

ISSN 0385-6844

有明工業高等専門学校紀要

第 34 号

平成 10 年 1 月

Research Reports
of the
Ariake National College of Technology
No. 34
January 1998

Published by Ariake National College of Technology
Omata, Japan

目 次

公営住宅における高齢者世帯の構成と住まい方に関する研究	北 岡 敏 郎	1
A Characterization of Linear Automorphisms on the Unit Ball of \mathbb{C}^n	本 田 竜 広	7
梢円, 双曲線のグラフから未知係数, 焦点, 離心率, および準線の幾何学的構成	川 上 龍 男	11
ある放物型方程式の球対称な自己相似解の存在性について	川 上 龍 男 水 谷 裕	19
The Spin Orderings in the Ground State of S-1 ANNNI Model with the Single Ion Anisotropy	村 岡 良 紀	23
旧合資会社松浦炭坑事務所の建築について	松 岡 高 弘 川 上 秀 人	33
プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展	原 田 克 身 三 井 宣 之	49
孤立水面波安定性の数値的研究 第3報 孤立波極限波形のより精密な決定	山 下 嶽 三 木 村 剛 三	57
有明工業高等専門学校第2体育館のPAシステム更新	中 川 忠 昭	69
ロボットアームの移動体への追従制御	原 横 真 也 川 崎 義 則 木 下 正 作 鈴 木 裕	75
スピンドル法によるpn接合の作製	中 村 俊 三 郎	81
減圧下の気液平衡測定法に関する一考察	渡 辺 徹 本 田 克 美	85
Analysis of Errors in Written Work by Japanese Students	安 部 規 子	93
Some Notes on the Language of Morality in Fielding's <i>Tom Jones</i>	村 田 和 穂	103
紀長谷雄の賦について—音韻・構造上の一考察—	焼 山 廣 志	118
ゲーテ・妹への13通の手紙(翻訳)その二	瀬 戸 洋	138
研究活動概要(自1996年10月~至1997年9月)		139

公営住宅における高齢者世帯の構成と住まい方に関する研究

北岡 敏郎
(平成9年9月30日受理)

On the Composition of the Households with the Elderly and Their Way of Dwellings in Public Housing

Toshiro KITAOKA

The purpose of this study is to clarify the rate of the households with the elderly in public housing and the characteristics of their way of dwelling. The results are as follows; The rate of the households with elderly people is different according to the time and place of the construction of the housing complex. Most of them don't use their dining room with the kitchen for their meals. They need more bedrooms than the number of them, because half of the couples need separate bedrooms and most of them need those for their familiar guests.

1. はじめに

1-1 研究の背景と目的

近年の高齢化に対し、各自治体で高齢者対応の住宅計画が策定されている。1950年代から供給されてきた公営住宅は建て替え時期にきており、高齢者を含む世帯（以下、高齢者世帯とする）に対する住戸もこの建て替え時に供給することになるが、現在入居している高齢者世帯は建て替え後も入居を継続する可能性が高い¹⁾。したがって、公営住宅における高齢者世帯を対象とした住戸の供給戸数は、現在入居している高齢者世帯数が基礎となる。1980年代に公営住宅における定住化が指摘されており²⁾、現在公営住宅に入居している高齢者世帯は若い世代で入居し、一定の年数を経て高齢者世帯になったと考えられる。ところが、都心部の民間賃貸住宅において単身の高齢者世帯の沈殿が指摘されていることから³⁾、公営住宅においても、団地のおかれている状況によって高齢者世帯の構成は異なることが予想される。したがって、今後の高齢者に対応した住戸の供給においては、団地毎の高齢者世帯の割合のみならず、高齢者世帯の構成の特徴と高齢者世帯化の過程を捉えておくことが重要である。

一方、各自治体における高齢者対応の住戸計画の多くは高齢者の身体的衰えに対するもので、住戸内外における行為のサポートや安全対策が主となっている。しかし、住戸の規模や平面構成については未だ検討が不十分で、入居家族数に応じた既存の型計画をそのまま適用しているところが多く、必ずしも、高齢者世帯の住まい方をふまえた供給とは言い難い。

以上の認識に基づき、本研究は高齢者世帯の居住特性に対応した公営住宅供給の指針を作成するための知見を得ることを目的とする。

1-2 研究の課題と方法

研究の課題は、①団地を類型化し、高齢者世帯の割合と構成及び高齢者世帯化の特徴を明らかにすること、②高齢者世帯の住まい方の特徴を基本的な生活行為としての食事、就寝、接客について分析し、住まい方とnKやnDKの住戸形式との対応関係を明らかにすることである。

公営住宅は建設時期と立地条件により供給された住宅形式は大きく異なるが、一方で、建設時期は定住による高齢者世帯化の程度に影響し、立地条件は前述のごとく高齢者世帯の構成に大きく影響すると考えられる。そこで、建設時期と立地条件から住宅団地を類型化するが、これらの指標は対象とする自治体によって異なるため、対象自治体の特殊性を勘案して設定せざるを得ない。対象とする大牟田市の場合、建設された住宅形式の違いを参考にすると、建設時期は昭和31年以前を前期、昭和32年から昭和42年までを中期、昭和43年以降を後期と分類できる。また、立地条件は都心との位置関係で捉え、その分布傾向より市役所から半径2km以内を都心、それを越えて位置する場合を郊外とし、建設時期と併せて表-1に示す5つの団地タイプに類型化する。

これまでの高齢者の類型は個人の身体的衰えを加味した年令区分にもとづく方法が多かったが、高齢者世帯においては、住まい方における要求の違いから類型

表1 大牟田市の市営住宅概況

団地タイプ	団地数	住戸数	住戸形式別				住戸形式別					
			木造平屋	2階アット	R.C.中層	1K	2K	3K	2DK	3DK	4DK	
<前期・都心> タイプ	7	478	18 3.8	24 5.0	24 5.0	412 86.2	0 0.0	454 95.0	24 5.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0
<前期・郊外> タイプ	5	595	471 79.2	100 16.8	0 0.0	24 4.0	14 2.4	333 56.0	224 37.6	0 0.0	24 4.0	0 0.0
<中期・郊外> タイプ	7	485	105 21.6	286 59.0	94 19.4	0 0.0	0 0.0	147 30.3	338 69.7	0 0.0	0 0.0	0 0.0
<後期・都心> タイプ	6	258	0 0.0	0 0.0	0 0.0	258 100.0	0 0.0	249 96.5	0 0.0	0 0.0	9 3.5	0 0.0
<後期・郊外> タイプ	6	1157	0 0.0	36 3.1	0 0.0	1121 96.9	0 0.0	35 3.0	36 3.1	136 11.8	944 81.6	6 0.5
合計	31	2973	594 20.0	446 15.0	118 4.0	1815 61.0	14 0.5	1218 41.0	622 20.9	136 4.6	977 32.9	6 0.2

*上段は住戸数、下段は割合(%)を示す

化する必要がある。また、家族が成長し別居した高齢者世帯においては、別居している家族との関連性も住まい方に影響すると考えられる。そこで、高齢者世帯を同居している家族の構成と人数から、単身世帯、夫婦世帯、親子・兄弟世帯、親・子・孫世帯の4つに類型化し、接客についての分析において、別居している家族や親戚等の身内との関連性を考察する。

1-3 調査概要

調査対象は大牟田市の市営住宅とし、まず、1992年9月～10月に市営住宅管理台帳より全高齢者世帯(65歳以上の高齢者を含む世帯)1083世帯を抽出し、各世帯の家族構成と人数及び入居時期、入居時の家族構成と人数を収集した⁴⁾。次に、1992年12月～1993年1月に抽出した高齢者世帯1083世帯を対象に留置式アンケート調査を実施した(有効票数834票、有効率約77%である)。

2. 高齢者世帯の構成と高齢者世帯化過程

2-1 高齢者世帯割合

市営住宅に入居している全世帯における高齢者世帯の割合は約38%と多いが、建設時期と都心との位置関係の団地タイプによりその割合は異なっている(図1)。建設時期でまとめると、前期は約52%，中期約39%，後期約28%と前期ほど高齢者世帯の割合が多く、大きくは定住化による高齢者世帯化が窺われる。しかし、同じ建設時期の団地タイプを比較すると、郊外よりも都心タイプの方が高齢者世帯の割合が多く、最も多い<前期・都心>タイプは高齢者世帯の割合は約54%になる。逆に、最も少ない<後期・郊外>タイプは約24%であり、建設時期のみならず団地の立地条件によっても高齢者世帯の割合は大きく異なっている。

2-2 高齢者世帯の構成

高齢者世帯の構成は単身世帯が約41%と最も多く(図2)，夫婦世帯が約28%，親子・兄弟世帯が約24%であり、親・子・孫世帯はきわめて少ない。このうち、高齢者のみの世帯は単身・夫婦世帯を中心として約61%にもなる(図略)。

団地タイプ別にみると、どの団地タイプにおいても単身世帯と夫婦世帯の割合が多いが、割合の程度は団地タイプによりかなり差がある。最も多い単身世帯の

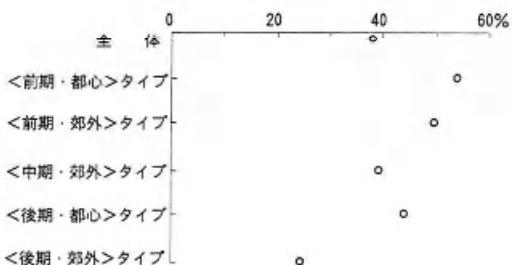


図1 高齢者世帯の割合

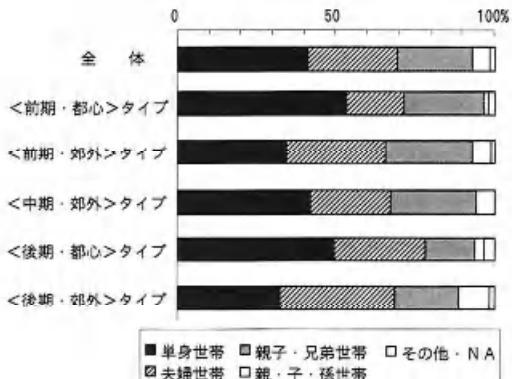


図2 高齢者世帯の構成

割合は建設時期の差は少なく、都心タイプと郊外タイプで大きく異なっており、高齢者世帯の構成に立地条件が大きく影響している。特に、単身世帯の割合は郊外タイプよりも都心タイプで大きく、高齢者世帯の割合と類似した傾向を示していることから、団地の立地条件による単身世帯の割合の差異が高齢者世帯の割合に影響していると考えてよい。一方、夫婦世帯の割合は単身世帯の割合と大まかには逆の傾向を示し、都心タイプよりも郊外タイプの方がその割合が多い。

同居している家族人数は1～2人世帯が多く、全体の約82%を占める(図3)。親子・兄弟世帯は2～3人、親・子・孫世帯は3～5人以上と世帯タイプ毎の特徴を示すが、相対的には小規模である。

2-3 高齢者世帯化過程

定住化傾向を居住年数でみると、11～20年以内、21～30年以内を中心分布するが(図4)，一方で、10年以内の居住歴の短い高齢者世帯が約30%ある。団地タイプは前期のタイプほど居住年数が長い世帯の割合は増え定住化傾向が窺われるが、〈前期・都心〉タイプにおいてさえ10年以内の高齢者世帯が約26%あり、建設時期の遅い〈後期・郊外〉タイプにおいては約53%になる。

そこで、高齢者世帯の入居時の世帯構成をみると、入居時にはまだ高齢者が含まれない非高齢者世帯で入居したもののが約69%あり、どの世帯タイプも多くは入居後に高齢者世帯になったと考えてよい。しかし、この非高齢者世帯の年長者年令をみると(図5)、50才代・60才代が併せて約57%と多く、年長者年令が30才代以下の若い世代で入居し定住により高齢者世帯になったものはない。したがって、入居後それほど経過せずに高齢者世帯になったものが多いといえる。一方、高齢者世帯となってからの入居が約30%あり、単身世帯、夫婦世帯と親子・兄弟世帯が同程度の割合である。入居後の世帯タイプの変化をみると、現在の単身世帯の約50%は入居後に単身世帯となったものであるが、逆に、単身世帯から他の世帯へ移行した割合は約9%と少ない^⑤(図略)。

入居時の高齢者世帯・非高齢者世帯に限らず、単身世帯として入居した割合を団地タイプ別にみると(図6)，現在の高齢者の単身世帯の割合と同様に各時期の都心タイプで高くなっている。一方、高齢者世帯となって入居した割合をみると、団地タイプの前期は都心タイプがやや多いが、後期は郊外タイプへの高齢者世帯となってからの入居が顕著であり、これらは夫婦

世帯が多い。

したがって、建設時期の早い団地ほど定住化により高齢者世帯の割合は大きく、同じ建設時期においては

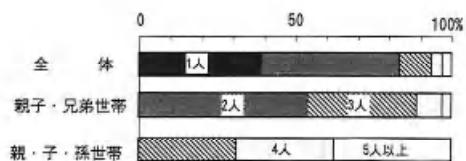


図3 同居している家族人数

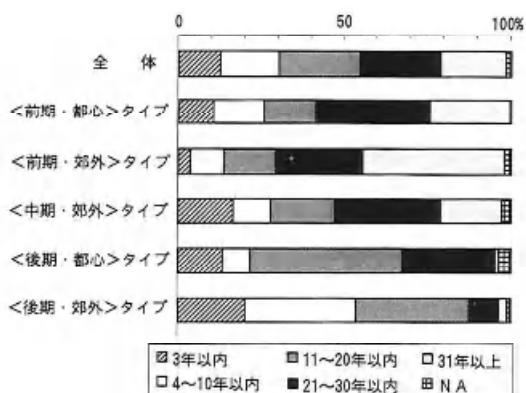


図4 居住年数

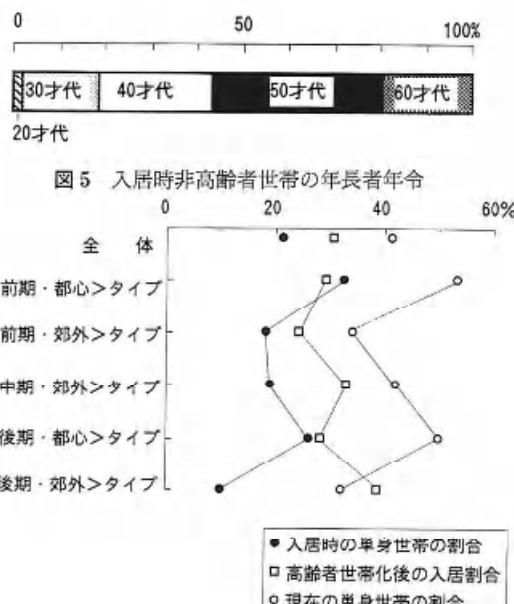


図6 単身世帯の割合と高齢者世帯化後の入居割合

都心タイプほど単身世帯の入居により、高齢者世帯の割合は大きくなる。加えて、高齢者世帯となってからの入居や高齢者に近い年令層が含まれる世帯の入居により、どの団地タイプにおいても比較的居住歴の短い高齢者世帯が存在していることになる。

3. 高齢者世帯の住まい方

3-1 住戸規模の評価

住戸規模の評価をみると、「狭すぎる」と回答した者の割合が約34%もある(表2)。世帯タイプ別にみると、同居している家族人数が比較的多い親子・兄弟世帯や親・子・孫世帯において「狭すぎる」と回答した割合は多くなるが、家族人数の少ない単身世帯においても約15%，夫婦世帯は約38%ある。各世帯タイプを住戸

形式別にみると、夫婦世帯は3Kよりやや住戸規模の大きい2DKを「狭すぎる」と回答した世帯が母数は少ないが半数みられ、その割合は3Kよりも多い。家族人数が増える親子・兄弟世帯は3K・2DKは対応できず、親・子・孫世帯になると3DKさえ約60%が「狭すぎる」と回答している。

また、増築の有無を調べると、約65%の世帯が増築しており、前期・中期の平屋・テラスハウスにおいては、庭空間が住戸規模の狭さに対処していたといえる。近年はこれらの住宅形式が望めないことから、より適正な規模の住戸の供給が重要となる。

3-2 食事と就寝について

食事の場所は夏冬とも約90%が同室である。食事の起居様式を使用する家具でみると、夏において座卓の使用、つまりユカザが約80%を占め、テーブル・イスを使用したイスザは約12%に過ぎず(図7)，イスザを前提としたDKタイプの住戸形式においてさえイスザは30%以下である。冬になると採暖方式からコタツ使用が多いため、座卓・コタツを使用したユカザがさらに増え、イスザは10%に満たない。6畳程度以下というDKの規模が影響している側面はあるが、建て替え後も座卓使用の希望が多く、DKタイプの採用には疑問が残る⁷⁾。

単身世帯を除いて就寝室数をみると、全体としては世帯タイプの同居している家族人数に対応した就寝分離を示し(表3)，夫婦世帯は1～2室就寝、2人居住が半数を占める親子・兄弟世帯は2室就寝が大半で、親・子・孫世帯では3室就寝が中心となる。住戸形式別にみると、全体としてはKタイプよりDKタイプの

表2 住戸規模の評価

世帯タイプ	住戸形式	住戸規模評価			
		広すぎる	適当	狭すぎる	N/A
単身世帯 タイプ	1K	6	4		10
		60.0	40.0		
	2K	143	33	6	182
		78.6	18.1	3.3	
	3K	58	11	4	73
		79.5	15.1	5.5	
夫婦世帯 タイプ	2DK	12		1	13
		92.3		7.7	
	3DK	1	1	1	49
		2.0	93.9	2.0	
	小計	1	265	49	12
		0.3	81.0	15.0	3.7
親子・兄弟世帯 タイプ	1K	1			1
		100.0			
	2K	41	55	8	104
		39.4	52.9	7.7	
	3K	49	23	3	75
		65.3	30.7	4.0	
親・子・孫世帯 タイプ	2DK	4	4		8
		50.0	50.0		
	3DK	51	13	3	67
		76.1	19.4	4.5	
	4DK	1			1
		100.0			
小計		146	35	14	255
		57.3	37.3	5.5	
合計		29	60	3	92
		31.5	65.2	3.3	
		26	23	2	51
		51.0	45.1	3.9	
		4	7		11
		36.4	53.6		
		23	11	3	37
		82.2	29.7	8.1	
		1			1
		100.0			
		83	101	8	192
		43.2	52.6	4.2	
		15	29	1	45
		33.3	64.4	2.2	
		0.1	62.1	33.6	4.2
合計		0.1	521	282	839

*上段は世帯数、下段は割合(%)を示す

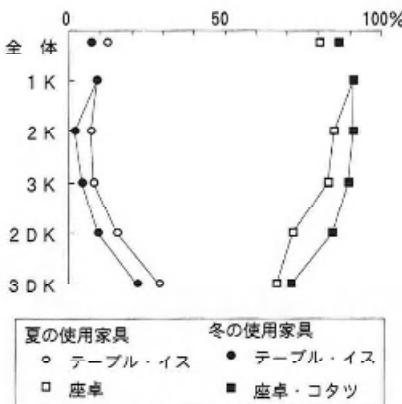


図7 食事の使用家具

方が寝室分解は進む傾向にある。しかし、夫婦世帯においては住戸形式による差はみられず、1Kを除く住戸形式はいずれも半数近くが2室就寝となっている。前述のごとく、2DKタイプはDK以外の骨の部屋でのユカザの食事が想定できるため、2人居住の夫婦世帯においては食事形式のイズザ化と食寝分離の双方の目的が達成されにくいといえ、このことは2人居住が半数を占める親子・兄弟世帯においても同様である。

3-3 接客について

高齢者世帯の生活においては、同居していない家族や親戚等の身内との関わりが重要となる。身内が全くいない世帯は約2%と少ないが、身近な身内の居住範囲をみると(図8)、約27%は市外在住である。特に、単身世帯や夫婦世帯は市外在住の割合が30%を越えている。また残り約65%は身内が同じ市内に居住しているが、同じ団地内や団地周辺は少ないため、これら身内の接客が問題となる。ちなみに、身内が市内に居住しているケースの別居理由は、主に「住宅事情」「親誠

だから」「積極的別居」であり、団地タイプの前期と後期においては都心タイプの方が「住宅事情」の割合が増え、逆に郊外タイプは「積極的別居」の割合が増えている⁸⁾(図略)。

接客については室数に影響する宿泊に注目し、身内や親しい客の日常的な宿泊と盆・正月等の非日常的宿泊について検討する。

日常の客の宿泊が「ある」という世帯は30%程度であり(図9)、世帯タイプによる違いは少ないが、身内が市外に居住している割合が多い夫婦世帯は40%を越える。年間の平均宿泊回数は約4.7回、2~3ヶ月に1回程度であるが、単身世帯は多く、逆に親子・兄弟世帯、親・子・孫世帯は少ない。平均の宿泊人数は約2.5人である。

一方、盆・正月など非日常的な宿泊が「ある」世帯は約60%になる。日常的な客の宿泊同様、夫婦世帯において特に多いが、単身世帯も約55%ある。平均の宿泊人数は約3.7人と日常的な客の宿泊人数より多い。

身内と別れてすんでいる高齢者世帯にとって、年に

表3 就寝室数

世帯タイプ	住戸形式 タイプ	就寝室数					合計
		1室	2室	3室	4室	NA	
夫婦世帯 タイプ	1K	1					1
		100.0					
	2K	53	46			5	104
		51.0	44.2			4.8	
	3K	40	31			4	75
		53.3	41.3			5.3	
	2DK	4	4				8
親子・兄弟世帯 タイプ		50.0	50.0				
	3DK	32	30			5	67
		47.8	44.8			7.5	
	小計	130	111			14	255
		51.0	43.5			5.5	
	2K	23	56	10	1	2	92
		25.0	60.9	10.9	1.1	2.2	
親・子・孫世帯 タイプ	3K	11	32	9	1	2	55
		20.0	58.2	16.4	1.8	3.6	
	2DK		10			1	11
			90.9			9.1	
	3DK	1	25	9		2	37
		2.7	67.5	24.3		5.4	
	4DK			1			1
合計	小計	31	123	28	3	7	192
		16.1	64.1	14.6	1.6	3.6	
	2K		10	9	1		20
			50.0	45.0	5.0		
	3K		2	5	2		9
			22.2	55.6	22.2		
	3DK	1	2	11		1	15
合計		6.7	13.3	73.3		6.7	
	4DK			1			1
				100.0			
	小計	1	14	26	3	1	45
		2.2	31.1	57.8	6.7	2.2	
	410	297	63	8	61		839
		48.9	35.4	7.5	1.0	7.3	

*上段は世帯数、下段は割合(%)を示す

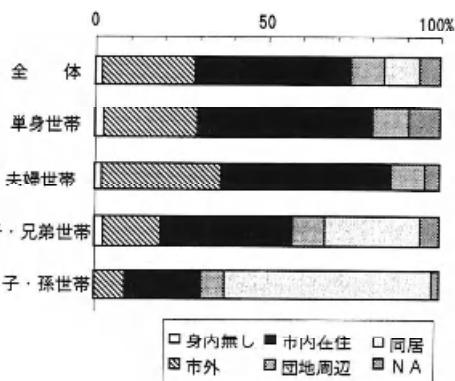


図8 身内の在住地

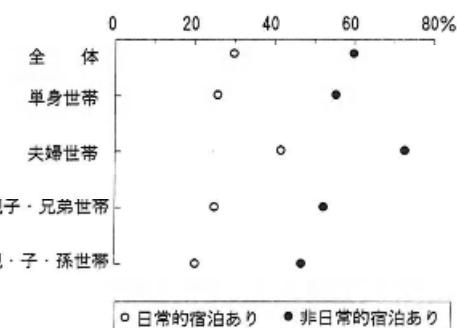


図9 接客における宿泊の有無

数回の宿泊を伴う身内との交流は重要な意味を持ち、それを可能とするスペース、つまり就寝室数がより強く求められ、前述の住戸規模の評価を裏付けている。この点からすれば、同程度の小規模住戸においてはnDKタイプより(n+1)Kタイプの方が有効である⁹⁾。

4. まとめ

1) 大牟田市の市営住宅における高齢者世帯の割合は約38%と多く、その大半は入居後に高齢者世帯となつたものであるが、年長者年令が50才代以上の者が含まれる世帯となってからの入居が半数以上を占めるため、入居後それほど経過せずに高齢者世帯となつたものが多い。高齢者世帯の割合は団地の建設時期と立地条件により大きく異なる。早い建設時期の団地は定住化により高齢者世帯の割合が多くなるが、一方、都心に立地した団地は単身世帯の入居割合が多く、このため郊外に立地した団地よりも高齢者世帯の割合は多い。主要にはこれらの要因が相まって団地タイプの高齢者世帯の割合を特徴づけている。また、近年は、郊外に立地している団地において夫婦世帯が高齢者世帯になってからの入居が増えている。

2) 高齢者世帯の食事の起居様式は、DKタイプの住戸においてさえ計画原理に反したユカザが圧倒的に多い。夫婦世帯において夫婦の分離就寝が半数程度みられ、夫婦を1単位としない就寝室数が求められる。加えて、日常的あるいは非日常的に接客や身内の宿泊があるため、高齢者世帯の住戸計画においては、従来の同居している家族の構成や人数に対応した計画論とは異なった視点が必要である。これらの点から、高齢者世帯を対象としたDKタイプの住戸の供給はDKの規模を含め再検討が必要であろう。

謝 辞

大牟田市役所都市整備部住宅建築課の方々ならびに市営住宅に入居されている高齢者世帯の方々にはデータ収集とアンケート調査に惜しみない協力を戴いた。また、本校平成4年度卒業研究生の藤岡祐一、藤崎敏幸の両君にはデータ作成で多大なる労力をお願いしました。ここに記して謝意を表します。なお、本研究は平成4年度福岡県建築住宅センター調査研究費補助金の

一部によるものである。

注

- 1) 本研究のアンケート調査においても、高齢者世帯の約82%が建て替え後も住み続けることを希望している。
- 2) 例えば、早川和男他：高令者の残留傾向と高令世帯の定住意識 公共住宅研究I－その4－、日本建築学会大会学術講演梗概集、P2217、昭和57年10月
- 3) 広原盛明他：木賃アパート居住層の高齢単身者化－庄内地域木賃アパートにおける高齢者居住問題 その1～4、日本建築学会大会学術講演梗概集F、P507、1990年10月
- 4) 1団地はすでに建て替えられており、入居時期が異なってくること、また、他団地から転居した世帯もあり、これらを除くと入居時の分析の母数は877世帯となる。
- 5) 入居後の高齢者世帯化は、高齢者世帯となってからの入居が約20%，年長者世代が高齢者になった世帯が約64%，親・子2世代にわたり高齢者となった世帯が約8%，高齢者が同居したものは1%に満たない。
- 6) 都心に立地する集合住宅ほど単身入居の割合が多いことは高齢者世帯に限らない。
- 7) 建て替え後の食事室の希望においてはDKタイプそのものは約50%がよいと肯定しており、DKタイプを否定するものは約8%にすぎない。したがって、現在の6畳以下というDKの規模自体がイスザの食事形式を阻害している側面は否定できない。ところが、使用家具の希望においては、座卓の使用を希望する世帯が約62%ある。加えて、冬季のコタツ使用がイスザの食事形式の採用を困難にする側面は大きいと考えられる。
- 8) <前期・都心> タイプの別居している理由は「住宅事情」が約33%、「積極的別居」が約9%に対し、<後期・郊外> タイプは前者が約18%，後者が約19%である。
- 9) 大牟田市の高齢者世帯が入居している3Kの住戸規模は約38.3m²、2DKは約45.2m²である。

A Characterization of Linear Automorphisms on the Unit Ball of \mathbb{C}^n

Tatsuhiro HONDA*

(Received 30 September, 1997)

1. INTRODUCTION

Let $\Delta = \{z \in \mathbb{C}; |z| < 1\}$ denote the open unit disc in the complex plane \mathbb{C} . Let $f: \Delta \rightarrow \Delta$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$. Then the classical Schwarz lemma states that $|f(z)| \leq |z|$ for all $z \in \Delta$, and that the equality $|f(z_0)| = |z_0|$ at a single point $z_0 \in \Delta \setminus \{0\}$ implies $f(z) = \lambda z$ with a complex number λ such that $|\lambda| = 1$. As a generalization of the above Classical Schwarz Lemma to the open unit ball in \mathbb{C}^n , J.P. Vigué obtained the following result.

Theorem (J.P. Vigué[16]). *Let B be the open unit ball of \mathbb{C}^n for some norm such that ∂B is a real analytic submanifold of \mathbb{C}^n . Let $f: B \rightarrow B$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$. If there exists a non-empty open subset U of B such that $C_B(f(0), f(w)) = C_B(0, w)$ or $|f(w)| = \|w\|$ for every $w \in U$, then f is a linear automorphism on B , where C_B is the Carathéodory distance for B of \mathbb{C}^n .*

H. Hamada[7] generalized the above classical Schwarz lemma by replacing an open subset U of B in the Vigué's assumption with some local complex submanifold of codimension 1. We note that a single point $z_0 \in \Delta \setminus \{0\}$ is a complex submanifold codimension 1 in \mathbb{C} .

The aim of this paper is to prove the following theorem.

MAIN THEOREM. *Let B be the open unit ball of \mathbb{C}^n for the Euclidean norm $\|\cdot\|$, and let $f: B \rightarrow B$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$. Let Γ be a non-empty subset of B such that Γ is mapped onto a non-pluripolar subset Σ of an open subset Ω in the projective space $P(\mathbb{C}^n)$ by the quotient map Q . If $C_B(f(0), f(w)) = C_B(0, w)$ or $|f(w)| = \|w\|$ for every $w \in \Gamma$, then f is a linear automorphism on B .*

Since a non-empty open subset is always non-pluripolar, the Main Theorem includes the above results for the Euclidean norm.

2. PRELIMINARIES

Let Δ be the open unit disc in the complex plane \mathbb{C} . Let D_1 and D_2 be domains in \mathbb{C}^n . We denote by $H(D_1, D_2)$ the set of all holomorphic maps on D_1 into D_2 . Let D be a domain in \mathbb{C}^n . We denote by ρ the Poincaré distance on Δ as follows :

$$\rho(z, w) = \frac{1}{2} \log \frac{1 + \left| \frac{z-w}{1-z\bar{w}} \right|}{1 - \left| \frac{z-w}{1-z\bar{w}} \right|} \quad (z, w \in \Delta).$$

The Carathéodory pseudo-distance C_D on D is defined as follows :

*Supported in part by Grand-in-Aid for Scientific Research (A) no. 08740126 from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan, 1996.

$$C_D(p, q) = \sup \{ \rho(f(p), f(q)) ; f \in H(D, \Delta) \} \quad (p, q \in D).$$

A map $g \in H(\Delta, D)$ is called a *complex geodesic* if $C_\nu(g(z), g(w)) = \rho(z, w)$ for all $z, w \in \Delta$. The following proposition implies that the conditions $\|f(x)\| = \|x\|$ and $C_B(f(0), f(x)) = C_B(0, x)$ are equivalent.

PROPOSITION 2.1. (T.Franzoni-E.Vesentini[6]) *Let E be a complex Banach space with the norm $\|\cdot\|$. Let B be the open unit ball of E for the norm $\|\cdot\|$. Then $C_B(0, x) = C_\Delta(0, \|x\|)$ for every $x \in B$.*

Let V be a convex subset of \mathbb{C}^n . A point $x \in V$ is a complex extreme point of V if $y=0$ is the only vector in \mathbb{C}^n such that the function: $\zeta \mapsto x + \zeta y$ maps Δ into V .

PROPOSITION 2.2. (S.Dineen[2,3], M.Hervé[8], J.P.Vigué[16]) *Let B be the open unit ball of \mathbb{C}^n for some norm $\|\cdot\|$. Let $f: B \rightarrow B$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$, and let $f(x) = \sum_{m=1}^{\infty} P_m(x)$ be the development of f by vector valued m -homogeneous polynomials P_m in a neighborhood V of 0 in \mathbb{C}^n . We assume that every boundary point of B is a complex extreme point of the closure \bar{B} of B . If $C_B(f(0), f(w)) = C_B(0, w)$ or $\|f(w)\| = \|w\|$ at a point $w \in B \setminus \{0\}$, then $P_m(w) = 0$ for all $m \geq 2$.*

3. ON A NON-PLURIPOLAR SET

Let Ω be an open subset of \mathbb{C}^n . A set $S \subset \mathbb{C}^n$ is said to be *pluripolar* in Ω if there exists a non-constant plurisubharmonic function u on Ω such that $S \subset u^{-1}(-\infty)$. By the definition of a pluripolar set, we have the following lemma.

LEMMA 3.1. *Let Ω be a connected open subset of \mathbb{C}^n . Let Σ be a subset of Ω . Then the set Σ is a non-pluripolar subset of Ω if and only if all plurisubharmonic functions u on Ω with $u \equiv -\infty$ on Σ satisfy $u \equiv -\infty$ on Ω .*

Let α be a positive number. A function $u: \mathbb{C}^n \rightarrow [0, +\infty)$ is said to be *complex homogeneous of order α* if $u(\lambda x) = |\lambda|^\alpha u(x)$ for all $\lambda \in \mathbb{C}$, $x \in \mathbb{C}^n$.

THEOREM 3.2. *Let B be the open unit ball of \mathbb{C}^n for the Euclidean norm $\|\cdot\|$, and let $f: B \rightarrow B$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$. If there exists a non-pluripolar subset Σ of an open subset U in B such that $C_B(f(0), f(w)) = C_B(0, w)$ or $\|f(w)\| = \|w\|$ for every $w \in \Sigma$, then f is a linear automorphism on B .*

Proof. Let $f(z) = \sum_{m=1}^{\infty} P_m(z)$ be the development of f by vector valued m -homogeneous polynomials P_m in a neighborhood V of 0. Since every point of the boundary $\partial B = \{z \in E; \|z\| - 1 = 0\}$ of B is a complex extreme point of the closure \bar{B} of B , by Proposition 2.2, we obtain $P_m(z) = 0$ for every $z \in \Sigma$, $m \geq 2$. So $\log\|P_m(z)\| = -\infty$ for every $z \in \Sigma$, $m \geq 2$. Since $\log\|P_m(z)\|$ is plurisubharmonic, by Lemma 3.1, we have $\log\|P_m(z)\| = -\infty$ for all $z \in U$. Hence $P_m(z) = 0$ for all $z \in U$, $m \geq 2$. By the identity theorem, $P_m(z) = 0$ for $z \in \mathbb{C}^n$, $m \geq 2$. Therefore $f = P_1$ is linear on \mathbb{C}^n .

By Proposition 2.1 and the distance decreasing property of the Carathéodory distances, we have

$$C_\Delta(0, \|z\|) = C_B(0, z) > C_B(0, f(z)) = C_\Delta(0, \|f(z)\|)$$

for all $z \in B$. Since $C_\Delta(0, r)$ is strictly increasing for $0 \leq r < 1$, we obtain that $\|f(z)\| \leq \|z\|$ for all $z \in B$. Since f is linear on \mathbb{C}^n , $\|f(z)\| \leq \|z\|$ for all $z \in \mathbb{C}^n$. So we define a function $g(z) = \|z\|^2 - \|f(z)\|^2 \geq 0$ for $z = (z_1, z_2, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n$. We set $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$. So we have for all $a = (a_1, a_2, \dots, a_n) \in \mathbb{C}^n$, $\zeta \in \mathbb{C}$,

$$g(z + \zeta a) = \|z + \zeta a\|^2 - \|f(z + \zeta a)\|^2$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{j=1}^n \{|z_j + \xi a_j|^2 - |f_j(z) + \xi f_j(a)|^2\} \\
&= \|z\|^2 - \|f(z)\|^2 + (\|a\|^2 - \|f(a)\|^2) |\xi|^2 + \xi \sum_{j=1}^n \{z_j \bar{a}_j - f_j(z) \overline{f(a)}\} \\
&\quad + \xi \sum_{j=1}^n \{\bar{z}_j a_j - \overline{f_j(z)} f(a)\}
\end{aligned}$$

Since the function: $\xi \mapsto g(z + \xi a)$ is analytic and

$$\frac{\partial^2 g}{\partial \xi \partial \bar{\xi}} = \|a\|^2 - \|f(a)\|^2 \geq 0,$$

the function: $\xi \mapsto g(z + \xi a)$ is subharmonic. Therefore g is plurisubharmonic on \mathbb{C}^n . Since g is complex homogeneous of order 2, by Lemma 3.3, $\log g$ is plurisubharmonic on \mathbb{C}^n . Since $\|w\| = \|f(w)\|$ for every $w \in \Sigma$, $\log g = -\infty$ on a non-pluripolar subset Σ . By Lemma 3.1, $\log g = -\infty$ i.e. $\|w\| = \|f(w)\|$ on an open subset U of B . By J.P. Vigu  's Theorem, f is a linear automorphism on B . \square

By Theorem 3.2, we have the following corollary.

COROLLARY 3.3. *Let B be the open unit ball of \mathbb{C}^n , and let $f: B \rightarrow B$ be a holomorphic map with $f(0) = 0$. If there exists an open subset U such that $C_B(f(0), f(w)) = C_B(0, w)$ or $\|f(w)\| = \|w\|$ for every $w \in U \cap \mathbb{R}^n \neq \phi$, then f is a linear automorphism on B .*

Proof. Since the set $U \cap \mathbb{R}^n$ is a non-pluripolar subset of U (c.f. K.H. Shon [12]), by Theorem 3.2, f is a linear automorphism on B . \square

4. ON THE COMPLEX PROJECTIVE SPACE

Let $\mathbb{P}(\mathbb{C}^n)$ be the complex projective space of \mathbb{C}^n . We denote by Q the natural quotient map from $\mathbb{C}^n \setminus \{0\}$ onto $\mathbb{P}(\mathbb{C}^n)$. We set

$$U_j = \{[x] = [x_1; x_2; \dots; x_n] \in \mathbb{P}(\mathbb{C}^n) : x_j \neq 0\}$$

for $1 \leq j \leq n$. By the definition of a pluripolar set, we have the following lemma.

LEMMA 4.1. *A set $\Sigma \subset \Omega$ is non-pluripolar in an open subset $\Omega \subset \mathbb{P}(\mathbb{C}^n)$ if and only if there exists j ($1 \leq j \leq n$) such that the subset $\Sigma \cap U_j$ is non-pluripolar in $\Omega \cap U_j$.*

Proof of Main Theorem. By the assumption, there exists j ($1 \leq j \leq n$) such that the subset $\Sigma \cap U_j$ is non-pluripolar in $\Omega \cap U_j$. We define a holomorphic isomorphism ι from $U_j \times \mathbb{C}^*$ onto $Q^{-1}(U_j)$ as follows:

$$\begin{aligned}
\iota([x], \lambda) &= \frac{\lambda}{x_j} x \text{ for } ([x], \lambda) \in U_j \times \mathbb{C}^*, \\
\iota^{-1}(y) &= ([y], y_j) \text{ for } y \in Q^{-1}(U_j).
\end{aligned}$$

Let u be a plurisubharmonic function on $Q^{-1}(\Omega \cap U_j)$ with $u = -\infty$ on $Q^{-1}(\Sigma \cap U_j)$. We take an arbitrary $\lambda \in \mathbb{C}^*$ and define a function $u_\lambda(\xi) = u \circ \iota(\xi, \lambda)$ for $\xi \in \Omega \cap U_j$. Then $u_\lambda(\xi)$ is a plurisubharmonic function on $\Omega \cap U_j$. Since $\iota(\Sigma \cap U_j, \lambda) \subset Q^{-1}(\Sigma \cap U_j)$, $u_\lambda \equiv -\infty$ on $\Sigma \cap U_j$. Since $\Sigma \cap U_j$ is a non-pluripolar subset of $\Omega \cap U_j$, $u_\lambda \equiv -\infty$ on $\Omega \cap U_j$ for all $\lambda \in \mathbb{C}^*$. So $u \circ \iota \equiv -\infty$ on $(\Omega \cap U_j) \times \mathbb{C}^*$ i.e. $u \equiv -\infty$ on $Q^{-1}(\Omega \cap U_j)$. By Lemma 3.1, $Q^{-1}(\Sigma \cap U_j)$ is a non-pluripolar subset of an open subset $Q^{-1}(\Omega \cap U_j)$ in B .

Let $f(z) = \sum_{m=1}^n P_m(z)$ be the development of f by vector valued m -homogeneous polynomials P_m in a neighborhood V of 0 in \mathbb{C}^n . Then there exists $\delta > 0$ such that $\lambda B \subset V$ for $\lambda \in \mathbb{C}$ with $|\lambda| < \delta$. We take an arbitrary point $z \in \Gamma$. By Proposition 2.2, we have

$$f(\lambda z) = \sum_{m=1}^{\infty} P_m(\lambda z) = \sum_{m=1}^{\infty} \lambda^m P_m(z) = \lambda P_1(z) = \lambda f(z)$$

for $\lambda \in \mathbb{C}$ with $|\lambda| < \delta$. We consider the holomorphic map: $\mathbb{C}^* \ni \lambda \longmapsto f(\lambda z) - \lambda f(z) \in \mathbb{C}^*$.

Since \mathbb{C}^* is connected, $f(\lambda z) = \lambda f(z)$ for $\lambda \in \mathbb{C}^*$, $z \in \Gamma$. So $\|w\| = \|f(w)\|$ for $w \in \mathbb{C}^*\Gamma = \{\lambda z; \lambda \in \mathbb{C}^*, z \in \Gamma\}$. Since $Q(\Gamma) = \Sigma$, we have

$$Q^{-1}(\Sigma \cap U_j) \subset Q^{-1}(\Sigma) = \{\lambda z; \lambda \in \mathbb{C}^*, z \in \Gamma\}.$$

Therefore $\|w\| = \|f(w)\|$ for all $w \in Q^{-1}(\Sigma \cap U_j)$. By Theorem 3.2, f is a linear automorphism on B . \square

REFERENCES

1. T.J. Barth, The Kobayashi indicatrix at the center of a circular domain, *Proc. Amer. Math. Soc.* 88(1983), 527-530.
2. S.Dineen, Complex Analysis in Locally Convex Spaces, in "North-Holland Math. Studies, 57", North-Holland, New York, 1981.
3. S.Dineen, The Schwarz Lemma, Oxford mathematical monographs, 1989.
4. S.Dineen and R.M. Timoney, Complex Geodesics on Convex Domains, *Progress in Functional Analysis* (1992), 333-365.
5. S.Dineen and R.M. Timoney and J.P. Vigu , Pseudodistances invariantes sur les domaines d'un espace localement convexe, *Ann. Scuola Norm. Sup. Pisa* 12(1985), 515-529.
6. T.Franzoni and E.Vesentini, Holomorphic maps and invariant distances, in "North-Holland Math. Studies, 40", North-Holland, New York, 1980.
7. H.Hamada, A Schwarz lemma in several complex variables, in Proceedings of the Third International Colloquium on Finite or Infinite Dimensional Complex Analysis, Seoul, Korea(1995), 105-110.
8. M.Hervé, Analyticity in Infinite Dimensional Spaces, Walter de Gruyter, 1989.
9. T.Honda, A special version of the Schwarz lemma on an infinite dimensional domain, *to appear in Rend. Lincei Mat. Appl.*
10. M.Jarnicki and P.Pflug, Invariant distances and metrics in complex analysis, de Gruyter, Berlin-New York, 1993.
11. M.Nishihara, On the indicator of growth of entire functions of exponential type in infinite dimensional spaces and the Levi problem in infinite dimensional projective spaces. *Portugaliae Math.* 52(1995), 61-94.
12. M.Nishihara, K.H.Shon and N.Sugawara, On pseudo-metrics and their indicatrices in balanced open subsets of a locally convex space, *Math. Rep. Toyama Univ.* 9(1986), 109-136.
13. K.H.Shon, On Riemann Domains Containing a Certain Real Domain, *Complex Variables* 31(1996), 27-35.
14. E.Vesentini, Variations on a theme of Carathéodory, *Ann. Scuola Norm. Sup. Pisa* 7(4)(1979), 39-68.
15. E.Vesentini, Complex geodesics, *Compositio Math.* 44(1981), 375-394.
16. J.P.Vigu , Un lemme de Schwarz pour les domaines born s sym triques irréductibles et certains domaines bornés strictement convexes, *Indiana Univ. Math. J.* 40(1991), 239-304.
17. J.P.Vigué Le lemme de Schwarz et la caractérisation des automorphismes analytiques, *A st risque* 217(1993), 241-249.

Tatsuhiro HONDA

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

楕円、双曲線のグラフから未知係数、焦点、離心率、 および準線の幾何学的構成

川上龍男
 〈平成9年9月25日受理〉

Geometric Constructions of the Coefficients, Foci, Eccentricities,
 Directrices from the Ellipse, Hyperbola Respectively

Tatuo KAWAKAMI

In an orthogonal coordinate plane, given the equations $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ and $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$, then as the graphs of these equations we have an ellipse and hyperbola respectively whose axis is parallel to the x-axis.

In this paper, we consider the converse problem of the statement, Given graphs of the equations $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ and $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$, then we construct geometrically the unknown coefficients, foci, eccentricity and directrices of the curves. For this geometric construction we use the segments calculation by D.Hilbert, and a description of circle in some cases.

§1. はじめに

これまで、高校、高専の数学では、楕円または双曲線の方程式 $ax^2 + by^2 + cx + dy + e = 0$ が与えられたとき、 $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ 、 $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$ の形に変形することで、軸、通過点、漸近線などを調べてグラフを描いたり、逆に x 軸もしくは y 軸に平行な軸をもつ楕円、双曲線の方程式が上記の方程式で表されることから適当な条件を与えることで、連立方程式を作って代数的に係数を決定し、焦点の座標、準線、離心率などを求めてきた。

しかるに、座標平面上にこうしたグラフがさきに与えられたとき、そのグラフを表す方程式の係数および焦点、離心率、準線は幾何学的にどうやって求めるのかという素朴な疑問を持つ。この疑問を解決するのが本研究の目的である。

J.Mets[3] は、2次関数 $y = ax^2 + bx + c$ のグラフから、未知係数 b を幾何学的に構成した。我々はこのMetsの論文に示唆されて、3次関数、4次関数そして、原点を中心とする固有2次曲線の未知係数、焦点、準線、漸近線、離心率を幾何学的に構成することを考えた[2][4]。さらに、前回は、x軸に平行な軸をもつ一般の放物線からその未知係数および焦点、準線を幾何学的に構成することを考えた[5]。ここで用いられた作図の方法は、D.Hilbert による「線分算」といくつかの場合に「円を描くこと」であった。

さて、今回は上記と同様なことを x 軸に平行な軸を持つ楕円と双曲線に対して考えてみた。直交座標平面において、 x 、 y の 2 次方程式 $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ 、 $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$ をみたす点の軌跡は、 x 軸に平行な軸を持つ楕円、双曲線である。そこで、これらの方程式のグラフが与えられたとき、方程式の未知係数を作図する問題を考えることができる。

本研究では、直交座標平面において x 軸に平行な軸をもつ一般の楕円、双曲線に対して、このような逆問題を考えている。すなわち、直交座標平面において、 x 軸に平行な軸を持つ楕円、双曲線のグラフが与えられたとき、このグラフから方程式の未知係数、焦点、離心率および準線の幾何学的構成を考える。ここでも、作図の方法は、「線分算」といくつかの場合に「円を描くこと」である。

§2 では、楕円 $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ のグラフが与えられたとき、未知係数 p 、 q 、 a 、 b 、焦点、離心率、準線の幾何学的構成を考える。

§3 では、双曲線 $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$ のグラフが与えられたとき、未知係数 p 、 q 、 a 、 b 、並びに焦点、準線、離心率、漸近線の幾何学的構成を考える。

§2. 楕円 $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ ($a > b > 0$) のグラフから未知係数 p 、 q 、 a 、 b 、焦点、離心率、準線の作図

* 未知係数 p 、 q の作図

与えられた楕円 $(x-p)^2/a^2 + (y-q)^2/b^2 = 1$ と異なる2点 A, B で交わり、y軸に平行な直線 ℓ をとる。点 A を通り x 軸に平行な直線と楕円との交点のうち、A と異なる点を C とし、点 B を通り x 軸に平行な直線と楕円との交点のうち B と異なる点を D とする。ただし、直線 ℓ は点 A を通り x 軸に平行な直線が、与えられた楕円と異なる2点で交わるようにとる。2点 A, D を通る直線と2点 B, C を通る直線との交点を E とすると、点 E はこの楕円の中心である。点 E を通り y 軸に平行な直線と x 軸との交点を P とすると P の x 座標は p となり未知係数 p が作図される（図2-1）。

点 E を通り x 軸に平行な直線と y 軸との交点を Q とすると Q の y 座標が q となり未知係数 q が作図される（図2-1）。

* 未知係数 a , b の作図

1. 点 E (p, q) を通り x 軸に平行な直線をひき、与えられた楕円との 2 交点のうち右側の点を G とすると G の座標は $(p+a, q)$ である。
点 G を通り直線 OE に平行な直線をひき x 軸との交点を H とすると、H の x 座標は a となり未知係数 a が作図される（図2-2）。

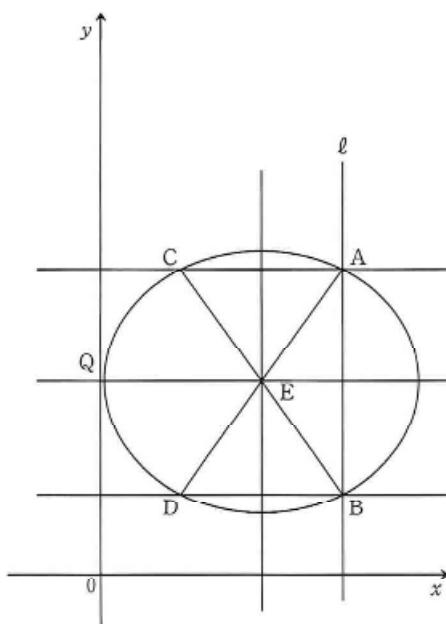


図 2-1

2. 点 E を通り y 軸に平行な直線をひき、与えられた楕円との 2 交点のうち上側の点を I とすると I の座標は $(p, q+b)$ である。

点 I を通り、直線 OE に平行な直線をひき、y 軸との交点を J とすると J の y 座標が b となり、未知係数 b が作図される（図2-3）。

* 焦点の作図

1. 与えられた 3 点 K ($p+1, q$), G ($p+a, q$), L ($p, q+a$) に対して、点 G を通り直線 KL に平行な直線と、点 L を通り y 軸に平行な直線との交点を M とすると、M の座標は $(p, q+a^2)$ である（図2-4）。

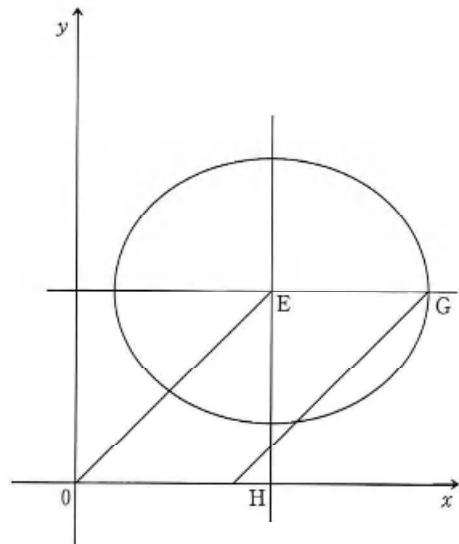


図 2-2

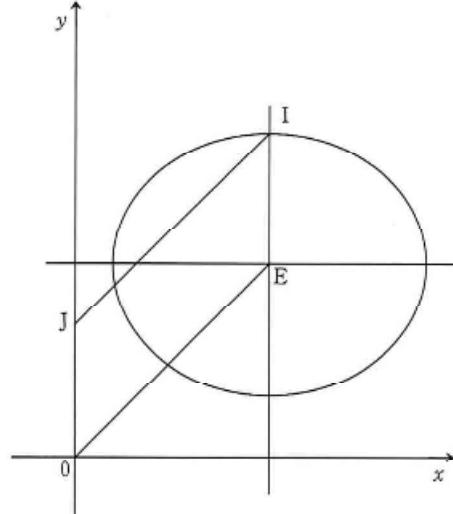


図 2-3

2. 与えられた3点 $K(p+1, q)$, $N(p+b, q)$, $R(p, q+b)$ に対して、点 N を通り直線 KR に平行な直線と、点 R を通り y 軸に平行な直線との交点を S とすると、 S の座標は $(p, q+b^2)$ である(図2-5)。

3. 3点 $K(p+1, q)$, $S(p, q+b^2)$, $M(p, q+a^2)$ に対して、点 M を通り直線 SK に平行な直線と点 K を通り y 軸に平行な直線との交点を T とすると T の座標は $(p+1, a^2-b^2+q)$ である。したがって、点 T を通り x 軸に平行な直線と直線 MS の交点を U とすると、 U の座標は (p, a^2-b^2+q) である(図2-6)。

4. 点 E を通り y 軸に平行な直線上の2点 $U(p, a^2-b^2+q)$, $V(p, q-1)$ を直径の両端とする円 $(x-p)^2 + (y-(a^2-b^2+2q-1)/2)^2 = \{(a^2-b^2+1)/2\}^2$ と、点 E を通り x 軸に平行な直線との交点を右から順に F , F' とすると、 $F(p+\sqrt{a^2-b^2}, q)$, $F'(p-\sqrt{a^2-b^2}, q)$ となり、椭円の焦点が作図される(図2-7)。

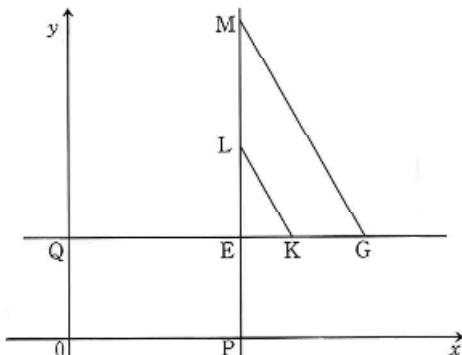


図2-4

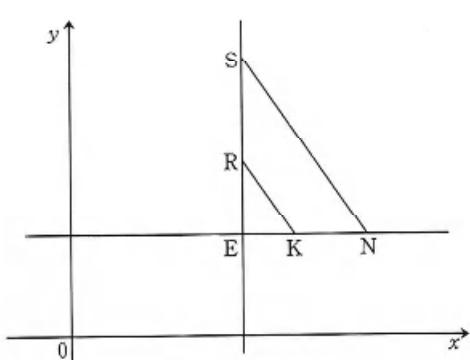


図2-5

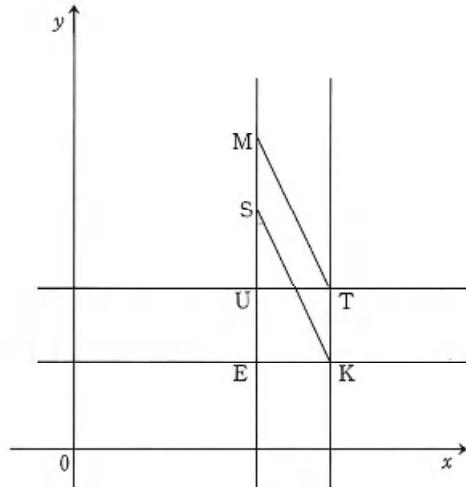


図2-6

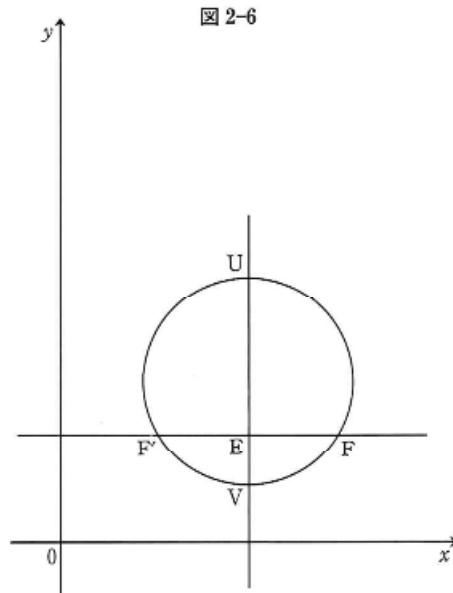


図2-7

*離心率の作図

1. 3点 $F(p+\sqrt{a^2-b^2}, q)$, $G(p+a, q)$, $X(p, q+1)$ に対して、点 F を通り直線 WX に平行な直線と点 X を通り y 軸に平行な直線との交点を Y とすると Y の座標は $(p, q+\sqrt{a^2-b^2}/a)$ である(図2-8)。

2. 3点 $O(0, 0)$, $E(p, q)$, Y に対して、 Y を通り直線 EO に平行な直線と y 軸との交点を Z とすると、 Z の y 座標が $\sqrt{a^2-b^2}/a$ となり、椭円の離心率 $e=\sqrt{a^2-b^2}/a$ が作図される(図2-9)。

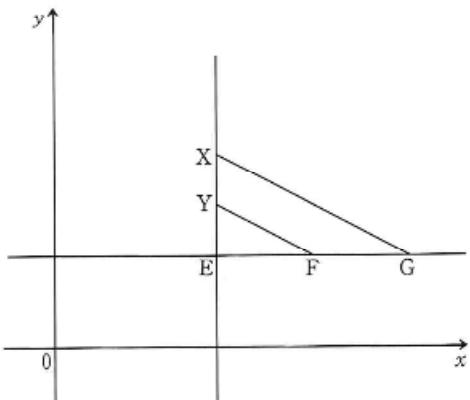


図 2-8

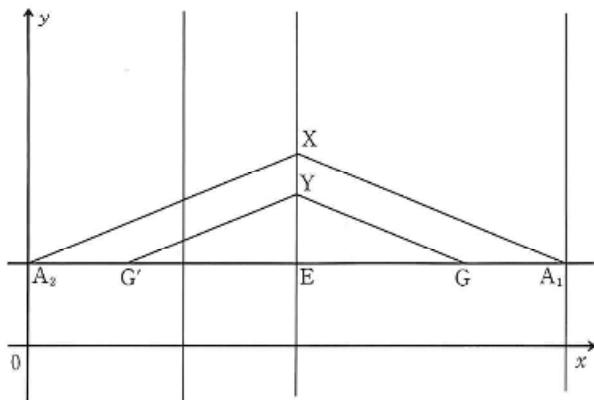


図 2-10

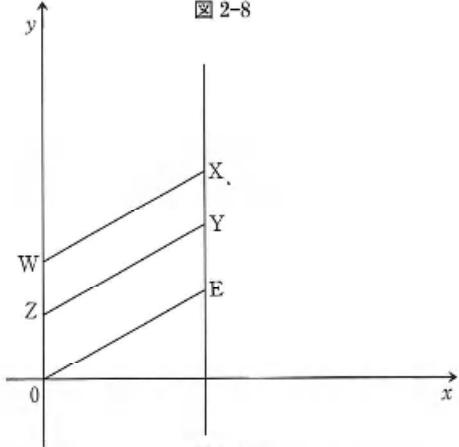


図 2-9

(注意) 点 X を通り直線 EO に平行な直線と y 軸との交点を W とすると、W の座標は $(0, 1)$ となる。点 $Z(0, e)$ は原点 O と点 W の間にあり、楕円の離心率 e について、 $0 < e < 1$ であることは図形的に説明される (図2-9)。

* 準線の作図

e を離心率とするとき、3 点 $G(p+a, q)$, $X(p, q+1)$, $Y(p, q+e)$ に対して、X を通り直線 YG に平行な直線と、点 E を通り x 軸に平行な直線との交点を A_1 とすると、 A_1 の座標は $(p+a/e, q)$ となる。

点 A_1 を通り y 軸に平行な直線をひけば、準線 $x=p+a/e$ が作図される。

同様に、3 点 $G'(p-a, q)$, $X(p, q+1)$, $Y(p, q+e)$ に対して、点 X を通り直線 YG' に平行な直線と点 E を通り x 軸に平行な直線との交点を A_2 とすると、 A_2 の座標は $(p-a/e, q)$ となる。よって、点 A_2 を通り y 軸に平行な直線をひけば、準線 $x=p-a/e$ が作図される (図2-10)。

§ 3. 双曲線 $(x-p)^2/a^2 - (y-q)^2/b^2 = 1$ ($a > 0, b > 0$) のグラフから未知係数 p, q, a, b , 焦点, 減近線, 離心率, 準線の作図

* 未知係数 p, q の作図

与えられた双曲線と異なる 2 点で交わる y 軸に平行な直線 l をとる。この交点を上から準に A_1, A_2 とし、線分 A_1A_2 の中点を B とする。

点 B を通り x 軸に平行な直線と、与えられた双曲線との 2 交点を左から順に C_1, C_2 とする。

線分 C_1, C_2 の中点 M を通り、y 軸と x 軸にそれぞれ平行な直線をひき、x 軸、y 軸との交点を順に D, E とすると、その座標が、D $(p, 0)$, E $(0, q)$ となり、未知係数 p, q が作図される (図3-1)。

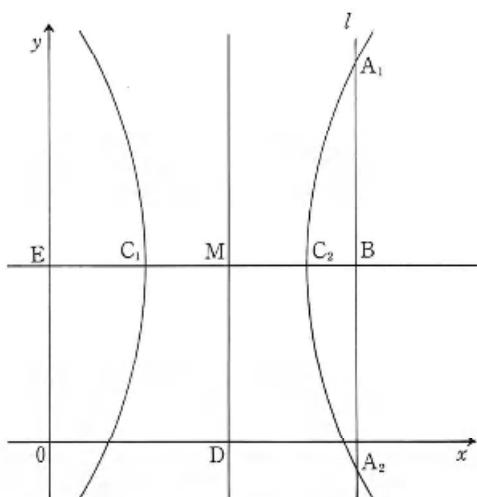


図 3-1

*未知係数 a の作図

与えられた 3 点 $O(0, 0)$, $C_2(p+a, q)$, $M(p, q)$ に対して、点 C_2 を通り直線 MO に平行な直線をひき x 軸との交点を G とすると、 G の座標は $(a, 0)$ となり、未知係数 a が作図される（図3-2）。

*未知係数 b の作図

1. 3 点 $M(p, q)$, $H_1(p+1, q)$, $H_2(p, q+1)$ に対して、 MH_1 , MH_2 を隣り合う 2 辺とする正方形の第 4 の頂点を I_1 とすると $MI_1 = \sqrt{2}$ である。点 M を中心とし、半径 MI_1 の円を描き、点 M を通り y 軸に平行な直線との交点を I_2 とすると、 I_2 の座標は $(p, q + \sqrt{2})$ である。 I_2 を通り直線 H_2C_2 に平行な直線をひき、点 M を通り x 軸に平行な直線との交点を I_3 とすると、 I_3 の座標は $(p + \sqrt{2}a, q)$ である（図3-3）。
2. 点 I_3 を通り y 軸に平行な直線をひき、与えられた双曲線との交点のうち、上側の点を K_1 とすると、 K_1 の座標は $(p + \sqrt{2}a, q + b)$ である。点 K_1 を通り x 軸に平行な直線と、点 M を通り y 軸に平行な直線との交点を K_2 とすると、 K_2 の座標は $(p, q + b)$ である。点 K_2 を通り直線 MO に平行な直線と、 y 軸との交点を K_3 とすると、 K_3 の y 座標が b となり未知係数 b が作図される（図3-4）。

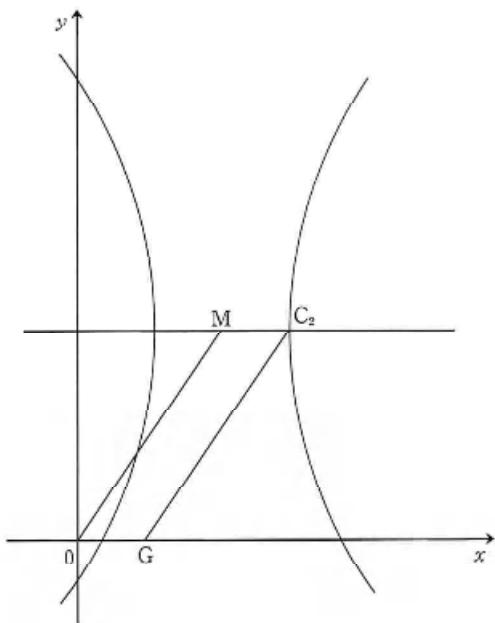


図 3-2

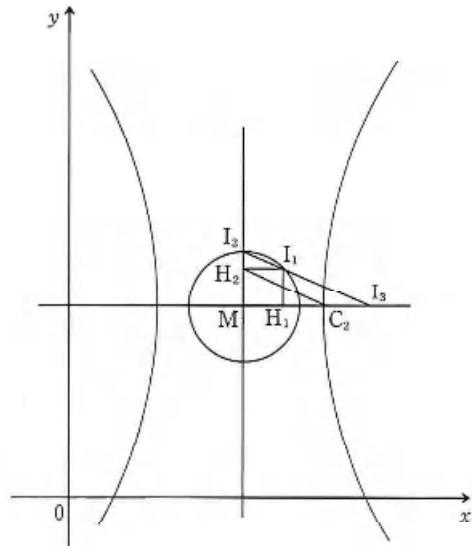


図 3-3

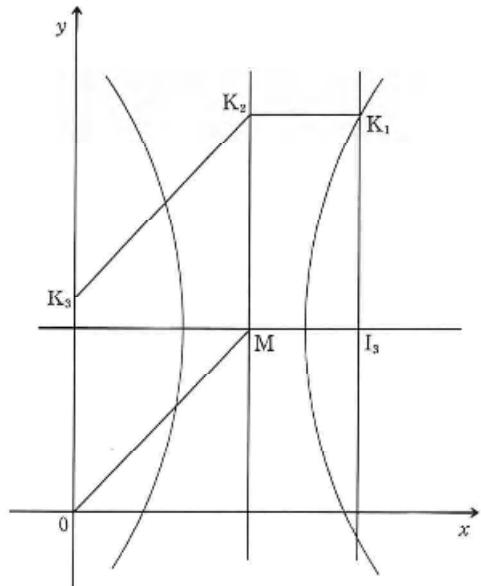


図 3-4

*焦点の作図

定点 $C_2(p+a, q)$ を通り y 軸に平行な直線と、直線 K_1K_2 との交点を J とすると、 $MJ = \sqrt{a^2 + b^2}$ である。

点 M を中心とし、半径 MJ の円と、直線 MC_2 との 2 交点のうち、右側の点を F 、左側の点を F' とすると、 F , F' の座標は $F(p + \sqrt{a^2 + b^2}, q)$, $F'(p - \sqrt{a^2 + b^2}, q)$ となり、焦点が作図される（図3-5）。

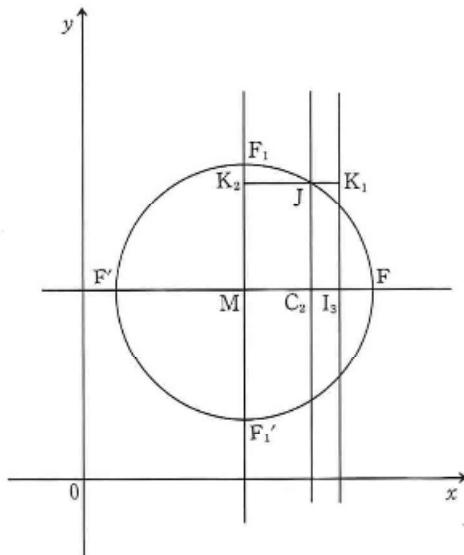


図 3-5

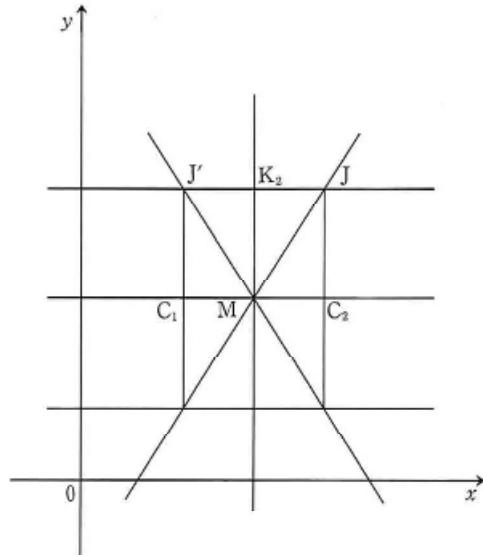


図 3-6

* 漸近線の作図

焦点の作図における円と直線 K_2J の交点で J と異なる点を J' とすると、 J, J' の座標は、それぞれ $J(p+a, q+b)$, $J'(p-a, q+b)$ である。
 $M(p, q)$ だから、
直線 MJ の方程式が、 $y-q=(b/a)(x-p)$ 、直線 MJ' の方程式が、 $y-q=(-b/a)(x-p)$ となり、
2 直線 MJ, MJ' が、与えられた双曲線の漸近線として作図される（図3-6）。

* 離心率の作図

3 点 $L_1(p, q+1)$, $C_2(p+a, q)$, $F(p+\sqrt{a^2+b^2}, q)$ に対して、点 F を通り直線 C_2L_1 に平行な直線と、点 $M(p, q)$ を通り y 軸に平行な直線との交点を L_2 とすると、 L_2 の座標は、 $(p, q+\sqrt{a^2+b^2}/a)$ である。次に、3 点 $O(0, 0)$, $M(p, q)$, L_2 に対して、 L_2 を通り直線 MO に平行な直線と y 軸との交点を N とすると、 N の y 座標が、 $\sqrt{a^2+b^2}/a$ となり、与えられた双曲線の離心率 $e=\sqrt{a^2+b^2}/a$ が作図される（図3-7）。

（注意）点 F は、点 C_2 により右側にあるから、点 L_2 は点 L_1 より上側にある。点 L_1 を通り直線 MO に平行な直線と y 軸との交点を N' とすると、 N' の座標は $(0, 1)$ である。点 N は点 N' より上側にあるので、双曲線の離心率 e に対して $e>1$ であることは、点 N が点 N' より上側にあることとして図形的に説明される。

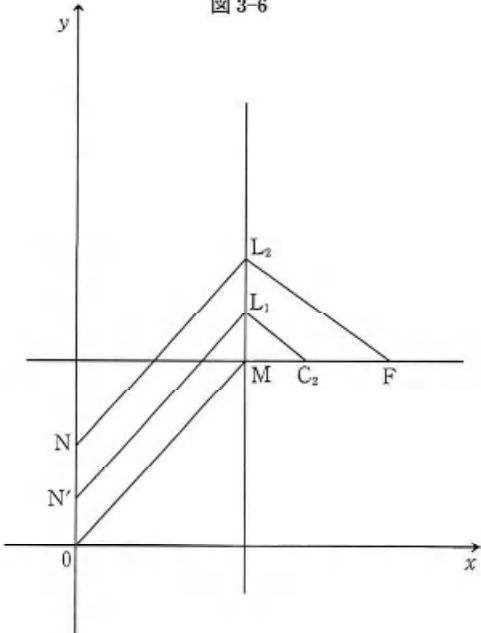


図 3-7

* 準線の作図

1. 3 点 $C_2(p+a, q)$, $L_2(p, q+e)$, $L_1(p, q+1)$ に対して、 L_1 を通り直線 L_2C_2 に平行な直線と点 C_2 を通り x 軸に平行な直線との交点を P とすると、 P の座標は $(p+a/e, q)$ である（図3-8）。
2. 3 点 $C_1(p-a, q)$, L_2 , L_1 に対して、 L_1 を通り直線 L_2C_1 に平行な直線と、点 C_1 を通り x 軸に平行な直線との交点を P' とすると、 P' の座標は

$(p-a/e, q)$ である(図3-9)。

3. 2点 P, P' をそれぞれ通り y 軸に平行な2直線をひくと、その方程式は

$x=p+a/e, x=p-a/e$ となり与えられた双曲線の準線が作図される(図3-10)。

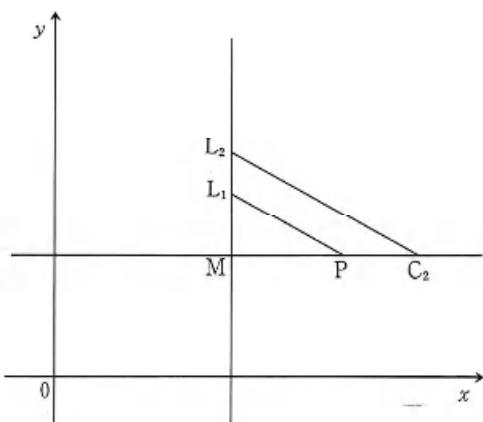


図3-8

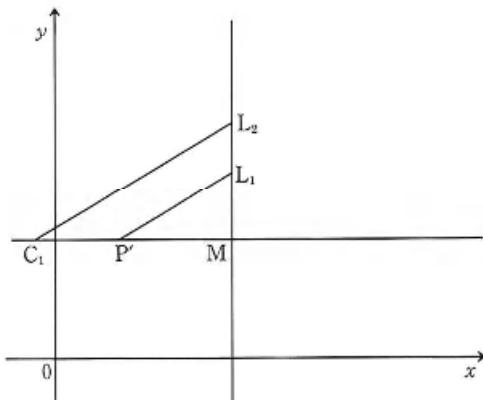


図3-9

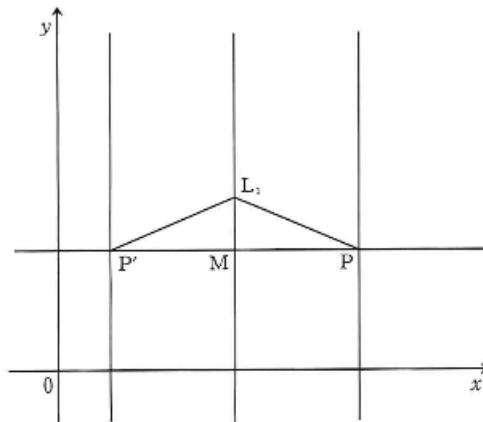


図3-10

(注意) 図3-5において、点 M を中心、半径 $\sqrt{a^2+b^2}$ の円と直線 MK_2 との交点を F_1, F_1' とすると、 F_1, F_1' は双曲線 $(x-p)^2/a^2-(y-q)^2/b^2=1$ の共軸双曲線 $(x-p)^2/a^2-(y-q)^2/b^2=-1$ の焦点である。また、図3-6の2直線 $y-q=(b/a)(x-p)$, $y-q=(-b/a)(x-p)$ は、この共軸双曲線の漸近線である。

引用・参考文献

- 1) 本部 均, 解析幾何学(基礎数学講座4), 共立出版, 1959.
- 2) 川上龍男, 固有2次曲線の標準方程式のグラフから、未知係数、焦点、離心率、準線の幾何学的構成について、有明工業高等専門学校紀要第32号(1995), 21-26.
- 3) J.Mets, Seeing b in $y=ax^2+bx+c$, Mathematics Teacher, 87, No.1 (1994), 23-25.
- 4) K.Yamaguti and T.Kawakami, A study of teaching materials of high school mathematics from geometric viewpoint—Geometric construction of the coefficients from the graphs of cubic functions and quartic functions—, J. Fac. Intern'l Stud, Culture, Kyushu Sangyo Univ., No.3 (1995), 103-116.
- 5) 川上龍男・山口 清, x 軸に平行な軸をもつ放物線から方程式の係数および焦点、準線の幾何学的構成、有明工業高等専門学校紀要第33号(1996), 25-31。

ある放物型方程式の球対称な自己相似解 の存在性について

川 上 龍 男・水 谷 裕*

〈平成 9 年 9 月 30 日受理〉

On the Existence of Self-Similar Radial Solutions to a System of
Some Parabolic Differential Equations.

