

「白氏文集」(183南山路驛桐樹)「昔與微之前後題名處」に「笑間中庭老桐樹、追廻歸去免來無」の句が見える。「菅家後集」(404松)に「孤松呈勁節、幸許在中庭」の句を見出せる。

て喻となす。四山は四大なり。四方は生・老・病・死なり」とせり。(中略) 増一阿含經卷十八には同じく波斯匿王に對する說法として四大恐怖襲ひ來りて此身を害せんとするに當り之を避くる由なきことを明せり。即ち一に老壞、少壯を敗して顔色なからしめ、二に病盡、無病を壞敗し、三に死盡、命根を壞敗し、四に有常の物は無情に帰す。此四法は何物も能く障護すべからず、力の能く伏する所に非ず、猶ほ四方に四大山あり四方より來りて衆生を壓するに力の能く却くる所に非ざるが如しとせり。

(『佛教大辭典』第三卷 一二二〇~一二二一頁)
(傍線 筆者)

この説明によれば、人として避けらるゝとの出來ないものが「生・老・病・死」の四苦である。これを「513偶作」の詩句に充ててみると、一句目の「病は衰老を迫いて到る」の句意が、四苦の「老・病」を踏まえていると考えられる。とすれば、三句目の「此の賊逃るる處なし」の句意には四苦の「死」が踏まえられていることが判明する。つまり、この詩の背景には、先の仏教の思想が色濃く反映されていることが明らかになる。

このことを念頭に置き、「513偶作」を再吟味してみると、筆者が前稿(注四)で論じた以下のようない推測が可能になるよう思う。

三句目で「此の賊逃るる處なし」と自分の死期の迫ったことを悟つてゐる道真には、四句目で「観音念ずること一廻」と淨土往來をひたすら、庶幾う自分を描き筆を置く。そこには仏の道でしか生かされない、救済の道が残されていない今日の自分の姿に対する諦念が色濃く反映している。「1. 太宰府謫居一期」「2. 太宰府謫居二期」に見られる作品群とは全く異質の詩風の作品となつてゐる。ここにこの期の作品の特質を見事に凝縮したものの見る思いがする。筆者は、この作品こそが、残されている「菅家後集」の全作品を吟咏した中で、辞世の作ではないかと推測している。

(四三九頁)

本文

平仄

512
・九月盡

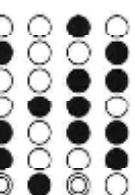
・今日二年九月盡

・此身五十八廻秋

・思量何事中庭立

・黄菊殘花白髮頭

※脚韻は上平声 尤韻。韻字は「秋・頭」



校異

○題字下：七言（内）（大島）（加越能）（松平）（尊四）（太一）

（太二）
（刊本）全本。

▼頭注：「無七言」字（大島）

○庭（○）：道（●）（静嘉）
▼頭注：「庭作道」（大島）

訓詁

・今日二年 九月盡

・此の身 五十八廻の秋

・何事かを思量して中庭に立つ

・黄菊の殘花 白髮の頭

・今日は延喜二年九月の三十日を迎えた。

通釈

唯有老到来。人間無避處。唯だ老の到来する有り。人間避くる處無し。
感時良爲已。獨倚池南樹。時に感じて良に已めりとなし。獨り池南の樹に倚る。
今日送春心。心如別親故。今日春を送る心。心は親故に別れるがごとし。

(本文は「白居易集義校」朱金城著に拠る。)

(詞みは「續國譜漢文大成—白樂天詩集—」に拠る。)

(傍縁筆者)

白居易が元和十年(八一五)四十四歳、太子左贊善大夫の時、長安曲江のほとりで三月末日に過ぎ行く春を惜しむ心情をうたつた作品である。

春風に「明日はもうこの地にはとどまつてないだろうな」と問う掛け、花がはらはらと散る様を踏まえて、「人生は旅人(行人)と同じ」少しも停まることをしないと、月日の流れの無情さを嘆く。十三・四句と「兵戦や水火の難を避ける方法もないことはないが」と次の十五・六句でこの十三・四句と対比させて人間の老いの避けようのなきを際立たせる。「ただ老の到来は人間にはどうしても避けることが出来ないのである」と表現する。だから今の私に迫る「老」はいかんともしく「人池南の樹に倚つて、今年の春との別れを寂故のそれにするような心情で惜しんでいるのだと詠む。

このような白詩と道真の詩との内容まで踏み込んだ詩情の比較となると、両者には大きな隔たりがあることが自明になる。確かに「老い」というものが、人間には避けようのないものという表現には、白詩の表現の投影を指摘することも可能だが、道真の詩と白詩との間には、その「老い」を実感する切実感・切迫感が全く異なる。換言するならば、道真の詩には「死」を目前とした「老い」の緊迫感が詩情より明らかに読み取ることが出来る。白詩には、「老い」を嘆きつゝも「春を送る」心情に道真の詩には見られないある種の余裕が窺える。ここでは、白詩からの詩語の措辞といふ観点よりもっと深い、仏教思想に裏付けられた用字であろうと考える。

○「514偶作」の根底に流れる詩情の、背景にあるもの

②

この作品は、絶筆といわれる「514謫居春雪」の直前に置かれている。筆者の調査した写本・刊本の中で、「金沢市立玉川図書館大島文庫本」・「太宰府大満宮所蔵本」、調査刊本十九冊全てに、題字下傍注として次の文があることに注目したい。

▼「延喜二年癸亥一月二十五日 五十九歳」

この一文は、本来ならば、前述した「菅家後集」卷尾の作品「514謫居春雪」の題字の注として付されるべきものだと考える。それが直前の作品「513偶作」に付されているのは何を意味しているのか、以下私見を述べてみる。

川口久雄氏は岩波古典文学大系「菅家文草・菅家後集」の補注で次のような所感を述べておられる。

道真の死を前にしての、切迫した心境がうたわれている。この詩は延喜二年十二月ころに作られたものであろう。後世の伝説によればそのころ都では、池の水が尽く紅水となり、氷は連日にわたり解け、潜んでいた何万という魚が泡をあげて死んで浮かびあがり、神皇苑の水の色が、紫の袍の色になつたと伝えられる。こういう伝説をよびおこす契機の一つは、この後集の抒情詩の切迫したいぶきの訴える力によるところがあるであろう。(七三九頁)

更に、川口久雄氏は同書の補注として二句目の「此の賊逃る處なし」の箇所の説明で「天台止観」に「四山合來無逃避處」とあるに拠る。四山とは老病死衰の四相を山にたとえ、のがれるところがないという説」(七三九頁)と、注目すべき指摘をなされている。

ここで、「四山」について「佛教大辞典」(龍谷大学編纂)より以下に説明文を引用してみる。

【四山】常に生・老・病・死の四苦に迫られ人身の無情なる相を四大山の下にありて逃る、ことなきに喻へたるもの。北本涅槃經卷二十九【同南本卷二十七】には波斯匿王に対する説法を述べ

玉、親信の人あり、四方より来りて各々是言をなさん。大王、四大山あり、四方より来りて人民を害せんとすと、王若し聞かば何の計をか設くべき、王言く、世尊設し此れ來らば逃避する處なからんと(中略)我説く、四山とは即ち是れ衆生の生・老・病・死なり・生・老・病・死常に來りて人に切るなり」と云へり・壓前止觀(曾本)卷一ノ四にはこの涅槃經の説に依りて「三界は無情なり。一箇偏に苦しむ。四山合し來らば逃避する所なし」とし、補行に之を釋して山來ると言ふは非喻を以

音（略して觀音）、新訳で、觀自在・觀世自在別名では救世（くぜ）菩薩・施無畏者・蓮華手菩薩など。觀世音とは、世間の衆生が救いを求めるのを聞くと、直ちに救済する、という意。觀自在とは、一切諸法の觀察と同様に衆生の救済も自在である、の意。救いを求める者のすがたに応じて大慈悲を行ずるから千変万化の相となるという。勢至菩薩とともに阿弥陀仏の脇侍となり、胎藏界の曼荼羅中台八葉院の西方にあり、また蓮華部院の王尊である。（下略）

（「廣説 佛教語大辭典」上 中村 元著

二二九頁）

▼【総合佛教語大辭典】には次のような記述が見える。

【觀世音菩薩】（梵）アヴァローキテーシュヴァラ Avlokitesvara の訳。阿縛盧枳低湿伐羅（あばろきていしつばら）などと音写し、薩摩亘（けいろうこう）とも音略する。觀世音・光世音・觀自在・觀世自在と訳し、觀音・聞音・現音声ともいう。別名を救世（くぜ）菩薩・施無畏者・蓮華手・普門・大悲聖者と称する。慈悲救済を本願とする菩薩の名。①法華經普門品（觀音經）には、現世において衆生の厄難を救い福德を与える菩薩として説かれ、苦惱の衆生が一心にその名を称えると即時の音声を観じて解脱を得させるとし、相手に応じて仏身から執金剛身にいたる三十二身を示現して衆生を導くという。（中略）觀音信仰がインドや西域で栄えたことは多くの經軌が作られた事実と、大唐西域記などの文献やエローラ・鹿野苑などの遺跡から知られ、またインド南部の秣羅矩叱國布怛落迦山は觀音の靈跡として著名である。中国では羅什が法華經を伝訳してからその信仰が大いに深え、像道も盛んで、佛經や曇記も著され、浙江省舟山列島の普陀山普濟寺が補陀落山に擬せられた。日本では聖德太子が救世觀音を尊崇して以来その信仰が盛んとなり、主として現世の福樂がねがわれたが、淨土教がおこつてからは迎の菩薩としても敬われた。平安時代には宮中で觀音供が行われ、長谷寺・清水寺・石山寺などの觀音靈場が上下の信仰を始めた。（下略）

——【総合佛教語大辭典】上 法藏館

二二八・二二九頁

音（略して觀音）、新訳で、觀自在・觀世自在別名では救世（くぜ）菩薩・施無畏者・蓮華手菩薩など。觀世音とは、世間の衆生が救いを求めるのを聞くと、直ちに救済する、という意。觀自在とは、一切諸法の觀察と同様に衆生の救済も自在である、の意。救いを求める者のすがたに応じて大慈悲を行ずるから千変万化の相となるという。勢至菩薩とともに阿弥陀仏の脇侍となり、胎藏界の曼荼羅中台八葉院の西方にあり、また蓮華部院の王尊である。（下略）

○一廻

：もっぱら。ひとえに。專一。
〔淮南子〕「說山訓」に「用心一也。（注）一、情專也」の用例が見える。

○一廻

：「廻向」の意と解す。
〔廻向〕＝回向。【総合佛教語大辭典】には「〔街〕パリテーマナ Paritāpanā の訳。廻はめぐらすこと。向はさしむける」として、自分が行つた善をめぐらしひるがえして、衆生や自分のさとりのためにさしむけることをいい、或いは死者のためにする追善をもいう」と説明する。〔漢語大詞典〕では「佛教語。謂回轉自口的功德、趣向衆生和佛來」と説明するが、ここでとりわけ「廣説 佛教語大辭典」に説明する「思いをめぐらして淨土往生の一途に向かう。念佛を行つて淨土に生まれる因とする」（二二四頁）のように「他へ向いていた心を淨土の一途に向かえる」の意で解してみた。

