

# 有明工業高等専門学校紀要

第 10 号

昭和 49 年 1 月

Research Reports  
of the  
Ariake Technical College  
No. 10

January 1974

Published by the Ariake Technical College  
Omuta, Japan

## 目 次

本校学生 10 年の身体検査統計に基づく考察 .....	寺 本 匡 謨 ... 1
本校学生の性格検査に基づく考察 (其の 3) (形態, 体型, 運動能力, 性格, の相関について) .....	荒 尾 章 三 ... 9
論理教育について .....	向 井 昭 三 ... 17
単位操作における一数值計算 .....	永 田 良 一 ... 23
電算機による 4 節リンク機構の数値解法とその応用例 .....	木 村 剛 三 ... 29 猿 渡 真 一
ポリウレタンの熱分解に関する研究 第 3 報 線状ポリウレタンの熱分解 .....	吉 福 武 島 紀 道 ... 37 福 島 憲 一
Sephadex G-15 カラムによる無機化合物のゲルクロマトグラフィー .....	辻 直 孝 ... 43
リーゼガング現象の研究 (その 3) 周期的沈殿とアミン類やアミノ類との関係から 生因へのアプローチ .....	樋 口 大 成 ... 47 川 瀬 良 一 拝 志 明
高温高密度プラズマの中性子-陽子比への ニュートリノ核子相互作用の効果 .....	萩 尾 文 彦 ... 55 横 山 格 宮 川 英 明
多翼送風機吐出し側流れに関する実験的研究 (その 1) .....	清 森 宏 之 助 ... 59
$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_{(x)}\text{MnO}_3$ の電気的特性 .....	小 沢 賢 治 ... 71
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 ... 77
Moments of Vision ——ウルフのハーディ観—— .....	松 尾 保 男 ... 87
吐魯蕃発見朱邪部落文書について ——沙陀部族考 その一(補遺)—— .....	室 永 芳 三 ... 102

# 本校学生 10年の身体検査統計に基づく考察

寺 本 匡 謨

<昭和 48 年 6 月 30 日 受理>

## 'A Few Comments on the Statistics of the Ten-Year Physical Examinations of the students at Ariake Technical College'

We have added up the statistics of all the physical examinations made of the students for these ten years since the founding of our college and given some considerations to them. And we hope to make the best of them to improve the students' hygiene and health.

Masaaki Teramoto

### はじめに

昭和33年4月10日学校保健法が公布され、その年の6月10日に施行令が公布され、明実共に学校での身体検査が法に基き実施されて来ている。その内施行規則第1章・第1節第4条に基き検査して来た。項目について、本校開校以来10年間の統計を集計しそれに考察を加えて、今後の学生の保健と健康増進を計ると共に最近の健康上の事故防止に役立てようとするものである。

### 凡 例

1. 身長・体重・胸囲・座高の平均は算術平均で身長・胸囲・座高、の単位は cm、体重は kg である。(表1～4)

2. 年令は学校身体検査規程によるその年度の4月1日現在に於て満15年1日以上16年に達するまでの者を15年とし、その他の年令もこれに準じた。

3. 本校の保健調査表(計測検査・疾病および健康状態・ツベルクリン皮内反応成績)にかかる分を集計した。

4. 過去10年の測定検査資料をもとに考察の方法を色々考えて見たが、平均からして大小はあまり変化はない。10年位で体位が変化すると考えられないので38年度・43年度・47年度、を抽出考察する。

5. 文部省発行指定統計第15号「学校保健統計調査報告書」が38年から40年度迄あるので参考にし本校と比較考察する。

### 考 察

#### 一・体 位

表1より4までに於いて年令別に集計平均を出した

が初年度15才の者は2・3年になれば16才・17才となるのが普通であるが、表を見ると3年次4年次あたり年令は19才又は20才以上の項が出て来る。考え方ではおかしく思われるがそれは入学時に年令の高い学生が新入生として入って来たもので決しておかしくもなく矛盾もしない。研究途中に於いて何か変に感じたので学籍簿を調査した結果明確になった。

#### A・身長について(表1)

10年間の年令別の平均を見れば19才までは順調に1cm以上の伸びを示しているが20才以上になれば少し落ちるのが目立つ。然し各年毎に見れば伸びは順調の様である。少々のでこぼこはあるがそれはあまり気にとめる必要はなからう。15才代で38年164.5、43年165.5、47年165.5のようである。文部省統計の38年度、15才で162.9であるので全国平均より1.6cm高いことになる。

#### B・体重について(表2)

10年間の年令別平均を見れば15才と16才では2.81kg増し、16才と17才では2.63kg増し17才と18才ではほとんど同じ、18才と19才では0.93kg増し、19才と20才以上では0.27kg増している。これをよく見ると年令の若い順に増しかたが大きいが、然し18才19才は少々落ち、20才以上で落ちついて来るようである。年令の各年毎に見ると、大体平均しているが15才の46年は前年に比較し3kg増し又16才の46年も前年よりも4.8kgも増しているのが目立つ。全国平均39年度15才52.1kgに対して52.2kgとほとんど変わらない。

#### C・胸囲について(表3)

身長・体重と同様に10年間の平均を見ると15才から16才にかけては3.21cmの伸びで17才では1.48cmになり18才は大体同じで19才20才以上で1cm位の伸びを示している。各年度に於いても少しのでこぼこはあ









表4 座 高

	15才							16才							17才							18才							19才							20才以上																			
	三 十 年	四 十 年	一	二	三	四	五	六	七	三 十 年	四 十 年	一	二	三	四	五	六	七	三 十 年	四 十 年	一	二	三	四	五	六	七	三 十 年	四 十 年	一	二	三	四	五	六	七	三 十 年	四 十 年	一	二	三	四	五	六	七										
75									1																																														
6		1				1																																																	
7																																																							
8						1	1																																																
9	1	1				1	1	1																																															
80	1																																																						
1		2																																																					
2	2	5	2	1	2	1	2	1	2																																														
3	3	3	1	4	3	1	3	2	6	1																																													
4	5	4	7	8	4	7	7	4	5	4																																													
5	9	7	6	8	5	12	5	6	11	8																																													
6	11	2	14	11	11	15	16	18	8	7																																													
7	9	9	7	16	9	17	11	15	17	20																																													
8	8	10	9	15	21	15	18	22	15	11																																													
9	12	17	16	13	14	20	16	23	19	18																																													
80	7	12	8	15	14	18	22	18	17	24																																													
1	9	8	18	5	11	18	19	11	10	12																																													
2	4	3	10	5	4	5	11	8	10	10																																													
3	4	3	3	2	7	3	3	3	7	8																																													
4	1	3	1																																																				
5	3	3	1	2	2	1	3	4																																															
6																																																							
7																																																							
8																																																							
9																																																							
100																																																							
1																																																							
2																																																							
平均	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八		
	八	三	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八	八		
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....			
	一	三	二	一	〇	五	一	一	二	八	八	六	三	一	一	〇	二	四	一	四	〇	九	七	〇	一	七	七	三	四	七	〇	五	八	四	〇	四	七	九	〇	五	八	三	九	七	八	六	九	三	七	九	五	七	三	二	
10年平均	87.94							89.60							90.74							90.35							90.67							90.80																			

るが順次10年間に於いて少しずつ伸びているのがうかがえる。文部省統計40年度の高専部門の各年令毎に比較してみると15才で1.2cm 伸び16才代では同じ17才では0.7cm 伸び18才では0.7cm 伸び19才では1.6cm 伸びている。本校の学生が高専の平均よりやや優位であることがうかがえる。

#### D・座高について（表4）

10年間の平均を年令別にみると15才から16才では1.66cm 16才から17才では1.14cm 17才から18才では少しおちているが19才から20才以上になると大体同じで少し伸びる位で大体に於いて落ちついている。各年度で年毎にみるとこれも大体平均しているようである。全国高専の年令別平均と比較して見ると、15才では大体同じ16才で大体同じ17才では0.5cm 本校学生が劣る。18才では0.8cm 劣る。19才では0.3cm 劣る。全体的に見て本校学生は座高に於いては全国高専の平均より劣ることがはっきりわかる。身長・体重・胸囲に於いては少しではあるが、勝ぐれていたことが座高では劣るのは何故だろう。これはこんごの研究課題としていろいろの面から研究して見る。

#### E・体位全体について

15才から16才へ16才から17才へ17才から18才へとこの3年間に於いて体位は表が示す通り相当の成長をみることが出来る。19才から20才以上になって大体おちついてきている。一番伸び盛りでは18才までであることがいろいろの統計がうかがえる。又全国平均も各年代ごとにみても分る。本校学生との比較においては身長・体重・胸囲、に於いては全国平均をうわまわっているが、座高に於いて、何故かしたまわっているのが目立ち気がかりな点である。又一方38年から47年までの平均を各体位でみると漸次少しづつ伸びていることも分かる。これは高度経済成長により衣・食・住、の発展と学校体育、社会体育の発展を少しながらうかがえるのではなかろうか。

#### 二・裸眼視力別について（表5）

本校は38年設立であるので42年で学生は5年生になり完成した。裸眼視力を考察するに数字での考察は完成した年度以降ものと完成以前の5年間に区別しなければならない。それは完成以前に於いては各年代は逐次増してくるので比較にならない。完成以前に於いて0.1未満が少いことが目立つ。38年の15才の0.1から0.9までの者が33名1.0から2.0までが53名、43年の15才の0.1から0.9までの者が45名1.0から2.0までが97名、47年の15才の0.1から0.9までのものが51名、1.0から2.0までが78名以上の結果からみて大体半々位の比であるが47年に於いては0.1から0.9までの数が増している。このようにして各年代別にして比べてみると多少

のでこぼこはあるが近年になるにしたがって0.1から0.9までの数が増すけいこうにある。それはだんだん近視が増して来ていることが分かる。何らかの予防と対策を考える必要がある。

#### 三・結核、ツ反、寄生虫卵検査について（表6）

結核については私らが青年期の頃は亡国病といわれ、不治の病とされていたが戦後医学の進歩と薬品の開発によって最近はその昔の言葉もなくなった。この表を見ても41年17才で1名、18才で1名で他は全くない。誠に結構なことである。然しツ反においては疑陽性、陰性の者は15才が一番多く16才がそれにつきだんだんと17才、18才と減少して19才では2名、20才以上は1名となっている。結核の減少もこのツ反の結果からみてもうなづける。寄生虫卵保有者についても、ツ反同様15才が一番多く16才で減少し17才では2名で18才1名で19才以上は全くない。寄生虫卵保有者の内訳をみると回虫卵保有者が多く次は12指腸卵、焼虫卵その他の卵となっている。

#### 四・疾病異状について（表7）

栄養要注意者、脊柱異状者は全くなく胸部異状者が10年間を通じて15才で7名、16才で6名、17才で7名となり18才以上は全くない。目について近視が最も多く各年代毎に60名前後の学生がいるが眼鏡で矯正している。遠視全くなし。乱視が46年度の15才にただ2名いて全くなし。色神異状が工業高専にめづらしく各年代に10年間を通して15才で11名16才で13名、17才で10名、18才で11名、19才で7名、20才以上で2名となっている。これも10年間での統計で各年代があがるにしたがって前年の者がダブルので大体各年1～5名が入学していることになる。トラホームの者は案外少く15才で10年間を通じて5名で18才以上は全くない。トラホームより結膜炎が意外に多いのに驚く。10年間を通して15才で51名、16才で52名、17才で40名、18才で35名、19才で20名、20才以上で4名となっている。その他の眼疾も各年代で5～10名程度である。耳については難聴は10年を通してほとんどなし。虫耳炎は各年令1～2名の者がいる。年度においては全くない年度も数年ある。その他の耳疾も虫耳炎同様散見される程度である。一般的に耳については10年間を通じて各年令、年度共に何名かが散見される程度である。

#### 鼻咽頭について

蓄膿症が15才から18才において各年度に1名ないし多い年度で7名位いるがない年度もあり19才以上ではほとんど見当たらない。アデノイドについては10年間を通し各年令とも全くない。扁桃腺肥大も蓄膿症同様各年度に1名ないし多い年で7名でない年度もある。19才以上はほとんどみられない。その他の鼻咽頭疾患が



非常に多い各年度に10名位多い年で20名の年度もある。特に18才以下に多いのが目立つ。伝染性皮膚疾患も10年で15才17才で各1名でほとんどない。心臓疾患が45年以降各年令に1～2名いる。これについては44年に校内マラソン大会に於いて決勝点に入って数分たつて心不全で死亡した学生がいたので45年以降学生全員心電図をとり事故を未然に防せごうとしたのでその一環として発見されたものではなかろうか。之は年々増加しつつある。精神薄弱、身体キヨ弱、運動機能障害、その他疾病異状者は10年間を通じて全くない。

う歯については処置完了者と未処置の者に分けられるが未処置の学生が非常に多く各年令、各年度共に多い年は100名以上少くても50名前後の学生がいる。処置完了者は未処置者の半分位で各年令、各年度で多くて20数名少くても2名位で学生のう歯に対する考えが非

常に薄いようである。

## おわりに

資料を集め表に集計して考察してみるといろいろの点に疑問を持つ。それを深く掘りさげて解決していかねばならない。そこではじめてこの研究の意義があるので今後じっくり学生当人と話して指導して行きたい。以上の点は何を研究したか不明な点もあるがこの10年間の記録を集め集計した成果がある。然しこの中には執念がこもっている。それは校内マラソンにおいて学生が死亡したので今後は絶対このような事故がないように祈ると共に全学生が心身共によりよく成長し健全にして健康な明かるい学校生活が出来るための一端に利用するためである。最後に看護婦四ヶ所さんの援助を深謝します。



## 本校学生の性格検査に基づく考察（其の3）

（形態、体型、運動能力、性格、の相関について）

荒 尾 章 三

<昭和48年9月10日 受理>

A study in Physical Education of the Data of the Character Test (No. 3)

Shozo Arao

We have been concerned about the mutual relation among character, form and athletic ability, but we have not a opinion of our own. And so I tried to have it looking into the data of the character test.

### 〔1〕はじめに

体育や、スポーツの場が、多くの性格育成の場を提供してくれる事は事実であるが、形態・体型と運動能力との相関、又、形態・体型・運動能力と性格との相関関係について、平常関心を持っていながら、今迄はそれを直観的に解釈するか、又は単に憶測するのみで終っていた。特に今回は、それらの関係を知りたいと思ひ、運動部員との比較、及び追跡的な調査も実施した。勿論この調査よりただちに決定的な結論を出す事は早計であり、目的でもない。今迄で単に憶測の域を脱しえなかった私自身の関心に對し一つの実例実証を提示する事を第一の目的とした。

### 〔2〕調査方法

1. 対 象 S.46年度一年生 138名  
S.48年度三年生 39名  
※3年生の39名は1年時の39名と同一人間
2. 測定種目
  - ・形態…身長・体重・胸囲  
上記の測定で体型（ローレル指数）も算出。
  - ・運動能力テスト…文部省スポーツテスト実施要領による。
  - ・性格検査…(Yatabe-Guilford) 性格検査。

### 〔3〕対象者の形態、体型（ローレル）、運動能力、性格

表-1 対象者の身長 ( $\bar{X}$ ) 平均値 (N) 人員

対象者		身長(cm)				
		150以下	151-160	161-170	171-180	180(cm)以上
1	1年生138名	0	23	84	31	0 (N)
	$\bar{X}$ 165.7	(0)	(16.6)	(60.8)	(22.4)	(0) (%)
2	1年(運動部)49名	0	8	26	15	0
	$\bar{X}$ 166.02	(0)	(16.3)	(53.0)	(30.6)	(0)
3	1年39名(追跡)	0	6	22	11	0
	$\bar{X}$ 166.3	(0)	(15.3)	(56.4)	(28.2)	(0)
4	3年39名(追跡)	0	1	22	15	1
	$\bar{X}$ 168.3	(0)	(2.5)	(56.4)	(38.4)	(2.5)



表-2 対象者の体重

対象者		体重(kg)				
		47以下	48-55	56-63	64-71	72(kg)以上
1	1年 生 138名 $\bar{X}$ 53.9	20 (14.4)	66 (47.8)	38 (27.5)	13 (9.4)	1 (N) (0.7) (%)
2	1年(運動部) 49名 $\bar{X}$ 54.8	5 (10.2)	25 (51.0)	13 (26.5)	6 (12.2)	0 (0)
3	1年 39名(追跡) $\bar{X}$ 54.8	4 (10.2)	19 (48.7)	11 (28.2)	5 (12.8)	0 (0)
4	3年 39名(追跡) $\bar{X}$ 58.7	1 (2.5)	11 (28.2)	18 (46.1)	7 (17.9)	2 (5.1)

表-3 対象者の胸囲

対象者		胸囲(cm)				
		72以下	73-79	80-86	87-93	94(cm)以上
1	1年 138名 $\bar{X}$ 82.7	2 (1.4)	29 (21.0)	78 (56.5)	27 (19.5)	2 (N) (1.4) (%)
2	1年(運動部) 49名 $\bar{X}$ 83.6	0 (0)	9 (18.3)	26 (53.0)	14 (28.5)	0 (0)
3	1年 39名(追跡) $\bar{X}$ 83.9	0 (0)	6 (15.3)	21 (53.8)	12 (30.7)	0 (0)
4	3年 39名(追跡) $\bar{X}$ 86.2	0 (0)	3 (7.6)	16 (41.0)	18 (46.1)	2 (5.1)

表-4 対象者の50m

対象者		50m(秒)				
		6.7以上	6.8-7.1	7.2-7.5	7.6-8.2	8.3(秒)以上
1	1年 138名 $\bar{X}$ 7.32	10 (7.2)	41 (29.7)	55 (39.8)	27 (19.5)	5 (N) (3.6) (%)
2	1年(運動部) 49名 $\bar{X}$ 7.25	5 (10.2)	14 (28.5)	21 (42.8)	9 (18.3)	0 (0)
3	1年 39名(追跡) $\bar{X}$ 7.24	3 (7.6)	12 (30.7)	20 (51.2)	3 (7.6)	1 (2.5)
4	3年 39名(追跡) $\bar{X}$ 7.07	4 (10.2)	26 (66.6)	6 (15.3)	2 (5.1)	1 (2.5)

表-5 対象者の走巾

対象者		走巾(m)				
		3.99以下	4.00-4.79	4.80-5.29	5.30-5.69	5.70(m)以上
1	1年 138名 $\bar{X}$ 418.9	37 (26.8)	83 (63.0)	12 (8.6)	2 (1.4)	0 (N) (0) (%)
2	1年(運動部) 49名 $\bar{X}$ 431.1	10 (20.4)	30 (61.2)	8 (16.3)	1 (2.0)	0 (0)
3	1年 39名(追跡) $\bar{X}$ 444.0	2 (5.1)	30 (76.9)	7 (17.9)	0 (0)	0 (0)
4	3年 39名(追跡) $\bar{X}$ 457.1	0 (0)	27 (69.2)	11 (28.2)	1 (2.5)	0 (0)

表-6 対象者のハンドボール投げ

対象者		ハンド投(m)				
		24以下	25-28	29-32	33-36	37(m)以上
1	1年138名 $\bar{X}$ 27.54	27 (19.5)	61 (44.2)	36 (26.2)	13 (9.4)	1 (N) (0.7) (%)
2	1年(運動部)49名 $\bar{X}$ 28.3	7 (14.2)	20 (40.8)	15 (30.6)	7 (14.2)	0 (0)
3	1年39名(追跡) $\bar{X}$ 27.4	8 (20.5)	17 (43.5)	11 (28.2)	2 (5.1)	1 (2.5)
4	3年39名(追跡) $\bar{X}$ 26.2	14 (35.8)	15 (38.4)	10 (25.6)	0 (0)	0 (0)

表-7 対象者の懸垂

対象者		懸垂(回)				
		5以下	6-9	10-13	14-17	18回以上
1	1年138名 $\bar{X}$ 9.6	15 (10.8)	51 (36.9)	58 (42.0)	9 (6.5)	5 (N) (3.6) (%)
2	1年(運動部)49名 $\bar{X}$ 10.4	2 (4.0)	18 (36.7)	22 (44.8)	4 (8.1)	3 (6.1)
3	1年39名(追跡) $\bar{X}$ 8.2	6 (15.3)	21 (53.8)	10 (25.6)	2 (5.1)	0 (0)
4	3年39名(追跡) $\bar{X}$ 9.3	2 (5.1)	16 (41.0)	18 (46.1)	3 (7.6)	0 (0)

表-8 対象者の1500m

対象者		1500m(秒)				
		315以上	316-320	321-340	341-360	361(秒)以下
1	1年138名 $\bar{X}$ 339.6	16 (11.5)	12 (8.6)	46 (33.3)	55 (39.8)	9 (N) (6.5) (%)
2	1年(運動部)49名 $\bar{X}$ 333.6	9 (18.3)	4 (8.1)	18 (36.7)	18 (36.7)	0 (0)
3	1年39名(追跡) $\bar{X}$ 336.3	5 (12.8)	2 (5.1)	18 (46.1)	10 (25.6)	4 (10.2)
4	3年39名(追跡) $\bar{X}$ 334.3	6 (15.3)	5 (12.8)	15 (38.4)	9 (23.0)	4 (10.2)

表-9 対象者の体型(ローレル指数)

対象者		ローレル指数(R.I)				
		99以下	100-114	115-144	145-159	160以上
1	1年138名 $\bar{X}$ 118.3	3 (2.1)	50 (36.2)	84 (60.8)	0 (0)	1 (N) (0.7) (%)
2	1年(運動部)49名 $\bar{X}$ 119.8	0 (0)	17 (34.6)	31 (63.2)	0 (0)	1 (2.0)
3	1年39名(追跡) $\bar{X}$ 119.0	0 (0)	16 (41.0)	22 (56.4)	0 (0)	1 (2.5)
4	3年39名(追跡) $\bar{X}$ 123.2	0 (0)	9 (23.0)	28 (71.7)	1 (2.5)	1 (2.5)

表-10 対象者の性格

対象者		性格類型				
		A類	B類	C類	D類	E類
1	1年 138名	76 (55.0)	21 (15.2)	4 (2.8)	24 (17.3)	13 (N) (9.4) (%)
2	1年(運動部) 49名	29 (59.1)	6 (12.2)	0 (0)	12 (24.4)	2 (4.0)
3	1年39名(追跡)	18 (46.1)	5 (12.8)	0 (0)	10 (25.6)	6 (15.3)
4	3年39名(追跡)	15 (38.4)	5 (12.8)	2 (5.1)	9 (23.0)	8 (20.5)

※下記の公式で相関係数を求め、相関の判断の基準は、ピアソンの相関係数により判断した。

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

※ピアソンの相関係数の判断

±0.00～±0.20……ほとんど相関なし  
 ±0.21～±0.40……低い相関あり  
 ±0.41～±0.70……かなりの相関あり  
 ±0.71～±0.90……高い相関あり  
 ±0.91～±1.00……きわめて高い相関あり

※体型(ローレル指数)の判断

身体の肥瘦度の判定にはいく種類があるが、一般に理解され易く、取扱いも簡便なローレル指数

(Rhorer Index)より考察した。

$$R \cdot I \text{ は } R.I. = \frac{\text{体重 (kg)}}{\text{身長 (cm)}^3} \times 10^7 \text{ の算式で求}$$

められる。これはローレル氏身体充実指数といわれ、身長を一辺とした立方体に対する体重の比を示し、骨格・筋肉・内臓などの充実・栄養状態・幅厚齊などをあらわす。判定は、下記に示す。

160以上 肥満体(ふとりすぎ)  
 145-159 ふとっている。  
 115-144 標準  
 100-114 やせている。  
 99以下 細長型(やせすぎ)

#### [4] 体型(ローレル)と形態との相関

表-11

\*…相関あり

	R. I	身長	体重	胸囲
1) 1年生 138名	$\bar{X}$ 118.7	$\bar{X}$ 165.7	$\bar{X}$ 53.9	$\bar{X}$ 82.7
		0.232	*	0.576
2) 1年運動部 49名	$\bar{X}$ 119.8	$\bar{X}$ 166.0	$\bar{X}$ 54.8	$\bar{X}$ 83.6
		0.324	*	0.511
3) 1年39名(追跡)	$\bar{X}$ 119.0	$\bar{X}$ 166.3	$\bar{X}$ 54.8	$\bar{X}$ 83.9
		0.302	*	0.509
4) 3年39名(追跡)	$\bar{X}$ 123.2	$\bar{X}$ 168.3	$\bar{X}$ 58.7	$\bar{X}$ 86.2
		0.330	*	0.506

〔考 察〕 1, 2, 3, 4の各項目を全体的に見た場合、過半数の人の身長は160cmから171cmの範囲にあり、ローレル指数も115から144の標準の間にある。両者間の相関係数は低いが有意の順相関が認められるようだ。しかし運動をやっている人とやっていない人との比較に於いても目だつ様な差はないが、相関値は

やってる人の方が大であり、一年生と三年生の追跡の比較に於ても、同じ様な事が云えそうだ。体重については、過半数の人が48kgの範囲にあり、ローレル指数も115から144の範囲にある胸囲についても過半数の人が75cmから86cmの範囲にあり、ローレル指数も115から144の範囲にある。相関係数は体重、胸囲とも

かなりの相関値が認められる。なほ運動部との比較及び一年から三年における追跡的な調査比較にしても、目だつ様な変化はなかつた。結局体型と形態は、親とその子供のような関係で、それぞれの項目の関係につ

いても、相関ありと判断され、有意性もあるように感じる。

### 〔5〕 形態と運動能力との相関

表-12 a. (1年138名について)

一年生 138名	運動能力 形態	50(m) $\bar{X}$ 7.32	走 巾 $\bar{X}$ 418.9		ハンド投げ $\bar{X}$ 27.5		懸 垂 $\bar{X}$ 9.6		1500m $\bar{X}$ 339.6
	身長 $\bar{X}$ 165.7	0.143	0.313	*	0.289	*	0.174		0.241
体重 $\bar{X}$ 53.9	0.189	0.320	*	0.351	*	0.109		0.167	
胸 囲 $\bar{X}$ 82.7	0.159	0.304	*	0.332	*	0.050		0.084	

表-13 b. (一年運動部49名について)

一年運動部 49名	運動能力 形態	50 m $\bar{X}$ 7.2	走 巾 $\bar{X}$ 431.1		ハンド投げ $\bar{X}$ 28.3		懸 垂 $\bar{X}$ 10.4		1500m $\bar{X}$ 333.6	
	身長 $\bar{X}$ 166.0	0.273	*	0.432	*	0.339	*	0.266	*	0.389
体重 $\bar{X}$ 54.8	0.400	*	0.412	*	0.478	*	0.121		0.270	*
胸 囲 $\bar{X}$ 83.6	0.269	*	0.335	*	0.433	*	0.085		0.158	

表-14 c. (一年39名追跡について)

一年 追跡 39名	運動能力 形態	50 m $\bar{X}$ 72.4	走 巾 $\bar{X}$ 449.0		ハンド投げ $\bar{X}$ 27.4		懸 垂 $\bar{X}$ 8.2		1500m $\bar{X}$ 336.3
	身長 $\bar{X}$ 166.3	0.166		0.314	*	0.233	*	0.292	*
体重 $\bar{X}$ 54.8	0.294	*	0.358	*	0.268	*	0.111		0.060
胸 囲 $\bar{X}$ 83.9	0.484	*	0.451	*	0.374	*	0.239	*	0.030

表-15 d. (三年39名追跡について)

三年 追跡 39名	運動能力 形態	50 m $\bar{X}$ 7.07	走 巾 $\bar{X}$ 457.0		ハンド投げ $\bar{X}$ 26.2		懸 垂 $\bar{X}$ 9.3		1500m $\bar{X}$ 334.3
	身長 $\bar{X}$ 168.3	0.167		0.383	*	0.211	*	0.299	*
体重 $\bar{X}$ 58.7	0.325	*	0.315	*	0.250	*	0.130		0.064
胸 囲 $\bar{X}$ 86.2	0.486	*	0.315	*	0.210	*	0.260	*	0.036

〔考 察〕 身体の形態と運動能力との間には、かなり高い相関があると云われている。文部省の調査でも次の様な結果が報告されている。

体重			
身長	重い	中	軽い
大きい	51.1	45.8	37.1
中	46.2	43.5	37.4
小さい	31.0	42.1	35.3

※身長と体重の組合せと運動能力テストの得点

これによると身長が大で体重の重いのが運動能力の得点も高く、身長が小さくては体重が重い者がよくない。この様に、身体の形態と運動能力とは顕著な傾向はないにしても、ある程度の傾向は認められる。又体力測定や平素の運動学習を観察するとき、肥満型・そう身型は、たいてい能力は低いとされている。けれど留意しておきたいことは肥満、そう身しているから当然全般的に能力は劣っているだろうと既成のパターンの中で判断するのは問題である。種目によって高い能力を示すものもある。

本校学生の傾向を見ても、特に走巾、ハンドボール投げについては、低いか又はかなりの相関のあることを認める事が出来る。したがって走巾、ハンドボール投げには、有意の順相関を認めることが出来るのではないだろうか。なほ、他の三つの種目についても、低い値の相関値を認めることのできるものもある。一年の138名と運動部49名との比較は、非常に似かよった傾向を示している。しかし相関値の高さは、運動部の方がはるかに高い値を示している。この点から考へて見れば、個人的にその人の形態的な平均値が高ければ、運動能力との相関度は強いように感じられた。

39名の追跡比較についても、その関係は非常に似た傾向を示している。総体的に、本校学生の形態と運動能力とは、相関有りと判断しても良いのではないだろうか。形態と運動能力を一般的に考へた場合、両者の相関は必ずありと先入的に思っていた事が、そうであり、そうでもないと言う事が、自分なりに把握する事が出来たことは一つの大きな収穫であった。

〔6〕 性格と形態、体型、運動能力との相関

性格との相関を見るとき、性格には得点のように間隔尺度で表す事が出来ないで、2つの変数を順位尺度で表すスピアマンの順位相関を用いた。下記の公式で相関を求め、その基準はピアソンの相関係数により判断した。

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum (x-y)^2}{n^3 - n}$$

※  $r_s$ …順位相関係数  $n$ …標本数  $(x-y)^2 \dots 2$ 通りの順位の差の二乗をして加へた数

また順位の中に、同じ順位のもの2つ以上あるときわ平均した順位をとることとする。

性格の順位づけとして性格の判定 (D, A, B, C, E) の向性 (衝動性・活動性・主導性) に重さをおいた順位と (D, A, C, B, E) の情緒安定性に重さをおいた2つからの関係について調査した。

※ (向性, 安定性適応性についての説明)

性 格	向 性	D類, 積極型 (外向型) A類 平均型 B類, 積極型 (外向型) C類, 消極型 (内向型), E類, 消極型 (内向型)
	安 定 性 適 応 性	D類, 情緒安定, 社会的適応型 A類, 平均型 C類, 情緒安定, 社会的適応型 B類, 情緒不安定, 社会的不適応型, E類, 情緒不安定, 社会的不適応型

a. (1年138名について) 表-16

形態 体型 運動能力	性 格	D. A. B. C. E.		D. A. C. B. E.	
		(向 性)		(安定性 適応性)	
1. 身 長		0.15		0.18	
2. 体 重		0.07		0.11	
3. 胸 囲		0.15		0.18	
4. 体 型 (ローレル)		0.02		0.06	
5. 50(m)		0.23	*	0.27	*
6. 走 巾		0.37	*	0.40	*
7. ハンド投げ		0.21	*	0.24	*
8. 懸 垂		0.29	*	0.31	*
9. 1500(m)		0.38	*	0.41	*

※向性の順位得点は、D(24名)=12.5 A(76名)=62.5 B(21名)=110.5 C(4名)=123.0 E(14名)=132.0 となり、安定・適応性の順位得点は、D(24)=12.5 A(76)=62.5 C(4)=102.5 B(21)=114.5 E(14)=132とした。勿論各々形態・体型、運動能力もその記録を5段階に別け(性格も5段階)それにより順位をつけ得点づけをした。

〔考 察〕 性格と形態についてはピアソンの相関基準に照らして見れば、ほとんど関係なく、相関なしと判断してよいと思われる。体型については、憶測として有意性ありと感じていたが、形態と同じく、相関なしと判断する。運動能力については全種目  $r=0.21$   $r=0.41$  の間にあり低い相関か、かなりの相関のある

項も見らる。したがって相関有り判断する。

b. (1年運動部49名について) 表-17

形態 体型 運動能力	性 格		D. A. C. B. E.	
	(向 性)		(安定性 適応性)	
1. 身 長	0.16		0.16	
2. 体 重	0.03		0.03	
3. 胸 囲	0.03		0.03	
4. 体 型 (ローレル)	0.33	*	0.33	*
5. 50(m)	0.14		0.14	
6. 走 巾	0.36	*	0.36	*
7. ハンド投げ	0.12		0.12	
8. 懸 垂	0.21	*	0.21	*
9. 1500(m)	0.42	*	0.42	*

※C類がないため、向性、安定性ともに順位得点は同じである。

D(12)=6.5 A(29)=27.0 B(6)=44.5 C(0)=4.45 E(2)=48.5のような順位得点となる。

〔考 察〕 一年138名と比較しても傾向としては、めだって変化は見られない。ただ体型についてのみ相関値が認められる。R.I.による肥満及びその身型の定義から運動能力をみると必ずしも一致はしていないが能力の優劣の境界線は本校では、R.I.120のあたりにある。運動部49名平均のR.I.は119.8で非常に近い。性格についてもD類(安定、積極型)が全体の25%もしめている。それらが要因となり運動部の性格と体型は、相関が認められるのではないだろうか。なほ1500mについては、かなりの相関が認められる。これについても性格的なもの(精神健康度)が大きく関係しているようだ。

c. (一年39名追跡について) 表-18

形態 体型 運動能力	性 格		D. A. C. B. E.	
	(向 性)		(安定性 適応性)	
1. 身 長	0.17		0.17	
2. 体 重	0.05		0.05	
3. 胸 囲	0.20	*	0.20	*
4. 体 型 (ローレル)	0.20	*	0.20	*
5. 50(m)	0.34	*	0.34	*
6. 走 巾	0.39	*	0.39	*
7. ハンド投げ	0.20	*	0.20	*
8. 懸 垂	0.16		0.16	
9. 1500(m)	0.41	*	0.41	*

※C類がないため、向性、安定性ともに、順位得点は同じである。

D(10)=5.5 A(18)=19.5 B(5)=31.0

C(0)=31.0 E(6)=36.5

〔考 察〕 形体について、ここでは胸囲に低い相関値が認められる。運動能力についてはほとんどの種目に低い相関が認められ、1500mについてはかなりの相関が認められる。したがって運動能力と性格については有意性ありと判断しても良いような感じがする。

d. (三年39名追跡について) 表-19

形態 体型 運動能力	性 格		D. A. C. B. E.	
	(向 性)		(安定性 適応性)	
1. 身 長	0.06		0.05	
2. 体 重	0.19		0.19	
3. 胸 囲	0.30	*	0.30	*
4. 体 型 (ローレル)	0.21	*	0.21	*
5. 50(m)	0.34	*	0.23	*
6. 走 巾	0.11		0.35	*
7. ハンド投げ	0.33	*	0.25	*
8. 懸 垂	0.14		0.30	*
9. 1500(m)	0.23	*	0.20	*

※順位得点

向 性 D(9)=5.0 A(15)=17.0 B(5)=27.0

C(2)=30.5 E(8)=35.5

安定性 D(9)=5.0 A(15)=17.0 C(12)=25.5

B(5)=29.0 E(8)=35.5

〔考 察〕 1年の時の同じ人が3年になって、性格と形態、体型、運動、能力との関係は、変化するものだろうかと言う事で調査して見た。全般的に見て、めだった傾向は見られず、同じような結果を示している。運動能力面に於いてでも、ある程度拘束されたプログラムでのトレーニングでも指導していれば、記録的なものは勿論のこと、性格育成の一つの要素にもなりもう少し違った、又は高い相関の値を期待することが出来たのではないかと思われた。

総 括

#### 1. 体型と形態の相関について

本校学生については、低いか、又はかなりの相関が認められる。特に運動部員についてはより顕著に知る事が出来る。

#### 2. 形態と運動能力の相関について

形態と運動能力を一般的に考へて見た場合、その相関値は必ずあると先入的に思われがちである

が、そうとはかぎらないと云う事は私自身の一つの収穫であった。しかし本校学生については、相関有りと判断しても良いのではないだろうか。総体的に見て形態の平均値の高い人種、運動能力も高いようである。

3. 性格と形態、体型、運動能力との相関について  
性格と形態・体型は、ほとんど、相関なしと判断する。しかし運動部員の体型については、低い相関ありと判断してもよいのではないか。

性格と運動能力については、すべて、相関有りとして判断する。特に 1500m については、かなりの相関が認められる。1500と云う種目そのものに何か性格的な要素が特に関係しているように感じられた。

#### 〔おわりに〕

ピアソンの相関係数の基準で、0.2以下はほとんど相関なしと判断したが、係数の有意については、まだ色々研究の余地が残されている。例へば、相関が全くない場合でも、その方法や計算によって有意を示すような結果もあり、たとえ相関係数がえられたときでも、本当に相関があるかどうかの検定は、大切であり

当然の事であるが、今回はそこまで手が伸びなかったもので、今後、更に多くの項目を加へえて、信頼性等の検討を進めていきたいと考えている。要するに体型と形態の相関、形態と運動能力の相関、性格と形態、体型、運動能力との相関関係について調査した結果は、当初先入的な予想どおりのもの、予想に反したのものもある、これによって多くの示唆を得ることが出来た。各点についての分析、検定は、次回の調査にゆずるが、ここに一応、私の初期の目的とする事項に、多くの解明や、実証を得た事は収穫であった。最後に集計及び計算は、本校電気科、電算機により集計処理を行い、プログラムの作成には本校辻 一夫助教授の御援助を戴き、深く謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日丸哲也, 永田 晟: 体力統計法 (逍遙書院)
- 2) 久松栄一郎, 猪飼道夫: スポーツ医学 (体育の科学社)
- 3) 砂本秀義: 体育科教音 (1969. 12) (大修館)
- 4) 寺本匡謨: 教科と運動能力の相関 (有明高専紀要)
- 5) 荒尾章三: 本校学生の性格検査に基づく考察 (No. 1, No. 2) (有明高専紀要)

# 論理教育について

向井 昭三

<昭和48年9月10日 受理>

## On Teaching Logical Thinking in Mathematics

This paper states the indispensability that we should introduce mathematical logic into teaching mathematics at our Technical College.

Shozo Mukai

### 1. まえがき

今年度から実施された高等学校の新指導要領で数学 I の内容に記号論理がとり入れられた。

論理教育（論理的な思考の指導）を行なうについては数学の教科書の1つの章として初歩の記号論理をとり入れればそれで済むということではなく、特に基礎的な各教科において意識され実施されねばその効果は期待できないことであるが、私がここでとりあげるのはもちろん数学の中でのそれである。従来でも数学の授業が行なわれる限りそこでは論理教育はたえず意識され行なわれてきたといえるが、初歩の記号論理を数学 I にとり入れた理由としては、記号論理が電子計算機と密接な関連があることもその大きな1つではあろうが、記号論理を教えることにより論理教育をさらに一層効果的に行なうことができ数学の内容理解を深めることができるというのがその最大なものであろう。

小中高を通しての論理教育の一応のしめくりとして高等学校に記号論理がとり入れられたことは、中学に接続する高専の教育でも十分に考えられねばならない。

高専の3年までに教えられる数学の内容やその程度は高等学校の3年間に教えられるそれに較べてはるかに量的に多く質的に高いことを考え、とくに解析学的なものの程度を考えると、いままでにもその基礎をできるだけ確かなものにするためのいろいろな工夫配慮をしてきたのではあるが、高専の数学教育に記号論理をとり入れることによって数学の理解をより一層深めるような指導がなされなければならないと考える。

本校においても早速今年度から1年を対象に高等学校にとり入れられた程度の記号論理の指導がなされているが、高専における記号論理の指導がどのような内容や程度のものでなければならないかについては、実

践の結果をみながら今後研究して行かなければならない。

この論文では、高校数 I の記号論理の内容を考慮しながら高専におけるそれがどのようなものでなければならないかについて私見を述べる。

### 2. 高校数 I における記号論理

指導要領に示されている記号論理に関する部分を主にして引用すると、

「1. 目標 (1)~(4) (省略)

2. 内容 A 代数・幾何 B 解析 C 確率  
(A, B, C いずれも細部は省略)

D 集合・論理

(1) 集合と論理

集合および命題とその合成, 相互関係についての理解を深める。

ア 条件  $p$  とそれを満たす  $x$  の集合

イ 命題の合成, 相互関係

ウ ‘すべての  $x$  について  $p$  である。’,

‘ある  $x$  について  $p$  である。’ の意味とそれらの否定

エ 用語および記号

直積,  $A \times B$ , 対偶, 必要条件, 十分条件, 同値

3. 内容の取り扱い (1)~(5) (省略)

(6) 内容の D は, 他の A, B, C の内容と密接な関連を図って指導することが必要である。」

以上であるが、これを少し具体的に述べると

ア. 命題関数  $p(x)$  を真とするような  $x$  の集合を命題関数  $p(x)$  の真理集合といい、 $\{x|p(x)\}$  と表わす。

例えば、 $x$  を自然数とするとき



「 $x$  は6の約数である」…①

は、 $x=1, 2, 3, 6$  のとき真で、その他の  $x$  の値に対して偽である。①の真理集合は

$\{1, 2, 3, 6\}$  である。

1.  $p, q$  を命題とするとき

- (1)  $p$  ではない ( $p$  の否定)  $\bar{p}$  で表わす。
- (2)  $p$  かつ  $q$
- (3)  $p$  または  $q$
- (4)  $p$  ならば  $q$  (条件文)  $p \rightarrow q$  とかく。 $p, q$  はそれぞれ(真, 偽)の2値をとるものとしそれに対して上の命題の真偽値を決定する。命題が真であることを1で、偽であることを0で表わすことにすれば、 $p, q$  の真偽値の組合せに対する  $p \rightarrow q$  の真偽値は右の表のように決められる。このような表を真理表とよぶ。上の(1)~(3)の命題に対してもそれぞれ同様真理表が与えられる。

$p$	$q$	$p \rightarrow q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

ウ. 'すべての  $x$  について  $p(x)$  である'

'ある  $x$  について  $p(x)$  である'

の意味とそれらの否定について、例えば

'すべての実数  $x$  について  $x^2+1>0$  である'

の否定は

'ある実数  $x$  について  $x^2+1 \leq 0$  である' となり

'ある実数  $x$  について  $x^2-5=0$  である'

の否定は

'すべての実数  $x$  について  $x^2-5 \neq 0$  である' となる。

ここで論理記号として否定と条件文だけは記号が導入されているが'かつ', 'または', 'すべての', 'ある' については記号化されていない。このため論理計算が自由に行えず、また曖昧な日常語との混同がいつまでも残り記号論理をとり入れたことの意義が半減することになりはしないか。この場合も中途半端は悪でさえあって記号論理の有用性に対する誤解を植え付けることになりはしないかと感じる。

### 3. 高専において教えるべき記号論理の内容

高専2年の教材の中でベクトルの部分から例をとってみる。

'すべては0でない係数  $\alpha, \beta, \gamma$  について  $\alpha a + \beta b + \gamma c = 0$

が成り立つ' とき、ベクトル  $a, b, c$  は互に1次従属であるという。

そうでないとき、すなわち「…」の否定が成り立つとき  $a, b, c$  は1次独立であるという。

「…」の否定はどのようになるであろうか。

$$\alpha a + \beta b + \gamma c = 0 \text{ を } A$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 0 \text{ を } B \text{ と表わせば}$$

$$\neg(\neg B \wedge A) \equiv \neg\neg B \vee \neg A \equiv A \vee B$$

$$\equiv A \rightarrow B \text{ であるから}$$

' $\alpha a + \beta b + \gamma c = 0$  ならば

$\alpha = \beta = \gamma = 0$  である' いかえると

' $\alpha = \beta = \gamma = 0$  のときに限り、

$\alpha a + \beta b + \gamma c = 0$  である' とき、 $a, b, c$  は1次独立であるということになる。

この例などは記号論理のたすけなくしては、なかなか正確な否定の表現に辿りつけないしまた正確な表現ができなければ正しい概念の理解も覚束無い。従来この様な部分の授業には大変苦勞したのであるが小学校や中学校を通して集合や論理について幾分かの教育を受けてくる今後の学生に対しては高専入学後の適当な時期に完全に記号化された記号論理を教えることにより数学の理解がより正確にしかも容易になされるようになると思う。数学では否定命題を作ることが度々必要になるがごく簡単な命題の否定も従来の学生にはなかなか出来なかったことを思うと尚更記号論理の教育の必要性を痛感する。

また、次の例であるが

1変数の関数について

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b \dots\dots\dots ①$$

の意味は「任意に与えられた正の数  $\epsilon$  に対して適当な正の数  $\delta$  が定まり、 $0 < |x-a| < \delta$  である任意の  $x$  に対して  $|f(x)-b| < \epsilon$  となる」とき、 $x$  が  $a$  に近づくときの  $f(x)$  の極限值は  $b$  になるといい、①のように書き表わす。

この文章の「…」の部分記号化すれば、

$$\forall \epsilon \exists \delta \forall x [0 < |x-a| < \delta \rightarrow |f(x)-b| < \epsilon] \dots\dots\dots ②$$

このように書けば、まず  $\epsilon$  が与えられ、それに応じて適当な  $\delta$  をとれば、すべての  $x$  に対して「…」となるという極限値の概念規定の論理が明確になる。

次にこの否定、

$$x \rightarrow a \text{ のとき } f(x) \rightarrow b \text{ とはならない} \dots\dots\dots ③$$

