

研 究 紀 要

第 11 号

昭 和 5 0 年 度

奈 良 工 業 高 等 專 門 学 校

目 次

ぜい性塗膜法, およびX線法による測定応力の相関(塗膜の増感効果について)	有 間 淳 一・岩 井 保 善	1
SCM ₂ の遅れ破壊について	岩 井 保 善・有 間 淳 一	5
ねじ旋削定速もどり法に関する研究	加 賀 勝 也	11
ダイレス引抜きに関する研究	小 島 耕 二・関 口 秀 夫	17
側壁付着形素子の付着効果について	阪 部 俊 也・若 林 敏 夫	23
純銅の延性破壊に関する研究	関 口 秀 夫・小 島 耕 二	29
噴流衝突面の熱伝達特性第3報二次元複噴流の場合	中 谷 洵	35
水素気ほう法による平板境界層の研究	松 岡 一 起・岸 下 晴 亮	41
Studies on Viscous Hypersonic Interaction in a Partially Ionized Gas.	松 岡 一 起・岸 下 晴 亮	45
重力波の輻射について	宮 本 止 才 雄	53
2列円孔列を持つ無限平板の応力集中係数(第2報)	水 嶋 巖	57
油圧サーボモータの非線形特性	若 林 敏 夫・阪 部 俊 也	61
架空裸電線の電流容量に関する諸問題	今 西 周 蔵	67
衝撃転流PWM方式3相逆変換器のゲート制御回路(VVVF)	井 村 栄 仁	73
Constraction and Operation of Flashlamp-pumped Dye Laser.	京 兼 純	79
光結合負性抵抗回路の基本特性	高 橋 晴 雄	83
ガウスビーム波の新しい円筒波表示	成 田 紘 一	89
Oligomerization of an Alkylfuran and Alkylthiophenes.	石 垣 昭	93
平面接触攪拌槽によるガスの物理吸収	梅 原 忠	97
作品と背景——サマセット・モームの短篇小説について——	柏 原 啓 佐	103
二つの幻想——「闇の奥」一試論——	中 村 元 一	109
語り手マーロウをめぐる——「ロード・ジム」再論——	中 村 元 一	119
「グリーブ家のパーバラ」について	林 達 男	131
学生の実践的能力について(教育論文)	今 西 周 蔵	137
電卓で扱える範囲について(第2報)(教育論文)	笠 野 卓 夫	141
本校学生の作文における漢字使用力の考察(教育論文)	小 谷 稔	147
教官研究活動状況一覧表(抄録)		153

正 誤 表

頁	行 (列)	誤	正
目次	17	兼 京 純	京 兼 純・今西周藏
131	註 3	大 田 三 郎	太 田 三 郎
132	左 <small>下から 5</small>	there s	there's
133	右 14	温	温かい
133	右 8	f _u lly	fully
152	表 題	Our School Ability	Our School Students' Ability
裏表紙	7 行 目	Drawing 6	Drawing
〃	19 行 目	ionezed	ionized

ぜい性塗膜法およびX線法による測定応力の相関

(塗膜の増感について)

有 間 淳 一 岩 井 保 善

Relation between the Stress Indicated from Brittle Lacquer Coating
and the Stress Measured by X-ray

(On Improvement of Strain Sensitivity of Brittle Lacquer Coating)

by

Junichi ARIMA and Yasuyoshi IWAI

抄 録

これまで、加熱乾燥型ひずみ塗料の実用性に関して、一連の実験的検討を行ってきたが、本研究では、この塗膜の増感効果をあきらかにするため、水冷法および有機溶媒接触法を採用し、大気中における塗膜のひずみ感度の比較を試みた。また、あわせて曲げによる負荷の状態で、ぜい性塗膜およびX線法により求めた応力値の相関を検討した。

実験結果より、冷水およびエチレングリコールを接触させることにより、いわゆる Solvent Cracking 現象を呈し高温、高湿度の状態では、大気中よりはるかに高いひずみ感度を示すことが明らかとなった。これより、加熱乾燥ののち、ぜい性が低下した塗膜の増感効果が明らかとなり、曲げ応力を負荷した7075合金板状試験片の表面についてぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値は良い対応を示した。

1. 緒 言

筆者らはこれまで加熱乾燥型ひずみ塗料(ダイラー)⁽¹⁾⁽²⁾を機械部品、構造物に適用する場合に実用しようよう試作した赤外線加熱乾燥器の加熱特性について検討をおこない、あわせてぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値の相関を調べた。これより、この塗膜によるひずみ測定成否は乾燥条件とほぼ対応し、加熱、冷却速度が2°C/min.を超えないようにする必要があること、および、弾性範囲内におけるあるひずみ範囲においては、両測定法により求めた応力値は良い対応を示すこ

とを明らかにしてきた⁽³⁾。

しかしながらこの塗料を直接現場の規模において使用する場合、塗膜乾燥時の気温および湿度が大きく、また乾燥中止から実験開始までの経過時間が長くなると、塗膜は著るしいぜい性低下現象を生じるため、複雑な形状をもつ機械部品などの微妙なき裂模様を検出することがきわめて困難となる。

一方、このようにぜい性低下をした塗膜に冷水⁽⁴⁾または一、二の有機溶媒を接触せしめると Solvent-Cracking 現象によりひずみ感度が上昇することが報告されており、⁽⁵⁾⁽⁶⁾塗膜のひずみ感度を Solvent-Cracking 現象より検討することは、ぜい性塗膜法の適用範囲を拡張するうえで、重要であると考えられる。

したがって本報告においては、この塗膜のひずみ感度に関与する温度、湿度条件と増感効果相関について検討をおこない、増感法を用いたぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値を比較したのでこれらの結果についてのべることにする。

2. 実験方法

2.1 試験片

本研究に用いた材料は、高力アルミニウム合金(AA7075)板材である。所定の形状寸法に加工して、495°Cで溶体化処理をおこなったのち、120°Cに25時間保持し、人工時効せしめたものを試験片とした。試験片の形状、寸法を図1に、化学成分および機械的性質を表1に示す。

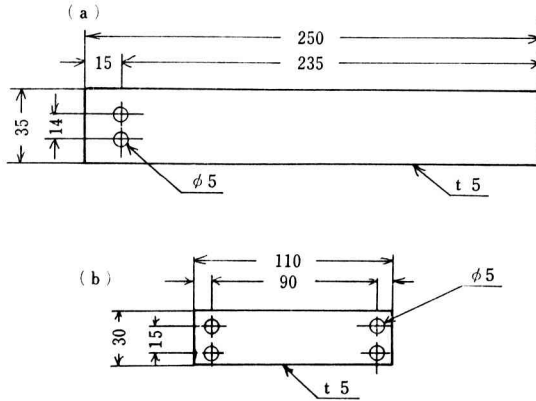


図1 試験片の形状、寸法

表1 7075材の化学成分と機械的性質

材 料	化 学 成 分 (%)					
	Cu	Si	Mn	Cr	Mg	Ee
7075材	1.50	0.30	0.15	0.20	2.30	0.30

材 料	耐 力 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	かたさ (H _B)
素 材	13	22	14	80
時効硬化後	41	52	9	120

2.2 ぜい性塗膜法およびX線による応力測定

使用したひずみ塗料は石灰ロジンを主成分とする加熱乾燥型塗料(ダイラー)である。所定の条件で塗装および加熱乾燥をおこなうのであるが、塗膜のき裂検出と同時に表面にX線を照射する必要があるため、各々の試験片に対し、表面中央部に巾5 mmのテープを長手方向に貼布した状態でひずみ塗料を塗装し、約30分間自然乾燥せしめたのち、テープを除去して加熱乾燥をおこなった。乾燥条件はこれまでに得た結果に基づき、赤外線加熱乾燥器を使用して、加熱速度 1°C/min、保持時間60分、冷却速度 1°C/min の設定でおこなった。また、増感剤としては、室温と約15°Cの温度差のある冷水およびエチレングリコールを用いた。すなわち、所定の条件で加熱乾燥を終了した試験片を片持ち曲げ試験機にとりつけ、曲げ荷重を負荷するのであるが、負荷直前に、水あるいはエチレングリコールに試験片の片側を短時間接触せしめた。直ちに溶媒をふきとったのち、試験片に任意の曲げ荷重を加え、生じたき裂模様を大気中における場合と比較した。

本研究に使用したX線回折装置は通常のディフラクトメーター(島津 VD-I)であって、0.35°の発散角を有

するスリットをとりつけ、平行ビームによる応力測定が可能であるようにした。使用X線は CoK α 線であって、 $\sin^2\psi$ 法により応力測定をおこなった。すなわち、弾性範囲内における任意の各応力段階で、CoK α 線を照射して得られる(420)面回折線の回折強度分布曲線よりピーク位置を求め、回折角 2θ と $\sin^2\psi$ の直線関係の勾配より応力値を算出した。

本研究においては、大気中の温度および湿度と塗膜の増感効果との相関を調べる必要があるため、恒温恒湿室を使用し、温度および湿度を任意に変化せしめた状態で上述の実験を行なった。またX線法を採用する場合には室温20°C、相対湿度55%の条件下でおこなうようにした。

3. 実験結果

図2、図3および図4に塗膜のき裂模様の例を示す。

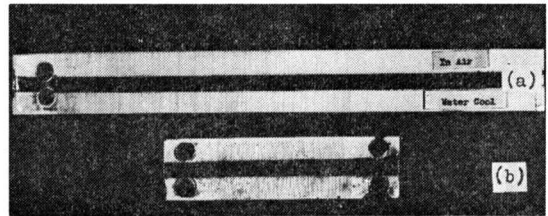


図2 き裂模様の1例(冷水接触の場合)
(a)片持ち曲げ (b)単純曲げ

図2は、冷水接触をおこなった場合に得られたき裂模様の1例である。各々の試験片に対し、ひずみ塗料を塗装し、所定の条件で加熱乾燥をおこなったのち、片面を10°Cの冷水に2分間接触せしめた。水をふきとってから直ちに荷重を加え、き裂を検出したものである。図中(a)は片持ち曲げ試験をおこなった場合のき裂模様であって、負荷応力の大きい部分でき裂密度も増大しているのがわかる。また冷水接触をおこなった面においては、初期き裂は低ひずみ側に発生しており、大気中の場合と比較してひずみ感度が良好であることがわかる。図中(b)は単純曲げ試験をおこなった場合に得られたき裂模様であって、支点内におけるき裂間隔はほぼ等しく、冷水接触をおこなった面でき裂密度が高くなっていることがわかる。

図3は、同様に冷水接触をおこなった場合の片持ち曲

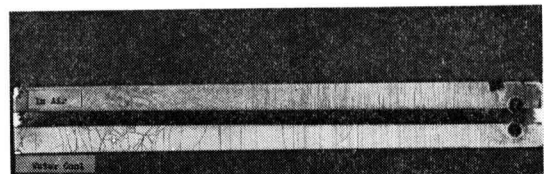


図3 き裂模様の1例
(水中冷却をおこなった場合)

げ試験片のき裂模様であるが、氷水に接触させたために crazing (焼割れ) (4) を生じていることがわかる。この焼割れは、冷水接触面のはほぼ全域に生じているが、高ひずみ側では、負荷によるき裂模様もあわせて観察される。この実験は室温20℃の場合におこなったものであるが、冷水接触をおこなう場合、室温に対して20℃以上の温度差を有するとしばしばこの現象があらわれることは注目される。

図4は、有機溶媒接触をおこなった場合のき裂模様の

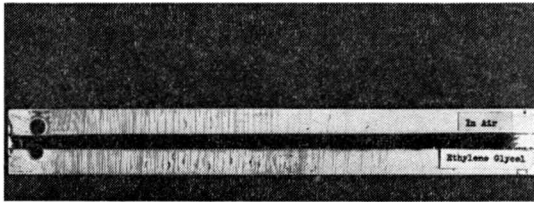


図4 き裂模様の1例
(エチレングリコール接触の場合)

1例である。塗膜に対して不溶性で、Solvent Crackingを生じさせる物質としてエチレングリコールを選定した。この物質は大気中で吸湿性を有するため、試験片を所定の条件で加熱乾燥せしめたのち、片側にエチレングリコールを3分間接触させ、充分拭きとってから荷重を加えた。この場合においても、接触面では低ひずみ側で初期き裂を生じており、ひずみ感度の上昇が認められる。

図5は大気中および増感剤を使用した場合に求めたひ

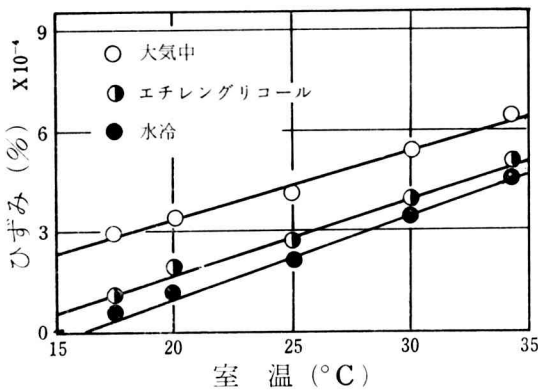


図5 ひずみ感度と室温の関係

ずみ感度を室温との関係で示したものである。すなわち恒温室内で、任意に温度を変化せしめ、各温度条件下で湿度を55%一定に保持して実験をおこなった。負荷荷重は6kg一定とし、荷重端より最初にき裂が発生した位置までの距離を求め、ひずみ感度を計算した。大気中、エチレングリコールおよび冷水接触の場合に求めたひずみは、室温が高くなるに従って大きく、すなわちひずみ感

度は低下することがわかる。しかしながら、各々の温度条件下においては、冷水接触をおこなった場合に最もひずみ感度が高いことが認められる。

図6はひずみ感度と相対湿度の関係を示したものである。室温を25℃一定に保持し、相対湿度を変化せしめた

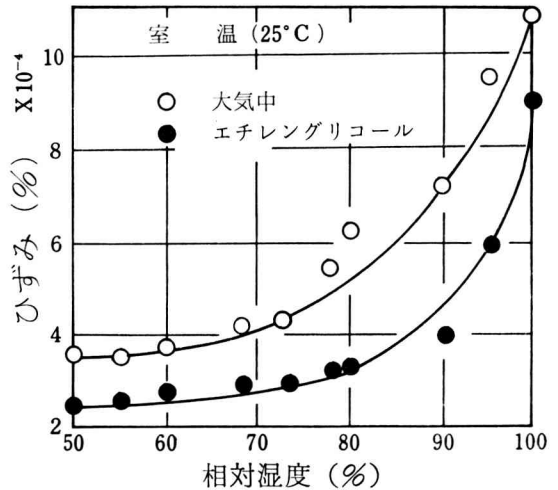


図6 ひずみ感度と相対湿度の関係

条件下で、曲げ試験をおこない、ひずみ感度を計算により求めた。大気中においては相対湿度が60%を超えると、ひずみ感度が著しく低下するが、エチレングリコール接触をおこなった場合には、大気中と比較してひずみ感度が高く、相対湿度が80%程度まで、ほぼ感度が一定であることがわかる。

以上のべてきた結果にもとづき、塗膜により求めた応力値とX線法により求めた応力値を比較した。図7はその結果を示したものである。すなわち、時効硬化処理材の単純曲げ試験片の表面に前述の方法でひずみ塗料を塗装し、室温20℃、相対湿度55%の条件下で加熱乾燥せしめた。裏面にストレインゲージ (YL-5, 東京測器) を貼布し、機械的なひずみを検出するようにした。試験片表面の片側にエチレングリコールを接触せしめたのち、順次曲げ荷重を加え、任意の各応力段階において、塗膜およびX線によりひずみを測定し、応力値を求めた。図はそれぞれに求めた応力値を負荷応力との関係で示したものである。試験片の表面には、X線法による測定では約2kg/mm²の圧縮残留応力値が存在していることが認められる。一方、ぜい性塗膜法においては、大気中では約2kg/mm²の負荷応力でき裂が発生することになるがエチレングリコール接触をおこなった場合には、負荷応力が約0.8kg/mm²で、最初のき裂が発生し、本実験条件下においては良好なひずみ感度を示すことが認められ

る。また、負荷応力すなわち機械的応力値とぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値は各々良い対応を示すことがわかった。

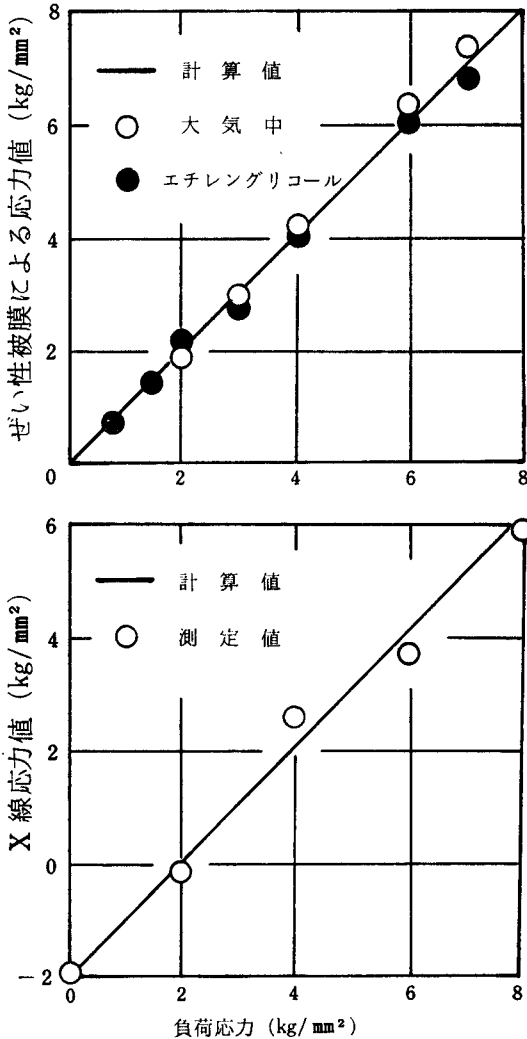


図7 ぜい性塗膜法およびX線法による
応力と負荷応力の関係

4. 総括

以上のべてきたごとく、本研究ではぜい性塗膜法を採用して応力測定をおこなう場合の塗膜の増感効果について検討をおこなうとともに、単純曲げ試験の過程においてぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値の相関を調べた。得られた結果について結論とともに総括してのべる。

加熱乾燥型ひずみ塗料を使用する場合、塗膜のぜい性低下現象は主として高温、多湿条件のもとで生じ、また

乾燥中止後実験開始までの経過時間が長いと塗膜の吸湿等によって生じる。冷水接触は塗膜の急冷による感度上昇と塗膜に生ずる熱応力を利用したものであり、有機溶媒接触法は、主として高分子薄膜にみられる Solvent Cracking を石灰ロジン膜に应用する方法であるが、いずれの場合においてもひずみ感度を良好にすることができる。冷水接触の場合には、急冷による焼割れを引き起すおそれもあり、機械構造物により適用が困難な場合もあるが、有機溶媒のなかで、石灰ロジン膜をほとんど溶解せず、手ばやく処置することにより溶媒の吸温もさけられるため、エチレングリコールを使用することが望ましいと考えられる。

図7に示したように、ぜい性塗膜法およびX線法により求めた応力値は、各々良い対応性を示すことが認められた。これより、複雑な形状をもつ機械構造物に対し、増感せしめたぜい性塗膜を用いて生じるき裂模様から、表面の主応力方向あるいは応力分布を求め、必要な局部の応力値をX線あるいはひずみゲージと併用して求めることにより確実な応力測定が可能であると考え⁽³⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾

参考文献

- (1) 西原利夫, 平修二, 前田春興 材料試験 2, 9 (1953)
- (2) 西原利夫, 平修二, 前田春興 日本機械学会誌 18, 75 (1952)
- (3) 有間淳一, 岩井保善 材料 23, 255 (1974)
- (4) 管野昭 材料試験 10, 97 (1961)
- (5) 管野昭 材料試験 11, 100 (1962)
- (6) 管野昭, 村田至宏 材料 20, 510 (1971)
- (7) 青山咸恒, 藤本正男 材料 20, 217 (1971)
- (8) 青山咸恒, 藤本正男 日本材料学会, 第20期総会講演会前刷集 (1971)

SCM₂の遅れ破壊について

岩井 保 善 有 間 淳 一

Delayed Failure of SCM₂ Steel

by

Yasuyoshi IWAI and Junichi ARIMA

Delayed failure, sometimes called stress corrosion cracking or static fatigue, is common in a hexagon bolt, when its high friction strength at the grip joint is desired, and the fact has been a source of great worry of technicians for improvement of bolt strength.

Strength level up to about 120kg/mm² 0.2% yield stress in high tension steels has close to delayed failure sensitivity.

The authors carried out some delayed failure tests dipping V notched test specimen made of SCM₂ steel into several per cent H₂SO₄ to introduce hydrogen, and observed the effect of hydrogen density.

1. 緒 言

近年技術的に高度な信頼性とさらに強力な鋼材料の開発が要求されているが、いわゆる強力鋼と呼ばれる鋼種が用いられる航空機用部品、ロケットモータケース等において遅れ破壊事故が経験され⁽¹⁾⁽²⁾、このため鋼の使用における環境強度の問題は非常に重要となっている。

環境による遅れ破壊にはいくつかのタイプがあり、かなり長期の使用中に起る高張力ボルトの遅れ破壊⁽³⁾及び鋼製球型タンクの硫化物腐食割れ⁽⁴⁾等はいずれも外部から鋼中に水素が浸入しておこる現象で、腐食も伴うことから応力腐食割れとも呼ばれている。一方、カドミウムメッキした強力鋼の遅れ破壊、⁽⁵⁾ロールの置き割れ、および溶接部の低温割れ等のように内蔵水素が割れ発生に関与していると考えられるものもある。水素による遅れ破壊はいずれも主として引張り強さがおよそ 120kg/mm² 級以上の鋼に多く発生し、常温静的定荷重下で材料の見かけの降伏点より低い応力で、ある潜伏時間を経過したのち外見上ほとんど塑性変形をとまわず突然脆性的に破壊する現象である。

本報では上述のごとく水素が大きく遅れ破壊に寄与し

ていることから、主として水素濃度の遅れ破壊強度におよぼす影響について著者らが実施した酸性溶液中での遅れ破壊促進試験結果をもとに述べることにする。

2. 試 験 片

実験に使用した材料はクロムモリブデン鋼 SCM₂で、

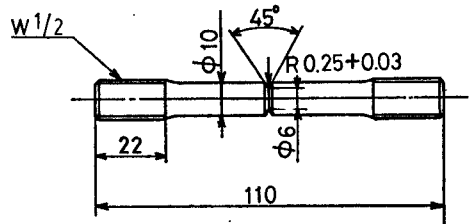


図1 試験法の形状および寸法

図1に試験片の形状寸法を示す。

遅れ破壊は高張力ボルトのねじ部のように高い応力集中を受ける部分に多くみられるため、⁽⁶⁾ここでも試験片中央部に応力集中係数6.5のV型切欠きがもうけてあり試験片はここで破断する。表1・表2は試験片の化学成分および機械的性質で引張強さが 120kg/mm² 以上に調質した。なお試験片の硬度は素材で H_v=257、熱処理材で H_v=464 である。

表1 化学成分

材質	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SCM ₂	0.28~0.33	0.15~0.35	0.60~0.85	<0.03	<0.03	0.90~1.20	0.15~0.35

表2 機械的性質

材質	熱処理条件	耐力	引張強さ	真破断力	伸び	絞り
SCM ₂	850°C×30min. O.Q	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%
	350°C×1hr. T.	122	137	173	12.1	53.0

3. 実験方法

今回実施した遅れ破壊試験は引張りおよび曲げ方式を採用し、引張りについては図2の最高3トンを負荷しうるてこ比1:10の単てこ式クリープ試験機を応用した。また曲げ遅れ破壊試験には油圧負荷の二点支持二点負荷式定荷重型曲げ試験機を製作して使用した。(図3)

実験に際し試験片切欠底周囲に硫酸水溶液が流し込めるプラスチック容器を取付け(上面は大気開放)、荷重負荷後硫酸水を挿入した。実験は一応腐食の影響が現れない二時間として遅れ破壊線図および遅れ破壊限度を求めた。また試験中の試験片の変位はダイヤルゲージ

により測定し、伸び(たわみ)―時間線図を描くことによってクラックの進行状態を観察した。さらに水素量の変化を明確にするため試験片を分極とした電解状態での曲げ遅れ破壊試験も同様に実施した。

4. 実験結果および考察

4.1 引張り遅れ破壊試験

図4は2%および5%硫酸水中での引張り遅れ破壊試験結果を示す二時間耐遅れ破壊線図で縦軸に公称負荷応力、横軸に破断時間を対数目盛で表わしたものである。ここでは明らかに硫酸水濃度が遅れ破壊強さに大きく影響し、5%硫酸水中の下限界応力は2%のそれに比べお

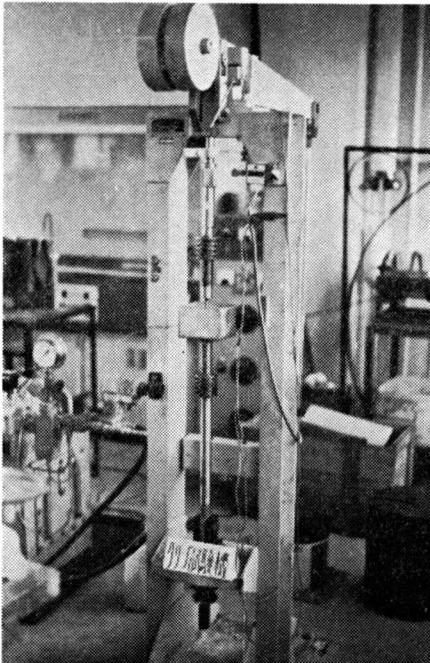


図2 引張り遅れ破壊試験機

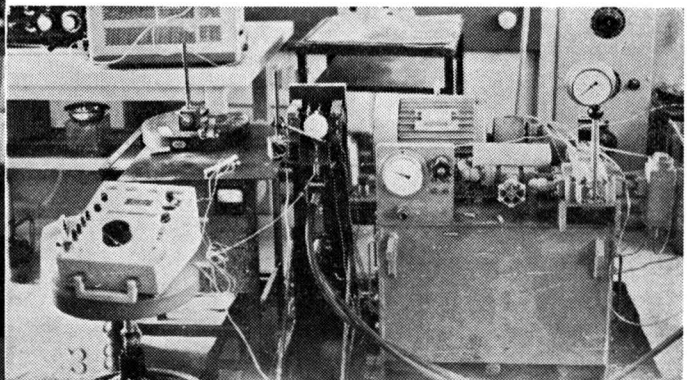


図3 曲げ遅れ破壊試験機

よそよそとなっている。

図5は2%硫酸水での試験で得られた試験片の伸び量を破断にいたるまで連続して測定したものである。これは硫酸水を注入した時点を零としたもので、伸びが生じ始めるまでのある時間経過すなわち遅れ破壊現象では特有の潜伏期が認められ、この潜伏期間中は引張りの場合、負荷応力の大きさに依存するようである。また潜伏期の後の伸び開始点は初期き裂発生時でありクラック発生後は短時間で急速破断にいたるのが認められる。

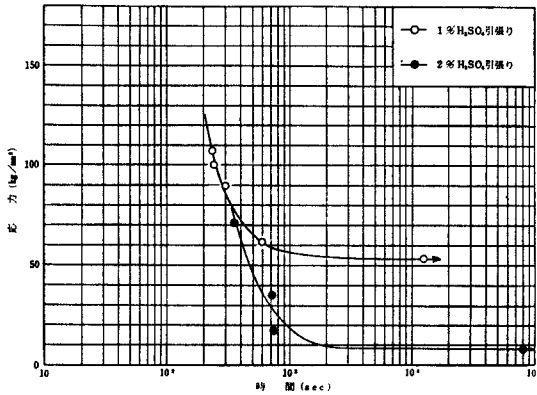


図4 引張遅れ破壊線図

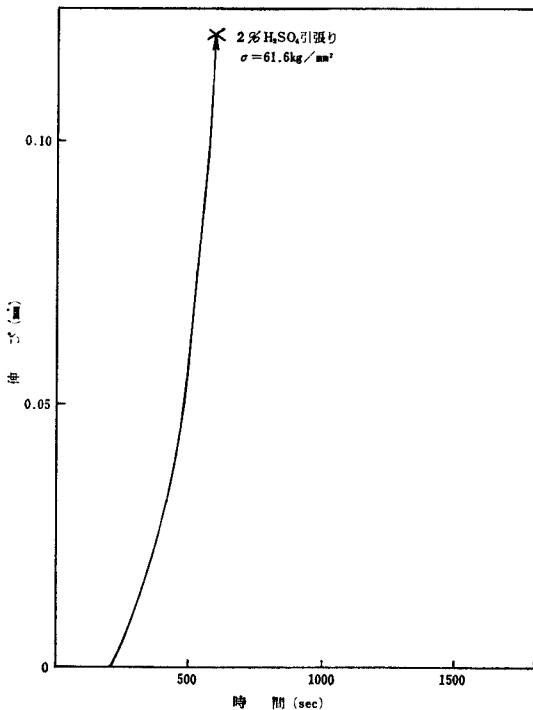


図5 伸び—時間線図

4.2 曲げ遅れ破壊試験

図6～8は硫酸水濃度1, 2, 5%での曲げ遅れ破壊線図である。1および2%の場合では線図にほとんど差異は認められなく下限界応力も共に40kg/mm²となっている。また5%の場合も下限界応力は前者に比して低下

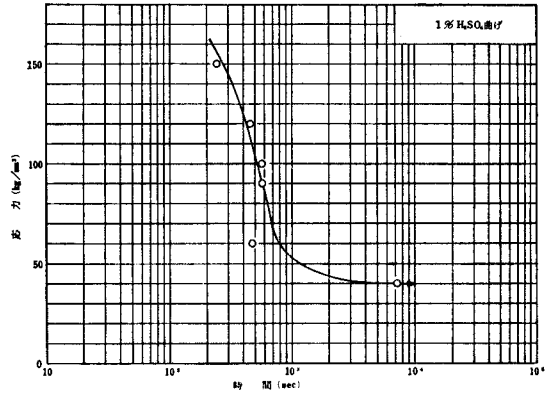


図6 曲げ遅れ破壊線図

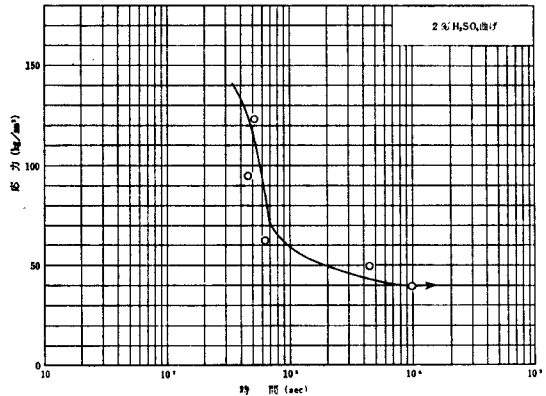


図7 曲げ遅れ破壊線図

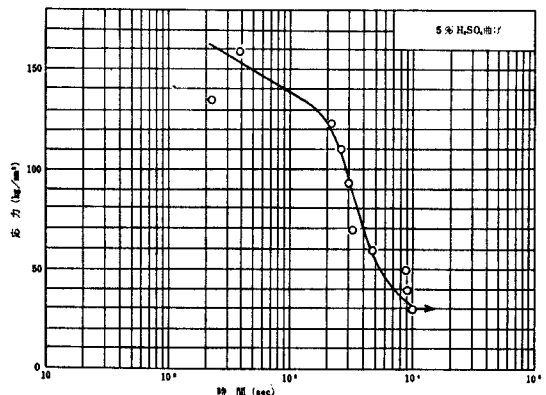


図8 曲げ遅れ破壊線図

はしているが限界応力よりも高い応力ではむしろ長寿命側に移行していることから、曲げの場合には引張り方式に比べさほど硫酸水濃度の影響を受けないものと考えられる。そしていずれも約 60kg/mm^2 以上の応力域では破断寿命は負荷応力にあまり依存せず、ある時点で急に限界応力が現われる傾向にある。

図9は曲げ遅れ破壊試験で得られた各種応力下でのたわみの変化を示したものである。ここでは前述の引張り方式に比べたわみの進行はゆるやかであるが、負荷応力が高くなるほど引張りの変化に近づくようである。これは引張りの場合にはクラックは切欠底周囲から発生するのに対し曲げでは試験片の引張側からのみ生じることに起因するものと考えられる。

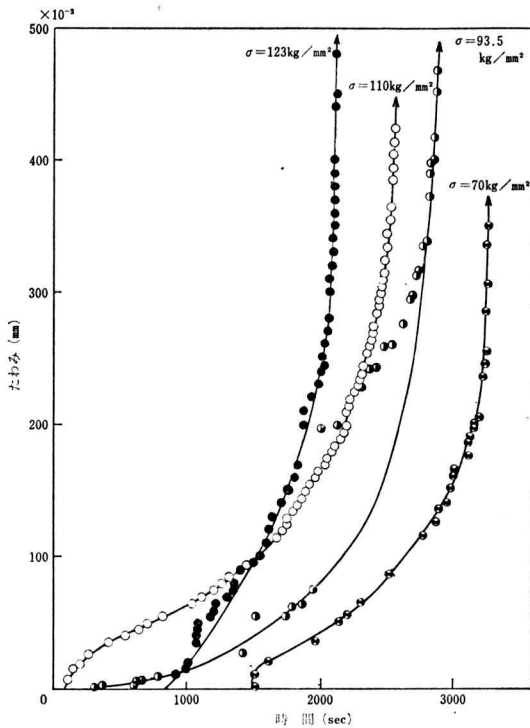
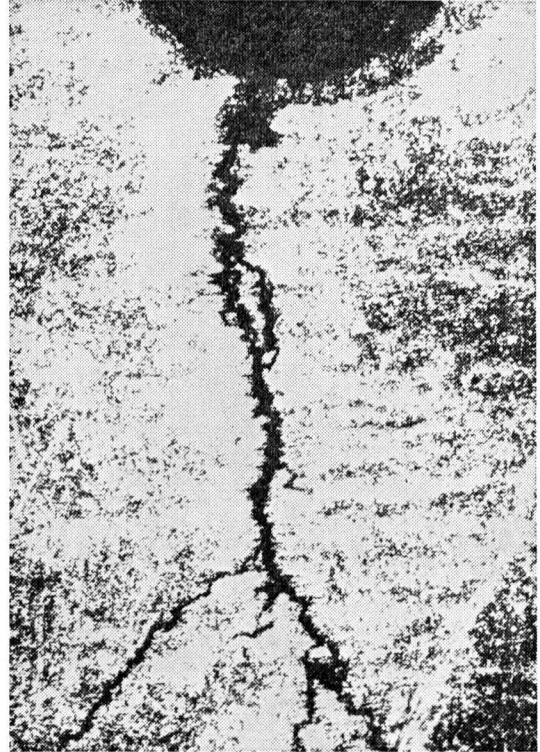
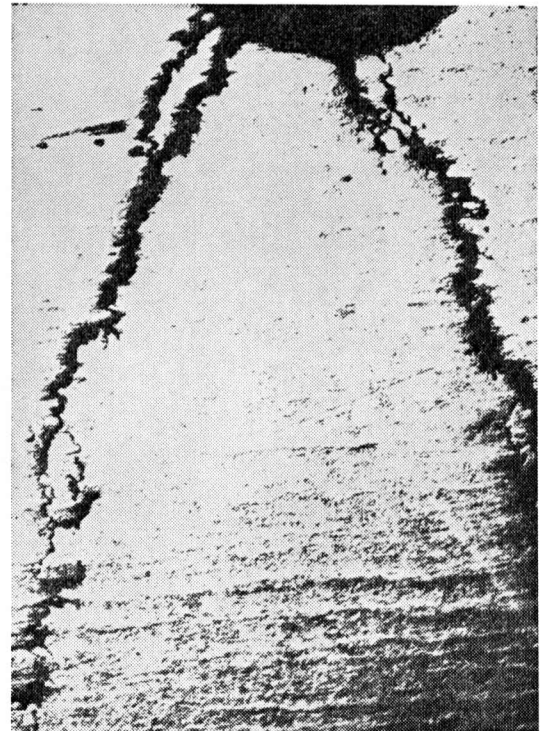


図9 たわみ—時間線図

硫酸水中での水素ぜい化による遅れ破壊機構は、切欠底部、疲労き裂、あるいは腐食ピットなどの応力集中部での水素圧が高まり、クラック発生臨界圧に達したとき初期き裂が生じ、そしてこのき裂内の水素がまた臨界圧に達し逐次き裂が進行するものと思われる。図10は曲げ遅れ破壊試験中において破断前に除荷し、試験片長手方向に切断して観察したき裂写真である。(A)は応力が限界応力値に近い比較的小さな場合で一本の割れが長く進展する傾向を示し、(B)のように応力が材料の降伏点近くの



(A)



(B)

図10 切欠底に現れたき裂の断面写真

高い値になると多数の割れが接近して発生伝ばしてどちらも破断寸前で細かくV字型に分枝している。

図11は試験片を2%硫酸水中で分極とし0.2A/cm²の電流密度で電解状態とした場合の曲げ遅れ破壊試験結果である。図中の実線は2%硫酸水中での結果を示したものであるが、陰極電解とした場合試験片は強制的に水素チャージされるため破断時間は短寿命側に移行する。一方陽極とした場合切欠き部の水素濃度は極度に低下する

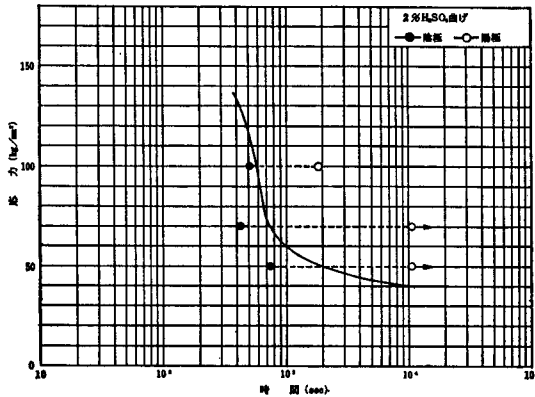


図11 分極下遅れ破壊線図

ためおよそ70kg/mm²の応力でも破断を起こしていない。このことより曲げ方式の場合も水素量が割れ感受性に大きく影響を及ぼすことがわかった。したがって水素が入るようなふん囲気が無くなれば遅れ破壊はかなり防止されるものと思われる。

5. 結 言

引張強さを137kg/mm²に調質した鋼種 SCM₂を供試材料として、水素供給能の高い稀硫酸溶液をふん囲気を選んで遅れ破壊試験を行った。得られた主な結果は次の通りである。

- (1) 引張り方式は曲げ方式に比べ水素濃度の変化による遅れ破壊感受性は大である。
- (2) 潜伏期は外力が小さくなる程長くなる傾向がある。
- (3) 硫酸水中での遅れ破壊機構は鋼表面で発生する活性化の水素が鋼中に浸入して割れを発生せしめると考えられる。
- (4) 陰極電解による水素チャージにより割れ感受性はさらに高められ、陽分極下では遅れ破壊限度はかなり上昇する。

謝辞

本研究の一部は昭和48年度に交付された文部省科学研究費補助金(奨励研究A)に負うところが多い。ここに記して謝意を表す。

文 献

- (1) 田島, 松山, 土木施工 10巻3号(1969)
- (2) M. E. Shank et al, Metal Prog. 76(1959)
- (3) 山本, 藤田, 神鋼技報 Vol. 18, No. 3(1968)
- (4) 堀川, 高圧力 Vol. 6, No. 6(1968)
- (5) N. M. Geyer et al, American Electroplater's Society Publication p. 109—138(1961)
- (6) 岩井, 奈良高専研究紀要 第7号 p. 35(昭46年度)

ねじ旋削定速もどり法に関する研究

加 賀 勝 也
*奥 島 啓 式

A Study on the Constant-speed Return Method of Thread Cutting in a Lathe

Katsuya KAGA
Keiji OKUSHIMA

For thread cutting by the lathe, study has been made on how the constant-speed return method is advantageous over the conventional ones. (In this method, the carriage is returned from end to beginning of the thread cutting always at a constant speed, regardless of the average moving speed of the tool in thread cutting.)

On the l-u chart (l the length of thread cutting, and u the average moving speed of the tool), the distribution of time-favoring region was investigated for both the constant-speed return and the conventional methods.

As the result, the following could be clarified: the conditions under which the constant-speed return method is invariably advantageous in timewise over the conventional ones; and the effect of a time reduction by automatization of the constant-speed return upon the distribution mentioned.

1. 緒 言

バイトによるねじ切りは時間がかかるので、短縮を図る必要がある。そこで、筆者らはねじ旋削について、その所要時間のうち、間接時間の短縮を図ることを考えてきた。(1)~(10) ここにいう間接時間とは、ねじの切り始めおよび切り終わりの位置における操作時間と、バイトをねじの切り終わりの位置より切り始めの位置にもどす時間とである。これらの時間の短縮法としては、前者では自動化、後者では定速早もどり法[†]があげられる。現

在常用のねじ旋削法としては、親ねじ逆転法^{††}と合い印法^{†††}とがあげられるが、定速早もどり法のこれらの常用の方法に対する時間的有利性(さらに自動化による効果)を明らかにすることは、現用の旋盤の構造を合理化する上で意義がある。

本研究は上記の有利性についての吟味と、つねに定速早もどり法を有利に使用するために満たすべき条件、および自動化による効果について検討することを目的とするものである。

* 京都大学工学部教授

† 定速早もどり法：切削時のバイトの移動速度とは無関係に、つねに一定の速度でバイトをできるだけ早くもどす方法

†† 親ねじ逆転法：バイトをねじの切り終わりの位置より、切り始めの位置にもどすときに、半割りナットを親ねじにかみ合わせたまま、親ねじを逆転してもどす方法

††† 合い印法：バイトをもどすときに、半割りナットを親ねじより離してもどし、ねじの切り始めの位置で、バイトを正しく導入する時期を合い印によって検出する方法

2. 基本式

バイトをねじの切り終わりの位置より切り始めの位置にもどす方法によって、ねじ旋削法を分類すれば、表1のようなになる。

表1 ねじ旋削法の分類⁽¹⁾

1.	連動法	(i)片側駆動法……a.倍速もどり法
		(親ねじ逆転法はこの方法の一種)
2.	断続法 (合い印法はこの方法の一種)	(ii)駆動軸切換法……b.定速もどり法

親ねじ逆転法・駆動軸切換法の1サイクル当りの所要時間^{††††}をそれぞれ $T_1, T_2(\text{sec})$ とし、合い印法・断続定速早もどり法における待ち時間なしの1サイクル当りの所要時間をそれぞれ $T_3, T_4(\text{sec})$ とすれば、

$$T_1 = \frac{2\ell}{u} + t_{o1} \dots\dots\dots(1)$$

$$T_2 = \left(\frac{1}{u} + \frac{1}{u_q} \right) \ell + t_{o2} \dots\dots\dots(2)$$

$$T_3 = \left(\frac{1}{u} + \frac{1}{u_h} \right) \ell + t_{o3} \dots\dots\dots(3)$$

$$T_4 = \left(\frac{1}{u} + \frac{1}{u_R} \right) \ell + t_{o4} \dots\dots\dots(4)$$

で表わすことができる。

ここで

ℓ : ねじ切り長さ (mm)

u : 切削時のバイトの平均移動速度 (mm/sec)

u_h, u_q, u_R : もどり時のバイトの平均移動速度 (mm/sec)

t_o : ねじの切り始めと切り終わりの位置における操作時間 (sec)

合い印法および断続定速早もどり法の場合には、半割りナットを親ねじにかみ合わすことのできる時期は周期的にやってくる。その周期を $T_d(\text{sec})$ とすると、次式がなりたつ。

$$T_d = \frac{L}{u} \dots\dots\dots(5)$$

ここで

L ⁽¹⁾ : 合い印の合致する周期 T_d に対応するねじ切り長さ (mm)

親ねじ逆転法および駆動軸切換法 (連動定速早もどり

法)のグラフは直線になるのに対して、合い印法および断続定速早もどり法のグラフは、(3)または(4)を基底とし、(5)を組み合わせた階段状のグラフになるが、以上の各方法のグラフのうちで、比較しようとするものを ℓ - T 線図 (T : 1サイクル当りの所要時間 (sec) ……縦軸) 上に重ねて描けば、下側に位置するグラフの方法が時間的に有利であり、ある1つの u の値に対して、 ℓ_{c_m} または ℓ_{q_m} (それぞれ $mT_d = T_1$ または $mT_d = T_2$ のときの ℓ 座標: m は自然数) より ℓ_{s_m} または ℓ_{r_m} (それぞれ $mT_d = T_3$ または $mT_d = T_4$ のときの ℓ 座標: m は自然数) までの間が、合い印法または断続法の有利な範囲を示している。⁽¹⁾

筆者らがいままでに行なってきた報告において、従来は上記の u のかわりに主軸の回転数 n 、工作物のピッチ p を用いていたのであるが、これでは n および p のかわるごとに1つの ℓ - T 線図を作製しなければならない不便さがあるので、 ℓ - n 線図^{(2)~(9)}を工夫したが、なおこれでも工作物のピッチごとに作製する不便さがあるため、 ℓ - u 線図上で考察することによってこの不便さをとりのぞいた。また、これに u - n 線図を接続した ℓ - u - n 線図によって、 n, p, u を関係づけて、 n, p より u を簡単に求め得るようにし、さらに、ねじの有効径 d および切削速度 v と n とを関係づける n - v 線図を、これに接続した ℓ - u - n - v 線図⁽¹⁰⁾によって、各種切削条件とも結びつけ得る便利さのあることも明らかにした。

ℓ - u 線図はこのように便利であるので、以下にこの線図上で、各方法間の時間的有利性について考察を進める。

上述のように、 ℓ - T 線図上で u をある値にとったとき、 ℓ_{c_m} または ℓ_{q_m} より、 ℓ_{s_m} または ℓ_{r_m} までの間が、合い印法または断続法の有利な範囲であるが、 $\ell_{c_m}, \ell_{q_m}, \ell_{s_m}, \ell_{r_m}$ の ℓ - u 線図上における軌跡の方程式は、それぞれ T_1, T_2, T_3, T_4 を mT_d と等置することによって得られ、これらを $u = f_1(\ell_{c_m}) \dots (6) f_2 = (\ell_{q_m}) \dots (7), u = f_3(\ell_{s_m}) \dots (8), u = f_4(\ell_{r_m}) \dots (9)$ とおくと、各方法相互間の ℓ - u 線図上における有利領域分布を示す境界線の方程式は、(6)~(9)の式を組み合わせることによって得られる。

3. 合い印法

常用の合い印法は、断続定速もどり法の一種であるので、まず常用の親ねじ逆転法に対して、この定速もどり

†††† 1サイクル当りの所要時間: 作業のある動作より、1回のねじ切りを終わって、ふたたびもとの動作に移るまでの時間

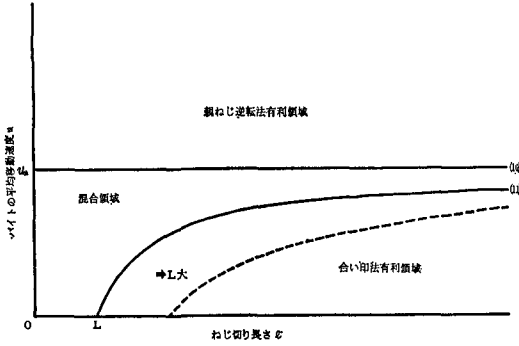


図1 合い印法の親ねじ逆転法に対する有利性

法の有利性について検討する。

いま、 $t_{01} = t_{02}$ と仮定したとき、(6)、(8)の交点の軌跡はこの2式より m を消去して

$$\ell = 0, u = u_h \dots\dots\dots(10)$$

また、 $u = f_1(\ell_{cm+1})$ と(8)との交点の軌跡は、これらの式より

$$u = u_h \left(1 - \frac{L}{\ell} \right) \dots\dots\dots(11)$$

(10)、(11)より両方法の有利領域分布を図示すれば、図1のようになる。合い印法有利領域は、 L の大きいときには図中の破線のようにせばめられる。

4. 断続定速早もどり法

4.1 断続定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性

いま、 $t_{04} = t_{01}$ とおくと、境界線の方程式は前節における合い印法の式のかわりに、断続定速早もどり法の式を置き換えたにすぎないので、 u_h のかわりに u_R とおくと(10)より

$$\ell = 0, u = u_R \dots\dots\dots(12)$$

(11)より

$$u = u_R \left(1 - \frac{L}{\ell} \right) \dots\dots\dots(13)$$

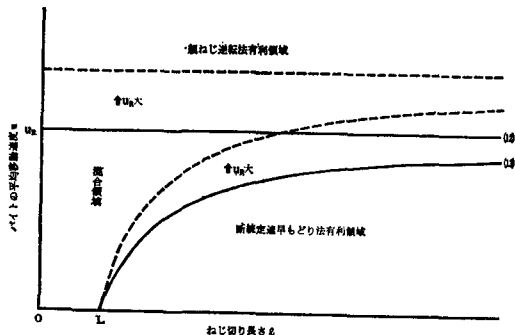


図2 断続定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性

が得られる。したがって、有利領域分布は図2のようになる。合い印法の場合には、 u_h を高めることには限度があって、著しい改良は望めないが、断続定速早もどり法の場合には u_R を高め得るので、これによって断続定速早もどり法有利領域を図中の破線のように u 方向に広げることができる。

4.2 断続定速早もどり法の合い印法に対する有利性

つぎに、断続定速早もどり法と合い印法との相互の時間的有利性を、 ℓ - T 線図・ ℓ - u 線図上で考察する。図3はこの場合の ℓ - T 線図で、両方法の時間差は図の下側に示したとおりである。いま、あるねじ切り長さを考えたとき、すぐ右側の繰り上がり点の番号を、合い印法

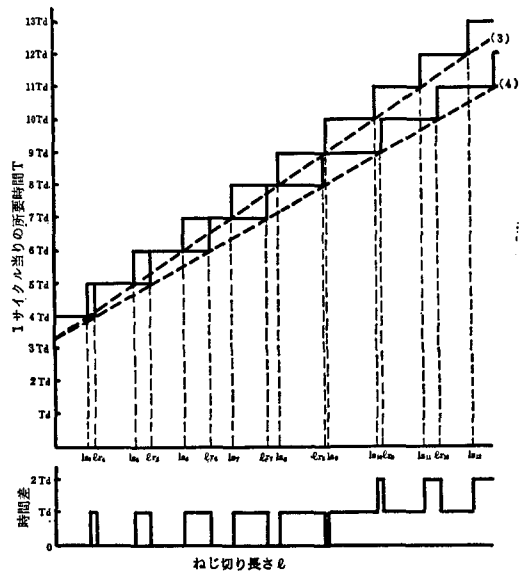


図3 ℓ - T 線図

・断続定速早もどり法について、それぞれ i, j とすれば、あるねじ切り長さにおける時間差は $(i - j) T_d$ と示される。したがって ℓ_{sm} より右側が断続定速早もどり法のつねに有利になる範囲とすれば、 ℓ - u 線図上における境界線は、(8)と(9)との交点、および $u = f_3(\ell_{sm+1})$ と(9)との交点であるから、つぎのようにして得られる。

いま、 $t_{03} = t_{04}$ と仮定したとき、(8)、(9)より m を消去すれば

$$\ell = 0 \dots\dots\dots(14)$$

また、 $u = f_3(\ell_{sm+1})$ と(9)より m を消去すれば

$$u = \frac{L}{(1/u_h - 1/u_R)} \dots\dots\dots(15)$$

これらを ℓ - u 線図上に表わすと図4のようになり、断続定速早もどり法の有利領域は ℓ, u の大きなところに

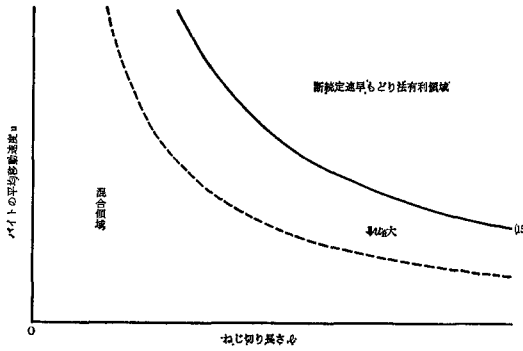


図4 断続定速早もどり法の合い印法に対する有利性

存在し、図中の破線の示すように u_R の大なるほど広がる。この場合の混合領域は、図3より明らかのように、断続定速早もどり法の有利領域と等時間領域との混合領域である。

5. 連動定速早もどり法
(駆動軸切換連動法)

つぎに、連動定速早もどり法も断続定速早もどり法と同じように、機械的な動力によって早もどりをさせ得る一つの方法であるが、以下にこの方法を常用の方法と比較する。

5.1 連動定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性

(1), (2)において $t_{01} = t_{02}$ の場合を考え、 $T_1 = T_2$ とおくと

$$u = u_q \dots\dots\dots(16)$$

したがって、有利領域分布は図5のようになり、この場

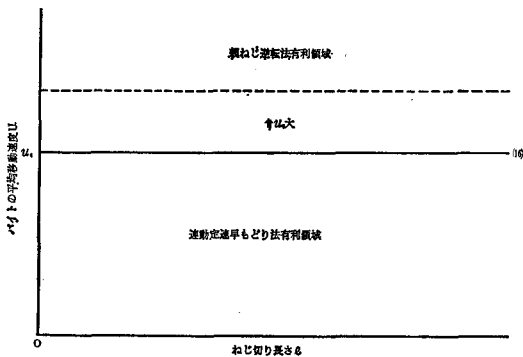


図5 連動定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性

合には図2のような混合領域はなく、 u_q より下側はすべて定速早もどり法の有利領域になる。この図の破線のように、 u_q を高めると連動定速早もどり法の有利領域は広がる。

5.2 連動定速早もどり法の合い印法に対する有利性

$u_q \geq u_R$ のときは ℓ - T 線図を描けば簡単にわかることであるが、全域にわたって連動定速早もどり法の有利領域となる。そこで、以下に $u_q < u_R$ の場合について考察する。

いま、 $t_0 = t_{0q}$ と仮定したとき、(7), (8)より m を消去すると

$$\ell = 0 \dots\dots\dots(17)$$

また、 $u = f_2(\ell_{q_{m+1}})$ と(8)とより m を消去すると

$$u = \frac{L}{(1/u_q - 1/u_R) \ell} \dots\dots\dots(18)$$

これらを ℓ - u 線図上に表わすと、有利領域分布は図(6)のようになり、 u_q を高めると合い印法有利領域は図中の破線のようにせばめられる。この場合には、 ℓ が小さ

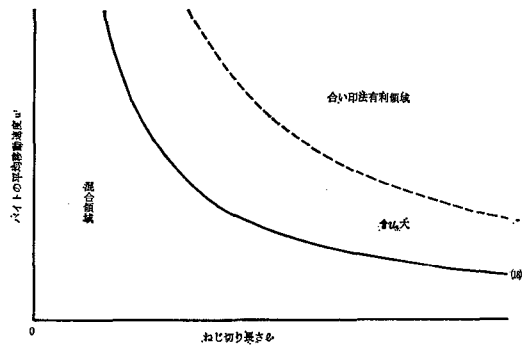


図6 連動定速早もどり法の合い印法に対する有利性

いか、または u の小さい場合に両者の有利領域が混在し、 ℓ, u の大きいところでは、合い印法の有利領域となる。

したがって、連動定速早もどり法が合い印法よりも有利であるためには、もどり速度を縦送りハンドルを回してのもどり速度よりも速くする必要がある。

6. 自動化による効果

いま、 t_{01}, t_{03} のいずれも t_{02}, t_{04} より大なる場合を考えれば、境界線の方程式はおのおの次式のようになる。

(i)断続定速早もどり法

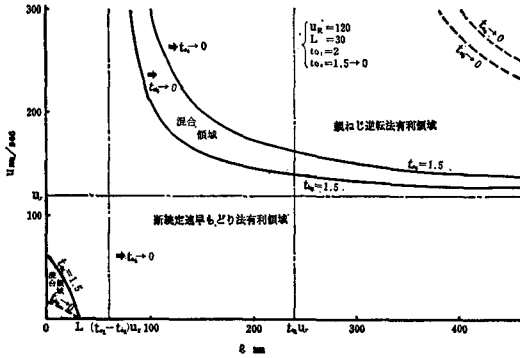
(a)親ねじ逆転法に対する有利性……図7(a)

$$u = u_R \left\{ 1 + \frac{(t_{01} - t_{04})u_R}{\ell - (t_{01} - t_{04})u_R} \right\}$$

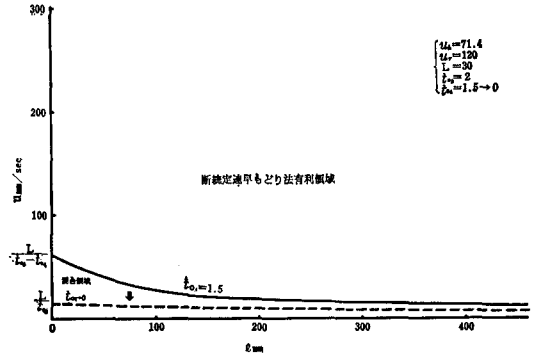
および

$$u = u_R \left\{ 1 + \frac{(t_{01} - t_{04})u_R - L}{\ell - (t_{01} - t_{04})u_R} \right\}$$

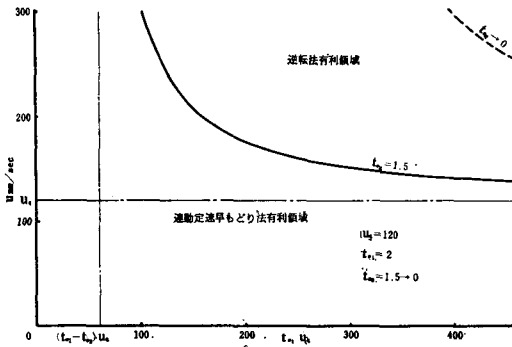
(b)合い印法に対する有利性……図7(b)



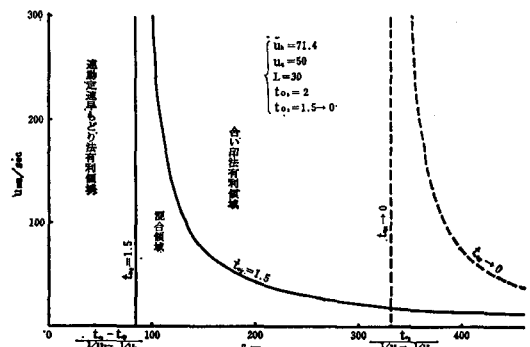
(a) 断続定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性 (一つの場合) ($t_{01} > t_{04}$ のとき)



(b) 断続定速早もどり法の合い印法に対する有利性 ($t_{03} > t_{04}$ のとき)



(c) 連動定速早もどり法の親ねじ逆転法に対する有利性 ($t_{01} > t_{02}$ のとき)



(d) 連動定速早もどり法の合い印法に対する有利性 ($t_{03} > t_{02}$ のとき)

図7 自動化による効果

$$u = \frac{L}{(1/u_h - 1/u_R) \ell + (t_{03} - t_{04})}$$

(ii) 連動定速早もどり法

- (a) 親ねじ逆転法に対する有利性……図7(c)
- (b) 合い印法に対する有利性……図7(d)

$$u = u_q \left\{ 1 + \frac{(t_{01} - t_{02}) u_q}{\ell - (t_{01} - t_{02}) u_q} \right\}$$

および

$$u = \frac{L}{(1/u_q - 1/u_h) \ell - (t_{03} - t_{02})}$$

(i)では t_{04} を, また(ii)では t_{02} を自動化によってそれぞれ零に近づけると, 定速早もどり法の有利領域は図中の破線のように広がる。

とくに, (ii)(b)において, $u_q < u_h$ の場合に $t_{02} = t_{03}$ を仮定すれば, (図6のように) 連動定速早もどり法の有利領域は混合領域の形でしかあらわれなかったが, 自

動化を行なうことによって (図7(d)のように) ねじ切り長さの短い領域にその有利領域があらわれ, ここにも自動化の効果がみられる。

7. 結 言

以上をまとめると, つぎのような結論が得られる。

1. 定速もどり法の時間的有利性

(i) 合い印法ではもどり速度に制限を受けるため, それ以上の速度を望むことができない上に手動であるので, これ以上の改良を望むことができない。

(ii) 断続定速早もどり法では機械的な動力によってもどり速度を高めることができるので, (i)の場合に比べると, 親ねじ逆転法に対して u 方向に有利領域を広げることができる。

また, 合い印法に対しても, 図3から明らかなように, $u_R > u_h$ とすれば等時間領域かまたは時間的有利領域が得られる。

(iii) 連動定速早もどり法では, つぎに述べるように, ある条件を満たせばつねに時間的有利性を保つこと

ができる。

2. 定速早もどり法がつねに時間的に有利になる条件
連動定速早もどり法において、もどり速度を削り速度および縦送りハンドルを回してのもどり速度のいずれよりも早くすると、つねに時間的に有利に保つことができる。
3. 自動化による効果
いずれの場合においても、自動化を行なうことによって、定速早もどり法の有利領域を広げることができる。

参 考 文 献

- (1) 加賀・奥島, 奈良高専研究紀要, 第10号, (昭49), 7.
- (2) 奥島・加賀, 機構論, №718—2 (昭46—5), 113.
- (3) 奥島・加賀, 機構論, №714—8 (昭46—6), 46.
- (4) 奥島・加賀, 機構論, №714—10 (昭46—11), 114.
- (5) 奥島・加賀, 機構論, №713—6 (昭46—11), 53.
- (6) 奥島・加賀, 機構論, №724—3 (昭47—3), 67.
- (7) 奥島・加賀, 機構論, №723—6 (昭47—6), 1.
- (8) 奥島・加賀, 機構論, №727—2 (昭47—8), 45.
- (9) 奥島・加賀, 機構論, №725—2 (昭47—10), 111.
- (10) 奥島・加賀, 機構論, №724—9 (昭47—11), 68.

ダイレス引抜きに関する研究

—連続型ダイレス引抜き機の試作とその応用—

小 畠 耕 二 ・ 関 口 秀 夫

A Study on Dieless Drawing

—Trial Manufacture of Continuous Dieless Drawing Machine and some Applications of the Process—

Koji KOBATAKE

Hideo SEKIGUCHI

A new metal forming process termed dieless drawing which uses no die or container has been developed. The metal bar is fixed at one end, and locally heated to a high temperature by an induction coil. It is then pulled, at the other end, with a constant velocity V_1 , while the induction coil is moved in the opposite, or same, direction at a constant velocity V_2 .

Larger reductions of area can be obtained even if the material has low workability, since the process is frictionless and is a type of hot working. The reduction of area is fixed by the ratio of the velocities, V_1/V_2 .

Some applications of the process are demonstrated experimentally; for example the production of smooth uniform bars (solid and hollow), tapered bars, and bars of various cross-section.

This paper also describes some features of the continuous dieless drawing machine, which will be available for the practical drawing process in the near future.