○「513偶作」^①

○「513偶作」に投影の指摘できる『白氏文集』の一考察

『白氏文集』の中に「487送春」という作品が存する。既にこの詩からの投影の指摘が金子彦二郎氏よりなされている。^注以下全文を挙げてみる。

487
送春

三月二十日。春歸日復暮。二月二十日。春歸日復た暮る。
惆悵問春風。明朝愁不休。惆悵して春風に問ふ。明朝愁に住まらざるべし。
送春曲江上。眷眷東西顧。春を送る曲江の上。眷眷として東西に顧る。
但見撲水花。紛紛不知數。但だ見る水を撲つ花。紛紛として數を知らず。
人生似行客。兩足無停歩。人生は行客に似たり。兩足停歩無し。
日日進前程。前程幾多路。日日前进む。前程幾多の路ぞ。
兵刀與水火。盡可遠之法。兵刀と水火と。盡く之を遠けて去るべし。

菅原道真の他の作品中にもこの語は散見する。

〔菅家文草〕（052五月、長齊畢、書懷簡諸同舍）に「初廢聲々聞般若、暫定念々貴觀音」の句が、同じく「117夢阿満」に「南無觀自在菩薩、擁護音兒座大迦」の句が、「289齊日之作」に「念歸觀世音菩薩、聲誦摩訶般若經」の句が、「菅家後集」「歳日感懷」には「合掌觀音念、居蘇不把盃」の句が見える。

うに「病」が私に襲って来た。

又、身体の衰えのみならず、精神もこの太宰府の謫居生活とともに衰耗し、愁いが深まるばかりである。

そして今、私に迫っているものは「死」の賊である。この賊は先の「老」「病」とともに絶対に逃れることは出来ない。

今は、専ら観音菩薩にすがって、淨土往来の一途に向かうこととを念するのみである。

語釈

○偶作：偶然に作る。又、其の作品。詩などにいう。

〔方干・偶作詩〕「若於巖洞求倫類。今古殊無似我多。」

〔漢語大詩典〕には「謂不經意而作。多用于詩詞題中。如唐白居易有《洛中偶作》詩」という説明が見える。

○衰老：年老いて体力のおとろえること。又、其の者。衰老。衰暮。

〔後漢書〕「章帝紀」に「養^二衰老^一、授^二几杖^一」の例が、「列子」「湯問」に「衰老哀苦」の例が見える。

〔漢語大詩典〕では「年過体衰、精力不濟。亦指年邁体衰精力不濟的人」と説明し、「礼記」「月令」の「仲秋之月」是月也。

萎衰老授几杖、行廻御飲食」の例を挙げる。〔白氏文集〕「永崇里觀居」に「何必衰老、然後悟浮休」の句が、又、「東園玩菊」に「常恐更衰老、強飲易無歡」の句が見える。〔菅家文草〕には「舟行五事」に「尋求欲凌浪、衰老不勝風」の用例が見出せる。又、類似語として「衰病」で、「田氏家集」「86自勸篤居」に「衰病竟無閑退日、健時閑退是閑居」の用例が見える。

…追いつく。「漢語大詩典」では「隨着。沿着」と説明し、「白氏文集」「暮歸」の「朝隨煩影出、暮趁數聲還」用例を挙げる。

○謫居：貶謫されて遠方へ遷されて居ること。又貶謫された住居。罪を

得て流されて居る所。謫所。〔漢語大詩典〕では「謂古代官吏被貶官降職到邊遠外地居住」と説明し「高適、送李少府貶陝中少府赴長沙詩」の「嗟君此別意何如、駐馬銜杯問謫居」の例を挙げる。〔白氏文集〕「琵琶行」に「我從去年辭帝京、謫居臥病憲陽城」の句が、「408春暮寄元九」に「唯與故人別、江陵初謫居」の句が、「不准擬^二首之^一」に「憶昔謫居炎瘴地、巴猿引哭虎隨行」の句が見える。

○賊：〔漢語大詩典〕には「^①禍害」との説明があり、「荀子」「大略」の「能除患則爲福、不能除患則爲賊」の例、及び「韓詩外傳」「卷七」の「爲善者天報之以福、爲不善者、天報之以賊」の例を挙げる。

○逃避：〔漢語大詩典〕に「^②避諱」との説明があり、「荀子」「大略」に「雖則勤苦、無所逃避、是臣之正道」の用例が見える。

類似語としての「逃處」は「のがれて身をおく所」の意である。〔白氏文集〕「408送春」に「唯有老到來、人間無避處」の例が見える。

補説

○参照。

○観音：〔漢語大詩典〕に「則觀世音、唐時達太宗李世民譯、省称觀音」と説明するように「觀世音菩薩」の事を指す。同じく「漢語大詩典」では「仏教、菩薩名。慈悲的化身。救苦救難之神」と記す。

▼「法說、佛教語大辞典」には次のような説明がある。

〔觀世音〕 [S]Avalokitesvara の漢訳。世音を觀する、の意。觀自在菩薩の名称。世人びとの音声を觀じて、苦惱を解脱せしめるので、こう称する。〔法華經〕 観世音菩薩門品には「是の觀世音菩薩を聞きて一心に名を称せば、觀世音菩薩は即時に其の音声を觀じて、皆解脱することを得せしめん」と觀世音という名称を述べているが、この文面はサンスクリット原典に存しない。(下略)

〔觀世音菩薩〕 観世音は [S]Avalokitesvara の英訳。この原語は阿縛盧枳低湿伐羅と音写される。漢訳は旧訳で、光世音・觀世音

菅原道真研究 — 『菅家後集』全注釈（十）

焼山廣志

（平成十六年十月四日）

A Study of Sugawara Michizane

YAKIYAMA Hiroshi

Explanatory notes on all the poems of Kankokoshu (Private edition of Sugawara Michizane's poetry in Chinese written in the Dazaifu period)Section X

I

校異

○題字ト…和歌（内1）（大庭）（加越能）（松平）（善因）

▼頭注…「無五印」字並延喜以降十六字」（大庭）

▼題字下傍注…「延喜二年癸亥」月「十五歲五十九歲」（大庭）（太1）

（太1）（刊本）全本

○趁（●）…趁（●）（内1）（加越能）（尊1）（太1）（太1）

（刊本）全本

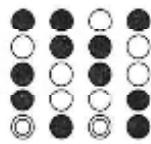
○處（●）…處（●）（内1）

II

本文

513 *
偶 作

- ・病追衰老到
- ・愁趁讀居來
- ・此賊逃無處
- ・觀音年一廻



※脚註は上平声 厳韻。韻字は「來・廻」

平仄

訓読

- ・病は衰老を追ひて到る
- ・愁は讀居に趁ひて来る
- ・此の賊逃るるに虛な
- ・觀音念ずること一廻

通釈

- ・人間が生きて行く上で逃れられないものの一つは「老」がある。
- ・若き日の活力は老いと共に割り取られ、これに追ふうちをかけるよ

研究活動概要

発表した論文・著書及び講演題目 (自 2003年10月～至2004年9月)

論文題目又は著書名	著 者	掲載誌名・巻号	年 月	
鉄系焼結合金歯車のねじ式仕上げ転造法によるクラウニング加工	尾崎龍夫 (竹増光家) (松永良一) (穂屋下茂)	塑性と加工, 第45巻517号	平成16年2月	
新転造法の提案と加工実験-ねじ状工具によるクラッヂハブ部品のスプライ	尾崎龍夫 (松永良一) (竹増光家)	塑性と加工, 第45巻522号	平成16年7月	
高能率・高精度リーマの基礎研究	山口絢一 (野村伸司) 明石剛二	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月	
硬質被膜処理を施した温・熱間鍛造工具の型の塑性変形抵抗に及ぼす熱負荷の影響	南 明宏 (友岡康祐)	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月	
小中学生を対象にしたものづくり離れ防止策の試み —サッカーロボット製作とコンテストの実施とその効果—	南 明宏 宮川英明 大山司朗	明石剛二 坂西文俊	論文集「高等教育」, 第27号	平成16年3月
有明高専における「ものづくり」の実践 —ソーファーボート製作—	河村英司	明石剛二	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月
Adaptive Tracking Control of an Electro-Pneumatic Clutch Actuator	(Glen-Ole Kaasa) Takahashi, M.	Modeling, Identification and Control, Vol.24, No.4	平成15年10月	
Vibration Suppression by Collision of Masses and Its Application to lift-up a platform	Takahashi, M. Kinoshita, S. (Tsutsumi, K.) Kawasaki, Y. (Iwai, Z.)	Proceedings of the 10th Asia-Pacific Vibration Conference, Vol.2	平成15年11月	
A Self-Repairing Control System for Plants with Faulty Actuators	Takahashi, M.	Proceedings of the 42nd IEEE Conference on Decision and Control	平成15年12月	
Positioning Control of a Stacker Crane using Robust Simple Adaptive Control Method	Takahashi, M. Kinoshita, S. (Kato, H.) Kawasaki, Y. (Iwai, Z.)	Proceedings of IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing	平成16年8月	
Ba(NO ₃) ₂ およびCaCO ₃ 結晶の後方誘導ラマン散乱によるパルス圧縮/增幅特性	出来恭一 (松岡史哲) (鄭 和翊) (有澤 茂)	レーザー研究, 第31巻第12号	平成15年12月	
高電圧パルスパワー工学	(秋山秀典) (金澤誠司) (高木浩一) (南谷靖史)	(勝木淳) (下村直行) (坂本俊介) (山下敬彦)	オーム社	平成15年12月

海外駐在記事オールドドミニオン大学・PERI 研究所	河野 晋	電気学会論文誌A Vol.123, No.10	平成16年10月
Transient Interferometric Measurements of Electric Field and Temperature Distributions in Pulsed Charged Water Gaps	(Minamitani, Y.) (B. Goan) (J. Kolb) (S. Xiao) (C. Bickes) (X. P.Lu) (M. Laroussi) (K. H. Schoenbach) Kono, S. (R. P. Joshi)	Proceedings of 2004 power Modulator Conference	平成16年5月
High power water switches : postbreakdown phenomena and dielectric recovery	(S. Xiao) (J. Kolb) Kono, S. (Katsuki, S.) (R. P. Joshi) (M. Laroussi) (K.H. Schoenbach)	IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.11, No.4	平成16年8月
RM-CW ライダーにおける信号処理の改善	内海 通弘	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
熱拡散法によるCMOSデバイスの試作(3) －インバータ回路の製作・まとめ－	中村俊三郎 (塚本直樹) (浅野種正)	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
希釈剤を用いた多孔質セルロースゲルの調 製と性質	松本和秋 (本里義明)	高分子論文集, 第460巻	平成15年11月
エーテルを含む多成分系の気液平衡に関する 研究	渡辺 徹	九州大学学位請求論文	平成15年11月
Metallothionein gene expression in the larvae of <i>Caenorhabditis elegans</i> is a potential biomarker for cadmium and mercury	(Shimada,H.) Tominaga, N. (Kohra, S.) (Mitsui, Y.) (Arizono, K.)	Trace elements and electrolytes, Vol.20, No.4	平成15年10月
A multi-generation sublethal assay of phenols using the nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	Tominaga,N. (Kohra, S.) (Iguchi, T.) (Arizono, K.)	J. Health Sci., Vol. 49, No. 6	平成15年12月
Effects of a nonylphenol-and phytoestrogen- enriched diet on the production of plasma vitellogenin, steroid hormone, hepatic cytochrome P450 1A and glutathione-S- transferase activities in goldfish, <i>Carassius</i> <i>auratus</i>	(Ishibashi, H.) (Tachibana, K.) (Tsuchimoto, M.) (Soyano, K.) (Tatarazako, N.) (Matsumura, N.) (Tomiyasu, Y.) Tominaga, N. (Arizono, K.)	Comp. Med., Vol. 54, No. 1	平成16年2月
石炭燃焼系からのフッ素の生成機構とその 抑制に関する研究	劉 丹	東京大学学位請求論文	平成16年3月
Ca(OH) ₂ を含む石灰ブリケットの燃焼におけ る脱フッ素特性	劉 丹 (定方正毅)	日本エネルギー学会誌 第83巻第5号	平成16年5月
Photocatalytic property of TiO ₂ /Plastic composite coating	Tanaka,Y. (Watanabe, H.) Kawase, R.	Proceedings of the 2004 International Thermal Spray Conference	平成16年5月