Tatuo KAWAKAMI and Yutaka MIZUTANI

In this paper, we show the existence of positive self-similar radial solutions

$$u(x, t) = \frac{1}{t} \varphi\left(\frac{|x|}{\sqrt{t}}\right), v(x, t) = \varphi\left(\frac{|x|}{\sqrt{t}}\right)$$

concerning the system of parabolic differential equations (P).

§1. はじめに

本論文では、Keller-Segel 方程式系

$$(P) \begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \cdot (\nabla u - \chi u \nabla v) & \text{in } R^2, t > 0 \\ \varepsilon \frac{\partial v}{\partial t} = \Delta v + \alpha u & \text{in } R^2, t > 0 \end{cases}$$

の球対称な自己相似解の存在性について考える。

方程式系 (P) は、細胞性粘菌の走化性を記述する方程式として、Keller-Segel [1] によって提唱されたものである。ここで、 χ 、 ε 、 α は正定数であり、 $u(x, t)$ は、粘膜の濃度、 $v(x, t)$ は、誘因物質の濃度を表している。

$$u(x, t) = \frac{1}{t} \varphi(r)$$

$$v(x, t) = \varphi(r)$$

$$r = \frac{|x|}{\sqrt{t}}$$

とおくと、

φ 、 ψ は、 x に関して球対称である。

そして、 $(\varphi(r), \psi(r))$ は、常微分方程式系

$$(PO) \begin{cases} (\varphi' - \chi \varphi \psi')' + \frac{1}{r} (\varphi' - \chi \varphi \psi') \\ + \frac{r}{2} \varphi' + \varphi = 0 \\ \psi'' + \left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon r}{2}\right) \psi' + \alpha \varphi = 0 \\ \varphi'(0) = \psi'(0) = 0. \end{cases}$$

を満たすことがわかる。

(PO) の第 1 式から、

$$\varphi = \lambda e^{-\frac{r^2}{4}} e^{x\varphi}$$

ただし

$$\lambda = \varphi(0) e^{-\chi \varphi(0)} > 0$$

が得られる。これを (PO) の第 2 式に代入して

$$\psi'' + \left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon r}{2}\right) \psi' + \alpha \lambda e^{-\frac{r^2}{4}} e^{x\varphi} = 0$$

ここで、 $\chi \psi(r) = w(r)$ 、 $\mu = \alpha \lambda \chi$

とおけば

$$w'' + \left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon r}{2}\right) w' + \mu e^{-\frac{r^2}{4}} e^w = 0$$

$v(x, t) = \varphi\left(\frac{|x|}{\sqrt{t}}\right)$ は誘因物質の濃度を表しているか
ら、

$$v(x, t) > 0 \quad \text{かつ} \quad \iint_{R^2} v(x, t) dx < \infty$$

よって、

$$(1.1) \quad \int_0^\infty r w(r) dr < \infty$$

を満たさなければならない。

従って、我々の問題は、条件 (1.1) のもとで、

$$(1.2) \quad \begin{cases} w'' + \left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon r}{2}\right) w' + \mu e^{-\frac{r^2}{4}} e^w = 0 \\ w'(0) = 0 \end{cases}$$

の $(0, \infty)$ における正値解 $w(r)$ の存在を示すことに帰着する。

$$\mu_\varepsilon = \begin{cases} \mu & (\varepsilon = 1) \\ \mu \log \varepsilon & (\varepsilon \neq 1) \\ \mu \frac{\log \varepsilon}{\varepsilon - 1} & (\varepsilon \neq 1) \end{cases}$$

*西日本工業大学土木工学科

とおくとき、[2] における定理を、次のように修正することができる。

定理

$$0 < \mu_\epsilon < \frac{1}{\epsilon}, \quad w(0) = a \text{ とする。}$$

$0 < a < 1$ とするとき、(1.1), (1.2) を満たす正値解が存在する。

さらに、 $\mu > \mu^*$ ならば (1.1) が正値解をもたないよう μ^* を選ぶことができる。

我々の目的は、初期値に関する解の連続性によって、解の構造を調べることである。

§ 2. 準 備

$$I(\epsilon) = \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\epsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\epsilon-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

とおくと、次の補題が得られる。

補題 1

$$I(\epsilon) = \begin{cases} 1 & (\epsilon=1) \\ \frac{\log \epsilon}{\epsilon-1} & (\epsilon \neq 1) \end{cases}$$

が成り立つ。

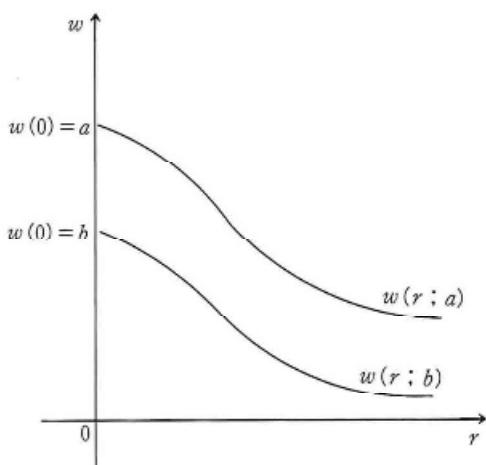
[証明]

$\epsilon=1$ のとき

$$I(1) = \int_0^\infty \frac{s}{2} e^{-\frac{s^2}{4}} ds = \lim_{\rho \rightarrow \infty} [-e^{-\frac{s^2}{4}}]_0^\rho = 1$$

$\epsilon \neq 1$ のとき

$$I(\epsilon) = \frac{2}{\epsilon-1} \int_0^\infty \frac{1}{s} (e^{-\frac{s^2}{4}} - e^{\frac{\epsilon s^2}{4}}) ds = \frac{2}{\epsilon-1} I_0$$



(図 1)

ここで、 I_0 を計算すると

$$\begin{aligned} I_0 &= \int_0^\infty \frac{1}{s} ds \int_1^s \frac{d}{dt} \{-e^{-\frac{ts^2}{4}}\} dt \\ &= \lim_{\rho \rightarrow \infty} \int_0^\rho \frac{s}{4} ds \int_1^s e^{-\frac{ts^2}{4}} dt \\ &= \lim_{\rho \rightarrow \infty} \int_1^\rho dt \int_0^s \frac{s}{4} e^{-\frac{ts^2}{4}} ds \\ &= \lim_{\rho \rightarrow \infty} \int_1^\rho \frac{1}{2t} (1 - e^{-\frac{ts^2}{4}}) dt \\ &= \lim_{\rho \rightarrow \infty} \frac{1}{2} [(\log t) (1 - e^{-\frac{ts^2}{4}})]_1^\rho \\ &\quad - \lim_{\rho \rightarrow \infty} \frac{\rho^2}{8} \int_1^\rho (\log t) e^{-\frac{ts^2}{4}} dt = \frac{\log \epsilon}{2} \\ \therefore I(\epsilon) &= \frac{\log \epsilon}{\epsilon-1} \end{aligned}$$

$w(0)=a$ なる (1.2) の解 $w(r)$ を $w(r; a)$ と書くと、次の補題 2 を得る (図 1)。

補題 2

$r > 0$ に対して、

$$(i) \quad w'(r; a) < 0$$

$$(ii) \quad w'(r; a) > -\frac{\mu e^a r}{2}$$

$$(iii) \quad w(r; a) > a - \mu_\epsilon e^a$$

が成り立つ。ただし、 $\mu_\epsilon = \mu I(\epsilon)$ 。

[証明]

$$(i) \quad (1.2) \text{ から,}$$

$$(P(r)w')' + \mu P(r) e^{-\frac{r^2}{4}} e^w = 0$$

ただし、 $P(r) = re^{\frac{sr^2}{4}}$.

$$(2.1) \quad P(r)w' = -\mu \int_0^r se^{\frac{(s-1)s^2}{4}} e^w ds$$

$P(r)w' < 0$ で、 $P(r) > 0$ だから $w' < 0$

$$(ii) \quad (i) \text{ により}$$

$$a = w(0; a) > w(r; a)$$

$$P(r)w' > -\mu e^a \int_0^r se^{\frac{(s-1)s^2}{4}} ds$$

$$> -\mu e^a e^{\frac{sr^2}{4}} \int_0^r se^{-\frac{s^2}{4}} ds$$

$$> -\mu e^a e^{\frac{sr^2}{4}} \frac{r^2}{2}$$

$$\therefore w'(r; a) > -\frac{\mu e^a r}{2}$$

$$(iii) \quad (2.1) \text{ から,}$$

$$(2.2) \quad w(r; a) - w(0; a)$$

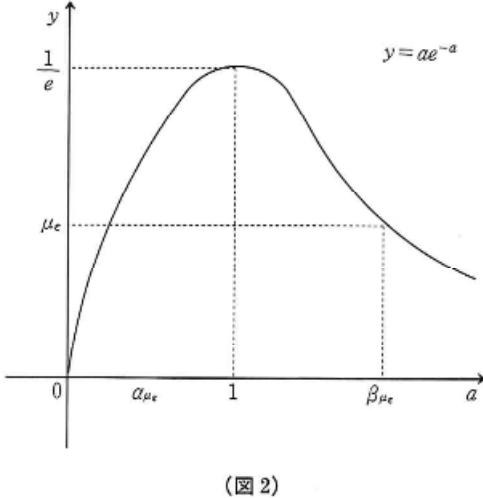
$$= -\mu \int_0^r \frac{1}{s} e^{-\frac{sr^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\tau-1)\tau^2}{4}} e^w d\tau$$

$$(2.2) \text{ から}$$

$$w(r; a) - a > -\mu e^a \int_0^r \frac{1}{s} e^{-\frac{sr^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\tau-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

$$> -\mu e^a \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{es^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\tau-1)\tau^2}{4}} d\tau = -\mu_\epsilon e^a$$

$$\therefore w(r; a) > a - \mu_\epsilon e^a$$



(図2)

補題2の(i), (ii)より $a - \mu_\varepsilon e^a > 0$ ならば

$$\lim_{a \rightarrow \infty} w(r; a) > 0$$

$a - \mu_\varepsilon e^a > 0$ と $0 < \mu_\varepsilon < ae^{-a}$ は同値である。

$y = ae^{-a}$ の最大値が、 $\frac{1}{e}$ であるから

$0 < \mu_\varepsilon < \frac{1}{e}$ ならば、直線 $y = \mu_\varepsilon$ は、曲線

$y = ae^{-a}$ と、 α_{μ_ε} と β_{μ_ε} ($\alpha_{\mu_\varepsilon} < \beta_{\mu_\varepsilon}$) で交わる。

よって、 $\alpha_{\mu_\varepsilon} < a < \beta_{\mu_\varepsilon}$ ならば $a - \mu_\varepsilon e^a > 0$ (図2)。したがって、次の補題が成り立つ。

補題3 $0 < \mu_\varepsilon < \frac{1}{e}$ かつ

$$w(\infty; a) = \lim_{r \rightarrow \infty} w(r; a) \text{ とする。}$$

$\alpha_{\mu_\varepsilon} < a < \beta_{\mu_\varepsilon}$ ならば $w(\infty; a) > 0$

補題4 $C_{\mu_\varepsilon} = \max \{\mu, \frac{\mu}{\varepsilon}\}$

$\kappa_\varepsilon = \min \{1, \varepsilon\}$ とすると

$$w(r; a) < w(\infty; a) + e^a C_{\mu_\varepsilon} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon r^2}{4}} \quad (r > 0)$$

が成り立つ。

[証明] (2.1) から

$$w(r; a)$$

$$= w(\infty; a) + \mu \int_r^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(s-1)\tau^2}{4}} e^w d\tau$$

$$< w(\infty; a) + e^a \mu \int_r^\infty -e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(s-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

$\varepsilon \geq 1$ のとき

$$w(r; a)$$

$$< w(\infty; a) + e^a \mu \int_r^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} e^{\frac{(s-1)s^2}{4}} ds \int_0^s \tau d\tau$$

$$= w(\infty; a) + \frac{e^a \mu}{2} \int_r^\infty s e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds$$

$$= w(\infty; a) + e^a \mu e^{-\frac{r^2}{4}}$$

$0 < \varepsilon < 1$ のとき

$$w(r; a)$$

$$< w(\infty; a) + e^a \mu \int_r^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau d\tau$$

$$= w(\infty; a) + \frac{e^a \mu}{2} \int_r^\infty s e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds$$

$$= w(\infty; a) + \frac{e^a \mu}{\varepsilon} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon r^2}{4}}$$

よって、補題は証明された。

補題5

$$h(t) = te^{\frac{(\varepsilon-1)t^2}{4}} \int_r^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \text{ かつ}$$

$c = \max \{a, b\}$ とおくと、

$$(i) \quad \int_0^\infty h(r) dr = I(\varepsilon)$$

$$(ii) \quad |w(r; a) - w(r; b)|$$

$$\leq |a - b| \exp(\mu e^c \int_a^b h(t) dt)$$

$$(iii) \quad |w(\infty; a) - w(\infty; b)| \leq |a - b| \exp(\mu e^c)$$

が成り立つ。

[証明]

$$(i) \quad \int_0^\infty h(r) dr = \int_0^\infty re^{\frac{(\varepsilon-1)r^2}{4}} dr \int_r^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds$$

$$= \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \int_0^s re^{\frac{(\varepsilon-1)r^2}{4}} dr$$

$$= I(\varepsilon)$$

$$(ii) \quad (2.2) \text{ から}$$

$$w(r; a)$$

$$= a - \mu \int_0^r \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds \int_0^s te^{\frac{(\varepsilon-1)t^2}{4}} e^{w(t; a)} dt$$

$$= a - \mu \int_0^r e^{w(t; a)} te^{\frac{(\varepsilon-1)t^2}{4}} dt \int_t^r \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds$$

よって

$$|w(\infty; a) - w(\infty; b)| \leq |a - b|$$

$$+ \mu \int_0^r \left| e^{w(t; a)} - e^{w(t; b)} \right| t e^{\frac{(\varepsilon-1)t^2}{4}} dt \int_t^r \frac{1}{s} e^{-\frac{\kappa_\varepsilon s^2}{4}} ds$$

ここで、

$$|e^{w(t; a)} - e^{w(t; b)}| \leq e^c |w(t; a) - w(t; b)|$$

だから、

$$|w(r; a) - w(r; b)| \leq |a - b|$$

$$+ \mu e^c \int_0^r |w(t; a) - w(t; b)| h(t) dt$$

グロンウォールの不等式から

$$|w(r; a) - w(r; b)|$$

$$\leq |a - b| \exp(\mu e^c \int_0^r h(t) dt)$$

(iii)

(ii)において、 $r \rightarrow \infty$ とすることによって
(iii)が得られる。

§ 3. 定理の証明

補題 6

$$Y_+ = \{a \in (0, 1) \mid w(\infty; a) > 0\}$$

$$Y_- = \{a \in (0, 1) \mid w(\infty; a) < 0\}$$

とおくと、

 Y_+ と Y_- は開集合である。

[証明]

補題 5 の (iii) より Y_+ は開集合で、補題 5 の (ii) より初期値に関して (1.2) の初期値問題の解は連続であるから Y_- は開集合となる。

補題 7

$$w(\infty; a) < a - \mu_\epsilon e^{w(\infty; a)}$$

が成り立つ。

[証明]

(2.2) から、

$$w(\infty; a)$$

$$= a - \mu \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\epsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\epsilon-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

$$< a - \mu e^{w(\infty; a)} \int_0^\infty \frac{1}{s} e^{-\frac{\epsilon s^2}{4}} ds \int_0^s \tau e^{\frac{(\epsilon-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

$$= a - \mu_\epsilon e^{w(\infty; a)}$$

よって、

$$w(\infty; a) < a - \mu_\epsilon e^{w(\infty; a)}$$

命題 $w(r)$ を (1.2) の解とすると、

$$\mu_\epsilon \geq 1 \text{ ならば, } w(\infty) < 0$$

よって、(1.2) の正値解は存在しない。

[証明] 補題 2 (i) より、 $w(r)$ は単調減少だから、(2.1) を用いると、

$$w'(r) < -\frac{\mu}{r} e^{-\frac{\epsilon r^2}{4}} e^{w(r)} \int_0^r \tau e^{\frac{(\epsilon-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

$$(-e^{-w(r)})' < -\frac{\mu}{r} e^{-\frac{\epsilon r^2}{4}} \int_0^r \tau e^{\frac{(\epsilon-1)\tau^2}{4}} d\tau$$

0 から ∞ まで積分して

$$e^{-w(0)} - e^{-w(\infty)} < -\mu I(\epsilon) = -\mu_\epsilon$$

$$\therefore w(\infty) < -\log(\mu_\epsilon + e^{-w(0)})$$

よって、 $\mu_\epsilon \geq 1$ ならば $w(\infty) < 0$

[定理の証明]

$a_{\mu_\epsilon} < a < 1$ ならば、補題 3 から

$$a \in Y_+$$

他方、補題 7 から

$$w(\infty; 0) < -\mu_\epsilon e^{w(\infty; 0)} < 0$$

だから、 $0 < a < a_{\mu_\epsilon}$ を満たし

$$w(\infty; a) < 0$$

なる a を選ぶことができる。よって、 $Y_+ \neq \emptyset$ かつ $Y_- \neq \emptyset$.

$$a_* = \sup Y_+$$

とおくと、 $a_* \in (0, 1)$

$$a_* \in Y_+$$

よって、 $w(\infty; a_*) = 0$.

補題 3 より

$$\int_0^\infty rw(r; a_*) dr \leq e^{a_*} C_{\mu_\epsilon} \int_0^\infty re^{-\frac{\epsilon r^2}{4}} dr$$

$$= \frac{2C_{\mu_\epsilon} e^{a_*}}{\chi_\epsilon}$$

命題より、定理は証明された。

参考文献

- [1] E. F. Keller and L. A. Segel, Initiation of slime mold aggregation viewed as an instability, *J. Theor. Biol.*, 26 (1970), 399-415.
- [2] Y. Mizutani and T. Nagai, Self-similar radial solutions to a system of partial differential equations modelling chemotaxis, *Bull Kyushu Inst. Tech. (Math. Natur. Sci.)*, 42 (1995), 19-28.
- [3] J. Moser, A sharp form of an inequality by N. Trudinger, *Indiana Univ. Math. J.*, 20 (1971), 1077-1092.
- [4] T. Nagai, T. Senba and K. Yoshida, The Trudinger-Moser inequality and its application to a parabolic system of chemotaxis, to appear in *Funkcialaj Ekvacioj*.
- [5] R. S. Palais, The principle of symmetric criticality, *Comm. Math. Phys.*, 69 (1979), 19-30.
- [6] P. H. Rabinowitz, Minimax methods in critical point theory with applications to differential equations, CBMS Regional Conference Series Math. 65, Amer. Math. Soc., Providence, 1986.
- [7] M. Willem, Minimax theorems, *Progress in Nonlinear Differential Equation and Their Applications* 24, Birkhäuser, Basel, 1996.

The Spin Orderings in the Ground State of $S=1$ ANNNI Model with the Single Ion Anisotropy.

Yoshinori MURAOKA

〈Received 30 September, 1997〉

Abstract

In the case of the ferromagnetic nearest-neighbour interaction, the ground state spin orderings are obtained exactly for the one-dimensional spin $S=1$ axial next nearest-neighbour Ising (ANNNI) model with the single ion anisotropy, $-DS_i^2$, by using the *fundamental spin arrangement* (FSA) method. For this model, the ground state phase diagrams are determined exactly. The ground state phase diagrams for two- and three-dimensional models are also determined exactly as far as the ferromagnetic interchain coupling is concerned.

1. Introduction

For two decades, the systems with competing interactions have been studied successfully. The spin $S=1/2$ axial next nearest-neighbour Ising (ANNNI) model¹⁾, which is also one of such systems, has attracted many investigators on account of the fact that it is a particularly simple model exhibiting spatially modulated phases which can be either commensurate or incommensurate with the underlying lattice. Originally, the spin $S=1/2$ ANNNI model was introduced by Elliot²⁾ and, Bak and von Boehm³⁾ to describe the sinusoidally modulated phases of the rare-earth metals or rare-earth intermetallic compounds such as Er⁴⁾ and CeSb⁵⁾. The theoretical studies^{3),6)-9)} have revealed the interesting properties such as the "devile's staircase".

In the case of $S \geq 1$, it is known that not only the ordinary bilinear exchange interaction, $S_i S_j$, but also the single ion anisotropy, $-DS_i^2$, and the higher order spin interactions, $S_i^3 S_j^3$, $S_i^2 S_j^2 S_k^2$ and so on, become important, where S_i is a Ising spin variable. In the previous studies¹⁰⁾⁻¹²⁾, we have exactly determined the ground state phase diagrams for the spin $S=1$ and $3/2$ extended ANNNI models described by the following Hamiltonians,

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

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

$$\mathcal{H} = -\sum_i \sum_j \left[\frac{J_0}{2} \left(\sum_{k=1}^z S_{i,j} S_{i,k} \right) + J_1 S_{i,j} S_{i+1,j} + J_2 S_{i,j} S_{i+1,j}^2 S_{i+2,j} + h S_{i,j} \right]. \quad (3)$$

These models are composed of chains of spins parallel to the c -axis (say), and nearest-neighbour chains interact through an interchain exchange interaction, J_0 . The summations over i and j are over all the spins along the chain and in the c -plane, respectively. The summation over k is over the z nearest-neighbours of j -site in the c -plane. The first, second, third and fourth terms in the square brackets are the interchain interactions, the nearest-neighbour intrachain interactions, the next nearest-neighbour intrachain (bilinear, biquadratic and three-site four-spin) interactions and the external magnetic field, respectively (Figure 1).

So far, the extended ANNNI model with the single ion anisotropy has not been studied except the special case¹³⁾. In this paper, the ground state spin orderings for the spin $S=1$ ANNNI model with the single ion anisotropy described by the following Hamiltonian,

$$\mathcal{H} = -\sum_i \sum_j \left[\frac{J_0}{2} \left(\sum_{k=1}^z S_{i,j} S_{i,k} \right) + J_1 S_{i,j} S_{i+1,j} + J_2 S_{i,j} S_{i+2,j} + DS_{i,j}^2 + h S_{i,j} \right], \quad (4)$$

where the fourth term in the square brackets is the single ion anisotropy, are obtained exactly using the

fundamental spin arrangement (FSA) method¹⁰⁾.

The arrangement of the paper is as follows. In section 2, the formalism of the FSA is shown. In section 3, at first the ground state phase diagrams for the one-dimensional system are determined exactly using the FSA. It is shown that the ground state phase diagrams for two- and three-dimensional systems are derived from the results of the one-dimensional system. Finally, in section 4 the results are summarized and concluding remarks given.

2. Fundamental spin arrangement (FSA) method

A one-dimensional spin arrangement on which periodic boundary conditions are imposed will be call a closed chain. A basic dividing rule is introduced for closed Ising chains of arbitrary spin quantum number, having only nearest- and next nearest-neighbour spin interactions. The basic dividing rule means that if any pair of nearest-neighbouring spins appears more than once in a closed chain (AB spin pair in upper figure of Figure 2), then this closed chain can be divided to some shorter closed chains(lower figure of Figure 2) conserving the total energy of the system. Namely, the total energy of upper closed chain in Figure 2 is rigorously equal to the sum of two lower closed chains. Repeating the dividing process, the closed chains, for which no further subdivision is possible, are obtained. We term these closed chains fundamental spin arrangements (FAS's). For closed Ising chain, the following lemma^{10),14)} is introduced on the basis of the basic dividing rule.

The total energy E of an arbitrary spin configuration can be expressed as a linear combination of the energies $\chi(\theta)\varepsilon(\theta)$, corresponding to the fundamental spin arrangements (FAS's), θ 's, of which the number is finite. $\varepsilon(\theta)$ is the energy per spin of the FSA, θ , containing $\chi(\theta)$ spins. Mathematically,

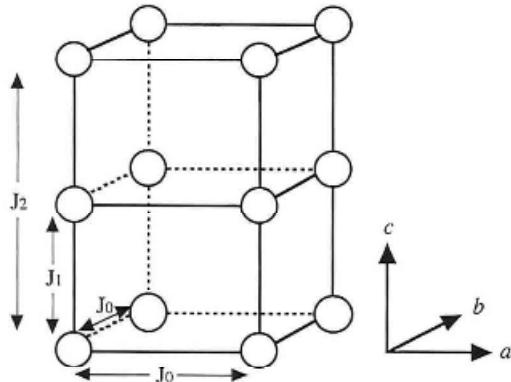


Figure 1. A three-dimensional ANNNI model ($z=4$).

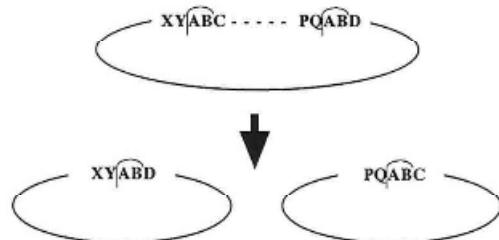


Figure 2. The basic dividing rule for arbitrary spin quantum number.
A, B, ..., indicate different spin states.

$$E = \sum_{\theta} x(\theta) n(\theta) \varepsilon(\theta), \\ N = \sum_{\theta} x(\theta) n(\theta), \quad (5)$$

where N is the total number of spins in the system, and $n(\theta)$ is the number of times the FSA, θ , appears in its subdivision.

Since the ground state is that having the least energy per spin, we can construct it from the FSA, θ^* , having the least energy per spin of all the FSA's possible, in such a way that the ground state energy, E , is

$$E = \sum_i x(\theta_i^*) n(\theta_i^*) \varepsilon(\theta_i^*), \\ N = \sum_i x(\theta_i^*) n(\theta_i^*). \quad (6)$$

For spin $S=1$ system having only nearest- and next nearest-neighbour spin interactions, the maximum number of spins in an FSA (or length of an FSA) is 9. There exist 92 FSA's, which have been shown in Ref. 10.

3. The ground state phase diagrams

In this paper, we determine the ground state phase diagrams in the case of the ferromagnetic nearest-neighbour interactions ($J_0, J_1 > 0$).

3.1 The one-dimensional system

In this section, exact results for the ground state phase diagrams of the one-dimensional ANNNI model with the single ion anisotropy described by

$$\mathcal{H} = - \sum_i [J_1 S_i S_{i+1} + J_2 S_i S_{i+2} + DS_i^2 + hS_i], \quad (7)$$

are obtained using the methods described above. Hereafter, \uparrow , \circlearrowleft and \downarrow in the phase diagrams indicate the spin states $S_i=1$, 0 and -1 , respectively.

3.1.1 J_2 vs h phase diagrams

The ground state phase diagram for $D/J_1=0$ is shown in Figure 3. The coordinate $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the multiphase point A is

$$A: \left(-\frac{1}{2}, 0 \right) \quad (8)$$

and the equations of the phase boundaries are as follows:

$$\uparrow - \downarrow : h=0, \\ \uparrow - \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow : J_1 + 2J_2 + h = 0. \quad (9)$$

That for negative values of h can be deduced by symmetry. When normalized external field $h/S^2 J_1$ is adopted, this phase diagram is the same as that of the ordinary ANNNI model. In the case of $D/J_1 > 0$, the single ion anisotropy stabilize the spin states $S_i=1$ or -1 , and the system becomes spin $S=1/2$ -like. Therefore, the ground state phase diagram for $D/J_1 > 0$ is also the same as that of $D/J_1=0$.

For $D/J_1 < 0$, the situation is much more complicated as shown in Figure 4. For $-1/3 \leq D/J_1 < 0$, the multiphase point A in Figure 3 splits into three multiphase points B^\pm and C, and the new phase, $\uparrow \uparrow \circlearrowleft \downarrow \downarrow \circlearrowleft \circlearrowleft$, appears (Figure 4(a)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the multiphase points are

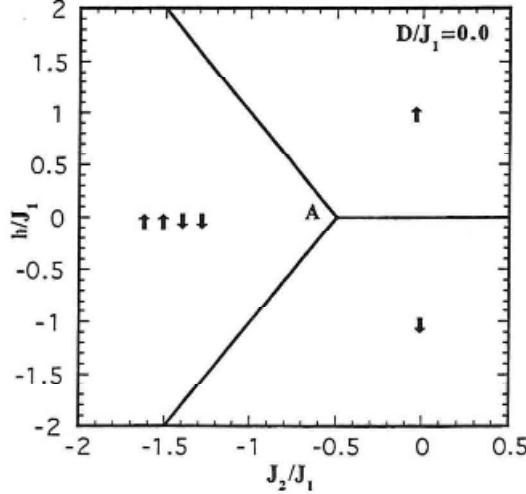


Figure 3. The ground state phase diagram for $D/J_1=0.0$. \uparrow and \downarrow indicate the spin states $S_i=1$ and -1 , respectively.

$$\begin{aligned} B^\pm: & \left(-\frac{1}{2} + \frac{D}{2J_1}, \pm \frac{D}{J_1} \right), \\ C: & \left(-\frac{1}{2} - \frac{D}{4J_1}, 0 \right), \end{aligned} \quad (10)$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow - \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ: & 2J_1 + 4J_2 + 3h + D = 0, \\ \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ: & J_1 + 2J_2 - D = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

For $-1/2 \leq D/J_1 < -1/3$, the multiphase points B^\pm in Figure 4(a) split into multiphase points D^\pm , E^\pm and F^\pm , and the new phases, $\uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow$ and $\downarrow \circ \uparrow \circ \downarrow$, appear (Figure 4(b)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$\begin{aligned} D^\pm: & \left(\frac{2D}{J_1}, \mp 1 \mp \frac{4D}{J_1} \right), \\ E^\pm: & \left(-\frac{1}{2} + \frac{D}{2J_1}, \pm \frac{1}{2} \pm \frac{D}{2J_1} \right), \\ F^\pm: & \left(-\frac{4}{5} - \frac{2D}{5J_1}, \pm \frac{2}{5} \pm \frac{D}{5J_1} \right), \end{aligned} \quad (12)$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow - \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow: & 4J_1 + 7J_2 + 4h + 2D = 0, \\ \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow: & J_1 + 3J_2 + h - 2D = 0, \\ \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ - 1 \circ \downarrow \circ \uparrow: & 2J_1 + J_2 - 3h + D = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

For $-2/3 \leq D/J_1 < -1/2$, the multiphase points D^\pm in Figure 4(b) split into multiphase points G^\pm and H^\pm , and the new phases, $\uparrow \circ \circ \uparrow$ and $\downarrow \circ \circ \downarrow$, appear (Figure 4(c)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$\begin{aligned} G^\pm: & \left(-\frac{1}{2} + \frac{D}{J_1}, \pm \frac{1}{2} \mp \frac{D}{J_1} \right), \\ H^\pm: & \left(-2 - \frac{2D}{J_1}, \pm \frac{5}{2} \pm \frac{3D}{J_1} \right), \end{aligned} \quad (14)$$

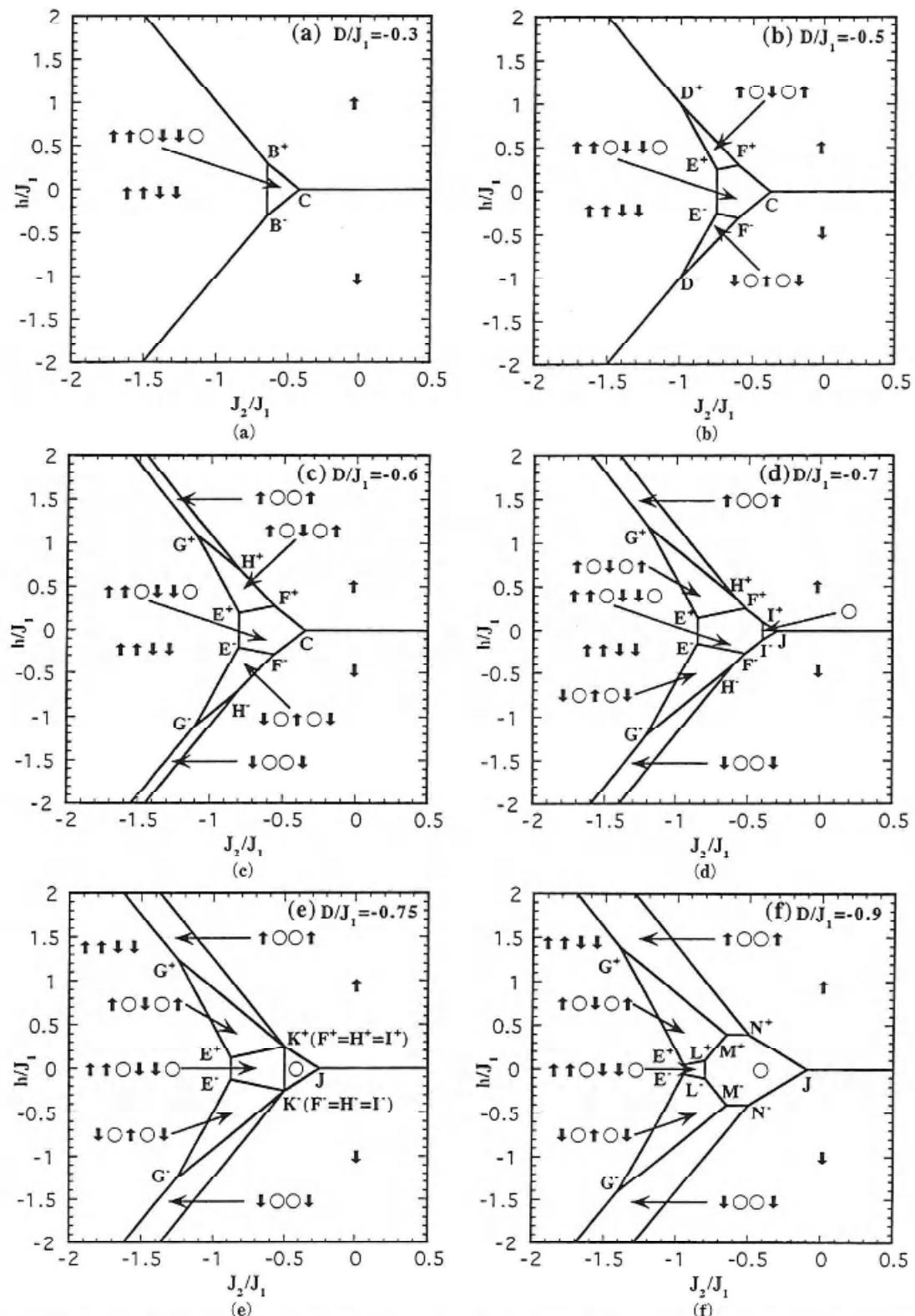


Figure 4. The ground state phase diagrams for $D/J_1 < 0.0$. (a)–(h) correspond to $D/J_1 = -0.3, -0.5, -0.6, -0.7, -0.75, -0.9, -1.0$ and -1.2 , respectively. \uparrow , \circ and \downarrow indicate the spin states $S_i = 1, 0$ and -1 , respectively. (to be continued)

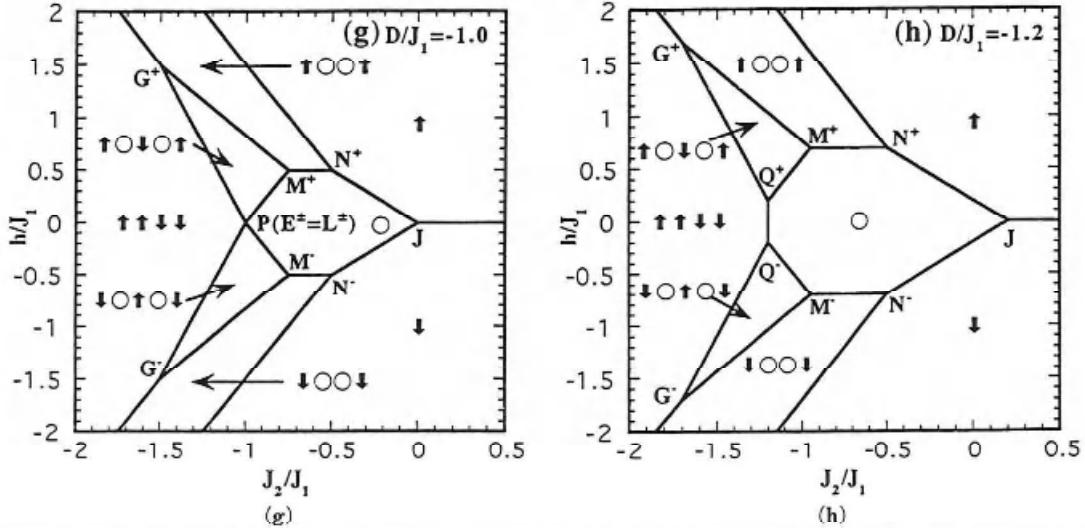


Figure 4. The ground state phase diagrams for $D/J_1 < 0.0$. (a)–(h) correspond to $D/J_1 = -0.3, -0.5, -0.6, -0.7, -0.75, -0.9, -1.0$ and -1.2 , respectively. \uparrow , \circlearrowleft and \downarrow indicate the spin states $S_i = 1, 0$ and -1 , respectively.

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow - \uparrow \circlearrowleft \uparrow : & 3J_1 + 4J_2 + 2h + 2D = 0, \\ \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \circlearrowleft \uparrow : & J_1 + 4J_2 + 2h - 2D = 0, \\ \uparrow \circlearrowleft \circlearrowleft \uparrow - \uparrow \circlearrowleft \uparrow : & J_1 + 8J_2 + 6h - 2D = 0. \end{aligned} \quad (15)$$

For $-3/4 < D/J_1 < -2/3$, the multiphase point C in Figure 4(c) splits into multiphase points I^\pm and J , and the new phase, \circlearrowright , appears (Figure 4(d)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$\begin{aligned} I^\pm: & \left(1 + \frac{2D}{J_1}, \mp 2 \mp \frac{3D}{J_1} \right), \\ J: & \left(-1 - \frac{D}{J_1}, 0 \right), \end{aligned} \quad (16)$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow - \circlearrowright: & J_1 + J_2 + h + D = 0, \\ \uparrow \uparrow \circlearrowleft \downarrow \circlearrowright - \circlearrowright: & J_1 - J_2 + 2D = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

For $D/J_1 = -3/4$, the multiphase points $F^+(F^-)$, $H^+(H^-)$ and $I^+(I^-)$ in Figure 4(d) coincide at multiphase points $K^+(K^-)$ (Figure 4(e)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$K^\pm: \left(-\frac{1}{2}, \pm \frac{1}{4} \right). \quad (18)$$

For $-1 < D/J_1 < -3/4$, the multiphase points K^\pm in Figure 4(e) split into multiphase points L^\pm , M^\pm and N^\pm (Figure 4(f)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$\begin{aligned} L^\pm: & \left(1 + \frac{2D}{J_1}, \pm 1 \pm \frac{D}{J_1} \right), \\ M^\pm: & \left(\frac{1}{4} + \frac{D}{J_1}, \mp \frac{1}{2} \mp \frac{D}{J_1} \right), \\ N^\pm: & \left(-\frac{1}{2}, \mp \frac{1}{2} \mp \frac{D}{J_1} \right), \end{aligned} \quad (19)$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow \circ \circ \uparrow - \circ : J_1 + 2h + 2D = 0, \\ \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow - \circ : J_1 - 2J_2 + h + 3D = 0. \end{aligned} \quad (20)$$

For $D/J_1 = -1$, the multiphase points E^\pm and L^\pm in Figure 4(f) coincide at multiphase point $P(-1, 0)$ and the phase, $\uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ$ disappears (Figure 4(g)). For $D/J_1 < -1$, the multiphase point P in Figure 4(g) splits into the multiphase points Q^\pm (Figure 4(h)). The coordinates $(J_2/J_1, h/J_1)$ of the new multiphase points are

$$Q^\pm : \left(\frac{D}{J_1}, \mp 1 \mp \frac{D}{J_1} \right), \quad (21)$$

and the equation of the new phase boundary is as follows:

$$\uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \circ : J_2 - D = 0. \quad (22)$$

3.1.2 J_2 vs D phase diagrams

The ground state phase diagram for $h/J_1 = 0$ is shown in Figure 5(a). The coordinates $(J_2/J_1, D/J_1)$ of the multiphase points A, B and C are

$$\begin{aligned} A : & \left(-\frac{1}{2} - \frac{h}{2J_1}, -\frac{h}{J_1} \right), \\ B : & (-1, -1), \\ C : & \left(-\frac{1}{3} - \frac{2h}{3J_1}, -\frac{2}{3} - \frac{h}{3J_1} \right), \end{aligned} \quad (23)$$

and the equations of the phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow - \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow : J_1 + 2J_2 + h = 0, \\ \uparrow - \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ : 2J_1 + 4J_2 + 3h + D = 0, \\ \uparrow - \circ : J_1 + J_2 + h + D = 0, \\ \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ : J_1 + 2J_2 - D = 0, \\ \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \circ : J_2 - D = 0, \\ \circ - \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ : J_1 - J_2 + 2D = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

For $0.0 < h/J_1 < 1/4$, the multiphase point B in Figure 5(a) splits into three multiphase points D, E and F, and the new phase, $\uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow$, appears (Figure 5(b)). The coordinates $(J_2/J_1, D/J_1)$ of the multiphase points are

$$\begin{aligned} D : & \left(-1 + \frac{h}{J_1}, -1 + \frac{2h}{J_1} \right), \\ E : & \left(-1 - \frac{h}{J_1}, -1 - \frac{h}{J_1} \right), \\ F : & \left(-1 + \frac{2h}{J_1}, -1 + \frac{h}{J_1} \right), \end{aligned} \quad (25)$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned} \uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow : J_1 + 3J_2 + h - 2D = 0, \\ \circ - \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow : J_1 - 2J_2 + h + 3D = 0, \\ \uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ - \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow : 2J_1 + J_2 - 3h + D = 0. \end{aligned} \quad (26)$$

For $h/J_1 = 1/4$, the multiphase points C and F in Figure 5(b) coincide at $G(-1/2, -3/4)$ (Figure 5(c)). For $1/4 < h/J_1 < 1/3$, this multiphase point G splits into four multiphase points H, I, J and K, and the new phase, $\uparrow \circ \circ \uparrow$, appears (Figure 5(d)). The coordinates $(J_2/J_1, D/J_1)$ of the multiphase points are

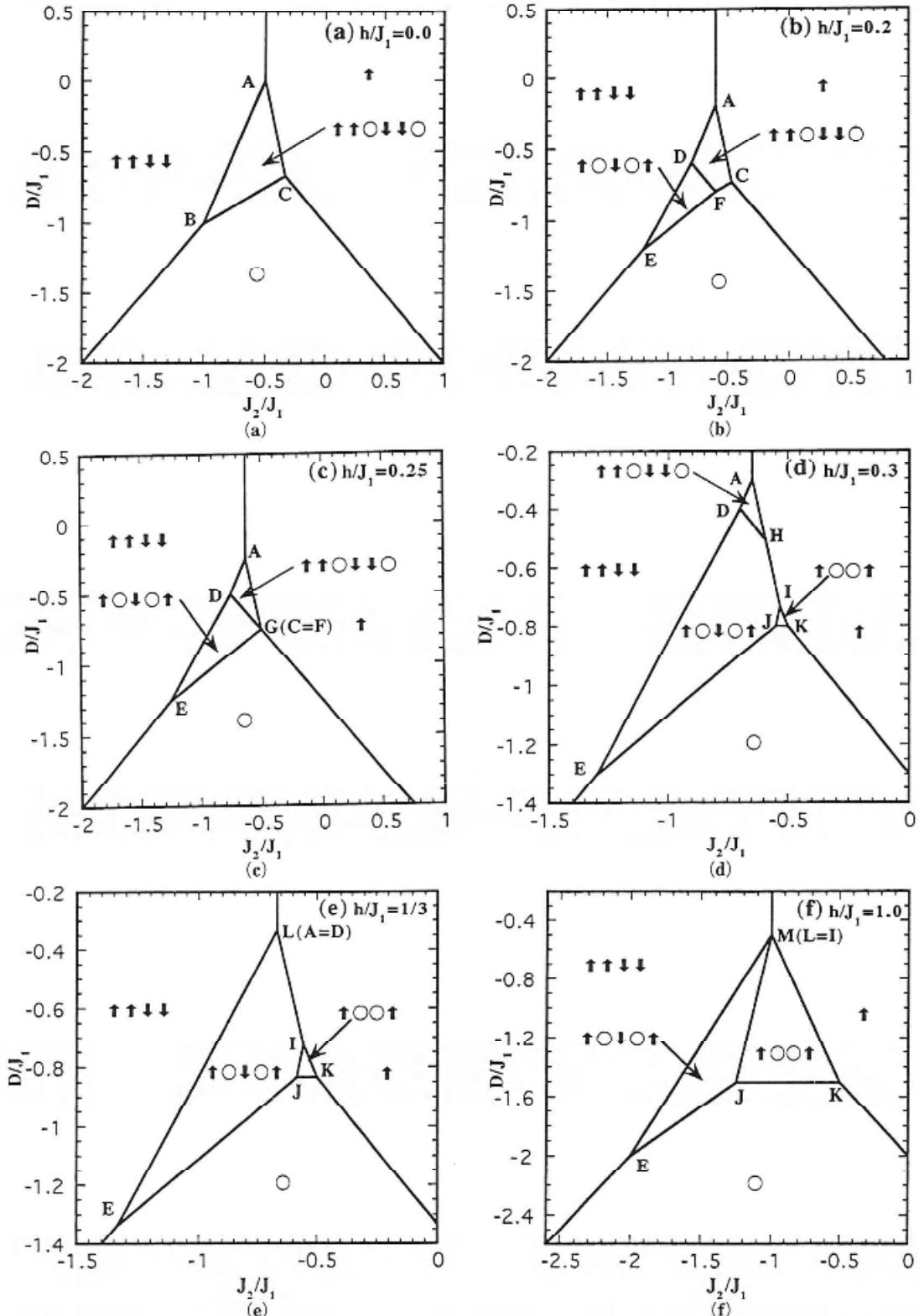


Figure 5. The ground state phase diagrams. (a) – (g) correspond to $h/J_1=0.0, 0.2, 0.25, 0.3, 1/3, 1.0$ and 1.5, respectively. \uparrow , \circ and \downarrow indicate the spin states $S_i=1, 0$ and -1 , respectively.
(to be continued)

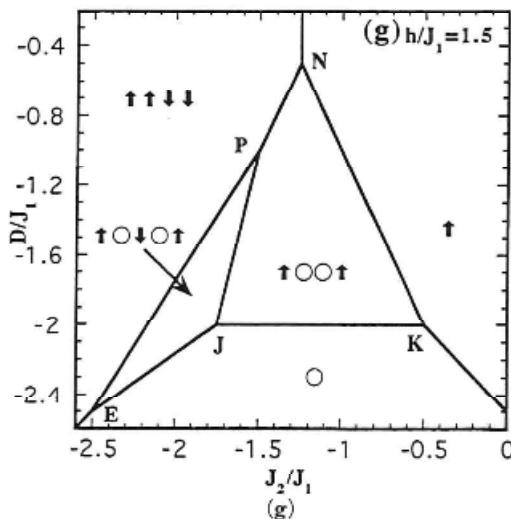


Figure 5. The ground state phase diagrams. (a) – (g) correspond to $h/J_1=0.0, 0.2, 0.25, 0.3, 1/3, 1.0$ and 1.5 , respectively. \uparrow , \circ and \downarrow indicate the spin states $S_i=1, 0$ and -1 , respectively.

$$\begin{aligned}
 H: & \left(-\frac{2h}{J_1}, -2 + \frac{5h}{J_1} \right), \\
 I: & \left(-\frac{1}{3} - \frac{2h}{3J_1}, -\frac{5}{6} + \frac{h}{3J_1} \right), \\
 J: & \left(-\frac{1}{4} - \frac{h}{J_1}, -\frac{1}{2} - \frac{h}{J_1} \right), \\
 K: & \left(-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2} - \frac{h}{J_1} \right),
 \end{aligned} \tag{27}$$

and the equations of the new phase boundaries are as follows:

$$\begin{aligned}
 \uparrow - \uparrow \circ \circ \uparrow : & 3J_1 + 4J_2 + 2h + 2D = 0, \\
 \circ - \uparrow \circ \circ \uparrow : & J_1 + 2h + 2D = 0, \\
 \uparrow \circ \downarrow \circ \uparrow - \uparrow \circ \circ \uparrow : & J_1 + 8J_2 + 6h - 2D = 0.
 \end{aligned} \tag{28}$$

For $1/3 \leq h/J_1 < 1$, the multiphase points A and D in Figure 5(d) coincide at the multiphase point L and the phase, $\uparrow \uparrow \circ \downarrow \downarrow \circ$ disappears (Figure 5(e)). The coordinate $(J_2/J_1, D/J_1)$ of the multiphase point is

$$L: \left(-\frac{1}{2} - \frac{h}{2J_1}, -\frac{1}{4} - \frac{h}{4J_1} \right). \tag{29}$$

For $h/J_1=1$, the multiphase points L and I in Figure 5(e) coincide at the multiphase point M $(-1, -1/2)$ (Figure 5(f)). For $h/J_1 > 1$, the multiphase point M in Figure 5(f) splits into two multiphase points N and P (Figure 5(g)). The coordinates $(J_2/J_1, D/J_1)$ of the multiphase points are as follows:

$$\begin{aligned}
 N: & \left(-\frac{1}{2} - \frac{h}{2J_1}, -\frac{1}{2} \right), \\
 P: & \left(-\frac{h}{J_1}, \frac{1}{2} - \frac{h}{J_1} \right).
 \end{aligned} \tag{30}$$

and the equation of the new phase boundary is

$$\uparrow \uparrow \downarrow \downarrow - \uparrow \circ \circ \uparrow : J_1 + 4J_2 + 2h - 2D = 0. \tag{31}$$

3.2 The two- and three-dimensional systems

For ferromagnetic interchain coupling ($J_0 > 0$), it is believed that all the spin within the c -plane are stabilized in the same spin state, that is, there exists no phase shift along the c -axis between the spin configurations of the different chains. Therefore, although the two- and three-dimensional ANNNI models with the single ion anisotropy are described by the Hamiltonian of eq. (4), the ground state in these models can be described by the following chain Hamiltonian.

$$\begin{aligned}\mathcal{H} &= -\sum_i \left[\frac{zJ_0}{2} S_i^2 + J_1 S_i S_{i+1} + J_2 S_i S_{i+2} + D S_i^2 + h S_i \right], \\ &= -\sum_i \left[J_1 S_i S_{i+1} + J_2 S_i S_{i+2} + D' S_i^2 + h S_i \right],\end{aligned}\quad (32)$$

where

$$D' = \frac{zJ_0}{2} + D. \quad (33)$$

These equations show that using the effective single ion anisotropy, D' , the Hamiltonians of the two- and three-dimensional models are reduced to that of one-dimensional model as far as the ferromagnetic inter-chain coupling is concerned. Therefore, the ground state phase diagrams for the two- and three-dimensional models are also shown in Figures 3–5.

4. Concluding remarks

In this paper, the ground state phase diagrams for the one-, two- and three-dimensional $S=1$ ANNNI models with the single ion anisotropy are obtained exactly by means of FSA method. In the present study, the nearest-neighbour intrachain interaction, J_1 , has been restricted to the ferromagnetic case, $J_1 > 0$. Calculations for the antiferromagnetic case, $J_1 < 0$ and the spin $S=3/2$ models, for which the situation is much more complicated, are now in progress.

ACKNOWLEDGEMENTS

The numerical calculations were partially carried out at the Computer Centre, Kyushu University. The author would like to express his sincere thanks to Dr T.Idogaki for his valuable discussions.

REFERENCES

- 1) W.Selke: *Phys. Rep.* **170**(1988) 213–64.
- 2) R.J.Elliott: *Phys. Rev.* **124**(1961) 346–53.
- 3) P.Bak and J.von Boehm: *Phys. Rev.* **B21**(1980) 5297–308.
- 4) M.Habenschuss, C.Stassis, S.K.Sinha, H.W.Deckmann and F.H.Spedding: *Phys. Rev.* **B10**(1974) 1021–6.
- 5) J.Rossat-Mignod, P.Burlet, H.Bartholin, O.Vogt and R.Lagnier: *J.Phys. C:Solid State Phys.* **13**(1980) 6381–9.
- 6) C.S.O.Yokoi, M.D.Coutinho-Filho and S.R.Salinas: *Phys. Rev.* **B24**(1981) 4047–61.
- 7) W.Selke and M.E.Fisher: *Phys. Rev.* **B20**(1979) 257–65.
- 8) S.Render and H.E.Stanley: *J.Phys. C:Solid State Phys.* **10**(1977) 4765–84.
- 9) J.Oitmaa: *J.Phys. A:Math. Gen.* **18**(1985) 365–75.
- 10) Y.Muraoka, K.Oda, J.W.Tucker and T.Idogaki: *J.Phys. A:Math. Gen.* **29**(1996) 949–62.
- 11) M.Hitaka, Y.Muraoka, K.Oda, T.Idogaki and J.W.Tucker: *Czech.J.Phys.* **46**(1996) 1913–4.
- 12) T.Idogaki, K.Oda, Y.Muraoka and J.W.Tucker: *J.Magn. Magn. Mater.* **171**(1997) 83–93.
- 13) A.B.Harris, C.Micheletti and J.M.Yeomans: *Phys. Rev. Lett.* **74**(1995) 3045–8.
- 14) T.Morita and T.Horiguchi: *Phys. Lett.* **38A**(1972) 223–4.

旧合資会社松浦炭坑事務所の建築について

松岡高弘・川上秀人*

〈平成9年9月30日受理〉

On the Office Building of the Former Matsuura-Tanko Ltd

Takahiro MATSUOKA and Hideto KAWAKAMI

The former office of the Matsuura-Tanko Ltd stands in Sechibaru Town, Nagasaki Prefecture. The office was constructed in 1912. It was built in Western style, of stone with steel truss structure. Five design drawings are in existence.

The purpose of this paper is to make clear the characteristics of the office building. First of all, we have to inquire into its original style on the basis of the design drawings and existant traces of the building. Next, we have to compare the original style with other coal-mine offices.

There was much stone in Sechibaru Town and excellent stone-masons lived there. It follows from this that the office building is characteristic of the local area. Sasebo City, where the shipbuilding industry has prospered, is a little way from this town. It follows from the steel-truss structure that the office has advancement in construction. The floor space of this office was on a small scale as a main office of coal-mine. Except for the manager room and the conference room, the accounting section and affairs section and so on were not partitioned by corridor.

