

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第22巻 第1号 (通巻第38号)

昭和61年8月 (1986)

目 次

1. 呉高専学生相談室の沿革と活動	有 堀 圭 司 堀 高 木 忠 雄 増 本 貫 作 一	1
2. ジョウゼフ・コンラッド：アフリカでの体験と その作品について	田 辺 達 雄	13
3. メタノール添加による小型汎用ガソリンエンジンの燃費低減	河 口 勇 治 鍋 本 曉 秀	31
4. 管路・ダクト内層流過渡流れの助走区間における 流れ場の解析	赤 尾 不二雄 井 口 学	37
5. 長方形管内層流過渡流れの壁面せん断応力の評価	赤 尾 不二雄 井 口 江 宗 一	55
6. 40W蛍光ランプ2灯用高周波電源	原 田 一 彦	67
7. ドリュベスティン法による電子エネルギー分布の測定	山 崎 勉	71
8. 粗粒子層における流れの抵抗則	星 健 三	79
9. 膨張コンクリートに関する2, 3の実験	西 谷 庸 雄	87
10. MSSデータにおけるまさ土分光特性に関する研究	小 堀 慈 久 網 干 寿 夫	97
11. 耐震壁の略算によるD値評価法について	門 前 勝 明 中 山 み さ 上 東 剛 慈	107
12. 春秋正義訳註(士)	枅 本 紘 二	120
昭和60年度本校教官による他誌発表論文一覧表		157

呉高専学生相談室の沿革と活動

(一般科目)	有	広	圭	司
	* 堀		忠	雄
(機械工学科)	** 高	木	健	作
(機械工学科)	増	本	貫	一

The History and Activities of Student Counseling in Kure National College of Technology

Keiji ARIHIRO
Tadao HORI
Kensaku TAKAKI
Kanichi MASUMOTO

Technical Colleges have gradually realized the necessity of counseling their students in recent years.

We also began to recognize its significance, so that a group of counselors was established in 1979 in Kure National College of Technology.

In this paper we are going to report the history of the Counseling that we, the authors, have seen since 1979 and some cases which we have dealt with.

§ 1. 本校における「学生相談室」開設の経緯

心身ともに成長期にある高専学生に対する精神的、肉体的な健康管理や個人的諸問題についての相談の必要性が従来より重視されて来た。

本校においても、その重要性が早くから認識されていたが、昭和50年、校長は「学生相談室開設」の必要性を認められ「本校の学生相談室のあり方」の検討を学生主事に委嘱された。学生主事は、このことについて鋭意努力され、厚生補導委員会等でも慎重に審議を重ねられた。

昭和53年度に入り一般科目の山本勇三先生が新たに学生主事補に参加、学生相談室開設準備主事補として業務に着手された。まず国公立高専を対象に学生相談室設置状況や動向についての資料を広く集め、また、全国学生相談研修会等に参加「本校の学生相談室設置」への基礎づくりに努力を重ねられた。

* カウンセラー、広島大学総合科学部人間行動研究講座・生理心理学研究室

** 前学生相談室長、学生主事

昭和54年1月の教官会議において、学生相談室に関する規程が承認され、昭和54年度から本校にも学生相談室が開設され、運営される運びとなった。

学生相談室の組織は、おおかた厚生補導部門に位置づけてある場合、保健管理センター内に位置づけてある場合、校長の直属としてある場合の三つのタイプがあるが、本校では校長直属とし、学生主事と密接な連携を保ち、事務は学生課学生係が処理する形態をとった。

§ 2. 学生相談室の設置場所

学生相談室は一般に学校の中央部にあって、学生がよく集まるところで、しかも室への出入が目だたずに出来るところに位置するのが良いと考えられている。一般科棟と廊下で結ぶことにより学生との接近感を作ろうとしたり、図書館のように学生の出入の多い場所としたり、各高専それぞれ工夫をこらしているが、各学校の事情によって異なっている。本校においては、学生相談室開設当時は図書館二階の小セミナール室(27㎡)の一室を学生相談室にあてた。

昭和58年3月、福利厚生施設のしゅん工を機に、昭和59年度から学生相談室を福利厚生施設の二階中央部の一室に移した。

福利厚生施設の位置は図1に示すように、学校の中央部よりやや離れて、別棟となっており図2に示すように、その施設の中には寮生食堂、売店、理髪店や学生のための研修室、談話室がある。また、学生の「悩み」が身体的不健康にも起因するものと考えられるので保健室と隣接させている。学生が不健康に陥り込んだ場合、保健室を訪ねることが多く、保健婦は家庭的雰囲気のうちに対応し、この年代の青年が抱く広範囲の悩みが把握出来るよう配慮している。

§ 3. 学生相談室の内部構造

図3に学生相談室の内部構造と備品の配置図を示している。床面積は約24㎡で相談室内の物品は、

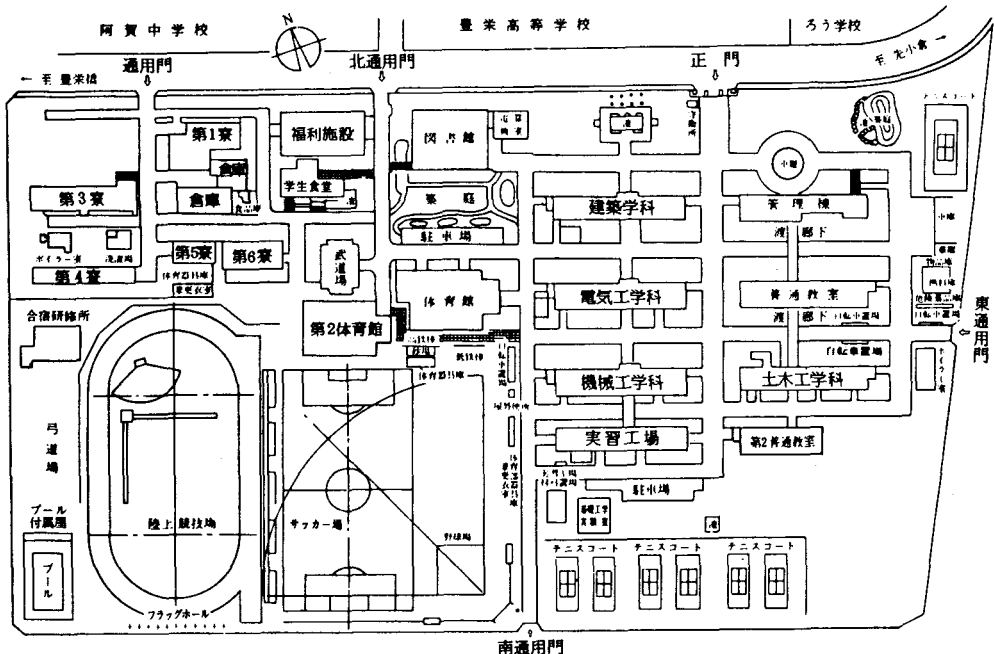


図1. 呉工業高等専門学校配置図

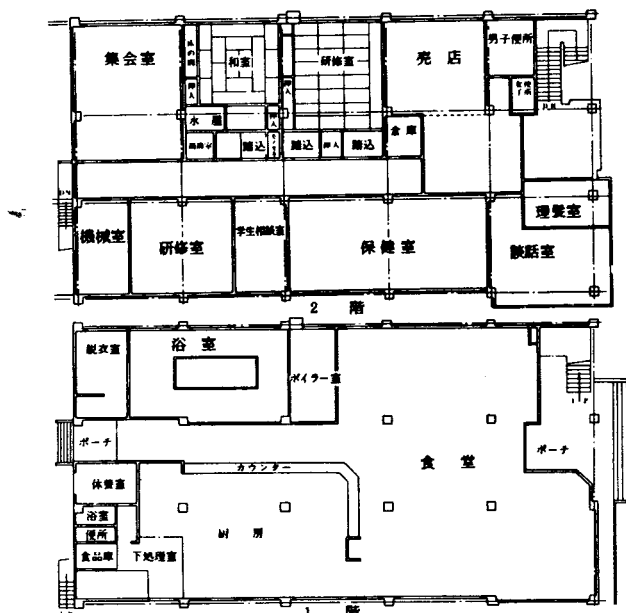


図2. 福利厚生施設(静心館)

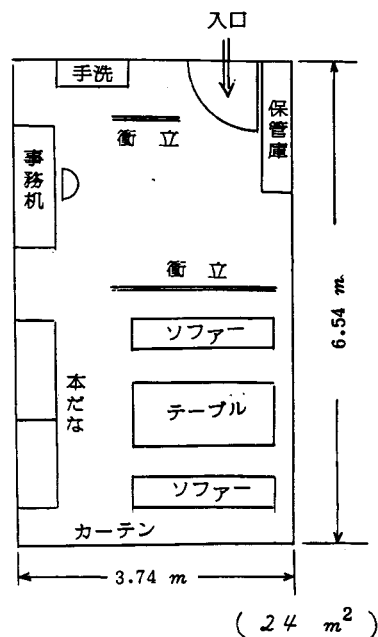


図3. 学生相談室見取図

カウンセラー用の事務机、本棚には心理相談に対応する書籍、参考図書、文献、雑誌等が収納されている。また、相談室が担当して全校的規模、または学年規模で学生理解のための調査を行うことがあるので、そのための保管庫を備えている。

相談室の中央には衝立を配し、入口と相談場所を分割しており相談者の秘密が守られるよう配慮されている。相談場所には応接用テーブルとソファとが用意されており、座数は5～6人程度である。全体としては大変簡素であり、室内装飾等は殆どどこしていない。

§ 4. 学生相談室の運営

学生相談室の開室時間は学生相談にとって大切である。何時でも気軽に相談に行けるという安心感の醸成において大切だからである。

本校では休日を除いて8時30分から17時まで開室している。専門のカウンセラーを外部に委嘱し、月一回、水または金曜日の午後来室される。カウンセラーの来校日時の学生への連絡は校内の掲示板と各ホームルームの掲示板を使用し、積極的な利用をうながしている。

相談を希望する学生は学生係の窓口にある相談申込み用紙に学年、学科、氏名と相談希望日時を記入のうえ、同所に設置されている相談申込箱に入れることになっている。しかし、これを利用する学生は殆んどいない。学級担任から相談室員へ連絡がある場合、学生が直接相談員の教官室を訪れる場合等があるが、校内で相談室員と出会い、連れ立って相談室員の教官室に来る場合が多い。この場合は教官室が相談室の役割りを果たすことになる。相談者といろいろ話を交わしたうえで、カウンセラーに依頼するのが適当と判断した場合、または本人が希望した場合にはカウンセラーに依頼するようにしている。

本校の「学生相談カード」の様式を表1.1、表1.2に示す。

表 1. 1 学生相談記録カード (表)

相談記録

氏 名	(男・女)	年 月 日 生
学籍番号	年度入学	学科
現 住 所	TEL ()	
帰 省 先		
TEL ()		
呉工業高等専門学校学生相談室		

表 1. 2 学生相談記録カード (裏)

相談内容	1	2	3
略 暦			
最終卒業学校	年	都道府県	卒業
父兄氏名	(男・女) 続柄・年令等		
父兄住所	TEL ()		
父兄勤務先	TEL ()		
家族構成			
父 母			
年 月 日			
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
備 考			

§ 5. 学生相談室の活動状況

1) 開設当初から昭和59年度

学生相談室の利用は問題を抱え、悩んでいる学生が自発的に相談に来る事が本来の姿であるが往々にして、学級担任からの要請や指示で相談に来るケースが多く、相談室長と学級担任との連繋が密接でないと活発な動きは出来ない。

相談室開設時点では相談室長が一般科教官であり、全学科の学生に対し顔なじみであったこと及び相談室開設に対する熱意も強かったため、相談室長と学級担任及び学生との連繋が密に取られ、年間相談回数は50回程度と盛況であった。

昭和57年3月、初代相談室長退官に伴い後任の室長に機械工学科科教官が選ばれた。所属が機械工学科であるため、相談室長の学生に対する知名度が限定された学科の範囲内であった事、カウンセラーの来校日が一ヶ月に2回となったこと、相談日も週3回から2回に減少した事等が影響し相談件数が皆無の状態になった。

登校拒否学生、生活破綻にともなう処分対象学生が依然として減少しない現実と相談室利用件数の減少とは矛盾した現象であり、相談件数は多くあるにもかかわらず室長と学級担任科教官との連繋動作のまずさが相談件数の減少の原因であるとの判断から、その改善と相談室に対する学生の関心を高めるため、昭和57年12月、一年生全員を対象として「悩み」の実態調査及びその解決方法をどのように

考えているのかアンケート調査を行った。

アンケートの回収率は95%で悩みの程度に差はあるが、全学生の82%が「強くある」と回答し、また、悩みの内容については「勉強の成績」が34%、「日本の社会や政治」30.7%、「学校や先生への不満」21.4%、「自分の性格」19.4%と続いた。

また、悩みの相談については、抱えている悩みを誰かに相談している学生は全体の20%のみで、他の80%の学生は悩みを自覚しているものの相談するまでには至っていないと答えた中でも35%前後の学生が「悩みはあるが相談したいとは思わない」と回答し「相談するほどの悩みはない」と回答した学生は全体の29%もあった。これらの学生は、この年代の学生が青年期前期の発達段階にあって“悩み”を自分の悩みとして、正面から受けとめ、抱え込んでいる年代にあるにもかかわらず精神的発達が未熟であるため悩みを意識化出来ない学生と受け止めるべきで、これらの学生に対する意識改革が必要である事を示していると考えられる。

また、相談相手として誰を選ぶかの調査では「同性の友人」74%、「母」30%、「父」21%、「先輩」20%、「異性の友人」11%、「前の学校の先生」10%、「相談室の先生」10%と答えている。

この調査を通じて

- (1) 相談活動はカウンセラーだけでは到底動けず、他の教官、とりわけ担任の理解と協力が必要である。
- (2) 大半の学生が、その内容の差はあるが強い不満や悩みを抱えて学校生活を送っている。
- (3) “悩み”を自分のものとして正面から受け止め、抱え込むべき年代にあるにもかかわらず精神的発達が未熟であるため意識化出来ない一部の学生がいる。
- (4) この調査の最大の目的である潜在相談者の発掘では約10%の学生が相談室の扉を叩いてみたいと考えている。

事がわかった。

昭和58年4月、氷川先生の転勤に伴い専門カウンセラーに、広島大学総合科学部助教授、堀忠雄先生をお願いする事になった。

また、相談日も相談室長による相談は週2回、専門カウンセラーによる相談日は月1回となり、相談室の運営についても前年度のアンケート調査結果にもとづき、先ず全教官を対象として数回専門カウンセラーにより「学生相談のあり方について」の講話もしていただき、学生相談に対する全教官の関心を引き起こし、引き続き10月以降、1年生から3年生までを対象に学年別に合同HRを開き、専門カウンセラーによる「悩みの処理要領について」、「子供から大人に移行するに当たっての心がまえ」、「真の友達とは何か」等について講話をしてもらうこととした。

以上のような学生相談に関する基本的な努力の積み重ねが少しずつ教官、学生の間に浸透して行き相談室の利用件数も58年度、59年度と増加し年間件数10件以上に回復して来た。

2) 昭和60年度から現在

昭和60年度、相談室を利用した学生は、実数で11名、のべ16名で前年度に比べてやや増加している。相談内容は3年次からの進路変更、5年次の大学への編入学を中心とする相談、勉強意欲の減退の相談が多く、家庭問題とつづき、学級内での不調和についての相談も僅少ながら見られる。しかし、

表2. 昭和60年度学生相談室利用者調

学 年	来談者数	のべ回数	相 談 内 容
1	3	3	情緒不安定、進路変更、登校拒否
2	3	5	進路変更、不健康、学級内不調和
3	2	3	学級内不調和、進路変更
4	3	5	学習意欲減退、家庭問題
5	0	0	

暴力問題については皆無である。それらの内訳を表2に示す。

また、前年度と同様に1年生から3年生までを対象に学年別の合同HRを開き、専門カウンセラーによる「親友と精神衛生」、「青年期の課題」、「劣等感の克服」の講話を行った。その要旨はつぎのとおりである。

1年生 「親友と精神衛生」

青年は時として孤独を愛し、楽しむことすらある。ところが、その一方で、真剣に耳を傾けてくれる聴手を激しく求める。単なる遊び仲間ではなく、心の通じた共感者を求める。孤独と連帯、この矛盾した二つのものを同時に抱え込んだとき、その人は青年期後期に足を踏み入れたと言える。だから青年期後期の悩みは複雑であり、矛盾に満ちている。

悩みが多いからといって、すぐさま精神衛生が悪いということにはならない。共感性豊かな理解者が聴手となっていると、問題点を整理し、着実に悩みを克服する努力に精を出すことが出来る。それは親友が優れたカウンセラーの役割を引き受けているからである。

親友とカウンセラーの共通点と相異点を比較しながら心で語ること、心で聴くことについて考えてみよう。

2年生 「青年期の課題」

成人には鋭い個性とともに豊かな社会性が求められる。個性化と社会化は、さまざまな側面に対立、矛盾している。それゆえ、調和のとれた人格の形成は、人の一生を通じた努力を要求し、生涯の成長目標でもある。

さて、成年期は時間がたてばだれにでも等しく訪れるというものではない。青年は成人になるための、いくつかの課題を解決し、確かな実力を証明しなければならない。また、いくつかの人生に関する問題について、自分の考えをまとめ、確かな見通しがあるかを問われる。年齢相応の成長をとげているか。青年に課せられた10個の課題を一つずつ解説する。あなたの中に未熟な部分はないだろうか。あるいはまた、自信をもってよい部分はどこか。自分で点検してみよう。

時々、無気力になって、何をしてよいのか、人生の目標がどこにあるのか、わからなくなる人がいる。目標は明確であり、君に残された時間は極めて短いことに気づこう。そうしたら毎日の生活に気力が充実し人間として魅力も光ってくるはずである。

3年生 「劣等感の克服」

他人と自分とを比較して、あるいは自分の理想像と現実の自分を比較して、そのギャップに悩むのは正直な人間の姿である。超人でもないかぎり、我々は必ずどこかで他人より劣る自己を発見する。

劣性を発見することは、そのまま劣等感の発生を意味するものではない。人は現在の自分より適度に難しくレベルの高い所に目標を設定する。そして、これに挑戦し克服することで自分の有能さを確認する。だから劣性の発見は挑戦目標の発見であり、克服への努力の開始点ということになる。この努力は自分の有能さを確かめたいという意欲を源泉としているから自発的であり努力自体に喜びを感じることが出来る。この挑戦をさけ、努力を放棄することは自分が有能な存在でありたいという健康な心を切り捨てることになる。これが劣等感の発生である。これゆえに、劣等感は自分を無能者としてつきはなし、みじめな気持ちにする。

挑戦する勇氣、有能でありたいと思う自己愛、戦い続ける努力、これらは全て誠実であるか否かを表わしている。劣等感の克服、それは自己に対してどれだけ清潔であり、どれだけ誠実であるかによっていることを一緒に考えて見よう。

§ 6. 研究活動

表2に示した昭和60年度来談者の相談内容について、登校拒否と無気力・無力感について、適当と

思われる二、三の事例をとりあげ考察をふまえながら、検討を加えた。

1. はじめに

学校恐怖 school phobia という問題行動は、すでに1941年の Johnson et al の論文にみることができる。彼らは登校意図と意欲をもち、登校義務感からさまざまな登校努力を試みる。それにもかかわらず、根底に学校場面への不安と恐怖を抱え、この不安や恐怖を回避するために学校から遠ざかる。不安や恐怖の原因や内容を、明確な形で言語化して周囲の納得を得ることは、ほとんどの場合、不可能である。このため怠学 truancy と誤認されやすい。しかし、怠休者には登校義務感が欠落し、時には逆に学校や社会に対する攻撃性や敵意がみられるところが恐怖症と異なる。

最近の不登校研究では、当初考えられていたような、恐怖とか不安のような烈しい情動障害ばかりでなく、無気力、意欲減退、なんとなく友達と話をしたくないなどの、比較的軽度の感情や気分を理由に、不登校を示すケースが多くなってきている(原野1985, 内山1983, 小泉1973)。彼らもやはり、登校義務感、意欲、意図、努力体験をもちながら、学校に行かない、行けない生徒である。教育統計の分野で、学校嫌いとして扱われる生徒のうち、登校義務感をもち、それなりの登校努力の体験をもつものを、広く登校拒否 school refusal と呼ぶようになってきた。

2. 登校拒否と怠学

不登校の理由が身体疾患による、いわゆる病欠はもとより「拒否」には当たらない。また、精神神経疾患による不登校も、疾患のために登校の義務感や意志・意欲が失われていることが多く、意図的な「拒否」でないことが多い。

意図的な拒否としては、怠学傾向があげられる。無気力と意欲減退、学業不振と無力感を伴っており、登校意欲を失った結果、不登校を示す無気力群と、非行グループなどに入って行動する結果、不登校を示す非行群に分けられる。登校意図も努力もない点で、登校拒否とは区別される。

登校意欲をもちながらも、心因性の理由から不登校を示すのが登校拒否である。学校恐怖ばかりでなく、もうすこし広く、神経症性登校拒否と呼ばれるものが、これに相当する。随伴症状としては、頭痛、腹痛、嘔吐感、下痢、便秘、発熱などの心因性・心気性症状がある。担任やカウンセラーに直接あるいは電話などで、「明日は必ず登校します」と約束するが、翌朝になると上記のような頭痛や発熱がおこり登校は不可能になる。大方は学校が終る夕方になると症状は消退する。体温計を使って実際に体温を測ってみると、 $37.5\sim 38^{\circ}\text{C}$ はあるから、仮病でないことがわかる。無理やり登校させても、上記のような症状を訴えて早退するか、保健室で寝るなど、結局のところ不登校と変わるところがない。

こうした心気症的な時期を第1期とすると、親に対する暴力や家具を壊すなどの攻撃的な第2期を経て、自閉的な第3期へ移行することが多い。第2、第3期では正午まで起床しないとか、生活リズムが昼夜で逆転することもまれではない。また、夕方以降でないと外出しないなど生活上の異常がみられることも多い。

これほどまでに学校場면을嫌悪し、拒否するにもかかわらず、学校への未練を捨てきれずにいるところが、登校拒否の大きな特徴である。内山(1983)が指摘するように、彼らは「良い子」であり、「良い子」であろうと努力する子である。本人ばかりでなく、家族や学校が要求する「良い子」の内容によって、彼らの努力目標もさまざまな形をとる。「良い子」としての自己像を大切にし、守ろうと努める。この自己像がくずれたり傷つけられることを極度に恐れ、そのような場면을嫌悪し回避しようとする。登校拒否児が発症以前は学業成績が上位で、親や先生のいうことをよくきく、良い生徒であったというケースが最も多い。従順であるが決して柔軟ではなく、完全癖があり、時として高慢不遜

ともうつる程に誇りたかい。

登校拒否の治療に対しては、カウンセリングの他、系統的脱感作法、現実脱感作法(前田1985)、弛緩心像法、継時近接法(坂野1988)などが有効とされている。本相談室では、行動カウンセリングと継時近接法が併用されることが多いが、この点については別に報告することとして、ここでは治療過程についてはこれ以上ふれないこととする。

3. 積極的登校拒否という新しいタイプ

義務教育期間の小、中学生では、親も教育義務を負っていることを自覚し、児童・生徒もこのことをよく承知している。教師の登校動機づけも、多分に義務教育という立場からなされ、最も説得力をもつと考えられている。しかし、高校生や大学生の不登校となると、事情は少しく異なってくる。原野(1985)が指摘するように、高校・大学は義務教育ではないので、親は子をこれらの学校へ就学させる義務を負っていない。登校を拒否する本人たちが、この事実を知った上で登校拒否する場合である。小泉(1973)はこのタイプの登校拒否を、「積極的拒否を示すタイプ」としている。彼らは学校に行く意味を認めず、入学後、自からの意志で中途退学を希望し、職業につくなり、専門学校や他の学校・教育機関に行こうとする生徒・学生である。登校の義務感も意欲もなく、努力もしてみない。学校を離脱することが重要な問題であり、不登校は身を守る回避反応である。彼らには、「行きたいけど行けない」とか、「行かねばならないと思うけど行けない」という、登校拒否に特有の心理的二重構造はみられない。ただやみくもに学校に行かせることを指導目標にすることに、疑問をもつ一部の専門家の見解は、こうした積極的な拒否タイプの生徒・学生に妥当する見解ともいえる。

しかし、周囲を安心させる「良い子」でありつづけた自分に疑問をもち、この反動から全ての事柄を「押しつけられたもの」として反発し拒否していることも多い。明確な展望と現実的な見通しがついているかを慎重に考える必要がある。

4. 本校における不登校事例と問題

本校においても出席日数が足りず、単位認定が危ぶまれる者、出席はしているが学業不振と意欲減退から相談室に来るケースが少なくない。一過性のものは1、2回の面接で、ほとんどが解決するがその多くは寮生活という新しい生活になじめず、生活全般にわたって活動性が低下しているものである。

就眠困難、起床困難、日中の眠気などは神経症性登校拒否の随伴症状をうかがわせるが、いわゆるホームシックと呼ぶべき過敏状態を背景にした不眠傾向である。入学後しばらくしておこる、いわゆる5月危機ばかりでなく、夏休みや冬休みの帰省後におこることも少なくない。担任教官との面接相談や同室者あるいはクラブ等で友達ができると、自然に解消する。怠学傾向に陥った者のなかには入学直後から本校になじめず、友達が1人もいないという者もあり、一過性であるが慎重な対応が大切であることを示している。

中間テスト・期末テストの結果の対応性がうかがわれるケースは神経症性登校拒否として不登校が発生したものか、無力感を伴った怠休タイプに分かれる。前者は自宅通学生に多いが、寮生の場合も自宅にもどって、家にとじこもる。後者は、寮生の場合は変化が把握できるが自宅通学生の場合、家族もほとんど把握していないことが多く、怠休状態であることすら知らないことが多い。

本校生における不登校の事例と発生因について特徴的なケースからみることにする。

事例1. W. I 2年男子 怠学傾向

2年前期の期末テスト(10月)で不正行為が発覚し、これをきっかけに不登校に陥入る。担任の再

三のすすめにより、12月から相談室を訪ねるようになった。

10月末から不登校期間中は、怠学傾向のある同学年のN・Nと近くの街中を徘徊する。寮へは夜の9時ごろにもどって来るが、周囲の学生との接触は、現在のところ全くなってしまっている。特定の非行グループとの接触はないが、タコ焼などの屋台を手伝って金銭を得るなどの行為はみられる。初回面接時では、「そろそろ寒くなってきたので、街でひまつぶしも体は大儀なので、教室にもどろうかと思っている」と述べており、登校意図が全くないわけではないことを示している。

W・Iは中学時代は、よく親や先生のいうことをきく素直な子で、学業成績も常に学年の1、2位を争い町では評判の秀才であったという。父親は細かなところまで気をつく、やや過干渉の傾向がある教育熱心な人で、口やかましい反面、W・Iを溺愛する傾向があった。社会的情緒的に未熟で、自律性の乏しいまま、優等生であることをよりどころにして育ってきたといえる。

1年前期の中間テストで、得意と思われた数学と物理の成績がふるわず、このころから、自分はやればできるのだが、やる気がしないのだというポーズをとりはじめる。同室者が予習、復習する時はカセットレコードをヘッドホンを使って聴いてみせたりしている。やがて全ての教科で遅れが目立ち、1年の後期では授業についてゆくことが困難になってきた。それと呼応して、「余裕のある勉強にガツガツしない」というポーズも強くなり学業不振の悪循環に拍車がかかった。不正行為はこうして追詰められた結果、一気に劣勢を挽回する窮余の策であった。

冬休みに帰省してからは、担任やカウンセラーの指導を拒否し、退寮した。父親は留年しても学校を続けるよう説得しているが、本人は退学を希望し、ほとんど耳をかそうともしない状態が続いている。怠学傾向は変わらず中途退学後の就職等の方針もたっていない。

事例2. E・I 4年男子 登校拒否

単位不足による留年が確定した段階で、担任より相談依頼を受ける。学習意欲が減退し、無気力・無力感が強く担任の指導にもほとんど反応しない反応を示さない。相談にのろうと担任が声をかけても、いろいろと都合をつけてはその場から逃げ、最近では声をかけられまいと担任を避けている様子であるらしいという。

E・Iは1年生の時从不登校日数が多く、中間テスト、期末テストの直前1、2週間で欠席と早退が急にふえる傾向がある。テスト日は登校してテストを受けているが、成績は常に下位を低迷し、これまでも何度か留年しそうになってきた。4年次では実習日に欠席がめだち始め、テスト得点の低さだけでなく実習成果の低さや出席日数の不足から留年が確定した。

担任から依頼を受けた日から、不登校状態になり2ヶ月間、全く連絡に応じなくなる。6月頃になって、ようやく担任からの電話に出るようになり「一度でいいからカウンセラーに会ってみなさい」というすすめに素直に「はい」と返事はするが、なお不登校状態が続く。夏休み直前になって自分から担任にあいに行き、退学したいと申出た。再三の説得で、しぶしぶカウンセラーと面接することを約束し担任につきそわれて来室した。

E・Iは中学時代成績も上位の方で、特に不登校の傾向はなかった。本校へ入学当初から授業のレベルが高すぎ、ついてゆくことができないと痛感する。自分は無力であり、周囲のものが知ったら馬鹿呼ばわりするだろうと思い、いつも「わかったふり」をしていたという。

欠席理由はいつも下痢や頭痛が主であり、嘔吐感も強いいため反復性嘔吐症といわれたり、自家中毒症状だとして治療を受けたこともあるという。自分は病弱であり、足首を疲労骨折したのもその表われであるという。

E・Iは入学当初から軽い登校拒否症状をもち、不登校と登校を交代させ、慢性化したものと理解することができる。両親は結婚後、なかなか子供に恵まれず、年をとってからの子であることも手伝

ってE・Iには過保護である。とくに母親は盲愛に近く、こうした心気性症状がでるたびに病院まで付添って行ったりもしている。E・Iは無気力というよりも、自我の発育不全ともいうべき未熟なタイプで、担任からの働きかけがあると適応し、励まされればそれなりに登校してテストも受ける。自立性が乏しいから、担任や指導教官からいわれないとなかなか動けない。言えばそれなりに動くので周囲は注意を与え激励をくり返す。本人は自分だけが厳しく扱われていると思い、不愉快であったが何もいえなかったという。実習では毎回、自分の無能さが暴露されてゆくように思われ、周囲の視線が気になってしかたがなかったという。

高校卒業の資格があれば就職はなんとかなるから、とにかく退学したいというのが具体的な見通しはもっていない。学校を続けさせたいという両親の意向とは平行線の状態にあり、親子間の会話もほとんどない。

この後も不登校状態が続き、翌年退学を余儀無くされるに至った。

これら2例に共通することは、小規模校で比較的上位にいた者が本校に入学した場合、息切れ現象をおこすことを示している。さらに科目別にこの息切れ現象をみると、特定の科目ではなく、全般にわたって学業不振に陥入っていることがわかる。怠学と登校拒否に分かれても、その原因が入学直後にあることは、この時期の授業のあり方に、再検討の必要があることを示唆しているように思われる。

事例3. M・W 1年男子 登校拒否

6月の中間テストが終わってしばらくしてから欠席がふえはじめ、7月から不登校状態になり自室にひきこもる。この後、登校と不登校をくりかえしながらも、なんとか授業に出てきていたが、翌年の1月から不登校状態になり出席日数の不足から留年の可能性がでてきた。担任より相談依頼があったが、本人には全く連絡がとれない状態で母親と面接することにした。

M・Wは中学校の3年間を通じて、常にトップグループにおり、中学校の先生からはH大学附属高校、H高校、S高校といった進学校を受験するように強くすすめられた。これらは受験したが全て不合格であった。県立のA校ならば確実といわれ、本人もそのつもりで願書を出した。一方、家族は経済的な事由や将来性等から本校受験等を強くせまり、2校併願の形になった。A校の試験日と本校の面接日が重なり、どちらか一方を選ばねばならないことになった。本人はA校を希望し、中学校の担任もそれを支持したが、家族の強い希望がとおってA校を受験することを断念して、本校の面接を受ける。入学時に「5年を通うのか」とつぶやくように言ったことが印象的であったという。

中間テスト後にたまたま中学時代の友達に会い、普通科高校の話聞いてショックを受けたらしい。再三、普通科編入の希望を口にしたが、その度に、高専が短大相当であること、就職が確実であること、受験生活ですり切れずにすむ利点などをあげて説得が繰り返された。7月から自室に閉じ籠もって出てこなくなる。家族ともほとんど口をきかず、正午すぎになって布団から抜け出すと、勝手に食事をし、夕方までプラモデルを作る。日中は外出せず、夕方になるとプラモデルを買いに出かけ、深夜まで再びプラモデルの製作に集中する。夏休みに入ってから、本校OBのコンピュータ・ソフト開発会社でアルバイトのような事をする。少しでも他人と接触させたい、また、少しでも本校が好きになるようにとの配慮から、母親が人づてにさがして来た話である。夕方の6時から8時ごろまで働きに行ったがビデオを買う程度の金が入ってから興味を失い、新聞配達もやめてしまった。秋頃はなんとか学校に出ていったが、中学時代のような活気もなく明らかに意欲減退の様がみてとれたという。冬休み中は、再び生活リズムが昼夜逆転し、家族の注意に激しく食って掛かるようになったりもしたが、学校が始まると再び登校時刻にあわせた生活になった。しかし、それも1週間くらいで、再び生活リズムは逆転し、正午から夕方までプラモデルを作り、夕方からプラモデルを買いに出て、

再び深夜までこれの製作にあたるパターンにもどってしまった。

担任からの電話には気がむくが出るが、「体が大きい、朝が起きられないので自分でも困っている」と返事をするが、決して困った様子ではないという。「そのうち出てゆかなければいけないと思うが……」とも口にするが、真剣味がなく他所ごとのような口ぶりであるという。母親の話では、朝むりに起しても、頭痛や腹痛を訴え、実際に微熱もあり下痢や便秘をくり返している。日によっては耳鳴りを訴えたり、結局のところ起きてこない。心気症状は普通の登校拒否と変わらないが登校意欲が低く、努力も欠落していることである。どうしても大学まで進学したいのならば、本校卒業後に編入学の道も開かれているからという妥協工作に対しても、ほとんど黙殺状態にある。

母親には、まず、詰問したり頭から説得せずに、子供の気持を理解し、聴くように努める必要性を指摘した。次に、生活時間の再調整のためのリストを与え、本人の管理のもとで自己調整するように指導した。

登校拒否の第1期状態であるとともに、積極的拒否のタイプにも相当しているようにも思われる。本人との面接がない状態が続いているが、もし後者であるなら留年、退学と事態が進むことが、むしろ彼にとって好都合となる。しかし、そうなった時点では、生活リズムの乱れや変位、不登校による社会性の欠落、学業不振等が確実に次への進展をはばむことになる。カウンセラーとの接触は、今もって拒否の状態にある。

このケースのように登校拒否にまで至ったものは少なくないが、普通科高校を再受験したいので中退したいという学生や、文科系の大学、学部へ進みたいという退学希望者は進学指導の先生や両親から相当強引に説得されて来たものが多いように思われる。事実かどうかはともかくとして、少なくとも彼らはそう受けとめ騙されたと感情的になっていることが多い。担任からの働きかけで解消することもあるが、退学問題でじっくりと話した結果、親子関係が改善し、これに伴って問題も解消したというケースもある。

5年間の一貫教育は受験がないという魅力と同時に、向う5年間の生活が決定されたように拘束感を生む。就職状況の良さは、将来の確実さを約束すると同時に、5年後の生活までが今決定されてしまったかのような重圧感となる。豊かでのびやかな長所は、耐え難い程の閉塞感を生み出す。この矛盾を乗り切るには、自分の決心が大切であることに彼らは気がついている。こうした重大な決心事であったのに、本校入学にあたって自分が決めたという確かなものがないのに気づいた。話しあうことの重要さは、この重大な決心事を今改めて問題にし、自分が確かな形でかわりをもっていることを実感し、そうした状況の中で意志決定しなোসということに意味がある。だから説得でも再確認でもない。

親子関係の改善は、このような疑問を感じるまでに成長した子と、その自立を受け入れることができるまでに変化した親の側の成長があったことはいふまでもない。

やみくもに高圧的に説得することは、いずれの場合も単なる反抗を誘発するか、無気力・無力感に彼らを追いやるだけである。

行動問題をかかえている学生は、それなりに彼ら自身が自己変革すべき所を多くもっている。それは当然のことであるが、彼らの目がとらえ、心に感じたことは素朴ではあっても周囲の側にもそれなりの歪があることを教えてくれる。それをいかに汲みとるかが相談活動の重大な課題の一つと思われる。

文 献

原野広太郎 1985 登校拒否をめぐる

上里一郎(編) 「登校拒否」行動療法ケース研究Ⅱ 125～136頁

Johnson A. M., Falstein E., Szurek S. & Suendsen M.