Mechanism of a New Type of Solvent-Assisted Solid-to Solid Polymorphic Transition Causing Preferential Enrichment:Prominent Influence of C(SP ²)H · · · O Interaction on the Control of a Crystal Structure	(Tamura, R.) (Lepp, Z.) (Takahashi, H.) (Ushio, T.) Fujimoto, D.	Crystal Growth and Design, Vol. 3, No. 6	平成15年10月
RC造柱梁十字形接合部の破壊機構に関する基礎的研究	上原修一 (西田朋美) (江崎文也)	コンクリート工学年次大会 論文集, 第26巻	平成16年7月
Limit Analysis of RC Interior Beam-column Joints Using Sinking Mechanism of Connecting Beams	Uehara, S. (Esaki, F.) (Nishida, T.)	13th World Conference on Earthquake Engineering, Conference Proceedings	平成16年8月
地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究	北岡敏郎	平成13~15年度科学研修費補助金基盤研究(C)(2)研究成果報告書	平成16年3月
地域公共図書館における開架フロアのゾーニング手法に関する研究 (1) ポビュラライブラリーエリア創出の可能性	北岡敏郎	地域施設計画研究, 第22号	平成16年7月
三井鉱山(株)各鉱業所における二階建従業員社宅について	松岡高弘 (川上秀人)	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月
筑豊における炭鉱主の住宅の二階について	(森山恵香) 松岡高弘 (川上秀人) (北野隆)	生活文化史, 第45号	平成16年3月
長崎県の近代和風建築 —近代和風建築総合調査報告書—	(林一馬) (村田明久) (伊東龍一) (吉木正夫) 松岡高弘	長崎県教育委員会	平成16年3月
残存資料の収集整理を基本とした炭鉱関連建造物に関する研究	(川上秀人) 松岡高弘	平成13年度~平成15年度科学研修費補助金基盤研究(C)(2)研究成果報告書	平成16年3月
Identification of Seismic Damage of Buildings Using the Inverse Eigenvalue Formula	Ono, S. (Tachibana, E.)	Proceedings of the Smart Structures Technologies and Earthquake Engineering (SE04), July 2004	平成16年7月
Dynamic Characteristics and Response Reduction of the Sliding Type of Base-Isolator	(Nishimura, H.) Ono, S. (Liping XING) (Tachibana, E.)	Proceedings of the Smart Structures Technologies and Earthquake Engineering (SE04), July 2004	平成16年7月
Identification of Frictional Coefficients of Stainless Steel Sliding Base Isolators	(Nishimura, H.) Ono, S. (Tachibana, E.)	Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, August 2004	平成16年8月

改良破壊評価線図手法を用いた溶接欠陥から発生する脆性破壊に関する研究	岩下 勉	熊本大学学位請求論文	平成15年3月
溶接欠陥から発生する脆性破壊を予測するための改良PADの適用	岩下 勉 (黒羽啓明) (東 康二) (牧野雄二)	鋼構造年次論文報告集、第11巻	平成15年11月
Prediction of brittle fracture initiating at ends of CJP groove welded joints with defects: study into applicability of failure assessment diagram approach	Iwashita, T. (Kurobane, Y.) (Azuma, K.) (Makino, Y.)	Engineering Structures, Vol. 25, Issue 14	平成15年12月
断面修復を施した鉄筋コンクリート梁に対するポリエチレン繊維シートの曲げ補強効果の改善に関する実験的研究	下田 誠也 (三井宣之) (村上 健) (武田浩二)	セメント・コンクリート論文集, 第57号	平成15年
菅原道真研究～『菅家後集』全注釈(8)～	焼山廣志	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月
菅原道真研究～『菅家後集』全注釈(9)～	焼山廣志	国語国文学研究, 第39号 (熊本大学国語国文学会)	平成16年3月
昭和詩の抒情－丸山薫・(四季派)を中心にして	岩本晃代	双文社出版	平成15年10月
学校PRビデオを作ってみよう ～メディア・リテラシ教育の実践～	山口英一	平成15年度情報処理教育研究集会講演論文集	平成15年11月
有明高専生の英語能力の発達に関する継続的研究(2)-1年次から3年次の比較を中心とする	安部規子 山崎英司	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月
「英語教科書の歴史的研究」第2章第11節第13節	(小塚敏明) (江利川春雄) 編著 安部規子他18名執筆	辞游社	平成16年8月
Richardson's Revision of <i>Pamela</i> and the Use of Phrasal Verbs	Murata, K.	<i>Studies in Modern English</i> (英潮社)	平成15年12月
A Schwarz lemma for bounded symmetric domains in Hilbert spaces	Honda, T. (C. H. Chu)	Math. Proc. of the Royal Irish Academy, 103A-1	平成15年
Holomorphic Mappings on Some Infinite Dimensional Domain	Honda, T.	Research Reports of the Ariake College of Technology, No. 40	平成16年
Holomorphic mappings into some domain in a complex normed space,	Honda, T.	J. Korean Math. Soc. Vol. 41, No. 1	平成16年
小・中学生の理科離れ防止対策と体験教室の必要性(Ⅱ)	松尾明洋 宮川英明 酒井 健 森田恵一 石崎勝典 呈 良和	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月
Web教材の簡便作成法	山下 嶽	有明工業高等専門学校紀要, 第40号	平成16年1月

The nature of phase transition in the ANNNI model with alternating intralayer interactions	Muraoka, Y. (Kasama,T.) (Idogaki,T.)	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 272-276	平成16年5月
Partially disordered states of mixed-spin axial next-nearest-neighbor Ising model	(Kasama, T.) Muraoka, Y. (Idogaki, T.)	Journal of Magnetism Materials, Vol. 272-276	平成16年5月
痴呆性高齢者のためのリハビリ機器開発への試み	木下正作 川喜義則	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
靴下履き用自助具“ソックススリッパ”的開発	木下正作 (東 大樹) 川喜義則	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
障害児が操作する工房バギー汎用型けん引ロボットの開発	木下正作 (安部良昭) (吉田ゆかり) 川喜義則 (豊増貴史)	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
メダカ(<i>Oryzias latipes</i>)を用いた化学物質の女性ホルモン作用評価のための基礎的研究	山口明美 富永伸明	有明工業高等専門学校 紀要, 第40号	平成16年1月
技術職員を対象とした情報処理教育の実践	堀田孝之 木下三朗 池上勝也 羽根由恵 荻島真澄 吉富貴司	情報処理教育研究癡会 論文集, 第24号	平成16年8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
超音波を利用した小径孔の打抜き加工 (新しい加工法の提案)	尾崎龍夫 (竹増光家) (松永良一)	第54回塑性加工連合講演会	平成15年11月
超音波を利用した小径孔の打抜き加工 (新しい加工法の提案) -第2報: 超音波振動打抜き加工装置の開発と延性材の打抜き加工特性-	尾崎龍夫 (竹増光家) (山崎進) (寺島一樹) (近藤莊至) (山口幸雄)	第16年度塑性加工春期講演会	平成16年5月
超音波を利用した小径孔の打抜き加工 (新しい加工法の提案) -第3報: ステンレス鋼板の超音波振動打抜き-	尾崎龍夫 (竹増光家) (山崎進) (寺島一樹) (近藤莊至) (山口幸雄)	第16年度塑性加工春期講演会	平成16年5月
ボトルボーリング加工装置の研究開発	(今井雄輝) 田口純一 明石剛二	日本機械学会九州支部 第57期総会講演会	平成16年3月
地域との連携による有明高専での福祉機器の開発	川喜義則 木下正作	有明高専地域共同テクノセンター第2回「福祉・高齢化対応」分科会	平成15年12月

ロバスト単純適応制御(RSAC)手法による スタッカクレーンの位置決め制御	(加藤 久) 木下正作 (岩井善太)	川喜義則 高橋将徳	第9回高専シンポジウム 日工教平成16年度工学・ 工業教育研究講演会	平成16年1月 平成16年7月
環境・福祉機器開発を通した工学教育の実践-有明高専の卒業研究での実践報告-	川喜義則	木下正作	日工教平成16年度工学・ 工業教育研究講演会	平成16年7月
地域との連携による福祉機器の開発	川喜義則		第2回ニーズ対応型産学 連携交流会	平成16年8月
学生実験用熱通過実験装置の製作	川端晋介	吉田正道	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
二相偏心二重管熱サイフォン内の流動に及ぼす加熱管傾斜角の影響	(西村仁孝)	吉田正道	日本機械学会九州支部 第57期総会講演会	平成16年3月
サッカーロボット制作・競技を通じた地域 小中学生との交流	吉田正道 田口紘一 宮川英明 永守知見 南 明宏	明石剛二 瀬戸 洋 山下俊雄 水室昭三 坂西文俊	日本高専学会第10回記念 総会講演会	平成16年8月
多軸工作機械の分散協調制御システムの研究	原植真也	(林 朗弘)	2004年度精密工学会春季 大会学術講演会	平成16年3月
多軸ロボットの分散協調制御システムの研究	原植真也	(林 朗弘)	2004年度精密工学会春季 大会学術講演会	平成16年3月
多関節ロボットの分散協調制御の研究 —コンポーネントコントローラ構成について—	原植真也	(林 朗弘)	2004年度精密工学会秋季 大会学術講演会	平成16年9月
セミドライBTA方式深穴加工法の開発に関する基礎研究	(大津山晃久) 田口紘一	明石剛二	日本機械学会九州支部 第57期総会講演会	平成16年3月
高専の特徴を活かした「ものづくり」の実践的創造教育	松川真也 大山司朗	明石剛二 上原 弘	日本設計工学会九州支部 第32回研究発表会	平成16年6月
垂直管内気液二相流における気泡径と界面 摩擦力への管内径(5~16mm)の影響	坪根弘明 (佐田富道雄) (川原顕磨呂) (前川良平)		日本機械学会九州支部・ 中国四国支部合同企画鹿児島地方講演会	平成15年11月
垂直管内気液二相流における気泡径と界面 摩擦力への管内径(5~16mm)の影響	(前川良平)	坪根弘明	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
問題解決能力の育成を目的とした実習改善 方法	坪根弘明 明石剛二	高橋将徳	日本高専学会第10回総 会・研究発表会	平成16年7月
垂直管内気液二相流における表面張力の二 相流动特性への影響 第一報 ポイド率と摩 擦圧力損失	坪根弘明 (佐田富道雄) (川原顕磨呂) (櫻木章樹)		日本混相流学会年会講演 会2004	平成16年8月