$[f(x) \rightarrow b \neq b \text{ となることもあるし、} \lim_{x \rightarrow a} f(x) \text{ が存在しないこともある}]$

は②の否定命題を作ることにより定式化され、論理規則により、 $\forall$ は $\exists$ に、 $\exists$ は $\forall$ に、 $\rightarrow$ は $\wedge$ に変わるから、

$$\exists \epsilon \forall \delta \exists x [(0 < |x-a| < \delta) \wedge |f(x)-b| \geq \epsilon]$$

となる。

この例も記号論理を用いなければ否定をつくることはかなり難かしかろう。これは悪名高い  $\epsilon$ - $\delta$  論法であるが正しい理解のためには避けて通ることはできないのである。高専の学生にどのようにしたらこの論法を理解させられるかという研究も発表されているが  $\epsilon$ - $\delta$  が難かしいのはそこに「すべての…」とか「…が存在する」という述語論理のせいだと考えられる。そして従来これが学生にとって難かしかつたのはこのような論理の操作が予め指導されていなかったのもその大きな原因であろう。①の意味を述べた「…」の部分がいわゆる  $\epsilon$ - $\delta$  論法であるがこれを述語論理において導入される限定記号 $\forall$ や $\exists$ を用いて②のように表現し、また $\forall$ や $\exists$ の使い方に習熟し否定において $\forall$ や $\exists$ がどのように変わるかをよく指導すればこの  $\epsilon$ - $\delta$  の理解は困難なものではないだろう。

私は、高専における数学教育の1つの大きな柱として記号論理が導入されるべきであると考え、高校数Ⅰにおける内容も考慮に入れて次のようなプランを樹てる。

1. 命題と真理関数
2. 論理式の変形
3. 命題関数と限定命題
4. 命題関数と集合

以上のような項目について、12~15時間で講義する教科書を試作し今後の研究討議の資料にしたいと考えている。

#### 4. 指導上留意すべき一、二の点

##### 1. 条件文について

条件文  $p \rightarrow q$  の真理表で初学者にやや奇異の感を与えるのは、 $p \rightarrow q$  は、 $p$  が真、 $q$  が偽のときだけ偽で、 $p$  が偽であるときは  $q$  が真でも偽でも  $p \rightarrow q$  は真であるということである。

たとえば、

$$3 < 4 \rightarrow 1 < 4$$

$$3 < 2 \rightarrow 1 < 2$$

$$3 < 1 \rightarrow 1 < 1 \text{ はいずれも真で、}$$

$$1 < 3 \rightarrow 4 < 3 \text{ は偽である。}$$

日常使っている「ならば」は、因果関係を表わすのであるが、論理学では日常的な用法よりも広い立場から、基本的な形式として抽象し、上のように規定する

のである。

$\neg p \rightarrow q$  は  $p \vee q$  と同値であることはわれわれの日常感覚からも妥当であると感ぜられる。ここで  $p$  を  $\neg p$  で置き換えると  $\neg \neg p \equiv p$  であることから  $p \rightarrow q$  と  $\neg p \vee q$  とは同値であるといえることになる。そこで  $p \rightarrow q$  を  $\neg p \vee q$  で定義する。すなわち、 $p \rightarrow q \equiv \neg p \vee q$  とおき右辺の真理表をつくれれば  $p \rightarrow q$  の真理表(前掲)が得られる。また、 $\neg p \vee q \equiv \neg(p \wedge \neg q)$  (ド・モルガンの法則)であるが、 $\neg(p \wedge \neg q)$  の意味するところも、 $p \rightarrow q$  ( $p$  ならば  $q$ ) の意味するものと合致すると自然に受け入れることができる。 $p$  ならば  $q$  というとき  $p$  と  $q$  の間に必然的な関係がなければならぬと日常感覚では感じるがそのような必然的な関係と感ずるものも科学の進歩や社会構造の変化によって全く無意味になるかも知れない。しかしそのようなものを超えて  $p$  ならば  $q$  という表現の論理的正しさが論理学の問題なのである。 $p$  ならば  $q$  についての上の様な真偽の決め方は日常語の「ならば」の論理的な面を正しく抽出したものと見える。

上の不等式の例についてみると、数学では

$3 < a \rightarrow 1 < a$  はつねに真であるというふうにならば使用する。(  $a$  は自然数とする。) 特別な場合として、 $a=4, 2, 1$  とおけば、真である初めの3例になっている。

われわれは2つの条件  $P(x), Q(x)$  を合成して、 $P(x) \wedge Q(x), P(x) \vee Q(x)$  を作る時  $x$  は全体集合  $\Omega$  の元の上を動き得るから、 $P(x) \rightarrow Q(x)$  の変域を  $\Omega$  に拡張して、 $P(x) \wedge Q(x), P(x) \vee Q(x)$  との釣り合いを保ち、全体を体系化する。そして、 $p \rightarrow q$  の真偽を前述のように決めておくことが論理学を整合的であらしめるのである。例えば、上の不等式の例で、

$\forall a(3 < a \rightarrow 1 < a)$  が真といえることになるのである。

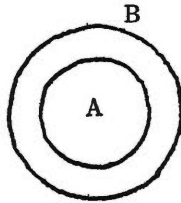
##### 2. ベン図について

ジョン・ベンが1880年その論文において論理的関係の図式的表示を提案し、オイラーの図式の欠点を是正したのである。ところが、現在多くの本がベン図と称してオイラーの図式を掲げている。 $A \subset B$  をオイラーの図式で表わしたのが、(i) 図で、ベン図では、(ii) 図のようになる。

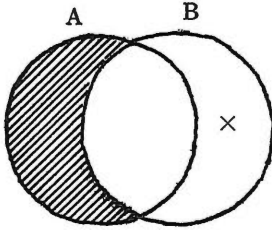
斜線はその部分すなわち、 $A-B$  が空であること

$A-B = \phi$  なることを表わし、 $\times$ 印はその部分すなわち、 $B-A$  が空でないこと

$B-A \neq \phi$  なることを表わす。また、 $A \cap B$  の部分が空白になっているのは、それに対して何の情報をも提供していないことを意味する。すなわち、空集合であるか空集合でないか何もわからないというの



(i) 図



(ii) 図

である。ベン図がオイラー図式に勝っているのは2つの集合のあらゆる関係を常に相交わる2円だけで区別して図示し得る点にある。3つの集合 A, B, C ならば互に相交わる3円を描き斜線と×印を記入することによりあらゆる場合を区別して図示する。

### 5. あとがき

実際の指導については、その内容また配当時間など今後の研究討議に俟つところが多いが、記号論理の指導は必要不可欠なことである。ただ論理教育それはブール代数を教えれば足りるというような意見は論理教育の趣旨に合わぬ全くその矮小化でしかないとして斥けるべきであろう。

付記 4. 節の1. で条件文について述べたことの1つの裏付けとして日常の思考に最も近い形で Gentzen によって考え出された自然推論とよばれる論理体系 NJ に推論規則

$$(\beta) \quad \frac{\neg\neg A}{A}$$

( $\neg\neg A$  が成り立つならば、 $A$  が成り立つ) を付け加えた古典論理体系 NK によって

$$(A \rightarrow B) \supset (\neg A \vee B)$$

の証明を示す。  
NJ の推論規則

$$\begin{array}{l} \rightarrow_1 \frac{\frac{[A]}{B}}{A \rightarrow B} \\ \wedge_1 \frac{A \quad B}{A \wedge B} \end{array} \quad \begin{array}{l} \rightarrow_2 \frac{A \quad A \rightarrow B}{B} \\ \wedge_2 \frac{A \wedge B}{A}, \frac{A \wedge B}{B} \end{array}$$

$$\vee_1 \frac{A}{A \vee B}, \frac{B}{A \vee B}$$

$$\vee_2 \frac{A \vee B \quad \frac{[A]}{C} \quad \frac{[B]}{C}}{C}$$

$$\neg_1 \frac{\frac{[A]}{\wedge}}{\neg A} \quad \neg_2 \frac{A \quad \neg A}{\wedge}$$

( $\wedge$  は矛盾命題を表わす)

$$(\alpha) \quad \frac{\wedge}{A}$$

(矛盾から任意の命題  $A$  が導ける)

これは  $[(A \vee B) \wedge \neg B] \rightarrow A$  と同等であることが証明できる。

上記の他に  $\forall$  と  $\exists$  に関する推論規則があるがいまは省略する。

$\rightarrow_1$  は  $A$  を仮定して  $B$  が導かれるときには、 $A$  と無関係に  $A \rightarrow B$  が成り立つことを示し、このとき仮定  $A$  はこの推論によって落ちるといい、 $[ ]$  をつけてこの仮定が落ちることを表わす。

$\rightarrow_2$  は modus ponens である。

$\wedge_1$  は  $A, B$  がともに成り立つとき  $A \wedge B$  が成り立つという推論を示す。

$\wedge_2$   $A \wedge B$  が成り立つとき  $A$  が成立つという推論を示す。 $B$  についても同様。

$\vee_1$   $A$  が成り立つとき、 $A \vee B$  が成り立つという推論を示す。 $B$  についても同様。

$\vee_2$   $A \vee B$  が成り立っていると仮定したとき、 $A$  が成り立つときと、 $B$  が成り立つときとに場合分けし、 $A, B$  のどちらが成り立つと仮定してもともに  $C$  が成り立つことが導かれるならば、一般に仮定  $A$  および  $B$  と無関係に  $C$  が成り立つことを示す。仮定  $A, B$  はこの推論で落ちる。

$\neg_1$   $A$  の成り立つことを仮定し、これから矛盾が導かれるならば、仮定  $A$  と無関係に  $\neg A$  が成り立つことを示す。

$\neg_2$   $A$  および  $\neg A$  の両方が成り立つと仮定すれば矛盾がおこることを示す。

まづ、排中律  $A \vee \neg A$  を証明する。

$$\frac{\frac{\frac{A}{A \vee \neg A} \quad \neg(A \vee \neg A)}{\wedge} \neg_1}{A \vee \neg A} \neg(A \vee \neg A) \quad \frac{\wedge}{\neg\neg(A \vee \neg A)} (\beta)}{A \vee \neg A} (\beta)$$

一番上の  $A$  の上に書いてある 1 という記号は、

推論

$$\frac{\dots[A]\dots}{\wedge} \frac{\wedge}{\rightarrow A}$$

を行なったとき、この仮定が規則  $\rightarrow_1$  により落ちたことを示す。仮定が落ちてしまった演繹を証明とよぶ。

$(A \rightarrow B) \rightarrow (\neg A \vee B)$  の証明

$$\frac{\frac{\frac{A^1}{A \vee \neg A} \quad \frac{A^2}{A \rightarrow B}}{B} \quad \frac{\neg A}{\neg A \vee B}}{\neg A \vee B} \quad \frac{\neg A \vee B}{\neg A \vee B} \quad (\vee_2)^1}{(A \rightarrow B) \rightarrow (\neg A \vee B)^2}$$

$(\neg A \vee B) \rightarrow (A \rightarrow B)$  の証明

$$\frac{\frac{A^1}{\neg A \vee B} \quad \frac{A^2}{\rightarrow A}}{\wedge} \quad \frac{\wedge (\alpha)}{A \rightarrow B} \quad \frac{B^2}{A \rightarrow B}}{A \rightarrow B} \quad \frac{A \rightarrow B}{(\neg A \vee B) \rightarrow (A \rightarrow B)^2}$$

## 参考文献

- 1) 松本和夫著 数理論理学 共立出版
- 2) 前原昭二著 記号論理入門 日本評論社
- 3) 前原昭二著 数学とは何か 総合科学出版
- 4) 中谷太郎著 論理 共立出版
- 5) 田中昭三 数学教育覚え書き  
—ε-δ 論法をめぐる—  
佐世保高専研究報告 第9号



# 単位操作における一数值計算

永 田 良 一

<昭和48年9月10日 受理>

## Numerical Calculation in Unit Operations

The problems in unit operations are often calculated by using the trial and error method. The problems of calculation of the flow rate in fluid transport and of the length of a continuous countercurrent tunnel drier are instanced and the computer programs for them are presented. In addition, the interpolation program of the data with a parameter (for example, over-all heat transfer coefficient of evaporator) is prepared.

Ryoich Nagata

### 1. 結 言

単位操作の問題を計算する場合、しばしば試算法により計算する必要が生じる。ここでは流体輸送における流量および連続式向流トンネル乾燥器の長さを計算する問題を例示して、電算機で計算するためのプログラムを提出した。ほかに、例えば蒸発缶の総括伝熱係数のようなパラメータをもつデータの内挿のプログラムを作成した。

### 2. 計 算 例

#### 2.1 流体輸送の問題

非圧縮性ニュートン流体の等温乱流輸送における流量を計算する。計算には次式(1)~(3)が用いられる。

$$f = A_1 \left\{ \frac{A_2}{\omega^3} - \frac{A_3}{\omega^2} - 1.50 \right\} \quad (1)$$

$$R_e = A_4 \omega \quad (2)$$

$$\log R_e = \frac{1}{B_1 \sqrt{f}} - \log \sqrt{f} - \frac{B_2}{B_1} \quad (3)$$

ここで  $A_1 \sim A_4$  は次式(4)~(7)で定義される。

$$A_1 = \frac{D}{4L} \quad (4)$$

$$A_2 = 905.9 D^4 \rho^2 P_H \eta \quad (5)$$

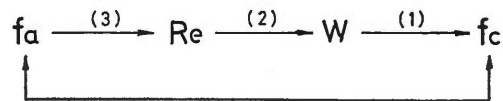
$$A_3 = 12.08 D^4 \rho^2 \{ (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) / \rho \} \quad (6)$$

$$A_4 = \frac{1.274}{D\mu} \quad (7)$$

また、 $B_1, B_2$  は粗面管、平滑管についての  $f$  の実験式の定数であり、

	$B_1$	$B_2$
粗 面 管	3.2	1.2
平 滑 管	4.06	-0.4

が一般に認められている。設定条件より  $A_1 \sim A_4, B_1, B_2$  を知ると次の方法で流量が計算できる。



比較して一致したときの  $W$  が解  
図1 2.1の計算用流れ図

ただし、式(1)のエネルギー収支式を近似すれば直接解法も可能になる。<sup>1,2)</sup>

プログラム作成にさいしては、式(3)の  $f$  は他の実験式である *Brasius* の式からも類推されるように大約  $\omega^{-1/4}$  に比例し、一方式(1)の  $f$  は  $\omega^{-3} \sim \omega^{-2}$  比例することが分る。したがって、 $f_a - f_c$  の値は  $f_a$  に対して減少関数であることが推察される。ここではこのことを考えに入れて  $R_e$  が  $2.2 \times 10^3$  と  $10^7$  の値の  $f$  をそれぞれ初期値として与え、はさみうち法により計算していき  $\omega$  の差が設定値以下の範囲に収斂したときの  $\omega$  の値を求める解とする方法を用いた。

プログラムおよび結果の一例を図2に示す。計算過程は考察と一致している。

#### 2.2 連続式向流トンネル乾燥器<sup>3)</sup>

材料と加熱空気を連続的に向流に流して材料の水分を一定の含水率まで減少させるための乾燥器の長さを計算する。ただし、加熱空気の温度は一定に保たれるように工夫されており、また一部は循環して使用される。材料の平衡含水率は乾燥器内を通じて一定とみな

```

C      *** PROGRAM 1 ***
1      DOUBLE PRECISION FMAX,FMIN,D,L,RO,MU,PH,
9      IY,ZZS21,P1SP2,A1,A2,A3,A4,B1,B2,DELW
2      WRITE(6,1)
3      1 FORMAT(1H1,///,15X,17H*** PROGRAM 1 ***)
4      DELW=0.001
5      100 READ(3,310)L,RO,MU,PH,IY,ZZS21,P2SP1
6      3 FORMAT(8D10,3)
7      IF(D.EQ.0.0)GO TO 1000
8      A1=0.25*DL
9      A2=9.9*(D**4)*(RO**2)*(PH**Y)
10     A3=12.08*(D**4)*(RO**2)*(ZZS21+P2SP1/RO)
11     A4=1.274/(D*MU)
12     WRITE(6,2)
13     4 FORMAT(1H0,///,21X,4HD(M),11X,4HL(M),6X,
14     19HD(KG/M3),3X,12HMU(KG/M*SEC),8X,
15     27HPH(P,5),11X,4HY(-),7X,8HZZ-21(M),3X,
16     31ZHP2=P1(KG/M2))
17     5 FORMAT(1H ,10X,8D15,7)
18     WRITE(6,6)A1,A2,A3,A4
19     6 FOMAT(1H0,15X,3HA1=D15,7,5X,3HA2=D15,7,
20     15X,3HA3=D15,7,5X,3HA4=D15,7)
21     FMAX=0.0120
22     FMIN=0.0027
23     B1=3.20
24     B2=1.20
25     10 WRITE(6,10)
26     10 FORMAT(1H ,///,15X,16H** ROUGH PIPE **)
27     CALL SUB1(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FMAX,FMIN,DELW)
28     FMAX=0.0120
29     FMIN=0.0020
30     D1=0.6
31     B2=0.4
32     WRITE(6,20)
33     20 FORMAT(1H ,///,15X,17H** SMOOTH PIPE **)
34     CALL SUB1(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FMAX,FMIN,DELW)
35     GO TO 100
36     1000 STOP
37     END

```

```

1      SUBROUTINE SUB1(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FMAX,FMIN,DELW)
2      DOUBLE PRECISION A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,FMA,
3      1DELW,RE,W,F,WMAX,REMAX,FMIN,WMIN,REMIN
4      WRITE(6,1)
5      1 FORMAT(1H ,///,25X,5HFA(-),15X,5HRE(-),11X,
6      19HW(KG/SEC),16X,4HF(-))
7      FA=FMAX
8      CALL SUB2(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,RE,W,F)
9      IF((FA-F),GT,0.0)GO TO 100
10     FMAX=FA
11     REMAX=RE
12     CALL SUB2(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,RE,W,F)
13     IF((FA-F),LT,0.0)GO TO 100
14     FMIN=FA
15     WMIN=W
16     REMIN=RE
17     10 F=(FMAX+FMIN)/2.0
18     CALL SUB2(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,RE,W,F)
19     IF((FA-F),LT,0.0)GO TO 20
20     FMIN=F
21     WMIN=W
22     REMIN=RE
23     GO TO 30
24     20 FMAX=F
25     WMAX=W
26     REMAX=RE
27     30 IF(DABS(WMIN-WMAX),GT,DELW)GO TO 10
28     F=(FMAX+FMIN)/2.0
29     RE=(REMAX+REMIN)/2.0
30     W=(WMAX+WMIN)/2.0
31     WRITE(6,2)
32     2 FORMAT(1H ,///,26X,4HF(-),15X,5HRE(-),11X,
33     19HW(KG/SEC))
34     WRITE(6,40)F,RE,W
35     40 FORMAT(1H ,10X,3D20,7)
36     GO TO 50
37     100 WRITE(6,110)
38     110 FORMAT(1H0,10X,18H**SYOKITHI O KAEYO**)
39     RETURN
40     END

```

```

1      SUBROUTINE SUB2(A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,RE,W,F)
2      DOUBLE PRECISION A1,A2,A3,A4,B1,B2,FA,RE,W,
3      1F,X1,X2,X3,X
4      X1=1.0/(B1*DSQRT(FA))
5      X2=DLOG 10 (DSQRT(FA))
6      X3=B2/B1
7      X=X1-X2-X3
8      RE=10.0*X
9      W=RE/A4
10     F=A1*(A2/(W**3))-(A3/(W**2))-1.50
11     WRITE(6,10)FA,RE,W,F
12     10 FORMAT(1H ,11X,4D20,7)
13     RETURN
14     END

```

\*\*\* PROGRAM 1 \*\*\*

D(M)	L(M)	R(KG/M3)	MU(KG/M.SEC)	PH(P.5)	Y(-)	Z2-Z1(M)	P2-P1(KG/M2)
0.93200000-02	0.15000000 03	0.10000000 04	0.13000000-02	0.60000000 01	0.60000000 00	0.25000000 02	0.0

A1=	A2=	A3=	A4=
0.15533333-03	0.24606310 06	0.22786130 05	0.10515020 05

\*\* ROUGH PIPE \*\*

FA(-)	RE(-)	W(KG/SEC)	F(-)
0.12000000-01	0.27424010 04	0.26080800 00	0.21024750 04
0.27000000-02	0.83826910 07	0.79721100 03	-0.23849300-03
0.70000000-02	0.21729330 05	0.20639920 01	0.35051140 01
0.50250000-02	0.15234990 06	0.14488780 02	-0.45270090-02
0.61875000-02	0.50350430 05	0.47894290 01	0.19352430 00
0.36062500-02	0.84002320 05	0.79088110 01	0.19274130-01
0.33196250-02	0.11179650 06	0.10632050 02	0.25811380-03
0.54609380-02	0.96640530 05	0.91507120 01	0.70986160-02
0.53882810-02	0.10386830 06	0.98780890 01	0.31479960-02
0.54246090-02	0.10011170 06	0.9585320 01	0.49754940-02
0.54427730-02	0.98385990 05	0.93567080 01	0.59980500-02
0.54336910-02	0.99273740 05	0.94411350 01	0.54772850-02
0.54291500-02	0.99721430 05	0.94837110 01	0.52240500-02
0.54314210-02	0.99897280 05	0.94623930 01	0.53500780-02
0.54325500-02	0.99938420 05	0.94517360 01	0.54135340-02
0.54321240-02	0.99932950 05	0.94464440 01	0.54493720-02
0.54328400-02	0.99935480 05	0.94449100 01	0.54294440-02
0.54329820-02	0.99934320 05	0.94477220 01	0.54374060-02
0.54329110-02	0.99935050 05	0.94484360 01	0.54334240-02

F(-)	RE(-)	W(KG/SEC)
0.54328750-02	0.99935990 05	0.94487680 01

\*\* SMOOTH PIPE \*\*

FA(-)	RE(-)	W(KG/SEC)	F(-)
0.12000000-01	0.20294680 04	0.19300650 00	0.52211100 04
0.20000000-02	0.90274250 07	0.85855650 03	-0.23774170-03
0.70000000-02	0.13177910 05	0.13033600 01	0.17159240 02
0.45000000-02	0.87825440 05	0.83523790 01	0.14627630-01
0.32500000-02	0.46032380 06	0.43777730 02	-0.16242720-02
0.38750000-02	0.13244480 06	0.11308990 02	-0.46726560-02
0.44875000-02	0.12410470 06	0.11802610 02	-0.23939720-02
0.43437500-02	0.10391180 06	0.98841310 01	0.31196470-02
0.44218750-02	0.95437030 05	0.90762560 01	0.79213090-02
0.43928130-02	0.99566520 09	0.94689790 01	0.53109780-02
0.43632810-02	0.10171870 06	0.96736560 01	0.41662100-02
0.43730470-02	0.10063510 06	0.95706050 01	0.47259220-02
0.43681640-02	0.10117500 06	0.96219510 01	0.44429490-02
0.43457230-02	0.10144400 06	0.96477580 01	0.43030860-02
0.43669430-02	0.10131060 06	0.96348430 01	0.43731830-02
0.43663330-02	0.10137850 06	0.96412980 01	0.43384460-02
0.43669380-02	0.10134450 06	0.96380700 01	0.43591030-02
0.43667110-02	0.10132750 06	0.96364560 01	0.43644900-02
0.43668670-02	0.10131910 06	0.96356500 01	0.43688360-02

F(-)	RE(-)	W(KG/SEC)
0.43668290-02	0.10132330 06	0.96360530 01

図2 2.1のプログラムと計算結果

される。材料表面はその温度で飽和しているとし、また、予備実験より材料の乾燥速度は次式で表わせるものとする。

$$-\frac{\partial F}{\partial \theta} = 108F(H_w - H)$$

装置略図を図3に示す。

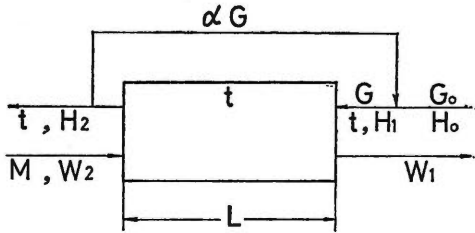


図3 乾燥装置略図

計算には次式(1)~(12)が用いられる。

$$f(W) = \frac{1}{F(H_w - H)} \quad (1)$$

$$F = W - W_e \quad (2)$$

$$G = G_0 + \alpha G \quad (3)$$

$$H_2 = \frac{1}{1-\alpha} \left\{ \frac{M}{G} (W_2 - W_1) + \frac{G_0}{G} H_0 \right\} \quad (4)$$

$$H_1 = \frac{G_0}{G} H_0 + \alpha H_2 \quad (5)$$

$$H = \frac{M(W - W_1)}{G} + H_1 \quad (6)$$

$$t_w = \frac{1}{\gamma} \{ H \lambda_w + \gamma t - H_w \lambda_w \} \quad (7)$$

$$H_w = (t_w) \quad \text{湿度図表} \quad (8)$$

$$\lambda_w = 538 + 0.625(100 - t_w) - 0.0005(100 - t_w)^3 \quad (9)$$

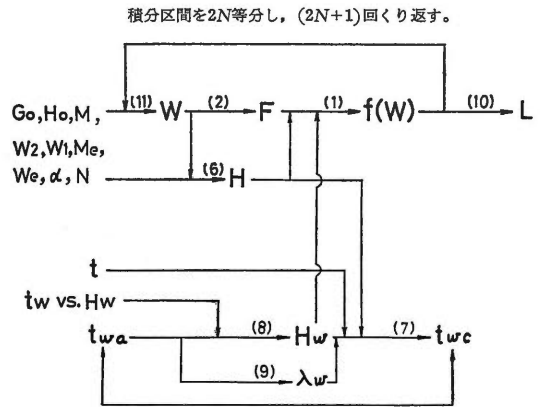
$$L = \frac{M}{108M_e} \int_{W_1}^{W_2} f(W) dW \quad (10)$$

$$W = W_1 + \Delta W \times I, \quad I = 0 \text{ より } 2N \text{ まで} \quad (11)$$

$$\Delta W = \frac{W_2 - W_1}{2N} \quad (12)$$

設定条件として、 $t_w$  対  $H_w, G_0, H_0, M, W_2, W_1, M_e, W_e, t, \alpha, N$  を与え式(10)の  $L$  を求めることになる。ただし  $t_w$  を加熱空気の湿球温度に等しいとみなせば試算による必要はないが、そうでない場合は試算により計算せねばならない。<sup>3-5)</sup> ここでは従来の試算法に従って  $\gamma = 0.26$  (即ち  $t_w$  を加熱空気の湿球温度に

等しいとみなした場合でこの場合に限り試算は不用であるが) の場合のプログラムを作成した。次の手順で  $L$  が計算できる。



比較して、一致したときの  $H_w$  が  $f(w)$  の計算に採用される。これを  $(2N+1)$  回くり返す。

図4 2・2の計算用流れ図

プログラム作成にさいしては、式(9)の  $\lambda_w$  は  $t_w$  の減少関数であって大約  $-t_w$  に比例する。一方式(8)の  $H_w$  は  $t_w$  の増加関数で増加率は急激である。したがって、 $t_w$  に対して式(7)の  $H \lambda_w$  は減少関数であり、 $H_w \lambda_w$  は増加関数と考えられる。ゆえに  $t_{wa} - t_{wc}$  は  $t_{wa}$  に対して増加関数であることが推察される。計算手順は  $t_{wa}$  に  $80^\circ\text{C}$  および  $30^\circ\text{C}$  を初期値として与え、2・1と同じくはさみうち法により計算していき  $t_{wc}$  の値の差が設定値以下の範囲に収斂したときの  $H_w$  の値を採用して  $f(w)$  の計算に持っていき方法を用いた。なお式(8)の計算にはラグランジェの補間公式、式(10)の計算にはシンプソンの積分公式を用いている。

計算の過程は上記の考察と一致するものを得たが、ここでは計算過程の印刷を省略したプログラムと(結果の印刷部分が多くなるので、結果の一部を図5に示す。

### 2・3 パラメーターをもつデータの内挿

パラメーターをもつデータの内挿のプログラムは、例えば多重効用係数の計算で熱貫流係数を一定と近似すれば必要ではないが、<sup>6)</sup> 一定と近似しない場合は、このプログラムが必要になる。しかし、いくつかの参考書にこのプログラムを見いださなかったので作成してみた。

いま  $f(x, y)$  の  $f$  が  $y$  をパラメーターにして、 $x$  の関数として、データで準備され、任意の  $x_a$  と  $y_b$  における  $f(x_a, y_b)$  を知りたい。計算は次の手順に従って行った。



```

C
*** PROGRAM 2 ***
1  DOUBLE PRECISION TS(10),HS(10),GO,HO,M,W2,W1,
   1ME,WE,TR,ALPHA,G,H2,H1,TWMAX,TWMIN,TR,DEL,T,TS(10),
   2DEL,T,W,H,F,FW,S,L,DELW,TW,HW
2  WRITE(6,1)
3  1  FORMAT(1H1,////,10X,17H*** PROGRAM 2 ***)
4  READ(5,2) (TS(I),I=1,10),(HS(J),J=1,10)
5  2  FORMAT(10D8.5)
6  1000 READ(5,10)GO,HO,M,W2,W1,ME,WE,TR,ALPHA,
7  10  FORMAT(D8.2,D8.5,7D8.4)
8  IF(GO.EQ.0.0)GO TO 999
9  G=GO/(1.0-ALPHA)
10 H2=(1.0/(1.0-ALPHA))*((M*(W2-W1)/G)+GO*HO/G)
11 H1=GO*HO/G+ALPHA*H2
12 WRITE(6,14) (TS(I),I=1,10)
13 14  FORMAT(1H0,5X,6HTS(I)=,10D12.4)
14 WRITE(6,15) (HS(J),J=1,10)
15 15  FORMAT(1H ,5X,6HHS(J)=,10D12.4)
16 WRITE(6,16)
17 16  FORMAT(1H0,10X,8HGO(KG/H),3X,13HHO(KG/KG-AIR),2X,
   17HM(KG/H),6X,9HW2(KG/KG),4X,9HW1(KG/KG),4X,
   28HME(KG/M),5X,9HWE(KG/KG),4X,6HTR(COC),7X,5HALPHA)
18 WRITE(6,17)GO,HO,M,W2,W1,ME,WE,TR,ALPHA
19 17  FORMAT(1H ,8X,9(D12.4,1X))
20 WRITE(6,18)G,H2,H1
21 18  FORMAT(1H0,10X,2HG=D12.4,5X,3HH2=D12.4,5X,
   19HH1=D12.4)
22 50  READ(5,12)N
23 12  FORMAT(15)
24 IF(N.EQ.0)GO TO 1000
25 N2=N*2
26 WRITE(6,51)N2
27 51  FORMAT(1H ,////,20X,3HN2=,15)
28 WRITE(6,52)
29 52  FORMAT(1H0,10X,19X,1HW,19X,1HH,18X,2HTW,18X,
   3012HMW,19X,1HF,18X,2HFW)
30 S1=0.0
31 S2=0.0
32 S3=0.0
33 DELW=(W2-W1)/(2.0*FLOAT(N))
34 W=W1-DELW
35 NN=2*N+1
36 DO 60 I=1,NN
37 W=W+DELW
38 H=(H1-(M/G)*W1)+(M/G)*W
39 F=W-WE
40 TWMAX=80.0
41 TWMIN=30.0
42 DELT=C.1
43 CALL SUB5(TWMAX,TWMIN,TR,DEL,T,TS,HS,H,TW,HW)
44 IF(TWMAX.EQ.0.0)GO TO 1000
45 FW=1.0/(F*(HW-H))
46 WRITE(6,13)W,H,TW,HW,F,FW
47 13  FORMAT(1H ,10X,6(5X,D15.5))
48 IF((I.EQ.1).OR.(I.EQ.NN))GO TO 100
49 P=FLOAT(I)/2.0
50 K=1/2
51 Q=FLOAT(K)
52 IF((P-Q).EQ.0.0)GO TO 200
53 S3=S3+2.0*FW
54 GO TO 60
55 200 S2=S2+.4*FW
56 GO TO 60
57 100 S1=S1+FW
58 60  CONTINUE
59 S=(DELW/3.0)*(S1+S2+S3)
60 L=(M*S)/(108.0*HME)
61 .WRITE(6,53)L
62 53  FORMAT(1H ,//,20X,'*** KOTAE *** L(M)=',D15.5)
63 GO TO 50
64 999 STOP
65 END

```

```

*** PROGRAM 2 ***
TS(I)= 0.3000D 02 0.3500D 02 0.4000D 02 0.4500D 02 0.5000D 02 0.5500D 02 0.6000D 02 0.6500D 02 0.7000D 02 0.8000D 02
HS(J)= 0.2720D-01 0.3650D-01 0.4880D-01 0.6500D-01 0.8620D-01 0.1140D 00 0.1520D 00 0.2040D 00 0.2760D 00 0.5450D 00
GO(KG/H) HO(KG/KG-AIR) M(KG/H) W2(KG/KG) W1(KG/KG) ME(KG/H) WE(KG/KG) TR(COC) ALPHA
0.1200D 05 0.1600D-01 0.2700D 03 0.1700D 01 0.1200D 00 0.1500D 02 0.3000D-01 0.8000D 02 0.2000D 00
G= 0.1500D 05 H2= 0.5155D-01 H1= 0.2311D-01

```

N2=	10	W	H	TW	HW	F	FW
		0.12000D 00	0.23110D-01	0.17471D 02	0.42249D-01	0.90000D-01	0.58055D 03
		0.27800D 00	0.25954D-01	0.38447D 02	0.44675D-01	0.24800D 00	0.21539D 03
		0.43600D 00	0.28798D-01	0.79424D 02	0.47226D-01	0.40600D 00	0.13366D 03
		0.59400D 00	0.31642D-01	0.40303D 02	0.49849D-01	0.76400D 00	0.98463D 02
		0.75200D 00	0.34486D-01	0.41182D 02	0.52205D-01	0.72200D 00	0.78168D 02
		0.91000D 00	0.37330D-01	0.41963D 02	0.54995D-01	0.88000D 00	0.69819D 02
		0.10680D 01	0.40174D-01	0.42744D 02	0.57101D-01	0.10380D 01	0.56915D 02
		0.12260D 01	0.43016D-01	0.43525D 02	0.59724D-01	0.11960D 01	0.50048D 02
		0.13840D 01	0.45862D-01	0.44209D 02	0.62117D-01	0.13540D 01	0.45435D 02
		0.15420D 01	0.48706D-01	0.44893D 02	0.64601D-01	0.15120D 01	0.41608D 02
		0.17000D 01	0.51550D-01	0.45576D 02	0.67178D-01	0.16700D 01	0.38317D 02

\*\*\* KOTAE \*\*\* L(M)= 0.27497D 02

図5 2.2のプログラムと計算結果

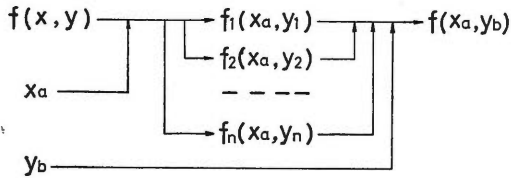


図6 2・3の計算用流れ図

ただし、 $f, y$  の添字はデータ番号を示す。補間にはラグランジュの補間公式を用いた。プログラムおよび計算結果の一例を図7に示す。

```

C
*** PROGRAM 3 ***
1  DOUBLE PRECISION F(20,20),X(20),Y(20),FXJ(20),
2  1FYJ(20),FAY,FAB,XA,YB
3  WRITE(6,1)
4  1 FORMAT(1H1,///,20X,17H*** PROGRAM 3 ***)
5  N=4
6  M=6
7  READ(5,3)((F(I,J),J=1,M),I=1,N)
8  3 FORMAT(6D10.2)
9  READ(5,4)(X(I),I=1,N)
10 4 FORMAT(4D10.2)
11 READ(5,7)(Y(J),J=1,M)
12 7 FORMAT(6D10.2)
13 WRITE(6,11)(Y(J),J=1,M)
14 11 FORMAT(1H0,///,11X,4HY(J),6D15.5)
15 WRITE(6,12)(X(I),I=1,N)
16 12 FORMAT(1H ,10X,4HX(I),4D15.5)
17 WRITE(6,13)
18 13 FORMAT(1H0,10X,6HF(I,J))
19 WRITE(6,14)((F(I,J),J=1,M),I=1,N)
20 14 FORMAT(1H ,14X,6D15.5)
21 100 READ(5,5)XA,YB
22 5 FORMAT(2D10.2)
23 IF(XA.E0.0.0)GO TO 200
24 WRITE(6,6)XA,YB
25 6 FORMAT(1H0,7,23X,3HXA=,D15.7,10X,3HYB=,D15.7)
26 DO 10 J=1,M
27 FXJ(I)=F(I,J)
28 CONTINUE
29 CALL SUB3(N,X,FXJ,XA,FAY)
30 FYJ(J)=FAY
31 10 CONTINUE
32 WRITE(6,16)(FYJ(J),J=1,M)
33 16 FORMAT(1H0,10X,7HF(XA,J),6D14.5)
34 CALL SUB3(M,Y,FYJ,YB,FAB)
35 WRITE(6,30)FAB
36 30 FORMAT(1H ,10X,9HF(XA,YB)=,D15.7)
37 GO TO 100
38 200 STOP
39 END
  
```

\*\*\* PROGRAM 3 \*\*\*

Y(J)	0.56000D 02	0.60000D 02	0.70000D 02	0.80000D 02	0.90000D 02	0.10000D 03
X(I)	0.50000D 01	0.15000D 02	0.25000D 02	0.35000D 02		
F(I,J)	0.26700D 03	0.50000D 03	0.85800D 03	0.10750D 04	0.13670D 04	0.15000D 04
	0.79200D 03	0.12920D 04	0.16580D 04	0.20330D 04	0.22330D 04	0.24080D 04
	0.11000D 04	0.16250D 04	0.20670D 04	0.2330D 04	0.25830D 04	0.28500D 04
	0.12330D 04	0.17080D 04	0.22080D 04	0.24580D 04	0.26670D 04	0.27670D 04
XA=	0.2000000D 02	YB=	0.7500000D 02			
F(XA,J)	0.97050D 03	0.15028D 04	0.19037D 04	0.22351D 04	0.24569D 04	0.25784D 04
F(XA,YB)=	0.2079950D 04					
XA=	0.3000000D 02	YB=	0.6500000D 02			
F(XA,J)	0.11857D 04	0.16847D 04	0.21633D 04	0.23872D 04	0.26426D 04	0.26903D 04
F(XA,YB)=	0.1965659D 04					
XA=	0.1700000D 02	YB=	0.5500000D 02			
F(XA,J)	0.86962D 03	0.13886D 04	0.17671D 04	0.21302D 04	0.23363D 04	0.24924D 04
F(XA,YB)=	0.1178991D 04					

図7 2・3のプログラムと計算結果

### 3. 結 言

試算法による計算は原理は簡単でも、実際に計算尺を用いて、手計算で行うには労力と時間を費やす単調な仕事であり電算機で計算させるようにプログラムを作成しておくことと便利であろう。

2・1のプログラムは、試算法を電算機で計算させるプログラムであるという以外に、式の全てが一般性の

あるものを用いており、また  $f$  の初期値としては  $Re$  が  $2.2 \times 10^8$  と  $10^7$  の値を採用しているため、このままのプログラムで設計計算に利用できると思われる。

2・2のプログラムは、計算式にいくつかの仮定と条件による定数を含んでいるために、一般性があるとはいえない。条件によっては一部修正して用いる必要がある。ここでは単位操作における試算法の計算の一例として掲げた。

2・3のプログラムは、例えば多重効用缶の計算で熱貫流係数が液温と加熱器の温度差および液温の関数として計算するような場合の準備として作成した。

以上の計算例は、工業化学数値計算の教材の一部になることを期待してここに報告した。

最後にこの報告の提出にさいし、御教示戴いた本校の木村教授に御礼申し上げます。なお計算機は九州大学大型計算機センターのFACOM 230-60を使わせてもらった。

### 使用記号

#### 2・1に使用の記号

$D$  = パイプ内径 [m]

$f$  = ファンニングの式の摩擦係数 [-]

$L$  = パイプ相当長さ [m]

$P$  = 流体の圧力 [Kg/m<sup>2</sup>]

$P_H$  = ポンプの馬力 [P・S]

$R_e$  = レイノルズ数 [-]

$Z$  = 管路の高さ [m]

$\eta$  = ポンプの効率 [-]

$\mu$  = 流体の粘度 [kg/m・sec]

$\rho$  = 流体の密度 [kg/m<sup>3</sup>]

$\omega$  = 流量 [kg/sec]

<添字>

$f; a, c$  = 仮定値, 計算値

$P, Z; 1, 2$  = 管路の上流と下流

#### 2・2に使用の記号

$F$  = 自由含水率 [kg(H<sub>2</sub>O)kg/ (乾き材料)]

$G$  = 乾燥器を流れる乾き空気量 [kg/hr]

$G_0$  = 外気から取り入れる乾き空気量 [kg/hr]

$H$  = 絶対湿度 [kg(H<sub>2</sub>O)/kg (乾き空気)]

$L$  = 乾燥器の長さ [m]

$M$  = 乾燥器への材料供給量 [kg (乾き材料)/hr]

$M_e$  = 乾燥器の材料保持量

[kg (乾き材料)/m (乾燥器)]

$N$  = 積分区間数の1/2 [-]

$t$  = 加熱空気温度 [°C]

$t_w$  = 材料の表面温度 [°C]

$W$  = 材料の含水率 [kg(H<sub>2</sub>O)/kg (乾き材料)]

$\alpha$  = 加熱空気の循環率 [-]

$\lambda_w = t_w$  における水の蒸発潜熱 [kcal/kg(H<sub>2</sub>O)]

<添字>

$H; \omega, 0, 1, 2$  = 材料表面および供給, 乾燥器入口, 出口の加熱空気

$t_w; a, c$  = 仮定値, 計算値

$W; e, 2, 1$  = 平衡, 乾燥器入口, 乾燥器出口

### 参考文献

- 1) 大竹伝雄: 化学機械, 12, 87 (昭23)
- 2) 山下, 永田: 化学工学誌掲載予定
- 3) 藤田重文: “単位操作演習”, 科学技術社 (1962)
- 4) 亀井三郎: “化学機械の理論と計算”, 産業図書 (1959)
- 5) 化学工学協会: “化学工学便覧”, 丸善 (1968)
- 6) 山田幾穂: 化学工学における数値計算 (I); 化学工学協会東海支部 (第7回, 昭40)

# 電算機による4節リンク機構の数値解法とその応用例

木村 剛三      猿渡 真一

<昭和48年9月10日 受理>

## Numerical Solution of Four-bar Linkage Mechanism by the Electronical Computer and an Example of the Application

The analysis of the motion at each point in the linkage mechanism, especially in the four-bar linkage mechanism is considerably complicated and practically of no use, and the graphical method has been used.

But recently, in propotion to the spread of the electronical computer, complex calculations has become to be easily done by making a subroutine, and such ones need to be reviewed.

One of the reporters once took charge of the item of the four-bar linkage mechanism in "A Collection of Teaching Materials for Information Treatment of Mechanical Engineering" published in 1972, but there he showed only the result of the calculation.

In this paper, we clarified the content of the calculation and as an application of it tried a comparison between the result of the numerical calculation by the electronical computer and the solution by the students using the graphical method.