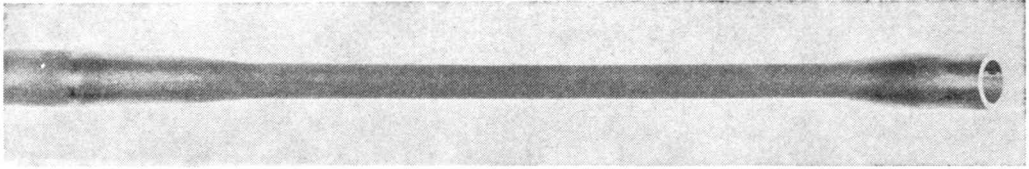
1. はじめに

塑性加工とは、冷間もしくは熱間で、素材に工具を介して圧力を加え、素材自身に大きな変形を与える加工法をいう。一般によく知られている塑性加工法としては、圧延、押出し、引抜き、鍛造、プレス成形、転造などがあり、いずれの加工法も形こそ違え工具によって素材に塑性変形を与える点では同じであって、やはりそれらの加工法の中心をなすのは工具である。

ダイレス引抜きは、以上のような塑性加工の一般的な概念を捨て、工具を用いることなしに加工がなし得ないかといった全く新しい着想から出発している。通常の引抜き加工では、製品の形状・寸法を持つダイスに、素材を通し、目的の線、棒、管材などを得ている。ダイレス引

抜きは、文字通りダイスを用いないで、素材を目的の寸法にまで絞ろうとする試みであって、ダイスに代る主たる役割は加熱である。すなわち、素材の一部を加熱しながら、引張力を加えると、加熱域の変形抵抗が小さいためその部分にくびれが生じる。したがって、加熱域を連続的に移動させれば、変形領域も移動（くびれの拡散）し、素材を一様に絞ることができる。

加熱の方法としては、急加熱の必要性和制御のし易さから、われわれは高周波誘導加熱を採用し、インストロントタイプの材料試験機と加熱コイル移動装置を組合せて、ダイレス引抜きの基礎およびその応用面について検討を加えた。その結果、引張速度および加熱域の移動速度の制御により任意の断面減少率の絞りができ、しかも、加工材の寸法精度が非常に高く、1回の加工々程で



炭素鋼（引張速度15mm/min, コイル移動速度8.8mm/min）

図1 パイプの引抜き例

得られる断面減少率はきわめて大きいことが明らかにされた^(1~3)。また、この特徴ある加工法を利用すれば、通常の引抜きでは不可能な種々の加工が可能である。

本論文では、この加工法を利用したいくつかの応用について、特にパイプ材の引抜きおよびそれを利用した被覆材の製造への応用の可能性について検討した結果を報告する。また、従来の研究成果を総合的に検討して、ダイレス引抜きは、工業化への可能性が充分にあり、その適用範囲は非常に広いものと考えられるので、その実用化を目指すとともに、さらに応用面の開発を目的に、実用機のプロトタイプともいふべき、連続型ダイレス引抜き機を製作した。この成果についても併せてここに報告する。

2. ダイレス引抜きの応用

加工に用いた材料は、市販のS45C炭素鋼と18-8ステンレス鋼である。材料の加熱には、最大出力3KW、周波数2MHzの高周波加熱装置を用いた。加熱コイルは、加熱巾を小さくするために、1巻の特殊コイルを用いている。材料を変形させた後の冷却には、空気冷却装置を用い、空気圧が0.25~2kg/cm²の範囲で加工を行った。

パイプ材の引抜き

図1に、パイプ材の引抜き例を示す。パイプ材の場合も、中実棒と同様に精度良く加工できる。ただし、断面

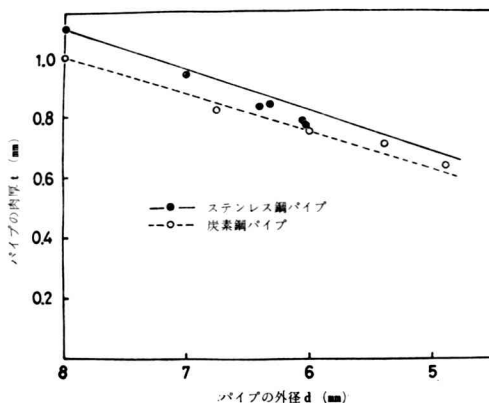


図2 パイプの外径と肉厚の関係

減少率が引張速度とコイル移動速度の比によって決定されるので、パイプの肉厚の制御は、任意であっても、加工後の外径もしくは内径は、加工条件（温度分布など）によって異ってくる。図2は、加工後のパイプの外径と内厚の関係を示したもので、ほぼ直線関係にある。

被覆材の製造

被覆材とは、二種の金属による複合材のことで、パイ

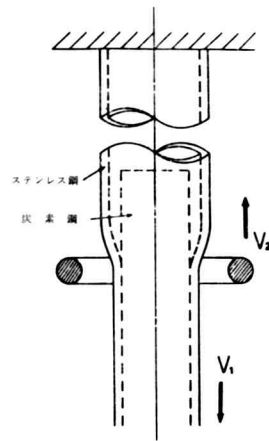


図3 被覆材の製造方法

プの引抜き加工の応用例である。図3に、その製造の方法を示す。パイプの中に、異種材料の中実棒を挿入して、外側のパイプのみをダイレス引抜きで絞り、二種の金属材料の結合を図る。このとき中実棒の長さは、パイプよりも短くし、材料の一端はパイプのみを固定するので、中実棒には、直接引張力は作用しない。

図4は、直径5mmの炭素鋼丸棒をステンレス鋼で被覆した例である。加工前のステンレス鋼の外径は8mm、内径は6mmである。したがって、引抜き前の両者の間隙は、0.5mmである。引張速度は15mm/min、コイル移動速度は17mm/minで、加工後のステンレス鋼の厚さは、0.7mmである。加工後の炭素鋼とステンレス鋼の結合強さを調べた結果が、図5であり、加工度によってはあまり影響されない。図6は、加工速度を一定（引張速度15mm/min、コイル移動速度17mm/min）にして、加工温度を変えたときの結合強さおよび加工力を示したもので、結合強さについては、一定の傾向はうか

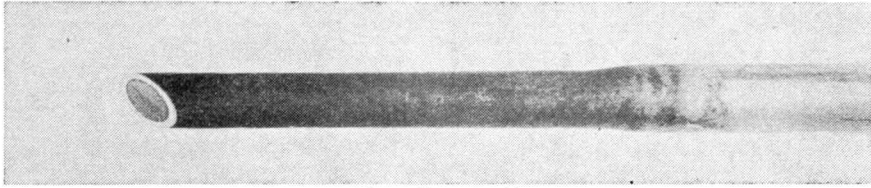


図4 被覆材

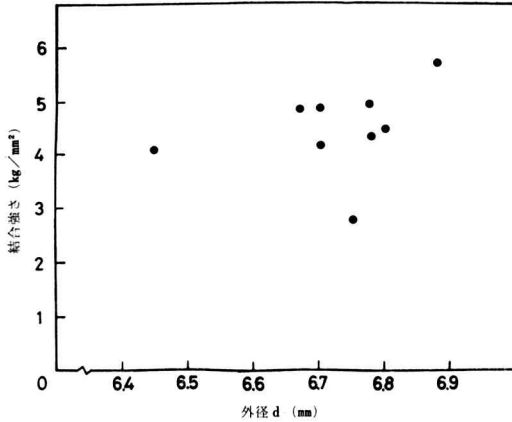


図5 被覆材の外径と結合強さの関係

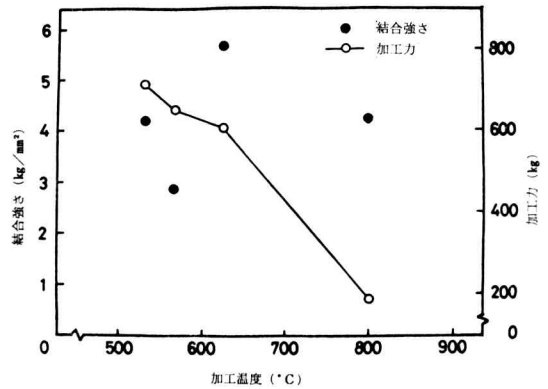


図6 加工温度に対する結合強さおよび加工力の関係










がえない。なお、被覆材を軸方向に切断すると、ステンレス鋼は容易に剝離し、丁度、焼ばめの状態で結合していると考えられる。

このような被覆材は、他の加工法に比較して、非常に簡単に製造でき、腐蝕雰囲気中にさらされる各種の部品として利用すれば、材料費が少なくてすむ。また、その他の種々の材料を、いろいろな形で組合せることにより数多くの分野に利用され得るものと思われる。

以上、パイプ材および被覆材のダイレス引抜きの結果について述べたが、これら以外にも、いくつかの応用が考えられる。たとえば、テーパー棒、段付棒、変化に富んだ断面を持つ棒材、異形断面の棒材などの加工である。これらについては、すでに加工が可能であることを実験により確かめている。

表1は、ダイレス引抜きの特徴を利用した種々の応用についてまとめたものである。また、素材の局部を急加

表1 ダイレス引抜き加工の応用

材 料		炭素鋼 (S10C, S45C), 18-8 ステンレス鋼	M, W, T _a などの難加工材への適用も可能であろう。	
ダイレス引抜き	応用とその加工例	丸	直真棒 中実	 今までに得られた最大の断面減少率は60%程度であるが、加熱冷却の工夫によりさらに向上し得る。
			管	
		テーパー棒	中実	 引張速度を一定に、加熱域の移動速度を連続的に変化させることにより製造した。長尺物の加工も可能。
			管	
		段付棒	 引張速度または加熱域の移動を断続的に変化させることにより製造できる。シャフト類の素材として利用できる。	
		波形棒	  非正常変形を規則的に生じさせて製造した。部分的に加工したもので、装飾品等に利用できる。	
		被覆棒	 鋼-銅, 鋼-アルミニウムなど、いろいろな形で組合せることにより、巾広い利用が考えられる。	
		キーみぞ	 素材表面に、適当な大きさと深さをもつ穴をあけて引抜くことにより製造できる。	
		異形棒	三角材	  加工後の断面は、素材の形状に相似であり、この他の、種々の断面形状をもつ棒材の加工も容易に行い得る。
			四角材	

熱、急冷却する点から種々の加工熱処理法（加工焼入れ、オースフォーミングなど）の適用も考えられる。

3. 連続型ダイレス引抜機について

連続型ダイレス引抜機の特徴は、高周波加熱コイルを固定し、材料のみを移動させるので、希望する長さの加工が出来ることである。また、本試作機は横型であるので、材料を変形させた後の冷却に、水、油などの液体冷却剤を使用することができ、加工速度の向上が図れる。すなわち、加工速度が速くなると、従来の加工で用いていた空気冷却では、冷却効果が低下し、十分に冷却されず材料は破断する。

連続型ダイレス引抜機の原理を図7に示す。材料は、二対のローラによって供給されると共に、それぞれのローラの回転周速度が異なるので、ローラ間の材料には、引張力が作用する。ここで、ローラ R_1 の回転周速度を V_1 、ローラ R_2 のそれを V_2 として、ローラと材料との間にすべりがなく、定常的に変形が進行する

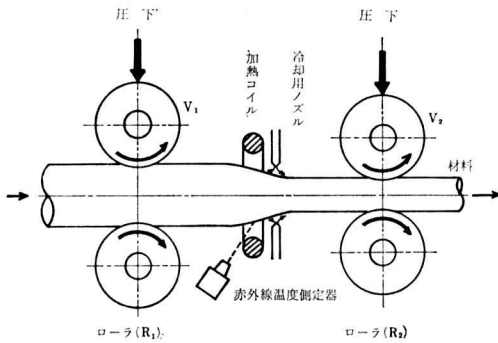


図7 連続型ダイレス引抜機の原理

とすれば、断面減少率 r は、

$$r = 1 - \frac{V_1}{V_2} \quad V_1 < V_2 \quad (1)$$

となる。

図8は、ローラの駆動機構を示したものである。ローラの駆動には、油圧モータ（回転数0~137r.p.m）を用い、間にウォーム減速機および平歯車を介して減速をしている。断面減少率は、 V_1 および V_2 の速度比で決まるので、本試作機では、ローラ R_2 の軸にとりつけてある平歯車を掛けかえることによって、任意の断面減少率が得られる。

連続機に使用しているローラの形状を図9に示す。上部ローラ面は、フラットで、下部ローラには、図に示す

ような形状・寸法の溝を切っている。材料は、下部ローラに1回または2回巻きつけ、ローラと材料間の摩擦を利用して、材料にすべりがないようにしてある。

図10は、試作した連続型ダイレス引抜機の外観である。高周波出力トランスは、ローラ間に設置し、加熱コイルは、内径10mm、厚さ2mmの1巻の特殊コイルを使

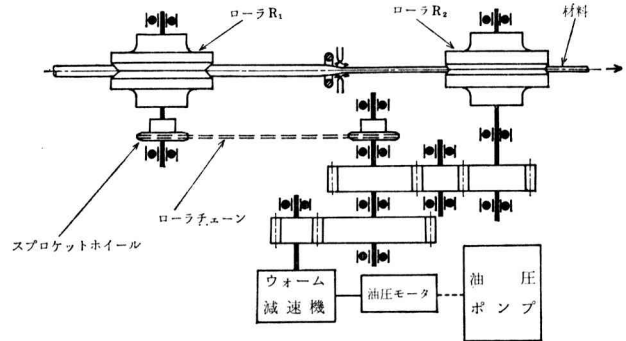


図8 駆動機構

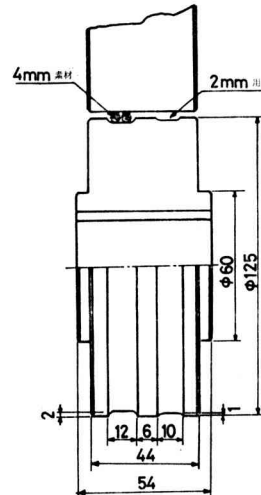


図9 ローラの形状

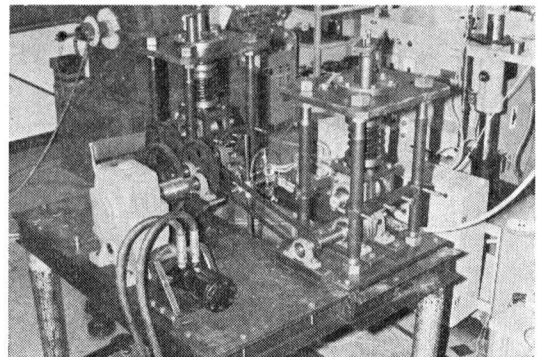


図10 連続型ダイレス引抜機

用している。また、材料を変形させた後の冷却には、水を霧状にしてノズルから噴出させる。冷却速度の制御は、供給水量および空気圧の調整により行う。

以上の装置を用いて、直径4mmの炭素鋼について、断面減少率を24%にセットして実験を行った。その結果、材料とローラ間にすべりがなく、一様にしかも長尺の材料を精度よく加工することができ、ダイレス引抜きの連続化が達成された。

4. ダイレス引抜きの将来

現在、ダイレス引抜きにおける加工速度は、加工装置等の制限から、毎分数センチ〜数十センチの範囲内で、通常の引抜加工に比較してきわめて遅いものである。しかしながら、出力の大きい加熱装置の導入や冷却装置の改善により、さらにその向上が図れるものと思われる。だが、通常の引抜きにおけるような毎分数百〜数千メートルの引抜き速度に、ダイレス引抜きの加工速度をもっていくことは、加熱冷却にたよる本加工法では、熱伝導、熱伝達の立場から考えて、非常に困難なことと考えられる。したがって、ダイレス引抜きの将来としては、大量生産を目指すのではなく、通常の引抜加工などでは、加工し得ない、特殊な材料（難加工材）の引抜きや、表1に示したような種々の応用に関して利用すれば非常に有効なものとなるだろう。ダイレス引抜きは、加熱装置と

加工力を与える装置さえあれば、いろいろな加工ができるので、多種少量生産の加工法として発達するものと思われる。

図11は、ダイレス引抜きを行う上での方法と装置について可能性のあるものをまとめてみた。加熱方法としては、局部加熱の必要性、急加熱、温度制御のし易さなどの条件を満足せねばならない。冷却方法としては、材料の特性によって、また加工後の機械的性質をいかにするかによって冷却剤を選ぶ必要がある。たとえば、高温で激しい酸化を伴うような材料では不活性ガスを用いることにより、冷却と酸化防止の二つの役割を果せる。また材料によって、急冷が必要な場合は、冷却能の大きい水やCO₂を用いてやればよい。連続機としては、ローラ型のはかにドラム型が考えられる。この方法では、円錐台形のドラムを用い、位置により回転周速度が異なる点を利用して、材料に加工力を負荷する。

5. おわりに

ダイレス引抜きの種々の応用と工業化を目指した連続型ダイレス引抜機の試作について述べてきたが、応用面においては、その可能性が十分に確められ、また連続機については、ダイレス引抜きの実用化に、さらに一歩近づき得たことを確信する。

しかしながら、まだまだ巾広い研究の余地が残されて

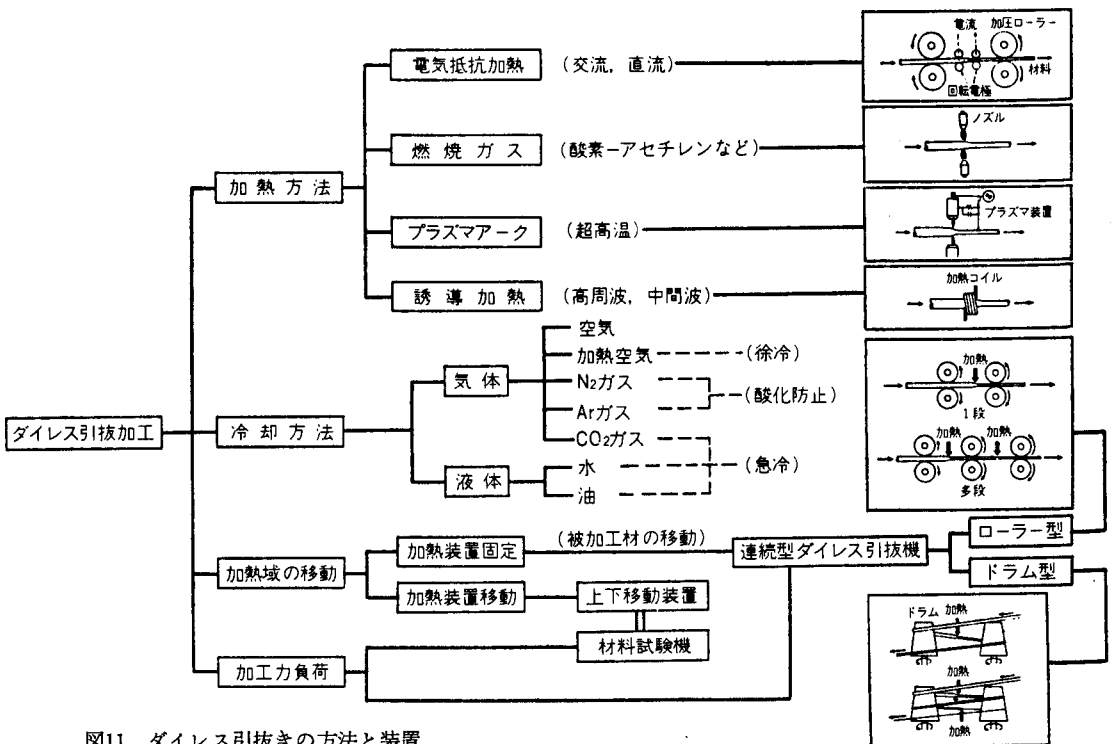


図11 ダイレス引抜きの方法と装置

おり、さらに今後の研究が期待されるとともに、この原理の応用が、引抜加工のみに止ることなしに、種々の加工法への適用を望む次第である。

文 献

- (1) 小島，関口，小坂田：難加工材のダイレス引抜きに関する基礎研究，24回塑性加工連合講演会論文集，(1973)，317.
- (2) Sekiguchi, H., Kobatake, K., and Osakada, K.: A Fundamental Study on Dieless Drawing. Proceeding of M.T.D.R., 15 (1974), paper 107.
- (3) 小島，関口，小坂田：ダイレス引抜きの応用に関する研究，25回塑性加工連合講演会論文集，(1974)，237.

側壁付着形素子の付着効果について

——主噴流ノズル形状の影響——

阪部俊也・若林敏夫

On the Attachment Effect of the Wall Attachment Amplifier —— The Effect of the Main Nozzle Geometry ——

Toshiya SAKABE, Toshio WAKABAYASHI

Abstract

The characteristics of the wall attachment amplifier is influenced by the condition of the attachment bubble. In this study, the average pressure of the attachment bubble is discussed on the basis of experiment results. And, the attachment flow visualization is made trial of the tuft method, a fine thread which is set the center of the main nozzle.

Main results of this study can be summarized as follows;

- 1) The average pressure (P_{ent}) of the attachment bubble depends on the dynamic pressure ($\frac{\rho V^2}{2}$) of the main jet. The approximate equation is written in the following form,

$$P_{ent} = -(\alpha \cdot d_1 + A - \gamma \delta / d_1) \frac{\rho V^2}{2}$$

where α , A , γ ; constance coefficient, d_1 ; main nozzle width.

δ ; main nozzle boundary layer thickness.

- 2) As the result of 1), the average pressure of attachment bubble is not composed of the similarity for dimension.
- 3) The attachment point is easy determined using a fine thread.

1. 緒 言

側壁付着形素子の内部流れを特徴づけるものとして、低圧渦の存在がある。この低圧渦が噴流に種々の影響を与え、付着噴流の流れを複雑なものにしている。つまり側壁付着形素子の特性解明にあたって、低圧渦領域の問題は非常に重要であると考えられる。従来の研究においては与えられた素子の幾何学的条件に対して付着噴流の付着点の位置の決定の手法が Bourque, Newman らにより発表され⁽¹⁾、以来その手法の適用範囲の拡張がなされて来た。これは付着噴流の速度分布を考慮する事により、代表運動量と低圧渦圧力とのバランスさす事で、付

着点を与えている。これをもとに、入力特性、切換点、出力特性についても検討され⁽²⁾ている。しかしながら、これらの解析においては、最終的に実験値との比較において、各種の流量係数、拡散係数を適当に選ぶ必要があり、この係数決定の基準に問題が残り、ややあいまいさは避け難いと思われる。これは、低圧渦領域の問題が不十分であることにもよると考えられる。つまり主噴流のもっている流動特性によって低圧渦領域の様子が異なると考えられる。また、低圧渦を適当にコントロールすることにより素子の特性を改良する事が可能であると考えられ、この立場から、木下らは側壁を付着流線状の曲線側壁を用いることにより検討を行なっている⁽³⁾のは注目

される。この場合は、主噴流ノズル出口より下流側での検討である。上流側、つまり主噴流ノズル形状や噴流の特性により、低圧渦は影響されると考えられる。ところがこれに関する報告は少ない。筆者らは低圧渦について、低圧渦領域の平均圧力に代表させ、これと主噴流との関係について報告して来たが⁽⁴⁾⁽⁵⁾、さらに、素子の大小、境界層について検討を加えた。また、素子の研究において最大のネックは流体の流れを実際に見る事が困難であるにあり、流れの可視化法についても種々のものが発表されている⁽⁶⁾。が、流体素子のように束縛された小さな流路を、乱流域の流速で流れる場合、可視化は非常に面倒である。素子の付着点の決定にはランプブラックによる方法が取られているが十分ではない。今回、タフト（絹糸）を主噴流出口の中央に置く事により、糸の振れを利用し、付着噴流の可視化を試みたので報告する。

2. 素子形状

素子はベント無し形状で図1にこの形状を示す。素子諸元は、現在市販されている素子を参考にして決定した

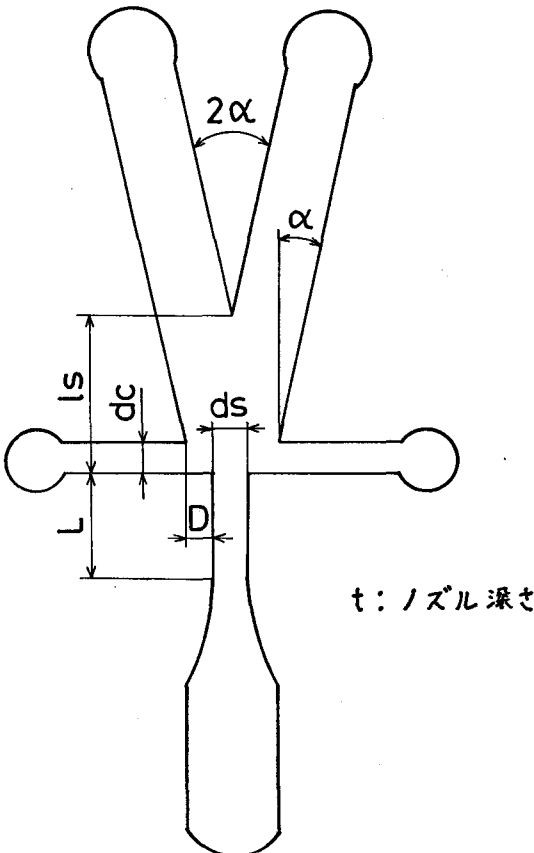


図1 素子形状

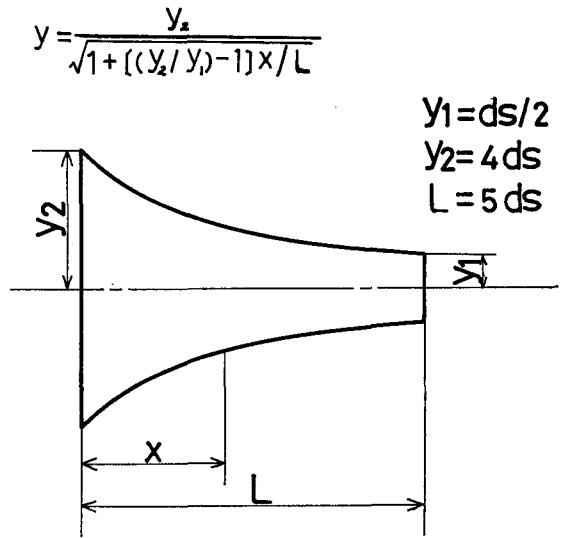


図2 曲線状ノズル形状

表1 素子諸元

		単位 mm							
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ds	2	2	2	4	4	4	6	6	6
L	0	10	20	0	20	40	0	30	60
		D=ds=dc ls=10ds t/ds=1 α=12.5°							

ものを表1に示す。主噴流ノズル形状は、図2に示すごとく、圧力勾配が一定であることより求まる式により決定した。 $y = y_2 / \sqrt{1 + \{(y_2/y_1) - 1\}x/L}$ において、 y_2 と y_1 の比率、 L と d_s の関係が適正でないとノズル出口での流速分布にくぼみが表われる⁽⁵⁾。この様なことが起きない様に $y_1 = 2y_2$ 、 $L = 5d_s$ とした。素子の製作は、現尺の4倍の図面より、彫刻機を用いてアクリル樹脂板に彫り、上側をアクリル樹脂板にて蓋をした。

3. 実験方法

3.1 まき込み圧力の測定

低圧渦領域の平均圧力（まき込み圧力と呼ぶ）の測定は、図3に示す回路図において行なった。作動流体としては圧縮空気を用い、圧力測定はU字管マンメータでゲージ圧Pとして求め、流量は浮遊式流量計により、体積流量Qとして求め、圧力による補正を行なった。まき込み圧力は、付着側制御流量が零の状態における制御圧力Pentとして測定した。

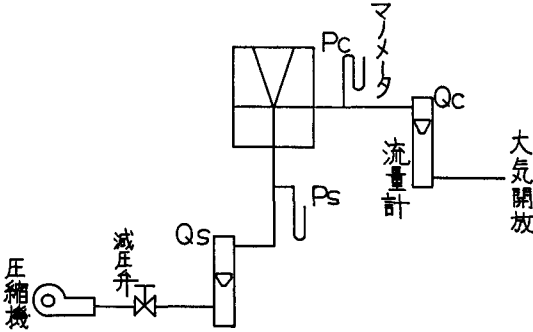


図3 まき込み圧力測定回路

3.2 流速分布の測定

流速分布の測定は、素子形状のままでは、不可能であるため、主噴流ノズル出口の部分から先を切断し、自由噴流として測定を行なった。流速測定には定温度式熱線流速計を用い、プローブのフィラメント長さ1mm、直径0.5μのものを使用し、校正用風胴により校正後測定を行なった。特にノズル出口直後の流速分布を調べる様につとめた。熱線プローブの位置決めには、読取顕微鏡を用い慎重に決定した。ノズル幅方向は0.025d、のピッチで測定した。

3.3 付着噴流の可視化(付着点の測定)

タフトによる可視化法を試み、タフトとしては、細い絹糸を用い、素子の主噴流ノズル出口中央に細い針金に糸を取り付けたものを挿入し、糸の振れにより、付着噴流の模様を写真撮影により可視化を行なった。糸の取り付けの状態を図4に示す。この図は、素子の中心線における断面図で、針金に対して糸は深さ方向の位置に取り

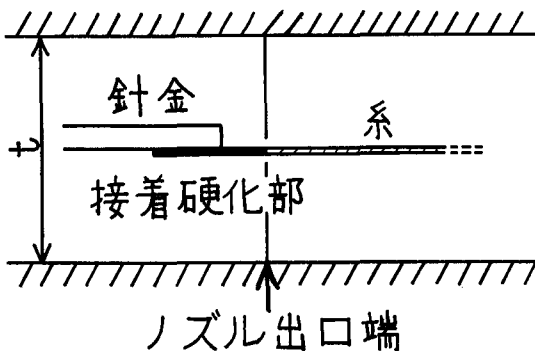


図4 糸の取付け状態図

付け、糸を取り付け部近くを接着剤にて硬化させ、取り付け方の影響を少なくした。針金の直径は約0.4mm、糸の直径は最大で0.3mmのものを用い、糸の長さ、固定端位置による付着点位置の影響について検討した。またまき込み流量による変化を調べたが、まき込み流量の

測定には、図3の実験回路において流量計の絞りを変化させ測定した。

4. 実験結果および考察

4.1 まき込み圧力

まき込み圧力と主噴流ノズル平均流速との関係を図5に示す。ここで主噴流ノズル平均流速Vは主噴流流量Q₁をノズル断面積で割った値を用いた。まき込み圧力

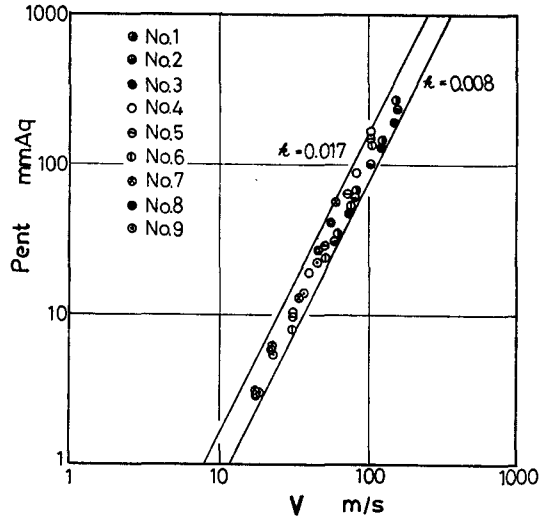


図5 まき込み圧力と主噴流流速

Pentが平均流速Vの2乗に比例すると仮定し、 $Pent = kV^2$ の直線をひき、kの範囲を求めたものである。kは0.008~0.017の範囲であることがわかる。そこで次式のように表わすと、

$$Pent = -kV^2 \tag{1}$$

Pent: まき込み圧力 [mmAq]

k: 係数 [kg·s²/m⁴]

V: 主噴流ノズル平均流速 [m/s]

となる。ここでkの次元を見ると、密度の次元をもつことになる。そこでまき込み圧力が主噴流の動圧に比例するとすると

$$Pent = -K \frac{\rho V^2}{2} \tag{2}$$

ρ: 主噴流の密度 [kg·s²/m⁴]

で表わされる。この様に整理したものが図6である。この図より、まき込み圧力 Pentは主噴流の動圧にほぼ比例する事がわかる。その比例定数Kが各素子により異なる。主噴流ノズル幅 d、が一定の場合、ノズル平行部長さL=0のもののが最も大きな値になり、Lが長くなるにつれて、Kの値が小さくなっている。これは主噴流ノズルの平行部長さが長くなるにつれ、ノズル内の境界層

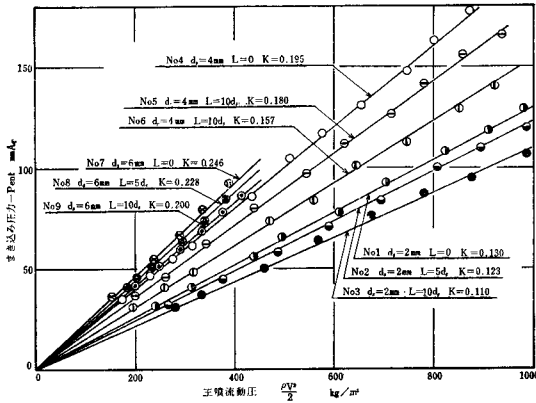


図6 主噴流動圧とまき込み圧力

が発達し、ノズル出口での流速勾配がゆるくなることによる。また素子の大きさを代表する d 、について見ると、 d が大きいほど、 K の値は大きくなり、主噴流ノズル幅 d 、が大きいほどまき込み圧力の絶対値は多くなる。この d と K の関係を図示したものが図7である。この図より、 K は主噴流ノズル幅 d 、に比例すると

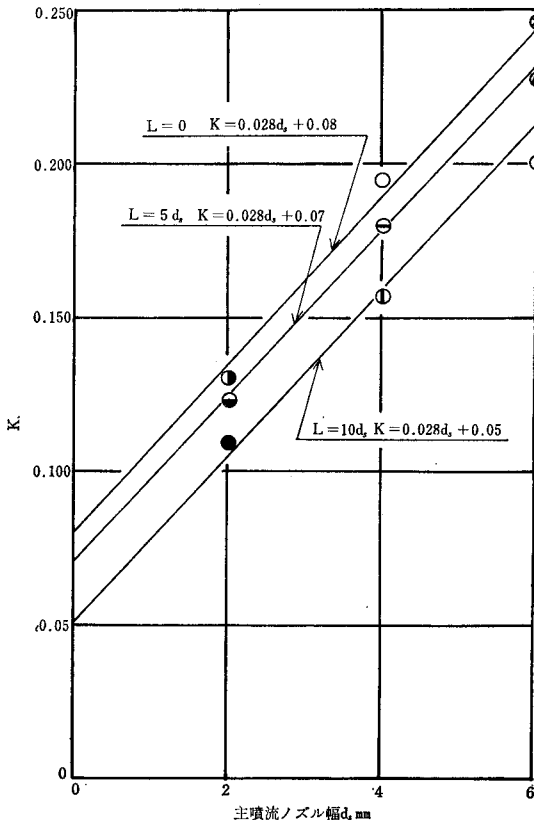


図7 ノズル幅 d 、と係数 K

見られる。その傾きは、少し乱暴ではあるが、ほぼ等しいとすると、 K は次の式で近似することが出来る。

$$K = \alpha d_s + \beta \quad (3)$$

ここで α はノズル幅に関する係数でグラフより値を求めると $\alpha = 0.028$ [1/mm] となる。また β はノズル平行部長さによる係数でグラフより値を決めると、

$$L = 0 : \beta = 0.08, \quad L = 5d : \beta = 0.07,$$

$$L = 10d : \beta = 0.05$$

で表わされる。 β はノズル平行部長さに依存とする云う事は、ノズル内の境界層厚さに関する。そこで各素子について、主噴流ノズル出口における流速分布より、

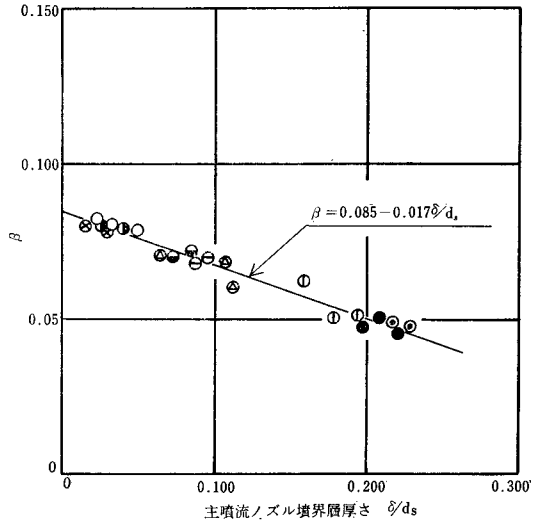


図8 境界層厚さと β

境界層厚さ δ を求め、係数 β との関係を図示したものが図8である。なお境界層厚さ δ としては、噴流が乱流であるため、乱れも大きく、ノズル出口での最高流速 V_s が $0.96V_s$ になる位置からノズル端面までの距離とした。境界層厚さ δ が大きくなるほど β の値は小さくなり、バラツキもかなりあるが、直線で近似し、 β の式を求めると次の様になる。

$$\beta = -\gamma \delta / d_s + 0.085 \quad (4)$$

ここで γ は境界層厚さに関する係数で、 $\gamma = 0.017$ となる。つまりまき込み圧力 $Pent$ は次の様に表わすことが出来る。

$$Pent = -(\alpha \cdot d_s + A - \gamma \cdot \delta / d_s) \frac{\rho V^2}{2} \quad (5)$$

ここで、 α 、 A 、 γ は定数で本実験範囲では、 $\alpha = 0.028$ [1/mm]、 $A = 0.085$ 、 $\gamma = 0.017$ となる。これらの値はかなり大體な近似をしているが、まき込み圧力 $Pent$ がどの様な因子か決定する上では、さほど問題は無いと考える。つまりまき込み圧力は主噴流ノズル

幅 d に依存し、主噴流ノズル出口での境界層厚さを等しくしても、まき込み圧力は同じにはならず、相似則が成り立たない事を意味する。主噴流ノズル幅が小さくなるほどまき込み圧力の絶対値が小さくなることは、主噴流のもっている乱れ度が影響しているものと考えられ、ノズル幅が小さい素子では、乱れが押えられることにより差異が出来ると思われる。この乱れ度を等しい主噴流状態であれば、相似則が成立する可能性は残される。以上のことから、素子の特性比較を行なう場合、主噴流ノズル幅が等しい時は、主噴流ノズル出口での境界層厚さが等しい状態で行う必要があり、主噴流ノズル幅が異なる場合は境界層厚さ、ならびに乱れ度などを等しくして比較しなければ、厳密な比較は出来ない。また、素子の特性改善については、まき込み圧力が強いほど、負荷に対して強くなる事が考えられ、ノズル出口での境界層を出来るだけ除き、乱れ度を大きくすることにより特性改善が期待できる

4.2 付着噴流の可視化 (付着点の測定)

糸の振れを利用するタフト法の場合、問題になるのは糸の取付方法、固定端の剛性、初期形状 (糸のくせ)、振動とその追従性、固定端の位置、糸の長さなどが考えられる。糸の振れを利用した付着模様を図9に示す。

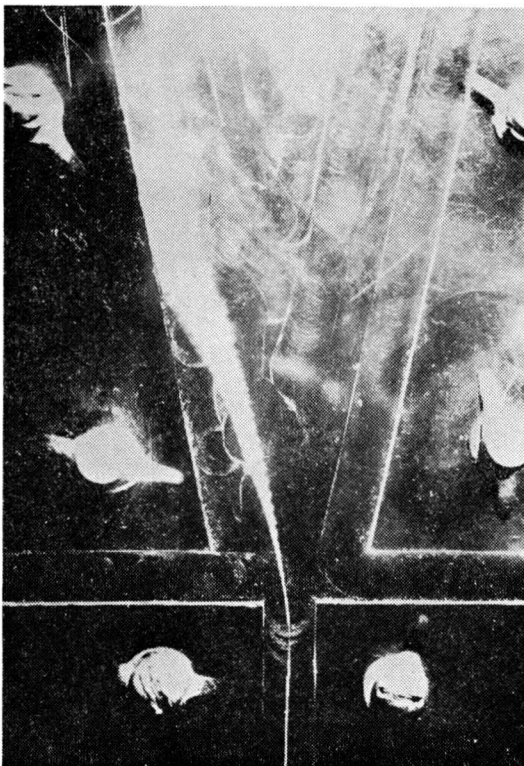


図9 付着模様

それぞれの問題点に対する検討は、付着点位置がそれらの条件において変化が少なければ良いとした。また、付着点距離は、図9において、糸の振れが側壁に接していた点を付着点距離とし、この点より側壁に沿ってノズル出口線までの距離とし x_r で表わす。糸と針金との取付方法は、図4に示すごとく、針金と糸を接着後、接着硬化部を作ることによりこの影響はなくなった。糸のくせについてはかなり影響を受ける。この為、出来るだけ真すぐなものを選んだ。固定端の位置について検討し

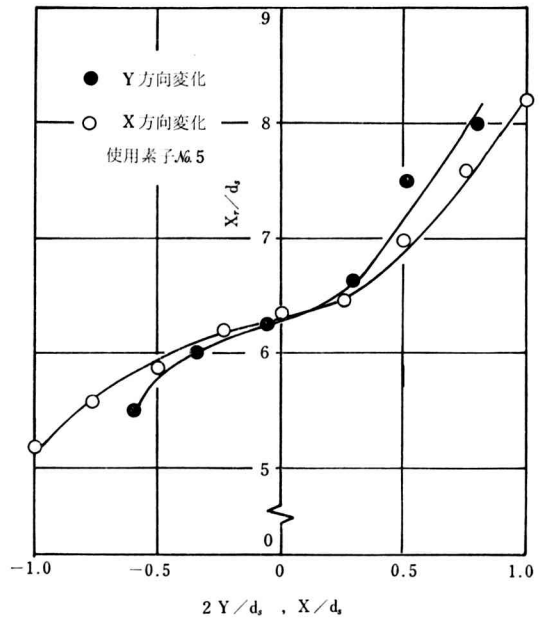


図10 固定端位置と付着距離

た結果を図10に示す。主噴流ノズルの幅方向をY方向とし、ノズルの中心を零とし表わしている。この場合、噴流は左側側壁に付着しているもので、 $2Y/d_n$ が負側が付着側である。固定端位置を付着側に近づけると付着距離は短くなり、逆の場合は長くなる。しかしながら、中心附近に位置していれば、差がほとんどないことが判る。また、噴流方向をX方向とし、ノズル出口を零、噴流の下流側を正として表わしてある。この場合も、固定端位置がノズル出口線附近にあれば大差がないことがわかる。次に糸の長さについては、短い場合、その振れの様子は特に変化はない。この写真を図11に示す。しかしながら付着点を決定するには糸の振れが側壁に接していないため、決定し難い。また、糸がスプリッタの先端より長い場合、スプリッタに糸が当たり、振れが不規則になる。この事より糸の長さは、ノズル出口端よりスプリッタ先端までの長さとした。糸の振れの様子は、主噴流流

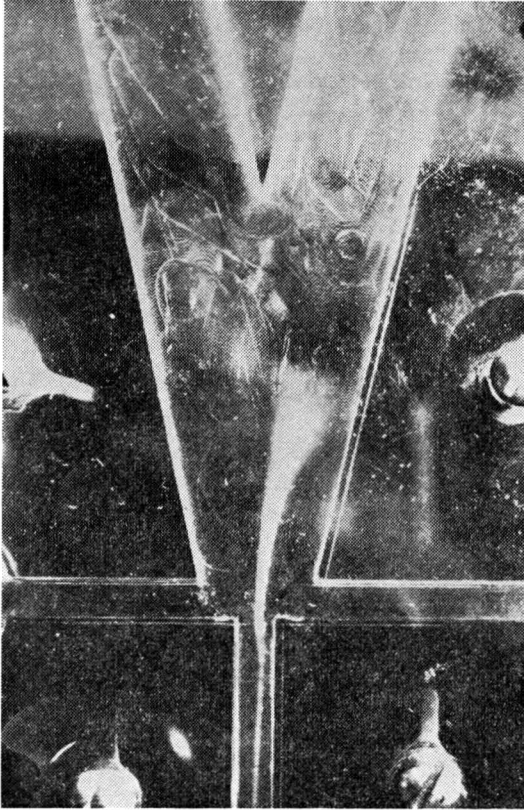


図11 付着模様（短い糸）

量や素子の大きさにより変化すると考えられるが、ストロボにより、この振れの振動数を調べた結果、つねに一定ではないが、ほぼ $10H_2$ 前後で大差はなかった。しかしながら、主噴流ノズル幅 $d_s=2\text{mm}$ の小形の素子においては、糸の振れが十分ではなく、測定は不可能であった。以上の事より余り小形素子には使えないが、 $d_s=$

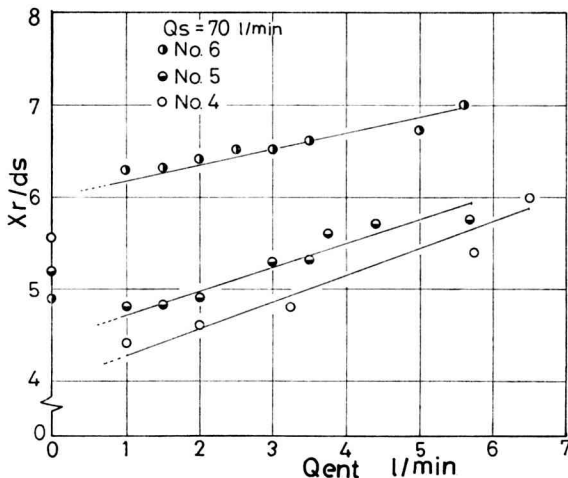


図12 付着点距離とまき込み流量

4mm 以上の素子については簡単に、しかもかなり正確に付着点が求められ、この方法はかなり有効と考えられる。この方法により、制御流路からまき込まれるまき込み流量 Q_{ent} と付着距離 x_r との関係を調べた結果が図12である。この図より、付着点距離 x_r はまき込み流量が増加するにつれて、次第に長くなり、噴流の付着点が下流側に移動していることがわかる。また素子の平行部長さ L の変化について、まき込み流量 Q_{ent} が一定であっても、平行部長さが長いものほど、付着点距離は長くなっている事がわかる。この事から平行部長さが長くなるにつれて、付着点は下流になり、低圧渦領域の体積が大きくなり、まき込み圧力の絶対値が小さくなる事が理解出来る。さらにまき込み圧力と低圧渦領域の構造について検討する必要がある。

5. 結 言

以上の結果を要約すると次のようになる。

- (1) 低圧渦領域の平均圧力 P_{ent} は、主噴流の動圧 $\frac{\rho V^2}{2}$ に依存し、 $P_{ent} = -(\alpha \cdot d_s + A - \gamma \cdot \delta / d_s) \frac{\rho V^2}{2}$ で表わされる。ここで、 α , A , γ は定数、 d_s は主噴流ノズル幅、 δ はノズル出口の境界層厚さ、である。
- (2) (1)の結果により、付着側低圧渦圧力は、相似則が成り立たない。
- (3) 糸の振れを利用する噴流の可視化法における付着点の決定は容易であり、かなり正確に求められる。

謝 辞

本研究に当り、平素より御指導いただいている神戸大学工学部米持政忠教授ならびに同研究室の方々に、お礼申し上げます。また卒業研究として実験を手伝って下さった山口博司、市岡真両君に感謝します。

文 献

- (1) Bourque, C. and Newman, B. C., Aeronautical Quarterley, Vol. 11, (1960), p. 201.
- (2) 木村誠, 計測と制御, Vol. 10, No. 4 (昭46), p. 289.
- (3) 木下修, 大島康次郎, 第9回フルィデックスシンポジウム講演論文集, (昭49), p. 37.
- (4) 阪部俊也, 若林敏夫, 米持政忠, 奈良高専研究紀要第7号, (昭46), p. 29.
- (5) 阪部俊也, 若林敏夫, 奈良高専研究紀要, 第10号, (昭49), p. 15.
- (6) 浅沼強, 日本機械学会誌, Vol. 77, No. 666 (昭49), p. 567.

純銅の延性破壊に関する研究

関 口 秀 夫 ・ 小 島 耕 二

A Study on Ductile-Fracture of Copper

Hideo SEKIGUCHI

Koji KOBATAKE

Tensile tests for copper containing pores are carried out under high hydrostatic pressures. A criterion for ductile-fracture strain is proposed, based on observation of voids near fracture surfaces of tensile specimens. The criterion exhibits good agreement with results of tensile tests for copper containing various amounts of second-phase particles.

1. はじめに

金属材料を微視的にみれば、必ずしも均一ではなく、ほとんどの材料には介在物、折出物などの第2相が含まれている。たとえ、均一な相であっても、結晶粒界が存在するし、結晶粒子の方位によって変形しやすい粒とし難い粒がある。このような材料を塑性変形させると、相の境界、結晶粒界等で変形の不連続が生じ、微細な空孔（ポイド）が生じる。また、材料の延性は、このような材料特性のみならず外的条件（応力状態、温度、速度等）によっても変化するから複雑である。

本研究では、塑性加工における破壊ひずみ（加工限界）の予知を目的として、金属材料の延性破壊条件式を検討する。この場合、微視的には複雑な材料因子の影響をさけるために、延性の大きな純銅を用いて実験を行い、材料中の初期空孔率（もしくは介在物のような第2相粒子の体積含有率）のみに注目することとし、巨視的には応力条件（ここでは静水圧力）が破壊ひずみにおよぼす影響について考察する。

2. 試料と実験方法

2.1 試料

用いた材料は、市販の純銅丸棒で、その化学成分は次のとおりである（ppm）：Fe 5, Pb 71, Ni 17, Ag 3,

As 1, Sn 71, Sb 7, O 205.

図1(a)に示すような形状の引張試験片に仕上げたのち、550°C 1時間の焼なましを真空中で行った（試料A）。これに対して、同一の組成をもち、しかも材料内にあらかじめ一定の空孔をもたせるために、次の2つの方法によって、密度の異なる引張試験片を製作した。

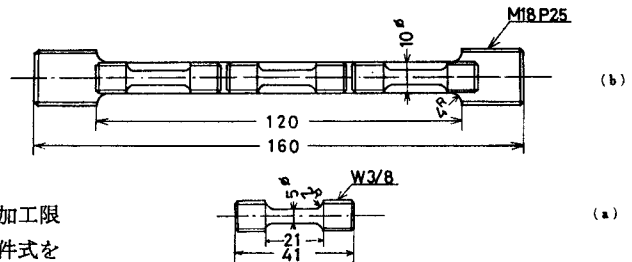


図1 試験片寸法 (a): 引張試験用 (b): クリープ試験用

1つは、クリープ試験による欠陥形成を利用する方法で、主として Bulychev ら¹⁾の結果を参考にした。すなわち、図1(b)の形状の試験片を、550°Cで1時間焼なましましたのち、400°Cで5kg/mm²の負荷を与えたまま100時間炉中に保つ。このときの塑性伸びは4~6%程度で、均一伸びの範囲にある。クリープ試験後の試験片の平行部分から、図1(a)と同じ形状の引張試験片を製作した（試料C）。この試料の密度を、アルキメデス法により

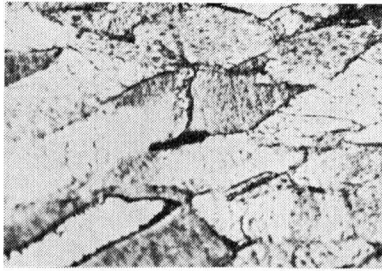


図2 クリープ試験で生じる欠陥 (×1200)

測定してみると、約0.3%の密度減少が認められた。この処理で生じる欠陥(空隙)は、図2に示す如く、主として粒界上にあり、その大きさは数 μ 以下である。試料Aと試料Cの間には、X線回折プロファイルの相違が認められたが、このクリープ試験材を再び550°Cで1時間焼なまし処理を行うと、密度は理論密度に戻り、大気圧下での塑性変形挙動は、試料Aと全く同じであることが判った(試料B)。

低密度材を得るもう1つの方法は、粉末焼結体を用いることであるが、上記の試料A~Cに比較して、マトリックスの強さに相違のあること等が問題である。ここでは、純度99.5%の電解銅粉末から、2.5ton/cm²の加圧により直方体の形状に圧縮成形し、真空中で900°C1時間の焼結処理を行った。その後密度98%および90%になるように再圧縮した。再び900°Cで焼結後、図1(a)のような引張試験片を切削加工により製作した(試料DおよびE)。

2.2 高圧引張試験装置²⁾

種々の圧力下で引張試験を行うために、高圧引張試験装置を製作した。本装置の特徴は、任意の圧力に設定された液圧中で(必要であれば試験中の圧力変化も可能)、変形速度を自由に選択し、引張試験中の荷重-伸び線図を記録できることである。単純なピストン加圧方式を採用することにより、軽量、安価な装置を試作することができた。

図3に示すごとく、装置を小型の油圧ジャッキの上ののせ、これを強固なフレーム内に設置する。フレームは圧縮試験機のベッド上におかれてある。そして、シリンダ中の上、下ピストン間に入れられた圧力媒体(ここでは機械油と軽油の1:1混合液)を、所定の圧力に達するまで、ジャッキで加圧する。その後、その状態で試験機のクロスヘッドを降下させ、シリンダを押し下げると、引張試験を行うことができる。図4で、上ピストン①の先端と間隔片⑥には、それぞれ引張試験片取付用のねじが切ってある。引張試験中、上ピストンは固定されたままであり、シリンダに対しては相対的に上の方に動

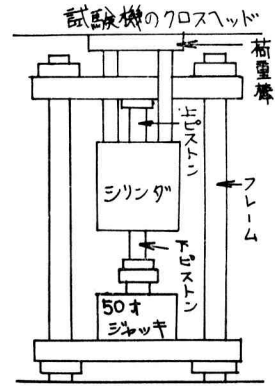


図3 高圧引張試験装置の原理

くだけであるから、圧力媒体の体積変化はなく、したがって雰囲気圧力の変動はない。シリンダ⑤、ポンチ①、②には SNCM 9 を、スリーブ⑦、⑧、間隔片⑥には SUJ2 を用い、それぞれには所定の焼入焼戻し処理を行っている。ピストン径を22mm、スリーブの肉厚を5mm としたから、最高試験圧力を1万気圧にする場合、シリ

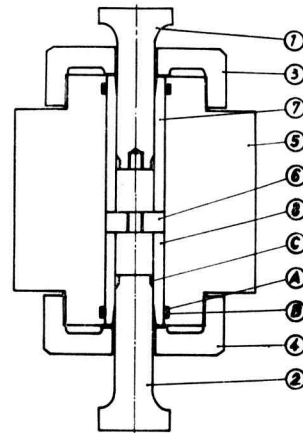


図4 高圧容器

ンダ外径は、計算により少なくとも110mm以上必要となり、安全を見込んで140mmとしてある。シリンダの高さは、圧力媒体の圧縮率と試験片の伸びを考慮に入れて147mmとした。③、④は、スリーブを固定するための押えぶたである。スリーブとシリンダの間のシール④、⑧は、摺動がないから、Oリングとバックアップリングだけで可能であり、ピストンとスリーブ間のシール⑨は、リン青銅によるマイタリングおよびOリングにより行っている。

圧力の測定は、内径0.2mmの高圧パイプを通じてシリンダ中の圧力媒体を導き、ひずみゲージ式圧力計により行う。感度は、1 μ ではほぼ10気圧であり、ハイゼ圧力

計により7000気圧までの校正をおこなった。

試験中の荷重-伸び線図の測定は、圧縮試験機（5トンインストロン型試験機）の計測部により行うことができる。この場合、高圧装置内部のピストン部の摩擦が問題となるが、雰囲気気圧によりほぼ一定した摩擦力が生じるので、校正することができる。また、本装置に、Bridgman型の工具³⁾を取り付けることにより、1万気圧までの圧縮試験、曲げ試験を容易に行うことができる。

なお、以下の実験では、引張試験は全て5 mm/min一定とした。

3. 実験結果

3.1 破壊ひずみにおよぼす圧力の影響

図5は、純銅焼なまし材（試料A）とクリーブ材（試料C）を、種々の圧力下で引張試験を行ったときの断面減少率をあらわしている。これによると、両者の差は大気圧下で最も大きく（約20%）、高圧になる程その差は小さくなっていく。

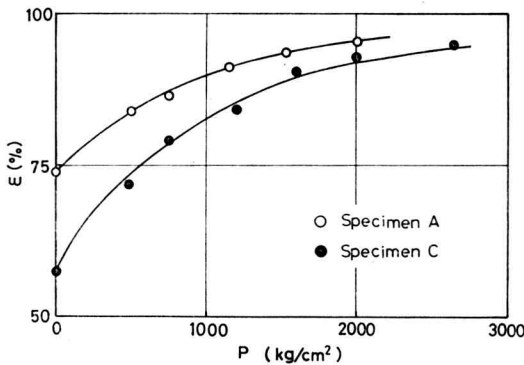


図5 断面減少率と圧力の関係

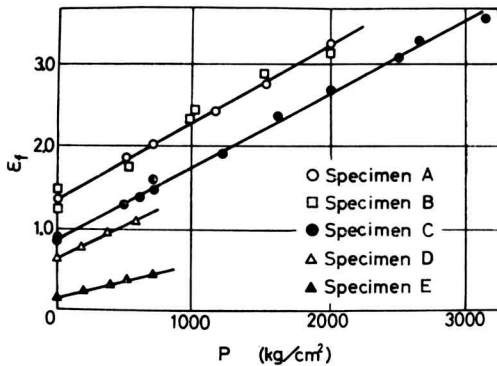


図6 破壊ひずみにおよぼす圧力の影響

種々の試料についての破壊ひずみと圧力の関係は、図

6に示すとおりである。ここでは、破壊ひずみとして対数断面減少率 $\ln(A_0/A)$ をとっており、以下の文章では、全てこの値によって破壊ひずみをあらわす。

3.2 破断部附近の顕微鏡観察

引張破断後のそれぞれの試料について、軸方向中央の位置で切断し、破断面近くの顕微鏡観察をおこなった。図7は、大気圧下における引張試験片の顕微鏡写真であり、破断面近くには、数多くのボイド（微小空孔）が存在している。クリーブ材については、焼なまし材とほとんど相違はなく、あらかじめ材料内に形成させた欠陥（図2）と塑性変形過程で生じるボイドとの相関性については、充分把握することができなかった。図8は、大

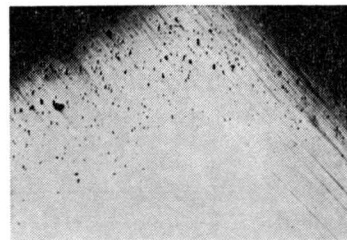


図7 引張破断後の顕微鏡観察（純銅、大気圧下）(×100)

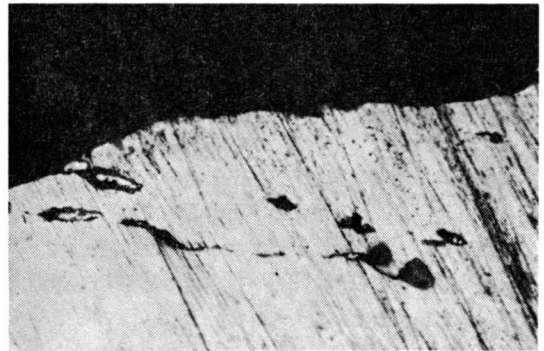


図8 高圧下における破断試料（圧力2750気圧、純銅）(×400, 偏光観察)

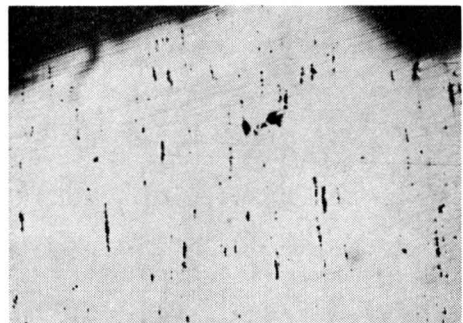


図9 粉末合金にみられるボイド (×100) (初期密度0.98, 大気圧下破断)

気圧下で破断させた粉末焼結材の顕微鏡写真であり、焼なまし材の場合と比較してボイドの形状が異り、軸方向に伸びているのが大きな特徴である。また、図9に一例を示すごとく、焼なまし材を高圧下で引張破断させた場合、大気圧下のものに比べてやや大きなボイドが観察され、またボイドの数はやや少ない。

焼なまし材(試料A)とクリープ材(試料C)について、大気圧下および高圧下で破断させた後、破断部の周辺0.1mm以内の範囲に存在するボイドの体積率を測定した結果、どの試料についても、ほぼ同じ値を示している。

表1 破断面近くに存在するボイドの体積率

	大気圧下	高圧下
焼なまし材	0.21	0.18 (2750 atm)
クリープ材	0.28	0.24 (750 atm)

ることが判った(表1)。このことは、圧力が変わっても、また初期空孔率が異なっても、材料内で一定のボイド率(約0.2)に達した時点で破壊が生じることを示唆しており、興味深い。

4. 考察

4.1 破壊条件式について

延性破壊の過程を、ボイドの成長と合体の過程であると考え、著者の一人は^{(4)~(7)}すでに破壊条件式を提案するとともに、大気圧下および高圧下で種々の予ひずみを与えた場合の、破壊ひずみの予知が可能であることを示した。ここでは、その破壊条件式の簡単な説明によって、初期空孔率もしくは非金属介在物の含有率が破壊ひずみにおよぼす影響を考えてみる。

単位体積中のボイドの体積 v が、相当ひずみ増分 $d\bar{\epsilon}$ によって増大する量 dv は、応力状態 σ_{ij} に依存するとすれば、

$$dv/v = f(\sigma_{ij})d\bar{\epsilon} \quad (1)$$

である。ここで、相当応力 $\bar{\sigma}$ のそれぞれ異なる材料については、函数 $f(\sigma_{ij})$ は $f\left(\frac{\sigma_{ij}}{\bar{\sigma}}\right)$ と書き換えることができ、同一の変形様式に関しては、 $f\left(\frac{\sigma_{ij}}{\bar{\sigma}}\right)$ は静水圧成分 σ_m のみによって表わすことができる。すなわち、第1近似として、

$$f(\sigma_{ij}) = a_0 + a_1 \left(\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}}\right) \quad (2)$$

となり、 a_0, a_1 は材料による定数である。したがって、ボイドの成長は、

$$dv/v = (a_0 + a_1 \left(\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}}\right))d\bar{\epsilon} \quad (3)$$

によって示される。

ボイドの合体についての理論的取扱いはやや複雑であるので⁽⁸⁾、ここでは簡単のため、ボイドが一定の大きさに達したときに合体するものとし、またボイド合体の条件をもって破壊の条件としよう。2次元で考えて、ボイドの大きさと間隔が等しいときに、internal neckingが生じるとする Thomason⁽⁹⁾の解析にしたがえば、このときのボイドの体積割合 v は0.25であり、表1の結果とほぼ一致する。したがって、ボイドの体積割合 v がある値 v_f に達したときに破壊が生じるものとするれば、

$$l_n\left(\frac{v_f}{v_0}\right) = \int_0^{\bar{\epsilon}_f} (a_0 + a_1 \left(\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}}\right))d\bar{\epsilon} \quad (4)$$

または、

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \left(\frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}} + B\right)d\bar{\epsilon} = C \quad (5)$$

を得ることができる。ここで、 v_0 は変形初期の単位体積中に含まれるボイドの割合であり、 $\bar{\epsilon}_f$ は相当破壊ひずみである。すなわち、延性材料の破壊条件式は、式(4)または式(5)で示され、材料定数 a_0, a_1 (または B, C)は、種々の圧力下における引張試験の結果から求めることができる。

引張試験においては、くびれが発生すると応力状態は著しく変化するので、ここでは Bridgman⁽³⁾の方法によって補正した。静水圧成分と相当ひずみの関係は、図10の如くであり、これから求めた焼なまし材(試料A)の破壊条件は、

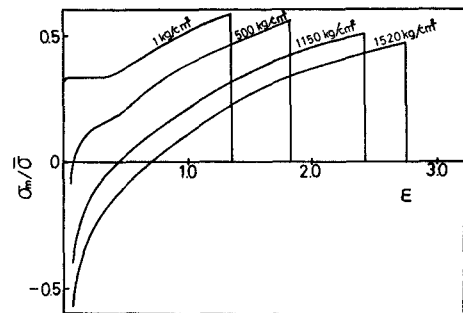


図10 引張試験中の静水圧成分の変化

$$\int_0^{\bar{\epsilon}_f} \left(\frac{\sigma_m}{\sigma} + 0.41 \right) d\bar{\epsilon} = 1.19 \quad (6)$$

となる。

ところで、見かけのボイドの体積率を f_0, f_f とすれば、

$$\left. \begin{aligned} v_0 &= \frac{f_0}{1-f_0} \\ v_f &= \frac{f_f}{1-f_f} \end{aligned} \right\} (7)$$

であり、先きに述べたことから、 $v_f = 0.25 (f_f = 0.20)$ である。一方、純銅焼なまし材の密度測定から、初期空孔率は0であるが、材料中の介在物等がボイドの核として働くことが知られているので⁹⁾、この観点から f_0 を求めることができる。すなわち、この材料の含有酸素量から Cu_2O 介在物の体積を計算してみると約 0.28 % となり、 $f_0 = 0.003$ と仮定することができる。したがって、式(4)、(6)、(7)より、

$$\begin{aligned} \ell_n \left(0.25 \frac{1-f_0}{f_0} \right) \\ = \int_0^{\bar{\epsilon}_f} \left(3.7 \frac{\sigma_m}{\sigma} + 1.5 \right) d\bar{\epsilon} \end{aligned} \quad (8)$$

が導かれ、初期空孔率および静水圧成分が破壊ひずみにおよぼす影響を評価することができる。

4.2 初期空孔率と破壊ひずみの関係

式(8)は、純銅焼なまし材についての高圧引張試験から得られた結果であり、クリープ材、粉末焼結材については、その塑性変形挙動がやや異なることから、この式をそのまま適用することには疑問がある。しかし、式(8)に

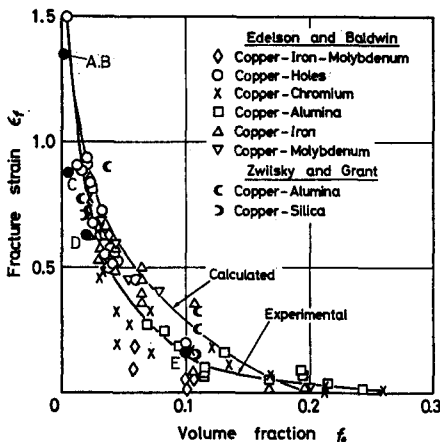


図11 破壊ひずみと第2相粒子含有率の関係

よって計算した大気圧下での破壊ひずみ $\bar{\epsilon}_f$ と初期空孔率 f_0 の関係は、図11に示す如くである。空孔および第2相粒子を含む銅系粉末合金についての数多くの実験結果⁹⁾ および本研究での結果(試料A~E)と、式(8)による計算値はよく一致している。

4.3 圧力と破壊ひずみの関係

図12は、試験圧力 P の影響を知るために、初期空孔率 f_0 の異なる場合の実験値と、式(8)による破壊ひずみの計算値を対応させたものである。実験値は、平均変形抵

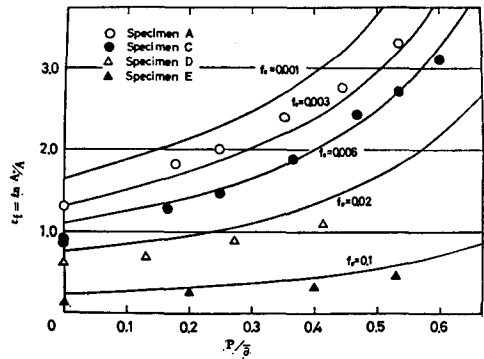


図12 破壊ひずみと圧力の関係

抗を $\bar{\sigma}$ と考え、図6の結果から得た。焼なまし材(試料A)の初期空孔率を先きの考え方から0.3%とすれば、クリープ材(試料C)の初期空孔率は、介在物量と密度減少量の和として、 $f_0 = 0.006$ と考えることができ、それぞれ計算値と実験値の間には、よい一致が認められる。粉末焼結材についても、初期空孔率の相違による破壊ひずみの圧力依存性の相違を、充分説明することができる。また、このように式(8)による計算値と実験結果とがよく対応していることから、ボイドの成長合体が静水圧成分とひずみの履歴にしたがうとした式(4)の考え方が妥当であるといえよう。

5. おわりに

純銅焼なまし材、クリープ材、粉末焼結材を用いて、初期空孔率のそれぞれ異なる材料の高圧引張試験を行い、破壊ひずみにおよぼす初期空孔率と圧力の影響を明らかにした。また、微視的観察の結果から、材料中にはば一定量のボイドが生じたところで破壊の起ることを確かめ、破壊条件式を導いた。この破壊条件式は、 $\ell_n \left(0.25 \frac{1-f_0}{f_0} \right) = \int_0^{\bar{\epsilon}_f} \left(3.7 \frac{\sigma_m}{\sigma} + 1.5 \right) d\bar{\epsilon}$ であり、初期空孔率の相違による破壊ひずみの相違、および破壊ひずみの圧力依存性の相違を充分に説明することができた。

謝 辞

粉末焼結材についての結果は、大阪工業大学田端強講師の御協力によって得られた。本研究は、神戸大学工学部小坂田宏造助教授との共同研究の成果も含んでいる。

クリープ試験、X線回折等については、機械工学科有間淳一助教授、岩井保善助手にお世話になった。また、高圧引張試験装置の設計、製作にあたっては、機械工学科島内一郎教授、川崎重工榑東忠則氏に多大の御援助を頂いた。あわせて厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) D. K. Bulychev et al.; Doklady Akademii Nauk SSSR, Vol. 156 (1964), No. 1, 67
- 2) 関口；第21期日本材料学会講演予稿，(1972)，103
- 3) P. W. Bridgman; Study in Large Plastic Flow and Fracture (Harvard Univ. Press) (1964)
- 4) 関口ら；第21回塑性加工連合講演会予稿，(1970) 115
- 5) 関口；機械の研究，Vol. 25 (1973) 24
- 6) 関口；塑性加工講演会予稿，(1973)，305
- 7) H. Sekiguchi et al.; Journal of The Institute of Metals, Vol. 101 (1973), 167
- 8) P. F. Thomason; *ibid.*, Vol. 96 (1968), 360
- 9) R. I. Edelson et al.; Trans. Quart. ASM, Vol. 55 (1962), 230

噴流衝突面の熱伝達特性

(第3報, 平面壁近傍の平行二次元噴流による熱伝達について)

中 谷 洵

Characteristic of Heat Transmitting Surface with Impingement of Jet

(3rd Report, Heat Transfer of a Wall near by Two Dimensional Flow of Jet)

Makoto NAKATANI

抄 録

二次元噴流の近くに、流れに平行に平面壁を置いた場合について、噴流の流動特性および平面壁上の局所熱伝達に関して実験的な研究を行なった。その結果噴流はオフセット流れと同様平面壁側に円弧状にわん曲することがわかった。そしてその曲率半径は噴流吹き出し口と壁面との距離に比例する。またオフセット流れでは衝突面に岐点を生ずるが、この流れにおいては岐点を生じない。したがってオフセット流れでは岐点において局所熱伝達率が最大となるが、この場合は噴流が平面壁に最初に付着した点に最大値が現われる。そしてこの最大局所熱伝達率はこれまで示した衝突噴流と同様、レイノルズ数の0.58乗に比例することが明らかとなった。

1 は し が き

第1報においては衝突噴流の基礎となる二次元単噴流が平面壁に垂直に衝突する場合の熱伝達特性を明らかにした⁽¹⁾。なおこの場合についての研究はすでに多くなされてお⁽²⁾、著者らの研究とよく一致していることがわかった。また第2報においてはオフセット流れつまりCoanda効果による噴流付着面の熱伝達について述べた⁽³⁾。今回は第2報の続報とも考えられる二次元自由噴流に平行におかれた平面壁近傍の流動特性を明らかにするとともに、この平面壁の熱伝達特性を明らかにしようとするものである。オフセット流れは低圧うず領域と大気側が隔壁によって完全にしゃ断されているが、この流

れでは大気側と低圧うず領域をしゃ断する隔壁が存在しない。つまり低圧うず領域側が大気に開放されているためこのうず領域が形成されない点がオフセット流れと大いに異なる点である。しかしこの流れにおいてもオフセット流れほどではないが、流れが平面壁側にわん曲する現象がみられる。ところがこの現象についての研究はみあたらない。そこで著者らはこのわん曲現象を解明するとともに、この平面壁上の熱伝達特性を明らかにするための研究を行ない、良好な成果を得たので報告する。

2 記 号

この報文において用いた記号は次の通りである(図1参照)。

- A_0 : 主噴流吹き出し口幅
- B : 主噴流吹き出し口横幅
- F : 面積
- g : 重力の加速度
- H : 主噴流吹き出し口高さ
- N_w : ヌセルト数 ($=\alpha A_0/\lambda$)
- p_a : 大気圧
- Δp : 大気圧との圧力差
- R : 噴流軸曲り半径
- R_c : レイノルズ数 ($=U_0 A_0/\nu$)
- s : 噴流軸長さ
- Q_0 : 主噴流吹き出し流量
- Q_2 : 平面壁側への大気流入量

- $4Q_2$: 平面壁側噴流まき込み量
- U : 噴流速度
- U_0 : 主噴流吹き出し速度
- w : 平面壁側への大気流入速度
- x : 平板方向距離
- X : 無次元数
- y : 平板に垂直方向距離
- Y : 無次元数
- α_x : 局所熱伝達率
- τ : 比重量
- λ : 熱伝導率
- ν : 動粘性係数

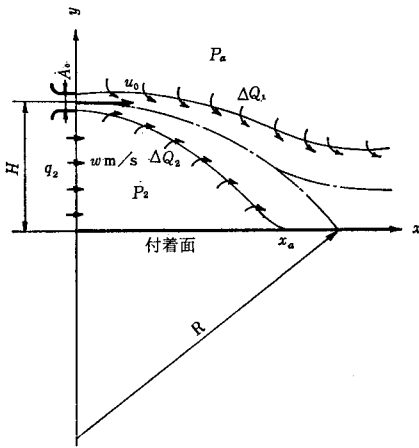


図1 流れ場のモデルと座標

3 噴流軸わん曲について

二次元平面噴流が大気中に水平に噴出する場合、噴流と大気間に温度差がなく、また噴流両側に圧力差がなければ噴流はわん曲することなく、周囲流体をまき込み流量が増加しながら直進する。このまき込み流量については新津らの研究があり⁽⁴⁾

$$\frac{Q}{Q_0} = 1 + 0.038 \left(\frac{s}{A_0/2} \right) \quad s \leq 15A_0 \quad (1)$$

$$= 0.39 \sqrt{\frac{s}{A_0/2}} \quad s > 15A_0 \quad (2)$$

で与えている。

一方オフセット流れの場合もまき込み現象が自由噴流と同様、大気側と大気に閉ざされた側との両側におこる。したがって大気に閉ざされた側はこのまき込み現象のために圧力が大気圧よりも低下し、低圧うず領域が形成される。その結果噴流は大気圧とこの低圧うず領域と

の圧力差 Δp によって壁面に付着するのである。ところでこの低圧側のまき込み量 $4Q_2$ は噴流の一部が低圧側に逆流することによって供給される。このことについては著者らの研究報告⁽⁵⁾を参照されたい。しかるにこの低圧うず領域と大気をしゃ断する隔壁を取り除いた場合、噴流のまき込み空気は大気側から供給されるため噴流は逆流しない。しかも噴流はほぼ 11° の角度で広がっていくため、平面壁が噴流近くであれば大気は吹き出し口側から流入してくることとなる(図1参照)。この流入量を $Q_2 \text{ m}^3/\text{s}$ とすると、この量と噴流まき込み量 $4Q_2 \text{ m}^3/\text{s}$ とが等しくなる。今この大気流入部断面積を $F \text{ m}^2$ とすると大気平均流入速度 $w \text{ m/s}$ は

$$w = Q_2 / F = 4Q_2 / \left(H - \frac{A_0}{2} \right) \quad (3)$$

で与えられる。ただし吹き出し口横幅を1とする。しかるに大気が $w \text{ m/s}$ で流入する場合当然大気側と圧力差が生ずる。この圧力差は

$$\Delta p = w^2 \tau / 2g \quad (4)$$

で与えられる。すなわち噴流の上下に Δp の圧力差を生ずることとなり、この圧力差によって噴流は平面壁側にわん曲することとなる。この場合も側圧を受ける噴流と同様、噴流軸は半径 R の円弧であると仮定すると曲率半径は⁽⁶⁾

$$R = \frac{\tau A_0 U_0^2}{g \Delta p} \quad (5)$$

で与えられる。この場合も二次元自由噴流に対するまき込み量の関係が成り立つと仮定すると、平板側からのまき込み量は

$$4Q_2 = \frac{1}{2} (Q - Q_0) = 0.019 \left(\frac{s}{A_0/2} \right) A_0 U_0 \quad s \leq 15A_0 \quad (6)$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ 0.39 \sqrt{\frac{s}{A_0/2}} - 1 \right\} A_0 U_0 \quad s > 15A_0 \quad (7)$$

となり、この関係を(4)式に代入すると

$$\Delta p = \frac{\tau}{2g} \left[\frac{0.019 \left(\frac{s}{A_0/2} \right) A_0 U_0}{H - A_0/2} \right] \quad s \leq 15A_0 \quad (8)$$

$$= \frac{\tau}{4g} \left[\frac{\left\{ 0.39 \sqrt{\frac{s}{A_0/2}} - 1 \right\} A_0 U_0}{H - A_0/2} \right] \quad s > 15A_0 \quad (9)$$

が求まる。さらにこの関係を(5)式に代入すると噴流軸半径は

$$R = \frac{1}{\frac{A_0}{2} \left[\frac{0.019 \left(\frac{s}{A_0/2} \right)}{H - A_0/2} \right]} \quad s \leq 15A_0 \quad (10)$$

$$= \frac{1}{\frac{A_0}{4} \left[\frac{0.39 \sqrt{\frac{s}{A_0/2}} - 1}{H - A_0/2^2} \right]} \quad s > 15A_0 \quad (11)$$

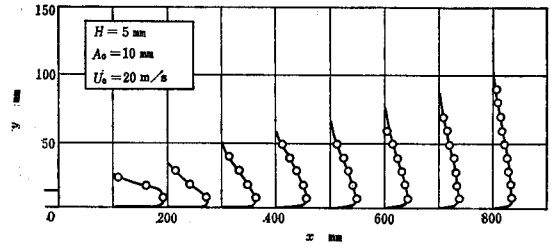
で与えられる。この式より明らかなように噴流軸の曲率半径は吹き出し速度に無関係であることがわかる。しかし、曲り半径 R を求めるためにはみかけの噴流衝突点までの噴流軸の長さ s がわからないと求めることはできない。

4 実験装置と実験方法

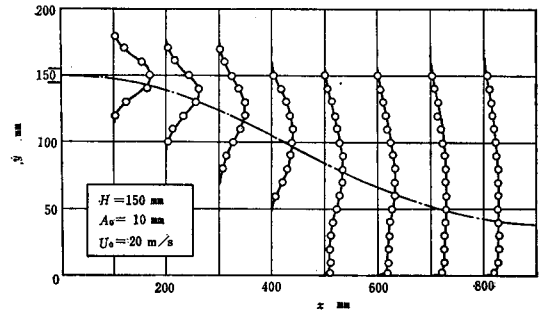
実験に使用した装置は第2報に述べたのと同じで、先にも述べたように吹き出し口下部の低圧うず領域と大気をしゃ断する隔壁を取り除いただけであるのでここでは省略する。実験はまず吹き出し口と平面壁の距離および噴流吹き出し速度を変化させて噴流の速度分布を測定した。なお速度分布の測定には 2ϕ の小形ピトー管を用い、微差圧変換器で電圧に変換して測定した。次に噴流附着点を求めるために平板上の静圧分布を測定したが、この場合噴流は逆流を生じないため岐点が存在せず、静圧はほとんど変化せず、測定できなかった。さらにこの平板上の局所熱伝達率の測定を行なったが、実験方法は前報と同じであるので省略する。

5 実験結果とその考察

5.1 流動特性 隔壁のない場合の速度分布測定結果の一例を図2(a), (b)に示す。a図は $H=5\text{mm}$ のときつまり吹き出し口が平板と接している場合で、壁噴流の状態にあるときの速度分布である。この流れはオフセット流れの附着後の流れとはほぼ同じ傾向の流れである⁽⁵⁾。b図は $H=150\text{mm}$ の場合の速度分布である。この図より噴流軸が平面側にわん曲している様子がよくわかる。しかしこの速度分布はオフセット流れのそれとはかなり様子が異なる。すなわちオフセット流れでは噴流は壁面に衝突した後、低圧うず領域側への逆流を生ずるため岐点が存在するが、この流れにおいては逆流を生じないため岐点が存在しない。またオフセット流れでは噴流附着後の流れは壁噴流の様相を示す。すなわち附着面近くに最大速度をもつ速度分布となるが、この流れでは最大速度は壁面よりかなり離れた所にある速度分布となる。つまり噴流は壁面に衝突するのではなく、壁面に附着しただけである。いかえるとオフセット流れでは噴流軸が