RTLinuxパワーエレクトロニクス応用	(中村 勝) 泉 勝弘	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
Ba(NO ₃) ₂ およびCaCO ₃ 結晶の後方誘導ラマン散乱によるパルス圧縮/増幅特性	出来 崑一 (松岡 史哲) (鄭 和翊) (有澤 孝)	レーザー学会学術講演会 第24回年次大会	平成16年1月
Through-hole processing of Aluminum Nitride and Silicon Wafers using Short Pulse Lasers	Deki, K. (Kanai, M.) (Takizawa, H.) (Matsuoka, F.) (Arisawa, T.)	Fifth International Symposium on Laser Precision Microfabrication	平成16年5月
パルスパワーを用いた電気刺激によるシタケの増産効果(2)	(山本邦博) 塚本俊介 (前田貴昭) (池田元吉) (秋山秀典)	平成16年電気学会全国大会	平成16年3月
オンラインシラバスを活用した教育支援システムの開発	尋木信一	平成16年度高等専門学校教育教員研究集会	平成16年8月
地球温暖化分子計測用差分吸収ライダーの開発	内海通弘 (パサニレシ) (横山 茂) (前田三男) (内野 修)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
パルス静電応力法による絶縁体中空間電荷計測	内海通弘 (加藤 聰) (古武紀道)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
樹木活性度計測用蛍光イメージングライダー	(古賀 隆博) (西山友二) (四ヶ所 茗) (緒方伸一) 内海通弘	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
中間層Na層観測用有明レーザレーダの開発	(西山友二) (緒方伸一) (古賀 隆博) (四ヶ所 茗) 内海通弘 (柴田泰邦) (阿保 真) (長澤親生) (五十嵐喜良)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
ランダム変調CWレーザレーダの開発	(野原明信) (市木祥平) 内海通弘	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
擬似ランダム変調CWライダーの近赤外への拡張の検討	内海通弘 (市木祥平)	第10回大気ライダー観測研究会	平成16年2月
WAVE2004(大気光波状構造キャンペーン2004)地上観測の概要と初期結果	(久保田 実) (村山泰啓) (丸山 降) (川村誠治) (五十嵐喜良) (旦 慎一) (西牟田一三) (塩川和夫) (大塙 雄一) (長澤親生) (阿保 真) 内海通弘 (山本博聖) (関口宏之) (山本 衛) (中村卓司) (岩上直幹) (小山孝一郎) (阿部琢美)	第18回大気圏シンポジウム	平成16年2月

レーザレーダを利用した大気諸成分のモニタリングシステム	内海通弘	第2回ニーズ対応型産学連携交流会	平成16年8月	
近赤外擬似ランダム変調CWライダーの検討	内海通弘 (西山友二)	(野原明信) (古賀隆博)	第23回レーザセンシングシンポジウム	平成16年9月
有明高専における中間層ナトリウム層観測	内海通弘 (古賀隆博) (阿保真) (五十嵐喜良)	(西山友二) (柴田泰邦) (長澤親生)	第23回レーザセンシングシンポジウム	平成16年9月
擬似ランダム変調CWレーザレーダの検討	(西山友二) 内海通弘	(古賀隆博)	電気関連学会九州支部連合大会	平成16年9月
植生観察用LIFイメージングライダーの検討	(古賀隆博)	(西山友二)	電気関連学会九州支部連合大会	平成16年9月
小物体に接近する高速渦輪流れによって生じる流れ場	蓑田登世子		高速度撮影とフォトニックスに関する総合シンポジウム2003	平成15年11月
小物体を通り抜ける高速渦輪によって生じる流れ場	蓑田登世子		日本物理学会第59回年会	平成16年3月
The flow-field around a small square plate interacting with the vortex flow released from a shock tube	Minota, T.		The 24th international symposium on shock waves	平成16年7月
基本論理ゲートICを用いた自由課題による回路製作	中村俊三郎		日本工学教育協会・工学・工業教育研究講演会	平成16年7月
化学物質刺激による遺伝子発現変動伝播パターンのグラフィカルモアリング	松野哲也 (上杉裕子)	富永伸明 (小原雄治)	文部科学省研究費特定領域研究(1)「内分泌搅乱物質の環境リスク」研究成果報告会	平成16年1月
有明高専のにおけるオープンスペースにおける校内LANのための認証方式の検討	松野良信	堀田孝之	第24回高等専門学校情報処理教育研究発表会	平成16年8月
トラヒックエンジニアリングのためのフロー配置アルゴリズムの改良	(石橋賢一)	嘉藤学	電気関係学会九州支部連合大会	平成16年9月
二価マンガン溶液からのオゾン酸化による二酸化マンガンの合成	(米田里美)	宮本信明	日本化学会西日本大会	平成15年10月
二価マンガン溶液からのオゾン酸化による二酸化マンガンの合成と電池性能	(米田里美)	宮本信明	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
マイクロバブルの効果について	水室昭三		第1回環境・リサイクル・エネルギー技術分科会	平成15年10月

マイクロバブルのさまざまな水溶液に及ぼす影響と溶液中での挙動	氷室昭三 (那須文美) (森望 美)	(内村亮一) (平野陽子)	第14回産学交流ユースフォーラム	平成15年11月
水素結合がポリマーブレンドの固体物性に与える影響	氷室昭三 (黒田英里)	(広松孝浩)	第14回産学交流ユースフォーラム	平成15年11月
有明高専における新科目「工学基礎Ⅰ」と「工学基礎Ⅱ」	氷室昭三		九州沖縄地区国立工業高等専門学校教育研究集会	平成15年12月
機能性高分子ブレンドにおける水素結合の役割	氷室昭三 (黒田英里)	(広松孝浩)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
アルコール水溶液中でのマイクロバブルの特異的性質	氷室昭三 (森 望美)	(内村亮一)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
機能性を有する気泡	氷室昭三 (平野陽子)	(那須文美)	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
高専におけるこれらの技術者教育について	氷室昭三		第9回高専シンポジウム	平成16年1月
有明海の現状と問題点	氷室昭三		日本混相流学会第1回マイクロ・ナノバブル研究会	平成16年1月
技術者教育の現状と課題	氷室昭三		日本高専学会10周年記念シンポジウム	平成16年2月
有明海の再生に向けて	氷室昭三		第12回水・環境技術研究会	平成16年3月
マイクロバブルによる水環境の浄化	氷室昭三		福岡県産炭地域振興センターテーマ探索事業の平成15年度成果発表会	平成16年5月
JABEE受審に向けて	氷室昭三		日本高専学会第10回総会 ・講演会	平成16年8月
高専間連携による有明海再生プロジェクト	氷室昭三		日本高専学会第10回総会 ・講演会	平成16年8月
有明海の環境問題へのマイクロバブルの適用	氷室昭三 (松尾克美)	(赤対秀明) (大成博文)	日本混相流学会年会講演会2004	平成16年8月
高専間連携による有明海再生への挑戦	氷室昭三 (大成博文)	(赤対秀明)	ものづくり夢ステージ2004 in 航専—城東地域を中心とする東京の中小企業の躍進をめざして—	平成16年8月
MTBE+メタノール+アルカン系の液液平衡測定とASOGによる相関	(木村圭輔)	渡辺 徹	第9回高専シンポジウム	平成16年1月

MTBE+メタノール+アルカン系の液液平衡測定と推算	(木村圭輔) (本田克美)	渡辺 薫 (荒井康彦)	第6回化学工学会学生発表会	平成16年3月
MTBE+メタノール+アルカン系の定圧気液平衡の測定と相関	渡辺 薫 (垣地賢治)	(本田克美) (荒井康彦)	化学工学会第69年会	平成16年4月
A sublethal assay of phenols and phthalates using the nematode <i>Caenorhabditis elegans</i> with multi-generation assay	Tominaga, N. (Kohra, S.) (Arizono, K.)	Society of Environmental Toxicology and Chemistry-Asia Pacific Symposium 2003	平成15年10月	
Sensing of steroid hormones by cDNA microarray using <i>Caenorhabditis elegans</i> as a model organism	Tominaga, N. Matsuno, T. (Kohara, Y.) (Iguchi, T.) (Arizono, K.)	Ecotoxicogenomics symposium	平成15年10月	
Sensing of steroid hormones by cDNA microarray using <i>Caenorhabditis elegans</i> as a model organism	Tominaga, N. Matsuno, T. (Kohara, Y.) (Iguchi, T.) (Arizono, K.)	Toxicogenomics International Forum 2003	平成15年10月	
ビスフェノールA代謝物のメダカ暴露と光分離	(高尾 雄二) (高良 真也) 富永伸明 (有菌幸司)	(長江真樹) (石橋康弘) (吉原新一)	日本内分泌搅乱物質学会 第6回研究発表会	平成15年12月
ステロイドホルモンによる代謝系遺伝子の発現変動	富永伸明 (小原雄治) (有菌幸司)	松野哲也 (井口泰泉)	日本内分泌搅乱物質学会 第6回研究発表会	平成15年12月
DNAマイクロアレイを用いた線虫(<i>C.elegans</i>)の環境化学物質暴露による遺伝子発現変動の解析	(古賀由香里) (木村宏和) (上杉裕子) (井口泰泉)	(浦 和寛) (富永伸明) (小原雄治) (有菌幸司)	日本内分泌搅乱物質学会 第6回研究発表会	平成15年12月
センペュウ <i>C. elegans</i> の成長・成熟に及ぼす金属類の影響	(守田文代) (古賀由香里) (浦 和寛) (甲斐利典) (井口泰泉)	(中本貴士) (木村宏和) (富永伸明) (佐々木一志) (有菌幸司)	日本内分泌搅乱物質学会 第6回研究発表会	平成15年12月
ビスフェノール代謝物MBPの線虫 <i>C. elegans</i> を用いた評価	(井上大輔) (中本貴士) (高良真也) 富永伸明	(古賀由香里) (石橋弘志) (上江田一雄)	日本内分泌搅乱物質学会 第6回研究発表会	平成15年12月
線虫 <i>C. elegans</i> のcDNAマイクロアレイを用いたステロイドホルモン類応答遺伝子の探索	富永伸明 (上杉裕子)	松野哲也 (小原雄治)	文部科学省研究費特定領域研究(1)「内分泌搅乱物質の環境リスク」研究会	平成16年1月
線虫 <i>C.elegans</i> に及ぼす有機フッ素化合物の多世代影響	(石橋リエ子) (高良真也)	富永伸明 (有菌幸司)	第10回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研究発表会	平成16年9月

石炭燃焼系からのフッ素の生成機構に関する研究	劉丹 (定方正裁)	日本化学工学会	平成16年4月
環境浄化型チタニア/プラスチックス複合溶射皮膜の作製	(渡邊宏章) (藤木華葉)	田中康徳 川瀬良一	第9回高専シンポジウム 平成16年1月
プラスチック溶射粒子の偏平凝固挙動	(西田訓宰) 川瀬良一	田中康徳	第9回高専シンポジウム 平成16年1月
プラスチック/セラミックス複合溶射皮膜の特性改善	(水間歩) 田中康徳	川瀬良一	第9回高専シンポジウム 平成16年1月
Photocatalytic property of TiO ₂ /Plastic composite coating	Tanaka,Y. (Watanabe, H.) Kawase, R.	International Thermal Spray Conference 2004	平成16年5月
小麦フスマの無蒸煮発酵による青紫色素の生成—機能性色素のラットへの応用—	(山口奈々子) 出口智昭 (鈴木公)	(河野信之) (脇本恭子) (大庭理一郎)	植物色素研究会第15回研究会 平成15年11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柱の性能評価に関する研究	(山岡史歩)	上原修一	第9回高専シンポジウム 講演要旨集 平成16年1月
RC造柱梁十字形接合部の破壊機構に関する研究	上原修一 (江崎文也)	(西田朋美)	日本建築学会研究報告 九州支部第43号・1構造系 平成16年3月
高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究 その2 改修プロセスにおける問題の所在とサポート要求	北岡敏郎	(奥蘭加奈子)	日本建築学会研究報告 九州支部第43号・3計画系 平成16年3月
高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究 その3 主要空間の手すり設置パターン	(奥蘭加奈子)	北岡敏郎	日本建築学会研究報告 九州支部第43号・3計画系 平成16年3月
ケアマネージャーからみた改修システムの意義高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究3	北岡敏郎	(奥蘭加奈子)	日本建築学会大会学術講演梗概集E-2 平成16年8月
改修プロセスにおける問題の所在とサポート要求 高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究4	(奥蘭加奈子)	北岡敏郎	日本建築学会大会学術講演梗概集E-2 平成16年8月
三井港クラブ	松岡高弘	大牟田市吉野地区公民館 「まちわこし元気人講座」	平成15年11月
明治20年代の立花家住宅について —立花家住宅に関する建築的研究 その1—	(黒木佳奈)	松岡高弘	日本建築学会九州支部研究報告第43号 平成15年3月
立花家住宅の建設の過程について —立花家住宅に関する建築的研究 その2—	松岡高弘 (黒木佳奈)	日本建築学会九州支部研究報告第43号	平成16年3月