Gozo Kimura, Shinichi Saruwatari

### 1. まえがき

情報処理教育推進の一環として数学・応用数学に引き続いて、機械工学科においてもその教材集が出版されることになった。筆者の1人がそのなかの4節リンク機構の項を担当したので、ここにその計算法を明らかにするとともに、その応用例を示した。

この教材集の応用としてはいくつかのやり方が考えられる。たとえば

1. 情報処理そのものを目的とすることで、この教材集の例題を手本にして学生にプログラムを作成させることである。
2. これらの例題を利用して(サブプログラムとして)さらに高度な内容のプログラムを組み上げることである。
3. 直接、情報処理とつながらないかも知れないが、学生に手計算による内容のレポートを提出させる場合、実際に解くのは数人で、その他多勢はそれを丸写しにして出す場合が少なくない。そのようなとき学生の1人1人に異なったデータを与えておき、教官は電算機で一括答を用意しておけば非常に都合が宜しい。
4. 本質的に図式解法による問題が、その点や、解の取り方が微妙でわずかな手許の狂いが結果に大きな

影響を及ぼす恐れがある場合、多少面倒でも電算機による正確な解を用意しておけば、学生の解を正しく評価することができるであろう。

本報告ではこの最後の応用について示した。電算機による結果と学生の解との比較をいくつかのデータの場合について行った。

### 2. 基礎方程式

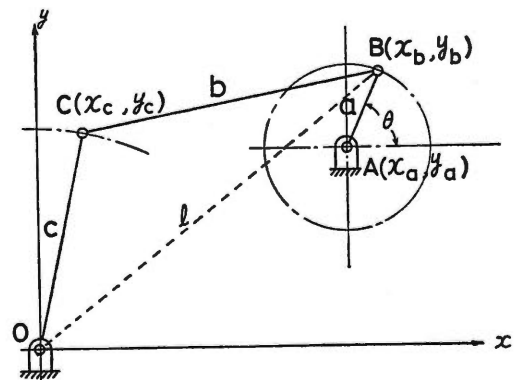


図1 4節リンク

図1に示す4節リンク機構においてOAを固定節、ABはAを中心にして回転するものとする。Oを原点

とし、 $x$  軸、 $y$  軸を図のように設定し、 $A, B, C$  の座標をそれぞれ  $(x_a, y_a), (x_b, y_b), (x_c, y_c)$ 、 $AB, BC, CO$  の長さをそれぞれ  $a, b, c$ 、 $AB$  の  $x$  軸の正の方向となす角を  $\theta$  とするとき、 $c$  点の位置、速度、加速度を  $x_a, y_a, a, b, c, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$  で表わすことが目的である。

このため

$$\left. \begin{aligned} x_b &= x_a + a \cos \theta \\ y_b &= y_a + a \sin \theta \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

または

$$(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2 = a^2 \quad (2.2)$$

および

$$(x_c - x_b)^2 + (y_c - y_b)^2 = b^2 \quad (2.3)$$

$$x_c^2 + y_c^2 = c^2 \quad (2.4)$$

を基礎方程式とする。

### 3. 位置

この方程式を解く方法はいろいろ考えられるが、ここでは次のような順序で求めた。まず (2.1), (2.3) 式から

$$\begin{aligned} -2x_a x_b + 2x_b x_c - 2y_a y_b + 2y_b y_c + x_a^2 \\ + y_a^2 - x_b^2 - y_b^2 = a^2 - b^2 \end{aligned}$$

(2.4) 式を代入して

$$x_c = \frac{a^2 - b^2 + c^2 - x_a^2 - y_a^2 + 2y_a y_b - 2y_b y_c + 2x_a x_b}{2x_b} \quad (3.1)$$

ここで式を簡潔にするために第1の補助変数として

$$OB^2 = x_b^2 + y_b^2 = l^2 \quad (l > 0) \quad (3.2)$$

を設定する。(2.1) 式を代入して

$$\begin{aligned} l^2 &= (x_a + a \cos \theta)^2 + (y_a + a \sin \theta)^2 \\ &= x_a^2 + y_a^2 + 2x_a a \frac{x_b - x_a}{a} + 2y_a a \frac{y_b - y_a}{a} + a^2 \\ &= a^2 - x_a^2 - y_a^2 + 2x_a x_b + 2y_a y_b \end{aligned}$$

から

$$a^2 - x_a^2 - y_a^2 = l^2 - 2x_a x_b - 2y_a y_b$$

を (3.1) 式に代入して

$$x_c = \frac{l^2 - b^2 + c^2 - 2y_b y_c}{2x_b} \quad (3.3)$$

を得る。これを (2.4) 式に代入して  $y_c$  について解けば、

$$y_c = \frac{2y_b(l^2 - b^2 + c^2) \pm \sqrt{4y_b^2(l^2 - b^2 + c^2)^2 - 4l^2\{(l^2 - b^2 + c^2)^2 - 4c^2x_b^2\}}}{4l^2} \quad (3.4)$$

根号の中を  $4D$  として整理すれば

$$D = x_b^2(l+b+c)(b+c-l)(c+l-b)(l+b-c)$$

ここで第2の補助変数として

$$\begin{aligned} S^2 &= (l+b+c)(b+c-l)(c+l-b)(l+b-c) \\ &= -l^4 + 2(b^2+c^2)l^2 - (b^2-c^2)^2 \quad (S > 0) \end{aligned} \quad (3.5)$$

を設定する。この  $S$  は  $\triangle OBC$  の面積の4倍である。

$$\therefore D = x_b^2 S^2$$

ゆえに (3.4) 式は

$$y_c = \frac{2y_b(l^2 - b^2 + c^2) \pm 2x_b S}{4l^2}$$

となる。ここで1図は複号の正の場合に対応するので

$$y_c = \frac{Sx_b + (l^2 - b^2 + c^2)y_b}{2l^2} \quad (3.6)$$

を得る。これを (2.3) 式に代入して

$$x_c = \frac{(l^2 - b^2 + c^2)x_b - S y_b}{2l^2} \quad (3.7)$$

### 4. 速度

(3.6), (3.7) 式を微分すればよいのであるが準備として

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_b &= \frac{d}{dt}(x_a + a \cos \theta) = -a\dot{\theta} \sin \theta = -(y_b - y_a)\dot{\theta} \\ \dot{y}_b &= \frac{d}{dt}(y_b + a \sin \theta) = a\dot{\theta} \cos \theta = (x_b - x_a)\dot{\theta} \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

(3.2) 式から

$$\begin{aligned} 2l\dot{l} &= 2x_b \dot{x}_b + 2y_b \dot{y}_b \\ \therefore \dot{l} &= \frac{-x_b(y_b - y_a)\dot{\theta} + y_b(x_b - x_a)\dot{\theta}}{l} \\ &= \frac{y_a x_b - x_a y_b}{l} \dot{\theta} \end{aligned} \quad (4.2)$$

(3.5) 式から

$$\begin{aligned} 2S\dot{S} &= -4l^3 \dot{l} + 4(b^2 + c^2)l\dot{l} \\ \therefore \dot{S} &= -\frac{2l(l^2 - b^2 - c^2)}{S} \dot{l} \end{aligned} \quad (4.3)$$

を出したのち、速度を求める。(3.7) 式から

$$\begin{aligned} \dot{x}_c &= \frac{d}{dt} \left\{ \frac{(l^2 - b^2 + c^2)x_b - S y_b}{2l^2} \right\} \\ &= -\frac{S(x_b - x_a) + (l^2 - b^2 + c^2)(y_b - y_a)\dot{\theta}}{2l^2} + \\ &\quad \frac{(b^2 - c^2)x_b + S y_b}{l^3} \dot{l} - \frac{y_b}{2l^2} \dot{S} \end{aligned} \quad (4.4)$$

同様に (3.8) 式から

$$\begin{aligned} \dot{y}_c &= \frac{(l^2 - b^2 + c^2)(x_b - x_a) - S(y_b - y_a)\dot{\theta}}{2l^2} - \\ &\quad \frac{S x_b - (b^2 - c^2)y_b}{l^3} \dot{l} + \frac{x_b}{2l^2} \dot{S} \end{aligned} \quad (4.5)$$

を得る。

## 5. 加速度

速度の場合と同様に準備として、 $\dot{l}$  および  $\dot{S}$  を求めておけば

$$\begin{aligned} \dot{l} &= -\frac{x_a y_b + y_a y_b - x_a^2 - y_a^2}{l} \dot{\theta} - \frac{y_a x_b - x_a y_b}{l^2} \dot{\theta} \dot{l} \\ &\quad + \frac{y_a x_b - x_a y_b}{l} \dot{\theta} \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} \dot{S} &= -2 \left[ \frac{3l^2 - b^2 - c^2}{S} \dot{l} - \frac{l(l^2 - b^2 - c^2)}{S^2} \dot{l} \dot{S} \right. \\ &\quad \left. + \frac{l(l^2 - b^2 - c^2)}{S} \dot{l} \right] \end{aligned} \quad (5.2)$$

となり、 $\ddot{x}_c$  および  $\ddot{y}_c$  は次のように書ける。

$$\begin{aligned} \ddot{x}_c &= -\frac{1(l^2 - b^2 + c^2)(x_b - x_a) - S(y_b - y_a)\dot{\theta}^2}{2} \\ &\quad - \frac{3\{(b^2 - c^2)x_b + S y_b\} \dot{l}^2}{l^4} \\ &\quad + \frac{2\{S(x_b - x_a) - (b^2 - c^2)(y_b - y_a)\} \dot{\theta} \dot{l}}{l^3} \\ &\quad + \frac{2y_b}{l^3} \dot{l} \dot{S} - \frac{x_b - x_a}{l^2} \dot{S} \dot{\theta} \\ &\quad - \frac{S(x_b - x_a) + (l^2 - b^2 + c^2)(y_b - y_a)\dot{\theta}}{2l^2} \\ &\quad + \frac{(b^2 - c^2)x_b + S y_b}{l^3} \dot{l} - \frac{y_b}{2l^2} \dot{S} \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} \ddot{y}_c &= -\frac{1}{2} \frac{S(x_b - x_a) + (l^2 - b^2 + c^2)(y_b - y_a)\dot{\theta}^2}{l^2} \\ &\quad + \frac{3\{S x_b - (b^2 - c^2)y_b\} \dot{l}^2}{l^4} \\ &\quad + \frac{2\{(b^2 - c^2)(x_b - x_a) + S(y_b - y_a)\} \dot{\theta} \dot{l}}{l^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - \frac{2x_b}{l^3} \dot{l} \dot{S} - \frac{y_b - y_a}{l^2} \dot{S} \dot{\theta} \\ & + \frac{(l^2 - b^2 + c^2)(x_b - x_a) - S(y_b - y_a)\dot{\theta}}{2l^2} \dot{\theta} \\ & - \frac{S x_b - (b^2 - c^2)y_b}{l^3} \dot{l} + \frac{x_b}{2l^2} \dot{S} \end{aligned} \quad (5.4)$$

## 6. プログラムと計算例

以上の計算式をフォートランで書いたものが附録1のサブルーチンの部分である。データとして

$$\begin{aligned} x_a &= 80.0\text{mm}, \quad y_a = 60.0\text{mm}, \\ a &= 20.0\text{mm}, \quad b = 80.0\text{mm}, \quad c = 60.0\text{mm}, \\ \dot{\theta} &= \omega = 2\pi \text{ rad/sec}, \quad \ddot{\theta} = 0 \end{aligned}$$

を用いて、 $\theta = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 360^\circ$  の場合について出力したものが附録2である。実行時間はコンパイルを含めて12.673秒であった。また、精度は計算式で級数展開のような近似を一切行っていないので、計算機の1 word のビット数に左右される。

## 7. リンク成立の条件

すでにリンクとして用いられている場合のデータについて計算をするときは問題ないが、データによってはリンクが成立しない場合があるであろう。このようなとき、計算の実行段階でエラーが検出されることが予想される。すなわち、(3.2) 式で定義される  $l$  が零になる場合と (3.5) 式で定義される  $S$  が負になる場合である。このようなことにならないようにデータをチェックすることを考える。

第1の場合に対しては

$$x_a^2 + y_a^2 \neq a^2 \quad (7.1)$$

とすれば宜しい。

第2の場合に対しては次の2つの場合について考えることにし、いま  $OA = s = \sqrt{x_a^2 + y_a^2}$  とする。

i)  $O, A, B$  が一直線をなすとき

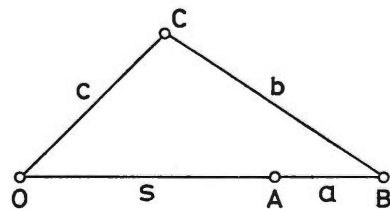


図2  $O, A, B$  が一直線をなすとき

$$\left. \begin{aligned} b+c > s+a \\ c+s > a+b \\ s+a > b+c \end{aligned} \right\} \quad (7.2)$$

であれば宜しい。

ii) O, B, A が一直線をなすとき

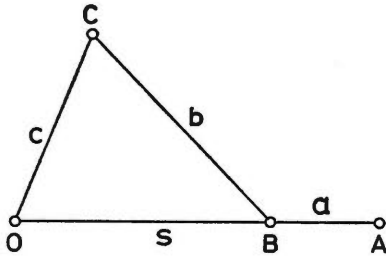


図3 O, B, A が一直線をなすとき

$$\left. \begin{aligned} b+c > s-a \\ c+s-a > b \\ s-a+b > c \end{aligned} \right\} \quad (7.3)$$

であれば宜しい。

(7.2) 式と (7.3) 式の共通部分をとり

$$\left. \begin{aligned} b+c > s-a \\ c+s-a > b \\ s-a+b > c \end{aligned} \right\} \quad (7.4)$$

となる。

以上のことより、(7.1) 式と (7.4) 式がリンク成立の条件である。

### 8. 数値計算の吟味

このようにして得られた計算式、または計算機のプログラムに誤りがないかどうかはいつも頭を悩ます問題である。このためにはいくつかの図式解をできるだけ精密に求めて比較することも考えられるが、ここでは数値微分による方法を考えてみた。

まず、位置の  $(x_c, y_c)$  だけは方眼紙上に作図してチェックする。 $(x_c, y_c)$  がほぼ間違いないことが分かれば、計算機の出力をデータとして数値微分し、計算機の出力の  $\dot{x}_c, \dot{y}_c$  と比較して見当をつけることができる。 $\ddot{x}_c, \ddot{y}_c$  についても同様である。参考として数値

微分の式と計算例を掲げておく。

図4で  $y=f(x)$  の値が等間隔  $h$  で与えられているときの  $\dot{y}_i = f'(x_i)$  は

i) 2次式で近似したとき

$$\dot{y}_i = f'(x_i) \doteq \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} \quad (8.1)$$

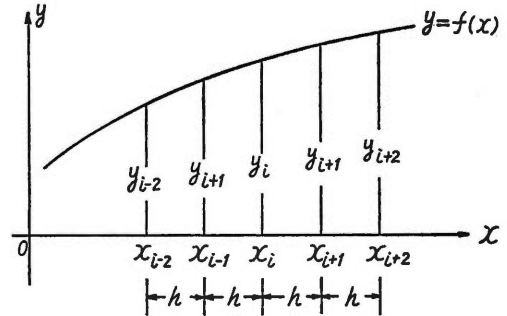


図4 数値微分

ii) 4次式で近似したとき

$$\dot{y}_i = f'(x_i) \doteq \frac{y_{i-2} - 8y_{i-1} + 8y_{i+1} - y_{i+2}}{12h} \quad (8.2)$$

となる。ここで  $h$  は  $\theta = \omega t$ , 角度を  $\alpha^\circ$  毎に出力したものとすれば

$$h = \frac{\pi\alpha}{180\omega} = \frac{\pi\alpha}{180\omega} \text{ sec.}$$

であるから、 $\alpha = 5^\circ, \omega = 2\pi \text{ rad/sec}$  のとき

$$h = \frac{1}{72} \text{ sec.}$$

ゆえに (8.1), (8.2) 式はそれぞれ

$$\dot{y}_i = 36(y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (8.1)'$$

$$\dot{y}_i = 6(y_{i-2} - 8y_{i-1} + 8y_{i+1} - y_{i+2}) \quad (8.2)'$$

となる。

(8.1)', (8.2)' 式を用い、 $\theta = 45^\circ$  について計算機の  $x_c, y_c$  をデータとして  $\dot{x}_c, \dot{y}_c$  を、計算機の  $\dot{x}_c, \dot{y}_c$  をデータとして  $x_c, y_c$  を求めた。

なお、得られた近似値と真値 (計算機の出力) との比較を表1に示す。

表1. 数値微分と真値との比較 ( $\theta = 45^\circ$ )

	$\dot{x}_c$ mm/sec	$\dot{y}_c$ mm/sec	$\ddot{x}_c$ mm/sec <sup>2</sup>	$\ddot{y}_c$ mm/sec <sup>2</sup>
2次式で近似した値	-74.592	20.304	-624.456	66.924
4次式で近似した値	-74.646	20.400	-625.806	67.530
真値 (計算機の出力)	-74.643	20.393	-625.83	67.532

## 9. 真値と図式解の比較

表2. C点の速度, 加速度

$\theta^\circ$	C点の速度 cm/sec			C点の加速度 cm/sec <sup>2</sup>		
	真 値	平 均 値	標 準 偏 差	真 値	平 均 値	標 準 偏 差
30	4.997	5.135	0.343			
60	10.082	10.222	0.627	52.209	58.168	6.255
90	12.719	12.880	0.589	29.687	29.271	4.302
120	12.061	12.132	0.734	37.372	35.793	4.819
150	7.938	8.114	0.505	71.260	68.300	7.238
210	7.846	8.167	0.739	89.124	88.772	6.697
240	12.722	12.804	1.009	36.777	39.267	8.620
270	12.442	12.559	0.804	36.338	36.270	3.671
300	9.388	9.466	0.657			
330	5.372	5.541	0.321			

表2は図1のC点における速度, 加速度の真値, 平均値および標準偏差を $\theta$ の10種類について求めたものである。表2の真値とは計算機の出力であり, 平均値とは学生40名の図式解のうち, 作図法の正しいもの(28名)のみの平均値である。また,  $\theta=30^\circ, 300^\circ, 330^\circ$ の場合の加速度の値が示されていないのは作図法の正しいものが非常に少ないためである。なお, 作図は速度の場合には10cm/secを2cmの長さで, 加速度の場合には10cm/sec<sup>2</sup>を1cmで表わすことにより行った。

真値と平均値とを比較すると, 表2からわかるように, 速度に関してはほとんど差がなく, 標準偏差も小さいが, 加速度については真値と平均値とに差があり, 標準偏差も大きくなっている。また, 本報には示していないが, 速度の場合真値との誤差が $\pm 5\%$ 以内の図式解は約80%であり,  $\pm 10\%$ 以上の解は8%程である。それに対し, 加速度は $\pm 5\%$ 以内の解は約60%であり,  $\pm 10\%$ 以上は30%程である。

したがって, リンク機構の速度, 加速度を作図により求める場合, 作図法は正しくとも作図の正確さの度合により真値との差が生じ, 特に加速度の場合にそれが大きくなる。それゆえ, 計算機による値を基準として学生の図式解を評価すればより正確に評価することができるであろう。

## 10. あとがき

4節リンク機構の速度および加速度に関する数値計算法を述べるとともに, 数値計算の結果と従来の図式解法による学生の解との比較を試みた。

最後に本研究にあたり, 御懇切な指導を賜った群馬大学山川出雲教授に厚く謝意を表します。

## 参 考 文 献

1. 森口繁一: 初等力学
2. 稲田重男, 森田 鈞: 大学課程機構学



```

      4 SETSU LINK KIKO
1  READ(5,500)A,B,C,XA,YA,OMFGA
2 500 FORMAT(6F10.5)
3  OA=SQR(XA*XA+YA*YA)
4  IF(B+C.GT.OA+A.AND.C+OA-A.GT.B.AND.OA+A+B.GT.C) GO TO 1
5  WRITE(6,600)
6 600 FORMAT(1H0,20X,15HDATA NO AYAMARI)
7  GO TO 3
8  1 PHI=3.1415927
9  CALL TITLE(A,B,C,XA,YA,OMFGA)
10 DTH=OMEGA
11 DDTH=0.0
12 DO 2 I=1,73
13 I I=5*(I-1)
14 TH=PHI*FLOAT(I)/180.0
15 WRITE(6,610) I I
16610 FORMAT(1HC,5X,6HTHFTA=,I3,5H DFG.)
17 CALL LINK4(A,B,C,XA,YA,TH,XB,YB,XC,YC,DTH,DXC,DYC,
18 DDTH,DDXC,DDYC)
19 CALL ANS(4HCOORD,0,XC,YC)
20 CALL ANS(4HVELO,1,DXC,DYC)
21 CALL ANS(4HACCF,2,DDXC,DDYC)
22 IF(I.NE.1/6*6) GO TO 2
23 WRITE(6,620)
24620 FORMAT(1H1)
25 CALL TITLE(A,B,C,XA,YA,OMFGA)
26 2 CONTINUE
27 3 STOP
    END

1  SUBROUTINE LINK4(A,B,C,XA,YA,TH,XB,YB,XC,YC,DTH,DXC,DYC,
2 DDTH,DDXC,DDYC)
3 REAL L,L2,I3,L4,I RC,L CR
4 XB=XA+A*COS(TH)
5 YB=YA+A*SIN(TH)
6 I2=XB**2+YB**2
7 L=SQR(L2)
8 I3=L2*L
9 RC=B*B-C*C
10 I RC=L2-RC
11 L CR=LBC-2.0*C*C
12 S2=(L+B+C)*(B+C-I)*(C+I-B)*(L+B-C)
13 S=SQR(S2)
14 XRA=XB-XA
15 YRA=YB-YA
16 XRB=YA*XB-XA*YB
      COORDINATE
17 XC=0.5*(LBC*XB-S*YR)/I2
18 YC=0.5*(S*XB+LRC*YR)/I2
      VELOCITY
19 DL=XB/L*DTH
20 DS=-2.0*L*I CR/S**3
21 DXC=-0.5*(S*XRA+I RC*YRA)/I2*DTH+(BC*XB+S*YR)/I3*DL-0.5*YR/I2*DS
22 DYC=0.5*(I RC*XRA-S*YRA)/I2*DTH-(S*XB-RC*YR)/I3*DL+0.5*XR/I2*DS
      ACCELERATION
23 XYA=XA*XB+YA*YB-XA*XA-YA*YA
24 DDL=-XYA/L*DTH**2-XYB/I2*DTH*DL+XYR/I*DDTH
25 DDXC=-2.0*(I3.0*L2-R*B-C*C)/S*DL**2-I3*CB/S2*DL*DS+L*LCR/S*DDL
26 1+2.0*(S*XRA-RC*YRA)/I3*DTH*DL+2.0*YR/I3*DL*DS-XRA/I2*DS*DTH
27 2-0.5*(S*XRA+LRC*YRA)/I2*DTH+(RC*XB+S*YR)/I3*DDL-0.5*YR/I2*DDDS
    DDYC=-0.5*(S*XRA+I RC*YRA)/I2*DTH**2+3.0*(S*XB-RC*YR)/I4*DL**2
    1+2.0*(RC*XRA+S*YRA)/I3*DTH*DL-2.0*XR/I3*DL*DS-YRA/I2*DS*DTH
    2+0.5*(LRC*XBA-S*YRA)/I2*DTH-(S*XB-RC*YB)/I3*DDL+0.5*XR/I2*DDDS
28 RETURN
29 END

1  SUBROUTINE ANS(ARCD,I,XC,YC)
2  WRITE(6,600)ARCD,I,XC,YC
3 600 FORMAT(1H0,8X,A4,1X,6HMM/S**,I1,5X,(F12.5,5X))
4  RETURN
5  END

1  SUBROUTINE TITLE(A,B,C,XA,YA,OMEGA)
2  WRITE(6,600)A,B,C,XA,YA,OMEGA
3 600 FORMAT(1H0,2(/,1H),10X,17H4 SETSU LINK KIKO,2(/,1H),20X,2HA=,
4 1F5.1,4H MM.,10X,2HB=,F5.1,4H MM.,10X,2HC=,F5.1,4H MM.,10X,3HXA=,
5 2F5.1,4H MM.,10X,3HYA=,F5.1,4H MM.,/,1H0,16X,6HOMEGA=,F8.5,
6 38H RAD/SEC./,1H0,30X,2HXC,15X,2HYC)
7  RETURN
8  END

```

## 4 SETSU LINK KIKO

	A= 20.0 MM.	B= 80.0 MM.	C= 60.0 MM.	XA= 80.0 MM.	YA= 60.0 MM.
	OMEGA= 6.28319 RAD/SEC				
	XC	YC	XC	YC	
THETA= 0 DEG.			THETA= 30 DEG.		
COOR MM/S**0	0.20075E 02	0.56542E 02	COOR MM/S**0	0.18364E 02	0.57121E 02
VELO MM/S**1	0.55216E 01	-0.19604E 01	VELO MM/S**1	-0.47575E 02	0.15293E 02
ACCF MM/S**2	-0.59450E 03	0.21047E 03	ACCF MM/S**2	-0.66702E 03	0.16012E 03
THETA= 5 DEG.			THETA= 35 DEG.		
COOR MM/S**0	0.20094E 02	0.56535E 02	COOR MM/S**0	0.17640E 02	0.57348E 02
VELO MM/S**1	-0.28519E 01	0.10136E 01	VELO MM/S**1	-0.56746E 02	0.17454E 02
ACCF MM/S**2	-0.61125E 03	0.21709E 03	ACCF MM/S**2	-0.65746E 03	0.14076E 03
THETA= 10 DEG.			THETA= 40 DEG.		
COOR MM/S**0	0.19994E 02	0.56570E 02	COOR MM/S**0	0.16788E 02	0.57403E 02
VELO MM/S**1	-0.11454E 02	0.40484E 01	VELO MM/S**1	-0.65804E 02	0.19178E 02
ACCF MM/S**2	-0.62728E 03	0.21910E 03	ACCF MM/S**2	-0.64560E 03	0.10660E 03
THETA= 15 DEG.			THETA= 45 DEG.		
COOR MM/S**0	0.19774E 02	0.56648E 02	COOR MM/S**0	0.159813E 02	0.57879E 02
VELO MM/S**1	-0.20968E 02	0.70752E 01	VELO MM/S**1	-0.74643E 02	0.20393E 02
ACCF MM/S**2	-0.64157E 03	0.21582E 03	ACCF MM/S**2	-0.42583E 03	0.67532E 02
THETA= 20 DEG.			THETA= 50 DEG.		
COOR MM/S**0	0.19431E 02	0.56767E 02	COOR MM/S**0	0.14716E 02	0.58167E 02
VELO MM/S**1	-0.29262E 02	0.10016E 02	VELO MM/S**1	-0.83150E 02	0.21037E 02
ACCF MM/S**2	-0.65293E 03	0.20664E 03	ACCF MM/S**2	-0.59748E 03	0.24793E 02
THETA= 25 DEG.			THETA= 55 DEG.		
COOR MM/S**0	0.18961E 02	0.56025E 02	COOR MM/S**0	0.13505E 02	0.58460E 02
VELO MM/S**1	-0.38386E 02	0.12786E 02	VELO MM/S**1	-0.91713E 02	0.21071E 02
ACCF MM/S**2	-0.66015E 03	0.19113E 03	ACCF MM/S**2	-0.56180E 03	-0.20127E 02

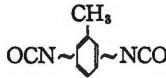
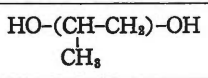
## 4 SETSU LINK KIKO

	A= 20.0 MM.	B= 80.0 MM.	C= 60.0 MM.	XA= 80.0 MM.	YA= 60.0 MM.
	OMEGA= 6.28319 RAD/SEC				
	XC	YC	XC	YC	
THETA= 60 DEG.			THETA= 90 DEG.		
COOR MM/S**0	0.12185E 02	0.58750E 02	COOR MM/S**0	0.23544E 01	0.59946E 02
VELO MM/S**1	-0.98719E 02	0.20476E 02	VELO MM/S**1	-0.12707E 03	0.54145E 01
ACCF MM/S**2	-0.51795E 03	-0.65590E 02	ACCF MM/S**2	-0.13568E 03	-0.26405E 03
THETA= 65 DEG.			THETA= 95 DEG.		
COOR MM/S**0	0.10766E 02	0.59026E 02	COOR MM/S**0	0.77891E 00	0.59995E 02
VELO MM/S**1	-0.10557E 03	0.19754E 02	VELO MM/S**1	-0.12843E 03	0.16674E 01
ACCF MM/S**2	-0.46695E 03	-0.10992E 03	ACCF MM/S**2	-0.60786E 02	-0.27419E 03
THETA= 70 DEG.			THETA= 100 DEG.		
COOR MM/S**0	0.92564E 01	0.59282E 02	COOR MM/S**0	-0.10083E 01	0.59992E 02
VELO MM/S**1	-0.11166E 03	0.17435E 02	VELO MM/S**1	-0.12875E 03	-0.21639E 01
ACCF MM/S**2	-0.40961E 03	-0.15149E 03	ACCF MM/S**2	0.14980E 02	-0.27614E 03
THETA= 75 DEG.			THETA= 105 DEG.		
COOR MM/S**0	0.76680E 01	0.59508E 02	COOR MM/S**0	-0.27926E 01	0.59935E 02
VELO MM/S**1	-0.11692E 03	0.15066E 02	VELO MM/S**1	-0.12801E 03	-0.59647E 01
ACCF MM/S**2	-0.34683E 03	-0.18884E 03	ACCF MM/S**2	0.90921E 02	-0.26978E 03
THETA= 80 DEG.			THETA= 110 DEG.		
COOR MM/S**0	0.60128E 01	0.59698E 02	COOR MM/S**0	-0.45594E 01	0.59827E 02
VELO MM/S**1	-0.12127E 03	0.12215E 02	VELO MM/S**1	-0.12623E 03	-0.96198E 01
ACCF MM/S**2	-0.27961E 03	-0.22070E 03	ACCF MM/S**2	0.16643E 03	-0.25519E 03
THETA= 85 DEG.			THETA= 115 DEG.		
COOR MM/S**0	0.43037E 01	0.59845E 02	COOR MM/S**0	-0.62941E 01	0.59869E 02
VELO MM/S**1	-0.12467E 03	0.89656E 01	VELO MM/S**1	-0.12340E 03	-0.13016E 02
ACCF MM/S**2	-0.20891E 03	-0.24603E 03	ACCF MM/S**2	0.24097E 03	-0.23261E 03

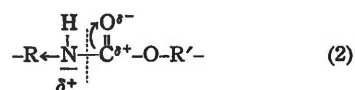
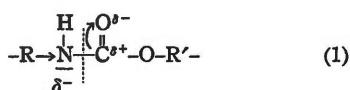




表1. ジイソシアナートおよびジオールの略号

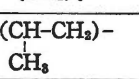

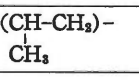
	略号	名称	構造式
ジイソシアナート系	TDI	トリレンジイソシアナート	
	HMDI	ヘキサメチレンジイソシアナート	OCN-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NCO
ジオール系	EG	エチレングリコール	HO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -OH
	PG	プロピレングリコール	
	BD	1,4-ブタンジオール	HO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -OH
	DEG	ジエチレングリコール	HO-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -OH

電子供与体であるヘキサメチレン鎖は窒素原子上の電子密度を増加させ負電荷をおびる。これが窒素とカルボニル基の正に荷電した炭素との結びつきを強くするためアミンの生成をともなう結合の切断をさまたげる。



もうひとつの場合として電子授容性の置換基であるトリル基は強くないが、窒素原子の一对の電子対をある程度、自分自身の方にひきつける。この電子密度の移動は窒素原子の負の電荷を弱め、N-C結合を弱め、その結果かなりの量のアミンが生ずる。すなわち、脱炭酸反応が主体になる。

表2. 線状ポリウレタンの構造と元素分析値  $-(\text{R}-\overset{\text{H}}{\text{N}}-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}'-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\overset{\text{H}}{\text{N}})-_n$ 

ポリマーの略号	構造		元素分析測定値				元素分析計算値			
	R	R'	C	H	N	O	C	H	N	O
HMDI-EG	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	52.16	7.88	12.12	27.79	51.46	8.27	12.06	28.21
HMDI-DEG	"	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	52.54	8.08	10.21	29.16	50.35	8.29	9.61	31.75
HMDI-BD	"	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -	55.80	8.58	10.84	24.77	56.17	8.90	10.71	24.28
HMDI-PG	"		54.08	8.25	11.47	26.20	50.96	8.51	10.32	30.21
TDI-EG		-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	55.93	5.12	11.86	27.09	52.16	5.54	10.74	31.56
TDI-DEG	"	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	55.71	5.75	9.99	28.54	55.47	6.02	10.60	27.91
TDI-BD	"	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -	59.08	6.10	10.60	24.22	57.43	6.06	10.32	26.19
TDI-PG	"		57.59	5.64	11.19	25.57	54.72	6.01	10.79	28.48

このように、ウレタン結合をはさむこれらの環境の相異のために、炭酸ガス、アミン、第2級アミン、オレフィンの生成をともなう脱炭酸反応ならびに、イソシアナートやアルコールへの熱解離反応にも相異が生じるといえる。

筆者らは、ポリウレタンの熱分解に関する研究の一環として、本研究を続けてきたが、それらの結果はすでに、第1報、第2報、に報告した。

本第3報では、V.A. Orlov と O.G. Tarakanov らの研究を基礎としてポリウレタンにおける置換基の熱

分解におよぼす影響を主として脱炭酸反応の生成量の比較により検討した。

### 3. 実 験

#### (3-1) 実験装置

第1報, 第2報に順じた。

#### (3-2) 試料の合成

還流冷却器, 窒素導入装置, ジソシアナート滴下用の滴下ロート, 攪拌装置を備えつけた四つ口フラスコに, ジメチルスルホキシド (DMSO) 10cc, にグリコール 0.05mol を溶かして入れた。

つぎに, やはり 10cc の DMSO にジソシアナート 0.05mol をとかし, 15分間位時間をかけて, 滴下させた。

加熱温度は, 110~115°C 反応時間は 4 時間とした。

反応終了後, 水 1l に流し込み, 生成した白色 (時として黄味をおびることもある。) 固体をヌツチェにて吸引口過して乾燥した。

反応途中において水分, 酸素が系内に入らないように注意した。

元素分析結果を表2に掲げる。

#### (3-3) 操作方法と実験方法

ポリウレタン試料 1~3mg を白金ボート上に精秤する。試料はステンレス棒を備えた熱分解炉中に白金ボートに入れて導入し, 瞬間的に熱分解させた。

試料の保持時間を測定し, 熱分解生成物とそのクロマトグラムにより分析した。

定性確認用の気体試料は, 各々次のような方法で採取した。

メタンは酢酸ナトリウムとソーダ石灰を加熱して, エタンはプロピオン酸ナトリウムとソーダ石灰を加熱して製造した。

エチレン, プロピレンは相当するアルコールを五酸化リンで加熱脱水により, アセチレン, プロパンは, 各々市販ボンベより, 二酸化炭素は, 大理石と, 塩酸とを反応させて得た。

### 4. 結 果

#### (4-1) 実験1. (表3, 図1)

表3, 図1は熱分解生成物の保持時間 (Rt), ピークの高さ (P.h.) をしめしている。ただし, P.h. は絶対量ではなく, 相対的な値をしめしている。

表3. 線状ポリウレタン熱分解生成物の保持時間 (Rt) とピーク高さ (P.h.) 1.

試 料	Rt					P.h.					標準物質	
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	試料	Rt
HMDI-EG	1.13	1.51	1.99			0.69	0.71	3.40			CH <sub>4</sub>	1.00
-BD			2.00		4.29			0.82		1.68	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.88
-PG	1.10	1.50	1.94		4.07	0.90	0.73	1.67		2.38	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	3.32
-DEG		1.67	1.99				0.61	3.90			C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.57
TDI-EG	1.00	1.48	1.79	2.35	4.08	18.82	2.94	15.54	1.24	0.50	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.00
-BD	1.12	1.50	1.90		4.18	4.05	1.83	4.40		1.65		
-PG	1.12	1.50	1.86		4.13	5.44	2.29	2.97		1.09		
-DEG	1.12	1.52	1.92			5.97	2.21	6.77				

各ピークは, メタン, エチレン, アセチレン, プロパン, プロピレンの Rt の比較により同定した。

操作条件は以下のとおり,

検出器 水素炎イオン化検出器 (FDI)

カラム充填剤 シリカゲル (60/80メッシュ)

1.5m×3mm(直径)

熱分解温度 400°C

キャリアーガス N<sub>2</sub> 30cc/min

試料量 1mg

図および表より ピーク No. 1, 3, 4, 5, は各々メタ

ン, エチレン, プロパン, プロピレンの Rt に一致した。エチレンの生成はすべてのポリウレタンについておこっている。

HMDI-PG の No. 5 のピークを除いて, TDI 系に基ずくポリウレタンの気体の発生量が, HMDI のものにくらべて多量で, 特に, TDI-EG の場合が最大である。

#### (4-2) 実験2 (表4, 図2)

本実験は, 脱炭酸反応を確認することを目的としている。

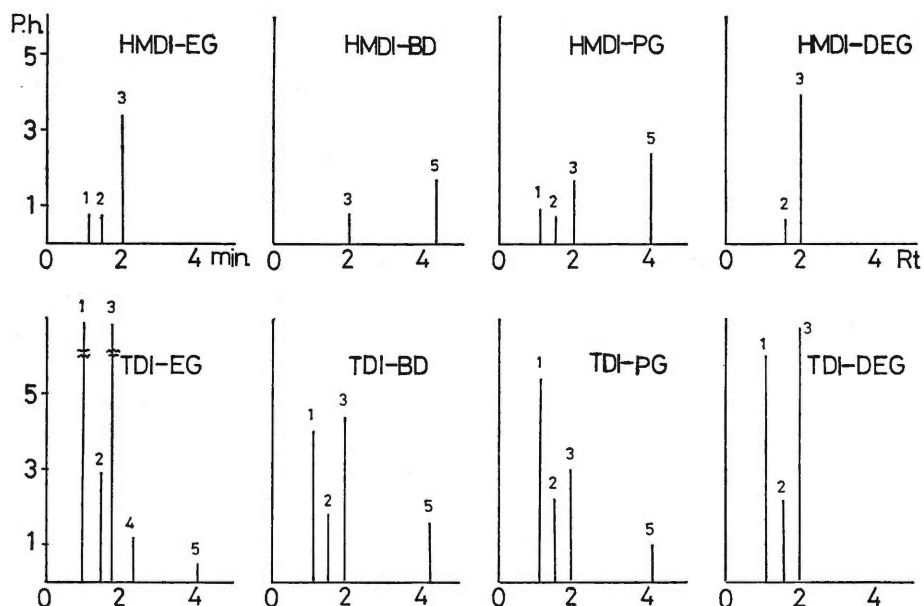


図1 線状ポリウレタンのパイログラム (その1) (表3より)

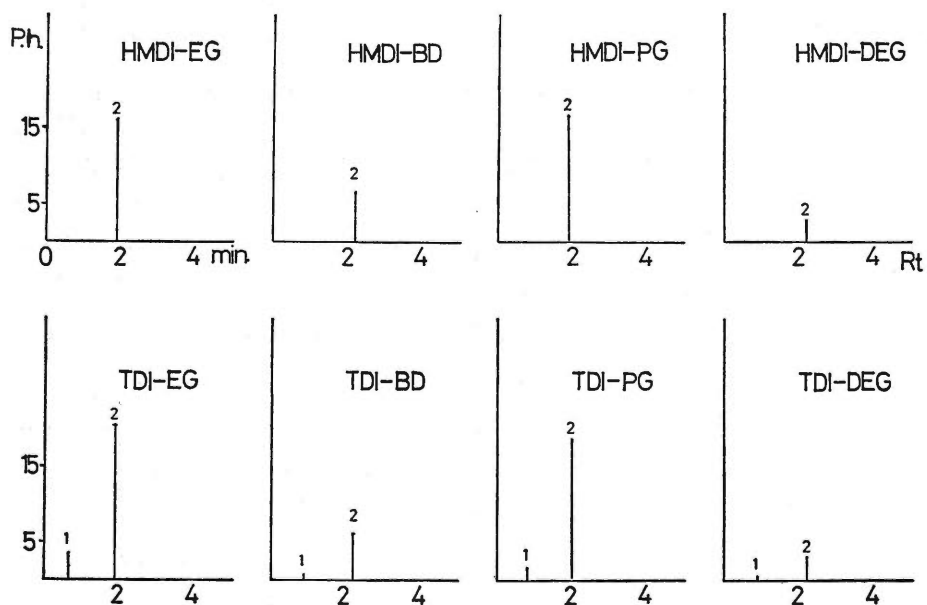


図2 線状ポリウレタンのパイログラム (その2) (表4より)

操作条件は以下のとおり

検出器 熱伝導度型検出器 (TCD)

カラム充填剤, 熱分解温度は, 実験1と同じ

キャリアーガス ヘリウム 30cc/min

試料量 3mg

表4より, エチレンと二酸化炭素の Rt と No. 2 のピークが一致することをしめている。No. 1 のピークは確認できなかった。

No. 2 のピークのエチレンと二酸化炭素のピークのは分離はできなかったが, このピークの高さの比較により, 脱炭酸反応の多少を判定することはできる。

オレフィンと二酸化炭素の生成量について, TDI 系ポリウレタンは, HMDI 系のそれより多いことが認められたし, ジオール側の影響は下記の順序に従うことが判った。







# Sephadex G-15 カラムによる無機化合物の ゲルクロマトグラフィー

辻 直 孝\*

<昭和48年9月10日 受理>

## Gel Chromatography of Inorganic Compounds on Sephadex G-15 Columns

This paper describes the gel chromatographic behavior of metal ions, their ethylenediaminetetraacetate complexes and linear phosphates (1P, 2P, 3P) on Sephadex G-15 columns. Solutions of potassium chloride and ammonium sulfate were used as an eluent.

It was found that the order of Kd-values of metal ions and their ethylenediaminetetraacetate complexes (metal-EDTA) was as follows.

BD < metal-EDTA < metal ions

The ethylenediaminetetraacetate complexes of di- and trivalent metal ions were separated better using ammonium sulfate as an eluent.

So were linear phosphates (1P, 2P, 3P).

Naotaka Tsuji

### まえがき

ゲルクロマトグラフィーは溶質分子がその分子量(分子サイズ)の差によってカラムから溶出されることに基づいている。その基本原理は分子ふるい効果である。その他、吸着、イオン交換が原因してくることもある。分子量(分子サイズ)の大きな分子が先にカラムから溶出されてくることを利用して、生化学、高分子化学の方面で、蛋白質の脱塩、分子量分布の測定、その他に利用されてきた。

無機化合物を対象にするようになったのは、架橋度の大きなゲル剤が開発されてからである。

カラム法による無機化合物の分離、分画、イオンサイズの測定、分離機構に関する研究等がなされている。Sephadex を用いたものには、遷移金属イオンのエチレンジアミン四酢酸(EDTA)錯体<sup>1)</sup>、Mg-EDTA 錯体<sup>2)</sup>、金属イオン<sup>3)</sup>、縮合リン酸塩<sup>4)5)</sup>、オキシリン酸塩<sup>6)</sup>、その他、いくつかの研究がある。

この実験では、Cd(II)、Pb(II)、Zn(II)、Cu(II)、Co(II)、Fe(III)のEDTA錯体、Pb(II)、Cu(II)、Co(II)、Fe(III)の金属イオン、オルトリン酸塩(1P)、ピロリン酸塩(2P)、トリリン酸塩(3P)の鎖状リン酸塩を試料として、Sephadex G-15 を用いてゲルクロマトグラフィーを行なった。溶離液として塩化カリウムと硫

酸アンモニウムを用いた。

### 1. 試薬及び装置

#### 1-1 試薬

Sephadex G-15 (粒度 40~120 $\mu$ , Pharmacia Fine Chemicals 製), Blue Dextran (BD) (分子量 2000000, Pharmacia Fine Chemicals 製), EDTA 錯体としては、Na<sub>2</sub>Cd(II) Y, Na<sub>2</sub>Pb(II) Y, Na<sub>2</sub>Zn(II) Y, Na<sub>2</sub>Cu(II) Y, Na<sub>2</sub>Co(II) Y, Na<sub>2</sub>Fe(III) Y, (同仁薬化学研製), 金属イオンとしては、Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O, (和光純薬製, 特級品), リン酸塩としては KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O, Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, (和光純薬製, 特級品), 以上の試薬をそのまま調整して用いた。尚、水はイオン交換水を用いた。

#### 1-2 装置

207 形日立原子吸光分光光度計, 日立中空陰極ランプ, TOYO SF-フラクションコレクター, TOYO DCT-1000XA-ドロップカウンター, 硝英 EX-1000 カラム (15m/m×1000m/m), 硝英 EX-450 カラム (10m/m×450m/m), 島津ボッシュローム光電比色計, 以上の装置を用いた。

### 2. 実験方法

Sephadex G-15 を溶離液に懸濁させたものを2日間膨潤させ、この膨潤ゲルをアプリケター(硝英製)

\* 有明工業高等専門学校工業化学科

を付けたカラムに攪拌しながら詰める。(Fig. 1) 試料溶液添加等によるゲル上面の乱れを防ぐためにゲル上面に円形口紙を置く。その後、カラム容積の5倍量の溶離液を流下する。

試料を0.01Mの濃度にして、0.2% BD溶液と共に0.5mlづつ混合して添加した。溶離液は0.1MKCl, 0.3MKCl, 0.1M(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を用いた。

試料溶液がベットの中に消失する直前に溶離液を流し始める。流速30~40ml/h.で、1フラクション(1.44ml)づつ分取した。溶離は室温において行なった。分取したEDTA錯体と金属イオンの溶出液は適当な濃度に調整して原子吸光法で検出した。原子吸光の測定は次の条件で行なった。

測定波長 (Å)	中空陰極ランプの電流値 (mA)	
Cd	2288	10
Pb	2834	10
Zn	2138	10
Cu	3247	15
Co	2407	15
Fe	2484	15

空気流量 13l/min, アセチレン流量 3.0l/min, BDは630m $\mu$ で測定した。

リン酸塩はM<sub>0</sub>(V)-M<sub>0</sub>(VI)試薬<sup>7)</sup>を加え、蒸気浴中で1時間加熱した後で比色した。830m $\mu$ で測定した。

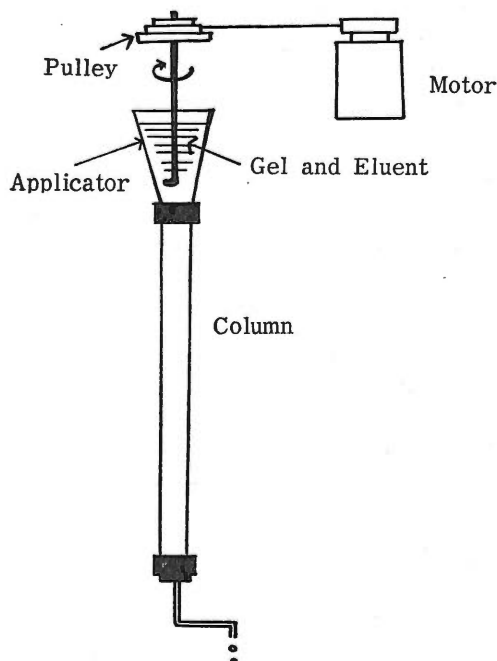


Fig. 1 Packing of the gel bed.