1. はじめに

長崎県北松浦郡世知原町に建つ旧合資会社松浦炭坑事務所は大正元年に建設された洋風の石造建造物である（写真-1）。世知原町は佐世保市・松浦市・伊万里市等に囲まれた山間の町で、かつて石炭で栄えていた。松浦炭坑は中心的な炭坑であったが、昭和45年に閉山した。その後、炭坑事務所は世知原町歴史民俗資料館として利用されている。

当事務所は石造で、小屋組に鉄骨トラスを用いた特徴的な建築であり、数少ない炭坑関連の事務所として貴重な建築である。また、設計図が残っていることにおいても貴重である。そこで本稿では、当事務所の建築概要を述べ、現存する5枚の設計図を比較検討し、設計図及び建物に残る痕跡から建設当初の平面を復原し、建設時期が比較的近い他の炭坑事務所と比較して当事務所の特徴を明らかにする。

2. 松浦炭坑の沿革

松浦炭坑の沿革について『日本炭礦誌』^①・『増訂再版日本炭礦誌』^②・『飯野60年の歩み』^③・『世知原町郷



写真-1 正面全景

土誌』^④・『炭坑誌』^⑤等を参考にしながら略述する。

世知原における炭坑の開発は明治15年頃種田万蔵・河内国十郎が鉱区の出願を行い、明治24年種田・河内三郎・近藤進が国見炭坑を開坑したこと始まる。それ以前の明治19年には長崎県人渡辺某が試掘の許可を得たが着手しなかった。

松浦炭坑に繋がる事業は、明治26・27年頃に福岡県人二川某が採掘事業を起こしたことに始まる。しかし、うまく行かず、明治29年関西採炭株式会社の設立に際し、売却された。この時、国見炭坑も買収された。明

*近畿大学九州工学部

治32年6月会社は解散し、会社経営者の一人であった今西林三郎が清算人となって事業を引き継いだ。

明治35年12月今西・宗像半之助・池永三郎が資本金20万円で合資会社松浦炭坑を組織し、支配人に井上源太が就いた。明治41年4月時点では鉱業権者は合資会社松浦炭坑、業務執行社員は今西林三郎・青木喜太郎、鉱業代理人は井上源太である。この会社の事務所として当建築は大正元年に建設された。

松浦炭坑の明治40年の産出高は68,649噸であり、高島炭坑の183,816噸に次いで長崎県内2位であった。明治42年では高島の182,592噸、松島の86,003噸に次ぎ78,585噸であった。大正6年には11万トンを超えたが以後増加は見られず、昭和6年になって12万トンを超えた。しかし、昭和7年3月経営不振により会社は解散し、岡本彦馬が鉱業権を譲り受け、4月より個人経営となった。尚、岡本は大正9年に5代目の支配人に就任している。昭和10年改訂の『日本鉱業名鑑』⁶⁾では岡本彦馬を「松浦 長崎縣北松浦郡世知原 石炭 二、五一五、三五七坪」と紹介している。

出炭量は昭和7年120,300t、昭和8年136,867t、昭和9年156,595t、昭和10年156,751tで僅かに増加しており、昭和9年時点では、崎戸の858,344t、高島471,951t、松島の301,104t、鹿町の256,216tに次ぐ⁷⁾。

昭和11年12月に飯野商事株式会社は岡本から買収し、資本金100万円で松浦炭礦株式会社が設立された。本社は東京市麹町区丸ノ内2丁目に置かれた。設立当初は岡本彦馬が取締役社長であったが、昭和12年2月に飯野商事株式会社の花田卯造が就任した。尚、飯野商事株式会社は昭和3年に既に松浦炭坑と売炭契約を締結していた。

出炭量は昭和11年が164,233トンであり、昭和12年には20万トンを超え、昭和14年には30万トンを超えて順調に伸びていったが、以後徐々に減少していく。昭和20年には14万トン台にまで落ちこんだ。戦後、昭和21年度・22年度には10万トンを下回ったが、昭和26年は177,100トンにまで回復した⁸⁾。

昭和27年1月飯野炭礦株式会社松浦炭礦所と改称した。昭和40年11月には月産出炭3万トンを達成したが、エネルギー革命による石炭産業の衰退により昭和45年5月に閉山した。

当事務所は昭和50年4月に世知原歴史民俗資料館として開館し、同年9月長崎県指定有形文化財に指定された。

3. 建築概要

石造・平家建、寄棟造・檜瓦葺の事務所は、東側に

ある2階建・宝形造の勘務部事務所と並んで建ち（写真-2）、中庭を挟んで南側には木造・平家建、切妻造の労務部事務所と分析室が建っていた（写真-3）。事務所の北西方向には所長社宅と副所長社宅、俱楽部が建ち、民間に払い下げられて住宅として現在も残っている（図-1）。

小屋組の鉄骨トラスの陸梁に「大正元年九月架」・「佐世保諸機械製作所製造」（写真-4）の2枚の金属プレートが取り付けられ、建設年代と設計が解る。設計者は同所の本田清次と伝えられている。尚、後者のプレートは幅104mm、長さ704mmである。他の陸梁には「昭和十貳年拾月拾五日屋根葺替」と記され、屋根葺替の時期が解る。大正元年から25年しか経過しておらず、瓦葺としては早い葺替である。

(1) 平面 図-2

東西に長い長方形をなし、南を正面とする。外法寸法は東面が13.67m、南面が16.92mである。石の厚さが46cmがあるので、壁真々間は43.60尺×54.32尺となる。床面積は217.44m²で、正面中央には木製角柱で支持された切妻屋根の玄関ポーチが設けられている。

平面は大きく三室に分かれ、東半部が大きな一室空間で、西半部は廊下を挟んで南北二室に分かれている。



写真-2 当事務所・勘務部事務所（世知原町教育委員会所蔵）



写真-3 分析室・労務部事務所（世知原町教育委員会所蔵）

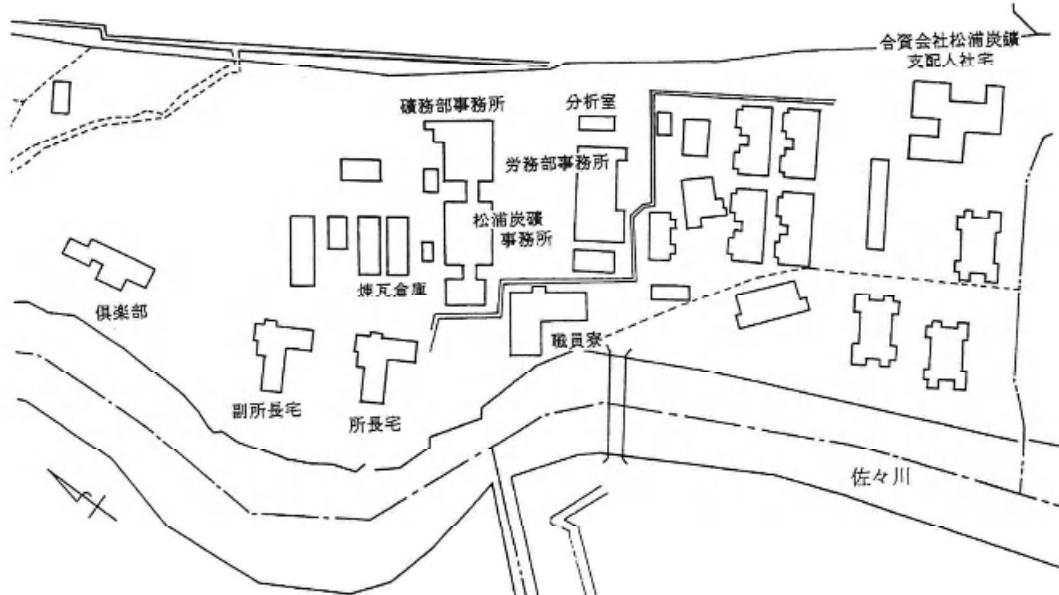


図-1 配置図

西北隅の部屋は東面と南面に両開き扉を有し、西面と北面には2個ずつ引違い窓がある。西南隅の部屋は東面に片開き扉を、北面には両開き扉を有し、西面と南面には2個ずつ引違い窓がある。廊下の西端には両開き扉があり、曾ては屋根付きの廊下を経て木造の倉庫へ通じていた。

東半部の部屋では、南面には両開き扉の中央出入口とその東側に2個の窓があり、東面には3個の窓と片開き扉を有する2個の出入口があり、北面には4個の窓がある。西北隅の部屋の南面の壁通りに独立した直径116mmの鉄製円柱が立ち、その通りに設けられた垂壁を支持する。その鉄柱から北にも垂壁がある。

(2) 立面 図-3・4

立面では東面を除くと3面とも左右対称形をなす。砂岩系の石を積み、開口部はアーチ形に石を組む（写真-5）。窓は石積で8段分の高さを有し、上方の2段は円形アーチをなしている。全体は3つの部分に分かれ、上部は半円アーチの嵌殺し窓、中段は横軸回転窓、下方は引違い窓となっている。昭和52年の時点では内部に片開き戸が付けられていたが、現在はない。4箇所の出入口の形態は基本的には窓と全く同様で、アーチのキーストーンの形態が異なる。

軒は板小舞に漆喰で曲面に仕上げ、軒の出は極めて短い。

正面中央にある切妻屋根の玄関の破風板と鼻隠板の



大正元年九月架



佐世保諸機械製作所製造

写真-4 銘板

下端には飾り板をつける（写真-6）。

(3) 構法 図-5

周壁には砂岩系の石材を用い、周壁の高さは4.59mで、約30cmの石材を15段積む（土台石を含む）。四隅には長さ約45cmと約70cmを交互に積み、その他は約33cm～65cmである。壁厚は1.5尺ある。周壁の頂部に欠き込みはなく、直に敷桁が置かれている。その敷桁は壁真に納まっている。

小屋組は5.5寸勾配の鉄骨のキングポストトラス（真東小屋組）で（写真-7）、平トラスと隅トラスがあり（写真-8）、いずれも合掌と陸梁がチャンネル（溝形鋼）で、真東その他にはアングル（山形鋼）が使用されている。真東と対東はガセットプレートを挟み込むようにアングルを2個抱き合わせている。接合部には

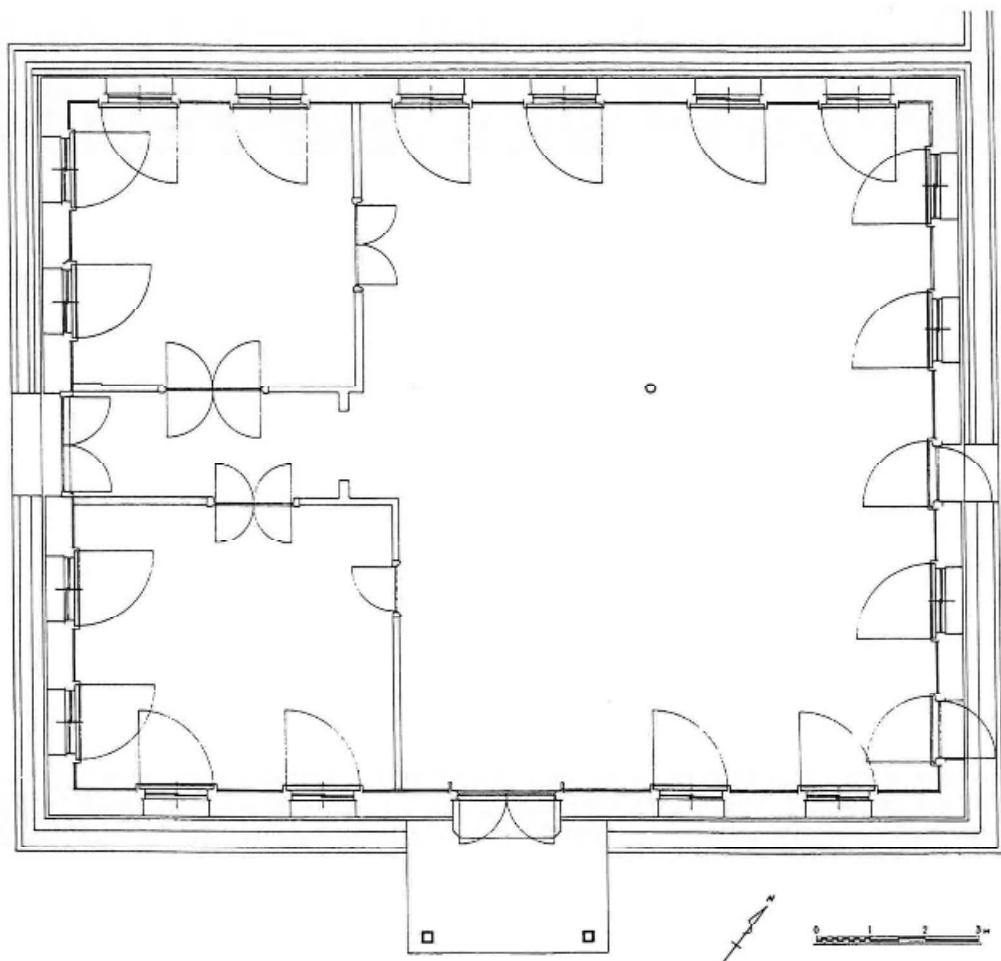


図-2 現状平面図



写真-5 背側面



写真-6 玄関

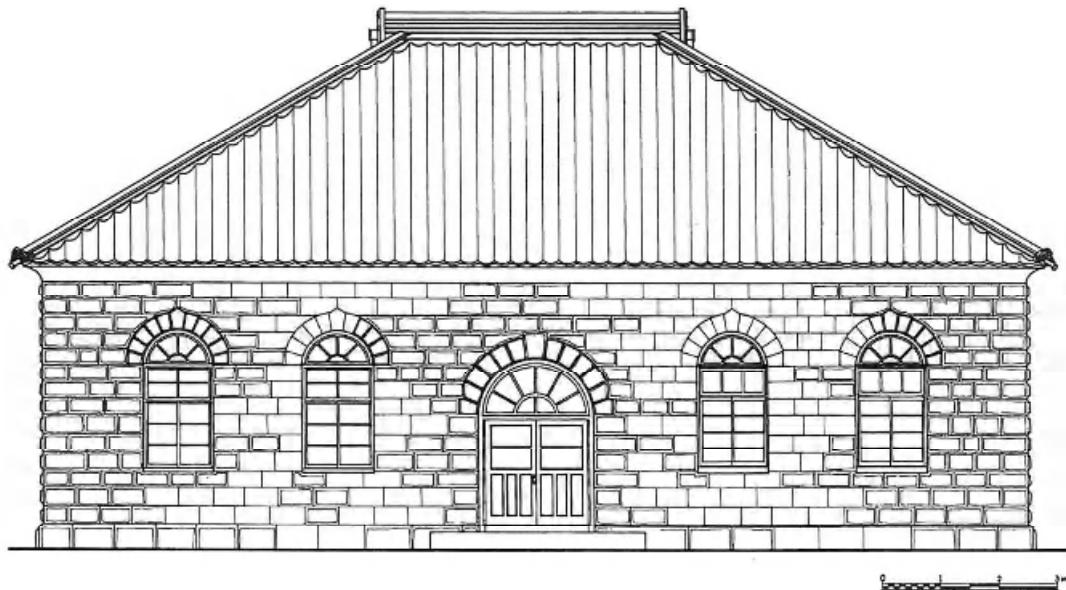


図-3 正面図

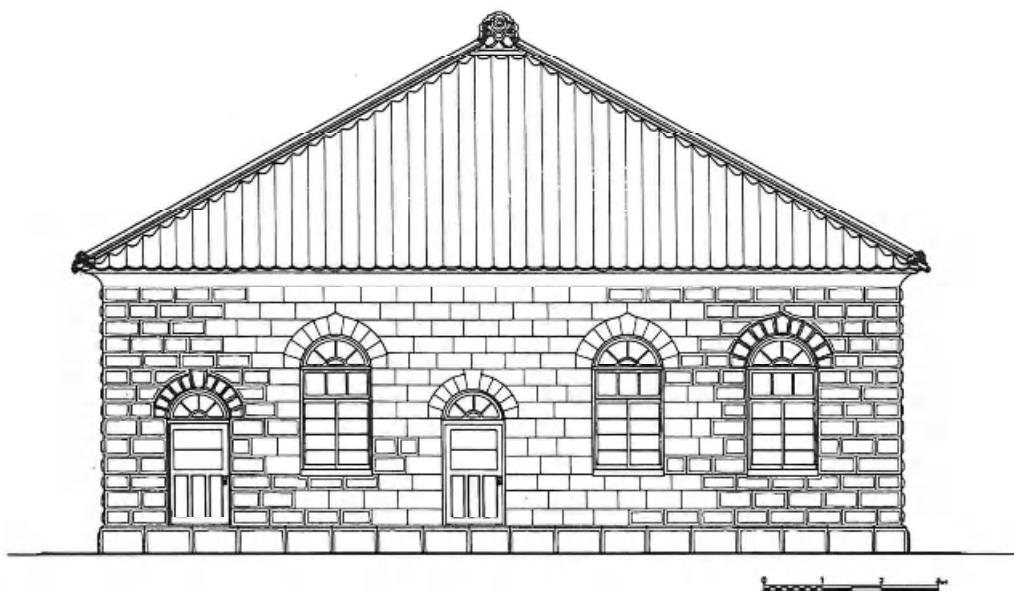


図-4 側面図

ガセットプレートを当て、東と合掌はガセットプレートにリベット接合され、その他はボルト接合されている。アングルには規則的に穴が開けられているが、ボルトの位置と穴とが一致しておらず、新たに穴を開けている。合掌には8本の母屋が等間隔に配され、母屋

はL形金物の転び止めで固定されている。棟位置には近接して母屋が配されており、棟木はない。陸梁の先端は敷行にボルト・ナットで固定されている。

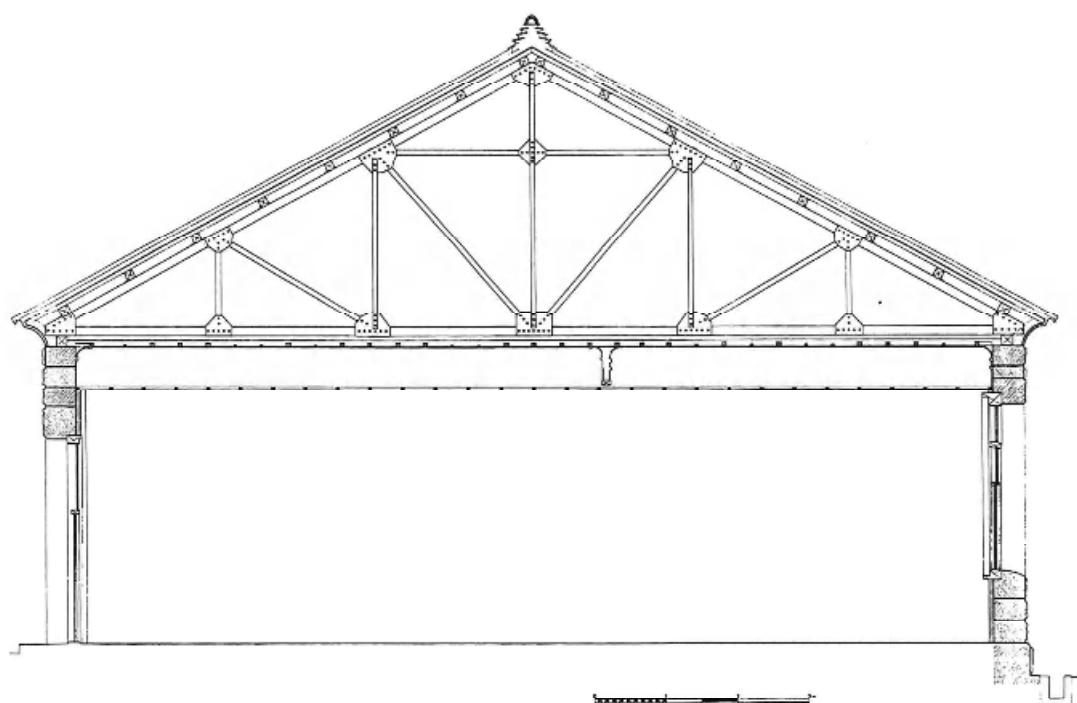


図-5 断面図



写真-7 小屋組



写真-8 小屋組隅部

4. 設計図

建設に關わる図面は5枚残存する。その中には「佐世保諸機械製作所」の設計であることを明記した図面が含まれる。以下、各図面を説明していく。

(1) 図面I 図-6

紙質は和紙で、上方に正面図、下方に平面図を描く。標題欄がないため、設計者や製図年月日等は不明である。図面の右上に「縮尺拾六分之五吋ヲ以テ一呎ヲ示ス」と記されているので、図面の縮尺は約1/40である。

東西方向の壁真々間寸法は「TOTALE LENGTH 54'0''、南北方向の壁真々間寸法は「TOTALE LENGTH 43'6''と記入されている。そして、西面の窓・扉・壁の各寸法の合計が43.5'であることから、フィート(呎)を基本として設計されていることが解る。

南面(正面)には中央に両開き扉を有する幅6フィートの出入口が設けられ、幅4フィートの窓が2個ずつ左右対称に配されている。西面(左側面)には片開き扉を有する幅5フィートの出入口がほぼ中央に設けられ、その南北に幅4フィートの窓が2個ずつ配置されている。北面には幅4フィートの窓が6個配されている。そこに記入された寸法の合計は55フィートとなり、壁真々間寸法は「TOTALE LENGTH 54'0''より1フィート多い。それは東から2番目の窓には寸法が「5」と記入されているが、図面上の長さは4フィートであり、書き誤ったためである。東面には片開き扉を有する幅3フィートの出入口が2箇所に設けられ、幅4フィートの窓と5フィートの壁が規則的に配されている。

平面図には部屋名が記されているのでその用途が解る。南側には西隅に「議論室」、中央には独立した「應接室」が設けられており、「坑夫係」「用度係」と続く。「帳簿棚」を挟んで東側は土間と推測され、その北側は「事務係」となる。「會計」と土間の境界部分はおそらくカウンターであろう。北側には西から「側量室」と「支配人室」が連続し、測量室には4箇所に「押入」が設けられている。

正面図では最下部には大きな土台石が廻り、その上に石が12段積まれている。軒裏の弓状の縁形部分にも縦目地が切られているが、これは誤りであろう。中央出入口上部のアーチの起点までは6段、両側の窓のアーチの起点までは9段、窓台までは3段、である。窓の上部は半円形の嵌めし窓で、下部は上下窓となっている。アーチを構成している迫石の数(要石を含む)は、中央出入口では11個、窓では9個であるが、現状がそれぞれ13個と11個であること異なる。尚、玄関は描かれていない。

(2) 図面II 図-7

紙質はトレーシングペーパーで、右下の標題欄には「松浦炭坑事務所 石造鉄骨屋根組之図 縮尺五十分ノ一及貳拾分ノ一 佐世保諸機械製作所 明治四十五年七月製図」と記され、左下に「No.157」とある。

図面は右方にはトラスと母屋の位置が「縮尺五拾分之壱」で描かれており、上下と左右に対称的に配置されていることが解る。東西方向は54フィートで、平トラスが架けられる部分が6フィート間隔、隅部は7フ

ィート間隔にトラスが配されている。南北方向は42フィートでトラスは全て7フィート間隔に配されている。従って、隅トラスは平面的には45°に位置することになる。完数が用いられているため寸法体系が明快である。

図中には「母屋」・「梁」・「1-L」・「2-L」の書き込みがあり、平鋼(フラットバー)のみに「巾二寸厚二分」と尺を用いて寸法が記されている。最も隅にある梁以外の梁はアングルを抱き合せている。

図面の中央には「平合掌組」、左方には「隅合掌組」が「縮尺貳拾分之壱」で描かれ、形態的には現状と同様である。「平合掌組」では真東・対東・合掌を、「隅合掌組」では真東から伸びる頬杖を「2-L」とする。勾配は5.8寸で、現状よりは急である。

(3) 図面III 図-8

紙質はトレーシングペーパーで、右下の標題欄には「松浦炭坑事務所 鉄骨屋根組之図 縮尺二拾分壱及五拾分壱 佐世保諸機械製作所 大正元年八月設計図」と記されている。図面の左下には「No.166」とあるが、その左下に「No.15□」(おそらくNo.158)とあることから、旧番号の図面に加筆して新たに番号を付けたものと思われる。図面の内容と縮尺は図面IIと同様であるが、トラスの各部材に寸法(インチ)や符号(アルファベット)が付されている。但し、平鋼のみに「巾二寸厚一分」と尺を用いて寸法が記されている。右端には符号に対応して数量等が一覧表で掲げられており、図面IIと相違する。

図面の左方には隅トラスと平トラスが「SCALE=1/20」で描かれている。陸梁と合掌はチャンネル、その他はアングルであり、真東・対東はアングルが2本抱き合わされている。平トラスの対東と三の東は真東と敷桁の真々寸法を3等分した位置に設けられているよう寸法が記入されているが、図面上の長さと一致しない。勾配は5.7寸で、現状よりは急であるが、図面IIよりは緩い。

図面の右方にはトラスと母屋の位置が「SCALE=1/50」で描かれている。東西方向は54.185フィートで、中央部が6.4645フィート×2である。左隅部が6.876フィート×3、右隅部が6.786フィート×3である。各トラス間の寸法を合計すると53.915フィートとなり、全体寸法に合致しない。右隅部を左隅部と同じく「6.876」と記すべきところを「6.786」と書き誤ったものと思われる。南北方向は43.5フィートが6分割され、中央は7.235フィート×2で、左右はそれぞれ7.2575フィート×2である。従って、隅木は45°に配されていない。

(4) 図面IV 図-9

紙質はトレーシングペーパーで、右下の標題欄には「松浦炭坑事務所 石造鉄骨屋根屋脊応力図 佐世保諸機械製作所 大正元年八月製図」と記され、図面左下に「No. 159」とある。図面IVは図面IIIを基にしたと思われる応力計算の図面である。

(5) 図面V 図-10

紙質は和紙で、図面右下には「新築事務所玄関破風 造営図 縮尺貳分毫時ヲ以テ毫沢ヲ示ス 大正元年九

月廿二日」と記されている。左上に正面中央出入口の立面図、左下に同平面図、右上に同断面図が描かれている。0.5インチを1フィートで示しているため、縮尺は1/24である。

正面図では石積の状態が解り、軒裏までに13段、アーチの起点までに6段積まれている。アーチを構成する迫石の数は13個である。成の高い土台石の分だけ3段の階段が設けられている。前方に突出して切妻屋根の玄関が設けられ、方形の台座を有する4本の角柱で支持されている。また、コ字型に石で縁取られている。

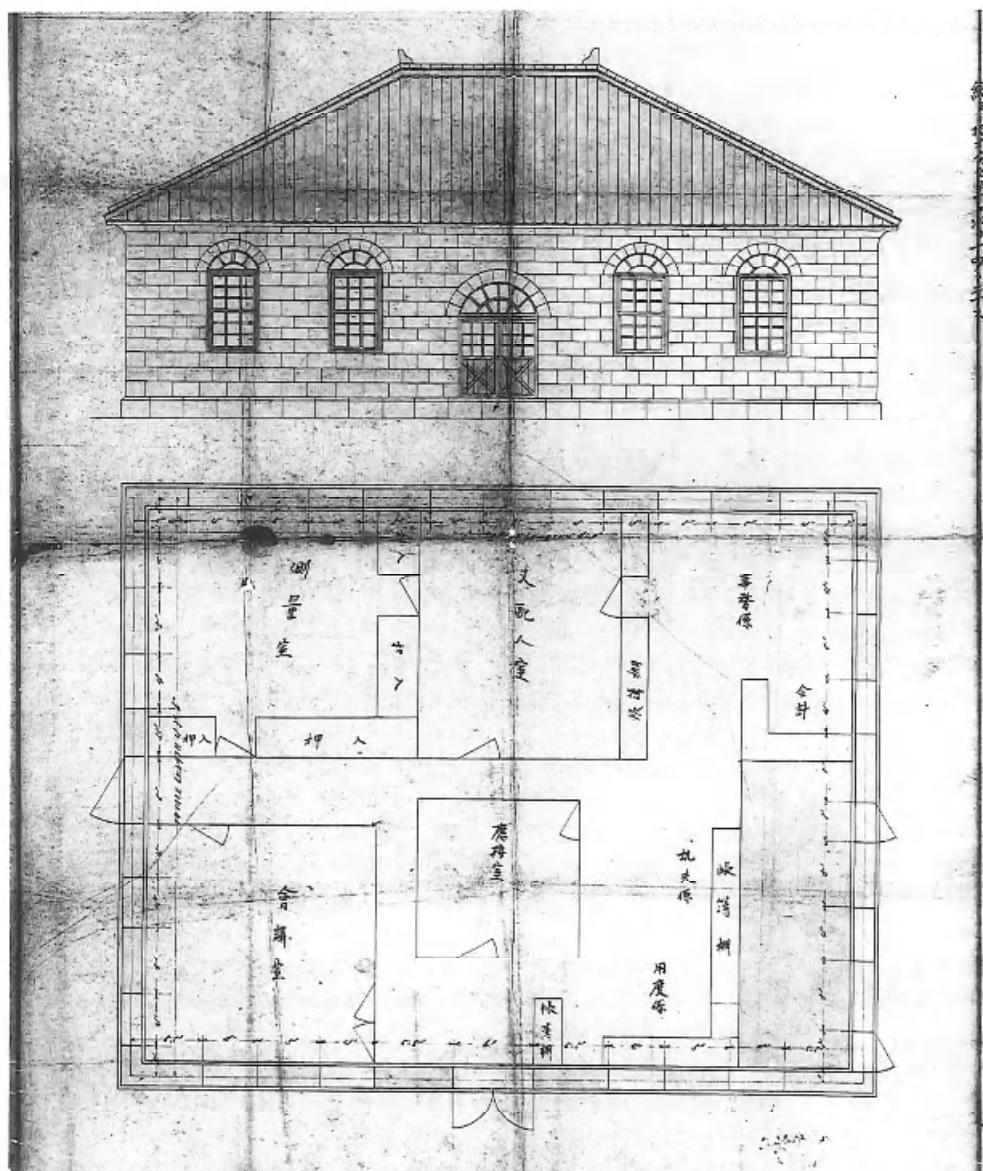
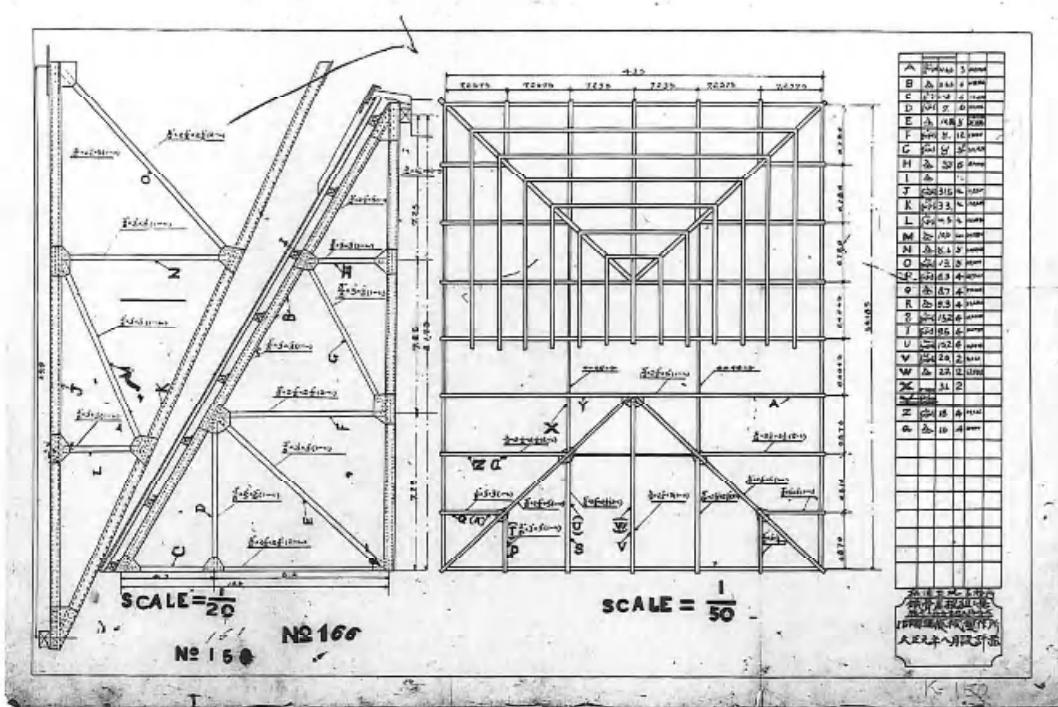
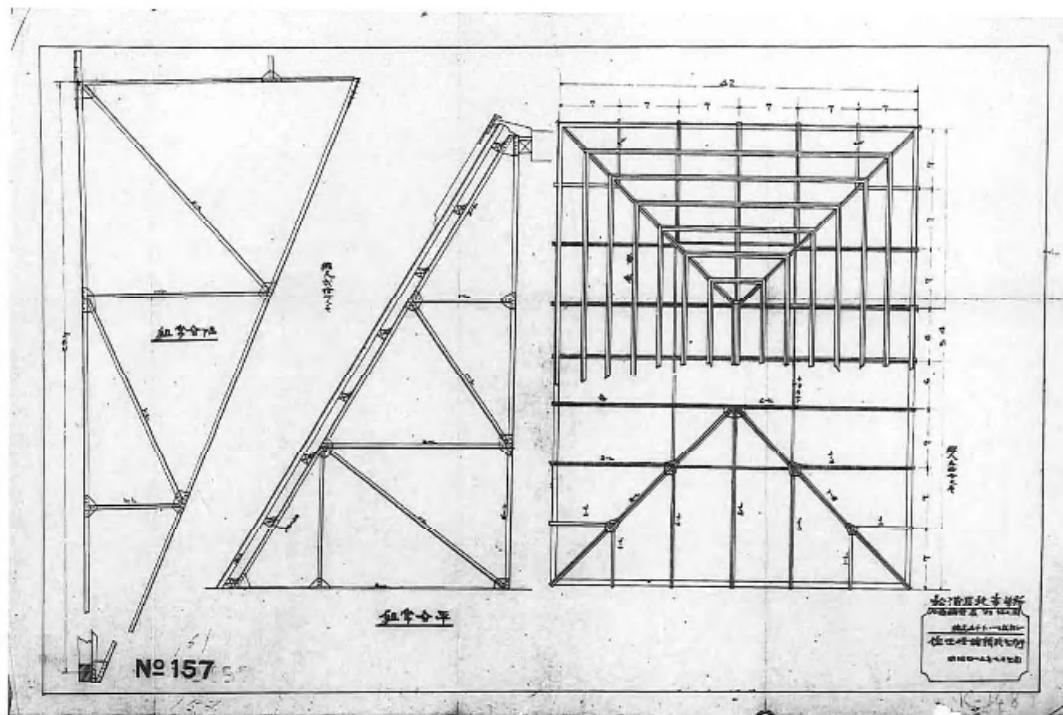


図-6 図面I (世知原町教育委員会所蔵)



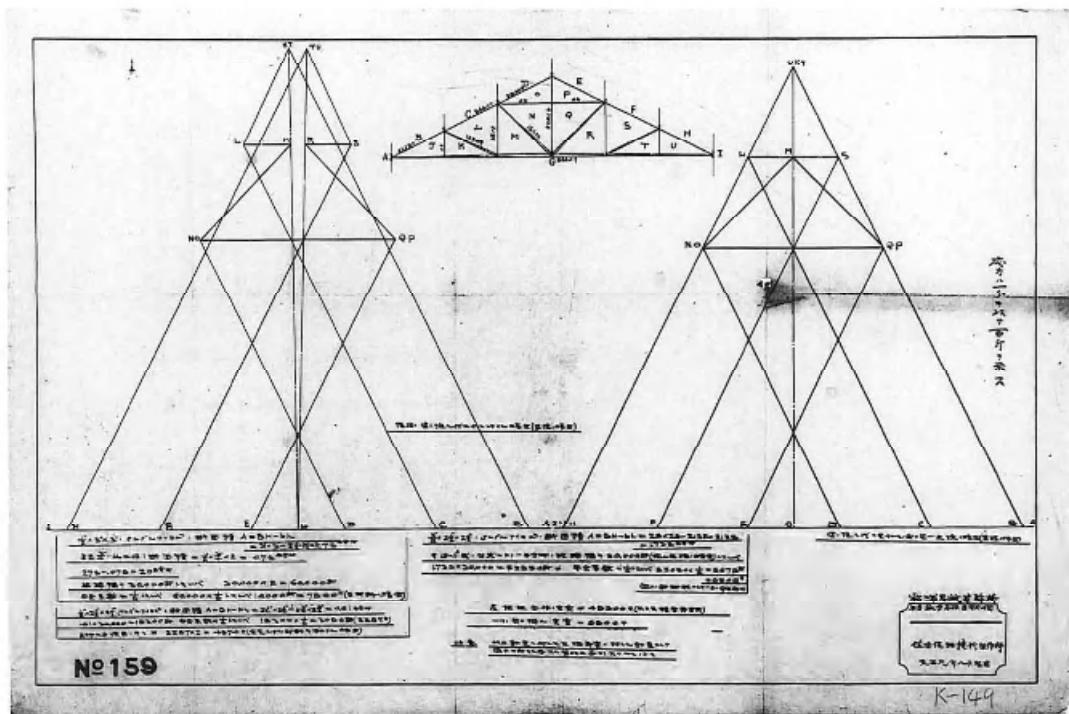


図-9 図面IV（世知原町教育委員会所蔵）

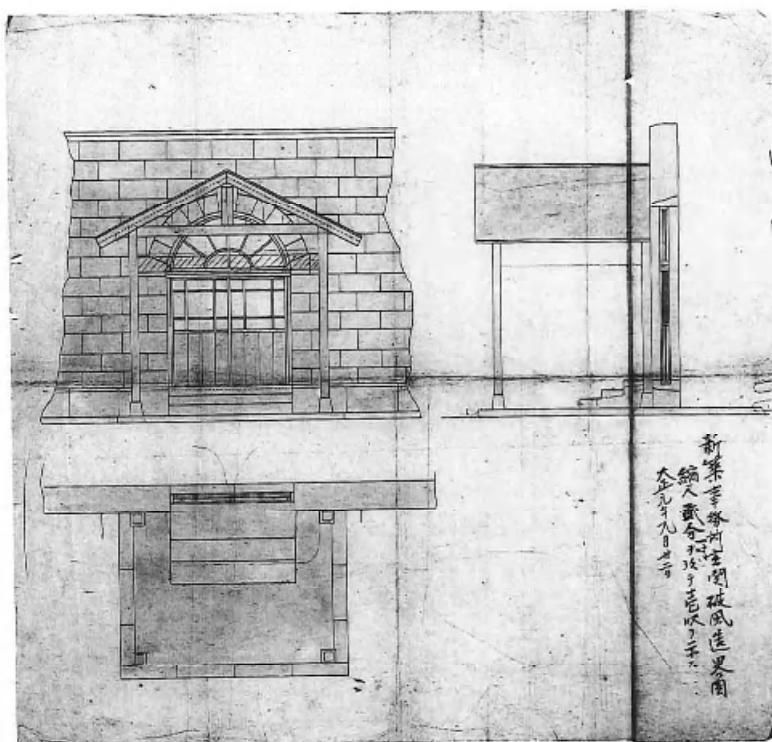


図-10 図面V（世知原町教育委員会所蔵）

出入口の上部は半円形の嵌殺し窓、下方は引違いガラス戸となっており、図面Iと相違する。

5. 図面の比較

現状を参考にしつつ各図面を相互に比較し、各図面の意味を考察していく。

図面Iは間仕切壁が単線で描かれ、開口部の省略が多いため基本設計の図面と考えられる。図面IIは図面Iに対応する小屋組の図と思われる。従って、図面Iは遅くとも明治45年7月以前に描かれたと考えてよい。図面IIIはトラスの各部材の寸法や数値が記入されているため、実施設計の図面であろう。図面IVは図面IIIを基にした応力計算の図面と考えられ、いずれも大正元年8月に描かれている。隅木の振れや平トラスの勾配及び対束・三の束の位置等、現状に最も近い。

図面IIと図面IIIでは陸梁と合掌がアングルからチャンネルへ変更されている。

図面Vは大正元年9月22日に描かれた玄関部分の図面で、同月に事務所は上棟している。玄関の屋根や階段は図面Iに描かれておらず、アーチを始めとする石積の状態が現状に極めて近いため、上棟後もしくはその頃に計画されたものであろう。

平面の寸法は、東西×南北が $54' \times 43.5'$ （図面I）、 $54' \times 42'$ （図面II、7月）、 $54.185' \times 43.5'$ （図面III、8月）へと変化しつつ、9月には事務所が上棟した。図面Iと図面IIを同時期と仮定すると、計画から上棟まで長くとも約3ヶ月ということになる。その間に敷衍間の寸法も変更されている。積算から切出し・運搬・加工・施行を経るであろうから、図面Iの作図時期は更に遅ると思われる。このことは更に、外壁の詳細設計・施工と小屋組の設計とが別々に行われたことを示唆している。石の切出しが地元の石工の手で1才(切、サイ、1立方尺)を単位としていたことにより、フィートを尺に読み替えた可能性はある。

以上述べたように、図面Iは早い時期に描かれた基本計画図で、この図面に基づき石材の切出しが行われ、図面IIは図面Iに対応する小屋組の図面であるが、実際とはかなり相違する。図面IIIは図面IIを基にした実施設計段階の小屋組の図面で、各部材の寸法や数量の表も添えられ、特に平トラスの図は現状に極めて近い。図面IVは図面IIIを基にした応力計算の図面である。図面Vは石造の壁が構築された後に付加された切妻屋根の玄関の図面である。

6. 復原

天井はすべて変更されているが、現天井上部に垂壁と当初の天井の一部が残る（写真-9）。現天井上部の

壇面には痕跡が残る。設計図及び痕跡より平面の復原を行う（図-11）。

西北隅の部屋に南面の壁通りに独立した鉄製円柱が立ち、その通りに設けられた垂壁を支持している。その鉄柱から北にも垂壁がある。これらの垂壁は当初の天井から約53cm下がっており、その下面には壁の痕跡等はない。従って、図面Iの「支配人室」のように間仕切りされた独立した部屋はなくなる。また、東半部と西南隅の部屋との境で、片開き扉の南に壁の痕跡が残り、風除室を形成していたと思われる。従って、図面Iの「應接室」はその場所には設けられないであろう。つまり、東半部の部屋は当初、風除室が設けられ、それを除くと平面的には一室であるが、空間的には垂壁により北側に二室がある三室構成であったと考えられる。

北側二室の西の部屋を図面Iでは「支配人室」とするが、当事務所の平面構成から最も格が高いのは北西隅の部屋であろう。また、図面Iに風除室を設けると「應接室」は設けにくい。後述する炭坑事務所では支配人室と應接室は必ず間仕切りで区画されている。また、應接室を玄関近くに設けることが多い。そして会議室を設けているのではない。従って、北西隅を支配人室と考えるのが妥当であり、玄関近くで間仕切りされた部屋は「會議室」しかなく、會議室は機能上応接室と兼用することが可能なので、「會議室」兼「應接室」になろう。そして、図面Iの「側量室」と「支配人室」とが入れ替わるであろう。

窓は現在引違い窓であるが、窓枠を含め後補である。図面Iに描かれたように当初は上下式であったと推測される。現在正面中央の扉は両開きであるが、図面Iは両開き、図面Vは引違いである。図面Vの性質から当初は引違いであったと思われる。

7. 特徴

炭坑の事務所は殆ど残存していない⁹⁾。松浦炭坑事



写真-9 旧天井・垂壁

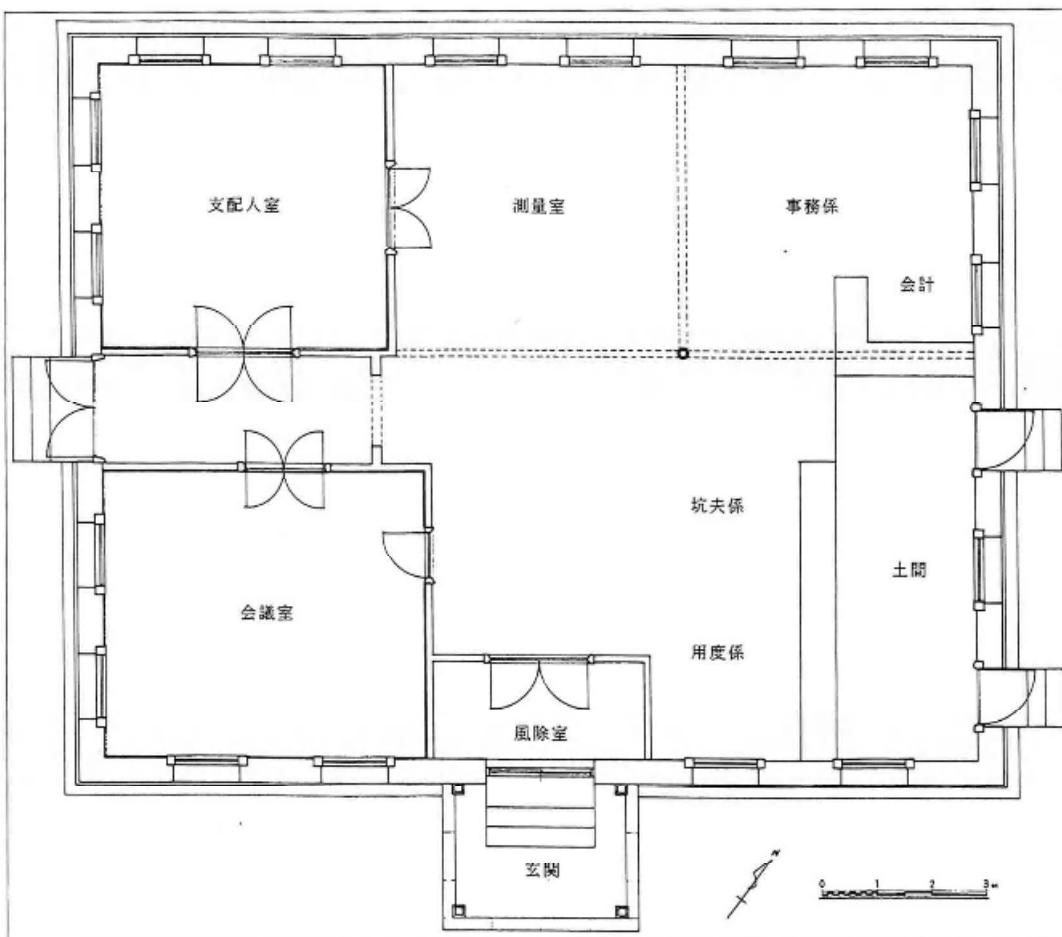


図-11 復原平面図

務所と建設年代が近い事務所の平面に関しては『筑豊石炭礦業組合月報』¹⁰⁾で若干解る。それらの平面と復原した松浦炭坑事務所とを比較しながら特徴を考察していく。

「豊國炭礦事務所」(図-12)は明治38年5月起工、同年10月落成した。平面図に記入された部屋の面積を合計すると104.5坪となる。東西棟の中央に玄関を設け、東端部から北に、西部から南北に部屋を伸ばす。増築箇所があるため建設当初の平面は判然としないが、中廊下を通し、17坪や22.7坪の大部屋を設ける。「坑内係室」「警務係室」「製圖室」「現金支拂室」は部署毎に部屋を設けている。しかし、17坪には「庶務會計出納各係室」と書き入れられ、一室を3係で使用しており、各係の区画は弱いであろう。比較的小さな部屋として「應接室」(4.5坪)・「坑長室」(5.5坪)がある。

「忠限炭坑事務所」(図-13)は明治38年の建設で、

「木造平家ペンキ塗西洋造瓦葺」、建坪は179.5坪である。東西棟と南北棟で形成されたL字形平面で、東西棟には「土木係」や「開坑係」等を、南北棟には「購買係」や「倉庫係」を配置する。平面図が線書であるため詳細は不明であるが、「支配人室」「應接室」「計算係出納係」は線で囲み、小部屋として独立していたと推測される。東西棟の西端部から廊下を南に、そして矩折りに東に通し、中庭が形成される。その廊下の西に「食堂」等、南に「製圖室」を設ける。

「金田炭坑事務所」(図-14)は明治40年の新築で、「ペンキ」塗西洋造、瓦葺で、建坪は144.75坪である。中廊下を通し、「會計」「庶務」「測量」等、部署毎に部屋を設ける。「測量」と「會計」が他に較べ部屋が広い。比較的小さな部屋は「應接」「所長」「技師」であり、「所長」の2方向に「中庭」を設ける。

「下山田採炭場事務所」(図-15)は明治40年の建設で、「木造洋館」、「平家建、屋根方形造り」、檜瓦葺で

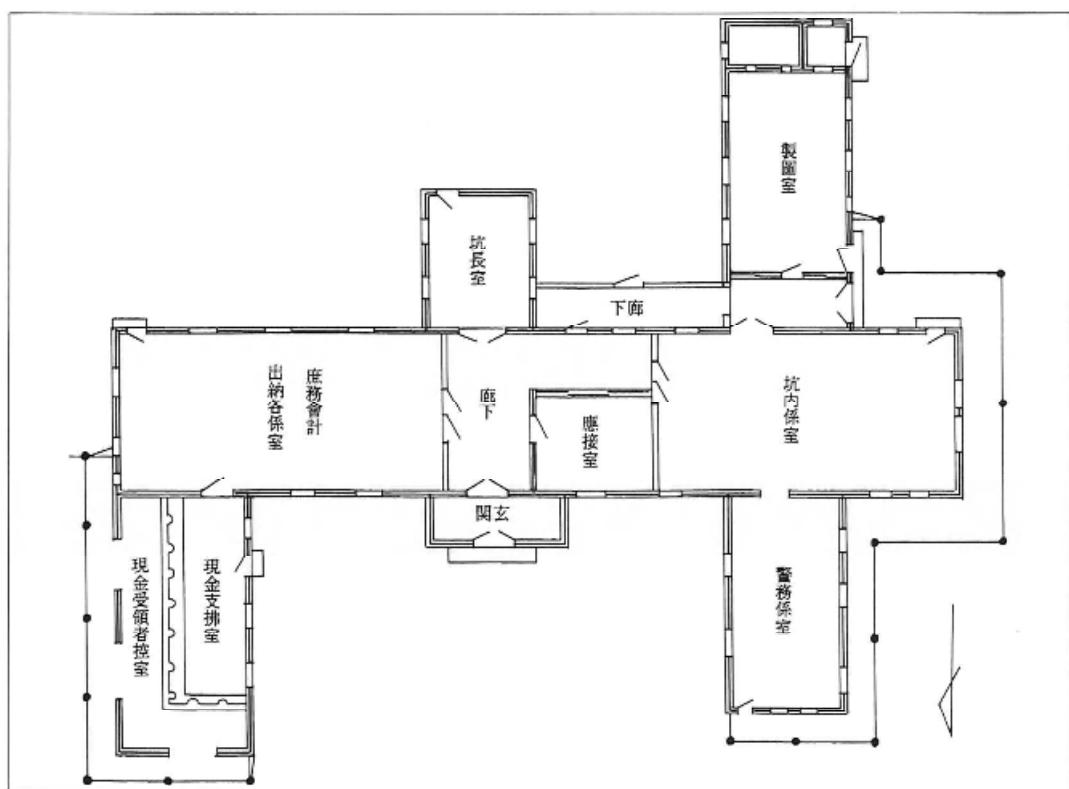


図-12 豊國炭礦事務所（注10）より

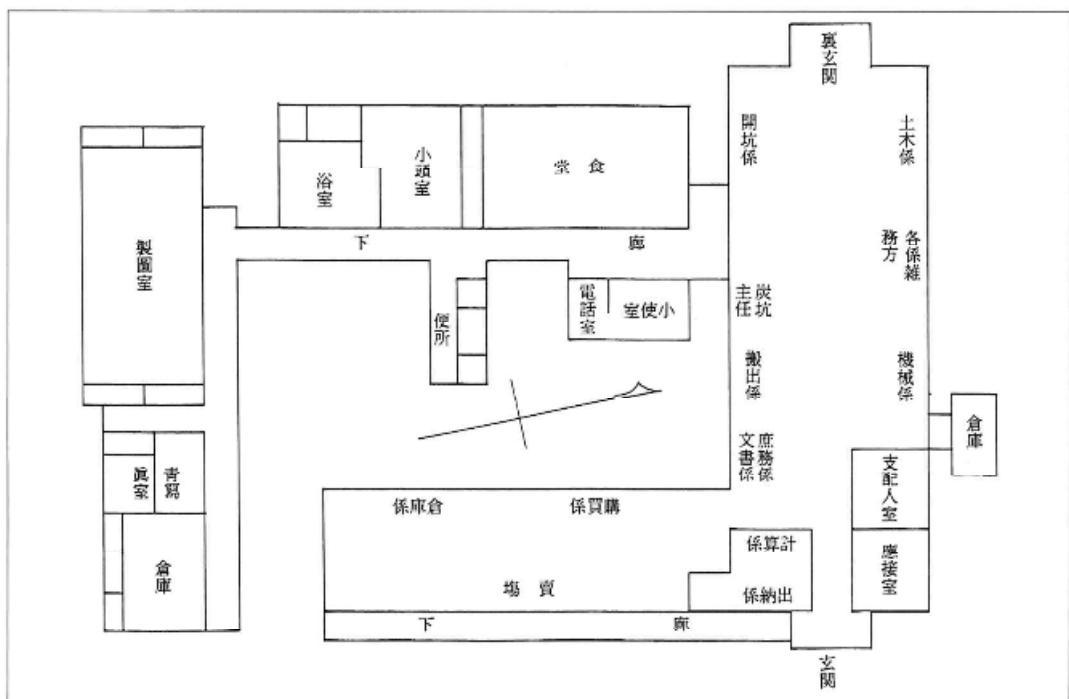


図-13 忠隈炭坑事務所（注10）より

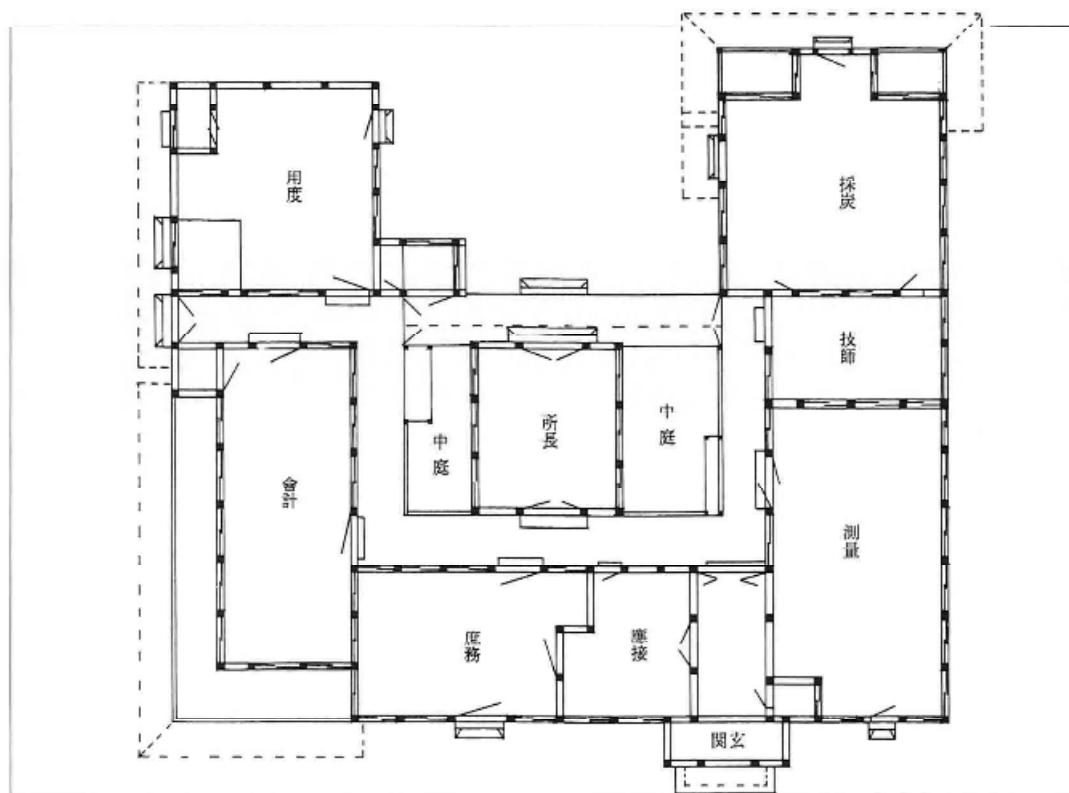


図-14 金田炭坑事務所（注10）より

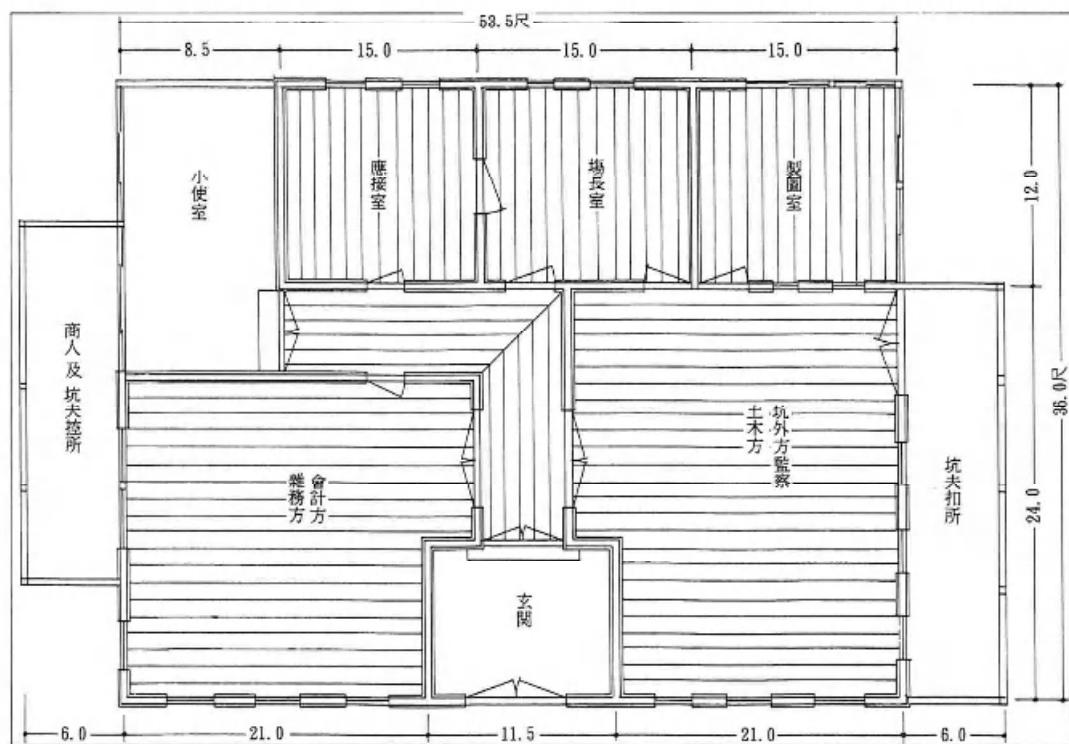


図-15 下山田探炭場事務所（注10）より

ある。桁行53.5尺・梁間36尺の長方形の両端に桁行6尺で梁間21尺と24尺の「下家」が取り付く。建坪は61.02坪で、松浦炭坑事務所より小さい。「玄関」の両側に大部屋、それらの奥に小部屋を配置し、中廊下を通すいずれも間仕切りで区画される。玄関左の部屋は「會計方雜務方」で、右は「坑外方監察土木方」と記され、幾つかの部署で一室を使用している。「應接室」「場長室」「製圖室」を小部屋として独立させ、「製圖室」は他の事務所に比べて小さい。

以上述べたように豈国炭坑には記載がないが、他の3棟は洋風であったことが知れる。各炭坑で部署の名称には多少の相違はあるが、「會計」(忠限では「計算係出納係」)、「庶務」(下山田では「雜務」か)、「製圖室」(金田では「測量」か)を設けることは共通する。また、所長室・應接室を独立した個室として確立することと一致する。

さて、以上4棟の事務所が建設された時点での各炭坑の鉱業代理人と出炭量は以下の通りである。

豊國：明治38年 平岡浩太郎 223,031噸

忠限：明治38年 住友吉左衛門 150,062噸

金田：明治40年 毛利元昭 279,721噸

下山田：明治40年 古河鐵業会社 129,135噸

いざれも松浦炭坑より出炭量が多く、忠限・豊國・金田の事務所は100坪を越える。下山田では、規模が松浦より僅かに小さい。これは採炭場事務所であって本部事務所とは異なるからであろう。つまり松浦炭坑事務所は本部事務所として規模が小さいことになる。それは炭坑の規模が小さいからであろう。

松浦炭坑と各事務所の平面を比較すると、松浦が支配人室と會議室のみ区画するのに対し、忠限を除く3棟は玄関から中廊下が伸び、部署毎に部屋を設けている。松浦の場合、規模が小さいため間仕切りで区画しなかったのであろうが、松浦より多少小さい下山田では小部屋をつくる。従って、松浦は設計段階では区画した部屋を設けようと考えていたが(図-6)、部屋が狭くなるために計画変更して大部屋とし、空間的な区画として垂壁を設けたと推測される。

松浦の平面は他と比べ廊下を設けず部屋を区画しないことが特徴と言えよう。

8. まとめ

旧合資会社松浦炭坑事務所は炭坑の事務所として珍しい石造建造物である。世知原町内の佐々川流域には石造アーチ橋が17基存在する。最も古い橋は明治30年であり、大正年間の橋が8基あり、大正13~15年に5

基が架けられている。安山岩系の石材も使用されているが他は全て事務所と同質の砂岩系の石材が使用されている。このように集中しているのは豊富な石材と優秀な石工の存在が前提となる。当建築は外観に当地方に産出する石材をうまく利用しており地方性を有している。当建築は造船業の中心の一つである佐世保に近いために鉄骨トラスという新しい技術を採用している。つまり、構法では石造と鉄骨トラスという地方性と先進性とが同居したものとなっており、その点を特徴として指摘できよう。

炭坑の本部事務所としては当建築は小規模である。その平面は支配人室と會議室の二室を区画し、残りは一室としている。つまり、玄関から伸びる中廊下を設けず、部屋を区画しないことが他の事務所とは異なっている。その点にも特徴を有していると言えよう。

当建築の調査に際しては世知原町教育委員会の松田知章氏にはお世話になり、貴重な設計図や古写真を拝見させていただいた。また、現状平面図は宮本達夫氏、断面図は大木典雄氏が作成したものを使っていた。恩師である鹿児島大学教授土田充義博士には種々の御教示を賜った。ここに記して感謝の意を表する次第である。尚、本稿の作成には文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号09650707、研究代表者川上秀人)の一部を使用した。

注

- 1) 高野江基太郎：『日本炭礦誌』明治41年
- 2) 高野江基太郎：『増訂再版日本炭礦誌』明治44年
- 3) 飯野海運株式会社史編纂室：『飯野60年の歩み』
飯野海運株式会社 昭和34年
- 4) 世知原町郷土誌編纂委員会：『世知原町郷土誌』
世知原町 平成2年
- 5) 前川雅夫：『炭坑誌』長崎県石炭史年表 草書房
平成2年
- 6) 高橋美章：『日本鉱業名鑑』昭和十年改訂 鉱山懇話會 昭和10年
- 7) 商工省鉱山局：『昭和九年本邦鉱業ノ趨勢概要』
昭和10年8月
- 8) 大同通信社：『石炭年鑑 1953年版』大同通信社
昭和28年8月
- 9) 筑豊に残る炭坑事務所として旧三井田川鉱業所・
旧三菱方城炭礦・旧古河合名会社西部鉱業所等8
棟の現存を確認している。
- 10) 筑豊石炭鉱業組合事務所：『筑豊石炭鉱業組合月報』第六十二號・六十三號 明治42年8月・9月

プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展

原田 克身・三井 宣之*

(平成9年9月1日受理)

Fatigue Crack Growth Behaviors at the Toes of Fillet Welded Joints
under Programme Bending Loads

Katsumi HARADA and Yoshiyuki MITSUI

The block load effect of fatigue performance was investigated on non-load-carrying fillet welded joints with load ranges varying from 1 to 3. Fillet welded joints were tested under both alternating and pulsating bending. In this paper, results of the tests are presented and discussed. Some aspects of fatigue performance are shown in relation to the block load effect.

1. 序

本研究は、プログラム荷重の中で最も基本的なブロック荷重下におけるリブT形すみ肉溶接継手（荷重非伝達すみ肉溶接継手）の溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展性状について実験的に調べたものである。

本報では、はじめに疲労強度への影響が大きい溶接止端の形状寸法とそのばらつき性状を調べるとともにそれらに及ぼす溶接条件などの影響について考察した¹⁾。つづいて、リブT形すみ肉溶接継手の4点曲げ（純曲げ）の片振り^{2), 3)}および両振り⁴⁾定荷重疲労試験を実施し、溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼすブロック荷重による影響を調べた。

つぎに、ブロック内応力全振幅 (S_1, S_2, S_3) を等価応力全振幅 $\Delta \sigma_{\text{eq}}$ に換算して、疲労き裂発生寿命 N_f や疲労破壊寿命 N_f ならびに累積被害値 D について検討した。

2. 試験概要

2. 1 試験体

試験体の形状寸法等は図1に示す。主板はSM400A鋼板で、機械的性質と化学成分は、それぞれ、表1と表2に示す。また、リブ板は寸法12×32mmのミガキ帶鋼を使用した。

試験体の種類は表5に示す。先頭の1B, 2B, 3Bは定

荷重、2段ブロック荷重、3段ブロック荷重を、つぎの、G, Sは同段ブロック荷重のブロックの大、小を、末尾の0, 1は応力比($R=0$), ($R=-1$)で試験した試験体を示す。

2. 2 溶接条件

試験体を切り出す前の溶接板の溶接長は、500×500mmとし、合計5枚の溶接原板を製作し、各原板より4体づつ計20体の試験体(Aタイプ)を切り出した。同様の方法で別に20体の試験体(Bタイプ)も製作して合計40体とした。

すみ肉の脚長はすべて10mm目標値とし、層数は2、層盛順序は図2に示す。

溶接方法は炭酸ガス半自動アーク溶接とした(既報⁵⁾の実験では、被覆アーク溶接)。溶接条件はまとめて表3に示す。

主板は溶接ひずみを防ぐため定盤上に固定したが、逆ひずみは加えてない。

2. 3 溶接止端形状の測定

疲労き裂の発生箇所である各試験体の溶接止端部の形状は、シリコンゴム(S社製、二液型室内硬化型ゴム)を用いて型取りした。製作した型取りは、溶接長さに沿って、約2mm間隔にスライスし、すみ肉の脚長と溶接止端部の形状寸法(フランク角 θ 、切欠半径 r_1 、図3)を万能投影器で20倍に拡大し測定した。

*熊本大学工学部

2. 4リブT形すみ肉溶接継手の曲げ疲労試験

載荷は既報³⁾の曲げ疲労試験に使用した加力装置を用い、±10tonの電気油圧式サーボ疲労試験機により、4点曲げ片振り、両振りの定荷重制御とした。

応力比Rは片振(R=0)および両振(R=-1)とし、応力条件は表5に示す。

負荷波形はsin波、載荷速度は3~10Hzとし、負荷応力の大きさに応じて適宜変更した。

プログラム波発生には、S社製、プログラムファンクションジェネレータ(4048A)を使用した。

荷重プログラムは図4に示す片振(R=0)および両振(R=-1)の一定荷重、2段ブロック荷重、3段ブロック荷重の6種類とした。

片振試験の場合、ブロックの大きさn₀は、2段ブロック荷重では 1×10^3 回と 1×10^4 回の2種類とし、3段ブロック荷重では 1.5×10^3 回と 1.5×10^4 回の2種類とした。

両振試験の場合、ブロックの大きさn₀は、2段ブロック荷重では 1×10^3 回、3段ブロック荷重では 1.5×10^3 回とした。

各荷重レベルの繰返し回数(n₁, n₂, n₃)は、同じとした。載荷は、すべて小さい方の荷重からスタートした。

疲労き裂の発見およびき裂進展長さの測定は溶接止端部に赤色の浸透液を塗布し、き裂開閉時に生じる泡の発生を拡大鏡で観察することにより行った。

3. 試験結果と考察

3. 1 溶接止端形状の統計解析

疲労強度への影響が大きい溶接止端の形状寸法とそのばらつき性状を調べるとともにそれらに及ぼす溶接条件などの影響について考察した。

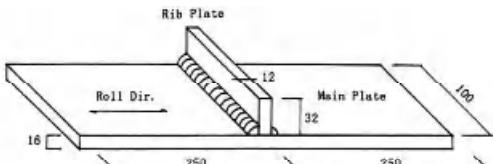
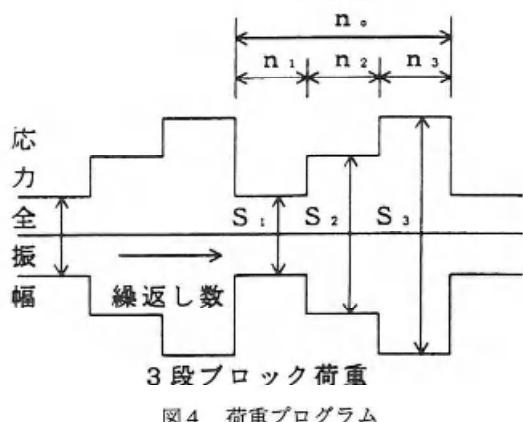


図1 試験体の形状・寸法

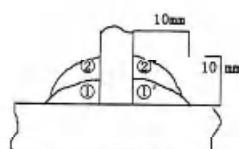


図2 層盛順序

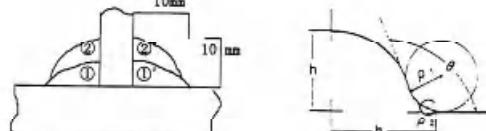


図3 止端形状

表1 素材の機械的性質

Specimen SM400A	Yield Strength (kgf/mm ²)	Ultimate Strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)
A-Type	28.27	45.73	33.30
B-Type	28.00	44.00	31.00

表2 素材の化学成分 (%)

SM400A	C	Si	Mn	P	S
A-Type	0.16	0.18	0.61	0.014	0.012
B-type	0.16	0.18	0.81	0.013	0.013

注) ミルトより抜粹

表3 溶接条件

A-Type	
Welding Method	CO ₂ -Arc Welding
Welding Rod	YM-26 φ1.2
Welding Position	Flat
Welding Current	270~300(A)
Arc Voltage	37~38(V)
Heat Input	10.87~25.74(kJ/cm)
Inter Pass Temp.	100(°C)
Welder	JIS Z3841 SA-2F SN-2F

B-Type	
Welding Method	CO ₂ -Arc Welding
Welding Rod	YM-26 φ1.6
Welding Position	Flat
Welding Current	270~300(A)
Arc Voltage	38~40(V)
Heat Input	10.86~21.17(kJ/cm)
Inter Pass Temp.	100(°C)
Welder	JIS Z3841 SA-2F SN-2F

溶接部形状の測定値を統計量として、確率紙にプロットすると、既往の結果⁶⁾と同様に、すみ肉脚長(h)と溶接止端のフランク角(θ)は正規分布、溶接止端の切欠き半径(図3のρ₁のみ採用)は対数正規分布することがわかった。

次に、曲げ応力を受ける場合の溶接止端の応力集中係数(K_t)は西田⁷⁾がノッチ付帯板について光弾性実験より導いた下式に各試験体の測定値を代入して求めた。

$$K_t = 1 + \frac{\left(1 - e^{-0.9\sqrt{(T+h)h}(\pi-\theta)}\right)}{\left(1 - e^{-0.9\sqrt{(T+h)h}(\pi/2)}\right)} \times C \quad (1)$$

ただし $C = [0.19(\rho_1/T)^{-0.69} \cdot \tanh(L/T) + 3\rho_1/T \cdot \coth(1+3\rho_1/T) \cdot \tanh(100h/T)]$

ここに T:板厚 L:リブ板厚

K_tの統計的性質に関して、K_t-1については対数正規分布することが知られている⁶⁾。各タイプについて、ρ₁、θ、hとK_t-1の分布形、平均値、標準偏差をまとめて表4に示す。また、同表中には既報の結果⁵⁾(被覆アーク溶接の場合)も併せて示す。被覆アーク溶接の場合、ρ₁については、板厚(T)が小さくなると、増大する傾向がみられる。T=12mmの場合、溶接前に切削したもののρ₁値が溶接後切削したものより若干大きくなつた。K_tについては、Tが大きくなる程増大する傾向がある。T=25mm、12mmの場合、ともに溶接後切削したもののK_t値が溶接前切削したものより大きくなつた。溶接方法の違いの影響については、本報の炭酸ガスアーク溶接の場合、フランク角θと切欠き半径ρ₁については、被覆アーク溶接より切欠き半径ρ₁は小さくなり、フランク角θはやや大きくなり、K_t値については、前者より大きくなる傾向がみられた。

ただし、K_tは既往の研究結果^{5), 8), 9)}に対応した値になっている。

3. 2 溶接止端形状と応力集中係数に及ぼす溶接条件の影響

図5は溶接止端形状ならびに応力集中係数と溶接入熱量の関係を示す。入熱量Qは、溶接盛①と①'の入熱量の平均値をとっている。同図中には、既報の結果も合わせて示す。

図より、既報の結果と比べると、入熱量の増加により切欠き半径ρ₁は小さくなり、一方、フランク角θは大きくなり逆の傾向がみられる。実験数が少ないので正確なことは判らないが、炭酸ガス半自動アーク溶接の場合、被覆アーク溶接の場合に比べて溶接止端形状に与える溶接入熱量の影響がかなりこくなることが判る。

3. 3 曲げ疲労き裂の進展性状

試験体にはすべて主板の中央附近の溶接止端に微細な表面き裂が複数個生じ、互いに合体しながら進展した。

き裂は板厚方向にも進展し板厚の約60%に達すると急激に進展し破壊に至った。

1) 表面のき裂長さ進展性状

図6は△σ_{0.01}値がほぼ同程度の試験体の溶接止端における表面き裂長さの進展性状を示す。図の縦軸は、試験体表面におけるき裂長さの総計bを試験体の幅Wで除しており無次元化し、横軸はN/N₁(NとN₁はそれぞれ繰返し回数と最終繰返し回数)としている。

図より、両振りの場合、片端に比べてき裂の進展速度がきわめて速いことが判る。また、ブロック数の変化に関しては、定応力、2段、3段の昇順でき裂進展速度が速いことが判る。

表4 応力集中係数の統計解析結果

Welding Method	Specimen	Parameter and Distribution								Ref.	
		ρ ₁ (mm)		θ (degree)		h (mm)		K _t -1			
		Log-Normal		Normal		Normal		Log-Normal			
		Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.		
Covered Arc	N38-Type	0.42	0.55	108.4	7.56	10.55	0.47	1.84	—	5)	
	A25-Type	0.38	0.59	108.9	7.58	10.65	0.51	1.99	—		
	B25-Type	0.39	0.64	115.9	6.14	10.45	0.41	1.89	—		
	A12-Type	0.44	0.59	111.0	7.14	10.48	0.39	1.71	—		
	B12-Type	0.55	0.70	112.9	6.86	10.64	0.52	1.46	—		
	B12'-Type	0.75	0.59	111.3	6.49	11.67	0.73	1.16	—		
CO ₂ Arc	A-Type	0.29	0.67	118.8	12.6	11.52	0.89	2.24	—		
	B-Type	0.29	0.51	120.5	8.15	12.19	0.30	2.43	—		

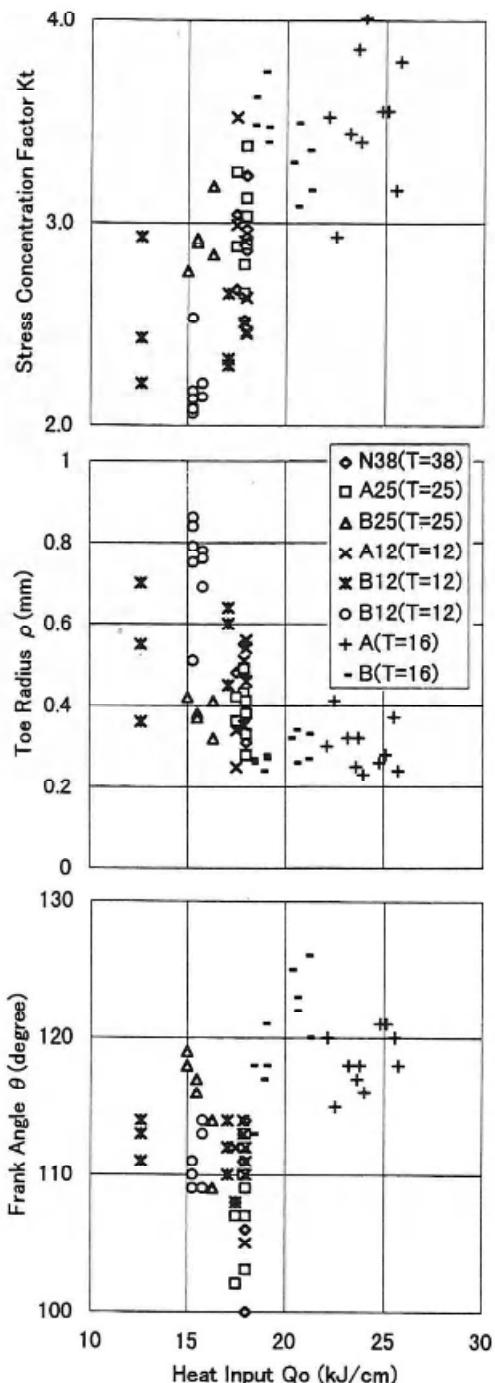


図5 溶接止端形状ならびに応力集中係数と入熱量の関係

2) 板厚方向のき裂深さ進展性状

図7は板厚方向のき裂進展性状を示す。

縦軸は両側面における板厚方向へのき裂深さ a を板厚 T で除しており、また横軸は N/N_f としている。

図より、両振りの場合、片振りに比べて表面き裂長さの進展性状と異なり、き裂進展が遅いことが判る。ブロック数の変化に関しては、大きな差異は認められない。

3. 4 疲労き裂発生寿命 N_c と破壊寿命 N_f

試験結果は応力条件とともに表5に示す。同表中の N_c はき裂発見時までの繰返し回数（き裂長さ l は各試験体で異なる）を示す。 N_f は破壊寿命を示す。

$\Delta \sigma_{eq}$ は直線被害則 (Palmgren-Miner則)¹⁰⁾ を適用し求めた等価応力全振幅を示す。また、Dは破壊までの累積被害値を示す。