木質系廃棄物をリサイクルした木質系建築構造用材料の開発に関する実験的研究 (その1) 樹皮の液化	小野聰子 (近藤隆一郎)	日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1・材料施工 (北海道)	平成16年8月	
滑り面を溶射した滑り型免震支承の動特性に関する予備実験 (その1) SUS420J2あるいはモリブデンを溶射した場合における上下方向加振	(舛岡壮樹) 小野聰子	日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2・構造II (北海道)	平成16年8月	
3点曲げ試験片の切欠き深さの違いによる限界CTODへの影響	岩下勉 (黒羽啓明) (東康二)	日本建築学会九州支部研究報告第43号	平成16年3月	
H形鋼(フランジ+ウェブ)の無開先深溶込み溶接における溶接部強度評価 -その1- 実験	(吉永克寧) (越智健之) (山下良平)	(丸岡義臣) 岩下勉 (山下良平)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)	平成16年8月
H形鋼(フランジ+ウェブ)の無開先深溶込み溶接における溶接部強度評価 -その2- 有限要素法による解析	(山下良平) 岩下勉 (吉永克寧)	(越智健之) (丸岡義臣)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)	平成16年8月
H形鋼(フランジ+ウェブ)の無開先深溶込み溶接における溶接部強度評価 -その3- 最大耐力の評価	(越智健之) (山下良平) (吉永克寧)	岩下勉 (丸岡義臣)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)	平成16年8月
3点曲げ試験片における切欠き深さの違いが限界CTODに及ぼす影響 -その1- 実験概要	岩下勉 (黒羽啓明) (東康二)	日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)	平成16年8月	
まちへの想いを集めてまちの"ワ"を育てよう	(入江碧) (廣畑好章) 加藤浩司	(河野晶子) (前濱久美)	福島総志塾	平成16年3月
八女福島における町並み保存の取り組みとまちづくり運動への展開 その1~基礎的研究としての取り組み概況把握~	加藤浩司 (入江碧) (廣畑好章)	(前濱久美)	2004年度日本建築学会大会学術講演会	平成16年8月
八女福島における町並み保存の取り組みとまちづくり運動への展開 その2~主体別の行動に着目した取り組みプロセスについて~	(廣畑好章) (前濱久美)	(入江碧) 加藤浩司	2004年度日本建築学会大会学術講演会	平成16年8月
八女福島における町並み保存の取り組みとまちづくり運動への展開 その3~地域環境を捉え直すきっかけとしての空間認識マップ製作の報告~	(入江碧) (前濱久美)	(廣畑好章) 加藤浩司	2004年度日本建築学会大会学術講演会	平成16年8月
八女の力	(入江碧)	加藤浩司	全国高等専門学校デザインコンペティション2004 (地域交流シンポジウム部門)	平成16年9月
炭素繊維およびポリエチレン繊維シートによるRC梁のせん断補強に関する実験的研究	下田誠也 (村上聖) (三井宣之)	(武田浩二)	日本建築学会研究報告九州支部	平成16年3月

炭素繊維およびポリエチレン繊維シートによるRC梁のハイブリッドせん断補強に関する実験的研究	下田 誠也 (三井 宜之)	(村上 勝) (武田 浩二)	日本建築学会大会学術講演会(北海道)	平成16年8月
菅原道真の大宰府時代の作品鑑賞～『菅家後集』の注釈を通して～	焼山 康志		黒髮古典研究会	平成15年11月
菅原道真の大宰府時代の作品鑑賞～「絃意・百韻」を読む～	焼山 康志		大牟田市教育委員会自主婦人学級「合歡の会」	平成16年3月
昭和詩の抒情	岩本 晃代		熊本近代文学研究会	平成16年4月
「子どもとインターネットの現状を知ろう」 —かわわらせ方を探る—	山口 英一		大牟田市吉野地区公民館 主催「家庭と地域の教育 力を考える」	平成16年9月
バナッハ空間における Frenkel の補題について	Honda, T. (Ohgai, S.) (Miyagi, M.) (Nishihara, M.) (Yoshida, M.)		日本数学会秋季総合分科会	平成16年3月
Growth theorems for univalent mappings	Honda, T.		Mathematics Analysis Seminar, University College Dublin	平成16年8月
Growth theorems for holomorphic mappings with parametric representation,	Honda, T.		Complex Analysis Seminar, University of London	平成16年8月
有明高専ネットワークアタック実態調査の研究	山下 嶽		第21回高等専門学校情報処理教育研究発表会	平成16年8月
混合スピン系における部分無秩序相のクロスオーバー	(笠間 敏博) (井戸 優弘)	村岡 良紀	第109回日本物理学会 九州支部例会	平成15年11月
3次元拡張ANNNIモデルの部分無秩序相への相転移の臨界的性質II	村岡 良紀 西山 治利	(笠間 敏博) (井戸 優弘)	日本物理学会第59回年会	平成16年3月
混合スピンANNNIモデルにおける部分無秩序相のクロスオーバー	(笠間 敏博) (井戸 優弘)	村岡 良紀	日本物理学会第59回年会	平成16年3月
Monte Carlo study of the partially disordered states of mixed-spin axial next-nearest-neighbor Ising model	(Kasama, T.) Muraoka, Y. (Idogaki, T.)		12th Czech and Slovak Conference on Magnetism	平成16年7月
Non-equilibrium relaxation in the three-dimensional axial next-nearest-neighbor Ising model with alternating intralayer interactions	Muraoka, Y. (Kasama, T.) Nishiyama, H. (Idogaki, T.)		12th Czech and Slovak Conference on Magnetism	平成16年7月
Mixed spin effects on the commensurate phases of the Ising model with anisotropic competing interactions	(Kasama, T.) Muraoka, Y. (MichalJascur) (Idogaki, T.)		20th General Conference Condensed Matter Division EPS	平成16年7月

Non-equilibrium relaxation MC study on the phase transition into the partially disordered state in the ANNNT model	Muraoka, Y. (Kasama, T.) Nishiyama, H. (Idogaki, T.)	20th General Conference Condensed Matter Division EPS	平成16年7月	
フロストレーションとエントロピー効果が相補的に誘起した部分無秩序相	(笠間敏博) (井戸垣俊弘)	村岡良紀	日本物理学会秋の分科会（青森大学）	平成16年9月
環境・福祉に関する機器開発を通した工学教育-有明高専機械工学科システム制御研究室での実践報告	木下正作	川崎義則	第9回高専シンポジウム	平成16年1月
知的障害児が操作する工房バギー用けん引ロボットの開発	木下正作	川崎義則	第18回熊本県産学官技術交流会	平成16年1月
移乗動作に着目した知的障害児のための自走型福祉機器の開発	木下正作	川崎義則	平成15年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会	平成16年2月
知的障害児のための工房バギー用乗込み型自走車の開発	木下正作	川崎義則	第19回リハ工学カンファレンス	平成16年8月
痴ほう性高齢者の特性を考慮したリハビリ機器開発	(野口俊英) (平田祐介)	(吉賀秀明) (西嶋みづみ)	第19回リハ工学カンファレンス	平成16年8月
木下正作	川崎義則			
高専における技術職員としての業務実践報告	木下正作		平成16年度機器・分析技術研究会	平成16年9月
アルキルフェノール化合物のキンギョ、メダカに対する影響評価	山口明美 (有薗幸司)	(石橋弘志) 富永伸明	日本内分泌搅乱物質学会第6回研究発表会	平成16年12月

(注) 氏名欄()は学外者を示す

【表彰等】

受賞名	学 科	受賞者名	受賞年月
第13回日本工学教育協会賞（業績賞）	機械工学科 教育研究技術支援センター	川崎義則 木下正作	平成16年
機械理事長賞	電気工学科	尋木信一	平成16年

【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16年5月 ～ 平成17年2月	入出力観測雑音下でのシステム同定に関する研究	電気工学科	池之上正人	九州大学
平成16年5月 ～ 平成17年2月	英語リスニング能力の発達に関する総合的研究	一般教育科	安部規子	広島大学大学院

【基盤研究（C）】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成16年度	地球温暖化分子計測用ランダム変調CWライダーの開発	電子情報工学科	内海通弘	600,000
平成16年度	組み合わせ応力の相関を考慮したRC部材の終局時変形解析モデル	建築学科	上原修一	500,000
平成16年度	高齢者の住宅改修における改修・サポートシステム構築に関する研究	建築学科	北岡敏郎	500,000
平成16年度	無限次元空間の単位球上の正則写像に関する研究	一般教育科	本田竜広	500,000
平成16年度	バルクおよび薄膜における高次のスピントン間相互作用を持つ競合スピノン系の臨界現象の研究	共通専門	村岡良紀	1,700,000

【萌芽研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成16年度	ナノバブルおよびマイクロバブル水溶液の物理化学的性質	物質工学科	氷室昭三	500,000
平成16年度	強磁場環境が生物に与える影響に関する研究	物質工学科 電子情報工学科	富永伸明 松野哲也	3,100,000

【奨励研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成16年度	痴呆性高齢者が楽しみながら使用できる リハビリ遊機の開発	教育研究技術 支援センター	木下正作	420,000

【奨学寄付金】

年 度	学 科	研究者名	金 額	寄付者名
平成16年度	物質工学科	川瀬良一	100,000	日本海射工業会
平成16年度	物質工学科	川瀬良一	1,000,000	五洋建設

【受託研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額	委託者名
平成16年度	電気パルス印加によるきのこ生産量増収 システムの開発	電気工学科	塚本俊介	780,000	九州指月㈱
平成16年度	セメントミルク硬化体の圧縮に関する研究	地盤共同テクノセンター 建築学科 建築学科 建築学科 建築学科	川瀬良一 上原修一 小野聰子 岩下勉 下田誠也	2,500,000	㈱テノックス九州
平成16年度	信号灯器の耐震性に関する研究	地盤共同テクノセンター 建築学科	川瀬良一 上原修一	300,000	信号電材㈱
平成16年度	マクロバブル技術による有明海底質改善 及び生物活性装置の開発	物質工学科 機械工学科 物質工学科 物質工学科	水室昭三 吉田正道 川瀬良一 出口智昭	10,000,000	㈱福岡県産炭地域 振興センター
平成16年度	(仮称)新地地区市営住宅建替事業に伴 う団地コミュニティ再生支援業務	建築学科	北岡敏郎	1,150,000	大牟田市

【共同研究】

年 度	研 究 題 目	研究者名	金 銭	共同研究者名
平成16年度	グリーンセラミック切断用高性能刃物の開発研究	山口 純一	100,000	(株)ファインテック
平成16年度	水際作業機の開発	田口 純一	100,000	(株)オーリング
平成16年度	高速2枚刃リーマの新工具材料の効果	田口 純一	375,000	ユニタック(株)
平成16年度	磨タイヤから製造するカーボンナノチューブの品質の安定化と低価格化への実証研究	田中 康徳・南 明宏	1,500,000	(株)OHC大牟田
平成16年度	広域ブロードバンド環境実証システムの開発	松野 良信	8,750,000	株有明ねっこむ
平成16年度	高性能アルミ繊維フィルターによる厨房净化排気システムの開発	宮本 信明	250,000	㈱アルム
平成16年度	オリゴスクリオチドを用いた土壤汚染評価用DNAチップの開発に関する研究	富永 伸明	5,500,000	㈱ジーンネット
平成16年度	地盤掘削改良装置の損耗防止対策	川瀬 良一・田中 康徳	500,000	㈱アノックス九州
平成16年度	有機物乾燥・炭化装置の開発	藤本 大輔・吉田 正道	840,000	㈱マシンプランニング
平成16年度	界面活性剤及びその関連物質の高感度、迅速、簡易計測システムの開発	永田 和美	1,000,000	矢部川電気工業株式会社
平成16年度	鋼構造接合部の施工方法の合理化と強度の適切な評価方法	岩下 勉	100,000	(株)永井製作所
平成16年度	近代建造物の利活用に関する研究	加藤 浩司	874,000	芝浦工業大学