### 3. 結果と考察

ゲルクロマトグラフィーでは溶質の溶離量  $V_e$  は次式で示される。

$$V_e = V_0 + V_i \cdot K_d$$

$V_0$ ; 粒子間隙体積,  $V_i$ ; 粒子内間隙体積,  $K_d$ ; 分布係数  $K_d=0$ の物質としてBDを用い、その溶離量から  $V_0$ を求める。 $V_i$ はゲル粒子内で完全に浸透できる ( $K_d=1$ ) 小さい化合物 (トリチウム標識化合物)の溶出位置と  $V_0$ との差から算出できる。この実験では  $V_i$ を実験的に求めることは行っていない。

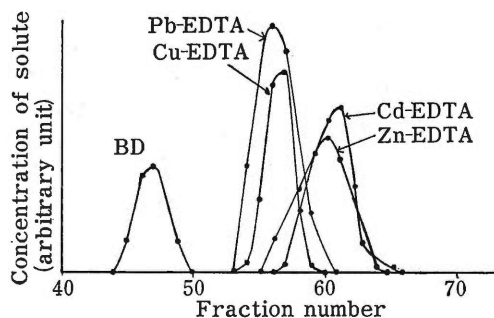


Fig. 2 Elution curve of metal-EDTA (Cd, Pb, Zn, Cu, -EDTA)  
Eluent, 0.1 M KCl, Column bed, 1.5  $\times$  92 cm

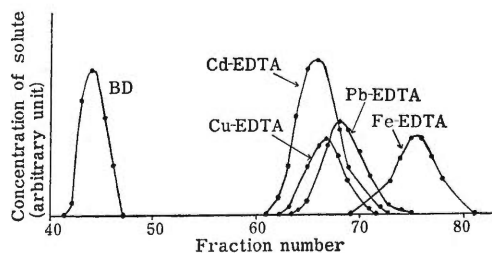


Fig. 3 Elution curve of metal-EDTA (Cd, Pb, Cu, Fe, -EDTA)  
Eluent, 0.1 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Column bed, 1.5  $\times$  92 cm

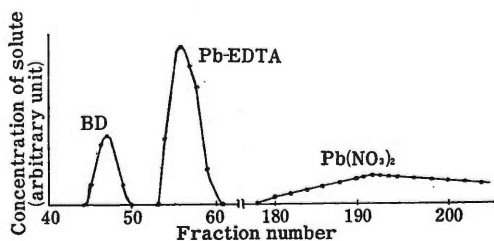


Fig. 4 Elution curve of Pb-EDTA and Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>  
Eluent, 0.1 M KCl, Column bed, 1.5  $\times$  92 cm

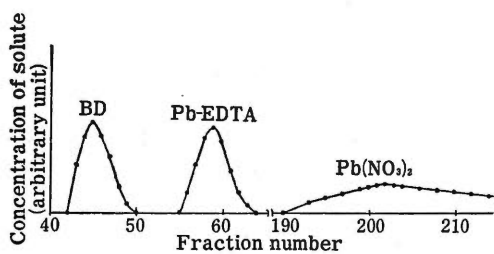


Fig. 5 Elution curve of Pb-EDTA and  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$   
Eluent, 0.3 M KCl, Column bed,  $1.5 \times 92$  cm

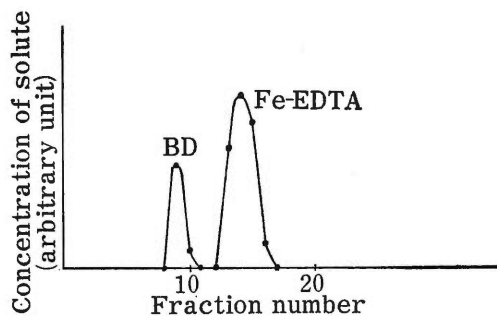


Fig. 9 Elution curve of Fe-EDTA and  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   
Eluent, 0.3 M KCl, Column bed,  $1.0 \times 40$  cm

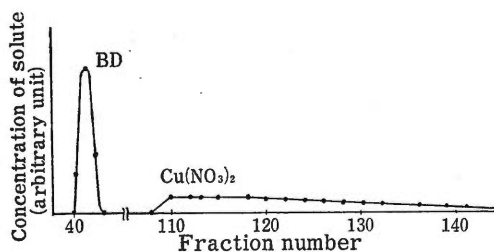


Fig. 6 Elution curve of  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   
Eluent, 0.1 M KCl, Column bed,  $1.5 \times 92$  cm

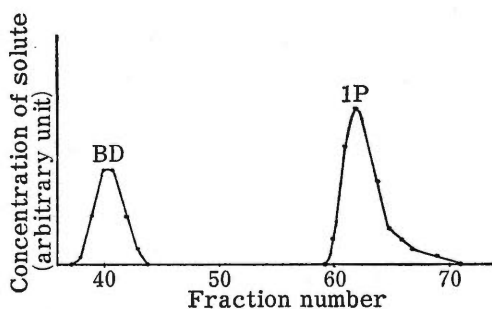


Fig. 10 Elution curve of 1P +  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$   
Eluent, 0.3 M KCl, Column bed,  $1.5 \times 87$  cm

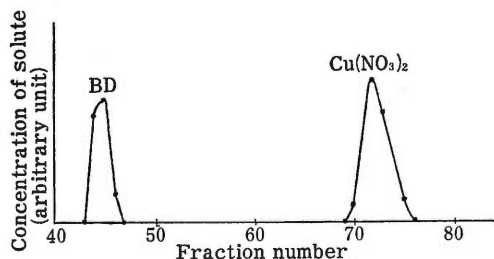


Fig. 7 Elution curve of  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   
Eluent, 0.1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Column bed,  $1.5 \times 92$  cm

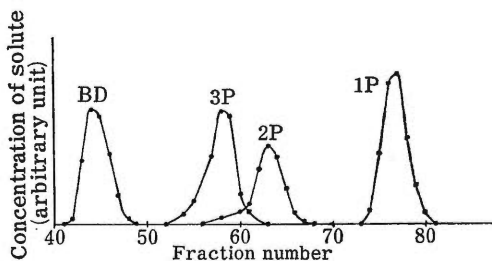


Fig. 11 Elution curve of linear phosphates (1P, 2P, 3P)  
Eluent, 0.1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Column bed,  $1.5 \times 92$  cm

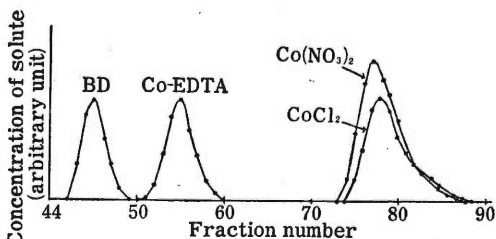


Fig. 8 Elution curve of Co-EDTA,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  and  $\text{CoCl}_2$   
Eluent, 0.3 M KCl, Column bed,  $1.5 \times 92$  cm

出口<sup>1)</sup>は8種類のEDTA錯体 ( $\text{Mn}(\text{II})$ ,  $\text{Ni}(\text{II})$ ,  $\text{Co}(\text{II})$ ,  $\text{Cu}(\text{II})$ ,  $\text{Bi}(\text{III})$ ,  $\text{Co}(\text{III})$ ,  $\text{Fe}(\text{III})$ ,  $\text{Cr}(\text{III})$ ) を Sephadex G-15カラム ( $1.5 \times 40$ cm) で、溶離液として 0.1M NaCl を用いて溶離した。それらの溶離が分子ふるい効果によるものであり、又、2価と3価の金属イオンの錯体の溶離量には顕著な差があることを認め、 $\text{Cu}(\text{II})$  と  $\text{Fe}(\text{III})$  の錯体が完全に分離することを示している。

4種のEDTA錯体の  $K_d$  値が約0.25であることか

ら分子ふるい効果による溶出であることがわかった。しかし相互の分離はよくなかった。(Fig. 2) 次に、溶離液に 0.1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を用いると、同じく分子ふるい効果による溶出であることがわかった。又、2価金属イオンの Cu(II) と3価金属イオンの Fe(III) の EDTA 錯体は良好な分離を示した。(Fig. 3)

0.1 M KCl を溶離液に用いて溶離すると、Pb(II) の EDTA 錯体は分子ふるい効果による溶出であるが、Pb(II) イオンは 260 ml の所から溶出され始める。Pb(II) イオンは Cl イオンとで  $\text{PbCl}_2$  の沈殿をゲル上面で生じるが、過剰の Cl イオンによって少しずつ  $[\text{PbCl}_3]^-$  となって溶けて行き、溶出されてくると思われる。(Fig. 4) 0.3 M KCl の場合は、どちらも幾分遅れて溶出されてくる。(Fig. 5)

Cu(II) イオンは 0.1 M KCl を溶離液として溶離すると 157 ml の所から溶出し始める。しかし、非常になだらかな溶離曲線である。Cu(II) イオンは Cl イオンとは沈殿物を生じないので Pb(II) イオンの場合とは異なると思われる。溶離曲線の部分は  $\text{Kd} < 1$  であるから吸着でもなく、何か他の原因によるものであろう。(Fig. 6) 0.1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を溶離液に用いると 104 ml の所にピークを示し、対称的な溶離曲線が得られた。(Fig. 7) 従って Cu(II) イオンのゲルクロマトグラフィーでは溶離液は  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  がすぐれている。溶離液によって Kd 値が変化することは Ueno 等<sup>3)</sup> がいくつかの溶離液について調べている。

Co(II) イオンの EDTA 錯体は分子ふるい効果によって溶出されるが、Co(II) イオンも同じである。(Fig. 8)

Fe(III) イオンの EDTA 錯体は分子ふるい効果によって溶出されるが、Fe(III) イオンは溶出されなかった。

Fe(III) イオンは Cl イオンと沈殿物を生じないので、Sephadex に強く吸着されるものと思われる。しかし、0.02 M 塩酸で溶離すると溶出された。(Fig. 9) (Fig. 9) の条件で 0.02 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  と 0.01 M  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  を1対1の割合で添加して溶離すると、Fe(III) イオンは溶出されず、リン酸イオンの1つのピークが得られた。イオン交換クロマトグラフィーにおける2ピーク現象<sup>9)</sup> のようにリン酸イオンの2つのピークは得られなかった。この条件ではリン化合物の2つのイオン種ができないか、又は分離することができなかったと思われる。(Fig. 10)

Ueno 等<sup>4)5)</sup> は Sephadex G-25 で 0.1 M KCl を溶離液として用い、1P, 2P, 3P, 4P (テトラリン酸塩) の溶離を行ない、3P と 4P との分離は良くないが、1P, 2P, 3P は相互に良く分離することを示している。

0.1 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を溶離液として、1P, 2P, 3P の溶離を行ない、1P と 2P は完全に分離し 2P と 3P もほぼ分離する結果が得られた。(Fig. 11)

以上をまとめると次のようになる。

金属イオンとその EDTA 錯体との溶離量 (又は Kd 値) との関係は次のようになる。

$\text{BD} < \text{Pb(II)-EDTA} < \text{Pb(II) イオン}$

$\text{BD} < \text{Cu(II)-EDTA} < \text{Cu(II) イオン}$

$\text{BD} < \text{Co(II)-EDTA} < \text{Co(II) イオン}$

Yoza 等<sup>2)</sup> は Mg イオン、EDTA, Mg イオンの EDTA 錯体とのゲルクロマトグラフィーから、その溶離順序は  $(\text{BD} < \text{Mg-EDTA} < \text{Mg イオン})$  であることを示している。

金属イオンはその水和イオン半径に対応する Kd 値を持つが、金属錯体を形成することにより、その有効半径をさらに大きくすることができる。<sup>9)</sup>

Pb(II), Cu(II), Co(II) の金属イオンは EDTA と錯体を作ることによって、いずれも有効半径を大きくしたことを示した。Zn(II), Cd(II), Fe(III) の金属イオンについても、Ueno 等<sup>3)</sup>、出口<sup>1)</sup> の結果と合わせて、同じことが言える。

2 価金属イオンの EDTA 錯体 (Cu(II)-EDTA) と 3 価金属イオンの EDTA 錯体 (Fe(III)-EDTA) との分離は、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を溶離液に用いても良好であった。

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  を溶離液に用いて、1P, 2P, 3P のリン酸塩の良好な分離が行なえた。

## 文 献

- 1) 出口俊雄, 日化, **92**, 458 (1971)
- 2) N. Yoza, T. Ogata, Y. Ueno and S. Ohashi, Bull. Chem. Soc. Japan, **41** 2550 (1968)
- 3) Y. Ueno, N. Yoza and S. Ohashi, J. Chromatog. **52** 321 (1970)
- 4) S. Ohashi, N. Yoza and Y. Ueno, J. Chromatog. **24** 300 (1966)
- 5) Y. Ueno, N. Yoza and S. Ohashi, J. Chromatog. **52** 481 (1970)
- 6) Y. Ueno, N. Yoza and S. Ohashi, J. Chromatog. **52** 469 (1970)
- 7) 大橋茂編, 無機化学全書(リン)丸善, 34p.
- 8) 辻直孝, 吉田輝昭, 有明工専紀要 9号 27 p. (1973)
- 9) 与座範政, 分析機器 **7**(3) 193 (1969)

## リーゼガング現象の研究（その3）

周期的沈殿とアミン類やアミノ類との関係から生因へのアプローチ

樋口 大成\* 川瀬 良一\*\* 拝志 明\*\*\*

<昭和48年9月10日 受理>

### A Study of the Liesegang Phenomena (Part Three) The Approach to the Origin from the Relationship between the Periodic Precipitation and Amines or Amides

When the aqueous solution of sodium hydroxide is diffused into the agar gel containing magnesium sulfate, a continuous precipitate of magnesium hydroxide is formed in the cell. On the other hand, when the aqueous solution of ammonia, amine or sodium hydroxide containing amide is diffused into the gel, the discontinuous periodic precipitates are formed. The latter is ordinary called the Liesegang phenomenon.

Because of these facts, it seems that ammonia, amines or amides act as the ligands, or in other words, the complexes between these reagents and some metals relate to the Liesegang phenomena.

In this report, the pictures of the periodic precipitates with amines and amides are shown.

Hiroshige Higuchi, Ryōichi Kawase, Akira Haishi

#### まえがき

寒天の温かい濃厚なゾルに硫酸マグネシウムを溶かしこんでおき（これを内部電解質という）、これを試験管に入れて冷し、ゲル化させたのち、このゲルの上に“水酸イオンを含む水溶液”（これを外部電解質という）をのせてゲル中に拡散させると、当然、水酸化マグネシウムの白色沈殿ができていく。この場合外部電解質として水酸化ナトリウム溶液を用いると、その濃度の如何にかかわらず、ゲル中に連続した白色の水酸化マグネシウムの沈殿を生じる。これに対して、外部電解質としてアンモニア水を用いると、ゲル中に生じる水酸化マグネシウムの沈殿は不連続の層状になる。

図1は当紀要第7号“リーゼガング現象の研究・その2”中に掲載した写真（41頁、図10）であるが、本報告においては、この点に研究の端緒があるので、ここに再掲載することにした。

上記中の、ゲル中に不連続の層状沈殿を生じる現象はリーゼガング現象といわれていて、この例以外にもきわめて多数知られている。また、同現象の生因についても種々の説が発表されてきた。たとえば、古くから今に到るも、最も合理的と考えられている過飽和説をはじめとして、吸着説、凝析説等があるけれど、

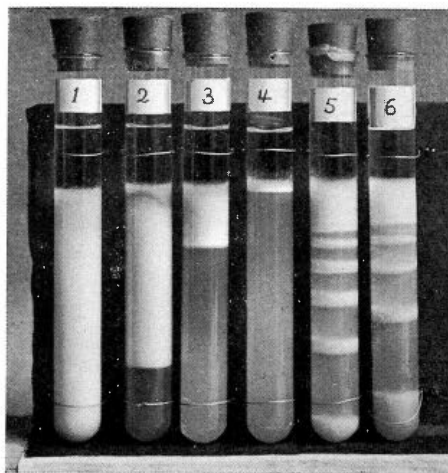


図1 外部電解質に、NaOHaq と NH<sub>3</sub>水を用いたMg(OH)<sub>2</sub>の沈殿。  
左から4本は外部が NaOHaq (12, 12/4, 12/16, 12/64N)  
右の2本は外部が NH<sub>3</sub>水 (15, 15/2N)  
内部は1/8MgSO<sub>4</sub>, ゲルは1%寒天。

確定的な説がないと言われている。

しかも、ここに挙げた例の場合のように、外部電解質に水酸化ナトリウム溶液を用いるとリーゼガング現象を起こさないが、アンモニア水を用いると同現象を起こすということに諸説は注目していない。

しかし、実はこの、水酸化ナトリウム溶液の場合とアンモニア水の場合の違いにこそ、この現象の謎というか、本質がひそんでいるのではないかということに思い当たった。

アンモニアはアミンの一種ではないのか、また、アミンとアミドは近い物質ではないのか。そうであれば内部の硫酸マグネシウムに対し、外部のアンモニアに代えて、アミンやアミドを用いてもリーゼガング現象を生じるのではないだろうかという観点から、定性的な実験をおこなったのが本報告である。

さらに当紀要第7号“リーゼガング現象の研究・その2”中に写真(41頁, 図11)で示したのであるが、N-メチルアセトアミド(NMA)を内部電解質に添加したら、外部を水酸化ナトリウム溶液にしておいても同現象を生じることを報告した。これを、当時、N-メチルアセトアミドの異常に大きい誘電率(165-25°C)のためと解したのであるが、そうではなくて、本報告で示す一連のアミド類を用いた実験の一部に過ぎないようである。

図2に、上記の写真を再掲載する。

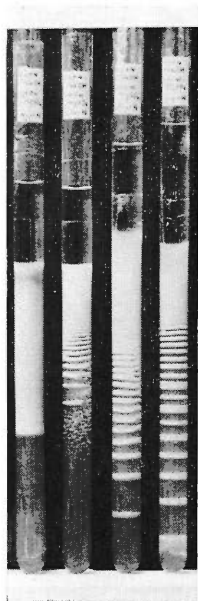


図2 外部電解質に NaOHaq を用いて、内部に NMA を添加した場合の  $Mg(OH)_2$  の沈殿  
左端, NMA を含まず  
次, NMA 10%  
次, NMA 20%  
右端, NMA 30%  
内部に NMA (アミド) を添加しないと層状沈殿はできず, 添加すると層状沈殿が生じた(リーゼガング現象を生じた)。

## 実 験 I.

### アミン類によるリーゼガング現象

ビーカーに硫酸マグネシウム 1/8M 濃度の水溶液をつくり、これに0.5%になるように寒天を入れ、24時間、膨潤させた後、加熱煮沸させ、熱時に試験管中に 25ml ずつ注ぎ、密栓して室温で24時間放冷する。寒天がゲル化した後、表1に示すアミンを 10ml ずつ注ぐ。なお、アミンは、水に可溶なものを選んだ。

表1. アミン類

試験管番号	アミンの名称	アミンの濃度 (wt%・H <sub>2</sub> O)
1	dimethylamine	30
2	trimethylamine	30
3	hexamethylenediamine	30
4	ethylamine	30
5	diethylamine	30
6	triethylamine	30
7	monoethanolamine	30
8	diethanolamine	30
9	ethylenediamine	30
10	di-n-propylamine	30
11	di-i-propylamine	30
12	n-buthylamine	30
13	i-buthylamine	30
14	cyclohexylamine	100
15	di-i-propylamine	100
16	monoethanolamine	100
17	n-buthylamine	100
18	i-buthylamine	100
19	cyclohexylamine	100
20	ethylenediamine	98※

※ethylenediamine は、98%の市販品をそのまま使用した。

## 結 果 I.

二週間後の各々の沈殿生成の結果は、図3に示すとおりである。

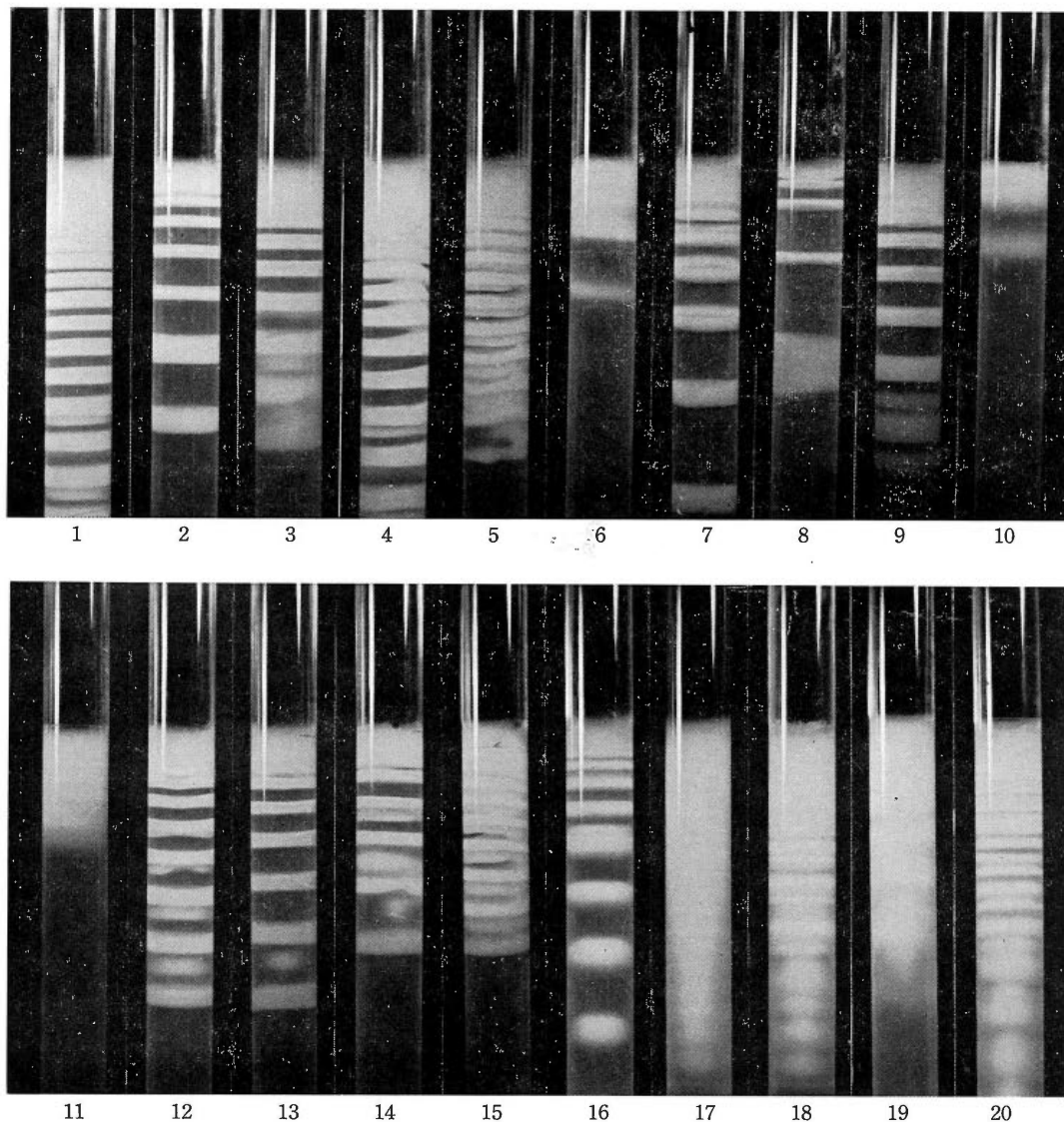


図3 種々のアミンによる層状沈殿の形態

## 実 験 II.

### アミド類によるリーゼガング現象

まえがきで述べたように、硫酸マグネシウム—水酸化ナトリウム系に、アミン類が含まれると層状沈殿を作ることから、表2のようにアミド類について実験をおこなった。寒天の作成方法や外部液の液量は、実験Iと同じである。

ここで外部添加とは、外部電解質である水酸化ナトリウムにアミドを添加することを意味し、また、内部添加とは、内部電解質である硫酸マグネシウムを含む寒天にアミドを添加することを意味する。なお、アミ

ン類と同様に、水に可溶なものを選んだ。

### 結 果 II.

二週間後の、各々の沈殿生成の結果は、図4に示すとおりである。また、図5は、写真、31、32、33、34の拡大図である。同番号に' (ダッシュ) をつけて記載した。これらもきめの細かい層状沈殿になっている。

31'	o-toluenesulfonamide	NaOH-0.5N
32'	o-toluenesulfonamide	NaOH-1N
33'	p-toluenesulfonamide	NaOH-0.5N
34'	p-toluenesulfonamide	NaOH-1N



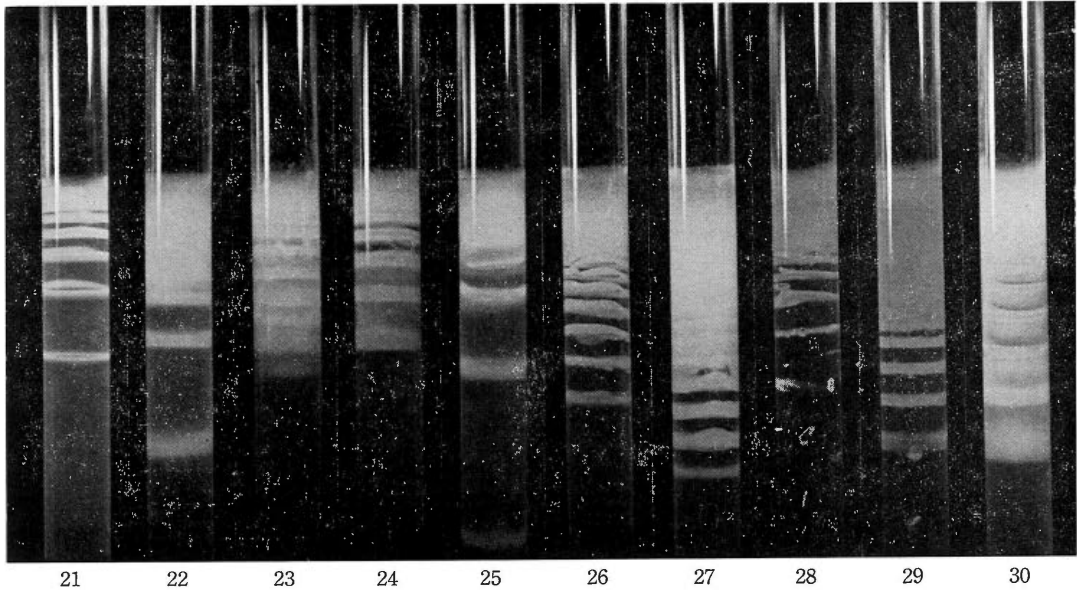


図4-1 種々のアミドによる層状沈殿の形態

表2. アミド類

試験管 番号	アミドの名称	添加方法及 アミドの 濃度※	NaOH の濃度
21	N, N-dimethylformamide	a	0.5N
22	acrylamide	b	1N
23	p-toluenesulfonamide	b	1N
24	o-toluenesulfonamide	b	1N
25	nicotinamide	b	1N
26	N-methylacetamide	c	0.5N
27	N-methylacetamide	c	1N
28	N, N-dimethylformamide	c	0.5N
29	N, N-dimethylformamide	c	1N
30	nicotinamide	d	1N
31	o-toluenesulfonamide	d	0.5N
32	o-toluenesulfonamide	d	1N
33	p-toluenesulfonamide	d	0.5N
34	p-toluenesulfonamide	d	1N

※略記号の説明

- a; 外部添加。NaOH: アミド=1:1 (容量)  
MgSO<sub>4</sub>-1/8M。
- b; 外部添加。アミド濃度, 1M寒天。  
MgSO<sub>4</sub>-1/8M。
- c; 内部添加。寒天: アミド=1:1 (容量)  
MgSO<sub>4</sub>-1/16M。
- d; 内部添加。アミド濃度, 1M寒天。  
MgSO<sub>4</sub>-1/16M。

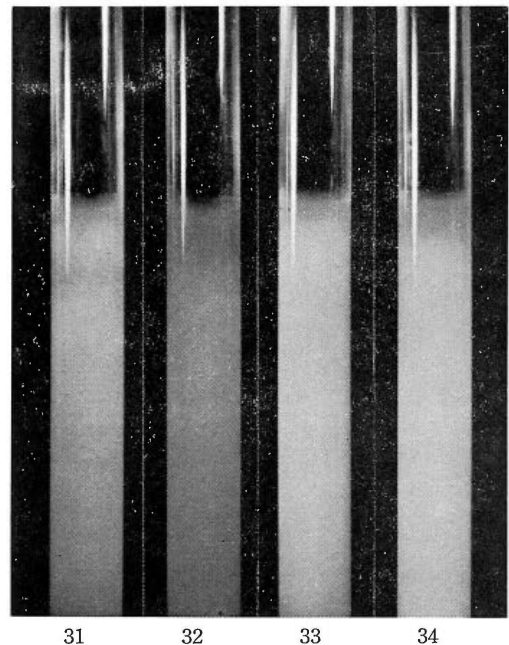


図4-2 種々のアミドによる層状沈殿の形態

### 考 察

図3, 4, 5より, ほとんどのアミン, アミド類を用いることによって, 層状沈殿ができることは明らかである。すなわちこのことを解明すならば, リーゼガング現象の本質を知ることができるのではないかと思

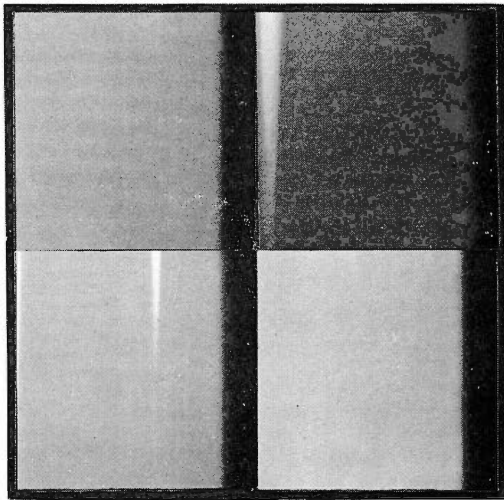


図5 図4-2の拡大図配列は右の順による

31'	32'
33'	34'

われる。そこで、これらの物質の共通性より次の仮説が考えられた。これらの物質は、非共有電子対を有していることから、配位子となり、金属（本実験では、マグネシウム）と錯化合物を形成し、この錯化合物が層状沈殿を作るのに、何らかの形で関与しているのではないかということである。事実、本実験に用いたアミン、アミド類のいくつかは、金属と錯化合物を形成すること、及び、その安定度定数、構造式が文献に示されている。そこで、錯化合物と層状沈殿形成の関係を知るために、さらに、次の実験をおこなった。

#### 実験1.

よく知られた錯化合物形成反応に次のものがある。アンモニア水が、塩化銀に作用すると銀アンミン錯体をつくって塩化銀が溶ける。

0.5% 寒天に内部電解質として、1/4M の硝酸銀を入れ、外部電解質として、塩化アンモニウムを入れ、塩化銀の連続沈殿をつくる。(図6-1)この時に、外部液を捨て、代りに15N アンモニア水を入れる。数日放置しておく、連続の沈殿が切れて、層状沈殿(図6-2)ができた。

ただし、この実験では、光の影響を防ぐために試験管には黒色のカバーをしておこなった。

#### 実験2.

金属とよくキレートをつくる EDTA をアミドの時と同じように、内部に添加して、外部より水酸化ナトリウムを入れると、図7のようになった。なお、寒天

0.5%で、内部電解質は硫酸マグネシウムである。これを見ると、非常にこまかくではあるがはっきり、層状沈殿をつくっていることがわかる。

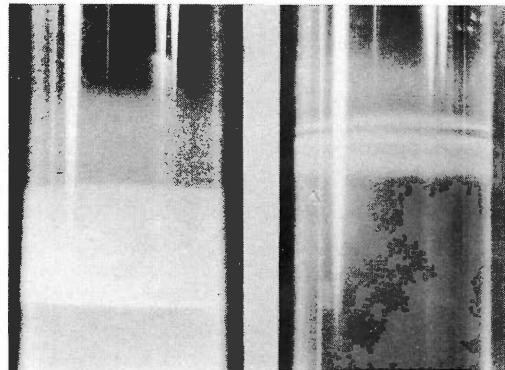


図6-1

$\text{AgNO}_3$  と  $\text{NH}_4\text{Cl}$  によって生じた  $\text{AgCl}$  の連続沈殿 (外部が  $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

図6-2

左が生じたあと外部液を  $\text{NH}_3$  水にかえたら左沈殿が分離した

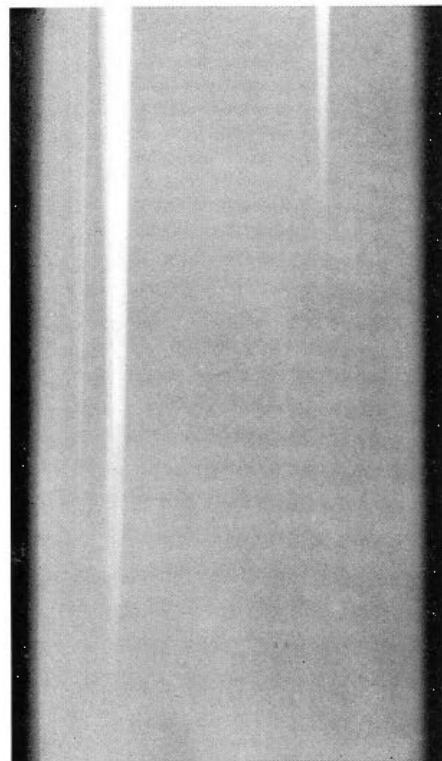


図7 外 $\text{NaOH}$ aq—内 $\text{MgSO}_4$ とEDTA添加によっても層状沈殿になる

### 実験3

当紀要第7号“リーゼガング現象の研究・その2”の中に掲載した写真(42頁, 図12)とその説明で, 内部電解質を硫酸マグネシウムとし, 外部をアンモニア水にした系で, 寒天の内部に, 別の試験管で同じようにしてつくった水酸化マグネシウムの既成の沈殿片をあらかじめ封入しておくならば, 新しくできる沈殿は必ず, 封入した沈殿を敬遠してできることを述べた。

この外部を, アンモニアのかわりに水酸化ナトリウム溶液にすると上の現象が見られない。すなわち, あらかじめ封入しておいた沈殿片を, 新しくできる沈殿は敬遠しないのである。図8にこれを示す。

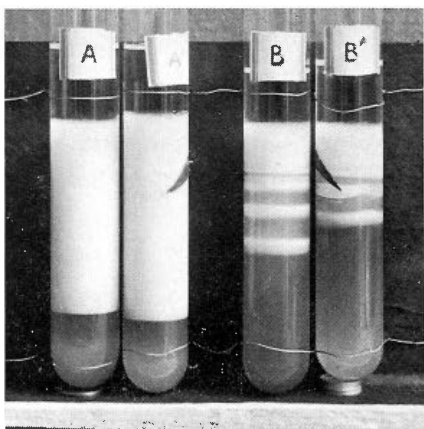


図8 1%寒天ゲル, 1/6M-MgSO<sub>4</sub> に対し ‘外部より下記を拡散。

A, A'; 12/4N-NaOH

B, B'; 15/2N-NH<sub>3</sub> 水

▼の部分, あらかじめ, 既成の Mg(OH)<sub>2</sub> の沈殿を埋めておいたもので, 外部が NaOHaq のときはその Mg(OH)<sub>2</sub> の沈殿は敬遠されず, 外部が NH<sub>3</sub> 水の場合は, 敬遠される。

本報告の出発点は, 内部を硫酸マグネシウムとした寒天ゲル中の沈殿反応において, 外部を水酸化ナトリウム溶液にするか, アンモニア水にするかによって, 層状沈殿ができるか, できないかの岐路になるということであった。このことと, 新しくできる沈殿が既成の封入沈殿を敬遠するか, しないかということと, 本質的に共通のことがありそうである。

そこでここまでに, アンモニアをアミンやアミドに置きかえてもリーゼガング現象を示すことを多数例で例証したから, それならばこの“敬遠現象”もアミン

やアミドによって生じるであろうかを試す必要に迫られた。

内部に硫酸マグネシウムを含む寒天ゲルが, まだ充分冷え固まりきらず, ゼル・ゲル中間のところ, 外部から水酸化ナトリウム溶液を拡散させると, 不規則に流れた沈殿が先ずできる。やがて, その沈殿もろともゲルが固まったところで, 外部の水酸化ナトリウム溶液は新たに沈殿をつくりながら拡散していくが, この場合, 新たに生じる沈殿は, 先にできた沈殿を敬遠しない。これを図9-1に示す。

これに対して, 上記の外部液にアミンかアミドを添加しておく, 同様な実験をした場合, 新たに生じる沈殿は, 先にできた沈殿を敬遠する。

図9-2は, 外部にニコチン酸アミドを添加した場合の様子である。

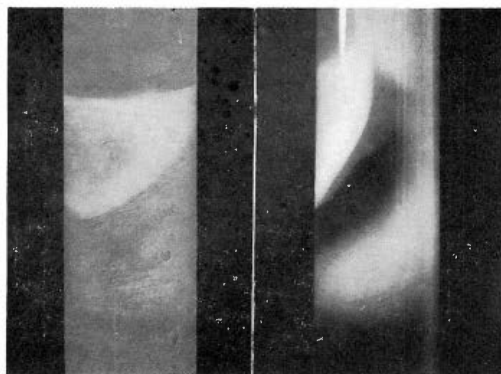


図9-1

外部 NaOHaq だけのときは, 不規則に流れてできた先の沈殿(ななめの白い線)を, 後からできていく沈殿は敬遠しない

図9-2

外部に NaOHaq の他にアミンやアミド類を加えておくと, 不規則に流れてできた先の沈殿を, 後からできる沈殿は敬遠する

本報告では定量的な実験や考察を加えることはできなかったが, 定性的には次のことがらを言うことができそうである。

外部液を, アンモニア, アミン類の水溶液, あるいはアミン, アミド類を含む水酸化ナトリウム溶液にする場合には, それがゲル中へ拡散するに従って, 一つの沈殿帯ができようとすると同時に, どこかでその沈殿帯が切れようとする。そして, ひとたび切れると, その次の沈殿は前の沈殿をかなり敬遠した場所のできる。これが繰返されるため, リーゼガング現象を示すようになる。

この項で更に念を押したように, 塩化銀の沈殿に対

するアンモニア (図 6-1.2), EDTA (図 7) を含め, アンモニア, アミン類, アミド類を考える時, そこに共通に考えられることは, これらの配位子としての働きである。

水酸化ナトリウムを外部液に用いるときリーゼガング現象を起こさないのは, 配位子がないからである。

これらのことから, リーゼガング現象には錯化合物が関係していると考えられるのである。

### 参 考 文 献

- 1) 鮫島実三郎：膠質学 (裳華房) (1947)
- 2) 山崎一雄, 田中信行, 松浦二郎, 玉虫伶太：無機溶液化学 (1972)
- 3) 上野景平：キレート滴定法 (1969)
- 4) 柴田村治：錯体化学入門
- 5) 樋口大成：リーゼガング現象の研究 (その 1)：有明高専紀要 7号 33頁 (1971)
- 6) 樋口大成：リーゼガング現象の研究 (その 2)：有明高専紀要 7号 37頁 (1971)
  - ※ 本校化学科教官
  - ※※ 本校工業化学科五年生 (第七期生)
  - ※※※ 本校工業化学科五年生 (第七期生)



# 高温高密度プラズマの中性子-陽子比への ニュートリノ核子相互作用の効果

萩尾 文彦\* 横山 恪\*\* 宮川 英明\*\*\*

(\*,\*\*, 熊本工業大学 \*\*\*, 有明高専)

<昭和48年9月10日 受理>

## The Effect of Neutrino-Nucleon Interaction on Neutron-Proton Ratio in a Hot and Dense Plasma

### Abstract

We study the change in the neutron-proton ratio  $n_n/n_p$  due to the neutrino-nucleon interaction,  $p+\bar{\nu}\rightarrow n+e^+$  and  $n+\nu\rightarrow p+e^-$ , in a hot and dense plasma ( $T=10^{10}\sim 10^{11}$  K,  $\rho=10^8\sim 10^{13}$  g/cm<sup>3</sup>) which is realized in supernova events. Main neutrino sources considered here are pair annihilation neutrino, transverse plasma neutrino and longitudinal plasma neutrino.

It is found that  $n_n-n_p$  ratio is scarcely influenced by neutrino-nucleon interaction in a nondegenerate electron gas. While, in a degenerate electron gas, its ratio extremely increases with time.