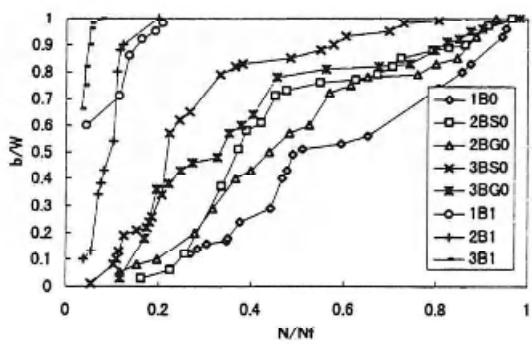


図6 表面のき裂長さ進展性状

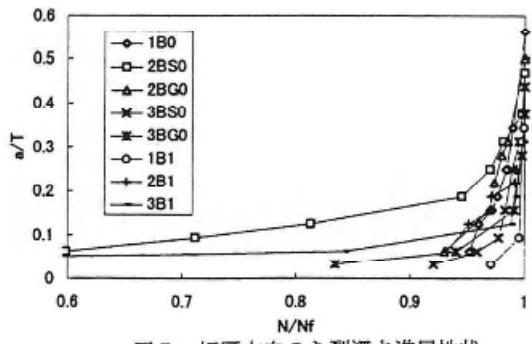


図7 板厚方向のき裂深さ進展性状

表5 応力条件と実験結果

Speci. Name No.	Stress Condition						TestResults			
	n_u $\times 10^3$	S_1	S_2	S_3	$\Delta\sigma_{eq}$	R	N_c $\times 10^4$	L_c	N_r $\times 10^4$	D
1BO (A1)	E	—	30.5	—	—	30.5 0	5.92	12	—	—
	W	—	30.5	—	—	30.5 0	5.18	4	22.1	—
1BO (A2)	E	—	25.8	—	—	25.8 0	7.72	1	32.6	—
	W	—	25.8	—	—	25.8 0	7.72	5	—	—
1BO (A3)	E	—	35.2	—	—	35.2 0	2.52	25	9.70	—
	W	—	35.2	—	—	35.2 0	2.52	3	—	—
1BO (A4)	E	—	30.5	—	—	30.5 0	2.30	2	21.5	—
	W	—	30.5	—	—	30.5 0	4.43	8	—	—
1BO (B1)	E	—	35.2	—	—	35.2 0	2.83	4	—	—
	W	—	35.2	—	—	35.2 0	1.47	1	13.1	—
1BO (B2)	E	—	30.5	—	—	30.5 0	0.34	1	—	—
	W	—	30.5	—	—	30.5 0	6.36	2	33.6	—
1BO (B3)	E	—	25.8	—	—	25.8 0	13.4	5	—	—
	W	—	25.8	—	—	25.8 0	12.3	4	70.4	—
1B1 (B11)	E	—	35.2	—	—	35.2 -1	0.25	84	4.97	—
	W	—	35.2	—	—	35.2 -1	0.20	25	—	—
1B1 (B12)	E	—	30.5	—	—	30.5 -1	0.41	60	—	—
	W	—	30.5	—	—	30.5 -1	0.32	41	9.42	—
2BSO (A5)	E	1	25.8	35.2	—	32.0 0	2.99	3	—	1.16
	W	1	25.8	35.2	—	32.0 0	3.28	3	20.2	—
2BSO (A6)	E	1	30.5	35.2	—	33.2 0	3.12	9	—	1.03
	W	1	30.5	35.2	—	33.2 0	2.43	1	14.6	—
2BSO (A7)	E	1	25.8	30.5	—	28.6 0	3.20	8	—	0.64
	W	1	25.8	30.5	—	28.6 0	3.20	2	21.5	—
2BSO (A8)	E	1	16.4	35.2	—	31.2 0	2.39	33	18.9	0.94
	W	1	16.4	35.2	—	31.2 0	2.80	2	—	—
2BSO (A9)	E	1	16.4	30.5	—	27.1 0	4.22	2	—	0.73
	W	1	16.4	30.5	—	27.1 0	2.34	7	33.1	—
2BGO (A10)	E	10	25.8	35.2	—	32.0 0	1.67	18	14.6	0.84
	W	10	25.8	35.2	—	32.0 0	1.67	2	—	—
2BGO (A11)	E	10	30.5	35.2	—	33.3 0	1.64	14	14.6	1.03
	W	10	30.5	35.2	—	33.3 0	2.59	12	—	—
2BGO (A12)	E	10	25.8	30.5	—	28.6 0	2.76	4	23.7	0.71
	W	10	25.8	30.5	—	28.6 0	2.76	5	—	—

 n_u : ブロックの大きさ (cycle) S_1, S_2, S_3 : 1 ブロック内の応力全振幅 (kgf/mm^2)R: 応力比 (P_{min}/P_{max}) L_c : N_c 時のき裂長さ (mm) $\Delta\sigma_{eq}$: 等価応力全振幅 (kgf/mm^2) N_c : き裂発見時までの繰返し数 (cycle)

Speci. Name No.	Stress Condition						TestResults			
	n_o $\times 10^3$	S_1	S_2	S_3	$\Delta\sigma_{eq}$	R	N_c $\times 10^4$	L_c	N_r $\times 10^4$	D
2BGO (A13)	E	10	16.4	35.2	—	31.2 0	2.59	9	—	0.93
	W	10	16.4	35.2	—	31.2 0	1.64	4	18.7	—
2BGO (A14)	E	10	16.4	30.5	—	27.1 0	2.73	1	37.3	0.83
	W	10	16.4	30.5	—	27.1 0	1.93	10	—	—
3BSO (A17)	E	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5 0	1.37	3	15.9	0.84
	W	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5 0	3.16	10	—	—
3BSO (A18)	E	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7 0	5.23	2	34.8	0.71
	W	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7 0	7.05	8	—	—
3BSO (B6)	E	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5 0	1.50	1	—	1.45
	W	1.5	25.8	30.5	35.2	31.5 0	1.63	2	27.6	—
3BSO (B7)	E	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7 0	4.96	2	—	1.26
	W	1.5	16.4	25.8	30.5	26.7 0	2.90	3	62.1	—
3BGO (A15)	E	15	16.4	25.8	30.5	26.7 0	5.29	12	40.6	0.83
	W	15	16.4	25.8	30.5	26.7 0	4.00	2	—	—
3BGO (A16)	E	15	25.8	30.5	35.2	31.5 0	2.50	4	—	1.04
	W	15	25.8	30.5	35.2	31.5 0	3.81	6	19.8	—
3BGO (B4)	E	15	25.8	30.5	35.2	31.5 0	4.15	7	—	1.43
	W	15	25.8	30.5	35.2	31.5 0	4.15	1	27.2	—
3BGO (B5)	E	15	16.4	25.8	30.5	26.7 0	6.70	5	—	1.17
	W	15	16.4	25.8	30.5	26.7 0	6.70	3	57.3	—
2B1 (B13)	E	1	30.5	35.2	—	33.0 -1	0.65	83	5.97	0.92
	W	1	30.5	35.2	—	33.0 -1	0.65	90	—	—
2B1 (B14)	E	1	30.5	35.2	—	33.0 -1	0.58	36	5.86	0.90
	W	1	30.5	35.2	—	33.0 -1	0.58	48	—	—
2B1 (B15)	E	1	25.8	30.5	—	28.3 -1	0.40	3	—	0.72
	W	1	25.8	30.5	—	28.3 -1	0.47	31	9.16	—
2B1 (B16)	E	1	25.8	30.5	—	28.3 -1	0.50	3	9.65	0.77
	W	1	25.8	30.5	—	28.3 -1	0.38	10	—	—
3B1 (B17)	E	1.5	25.8	30.5	35.2	33.0 -1	0.35	53	6.59	0.80
	W	1.5	25.8	30.5	35.2	33.0 -1	0.35	68	—	—
3B1 (B18)	E	1.5	25.8	30.5	35.2	33.0 -1	0.45	64	—	0.88
	W	1.5	25.8	30.5	35.2	33.0 -1	0.45	82	7.39	—
3B1 (B19)	E	1.5	16.2	25.8	30.5	26.1 -1	0.47	53	—	0.79
	W	1.5	16.2	25.8	30.5	26.1 -1	0.47	66	14.6	—
3B1 (B20)	E	1.5	16.2	25.8	30.5	26.1 -1	0.42	64	—	0.75
	W	1.5	16.2	25.8	30.5	26.1 -1	0.42	15	13.6	—

D:マイナー則により評価した累積被害値

 N_r : 破壊までの繰返し数 (cycle)

1) 等価応力全振幅 $\Delta \sigma_{eq}$ による評価

定応力振幅疲労曲線が次式で表されるとする。
 $N = C \cdot (\Delta \sigma_{eq})^m$ ($m > 0$)

本実験結果（破壊寿命 N_f ）を適用し、Cとmを求めると以下のようになる。

$R=0$ では $C=7.54 \times 10^{13}$ $m=5.737$

$R=-1$ では $C=3.92 \times 10^{13}$ $m=4.461$

次に、Palmgren-Miner則を適用すると次式を得る。

$$Z \cdot \sum_{i=1}^k \left(n_i / N_i \right) = 1 \quad (3)$$

ここに Z : ブロック数 k : 段数

n_i : 1ブロック内の各応力の繰返し数

N_i : 各応力が作用した時の破壊寿命

式(3)より

$$Z = 1 / \sum_{i=1}^k \left(n_i / N_i \right) \quad (4)$$

破壊までの推定繰返し数を N' とすると次式を得る。

$$N' = Z \cdot n_0 \quad (5)$$

ここに n_0 : ブロックの大きさ

(4), (5)式より

$$N' = n_0 / \sum_{i=1}^k \left(n_i / N_i \right) \quad (6)$$

(2)と(6)を等値し、 $\Delta \sigma_{eq} - \Delta \sigma_{eq}$ とすると

$$\Delta \sigma_{eq} = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^k \left(f_i \cdot \Delta \sigma_i^{eq} \right)^m} \quad (7)$$

ここに $f_i = n_i / n_0$

σ_i : ブロック内の応力全振幅 (S_1, S_2, S_3)

図8と図9は、それぞれ疲労き裂発生寿命 N_c と破壊寿命 N_f を等価応力全振幅 $\Delta \sigma_{eq}$ に対して示す。

図より以下のことがわかる。

(a) 片振り疲労き裂発生寿命 N_c については定応力試験のまわりにやや低く分布する。

(b) 片振り疲労破壊寿命 N_f については定応力試験のまわりに分布する。

(c) N_c, N_f ともに両振り試験結果が低寿命側になる。溶接継手では、両振りの場合が片振りに比べて一般に高寿命側になるが、今回の結果が逆になった。

(d) N_c, N_f ともにブロック数の変化に関しては大きな差異は認められず、定応力試験結果と対応する。

2) 累積被害値D

Palmgren-Miner則を適用すると累積被害値Dは、以下のように表される。

$$D = Z \cdot \sum_{i=1}^k \left(n_i / N_i \right) \quad (8)$$

N_i に対するD値の算定結果を表5に示す。

また、図10は横軸に $\Delta \sigma_{eq}$ をとりD値をプロットしたものである。

D値は1を中心とした0.64から1.45の値までバラツイている。

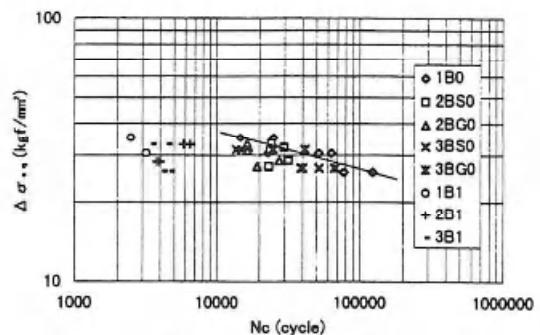


図8 $\Delta \sigma_{eq}$ - N_c 関係

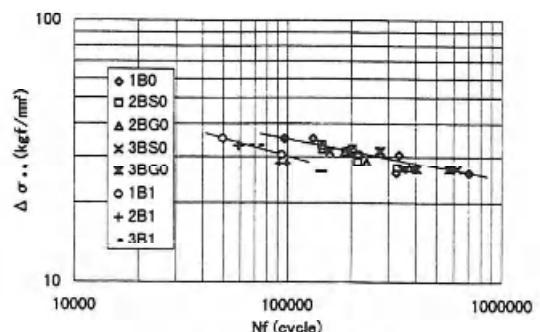


図9 $\Delta \sigma_{eq}$ - N_f 関係

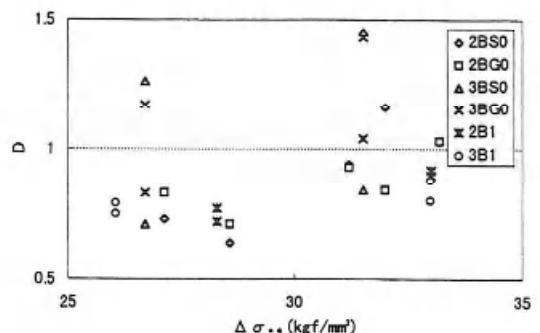


図10 D- $\Delta \sigma_{eq}$ 関係

4. 結論

リブT形すみ肉溶接継手について、溶接止端形状の測定と片振りならびに両振り定応力、2段および3段プロック荷重曲げ疲労試験を行い、疲労き裂の発生・進展性状について検討した。

次に、プロック内応力全振幅 (S_1, S_2, S_3) を等価応力全振幅 $\Delta \sigma_{eq}$ に換算して、疲労き裂発生寿命 N_e や疲労破壊寿命 N_f ならびに累積被害値 D について検討した。

得られた結果を以下に示す。

- 1) 溶接止端形状は被覆アーク溶接の場合に比べて切欠半径 r_0 が小さく、フランク角 θ が大きくなり、応力集中係数 K_f は大きくなつた。
- 2) 表面き裂の進展性状については、両振りの場合が片振りに比べて進展速度が速い。プロック数に関しては、定応力、2段、3段の昇順で進展速度が速い。
- 3) 板厚方向き裂の進展性状については、長さ方向と同様に両振りの場合が片振りに比べて進展速度が速い。プロック数に関しては、段数に関係なく同程度である。
- 4) 片振り疲労き裂発生寿命 N_e については定応力試験のまわりにやや低く分布する。
- 5) 片振り疲労破壊寿命 N_f については定応力試験のまわりに分布する。
- 6) N_e, N_f とともに両振り試験結果が低寿命側になる。溶接継手では、両振りの場合が片振りに比べて一般に高寿命側になるが、今回の結果が逆になつた。
- 7) N_e, N_f とともにプロック数の変化に関しては大きな差異は認められず、定応力試験結果と対応する。
- 8) 等価応力全振幅 $\Delta \sigma_{eq}$ を用いて結果を整理すると N_f に対する累積被害値 D は1を中心に0.64から1.45までバラツイている。

謝辞

本研究に協力頂いた熊本大学技官 中嶋健一氏、甲斐定夫氏へ感謝の意を表します。

本研究は文部省科学研究補助費（一般研究C、平成2、3年度）の一部により行ったものである。

参考文献

- 1) 三井宜之、畠中孝吉、宮崎泰治：プログラム荷重

下におけるすみ肉溶接継手の疲労き裂の発生・進展(1), 日本建築学会九州支部研究報告, 第31号, pp. 225-228, 1989.3

- 2) 三井宜之、畠中孝吉、宮崎泰治：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の疲労き裂の発生・進展(2), 日本建築学会九州支部研究報告, 第31号, pp. 229-232, 1989.3
- 3) 三井宜之、宮崎泰治：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の疲労き裂の発生・進展(その3.3段プロック荷重曲げ疲労試験), 日本建築学会中国・九州支部研究報告, 第8号, pp. 173-176, 1990.3
- 4) 三井宜之、江良弘樹：プログラム荷重下におけるすみ肉溶接継手の疲労き裂の発生・進展(その4.両振りプロック荷重曲げ疲労試験), 日本建築学会九州支部研究報告, 第33号, pp. 309-312, 1992.3
- 5) 原田克身、三井宜之：すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労挙動－荷重非伝達すみ肉溶接継手の曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼす板厚および残留応力の影響(第1報)－, 日本建築学会構造系論文集, 第488号, pp. 145-152, 1996.10
- 6) 二瓶正俊、佐々木悦男、金尾正雄、稻垣道夫：被覆アーク溶接継手の疲れ強さに及ぼす溶接止端形状および溶接条件の影響についての統計的解析, 日本造船学会論文集, 第146号, pp. 393-406, 1979
- 7) 西田正孝：応力集中, 泰北出版, 1967
- 8) 三井宜之、黒羽啓明、原田克身、許斐光生：すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展挙動－鋼すみ肉溶接継手の曲げ疲労に関する研究(第1報)－, 溶接学会誌, 第52巻3号, pp. 58-65, 1983.3
- 9) 三井宜之、黒羽啓明、原田克身、許斐光生：すみ肉溶接継手の曲げ疲労寿命の推定と鋼管構造溶接継手の疲労解析への適応－鋼すみ肉溶接継手の曲げ疲労に関する研究(第2報)－, 溶接学会論文集, 第1巻1号, pp. 70-78, 1983.5
- 10) Miner, M. A.: Cumulative damage in fatigue, J. Applied Mechanics, Trans. ASME, 12-3, 1945

孤立水面波安定性の数値的研究 ——第3報 孤立波極限波形のより精密な決定——

山 下 巖・木 村 剛 三*

(平成9年9月22日受理)

On a Numerical Study of the Solitary Wave on the Water Surface
Part III More Precise Determination of the Solitary Wave's Extreme Height

Iwao YAMASHITA and Gozo KIMURA

Since Scott Russell reported in 1844 that a solitary wave rouse in the uniform rectangular canal, many studies have examined the problem of solitary wave, and they have made the beginning of studies for soliton. In 1968, one of writers reported computational results for the extreme height of solitary wave and wave profile. However, as the computer capacity at the time was smaller than recently one, he could not find computational results with a high accuracy.

In the paper, we have studied by means of the latest newly computer with a high capacity, and some improvements of the computational method.

At last we determined the extreme height of solitary wave, that is $A/H = 0.825937$.

§1 まえがき

深さ、断面（長方形）一定の水路を山が一つだけの孤立波がその形を変えずに行進することは早くから知られ、これに関して多くの研究がなされて来た。この研究はその孤立波の安定性をマーカー・セル法等により調べるのが完璧の目的であるが、そのためには波形や速度の場を正確に知らねばならない。そのための研究として、文献5),

表1 歴代研究者によって得られた最高波の波高

Author	maximum amplitude h_0
Russel(experimental, 1845)	1
Boussinesq(see Keulegan & Patterson, 1872)	0.73
Rayleigh(1876)	1
MecCowan(1891)	0.82
MecCowan(1894)	0.78
Laitone(1960)	8/11
Lenau(1966)	0.83
Yamada, Kimura & Okabe(1968)	0.8262
Byatt-Smith(1970)	0.83
Strelkoff(1970)	0.85
Fenton(1972)	0.85
Longuet-Higgins & Fenton (1974)	0.827
Williams(1981)	0.833197
Witting(1981)	0.8332
Hunter & Vanden-Broeck (1983)	0.83322

*有明工業高等学校専門学校 名誉教授

6), 7)にあげており、文献5)では、極限波形の決定、文献6)では孤立水面波内部の流れの場の決定、文献7)では孤立水面波波形(ただし極限波ではない)のより精密な決定をしている。マーカー・セル法で計算するには、まず初期値として、波形、流れの場の精密な値が必要であるので、まずは孤立最高波の波形を求めるにした。

この最高波については、一つの極限の状態として多くの研究者が研究をしてきており、文献2)から波高 A/H (文献では h_0)を再録したものが、表1である。

このほか、例えばJ. Wittingは1975年に推定して、 $h_0 \approx \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} = 0.826993\cdots$ を発表している。また山田は1957年に文献4)で $h_0 \approx 0.8284$ を得ているがこの計算に用いたフーリエ級数は項数が12、引数は 180° を初めと終わりは 3.75° の間隔、その間は 7.5° 刻みで計算している。電卓もなく専ら手回しのタイガー計算機、そろばん、数表だけが道具であった時代にはこれくらいの精度を出すのが精一杯で限界だったと思われる。汎用計算機が始めた頃に、九州大学中央計数施設に導入されたOKITAC-5090Hを使用した計算結果は、1968年に発表した文献5)にある。計算機のメモリーはコアメモリー、素子はトランジスターを用い、1ワード48ビットの代物であった。

現在、コンピュータはその当時に比べると、格段の進歩をしており、パーソナルコンピュータでも当時の汎用機OKITAC-5090Hと同レベルの精度を有し、精度をあげようと思えば、倍精度64ビットも利用できるので、今一度計算をやり直してより正確な最高波の波高値を求めてみるのが本研究の目的である。

§2 問題の定式化

従来の方法と大筋では同じであり、概略を述べることにする。断面が長方形で深さ一定の一様な水路を水が一定の速さ U で右へ流れ、その上に孤立波が同じ速さで左へ進んでいるものとする(図1-a)。したがって静止座標系か

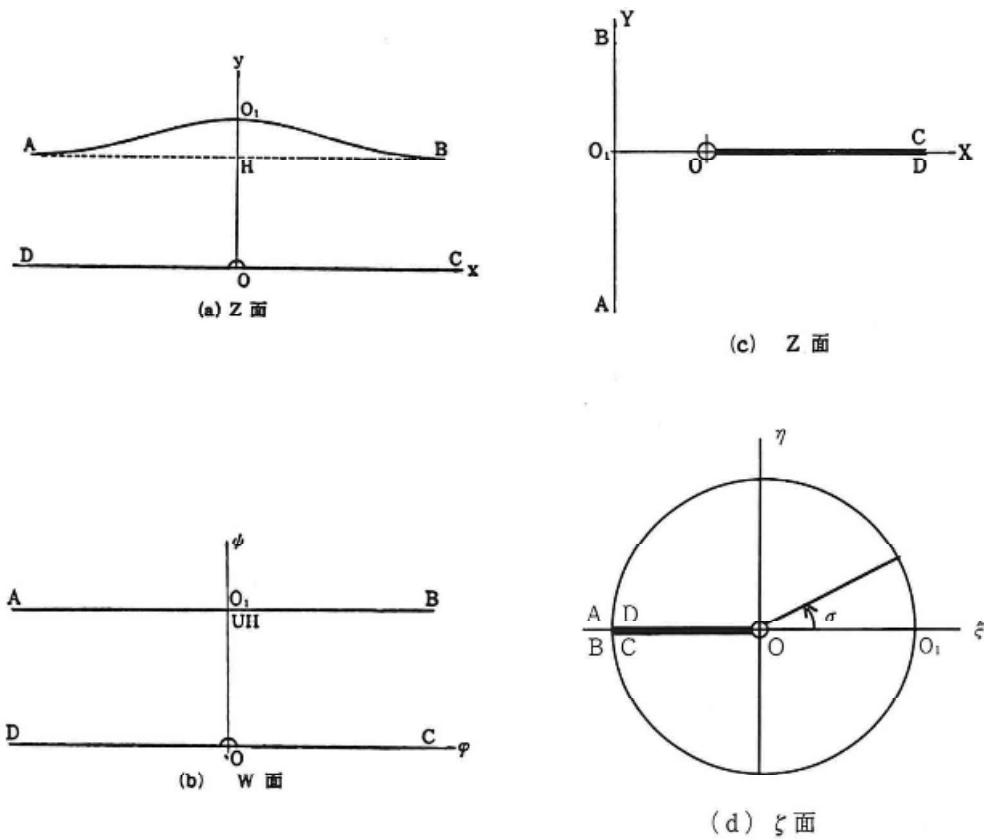


図1-(a), (b), (c), (d) 写像変換

うは波は静止していることになる。流れの断面を $z(-x+iy)$ (ただし x, y は実数) 面とし、底を x 軸、波の頂を y 軸が通るものとする。この流れの複素ポテンシャル面を $w (= \phi + i\psi)$ 面とすれば、図 1 b から

$$\frac{1}{U} \frac{dw}{dz} = q e^{-i\theta} \quad (2.1)$$

となる。ここに、 q は U を単位とした水の粒子の速度、 θ は流線が x 軸の正の方向となす角度である。次に、

$$Z = \cosh\left(\frac{\pi w}{2UH}\right) \quad (2.2)$$

で水流の部分を $Z (= X+iY)$ 面に写像し(図 1 c)，さらに

$$\xi = \frac{1-Z}{1+Z} \quad (2.3)$$

の交換をすると $\xi (= \xi + i\eta)$ 面と w 面の関係は

$$\frac{1-\xi}{1+\xi} = \cos\left(\frac{\pi w}{2UH}\right) \quad (2.4)$$

となり、水流の部分は ξ 面の単位円の内部に写像されることになる(図 1 d)。つぎに、

$$\Omega = i \log\left(\frac{1}{U} \frac{dw}{dz}\right) \quad (2.5)$$

を導入すれば

$$\Omega = i \log q + \theta = \theta + i\tau \quad \text{ただし} \quad \tau = \log q \quad (2.6)$$

となる。(2.4)を微分して

$$\frac{1}{U} \frac{dw}{d\xi} = \frac{i2H}{\pi} \frac{1}{\sqrt{\xi(1+\xi)}} \quad (-\pi \leq \arg \xi \leq \pi) \quad (2.7)$$

この式と(2.5)から得られる $\frac{1}{U} \frac{dw}{dz} = e^{-i\theta}$ から

$$dz = i \frac{2H}{\pi} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{\xi(1+\xi)}} d\xi \quad (2.8)$$

を得る。

水面は w 面の $\phi = UH$ 、 ξ 面の単位円の円周 $\xi = e^{i\sigma} (-\pi \leq \sigma \leq \pi)$ に対応し、 $\Omega(e^{i\sigma}) = \theta(\sigma) + i\tau(\sigma)$ とおくことができる。水面での条件は Bernoulli の定理から

$$q^2 + \frac{2gy}{U^2} = \text{const.} \quad (2.9)$$

が成立することである。水面に沿って微分すれば、

$$q \frac{dq}{ds} = -\frac{g}{U^2} \frac{\partial y}{\partial s} = \frac{g}{U^2} \sin \theta \quad (2.10)$$

また、

$$dz = dx + idy = ds \left(\frac{dx}{ds} + i \frac{dy}{ds} \right) = ds(-\cos \theta - i \sin \theta) = -e^{i\theta} ds \quad (2.11)$$

水面は ξ 面の単位円周 $\xi = e^{i\sigma}$ に対応するので(2.8)は

$$-e^{i\theta} ds = -\frac{H}{\pi} \frac{e^{i\theta}}{q(\sigma) \cos \frac{\sigma}{2}} d\sigma$$

となり

$$ds = \frac{H}{\pi} \frac{1}{q \cos \frac{\sigma}{2}} d\sigma \quad (2.12)$$

を得る。(2.10)に代入して

$$\cos \frac{\sigma}{2} q^2 \frac{dq}{d\sigma} = \frac{gH}{\pi U^2} \sin \theta$$

ここで、

$$\frac{U^2}{gH} = M^2, \quad p = \frac{1}{\pi} \frac{gH}{U^2} = \frac{1}{\pi M^2} \quad (2.13)$$

とおけば

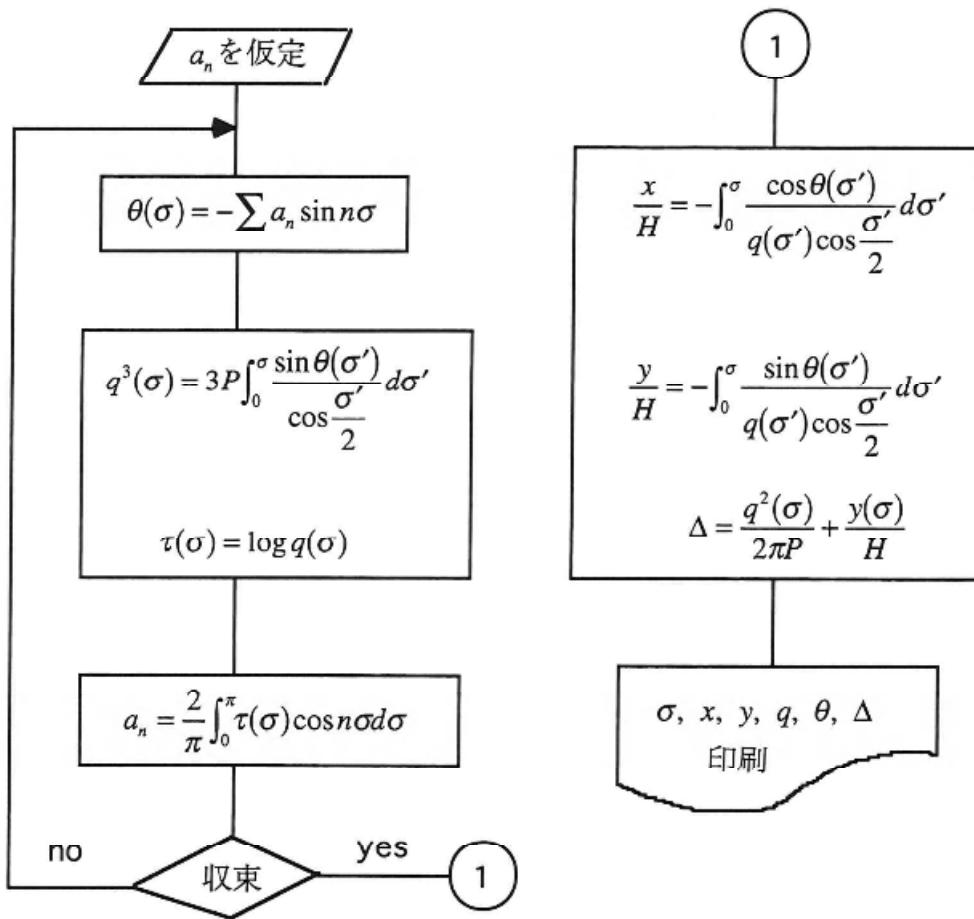


図2 計算手順

$$\cos \frac{\sigma}{2} q^2 \frac{dq}{d\sigma} = p \sin \theta \quad (2.14)$$

$$\{q(\sigma)\}^3 - \{q(0)\}^3 = 3p \int_0^\sigma \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' \quad (2.15)$$

また $q(\pi) = 1$ だから

$$p = \frac{1}{3 \int_0^\pi \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma'} \quad (2.16)$$

つぎに $\Omega(e^{i\sigma}) = \theta(\sigma) + i\tau(\sigma)$ において $\Omega(\xi)$ は正則であり、実部、虚部は相互に密接な関係がある。文献5)では Poisson の積分により $\theta(\sigma)$ から $\tau(\sigma)$ を求める方法をとっているが、ここでは数値積分のとき刻み幅を変えるときの煩雑さを考えて文献4)の方式をとることとした。すなわち $\Omega(\xi) = i \sum_{n=0}^{\infty} a_n \xi^n$, $\xi = e^{i\sigma}$ とすれば、

$$\Omega(e^{i\sigma}) = i \sum a_n (\cos n\sigma + i \sin n\sigma) = -\sum a_n \sin n\sigma + i \sum a_n \cos n\sigma = \theta(\sigma) + i\tau(\sigma) \quad (2.17)$$

とすることができる。これらの計算の大略の手順は、図2の通りである。

§ 3 補助関数の導入

今までの理論で

$$\Omega(\sigma) = \theta(\sigma) + i\tau(\sigma), \quad \theta(\sigma) = -\sum a_n \sin n\sigma, \quad \tau(\sigma) = \sum a_n \cos n\sigma$$

として、 $\Omega(\sigma)$ が定まれば波の形、速度等がすべて求まることになるが、ここで注意しなければならないのは最高波の場合、波の頂は図 3-a (後頁である) に示す通り、波面は 120° の角をなして尖っていることであり(文献 1)参照)、波の頂は ξ 面の $\xi=1$ に対応するので、

$$\lim_{\sigma \rightarrow 0^+} \theta(\sigma) = \frac{\pi}{6}, \quad \lim_{\sigma \rightarrow 0^-} \theta(\sigma) = -\frac{\pi}{6}$$

であって有限のフーリエ級数では表すことができない。

ここで、補助関数として

$$\Omega_0(\xi) = \frac{i}{3} \log \frac{1-\xi}{2} \quad (3.1)$$

または

$$\begin{aligned} \Omega_0(\sigma) &= \frac{i}{3} \log \frac{1-e^{i\sigma}}{2} \\ &= \frac{\pi-\sigma}{6} + \frac{i}{3} \log \left| \sin \frac{\sigma}{2} \right| \quad (\sigma > 0) \\ &= -\frac{\pi-\sigma}{6} + \frac{i}{3} \log \left| \sin \frac{\sigma}{2} \right| \quad (\sigma < 0) \end{aligned} \quad (3.2)$$

を導入することとする。これが最高波を求めるのに必要な条件となる。つぎに注意すべき点は $\xi=-1$ 、すなわち $\sigma=\pi$ の場合である。 $\sigma=\pi$ に対応して z 面では無限遠点となる。そして $\tau'(\pi)$ がある有限な値になるが

$\tau(\sigma) = \sum a_n \cos n\sigma$ とする限り $\tau'(\pi)$ は 0 であり有限値にはならない。そこで第 2 の補助関数として

$$\Omega_1(\xi) = -i\sqrt{1+\xi} \quad (3.3)$$

すなわち

$$\theta_1(\sigma) = \sin \frac{\sigma}{4} \sqrt{2 \cos \frac{\sigma}{2}}, \quad \tau_1(\sigma) = -\cos \frac{\sigma}{4} \sqrt{2 \cos \frac{\sigma}{2}} \quad (3.4)$$

をとることにする。このとき $\tau'(\pi)$ は解析的には ∞ となるが、数値微分したときは有限な $30.589\cdots$ となり適当な係数をかけることによってそれなりの効果があることを確認している(文献 7))。

このようにして

$$\Omega(\xi) = \Omega_r(\xi) + \Omega_0(\xi) + b\Omega_1(\xi) \quad (3.5)$$

または

$$\tau(\sigma) = \tau_r(\sigma) + \tau_0(\sigma) + b\tau_1(\sigma), \quad \theta(\sigma) = \theta_r(\sigma) + \theta_0(\sigma) + b\theta_1(\sigma) \quad (3.5)'$$

但し

$$\tau_r(\sigma) = \sum a_n \cos n\sigma, \quad \theta_r(\sigma) = -\sum a_n \sin n\sigma \quad (n=0 \sim 120)$$

とする。

§ 4 数值計算

初期値のすべての計算は σ の関数として進められる。文献4)では、 σ の刻みは3.75°, 7.5°で、文献5)では1°となっている。 σ としては等間隔でも $\sigma=180^\circ$ はz面では無限遠点に対応するため180°の近くでは目が粗くなっている。つ

表2 σ の刻み

h	σ	刻み
h_1	$0^\circ \sim 170^\circ$	1°
h_2	$170^\circ \sim$	$20'$
h_3	$178^\circ \sim$	$5'$

つまり $\sigma = 180^\circ$ は $\sigma = 0^\circ$ とともに特異点となっている。このためには σ の刻み h を小さくすればよいが、 σ のすべての値について h を小さくする必要はない。それで計算が面倒になるのを承知のうえで刻みを表2のようにした。それでこの σ の値に対して

$$\theta_0(\sigma) = \frac{\pi - \sigma}{6}, \quad z_0 = \frac{1}{3} \log \sin \frac{\sigma}{2}, \quad \theta_1(\sigma) = \sin \frac{\sigma}{4} \sqrt{2 \cos \frac{\sigma}{2}}, \quad z_1(\sigma) = -\cos \frac{\sigma}{4} \sqrt{2 \cos \frac{\sigma}{4}}$$

を求めておく。また $\pi'(\pi)$ として

$$\pi'(\pi) = \frac{1}{60k_8} (137\pi(180^\circ) - 300\pi(179^\circ 55') + 300\pi(179^\circ 50') - 200\pi(179^\circ 45') + 75\pi(179^\circ 40') - 12\pi(179^\circ 35'))$$

(4, 1)

表3 a_n ($n=0 \sim 120$) の初期値

b の初期値は 0.020484 とする。 $a_n (n=0 \sim 120)$ の初期値は表 3 とする。

$$\theta_r(\sigma) = -\sum_{n=1}^{120} a_n \sin n\sigma \quad (4.2)$$

$$\theta(\sigma) = \theta_r(\sigma) + \theta_0(\sigma) + b\theta_1(\sigma) \quad (4.3)$$

また(4.1)と同じ式で $\theta'(\pi)$ を求めておく。

つぎに $\sigma = 0^\circ \sim 179^\circ 55'$ で

$$r(\sigma) = \frac{\sin \theta(\sigma)}{\cos \frac{\sigma}{2}}, \quad r(180^\circ) = -2\theta'(180^\circ) \quad (4.4)$$

を求める

$$Q^3(\sigma) = \int_0^\sigma r(\sigma) d\sigma \quad (4.5)$$

を求める。この積分は $0^\circ \sim 170^\circ$ までについて

$$Q^3(0) = 0$$

$$Q^3(h_1) = \frac{h_1}{12} \{ 5r(0) + 8r(h_1) - r(2h_1) \}$$

$$Q^3(2h_1) = \frac{h_1}{3} \{ r(0) + 4r(h_1) + r(2h_1) \}$$

$$Q^3(3h_1) = Q^3(2h_1) + \frac{h_1}{24} \{ r(0) - 5r(h_1) + 19r(2h_1) + 9r(3h_1) \}$$

$$Q^3(4h_1) = Q^3(2h_1) + \frac{h_1}{3} \{ r(2h_1) + 4r(3h_1) + r(4h_1) \}$$

.....

$$Q^3(169h_1) = Q^3(168h_1) + \frac{h_1}{24} \{ r(166h_1) - 5r(167h_1) + 19r(168h_1) + 9r(169h_1) \}$$

$$Q^3(170h_1) = Q^3(168h_1) + \frac{h_1}{3} \{ r(168h_1) + 4r(169h_1) + r(170h_1) \}$$

で求める。 $\sigma = 170^\circ \sim 178^\circ, 178^\circ \sim 180^\circ$ についても同様とする。また固有値 P は

$$P = \frac{1}{3Q^3(\pi)} \quad (4.7)$$

で与えられこの段階で波高 A/H は

$$\frac{A}{H} = \frac{1}{2\pi p} \quad (4.8)$$

で求めることができる。つぎに、

$$q(\sigma) = \sqrt[3]{p} Q(\sigma), \quad \tau(\sigma) = \log q(\sigma) \quad (4.9)$$

で $q(\sigma), \tau(\sigma), \tau'(180^\circ)$ を求め

$$b = \frac{\tau'(180^\circ)}{\tau'_1(180^\circ)} \quad (4.10)$$

で b の値を更新する。

$\theta = 0^\circ$ のとき、 $\tau(\sigma) = \tau_r(\sigma) + \tau_0(\sigma) + b\tau_1(\sigma)$ において

$$\begin{aligned} \tau(\sigma) - \tau_0(\sigma) &= \log q(\sigma) - \frac{1}{3} \log \sin \frac{\sigma}{2} = \log \left\{ 3p \int_0^\sigma \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' \right\} - \frac{1}{3} \log \sin \frac{\sigma}{2} \\ &= \frac{1}{3} \log \frac{3p \int_0^\sigma \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma'}{\sin \frac{\sigma}{2}} = \frac{1}{3} \lim_{\sigma \rightarrow 0} \log \frac{3p \frac{\sin \theta(\sigma)}{\cos \frac{\sigma}{2}}}{\frac{1}{2} \cos \frac{\sigma}{2}} \end{aligned} \quad (4.11)$$

ここで、 $\sigma \rightarrow 0$ のときロピタルの定理により(4.11)は

$$=\frac{1}{3} \log \frac{3p \sin \frac{\pi}{6}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{3} \log 3p \quad (4.12)$$

$$\tau_r(0) = \tau(0) - \tau_0(0) - b\tau_1(0) = \frac{1}{3} \log 3p + \sqrt{2} b \quad (4.13)$$

となるので、

$$\tau_r(\sigma) = \tau(\sigma) - \tau_0(\sigma) - b\tau_1(\sigma) \quad (4.14)$$

がすべて求まる。

ここで $\tau_r = \sum_{n=0}^{120} a_n \cos n\sigma$ の係数 a_n を求める。すなわち、

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^\pi \tau_r(\sigma) \cos n\sigma d\sigma \quad (4.15)$$

で求めるのであるが、3点法と $\tau_r(\sigma)$ を σ の2次式で近似した式を用いた。

$y=f(x)$ で $x_{i-1}=x_i-h$, $x_{i+1}=x_i+h$, $y_i=f(x_i)$ とするとき

$$\begin{aligned} S_i &= \int_{x_{i-1}}^{x_{i+1}} f(x) \cos nx dx \approx \int_{x_{i-1}}^{x_{i+1}} (A_0 + A_1 x + A_2 x^2) \cos nx dx \\ &= A_0 \frac{2}{n} \cos nx_i \sin nh + A_1 \left[\frac{2}{n} \{x_i \cos nx_i \sin nh + h \sin nx_i \cos nh\} - \frac{2}{n^2} \sin nx_i \sin nh \right] \\ &\quad + A_2 \left[\frac{2}{n} \{(x_i^2 + h^2) \cos nx_i \sin nh + 2x_i h \sin nx_i \cos nh\} \right. \\ &\quad \left. + \frac{4}{n^2} \{-x_i \sin nx_i \sin nh + h \cos nx_i \cos nh\} - \frac{4}{n^3} \cos nx_i \sin nh \right] \end{aligned}$$

但し、

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= \frac{1}{2h^2} \{x_i(x_i+h)y_{i-1} - 2(x_i^2 - h^2)y_i + x_i(x_i-h)y_{i+1}\} \\ A_1 &= -\frac{1}{2h^2} \{(2x_i+h)y_{i-1} - 4x_i y_i + (2x_i-h)y_{i+1}\} \\ A_2 &= \frac{1}{2h^2} (y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}) \end{aligned} \right\} (i=1, 3, \dots, n-1) \quad (4.17)$$

ここで $a_n (n=0, 1, 2, \dots, 120)$ が求まると図2の流れ図のようにすべての値が収束するまで繰り返す。特に収束判定の条件は設けていないが10回も繰り返すと収束するようである。10回繰り返した後の $\theta(\sigma)$, $\tau_r(\sigma)$ したがって $q(\sigma)$ を確定値として波形を求める計算に移る。

§ 5 波形の計算

(2.8)において $z=x+iy$, $\xi=e^{i\sigma}$ とすれば

$$\frac{x+iy}{H} = -\frac{1}{\pi} \int_0^\sigma \frac{\cos \theta(\sigma) + i \sin \theta(\sigma)}{q(\sigma) \cos \frac{\sigma}{2}} d\sigma \quad (5.1)$$

となるので右辺の積分をすればよいのであるが $\sigma=0$ で $q(0)=0$ となり $\sigma=0$ の近傍ではこのままでは積分できない。そこで文献4), 5)に倣って右辺の被積分関数の実部, 虚部を多項式に展開した近似式を作る。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\cos \theta(\sigma)}{q(\sigma) \cos \frac{\sigma}{2}} &= 2^{-\frac{2}{3}} 3^{\frac{1}{2}} (3p)^{-\frac{1}{3}} \sigma^{-\frac{1}{3}} (1 + c_1 \sigma + c_2 \sigma^2 + c_3 \sigma^3 + c_4 \sigma^4) \\ \frac{\sin \theta(\sigma)}{q(\sigma) \cos \frac{\sigma}{2}} &= 2^{-\frac{2}{3}} (3p)^{-\frac{1}{3}} \sigma^{-\frac{1}{3}} (1 + s_1 \sigma + s_2 \sigma^2 + s_3 \sigma^3 + s_4 \sigma^4) \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

(5.2)の両式を $\sigma = 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ, 4^\circ$ として, $c_i, s_i (i=1, 2, 3, 4)$ について解き, (5.2)を積分した。

表4 x, y, q, θ, Δ の値

σ	x	y	q	θ	Δ	σ	x	y	q	θ	Δ
0° 0'	0.000000	0.000000	0.000000	0.923599	0.0000+0	112° 0'	-1.231877	-0.523089	0.795619	0.266646	-3.6670-07
2° 0'	-0.067046	-0.038335	0.215439	0.514174	4.727D-07	114° 0'	-1.256205	-0.529726	0.800852	0.263924	-3.669D-07
4° 0'	-0.106741	-0.060587	0.270843	0.507390	4.847D-07	116° 0'	-1.281073	-0.536382	0.805868	0.259180	-3.672D-07
6° 0'	-0.140249	-0.079082	0.309431	0.501268	-1.556D-07	118° 0'	-1.306519	-0.543062	0.810870	0.254330	-3.667D-07
8° 0'	-0.170340	-0.089545	0.338956	0.495423	-2.715D-07	120° 0'	-1.332587	-0.549771	0.815864	0.249423	-3.669D-07
10° 0'	-0.198162	-0.110392	0.365590	0.485907	-3.221D-07	122° 0'	-1.359325	-0.556512	0.820850	0.244488	-3.672D-07
12° 0'	-0.224334	-0.124261	0.387877	0.484656	-3.471D-07	124° 0'	-1.386786	-0.563288	0.825833	0.239433	-3.667D-07
14° 0'	-0.249327	-0.137291	0.407707	0.479513	-3.513D-07	126° 0'	-1.415028	-0.570106	0.830815	0.234305	-3.668D-07
16° 0'	-0.273127	-0.149639	0.425646	0.474518	-3.569D-07	128° 0'	-1.444115	-0.576970	0.835801	0.229142	-3.673D-07
18° 0'	-0.296185	-0.161413	0.442074	0.469586	-3.624D-07	130° 0'	-1.474119	-0.583883	0.840794	0.223841	-3.666D-07
20° 0'	-0.318550	-0.172697	0.457266	0.464916	-3.621D-07	132° 0'	-1.505122	-0.590854	0.845798	0.218447	-3.668D-07
22° 0'	-0.340326	-0.183557	0.471424	0.460227	-3.631D-07	134° 0'	-1.537212	-0.597886	0.850816	0.213009	-3.674D-07
24° 0'	-0.361599	-0.194042	0.484701	0.455665	-3.655D-07	136° 0'	-1.570493	-0.604986	0.855853	0.207410	-3.666D-07
26° 0'	-0.392437	-0.204129	0.492720	0.451124	-3.649D-07	138° 0'	-1.609501	-0.612161	0.860914	0.201693	-3.667D-07
28° 0'	-0.402896	-0.214050	0.509077	0.446639	-3.650D-07	140° 0'	-1.641108	-0.619419	0.866002	0.195919	-3.675D-07
30° 0'	-0.423026	-0.223836	0.520352	0.442244	-3.664D-07	142° 0'	-1.678727	-0.626767	0.871124	0.189954	-3.665D-07
32° 0'	-0.442868	-0.232979	0.531110	0.437877	-3.660D-07	144° 0'	-1.718117	-0.634217	0.876285	0.183837	-3.666D-07
34° 0'	-0.462458	-0.242099	0.541406	0.433535	-3.658D-07	146° 0'	-1.759484	-0.641776	0.881492	0.177646	-3.676D-07
36° 0'	-0.481828	-0.251015	0.551286	0.429265	-3.667D-07	148° 0'	-1.803074	-0.649455	0.886750	0.171223	-3.663D-07
38° 0'	-0.501006	-0.259744	0.560789	0.425015	-3.665D-07	150° 0'	-1.849179	-0.657271	0.892070	0.164600	-3.664D-07
40° 0'	-0.520018	-0.268301	0.569951	0.420774	-3.662D-07	152° 0'	-1.898150	-0.665235	0.897458	0.157875	-3.679D-07
42° 0'	-0.538886	-0.276697	0.578800	0.416592	-3.669D-07	154° 0'	-1.950417	-0.673366	0.902926	0.150861	-3.660D-07
44° 0'	-0.557633	-0.284945	0.587364	0.412424	-3.667D-07	156° 0'	-2.006513	-0.681684	0.908486	0.143572	-3.659D-07
46° 0'	-0.576276	-0.293056	0.595665	0.408253	-3.664D-07	158° 0'	-2.067107	-0.690213	0.914152	0.136137	-3.684D-07
48° 0'	-0.594836	-0.301039	0.603723	0.404130	-3.670D-07	160° 0'	-2.133051	-0.698860	0.919939	0.128319	-3.653D-07
50° 0'	-0.613328	-0.308902	0.611557	0.400018	-3.668D-07	162° 0'	-2.205507	-0.708025	0.925872	0.120102	-3.649D-07
52° 0'	-0.631770	-0.316655	0.619184	0.395893	-3.665D-07	164° 0'	-2.285977	-0.717390	0.931975	0.111657	-3.697D-07
54° 0'	-0.650175	-0.324304	0.626617	0.391806	-3.670D-07	166° 0'	-2.376616	-0.727129	0.938280	0.102657	-3.634D-07
56° 0'	-0.668560	-0.331856	0.633871	0.387727	-3.669D-07	168° 0'	-2.480560	-0.737326	0.944837	0.093006	-3.619D-07
58° 0'	-0.686938	-0.339317	0.640958	0.383626	-3.666D-07	170° 0'	-2.602667	-0.748092	0.951709	0.082932	-3.734D-07
60° 0'	-0.705324	-0.346695	0.647888	0.379556	-3.670D-07	170° 40'	-2.648663	-0.751829	0.954083	0.079222	-3.734D-07
62° 0'	-0.723730	-0.355393	0.654673	0.375490	-3.670D-07	171° 20'	-2.697952	-0.755649	0.956504	0.075538	-3.734D-07
64° 0'	-0.742169	-0.361219	0.661320	0.371395	-3.667D-07	172° 0'	-2.751059	-0.759570	0.958982	0.071898	-3.735D-07
66° 0'	-0.760658	-0.368376	0.667839	0.367324	-3.670D-07	172° 40'	-2.808646	-0.763606	0.961527	0.068033	-3.735D-07
68° 0'	-0.779203	-0.375469	0.674238	0.363254	-3.670D-07	173° 20'	-2.871566	-0.767759	0.964138	0.063814	-3.734D-07
70° 0'	-0.797822	-0.382502	0.680524	0.359148	-3.337D-07	174° 0'	-2.940941	-0.772038	0.966821	0.059473	-3.732D-07
72° 0'	-0.816587	-0.390402	0.696705	0.355050	-3.670D-07	174° 40'	-3.010269	-0.776476	0.969595	0.055220	-3.733D-07
74° 0'	-0.835332	-0.396410	0.692785	0.350968	-3.670D-07	175° 20'	-3.105736	-0.781116	0.972488	0.050829	-3.733D-07
76° 0'	-0.854248	-0.403291	0.698773	0.346834	-3.667D-07	176° 0'	-3.206395	-0.785984	0.975514	0.045834	-3.734D-07
78° 0'	-0.873290	-0.410130	0.704672	0.342709	-3.670D-07	176° 40'	-3.325092	-0.791094	0.978680	0.040325	-3.726D-07
80° 0'	-0.892471	-0.416829	0.710489	0.338582	-3.671D-07	177° 20'	-3.469807	-0.796521	0.982031	0.034826	-3.714D-07
82° 0'	-0.911807	-0.423692	0.716228	0.334403	-3.667D-07	178° 0'	-3.655974	-0.802468	0.985690	0.029257	-3.713D-07
84° 0'	-0.931310	-0.430423	0.721895	0.330227	-3.670D-07	178° 10'	-3.712123	-0.804068	0.986672	0.027722	-3.713D-07
86° 0'	-0.95096	-0.437125	0.727494	0.326048	-3.671D-07	178° 20'	-3.773567	-0.805721	0.987686	0.026078	-3.713D-07
88° 0'	-0.970882	-0.443801	0.733028	0.321807	-3.667D-07	178° 30'	-3.841422	-0.807430	0.988733	0.024297	-3.713D-07
90° 0'	-0.990982	-0.450455	0.738503	0.317562	-3.670D-07	178° 40'	-3.917199	-0.809198	0.989815	0.022355	-3.713D-07
92° 0'	-1.011314	-0.457090	0.743972	0.313310	-3.671D-07	178° 50'	-4.003015	-0.811025	0.990932	0.020235	-3.713D-07
94° 0'	-1.031897	-0.463709	0.749289	0.308992	-3.667D-07	179° 0'	-4.101974	-0.812912	0.992084	0.017926	-3.713D-07
96° 0'	-1.052748	-0.470316	0.754608	0.304660	-3.670D-07	179° 10'	-4.218864	-0.814859	0.993271	0.015426	-3.713D-07
98° 0'	-1.073897	-0.476013	0.759882	0.300818	-3.671D-07	179° 20'	-4.361809	-0.816867	0.994494	0.012740	-3.713D-07
100° 0'	-1.095336	-0.483503	0.765114	0.295902	-3.667D-07	179° 30'	-4.545839	-0.818038	0.995754	0.009880	-3.713D-07
102° 0'	-1.117116	-0.490090	0.770308	0.291464	-3.669D-07	179° 40'	-4.804936	-0.821083	0.997058	0.006860	-3.712D-07
104° 0'	-1.139251	-0.496677	0.775468	0.287012	-3.671D-07	179° 50'	-5.247894	-0.823340	0.998427	0.003681	-3.705D-07
106° 0'	-1.161767	-0.503267	0.780595	0.282477	-3.667D-07	180° 0'	∞	-0.825937	1.000000	0.000000	-3.650D-07
108° 0'	-1.184690	-0.509864	0.785694	0.277909	-3.669D-07						
110° 0'	-1.208049	-0.516470	0.790768	0.273325	-3.672D-07						

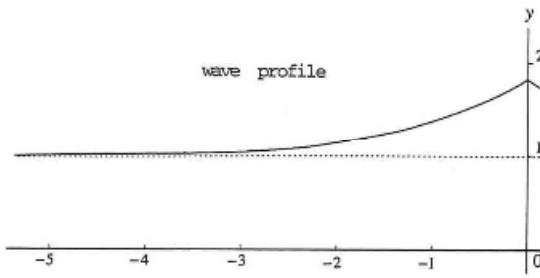


図 3-a 波形

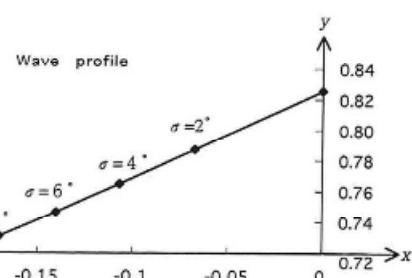


図 3-b 波高の最頂部

$$\left. \begin{aligned} \int_0^\sigma \frac{\cos\theta(\sigma)}{q(\sigma)\cos\frac{\sigma}{2}} d\sigma &= 2^{-\frac{3}{2}}(3p)^{-\frac{1}{2}}\sigma^{\frac{3}{2}}\left(\frac{1}{2} + \frac{c_1}{5}\sigma + \frac{c_2}{8}\sigma^2 + \frac{c_3}{11}\sigma^3 + \frac{c_4}{14}\sigma^4\right) \\ \int_0^\sigma \frac{\sin\theta(\sigma)}{q(\sigma)\cos\frac{\sigma}{2}} d\sigma &= 2^{-\frac{3}{2}}3^{\frac{3}{2}}(3p)^{-\frac{1}{2}}\sigma^{\frac{3}{2}}\left(\frac{1}{2} + \frac{s_1}{5}\sigma + \frac{s_2}{8}\sigma^2 + \frac{s_3}{11}\sigma^3 + \frac{s_4}{14}\sigma^4\right) \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

に代入して $\sigma = 2^\circ, 4^\circ$ について求める。 $\sigma = 6^\circ$ 以上については通常のシンプソンの公式による。 x 座標については、 $\sigma = 180^\circ$ で無限大になるので $\sigma = 179^\circ 50'$ までとする。また、文献 4), 5) に倣って誤差の目安として

$$\Delta(\sigma) = \frac{q^2(\sigma)}{2\pi p} + \frac{y_0(\sigma)}{H} \quad (5.4)$$

を求めておいた。結果として、 σ に対する x, y, q, θ, Δ の値を表 4 に示す。

§ 6 おわりに

計算の結果は表 4 の通りであり、波形を図 3-a に、波高の最頂部分を拡大したものを図 3-b に示す。波の最頂部が 120° の角をなし、また $\sigma = 2^\circ, 4^\circ$ に対応する点と、 $6^\circ, 8^\circ, \dots$ に対応する点が滑らかに接続するのがわかるだろう。また、一番問題となっている波高 $\frac{A}{H}$ は

$$\frac{A}{H} = 0.825937 \quad (6.1)$$

で 1968 年の 0.8262 からは 0.0003 の差となっている。使用したパソコンは NEC の 98 シリーズ VX モデルで CPU をインテルの 486、メモリーを 8MB に増強したものを用いた。ソフトは N88-BASIC を用いたが、速度の遅いのには困った。変数はすべて倍精度を用い、特に三角関数については、引数が大きい場合でも精度が維持されていることを確認しておいた。

この研究は元京都大学教授の山田彦児先生、九州大学名誉教授で現西日本工業大学学長の岡部淳一先生のご指導により始められたものであり、またパソコンのメンテナンスについては有明工業高等学校専門学校名誉教授の荒木三知夫先生に大変お世話になった。ここに記して、それぞれの方に深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) ラム 流体力学 2, 今井 功・橋本英典, 東京図書, p.188
- 2) A seventeenth-order series expansion for the solitary wave, Stephen A. Pennell, Department of Mathematics, University of Lowell Massachusetts 01854 AND C.H.SU
- 3) On the Highest and other Solitary Wave, J.Witting, 1975, SIAM J.Appl Math., vol.28, No.3, May
- 4) On the Highest Solitary Wave, Hikoji YAMADA, Reprinted from Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, vol.5, No.18, 1957
- 5) Precise Determination of the Solitary Wave of Extreme Height on Water of a Uniform Depth, Hikoji YAMADA, Gozo KIMURA and Jun-ichi OKABE, Reprinted from Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, vol.XVI, No.52, 1968

- 6) 孤立水面波安定性の数値的研究 第1報 孤立水面波内部の流れの場のくわしい研究, 木村剛三, 有明高専紀要, 第10号, 1973
- 7) 孤立水面波安定性の数値的研究 第2報 孤立水面波のより精密な決定, 木村剛三, 有明高専紀要, 第21号, 1985

有明工業高等専門学校第2体育館のPAシステム更新

中川忠昭
<平成9年9月24日受理>

A Renewal of the Public-Address System at the Second Gymnasium
of Ariake National College of Technology

Tadaaki NAKAGAWA

In March 1997, we renewed the PA System at the Gymnasium to improve the confidence and the operation of the PA System. This paper describes the compositions and the functions of the PA System in the Gymnasium.

1. まえがき

本校第2体育館で始業式、卒業式、講演会等の各種行事が行われる際、その都度マイクロホン、AVアンプ、及びスピーカ4個等をセッティングしている。

- (1) セッティング業務量の軽減を図るために、スピーカ4個を壁面の中程に常設固定した。
- (2) PAアンプ、スピーカ、各種コネクタを取り替え PAシステムの信頼性の向上を図った。
- (3) 講演者のスピーチをMD(Mini Disk)に録音出来るように改善した。

本工事を実施するにあたり体育館内はパレー、バスケット他スポーツの場であるので、スピーカの落下防止対策には万全を期した。

2. システムの新機能および主な改善点

- (1) CD再生可能および講演者のスピーチをMDで録音可能
 - (2) ハウリングサプレッサによりハウリングを6dB改善
 - (3) ディレーユニットにより音の方向感を改善
- 以上が主な新機能および改善点である。

3. システムの系統

図1にシステムの系統図を示す。

- ワイヤレスマイク2波(既設)、マイク入力3、ライン入力2それにCD、MD(ソニーMXD-D1)の8入力に対応できる。
- 床より高さ約3mに4個のスピーカを常設するので、手元で4個のスピーカの音量調整、イコライザ調整が単独にできるようにした。

○従来よりメインスピーカを中心マイクに近い位置にセットするので、ハウリングが生じやすくなる。その対策として約6dBの改善が期待できるハウリングサプレッサを使用した。

4. システムの構成

ワイヤレス受信機(既設)	: 松下 WX-4020
CD MD	: ソニー MXD-D1
オーディオミキサ	: 日本ピクター PS-M650
イコライザ	: 日本ピクター PS-G312
ディレイ	: 日本ピクター PS-D300
ハウリングサプレッサ	: 日本ピクター PS-D320
アンプ	: 日本ピクター PS-A152
メインスピーカ	: 日本ピクター PS-S516L/R
サブスピーカ	: 日本ピクター PS-S511
電源ユニット	: 日本ピクター PS-P30-B
AVコンソール	: 松下
各種接続ケーブル	: 1式

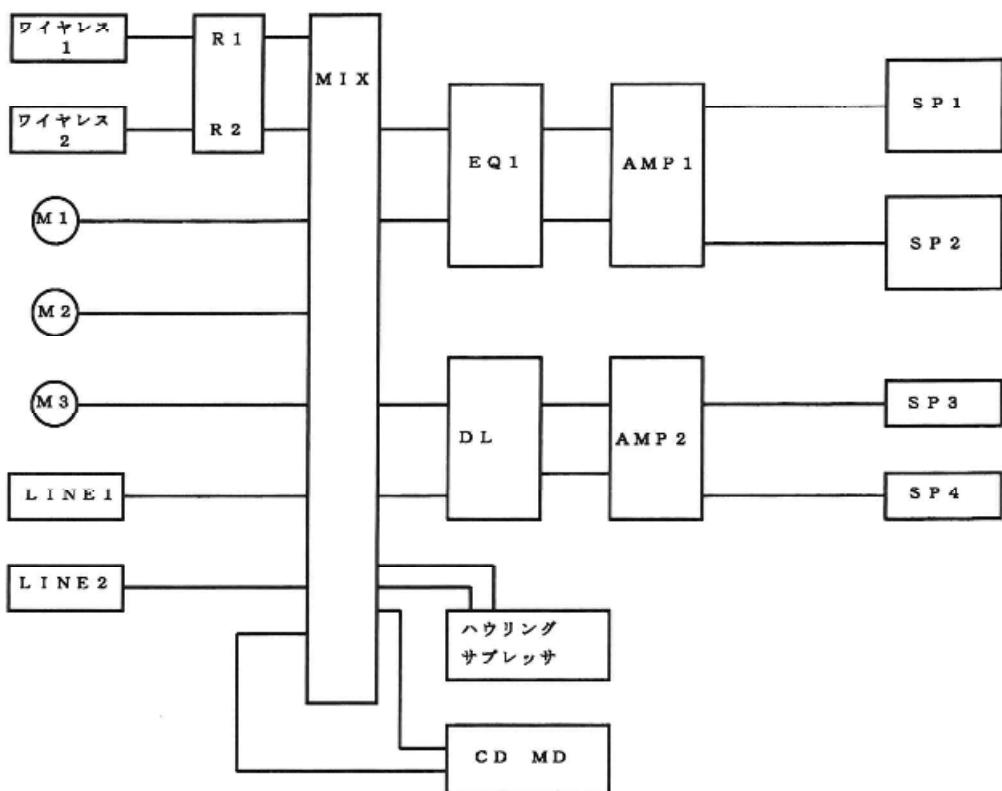


図1 第2体育館PAシステム系統図

5. 定指向性スピーカの設置

定指向性スピーカの指向角度を考慮し、天井、左右の両壁に音が行かぬように、P点をねらってL、R各スピーカを図2、図3のように適正な角度で設置した結果、直接音が遠くまで広範囲に届き反響の少ない明瞭な音を拡声できた。

- メインスピーカの日本ビクターPS-S516L/Rは壁に密着設置すると音軸が10度下向きになる。さらに遠距離ホーン(60°×40°定指向性)と30cmウーファの音軸を10°内振りに、近距離ホーン(90°×40°定指向性)が下向きになるようマウントされている。
- サブスピーカの日本ビクターPS-511は壁面に直付けすると、音軸が10度下向き20度後方に向くよう設計されている。SP3についてはさらに10度後方に向けた。図3に遠距離ホーン軸と近距離ホーン軸を示す。



写真1 メインスピーカ設置状況

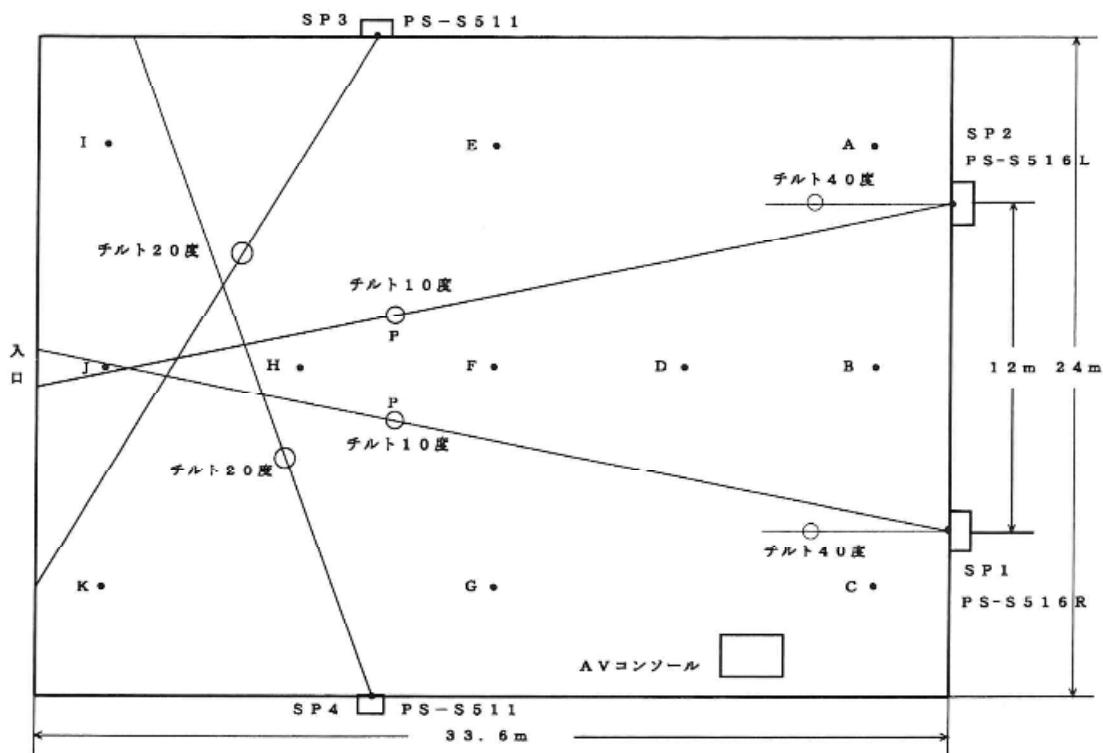


図2 第2体育館PAシステム配置図

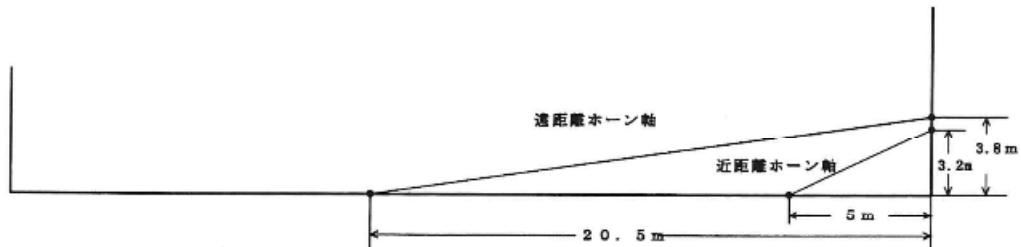


図3 第2体育館スピーカ設置立面図

6. 音の方向感

図2のようにメインスピーカ(SP1, SP2)を設置し、直接音が届かない領域のためにサブスピーカ(SP3, SP4)を設置する。このままではP点より遅くにいる聞き手(学生)にはまずサブスピーカからの直接音が聞こえてから、少し遅れてメインスピーカからの直接音、間接音(残響、反射等)が到達するので音が濁り聞きづらい。話し手(先生、講演の講師)が前でスピーチしていくても音の定位は近くのサブスピーカの方となる。聞き手に対してメインスピーカからの音が到達し、

5~20mS遅れてサブスピーカからの音が到達するようになると聞き手にとって話し手の方向から音が聞こえるようになる。今回聴感テストの結果サブスピーカに45mSのディレイをかけて良好な方向感を得た。

7. 明瞭度および音圧分布

明瞭度については経験からサブスピーカからの音圧レベルをメインスピーカからの音圧レベルよりも10~15dB程度下げると良い結果が得られる。今回10dB下げたが明瞭度についてはさらに改善が必要である。

る。床面より高さ1mにおける音圧分布を図4に示す。
体育館内の音圧分布レベル差は約6db以内となって

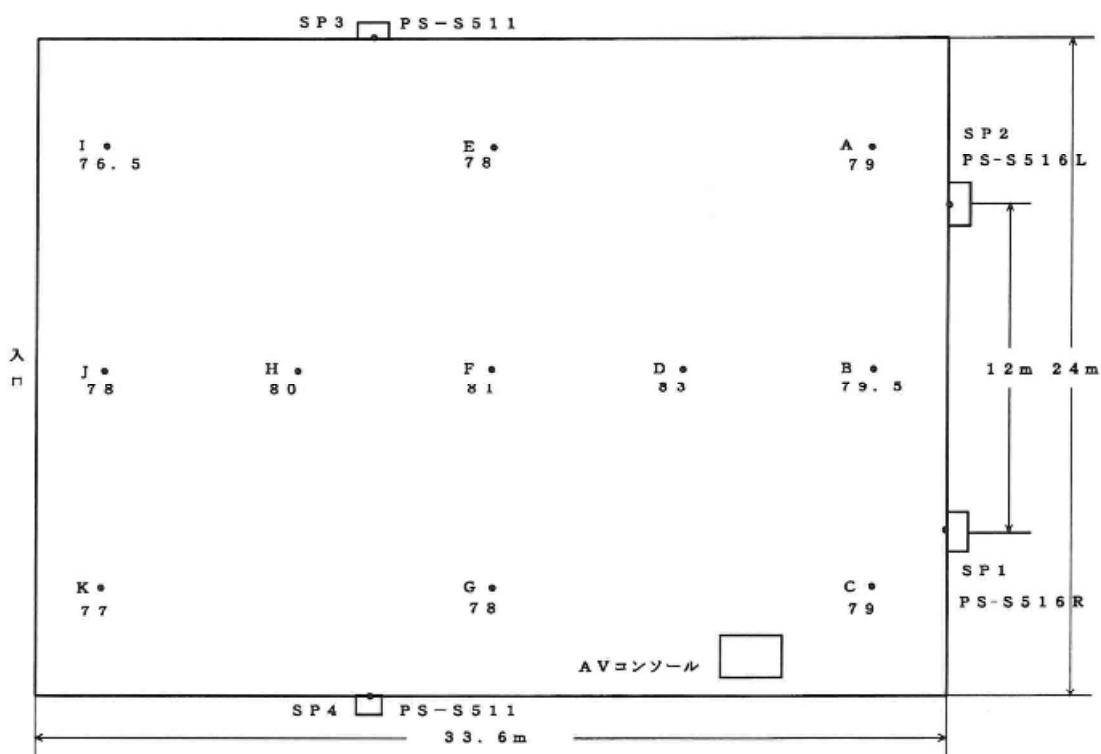


図4 第2体育館音圧レベル(dB)分布図

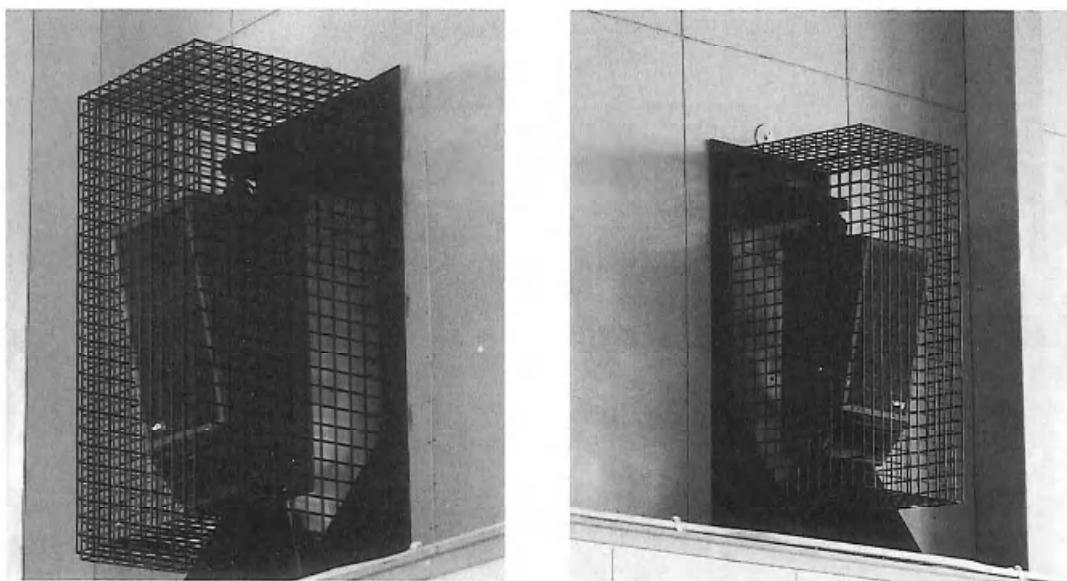


写真2 メインスピーカ L/R



写真3 サブスピーカ設置状況

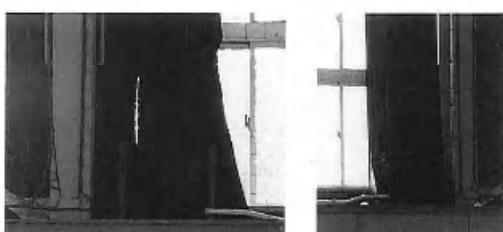


写真4 サブスピーカー L/R

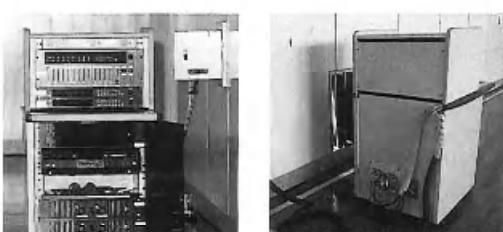


写真5 PAシステム AVラック

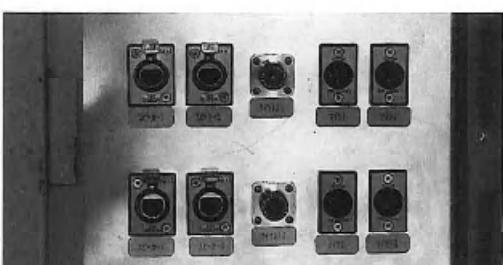


写真6 コネクタ接続パネル



写真7 第2体育館入口側壁面

8. あとがき

今回のPAシステム更新により音圧分布の平均化、操作性および信頼性は向上した。またハウリング抑圧効果、位相チェックも良好であった。トーンゾイレスピーカから定指向性スピーカに変更し明瞭度の改善を図ったが、明瞭度の改善について顕著な効果は認められなかった。

PAシステム使用上の注意点としてワイヤレスマイク使用時にはハウリング抑圧の自動抑圧設定が出来ないことがある。処置として中央マイク1本で自動抑圧設定する。自動抑圧設定時のデータを使用しEQ1のレバーをあわせる。再び中央マイク1本で自動抑圧設定する。以上の処置によりワイヤレスマイクも良好に使用可能となった。

今後の対策として第2体育館入口側の全壁面（写真7）に吸音材を貼ることにより、より一層の改善が期待できる。

謝 辞

本PAシステム更新にあたり貴重な助言を頂きました有明高専 辻 一夫教授、本工事にご配慮頂いた有明高専の各位そして本工事施工にあたりご援助頂いた株式会社 NHK アイテック 島田氏に深く感謝致します。

測定器具

精密騒音計：型式承認 F-15号

型式 NL-10A

製番 NO.10260148

製造年月 昭和61年2月

リオン株式会社

CD： Audio/Acoustics Technical CD for professional use PRCD-1012

日本オーディオ協会

日本音響コンサルタント協会

参考文献

1) 太田：「反響の大きな建物内の明瞭拡声のテクニック」MJ PRO AUDIO PP.228-231 1996-8

2) カタログ 日本ピクタースピーカ

PS-S516L/R

PS-S511

ロボットアームの移動体への追従制御

原 槟 真也・川崎 義則・木下 正作・鈴木 裕*

〈平成9年9月30日受理〉

A Study on Control of Articulated Robot Arm Following up to a Moving Object

Shinya HARAMAKI, Yoshinori KAWASAKI, Shosaku KINOSHITA and Hiroshi SUZUKI*

The study is presented on a control method for articulated robot arm which adjust the position and velocity of robot hand to the moving parts and products on pick and place points. The manipulation values for the control are calculated before operation from the following three points: the initial state and goal state, state transition equations of the robot hand and optimal conditions. However, the control accuracy for open-loop control decreases by the fluctuation of the robot system parameters, e.g. viscous friction and moment of inertia. In order to preserve the performance, manipulation values should be calculated every sampling time, but such calculations require too much time to solve n dimensional simultaneous equations. Instead of the manipulation values, the calculations of the state feedback gains before operation makes the real time control available. In the computer simulations and the robot model experiments, the methods mentioned above are inspected. It became clear that the validity of the control methods and their simulations are confirmed and, in consequence, control performances are not influenced by the fluctuating system parameters.