1941 School phobia

American Journal of Orthopsychiatry 11: 702～711

小泉英二(編著) 1973 「登校拒否 その心理と治療」 学事出版

前田基成 1985 神経症性頻尿を主因とする登校拒否の脱感作療法

上里一郎(編) 「登校拒否」行動療法ケース研究Ⅱ 77～96頁

坂野雄二 1983 行動療法 サイコロジー 42: 28～31

内山喜久雄 1983 登校拒否の心理と病理 サイコロジー 42: 11～16

§ 7. 結 言

近年小, 中, 高校生の「いじめ」が深刻な社会問題となっており, それに対する対応がいろいろと検討されているが, 本校においても相談希望者が僅かながら次第に増加する傾向にある。相談内容も多種多様で広範囲にわたっており, 勉強意欲の減退, 進路についての悩み, 学級内での不調和, 家庭問題……, これらが複雑にからみあっているように思われる。

このような状況に対処するため, 昭和61年度から相談員1名を新たに加え相談室の充実を計った。また, 学生が気楽な気持ちで随時相談室を訪ねられるよう雰囲気作りにつとめ, そして高専の学生が大人に脱皮し, 人間的に大きく成長するこの年代にもつ「悩み」を取りあげ, 個々の相談に対処していきたい。

本年度は従来から実施している1～3年生の低学年を対象とした専門カウンセラーの講話を引き続き実施するとともに, 低学年または全学生を対象とした意識調査等, 本校において適当と思われる調査を計画し学生相談の一つの資料として加えたい。

謝 辞

学生相談室の運営について多大のご指導とご助力をいただいた 西 正任 学校長に厚くお礼申し上げます。

また, 事務処理の上でいろいろご尽力をいただいた学生課学生係長 中島晃一郎氏 を始め係員の諸氏に厚くお礼申し上げます。

(昭和61年4月15日受付)

ジョゼフ・コンラッド： アフリカでの体験とその作品について

(一般科目) 田 辺 ・ 達 雄

Joseph Conrad : His Experience in Africa and His Works

Tatsuo TANABE

As Joseph Conrad reminiscently told his friend "Before Congo I was a mere animal," his experience on the 'Dark Continent' seems to have caused a great influence upon not only his own health but also his life as a writer.

Before going to the Congo, as the writer has already told, he had won a certificate for the authoritative and honorable position as the captain of a British merchant ship. During his sea days he had a lot of handicaps such as his nationality, languages and so on. But those handicaps were the stimulus, as it were, to encourage him in making an effort to be a British officer. Traveling to Africa, on the contrary, was quite different from those mentioned handicaps.

The object of this paper is to research for what Joseph Conrad had experienced in Africa and moreover how he made use of his African experience in his works.

コンラッドが30才をすぎて、なおも船員生活に未練を持ち、一方ではMme Poradowska との出会いが彼の人間的成長の面で大きな影響力となったと考えられる。さらに、彼女を通じて、当時のBelgie 領のCongo 河の上流まで河船の船長の職を求めて、はるばるヨーロッパから旅に出て、苛酷な大自然の厳しさを暗黒大陸で味わったことは、彼のその後の作家生活の貴重な体験となって生かされている。

すでにこれまでも、作家はその個人の体験を多かれ少なかれ素材にするという主旨のことは述べてきたが、コンラッドが従来のイギリス作家に見られなかった新鮮な作風と素材とで独特の文学を拓いた。その原因となった要素は、彼が作家になるまでにたどってきた波乱に富む経験であることも、既に何回か触れている。こうした体験の中でコンゴ河溯航に関しては、彼の代表作 *Heart of Darkness* (1899) や *An Outpost of Progress* (1896) で巧みに当時の模様を描いている。また、後年 *Tales of Heartsay and Last Essays* (1928) の中に組み入れられている *The Congo Diary* (1890年6月より8月) は、未開の暗黒大陸の奥地で彼がいかに苦渋に充ちた辛酸を甜めたかをはっきりとうかがわせる。

このように、コンゴ河溯航は暗黒大陸の深奥 (heart of darkness) への進行であったが、ある意味

では、彼自身の心の奥底の洞察でもあったと言える。後に親友の Edward Garnett へ「自分はコンゴへ行くまでは単なる動物にすぎなかった」(*Sea Dreamer* p. 175) と述懐したということであるが、あの暗黒大陸の真只中での人間の精神的な脆さ、弱さ、さらに大自然の脅威に対して改めて畏怖感を抱いたのである。この溯航を境い目にして、彼の物事を捉える視点に変化が見られる。即ち作品でいえば *Heart of Darkness* がその境い目にあたる。彼が人間を見つめるとき、その内面にある心の動きまでも眼を向けようとする点で彼が作家として一段と成長したことでコンゴ河溯航の意味は大きいのである。

1

コンラッドは1889年6月初旬に Otago 号を下船して Sydney からロンドンへ帰ってきたといわれる。前回に触れたように、彼は極東地方への新しい貿易ルートを開拓したいという提案を会社にしたが、会社側は飽くまでも Mauritius 諸島への利益のあがる航路に固執して両者の間に意見の対立があり、結局彼は妥協しないで Otago 号を下船した、というのが原因であると考えられる。コンラッドが妥協できなかったのは、ひとつには Mauritius での失恋の痛手が大きかったことが大きく影響していることも否めない。さらに、彼が Sydney で受け取った1888年9月24日付のタデウス叔父の手紙も、ヨーロッパに帰って叔父に会いたいという気持を駆り立てたと考えられる。

コンラッドは1886年にイギリスに帰化が認められていたが、ロシア側の手続に手間取って1889年5月20日のロシア官報 *Senatskie Wiedomosti* (No. 49. 5月号) でようやくロシア国籍を抹消されたことが公表された。このような状態なので実質的には国外へ脱出したとも言えるコンラッドがロシア領の叔父の住むウクライナへ「入国」するには相当の時間と手続きを必要とするのははっきりしていた。また逆にタデウスがロンドンへコンラッドを訪ねるとしても叔父の健康状態はもはやそれには耐えることはできないほど衰弱していた。したがって、コンラッドはロシアへの入国許可がおりるまでロンドンで待機しなくてはならなかった。その当時まで住んでいたロンドン市内の北部にあった下宿から Vauxhall Bridge に近い Bessborough Garden の2部屋の下宿へ移っている。彼はそれから数ヶ月はこの下宿を中心に旧友 Kliszczewski を Cardiff へ訪ねたり、下宿からは真反対の方向にある Camomile Street へは Barr, Moering & Co. の事務所に Adolf Krieger を訪ね、そのすぐ南の Fenchurch 街に Froud 船長を訪ねている。「何日も何ヶ月も経過して夏が間近かになるというのに相も変わらず Conrad Korzeniowski 船長はただあのロンドンの街だけを海図もコンパスも持たずに航海をしつづけ」(*J. C. L. L.* p. 118) ていたのである。この間に、Krieger の世話で Barr, Moering & Co. へ投資してこの会社の一員となったこともある。メキシコ、西インド諸島、New Orleans での「貨物上乗人」(supercargo) への就職の話もあったがコンラッドは気乗りがしなかったようである。いずれにしても彼は毎日収入のあてもなくこのようにロンドン市内を彷徨していたが、そのうち生活費など出費も嵩んできて経済的に苦しくなってきたことは容易に想像がつく。さらに、タデウスの健康状態も悪化するし、タデウスは亡弟の残した妻子の養育や生活の面倒も看なくてはならなくなったため、コンラッドへの送金はやむを得ず止めなくてはならない段階に来ていることが叔父のタデウスからコンラッドへ宛てた手紙ではっきりしてきた。そのため、コンラッドはそれまでのあてもなくのんびりした職さがしの彷徨を、一変して切迫した自活の道を求めるものにせざるをえなくなった。彼はその頃の様子を *Heart of Darkness* の中に述べている。

"I had then, as you remember, just returned to London after a lot of Indian Ocean, Pacific, China Seas—a regular dose of the East—six years or so, and I was loafing

about, hindering you fellows in your work and invading your homes, just as though I had got a heavenly mission to civilize you. It was very fine for a time, but after a bit I did get tired of resting. Then I began to look for a ship—I should think the hardest work on earth. But the ships wouldn't even look at me. And I got tired of that game, too.

(*Heart of Darkness* pp.51–52)

「諸君も覚えているように、その頃はくは何度となくインド洋、太平洋、支那海など——本当の東洋というところを——6年ばかりまわってちょうどロンドンに戻ってきたところだったのさ。そして、ブラブラ歩きまわって、みんなが仕事している邪魔をしたり、みんなの家庭にノコノコとあがりこんだりして、まるでくはみんなを文明化する仕事を持っているみたいだったよ。それもしばらくは良かったのだが、しばらくすると仕事をしないで休んでいるのにウンザリしてきたんだ。それで働き口になる船を探し始めたのだ——それはこの世でいちばん辛い仕事だと思うよ。船がこっちを見向きもしようとしないのさ。そんなわけで、この職さがしも飽いできたのだ。

コンラッドは職さがしに八方手を尽くしているが、その中に Société Anonyme Belge pour le Commerce du Haut-Congo の「支店長代理」(acting manager) の Captain Albert Thys へも就職の依頼の手紙を1889年2月24日にはじめて出している。それまでに中南米での supercargo など船に多少とも関係がある職の話がありながら彼は応じようとしなかったのに、Albert Thys へは再三にわたって熱心に就職を求めている。しかも、Albert Thys の会社はアフリカ大陸にあるので、それまでのコンラッドの働いていた世界とは結びつかないものである。しかし、コンラッドは *Heart of Darkness* の中で、アフリカ大陸について次のように述べている。

“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. The North Pole was one of these places, I remember. Well, I haven't been there yet, and shall not try now. The glamour's off. Other places were scattered about the Equator, and in every sort of latitude all over the two hemispheres. I have been in some of them, and ... well, we won't talk about that. But there was one yet — the biggest, the most blank, so to speak — that I had a hankering after.

“True, by this time it was not a blank space any more. It had got filled since my boyhood with rivers and lakes and names. 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. But there was in it one river especially, a mighty big river, that you could see on the map, resembling an immense snake uncoiled, with its head in the sea, its body at rest curving after over a vast country, and its tail lost in the depths of the land. And as I looked at the map of it in a shop window, it fascinated me as a snake would a bird — a silly little bird. Then I remembered there was a big concern, a Company for trade on that river. Dash it all!

(*Heart of Darkness* p.52)

「ところでくは小さい頃は大地図好きだったよ。南米、アフリカ、オーストラリアを

何時間でも見つめて、探検のひとつひとつの偉業にうっとりとして我が身を忘れていたものさ。その当時、地球にはたくさんの空白の部分があって、地図で特に心を奪うように見えたのがあると(もっとも全部がそう見えるのだが)ぼくはそこに指をおいて『大きくなったらそこに行くぞ』と言ったものだ。北極点もそうした中の1つだったのを覚えている。そうだね。まだそこには行っていないし、もうそこに行くことはないだろう。魅力がなくなっちゃったよ。他の場所は赤道あたりに散らばっていて、南北両半球の全体のどんな緯度のところにもあったのだ。そうしたうちのいくつかにはいたこともあるし……まあそれについては今は語るまい。しかし、まだ1つあった。——いわば最も大きくて、最も広い空白部分——ぼくがあこがれていたものだった。

「たしかに、この時期までにはもう空白部分はなかった。ぼくの子供の頃から河川や湖、それに地名が満ちていた。愉快的神秘の空間ではなくなっていた。——少年が何度もたのしく夢みていた白い部分でなくなっていた。暗黒の地になっていたんだ。だがその中に特に河があった。力強くて大きい河で、地図に載っているよ。丁度トグロを解いて頭を海に突っ込んで、胴体は広大な地域にクネクネと曲がって横たわり、尻尾をこの大陸の奥地に入りこませた巨大なヘビみたいなのだ。そして、店の陳列棚のその地図を見ていると、丁度ヘビに睨まれた小鳥のように——それも怠かな小鳥のように——その地図に釘づけになってしまったのさ。その時、あの河に大きな会社、それも何かの貿易会社があるってことを思い出したんだ。それ行けてわけさ。

こうして彼が行き当たったのが Société Anonyme Belge pour le Commerce du Haut-Congo(中部コンゴ貿易株式会社)の部長代理だった Captain Albert Thys という人物で、コンラッドは1889年2月24日に初めて就職依頼の手紙を出している。先述のように, supercargo などの職はあったのに、コンラッドは応じようとしなかった。その反面で Thys へは熱心に就職を頼んでいる。勿論、就職先はアフリカ大陸となるのははっきりしていた。それまで‘ocean-going ship’で活躍してきた船員のコンラッドを、アフリカ大陸内部と結びつけることはきわめて難しいが、コンラッド自身からみるとにわかな思いつきではなかったようである。A *Personal Record* (1912)の中でも「あの当時のアフリカの地図を見て、その当時のまだ未踏のあの大陸の謎を表わす空白の部分に指を置いて、今の私の性格にはもうとっくになくなっているあの断固とした自信とおどろくほどの大胆さで『ぼくが大きくなったらそこへ行くぞ』と自分に言い聞かせた」(p. 13)というコンラッド自身の気持は、この当時の植民地主義の抬頭とそれに付随した探検ブームを考え合わせてみると、アフリカはコンラッドの単なる子供時代からの憧憬だとして単純に断定はできない。

南北アメリカ大陸、インド、東洋の植民地も一応落着いて、いよいよ最大の未開の大陸へとヨーロッパの諸国が領土と資源の獲得にしのぎを削りあっている真只中であつた。こうした国々の中でアフリカ植民地に最も熱心だったのはベルギーであつた。時の国王 Leopold 二世(1865-1909)自ら先頭に立って International Association for the Civilization of Central Africa を設立したり、「コンゴ独立国」を設立して自ら国王となって広大な大地の資源を恣にしていた。また、折柄、探検家 David Livingstone (1813-1873)のアフリカ奥地への踏査のニュース、同じ探検家 Henry Morton Stanley (1841-1904)のコンゴ溯航成功の報告など続々とアフリカ奥地の知らせがあると先進諸国、特にベルギーとイギリスは調査隊や商社員たちを派遣したのである。あたかも、18世紀のアメリカの西海岸のゴールド・ラッシュを彷彿させるほどにアフリカ探検熱がヨーロッパ全土を覆う時代であつた。性来冒険好きのコンラッドがこうした社会情勢の中でアフリカに関心を抱くことは容易に考えられる。彼の冒険好きはすでにマルセーユ時代の密輸団に加わっての暗躍ぶり、赤道直下の「多島海地

方」(Malayan Archipelago)をはじめとしてオーストラリア、果てはインド洋の島々にかけての数えきれないほどの大自然の猛威を直接に肌身に触れて果敢に持ちまへの「冒険心」を駆り立てたことからもうかがわれる。彼が先述の *A Personal Record* だけでなく *Heart of Darkness* の中でも語り手の Marlow をして「ぼくがまだ幼い頃、地図が大好きだった。何時間でも南米やアフリカやオーストラリアを眺めて探検ひとつひとつの偉業にうっとりとして吾を忘れていたものさ」(*Heart of Darkness* p. 52) と述べているが如く、彼の子供時代からアフリカが彼の冒険心を駆り立てていたことは確かであろう。しかし、いまひとつ穿った見方をすれば、コンラッドが失職の身でありながら毎日を無為に送り、一方では持ち金をすっかり投資に注ぎ込んでしまったこの当時、その日の生活にも困りはてる破目になったのも当然のことである。さらに追いうちをかけるように叔父のタデウスからの送金がなくなることがはっきりしてきたこともある。一連のこうした条件を考えてみると、コンラッドの当時の心境としては決して穏やかなものではなかった。船長となって乗れる船を探すけれども思うように見つからないし、そうかといって water-front の仕事は彼の性格からみても毛頭その気はない。そうした時期に、一獲千金を夢みてアフリカに渡ってみようと思いついたとは考えられないだろうか。

F. R. Karl はコンラッドの動機の一つには、折柄 Sir Morton Stanley が Dr. David Livingstone をアフリカで救出し、さらに奥地を探検した、というニュースの中で、「英雄」となった Stanley の生い立ちがコンラッドの場合と似通った点が多かったことからコンラッドが共鳴した、としているが肯ずけるところもある。彼は Société Anonyme Belge pour le Commerce du Haut-Congo の Captain Albert Thys へは 1889 年 9 月 24 日付の就職依頼状以後も何度か依頼はしているが少なくともそれらに対する返事は受取っていない。まして就職先の斡旋の形跡などはまったくなかったようである。そこで痺れを切らしてその年の 11 月初旬にはコンラッド自身が直に Brussel に Thys を訪ねている。このとき彼は友人 Adolf Krieger を通じて Messers Barr, Moering & Co. のロンドン支社の Ghent にいる M. de Baedemacker に頼んでコンラッドの推せん状を頼りにしていたことは言うまでもない。

I have just learned from a letter of M. de Baedemacker to Messrs. Barr, Moering & Co. that you thought I had served M. Walford as captain of one of his ships.

I hasten to apologize to you for having expressed myself so badly during the interview which you were kind enough to grant me in Brussels. My intention was to inform you that I was employed by M. Walford for the time being : I was not even aware he was a shipowner. I dare to hope you will grant me your indulgence for this misunderstanding, caused simply by the unfamiliarity of expressing myself in French.

As doubtless there would be the question of qualifications for the post you have been so kind as to promise me, I take the liberty of informing you that I possess a commission from the board of Trade, qualifying me absolutely to command sailing ships and steamers of the British merchant service (obtained by examination in London, 1885).

(*The Collected Letters of J.C.* Vol.1. pp.27-28)

Barr, Moering 社の M. de Baedemacker への書簡から、貴下は小生が同社の船の船長として M. Walford へ仕えていたとお考えのように承りました。

貴下には Brussels にて拝謁の榮に浴しながら大変失礼をしましたことどうかお赦し下さいませ。私としましては、M. Walford が当分の間小生を雇傭したことはお伝えできませんが、同氏が船主とは思いませんでした。小生がフランスにて表わした一方的な

不手際によって生じたこの誤解で貴下には御迷惑をおかけしたことをどうかおゆるし下さい。

当然のことながら、貴下が小生に約束して下さったその地位の資格証明については問題がありそうですが、小生が英国商務省の認可を持っていることをはっきりとお伝えします。これによりまして英国商船に関しましては帆船、汽船いずれの指揮も何ら支障なくとることができる資格があります。(1885年ロンドンにて試験に合格して取得しました。)

Thys との会見でコンラッドは就職について上の手紙から、何らかの希望的感触があったことがわかる。文中の‘the post you have been so kind as to promise me’ については、この段階ではまだはっきりしていないが、これより前の11月4日の Thys 宛の手紙で「小生が伸び伸びに熱帯地方に滞在していたこと(このほどようやく帰国したところですが)、これから数ヶ月以内にアフリカに出発する可能性のあることから考えますと、できるかぎり長くヨーロッパの気候のもとで体調を整えておくことが賢明かと考えます。」(ibid. p. 26) とあることから、アフリカで船に関する仕事に携わることがある程度具体的に進んでいたことも考えられる。さらに同年12月27日付の Thys 宛の手紙では、「南ロシアの土地に遊びに来るようという親戚からの招待」があるのでぜひとも行きたいのだが、就職話がいつ具体的にになるか知った上で考えたいので「正確にはどのくらい時間を見ておけばよいかを知りたい」(ibid. p. 29) という、就職話を半ば催促するような手紙を出している。

2

Heart of Darkness の中で Marlow は就職探しに親戚を利用している部分がある。

“You understand it was a Continental concern, that Trading society; but I have a lot of relations living on the Continent, because it’s cheap and not so nasty as it looks, they say.

“I am sorry to own I began to worry them. This was already a fresh departure for me. I was not used to get things that way, you know. I always went my own road and on my own legs where I had a mind to go. I wouldn’t have believed it of myself; but, then — you see — I felt somehow I must get there by hook or by crook. So I worried them. The men said ‘My dear fellow,’ and did nothing. Then — would you believe it? — I tried the women. I, Charlie Marlow, set the women to work — to get a job. Well, you see, the notion drove me. I had an aunt, a dear enthusiastic soul. She wrote: “It will be delightful. I am ready to do anything, anything for you. It is a glorious idea. I know the wife of a very high personage in the Administration, and also a man who has lots of influence with”, etc., etc. She was determined to make no end of fuss to get me appointed skipper of a river steamboat, if such was my fancy.

(*Heart of Darkness* p.53)

「諸君が知っての通りあれはヨーロッパの会社だったのさ。あの貿易会社というのがさ。だが僕にはヨーロッパに親戚がたくさんいるんだ。それが連中によると、ヨーロッパは安いし、見かけほどに居心地もひどくはないからだとき。

「残念ながら正直言ってこの親戚の連中の手を煩わし始めたのだ。僕にとってはこれは既に新しい出発だったのだ。あんなにして物を手に入れることが不慣れなことはみんな知ってるだろう。ぼくはいつでもマイ・ペースだったし、行こうと思うところへはこの足で

行ってたのだから。自分だってそういうことは信じなかつただろうよ。だけどあの時には——ねえ諸君——どういうわけか何がなんでもそこへ行かなきゃならないって気持ちになったんだ。それで連中の手を煩わせたってわけさ。連中は『やあ、君』と言って、それっきりだったよ。それでだね——信じないだろうが——女性連中に頼んでみた。このチャーリー・マーロウという男が女性たちに働いてもらおうっていうのだからねえ——職にありつくために。まあ、思いつめた拳句の行動ってなところかな。ぼくには伯母がいたんだ。なかなかの情熱的な人でね。その伯母がこんなたよりを送ってくれたよ。『愉快そうじゃないですか。あなたのためならどんなことだってしてあげますよ。素晴らしい考えですよ。本社の上役の奥様に知りあいがありますし、とっても有力な殿方にも知った方がいますし等々』ぼくが河を航行する汽船の船長になってもいいと言うのなら、そうしてもらうために伯母はどんな手だてでもする覚悟でいたのだ。

この引用文の中で Marlow が 'I had an aunt, a dear enthusiastic soul.' と語っているが、この伯母というのは実際は彼の母方の祖母のイトコにあたる Alexander Poradowski の妻 Marguerite Poradowska のことである。F. R. Karl は「おそらくタデウスは Marguerite へ就職の相談をするようにとコンラッドへ勧めたのであろう」(*Three Lives* p. 276) と述べている。コンラッドと Alexander との出会いは G. Jean-Aubry によれば、それより 16~17 年前に一度あるという (*The Sea Dreamer* p. 155) が実質的には会ったことがないのも同然である。こうして、アフリカに就職口を見つける手段として一方では手紙作戦をとり他方ではいわゆる「コネ」をたよっていることからコンラッドのアフリカへの気持が並みのものではなかったことがうかがわれる。

Alexander Poradowski についてははっきりしたことは判っていない。しかし、彼はコンラッドの父 Apollo と共に 1863 年のポーランドの動乱に参加した。そして彼は Apollo と離れてポーランドを脱出して Brussels に逃れてきた。ここで Lille 出身のフランス女性と知りあい結婚した。彼女の父親はこの当時の有名な科学者であり哲学、歴史地理学の分野でも知られた Émile Gachet という学者であった。この伯父は、1890 年 1 月 16 日付でコンラッドが手紙を初めて書いた時期には、社会的には相当に信頼のおける有力な人物であったし、コンラッドの就職にも何らかの助けになったかもしれないが、健康を害していてコンラッドの手紙の届いた頃は大手術の予定が組まれているという重大な時であった。コンラッドは 1890 年 1 月 20 日付の手紙の中で「……伯父上の御容態が思わしくない旨承りまして心からお見舞い申し上げます。どうかこの手紙のご返事をご無用に願います。事情を考えまして、今回は祖国へは Brussels へ立ち寄ってから向うことにしましたのでご報告申し上げます。伯父上には手術後は絶対安静につき直接お会いすることはできかねるよう承っています……」(*The Collected Letters of J. C.* Vol. 1. p. 34) と病氣見舞を出しているが伯父は同年 2 月 8 日に 54 才で亡くなっている。結局 Brussels では伯父に会えず、かわりに伯母の Marguerite Poradowska にここで初めて会った。この伯母が先述の *Heart of Darkness* の中の Marlow の伯母のモデルとなった人物であり、コンラッドとはこの時から約 30 年間という長い間手紙等の交際があった。時にコンラッド 32 才、彼女は 40 才位であった。

G. Jean-Aubry は *The Sea Dreamer* の中で Marguerite Poradowska について「とても頭脳明晰で Brussels では彼女の周囲は常に友人や彼女への心酔者がとりまいていた。数年間を夫と共に Galicia に暮らしたが、それより 2 年前、*Yaga; Esquisse de Moeurs Ruthènes* という小説で Ruthenian の生活を描いて *Revue des Deux Mondes* 誌に発表し、更にその翌年には *Demoiselle Micia* というポーランド人の生活についての作品を同じ雑誌に発表 (1887) した」(p. 155) と述べている。一方では Jocelyn Baines はコンラッドの妻の Jessie Conrad の言を引用して「苦しい状



Marguerite Poradowska in 1890 s.

ていることから文筆活動の話題が生じたと思われる。極論すればコンラッドの後半生の作家生活への大きな転機はこの時の伯母 Marguerite との出会いにあったと言える。Baines は「コンラッドは Marguerite の作品に魅かれたと言っているが、それはおそらく文学的な味わいよりもむしろ彼の女性に対するやさしさであったのであろう」(J. C. C. B. p. 109) と穿った見方をしているが、彼女の美貌、威厳、高い素養、それに持ちまえの人を魅きつける性格、彼を「甥」として親身になって世話をしてくれる暖かさにコンラッドが心を魅かれたのも当然のことであつたろう。いわゆる「伯母・甥」とか「親戚のよしみ」などという域を越えて、両者の間には文学における「同志」とか「親友」という独特の感情さえもあったと考えられる。コンラッドはマレー半島を中心にした多島海域 (Malayan Archipelago) を航海していた時代から暇を見つけてはその地方の話題、伝説、人々などをメモしながら徐々に執筆を続けている作品があった。これは後に *Almayer's Folly* として 1895 年に彼の第 1 作として発表される小説である。Marguerite に出会ったとき、この原稿のことも話題となって、彼はフランス語で共著としてこの作品を発表することさえも提案したこともあった。

アフリカ行きについては、コンラッドが彼女にその希望を打ち明けて全面的な協力をして貰うことになったのは前述の *Heart of Darkness* の引用にある通りであった。コンラッドは Ukraine に叔父を訪ねた帰路、Marguerite のとり計らいで Brussels で Thys に会うことができたようである。その結果ようやく彼のアフリカ行きが具体的に実現したと考えられる。

態にも拘わらず、否、そのおかげでおそらくは同情という固い結びつきがコンラッドと Marguerite の間にたちまちのうちに出来た。彼女は 40 才のはじめだが美女の誉れ高く、ジュシー・コンラッドはそれから 10 年後にこの Marguerite に会っているが『あのかたはこれまでに見たこともないくらいに美しい人だったと思います』と書き残している。(p. 108) と語っている。おそらくはこうした持ちまえの美貌と才能で彼女は社交界に名が知られていたことは当然のことだったろうし、彼女の父親が Royal Belgian Archives (ベルギー王立公文書保管所) に所属していたことで信望も篤く、政財界に多くの友人がいたことも容易に考えられる。コンラッドは Brussels には 2 日間滞在し、その間にこの「伯母と甥」の間でさまざまな話題が生れた。その中には、コンラッドのアフリカ行きについての希望とそれに対する彼女の全面的協力の約束は勿論あったが、さらに、彼女が文学的才能に秀で

3

コンラッドは Ukraine へタデウスを訪ねる日程が切迫していたことから Alexander Poradowski の葬儀まで滞在できずに Brussels を離れている。伯母の依頼で Charles Zagorski という Alexander の甥に計報を伝えるため Warsaw へ向った。しかし、この一家が更にそれより南東の Lublin にいる

ことを知り2月13日ようやくこの一家に会った。2月14日の手紙ではこの時の様子を伝えている。その後、Warsaw から Lipovetz を経て1898年2月16日にタデウスの待つ Kazimierowka へ到着した。

Once more he sees the sun setting on the plain as he used to see it on his childhood journeys. It is twenty years since he saw the sun setting on that land. Night is falling. Lulled by the rapid even movement of the sledge, the captain gives himself over to childhood memories, while in the dusk vast unfenced fields glide by, with a cottage here and there. At last the lights of Kazimierowka shine out, and waiting on the threshold is Uncle Thaddeus, with a warm embrace for the nephew he has not seen since that too brief glimpse at Marienbad, ready to clasp to his generous temperate heart "Monsieur le capitaine an long-cours de la marine marchande britannique".

(*The Sea Dreamer* p.157)

彼が幼い頃に旅の途中よく見ていたと同じように大平原に太陽が沈んでいくのを彼は再び眼のあたりにする。20年ぶりのことだ。夜の帷がおりてきた。スピードのあるなめらかなソリの動きにウトウトとして幼い頃の思い出に耽っていく。一方、たそがれの中へひろびろと果てなくひろがる中に、点々と小屋の見える畑地が次々と過ぎていく。そしてとうとう Kazimierowka の灯りが輝いてくる。タデウス叔父が戸口で待っている。Marienbad でゆっくりと話もできずに別れて以来会っていない甥を、寛容で温和な心ゆくまで「外国航路のイギリス商船の船長閣下」をしっかりと抱きしめてやろうと思って待っているのだ。

Kazimierowka ではタデウスの大歓迎を受け、4月18日まで約2ヶ月をゆっくりとすごしたあと Lublin を経て Brussels に4月27日 Thys を訪ねている。コンラッドの4月11日付の Thys 宛の手紙によれば、Thys がコンラッドに宛てた手紙が London の留守にしている家に届き、その後紛失していて内容がわからないため彼自身が直接会って内容を確認する目的であったようである。Thys からの話については、彼の従姉妹の Maria Bobrowska へ1890年5月2日に書いた手紙の中で「すぐには手紙が書けませんでした。このところずっと忙殺されてきましたし、現に今もそうなのです。4日もすればコンゴへ出発する予定です。中央アフリカへ3年間滞在の支度をしなくてはなりません。・・・」(*The Collected Letters of J. C.* p. 48) とあることから、アフリカ行きの話がはっきりしたことがわかる。話が具体化された経緯については *Heart of Darkness* の中で Marlow が説明している。

アフリカにあるこの会社所属のデンマーク人の Fresleven という「無類の温厚な」船長が些細なことから現地の部族の首長を叩き始めた。その光景を見ていた部族の中で首長の息子がたまりかねて手にしていた槍で Fresleven を刺し殺してしまったという事件があった。そのため船長に欠員ができた、というのである。この事件の信憑性について J. Baines は「事実とはほぼ一致している。亡くなった船長の名前にしてもわずかに変えているだけである。それも恐らく故意のものではなかろう。作品の中では Fresleven となっているが、実際は Freisleben であった」(*J. C. C. B.* p. 110n.) と述べている。

一方、伯母の Marguerite Poradowska がアフリカ行きについてコンラッドを快く援助していることは、1890年4月14日付で伯母へ対して「鄭重かつ素晴らしきにおたより拝読しました。私のアフリカ行きの計画をこのように御配慮いただきましたことお礼の申しようもありません。本当にありがとうございます。」(*The Collected Letters of J. C.* p. 48) とコンラッドが最高の感謝の辞を送っていることからもうかがわれる。

アフリカ行きの話はかなり急を要するものであったらしく、コンラッドは5月2日にロンドンに戻り5月7日には Brussels に会社を訪れて契約書にサインをしている。それから直ちに Bordeaux に行き、フランス船 Ville de Maceio 号でアフリカの Boma に向けて出帆したのは G. Jean-Aubry によれば5月12日であった(F. R. Karl は5月10日頃としているし、5月6日という説もある)。「雨降りのうっとうしい日で、あまり愉快的な出帆ではなかった」とコンラッド自身が出帆後3日して Teriff から伯母に手紙で伝えている。

アフリカでのコンラッドの任務については5月22日に Sierre Leone の Freetown から彼が Charles Zagórski に宛てた手紙から判断できる。

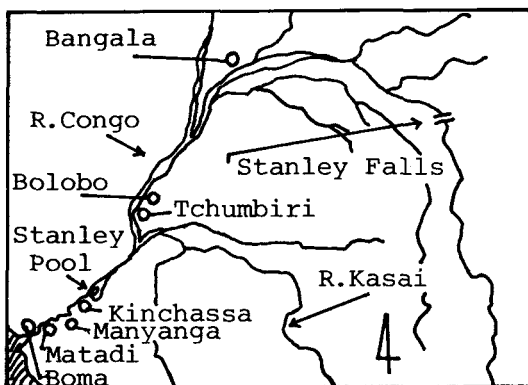
...I am due to reach Boma on the 7th of next month and then leave with my caravan to go to Léopoldville. As far as I can make out from my 'letter d' instruction' I am destined to the command of a steamboat, belonging to M. Delcommune's exploring party, which is being got ready. I like this prospect very much, but I know nothing for certain as everything is supposed to be kept secret. What makes me uneasy is the information that 60 per cent. of our Company's employees return to Europe before they have completed even six months' service. Fever and dysentery!...

(The Collected Letters of J.C. p.52)

...来月7日に Boma に到着、次に私のキャラバンと共に Leopoldville へ出発の予定です。私の受け取った指示に見られる限りでは、Delcommune 氏の率いる探検隊所属の汽船の指揮をとることになっています。この船は準備中です。私はこのもくろみは気に入っているのですが、万事を秘密にしておかなくてはなりませんので、私にははっきりしたことはわかりません。私が気がかりなのは、私のいるこの会社の従業員の6割が6ヶ月の任務を待たないで欧州へ帰っているという情報です。発熱や下痢など...

それから Dakar, Conakry, Sierra-Leone, Grand Bassam, Kotonou, Libreville, Loanga そして Banana にそれぞれ寄港して6月12日に Boma に到着した。外洋専用の大型船 Ville de Maceio 号からこの港で河船に乗りかえなくてはならなかった。この間の様子も *Heart of Darkness* の中に扱われているが、翌13日に Matadi に入港している。

コンラッドはその後の動向を克明に日記に記して *The Congo Diary* として *Tales of Heresay and Last Essays* (1928) の中に発表している。彼のコンゴ紀行についてはこの日記の主な点と彼の書簡および *Heart of Darkness* と *An Outpost of Progress* (1896) と比較してみると、当時の彼の行動が一層明確になろう。日記はまず Matadi から始まっている。



The river Congo
(Conrad's Western World より)

Made acquaintance of Mr. Roger Casement, which I should consider as a great pleasure under any circumstances and now it becomes a positive piece of luck. Thinks, speaks well, most intelligent and very symapathetic.