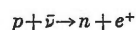
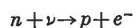
Fumihiko Hagio,  
Tsutomu Yokoyama,  
Hideaki Miyagawa

### I. 結 論

質量が十分大きい星では重力収縮と熱核反応をくり返し、中心部において重い原子核が形成されてゆき、最後に中心核は鉄になる。この鉄は吸熱反応である光分解をうけ星は力学的不安定となる。これが引き金となって超新星爆発が起こると考えられている。

この爆発時に中心核で実現される高温 ( $T=10^{10}\sim 10^{11}$  K) 高密度 ( $\rho=10^8\sim 10^{13}$  g/cm<sup>3</sup>) ガスは陽子、中子と軽粒子である電子、ニュートリノ及びそれらの反粒子、それに光子からなると考えられる。この爆発時には中子数-陽子数比 ( $n_n/n_p$ ) は宇宙の重元素合成の重要な要素となることは、よく知られている<sup>1),2)</sup>。

この論文で我々は超新星爆発時に大量に発生する高エネルギーニュートリノが高温高密度ガスにとじこめられ、次の反応



で  $n_n/n_p$  をどのように変化させるかを調べる。

ここで考えられたニュートリノ源としては電子とニュートリノの間の直接の弱い相互作用のために発生したもののみを考える。

### II. $n_n/n_p$ の計算

(a) 温度、密度、化学ポテンシャル間の関係  
前の論文<sup>3)</sup> で我々の計算に必要な温度 ( $10^9\leq T\leq 9\times 10^{11}$  K) 密度 ( $10^7\leq \rho\leq 10^{15}$  g/cm<sup>3</sup>) 領域で  $\rho$ ,  $T$ ,  $\varphi$  ( $=\mu/kT$ , ただし  $\mu$  は電子の化学ポテンシャル) 間の関係を数値計算した。

この関係を解析的な形で次のように近似する。

$$\log\varphi = \frac{-1.15 + \sqrt{1.32 - 3.4(3\log T - 22.3 - \log(\rho/\mu_e))}}{1.70}$$

(1)

この近似式は  $10^7$  g/cm<sup>3</sup>  $\leq \rho/\mu_e \leq 10^{15}$  g/cm<sup>3</sup>,  $10^9$  K  $\leq T \leq 9\times 10^{11}$  K で有効である。

ただし温度は絶対温度、密度は g/cm<sup>3</sup> の単位での値を用いる。又  $\mu_e$  は電子1個がなう平均分子量である。

(b) ニュートリノのエネルギースペクトル

R. P. Feynman と M. Gell-Mann の弱い相互作用の理論によって存在が予想されている電子ニュートリノのうち、我々に興味がある温度密度領域の重要なニュートリノ発生過程は Pair annihilation, transverse plasma, longitudinal plasma 過程である。それらのエネルギースペクトルは前の論文<sup>3)</sup>で求めている。

$$f_{\nu}^{\text{pair}} = 4.50 \times 10^{25} T_{10}^3 \int_{-x}^x \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}x - \varphi\right)}{\exp\left(\frac{1}{2}x - \varphi\right) + \exp\left(-\frac{1}{2}y\right)} \times x(x^2 - y^2)^3 dy \quad (\text{cm}^{-3}\text{sec}^{-1}) \quad (2)$$

$$f_{\nu}^{\text{pl.a.t}} = B(kT)^3 \gamma^6 \frac{x\sqrt{x^2 - \gamma^2}}{e^x - 1} \quad (\text{cm}^{-3}\text{sec}^{-1}) \quad (3)$$

$$f_{\nu}^{\text{pl.a.l}} = \frac{1}{4} \left(\frac{5}{3}\right)^{7/2} \left(\frac{\omega_0}{\omega_1}\right)^7 A_0 \gamma^9 \lambda^9 \frac{1}{\hbar\omega_0} \times (e^{\gamma Z} - 1)^{-1} Z^{10} (Z^2 - a^2)^2 \sqrt{Z^2 - 1} (2Z^2 - 1) \quad (\text{cm}^{-3}\text{sec}^{-1}) \quad (4)$$

ここで  $f_{\nu}^{\text{pair}}, f_{\nu}^{\text{pl.a.t}}, f_{\nu}^{\text{pl.a.l}}$  はそれぞれ Pair neutrino, transverse plasma neutrino, longitudinal plasma neutrino スペクトルであり、 $T_{10} \equiv T/10^{10}$ ,  $x \equiv \varepsilon_\nu/kT$  ( $\varepsilon_\nu$  はニュートリノのエネルギー、 $k$  は Boltzmann 定数)、 $\hbar \equiv h/2\pi$  ( $h$  は Planck 定数)、 $Z \equiv \hbar\omega/\hbar\omega_0$  ( $\omega_0$  はプラズマ角振動数、 $\omega$  は光子の角振動数)、 $\gamma \equiv \hbar\omega_0/kT$  である。

また

$$A_0 = \frac{g^2 m^9 c^{10}}{3\pi^2 (4\pi e)^2 \hbar^9} = 2.912 \times 10^{21} \text{ergs} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$B = \frac{g^2}{6\pi^2 (4\pi e)^2 c^9 \hbar^9} = 8.823 \times 10^{75} \text{ergs}^{-8} \text{cm}^{-3} \text{sec}^{-1}$$

であり、 $g$  は universal Fermi constant で

$$g^2 = 1.4149 \times 10^{-49} \text{erg} \cdot \text{cm}^3,$$

$c$  は光速、 $m$  は電子の質量、 $e$  は電子の電荷である。

前の論文<sup>3)</sup>ではいくつかの  $\rho, T$  の組み合わせについてスペクトルの形がグラフに示されている。これによると longitudinal plasma neutrino は以下の計算にあまり効かないであろうと思われる。

(c)  $n_n/n_p$  比

超新星爆発に際して星の中心部は収縮を続けて中性子星となり、その外側の部分はバウンスして宇宙空間へ放出される。この境界 (mass cut) 付近で実現される高温高密度領域で  $n_n/n_p$  に影響を与える反応としては、(i) 中性子の  $\beta$  崩壊、(ii) 陽子の電子捕獲、(iii) 陽電子放出、(iv) 陽電子吸収が考えられる。さらにニュートリノの相互作用の弱さにもかかわらず、発生する高エネルギー・ニュートリノ数の多さとガス

の高密度性のために次の反応も上記の比をかえるのに寄与するであろう。

$$(v) \quad n + \nu \longrightarrow p + e^-$$

$$(vi) \quad p + \bar{\nu} \longrightarrow n + e^+$$

ここでニュートリノは (i)~(iv) の反応によって生じるものと II. (b) で述べた電子とニュートリノの間の直接の弱い相互作用 ( $e, \nu_e$ ) によって生じたものを含んでいる。この論文で我々は上に述べた (i)~(vi) の反応のうちニュートリノと核子との相互作用による影響だけを調べるために (v), (vi) の2つの反応を考える。しかもニュートリノとしては ( $e, \nu_e$ ) 相互作用によるニュートリノのみを考える。

ミューオンとミューニュートリノの発生は

$$T \geq m_\mu c^2/k = 1.2 \times 10^{12} \text{K}$$

より考慮されねばならない。ここで考えている  $\rho, T$  領域ではこれらを考えて入れる必要はないであろう。

さて、ニュートリノと核子の相互作用のもとで、中性子数密度 ( $n_n$ ) と陽子数密度 ( $n_p$ ) の時間的変化はそれぞれ次式で与えられる。

$$\frac{dn_n}{dt} = -n_n \int_0^\infty f_\nu(\varepsilon_\nu) \sigma_n(\varepsilon_\nu) c \left\{ 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{\varepsilon_\nu}{kT} - \varphi\right) + 1} \right\} d\varepsilon_\nu + n_p \int_0^\infty f_{\bar{\nu}}(\bar{\varepsilon}_\nu) \sigma_p(\bar{\varepsilon}_\nu) c d\bar{\varepsilon}_\nu, \quad (5)$$

$$\frac{dn_p}{dt} = -n_p \int_0^\infty f_{\bar{\nu}}(\bar{\varepsilon}_\nu) \sigma_p(\bar{\varepsilon}_\nu) c d\bar{\varepsilon}_\nu + n_n \int_0^\infty f_\nu(\varepsilon_\nu) \sigma_n(\varepsilon_\nu) c \left\{ 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{\varepsilon_\nu}{kT} - \varphi\right) + 1} \right\} d\varepsilon_\nu, \quad (6)$$

ここで  $\varepsilon_\nu$  はニュートリノのエネルギーで  $\bar{\varepsilon}_\nu$  は反ニュートリノのエネルギーである。

また

$$f_\nu = f_{\nu}^{\text{pair}} + f_{\nu}^{\text{pl.a.t}} + f_{\nu}^{\text{pl.a.l}} = f_{\bar{\nu}}$$

である。

上記において陽子と反ニュートリノの相互作用の断面積  $\sigma_p(\bar{\varepsilon}_\nu)$  は Yamaguchi<sup>4)</sup> によって与えられ相対論的極限ではこれは中性子とニュートリノの断面積  $\sigma_n(\varepsilon_\nu)$  と等しくなる。

$$\sigma_p(\bar{\varepsilon}_\nu) = \sigma_n(\varepsilon_\nu) \sim \frac{4}{\pi} \left(\frac{10^{-5}}{m_p}\right)^2 \left(\frac{\varepsilon_\nu}{m_p \hbar c}\right)^2 \frac{1}{1 + \frac{2\varepsilon_\nu}{m_p \hbar c}} \sim 2.50 \times 10^{-32} \varepsilon_\nu^2 \frac{1}{1 + 1.33 \times 10^3 \varepsilon_\nu} \quad (\text{cm}^2) \quad (7)$$

ここで  $m_p^{-1}$  は proton Compton wavelength である。(5), (6) 式において右辺のカッコの中は反応 (v) により発生する電子の縮退により終状態が空いている確率を考慮したものである。陽電子は縮退してないので陽電子に対してはこのことを考える必要はない。ここで注意すべきことはこのカッコ内に現われる  $\varphi$  として(1)式をそのまま持ってきてはならないことである。(v) の反応によって生じた電子は終状態が空いている確率をより小さくするであろう。この効果を考慮に入れるために(1)式の  $\rho/\mu_e$  は  $\rho/\mu_e + n_e^*/N_0$  とおきかえられ

$$\log \varphi = \frac{-1.15}{1.70} + \sqrt{1.32 - 3.4(3 \log T - 22.3 - \log(\rho/\mu_e + n_e^*/N_0))} \quad (8)$$

となる。ここで  $n_e^*$  と  $N_0$  はそれぞれ反応 (v) によって新しく生じた電子の個数密度及びアボガドロ数である。また  $n_e^*$  は次の微分方程式に従う。

$$\frac{dn_e^*}{dt} = n_n \int_0^\infty f_\nu(\epsilon_\nu) \sigma_n(\epsilon_\nu) c \left\{ 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{\epsilon_\nu}{kT} - \varphi\right) + 1} \right\} d\epsilon_\nu \quad (9)$$

微分方程式(5), (6), (9)式を(8)式を用いて与えられた  $\rho$  と  $T$  についてとけば  $n_n/n_p$  の時間的変化の様子がわかる。

### III. 結 果

ニュートリノの  $n_n/n_p$  比への影響だけを見るために  $n_n$  と  $n_p$  の最初の比を簡単に1とおいた。またガスの  $\rho$  と  $T$  については Colgate et. al<sup>5)</sup> による 10M $\odot$  の星の超新星爆発モデルで mass cut 付近で実現される次の3つの組み合わせについて  $n_n/n_p$  比を数値計算した。

- ①  $T = 2.20 \times 10^{11} \text{ K}$   $\rho = 5.5 \times 10^{11} \text{ g/cm}^3$
- ②  $T = 1.00 \times 10^{11} \text{ K}$   $\rho = 2.7 \times 10^{12} \text{ g/cm}^3$  (10)
- ③  $T = 2.00 \times 10^{10} \text{ K}$   $\rho = 6.3 \times 10^{12} \text{ g/cm}^3$

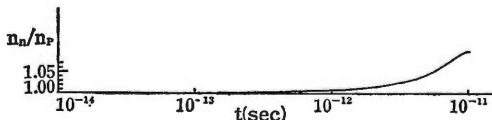


図1 代表点①における  $n_n/n_p$  比の時間的変化

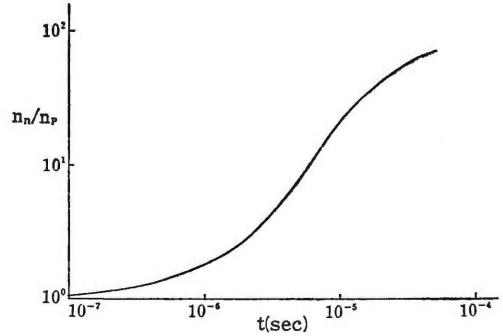


図2 代表点②における  $n_n/n_p$  比の時間的変化

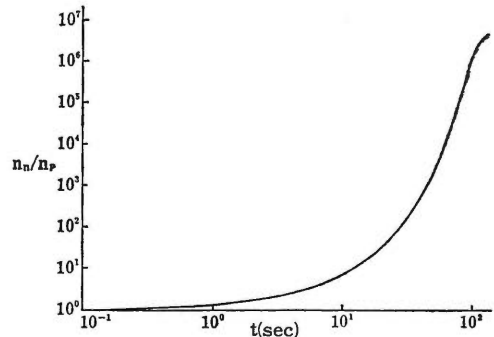


図3 代表点③における  $n_n/n_p$  比の時間的変化

得られた結果は図1, 図2, 図3に示されている。

この図に示されているように代表点①では電子があまり縮退していないため、(6)式の右辺のカッコの中がほとんど1に等しく  $dn_n/dt \approx dn_p/dt$  のため  $n_n/n_p$  比はほとんど増加しない。

また代表点②, ③では  $n_n/n_p$  比は電子の縮退の効果で非常に増加する。さらに  $n_e^*$  が非常に多く生じるため  $n_n/n_p$  の同じ値に達するまでの時間は  $\varphi$  を一定にして計算したときよりもかなりはやいことがわかった。

この論文では II. (c) でのべた反応 (i)~(vi) のうち (v), (vi) の2つの反応のみを考えたが代表点②及び③においては電子は縮退しているので (ii) の反応が重要となり(5)(6)の両方程式の中にその効果を含めねば実際的でないかもしれない。また (ii) の反応に付随して生じるニュートリノも (v), (vi) 両反応に寄与するであろう。

次の論文では (i)~(iv) の反応も考えに入れ、それらの反応によって生じるニュートリノのエネルギーースペクトルも用いて計算する予定である。



**IV. 参考文献**

- 1) Arnett, W. D., and Truran, J. W. 1970 *Ap. J.*, 160, 959.
- 2) Schramm, D. N., and Barkat, Z. 1972, *Ap. J.*, 173, 195.
- 3) 萩尾, 横山, 宮川; 有明高専紀要, 第9号 1973, p. 63.
- 4) Yamaguchi, Y. 1960, *Progress Theor. Phys. Kyoto.*, 23, 1117.
- 5) Colgate, S. A., and White, R. H. 1966, *Ap. J.*, 143, 636.

# 多翼送風機吐出し側流れに関する実験的研究（その1）

清 森 宏 之 助

<昭和48年8月17日 受理>

## Experimental Study on the Flow at the Delivery Side of Multi-blade Fan (Part 1)

In a series of the experiments to aim at improving the performance of multi-blade fan, the flow pattern and the characteristics have been almost grasped.

Now the present experimental study has been carried out in order to investigate the influence of the exit angle of the blades on the fan performance and the flow conditions.

In conclusion it is clear that the fan performance of an impeller with the smaller exit angle of the blades is, within the extent of our experiment, better than that of an impeller with the larger exit angle.

The outcomes are as follows.

Kounosuke Kiyomori

### 1. ま え が き

多翼送風機の性能の向上を目的とする一連の実験において、今回は翼の流入角のみをかえて、3通りの羽根車について実験をおこなった。その結果、効率は低下するが、全圧は上昇し、特性への影響の大きいことが確認された。

本実験では基準の供試翼に対し、流出角のみを2通りかえた3つの羽根車について風量・風圧特性の変化と流れの状態との関連とを調べた。

これらの実験は特性に大きな影響をおよぼす翼取付角の理論値と設計値との関係を説明する手がかりともなり、また風車・風圧特性の傾向を調べる上からも必要と考える。

流れの状態の測定は従来の実験と同様、吸込口側よりみて上下左右の4断面において、流量を4通りかえておこなった。

### 2. 実 験 目 的

翼設計の基礎式である Euler の式  $H_{th\infty} = \frac{U_2 C u_2}{g}$  で示されるように、羽根数無限大のときの全圧上昇  $H_{th\infty}$  を大きくするには、羽根出口の周速  $U_2$  が与えられるとき、 $C u_2$ （羽根出口絶対速度の円周方向分速度）を大きくとらねばならぬ。

このように  $C u_2$  を大きくとることによって、理論通りの全圧上昇が期待されるかどうか。またその大きさの限界を実験的に調べるのがその目的である。

### 3. 実 験 装 置 お よ び 実 験 方 法

実験装置と方法は前報と同一である。また流れの状態の測定は特性曲線上の4点、すなわち全開、最高効率点、最高圧力点・失速点でおこなった。測定位置は図1、2に示すように翼流入直前の A, B, C, D と翼流出直後の E, F, G, H の8点である。

測定にはあらかじめ検定した5孔ピトー管を用い、供試羽根車の測定部位置にプローブ先端を挿入し、翼流入直前では羽根前縁より中心方向に20mm離れた位置で、翼流出直後では羽根後縁より10mm外側の位置で、軸方向に10mm間隔で調べた。

なほ測定にあたって、yaw angle の基準面は測定点とファン軸線とを含む平面をとった。またピトープローブ検定部の構造上、pitch angle が45°以上では検定時において流れが不安定となるので、本実験ではこれ以上の角度の流れについては実験はおこなっていない。

### 4. 供 試 翼

多翼送風機は短い翼で大きい全圧上昇を得ようとするので、2で述べたように  $C u_2$  を大きくとらねばならぬ。そのためには前向き羽根が都合がよく、設計条件として  $w_1 = w_2$ （翼入口・出口の相対速度）および  $\beta_1 + \beta_2 = 90^\circ$ （翼入口・出口の取付角）とすれば  $C u_2 = 2U_2$  の関係が導かれる。<sup>1)</sup>

この関係式を用いて、送風機の仕様 風量 75m<sup>3</sup>/

min 送風機全圧 85mmAq で設計された翼を基準羽根車 A とした。

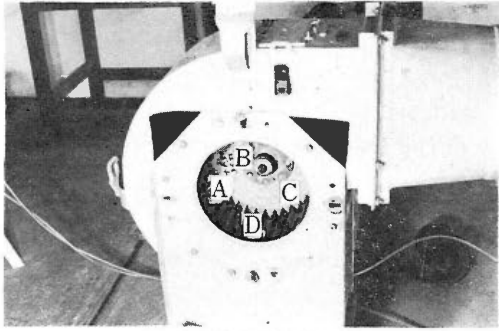


図1 吸込側測定位置

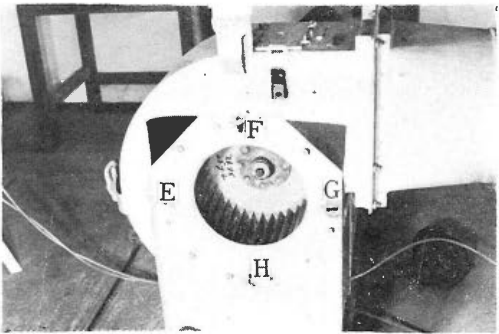


図2 吐出し側測定位置

この基準羽根車 A は一連の実験に比較のため供試翼として毎回用いている。つきに取付角の選定であるが、本実験の目的より翼出口角  $\beta_2$  を小さくとり、 $Cu_2$  を大きくする必要がある。そこで羽根車 A の翼取付角  $\beta_2=38^\circ 25'$  に対し、特性と流れの関係にはっきり差がでることが望ましいので、前回の実験を参照し、基準翼に対し  $\beta_2$  を  $-10^\circ$  および  $-20^\circ$  とした 2 通りの翼出口角を定めた。すなわち  $\beta_2=28^\circ 25'$  の翼を羽根車 B、 $\beta_2=18^\circ 25'$  の方を羽根車 C とした。

つきに羽根車 B, C について  $Cu_2$  と  $U_2$  の関係を求めるが、設計条件よりつきのように計算できる。ただし  $W_u, W_{u'}$  は B・C 羽根車の出口側相対速度の円周方向成分を示す。

羽根車 B

$$\tan \beta_2 = \tan 28^\circ 25' = \frac{Cm_2}{W_u} = \frac{u_1^{(2)}}{W_u}$$

また

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\therefore \tan 28^\circ 25' = \frac{D_1}{D_2} \frac{u_2}{W_u}$$

よって 
$$W_u = \frac{D_1}{D_2} \frac{u_2}{\tan 28^\circ 25'}$$

ここで 
$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{240}{310}$$

$$W_u = \frac{240}{310} \frac{u_2}{0.541} = 1.43 u_2$$

$$\therefore Cu_2 = u_2 + W_u = u_2 + 1.43 u_2 = 2.43 u_2$$

羽根車 C

$$\tan \beta_2 = \tan 18^\circ 25' = \frac{Cm_2}{W_{u'}} = \frac{u_1^{(2)}}{W_{u'}}$$

また 
$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\therefore \tan 18^\circ 25' = \frac{D_1}{D_2} \frac{u_2}{W_{u'}}$$

よって 
$$W_{u'} = \frac{D_1}{D_2} \frac{u_2}{\tan 18^\circ 25'}$$

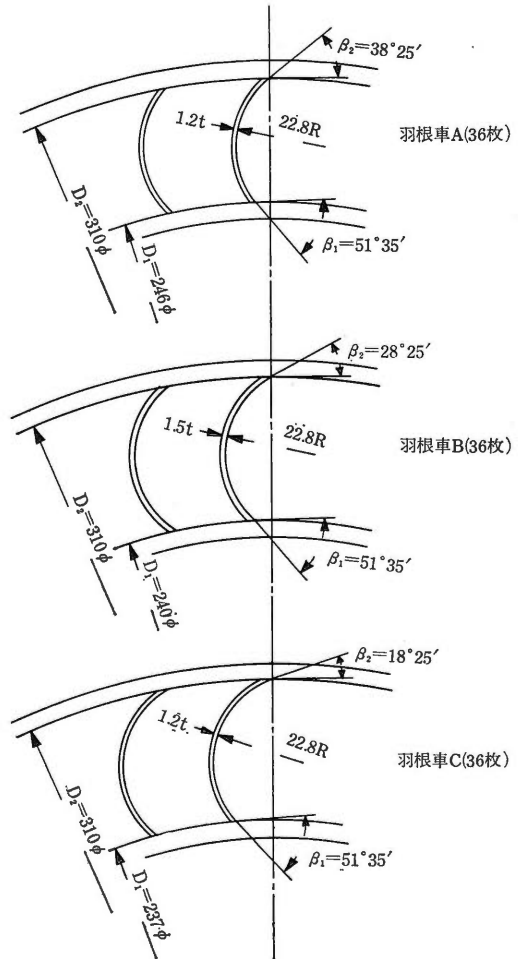


図3 翼断面図

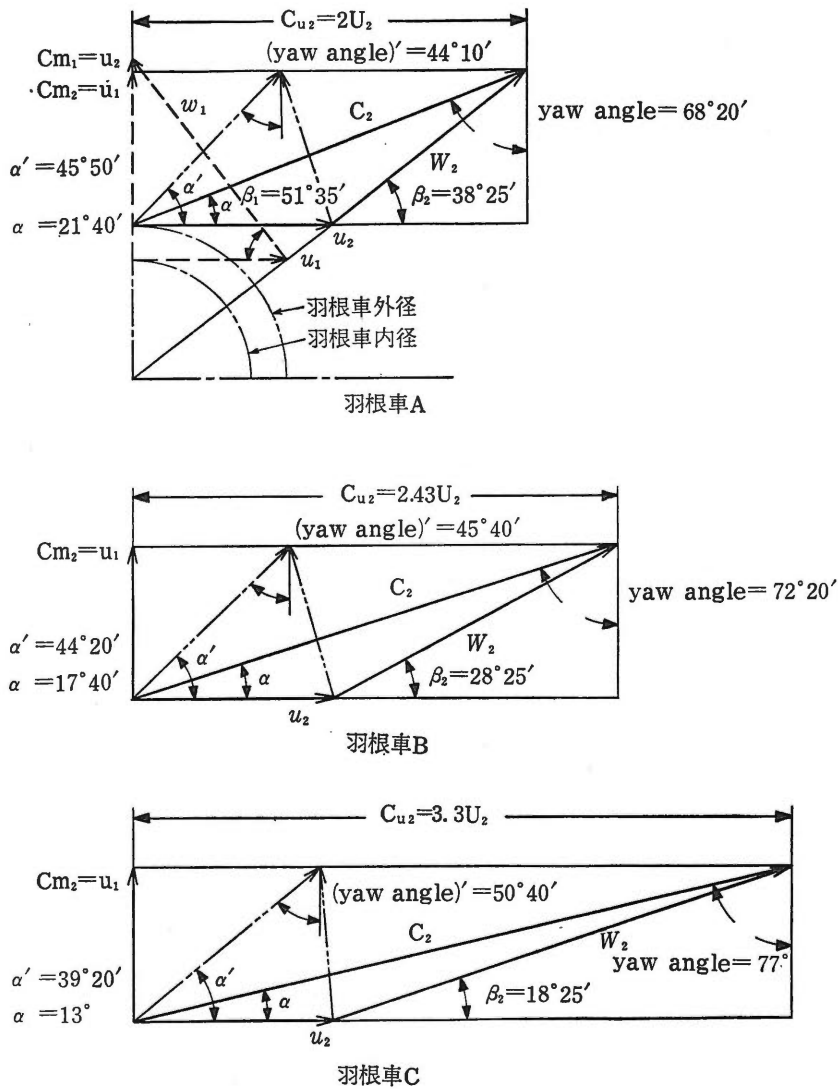


図4 羽根車入口・出口の速度線図

ここで

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{237}{310}$$

$$\therefore \alpha = 21^\circ 40'$$

$$W_{u'} = \frac{237}{310} \frac{u_2}{0.333} = 2.3u_2$$

$$\begin{aligned} \text{よって } \text{yaw angle} &= 90^\circ - 21^\circ 40' \\ &= 68^\circ 20' \end{aligned}$$

$$\therefore Cu_2 = u_2 + W_{u'} = u_2 + 2.3u_2 = 3.3u_2$$

羽根車 B

以後これらの係数を  $Cu_2 = ku_2$  とおいた場合の  $k$  で定義する。つぎに流れの絶対方向と切線方向のなす角を  $\alpha$  とすれば、各羽根車の羽根数無限大のときの yaw angle の理論値が求まる。

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{Cm_2}{Cu_2} = \frac{u_1}{2.43u_2} = \frac{1}{2.43} \frac{D_1}{D_2} = \frac{240}{2.43 \times 310} \\ &= 0.318 \end{aligned}$$

羽根車 A

$$\therefore \alpha = 17^\circ 40'$$

$$\tan \alpha = \frac{Cm_2}{Cu_2} = \frac{u_1}{2u_2} = \frac{D_1}{2D_2} = \frac{246}{2 \times 310} = 0.398$$

$$\text{よって } \text{yaw angle} = 90^\circ - 17^\circ 40'$$

$$=72^{\circ}20'$$

羽根車 C

$$\tan \alpha = \frac{Cm_2}{Cu_2} = \frac{u_1}{3.3u_2} = \frac{D_1}{3.3D_2} = \frac{237}{3.3 \times 310}$$

$$=0.2315$$

$$\therefore \alpha = 13^{\circ}$$

よって yaw angle =  $90^{\circ} - 13^{\circ}$

$$=77^{\circ}$$

以上羽根車 A, B, C の翼断面を図3に示し、翼入口、および出口の速度線図を図4に示す。なほ翼以外の設計諸元は各羽根車とも同一で、翼の主板および側板への取付は鋸かしめである。

5. 実験結果

供試送風機の規定回転数 1900rpm における特性曲線を図5, 6に示す。図5は風量に対する送風機全圧、軸動力、効率の曲線で、図6はこれらの無次元表示で、

圧力係数は  $\varphi = \frac{P}{\frac{\gamma}{2g} u_2^2}$ ，流量係数は  $\phi = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_2^2 u_2}$ ，

動力係数は  $\lambda = \frac{L}{\frac{\gamma}{2g} \frac{\pi}{4} D_2^2 u_2^3}$  で定義する。したがっ

て  $L = \frac{PQ}{\eta}$  の関係から  $\lambda = \frac{\phi \varphi}{\eta}$  となる。

流動状態の測定結果を図7~14に示す。これらの曲線は各測定位置における半径方向の分速度を縦軸にとって示した。測定点における動圧および pitch angle が検定曲線図より求まり、一方 yaw angle は測定時に求まるので、半径方向分速度 = (測定点の風速) × cos (pitch angle) × cos (yaw angle) の関係から計算できる。

つぎに羽根車の軸を含む平面内における流れの大きさと方向を図15~20に示した。軸方向分速度 = (測定点の風速) × sin (pitch angle) であるので、前述の半径方向分速度を縦軸に、軸方向分速度を横軸にとってあらわした。

整理は羽根車 A, B, C の翼直前の位置 A とこれに対応する翼直後の位置 E についてまとめた。縦横軸とも1目盛りは10m/sである。

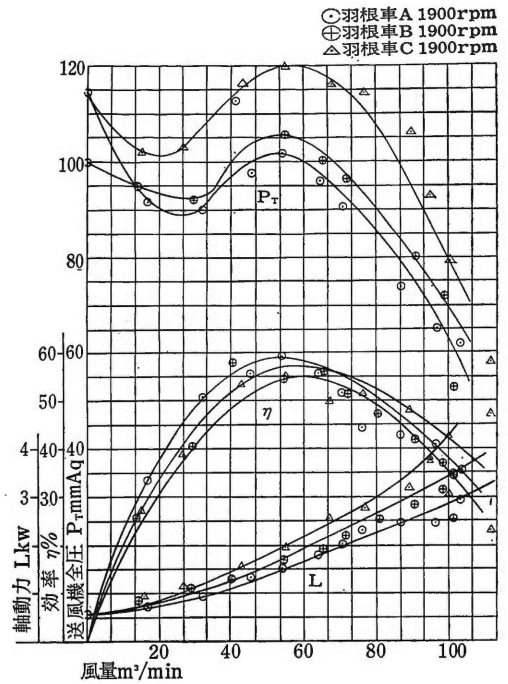


図5 特性曲線

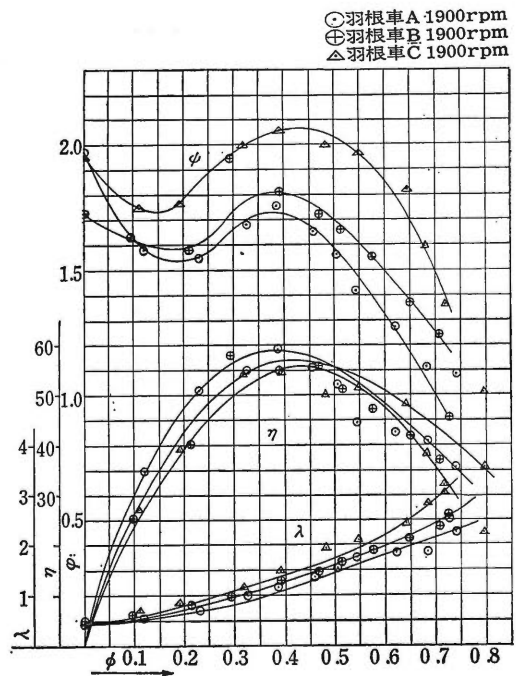


図6 特性曲線

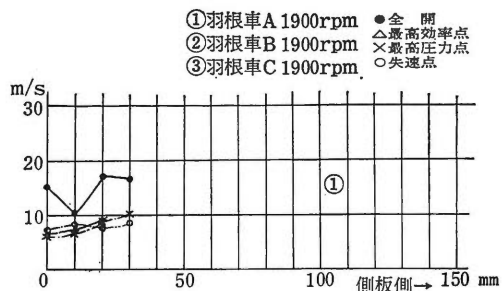


图7 速度分布 (測定位置A)

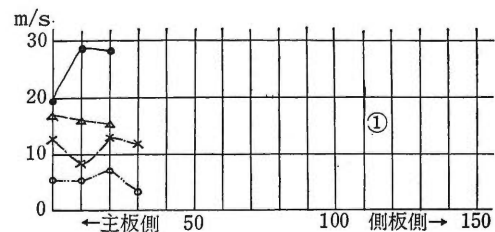
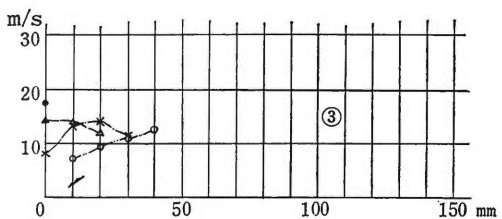
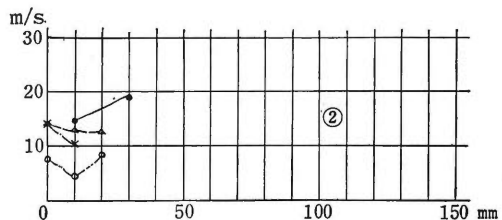


图8 速度分布 (測定位置B)

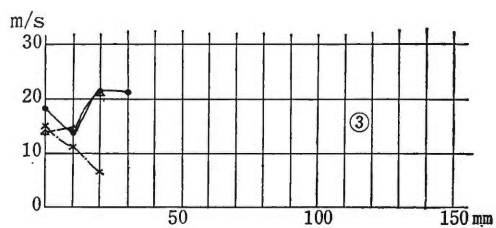
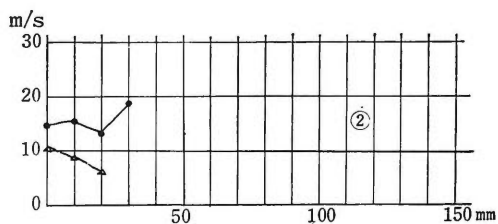
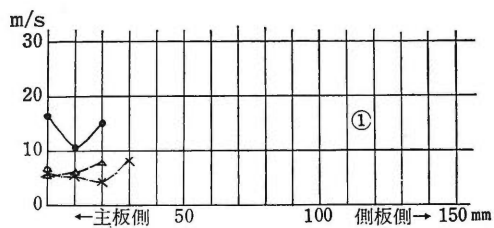


图9 速度分布 (測定位置C)

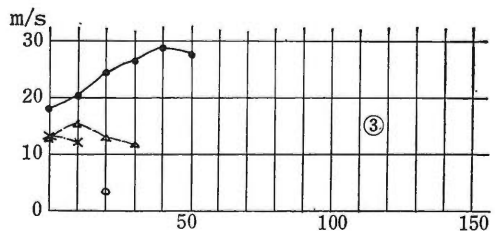
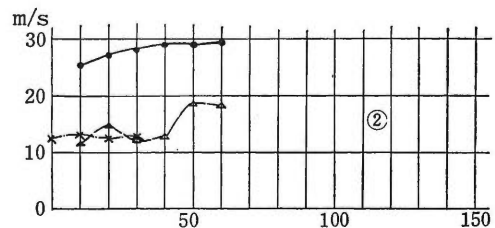


图8 速度分布 (測定位置B)

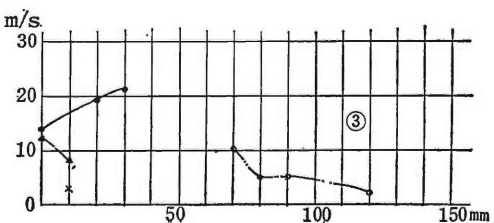
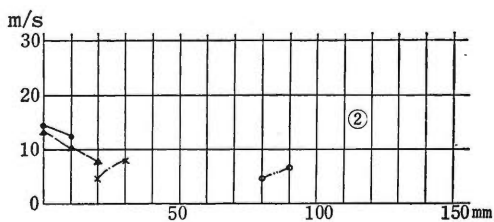
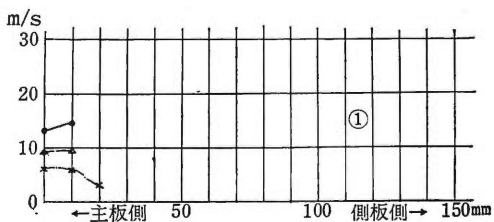


图10 速度分布 (測定位置D)

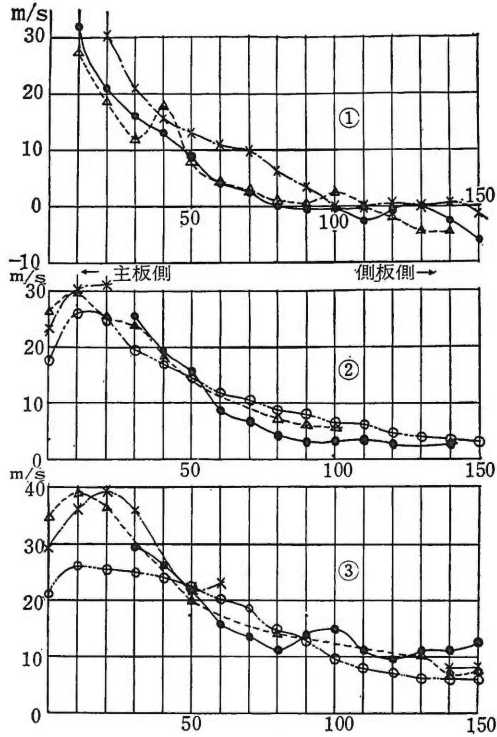


图11 速度分布 (測定位置E)

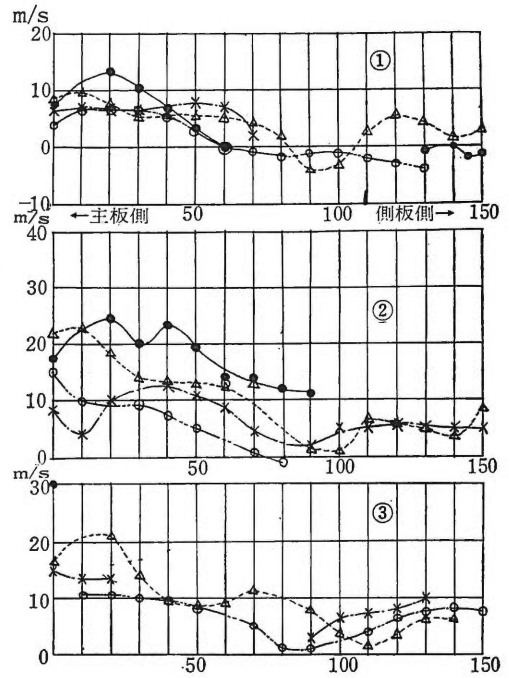


图13 速度分布 (測定位置G)

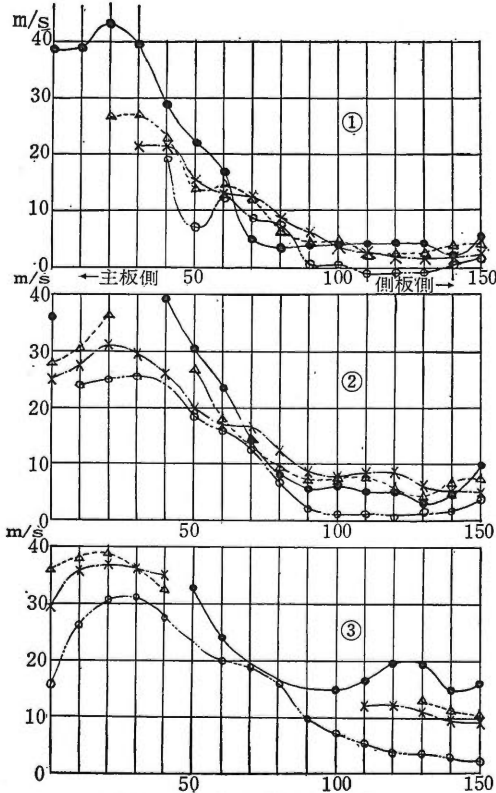


图12 速度分布 (測定位置F)

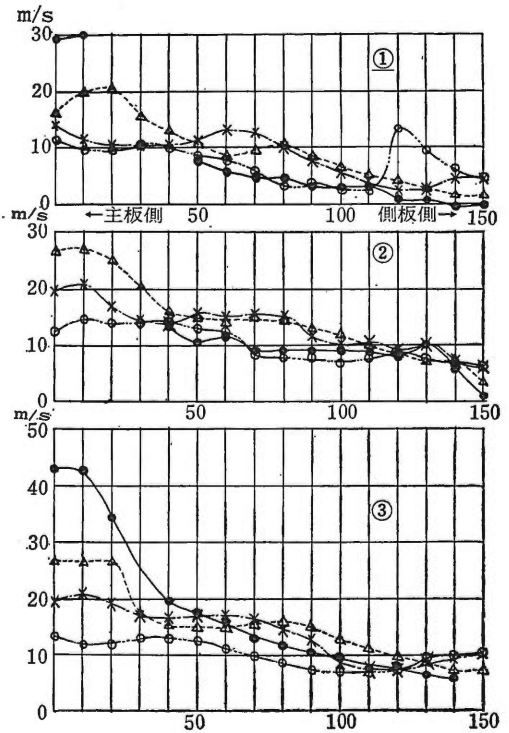


图14 速度分布 (測定位置H)

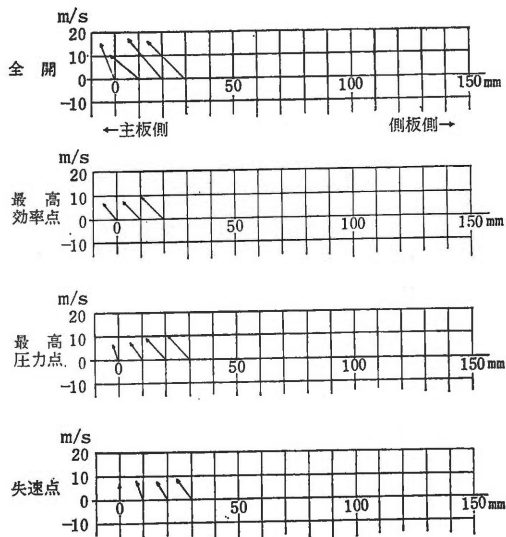


图15 速度分布 (測定位置A, 羽根車A, 1900rpm)

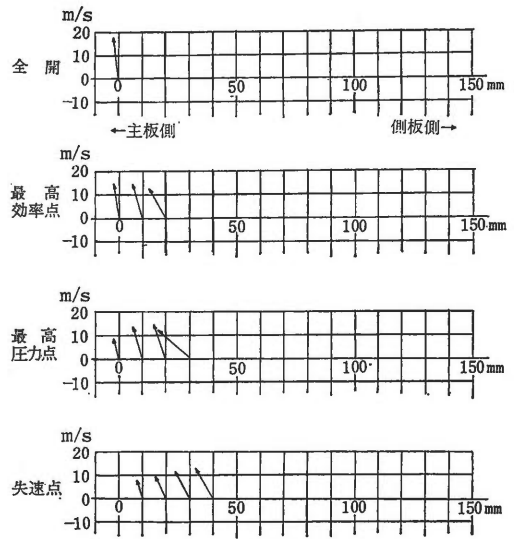


图17 速度分布 (測定位置A, 羽根車C, 1900rpm)

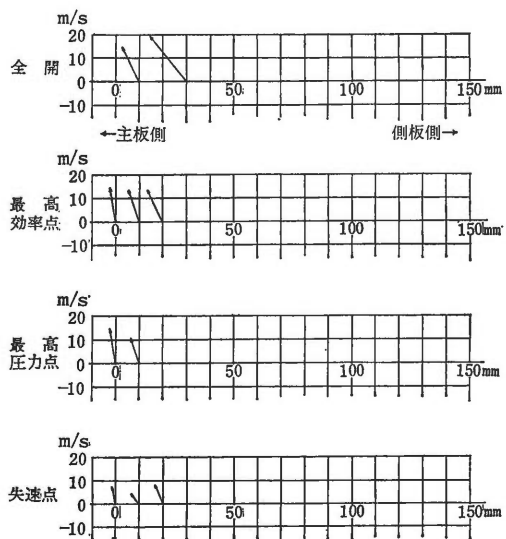


图16 速度分布 (測定位置A, 羽根車B, 1900rpm)

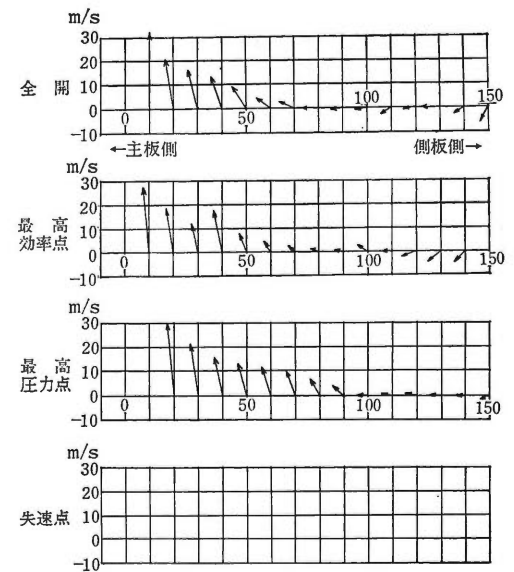


图18 速度分布 (測定位置E, 羽根車A, 1900rpm)



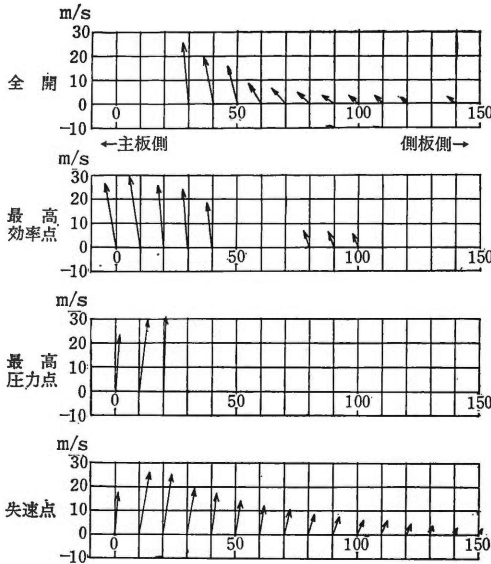


図19 速度分布 (測定位置E, 羽根車B, 1900rpm)

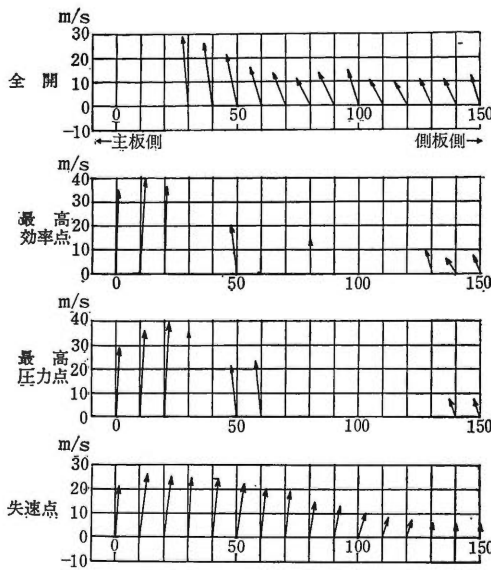


図20 速度分布 (測定位置E, 羽根車C, 1900rpm)

6. 3 供試翼の圧力計効率  $\eta_M$  およびすべり係数  $\mu$

A, B, C 3種の羽根車の特性曲線図結果を用いて, 設計上必要な圧力計効率  $\eta_M$  およびすべり係数  $\mu$  の値を逆算して求める。ディフューザをも含めた遠心送風

機の  $\eta_M$  と  $\mu$  との関係はつぎのように導かれる。<sup>3)</sup>

すなわち

$$\eta_M = 1 - \frac{\eta_M}{\mu} \left[ (\zeta_b + \zeta_f) \frac{\phi^2}{16k_b^2 \nu^4} + \zeta_f \nu^4 + \zeta_D \frac{\phi^2}{4\mu^2 \eta_M^2} \right]$$

ここで

$\zeta_f$  : 羽根車の形状抵抗および摩擦損失係数

$\zeta_D$  : 渦形室での損失係数

$\zeta_b$  : 翼入口曲りの損失係数

$\varphi$  : 圧力係数  $\frac{P}{\frac{\gamma}{2g} u_2^2}$

$\phi$  : 流量係数  $\frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_2^2 u_2}$

$k_b$  :  $\frac{\text{羽根入口巾}}{\text{入口直径}} \frac{b_1}{D_1}$

$\nu$  : 内外径比  $\frac{D_1}{D_2}$

この場合,  $\zeta_b=0.1$ ,  $\zeta_f=0.2$ ,  $\zeta_D=0.25$  とみなし, 翼の入口有効巾を50%と仮定すれば,  $k_b=0.5 \frac{b_1}{D_1}$  につき羽根車の設計風量  $75\text{m}^3/\text{min}$ , 回転数  $1900\text{rpm}$ , 羽根車  $310\phi$  より流量係数  $\phi=0.536$  となり, これは各翼とも共通である。3 供試翼は図3, 4に示すように翼入口径  $D_1$  および  $Cu_2$  がそれぞれ異なり, また特性曲線からわかるように設計風量に対する送風機全圧  $P$  も異なるから, これらに関連のある  $\varphi, k_b, \nu, P_{th\infty}$  などは各翼とも違った値となる。

以上の値を代入すると

$$\eta_M = 1 - \frac{\eta_M}{\mu} \left[ (0.1+0.2) \times \frac{0.536}{16k_b^2 \nu^4} + 0.2\nu^2 + 0.25 \times \frac{\varphi^2}{4\mu^2 \eta_M^2} \right] \dots \dots (1)$$

また翼の設計値より求まる  $Cu_2 = k\mu_2$  ( $k$  は設計上の係数で前述のように A 翼では  $k=2$ , B翼では  $k=2, 43$ , C翼では  $k=3 \cdot 3$ ) の関係式を用い, 羽根数が無限大のときの流体の全圧上昇  $P_{th\infty}$  を求めると

$$P_{th\infty} = \frac{P}{\eta_M \cdot \mu} = \frac{\gamma}{g} u_2 Cu_2 = k \frac{\gamma}{g} \mu^2$$

すなわち

$$\eta_M \cdot \mu = \frac{P}{k \cdot \frac{\gamma}{g} u_2^2}$$

ここで  $\frac{\gamma}{g} = 0.1225 \frac{kgS^2}{m^4}$ ,  $u_2 = \frac{1}{60} \times \pi$

$$\times 0.31 \times 1900 = 30.8\text{m/s}$$

を代入すれば

$$\eta_M \cdot \mu = \frac{P}{116k} \dots \dots (2)$$

(1), (2)式を用い設計上の諸元を代入して A, B, C 羽根車の  $\eta_M \cdot \mu$  を求めれば表1のようになる。

羽根車	A	B	C
特性曲線上の送風機全圧mmAq	90	95	113
圧力係数 $\phi$	1.55	1.634	1.94
羽根入口径 $D_{1mm}$	246	240	237
$\nu$	0.794	0.775	0.765
$k_b$	0.304	0.312	0.316
$k$	2.0	2.43	3.30
$P_{th} \propto mmAq$	233	283	384
$\eta_M \cdot \mu$	0.386	0.336	0.294
$\eta_M$	0.550	0.483	0.390
$\mu$	0.702	0.695	0.755