1. はじめに

産業用ロボットは、現在の市場ニーズである多品種少量生産の自動化を促進させる重要な機械として、今後ますます導入が計られる。一方、典型的な生産ラインで、移動する製品に部品組み付け作業をロボットに行わせる場合、現在のPTP制御方法では、部品または製品を一度静止させてから作業を行わなければならず、生産設備を複雑化させ、生産性を低下させる原因となる。そこで本研究では、作業対象を静止させずに部品の組み付け作業を可能にする制御方法^{1),2)}の開発を目的とするものである。^{3),4),5)}

制御対象は一軸のスカラ型ロボットとし、制御条件として部品取り込みから組み付けまでの時間、組み付け位置、製品移動速度が与えられ、アーム駆動時のトルク変化が最小、つまり大きな加減速が生じないよう制御するものとした。制御に必要な操作量は予め算出可能であるが、パラメータ変動により制御性能が損なわれる事を考慮して、サンプリング毎に現在のロボット状態より操作量の算出方法を提案し、さらに実時間制御を可能とするため、各サンプリング時間毎の制御ゲインを予め算出しておく制御方法を提案した。最後に、シミュレーションと実機モデル実験により本制御方法の有効性を示した。

*九州工業大学情報工学部

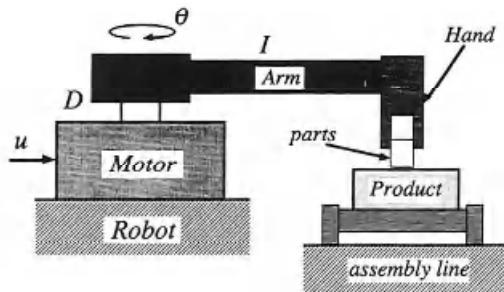


図1 制御対象ロボット

2. ロボットの数学モデル

制御対象とするロボットを図1に示す。アーム慣性モーメント I 、回転軸粘性摩擦係数 D 、アーム回転角 θ 、角速度 ω 、モータトルク指令 u とすると、運動方程式は

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{D}{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{I} \end{bmatrix} u \quad (1)$$

となる。さらにサンプリング時間 T で離散化すると、離散時間系状態方程式：

$$x(k+1) = Px(k) + qu(k) \quad (2)$$

を得る。ここで、

$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix}, \quad P = \begin{bmatrix} 1 & \frac{T}{D}\tau \\ 0 & 1-\tau \end{bmatrix}, \quad q = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} T - \frac{T}{D}\tau \\ \tau \end{bmatrix}, \\ \tau &= 1 - e^{-\frac{D}{T}T}. \end{aligned}$$

である。

3. 制御方法と構成

制御開始点であるパーツ取り込み位置での時刻を $t=0$, このときの初期状態量を $[\theta \ \omega]^t = \mathbf{x}(0)$, 制御終了点である製品へのパーツ組み込み時刻を $t=nT$, このときの目標状態量を \mathbf{x}_f とする。 (2)式を用いて上記条件を式で表すと,

$$\mathbf{x}_f = P^n \mathbf{x}(0) + P^{n-1} q u(0) + \cdots + q u(n-1) \quad (3)$$

となる。しかし、(3)式だけでは操作量列 $u(i)$ を一意に決定する事ができないため、制御中にモータを加えるトルク変化を最小とする、評価関数：

$$J(u(0), \dots, u(n-1)) = \sum_{i=0}^{n-2} (u(i+1) - u(i))^2 \quad (4)$$

を導入する。よって、(3)式の拘束条件の基で(4)式の評価関数を最小とする操作量列 $u(i)$ を求める問題へと帰着される。この解法にはラグランジュ未定乗数法が適用可能である。

そこでラグランジュ関数を

$$f = J + [\lambda_1 \ \lambda_2] \mathbf{g} \quad (5)$$

$$\mathbf{g} = \sum_{i=1}^n P^{n-i} q u(i-1) + P^n \mathbf{x}(0) - \mathbf{x}_f = 0 \quad (6)$$

とおく。ここで、 λ_1, λ_2 は未知数、(6)式は(3)式と同じである。

極値条件より

$$\frac{\partial f}{\partial u(i)} = \frac{\partial f}{\partial \lambda_1} = \frac{\partial f}{\partial \lambda_2} = 0, \quad (i=0, \dots, n-1) \quad (7)$$

を満足しなければならないことから、(7)式を解いて整理すると、次の未知数 $n+2$ の連立一次方程式：

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & (P^{n-1}q)^1 & u(0) \\ -2 & 4 & -2 & 0 & \cdots & 0 & (P^{n-2}q)^1 & u(1) \\ 0 & -2 & 4 & -2 & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & -2 & 4 & 2 & q^1 P^1 & u(n-1) \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & -2 & 2 & q^2 & \lambda_1 \\ P^{n-1}q P^{n-2}q & \cdots & \cdots & Pq & q & 0 & \lambda_2 & \mathbf{x}_f - P^n \mathbf{x}(0) \end{bmatrix} \quad (8)$$

を得る。この(8)式を解くことで制御に必要な操作量列 $u(i)$ が得られ、これをサンプリング時間毎にモータに出力するとオープンループ制御によるロボットアームの制御が可能である。しかし、制御中のパラメータ変動や外乱等が生じた場合には目標状態 \mathbf{x}_f への正確な到達が保証されない。そこで本研究では、サンプリ

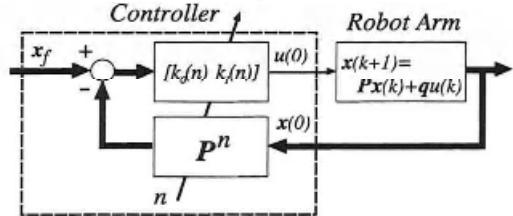


図 2 制御構成図

グ毎のロボットアーム状態を初期状態 $x(0)$ とし、毎回(8)式を解き、現サンプリング時点での操作量 $u(0)$ を求め、これをモータへのトルク指令とするフィードバック構造とした。なお、次のサンプリング時点では操作量列が減るため、(8)式の次数は減じていく必要がある。

しかし、上記制御を実時間で行うには(8)式の $n+2$ 次の連立方程式をサンプリング毎に解かなければならず、制御開始時などの残りサンプリング数が多い場合にはその解法に時間が掛かり、制御不可能となってしまう。そこで、操作量 $u(0)$ のみを求める事に注目して、(8)式を次式のように書き換える。

$$u(0) = [1 \ 0 \ \cdots \ 0] \mathbf{R}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \mathbf{x}_f - P^n \mathbf{x}(0) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$= [k_0(n) \ k_1(n)] (\mathbf{x}_f - P^n \mathbf{x}(0)) \quad (10)$$

ここで、 \mathbf{R} は(8)式左辺の係数行列、 $k_0(n)$ 、 $k_1(n)$ は残りサンプリング数 n だけに依存する定数である。

この定数により目標状態と現在状態から操作量を求められることから、一種の状態フィードバックゲイン(制御ゲイン)と考えてもよい。この制御ゲインをオフラインで求め、コントローラのメモリ中に n に対する制御ゲインテーブルとして保持しておけば、制御時には数回の加減算により操作量を求めることが出来、実時間制御が可能となる。(10)式より制御系を構成すると図 2 のようになる。

また、(10)式中の $k_0(n)$ 、 $k_1(n)$ は(11)、(12)式に示すよう式で求められ、さらに漸化式にすることで、制御ゲインは逐次求められることになる。

$$k_0(n) = (Sb^2 + sa - Sab + sb + sia + (sb)^2 - sib + sa + sb)/\Delta,$$

$$k_1(n) = (Sa^2 + sb - Sab + sa + sib + (sa)^2 - sia + sb + sa)/\Delta,$$

$$\Delta = Sa^2 + (sb)^2 - Sb^2 + (sa)^2 + 2 \cdot Sab + sa + sb. \quad (11)$$

ここで、

$$Sa^2 = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=i}^{n-1} aj \right)^2, \quad Sb^2 = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=i}^{n-1} bj \right)^2,$$

$$Sab = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=i}^{n-1} aj \right) \left(\sum_{j=i}^{n-1} bj \right), \quad sia = \sum_{i=1}^{n-1} i \cdot ai,$$

$$sib = \sum_{i=1}^{n-1} i \cdot bi, \quad sa = \sum_{i=0}^{n-1} ai,$$

$$sb = \sum_{i=0}^n bi, \begin{bmatrix} a^i \\ b^i \end{bmatrix} = P^i q. \quad (12)$$

である。なお、 $n=1$ の場合は(13)式より、回転角 θ または角速度 ω の何れかで、 $u(0)$ について解くこととする。

$$\mathbf{x}(1) = P\mathbf{x}(0) + qu(0) \quad (13)$$

4. 実験装置

先に示した制御アルゴリズムを検証するために、実機モデルの製作を行った。実機モデルおよび制御系の構成を図3に示す。実験のロボットを制御する場合は、一般にそのシステムパラメータが正確に求められることはなく、また制御中にもその値は変化する。例えばアーム先端のハンドでパーツを取り込んだ場合には、当然アーム慣性モーメントは大きくなる。また粘性摩擦も温度や負荷に依存し、制御中でも変動する。そこで、実機モデルではアーム慣性モーメント I は円筒状の慣性体 I_L, I_M, I_S を用意し、 I_L, I_S は I_M に対し各々2割増、2割減とした。一方、メカニズム系の粘性摩擦 D はモータ軸上に取り付けた円盤を油槽中で回転させることで実現し、油の温度によって粘性摩擦係数の変化を可能とした。油温25, 35, 50[°C]の時の粘性摩擦係数を D_L, D_M, D_S とし、 D_L, D_S は D_M に対しそれぞれ3割増、3割減とした。

アーム回転角 θ の検出はモータ後部のロータリーエンコーダにより行う。検出能力は回路による過倍を含め4000[pulse/rev]である。また、アーム角速度 ω はサンプリング周期間の回転角変位より求めている。外部タイマーからの割り込みで、制御プログラムが起動され、計算された操作量 u 、モータトルクはD/AコンバータよりPWM方式電流サーボアンプへ送られ、モータへ電流を出力する。なお、制御プログラムは全てC言語で記述している。

実験装置の各システムパラメータを以下に示す。

慣性モーメント	$I_L = 3.61 \times 10^{-3} [Kgm^2]$,
	$I_M = 3.01 \times 10^{-3} [Kgm^2]$,
	$I_S = 2.40 \times 10^{-3} [Kgm^2]$,
粘性摩擦係数	$D_L = 3.68 \times 10^{-3} [Nms/rad]$,
	$D_M = 2.88 \times 10^{-3} [Nms/rad]$,
	$D_S = 2.09 \times 10^{-3} [Nms/rad]$.

サンプリング周期 $T = 0.04 [sec]$

5. 実験結果及び考察

制御実験における初期状態量、及び目標状態量を次のように定めた。

初期状態量 $\theta = 0 [rad], \omega = 0 [rad/sec]$,

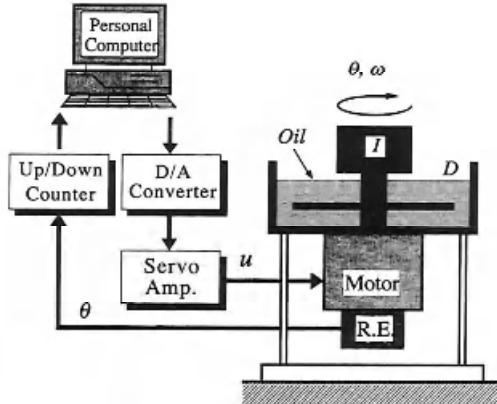


図3 実験装置構成図

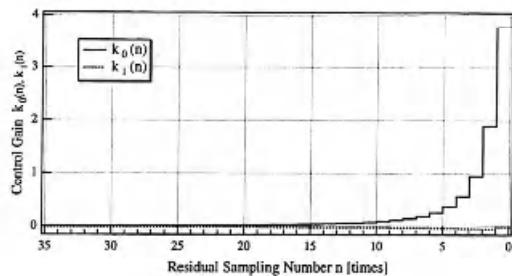


図4 フィードバック制御ゲイン

目標状態量 $\theta = 5 [rad], \omega = 5 [rad/sec]$.

また、制御時間は制御時間変化実験以外では全て $t = 1.4 [sec]$ (サンプリング回数 $n = 35$) としている。実験項目は全てオープンループ制御とフィードバック制御を比較して行った。また、各々の数値シミュレーションも合わせて行った。

フィードバック制御実験では全てシステムパラメータを I_M, D_M とおき、(14)式より制御ゲインを算出し、これを用いた。計算結果を図4に示す。制御終盤で回転角制御に対するフィードバックゲインが急激に高くなっている。角速度制御より回転角制御に重点が置かれていることが分かる。

5.1 制御時間変化による制御特性

慣性モーメント I_M 、粘性摩擦係数 D_M と固定し、目標状態量までの制御時間を $t = 1.0, 1.4, 2.0 [sec]$ (サンプリング回数 $n = 25, 35, 50$) と変えたときの各状態量の変化について実験を行った。結果を図5、6に示す。まず、シミュレーション結果からオープンループ、フィードバック制御ともほとんど同じ状態遷移により目標状態量に到達している。また、各制御時間と

も目標状態量に正しく到達しているが、装置の時定数 ($I_M/D_M=1.0[\text{sec}]$) と同じ制御時間では角速度に急激な加減速が発生し、一方制御時間が長い (2.0 [sec]) 場合は、一定の角加速度で目標状態に到達している。さらに制御時間が長い場合は目標方向とは逆方向に移動し、時間つぶしの動作をすることも分かっている。これより、装置の時定数に関係する最適な制御時間が存在するものと考えられる。本研究では目標状態到達直前における各速度が一定値のものを最適な制御時間、 $t=1.4[\text{sec}]$ と考え以降の実験ではこの制御時間を用いている。

次に、制御実験結果からは先のシミュレーションとほぼ同様の状態遷移が得られてはいるが、パラメータ同定誤差やシミュレーションでは考慮していない外乱(固体摩擦)等により完全に一致出来ていない事が分かる。一方、フィードバック制御による回転角の目標到達精度は0.2%以内と高精度に制御されている。これに

対し、角速度はサンプリング間の平均角速度を求めるディジタル微分法により検出しているため、特に急激な加減速を行う $t=1.0[\text{sec}]$ では目標到達精度は他と比べ悪くなつたものと考える。

5.2 慣性モーメント変化による制御特性

粘性摩擦係数を D_M に固定し、慣性モーメント I_L, I_S と変化させ、シミュレーションと制御実験を行った。その結果を図7, 8に示す。また各図中にはモータへの操作量 u 、即ちトルクも合わせて示した。これよりフィードバック制御実験中に算出された操作量は慣性モーメントの変化に合わせ変化していることが分かる。シミュレーション結果と制御実験を比較した場合、5.1の実験同様フィードバック制御による方法が全体的によく一致している。実験ではシミュレーションで考慮していない静止時の個体摩擦が発生しているため、制御実験では制御開始直後の角速度の立ち上がり

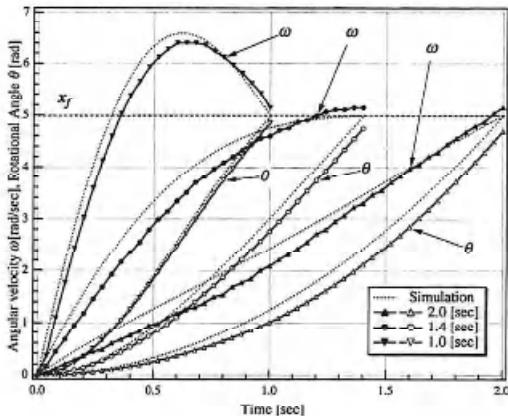


図5 制御時間変化によるオープンループ制御特性

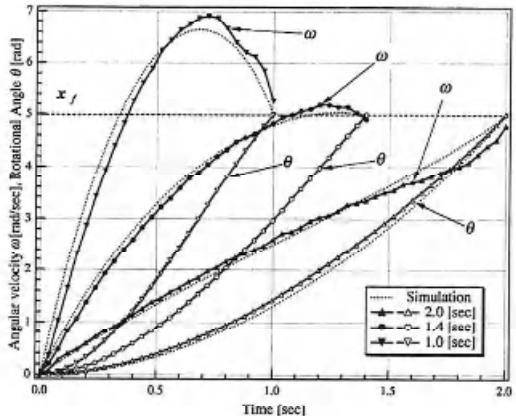


図6 制御時間変化によるフィードバック制御特性

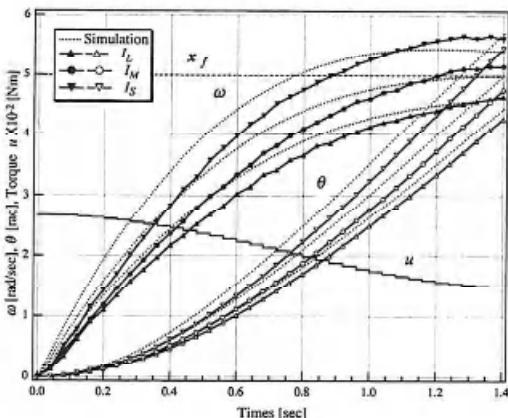


図7 惯性モーメント変化によるオープンループ制御特性

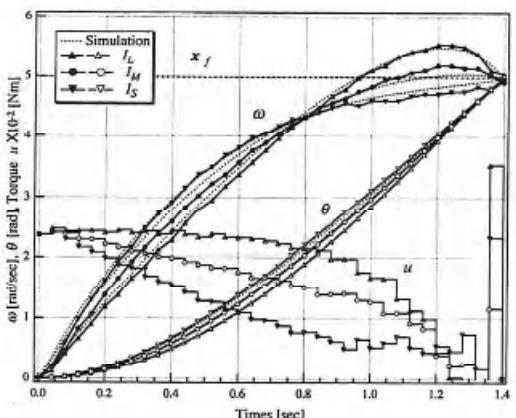


図8 惯性モーメント変化によるオープンループ制御特性

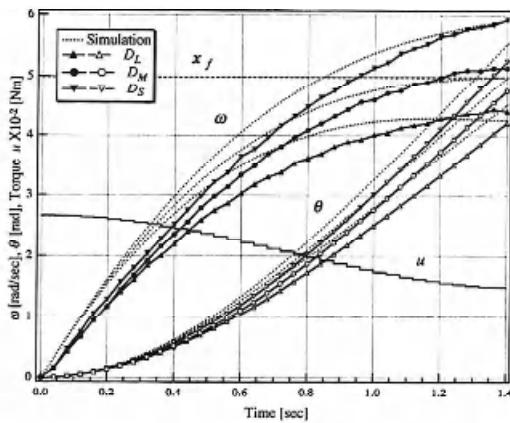


図9 粘性摩擦変化によるオープンループ制御特性

が悪くなっていると考えられる。当然の事ながらオープンループによる制御では慣性モーメントが変化すると目標状態への到達が不可能であるが、フィードバック制御では回転角の目標到達精度は0.1%，角速度では2%と高い制御性能を得ている。

5.3 粘性摩擦変化による制御特性

慣性モーメントを I_m に固定し、粘性摩擦係数を D_L , D_M , D_S と変え、シミュレーションと制御実験を行った。結果を図9、10に示す。オープンループ制御では慣性モーメントの変化と比べ制御中盤の変動幅が大きいが、目標状態への到達は粘性摩擦係数の変化が大きいにも拘わらず、その誤差は少ない。さらにフィードバック制御では粘性摩擦係数の変化があるにも拘わらず、何れのシミュレーション、実験ともほとんど変わらない状態遷移で目標状態に到達している。またこのことはフィードバック制御での操作量にも現れており、粘性摩擦係数が増してもほとんどの変化が見られない。先の実験同様フィードバック制御での回転角制御の目標到達精度は0.1%以内と高いが、角速度は4%であった。

6. まとめ

ロボットによる組立作業を行わせる場合、移動する製品に追従し組み付け時の製品とパーツの相対速度を0にするための制御方法について述べてきた。また、実機による実時間での制御を可能とするため、フィードバック制御方法及びその制御ゲインの算出方法を提案した。さらに、数値シミュレーションと実機モデル制御実験により、提案した制御方法がパラメータ変動に対しても有効であることを示した。

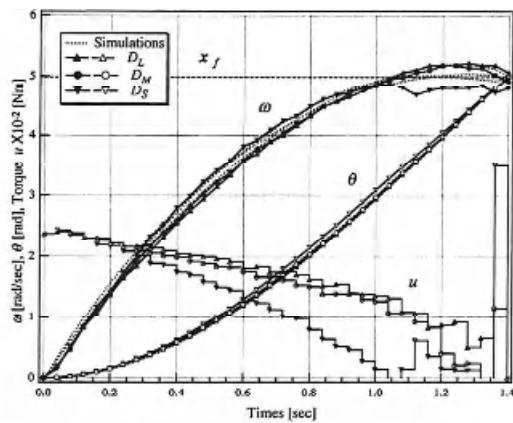


図10 粘性摩擦変化によるフィードバック制御特性

謝辞

本研究は平成8年度教育研究プロジェクト経費の援助を受け行われたことを付記し、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 梅岡他、コンペア追従制御へのカム曲線の応用 (1995)，精密工学会学術講演論文集，p.583-584.
- 2) 斎藤他、移動するソーカへの挿入作業におけるSTS制御(1995)，精密工学会学術講演論文集，p.581-582.
- 3) ロボットによる移動体への追従制御に関する研究 (1996)，有明工業高等専門学校機械工学科卒業論文。
- 4) 原慎他、ロボットアームの移動体への追従制御 (1996)，情報処理教育研究発表会論文集第16号，p.104-107.
- 5) 原慎他、移動体追従制御の性能に関する研究 (1997)，精密工学会飯塚地方講演論文集 p.59-60.

スピノン法によるpn接合の作製

中村俊三郎

〈平成9年9月30日受理〉

Fabrication of p-n Junctions by Spin-on Method

Shunzaburo NAKAMURA

For the education of the semiconductor devices, it is important for students to actually experience the semiconductor processes by themselves. The basic elements of the process such as photolithography, oxide layer forming, impurity doping and metallization recently became ready for use in our college. Toward the establishment of the laboratory course of MOSFET circuit implementation, a method to fabricate silicon p-n junctions was developed. The method uses the spin-on technique in which a solution including dopant (boron) is coated on the silicon wafer (n-type) using a spinner followed by heat treatment of the wafer for the diffusion of dopant. Various test structures were designed and fabricated. The I-V characteristic and the surface resistance of diffusion region were measured, and the junction depth was also observed with the angle lapping technique.

1. まえがき

現在、IC (Integrated Circuit) は、コンピュータをはじめとする多くの電子機器に使用され、その重要性についてはいまさら述べるまでもない。1チップのゲート数は1960年代に数百ゲートであったものが現在では数百万ゲートに達し、その進歩にはめざましいものがある。今後ともICは、集積度だけでなく機能面でも更に高度化していくであろう。

一方、このように高度に発達したICの設計や製作に関わる技術者の数は、定常的な不足が予想されており、その育成は工学教育における重要課題の一つと考えられる。しかしながら、現在のICの技術レベルは非常に高いため、IC技術者の育成には長い時間と高価な設備が必要となる。したがって、その技術者育成のための教育は、電気・電子・情報系の学科をもつ大学から大学院のコースにおいて本格的に行われている。

筆者は、本校電子情報工学科において半導体デバイス教育を充実するための準備を進めてきた。その中で、高専の予算規模とプロセスに必要な設備費用、そして学生の関心の方向や8割以上の学生が卒業後には就職するという状況などを考え合わせると、当学科においてICを実際に製作するような半導体プロセス教育を充実させていくことに、多少はあるが躊躇を感じざるを得ない。しかしながら、当学科のような複合学科において、実際にプロセス教育を実施することの意味は、その教育の中に物質工学的要素、電子工学的要素

さらには情報工学的要素などが含まれていることから、卒業後、就職していく学生にとっては一つの工学的素養となるであろうし、進学する学生にとっては入門的位置づけができると考えられる。ともあれ現状は、フォトリソグラフィ、酸化膜生成、不純物導入、メタライゼーションなどICを製作するのに最低限必要なプロセスが行えるようになったところである。そして、筆者は、将来的には本校にも専攻科が設置される可能性をも考慮して、1cm²のシリコン基板上に100ゲート程度を含むICの設計、製作および評価ができるようすることを当学科における半導体プロセス教育の目標として考えている。

pn接合は、ICの構成要素で最も基本的なものである。本研究の目的は、次の段階として計画しているMOSFETの製作において、ソースとドレインを形成する手法を確立することにある。すなわち、将来、MOSICを製作できるようにするための第一段階として、Si (Silicon) 基板上にプレーナ技術を用いて、微小面積のpn接合を形成することを試みた。

プレーナ技術でpn接合を形成するにはSi基板に不純物を導入する必要がある。この不純物導入は、工業的には主に、ジボランやフォスフィンなどの不純物を含むガスを用いる熱拡散法やイオン打ち込み法によって行われている。実際に工業的に広く用いられている手法で製作する方がより教育的であると考えられるが、前者は安全性の確保の点で、後者は設備が高価であるため当学科では実施が難しい。そこで、スピノン

ン法を用いて不純物導入を行うこととした。

スピノン法は、不純物を含む溶液をスピナでSi基板に塗布し、その後の加熱処理によって不純物をSi基板表面に熱拡散する方法である。この方法は、上述したような現在生産に使用されている方法に比べて不純物導入の制御性には劣るが、安全かつ簡便な方法であり、また半導体素子の作製技術の本質が決して失われるものではない。そのため、教育用として優れた適性をもつ。当面、製作を計画しているFETは、その製作性の容易さからPMOSFETである。そのため、本研究ではn型Si基板にB(Boron)拡散剤を用いてp型領域を形成し、pn接合を作製した。

2. 試料作製

試料作製については、Si基板上にpn接合部、拡散領域の面抵抗測定部、Si基板の比抵抗測定部を設けた。その設計図を図1に示す。pn接合部の寸法は、それぞれ1mm角、0.3mm角、0.2mm角である。pn接合の特性評価で接触抵抗による電圧の誤差を小さくするため、拡散領域と基板にそれぞれ電流端子と電圧端子を設け4端子構造とした。拡散領域の面抵抗測定のためには、広い拡散領域を形成し、同様に4端子を設けた。また、基板の比抵抗測定用に4つのポイントコンタクトを設けた。

マスク作製のために、パーソナル・コンピュータ(Macintosh)で作図ソフト(AldusSuperPaint)を用いて原図を描き、光沢紙に印刷した。このマスク原図を写真の引伸機の光学系を逆に用いて、フォトマスク

乾板上に20分の1に縮小焼き付けしてマスクを作製した。試料作製に使用した3枚のマスクパターンを図2に示す。1枚目は拡散領域の穴あけ用、2枚目はコンタクト・ホール形成用そして3枚目は端子形成用である。

使用したSiウェーハは、n型の片側鏡面ウェーハで比抵抗が7~13Ωcm(仕様値)、カット面は(100)である。このウェーハをダイヤペンで約30mm角に切断して使用した。試料の作製過程とSi基板断面を図3に示す。超純水で超音波洗浄を行った後、1000°Cで5時間、加湿酸化を行いフィールド酸化膜を形成した。マスク1を用いて、Bを拡散する領域に穴あけを行う。使用したフォトマスクは、ポジ型レジストで東京応化工業製OFPR-800である。次に高濃度ホウ素拡散剤PBF(東京応化工業製)をスピナで塗布し、乾燥、焼成の後、拡散熱処理を1000°Cで行った。拡散熱処理時間は、1時間、2時間、4時間の3種類の試料を作製した。その後、マスク2を用いてフォトリソグラフィ

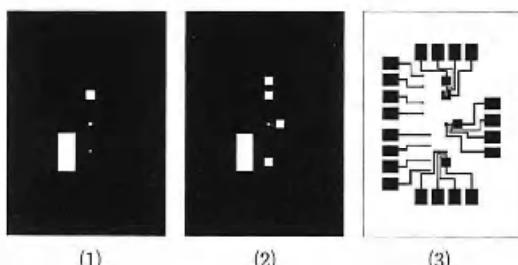


図2 フォトマスク

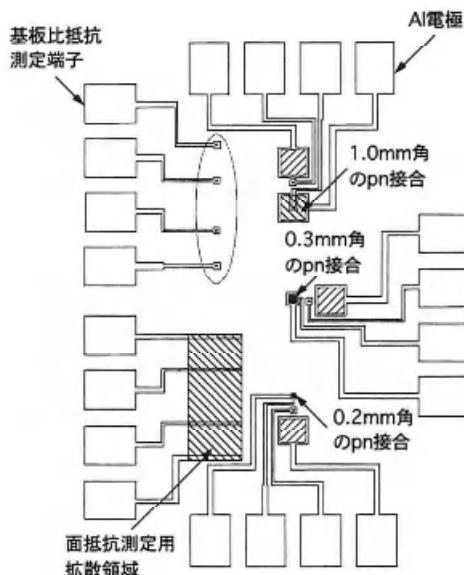


図1 基板設計図

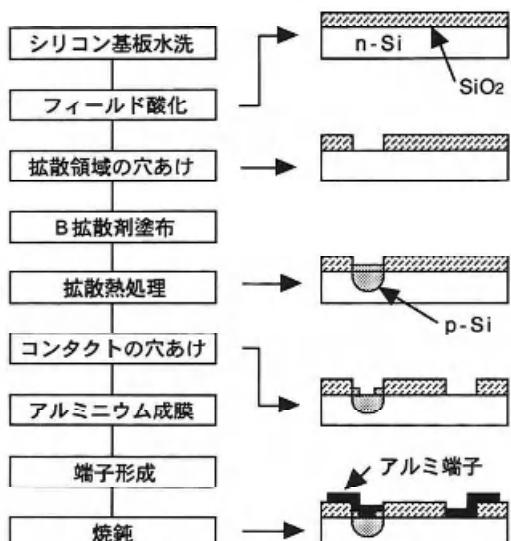


図3 作製過程と基板断面

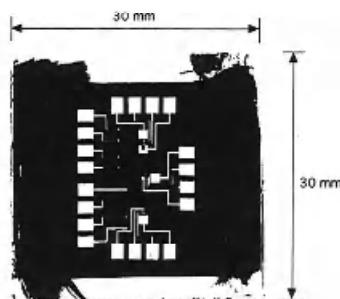


図4 完成した試料

を行い、コンタクトホールをあけた。そして、スパッタリングによって約 $1\text{ }\mu\text{m}$ 厚のAl膜を成膜し、マスク3によるフォトリソグラフィによって電極を形成した。最後に、 300°C で1時間の焼成を空気中で行った。完成した試料の写真を図4に示す。

3. 測定結果

pn接合の電流-電圧特性の測定に際し、準備した基板側端子は、すべてオーム・コンタクトになっておらず、電流を流すことができなかった。そこで、リソグラフィーが施されていない基板の外周の一部をサンドペーパーで粗面化し、Alを2ヶ所成膜してオーム・コンタクト端子を形成した。拡散部の2つの端子と付加的に形成した2つの端子を用いて、4端子法でpn接合の電流-電圧特性を測定した。拡散時間が2時間の試料の測定結果を図5に示す。この図から典型的な整流特性を示していることが分かる。また、逆方向バイアスを3V印加しても電流は $0.1\mu\text{A}$ 以下であり、MOSFETのソースドレインとして十分機能すると考えられる。拡散時間が1時間と4時間の試料についても、ほぼ同様の結果が得られた。

順方向電流を与える経験式は、

$$I_F \propto \exp\left(\frac{q|V_F|}{mkT}\right)$$

で表される。ここで、qは素電荷、VFは順方向電圧、kはボルツマン定数、Tは絶対温度である。mは理想係数で、pn接合を流れる電流が純粋に拡散電流ならば $m=1$ となり、純粹に再結合電流ならば $m=2$ となる。したがって、ドリフト電流の効果が無視できる1V以下の電圧では、一般にmは $1 \sim 2$ の間の値をとる。Siのpn接合の代表的特性は、0.5V以下ではmが1よりわずかに大きく、0.5~0.7Vで $m=1$ となる。¹¹

作製したpn接合の理想係数がどの程度になるか調べるために0~1Vの範囲の電流-電圧特性を詳細に測定し、片対数プロットしたグラフが図6である。mが1に近い値を示しているのは、順方向電圧が0.2~0.

4Vである。また、0.6V以下では、接合部面積の人小関係と電流の大小関係が一致していない。このことから、pn接合面にはかなりの欠陥量がダイオードごとにばらついていると考えられる。

拡散領域の面抵抗の測定結果を図7に示す。また、図8は、拡散時間1時間の試料について拡散深さを観察するために拡散部を斜めに研磨し、ステイン・エッチングを施した写真で、p型領域が約 $1\mu\text{m}$ の深さまで形成されていることが確認できた。²² 面抵抗および拡散深さの測定結果は、PBFメーカーの技術資料データとほぼ一致する結果が得られた。

基板の比抵抗測定については、前に述べたようにAl膜と基板とがショットキー接觸となり、電流がほとんど流れず測定できなかった。この点については、金属の選択、n型拡散などの工夫をする。

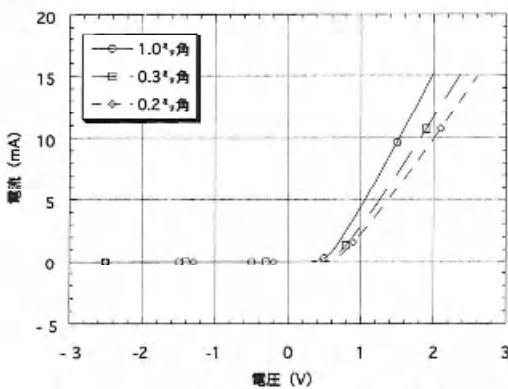


図5 電流-電圧特性（拡散時間：2時間）

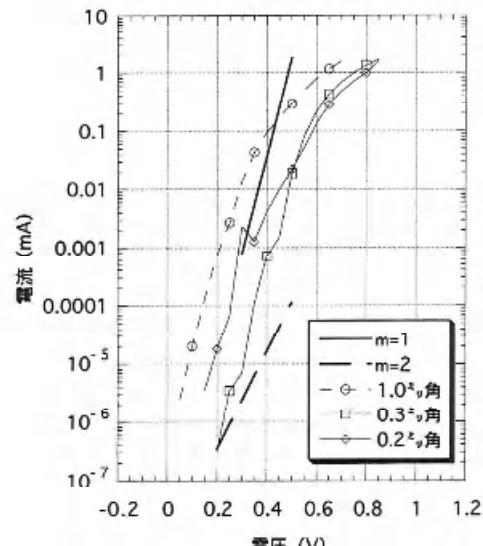


図6 電流-電圧特性（拡散時間：2時間）

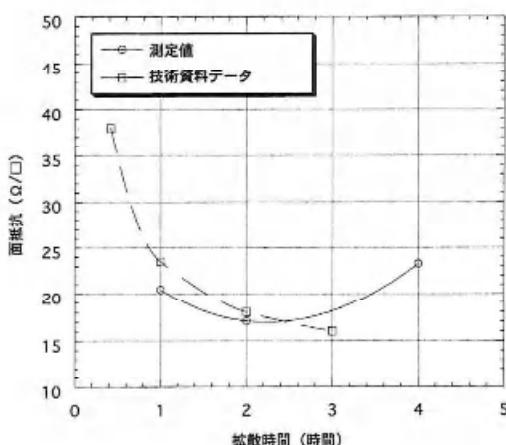


図7 面抵抗の拡散時間依存性

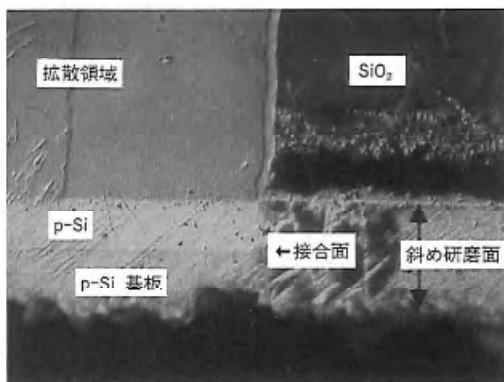


図8 ステインエッチによる接合深さの観察

4. あとがき

本研究は、 1 cm^2 のシリコン基板上に100ゲート程度を有するPMOSICの製作を目指して、それに必要な大きさのMOSFETのソースとドレイン形成が、現有設備で可能かどうかを調べるために行ったものである。当初、0.1mm角のpn接合の作製を計画したが、マスク原図を描くまでの制約から、4端子測定を行うためにコンタクトホールは0.1mm角で、pn接合は0.2mm角で設計せざるを得なかった。しかしながら、リソグラフィの状態から1つのFETのソースとドレインを0.1mm角で形成することは可能であると考えられる。

しかし、pn接合の作製過程で明らかになった問題点は、フィールド酸化膜上に見られるいくつかのピンホールである。このようなピンホールがあるとICとして機能しなくなることはいうまでもない。これは、主

にマスクの欠陥によるものであり、原図の印刷をきれいにする工夫やマスクの作製もクリーンルーム内で行えるようになることが必要であると考えられる。

本研究によって、目標としているICを製作する上で1つのFETの大きさに関しては、目標としているものが実現できる可能性が示された。現在、本研究の結果を踏まえ、ソースとドレイン0.2mm角程度でゲート長が0.2mm程度のMOSFETの作製を目指している。

謝 辞

本研究において、マスクの作製、試料作製および測定などのほとんどの実験は、平成8年度卒業研究生の中田陽子君と渡辺ひとみ君によってなされたものです。熱意をもってこのテーマに取り組んでくれた両君に深く感謝いたします。

九州工業大学、マイクロ化総合技術センター教授浅野種正氏には、本研究の進め方について、また本論文の原稿を読んでいただき有益な助言を頂きました。また、同、助手比嘉勝也氏には、ステイン・エッティングの手法を指導して頂きました。ここに深く感謝いたします。

マスク原図作製には、平成7年度本校総合実習センターの予算で購入したパーソナル・コンピュータを使用しました。

最後に、本研究は、平成8年度科学研究費補助金(基盤研究C(2))を受けて行いました。

参考文献

- 1) A.S.Grove, Physics and Technology of Semiconductor Devices, Wiley, New York, 1967.
- 2) 古川静二郎, 浅野種正, 超微細加工入門, オーム社, 1989.

減圧下の気液平衡測定法に関する一考察

渡辺 徹・本田 克美*

〈平成9年9月30日受理〉

An Examination of Measuring Methods for Vapor-Liquid Equilibria under Reduced Pressures

Toru WATANABE and Katsumi HONDA

It is difficult to measure thermodynamically consistent vapor-liquid equilibrium(VLE) data under reduced pressure by recirculation method such as an Othmer still. This is mainly because a concentration gradient of lower boiling component arises near the liquid surface due to the surface evaporation.

In this work, the VLE data under reduced pressures for two binary systems were measured using two apparatus which are different in recirculation method. One is ethyloxalate-methylsalicylate system at pressures of 2.67, 1.33 and 0.666kPa(20,10,5mmHg) using an improved Othmer still. The other is heptane-toluene system at pressures of 101.3, 13.3 and 5.66kPa(760,100,50mmHg) using an improved Jones still with a Cottrell pump. The VLE data were examined by the thermodynamic consistency test based on the Herington method. As a result, it is shown that the latter apparatus with a Cottrell pump is more useful than the former one in measuring VLE data under reduced pressures.

Keywords : Vapor-liquid equilibrium, Reduced pressure, Activity coefficient, Thermodynamic consistency test

1. 緒 言

蒸留やガス吸収などの成分分離プロセスにおける装置を開発・設計・運転操作する場合、混合系の気液平衡データは必須の物性値である。平衡データを用いるときの問題点としてその質が挙げられ、Gmehling¹⁾による DECHEMA のデータブック²⁾には二つの方法で気液平衡データの質が評価されているが、熱力学的に健全なデータは報告されたもののうちのわずか約20%にすぎないともいわれている³⁾。これは、実験装置の問題を含め、正確な平衡データを得ることが容易でないからであろう。

気液平衡測定装置についてはこれまで多くの報告があり、現在も改善がなされているが、Hala らの著書³⁾をはじめ多くの解説も見られる^{7,9,12)}。小島⁷⁾は、気液平衡測定装置を直接測定法と間接測定法に分類しているが、装置の簡便さや測定のやり易さから現在よく使用されるのは直接測定法のなかでも循環式である。そのなかで本研究で対象とする常圧以下の減圧下の気液平衡測定には、オスマー装置で代表される気相循環式装置とギレスピー型で代表されるコットレルポンプを有

する気液2相循環式装置の改良型装置が用いられている。

オスマー型装置においては、蒸発フラスコ内の液の液深による沸点上昇や蒸気導管部での圧損などのため正確な平衡温度や圧力が求めにくいくことや、また、低圧下では液の沸騰が起こりにくくなるため、液の攪拌が不十分であると尖沸の発生や表面蒸発による液表面付近の濃度分布の生成により正確な平衡データを得るのが困難となる。これに対し、気液2相循環式は一般に構造が複雑で安定に操作するのが面倒であるが、前記の欠点が抑えられ現在の平衡装置の主流となっている。

著者らは、これまでに上記の欠点を改良したオスマー型装置を用いて減圧下の定圧気液平衡関係の測定を行い、系内圧による液の沸騰状態の違いを観察するとともに攪拌の程度と熱力学健全性の関係を検討した^{11,13)}。また、表面蒸発が支配的となり、そのため液表面近傍に濃度勾配が生じたときの気液平衡関係の補正法についても報告した¹⁴⁾。

ここでは、気相循環式のオスマー改良型測定装置を用いて、以前報告したヘプタンートルエン系¹⁵⁾よりもさらに圧力の低い領域でシウ酸エチルーサリチル酸メチル系の定圧気液平衡関係を測定し、それらのデータ

*九州大学工学部物質科学工学科

クを熱力学的に検討するとともに、その測定圧力範囲では表面蒸発が支配的であるのが観察されたため、前報¹⁵⁾で提案した物質移動モデルにより実測データの補正および評価を試みた。

また、コットレルポンプを有する気液2相循環式装置であるジョーンズ改良型装置を作製して、ヘプタン・トルエン系の減圧気液平衡関係を測定し、オスマー改良型装置で得られた結果や既往の文献値と熱力学的健全性の比較を行い、この測定装置の減圧下での有用性についても検討を加えた。

2. 気液平衡データの健全性の検討法

気液平衡データの健全性の検討法としては多くの方法が提案されているが^{4, 8, 14, 17)}、いずれにおいても気液平衡データから計算された液相活量係数を必要とする。

常圧以下の圧力における気液平衡関係は次式で表されるので、

$$P y_i = x_i \gamma_i p_i^0 \quad (1)$$

液相活量係数 γ は次式で求められる。

$$\gamma_i = P y_i / x_i p_i^0 \quad (2)$$

ここで、 P は全圧、 p_i^0 は同一温度での純成分 i の蒸気圧であり、 x_i および y_i はそれぞれ液相と気相の i 成分のモル分率である。よって、 γ_i は沸点 t および x_i 、 y_i の気液平衡データより計算できる。 p_i^0 に対し、表1に本研究で使用した物質の蒸気圧式の定数を示す。ただし、ヘプタンとトルエンについては式(3)で示される Antoine 式を、シュウ酸エチルとサリチル酸メチルについては式(4)を適用した^{10, 15)}。

$$\log_{10} p_i^0 [\text{Pa}] = A - B / (t [\text{°C}] + C) \quad (3)$$

$$\log_{10} p_i^0 = A + B / (t + 273.15) + C / (t + 273.15)^2 \quad (4)$$

本研究における気液平衡データの熱力学健全性は、Gibbs-Duhem の式を定圧気液平衡関係に適用したときに現れる混合熱の項を経験的数値を入れて考慮したヘリングトンの方法⁴⁾により検討した。この方法では、得られた気液平衡データより

$$I = \int_0^1 \log_{10} (\gamma_1 / \gamma_2) dx \quad (5)$$

$$\Sigma = \int_0^1 |\log_{10} (\gamma_1 / \gamma_2)| dx \quad (6)$$

$$\theta_T = T_{\max} - T_{\min} \quad (7)$$

表1 蒸気圧式の定数

物質	A	B	C
ヘプタン*	9.02730	1266.115	210.900
トルエン*	9.07824	1343.943	219.377
シュウ酸エチル**	9.2527	-1355.5	-263820.
サリチル酸メチル**	8.6585	-1166.7	-319470.

* 式(3), ** 式(4)

を計算し、

$$D = 100 |I| / \Sigma \quad (8)$$

$$J = 150 \theta_T / T_{\min} \quad (9)$$

と定義したとき、 $D < J$ (ゆるめた条件では $D < J + 10$) ならば、そのデータは熱力学的に健全であるとみなす。

3. オスマーマー改良型装置による気液平衡の測定

3.1 実験装置および方法

オスマー改良型装置については前報¹⁵⁾で詳述した。この装置の加熱フラスコ部は内径75mm、高さ200mmで、内部に4枚の邪魔板を設けており、液の混合状態をよくするためにフラスコに仕込まれた約140ml（深さ約3.5cm）の液はプロペラ（直径4cm）により強制的に攪拌される。その際、プロペラの回転数は、液の飛散が生じない限界の回転数500r.p.m.に設定した。1～2時間の平衡到達の後、温度および圧力を測定し、気相・液相試料をサンプリングしてその組成はアッペルの屈折計により屈折率を求めて決定した。なお、この種の測定装置で安定した信頼できる気液平衡データを得るために適正な蒸発速度の範囲が存在する^{11, 15)}。本実験はドロップカウンターで求めめておいた適正凝縮速度（すなわち蒸発速度）の範囲内で行った。

実験に用いた2成分系は、理想溶液に近いシュウ酸エチル-リリカル酸メチル系であり、市販の試薬をそのまま用いた。測定圧力は2.67, 1.33, 0.666kPa(20, 10, 5mmHg)の3通りであり、系内圧力はU字管マノメータにより測定した。

3.2 実験結果および考察

表2にシュウ酸エチル-サリチル酸メチル系を用いて圧力が2.67, 1.33, 0.666kPaで得られた測定結果を示す。また、図1にx-y関係を示す。圧力が低くなるにつれてわずかではあるが、x-y関係のふくらみは大きくなっている。

図2は、各成分の活量係数の比の対数値と液組成との関係より、ヘリングトン法によるデータの熱力学健全性を検討したものである。圧力によらずほぼ同じ変化を示している。各圧力に対し2～3本の直線で近似して得られた式(8)のDおよび式(9)によるJの値も同図中の表に示されている。全ての圧力に対して、Dは($J+10$)よりもかなり大きく、ヘリングトンの方法による健全性テストは不健全と判定された。また、圧力が低くなるほど不健全の度合いは大きくなっている。なお、実験中の観察によれば、この程度の圧力になると沸騰現象はほとんど見られず表面蒸発が支配的であつ

表2 オスマーモデルによるシウ酸エチル-
サリチル酸メチル系の減圧気液平衡データ

P [kPa]	t [°C]	x ₁ [-]	y [-]	γ ₁ [-]	γ ₂ [-]	x _{1t} [-]
2.67	111.1	.0533	.1626	.9308	.8147	.0505
2.67	105.6	.0962	.2631	1.0595	.9594	.0916
2.67	99.9	.2312	.4840	1.0483	1.0306	.2234
2.67	99.7	.3082	.5687	.9386	.9637	.2980
2.67	95.0	.4343	.6841	.9914	1.0891	.4258
2.67	93.8	.5272	.7451	.9418	1.1166	.5195
2.67	90.8	.6070	.7903	1.0029	1.2879	.6001
2.67	89.9	.7120	.8623	.9749	1.2092	.7062
2.67	89.5	.7675	.8893	.9513	1.2295	.7627
2.67	88.1	.8374	.9228	.9696	1.3197	.8339
2.67	86.9	.9036	.9545	.9868	1.3984	.9015
1.33	91.7	.0529	.1636	1.1401	1.0175	.0490
1.33	90.3	.0985	.2662	1.0666	1.0081	.0924
1.33	85.9	.2390	.4880	1.0029	1.0517	.2281
1.33	83.5	.3042	.5717	1.0431	1.0966	.2931
1.33	81.7	.3683	.6308	1.0432	1.1506	.3569
1.33	80.6	.4389	.6862	1.0086	1.1713	.4279
1.33	79.0	.5269	.7447	.9919	1.2379	.5168
1.33	77.8	.6067	.8039	.9913	1.2257	.5972
1.33	76.1	.7127	.8614	.9907	1.3096	.7052
1.33	75.5	.7664	.8888	.9821	1.3388	.7601
1.33	74.8	.8376	.9233	.9697	1.3846	.8331
1.33	74.3	.9055	.9545	.9530	1.4543	.9029
0.666	79.0	.0522	.1678	1.1280	1.0071	.0480
0.666	76.6	.0986	.2664	1.0779	1.0727	.0923
0.666	76.1	.1922	.4205	.8967	.9737	.1834
0.666	68.9	.2573	.5656	1.3438	1.2298	.2438
0.666	69.2	.3233	.6012	1.1175	1.2160	.3110
0.666	69.0	.3972	.6486	.9926	1.2180	.3859
0.666	70.5	.4618	.7186	.8688	.9950	.4504
0.666	66.4	.6068	.8121	.9447	1.1777	.5968
0.666	66.6	.7080	.8691	.8565	1.0907	.7000
0.666	64.4	.7680	.8966	.9263	1.2505	.7613
0.666	62.7	.8324	.9258	.9761	1.3896	.8273
0.666	62.5	.9015	.9569	.9427	1.3918	.8984

た。

上述のように健全なデータが得られなかった理由として、蒸発器内では液表面近傍で濃度勾配が生じ気相組成は液相本体とは平衡になっていなかったためと考え、これらの実測値に対し前報¹⁰⁾で提案した物質移動モデルにより液相組成を補正してみた。この方法は、蒸発器内液が表面蒸発しているときには液表面付近に濃度勾配が生じ液本体(x)よりも低沸点成分に乏しい界面における液(x_1)が蒸気本体(y)と平衡になっていいるとするものである。すなわち、液本体と界面との組成差として表される補正量 Δx は次式で評価される。

$$\Delta x = x - x_1 = K'(y - x) \quad (10)$$

$$\text{ただし } K' = 1/(k_x/N_t - 1) \quad (11)$$

ここで、 k_x は、蒸発による高物質流束(N_t)を伴うと

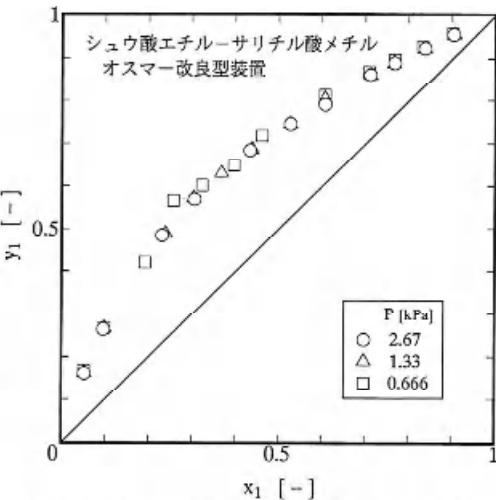


図1 低圧下におけるシウ酸エチル-サリチル酸メチル系のx-y関係(オスマー改良型装置)

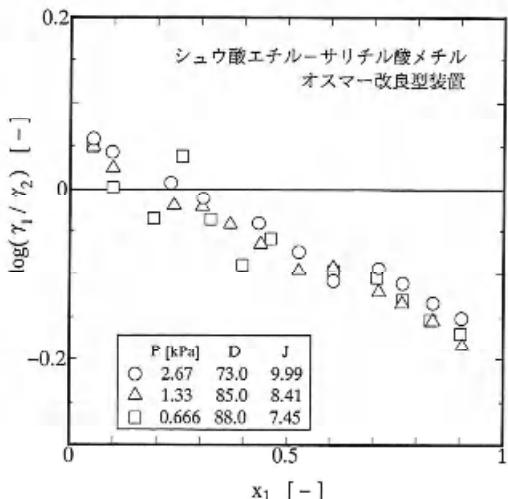


図2 シウ酸エチル-サリチル酸メチル系の熱力学健全性の評価(オスマー改良型装置)

きの液側物質移動係数であり、境膜論によれば¹¹⁾

$$k_x = N_t e^{N_t k_x} / (e^{N_t k_x} - 1) \quad (12)$$

となり、 N_t が小さいときの液側物質移動係数 k_x と関係づけられる。ここでは、 k_x として疋田ら¹²⁾が気液定界面式攪拌槽を用いて得た物理吸収実験に対する相関式を適用した。必要な物性は既往の文献¹³⁾を参照して求めた。また、蒸発速度 N_t は測定条件により変動はあったが、約 1.5×10^{-6} mol/cm²/sであった。なお、実験中の観察からすれば液表面はかなり乱れており、実際の k_x は疋田らの式による値よりも大きいものと推測される。

以上のことにより得られた補正値 x_{1t} は表2に示し

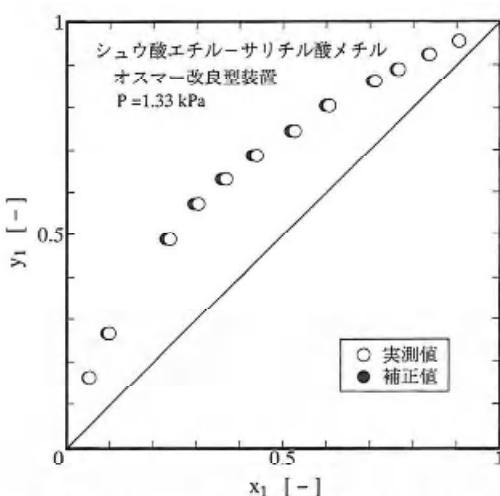


図3 実測値と補正値の $x-y$ 関係の比較（シュウ酸エチルーサリチル酸メチル系, $P=1.33\text{ kPa}$ ）

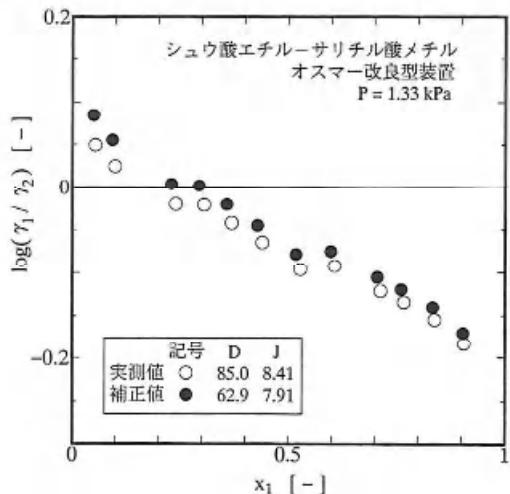


図4 実測値と補正値の熱力学健全性の比較（シュウ酸エチルーサリチル酸メチル系, $P=1.33\text{ kPa}$ ）

た。一例として圧力が 1.33 kPa (10 mmHg)における結果を補正前の結果と比較して示したのが図3、図4である。図3の $x-y$ 関係においては、中間濃度で補正量は最も大きく、平衡線のふくらみも大きくなっている。この結果に対してヘリングトンの方法で熱力学健全性を見たのが図4である。全濃度域で補正値に対する $\log(\gamma_1/\gamma_2)$ の値（●印）は実測値のそれ（○印）よりも大きくなり、図中に示されているようにDの値は補正前に比べると小さくなつたが、なお不健全と判定される。表3に実測値と補正値の健全性を比較した。両者ともに $(D-J)$ の値は圧力が小さくなると大きくなる傾向が見られる。また、全ての圧力に対し、補正値

表3 ヘリングトン法による熱力学健全性評価
(シュウ酸エチルーサリチル酸メチル系)

圧力 $P [\text{kPa}]$	実測値		補正値	
	D	J	D	J
2.67	73.0	9.99	54.2	9.55
1.33	85.0	8.41	62.9	7.91
0.666	88.0	7.45	68.0	6.99

は実測値よりも健全な方向に近づいているが、 $(D-J)$ の値は10よりかなり大きく不健全と判定される。

ここで試みた補正法は、前報¹⁰で示したヘブタントルエン系の圧力 6.66 kPa (50 mmHg)までの低圧下のデータに対しては良好な結果を与え、健全なデータを推定する際の有効な一つの方法になりうるものと考えられた。しかし、それよりも低い圧力で測定したシュウ酸エチルーサリチル酸メチル系に対しては補正が十分ではなく問題が残った。以上二つの2成分系では物性の違いは幾らかあるものの、最も異なるところは循環させる蒸発速度（凝縮速度）であり、シュウ酸エチルーサリチル酸メチル系の蒸発速度はヘブタントルエン系の約 $1/10$ とかなり小さく、補正量も小さくなつた。蒸発速度は物質移動係数 k_x とともに液相内濃度分布を評価する際重要な因子であり、より低い圧力の場合も含め、これらの評価に対しお検討する必要があろう。

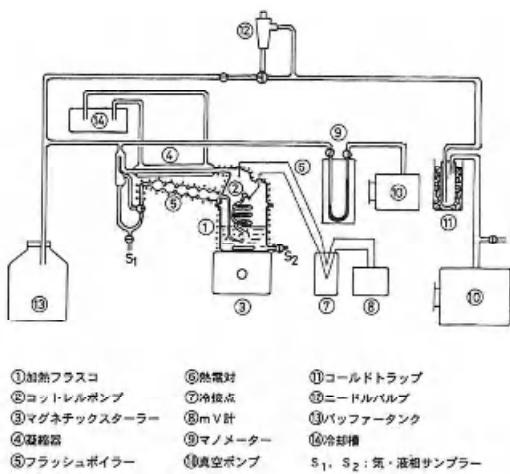
4. ジョーンズ改良型装置による気液平衡の測定

前節で示したように、ポットスチル型の蒸発器を有するオスマー型装置では圧力が低くなつて沸騰が弱くなり表面蒸発が支配的になると健全な実測値を得るのが難しくなる。そこで、コットレルポンプを設けた気液2相循環式気液平衡測定装置としてTaylorら¹¹を参考にして製作したジョーンズ改良型装置についても気液平衡関係の測定を行い、その低圧下での有用性をオスマー型装置の結果と比較検討した。

4.1 実験装置および方法

装置系統図を図5に示す。この装置では、①の加熱フラスコ内のコットレルポンプ②を蒸気と液が気液混相の状態でお互いに接触しながら上昇するため、圧力の低い条件下でも気液相が平衡状態を実現するのに有利であると考えられる。

加熱フラスコは内径 5 cm で、約 120 ml （深さ約 6 cm ）の試料が仕込まれ、これはマグネットクスターで一様に攪拌される。約1時間の平衡到達後の気液



平衡データ測定方法は、前節のオスマー改良型装置とほぼ同じである。気・液相の組成は S₁, S₂ よりのサンプル液の屈折率より、系内圧は水銀マノメータ⑨により、沸点はコットレルポンプの頂部から吹き出る気液の温度を T (銅-コンスタンタン) 熱電対⑥により測定した。

用いた 2 成分系はヘプタン-トルエン系であり、圧力が 101.3, 13.3, 6.66kPa (760, 100, 50mmHg) の 3 通りについて測定を行った。なお、前述のオスマー改良型装置についても、以前これと同じ条件で気液平衡データを得ている¹⁸⁾。

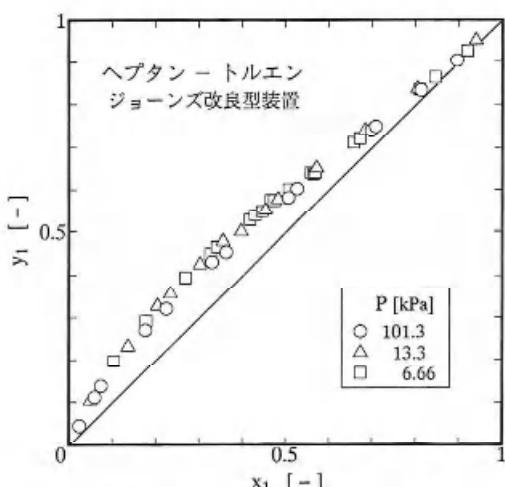


図6 低圧下におけるヘプタン-トルエン系のx-y関係 (ジョーンズ改良型装置)

表4 ジョーンズ改良型装置によるヘプタン-トルエン系の減圧気液平衡データ

P [kPa]	t [°C]	x ₁ [-]	y ₁ [-]	T ₁ [-]	T ₂ [-]
101.3	110.0	.0240	.0460	1.3809	.9950
101.3	108.5	.0590	.1109	1.4112	1.0041
101.3	108.2	.0741	.1376	1.4057	.9984
101.3	106.0	.1762	.2699	1.2323	1.0126
101.3	104.8	.2247	.3210	1.1891	1.0355
101.3	103.4	.3304	.4299	1.1269	1.0503
101.3	102.7	.3629	.4526	1.1020	1.0822
101.3	101.5	.5066	.5801	1.0472	1.1111
101.3	100.8	.5269	.6014	1.0651	1.1235
101.3	100.1	.6985	.7402	1.0090	1.1740
101.3	98.9	.7085	.7487	1.0422	1.2178
101.3	99.4	.8126	.8326	.9958	1.2428
101.3	98.7	.8956	.9032	1.0004	1.3178
13.33	51.1	.0495	.1034	1.4102	.9775
13.33	48.9	.1365	.2316	1.2536	1.0128
13.45	47.7	.2046	.3273	1.2534	1.0229
13.33	48.2	.2343	.3557	1.1546	.9870
13.33	45.6	.3024	.4249	1.1918	1.0832
13.45	45.5	.3558	.4775	1.1863	1.0840
13.33	45.7	.3977	.4997	1.0613	1.0866
13.29	44.3	.4537	.5500	1.0836	1.1431
13.33	44.1	.4830	.5764	1.0791	1.1506
13.33	44.1	.5716	.6511	1.0300	1.1437
13.37	43.1	.6840	.7392	1.0232	1.2157
13.33	43.2	.8047	.8356	.9760	1.2307
13.33	42.6	.9392	.9509	.9767	1.2130
6.664	34.2	.1032	.1968	1.3402	.9947
6.712	33.8	.1781	.2917	1.1810	.9828
6.664	31.9	.2690	.3950	1.1491	1.0278
6.740	33.7	.3266	.4483	.9985	.9427
6.646	31.8	.3418	.4651	1.0668	1.0114
6.740	31.4	.4177	.5266	1.0216	1.0465
6.683	31.8	.4296	.5377	.9868	1.0143
6.664	30.7	.4464	.5474	1.0157	1.0771
6.655	31.0	.4662	.5749	1.0056	1.0323
6.651	30.5	.4746	.5788	1.0090	1.0772
6.674	31.0	.5083	.6000	.9653	1.0574
6.651	30.2	.5590	.6395	.9686	1.1018
6.758	30.5	.5644	.6359	.9554	1.1277
6.664	29.3	.5680	.6396	.9974	1.1784
6.598	29.2	.6575	.7112	.9531	1.1851
6.654	29.7	.6724	.7207	.9313	1.1804
6.664	29.0	.8099	.8345	.9260	1.2484
6.655	29.1	.8453	.8832	.9120	1.2600
6.655	28.4	.9198	.9262	.9303	1.3580

4.2 実験結果および考察

得られた結果を表4に示す。図6は実測した3つの圧力に対するヘプタン-トルエン系のx-y関係を示したものである。圧力が低くなるとx-y関係のふくらみはわずかに大きくなっている。これは図2で示したシエウ酸エチルーサリチル酸メチル系の結果と同様である。

図7は、図6の結果に対して熱力学健全性について示したものである。ヘリングトンの方法による結果は、図中に示されるように最も圧力の低い6.66kPaの結果を除けば、101.3, 13.3kPaについては健全と評価される。

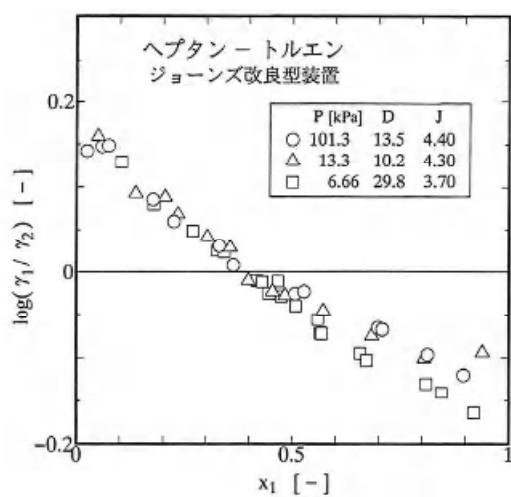


図7 ヘプタンートルエン系の熱力学健全性の評価
(ジョーンズ改良型装置)

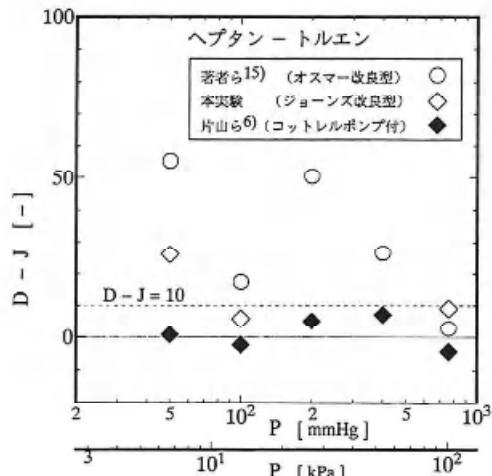


図8 各種測定装置によるヘプタンートルエン系低圧気液平衡データの熱力学健全性の比較

図8は、ヘプタンートルエン系に対し、前報のオスマー改良型装置による結果¹⁵⁾、ジョーンズ改良型装置による本実験、並びに同じくコットレルポンプを有する測定装置により片山らが得た結果⁶⁾も併せて圧力の違いによる熱力学的健全性を比較したものである。ここで、縦軸の(D-J)が10よりも小さい領域が健全性の目安である。オスマー改良型装置の場合、かなり激しい沸騰が見られた大気圧下における結果は健全と見なせるが、圧力の低下とともに(D-J)の値は大きくなる傾向にあり不健全の度合いは大きくなっている。これに対し、コットレルポンプを有する装置を用いた本実験(◇)および片山ら⁶⁾の結果(◆)は圧力の低い

ところでも健全と判定され、このタイプの気液平衡測定装置は低圧下でも有用であることがわかる。なお、本実験の結果は片山らの結果よりも健全性の点で劣っているが、これは本実験装置の加熱フラスコ内のコットレルポンプの関係しない自由表面の割合が大きく(図5参照)、その部分からの蒸発が関係したものと考えている。

5. 結 言

気液循環方式の異なる二つの装置を用いて減圧下の気液平衡関係を実測し、熱力学的健全性の観点よりそれらの測定法を検討して以下の知見を得た。

(1) 気相循環式オスマー改良型装置によるシュウ酸エチルーサリチル酸メチル系の減圧下(2.67, 1.33, 0.666kPa)の気液平衡関係は圧力が低くなるほど不健全の度合いが大きくなつた。この時、表面蒸発が支配的であり、蒸発を伴う物質移動モデルにより平衡データの補正を行つたが、もっと高い圧力($\geq 6.66\text{kPa}$)に対するヘプタンートルエン系の様には十分に評価できなかつた。

(2) コットレルポンプを有する気液2相循環式測定装置によるヘプタンートルエン系の減圧下(101.3, 13.3, 6.66kPa)での結果は熱力学的にほぼ健全と判定され、このタイプの気液平衡測定装置はオスマー改良型装置と比較して減圧下で有用であることが分かった。

今後、さらに低圧下の気液平衡データの系統的な蓄積とそれらの推算を含む合理的な評価法が必要であろう。

[謝辞] 本研究を行うにあたり卒業研究として実験に協力された塙本公巳、延弘光、江藤誠の諸氏に深く感謝します。

使用記号

A, B, C	=蒸気圧式(3), (4)の定数	
D	=式(8)で定義された値	[−]
I	=式(5)で定義された値	[−]
J	=式(9)で定義された値	[−]
k_x	=液側物質移動係数	[mol/cm ² /s]
N_x	=蒸発速度	[mol/cm ² /s]
P	=全圧	[Pa], [mmHg]
p_i^0	=純成分 i の蒸気圧	[Pa], [mmHg]
t	=温度	[°C]
T_{\max}	=定圧下の最高沸点	[K]
T_{\min}	=定圧下の最低沸点	[K]
x	=液相モル分率	[−]
x_i	=液表面の液相モル分率	[−]
y	=気相モル分率	[−]

Σ =式(6)で定義された値 [-]

γ_i =成分*i*の液相活量係数 [-]

θ_r =式(7)で定義された値 [K]

添字

1=成分1 (低沸点)

2=成分2 (高沸点)

参考文献

- 1) Bird,R.B., W.E.Stewart and E.N.Lightfoot: "Transport Phenomena", Wiley, p.663(1960)
- 2) Gmehling,J. and U.Onken: "Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection", Chemistry Data Series, DECHEMA(1977-)
- 3) Hala,E., J.Pick, V.Fried and O.Vilim: "Vapor-Liquid Equilibrium", Pergamon Press(1967)
- 4) Herington,E.F.G.: J.Inst.Petrol., 37, 457(1951)
- 5) 斎田晴夫, 石川治男: 化学工学論文集, 1, 45 (1975)
- 6) Katayama,H. and I. Watanabe: J.Chem. Eng. Data, 25, 107(1980)
- 7) 小島和夫: 分離技術, 22, 2 (1992)
- 8) Kojima,K., H.M.Moon and K.Ochi: Fluid Phase Equilibria, 56, 269(1990)
- 9) Malanowski,S.: Fluid Phase Equilibria, 8, 197(1982)
- 10) 松田 晃: 九州大学学位論文, (1974)
- 11) 松田 晃, 宗像 健, 宮脇博行, 渡辺 徹: 化学工学論文集, 3, 183 (1977)
- 12) 越智健二: 化学工学, 60, 89 (1996)
- 13) Taylor,K.H., S.R.M.Ellis and C.H.G.Hands: J. Appl.Chem., 16, 245(1966)
- 14) Van Ness,H.C., S.M.Byer and R.E.Gibbs: AI ChEJ., 19, 238 (1973)
- 15) 渡辺 徹: 有明高専紀要, vol.21, p.59 (1985)
- 16) 渡辺 徹, 本田克美, 宗像 健: 有明高専紀要, vol.27, p.99 (1991)
- 17) Wisniak,J.: Ind. Eng. Chem. Res., 32, 1531(1993)

Analysis of Errors in Written Work by Japanese Students

Noriko ABE

<Received 28 August, 1997>

1. INTRODUCTION

In this paper, I would like to identify and analyze the errors Japanese students make and to find some useful procedures to help them solve the problems. Having taught the same students for three years, I sometimes notice they make the kind of errors that they made as first year students. Some of the errors are deviations from very simple grammatical rules. When I tell them to look over their work because there are a lot of careless mistakes, they correct a few of them by themselves. When I underline their mistakes, then they can correct many of the mistakes. This experience makes me wonder why they repeat the same mistakes, how long it takes before they master them, and whether they learn the correct forms at all. It doesn't seem enough for teachers just to advise them to be more careful. Therefore it will be useful to know what their errors are, why they occur and what they mean.