(*Last Essays* p.161 from *Tales of Hearsay and Last Essays*)

Roger Casement 氏と知りあった。これはどんな状況のもとでも大きな喜びと考えるべきである。そして今、それがはっきりした好運になっているのだ。この人物は思想、話し方もしっかりしていて、聡明かつ同情心が厚い。

コンラッドは作品の上では特に Roger Casement から影響を受けている様子は直接的には見られないが彼の思想的な行動に共鳴するところがあったようである。Roger Casement (1864-1916) は Dublin に生まれたアイルランド人である。アフリカの英国領事館の仕事を始めているうちにベルギー領コンゴの非人道的な実態を本国に報告するようになり世界的に注目を浴びた。次にブラジルのアマゾン河奥地でも同様の報道を本国に伝えた。これらの功績で1911年には Knight の称号を授けられて19年間の公務から退いた。その後、母国アイルランドの完全独立運動に加わりドイツの援助を求めて暗躍したためイギリス政府に1916年大逆罪で捕えられロンドンで1916年8月8日に絞首刑に処せられている。

The Congo Diary の中でもコンラッドが好意的に書き留めているただ一人の人物であることも Roger Casement の上述のような行動からみて肯ずける。後になって1903年に彼がロンドンにコンラッド夫妻を訪ねているが、コンラッド夫人 (Jessie Conrad) は「Sir Roger Casement というアイルランド人の狂信的なプロテスタントがお見えになり2晩泊まっていられました。黒々としたアゴヒゲに、鋭い眼射しを常に配るとてもハンサムなお方でした。お人柄がとても印象的でした」(*Joseph Conrad and His Circle* pp. 103-104) と当時の姿を語っている。

アフリカではコンラッドは Roger Casement を通じて数名の知人ができたが、6月24日の両者の別れた時の様子を「Gosse と R. C. (=Roger Casement を指す——筆者注) とは多量の象牙をもって Boma に出発。G. (=Gosse を指す——筆者注) が戻ってきたら上流に出かける予定。現在自分は象牙の箱詰め作業に大わらわである。馬鹿らしい仕事である。今のところ体調は良好。Simpson 氏、英国政府、Purdy 船長、Hope 氏、Froud 船長それに Mar (=Marguerite Poradowska を指す——筆者注) へそれぞれ手紙を書いた。この地には社会生活の著しい特徴がある。人々はお互いに悪口を言いあっている」と描いている。*Heart of Darkness* の中で Kurtz が象牙採取に魅せられて遂に狂ってしまう場面を想起させる。

...Ivory? I should think so. Heaps of it, stacks of it. The old mud shanty was bursting with it. You would think there was not a single task left either above or below the ground in the whole country. 'Mostly fossil', the manager had remarked, disparagingly. It was no more fossil than I am; but they call it fossil when it is dug up. It appears these niggers do bury the tusks sometimes — but evidently they couldn't bury this parcel deep enough to save the gifted Mr. Kurtz from his fate. We filled the steamboat with it, and had to pile a lot on the deck. Thus he could see and enjoy as long as he could see, because the appreciation of this favour had remained with him to the last. You should have heard him say, 'My ivory'. Oh yes, I heard him. 'My Intended, my ivory, my station, my river, my —' everything belonged to him.

(*Heart of Darkness* pp.115-116)

…象牙だって？ ぼくはそう思うよ。物凄い象牙の量だった。象牙の山だったよ。あの古びた泥で作った小屋は象牙で破裂しそうだった。この地方の地面という地面は地上であれ地下であれ1本の象牙も残ってないと思うかもしれないよ。『大部分は化石さ』と

支配人が軽蔑して話していた。そいつは僕と同様に化石なんかじゃないが、掘り出されたら化石って言うんだ。このあたりの黒人たちは時々象牙を地面に埋めているらしいのだが、あの天才クルツを彼の運命から救い出すことができるほどの深さまで象牙の箱を埋めることができなかったことははっきりしている。汽船に象牙を満載して甲板にも山積みになくなくてはならなかった。そういうわけで、彼は目の見えるかぎりは見えてのしむことができたのだ。だって彼には最後の死ぬまでの偏った好みを鑑賞する力が残っていたからだ。彼が『僕の象牙だ』というのを聞くべきだったよ。そうだ。あの男が言うのを聞いたさ。『僕の許婚者、僕の象牙、僕の出張所、僕の河、僕の——』なにもかもすべてがあの男のものだった。

この当時の Matadi の町はコンゴ河航行の第1の拠点としてさまざまな人種の人々で賑わっていた。G. Jean-Aubry によれば、1890年には170人のヨーロッパ人が住み、英国、ポルトガル、オランダ、フランスなどがそれぞれ工場を設けていたし、Matadi と Kinchassa という奥地の集落の間には鉄道の敷設工事が始まっていて町全体が活気に溢れていたようである。しかしコンラッドは Roger Casement と知りあった以外ではできる限り人との交際を避けるように努めたようである。それは先述の抜すいにあるように白人同志が悪口を言いあったり、象牙の欲に駆り立てられている醜い白人たちの姿を目のあたりにして失望落胆したためであろう。

An Outpost of Progress (1896) の主人公 Carlier と Kayerts に見られるこっけいな諷刺と二人の悲劇的な結末のいきさつの中にはコンラッドがこの当時に体験した白人の虚栄、欲望そして脆さが描かれている。

6月28日に Roger Casement と「名残りを惜しみつつ」別かれて Matadi を32人と共に徒歩で出発し、途中 M'poso で2人のデンマーク人が加わり、蚊に悩まされ森林を通り抜け、山や谷を越えて苦しい行進を続けた。7月3日の日記では「充分睡眠をとって6時に出発。低い山地を越えて広い溪谷というよりも平原に出てきた。この中央部で休憩する。政府の視察官に出会う。それからしばらくして野営地で一人の Backongo 族の死体を発見した。射殺されたのだろうか。悪臭がたちこめていた」(*Last Essays* p. 163) と衝撃的な場面を記している。*Heart of Darkness* の中でもこの場面が取り入れられている。

... Once a whiteman in an unbuttoned uniform, camping on the path with an armed escort of lank Zanzibaris, very hospitable and festive — not to say drunk. Was looking after the upkeep of the road he declared. Can't say I saw any road or any upkeep, unless the body of a middle-aged negro, with a bullet hole in the forehead, upon which I absolutely stumbled three miles farther on, may be considered as a permanent improvement.

(*Heart of Darkness* p.71)

ある時はボタンのとれた制服を着た白人に会った。ひょろひょろと背ばかり高いサンジバル人の武装した警備兵をつれて道ばたにキャンプしていた。酔払っているとは言えないまでも実に愛想がよく陽気な白人で、道路の修復工事の監督をしていると言っていた。僕がそれから8マイル進んだところで全く足がとまってしまったが、その時に出くわした額に銃弾の孔のあいた中年の黒人の遺体を永久の修復と考えないとすれば、ぼくは他に道だとか修復とかを見ただなんて言えっこないさ。

さらに7月4日の日記でも「また遺体に出会った。物思いに耽っているような格好で道ばたに転んでいた」(*ibid.* p. 165)と記しているが、コンラッドの「暗黒大陸」の凄じさと暗澹たる心境を映しだしているようである。

Manyanga には7月8日午前9時到着と記されている。17日間をここに滞在している。コンラッドはこれまでの道中の厳しい気候条件や険しい山谷の行進の連続に体調をすっかり崩してしまった。わずかにこの地で Heyn と Jaeger という2人の人物から ‘Most comfortable and pleasant’ のもてなしを受けたことを喜んでいる。

7月29日の日記に「上流からいやな知らせが届いた。汽船が全部動かないという。一隻は難破したということだ」(*ibid.* p. 169)とある。コンラッドが衝撃を受けたのは、これらの船の中に彼が指揮をとる予定の Florida 号も含まれたからであることは言うまでもない。この時の様子を *Heart of Darkness* の中ではもっと具体的に描いている。

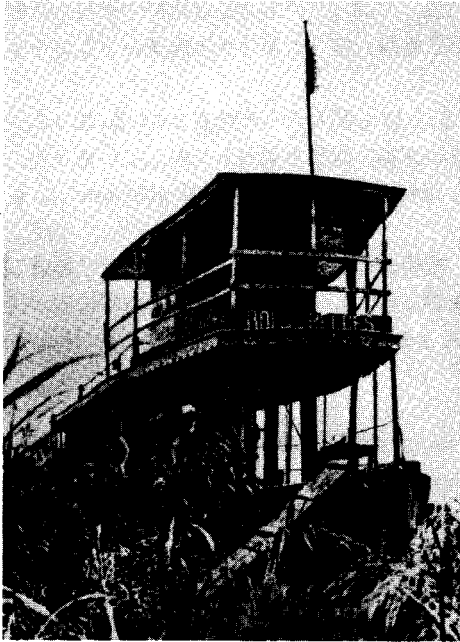
“I did not see the real significance of that wreck at once. I fancy I see it now, but I am not sure — not at all. Certainly the affair was too stupid — when I think of it — to be altogether natural. Still … But at the moment it presented itself simply as a confounded nuisance. The steamer was sunk. They had started two days before in a sudden hurry up the river with the manager on board, in charge of some volunteer skipper, and before they had been out three hours they tore the bottom out of her on stones, and she sank near the south bank. I asked myself what I was to do there, now my boat was lost. As a matter of fact, I had plenty to do in fishing my command out of the river. I had to set about it the very next day. That, and the repairs when I brought the pieces to the stations, took some months.

(*Heart of Darkness* pp.72—73)

「僕はあの難破の本当の意味がすぐにはのみこめなかった。今ならわかっていると思うが自信はない——まったく自信なんてありはしない。確かにあの事件はあまりに馬鹿げていたよ——今それについて考えてみるとね——だからとても自然だなんてありえなかった。今でも……だがあの時はただ怪しからぬ厄介な出来事ということだった。汽船が沈んでしまったというわけだ。2日前、支配人を乗せて、自ら志願した船長の指揮で急に出発したのだ。そして出かけて3時間もしないうちに坐礁して船底を破ってしまい南岸近くで沈んでしまったのだ。僕の船が失くなってしまったとなってはそこに行っても僕は何をしたらいいのだろうと考えた。実際には河から僕の乗る船を引き揚げるにしてもすることは沢山あった。その次の日にはその作業に取りかからなくちゃならなかった。そいつは僕が出張所へ部品を持ってきてからの修理とあわせると数ヶ月はかかった。

8月2日にコンラッド一行は目的地の Kinchassa に到着している。ここには、ドックがあって先述の Florida 号など壊れた船の修理が行われていた。これらの修理に使われる部品は下流からひとつひとつ人間が背負って運んで来るという悠長さであった。従って修理の完了までの所要日数はとても予想できるようなものではなかった。結局 Florida 号はコンラッドがアフリカ滞在期間内に修理は完了しなかったというのも肯ずける。

この不測の事故のためやむをえず別の船に乗り組むこととなった。彼は ‘supernumerary’(定員外乗組員)という資格で、同じ会社所属の Roi de Belges号というデンマーク人の船長 Koch が指揮する15トンの ‘wood-burning’(木炭船)に乘組み、8月4日に Kinchassa を出発して Stanley Fallに



The Picture of the Roi de Belges

向った。外洋の航海術についてはベテランのコンラッドも河の航行については初めてのことであり Koch 船長のもとで貴重な技術を体得したことは当然考えられる。Roi de Belges 号には彼のほかに Camille Delcommune, 技師の Gossens 及び Keyaerts, Rollin, Van der Heyden など商社の各出張所の営業支配人が同乗していた。乗組員としては30人のアフリカ人を2隻の舢舨と2隻のカヌーに分乗させてひき連れていた。

これらの同乗者の中で Camille Delcommune についてはコンラッドが後年直接 G. Jean-Aubry に語ったところによると「彼の敵意に満ちた様子」を嫌って「心底から軽蔑」していたということである。

しかし客観的に考えてみると F. R. Karl や Norman Sherry が述べているように「コンラッドが Kinchassa に大幅に遅れて到着したこと、Delcommune 自身が局地的な火災や Florida 号の事故などで神経過敏になっていたからだけでなく、それに加えて全く異質の社会階層に育ち、野

心に満ちた二人の若者(コンラッドが32才、Delcommune が31才)の間には、出会ったその瞬間から意志の衝突があった」(*Three Lives of J. C.* p. 295) のは当然の成り行きであったと考えられる。Delcommune はこの当時 Acting Vice Manager (副支配人代理) であったがその2年後の1892年12月26日に熱病で死亡している。*Le Congo illustré* (コンゴ画入り新聞) の1893年2月26日号は Delcommune を偲んで「原地人の気持を鎮めることに秀れ」、「コンゴ奥地の象牙採取では最初のヨーロッパ人」であり、「アフリカを愛し、コンゴ地方におけるヨーロッパ人の素晴らしい将来の見透しをたてていた」と最高の人物評を残している。ここで興味深いことは、上述の Delcommune 評が *Heart of Darkness* の Kurtz の人物評と酷似していることである。すなわち、Kurtz は「全ヨーロッパが Kurtz の養育にかかわりをもち」(p. 117)「才能に恵まれた」(p. 113) 雄弁で暗黒大陸の奥地で絶対の権力を持つ人物である。

4

コンラッド一行が Roi des Belges 号で Stanley Fall へ行った目的は「内陸部の出張所の勤務交替と、危篤状態にある同所の営業社員の George Antoine Klein を連れ戻す」(*Three Lives* p.295) ことにあった。*Heart of Darkness* の中で、Marlow 一行がアフリカ奥地に苦難の行進を続けるその目的が Kurtz を救出するためであることと実際のコンラッドのコンゴ河溯航とは非常に似通った点が多くあることに気がつく。またそればかりか、Klein が作中の Kurtz と相通じるのである。ただ、この名前的一致については深い意味はないと言うのが定説である。

実在した Klein は、1863年4月9日に Paris で生まれた。コンラッドとはほぼ同じ年頃にコンゴに派遣され1888年12月頃コンラッドと同じ道程で Kinchassa に向けて出発し、勤務地の Stanley Fall にはコンラッドがアフリカに来る1ヶ月くらい前に着任していたと考えられる。この当時の Stanley

Fall では赤痢が流行していたという。Klein もその例にもれずアフリカに来て1ケ年半、Stanley Fall ではまだ4ヶ月もたたないうちにこの病気を患い、9月6日頃にコンラッドの指揮する Roi des Belges 号でコンゴ河を下ることになる。先述のように Stanley Fall は赤痢が大流行していて、船長の Koch もコンラッド自身も赤痢に苦しんだようである。コンラッドは1890年9月26日付の Marguerite Poradowska 宛の手紙の中でもこのことについて「実は往航中、2ヶ月で4回熱病に苦しみました。そして Falls (=Stanley Fall を指す——筆者注)では(この病気の発生地であるが)赤痢に罹って5日間苦しみました。体力的にもすっかり弱り、大いに士気も失せてしまいました」と述べているが、少なくとも船長よりは元気だったようである。Koch 船長の回復状況を待っていたため出帆は何日か予定よりも遅れてしまったが、支配人の Camille Delcommune はコンラッドを船長代行に任命して9月6日に Stanley Fall を出帆している。彼の辞令によれば「汽船 Roi des Belges 号の指揮を本日(=9月6日を指す——筆者注)より Koch 船長の体調の回復までの期間」任命するとあるが、実質的に何日間をコンラッドが指揮したのかは記録に残っていない。ともかく紆余曲折はあったがアフリカでの河船の船長を志してヨーロッパを離れて約5ヶ月してやっと代行で短期間ながら15トンの建造後3年の小さな河船の「船長」となることができた。Stanley Fall を出て途中で Kurtz のモデルとされる George Antoine Klein が赤痢で9月21日に船上で死亡したため、Chumbiri (Bolobo) に寄港してこの土地の墓地に埋葬するというハプニングがあった。そして9月24日に Kinchassa に到着している。G. Jean-Aubry など殆んどコンラッド研究家は Stanley Fall から Kinchassa までの復航の大部分はコンラッドが船長代行したとしているが、Norman Sherry は Bangala で赤痢を患っていた Koch の友人 Captain Duhst の日記から、Roi des Belges 号が9月15日に Bangala に寄港して一泊した時に Koch 船長が Duhst 船長を見舞いに訪ねたという事実を突きとめている。従って、すくなくとも Koch 船長が健康を回復して、船の指揮もコンラッドと交替していた、と考えることができる。

この時の復航の彼の体験は、彼がアフリカ滞在中も常に原稿として持ち歩いた作品 *Almayer's Folly* の背景に生かされ、*Heart of Darkness* や *An Outpost of Progress* などの作品の背景に描かれている。それは彼が Delcommune や Klein をはじめ、現地の白人たちのエゴイズムと物欲などコンラッドがそれまでの人生で味わったことのない人間の一面に対峙して苦渋と辛酸を甜め尽した挙句の作品群となって著わされたのである。

Heart of Darkness の中で Marlow が Kurtz の死を眼のあたりにしたあと「死と取り組みあって」いて「間一髪で最後の宣告を受ける」(pp. 150-151)ほどの重態にいたるのは、コンラッドが伯母に宛てた手紙で触れている赤痢に当たると思われる。さらに Marlow は言葉を続けている。

“No, they did not bury me, though there is a period of time which I remember mistily, with a shuddering wonder, like a passage through some inconceivable world that had no hope in it and no desire. I found myself back in the sepulchral city resenting the sight of people hurrying through the streets to filch a little money from echo other, to devour their infamous cookery, to gulp their unwholesome beer, to dream their insignificant and silly dreams. (ibid.)

「いや、ぼくは葬られはしなかった。そりゃドキッとするほどに戦慄を覚えてぼんやりと思い出すことのできるような時期はあったよ。それは望みも欲もない何か信じられないような世界への旅みたいなものだった。ふと気がついてみるとぼくはあの墓場のような都会にいてではないか。そして人々が気ぜわしく街を往ったり来たりしてお互いにわずかのお金を盗みあったり、感心できない料理をむさぼり食い、体に悪いビールをガブガブ飲んで

くだらない馬鹿げた夢を見る光景にばくは憤慨しているのだった。

Marlow は病気に倒れたあと急にアフリカからヨーロッパの大都に帰っている。すなわち作者はここで作者の Kinchassa までコンゴ河を下ってきた時点から ロンドンへ帰るまでの間を全く省いていることが判る。はたしてこの期間に何があったのか、何故コンラッドはこの間を作品に取り入れなかったのか、という疑問が生じてくる。

9月24日にコンラッドが Kinchassa に戻ってきた時に彼は従姉妹の Maria Tyszkowa に宛てた手紙で「Kassai 河への新たな探検の準備で忙しくしています。2, 3日したら再び、おそらくは数ヶ月間、いや、ひょっとすると1年かそれ以上もの間は当地 Kinchassa を離れることになりましょう。だから私からの便りが長い間なくても決してご心配なさらないように」と、いかにも嬉しそうに支度に追われている様子を伝えている。ところがそれから2日後に伯母の Marguerite Poradowska へ宛てた手紙では彼の様子が一変している。ただ単に伯母に対しての甘えと愚痴としては片付けられない点がある。しかも先述のイトコ宛の手紙で2, 3日後には探検隊と共に出発しているはずなのに伯母に手紙を書いているのである。文面は彼がアフリカに来て感じたことをそのまま率直に表わしているといってもよからう。フランス語で書かれた長い手紙である。初めの部分では Marguerite からの手紙を3通ほど Stanley Fall でまとめて受け取ったこと、Roi des Belges 号では supernumerary として乗船したこと、Marguerite が王立美術院で大成功を博したという知らせへの祝辞が書かれている。次に彼自身については「伯母上のこのたびの朗報は荒涼とした冬の寒空にたれこめた灰色の雲間からさしこむ一条の陽光でした。それというのも私のここでの毎日は暗澹としたものですから。自分を偽わろうとしてもだめです。はっきり言ってここに来たことを後悔しています。まったく後悔しています」と激しい口調で心境を書いている。そして具体的に彼のいるアフリカについて「すべて私は気に食いません。人間も環境も。とりわけ人間は嫌いです。誰彼構わずこの私を嫌いだ、とわざわざ吹聴して歩く支配人から、いちばん下っ端の機械修理工に至るまでみんな気に食わないのです。だから、こちらだってみんなには良く思われているに違いないでしょう。この支配人というのがただのアフリカの小売商人あきんどのくせにいっばしつちの商売人面をした卑劣漢で平凡な象牙商人なのです。名前は Delcommune と言います。イギリス人を毛嫌いしています。おかげでこちらまでそのような眼で見られているのです。この男がここにいる間は私は昇進も昇給も望めません。その上、この男は、私のヨーロッパでの約束事もちゃんとした契約書がなければここでは通用しない、と言うのです。Wauters 氏が私にしてくださったことも通用しないのです。おまけに私が指揮する船がないので何も期待できません。新しい船は来年6月までかからないとできません。その間の私のここでの仕事ははっきりしないので困っています」(The Collected Letters of J. C. Vol. 1. p. 62) などと連綿と続いている。

この中で Delcommune とは Camille Delcommune という支配人のことであり、コンラッドとは会った時から気性のあわない、いわば犬猿の仲であることは既に述べてきた。ところが、コンラッドが Kinchassa で合流することをたのしみに支度していた探検隊というのは隊長が Alexander Delcommune といって、Camille Delcommune とは兄弟であった。

Norman Sherry は Delcommune 兄弟とコンラッドについて *Heart of Darkness* の Marlow まで言及して *Conrad's Western World* の中で推測している。

It is difficult to know whether Conrad had any particular contact with Alexander Delcommune. Marlow says of the manager's uncle who is based on Alexander Delcommune that he 'spoke to no one but his nephew', and it might have been the case that Alexander avoided Conrad, thus confirming for Conrad the hostility of the Delcom-

munne brothers towards him. Conrad's description of the manager's uncle could be based upon Alexander's physical appearance, though with a malicious exaggeration of certain characteristics: 'he resembled a butcher in a poor neighbourhood, and his eyes had a look of sleepy cunning. He carried his fat paunch with ostentation on his short legs' (P87)

(Conrad's *Western World* pp.85-86)

コンラッドが Alexander Delcommune と何らかの特別な契約をしていたのかどうかは知り難い。Alexander Delcommune をモデルにした「支配人の叔父」(= *Heart of Darkness* に登場する人物——筆者注)について Marlow は「自分の甥以外とはだれとも口をきかなかった」と語っている。そして Alexander がコンラッドを避けたのはそのためだったのかもしれない。こうして Delcommune 兄弟が自分に対して敵意を持っているとコンラッドははっきりと思いこんでしまった。支配人の叔父についてのコンラッドの描写は、特定の特徴を意地悪く誇張しているが、Alexander の体の格好をモデルにしていると言えよう。「この男はうらぶれた界隈の肉屋のオヤジといったところだった。眼には眠たそうな中に狡さがあった。短い脚の上にはこれみよがしにデッカイ腹を載せていた」

Heart of Darkness の中では「支配人の叔父」が率いる探検隊というのは Eldorado Exploring Expedition (エルドラド開発遠征隊)と称し「海賊同志で交わされる話」と変わるところがなく、「無鉄砲」で「食欲」で「残忍」な、いわば盗賊と変わらぬ集団であった。この集団が実際の Alexander の率いる探検隊と同じようなものだったのでコンラッドが失望落胆して身を引いたのか、あるいは Delcommune 兄弟が意図的にコンラッドに定職を与えなかったのかははっきりしない。いずれにしても Alexander の一行はコンラッドを加えないで10月17日に Kinchassa を出発している。

一方、コンラッドは1890年10月19日頃 Kinchassa を出発しているが、*A Personal Record* の中では「Kinchassa から Leopoldville までのコンゴ河の実に凄い帰りの旅——もう少しははっきり言えば正規の漕ぎ手の定員の半分で大型のカヌーに乗って夜間に航海した」(p. 14)とあり、体調も赤痢の再発のためか思わしくなかったようである。その後 Boma に寄港して Matadi には12月4日に到着した。ヨーロッパへは1891年のはじめに帰ったと思われるがはっきりした記録はない。しかし *Heart of Darkness* の Marlow と同じく大都会へ命からがら悄然として帰り伯母に慰められるとあるが、コンラッドは Brussels の伯母のもとで休養している。その2日後ロンドンに戻ると友人 Krieger の勧めで Dalston にある German Hospital で静養と痛めていた脚の治療のため入院している。

5

入院は2ヶ月に及び、アフリカでのコンラッドの受けた心身への傷の深さの一端を知ることができる。そして、ここで改めて 'Before Congo, I was just a mere animal.' とコンラッド自身の口から出たこの言葉が思い浮かんでくる。少年時代の単なる憧れ、職を求めるならアフリカへという甘い気持から踏み込んだ暗黒の大陸はまさに闇の奥 (heart of darkness) そのものだったのである。身も心も傷ついて、German Hospital の看護婦をして「この人はもう死んでしまう」とハラハラさせる程に重態で生死をさまよったのである。G. Jean-Aubry はコンラッドのコンゴ行きを称して「アフリカは船員コンラッドを殺し、作家コンラッドを強めた」(*J. C. L. L.* p. 142) といみじくも言っている。たしかに、これまで述べてきた通り、作品とアフリカでの様々の人々、状況の関係は密接なつ

ながりを持っていることがわかる。更に重要なことは、コンラッドが命を賭して体験して培われた精神的な面は後の作品では大きく実っていくのである。

〈本文中の省略説明〉

J.C.L.L. : Joseph Conrad Life and Letters, vol. 1

J.C.B.B. : Joseph Conrad A Critical Biography

Three Lives : Joseph Conrad : The Three Lives

The Collected Letters of J.C., vol. 1 : The Collected Letters of Joseph Conrad Volume I 1861—1897

〈参 考 文 献〉

Joseph Conrad : *Tales of Hearsay and last Essays*, J.M.Dent and Sons Ltd., London, 1955.

Joseph Conrad : *The Mirror of the Sea and A Personal Record*, J.M.Dent and Sons Ltd., London, 1960.

Joseph Conrad : *Almayer's Folly and Tales of Unrest*, J.M.Dent and Sons Ltd., London, 1986.

Joseph Conrad : *Youth, Heart of Darkness, and the End of the Tether*, J.M.Dent and Sons Ltd., London, 1971.

G.Jean-Aubry : *Joseph Conrad Life and Letters, vol. 1*, Doubleday, Page & Co., New York, 1927.

Jessie Conrad : *Joseph Conrad and His Circle*, Dutton, London, 1935.

G.Jean-Aubry : *The Sea Dreamer: A Definitive Biography of Joseph Conrad*, George Allen & Unwin Ltd., London, 1957.

(Edited by) Leonard F. Dean : *Joseph Conrad's Heart of Darkness*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1960.

Jerry Allen : *The Sea Years of Joseph Conrad*, Methuen & Co., London., 1967.

Jocelyn Baines : *Joseph Conrad A Critical Biography*, Weidenfeld and Nicolson, Lowe & Brydone Ltd., London, 1967.

Norman Sherry : *Conrad's Western World*, Cambridge At the University Press, London, 1971.

Frederick R.Karl : *Joseph Conrad : The Three Lives*, Faber and Faber, London, 1979.

(Edited by) Frederick R. Karl and Laurence Davies:

The Collected Letters of Joseph Conrad Volume 1, Cambridge University Press, Cambridge, Britain, 1983.

(昭和61年4月15日受付)

メタノール添加による 小型汎用ガソリンエンジンの燃費低減

(機械工学科) 河 口 勇 治
(機械工学科) 鍋 本 暁 秀

Fuel Economy of Small Size Gasoline Engine for General Purposes with Methanol Gasoline Blends

Yuji KAWAGUCHI
Akihide NABEMOTO

Experiments were carried on blending effects of methanol into fuel in a small size gasoline engine for general purposes. Spark timing, characteristics of carburetor and compression ratio were adjusted to gasoline fuel and not to blended fuel.

The following results were obtained:

- 1) The addition of methanol to a commercial regular gasoline resulted in a reduction of specific energy consumption at any load.
- 2) With the blending rates of less than 20%, the equal power output was obtained at full throttle operation. Beyond 20%, power output was diminished.
- 3) With 20% blending rates, the specific energy consumption was reduced about 20% compared to the base gasoline.

1. 緒 言

ガソリンエンジンの代替燃料としてアルコールを使用する試みは、1973年の石油ショック以来積極的に行われるようになった。^{(1)~(7)}

アルコールはガソリンにくらべて、発熱量は約1/2となるが、燃焼速度は約10%、オクタン価は約20%、ともに大きいという特徴をもっており、火花点火エンジンに適した燃料といえる。また、アルコールはガソリンとよく混合するので混合燃料として使用することもできる。ただし、メタノールの場合は、吸湿による相分離がおき易いという性質⁽⁶⁾への配慮が要る。このため、エタノールの場合は10%程度の混合燃料として、メタノールの場合は100%の純メタノール燃料として使用される傾向にある。

わが国では、価格および供給量の問題からメタノールの利用が考えられてきた。純メタノール燃料

を自動車用エンジンに使用した実験例⁽⁷⁾では、点火時期、空燃比、圧縮比などを適値とすることにより、ガソリン燃料の場合にくらべて、出力が約3%、熱効率が約10%向上したこと、および排ガス特性については問題がないことなどが報告されている。

しかし、アルコールエンジンの実現性は燃料事情と深くかかわっている。現状では、わが国における実現性は皆無であり、将来の燃料事情変化に対応するための基礎研究の段階にとどまっている。

筆者らは、アルコールを代替燃料としてではなく、燃焼改善用の添加剤として考えてみた。小型汎用ガソリンエンジンを選び、点火時期、気化器の空燃比特性、圧縮比などに手を加えることなく、メタノールを燃料に添加することの効果を調べてみた。その結果、20%程度のメタノール添加率ならば、エンジンの出力性能に影響を与えることなく、燃費を20%程度低減できることがわかった。これらの性能試験の結果について報告する。

2. 実験装置および方法

実験に使用したエンジンは川崎重工業製のカワサキ空冷エンジン (FG2000D) である。その仕様を表1に示す。このエンジンを東京プラント工業製のE6型渦電流式電気動力計に接続し出力を測定した。

実験では、まず純ガソリン燃料の場合の絞り全開における全負荷性能を各回転数において測定し、これを基準にして部分負荷を3/4, 2/4, 1/4と規定した。

燃焼改善の効果をみるために燃料消費量を測定し、燃費率を算出した。メタノールを添加すると発熱量が変化するので燃料消費量を比較しても効果を判定しにくい。このため、発熱量を純ガソリンと同一の値に換算した換算消費量を求め、これをもとに換算燃費率を算出した。

燃焼改善の効果をみる他の方法として、指圧線図を採取した。圧力の検出には、リオン製のKR圧力検出点火プラグ (YG-01) およびインジスコープ (YA-01) を用い、記録にはグラフィック製のリニャコードマークⅦを使用した。

また、メタノール添加による燃焼状況の変化を大気圧下で目視した。添加率の異なる燃料を一定量入れたシャーレを並べて、同時に点火し、炎の色、すすの出具合、燃えつきた後のシャーレの汚れ具合などを観察した。

メタノールの添加は実験の直前に行き、添加後よく攪拌した。燃焼状況の目視の場合は、体積割合で10%きざみに90%までメタノールを添加した。エンジンの性能試験では10%きざみに50%まで添加した。50%までとしたのは、それを越えると出力変動が大きくなり安定した測定ができなかったからである。

以下では、メタノール添加率10%の場合の燃料をM10のように表すことにする。表2に

表1 供試エンジン

名 称	空冷4サイクル立形側弁式ガソリン機関
型 式	カワサキ FG2000D
内径×行程 mm	71×51
総排気量 cc	201
圧 縮 比	6.4
定 格 出 力 PS/rpm	3.8/3600
最 大 出 力 PS/rpm	5.0/4000
最大トルク kgfm/rpm	0.99/2800
最小燃費率 g/PS·h-rpm	305-2800

表2 低位発熱量

燃 料	低位発熱量 (kcal/kg)
ガ ソ リ ン	10600
M 10	10020
M 20	9440
M 30	8860
M 40	8280
M 50	7700
メ タ ノ ー ル	4800

各添加率の場合の発熱量を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 大気中での燃焼観察

大気中におけるシャーレ上の燃焼を観察した結果は次のようである。

純ガソリンの場合、炎の色は液面近くから炎の先端まで黄色である。炎の先端からは大量のすすを発生している。燃えつきた後のシャーレの壁面には黒い汚れが大量に付着している。

純メタノールの場合、炎の色は無色といってもよいほどのあわい青色であり、炎の長さはガソリンの場合の1/2以下である。すすは発生しない。燃えつきた後のシャーレにも汚れはない。

メタノールの添加量を増すと、液面近くの炎の色がうすくなり、すすの発生量が減少する。また、燃えつきた後のシャーレの壁面の汚れもうすくなる。

メタノール添加率を90%にすると、炎の下半分はメタノール特有のあわい青色で、炎の先端が黄色を帯びる程度となり、すすの発生はみられない。また、炎のあわい青色部分に小さな黄色の輝点があらわれては消えているのがみられる。これは熱分解を受けたガソリンが燃焼しているものと思われる。

この黄色の輝点は、メタノール添加率が50%をこえると認められるようになり、添加率の上昇とともに目立つようになる。

以上のことから、メタノールを添加すると、メタノールがガソリンよりも先に燃焼して高温の雰囲気をつくり、ガソリンからのすすの発生をおさえているように思える。

3.2 換算燃費率

図1に、絞り弁全開時のエンジン性能を示す。M10およびM20の場合、3400rpmより低回転側ではガソリンにくらべて出力の差はみられないが、高回転側でやや低下がみられる。

M30, M40, M50では、添加率を増すにつれて出力が低下するようになり、特に高回転側でその程度が大きい。図1には平均値が記入してあるが、M30より添加率を増すと、特に低回転側において出

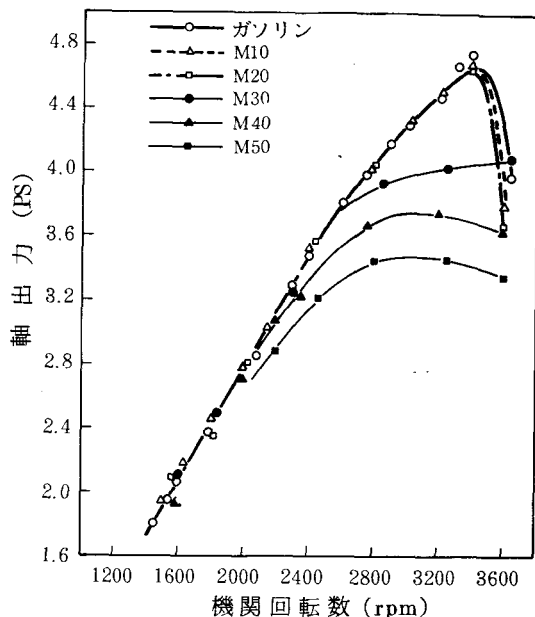


図1 絞り弁全開時の軸出力

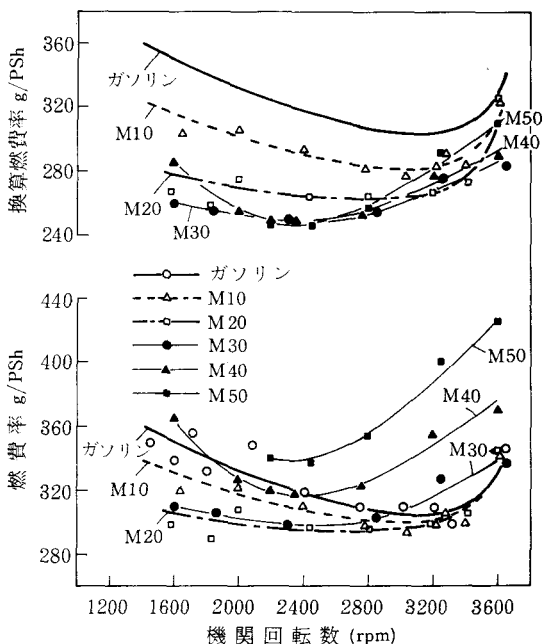


図2 絞り弁全開時の燃費率および換算燃費率

力の変動およびそれに伴う回転数の変動が目立つようになる。

図2に、絞り弁全開時の燃費率および換算燃費率を示す。発熱量の違いを考慮しないで実消費量から計算した燃費率と、一定の発熱量に換算した場合の換算消費量から計算した換算燃費率とでは、添加率の効果が異ってあらわれている。換算燃費率と熱効率は対応関係にあるから、添加率の効果をみるには換算燃費率の方が適している。