【各種委員会委員等】

年 度	委 員 会 名 等	学 科	研究者名
平成16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16年度	大牟田市事業用定期借地許議委員会委員	機械工学科	田口 紘一
平成16年度	日本機械学会九州支部商議員	機械工学科	川哥 義則
平成16年度	日本伝熱学会九州支部評議員	機械工学科	吉田 正道
平成16年度	大牟田市木質バイオマス発電事業具体化検討調査委員会委員長	機械工学科	吉田 正道
平成16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16年度	電気学会ケミカルセンサ技術委員会1号委員	電気工学科	永守 知見
平成16年度	電子情報通信学会臨時査読委員	電子情報工学科	嘉藤 学
平成16年度	高専フォーラム代表世話人	物質工学科	宮本 信明
平成16年度	日本高専学会副会長	物質工学科	水室 昭二
平成15年度	大牟田市環境審議会委員	物質工学科	水室 昭三
平成15年度	大牟田市堂面川水系生活排水対策推進協議会会长	物質工学科	水室 昭三
平成16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16年度	日本コンクリート工学協会九州支部学術委員会委員	建築学科	上原 修一
平成16年度	日本建築学会建築計画委員会地域施設計画小委員会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成16年度	日本建築学会建築計画委員会在宅ケア環境小委員会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成16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16年度	荒尾市都市計画審議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成16年度	大牟田市緑の推進會議副委員長	建築学科	北岡 敏郎
平成16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16年度	大牟田市中心地区商店街活性化がんばろう会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成16年度	大牟田市新地地区市営住宅福祉施設設備委員会委員長	建築学科	北岡 敏郎
平成16年度	大牟田住まい・まちづくりネットワーク委員長	建築学科	北岡 敏郎

平成16年度	おおむたバリアフリー住宅士連絡協議会顧問	建築学科	北岡 敏郎
平成16年度	社会福祉法人キリスト者奉仕会第三者委員	建築学科	北岡 敏郎
平成16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16年度	柳川市史専門研究員	建築学科	松岡 高弘
平成16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16年度	九州大学石炭研究資料センター学外研究員	建築学科	松岡 高弘
平成16年度	大分県指定有形文化財長福寺本堂保存修理工事専門委員	建築学科	松岡 高弘
平成16年度	瀬高町文化財専門委員会委員	建築学科	松岡 高弘
平成16年度	福岡県耐震診断評価委員会専門委員会委員	建築学科	小野聰子
平成16年度	日本建築学会九州支部構造委員会委員	建築学科	小野聰子
平成16年度	日本建築学会九州支部構造委員会細構造部会委員	建築学科	小野聰子
平成16年度	日本鉄鋼連盟九州地区サブネットワーク委員	建築学科	小野聰子
平成16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	岩下 勉
平成16年度	日本建築学会九州支部構造委員会委員	建築学科	岩下 勉
平成16年度	日本鉄鋼連盟鋼構造九州地区サブネットワーク委員	建築学科	岩下 勉
平成16年度	日本建築学会九州支部都市計画委員会委員	建築学科	加藤浩司
平成16年度	熊本県立大学環境共生学部研究支援センター研究員	建築学科	加藤浩司
平成16年度	熊本県立大学研究員	建築学科	加藤浩司
平成16年度	和漢比較文学会研究目録委員(九州支部)	一般教育科	焼山廣志
平成16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16年度	荒尾市教育委員会・中央公民館運営審議委員会委員	一般教育科	焼山廣志

【卒業研究】(平成15年度)

機械工学科

研究題目	学生名	指導教官
傾斜硬質被膜を施した後方押し出し型の変形抵抗解析	吉川耕平	南 明宏
非鉄金属薄板材の対向液圧深絞り成形に関する研究	松尾真也・森祐介	南 明宏
垂直管内気液二相流における二相流動特性への管内径と表面張力の影響	上田典嗣	坪根弘明
磁性流体を用いた熱交換器の熱伝達率に関する研究	白土雄元	坪根弘明
二相偏心二重管熱サイフォン内の流動に及ぼすサイフォン管傾斜角の影響	末吉宏光	吉田正道
授業援助用卓上実験教材の製作	成清隼人	吉田正道
複合流路内気液二相流に及ぼす流動障害物の影響	磯野将文・江口剛	猿渡真一
セミドライ加工に関する基礎研究	野中裕美	明石剛二
深穴加工における精度向上に関する研究	井手口弘樹・小堀聖	明石剛二
トールボット距離とモアレ績の関係についての研究	井上直樹・菅原智裕	原慎真也
多軸ロボットリンクユニットに関する研究	和泉洋平	原植直也
乗り換えを必要としない障害児用自走化機器の開発	林崎雅哉	川寄義則
手術用胸骨固定用バンドの開発	原崎幸次	川寄義則
手術用開胸器及びリトラクターの開発	岸田博史	川寄義則
ショットビーニング加工材の研究	田嶋大輔・馬渡祥子	大山司朗
低剛性部品の精密加工（アルミ薄板加工の場合）	中山真悟・日高史博	田口紘一
単純適応制御によるスタッカクレーンの位置決め制御	木村 匠	高橋将徳
質点の合体による速度変化を利用した制振法に関する研究	葭原俊一	高橋将徳
簡易型鋼管内検査システムの開発	品川友洋	高橋将徳

電気工学科

研究題目	学生名	指導教官
3次元地図に関する研究	小田竜馬・武末翔吾	尋木信一
分散オブジェクト指向計算環境の構築	徳永 壽	尋木信一
色素増感太陽電池に関する研究	橋本知栄・原 嘉孝	石丸智士
酸化チタン光触媒の高効率化と環境浄化への応用	井形優介・山崎智広	石丸智士
光ヘテロダイン計測用レーザ光源の開発と計測への応用研究	柴尾 基・宮園健志	出来恭一
固体レーザとその波長変換による紫外レーザ光源の開発とレーザ加工への応用研究	泉 達也・猪口雄大	出来恭一
ワンチップマイコンの応用(1)	大隈雅浩・乙丸裕之	近藤誠四郎
ワンチップマイコンの応用(2)	中ノ森 崇・福永亮輔	近藤誠四郎
パルスパワー発生装置の製作	城戸鉄一・堤 一喜	河野 晋
パルスパワーの生体に対する影響に関する研究	大野剛史・古田 翔	河野 晋
味覚センサを用いた味の抑制効果の研究	陣内孝章	永守知見
味覚センサの脂質膜の改良	大山 桂・緒方健一	永守知見
デジタルシステムの制御に関する研究	吉田達紀	池之上正人
適応フィルタのDSP実装に関する研究	井上広樹・上野達郎	池之上正人
パルスパワーを用いた排ガス処理	徳満拓郎	塚本俊介
パルスパワーの林業応用	平島千恵子・宮崎大輔	塚本俊介
RT-Linuxのパワーエレクトロニクス応用	甲斐慎一郎・河内勇樹	泉 勝弘
大蛇山ロギット用センサシステムの開発	西田衣里・吉岡利通	泉 勝弘
電圧共振形DC-DCコンバータの研究	志水博幸・中島修二 行里武英	小澤賢治

電子情報工学科

研究題目	学生名	指導教官
FD-TD法を用いた光導波路の解析に関する考察 —計算領域の拡大と導波路の分岐—	永野 学	森 紳太朗
遺伝的アルゴリズムを用いた時間割作成システムの開発	宮崎貴行	森 紳太朗

LEGO Mindstormを用いた荷物の収集を行うロボットの試作	山崎 景都	森 紳太朗
多変量データのトロポジー解析	中山順博	松野哲也
遺伝子発現変動パターンのグラフィカルモデリング	西山絵里子	松野哲也
独立成分分析用ソフトウェアの開発	福永洋介	松野哲也
樹木活性度計測用蛍光イメージングライダーの開発	緒方伸一・古賀隆博	内海通弘
中間圈ナトリウム層観測用蛍光ライダーの開発	四ヶ所 剛・西山友二	内海通弘
物体に衝突する渦輪流れのシャドウグラフ法による観測Ⅲ	谷山仁美・仲山真砂樹 森島亜希子	蓑田登世子
レーザー集光による衝撃波の生成	黒木陽一・千倉正大	蓑田登世子
nMOS E/E型インバータ回路の特性改善	古賀裕輔・L.T.PHUONG	中村俊三郎
nMOSフリップフロップ回路の製作	谷口 聰・渡邊一徳	中村俊三郎
LabVIEWによる半導体素子特性の自動計測	引田征男	中村俊三郎
3dB方向性結合器の広帯域化	野田真一・平野峰義	活田健治
フォトニックバンドギャップを用いた平面アンテナ	野田優一朗・萬矢真弓	活田健治
Javaプログラムを対象とした複雑度メトリクス自動計量ツールの開発Ⅱ	橋本慎太郎・濱本照貴	嘉藤直子
Javaプログラムのメソッドを対象とした複雑度メトリクスの実験的評価	風間亜由美	嘉藤直子
WWWミラーサーバ配置アルゴリズム—メタ戦略の適用—	新納公香・田中見幸	嘉藤 学
リアルタイムストリーミング配信に関する研究	塙坂聰美・竹内一貴	嘉藤 学
DCモータドライブ制御シミュレータの作成—適応制御の研究—	萩島 都・福永隆幸	堀切淳一
ACモータベクトル制御シミュレータの研究Ⅱ	田中健太・永松潤	堀切淳一
RADIUSによる無線LAN利用状況監視システムの試作	田中一平	松野良信
Linuxによる教育システム用Firewallの試作	川添 徹	松野良信
JSPによるセキュリティチェックシステムの検討	竹下香織	松野良信
インターネットを用いるコミュニケーション促進の検討 —t-spaceの試作—	獅子原示紗	松野良信
Peer To Peer型ネットワークサービスの検討	橋本 徹	松野良信

物質工学科

研究題目	学生名	指導教官
線虫C.elegansを用いたバイオアッセイによるフッ素化合物の評価	石橋リエ子	富永伸明
線虫C.elegansを用いたバイオアッセイによるベンゾフェノンの評価	伊藤 命	富永伸明
熱分析とFTIRによる金属を含むポリウレタンの特性解析	岩田徹郎	吉武紀道
下地溶射によるPEEK/Al ₂ O ₃ 複合溶射皮膜の密着性の改善	内野裕美	川瀬良一
種々のポリウレタンの熱分解特性の研究	柿原和歩	吉武紀道
界面活性剤ISFETセンサを組み込んだマイクロチップの試作	川野絵里佳	正留 隆
MTBE+メタノール+アルカン系の液液平衡測定とASOGによる推算	木村圭輔	渡辺 徹
機能性高分子ブレンドにおける組成の影響	黒田英里	氷室昭三
メダカを用いた内分泌擾乱物質による影響評価	末安加代子	富永伸明
大麦由来紫色素の生体内酵素への影響	平有加利	出口智昭
亜塩素酸塩による二酸化マンガンの合成	高山容子	吉本信明
アルミニウム繊維の表面改質	田川裕二	吉本信明
溶射法を応用した廃プラスチックの再利用	篠えりな	田中康徳
小麦フスマ由来青紫色素の抗変異原性	徳田早苗	出口智昭
多孔質ポリビニルアルコール系イオン交換体の合成	中島あゆみ	松本和秋
水中におけるマイクロバブルの挙動	那須文美	氷室昭三
熱分解GC-MSによるCuCl ₂ ·2H ₂ Oを含むポリウレタン中のCu ²⁺ の定量	西 彰敏	吉武紀道
原虫の識別法に関する研究	西久保大介	星 良和
高等植物を用いた染色体単離法の研究	橋本佳奈	星 良和
半透膜で隔てられたタンパク質に及ぼすマイクロバブルの影響	平野陽子	氷室昭三
ナノTiO ₂ /プラスチックス複合溶射皮膜の光触媒性に及ぼすTiO ₂ 粒子径の影響	藤木華菜	田中康徳
Cd曝露による線虫C.elegansのMT遺伝子の発現変動解析	古庄武史	富永伸明