(a) 壁噴流の場合



(b) $H=150\text{mm}$ の場合

図2 噴流の速度分布

壁面に附着するが、この流れでは噴流軸は壁面には附着せず、流れ全体が壁面側にわん曲しただけである。

次にこの場合の流れの相似性を調べたところ自由噴流や他の衝突噴流と同様相似性の成り立つことがわかったが紙面の都合でここでは省略する。

さて各吹き出し口高さの速度分布から吹き出し口近くにおける噴流軸の曲り半径を求めると図3となる。すな

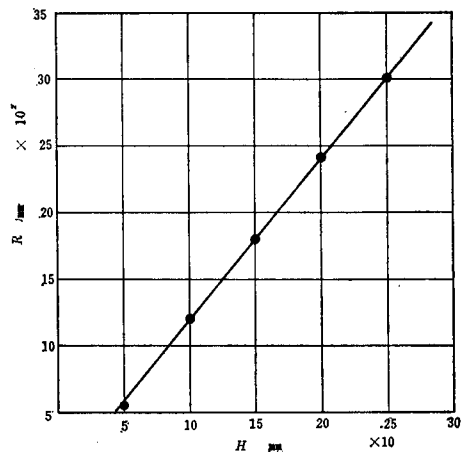


図3 噴流軸曲率半径

わち平板が吹き出し口から遠ざかるにしたがって噴流軸の曲り半径は高さ H に比例して増大していることがわか

る。この結果を用いて曲り半径を求める実用式を求めると次式となる。

$$R = 12H \quad (12)$$

ただしこの実用式は噴流吹き出し口幅 $A_0 = 10\text{mm}$ の場合で、壁噴流近く (H が小さいところ) では少し様子が異なる。

図4は各 H/A_0 の噴流軸の測定結果を無次元化したものである。すなわち $X = (H - x)/R$, $Y = y/R$ とする

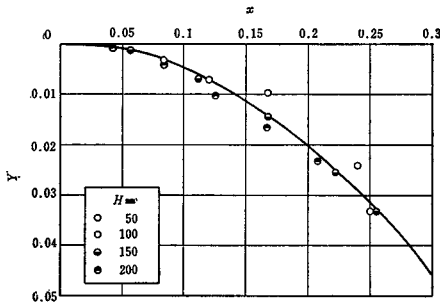


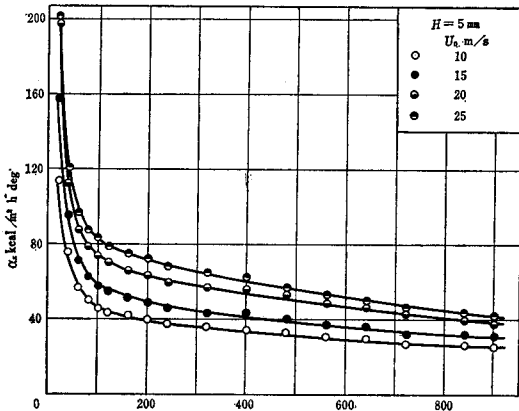
図4 附着噴流軸

と噴流軸は

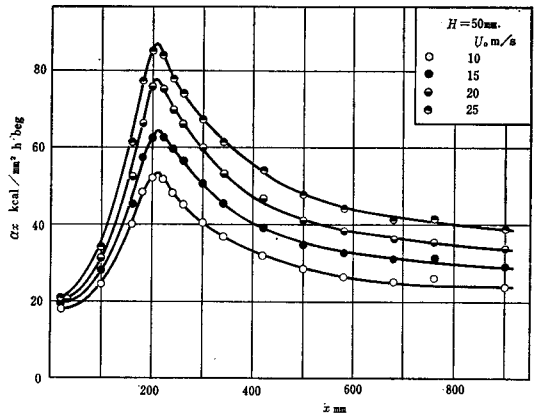
$$(Y - 1)^2 + X^2 = 1 \quad (13)$$

で示される。図中の実線は上式の円弧を表わしている。この図で明らかなように壁面近くを除いて円弧曲線と非常によく一致していることがわかる。しかしこの場合壁面近くでオフセット流れほど円弧曲線と一致しないのは先にも述べたように、噴流軸が壁面に附着しないためである。ただしここでは壁面近くの点は省略してある。

5.2 局所熱伝達率 局所熱伝達率の測定結果の一例を図5(a), (b)および図6に示す。a図は $H = 5$ つまり壁噴流の場合の局所熱伝達率の分布を示している。す



(a) 壁噴流の場合



(b) $H = 50\text{mm}$ の場合

図5 局所熱伝達率

なわちこの場合噴流出口で局所熱伝達率は無限大を示した後下流に行くにしたがって急激に低下した後ほぼ一定値に近づいていく。これは一様流中におかれた平板の局所熱伝達率の分布と非常によく似た傾向を示している。ただ異なる点は下流に行くにしたがって流速が低下していく点である。b図は $H = 50\text{mm}$ のときの局所熱伝達率の分布を示したものである。図より明らかなように噴流吹き出し速度が変化しても局所熱伝達率の最大値を示す位置には変化のないことがわかる。つまりこれは前章で述べた通り噴流の曲率半径は吹き出し速度に無関係であることと一致している。この分布曲線をオフセット流れのそれ⁽³⁾と比較すると、後者は噴流が低圧うず側へ逆流を生ずるため附着点を軸としてほぼ左右対称のつり鐘形の分布曲線となっているが、この場合はかなり異なった様子を示している。つまり噴流附着後下流側では熱伝達

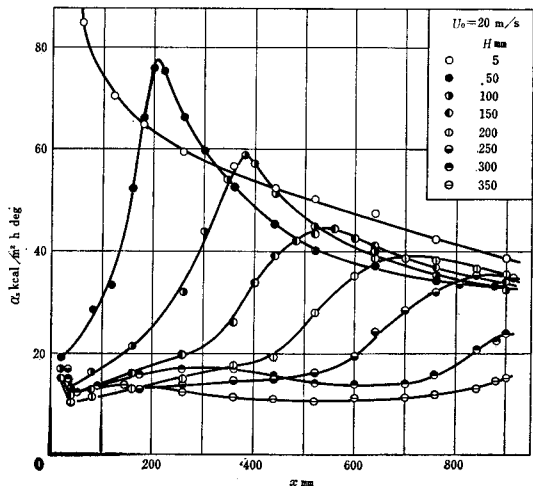


図6 高さの変化にもなる α_x の分布

率はなだらかに低下していくが、付着点上流側では熱伝達率は急激に低下している。これは噴流が逆流しないため、噴流のまき込み現象によって壁面近くに二次的な流れを生じているため熱伝達率がわずかに増加しているのである。また図6は噴流吹き出し速度 $U_0=20\text{m/s}$ とし、吹き出し口高さを変化させた場合の局所熱伝達率の分布を示したものである。この図でわかるように、局所熱伝達率の最大値は H が50 および 100mm では壁噴流の同一点の局所熱伝達率よりいくぶん大きな値を示しているが、 H がそれ以上大きくなると最大局所熱伝達率は壁噴流の局所熱伝達率より小さくなっている。またこれらの値をオフセット流れの値と比較すると、この場合の最大局所熱伝達率はかなり低く、同一の吹き出し口高さ H に対しおよそ40%小さい値を示している。これはオフセット流れに比べ噴流軸の曲り半径が大きいことと、噴流付着点に岐点を生じないためと思われる。またこの図と噴流の速度分布図(図2-b)を比較すると $H=150\text{mm}$ のとき噴流が $x=500\text{mm}$ で壁面に付着しており、局所熱伝達率もこの付近で最大値を示している。その他の高さあるいは速度においても同様の傾向を示し、オフセット流れの場合は岐点で最大値を示すが、この場合は噴流が壁面に付着した点つまり図1の x_0 点において最大値を示している。この違いが両者の大きな相違点である。そこで、この局所熱伝達率の最大となる点 x_0 を付着点と考え、これらの測定結果より x_0 と吹き出し口高さ H の関係を求めると図7のようになる。図から明らかなよ

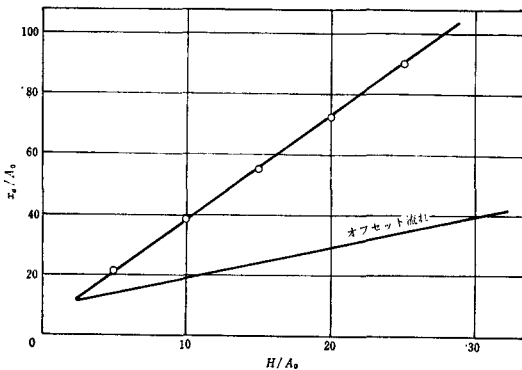


図7 噴流付着距離

うにこの場合も著者らの実験範囲に対し、付着距離 x_0 は吹き出し口高さ H に比例していることがわかる。しかしオフセット流れの場合に比べ付着距離はかなり大きくなっている。そこでこの測定結果より付着距離を求める実用式を求めると

$$x_0 = 3.76A_0 + 3.44H \quad (14)$$

となる。

次に局所熱伝達率の最大値 α_{max} と吹き出し口高さの関係を示すと図8の通りである。この図より α_{max} は噴流吹き出し速度 U_0 と吹き出し口高さ H の関数であるこ

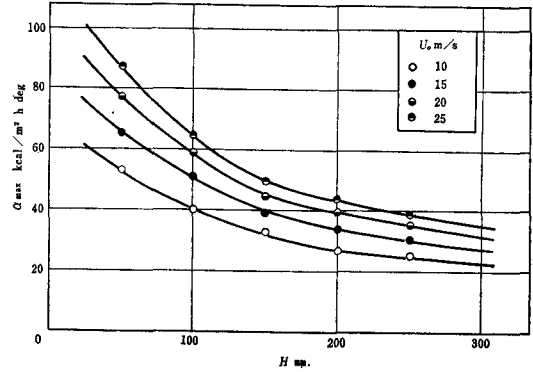


図8 最大局所熱伝達率

とがわかる。ところで噴流衝突面の最大熱伝達率はレイノルズ数 R_0 の0.58乗に比例するという結果が得られているので(7)、この場合もその関係が成り立つと仮定してオフセット比 H/A_0 で整理すると図9の通りである。この図よりこの場合も最大局所熱伝達率は R_0 の0.58乗に

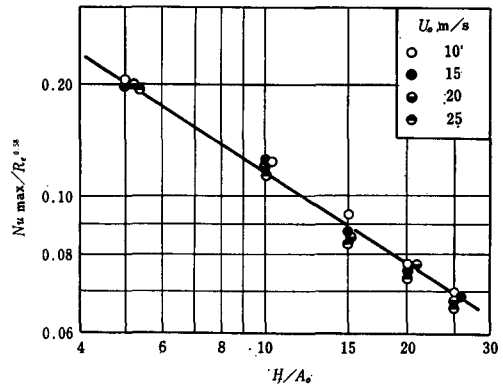


図9 $Nu_{max}/R_0^{0.58} - H/A_0$ 線図

比例していることがわかる。そこで著者らの実験範囲に対する実験式を求めると

$$Nu_{max} = 0.323 R_0^{0.58} \left(\frac{H}{A_0} \right)^{-0.476} \quad (15)$$

となる。

二次元自由噴流の近傍に平面壁が噴流に平行におかれた場合、平面壁の長さが x_0 より大きいと噴流は平面壁に付着し、その付着距離および付着点の最大局所熱伝達率は以上述べた実験式によって正確に推定できることが

わかった。

6 む す び

二次元自由噴流近傍に噴流に平行に平面壁が存在する場合について噴流の流動特性および平面壁上の局所熱伝達について実験的な研究を行なった結果次のことが明らかとなった。

- 1) 平面壁が付着距離 x_a より大なる場合噴流軸は円弧状にわん曲しその曲率半径はほぼ

$$R=12H$$

で与えられる。

- 2) 噴流付着点の流れはオフセット流れとは異なり岐点を生じない。

- 3) 局所熱伝達率の最大値の現われる位置 x_a は噴流がはじめて壁面に接した点と一致し

$$x_a=3.76 A_o+3.44H$$

となる。

- 4) 最大局所熱伝達率はレイノルズ数の0.58乗に比例し

$$Nu_{max}=0.323 R_o^{0.58} \left(\frac{H}{A_o}\right)^{-0.476}$$

で与えられる。

おわりにこの研究に協力を願った本校卒業生の渡士正治君に謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 中谷：奈良高専研究紀要，第8号（昭47），23.
- (2) 熊田他2名：機械学会誌，第76巻，第655号（昭48—7），822.
- (3) 中谷：奈良高専研究紀要，第10号（昭49），29.
- (4) 新津・加藤：衛生工業協会誌，32—10（昭33—10），587.
- (5) 加藤・中谷：空気調和衛生工学，45—3（昭46—3），129.
- (6) 新津・加藤：衛生工業協会誌，34—12（昭35—12），876.
- (7) R. Gardon ほか：Int. J. Heat and Mass Transfer, 8 (1965), 1261.

水素気ほう法による平板境界層の研究

松岡 一起 岸下 晴亮

Studies on Boundary Layer Structure on a Flat Plate by Method of Hydrogen Bubble

Kazuoki MATSUOKA

Haruaki KISHIGE

In this paper, the experimental work using a method of the hydrogen bubble is described, concerned with the boundary layer structure on a flat plate. Obtained experimental results considering the effects of a buoyancy are in better quantitative agreement with the Blasius solutions.

The method of hydrogen bubble can be adopted to the measurement of velocity in the boundary layer.

1. ま え が き

領域全般の模様を直観的にはあくすること、さらに全域にわたる流速分布を同時測定するために、流れの可視化は欠くことのできない重要な技術である。さらに複雑な流路内の流れは、直接目でその模様をとらえる以外に複雑さを増すのみであろう。可視化の技術は、現在まで種々の方法が考案され、研究されてきており、非定常性、圧縮性、粘性と流体運動を複雑にしている各種の条件のもとにおいても空間的、時間的な変化を知り、定量的な測定までも可能にしている^{(1),(5)}。

現在行なわれている主な方法^{(1)~(6)}のうち、本報告では、流れにトレーサを混入し、このトレーサを電気的に自由に制御できる方法である、水素気ほう発生法を用いている。そしてこの方法の測定法としての可能性に着目し、誤差の要因として考えられる浮力の影響、応答性、加速性および電極線後流の影響についての若干の考察が得られたので、その結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

2.1 原理

流れの中に細い白金線をそう入し、これに電圧を加え白金線表面から発生する、水素気ほうをトレーサとして利用する可視化法である。直線状の電極にパルス電圧を

加えて得られるタイムラインから局部流速を求めることができる。また連続的に電圧を加えることによって流跡線模様の観察が可能である。この方法は水素気ほうの発生状態を電気的に自由に調節でき、さらに気ほうは下流で消滅して、流れを汚さないという利点がある⁽³⁾。

2.2 実験装置

水素気ほう法による可視化の測定法としての可能性を調べるために、流れとして最も基礎的と思われる二次元平板層流境界層を用いる。

実験装置の概要を図1に示す⁽⁷⁾。装置は二次元層流を実現するように、閉路とし、整流目的のため金網とスポンジが入れている。この二次元層流中に平板を置き、平板の四カ所に陰極線としての白金線を張る。白金線は図2のように平板上に固定され、竹板バネで張力を保つ

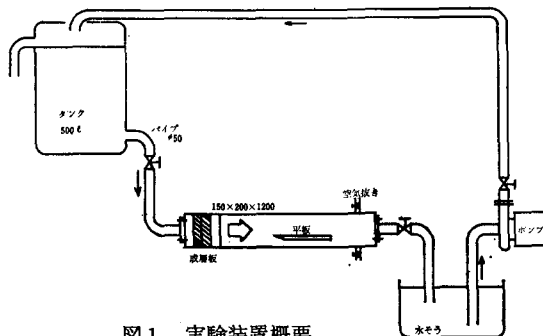


図1 実験装置概要

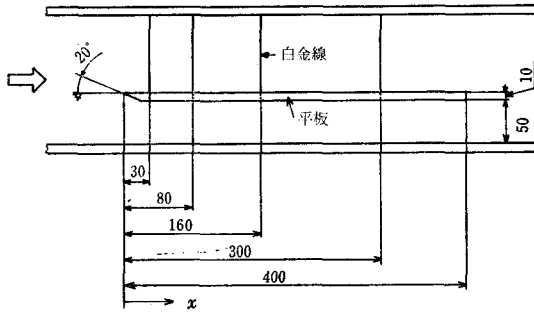


図2 模型平板

ている。白金線に付着するゴミ、気ほう等の除去のために注射器を利用したガラス管ノズルが取り付けられている。パルス電圧の発生には、計測技研製、水素気ほう発生器(HV-201型)を用いる。これは時間標準に商用周波数(60Hz)を用いた安定なパルス電圧発生器である。

2.3 実験方法

流速を一定に保ち、陰極としての白金線と、陽極としての銅板にパルス電圧を加えて、水素気ほうを発生させ境界層内の速度分布の可視化を行なう。このときタイムラインが鮮明に見えるように、パルス電圧、パルス幅、パルス間隔を調整する。それを写真撮影し、解析を行う。

2.4 実験条件

本実験に関する諸条件を表1に示す。

表1 実験条件

	項目	条件
流体	作動流体	水
	流速 温度	約1~8 cm/s 14°C, 15°C
平板模型	先端角	20°
	電極位置 (先端より)	3.0, 8.0, 16.0, 30.0cm
パルス発振器	パルス電圧	50, 100, 200V
	パルス幅	1~5 ms(連続可変)
	パルス間隔	0.5~0.1 s(0.1 s ステップ可変)
白金線	線径	0.05mm

3. 実験結果および考察

3.1 理論解析

得られた実験結果と比較、検討するために理論解析としてよく知られている、平板層流境界層に対するブラジユス解を求める。

よく知られているように、二次元、非圧縮性、定常、層流平板境界層に対する、連続の式、運動量保存式は、座標変換と無次元流れ関数 f の導入によって次のように

表わされる。ただし $\partial/\partial \xi$ の項は省略されている⁽⁸⁾。

$$f_{\eta\eta\eta} + \frac{1}{2} f f_{\eta\eta} = 0 \tag{1}$$

ただし

$$x = \xi(x) \tag{2}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{u_e}{\rho_e \mu_e \xi}} \int \rho dy \tag{3}$$

$$\psi = \sqrt{\rho_e \mu_e \xi u_e} f(\xi, \eta) \tag{4}$$

$$\frac{u}{u_e} = \frac{\partial f}{\partial \eta} \tag{5}$$

ここで x は平板先端を原点に平板にそって座標、 y はそれに垂直な座標、 ξ 、 η は(2)および(3)式で表わされる変換座標である。 ρ 、 μ 、 u はそれぞれ密度、粘性係数、 x 方向の速度を表わし、添字 e は境界層端での各物理量を表わす。また添字 η は η に関する偏微分を表わす。

(1)式を $f(0) = 0$ 、 $f_\eta(0) = 0$ 、 $f_\eta(\infty) = 1$ の境界条件のもとに解けば、 ξ に関係しない解 f 、 f_η の分布が得られる。 y と η の関係は(3)式を逆に解いて

$$y = \sqrt{\frac{\mu_e x}{\rho_e u_e}} \eta \tag{6}$$

より求めることができる。

3.2 浮力の影響

図3に白金線の上部にエナメルを塗布して気ほうの発

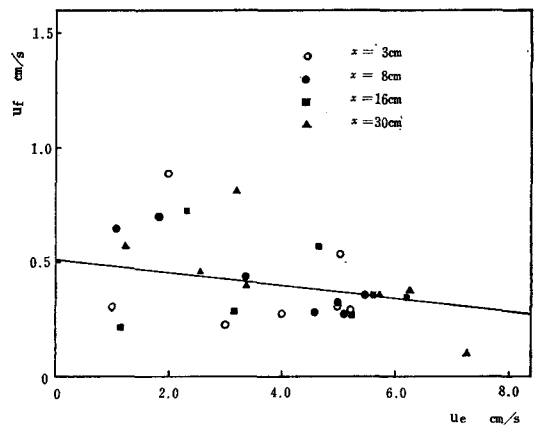


図3 気ほう上昇速度

生をおさえ、各流速によっての気ほう上昇速度を示す。上昇速度 u_f は一様流速 u_e や測定位置 x に関係なくかなりのばらつきが見られるが、最小自乗法で求めた直線は図中に示すように、ほぼ u_f が 0.5cm/s の一定値を示している。このばらつきは気ほう半径のちがいで起こることが、以下の解析で明らかになる。

気ほう上昇を解析するにあたり次の仮定をおく。

- (i) 気ほうは球形であり、その状態を保つ。
- (ii) 流れは定常であり、流線の方向には力が作用し

ない。

上記の仮定のもとでは、解析は静止流体中と同様になり、気ほうの運動に対しては次の運動方程式が、実際の運動とよく一致することが確認されている⁽⁹⁾。

$$\frac{1}{k} \rho V \frac{d^2y}{dt^2} = \rho g V - \phi \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 \quad (7)$$

- ただし ρ : 水の密度
- V : 気ほう体積
- g : 重力の加速度
- y : 浮力の働く方向にとった座標
- t : 時間座標
- k, ϕ : 気ほう半径により決まる定数
- $k = 0.054/r^2$
- $\phi = \{1.6r - 0.118 + V(0.49r^2 - 0.617r + 0.0142)\}^2$
- r : 気ほう半径

r が小さいとしてこれを解けば、上昇速度 dy/dt と気ほう半径 r との間には図4のような関係が成立する。ただし ρ には実験条件の値を入れてある。このように ρ を決めれば上昇速度 dy/dt は r のみに関係する。図3ではほぼ一定とみなした上昇速度 0.5cm/s は図4により気ほう半径 0.1mm 程度と考えられる。

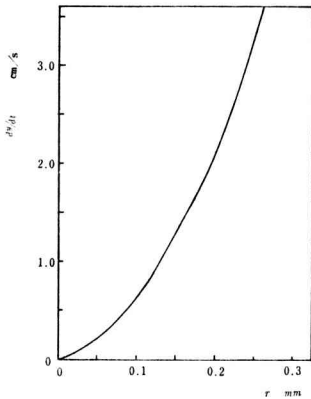


図4 気ほう径と上昇速度

一様流中から得られた気ほう上昇速度の実験結果と、静止流体中での気ほう上昇速度の解析結果から、気ほう上昇速度は気ほう半径 r が直接関係していることがわかる。

3.3 実験結果

撮影した写真の一例を図5に示す。またこの時の実験条件を表2に示す。多少の広がりはあるが数本のタイムラインを読みとり、速度分布を求めることができる。

平板先端から測定点までの距離 x を 16.0cm に固定した時の一様流流速の変化に対する、境界層内速度分布、

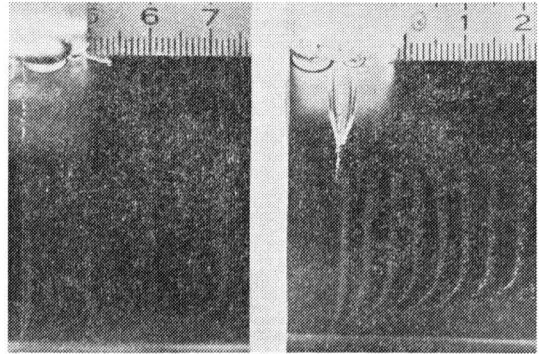


図5 測定写真の例

表2 測定写真(a), (b)の実験条件

実験条件		(a)	(b)
自由流流速	U_e (cm/s)	5.40	4.09
平板先端からの距離	x (cm)	8.0	30.0
水温	t (°C)	15.0	14.0
パルス間隔	(s ⁻¹)	0.2	0.1
レイノルズ数	R_e	3800	10400

境界層厚さの変化を図6に示す。ブラジュウス解との比較は非常に良い一致を示している。同様に一様流流速をほぼ一定値 (5.3cm/s 程度) に保ち、平板先端からの距離 x を 3.0, 8.0, 16.0, 30.0cm と変化させた場合の、境界層内速度分布、境界層厚さの変化を図7に示す。 x が3cm と 30cm の平板先端および後端付近でブラジュウス解からのずれが認められるが、平板中央部では良く一致している。

この平板先端および後端付近での不一致は、先端ではシャープ・エッジの精度の問題、後端では排出口近くで

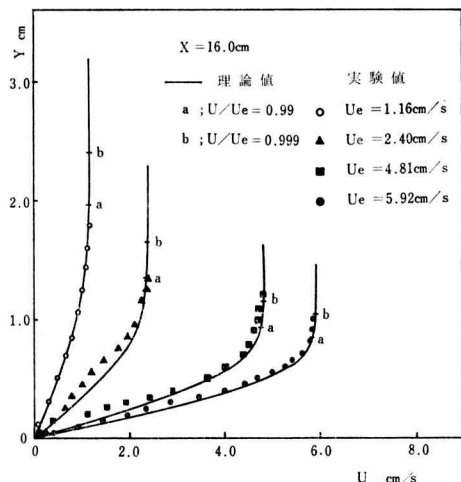


図6 速度分布

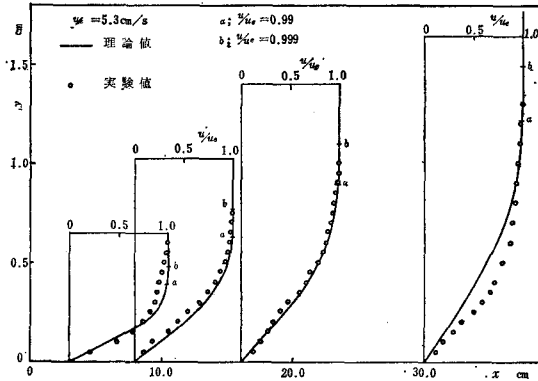


図7 速度分布

の流れの乱れがそれぞれの速度分布に影響を与えたものと思われる。

気ほう上昇の影響は、3.2 では一様流中での実験および、静止流体中での理論解析で考察したように数 mm/s 程度である。しかし、平板近傍および、速度勾配の大きいところでの実験結果とブラジュウス解の比較では気ほう上昇はあまり影響を与えていないと思われる。

4. 結 論

本報告においては、水素気ほう法に着目し、平板境界層内の速度分布を、一様流流速、平板先端からの距離をパラメータとして実験を行い、ブラジュウス解と比較、検討した。特に低速流における水素気ほう法の測定法としての精度を見積ることを目的とした。その結果をまとめると次のようである。

- (1) 水素気ほう法は低速流においても、速度分布等の計測の方法として十分利用できる。
- (2) 気ほう上昇は、気ほう直径と直接に関係しており気ほう直径の制御には、電解電流密度、線径、流速

粘性等が関係すると思われる。

- (3) 今回実験を行った程度の低速においてさえも、境界層内の速度分布は、気ほう上昇を考えずとも良好な結果を与える。
- (4) 他の誤差の要因として考えた、応答性、加速性、電極線後流の影響等は、低速流においては全く影響しないことが明らかになった。

なお卒業研究として本実験に当られた昭和49年度卒業研究生、乾庄一、井ノ倉喜康、北岡正久の三君に感謝し付記します。

文 献

- (1) 花輪・岡本, 日本機械学会誌, 70—587 (昭42—11), 1793.
- (2) 種子田, 日本物理学会誌, 23—6 (昭43—6), 430.
- (3) 浅沼, 日本機械学会誌, 72—609 (昭44—10), 1370.
- (4) 浅沼, 日本機械学会誌, 77—666 (昭49—5), 567.
- (5) 種子田, 日本機械学会誌, 78—681 (昭50—8), 724.
- (6) Merzkirch, W., Flow Visualization, (1974), Academic Press.
- (7) 松岡ほか4名, 日本機械学会関西学生会卒業研究発表講演会 講演前刷集 (昭50—3—17), 39.
- (8) 松岡・岸下, 奈良高専研究紀要, 9 (昭48), 69.
- (9) 宮城, 日本機械学会誌, 28—95 (大14—3).
- (10) Kime, H. T., ほか2名, J. Fluid Mech., 50—1 (1971), 133.
- (11) Rochwell, D. O., Trans. ASME, Ser. A, 94—3 (1972—7), 226.

Studies on Viscous Hypersonic Interaction in a Partially Ionized Gas

Kazuoki MATSUOKA

Haruaki KISHIGE

Steady hypersonic plasma flow with viscous interaction over a flat plate is described numerically. The gas is assumed to be electrically neutral with ambipolar diffusion by ion-electron pairs. In addition, equal electron and atom-ion temperature are assumed. In order to investigate the weak interaction regime, the tangent-wedge approximation is used. Calculated results are found to be in good agreement with available experimental data.

1. Introduction

This analytical study is concerned with the effect of ionization on hypersonic viscous interaction. In order to investigate the behavior of charged particles in the boundary layer where a gas is partially ionized, we must know the flow properties (i.e. pressure, velocity, temperature etc.) at the outer edge of the boundary layer. When we consider the flow over a two-dimensional semi-infinite flat plate placed parallel to the undisturbed oncoming flow of hypersonic speed, the strong interaction region would be close to the leading edge, which the weak interaction region would be farther downstream. In particular, the flow properties at the outer edge of the boundary layer significantly different from the free stream properties in the strong interaction region. When we conduct the experiment concerned with the boundary layer on a flat plate in a low density plasma wind tunnel, encounter the problem interm-

ediate interaction region. So that, it is necessary to connect the strong interaction region and the weak interaction region before we analyze the theory of the boundary layer.

Recently such a phenomenon has been investigated in detail many authors.^{(1)~(4)} The first analysis of this region, in which interaction parameter is sufficiently large, for a wedge or a flat plate with zero heat transfer was carried out by Shen.⁽¹⁾ He applied the von Kármán momentum equation to entire flow field between the shock wave and the body surface. Later, Li and Nagamatsu⁽²⁾ extended Shen's analysis by approximating the velocity profile by a quartic as in the usual Kármán-Pohlhausen approach. On the other hand, Lees and Probst⁽³⁾ carried out detailed theoretical calculation of the weak interaction over a flat plate with arbitrary heat transfer, including the first-order perturbation on the velocity and enthalpy distribution for a linear viscosity-temperature relation. A more approximate treatment of

this problem was also given by Bertrun.⁽⁴⁾

Chattopadhyay et al.⁽⁶⁾ investigated a solution for the hypersonic strong interaction flow over an inclined surface, and an asymptotic expansion in power of the hypersonic interaction parameter is used to reduce the boundary layer equations to a sequence of ordinary differential equations. Hankey et al.^{(6),(7)} analyzed numerically using an implicit finite-difference scheme, regard to the strong and weak interaction, respectively.

In this paper, we treated the weak interaction region and the flow properties (i.e. pressure, velocity gradient, Mach number etc.) were calculated at the outer edge of the boundary layer, including the ionized effect.

2. Notations

c_j	: concentration of j -species, ρ_j/ρ
c_p	: specific heat at constant pressure
\bar{c}_p	: mean specific heat ratio of mixture, $\sum c_j c_{pj}$
D	: diffusion coefficient
f	: dimensionless stream function
g	: dimensionless total enthalpy
H	: static enthalpy
H_t	: total enthalpy
H°_j	: ionization energy of j -species
I_{ion}	: ionization energy
k	: Boltzmann constant
L_e	: Lewis number, $\bar{c}_p \rho D/k$
ℓ	: $\rho \mu / \rho_e \mu_e$
M	: Mach number
P_r	: Prandtl number, $\bar{c}_p \mu / k$
p	: pressure
q_c	: conductive heat flux
q_d	: diffusion heat flux
R	: gas constant
R_e	: Reynolds number, $\rho_{\infty} u_{\infty} x / \mu_{\infty}$
S_c	: Schmidt number, $\mu / \rho D$
u, v	: x and y components of flow velocity

V_d	: diffusion velocity
x, y	: Cartesian co-ordinate
z	: dimensionless concentration
μ	: viscosity
ρ	: mass density
ψ	: stream function
ξ, η	: transformed co-ordinate
β	: free stream velocity gradient parameter
γ	: ratio of specific heat
δ^*	: boundary layer displacement thickness
$\bar{\alpha}$: hypersonic viscous interaction parameter

Subscripts

a	: ambipolar
e	: boundary layer edge
I	: ion
w	: wall
o	: stagnation
∞	: free stream

3. Boundary Layer Equations

We consider the laminar boundary layer where a gas is partially ionized. The following assumptions are introduced:

- (1) The gas is composed of argon atoms, ions and electrons.
- (2) Partially ionized gas.
- (3) The gas behaves as a perfect-gas with constant specific heats.
- (4) The flow is a steady state.
- (5) The flow is two-dimensional.
- (6) Atoms are in thermal equilibrium with ions and electrons everywhere.
- (7) Ambipolar diffusion.
- (8) Chemically frozen flow.

The geometry of the present problem is shown in Fig. 1. In according to the above-assumptions, the boundary layer equations as follows:

Conservation of mass:

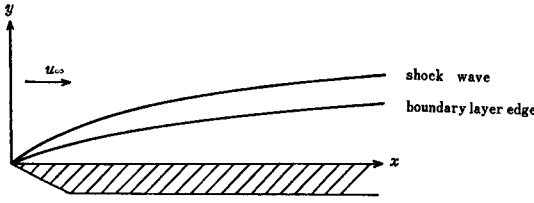


Fig. 1 Schematic of co-ordinate

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Conservations of momentum:

x component:

$$\begin{aligned} \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = - \frac{dp}{dx} \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

y component:

$$- \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \text{or } p = p_x \quad (3)$$

Conservation of over-all energy:

$$\begin{aligned} \rho u \frac{\partial H_t}{\partial x} + \rho v \frac{\partial H_t}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left\{ -q_c \right. \\ \left. - q_d + \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u^2}{2} \right) \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

Under the assumption (6), conservation of electron energy equation can be omitted. In Eq. (4), H_t is the total enthalpy and is expressed as

$$H_t = \sum_j c_j H_j + \frac{1}{2} u^2 \quad (5)$$

where

$$H_j = \int_0^T c_{p,j} dT + H^0_j$$

The enthalpy contribution due to excitational effects, not included in Eq. (5), is generally small.⁽⁶⁾ The energy flux due to convection q_c is expressed as

$$q_c = - \frac{k}{\bar{c}_p} \left\{ \frac{\partial H_t}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u^2}{2} \right) \right\}$$

$$- \left(I_{ion} + \frac{5}{2} RT \right) \frac{\partial c_I}{\partial y} \quad (6)$$

The energy flux due to diffusion q_d is given by

$$\begin{aligned} q_d = \sum \rho c_j V_{d,j} H_j = - \rho D_a \\ \cdot \left(I_{ion} + \frac{5}{2} RT \right) \frac{\partial c_I}{\partial y} \end{aligned} \quad (7)$$

In the above equation, Fick's law is used. With aid of Eqs. (5)~(7), the over-all energy equation(4) is rewritten as follows:

$$\begin{aligned} \rho u \frac{\partial H_t}{\partial x} + \rho v \frac{\partial H_t}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{\mu}{P_r} \right. \\ \left. \cdot \frac{\partial H_t}{\partial y} + \mu \left(1 - \frac{1}{P_r} \right) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{u^2}{2} \right) \right\} \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{\mu}{P_r} (L_e - 1) \left(I_{ion} + \right. \right. \\ \left. \left. \frac{5}{2} RT \right) \frac{\partial c_I}{\partial y} \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

Since these relations are conveniently expressed in term of the ion mass fraction, c_I , we have to consider the ion conservation equation in conjunction with the continuity, momentum, and over-all energy equations.

Conservation of ion mass fraction:

$$\rho u \frac{\partial c_I}{\partial x} + \rho v \frac{\partial c_I}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho D_a \frac{\partial c_I}{\partial y} \right) \quad (9)$$

In order to simplify the problem of the solution of this system of partial differential equations, the following transformation of co-ordinate is introduced:⁽⁹⁾

$$\begin{aligned} \xi(x) = x, \quad \eta(x, y) = \left(\frac{u_\infty}{\rho_\infty \mu_\infty \xi} \right)^{1/2} \\ \cdot \int \rho dy \end{aligned} \quad (10)$$

In addition, the following dimensionless stream function is introduced:

$$f(\xi, \eta) = \frac{\psi}{\rho_\infty \mu_\infty u_\infty \xi} \quad (11)$$

where ψ is a stream function, so that

$$u = u_e f_\eta \quad (12)$$

$$\begin{aligned} v = & -\frac{1}{\rho} \left[(\rho_e u_e)^{1/2} \left\{ \left(\frac{\xi}{u_e} \right)^{1/2} \frac{f}{2} \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\partial u_e}{\partial \xi} + \left(\frac{u_e}{\xi} \right)^{1/2} \frac{f}{2} + (u_e \xi)^{1/2} \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\partial f}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x} (\rho_e \mu_e u_e \xi)^{1/2} \frac{\partial f}{\partial \eta} \right. \right] \quad (13) \end{aligned}$$

The following dimensionless quantity are introduced:

$$g = \frac{H_e}{H_{ie}}, \quad z = \frac{c_I}{c_{Ie}} \quad (14)$$

where $H_{ie} = H_{io} = \text{constant}$. Under the assumption (8), c_{Ie} is constant. Momentum, over-all energy and ion mass fraction equations are transformed to

Conservation of momentum:

$$\begin{aligned} (l f_{\eta\eta})_\eta + \frac{1}{2} f f_{\eta\eta} \left(\frac{\xi}{u_e} \frac{\partial u_e}{\partial \xi} + 1 \right) \\ + \frac{\xi}{u_e} \frac{\partial u_e}{\partial \xi} \left\{ \frac{\rho_e}{\rho} - (f_\eta)^2 \right\} + \xi \\ \cdot (f_\xi f_{\eta\eta} - f_\eta f_{\xi\eta}) = 0 \quad (15) \end{aligned}$$

Conservation of over-all energy:

$$\begin{aligned} \left(\frac{l}{P_r} g_\eta \right)_\eta + \frac{f}{2} \left(\frac{\xi}{u_e} \frac{\partial u_e}{\partial \xi} + 1 \right) \\ \cdot g_\eta = \xi f_\eta \frac{g}{H_{ie}} \frac{\partial H_{ie}}{\partial \xi} + \xi (f_\eta g_\xi - f_\xi g_\eta) \\ + \left\{ \frac{l}{Sc_a} \left(\frac{1}{L_e} - 1 \right) \frac{(I_{ion} + 5/2 \cdot RT)}{H_{ie}} \right. \\ \left. \cdot c_{I\eta} \right\}_\eta + \frac{u_e^2}{H_{ie}} \left\{ l \left(\frac{1}{P_r} - 1 \right) f_\eta f_{\eta\eta} \right\}_\eta \quad (16) \end{aligned}$$

Conservation of ion mass fraction:

$$\begin{aligned} \left(\frac{l}{Sc_a} z_\eta \right)_\eta + \left(\frac{1}{2} \frac{\xi}{u_e} \frac{\partial u_e}{\partial \xi} \right. \\ \left. + 1 \right) f z_\eta = \xi \left(f_\eta z_\xi - f_\xi z_\eta + \frac{z}{c_{Ie}} \right. \\ \left. \cdot \frac{\partial c_{Ie}}{\partial \xi} f_\eta \right) \quad (17) \end{aligned}$$

The conservation of mass is not required since it is automatically satisfied by the tran-

sformation. For the purpose of simplicity of the analysis, $Pr=1$, $Sc_a=1$, $\ell=1$ and $Le=1$ are taken. So that, the conservation equation for ions can be ignored. From above assumptions, Eqs. (15)~(16) lead us to, respectively

$$\begin{aligned} f_{\eta\eta\eta} + \frac{1}{2} f f_{\eta\eta} + \frac{\beta}{1 - c_{Ie} I_{ion} / H_e} \\ \cdot (g - f_\eta^2) + \xi (f_\xi f_{\eta\eta} - f_\eta f_{\xi\eta}) = 0 \quad (18) \end{aligned}$$

$$g_{\eta\eta} + \frac{1}{2} f g_\eta + \xi (f_\xi g_\eta - f_\eta g_\xi) = 0 \quad (19)$$

where the free-stream velocity gradient parameter, β , is expressed as follows:

$$\beta = \frac{\xi}{M_e} \frac{dM_e}{d\xi} \quad (20)$$

Now M_e is related to the pressure at the outer edge of the boundary layer by the isentropic flow expression

$$\frac{p_e}{p_\infty} = \left[\frac{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_\infty^2}{1 + \frac{\gamma-1}{2} M_e^2} \right]^{\gamma/\gamma-1} \quad (21)$$

In Eq. (18), the term which is concerned with the free stream ionization energy fraction, $1 - c_{Ie} I_{ion} / H_e$, treat as a parameter although H_e is depend on ξ . But, it is modified after the flow properties at the outer edge of the boundary layer have been obtained.

Subject to the boundary conditions

$$f(\xi, 0) = f_\eta(\xi, 0) = 0, \quad g(\xi, 0) = g_w \quad (22)$$

and

$$g = f_\eta = 1 \text{ as } \eta \rightarrow \infty \quad (23)$$

4. Weak Interaction

In the special case of a flat plate in a hypersonic flow of a perfect-gas with constant γ , we have available the tangent-wedge

approximation. That is,⁽¹⁰⁾

$$\frac{p_s}{p_\infty} = 1 + \gamma K^2 \left[\frac{\gamma+1}{4} + \left\{ \left(\frac{\gamma+1}{4} \right)^2 + \frac{1}{K^2} \right\}^{1/2} \right] \quad (24)$$

where $K = M_\infty d\delta^*/dx$. If $M_\infty \gg 1$ and $(\gamma-1)/4 \cdot M_\infty d\delta^*/dx < 1$, which is corresponding to the weak interaction, carrying out the expansion, the following form of the tangent-wedge approximation is obtained:

$$\begin{aligned} \frac{p_s}{p_\infty} = & 1 + \gamma M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} + \frac{\gamma(\gamma+1)}{4} \\ & \cdot \left(M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} \right)^2 + \frac{\gamma(\gamma+1)^2}{32} \left(M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} \right)^3 \\ & - \frac{\gamma(\gamma+1)^4}{2048} \left(M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} \right)^4 \\ & + \frac{\gamma(\gamma+1)^6}{65536} \left(M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} \right)^7 - 0 \quad (K^9) \end{aligned} \quad (25)$$

Above equation is a good approximation. From Eq. (21), Mach number which is related at the outer edge of the boundary layer, M_s/M_∞ , is expressed as

$$\begin{aligned} \frac{M_s}{M_\infty} = & \left[\left\{ 1 + \frac{1}{(\gamma-1)M_\infty^2/2} \right\} \right. \\ & \left. \cdot \left(\frac{p_s}{p_\infty} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} - \frac{1}{(\gamma-1)M_\infty^2/2} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (26)$$

Using Eq. (25) again, Eq. (26) is rewritten as

$$\begin{aligned} \frac{M_s}{M_\infty} = & a_0 + a_1 M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} + a_2 \\ & \cdot \left(M_\infty \frac{d\delta^*}{dx} \right)^2 + \dots \end{aligned} \quad (27)$$

where the typical coefficients of series expansion are expressed as follows:

$$a_0 = 1, \quad a_1 = -\frac{1 + (\gamma-1)M_\infty^2/2}{M_\infty^2} \quad (28)$$

On the other hand, the boundary layer displacement thickness $\delta^*(x)$ is defined by

$$\delta^*(x) = \int_0^\infty \left(1 - \frac{\rho u}{\rho_\infty u_\infty} \right) dy \quad (29)$$

After some algebraic manipulation, the displacement thickness in the transformed variable may be written as

$$\delta^* = \frac{1}{L} \left(\frac{\mu_\infty \xi}{\rho_\infty u_\infty} \right)^{1/2} h \left(\frac{M_s}{M_\infty} \right) I \quad (30)$$

where L , $h(M_s/M_\infty)$ and I are given by

$$L = 1 - \frac{c_{I_e} I_{ion}}{H_s} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} h \left(\frac{M_s}{M_\infty} \right) = & h_0 + h_1 \frac{M_s}{M_\infty} + h_2 \\ & \cdot \left(\frac{M_s}{M_\infty} \right)^2 + \dots \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} I = & \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_s^2 \right) \int_0^\infty (g - f_v^2) \\ & \cdot d\eta + \int_0^\infty (f_v^2 - f_v) d\eta \end{aligned} \quad (33)$$

Eq. (31) point out the characteristic of ionization effect. An expression for $d\delta^*/dx$ is now possible

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\delta^*}{dx} \right) = & \frac{d\delta^*}{d\xi} = \frac{1}{L} \left(\frac{\mu_\infty}{\rho_\infty u_\infty} \right)^{1/2} \\ & \cdot \left(\frac{dh}{d\xi} \xi^{1/2} I + \frac{1}{2} h \xi^{-1/2} I + h \xi^{1/2} I_\xi \right) \end{aligned} \quad (34)$$

Next, we introduced the hypersonic viscous interaction parameter, $\bar{\chi}$, which is expressed as

$$\bar{\chi} = \frac{M_\infty^3}{\sqrt{R_\infty}} = \sqrt{\frac{\mu_\infty}{\rho_\infty u_\infty}} M_\infty^3 \xi^{-1/2} \quad (35)$$

M_s/M_∞ , β , I , f and g are then represented by the asymptotic series of the form

$$\frac{M_s}{M_\infty} = 1 + A_0 \bar{\chi} + A_1 \bar{\chi}^2 + A_2 \bar{\chi}^3 + \dots \quad (36)$$

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 \bar{\chi} + \beta_2 \bar{\chi}^2 + \beta_3 \bar{\chi}^3 + \dots \quad (37)$$

$$I = I_0 + I_1 \bar{\chi} + I_2 \bar{\chi}^2 + I_3 \bar{\chi}^3 + \dots \quad (38)$$

$$f = f_0 + f_1 \bar{\chi} + f_2 \bar{\chi}^2 + f_3 \bar{\chi}^3 + \dots \quad (39)$$

$$g = g_0 + g_1 \bar{\chi} + g_2 \bar{\chi}^2 + g_3 \bar{\chi}^3 + \dots \quad (40)$$

where $A_0, \beta_0, I_0, f_0, g_0, \dots$ are undetermined coefficient, which are depend on η alone. What is required a straight forward substitution of Eqs. (36)~(40) into Eqs. (33) and (34), and comparison with Eq. (27) after substitution of Eqs. (18)~(19). The typical results are

$$A_0 = -\frac{1}{2L} \frac{a_1}{M_\infty^2} I_0, \quad \beta_0 = 0 \quad (41)$$

where

$$I_0 = \left(1 + \frac{r-1}{2} M_\infty^2\right) \int_0^\infty (g_0 - f_0'^2) d\eta \\ \bullet d\eta + \int_0^\infty (f_0'^2 - f_0') d\eta$$

In such a manner, M_e/M_∞ is obtained as the series of the hypersonic viscous interaction parameter, \bar{x} . Next, in order to obtain p_e/p_∞ in term of \bar{x} , Eq. (25) has been used. Since $M_e/M_\infty \approx 1$, using the Taylor expansion in Eq. (21), p_e/p_∞ can be written as follows:

$$\frac{p_e}{p_\infty} = 1 + E_1 \bar{x} + E_2 \bar{x}^2 + E_3 \bar{x}^3 + \dots \quad (42)$$

where

$$E_1 = \frac{r}{2} \frac{1}{L} \frac{1}{M_\infty^2} \left\{ \left(1 + \frac{r-1}{2} M_\infty^2\right) \int_0^\infty (g_0 - f_0'^2) d\eta + \int_0^\infty (f_0'^2 - f_0') d\eta \right\} \quad (43)$$

In the above equation, letting $1 + (r-1) M_\infty^2 / 2 \approx (r-1) M_\infty^2 / 2$, $L=1$ and $\int_0^\infty (f_0'^2 - f_0') d\eta = 0$, the first order approximation is expressed as:

$$\frac{p_e}{p_\infty} = 1 + \frac{r}{4} (r-1) \bar{x} \int_0^\infty (g_0 - f_0'^2) d\eta \quad (44)$$

which is the well-known weak interaction result.

On the other hand, conservation equations of momentum and over-all energy for the zeroth-order of the form

$$f_0''' + \frac{1}{2} f_0 f_0'' + \frac{1}{1 - c_{I_e} I_{ion}/H_e} \bullet \beta_0 (g_0 - f_0'^2) = 0 \quad (45)$$

$$g_0'' + \frac{1}{2} f_0 g_0' = 0 \quad (46)$$

Boundary conditions become

$$f_0(0) = f_0'(0) = 0, \quad g_0(0) = g_w \quad (47)$$

$$f_0'(\infty) = g_0(\infty) = 1 \quad \text{as } \eta \rightarrow \infty \quad (48)$$

Once the solutions f_0 and g_0 to the ordinary differential equations are obtained, the second-order ordinary differential equation can be calculated coupling with the zeroth order equations. Thus, the complicated calculations can be carried out.

5. Numerical Calculations and Results

The calculations have been carried out with the Runge-Kutta-Gill method, using a digital computer FACOM 230-70. Argon is treated as a model gas, so that the specific heat ratio r and ionization energy I_{ion} are taken 5/3 and 15.7 eV, respectively. The calculated results are shown for the typical conditions:

$$M_\infty = 4.5, \quad c_{I_e} = 1 \times 10^{-3}, \quad T_\infty = 500^\circ K, \quad \rho = 6.63 \times 10^{-8} g/cm^3, \quad g_w = 0.1.$$

Figure 2 shows the second-order weak interaction induced pressure results for an ionized gas and an un-ionized gas. These relations are given by

$$\frac{p_e}{p_\infty} = 1 + 0.2742\bar{x} + 0.0473\bar{x}^2 \quad (49) \\ \text{(for an ionized gas)}$$

$$\frac{p_e}{p_\infty} = 1 + 0.2393\bar{x} + 0.0361\bar{x}^2 \quad (50) \\ \text{(for an un-ionized gas)}$$

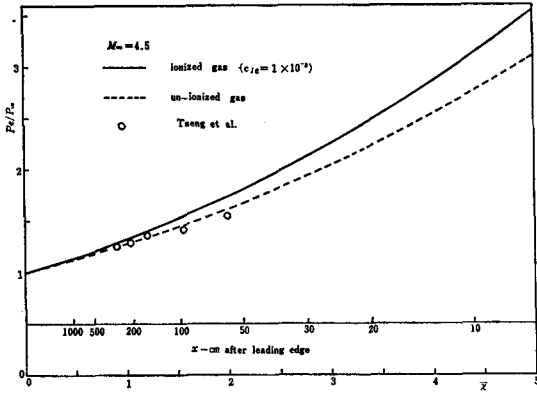


Fig. 2 Weak interaction induced pressure on a flat plate

The difference between Eq. (49) and Eq. (50) due to involving the free-stream ionization energy term, c_{I_0} , in the total enthalpy.

The experimental results were obtained by Tseng et al.⁽¹¹⁾ at a nominal Mach number of 2.2. The theoretical solutions are in better quantitative agreement with the experiments. The deviation of the experimental points from the theoretical curve starts at a value of between 2 and 3. As will be seen from Fig. 2, numerical results obtained from the weak interaction theory can be adopted sufficiently to a partially ionized gas.

Figure 3 shows the Mach number at the outer edge of the boundary layer, M_e/M_∞ , in the weak interaction region. In order to investigate the effect of large values of M_∞ on the Mach number at the outer edge of the boundary layer, the curves are plotted collectively for a free stream Mach number of 10. The calculated values of M_e/M_∞ for an un-ionized gas are considerably larger than for a partially ionized gas.

Figure 4 shows the free-stream velocity gradient parameter, β , in the weak interaction region. It is seen to be weakly dependent on the hypersonic viscous interaction parameter. The values of β varies from 0 to 1. Hence the upper limit of β equal to $(\gamma-1)/4\gamma$ (=

0.1), it is almost impossible to adopted the values of 1 and its vicinity.

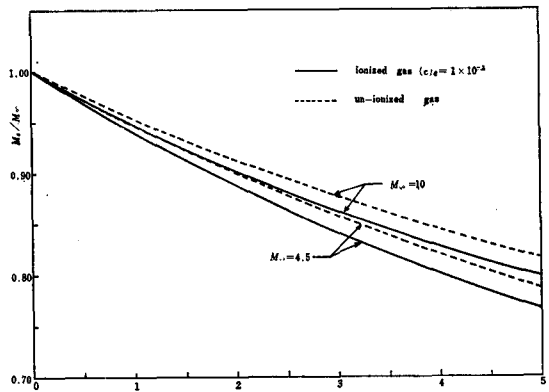


Fig. 3 Mach number at the outer edge of the boundary layer

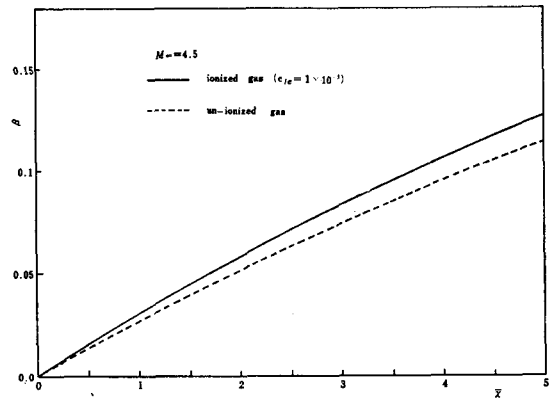


Fig. 4 Free stream velocity gradient parameter

6. Conclusion

We calculated for the weak interaction region. The conclusions that can be drawn from the present calculations are:

- (1) The effects of the ionization on the weak interaction are observed, evidently.
- (2) The close solutions can be obtained easily according to the transport properties assume to be a function of the Mach number at the outer edge of the boundary layer.
- (3) The values of the free stream velocity gradient parameter varies from 0 to 0.1.

So that, the Blasius solution can be adopted to the weak interaction regime.

References

- (1) Shen, S. F., *J. Math. Phys.*, 31 (1952), 192.
- (2) Li, T. Y. and Nagamatsu, H. T., *J. Aeronaut. Sci.*, 20 (1953), 345.
- (3) Lees, L. and Probstein, R. F., Rep. No. 195, Dept. of Aero. Eng., Princeton Univ., (1952).
- (4) Bertran, M. H., NACA Tech. Note. No. 4133 (1957).
- (5) Chattopadhyay, T. K. and Rodkiewicz, C. M., *AIAA J.*, 9 (1971), 535.
- (6) Werle, M. J., Dwoyer, D. L. and Hankey, W. L., ARL 72-0011, (1972).
- (7) Hankey, W. L., Dwoyer, D. L. and Werle, M. J., *AIAA J.*, 11 (1973), 1349.
- (8) Back, L. H., *Phys. Fluids*, 10 (1967), 807.
- (9) Nishida, M. and Matsuoka, K., *AIAA J.*, 9 (1971), 2117.
- (10) Hayes, W. D. and Probstein, R. F., *Hypersonic Flow Theory*, (1959), 279, Academic Press.
- (11) Tseng, R. C. and Talbot, L., *AIAA J.*, 9 (1971), 1365.

重力波の輻射について

宮 本 止 戈 雄

On the Radiation of the Gravitational Wave

Shikao MIYAMOTO

Abstract-Consider the translational gauge transformation for half integer spinning particles, we need vier-bein fields in order to keep invariance of the theory.

Based on the theory of this vier-bein fields, we calculate the radiation energy of the gravitational wave. And result contains one arbitrary parameter which value must be determined by the experimental observation.

1. ま え が き

半整数スピン粒子を含む系において、一般座標変換に対して不変になるように理論を定式化するには、ある特定の変換性を有するゲージ場 $b_{k\mu}$ (vier-bein 場と呼ばれている) を導入すればよい。(1)(2) $b_{k\mu}$ の逆行列として $b_{k\mu}$ を

$$b_{k\mu} b_{l\mu} = \delta_{kl}^* \quad (1)$$

により定義すると、従来の Einstein の理論における計量テンソル $g_{\mu\nu}$ とは

$$g_{\mu\nu} = b_{k\mu} b_{k\nu} \quad (2)$$

の関係がある。対称テンソル $g_{\mu\nu}$ の独立な成分が10個であるのに対して、 $b_{k\mu}$ の成分は16個あり、vier-bein 場の方がより基本的である。

Einstein の理論では $g_{\mu\nu}$ の運動を記述する Lagrangean は、宇宙項と呼ばれる項を除けば1個の任意定数しか含んでいないが、 $b_{k\mu}$ の Lagrangean は3個の任意定数を含んでいて、これらの3個の間に2個の特別な

注*以後 $b_{k\mu} b_{l\mu}$ は $\sum_{\mu=1}^4 b_{k\mu} b_{l\mu}$ を表わす。

条件を課せば Einstein の理論と全く一致することがわかっている。(2) この特別な条件を課さない場合は、種々の物理現象において Einstein の理論の予言する値とは一般に異なる。(3)(4)

vier-bein 場 $b_{k\mu}$ はエネルギー運動量テンソルを源として発生し、質量を持つ物質が加速度運動する時は、一般に波動となって伝播する。これは重力波と呼ばれている。

ここでは宇宙的な巨視的現象について考え、上述した3個の任意定数の値に重力波の輻射量がどのように依存するかを調べる。

2. 重力波の方程式

vier-bein 場 $b_{k\mu}$ の運動方程式を導く Lagrangean 密度 L は

$$\left. \begin{aligned} L = & b \{ \alpha c_{k\mu}^T c_{k\mu}^T + \beta c_k^V c_k^V \\ & + \gamma c_k^A c_k^A + \delta \} \\ c_{k\mu}^T = & \frac{1}{2} (c_{k\mu} + c_{lkm}) + \frac{1}{6} \\ & (\partial_{km} c_l^V + \partial_{lm} c_k^V) - \frac{1}{3} \partial_{kl} c_m^V \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\left. \begin{aligned} c_k^V &= c_{mmk} \\ c_k^A &= -\frac{i}{6} \epsilon_{klmn} c_{lmn} \\ c_{klm} &= b_{l\mu} b_{m\nu} (b_{k\mu\nu} - b_{k\nu\mu})^* \\ b &= \det b_{k\mu} \end{aligned} \right\}$$

である。(2) ここで ϵ_{klmn} は $\epsilon_{1234} = 1$ の完全反対称テンソルである。

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は任意定数で δ の項は宇宙項と呼ばれ、以下の計算で無視する。この Lagrangean を用いて Euler の方程式を導くと、

$$\left. \begin{aligned} \alpha + \beta &= 0 \\ \alpha - \frac{9}{4} \gamma &= 0 \end{aligned} \right\} (4)$$

の条件を課せば、Einstein の重力場の方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = T_{\mu\nu} \quad (5)$$

になることは文献(2)に示されている。

以下において場が十分弱く

$$\left. \begin{aligned} b_{k\mu} &= \delta_{k\mu} + \kappa a_{k\mu} \\ b_{k\mu}^* &= \delta_{k\mu} - \kappa a_{\mu k} \end{aligned} \right\} (6)$$

の様に線型近似できる場合について考える。ここで

$$a_{kl} = \varphi_{kl} - \frac{2\beta - \alpha}{6\beta} \delta_{kl} \varphi_{mm} \quad (7)$$

によって φ_{kl} を定義して、 φ_{kl} に関する運動方程式を導くと、

$$\begin{aligned} (2\alpha - \frac{2}{9}\gamma) \kappa^2 (\square \varphi_{kl} - \varphi_{km, lm}) \\ + (\alpha + \frac{2}{9}\gamma) \kappa^2 (\square \varphi_{lk} - \varphi_{lm, km} \\ - \varphi_{mk, lm} + \varphi_{ml, km}) + (-\alpha + \beta) \kappa^2 \\ (\varphi_{ml, mk} - \delta_{kl} \varphi_{mn, mn}) = -\kappa T_{kl} \end{aligned} \quad (8)$$

ここでゲージ条件として

$$\varphi_{kl, l} = 0 \quad (9)$$

を用いる。また(8)より

$$T_{kl, l} = 0 \quad (10)$$

も導ける。 T_{kl} はエネルギー運動量テンソルで一般にスピン効果による反対称成分を持つが、これから考える様な巨視的世界では、熱運動のために特定のスピン方向は

注* $\cdot b_{k\mu, \nu}$ は $\frac{\partial b_{k\mu}}{\partial x^\nu}$ を表わす。

なく、反対称成分は 0 ($T_{kl} = T_{lk}$) と考えてよい。

従って(10)式より $T_{kl, k} = 0$ で(8)式より、

$$2(\alpha + \beta) \kappa^2 \square \varphi_{kl, k} = -\kappa T_{kl, k} = 0 \quad (11)$$

となり、エネルギー運動量テンソル T_{kl} を源として輻射される重力波について考える時には $\varphi_{kl, k} = 0$ としてよい。

従って(8)式は、

$$\left. \begin{aligned} \square S_{kl} &= -\kappa T_{kl} \\ \square A_{kl} &= 0 \end{aligned} \right\} (12)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} S_{kl} &= \frac{1}{2} (\varphi_{kl} + \varphi_{lk}) \\ A_{kl} &= \frac{1}{2} (\varphi_{kl} - \varphi_{lk}) \end{aligned} \right\} (13)$$

とし、 $\kappa^2 = \frac{1}{3\alpha}$ とする。

(12)式のエネルギー運動量テンソル T_{kl} を源とする場 S_{kl} を遅滞 Green 関数を用いて解くと、

$$S_{kl}(x) = \frac{\kappa}{4\pi} \int \frac{T_{kl}(\vec{x}', (x^0)') = x^0 - |\vec{x} - \vec{x}'|}{|\vec{x} - \vec{x}'|} d^3x' \quad (14)$$

この解を $|x'| \ll |x|$ の条件のもとに、 $T_{kl, l} = 0$, $T_{lk, l} = 0$ を用いると共に $x = 0$ の点に関して \vec{x}' を展開すると、

$$S_{kl} = \frac{\kappa}{8\pi r} \left[\dot{M}_{kl} + \frac{x^m}{3r} \ddot{M}_{klm} \right]^* ** \quad (15)$$

$$\begin{aligned} S_{0k} &= \frac{\kappa}{8\pi r} \left[2\dot{M}_k + \frac{x^m}{r} \ddot{M}_{km} \right. \\ &\quad \left. + \frac{x^m x^n}{3r^2} \ddot{M}_{kmn} \right] *** \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} S_{00} &= \frac{\kappa}{8\pi r} 2M + \frac{x^k}{r} \dot{M}_k + \frac{x^k x^l}{r^2} \dot{M}_{kl} \\ &\quad + \frac{x^k x^l x^m}{3r^2} \ddot{M}_{klm} \end{aligned} \quad (17)$$

注* 以後ラテン文字の添字 k, l は 1, 2, 3 成分のみ

を表わすものとし $x^m \ddot{M}_{klm}$ は $\sum_{m=1}^3 x^m \ddot{M}_{klm}$ を表わす。ギリシャ文字の添字 μ, ν は 1, 2, 3, 4 の成分を表わす。

** $\dot{M} = \frac{\partial M}{\partial x^0}$

*** $S_{4k} = iS_{0k}$, $S_{44} = -S_{00}$ の関係がある。

となる。ただし

$$\left. \begin{aligned} M &= \int T_{00} d^3x \\ M_k &= \int T_{0k} x^k d^3x \\ M_{kl} &= \int T_{00} x^k x^l d^3x \\ M_{klm} &= \int T_{00} x^k x^l x^m d^3x \end{aligned} \right\} (18)$$

を示す。Mは系の全エネルギーであり

$$\dot{M}_k = \int T_{0k} d^3x \quad (19)$$

より \dot{M}_k は系の全運動量の k 成分で孤立系に対しては、

$$\left. \begin{aligned} \dot{M} &= 0 \\ \dot{M}_k &= 0 \end{aligned} \right\} (20)$$

を満たす。また Newton の重力ポテンシャルは

$$\begin{aligned} -\kappa\varphi_{00} T_{00} &= -\frac{\alpha+4\beta}{72\pi\alpha\beta} \times \frac{M_1 M_2}{r} \\ &= -\frac{GM_1 M_2}{r} \end{aligned} \quad (21)$$

であるから、万有引力定数Gは

$$G = \frac{\alpha+4\beta}{72\pi\alpha\beta} \quad (22)$$

となる。

3. 重力波の輻射

vier-bein 場の Lagrangean を S_{kl} で表わすと、

$$L = \frac{1}{2} \left\{ S_{\mu\nu, \lambda} S_{\mu\nu, \lambda} + \frac{\alpha-2\beta}{6\beta} S_{\mu\nu, \lambda} S_{\nu\mu, \lambda} \right\} \quad (23)$$

従ってポインティングベクトル t_{0i} は、

$$t_{0i} = -S_{\mu\nu, 0} S_{\mu\nu, i} + \frac{1-2\epsilon}{2(1-3\epsilon)} S_{\mu\nu, 0} S_{\nu\mu, i} \quad (24)$$

ただし

$$\epsilon = \frac{\alpha+\beta}{3\alpha} \quad (25)$$

で、 $\epsilon=0$ とすれば Einstein の理論から導かれる結果を得る。24式に(18)~(17)式に代入し四重極モーメントの項まで考えると、

$$\begin{aligned} t_{0i} &= \frac{G(1-3\epsilon)}{8\pi(1-4\epsilon)} \times \frac{x^i}{r^3} \left\{ \ddot{M}_{kl} \ddot{M}_{kl} \right. \\ &\quad \left. - 2 \frac{x^m x^n}{r^2} \ddot{M}_{km} \ddot{M}_{kn} + \frac{x^k x^l x^m x^n}{r^4} \ddot{M}_{kl} \ddot{M}_{mn} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - \frac{1-2\epsilon}{2(1-3\epsilon)} \left(\delta_{kl} - \frac{x^k x^l}{r^2} \right) \times \\ & \times \left(\delta_{mn} - \frac{x^m x^n}{r^2} \right) \ddot{M}_{kl} \ddot{M}_{mn} \end{aligned} \quad (26)$$

単位時間当りに輻射される全エネルギー I は、

$$\begin{aligned} I &= \oint t_{0i} d\sigma^i \\ &= \frac{G}{30(1-4\epsilon)} \left\{ (6-19\epsilon) \ddot{M}_{kl} \ddot{M}_{kl} - \right. \\ &\quad \left. (2-3\epsilon) \ddot{M}_{kk} \ddot{M}_{ll} \right\} \end{aligned} \quad (27)$$

27式を用いて具体的ないくつかの場合を計算してみる。天体の周期的な現象としては、自転、膨張収縮を繰り返す脈動、および連星の公転運動等が考えられる。

自転の場合、自転軸に関して質量分布が軸対称であれば $\ddot{M}_{kl} = 0$ となり重力波は放出しない。球対称の星が脈動している場合には

$$\ddot{M}_{kl} = \delta_{kl} \ddot{M}_{11} \quad (28)$$

従って

$$I = -\frac{G\epsilon}{1-4\epsilon} (\ddot{M}_{11})^2 \quad (29)$$

となる。また連星の公転運動の場合、質量 m_1, m_2 の連星間の距離を l 、角速度を ω 、時刻 $x^0 = 0$ の時の連星を結ぶ方向余弦を σ^i 、公転軸のそれを τ^i とすれば、

$$\begin{aligned} M_{kl} &= l^2 \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \left(\sigma^k \cos \omega x_0 + \right. \\ &\quad \left. \epsilon^{kmn} \tau^m \sigma^n \sin \omega x_0 \right) \times \left(\sigma^l \cos \omega x_0 + \right. \\ &\quad \left. \epsilon^{lmn} \tau^m \sigma^n \sin \omega x_0 \right) \end{aligned} \quad (30)$$

従って

$$I = \frac{G(6-19\epsilon)}{60(1-4\epsilon)} \left(\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 l^4 (2\omega)^6 \quad (31)$$

これら以外の例として、2個の等しい質量 m の物質が、方向余弦 τ^k の向きに重心を中心として、それぞれ $l \sin \omega x^0, -l \sin \omega x^0$ で単振動を行っている場合は、

$$M_{kl} = 2ml^2 \tau^k \tau^l \sin^2 \omega x^0 \quad (32)$$

従って

$$I = \frac{2G}{15} l^4 (2\omega)^6 m^2 \sin^2 (2\omega x^0) \quad (33)$$

となる。

4. 結 論

vier-bein 場によって組み立てられた理論に基づいて重

力波の軸射量を計算すると、それぞれの場合に応じて (2), (3), (3)式のようになるが2個の質点の単振動の場合には(3)式にみられるように Einstein の理論との差異を示すパラメーター ϵ に関係していない。一方球対称な星の脈動による輻射は ϵ の値に大きく依存していて、Einstein の理論では輻射しない事は特徴的である。

輻射エネルギーが正または0であると考えれば(3)式より

$$\frac{-\epsilon}{1-4\epsilon} \geq 0 \quad (34)$$

従って $\epsilon \leq 0$ または $\epsilon \geq \frac{1}{4}$ となる。他の重力理論の実験的検証, 例えば水星の近日点移動, 太陽近傍での光の

屈折等の観測より, ϵ は1に比較して十分小さい事がわかっているので, (3)(4) $\epsilon \leq 0$ でなければならない。

文 献

- (1) T. W. B. Kibble, J. Math. Phys. Vol. 2, (1961), 212.
- (2) K. Hayashi and T. Nakano, Prog. Theor. Phys. Vol. 38, (1967), 491.
- (3) S. Miyamoto and T. Nakano, Prog. Theor. Phys. Vol. 45, (1971), 295.
- (4) 宮本止戈雄, 素粒子論研究, Vol. 44, (1971), A 48.

2列円孔列を持つ無限平板の応力集中係数 (第2報)

水 嶋 巖

On the Stress Concentration Factor in the Infinite Plate with a Double Row of Circular Holes (2nd Report)

Iwao MIZUSHIMA

The stress concentration problems of infinite plates with a double row of circular holes subjected to uniaxial tension are treated by a numerical method. The method is the boundary collocation method using the general form of the stress function expressed in the two dimensional polar coordinates. The stress concentration factors are summarized in diagrams which are considered to be useful for practical designing.