図2から、すべての添加率において換算燃費率が低減していることがわかる。M10では10%程度、M20では20%程度である。

図3に部分負荷における換算燃費率を示す。M30, M40, M50については記入していないが、これらの場合、部分負荷にすると出力変動およびそれに伴う回転数の変動があらわれて安定した測定が困難になるからである。

部分負荷においても、M10の場合で約10%、M20の場合で約20%の換算燃費率の低減がみられる。

3.3 指圧線図

図4にガソリンの場合の絞り弁全開時の指圧線図を、図5にM20の場合の絞り弁全開時の指圧線図を示す。これらを重ねてみても差異は全くみられない。M20の発熱量はガソリンとくらべて11%も低く、そのぶん混合気濃度がうすくなっているにもかかわらず、燃焼速度には変化があらわれていないことがわかる。

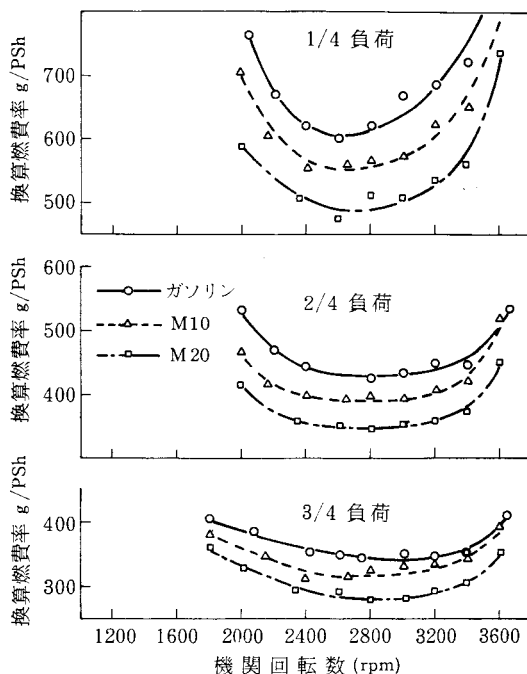


図3 部分負荷時の換算燃費率

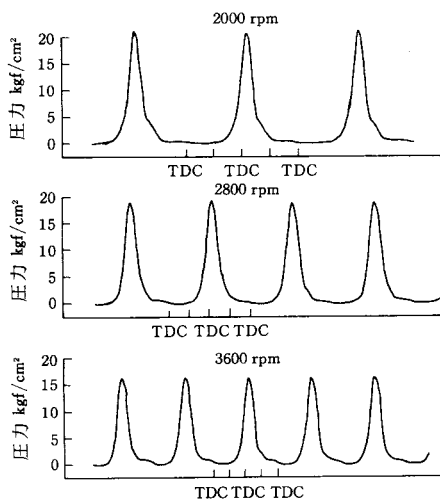


図4 絞り弁全開時の指圧線図(ガソリン)

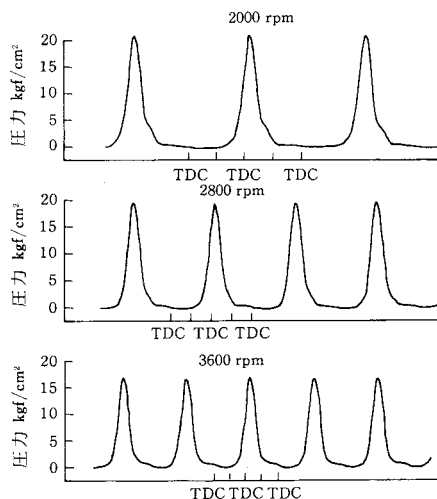


図5 絞り弁全開時の指圧線図(M20)

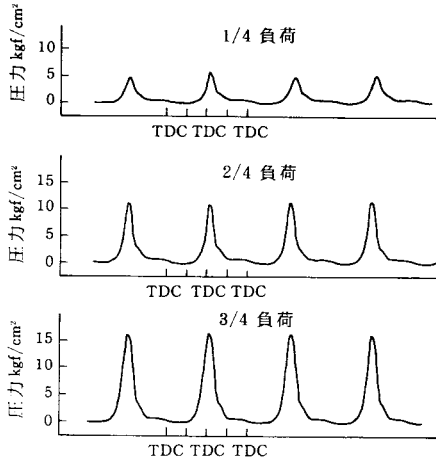


図6 部分負荷時の指圧線図
(ガソリン, 2800rpm)

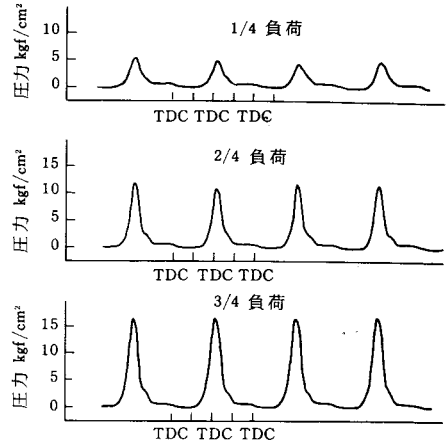


図7 部分負荷時の指圧線図
(M20, 2800rpm)

図6にガソリンの場合の部分負荷の指圧線図を、図7にM20の場合の部分負荷の指圧線図を示す。いずれの場合も、線図を重ねてみると差はみられない。部分負荷の場合も、燃焼速度に変化がないことがわかる。

M10の場合の指圧線図についても上と同様で、ガソリンの場合と全く差はみられない。

M30, M40, M50については、負荷が1/2の場合の2000rpm以下で、燃焼速度の向上があらわれる。また、負荷が1/4の場合の2400rpm以下でも、燃焼速度の向上があらわれるが、この場合は、あらわれたり、あらわれなかったりして安定しない。その他の負荷および回転数ではガソリンの場合と同じである。図8に燃焼速度が向上した場合の指圧線図の例を示す。

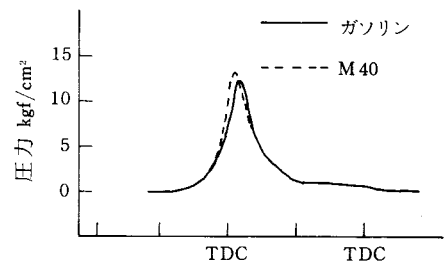


図8 燃焼速度が向上した場合の指圧線図
(2/4負荷, 2000rpm)

以上の結果の特徴をまとめると次のようである。

メタノールは発熱量が低いという欠点と燃焼性がよいという長所をもっている。メタノールを添加したガソリン燃料も同様な特徴をもっているといえる。

本実験では、試験したすべての負荷、回転数で換算燃費率が低減したが、これは、メタノール添加により燃焼性がよくなることと、混合気がうすめになることとの両方の働きにより不完全燃焼が減少したためと思われる。

燃焼性がよくなることにより燃焼速度が向上することを期待したが、本実験ではメタノールを添加しても変化はなかった。田中ら⁽⁴⁾は当量比が一定になるように調節した実験で、メタノールを添加すると燃焼速度が向上すること、その効果はうすい混合気の場合に大きいことなどを明らかにしている。また、アルコール添加率を一定にして当量比を小さくすれば燃焼速度が低下することも示している。気化器に手を加えていない本実験では、メタノールを添加すれば当量比が小さくなっており、当量比の影響も加わって燃焼速度に変化があらわれなかったのであろう。

また、メタノールの発熱量が低いために最大出力が低下する懸念があったが、20%以下の添加率で

は変化はあらわれなかった。これは、燃焼速度は変わらないが不完全燃焼が減少するという燃焼改善効果があらわれて発熱量低下を補ったためであろう。しかし、添加率が20%をこえると最大出力は低下するようになり、実用的には添加率20%が限度であるといえる。

添加率20%では、換算燃費率が約20%低減した。これは、燃料量の節減が約20%できることを意味しており、メタノール添加の効用が十分あったといえる。

4. 結 言

小型汎用ガソリンエンジンで、メタノールを添加した燃料を用いて性能試験を行い、次のようなことを明らかにした。

1. メタノールを添加することにより、全負荷および部分負荷ともに換算燃費率が低減した。
2. 添加率が20%以下ならば最大出力に変化はないが、それをこえると最大出力は低下した。
3. 添加率20%で換算燃費率は約20%低減した。
4. 20%以下の添加率では、燃焼速度に変化はあらわれなかった。

終りに、実験に協力いただいた当時の学生の住田祐司（日本特殊陶業）、吉野学（三田工業）の両君に謝意を表する次第である。

文 献

- 1) AFT 国内委員会編、代替エネルギーとしての燃料アルコールの問題、第1集、(1980)、開発社
- 2) 村中、ほか3名、日機講論（内燃機関合同シンポジウム）、(1982)、19
- 3) 山田、内燃機関、22-283 (1983)、17
- 4) 田中、ほか2名、内燃機関、23-297 (1984)、9
- 5) Menrad. H、ほか1名、SAE Technical Paper Series, 831686 (1984)
- 6) 中山、ほか2名、日機講論（内燃機関合同シンポジウム）、(1979)、187
- 7) 室木、ほか1名、マツダ技報、No.3 (1985)、133

(昭和61年4月15日受付)

管路・ダクト内層流過渡流れの 助走区間における流れ場の解析

(第1報 平行平板間および円管内ステップ流の速度場)

(機械工学科) 赤 尾 不 二 雄
(大阪大学) 井 口 学

Analysis of Transient Laminar Flows

in the Entrance Regions of Ducts and Circular Pipes

(1st Report, Velocity Distributions of Suddenly Started Laminar Flows in Parallel-Plates Channels and Circular Pipes)

(Dept. Mech. Eng.) Fujio AKAO
(Osaka Univ.) Manabu IGUCHI

Developments of transient axial velocities in the entrance regions of parallel-plates channels and circular pipes due to a stepwise change of flow rate at the entrance are studied numerically. The comparisons of the present finite difference solutions with the published results for developing steady flows and with the calculated ones from the analytical exact solutions for transient flows in the fully developed regions make it clear that the accuracies of the present numerical solutions are satisfactory under the condition that the order of Reynolds number Re is beyond 10^2 . The numerical solutions provide the informations for the instantaneous entrance lengths of transient flows. The approximate analytical solution for transient laminar flow in parallel-plates channel is derived and the applicable range of this solution is examined.

1. はじめに

流体輸送管路・ダクト内に発生する非定常流の過渡特性を正確に把握することは、例えば水撃や油撃によって生ずる最大圧力上昇などの予知、流量、圧力および粘性抵抗間の定量的相互関係の評価、あるいは逆流の有無を予測するなどといった点で工業上重要であり、古くからこれらに関する研究は非常に多くなされてきている。しかしながら、過渡流の助走区間域における特性の解明を目的とした研究は極めて少なく、乱流の場合に対してはこれまでまったく行われていないようである。また層流

の場合でも、著者らが知る限り、ステップ流に対する Avula⁽¹⁾の理論解析や、これをさらに改良、一般化した棚橋⁽²⁾の報告、あるいは中野らのステップ流および脈動流に対する解析と実験に関する報告^{(3)~(6)}など、いくつか散見されるが、これらはすべて円管に対するものであり、長方形管に代表される非円形管路内流れに対して行われた研究はいまのところないようである。そこで著者らは、工業的に最も頻繁に使用されている長方形管に着目し、同管路内の層流過渡流の助走区間における流動特性について解明を試みることに着手した。

長方形管路内層流の助走区間における流れ場の研究は、これまで定常流に対してのみ行われているようであり、例えば対流項の線形化法を用いた Han⁽⁷⁾, Flemming ら⁽⁸⁾あるいは運動量積分法による立花⁽⁹⁾などの近似解析解が提示されており、Carlson ら⁽¹⁰⁾, Breily⁽¹¹⁾による差分法に基づく数値解析結果も報告されている。またわずかではあるが, Sparrow ら⁽¹²⁾, Goldstein ら⁽¹³⁾, Beavers ら⁽¹⁴⁾による実験結果も参照することができる。ところが、非定常流に対する報告はまったくみられない。これは長方形管路内の非定常流の場合、円管の場合よりもさらに1つ多い独立変数すなわち、空間座標 x, y, z および時間 t の4つによって支配されるため、近似解析的アプローチにかなりの困難が伴うことはいうまでもないが、数値解析を行うとしても、 x, y, z 方向の3つの運動方程式と連続の式を解かなくてはならないので、精度の良い結果を得るには膨大な計算時間が必要とされ、かつ計算値に対する誤差評価も容易に行えないなど、いくつかの困難な点が存在するためであろう。そこでここでは、この問題解明の第1歩として、アスペクト比が ∞ となる平行平板間流に対してまず検討を行う。この場合、流れは x, y, t の3つの独立変数のみによって支配されるので、解析は一般の長方形管の場合と比べ比較にならないほど容易に行うことができる。具体的には、まず運動方程式および連続の式を差分近似し、同式に基づく計算結果を定常流に対する従来の結果^{(15)~(21)}ならびに十分発達した位置における過渡流の厳密解と比較して、その適用範囲と精度を確認した後、ステップ流に対して計算を行い、軸方向速度成分の発達状況を図示するとともに、助走距離の時間依存性を表によって示す。また、Oseen 近似法を用いて対流項を線形化して近似解析解を導出し、この解によって速度分布の発達過程がどの程度正確に記述できるかについて検討を行う。なお、同様の差分計算を円管に対しても実施し、両流れ場の発達過程の類似点について考察する。

2. おもな使用記号

- | | |
|--|---|
| D_h : 水力直径 = $4 \times (\text{管路横断面積}) / (\text{浸辺長})$,
平行平板で $4h$, 円管で $2R$ となる。 | u_p : 代表速度, ステップ流では一定値 u_m をとる。 |
| h : 平行平板間高さの半分 | v : 高さあるいは半径方向速度成分, $v' = v/l_p / \nu$ |
| l_p : 代表長さ, 平行平板では h , 円管では R とする。 | x : 軸方向座標, $x' = x\nu / (l_p^2 u_p)$ |
| L_e : 助走距離, $L_e' = L_e \nu / (l_p^2 u_p)$ | y : 高さ方向座標, $y' = y/l_p$ |
| p : 圧力, $p' = p / (\rho u_p^2)$ | β_n : 方程式 $\tan \beta_n = \beta_n$ の第 n 番目の正根 |
| R : 円管の内径 | ν : 動粘性係数 |
| Re : レイノルズ数 = $D_h u_p / \nu$ | ρ : 密度 |
| r : 半径方向座標, $r' = r/l_p$ | 添字はか |
| s : ラプラス演算子, $s' = l_p^2 s / \nu$ | cl : 中心軸上の値を表す。 |
| t : 時間, $t' = \nu t / l_p^2$ | i, j, k : 差分格子上的軸方向位置, 高さあるいは半径方向位置および時間ステップを表す。 |
| u : 軸方向速度成分, $u' = u/u_p$ | 0 : 入口 $x=0$ での値に付ける。 |
| u_m : 横断面平均速度, $u_m' = u_m/u_p$ | \wedge : ラプラス変換した量に付ける。 |

3. 解析方法

まず図1に示すような無限の幅および長さを有する平行二平板間に、入口 $x'=0$ から非圧縮性流体が一樣な速度分布で流入を開始する場合の流れ場を対象として検討を行うことにする。解析に先立ち、流れは層流で外力、温度場の影響を受けないものとし、かつ圧力 p' は横断面内で一定、すなわち p' は軸方向座標 x' と時間 t' の関数であると仮定する。ただ、厳密には助走区間内の圧力 p' は横断面内で変化するので、精度のよい解を求めるには p' を y' の関数とも考えて取り扱う必要がある。この場合には、例えば工業上有用な助走距離 L_e' は x', t' および Re の関数となるのに対し、横断面内で p' が一定と仮定して求めた L_e' は x', t' のみの関数となって非常に整理しやすい。おもにこのような実用上の観点から横断面内の圧力を一定とする仮定を採用したわけだが、これによる誤差の程度は本解析においても、後掲の連続の式(2)から v' を求めることによって類推できるので、以下の解析では v' に対する結果も一部参考までに示した。以上の仮定に基づけば、未知量は軸方向速度成分 $u'(x', y', t')$ 、高さ方向速度成分 $v'(x', y', t')$ および圧力 $p'(x', t')$ の3つであるので、つぎに示す運動方程式(1)と連続の式(2), (3)を基礎式として採用し解析を行うことにする。

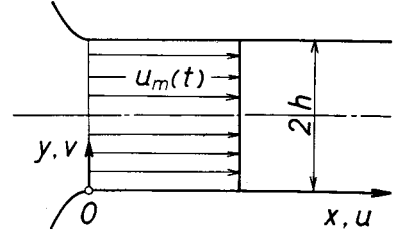


図1 平行平板の座標系

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + u' \frac{\partial u'}{\partial x'} + v' \frac{\partial u'}{\partial y'} = -\frac{\partial p'}{\partial x'} + \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'} = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\int_0^1 u' dy' = u_m' \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} t' &= t\nu/l_p^2, \quad u' = u/u_p, \quad u_m' = u_m/u_p, \quad v' = v l_p/\nu, \\ p' &= p/(\rho u_p^2), \quad x' = x\nu/(l_p^2 u_p), \quad y' = y/l_p \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

また、円管の場合には、図2に示すように座標系をとり、前記した平行平板間流とまったく同じ仮定に従うと、式(1)～(3)に対応する式はつぎのように書くことができる。

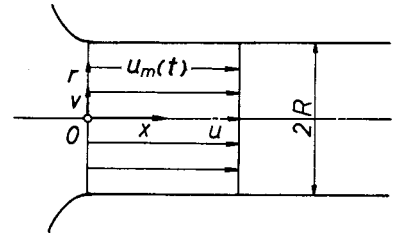


図2 円管の座標系

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + u' \frac{\partial u'}{\partial x'} + v' \frac{\partial u'}{\partial r'} = -\frac{\partial p'}{\partial x'} + \frac{\partial^2 u'}{\partial r'^2} + \frac{1}{r'} \frac{\partial u'}{\partial r'} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial r'} + \frac{v'}{r'} = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\int_0^1 r' u' dr' = u_m'/2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

なお、式(1)～(7)に含まれる代表速度 u_p には横断面平均速度 u_m を、また代表長さ l_p には平行平板で h 、円管で R を採用することにする。

3・1 差分近似式

式(1)～(3)あるいは式(5)～(6)を解析的に厳密に解くことは、例えば定常流に対してでさえ現在のところ

ろ不可能であり、何らかの近似法を用いて解析せざるを得ない。そこでここでは最も簡便な手段として差分法を利用して数値解を求めることにする。

3・1・1 平行平板

式(1)の差分化にあたっては非線形項 $u'\partial u'/\partial x'$, $v'\partial u'/\partial y'$ の取り扱いが問題となる。これに対しては、(i)軸方向刻み1ステップ前の u' , v' の値(既知)を用いて線形化する方法⁽¹⁵⁾や、(ii) v' は入口近傍以外のところではほとんど零となるので $v'\partial u'/\partial y'$ は(i)と同様にして取り扱い、 $u'\partial u'/\partial x'$ だけを u' の予測値 u_{pr}' を用いて $u_{pr}'\partial u'/\partial x'$ として u_{pr}' と u' が等しくなるまで繰り返し計算を行う方法、また(iii)連続の式(2)を $v' = -\int_0^{y'} (\partial u'/\partial x') dy'$ と変形し、式(1)に代入して非線形微分積分方程式として取り扱う方法⁽²⁰⁾などいくつか考えられるが、ここでは(i)の方法を用いることにした。なお(i)の方法よりも(iii), (iii)の方法を用いた方がより近似度の高い解が得られることになるが、(i), (ii)の両方法に基づく計算値の差異については後の4・1・1項で述べることにする。

ところで、一般に助走区間域の流れは特に入口近傍の壁付近で u' の高さ方向の勾配が大きいため、壁側の差分格子を細かくすることが計算精度を高めるためには重要となる。そこで高さ方向に不等分割した差分格子を用いることにして式(1)をつぎのように近似した。なお、前述の仮定より流れは中心軸 ($y'=1$) に関して上下対称であるので、解析は $0 \leq y' \leq 1$ の領域を対象とする。

$$C_p u'_{i,j-1,k} + D_p u'_{i,j,k} + E_p u'_{i,j+1,k} = F_p \quad (8\cdot a)$$

$$C_p = \frac{2 - \Delta y'_{j+1} v'_{i-1,j,k}}{\Delta y'_j (\Delta y'_j + \Delta y'_{j+1})} \quad (8\cdot b)$$

$$D_p = \frac{1}{\Delta t'_k} + \frac{u'_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \frac{2 + (\Delta y'_{j+1} - \Delta y'_j) v'_{i-1,j,k}}{\Delta y'_j \Delta y'_{j+1}} \quad (8\cdot c)$$

$$E_p = \frac{\Delta y'_j v'_{i-1,j,k-2}}{\Delta y'_j (\Delta y'_j + \Delta y'_{j+1})} \quad (8\cdot d)$$

$$F_p = \frac{u'_{i,j,k-1}}{\Delta t'_k} + \frac{u'_{i-1,j,k}^2}{\Delta x'_i} + \frac{p'_{i-1,k} - p'_{i,k}}{\Delta x'_i} \quad (8\cdot e)$$

ここで添字 i, j, k は図3に示すように軸方向位置、高さ方向位置および時間ステップをそれぞれ表す。つぎに連続の式(2)は、Bodoia & Osterle⁽¹⁵⁾と同様次式で近似した。

$$\frac{u'_{i,j,k} - u'_{i-1,j,k} + u'_{i,j-1,k} - u'_{i-1,j-1,k}}{2\Delta x'_i} + \frac{v'_{i,j,k} - v'_{i,j-1,k}}{\Delta y'_j} = 0 \quad (9)$$

最後に式(3)の評価にあたっては、先にも述べたが詳しくは表1に示すように、入口から下流に向かってしだいに粗くなる3種類の差分格子を用い、各横断面では壁近傍の差分格子を細かく、中心付近で粗くなるように横断面を区間に区切り、さらに各区間を等分割する方法を採用した。そこで各等分割区間にシンプソンの公式を適用することによって式(3)を評価した。

計算の対象とする領域は $0 \leq x' \leq 0.4$ までとした。こ

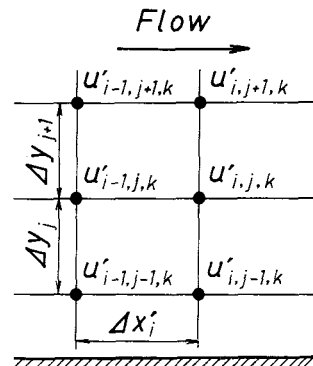


図3 平行平板の差分格子

表 1 差分格子点の配置

$0.0001 \leq x' \leq 0.0019$ ($i = 1 \sim 28$)	$j = 1 \sim 16$	$\Delta y_j' = 0.0125$
	$j = 17 \sim 20$	$\Delta y_j' = 0.025$
	$j = 21 \sim 22$	$\Delta y_j' = 0.05$
	$j = 23 \sim 28$	$\Delta y_j' = 0.1$
$0.002 \leq x' \leq 0.0098$ ($i = 29 \sim 83$)	$j = 1 \sim 12$	$\Delta y_j' = 0.025$
	$j = 13 \sim 14$	$\Delta y_j' = 0.05$
	$j = 15 \sim 20$	$\Delta y_j' = 0.1$
$0.01 \leq x' \leq 0.4$ ($i = 84 \sim 414$)	$j = 1 \sim 8$	$\Delta y_j' = 0.05$
	$j = 9 \sim 14$	$\Delta y_j' = 0.1$

で x' の上限を 0.4 としたのは従来報告されている助走距離 L_e' の最も信頼性の高いと考えられる値 0.178⁽²⁰⁾ より十分下流まで計算を行うためであり、具体的計算は以下のようにして行った。まず初期条件、 $t' = 0$, $u' = v' = 0$ を考慮して $t' = \Delta t_1'$ の時間から計算を始める。入口 $x' = 0$ で $u = u_m'(\Delta t_1')$, $v' = 0$, $p' = p_0'$ なる条件を用いて下流に向かって計算を進行させ $x' = 0.4$ まで計算を行う。なお $x' = 0.4$ よりも上流で中心速度 u_{cl}' と最も壁よりの格子点での u' および圧力勾配 $-dp'/dx'$ の 3 つの計算値がすべて 1 ステップ前の軸方向位置で得られた値と 5 桁以上の精度で一致する場合には、流れは十分に発達したものとして計算をうち切る。つぎに時間ステップを 1 つ進め $t' = \Delta t_1' + \Delta t_2'$ の時間において同様の計算を行う。以下この操作を繰り返すことによって所定の時間まで計算を行うことができる。ただし、当然のことではあるが、時間ステップが 1 つ前のすべての格子点での u' の値をメモリーに入れておかなければならない。各軸方向位置での計算手順はつぎのとおりである。平板上で $u' = 0$, 平板間の中心で $\partial u' / \partial y' = 0$ なる境界条件を適用すれば式(8)は 3 項対角をなす連立方程式となり、これはよく知られた Thomas 法によって簡単に解くことができる。ただ通常の場合と異なるのは、式(8・e)の F_p に未知数 $p'_{i,k}$ が含まれていることである。そこでここでは、バンド形係数行列を Thomas 法を用いて分解し、未知数 $p'_{i,k}$ を含んだ形で $u'_{i,j,k}$ に対する表示式を求め、これを前記の方法で数値積分化した式(3)に代入することによってまず $p'_{i,k}$ を計算する。つぎにこの $p'_{i,k}$ の値をもとの $u'_{i,j,k}$ に対する表示式に代入して u' の分布を求める。最後に平板間の中心で $v' = 0$ なる境界条件を利用して式(9)より v' の分布を計算することにした。なお x' 方向の刻みは表 1 に示したように $x' = 0 \sim 0.4$ を 414 不等分割して計算を行ったが、時間刻みの採り方については次章で述べることにする。

3・1・2 円 管 式(5)を平行平板の場合と同様の考え方に基つき差分近似する。この場合、座標系の原点を図 2 に示したように管中心にとっているの、差分格子もこれに対応させて図 4 のようにとる。また管中心は特異点となるので $\lim_{r' \rightarrow 0} (1/r') \partial u' / \partial r' = \partial^2 u' / \partial r'^2$ なる関係を利用し、さらに流れの管軸対称性および管中心で $v' = 0$ なる境界条件を考慮に入れて式(5)をつぎのように近似する。

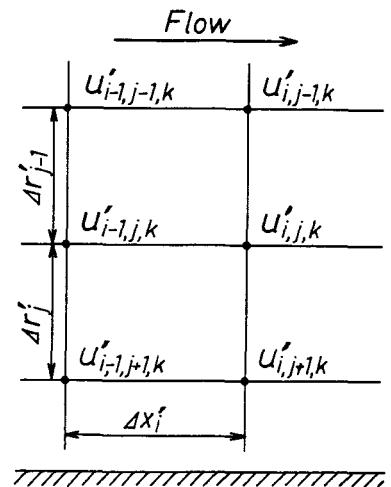


図 4 円管の差分格子

管中心 ($j=1$)

$$\left(\frac{1}{\Delta t'_k} + \frac{u'_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \frac{4}{\Delta r'^2_j} \right) u'_{i,j,k} - \frac{4}{\Delta r'^2_j} u'_{i,j+1,k} = \frac{u'_{i,j,k-1}}{\Delta t'_k} + \frac{u'^2_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \frac{p'_{i-1,k} - p'_{i,k}}{\Delta x'_i} \quad \dots\dots\dots (10 \cdot a)$$

管中心以外 ($j \neq 1$)

$$C_c u'_{i,j-1,k} + D_c u'_{i,j,k} + E_c u'_{i,j+1,k} = F_c \quad \dots\dots\dots (10 \cdot b)$$

$$C_c = - \left(v'_{i-1,j,k} - \frac{1}{r'_j} \right) \left\{ \frac{\Delta r'_j}{\Delta r'_{j-1} (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} \right\} - \frac{2}{\Delta r'_{j-1} (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} \quad \dots\dots\dots (10 \cdot c)$$

$$D_c = \frac{1}{\Delta t'_k} + \frac{u'_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \left(v'_{i-1,j,k} - \frac{1}{r'_j} \right) \left(\frac{\Delta r'_j - \Delta r'_{j-1}}{\Delta r'_j \Delta r'_{j-1}} \right) + \frac{2}{\Delta r'_j \Delta r'_{j-1}} \quad \dots\dots\dots (10 \cdot d)$$

$$E_c = \left(v'_{i-1,j,k} - \frac{1}{r'_j} \right) \left\{ \frac{\Delta r'_{j-1}}{\Delta r'_j (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} \right\} - \frac{2}{\Delta r'_j (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} \quad \dots\dots\dots (10 \cdot e)$$

$$F_c = \frac{u'_{i,j,k-1}}{\Delta t'_k} + \frac{u'^2_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \frac{p'_{i-1,k} - p'_{i,k}}{\Delta x'_i} \quad \dots\dots\dots (10 \cdot f)$$

また連続の式(6)の差分化は次式によって行った。

$$\frac{u'_{i,j,k} - u'_{i-1,j,k}}{\Delta x'_i} + \frac{\Delta r'_{j-1} v'_{i,j+1,k}}{\Delta r'_j (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} + \frac{\Delta r'_j - \Delta r'_{j-1}}{\Delta r'_j \Delta r'_{j-1}} v'_{i,j,k} + \frac{\Delta r'_j v'_{i,j-1,k}}{\Delta r'_{j-1} (\Delta r'_j + \Delta r'_{j-1})} + \frac{v'_{i,j,k}}{r'_j} = 0 \quad (j \neq 1) \quad \dots\dots\dots (11)$$

最後に連続の式の積分表示式(7)については以下のように離散化した。すなわちここでは半径方向の格子点を $r'_{j+1} - r'_j = 1/50$ ($r'_1 = 0$) なる関係に従って配置することにした。したがって格子点数は50となり、隣接する2つの格子点を通る同心円によって囲まれる面積はすべて $1/50$ となるので次式

$$\sum_{j=1}^{50} (u'_{i,j+1,k} + u'_{i,j,k}) / 2 = 50 \quad \dots\dots\dots (12)$$

によって式(7)を近似した。なお、上式において $u'_{i,51,k}$ は管壁となるのでこれを零とおくことはいうまでもない。具体的計算方法および x' 方向の刻みの採り方は前項で述べた平行平板の場合とまったく同じである。

3・2 近似解析解

層流非定常流の助走区間域における流れ場の解析は、著者らが知る限り、ほとんどが円管の場合に対して行われているようである。古くは Atabek & Chan⁽²²⁾ が二次流れを無視し、非線形項 $u \partial u / \partial x + v \partial u / \partial r$ を $u_m(t) \partial u / \partial x$ と線形化して定常的な脈動流に対して解析解を導出している。しかしこの解は u を陽に表せない欠点がある。Avula⁽¹⁾ は流れを壁より発達する境界層部分と粘性の影響を受けないポテンシャル・コア部分の二領域に分け、境界層内の速度分布を多項式で近似することによって過渡流に対する運動量積分方程式を常微分方程式に変換し、ステップ流に対して数値解析を行っている。またこれと類似の解析として棚橋ら⁽²⁾ は、運動量積分方程式中の圧力こう配をエネルギー積分方程式を用いて消去し、同式を Avula⁽¹⁾ と同様の手法で連立常微分方程式に書き換え、剛体管と多孔

質管に対して流量がステップ変動する場合のみならず、任意の立ち上がり流量に対しても適用可能な解法を提示している。両方法に基づく数値計算結果をみると、いずれも流動開始直後の時間帯で、例えば境界層厚さの管軸方向への変化に著しい不連続点が生じるなど、モデル設定上の難点がある。中野ら^{(3),(6)}は流量がステップ変動する場合と脈動する場合に対し、対流項をそれぞれ u_m および u_m の時間平均値を用いて Oseen 近似し、計算の容易な近似解析解を導いている。そしてこれらの解に基づく計算値をレーザ・ドップラ流速計を用いた速度分布の測定値ならびに差分法を用いた数値計算結果^{(3)~(5)}と比較することによって、これらの解析解が実用上満足のいく結果を与える結論としている。そこでここでは中野ら⁽³⁾と同様に Oseen 近似を行うことによって平行平板間過渡流の近似解析解を以下に導く。

対流項 $u \partial u / \partial x + v \partial u / \partial y$ を $u_p \partial u / \partial x$ と近似すれば、運動方程式(1)はつぎのように簡単化される。

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + \frac{\partial u'}{\partial x'} = -\frac{\partial p'}{\partial x'} + \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} \quad \dots\dots\dots (13)$$

上式を横断面平均し、圧力こう配に対する表示式を求めて式(13)に代入すれば

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + \frac{\partial u'}{\partial x'} = \frac{du_m'}{dt'} + \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} - \frac{\partial u'}{\partial y'} \bigg|_{y'=0} \quad \dots\dots\dots (14)$$

となる。ここで式(14)を $t'=0$ で $u'=u_m'=0$ なる初期条件を用いてラプラス変換し、壁上で $\hat{u}'=0$ 、中心軸上で $\partial \hat{u}' / \partial y' = 0$ の境界条件を満足する解を像空間で求めれば次式を得る。

$$\hat{u}' = \hat{u}_m' \left[\frac{3}{2} (1 - Y'^2) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\beta_n^2} \left(\frac{\cos \beta_n Y'}{\cos \beta_n} - 1 \right) \left\{ \frac{s'}{s' + \beta_n^2} + \left(1 - \frac{s'}{s' + \beta_n^2} \right) e^{-(s' + \beta_n^2)x'} \right\} \right] \quad \dots\dots (15)$$

式(15)中の Y' は $Y' = 1 - |y'|$ であり、 β_n は $\tan \beta_n = \beta_n$ の第 n 番めの正根である。式(15)を u_m がステップ変動するとして時間領域に逆変換すれば次式を得る。

$$0 \leq t' \leq x'$$

$$u' = \frac{3}{2} (1 - Y'^2) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\beta_n^2} \left(\frac{\cos \beta_n Y'}{\cos \beta_n} - 1 \right) e^{-\beta_n^2 t'} \quad \dots\dots\dots (16 \cdot a)$$

$$t' > x'$$

$$u' = \frac{3}{2} (1 - Y'^2) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\beta_n^2} \left(\frac{\cos \beta_n Y'}{\cos \beta_n} - 1 \right) e^{-\beta_n^2 x'} \quad \dots\dots (16 \cdot b)$$

式(16)によれば、 $x' \geq t'$ では u' の分布は軸方向位置 x' には関係せず t' のみに依存することになる。すなわち、式(16・a)は十分発達した層流ステップ流の厳密解そのものである。