2. LITERATURE REVIEW

What can we tell from learners' errors? First we can know what the learners find difficult to acquire. Why do learners find some specific rules of L2 easy and others difficult? Do they find what L1 and L2 have in common easy and the differences between them difficult? Larson-Freeman & Long (1991 p.53) point out that the conviction that linguistic differences could be used to predict learning difficulty gave rise to the contrastive analysis hypothesis(CAH): Where two languages were similar, positive transfer would occur; where they were different, negative transfer, or interference, would result. However, the CAH came to be challenged because of the result of Whitman and Jackson's (1972) test which showed the defect of CAH. They compared English and Japanese and predicted the difficulty Japanese learners would have in learning English. However the result of the written test didn't support the predictions. They concluded that "contrastive analysis as represented by the four analyses tested in this project, is inadequate, theoretically and practically, to predict the interference problems of a language learner(p.40)."

Richards (1971) classes errors into two kinds. One is *interlingual* errors. They are errors which could be traced to L1 interference. Brown says:

the beginning stages of learning a second language are characterized by a good deal of *interlingual* transfer from the native language, or interference. In these early stages, before the system of the second language is familiar, the native language is the only linguistic system in previous experience upon which the learner can draw. (1994 p.213)

The other type of errors are called *intralingual* errors. They are the similar errors that are committed by all SL learners, regardless of their L1. There are remarkable differences among researchers in interpreting type of errors. Dulay and Burt (1973) reported that only 3% of the errors are L1 interference, while other researchers estimate nearly 33% on average (Ellis 1985).

What Japanese learners of English find difficult to learn is not always the system in English which they do not have in the native tongue. Shortall (1996 p.2) describes Japanese junior high school students as not having serious problems in controlling word order in learning English in spite of the fact that these two languages are different in the word order.

In order to find out what *interlingual* errors and *intralingual* errors Japanese high school students make, I took a sample from the written work of 80 students.

3. METHODOLOGY

3.1 Students

The students are 16 years old and all Japanese native speakers. They have studied English as a foreign language for four years. The classroom is the main, or only, place for them to learn English. They hardly have chances to be exposed to communication in English in its natural environment.

They have six English classes a week and most of the time is spent reading essays and studying grammar. Even during English lessons they speak about the material and the language in Japanese. One of the six lessons is a conversation class taught by an Assistant Language Teacher (ALT), a young native speaker. For the preparation of entrance exams for universities, the students spend much time learning grammar rules and memorizing basic English sentences. They have already studied the whole of a grammar book.

3.2 Subject

They wrote under the title of

- My family / school / town
- or My goal for the future
- or My favorite sport / music / book / animal
- or What I am interested in most

3.3 Time

15 minutes

4. RESULTS

4-1 Five Example Essays

(1) *My favorite sport is judo. I began it when I entered high school. I love judo because it is very old and I can feel Japanese traditional thing from it. You might think judo is rude or strict sport, but it isn't. It is played in Olympics and that mean people all over the world admit judo as a fair sport. I hope I can keep doing this till I get kuroobi.*

(2) *My living town is very small, but it is very beautiful and has people which have warm heart. For example, There are many natural mountains and rivers which fish are living. Therefore people's hearts can keep warm. They and I are happy every day.*

(3) *My favorite sport is swimming. So I belong to swimming club in my school now. When I was five years old, I began it. I have been swimming since then. By the way, I like not only swimming but watching it. Watching the race is for me to learn how to swim faster. Let's swim! It's very good for our health. None can swim at first. If you practice hard, you'll able to swim someday.*

(4) *What I am interested in most is modern technology such as computers. I have been interested in electricity since I was two years old and I play with electricity. I like electricity very much. So I want to be a scientist who make a lot of electric devices for hospitals.*

(5) *My family has four people. Mother, Father, older brother and me. I talked very little with my family. So my friends in my family are TV, CD player and my desk. When I come back from school, I'm very tired. So they didn't talk with me. I thank for their kindness. I think that my family always care about me.*

4-2

Figure 1 Error Types and Samples of Student Errors

1. Articles	(33 students)
	It is near <u>the my</u> house. My dream is becoming <u>famous musician</u> . She is good at playing <u>piano</u> . <u>a</u> orange
2. Superlative Adjectives	(4 students)
	the <u>best</u> hardest the <u>most</u> greatest the most little sister my <u>best</u> favorite sport
3. Passive Sentences	(6 students)
	We <u>are enjoyed</u> our school life every day. Badminton Festival will <u>be taken place</u> in March 16. He <u>has been studied</u> harder.
4. Prepositions	(5 students)
	I'm looking forward to <u>going</u> school. When I stay my room, I always <u>listen</u> it. <u>in</u> March 16th
5. Number	(10 students)
	most of the Japanese <u>musician</u> I want to study many <u>thing</u> . <u>musics</u>
6. Third Person Singular Verbs	(11 students)
	a scientist who <u>make</u> a lot of electric devices Sometimes she <u>go</u> to Karaoke wiht my mother. People often <u>says</u> that watching TV is bad.
7. Relative Clauses	(2 students)
	rivers <u>which</u> fish are living Not only English grammar but English cultures are also <u>that</u> I want to learn them.
8. Word Orders	(1 students)
	Why <u>I'm</u> playing basketball?
9. Pronouns	(3 students)
	I think that <u>them</u> are wrong. good points of <u>its</u> I want to go to the country and I help <u>their</u> .

10. Psychological Verbs	(5 students)
	You must <u>impress</u> his song.
	Judo is my most <u>interseted</u> thing.
	Reading is <u>excited</u> .
11. Miscellaneous Errors	
	I <u>became</u> to like Bon Jovi.
	<u>It passed</u> several years.
	I finished <u>to read</u> that book.
	my <u>living town</u>
	I live in Maebaru city. <u>There is very in the country.</u>
	His project is very <u>perfectly</u> .
	I practice <u>so as to</u> good player.
	almost <u>their</u> songs
	I <u>will late</u> for school.
	since they <u>borne</u>
	Let's <u>dancing</u> together.
	<u>injure</u> and <u>disease</u> people
	We feel friendly <u>each other</u>

5. ANALYSIS

5.1 Reading the compositions the students wrote, I felt that on the whole they did good work. They did not know all their errors would be highlighted and analyzed. They did make several kinds of errors but they are not serious deviations. They did not write negative sentences like "He no have bicycle." Not many students omitted "plural-s" or "3rd person singular present -s". They wrote past forms and progressive forms correctly. None of them omitted subjects. There are few errors that will change the meaning of the whole sentence. I believe this is the fruit of the time and energy they devoted to learning grammar and memorizing basic sentences. Yet I do not think they wrote in order to show they can use English grammar correctly or in order not to make mistakes. They had some message and tried hard to make themselves understood, using everything they knew.

5.2 As an example of an *interlingual* error, I would like to examine the omission of indefinite articles. It has to be discussed whether this type of error can be classified as an *interlingual* error. Richards (1971 pp. 186-187) regards the omission of "a" before class nouns defined by adjectives like "He was good boy" and "He was brave man" as typical English *intralingual* errors in the use of articles. Dulay, Burt & Krashen (1981 p. 165) also say the omission of articles belongs to developmental errors because children learning English as their first language usually make the same errors. Crystal, in his Child Language, Learning and Linguistics (1976 translated p 86) describes how a child at the third stage develops his utterance "daddy kick ball" into "daddy kick a ball" or "daddy kicking ball," treating the omission of articles as an *intralingual* error. All these researchers agree that the omission of articles is a developmental error.

However, I insist that among several kinds of errors of articles, the omission of "a" before nouns defined by adjectives is an *interlingual* error. The evidence is the surprising number of students who made this error.

Table 1. Errors in the Use of Articles

	No. of Students
THE and possessive pronouns	1
A instead of AN	1
omission of THE before nouns	3
omission of THE before nouns defined by adjectives	0
omission of A before nouns	8
omission of A before nouns defined by adjectives	20

As far as "the" is concerned, they usually put it in correctly: "in the pool," "in the river," "in the morning," "in the hospital". Moreover there are no errors in set phrases such as "the other thing," "the most important," "by the way," "at the same time," "in the world," "the first album," "in the future".

The pattern in which errors occur frequently is "a + adjective + noun". Examples:

- (1) My dream is becoming *famous musician*.
- (2) I live in Maebaru city. It is very *small city*.
- (3) My favorite sport is judo. You might think judo is *rude or strict sport*.
- (4) Because *basketball player* is always moving in the game.
- (5) I belong to *basketball club* and practice hard so as to *good player*.
- (6) I like reading very much. Now I read an old Chinese book. It is *very long story*.
- (7) I think cooking is *important element of culture*.
- (8) My favorite sport is rugby football. Rugby is *very hard and dangerous sport*.
- (9) I like baseball best of all sports. When I was *children*, I had *white ball and bat*.
- (10) My dream is to become a police officer. I want to become *very good police officer*.
- (11) My favorite sport is soccer. Soccer is *very interesting sport*.
- (12) Judo is very old and I can feel *Japanese traditional thing*.
- (13) We can listen to music on the radio. I think it is *good point*.

Why do so many of them make this error? There must be several reasons. The first reason is that in the Japanese language we do not have articles. The fact the students do not omit "the" should be paid attention to. I think the reason why they do not omit "the" but omit "a" is that they attach an important meaning "sono"(the particular) to "the" but do not regard "a" as meaningful. Another reason is that the omission of "a" hardly influences communication. However, they do not usually drop plural -s or 3rd person singular present -s which also hardly affects communication.

The third reason I have is that it is possible that the writer was focusing his attention to the adjective — wondering whether he should choose "small", "little" or "rural" — and failed to remember he should put "a". As the fourth reason I suggest the one which derives from the characteristics of the Japanese language. In Japanese, we don't have articles and can add singular nouns after adjectives without putting "a". Take an example from the students' sample:

(2) I live in Maebaru city. It is *small city*.

The second sentence is "Sore wa chiisai machi desu" in Japanese. When we say, "It is small," it is "Sore wa chiisai desu."

Sore wa chiisai machi desu. Sore wa chiisai desu.

It small city is. It small is.

You can say "Sore wa chiisai desu" and if you like, you can say "Sore wa chiisai machi desu" by adding just "machi"(city). Therefore we do not need to decide in advance whether we will say "machi". In (2), following the first sentence, whether you say "It is small" or "It is a small city" does not make a big difference to the meaning, assuming that the topic "city" has already been introduced. So I guess he was not aware whether he wanted to add a singular noun when he was writing. Numbers (3)(5)(6)(8)(10)(11)(13) also belong to the same group. It can be thought to have stemmed from his habitual language behaviour in his mother tongue. Hence

I consider the omission of "a" to be an *interlingual* error.

Larson-Freeman & Long (1991) says:

When the L1 (e.g. Swedish or Spanish) and the L2 (e.g. English or German) both use articles to mark definiteness and indefiniteness, target-like control is achieved more quickly than in cases of zero contrast, i.e. when the L1 (e.g. Finnish or Japanese) lacks articles or some other category present in the L2. (p.98)

On the other hand, there might be some teacher problems as well. Nishida (1992 p.39) says the omission of "a" is typical of Japanese learners of English and blames Japanese teachers for it. He describes how a Japanese teacher of English pays no attention to articles in class. He suggests that articles be taught as a part of determiners and zero articles be treated as meaningful articles. Looking over several grammar books for high school students published in Japan, I found some of them say that articles consist of definite articles (the) and indefinite articles (a/an), while in *Rediscover Grammar* with David Crystal (1988), articles are divided into three: definite articles, indefinite articles and zero articles. This might mean that in Japan not much consideration has been given to how to teach articles. Nishida also advises learners to try to develop awareness of numbers.

5.3 The most important thing is to motivate students to continue to write English. They should realize that what they write is well worth reading. Of course it is necessary for them to know clearly what their problems are. So they should be told that they often omit "a" before nouns defined by adjectives. However, because this omission hardly affects the content of sentences, it would be unhelpful if we point out their errors every time they make one. It would discourage them from writing English, since they may learn to avoid "a + adjective + noun". I think it a good idea to make them write one short essay every week, giving them comments only on the content, and on the fourth week to examine their essays carefully in terms of "a". Brown (1994 p.206) says, "While the diminishing of errors is an important criterion for increasing language proficiency, the ultimate goal of second language learning is the attainment of communicative fluency in a language." Harmer (1991 p.147) suggests work in pairs, exchange their work and look for errors in each other's writing and correct them. He also recommends showing students the writing (erasing the writer's name) which contains a number of common errors to ask them to identify errors. I think these procedures are effective, though we have to make sure that a good classroom atmosphere has been established in which students do not feel humiliated.

5.4 As an example of their *intralingual* errors, let us look at the use of "reverse psychological verbs". Some of the students made errors among interesting / interested / exciting / excited. I think this error is serious in that the wrong word order makes the meaning of a sentence just the opposite.

Students' errors:

- (1) Judo is my most interested thing.
- (2) His history novels are very interest.
- (3) Reading is very excited.
- (4) You must impress his song.
- (5) The book is very excited.

"Interest" and "excite" belong to psychological verbs but have different characteristics from others. How do the students make errors in these verbs? Dulay, Burt & Krashen (1982) explain:

Many predicates (both verbs and adjectives) describe how a person feels about something or someone.

They describe psychological states or reactions.

She loves that dish.

We're glad you're here.

Psychological verbs always require (1) the animate being who experiences the feeling, called the *experiencer*, and (2) the thing or person that causes the feeling to come about, called the *stimulus*. Most verbs that can relate an animate noun (one that can do or experience things, a living being) and

an inanimate noun require that the animate noun be the subject and the inanimate noun be the object.

For example:

He broke the window.

She bought two boxes of pencils.

Many psychological verbs also follow this rule:

They dislike latecomers.

We prefer Dutch chocolate.

Some psychological verbs, however, require the order of experiencer and stimulus to be reversed, as in:

This lesson bores me.

The performance amused everyone.

This reverse order of experiencer and stimulus (animate and inanimate nouns, respectively) is an exception to the pervasive English order. Students who have learned the general rule unsuspectingly apply it to the exceptional verbs (reverse psychological verbs), producing sentences such as:

He doesn't bother the cat.

(The cat doesn't bother him.)

I don't amuse that.

(That doesn't amuse me.) (pp.193-194)

Their explanation clearly shows that the students made an *intralingual* error.

5.5 Since misorderings with reverse psychological verbs influence communication, students should learn this rule. In order to make students more sensitive to their features, I gave them an activity based on the concept of consciousness-raising. I collected the following sentences from English dictionaries and told the students to read them and say what they had discovered about how to use excite / excited / exciting.

1. The recent discoveries have excited great interest among doctors.

2. The news excited everybody.

3. Dr. Samuelson's lecture excited my interest.

4. The adventure novel greatly excited him.

5. Her story excited curiosity in the children.

6. His speech will excite public suspicion.

1. The excited children forgot to take the present to the party.

2. Some people are sexually excited by pornographic magazine.

3. Everybody was excited by the news.

4. Don't get so excited.

5. I was excited to hear that.

6. The children were excited about the plans for the summer vacation.

7. I get excited about going to the movies.

8. They grew wildly excited with joy.

1. The student made exciting progress.

2. It was an exciting discovery.

3. He told me an exciting story.

4. His novel is an exciting piece of work.

5. He experienced an exciting trip.

6. I always find it exciting to watch Spielberg's movies.

7. The plan is not exciting to me.

Students' discoveries about:

"excite"

The former part excites the latter part.

It always has an object.

The subject is always a thing, not a person.

The subject makes the object feel the feeling.

"excited"

The subject is made to feel excitement by a thing.

It is used in a passive sentence.

It is usually followed by a preposition.

It is used with a verb like "be" or "get" or "grow".

"exciting"

It describes a noun following it.

It works as an adjective.

It modifies a noun.

It is placed before a noun.

It is used with an article.

A few of the students were sensitive enough to express what they have recognized, but many found the activity difficult. The trouble was that they were unable to understand the meaning of the sentences because of lexical difficulties. Their failure might be partly because of the lack of variety of the example sentences I collected from just a few dictionaries. Moreover, they are used to having linguistic materials presented and explained to them by their teachers. From the result of this activity, I think consciousness-raising needs some stock of linguistic knowledge, mental maturity and independent attitude toward learning.

6. CONCLUSION

By analyzing the errors in the sample of written work by the students, I made some useful discoveries. First I found they have acquired basic system of the English language in spite of large differences between their L1 and the L2. I found what they wrote correctly much more than what they did wrong. Their progress can be explained by the Chomsky's theory of Universal Grammar. Shortall (1996) says, "He suggested that in spite of these surface differences all languages have basic similarities in terms of design features. As part of our human inheritance, we are born with knowledge of these features." We need not feel pessimistic about learning foreign languages.

Concerning the types of errors, I found that most of the errors are, against my expectations, *intralingual* errors. As one of their examples, I examined reverse psychological verbs, which seriously affect communication. Among the other errors, the one which attracted my interest most was the omission of "a" before nouns defined by adjectives. Considering several factors, including the characteristics of the Japanese language and the number of students committing the same error, I concluded it is an *interlingual* error in opposition to some researchers' opinions.

In order to deal with the problems they have, I think it necessary for Japanese students to develop deeper awareness of the target features, since they have already learned the basic system. They are now at the stage where they should learn through intellectual efforts rather than through rote learning. Consciousness-raising activities will be helpful even if it takes time and students feel confused at first because it looks vague and intangible.

In addition, I think it useful to expose students more to authentic materials. They need to read a lot of authentic materials so that they will contextualize separate grammatical rules. As they have learned each grammar rule as an isolated one, even if the forms they use are correct, they sometimes appear in inappropriate contexts. Examples:

I'm interested in Japanese rock music. So I'm listening to the Yellow Monkey.

My school has a thousand students. We are doing study and sports very hard.

Petersen (1988) points out Japanese learners' overuse of progressive forms. I think this happens as a result of the method of teaching grammar in Japanese classrooms. It is the PPP approach with the idea of presentation, practice, and further practice, which is cast doubt on (Ellis and Hedge 1993).

Japanese students are limited not only by the example sentences they encounter, but also by the very classrooms in which they encounter them. English, as we know, is a foreign language which Japanese students do not use in everyday life. They do not learn it in a natural environment. What they have learned so far, they learned in classrooms with the help of teachers and textbooks. They should be encouraged to make use of English TV programs, movies, magazines, foreign friends. At the same time, however, classrooms are also an important place where they grow out of their errors.

In conclusion, from this research I learned the meaning of errors students make. They do not make errors simply out of carelessness. They are testing the hypothesis they have formulated from what they have learned about the target language so far, or in the case of interlingual errors, they are applying the rules of their native language. It might be said that making errors is an intelligent, creative and exploring activity. This recognition will allow teachers to have positive attitude toward students' errors, to pay more attention to them, and to learn from the errors how we can facilitate students' language learning.

References

- Brown, H.D (1994) *Principles of Language Learning and Teaching* Prentice Hall Regents.
- Crystal, D. (1976) *Child Language, Learning and Linguistics* Edward Arnold (Publishers) Ltd.
- Crystal, D. (1988) *Rediscover Grammar with David Crystal* Longman.
- Dulay, H. and Burt, M. (1973) Should We Teach Children Syntax? *Language Learning* 23: 245-58.
- Dulay, H. and Burt, M and Krashen, S. (1982) *Language Two* Oxford University Press.
- Ellis, R. (1985) *Understanding Second Language Acquisition* Oxford University Press.
- Ellis, R. and Hedge (1993) Second Language Acquisition Research: How Does it Help.
Teachers: An Interview With Rod Ellis *ELT Journal Volume 47/1 January 1993* Oxford University Press.
- Harmer, J. (1991) *The Practice of English Language Teaching* Longman.
- Larson-Freeman, D. and Long, M.H. (1991) *An Introduction to Second Language Acquisition Research* Longman.
- Nishida, T. (1995) *The Article-the Key to Success in English* Sekifusha.
- Petersen, M. (1988) *Nihonjin no Eigo* [Japanese People's English] Iwanami Shoten.
- Richards, J. C. (1971) "A Non-Contrastive Approach to Error Analysis" in J. C. Richards (ed.) *Error Analysis* Longman.
- Shortall, T. (1996) Language Knowledge in Language Acquisition: Universal Grammar and Second language Teaching.
in Willis, J. and J. D. Willis *Challenge and Change in Language Teaching* Heinemann.
- Whitman, R. and Jackson, K. (1972) The Unpredictability of Contrastive Analysis *Language Learning* 22:29-41.

Some Notes on the Language of Morality in Fielding's *Tom Jones**

Kazuho MURATA

〈Received 30 September, 1997〉

1. Introduction

The movement of modern English prose through Defoe's realistic fictional works reaches a peak in two masterpieces by the two true novelists in the middle of the eighteenth century: Richardson's *Clarissa Harlowe* (1748) and Fielding's *Tom Jones* (1749). As novels these two works contrast in many formal features. In short, *Clarissa Harlowe* is an epistolary sentimental novel purportedly written by the heroine Clarissa, but *Tom Jones*, on the other hand, is a comic-epic novel told by an omniscient narrator who makes frequent observations and asides to the reader, such as "Reader, take care ..." (I, 4) or "my graver reader" (I, 3).¹⁾ The narrative tone reflects the didacticism of the age. That is, Fielding's didactic or moralistic intention is closely related to the debased society in his days and the corruption of language brought about by it.

According to Hatfield (1968), who points out "Fielding's sensitivity to the linguistic prostitution of his age" (p. 5), corruption for Fielding is not misusage of spelling, pronunciation or grammar but "semantic change" (p. 36). Specifically, concerning abstract vocabulary with originally favourable senses, it is "the change from meaning to meaninglessness, the change from grandness of import to triviality, the change which was contaminating the vocabulary of sincerity with the suspicion of hypocrisy" (p. 33):

"Great" and "eminent," for all their original power and seriousness, seemed to have been reduced not only in social status but also, as a consequence, in meaning as well, and insofar as they still conveyed any "ideas," these were as likely as not to have a facetious edge, or at least to lend themselves readily to facetiously ironic usage. (p. 37)

Therefore, the author's uses of such abstract words in *Tom Jones* no doubt mirror his ironical intentions.²⁾

2. Juxtaposition

In examining the quality of irony in *Tom Jones* exhaustively, in her chapter on "prudence," Hutchens (1965) makes a semantic and contextual approach to the word:

in *Tom Jones* the words "prudence," "prudent" and "prudential" are used unfavourably three times to every one time they are used favourably. Nearly every unadmirable character in the novel is described as prudent or is shown advocating prudence. These unfavourable uses are, of course, ironic; but they do not belong to the simple, direct-reverse type of irony in which an obviously imprudent person would be called prudent. In practically all instances the word retains its literal meaning. (p. 101)

According to her, such a kind of irony depends on "the associations usually surrounding the word" (p. 101). Further, "When these associations are conspicuously at odds with the context, while the word remains unaltered in literal meaning, the result is connotative irony" (p. 102).

A close observation of these key words "prudence" or "prudent" leads us to notice that they are semantically and contextually linked with other words and are often juxtaposed with a variety of

related words such as "prudence and discretion" (VI, 14). Erametsa(1951), discussing the didacticism in sentimental literature in the eighteenth century,³⁾ regards the doublet pattern "A and B" as a common one in this period. Further, he cites typical instances from a lot of works (including *Tom Jones*) and suggests the following two main groups:

First, the two words are employed to denote the same aspect of the object involved, thus giving the impression of emphasis and a minute analysis, e.g., 'with like openness and candour.' Second, two aspects of one object are given. The parts of the pair may stand in various relations to each other, e.g., 'Modesty and fear, esteem and gratitude.' (p. 118)

Moreover, he also cites and interprets sequences of three and more, "tria," and "enumeration" respectively.

"Prudence" or its related words, nouns and adjectives in particular, also appear in tria or enumeration in our texts. Therefore, for convenience, I call all three patterns "juxtaposition" throughout this study, referring not only to the pattern "A and B" but also to patterns such as "AB," "A or B" or "A more than B." Such instances seem to function sometimes like synonyms and give rather clear and limited references to the abstract and ambiguous senses of the words. Of course, as "prudence" is not the only word in the language of morality, we must be conscious of the semantic network of the words which embody Fielding's conceptions of the morality in this work. As a preliminary step, "juxtaposition" may be a useful point of view to disclose the semantic structure of the language of morality.

3. Characterization

As Watt (1957) mentions "Characterisation, and presentation of background" as "cspcial importance in the novel" (p. 17), first of all, this section discusses how the characters in *Tom Jones* are described by juxtaposition. In observing such instances, it is necessary to notice the difference in semantic quality between narrative and dialogue. In short, whether the instances are comments by the author or by characters in this fiction seems to be important. For instance, after Allworthy comments on Captain Blifil as "[he] appears to me to be a man of sense and honour" (I, 12), the author who discovers the hidden wickedness of the same person concludes, "[he] was a man of great pride and fierceness" (*Ibid*). One of the ironical devices in this work results from such a contrast. The instances cited here are confined to the main characters (except for Blifil, the son of Captain Blifil):

[in dialogue]

Allworthy:

[Sophia says to Allworthy] "you are too good and generous to resent my refusal of your nephew [Blifil]." (XVIII, 9)/[Mrs. Miller says]"that great, that good, that glorious man, Mr. Allworthy (XIV, 5)"/[Mrs. Miller tells Allworthy] "... you, whom I know to be all goodness and honour, would not, after the many kind and tender things I have heard you say of this poor helpless child [Tom], have so disdainfully called him fellow. (XVII, 2)/[Tom says] "my great, my noble, my generous benefactor [Allworthy]" (XVIII, 10)

Tom Jones:

[Allworthy says to Tom] "you have much goodness, generosity, and honour, in your temper;" (V, 7)/[Sophia says] "O! he [Tom] is all heroic virtue and angelic goodness. (VI, 13)/[Mr. Supple says to Squire Western] "the young gentleman [Tom] (for so I think I may call him, notwithstanding his birth) appears to me a very modest, civil lad," (IV, 10)/[Miss Honour says to Sophia] "[Tom is] one of the sweetest temperedest, best naturedest men in the world ..." (IV, 14)/[Miss Honour says to Tom] "you are a generous, good-natured gentleman; ..." (XV, 7)/[Mrs. Miller says to Sophia] "Now,

madam, you shall judge whether I can ever do enough for so kind, so good, so generous a young man [Tom];" (XVII, 6)/[In the letter from Square to Allworthy] Believe me, my friend, this young man [Tom] hath the noblest generosity of heart, the most perfect capacity for friendship, the highest integrity, and indeed every virtue which can ennable a man. (XVIII, 4)

Sophia:

[Tom says]"Oh, she [Sophia] is all gentleness, kindness, goodness! (VIII, 2)/[In Tom's homage to Sophia] "No eye ever saw anything so beautiful; but that is her least excellence. Such sense! such goodness! Oh, I could praise her for ever, and yet should omit half her virtues!" (VIII, 5)/[Mrs. Miller says] "Upon my honour, she [Sophia] is a lovely woman, and one of the sweetest and most sensible creatures I ever saw." (XVIII, 10)/[the landlord's wife in Upton] "Well, she [Sophia]'s a sweet tempered, good-humoured lady, ... (XI, 2)/[Mrs. Miller says] "Upon my honour, she [Sophia] is a lovely woman, and one of the sweetest and most sensible creatures I ever saw." (XVIII, 10)

Among these comments, some may be appropriate but others may be quite wrong, because these epithets can be misjudgements or compliments by the commentators.

[in narrative]

Allworthy:

the wisdom or penetration of Mr. Allworthy (III, 5)/the care and goodness of Mr. Allworthy (I, 9)/the justice and honesty of Allworthy (XVIII, 3)/This loss [the death of his wife], however great, he bore like a man of sense and constancy, ... (I, 2)/[Allworthy] had too much good-breeding and good-nature to offend the squire in his present circumstances. (VI, 10)/... though Mr. Allworthy had the utmost sweetness and benevolence in his smiles, he had great terror in his frowns, (XVII, 7)

Tom Jones:

the dictates of his [Tom's] natural gallantry and good-nature (IV, 5)/the friendship and gallantry of Tom Jones (III, 5)/his usual sprightliness and gaiety of temper (V, 6)/He was besides active, genteel, gay, and good-humoured; (IX, 5)

Sophia:

the virtues and beauty of Sophia (VI, 4)/the lovely and virtuous Sophia (XVIII, 13)/the great sweetness and affability [of Sophia] (XI, 3)/all her [Sophia's] wit, good-humour, greatness of mind, or sweetness of disposition (V, 4)/[She was] bedecked with beauty, youth, sprightliness, innocence, modesty, and tenderness, ... (IV, 2)/the dutiful, grateful, tender, and affectionate heart of Sophia (XVIII, 2)/[Sophia] was as much distinguished by her modesty and affability, as by all her other perfections. (XVIII, 13)

Among the instances (except for Sophia's) in the author's narrative, these underlined words, whose literal sense has something favourable (or what ought to be favourable), are not always favourable in the context. There are ironical intentions by the author. Of course, these epithets, as Hutchens states, are not "direct-reverse type of irony." For example, as both the author and other characters call, Allworthy is good and worthy in a limited sense. However, he lacks the ability of seeing through appearances to others' real nature, as his misjudged comment on Captain Blifil shows. The author's following advice to young readers has such a negative or ironical implication:

If your inside be never so beautiful, you must preserve a fair outside also. This must be constantly looked to, or malice and envy will take care to blacken it so, that the sagacity and goodness of an Allworthy will not be able to see through it, and to discern the beauties within. (III, 7)

4. "Man of Virtue"

As a supplement to characterization, this section focuses on such a pattern as "a man of sense and honour." According to Erämetsä, such a phrase as "man of virtue" "seem to illustrate the tendency of introspection and didacticism. Men (and women) were classified according to their predominant qualities. Thus it was made easy for the reader to account for the conduct of the characters, whether 'moral' or otherwise, presented in literature" (p. 109). It follows that this pattern is likely to occur in the author's didactic narrative rather than in the characters' dialogue:

men of wit and learning (I, 10)/men of genius and learning (*Ibid*)/men of true wisdom and goodness (II, 7)/the man of candour and of true understanding (VII, 1)/a man of gravity and authority (XII, 6)/a man of your sense and knowledge of the world (VIII, 14), etc.

Among them, let us discuss an interesting juxtaposition in the description of Mr. Nightingale, the man living in the Tom's lodgings in London. He is at first described as "one of those young gentlemen, who, in the last age, were called men of wit and pleasure about town" (XIII, 5). According to the author, pleasure "may be said to have been the only business or profession of those gentlemen to whom fortune had made all useful occupations unnecessary," and "Wit and humour were the entertainment of their looser hours." But the author points out the current misusage of "wit and pleasure," because he questions "whether the same appellation may, with the same propriety, be given to those young gentlemen of our times, who have the same ambition to be distinguished for parts. Wit certainly they have nothing to do with" (*Ibid*). In this point, he suggests:

... they soar a step higher than their predecessors, and may be called men of wisdom and *virtù* (take heed you do not read virtue). (XIII, 5)

Since this juxtaposition seems to be a sort of hendiadys, "wisdom" as well as "wit" is tinged with the ironical implication.

5. Connotation

This section briefly surveys some aspects of the connotations of "prudence" and related words seen through the instances of juxtaposition. First, let us treat instances of "prudence." The author admits the significance of "prudence" in the following juxtapositions:

Prudence and circumspection are necessary even to the best of men. They are indeed, as it were, a guard to Virtue, without which she can never be safe. (III, 7)

As an instance of the connotative meanings of "prudence," its employment towards women seems to be deeply coloured in its association by chastity or sexual morality.⁴ Such an interpretation is confirmed by the following juxtapositions:

Mrs. Western was reading a lecture on prudence and matrimonial politics to her niece [Sophia], ... (XVI, 7)

As for "honour," one of the important concepts in the language of morality, some of the instances directly refer to money or fortune. This is reinforced by the following juxtapositions:

[Lord Fellamar says to Sophia] "I have no thoughts but what are directed to your honour and interest, and while I have no view, no hope, no ambition, but to throw myself, honour, fortune, everything at your feet."/ [In the letter of Mrs. Fitzpatrick] [Miss Western] hath always exerted so much zeal for the honour and true interest of us all; ... (XV, 6)/ [Miss Western says to her brother] "... as my cousin [Mrs. Fitzpatrick], with that odious Irish name, justly says, I have that regard for the honour and true interest of my family, ... (Ibid)

Next, as the language of the novel, the uses of juxtaposition are tightly linked with the story-process. The juxtaposition in the context where Allworthy admonishes Tom may foreshadow the happy ending:

[Allworthy says to Tom] "I am convinced, my child, that you have much goodness, generosity, and honour, in your temper; if you will add prudence and religion to these, you must be happy;" (V, 7)/ [Tom] hath also, by reflection on his past follies, acquired a discretion and prudence very uncommon in one of his lively parts. (XVIII, 13)

Generally speaking, not a few instances of juxtaposition of moral words in *Tom Jones* seem to have ironical connotations. Among the instances which were discussed already, some are more or less ironical. Although irony is an important theme in studying this novel as the titles of the books by Hatfield and Hutchens show, it is almost impossible to deal with or judge whether each instance of juxtaposition is ironical or not. Needless to say, irony is dependent on the context. Further, there are differences of the levels or qualities of irony; one of them is discussed in the later section "the Language of Hypocrites." Therefore, the typical instance here connotes the ironical gap between reality and appearance in the characters:

[In the context where Tom visits Molley and discovers the philosopher Square with Molly's nightcap on his head in her room] ... the suspicions which must arise from the appearance of this wise and grave man in such a place may seem so inconsistent with that character which he hath, doubtless, maintained hitherto in the opinion of everyone. (V, 5)

6. Repetition

The same juxtaposition can suggest different connotations depending on the characters, the contexts or the story-process. Although the juxtaposition "grave and solemn" occurs four times in this work, each instance suggests a different implication:

Indeed, her [Bridget's] conversation was so pure, her looks so sage, and her whole deportment so grave and solemn, that she seemed to deserve the name of saint equally with her namesake, or with any other female in the Roman kalendar. (I, 10)/ [The puppet-show] was indeed a very grave and solemn entertainment, (XII, 5)/ that grave and solemn harangue [of a set of grave men and philosophers] (XII, 6)/ [in the author's essay] Comedy from thee learns a grave and solemn air; while tragedy storms aloud, and rends th' affrighted theatres with its thunders. (XIII, 1)

The following two descriptions by the author have particular shades of meaning because of the two instances of Squire Western, whose "looks" and "countenance" are "wise" but he himself is never described as "wise" or by similar words:

Here, reader, I beg your patience a moment, while I make a just compliment to the great wisdom and sagacity of our law, ... (II, 6)/... his [Squire Western's] looks were full of prodigious wisdom and sagacity when he gave his sister this information, ... (VI, 14)

[Squire Western in the character of a magistrate], putting on a most wise and significant countenance, after a preface of several hums and hahs, told his sister, ... (VII, 9)/[The landlord in Upton] had the character, among all his neighbours, of being a very sagacious fellow. He was thought to see farther and deeper into things than any man in the parish, the parson himself not excepted. Perhaps his look had contributed not a little to procure him this reputation; for there was in this something wonderfully wise and significant, especially when he had a pipe in his mouth; (XI, 2)

7. Contrast⁵

The instances of juxtaposition are often contrastively employed with the opposite items in a sentence, which are not always juxtaposed instances:

[Allworthy says to Jenny, thought to be the wicked mother of the bastard Tom] "believe me, there is more pleasure, even in this world, in an innocent and virtuous life, than in one debauched and vicious." (I, 7)/The gaiety of Tom's temper suited better with Sophia, than the grave and sober disposition of Master Blifil. (IV, 3)/[Allworthy says] "... religion, virtue, and sense, which are qualities in their nature of much higher perfection [than beauty of women], ... (I, 12), etc.

The following instances, though including no abstract words, are quite interesting in terms of the ironical differentiation between Tom and Blifil:

Master Blifil was generally called a sneaking rascal, a poor-spirited wretch, with other epithets of the like kind; whilst Tom was honoured with the appellations of a brave lad, a jolly dog, and an honest fellow. (III, 5)

8. The Language of Hypocrites

Unlike the main characters Tom, Allworthy or Sophia, etc., Blifil, Thwackum and Square may be called hypocrites. Through the descriptions of them, there seem to be some juxtapositions which are peculiar to the language of hypocrites. Let us discuss the juxtaposition "virtue and religion." As "virtue and vice" (III, 5/VIII, 1) appears in this work, "virtue" is the superordinate word in a meaning-area to a variety of moral words such as "prudence" or "discretion" etc. But, at the same time, this word seems to have a particular meaning to limited references in the descriptions of the hypocrites. Because, among instances of juxtaposition of "virtue," the word "religion" frequently appears. In Chapter 4 of Book 3, the author intensively discusses these two words:

A treacherous friend is the most dangerous enemy; and I will say boldly, that both religion and virtue have received more real discredit from hypocrites than the wittiest profligates or infidels could ever cast upon them: (III, 4)

This use is closely related to the characters of the two persons who reside at Mr. Allworthy's house: Square the philosopher and Thwackum the divine. In short, Square is representative of "virtue" but Thwackum of "religion." With respect to "virtue" and "religion," these two men are exactly the opposite in personality. The author tells us that they oppose each other's principles or ideas:

Had not Thwackum too much neglected virtue, and Square, religion, in the composition of their several systems, and had not both utterly discarded all natural goodness of heart, they had never been represented as the objects of derision in this history; (Ibid)

However, the good Allworthy receives them cordially:

[Allworthy thought that] the two lads [Tom and Blifil] would derive sufficient precepts of true religion and virtue [from them]. (III, 5)

In consequence, needless to say, it is not Tom but Blifil who is described as a man of “religion and virtue”:

[Blifil] had long hated Black George in the same proportion as Jones delighted in him; not from any offence which he had ever received, but from his great love to religion and virtue: for Black George had the reputation of a loose kind of a fellow. (IV, 5)/[Allworthy says to Blifil] “I am sure your own virtue and religion will impel you to drive so vicious a passion from your heart, ...” (XVII, 3)/[In the context where Thwackum and Square praise Blifil in having set Sophia’s bird free from the cage by his belief, but they were abused by Squire Western, Sophia’s father] “So between you both,” says the squire, “the young gentleman [Blifil] hath been taught to rob my daughter of her bird. I find I must take care of my partridge-mew. I shall have some virtuous religious man or other set all my partridges at liberty.” (IV, 4)

In the descriptions of Blifil, “virtue and religion” (rather than “virtue” and “religion”) seems to be used as contextually synonymous with “prudence,” “sobriety,” “discretion,” and “piety”:⁶⁾

Master Blifil, though a prudent, discreet, sober young gentleman, was at the same time strongly attached to the interest only of one single person; (IV, 5)/Mr. Blifil was highly offended at a behaviour which was so inconsistent with the sober and prudent reserve of his own temper. (V, 9)/[Blifil] was indeed a lad of a remarkable disposition; sober, discreet, and pious beyond his age. (III, 2), etc.

9. Final Remarks

The above survey reveals that the viewpoint of juxtaposition is helpful for the exhaustive study of the language of morality in *Tom Jones*, to some extent. The instances discussed in the foregoing pages may be completely different in nature from the realistic expressions such as the characters’ dynamic actions in Defoe’s works or the heroines’ minute and vivid states of mind in Richardson’s works. However, in discussing such a problem of the realism, Alter (1958) suggests “another kind of realism, which is essentially social and moral” (p. 103, my emphasis), apart from the realism of novelists such as Richardson; he uses the term “[Fielding’s] perspective of moral realist” (p.104). Thus, an elaborate study of the language of morality in this work can contribute to one of the crucial aspects of the language of realism in the eighteenth century. Of course, there remains a number of linguistic problems which should be treated from other patterns than juxtaposition. My next task, therefore, is to make closer examination of the semantic structure in the language of morality. At the same time, I must try to refer to the didactic or satirical essays or fictions such as *The Spectator* (1711-14) or Swift’s *Gulliver’s Travels* (1726) in the preceding age, as well as the novels by Defoe or Richardson.

Notes

* I would like to thank Dr. Hiroyuki Ito, Professor Emeritus of Kumamoto University, for criticisms and suggestions on my earlier drafts. I am also grateful to Dr. William Lee, of Gifu University, who corrected my stylistic errors and gave me valuable comments.

- 1) In this study I treat the narrator as the author, in order to make a decided contrast with characters in dialogue; the narrator is also a sort of character.
- 2) Quotations are from John Bender and Simon Stern ed. *Tom Jones* (Oxford University Press, 1996).

- 3) In this period, "sentimental" has something in common with "moral" in some respects. Erämetsä's list of "sentimental words" includes a number of words indicative of morality, such as "goodness," "benevolence" or "generosity." As for the relationship between Fielding's works and "sentimental literature," he observes: "Henry Fielding's works seem to attest the growing trend of sentimentalism in a striking manner. Very few instances of sentimental words or phrases are found in *Joseph Andrews*. The fact is all the more remarkable as the book is regarded as a burlesque of Richardson's *Pamela*, where sentimental traits are manifest. *Tom Jones*, ... marks a definite advance towards sentimentalism. Some parts of the book, it is true, display little or no trace of the movement, yet others would successfully compete with the most sentimental passages in Richardson's novels, for example. In Fielding's last work, *Amelia*, sentimental characteristics are clearly predominant. It is a full-fledged novel of sensibility."(p.144).
- 4) Such an association is supported by an interesting (and ironical) passage describing the spinster Bridget Allworthy, the real mother of Tom, the foundling: "... so discreet was she [Miss Bridget Allworthy] in her conduct, that her prudence was as much on the guard as if she had all the snares to apprehend which were ever laid for her whole sex." (I, 2). The following juxtaposition is used with the same connotation: (Miss Western says) "... those rules of prudence and discretion which I formerly taught her [Sophia]"(VI, 14).
- 5) The author manifests his interest in "contrast" as a novelistic device in Chapter 1 of Book 5. Here he attacks the various rules of writing (e.g. "unity of time and place" as Renaissance dramatic theory) and makes it clear that he is establishing his own: "This vein [a new vein of knowledge] is no other than that of contrast, which runs through all the works of the creation, and may probably have a large share in constituting in us the idea of all beauty, as well natural as artificial: for what demonstrates the beauty and excellence of anything, but its reverse? Thus the beauty of day, and that of summer, is set off by the horrors of night and winter."(V, 1).
- 6) Tom and Blifil stand opposite with respect to these words. For instance, Thwackum loves Blifil and hates Tom, because Tom is "indeed a thoughtless, giddy youth, with little sobriety in his manners, and less in his countenance;" (III, 5). Or, Allworthy sees Tom in bed after he has broken his leg and tries to "bring him to a sober sense of his indiscreet conduct"(V, 2).

References

- Alter, R. (1968) 'Fielding and the Uses of Style.' *Twentieth Century Interpretations of Tom Jones*. (ed. by Martin C. Battestin.) New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Booth, W.C. (1983) *The Rhetoric of Fiction*, 2nd edn. Harmondsworth: Penguin Books.
- Erämetsä, E. (1951) *A Study of the Word "Sentimental" and of Other Linguistic Characteristics of Eighteenth Century Sentimentalism in England*. Helsinki: Annales Academicæ.
- Halliday, M.A.K. & R. Hasan, (1976) *Cohesion in English*. London and New York: Longman.
- Hatfield, G.W. (1968) *Henry Fielding and the Language of Irony*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hutchens, E. (1965) *Irony in Tom Jones*. Tuscaloosa: University of Alabama Press.
- Ito, H. (1980) *The Language of The Spectator; A Lexical and Stylistic Approach*. Tokyo: Shinozaki Shorin.
- Ito, H. (1993) *Some Aspects of Eighteenth Century English*. Tokyo: Eichosha.
- Leech, G.N. (1981) *Semantics*, 2nd edn. Harmondsworth: Penguin Books.
- Murata, K. (1991) "The Language of Jonathan Swift's *Gulliver's Travels*: With Special Reference to "Nature" and "Reason". *Kurokami Review*, No.14, 1-14.
- Murata, K. (1996) "The Language of Defoe's *Roxana*: With Special Reference to Emotional Expressions." *Kumamoto Studies in English Language and Literature*, No.39, 87-100.
- Quirk, R, S. Greenbaum, G.N. Leech, J. Svartvik (1985) *A Comprehensive Grammar of the English Language*. London: Longman.
- Watt, I. (1957) *The Rise of the Novel*. London: Chatto & Windus.

- *注二 「國語と國文學 平安文學の研究」昭38年10月特輯号七六頁から七七頁
- *注三 「國語と國文學 平安文學の研究」昭38年10月特輯号八四頁から八五頁
- *注四 「國語國文學研究」第30号
- *注五 「菅原道真的賦について——音韻・構造上の考察——」一一頁
- *注六 「國語と國文學 平安文學の研究」昭38年10月特輯号七九頁から八〇頁
「國語と國文學 平安文學の研究」昭38年10月特輯号八二頁

◎ 風中琴賦
【対偶様式の分類】

单对

二字单对	(社句)					
四字单对	(繫句)					
五字单对	(長句)					
六字单对	(長句)					
七字单对	(長句)					
八字单对	(長句)					
九字单对	(長句)					
		1	1	4	3	0

四

以上、紀長谷雄の賦三篇について音韻、構造上の分析を試みて来た。ここで総括的な分析を述べてみる。

まず三首ともに「押韻」の制限が課されている事が挙げられる。つまり題辞の下、もしくは中に「題詠」が指定されているのである。「春雪賦」においては「盈尺表瑞、柳化為松賦」においては「柳化為松」、「風中琴賦」では「風觸無心聲有心」である。七韻のものが一韻、四韻のものが二韻となっている。又、文字制限が「風中琴賦」で「三百字以上」と課されている。

隔句	
四字平隔句	(上句四字、下句四字)
六字平隔句	(上句六字、下句六字)
絶隔句	(下句四字、下句六字)
重隔句	(下句六字、下句四字)
雜隔句	(上句四字、下句不定)
	(上句不定、下句四字)
	(上句六字、下句不定)
	(上句不定、下句六字)
3	0 6 0

隔句	
四字平隔句	(上句四字、下句四字)
六字平隔句	(上句六字、下句六字)
絶隔句	(下句四字、下句六字)
重隔句	(下句六字、下句四字)
雜隔句	(上句四字、下句不定)
	(上句不定、下句四字)
	(上句六字、下句不定)
	(上句不定、下句六字)
3	0 6 0

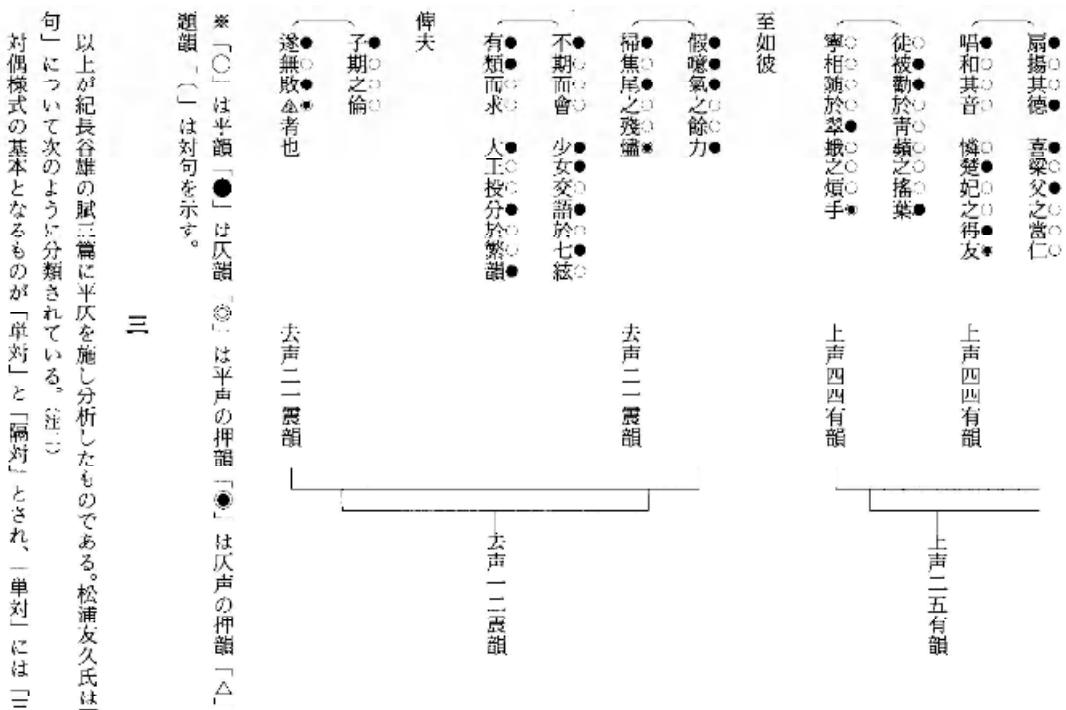
再度ここで松浦友久氏の論を引用する。松浦氏は「都氏文集」の賦を取り挙げられ「都氏文集」の賦で注意されるもう一つの点は、四六隔対—四字六字を用いた難隔句、重隔句、雜隔句の類が急にふえていることである。(中略)「絶国集」の隔対が十七篇を通じてわずかに十対前後であったのとくらべて、いかにも著しい変化であると感じられる。「都氏文集」におけるこうした幾つかの転換は明らかに作者が、六朝的駢賦を離れ、唐代の律賦を指向していたということを示すものである。(注五)と論じられていること、更に同氏により指摘されている「平安朝中後期の賦は、特殊な例を除いて、すべて律賦としての性格を備えつつ展開していくことになる。それはいざれも四六隔対と限組とを特色とする華麗で技巧的な作品であり、各作品の間に質的な相違は見られない」(注六)という結論が、紀長谷雄の賦二篇においても、菅原道真同様に、そのまま該当することが実証された。

今後の課題としては、更に紀長谷雄の賦三篇の出典の考察等を含む内容の分析、注釈と思われる。この点については、又稿を改めて論じたいと思う。

紀長谷雄の賦三篇の押韻については「広韻」「平水韻」を並記してみた。結果としては大半は「広韻」に掲りつても該当しない韻は「平水韻」の分類に掲るとの説明がつくと言った様に、松浦友久氏の論じられている内容(注三)が、紀長谷雄の賦において菅原道真の賦同様の指摘が出来ることが明らかになった。

次に構造上の対偶様式について紀長谷雄の賦三篇を見た場合、三章で表にした様に、隔対句の割合が、「春雪賦」においては対句「十六箇中三箇」、「柳化為松賦」においては対句「十七箇中四箇」、「風中琴賦」においては対句「二十二箇中一〇箇」というように「律賦」の特徴の一つである「隔対」の多用の一端が指摘できる。この事については菅原道真の賦について考察した拙稿の中で言及した。(注四)

*注	〔和漢朗詠集〕 冬 雪
	或逐風不返 如振群鶴之毛
	亦當時猶殘 疑綴衆孤之腋
	(春雪賦)
〔和漢朗詠集〕 雜 松	
千丈凌霄 慶喻昔康之姿	
百步亂風 誰破養由之射	
(柳變為松賦)	
〔和漢朗詠集〕 雜 風	
入松易亂 欲懷明君之魂	
流水不歸 應送列子之乘	
(風中琴賦)	



以上が紀長谷雄の賦三篇に平仄を施し分析したものである。松浦友久氏は「対句」について次のように分類している。(注1)

対偶様式の基本となるものが「單對」と「隔對」とされ、「單對」には「三字

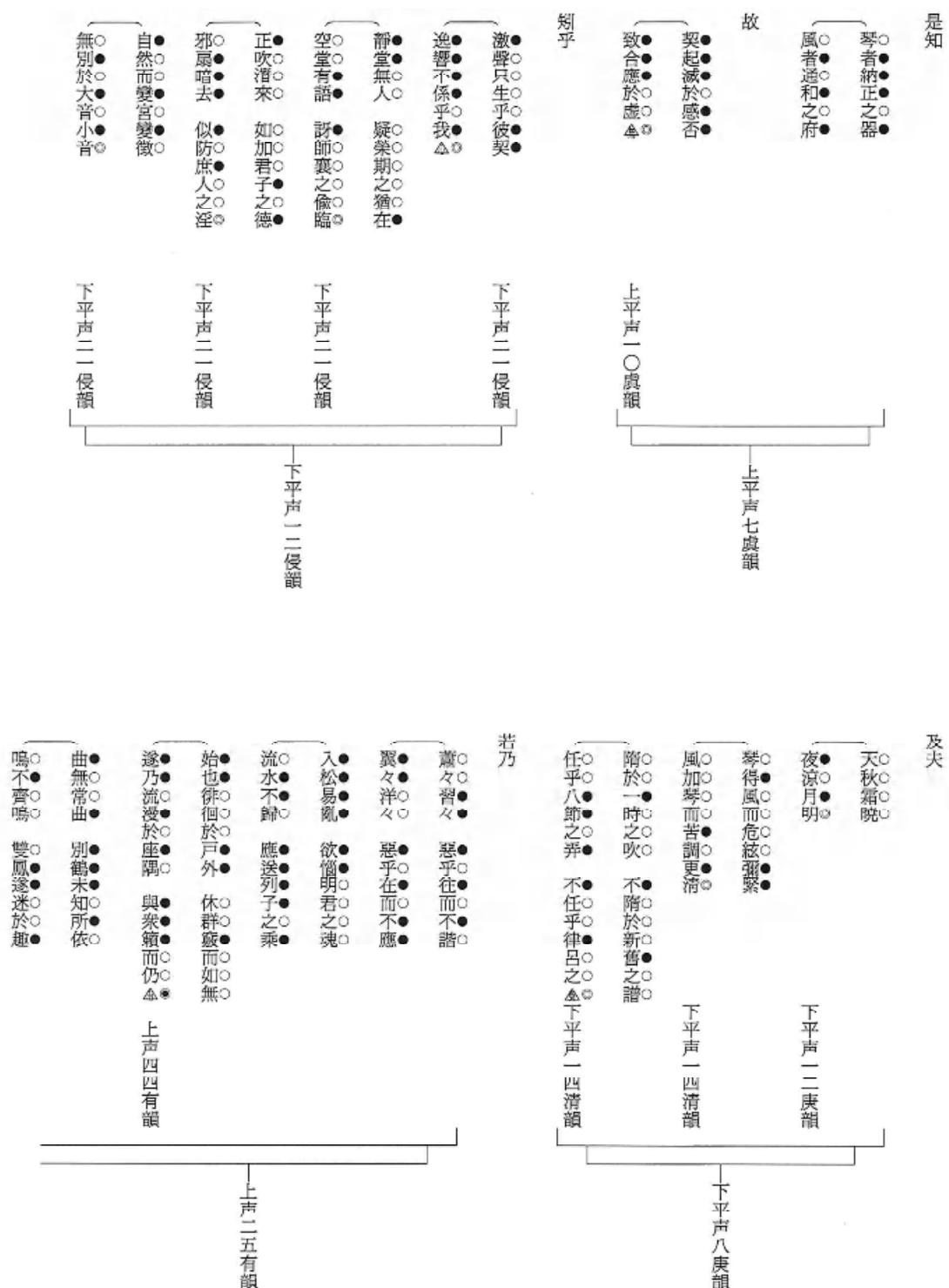
單對」「四字單對」「五字單對」「六字單對」「七字單對」「八字單對」があり、「隔對」には「四字平隔句」「六字平隔句」「重隔句」「輕隔句」「雜隔句」とあるとされる。この分類に倣つて以下、紀長谷雄の賦三篇について表にしたものを持ててみる。

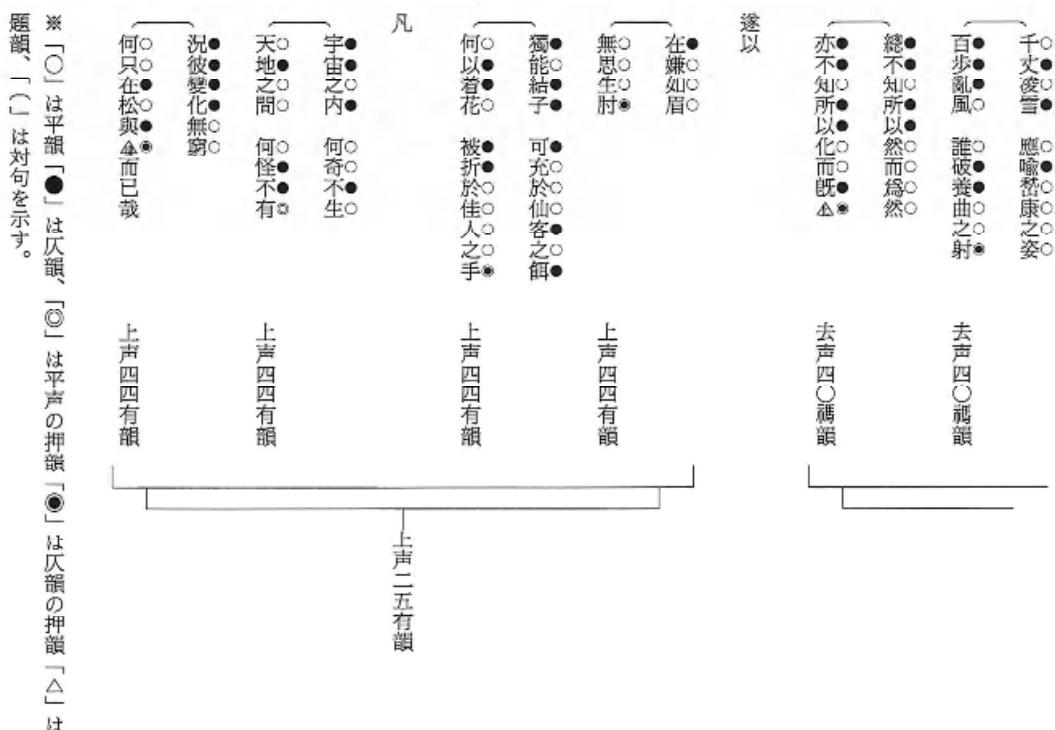
○ 春雪賦	
対偶様式の分類	
單對	
三字单对 (社句)	
四字单对 (聚句)	
五字单对 (良句)	
六字单对 (長句)	
七字单对 (長句)	
八字单对 (長句)	
九字单对 (長句)	
0 3 4 0 1 4 1	

○ 柳化爲松賦	
対偶様式の分類	
單對	
三字单对 (社句)	
四字单对 (聚句)	
五字单对 (良句)	
六字单对 (長句)	
七字单对 (長句)	
八字单对 (長句)	
九字单对 (長句)	
2 1 2 4 0 5 0	