1. ま え が き

筆者らは今までに、数多くの円孔が無限平板に種々の形式で配列され、平板が引張りを受ける場合の応力集中問題を選点法を用いて解析し、応力集中係数に関する一連の資料を求めてきた^{(1)~(3)}。

このような問題は有限要素法や差分法等による、より数値的な解法によっても解くことができるが、応力集中係数を数多く求めるような場合には、大変な計算時間を要する。これに対して、ここに用いる方法によれば、比較的簡単に結果が求まるので、今までに実用上重要と思われるいくつかの場合について応力集中係数の資料を求めてきたのである。

本報告では前報⁽⁴⁾に引き続き、千鳥および平行に配列された2列の円孔列を持つ無限平板が、種々の方向に引張りを受ける場合の問題を前報⁽⁴⁾と同じ方法により解き、その結果を一連の線図として示す。

2. 解 法

ここに用いる解法は前報⁽⁴⁾のものと同じである。すなわち、二次元応力状態に対する応力関数の一般形を用い

て、多円孔のうちの一つの境界条件を満足するように応力関数の係数を定め、これを用いて他の円孔周縁の半径方向法線応力とせん断応力を求める。つぎに、選点法および調和解析法をあわせ用いてこれらの応力を打消すような応力関数を求め、これによりもとの円孔周縁の応力値を計算する。以下この手続きを繰返して多円孔の周縁の条件が満たされるようにする。

3. 計 算 結 果

図1~5の各線図中に示すような諸記号を用いる。また円孔列の方向と引張り方向とのなす角を ζ とする。数値計算に際しては $\zeta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 、 $\beta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 、 $b=3, 4, 5, 6$ とし、また a には3と10の間の種々の値を与えて円孔周縁の応力値を求めた。

無限遠における引張応力を σ 、円孔周縁に生じる最大応力を $\sigma_{\theta max}$ とし、応力集中係数 $K=\sigma_{\theta max}/\sigma$ と円孔中心間距離 a との関係を図1~5に示す。平行配列で $\zeta=90^\circ$ の場合の結果は前報⁽⁴⁾で報告したので、ここでは省略する。なお $\sigma_{\theta max}$ の値としては、円孔周縁を180等分してそれらの各点の応力値を求め、これらのうちの最大値を $\sigma_{\theta max}$ とした。

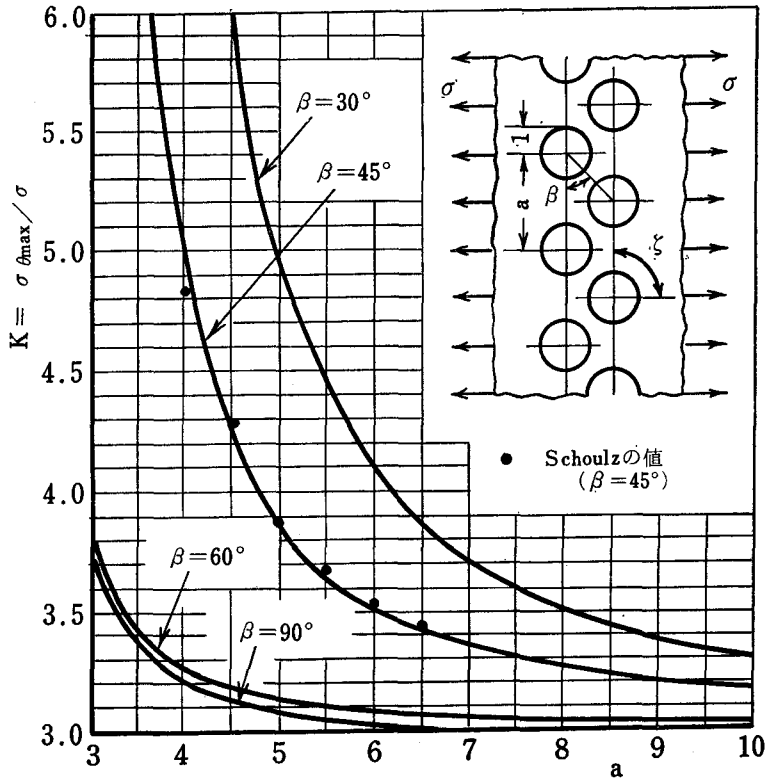


図1 応力集中係数 (千鳥配列, $\zeta = 90^\circ$)

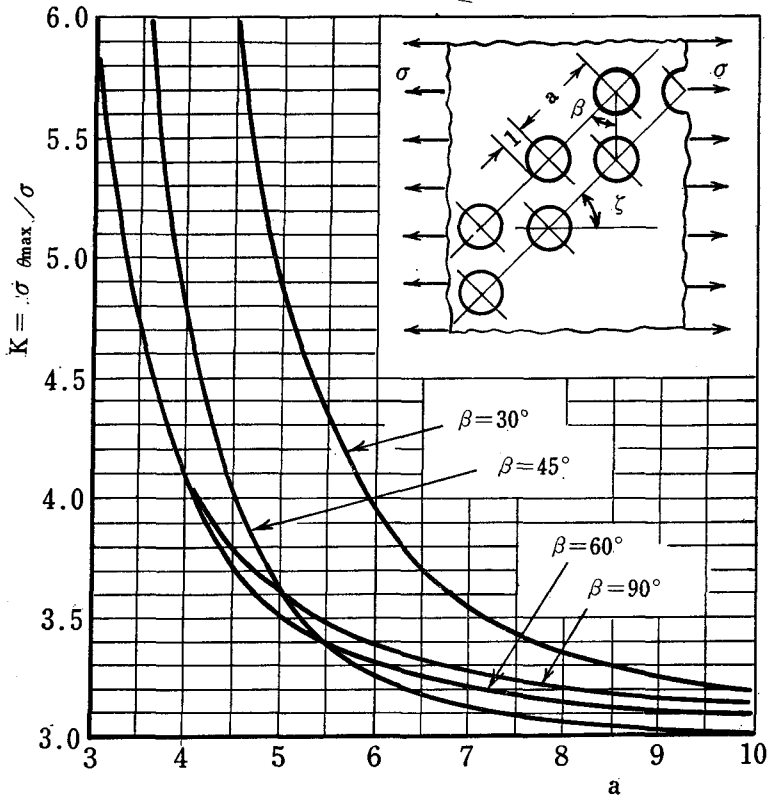


図2 応力集中係数 (千鳥配列, $\zeta = 45^\circ$)

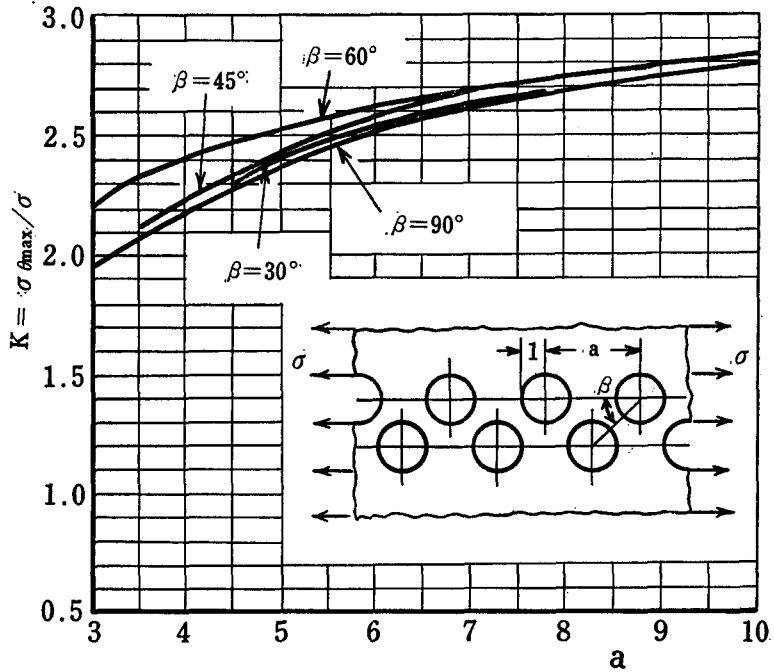


図3 応力集中係数 (千鳥配列, $\zeta=0^\circ$)

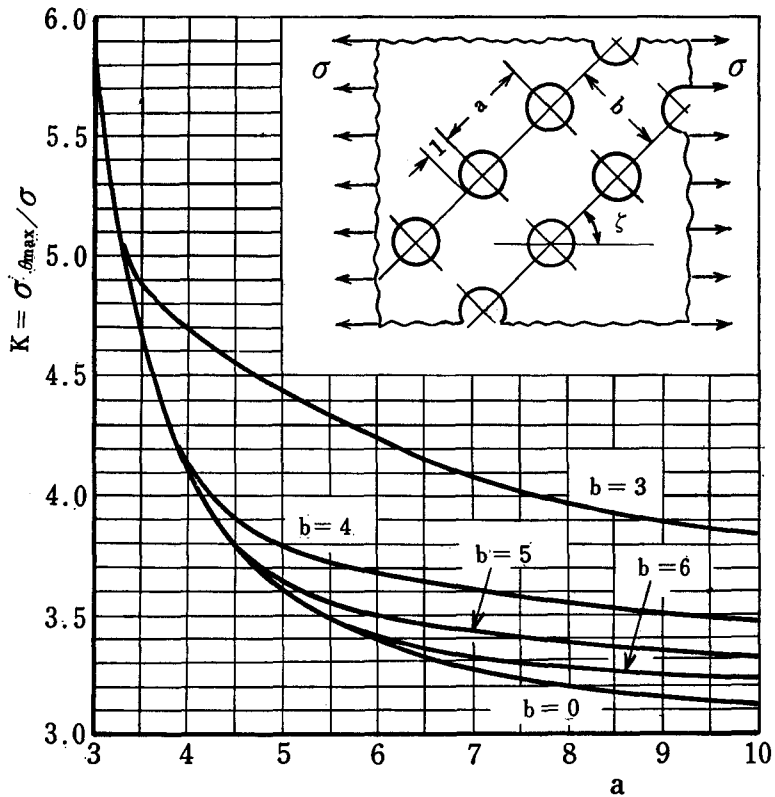


図4 応力集中係数 (平行配列, $\zeta=45^\circ$)

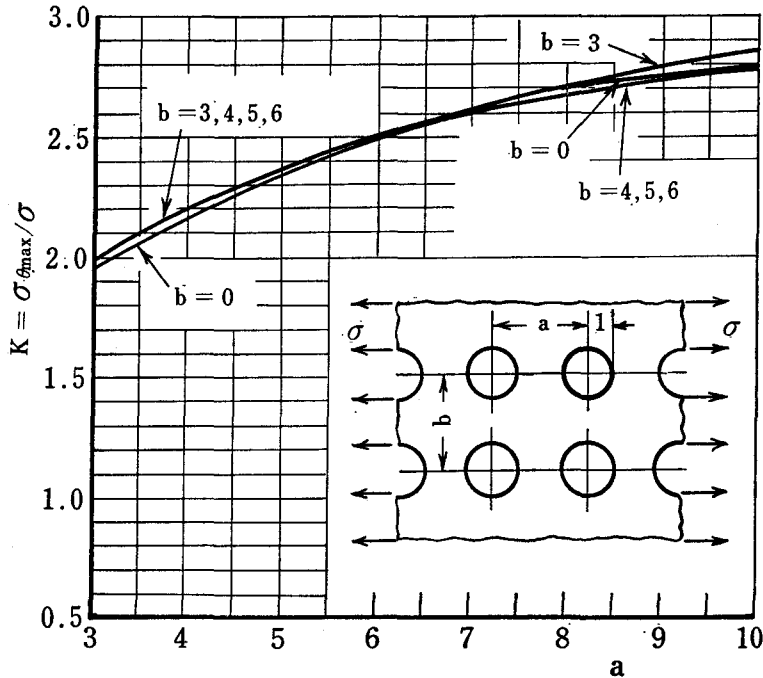


図5 応力集中係数 (平行配列, $\zeta=0^\circ$)

4. あとがき

千鳥および平行に配列された2列の円孔列を持つ無限平板が種々の方向に引張りを受ける場合の応力集中係数の資料を線図として示した。この結果、つぎのことがわかった。

千鳥配列の場合

(1) $\zeta=90^\circ$, $\beta=45^\circ$ の場合についてのみ、すでに資料 (K. I. Schoultz の値)⁽⁵⁾があり、これを図1に●印で示す。本解とはほぼ一致している。

(2) $\beta=90^\circ$ の場合とは1列の場合⁽²⁾である。当然のことながら $\zeta=90^\circ$ と 0° の場合には1列の場合⁽²⁾よりも2列の場合の方が応力集中係数 K の値は大きくなっている。しかし $\zeta=45^\circ$ の場合には、この現象は必ずしも該当しない。

(3) $\zeta=45^\circ$ の場合、 $\beta=45^\circ$ と $\beta=90^\circ$ の曲線は $a=5$ 付近で交差し、また $\beta=45^\circ$ と $\beta=60^\circ$ の曲線は $a=5.5$ 付近で交差している。

(4) $\zeta=0^\circ$ の場合には β の影響は小さく、 K の値は1列の場合とあまり大きな差がない。

平行配列の場合

(1) $\zeta=45^\circ$ の場合、 b が小さくなるほど K の値は大きくなる。また $\zeta=90^\circ$ の場合⁽⁴⁾は逆の現象となってい

る。

(2) $b=0$ の場合とは1列の場合⁽²⁾である。 $\zeta=45^\circ$ の場合には1列の場合⁽²⁾よりも2列の場合の方が K の値は大きくなっている。しかし $\zeta=90^\circ$ の場合⁽⁴⁾には逆の現象となっている。

(3) $\zeta=0^\circ$ の場合には b の影響はほとんどなく、 K の値は1列の場合とほぼ等しくなっている。

謝辞 平素より親切なるご指導をいただいている大阪大学工学部浜田実教授に厚くお礼申し上げます。

文 献

- (1) 浜田・水嶋・増田, 日本機械学会論文集, 37-299 (昭46-7), 1305.
- (2) 浜田・水嶋・増田, 日本機械学会論文集, 38-313 (昭47-9), 2243.
- (3) 浜田・水嶋, 日本機械学会論文集, 39-322 (昭48-6), 1846.
- (4) 水嶋, 奈良高専研究紀要, 第10号 (昭49), 39.
- (5) Peterson, R. E., Stress Concentration Design Factors, (1953), 97. John Wiley & Sons.

油圧サーボモータの非線形特性

若林敏夫・阪部俊也

Nonlinear Characteristics on Hydraulic Servomotors

Toshio WAKABAYASHI,
Toshiya SAKABE

Hydraulic servomotors are used for control high power in controlled system by small input, and because of their remarkable torque inertia ratio, they are widely used in follow-up control of positions, directions and postures of objects.

As servomotors with four way valve have originally nonlinear characters, in their theoretical analysis, various approximate solutions were published in the past, but they contains some problems.

In this time, we dared to solve exact equations of the system by the computer, and compared the results with its approximations and experimental value, and found that the wave of output present some strains.

1. 緒 言

油圧サーボモータは小さい入力パワーにより大きい出力を制御するものであり、操作部のトルク慣性比が著しく大きいという長所をもつために位置、方位あるいは姿勢などの追従制御の分野で広く使用されている。

四方案弁を備えた油圧サーボモータの理論解析においては、弁に加わる負荷圧力とそれを流れる流量が非線形の関係であるため、系の伝達関数を求めるにあたり線形化を用いた各種の近似解が発表されている。たとえば Taylor 展開を用い系の伝達関数を求めその安定性を論じたもの、同様の近似を用いスプールが負重合の場合の伝達関数と配管特性を論じたもの、また Fourier 展開を用いより近似度の高い伝達関数を求めたもの等がありサーボモータ系の設計、特性改善の指針を与えている。

しかしながら一般に近似解には誤差を伴うものであり誤差の評価は困難である。また Taylor 展開を用いた微小変動法なる解法は定常値の近傍だけに適用すべきでありサーボ弁のスプールの動作範囲全域にその結果を適

用することは系の性格上適当とは言えない。さらに線形理論では正弦波入力による出力は必ず正弦波であるということを前提条件としており、出力波形の実態について知ることは全く不可能である。

このたび筆者らはこれら近似解のもつ諸問題に着目し、敢えて線形化近似を行わずに系に成り立つ式のままで計算機を用いて系の出力波を求め、その結果から入出力間のゲインと位相おくれについて調べ、前記の近似解および実験値との対比を試み併せて出力波形について考察した。

2. 記 号

この報告で用いた記号は次のとおりである。

A ; 負荷シリンダの受圧面積

C_f ; シリンダピストンの粘性抵抗係数

G_c ; サーボモータ系の閉ループ伝達関数

G_o ; " " の開ループ伝達関数

K_o ; 作動油の体積弾性係数

K_p ; 管路の体膨脹係数

- K_o ; サーボ弁のバルブ定数
- M_s ; 片側導管内の作動油の等価質量
- M_l ; 可動体の質量
- P_d ; サーボ弁からの吐出圧力
- P_l ; シリンダの負荷圧力
- P_m ; 負荷シリンダのピストンの両側の圧力差
- P_s ; サーボ弁への供給圧力
- Q ; 噴流の流量
- Q_l ; ピストンとシリンダの隙間からの洩れ流量
- Q_m ; 負荷シリンダの流入と流出の平均流量
- Q_o ; サーボ弁を通る最大流量
- R_l ; 内部洩れ路の抵抗
- V ; 負荷シリンダ内容積の半分
- X ; サーボ弁のスプールの入力変位
- X_o ; サーボ弁のスプールの入力振巾
- Y ; 可動体の出力変位
- Z ; サーボ弁のスプールと本体の相対変位
- Z_o ; " " " " の相対変位の最大値
- f_o ; 式(6)で定める定数
- t ; 時間
- ζ_l ; 式(6)で定める定数
- θ ; 開ループ伝達関数の位相おくれ
- π ; 円周率
- τ_l ; 式(6)で定める定数
- ω ; 入力角周波数
- ω_n ; 系の固有角周波数

注, 記号に符号一を付したものは無次元量を示す。

3. 油圧サーボモータの構造と動作の概要

本研究ではピストン固定のフィードバック構造をもつ油圧サーボモータを対称とし, 図1にその概略構造を示した。

サーボ弁に一定の供給圧を与えておきサーボスプールを動かすとスプールのランド部とバルブ本体の間に相対

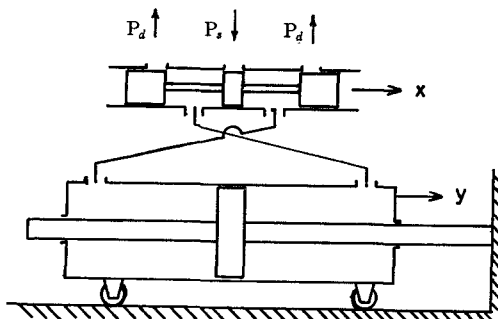


図1 油圧サーボモータの概略構造

変位を生じ, 供給圧油が負荷シリンダに流入する。ピストンは固定しているからバルブ本体と一体の負荷シリンダは相対変位を減らす方向に動く。このとき可動部の慣性および粘性摩擦負荷, 作動油の圧縮性および管路の膨脹などにより, 入力周波数に応じて出力波にはゲインの変化と位相のおくれを生ずる。スプールを正弦波状に駆動するとき可動体は系特有の周波数応答を示す。

4. 周波数伝達関数の近似解

図1の構造図の上部に示したサーボ弁のスプールの通路からの流れは噴流であり, その流量 Q はスプールとバルブ本体の相対変位 Z をパラメータとするとき負荷圧力 P_l に関し次式で与えられる。

$$Q = K_o Z \sqrt{\frac{P_s}{2}} \cdot \sqrt{1 \mp \frac{P_l}{P_s}} \quad (1)$$

ただし, 複号は $Z \geq 0$ に対応する。

式(1)の各変数を式(2)を用いて無次元化すると式(3)の関係式が得られる。

$$\bar{Q} = \frac{\sqrt{2}}{K_o Z_o \sqrt{P_s}} \cdot Q, \quad \bar{P}_l = \frac{P_l}{P_s}, \quad \bar{Z} = \frac{Z}{Z_o} \quad (2)$$

$$\bar{Q} = \bar{Z} \cdot \sqrt{1 \mp \bar{P}_l} \quad (3)$$

式(3)は図2(A)のように Z をパラメータとする放物線群で表わされ, このままでは線形理論で取り扱えないので各種の近似解が考えられる。図2(B)は一定傾斜をもつ平行直線群で近似したものであり, 図2(C)は $\bar{P}_l = 0$ における接線群で近似したものであるが, いずれもサーボ弁の特徴を無視することになり妥当な近似とはいえない。また図2(D)は Fourier 展開を用い $Q = 0, \bar{P}_l = \pm 1$ の点を通る放射直線群で近似したものであり, 伝達関数に関しては良好な近似度を示している。ここでは近似解を代表するものとして図2(D)の放射直線群による近似を用

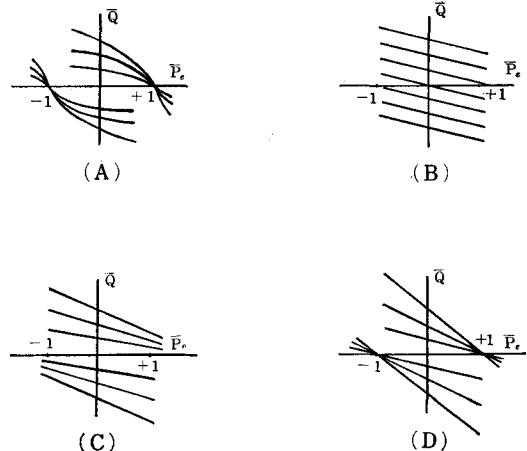


図2 負荷圧力一流量関係の近似

い、次に伝達関数の近似解を記す。(1)

$$G_o = \frac{K_o \sqrt{P_s}}{\sqrt{2} A \omega} \cdot \frac{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(\frac{2\zeta_l \omega}{\omega_n}\right)^2 + \frac{8\omega^2}{3\pi f_o} \left\{\frac{2\zeta_l}{\omega_n} - \tau_l \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)\right\}}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)^2 + \left(\frac{2\zeta_l \omega}{\omega_n}\right)^2 + \frac{4\omega^2}{\pi f_o} \left\{\frac{2\zeta_l}{\omega_n} - \tau_l \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right)\right\}} + \frac{16\omega^2(1 + \tau_l^2 \omega^2)}{9\pi^2 f_o^2} + \frac{32\omega^2(1 + \tau_l^2 \omega^2)}{9\pi^2 f_o^2} \quad (4)$$

$$\theta = -\pi - \tan^{-1} \tau_l \omega + \tan^{-1} \frac{f_o \left\{ \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right) + \frac{2\zeta_l \tau_l \omega^2}{\omega_n} \right\}}{\omega \left\{ f_o \left\{ \frac{2\zeta_l}{\omega_n} - \tau_l \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n^2}\right) \right\} + \frac{4}{3\pi} (1 + \tau_l^2 \omega^2) \right\}} \quad (5)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} f_o &= \frac{\sqrt{2P_s} A^2}{K_o Z_o (M_l + 2M_s)} \\ \omega_n &= A \sqrt{\frac{2K_b}{V M_l}} \\ \zeta_l &= \frac{1}{2R_l A} \cdot \sqrt{\frac{2K_l M_l}{V}} \\ \tau_l &= \frac{2M_l M_s}{R_l A^2 (M_l + 2M_s)} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

また

$$G_c = \frac{G_o}{1 + G_o} \quad (7)$$

式(4), (5), (6)および(7)は負荷慣性と内部洩れのある系の開ループおよび閉ループ伝達関数を与える。

5. 正弦波駆動時の系の出力波

始めに図1の系に成り立つ方程式を考える。スプールの変位 X 、可動体の変位および両者間の相対変位 Z の間には次式が成り立つ。

$$Z = X - Y \quad (8)$$

次に負荷シリンダ側の流量に関しては次式が成り立つ。

$$A \frac{dY}{dt} = Q_m - Q_l - \frac{1}{2} \left(K_c + \frac{V}{K_b} \right) \frac{dP_m}{dt} \quad (9)$$

また作動中に生ずる管路の膨脹と作動油の非圧縮性を考慮すれば、サーボ弁を流れる流量について次式が得られる。

$$Q_m = 2\sqrt{2} K_o Z \sqrt{P_s \mp P_m - P_d} \quad (10)$$

ただし、複号は相対変位 $Z \geq 0$ に対応する。

また負荷シリンダには次の運動方程式が成り立つ。

$$A P_m = M_l \frac{d^2 Y}{dt^2} + C_f \frac{dY}{dt} \quad (11)$$

この系を正弦波状に駆動するときは入力として次式を用

いる。

$$X = X_o \sin \omega t \quad (12)$$

結局、系を正弦波状に駆動するときには上記の式(8)~(12)が成り立ち、これらの式を解くために供給圧力 P_s 、最大相対変位 Z_o および最大流入流量 Q_o を基準量とし、さらにこれらを組合せてえられる誘導量を用いて式の無次元化を行ない、ルンゲクックシル法を用いて解を求めるためにパラメータを消去し次式を導いた。

$$\begin{aligned} \bar{Y}''' &= \frac{4\sqrt{2} K_o Z_o^3 A \sqrt{P_s}}{Q_o^3 \left(K_c + \frac{V}{K_b} \right) M_l} \\ &\cdot \sqrt{\left(1 - \frac{P_d}{P_s}\right) \mp \left(\frac{M_l Q_o^2}{A P_s Z_o^5} \bar{Y}'' + \frac{C_f Q_o}{A P_s Z_o^2} \bar{Y}' \right)} \\ &\cdot \left\{ \bar{X}_o \sin \left(\frac{\omega Z_o^3}{Q_o} \right) \bar{t} - \bar{Y} \right\} - \frac{C_f Z_o^3}{M_l Q_o} \bar{Y}'' \\ &- \frac{2A^2 Z_o^6}{\left(K_c + \frac{V}{K_b} \right) M_l Q_o^2} \bar{Y}' \end{aligned} \quad (13)$$

6. 実験装置

図3は本研究に用いた実験装置の外観を示したものである。装置のベース上面に案内路を設け、その上に3個のローラで支持された油圧シリンダを載せ、シリンダ上に四方案内サーボ弁を固定し油圧源から圧油を供給する。ピストンロッドの右端はベース上に設けたフランジに固定し、無段変速モータで回転する偏心輪により案内弁のスプールに正弦波状入力を与えると可動体がこれに追従する。このときスプールと可動体の変位をそれぞれ

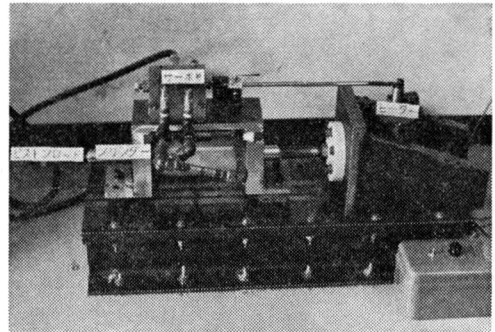


図3 実験装置

差動トランスを用いて検出しシンクロスコープに接続して入力ならびに出力波形を同時に記録した。

7. 計算結果と実測値

理論計算値の中、近似解については式(4), (5), (6), (7)を、また波形計算については式(13)を京都大学大型計算機 FACOM 230-75 を用いて求めた。なお計算に必要な定

数は実験装置の値を使用し主要な値は次の通りである。

$$\begin{aligned}
 A &= 21.6 \text{ cm}^2 & K_o &= 3.00 \times 10^3 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-\frac{1}{2}} \text{ sec}^{-1} \\
 K_e &= 1.50 \times 10^{-4} \text{ cm}^5 \text{ kg} & K_b &= 16.6 \times 10^3 \text{ cm}^{-2} \text{ kg} \\
 M_I &= 0.51 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ kg sec}^2 & P_A &= 0 \\
 Q_I &= 0 & V &= 172 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

図4は可動体の質量と供給圧は一定にしておき、入力周波数を変化させたときの理論計算による入出力波形と実験波形を対比したものである。また図5は起動時の理論入出力波形の推移を示したものである。なお表1は図4および図5に用いた負荷条件を示したものである。

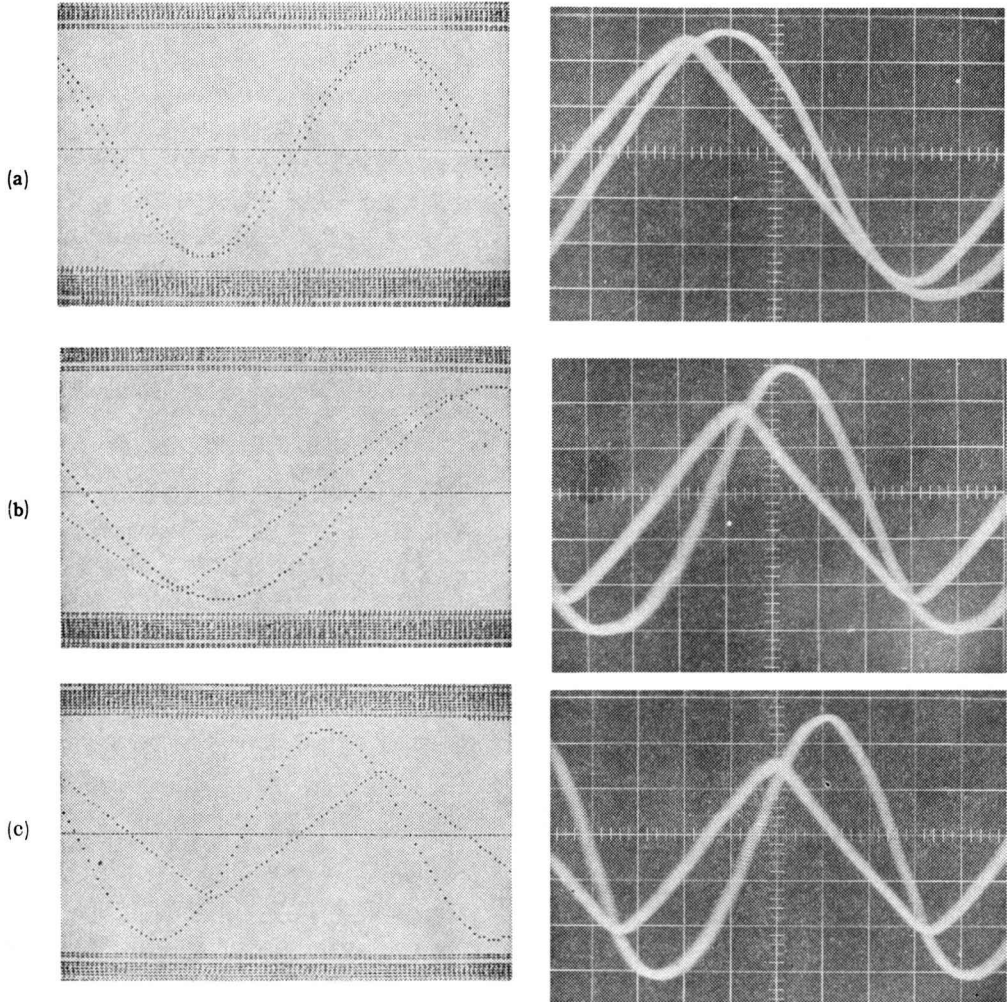


図4 理論入出力波形と実験波形の対比

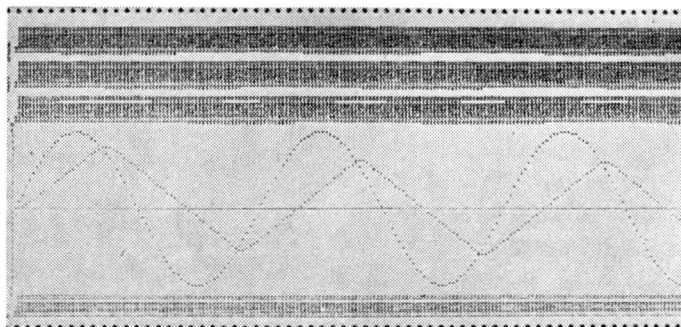


図5 起動時の理論入出力波形の推移

表1 計算および実験に用いた負荷条件

	M_t	P_t	X_0	ω
図 4 (a)	$3.86 \times 10^{-2} \text{kgS}^2\text{cm}^{-1}$	20kgcm^{-2}	0.25cm	5 HZ
" (b)	"	"	"	10 HZ
" (c)	"	"	"	15 HZ
図 5	"	"	"	15 HZ

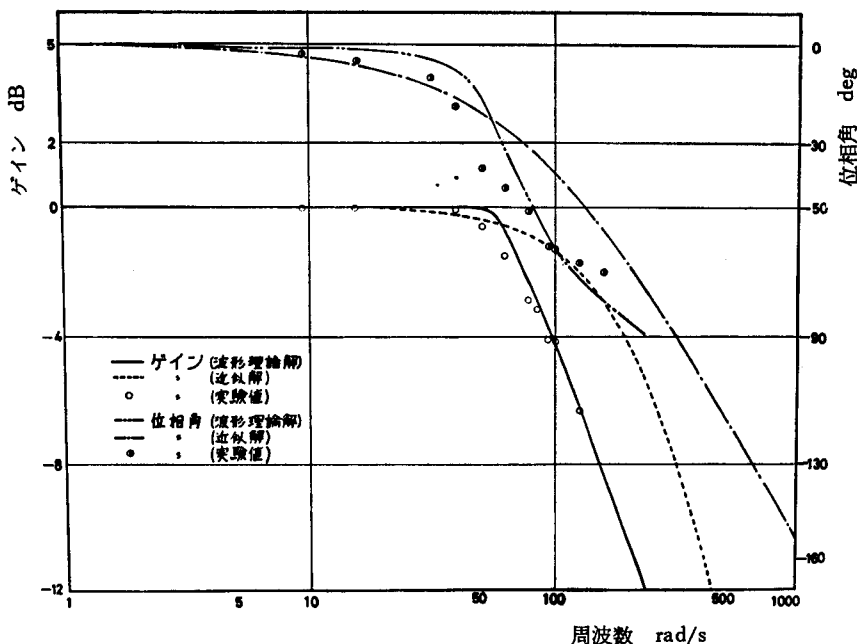


図6 サーボモータ系のボード線図

次に図6は同一条件のもとに近似解，理論入出力波形および入出力波形から求めたゲインと位相角を同一ボード線図上に併記したものである。

8. 結 言

上記の解析と実験により次の諸結果が得られた。

1. 系の低周波駆動においても出力波形に可成り顕著な三角波状歪を生ずることが理論計算と実験により確認された。これは従来の線形化近似法では得られない事柄で，このことは系の出力精度および系を構成する部材の強度にも無視出来ない影響を及ぼすものと考えられる。
2. 波形計算を行なうことにより系の起動時における出力波形の過渡的推移を明示することが出来た。
3. 系の伝達関数に関する近似解は可成り良い精度をもつものであり，系のシンセシスに有用なものとして評価することが出来る。

謝 辞

今回の研究を進めるにあたり，平素から親切なご指導をいただいている神戸大学工学部米持政忠教授ならびに同研究室のかたがたに厚くお礼申し上げます。また卒業研究として本研究に協力された本校卒業生島岡政明，橋詰隆，石丸豊，新谷繁歳，李昌浩，杉本惣一および卒業生中島章，中村朗の諸君に感謝します。

文 献

- (1) 中野和夫，油圧サーボモータの高周波域特性，計測と制御，第2巻第9号，昭38-9
- (2) 池辺洋，油圧サーボモータの周波数特性，自動制御，第4巻第1号，1957
- (3) 池部洋，中野和夫他，解説サーボ機構とその要素，昭48，オーム社

架空裸電線の電流容量に関する諸問題

今 西 周 藏 京 兼 純

Some Problems on Current Carrying Capacity of Over Head Bar Conductor

Shūzō IMANISHI, Jun KYŌKANE

Abstract. This paper describes experimental investigation on current carrying capacity of over head bar conductor.

- (1) Short time 1~30min current duration for single conductor.
- (2) Thermal interaction for two conductor vertical arrangement.

概 要

本文は架空裸電線に関して、(1) 1~30分間程度の短時間電流容量と、(2) 2本の電線が、上下に置かれた場合の、相互の熱干渉、などについて実験した結果を述べている。

1. 電流容量の算定法に関するこれまでの概要

架空裸電線の許容最大電流（電流容量と言う）は、電線材料である硬銅線や硬アルミニウム線の加熱軟化温度が、加熱時間に関係するので、通電時間の長さによって、(1)長時間電流容量、(2)短時間電流容量、および(3)瞬時電流容量の三つに分けて考えられている。このうち(1)(3)の算定法については、実用上は明らかになっているが、(2)については定説がない。それゆえ、ここで、先ず(1)(3)の概要を述べて、(2)の位置づけをしたい。

(1) 長時間電流容量の算定法

この場合の算定式は次式で与えられる。

$$I = \sqrt{\frac{\pi D(\theta - \theta_a)}{R_0} \left\{ h_w + \left(h_r - \frac{W_s}{\pi(\theta - \theta_a)} \right) \eta \right\}} \quad \dots\dots(1)$$

ここに、 D は電線の直径、 θ は許容最高温度、 R_0 は温度 θ における電線の電気抵抗、 θ_a は周囲の空気

温度、 h_w は風による放熱係数、 h_r は放射による放熱係数、 W_s は太陽熱、 η は表面の相対熱放射係数。

さて、最高許容温度は、通電加熱時間が長いほど、低くなる性質があるので、先ず時間を定めねばならない。通常、事故時に、潮流制御に要する時間は昔は30分程度が見込まれ、その間、電線は過電流に耐えねばならない、との考えがあった。しかし長年月にわたって、しばしば、このような過電流による加熱が繰り返されると、劣化が進行する心配があるので、さらに長時間におよぶ実験の結果、最高温度を90℃にすれば、 $10^3 \sim 10^4$ 時間程度でも劣化は10%以下におさえられることがわかった。

(2) 瞬時電流容量の算定法

電力系統の短絡事故により、電線に大電流が流れた場合は、通電時間が普通1秒以内であり、熱放射が比較的小さく、発生熱量の大部分が電線内部に蓄積されると考えると、次式が得られる。

$$i = \frac{I}{A} = \frac{K}{\sqrt{t}} \quad \dots\dots(2)$$
$$K = \sqrt{\frac{c\delta}{\alpha\rho} \log_e \left\{ 1 + \alpha(\theta - \theta_a) \right\}}$$

ここに、 i は電流密度、 t は通電時間、 C は電線の比熱、 δ は密度、 α は電気抵抗の温度係数、 ρ は電気抵抗率。

通電を停止すれば電線の温度は除々に降下する。このような極く短い加熱時間に対する軟化温度は別の金属学的な実験によると、硬銅線では 200℃、硬アルミニウム線では 180℃である。これを(2)式に入れると、 K は電線材料の固有の値となる。尚、筆者は K の値を別に実験的に求めているが、ここでは略する。

(3) 短時間電流量に関するこれまでの考え方

30分以内の比較的短時間通電する場合は、温度上昇中の過渡状態で、電線表面からの熱放散を考えねばならない。(1)式から

$$I^2 R_0 + W_s D \eta = c \delta \frac{d\theta}{dt} + (h_w + h_r \eta) \pi D$$

となり、ある時間 t における温度上昇 (変化分) θ の概算値は、

$$\theta = \theta_f \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right\} \quad \dots\dots(3)$$

となる。ここに、 θ_f は温度上昇(変化分)の最終値で、予め(1)式から I と θ_f の関係を求めて置けばわかる。しかし(1) R_0 , h_w , h_r は温度によって変化すること、(2)電線内部の半径方向の温度分布が一樣でないこと、特に鋼心アルミニウム撚り線では鋼心の熱的作用が複雑であること、などのために、上式の熱的時定数 τ の算定が困難である。それゆえ、これまでの方法では(1)に対して、温度は 40~110℃の間の適当な値を仮定し、(2)に対しては、温度分布は一樣であると仮定している。

2. 短時間電流量に関する筆者らの実験

筆者らは、(1)過渡的溫度上昇曲線の時定数の実測と、(2)短時間の通電加熱による硬銅線の軟化条件を求める実験を行った。

(1) 熱的時定数の実測

電線は長さ数m、静穏な室内で、床上約 1m の高さで水平に置く、温度は撚り線の最外層素線の内面を熱電対によって測定した。実験に用いた電線は、(1)硬銅撚り線では直径 10.0~20.7mm、硬アルミニウム撚り線および鋼心アルミニウム撚り線では直径 25.3~34.2mm の 8 種類である。実験に際して、(1)撚り線を構成する各素線に等しい電流が分流すること、(2)表面の色がうす黒くややすす(煤)けた状態に保つこと、(3)空気を静穏に保つこと、などに注意を払った。温度上昇(変化分) θ_f は 50~70℃の程度である。

実験の結果を θ/θ_f の形であらわすと、図 1 のようである。すなわち、ここに用いた電線の範囲内では、特性に大きな違いはなく、曲線は(3)式で近似でき、 $\tau=22\sim26$ 分である。

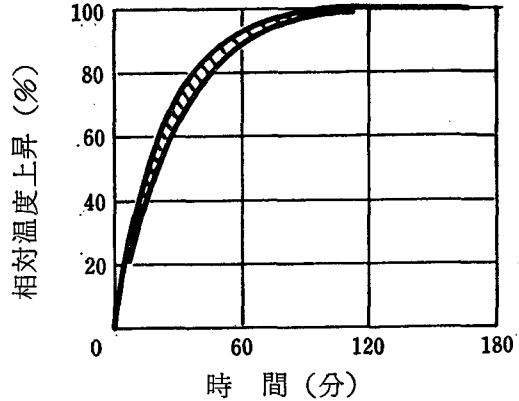


図 1 一定電流による電線の温度上昇と時間との関係

しかし、電線の材質、構造、直径、温度のもっと広い範囲に対しては、今後の研究に待ちたい。

(2) 短時間通電による硬銅線の軟化条件の実測

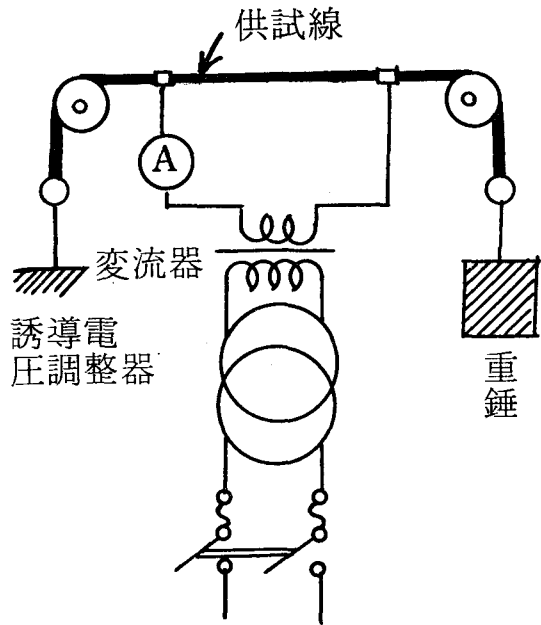


図 2 通電接続図

図 2 のように、直径 1mm、長さ約 2m の硬銅線を、床上約 1m の高さで水平に張り、破断荷重の約 1/4、9kg の一定張力を加えながら通電加熱した。

温度の測定は細い熱電対を用い、且つ、誤差を小さくするように入念に注意した。図 3 は一定電流に対する温度上昇の時間的変化の実測値を、また図 4 は電流の自乗と最終温度上昇との関係を、夫々示した。

通電時間は 20 秒、1 分、10 分、30 分の 4 種類とし、通

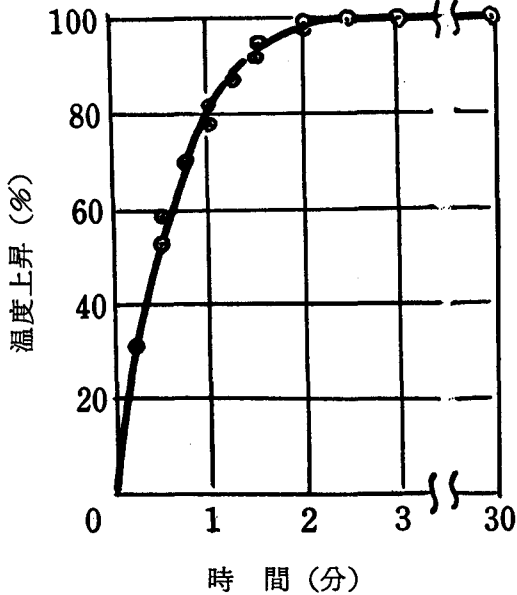


図3 一定電流による供試線の温度上昇

電流の大きさを種々変えて見た。

通電後、供試線を取り外して、簡易な引張試験機にかけ破断荷重（抗張荷重）を測定した。実験の結果を、図5のように、電流密度の自乗と破断荷重の相対値との関係であらわして見た。また併記した伸びの値は、普通に言われている破断時のものではなく、温度上昇中の線膨脹と軟化によるものである。

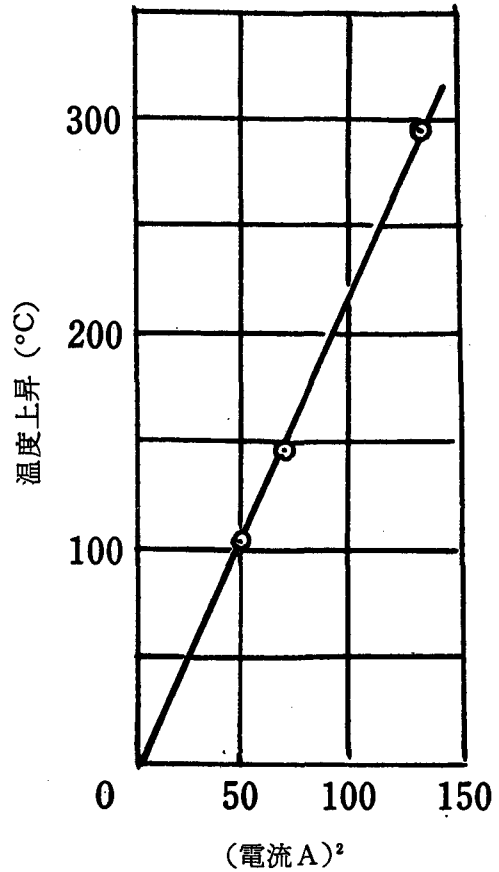


図4 電流の大きさと温度上昇最終値との関係

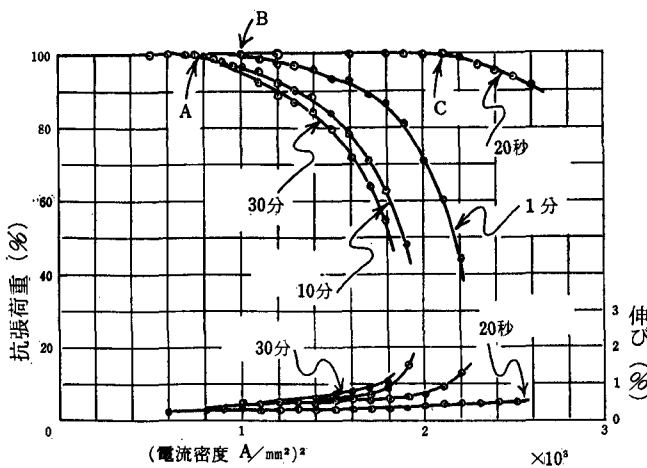


図5 電流の大きさと軟化の関係

通電加熱時間が20秒～30分の範囲では大差なく、127～122℃の程度であり、時間の長いものが低くなっている。このような軟化特性は、硬銅線の、工場における製造中の加工度によって異なると思われるが、ここに使用した供試銅線の抗張荷重は筆者の実測では45kgで、JIS規格36.13kg以上のものである。

(3) 短時間電流量の算定法

筆者らの実験結果を、電流量算定の立場からまとめると、

(a)電線の許容最高温度は通電加熱時間が長いほど低くなること。1～30分程度では、硬銅線は120℃程度であること。硬アルミニウム線については実験しなかったが(1)、(2)から見て110℃程度と考え

図5から軟化開始点A, B, Cが得られ、この時の温度は図3、図4から得られる。その結果、軟化温度は、

られる。

(b)(1)式により 予め種々の θ_f とそれに対応する I との関係

係曲線を作って置く。

(c)(3)式において $\tau=22\sim 26$ 分と置き、許容最高温度 θ と θ_f との比 θ/θ_f と時間 t (分) との関係曲線を作って置く。

そうすれば、任意のある過電流 I に対する θ_f が(b)より求まるので、(a)の許容最高温度との比 θ/θ_f が定まり、(c)よりそれに対応する許容時間 t が求まる。このようにして、許容電流 I と許容通電時間 t との関係曲線を作って置けばよい。

3. 上下に配置された2本の電線の熱干渉について

発電所の大電流母線では、1本の太い電線よりも、細い電線を2本またはそれ以上使用した方が、電流容量を大きくとり得る利点がある。その場合に、電線相互の熱干渉、特に対流による影響を避けるために、普通は、2本の電線は水平に配置し、相互の中心間隔は、電流の近接効果もあわせて考慮して、電線直径の3倍以上にとられる。しかし、電線支持物の都合によって、図6のよ

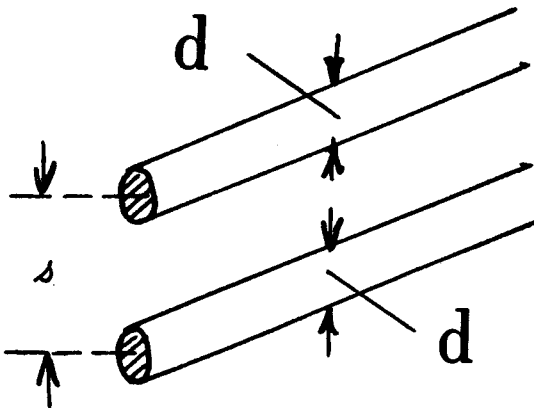


図6 電線2本の垂直配置

うに上下に配置したい場合がある。その際、相互間隔をいくらにとればよいか、筆者らは実験的に研究して見た。その結果、電線の直径が21~33mmの範囲では、直径の3倍以上あればよいことがわかった、ここにその概要を述べている。

(1) 実験の方法

約1.3m立方のビニールシート張りの密閉した箱の中に、電線のかわりに、長さ1.2mの鉄管2本を図6のように吊した。鉄管の外径は33, 25, 21mmの3種類で、同種のを夫々2本づつ用いた。鉄管の内部にはガラス管を入れ、その内部には電熱線を密に巻いて入れ、そ

の電気的入力によって温度を制御した。鉄管の表面の色は、黒色、白色、鉄のままの3種類について実験した。

鉄管表面の軸方向の温度分布はほぼ一様で、また鉄管の上面と下面との間に小さな温度差が生じたが、これら6ヶ所、12点の平均温度をもってあらわすことにした。

(2) 実験結果の要約

(a)下部鉄管のみ通電した場合の上部鉄管の温度上昇

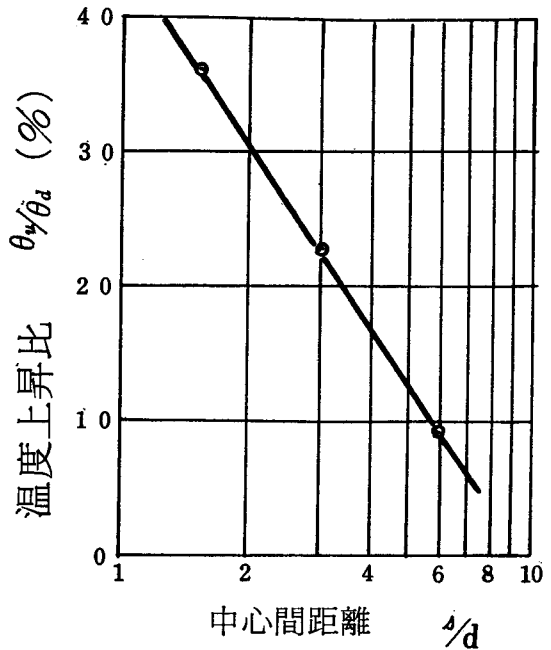


図7 下部鉄管のみ加熱した時の上部鉄管の温度上昇

図7は下部鉄管のみ通電した場合に、上部鉄管が下部鉄管によってあたためられるので、その温度上昇値(周囲の気温との差) θ_u を、下部鉄管の温度上昇値(周囲の気温との差) θ_d との比で相対的にあらわしたものである。これを実験式であらわすと、

$$\frac{\theta_u}{\theta_d} = A - B \log \frac{s}{d} \quad \dots\dots(4)$$

の形となり、この特性は $\theta_d=30\sim 70^\circ\text{C}$ の範囲に対してほとんど変わらない。

(b)上下両鉄管に通電した場合の上部鉄管の温度上昇、

まず、(i)鉄管1本が単独にある場合の、ある一定の電気的入力に対する鉄管の温度上昇 θ_1 を測定し、次に(ii)上下2本の鉄管がある場合に、双方に上と同じ電気的入力を与えた時の、上部鉄管の温度上昇 θ_2 を測定する。そうすれば、(iii) $\theta_2 - \theta_1$ は鉄管が2本になったための影響である。

その結果は図8の通りであって、(iv)両管の中心間距

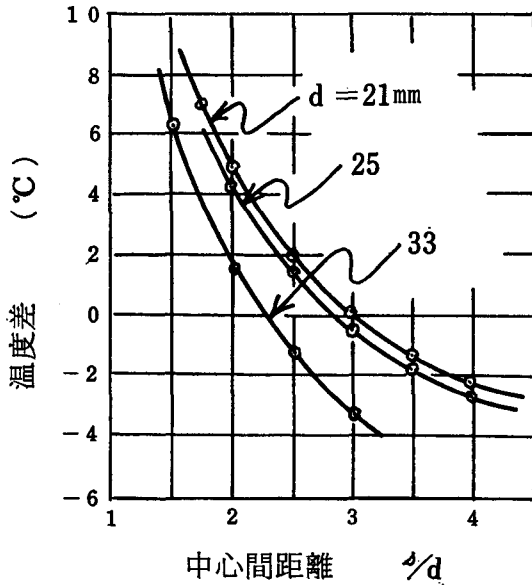


図8 上下両鉄管を加熱した時、上部鉄管の温度と、1本単独の場合の温度との差

離と管の直径との比が3以下では温度が高くなり、3以上では温度が、がえて低くなる。後者は対流による放熱作用が、鉄管が1本の場合よりも2本の場合の方が、わずかではあるが増加するためであろうと思われる。両管の距離が更に増大すれば、その効果が次第に小さくなることは言うまでもない。

4. あとがき

架空裸電線の電流容量については、未だ残る問題もあるが、とりあえず、1~30分間程度の短時間電流容量と、2本の電線を上下に配置した場合の熱干渉について実験的に研究した。これらは、当校卒業生武村彰、喜多栄一、村本和芳、半田実の諸君の卒業研究の一部を摘記したものであることを付記し、諸君の活躍を祈る次第である。

衝撃転流PWM方式3相逆変換器の ゲート制御回路(VVVF)

井 村 栄 仁

Firing-control Circuit for a 3-phase Inverter of the PWM type
with Impulse-commutated Circuit (VVVF)

Shigeji IMURA

This paper is described on a firing-control circuit for a 3-phase inverter of the PWM type with impulse-commutated circuit. By using this circuit, it is able to control not only output voltage, but also output frequency of the inverter. The principle adopted here is to compare a sawtooth, the emitter voltage of the simple u. j. t oscillator with a variable d.c level. Some basic circuits used to realize the firing-control circuit are comparators and logic circuits. The controlling range is 60° — 180° in output voltage and 30—120Hz in output frequency. Some wave forms in the circuit are shown.

1. ま え が き

直交変換器としての逆変換器(インバータ)は、近年、交流機器の制御装置として目ざましい発展を遂げつつある。逆変換器の主体となる素子は、従来の水銀整流器からサイリスタへと移り変わり、それに伴って高速、小型軽量、堅固、高信頼性、保守容易な制御装置の開発が可能となったことによる。そして今や、種々の逆変換器のなかでも出力に対する安定した転流を期待できるPWM方式逆変換器が主流をなしている。反面、サイリスタそのものの特質上、転流回路を必要とし、逆変換器を制御装置として正しく動作させるには、ゲート制御回路が複雑化する。特にPWM方式では素子(サイリスタ)の数が増すので、ゲート制御回路の構成には十分な考慮を払わねばならない。

本報告では衝撃転流PWM方式三相逆変換器をとりあげ、これに出力だけでなく、周波数も制御可能な性能を付与するためのゲート制御回路について述べる。これは以下に論ずるように、単接合トランジスタ(UJT)のエミッタ電位を取り出し、これを比較回路への一入力としてその出力と、他方UJTのベース出力により駆動されたリングカウンタの出力とを論理回路で合成すれば実

現できる。試作したゲート制御回路の特徴は、遅延回路としての単安定マルチは使用しなかったこと、最初にA-A変換を行い、その後、論理的なパルス合成を行ったので正確な位相差とパルス巾とを有するゲート信号が得られたこと、および回路構成が簡素化されたことなどを挙げる事ができる。尚、制御範囲に関しては、主ゲート信号巾が 60° — 120° 、周波数可変領域が約30Hz—120Hzのものとした。(1)

2. 衝撃転流PWM方式三相逆変換器

図1に衝撃転流PWM方式三相逆変換器を示す。 S_i ($i=1\sim 6$)は主サイリスタ、 S'_i ($i=1\sim 6$)は補助サイリスタを表わす。この回路で一定周波数において出力制御を行うには、図2のゲート信号が必要である。主ゲート信号 G_i ($i=1\sim 6$)の時間巾 τ は、 $T/6 < \tau < T/2$ で可変でなければならない。ここに T は、逆変換器の一周期である。出力電圧は、抵抗負荷の場合、入力直流電圧の0—82% (理論値)の範囲で制御される(2)。周波数制御も実行したい場合には、全体の周期を可変にすればよい。転流回路を成す L_i 、 C_i は、それぞれ転流リアクトルおよび転流コンデンサと呼ばれ、逆変換器の最大出力と最高周波数を仮定すれば理論的にそれらの最適

値が定められる⁽³⁾。 D_i ($i = 1 \sim 6$) は帰還ダイオードであって、転流回路の一部を形成するとともに、負荷が

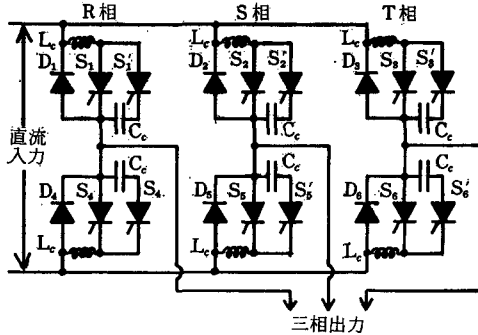


図1 PWM三相逆変換器

相	サイリスタ	ゲート信号の記号	ゲート信号		
			O	T 12	T
R	S_1	G_1	■		
	S_2	G_2		■	
	S_3	G_3			■
	S_4	G_4	■		
	S_5	G_5		■	
	S_6	G_6			■
S	S_3	G_3		■	
	S_4	G_4	■		
	S_5	G_5		■	
	S_6	G_6			■
	S_1	G_1	■		
	S_2	G_2		■	
T	S_5	G_5		■	
	S_6	G_6			■
	S_1	G_1	■		
	S_2	G_2		■	
	S_3	G_3			■
	S_4	G_4	■		

図2 ゲート信号

誘導性または容量性であるときにも安定な逆変換器動作と出力波形の改善とに寄与するものである。特に低力率においては、実際に負荷の蓄積エネルギーを電源に帰還する役割を果たす。本逆変換器は、今述べたように、出力の制御に際してパルス巾制御方式をとるのであって、直流入力電圧を変化する必要がなく、従って、より安定した転流が期待できるので、逆変換器の主流となった。

3. ゲート制御回路とその構成原理

ゲート回路は逆変換器本体とともに多種多様であるが、ここでは前記のとおり、衝撃転流PWM方式三相逆変換器(図1)に対して、図2のゲート信号を発生するゲート制御回路の構成原理について論ずる。まず、このゲート制御回路の具備すべき条件を列挙すれば

- (a) 定められた順序どおりのゲート信号を発生すること。
- (b) サイリスタを駆動するのに十分なパワーを有すること。
- (c) 各ゲート信号は、電気的に絶縁されていること。
- (d) 各ゲート信号は、正確な位相差と等しい巾をもった矩形波であること。

- (e) 各ゲート信号巾 τ は、一周期 T に対して $T/6 < \tau < T/2$ で可変であること。

- (f) 周波数制御の場合にも条件(d)および(e)が満たされていること。

などで、特に最後の条件(f)が最も重要である。条件(f)を満たすためには、明らかに、時定数の上限の決まっている単安定マルチは利用できない。これについてはA-A変換回路(比較回路)が有力である。条件(a)を満足させるには、分周回路である六段リングカウンタが一般に用いられる。条件(d), (e)については、A-A変換回路の出力とリングカウンタの出力とを論理回路(AND, OR, NOT回路)で合成する。また、ゲート回路の出力にパルス幅を用いることは、条件(c)に適合するけれども、筆者らが指摘したように⁽⁴⁾、このとき、適当なデューティ比のキャリアで主ゲート信号を變調する必要がある。以上の構成原理に基づくゲート制御回路のブロック図を図3に示す。そこでの微分回路は、補助サイリスタ S'_i ($i = 1 \sim 6$) のゲート信号を得るためのものである。

4. ゲート制御回路の構成

ここでは図3のブロック図を参照し、3項で記述したいくつかの条件を満足させるゲート制御回路の各部の構成について考察する。主発振回路、比較回路、AND回路、OR回路、変調回路および微分回路の順に述べ、最後に一相当たりの全回路図を与える。図4は主発振回路

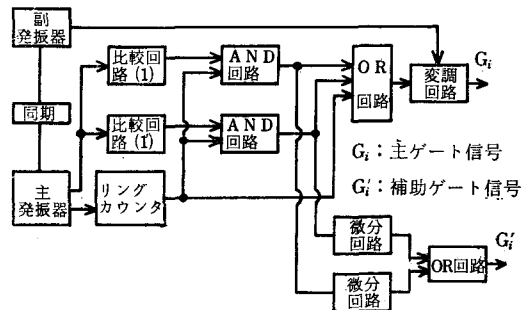


図3 試作ゲート回路のブロック図

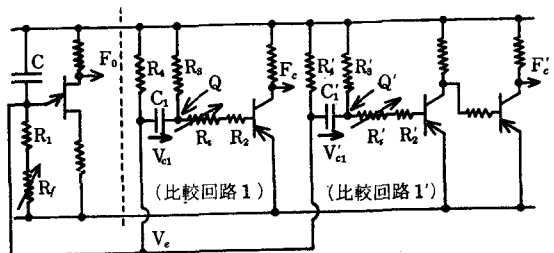


図4 主発振回路と比較回路

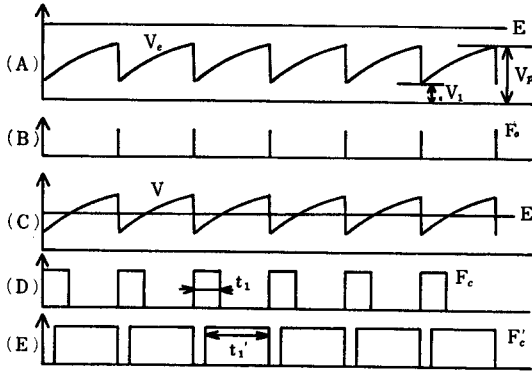


図5 ゲート回路各部の波形

と比較回路であり、対応する各部の波形を示したものが図5である。単接合トランジスタの発振周波数 f は

$$f = C(R_f + R_1) \log 1 / (1 - \eta) \dots\dots\dots(1)$$

で、ここに η は使用する単接合トランジスタが有するピーク電圧 V_p 、谷点電圧 V_1 (図5-(A)参照) によってきまるスタンドオフ比と呼ばれるもので、普通、

$$\eta = 0.47 \sim 0.75 \dots\dots\dots(2)$$

の範囲にある。図4で、破線より右の比較回路1、1'において主発振回路から見たインピーダンスが、十分大であるように $R_3, R_4; R'_3, R'_4$ を選んでおく。コンデンサ C_1, C'_1 は、ほぼ直流電圧 V_{c1}, V'_{c1} に充電され、 Q, Q' 点の電位を V, V' とすれば、

$$\left\{ \begin{array}{l} V = V_E + V_{c1} \\ V' = V_E + V'_{c1} \end{array} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

となる。ここに V_E は単接合トランジスタのエミッタ電位であり、図5-(A)に示してある。直流電圧 V_{c1}, V'_{c1} の大きさは、可変抵抗 R_r, R'_r によって、それぞれ独立

$$\left. \begin{array}{l} E - V_p < V_{c1} < E - V_1 \\ E - V_p < V'_{c1} < E - V_1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

を満たすように設定する。この結果、比較回路の出力として図5-(D)および(E)を得る。主発振回路の周期を、 $T_1 = 1/f$ とするとき τ_1, τ'_1 はそれぞれ独立に、 $0 < \tau_1 < T_1, 0 < \tau'_1 < T_1$ の間で可変である。この場合、 F_c の立ち上がり、および F'_c の立ち下がりが F_0 と一致する。さて図2の主ゲート信号巾 τ は、条件(e)のとおり逆変換器の一周期 T に対して $T/6 < \tau < T/2$ であるが、六段のリングカウンタを分周回路として用いるときには、 $6T_1 = T$ となり、

$$T_1 < \tau < 3T_1 \dots\dots\dots(5)$$

と書き直せる。これを

$$\tau = \tau'_1 + T_1 + \tau_1$$

$$(0 < \tau'_1 < T_1, 0 < \tau_1 < T_1) \dots\dots\dots(5')$$

と分解すれば、(5)'は(5)の条件と同一と見られる。リングカウンタは信号 F_0 により駆動される六個のフリップフロップより成り、各フリップフロップは、 F_0 の六周期 ($6T_1 = T$) ごとに巾 T_1 のパルスが発生する。今六個のフリップフロップが時間的に $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$ の順で動作しているとしよう(図6参照)。信号 F_6 と F'_c の論理積および信号 F_2 と F_c との論理積により作られる信号の時間巾は、それぞれ(5)'の τ'_1 および τ_1 を与える。今回の試作で用いた論理積回路(AND回路)の基

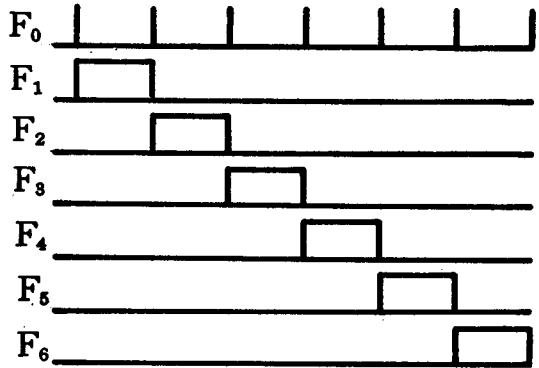


図6 リングカウンタ出力

本構成とその真理値表をそれぞれ図7および表1に挙げておく。次いで、信号 F_6 と F'_c との論理積、信号 F_1 および信号 F_2 と F_c との論理積という三つの信号の論理和を実現すれば、主サイリスタ S_1 のゲート信号 G_1 が得

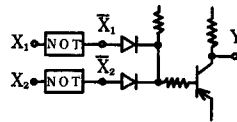


図7 論理積回路

入 力	出 力	論理式	
X_1, X_2	\bar{X}_1, \bar{X}_2	Y	$X_1 \cdot X_2$
0 0	1 1	0	0
0 1	1 0	0	0
1 0	0 1	0	0
1 1	0 0	1	1

表1 論理積回路の真理値表

られることになる。図8および表2は論理和回路(OR回路)とその真理値表である。 S_4 のゲート信号 G_4 は G_1 とちょうど 180° の位相差を有するので、 F_6 に F_3 を、 F_1 に F_4 をそして F_2 に F_5 を代用すればよい。パルストランスを通さないとなれば、これでR相の主ゲート信号は完成したのであるが、条件(e)により、このままでは所望のゲート信号とはならない。即ち、パルストランスの周波数応答が低周波において悪く、特に巾の長いパルスは

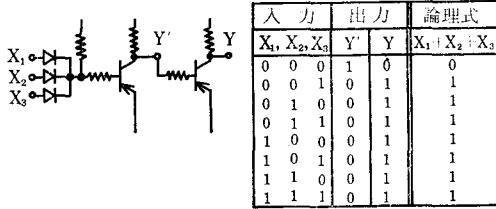


図 8 論理和回路

表 2 論理和回路の真理値表

パルストランス二次側においてくずれるからである。これを防止するには、適当な周波数のキャリアで変調することが効果的である。ただし、変調された信号を単一の矩形波と等価とみなすためには、サイリスタのターンオン時間およびターンオフ時間を考慮して、キャリアのデューティ比を決める必要がある。キャリアの周波数の上限はターンオン時間の制限を受け、デューティ比はターンオン、ターンオフ両時間に影響される。変調回路は、副発振器出力と矩形波の主ゲート信号との論理積回路にほかならない。副発振器周波数は約 30 KHz で、デューティ比は 0.7 前後とした。

主サイリスタ S_1, S_4 に対する補助サイリスタ S_1', S_4' のゲート信号 G_1', G_4' は、以下のようにして作る。まず主サイリスタ S_4 のゲート信号 G_4 を微分して得られるパルスのうち、正のパルスをダイオードでとり出し、同様に S_1 のゲート信号 G_1 を反転して微分し、その正のパルスを取り出して、これらの両者のパルスを論理和回路で合成する。ダイオードの働きは、正の微分パルスを通し負のパルスを阻止するとともに、入力間の干渉を阻止することにある。尚、当然ながら、微分回路への入力、変調される以前の主ゲート信号である。図 9 に微分回路——論理和回路を含めて——の実例を示す。ただし図 9 で \bar{G}_1 などは、主サイリスタ S_1 のゲート信号 G_1 を反転したものである。こうして、R 相の全ゲート回路が構成できたので、その回路図を図 10 に挙げておく。実際には

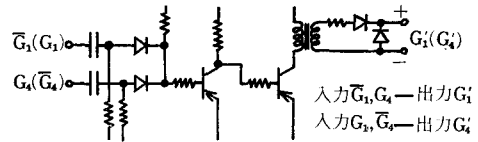


図 9 微分回路と R 相補助ゲート信号

次に述べるように、技術上の諸問題が生じた。まず F_6 と F_c との論理積を作る過程において図 5-(A) にみられるように、単接合トランジスタのエミッタ電位は、ピーク電圧 V_P から谷点電圧 V_1 に移るに際し有限の時間 (約 $10 \mu \text{ sec}$ 程度) を要する。このことは、論理積回路の出力に余分のスパイクを生ずる結果となる。これを除去するために、図 10 の論理積回路にもう一つの入力を加えなければならず、同図のダイオード D_K を通じて信号 F_K を印加する。 F_K は実質的には、信号 F_0 と同一であるとみてよい。ところが論理積回路に F_K を付加すると、今度はその次の論理和回路において、 F_1 と、 F_2 と F_c の論理積との間に落込みができる。この落込みを整形するために、 C_P なるコンデンサを論理和回路の入力部に挿入してある。コンデンサ電圧は瞬間には変化できないので、その電圧が次段のトランジスタのベースに作用して、OFF から ON 状態へ移項するのを防ぎ、落込みを消去している。S 相、T 相のゲート回路の構成は R 相とまったく同様で、各信号の位相差と逆変換器本体の相回転とを考慮して各信号を分配するのである。図 11 にゲート回路各部の実測波形を与える。(1) の比較回路出力では、(1)、(2) および (3) の順にそれぞれ図 4 における F_0 、点 Q の電位 V および V_{C1} である。(2) では (1)、(2)、(3)、および (4) の順に F_6 と F_c との論理積、 F_1 、 F_2 と F_c との論理積およびこれら 三つの論理和即ち主ゲート信号 G_1 となっている。(3) はパルストランス二次側の負荷時における主ゲート信号で、(1)、(2) および (3) の順にそれぞれ

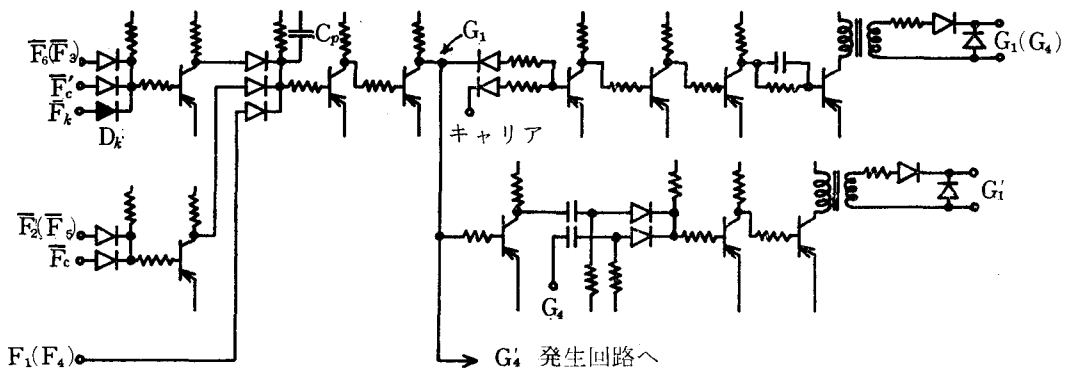


図 10 R 相ゲート制御回路

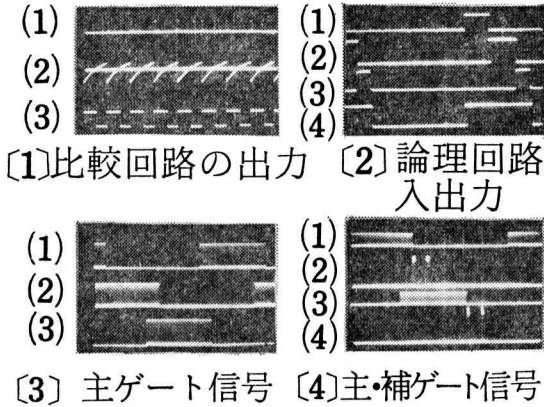


図11 各部の波形 (2ms/div)

G_1, G_2 および G_3 を表わす。[4]は(1), (2), (3)および(4)の順にそれぞれR相のゲート信号 G_1, G'_1, S 相の G_2, G'_2 を示す。

5. む す び

三相逆変換器のゲート制御回路には多くの形態があり、三相交流と同期させるためにゲート回路の電源に三相全波整流を用いたものもある⁽⁵⁾。一方、逆変換器本来の意義の一つに、これを独立した電源とみることができ、特に電気機器の周波数制御に対しては独立の電源となる。本報告では後者の立場から、衝撃転流PWM方式三相逆変換器のゲート制御回路について、構成原理および実際の回路構成を述べ、従来、出力制御が主な目的であったPWM逆変換器に周波数制御機能を付与できることを示した。試作回路の特徴は既述のように、A-A変換を行い、後に論理合成を行った結果、ゲート信号の正確な位相差、時間巾を得た。リングカウンタを核とするパ

ルス信号の合成により、三相ともに対称な回路構成が実現できることは大きな利点といえる。パルス巾制御だけに用いられる遅延回路としての単安定マルチは用いなかったが、現在ではゲート回路に不可欠の要素である単接合トランジスタのエミッタ電位を有効に利用することにより⁽⁶⁾、簡単な比較回路で所期の目的を達成できた。今回、試作したゲート回路の制御範囲は主に商用周波数前後のもので、出力については主ゲート記号巾 $60^\circ \sim 180^\circ$ 、周波数30Hz~120Hzである。この種の逆変換器の出力制御に対してゲート信号巾が $60^\circ \sim 180^\circ$ であるということは、理論的な全制御範囲を満たすものである。また、周波数については、原理的に任意の周波数領域まで広げることが容易である。今後の問題として、UJTのエミッタ電位でなく三角波を利用して制御範囲の直線性向上、本ゲート回路にフィードバック機能を持たせること、などが考えられる。

おわりに、日頃よりお世話になっている本学電気工学科山中正直教授、回路部品などで便宜をはかっていただいた同高橋晴雄助教授、宮田正幸講師、山内雅好助手ならびに、いろいろお手伝い下さった山本善啓技官に深謝致します。

文 献

- (1) 井村, 山中, 古沢他: 電気学会全国 (昭50/4)
- (2) 井村: 奈良高専研究紀要 第7号 (昭46)
- (3) 井村: 奈良高専研究紀要 第8号 (昭47)
- (4) 井村, 山中, 岡本他: 電気学会全国 (昭48/4)
- (5) 野中, 小山, 植山: 九大工学集報第43巻 第5号 (昭50/10)
- (6) M. DAVIS: Power Diode and Thyristor Circuits. pp. 239~252 (1971)

Constraction and Operation of Flashlamp-pumped Dye Laser

Jun KYOKANE, Shuzo IMANISHI,
Katumi YOSHINO* and Yoshio INUIISHI*

Abstract

The flashlamp-pumped dye laser was designed for exciting source of photoconductivity of the organic crystals. The laser is equiped with elliptical cavity, 5 μ F-30 KV capacitor, spark gap and air-filled linear flashlamp. The wavelength range were tuned from 580 $m\mu$ to 690 $m\mu$ with the use of several dye solution and of a grating. Laser was operated at a repetition rate of 6 ppm and output power was 640 mjoule untuned for rhodamine 6G.

1. Introduction

The most attractive point of dye laser is easily tunable over a wide range of wavelenghts.¹⁾ As the organic dye is known a thousands and the cost of lasing dye is comparatively small, proper dye selection is possible to tune at almost any wavelength from UV to near infrared.