表1.  $\eta_M \cdot \mu$  の計算値

## 7. あとがき

1. 特性曲線から、羽根車 A が最も効率が高く、この翼の流出角のみを  $-10^\circ$  (羽根車 B),  $-20^\circ$  (羽根車 C) にした羽根車はともに最高効率点で 4% 低い。風圧は羽根車 C が最も高く、つぎに羽根車 B, A の順序となっているが、羽根車 C, B は A に比し相対的に軸動力が大きいため、効率は低下し最高 55% である。しかし風圧を上げるには  $Cu_2$  を大きくとらねばならぬといふ実験の目的は一応達成された。

すでに (その 4)<sup>4)</sup> で述べたように、翼全体の取付角をかえ、基準翼に対して入口角  $\beta_1$  を  $+30^\circ$  だけ大きくし、出口角  $\beta_2$  を  $-30^\circ$  に小さくした羽根車は特性試験で風圧が大きく上昇した。これは (その 6)<sup>5)</sup> で示された通り、流入角のみを 3 通りかえた翼で  $\beta_1$  の大きい方が圧力上昇が高かったこと、および本実験でわかったように、流出角のみを 3 通りかえた翼で  $\beta_2$  の小さい方が圧力上昇が高かったことの 2 つの組合せが (その 4) で実験されたことになる。これによって多翼送風機の圧力上昇に関する 1 つの手がかりが実験上求められた。

このように翼流出角が特性に及ぼす影響は大きく、最高効率点で 4% 程度の効率の低下を無視すれば、流出角を小さくとして、設計点付近の圧力係数を 1.55 より 1.94 まで高めることができる。(表 1)

1 例として設計点近傍の A 翼の性能を C 翼に達成するには、比例法則より回転数を 1900rpm より 1700

rpm に下げることができ騒音の減少が期待できる。

2. 6 項で述べたように  $\eta_M \cdot \mu = \frac{P}{k \frac{\gamma}{g} u_2^3}$  より  $\eta_M \cdot \mu \cdot k \propto \frac{P}{\frac{\gamma}{2g} u_2^3} = \varphi$  の関係が導かれる。前述の表 1 と羽根車 A, B, C の  $k$  の値とをまとめたものが表 2 で、図示したものが図 21 である。

羽根車	A	B	C
圧力係数 $\phi$	1.55	1.634	1.94
$\eta_M \cdot \mu$	0.386	0.336	0.294
$k$	2.0	2.43	3.30
$\eta_M \cdot \mu \cdot k$	0.774	0.819	0.97

表2.  $\eta_M \cdot \mu \cdot k$  の計算値

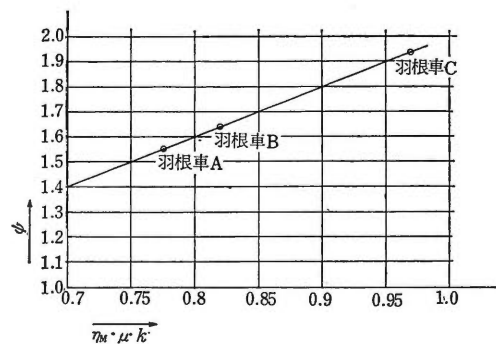


図21  $\eta_M \cdot \mu \cdot k$  と  $\varphi$  との関係

すなわち  $\eta_M \cdot \mu \cdot k$  と圧力係数  $\varphi$  とは比例する。この直線を延長すると略原点付近を通り、これは  $k=0$  のとき  $\varphi=0$  で、すなわち  $Cu_2=0$  のとき圧力上昇が 0 となり理論と一致する。さらに上式より風圧  $P$  は  $k$  が大きい程大となるが、逆に  $\eta_M \cdot \mu$  が小さく、 $k$  そのものには比例しない。なほ  $k$  の値をこれ以上大きくしたときの予想は本実験だけでは明らかでない。

3. 吸込側流れの半径方向分速度の大きさを図 7 ~ 10 に示す。これによると、各翼とも測定点 B では、流量が変化する場合の流れの状態が比較的明瞭である。しかし C, D 点ではこれが明確でなく、しかも測定点の数も少なかったのは、ケーシング捲き始め部の影響で流れが大きく乱れているためであろう。

つぎに送風機軸に直角な面内における翼流入角は、測定値の平均とみなされる主板側より 30mm 軸方向にはなれた位置の測定値をとり、これを表 3 に示す。

測定の基準面は測定点とファン軸を含む平面を基準

の0°と定め、この面より時計方向の角を+、反時計方向を-とした。

これによると、羽根車 A, B, C はいずれも測定点 A, B, C において流量が減少するにつれて yaw angle が小さくなり、迎え角が大きくなる。つまり多翼送風機においても、流量が小さくなるにつれて、迎え角、揚力係数がともに大きくなり風圧もあるが、ある点で失速する。しかし D 点だけはこの傾向とは逆に失速に向って迎え角が小さくなるが、その原因がケーシングによるものか否かはなほ不明である。

各羽根車は前述のように流入取付角が同一で、半径方向に流入するよう設計されている。いま最高効率点のみについてこれに近い流れをしているのは、羽根車 A では B 点、羽根車 B では A, B 点の中間域、羽根車 C では A 点であり、全体的に測定点 A から B の

測定位置	羽根車 A			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
A	23	14	13	7
B	0	0	-8	-33
C	-17	-22	-34	-21
D	7	14	31	測定不可能

測定位置	羽根車 B			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
A	15	7	6	0.5
B	-14	-20	-20	-42
C	-22	-28	-38	-30
D	-11	-4	7	45

測定位置	羽根車 C			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
A	3	0	-4	3
B	-8	-12	-25	-34
C	-19	-19	-20	-26
D	-9	6	7	50

表3. 翼流入角の測定値 (度数)

領域とみなされる。

4. 吐出し側の半径方向分速度の大きさを図11~14に示す。これまでの実験結果と同じく、いずれも主板側で大きく、側板側に近づくにつれて小さくなり、吐出し側では流れが側板側にむかって循環している。図3に示す実線の速度線図は羽根数無限大のときの速度線図で、実際には翼数は有限であり、また機械的損失やすべりを伴ふため、圧力上昇に直接関係のある  $Cu'_2$  の値は

$$Cu'_2 = Cu_2 \times \eta_M \mu = k u_2 \eta_M \mu$$

となる。この場合の yaw angle はつぎのようにして求める。

測定位置	羽根車 A			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
E	53	54	56	
F	56	56	60	
G				
H	60			

測定位置	羽根車 B			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
E	57	57	60	55
F	62	50	54	53
G	58			
H		55		

測定位置	羽根車 C			
	全開	最高効率点	最高圧力点	失速点
E	58	58	63	56
F	62	65		57
G				
H		56	55	

表4. 翼吐出し yaw angle の測定値 (度数)

羽根車 A

$$Cu_2' = k u_2 \eta_M \mu = 2 \times 30.8 \times 0.386 = 23.8 \text{ m/s}$$

羽根車 B

$$Cu_2' = k u_2 \eta_M \mu = 2.43 \times 30.8 \times 0.336 = 25.1 \text{ m/s}$$

羽根車 C

$$Cu_2' = k u_2 \eta_M \mu = 3.3 \times 30.8 \times 0.294 = 29.8 \text{ m/s}$$

いま吐出し流れの絶対方向と切線方向の修正角を $\alpha'$ として (yaw angle) を求めるとつぎのようになる。

羽根車 A

$$\tan \alpha' = \frac{Cm_2}{Cu_2'} = \frac{24.5}{23.8} = 1.028$$

$$\therefore \alpha' = 45^\circ 50'$$

$$(\text{yaw angle})' = 90^\circ - \alpha' = 44^\circ 10'$$

羽根車 B

$$\tan \alpha' = \frac{Cm_2}{Cu_2'} = \frac{24.5}{25.1} = 0.975$$

$$\therefore \alpha' = 44^\circ 20'$$

$$(\text{yaw angle})' = 90^\circ - \alpha' = 45^\circ 40'$$

羽根車 C

$$\tan \alpha' = \frac{Cm_2}{Cu_2'} = \frac{24.5}{29.8} = 0.82$$

$$\therefore \alpha' = 39^\circ 20'$$

$$(\text{yaw angle})' = 90^\circ - \alpha' = 50^\circ 40'$$

図3の鎖線の速度線図は、上述の修正を施したものである。すなわち翼の有効巾を50%と仮定し、翼上の各点はいずれも同一風圧上昇と半径方向流速をもつと仮定した吐出し側の速度線図である。

いま設計流速  $Cm_2 = 24.5 \text{ m/s}$  近傍の yaw angle を実測値より求めて表4に示す。ただし、

$$(\text{yaw angle})' + \text{流出角 } \alpha' = 90^\circ$$

の関係がある。

空欄のうち E, F 欄などは測定不能で、G 欄は捲き

始め部で流れの状態が全く設計値と異っており、また H 欄は各点の流速  $Cm_2$  が設計値 24.5m/s 以下のためである。これらの測定値はいずれも主板側よりに 50mm 以内で、翼巾は 150mm である。

測定値と羽根数有限の速度線図 (図3の鎖線分) を比較すると、羽根車 A, B, C とも実測値の方が大きい。このことは実際の翼流出角が速度線図より小さく、 $\eta_M \mu$  の値が大きく、圧力上昇が大きいことは示している。測定結果によると、概して流速も風圧上昇も主板側で大きく、側板側で小さい。

また測定位置 E, F 点では全開より最高圧力点に向けて翼流出角が小さくなり、圧力が上昇していること、また失速点では流出角が逆に大きくなり、圧力が低下していることがはっきり示されている。

前述の特性曲線に示されるように、羽根車 A, B, C の順序で圧力が上昇しているが、表4の測定値でも当然羽根車 A, B, C の順序で流出角が小さくなっている。

本実験は基準翼に対し流出角  $\beta_2$  のみをかえた3種の羽根車について、特性と流動状態とを調べたものである。最も効率のよいのは羽根車 A であるが、一方流出角  $\beta_2$  を小さくした羽根車 B, C ともに圧力上昇に対しては効果があり、効率も大流量域ではむしろ上っている。すなわち設計時に  $Cu_2$  を大きくすると風圧が上昇することがはっきり実証された。この実験では  $Cu_2 = k U_2$  で示される  $k$  の値は最大3.3であったが、 $k$  の値をどこまで大きくとり得るかはつぎの課題となる。

最後に本実験にあたり、終始御懇切な指導をいただきました九州大学生井教授ならびに実験と資料の整理に熱心な協力をされた本校技官および学生諸君に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1), 2), 3) 生井武文著 遠心軸流速風材と圧縮機
- 4), 5) 有明工業高等専門学校紀要 No. 7, No. 9 送風機吸込側流れの実験的研究 (その4)

同 上 (その6)



# La<sub>(1-x)</sub>Sr<sub>(x)</sub>MnO<sub>3</sub> の電気的特性

小 沢 賢 治

<昭和48年9月6日 受理>

## Electric properties of polycrystalline La<sub>(1-x)</sub>Sr<sub>(x)</sub>MnO<sub>3</sub>

Perovskite oxides which are presented by the structure La(1-x)Me(x)MnO<sub>3</sub>(Me: two valence metallic element) have the ferromagnetic property and the property of semiconductor.

The present writer reserched the electric properties of polycrystalline La(1-x)Sr(x)MnO<sub>3</sub>. As the result, it was observed that there were different electric properties between the some pollycrystalline La(1-x)Sr(x)MnO<sub>3</sub> which were produced under the several different conditions.

Kenzi Ozawa

### 1. ま え が き

最近、磁性半導体についてかなり研究されており、その応用面についてもいろいろ考えられている。

一般に、磁性化合物は、その特徴である磁性だけでなく半導体的性質を示すことが知られている。

なかでも、La(1-x)Me(x)MnO<sub>3</sub>（ただし、Me は 2 価の金属元素）の構造式で示されるペロブスカイト型酸化物においては、その性質が比較的強いことが挙げられている。

そこで、筆者は、上記の構造式において、Me に Sr を使った式で表わされる構造の酸化物試料について、電気的特性のうち低抗率の温度依存性を測定した。

その結果、試料の製造条件によって、特性に大きな差異があることが認められた。

### 2. 試料の製法

図1において、粉砕はボールミルを使い、アルコール中で10時間、圧縮は、2[ton/cm<sup>2</sup>]で行い、仮焼は、空気雰囲気中で1100 [°C]、2時間行う。

これらは、第3圧縮まで適用する。

次に、上述の過程を経た試料12個を、チッソ雰囲気(N<sub>2</sub>:O<sub>2</sub>=9:1)中で、1200 [°C]、1300 [°C]、1400 [°C]の3種類の温度で各1時間焼成する。

次に、上述のチッ素過多雰囲気の場合と同様の過程を空気雰囲気の場合、および酸素過多雰囲気(N<sub>2</sub>:O<sub>2</sub>=2:3)の場合について行う。

このようにして、36個の試料を得る。

これらの試料には、表1、表2、表3に従って、記号

をつける。

ただし、記号中の第1文字は組成種別を示し、第2文字は、本焼時の雰囲気の種類を示し、また、第3文字は、本焼時の温度の種類を示す。

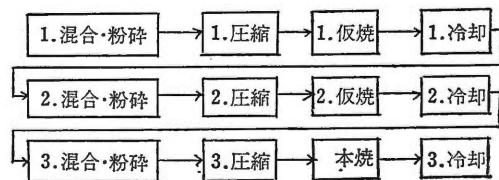


図1

表1.

本焼時雰囲気	試料記号
チッソ	N
空気	A
酸素	O

表2.

本焼温度	試料記号
1200	2
1300	3
1400	4

表3.

組成式	試料記号
La <sub>0.8</sub> Sr <sub>0.2</sub> MnO <sub>3</sub>	1
La <sub>0.6</sub> Sr <sub>0.4</sub> MnO <sub>3</sub>	2
La <sub>0.4</sub> Sr <sub>0.6</sub> MnO <sub>3</sub>	3
La <sub>0.2</sub> Sr <sub>0.8</sub> MnO <sub>3</sub>	4

### 3. 抵抗率の測定方法

予備実験の結果、試料と電極との間における接触抵抗の影響が大きかったので、いわゆる電圧端子法<sup>1)</sup>により抵抗率  $\rho$  を測定した。(図2参照)

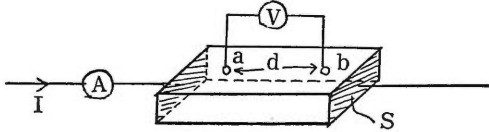


図2

図2において、V, A はそれぞれ電圧計、電流計を、また、S, d はそれぞれ試料の断面積、電圧端子間の距離を示す。

抵抗率  $\rho$  は(1)式で示される。

$$\rho = \frac{SV}{dI} \quad (1)$$

ただし、I は試料に流す電流であり、V は、電流 I である時、電圧端子 ab 間に現われる電圧である。

尚、電流 I は、全試料を通じて、試料内電流密度 J が均一であると仮定して、その時の電流密度 J が、10 [mA/cm<sup>2</sup>] 一定であるようにした。

また、試料の温度は、恒温槽により、おおむね273°K~353°K の範囲で変化させた。

### 4. 測定結果

図3~図14は、同一組成でしかも同一焼成温度別に抵抗率  $\rho$  の温度依存性を、図15~図17は、1°C 当りの  $\rho$  の変化率を、図18~20は0°C における  $\rho$  の値をそれぞれ示す。ただし、図15~17の  $\rho$  の変化率  $\gamma$  は組成番号2, 3, 4の試料については、次式によった。

$$\gamma = \frac{\rho_{0^{\circ}\text{C}}}{\rho_{80^{\circ}\text{C}}} \cdot \frac{1}{80[^{\circ}\text{C}]} \quad (2)$$

また組成番号1の試料については、次式によった。

$$\gamma = \frac{\rho_{\text{max}}}{\rho_{0^{\circ}\text{C}}} \cdot \frac{1}{t[^{\circ}\text{C}]} \quad (3)$$

ただし、式(2), (3)において、 $\rho_{T^{\circ}\text{C}}$  は T°C における抵抗率を示し、 $\rho_{\text{max}}$  は、 $\rho$  の最大値を示し、t は、 $\rho$  が最大値を示す時の温度を示す。

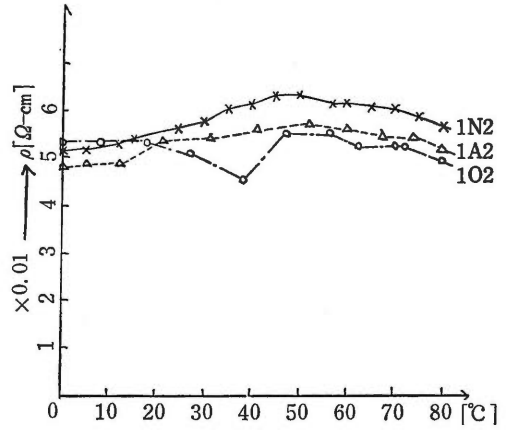


図3

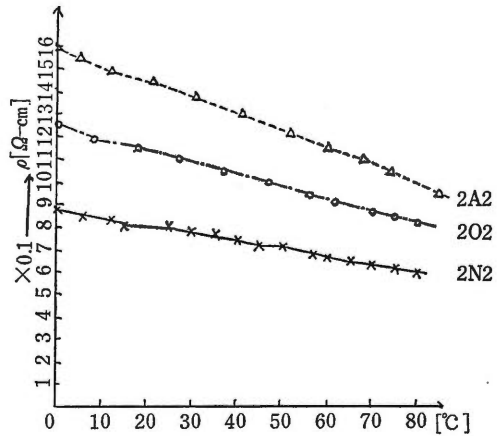


図4

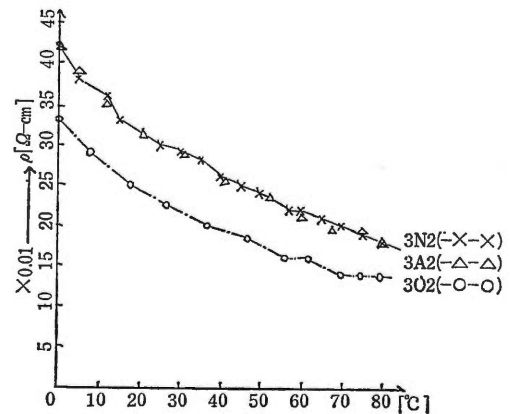


図5

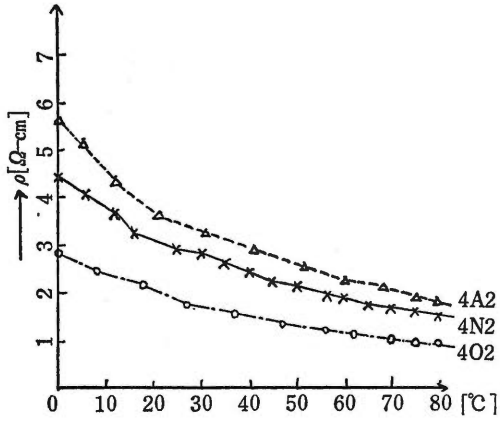


图 6

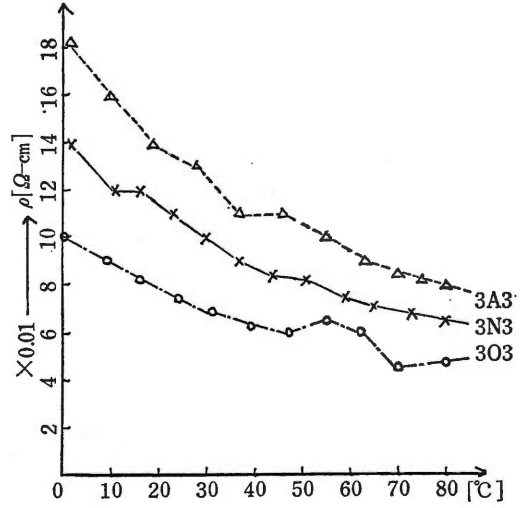


图 9

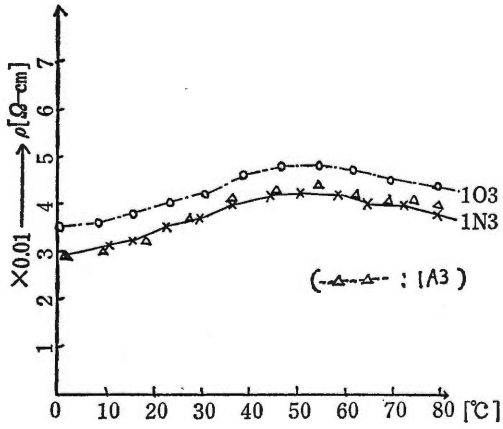


图 8

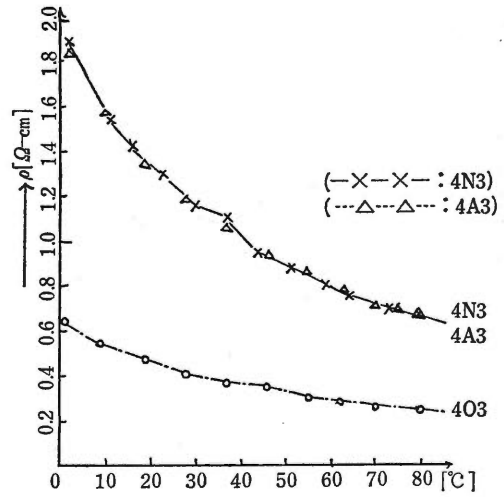


图 10

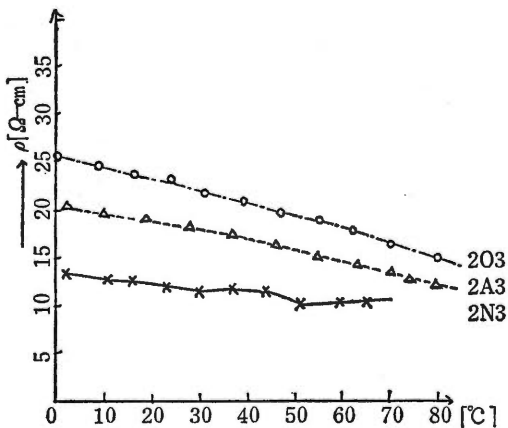


图 8

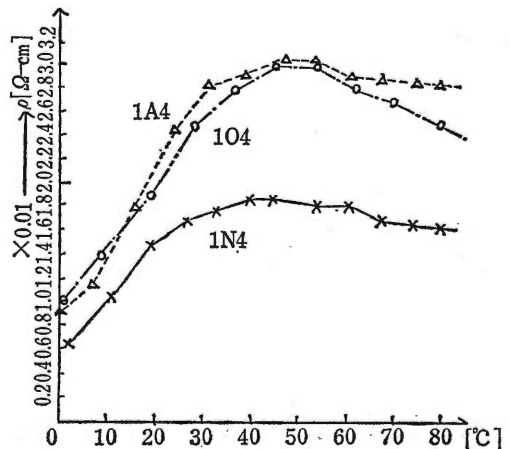


图 11



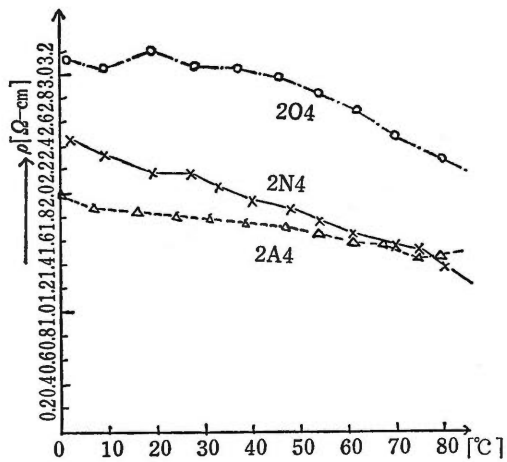


图12

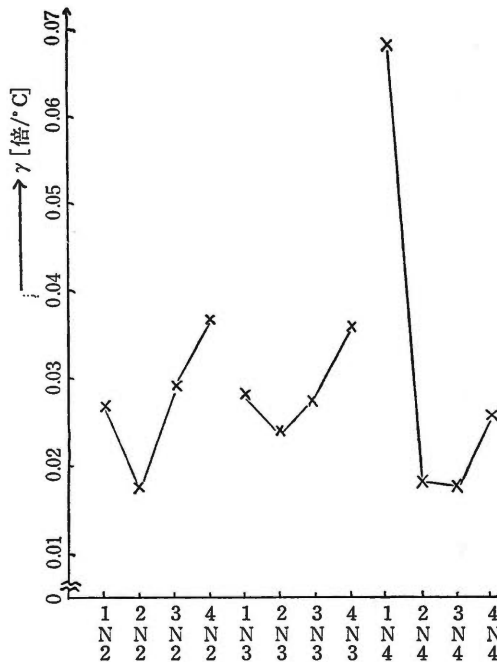


图15

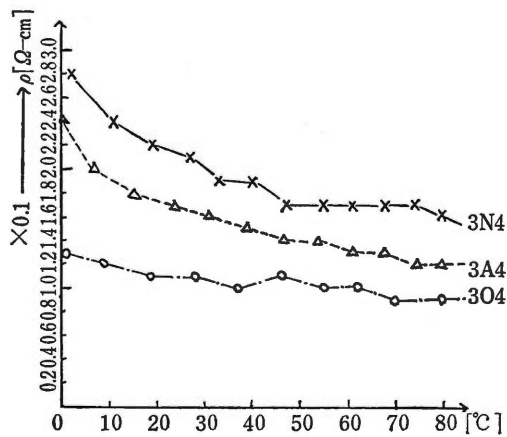


图13

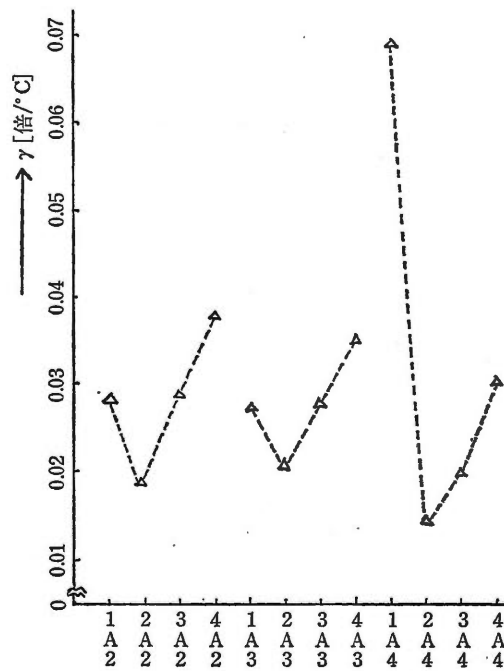


图16

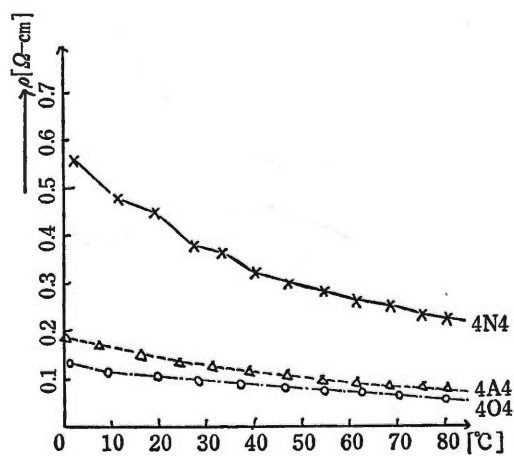


图14

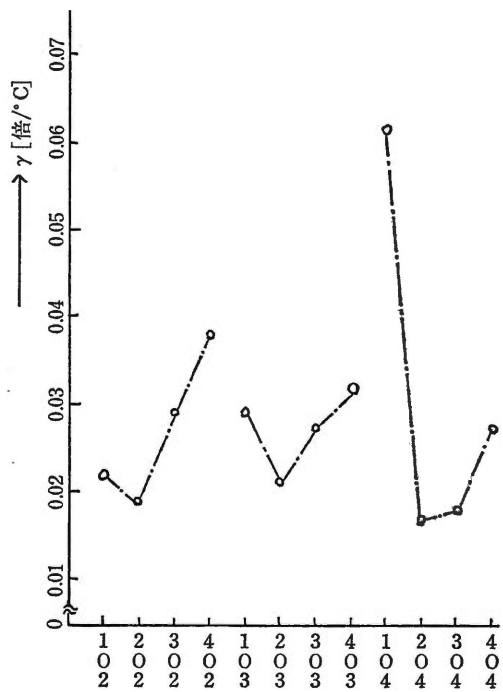


图17

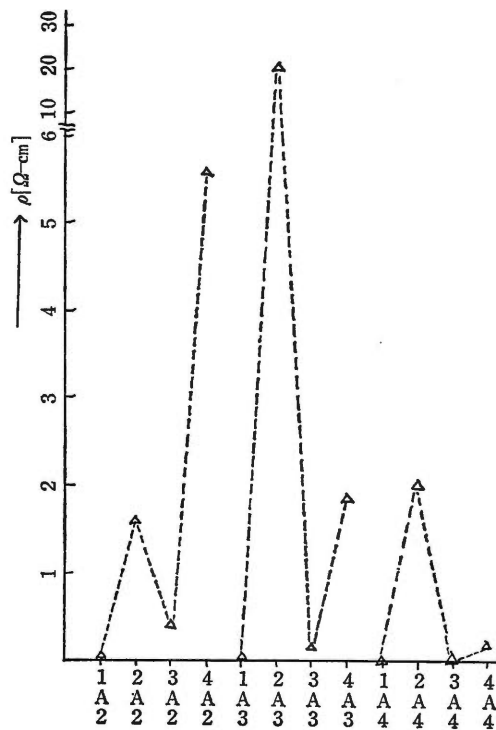


图19

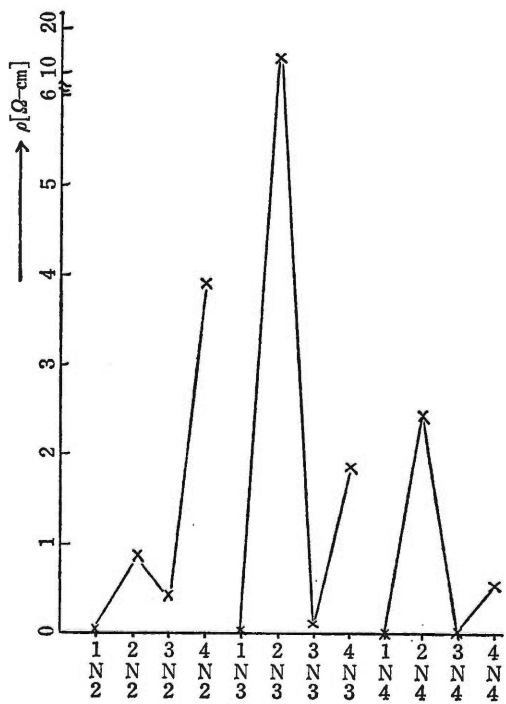


图18

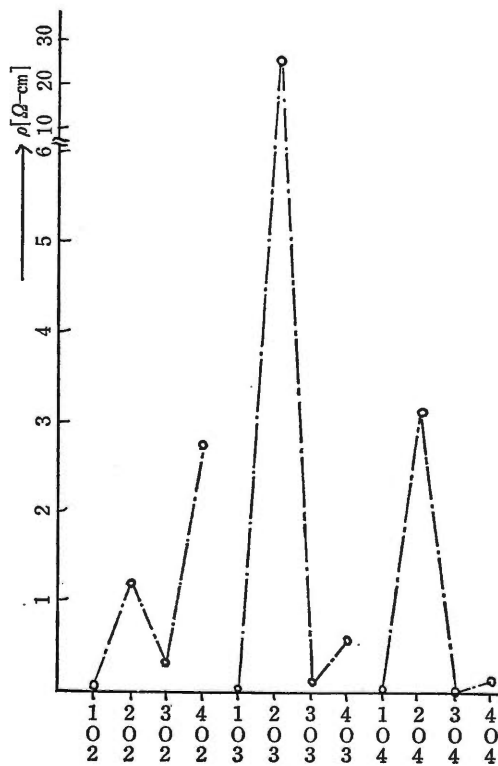


图20

## 5. ま と め

(i) 周囲温度の変化に対する抵抗率  $\rho$  の変化

図3～図14を見ると、

組成番号1で示される試料は、抵抗率  $\rho$  に極大値を持ち、またこの傾向は、焼成温度が1400 [°C] において著しい。

組成番号2, 3, 4で示される試料においては、その抵抗率  $\rho$  は、大略、単調に減少している。

(ii) 抵抗率  $\rho$  の周囲温度に対する変化率  $\gamma$

図15～図17を見ると、

同一雰囲気、同一焼成温度の条件のもとで、抵抗率変化率  $\gamma$  は、組成番号2で示される組成の試料で、極小となっている。

同一組成、同一雰囲気 of 試料では、焼成温度が大になると、抵抗率変化率  $\gamma$  は、小さくなる傾向を持つ。

ただし、組成番号1で示される試料においては、焼成温度が1400 [°C] になると、大きな抵抗率変化率  $\gamma$  の値を持つ。

(iii) 0 [°C] における抵抗率  $\rho$  の値

図18～20を見ると、

組成の違いにより、 $\rho$  の値に大きな差がある。

組成番号2で示される試料以外の試料においては、同一雰囲気 of 条件のもとで、焼成温度が高くなると、 $\rho$  は小さくなる。

組成番号2で示される試料のうち、焼成温度 1300 [°C] の試料は、大きな  $\rho$  を持ち、焼成時雰囲気中の酸素の量が大きい程、 $\rho$  は大きくなっている。

## 6. 参 考 文 献

- 1) 今村, 伝田, 山香共著: 半導体物性測定法

# 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

<昭和48年9月30日 受理>

### Numerical Study of the Solitary Wave on the Water Surface

#### Part I Precise Determination of the Flowfield of the Solitary Wave on the Water Surface

Gozo Kimura

Since Scott Russell reported in 1844 that a solitary wave rouse in the uniform rectangular canal, many students have examined the problems of the wave, but all of them were on what shape of wave was made there.

In this paper, we solved the nonlinear integral equation by the methods by Lévi-Civita and H. Yamada, using the Fourier series, obtained a function mapping the wave in the unit circle, and using the function showed the stream lines and the distribution of the velocity both in the wave and on the surface of it. The results are drawn by the XY plotter.

#### §1 まえがき

一般に波とは山と谷が連って進行するものであるが、1844年 Scott Russell<sup>1)</sup> は断面が長方形で水深一定の一樣な水路で山が一つだけの水面の波が形を崩さずに進行するのを発見して孤立波 (Solitary Wave) と名づけた。その後、Sir G. G. Stokes<sup>2)</sup> や Lord Layleigh<sup>3)</sup> 等多くの学者によって孤立波やその他の波について研究がなされたが、1871年に J. Boussinesq, 1895年に Korteweg と de Vries<sup>4)</sup> によってそれぞれ波高があまり大きくないときの孤立波に対する近似的な微分方程式とその解が得られた。20世紀に入って暫くは見るべきものはなかったが、1972年頃から Havelook, Nekrasov, Lévi-Civita<sup>5)</sup> 等の研究がなされた。Korteweg, de Vries までの研究は微分方程式とその解析解を求める方式であったのに対して Nekrasov, Lévi-Civita のは積分方程式による方法で解は必然的に数値解を要求されるものであった。それから再び空白が続いた後、1950年頃から急激な発展を始め、更に1960年頃からは電子計算機の出現により多くの研究がなされたが、とくに山田<sup>6)</sup> は孤立波、Stokes の波について一連の研究をなした。とげた。

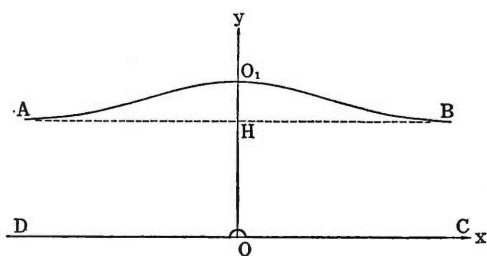
この論文は、Lévi-Civita, 山田の方法に倣って積分方程式をフーリエ級数を用いて解くとともに、今迄求められなかった波の内部の流線の様子と速度ベクトル

場を電子計算機によって計算し、その結果を XY プロッターで画かせたものである。海岸工学等の実用の場において速度分布の必要性は勿論であるが、吾々が引き続いて検証しようと企図している孤立波の安定性問題に対して、wave profile のみでなく、速度分布の数値を必要とするに立至ったので、その研究の準備段階として本報告の内容が計算されたものであって、安定性の吟味については引続いて報告する予定である。

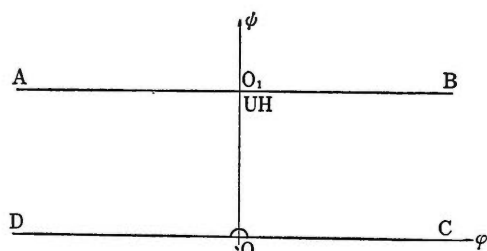
#### §2 孤立波の複素ポテンシャルの単位円への写像

今迄に山田の論文に度々紹介されているがあらためて概要を述べておく。断面が長方形で深さ一定の一樣な水路を水が一定の速さ  $U$  で右へ流れ、その上に孤立波が左の方へ同じ速さ  $U$  で進んでいるものとする。(第1図 a) したがって静止座標系からみると波は静止していることになる。また、波は2次元流とみなすことができるので流の断面を  $z(=x+iy)$  面とし、底を  $x$  軸、波の頂を通過して  $y$  軸を設定する。原点を  $O$ 、波の頂を  $O_1$ 、水路の無限遠点をそれぞれ図のように  $A, B, C, D$ 、無限遠点における水深を  $H$  とする。この波は左右対称の形をしており、渦無し流なので複素速度ポテンシャルを  $W(=\varphi+iy\psi)$  として

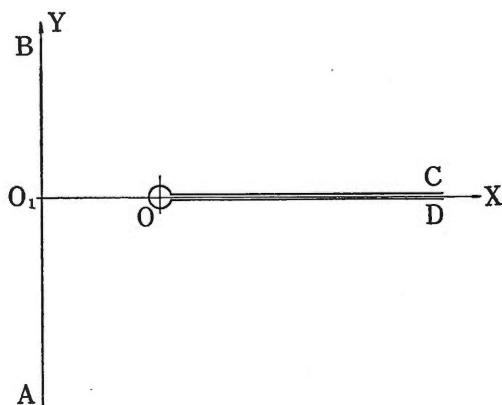
$$\frac{1}{U} \frac{dW}{dz} = qe^{-i\theta} \quad (2.1)$$



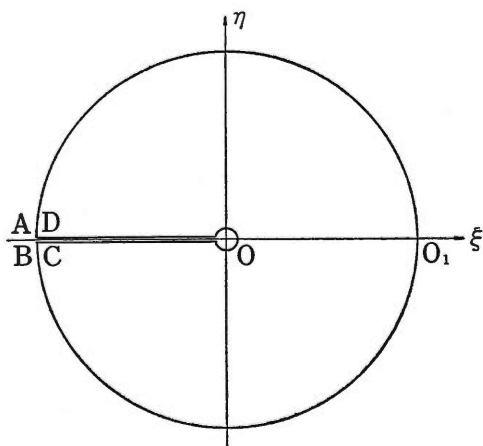
(a) Z 面



(b) W 面



(c) Zeta 面



(d) xi 面

第1図 ポテンシャル面の写像

とすることができる。ここに  $\phi$  はポテンシャル関数、 $\psi$  は流の関数、 $q$  は  $U$  を単位とした水の粒子の速度、 $\theta$  は流線が  $x$  軸の正の方向となす角を表わす。また  $w$  面では  $z$  面の  $x$  軸に対応して  $\psi=0$ 、水面に対応して  $\phi=UH$ 、その他、 $z$  面の  $O_1, A, B, C, D$  の対応は第1図 b に示す。それで  $W(z)$  が判ればすべてが解決するのであるが、直接求めることは困難なのでポテンシャル面の水流の部分 ( $0 \leq \psi \leq UH$ ) を単位円に写像することを考える。まず

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

によって水流の部分を  $Z(=X+iY)$  面に写像する。この写像によって  $w$  面の  $AO_1B$  は  $Z$  面の虚軸に、 $O$  点は  $Z=1$  に、 $CO, OD$  は  $Z$  面の実軸の1より大の部分に写される。(第1図 c)

つぎに

$$\zeta = \frac{1-Z}{1+Z} \quad \text{または} \quad Z = \frac{1-\zeta}{1+\zeta} \quad (2.3)$$

によって  $\zeta(=\xi+i\eta)$  に写像する。すなわち  $A, B, C, D$  点はともに  $\zeta$  面の  $(-1, 0)$  に、 $O$  点は  $(0, 0)$  に、 $O_1$  点は  $(1, 0)$  に写像される。

ゆえに (2.2), (2.3) 式から  $Z$  を消去する式

$$\frac{1-\zeta}{1+\zeta} = \cosh\left(\frac{\pi}{2} \frac{W}{UH}\right) \quad (2.4)$$

は  $w$  面の水流の部分を直接に単位円に写像することになる。この写像によって  $\zeta$  面の単位円は実軸の負の部分によって切断され、その切断の上側の線は水路の底の左側の部分 ( $\varphi < 0, \psi = 0$ ) に、下側の部分は水路の底の右側の部分 ( $\varphi > 0, \psi = 0$ ) に対応する。一般に  $\psi$  軸に対称な任意の点  $-\varphi + i\psi$  と  $\varphi + i\psi$  は  $\zeta$  面では  $\xi$  軸に対称な点  $\xi + i\eta, \xi - i\eta$  に対応する。特に  $w$  面の虚軸 ( $\varphi = 0, 0 \leq \psi \leq UH$ ) は  $\zeta$  面の実軸 ( $\eta = 0, 0 \leq \xi \leq 1$ ) に写像される。

さて、この波は  $y$  軸に対称な流線をもっているので、 $y$  軸に対称な点はすべて共役な速度 (実軸成分は等しく虚軸成分は絶対値等しく符号反対) をもち、したがって  $y$  軸に対称な点は  $w$  面でも  $\psi$  軸に対称な点に対応し、さらにその対称な点は  $\zeta$  面の共役な点に写像される。それで  $z$  面の流の部分には  $\zeta$  面では単位円内に実軸に対称に写像されることになる。

### §3 $\Omega$ 関数の導入と境界条件

本節では  $z$  面と  $\zeta$  面の関係を求め、境界条件を明にするため Lévi-Civita の方式によって次式で示される  $\Omega$  関数を導入する。

$$\Omega = i \log \left( \frac{1}{U} \frac{dW}{dz} \right) \quad (3.1)$$

(3.1) 式を (2.1) 式に代入すれば

$$\begin{aligned} \Omega &= i \log(q e^{-i\theta}) = i \log q + \theta \\ &= \theta + i\tau \quad \text{または} \quad e^{-i\theta} = q e^{-i\theta} \quad (3.2) \\ &\quad \text{但し } \tau = \log q \text{ とする} \end{aligned}$$

また、流は速度が零になる点はないので  $\Omega$  は  $z$  の解析関数であり、この変換を通じて  $\zeta$  面で定義された  $\Omega(\zeta)$  もその切断線を含め、単位円の周および内部で解析関数である。

前節で明なように単位円の内部（周を含めて）で互に共役な点の  $\Omega (= \theta + i\tau)$  の値は定数部  $\theta$  は絶対値等しく符号反対、虚数部  $\tau$  は絶対値、符号ともに等しい。云い換えれば、 $-i\Omega = \tau - i\theta$  は  $\zeta$  の共役な値に対して共役な値をとる。したがって  $b_n$  ( $n=0, 1, 2, 3, \dots$ ) を実数として

$$\Omega(\zeta) = i \sum_{n=0}^{\infty} b_n \zeta^n \quad (3.3)$$

とすればこれらの対称性を満足する。また、 $-i\Omega$  は  $S$  面の実軸上で実数値をとる。すなわち、単位円の切断線  $DO, OC$  を含めて実数値をとるので Schwartz の定理により  $-i\Omega$ , つまり  $\Omega$  自身単位円の内部で解析関数である。

ここで、吾々の  $\Omega$  関数は Lévi-Civita の場合と全く同じ性格をもっているため彼の理論はそのまま適用される。(2.4) 式の両辺を  $\zeta$  で微分して

$$-\frac{2}{(1+\zeta)^2} = \frac{\pi}{2H} \sinh \left( \frac{\pi}{2} \frac{W}{UH} \right) \frac{1}{U} \frac{dW}{d\zeta}$$

または

$$\frac{1}{U} \frac{dW}{d\zeta} = \frac{i2H}{\pi} \frac{1}{\sqrt{\zeta}(1+\zeta)}, \quad -\pi \leq \arg \zeta \leq \pi \quad (3.4)$$

さらに (3.3) 式の左辺は (3.3) 式から

$$\frac{1}{U} \frac{dW}{d\zeta} \frac{d\zeta}{dz} = e^{-i\theta}$$

を代入して

$$dz = i \frac{2H}{\pi} \frac{e^{i\theta}}{\sqrt{\zeta}(1+\zeta)} d\zeta \quad (3.5)$$

を得る。ゆえに  $\Omega(\zeta)$  を求めれば積分することによって  $z$  との関係が定まり、 $z$  面の速度分布や流線が得られる。

$\Omega(\zeta)$  を求めるための境界条件として単位円の周  $\zeta = e^{i\sigma}$  ( $-\pi \leq \sigma \leq \pi$ ) が水面に対応し、従って  $\Omega(e^{i\sigma}) = \theta(\sigma) + i\tau(\sigma)$  は  $\sigma$  の連続関数になり、水面の条件に従