非イオン性界面活性剤定量用表面プラズモンセンサの試作	本宮竜介	正留 隆
マイクロバブルで暴露したエタノール水溶液の性質	森 望美	氷室昭三
クロマチン構造特異的DNA結合色素を用いた染色体工学的研究	森 真裕	星 良和
DNA解析による環境アセスメントのための植物診断法の開発	山下英男	星 良和
塩素酸塩による二酸化マンガンの合成	山本健太郎	宮本信明

建築学科

研究題目	学生名	指導教官
旧柳川藩における近代の浄土真宗寺院本堂の建築に関する研究	柳元克也	松岡高弘
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-n _f =50での2段ブロック片振り曲げ疲労試験-	高山智美・平田路乃	原田克身
次世代省エネルギー基準に基づいた住宅の評価と温熱環境に関する調査研究	戸田一敏	山下俊雄
R C 造柱梁十字形接合部の破壊機構に関する基礎的研究	橋田飛鳥・福島達人	上原修一
既存特別養護老人ホームにおけるユニットケアへの移行に伴う居住環境の整備に関する研究	清田美鈴・古田浩一	新谷聰一
滑り型免震支承部の動特性に関する実験的研究-地震動が履歴特性およびすべり係数におよぼす影響-	舛岡社樹	小野聰子
地域公共図書館の開架フロアにおけるゾーニング手法に関する研究-ボビュラライブラリーとアクティブライブゾーンの形成段階-	楠 理恵・山本啓輔	北岡敏郎
接着剤を使用した木質構造の接合部における補強効果 -柱梁接合部とアンカーボルトについて-	赤司久美子・山本由希	原田克身
佐賀市の浄土真宗寺院本堂の建築に関する研究	米田智恵子	松岡高弘
3点曲げ試験における切り欠き深さの違いによる破壊韧性への影響	久保田康雅・西尾洋一	岩下勉
大合制児童養護施設のユニットケア方式への移行に関する研究 -現状分析と平面構成からみた移行の可能性-	小宮麻美・本村沙耶香	新谷聰一
連続繊維シートとコンクリートとの付着性状に関する実験的研究	恵良将博・松岡由佳	下田誠也
道路交通騒音の予測式に関する検討	福山千佳	山下俊雄
木質系廃棄物をリサイクルした新しい木質系建築構造用材料の開発に関する実験的研究 -樹皮の液化について-	高橋めぐみ	小野聰子

高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究 —改修プロセスの実態と手すりの配置パターンー	大古場一樹	北岡敏郎
通しダイアフラム形式の柱梁接合部における溶接始終端部からの脆性破壊に関する実験的研究	熊谷 亮	岩下 敏
町屋の温熱環境に関する調査・研究—熊本県玉名市高瀬の町屋について—	福田智代	山下俊雄
RC造柱梁十字形接合部の補強方法に関する基礎的研究	上田康介・林勇樹	上原修一
長崎県における近代和風建築に関する研究—県北・県中央地域を中心として—	高柳七子・針尾香澄	松岡高弘
建築構造物における損傷同定に関する解析的研究—準ニュートン法の応用による建築構造物モデルのパラメータ推定—	尋木さやか	小野聰子
歴史的市街地におけるまちづくりの現状と課題—八女市福島地区の取り組みの場合—	河野晶子・廣畠好章	加藤浩司
大牟田市における環境騒音に関する調査研究 —主要道路に面しない地域における騒音調査—	下川ナルミ	山下俊雄
三井三池炭鉱関連施設の変化に関する研究	井村征洋	松岡高弘
まちづくりのパートナーシップ形成に関する実践的研究 —八女の住民活動との協働による空間認識マップ製作を通じて—	入江碧・前濱久美	加藤浩司
金属材料を溶射した滑り型免震支承部の動特性に関する予備実験—SUS420J2およびモリブデンを溶射した場合における上下動加振—	福田仁	小野聰子
まちづくりにむけての地域空間価値の認識形成に関する研究 —三池街道沿いの景観の掘り起こし—	石井亜由子	北岡敏郎

【専攻科特別研究】(平成15年度)

生産情報システム工学専攻 (機械)

研究題目	学生名	指導教官
ボトルボーリングの加工装置の研究開発	今井雄輝	田口純一
ヒミドライBTA方式深穴加工法の開発に関する研究	大津山見久	明石剛二・田口純一
質量付加による制振法とそのスタッカクレーンへの応用	堤一一起	高橋将徳
二相偏心二重管熱サイフォン内の流動に及ぼす加熱管傾斜角の影響	西村仁孝	吉田正道

生産情報システム工学専攻（電気）

研究題目	学生名	指導教官
パルスパワーを用いた排ガス処理	井上義章	塚本俊介
色素増感太陽電池電極材料の検討	中村 武	石丸智士
RTLinuxのパワーエレクトロニクス応用	中村 勝	泉 勝弘
電圧共振形DC-DCコンバータの改善	深町尚貴	小澤賢治

生産情報システム工学専攻（電子情報）

研究題目	学生名	指導教官
M系列を利用した近赤外レーザレーダの検討	市木祥平	内海通弘
MPIによる並列計算システムの構築と評価	中山憲征	森 純太朗
JTBを利用した埋蔵コスト計量ツールの試作	安永和広	嘉藤直子

応用物質工学専攻

研究題目	学生名	指導教官
マイクロバブルのエタノール水溶液に与える影響	内村亮一	水室昭三
機能性高分子のブレンドの研究	広松孝浩	水室昭二
プラスチック溶射粒子の偏平凝固挙動に対する関与因子の検討	西田訓宰	川瀬良一・田中康徳
セラミックスとプラスチックスの複合（セラプラス）溶射皮膜に関する研究－流動床造粒法による複合粉末と溶射皮膜性能－	水間歩	川瀬良一

建築学専攻

研究題目	学生名	指導教官
高齢者の住宅改修とそのシステム化に関する研究	奥蘭加奈子	北岡敏郎
めり込み機構に基づくRC造柱梁十字形接合部の強度評価法に関する研究	西田朋美	上原修一
ストレス関連疾患病棟の空間構成に関する研究 －不知火病院・海の病棟における病気回復と空間構成の相関について－	前田圭子	新谷聰一

【学位論文】

学位記番号 九州大学工博乙第一四六八号

授与年月日 平成十五年十二月二十五日

氏名 渡辺 徹

学位論文題目

エーテルを含む多成分系の気液平衡に関する研究

論文要旨

エネルギー資源の使用量削減は、これまでに増して重要な課題となっている。特に使用量の膨大な自動車燃料の使用量削減のため、ガソリンにアルコールを添加することが考えられている。また、エンジン効率を上げるために、オクタン価向上やCO₂の発生量抑制に効果的なエーテルの添加も試みられている。これらの対策は、化石燃料の使用量削減と環境保全に有効であり、今後積極的に推進されるものと予想される。これらの試みは比較的近年のことであり、これらの混合溶液の基本的な物性値の蓄積は遅れているのが現状である。すなわち、ガソリンにアルコールおよびエーテルを添加した混合溶液の相溶性や気液平衡関係についての知見はきわめて乏しい。そのため、相溶性を知るための相互溶解度や気液平衡データの蓄積とそれらの工学的計算法の開発が急務となっている。

そこで、本研究では、ガソリンの代表的成分であるアルカン（ヘプタン、オクタンおよびイソオクタン）を取り上げ、アルコールとしてはメタノールを、そしてエーテルとしては実用化されているメチル・ターシャリ・ブチル・エーテル(Methyl Tertiary Butyl Ether; MTBE)を対象にして、MTBE+メタノール+アルカン系の液液平衡ならびに気液平衡データの蓄積を試み、有用な知見として提供することをめざした。その際、基礎的データとして構成2成分系の気液平衡データの測定も試みた。これらの液液平衡データは、メタノールおよびMTBEをブレンドしたガソリンの相溶性（均一溶液か2相に分離した不均一溶液）を知る上で貴重なものであり、気液平衡データはブレンドガソリンからのメタノールおよびMTBEの揮散を知ること、ならびにMTBE製造プロセス（イソブチレンとメタノールから合成）の設計にきわめて有益となる。本研究は、これらの成果をまとめたもので次の全編6章から構成される。

第1章では、緒論として本研究の背景と目的について述べるとともに、本論文の構成について述べた。

第2章では、MTBE+メタノール+ヘプタン、MTBE+メタノール+オクタン、MTBE+メタノール+イソオクタン3成分系の液液平衡データを20,30,40°Cにて測定した。すなわち、測定装置、測定方法および試料について述べ、疊り点ならびにタイラインデータを蓄積した。その結果、メタノール+アルカンの2成分系には不溶解領域が存在するが、エーテルであるMTBEが添加されると相溶性が促進され均一相となることが確認された。これらの結果は、ブレンドガソリンの相状態を知る上で有用な知見となる。

第3章では、基本となる構成2成分系すなわちMTBE+メタノール、MTBE+ヘプタン、MTBE+オクタン、MTBE+イソオクタンの大気圧下での気液平衡を改良オスマー型装置を用いて測定した。その結果、MTBE+アルカン系では共沸点が見られなかっただけでなく、MTBE+メタノールについては最低共沸点が存在することが明らかになった。

第4章では、MTBE+メタノール+ヘプタン、MTBE+メタノール+オクタン、MTBE+メタノール+イソオクタンの3成分系気液平衡を大気圧下で改良オスマー型装置を用いて測定した。第3章で明らかになったようにMTBE+メタノールの2成分系では最低共沸点が存在するが、これらのMTBE+メタノール+アルカン3成分系については共沸点は存在しないことが確認された。第3章での2成分系気液平衡データおよび本章での3成分系気液平衡データは、メタノールおよびMTBEを添加したブレンドガソリンからのメタノールおよびMTBEの揮散を知る上で重要である。また、MTBE製造プロセスにおけるメタノール回収等の設計上で役立つものである。

第5章では、本研究で得られた気液平衡データを相関するために、Wilson, NRTLおよびUNIQUAC式の適用を試みた。構成2成分系データを用いてパラメータを決定することで、それぞれの2成分系気液平衡関係が相関可能であった。また、得られた構成2成分系のパラメータを用いることで、3成分系気液平衡関係が推算可能であ

った。しかし、これらの式の適用には2成分系の実測データが必要とされる。そこで、分子を構成する原子団(グループ)に着目したグループ寄与法の一つであるASOG(Aalytical Solution of Groups)の適用を試みた。しかしながら、現在報告されているASOGのグループ対パラメータでは満足な結果が得られなかつた。そのため、本研究では、異性体にも適用可能となるようにASOGの修正モデルを考案し、必要なグループ対パラメータを決定した。本修正ASOGによれば、ほぼ満足に2成分系ならびに3成分系の気液平衡の推算が可能となつた。