4. 計算結果および検討

4・1 定常流

4・1・1 平行平板 はじめに差分近

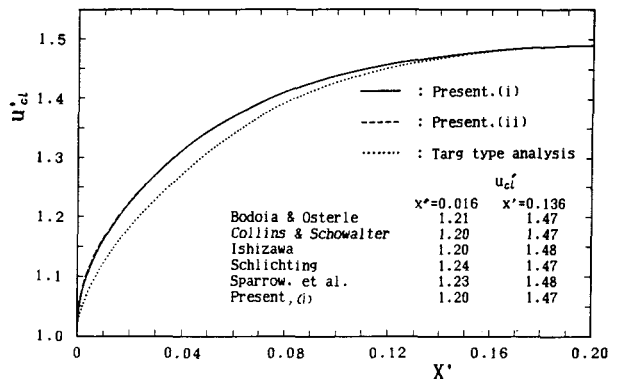


図5 中心速度の管軸方向変化

似式(8)を定常流に適用し、同式に基づく計算結果を先の3・1・1項で述べた方法、(ii)を用いた結果ならびに従来報告されている解析結果^{(15)~(21)}と比較し、本計算方法の妥当性について検討を行う。図5、6はそれぞれ中心速度 u_{cl}' および助走区間の存在によって生ずる付加的な圧力損失を表すために通常よく用いられるいわゆる付加圧力損失係数 $C(x')$ の軸方向変化を示している。なお $C(x')$ は次式

$$\begin{aligned} (p_0 - p)/(\rho u_m^2/2) \\ = \lambda x/D_h + C(x') \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

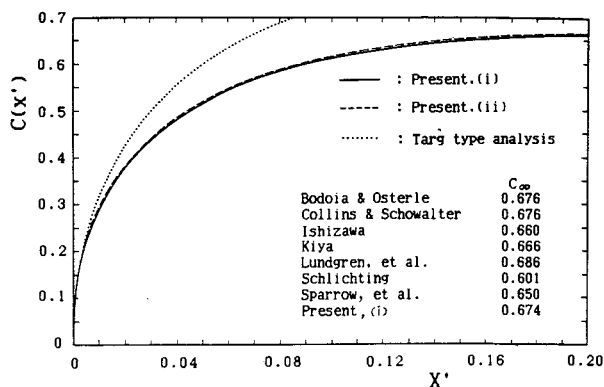


図6 付加圧力損失係数の管軸方向変化

によって定義され、同式中の λ は管摩擦係数であり、平行平板および円管でそれぞれ $96/Re$, $64/Re$ となる。まず図5に着目する。図中の実線は式(8)による結果を、また破線はそれよりも近似の精度が高いと考えられる方法(ii)によって計算した結果である。なお方法(ii)を用いた場合、入口極く近傍での繰り返し計算の回数は5、6回程度であり、下流にいくにしたがってこの回数は1、2回に減少する。入口付近では、方法(ii)による計算値の方が(i)に基づくそれよりも早く発達する結果を与えるが、両結果の差は、例えばその差が比較的大きい $x'=0.01$ の位置で0.003程度であり、さらに下流にいけば、その差はまったく無視できる程度に小さくなる。したがって、速度分布に関しては(i), (ii)の方法とも実用上は同じ結果を与えるといつてよいであろう。これは本モデルが $x'=0 \sim 0.4$ の区間を414と非常に細かく分割した差分格子を採用したことによるものである。図5中の従来の結果のうち、摂動法を用いて先駆的な研究を行った Schlichting⁽¹⁸⁾の結果は参考までに示したもので、信頼性に欠けることがすでに指摘されているのでここでは比較の対象とはしない。本結果はそのほかの比較的信頼性の高いとされている結果⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁹⁾と良好に一致している。また図中には示していないが、先に述べたかなり厳密な方法(iii)に基づいて階差方程式を解いた木谷ら⁽²⁰⁾の結果は、 p' を横断面内で一定とする仮定を採用した従来の解析の中で最も信頼度が高いと考えられるが、 $x'=0.139, 0.178$ の各位置で $u_{cl}'=1.470, 1.485$ となっており、本結果は $u_{cl}'=1.470, 1.486$ であり、非常に良く一致する。なお同図中の点線は先に示した近似解析解、式(16・b)を用いて定常流の場合を計算した結果であり、これは Sparrow ら⁽¹⁹⁾の論文中 stretched co-ordinate $\epsilon(x')$ を1とした、いわゆる Targ タイプの近似法を用いた結果としてすでに紹介されているものであるが、本数値解と比べ中心速度の発達はかなり遅い傾向を示している。

つぎに図6に着目し、方法(i), (ii)に基づく結果の差異についてみる。付加圧力損失係数 $C(x')$ は圧力こう配 $-\partial p'/\partial x'$ を x' に関して積分した量から求められるため、入口付近での僅かな計算値の差異が下流に向って蓄積されることになるが、図から明らかなように両計算結果の差は極めて小さく、実用の面からはほとんど問題とならない程度である。十分発達した位置(ここでは木谷ら⁽²⁰⁾と同じく $x'=0.4$ とした)での $C(x')$ を C_∞ と書き、この値と比較してみても方法(i)で0.674、方法(ii)で0.677なる値が得られ、これらの値は図中に示した Bodoia & Osterle⁽¹⁵⁾, Collins & Schowalter⁽¹⁶⁾, 木谷ら⁽²⁰⁾の結果とも良好に一致する。なお、Targ タイプの近似解では $C_\infty=0.8$ となかなかのくい違いが生ずることになる。

以上に述べたように、差分近似式(8)を定常流に対して用いた結果は、この方法よりもさらに近似の精度が良いと考えられる方法(ii)に基づく結果とほとんど差異なく一致し、かつ従来報告されている結

果とも十分満足のいく程度に一致する。このことは式(8)を計算に用いることの妥当性を示すものであり、以下に示す結果はすべて方法(i)に基づいて行ったものである。

代表的な x' の位置における u', v' の横断面上の分布を図7に示す。実線および破線はそれぞれ差分近似式(8)および前述の近似解析解、式(16・b)による結果であり、参考のため Bodoia & Osterle⁽¹⁵⁾

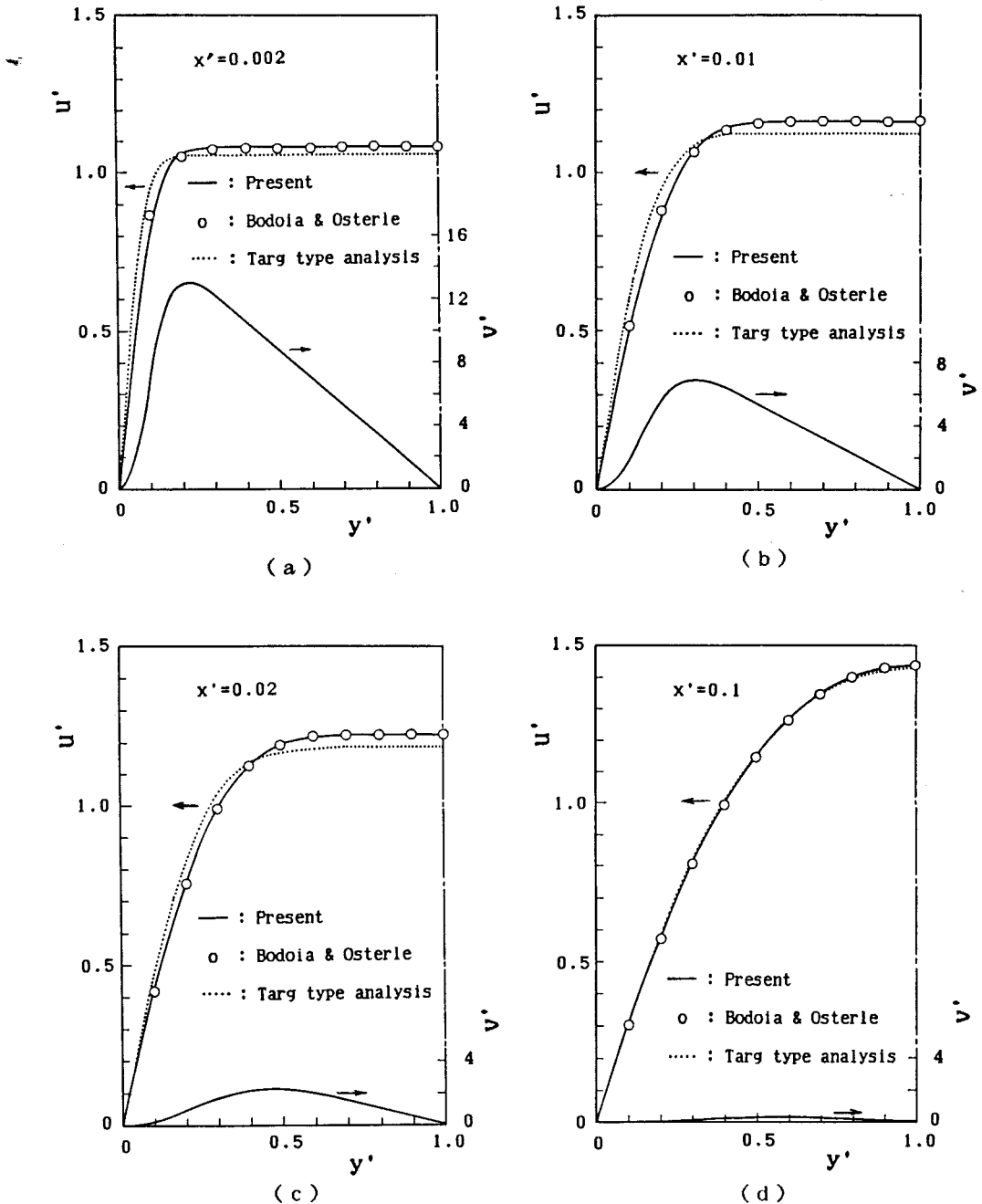


図7 平行平板間定常流の横断面上速度分布

の差分計算結果も○印で記載した。差分解による u' の分布は Bodoia & Osterle⁽¹⁵⁾ の結果とよく一致する。また点線で示した近似解析解に基づく結果は、図 7 (b), (c) において差分解と比較的大きな差異があるものの、例えば $x'=0.01$ で近似解析解は $u_{cl}'=1.124$, 差分解は $u_{cl}'=1.162$ なる結果を与え、実用上は近似解析解によっても u' の分布を比較的良好に記述できる。 v' の分布は入口近傍では壁付近にピークを有する形状をとるが、下流にいくにしたがってピーク位置は中心に向かって移動し、その大きさが急激に減少する。なお、前記のごとく本計算より求まる v' の値は本来意味のないものである。何故ならば、 v' が零でない限り、 p' は横断面内で分布を取り、 p' を y' の関数として取り扱ってこそ v' に対する議論ができるからである。ただ、この計算結果からも v の大きさは次式から類推できる。

$$v/u=4v'/(Reu') \dots\dots\dots (18)$$

例えば、図 7 (a) に示した $x'=0.002$ の位置で u', v' の最大値はそれぞれ 1, 10 のオーダーであり、 $Re=1000$ のとき v の最大値は u のそれに対してたかだか数%程度である。したがって p' の分布を考慮しなければならないのは Re 数が小さいときだけである。これに関しては、 p' を y' の関数とも考えて解析した Wang & Longwell⁽²³⁾ の結果を本計算値と比較して図 8 に示す。これは $Re=300$ と比較的小さい場合であるにもかかわらず両者の一致は良好である。したがって Re 数のオーダーが 10^2 程度以上であれば、 p' の横断面内の分布を考慮しなくともさほど大きな誤差は生じないと考えられる。

4・1・2 円 管 平行平板に対する結果からみれば円管に対する差分近似式(10)も十分な精度を有するものと考えられるが、一応確認の意味で従来の解析ならびに実験結果^{(19)(24)~(40)}と比較してみた。表 2 には前記した C_o および中心速度 u_{cl}' が十分発達した位置での値の 99% 等なわち 1.98 となる x' の値で定義した助走距離 L_o' の値を示す。 C_o に対する本結果は Hornbeck⁽³⁴⁾, Christiansen & Lemmon⁽³⁵⁾ の計算結果と良く一致しかつ比較的ばらつきの大きい実験値のちょうど平均値的な値をとっている。また L_o' の値についても摂動法 (patched), 線形化法 (linearization) を用いた従来の結果と良好に一致し、Christiansen & Lemmon⁽³⁵⁾ の結果とは完全に一致している。なお L_o' の値については比較の対象となる実験データはほとんどないので、その代わりに u_{cl}' の x' 方向への変化を測定した Nikuradse⁽³⁷⁾, Fargie & Martin⁽⁴¹⁾, Reshotko⁽⁴²⁾ の実験結果と本結果とを比較した図 9 を参考までに掲載した。また横断面上の速度分布の計算結果を従来信頼性が高いとされている Hornbeck⁽³⁴⁾ の数値計算ならびに光学的手法を用いて測定を行った Atkinson ら⁽⁴³⁾ の実験値と比較して図 10 に示した。同図および前掲の表 2, 図 9 を総合すれば、本差分解は十分な精度を有しているといえよう。なお図 10 より、円管の場合も v' のオーダーは平行平板の場合とほとんど

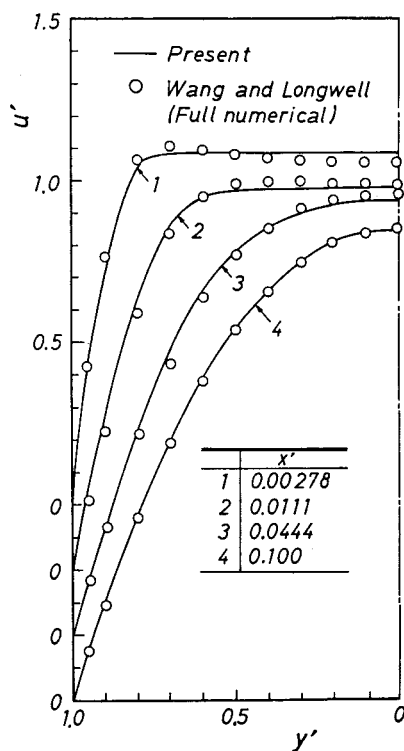


図 8 Wang and Longwell の計算値との比較 ($Re=300$)

表2 円管内定常流の C_∞ および Le' の値

Investigators	type	C_∞	Le'
Boussinesq ⁽²⁴⁾	patched	1.24	0.260
Atkinson & Goldstein ⁽²⁵⁾	patched	1.41	0.260
Collins & Schowalter ⁽²⁶⁾	patched	1.33	0.244
Langhaar ⁽²⁷⁾	linearization	1.28	0.228
McComas ⁽²⁸⁾	linearization	1.33	—
Sparrow, et al. ⁽¹⁹⁾	linearization	1.24	0.224
Tomita ⁽²⁹⁾	linearization	1.22	0.202
Schiller ⁽³⁰⁾	integral	1.16	0.115
Siegel(cubic) ⁽³¹⁾	integral	1.08	0.120
Campbell & Slattery ⁽³²⁾	integral	1.18	0.270
Schmidt, et al. ⁽³³⁾	numerical $Re=500$	1.35	—
Hornbeck ⁽³⁴⁾	numerical	1.27	—
Christiansen & Lemmon ⁽³⁵⁾	numerical	1.27	0.222
Present	numerical	1.26	0.222
Dorsey ⁽³⁶⁾	experimental	1.0~1.08	—
Nikuradse ⁽³⁷⁾	experimental	1.32	0.250
Rieman ⁽³⁸⁾	experimental	1.22~1.27	—
Schiller ⁽³⁰⁾	experimental	1.12~1.45	—
Weltmann & Keller ⁽³⁹⁾	experimental	1.08~1.32	—
Knibbs ⁽⁴⁰⁾	experimental	1.27±8%	—

同じであるので、 Re 数のオーダーが 100 程度以上では p' の r' 方向の分布を考慮なくともさほど大きな誤差は生じないものと考えられる。

4・2 ステップ流

ひとくちに過渡流といっても、実用に供されている配管路内に実際に発生する過渡流のタイプはさまざまであり、かつここで対象とする助走区間域の流れは非線形であるため、当然のことではあるが解の重ね合わせがきかない。そこでここでは、弁の開放時などにみられる過渡流のモデルとしてステップ流をとりあげ計算を行うことにした。

計算にあたってはまず時間刻みを決めなければならないが、静止状態にある流体が $t'=0$ の瞬間から一定流量で流動を開始するステップ流では、立ち上がりの時間帯で時間刻みを小さくとる必要がある。時間刻みが適正であるか否かを判定するには、十分発達した位置で計算を行い、これを厳密解と比較すればよい。一例として平行平板の場合に対して 4 種類の時間刻みを用いて $t'=0.01$ の時間に

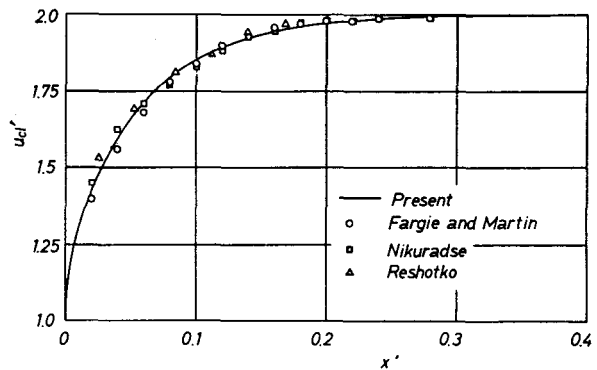


図9 円管内定常流の中心速度の軸方向変化

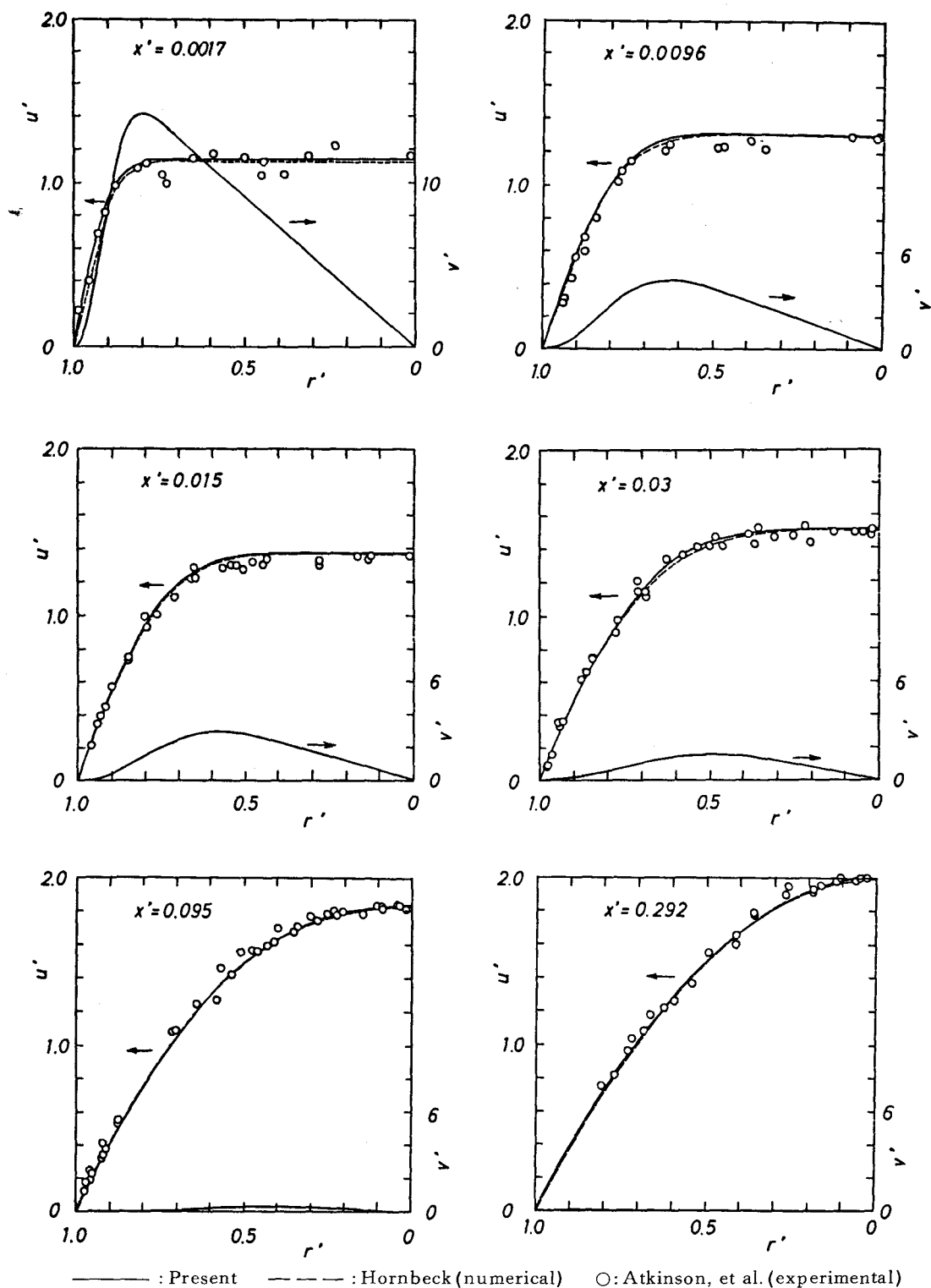


図10 円管内定常流の横断面上速度分布

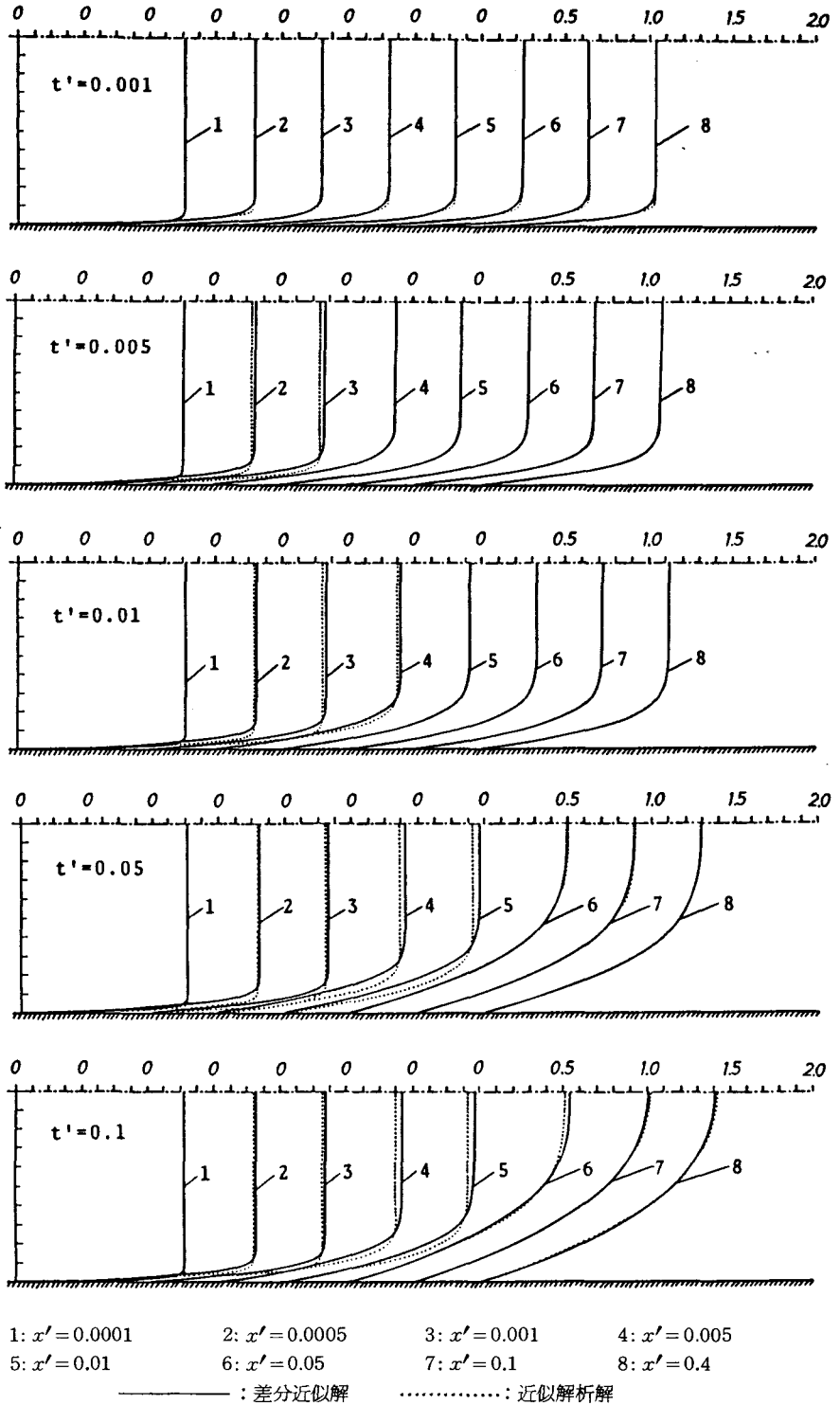


図11 平行平板間内ステップ流の横断面上速度分布

おける中心速度と圧力こう配を計算した結果を厳密解, 式(16・a)による値と比較して表3に示す。差分解による結果は, $\Delta t'$ を小さくすれば厳密解に基づく値とほとんど誤差なく一致してくるが, 中心速度についてみれば, $\Delta t'=0.001$ でも, これを5倍細かくした $\Delta t'=0.0002$ の場合でもどちらも問題となるような誤差は生じていない。また, 圧力こう配については時間刻みを細かくすることによってかなりの改善がみられる。要するに, 速度場の解析は比較的粗い時間刻みを用いても精度良く行うことができるが, 圧力場に関しては非常に細かい時間刻みを用いた計算が必要となる。このことに鑑み, ここではおもに計算時間に関する制約から速度場に関する解析に重点をおくことにして, 比較的粗い時間刻みを用いることにした。具体的には, $t'=0 \sim$

0.01 で $\Delta t'=0.001$, $t'=0.01 \sim 0.05$ で $\Delta t'=0.005$, $t'=0.05 \sim 0.4$ で $\Delta t'=0.01$ とした。したがって圧力に関する計算値には比較的大きな誤差が含まれるため, 以下速度に対する結果のみを提示する。

まず, 平行平板の場合の u' の横断面上の分布を代表的な時間および位置を選んで図11に示す。図中の点線は近似解析解, 式(16)による結果であり, 各時間において $x'=0.4$ では流れは十分発達しているのので, この計算値は層流過渡流れの厳密解による値となる。したがって実線で示した差分解の結果とこの点線との差が差分解の含む近似誤差として評価できる。同図より, $t'=0.1$ のとき, 管中心付近に僅かな誤差が認められるが, u_d' の値で1%未満であり, これより時間刻みの妥当性が確認される。また先に示した定常流に対する検討から, x' 方向の刻みも十分適正であると考えられるので, 本差分解は層流ステップ流の助走区間域における速度分布をかなり忠実に記述しているものとみなすことができよう。図11より流れは $t' \lesssim 0.01$ の時間帯では, 極く短い助走距離で発達することがわかる。これは流れに及ぼす時間的慣性力のほうが場所的な慣性力よりも支配的であること, 換言すれば対流項 $u'\partial u'/\partial x' + v'\partial u'/\partial y'$ の大きさが入口よりほんの少し下流のところすでに非定常項 $\partial u'/\partial t'$

表3 十分発達した位置での時間 $t'=0.01$ における
ステップ流の圧力勾配と中心速度
(括弧内は厳密解に対する誤差を表わす)

	$\Delta t'$	u_d'	$-dp'/dx'$
厳密解		1.1236	6.7655
	0.00100	1.1221 (-0.13%)	6.9486 (2.7%)
	0.00050	1.1228 (-0.07%)	6.8337 (1.0%)
	0.00025	1.1231 (-0.04%)	6.7791 (0.2%)
	0.00020	1.1232 (-0.04%)	6.7684 (0.04%)

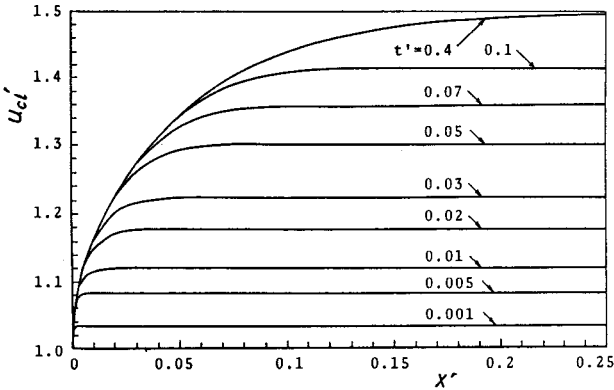


図12 平行平板間内ステップ流の中心速度の軸方向変化

表4 ステップ流の助走距離 L_e'

t'	L_e'	
	平行平板	円管
0.001	0.0004	0.0003
0.005	0.0022	0.0026
0.01	0.0064	0.0065
0.02	0.016	0.017
0.03	0.026	0.029
0.05	0.045	0.058
0.07	0.064	0.087
0.1	0.087	0.125
0.4	0.174	0.221

に比べ十分無視できるようになるためである。したがってこの対流項を線形化した近似解析解、式(16)によってもこの時間帯では良好な精度で速度分布を記述することができる。また、時間の経過に伴って流れは定常状態へと移行していくが、 $x' = 0.05$ 付近の位置で先に示した定常流の場合と同様、近似解析解はやや発達が遅れる結果を与える。図12に差分法を用いて中心速度の軸方向変化を計算した結果を、また表4には助走距離 L_s' を従来から用いられている定義、すなわち中心速度が十分発達した位置での値に対して99%となるまでの距離として求めた結果を示す。表4より、例えば $Re = 1000$ の場合、 $t' = 0.01$ の時刻では、 L_s は平板間高さ $2h$ のたかだか12倍程度の距離となる。したがって、 t' が非常に小さい時間帯では、助走区間の存在を無視しても、速度場を全体として評価するうえではさほど大きな影響を与えないことになろう。なお、近似解析解、式(16)によれば、流れは $x' \geq t'$ で完全に発達することになるが、表4の結果はこの値とオーダ的によく呼応している。

つぎに円管の場合の計算結果の一例を図13に示す。図中に示した棚橋ら⁽²⁾の結果は、さきに詳述したように運動量積分法に基づく比較的厳密な解法によるものであるが、本差分解と良好に一致している。また同図中の点線は中野ら⁽³⁾のOseen近似に基づく近似解析解を著者らが計算したものであるが、同解が十分な精度を有していることが確認される。なお、棚橋ら⁽²⁾は図13に示した計算結果を中野ら⁽²⁾のステップ流に対する測定値と比較しているが、実験は初期流量が零でない場合に対して行われているので比較の対象とはなり得ない。最後に円管内ステップ流の助走距離 L_s' の値を平行平板のそれと比較して表4に示した。 $t' \lesssim 0.02$ の時間帯での L_s' の値は相互にはほとんど差異はない。これは t' が非常に小さいときには動的境界層の厚さが h あるいは R に比べて十分小さく、いずれも平板上の境界層で近似が可能であり、管壁近傍を微視的にみれば両流れ場は本質的に同じものであることを裏付けている。

5. まとめ

平行平板間および円管内ステップ流の助走区間域における速度場の解析を行い、その結果得られた事項をまとめればつぎようになる。

(1) 定常流および十分発達した位置での過渡流に対して得られた計算結果から、本差分解は Re 数のオーダが 10^2 程度以上であれば、助走区間域における軸方向速度成分 u' の分布を忠実に記述していると考えて十分妥当である。

(2) 平行平板間流に対して導いた近似解析解、式(16)はステップ流の速度分布の発達状況を、特に流動開始直後の時間帯において良好に表わし得る。

(3) 差分近似式に基づく計算結果から、平行平板間および円管内ステップ流の助走距離 L_s' を求め、これを表に示して管路網設計上の基礎資料を提供した。またこの結果から、 L_s' のオーダは無次元時間 t' のオーダとほぼ一致し、 $0 < t' \lesssim 0.02$ の時間帯では、両流れ場の L_s' の値には相互にほとんど

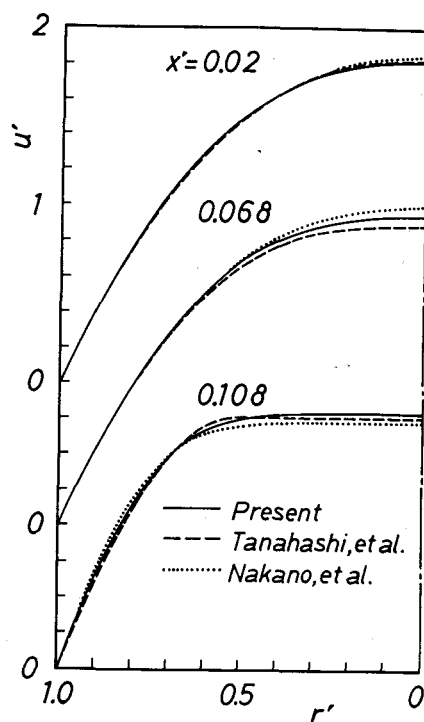


図13 円管内ステップ流の横断面上速度分布 ($t' = 0.08$)

差異がないことが判明した。

なお、ここでは言及できなかった庄力場に対する計算結果ならびに一般の長方形管に対する解析結果はつぎの機会に報告したいと考えている。また Re 数が低い場合の過渡流についても現在検討中である。

最後に、本報告中の図面作製に協力を得た第18期生、住吉浩二、山田高明両君に謝意を表する。

文 献

- (1) Avula, X.J.R., Appl. Sci. Res., 21(1969), 248.
- (2) 棚橋・ほか4名, 機論, 47-423, B (昭56-11), 2131.
- (3) 中野・谷野, 油圧と空気圧, 7-4 (昭51-7), 52.
- (4) 中野・宮田, 油圧と空気圧, 8-1 (昭52-1), 60.
- (5) 中野・酒谷, 油圧と空気圧, 9-3 (昭53-3), 62.
- (6) 横田・中野, 油圧と空気圧, 11-2 (昭55-3), 41.
- (7) Han, L.S., Trans. ASME, Ser.E, 27-3(1969-9), 403.
- (8) Flemming, D.P. and Sparrow, E.M., Trans. ASME, Ser.C, 91-3(1969-8), 345.
- (9) 立花・家元, 機論, 46-411, B(昭55-11), 2131
- (10) Carlson, G.A. and Hornbeck, R.W., Trans. ASME, Ser.E, 41-1(1973-3), 25.
- (11) Breily, W.R., J. Comp. Phys., 14(1974), 8.
- (12) Sparrow, E.M., ほか2名, Trans. ASME, Ser.D, 89-1(1967-3), 116.
- (13) Goldstein, R.J. and Kreid, D.K., Trans. ASME, Ser.E, 34-4(1967-12), 813.
- (14) Beavers, G.S., ほか2名, Int. J. Heat & Mass Transf., 13(1970), 689.
- (15) Bodoia, J.R. and Osterle, J.F., Appl. Sci. Res., A, 10(1961), 265.
- (16) Collins, M. and Schowalter, W.R., Phys. Fluids, 5-9(1962), 1122.
- (17) 石沢, 機論, 32-241 (昭41-9), 1373.
- (18) Schlichting, H., Z.AMM, 14(1934), 368.
- (19) Sparrow, E.M., ほか2名, Trans. ASME, Phys. Fluids, 7-3(1964), 338.
- (20) 木谷・ほか2名, 機論, 37-299(昭46-7), 1325.
- (21) Lundgren, T.S., ほか2名, Trans. ASME, Ser.D, 86-3(1964-9), 620.
- (22) Atabek, H.B. and Chang, C.C., ZAMP, XII(1961), 185.
- (23) Wang, Y.L. and Longwell, P.A., A.I. Ch.E.J., 10-3(1946-5), 323.
- (24) Boussinesq, J., Compt. Rend., 113, 9-15(1891), 49.
- (25) Goldstein, S., "Modern Developments in Fluid Dynamics", vol.1, Oxford Press(1938), 304.
- (26) Collins, M. and Schowalter, W.R., A.I.Ch.E.J., 9(1963), 804.
- (27) Langhaar, H.L., Trans. ASME, J.Appl. Mech., 9(1942), A-55.
- (28) McComas, S.T., Trans. ASME, Ser.D, 89(1967), 847.
- (29) Tomita, Y., Bull. JSME, 4-13(1961), 77.
- (30) Schiller, L., Z.AMM, 2(1922), 96.
- (31) Siegel, R., Sc. D. thesis, M.I.T.(1953).
- (32) Campbell, W.D. and Slattery, J.C., Trans. ASME, Ser.D, 85-1(1963-3), 41.
- (33) Schmidt, F.W. and Zeldin, B., A.I.Ch.E.J., 15-4(1969-7), 612.
- (34) Hornbeck, R.W., Appl. Sci. Res., A, 13(1964), 224.