うことを用いる。物理面 ( $z$  面) における境界条件は水が大気に接しており、従ってある一定の圧力を受けていることである。水面は流線  $\psi = UH$  に対応し、そこでは Bernoulli の定理により

$$q^2 + \frac{2gy}{U^2} = \text{const.} \quad (3.6)$$

が成立する。両辺を水面に沿って微分すれば

$$\begin{aligned} 2q \frac{dq}{ds} + \frac{2g}{U^2} \frac{\partial y}{\partial s} &= 0 \\ \therefore q \frac{dq}{ds} &= -\frac{g}{U^2} \frac{\partial y}{\partial s} = \frac{g}{U^2} \sin \theta \quad (3.7) \end{aligned}$$

となる。ただし、 $s$  は水面に沿って弧の長さ、 $\theta$  は流線が  $x$  軸の正の方向となす角である。この (3.7) 式を面の単位円の条件式に変換するために、

$$\begin{aligned} dz &= dx + i dy = ds \left( \frac{dx}{ds} + i \frac{dy}{ds} \right) \\ &= ds (-\cos \theta - i \sin \theta) = -ds e^{i\theta} \quad (3.8) \end{aligned}$$

と単位円の円周では  $\zeta = e^{i\sigma}$  であることから (3.4) 式は

$$dz = -\frac{H}{\pi} \frac{e^{-r+i\theta} e^{i\frac{\sigma}{2}}}{\cos \frac{\sigma}{2} \left( \cos \frac{\sigma}{2} + i \sin \frac{\sigma}{2} \right)} d\sigma$$

となるので

$$ds = \frac{H}{\pi} \frac{1}{q \cos \frac{\sigma}{2}} d\sigma \quad (3.9)$$

を得る。ゆえに (3.7) 式に代入して

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

ここで

$$\frac{U^2}{gH} = M^2, \quad p = \frac{1}{\pi} \frac{gH}{U^2} = \frac{1}{\pi M^2} \quad (3.10)$$

とおけば

$$\cos \frac{\sigma}{2} q^2 \frac{dq}{d\sigma} = p \sin \theta \quad (3.11)$$

を得る。これが境界条件を表わす式であるが、計算の都合からつぎのような積分方程式の形になおしておく。

$$q^3(\sigma) - q^3(0) = 3p \int_0^{\sigma} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' \quad (3.12)$$

そこで (3.3) 式で  $\zeta = e^{i\sigma}$  とおけば

$$\begin{aligned}\theta(\sigma) + i\tau(\sigma) &= i \sum_{n=0}^{\infty} b_n e^{in\sigma} \\ &= - \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\sigma + i \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos n\sigma\end{aligned}$$

となるので

$$\theta(\sigma) = - \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\sigma \quad (3.13)$$

$$\tau(\sigma) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos n\sigma \quad (3.14)$$

$$\tau(\sigma) = \log q(\sigma) \quad (3.15)$$

と無限遠点の条件  $q(\pi) = 1$ , すなわち  $\tau(\pi) = 0$  から  $b_0$  を求める式

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n b_n = 0 \quad (3.16)$$

を得る。この (3.11), (3.13), (3.14), (3.15), (3.16) 式から  $\Omega(\zeta)$  を決定することができる。

#### §4 流線と速度分布

前節で導入された  $\Omega(\zeta)$  が求まれば  $\zeta = re^{i\sigma}$  とおくことにより  $\Omega = \Omega(r, \sigma)$ , すなわち  $\theta = \theta(r, \sigma)$ ,  $q = q(r, \sigma)$  として波の内部の様子をつぎのようにして求めることができる。(2.4) 式から

$$\frac{\pi}{2} \frac{W}{UH} = \operatorname{cosh}^{-1} \frac{1-\zeta}{1+\zeta}$$

ここで  $\zeta = re^{i\sigma}$  を代入して

$$\begin{aligned}\frac{\pi}{2} \frac{W}{UH} &= \log e^{\frac{1-2\sqrt{r}\sin\frac{\sigma}{2}+r}{\sqrt{1+2r\cos\sigma+r^2}}} \\ &\quad + i \tan^{-1} \frac{2\sqrt{r}\cos\frac{\sigma}{2}}{1-r}\end{aligned} \quad (4.1)$$

$w = \varphi + i\psi$  だから

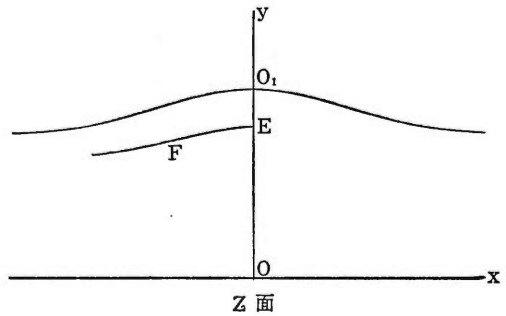
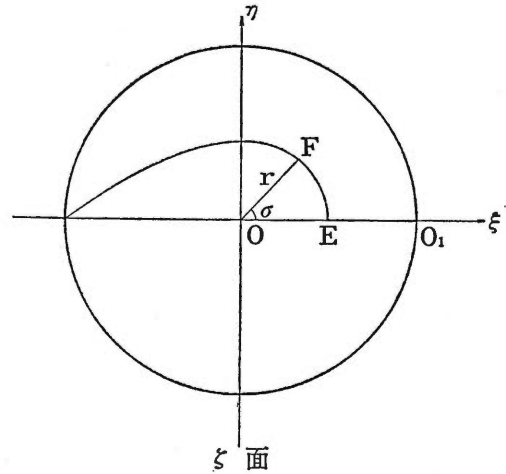
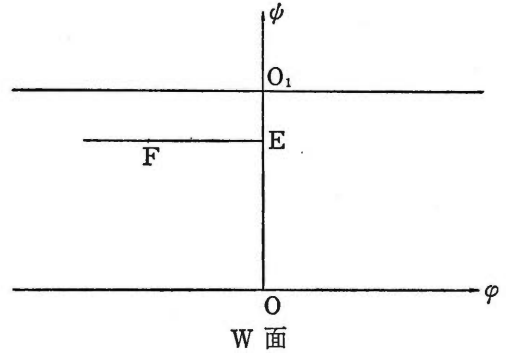
$$\frac{2\sqrt{r}\cos\frac{\sigma}{2}}{1-r} = \tan\left(\frac{\pi}{2} \frac{\psi}{UH}\right) \quad (4.2)$$

w 面の  $\psi$  軸上の点 E を通り実軸に平行な直線では  $\psi$  は一定だから

$$\frac{2\sqrt{r}\cos\frac{\sigma}{2}}{1-r} = \frac{1}{C}, C = \text{const.} \quad (4.3)$$

とおくことができ、これから

$$\sqrt{r} = -C \cos\frac{\sigma}{2} + \sqrt{C^2 \cos^2\frac{\sigma}{2} + 1} \quad (4.4)$$



第2図 流線の対応

または

$$r = \left(-C \cos\frac{\sigma}{2} + \sqrt{C^2 \cos^2\frac{\sigma}{2} + 1}\right)^2 \quad (4.4)'$$

これが w 面の  $\psi = \text{const.}$  の  $\zeta$  面への写像を表わす式であり z 面の流線に対応するものである。

そこで流線を求めるためにはまず  $\zeta$  面の  $E(\xi, 0)$  に対応する点  $E(0, y_E)$  を求めなければならぬ。(3.4) 式で  $z = iy$ ,  $\zeta = \xi$ ,  $\Omega(\xi) = i\tau(\xi)$  とおけば

$$dy = \frac{2H}{\pi} \frac{e^{-\tau(\xi)}}{\sqrt{\xi(1+\xi)}} d\xi$$

から

$$\frac{y_E}{H} = \frac{2}{\pi} \int_0^\xi \frac{d\xi}{\sqrt{\xi(1+\xi)}q(\xi)} \quad (4.5)$$

で求められる。

つぎに流線を求めるために  $\zeta$  面上の点  $F(r, \sigma)$  に対応する点を求める。まず (4.4)' 式から

$$\frac{dr}{d\sigma} = \frac{Cr \sin \frac{\sigma}{2}}{\sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}}}$$

から

$$\frac{dr}{d\sigma} + ir = \frac{r \left\{ C \sin \frac{\sigma}{2} + i \left( \sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}} \right) \right\}}{\sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}}} \quad (4.6)$$

を用意して (3.4) 式で  $\zeta = re^{i\sigma}$  とおき,  $\theta = \theta(r, \sigma) = \theta(r(\sigma), \sigma) = \theta(\sigma)$ ,  $\tau, q$  も同様に流線に沿って  $\sigma$  の関数とみなせば (3.4) 式から

$$\begin{aligned} dz &= \frac{2Hi}{\pi} \frac{e^{i2(\zeta)}}{\sqrt{\zeta(1+\zeta)}} d\zeta \\ &= \frac{2Hi}{\pi} \frac{e^{i(\theta+ir)}}{\sqrt{re^{i\frac{\sigma}{2}}(1+re^{i\sigma})}} \left( \frac{dr}{d\sigma} + ir \right) e^{i\sigma} d\sigma \\ &= \frac{2Hi}{\pi} e^{-\tau} \frac{\left( \frac{dr}{d\sigma} + ir \right) \left[ \cos\left(\theta + \frac{\sigma}{2}\right) + r \cos\left(\theta - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{\sqrt{r(1+2r\cos\sigma+r^2)}} \\ &\quad + i \left\{ \sin\left(\theta + \frac{\sigma}{2}\right) + r \sin\left(\theta - \frac{\sigma}{2}\right) \right\} \end{aligned}$$

(4.6) 式を用い

$$\begin{aligned} dz &= -\frac{2H}{\pi} \frac{e^{-\tau} \sqrt{r} \left[ C \{ \cos\theta + r \cos(\theta - \sigma) \} \right]}{\left( \sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}} \right) (1 + 2r \cos \sigma + r^2)} \\ &\quad + \frac{\sqrt{r} \left\{ \cos\left(\theta + \frac{\sigma}{2}\right) + r \cos\left(\theta - \frac{\sigma}{2}\right) \right\}}{\left( \sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}} \right) (1 + 2r \cos \sigma + r^2)} \\ &\quad + i \left[ \frac{C \{ \sin\theta + r \sin(\theta - \sigma) \} + \sqrt{r} \left\{ \sin\left(\theta + \frac{\sigma}{2}\right) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + r \sin\left(\theta - \frac{\sigma}{2}\right) \right\} \right]}{\left( \sqrt{r + C \cos \frac{\sigma}{2}} \right) (1 + 2r \cos \sigma + r^2)} \end{aligned} \quad (4.7)$$

となるから  $F$  点の座標を  $F(x_F, y_F)$  とすれば

$$\frac{x_F}{H} = -\frac{2}{\pi} \int_0^{\sigma'} \frac{\sqrt{r(\sigma')}}{q(\sigma')} \frac{C \{ \cos\theta(\sigma') \}}{\left( \sqrt{r(\sigma') + C \cos \frac{\sigma'}{2}} \right) (1 + 2r(\sigma') \cos \sigma')}$$

$$\begin{aligned} &\frac{+ r(\sigma') \cos(\theta(\sigma') - \sigma') + \sqrt{r(\sigma')} \left\{ \cos\left(\theta(\sigma') + \frac{\sigma'}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. + r^2(\sigma') \right\}}{\left( \sqrt{r(\sigma') + C \cos \frac{\sigma'}{2}} \right) (1 + 2r(\sigma') \cos \sigma')} \\ &\quad \left. \right\} d\sigma' \quad (4.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{y_F - y_E}{H} &= -\frac{2}{\pi} \int_0^{\sigma'} \frac{\sqrt{r(\sigma')}}{q(\sigma')} \frac{C \{ \sin(\theta(\sigma')) \\ &\quad + r(\sigma') \sin(\theta(\sigma') - \sigma') + \sqrt{r(\sigma')} \left\{ \sin\left(\theta(\sigma') + \frac{\sigma'}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. \cos \sigma' + r^2(\sigma') \right\} \right. \\ &\quad \left. + r(\sigma') \sin\left(\theta(\sigma') - \frac{\sigma'}{2}\right) \right\}}{\left( \sqrt{r(\sigma') + C \cos \frac{\sigma'}{2}} \right) (1 + 2r(\sigma') \cos \sigma')} d\sigma' \quad (4.9) \end{aligned}$$

つぎに  $F$  点の速度ベクトルは  $q(\sigma)$ ,  $\theta(\sigma)$  から  $x$  軸方向,  $y$  軸方向の速度成分をそれぞれ  $u, v$  とすれば,

$$\begin{cases} u = q(\sigma) \cos \theta(\sigma) \\ v = q(\sigma) \sin \theta(\sigma) \end{cases} \quad (4.10)$$

で与えられる。

## §5 積分方程式の変形と $\Omega_0$ 関数の導入

本節では数値計算の準備としてまず (3.12) 式をつぎのように変形する。定数  $p$  はさし当って不明なので

$$\frac{q(\sigma)}{(3p)^{\frac{1}{3}}} = Q(\sigma) \quad (5.1)$$

とおけば (3.12) 式は

$$Q^3(\sigma) - Q^3(0) = \int_0^{\sigma} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' \quad (5.2)$$

また

$$\frac{Q(0)}{Q(\pi)} = \frac{q(0)}{q(\pi)} = \rho \quad (5.3)$$

とおけば  $q(\pi) = 1$  であるから  $q(0)$  を仮定すれば  $\rho$  が定まるので,  $Q(\pi) = Q(0) / \rho$  を (5.2) 式に代入して

$$Q^3(0) = \frac{\rho^3}{1 - \rho^3} \int_0^{\pi} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma'$$

(5.2) 式から

$$Q^3(\sigma) = Q^3(0) + \int_0^{\sigma} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma'$$



$$= \frac{1}{1-\rho^2} \left\{ \int_0^{\sigma'} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' + \rho^2 \int_{\sigma'}^{\pi} \frac{\sin \theta(\sigma')}{\cos \frac{\sigma'}{2}} d\sigma' \right\} \quad (5.4)$$

を用意する。つぎに計算の収束を速くするため補助関数としてつぎの  $\Omega_0$  関数を導入する。

$$\Omega(\zeta) = \Omega_0(\zeta) + \Omega_r(\zeta) \quad (5.5)$$

$$\Omega_0(\zeta) = \frac{i}{3} \log \frac{1-\lambda\zeta}{1+\lambda} \quad (5.6)$$

ただし、 $\lambda$  は  $0 < \lambda < 1$  の実数値をとる定数である。この  $\Omega_0(\zeta)$  は

$$\begin{aligned} \Omega_0(\zeta) &= \theta_0(\zeta) + i\tau_0(\zeta) = \frac{i}{3} \log \frac{1-\lambda(\xi+i\eta)}{1+\lambda} \\ &= \frac{1}{3} \tan^{-1} \frac{\lambda\eta}{1-\xi} + \frac{i}{6} \log e \frac{(1-\lambda\xi)^2 + \lambda\eta^2}{(1+\lambda)^2} \end{aligned} \quad (5.7)$$

となるので対称性  $\theta(\bar{\zeta}) = -\theta(\zeta)$ ,  $\tau(\bar{\zeta}) = \tau(\zeta)$  を満足する。また  $\xi = r \cos \sigma$ ,  $\eta = r \sin \sigma$  とおくことにより、

$$\Omega_0(r, \sigma) = \theta_0(r, \sigma) + i\tau(r, \sigma)$$

$$= \frac{1}{3} \tan^{-1} \frac{\lambda r \sin \sigma}{1-\lambda r \cos \sigma} + \frac{i}{6} \log e \frac{1-2\lambda r \cos \sigma + \lambda^2 r^2}{(1+\lambda)^2} \quad (5.8)$$

$$\therefore \tau_0(r, \sigma) = \frac{1}{6} \log e \frac{1-2\lambda r \cos \sigma + \lambda^2 r^2}{(1+\lambda)^2} \quad (5.9)$$

または

$$q_0(r, \sigma) = \left\{ \frac{1-2\lambda r \cos \sigma + \lambda^2 r^2}{(1+\lambda)^2} \right\}^{\frac{1}{6}} \quad (5.10)$$

と

$$\theta_0(r, \sigma) = \frac{1}{3} \sin^{-1} \left( \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{r \sin \sigma}{q_0^3(r, \sigma)} \right) \quad (5.11)$$

を得る。また  $\Omega_0(\zeta)$  は  $|\zeta| \leq 1$  で解析関数なので  $\Omega_r(\zeta)$  も  $|\zeta| \leq 1$  でべき級数に展開でき、(3.3) 式と同様に  $a_n$  を実数の係数として

$$\Omega_r(\zeta) = i \sum_{n=0}^{\infty} a_n \zeta^n \quad (5.12)$$

とすることができる。したがって

$$\theta_r(r, \sigma) = - \sum_{n=1}^{\infty} a_n r^n \sin n\sigma \quad (5.13)$$

$$\tau_r(r, \sigma) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n r^n \cos n\sigma \quad (5.14)$$

となる。

とくに水面に対応して  $r=1$  とおけば (5.9), (5.10),

(5.11), (5.13), (5.14) 式はそれぞれ

$$\begin{aligned} \tau_0(\sigma) &= \frac{1}{6} \log e \frac{1-2\lambda \cos \sigma + \lambda^2}{(1+\lambda)^2} \\ &= \frac{1}{6} \log e \left\{ 1 - \frac{2\lambda}{(1+\lambda)^2} (1+\cos \sigma) \right\} \end{aligned} \quad (5.15)$$

$$q_0(\sigma) = \left\{ 1 - \frac{2\lambda}{(1+\lambda)^2} (1+\cos \sigma) \right\}^{\frac{1}{6}} \quad (5.16)$$

$$\theta_0(\sigma) = \frac{1}{3} \sin^{-1} \left( \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{\sin \sigma}{q_0^3(\sigma)} \right) \quad (5.17)$$

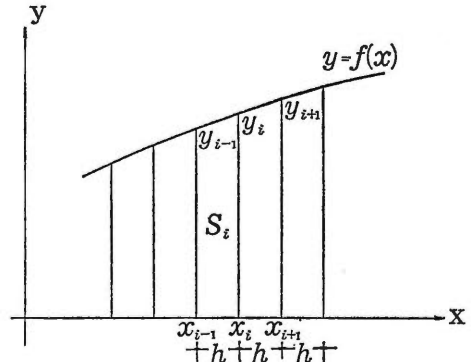
$$\theta_r(\sigma) = - \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin n\sigma \quad (5.18)$$

$$\tau_r(\sigma) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos n\sigma \quad (5.19)$$

となる。

## §6 数値計算

(i) 数値積分 本論文では (4.8), (4.9), (5.4) 式等で行う数値積分には変形シンプソン則を用いている。第3図において  $S_i$  の面積を



第3図 数値積分

$$S_i = \frac{h}{12} (5y_{i-1} + 8y_i - y_{i+1}) \quad (6.1)$$

で表わし、 $i=1, 2, 3, \dots, 179$  について順次求める。最後の区画は

$$S_{180} = \frac{h}{12} (-y_{178} + 8y_{179} + 5y_{180}) \quad (6.1)'$$

で求める。 $h$  は  $\sigma$  の  $1^\circ = \pi/180$  ラジアンとする。

(ii)  $\sigma = \pi$  のとき、(5.4) 式の被積分関数  $\sin \theta(\sigma) / \cos(\sigma/2)$  は  $\sigma = \pi$  のとき  $0/0$  の不定形となる。よってロピタルの定理により

$$\lim_{\sigma \rightarrow \pi-0} \frac{\sin \theta(\sigma)}{\cos \frac{\sigma}{2}} = 2 \cos \theta(\pi) \theta'(\pi) \quad (6.2)$$

として求めなければならない。ところが  $\theta(\pi)=0$  は明であるから  $\theta'(\sigma)$  を求める。 $\theta'(\sigma)=\theta'_0(\sigma)+\theta'_r(\sigma)$  だからまず (5.17) 年式から

$$\begin{aligned}\theta'_0(\pi) &= \frac{\lambda}{3(1+\lambda)} \frac{q_0(\pi) \cos\pi - 3\sin\pi}{q_0^2(\pi) \cos\theta_0(\pi)} \\ &= -\frac{\lambda}{3(1+\lambda)}\end{aligned}\quad (6.3)$$

また  $\theta'_r(\pi)$  は数値微分による。 $\theta_r(\sigma)$  を 4 次式で近似して微分した式

$$\begin{aligned}\theta'_r(\pi) &= \frac{25\theta_r(180^\circ) - 48\theta_r(179^\circ) + 36\theta_r(178^\circ)}{15\pi} \\ &\quad - \frac{16\theta_r(177^\circ) + 3\theta_r(176^\circ)}{15\pi}\end{aligned}\quad (6.4)$$

を用いた。

(iii)  $a_n$  の決定 (5.19) 式から  $a_n$  を求めるのはフーリエ級数の係数を求める問題で、通常は積分によ

$$\tau_r(2n^\circ) = \tau_{rn} \quad (n=0, 1, 2, \dots, 90)$$

るが\*\* ここでは選点法によった。すなわちとすれば

$$\sum_{k=0}^{90} a_n \cos 2kn^\circ = \tau_{rn} \quad (6.5)$$

として  $a_n$  を未知数、 $\cos 2kn^\circ$  を係数、 $\tau_{rn}$  を定数項とする 91 元の連立一次方程式となるので此を解いて  $a_n$  を実定する。この方法によれば  $\sigma=0^\circ, 2^\circ, 4^\circ, \dots, 180^\circ$  において  $\tau_r(\sigma)$  と一致するフーリエ級数が得られる。また実際の計算にはガウスの消去法による富士通提供のサブルーチンを用いた。収束判定の  $\epsilon$  は  $10^{-10}$  とした。

## §7 計算の手順と結果

数値計算は繰り返し法による  $a_n$  の決定と、 $a_n$  をデータとして流線と速度ベクトルを求める 2 つの部分に分けて行った。また最後の結果はラインプリンター

\*  $\theta'_r(\pi)$  は (5.18) 式を微分して得られる式

$$\theta'_r(\pi) = -\sum_{n=1}^{180} n a_n \cos n\pi = -\sum_{n=1}^{180} n (-1)^n a_n$$

を用いてもよいが (6.4) 式から得られる値と差異は認められなかった。

\*\* 積分による  $a_n$  の決定も試みたが選点法の方がやや誤差が少いようであった。積分は

$$a_n = \sum_{k=1}^{90} \int_{2k-2^\circ}^{2k^\circ} (a_k + b_k \sigma + c_k \sigma^2) \cos n\sigma d\sigma$$

で行った。 $a_k, b_k, c_k$  は 2 次曲線が  $2k-2^\circ, 2k-1^\circ, 2k^\circ$  のとき  $\tau_r(2k-2^\circ), \tau_r(2k-1^\circ), \tau_r(2k^\circ)$  を通るように定めたときの係数、または項数は 91 個とった。

によって数値として出力させるとともに XY プロッターでグラフを画かせた。ここでは XY プロッターによるグラフを発表する。

(i) 初期値の設定 まず水面の頂の  $q(0)$  の値を仮定し、さらに補助関数の  $q_0(0)$  を

$$q_0(0) = q(0) \quad (7.1)$$

とする。このとき  $\tau_0(0) = \tau(0)$  となるので

$$\tau_r(0) = \tau(0) - \tau_0(0) = 0 \quad (7.2)$$

また (5.19) 式から

$$\sum_{n=0}^{180} (-1)^n a_n = 0 \quad (7.3)$$

となる。 $q_0(0)$  が定まると (5.16) 式から

$$\lambda = \frac{1 - q^2(0)}{1 + q^2(0)} \quad (7.4)$$

が定まる。 $q_0(0)$  の値は山田の例 (On Approximate Expression of Solitary Wave) に従い

$$q(0) = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (7.5)$$

とする。このとき (7.4) 式から

$$\lambda = \frac{14 - 3\sqrt{3}}{13} \quad (7.6)$$

となり、(5.3) 式から

$$\rho = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (7.7)$$

となる。

第 1 表  $a_n$  の初期値

$a_0$	-0.14152
$a_1$	0.02302
$a_2$	0.11570
$a_3$	0.02254
$a_4$	0.03873
$a_5$	0.00535
$a_6$	0.01740
$a_7$	-0.00022
$a_8$	0.00977
$a_9$	-0.00201
$a_{10}$	0.00670
$a_{11}$	-0.00259
$a_{12}$	0.00292

(ii)  $\theta_r(\sigma)$  の初期値  $\theta_0(\sigma)$  は (5.17) 式で定まるので  $\theta_r(\sigma)$  を上記の山田の論文の結果の  $a_n$  の値を用いて定めた。これはなるべく収束を速くするために

ある。

これですべて準備が整ったので数値計算に入る。 $a_n$  を求める手順の概略は第4図の流れ図の通りであり、35回の繰り返して有効数字7桁の範囲で完全に収束した。

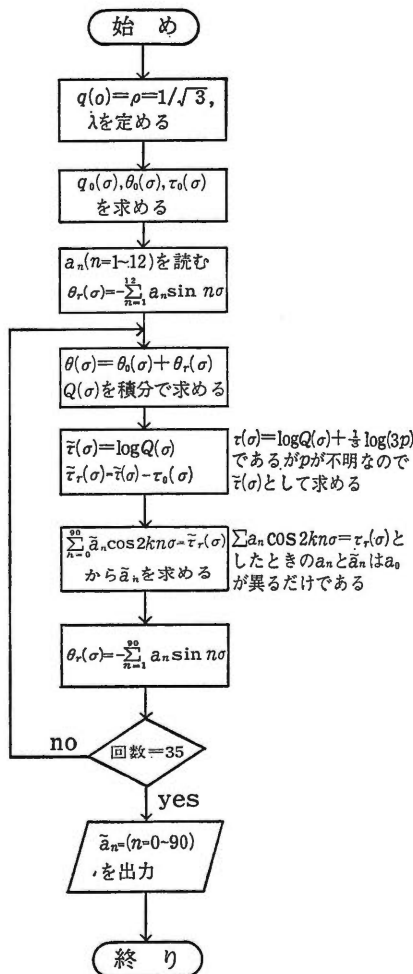
$a_n(n=1, 2, \dots, 90)$  が求まったならば

$$a_0 = -\sum_{n=1}^{90} (-1)^n a_n \quad (7.8)$$

で  $a_0$  を求める。つぎに

$$p = \frac{1}{3Q^2(\pi)} \quad (7.9)$$

で固有値  $p$  が求まる。



第4図  $a_n$  を求める流れ図

この結果から波形だけを求めるならば (5.1) 式から

$$q(\sigma) = (3p)^{\frac{1}{3}} Q(\sigma) \quad (7.10)$$

で  $q(\sigma)$  を求め、 $\theta(\sigma)$  とともに (3.5) 式で  $\zeta = e^{i\sigma}$  とおいて得られる式に代入して

$$\begin{aligned} \frac{dz}{H} &= \frac{2i}{\pi} \cdot \frac{e^{i\sigma} d(e^{i\sigma})}{e^{i\frac{\sigma}{2}}(1+e^{i\sigma})} \\ &= -\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\cos\theta(\sigma) + i \sin\theta(\sigma)}{q(\sigma) \cos\frac{\sigma}{2}} d\sigma \end{aligned} \quad (7.11)$$

を積分して求めることができる。得られた数値は

$$p = 0.2165 \quad (7.12)$$

$$a = -\frac{y_{max}}{H} = 0.4906 \quad (7.13)$$

であった。またこのときの誤差の目安として Bernoulli の式

$$\delta = q(\sigma)^2 - q(0)^2 + 2\pi p \frac{y}{H} \quad (7.14)$$

に代入して得られる  $\delta$  の値を (7.11) 式から求めた波形の座標 (波の頂を原点にとる) の  $\sigma = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, \dots, 180^\circ$  のときの値とともに第2表に示す。また流

第2表 波形とその誤差

$\sigma$	$x/H$	$y/H$	$\delta$
$0^\circ$	.0	.0	.0
$15^\circ$	-0.1443	-0.0040	$-.60 \times 10^{-8}$
$30^\circ$	-0.2884	-0.0156	$-.89 \times 10^{-8}$
$45^\circ$	-0.4328	-0.0338	$-.93 \times 10^{-8}$
$60^\circ$	-0.5789	-0.0574	$-.81 \times 10^{-8}$
$75^\circ$	-0.7294	-0.0854	$-.63 \times 10^{-8}$
$90^\circ$	-0.8880	-0.1178	$-.64 \times 10^{-8}$
$105^\circ$	-1.0606	-0.1528	$-.10 \times 10^{-7}$
$120^\circ$	-1.2564	-0.1926	$-.14 \times 10^{-7}$
$135^\circ$	-1.4918	-0.2375	$-.19 \times 10^{-7}$
$150^\circ$	-1.8030	-0.2902	$-.38 \times 10^{-7}$
$165^\circ$	-2.3026	-0.3570	$-.19 \times 10^{-6}$
$180^\circ$		-0.4906	$-.79 \times 10^{-8}$

線を求めるのは (4.5), (4.8), (4.9) 式から、速度ベクトルは (4.4)', (5.10), (5.11), (5.13), (5.14) 式によって求めることができる。結果は XY プロッターで画いたグラフで示す。第6図が流線、第7図が速度ベクトル、第5図は  $\zeta$  面の流線との対応を示すもので  $\zeta$  面の  $\sigma$  が  $10^\circ$  毎に  $\circ$  印をつけておいた。

なお、この流線から求めた波高  $a'$  は

$$a' = 0.4756 \quad (7.15)$$

で (7.13) の値と異っているが、この差異は、(7.13)

式は  $q(\sigma)$  を (7.10) 式から求めたのに対して (7.15) 式のは  $q(\sigma)$  と (5.19) 式から  $\tau_r = \sum a_n \cos n\sigma$  と求めたことに由来するもので云わばフーリエ分解による誤差と見做されるものである。

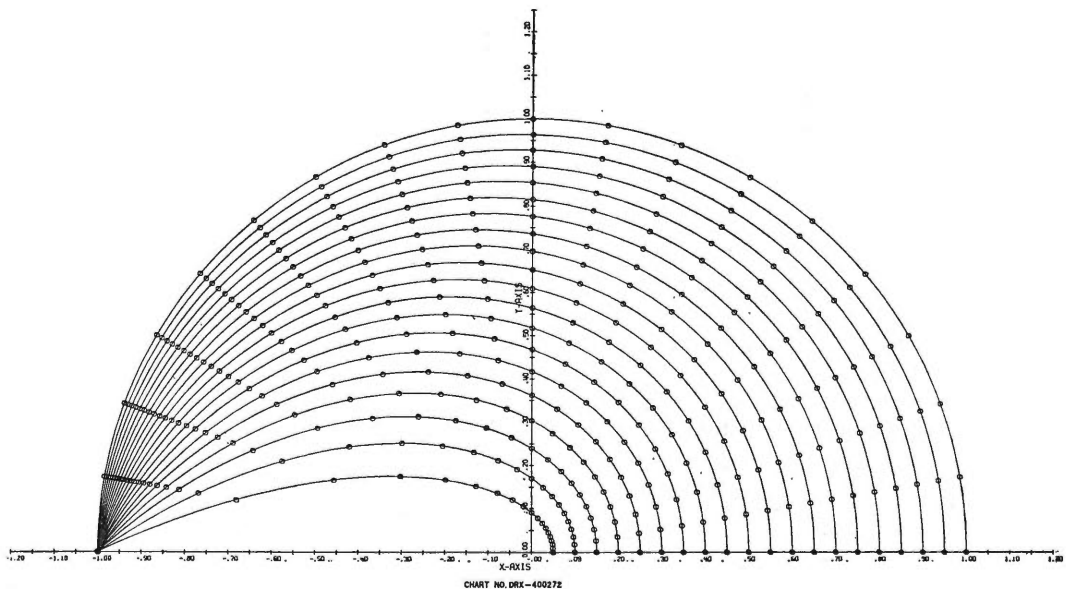
### §8 あとがき

吾々は  $q(0) = 1/\sqrt{3} = 0.5774$  に対する波高  $a = 0.4906$  を得たが、Boussinesq が  $q(0) = 0.5774$  に対して  $a = 0.5000$ 、山田の同じく  $q(0) = 0.5774$  に対して得られた  $a = 0.4808$  の値と比較しても略々、正しい値であると信じる。

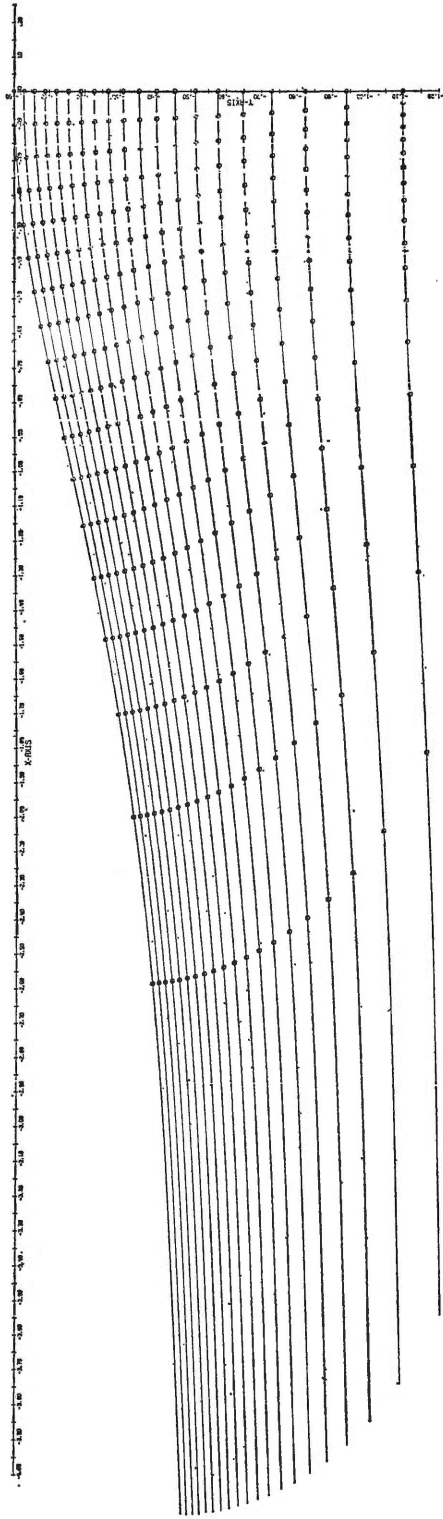
この研究を発表するに当たって懇切な御指業を賜った中部工業大学の山田彦兒教授と、あらゆる便宜を計って戴いた九州大学応用力学研究所の岡部淳一教授に心から謝意を表します。また同研究所の山下巖助手には電子計算機のプログラム作成に大変御助力を戴きました。使用した計算機は九州大学大型計算機センターの FACOM 230-60 でグラフも同センターの XY プロッターで画きました。

### 参 考 文 献

- 1) Scott Russell, Report on Wave, Brit. Ass Rep., 1844
- 2) Sir G. G. Stokes, On the theory of oscillating Waves, Camb. Trans. Viii, 1847
- 3) L. Rayleigh, l. c. ante P. 260, Phil. mag. (6) XXi; 183, 1876
- 4) Kortweg and G. de Vries, On the Change of Long Waves advancing in a rectangular canal, and on a new type of long stationary waves, Phil. Mag. (5) XXXiX. 422, 1895
- 5) T. Lévi-Civita, Math. Annalen, Vol. 93, P. 264, 1925
- 6) Hikoji Yamada, On the Highest Solitary Wave, Rep. of Research Inst. for Applied Mech. Kyushu Univ. Vol. V, No. 18, 1957
- Hikoji Yamada, On Approximate Expression of Solitary Wave, Rep. of Research Inst. for Applied Mech. Kyushu Univ. Vol. VI, No. 21, 1958
- Hikoji Yamada, Permanent Gravity Waves on Water of Univorm Depth, Rep. of Research Inst. for Applied Mech. Kyushu Univ. Vol. VI, No. 23, 1958
- Hikoji Yamada, Gozo Kimura, Jun-ichi Okabe, Precise Determination of the Solitary Wave of Extreme Height on Water of a Univorm Depth, Rep. of Research Inst. for Applied Mech. Kyushu Univ. Vol. XVI, No. 52, 1968



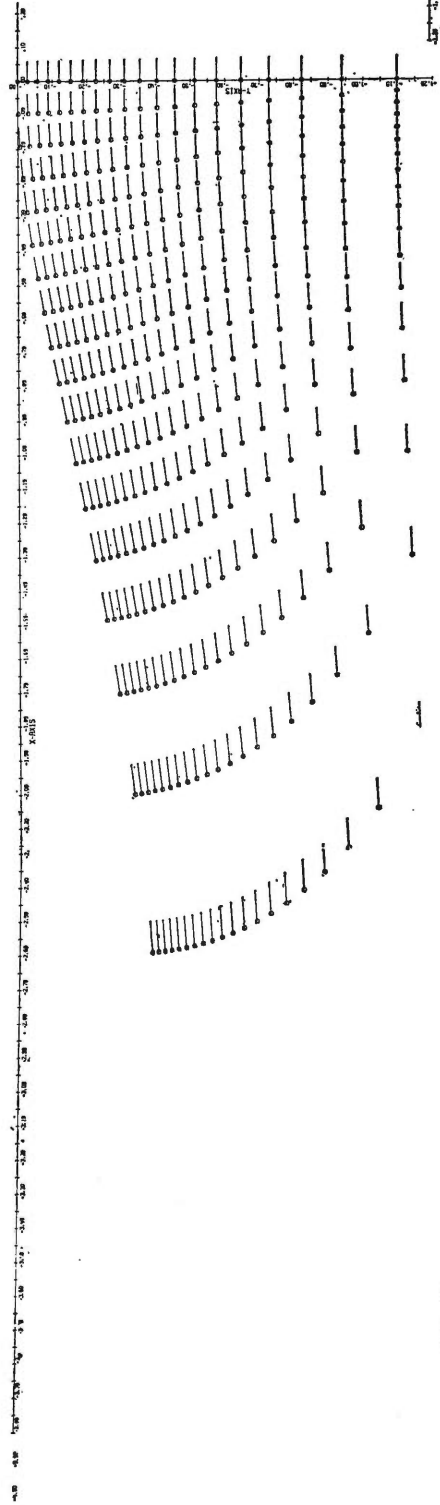
第5図 ζ面における流線の対応



OWT 10.00-0072

OWT 10.00-0072

第6図 流線



OWT 10.00-0072

OWT 10.00-0072

第7図 速度ベクトル

## Moments of Vision

### — ウルフのハーディ観 —

松 尾 保 男

<昭和48年9月8日 受理>

Virginia Woolf has left what she thought of the work of Thomas Hardy in her writings. There she seems to have appreciated, in his own words, “moments of vision” she came across everywhere in his novels.

In this essay her full view of him will be sought for in her work with the “moments of vision” for a clue to the relation between the two distinguished novelists.