Generally, an energy level diagram is useful for understanding dye laser operation. Fig. 1 shows an energy level diagram for a typical dye molecule. Solid lines indicate the radiative transition with respect to absorption and fluorescence processes and dotted lines indicate the nonradiative transition. The radiative transition between the S_0 and S_1 levels become optical excitation-stimulated emission. The fluorescence spectrum of lasing dye is a very fast lifetime (typically ≈ 1 nsec.). Therefore, dye laser is required the condition for a fast

population inversion between the S_0 and S_1 levels.

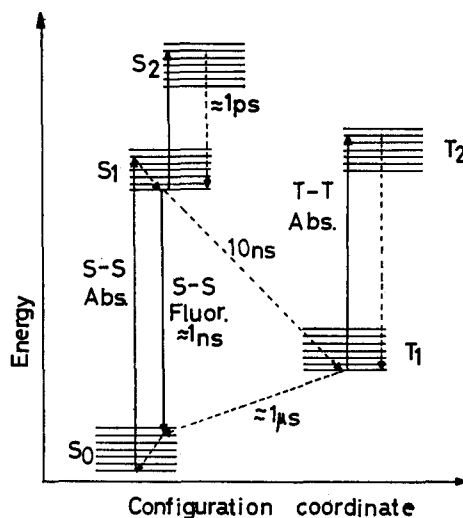


Fig. 1. Energy level diagram for a typical dye molecule.

*Faculty of Engineering, Osaka University

In the case of flashlamp-pumped dye laser, to satisfy a fast population inversion, pumping light pulse have to achieve a short risetime. If the pumping light has the long risetime and duration, triplet influence (S-T transition) come out, laser operation become imperfect.

Wavelength-selective resonators for dye lasers have been investigated by several workers.^{2,3)} We have designed wavelength-selective resonator type based on Bjorkholm *et al.* methods.⁴⁾

2. Experimental Techniques

Up to now several constructions for flashlamp-pumped dye laser have been reported.^{5,6,7,8)} We have constructed a laser structure which is simple. It was modified an elliptical cavity, designed for use with ruby laser, by connecting a low remainder-inductance capacitor in series with a spark gap to the air-filled linear flashlamp. It is shown in Fig. 2. To satisfy a fast population inversion between the S_0 and S_1 levels, we have built a low impedance for line operating as a pulse forming circuit. Because, in the circuit such as shown in Fig. 2, risetime of the pumping pulse τ_r is given by

$$\tau_r = \frac{1}{\left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}\right)^{1/2}} \sin^{-1}\left(1 - \frac{R^2C}{4L}\right)^{1/2}$$

where L is the reactance of the line and capacitor, C is the capacitor and R is the resistance of flashlamp. Therefore, as see from above equation, we have built a low impedance circuit in order to obtain a short risetime pulse.

The construction details of the laser system are as follows. The line is made of copper plate. Its dimension is; width, 70 mm; length, 100 mm; and thickness, 2 mm. The spark gap which is made of iron is shielded with acrylic resin. The two edges of the spark gap were

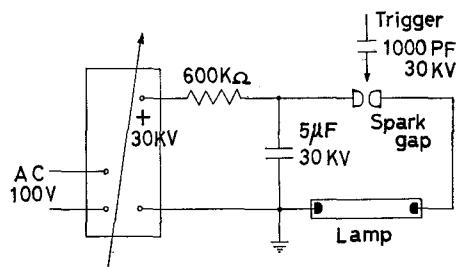


Fig. 2. Circuit diagram for spark gap triggered flashlamp.

mounted on the capacitor terminal and the flashlamp terminal. It is adjusted to trigger at 4 mm gap under the air. Fig. 3 shows a cross-section of dye laser head. An elliptical cavity is electrically connected with the other side terminal of capacitor by a copper plate. The dye cell of 8 mm inner diameter and the silica flashlamp of 6 mm inner diameter were fixed a cavity by O rings. Two pyrex-glass windows were glued to a cavity by araldite.

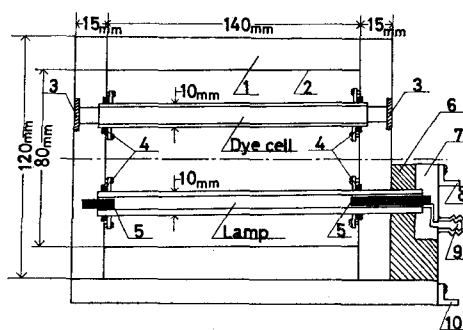


Fig. 3. Cross-section of dye laser head. 1 brass, 2 hardchrome coating, 3 windows, 4 O rings, 5 tungsten, 6 acrylic resin, 7 copper, 8 spark gap terminal (copper plate), 9 to vacuum pump, 10 capacitor terminal (copper plate).

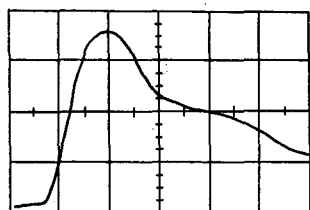
We have selected rhodamine 6G, rhodamine B and cresyly violet. They were dissolved in methyl-alcohol or ethyl-alcohol to $2\sim 5 \times 10^{-4}$ M / ℓ . These dye were purified by acid before dissolved. Dye solution was circulated in the dye cell with the use of a 20 ℓ /min Labo-

Pump. In the case of no grating, 99.5% mirror and 65% out put mirror were used. The wavelength was tuned with the use of a mirror-grating combination. The grating is 1200 line/mm, blaze wavelength 500 nm.

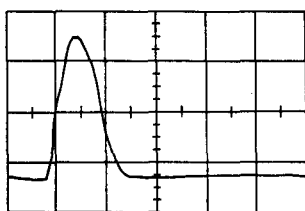
The laser pulses were detected by the (vacuum type) phototube (Hamamatsu R617) and 100 MHz synchroscop. Output power recorded on a dry calorimeter (Nihon-Kosyuha LDC-1K).

3. Experimental Results and Discussion

Typical waveforms of flashlamp-light pulse and laser pulse were shown in Fig. 4. Flashlamp-light pulses had a risetime of about 1.2 μ sec. Laser pulses with output power higher than 640 mJoule were obtained with the rhodamine 6G and no grating. These pulses had a time duration of about 1 μ sec. Thus we obtained a efficiency larger than about 0.1%. Recently, Russian workers obtain laser pulses of up to 150 joule output power.^{9,10)}



(A)



(B)

Fig. 4. Waveforms of flashlamp-light pulse (A) and laser pulse (B). Sweep speed: 1 μ sec/cm; vertical: 2 V/cm.

Following, we measured output power in case of argon and xenon instead of air-filled flashlamp. Output power were, however, of the same order of magnitude. Flashlamp pressure was varied between 0.8 and 30 torr. In this case, the efficiency was independently of pressure.

When laser operated during about 30 min. at a repetition rate of 6 ppm (air cooling), laser output power was stabilized. W. Schmidt *et al.* have been reported for 100 Hz pulse repetition frequency.¹¹⁾

The wavelength range were tuned from 580 $m\mu$ to 690 $m\mu$ with the use of several dye solution and of a grating. At present, the spectral range extends from 340 $m\mu$ in p-terphenyl to 850 $m\mu$ in DTTC.⁹⁾ To prevent the burning of a grating, we made use of a mirror-grating combination. While, in the use of a mirror-grating combination, several workers report for a reduction in the laser threshold.¹²⁾ But we have not measured output power. The spectral bandwidth was a few angstrom.

Acknowledgements

The authors are also indebted to S. Komai, K. Kanda, H. Ishii and T. Yoshimori for their assistance in experiments.

References

- 1) F. P. Schäfer *et al.*: "Dye Lasers" Springer-Verlag (1973)
- 2) B. H. Soffer and B. B. McFarland: Appl. Phys. Letters. 10, 226 (1967)
- 3) G. Yamaguchi *et al.*: Japan J. Appl. Phys. 7, 179 (1968)
- 4) J. E. Bjorkholm *et al.*: Optics Commun. 4, 283 (1971)
- 5) P. P. Sorokin and J.R. Lankard: IBM J. Res. Develop. 11, 130 (1967)
- 6) W. Schmidt and F. P. Schäfer: Z. Naturforsch. 22a, 1563 (1967)

- 7) H. W. Furumoto and H. L. Cecon: Appl. Optics **8**, 1613 (1969)
H. W. Furumoto and H. L. Cecon: J. Appl. Phys. **40**, 4204 (1969)
 - 8) M. Maeda and Y. Miyazoe: Japan J. Appl. Phys. **11**, 692 (1972)
 - 9) V. A. Alekseev *et al.*: Soviet J. Qunt. Electr. **1**, 643 (1972)
 - 10) F. N. Baltakov *et al.*: Sov. Phys. Tech. Phys. **17**, 1161 (1973)
 - 11) W. Schmidt: Laser **2**, 47 (1970)
-

光結合負性抵抗回路の基本特性

高橋 晴雄 山内 雅好

Fundamental Characteristics of An Optical-Coupled Negative-Resistance Circuit

Haruo TAKAHASHI

Masayoshi YAMAUCHI

Abstract

A negative-resistance circuit has been constructed with the combination of a NPN junction transistor, a light emitting PN diode and a NPN photo transistor.

This circuit shows a reversible negative-resistance characteristic at some positive voltage, and holds a facility to obtain external control optically.

This paper describes fundamental V-I characteristics controlled with bias resistances and external light signals, and a relaxation oscillator using this circuit.

あ ら ま し

ホトカブラと NPN ジャンクション・トランジスタを組み合わせて、トランジスタのコレクタ側からベース側への正帰還ループを光結合により構成すれば、S 形の負性抵抗電圧—電流特性を示す負性抵抗回路が実現できる。

本稿では、負性抵抗特性のブレイクオーバー電圧値、導通保持電圧値および導通保持電流値がバイアス抵抗により変化することを実験結果から示し、弛張発振器への応用例について述べている。

1. ま え が き

ホトカブラ (PC) は、発光ダイオード (LED) とホトトランジスタ (PT) の複号素子であり、入力側と出力側との電氣的な分離、信号の一方方向伝達特性の維持および整合に対する配慮の軽減等を主な目的として利用されている。

本稿で述べる光結合負性抵抗回路は、PC と NPN ジャンクション・トランジスタ (T_r) を組み合わせて、 T_r のコレクタからベースへの正帰還を光結合により構成して、S 形の負性抵抗電圧—電流特性を実現したもの

である。

一般に、SCR は S 形の負性抵抗特性を示すことが知られているけれども、ブレイクオーバー電圧、導通保持電圧および導通保持電流が素子の材質と製造過程で定まっており、印加電圧が増加する場合にしか負性抵抗特性を示さない。光結合負性抵抗回路は、 T_r のバイアス抵抗により、ブレイクオーバー電圧、導通保持点の電圧および電流の値が容易に所望の値に設定でき、しかも、回路が ON の状態にあるとき印加電圧を減少した場合にも負性抵抗特性を示す。また、外部光入力によりスイッチング動作を行なわせることも可能である。

以下本稿で、まず回路構成と動作原理の概要について説明し、つぎにブレイクオーバー電圧、導通保持点の電圧および電流の値がバイアス抵抗により変化する様子を実験結果から示し、さらに弛張発振器への応用例について述べる。

2. 基本回路の構成と特性

図 1 は光結合負性抵抗回路の基本回路構成を示したものである。印加電圧が増加すれば、バイアス抵抗 R_A 、 R_B により T_r のベース・エミッタ間電圧が増加し T_r のベース電流 I_B は増加する。 T_r のコレクタ電流 I_D によ

りLEDは発光し、発光量がある値以上になれば、PTのエミッタ電流 I_P が増加する。 I_B は I_P により増加するので、LEDの発光量はさらに増加する。このような光結合を含む正帰還ループにより T_r およびPTは飽和状態になり、負性抵抗回路はONの状態になる。

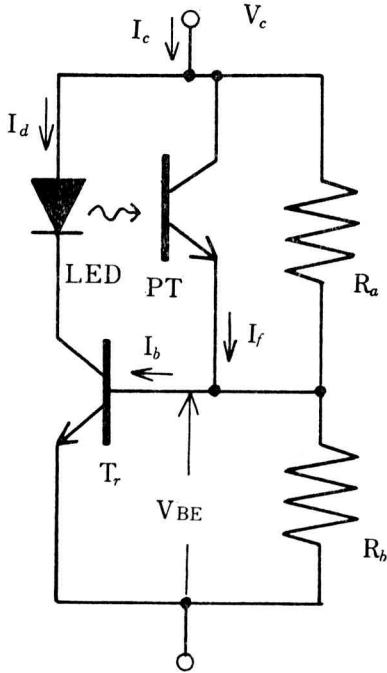


図1 光結合負性抵抗回路（基本回路）

一方、負性抵抗回路がONの状態にあるとき、印加電圧を減少させれば、 I_D は減少しLEDの発光量が低下する。発光量がある値以下になると I_P が減少し、したがって、 I_B が減少するので、LEDの発光量はさらに低下して、 T_r およびPTはしゃ断状態に転移し負性抵抗回路はOFFの状態になる。本回路は、一般のPNPN素子とは異なり可逆の負性抵抗特性を呈示する。⁽¹⁾

本回路における I_D と印加電圧 V_C の関係は、

$$I_D = \frac{\beta_1}{1 - \beta_1 \cdot K} \cdot \left\{ \frac{V_C}{R_A} - \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) \cdot V_{BE} \right\} \quad (1)$$

となる。⁽²⁾ここで、 β_1 は T_r の電流増幅率で、 K はPCの入出力の電流比で、 $K < 1$ である。印加電圧が小さい場合には $(1 - \beta_1 \cdot K) \approx 1$ で、 I_D は小さな値となり、印加電圧が大きい場合には $(1 - \beta_1 \cdot K) \approx 0$ となり、 I_D は外部により制限される電流となる。本回路のブレイクオーバー電圧 V_{ih} は、式(1)で I_D が不定値となることから求められ、

$$V_{ih} = \left(1 + \frac{R_A}{R_B} \right) \cdot V_{BE(S)} \quad (2)$$

となる。ここで、 $V_{BE(S)}$ は T_r のベース・エミッタ間飽和電圧である。

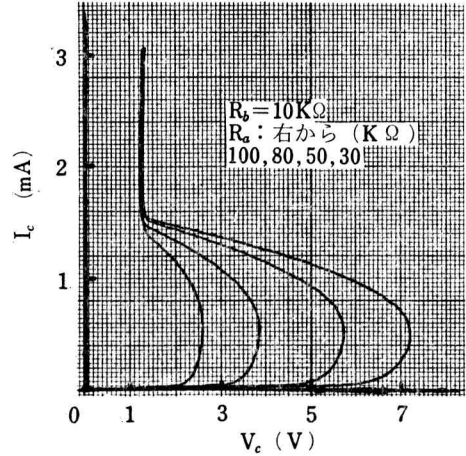


図2 R_A によるブレイクオーバー電圧の変化

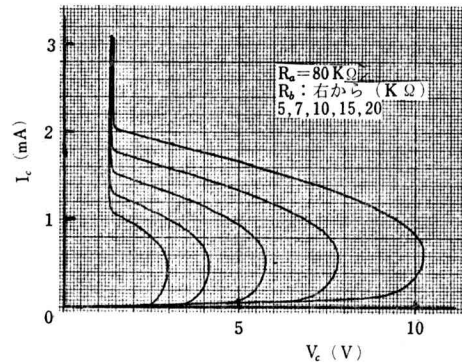


図3 R_B によるブレイクオーバー電圧の変化

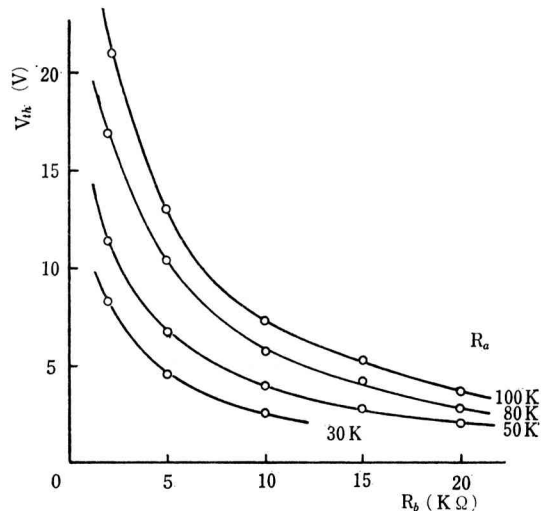


図4 R_B に対するブレイクオーバー電圧の変化

図2および図3は、 R_A 、 R_B をパラメータにした場合の電圧-電流特性を示したものである。 R_A 、 R_B ともにブレイクオーバー電圧に関係し、 R_B は導通保持電圧に関係することがわかる。図4は、 V_{th} と R_B の関係を実験的に求めたものであり、式(2)とより一致を示している。

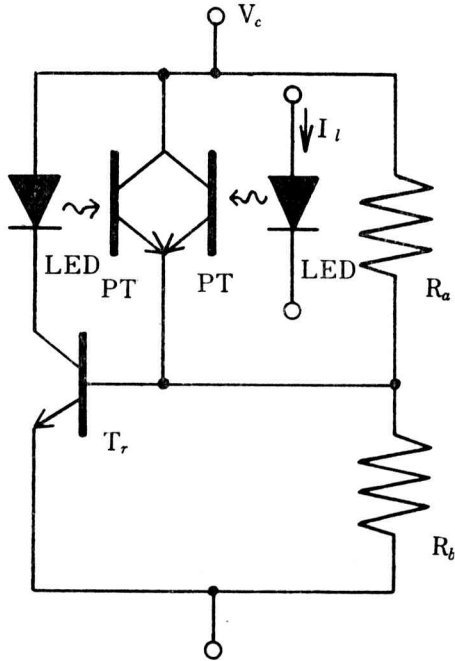


図5 外部光入力端子付負性抵抗回路

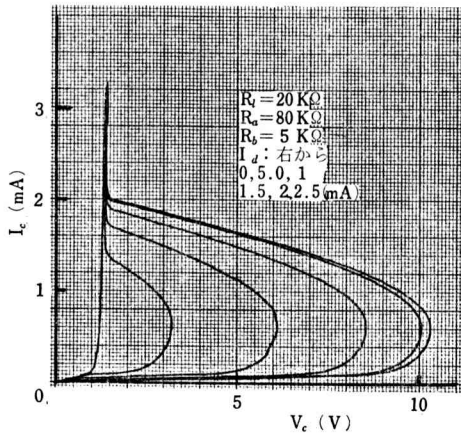


図6 光入力によるブレイクオーバー電圧の変化

図5は外部光入力端子を設けた回路を示したものであり、図6は外部光入力として用いたLEDの電流 I_L と V_{th} の関係を示したものである。(3)

3. 拡張回路とその特性

図7は、図1に示す基本回路にバイアス抵抗 R_C およ

び R_E を付加した拡張回路を示したものである。(4)

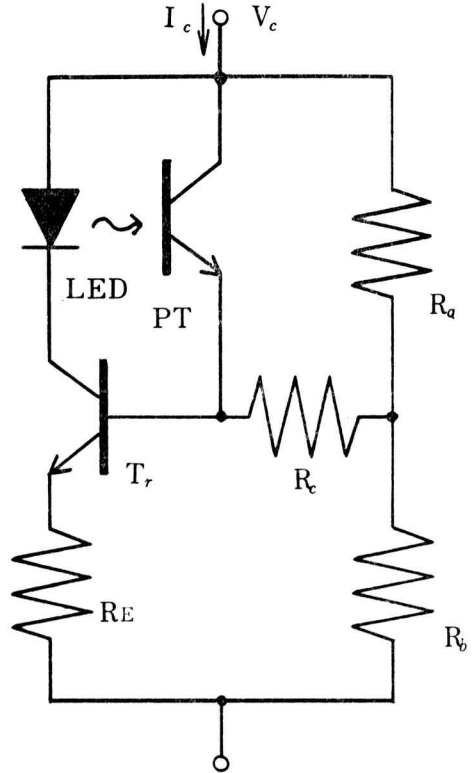


図7 光結合負性抵抗回路(拡張回路)

以下、 R_C および R_E によりブレイクオーバー電圧、導通保持電圧および導通保持電流が変化する様子についての測定結果を示す。図8および図9は、それぞれ、 R_C および R_E をパラメータにした場合の実験結果を示したものであり、図10は R_C および R_E を同時に変化させた場合について示したものである。

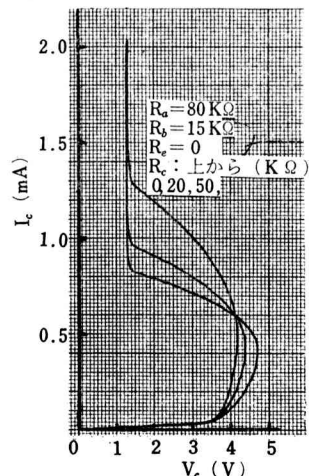


図8 R_C による導通保持電流値の変化

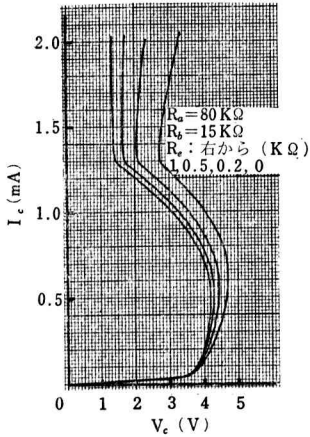


図9 R_E による導通保持電圧の変化

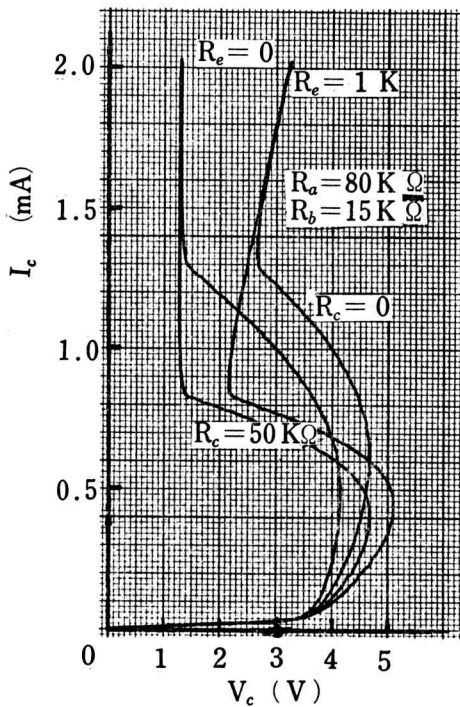


図10 R_C と R_E による特性の変化

以上の結果から、導通保持電圧値は R_E に関係し、導通保持電流値は R_C に依存していることがわかる。

したがって、拡張回路のバイアス抵抗の選択により希望の特性をもつ負性抵抗特性が容易に実現することが可能である。本回路の利用法としては、スイッチング動作、ブレイクオーバー電圧を基準値とした比較動作、負性抵抗を利用した発振動作および光信号検出等が考えられる。

4. し張発振器への応用

図11は、基本回路を用いて構成したし張発振器の構成

図と、基本回路の電圧—電流特性と負荷線の関係を示したものである。負荷線が負性抵抗部分で交わるように抵抗 R と電源電圧 V_{cc} を設定すれば、し張発振が起る。発振条件は、

$$V_{cc}/R < \beta, V_{cc} > V_{th} \quad (3)$$

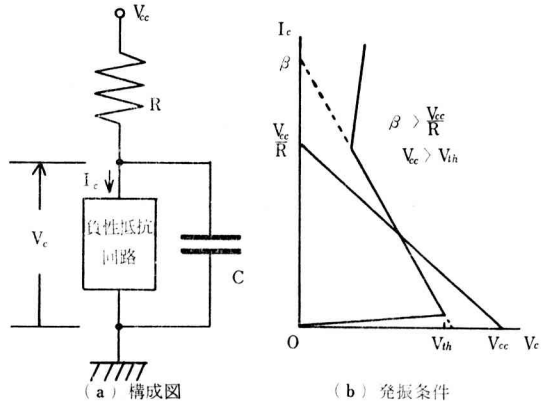
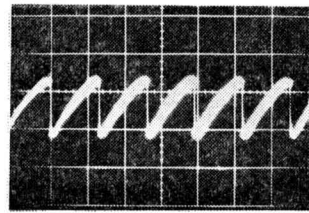


図11 し張発振器の構成と発振条件



H : 0.5ms/div
V : 5v/div
C = 0.15uf
R = 5 KΩ
V_{cc} = 20V
V_{th} = 12V

図12 し張発振波形の1例

を満足する必要がある。⁽⁵⁾

V_{cc} を投入すれば、負性抵抗回路は **OFF** の状態で、コンデンサ C の端子電圧 V_c は時定数 $R \cdot C$ で上昇し、 V_c が V_{th} 以上になれば負性抵抗回路は **ON** の状態になる。 C に充電された電荷が **ON** の状態にある負性抵抗回路を通じて、ほぼ瞬時に放電され、 V_c は導通保持電圧以下になり、回路は **OFF** の状態に戻る。再び C が時定数 $R \cdot C$ により充電され、し張発振が持続する。

負性抵抗回路の端子電圧 V_c は、**OFF** した瞬間を基準にすれば、時定数 $R \cdot C$ で上昇するので、

$$V_c = V_{cc} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right) \right\} \quad (4)$$

となる。 V_c が V_{th} に等しくなるときの時間 T が発振周期となるので、

$$T = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{V_{cc}}{V_{cc} - V_{th}}\right) \quad (5)$$

なる関係が求められる。⁽⁶⁾なお、負性抵抗回路のON時の抵抗はRに比して充分小さいとしている。

発振の振幅電圧は、ブレイクオーバー電圧と導通保持電圧の差となる。図12は、発振波形の1例を示したものである。⁽⁷⁾

5. むすび

本稿では、負性抵抗回路の構成と動作原理を述べ、負性抵抗特性がバイアス抵抗により変化する様子を実験結果から明らかにし、し張発振器への応用例を示した。

負性抵抗回路の基本特性についてまとめてみれば以下のようになる。

本負性抵抗回路は、

- (1) 簡単な回路構成で、バイアス抵抗により所望の負性抵抗特性が容易に実現できる。
- (2) 一般のSCRにない可逆の負性抵抗特性を示すので、シュミット動作、方形波発振が可能である。⁽⁸⁾
- (3) 外部光入力により、ONまたはOFFの動作ができるので、LEDとPT間の物体の検出に利用することができる。
- (4) しきい値動作や負性抵抗による正弦波発振に利用できる。^{(9),(10)}

などの特長がある。一方、問題点としては、

- (5) ブレイクオーバー点電流は、 T_r とPCの素子の特性により定まり外部的に変えるのは容易でない。
- (6) 現在のところPCの変換効率が悪いために、電流消費が多い。
- (7) 応答速度は、PCの応答速度により制限されるので市販の素子ではあまり期待できない。

など、現在のオプトロニック素子の改良に待つ点が多い。

謝 辞

長年にわたりご指導いただいている大阪市立大学工学部北浜安夫教授にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) H. TAKAHASHI, Y. KITAHAMA: An Optronic Negative —Resistance Circuit, IEEE J. Solid-State Circuits (U.S.A), Vol. SC-9, No. 9 Apr. 1974.
- (2) H. TAKAHASHI, M. YAMAUCHI: An Optronic Negative —Resistance Circuit, 奈良高専研究紀要 第10号(昭49), 1975.
- (3) 高橋, 山内: ホトカプラを用いた負性抵抗回路, 昭50 電気学会全国大会, No. 539, 1975.
- (4) 高橋, 山内: ホトカプラを用いた負性抵抗回路(Ⅲ), 昭50 電気関係関西支部連合大会, G12-22, 1975.
- (5) 中村ほか: GNDの基本回路, シャープ技報, Vol. 8, No. 2, 1969.
- (6) 中村ほか: GNDを用いた光電スイッチ, シャープ技報, Vol. 12, No. 1, 1973.
- (7) 高橋, 山内: オプトロニック・し張発振器, 昭50 電気関係関西支部連合大会, G12-21, 1975.
- (8) 高橋, 山内: オプトロニック負性抵抗特性を用いたシュミット回路, 昭49 電子通信学会全国大会, No. 658, 1974.
- (9) 高橋, 北浜: オプトロニック全加算器, 電子通信学会誌, Vol. 56-D, No. 6, 1973.
- (10) 高橋, 山内: ホトカプラを用いた負性抵抗発振器, 昭50 電気学会全国大会, No. 538, 1975.

ガウスビーム波の新しい円筒波表示

成 田 紘 一

A New Type of Cylindrical Wave Representation for Gaussian Beam Waves

Hirokazu NARITA

ABSTRACT—At present, the scattering and diffraction of a Gaussian beam wave in various cases are investigated according to the development of lasers. In this paper, making a application of the new function F_n , obtained here that contains both the Bessel function and modified Bessel function, a new type of cylindrical wave representation for two-dimensional Gaussian beam waves is produced in order to examine the scattering of laser rays from a cylindrical medium. And also, the recurrence and differential formulas of the function F_n are derived.

1. まえがき

最近のめざましいレーザの発展にともない、レーザ光の基本的波であるガウスビーム波に関する各種現象の解明が電磁波論における重要な問題の一つとなり、それにとまってビーム波の散乱、回折に関する種々の研究がなされるようになった。(1),(2)

本論文において、筆者らはガウスビーム波の各種円柱物体からの散乱現象を調べる目的で、まず二次元ガウスビーム波を円筒波表示することを試みた。二次元ガウスビーム波の円筒波表示はすでに文献(2)に見られるが、そこでの表示は、文献(1)に示されているのと同様な手法により、入射ガウスビーム波を円柱物体の軸近傍においてフーリエ・ベッセル展開している。この方法はすでに多くの文献に示されている理想平面波の円筒波表示法と本質的には同じである。ところが、この表示法は散乱円柱物体の半径が入射ガウスビーム波のスポットサイズと比較して大きい場合などには収束性が悪く使用することができない。ここでは、ベッセル関数と変形されたベッセル関数を含む新しい関数 F_n が導出され、そしてこの新しい関数 F_n を使って二次元ガウスビーム波のより一般的な表示式が求められている。

2. 二次元ガウスビーム波の円筒波表示

いま、 x 方向に均一な、 x 方向へ進む以下のような二次元ガウスビーム波を考える。

$$\psi = \psi_0 \exp\left\{-\frac{y^2}{w_s^2} - jk_0 x\right\} \quad (1)$$

ここで、 ψ_0 は x 軸上の波動振幅の絶対値で、 w_s はスポットサイズ、 k_0 は真空中の位相定数で $k_0 = \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ 、 ω は入射波の角周波数、 ϵ_0 、 μ_0 はそれぞれ真空中の誘電率と透磁率である。式(1)は式(2)で与えられるようなフェブリペロー共振器やレンズ系におけるエルミートガウス波あるいはラゲールガウス波の基本モードについてスポットサイズ最少点近傍の界を仮定したものである。(3)

$$\psi = \psi_0 \frac{1}{4\sqrt{1+\eta^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\xi^2(1+j\zeta)y^2\right\} \cdot \exp\left\{\frac{1}{2}j\tan\zeta\right\} \cdot e^{-jk_0 x} \quad (2)$$

式(1)を図1の円筒座標系で表示すると、 $x = r \cos\theta$ 、 $y = r \sin\theta$ より

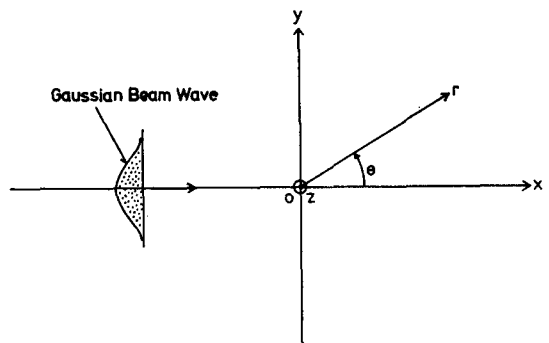


図1 円筒座標系

$$\psi = \psi_0 \exp\left\{-\frac{r^2}{w_s^2} \sin^2\theta - jk_0 r \cos\theta\right\} \quad (3)$$

となる。さらに、 $t = \exp(j\theta)$ とおくと、式(3)は

$$\psi = \psi_0 e^{-\frac{r^2}{2w_s^2}} \cdot \exp\left\{\frac{r^2}{4w_s^2}(t^2+t^{-2}) - j\frac{k_0 r}{2}(t+t^{-1})\right\} \quad (4)$$

となる。ここで、

$$\begin{aligned} & \exp\left\{\frac{r^2}{4w_s^2}(t^2+t^{-2})\right\} \\ &= \sum_{p=0}^{\infty} \sum_{q=0}^{\infty} \frac{1}{p!q!} \left(\frac{r}{2w_s}\right)^{2(p+q)} t^{2(p-q)} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} t^{2n} \sum_{q=0}^{\infty} \frac{1}{q!(q+n)!} \left(\frac{r}{2w_s}\right)^{2(2q+n)} \quad (p-q=n, p \geq q) \\ &+ \sum_{n=-1}^{-\infty} t^{2n} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{1}{p!(p-n)!} \left(\frac{r}{2w_s}\right)^{2(2p-n)} \quad (p-q=n, p < q) \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} t^{2n} \sum_{q=0}^{\infty} \frac{1}{q!(q+n)!} \left(\frac{r}{2w_s}\right)^{2(2q+n)} \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} t^{-2n} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{1}{p!(p+n)!} \left(\frac{r}{2w_s}\right)^{2(2p+n)} \\ &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} t^{2n} I_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right) \quad (5) \end{aligned}$$

(I_n は変形されたベッセル関数)、またベッセルの母関数から

$$\exp\left\{-j\frac{k_0 r}{2}(t+t^{-1})\right\} = \sum_{q=-\infty}^{\infty} (-j)^q t^q J_q(k_0 r) \quad (6)$$

(J_q はベッセル関数) であるので、式(4)は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \psi &= \psi_0 e^{-\frac{r^2}{2w_s^2}} \sum_{p=-\infty}^{\infty} \sum_{q=-\infty}^{\infty} (-j)^q t^{2p+q} \\ & I_p\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right) J_q(k_0 r) \quad (7) \end{aligned}$$

さらに、 $2p+q=n$ とおくと上式は

$$\psi = \psi_0 e^{-\frac{r^2}{2w_s^2}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} (-j)^n F_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}; k_0 r\right) e^{jn\theta} \quad (8)$$

となる。ただし

$$F_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}; k_0 r\right) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_p\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right) J_{n-2p}(k_0 r) \quad (9)$$

である。式(8)がガウスビーム波の円筒波表示であることはすぐに理解できる。いま、 $(r/w_s) \approx 0$ なる場合を考えてみると、 $I_0 \rightarrow 1$ 、 $I_p \rightarrow 0$ ($p \geq 1$) より式(9)は

$$F_n(0; k_0 r) = J_n(k_0 r) \quad (10)$$

となり、式(8)は平面波の円筒波表示と一致する。さらに $(r/w_s) \ll 1$ 、 $(k_0 r) \ll 1$ なる場合を考えると、式(8)は

$$F_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right); k_0 r \approx \sum_{p=0}^{[n/2]} \frac{(-1)^p}{p!(n-2p)!} \left(\frac{1}{k_0 w_s}\right)^{2p}$$

$$\left(\frac{k_0 r}{2}\right)^n = \sum_{p=0}^{[n/2]} \frac{(-1)^p n!}{p!(n-2p)!} \left(\frac{1}{k_0 w_s}\right)^{2p} J_n(k_0 r) \quad (11)$$

となり、文献(2)の式(9)と一致することがわかる。したがって、文献(2)の理論は散乱円柱の半径が入射波の波長およびスポットサイズと比較して小さい時のみ有効であると思われる。

3. 関数 F_n の性質

ここでは、前節で得られた新しい関数 F_n の性質について考えてみる。ベッセル関数と変形されたベッセル関数に関する公式

$$J_{-n}(k_0 r) = (-1)^n J_n(k_0 r) \quad (12)$$

$$I_{-n}\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right) = I_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}\right) \quad (13)$$

より、関数 F_n は

$$F_{-n}\left(\frac{r^2}{2w_s^2}; k_0 r\right) = (-1)^n F_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}; k_0 r\right) \quad (14)$$

と書ける。したがって式(8)は以下のように書き換えることもできる。

$$\psi = \psi_0 e^{-\frac{r^2}{2w_s^2}} \sum_{n=0}^{\infty} \delta_n (-j)^n F_n\left(\frac{r^2}{2w_s^2}; k_0 r\right) \cos n\theta \quad (15)$$

ここで、 $\delta_0 = 1$ 、 $\delta_n = 2$ ($n \geq 1$) である。本論文で導出された新しい関数 F_n はベッセル関数と変形されたベッセル関数を含んだ複雑な関数ではあるが、最近の電子計算機には各種のベッセル関数がサブルーチンとして導入されているので、関数 F_n の数値計算処理は比較的簡単に行うことができる。

また、式(9)より

$$F_{n+1}\left(\frac{W^2}{2}; R\right) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_p\left(\frac{W^2}{2}\right) J_{n+1-2p}(R) \quad (16)$$

ただし、 $W = (r/w_s)$ 、 $R = (k_0 r)$ 。この式にベッセル関数の漸化式

$$J_{n+1-2p}(R) = \frac{2(n-2p)}{R} J_{n-2p}(R) - J_{n-1-2p}(R) \quad (17)$$

を代入して

$$\begin{aligned} F_{n+1}\left(\frac{W^2}{2}; R\right) &= \left(\frac{2n}{R}\right) F_n\left(\frac{W^2}{2}; R\right) - F_{n-1}\left(\frac{W^2}{2}; R\right) \\ &- \left(\frac{4}{R}\right) \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p p I_p\left(\frac{W^2}{2}\right) J_{n-2p}(R) \quad (18) \end{aligned}$$

を得る。さらに、変形されたベッセル関数の漸化式より

$$p I_p\left(\frac{W^2}{2}\right) = \frac{W^2}{4} \left\{ I_{p-1}\left(\frac{W^2}{2}\right) - I_{p+1}\left(\frac{W^2}{2}\right) \right\} \quad (19)$$

であるので、式(18)の右辺第3項は

$$\begin{aligned} & \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p p I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) \\ &= \frac{W^2}{4} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_{p-1} \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) \right. \\ & \quad \left. - \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_{p+1} \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) \right\} \\ &= -\frac{W^2}{4} \left\{ \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2-2p}(R) \right. \\ & \quad \left. - \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n+2-2p}(R) \right\} \\ &= -\frac{W^2}{4} \left\{ F_{n-2} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) - F_{n+2} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \right\} \quad (20) \end{aligned}$$

となる。よって式(18)は

$$\begin{aligned} & \left(\frac{2n}{R} \right) F_n \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \\ &= F_{n-1} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) + F_{n+1} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \\ & \quad + \left(\frac{W^2}{R} \right) \left\{ F_{n+1} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) - F_{n-2} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \right\} \quad (21) \end{aligned}$$

となる。これは関数 F_n の漸化式にはかならない。この式から我々は高次の関数 F_n の値を算出することができる。

ここで、式(8)あるいは式(15)の収束性について考えてみよう。関数 F_n は変形されたベッセル関数とベッセル関数の積として与えられる。ところで変形されたベッセル関数の値は次数 p の増大とともに減少し、またベッセル関数の値は次数 $(n-2p)$ の増大とともに振動しつつ減少する。したがって、これらの関数の積として与えられる関数 F_n の値は p の増大とともに振動しつつ減少し、その収束の早さは n によって決定される。

これまでの所で、我々は関数 F_n の性質について調べたが、円柱物体により散乱されたガウスビーム波の界を導出するには、関数 F_n の微分を知らなければならない。そこで以下では関数 F_n の微分形を導出することにする。

式(9)より

$$\begin{aligned} & F'_n \left(\frac{W^2}{2}; R \right) = \frac{d F_n}{d R} \\ &= \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p \left\{ \left(\frac{W^2}{R} \right) I'_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) \right. \\ & \quad \left. + I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J'_{n-2p}(R) \right\} \quad (22) \end{aligned}$$

ベッセル関数と変形ベッセル関数の微分公式より

$$I'_p \left(\frac{W^2}{2} \right) = \frac{1}{2} \left\{ I_{p-1} \left(\frac{W^2}{2} \right) + I_{p+1} \left(\frac{W^2}{2} \right) \right\} \quad (23)$$

$$J'_{n-2p}(R) = \frac{1}{2} \left\{ J_{n-1-2p}(R) - J_{n+1-2p}(R) \right\} \quad (24)$$

この2式を式(22)に代入して

$$\begin{aligned} & F'_n \left(\frac{W^2}{2}; R \right) = \frac{1}{2} \sum_{p=-\infty}^{\infty} (-1)^p \\ & \quad \left\{ \left(\frac{W^2}{R} \right) \left\{ I_{p-1} \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) + I_{p+1} \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-2p}(R) \right\} \right. \\ & \quad \left. + I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n-1-2p}(R) - I_p \left(\frac{W^2}{2} \right) J_{n+1-2p}(R) \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left[F_{n-1} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) - F_{n+1} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \right. \\ & \quad \left. - \left(\frac{W^2}{R} \right) \left\{ F_{n-2} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) + F_{n+2} \left(\frac{W^2}{2}; R \right) \right\} \right] \quad (25) \end{aligned}$$

が得られる。

以上得られた各種の式を使用して、我々は円柱物体からのガウスビーム波の散乱界を求めることができる。

4. おわりに

本論文において、スポットサイズ w_s の二次元ガウスビーム波が、本論文で提示されたベッセル関数と変形されたベッセル関数を含む新しい関数 F_n によって円筒波表示された。さらにこの関数 F_n の性質が調べられ、また F_n に関する漸化式、微分公式が導出された。なお、この円筒波表示式を使用した各種円柱状媒質からのレーザ光の散乱問題の解析は別の論文に記される予定である。

謝辞 平素より親切なご指導をいただいている名古屋工業大学阿座上孝教授に厚く感謝申し上げます。

文 献

- (1) N. Morita, T. Tanaka, T. Yamashita and Y. Nakanishi: "Scattering of a Beam Wave by a Spherical Object" IEEE Trans., *Ap-16*, 6, p. 724 (Nov. 1968)
- (2) N. G. Alexopoulos and P. K. Park: "Scattering of Waves with Normal Amplitude Distribution from Cylinders" IEEE Trans., *Ap-20*, 2, p. 216 (March 1972)
- (3) H. Kogelnik and T. Li: "Laser Beams and Resonators" Proc. IEEE, *Vol. 54*, 10, p. 1312 (Oct. 1966)

Oligomerizations of an Alkylfuran and Alkylthiophenes

Akira ISHIGAKI

Summary

Oligomerizations of 2-methylfuran and 2-methylthiophene under catalytic action of some acidic catalysts are investigated. And the structure of 3-methylthiophene trimer is discussed in connection with the structure of 2-methylthiophene trimer. The main oligomerization product of 2-methylfuran is a tetramer. However, no trimeric substances can be separated from the reaction mixture, since the alkylfuran trimer may be a labile substance under acidic media. The distinct difference on the stability between alkylfuran trimer and alkylthiophene trimer is discussed following the HSAB concept.

Most hetrocyclic compounds are known to resinify by the action of acidic catalysts. When phosphoric acid is used as a catalyst, 2-methylfuran gives its tetramer in good yield. The author and a colaborator reported in a previous paper on the structure and characteristics of the tetrameric substance, and identified this substance to 2, 4, 4-tris-5'-methyl-2'-furyl-1-pentanol [1].¹⁾ And we pointed out the presence of the other 2-methylfuran oligomers, *i. e.*, penta-, hexa-, and heptamer. However, no trimeric substances were found in the oligomer mixture.

Thiophene and alkylthiophenes also give their oligomers on the same reaction condition. The reaction first reported in 1950 by Meisel and others.²⁾ They noted the presence of trimeric substances in the reaction mixtures. And they proposed a reaction mechanism and elucidated the structure of the thiophene trimer: 2, 4-bis-2'-thienylthiolane [2]. However, no structural description was noted on

the alkylthiophene trimers.

We investigated the oligomerization of 2-methylthiophene in another previous work, and identified the structure of 2-methylthiophene trimer to 2,4-bis-5'-methyl-2'-thienyl-thiolane [3] by NMR, IR, and mass spectral data and the other experimental facts.³⁾

In this paper, the author will present some supplementary results and discussions for these investigations.

Results and Discussion

The oligomerization of 2-methylfuran and 2-methylthiophene under the action of acidic solid catalyst. Treatment of 2-methylfuran and 2-methylthiophene with phosphoric acid yields their oligomers as mentioned above. To make sure that the oligomerizations occur by any given acidic catalysts, Japanese acid clay and Lloyd's reagent (active clay), are used as the acidic solid catalysts. However, 2-methylfuran and 2-methylthiophene yields

only a small amount of oligomers by the action of these solid catalysts on the same reaction condition. The main reaction product of this 2-methylfuran oligomer is the tetramer [1] and also the main product of the 2-methylthiophene oligomer is the trimer [3]. The structures of these oligomers are confirmed by IR and mass spectral investigations. This fact indicate that the oligomerizations occur even at the active site on the solid surface in the similar manner as mentioned about homogeneous reaction system.

The oligomerization of 2-methylfuran by the catalytic action of BF₃. 2-Methylfuran is easily resinified by an action of acidic compounds. The author and colabolators previously reported on the resins formed by the action of hydrochloric acid or boron fluoride.⁴⁾ However, the structures of the resins were not certainly investigated.

Treatment of 2-methylfuran with BF₃ etherate in dichloromethane at boiling point yields appreciable amount of resin. From the resin, viscous liquid [4] is obtained by distillation under vacuum. The IR spectrum of 4 has very similar characteristic bands with the tetramer [1]. However, the mass spectrum of 4 is quite different from that of 1. For example, the most predominant ion peak of 1 is at *m/e* 189, but that of 4 is at *m/e* 188, further, the parent ion peak of 1 corresponds to the molecular ion peak of the tetramer (*m/e* 328), which lacks in the mass spectrum of 4. But the mass spectrum of 4 reveals the ion peak at *m/e* 310, which lacks in the mass spectrum of 1. These facts indicate that the formation of 4 occurs on a quite different reaction route from that of 1.

The oligomerization of 3-methylthiophene and the structures of its trimeric isomers. Treatment of 3-methylthiophene with phos-

phoric acid yields trimeric compounds [5], however, the yield of 5 is somewhat smaller than that of 2-methylthiophene trimer [3]. And the yield of the oligomeric residue, which is obtained after removal of the trimeric compounds, is very smaller than the oligomeric residue remaining on the preparation of 1. This fact suggests that the α -position of the thiophene nucleus plays a important roll for oligomerization, since the 5-position of 2-methylthiophene is more reactive than the 2- or 5-position of 3-methylthiophene.

The NMR spectrum of 5 reveals a signal at τ 2.9~3.4 (m, 4H). This signal is assigned to the protons of the two disubstituted thiophene nuclei. Therefore, the signal which appears at τ 7.78 (s, 6H) must be assigned to the two methyl groups substituting on the two thiophene nuclei. The signal at τ 9.2 (m, 3H) is assigned to the protons of 3-substituted methyl group of the thiolane ring. This signal is not singlet, therefore, the 3-position of the thiolane ring must be substituted by only one methyl group.

The mass spectrum of 5 reveals a meta stable ion peak at *m/e* 131. The presence of the metastable ion indicate the structural resemblance between 2, 3 and 5 as discussed in the previous work.⁵⁾

These facts indicate that the structure of 5 is identified with 2, 4-bis-3'- or 4'-meth-

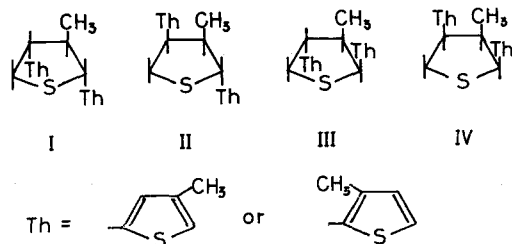


Fig. 1 The steric isomers of 3-methylthiophene trimers [5]

yl-2'-thienyl-3-methylthiolane as the most probable structures. These structures indicate the presence of eight steric isomers of 5. The four isomeric configurations are illustrated as follows (The other four isomers are the enantiomers of these configurations).

These configurations indicate that at least one of the methylthiophene rings of II, III or IV may be hindered their free rotation by a steric hindrance of the vicinal methyl group at the 3-position of the thiolane ring. In those cases the NMR signal of the methyl protons are extensively affected by means of a diamagnetic ring current of heteroaromatic π electrons, and then, the chemical shift of those methylprotons must reveal at highest region ($\tau > 9.0$).⁵⁾ The presence of the signal at τ 9.2 (3H) supports the presence of those configurations.

On the stability of alkylfuran trimer and alkylthiophene trimer. In the previous paper,¹⁾ the author proposed a possible reaction mechanism for oligomerization of 2-methylfuran, and suggested the presence of a tetrameric precursor: 2-methyl-2, 4-bis-5'-methyl-2'-furyloxolane [6]. However, no trimeric substances can be separated by the gel chromatographic separations. This fact suggests that 6 may be a labile substance in the acidic media and may be easily changed to the tetramer [1].

On the same reaction condition, 2-methylthiophene yields mainly the trimeric compound [3]. This fact indicates that 3 is fairly stable in the acidic media. Despite the structural resemblance between 3 and 6, the distinct difference on the stability between them can be interpreted following the HSAB concept.^{6,7)}

The oxygen atom of the oxolane ring is a typical hard base, hence, 6 can easily combine with a proton and forms a oxonium ion [7]. This oxonium ion can be converted into 1 through a labile intermediate [8].

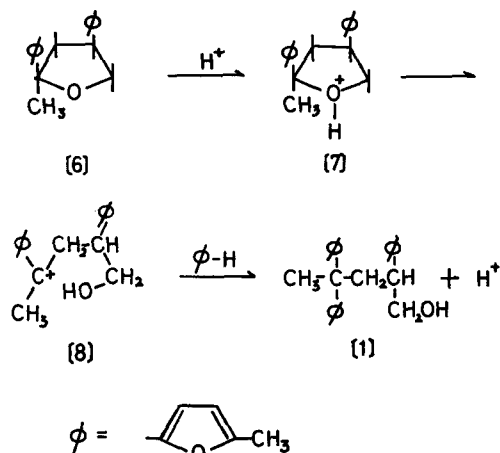


Fig. 2 The reaction route from the trimer [6] to the tetramer [1]

On the other hand, the sulfur atom of the thiolane ring is a typical soft base, hence, the proton can not act to the thiolane sulfur. Thereby, 2-methylfuran gives mainly its tetramer [1], but 2-methylthiophene gives the trimer [3] on the same acidic condition.

Experimental

The infrared spectra were obtained with a JASCO IR-G infracord as a neat liquid. The mass spectra were obtained with a Hitachi RMU-6E spectrometer at 70 eV. The nuclear magnetic resonance spectra at 100 MHz were obtained with a Nippon Denshi JNM-P-100 instrument. The molecular distillation was carried out in a micro pot still to separate the oligomeric products, which used for a sample by gel chromatography. The gel chromatography was carried out with a 20 mm \times 300mm glass column packed with Sephadex LH 20 or Merckogel type OR 2000 and eluated with ethanol or benzene. The elementary analyses were performed by the microanalytical division in the Department of Applied Chemistry of Osaka University.

The 2-methylfuran was prepared by the method of Wolff-Kishner reduction of 2-

furaldehyde and was purified by fractional distillation; bp 62.8 °C (750 mmHg).

The 2-methylthiophene was prepared also by means of the Wolff-Kishner reduction of 2-thiophenecarboxaldehyde, which was derived from thiophene by a method of preparation.⁸⁾

The author employed reagent grade 3-methylthiophene, solid catalyst (japanese acid clay and Lloyd's reagent) and phosphoric acid without further purifications. However, boron fluoride etherate was employed after purification by distillation before use.

The oligomerizations of 2-methylfuran by the action of phosphoric acid or BF₃ etherate were carried out following the method of preparations which reported in the previous works.^{1,4)}

The oligomerizations of 2-methylfuran and 2-methylthiophene by the action of solid catalysts were carried out as follows; 12 g of 2-methylfuran or 2-methylthiophene was mixed with 10~12 g of acidic solid catalyst, then, the mixture was sealed in a glass tube and was heated in boiling water for 3~4 hours with occasional shaking. The reaction mixture was filtered, then, the unreacted monomer was removed from the filtrate under vacuum. The oligomeric substance was obtained from the residue by distillation *in vacuo*.

From 2-methylfuran a trace amount of the tetramer [1] was obtained, and from 2-

methylthiophene also a trace amount of the trimer [3] was obtained.

The oligomerization of 3-methylthiophene was carried out following the method of Meisel *et. al.*²⁾ From the oligomer mixture the trimeric substance [5] was separated in 12% yield: a light yellow oil; bp 197~200 °C/2mmHg; n_D^{20} 1.6168. Anal. Calcd for C₁₅H₁₈S₃; C, 61.18; H, 6.16% Found; C, 61.59; H, 6.19%.

Acknowledgment The author wish to thank Professor T. Shono, Osaka University, for help and advise with this work, and to thank Mr. H. Kurino for carrying out some of the preparations and the determinations of the samples.

References

- 1) A. Ishigaki, and T. Shono, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **47**, 1467 (1974).
- 2) S. L. Meisel, G. C. Johnson, and H. D. Hartough, *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1910 (1950).
- 3) A. Ishigaki, and T. Shono, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **48**, 2977 (1975)
- 4) Y. Hachihama, T. Shono, and A. Ishigaki, *Technology Report of the Osaka Univ.*, **13**, 481 (1963).
- 5) J. B. Hyne, *J. Amer. Chem. Soc.*, **81**, 6058 (1959).
- 6) R. G. Pearson, *ibid*, **85**, 3533 (1963).
- 7) R. G. Pearson, *J. Chem. Educ.*, **45**, 581, 643 (1968).
- 8) A. W. Weston, and R. J. Michaels, Jr., "Org. Syntheses", Vol. 31, p. 108 (1951).

平面接触攪拌槽によるガスの物理吸収

梅 原 忠

Physical Absorption of Gases in Agitated Vessel with a Flat Gas-Liquid Interface

Tadashi UMEHARA

The measurement of gas absorption rate of hydrocarbon gas into pure water was carried out experimentally in agitated vessels with a flat gas-liquid interface.

Those results were arranged in the form, $Sh=0.113Re^{0.70}Sc^{1/2}$.

This experimental equation was independent of the size of the agitated vessels (inside diameter was 10.6, 10.0, 8.0 and 7.0 cm) and the sort of hydrocarbon gases (ethylene, propylene, 1-butene and iso-butene), and the mass transfer coefficient for physical absorption was able to calculate within $\pm 18\%$ difference.

1. 結 言

化学反応を伴うガス吸収操作は、工業的に重要であり、従って気・液反応の解析を目的とする研究は、古くから行なわれており、その実験的、理論的研究は多数発表されている。気・液反応の解析研究に用いられる実験装置には、液柱塔、濡れ壁塔、平面接触式攪拌槽など種々あるが、そのうち平面接触攪拌槽は、気・液接触面積が既知であり、反応溶液が少量で済み、また実験操作が比較的容易であるなどの理由で、非常によく用いられている。しかし攪拌槽による物質移動機構に関して、最近までに種々報告されているが、使用したガスの種類や攪拌槽形状の違いなどにより一致した結果は得られていない。そこで著者は、幾何学的に相似な種々の攪拌槽を用いて、主として炭化水素ガスの純水への物理吸収実験を行ない、物質移動係数に対する槽の大きさおよびガスの

種類の影響について実験的に検討を加えた。

2. 実 験

使用した実験装置は、プロピレンの液相酸化反応の研究¹⁾に用いた装置と同一であり、従って操作法も同じである。ガス溶解槽は、4枚の邪魔板付縦型攪拌羽根を有するパイレックスガラス製フタ付フラスコである。その詳細を図1に示した。

実験条件は、温度25, 35, 45°C, 攪拌回転数60, 100, 120, 200, 240, 300, 360r.p.m, ガスの種類エチレン, プロピレン, 1-ブテン, iso-ブテンである。なお使用したガスは、純度99.5%以上(製鉄化学製)のものを使用した。

3. 実験結果および考察

吸収したガスについて物質収支をとり、 k_L^* , A および

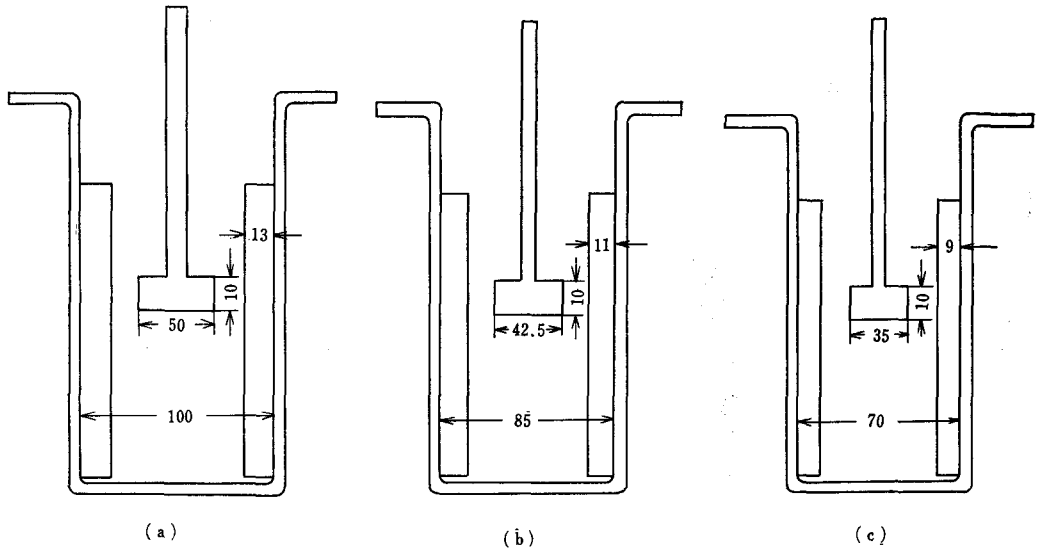


Fig. 1 Agitated vessels

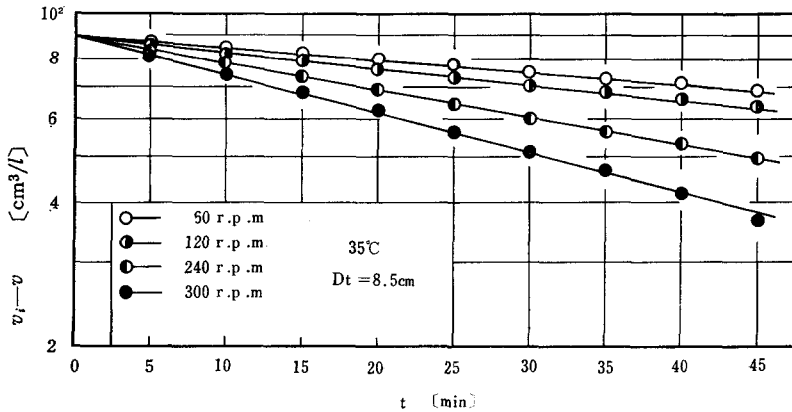


Fig. 2 Physical absorption of gas into distilled water ($v_i - v$) as a function of t

び V を一定として積分すると、

$$l_n(v_i - v) = -k_L^* At / V + l_n v_i \quad (1)$$

$l_n(v_i - v)$ と t の関係を図 2 に示した。いずれの場合も (1) 式の関係が成立していることがわかる。そこで図 2 を利用して、液相物質移動係数 k_L^* を求めた。^{注1)}

次に、種々の温度および攪拌回転数に対して k_L^* を求め、シャーウッド数を計算し、この値をシュミット数とレイノルズ数の関数として、次式で相関した。

$$S_h (= k_L^* D_i / D_A) = \alpha R_s^m (= \rho D_i^2 N / \mu) \cdot S_c^m (= \mu / \rho D_A) \quad (2)$$

まずレイノルズ数に対する指数 m を決定するために、シュミット数一定の実験で攪拌回転数を変えた結果を用いて、シャーウッド数をレイノルズ数に対してプロットし図 3 に示した。その結果 $m = 0.70$ であることがわかった。次にシュミット数に対する指数 n を決めるため

注1) 純ガスを使用したので、ガス側抵抗は無視できる。

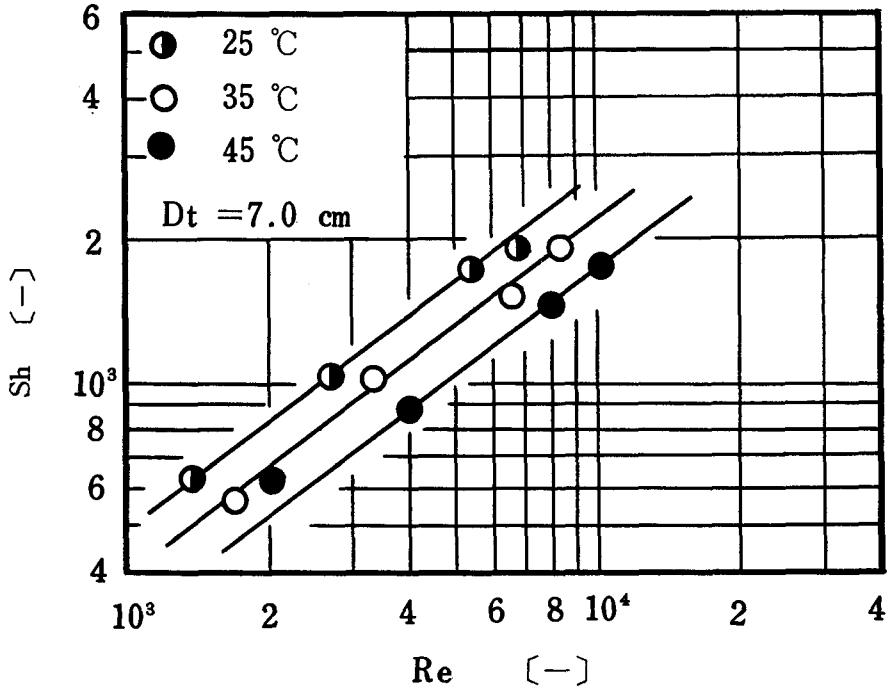


Fig. 3 Relation between S_h and R .

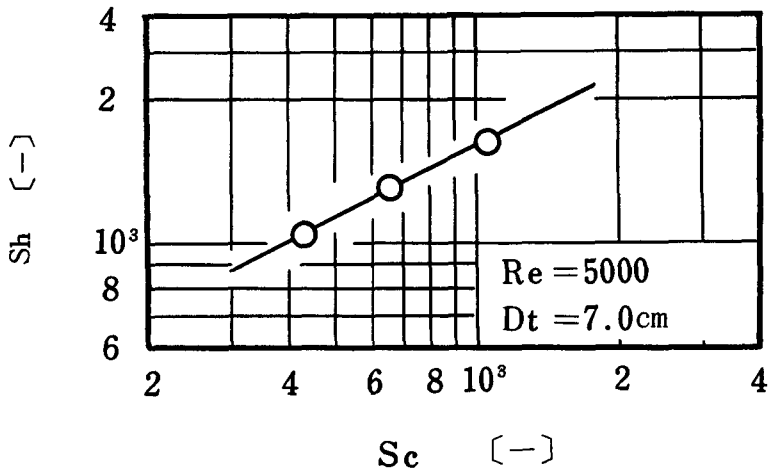


Fig. 4 Relation between S_h and S_c .

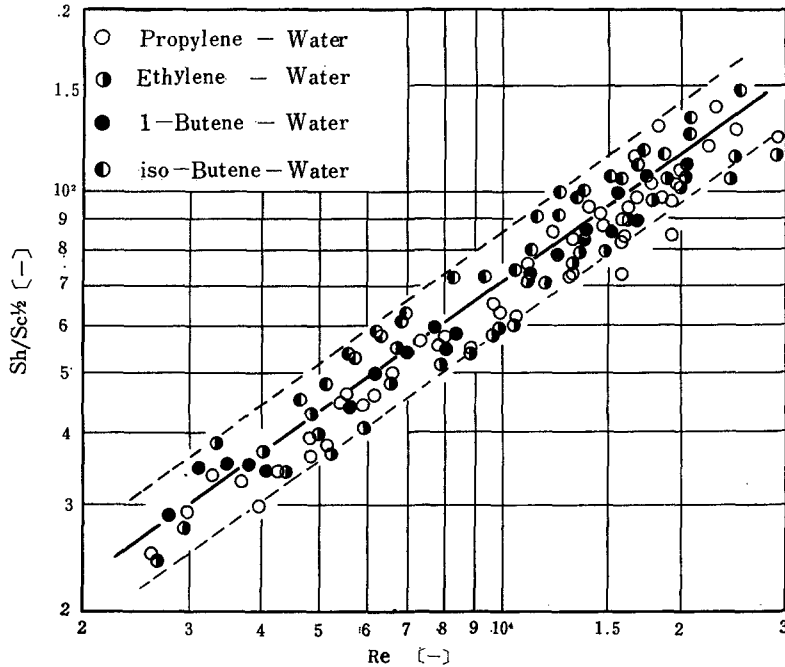
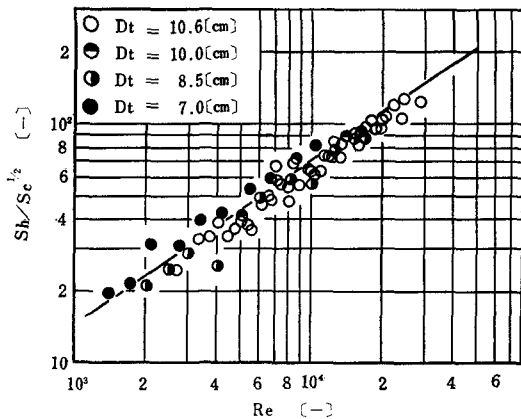
に、一定レイノルズ数の結果を用いて、シャーウッド数をシュミット数に対して点綴し図4に示した。その結果 $n = 0.50$ であることがわかった。そこで使用した全ガスに対して(2)式に適用を試みた。その結果を図5に示した。図より明らかなように、ガスの種類に無関係に±18%で次式で相関し得ることがわかった。

$$S_h = 0.113R^{0.70}S_c^{1/2} \quad (3)$$

次に内径の異なる攪拌槽を用いて行なったガス（プロピレン）吸収実験結果を図6に示した。図より攪拌槽の大きさに関係なく(3)式が適用できることがわかった。

なお図中の実線は(3)式をあらわす。

著者の使用した攪拌槽と同様な装置を用いて行なわれた実験結果で、石川⁽²⁾は、次式が±15%で物質移動係数が推算できると報告している。

Fig. 5 Relation between $S_h/S_c^{1/2}$ and R_e .Fig. 6 Relation between $S_h/S_c^{1/2}$ and R_e .

$$S_h = 0.332 R_e^{0.70} S_c^{1/2} \quad (4)$$

ここで、使用したガスは二酸化炭素で、攪拌槽内径は、12.3, 8.0cmであった。また福島ら³⁾は、槽内径8.5cmの邪魔板付攪拌槽を用いて、エチレンおよびプロピレンのガス吸収実験結果より次式を得ている。

$$S_h = 0.113 R_e^{0.72} S_c^{1/2} \quad (5)$$

以上より、著者が使用したガスが炭化水素ガスであったことを考えると、福島らの結果とはほぼ一致しているこ

とがわかる。今後さらに無機ガスを使用した場合の検討を行なう必要があるだろう。

4. 結 言

平面接触式攪拌槽による炭化水素ガスの純水への物理吸収実験を行ない $S_h = \alpha R_e^m \cdot S_c^n$ の形にデータを整理した結果、炭化水素ガスの種類および攪拌槽の大きさに無関係に、 $S_h = 0.113 R_e^{0.70} \cdot S_c^{1/2}$ の実験式で相関し得ることがわかった。

おわりに、この研究に協力を願った伊川雅信君に謝意を表します。

Nomenclature

A : interfacial area	(cm^2)
D_A : diffusivity of dissolved gas in liquid	(cm^2/sec)
D_i : impeller diameter	(cm)
D_r : inside diameter of agitated vessel	(cm)
k_L^* : liquid-film mass transfer coefficient for physical absorption	(cm/sec)
N : revolution number	(r.p.s)
S_c : Schmidt number	($-$)
S_h : Sherwood number	($-$)
t : time	(sec)

R_r : Reynolds number	(-)
V : volume of liquid	(cm^3)
v_i : equilibrium concentration of gas in liquid	(cm^3/l)
v : concentration of gas in liquid	(cm^3/l)
α : constant	(-)
ρ : liquid density	(g/cm^3)
μ : liquid viscosity	($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{sec}$)

Literature cited

- 1) Yano, T., T. Suetaka, T. Umehara and A. Horiuchi, Nippon Kagaku Kaishi, 6, 1226 (1973)
- 2) Ishikawa, H., Ph D. Thesis, Univ. of Osaka Prefecture (1973)
- 3) Fukushima, S., T. Yoshida and Y. Kato, The 6th Reaction Engineering Symposium, p. 121 (1966)

作品と背景

—サマセット・モームの短編小説について—

柏原啓佐

Works and Their Backgrounds

—On Somerset Maugham's Short Stories—

Hirosuke KASHIWABARA

モームは、広いジャンルにわたって、精力的な創作活動をした作家である。詩を除くと、長編小説、短編小説、戯曲、旅行記、エッセイと各分野において健筆を揮っている。そして、どの分野においても、特色のある優れた作品をいくつか残しているが、ストーリー・テラーとしての面目を如実に示しているのは、短編小説においてであるように思われる。若いころ、モーパッサンに傾倒したモームの個性、創作態度に、短編小説という文学形式が、一番しっかりと合うものであったからであろう。また、幾度かの南太平洋、その他各地の旅行が、豊富な題材を提供すると同時に、ストーリーの背景を色彩豊かなものにしたことも、見逃してはならない。

本論では、熱帯地方を背景とした作品を中心に、環境あるいは背景が、作品の中で持っている意味、さらに突っ込んで、モームの短編小説論について、いくつかの考察をしていきたい。

I

作家としてのモームは、短編小説から出発した。後に *Orientalisms* として出版された短編集に収められた作品6編が当時のものであるが、職業作家としてのスタートは惨めなものであった。¹⁾ 雑誌社から求められるような面白い短編、推理小説的な作品は、当時のモームの得意とするところではなかった。

その後しばらく、短編から離れて戯曲に専念し、その分野で成功を収めるのと同時に、長編 *Of Human Bondage* を書いて、作家としての自信を深めた。そして、再び短編を手掛けるようになったのだが、そのきっかけは、全く偶然によるものであった。

1916年、モームは、健康を害してアメリカへ赴き、さらにハワイ、サモア、マレー、中国、ジャワと足を伸

ばした。その旅行中に集めた資料が、後に *The Moon and Sixpence* その他数々の作品となって実を結ぶのであるが、その資料の主なもの、人物と風土のデッサンである。ヨーロッパ人にとって異常な環境である熱帯地方における新体験が、モームの想像力を強く刺激したことは、想像に難くない。その間の事情を、モームは次のように記述している。

But the new scenes amid which I found myself excited my imagination. It was a very different life from any I had known, and I met people who were entirely new to my experience. (*The Trembling of a Leaf*, Preface)

この旅行は、短編小説にとっては好個のテーマを提供した。²⁾ 背景はエキゾティシズムに彩られ、モームの心に、憧れにも似た感動を呼んだ。しかし、その感動は、

1) *The Trembling of a Leaf*, Preface, Heinemann, 1956.

2) *Selected Prefaces and Introductions of W. Somerset Maugham, the Complete Short Stories*, p. 43, Heinemann, 1963.

決してロマンティズムと混同されてはいけない。モームの目は、あくまでもリアルである。そこには、美的感動と、人間観の冷徹さとの奇妙な混交がある。幻滅と悲哀の混ざった笑がある。モームの短編には、そのほろ苦さが、色濃く滲み出ているのであるが、彼自身も、

I had always had a romantic notion of the South Seas, I had read of those magic islands in the books of Herman Melville, Pierre Loti and Robert Louis Stevenson, but what I saw was very different from what I had read. It was not nearly so romantic, but it was wonderful all the same.... (ibid.)