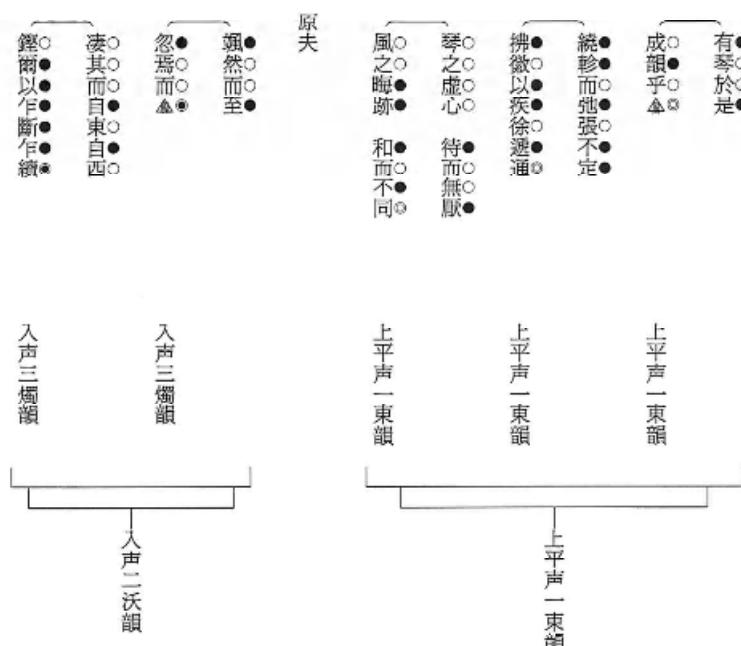
○ 春雪賦	
隔句	
四字平隔句 (上句四字、下句四字)	
六字平隔句 (上句六字、下句六字)	
蜂隔句 (上句四字、下句六字)	
重隔句 (上句六字、下句四字)	
雜隔句 (上句四字、下句不定)	
隔句 (上句不定、下句四字)	
2 0 1 0 0	

○ 柳化爲松賦	
隔句	
四字平隔句 (上句四字、下句四字)	
六字平隔句 (上句六字、下句六字)	
蜂隔句 (上句四字、下句六字)	
重隔句 (上句六字、下句四字)	
雜隔句 (上句四字、下句不定)	
隔句 (上句不定、下句四字)	
2 0 1 0 0	





○「風中琴賦」
「風中琴賦」は題詠の下に「以風觸無心聲有信為韻、限三百字以上」とあり題
韻が「風」「觸」「無」「心」「聲」「有」「信」として課されており、さらに「三
百字以上」という字数制限が付された作品である。
○風中琴賦
〔玄韻〕
〔平水韻〕



① 「柳化爲松賦」は題辞の下に「以題爲韻」とあり、題韻が「柳」「化」「爲」「松」として課されている作品である。

○柳化爲松賦

(広韻)

(平水韻)

翠●
惟●
新●
葉●
枝●
非●
故●
枝●
徒觀其

最●
貞●
者●
▲●
至●
曉●
者●
柳●

忽●
一●
化●
以●
改●
容●
何●
二●
物●
之●
各●
別●

豈●
敢●
依●
々●
於●
秦●
皇●
之●
封●
只●
須●
鬱●
々●
於●
秦●
皇●
之●
封●
羨●
老●
幹●
之●
爲●
龍●

綠●
非●
故●
枝●
翠●
惟●
新●
葉●
枝●
徒觀其

上平声五支韻

上平声三之鐘韻

上平声三之鐘韻

上平声三之鐘韻

(広韻)

(平水韻)

鄙●
彼●
愚●
夫●
之●
守●
株●
故●
不●
常●
其●
線●
遂●
從●
其●
宜●

歲●
云●
暮●
類●
於●
君●
子●
之●
見●
善●
風●
以●
動●
之●
悲●
衆●
芳●
之●
先●
落●
全●
孤●
節●
而●
不●
移●

唯●
期●
千●
年●
之●
假●
蓋●

不●
見●
二●
月●
之●
垂●
絲●

誠●
任●
造●
化●
之●
云●
▲●
彼●
雖●
遷●
變●
之●
在●
我●

待●
枯●
樹●
於●
晉●
之●
夜●
厥●
鳴●
蜩●
於●
嘶●
風●
之●
秋●
星●
晝●
改●
節●

上平声五支韻

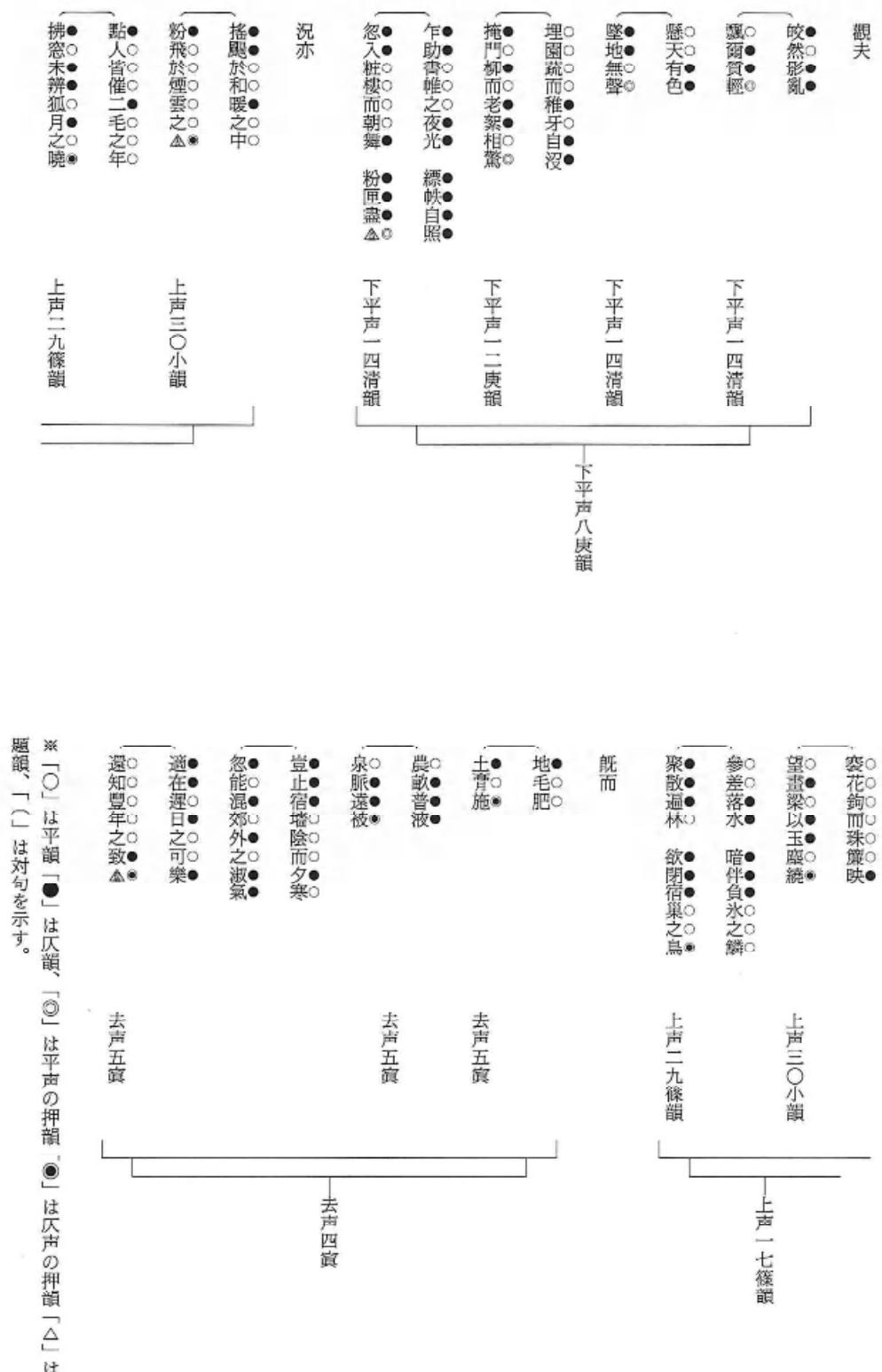
上平声七絲韻

上平声五支韻

上平声五支韻

着道

去声四〇禡韻



紀長谷雄の賦について——音韻・構造上の考察——

焼山廣光
(平成九年九月)十一日敬呈

A Study of Kino Haseo
Hiroshi YAKIYAMA

These are explanatory notes on a fine piece of prose poetry in Chinese written by Kino Haseo, the leading court scholar and poet in the Heian Period

C海賦
(広韻)
(平水韻)

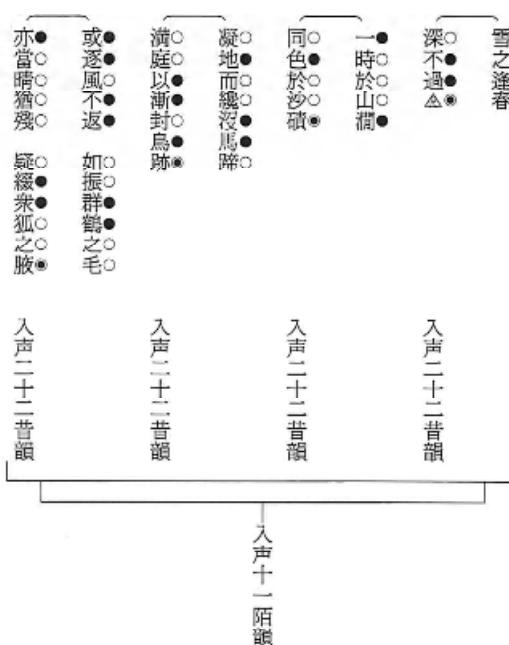
今回は平文賦の選讀人、橋原道真の回憶録に活躍した紀長谷雄の「賦」を取り上げる。

紀長谷雄の作品中、「賦」として現存しているのが平賦、そのうち賦全体が伝わらず断片的に残存している賦が、「秋氣賦」や「青女司霜賦」の二篇であり、全文を窺はしれるのは「春賦」や「櫻化為松賦」「風中琴賦」の三篇のみである。この三篇はいずれも「本朝文粹」にも採られてくる。又、「和漢朗詠集」中、「春賦」の抄句が「冬、雨」の部、「櫻化為松賦」の抄句が「雜、松」の部、「風中琴賦」の抄句が「雜、風」の部にそれぞれ採られてくる。(註1)

今回の紹介では、紀長谷雄の賦三編について音韻上、構造上からの分析を以下に試みたい。尚、本文については三木雅博氏著の『紀長谷雄選詩文集並びに漢字索引』(和泉書院索引叢書2)に従つた。

II

- ① 「春賦」
「櫻化為松のトと「云腐仄表體爲賦」とあり題語を「腐」「足」「表」「張」
として語るやうな生品である。



- (70) だまそうとしているものと思われる。
- (71) 新しい版 詩集「アネット」のこ。¹⁾
- (72) 大がかりな文学委員会 おそらくゲーテとベーリングの「人だむはよゆる委員会。
- (73) ブライセ川 ライプチッヒを流れている川。
- (74) ヘロドトス ヘロドトス（前四八四頃—前四一五頃）ギリシアの歴史家。彼の著「歴史」は九巻がみな、そのおののおのは女神の名が付いてる。
- (75) アラトン アラトン（前四一七—前三四七）古代ギリシアの哲学者。
- (76) フォン・アイゼンハイム夫人 いの人についでは詳細は不明。
- (77) 第十二の手紙 いの手紙はフランス語で書かれてる。
- (78) 一七六七年八月 ゲーテが日付を書きおじしてた。そのため、いの日付は父親のメモに基づいたものである。
- (79) ルイ 動物や鳥をおも寄せるときに使う語彙。いのじは誰かの愛称として使われた、と思われる。龍「Lilis Parck」の「ルイ」とさうして薬が使われてる。やなんど、「ルイ」は「おひり」による意味もある。
- (80) スケッチ この作品は残存していない。
- (81) ティンハルト クリストイアン・ペピートス・ハウライム・ティンハルトのこ。
- (82) 無力的な本 詩集「アネット」のこ。
- (83) ドクトル・ブルマノ 注40参照。
- (84) 第十三の手紙 いの手紙は文中に挿入されてる語以外はドイツ語で書かれてる。詩「眞の友だち」はフランス語で書かれてる。
- (85) 選帝侯 フリードリヒ・アカクスト[主]（一七五〇—一八一八）のじ。ザクセンの選帝侯。彼は親族と共に一七六九年十月[主]がふ[主]に立つた。
- (86) ライブチッヒに滞在した。
- (87) ミスター・ルースの語 ハルネーファの文部省制作。
- (88) 牧人劇 「恋人たちの気まぐれ」のこ。
- (89) アニー 「恋人たちの気まぐれ」の女主人公の名前。
- (90) ユーケレ 「恋人たちの気まぐれ」の主人公の名前。
- (91) 九ないし十場 「恋人たちの気まぐれ」は最終的には九場。
- (92) マドリガール 詩行の韻律形式。
- (93) ブルガリア おもむくゲーテの女友だちの兄弟と思われる。
- (94) 牧人劇 「トゥーネ」のこ。²⁾ いの作品は残存していない。「恋人たちの氣まぐれ」の原型と思われる。なぜなら、後者の女主人公の名前はアーネーだだから。
- (95) 今ねが 「恋人たちの氣まぐれ」のこ。
- (96) 地獄行 「イエス・キリストの地獄行は闇する苦難」のこ。いの詩は「アーネーの同意を得ることなく、題刊誌『田は見えない人・神』に掲載された。
- (97) ポガツキー カルル・ヘインリヒ・フォン・ポガツキー（一六九〇—一七四四）敬虔主義者。宗教文學学者。
- (98) ルカール・クロイヒットとドクトル・マコーメハ 指揮を用ひての酒席。ケーテの父は、一七六九年九月十九日 E.Th. ハッターの記念帳に次のメモは記してる。
- Dr. Diet, Dr. Quiet and Dr. Merry-Man are the best physicians.

七

1 曲棒をつて使った本

Goethe an Cornelia, die dreizehn Briefe an seine Schwester, hrsg. von Andre Banuls, Hoffmann und Campe, 1986

2 湿ねたせん筆をつけて使った本

• Der junge Goethe Bd. 1, hrsg. von Hanna Fischer-Lambeng, Walter de Gruyter & Co., 1963
• Goethes Briefe Bd. 1, Christian Wegner Verlag, 1968
• Johann Wolfgang Goethe Bd. 18, Artemis Verlag, 1965

- (37) 宮廷顧問官でかつライプチッヒ大学の教授であるペーメの夫人。
 家庭教師をしている友だち エルнст・ヴォルフガング・ベーリッシュ
 (一七三八—一八〇九)のこと。大学の友人。
- (38) 第十の手紙 この手紙はドイツ語、フランス語、英語で書かれている。
 最初の部分はドイツ語、「君の手紙、君の筆跡……」からはフランス語、「ぼくは、これまでずっと愛めてきた自分の妹を……」からはドイツ語、「シェークスピアのロメオとユリヤ」からは英語、「君はぼくの悲劇のことを知りたがっているね……」からはドイツ語、「詩人は実際の恋を体験する必要はない……」からはフランス語、「ぼくの母さんに」の詩はドイツ語、「妹よ、あの歌集の写しを君に送ろう……」からはフランス語、「眠りに寄せて」の詩から最後まではドイツ語で書かれている。
- (39) フライシャー ヨハン・ゲオルク・フライシャー。フランクフルトの書籍商。
- (40) 論争 五月七日に行われた、ゲーテの友人クリスティアン・ゴットフリート・ヘルマン(一七四三—一八一三)の学術論争を指す。彼は後にライプツヒの市長になった。
- (41) リコボニー マリー・ジャン・ド・リコボニー(一七一四—一七九二)フランスの作家。
- (42) 手紙形式による会話 コルネーリアがフランス語で書いた文字的習作。
- (43) ブライトコブフ娘 テオドーラ・ブライトコブフ(一七四八—一八一八)出版業者、書籍商/ライトコブフの娘。
- (44) アナート娘 家族の話し相手としてライトコブフ家に雇われていた女性。
- (45) フォン・プロトー夫人 ヴィルヘルミーネ・エルネスティーネ・フォン・プロトー。
- (46) シェーンコブフ アンナ・カタリーナ・シェーンコブフ(一七四六—一八一〇)居酒屋の娘。
- (47) キュストナー ヨハン・ハインリヒ・キュストナー(一七〇七—一七七六)フランクフルト出身のライプチッヒの商人。
- (48) 督促状 フライシャーが持ってきた妹からの手紙のこと。
- (49) ヨーゼフ 聖書に材をとった作品。残存していない。
- (50) クローディウス クリストイアン・アウグスト・クローディウス(一七三八—一七八四)ライプチッヒ大学の教授。
- (51) 友人 エルнст・ヴォルフガング・ベーリッシュのこと。注37参照。
- (52) 悲歌 この詩は詩集「アネット」に納められた。
- (53) ミューコン この作品は残存していない。
- (54) 冷たい分別のある人々 この詩はクリスティアン・フェリクス・ヴァイセ(一七二六—一八〇四)の詩をもじつたもの。
- (55) ゼーカツツ ヨハン・コンラート・ゼーカツツ(一七一九—一七六八)ダルムシュタットの宮廷画家。
- (56) 詩集の写し 後に詩集「アネット」に納められた詩の最初に選抜したものの。
- (57) 祖国への頌歌 残存していない。
- (58) 恋する人たち この詩は詩集「アネット」に納められた。
- (59) 眠りに捧げる頌歌 詩「眠りに寄せて」のこと。この詩は詩集「アネット」に納められた。
- (60) シャリタス娘のための頌歌 この詩はコルネーリアの周囲の者が書いたものと思われる。それにゲーテが少し手を加えて、曲をつけたようだ。
- (61) ブライトコブフ氏 ベルンハルト・テオドア・ブライトコブフ(一七四九—一八二〇)出版業者、音楽家。注43の弟。
- (62) フンガーフ ヴィクトリーフ・ゴットバルト・フンガー(一七四一—一七九六)音楽家、法律家。
- (63) マルモンテル ジャン・フランソワ・マルモンテル(一七二三—一七九九)フランスの文学者。
- (64) バッハ この人については詳細不明。
- (65) アミーネ 残存していない。
- (66) 牧人劇 「恋人たちの氣まぐれ」のこと。
- (67) 第一一の手紙 この手紙はフランス語で書かれている。
- (68) ファブリーチウス アンナ・カタリーナ・ファブリーチウス。コルネリアの女友だち。
- (69) アネット 詩集「アネット」はもちろんアンナ・カタリーナ・シェーンコブフの名前にもんで命名されたものである。ゲーテはここでは妹を

ゲーテ・妹への十三通の手紙（翻訳）——その二——

訳注

- (1) 第九の手紙 この手紙はフランス語、英語、ドイツ語で書かれている。最初の部分はフランス語、十月十二日の日付からは英語、十月十三日の日付からはまたフランス語。そして「二」、「三日前のこと、同じく新しい」以下はドイツ語で書かれている。
- (2) マドモワゼル・リュサン マルガリット・ド・リュサン（一六八二—一七五八）フランスの著述家。
- (3) ロゼレ侯爵の書簡 アンヌ・ルイーズ・エリア・ボーモン（一七二九—一七八三）の書簡体小説。
- (4) 掠奪された花嫁 この作品は残存していない。
- (5) ポッカリーニ トライアーノ・ポッカリーニ（一五五六—一六一三）イタリアの諷刺作家。
- (6) アマディス ロマンス語で書かれた騎士道小説「アマディス・ド・ガウラ」のこと。
- (7) 該当する箇所 「詩法」第二卷二二〇行。
- (8) テレマック フランスのフランソワ・ド・フェヌロン（一六五一—一七一五）の散文の物語。
- (9) ミルトン ジョン・ミルトン（一六〇八—一六七四）イギリスの詩人。
- (10) ヤング エドワード・ヤング（一六八三—一七五五）イギリスの詩人。
- (11) アリオスト ルドヴィコ・アリオスト（一四七四—一五三三）イタリアの詩人。
- (12) ゲスナー ザーロモン・ゲスナー（一七三〇—一七八八）スイスの詩人。
- (13) クロップ・ショットック フリー・トリヒ・ゴットリープ・クロップ・ショットック（一七一四—一八〇三）ドイツの詩人。
- (14) フェヌロン 「テレマック」の作者。注8参照。
- (15) ボイボス ギリシア神話のアボロ（光・文学の神）の異名。
- (16) 不凋花 永久にしえれないという伝説上の花。
- (17) ボルンハイム フランクフルトの近くにある村。
- (18) ニンフ ギリシア神話の乙女の姿をした川や森などの精。
- (19) マダム・ダシエ アンヌ・ルフエーヴル・ダシエ（一六五四—一七一〇）
- (20) フランスの文献学者。彼女は、一六八八年、ローマの喜劇詩人テレンティウスの作品を翻訳出版した。
- (21) 叔母さん アンナ・クリスティーネ・テクストア（一七四三—一八一九）のこと。彼女は、一七六七年五月五日、G.H.C. シューラーと結婚した。シューラーは後にフランクフルトの都市駐留部隊指揮官となる。
- (22) ラーベナ ゴットリープ・ヴィルヘルム・ラーベナ（一七一四—一七七一）諷刺作家。
- (23) アドニス ギリシア神話のアプロディーテに愛された美少年。
- (24) ザーラジーン ヨハンナ・フィリビーネ・ザーラジーン（一七五三—一七九七）ホルンの女友だち。
- (25) ホルン ヨハン・アーダム・ホルン（一七五〇—一八〇六）ゲーテの親友。
- (26) ポワトラン Fr. ルイ・ポワトラン。教師。文法書の著書がある。
- (27) ベブリエ J. ロベール・デ・ベブリエ。家庭教師。文法書の著書がある。
- (28) フォン・ホフマン陸軍少将 クリートリヒ・クリスティアン・フォン・ホフマン（一七〇四—一七七一）ゴルネーリアの代父。彼の妻アンナ・マリーア（旧姓テクストア）は一七六年九月十四日に死んだ。
- (29) ヤンクルとジャリコ 当時このようなエキゾチックな題材が好まれた。
- (30) ファラオの王位繼承者 この作品は残存していない。
- (31) ホフマン 落成式は一七六年十月六日に執り行われた。
- (32) シュレー・ゲル ヨーハン・エリアス・シュレー・ゲル（一七一九—一七四九）デンマークの貴族の子弟のための学校の教授。法律家、詩人。
- (33) ヘルマン 愛国心を主題とした悲劇で、ゲーテの「ゲツツ」を先取りしたような作品。
- (34) ホッカー フリー・トリヒ・エルンスト・ホッカー。フランクフルト出身のライプチッヒ大学の学生。
- (35) フリッツ・ホフマン ヨハン・フリー・トリヒ・フリッツ・ホフマン。一七四九年生まれ。フランクフルトの人。
- (36) ラングの田舎 フリッツ・ホフマンの叔父ヤーコブ・ラングはベルリンに住んでいたが、見本市のあいだは出品していた。
- ペーメ顧問官夫人 マリー・ロジーネ・ペーメ（一七二五—一七六七）

なかつた。これまでにこれを読んだのは、男が十二人、女が二人で、今のところぼくの読者はそれで全部だ。ぼくはあまり騒がれるのは好きではない。

「ベルザーヴアル」「イーザベル」「ルート」「ゼーリマ(西)」等々は若氣の過ちを火によつてしか償うことができなかつた。「ヨーゼフ」も生涯のあいだにあたりに祈りすぎて葬火に焼かれてしまつた。ぼくは永いこと、それを孤児院にいるボガツキー(西)に送るつもりでいた。彼ならそれを出版することができただろう。それは信仰心を高めるような本で、「ヨーゼフ」は祈ること以外何もないのだ。ぼくらはこちらで時おり、こんなあどけない作品を書くことのできた子供の單純さを笑つたものだ。だが、子供だとして偉そうなことは言えない。「ヨーゼフ」が世に出て、まだ四年たっていない。

木曜日 朝八時
きょうもまた、きのうと同じくらいたくさん書くと、あしたはほとんどもう手紙に何も書くことがなくなるだろう。しかし、きょうはそんなに長くならないだろう、と思う。ここだけの話だが、ぼくは今朝は非常に愉快だ。ベーリッシュが今晚発つというのに、彼はやつと馬鹿げた職をおさらばすることになつた。デッサウの君侯に彼の庶民の息子の家庭教師として雇われたのだ。彼の多幸を願つてゐる。

水曜日 早朝

きょうはこの手紙を終えるつもりでいる。もうずいぶん書いたし。しかしだ、ぼくが予定していたほどたくさんは書いていない。これから君にぼくの生活の一端を報告しよう。ぼくの生活ぶりは非常に哲学的なんだ。ぼくは、コンサート、芝居、乗馬や馬車を走らせるなどを完全に断つて、ぼくをあれこれ連れ出しかねない若い仲間の集りからも全て遠ざかっている。おかげでぼくの財布は大いに助かっている。この一週間、家から食事に行き、食事から家に帰つて來た。天氣の悪い冬のあいだはこれが続くだらう。日曜日四時にブライトコップ家に行き、八時までそこに居る。家族みんながぼくを好意的に見ているのが、ぼくには分かる。だから、ぼくも出かけて行き、それからまた家に帰る。こんな状態が無限に続いている。時おりヘルマンを訪ねる。彼もぼくにとても好意的だ。彼の立場が許す限りにおいてだが、天気の良いときは、町から優に

一マイルは離れたところにある狩獵小屋に行き、ミルクとパンを食べ、また暗くならないうちに帰る。これがぼくの日常の全てだ。あと丸一年こうであつて飲しいものだ。というのは、あらゆる努力を重ねて自分の生活習慣は自分で決めるというところまで、こぎ着けたのだから。健康はそれほどぼくの思い通りにはならない。ぼくはダイエットに精を出している。確かにひとつ療法だけではおぼつかないが、しかし、当地のドクトル・クワイエットとドクトル・メリーメン(英)はあまりに患者が多すぎて、ぼくはこれまでまだ彼らの治療を受けられずにいる。ぼくは陽気にしてゐるが、これは変わりやすい四月の天気のようなもので気まぐれにすぎない。一对十で賭けてもいい、あしたはいやな夕べの風が雨雲を運んでくることだろう。勉強している立派な學問のため、ぼくは時として頭がおかしくなる。「ユースティアヌス法典第一部」がこの半年ぼくの頭を悩ませてきた。本当のところ、たいしたことは何も頭に残っていない。ぼくらの講師は手際が良くて、第二十一巻まで進んだ。これでも進んでいるほうだ。だつて、もう一人の講師は聖ミカエル大天使祭のとき第十三巻だつたから。残りを先生連中はどこからか手に入れて、見てゐるかもしれない。「ユースティアヌス法典第一部」や「法制史」もこんな風だ。阿保どもは第一巻はそれこそ気が悪くなるくらい耳もとでがなりたてながら、最後のほうになると何も知らない。これは、先生連中が最初のほうは著者のことを多少調べあげてゐるが、その調べも著しくはかどつていないのである。例えば、法制史について言えば、ぼくらは第一アビ戦争の時代までしか進んでいない。これで君にも法学生がどんなものか想像できるだろう。どうして完全な知識など得ることができるか。首をかけてもいい、ぼくは何も知らない。もし、君が手紙のこの部分が理解できないときは、父さんに読んでもらうといい。父さんもぼくと同じよううに不愉快な思いをされるだらう。二枚の紙がいっぱいになつたようだ。まだ言いたいことがかなりあるのに。時間があれば、もしかするとちょっとした付録を書くかもしれない。

ライプチヒ 一七六七年十月十四日

はとても好きだ。彼女のいちばんの特質は、心根がやさしいことだ。手当りしだい本を読んだりして心が乱されていることがない。教育をさげるに適している。彼女と交友できることはうれしい。彼女はすでにまずまずの手紙が書けるようになった。時にはきちんととした手紙を書くこともある。しかし、正書法は進歩がない。そもそもザクセンの女性にそれを求めてはいけないのだ。

その点ぼくの妹はたいしたものだ。そういうわけで君に見本を返送することにする。知りよりの女の子たちに恩義をきせる機会をぼくに与えてくれたことに、心からの感謝をこめて。彼女たちはみんな君の見本がかつちりしているのに驚いていた。

さて、ぼくがこれまでに作り上げた諸作品について話そう。牧人劇⁽¹⁾は君の興味を引いているようだね。君およびぼくの周りにいる批評家、君たちみんなが、作品の中にあり余るほどの欠点を見出しながらも、作品を気に入ってくれて、ぼくは非常に喜んでいる。六月二十六日付けの手紙で君はそれについて君の意見を書いているが、君の感情の豊かさが出ていて大いに結構だ。君はぼくのことを賞讃しながら、自分ではそれと氣付かずに、當時ぼくが君に送った作品の最大の欠点を指摘しているんだよ。君はアミーネ⁽²⁾に言及して、こう言つていて。「本当のところ、お兄さん、あなたは彼女をあまりにやさしく描いているのではない」お見事。アミーネの性格に最大の欠点があり、それが作品全体を台無しにしている。彼女はあまりにやさしく、あまりに親切すぎた。あるいは、あまりに単純で、お人よしすぎた、と言い替えたほうがもっと適切かもしれない。彼女が作品を眠気をさそうものにした。その弊害を取り除くため、ぼくは彼女を、やさしくはあつても、ある種の火のような情熱を秘めた、肉体的欲望をもつ女性にした。それが彼女を前より興味深い女性にしている。だが、エーラー⁽³⁾の性格と混同されることはない。というのは、両者のあいだには、まだニアンスの差が頭著に残っている。

ぼくがこれに取りかかつてすでに八か月になる。しかし、まだはかばかしく行かない。劇作家たる者の義務の第一である、自然の模写が入念にほどこされているから、時間を作れば良い作品になるという、望みがあるので、労を惜しまず、全体のシチュエーションを二度、三度と改訂している。全体を九ないし十場面にする。君が手にした作品の二倍になつていて。これで出来あがつた、と思っていると、ますます筆が走り出すんだ。——しかし、その他はこの半年

何もしなかつた。全ての若い詩人たちに忠告すべきは休息。いくつかの取に足りない小品、いくつかの頌歌、これがぼくが提示できる全てだ。君を煩わせないためには。時にはマドリガール⁽⁴⁾を作る。たいてい知りよりの女子たちや友人たちを材にした無邪気なものだ。例えばこんなのも。

眞の友だち

ある日ぼくの友だちが言った
かわいい人のキスは諦める

チャーミングな顔 とても刺激的なまなざし 光る頬
すらりとした体 機知にとんだ話しぶり

これら全てが多分君から理性を奪うことになるだろう
この娘から逃げよ この愛の危険から逃げよ

ぼくがどんなに君のことを心にかけているか
これから先はぼくが彼女の恋人になることで

彼女との別れを不変のものにしてあげよう

ブレヴィアリア⁽⁵⁾に会うことがあれば、ぜひ彼に言つてくれ、ぼくの牧人劇⁽¹⁾を火に投げ込むか、あるいは君に手渡すかしてくれると、ぼくに最大の善行を施したことになるだろう、と。そうしてくれたら、今のが出来あがりしない、きれいに消書したのを送るようにするから。その後それを好きかつてに演じたら良いだろう、と。ぼくがやつたことの中で、いちばん賢明な行為のひとつは、現在ぼくの名譽を汚しているであろう、ぼくの作品をひとつでも多く、フランクフルトからなくすことなんだ。だが、全てはなくせない。例の「アミーネ」と「地獄行⁽⁶⁾」は残つていて、これまで結構ぼくに不快な思いをさせている。慧意の人々がひとつを上演して、自らもぼくももの笑いの種になり、もうひとつを忌まいましめ週刊誌に掲載してくれた。しかも、J. W. G. の署名入りで。ぼくは気が狂いそうだった。

ぼくは喜んで君たちに「アネット」を送つてあげるのに。もし、君たちがそれを書き写す恐ががないのならば。というのは、たとえ小冊子であっても、ぼくがこんなに打ち込んで飾りたて、手を加えたものを、誰かれなく知られたく

は、女の子の言いそなことなら心得ているつもりなのだが。そのうえ、乱読のため、いろいろな点で君のセンスが著しく駄目になっているのが目に付く。君のセンスは、大方の女性のセンス同様、道化師の衣装のように多色斑点だ。だからぼくは、ぼくらがまだ離ればなれになつてゐるあいだは、できるだけ読書を減らして、多く書くことを勧める。しかしながら、手紙以外は書かないよう。しかも、できれば、ぼくあての実際にあつたことを知らせる手紙にして欲しい。引き続き言葉を勉強し、それに劣らず家事、ならびに料理法を学び、気晴らしにはピアノを良く練習するように勧める。なぜなら、これら全てが、ぼくの生徒になる予定の女の子は、せひとも修得しておいてもらねばならないことだからだ。君の場合、君が特に得意としている言葉は除くにしても、そのうえにぼくは、君がダンスを完全にマスターして、もつともボビューラーなダンス遊びを覚え、趣味の良いおしゃれを身につけることを望んでいる。最後に挙げたような必要条件を、ぼくのように激しい道徳家が口にするのを見て、君はきわめて奇妙に感じてゐるだろう。ことにぼくは三つともからきし駄目なのだから。しかしながら、君は心配せずに、それを学びなさい。それらの利用法や有用性が君にもおいおい分かるようになるから。だが、これだけは今すぐ言っておかなければならぬが、ぼくは、君が、特に前の二つについては、全然好きになれないばかりでなく、むしろ遠ざかることになることを望んでゐる。しかし、それでもなお、君にはそれらに習熟してもらわなければならぬ。ぼくが家に帰るまでに、ぼくの指示に従つて、君がこれら全てを実行したら、ぼくがぼくの頭脳にかけて保証する、きみは、フランクフルトはおるか、国じゅうでもつとも理性的で、もつとも淑やかで、もつとも感じが良く、もつとも愛らしい女の子になつてゐるだろう。というのは、ここだけの話だが、ここから遠く離れた君たちのところにはまだ愚かな連中が根強くはびこっているから。これは素晴らしい約束ではないか。ねえ、妹よ、そしてぼくはこの約束を守ることができるし、守るつもりである。ところで、ぼくが当地に滞在しているあいだに、このような大がかりな仕事を成し遂げる以外何もできなかつたならば、ぼくはたいした男ではないということなのだろう。このあいだ、ぼくはこちらで知りよりの女の子たちをつかまえて厳しく仕込み、さまざまなどを試みてゐるが、時にはうまく行き、時にはうまく行かない。マドモワゼル・ブライトコープのことはぼくはもうすっかり諦めた。彼女はあまりに本を読みすぎて、

手のほどこしようがない。この馬鹿ばかしく見える哲学を笑つてはいけないよ。このように逆説的に見える命題がきわめて素晴らしい真理なんだ。今日の世の中の堕落は、ひとえに、人々がこの命題を評価していないことにある。この命題はきわめて敬意を払うに足る真理に基づいてゐる。行儀作法が洗練されればされるほど、人間の方はますます駄目になる。君がこのことを完全には理解できないのなら、ぼくは多分そうではないかと思つてゐるのだが、もしそうなら、これを真理として受け入れると良い。いずれ君にも分かる時が来るはずだ。ぼくはこれについて君と手紙のやりとりはしないだろう。これは説明しづらい事情なのだ。君は、ぼくが反論を許さないわがままな人間だと思っているだろう。多分それは当つてゐるのかもしれない。ぼくは、自分が正しいと考えているときは、しばしばそうなるんだ。なんてこつた、ずいぶんと脱線してしまった。話を君の作品に戻そう。ぼくは「ミスター・ルーズの話」は最初のほどかわない。なぜかつて。そうだな、ぼくにはよく分かるんだが、それが感情のない身もふたもない物語だからだよ。動機是非常にはつきり説明されているようを見えるけれど、それでもぼくには今ひとつ物語が把握できなかつた。包み隠さず言うと、最後にひとつお願いがある。君がぼくに送るつもりでいる小品を、それが消書され、ぼくに発送する準備が整うまで、父さんには見せないで欲しい。準備が整つた時点で、君の作品についての父さんの考え方を訊いて、それを付録としてぼくに送付してくれ。「父さんの感想と修正」と上書きして。というのは、完全に君の手になるだろうというものを、ぼくはこれまで一度も手にしないといふから。ぼくはときどき、経験をつんだ分別のある男にしかできないような省察を、善良で素朴な女の子がするのを見て、笑つてしまふ。これがひとつ問題点ということかな、いくらくらくなつたが。午後、残りの問題点について話そう。

食事から帰つて來たところだ。かわいい女主人が、君によろしくと言つて、お礼を言い、編物の見本をぼくに託した。彼女がそれをいちばん永く、そしていちばん最後に持つていていたようだ。相当活用したみたいだ。ぼくは彼女にそれとなく言つてゐる。いつでもいいから感謝のしるしにぼくに袖飾りを一揃い縫つてくれ、と。彼女がどうするか、見てみよう。彼女は本当にいい娘だ。ぼく

今は眞面目な話をしよう。ぼくの手紙に対する君の指摘はありがたい。君が文法に精通しているのは分かつてゐる。そしてぼくは、君がグロテスクなことや諷刺画のきまりにこんなに詳しいので、喜んでゐる。

君にばかりを入れて陰影を付いた頭部のスケッチを送る。線画はそれほど自信がないし、ぼくの線は強すぎて浮いたようになるので、ぼくのスケッチは全てこんなやり方で描いてゐる。この骨のおれる芸術を上達させるために、ぼくは大いに努力している。現在ぼくは、想像をモデルにしての頭部のスケッチに夢中だ。

父さんがぼくに、人体のプロポーションについて書かれた、ラインハルト^西とかいう人の本を推薦してきた。今まで一度もこんな無駄なことにお金を使つたことはない。ぼくは父さんに、こんな馬鹿な奴の本は読まないよう、と言いたい。この論文は銅版画と同じくらいくだらない。君のためにこの人物の千はある妄想の中からひとつだけ挙げると、彼はこんなことを言つてゐる。男性のプロポーションは、存在しうる中でいちばん完璧なものであるから、このプロポーションからはずれている女性は、存在している中でいちばん醜い生き物である、と。だが、それに対して、全ての人間は、アダムからぼくに至るまで、女性の姿よりきれいなものはこの世にない、と確信している。このことはいつも実証することができる。このことからも、女性を醜いと考へてゐるこの博士が、馬鹿だ、ということが分かる。そんなわけで、彼には氣違ひ病院こそふさわしいような気がする。

五十枚のあの魅力的な本を、それから五百頁のを作る、という君の願いについて、検討して良いかどうか、大がかりな文学委員会に提案したが、一部の人にはそれに賛成し、一部の人はそれに反対して、何も決まらなかつた。もしかするとこの件は、三位一体祭後の第二十日曜日の会議で決められるかもしれない。

自然を描いた風景画はまだあまり期待しないで欲しい。というのは、ぼくの技術はまだそんな高いところまでは達していないから。ぼくは油絵を描き始めたが、出来あがつたら君に見せるかもしれない。

時に、ドクトル・ヘルマン^西がこの町の市参事会員になつた。かくして位人

臣を極める。時間が来たので、これで終わる。君のために頭部のスケッチの小品をあと二、三枚描いてあげよう。

第十三の手紙

ライプチヒ 一七六七年十月十二日

ぼくの妹へ

きょうはすでに見本市の最後の週の月曜日だ。なのに、ぼくはまだ君への手紙に取りかかっていない。今度の見本市のあいだは、きわめて悲惨な十月の天氣であったが、それはそれで、手紙や詩やそのほかの難産を余儀なくされるものに孵化させる格好の機会であつたろう。もし、選帝侯^西がぼくらをいつも盛装させて、きわめてひどい泥寧の中でさえ、引きずり廻さなかつたならば。ある時は選帝侯は大学図書館で講義をしてもらい、ぼくらもそれを聴講しなければならず、ある時は美術アカデミーを訪問して、ぼくらも名誉ある構成員として同席しなければならなかつた。こんな風に、朝も午後も何とはなく一日一日過ぎて行く。見本市の前に愛する父さんの仕事を大部分片付けていかつたならば、ひとく気がかりなところだつた。

妹よ、確かに君は、本当に長い手紙をもらう資格がある。ぼくは今朝、今年君がぼくにくれた手紙全てに目を通じて、非常に恥ずかしい思いにかられていた。ゲラートはきょうもまた職務を果たすだろうが、ぼくは、きょうの講義もする休みして、君と語り合うつもりでいる。まず、君の推敲した作品について語らねばなるまい。これについては、これまでぼくは多少悪いとは思ひながらかたくなに沈黙を守つてきた。ぼくは何としても君のことを褒めなければならぬ。思うに君の想像力、出来事を観察する君の方法、君の物語の方法を、大きくではなくてもいいから軌道修正すれば、君の思考は深まり、大いにいいものが書けるようになるだろう。これについて、これ以上言及するのはよそう。とめどなく話が広がりそうだから。ぼくが君たちのところに帰るまで、辛抱してくれ。帰つたら、この件について、あるいは、ぼくが君のためだけに、そしてわずか数人の女の子のためだけに修得してきたいろいろな他の知識も教授してあげよう。差し当たりこれだけは言える。君の考えは、ほとんどの対象についてまだ非常に雑然としているように思ふ。君は確かに繊細な感受性を持つている。君に似たタイプの女性は誰しもそうであるよう。しかしその感受性たるやあまりに浅薄で、思考の裏付けがあまりになきすぎる。そのうえ君は、時として、ぼくの女性に関する知識をもつてては解明不能なことを言う。ぼく

第十一の手紙

一七六七年八月

ぼくのかわいい、いい子、いい子へ、ぼくのポンポンへ

ぼくは、君の手紙がもたらす、喜びについて君に何も言わないかもしない。しかし、ぼくの沈黙は、喜びがあまりに大きくて、何も言えないのだ、ということを君は分かっているだろう。

これが返事というつもりはない。ぼくが君にまき散らした、単なる数片のパンのかりらだ。昼食には不十分というのなら、朝食にしてくれ。

ぼくの詩的空想はファブリーチウス娘⁽¹⁾を実際よりもっと美しく、淑やかに描いている。彼女がこれから先はぼくのアネット⁽²⁾になる、いやぼくのミューズに、それに類似したものになる。

ぼくの詩文に関しては、妹よ、君から引き続きこんなに褒められると、ほか

のことは何も話せなくなる。ベーリッシュが新しい版⁽³⁾を公にする。これはあら

ゆる類似のものを凌駕しているだろう。君が知つての通り、ぼくはこれまで八

月ごとにその年にできた作品を大きな四つ折り判の五百頁からなる一巻にまと

めてきた。この素晴らしい原則を完全に中止させないために、大がかりな文学

委員会⁽⁴⁾が召集され、おだやかなプライセ川⁽⁵⁾をあちこちぶらついて、ぼくの

筆からほとばしり出た全部の詩が委員会の席で朗読された。

十二編を除いて、残り全部は引き出しの永遠の間に葬り去るという判決がくだされた。十二編は、これまでこの世で見たことがないような絢爛豪華な形で、

全紙五十枚を小さな八つ折り判にして書かれることになった。表題は「アネット」

であるたガリシア人に対抗して。そして、魂の不死に関する対話編に「パイドン」

と命名した「ラトソン」⁽⁶⁾に対抗して。パイドンは彼の友だちであつたが、アネット

がぼくの詩に関与したほどもこの対話編に関与しなかつたのに。

もし君が、書き損じで汚くなっている、同封の紙切れを見たら、君にもこの

高価な本についてあるイメージがわいてくるだろう。

この選集のうちの五編だけは君も知っているだろう。すなわち、「チブリス」「リューデ」「ピグマリオン」「眠りに寄せて」「悲歌」の五編は。もし君が引き

続きお行儀よくしていたら、残りの七編に触れる機会が得られるだろう。この七編はきっと一読に値するよ。ただし、もし人々が、君がぼくを愛するように、詩人を愛してくれただけ。なぜなら、ぼくは、全ての人間がそれに関心を寄せている、と考えるほど、高慢ではない。それを達成することが、ぼくの目標ですらない。

体がすぐれないわけではないが、身を隠したままいる詩人はそれゆえ幸せである。彼が姿を見せるとき、読者は彼を褒めそやすだらう。名声はうれしいことである。が、それはぼくから平穀を奪ってしまう。平穀のない喜び、そんなものが何の役に立つ。ぼくは手紙を終えなければならない、妹よ。恐ろしく汚い字を書いてしまった。悪魔が爪でひっかいでもこれよりひどくはないだろう。手紙自体は長くない。しかし、君が郵便物の末尾にたどり着くまでには、まだ読むところがある、ということで君は満足してくれるだろう。さようなら、そしてお休みなさい。

ぼくは面白いほど満足している。これは、少なからず君の手紙のおかげだ。

ぼくの健康状態はすこぶるもつて良い。健康とは何と魅力的なことか。神がそれをぼくに与えてくれた。悪魔だつてぼくからそれを奪うことはないだろう。

アデュー、妹よ。みんなが言っている、ぼくのほつそりした顔が丸くなつた、

と。ぼくは狂喜している。しかし、もし、ファン・アイゼンハイム大人⁽⁷⁾がぼくに有利な遺書を作つて、そのあとすぐ死んでくれたら、それはもつと大きなものになるだろう。そうなつたら、ぼくは彼女に大いに恩に着るけどな。ぼくのかわいい人よ、君はこれを見て、兄貴は馬鹿だ、と思っているだろう。おしまい。

第十二の手紙

一七六七年八月三日

妹へ

そうだ、ピピ⁽⁸⁾は、君の言う通りだ。君をポンポンと呼んだりして、悪いことをした。ぼくにも確かにまだいくらか弁解の余地はあるかもしれないが、ぼくは、時間の節約のために、むしろ白旗をあげるよ。ところで、ピピはなかなか耳に快い、当を得た名前だろう。まあ、いい、ピピは、ピピはいるのだから。

精妙に磨きあげられた黄金の針金に似ている

絶えず努力して何を生み出すというのだ

くさぐきの無味乾燥なもの すぐに色あせる警句

ボワローは創造者に値しない

模倣を重ねる鏡のようだ

技巧は所詮実体のない音か煙にすぎない 感情こそ全てだ

片言しゃべりに力を得て

何か手に入れようとしても無駄なことだ

ボワローは口調を変えて

尻尾をふりふり猫なで声で迫ったが得られなかつた

彼は素描はうまいし 元談も皮肉もお手のもの

ひねり出す洒落もそれほど野暮ではない

だがボワローには繊細な感情がまったく見られない

賢明なマルモンテル⁽⁴⁾は「詩人たちへの書簡」の中でこの偉大な一人についてこんな風に書いていた。ぼくは、彼の判断は眞実で、正しい、と思う。ぼくがここに書いた意見を見て、タッソーと君もぼくと仲直りをする気になることだろう。

眠りに寄せて

おまえは器楽をもちいて

神々の目を無理矢理とじさせて

しばしば乞食に王位を

羊飼いに恋人をもたらす

聞いてくれ ぼくはきょう

おまえに夢の紡ぎ糸を求めはしない

恋人よ ぼくのために

おまえの勤めの中でもっとも重要な勤めをしておくれ

ぼくは恋人の側に座っている

彼女の目は欲望を告げている

姫ましい絹の下で

彼女の胸がそれと分かるほど高鳴る

しばしば二人はキスをするために

貪欲な唇を近づけようとする

だが、ああ、ぼくはそれを思つてどちらなればならない

母親がそこに座つてゐる

今晚ぼくはまた彼女のものとにいる

おお中に入つて

瞿粟を羽毛からまき散らし

母親を眠らしてくれ

深いろうそくの明りの中で

恋人は愛に心を熱くして

ママがおまえの腕にくずおれるように

そつと静かにぼくの腕にいだかれよ

ママがおまえの腕にくずおれるように

さて妹よ、君はどちらが気に入つた、これ、それとも前者。この詩に付けた

メロディーを君は近いうちに手にすることになるだろう。

こちらでぼくの長い手紙を終わりにしなければならない。バッハ⁽⁵⁾がまもなく小包を取りに来るだろうから。今はぼくに対する怒りも収まつたことだろう。だつて、ぼくの手紙は、君のお望み通り、堂々たるものだから。そんなにすぐに返事を書かないにしても、せめてどうか何か君の最新の作品を送つてくれ。ぼくはそれを読むのが非常に好きなんだ。かわいいルンケルによろしく伝えてくれ。そして、ぼくの「アミーネ⁽⁶⁾」を読まないよう、彼女に言つてくれ。ブレヴィアリアにもそれを手に入れて、演じたりして欲しくない。というのは、それにはいいところが何もないから。ちなみにこの便で未完の牧人劇⁽⁷⁾を送るつもりでいる。これを読むと良い。しかし、返してくれないと困る。お元氣で。

一七六七年五月十五日

いね。君のこの前の手紙はこの文章で始まり、この文章で終わっている。
母さんに次の詩を読んであげてくれ。

ぼくの母さんに

ぼくからの挨拶がぼくからの便りが永く届かないからと書つて
息子のあなたに対する義務であるやさしさが
ぼくの胸から消えたかのような疑いを

どうか心に宿さないでください

それはちょうど川の深くにある岩が
川の水がある時は逆巻く波となつて　ある時はやさしくその上を流れても
視界をさえぎっていても
錨を降ろし　永遠に停泊したまま

自分の場所を動かないのと同じです

人生という大河が

ある時は苦惱に鞭打たれ荒れ狂いながらその上を流れ
ある時は喜びに愛撫され密かにそれを被い隠し

それが頭を太陽にさらすのを妨げ

周りの照り返す光線を浴びて

あなたの息子があなたをどんなに尊敬しているかを

どこからも見えなくしているにしても

あなたへのやさしさがぼくの胸から消えることはありません

妹よ、あの歌集の写し⁽⁸⁾を君に送ろう。ぼくの友人のベーリッシュが親切にも、
それを作ってくれたのだ。君はその中に、「祖国への頌歌⁽⁹⁾」の代わりに「恋す
る人たち⁽¹⁰⁾」という題の詩を見い出すことになる。「頌歌」はいろいろ批判もある
ので詩集から削除することにした。

そのほかに「眠りに導ける頌歌⁽¹¹⁾」を手直しして君に届けるようにする。この
「頌歌」はあまりにぎくしゃくした韻律をしていた。ぼくはそれを別な韻律
にした。そうすることで本質的な部分をほんの少しも変えることなく。この両

者の作法のどちらが君はいちばん気に入ったか、ぼくに知らせててくれ。

「シャリダス娘のための頌歌⁽¹²⁾」はすでに出来ている。コピーが済んでいれば、今度の小包で君あてに送り返すようにしよう。ライトコブフ氏⁽¹³⁾は細やかなものに対する感性がいまひとつないので、音楽はファンガード⁽¹⁴⁾の作だ。彼は法律を勉強している有能な音楽家だ。ぼくはこの頌歌の文言に手を加えた。この中の理念はすてきだ。それはそのままにした。全体としては何もいじつていない。ここだけの話だが、この文言が誰の手になるのか、ぼくは知りたい。ぼくの思い違いでなければ、ぼくには女性の思考の跡が、見て取れる。タッソーとボワローについて二言、三言。君がどんな気持ちでタッソーを庇護しているかが、分かつて、非常に喜んでいる。分かつた、妹よ、確かに彼は偉大な人物だ。かつてぼくは君にタッソーをおとしめボワローを擁護する詩句を書いた。その代わりきょう君は、ボワローをおとしめタッソーを擁護する詩句を手にする。

真に敬虔な考え方で彼は歌を捧げた

素朴な偉大さと賛美なる激しさに

大胆かつ危険にひるまぬ勇氣に

同じくまた青春の聰明ながらも猛りたつ憧れに

そして自のくらむほど膨れあがつた狂気に

彼は永遠に強い調子で歌いあげた

徳の慢心による解放を

だがボソローは裁く人として

また法律の公布者として自らが賣いどころを熱心に誇示した

強靭な粘り強い行きすぎとの努力によって

彼はついには自然の征服者になつた

すっかり荒れ果て見捨てられた耕地に

彼は緩やかな足取りで豊かな痕跡を残して行く

彼の詩句は確かに冷たいが完璧な研磨によって

澄明な簡素に練りあげられている

それはちょうど穴あき鋼板をすばやくぐり抜けることによつて

葉もない。ぼくはほとんど何も考えられずにいる。神は、愛によってのみ結ばれたこの結婚が、利害によってのみ結ばれた結婚より幸せであつて欲しい、と望んでおられるのだろうか。ぼくは、新婚の二人が幸せになることを、願うことができない。その理由というのは、今は説明する状況にないし、ぼく自身これまでめったに口に出して言つたことのない理由なんだ。ぼくは好々爺のおじいさんが気の毒でならない。青春の愚行を受け入れざるを得ないのは、聰明な人にとっては耐え難い悲嘆にちがいない。ぼくは、ぼくらの家族が、今度の冒険的な恋によって、このような場合避けがたく生じる離散によって、混亂におちいるのでは、と心配だ。おお、この種の離散をぼくがどんなに憎んでいることか。

君はぼくの悲劇のことを知りたがっているね。それに対してぼくは答えなければならない。これまでのところプラン以外何も考へていないのだ。ぼくのまだ弱すぎる脳には完成はおぼつかないと思って。「ベルザーツアル」は終わった。しかし、それについて話そうとするとき、ぼくが年端もいかない小供のころ企てた巨人たちに関するぼくの全ての仕事について話さなければならなくなる。「フアラオの王位継承者」のプランは多くの悲劇的なものを持んでいる。天使によるエジプトの王子像が主題なのだ。もしそれが、君が判読できるくらいに、あるいは、ホルンが書き写すことができるくらいに、読みやすく書かれているのなら、君に送つてあげるのだが。それの代わりに別な作品をいくつか送ろう。しかし、公表しては欲しくない。親しい友人に見せるのはかまわない。ただ、誰にもその写しはあげないでくれ。「悲歌鬼」は、ヘッセンのフィリップタールの参事官であった、ベーリッシュの兄の死にあたり書いたものだ。「ミユーコン鬼」は構想は優れている、しかし、もつと優れたものに仕上げることができるだろう。ねえ、妹よ、ぼくの詩を読んだ人が、ぼくがはげしい恋をおちているにちがいない、と思わないだろうか。少なくとも、細やかなやさしさが全編にあふれている。実際ぼくは、女の子という女の子を全て愛している。しばしば次のような歌をうたうかもしれないけれど。

冷たい分別のある人々^々に取り囲まれて
わたしは歌う 熱い恋の何たるかを
わたしは葡萄の甘い果汁を歌いながら

しばしば自らは水を口にする

詩人は実際の恋を体験する必要はない。詩人は、詩の中で、理想の、完璧な女性を描いても良いし、あるいは、あるがままの、悪い女性を描いても良い。詩人が恋愛中に、王妃を描く必要に迫られたときは、前記の女性たちに代えて、ビーガツツ思が妻をモデルにしたように、最愛の人を描くことになるだろう。

詩人たちはウエヌスをも求めて止まない

ミューズの息子である詩人は星のような恋をする
人間的な心情という望遠鏡では遠く届かない

彼の住む世界は理解のほかである

夢で見るのが実人生と同じように値打ちがあり
感情を高めたりとあらゆる喜びを呼び覚ます
そして昔からひたすら恋にのめり込んで行く
このように好んで幻想の姿に夢中になり
心の炎はメルヘンの野に燃えあがる

このような妄想に恍惚としている

普通の人が現実に幸福を見い出すのと同じように

人生の单调さが退屈でならない

それは彼には悦楽の対象であつてもぼくらには嫌惡の対象である

最愛の人は虹の女神イリスのようにさまざまな顔を見せる

甘い夢見ごこちの中である時は羊飼いの女ある時は妖精「ンフ
ブロンド 黒髪 乙女 婦女 姿態を見せるかと思えばつれなくあしらう
そしてもちろん常に真摯堅固で嘘はつかない

手はずを整えて、君が夏に読む本をフライシャー氏を通して送ることにする。

君は、楽しんで読む小説、ためになる道徳的作品、改心させるための祈禱書を手にすることになるだろう。それを手にしたら、妹よ、君は、「お兄さんは離れている期間が永くなればなるほど、私たちのことを見失してしまっておられるようだ」という君のあでこすりがいかに当たっていないかに、気付くかもしれない

ぼくは、これまでずっと褒めてきた自分の妹を叱らないわけにはいかない。ホルンの件については、君の行動は軽率だ。ぼくは君への手紙に、彼はザーラジーンをなくしたこととさうそんには悲しんでいない、と書き、そのえ冗談で、彼はこちらですでに傷をいやすきかけを得た、と付け加えた。このことを君はすっかり眞面目に受けとめている。だが、これだけならぼくは君を大目に見ただろう。しかしながら君は、そのあと出かけて行つて、それを話している。そもそもかたい友だちではなく、町じゅうにそれをふれ廻るのが義務だと考えているような愚かで、思い込みのはげしい、おしゃべりな女の子に。かくて加えて、君がそれを彼女にあまりに眞面目に話しているものだから、彼女は名前さえ知りたがる始末である。善良な妹よ、君はぼくを許さなければならない、もしぼくが、これは非常に無分別なことだ、と言つても、そして、ぼくは一瞬自分の賢い妹のことが分からなくなつた、と言つても、ぼくは友情より大切なものはない、と思っている。ほかの人々がこの件を君と同じように眞面目に受け取つてゐるのならば、そして、そのため彼が非難されているのならば、この不祥事の責任は誰であろうおそらくぼくにあるのだろう。君たち善良な娘御たちよ、ぼくらは君たちが考へてゐるより賢いのだ。ぼくらはこちらできわめて快適な自由の中で生活してゐる。もしぼくらが君たちに支配されるようなことがあれば、愚か者と言われても仕方ないだろう。なぜなら、君たちに仕えることより辛い奴隸状態はないのがから。

ぼくががみがみ囁みついたと言つて、怒つてはいけない。君自身にその責任があるのであるのだから。さて、何かもっと心はずむことに話題を移そう。ぼくの詩の話題に。

詩を君たちが気に入ってくれて、ぼくは満足している。しかしほくは、君がもつと詳しい便りを書いてくれることを、期待していた。君はおもに何が気に入り、そしてそれから、何が気に入らなかつたか、を。というのは、君がぼくの才能をあざ笑うのが非常に気になるのだ。ぼくは君に告白しなければならぬが、ぼくは批評家よりむしる女の子から裁かれるのを望んでいる。ぼくがなぜゲラートになにがしのものを見せずにいるか、この場でその理由を全て君に示そう。これは、フライシャーの督促状の第六項に対する答でもある。

ぼくはまったく自負心など持らせていないが、自分の内的確信は信じている。それがぼくに告げるのだ、ぼくには詩人に求められている特性がいくらか

ぼくは、これまでずっと褒めてきた自分の妹を叱らないわけにはいかない。ホルンの件については、君の行動は軽率だ。ぼくは君への手紙に、彼はザーラジーンをなくしたことをことさらそんには悲しんでいない、と書き、そのえ冗談で、彼はこちらすでに傷をいやすきかけを得た、と付け加えた。このことを君はすっかり眞面目に受けとめている。だが、これだけならぼくは君を大目に見ただろう。しかししながら君は、そのあと出かけて行つて、それを話している。そもそもかたい友だちではなく、町じゅうにそれをふれ廻るのが義務だと考えているような愚かで、思い込みのはげしい、おしゃべりな女の子に。かくて加えて、君がそれを彼女にあまりに眞面目に話しているものだから、彼女は名前さえ知りたがる始末である。善良な妹よ、君はぼくを許さなければならない、もしぼくが、これは非常に無分別なことだ、と言つても、そして、ぼくは一瞬自分の賢い妹のことが分からなくなつた、と言つても、ぼくは友情より大切なものはない、と思っている。ほかの人々がこの件を君と同じように眞面目に受け取つてゐるのならば、そして、そのため彼が非難されているのならば、この不祥事の責任は誰であろうおそらくぼくにあるのだろう。君たち善良な娘御たちよ、ぼくらは君たちが考へてゐるより賢いのだ。ぼくらはこちらできわめて快適な自由の中で生活してゐる。もしぼくらが君たちに支配されるようなことがあれば、愚か者と言われても仕方ないだろう。なぜなら、君たちに仕えることより辛い奴隸状態はないのがから。

ぼくががみがみ囁みついたと言つて、怒つてはいけない。君自身にその責任があるのであるのだから。さて、何かもっと心はずむことに話題を移そう。ぼくの詩の話題に。

シェイクスピアのロメオとユリア

愛は煙 ため息は煙霧を生み

清められて 真は輝き 火と化す

悩み苦しんでは あふれる涙は海となる

ほかに愛は何が考へられるか 隠れた狂氣

そして吐き気をもよおす苦味と爽快感と甘さ

ぼくは叔母さんの話に驚いている。それをどのように考えたらいいのか、言

そなわつてゐる、と。そして、努力すればいずれ詩人になれるだろう、と。ぼくは十歳から詩を書き始め、出来もなかなかのものである、と思つていた。十七歳になつた現在それを見ると、出来が悪いのが分かる。やはりぼくは七歳年をとつたのだ。七歳分立派な詩を作る。ぼくに誰かが一七六二年に、ぼく自身が今言つてゐるようなことを、ぼくの「ヨーゼフ^{モルヒ}」について言つたら、ぼくは打ちのめされて、二度とペンには触れなかつただろう。

昨年、ぼくの結婚頌歌に対するクローディウス^{モルヒ}の手厳しい批評を読んだとき、あらゆる勇気が抜けて行つた。また気を取り直して、女の子の求めに応じていくつかの歌を作つたが、全て特に優れてはいないし、重要でもない。これらのうちの一編をゲラートに見せるわけにはいかない。というのは、ぼくには詩に対する彼の現在の考え方がわかつてゐるから。どうかぼくの好きにさせてくれ。ぼくに天分があるなら、たとえ誰かがぼくを指導してくれなくても、ぼくは詩人になるだろう。ぼくに天分がないなら、あらゆる批評も何の役にも立たない。ゲラートのことを非常に良く知つてゐるぼくの友人達のところにぼくが作品を持って行くと、彼はしばしば言う、これを自分がゲラートに見せてあげようか、と。彼はすてきな讃美歌を歌つてくれるだろう、と。彼にまにがしのものを見せるのを、免じてもらう十分な理由が見つかるかどうか、ぼくには分からない。しかしやむを得ないのなら、ぼくは第三者を通して彼にまにがしのものを送るつもりだ。彼はおおびらに煮るなり焼くなりすると良い。ぼくは拝聴して、君たちに全て知らせるつもりでいる。

んな手紙は止めてくれ。そうでないと、ぼくは口をつぐむことになる。ぼくがおべつかを言っている、と思わないでくれ。あの「手紙形式による会話」を読んだあと、ぼくがおちいつた熱狂的な調子は、ぼくの心の本当の感情に発している。妹が完成に近づいているのを見たときほど、ぼくの心が本当の喜びを感じたことは、絶えてしなかつたことだ。

ぼくが十分に君の才能を知悉していたら、決してマドモワゼル・リュサンと君とを比較するようなことはしなかつただろう。彼女は立派な歴史家で、魅力的な話し上手である。しかし彼女には、感情がない。君にはぼくが感心するほどそれがそなわっている。続けて、続けて、妹よ、君の飾りけのない心情、君の異常な真面目さ、君の純朴は君の兄貴の世界探求、知識、批判を打ち負かすであろう。白状するが、ぼくの全技法をもつてしても、君の頭に自然と浮かんだひとつの場合を書くことは、ぼくにはできないだろう。神に榮光あれ。妹よ、ライプチヒには、君と比肩できる女の子は一人としていないだろう。ぼくが多少なりと知っている女性の性格を言うから、それを聞いて、自分で判断してごらん。

ブライトコブフ嬢⁽¹⁾は本に埋もれて育ち、たくさんの中を読んでいるが、それを自慢するようなことはほとんどない。彼女の快活な人柄はこの読書で培われ、実際にかわいい面がかもし出されるがしかし、あまりにわざとらしいところが目に付く。シンプルなスタイルが欠如している。君にはぼくが感心するほどあるのに。ぼくは彼女の振る舞いの自由なところが好きだ。彼女はぼくに大変好意を示してくれる。彼女とはたまにしか会わない。だが、彼女と一緒にいると、限りない満足が得られる。彼女の仲間のテナート嬢⁽²⁾は、非常に美しい女の子で、鋭い精神とひやかしの精神を持ち、加えて、美しい性質の持ち主だ。彼女の話ぶりは実に淑やかで、彼女の話はチャーミングである。だが、気に入られようとして、彼女はあらゆる手を尽くすのに、彼女は恐れられ、好かれないと。

死んでいるにもかかわらず、ぼくはペーメ顧問官夫人を生きているどの美人より高く評価している。君のために彼女の性格をスケッチしたい。たとえ、残念ながらあまりに弱い描線であっても。彼女は大きな心とまつすぐな心の持ち主であった。彼女に服従するのが義務である人々に対し、さえ異常なほどのやさしい心情と柔軟な態度で接した。彼女が不機嫌なことは非常に少なかつた。

ただ、すでに永く続いている体の不調なときを除けば。時おり彼女は、まさしく母親のような熱意をもつて、彼女の目にとまるぼくの欠点を何とか矯正しようとした。最初彼女は、慎重に気を配りながらそれをやつた。しかし、やがて、ぼくがそれをしかるべき受け止めているのが分かると、それ以後は非常にしばしばぼくに話しかけてきた。彼女がとがめ立てをしていたところが、速やかに改められると、彼女は喜んで、親切にも、ぼくのことを従順な息子と呼んでくれた。事実ぼくは、常に彼女の教えと忠告に従っていた。ただ、ぼくが賭けごとを憎んでいることに彼女は喜ぶ。常に彼女の教えと忠告に従っていたが。

彼女の友だち、フォン・プロトー夫人⁽³⁾は、しばしば友だちのようにとおり、家庭教師のようにぼくに語りかけてくる老婦人である。ぼくは彼女の開けっ広げなどころが好きだ。彼女は決してうわべを装つたりしない。彼女の口癖は、それはお止めなさい、それはあなたたちにふきわしくありません、もうそんなことをしてはいけません、などである。ペーメ夫人の死と共にこの親交も終わってしまった。

ぼくの生きている知人たちの中で、かわいいシェーンコップ⁽⁴⁾を忘れるわけにはいかない。彼女は非常にいい娘だ。彼女の受けた教育はきちんとしたものというよりむしろ厳しいものであったが、彼女にあっては、まっすぐな心と愛すべき純朴さとが結び付いている。下着や衣服に関しては、彼女はぼくの家政婦だ。彼女はそういうことに詳しく、喜んで、そういう事柄について手際よくぼくの手助けをしてくれる。だからぼくは、彼女が好きだ。ねえ、妹よ、ぼくは相当風変わりだらう。ぼくはこんな女性がみんな好きなんだ。でも、誰が彼女たちに逆らえるだろう、こんなに心やさしい彼女たちに。ぼくは笑しさに感わされることはない。実際、ぼくの知人たちはみんな美しいといふよりも、善良なのだ。キュストナー豆のお嬢さんたちについても、三話せないことはない。しかし、彼女たちはお馬鹿さんなので、話したくない。これでどうやらぼくの知人たちに関する終点に来たようだ。少し限られてはいるが、ぼくにはこれで十分だ。あらゆる会話のうちで女性との会話がいちばん楽しい、もしその女性が賢くさえあれば。ぼくは彼女たちをみんな好きだが、ある一人に愛情を傾けるようなことはない。みんなもぼくに好意を持っていて、一人としてぼくを愛してはいない。これが、ぼくが必要とする全てだ。そして、これでぼくは満足している。

た。ぼくらがラングの田舎(さか)のそばを通り過ぎようとしたとき、突然、太って、かなりがっしりした、しかし同時にいくぶん偏屈そうに見える人物が、ぼくの方にやつて来た。その人物はホルンの方を向いた。ぼくは彼を不思議そうに見つめている、やつといくつかの特色から識別できた。ぼくは突拍子もない大声で叫んだ。「フリッツ、君なのか?」——彼はここに永くは滞在していないかった。だからぼくらは、同郷の人を遇するにふさわしいしかるべき表敬ができるかつた。一度、夕食を彼と共にしたが、その席で、彼は誰とも目を合わさなかつたし、何も話さなかつた。そのため、同席した人の何人かは彼を学者だと思い、別な何人かは彼をうすのろだと思った。彼はベルリンすでに仕込まれていることだろう。そしてぼくは、それがむしろ行き過ぎになるのでは、と心配だ。というのは、現在の全ヨーロッパで、プロイセンの王の居住地ほど神を信じない土地はない、と思うから。

ぼくは、ライプチッヒの人々やライプチッヒのことがかなり不満になり始めている。これまでぼくの儀礼的訪問を許してくれていた人々が、ぼくに好意的でなくなった。その理由は、ぼくが父さんの忠告を受け入れて、賭けごとをしようとしているからだ。だからぼくは、社交界では、気心の知れない用のない人間とみなされている。そのうえ、最近、同じ問題に関連して、すんでのところでベーメ顧問官夫人(めい)の不興をかうところだった。ぼくは、この丸半年間、ベーメとラング以外の人から客として呼ばれたことがない。

なぜぼくが上流世界で歓迎されないか、もうひとつ理由がある。美的趣味と知識に関して、ぼくの方が、女性に懲懟に尽くす人々より多少うわ手だからだ。そしてしばしば、上流社会の場で彼らの判断のお粗末ぶりを指摘しないではおれなかつたし。

それにもかかわらずぼくは、できるかぎり楽しく、静かに生活している。ぼくには、リンデナウ伯爵の家庭教師をしている友だち(めぐみ)がいる。彼もぼくと同じ理由で上流世界からうんじられている。ぼくらは、伯爵の所有になる、城砦のようなアウエルバッハの館に全ての人間から隔絶して居留しながら、人間嫌いの哲学者にもならず、ライプチッヒの人々を笑い者にしながら、お互いを慰め合っている。もしぼくらがいつか、不意にぼくらの城をうつて出て、彼らに大がかりな突撃を加えたら、彼らはただではすまないぞ。お元気で。

ライプチッヒ 一七六六年十月十八日 ゲーテ

現在まだどこっているその他のものは、品物も返事も、一週間後の日曜日に出発する若い人と共に追つて届くだろう。

第十の手紙

ライプチッヒ 一七六七年五月十一日
こよなく愛する妹へ

恥ずかしくて、どう考へても恥ずかしくてぼくは君に手紙を書く。ライプチッヒ(ライヒ)が到着して一時間経つ。ぼくは君に全てを、ぼくがとつくな書いておくべきであつた全てを書き終えるまで、止めないつもりだ。