第6章では、結言であり、本研究の成果を総括した。

学位記番号 東京大学博工第五八二二号

授与年月日 平成十六年三月二十五日

氏名 劉丹

学位論文題目

石炭燃焼系からのフッ素の生成機構とその抑制に関する研究

論文要旨

中国では石炭燃焼により深刻なフッ素汚染問題が引き起こされており、フッ素症患者が増加している。フッ素症の治療は医学的には困難であり、石炭燃焼系からのフッ素排出抑制が重要であると考えられる。

本研究は、まず、XRDおよびXPS分析により、石炭中フッ素の形態は有機構造の-CF₃-および白雲母と輝灰石であることを明らかにした。また、TG-MS分析により、石炭熱分解と燃焼時の排ガス中のフッ素の形態はHFであることを明らかにした。

次に、石炭燃焼時のフッ素の挙動について調べた。SO₂計を用いて、揮発分放出・燃焼とチャー燃焼の時間を決定し、石炭の揮発分燃焼とチャー燃焼時のフッ素排出量を測定した。石炭燃焼時、供給される酸素濃度と燃焼温度を変化させてフッ素排出量を測定した。その結果、酸素濃度と燃焼温度の上昇について、ノック素の排出量が増加することを明らかにした。

以上の結果を踏まえて、石炭燃焼時のフッ素生成機構の解明を試みた。石炭燃焼時におけるフッ素の排出由来は、有機構造の-CF₃-および無機物の白雲母と輝灰石によるものであり、従って、白雲母と輝灰石の熱分解速度をTG測定により明らかにした。更に、石炭燃焼時のフッ素の生成について反応速度論的に考察し、石炭燃焼時のフッ素生成反応は一次反応であることを明らかにした。

続いて、石炭燃焼時のフッ素排出抑制法について検討していた。まず、適合する脱フッ素法と脱フッ素剤について検討し、次に、石炭粉末と石炭ブリケットの燃焼状態について観察を行い、脱フッ素剤を添加した石炭ブリケットの燃焼では、石炭粉末より高い脱フッ素率と脱硫率が得られることを明らかにした。さらに、脱フッ素剤を添加した石炭ブリケットの燃焼灰が廃棄される際、雨水（酸性雨）により二次汚染が引き起こされないことを実験により確認した。なお、中国での石炭ブリケットの実用性についても検討を行い、その結果として、脱フッ素剤（Ca/S=2）を添加した石炭ブリケットを使用すれば、フッ素症の予防が可能になると結論づけた。

石炭燃焼時の脱フッ素速度や石炭中に存在する硫黄が脱フッ素率に与える影響についても調べていた。その結果、硫黄の存在により脱フッ素速度および脱フッ素率は、いずれも低下することを明らかにした。

本論文は石炭をクリーンなエネルギーとして利用するための欠かせない研究であると考えられる。

学位記番号 能本大学博工第二一八号
 授与年月日 平成十五年三月二十五日
 氏名 岩下 勉
 学位論文題目

改良破壊評価線図手法を用いた溶接欠陥から発生する脆性破壊に関する研究

論文要旨

兵庫県南部地震における鋼構造物の脆性破壊には、多様な破壊形態が見られたが、特に角形鋼管柱・H形梁接合部における梁端に多く見られた。これらの大半は、溶接欠陥、または、形状により起因する応力集中部などから進展した延性亀裂を起点として生じたことが報告されている。これまでの研究でスカラップ底から発生する破壊は、スカラップの形状を改直することによって防止できることが分かっている。一方、溶接始終端部にあるエンドタブ周辺では、溶接ルート部の溶け込み不良、開先面とビード間の融合不良、スラグ巻込み等の溶接欠陥が発生しやすい。これらの溶接欠陥は、地震時に脆性破断の起点となりやすいことが兵庫県南部地震や地震後の実大実験などで確かめられている。これらの欠陥を見つけた場合には、欠陥を取り除いた後、再溶接して補修するのが原則であるが、特に現場で再溶接を行う場合などの溶接姿勢は必ずしも良くないので、再び新たな欠陥を発生させてしまう危険性が大きい。欠陥の部位、大きさ、形状から判定して、破壊の原因となる恐れの少ない場合には、欠陥を補修しないままにする方が安全である場合も多い。したがって、補修するか否かを決定するためには、欠陥の破壊に対する合理的な評価基準を確立することが特に重要といえ、欠陥から発生する脆性破壊の危険性について精度の高い予測を行うことが必要である。

実構造物の欠陥から発生する脆性破壊の予測手法としては、1980年代から破壊力学的手法を取り入れた破壊評価線図(FAD)がヨーロッパを中心に実用化されてきた。しかしながら、FADによる脆性破壊の予測は、実構造物の品質管理を目的としており、大きな塑性変形をともなう構造物では安全側にすぎる評価を与える傾向がある。これまでに生じた脆性破壊の事故は多くの場合、「材料の破壊韧性が低い」あるいは「大きな潜在亀裂が存在していた」など、いわゆる低応力脆性破壊の例が多かった。それに対して、建築鉄骨における脆性破壊は、兵庫県南部地震の例をみても極端な溶接欠陥を持つ場合などを除いて、ほとんどが部材に入きな塑性変形をおよび生じた後の高応力脆性破壊であった。このような現状から、建築鉄骨においては、大変形後の脆性破壊発生の予測精度を確保した欠陥評価方法の確立が特に重要といえる。

以上のことより、本論文では、大地震時に建築鉄骨で生じる脆性破壊発生の予測の精度を確保した欠陥評価方法の確立を目的としている。そのため、部材に大きな塑性変形が生じた場合にも適応できるよう改良したFADを提案し、建築鉄骨で用いられるような延性材料で製作した試験に対して欠陥評価を行い、改良したFADの有効性を示している。

本論文は6つの章で構成される。第1章は序論である。

第2章では、構造物の欠陥評価として用いられているCTOD設計曲線とFADの研究の経緯と簡単な概要について述べ、この研究で利用するFADの概要および課題を示している。

第3章では、エンドタブ周辺から発生する破壊を実験的に再現し、溶接条件、エンドタブの種類、温度変化による韧性低下、欠陥形状などの実験変数が、溶接接合部の破断性状や変形能力などに及ぼす影響について示している。また、欠陥形状が脆性破壊の発生に及ぼす影響について、実験と有限要素解析より考察をしている。その結果、欠陥形状が塑性拘束の度合いに影響し、それが脆性破壊発生時の破壊韧性に影響を及ぼしていることを確認している。

第4章では、3章で示している塑性拘束の度合いによる脆性破壊発生時の破壊韧性への影響を考慮した改良FADについて述べている。FADの中では、規格化された破壊韧性試験によって求められる破壊韧性値を用いる。その破壊韧性試験には、切欠き深さが板幅の約半分という深い切欠きの試験片が採用されている。しかしながら、本試験体における欠陥は、実構造物に存在しうる欠陥同様、比較的浅いものが多く、深い切欠きを有する試験片と比べて塑性拘束は弱い。そのため、安全側の誤差を与えている。より精度の高い欠陥評価を行うため、最弱り

ンクモデルを利用した手法を用いて改良FADを提案し、欠陥を有する溶接始終端部からの破壊に対してその改良FAD適用を試みる。その結果、塑性拘束の違いによる破壊靱性を考慮した改良FADを用いることで精度を高めた欠陥評価を与えることを確認している。

第5章では、4章で提案した改良FADを溶接T継手試験体に対して適用する。4章では、溶接始終端部からの破壊に対して改良FADの有効性を示しているが、この溶接T継手にも改良FADを適用することで、それが他の溶接継手に対して有効であることを示すとともに、改良FADの適用範囲について検討している。

第6章では、5章までに示した結論を総括するとともに今後の課題について示す。

平成16年度 編集委員

委員長 氷室昭三 (教務主事)
委員 塚山廣志 (図書館長)
〃 猿渡眞一 (機械)
〃 塚本俊介 (電気)
〃 篠田登世子 (電子情報)
〃 渡辺徹 (物質)
〃 新谷壘一 (建築)
〃 村田和穂 (一般教育)
〃 河村豊實 (一般教育)

有明工業高等専門学校紀要

第41号 (2005)

平成17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

Reports on the Practice of the Management and Guidance of the 1st-Year Students at Ariake National College of Technology (1)	IWAMOTO Teruyo SAKAI Takeshi MITO Kenji TANIGUCHI Mitsu ARAKI Makoto	1
Extension of Quasi conformal Biholomorphic Mappings	SAKANISHI Fumitoshi	23
Holomorphic Mappings with Parametric Representation	HONDA Tatsuhiro	29
The Critical Properties of Phase Transition in the Three-Dimensional Extended ANNNI Model	MURAOKA Yoshinori KASAMA Toshihiro IDOGAKI Toshihiro	39
A Study on <i>in vivo</i> Estrogenic Activity Screening Methods using Medaka(<i>Oryzias latipes</i>)	YAMAGUCHI Akemi TOMINAGA Nobuaki	49
On the Buildings of the Main Hall of the Jodoshinshu Sect in the Yanagawa Feud	MATSUOKA Takahiro	55
Experimental Study on Composite Shear Reinforcement of RC Beam by Means of Carbon Fiber and Polyethylene Fiber Sheet	SHIMODA Seiya MURAKAMI Kiyoshi MITSUI Yoshiyuki TAKEDA Koji	75
An Evaluation of Houses Based on the Energy-saving Standards Next Generation and a Research for the Thermal Environment in the House	TODA Kazutoshi TANAKA Mitsuo YAMASHITA Toshio	81
A Trial of Machine Shop Basic Practice in the First Year -to Educate Engineers with Practical Skills and Creativity-	MATSUKAWA Shinya AKASHI Koji OYAMA Shiro UEHARA Hiroshi TADAKUMA Hidenori SAKAGUCHI Makoto KINOSHITA Shosaku KAWAMURA Eiji	91
Development of Powered Device Boarded by Buggies for Physically and Mentally Challenged Children	KINOSHITA Shosaku HAYASHIZAKI Masuya YAYAMA Takahiro ABE Yoshiaki TOYOMASU Takashi KAWASAKI Yoshinori	97
On the Accurate Machining of Thin-walled Parts	TAGUCHI Koichi AKASHI Koji	103
Study of the Usage for Campus LAN System at the Open Space in General Research Building	MATSUNO Yoshinobu HORITA Takayuki	109
Development of Image Sensor for Robot-DAIYAYAMA	IZUMI Katsuhiro	113
Design and Manufacturing of Robo Daija	KAWAMURA Eiji YOSHITOMI Takashi KINOSHITA Saburo MATSUBARA Seio	119
Integrated Circuit Manufacture by the NMOS Process in Semiconductor Engineering Education (1) -Its Current State and Prospect for Development-	NAKAMURA Shunzaburo	125
Development of a Sodium LIDAR for the Observation of Wavelike Structures in the Middle Atmosphere	UCHIUMI Michihiro SHIBATA Yasukuni ABO Makoto NAGASAWA Chikao IGARASHI Kiyoshi	131
Study on a Daytime Measurement of Atmospheric Gases by Pseudo Random Modulated CW LIDARs	UCHIUMI Michihiro NOHARA Akinobu	137
Measurement and Correlation for Liquid-Liquid Equilibria of MTBE+Methanol+Alkane Ternary Systems	WATANABE Toru HONDA Katsumi HIGASHIUCHI Hideki AKAI Yasuhiro	143
The Development of English Abilities of the Students of Ariake National College of Technology: A Longitudinal Study (3) -With a Focus on Analyses of Diachronic Models-	ABE Noriko	151
A Study of Sugawara Michizane	YAKIYAMA Hiroshi	164