と、南太平洋のすばらしさに感嘆しながらも、ロマンティックな想像の世界と現実とのずれを認めている。そして、このような印象は、そのまま作品の中に結実しているのであるが、例を代表的な作品 *Red* にとって、この点を少し考察してみよう。

Red は、ギリシャの神を想起させるような赤毛の美男と、ハイビスカスの花にも似たサモアの美女との恋物語である。二人の恋は、夢のような南太平洋、熱帯植物の繁茂する島々を背景に、ロメオとジュリエットの恋のようなロマンティズムを漂わせる。しかし、二人は、不慮の出来事から引き離されてしまい、女の苦もんの日々が続く。そして最後には、思わぬ結末が待ち構えていたのである。つまり、男の老後の姿と、醜く太った、あれほど恋いこがれていた男の面影も見分けられない女のプロフィールが、過去との対照も鮮やかに描き出される。ここに来て、モームの意図は、美しい恋物語を描くことにはなくて、移ろいやすい人の世のはかなさ、夢と現実とのずれを描くことにあったのだということが、明確な姿をとって現われるのである。 *A Writer's Notebook* を見ると、

They incline to fat, and the women, graceful and slender in youth, with age become very stout. When they grow old both sexes become ugly, like monkeys; and it is strange after the beauty of their youth. (*A Writer's Notebook*, p. 82, Heinemann, 1952)

という覚書があり、これは、ハワイ人についてのメモではあるが、*Red* の素材になっていることは明らかである。モームが感嘆した海や珊瑚の美しさは、確かに、ロマンティックな恋の背景として相応しいものである。しかし一方、その美しい舞台も、決して夢の国というわけ

にはいかない。

では、この旅行で見つけたというテーマは、モームにとって全く新しいものであったと言えるであろうか。次の一節は、その点を考える上で、参考になると思われる。

The ideals with which youth is brought up, the fairy tales and phantasies upon which his mind is fed, unfit him for life; so that till his illusions are shattered, he is miserably unhappy. And for all this useless misery are responsible the half-educated persons, mother, nurse, masters, who surround him with their loving care. (*id.* p. 25)

これは、モームが22才の時のノートである。とすると、*Red* のテーマは、すでにこのころから、モームの胸深く暖められていたのだということになる。また *Red* に見られる恋愛観は、初期の長編 *Mrs. Craddock* に見られるものと全く同一である。³⁾ 人間の偽善、弱さ、情欲の激しさを描いた代表作 *The Rain* でさえも、全く新しいテーマを扱った作品と呼ぶことは難しいように思われる。ここから、次のような見方が生じてきても不思議ではない。つまり、作中人物の精神は、特に *The Outstation* や *Mackintosh* を例にとった場合、地方色にはほとんど影響を受けていないし、結局、英国人気質を典型的に語りあかした作品だという見方である。⁴⁾ こういった観点について考えるために、最もモームらしい味わいを持っている作品 *Mackintosh* をつぶさに見ていきたいと思う。

II

マッキントッシュは、サモア諸島の中の一つの島タルアの司政官ウォーカーの部下である。彼の助手になってもう二年になるが、ウォーカーに会うまでは、彼に大へんな好奇心をそそられた。二十数年にわたって司政官を勤め、いまでは、南海の島々で伝説的な名声をはせていたからである。

マックが、ロンドンからサモアに来たのは、健康のためであったが、彼には、ウォーカーの生活がロマンティックなものに思われた。ウォーカーは、15才で海に出、石炭船で働いているうちに競馬で大穴を当て、その金で船を買った。9カ月後に、その船を売ってまた利益を得、26才の時に植民者としてタルアにやって来た。そのうちに、土人たちにも支配力を持つようになり、やがて司政官として、島の支配に、独裁的ではあるが、有能な

3) 詳しくは、拙稿『クラドック夫人とモームの否定的精神の萌芽』（アルビオン、ニュー・シリーズ 15、1969）参照。

4) 越川正三：『サマセット・モームの全小説』、p. 232、南雲堂、1972。

腕前を発揮してきたのである。

ドラマは、この二人の性格の摩擦から生じ、陰湿な展開を見せていく。というよりは、内向的なマックの一人相撲といった様相を帯びていると言ったほうがよいかもしれない。

二人の性格は、全く対照的である。ウォーカーは、大ざっぱで、無学で、自信家で、デリカシーのない男であるが、反面、精力的で、いつも上気嫌であり、土人に対しては、厳しくはあったが、父親のような愛情を抱いていた。

マックの方は、寡黙で、几帳面で、酒も飲まない読書好きな男である。自分とは正反対と言ってもよいマックを、ウォーカーは何かとからかうのだが、そのからかいが、マックには何よりも我慢がならない。彼は、感情を表面に出さないが、それだけに一層、ウォーカーに対する憎悪は募っていった。モームは、マックの司政官に対する軽べつと憎しみを必然的なものとするために、様々な具体例を挙げて、ストーリーを展開していく。

マックは、上司の知性の乏しさ、俗っぽさ、ずるさ、子供っぽい虚栄心が鼻持ちならなかったが、いやがらせに対しても、言葉でやり返すこともできなくて、不快な気持は、押し隠すのが最善の道だと考える。しかし、マックの憎しみは、偏執狂的なものとなる。

そのような時に、ウォーカーの夢である道路建設工事の労働賃金のことで、彼とカナカ族との間に紛争が起った。彼は、高姿勢で、そのカナカ族の村を窮地に陥れたために、村民の指導者である酋長の息子の恨みを買う。マックは、自らの手を下さずに復しゅうできるチャンスが到来したと、内心密かにほくそ笑むのだが、良心の呵責から、身の危険を無視する自信家の上司に警告しないではいられない。しかしついに、故意に盗ませたにも等しい彼のピストルで、ウォーカーは殺されてしまった。死の間際に、マックは、ウォーカーの土人に対する愛情と、土人たちの彼に対する愛着を目のあたりに見て心は痛み、さんご礁の海でピストル自殺を遂げる。

III

以上が、*Mackintosh* の粗筋である。全編を通して、読者の心を捕えて離さないのは、外的な事件よりもむしろ、マックの緊張した心理状態である。この張りつめた糸が切れた時に、作品は完結する。

ウォーカーにはモデルがある。*A Writer's Notebook*

に Wms. として出ているアイルランド人である。ウォーカーと全く同一とは言えないけれども、経歴や、自慢話の好きな点がよく似ている。

マックにも、やはり経歴や外貌のよく似た L. というモデルがいるが、性格はまるで似ていない。作中の人物は、モームが言っているように、上述のモデルに、他の様々な要素を混ぜ合わせて創造された人間であると考えなければならない。⁵⁾

ウォーカーを陽とすると、マックは陰ということになるが、マックは *The Painted Veil* のウォルターと同じような性格で、多分に、モーム的気質が投影されていることが分る。ウォルターを内面から描いた人物がマックである。ウォルターが、外側から描かれていただけに、謎めいた存在であったのに比べて、マックは、心理の動きが手に取るように説明されていて、どっしりとした存在感を持っている。マックの心の奥底まで入り得るのは、作者のモーム自身だからである。⁶⁾ 逆に、ウォーカーの性格は、モームとはまるで違っている。勢い、彼の描写は外からのものとなる。

この二人の対照的な心理を、モームは、タルア島の風景を借りて描写している。島や村人に対して、無限の愛情を注ぐウォーカーにとって、土人の村落や、パンの木の林や、広々とした青い海は、「エデンの園」であった。マックにとっては、当初夢に描いていた生活も、ウォーカーに対して抱いていた関心も、しだいに色あせて灰色のものとなっていく。物語の導入部は、失望して、しだいに苛立たしくなっていく彼の心理を描写している。

蚊に悩まされて眠れなかった夜が明けると、食卓にはお決まりの朝食がある。暑い。そして、心楽しい時には意識しない波の音が、彼の疲れた神経を悩ます。容赦ない自然の力は、狂おしいほどである。

And now, looking out of the window at the lagoon and the strip of foam which marked the reef, he shuddered with hatred of the brilliant scene. (*The Trembling of a Leaf, Mackintosh*, p. 4, Heinemann, 1956)

ウォーカーなら輝かしいはずの情景が、マックには、嫌悪の対象でしかない。森羅万象が、彼にとって、常にウォーカーの面影と重なっているからである。

ところが、同じ景色を描いた次の一節は、全然違った趣を呈している。マックにとって、海も空も、鮮かで輝きに満ちた色合いを帯びているのである。

5) *The Casuarina Tree*, Postscript, pp. 231—2, Heinemann, 1955.

6) 中野好夫編：現代英米作家研究叢書「サマセット・モーム研究」, 相良次郎：『思想体系及び性格類型』p. 118, 英宝社, 1954.

7) *The Trembling of a Leaf, Mackintosh*, p.15.

When he awoke next morning he went out. After a good night he found a pleasant exhilaration in the freshness of the early air. The sea was a more vivid blue, the sky more brilliant than on most days, the trade wind was fresh, and there was a ripple on the lagoon as the breeze brushed over it like velvet brushed the wrong way. (*id.*, p. 45)

寝ても覚めても、心に重くのしかかっていたウォーカーの幻影が、ついに日に解ける雪のように消え去ってしまったからである。マックは、ウォーカーが、酋長の息子にねらわれていることを警告した。なすべきことはしたのだから、何事が起ろうとも、警告に耳を貸さないウォーカーが悪いのだ、これでやっかい払いができるという気持が、マックの心に安らぎをもたらしたのである。

このように見てくると、作中の人物と背景との間には、密接な関係があると言わなければならないであろう。最後の場面についても、同じように考えられると思うが、マックは、自殺の場所を礁湖に選んだ。土人の見守る中でも、自室に引きこもってからもなかった。憧れてやってきた島の美しさを象徴する礁湖を選んだのである。そして、彼の肉体までも、さめの餌食となって滅んでいく。この死に様の異常さが、絶望感を効果的に引き立てているのである。

The Outstation でも、*Mackintosh* と同じようなテーマが扱われている。装いこそ変えてはいるが、二人の人間の性格の対立を描いた点では、両者は一致している。ただ、マックが、性格的な弱さから自殺の道を選んだのに比べると、*The Outstation* の主人公ウォーバートンは、はるかに徹底した冷酷さを持っている。モームは、この薄気味の悪い、人間の心の奥に潜む非情さ、‘人間の絆’からの解放感が描きたかったのであろう。

しかし、この点は、あくまでも、基本的なテーマの問題として考えた場合の話である。一つの芸術作品というものを考える場合、テーマや思想だけでは語り尽くすことのできない何かが必要ならぬ。

モームは、*The Outstation* でも、熱帯の異常な暑さを、ウォーバートンの苛立ちと結びつけている。

None knew better than Mr. Warburton how irritable the incessant heat could make a man and how difficult it was to keep one's self-control after a sleepless night. (*The Casuarina Tree*, p. 102, Heinemann, 1955)

また、表題そのものから、明白に環境の力をうたって

いる作品に、*The Force of Circumstance* がある。この作品は、本国から迎えた妻と、過去に関係したマレーの女との間にはさまって悩む男の話であるが、ここでは、マレーの奥地という環境が、孤独に耐え切れない男に強い力を及ぼしている。妻に過去を打ち明けようかどうかと迷う男の心境は、この作品では、川が象徴している。

At their feet, with a mighty, formidable sluggishness, silent, mysterious and fatal, flowed the river. It had the terrible deliberation and the relentlessness of destiny. (*id.*, p. 132)

このような例は、他にも枚挙にいとまがないほど見つけることができるが、特に、*The Yellow Streak*, *The Pool* など、白人と現地人との関係や、混血児を扱った作品では、この点をもっと明りょうな形をとって現われている。

結局、作品と背景とは、程度の差はあっても、切り離すことのできないものであろう。もっと掘り下げて考えると、背景の問題は、作品のバック・ボーンとなっているモームの小説論、さらには芸術観とつながってくる。次は、この問題について一考してみなくてはなるまい。

IV

モームの短編小説の特長としてだれでも気がつくことは、ストーリーとして考えた場合、まず死、ことに殺人事件の多いことである。*Mackintosh* にしても、*The Outstation* にしても、主人公の憎悪の対象となっている男は、いずれも現地人の恨みを買って殺されてしまう。*Mackintosh* では、主人公のマックまでも自殺してしまう。

よく言われるように、登場人物の死は、確かに、物語に結末をつける一つの方法である。ことに悲劇においてはそうであって、シェイクスピアの悲劇は、いずれも血で血を洗うような生臭さを漂わせている。

モームの短編でも、戯曲と小説の違いはあるにしても、*Flotsam and Jetsam* などは、絶望的な過去と未来を背負う夫婦が登場し、妻の等間隔に起る、衣服にしみついた血を落とそうとでもしているような座れんは、手にしみ込んだ血を洗い流そうとするマクベス夫人の狂気を想起させる。しかし、殺人が、ただ物語の結末をつける手段にすぎないと見るのは、少し結論を急ぎすぎるようである。

作家なら、程度の差こそあれ、殺人に興味を示すのは当然であろうが、モームは殺人犯には異常な関心を寄せている。長編 *Christmas Holiday* では、この問題を詳しく扱っているし、筆者も、この作品についてはすでに

論じたが、⁸⁾ モームの殺人に対する関心の背後には、人間観察、つまり、平凡な人間の持つ、意外なほどの複雑な心に対する関心が横たわっている。

そのことと、もう一つ、殺人は日常茶飯事としては考えられない異常なもの、人間のパトスが、極限状態として現われたものと考えられる点で、モームの文学観、ことに短編小説論と深い関わりを持っていることを見落してはならない。

モームがいく度も引用しているチェーホフの手紙の一節に、

People don't go to the North Pole to fall off icebergs. They go to offices, quarrel with their wives and eat cabbage soup. (*Points of View, the Short Story*, p. 171, Heinemann, 1960)

というのがある。これは明らかに、チェーホフが、彼の文学の対象とした平凡人の平凡な生活を端的に述べたもので、作家は、そのような彼らの真実を描くべきだという主張であるが、これに対し、モームは、

One may fairly object to this that people do go to the North Pole, and if they don't fall off icebergs they undergo adventures as perilous and there is no reason in the world why an author shouldn't write very good stories about them. Obviously it is not enough that people should go to their offices and eat cabbage soup, and I don't believe that Chekhov ever thought it was: in order to make a story, surely they must steal the petty cash at the office or accept bribes, beat or deceive their wives, and when they eat cabbage soup it must be with significance. It then becomes a symbol of a happy domestic life or of the anguish of a frustrated one. (*id.*, pp. 171—2)

と言って、いわゆる日常性からはみ出した異常性というものの必要性を強調しているが、それは、小説の目的が、人生のありのままの写実にあるのではなく、フィクションとしての真実、つまり、小説を読んで面白いものとするためには、テクニクとして有効な方法を用いることの必要性を説いているのである。その意味で、自分でも認めているように、モームにはモーパッサンが大きな影響を与えているのであり、構成の巧みさ、劇的効果、結末の意外性といった点で、モーパッサンの作風には賛意を表している。チェーホフの考え方に異議を唱え

たのも、彼の作品が、初めと終りのない、気分と印象だけの、何事も起らない作品だからである。

また、結末の意外性については、オー・ヘンリーのあつた作品のように、理由のない逆転では意味がないが、必然性のあるものなら、何も否とするに当たらないというわけである。結局モームは、エドガー・アラン・ポーの次のような規範を、全面的に支持しているようである。

A skilful artist has constructed a tale. If wise, he has not fashioned his thoughts to accommodate his incidents; but having conceived, with deliberate care, a certain unique or single effect to be brought out, he then invents such incidents—— he then contrives such effects as may best aid him in establishing this preconceived effect....

(*id.*, p. 154)

つまり、出来事よりも、作家の意図する効果の方が先行すること、言い換えると、作品は事実ではなくて、創られたものであるということを中心しているのである。小説の中では、現実の人間の姿そのままが写し出されるのではなくて、一度、作者の想像力によって濾過されたフィクションとしての人間の真実が描かれる。これを、*Mackintosh* に当てはめて言うと、やせて、顔の長い、不釣り合いな体つきのマックの性格が内向し、背が低くて、太っちょで、丸顔のウォーカーの性格が外向的であるのも、計算された組み合わせであり、'a dark, tense drama'⁹⁾ が最後に二人の死を招くのも、現実の事件というよりは、むしろフィクションとしての必然性に基づくものなのである。モームの短編の魅力と面白さは、ストーリーの異常さと、緊密な構成によって、劇的な効果を盛り上げていく技術の確かさからくるものだと認めなければならないであろう。

しかし、モーム自身も認めていることであるが、作家にはだれにも限界がある。モームについても、彼の他の作家に対する批評を裏返せば、彼自身の限界にもなる。たとえば、H.G.ウェルズについて、彼の文学は、プロパガンダの文学だと言っているが、¹⁰⁾ その意味は、ウェルズの文学は、当面の重大な社会問題を宣伝しているだけのことであって、時代を超えて生き残るだけの価値はないということである。ところが、そのモーム自身は、特にインテリゲンチヤから、作家が政治・社会に参加し、時代を反映することが不可欠であることを指摘され

8) 詳しくは、拙稿『モームの目とチャーリーの目』(奈良工業高等専門学校研究紀要、№6、1970)参照。

9) *The Trembling of a Leaf, Honolulu*, p. 219.

10) *Ten Novels and Their Authors, the Art of Fiction*, p. 6, Heinemann, 1954.

て、憤然としている。¹¹⁾ 彼は、

Since the beginning of history men have gathered round the camp fire or in a group in the market place to listen to the telling of stories. The desire to listen to them appears to be as deeply rooted in the human animal as the sense of property. I have never pretended to be anything but a story teller... It is a misfortune for me that the telling of a story just for the sake of the story is not an activity that is in favour with the intelligentsia. I endeavour to bear my misfortunes with fortitude. (*Creatures of Circumstance, the Author Excuses Himself*, p. 4, Heinemann, 1961) と弁明して、職業作家としての、ストーリー・テラーの立場を堅持しているが、やはり、この辺のところ、モームの限界があると言えるのかもしれない。

それはともかくとして、結局のところ、モームにはモームの道があったのであり、チェーホフにはチェーホフの、マンスフィールドにはマンスフィールドの個性があったのである。モームは、お気に入りの 'idiosyncrasy' という言葉を使って、次のように結論している。

A work of fiction, and perhaps I should not go too far if I spoke more generally and said, a work of art, is an arrangement which the author makes of the facts of his experience with the idiosyncrasies of his own personality. (*The Casuarina Tree*, Postscript, p. 232)

.....

以上、短編小説に関して、作品と背景の関係を中心に、モームの小説論を考究してきた。それは、何を書くべきかという問題より、むしろ、いかに書くべきかという問題であった。つまり、方法論である。

背景の利用、その他の手法は、ストーリーの劇的効果をも高めるために必要なもので、その点で、限界はあるにしても、モームの短編小説は成功している。そのための大きな一因として、劇曲における修業が挙げられると思うが、モームの戯曲そのものは、ほとんど風習喜劇的な味の濃いもので、短編小説は、やはり新しい体験を基にして生れたものだと考えるべきであろう。

長編小説と比べても、短編で扱われているような題材は、長編の中に組み入れられると、単にエピソードとしての役割しか果さないものであるし、そのテーマは、限

られたスペースで、どのようにして緊張した効果をも高めるかという工夫を待って初めて、芸術性の高い作品となる。そういった意味で、モームは、短編小説に最も優れた作品が多いし、この世界で、ストーリー・テラーとしても、最大の成功を収めたと言えよう。

参 考 文 献

(引用文、脚注に挙げたものは除く)

The Summing Up, the New American Library, 1954.

Wilmon Menard: *The Two Worlds of Somerset Maugham*, Sherbourne Press, 1965.

Angus Wilson: *A Maugham Twelve*, Heinemann, 1966.

David Magarshack: *Chekhov*, Faber and Faber.

朱牟田夏雄編：20世紀英米文学案内19、「サマセット・モーム」, 研究社, 1966.

11) Garson Kanin: *Remembering Mr. Maugham*, pp. 100—1, Atheneum, 1966.

二つの幻想

—「闇の奥」試論—

中村元一

Two Illusions in *Heart of Darkness*

Gen-ichi NAKAMURA

コンラッドは、^{イリュージョン}幻想こそあらゆる精神活動の源泉であると考えた。「闇の奥」は、幻想の喪失に起因する一文明人の人格の崩壊を取り扱った作品である。

R. P. ウォレンは、コンラッドの説く幻想について次のように述べている。

Conrad's scepticism is ultimately but a reasonable recognition of the fact that man is a natural creature who can rest on no revealed values and can look forward to neither individual immortality nor racial survival. But reason, in this sense, is the denial of life and energy, for against all reason man insists, as man, on creating and trying to live by certain values. These values are, to use Conrad's word, "illusions," but the last wisdom is for man to realize that though his values are illusions, the illusion is necessary, is infinitely precious, is the mark of his human achievement, and is, in the end, his only truth.⁽¹⁾

(コンラッドの懐疑精神とは、人間が自然の生き物であり、目に見える価値に安んずることや、個人の不滅とか、民族の存続とかを期待することのできない生き物であるという事実の究極の理性的認識以外の何ものでもない。しかしこの意味において、理性は、生命力の拒絶なのである。なぜなら、人間はすべての理性に逆らい、人間としてある価値を創造し、その価値に基いて生きることを主張するからだ。この価値とは、コンラッドのことがばを借りれば、幻想である。人間最後の知恵とは、幻想が必要なものであり、

無限に価値あるものであり、人間的達成のしるしであり、究極において、自分自身の唯一の真実であることを自覚することである。)

上述の文は、人間が生きる支えとして必要とするのは、理性ではなく、幻想であるとコンラッドが確信していたことを述べたものである。このことばは、そのまま、コンラッド自身の創作活動についてもあてはまる。彼は、幻想に創作のエネルギーを求めた作家であった。「ナーシサス号の黒人」の序文において彼は、

My task which I am trying to achieve is, by the power of the written word to make you hear, to make you feel—it is, before all, to make you see.⁽²⁾

(わたくしが成し遂げようとする仕事は、書いたことばの力によって、読者諸君に聞かせ、感じさせ、とりわけ見させることである。)

と、創作に関する信条を述べている。これこそ、彼の初期作品を生み出し得たエネルギーの源泉であり、いわば彼の作家的幻想であった。マレー群島を舞台とする初期作品に見られる鮮明な映像の世界は、彼のこの幻想の所産であり、「ナーシサス号の黒人」の序文で唱えた「全人類を可視的世界に結合するところの連帯感(同書 p. x)」は、こうして得られたと考えられる。

しかし、彼の作家的幻想は、現実認識との間に隔離を生じ、創作生活開始後数年にして破たんを生じはじめていた。コンラッドは作品「救助」で、視覚的世界の構築に失敗し、数度にわたり、執筆を中断せざるを得なかつ

テキストは Dent 版 The Collected Edition of the Works of Joseph Conrad を用いた。

(1) Warren, R. P. *Nostromo* (New York: Modern Library, 1951), p. xxiii

(2) *The Nigger of the 'Narcissus'*, p. x

た。⁽³⁾

1898年は、コンラッドにとって、eventful な年であった。短編「青春」の完成後、長編「救助」の執筆に行きつづまり、一時は、船乗り生活にもどる決心さえしたが、同年九月初旬、フォード・マドックス・ヒューファー夫妻に紹介され、夫妻の持ち家ペント・ファームに転宅したところから、急に元気づき、次第に創作意欲を回復することができた。こうした背景のもとに、同年12月から、1899年2月にかけて書き上げたのが「闇の奥」である。遅筆作家コンラッドが、わずか三ヶ月で「闇の奥」を書き上げるほど、執筆に油が乗ったのは、上述のような環境の変化にもよるのであろうが、かつて「青春」の語り手をつとめたマーロウをこの作品でも起用したことによると思われる。さらに言えば、「闇の奥」におけるマーロウを語り手とする技法は、「救助」の際のような失敗を避けるために、コンラッドが意図的に採用したものと思われる。「救助」に難渋したコンラッドが、短編とはいえ、とにもかくにも彼にしては異例のスピードで「闇の奥」を書き上げ得た秘けつは、彼自身の幻想を意図的にマーロウの中に投入し、ナレーションを展開させたところにあると思われる。コンラッド自身の幻想とは、マーロウをして心中に描かしめた船乗り特有の幻想であった。この幻想に導かれ、マーロウはアフリカの暗黒から脱出し、生還し得たのであった。

一方、主人公クルツは、一文明人の幻想を抱き、アフリカの奥地に入ったが、彼の幻想はアフリカの暗黒の中で、あっさり消え去ってしまい、その結果、彼は自己を見失い、人格の崩壊に至る。アフリカの原始の闇から、自己を見失うことなく、かろうじて逃れ得た男マーロウと、その闇の中に埋没した男クルツ——この二人の持った幻想はきわめて対照的であった。

小稿では、「闇の奥」に描かれる上述の二つの幻想に焦点をしばり、それとの関連のもとに、この作品の主題や技法の特色を模索したいと考えている。

I

「闇の奥」のナレーションの枠組は、次のとおりである。まず、「私」なる人物が、ある夕刻、テムズ河の河口近くに停泊している遊覧帆船ネリー号の甲板に集まっ

た四人の男たち——会社社長、会計士、弁護士、船乗りマーロウ——を紹介する。彼らは、海の絆で結ばれた仲間たちであるが、今ではマーロウだけが現役の海の男である。あたりが暗くなりはじめたころ、どこか東洋の宗教の偶像に似た風ぼうのマーロウが、潮の変わり目を待つ間に、彼自身のアフリカの体験を語り、それを「私」が読者に伝えるという設定である。

コンラッドは、「闇の奥」では、このマーロウなる人物に、彼自身を託していると言ってもよく、前作「青春」のマーロウの場合と同じく、彼にコンラッド自身の体験と回想を語らせているのである。しかし、「青春」の場合、マーロウが語るののは、コンラッドの体験そのものであったのに対して、「闇の奥」の場合、コンラッド自身の体験と、その体験を超えた何ものかを、マーロウに語らせようとしたものであったことが、1917年に付された「著者の覚え書き」を通してうかがわれ、⁽⁴⁾ここに、二つの作品における語りの差を見ることができる。

マーロウとアフリカとの結びつきは、彼の幼少期にまでさかのぼって語られている。マーロウは次のごとく語る。

‘Now when I was a little chap I had a passion for maps. I would look for hours at South America, or Africa, or Australia, and lose myself in all the glories of exploration. At that time there were many blank spaces on the earth, and when I saw one that looked particularly inviting on a map (but they all look that) I would put my finger on it and say, When I grow up I will go there.’⁽⁵⁾

このマーロウの幼少期の夢想は、回想の中のコンラッド自身の幼少のころの夢想と重なることが、「最後の随筆集」に次のように描写されていることから知られる。

One day, putting my finger on a spot in the very middle of the then white heart of Africa, I declared that some day I would go there.⁽⁶⁾

(ある日、わたしは、地図の空白部分であるアフリカの大陸の真ん中の地点に指を置いて、いつかはそこへ行くことを宣言した。)

(3) コンラッドの作家的幻想の喪失については、拙稿「初期作品に見られるコンラッドの変貌」(奈良工業高等専門学校研究紀要第10号所載)参照。

(4) *Youth, Heart of Darkness and The End of the Tether*, p. vi

(5) *Ibid.*, p. 52 (以下‘Heart of Darkness’からの引用は、書名を省略する。)

(6) *Last Essays*, p. 16

しかし、コンゴ河をさかのぼる船の船長として、コンラッドがアフリカの地に立ったとき、そこはもはや、彼の夢想を託し得る「空白の地」ではなかった。マーロウは語る。

It had ceased to be a blank space of delightful mystery—a white patch for a boy to dream gloriously over. It had become a place of darkness.⁽⁷⁾

子どものころの夢と、彼が成人して後、漠然と抱いていた文明社会への幻想と信頼は、彼が「暗黒」を知ったとき、あとかたもなく消え去ってしまった。これが、彼の人生観にある種の変化をもたらすほどに、強烈な印象をともなった体験であったことは、彼が友人にたびたび語っていることばからもうかがわれる。ガーネットに語ったといわれる「コンゴへ行くまでのわたしは、ただの動物にすぎませんでした」という有名なことばもその一例である。「闇の奥」では、マーロウに次のように語らせている。

I don't want to bother you much with what happened to me personally,...yet to understand the effect of it on me you ought to know how I got out there, what I saw, how I went up that river to the place where I first met the poor chap. It was the farthest point of navigation and the culminating point of my experience. It seemed somehow to throw a kind of light on everything about me—and into my thoughts.⁽⁸⁾

作者は、アフリカ原始の暗黒にとらわれた主人公クルツに自己崩壊を遂げさせ、それを見届けるマーロウ自身の苦悩を追求することによって、アフリカの大自然の暗黒に呼応した人間性そのものに内在する暗黒の本質に迫ろうとした。「著者の覚え書き」の中に言うところの、「作者自身の体験を超えた部分」を書き加えた作者の意図は、「これを、読者の意識と魂に、しっかりと焼き付けてもらおうとする、まったく合法的だと思われる目的⁽⁹⁾」の達成にあったのである。

パリに本社のある象牙交易会社に就職したクルツは、「出張所というものは、すべて将来の発展のための、いわば街頭の灯台のようなものであり、すすんで文化・進歩・教化の中心でなければならぬ⁽¹⁰⁾」と信じて、コンゴ河をさかのぼって、アフリカ奥地出張所長の任についた。クルツの頭には、物質文明の推進こそ至上の善であ

り、彼自身を、文明の恩恵を未開の地にもたらす使徒であるとする意識があった。クルツは、こうした文明社会の大義名分——idea (観念)——を担って、アフリカ奥地に入った。マーロウは語る。

The conquest of the earth, which mostly means the taking it away from those who have a different complexion or slightly flatter noses than ourselves, is not a pretty thing when you look into it too much. What redeems it is the idea only. An idea at the back of it; not a sentimental pretence but an idea; and an unselfish belief in the idea—something you can set up, and bow down before, and offer a sacrifice to...⁽¹¹⁾

この観念(idea)を大義名分にふりかざしたからこそ、世紀末から今世紀初頭にかけての列強諸国の領土拡張や先進的物質文明国の未開地への進出が可能であった。

世人が、「観念」を信じ、そのもとで行動できるのはこの「観念」の中に、自己の幻想を見出すからである。コンラッドによれば、こうした幻想にもっともとらわれやすく、しかも、それに酔うことのできるのが「女」であった。マーロウがアフリカに行くことになったとき、彼の伯母は、「無知蒙昧なる土民大衆をその恐るべき生活状況から救い出す⁽¹²⁾」使命を帯びた使徒を送るかのごときことばを口にする。彼女の甥は、たかだかコンゴ河の河船の船長として出かけるにすぎなかったのに、彼女は、当時世上にかまびすしく、美々しく伝えられた未開地での文明人の行為を正当化する大義名分をうのみにしていたのである。コンラッドは、女というものを、見せかけだけにすぎぬ観念を信じ、「無知蒙昧」なのは、自分たちだということすら気付かぬ存在としてとらえている。「女というものは一切真実を見ようともせず⁽¹³⁾」「めいめい自分勝手な世界に住んで⁽¹⁴⁾」それぞれ美しい世界を築き上げているからである。マーロウは、伯母のことばに苦笑するだけで、彼女らの幻想をあえて否定しようとはしない。「女などは、奴らだけの美しい世界に閉じこめておけばよい⁽¹⁵⁾」と信じるからこそ、アフリカから帰ったマーロウは、クルツの許嫁に対して、クルツの最後のことばは「あなたの名まえでした」と伝えたのである。クルツの許嫁の「この勝ち誇るくらやみの中で、彼女自身にとって、この世のものとは思えぬ、光明に満ちた救いの力を持つ大いなる幻想⁽¹⁶⁾」の前に、

(7) p. 52 (8) p. 51 (9) p. vi

(10) p. 91 (以下日本語訳は、岩波文庫「闇の奥」—中野好夫氏訳—を参照させていただいた。)

(11) pp. 50—51 (12), (13), (14) p. 59 (15) p. 115 (16) p. 159

ただ頭をさげ、真実を口にしなかったのである。女たちの抱く世俗的観念の実態が、どのようなものであれ、その世俗的観念に支えられた価値観にかなった生き方をしているという自負の中で、彼女らの幻想はたしか位置を占め、それが彼女らの精神的支柱となっているのである。コンラッドからみれば、この幻想をくずさぬことが、彼女たちのためにも、また、別の意味で男たち自身のためにも、好都合なのであった。

II

ところで、文明社会の観念の実態を、コンラッドはどのように把握していたか。1898年初頭、グラハムあての書簡で次のように述べている。

You with your ideals of sincerity, courage and truth are strangely out of place in this epoch of material preoccupations. What does it bring? What's the profit? What do we get by it? These questions are at the root of every moral, intellectual or political movement. Into the noblest cause men manage to put something of their baseness; Every cause is tainted:⁽¹⁷⁾

(この物質文明に心を奪われた現代にあって、誠実だの、勇気だの、真理だのと唱えてみたところで、すべて場違いなものとなる。そんなことをしたところで、いったいどんなことになるともいうのだろう。何かが得られるともいうのだろうか。あらゆる道徳的、知的、政治的運動に関わるにつれ、その根底にこんな質問がつきまとうんだ。どんなに高尚な大義名分をふりかざしてみたところで、それには卑しい内容を盛り込むくらいが関の山だ。〈中略〉世の中の大義名分なんてものは、みんな腐り切っているんだ)

コンラッドの多くの書簡やエッセイの中に見られる文明社会への批判によっても明らかのように、進歩、啓蒙、教条等々の諸観念は、いわば人間の不条理をおおいかくすための、美辞麗句にすぎなかった。宗教団体、政治結社などの共同機構はもとより、政治・経済の巨大な集合体である国家が進歩の原則としてかかげる平和・協調・調和といった美辞はまやかしものにすぎない。コンラッドの目から見れば、右・左どのような主義のもとに馳せ参じた政治集団であろうと、その本質には、以上の意味から大して差違はなかった。コンラッドが帝国主義

体制を強く批判しながらも、進歩的主張に反ばつしているのは、このゆえである。

文明社会がそのシンボルとして掲げるさまざまな観念の中に、自己の幻想を見出し得るのは、文明社会という枠の中においてのみである。その枠から出たとたん、クルツは幻想を失ってしまった。個人が自己の進む道を見出し、生きる希望を持ち得るのは、幻想があるからである。幻想の消失——幻滅——の本質は、失望とか落胆とか言って、簡単に片付けられるようなものではない。それは、たちまち破滅につながるものである。「あわれみ・学問・進歩」その他ヨーロッパ社会における幻想——種々の指導理念——を信奉しつつ、何らの観念をも持たない世界——アフリカの暗黒——の中に入り込んだクルツの運命は最初から決まっていた。もともと、彼の従事する象牙交易は、「あわれみ・学問・進歩」などとは、何の縁故もない、いわば合法的掠奪ともいうべき利潤本位のものであった。アフリカの暗黒の完全なとりこになったクルツは、物欲をつのらせ、自己の本性をさらけ出してゆく。彼の姿貌^{ぼう}ぶりを、マーロウは次のように語る。

The wilderness had found him out early, and had taken on him a terrible vengeance for the fantastic invasion. I think it had whispered to him things about himself which he did not know, things of which he had no conception till he took counsel with this great solitude—and the whisper had proved irresistibly fascinating. It echoed loudly within him because he was hollow at the core.⁽¹⁸⁾

文明人であろうと、未開地域に住む人間であろうと、人間には、本来、本能的かつ衝動的なすさまじい欲望がある。それは、場が与えられれば、生きる意欲ともなり得る人間の根源に横たわる未分化状態の盲目的意志と見ることもできよう。ただ、文明人の場合、彼らの従うべき掟や、行動の規準があり、それらに、自己の欲望を仮託して、人間の獣性をおおいかくして、前進する。それゆえに、積極的に肯定され、合法化されたすさまじいばかりの行動力が生まれる。文明開化の行動は、文明人の幻想によってあおられた動物的エネルギーによって、推進されるものなのである。

クルツはもともと多趣多才の男であったという。音楽家・画家・新聞記者・いづれの分野で活躍しても、天才

(17) Watts, C. T. ed. *Joseph Conrad's Letters to Cunningham Graham* (Cambridge U. P. 1969), p. 68

(18) p. 131 (19) p. 117 (20), (21), (22), (23) p. 118 (24) p. 132

的な才能を発揮できたであろうと言われた人物であった。政治家になれば、保守・進歩のいずれを問わず、領袖しゅしゅとなり得たであろうし、文明世界にありさえすれば、偉大な業績を上げ、社会的進歩に貢献しうる偉人の範ちゅうに属し得たはずの人物であった。彼の残した「国際蛮習抑止協会⁽¹⁹⁾」への報告書によれば、「土民に対しては、神のごとき力を以て接し、⁽²⁰⁾」「意志の働きでほとんど無際限の道徳的能力を行使することが可能である⁽²¹⁾」という。魔法のごとく、とうとうと流れ出る彼の弁舌には、「荘厳な仁愛の支配する無限性⁽²²⁾」があふれ、マロウでさえも情熱のうずきを感じないわけにはいかなかったほどだという。しかし、最後にしるされた「よろしく彼ら野獣を根絶せよ⁽²³⁾」というクルツのことばがマロウの注意を引いた。この報告書の大要は、文明社会の観念のヴェールをかぶせた表現でしるされているが、最後の一句はそれをかなぐり捨てて、むき出しの表現となっている。アフリカの奥地において、クルツという恐るべき才能と行動力の持ち主を、背後から操る力は、もはや、文明社会の理性や観念では律することのできぬ闇の奥の力であった。

近代ヨーロッパ諸国の帝国主義政策を、痛烈に批判したコンラッドが、冷徹に把握していたのは、大義名分をふりかざした彼らの、どす黒い野望の正体であった。この野望の正体とは、文明の力では推し量ることも律することもできぬ、人間の暗黒の力に呼応するものであり、この野望のむき出しの行為が、掠奪であり、その大規模な形態が戦争である。戦争に際して唱えられる正義や大義名分は、コンラッドから見れば、その野望のかくれみのであるにすぎないのである。

同じ掠奪行為であっても、その昔、テムズ河をさかのぼってきた古代ローマ民族のそれは、単なる動物力による弱肉強食の行為であったし、またアフリカ原住民の首狩りの習俗も同様であった。彼らの行為は、文明につきものの、それを正当化する観念などとは無縁の行為、いわば、暗黒の力そのものによる行為であり、「白日のもとに存在する権利を有する⁽²⁴⁾」ものであった。したがって、古代ローマ民族も、アフリカの原住民も、文明人の陥る精神的崩壊とは無縁なのであった。

文明人の精神的崩壊とは、彼らが外的に付与された幻想——観念に託された幻想——の無意味さに気付いたとき、彼らが陥る状況で、幻滅した彼らの内面は、完全に空洞——hollow at the core——化し、それを人間性本

来の暗黒が埋めつくしてしまうことであり、彼らが欲望の権化となっていくことを意味するのである。コンラッドによれば、文明社会の掲げる諸観念や、行動規準は、文明社会に生きる便宜上、人間に後天的に、外的に付与されるものにすぎず、それは、ごく限られた状況の中でのみ拘束力を持つけれども、人間の本性を絶対的に支配したり、変革したりすることはできないのであり、したがって、人間の救済につながり得るものではないのである。

このように、コンラッドは、人間性に内在する情念は本来不条理なものであり、理知の光では照らし出すことの不可能な、底深いものであると感じとっていたのである。文明のロジックは、人間性のごく表面に関与するのみであり、その奥底は、測り知れぬ茫漠たる無気味な闇の世界である。通常の言語によるコミュニケーションは、到底、この人間性の深淵の実体を伝達できるものではない。言語は、「われわれの避難場所である光と秩序の概念に属するものである⁽²⁵⁾」から「われわれの使うことばのうち半分は何の意味もない⁽²⁶⁾」ということになるのである。文学作品研究において、さまざまな象徴が問題にされるのは、言語では迫り得ない人間性の深層を探るためであろう。「闇の奥」のマロウをして、クルツが自己の状況をどのように説明するかという点に、興味を抱かしたのも、同じ理由にもとづいていると思われる。

アフリカ大自然の暗黒に呼応し、その深淵に呑み込まれたクルツに対しては、もはや通常の言語は通用しない。彼が自己の状況をどのように表現するかに、マロウは関心を持った。クルツの才能中、最も秀れていた言語使用の能力——「アフリカの人跡を許さぬ暗黒の奥地から流れる光の鼓動でなければ欺まんの流れ⁽²⁷⁾」とも言うべき不思議なクルツの言語能力にマロウは期待を寄せた。クルツが、知性の光の届かぬ、人間性の暗黒を「完全に知り尽した至上の一瞬間⁽²⁸⁾」において発した「地獄だ! 地獄だ!」(The horror! The horror!)の二語の背後に潜む暗示性こそ、クルツの一切の信念の告白であった。

He had something to say. He said it. Since I had peeped over the edge myself, I understand better the meaning of his stare, that could not see the flame of the candle, but was wide enough

(19) ……words also belong to the sheltering conception of light and order which is our refuge. (*Lord Jim*, p. 313)

(20) Half the words we use have no meaning whatever. (Watts, C. T. *op. cit.*, p. 65)

(21) pp. 113—114 (22) p. 149

to embrace the whole universe, piercing enough to penetrate all the hearts that beat in the darkness. He had summed up—he had judged. 'The horror!' He was a remarkable man. After all, this was the expression of some sort of belief; it had candour, it had conviction, it had a vibrating note of revolt in its whisper, it had the appalling face of a glimpsed truth.—⁽²⁹⁾

この真実のことばの意味は、クルツに完全に共感を抱けたと自負するマーロウの想念において、実感としてとらえ得た内容であり、われわれ読者の臆測を許さぬものである。

マーロウが、クルツの婚約者に、この臨終のことば、「地獄だ、地獄だ」を伝ええず、嘘をついた理由は、暗黒の中味について伝達しようにも、それは彼女の幻想の外にあって、彼女に理解させるように事実を伝えることは、普通の言語では、到底できないと思ったからであった。

このように、人間の言語を阻む暗黒に対する強い関心が、マーロウをアフリカ奥地へ向かわせ、クルツへの深い共感を呼び起こしたのであった。

日常生活において満たされると信じられる幻想は、個人にとっては、それがいかに価値あるものにせよ、それは人間性のごく表面をおおうだけのものである。人が、その事実を悟るとき、その奥底にある不条理——暗黒——が頭を持ち上げ、個人の幻想は消え失せてしまう。文明人の幻想は、しょせん、はかなく吹き飛ばされてしまう「風の前のもみがら」なのであり、そのもろさゆえにその価値観は安易に転換される。コンラッドは、幻想の喪失をきわめて悲観的に描くのである。そこに、彼の近代物質文明批判の姿勢がうかがわれると思われる。

III

既述したような、文明人の観念に託されている幻想と対照的に、作品「闇の奥」で描かれるもう一つの幻想——語り手マーロウに託されたコンラッド自身のものであると思われる幻想について考えてみたい。

「ノストロモ」の中に、次のことばが見出される。

In our activity alone do we find the sustaining illusion of independent existence as against the

whole scheme of things of which we form a helpless part.⁽³⁰⁾

(われわれがその無力な一部分を形成している世間という名の機構全体を向うにまわして、自分たちはそれとは全く無縁に生きているのだという、希望の持てる幻想を抱き得るのは、行動においてのみだ。)

コンラッドの言う、たしかに実在感につながり得る幻想とは、所与的な条件によって得られるようなものではなく、孤独のうちになされる職務など、主体自身の行動によってはじめて獲得される幻想であった。

中央出張所に到着してからのマーロウは、駐在員たちの人間的卑小さに失望する一方、周囲の原生林からは威圧され、自己を見失いかける。彼がようやく中央出張所に辿りついたとき、彼が船長として乗るべき船は、河の底に沈んでいた。クルツの安否を突きとめることを急いだ支配人が、技術の未熟なものに操船させたのである。マーロウは、まず、船を引き上げ、修復すること——それもリベットを求めることから始めなければならなかった。早速仕事にとりかかった彼にとって、「そうすることだけが、何か人生の事実をしっかりとつかんでいる唯一の生き方⁽³¹⁾」に思われたのである。船への愛情とともに、仕事は、「自分自身を知るまたとない機会⁽³²⁾」「他人のためではなく、自分のための自分⁽³³⁾」を発見する機会を与えてくれた。コンラッドは、「人生と文学の記録」の中で

For the great mass of mankind the only saving grace that is needed is steady fidelity to what is nearest to hand and heart in the short moment of each human effort.⁽³⁴⁾

(人類大衆にとって、必要となる唯一の救いの徳は、個人の努力の短い瞬間において、最も手近なものにひたすら忠実であることだ。)

と述べている。作者がマーロウに抱かしめた幻想は、このように、行動の中で得られる幻想と言えるであろう。

コンゴ河をさかのぼりはじめてからのマーロウは、原住民の船乗りたちの勤勉な勤めぶりに圧倒される。何の訓練も経ずに雇われた原住民たちであったが、彼らも、持ち場につけば、りっぱな船乗りであった。白人社会のしきたりや美德とは縁もゆかりもない黒人船乗りたちが、はた目にも見事に労働に徹し得たのは、文明とは

⁽²⁹⁾ p. 151

⁽³⁰⁾ *Nostramo*, p. 497

⁽³¹⁾ p. 75 ⁽³²⁾, ⁽³³⁾ p. 85

⁽³⁴⁾ *Notes on Life and Letters*, p. 191

何の関わりもない原始的眞実に支配されているからであった。コンラッドは、これらの黒人たちに、かつて「ナーシマス号の黒人」において、シングルトンに与えた要素に通ずるものを持たせ、それをマーロウに発見させているのである。この事実がマーロウをして、彼自身の船乗りの幻想——船を船主が信じているように浮べ、目的地まで確実に運ぶことを目的とする行動の中に見出される幻想——を持続させ、それにより、大森林による威圧感や河岸に出没する原始人の叫び声から受ける不安感・焦燥感から、ともすれば自己を見失いかける彼自身の心をふるい立たせ、ともかくも船を前進させ得たのである。河岸で踊り狂っているのがずっと似合いたと思われる原住民の船乗りたちは、不思議なまでに任務に忠実であった。彼らは、食糧がなく、飢えていた。彼らは食人種であり、また「河下の方で作られた法律⁽³⁵⁾」という名の紙切れに拘束されることもなかったのに、マーロウたち白人を襲おうとすれば襲い得たにもかかわらず、そういうこともせず、わずかの報酬しか期待できぬ彼らの義務の遂行に、専念していたのである。クルツには欠けていた「自制心」が彼らにはそなわっていた。この「自制心」について、マーロウは「決して、信念・主義・主張にもとづくものではなく、自分たちの臆測を許さない不思議な人間性の秘密の一つ⁽³⁶⁾」であると考え、さらにこの事実は、「海の面に踊る波頭のように、またあの底知れぬ謎の流れに浮ぶ小波のように、目を疑うことのできぬ事実⁽³⁷⁾」であるとする。マーロウは、これを「深い謎」だと思つたのである。作者はマーロウの体験に自己の海の体験を重ね、食人種の船乗りたちの中に、コンラッドの回想の中の英国商帆船の船乗りたちを律していた倫理意識に類似した意識を見出そうとしているかと思われる。「青春」の船乗りたちに見られたように、陸上では手のつけようのない、ならず者の集団である船乗りたちを、義務に向かわしめる、彼らに生来そなわっている資質と類似した資質、すなわち「深い謎」であるところの自制心を、作者は、原住民船乗りたちに持たせたと思われるのである。

「人生と文学についての覚え書き」の中で、コンラッドは、過去の英国商帆船の乗組員について、次のように述べている。

What was most difficult to detect was the nature of the deep impulses which these men obeyed.

What spirit was it that inspired the unflinching manifestations of their simple fidelity? No outward cohesive force of compulsion or discipline was holding them together or had ever shaped their unexpressed standards. It was very mysterious. At last I came to the conclusion that it must be something in the nature of the life itself.⁽³⁸⁾

(いちばん見つけにいかかっていたのは、これらの男たちを従わせる衝動というものの性質だった。彼らの素朴な義務感を、まちがいに発揮させるようにし向けたのは、どんな精神だったのか。彼らは、決して、外部からの強要や訓練によって、結束をしたり、彼らの、いわく言いがたい規準を作り出したのではなかった。それはきわめて不思議なものだった。とどのつまり、それは生命自体の性質に存する何ものかによるにちがいないと私は結論したのである。)

いかにまとまりのない烏合の衆をも結束させ、義務に向かわせるのが、かつての帆船の連帯であった。行動をとむにするとき、彼ら船乗り相互の間に、充実感と連帯感が生まれた。帆船の連帯は、彼らの自発的な結束であり、彼らの倫理意識は、その中から自然に生じたものである。彼らの義務感とは、規範や報酬によって引き出されるものではない。一瞬一瞬の労働の中に、個々の船乗りは、さだかな幻想を持ち、自己の義務を果すのである。マーロウは言う。

After all, for a seaman, to scrape the bottom of the thing that's supposed to float all the time under his care is the unpardonable sin. No one may know it, but you never forget the thump—eh? A blow on the very heart. You remember it, you dream of it, you wake up at night and think of it—years after— and go hot and cold all over.⁽³⁹⁾

個々の船乗りにとって、最も関心のあったのは、自分自身であり、他者から受ける評価など問題ではなかった。

河をさかのぼる途中、河岸の小屋に立ち寄ったマーロウは、六十年前の帆船時代の操舵法を説いた一冊の本を見つけた。砂漠の中にオアシスを発見した人のような気持で、マーロウはその本のページを開き、「面白くてたまらぬものではなかったが、一見しただけで、その一貫した趣意、そして……この大時代なわびしい著述の一ページページが、職業的筆致とはまたちがった、まるで

(35) p. 103 (36) p. 104 (37) p. 105

(38) *Notes on Life and Letters*, p. 183

(39) p. 94

別の光を帯びて⁽⁴⁰⁾」いるのを発見する。そして、彼は、この本の著者である「朴訥な船乗り⁽⁴¹⁾」を想像するだけで、「紛れない真実⁽⁴²⁾」に出会した気持ちになった。マーロウの感じた「紛れない真実」とは、前述したような、帆船時代の船乗り精神であったと想像される。「書物の表紙はちぎれ、中の頁はすれて、くしゃくしゃになっていたが、背中だけは、白い糸で結び直され、その糸は汚れ目が見えなかった⁽⁴³⁾」という叙述が、この精神を象徴しているのである。ちっぽけな人間の自我意識を呑み込むようなアフリカ内陸の暗黒の中で、自我意識を見失わないための、暗夜の灯のようなよるべとして、帆船の倫理意識を見出したものであり、きわめて象徴的である。

IV

ところで、筆者は、前稿において、1898年の時点で、コンラッドが作家としての幻滅に直面した事実を指摘した。⁽⁴⁴⁾この幻滅感とは、「闇の奥」執筆時には、さらに深まっていたと推測される。

1898年1月、友人グラハムにあてて、コンラッドは次のように書き送った。

There is no morality, no knowledge and no hope; there is only the consciousness of ourselves which drives us about a world that whether seen in a convex or a concave mirror is always but a vain and fleeting appearance.⁽⁴⁵⁾

(徳もなければ、知識も希望もない。あるのは、ただ自我意識だけだ。この意識がわたしたちを駆りたて、どう見ても、しょせん、はかない幻の世の中をさまよす。)

すべての価値規準が失われて、幻の世をさまよう自我意識に駆りたてられているのが、「闇の奥」執筆中のコンラッドの状況であったと想定すれば、作中でのマーロウの状況はより明瞭になる。マーロウは、すでにその時代の去った帆船においてはだれもが持ち得た、あの船乗りの幻想にすがって、暗黒のアフリカ内陸部を進み得た。この意味で、ヒューイトの次の指摘は妥当だと思われる。

...in the voyage into the heart of darkness, the

Marlow of the story clings for a moment to the manual of seamanship as the relief of something tangible in the midst of nightmare.⁽⁴⁶⁾

(闇の奥への航海において、物語中のマーロウは、悪夢のまっただ中であって、何か触知できる気休めとして、船乗りの手引きにしがみついている。)

帆船時代へのノスタルジアは、とらえどころのない現代の混とんの中で、溺れかけた作者の自我意識がつかんだ「わら」であった。「闇の奥」執筆に際して、「救助」の際の挫折の二の舞を避けるためには、作者自身の幻想が持続されなければならなかった。船乗りの「幻想」を語り手マーロウに抱かせたのは、作者自身の「語り」を維持するための、秘策であったと言えるのではないだろうか。これによってコンラッドは、「闇の奥」を一気に書き終えることができたと思われるのである。

この際、はっきりさせておきたいのは、作者の抱いた幻想と、マーロウの持続した幻想に全くずれがないということである。換言すれば、作者は「闇の奥」へと進むマーロウに全面的に自己を託したということになる。こういう観点から、具体例に即して、コンラッドの「語り」の技巧に迫りたいと考える。

マーロウに船乗りとしての自覚をよみがえらせ、暗黒の中を進む指針を与えた「帆船操舵術研究」の持ち主は、クルツのもとで働いているロシア青年であった。この青年を通して、マーロウは、クルツに関する最新の情報を得るが、ここでは、船乗り相互の連帯意識が表面化してくる。この青年は、マーロウと同じく、英国商船において、船乗りとしての訓練を受けた人物で、マーロウに仲間意識を持ち、‘brother seaman’と呼びかける。マーロウもこの青年に共感を抱き、彼の夢想心を讃えて次のように述べる。

The glamour of youth enveloped his particoloured rags, his destitution, his loneliness, the essential desolation of his futile wanderings. For months—for years—his life hadn't been worth a day's purchase; and there he was gallantly, thoughtlessly alive, to all appearance indestructible solely by the virtue of his few years and of his unreflecting audacity. I was seduced into something like admiration—like envy. Glamour urged him on, glamour kept him

(40), (41), (42), (43) p. 99

(44) 注(3)の拙稿

(45) Watts, C. T. *op. cit.*, p. 71

(46) Mudrick, M. ed. *Conrad, A Collection of Critical Essays*, p. 59 (A quotation from Douglas Hewitt's *Conrad: A Reassessment*)

unscathed. He surely wanted nothing from the wilderness but space to breathe in and push on through. His need was to exist, and to move onwards at the greatest possible risk, and with a maximum of privation. If the absolutely pure, uncalculating, unpractical spirit of adventure had ever ruled a human being, it ruled this be-patched youth. I almost envied him the possession of this modest and clear flame.⁽⁴⁷⁾

コンゴ河をさかのぼるとき、マーロウの行動の支えとなったあの船乗りの幻想のもとに、また、さらにロシア青年に対する海の絆の意識を介して、彼は暗黒のまっただ中にあるクルツを凝視している。つまり、船乗りの幻想が文明社会の幻想を拒むアフリカの暗黒を描写する際の、「語り」の展開の軸となっているのである。しかし、コンラッドは、この幻想が人間にとって「救済」だと考えているわけではない。マーロウにいかにか賞讃させ、相互の共感を強調させようと、コンラッドの、このロシア青年の描写には実在感がともなわない。たとえば、この青年の外見——雑色の道化服。これには、作者のアイロニーがこめられていると思われる。この青年の祖国ロシアはコンラッドにとって、到底、共感を持ち得ない国であり、その当時のロシアの専制体制は、彼の最も忌み嫌ったものであった。この青年にロシア国籍と、道化服の外観を与えたところに、ことばとほうらはらの、コンラッドの意図が読みとれるのである。この青年は言ってみれば、イソップ寓話の、種々の鳥の羽でわが身を飾った一羽の鳥にすぎない。このような相手にマーロウが共感を抱いたかのような叙述は、アイロニーである。

船乗りの幻想は、過去へのノスタルジアに過ぎず、暗黒の現実の中にあっては、文明人の抱く幻想と同様、形骸化されたものと見られよう。しかし、作者は、かつて自己の抱いた幻想に、自我意識を託して、「闇の奥」を書き上げたのである。

V

マーロウの語りの内枠において、彼の船乗りの幻想の中にある海のつながりが、「闇の奥」の語りの軸であることはすでに述べたが、マーロウの語りの外枠についても述べておきたい。

ある夕刻、テムズ河口近くに停泊する遊覧帆船ネリー号の甲板では、かつて、海の絆で結ばれた男たちが、潮の具合の変わるのを待っていた。その間に、マーロウが彼のアフリカ奥地での体験を語る。そしてそのマーロウの語りを、その聞き手の一人であった「私」が読者に引き渡すという役割を担っている。

ルーセルは、「私」という人物は、マーロウの語りに加わらず、常に隔離した態度を保っており、「闇の奥」は、マーロウと「私」という二つの異質の視点から描かれた小説であると論じている。⁽⁴⁸⁾ たしかに、ルーセルの指摘するように、「私」は、クルツとクルツの陥った暗黒を先まわりして知っている人物である。このことは、テムズ河周辺を点描するに際して、多くの暗黒のイメージを用いたことと関連する。しかし、マーロウにしても、彼の語りをはじめの前から、クルツの暗黒については充分承知しており、暗黒を認識しているという点に関して両者の間に差はない。マーロウは、自分の語りを夢物語であると言い、夢の不可解さは、到底、他人に伝えられるものではないと述べている。「私」も、マーロウと同様に、物語の核心をそのまま伝える人物ではない。「私」は、語りのはじめの部分で、

……to him (Marlow) the meaning of an episode was not inside like a kernel but outside, enveloping the tale which brought it out only as a glow brings out a haze, in the likeness of one of these misty halos that sometimes are made visible by the spectral illumination of moonshine.⁽⁴⁹⁾ ()内筆者

と、暗黒の不可解さを語るマーロウの立場を援護して読者に伝えている。このように「私」は、マーロウの語りの介添人であって、マーロウの立場の理解者でもあり、単なる船乗りの懐古談ですませたくないとするマーロウの話を、昔のよしみでまじめに聞き、かつこれを読者に引き渡す役割を担っているのである。この意味で「私」は、ルーセルの指摘するような、マーロウとは別の視点に立つ人物ではなく、マーロウとともに、クルツの暗黒に関与しながら、彼に関する物語を興味深く聞き、その内容を読者に伝えている人物であると考えられる。

「私」は、マーロウの語り先に立ち、かつて、テムズ河を下って、世界のすみずみの暗黒地域へと向かった、過去の偉大な船乗りたちを数え上げ、彼らと同じようにアフリカの暗黒に向かったマーロウの体験談を読者に引

⁽⁴⁷⁾ p. 126

⁽⁴⁸⁾ Roussel, R. *The Metaphysics of Darkness* (The John Hopkins Press 1971), pp. 76—79 参照

⁽⁴⁹⁾ p. 48 ⁽⁵⁰⁾ p. 162

き渡すに際して、まず「つゆはらい」をつとめ、そして、マーロウの語りのあとを、次のように締めくくっている。

The offing was barred by a black bank of clouds, and the tranquil waterway leading to the uttermost ends of the earth flowed sombre under an overcast sky-seemed to lead into the heart of an immense darkness.⁽⁵⁰⁾

この「果てなくつづく闇」の奥とは、アフリカの暗黒であり、クルツの暗黒であり、同時に人間の内面の奥底にひそむ暗黒である。テムズ河から闇の奥まで続く水路は、「私」の想念の中で、時間空間を超越して、多くの船乗りのさまざまな幻想と結びついている。「私」は、こうした船乗りの幻想を通して、現実の英国社会の暗黒と、マーロウの語りの中の暗黒——人間性の根源にひそむ暗黒——を結びつける役割を果していると考えられよう。この意味で、「私」は、海という強い絆によって結ばれた者のみが持ち得る幻想を軸として語られたマーロウの語りを、さらに同じ幻想により補強しているものと考えたい。マーロウを、アフリカ滞在中のコンラッドとすれば、「私」は、イギリスの現実社会に身を置き、海に郷愁を寄せるコンラッドなのであり、時間を越えた両者の結合によって、「闇の奥」の語りの成就が可能だったのである。

以上、人間に生きるエネルギーを与える幻想について、外部から吹きこまれた幻想と、個人の行動を通して、人間の内面から発生する幻想との二種に分類して、クルツの場合と、マーロウの場合とを対比させて述べた。マーロウの幻想が、彼自身の行動において見出されたものであったのに対し、クルツの幻想は、文明社会の掲げる観念をそのまま呑みにしたもので、彼自身の行動とは何のつながりもなかった。人間に与える力が大きかろうと小さかろうと、それが幻想である以上、いかなる幻想も消え果てる宿命を担っている。コンラッドは、この幻想の消滅に焦点をあて、クルツの場合のように、幻想の消滅を契機に破滅への道を進む場合と、マーロウ

の場合のように、幻想が消えたのちに、それをかつて持ったということを生の実感としてとらえ得る場合とに分けて扱っている。

既述したように、クルツは文明社会にあっては、たとえ何を志そうと、必ず成功したであろうと言われた男であった。つまり、外部の状況の要求する通りに、価値観を転換し得る男であった。外部の状況に容易に呼応し得る、自制心のない、文明の申し子とでもいうべき男、それがクルツであった。それゆえに、彼は、暗黒の地で、彼の信奉した観念から解放されたとき、‘hollow at the core’の状態に陥り、その自制心のなきゆえに、欲望むき出しの、暗黒そのままの人間へと変貌を遂げたのである。一方、クルツにはなかった自制心を、食人種の船乗りに与えたのは、何ゆえであったか。ここに、コンラッドの文明に対するアイロニーがあるのである。コンラッドは、文明社会にあっては、最も肯定的に評価される男が、文明社会の基盤を失ったときに見せるもろさを示すことによって、人間に自制心を失わしめる、文明そのものの体質を明らかにしようとした。これは、モラルの面からの追求ではなく、コンラッドの文明批判の立場の表明である。文明人の場合、彼らは、未開人よりも、人間の質という点でより優れているという錯覚のもとに生きている。この錯覚を鋭く突いて、コンラッドは、文明人の精神の内部に広がる暗黒の存在を読者に暗示するのである。マーロウは、暗黒の世界を垣間見、その恐怖を知った男として登場するが、暗黒の本質を語っているのではない。マーロウは「闇の奥」の存在を暗示するのみであり、自己の語り得なかった部分は、読者の感受性に委ねるのである。

コンラッドから見れば、文明は、無意味なだけではなく、破滅につながるものであった。禁断の木の果実をイヴに勧められてアダムが食したときに、文明が始まったとすれば、以後何らの救済策もないままに、破滅への道を歩まねばならぬ人間の宿命を、きわめて絶望的に見つめるコンラッドを、「闇の奥」は浮き彫りにしているのである。

語り手マーロウをめぐって

—「ロード・ジム」再論⁽¹⁾—

中 村 元 一

Marlow's Role in *Lord Jim*

Gen-ichi NAKAMURA

「ロード・ジム」(1900)は、その構造や内容が複雑で、理解し難い作品であると言われ、その複雑さの原因は、しばしば語り手マーロウにあるとされる。ヒューイットは、マーロウが混乱していると述べ、その混乱は、さらに、コンラッド自身までに及ぶと言う。⁽²⁾ ゲラードは、読者が話を複雑だと思ふのは、ごく平凡な主人公に対する複雑多様なマーロウの反応の仕方のせいだと指摘する。⁽³⁾

たしかに、マーロウの語りは、じょう舌であり、一見自家撞着に陥っているように見えるふしもあるが、マーロウ同様コンラッドが混乱しているとする解釈を、妥当と見てよいかどうか、それは疑問である。マーロウは、作者の全面的な代弁者ではなく、一登場人物の性格を持つ語り手であり、彼の背後にあって、作者が意図的に、時として、複雑で矛盾さえる言動をとらせているとする解釈も可能だと思われるからである。⁽⁴⁾

本稿では、このような観点に立って、登場人物の立場を分析し、作者自身に属すると思われる立場と、そうでないと考えられる立場とに類別し、その上で、マーロウの語りを作者の技法と見なして、それがどのような意図

によるのか、作品の基底の主題との関りにおいて考察していきたいと思う。

I

「ロード・ジム」の前身、1898年春執筆された'Tuan Jim: A Sketch'は、第2章で中断されたが、それには語り手マーロウはまだ登場していない。この短編を中断しておいて執筆した「闇の奥」で、コンラッドは「青春」にひき続いて、マーロウを登場させ、重要な役割を与えた。これは、作者をも、読者をも満足させたようである。このマーロウ起用による語りの成功が、'Tuan Jim'を「ロード・ジム」に発展させる契機を提供したという推測は、充分成り立つ。E.K.ヘイは、ハーバード大学所蔵の'Tuan Jim'の草稿と、完成作「ロード・ジム」を比較・検討した後、第1章において、主人公が冒険小説を耽読しつつ、自己の英雄的行為を夢想するエピソードは、'Tuan Jim'にはなくて、「ロード・ジム」執筆の際に追加された部分であるという事実を指摘している。⁽⁵⁾

ジムに夢想癖を与えたことと、マーロウの起用を結び

使用テキストは Dent 版 *Lord Jim* (1968 年刊行)。訳文については、「筑摩書房世界文学大系86コンラッド」収録の「ロード・ジム」(矢島剛一氏訳)を参照させていただいた。

(1) 本論は、拙論「束縛と解放」(奈良工業高等専門学校研究紀要第9号所載 1974)の内容を補充したものである。語り手マーロウの抱く幻想を通して、ジム像を考察した前稿に対して、本稿では、マーロウの語りの中に潜在する、マーロウのものとは別個の、コンラッド自身の視点から眺められたジム像を把握しようとするものである。

(2) Mudrick, M. ed. *Conrad, A Collection of Critical Essays* (A Spectrum Book 1969), p. 60 (A Quotation from D. Hewitt's *Conrad, A Reassessment*)

(3) Guerard, A. J., *Conrad the Novelist* (Harvard U. P. 1958), p. 141

(4) 杉浦廣治氏は *Duality of Lord Jim* (鈴鹿工業高等専門学校研究紀要第2号所載論文 1968)において、語り手マーロウは作者の代弁者ではなく、作者とは異なった意見や立場を有する一登場人物の性格を有することを、1~4章における全知の語りと5章以下のマーロウの語りの相違点から論証されている。筆者も氏と全く同じ見解に立つが、「更にかくされた作者の主張やマーロウ起用の意図を通して作品の主題に迫りたいと考える。

(5) *Twentieth Century Interpretations of Lord Jim* (ed. by Kuehn, R. E., A Spectrum Book 1969), p. 15 E. K. Hay's Essay entitled *Lord Jim: From Sketch to Novel*

つけることができると仮定すれば、作者は、改作に際し、ジムの夢想への作者自身の共感をマーロウに肯定的に語らせる意図を持ったのではないかという推測も可能だと思われる。冒険小説を耽読し、途方もない幻想を抱くジムの姿には、コンラッド自身の青春像が色濃く投影していると見られる。「ロード・ジム」執筆の時点で、すでに過去を感傷的に回想する傾向が強かったコンラッドであるから、若き日の彼自身と海へ寄せたその夢と憧れを、ジムに託し、マーロウに肯定的に語らせようとしたという推測は、それほど的確はずれのものではないと考える。

また、作者は、マーロウの起用と併行して、彼の話の聞き手をも登場させて、読者とのつながりを保つ上での一つの役割を与えた。聞き手は、マーロウの友人たちでヴェランダで一晩中マーロウの話聞くのであるが、マーロウと同じく、夢多い若き日を持った人々であることがその共通点である。また、彼らの中に、今は陸に上がって、典型的な小市民生活に満足している人物が配されていて、彼が物語の後半、マーロウと読者との連携を維持する上で、特に大きな役割を担われているのである。

マーロウが登場するのに先立って、1～4章は、全知の語り手によって語られている。全知の語り手の目を通して描かれるジムは、彼の英雄的自画像にはほど遠い決断力にも実行力にも欠けた、海の男としては不適格というべき人物である。彼は、生活の糧を与えてくれる海の仕事の報いも受けず、自己を露わに示すところの海の試練も経ずに、高級船員になったのであり、(p. 10) 夢想家であるという側面を除いては、読者に何の共感も与えない主人公の姿がそこにある。負傷して、東洋のとある港町で病院生活を送ったのち、彼が再就職したのは、大勢の乗組員の中で、白人である優位を楽しめる、気楽な条件の近海航路の蒸気船パトナ号であった。(p. 13) コンラッドは船乗りを定義して、「文明に先駆して、暗黒の海域に生きる男たち」と「偶然的出来事によって、周辺諸国の高級船員になった連中——すなわち安楽に過ごさせえすれば、たとえ、悪魔の下であろうと、働きかねない連中」の二種に分類している。(pp. 12-13) 前者に属するグループは、コンラッドが、終生愛してやまなかった帆船に生きる男たちであり、主として乗組員をきびしい条件のもとに練磨する「義務観も厳格な本国航路」の帆船の男たちであった。(p. 13) コンラッドの随筆中にも散見されるように、彼には一種の「帆船信仰」とでもいうべきものがあり、それによれば、若者を「暗黒」にひきずりこむことなく、その幻想を可能にするのは、帆船における生活なのであった。これに対して、蒸

気船中では、若者の幻想は持続されず、彼は「暗黒」におびえるのであった。こういう蒸気船にジムの乗り込ませ、帆船を回避させたことは、作者がジムをして、船乗りの倫理性に敢えて背を向けさせたことを示している。つまり、白く塗ることによって、内部の醜悪さをおおい隠した、幕場のイメージを持つ、パトナ号という名の、ペンキのはげた赤さびだらけの老朽蒸気船に主人公を乗り込ませたことは、彼がその夢想を満たすに足る理想的な船乗りには、絶対になり得ないという宿命を担わせたと言えるのである。

それにもかかわらず、作者がマーロウをして、ジムの夢想に執着せしめたとすればなぜか、ここに、語り手マーロウの役割を改めて問う必要が生じる。そして、さらに、「ロード・ジム」そのものの執筆意図が問われなければならない。

「あらゆる思いを殺し、心に重くのしかかり、力とエネルギーにあふれたすべての衝動を枯渇させる陽光のまばゆいほどのきらめきのもと、ねばねばと淀み、小波一つたたず、死んだように生気のない (p. 15)」アラビア海を、老朽蒸気船パトナ号は、国威をかさに着るデブのドイツ人船長、一等航海士ジム、アル中の機関長、頭の弱い二等航海士、しょぼくれた補助機関関係の五人の白人を含む乗組員たちと、800人の巡礼を乗せて、アデンをめざして進んでいた。ガタガタと鳴る老朽蒸気機関の大きな音、不平だらけの乗組員たち、異教の巡礼、淀む海、灼熱の太陽——ジムのとりまく環境を描写するのの際して、コンラッドは、違和感を強調するだけで、ジムの夢想をはぐくむ可能性に結びつくイメージは何ら用いていない。作者は、全知の視点を通して、きわめて用意周到に、ジムの暗黒の条件を整えているのである。

パトナ号が、浮遊物に乗り上げ、難船の危機にさらされたとき、白人乗組員たちは、船や巡礼たちを守ることは全く考えず、蒸気機関が停止すると、修理のことなど考えもせず、浮き足立って、船員の守るべき最低の義務さえ忘れて、ボートで脱出してしまう。ところが、これらの白人乗組員の中に、ジムもまた、少年の日から心に描いた海の英雄の自画像とはうらはらの、海の破廉恥漢たる自己の姿を見出さなければならなかったのである。ジムは、彼らのいるボートの中に無意識のうちに跳び降りてしまっていたと言うのである。その後の彼の述べによれば、ジムの跳び降りた場所は、「際限なく深い穴の中」であり、いわば逃れようにも逃れられぬ地獄の奥底であった。このあと、ボートで漂流していたジムと他の乗組員たちは、全員無事救助され、東洋のとある港町に移送された。上陸後、パトナ号は沈没しなかったことを

知らされて、事の重大さに気づいた船長たちは恐れをなして雲がくれてしまう。あとに残ったジムだけが、パトナ号事件の海難審判の被告席に立つことになる。第4章は、その裁きの場の描写である。

審判官たちの尋問に対して、ジムは「ぞっとするような事態の背後にひそむ恐しい真実」を、つまり、単なる諸事実だけではなく、「いまわしい肉体に巣食う邪悪な魂に似た、墮地獄 (perdition)」の恐怖などを、ぜひとも明らかにしたいと思った。けれども、彼の魂は、「彼のまわり一面に押し寄せ、彼を他の仲間から切りはなした、ぎっしり事実のつまった円のまわりを、ただぐるぐるとかけめぐら」だけであり、「高い杭の囲いに閉じこめられた」小動物のように、いくらあがいても、どうにもならぬ窮境に立たされて、肝心のことは説明できなかった。(p. 31) ジムは、記憶するかぎり、すべてのことを告げようとしたけれども、彼の話は、ドイツ人船長が 'confounded steam!' 'infernal steam!' (「蒸気奴」「ちくしょう、蒸気奴」) と叫んだことを告げ、告げたい核心に近づいたところで、審判官にさえぎられ、「はい」「いいえ」で答えることだけを要求されてしまう。

審判官たちの知りたかったのは、要するに表面的な諸事実に過ぎなかった。ジムは、裁判官の質問に答えながら、自分のほんとうの気持を話すことなど、もう今後はありえないように、「ことばなど、もう自分には何の役にも立たない」と感じたのである。

以上の叙述が、全知の視点からなされているという点に関して留意しなければならぬと思われる。ジムの体験したという「墮地獄」は、パトナ号事件の核心であり、それをジムの口から語らせ得なかったということは、作者みずから、その説明を回避したと推断してよいかと思われる。

ジムは、自己のどうしようもない困難な立場をわかってくれると思われる一人の人物の視線を、傍聴席の中に感じ、何かひとすじの光明が得られたと思った。この人物が、作者にかわって、第5章から語りを開始するマーロウなのである。

II

マーロウに対し、ジムは最初から共感を覚えていた。二人は、パトナ号海難審判に先立って、巷で出あっており、そのときマーロウは一目でジムに好感を寄せ 'one of us' だと判断していた。この直観、'one of us' は、「著者の覚え書き」によれば、コンラッド自身のジムに対する感情でもあり、(p. ix) これが、作者—マーロウ—主人公を結ぶキー・ワードとなっている。