- (35) Christiansen, E.B. and Lemmon, H.E., A.I.Ch.E.J., 11-6(1965-11), 995.
- (36) Dorsey, N.E., Phys. Rev., Pt.2, 28(1926), 833.
- (37) Nikuradse, J., 未公表 ; Prandtl, L. and Tietjens, O.G., "Applied Hydro- and Aeromechanics", Dover Publications, Inc., New York(1957), 25.
- (38) Rieman, W.J., J. Am. Chem. Soc., 50(1928), 46.
- (39) Weltmann, R.N. and Keller, T.A., Natl. Advisory Comm. Aeronaut., TN3889(1957).
- (40) Knibbs, G.H., Proc. Roy. Soc. N.S.Wales, 29(1895), 77.
- (41) Fargie, D. and Martin, B.W., Proc. Roy. Soc. Lond., A, 321(1971), 461.
- (42) Reshotko, E., Jet Propulsion Lab., Pasadena, California, Rep.no. 20-364(1958).
- (43) Atkinson, B., ほか 2 名, A.I.Ch.E.J., 13-1(1967-1), 17.

(昭和61年 4 月15日 受付)

長方形管内層流過渡流れの 壁面せん断応力の評価

(機械工学科) 赤 尾 不 二 雄
(大阪大学) 井 口 学
近 江 宗 一

Evaluation of Time-Dependent Wall Shear Stress for Laminar Transient Flow through Rectangular Duct

(Dept.Mech.Eng.) Fujio AKAO
(Osaka Univ.) Manabu IGUCHI
Munekazu OHMI

The analytical representation for time-dependent wall shear stress τ_w in laminar transient rectangular duct flow is presented. This representation contains the term of convolution product of instantaneous mean velocity u_m and weighting function $W(t')$. But as the calculation of $W(t')$ takes considerably long CPU time especially in the range of $t' \ll 1$, this representation is inconvenient for practical use. Therefore, by introducing the method of fast inversion Laplace transform, calculation of $W(t')$ is carried out. This method makes it possible to evaluate the values of $W(t')$ with excellent accuracy and in very short execution time. The variations of $W(t')$ with aspect ratio and t' are illustrated and the approximate equations for $W(t')$ are presented. Estimation of transient period for the flow with arbitrary variation of u_m is also discussed.

1. はじめに

水撃や油撃など、円管路内に発生するさまざまな過渡現象の解析にあたっては、流れが層流である場合、Zielke⁽¹⁾が求めた壁面せん断応力 τ_w に対する重み関数表示式、あるいは、その近似式⁽²⁾⁽³⁾を用いて摩擦損失が評価されることが多い。ところが、管路の横断面形状が円形ではない場合に対しては、著者らが知るかぎり、そのような表示式はまだ報告されていないようである。そこでここでは、空調設備をはじめとする各種工業用配管系あるいは、空気圧制御回路の流体素子や接続管など、随所にその使用が認められる長方形管に対し、 τ_w の重み関数表示式を導き、検討を行うことにした。

まずはじめに、 τ_w の解析的表示式を導出するが、同式を実際に計算してみると、特に無次元時間 $t' \ll 1$ の領域で、円管の場合⁽²⁾と比べ、非常に長時間の計算が必要となり、実用上、非常に不便な式であることが判明した。そこで本論文では、この計算時間を飛躍的に短縮することができると考えら

れる, 高速数値逆ラプラス変換 (Fast Inversion Laplace Transform) 法^{(4)~(7)}を用いて重み関数 $W(t')$ の具体的計算を行うことにした。

まず, 解析的表示式の計算が容易な, 縦横比 $r = \infty$ の平行平板の場合に対して, 上記の方法を適用し, その計算精度が十分満足のいくものであることを確認する。つづいて, 同方法に基づいて一般の長方形管の $W(t')$ 値を種々の r の場合に対して計算し, 同値が r および t' に依存して変化する様相を図によって明らかにする。また, 流れが過渡状態から定常, あるいは定常変動状態に移行するまでの期間を, τ_w の時間的な変化から評価する方法を提案するとともに, 同期間内において, 任意の r の長方形管に対し, $W(t')$ の値を簡単に, しかも良好な精度で計算することのできる近似式を提示する。

2. 使用記号

本文中に説明のない記号はつぎのとおりである。

D_h : 水力直径 $= 4ab/(a+b)$	z : ダクト高さ方向座標, $z' = z/b$
$N_n = (2n-1)\pi/2, n=1, 2, 3, \dots$	r : 縦横比 $= a/b \geq 1$
s : ラプラス演算子, $s' = b^2 s/\nu$	μ : 粘性係数
t : 時間, $t' = \nu t/b^2$	ν : 動粘性係数
y : ダクト幅方向座標, $y' = y/a$	\wedge : ラプラス変換量を表す

3. 壁面せん断応力に対する重み関数表示式

3.1 解析的表示式

図1に示すような長方形管路内に静止している非圧縮性流体が, 時間 $t=0$ の瞬間から, 管横断面平均速度 u_m の任意の過渡変動によって層流状態で流動を開始する場合, 助走区間域を過ぎた領域における, 軸方向速度成分 u に対する像空間での解は, 次式によって表されることを著者らは報告した⁽⁸⁾。

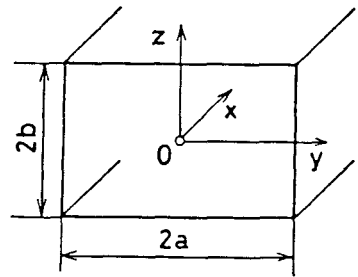


図1 座標系

$$\hat{u} = s' \hat{u}_m \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin N_n \cos N_n z'}{N_n (N_n^2 + s')} \left(1 - \frac{\cosh r \sqrt{N_n^2 + s'} y'}{\cosh r \sqrt{N_n^2 + s'}} \right) \\ \left/ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{s'}{N_n^2 (N_n^2 + s')} \left(1 - \frac{\tanh r \sqrt{N_n^2 + s'}}{r \sqrt{N_n^2 + s'}} \right) \right. \dots \dots \dots (1)$$

ここでは, 式(1)をもとにして, 局所壁面せん断応力を浸辺長平均した壁面せん断応力 τ_w に対し, 検討を行う。式(1)より $\hat{\tau}_w$ はつぎのようになる。

$$\hat{\tau}_w = \frac{-\mu}{a+b} \left(\int_0^a \frac{\partial \hat{u}}{\partial z} \Big|_{z=b} dy + \int_0^b \frac{\partial \hat{u}}{\partial y} \Big|_{y=a} dz \right) = s' \hat{u}_m \frac{\mu r}{a+b} x(s') \dots \dots \dots (2 \cdot a)$$

$$x(s') = 1 / \left(1 - \frac{\tanh \sqrt{s'}}{\sqrt{s'}} - 2s' \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tanh r \sqrt{N_n^2 + s'}}{N_n^2 r (N_n^2 + s')^{3/2}} \right) - 1 \dots \dots \dots (2 \cdot b)$$

なお, 式(2)を得る際にはつぎの公式⁽⁹⁾を用いている。

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n^2} = \frac{1}{2}, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n^2 + s'} = \frac{\tanh \sqrt{s'}}{2\sqrt{s'}} \dots \dots \dots (3)$$

式(2)を合成則を用いて時間領域に逆変換すれば、長方形管内層流過渡流れの壁面せん断応力に対する解析的表示式として次式を得る。

$$\tau_w = \frac{4\mu}{D_h} \int_0^{t'} \frac{du_m}{d\xi}(t'-\xi) \left\{ \frac{2}{\psi} + W(\xi) \right\} d\xi = \frac{8\mu}{D_h \psi} u_m(t') + \frac{4\mu}{D_h} \int_0^{t'} \frac{du_m}{d\xi}(t'-\xi) W(\xi) d\xi \quad (4)$$

$$\psi = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{1}{r} \right)^2 \left(1 - \frac{6}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tanh r N_n}{N_n^5} \right) \quad (5)$$

$$W(t') = \frac{1}{2(1+1/r)^2} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_j^2 t'}}{\alpha_j^2} \left/ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 + \operatorname{sech}^2 r \sqrt{N_n^2 - \alpha_j^2} - (3 \tanh r \sqrt{N_n^2 - \alpha_j^2}) / \sqrt{N_n^2 - \alpha_j^2}}{2 N_n^2 (N_n^2 - \alpha_j^2)} \right. \quad (6)$$

ここで、上式(4)中の ξ はダミエーの積分変数であり、また式(6)に含まれる α_j は、つぎの方程式

$$1 - \frac{\tan \alpha_j}{\alpha_j} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{N_n^2} - \frac{1}{N_n^2 - \alpha_j^2} \right) \frac{\tanh r \sqrt{N_n^2 - \alpha_j^2}}{r \sqrt{N_n^2 - \alpha_j^2}} = 0 \quad (7)$$

の第 j 番目の正根である。なお、この α_j が複素根となり得ないことは、あらかじめ解析的に証明している。

つぎに、縦横比 r が ∞ となる平行平板間層流過渡流れに対しては、式(2・b)の $x(s')$ は

$$x(s') = \tanh \sqrt{s'} / (\sqrt{s'} - \tanh \sqrt{s'}) \quad (8)$$

と表されるので、式(4)と同じ形に逆変換を行えば、その重み関数 $W(t')$ はつぎのような簡単な式によって与えられる。

$$W(t') = 2 \sum_{j=1}^{\infty} e^{-\beta_j^2 t'} \quad (9)$$

$$\beta_j = \tan \beta_j = N_{j+1} - \frac{1}{N_{j+1}} - \frac{2}{3} \frac{1}{N_{j+1}^3} - \frac{13}{15} \frac{1}{N_{j+1}^5} - \frac{146}{105} \frac{1}{N_{j+1}^7} - \frac{34074}{14175} \frac{1}{N_{j+1}^9} - \dots,$$

$$N_j = (2j-1)\pi/2 \quad (10)$$

なお、後の比較のため、Zielke⁽¹⁾によって報告されている円管の場合の τ_w は、式(4)を用いて、同式中の D_h を管内径 $2R$ に、また、 ψ を 1 におきかえ、 $W(t')$ を次式で計算すればよい。

$$W(t') = \sum_{j=1}^{\infty} e^{-\eta_j^2 t'} \quad (11)$$

ここで、式(11)中の η_j は、0 次および 1 次の第 1 種ベッセル関数 $J_0(x)$, $J_1(x)$ を含むつぎの方程式

$$\eta_j J_0(\eta_j) / J_1(\eta_j) - 2 = 0 \quad (12)$$

の第 j 番目の根であり、また、無次元時間 t' はこの場合、 $t' = \nu t / R^2$ と定義する。

以上に記した解析的表示式のうち、平行平板および円管に関しては、容易にその計算を行うことができるが、一般の長方形管については、以下の理由により、かなり長時間の計算が必要となるため、実用上は相当やっかいな式であるといわざるを得ない。その理由の第 1 番目として、 α_j の数値自体が、円管の η_j や平行平板の β_j に比べると、 j の増加に伴ってあまり大きくならないため、十分収束した計算値を得るために必要となる α_j の個数が、特に r の大きい長方形管の場合、非常に多くな

ることがあげられる。このことは、Zielke⁽¹⁾の示した η_j および著者ら⁽⁸⁾が示した β_j と $r=1, 2, 5$ の α_j 値を相互に比較してみれば明瞭である。理由の第2番目として、 j の増加とともに、 $\alpha_j \approx N_n$ (例えば、 $r=1$ の場合、 $\alpha_{450}=127.2312\cdots$, $N_{41}=127.2345\cdots$) となるような α_j が存在するようになるため、 α_j を高精度で求めておかなければ、式(6)の $N_n^2 - \alpha_j^2$ の計算でかなりの桁落ち誤差が生じてしまうことにある。したがって、収束性の悪い無限級数を含む方程式(7)を、膨大な回数繰返し計算しなければならないことになる。また、このように α_j を高精度でかつ相当数ある r 値に対して求めておいても、当然のことではあるが、 r の値が変わった場合には、また新たに α_j の値を計算しなければならない。換言すれば、式(6)から $W(t')$ 値の r 依存性を、特に t' が非常に小さい領域で系統的に把握することは、不可能でないにしても、計算時間の点からすれば、極めて不経済であり、かなりの困難を伴うことになる。そこで本論文では、この計算時間を飛躍的に短縮することができると考えられる高速数値逆ラプラス変換 (Fast Inversion Laplace Transform) 法^{(4)~(7)}を用いて具体的計算を行うことにする。なお、以下この方法を FILT 法と略称する。

3・2 FILT 法に基づく計算方法

3・2・1 FILT 法のアルゴリズム 代表的な数値逆ラプラス変換法としては、ラーゲル関数展開法、ルジャンドル関数展開法、フーリエ級数展開法などがよく知られているが、⁽¹⁰⁾ ここでは、計算方法が簡単で、しかも演算回数が少なくて済む FILT 法^{(4)~(7)}を用いることにする。この方法は細野によって考案され、すでに論文⁽⁴⁾および詳しい解説^{(5)~(7)}が出されているので、ここでは以下にそのアルゴリズムの要点のみを簡単に記載する。

複素半平面 $Re(s) \geq \sigma$ で正則な関数 $F(s)$ は、周知のプロムウィッチ積分を用いて

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} F(s) e^{st} ds \quad \cdots \cdots \cdots (13)$$

のように逆変換される。⁽¹⁰⁾ FILT法では、上式中の指数関数 e^{st} の近似関数 E として、次式を採用する。

$$E = \frac{e^{\zeta}}{2 \cosh(\zeta - st)} \quad \cdots \cdots \cdots (14)$$

ここで ζ は任意の実数パラメータである。式(14)はまた、つぎの2とおりの形に書きかえることができる。

$$E = \frac{e^{\zeta}}{2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^m i}{st - (\zeta + iN_m)}, \quad N_m = \frac{2m-1}{2} \pi \quad \cdots \cdots \cdots (15)$$

$$E = e^{st} - e^{-2\zeta} e^{3st} + e^{-4\zeta} e^{5st} - \cdots \quad \cdots \cdots \cdots (16)$$

式(15)から明らかなように、近似関数 E の極はすべて一位で、 $s = \zeta/t$ なる直線上に $\pi/2$ 間隔で並んでいることがわかる。また式(16)は、 $\zeta \gg Re(st)$ の条件下で、 E が e^{st} のよい近似式となることを示している。いま、式(13)の中の e^{st} のかわりに、その近似式(15)を代入すれば、原関数 $f(t)$ に対する近似式として次式を得る。

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\sigma-i\infty}^{\sigma+i\infty} F(s) \frac{e^{\zeta}}{2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{(-1)^m i}{st - (\zeta + iN_m)} ds \quad \cdots \cdots \cdots (17)$$

ここで、像関数 $F(s)$ がつぎの条件

- (i) $F(s)$ は $Re(s) > 0$ で正則.
- (ii) $Re(s) > 0$ で $\lim_{s \rightarrow \infty} F(s) = 0$.
- (iii) $F(\bar{s}) = \overline{F(s)}$ (“ $\bar{}$ ” は共役複素記号).

をすべて満足する場合、比較的繁雑な積分計算の後に、式(17)は留数定理を用いてつぎのような簡単な式に帰着される。

$$f(t) = \frac{e^{\zeta}}{2t} \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^{m+1} i F\left(\frac{\zeta + iN_m}{t}\right) = \frac{e^{\zeta}}{t} \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^m I_m \left\{ F\left(\frac{\zeta + iN_m}{t}\right) \right\} \dots\dots\dots (18)$$

さらに、上式中の無限交代級数をオイラー変換を利用して計算時間の短縮をはかる。具体的には、いま

$$F_m = (-1)^m I_m \left\{ F\left(\frac{\zeta + iN_m}{t}\right) \right\} \dots\dots\dots (19)$$

と略記すれば、式(18)はつぎのように変形できる。

$$f(t) = \frac{e^{\zeta}}{t} \left\{ \sum_{m=1}^{2k} F_m + \sum_{m=1}^p \frac{\Delta^{m-1} F_{2k+1}}{2^m} + R_p(2k+1) \right\} \dots\dots\dots (20)$$

ただし、 F_m は適当な整数 $k > 1$ が存在し、 $m \geq 2k$ のとき符号が交代し、かつその絶対値が単調減少しなければならない。ここで、式(20)に含まれる $\Delta^{m-1} F_{2k+1}$ は第 $m-1$ 階差であり、次式で定義される。

$$\Delta^{m-1} F_{2k+1} = F_{2k+1} + \left(\frac{m-1}{1}\right) F_{2k+2} + \left(\frac{m-1}{2}\right) F_{2k+3} + \dots + \left(\frac{m-1}{m-1}\right) F_{2k+m} \dots\dots\dots (21)$$

また、 $R_p(2k+1)$ は、無限級数を $(2k+p)$ で打ち切ったための残差であり、具体的にはつぎのように表される。

$$R_p(2k+1) = 2^{-p} (\Delta^p F_{2k+1} + \Delta^p F_{2k+2} + \Delta^p F_{2k+3} + \dots) \dots\dots\dots (22)$$

この残差 $R_p(2k+1)$ が十分無視できるようにパラメータ、 ζ 、 k 、 p を選べば、FILT 法に基づく $F(s)$ の変換式は、式(20)中の $R_p(2k+1)$ を零とおいた式によって与えられる。

3・2・2 具体的計算式と誤差評価 壁面せん断応力 τ_w は、重み関数 $W(t')$ を評価することにより、式(4)から容易に計算できる。そこでここでは、この $W(t')$ を FILT 法を用いて計算する方法について述べる。

前掲の式(2)、(4)を参照すれば、 $W(t')$ はつぎのように表される。

$$W(t') = \mathcal{L}^{-1} \left\{ \frac{x(s')}{(1+1/\tau)^2} - \frac{2}{\phi s'} \right\} \dots\dots\dots (23)$$

なお、上式(23)右辺中括弧内の像関数が、前記した FILT 法を適用する際に具備すべき条件を満足していることは、あらかじめ確認してある。そこで

$$F_m = (-1)^m I_m \left\{ x \left(\frac{\zeta}{t'} + i \frac{N_m}{t'} \right) / (1 + 1/r)^2 - (2/\psi) / \left(\frac{\zeta}{t'} + i \frac{N_m}{t'} \right) \right\} \dots\dots\dots (24)$$

と書けば、 $W(t')$ は次式によって計算できる。

$$W(t') = \frac{e^{\zeta}}{t'} \left(\sum_{m=1}^{2k} F_m + \sum_{m=1}^p 2^{-m} \Delta^{m-1} F_{2k+1} \right) \dots\dots\dots (25)$$

以下、上式(25)中のパラメータ ζ , k , p の値を誤差評価と計算時間の観点から決定する。

式(25)に基づく計算値に含まれる誤差には、 e^{st} の代わりにその近似関数 E を用いたための近似誤差および残差 $R_p(2k+1)$ を零としたことによる打ち切り誤差が含まれる。まず近似誤差に関しては、式(16)の形で e^{st} を近似し、これをブロムウィッチ積分公式(13)に代入すれば、一般につきの関係

$$f(t) = f(t) - f(3t)e^{-2\zeta} + f(5t)e^{-4\zeta} - \dots \dots\dots (26)$$

が成立するので、 $W(t')$ についての近似誤差は $-W(3t')e^{-2\zeta} + W(5t')e^{-4\zeta} - \dots$ となる。したがって、 ζ を大きくとれば、この誤差は減少する。しかし、あまり大きくとりすぎると後述の打ち切り誤差が増大する。そこで本論文では、 $\zeta = 12 (e^{-24} \approx 3.78 \times 10^{-11})$ とした。ここで $\zeta = 12$ としたのは、もう一つ理由がある。すなわち、式(24)は収束性の悪い級数

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\tanh r \sqrt{N_n^2 + \zeta/t' + iN_n/t'}}{N_n^2 r (N_n^2 + \zeta/t' + iN_n/t')^{3/2}} \dots\dots\dots (27)$$

を含んでいるため、 r の値が変化することによってこの級数を計算しなければならないことになる。ところが、 $\zeta = 12$ とすると、後述の過渡期間が重要となる時間帯 $t' \leq t_c'$ では、 $Re(r \sqrt{N_n^2 + \zeta/t' + iN_n/t'}) \gtrsim 10$ となり、式(27)は8桁以上の精度で

$$\frac{1}{r} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{N_n^2 (N_n^2 + \zeta/t' + iN_n/t')^{3/2}} \dots\dots\dots (28)$$

と変形できるので、一度ある t' に対して式(28)を計算しておけば、どのような r の場合でも、その計算値を使用できる利点があるためである。

ζ が決まれば、打ち切り誤差に対する評価から k と p の値を決定する。前掲の式(22)から、打ち切り誤差の最大値は次式で評価できる。

$$\frac{1}{2^p} \frac{e^{\zeta}}{t'} \left| F_{2k+1} + \binom{p}{1} F_{2k+2} + \dots + \binom{p}{p} F_{2k+p+1} \right| \dots\dots\dots (29)$$

式(29)より、 k および p の値を大きくとれば、この誤差は小さくできる。しかし、不必要に大きくとりすぎると、当然のことではあるが、計算時間のロスになる。本論文で取り扱う関数の場合、種々の検討を行った結果、 $k=10$, $p=16$ とすれば、後述の $t' \leq t_c'$ の範囲でこの打ち切り誤差は、最大でも、 $W(t')$ 値の8桁目以降のみに影響することがわかった。以上のことから、ここで採用したパラメータの値、 $\zeta=12$, $k=10$, $p=16$ を式(25)に代入して若干の整理を行えば、具体的計算式として、次式を得る。

$$W(t') = \frac{e^{12}}{t'} \left(\sum_{m=1}^{20} F_m + \sum_{m=1}^{16} \frac{A_m}{65536} F_{20+m} \right) \dots\dots\dots (30 \cdot a)$$

$$\left. \begin{array}{llll} A_1 = 65535, & A_2 = 65519, & A_3 = 65399, & A_4 = 64839, \\ A_5 = 63019, & A_6 = 58651, & A_7 = 50643, & A_8 = 39203, \\ A_9 = 26333, & A_{10} = 14893, & A_{11} = 6885, & A_{12} = 2517, \\ A_{13} = 697, & A_{14} = 137, & A_{15} = 17, & A_{16} = 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (30 \cdot b)$$

なお、以下に示す計算結果は、パソコン、PC-9801F(NEC)を使用して倍精度計算を行うことにより得られたものである。

4. 計算結果

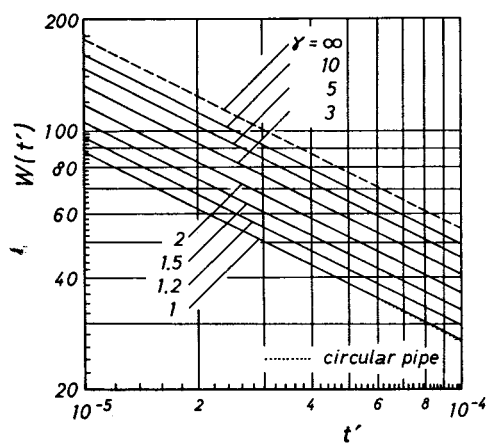
4.1 重み関数 $W(t')$ の計算結果

はじめに、FILT法に基づく計算式(30)の精度を平行平板 ($r = \infty$) の場合をとりあげ、チェックした結果を表1に示す。ここで、解析的表示式(9)の計算にあたっては、 β_j に16桁まで与え、 $W(t')$ の16桁目に変化しなくなるよう、表1中に示した j の値までたし込みを行った。表1から明らかなように、式(30)を用いた計算結果は、 $10^{-5} \leq t' \leq 0.2$ の範囲において、9桁以上の精度で解析的表示式(9)に基づく値と一致することが確認される。したがって、前記した誤差評価に基づけば、一般の長方形管の場合にも F_m のオーダーが平行平板の場合とほとんど同じであることを考えれば、平行平板の場合とほぼ同程度の精度で式(30)から $W(t')$ の値が評価できるとして十分妥当である。ただ、平行平板と異なる点は、式(27)の無限級数を式(28)におきかえたための誤差と、式(28)の級数を有限項で打ち切るための誤差が生ずることである。後者に対しては、式(28)を交代級数の和の形に変形し、前記したオイラー変換を使って収束を速め、有効数字が10桁以上になるまで計算を行っているので問題はない。また、前者に関しては、 r が小さく、 t' が比較的大きい時間帯で問題となる。幸に、このような時間帯では、解析的表示式(6)は比較的容易に精度よく計算できる。そこで $r=1$, $t'=0.01, 0.2$ の両場合について、式(6)と式(30)の計算値を比較してみたところ、それぞれ、式(6)から、1.81228493..., 0.0140198778..., 式(30)から、1.81228471..., 0.0140198794... なる値が得られた。両結果は7桁の精度で一致しており、同程度の一致が $r=2, 5$ の場合についても認められた。以上のことから、FILT法に基づく式(30)は、 $t' \lesssim 0.2$ の範囲で少なくとも、7桁程度以上の精度を有していると考えられる。

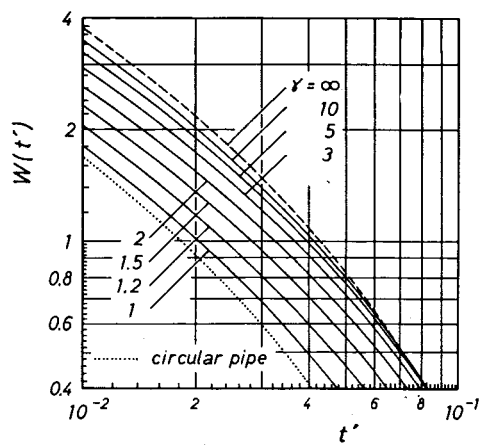
式(30)に基づく $W(t')$ の計算結果を、8種類の r の値を選んで図2に示す。同図には、比較のため、円管の結果⁽¹⁾もあわせて記載してあるが、この場合の横軸の値 t' は $\nu t/R^2$ であることに注意されたい。 $W(t')$ はどの r の場合にも、 $t' \lesssim 10^{-3}$ では、両対数グラフ上、ほとんど同じ傾きを有す直線によって表されることがわかる。また図2(a)に着目すると、正方形管 ($r=1$) と円管の $W(t')$ の値は、 $t' \lesssim 10^{-4}$ で、相互にはほとんど差がない。このことは、時間を無次元化する際の代表長さに、水

表1 平行平板の $W(t')$ に対する解析的表示式(9)とFILT法に基づく式(30)の計算値の比較(表中には両値が不一致となる桁まで記載してある)

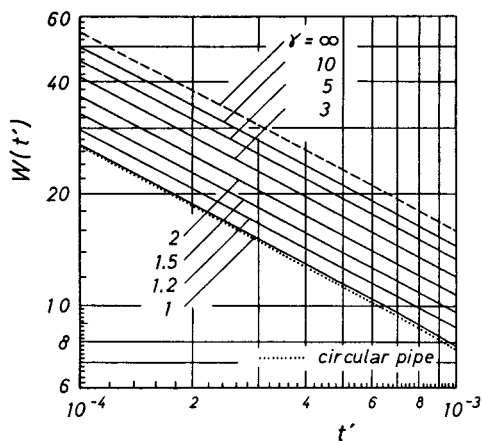
t'	analytical, Eq.(9)	FILT, Eq.(30)
0.00001	176.415989883 ($j=600$)	176.415989887
0.0001	54.430342902 ($j=185$)	54.430342903
0.001	15.8779479417 ($j=60$)	15.8779479418
0.01	3.76553918964 ($j=20$)	3.76553918968
0.1	0.27068970617 ($j=5$)	0.27068970615
0.2	0.03527336893 ($j=3$)	0.03527336892



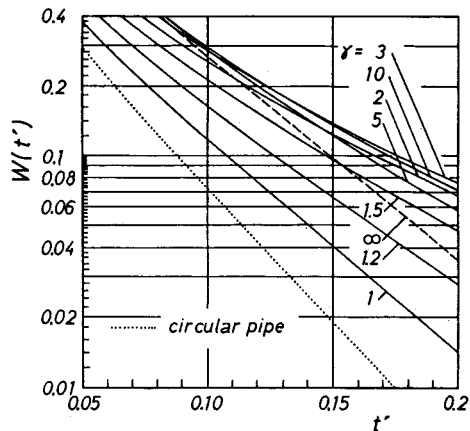
(a)



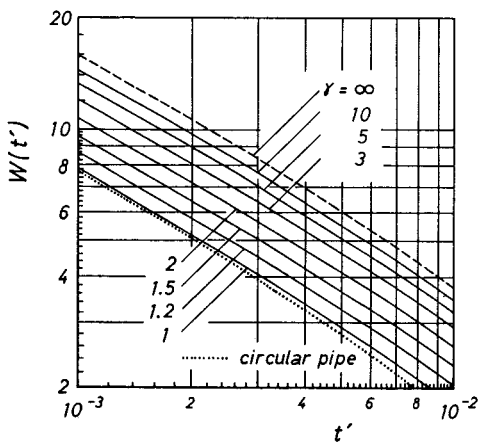
(d)



(b)



(e)



(c)

図2 重み関数 $W(t)$ の時間変化

力直径 D_h を用いた新たなパラメータ $t'_h = \nu t / (D_h/2)^2$ (ただし、円管に対しては D_h の代わりに管内径 $2R$ を用いる) の値が等しければ、円管および一般の長方形管の $W(t')$ は、 t'_h が非常に小さい領域では、すべてほぼ同一値をとることを示唆している。なお、同図の(e)のみは片対数グラフを用いて描いてあるが、円管や $r=1, \infty$ の場合には、 $t' \geq 0.1$ で、図上、 $W(t')$ は直線的に変化することがわかる。

4・2 過渡期間の評価

重み関数 $W(t')$ は、 $t' \rightarrow \infty$ で零に漸近するが、式(4)より、 $2/\psi$ に対し $W(t')$ の値が十分に無視できる程度に小さくなる時間帯では、 $W(t')=0$ においても t'_0 の評価には影響を及ぼさないことになる。本論文では、このような数居値 t'_c として、 $2/\psi$ に対して $W(t')$ の値が5%未満となる条件を採用することにした。この条件の下で t'_c の値を求めてみると、図3のようになる。 t'_c は $r=1$ (正方形管)

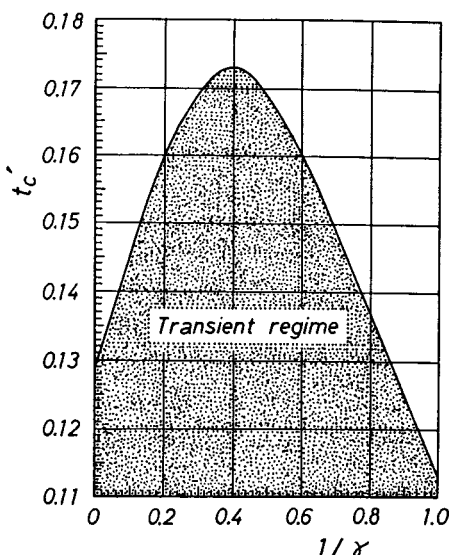


図3 数居値 t'_c の r による変化

で0.113, $r=\infty$ (平行平板)で0.129となり、図3に示すように r とともに変化する。同図より t'_c の値を読みとれば、任意の r の長方形管に対して、過渡期間は容易に把握できることになる。ただし、管横断面平均速度 u_m が、例えば、 $t'=0$ の瞬間から t' とともに直線的に増加した後、時刻 t'_0 以後は一定となるような場合、すなわち u_m が不連続関数として与えられる場合には、その過渡期間は、不連続点までの時間 t'_0 と t'_c の和によって評価されることに注意を要する。

4・3 重み関数 $W(t')$ に対する近似式

式(30)を用いれば、 $W(t')$ の数値自体は比較的容易に求められるが、これらの計算値を時間 t' の関数として表しておく方が実用上は便利である。そこで以下に $W(t')$ に対する近似式を提示する。

前掲の図2より、 $t' \ll 1$ の領域では、一般の長方形管の $W(t')$ の時間的変化は、円管や平行平板の場合とほとんど同じであることに着目する。円管⁽¹⁾および平行平板の場合の $W(t')$ は、 $t' \ll 1$ で、つぎの形で近似が可能である。

$$W(t') \approx a_1 t'^{-1/2} + a_2 + a_3 t'^{1/2} + a_4 t' + a_5 t'^{3/2} + a_6 t'^2 \quad \dots\dots\dots (31)$$

そこで一般の長方形管に対しても、式(31)の形で $W(t')$ を近似してみることにした。具体的には、 $10^{-5} \leq t' \leq 0.2$ までの式(30)に基づく $W(t')$ の計算値を用いて最小自乗法により、係数 $a_1 \sim a_6$ の値を決定した。その結果を表2に示しているが、近似式に基づく相対誤差は、 $t' \leq 10^{-2}$ の範囲でいずれの r の場合にも、約0.003%以下である。近似式(31)は、 t' の増加に伴って幾分精度が悪くなり、例えば、 $t'=0.2$ のとき、最も相対誤差が大きくなる $r=\infty$ の場合で約3%程度の誤差が生じることになるが、絶対値でいえば、わずか0.0012程度であり、したがって、実用の面からはほとんど問題ないといえよう。

つぎに、表中に示されていない r の場合に対する近似式について述べる。前掲の図2に再度着目すると、例えば、 $r=5$ の $W(t')$ 曲線を両対数グラフ上、縦軸にそって一定距離下方に平行移動させると、 $r=3$ の曲線にはほとんど重ね合わすことができることがわかる。なお、 $r=5$ の $W(t')$ 曲線を横

表2 近似式(31)中の係数 $a_1 \sim a_6$ の値

γ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
1.0	0.282097	-1.097233	0.848499	0.192475	2.033209	-2.974189
1.2	0.307741	-1.107046	0.781421	0.253882	1.379383	-1.915587
1.5	0.338515	-1.145003	0.754653	0.171499	1.670093	-2.139746
2.0	0.376128	-1.227022	0.764750	0.112919	2.131418	-2.548709
3.0	0.423145	-1.375696	0.825630	0.070967	2.809778	-3.211191
5.0	0.470161	-1.561611	0.925343	0.041833	3.573923	-4.002115
10.0	0.512904	-1.752502	1.040938	0.017120	4.336377	-4.815618
∞	0.564195	-2.001438	1.203481	-0.015644	5.336429	-5.902107

軸方向に平行移動して $\gamma=3$ の曲線に重ね合わせる場合には、 $t' \gtrsim 0.1$ で、かなりの無理が生ずることになる。そこで縦軸方向への平行移動量 ΔW を決定する。これに関しては、前節で述べた事項、すなわち、 $t' \ll 1$ の領域では、 $t'_h = \nu t / (D_h/2)^2$ の値が等しいとき、 $W(t')$ は γ にほとんど依存せず、ほぼ同一値をとることを利用する。このことは、式(31)中の t' を t'_h に書き直してみると、同式、右辺第1項の係数が、いずれの γ の場合にも、0.28209... となり、5桁の精度で一致することから裏付けられる。そこでいま、表2中に示された γ_1 に対する $W_{h1}(t'_h)$ (t'_h の関数としたときの重み関数を添字 h をつけて $W_h(t'_h)$ と表す) と表中に示されていない γ_2 に対する $W_{h2}(t'_h)$ が、 $t'_h = \alpha = 10^{-5}$ において完全に一致する、すなわち、 $W_{h1}(\alpha) = W_{h2}(\alpha)$ と仮定する。さて、 γ_1 の $W_1(t')$ 曲線を未知の γ_2 の $W_2(t')$ 曲線に重ね合わせるための縦方向平行移動量 $\Delta W = W_2(t')/W_1(t')$ は、例えば、 $t' = t'_2 = (D_{h2}/2)^2 \alpha / b_2^2$ の時間位置に着目したとき

$$W_2(t'_2) = W_2\{(D_{h2}/2)^2 \alpha / b_2^2\} = W_{h2}(\alpha) = W_{h1}(\alpha) = W_1\{(D_{h1}/2)^2 \alpha / b_1^2\} \quad \dots\dots\dots (32)$$

となるから

$$\Delta W = \frac{W_2(t'_2)}{W_1(t'_2)} = \frac{W_1\{(D_{h1}/2)^2 \alpha / b_1^2\}}{W_1\{(D_{h2}/2)^2 \alpha / b_2^2\}} \quad (\gamma_1 > \gamma_2) \quad \dots\dots\dots (33)$$

により、簡単に求めることができる。

この方法に基づいて、表2に示されていない、例えば $\gamma=4$ の $W(t')$ の値を、 $\gamma=5$ の値から求めて、式(30)による計算値と比較してみると、 $t' = 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$ の時刻で、相対誤差がそれぞれ、約0.08%, 0.11%, 0.19%, 0.54%, 4.1%程度生ずるだけであり、また $\gamma=7, 20$ など、他の γ の場合にも、これと同じ程度の誤差しか生じないことを確認した。したがって、実用上はこの方法によって、任意の γ の場合に対してその重み関数の値を把握することができる。

5. まとめ

長方形管内層流過渡流れの壁面せん断応力 τ_w に対して計算を行い、その結果得られた事項をまとめると以下ようになる。

(1) τ_w に対する重み関数表示式は式(4)で定義され、同式中の重み関数 $W(t')$ は解析的に式(6)によって表されることを示した。また、式(6)は、従来よく知られた円管⁽¹⁾あるいは、ここで示した平行平板の場合に比べ、 $t' \ll 1$ の領域でかなりの長時間計算を必要とするため、実用上は極めて不便な式であることを明らかにした。

(2) 上記の $W(t')$ に対し、高速数値逆ラプラス変換法^{(4)~(7)}を適用した計算式(30)を用いると、非常

に簡便かつ短時間で、しかも、 $t' \gtrsim 0.2$ の範囲において少なくとも7桁程度以上の精度をもって $W(t')$ の値を知ることができる。

(3) 流量の任意の過渡変動に基づいて生ずる過渡現象の継続期間 t_e' を τ_w の時間的变化から評価する方法を提案し、この t_e' が γ に依存して変化する様相を図3に示した。

(4) 任意の γ の長方形管に対し、その $W(t')$ の値を $t' \lesssim 0.01$ の範囲において、誤差1%未満の精度で評価できる近似式を提示した。

文 献

- (1) Zielke, W., Trans. ASME, J. Basic Eng., 90-1(1968-3), 109.
- (2) Trikha, A.K., Trans. ASME, J. Fluids Eng., 97-1(1975-3), 97.
- (3) 香川・ほか3名, 機論, 49-477, B (昭58-11), 2683.
- (4) 細野, 電学論, 99-10, A (昭54-10), 494.
- (5) 細野, 電気通信学会誌, 65-No.8 (1982), 849.
- (6) 細野, 電気通信学会誌, 65-No.9 (1982), 976.
- (7) 細野, 電気通信学会誌, 65-No.10 (1982), 1080.
- (8) 近江・ほか2名, 機論, 51-472, B (昭60-12), 3867.
- (9) 森口・ほか2名, 数学公式II, (1976), 41, 68, 岩波書店.
- (10) 近藤, ラプラス変換とその応用, (1972), 12, 55, 培風館.