Yasuo Matsuo

#### I

“The death of Thomas Hardy leaves English fiction without a leader,”<sup>1)</sup> と V. ウルフ (1882-1941) を嘆かせたのは、T. ハーディ (1840-1928) も、既作の改訂版 *The Well-Beloved* (1897) を最後に、読書界の偽善的中傷・非難をこころよとせず、小説に訣別し、以後詩作に情熱を注ぎ、天寿を全うしたときのことであった。

優れた作家には、次の時代の新しい熾烈な創作活動の萌芽が無意識裡に宿されているものであるが、その萌芽を現代作家ウルフがどう剔出し、新しい文学様式に創りあげていったか、できればその作業ぶりに注目してみたいものである。文学に生きた伝統があるとなれば、植物の生長点を観察するように、いわばその増殖運動を観察出来ないものかと希うものである。しかし、ハーディとウルフの間の結節点は日記等記録のうえでは欠落しており、小説家として十九世紀末まで、約三十年にわたり活躍し続けたハーディから、第一次世界大戦の勃発と相前後して小説に筆を染めはじめたウルフが、何を評価し、何を拒絶しているのか、彼女の諸評論集からつきとめ、その結節点をなぞってみたい。

ウルフの評論のうち、ハーディだけを対象としているのは、“The Novels of Thomas Hardy” (1928) と “Half of Thomas Hardy” (1928) の二編のみであり、(但し、*Contemporary Writers* (1965) は未見) 後者は内容から推して、ハーディ没後すぐに出た彼の伝記 *The Early Life of Thomas Hardy* (1928) の一種の読後感である。前者に関しては、ウルフの創作日記 *A Writer's Diary* (1953) の1928年1月17日の日付けで、“the pressure of writing two articles on Meredith and

furbering up the Hardy”<sup>2)</sup> との記入があり、ハーディにだけ “the” を冠せ、「みがきをかける」と記しているのも何か意味のあることのように思われる。ウルフの評者のなかには、“I think she [Woolf] respected Hardy more than she respected any other living writer.”<sup>3)</sup> と一説をなすものもいるが、真偽のほどは彼女の遺した作品が証明してくれるのみである。

従って、二十世紀の有名な文学論の一つである彼女の “Modern Fiction” (1919) は在来の文学思潮に同調できず、同時に自作の理論付けとして、論じたものであるが、そのなかの、周知の “life is a luminous halo”<sup>4)</sup> 説は、実は、前世紀にハーディによって達成されていたことを、ウルフが、彼女のその小説論より約十年後に書いた “The Novels of Thomas Hardy” で認めているのに気付いたのは、目からうろこの落ちる思いである。既知のことであれば、再確認のつもりでご勘弁いただきたい。

このような理由から、まず “The Novels of Thomas Hardy” の概観からはじめたい。

#### II

初めにみたように、ハーディの死で英国小説は指導者なしになっている、と彼の死を悼むことばを前置きに、ウルフはハーディの作品論、作家論に移ってゆく。彼は、処女作 *Desperate Remedies* (1871) ではまだ小説作法を摸索中で、人物の創造はできても、コントロールできず、すでに人物の外のある力の “the sport” である、という観念に駆られ、極端なメロドラマ的偶然性を用い、他方、小説とは玩具でもなければ議論でもなく、“a means of giving truthful if harsh and violent impressions of the lives of men and women”<sup>5)</sup> で

あると確信しており、とりわけすぐれた自然観察で、自然描写にひいで、しかも広義の“Nature”を“a force”<sup>8)</sup>と意識している、と読んでいる。現在では常識的な作品論であろうが、小説家というより詩人の特性が強いとして、ハーディの殆んど全部の特質を指摘しつつしていることに注目したい。

次作 *Under the Greenwood Tree* (1872) では、彼の“stubborn originality”<sup>7)</sup>の角がとれ、魅惑的な idyllic となり、英国伝統の風景画をことばで描き出していると評する。しかし、ウルフは、例えば、夜のしじまに隣の森でふくろうから殺される小鳥の叫び声が、“passed into the silence without mingling with it”<sup>8)</sup>というような激しいイメージの喚起力にむしろ心を奪われているようである。彼女の批評眼は“at once poet and realist”<sup>9)</sup>が宿命的に陥る才能の浪費をハーディの小説のなかにとらえ、実作者としての洞察力で彼の作品の分析を行なっているからである。

それに従えば、作家には、例えば、ヘンリー・ジェイムスやフローベルのように、創作中自分の才能をコントロールでき、あらゆる状況に於てあらゆる可能性を意識しているが、一方ディケンズ、スコット、それにハーディ等は、それに無意識で、作品の展開にむらが多く、起伏が唐突で、“symmetrical development”<sup>10)</sup>に障害をきたしている。読者も予見できず、多分作家自身も予見できずにいたと思える驚くべき力のこもった美しい場面が、豁然と目前に開け、その結果、個々の場面がせりだしてきている。彼女はこの特徴をハーディ自身のことば、“moments of vision”<sup>11)</sup>を用いて説明しているが、この点は、ウルフがハーディを評価する重要な要素をなしているので次章で詳述したい。

次に、*Far from the Madding Crowd* (1874) では、その“moments”が効果的に駆使され、彼のうちなる詩人、野人、官能人、内省者、学者が一体となっており、“great English novels”<sup>12)</sup>に加えることの出来る地歩を占めるに至っているという。自然はまだ額に汗して働く人々の母なる大地であり、あしたに耕し、ゆうべに飲む農夫たちの、シェイクスピア、スコット、G. エリオットが喜んで耳を傾けたが、誰よりもハーディが理解をこめて愛した、“half-shrewd, half-poetic humour”<sup>13)</sup>が人間の永遠のシンボルとして、あるいは前景となり、あるいは背景となっている。ハーディの田園は彼等にとって“the last stronghold of happiness”<sup>14)</sup>であり、彼等がそこから姿を消せば、人間のすべての希望も消え去る運命にあった。

次にハーディの人物創造についてみれば、彼の主人公たちは、一見別々の個人のようにであるが、実は兄弟

姉妹の関係にあり、結局男性が“strong”の側で、女性は“the weaker and the fleshier, and she clings to the stronger and obscures his vision”<sup>15)</sup>であるのがハーディの男女観の基調をなしている、としてウルフは次の通り要約する。

In short, nobody can deny Hardy's power—the true novelist's power—to make us believe that his characters are fellow-beings driven by their own passions and idiosyncrasies, while they have—and this is the poet's gift—something symbolical about them which is common to us all.<sup>16)</sup>

ハーディの小説を読む場合、男女間の熱情的愛が記憶に残るが、“how they have loved”<sup>17)</sup>は想い出せない。作家自身により等閑に付され、より正確に言えば、彼はそんなことには関心がなかったのである。というのは、彼の恋人たちの話題は、有頂天である時以外は、現実的かまたは形而上学的内容で、人の心の機微にふれ、読者を楽しませてくれることがないからだと解釈している。彼の提示するこの愛はカタストロフィへの志向性を宿し、時間、死、運命との関連性においてのみ展開され、かくして、ウルフには、彼は“the greatest tragic writer among English novelists”<sup>18)</sup>と映ることになる。

しかし、ウルフは、後期の作品 *Tess of the D'Urbervilles* (1891) で、ハーディが自作への中傷・非難に対して行った抗議“a novel is an impression, not an argument”<sup>19)</sup>、更に、彼が第二詩集 *Poems of the Past and the Present* (1901) に付けた序の一句

Unadjusted impressions have their value, and the road to a true philosophy of life seems to lie in humbly recording diverse readings of its phenomena as they are forced upon us by chance and change.<sup>20)</sup>

を援用し、彼の小説作法の変化、つまり彼の警告にも拘らず、後期の作品は“an argument”になりおうせっていると裁断する。こうして、ウルフは、多分作者自身無意識であったより深い芸術的意図を彼の意識的転化から峻別し、“impression”と“argument”との二分法で彼の作品を分類した。

Certainly it is true to say of him that, at his greatest, he gives us impressions; at his weakest, arguments. In *The Woodlanders*, *The Return of the Native*, *Far from the Madding Crowd*, and, above all, in

*The Mayor of Casterbridge*, we have Hardy's impression of life as it came to him without conscious ordering. Let him once begin to tamper with his direct intuitions and his power is gone.<sup>21)</sup>

従って、ウルフによれば、ハーディの真価がどこにあるか理解するには *Jude the Obscure* と *The Mayor of Casterbridge* を比較してみれば明らかである、ということになる。*Tess* に於ても既にそうであるが、*Jude* では“argument”が“impression”を支配するままにされ、主題の圧倒的な悲惨さにも拘らず、悲劇になりきれず、従って、ペシミズムのそしりを免れえないのだといい、それに対し、彼女の *The Mayor of Casterbridge* への無条件の賞讃は他に類を知らない。

Jude carries on his miserable contest against the deans of colleges and the conventions of sophisticated society. Henchard is pitted, not against another man, but against something outside himself which is opposed to men of his ambition and power. No human being wishes him ill....He is standing up to fate, and in backing the old Mayor whose ruin has been largely his own fault, Hardy makes us feel that we are backing human nature in an unequal contest. There is no pessimism here. Throughout the book we are aware of the sublimity of the issue, and yet it is presented to us in the most concrete form.<sup>22)</sup>

“impression”の勝利が小説の勝利であるという彼女のゆるぎなき信念が、彼女の批評を通して表われているのだが、ビクトリア朝の小説評というよりむしろ、エリザベス朝の劇を更に遡り、ギリシア古典劇以降の全文学に照らして評価されたものというべきである。ウルフは、ヘンチャードの妻君売渡し事件以降、彼のエグドンヒースでの死に至る様々の印象的“moments of vision”を“the glories of English fiction”<sup>23)</sup>のうちに数えている。しかし、それにとどまらず、

...there is greatness in the contest, there is pride and pleasure in it, and the death of the broken corn merchant in his cottage on Egdon Heath is comparable to the death of Ajax, lord of Salamis. The true tragic emotion is ours.<sup>24)</sup>

脇道にそれるが、少しくウルフの *The Mayor of Casterbridge* の取り扱い方についてふれておきたい。彼女はこの作品をハーディの小説のうちで最も高く評

価しているようだから。1936年の日記によれば、ウルフ夫妻がハーディを訪問した際、自分は *The Mayor of Casterbridge* を携えて来ているが、車中の読書に彼の小説で一冊選ぶとすれば、と水を向けられて、彼が答えて、

“And did it hold your interest?” he said. I (Woolf) stammered that I could not stop reading it, which was true, but sounded wrong.<sup>25)</sup>

但し、“wrong”に響いたのは二人の話がうまくかみ合っていないせいでもある。また、“Modern Fiction”では、同時代の“materialism”に非難の鋒先を向けたウルフは、コンラッドやハーディにも“unconditional gratitude”<sup>26)</sup>はさし控えると言明しながら、“spiritual”な作風として彼女が推称するジョイスの小説を、“high examples”<sup>27)</sup>と自から呼ぶ *Youth* や *The Mayor of Casterbridge* と比較して、その良否を決定しようとするのは興味ぶかいことである。然し、事実の列挙はこれだけに止まる。このような行き方こそ彼女が呪詛したりアリズムであった。何かが逃げ去ってしまうとして。

Why try again to make the familiar catalogue, from which something escapes.<sup>28)</sup>

元にもどるまでもないが、ウルフはハーディの小説評をこのように結んでいる。

Thus it is no mere transcript of life at a certain time and place that Hardy has given us. It is a vision of the world and of man's lot as they revealed themselves to a powerful imagination, a profound and poetic genius, a gentle and humane soul.<sup>29)</sup>

### III

英国現代文学におけるウルフの小説論“Modern Fiction”の重要性は、“forever-being-quoted-essay”<sup>30)</sup>と呼ばれていることでもうかがわれるが、ハーディとの関連性をみる場合も、彼女のこの小説論は、エドワード朝の小説家ベネット、ゴールズワージー、ウエルズ等の物質主義的小説観に対する真摯な知的挑戦であり、二十世紀の新しい印象主義的心理主義小説作法の確立宣言であったことを看過することはできない。同様に英文学の特徴は、ロシア文学のそのように“suffer and understand”するのではなく、“enjoy and fight”<sup>31)</sup>だと主張するとき、ウルフのなかに“enjoy and fight”の



化身を見、彼女の小説論の生の声が聞えて来る。新時代と、自分の資質にふさわしい文学を“enjoy”しようとする伝統的本能の声である。そして、ハーディに対してもそのように彼女の食指は動く。

ここで、前章で留保していた、ウルフの指摘するハーディの“moments of vision”をとりあげることにする。ただ、後で行なう比較を明瞭にするため、ウルフが信じる人生の真の姿が如何なるものであり、それに応じて作家の務めはどうあるべきと主張するのか、心に留めておく必要がある。彼女の創作規範となるのであるからである。また、批評家と異り、実作者の批評として面白くもある。

Life is not a series of gig lamps symmetrically arranged; life is a luminous halo, a semi-transparent envelope surrounding us from the beginning of consciousness to the end. Is it not the task of the novelist to convey this varying, this unknown and uncircumscribed spirit, whatever aberration or complexity it may display, with as little mixture of the alien and external as possible? We are not pleading merely for courage and sincerity; we are suggesting that the proper stuff of fiction is a little other than custom would have us believe it.<sup>32)</sup>

彼女のこの人生定義は唐突に聞えるが、意識の始まりから終りまでわれわれを取り巻く「半透明の包被」が人生である、という、いわば、方程式を解くには、その包被に何が包まれているか知ればよい。それは、今までこんなものだと言われて来たものではなく、人の心の奥処、“very likely in the dark places of psychology”<sup>33)</sup>に半透明に息吹いているものである。

Look within and life, it seems, is very far from being “like this”. Examine for a moment an ordinary mind on an ordinary day. The mind receives a myriad impressions—trivial, fantastic, evanescent, or engraved with the sharpness of steel. From all sides they come, an incessant shower of innumerable atoms; and as they fall, as they shape themselves into the life of Monday or Tuesday, the accent falls differently from of old; the moment of importance came not here but there;...<sup>34)</sup>

ところで、前述の通り、ウルフは、自分をハーディの世界へといざなう憧憬の対象を“moments of vision”で説明している。

His [Hardy's] own word, “moments of vision”, exactly describes those passages of astonishing beauty and force which are to be found in every book that he wrote.<sup>35)</sup>

これは、例えば、*Far from the Madding Crowd* に於て、強烈な印象的場面、フェニーの遺体をのせ、滴のしたたる木の下を通る馬車、クローバーのなかで苦しむ羊の群、トロイの絶妙な剣術など、彼のすべての感覚に訴える強烈な瞬間的イメージの喚起力として現われている。元来ウルフは、主に視覚に訴える作家はかつておらず、ただ、プルースト、ハーディ、メルヴィル、コンラッドだけは、視覚的イメージの先駆的活用者として注目しているが、ハーディの“moments of vision”は、視覚によってのみ喚起されるものではなく、“every sense”<sup>36)</sup>が結集している。そしてこの“moment”が一度過ぎ去ると、再び読者は白昼の、あるいは暗い、長い道を歩かせられることになる。ハーディの小説は創造力にむらが多く、決して“symmetrically arranged”でないのは既にみた通りである。

ハーディの世界では、ウルフのそのように人物が自己充足的に存在し、そのうちなる求めに応じて外界と何らかの交渉をはかり、あるいは拒絶し、その生は生でありながら、なおかつ死の枠内にはめこまれている、というのではなく、人はまず外界の何か未知の力との関連に於て存在している。二人の作家の人生観の決定的な相違といえるのであろう。それでも、ウルフは、“Modern Fiction”で自分の人間観として提示した“a luminous halo”をハーディの小説に認めていることになりはしないか。次の“The Novels of Thomas Hardy”からの引用の最後のセミコロン以下がそれである。

The moment of vision is succeeded by long stretches of plain daylight, nor can we believe that any craft or skill could have caught the wild power and turned it to a better use. The novels therefore are full of inequalities; they are lumpish and dull and inexpressive; but they are never arid; there is always about them a little blur of unconsciousness, that halo of freshness and margin of the unexpressed which often produce the most profound sense of satisfaction.<sup>37)</sup>

“luminous halo”とは“halo of freshness”以外の何もでもなく、同様に、“an envelope surrounding us from the beginning to the end”が“semi-transparent”でありうるのは、それが、“that halo of freshness and

margin of the unexpressed”と equivalent な関係にあるからではないか。そして、このような “enormous burden of the unexpressed”<sup>38)</sup> から自分自身を解放しようとして出来上がったのが、彼女の創作であろう。

しかし、この類似がどのようにして生じて来たか即断は避けたいが、ウルフの提示する生きた個人の心の中で輝く life と “Hardy’s impression of life as it came to him” とが同じ輦輪を帯びる位相がこの二人の小説家のどこかにあることは銘記すべきことだと思う。そして、その契機をなすのが “moments of vision” ではあるまいか。

#### IV

ウルフは、ハーディの真価を示すため、*Jude the Obscure* と *The Mayor of Casterbridge* の比較を行ったのは、既にみた通りであるが、前者が、ウルフと同時代の作家、D.H. ロレンスに、現代個我意識確立の有力な足掛りを提供したのも忘れられないことである。<sup>39)</sup> 現代作家ウルフとロレンスの人及び作品の相違点がこの小説の二人の評価をめぐって浮き彫りにできるようである。しかし、いまはそれはおくとして、ウルフに限れば、彼女は、多分に彼と共通点を持ちながら——“the same pressure to be ourselves”<sup>40)</sup>——結局、彼の説教に耐えられなかったのであり、彼女は “Art is being rid of all preaching.”<sup>41)</sup> として彼を除けている。やはり、小説とは印象であり、議論ではない、という確信が背後に光っている。では、ウルフは、“argument” を避け、“preaching” を除けて何処におもむいたのか。この間に答えるには、第三章の最初の引用でみた小説家の仕事として、この変化に富み、この未知で無限の精神を、たとえどんなに常軌を逸し、複雑であろうとも、出来るだけ外的夾雑物を混入せずに伝達すること、という主張に帰らなければならない。外的夾雑物とは何か、ハーディに即して考えてみよう。ウルフは彼女の評論集で、彼を肯定的にみる場合、殆んど例外なしに、彼を詩的要素の強い作家としてみている。ハーディの小説論を出して半年もたたないうちに発表した “Phases of Fiction” に於てもまた然りである。彼は小説家として、あまり詩的でありすぎ、作中人物との共感が小説としては不十分で、従って、非人間的要素が必要となるのだと解している。(逆に、ハーディには、非人間的要素がまず潜在し、従って、彼の共感とはそれだけ烈しくなっている、と筆者は思うのだが。) 更に、ウルフは、彼が詩を人物の口を通して表現出来ないのを、心理的把握力の不足に帰している。

Both Hardy and Meredith are too fully charged, it would seem, with a sense of poetry and have too limited or too imperfect a sympathy with human beings to express it adequately through that channel. Hence, as we so often find in Hardy, the impersonal element——Fate, the Gods, whatever name we choose to call it——dominates the people. They appear wooden, melodramatic, unreal. They cannot express the poetry with which the writer himself is charged through their own lips, for their psychology is inadequate, and thus the expression is left to the writer, who assumes a character apart from his people and cannot return to them with perfect ease when the time comes.<sup>42)</sup>

ここでウルフが、ハーディは人物創造に心理的配慮が不十分であるというとき、彼女自身は心理小説の流行に批判的であることを看過してはならない。小説では、精神分析学者の示す真理が真実ではなく、“the truth of imagination” が大切であると説いているからである。<sup>43)</sup> 小説が “an impression” であるためには、“the truth of imagination” をみたすものでなくてはならず、当然の指適である。このようにして、ウルフの小説は、ハーディの “impersonal element” 乃至 “argument” を外的夾雑物として除去し、そこに “imagination” で捉えた心理を導入し、それによって、例の “moments of vision” を純粋に綴り合わせることによって詩的領域の拡大が可能になったのではあるまいか。C. Day Lewis の見解に従えば、

In the novels of James Joyce, D.H. Lawrence and Virginia Woolf, there is a constant traffic to and fro over the frontier between prose and poetry. Virginia Woolf once said that *The Waves* actually unfolded, like a poem, from a germinal image——the image of ‘a fin turning in a waste of waters’.<sup>44)</sup>

しかし、ハーディが詩の領分に踏み込む寸前まで達していたのも同じ個所で指摘されている。

The limit, I think, to which the poetic image can be used in prose fiction, without crossing the border into poetry, was reached by Thomas Hardy.<sup>45)</sup>

では、ウルフはこの “moments of vision” を作品の中でどう用いているか。*The Waves* (1931) 創作構想中の彼女の1928年11月28日、つまり、ハーディの小説

論を書いた年、の日記から、いま一つは、その小説論の前の年に出た *To the Lighthouse* (1927) に求めてみよう。

The idea has come to me that what I want now to do is to saturate every atom. I mean to eliminate all waste, deadness, superfluity: to give the moment whole; whatever it includes.... Why admit anything to literature that is not poetry—by which I mean saturated? Is that not my grudge against novelists? that they select nothing? The poets succeeding by simplifying: practically everything is left out. I want to put everything in: yet to saturate. That is what I want to do in *The Moths* [*The Waves*].<sup>46)</sup>

しかし、この“idea”は突然彼女を訪ずれたのではなく、*To the Lighthouse*ですでに完成の域に達していたのを、更に一歩進めようというのであった。このことは、R. Humphreyが、いわゆる stream of consciousnessの研究で、“Clarissa Dalloway, Mrs. Ramsay, and Lily Briscoe all have moments of vision.”<sup>47)</sup>と指摘して、すでにあかしを提供してくれている。前に“moments of vision”を純粹に綴り合わせ、といったが、小説はそうして出来ていても、その中の人物にとり、瞬間瞬間が生であり、瞬間はその中に死の枠を超えて永遠の相を宿しているものであり、だからこそ“moment”が“moment of vision”でありうるのである。“a luminous halo”と表裏一体をなすあの“a little blur of unconsciousness”が一瞬燐寸をするように輝きでる、めくるめく瞬間である。

What is the meaning of life? That was all—a simple question; one that tended to close in on one with years. The great revelation had never come. The great revelation perhaps never did come. Instead there were little daily miracles, illuminations, matches struck unexpectedly in the dark; here was one. This, that, and the other; herself and Charles Tansley and the breaking wave; Mrs. Ramsay bringing them together; Mrs. Ramsay saying “Life stand still here”; Mrs. Ramsay making of the moment something permanent (as in another sphere Lily herself tried to make of the moment something permanent)—this was of the nature of a revelation.<sup>48)</sup>

心眼ということばがある。心眼であるからには過去、現在、未来が、あるいは通時的に、あるいはまた共時

的に、同一視野内にすっかりおさまる。ウルフの作品を読むとき、彼女の心眼は、いわば、複眼ではないかという印象を受ける。現に、リリーは五十対の眼が必要だと考えている。

One wanted fifty pairs of eyes to see with, she reflected. Fifty pairs of eyes were not enough to get round that one woman with, she thought.<sup>49)</sup>

複眼は、特殊構造をもつ個眼がハチの巣状に集まり、各々の個眼が捉えたものが、複眼全体でモザイク状の全体像を成して結像するといわれている。ウルフでは、各々個眼で受ける様々の生の瞬間の姿が次第に結集し、一つの全体像を結びはじめ、その結像が即ち“vision”で、その“vision”が結像として定着した瞬間が、他でもなく、“moment of vision”であるといえないだろうか。先の彼女の創作日記でみた“to give the moment whole”もこの過程をへるのではあるまいか。

このようにして、ハーディの小説論では、小説 impression 説擁護のため、“unadjusted impressions”の効用を説いていたにも拘らず、四年後の“A Letter to a Young Poet” (1932) では、こうして複眼的に捉えた“impressions”を“one harmonious whole”<sup>50)</sup>に結合する必要性を説くに至っている。

## Notes

- 1) Virginia Woolf, *Common Reader* (2nd series) Hogarth Press, p. 245.
- 2) Virginia Woolf, *A Writer's Diary*, Hogarth Press, p. 122.
- 3) Quentin Bell, *Virginia Woolf*, (vol. II) Hogarth Press, p. 123.
- 4) Virginia Woolf, *Common Reader*, Hogarth Press, p. 189.
- 5) *Common Reader* (2nd series), *op. cit.*, p. 246.
- 6) *Ibid.*, p. 246.
- 7) *Ibid.*, p. 246.
- 8) *Ibid.*, p. 247.
- 9) *Ibid.*, p. 247.
- 10) *Ibid.*, p. 247.
- 11) *Ibid.*, p. 247. (quoted from the title of Hardy's *Moments of Vision and Miscellaneous Verses* (1917))
- 12) *Common Reader* (2nd series) *op. cit.*, p. 248.
- 13) *Ibid.*, p. 249.
- 14) *Ibid.*, p. 250.
- 15) *Ibid.*, p. 250.
- 16) *Ibid.*, p. 251.
- 17) *Ibid.*, p. 251.

- 18) *Ibid.*, p. 254.
- 19) *Ibid.*, p. 254. (quoted from the Preface to *Tess of the D'Urbervilles*)
- 20) *Ibid.*, p. 254.
- 21) *Ibid.*, p. 254.
- 22) *Ibid.*, p. 255.
- 23) *Ibid.*, p. 256.
- 24) *Ibid.*, p. 256.
- 25) *A Writer's Diary*, *op. cit.*, p. 92.
- 26) *Common Reader*, *op. cit.*, p. 185.
- 27) *Ibid.*, p. 191.
- 28) *A Writer's Diary*, *op. cit.*, p. 353.
- 29) *Common Reader*, (2nd series) *op. cit.*, p. 257.
- 30) James Hafley, *The Glass Roof*, Russell & Russell, p. 175.
- 31) *Common Reader*, *op. cit.*, p. 194.
- 32) *Ibid.*, p. 189.
- 33) *Ibid.*, p. 192.
- 34) *Ibid.*, p. 189.
- 35) *Common Reader* (2nd series) *op. cit.*, p. 247.
- 36) *Ibid.*, p. 248.
- 37) *Ibid.*, p. 248.
- 38) *Common Reader*, *op. cit.*, p. 80.
- 39) 有明工業高等専門學校紀要 9号, pp. 87-97 参照.
- 40) *A Writer's Diary*, *op. cit.*, p. 188.
- 41) *Ibid.*, p. 188.
- 42) Virginia Woolf, *Granite & Rainbow*, Hogarth Press, pp. 136-7.
- 43) *Ibid.*, p. 142.
- 44) C. Day Lewis, *The Poetic Image*, Jonathan Cape (paperback), pp. 86-7.
- 45) *Ibid.*, p. 87.
- 46) *A Writer's Diary*, *op. cit.*, p. 139.
- 47) Robert Humphrey, *Stream of Consciousness in the Modern Novel*, Univ. of California Press, p. 13.
- 48) Virginia Woolf, *To the Lighthouse*, Hogarth Press, p. 249.
- 49) *Ibid.*, p. 303.
- 50) Virginia Woolf, *The Death of the Moth and Other Essays*, (Penguin Books), p. 189.





「爲王常侍祭沙陀部国夫人文」があつて、その徳を称えている。また、輔国の開元十七年頃の記録としては、山右石刻叢編卷六・慶唐觀紀聖銘（開元十七年九月三日辛卯）の碑陰に列記された人物名の中に、

特進永寿郡王沙陀輔国

とみえているのである。このことより朱邪波徳と沙陀輔国とは同時期の人であるため、朱邪波徳が沙陀部酋長である可能性はなく、従つて朱邪部落を沙陀部落の別称とみるべきことも否定されるべきことにならう。

先述した如く、確かに沙陀金山と沙陀輔国の酋長時代は、金満州都督・処月酋長でもあつたため、処月種の朱邪部落は、彼らの手に掌握されていたに違いないが、さきほど引用した通鑑考異の文にも示されているように、朱邪部落と沙陀部落は明らかに別途のもので、この文書は、あくまでも朱邪部落のそれとして検討されるべきものと思われるのである。

註 ① 拙稿「唐代における沙陀部族の成立」（有明工業高専紀要第8号）参照。

② 岑仲勉「西突厥史料編年補闕」（西突厥史料補闕及考證所収）4頁参照。

③ 東洋歴史大辞典（平凡社）沙陀の項・田坂興道「中唐における西北辺境の情勢について」（東方学報11—2）・安部健夫「西ウイグル国史の研究」等参照。

④ 白鳥庫吉「突厥闕特勤碑銘考」（史学雑誌8—11）・丁謙「新唐書突厥伝地理考證」（浙江図書館叢書第1集16丁）・Chavannes, Documents sur les Tou-kiue occidentaux.

⑤ 松田寿男「唐の庭州の領具を論ず」（古代天山の歴史地理学的研究所収）。

⑥ 通志卷二九・氏族略にも同内容記事がある。

⑦ 資治通鑑卷二二〇・唐紀・玄宗・先天元年冬十月辛酉条に入朝記事がみえる。

沙陀都督府。蓋北庭有磧。日沙陀。故因以爲名焉。永徽中。以拔野爲都督。其後子孫五世相承。曾祖盡忠。貞元中。繼爲沙陀府都督。云云。

とあり、始祖を拔野(拔野古)に求めている。北宗の人、歐陽修はこの書伝には疑義があるとして、五代史記卷四・後唐莊宗本紀の後叙において、

然予考于伝記。其説皆非也。夷狄無姓氏。朱邪部族之号耳。拔野古與朱邪同時人。非其始祖。中略。高宗永徽二年。處月朱邪孤注。從賀魯戰于牢山。

爲契苾何力所敗。遂没不見後五六十年。當憲宗時。有朱邪盡忠及子執宜。見於中國。而自号沙陀。以朱邪爲姓矣。中略。夷狄無文字伝記。朱邪又微不足錄。故其後世自失其伝。至盡忠孫始賜姓李氏。李氏後大。而夷狄之人。

遂以沙陀爲貴種云。

と論じ、史料的にみても明らかにしうるのは朱邪盡忠以降であるとしている。所で、この略系図で注意されることは、沙陀金山、その子沙陀輔国、そして

孫に當る沙陀骨咄支までが沙陀姓を名乗っていたのに対し、骨咄支の子の盡忠の時から朱邪姓となっている点である。元來、蕃胡人の姓は、旧唐書卷一〇四哥舒翰伝に、

蕃人多以部落称姓。故爲氏。

とみえるように、部落名をもつて姓とするのが通例であったから、沙陀がその住地の沙陀磧という地形の特色をとつて自らの部族名としたため、酋長は沙陀金山の如く、沙陀姓を名乗ることになったのであり、朱邪姓は同様に朱邪部落の酋長が姓としたことは、前掲の朱邪部落請紙文書にみえる酋長が朱邪波徳とあることから明らかである。では何故に骨咄支の子盡忠の時にいたつて沙陀姓を朱邪姓に変えたのであろうか。骨咄支が沙陀姓を名乗っていたことは、冊府元龜卷九五六・外臣部・種族に、

沙陀突厥。有沙陀骨咄支。

とみえているが、その子盡忠については、元和姓纂卷三・沙陀の項に、

左金吾衛大將軍同正酒泉公沙陀盡忠。

とあって、沙陀姓を名乗っている盡忠と、資治通鑑卷二三三・唐紀・徳宗・貞元六年五月の条に、

吐蕃急攻北庭。北庭人苦於回紇誅求。與沙陀酋長朱邪盡忠。皆降於吐蕃。

とあって、沙陀酋長朱邪盡忠と朱邪姓をもつて記されているものがある。この沙陀姓と朱邪姓との重複は、思うに盡忠が憲宗の元和三年、部族をあげて唐朝

に帰属したと関連がある。即ち、北庭地方の諸蕃部の住地にあつては、

沙陀突厥の酋長が沙陀姓を名乗ることが当然であつても、ひとたび中国内地に居住するようになると、姓名は家柄を示すものとなり、人々は姓名をもつて、その一族の門地を推し量る風潮があつたことを忘れてはなるまい。沙漠磧の意味をもつ沙陀なる呼称が、北庭の地にあつては猛勇をもつて恐れられた新興の部族名であつても、中国内地の人々には、ただ単なる沙漠磧の意にしか解されず、蕃族といえは歴史的に著名な部族の門流をもつて高く評価したと思われる。史伝の中に、沙陀が始祖を拔野古・蘇農、或いは同羅・僕骨の人とする

のは、こうした風潮とも関連するものではあるまいか。ともあれ、沙陀部酋長にとつて、沙陀姓を改名する必要に迫られ、そこで處月部との関係から處月

別部の朱邪を名乗つて姓としたのであろう。沙陀部酋長の盡忠が沙陀盡忠とも朱邪盡忠とも記されているのは、こうした理由があつたと推測されるのである。

所で、盡忠以降については別に稿を改めることとし、ここでは沙陀部酋長の略系図に関連して、前掲の朱邪部落請紙文書にみられる朱邪波徳について触れてみたい。

さて、請紙文書によれば、開元十六年八月十六日付に朱邪部落の首領闕侯斤朱邪波徳の自筆の簡単な略押がみえる。しかし、この朱邪波徳の名は、沙陀部酋長の略系図にのつていず、また、他の文献にも検索しえない人物である。沙陀部酋長の略系図によれば、この開元十六年頃は、先天初から開元十七年の記録が残っている沙陀輔国の時代に當たる。輔国については、新唐書卷二一八・沙陀伝に、

(沙陀)金山死。子輔国嗣。先天初。避吐蕃徙部北庭。率其下入朝。とみえ、沙陀金山の後をうけて沙陀部酋長となり、玄宗の先天の初に、吐蕃の圧迫を避けて部族をひきいて北庭地方に移つて入朝している。また、開元年間の記録としては、同書同伝に、

開元二年。復領金滿州都督。封其母風尼施爲郡国夫人。輔国累爵永寿郡王。死子骨咄支嗣。天宝初。回紇内附。云云。

とみえ、開元二年に金滿州都督を復領するとともに、母の風尼施は郡国夫人に輔国は永寿郡王に封ぜられている。輔国が死ぬと子の骨咄支が嗣ぐが、その頃が天宝初とあるから、輔国は少なくとも開元末近くまで生きていたのであろう。輔国の母風尼施については、王摩詰全集卷二七・哀辞祭文連珠判十五首の中に





かれた時期があったことを併わせて指摘せられているのである。

こうした松田博士の見解に対して、新たな説をたてたのが岑仲勉氏である。岑氏は「處月處密所在部地考」（西突厥史料補闕及考證所収）の中で、「處月居金娑山之陽。蒲類之東」とある方位に着目されているのである。即ち、金娑山をボグド連山と比定するのは、皇輿西域圖志卷二一・山の項に、

按唐處月部爲金滿州。在北庭。今爲迪化州（Urumchi）以東。博克達鄂拉（Bogdo ola）以北之地。處密部居處月西。在今瑪納斯期郭勒（Monasgol）左右。當哈屯博克達鄂拉（Katun-Bogdo ola）之北。

とあるのと同じ論拠であるが、新唐書沙陀伝にいう金娑山の「陽」とは「南」の方位であって、西域図志にいう「北」の方位とは矛盾していると、また、蒲類をバルクル湖と考定してみた場合も、金娑山＝ボグド連山説は方位的にみて同様の問題が生ずると指摘するのである。そこで岑氏はこの方位関係の問題を説明しようとして、旧唐書卷一九四下・西突厥伝に、

咄陸（乙昆咄陸可汗）。又遣處月・處密等。困天山原。郭恪（安西都護郭恪）又擊走之。（考）恪乘勝進拔處月侯斤所居之城。追奔及於遏索山。斬首千餘級。降其處密之衆而帰。

とみえる「處月侯斤所居之城」を「弓月城」とし、「遏索山」を西域図志では今の哈屯博克達鄂拉（Katun-Bogdo ola）とするのを否定されて、額林哈畢爾噶（Iren-chabirgan）と考定し、ここには金を産するため、別に金沙山の名があるとし、金娑山＝遏索山説を出された。そして処月は、その南方に居り、その地は今の空格期（Kungez）流域一帯であり、唐の時に金滿州が置かれたのも、この地であるとした。また、「蒲類之東」なる方位についても、蒲類は蒲類海（Bartul nor）を指すものではなく、夷播海（Balkhash nor）＝バルハシ湖とみれば東の方位も解決するところである。

このような処月部の住地についての数々の見解の対立は、いづれも絶対的な根拠となる史料に欠けておるために起ったもので、結局のところ、大勢論としてある程度の可能性を有しているというだけにしか過ぎない論争に終っているのが現状といえよう。

#### 四

さて、処月朱邪部と沙陀部との関係について、筆者の見解を結論からいって、

その住地については、松田説に傾かざるをえないが、処月朱邪部落と沙陀部落との関係は、互いにかかわりをもちつつも、別の部落として区別されるべきであるという岑氏の説を支持するものである。それは既に前稿（唐代における沙陀部族の成立「有明工業高専紀要」第8号）において指摘した如く、沙陀部族なるものの形成が、単一種族によってなされたものでなく、部落構成の種族が、西域の胡人をも包含する雑種の混合部落として成立した点にあると思うからである。この考えは、小野川秀美氏が既に「蒙古史中世」（支那周辺史所収）の中で「沙陀の名称は、北庭に沙陀と名付くる積があったことに由来している。西突厥の別部処月種に出でて姓は朱邪氏であるといわれ、或は太宗が薛延陀の諸部を平げ、安西・北庭に都護を置いた時に、同羅・僕骨の人を分つて沙陀都督府を置いたという所伝もある。また永徽五年、処月部に金滿州を置いたとも、処月の地に金滿・沙陀二州を置いて各々都督を領せしめたともいわれ、沙陀の先世が蘇農氏であったと解さるべき記録もある。同羅・僕骨は九姓鉄勒に属する部名であり、蘇農氏は東突厥の一部としてその名を見出される。依つて沙陀部は単一なる部落ではなく、沙陀磧の近くに流移して、処月部の傍にいた雑種の総名として与えられた名称に由来しているのではないかと思われる」と論ぜられ、その部落の成立の背景には、地域的な特殊性が存したことを重視されていることに啓発されたものである。

こうした沙陀部族形成の特殊性、言いかえれば沙陀部落が朱邪部落とは全く別途に形成されたということは、資治通鑑考異卷一四・唐紀・玄宗・天宝十四載十二月条の「哥舒翰將兵八万号二十万。軍于潼関」の項に、

祿山事迹云。翰爲副元帥。領河隴諸蕃部落。奴刺・頡跌・朱邪・契苾・渾・歸林・奚・結・沙陀・蓬子・處密・吐谷渾・思結等十三部落。督蕃漢兵二十一万八千人。鎮于潼関。云云。

とあって、河隴諸蕃十三部落の中に、朱邪部落と沙陀部落の名がそれぞれみえていることから明らかになるところである。

しかし、ここで注意すべきは、新唐書卷二一八・沙陀云に、

龍朔初（661）。以處月酋沙陀金山。從武衛將軍薛仁貴討鉄勒。授墨離軍討擊使。長安二年（702）。進爲金滿州都督。累討張掖郡公。

とみえ、また、冊府元龜卷九五六・外臣部・種族門に、

唐則天通天中（696—697）。有墨離軍討擊使沙陀金山。爲金滿州都督。

中略。處月居金娑山之陽。蒲類之東。有大磧名沙陀。故号沙陀突厥。  
 とあることから、蒲類即ち蒲類海 (Barkul) の東方に比定している。蒲類海は  
 旧唐書卷四〇・地理志・隴右道・西州中都督府・蒲昌の項に、

(蒲類) 泉東南有蒲類海。胡人呼婆悉海。

とみえ、蒲類泉の東南にあったもので、唐のころ胡人が婆悉海とも呼んだとい  
 う。この蒲類泉は今の木壘河 (Mu-li-ho) に比定されている。

しかし、これに対して沙陀部族の住地が、処月の住地に近接していたといわ  
 れることからみて、まず処月の住地についてみると「すくなくとも太宗や高宗  
 の当時は、彼らの根拠地が、蒲類海の東」と表示されるほど、東方に及んで  
 いたとは考えられない」(松田寿男博士「古代天山の歴史地理学的研究」とい  
 う見解をもつ松田寿男博士や、この説を支持する伊瀬仙太郎博士の「西域経営  
 史の研究」がある。

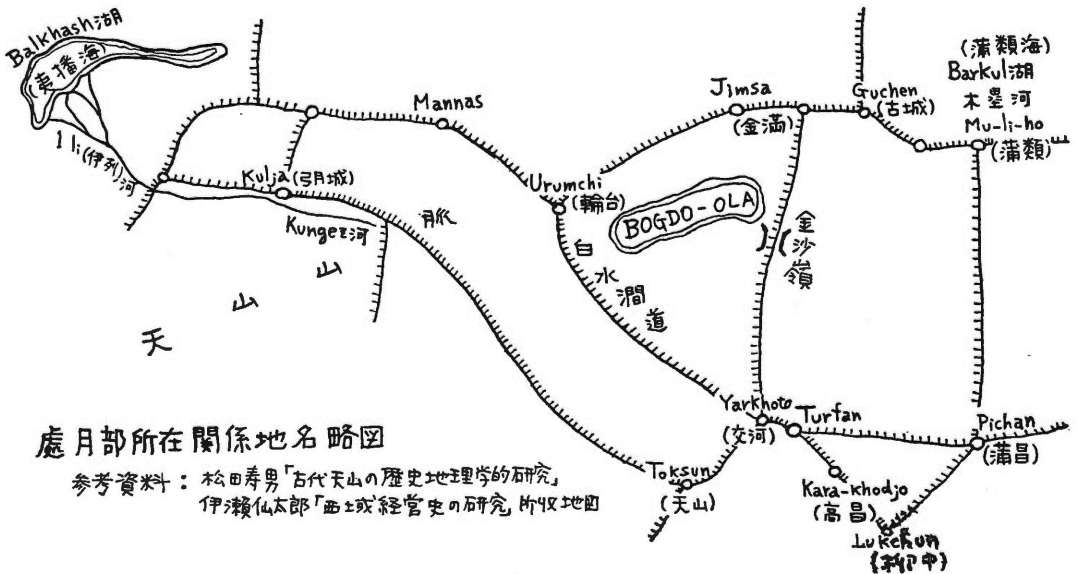
松田博士の論は、前掲の史料によって、処月の住地を蒲類海の東方に考定す  
 ると、新唐書卷四三下・地理志・羈縻州の条に、

金満州都督府。(原註)——永徽五年。以處月部落置爲州。隸輪台(泉)龍朔  
 二年。爲府。

とある記述は、処月部落が庭州の輪台泉に隣接していた地方に居たことを示め  
 してあるから、蒲類海の東方、木壘河の附近を住地とするのは、地域的にみて  
 あまりにも遠く距たりすぎているのではないかとされる。また、処月の住地を  
 明らかにするもう一つの史料として、西州図経残巻に、

白水潤道。右道出交河泉界。西北向處月已西諸蕃。足水草。通車馬。  
 とみえるのをあげ、白水潤道は交河泉と輪台泉方面とを直接に結んだ地域で、

「處月已西諸蕃」とある表現は「輪台泉以西地方」を意味するから、処月の住  
 地は、輪台泉 (Urumchi) 以東、金満泉 (Jimsa) 以西のボグド・オラ (Bogdo  
 ola) の北麓地帯であり、特にウルムチ寄りに求められている。従って、前  
 掲史料にみえる「金娑山」は、別に金沙嶺 (唐書)・金娑嶺 (元和志)・金嶺  
 (王延德)とも呼ばれたものと同一で、これをアルタイ (Altai) 山脈、蒲類を  
 バルクル湖 (Barkul) に比定するのではなく、金娑山は明らかにトウルファン  
 とチムサとの間に横なわるボグド連山 (天山山脈) の一部を指し、また、蒲類  
 とは蒲類海ではなくて、蒲類泉を指すのであらうとされる。尚、蒲類泉の位置  
 については今の木壘河の附近に擬せられる以前に、庭州の金満城に蒲類泉が置



處月部所在關係地名略図

参考資料：松田寿男「古代天山の歴史地理学的研究」  
 伊瀬仙太郎「西域經營史の研究」所収地図

20 十九日

沙(紙背押縫)

開元十六年八月十九日

史 李 夔

21 録事參軍 沙妻

史

八月十九日受即日行判

録事禮檢無稽失

録事參軍自判

22 案爲朱邪部落檢領紙到事

沙(紙背押縫)

三紙よりなるが、第一紙の前部を失っている。紙の大きさは縦二九・三釐、横は第一紙は二五・五釐、第二、第三紙はともに四三・五釐である。紙は第一紙即ち朱邪部落の牒のある一紙だけは薄い黄色をしているが、他は薄い褐色をしている。

この請紙文書の形式については、内藤博士の前掲論文に詳細な解説があるので、それを参照していただくことにして、ここでは内容について触れておく。牒の本文を失って末尾しか残っていないので、その内容は第11行以下の判辞と第28行の標目から推測する外ないわけである。第11行以下の録事參軍沙妻の判辞を内藤博士は「朱邪部落から次紙案紙合せて百張を請求する状が来た。調査を了ったが嘘は云っていない。」と読まれている。

さて、この文書の最初に部落の典の渠思忠の牒があり、次の行に首領闕侯斤朱邪波徳の署名がみえ、その下に首領の自筆であろう簡単な略押が記されている。闕侯斤とは「其酋長皆号侯斤」(資治通鑑卷一八〇)とあり、また「闕爲美号」というから、これによって玄宗の開元十六年頃の朱邪部落が西州都督府の管下であり、その酋長が朱邪波徳なるものであったことがわかる。ではこの朱邪部落や首領闕侯斤朱邪波徳と沙陀部族との間には、何かの関係があるのか、換言すれば、この朱邪部落請紙文書は史料不足の制約をうけている沙陀部族の成初期の研究に重要な資料となりうるものであろうか。

## 二

朱邪部族と沙陀部族とのかわりあいについては、たいていの学者は、五代史記卷四・後唐莊宗本紀に、

其先本号朱邪。蓋出於西突厥。至其後世。別自号曰沙陀。而以朱邪爲姓。とあり、また、資治通鑑卷二七二・後唐紀・莊宗・同光元年春二月条の胡註に、

其先本号朱邪。出於西突厥處月別部。居沙陀磧。自号沙陀。而以朱邪爲姓。とあるに着眼し、沙陀の名がその居住地の沙陀磧より起り、祖先の種族を処月別部の朱邪とし、沙陀部族の姓朱邪の由来がここにあるとしているのである<sup>⑧</sup>。このほか、元の耶律鑄の雙溪醉陰集卷二・楽府・涿邪山詩の註には、

涿邪後転爲朱邪。又声転爲處月。中略。即今華夏。猶呼沙漠爲沙陀。突厥諸部遺俗。至今亦呼其磧爲朱邪。云云。

とみえ、古の涿邪の訛転として朱邪と処月は同じであると、また、沙陀とは沙漠の別称であり、それはまた朱邪や処月とともに磧の意味であると解釈し、この三つの呼称の間に深い関係を認めているものもある。即ち、これらの見解に従うと、史伝にみられる処月の朱邪部落は沙陀部落と同じものであるということになるのである。

しかし、この説に対して真向から反対しているのは岑仲勉氏である。岑氏は処月と朱邪が同語の音転であるとか、朱邪と沙陀をもって同義であるというの誤りで、新唐書卷二一八・沙陀伝には、

永徽初。(阿史那)賀魯反。而(處月)朱邪孤注亦殺招慰使。連和引兵據牢山。於是。射脾侯斤沙陀那速不肯從。

とあり、処月朱邪孤注とともに射脾侯斤沙陀那速の名がみえることは、これらが各々の部落を形成していた証拠だとされているのである。

## 三

右の見解についての検討に入るまえに、史伝に記録されている沙陀部族の住地と処月朱邪部族の住地との関係について分析的に考察しておく必要がある。

沙陀部族の住地について、白鳥庫吉博士・丁謙氏・シヴァヴァンヌ氏等は<sup>⑨</sup>、新唐書卷二一八・沙陀伝に、

沙陀西突厥別部處月種也。始突厥東西部。分治烏孫故地。處月・處密雜居。

# 吐魯蕃発見朱邪部落文書について

——沙陀部族考 その一(補遺)——

昭和四十八年九月八日 受理

室 永 芳 三

On the Manuscripts of Chu-yeh-pu-lo 朱邪部落 found at T'u-lu-fan 吐魯蕃  
—— A Study on Sha-t'ou-pu 沙陀部 part 1 (Supplementary) ——

by Yoshizo Muronaga

先に発表した前章において、沙陀部族が処月の朱邪部落とはかかわりをもちつつも、沙陀嶺に流移していた多くの西域の胡人をも地域的に包括する雑種の混合部族として成立したことを考説したが、本稿では、トウルファン出土文書中における朱邪部族請紙文書について、若干の考察を加えて、沙陀部族と朱邪部族との諸問題を少しく補っておきたい。

—

龍谷大学蔵大谷探検隊将来トウルファン文書の中に、西州都督府が諸官司からの紙の配給の請求を処理した開元十六年の文書がある。これらの文書については、内藤乾吉博士が「西域発見唐代官文書の研究」(中国法制史考証所収)の中で「西州都督府の処理した文書」として整理されている。その中に朱邪部族請紙文書がある。いま、この文書の性格を示すため全文を転載してみる。

(前欠)

- 1 開元十六年八月十六日典渠恩志牒牒
- 2 首領闕侯斤朱邪波德々
- 3 付 司 楚 珪 示
- 4 十九日

- 5 八月十九日 錄事 禮
- 6 錄事 參軍 沙妻 付
- 7 檢案 沙白
- 8 十九日

沙(紙背押縫)

- 9 牒檢案連如前謹牒
- 10 八月 日史李藝牒
- 11 朱邪部落所請次案共
- 12 壹伯張狀來。檢到不
- 13 虛。記語。沙妻白。
- 14 十九日
- 15 依判諮希望示
- 16 依判諮球之示
- 17 十九日
- 18 依判 楚 珪 示
- 19 十九日

---

有明工業高等専門学校紀要

第 10 号 (1974)

昭和 49 年 1 月 25 日 発行

編 集 有明工業高等専門学校紀要委員会

発 行 有 明 工 業 高 等 専 門 学 校  
大 牟 田 市 東 萩 尾 町 150  
電 話 大 牟 田 ③ 1 0 1 1

印 刷 大 学 印 刷 株 式 会 社  
広 島 市 十 日 市 町 2 丁 目 3-23  
電 話 0822 (31) 4 2 3 1

---

## CONTENTS

‘A Few Comments on the Statistics of the Ten-Year Physical Examinations of the Students at Ariake Technical College’ .....	Masaaki Teramoto ..... 1
A Study in Physical Education of the Data of the Character Test (No. 3) .....	Shozo Arao ..... 9
On Teaching Logical Thinking in Mathematics .....	Shozo Mukai ..... 17
Numerical Calculation in Unit Operations .....	Ryoich Nagata ..... 23
Numerical Solution of Four-bar Linkage Mechanism by the Electronical Computer and an Example of the Application .....	Gozo Kimura, Shinichi Saruwatari ..... 29
Study of Thermal Degradation of Polyurethanes (III) Thermal Degradation of Linear Polyurethanes .....	Norimichi Yoshitake, Kenichi Fukushima ..... 37
Gel Chromatography of Inorganic Compounds on Sephadex G-15 Columns .....	Naotaka Tsuji ..... 43
A Study of the Liesegang Phenomena (Part Three) The Approach to the Origin from the Relationship between the Periodic Precipitation and Amines or Amides .....	Hiroshige Higuchi, Ryôichi Kawase, Akira Haishi ..... 47
The Effect of Neutrino-Nucleon Interaction on Neutron-Proton Ratio in a Hot and Dense Plasma .....	Fumihiko Hagio, Tsutomu Yokoyama ..... 55
Experimental Study on the Flow at the Delivery Side of Multi-blade Fan (Part 1) .....	Kounosuke Kiyomori ..... 59
Electric Properties of Polycrystalline $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_{(x^2)}\text{MnO}_3$ .....	Kenzi Ozawa ..... 71
Numerical Study of the Solitary Wave on the Water Surface Part I Precise Determination of the Flowfield of the Solitary Wave on the Water Surface .....	Gozo Kimura ..... 77
Moments of Vision .....	Yasuo Matsuo ..... 87
On the Manuscripts of Chu-yeh-pu-lo 朱邪部落 found at Tú-lu-fan 吐魯蕃 — A Study on Sha-t'ou-pu 沙陀部 part 1 (Supplementary) — .....	Yoshizo Muronaga ..... 102