第5章から第35章までは、ジムに共感を持ったマーロウ

ウが、後日、東洋のある町で、数人の友人相手に、海難審判をきっかけにしたジムとの交際を回想しつつ、一晚ベランダで語り明かしたその内容である。

マーロウは、ジムを一目見ただけで、目の前に立っている彼は、「彼の存在そのものが、誠実な信念と、勇気の本能にもとづいている人々を代表して」おり、彼の勇気は、特定の勇気ではなく、「誘惑を直視するあの生まれながらの力、ポーズのない、臨機即応の決断力」、どのような危機に直面しても、「思い惑わぬ豪直さ」があるという好印象を受けた。(p. 43) この好印象は、マーロウの心の中で、終始、変わることなく持続され、同時に 'one of us' という共感の情もさめることはなかったのである。こうしたマーロウの態度と、ジムを突き放して描写した第1～4章の全知の視点の語り手の冷たさとは対照的である。後述するように、この事件に対するマーロウの考え方と、コンラッド自身の現実認識との間には、かなりのギャップがある。このギャップを承知の上で、コンラッドがマーロウに語りを一任しているところに、作者の創作上の技巧がうかがわれる。こういう技巧を具体的に解明し、その意義を問うのが本章のねらいである。

ジムは、マーロウに審判では明らかにし得なかったパトナ号事件の核心に触れる告白をする。船体が浮遊物に衝突したとたん、隔壁の鉄板が盛り上がり、大量のさびがはね上がるようにはげ落ちた。停止したエンジンからは、蒸気が音をたてて吹き出した。ジムは、浸水……わずかな救命ボートに殺到する800人の巡礼たち等々……阿鼻叫喚の修羅場を想像して、恐怖に陥る。このような想像上の恐怖にとらわれたジムの精神は、がんじがらめの束縛にあり、

「何もかも裏切られ、小指を上げる意志さえ奪って

しまうような諦めの中に、おびきよせられてしま

ったと告白をする。(p. 95) かくて、ジムのその後の行動は、無意識のうちになされる。気が付いたときには、彼は、英雄的行為をなしとげる絶好のチャンスを見逃し、暗黒の海上に跳び降りていたと言ひ、また「後から、こっそりしのびよった暗黒の罨にかかった」と述べする。(p. 102) 彼の告白によれば、跳び降りの行為は「無意識のうちに鉤でボートの連中にひきずりおろされたから」であった。(p. 123) このジムの行為を心因的なものに帰せしめる見方もできようが、同時に、ジムの述べ通り、外因的な事情を考えることも可能だと思われる。すなわち、ジムの意志では如何ともなしがたい「暗黒」からの束縛や、われ先に脱出しようとした船長以下の白人船員の徳義とくぎの類廃るいはいといったことが、ジムの行動を呪縛したと

いう解釈がなりたつように描写されているのである。以下、私は、後者の立場に立って、論をすすめる。ジムの悲劇の要因——ジムの「暗黒」や、白人船員の「徳義の頽落」をもたらしたものは何であったか。コンラッドの随筆中に見られる蒸気船についての記述を総合すれば、それは蒸気船によって象徴される近代機械文明の本質と大きく関わるものであった。随筆作品に限らず、彼の小説作品中でも、蒸気船は、「台風」のナンシャン号の場合を例外として、悲劇の舞台となることが多い。「船の組織生活は死滅し、乗組員たちの連帯が喪失」した結果生じた、蒸気船ボルグメスタダール号の難破の際の極限状況⁽⁶⁾も、その一例である。コンラッドから見れば、蒸気船こそ、人間にとって墮地獄の要素そのものであり、第4章では、ドイツ人船長に言わせることで、巧妙に煙幕を張りはしているものの、‘infernally steam’ ‘confounded steam’ は、コンラッド自身の信念であり、ジムをとらえたのはこの「蒸気の呪い」だったとするのだと思われる。蒸気船の場合、大洋のまん中で、一たん故障して修復不可能と判断されると、あとは、脱出か死か、それ以外には、全く無方策である。パトナ号の場合、船長に対してはもとより、他の乗組員たちに対しても、何らの連帯感を持ち得なかったジムが、船乗りとしての義務感のもとに、沈着冷静に行動することは不可能なことであった。

マーロウはジムの立場に立って、彼の話を聞いた。しかし、コンラッドは、マーロウを、伝統的な帆船の船乗りとして描き、近代蒸気船の持つ人間疎外の本質については、マーロウには、何ほどの認識をもさせていないのである。

マーロウがジムの事件を他人事として看過せず、あえてジムに接近したのは、「何ら見ばえのしない労働と、行動のある規範への忠誠とによって結ばれた名もなき男たちの一団の一人」として、「死の確実さよりもまだ心を冷えびえとさせる、あの不安な疑念——行動の決まりきった規範の中に君臨する至高の力に対する疑念——を晴らす」ためであった。(p. 50) マーロウは、海の男の一人として、‘one of us’ であるジムが、なぜ背信行為をしたのか、理解できなかったのである。蒸気船の持つ人間疎外の要素など、マーロウの理解力を超えたものであり、彼は、帆船において獲得した自らの倫理綱領に照らして、いかなる場においても、海の男は、その義務を履行しなければならぬと考えているのである。ジムを束縛した「暗黒」についても、自らの義務を放棄して、わ

れ先に離船したパトナ号の幹部船員たちの中には、船乗りの連帯感も倫理感も存在していなかったという事実についても、また、そういう状況を作り出す要因が何であるかについても、マーロウは思いを至さない。マーロウには、彼自身の誤算——帆船の男も、蒸気船の男も同じ海の男だと思っているところからくるずれ——に気付かない男という役割が与えられており、したがって、彼は、いかなる状況にあらうとも、当然、任務をまっとうできたはずだと主張するのである。

ポール・ワイリーは、「『ロード・ジム』の世界は、蒸気船の世界である。パトナ号はこの世界に属し、その置かれた時代は、新しい船と人間のものである」と述べ、この時代の典型的な産物がジムであり、このジムは、近代文明独自のまぜものである合金であると指摘する⁽⁷⁾がその通りであろう。いずれにしろ、マーロウには、蒸気船船員ジムの置かれた状況が把握できなかったのである。

このようなマーロウの視点からのみでは、ジムの状況は語り尽せない。ここに、コンラッドとマーロウとの間のギャップを埋める役割の人物たちの登場が必要となる。その一人が謎めいた船長ブライアリであった。

パトナ号脱出についてのジムの告白を聞くのに先立って、マーロウは、ジムの海難審判官の一人であるブライアリ船長に会って、彼のケースについて話し合う。ブライアリは、パトナ号の船長が逃亡したあと、一人で審判を受け、事件の責任を取ろうとするジムの行為に疑問を持っている。ジムの行為に対する評価をめぐって、彼はマーロウと真向うから対立する。ブライアリは、他の船員と同様、ジムも逃げてしまった方がよいと言い、そのために必要な費用を出してもよいとさえ言う。反ばつを感じたマーロウは、「逃げたって、誰も追っかけようなんて思いやしないことをよく知っていて、あの男のようになんばるのは、ある種の勇気があるってことだ」と強調するが、ブライアリは「勇気なんかくそくらえた。(中略) その手の勇気は、男が気を確かに持つのに、何の役にも立ちやしない。わたしから見れば、強いて言うなら、そりゃ、まあ、臆病か——不甲斐なさってところだ」と吐き捨てるように言う。(pp. 66—67) ブライアリの意見によれば、審判の席に、おめおめと姿をさらすこと自体、恥辱であり、そうしたジムの行為を容認し、肯定するマーロウは、船乗りの威厳の感覚を失っているというのであった。ブライアリから見れば、ジムと逃亡船員とは、五十歩百歩であり、マーロウのように両者の

(6) *Falk in The Nigger of the 'Narcissus'* (Dent's Edition) p. 231

(7) *Twentieth Century Interpretations of Lord Jim*, p. 46

Man

A Quotation from P. Wiley's *Conrad's Measure of*

間に差を認めて、ジムの行為の正当性を主張すること自体無意味なのであった。彼は

（「これは、恥さらしだ。われわれの中には、さまざまな人間がいるし、大勢の中には、名うての悪漢どももいるさ。しかし、しようのないことだが、職業的品位というものは持たねばならん。でなければ、われわれは、流れの腕の悪い職人どもと、何ら変らないものとなってしまう。われわれは信頼されているんだ。そうだろう？ 信頼されているんだ。ほんとうのことを言うと、私だって、アジアからやってきた巡礼たちのことなんか、これっぽっちも気にかけたりしやしないさ。しかし、品性のある男ならば、たとえ、船いっばいのぼろの積み荷に対しても、そんな風にふるまったりなんぞしなかっただろうよ。われわれは、組織された団体じゃない。だから、われわれをしっかりと結びつけている唯一のものは、この種の品性の呼称だけだ。この種の事件は、各人の信頼をぶちこわしにしてしまう。」）(p. 68)

と言い、ジムが審判の被告席に立ち続けることは、船乗り全体の品位を傷つけるような行為だと見るのである。

パトナ号の高級船員には、「職業的品位」‘professional decency’が欠けていた。船乗りには、さまざまな人間がいて、中にはいかかわしい連中もいる。にもかかわらず、危急時に結束した行動をとり、任務を遂行できるのは、船乗りとしての倫理的使命、すなわち、「職業的品位」を自覚するからである。たとえば、「青春」の船乗りたちは、「はた目には、何の取り柄もない、ならず者の一団」に過ぎなかったのに、団結して事にあたれた。それは、「彼らの職業上の評判や義務感」によったものではなく、「何か彼らの心の中にある、いわく言い難い、決して滅びることのないもの」に従ったからである。⁽⁸⁾ 随筆作品中のコンラッドの叙述に従えば、船乗りたちの素朴な義務感の本質は、「強制や訓練によるものではなく」「不可思議な、生命自体に存する何ものか」なのである。⁽⁹⁾ 陸地の目を逃れて、生活の糧を得るためにのみ働いているような、まとまりのない一つの集団としか見えない男たちでも、きびしい必要に迫られて、海の世界の、彼ら独自の倫理的伝統を、外部からの強制的に築き上げているのであった。

上述のライアリの言う、職業上の品位とは「組織された一団」ではない船乗りたちが、彼らの自発的な結束にもとづいて、危急時を乗り切るのに必要な資質を言っているのであろう。この資質は、コンラッドが執ように主張するように、帆船船乗り独自のものであり、現代の船乗りのそれではない。蒸気船の優秀な船長であったブ

ライアリの嘆いているのは、現代の船員が、昔からの伝統的な帆船船乗りの資質と、それを生かせる場とを持ち得ないことなのである。機械力を頼りに、「毅然とした態度」を示す機会に遭遇することもなく過ごし得る現代の蒸気船船員は、一旦、緊急事態に巻きこまれると、連帯の破綻という限界状況に置かれ、ジム同様の運命を辿ることは必定だとライアリは考えていたのである。帆船船乗りの連帯は、他から強制されずに、自然に成立するものであるゆえに、きわめて強靱であるのに反し、一見安泰と思われる蒸気船の連帯意識は、実際はきわめてもろいものなのである。ライアリは、ジムの審判に当り、このことを悟って、蒸気船船員である自己の将来に絶望して自殺を遂げるという役割を演じさせられたと筆者は解したい。ライアリの心底にあった絶望感は、「ロード・ジム」執筆以前において、近代文明社会そのものに向けられていたコンラッド自身の絶望感とほぼ一致すると思われる。作者のこうした心情を知る上で参考になるのは、彼が、1898年冬、友人カニングラム グラハムにあてた書簡における次の記述である。

（われわれの居場所が変えられぬ以上、いくら自然にもどれと言っても、われわれにはできない。＜中略＞ 道徳も知識も希望もない。あるのは、ただ自我意識だけだ。この意識が、私たちを駆り立て、どう見ても、しょせんはかない幻の世の中をさまよわす。⁽¹⁰⁾）

（冷たい無関心の態度が、一番理にかなっている。＜中略＞ いずれ冷えきって、絶滅するに決まっている人類の宿命など、われわれが心配するだけ無駄なことだ。＜中略＞… 進歩、改善、知識、美をいくら求めても、それは、まるで盲人の前で、衣服の出来具合を気にするような行為であり、上べをとりつくろうだけのむだな行為だ。⁽¹¹⁾）

（いかに高尚な大義名分であろうと、人々が注ぎこめるものは、ある種の卑しきであり、特に、こうしたあなたの理想を思うにつけ、あなたのような、勇気や信念や希望を抱いた姿が、私には、かえって悲劇的に思われる。あらゆる大義名分は汚染されている。⁽¹²⁾）

上記の書簡は、コンラッドがごく親しい友人にあてたものであり、当時の彼の心境を告白したものとも見て、ほぼ、まちがいないであろう。以上により、「ロード・ジム」執筆当時コンラッドが意識していたのは、現代蒸気船の象徴する物質文明社会における倫理観念、価値観の無意味さであったと思われる。ライアリを通して彼が示唆するものおそらくそのことであろう。つまり、こ

(8) *Youth* (Dent's Edition), p. 28

(9) *Notes on Life and Letters* (Dent's Edition), p. 183

(10) Watts, C. T. ed. *Joseph Conrad's Letters to Cunninghamham Graham* (Cambridge U. P. 1969), pp. 70—71

(11) *Ibid.*, p. 65

(12) *Ibid.*, p. 68

のブライアリの立場が、1～4章における全知の語り手の背後にある、冷徹な作者自身の意識だと考えられるのである。コンラッドによれば、混沌の世としか言えぬ現代において、価値体系を打ち立てようとする自体、瓦れきの山を築くに過ぎぬ、いわば徒勞であり、そうした時代に生きる人間が、志向すべき目標を見出すことができないのは、至極当然のことであった。コンラッドのこの意識と、後述する語り手マーロウの世界観とは、正面から対立するのである。

また、ブライアリ以外の脇役を通して、コンラッドの主張をうかがうことができる。「勇氣は自然に生まれるものではない」(p. 148)と主張するフランス士官は、近代的環境における連帯意識の消滅を暗示しており、その中で、個人がいかに倫理的行動を旨ざそうとも、それが徒勞に過ぎぬことを意味していると考えられるし、「一旦、失われた名誉は……」と、ことばを濁したのは、現実において、その回復が不可能であることを述べたものであろう。

チェスターに、「あの男—ジム—は、とにかく、何の役にも立たん」(p. 167)と言わせ、パトゥッサンへ向かうジムが乗り込んだ帆船の船長をして、ジムは「死体そのものだった」(p. 240)と言わしめたのも、作者のこうした、いわば虚無的な視点からの演出であらう。

ブライアリが、審判を受けるジムの勇氣が、自己救済にも、罪滅ぼしにも決してならないと考える立場は、作品「ロード・ジム」の基底にある主題であり、後に、パトゥッサンにおけるジムの英雄的行為の意味を否定する作者コンラッドにつながるものである。作者は、この根本的主题をば、決して、マーロウ自身の述懐の中には出さない。これを、マーロウの語り手の背後に秘めて、ただ、時おり、彼の語りの中に登場する脇役たちのことばのはしはしに、暗示的に示唆するのみである。

初期のコンラッドは、「ナーシサス号の黒人」の序文にも見られるごとく、その芸術信条として「作中人物に対する読者の連帯感」に訴えかけることを特に重視していた。「ロード・ジム」執筆の時点でも、彼は、まだ、それ以後の政治小説群の場合に見られるような、作中人物を突き放して眺め、アイロニカルな視点から描き切る技法をものにしておらず、作中人物と読者との緊密なつながりを、きわめて重視していたと考えられる。したがって、「現代」の墓場、パトナ号の墮地獄の様相を、作者の否定的な視点からのみ描くことは、「際限なく深い穴の中に飛び降りた」蒸気船船員ジムの絶望的宿命を公然と宣告することにひとしく、現在文明を人類の進歩の証あかしと信じ切る読者層とのつながりを常に念頭に置いた作

家コンラッドのなしうることではなかったと思われる。読者とのつながりを何よりも重んじた作者が、語り手マーロウを起用し、彼のイリュージョンを通してジムのことを語らせ、当時の作者の意識を表面に押し出さなかったのは、こうした事情によるものであろう。すなわち、ビクトリア朝末期の一般市民層の観念的な道徳意識に逆らうことなく、主人公を読者に引き渡すためには、語り手マーロウのものの方の見方・考え方を介する以外に方法はなかったのである。

したがって、マーロウに要求される第一の条件は、上述のような読者層の是認する人物であることで、作者が彼に社会的道徳的忓念を重んずる性格を付与したのは、至極当然のことであった。それと同時に、「ロード・ジム」の語り手は、作者自身とも何らかの形でつながり、彼の創作意欲を持続させようとする人物でなければならなかった。さらに、その人物を読者の側から見た場合、その人物とコンラッドのイメージが重なるのであれば、コンラッドにとって、それはきわめて好都合なわけであった。そこにマーロウに夢多き過去を背負わせ、かつ現役の帆船船長の職を与えた計算の根拠があったのである。作者にとっても、マーロウにとっても、聞き手（その背後にある読者を含めて）にとっても、ジムは‘one of us’であり、そのことばが何度か繰り返されるのは、作者が主人公とのつながりを絶えず確認し、それをマーロウを通じ、聞き手に実感させるためであったと考えられる。

単に、作者の視点から描くのであれば、ジムの絶望的宿命は、パトナ号エピソードだけで充分語りつくせただけであった。しかし、マーロウを語り手に起用した場合、ジムの背負った宿命は、不可解なものとしてしかとらえられず、彼の心に大きな謎を残した。作者が、「巡礼船エピソード」の結末を延長し、後半のパトゥッサン・エピソードを設けたのは、ジムの夢想を肯定するマーロウに、彼自身のイリュージョンを通して、主人公の最後を見届けさせる必要を感じたからであらうと推測されるのである。

III

既述したように、1～4章の、全知の視点からの語り手のあとを受けて、マーロウは、数人の友人を相手に、追憶のかたちでジムの消息を語る。彼は多感な青年ジムの海への強い夢想心の中に、すでに中年に達した彼自身の若き日の幻想を見出し、「われわれみんなをかつて海へ駆り立てた夢想というものの中にあるのは、あんなにも荘大な茫漠、あんなにも輝かしい無限、われわれ自身の唯一の報いである冒険への切望なんだ」(p. 129)と言い切り、聞き手たちのかつて抱いたはずの同じような幻想

—強烈な生の体験から発する火花の輝き—に訴えかける。(p. 225) 聞き手の中の、元船乗りたちに、夢想心は帆船船員に共通の幻想だったと訴え、それを相互に確認し合おうとしているのである。言うまでもなく、ジムに対してマーロウが抱いた幻想は、帆船船乗りの間で芽生える幻想なのであった。

ジムのパトナ号からの「跳び降り」行為に対して、マーロウは大いに不満で、彼によれば、それは「仕事の連帯」への裏切りであり、「初心のころの幻想を持ち続けるすばらしい機会をだまし取り」、「自分たちの共通の生活からその魅惑の光を奪い取る」ようなものであった。(p. 131) マーロウは、ジムの行為を、海の仕事の連帯の支柱となる男たちの幻想を打ちこわすものだと考え、許しがたい行為だと見る。このように、帆船船乗りマーロウにとって、海の男の幻想は、その夢想心を充足し、かつ彼らの連帯意識や義務感によって支えられるものであった。

ところで、マーロウは、一方では、自分自身を「名もない大勢の隊伍の中の一員」(p. 334) であると見なし、「自分たちは手をつなぎあっておればこそ存在する」(p. 222) と主張する男でもある。マーロウは、ジムの「跳び降り」を「隊伍」すなわち「人間共同体」への「信義の背反」(p. 157) であると考えており、したがって、ジムはマーロウから見れば「隊伍」からの「脱落者」であった。マーロウは、社会連帯の中における信義や名誉を何よりも重んじた男であったがゆえに、審判の試練を通して、ひたすら恥辱をすすごうと努めるジムの態度は、それだけで罪の償いに値するものであり、そのような生き方を通じて、彼の「隊伍」への復帰が可能であると、彼は考えたのであった。ブライアリヤフランス士官の絶望的な見方に反ばつし、ジムの名誉回復に手を貸そうとしたマーロウの心の中には、以上の信念があったのであろう。

このような社会通念を信奉するマーロウにとっては、市民社会の連帯は、自分の属する船乗りの世界の連帯の延長線上にあり、いずれの連帯の中においても、義務を忠実に果たすことが、とりまなおさず、帆船船乗りマーロウの幻想を満たすことであった。もとより、これは、近代文明社会や蒸気船における連帯性や倫理性に対し、否定的見解を持つコンラッドの価値観とは真正面から対立している。大いなる夢想心を満たし、確かな倫理感に支えられた過去の船乗りの連帯意識や行動意識が帆船においてのみ維持され得るものであり、それが、蒸気船や物質文明社会では成立し得ないことをコンラッドは見ぬ

いていたのである。にもかかわらず、コンラッドはマーロウに、現代の船員ジムの行為を帆船船乗りの倫理感に基いて判断させ、それが人間共同体への信義の背反であると断じさせ、自ら進んで罪を償うことにより、社会連帯への復帰が可能であると信じさせたのである。

このように、マーロウに道徳的社会通念を尊重せしめたコンラッドの意図は何であったか。既述したごとく、それは、執筆当時の読者層への配慮にもとづくものであり、彼らとのつながりを保つためにコンラッドが採用した一つの手段であったと見なしてよいかと思われる。

結審後、マーロウは、海員権を奪われたジムのために職を斡旋するが、陸上の仕事はジムの夢想心を満たすものではなかった。ジムは、どこの職場においても連帯感を持ち得ず、長続きしないままに、パトナ号の影におびえるごとく姿を消す。なるほど、マーロウはジムを「飢餓から救い出したことはたしか」だったが、それについて、彼は、「何の幻想も持たない」のである。(p. 184)

このように、マーロウは現実がジムの夢想心を受け付けぬことに気付くと、彼自身も、現実の社会連帯そのものに対して、次第に幻想を失い、ジムの「罪の償い」を重視する最初の彼の主張を、微妙に変化させ、ジムの夢想心を強調する方向へと傾いていく。ジムの夢想心の核心には、「理想化された利己心 (idealized selfishness)」が存在していることを確認したマーロウは、最終章において、自ら死を選んだジムの決断を、「無類のエゴイズム」と評価し、彼の最後について、「エゴイズムの呼び声」に応じて、彼が「幻のような行動の理想像」と結婚したのだと詩的に評価して讃美する。(p. 416) そうして、ジムの「不変の節操」とは、エゴイズムにもとづく行動規範への忠誠であったことをマーロウは強調するのである。こうしたマーロウの変貌に関しては、従来、しばしば批判がなされてきた。ヒューイットは、これを「マーロウの混乱」によると指摘し、⁽¹³⁾ グラードは、マーロウがジムに関りすぎて、その倫理的主張に一貫性を欠いた結果、読者の判断を誤らせていると評している。⁽¹⁴⁾

しかし、マーロウが常にジムを、船乗り仲間の幻想を通して見つめ、ジムの義務遂行も、そうした幻想の充足だと思なしていた点を考慮すると、ヒューイットやグラードの解釈には、やや無理があるのではないかと考えられる。夢想も、倫理意識も、マーロウの信念においては、同質のものであって、なんら矛盾はなかった。もともと海の男たちの倫理綱領は、彼らのエゴイズムを満たすものでなければならず、現実の社会連帯がエゴイズムを束縛するものである以上、マーロウにとっても、社会

(13) Mudrick, M. ed. *op. cit.*, pp. 60–61

(14) Guerard, A. J. *op. cit.*, p. 141

通念は、もはや無意味なものなのである。エゴイズムにもとづくジムの行為を、「不変の節操」として、最後にマーロウが肯定するのは、当然のなりゆきであった。

語りの技法上、つまり、聞き手とのつながりを保つために船乗りの幻想を強調したごとく、読者とのつながりを保つために、コンラッドは、マーロウに社会通念を重視させた。さらに、マーロウの心に微妙な変化をおこさせるのに先立つ作者の細かい配慮は、聞き手の中の人物設定にまで及んでいる。作者はマーロウの口頭の語りを第35章で打ち切り、第36章で無名の一市民「特権ある人物」を登場させ、最終章まで、その人物あてにジムの最後を伝えるマーロウの書簡文という形式をとった。この人物は「秩序や倫理的進歩」などの社会通念を積極的に肯定し、「隊伍」すなわち共同体の連帯の中で行動することに人生の意義を認める男である。おそらく、作者はこの人物を当時の読者達の一典型として登場させたのであろう。この人物にあてて、ジムの「エゴイズム」を「社会の秩序や進歩の法則よりももっと重要な信念」として打ち出すのである。(p. 339) つまり、作者は、夢想心の核心にあるエゴイズムを、社会通念以上に高く評価することにより、主人公に対する読者の共感を獲得し、その共感の中に、読者との新たなつながりを求めたと言える。

繰り返し述べることになるが、コンラッドが語り手マーロウに与えた役割は、主人公と読者（または作者と読者）の間の絆を保つことであり、その絆は常に確認される必要があった。何度も繰り返される‘one of us’ということばは、ともすれば見失いがちなジムの正体を、マーロウが聞き手とともに確認することばであり、同時にそのことばが、マーロウを登場させることによって保ち得た作者と読者との間の絆をも、つねに確認しているのである

IV

パトナ号の影から逃れるかのごとく、ジムは次々に職を変えながら、東洋の港町を放浪する。そういうジムに同情したマーロウは、彼を「人生という停泊地」に「他の人より長い振幅でつながれている」「想像力豊かな人間」であると評価し、(p. 224) それゆえにこそ‘one of us’だと言い切る。ここでマーロウは、理想的自画像に忠実であろうとするジムの夢想心を肯定する立場に立つことを明らかにする。このことは、同時に、作者がマーロウをしてマーロウ自身の手でジムの社会復帰させることへの自信を失わしめたことでもあった。マーロウは、

友人の富商シュタインにジムの身のふり方について相談した。シュタインはジムのロマンチックな青年と評し、彼を扱う唯一の方法は、「破滅的要素」⁽¹⁵⁾に身を沈めさせることだという。(p. 124) シュタインのこの考えは、数奇な運命に奔弄^{ほうろう}される中で、巨万の富を築き上げた男の人生観と信条を示すもので、それには、さまざまな含蓄がこめられている。

人間が心に抱く夢は、もろくはかないものだが、それなしには人間は生きられない。人間に生きるエネルギーを与える夢は、たとえて言えば、絶えずその羽を傷つけられる危険にさらされながら、塵の山の上に羽を休める蝶のように、もろくはかないが、それゆえにこそなおさら、それを壊さぬように保たねばならぬとシュタインは主張する。ここで、注意すべきは、ジムの身の処し方をめぐって、作者が、これまでマーロウに主張させた倫理的きびしさを支える帆船船乗りの幻想を、もろい蝶の羽に象徴される、シュタインの夢想の幻覚にすりかえているということである。ジムは、シュタインの指示に従い、ボルネオの奥地、パトゥサンにおもむき、めざましい活躍をすることになる。ジムの活躍が、彼の望む夢の成就となり得るかどうかは、蝶の羽が破滅的要素に耐え得るかいなかをめぐる、シュタインの命題の解明にゆだねられねばならない。

後にパトゥサンの地を訪れたマーロウは、暴政者を駆逐^{くわく}し、その地に新しい秩序をもたらそうとするジムの情熱を、およそ現実ばなれしたものと考え、それを天空から地上へ落下する月のイメージと結びつけてとらえ、非現実性を強調している。(p. 322) また、マーロウは、蝶の羽のように、ジムの夢想のはかないことを知って、倫理性との関連においてそれを見つめようとはしなくなり、以後は、もっぱら彼の想念の中にジムのとらえ、現実との関わりをはなれて、彼の夢想心を高く評価するのである。

パトゥサンの地におけるジムの行動の意義を探るにあたって、従来、作者の用いた象徴や比喩がしばしばその手がかりにされ、その方面から、多くの解釈がなされている。これらの種々の説について言及することはひかえるが、とにかく、パトゥサンの雰囲気は、きわめて暗い。ジムの訪れたジュエルの母の墓は、ほの白い月光を浴びて、死の匂いに包まれていたし、その他のパトゥサンの土地についても、終始夜のとばりにつつまれていたかのごとき描写が多い。また、ジムを取りまく環境は、数々の束縛のイメージで描写されている。⁽¹⁶⁾ 例えば、暴

(15) destructive element の訳語。これは context より判断すれば、self-destructive element の含蓄があり、「破滅的要素」より「破滅的要素」が適訳である。

(16) 拙稿「束縛と解放」p. 146 参照

政者を倒して、パトゥサンの地を自己の支配下に置いたことは、ジムの理想の成就であったかのごとく見えた。しかし、ジムの心には、空虚さや、やり切れなさ、さびしさがつきまとった。また、ジムは、シュタインの娘とおぼしき混血の美少女を得て、ジュエルと名づけ、共に暮らすようになるが、彼女は、しょせん彼にとって「宝石」でしかなかった。

最初の跳び降り行為のため、海への夢を絶たれ、暗黒に閉ざされたジムは、パトゥサンの地にあっても、暗黒に閉ざされてしまったのである。この暗黒の束縛は、二度目の跳び降りともいうべきラジャの罠からの跳び降りの際、胸までとらえて、彼をして身動きのならぬようにした泥の深さによって象徴されている。パトゥサンにおけるジムには、悪夢のごとき重苦しさや空しさが、終始つきまとい、彼自身が、原地に献身的に尽くせば尽くすほど、かれらはジムの畏敬するが、彼の心とかれらの心の距離は遠くなるばかりで、ジムの魂は孤独に悩むようになっていく。このように、パトゥサン・エピソードにまつわるイメージは、すべて暗く、悲観的なジムの姿を浮き彫りにしているのである。

ジムの最後を伝えるのは、マーロウの「特権ある人物」にあてた書簡である。その中で、マーロウは、数人の人物から伝え聞いた断片的な話をもとに、ジムの消息を組み立てて伝えている。ジムの消息を伝えた人物の一人がジェントルマン・ブラウンであった。

マーロウは、死の床にあるブラウンから、ジムの最後にかかわる話を聞くことができた。このブラウンという男は、西部太平洋を股にかけて、マレー海域をあらしまわった海賊の首領であった。彼は、すさまじいまでの斗争心、復讐心の持ち主であり、茫大なエネルギーに満ちあふれた男であった。彼こそ「文明に先駆し、暗黒の海域に生きた」(p. 13) 過去の典型的な船乗りであり、「心の呼び声と、血潮の中に脈打つ衝動と、未来にかかる夢に従って、未知の世界に乗り出した」(p. 227) かつて、七つの海に君臨した英国商人の海賊精神に通ずる精神の持ち主でもあった。この意味で、ブラウンは、コンラッドのノスタルジアの中にある、古い船乗りのイメージにかなった男であった。しかるに、「隊伍」の一員として組み込まれることを拒否した彼は、文明社会を呪い、神はもとより、「闇の奥」のこぼれを借りれば、「河下の方で作られた法律」⁽¹⁷⁾ など全く無視して、いわば、おのれを唯一の神として、おのれを束縛するものすべての存在を拒否して生き抜いた男であった。ブラウン

の人物像についても、コンラッドは、多様な解釈が可能となるような描写をしているが、これも、当時の一般読者層の持つ社会通念を十分意識してのことであったと思われる。このブラウンの恐怖は、束縛されることだけであった。狭い場所に閉じこめられることへのブラウンの恐怖心は、そのまま、文明社会の持つ拘束力への作者自身の恐怖心であったと思われる。

ブラウンを登場させた意図は、ブライアリの対比において、より明確になる。ブライアリは「隊伍」の中にあっては尊敬すべき一員であったにもかかわらず、近代文明社会の象徴とも言うべき蒸気船の世界に絶望して、一見謎の如く、自ら命を断つことによって「隊伍」を離れた男であった。一方、ブラウンは、「隊伍」の外にあって、近代文明に公然と反逆した男であった。絶望と拒否という差こそあれ、いずれも近代文明や世俗的道德を否定した人間像であった。

ブライアリもブラウンも、その価値観に関する限り、語り手マーロウの外にあって、作者自身の人生観を垣間見させる役目を演じているというべきであろう。二人の背後に、現実社会における一般的価値観に否定的な作者の視点を想定することにより、「ロード・ジム」は、さらに深味を増すように思われる。

さて、再び、ブラウンであるが、ふとしたことで、パトゥサンの地に入りこんだ彼は、その地で不動の地位を築いているかに見えたジムと対決することになる。ジムは、そのとき、ブラウンのことばから一種の心理的な影響を受け、その地を穏やかに去ることを条件に、彼と彼の部下たちが、外海に出られるように助力しようとする。この際のブラウンのことばが、ジムにどのような影響を与えたかについての解釈はさまざまである。それらを大別すると、精神的麻痺説と同情説とに分けられよう。⁽¹⁸⁾ 前者は、パトナ号の背信行為をブラウンにはのめかされ、自己に内在する悪を暴かれ、動転し、その挙句、適切な判断力を失ったと見るのであり、後者は、ブラウンの男らしい堂々たる態度に魅せられたと見るのである。これらの相反する説が成り立ち得るのは、対決の際の状況はすべて、ブラウンの視点から述べられ、ジム本人の心中は、うかがい知ることができぬため、どのような心理的影響を受けたかに関しては一切不明だからである。ブラウンは「おまえだって白人だったじゃないか、民衆が、おまえの部下で、おまえも奴らと一体になっているとほざくが、いったい、そのお返しには何を手に入れたのか」とか、「やれ、責任だとか、罪もない人

(17) 'Heart of Darkness' in *Youth* (Dent's Edition), p. 103

(18) たとえば、D. ヒューイット、A. J. ゲラード、T. タナー等の見解は前者に、J. ベインズ、D. V. ゲント等の見解は後者に、それぞれ属していると見られる。

々の生命だとか、やれ、ごたいそうな義務だとか、ごたくをならべやがるが、こんなところをうろついているおまえは、いったい、何者だ」とか、ジムがパトッサンで献身的に働くことの無意味さを暗示する多くのことばを吐くが、これに対してジムは無言のままであった。(p. 381) 前に見たパトッサン社会を示す象徴や比喩的表現の多くの否定的意味あいや、あるいは支配者でありながら、ジムの心には不満や寂寥が巢食っていたことを考慮に入れれば、これらのすべてが、この地におけるジムの行為の無意味さや幻滅感を指し示したのと言えるだろう。

一方、ブラウンから見れば、ジムによって支配体制のしかれたパトッサンの地は、一種の文明社会の延長としての地にすぎず、彼の反逆心をつのらせただけであった。彼は、ジムに致命的な打撃を与えて、この地を去る。

シュタインの推したパトッサンの地も、他の文明社会と同様、夢を拒み、連帯を成立させない、閉ざされた世界であった。かつて、胡椒貿易で栄え、海洋に生きた白人船乗りたちの幻想を満たし得たこの地も、今や残骸のような場所ではなかったのである。パトッサンを去る時点で、マーロウは、ジムの心を占める空虚感によって、こういう事実を悟っていた。

ジムの心の中のかすかな光(夢想)は、ブラウンとの遭遇により、消えてしまった。ジムの辿った宿命は、コンラッドの冷めた目から見れば、一旦、近代文明の暗黒の呪縛を受けた者の宿命で、その暗黒から脱することは不可能なのであった。ブラウンは言う、「おれたち二人は死んだ人間だ」(p. 381)と。コンラッドは、ブラウンの視点を借りて、このことをはっきり示唆していると思われる。コンラッドは、ジムが存在感を持つことができず、虚無的になっていくのと対照的に、神はもとより、すべての社会規範に逆らって生き、喘息のためにやせ衰えて、今や死の床にあるにもかかわらず、なおそのエゴをむき出しにパトッサン事件を語るブラウンに、たしかな存在感を与えているように思われるのである。

V

ジムの最後については、マーロウには、それを聞き伝え、彼自身の感想を述べるという役割しか与えられていない。ジムの夢想の肯定者、担い手として登場させたマーロウのような人物には、作者は、主人公の絶望的な死と直接の関りを持たせなかった。作者は、ジムの心に迫ろうとする人物を彼の身から遠ざけ、全く孤独のうちにその心は不可解なままに、ジムを死なせたのである。ジムは、誰にあてて書こうとしたのか、それすらわからぬ

書きかけの紙片を残して、その心情を吐露せぬまま死んで行ったのである。

ジムの死は、ジュエルとタム・イタムらにより、マーロウに伝えられる。ブラウンの一行が、デイン・ワリスを殺して去ったあと、ジムは、「失うものはなんにもない」ということばを残して、戦えば命をも完うできたであろうほど強固に築かれた砦を、武器を持たずに出て、デイン・ワリスの父ドラミンの所へ赴く。

シュタインから贈られたピストルを構えて、ドラミンが立ち上がったとき、ジムは、かつて、ドラミンからシュタインへ友情の証として贈られ、パトッサン入りするジムにとって、何よりも大切なお守りであった指輪が、ドラミンの膝からころがり落ち、ジムの靴にあたるのを見おろす。そして、ドラミンに胸板を射ち抜かれた瞬間、ジムは、昂然として、たじろかぬ視線で人々の顔を見回したという。このとき、ジムがどのように感じたかについては、一切明らかにされない。そのときのジムの心情が不可解である以上、コンラッドがジムの最後をどのように評価していたかについては、何の断定もできない。ただ、マーロウは、次のように述べる。

(彼は、雲の下を、その心は測りがたいままに、忘れられ、許されぬままに、この上もなくロマンチックに通り過ぎてゆく。奔放な夢を抱いた少年の日々でさえ、あれほどのけたはずれの成功の、魅惑的な姿を、彼は胸に思い描いたことはあるまい。なぜなら、あの誇り高く、たじろかぬ視線のあの短い一瞬に、彼が東洋の花嫁のように、ヴェールをつけて彼よりそった機会の顔を眺めたということは、大いにありうるからだ) (p. 416)

マーロウの、このジムの最後を評価したことばは、彼の幻想を通したジム像についてのことばであって、コンラッド自身の全見解を示したものではないと考えられる。

コンラッドは、パトナ号上にあっては失われていた冷静さを、死の瞬間のジムに与えて、彼にとって、何よりも大切な友情の証であったはずの指輪が、ドラミンの膝から、ころがり落ちるのを見届けさせたし、また、シュタインとドラミンの信義の証であったピストルによって、自分の胸板が射ちぬかれたことをも確認させたのであった。これらの象徴的表現は、パトッサンの地における人間相互の連帯の不成立および信義の不在以外の何を指すものでもなからう。

パトッサンは、マーロウから相談を受けたシュタインによって、ジムの夢を生かす地として選ばれた地であった。その地で、こうしたジムの死は、現実の中で夢を生かすことを主張するシュタインの信条の「死」をも意味していた。シュタインは、めっきり老いこみ、彼があんなにも大切にしてきた彼の蝶々に向かって、悲しげ

に手を振りながら、「いずれ、みんなとおわかれた、いずれお別れだ……」と言っているという。ジムの死は、シュタインの死にもつながることを示唆して、「ロード・ジム」のペンには置かれるのである。このように、もろい蝶の羽に象徴される人間の夢想は、現実と直面して、あっけなく敗退したのである。夢は、「破滅的要素」に沈み得ず、しょせんは、「破滅的要素」そのものであった。思えば、シュタインの「蝶」は、生きた蝶ではなくその命を奪うことによって、その羽の美しさを保ち得た標本の「蝶」であった。ここにも、作者の一つのアイロニーがあるかと思われる。

第35章でマーロウは、パトゥッサンにおけるジムを評して、ジム以外の人々は、すべて魔法使いの杖によって、呼び出された人物のように、安定した位置を占めているのに、ジムだけは魔法の杖を以ってしても、安定させることができないようだと言った。作者が、シュタイン及びパトゥッサンのような「奇跡的」とでもいうべき人物や土地を設定するということは、怪奇小説の場合ならともかく、人間への関心のもとに創作がなされる近代小説の場合、それこそ、禁断の魔法の杖を振ったことになる。それゆえにこそパトゥッサン設定の可否が問題にされるのであろうが、逆に、このことも、主人公の魂の救済とつながり得なかったという解釈をとるとき、人間のエゴを生かし得る場を求めることに関しての、コンラッド自身の絶望の深さをうかがうことができるように思われるのである。

ともあれ、作者は、マーロウに追わせ続けたジムの夢想に、既述したような結末を与えた。ジムの死は、現実への幻滅であり、マーロウの考えるような夢の成就とはほど遠いのである。

「ロード・ジム」の最終章で、コンラッドは、彼自身の否定的価値観を、語り手の背後から暗示しつつ、マーロウには、彼自身の幻想の中で、ジムの死を肯定させるという演出をした。作者があえてマーロウをしてジムの夢想に執着させたのは、そうすることにより、語りを維持することを企てた作者のテクニクであったと断じてよいかと思われる。

とは言え、コンラッドは、彼の過去の海における日々を限りなく愛惜した作家であった。彼がマーロウに課したのは、ジムの夢想とともに、コンラッド自身の過去の夢想を肯定させることでもあった。ここに、マーロウの幻想が単なる技法にとどまらず、作品の主題と深く関るいわれがあるのである。

「ロード・ジム」は、作者の絶望的で、冷徹な現実認識を背景に、語り手マーロウの肯定的な立場から、ジムの夢想を語るという、二律背反的な構成であると言えよう。その構成の仕組は、いわば二重の画像からなる透し絵細工なのであり、ある種の色めがねの着用によりはじめて、その底にある画像が見透かせるのである。

ジムの姿が、時に不明確になるのは、作者の現実認識により、マーロウの叙述が不透明になるからであろう。

作者は、過去の船乗りたちの持ち得た幻想が、一旦文明の洗礼を受けた者たちの間では成立し得ないこと、またこうした現実が人間の夢想を拒むこと、そういう状況における種々の社会規範やそれにもとづく行為は無意味であることなどを主張しているのである。作品を通じ、作者のこの主張は一貫して変わることがない。「ロード・ジム」は、「罪の償い」をそのテーマとした作品ではなく、むしろ、容易に転換される価値観を反映した社会規範にもとづく倫理的行為の無意味さを、いわゆる英雄的行為の空しさとともに暗示する、きわめて虚無的な視点から描かれた作品であると言えよう。

こうした観点から見れば、「ロード・ジム」の執筆意図は、一旦、文明の洗礼を受けた者の宿命を予言することであり、機械文明・物質文明に埋没して、生きる目標を見出し得ない状態に陥った人間の姿を浮き彫りにすることであったと思われる。

コンラッドのこの否定的な人生観は、後の政治小説群「ノストロモ」(1904)「密偵」(1906)などの語り手の立場に受け継がれ、マーロウに託した作者の海への愛惜は、さらにノスタルジックな色彩を強めて、「海の鏡」などの随筆作品や、後期の海洋小説群に受け継がれていると考えられるのである。

(完)

『グリーブ家のバーバラ』について

林 達 男

On Barbara of the House of Grebe

Tatsuo HAYASHI

ハーディの *A Group of Noble Dames* が Osgood, McIlvaine から出版されたのは1891年であるが、その内、*Barbara of the House of Grebe* は他の数篇とともに *Graphic* 誌の1890年のクリスマス号に発表したものである。Tess of the d'Urbervilles が、その outspokenness の故に、三社による原稿掲載の拒否にあり、原稿変更のすえ、上記 *Graphic* 誌に連載を始める半年ほど前のことであった。ハーディの書いた物のなかで、わが国では余り取り上げられることのないこの「貴女物語拾遺」などと訳されている物語集の中で、「グリーブ家のバーバラ」だけは1927年に早くも翻訳されることになったのである。訳者は谷崎潤一郎で、昭和二年十二月号の「中央公論」誌上であった。わが国で最も有名な「テス」の全訳¹ が出版されたのが、1925—6年（大正十三、四年）であり、「ジュード」の訳² が1925年であったことからみても、それがいかに早い時期にされたかが分る。谷崎がどうしてこの作品を知るようになったかは未だ審らかでないが、彼はこの作品を翻訳したのみならず、「春琴抄」を書くヒントを得たことが、すでに明らかにされている。³ 谷崎にそれ程までの興味を抱かせたこの作品について少しく考えてみたい。

本題に入る前に、*A Group of Noble Dames* の成り立ちと語り口について少し触れておかなければならない。ハーディ自身は、その序文の中で、地方の旧家の系図などというものは、一見したところ、対数表の如く無

味乾燥なものであるが、その蔭には「わななくような生の悲喜劇」(a palpitating drama) が潜んでいるもので、これらの物語は、そのような系図から生まれたものだと述べている。それだけに、ハーディの豊かな imagination が、この物語集の成立に不可欠であったことは言うまでもないが、それは丁度、谷崎が「鴎屋春琴伝」という小冊子を手掛かりに、あの「春琴抄」の世界を産み出していった過程と似ているであろう。

谷崎は上述の翻訳の前書きの中で次のように作品の紹介をしている。

「ハーディ翁の小説に“*A Group of Noble Dames*”と云ふのがある。翁がしばしば題材とする英国の Wessex 地方の物語で、古い貴族の家に伝はる昔話が集めてある。話はすべて十篇から成り、土地の古老どもが集まって、一人が一つづつ語る体裁になってゐる。此処に訳出したのは其の第二の挿話、“*Barbara of the House of Grebe*”で、本文中に「私」とあるのは、これを語ってゐる男、村の年老いた多科医である。…」⁴

上にあるように、この物語集では、作者ハーディが直接物語るのではなく、郷土史家を皮切りに、10人の語り手が、つぎつぎに、10人の地方の旧家の貴婦人にまつわる古い物語をするという形式がとられている。それは、「デカメロン」や「カンタベリー物語」等に見られる語りの形式であり、⁵ この古風な地方の物語には、まことにふさわしい語り口と言えよう。そして、十篇の物語の中でも、「グリーブ家のバーバラ」は他と異なった際立った特徴を持つ作品なのである。

- 1 平田秃木訳「テス」(国民文庫刊行会)
- 2 内多精一訳「薄命のジュード」(改造社)
- 3 大田三郎：トマスハーディと谷崎潤一郎(有精堂「日本文学研究資料叢書」谷崎潤一郎 所収)
- 4 谷崎潤一郎全集第二十三巻(中央公論社)
- 5 William R. Rutland: Thomas Hardy, p. 219.

でよく見受けられるとし、その一例として「グリーブ家のバーバラ」を挙げている。⁶ 確かに、この物語の前半、すなわちバーバラとウィロウズの恋愛と結婚、そしてウィロウズの不慮の災難に至る部分については、ハーディ自ら作中で用いている語を使えば *mésalliance*⁷ が主題とみることができよう。

バーバラの父は準男爵の爵位を持ち、その領地はバーバラとの結婚を望む、そして彼女の両親もまたそのことを望んでいたのであるが、アプラントタワーズ伯爵 (Lord Upland towers) のそれより更に広大なくらいであった。又、彼女は母方の血筋を通して、「昔からの純然たる男爵の最良の血統」(the best juices of ancient baronial distillation) を引いていた。一方、バーバラの愛した男は「何らの高貴な血統ではない」「平民のウィロウズ」(plebeian Willows) であり、「どこの馬の骨かわからないようなエドモンド・ウィロウズ」(Edmond Willows of nowhere) だったのである。彼は或る末亡人の息子で、彼の父か祖父かは、土地の古い硝子絵かきの最後の者であった。このような二人の結婚が因襲道徳の支配する社会においてそこからみ出ることを余儀なくされるのは当然であり、バーバラは、自分の家で開かれた舞踏会の夜、エドモンドと駆け落ちすることになる。ロンドンへ向かう途上、バーバラは非常手段をとった理由として、エドモンドに対する愛と、「伯爵との結婚の運命が自分に迫りつつあるのを見た」ことの二つを両親に手紙で書き送っている。まだやっと十七才になったばかりの深窓に育った少女にとって純粋な愛がすべてであったのは自然なことであろうし、伯爵との愛なき結婚に耐えられなかったのも、また無理からぬことであろう。伯爵が舞踏会に出掛ける日、伯爵と食事を共にした友人が別れ際に次のようなことを言っている。

'You'll never get her—sure; You'll never get her! She's not drawn to your lordship by love: and as for thought of a good match, why, there's no more calculation in her than in a bird.'

バーバラの頭には「良縁を得ようなどという考えに関しては、鳥にそんな気持がないのと同様に、打算の気持はない」ことをあげている。(この友人は、この物語に

登場するのはこの個所のみであるが、伯爵とバーバラの間の未来を占う予言者としてその存在は意味深い。) 結婚後の二人は「泥水を気にしないのと同様に自分たちの血筋を気にしなかったので、とても幸福だった。」(…the young married lovers, caring no more about their blood than about ditch-water, were intensely happy...)⁸

一方、このような事態の中にあつて、バーバラの両親が考えたのは、十分な教育も受けていない、平民の青年との結婚によって、「娘が我れと我が身の上に招いた不名誉」(the disgrace she had brought upon herself) のことばかりであった。しかしまたこのような体面ばかり気にかける両親も、若い夫婦からゆるしを求める手紙が来るや、'what was done could not be undone'⁹ と言ってその願いを許す。これは Tess of the d'Urbervilles で、テスがクレアとの結婚に失敗して帰って来たとき、テスの母親が、'Well, what's done can't be undone!'¹⁰ と言うのと同じで、宿命論が根強く支配する農村に生きる人々の不幸の受けとめ方である。こんなあきらめの早い両親に、しかしちょっとした慰めが来る。それは「平民ウィロウズの先祖はかつて零落した貴族の子と結婚する栄誉をになったことがあるという話を信頼すべき筋から聞いた」ことである。ハーディは貴族の親というものは、そのようなことに慰めを感じたりするほど馬鹿げたものだと書いている。やがて娘夫婦の帰館。このままなら二人はあるいは幸福に暮せたかもしれないが、ここでもまたウィロウズの教育のなさが問題となり、「彼がバーバラのような名門の姫君の夫たる栄誉にふさわしい研ぎを、内面的にも外面的にもかけ」、「バーバラの傍にいても恥ずかしくない人物」となるよう、一年間教師をつけてヨーロッパ各国を旅行させることになるのである。よかれと思ってしたこの事が、やがて、バーバラの運命を狂わせ、その生涯に大きな転機と不幸をもたらすことになる。これも皆、釣り合わぬ結婚を釣り合う結婚にしようとする父親の因襲的な考えから出たことである。

...and on a fine morning away tutor and pupil went.

(下線筆者)

それは彼らにとって明るい未来のための旅立ちではあったが、それは同時に、バーバラとエドモンドとの愛の滅びに至る第一歩でもあり、何でもない上の一行にも、irony が感じられる。

家に残ったバーバラは、夫が身近かにいなくなると、唯一の心の支えがなくなり、不安な気持になることがあった。

6 Richard Carpenter: Thomas Hardy, p. 75.

7 p. 75.

8 pp. 70, 70, 71, 72, 69, 64-65, 70-71.

9 pp. 70, 71.

10 Tess of the d'Urbervilles (The New Wessex Edition) p. 282.

Yet she sighed sometimes—her husband being no longer in evidence to fortify her in her choice of him—and timidly dreaded what mortification might be in store for her by reason of this *mésalliance*.

「こんな風に身分の低い者と結婚したことで、今から先、どんな屈辱が振りかかってくるであろうか」という不安に彼女も矢張り釣り合わぬ結婚に因襲的な考えを持つ外の世界の重圧を意識しないわけにはゆかないことがあらわれている。友達に態度にも変化が見られ、まるで、「おや、お仕合わせな村のあにさんのおかみさん、あんたもとんだものに引っかけられたのね。」(Ah, my happy swain's wife; You're caught!)¹¹と言っているように聞こえるのである。このようにして、夫が旅先から寄越す手紙がますます愛情をこめたものになるのに反し、彼女の心は冷めたくなくてゆく。釣り合わぬ結婚をしたことに対する因襲道徳の白い眼が彼女の夫に対する愛を弱めてゆくのである。しかし、彼女の愛が衰微してゆくのは、このようないわば外の世界である因襲的な世界のためばかりではなかったのである。

2

そもそもバーバラがエドモンドを愛したのは、エドモンドの美貌の故であったが、バーバラも a good and pretty girl であった。若い二人は急速に激しく愛し合うようになったが、身分違いの結婚が両親に認められることが望めずあの駆け落ちとなったのであった。しかし、こういった無分別な、早まった色事においては、その幸福はだんだん下り坂になってくるものだどハーディは皮肉な調子で書いている。

...the young married lovers were intensely happy—happy, that is, in the descending scale which, as we all know, Heaven in its wisdom has ordained for such rash cases; that is to say, the first week they were in the seventh heaven, the second in the sixth, the third week temperate, the fourth reflective, and so on; a lover's heart after possession being comparable to the earth in its geologic stages; first a hot coal, then a warm one, then a cooling cinder, then chilly—the simile shall be pursued no further.

バーバラが夫の外遊を認めたのもこんな状態で暮らし

た二カ月が過ぎた後だったからである。バーバラの心に自分達のした行為を振り返ってみる余裕ができていた。そして夫の外遊。冷静になるにつれ、身分違いの結婚をしたことに不安をおぼえることもある。

Barbara observed this growing coolness in herself; and like a good and honest lady was horrified and grieved, since her only wish was to act faithfully and uprightly. It troubled her so much that she prayed for a warmer heart,...

そして「片時も夫の顔を忘れない」¹²ようにするため、肖像画をかかせて送ってほしいと夫にたのむ。それに対し、肖像画ではなく、ピサの彫刻家に自分の等身像をほらせて送らせるという返事がくる。何とかして夫に対し温い愛を持ち続けたい、そのためのよすがにしたいと夫の肖像画を求めたバーバラの願いは、しかし実現せず、皮肉にもアブランドタワーズ伯爵との意にそわぬ結婚後に思いがけずとどけられてくる、そして物語の後半で彼女の伯爵との結婚生活に不気味な影響力を及ぼすことになるわけである。

一年の予定が十四ヶ月に延ばされたエドモンドの大陸旅行が終ったとき、家庭教師からヴェニスで出会った恐ろしい災禍を告げる手紙がくる。すなわち、ヴェニスの劇場の火災でエドモンドが「彼女の心を彼女からかちえたあの美しい顔」に大火傷をうけてしまったのであった。やがてエドモンドは帰国できる体となり、バーバラは出迎えに行くが夫の姿は見えず、困りはてしているところに、偶然アブランドタワーズ伯爵が馬車で通りかかり、同乗させてもらう。その夜、真夜中ごろ、エドモンドが帰ってくる。目深かな帽子と黒い外とう、それに肌色の仮面をかぶって。マスクをはずした彼の無惨な容貌を見てバーバラは卒倒する。エドモンドは一年後にふたたびバーバラの偽りなき心持ちを確かめに來るとかき置きして消え、一年たったが彼は帰ってこない。いまや彼の生死の程も疑わしくなる。バーバラの心は夫に対する嫌悪の情に打ち克つことが出来なかった後悔の念にかられ、余生を慈善事業に捧げようと願う。しかし彼女が教えを仰ぐ「教区の立派な牧師」(the excellent parson) が出来ることと云えば髪具の具合いを直すことと、嗅ぎ煙草入れをコツコツ叩くことぐらいが関の山であった。「当時は信仰が甚だ生ぬるい状態にあったので、」(such was the lukewarm state of religion in those days, that...) バーバラのような心なやめる人から奉納物を受ける必要はなかったのだとハーディは皮肉な口調で述べ、さらに現代の教会について次のように痛烈な批判を浴びせかけている。

—the last century contrasting greatly in this

11 pp. 71-2, 73, 73, 74, 74-5, 75.

12 pp. 66,70-71, 75, 75.

respect with the happy times in which we live, when urgent appeals for contributions to such objects pour in by every morning's post, and nearly all churches have been made to look like new pennies.

(下線筆者)

さて教会に何かを寄進することによって良心を和らげようとしたバーバラは、それが出来ないとなるとこんどは門前に放浪者を集めて施しをすることで、どうやら気休めを得るのであるが、ここにはバーバラをも含めた上流階級の人間の安易な、自己満足のな慈善行為と、本来の姿を忘れた情性的な、あるいは外面を飾るのに忙しい教会に対するハーディの批判が読みとれる。

やがて夫の失踪以後数年たち、もう確実に夫が死んだと思われる時分、その頃になるとエドモンドとのことも a fevered dream¹³ に過ぎなく思われ、彼女自身も身分相応な結婚を考えるようになり、愛しているわけではないが、アブランドタワーズ伯爵との結婚に同意し、そのことでさらに不幸の上塗りをする羽目に陥るのである。

だが、あの一旦は駆け落ちまでした程のバーバラのエドモンドに対する愛情が一体何故弱まってしまうのであろうか。なるほどそれは熱しやすく冷めやすいものであったと言えばそれまでであるが、そもそも彼女が愛したのはエドモンドの美貌であって、エドモンドという人間ではなかったということにその原因を見い出せるのではなからうか。

エドモンドの美貌は、バーバラの母親すらはじめて彼を見たとき、'How handsome he is! I don't wonder at Barbara's craze for him.' と言わせたほどで、

He was, indeed, one of the handsomest men who ever set his lips on a maid's.

だったのである。このようなエドモンドにバーバラが恋したのは当然である。しかし彼女の眼にうつったのがただ彼の表面的な美しさのみであって彼の人間として優れた点を見る力がなかったことが、彼女の愛を底の浅いものにしたことは否めない。エドモンドは「誠実な男」(an honest fellow) であり、「しっかりした、才智のすぐれた、有望な青年」(a man of steadfast nature, bright intelligence, and promising life) であった。このような青年であったからこそ、あのヴェニスでの劇場火災の折、最も英雄的に身の危険を冒して他の観客を助けようと努力したのである。しかしそのために皮肉に

も「彼女の心を彼女からかちえたあの美しい顔」に大火傷を受けることになり、結果的にバーバラの愛を失ってしまう。もしバーバラに夫の人間としての優れた美点を見る目があったら、事情はまた違ったかもしれない。外面的な美によって生まれた愛はその外面的な美が消滅すれば、たちまち死んでしまうのである。

このようなバーバラの愛に対しエドモンドの愛はどうであったか。彼の愛の本質は、火傷のあとバーバラのもとに戻り、たち去る時に残して置いた手紙の中によく表われている。

...I was aware that no *human* love could survive such a catastrophe. I confess I thought yours *divine*;...¹⁴

人間の中に神の愛を見てしまったエドモンドは、バーバラの愛も矢張り人間の愛に他ならなかったことを悟るのである。その心に受けた打撃は大きかったが、彼はバーバラを責めることなく、一年後に戻ることを記して立ち去るが、再び姿を見せることはなかった。後にバーバラが伯爵と結婚し、あのエドモンドの像がとどく前に、偶然にも、彼が海外ですでに受けていた大怪我に加えて、精神上の落胆から死んだという知らせを受けとることになる。それは二人が別れて六箇月後のことであった。

3

バーバラとエドモンドとの愛、それは一方はその浅薄さのため、他は余りの理想主義のため、あの火災を境に崩壊してしまったが、物語の後半は異常と怪奇の支配する世界である。

結婚後も、バーバラは夫の伯爵を愛することが出来ず、このことは伯爵をいらだたせていた。そんなある日、ピサの彫刻家から例のエドモンドの等身像が届く。それは美貌のエドモンドを生前そのままに写して、伯爵すら、「まさしくこれはアポロ神だ」('Phoebus-Apollo, sure,') と言うくらいの出来栄である。この像をバーバラはひそかに私室の壁がんに内に安置した。伯爵はその後ときどき妻の顔に今まで見たことのないような「一種の静かな恍惚状態、控え目な至福の状態」(a sort of silent ecstasy, a reserved beatification)¹⁵ といったものが見られるのに気付く。

或る夜、伯爵がバーバラの後をつけて彼女の私室に行くと、彼女は生ける人にするように、エドモンドの頸に両腕をまきつけ、接吻しながら立っていた。そしてその接吻の合い間合い間に綿々たる愛の言葉をささやき、それは伯爵が妻にそんな情熱があろうとは夢にも思わな

13 pp. 77, 88, 88, 88, 90.

14 pp. 72, 72, 70, 106, 77, 87.

15 pp. 93, 95.

ったような烈しさであった。このバーバラの狂態ぶりを、George Wingはあの自分の作った彫刻の乙女ガラチャに激しく愛着したというギリシャ伝説の人物ピグマリオンのそれに見出し、

“Barbara of the House of Grebe” contains a variation on a Pygmalion theme overlaid with cruelty and horror.¹⁶

と述べている。かつて愛したエドモンドに対する愛の残り火と火傷のあとと彼に見せた背信に対する後悔がさせた行為であろう。

さてウィングの言う「残酷と恐怖」の世界がこれから始まる。伯爵はエドモンドのお伴をした教師にあり、火傷のあとの彼の容貌をスケッチしてもらい、思わず‘It was very strange and terrible! Neither nose nor ears, nor lips scarcely!’という。そしてバーバラの不在中に、職人にスケッチ通りに像を破壊させる。その夜、バーバラは変りてはた像を見て卒倒する。それを見て伯爵は不気味に、‘Ho-ho-ho!’と「皮肉、偏愛、残忍性が奇妙に入りまじった笑い」で眼を見開いた妻の恐怖を追い払おうとする。その翌日、伯爵は大理石像を自分たちの寝室にはこぼせ、ベッドの足もとに置く。そしてバーバラに、灯にてらされた恐ろしい顔を無理に見せようとする。「あっちへやって」と哀願する妻に、「自分を本当に愛するようになれば」と答え、きき入れようとしない。そしてくり返し妻に像を見させる。そのうちに、

...such was the strange fascination of the grisly exhibition that a morbid curiosity took possession of the Countess as she lay...

(その凄惨な光景は不思議な魅惑を投げかけて、寝台に横たわった伯爵夫人は何か病的な好奇心にとらえられるようになった)

そして、顔をあげてひと目み、そしてふるえて眼をとじる、ということをくりかえし、気も狂うばかりになる。このようなことをくり返し三日目の晩、ついにバーバラは「もうけあんな顔は思い出すのもいやです。もうあなただけを愛します。」と言うようになる。やがて「恐怖によって無理に彼女から引き出した偽りの愛情は単に愛情行為を繰り返しているうちにある程度は本当の愛情を呈してきた。」(…this fictitious love wrung from her by terror took on, through mere habit of en-

actment, a certain quality of reality.)そして「永続的な反動」(a permanent revulsion)が彼女を把握し、時が立つにつれてなお強くなった。しかし、治療それ自身が又一つの病気となり、夫に対する極端な愛着となる。その後の彼女の生活は「つむじまがりて残酷な男に対する追従的恋情の生活であった」(one of obsequious amativeness towards a perverse and cruel man.)¹⁷

そして九年間に十一人の子供をうむが、半数は早産であったり、生まれるとすぐ亡くなったりして、女子一人だけ成人するのみである。先程のGeorge Wingはこの事実を簡単に「奇妙なふくしゅう」(a queer revenge)¹⁸だと評している。すなわち、伯爵が強くと望んだにもかかわらず世継ぎの男の子は一人も満足に成長しなかったことを言うのであろう。今や全く心身の疲弊し尽くしたアブランドタワーズ夫人は、体力を癒すべく夫に伴われて外国へ行き、イタリアへ着いて数箇月の後、フロレンスで亡くなるのである、エドモンドが火傷をおった同じイタリアの地で。(ハーディ自身1887年3月14日夫人を伴って約一ヶ月イタリア旅行に出かけており、短篇Alicia's Diaryの舞台にも使われている。)

4

バーバラの偶像崇拜とアブランドタワーズ伯爵のバーバラに対する加虐性的行為を描いたこの物語の後半部は極めて異常な世界であり、異常心理学の分野であろう。David Cecilはハーディが本来グロテスクなものに対する趣味を持っていたとする。

The grotesque is an essential of Hardy's imaginative make-up. It is a marked characteristic of the plots of his stories. Here, of course, it can be explained partly in terms of his philosophy of life. He wants to stress the strange irony of Fate. Also, he thought that fiction ought to be odder than life... But grotesqueness is also a feature of his taste... and there are moments when he seems to take a sinister pleasure in presenting Destiny as a sort of superhuman perpetrator of jokes in poor taste...¹⁹

ハーディの作品に見られる怪奇性を、人生に運命の不思議な皮肉を見た彼の人生観からもある程度説明できるが、それは彼の趣味そのものの特色であるとするセルルの説はこの物語の怪奇性にも当てはまるであろうが、「運命を、趣味の悪い冗談をやる一種の超人的な犯人として示すことに邪悪なよろこびを感じているように見え

16 George Wing: Hardy, p. 24.

17 pp. 98, 99, 101, 102, 103, 103, 104.

18 George Wing: Hardy, p. 24.

19 David Cecil: Hardy the Novelist, p. 53.

る時がよくある」という部分は、「運命を、趣味の悪い冗談をやることに邪悪なよろこびを感じる一種の超人的な犯人として示そうとした」ことにハーディの文学の一層の特質があると言えるのではあるまいか。そうでなければ、あの T. S. Eliot のこの作に対する Michael Millgate の言う、‘hostile comment’²⁰ のような批評が出てくるのである。エリオットは *After Strange Gods* (1934) の中で、

(Hardy) seems to me to have written as nearly for the sake of “self-expression” as a man well can; and the self which he had to express does not strike me as a particularly wholesome or edifying matter of communication.²¹

と述べ、更に次のように書いている。「『グリーブ家のバーバラ』ではわれわれは純粹の悪の世界に引摺りこまれる。この物語はある病的な感情を満足させるだけのために書かれたものようである。」

われわれがこの作品を読んで感じるのは決してエリオットの言う退廃的不健全さではなく、作中人物を翻弄す

る運命の皮肉と、彼らの意志とは無関係に不幸に押しやられてゆく彼らに注ぐ作者の暖かい憐れみではなからうか。バーバラについてその生涯は、「両親の卑しい野心や当時の因襲がなかったならば、もっと高尚な方向へ発展したであろう「(...whose existence might have been developed to so much higher purpose but for the ignoble ambition of her parents and the conventions of the time) とのべ彼女が野心や因襲の犠牲者であるとし、エドモンドについても、バーバラの眼に彼の長所の最小部分でしかない彼の美貌しか入らなかったことで一層痛ましい (...which was the more deplorable in that his beauty was the least of his recommendations,)²² と同情し、あの伯爵すら像の前で失神した妻の姿を見ては、彼に相応した愛が燃え上り、その愛は妻の死後も外の婦人に移ることはなかったと述べ、彼の中にも人間的な愛が認められるとし、彼もまた不思議な運命の嵐に巻きこまれた悲劇的な人間の一人として描いているのである。

付 記

使用テキストは *A Group of Noble Dames* (Macmillan, 1925)。テキストからの引用文には書名を省略した。

20 Michael Millgate: *Thomas Hardy*, p. 281.

21 T.S. Eliot: *After Strange Gods*, p. 54.

22 pp. 104,105-106.

学生の実践的能力について

今 西 周 藏

Tactical Ability of Student.