君は、ぼくには弁解の余地がない、と思っている。君が自分の優位を言いつるのならば、ぼくにも、君がぼくに浴びせることのできるあらゆる非難を十分に打ち負かすだけの言い分がある。しかし妹よ、とがめ立てはするな。やさしい女の子は言い争いはしないものだ。君がやさしい心の持ち主であることは、君の書く文章の一言一行が物語っている。さあ、そういうことで、ぼくの弁解を聞いてくれ。太陽が遅い春をぼくらに運んで来たちょうどその時、忌まわしい病気と仕事から解放された一人の人間を想像してくれ。自然が病床からぼくと一緒に起き上がるのを見たとき、ぼくは喜びを感じたが、君にはぼくの喜びの半分しか感知できないだろう。ぼくは周りのことは全て忘れていた。風が強く、煩が張れて、やむなく家に居る羽目に至るまで。ところが、再びそれから解放されるやいなや、論争(リボン)の反論者という重要な役目が舞い込んできた。しかし、ぼくにはやはり重要なことであった。初めて公式にアカデミックな世界に足を踏み入れたとき、つまずかないために、かなり慎重にその準備をした。これは終わつた。そして、時おりぼくの心に宿るささやかな急け心は、君のこの前の手紙ですつかり無くなつた。ぼくは、君の熱望にこたえて、君のあらゆる質問に答える態勢が整つた。そしてぼくの希望は、君がこの手紙を読み終えたとき、ぼくと完全に仲直りが済んでいることだ。

君の手紙、君の筆跡、君の考え方がぼくを圧倒した。それらの中にもはや小さな女の子、例のコルネーリア、ぼくの妹、ぼくの生徒の姿はない。ひとつの成熟した精神、一人のリコボーニ(リコボニ)、一人の異国人、ぼく自身が今後は教えを乞うかもしれない、一人の作家の姿がある。おお、ぼくの妹よ、どうかもうこ

喜々として
彼は野が血に染まるのを見た
哀れな輩は
閃光に打ち碎かれて
塵芥の中に命なく横たわる
だが私は この激情はついには静まる と信じている
死に行くことも滅び行くことも
終りを告げる
しかしながら狂暴なる死は
地上の数百万人もが
もはやこれまでのように刈り取られることを
いさきよしとしないのを知つて 猛り狂つた
そうして死が叫んだ こんな幸福はおしまいだ
俺は 絶対におしまいだ
これからはたつた一人に狙いを定める
しかも立派な人物に
そいつが千人の馬鹿どもの代わりをする運命を担うことになるだろう
そうしない時は俺が彼奴らの命を奪つてやる
死はそう言つた そしてやがて人々は悲嘆にくれた
家族は墓の周りにひとかたまりになつて
氣高い父を痛み
そして故郷の希望の星であつた
愛する息子を痛んだ 相当数が死んだ
飢えきえなければ永く生きたであろうに
あなたも先刻承知の
忌まわしい化け物は
喜び勇んで
地獄におもむく
全ての人々の敵に
彼の獲物を見せるために
先ごろこのような一撃にあつて

ああ あなたの奥さんは
命を奪われた そしてあなたの家族はみんな
彼女を痛み深い悲しみにくれた
だが 彼女自身にとつてはそれは嫌なことではなかつた
というのは 彼女はあなたを失い 世界を失つたけれど
彼女は天上で天国の門をくぐり
娘さんに再会したから

ぼくは、この短い詩が成功したかどうか、そしてどうして父さんはそれを作るようぼくに命じたのか、その理由を聞きたくて、うずうずしている。ブファイ爾氏はできれば、ぼくがどの詩人をまねてこの作品を書いているのか、知りたいだろう。だがぼくはそれを言うことはできないだろう。というのは、フランス語でこんな流儀の作品があるとは思うけれど、それを読んだかどうか、ぼくは覚えていないから。

ヤンクルとジャリコ⁽²⁾を主題とした芝居の準備を始めた。しかし思つた以上に困難にぶち当つていて、完成は望めそうにない。「ファラオの王位繼承者⁽³⁾」という悲劇の計画については多くの賛同を得た。着手するよう、しつこく迫られている。しかしほくは決心がつかずにいる。

ぼくとしては、フォン・ホフマン氏の詩は、まったく簡素な紙に他のタイトルは付けずに、彼に渡してもらいたい。

数日前、大いに豪華で大いに趣味の良い新しい芝居小屋がランシュタットの市門のところに建設され、その落成式⁽⁴⁾が執り行われた。建築は、数名の私人の企画になるもので、土地は宮廷が提供した。こけら落としの作品は、シュレーダー⁽⁵⁾の悲劇「ヘルマン⁽⁶⁾」である。

二、三日前のこと、同じく新しい、しかしまつたく趣をことにする建物が出来あがつた。つまり改革派の教会が。それは非常に簡素であるが、非常に美しい。なかでも、もつとも注目に値するのは、素晴らしいオルガンである。

今度の見本市で若いホッカ⁽⁷⁾と話したら、彼がぼくに力説したところによると、半年前、「三回ぼくを訪ねて行つたが、一度もぼくは家に居なかつた」ということだ。

見本市でのフリツツ・ホフマン⁽⁸⁾の出現はぼくにとり予期せぬことであつ

十月十二日

(あのやさしい人が密かに女神の仇を討とうとしている)
俺はそんなに早く死にたくない ああ

諷刺歌
ブファイル氏に捧ぐ

ボワトン^(西)のよな輩が
そして兄弟分のペトリエ^(西)のよな輩が俺に気に入られたいのなら
(こんな風にうつけ氏はかつて言った)
文法なんか止めにして
出しゃばりな二人は引っ込んでいて欲しいもんだ

あんなぶざまな やつつけ仕事
頭の悪い奴のための愚かな規則
もっぱら 哀れな学校の守衛か
練習問題やいたずら書きが似合いなところ
学寮の生徒たちの肩を重くすると良い

こんな悪口に腹を立て
気高き女神 文法の君が
間抜けな俺に 判決を下す
つれない判決を
この意地悪な仕返しを前にして俺は泣くばかり

彼女が俺を許してくれるのなら
俺の代わりに訊いてくれ 訊いて 俺に教えてくれ
どうしたら俺は彼女とひとつになれるのか
くる口もくる口も
かたい糸で結ばれることができるのか

この取るに足りない馬鹿げた諧謔詩を読み返してみると、ほくの言わんとする
ことが多少あいまいで、どうしたらフランス語がたちどころにうまくなるの
か、ブファイルに聞きたい、というほくの気持ちが、人にはすぐには分からな
いようだ。父さんは韻律にご不満だろう。しかしながら、これが諷刺歌の音律
だ、ということに父さんが気付いてくださると良いのだが。

フォン・ホフマン陸軍少将^(英)のために
彼の奥方の死について

間違いだらけの文を書くと良い
魅力のない詩を書くと良い
おまえはおまえのスタイルで罪をあがなうのだ
そのうつろな うつろなスタイルのために笑い者になるが良い
おまえがかしづく美しい人の前で

ブファイル 女神の祭司 ブファイルよ
おお 僕の囁きを聞いて
助けてくれ いま俺は悲しくて 悲しくてたまらない

庭園に行つた。ぼくはそこで二人に出会つた。ぼくの方は懇親に挨拶をして、深々とお辞儀をした。彼女の方は軽く頭をさげる。それだけだ。同伴者はと言えば伯爵、男爵、貴族、博士ばかりという豪華絢爛さに、このような晴れがましさに慣れていなかつた一人の婦人は取りのばせてしまつていた。しかしながら、ダム・ベートマンは、ぼくが一時彼女に歩み寄つたとき、なかなか作法にかなつた態度だつた。これが、ぼくの知つている全てだ。ミス・ベートマンのお仲間の女性たちは十人並みの顔立ちで、彼女のヴィントに富んだ言葉は今のところついぞ耳にしていない。

何と言つても女性のことを書くのだから、ベートマン娘の次に来る話題の主は、叔母さん⁽¹⁾ということになるだらう。天がぼくらをお守りくださいますように。ぼくが去つて以来、身内の中では何という茶番が起きているのだ。気を付けるんだぞ、妹よ。今度は君が候補にのぼる番だ。一方の男は馬鹿な女と結婚し、と賢いラーベナ⁽²⁾なら言うだらうな。もう一方の女は恐ろしげな、色黒の軍神にうつつを抜かしている。おお、彼女にしろ言い分はあるだらう、ヴェヌスに誓つて。しかしほくは、彼は恋愛の解毒剤だと思つて。彼女が彼を愛するなんて。彼は吊し首だ。——醜い容姿の彼なんか。まあ、結局のところ、ぼくがアドニス⁽³⁾でなくとも、いすれぼくを愛してくれる女性がぼくにも出てくるだらう、というのがぼくの慰めだ。彼女がドクトル・シュロッサーに惚れたのなら、ぼくは彼女を許しただらう。しかし、こればかりはびっくり仰天だ。——オランダの王は何と言つだらう。——しかし妹よ、人のことをあれこれ言つるのはよそう。ぼくは彼女の味方をする気持ちは十分ある。彼女の受けた教育を考えてごらん、妹よ。君があえてけなすというのなら、それを考慮したうえで、彼女のことをけなすと良い。天性の才能にそれほど恵まれていない女性、彼女は最初の年月を両親と姉妹という社会の中で過ごした。みんな尊敬するため、教義問答の家庭教師が雇われる。人生の道のりにおける立派な指導者たちである。彼女には、良書を読む機会がないし、それを探す気もないのか、幸せにするにはどうしたらいいのか、彼らにはそれが分かつていてなかつた。彼女を賢くするために、習字の先生と算数の先生が、そして彼女を信心深くするために、教義問答の家庭教師が雇われる。人生の道のりにおける立派な指導者たちである。彼女には、良書を読む機会がないし、それを探す気もないのが好きで、ダンス、パーティなど彼女のバラダイスであった。人はど

んな風にして自らの伴侶になるのか、人はどんな風にして自分で自らを楽しむのか、そのすべてを彼女は学んでいなかつた。つまりところ、彼女は道徳的な性格の女の子ではなく、そうであることができなかつた。

彼女が毎日あつてゐる男性を愛し始めたからといって、彼女のことを悪く言ふことができるだらうか。その男性は、愚かな彼女に合わせて、まる半日、どうでも良いことや町の噂などについて話すことができ、そういう風にして彼女の好意を勝ち得たのだ。こんなことはかの賢い男には無理だらう。たとえある男性があるとき一人の女の子に好意を寄せられ、機会を作つてはしばしば会つても、もし彼女の愛が得られないならば、彼は世界一大馬鹿者にちがいない。ぼくは、この奇妙な物語の結末が聞きたくて、うずうずしている。ついでに言うと、ドクトル・シュロッサーはもう彼女のことは怠慢にないようだ。彼の手紙によると、彼は、荒涼としたトレーブルで一種の無感覚状態で生活している。ぼくは彼と英語で手紙のやりとりをしている。

さて諸君、話を第二パラグラフに移して、手短にかわい娘ちゃんたちについて話そう。かわいいルンケルは、かわいい女の子たちの多くが犯す過ちを犯しているというのだね。それじゃぼくたちは、忍耐強くなければならないだらう。そして、彼女がぼくの妹のようにすぐにそこから抜け出して来るのを、期待しよう。ぼくからと言つて彼女に挨拶を頼む。ブレヴィアリア姫にぼくからの深基なる挨拶をささげてくれ。彼女がぼくのことをこれからも変わることなく彼女の友人の一人に数えてくれるならば、ぼくにとつてこれ以上の喜びはない、と彼女に伝えてくれ。ぼくがかつて知つていた全てのかわいい女の子たちに伝えてくれ、ぼくは何時までも変わることなく彼女たちのしもべである、と。特にかわいいシユミーデルにはぼくからのキスを。ザーラジーン娘⁽⁴⁾の様子を少し知させてくれ。ホルン⁽⁵⁾は相変わらず彼女に首つたけなんだ。だから彼は、彼女によく似たこちらの女性を愛することを思い立つた。しかし時間がない、統一是明日の講義に廻すとしよう。

しり取つたりできずにはいる。この「テレマック」は何だらう。それは叙事的な詩である。そのスタイルたるや、散文なのに、完璧なまでに詩的である。しかも、隱喻、比喩、具体的叙述があふれている。君は、英語を学ぼうとする人にミルトン⁽¹⁾やヤング⁽²⁾を、イタリア語ならタッソ⁽³⁾やアリオスト⁽⁴⁾を、ドイツ語ならゲスナー⁽⁵⁾やクロップ⁽⁶⁾シットック⁽⁷⁾を勧めるかい。終始素晴らしく莊重な文体で貫かれてゐる本を手本に自分の持ち味を形づくつたら、どんなに自然で、こなれた文体が自分のものになるというのか。そうすることで生じるマイナス面の数々をぼくは先刻承知している。人は、この本の美文に目がくらみ、それを真似ようとする。しかしながらぼくらは、それを正確に、ふきわしい形で真似するためのフェヌロン⁽⁸⁾ではない。人は、運び抜かれた、精緻な言葉に慣れて行くが、それが往々にして失笑をかうことになる。その例としてぼく自身の例を挙げることができる。こんな言葉にうつつを抜かしている若者は、自然なり方で話すのを躊躇して、ボイボス⁽⁹⁾になつたつもりの頭で、草原を不凋花⁽¹⁰⁾やスマイルで目もあやに飾りたることになるだらう。たとえそこがボルンハイム⁽¹¹⁾の草原であろうと。彼は比較するだらう。なぜなら、彼は常に比較せずに思はないから。緑に彩やかな刈縫をほどこし緑縫と。彼は、おだやかに流れる小川を石の上をさらさら流れる小川に変えて、さらに見栄えを良くするために、水晶のようにキラキラと光り輝く小川にして、岸には縁どりとして革を配し、その革がまた、山羊の足をした神にしつこく迫られて、茂みに逃げ込んだニンフ⁽¹²⁾を痛んで、絶え間なく笛の音をかなざることになる。森の描写を始めるとなると、彼の感じとしては、森の至る所、蒼古とした徑と若い櫻が陰を作り豊なる闇をひろげ、不信心者たちはその闇に恐れおののき、心やさしい羊飼いの男と女たちは、その闇にまぎれて、日の光りのものでは出来にくい樂しみに身をゆだねることになる。ああ、何という快い言葉だろう。君には分かるね、妹よ、これは、「テレマック」を手本に形づくられた文章がいつもそうであるように、堕落した文章なんだ。もし誰かが、そんな風にそれを模倣するから駄目なんだ、と言うのなら、ぼくは訊きたいね、いつたまにどんな方法があるんだ、と。ぼくがある本からある言語を学ぶのなら、その本をお手本にしながら、その言語の言い廻しや表現方法を教授してもらうつもりだ。初めから終わりまで詩的な本をお手本にして、どうやってもつたまつた言葉だけは身に付けないようにしろというのだ。若い人々によくありがちな欠点とし

て、まともな手紙ひとつ書けないというのがあるが、その原因はこんな読書にある、とぼくには思えるが、それが間違つてゐるとは思えない。なぜなら、素晴らしい文章や華麗な言い廻しでいっぱいの頭では、毎日起きているような普通の事柄を表現する言葉など思いつかないだらう。

語学教師のそれ以上の欠点は、生徒たちにマダム・ダシエ⁽¹³⁾の翻訳した「テレンティウス」を読むよう与えることである。これは、前者と正反対の文体で作り出されているが、非難に値する点では勝るとも劣らない。全体の調子が滑稽である。この影響を受けると、身分の高い人に恩寵を頼うときでも、冗談口調なしにはできなくなるだらう。ぼくはこの件に関して非常に多くのことを話したが、まだ言い足りない気がする。なぜなら、これはあまりに昔からある偏見のため、簡単な力では根絶やしにすることはできないだらうから。

フランス語は十分だ。英語で書こう。妹よ、君がこんな風に褒めるものだから、ぼくはいい気になつてゐる。実のところ、ぼくの英語の知識は非常にお粗末だ。しかし、それをレベルアップするために、全力を尽くすよ。ぼくの手紙を見て、間違いをかなり見つけだらう。申しわけない。君が指摘したいつかは、ぼくの不注意によるものだ。アデューは多くの英語の手紙で見かけたものだから、借用してみた。

これから話題にするのは素敵なテーマについてだ。女の子について。そうだ、妹よ、女の子についてだ。最初は、筆者の筆があまり乗り気でない人たちについて報告し、次に、ぼくがとても好きな人たちにおしゃべりを向けることにする。第一章に登場する名前を担うのは、ベートマン娘だ。君たちは期待しているだらう、父さんと君は。彼女の当地滞在の詳しい様子を。しかしながらぼくは、君たちにそれについて完全な報告をしてあげることはできない。ぼくは彼女を四、五回見かけた。四、五回とも彼女は鷺鳥のように馬鹿だった。パリに移つても、彼女の馬鹿さ加減は変わらないだらう。コンサートで見かける彼女は、まさにお芝居そのものだ。ああ、あの姿はピエロだね、道化師や蝶のようになつて氣な連中に取り巻かれて。それは本当に珍妙なシーンだつたよ。どんなにおかしい喜劇にも代えがたいほど。ぼくは笑つたな。肺が鶏のように怒張して、ケタケタと鳴つた。コンサートのあと、マダムとミスのご両人はアペルの

一月十二日

たくさんの詩文を読んでいたため、思うようにははかどらなかつた。もちろん、父さんに書いた手紙が父さんのお眼鏡にかなうことなどめつたになかつた。しばしば父さんは、「一、三の單語をあげつらつてぼくを嘲笑した。ぼくはそれをそれ以上良くすることができなかつた。ぼくは荒れ狂い、書いたものを焼き捨てた。あの時からぼくはもう一度と、手紙をセニヨールでもつて始める決心がつかなくなつた。こちらで時おりイタリア語の勉強をまた始めてみた。しかし、自分で何とかするには、あまりに態勢が整つていないことが分かつた。辞書は持つてないし、この言葉の言い廻しや規則も知らない。だから、フランス語と英語をとつてイタリア語はあきらめた。有能な先生でも得られれば、その時は再開するかもしれないけど。

ぼくのメランゴリーに関して言えば、ぼくが説明したほどひどくはない。時おりぼくの描写には詩的な表現がまじるため、それが物事を大きさにしている。ところでおぼくの顔だが、これはそんなに醜くないにちがいない。というのは、ここだけの話だが、こちらの美しい女の子たちがぼくを満足げに見つめるから。

君はライブチッヒの女性たちの肩を持つんだね。君が、彼女たちのことを概して軽蔑しているような人に反対して、そうするのはもつともだが、君の児貴がそうしているわけではないからね。確かにぼくは、こちらの教育が一文の値打ちもないことは、認めるし、こちらの教育が何ら確立たるものを作り出していくないこと、そして、こちらの女の子が自らを律する規範や美的センスを持ち合わせていいことは、認め。けれども愛情も尊敬も受けるに値する女の子もいるんだ。ぼくの小さな学者さんよ、その人たちとなら君だつて、喜んで話をしたくなるだろう。彼女たちは、知識においては君に一步ゆずるかもしれないけれど、親切心や道徳心の点では君に遅れをとらないかもしれない。

これは驚いた、君は学識豊かになつたんだ。これからはぼくも、何を読むようになさる、などと偉そうなことを君に言わぬようにななくては。だつて、君はぼくより博識なんだから。君はぼくをボツカリーニみたいな人と言うが、ぼくはそんな人のことまったく聞いたこともない。君は本当に批判的な調子で他人を裁くんだね。それはそうと、君に「一、三注意しておくことがある。君は、「ビタヴァル刑事判例集」はためになる、と言う。よろしい、ぼくもそれを認めよう。しかし、それがためになりうるとしても、それは君にとってではなく、このような事柄、つまり語られているような事件に苦慮している人間、

あるいはそこから利益を得られる人間にとつてである。さて、タッソーについてだが、まだかつて彼の功績に異議を唱えようとした人は一人もない。彼は大天才である。しかし彼は、ホメロスの英雄たちと「アマディスク」に出てくる魔法使いや魔法と一緒にして、実にゴシック風な詩を作り出してゐるが、彼の詩は特別の注意力と識別力をもつて読むようにしなくてはいけない。そうしないと、欠点を讃美することになるし、ひいては、悪い趣味に染まる事になる。ここに、ボワローの「詩法」の中から該当する箇所⁽³⁾を引用しよう。

私は本当のところここで彼を被告席に据えたいとは思わない
だが、われわれの時代の人々が彼を褒めるために何かを書いても
その文によつてイタリアの名声があがることにはならないだろう
もし、常に控え目で、祈りの好きな彼の主人公が

サタンの征服者以外の何者でもないならば
そもそも、リナルドをはじめとする人々が

彼の詩で称えられている間抜けな奴に快活な命を与えていたなかつたならば
許してくれ、妹よ、ぼくがあまりにボワローに傾倒していることを。しかし、

ぼくのフランス文学に関するわずかな知識は彼に負つてゐるのだ。この人物ながら、君がいろいろなフランスの文学作品を読むさいも、信頼のにおける案内者になつてくれるだろう。

ちょうど本のことが話題に上つたので、「テレマック⁽³⁾」を読むことについて二、三言つておこう。ぼくにしる、それを一冊所有していたら、うれしいだろう。しかしながら、それを手本にしてフランス語を書こうとは思わない。フランス語を学ぼうとしている人々に最初に渡される本がこれであることは、ぼくも十分心得ている。そして、それがほとんどの常識になつてゐることも知つてゐる。それでもぼくは、あえてこの慣習に叛旗をひるがえしたい。その理由を言おう。だがぼくには、「テレマック」の何がある功績を否認するつもりは、さらさらない。むしろぼくは、たつたいま述べた意見によつてそれをおとしめたのではなく、それを持ちあげたのだ。ぼくはそれを比類ないと考へてゐる。しかし、あまりに有名になりすぎて、弟子たちがそれをばらばらにしたり、む

ゲート・妹への十三通の手紙（翻訳）——ヤシ——

瀬戸洋
〔平成九年九月十九日整理〕

13 Goethe's Letters for His Sister (a Translation) — Part 2 —

Hiroshi SETO

ライプチヒ 一七六六年九月廿一至廿四

二。ただ時おり、昔からの交誼でいつもぼくの詩を褒めてくれた友人たちであての手紙には飾りとて語をそえることはあるけどね。ぼくは美しい恋人でもいれば、もしかするとキューントがぼくにやつと多くの、もつと良い歌を作る力を与えてくれるかもしないけど。それでは、男女の不平等な使命についての君のお説教を聞くとするか。ぼくはそのような考え方を持つようしむけた覚えはないので、それは聞ては何も言わない。自分の分を逸脱するが、とは言わない。ただ、ささやかな事柄を語るとき、「いやいやながらではなく、眠るく、元気であって欲しい」と望むだけだ。——この話は止めよ。もう一回。もし君が、女性学に関するいちばん手の込んだ論考を読みたいのなら、「ロゼン侯爵の書簡⁽³⁾」をあたると良い。第三部の書簡⁽³⁾を読むと良い。

三。イタリア語の問題にはいろう。

むかし王である私の父が、どうのを君は覚えているだろ? ——少しあはれていて欲しいな——ぼくはまだほんの少しなら覚えているよ

さて、君がもう覚えていないのなら、語してやろう。

一時期、ぼくは、イタリア語を読んだり、書いたりするかい、多少いいかげんにする癖があつた。ぼくはこの言葉の知識をいくらかは得たし、かなりの単語、少しの統語論を学んだ。それ以上は何も知らない。それでも、ある時は手紙を、ある時は歌をでっち上げた。ぼくは喜劇「探尋された花嫁⁽³⁾」やその他にもかなりの数の構想を持っていた。だが、ぼくの散文は、ぼくがあまりに

研究活動概要

**発表した論文・著書及び講演題目
(自1996年10月～至1997年9月)**

論文題目又は著書名	著者	掲載誌名・巻号	年月
Effect of surface hardening by nitriding on thermal softening and deterioration of dies in warm and hot forging.	A. Minami (H. Saiki)	proceeding of the 5th International conference on Technology of Plasticity, Vol. 1	平成8年10月
ヒューズを用いた高繰り返し誘導型パルスパワー電源の開発	塙本俊介 (秋山秀典)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月
誘導型パルスパワー電源を用いた Nox 除去	(川村啓介) (竹下智洋) (秋山秀典)	電気学会論文誌 A, Vol. 117-A	平成9年9月
Vortex-ring impingement on a wall with shock formation	T. Minota (M. Niahida) (M.G. Lee)	Proc. 20th Int. Sym. On Shock Waves, Vol. 1	平成8年11月
Shock waves generated by the interaction of two vortex rings	T. Minota (M. Niahida) (M.G. Lee)	Proc. 20th Int. Sym. On Shock Waves, Vol. 1	平成8年11月
平行平板間を伝播する衝撃波と渦輪の干渉	簗田登世子	衝撃波シンポジウム論文集	平成9年3月
解放端から放出される衝撃波により誘起される渦輪	簗田登世子 (岸下晴亮) (西田迪雄)	衝撃波シンポジウム論文集	平成9年3月
Shock formation by compressible vortex ring impinging on a wall	T. Minota (M. Niahida) (M.G. Lee)	Fluid Dynamics Research, Vol. 21, No.3	平成9年9月
情報教育の導入段階におけるネットワークの利用	松野良信	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月
ATMバックボーンを採用した校内 LAN システム	松野良信 山下巖	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月
Performance analysis of reactive congestion control based upon queue length threshold values	M. Kato (Y. Oie) (M. Murata) (H. Miyahata)	Performannce Evaluation, Vol. 29	平成9年3月
九州地区高専フォーラムの現状と展望	(鳥井昭美) (谷口 宏) (占部正義)	平成9年度工学, 工業教育研究講演会講演論文集	平成9年
Analysis of substrate concentration using columns packed with particle of immobilized oxidoreductase	R. Nagata (S. Gondo) (M. shiozawa) (Y. Hatate)	Proceeding of the Second Kyusyu-Taipei International Congress on Chemical Engineering	平成9年2月
オキシランアクリル粒子固定化酸化還元酵素充填カラムを用いた基質の分析	永田良一 (権藤晋一郎) (塩澤正三) (幡手泰雄)	化学工学論文集, 第23卷第3号	平成9年5月
Prediction of vapor liquid equilibria under reduced pressures	T. Watanabe (K. Honda) (H. Higashuchi) (T. Furuta) (Y. Arai)	The Fourth Japan-Korea Symposium on Separation Technology	平成8年10月
Correlation of infinitute dilution activity coefficients by group-contribution Methods - alkanol+alkane binary systems-	(K. Fukuchi) (K. Miyoshi) T. Watanabe (Y. Arai)	Research Reports of the Ube National College of Technology, 第43号	平成9年3月

Production of heat and corrosion-resistant plastic coatings by HVAF spray system	R. Kawase (A. Nakano)	Thermal Spray:Practical Solutions for Engineering Problems	平成 8年10月
耐熱・耐食プラスチック溶射技術の開発研究	川瀬良一 氷室昭三 (平井靖男) (中野愛治)	科学研究費補助金研究 成果報告書	平成 9年 3月
Solubility characteristics of poly(4-hydroxystyrene)	S. Himuro	Reports on Progress in Polymer Physics in Japan, Vol. 39	平成 8年11月
界面活性剤のフローインジェクション分析	正留 隆 (今任稔彦)	Journal of Flow Injection Analysis, Vol. 13, No.2	平成 8年12月
Flow injection determination of anionic polyelectrolytes using an anionic Surfactant-selective plasticized poly(vinyl chloride) membrane electrode detector	T. Masadome (T. Imato) (S. Itoh) (Y. Asano)	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol. 357, No.7	平成 9年 4月
Potentiometric titration of anionic polyelectrolytes using a cationic surfactant solution as a titrant and a titrant-sensitive plasticized poly(vinyl chloride) membrane	T. Masadome (T. Imato)	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, Vol. 358, No.4	平成 9年 6月
Sensitive end-point detection for potentiometric titration of cationic polyelectrolytes using marker cation and marker cation-selective electrodes	T. Masadome (T. Imato)	Analytical Communications, Vol.34, No.9	平成 9年 9月
病棟改築前後の入院患者の生活変化に関する考察－病棟の建築計画に関する研究－	新谷肇一 (井上伸也) (大笹優子)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9年 1月
病棟建築前後の看護作業の変化に関する考察－病棟の建築計画に関する研究－	新谷肇一 (井上伸也) (大笹優子)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9年 1月
精神的ストレスを解放する建築空間デザインに関する研究－不知火病院・海の病棟の空間構成の評価－	新谷肇一 (今津賀昭)	人体科学, 第 6 卷第 1 号	平成 9年 5月
すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労挙動－荷重非伝達すみ肉溶接継手の溶接止端における曲げ疲労き裂の発生・進展に及ぼす板厚および残留応力の影響(第1報)－	原田克身 (三井宣之)	日本建築学会構造系論文集, 第488号	平成 8年10月
異なるカテゴリー尺度で得られた鉄道騒音に対する社会反応の比較	(矢野 隆) (泉 清人) 山下俊雄 (田畠 亨)	日本音響学会誌, 第53卷第 1 号	平成 9年
ネットワークの型と利用圏域 公共図書館の相互利用型ネットワークに関する研究(1)	北岡敏郎 (青木正夫) (竹下輝和)	日本建築学会計画系論文集, 第495号	平成 9年 5月
図書館利用型の構成とその特徴 ファミリー利用からみた公共図書館のコーナー構成に関する研究(1)	北岡敏郎 (青木正夫) (竹下輝和)	日本建築学会計画系論文集, 第498号	平成 9年 8月
RC 板要素せん断面の力学挙動に及ぼす垂直ひずみ勾配の影響に関する実験的研究第 3 報無筋コンクリート試験体について	上原修一 (江崎文也)	九州共立大学工学部研究報告, 第21号	平成 9年 3月

Discrete limit analysis of shear walls by yield criterion of RC shear planes considering bending moment	S. Uehara	Transactions of the Japan Concrete Institute, Vol. 18	平成 9 年 5 月
軸力・曲げモーメント・せん断力を受ける無筋コンクリートせん断面の強度に関する基礎的研究	上原修一 (江崎文也)	コンクリート工学年次論文報告集, 第19巻第2号	平成 9 年 6 月
旧炭坑主堀三太郎について	松岡高弘 (川上秀人)	近畿大学九州工学部研究報告(理工学編), 第25号	平成 8 年 12 月
旧堀三太郎邸の建築について	(川上秀人) (日隈康喜)	近畿大学九州工学部研究報告(理工学編), 第25号	平成 8 年 12 月
山上俱楽部の建築について	松岡高弘 (川上秀人)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9 年 1 月
近代化遺産としての炭鉱関連施設に関する建築学的研究	松岡高弘 (川上秀人)	文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)研究成果報告書	平成 9 年 3 月
旧松井家住宅調査報告書 ゲーテ・妹への13通の手紙(翻訳)	(川上秀人) 瀬戸 洋	直方市	平成 9 年 3 月
アプデラ人物語 英語の聴解能力養成のための基礎的研究 (1)聞き取りを困難にする要因の考察	(上西川原章) 徳田 仁	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9 年 1 月
菅原道真作品研究 -「清風戒寒賦一首」注釈一 菅原道真の詩に投影されている白居易・元稹の唱和詩について -『菅原文草』卷四所載「正月十六日、憶宮妓謫歌」「問群臣侍内宴賦花鳥共逢春、聊製一篇寄上前濃州田別駕」二詩の解釈をめぐって	焼山廣志	高科書店	平成 9 年 4 月
夏目漱石関係旧制第五高等学校資料について	岩本晃代 (村田由美)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9 年 1 月
丸山薦来簡集	岩本晃代	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9 年 1 月
「非公式帝国」中国における「ジェントルマン資本主義」論をめぐって	高田 実	熊本大学文学部国語国文学研究会, 第32号	平成 9 年 2 月
Mati in the Tattvarthadhigamasutra	E. Yamaguchi	Jinamanjari, Vol. 14, No. 2	平成 8 年 10 月
第10回世界サンスクリット会議ジャイナ教部会報告	山口英一	ジャイナ教研究, 第3号	平成 9 年 9 月
X 軸に平行な軸をもつ放物線から方程式の係数および焦点、準線の幾何学的構成	川上龍男 (山口 清)	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成 9 年 1 月
軸性第3隣接イジングモデルの厳密な基底磁気相図	(金丸 誠) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	九州大学工学集報, 第70巻第3号	平成 9 年 5 月
Ground state phase diagrams of spin S =3/2 extended ANNNI and BNNNI models	(T. Idogaki) (K. Oda) Y. Muraoka (J. W. Tucker)	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 171	平成 9 年
Effect of pressure on the Néel temperature of DyB ₆	T. Sakai (G. Oomi) (S. Knii)	Physica B, Vol. 230-232	平成 9 年 6 月

Effect of pressure on the magnetoresistance of magnetic multilayers with two magnetic components	(G. Oomi) T. Sakai (T. Shinjo)	(H. matoba) (T. Ono)	Physica B, Vol. 237- 238	平成9年8月
Effect of pressure on the giant magnetoresistance of Fe/Cu magnetic multilayer	T. Sakai (K. Okada) (K. Saito)	(G. Oomi) (K. Takanashi) (H. Fujimori)	Physica B, Vol. 237- 238	平成9年8月
Magnetoresistance of magnetic multilayers at high pressure	(G. Oomi) (Y. Uwatoko) (H.Fujimori)	T. Sakai (K. Takanashi)	Physica B, Vol. 239	平成9年9月
Difference between the giant magnetoresistance of Fe/Cu and Co/Cu magnetic multilayers under high pressure	T. Sakai (K. Okada) (K. Saito)	(G. Oomi) (K. Takanashi) (H. Fujimori)	Physica B, Vol. 239	平成9年9月
有明工業高等専門学校校内 LAN システム導入について	山下 嶽 松野良信 仕様策定委員会	瀬々浩俊 河村豊実	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月
ATMバックボーンを採用した校内 LAN システム	松野良信	山下 嶽	有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月
層流境界層の近似計算の一考察	山下 嶽 (木村剛三)		有明工業高等専門学校 紀要, 第33号	平成9年1月

講演題目	講演者名	発表した学会・講演会名・年月	
パルスパワーを用いた排ガス処理におけるエネルギー効率	塚本俊介	電気関係学会九州支部	平成8年10月 連合会大会
パルスパワーを用いた排ガス処理のエネルギー効率	塚本俊介	電気学会全国大会	平成9年3月
Development of repetitive opening switches using exploding wires	S. Tsukamoto	11th IEEE International Pulsed Power Conference	平成9年7月
有明工業高等専門学校電気工学科における LAN 教育環境の整備	福田浩人 松野良信	第17回高等専門学校情報処理教育研究委員会 発表会	平成9年8月
噴流を伴う圧縮性渦輪の運動	蓑田登世子	日本物理学会秋の分科会	平成8年10月
解放端から放出される衝撃波により誘起される渦輪	(岸下晴亮) (西田迪雄)	可視化情報学会長岡講演会	平成8年11月
シュリーレン干渉法による渦運動の可視化	蓑田登世子	応用物理学会九州支部 講演会	平成8年12月
解放端から放出される衝撃波により誘起される渦輪	(岸下晴亮) (西田迪雄)	平成8年度衝撃波シンポジウム	平成9年3月
平行平板間を進行する圧縮性渦輪の挙動と衝撃波	蓑田登世子	日本物理学会第52回年会	平成9年3月
Interaction of a shock wave with a vortex ring moving along wall	T. Minota	21th International Symp. On Shock Waves	平成9年7月
Dynamic motion of a compressible vortex ring	T. Minota	SPIE's 1997 annual meeting	平成9年7月
コンピュータネットワークと情報基礎教育	松野良信 (河合和久) (梅 伸司)	情報処理教育研究発表会論文集, 第17号	平成9年8月
格子型光波ネットワークの再構成手順	嘉藤 学 (尾家祐二)	電子情報通信学会情報ネットワーク研究会	平成9年1月

ポリウレタンの熱分解に及ぼす化学構造の影響	吉武紀道 (古川睦久)	第1回高分子分析討論 平成8年11月会
高分解能CC法によるポリウレタンの熱分解に及ぼすジイソシアナート成分の影響	吉武紀道 (古川睦久)	第2回高専シンポジウム 平成9年1月
ポリウレタンの熱分解に及ぼす鎮延長剤の影響	吉武紀道 (古川睦久)	日本ゴム協会年会 平成9年5月
身近な薬草	三浦博史	長崎市健康づくり協議会主催市民健康フェスティバル
有明高専でのバイテク土壤づくり 天然色素に関する研究を中心に一	二浦博史	日本化学会九州支部高専フォーラム 平成9年3月
Observation of biosensor dynamics through frequency response	R. Nagata (S. Gondo) (M. Morishita) (M. Kawakami)	213th American Chemical Society National Meeting 平成9年4月
液中乾燥法による磁性体を包含したポリスチレン粒子の調製	永田良一 (権藤晋一郎) (上村芳三) (幡手泰雄)	化学工学会第30回秋季大会 平成9年9月
気液平衡の測定と相関	渡辺徹	平成8年度先端技術公開講座技術者のための相平衡と分離技術
Production of heat and corrosion-resistant plastic coatings by HVAF spray system	R. Kawase	米国材料学会NTSC '96 平成8年10月
ポリエチレン溶射法による鉄筋コンクリートの耐久性向上	川瀬良一	日本溶射協会全国講演大会 平成8年10月
溶射皮膜の評価試験法とプラスチック溶射による防食	川瀬良一	長崎県工業技術センタ 一 平成9年1月
プラスチック溶射による防食	川瀬良一	高温学会溶射部会 平成9年2月
耐熱・耐食プラスチック溶射技術の開発研究	川瀬良一	日本化学会九州支部高専フォーラム 平成9年3月
4-ヒドロキシスチレンと2-ビニルピリジンを含む共重合体および高分子ブレンドにおける水素結合の研究	氷室昭三 (菊次篤志) (古賀正彦)	第2回高専シンポジウム 平成9年1月
ポリ(4-ヒドロキシスチレン)とポリ(2-ビニルピリジン)ブレンドに及ぼす溶媒効果	氷室昭三 (坂口美代子) 石田典子	第2回高専シンポジウム 平成9年1月
専攻科と高専改革	氷室昭三	有明高専改革フォーラム 平成9年6月
有明高専生の実態(その2)-生活面について-	氷室昭三	日本高専学会第3回総会 平成9年8月
陰イオン界面活性剤応答電極検出器を用いる高分子電解質のフローインジェクション電位差分析	正留 隆 (今任稔彦)	日本化学会第71秋季年会 平成8年10月
Potential responses behavior of a surfactant-selective electrode based on a plasticized poly(vinyl chloride) membrane without ion-exchanger	T. Masadome (T. Imato)	International Seminar Charge Transfer at Liquid/Liquid and Liquid/Membrane Interfaces 平成8年11月

Potentiometric titration of cationic polyelectrolytes using a surfactant-selective electrode based on plasticized poly(vinyl chloride) membrane electrode without added an ion-exchanger	T. Masadome (T. Imato)	Asianalysis IV (The fourth Asian Conference on Analytical Science) 平成 9 年 5 月
Evaluation of effect of additive salts on responses of potassium-selective neutral carrier based electrodes using ion-sensitive field-effect transistor	T. Masadome (Tan Tjiang Kie) (S. Wakida) (K. Higashi)	Asianalysis IV (The fourth Asian Conference on Analytical Science) 平成 9 年 5 月
液膜型 ISFET によるニュートラルキャリヤー型電極における添加塩効果の検討	(脇田慎一) 正留 隆 (タンチャンキー) (東国 茂)	第58回分析化学討論会 平成 9 年 5 月
陽イオン性界面活性剤及びこれに応答する PVC 膜型電極を用いる陰イオン性高分子電解質の電位差滴定	正留 隆 (今任稔彦)	第34回化学関連支部合平成 9 年 7 月 同九州大会
テトラフェニルホウ酸イオン電極を検出器とする陽イオン性高分子電解質のフローインジェクション電位差分析	正留 隆 (今任稔彦)	第34回化学関連支部合平成 9 年 7 月 同九州大会
三池炭鉱の閉山問題と産業考古学遺産の保存—旧四山鉱第一坑ヤグラの破壊と宮浦鉱赤レンガ煙突保存の明暗—	辻 直孝	96年度第一回九州産業考古学会研究会講演要旨集 平成 8 年 12 月
『三池炭鉱写真展』三池炭鉱の姿—三井三池炭鉱の産業考古学—	辻 直孝	第 6 回高専フォーラム 平成 9 年 3 月 要旨集別冊
病棟改築前後の入院患者の生活変化に関する考察 その 1 患者属性調査および病棟環境評価に関する意識調査	新谷肇一 (井上伸也)	日本建築学会九州支部 平成 9 年 3 月 研究報告
病棟改築前後の入院患者の生活変化に関する考察 その 2 病院外および病室内における生活の変化	新谷肇一 (井上伸也)	日本建築学会九州支部 平成 9 年 3 月 研究報告
格子乱流場における送電用山形鉄塔の空力特性—送電用鉄塔の耐風性能強化策に関する研究(その 1)	(松永 稔) 三宅昭春 (前田潤滋)	日本建築学会研究報告 平成 9 年 3 月 九州支部第36・2号環境系
送電用標準鉄塔の耐風性強化策に関する研究(その 1)—格子乱流場における山形鉄塔の空力特性	(松永 稔) 三宅昭春 (前田潤滋)	平成 9 年度日本風工学 平成 9 年 5 月 会年次研究発表会
風力特性に及ぼす住宅屋根形状の影響に関する実験的考察	(熊丸真実子) 三宅昭春 (前田潤滋)	日本建築学会大会学術 平成 9 年 9 月 講演梗概集
格子乱流場における送電用山形鋼鉄塔の空力特性—送電用鉄塔の耐風性能に関する基本特性—	(松永 稔) 三宅昭春 (前田潤滋)	日本建築学会大会学術 平成 9 年 9 月 講演梗概集
戸建住宅と集合住宅居住者の道路交通騒音に対する社会反応の比較	(矢野 隆) 山下俊雄 (川井敬二) (栗田 修) (小林朝人) (佐藤哲身)	日本建築学会研究報告 平成 9 年 3 月 九州支部第36・2号環境系
鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応のバス解析	(矢野 隆) 山下俊雄 (川井敬二) (野村浩一) (小林朝人) (泉 清人)	日本建築学会研究報告 平成 9 年 3 月 九州支部第36・2号環境系
居住環境の快適性に関する社会調査	山下俊雄 (矢野 隆) (小林朝人)	日本建築学会研究報告 平成 9 年 3 月 九州支部第36・2号環境系
軸力・曲げモーメント・せん断力を受けるコンクリートせん断面の有効係数に関する研究	上原修一	日本建築学会研究報告 平成 9 年 3 月 九州支部第36号・1構造系

旧松浦炭礦事務所の建築について—旧 松浦炭礦関連施設に関する研究(その 1)	(川上秀人) (日隈康喜)	松岡高弘	産業考古学会1996年度 平成8年10月 研究発表講演論文集
旧松浦炭礦役員住宅と俱楽部の建築に ついて—旧松浦炭礦関連施設に関する 研究(その2)	(川上秀人) (日隈康喜)	松岡高弘	産業考古学会1996年研 平成8年10月 究発表講演論文集
米国費府博覧会本館内日本制品区画図 について—フィラデルフィア万国博覧 会の会場構成—	(坂本久子) 松岡高弘	(川上秀人)	日本デザイン学会デザ イン学研究1996第43回 研究発表会大会梗概集
三井田川鉱業所百円坂俱楽部の建築に ついて—その1 現状—	松岡高弘	(川上秀人)	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告第36号・3
三井田川鉱業所百円坂俱楽部の建築に ついて—その2 平面の復原と変化—	松岡高弘	(川上秀人)	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告第36号・3
旧松浦炭礦事務所の設計図について— 旧松浦炭礦関連施設に関する研究(その 3)	(川上秀人) (日隈康喜)	松岡高弘	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告第36号・3
三井三池鉱業所の旧社宅について	(日隈康喜) (川上秀人)	松岡高弘	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告第36号・3
三井田川鉱業所の職員社宅について	松岡高弘 (日隈康喜)	(川上秀人)	産業考古学会(1997年 度)全国大会研究発表 講演論文集
吉井町歴史的景観地区における景観管 理計画に関する研究(その3)観光客の 動向と観光活動	大森洋子 (西山徳明)	(若林時郎) (小田好一)	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告
吉井町歴史的景観地区における景観管 理計画に関する研究(その4)妻入町屋 伝統様式の景観的観点からの特性の解 明	(小田好一) (西山徳明)	(若林時郎) 大森洋子	日本建築学会九州支部 平成9年3月 研究報告
(仮称)福岡フリーパーク構想に関する 考察—地域における拠点施設の計画 その1—	森山東香		日本建築学会九州支部 平成9年3月
『序曲』の中の過去探索の様々な比喩表 現について (2)旅人のイメージリー	徳田 仁		イギリス・ロマン派文 学研究会 平成9年8月
近代小説と古典文学(その1)(比較文学 的視点からの考察)—『鼻』(芥川龍之介) と『今昔物語』	焼山廣志		大牟田市自主婦人学級 合歓の会『文学』講演会 平成9年2月
近代小説と古典文学(その2)(比較文学 的視点からの考察)—『羅生門』(芥川龍 之介)と『今昔物語』	焼山廣志		大牟田市自主婦人学級 合歓の会『文学』講演会 平成9年2月
近代小説と古典文学(その3)(比較文学 的視点からの考察)—『高瀬舟』(森鷗外) と『翁草』	焼山廣志		大牟田市自主婦人学級 合歓の会『文学』講演会 平成9年3月
イギリス福祉国家史研究の新しい視 角—Pat Thane の業績を中心として—	高田 実		比較社会史研究会 平成9年6月
「福祉国家」の社会的基礎：中央・地方関 係を中心に	高田 実		構造史研究会 平成9年8月
'Centralisation and devolution': a re spondence to Professor Martin Daunton's report 'Delegation and decentralisation: the British state and civil society in the nineteenth century'	高田 実		The Second Anglo- Japanese Conference of Historians 平成9年9月
遠くて近いインドと日本—インド文化 の過去と未来—	山口英一		有明工業高等専門学校 平成9年7月 公開講座

儀礼に見る現代ジャイナ教徒の姿—バ リューシャン儀礼を中心に—	山口英一	第12回ジャイナ教研研究 平成 9年9月会
2次曲線のグラフから未知係数、焦点、 離心率、準線を幾何学的に構成する方法 について	川上龍男	北九州地区数学教育研 平成 9年1月 究会講演会
放物線からその方程式の係数および焦 点、準線の作図について	川上龍男 (山口 清)	全国数学教育学会第7 平成 9年6月 回研究発表会
A3NNI モデルの基底磁気相図	(金丸 誠) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	日本物理学会秋の分科 平成 8年10月 会
フェリ磁性体の選択的磁気希釈	(山崎 晋) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	日本物理学会秋の分科 平成 8年10月 会
希釈フェリ磁性体の補償温度と磁気相 図	(山崎 晋) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	第102回日本物理学会 平成 8年11月 九州支部例会
基本スピノン配列の方法による A3NNI モデル基底磁気相図	(金丸 誠) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	第102回日本物理学会 平成 8年11月 九州支部例会
任意のスピノン量子数を持つ A3NNI モ デルの磁気相図	村岡良紀 (金丸 誠) (田中彰則) (井戸垣俊弘)	日本物理学会第52回年 平成 9年4月 会
A3NNI モデルの有限温度磁気相図	(金丸 誠) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	日本物理学会第52回年 平成 9年4月 会
希釈フェリ磁性体のペア近似による取 り扱い	(山崎 晋) (田中彰則) 村岡良紀 (井戸垣俊弘)	日本物理学会第52回年 平成 9年4月 会
Ground state phase diagram of A3 NNI model with arbitrary spin quan- tum number	Y. Muraoka (M. Kanemaru) (T. Idogaki)	International Confer- ence on Magnetism 1997 平成 9年8月
非結合型人工格子の磁気抵抗に及ぼす 圧力効果	(巨海玄道) 酒井 健 (小野輝男) (新庄輝也)	日本物理学会1996年秋 平成 8年10月 の分科会
高圧・高磁場下における非晶質 Ce-Ru 合金の電気抵抗	酒井 健 (加賀山朋子) (巨海玄道) (本間佳哉) (隅山兼治) (鈴木謙爾)	日本物理学会1996年秋 平成 8年10月 の分科会
金属人工格子 Co/Cu の巨大磁気抵抗 に及ぼす圧力効果 III	酒井 健 (本多史憲) (巨海玄道) (高梨弘毅) (斎藤今朝美) (藤森啓安)	日本物理学会1996年秋 平成 8年10月 の分科会
高圧下における DyB ₆ の磁気相図	酒井 健 (巨海玄道) (国井 曜)	第36回高圧討論会 平成 8年11月
高圧下における金属人工格子の磁気抵 抗 II	酒井 健 宮川英明 (山元 隆) (本多史憲) (巨海玄道) (高梨弘毅) (斎藤今朝美) (藤森啓安)	第36回高圧討論会 平成 8年11月
非結合型人工格子の電子状態に及ぼす 圧力効果	酒井 健 (的場仁美) (巨海玄道) (小野輝男) (新庄輝也)	日本物理学会九州支部 平成 8年11月 例会
巨大磁気抵抗の振動現象に及ぼす圧力 効果 I	酒井 健 宮川英明 (本多史憲) (山元 隆) (巨海玄道) (高梨弘毅) (斎藤今朝美) (藤森啓安)	日本物理学会九州支部 平成 8年11月 例会
巨大磁気抵抗の振動現象に及ぼす圧力 効果 II	酒井 健 宮川英明 (本多史憲) (山元 隆) (巨海玄道) (高梨弘毅) (斎藤今朝美) (藤森啓安)	日本物理学会九州支部 平成 8年11月 例会
金属人工格子の巨大磁気抵抗に及ぼす 圧力効果 II	(山元 隆) (巨海玄道) 酒井 健 (高梨弘毅) (斎藤今朝美) (藤森啓安)	第11回熊本県産学官技 平成 9年1月 術交流会

金属人工格子 Co/Cu の巨大磁気抵抗に及ぼす圧力効果 IV	酒井 健 (山元 隆) (巨海玄道) (齐藤今朝美)	宮川英明 (本多史憲) (高梨弘毅) (藤森啓安)	日本物理学会第52回年会 平成9年3月
Effect of pressure on the electrical resistivity of Co/Cu magnetic multilayers	T. Sakai H. Miyagawa (F. Honda) (G. Oomi) (K. Takanashi) (K. Saito) (H. Fujimori)		International Conference on High Pressure Science and Technology (Joint AIRAPT-16 & HPCJ -38) 平成9年8月
インターネット情報活用による教育改善	山下 巍		情報処理教育研究発表会 平成9年8月
有明工業高等専門学校校内 LAN について	河村豊實 山下 巍	松野良信 瀬々浩俊	平成8年度電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 平成8年10月
Windows 環境下での情報処理教育	河村豊實	堀田孝之	情報処理教育研究発表会論文集第17号 平成9年8月

【文部省在外研究員／内地研究員】

期 間	研 究 題 目	学 科	研究者名	留学先
平成8年3月 平成9年1月	ジャイナ教を中心とするインド認識論における知覚プロセスの研究	一般科	山口英一	L.D. インド学 研究所
平成9年5月 平成10年2月	酵素固定化用磁性化担体の調製	物質工学科	永田良一	鹿児島大学 工学部

【基盤研究(C)】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額
平成9年度	圧縮性梗塞渦輪列の相互運動と生成衝撃波の特性に関する研究	電子情報工学科	簗田登世子	500,000
平成9年度	水晶振動子マイクロバランス法を利用する界面活性剤及び高分子電解質センサの開発	物質工学科	正留 隆	2,200,000
平成9年度	相互利用型ネットワークを形成する公共図書館の規模計画に関する研究	建築学科	北岡俊郎	600,000

【奨学寄付金】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額	寄付者名
平成9年度	窒化処理を施した熱間鍛造金型の熱軟化予測に関する研究	機械工学科	南 明宏	1,000,000	(財)天田金属加工機械技術振興財团
平成9年度	表面改質法に関する基礎的研究	物質工学科	川瀬良一	300,000	東海塗装
平成9年度	耐熱・耐食プラスチック溶射技術の開発研究	物質工学科	川瀬良一	1,000,000	(財)吉田

【受託研究】

年 度	研 究 題 目	学 科	研究者名	金 額	受託者名
平成 9 年度	制振制御の実機への適用に関する研究	機械工学科	川崎 義則	2,000,000	(財)熊本テクノポリス財団
平成 9 年度	大牟田市における三池炭鉱に関連する炭鉱 住宅の建築的研究	建築学科	松岡 高弘	1,500,000	大牟田市

【各種委員会委員等】

年 度	委 員 会 名 等	学 科	研究者名
平成 2 年度～	熊本知能システム技術研究会・知能システム&ダイナミクス研究協力者	機械工学科	川崎 義則
平成 6 年度～	日本機械学会九州支部、ダイナミクス&コントロール研究会委員	機械工学科	川崎 義則
平成 5 年度～	先端材料技術交流会先端材料技術第156委員会委員	機械工学科	南 明宏
平成 5 年度～ 平成 9 年度	日本化学会九州支部高専幹事校協議会代表世話人	物質工学科	吉武 紀道
平成 8 年度～	日本化学会九州支部高専幹事校協議会代表世話人	物質工学科	宮本 信明
平成 9 年度	日本高専学会理事および編集委員長	物質工学科	水室 昭三
平成 9 年度	大牟田市都市計画審議会委員	建築学科	新谷 肇一
平成 9 年度	大牟田市環境審議会委員	建築学科	新谷 肇一
平成 9 年度	大牟田市保健福祉ネットワーク協議会委員	建築学科	新谷 肇一
平成 9 年度	荒尾市都市計画審議会委員	建築学科	北岡 敏郎
平成 9 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 9 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 9 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 9 年度	和漢比較文学会研究目録委員(九州支部)	一般科	焼山 廣志
平成 9 年度	大牟田市生涯学習まちづくり推進本部委員	一般科	焼山 廣志
平成 9 年度	'96熊本漱石博「世界と漱石」運営委員	一般科	岩本 晃代
平成 9 年度	高等専門学校情報処理教育研究委員会九州地区委員	共通専門学科	山下 巍

【卒業研究】(平成 8 年度)

機械工学科

研 究 題 目	指 導 教 官	学 生 名
体外式人工呼吸器の研究と開発	田口 紘一・明石剛二	磯邊浩二・吉田 康男
曲がり制御深穴あけ法の開発研究	明石剛二・田口 紘一	稻員俊介・古賀秀人
曲がり制御深穴ボーリング加工法の開発研究	明石剛二・田口 紘一	田尻雅敬・松永洋介
水中ポリエチレン容射装置の開発研究	川崎 義則	三浦哲治
廃油からのリサイクル石けん製造プラントの設計	川崎 義則	霍田孝之・西村健児
旋回型クレーンモデルの振れ止め制御問題	川崎 義則・原慎真也	江田秀次・今村裕幸

DSP によるサーボ系の実時間制御に関する研究	原 槟 真也	中村 秀幸・平川 智範
ロボットによる移動体への追従制御に関する研究	原 槟 真也	中村 龍一・田中 真道
三軸制御の基礎研究	堤 清 康・原 槟 真也	中野 智晴・山口 裕也
X 線応力測定装置の応力解析プログラムの解説と改良	大山 司朗・原 槟 真也	青柳 賢治・猿渡 将夫
セラミックと軟鋼の拡散接合についての研究	大山 司朗	内田 善三・石坂 亮 竹内 静香
二相二重熱サイフォン内の流動と熱伝達に及ぼす管径比の影響	吉田 正道	入江 鉄也・ファドラン
二相二重熱サイフォン内の流動と熱伝達に及ぼす偏率の影響	吉田 正道	富松 聰明・花見 健太郎
複合流路におけるサブチャンネル間の乱流混合	猿渡 真一	庄山 義則・川口 正喜
管内気液二相流のポイド率分布に及ぼす管の傾き角の影響	猿渡 真一	山口 実・山村 浩之
窒化処理を施した温熱間鍛造金型の熱負荷解析	南 明宏	加来 明徳・平川 誠
対向液圧による薄板成形に関する研究	南 明宏	三小田 健治・坂梨 正樹

電気工学科

研究題目	指導教官	学生名
オンラインマニュアル検索システムの構築	山下 巍	石橋 英紀・江頭 義也
NTSC-RGB 変換回路製作	中川 忠昭	小寺 智・米田 秀平
RGB-NTSC 変換回路製作	中川 忠昭	蔵座 満博・田中 秀典
ハイパーカードによる電磁気教育補助スタッフの作成	辻 一夫	松本 崇・黒田 朋弘
ハイパーカードによる電気回路教育補助スタッフの作成	辻 一夫	島田 敏浩・姫野 秀平
CCD を用いた線径測定器の研究	近藤誠四郎	坂本 信一・川村 真宣
圧力センサの応用	近藤誠四郎	江藤 大輔・黒岩 剛
線対円筒電極におけるコロナ放電の温度特性	浜田 伸生	月足 賢治・徳永 成文
磁気スナバによるサージ電流・電圧の除去 1	小沢 賢治	限河 強・清水 美彦
磁気スナバによるサージ電流・電圧の除去 2	小沢 賢治	山ノ内智雄・雑賀 大治郎
強誘電体薄膜の電気物性	永守 知見	長友 大輔・有田 朗
強誘電体液晶の電気物性	永守 知見	田中 仁・横尾 洋平
金属半導体界面状態に関する研究	石丸 智士	中西 葵
湿式太陽電池に関する研究	石丸 智士	都合 博明
インピーダンス解析システムの構築	石丸 智士	山本 智之
プラズマオーブニングスイッチに関する研究	河野 晋	加藤 洋一郎
プラズマ源に関する研究	河野 晋	小代 義雄
インターネットを利用した学習システムの構築	福田 浩人	齊藤 善之・水田 雅之

電子情報工学科

研究題目	指導教官	学生名
求人情報データベース検索システムの開発	山崎 直子	稻益 彰彦
時計学習支援システムの開発	山崎 直子	中江めぐみ

オブジェクト指向開発方法論による OMT 支援システムの構築	山崎直子	久間裕一郎・西晃彦
Java を用いた情報共有システムの試作	河村豊實	小田謙太郎・林田隆則
Java 言語を用いた Web 用ページ作成支援ソフトウェアの試作	松野良信	石原友紀・山下勝次
簡易型 Java プログラム統合開発環境の構築	松野良信	北島由美子・野田沙智子
数式処理システムの電気回路の問題の応用	森紳太朗	田中智和
遺伝的アルゴリズム実験用アプリケーションの作成	森紳太朗	松永夏子
人工生命に関する基礎研究(2) —荷物を集める生命体—	森紳太朗	西村真哉
パルスレーザ光を用いた渦運動の計測IV —平板に沿って運動する渦と衝撃波—	蓑田登世子	内山泰治・遠藤剛
シュリーレン干渉法による熱対流の可視化	蓑田登世子	平尾優子・ホナルマナ
スピンドルオン法による pn 接合の作製II	中村俊三郎	中田陽子・渡辺ひとみ
p チャネル MOSFET の試作	中村俊三郎	住丈士・山田智也
ロボットのテレオペレーション技術に関する研究 —位置決め制御系の試作—	石井康太郎	深松由記子・道下貴子 武藤直美・ロサリオマヌエル
アミューズメントロボットの研究IV —全体制御プログラムとグリップメカの制御—	瀬々浩俊	竹下昌江・龍哲也 山口智之
MAX+PLUS II を使用した関数発生器の設計 —デジタル積分器による sin・cos 関数発生—	瀬々浩俊	鶴田茂
ハードウェア記述言語を使った 8 ピットマイクロセッサ の設計	瀬々浩俊	真弓敬志
DC モータドライブ制御シュミレータ —制御部デジタルハードウェアの作成—	堀切淳一	甲野善治・竹本彰寛 森優子
DC モータドライブ制御シュミレータ —制御部ソフトウェアの作成—	堀切淳一	内野崇洋・吉賀愛
光波ネットワークにおける光波パス設定方式の性能評価	嘉藤学	三小田剛・村岡憲吾
光波ネットワークにおけるノード再配置問題への遺伝的アルゴリズムの適用	嘉藤学	浦川正純・津田麻衣子

物質工学科

研究題目	指導教官	学生名
デンプン球状イオン交換体の調製と性質	松本和秋	古高暁
ブルラン球状イオン交換体の調製と性質	松本和秋	篠原正人
ポリビニルアルコール球状粒子を用いたイミノジ酢酸型両性イオン交換体の合成	松本和秋	重行圭太
多孔質ポリ(ビニルアルコール)ゲルの調製	松本和秋	深浦伸也
ポリ(テトラフルオロエチレン)の DSC および FT-IR による相転移に関する研究	石崎勝典	中島健一
バーフルオロテラコサン($C_{24}F_{50}$)の DSC および FT-IR による相転移に関する研究	石崎勝典	城戸裕輔
ポリウレタンの熱分解に及ぼすジイソシアナートの影響	吉武紀道	霍見智子
ポリウレタンの熱分解に及ぼす鎖延長剤の影響	吉武紀道	合戸さゆり
熱分解 GC 法によるポリエステル系ポリウレタンの熱劣化の追跡	吉武紀道	溝田和美

熱分解GC法によるポリエーテル系ポリウレタンの熱劣化の追跡	吉武紀道	花田正明
ソヨゴとナナミノキの葉を用いた染色法の検討	三浦博史	上田知美
草木染染色素材の有効利用に関する研究	三浦博史	北野博士
ソヨゴとナナミノキの葉のポリフェノール成分について	三浦博史	清田康広
有用植物の組織培養(1)メロンの培養について	三浦博史	末藤恭子
有用植物の組織培養(2)イノンド等の培養について	三浦博史	薄誠治
木綿染色に適した草木染素材とその色素成分について	三浦博史	原寿江
ハマボウフウ色素生産培養細胞に関する研究	三浦博史	平田雪絵
陽イオン性界面活性剤を滴定剤とし、これに応答する電極を指示電極とする陰イオン性高分子電解質の電位差滴定	正留隆	浦田千愛
マーカー陽イオンに応答する電極を指示電極として用いる陽イオン性高分子電解質の電位差滴定	正留隆	森恭子
テトラフェニルホウ酸イオン電極を検出器とする陽イオン性高分子電解質のフローインジェクション電位差分析	正留隆	坂口洋子
可塑化ポリ塩化ビニル模型界面活性剤電極の応答における可塑剤の効果のイオン感応性電界効果トランジスターによる検討	正留隆	仲山和海
4V級リチウム二次電池におけるサイクル性改善の検討	宮本信明	米田彩子
4V級リチウム二次電池の正極活性物質の合成とサイクル特性	宮本信明	小宮美里
Wilson, ASOG, UNIFAC式による気液, 液液平衡定数値の相関と推算	渡辺徹	若菜晃子
エーテルーアルコールーアルカン系の気液平衡の測定	渡辺徹	甲斐田知博
エーテルーアルコールーアルカン系の液液平衡の測定	渡辺徹	上田由美
セラミック溶射皮膜の封孔処理とその評価法に関する研究	川瀬良一	吉開信宏
耐熱・耐食プラスチック溶射技術の開発—フッ素樹脂とポリイミド皮膜の製作—	川瀬良一	野中克典
耐熱・耐食プラスチック溶射技術の開発—付着性向上对策	川瀬良一	坂口由美
水中ポリエチレン溶射法に関する研究	川瀬良一	池田稔範
オキシランアクリル粒子固定化酵素充填カラムを用いた基質の分析	永田良一	古賀良
酵素固定化用磁性化担体の作製(CICO(CH ₂) ₄ COClを用いた場合)	永田良一	平嶋輝彰
酸素固定化用の磁性化担体の作製(CICO(CH ₂) ₄ COClを用いた場合)	永田良一	高倉義樹
4-ヒドロキシスチレンと2-ビニルピリジンを含む共重合体と高分子ブレンドにおける水素結合に関する研究	氷室昭三	菊次篤志
ポリ(4-ヒドロキシスチレン)とポリ(2-ビニルピリジン)ブレンドに及ぼす溶媒効果	氷室昭三	坂口美代子
卵白アルブミン水溶液の粘度	氷室昭三	古賀正彦

建築学科

研究題目	指導教官	学生名
すみ肉溶接継手の溶接止端における止端形状の統計解析 および残留応力	原田克身	久保小百合・松本典子
すみ肉溶接継手の曲げ疲労強度に及ぼす板厚および残留応力の影響	原田克身	島添誠和孝・森和也 山下大輔
精神的ストレスを解放する建築空間デザインの手法に関する研究～不知火病院・海の病棟の空間構成の評価～	新谷肇一	平川純・福田光江子
外來環境の変化が外來患者の動きおよび看護作業に与える影響に関する研究～新旧大牟田市立総合病院の比較～	新谷肇一	井上真美・入澤佐紀 上野由利子・野正千恵子
送電用鉄塔における耐風性能の合理的な強化対策に関する研究～標準鉄塔模型の空力特性について～	三宅昭春	有田努・大津仁哉
木造住宅の風力特性に関する実験的研究	三宅昭春	古賀泰司・安森志穂 古賀里香・西田智美
道路交通騒音に関する社会調査研究～戸建住宅と集合住宅居住者の社会反応の比較～	山下俊雄	野崎忍・原口めぐみ
居住環境の快適性に関する調査研究～戸建住宅と集合住宅の比較～	山下俊雄	沖宏子・徳光佳代子
公共図書館のネットワークに関する研究～収集と保存におけるインナーネットワークの型とその特徴～	北岡敏郎	上野亜衣・野崎靖子
公共図書館におけるブラウジングコーナー概念の史的考察	北岡敏郎	下村知子・濱口光一郎 藤田毅
軸力・曲げモーメント・せん断力を受けるコンクリートせん断面の強度に関する研究	上原修一	熊谷彰浩
ハイパーカードによる構造力学CAIの開発	上原修一	稻永賢一郎
旧松井家住宅の建築に関する研究	松岡高弘	人坪寛・高槻真哉
久留米藩南部地域における淨土真宗寺院本堂の研究	松岡高弘	田中泰弘
三井田川鉱業所百円坂俱楽部の建築に関する研究	松岡高弘	大淵和重・古賀公貴 鶴英之・鶴田暁久
有明工業高等専門学校教職員宿舎の耐震調査に関する研究	小野聰子	木本孝一郎
架構の復原モデルと履歴ダンバーの適正分担率	小野聰子	相川奈津実・今福雄一
歴史的景観地区における景観管理計画に関する研究～吉井の町並み保存と観光活動～	大森洋子	倉富鮎子・佐々木理衣 吉村桂子
(仮称)福岡フラワーパーク構造に関する研究	森山恵香	

平成9年度 編集委員

委員長 田口紘一 (教務主事)
委員 新谷肇一 (図書館長)
〃 猿渡真一 (機械)
〃 辻一夫 (電気)
〃 森紳太朗 (電子情報)
〃 三浦博史 (物質)
〃 山下俊雄 (建築)
〃 岩本晃代 (一般)
〃 荒木眞 (一般)

有明工業高等専門学校紀要

第34号 (1998)

平成10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

〒836 大牟田市東萩尾町150

電話 大牟田 (0944) 53-8613

CONTENTS

On the Compositon of the Households with the Elderly and Their Way of Dwellings in Public Housing.....	Toshiro KITAOKA	1
A Characterization of Linear Automorphisms on the Unit Ball of C^n	Tatsuhiro HONDA	7
Geometric Constructions of the Coefficients, Foci, Eccentricities, Directrices from the Ellipse, Hyperbola Respectively	Tatsuo KAWAKAMI	11
On the Existence of Self Similar Radial Solutions to a System of Some Parabolic Differential Equations	Tatsu KAWAKAMI	19
	Yutaka MIZUTANI	
The Spin Orderings in the Ground State of S-1 ANNNI Model with the Single Ion Anisotropy	Yoshinori MURAOKA	23
On the Office Building of the Former Matsuura-Tanko Ltd	Takahiro MATSUOKA	33
	Hideto KAWAKAMI	
Fatigue Crack Growth Behaviors at the Toes of Fillet Welded Joints under Programme Bending Loads	Katsumi IIARADA	49
	Yoshiyuki MITSUI	
On a Numerical Study of the Solitary Wave on the Water Surface Part III More Precise Determination of the Solitary Wave's Extreme Height	Iwao YAMASHITA	57
	Gozo KIMURA	
A Renewal of the Public-Address System at the Second Gymnasium of Ariake National College of Technology	Tadaaki NAKAGAWA	69
A Study on Control of Articulated Robot Arm Following up to a Moving Objetc	Shinya HARAMAKI	75
	Yoshinori KAWASAKI	
	Shosaku KINOSHITA	
	Hiroshi SUZUKI	
Fabrication of p-n Junctions by Spin-on Method.....	Shunzaburo NAKAMURA	81
An Examination of Measuring Methods for Vapor Liquid Equilibria under Reduced Pressures	Toru WATANABE	85
	Katsumi HONDA	
Analysis of Errors in Written Work by Japanese Students	Noriko ABE	93
Some Notes on the Language of Morality in Fielding's <i>Tom Jones</i>	Kazuho MURATA	103
A Study of Kino Haseo	Hiroshi YAKIYAMA	118
13 Goethe's Letters for His Sister(a Translation)Part 2	Hiroshi SETO	138