(昭和61年4月15日受付)

40W 蛍光ランプ 2 灯用高周波電源

(電気工学科) 原 田 一 彦

High Frequency Power Supply for a 40W Fluorescent Lamp with Two Bulbs

Kazuhiro HARADA

When fluorescent lamps are lighted at high frequencies, the following merits are shown; Lamps efficiency gets higher, flicker decreases, and small and light weight condenser ballasts can be used. And it is also effective for saving electric power. Therefore a high frequency power supply for a 40W fluorescent lamp with two bulbs (43kHz) was made on trial. Then the feature at the case of lighting fluorescent lamps by this power supply was compared with that at the case of lighting them at 60Hz.

When fluorescent lamps were lighted by the high frequency power supply, power factor and electricity consumption showed good results except about 9% decrease of luminous flux.

§ 1 緒 言

蛍光ランプを高周波で点灯すれば、ランプ効率の向上、フリッカーの減少、小形で軽量のコンデンサバラストが使用できるなどの特長があり、¹⁾省電力化に有効である。また、空調時の負荷の軽減にもなる。これらは、規模が大きくなるほどその効果は大きい。蛍光ランプを使用しての照明で、規模が大きくなれば 40W 2 灯用の器具が使用される場合が多くなる。そこで、40W 2 灯用の高周波電源を製作し、それによる点灯特性を市販の商用周波数 (60 Hz) 用器具の場合と比較検討をした。

§ 2 高周波電源

1950年代の後半にパワートランジスタが開発され、主として直流 20V 以下のバッテリーで作動するトランジスタ・インバータによる電源が、車両用、非常灯、誘導灯など特殊な用途の点灯装置として実用化されている。また、交流 100V または 200V を電源とする場合は、高耐圧のトランジスタが必要であるが、既に、高耐圧、大電流でスイッチング特性の優れたトランジスタが開発されているので、試作、研究ができるようになった。

今回、試作した高周波電源は、定電流プッシュプル・トランジスタ・インバータで、図 1 にその回路を示す。発振周波数は 43 kHz で、定電流プッシュプルの基本回路を参考にして、²⁾できるだけ簡単な回路になるよう配慮した。

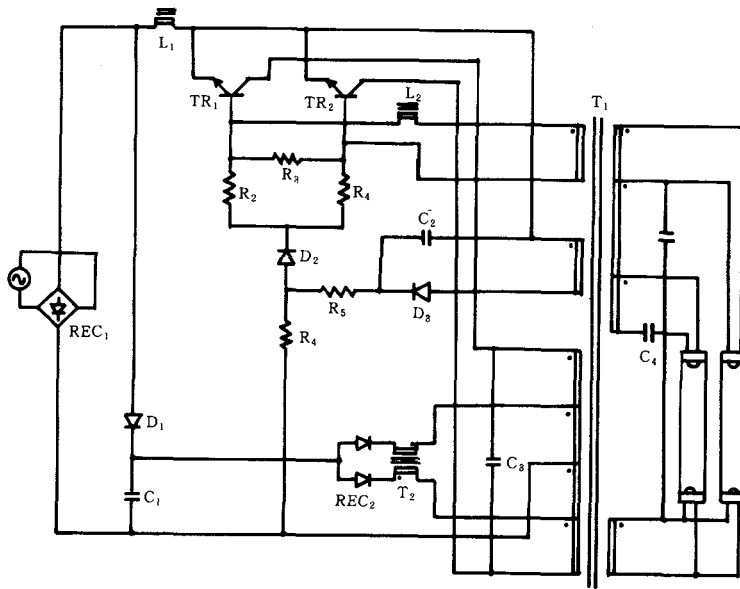


図1 試作40W蛍光ランプ2灯用高周波電源回路

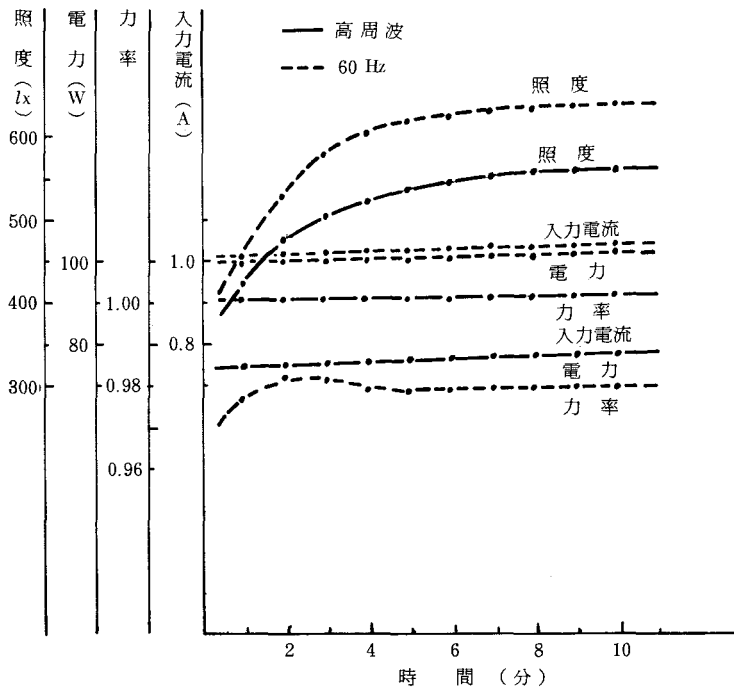


図2 40W蛍光ランプの高周波および60Hz点灯の始動特性

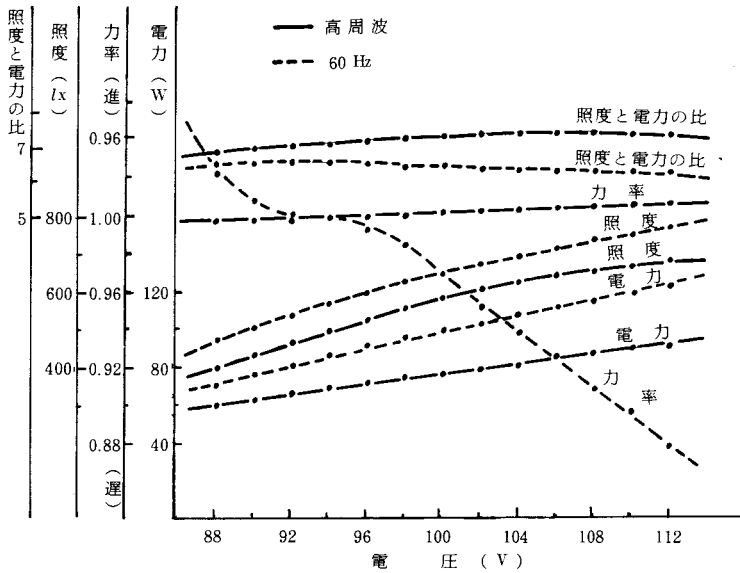


図3 40W蛍光ランプの高周波および60 Hz 点灯の電圧特性

§ 3 点灯特性

比較に使用した市販の60 Hz用器具は、高力率形、定格電圧100 V、定格電流1.14 A、定格電力106 Wのものである。蛍光ランプの長さや光束計の関係で、光束が直接測定できなかったため、蛍光ランプ直下1.2 mの定点で照度を測定して検討することにした。

(1) 始動特性

図2は、試作高周波電源と60 Hz用市販器具による点灯の始動特性である。安定時の照度(光束)の95%に達するのに要する時間は、高周波電源で約4.5分、60 Hz器具で約4分で差はあまりなかった。また、今回の測定時の室温は、10℃～15℃の範囲であったから、測定値は少し低下している。なお、始動電圧の最小値は、高周波電源で88 V、60 Hz用で80 Vであった。

(2) 電圧特性

電圧の変化による諸特性を示したのが図3である。60 Hz用器具は、高力率形であるので力率はかなり良いが、高周波点灯は非常によく100 Vで100%であり、電圧を変動させてもほとんど変化しない。また、電流は飽和の傾向がみられたが、これは回路のインダクタンス L_1 の効果がでたものである。試作電源は、回路を簡略化したため照度(光束)は60 Hz器具よりも約9%低下した。しかし、電力、照度と電力の比では高周波点灯が良く、ある程度の目的を達することができた。なお、高周波電源から発する雑音は、影響がみられなかった。

§ 4 結 言

40 W蛍光ランプ2灯用高周波電源を試作したが、60 Hz用市販器具に比べて光束が若干低下したが、その他については高周波点灯の長所が結果にでてきた。電源は、回路および回路定数について検討すべき問題が残されている。

終りに、製作および測定に協力していただいた18期生小松政治、矢吹信己君に謝意を表する。

参考文献

- 1) 電気学会：照明工学（改訂版） 電気学会
- 2) 湯原ほか：照明学会誌 VOL. 68-10 (1984)

（昭和61年4月15日受付）

ドリュベスティン法による 電子エネルギー分布の測定

(電気工学科) 山 崎 勉

Measurement of the Electron Energy Distribution Function Using Druyvesteyn's Method

Tsutomu YAMAZAKI

The technique of the modulation of the probe potential is one of the most popular method to determine the electron energy distribution functions experimentally. According to the Druyvesteyn's theory the second derivatives of the probe current are proportional to the distribution functions.

So the most commonly used measuring system based on the modulating technique was built and tested in the positive column plasma of the low pressure glow discharge. The purpose of this paper is to show the problems existing in this method experimentally.

To get the more accurate results, the followings must be solved; the determination of the space potential, the separation of the electron current, the propriety of the two-term approximation, the omission of the higher harmonics, the effect of the sheath before the probe and the improvement of the signal to noise ratio of the measuring system.

§ 1 まえがき

グロー放電陽光柱内の電子エネルギー分布の測定には単探針がよく使用される。それはプローブ(探針)電流の二次微分係数より電子エネルギー分布を求めるもので、ドリュベスティン法⁽¹⁾と呼ばれる。他にエネルギー分析器⁽²⁾による方法もあるが、放電時の気圧が相当低い場合でないと適用が難しい。

電子エネルギー分布関数を測定する目的は、低気圧放電中における各種の電子輸送係数や放電励起機構の研究に有用な情報を与えてくれるからである。一方、放電の応用研究において理論計算による電子エネルギー分布の算出は不可欠であり、その計算結果と実験値との比較も重要である。そのためには、定量的にも十分な精度をもった測定が必要である。

そこで、電子エネルギー分布関数の測定法の中で最も一般的なドリュベスティン法をとり挙げ、その問題点について実験的に明らかにする。すなわち、より精度よい測定を可能にするため最もよく用いられている測定系を構成し、改良すべき点等について検討する。本報告はその第一報である。

§ 2 理 論

グロー放電陽光柱内におかれた平面プローブに流入する電子電流は次式で表わされる。⁽³⁾すなわち、 $v_1 = (2qV/m)^{1/2}$ として

$$I_p = \pi q S \int_{v_1}^{\infty} v^3 f_0(v) \left(1 - \frac{2qV}{mv^2}\right) dv + \frac{2}{3} \pi q S \cos \theta \int_{v_1}^{\infty} v^3 f_1(v) \left(1 - \left(\frac{2qV}{mv^2}\right)^{3/2}\right) dv$$

ここで、素電荷 q ，電子質量 m ，プローブ面積 S ，プローブの法線と方向速度（ドリフト速度）のなす角度 θ である。また、 $V = V_p - V_s$ は空間電位 (V_s) から測られたプローブにかかる電圧 (V_p 負) である。電子速度分布関数 $f(v)$ は二項近似で表わされる。等方成分 $f_0(v)$ と方向成分 $f_1(v)$ により、速度ベクトルとドリフト速度の方向とのなす角度を φ とすると次式で表わされる。

$$f(v) = f_0(v) + \cos \varphi f_1(v)$$

さて、プローブ電流の式を電圧 V で2回微分し、 $\cos \theta = 0$ とする。

$$\frac{d^2 I_p}{dV^2} = \pi q S \frac{1}{2} \left(\frac{2q}{m}\right)^2 f_0 \left(\sqrt{\frac{2qV}{m}}\right)$$

上式より、電子速度分布関数の等方成分はプローブ特性の二次微分係数に比例することがわかる。次に電子エネルギー分布関数 $F(V)$ は $4\pi v^2 f_0(v) = F(V)$ とおき、変数を V に変換すればよい。

$$F(V) = \frac{4m}{q^2 S} V \frac{d^2 I_p}{dV^2} \quad \text{このとき} \quad \int_0^{\infty} F(V) dV = N_e \quad (\text{電子密度})$$

以上の結果より電子エネルギー分布 $F(V)$ は、プローブ特性の2次微分係数と空間電位に対するプローブ電圧 V の積に比例している。ここで上式の導出にあたり前提とした条件は次のようである。荷電粒子の平均自由行程がプローブの大きさに比べ十分長い（自由分子条件）。プローブ電流のうち、電子電流を問題としイオン電流は除かれている。電圧 V は空間電位を基準に測るが、具体的には空間電位の決定は容易ではない。電子速度分布関数は二項近似が妥当であること。プローブ法線ベクトルと方向速度ベクトルのなす角が直交することなど。

次にプローブ電流の二次微分係数の求め方について考える。多くの方法が提案されているが、ここでは電子回路の組合せにより直接に求めることとし、従来より最も一般的な変調交流法を用いる。⁽³⁾この方法はプローブへの直流バイアス電圧に微小振幅の交流信号を重ね、電流に含まれる特定の周波数成分の信号が二次微係数に比例することを利用している。

プローブ電流 I_p はプローブ電位 V_p の関数である。 $I_p = G(V_p)$ 。さて、プローブ電位は直流バイアス電圧 V_0 と振幅変調された微小信号 $v = v_0(1 + m \cos \omega_1 t) \sin \omega_2 t$ の和で表わされる。 $V_p = V_0 + v$ 。 ω_1 は変調周波数、 ω_2 は搬送波の周波数、 m は変調度 ($m < 1$) を示し、 v_0 は無変調時の振幅を示す。交流成分が直流成分に比べ小さいとして V_0 のまわりに展開すると、電流は直流分と交流分の和で表わされる。また、交流分は変調周波数 ω_1 とその高調波成分（ただし ω_2 の成分は含まない）と残りの成分に分類できる。すなわち

$$\begin{aligned} I_p &= G(V_0 + v) = G(V_0) + G'(V_0)v + G''(V_0)v^2/2! + G'''(V_0)v^3/3! + \dots \\ &= G(V_0) + G''(V_0) \frac{2+m^2}{4} \frac{v_0^2}{2} + G'''(V_0) \frac{32+96m+9m^4}{32} \frac{v_0^3}{64} + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \left[G''(V_0) \frac{m}{2} \frac{v_0^2}{2} + G'''(V_0) \frac{3(4m+3m^2)}{8} \frac{v_0^4}{24} + \dots \right] \cos \omega_1 t \\
& + \left[G''(V_0) \frac{m^2}{4} v_0^2 + G'''(V_0) \frac{3(6m^2+m^4)}{16} \frac{v_0^4}{24} + \dots \right] \cos 2\omega_1 t \\
& + \dots \\
& + \left\{ G'(V_0) v_0 + G'''(V_0) \frac{2+3m^2}{4} \frac{v_0^3}{6} + \dots \right\} \sin 2\omega_1 t + \dots
\end{aligned}$$

ここでは変調信号と同一周波数成分に着目し、高次の微分項が十分小さいとして省略すると、その振幅は次のように表わされる。

$$G''(V_0) \frac{m}{4} v_0^2 + G'''(V_0) \frac{4m+3m^2}{64} v_0^4 + \dots \simeq G''(V_0) \frac{m}{4} v_0^2 = \frac{d^2 I_p}{dV_p^2} \Big|_{V_p=V_0}$$

以上の結果からプローブ特性の二次微分は変調波の成分を取り出せばよいことがわかる。その他の周波数成分でも可能であることもわかるが、この成分が測定する時の信号の大きさ等から考えると最も容易なものである。ただし、四次以上の微係数が二次微係数に比べ十分小さいことおよび直流バイアスに比べ重畳した交流分が十分小さいことが必要である。また、プローブ電圧の値に注意する必要がある（上式の V_p とドリユベスティン法の V の関係）。

§ 3 実験装置と方法

前述の機能をアナログ回路により実現する。測定系統の構成を図1に示す。陽極を参照電極とし、直流バイアス用電源（菊水PDM-35-3）と可変直流電源（直流増幅器，菊水POW-35-1Aと三角

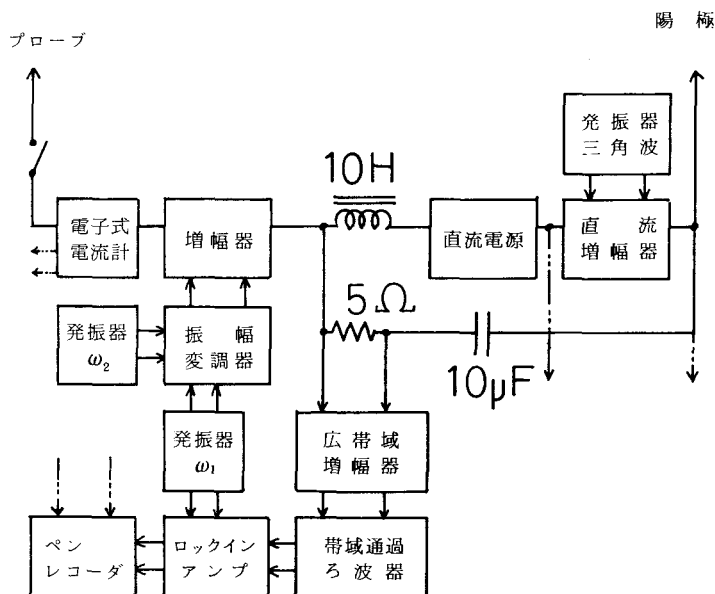


図1 測定系統の構成

波の発振器, 岩通 FG-330) および交流抑圧用チョークコイル (10 H, 100 mA) を直列とし, それにコンデンサ ($10 \mu\text{F}$ 1000w.v ペーパー) と抵抗 (5.0Ω) を直列とした信号電流検出用回路を並列に接続した。そして, 変調された交流信号電圧を緩衝増幅器 (高砂 BWA-1) の出力端子に取り出し, それに直流電流計 (電子式, 菊水 115 A), スイッチを直列に接続してプローブに至る。

振幅変調回路はベース変調方式を用い, 乾電池 (006 P) を電源とした。図 2 に示す。搬送波の周波数は約 13 kHz の正弦波を発振器 (NF 回路設計ブロック E 1201 A) より, 変調信号は 216 Hz の正弦波で発振器 (菊水 457) より与えた。

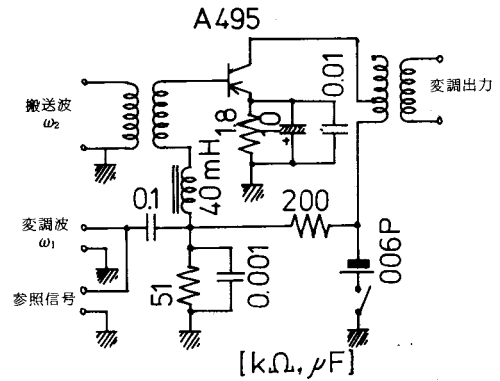


図 2 振幅変調回路

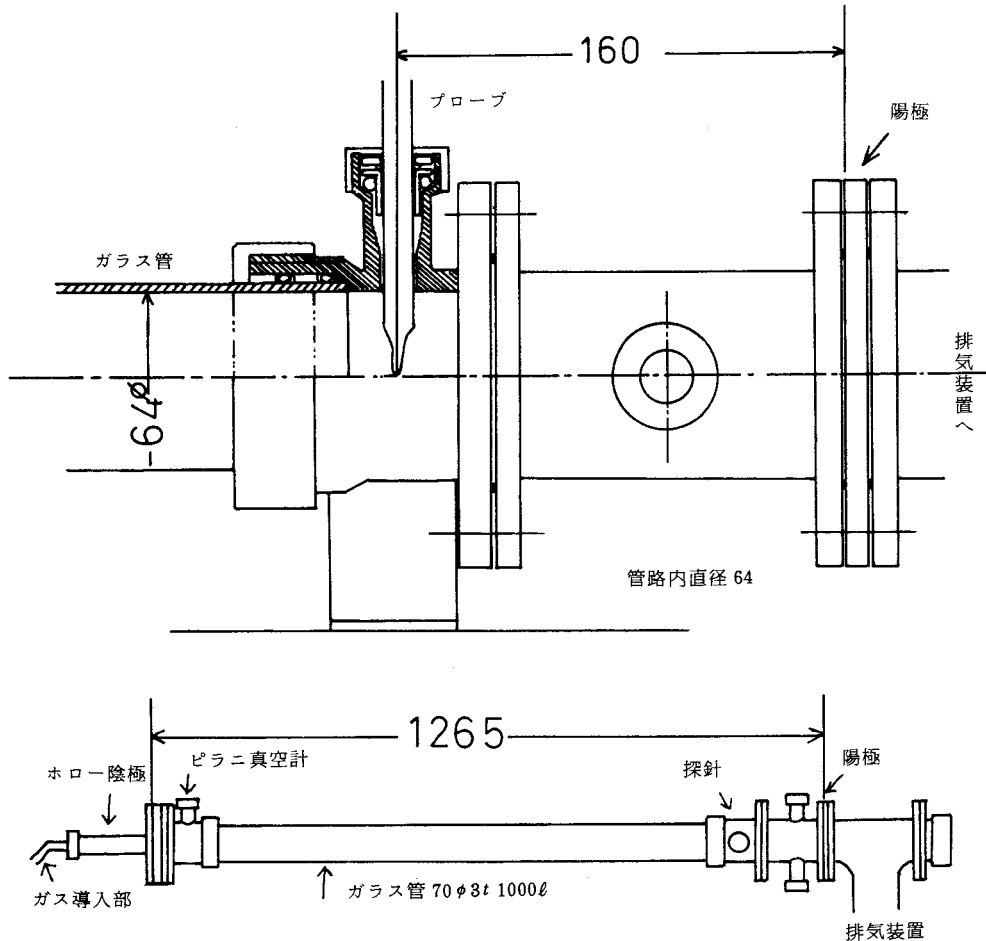


図 3 放電管と探針の配置図 (詳細)

信号検出抵抗の両端より交流結合し平衡形信号としてプローブ電流の交流分を広帯域増幅器（NF回路設計ブロック LI-75A）により検出・増幅し、バンドパスフィルタ（NF回路設計ブロック UF-2BP-1×4）により高調波成分を減衰させ位相検波増幅器（NF回路設計ブロック，LI-578A）で増幅し、ペンレコーダ（グラフテック，SR 3610）により記録した。信号電流が大きき場合にはフィルタに直接入力した。なお、フィルタの中心周波数は 214.5 Hz 付近で単体当りの帯域幅は 12 dB/oct であった。

放電管は内直径 64 mm のガラス管（約 1000 mm）とその両端は同径の金属（鉄，ステンレス）管になっており電極間 1265 mm である。図 3 に示す。測定用プローブは陽極より 160 mm にあり、金属部分に位置する。陰極はホロー陰極を用い、陽極はリング状とした。

実験は真空排気装置により 5×10^{-6} Torr 以下まで排気した後、アルゴンガス（純度 99.9 %）を用いて放電させた。プローブは 3 種類用いた。円筒形プローブ（直径 0.5 mm 長さ 5 mm タングステン）および直径 0.5 mm タングステン線をガラス絶縁とした平面プローブ。直径 4 mm の真鍮棒を厚さ 0.5 mm のテフロン管で絶縁した平面プローブである。

§ 4 実験結果とその検討

放電条件は気圧 (P)，12 パスカ以下，放電電流 150 mA 以下としたが，放電維持及びその再現性に多少問題が残った。さて，電子のアルゴン気体中での平均自由行程はほぼ $36.2/P$ (mm) で計算できる（衝突断面積で考えると約 10.4 \AA^2 程度）⁽⁴⁾。実験時気圧の高い場合にはプローブの寸法に近い値となる。直径 0.5 mm 平面プローブの場合には十分に自由分子条件が成立しているが，4 mm の場合問題がある。なお，プローブは放電管軸上に設置したためプローブ絶縁物（直径 5 mm 程度）による乱れをプラズマ中に生じた。

プローブ特性の測定は，直流バイアス用電源で浮遊電位付近に設定後，掃引用の三角波の振幅を適当に設定する（可変範囲は ± 35 V まで）。三角波の周波数は 0.01 Hz とし，一つのプローブ特性の記録には 50 秒を要した。重畳する交流信号は緩衝用増幅器の出力端で無変調時 $3V_p$ ，変調度 0.6 でその波形が歪まないようシンクロスコープで監視した。なお，このように大きな振幅となった理由は雑音が相当大きく信号対雑音比を大きくとるためである。本来直流バイアスに対し十分小さくする必要があり測定精度，分解能の点で特に重要な条件となる。

プローブ特性の測定例を図 4 に示す。また片対数表示の場合を図 5 に示す。図 4 より，イオン電流は小さいことがわかる。しかしこの領域でのプローブに捕集される電子電流も同様に小さく，イオン電流に対し無視できる保障はない。イオン電流の考慮は従来その理論式が用いられているが，その場合には測定後の補正しかできない。

電子電流が増加するとイオン電流は減少してくるので，イオン電流を無視してもよい状態になる。プローブ特性をみると電子飽和電流に相当する部分が不鮮明である。片対数表示の図 5 ではわずかに飽和領域がみられる。これはプローブのまわりに形成される電子きやが，プローブ電位の変化とともに変化

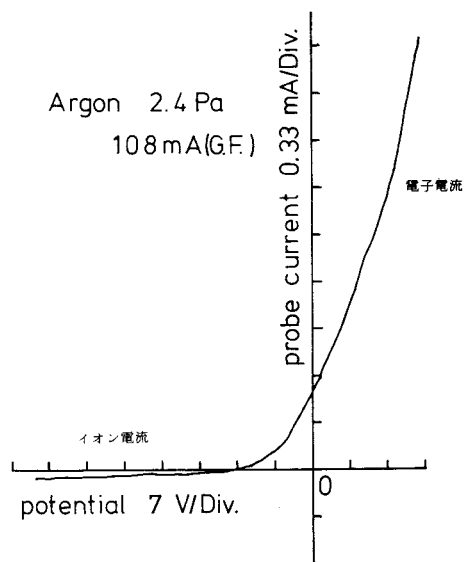


図 4 プローブ電圧電流特性。GF は放電中に気体を少しずつ流していた事を示す。

し、プローブの実効面積が増加してゆくためである。ラングミュアプローブ特性においては、空間電位の決定にこの領域を便宜的に利用しているが、現在のところ空間電位を正確に決定する方法は示されていない。

プローブ電流二次微分係数の測定結果を図6に示す。この測定に当り、位相検波増幅器の位相設定は電子電流が最も少ない領域、つまり電子エネルギー分布の高エネルギー部、に合わせ参照信号(プローブに印加した信号電圧波)と一定の位相差の条件で記録している。この位相は測定中、電子電流の増加により少しずつ変化し、空間電位付近では大きな変化(反転)を示した。この原因はプローブ前面のシースの挙動にあるものと考えられる。さて電子エネルギー分布関数の表示のためには、空間電位を決定しなければならない。プローブ特性の二次微分係数が零となる点を空間電位とする場合⁽⁵⁾が比較的多い。一方、二次微分係数が最大となる点を採用する場合⁽⁶⁾もあるようである。図7に電子エネルギー分布関数を示す。図6より求めたもので空間電位のとり方により図のような違いが現われる。ただし、最大値が同一となるよう表示してある。ここで特に問題とな

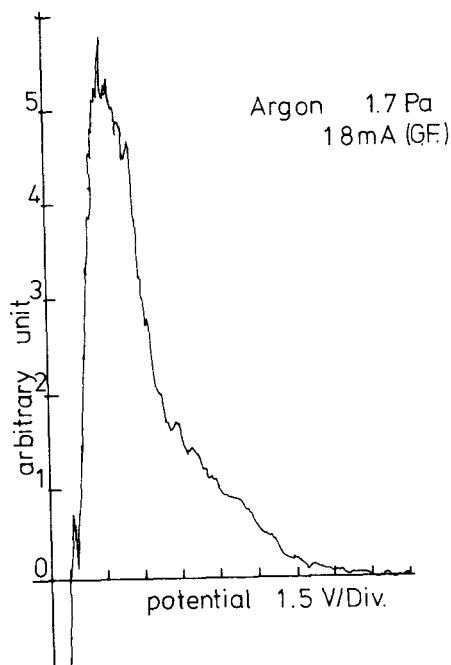


図6 二次微分係数の測定例

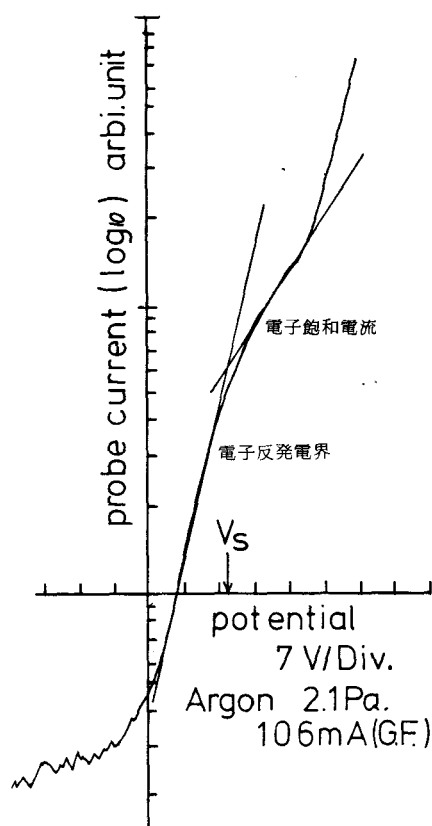


図5 プローブ電圧電流特性(片対数表示)。
電子飽和電流領域と電子反発領域の両接
線の交点を空間電位とする。
電子温度約68000 K

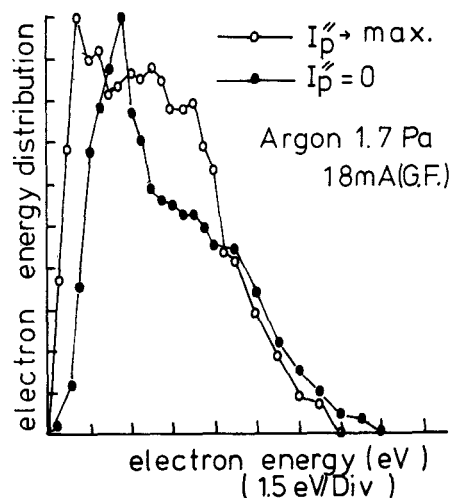


図7 電子エネルギー分布関数。空間電位を二
次微分係数が最大の場合(白丸)と零の場
合(黒丸)の二通りで示している。

るのは、測定全般についてもいえる事であるが雑音の抑制である。本測定法は本来分布の低エネルギー部分の信頼性は劣っているが、空間電位を決定すべき領域では一段と雑音が増しその電位の値に大きな影響を及ぼす。また、高エネルギー部分の測定精度の向上も重要である。これは電子エネルギー分布関数の値は二次微分係数と空間電位から測った電位の積に比例しているためである。

以上の結果より、本測定系により電子エネルギー分布の測定が可能であることが確かめられた⁽⁷⁾しかし、多くの問題点があり、それは測定系固有のものと測定法の原理的な問題に分類できる。後者については空間電位の決定法が、また前者においては雑音対信号比の改善が最も重要な問題であることがわかった。

§ 5 ま と め

電子エネルギー分布関数の測定法として、ドリュベスティン法が最もよく知られている。本論文では変調交流法による測定系を構成し、アルゴングロー放電陽光柱プラズマを用い実験的に測定系のもつ問題点について調べた。精度よい結果を得るために今後改良すべき点を明らかにする事を目的としている。その結果は次のように要約できる。

測定法のもつ原理的な問題点として、空間電位の決定、電子電流の分離、二項近似の妥当性、高次の微分係数の寄与およびプローブ前面のさやの挙動が挙げられる。また測定系固有の問題として信号対雑音比の改善が最も重要であることが明らかになった。今後の課題として、上記問題の解決と他の測定法による実験結果や理論値との比較検討が挙げられる。

最後に本研究に対し実験装置の製作および実験の遂行に当り多大なる協力を頂いた18期生、国原和司君と吉川完治君に感謝の意を表わします。

参考文献

- (1) M. J. Druyvesteyn: Z. Physik, 64 (1930) 781.
- (2) 真壁利明, 森為可: 昭和57年電気学会全国大会 S2-1.
- (3) 奥田孝美: 「気体プラズマ現象」 昭和50年 コロナ社
- (4) 電気学会: 「放電ハンドブック」 (1978) オーム社
- (5) S. W. Rayment, N. D. Twiddy: J. Phys, D. 2 (1969) 1747.
- (6) 畑中雅彦・他: 電気学会論文誌 A 101 (1981) 372.
- (7) 山崎勉: 呉高専研究報告 21-2 (1986) 39.