Shūzō IMANISHI

概 要

学校卒業者の社会における知的実践的能力は、学校で身につけた基礎学力をもとに、自己啓発を重ねて伸ばして行くのが昔風の考え方である。しかし、変化の激しい現代では、自己啓発の方法を日常の生活経験を通して自然に体得するようでは間にあわない。

そのためであろうか、大学、高専を問わず、多くの学校卒業者は自己啓発の方法として、広い意味の創造方法について、在学中に、学校で教えてもらいたいとの声が高まって来ている。

本文は、(1)このような問題の提起と、(2)学校における学業成績の将来への信頼性、(3)高専生は年令から見ても、高度の基礎学力を巾広く期待するのは無理であること、従って卒業後の向上に備えて、独学の方法を学校で教える必要があること、を提案し、(4)自己啓発の一方法としての創造方法や研究方法について、筆者の授業の試みを述べている。

1. 問題の提起

近年、大学、高専、高校卒業者の能力低下が叫ばれ、高専でも強い反省が求められている。これまでの多くの注言や反省⁽¹⁾⁽³⁾⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾を整理して見ると、問題の起りは、

- (1) 学生の能力のバラツキが大きくなって来たこと、従って、高専に対する信頼性が低下して来たこと、
- (2) この際、教育の目標を見直してはどうか、大学に準ずる考えをやめ、もっと特徴のある教育を打ち出してはどうか、とすることに有る。

企業が高専卒業生や学校に要望している多くの事柄のうち、おもだったものを拾って見ると次のようである。

(3) 卒業生への要望

- (i) もっと高い基礎学力を。(特に専門の英、数を)
- (ii) 応用力、探究力、創造力、総合力、表現力、など言わば基礎を活用する力を。
- (iii) 自分の幅をひろげる自己啓発の自覚を。
- (iv) 依頼心をやめ、強い自信を。
- (v) 仕事(問題の解決)を最後まで仕遂げる強い意志と根生を。

(4) 学校への要望

- (i) 上記(3)の育成を。
- (ii) 詰め込み、過密授業は学生の自主性をそこない、形にはまった、幅の狭い人間性をつくっている。カリキュラムや授業の改善を。
- (iii) 能力の大きいバラツキを防ぐために、3年期末で強い関所(せきしょ)を。そして厳選すること。大きいバラツキは高専の命取り。
- (iv) 人間関係の基本的訓練を。

これらの多くの問題のうち、ここでは主に(3)について筆者の考えを述べたい。

筆者の長い技術者生活を顧みて感じることは、仕事と言うものは、自分にとって常に未知の領域があり、仕事をすすめるには、自分の力で新しい道を切り開いて行かねばならない。

しかし学校は、(1)知識を教えることにのみ追われて、(2)知識を活用する方法は余り教えていない。⁽³⁾⁽⁴⁾ もっと具体的に言えば、(a)知識を吸収し、(b)応用し、(c)創造し、(d)総合し、(e)表現する、言わば卒業後の自己啓発、独学の方法は、学校における講義、演習、実験、卒業研究などの学業や、就職してからの仕事を通して、自ら体

得するものであり、本人の自覚に待つべきものと言われて来た。

しかし、変化の激しい現代では、そのような、ゆるちょうなことでない間に合わない。そのためであろうか、大学、高専を問わず、多くの学校卒業者は自己啓発の方法としての、開拓の方法や創造の方法について、在学中に、学校で教えてもらいたいとの声が高くなっている。⁽¹⁾⁽⁴⁾

2. 学業成績の信頼性について

学業成績は知的な素質よりも人間的な努力によるところが大きく、その意味で、実践的能力に関連することを述べる。

(1) 学業成績の推移

筆者は、当校電気工学科学生約200名について5年間の学業成績の追跡調査をしたことがある。⁽⁵⁾⁽⁶⁾ その結果を要約すると、

(i) (a)中学内申成績と当校入試成績との相関、(b)中学内申成績と当校1年生末の成績との相関、(c)入試成績と1年生末の成績との相関、などのうち(c)の相関係数が最も高く0.3であること。

(ii) 1年生末の成績と2年生末の成績との相関係数は0.8~0.9であり、学年が進むにつれて更に上昇する。すなわち、入学後1年生のうちに大かたの成績がきまるわけである。

(2) 学業成績を支配するもの

それでは1年生の成績はどうしてきまるのであろうか。クラス担任の先生の調査によれば、それは、毎日の自習時間の量、すなわち、努力によるところが大きいのと言われている。その後の2~3年生に対する筆者の調査でも、努力が成績を大きく左右するデータを得ている。⁽⁵⁾

教育界および産業界の多くの人々は、大学、高専の工学系教育における学業成績の意味は、理解の程度と、その背後にある試験勉強の程度をあらわすものと見ている。⁽⁷⁾

(3) 学業成績の信頼性

問題を解く能力の一つは、既に得た知識の中から、必要な時に、どれ程多く、また、速かに取り出すことができ、またそれを応用することができるかにあると思う。

筆者は、出題の範囲、時期を予告した定期試験の後、約1ケ年を経過して、それと類似の問題で不意打ち試験を行い、受験者40名全員について前後の試験成績の相関を調査して見た。⁽⁵⁾ その結果は、ある学生は前回では良かったのに、後の方では悪く、他のある学生はその反対

である、いわゆる番狂わせが多く、クラス全体についての相関係数は0.3~0.6であった。

すなわち、学業成績はその時点のものであり、言いかえると、学生が実社会に出て、学校で学んだことの多くを忘れた頃の基礎学力と言うものを、学校における学業成績から予想するのは甚だ危険である。

大企業における中堅クラスの人々の業績評価や、個人の発明特許件数が、在学中の学業成績に明確な関係を持たない⁽⁸⁾とも言われている。大学在学中に教育学の成績が優秀な人でも将来優秀な教師になれるかどうかかわからない⁽¹²⁾と言うこともある。文献⁽⁷⁾においても、学業成績が真の実力であると見る人は少なく、また意味なしとする人さえわずかある。学業成績の中に占める知的な素質の効果は否定しないが、大部分は人間的な努力の効果であり、それゆえ、学業成績は努力の度をあらわし、その持続性が人間性をあらわすものと見れば、将来への信頼性が意味づけられるのではないだろうか。努力への動機づけこそ教師の苦心するところである。

3. 知的実践的能力について

(1) 基礎的学力の伸し方

知的実践的能力のいくつかの要素のうち、基礎的学力が第一に挙げられる。高専生は年令から見て、大学生と同じ程度の学力を期待するのは無理である。⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ その差は、その後の長い生涯において、独学によって得られるものに比べると問題にならぬほど小さいはずである。それゆえ、高専では、卒業後の向上に備えて、独学する方法を教えることが何よりも大切ではないかと思う。例えば、知識を吸収するにも、(1)文献、参考書の深し方、(2)人の話しを聞いたり、物事を観察したり、読書したりする場合の受け取り方、(3)ノートの取り方、まとめ方、など日常生活術とも思えることにも、卒業生が案外、困ることがあるようである。卒業生よりも、むしろ、在学生在が学習術の一つとして身につけねばならぬものであり、それを教師が教えるとなれば、この方面の経験や知識を意識的に整理し、組織化する必要があると思う。

(2) 創造的能力の伸し方

知的実践的能力の諸要素のうちでも、創造的能力は重視されている。学校で創造的能力を育成する方法は、普通は、各科目の中で問題を与えて思考訓練をしたり、卒業研究を通して指導と訓練を行っている。しかし高専では、科目や卒業研究の時間が少いので、短時間に能力をつけることは困難である。それゆえ、予め計画された組織的な指導が必要であると思う。

筆者は、筆者の担当する別の科目の時間をさいて、(1)

創造の方法と(2)研究の方法および(3)学習の方法の極く一部、について簡単な授業を数年来試みている。

そのうちの、創造方法については、内容は知的能力の定義からはじまり、問題点を見付ける方法、問題を解く方法、など20種類を越える方法の各々について学生に説明している。しかし筆者の準備不足と授業時間の不足のために計画的な演習を実施するまでには至っていない。

創造方法に関する参考書は、既に多数市販されており、それによって教材を編集することが出来るけれども、学校では、これらの方法は、人の前では口をはばかる低俗な術として、誤って見る向きもある。一部の有名な方法は、昔から広く使用されていることであり、学生に全容を示した上で、好む方法を選んで、訓練すればよいと思う。

(3) 研究的能力の伸し方

卒業研究は、学生に研究の方法を体得させるための有効な方法であるが、高専は大学に比べて時間数がかなり少ないために、学生の自然の体得に待つようでは、その効果は少ない。それゆえ、卒業研究を始める前に、方向づけ（オリエンテーション）のために、研究とは何をするのかと言う基本的なことがらを教える必要がある。そして、卒業研究は学生の銘々がちがった例題をもった演習と考えればよい。

筆者は、学生に対して、研究の題目が与えられれば、(1)計画の立て方、(2)現状調査の方法、(3)問題を見付ける方法、(4)問題を解く方法、(5)表現の方法、などを説明している。

創造方法や研究方法の授業は、筆者の担当する別の科目の時間をさいて行っているのだから、プリントを使用して、わずかに数時間しか得られず、また内容が、学生にとって不馴れで、興味が持ち憎く、それだけに、教師の説明がむずかしい、従って、筆者の授業によって、この方面の知識が、学生の身につくとは考えていない。卒業後、仕事の苦しみの中で、ふと、そのような方法があることを思い起して、この種の書物を開いて見ると言う、自己啓発の芽生えがあればよいと思う。

(4) 自信を持つ方法

高専卒業者はもっと強い自信を持つべきだとの、励ましの声は多い。しかし、これは大学、高専に限らず、現代の若者に共通することであって、川喜多二郎氏⁽⁹⁾は、その原因は、学校の教育が知識の詰め込みに追われて、いわゆる input から output への full course による達成の体験を、学生達に味合せないためであると言っている。そう考えると、自信のなさが、大学卒業よりも高専卒業者により一層多く指摘される原因が、高専の教育にあるように思われる。詰め込み、過密授業は演習不

足による達成感の欠除や自信の欠除を招くのみならず学生の自主性をそこない、形にはまった、幅の狭い、向上心の弱い人間を育てているとの声が多い。⁽¹¹⁾カリキュラムやその運営に、思い切った改善や工夫が必要である。

4. あとがき

学校卒業者の社会における知的実践的能力は、学校で身につけた基礎学力をもとに、自己啓発によって伸ばして行くのが、これまでの考え方であったが、いまや自己啓発の方法を学校で教えてもらいたいとの声が多い。本文は、そのうちの二、三について述べた。

しかし、もっと広く、日常の、input としての学習の方法から、output としての表現の方法まで、また人間関係をよくするための基本的なことがら、⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾ など、更に多くのことがらについて、組織的な指導が必要であると思う。

学校では、学生が修得すべきことがらが多いのに、なおその上に余計なものを、と思うかも知れないが、社会に出てからの長い生涯を生き抜く上の一つの重要な生活術であることを思えば、これまでの授業の中に、組織的に取り上げられていなかったことが、むしろ不思議に思われる。

主な引用文献

- (1) 例へば、葉柳 高専制度の評価(Ⅰ)1972 阿南高専、同上(Ⅱ)1973
- (2) 電子通信学会誌「工学教育に関する座談会」1975. 5. p. 482
- (3) 例へば、日本工業教育協会年次大会 昭44~50
- (4) 関西工業教育協会研究集会資料「若い技術者は工業教育に何を望むか」昭50. 1. 31
- (5) 今西 奈良高専研究紀要 昭44
- (6) 同上 昭45
- (7) 関西工業教育協会電気分科会、アンケート報告 昭50. 6
- (8) 恩田、他 創造性の開発と評価 昭42 明治図書
- (9) 川喜田、中央公論 昭49. 11. p. 93
- (10) 例へば、大谷 関西工業教育協会高専部会講演資料 昭50. 7
- (11) 日本工業教育協会年次大会資料 昭50. 7
- (12) 高橋 奈良高専学校だより 昭48. 10
- (13) 樋口 奈良高専学校だより 昭50. 7
- (14) 例へば 話し方と聞き方の構成 昭41至文堂
- (15) 例へば 日本産業訓練協会 会議のすすめ方 昭32. ダイヤモンド社

電卓で扱える範囲について

(第2報)

笠野卓夫

On the Ability of the Desk-type Electronic-Calculator

Takao KASANO

1. はじめに

昨年の本校研究紀要第10号 (p. 89~p. 93) に掲載したものを第1報とし、これに続いて第2報を投稿する。昨年の第1報の執筆以後、私の机上の電卓を改造し、プログラムステップ数を、メイン、サブどちらも576ステップに、またメモリーも48個に増加させ、さらに、この電卓に連動して働くタイプライターを付設した。(プログラムに従って、計算結果などの数値および星印を、小点数以下の桁数、間隔など、指示通りにタイプする。アルファベットと仮名文字は、マニュアルでうてるが、プログラムにいれられない。) その結果、昨年以上に、もっと広範囲の使い方ができるようになった。

昨年の第1報の趣旨は、電卓といっても、最近では非常に性能のよいものができているから、単なる計算用具ではなく、使い方がよいものでは、かなり高度な処理もできるから、手軽に使える電卓をもっと利用するよう、教育面でも配慮したいということであった。

今回の第2報も、タイプライターを使用したときは、このようなことまでもできるという例を、2つばかり見て頂く。

2. 関数のグラフをかく

タイプライターで星印*をうたせて、その並びで、関数のグラフを示そうとするものである。

このタイプライターでは、*をうつこと、1文字分空白のまま送ることが、いずれもプログラムで指示できるので、この機能を利用するものである。

例として、関数 $4y^2 = x^3 - 3x + c$ のグラフで、 c がいろいろな値をとるとき、グラフの形がどのように変わっ

ていくかを見てみよう。

x 軸、 y 軸もタイプさせるのであるが、タイプライターの構造上、 x 軸を、紙が送られる方向にとり、 y 軸をこれと垂直な方向、つまり、タイプする行の文字の並びの方向をとることにする。

考え方の基本は

- ① $x = 0$ に対しては、 y 軸を示す*をうたせる。
 - ② 0でない x の値に対しては y^2 の値を計算する。
 - ㉠ $y^2 < 0$ なら、 x 軸を示す*だけをうたすため、メモリー3, 4, 5 (以下M3, M4, M5で表す) を0にする。
 - ㉡ $y^2 \geq 0$ なら、 y の値を求め、負の値をM3に、正の値をM5に入れる。また x 軸をうたせるために、0をM4に入れる。
 - ③ x 軸、 y 軸の単位の長さをそろえるため、 y の値には16.713をかける。(x 軸の1行の送りを0.1としたとき、 y 軸の1は、16.713文字分に相当するから)
 - ④ x 軸を紙の中央に持ってくるため、M3, M4, M5の値に45.5を加える。(.5をつけたのは、次に述べる*のうたせ方のとき、四捨五入の効果を出すため)
 - ⑤ M3, M4, M5の値に相当する位置に*をうたせる。
 - ㉢(i) はじめからM3が負なら、いまかかせようとしている目盛りでは、紙幅の許す範囲外になるので、 x 軸の*をうって、下の㉢へ
 - (ii) M3が正又は0なら、M3, M4, M5から1をひく
- く
り
か
え
し
- ・その結果 M3が負になるなら*をうつ。
 - そして 次の㉣へ
 - ・まだ M3が正又は0なら、1字分空白で送って、さらに1をひく。
- ④(i) M4が負なら、次の㉣へ
 - (ii) M4が正又は0ならM4, M5から1をひく。

くりかえし
 ・その結果 M4が負になるなら*をうつ。
 そして 次の②へ
 ・まだ M4が正又は0なら、1字分空白で送
 って、さらに1をひく。

②(i) M5が負なら、次の②へ

(ii) M5が正又は0なら、M5から1をひく。

くりかえし
 ・その結果 M5が負になるなら*をうつ。
 そして 次の②へ
 ・まだ M5が正又は0なら、1字分空白で送
 って、さらに1をひく

② 改行して、xの値を0.1増して、はじめに戻る。

—以上は、xのきざみを0.1とし、x軸、y軸の単位
 の長さを等しくとするものとして、係数16.713をきめた
 が、xのきざみ、x軸、y軸の単位の長さのとり方によ
 って、この係数は変えることになる。—

以上のことをフローチャートで示せば、右のようにな
 る。(上記の説明のほかに、5行ごとに、xの値をタイ
 プするようにしてある。xは0.5の倍数から始める。)

これをS社の記法でプログラムに書けば、次のように
 なる。

(M...6 ▼ R...6▼)

```

        1.
CNC X>0 H X>1 1 X>6
1-1 # 1 2-7 →J0 NR1
J+1-1 J+1-2 →J1-1 X
= 3 - X NR1 = MR0 =
÷ 4 = J<1 ÷ = X 1 6
# 7 1 3 = X>5 ± X>3
CM4 →J2 4 5 # 5 M+3
M+4 M+5 MR3 J<1 →J4
MR3 J<3 4-1 M-3 M-4
M-5 J>4 →J3 2-P MR4
J<5 →J6 1 M-4 M-5 NR
4 J<7 4-J>6 →J7 2-P
→J5 NR5 J<8 →J9 1 M-
5 NR5 J<± 4-J>9 →J±
2-P →J8 1 M-6 MR6 J#
# →J1-3 3-NR1 P 5 X>
6 →J# F # 1 M+1 J>0
→J1 CM3 CM4 CM5 J>2
→J1-2 2-P 4-1 M+7 NR
7 4 7 - J<1-2 J>1-3
E E
    
```

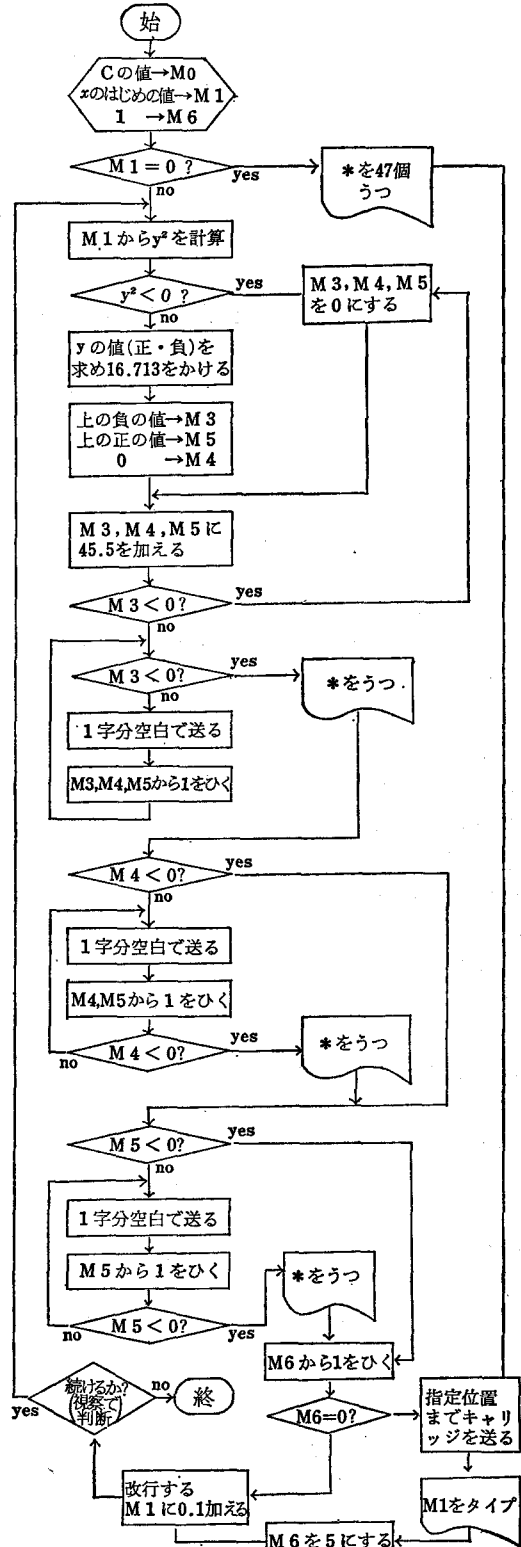
203.

左のプログラムは、例
 にとった関数に対するも
 のであるが、いろいろな
 関数に使えるように、関
 数値を求めるところをサ
 ププログラムとして、い
 れかえられるようにし、
 グラフをかかせるところ
 をメインプログラムとし
 て残しておくようにする
 と、もっと一般的に使い
 えることになるだろう。

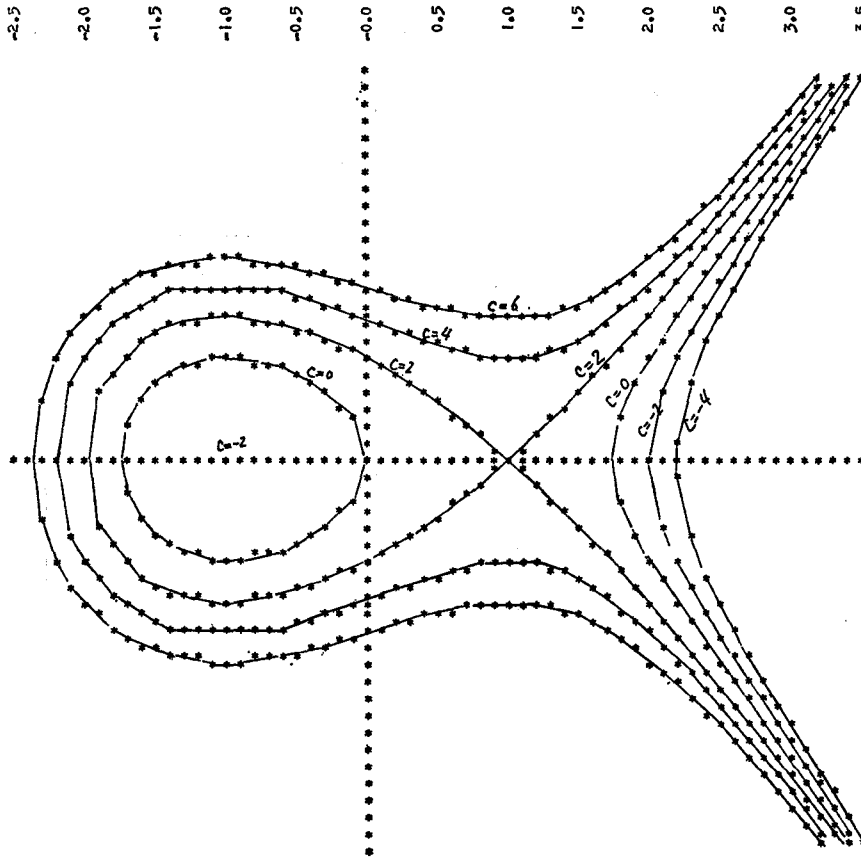
このプログラムによっ
 て、グラフをうち出させ
 た結果は、次ページの図
 の通りである。

ただし、この図では、
 c = 6として曲線をタイ
 プさせたあと、紙を巻き

戻して、同じxの目盛りにあわせて、c = 4に変えて、
 再び、同じ紙の上へ曲線をタイプさせた。さらにまた、
 巻き戻してc = 2、同様にc = 0、c = -2、c = -4
 として、cの6つの値に対するグラフを、同じ座標軸で
 かいたものである。見やすいように、それぞれ線で結ん
 でみた。cの値によって、曲線の形が変わっていくよう
 がよくわかる。



(脱落：下部のM6=0?の判定のとき、
 noなら下へ、yesなら右へ)



(3) タイプライターの紙送りの機能上たとえば第1ブロック内で、1月を全部うち終ってから2月へ、2月を全部うち終ってから3月へ……というよううち方はできない。1月、2月、3月の各第1週を1行にタイプし、改行して、各月第2週を1行にタイプ……というようにせねばならない。

(4) (2)のように曜日の配列をするから各月の1日をうつとき、その前に空白を必要数だけとらねばならぬ。また、ブロック内の月の週の数こそ

わず、ある月は、1行多くうたねばならぬこともあるが、そのとき、他の月は空白にするようくふうせねばならぬ。

フローチャートは、次のようになる。

3. カレンダーの印刷

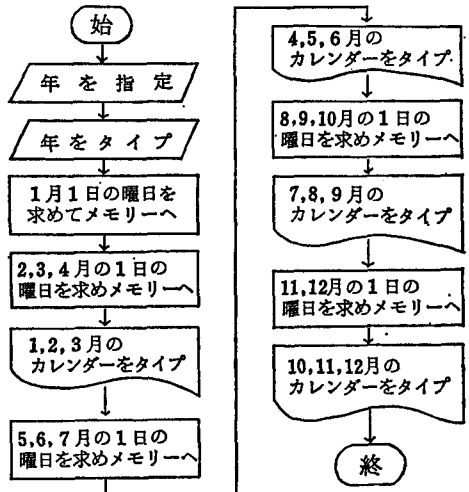
コンピューターのデモンストレーションに、カレンダーを印刷させるのをよく見る。同じことを、この電卓のタイプライターにやらせてみた。卓上の小型機であるが見事にうち出してくれる。

カレンダーは、次の様式にタイプさせることにした。

年度		
1月	2月	3月
4月	5月	6月
7月	8月	9月
10月	11月	12月

- まず、12か月の配列は右図のようにして、3か月ずつの4ブロックに分ける。
- 曜日を、SUN, MON……とうち出すことはプログラム化できない。マニュアルで、あとでうちこめないことはないが、いまは省略して、各月とも、前から日、月、火、水、

木、金、土であるものときめておく。



ここで、ある年の1月1日の曜日の決定は、次の考えで出した。(年は、西暦年で与える)

- 西暦年で、1年から400年ごとに区分する。
- 各400年は、平年が303、閏年が97であるので $365 \times 303 + 366 \times 97 = 146097 = 7 \times 20871$ となり、400年周期で曜日は循環する。
- 400年の区切りの初年の1月1日は月曜日である。
- 平年の次の年は、前年より曜日が1日ずれる。閏年の次の年は、前年より曜日が2日ずれる。よって、ある年の1月1日の曜日は、400年区切りの初年からの経過年数+その間の閏年の回数だけ、月曜日からずれることになる。

- 曜日は右のように数字で示す。
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
- 上のことから西暦 x 年の1月1日の曜日は、次のようにしてきめられる。

$(x-1) \div 400$ の余りを x' とすると

$$\left\{ 1 + x' + \left(-\frac{x'}{4}\right)\text{の商} - \left(\frac{x'}{100}\right)\text{の商} \right\} \div 7$$

(月曜)(経過年数)(うるう年の回数)

の余り

2月以降の毎月1日の曜日は、1月1日の曜日に各月の日数を加えて7でわった余りで順次求める。この表示は、毎月の第1週をタイプするとき好都合である。すなわち、毎月の1をタイプするとき、その前におく空白の日数が、ちょうどこの数に等しいのである。(火曜からはじまる月であれば、前に2つの空白をおくのであるが、火曜を示す数は2である。)

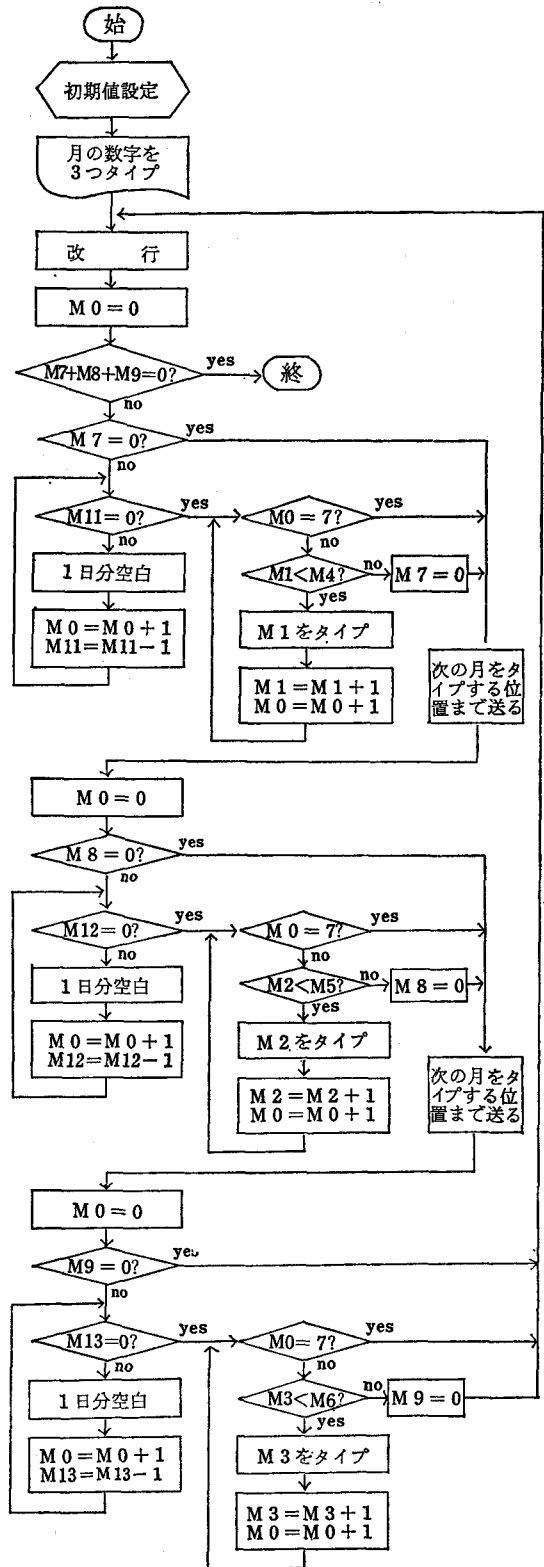
各ブロック内でのカレンダーのタイプは次のようになる。(第1ブロックについて1976年で説明する)

1月1日の曜日は前述の方法で求めて4(木曜)これをM11に入れる。2月1日の曜日はこの4に31を加え(プログラムではさきに31を7でわった余り4を加えている)7でわった余り0,これをM12に入れる。3月も同様に求めて1,これをM13に入れる。次のブロックの用意に4月1日の曜日4を求めておきM14に入れておく。また各月の日数(プログラムの都合で1大きくして)1月32をM4へ、2月30をM5へ、3月32をM6へ入れる。

さらに1をM1, M2, M3, M7, M8, M9へ入れる。M1, M2, M3はそれぞれ1月, 2月, 3月のタイプさせる日の数値で、あとで示すように1つタイプするごとに、1加える。M7, M8, M9はその月のタイプ終了か否かを判定するのに使うもので、終了すれば0にする。

このように準備をして、右のフローチャートに示すような手順で、第1ブロックの3か月をタイプする。

第1ブロックがすめば、M14の4月1日の曜日をM11



にいれなおし、これをもとに、5月、6月、7月の1日の曜日を求めて、それぞれM12, M13, M14に入れる。またM4, M5, M6へは、それぞれ4月、5月、6月の日数（1加えたもの）をいれる。（次のプログラムでは、1月、2月、3月の日数との差を加減した。）

このようにして、第1ブロックを実行したのと全く同じ手順で第2ブロックのタイプができる。以下、第3ブロック、第4ブロックをタイプして終る。

これをプログラムに組んでみれば、全体で、右の通りになる。また1976年について実行した結果は、下の通りである。ただし、第2ブロック（4月～6月）のところは、3か月分、まず第1週を通してうち、次に第2週を通して、……とやっていくタイプ方式がわかるように、途中でプログラムの進行をとめた。

4. おわりに

昨年にひきつづき、本年も電卓の使用例について見て頂いた。今回で一まず終っておきたいが、ここに、再度その趣旨をまとめておきたい。

1. 電卓の性能が非常に向上したので、電卓という名で考えられる程度をこえて、かなり高度な処理も、十分に行なえるようになった。（その例をいくつか示した。）
2. 電卓は、大型コンピューターに較べて、はるかに手軽にとり扱えるから、処理すべき事柄の内容によっては、電卓にかけるほうが、ずっと簡便である。
3. このように有能な電卓を、もっと日常面、研究面に活用させるため、そのプログラム作成の考え方や手順、使用法などについて、高校でも、高専でも、教育面でもう少しとりあげたいものである。

* 1976 *

										1							2							3														
										1	2	3								1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6
4	5	6	7	8	9	10				8	9	10	11	12	13	14							7	8	9	10	11	12	13									
11	12	13	14	15	16	17				15	16	17	18	19	20	21							14	15	16	17	18	19	20									
18	19	20	21	22	23	24				22	23	24	25	26	27	28							21	22	23	24	25	26	27									
25	26	27	28	29	30	31				29							28	29	30	31																		
										4							5							6														
										1	2	3														1	2	3	4	5								
4	5	6	7	8	9	10				2	3	4	5	6	7	8							6	7	8	9	10	11	12									
11	12	13	14	15	16	17				9	10	11	12	13	14	15							13	14	15													

MAIN
(R...0▼, M...0▼)

```

1.
CMC X>0 1-4 # 0 2-1
4-4-4-4->J3 2-P 1 M+
1 MR1 8 - J+3 F 4-4-
4-4-2-P MRO P 4-2-P
F 4-4-4-4->J4 2-P 1
M+2 MR2 8 - J+4 F F
F 1 M-0 MRO ÷ 4 0 0
= x R M-0 MRO ÷ 4 =
X>1 MRO ÷ 1 0 0 - MR
0. = MR1 = 1 = SB1 X>
1-1 1 M+0 MRO ÷ 4 =
X>5 x R M-0 MRO J+1
1 X>6 MR5 ÷ 2 5 = X>
7 x R M-5 MR5 J+2 MR
7 4 - J+1 J>2 J>1 CM
6 J>2 3 2 X>4 2 9 X>
5 MR6 M+5 3 2 X>6 MR
1-1 3 = SB1 X>1-2 MR
5 = 1 - SB1 X>1-3 3
= SB1 X>1-4 1 X>2-1
2 X>2-2 3 X>2-3 SB2
SB3 1 M-4 M-6 3 2 X>
5 MR1-4 X>1-1 2 = SB
1 X>1-2 3 = SB1 X>1-
3 2 = SB1 X>1-4 SB2
SB3 1 M+4 MR1-4 X>1-
1 3 = SB1 X>1-2 3 =
SB1 X>1-3 2 = SB1 X>
1-4 SB2 SB3 1 M-5 M+
6 MR1-4 X>1-1 3 = SB
1 X>1-2 2 = SB1 X>1-
3 SB2 E E

```

316.

SUB
(R...0▼, M...0▼)

```

1.
X>9 ÷ 7 = x R M-9 MR
9 E E
14.
1 X>1 X>2 X>3 X>7 X>
8 X>9 1-1 6 # 0 MR2-
1 P 3-MR2-2 P 3-MR2-
3 P F 1-3 # 0 J>1-9
F CM0 MR7 MR8 = MR9
= J+3 F F E J>3 MR7
J+2-1 J>8 J>2-1 MR1-
1 J+4 J>5 MRO 7 - J#
6 J>8 J>4 4-4-4-1
M+0 M-1-1 J>2-1 J>6
MR1 MR4 - JK7 CM7 J>
8 J>7 MR1 P 1 M+1 M+
0 J>5 J>8 CMQ 3-MR8
J+2-2 J>1-4 J>2-2 MR
1-2 J+9 J>1-1 MRO 7
- J+1-2 J>1-4 J>9 4-
4-4-4-1 M+0 M-1-2 J>
2-2 J>1-2 MR2 MR5 -
JK1-3 CM8 J>1-4 J>1-
3 MR2 P 1 M+2 M+0 J>
1-1 J>1-4 CMQ 3-MR9
J+2-3 J>1-9 J>2-3 MR
1-3 J+1-5 J>1-6 MRO
7 - J+1-7 J>1-9 J>1-
5 4-4-4-4-1 M+0 M-1-
3 J>2-3 J>1-7 MR3 MR
6 - JK1-8 CM9 J>1-9
J>1-8 MR3 P 1 M+3 M+
0 J>1-6 E E
300.
3 M+2-1 M+2-2 M+2-3
E E
312.

```


本校学生の作文における

漢字使用力の考察

小 谷

稔

はじめに

学生が漢字をよく知らない、誤字が多いということは本校でもしばしば耳にするところである。教室で接する学生も「高専生は漢字を知らない」と自認している。本年六月に「文章を書く場合にどんな抵抗があるか」という調査を三年生二学級、四年生一学級に実施したが、各種の抵抗のうち「漢字に自信がない」というのが約三〇％あった。「漢字に弱い高専生」の意識がそこにも現れている。本校学生の漢字に対する知識が十分でないことは学校生活の日常的な場面で直感的にはわかっていることであるが、本稿では学生の作文を対象として、そこにみられる漢字使用率を中心に漢字を使用する力を検討したいと思う。

一方、最近は本校学生の学力低下が教官、学生それぞれの間で話題になることが多い。国語科の学力低下の実態を正確に把握することは国語科の性格上からも極めて複雑であり困難が多いが、ここでは漢字の使用率という面に限って二、三の年度の新入生を比較することにする。最近の昭和四九、五〇年度の新入生は授業を担当していない関係上調査できないので、昭和四六、四八年度新入生と、昭和四九年度入学の二年生を対象とした。

次に昭和四六年度入学生の作文については、入学時と四学年修了時とを比較して、漢字の使用率が四年後にどのような変化を示すかを見ようとした。

調査対象の作文はどの年度、学年も機械科の一学級とした。文章はすべて課題作文で一年生では入学して約一か月後に「高専に入学して」、四年生では学年末の二月下旬、三月上旬に「本校の現状と問題点」という題である。特殊なテーマでなく学生の生活そのものであるから学生の漢字使用の面で特別の障害がなく自然な使用傾向が示されると考えられる。またこれらの作文は自宅で書いたもので、辞書の使用の有無による差が考えられるがそれはここでは問題にしない。

一 漢字使用率

漢字使用率とはその文章の全字数(句読点その他の表記符号を含む)に占める漢字の比率であるが、一般的な文章では約三〇％が標準的な数値と考えられる。それについては次のような見解が参考になる。

現在の日本語では、漢字の比率が高いほど、一般的に密度の高い文書が書かれる。漢字によれば、字数が少なくても適格に実質を示すことのできる単語

を構成することができるからである。しかし、漢字の多い文章は、紙面を暗くし、むずかしい感じを与えるため、漢字数が全字数の半分以上を越えないようにすることが望ましい。(中略) 中学三年生ぐらいでは、かなりよくできる生徒で、その作文に約二五%の漢字を使用している。作家の文章^⑥でも、中学生に比べると、漢字使用率は高いわけである。しかし、まとまった観念を表現しようとする場合には、作家程度の漢字を使用しなければならぬということもあるであろう。中学三年生程度の作文は、なお十全な表現となつていないとは言えないし、その不完全さの原因の一つには、漢字を駆使しえないという理由も考えられる。こうすると、われわれは、一文のうちに、約三〇%程度漢字を使用した文章を書くということが、現在の生活では必要となつていゝと言えらう^⑦。

以上のように漢字使用率約三〇%という数値を標準的なものと認めるに当たつて実際の文章を二、三調べてみたい。次のは旧制高等学校の学生の日記^⑧の一部である。

全体のためにいわゆる個を殺すことは、勿論必要である。しかし指導者にとつても必要なのは、個の殺し方を反省すること、検討することではあるまいか。効果的に、またまさつもなく全体を指導する方法は、決して個の方向と直角に衝突する方法をとるべきではないと思われ。それは主として、指導者が、自己もまた全体の一員であることを忘れることから起るのである。自己を責めること、反省することを知らず、しかもただ全体を口実として他を責めることによつてのみ自己満足を得る指導者が万一あるとすれば、それはすでに全体の破滅であり、大きな目から見れば全体と最も背馳するようにも見える利己主義的行動である。(後略)

この文章は全体七〇八字からなるもの冒頭の一節である。この部分だけで二九一字、内漢字は九四字で漢字使用率は三二%である。

大陸の戦野に陛下万歳を唱えて散る人々は、すべて一人一人の、日本人である。決して近所にごろごろしている、兵隊ではない。軍隊は戦いの方法を教え、徹底的な平等を名目とする階級制を教え、腹痛と頬を赤くする法とを教える。しかし死ぬことを教えるのは敵弾であり、それに喜びを教えるのは敵弾下の平等の民族意識である。

これは前記の文章の末尾の部分で漢字の多いところである。これで漢字使用率四一%である。そしてこの日の日記全文では三五%になつてゐる。漢字使用率が

高いと思われる旧制時代の学生に対して現代の学生の文章を新聞の投書欄^⑨から引いてみる。

高校生といえれば人格はほぼその完成期に入つてゐる。その時点で責任ある行動をとれない者は、結局いくつになつてもそんなのである。そんな低次元の間をもつて全生徒を評価し、高校の責任問題となりそんな事象すべてから「禁止」という形で生徒を遠ざけておこうとする体質は「過保護」というより「やっかいな問題は起きてほしくない」という、管理者になり下がつた先生の消極的姿勢の露呈といわれても仕方あるまい。

右の文章は末尾の節で漢字使用率三四%である。全文では三三%になつてゐる。このほか同じ新聞の投書から一八歳〜二三歳の学生の文章一五篇について調査してみるとその漢字使用率の平均は三五%である。

以上の例は文章表現に意欲をもつた学生であるからその漢字使用率をそのまま本校上級学年に求めるのは無理であろう。

二 本校新入生の漢字使用率

昭和四八年度新入生(機械科一学級)の入学後約一か月の時書いた「高専に入学して」という作文での漢字使用率の平均は二四%である。一作文の全字数は平均六〇九字、使用漢字数は一人平均一四五字になつてゐる。使用率二四%という成績は「かなりよくできる」中学三年生の約二五%にはほぼ近く、入学後間もない点を考慮すればますますのところであろう。しかし二五%未満の者が三六名中二二名、つまり六一%もあることに注意したい。

これらの学生より二年前、昭和四六年度の新入生の漢字使用率は二五%で、昭和四八年度新入生より一%だけよい。二五%未満は三五名中一九名で五四%である。この両年度の新入生の以上の事柄を主として表示してみると次のようになる。

新入生の漢字使用率

平均漢字使用率	昭和四八年度	昭和四六年度
使用率二五%以上	二四% 一四名	二五% 一六名

使用率二五%未満	二三名	一九名
平均使用漢字数	一四八字	一六一字
平均全字数	六一五字	六六九字

どの項目もわずかの差ではあるが昭和四八年度新入生の方が低下している。作文一篇の長さにしても減っており、使用漢字数も少なく、そして漢字使用率二五%未満は多くなっている。漢字の読み書きに対して困難を感じる学生がわずかながら漸増している。最近の四九、五〇年度新入生の調査はできていないが、それに準じるものとして、四九年度入学生が二年生の五月に書いた作文でみると、学級の漢字使用率の平均は二二%である。これは詩の学習のあと、予告なしに一時間使って教室で詩の感想文を書かせたもので、題目も書く場も新入生の作文とは異なり、対等の比較はできないが、二二%は低率である。二年生ではあるが四八年度新入生よりも二%低い。「かなりよくできる中学三年生」の約二五%という数値を越えるものが、三七名中七名にとどまっていることは漢字使用力の十分でない学生が増加していることを示すものと考えられよう。

三 四年生修了時の漢字使用率

本校の四年生修了時は一般教養科目のほとんどを修了した時点でもあり、国語科履習の最終学年でもあるところから、漢字使用率についても一般社会の標準値に近いことが望まれる。そこで第一章で述べた新聞の投書欄の学生と比較してみることにする。一般新聞の投書欄であるから専門的な内容でもなく、また文章としても社会的に公表され通用しているものという点で適当な比較の対象と考えた。次にその投書の題名と年齢、漢字使用率を掲げる。

- 住宅審の答申に一言 学生 二二歳 四四%
- またも人命軽視六価クロム事件 学生 一九歳 三八%
- 太平洋戦争は国民にも責任 学生 二二歳 三八%
- 死刑廃止は絶対必要 学生 二二歳 三八%
- 米国の拒否権行使で日本外交の将来心配 学生 二二歳 三六%
- 事なかれ主義の校則 学生 二二歳 三三%

- 「軍隊復活」に求める短絡的な若者救済策 学生 二二歳 三二%
 - 教育すべきは心豊かな人間 学生 二三歳 三二%
 - 人間用教師を『敬遠』し反省 高校生 一八歳 三二%
 - 隔たりに不安日米の核認識 高校生 一九歳 三〇%
 - 元号存続させ西暦と併用を 学生 一八歳 三〇%
 - 戦争体験者の「遺産」 学生 一九歳 三〇%
 - 僕の「八月十五日」は世代の断絶のみ痛感 受験生 一八歳 二九%
 - 知りたい戦争の恐怖 高校生 一八歳 二九%
 - 青い空描かぬ子ども 学生 二〇歳 二五%
- この一五篇の漢字使用率の平均は三五%である。一例だけ二五%の文章があるが現代学生のこうした意見を述べる文章の漢字使用率は三〇〜四〇%程度とみることができよう。
- 本校四年生の場合には二年度分の作文を調査することができたがその結果は次表の通りである。

四年生修了時の漢字使用率

平均漢字使用率	三一%	三〇%
漢字使用率30%以上	一九名	一九名
漢字使用率30%未満	一六名	一六名

この兩年度入学の四年生は使用率がほぼ等しく、学級平均としては一般的な標準値に達している。四六年度入学の四年生でいえば、四〇%代二名、三〇%代七名、二九%三名、二八%二名、二七%七名、二六%二名、二五%一名、二四%一名という成績である。三〇%未満一六名ではあるがそれも二七%までに大部分が属している点からみて漢字使用率に限って言えば標準的な使用力をもっているといつてよい。四七年度入学の四年生一学級を現在指導しているが、平素の観察では低下の印象をもっている。年度末に調査の予定である。

四 漢字使用率の個人差

漢字使用率がその個人によってある程度固定的なものかどうかということとは、

その文章の目的や主題、対象とする読者などの違いによって使用語彙や文字の異なりがあるので一概には論じられないことである。本稿で調査の対象とした作文は学級として共通の条件で書かれており、また漢字またはかなの一方に意図的に偏向している作文はなかった。そこで四六年度入学生での使用率が高い上位一三名について一年生での使用率と比較して個人差の傾向をみたい。

同一学生の四年時と一年時との比較

学 生 名	四年生での使用率	一年生での使用率
い	四六(%)	〇二八(%)
ろ	四三	〇二八
は	三九	二四
に	三八	二一
ほ	三六	〇三三
へ	三六	〇二九
と	三五	〇二七
ち	三五	二一
り	三四	〇三三
ぬ	三四	二一
る	三四	二四
を	三四	二三
わ	三三	〇二六

四年生で使用率の高い上位一三名のうち〇印を付した七名は一年生の時の使用率上位二名以内に属している。学級人員の約二割が二回とも上位ということになる。しかし、学生「に」「ち」「ぬ」のように一年生の時下位であった者が四年生で上位になっている場合もある。したがって入学以後の四年間はかなり流動的であるといえよう。一方、四年生は一般教科科目の完成年度というべき性格をもつので、この段階での使用率は社会的水準に達していることが望ましいし、第三

章で述べたように一応到達しているとみられたのである。しかし、その調査対象の作文がただ一回分であることに若干の不安もあるので、四年生時の作文を一篇追加して使用率の個人差を確かめたい。次表の上段Aは本稿ですでに扱った作文で「本校の現状と問題点」と題するもの、下段Bは旅行などの材料を使った「自然描写」の文章で、四年生の二月上旬、教室で書いたものである。

学 生 名	作文 A		作文 B	
	作文 A	作文 B	作文 A	作文 B
い	〇四六%	〇三七%	三〇%	二六%
ろ	〇四三	〇三〇	二九	〇三〇
は	〇三九	二七	二九	〇二八
に	〇三八	〇三二	二九	二〇
ほ	〇三六	〇二九	二八	〇三二
へ	〇三六	二六	二八	二四
と	〇三五	〇三四	二七	二七
ち	〇三五	〇二八	二七	二六
り	〇三四	〇三七	二七	二五
ぬ	〇三四	〇三四	二七	二四
る	〇三四	〇三〇	二七	二三
を	〇三三	〇二九	二七	二一
わ	〇三三	〇二二	二七	二〇
か	〇三二	二五	二六	二三
よ	〇三二	一九	二六	二四
た	〇三一	〇三一	二五	二三
れ	〇三一	〇三一	二四	二〇
そ	三〇	三〇	二四	二〇

作文B「自然描写」の平均漢字使用率は二八%である。その文芸的な文章の性格から、作文Aの議論文よりも使用率が低くなったものと考えられよう。〇印はそれぞれの作文で学級の平均以上の使用率を得た者である。一三名すなわち約四

割の者がA・B共通に学級平均以上であり、同じく四割の者がA・Bともに学級平均に達しない。これはこの章の初めに記した一年生の時と四年後との比較で見てものよりも使用率の個人的傾向がかなり安定したものととなっている。

五 誤字、あて字

漢字使用率がかりに高くても誤字、あて字が多ければその文章に対する信頼度が減殺される。誤字をおそれたり、漢字を知らなかったりで漢語をかな書きにしたものは読みにくいものである。新しい概念の多くを漢字と同時に理解して知識を拡充していく最盛期といえる本校学生の年代は漢字の誤りも増加していると考えられる。しかし、作文に使用される漢字の誤りは難語というよりも日常単語の語での誤りが多い。次の表は一篇の作文に現れた誤字、あて字等不正な漢字の字数と人数を示したものである。例えば不正字数○は作文中に一字も不正漢字がないことを示す。

不正漢字数	入学年度学年		
	四六年度一年生	四八年度一年生	四六年度入学四年生
0	16	12	8
1	12	15	13
2	6	6	4
3	0	2	8
4	1	0	2
5	0	1	0

昭和四六、四八年度の一年生の場合一篇の作文に誤字やあて字のない者は三〜四割で、一、二字のそれをもつ者が五〜六割、四、五字以上はまれである。それが四年生になると学級人員の二割程度が正しい漢字で、約八割の者が正しくない漢字を一〜四字使用していることになる。入学後四年間に漢字使用数が増加するのに比べて、正しく書く力が伴っていないわけで、この点は国語科としても大いに反省しなければならない。

四六年度入学学生の場合、一年生と四年生の両度の作文とも誤字のない者は三五名中四名だけである。次に誤字、あて字の実例を掲げてみる。

- (一年生) 成績(績) 知識(識) 向かえる(迎) 施備(設備) 服製(服装)
- 感える(考える) 分れる(別れる) 対照(対象) 有理(有利) 時

が達つ 専門(門) 予暇(余) 有郊(効) その他に補・僕・初・専・達・考・条などが不正確である。

- (四年生) 伴に(共) 向える 能裏(脳) 絶体(対) 急がしい(忙) 成績全々(全然) 事なる(異) 以外(意外) 専門 真見(剣) 結極(局) 刺劇(激) 試験(験) 一様(一応) 満っぱい(いっぱい) 本の少し(ほんの少し) 考じる(感) 最つと(もつと) 供なう(伴う) 安隠(隠) 養生(成) 作用する(左右する) 無積任(責) 落いる(陥る) 自主制(性) 風氣(風紀) 捨り箱(放り箱か) 使方(仕方) 状態(態) その他に抑・暇・裕・難・考・潔・察などが不正確である。

()の中には誤字に対する正しい漢字である。傍線を付したものは教育漢字である。四年生の場合、「脳裏」「安穩」「抑制」などがやや難語で他は身近な教育漢字が大部分である。高等専門学校に学んで「専門」と書く者がどの学級にも必ずいることなど皮肉といわざるをえない。

六 四年生の文章例

これまで漢字使用率という数字を主として検討してきたので最後の章に参考として学生の文章を掲げてみたい。

本校の現状と問題点 四年 M

本校の各学年を一言でいえば、一年不安と緊張、二年落胆と中だるみ、三年あせりと投げやりな気持ち、四年なげきとあきらめ、である。人によって少々異なると思うが、平均的にいえることだろう。もっと希望をもたせるように学習指導をする必要があるのではないだろうか。良い指導は良い先生から受けられる。だから良い先生をなるべく本校に来てもらおうようにすればよい。本校では、高学年になるほど良い先生に当たる。このため、高学年になるとそろそろみんな勉強の必要性を感じ、いっしょうけんめいにやりはじめるのである。学生の方に問題があるとはいえないのはこの理由のためである。入学試験でわりと頭のある者を選抜しているのだから、勉強意欲をかきたてさえすれば、熱心にやろうとする。低学年に良い先生がいなくてもないが、多くは非常勤である。非常勤の先生は、いつも学校にいないわけではない。質問にもあまり行けないし、親密感に乏しい。やはり、いつでも質問に行けて、学生を良く知っている先生、すなわち常任教師が不足である。

本校の問題点は他にもいろいろあると思うが、先生と学生との対話が不足しがちなのが大きな問題といえるだろう。授業をみればこのことがすぐわかる。低学年の授業では、学生一人一人の名まえと顔を覚えていて先生が少ないため、ただ先生と学生との形式的な授業でしかない。そのため授業に人間味がまったくなく、これに対し、高学年の授業ではわりあい学生の名まえと顔を知っている先生が多いため、疎外感がなく、先生と一対一で授業を受けているように感じられる。

学生の質にあまり変化が期待されないので先生の質の改善および、非常勤の撤廃が望まれる。今日、教員の質の低下がどうのこうのとさわがれている。質は別として、学生に対する熱意さえあればどんな教え方でも良いのである。

この文章で漢字使用率三二%である。使用された漢語も日常的なものである。本校の作文には抽象的な論理を豊富な漢語を並べて展開するという型のものとはほとんど見られず、この作文のようにすなおな発想で具体的に述べる文章が多い。この作文はそのような傾向の中でもよい部類のもので、授業という学校生活の現実を自分の目で比較的着実にとらえている。

結 び

以上本校学生の一部の学年、学級を抽出してその作文における漢字の使用率を主として調査し若干の検討を加えた。新入生の漢字使用率は調査範囲からは漸減傾向が認められ、使用率の低い者が漸増していること、四年生修了時では学級人員の五割程度は一般の標準値三〇%に達していること、また入学時の漢字使用率はその学生にとって固定性が乏しく、入学時も四年後もともに使用率が高い者は約二割であること、四年生では約八割が不正漢字を使用していることなどを知ることができた。文章の内容や漢字の用法を抜きにした考察ではあるが、最近の本校学生の漢字使用力の一端がうかがえるものと考えられる。

一般に言われているように大部分の学生はテレビや漫画、軽薄な週刊誌等を必須の娯楽として、読書欲と読書力は減退している。また文章表現においても、ひきしまった力強い文体よりも談話調に近くだけた文体が一般的に好まれている傾向がある。加えて本校では文科的な一般教養科目、時間が比較的乏しいところから、読み書きのための時間も限られて漢語漢字の知識を強化することは容易な

環境ではない。しかし、「高専生は漢字に弱い」と自認する学生は同時に漢字力の補強を望んでいることも確かである。適当にその機会と方法を与えるならば漢字力の増進が期待できる。漢字ばかりを練習することは勿論適当ではないので文章の読解や作文と関連づけて指導をさらに進めたいと考える。また第五章で紹介した誤字、あて字の例で見られるように不正な漢字は小学校で学習したはずの教育漢字が大部分を占めている。特殊な難語でなく卑近なよく使用する漢字を正しく書くという指導の必要を痛感する。国語科だけの指導には限りがあるので他教科の教官におかれても誤字の指摘など発見のつど従来にまして注意していただくならばありがたいことである。

引 用 文 献

- ① 文章表現辞典「文の長さ」の項 — 回天特攻隊員の手記 — 和田稔（第一高等学校学生）昭和十六年十二月二日の日記
- ② 朝日新聞昭和五〇年七月三〇日～八月二四日の「声」欄
- ③ 作家の文章の漢字使用率は三〇～四〇%程度（文章表現辞典による）

教官研究活動状況一覧表(抄録)

(機械工学科)

ぜい性塗膜法による測定応力 (塗膜の増感効果)

有間淳一 岩井保善 ほか6名
昭和49年度 日本機械学会 関西支部 学生卒研講演会
(昭和50年3月)

時効硬化型アルミニウム 合金のX線応力測定

有間淳一 岩井保善 ほか6名
昭和49年度 日本機械学会 関西支部 学生卒研講演会
(昭和50年3月)

“高張刀鋼の遅れ破壊について”

岩井保善 有間淳一 ほか5名
昭和49年度 日本機械学会 関西支部 学生卒研講演会
(昭和50年3月)

X線法およびぜい 性塗膜法による測定応力の相関

有間淳一 岩井保善
Relation between the Stress Measured by X-ray
and the Stress Indicated from Brittle Lacquer
Coating.
材料 第23巻 第255号 1034~1038
(昭和49年12月)

カルシウムを主成分とするぜい性塗料の実用性を目標として、直接現場の規模で使用できる赤外線加熱乾燥器を試作したので、この装置の実用性に関する一連の実験結果と、ぜい性塗膜により求めた応力とX線法により求めた応力値の相関について報告した。

赤外線加熱器を使用することにより、このぜい性塗膜のひずみ感度が著しく向上し、またX線により求めた応力値との対応も良好であることがわかった。

ダイレス引抜ききの応用に関する研究

小島耕二(奈良高専) 関口秀夫(奈良高専)
第25回 塑性加工連合講演会
(昭和49年11月15日 講演)

本研究は、ダイレス引抜き加工の特徴を利用したいくつかの応用について、特にパイプの引抜きおよびそれを利用した被覆材の製造への応用の可能性について検討したものである。パイプの引抜きでは、中実棒の場合と同様に、1回の加工々程で比較的大きな断面減少率で、しかも極めて精度良く加工し得ることが確かめられた。これらの結果を基にした被覆材の製造は、パイプに異種金属の中実の丸棒を挿入して、外側のパイプのみをダイレス引抜きで絞ろうとするもので、従来の押し出し加工による場合と比較して、非常に手軽に、しかも被覆の肉厚の制御が容易で精度の良い加工が可能であることを明らかにした。

高圧下における 炭素鋼の延性破壊の研究

関口秀夫 日本塑性加工学会
(昭和50年5月15日)

これまでの延性破壊に関する研究で、充分解明されていない問題点の1つは、破壊の核発生の問題である。

ここでは、各種炭素含有量の炭素鋼について、高圧下におけるねじり試験、引張試験をおこない、破壊ひずみの圧力依存性を、破壊の核発生ひずみと核成長ひずみのそれぞれの過程に分離して評価できることを明らかにした。これらのことから、延性破壊過程を統一的に説明し得る破壊条件式を提案した。

A FUNDAMENTAL STUDY ON DIELESS DRAWING

Hideo SEKIGUCHI and Koji KOBATAKE
Proceedings of the 15th International Machine
Tool Design and Research Conference
(1975.10)

難加工材に関する新しい塑性加工法として、ダイレス引抜き法を開発した。ダイレス引き抜きは、通常の引抜き加工で用いられているダイレスの代りに、素材の局部を高周波誘導加熱コイルにより急加熱し、コイルを一定速度で移動させながら引張ることにより、素材を一様に絞ろうとする加工法である。断面減少率は、コイルの移動速度と引張速度との比によって決まることを理論的に考察するとともに実験的にも精度よく加工できることを確かめた。その他、テーパ棒など、一般の引抜きでは加工困難

な，ダイレス引抜きの実用面の加工について検討を加え，種々の工業的利用の可能性を明らかにした。

水素気泡発生法による 平板境界層の研究

松岡一起(奈良高専) 岸下晴亮(奈良高専) 他3名
日本機械学会 関西学生会 卒業研究発表講演会
(昭和50年3月17日 講演)

アルゴンプラズマ流におけるフラッシュ ユ，プローブ測定について(第2報)

松岡一起(奈良高専) 岸下晴亮(奈良高専) 西田迪雄
(京大・工) 神元五郎(京大・工)
日本機械学会 関西支部 第50期定時総会講演
(昭和50年3月18日 講演)(機械学会論文集に投稿中)

Electron-Temperature and Ion-Density Measurements in Partially Ionized Boundary Layer on a Flat Plate

Kazuoki MATSUOKA,* Haruaki KISHIGE,*
Michio NISHIDA** and Goro KAMIMOTO**
(*Nara Technical College, **Kyoto University)

Memoirs of the Faculty of Engineering Kyoto
University, Vol. XXXVI, Part 3 JULY 1974
(July 1974)

Electron temperatures and ion densities have been measured with a cylindrical Langmuir probe in a partially ionized boundary layer flow on a flat plate. The experiments have been carried out in a low density plasma wind tunnel with argon as the test gas at local freestream Mach number of 3.5. The experimental and theoretical results have been compared, and a good agreement has been obtained for the electron temperature profile. For the ion density profile, the experimental results have qualitatively agreed fairly well with the theoretical ones.

平面壁近傍の二次元噴流に よる熱伝達について

中谷詢, 渡土正治, 松本吉正

日本機械学会 関西支部

(昭和50年3月17日)

噴流衝突面の熱伝達に関する研究 (二次元複噴流の場合)

中谷詢, 北口雅裕, 田中吉幸, 堂園清和
(昭和50年3月17日)

2列円孔列を持つ 無限平板の応力集中係数

水嶋 巖(奈良高専) 浜田 実(阪大・工)
日本機械学会 関西支部 第233回 講演会
(昭和50年6月10日 講演)

(電気工学科)

学業成績の意味について

今西周蔵
関西工業教育協会 電気部会研究会
(昭和49年11月30日 講演)

- (1) 電気工学科学生40名について1年生から5年生までの学業成績を追跡した結果，余り変化がなく，相関係数が0.8~0.9以上であり，1年生でほぼ決定することを示した。
- (2) 1年生の成績や，その後の成績変化は努力の程度によることを示した。
- (3) 学業成績はその時点の理解や記憶をあらわすもので，卒業後，実務についた場合の実力をあらわすものではないことを示した。
- (4) 学業成績はその時点の努力をあらわし，その逐年変化や持続性が人間性をあらわすことに信頼性がある。

容量性負荷を有する3相PWM逆変換 器の動作とその解析(第2報)

井村栄仁(奈良高専), 岡本弘, 市田博, 清水誠(京工
繊大)
電気関係学会 関西支部 連合大会
(昭和49年11月)

容量性負荷を有する3相PWM逆変換器の動作波形と解析過程を検討した結果，容量性負荷の基本波力率の低下と共に或る回路状態で負荷電流が零となった直後の負荷コンデンサの残留電荷の放電が回路状態の推移に寄与すること及び転流コイルのインダクタンスの影響を併せ

て考慮し実験と解析を行なった。

容量性負荷を有する3相PWM逆変換器の動作とその解析(第3報)

井村栄仁(奈良高専), 岡本弘, 市田博(京工繊大), 清水誠(関西電力株)
電気学会 全国大会

(昭和50年4月)

容量性負荷を有する場合の3相PWM逆変換器の動作は, 誘導性負荷にくらべて実験的にかなり異なった様相を呈するので, その特徴を明らかにし, モード別にシュミレーションを行なった。その結果, 各モードを構成する回路状態が4種類であることを確認し, シュミレーションの結果と実験波形の一致を検討した。

衝撃電流3相逆変換器(可変出力・可変周波数)用ゲート回路

井村栄仁, 山中正直, 古沢秀之, 米家悟(奈良高専)
電気学会 全国大会

(昭和50年4月)

3相PWM逆変換器に出力制御だけでなく周波数制御も可能にするゲート制御回路の簡素化と正確さを目的として単接合トランジスタのエミッタ電位を利用しこれを可変直流電圧と比較した出力と別に6進リングカウンタの出力とを論理回路で合成して所望の特性を持つゲート制御回路を構成した。

基礎科学実験の設計(2)~(7)

有間淳一(奈良高専), 石桁正士(大阪電通大), 上田勝彦(奈良高専)他7名
第22回 応用物理学関係連合講演会

(昭和50年4月1日)

学習者の反応時系列の処理

上田勝彦(奈良高専), 石桁正士(大阪電通大), 田中邦宏(大阪府立高専), 北川治(大阪教育大)
電子通信学会 教育技術研究会

(昭和50年6月30日)

ホトカプラを用いた負性抵抗回路

高橋晴雄, 山内雅好(奈良高専)

電気関係学会 関西支部連合大会

(昭和49年11月3日 講演)

ホトカプラ(発光ダイオードとNPNホトトランジスタの複合素子)は, 電気的な分離を主な目的とした結合回路素子である。しかし, 発光ダイオードとホトトランジスタを直列に接続し, NPNジャンクショントランジスタをホトトランジスタにダーリントン結合するように付加すれば, S形の負性抵抗特性が得られ, 能動的動作に利用できる。本稿では, 回路構成と動作原理を説明し, 負性抵抗特性が可逆性を示すことおよびブレイクオーバー電圧がバイアス抵抗により容易に制御できることを実験結果より明らかにした。

ホトカプラを用いた負性抵抗発振器

高橋晴雄, 山内雅好(奈良高専)

電気学会 全国大会

(昭和50年4月2日 講演)

本稿においては, ホトカプラを用いた負性抵抗回路にインダクタンスとコンデンサを付加して, 負性抵抗を利用した正弦波発振器を構成し, その動作原理と実験結果を示した。試作回路を用いて1KHzから50KHzまで発振が可能で, 発振周波数がコンデンサにより容易に変えられることを実験的に示した。また, 電気的信号および光的信号を用いて, 振幅変調が可能であることも示した。

ホトカプラを用いた負性抵抗回路(II)

高橋晴雄, 山内雅好(奈良高専)

電気学会 全国大会

(昭和50年4月2日 講演)

ホトカプラを用いた負性抵抗回路に光入力端子を付加することにより, その光入力量に対してブレイクオーバー電圧を変化させることができることを示した。このことにより, 光入力量に対し, ある基準値との比較動作や, 光トリガによるスイッチング動作に利用することが可能であり, 応用例として, 光入力によるシュミット動作を示した。

高損失プラズマ内のループアンテナ

成田紘一(奈良高専), 小池博道, 阿座上孝(名工大)
電気関係学会 東海支部 連合大会

(昭和49年10月3日)

プラズマ柱による平面電磁波の散乱

成田紘一 (奈良高専), 大野任美, 阿座上孝 (名工大)
電気関係学会 東海支部 連合大会

(昭和49年10月4日)

プラズマ円柱からの

マイクロ波散乱パターンの測定

成田紘一 (奈良高専), 大野任美, 阿座上孝 (名工大)
電子通信学会・マイクロ波研究会

(昭和50年2月17日)

Input Impedance Measurement of Loop Antenna with Plasma

Takashi AZAKAMI (Nagoya Institute of Technology), Hirokazu NARITA (Nara Technical College), Hiromichi KOIKE (Nagoya Institute of Technology)

Bulletin of Nagoya Institute of Technology, Vol. 26, p. 193

(昭50年3月)

In order to obtain the basic data on the interaction of plasmas and an electromagnetic wave, using the expression of C. J. Benning, we get the impedance of a loop antenna in high loss plasmas. And we computed the impedance values on some conditions. As a result, it is shown that a loop antenna can be applicable to plasma diagnostics when $\omega \ll \omega_p$.

Scattering of a Beam Wave from a Nonuniform Plasma Column in the Born Approximation

Hirokazu NARITA (Nara Technical College)
Takashi AZAKAMI (Nagoya Institute of Technology)

Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 14, No. 7, p. 977

The scattering of an electromagnetic wave with a Gaussian amplitude distribution from a nonuniform and nonmagnetized plasma column is theoretically investigated with the Born approximation. The incident Gaussian beam wave is

assumed to be normal to the plasma column axis, and both TM and TE modes are treated. For the electron density profile with a Gaussian distribution in a plasma column, the expressions that determine the scattering patterns are obtained. The computed results indicate that the smaller the dimension of the spot size of incident beam wave is, the broader is the width of scattering angle.

(化学工学科)

金属ニトロシル錯体を用いる合成反応 (第1報)

ニトロプルシドナトリウムと環状ケトンの反応

石垣昭 (奈良高専), 庄野利之 (阪大・工)

日本化学会 第32春季年会 (東京)

(昭和50年4月 講演)

環状ケトンアルカリの存在下にニトロプルシドナトリウム (NP) と反応させ、生成した錯体の分解生成物をしらべた。炭素数5~12の環状ケトン類についてしらべた結果、反応混合物を酸で分解すると室温下でも好収率で ω -シアノカルボン酸が生成することを見出した。またシクロペンタノンからは同時にグルタル酸イミドが副生することを見出した。これらの事実から環状ケトンは NP と反応して、 α -オキシイミノケトン—ペンタシアノ鉄(II)錯体を形成し、酸性下で α -オキシイミノケトンが配位した鉄(II)の影響により Beckmann 開裂反応をおこすとする反応機構を提案した。

一方向強化FRPの衝撃引張挙動

井口高行 (奈良高専), 奥田聡 (同志社大・工)

日本材料学会 第24期学術講演会

(昭和50年5月21日 講演)

高速変形時のFRPの挙動を調べるために応力解析の容易な一方向ガラス繊維強化材を用いた衝撃引張試験を行ない、概略次の結果を得た。

- 1) 応力波の伝ばり、反射が単純になる構造の衝撃引張試験機を試作した。
- 2) 引張強度はひずみ速度の指数法則に従う。
- 3) 破壊エネルギーは衝撃荷重の方が静的高速試験の場合よりも小さい。
- 4) 破壊強度、弾性率とも複合則に従った。

エタノールの電気化学的酸化に 対する金属カチオン効果

泉生一郎 (奈良高専), 大植正敏 (奈良高専)
電気化学協会 第42回大会

(昭和50年4月 講演)

エタノールの電気化学的酸化に対する金属カチオン効果を調べ、扱った4種の金属塩のうちCd塩についても顕著な酸化促進効果を見出した。この場合、1Mエタノールを含む1NH₂SO₄溶液では2mM CdSO₄の添加によって、酸化電流量にしておよそ2倍の促進効果をもたらした。

犬田修正

- 特許 (1) 空気・亜鉛二次電池 (審査願提出中)
(2) 空気・亜鉛二次電池用添加剤, 特願昭和49-26509 (公開特許公報掲載)
(3) 電池 (アルミニウムまたはアルミニウム合金を負極活物質とする) 特願昭50-112235

平面接触カキマゼ槽による 1-ブテンの液相酸化反応

梅原忠 (奈良高専), 矢野武夫, 末高透 (阪府大・工)
日本化学会誌611, 2237 (1974)

(昭和49年11月)

工業的に Wacker 反応として知られている1-ブテンの液相酸化反応の研究を、化学反応工学の立場より行なった。実験は、平面接触攪拌槽を用いて35°Cで拡散律速の領域で行なった。

1-ブテンの実測ガス吸収速度を擬m次不可逆反応吸収理論に基づいて解析を行なった結果、カルボニル化反応は1-ブテンおよび塩化パラジウムに対してそれぞれ1次であり、また塩素イオン濃度の1次に逆比例し、水素イオン濃度には無関係であることがわかった。

そして、1-ブテン-パラジウム- π 錯体の σ 錯体転化において、OH基の外部からの攻撃を含む反応機構を提案した。

平面接触カキマゼ槽による エチレンの液相酸化反応

梅原忠 (奈良高専), 矢野武夫, 末高透 (阪府大・工)
日本化学会誌6, 1097 (1975)

(昭和50年6月)

Wacker 反応によるエチレンの液相酸化反応の研究を平面接触攪拌槽を反応槽として、25~45°Cで拡散律速領域で実験を行なった。そしてその結果を反応吸収理論を用いて解析した。その結果、塩化銅(II)による触媒再生反応は速く、エチレンのカルボニル化反応が律速であることがわかった。またカルボニル化反応の総括反応次数は、エチレンおよび塩化パラジウムに対してそれぞれ1次、塩素イオン濃度に対してマイナス2次、水素イオン濃度に対して0次であった。また反応生成物であるアセトアルデヒドは、エチレンの吸収速度に影響をおよぼすことが明らかになった。

液柱塔による プロピレンの液相酸化反応

梅原忠 (奈良高専), 矢野武夫, 末高透 (阪府大・工)
日本化学会誌6, 1124 (1975)

(昭和50年6月)

Wacker プロセスによるプロピレンの液相酸化反応の研究を液柱塔を用いて行なった。平面接触攪拌槽を用いて行なった実験で得られた速度定数を用いて、液柱塔によるプロピレンの平均ガス吸収速度を算出した結果、その値は実測値と良好に一致した。

そこで、この反応は、瞬間可逆擬1次反応を伴うガス吸収として取り扱うことができ、平面接触攪拌槽実験で得られた一定ガス吸収速度は、初期反応吸収速度であると考えられた。

有機化合物の電解挙動(3)アルカリ中での グリオキザールの電解酸化

大植正敏・泉生一郎・西口馨・森本文和 (奈良高専)
日本化学会 第31秋季年会 講演予稿集 I (p. 741)
(昭和49年10月3日 講演)

メタノールの電解酸化に関する研究はこれまで数多くなされているが、著者らはその酸化過程の不安定中間種から予想される副生成物についての電気化学的挙動を報告してきた。今回は1N-KOH溶液中白金電極上でのグリオキザールについて検討をした。空気・窒素飽和下中で、ボルタメトリー・クロノポテンシオメトリーで、約-0.35V vs. SCE でグリオキザールの酸化に基づくピークあるいは停滞を得た。準定常状態から酸化ピークの律速段に関する電子数は1となった。さらに、白金-オキサイド上でのグリオキザールの酸化は抑制されているが、この電位領域では接触酸化がおこっているものと考

えられた。また、酸化ピークについて別の測定法により 2・3 の知見を得ている。

気泡分散型気液接触装置の流動特性

河越幹男 (奈良高専), 井上徹 (クラレ), 中尾勝実 (阪大・基礎工), 大竹伝雄 (阪大・基礎工)
化学工学, 38巻, 733 (1974)

(1974年10月)

気泡塔, 段塔などを含めた気泡分散型気液接触装置において現われる三つの代表的な流動状態, 気泡流動, 細胞状泡沫流動および気泡攪乱流動が生成する過程を, 気液分離面上に生じる気泡累積層および液中に分散された気泡の挙動に基づいて明らかにし, 各流動状態を明確に区別した。その結果から, 各流動状態が現われる操作範囲を示す流動状態図を作成した。さらに, 広範囲の操作装置条件に対するガスホールドアップを各流動状態ごとに分類し, 簡単な実験式の形に整理した。

Liquid-Phase Mass Transfer Coefficient and Bubble Size in Gas Sparged Contactors

河越幹男 (奈良高専), 中尾勝実 (阪大・基礎工), 大竹伝雄 (阪大・基礎工)

Jour. Chem. Eng. Japan, Vol. 8, 254 (1975)

(1975年6月)

In earlier work, the characteristics of mass transfer for gas-sparged contactors usually have

been represented as a function of operationing variables and dimensions of apparatus. However, the effect of gas-liquid flow pattern on mass transfer was not investigated so thoroughly. In the previous paper, the gas-liquid flow pattern was clarified. In this paper, the influence of flow pattern on mass transfer coefficient and bubble size is studied.

By comparing the results of bubble size and mass transfer coefficient with flow pattern, it was found that the behavior of mass transfer properties corresponds to the flow pattern. The correlation was obtained in each flow region.

On the Eigenvalues of the Wick-Cutkosky Model

Fujio TANAKA and Noboru NAKANISHI*, Nara Technical College, *Research Institute for Mathematical Sciences (Kyoto University)

Progress of Theoretical Physics, Vol. 53, No. 3.

March 1975

Eigenvalues of normal solutions of the Bethe-Salpeter equation for the Wick-Cutkosky model are analytically calculated to sixth order in the power-series expansion of the boundstate mass squared. Conjectured exact expressions for the eigenvalues are presented in some particular cases.

奈良工業高等専門学校 研究紀要 第11号

昭和51年 3月15日発行

編集兼
発行者 奈良工業高等専門学校

大和郡山市矢田町22

印刷所 (株) 奈良明新社

奈良市橋本町36

RESEARCH REPORTS

of

NARA TECHNICAL COLLEGE

No. 11, 1975

CONTENTS

Relation between the Stress Indicated from Brittle Lacquer Coating and the Stress Measured by X-ray. (On Improvement of Strain Sensitivity of Brittle Lacquer Coating)	Junichi ARIMA & Yasuyoshi IWAI.	1
Delayed Failure of SCM ₂ Steel.	Yasuyoshi IWAI & Junichi ARIMA.	5
A Study on the Constant-speed Return Method of Thread Cutting in a Lathe.	Katsuya KAGA & Keiji OKUSHIMA.	11
A Study on Dieless Drawing ⁶ —Trial Manufacture of Continuous Dieless Drawing Machine and some Applications of the Process—	Koji KOBATAKE & Hideo SEKIGUCHI.	17
On the Attachment Effect of the Wall Attachment Amplifier —the Effect of the Main Nozzle Geometry—	Toshiya SAKABE & Toshio WAKABAYASHI.	23
A Study on Ductile-Fracture of Copper.	Hideo SEKIGUCHI & Koji KOBATAKE.	29
Characteristic of Heat Transmitting Surface with Impingement of Jet. (3rd Report, Heat Transfer of a Wall near by Two Dimensional Flow of Jet)	Makoto NAKATANI.	35
Studies on Boundary Layer Structure on a Flat Plate by Method of Hydrogen Bubble.	Kazuoki MATSUOKA & Haruaki KISHIGE.	41
Studies on Viscous Hypersonic Interaction in a Partially Ionezed Gas.	Kazuoki MATSUOKA & Haruaki KISHIGE.	45
On the Radiation of the Gravitational Wave.	Shikao MIYAMOTO.	53
On the Stress Concentration Factor in the Infinite Plate with a Double Row of Circular Holes (2nd Report).	Iwao MIZUSHIMA.	57
Nonlinear Characteristics on Hydraulic Servomotors.	Toshio WAKABAYASHI & Toshiya SAKABE.	61
Some Problems on Current Carrying Capacity of Over Head Bar Conductor.	Shuzo IMANISHI & Jun KYOKANE.	67
Firing-control Circuit for a 3-phase Invertor of the PWM Type with Impulse-Commutated Circuit (V V V F).	Shigeji IMURA.	73
Constraction and Operation of Flashlamp-pumped Dye Laser.	Jun KYOKANE, et al.	79
Fundamental Characteristics of a Optical-coupled Negative-resistance Circuit.	Haruo TAKAHASHI & Masayoshi YAMAUCHI.	83
A New Type of Cylindrical Wave Representation for Gaussian Beam Waves.	Hirokazu NARITA.	89
Oligomerizations of an Alkylfuran and Alkylthiophenes.	Akira ISHIGAKI.	93
Physical Absorption of Gases in Agitated Vessel with a Flat Gas-liquid Interface.	Tadashi UMEHARA.	97
Works and their Backgrounds —On Somerset Maugham's Short Stories—	Hirosuke KASHIWABARA.	103
Two Illusions in <i>Heart of Darkness</i>	Gen-ichi NAKAMURA.	109
Marlow's Role in <i>Lord Jim</i>	Gen-ichi NAKAMURA.	119
On <i>Barbara of the House of Grebe</i>	Tatsuo HAYASHI.	131
Tactical Ability of Student.	Shuzo IMANISHI.	137
On the Ability of the Desk-type Electronic-calculator.	Takao KASANO.	141
A Study of Our School Students' Ability to Use Kanjis in Their Compositions.	Minoru KOTANI.	147