(昭和61年4月15日受付)

粗粒子層における流れの抵抗則

(土木工学科) 星 健 三

Flow Resistance in Coarse Porous Media

Kenzo HOSHI

This paper describes an experimental study on flow resistance through coarse porous media in turbulent flow.

First, from experimental results in model permeable strata formed of glass beads or alumina balls, it is proposed to use the effective grain diameter $d_e (=d\lambda)$ as a representative grain diameter in coarse porous media, where d is the average grain diameter and λ is percentage voids.

Secondly, the relation between drag coefficient and Reynolds number in case of using the effective grain diameter d_e is investigated.

1. まえがき

地下水の流れにおける流動抵抗則は、土砂の中を流れる地下水の速度が小さい層流の範囲では、ダルシーの法則が成り立つことは周知の通りである。しかし、レイノルズ数 R_e が 4 以上になるとダルシーの法則は適用できなくなる。この乱流領域における流れの抵抗則については多くの研究成果が発表されており、リンドキストによれば¹⁾実験材料に球を用いた実験結果として、流れに対する抵抗係数 f が $R_e f = a + b R_e$ で表せるとしている。

本研究は、礫層中の流れにおける抵抗則を明らかにするための基礎的実験として、試料にガラスビーズおよびアルミナボールを用いた粗粒子層についての実験を行い、リンドキストの式を基にして抵抗係数 f 、粗粒子層の代表粒径の表し方および上式中の係数 a, b と代表粒径との関係について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

2.1 実験装置

実験装置は図 1 に示すような定水位型の透水試験装置で、その概略は導水パイプ、上槽、試料筒、下槽、水位調節装置および水位測定装置よりなる。

上槽と下槽は内径 30 cm 高さ 1 m の円筒型で、上槽には水位を一定に保つためのオーバーフロー装置、下槽には水位を変えるための可変水頭用パイプとバルブを取り付けてある。

実験材料を詰める試料筒は長さ 2 m の塩化ビニールパイプで、内径 5.1 cm と内径 10 cm のもの 2

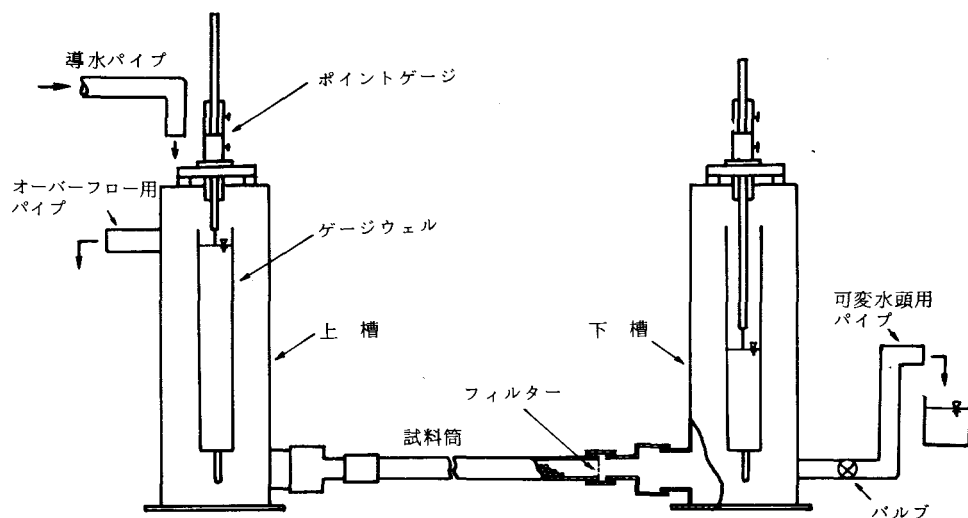


図1 実験装置

種類がある。試料筒の一端には固定型フィルターを、他端には可動型フィルターを取り付けて試料を固定した。

水位の測定装置として、測定を容易にするために各水槽の側面に内径 10 cm の透明アクリル製のゲージウェルを取り付けた。

2.2 実験試料

実験に用いた試料は、ガラスビーズ 3 種類とアルミナボール 1 種類の計 4 種類である。各試料の平均粒径 d は、任意に抽出した 100 個を単位として試料の重量を計り、合計 1000 個の試料の総重量から、試料 1 個の平均重量を比重で除して体積を求めてその体積に相当する球の直径を平均粒径とした。各試料の諸量を表 1 に示す。

表 1 試料の諸量

試料の種類	ガラスビーズ			アルミナボール
	I	II	III	IV
平均粒径 d (cm)	0.37	0.52	0.71	1.03
比重 γ	2.494	2.493	2.488	3.611

2.3 実験方法

試料を試料筒に詰めて筒を上下槽間に水平に設置し、上下槽間に水位差をつけて水を流して定常状態になった後、上槽と下槽の水位および浸透流量を測定した。次に、水位差を順次変えて同様の実験を繰り返した。

水位の測定は、ゲージウェル内の水位を 1/10 mm 読みポイントゲージで測定した。両水槽の水位差にはフィルター等による損失も含まれているが、これらは微小と考えて上下水槽の水位の測定値の差を透水試料層による損失水頭 h とした。

流量 Q は可変水頭用パイプの下流端で容積法により測定した。

全試料について内径 $D=5.1$ cmの試料筒を用いて実験を行い、アルミナボールについては空隙の影響を検討するために、内径 10 cmの試料筒を用いて実験を行った。

2.4 実験の種類と条件

実験の種類と条件を表 2 に示す。表中の空隙率 λ は、筒に詰めた試料の重量を比重で除した値を試料の体積 V_s とし、空隙も含めた試料の全体積を V として $\lambda=(V-V_s)/V$ より算出した値である。

表 2 実験の種類と条件

実験の種類	G1	G2	G3	A1	A2
試料の種類	I	II	III	IV	
試料筒の内径 D (cm)	5.1				10.0
水位差 h (cm)	0.91 ~ 40.5	0.90 ~ 41.3	0.92 ~ 41.9	0.82 ~ 36.3	0.51 ~ 23.9
流量 Q (cm ³ /s)	0.94 ~ 25.3	1.85 ~ 37.2	3.46 ~ 53.9	6.88 ~ 78.7	14.7 ~ 213
レイノルズ数 Re	1.4 ~ 38	4.5 ~ 89	11 ~ 175	34 ~ 394	18 ~ 261
空隙率 λ	0.379	0.383	0.394	0.423	0.385

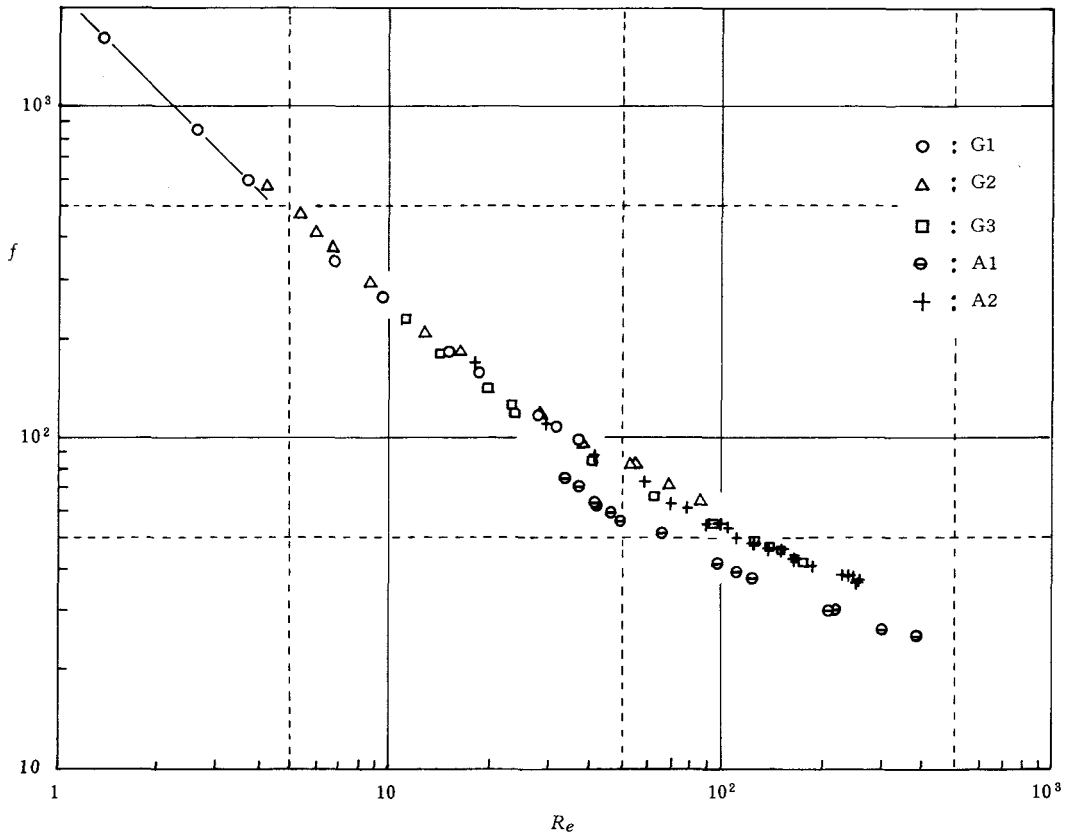


図 2 $f-Re$ の関係

3. 実験結果と考察

3.1 抵抗係数 f とレイノルズ数 R_e の関係

粗粒子層中の流れの抵抗則については安田等の研究があるが、²⁻⁵⁾ 本実験に適用して解析した結果では適応性が見出せなかったため、本研究では以下に述べるように $f-R_e$ の関係を用いて抵抗則を検討した。

粗粒子層中の流れは大きさの異なる空隙中を通る不規則な流れであるが、これら空隙の平均的な大きさを持つ細い管を想定し、この細い管の集合体として粗粒子層を考えると、抵抗係数 f を管路におけるダルシー・ワイスバッハの式に準じて次式で表せる。

$$f = \frac{2gdh}{v^2 l} \quad (1)$$

ここに、 d : 粗粒子の平均粒径、 l : 試料長さ、 h : 試料長さ l 間の損失水頭

v : 見かけの流速 (= 浸透流量 Q / 全断面積 A)

また、流れの代表的な長さとして平均粒径 d を用いると、レイノルズ数 R_e は次式で与えられる。

$$R_e = vd/\nu \quad (2)$$

ここに、 ν : 水の動粘性係数

上記の(1)、(2)式により求めた $f-R_e$ の関係を調べたものが図2である。図2において、 $R_e < 4$ の点を直線で結ぶと 45° の傾きの直線となる。したがって、 $R_e < 4$ では流れは層流になっていることが分かる。

次に、 $R_e > 4$ では実験A1を除いたG1~G3およびA2の実験値は、ほぼ1つの曲線上に分布している。ここで、実験A2は前述のように内径10cmの試料筒にアルミナボールを詰めて行った実験であり、A1は内径5.1cmの試料筒を用いた実験値である。このA1の実験値が他の実験値から離れているのは、表2中の空隙率 λ を比較しても分かるように、粒径に比べて試料筒の内径が小さいために空隙が増加し、試料間の平均的な空隙の大きさが大きくなり、抵抗係数が小さくなったものと考えられる。

3.2 透水装置の大きさの影響

図2においてガラスビーズの実験値の分布を比較すると、G1の空隙率が小さいにもかかわらずその実験値は下側にあり、G2よりもG1の抵抗係数の方が小さな値となっている。これは各試料の粒度の相違等によるもので、試料筒の大きさは影響していないと思われる。しかし、G3にはその影響が僅かに現れているようである。このことから、試料筒の内径 D と試料の平均粒径 d の比 D/d がほぼ10以上になると透水装置の大きさの影響はないものと思われる。

3.3 有効粒径 d_e と抵抗係数 f_e

不均一な粒径と複雑な形状をもつ礫層においては、礫の詰まりぐあいによって空隙率に幅が生じてくる。これらの透水層について考える場合には、空隙率の要素を含んだ粒径の表示が必要である。

いま、平均的な空隙の大きさを想定して、その大きさを左右する主要要素に平均粒径 d および空隙率 λ を取り上げて考える。そして、空隙率が大きい程平均的空隙の大きさも大きくなるとして、 d と λ の積を相対的な有効空隙の大きさを表すものと考えて、次式の d_e を有効粒径と定義する。

$$d_e = d\lambda \quad (3)$$

次に、(1)式における流速についても上記の d_* に対応した流速を考えて、空隙中を通る実際の流速 $v_0(=v/\lambda)$ と d_* を用いて求めた抵抗係数を f_* と置けば次式となる。

$$f_* = \frac{2gd_*h}{v_0^2 l} \quad (4)$$

(4)式に $d_* = d\lambda$, $v_0 = v/\lambda$ を代入すると f と f_* の関係式として次式を得る。

$$f_* = f\lambda^3 \quad (5)$$

一方、レイノルズ数については、 v_0 と d_* を用いたレイノルズ数は $R_*' = v_0 d_*/\nu$ であるが、 $v_0 d_* = v d$ であるから $R_*' = R_*$ となる。

3.4 抵抗係数 f_* とレイノルズ数 R_* の関係

(4)式により求めた f_* と R_* の関係を図3に示す。ガラスビーズの実験では空隙率の値に差がないので、図2と図3とを比較するとあまり変化はないが、G3の値が僅かに修正されている。

一方、アルミナボールの実験値 A1 と A2 がほぼ一致し、全体として一つの曲線上に分布するようになる。

このことから、粗粒子層における代表粒径として $d_* = d\lambda$ と置いた有効粒径 d_* を用いることにより、粗粒子層における流れの抵抗則をよりの確に表し得ると考えられる。

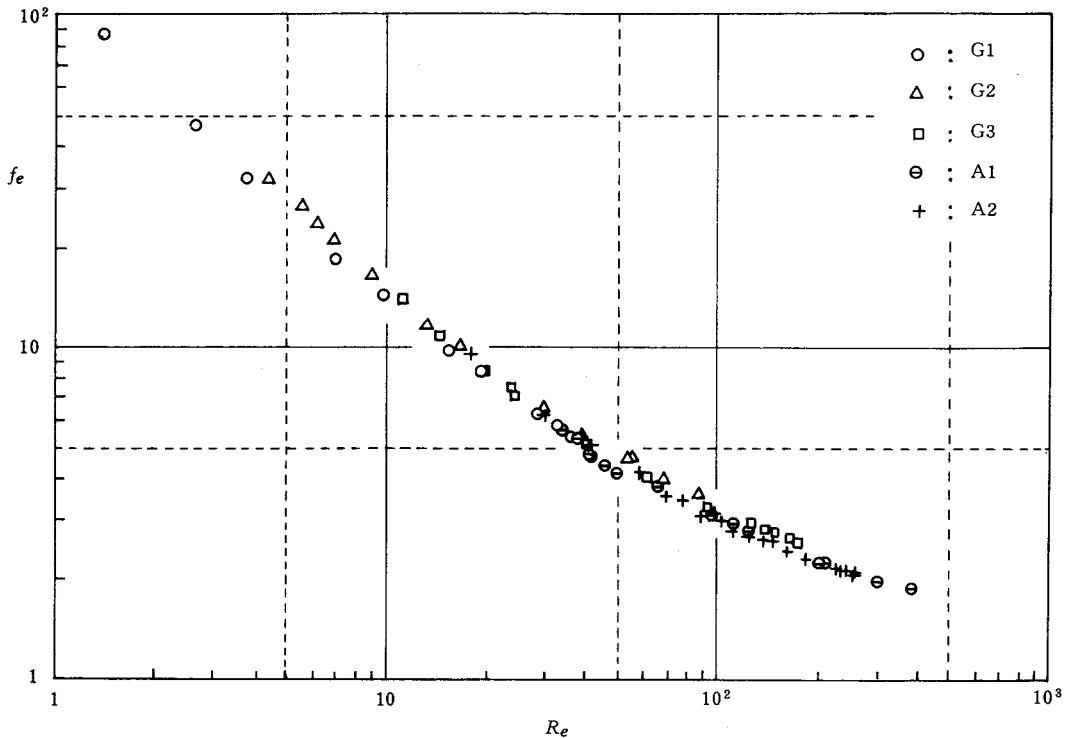
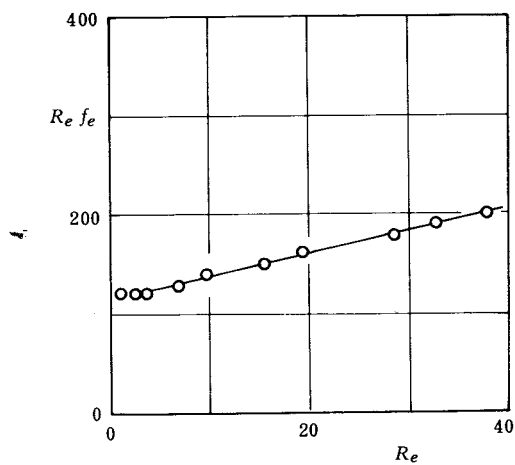
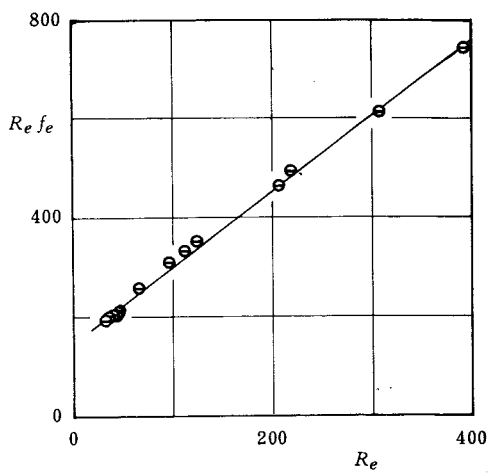


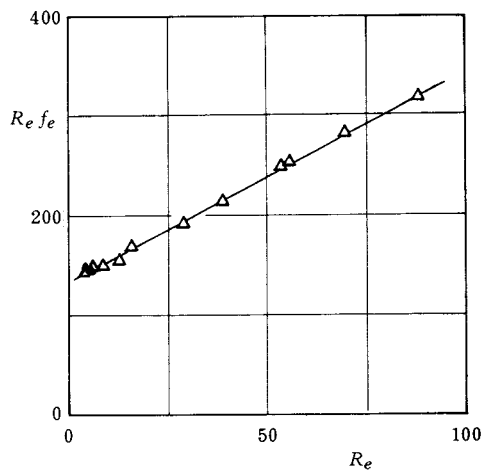
図3 $f_e - R_e$ の関係



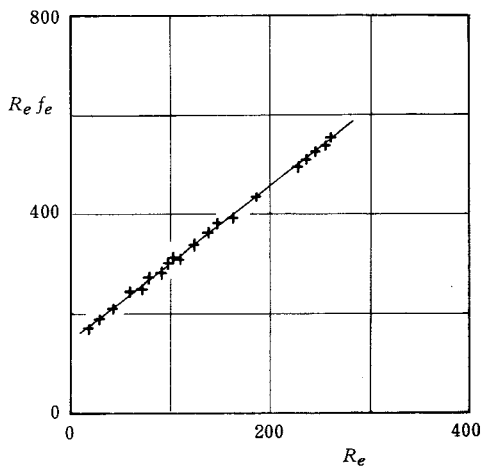
(1) G1



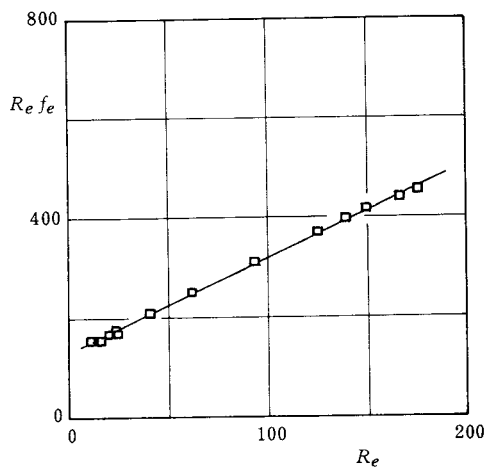
(4) A1



(2) G2



(5) A2



(3) G3

図4 $Re fe - Re$ の関係

3.5 f_e と R_e の関係式

図3において実験値はほぼ同一曲線上にあるが、粒径の小さいものほど曲線の傾きが早く水平に近いものに移行している。

前述のようにリンドキストによれば、乱流領域においては f と R_e との間に次式の関係が成り立つとしている。

$$R_e f = a + b R_e \quad (6)$$

ここに、 a, b は定数

そこで、 $R_e > 4$ において f_e と R_e の間にも(6)式が成り立つものとして

$$R_e f_e = \alpha + \beta R_e \quad (7)$$

と置き、その適合性を検討した。

図4-(1)~(5)は $R_e f_e - R_e$ の関係を各実験別に図示したものである。各図において実験値は直線上に分布しており、 $4 < R_e < 400$ の範囲において球形粗粒子層に(7)式が適用できることになる。

3.6 係数 α, β と d_e の関係

図4で、各実験ごとに(7)式中の係数 α, β を最小二乗法により求めた結果を表3に示す。この α, β と d_e の関係を図示すると図5 ($\alpha - d_e$)、図6 ($\beta - d_e$) のようになる。ややばらつきがあるが、 α の値は d_e に比例して増加し、 β の値は d_e が増加すると減少している。

表3 α, β と d_e の値

実験の種類	G1	G2	G3	A1	A2
有効粒径 d_e (cm)	0.14	0.20	0.28	0.44	0.40
係数 α	117	131	132	145	148
係数 β	2.21	2.14	1.88	1.54	1.54

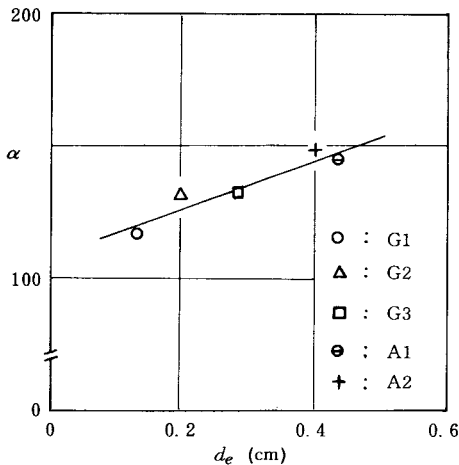


図5 $\alpha - d_e$ の関係

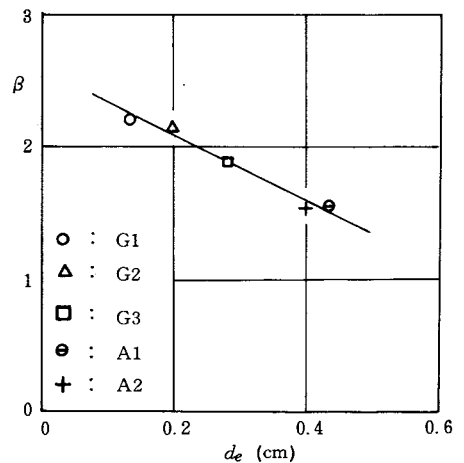


図6 $\beta - d_e$ の関係

図5と図6において α, β と d_e との間に一次の関係があると見なすと次式を得る。

$$\alpha = 92d_e + 108 \quad (8)$$

$$\beta = -2.47d_e + 2.58 \quad (9)$$

ただし, $0.14 \leq d_e \leq 0.44 \text{ cm}$ である。

4. まとめ

礫層の流れにおける抵抗則を明らかにするための手がかりとして、球形のモデル透水層を用いて行った実験結果をまとめると次の通りである。

(1) 粗粒子層における代表粒径として、空隙率を考慮した有効粒径 $d_e (=d\lambda)$ を用いる方がより適応性があると思われる。

(2) $4 < R_e < 400$ の範囲において、実流速と有効粒径を用いて求めた抵抗係数 f_e とレイノルズ数 R_e との間に $R_e f_e = \alpha + \beta R_e$ の関係が成り立つ。

(3) 上式における係数 α, β は近似的に d_e の一次式で表せる。

今後、礫層についての実験を行い、以上の結果を基にして礫層における d_e, f_e の適合性および α, β と d_e の関係について検討したいと考えている。

終わりに、本研究を行うにあたり実験に協力していただいた本校卒業生倉岡一樹、河野俊助両氏に深く感謝します。

参考文献

- 1) Lindquist: On the flow of water through porous soil, Report of 1st Cong, Large Darms, 1933
- 2) 安田禎輔, 他: 粗粒子層の透水に関する研究 (第1報) 理論的考察と実験方法について, 土木学会第26回年次学術講演会講演集, pp.447~450, 1971
- 3) 安田禎輔, 他: 粗粒子層の透水に関する研究 (第2報) 透水現象の分類と実験式, 土木学会第26回年次学術講演会講演集, pp.451~454, 1971
- 4) 安田禎輔, 他: 粗粒子層の透水に関する研究 (第3報) 透水現象の分類と実験式, 土木学会第27回年次学術講演会講演概要集, pp.683~684, 1972
- 5) 藤田龍之, 他: 粗粒子層の透水における無次元化の問題点, 土木学会第33回年次学術講演会講演概要集, pp.598~599, 1978

(昭和61年4月15日受付)

膨張コンクリートに関する 2, 3 の実験

(土木工学科) 西 谷 庸 雄

Some Experimental Investigations of Expansive Concrete

Tsuneo NISHITANI

As can be seen in the technical book titled 'Recommendation for Design and Practice of Expansive Concrete' issued by Japan Society of Civil Engineers in 1979, almost all the problems of expansive concrete have been made clear. But, investigations on strength of the expansive concrete arrested by arrangement's bar to triaxial directions and on the creep of the concrete are rare.

Some experimental investigations were made with the expansive concrete. Varying the rate of expansive admixture and the arrest reinforcement ratio, compressive strenght of the concrete is examined. Creep characteristics of the concrete varied the level of chemical prestress and loaded at various ages are determined.

§ 1 まえがき

膨張コンクリートに関する研究は、すでに 1979 年、土木学会によって「膨張コンクリート設計施工指針」として作成されているように、ほとんど解明されているものが多いが、鉄筋によって膨張を三軸方向に拘束されたコンクリートの強度や、クリープについての研究は少ない。

そこで、膨張材の混入率と拘束鉄筋比を変えた膨張コンクリートの圧縮強度、ケミカルプレストレスおよび載荷時材令を変えた場合のクリープ特性について、実験的に検討したので、ここにその概要を報告する。

§ 2 実験概要

2.1 実験計画

前節に述べた目的から表 1 に示すように拘束鉄筋比(p)およびカルシウム・サルフォ・アルミネート(以後 CSA と省略)系膨張材の混入率(セメントの内割比で細骨材と置換)をかえたコンクリー

表 1 鉄筋で拘束した膨張コンクリートに関する実験

測 定 項 目	CSA混入率 (%)	拘束鉄筋比 p (%)	材 令 (日)	養 生 条 件
圧 縮 強 度	0 8 12 16	0.6 1.6 3.1	7 28 56	水 中
ゲミカルプレストレス	8 12 16	0.6 1.6 3.1	7 28 56	水 中

トの圧縮強度と鉄筋に貼ったひずみゲージのひずみ量（圧縮強度試験加圧方向）より求めたケミカルプレストレスがどの程度得られるか調べた。

また、膨張コンクリートのクリープ試験は表2に示すように膨張材の混入率（セメント内割りで細骨材と置換）を3種類に変化させ、載荷材令もかえて、導入応力レベルと拘束鉄筋比を一定とした場合の膨張材の混入量がクリープに及ぼす影響を検討し、同時に乾燥収縮についても調べた。

表2 膨張コンクリートのクリープに関する実験

測定項目	CSA混入率 (%)	導入応力レベル (%)	載荷材令 (日)	養生条件
ク リ ー プ	0 10 15	33	14 28	空 中
乾 燥 収 縮	0 10 15			空 中

2.2 使用材料

セメントはいずれの実験の場合も普通ポルトランドセメント（28日曲げ強さ $=70\text{kg/cm}^2$ ，圧縮強さ $=415\text{kg/cm}^2$ ）を用い、膨張材としてデンカCSA #20を使用した。

骨材はいずれの実験の場合も広島県太田川産の川砂と広島県呉市広町産の最大寸法 20mm の砕石（石英斑岩）を使用した。また、拘束コンクリートの場合、細骨材の比重は 2.52，F.M. は 2.65，粗骨材の比重は 2.66，F.M. は 7.50 である。クリープ試験の場合，細骨材の比重は 2.62，F.M. は 2.85，粗骨材の比重は 2.66，F.M. は 6.95 であった。

膨張の拘束に用いた鉄筋はいずれもSD-30，呼び径はそれぞれ 10，16 および 22 の 3 種類で，クリープ試験の載荷用PC鋼棒はA種1号（SBPR 80/95）の 17mm を使用した。

ケミカルプレストレスおよび導入応力測定のためにいずれもゲージ長 5mm の電気抵抗線ひずみゲージを鉄筋およびPC鋼棒に貼付した。

2.3 コンクリートの配合

拘束コンクリートに用いたコンクリートの配合は表3に示すとおりで，CSA混入率0%のものを基本として，膨張材はセメントの内割りで細骨材と置換して使用した。

表3 鉄筋で拘束した膨張コンクリートの示方配合

CSA 混入率 (%)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の 範 囲 (cm)	水結合 材 比 $W/C+E$ (%)	細骨材率 s/a (%)	水 W (kg)	セメント C (kg)	細 骨 材 S (kg)	粗 骨 材 G (kg)	CSA E (kg)
0	20	8 ± 1	55	48	184	334	854	936	0
8	20	8 ± 1	51	47	184	334	827	936	27
12	20	8 ± 1	49	47	184	334	814	936	40
16	20	8 ± 1	47	46	184	334	801	936	53

クリープおよび乾燥収縮試験に用いたコンクリートの配合は表4に示すとおりで，CSAの混入方法は拘束コンクリートと同様である。

表 4 クリープ試験に用いたコンクリートの示方配合

C S A 混入率 (%)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の 範 囲 (cm)	水 結 合 比 材 W/C+E (%)	細骨材率 s/a (%)	水 W (kg)	セメント C (kg)	細 骨 材 S (kg)	粗 骨 材 G (kg)	C S A E (kg)
0	20	12 ± 1	55	44	165	300	823	1053	0
10	20	12 ± 1	50	43	165	300	793	1053	30
15	20	12 ± 1	48	42	165	300	778	1053	45

2.4 供試体の作製

拘束コンクリートの圧縮強度試験用供試体は、膨張材混入率 0 % の場合 $\phi 10 \times 20$ cm の鋼製型枠で各配合それぞれ 3 本ずつ作製した。鉄筋で拘束したものは、図 1 に示すように配筋された矩形の供試体を打設し、所定の養生期間を経た後、図の点線の部分をコアボーリングし、さらに、とれた円柱の両端を 1 cm ずつコンクリートカッターで切断した。キャッピングは、膨張材混入率 0 % のものはセメントペーストで行い、コア供試体は硫黄と鋳物質粉末の混合物で両端ともキャッピングし、 h/d が 2.0 になるようにした。

クリープおよび乾燥収縮試験用供試体は $10 \times 10 \times 40$ cm の曲げ試験用鋼製型枠を用い、クリープ試験用には図 2 に示すように断面図心に鋼製スパイラルシースを配置し、PC 鋼棒を収容できるものとした。乾燥収縮試験用は図 3 に示すように JIS A 1124 の長さ変化試験方法のうちのコンパレータ法による標線用乳白ガラスを貼付け、各配合についてそれぞれ 3 本ずつ作製した。

2.5 脱型および養生

拘束コンクリートの場合、膨張材混入率 0 % のものは打設後 24 時間で脱型、キャッピングを行い、さらに、24 時間後に $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{deg}$ の水中で所定の材令まで養生した。鉄筋で拘束したものは打設後 24 時間で脱型し、前者と同じ養生を行ったが、コアボーリングを行うため圧縮強度試験を行う 24 時間前に水中より取り出した。

クリープおよび乾燥収縮試験の場合、いずれも打設後 24 時間で脱型し、 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{deg}$ 、50~60 % R. H. の恒温室に移し所定の材令まで空中養生を行った。

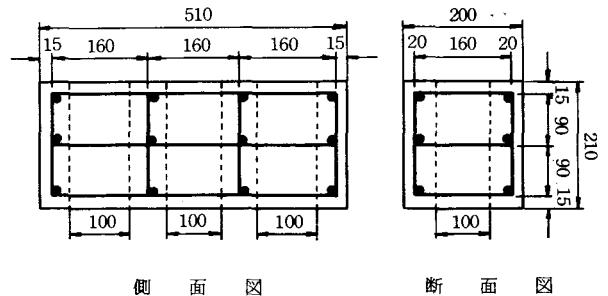


図 1 拘束コンクリート用供試体の形状・寸法および配筋図 (単位: mm)

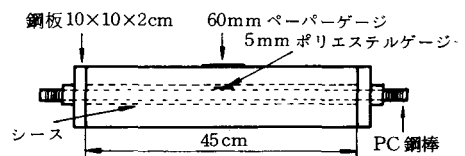


図 2 クリープ試験用供試体の形状・寸法

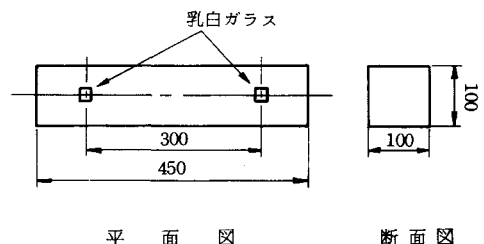


図 3 乾燥収縮試験用供試体の形状・寸法 (単位: mm)

2.6 クリープ試験

センターホールジャッキでPC鋼棒を緊張定着することにより、材令14日および28日で求めた圧縮強度の33%を導入応力レベルとして、所定の持続応力を供試体に導入した。持続応力はクリープ、乾燥収縮およびPC鋼棒のリラクセーションにより低下するため、応力導入開始日から1, 2, 3日目, その後は2日おきにPC鋼棒の引き直しを行い、応力導入後110日まで持続応力を維持した。持続応力の管理はPC鋼棒に貼付けたひずみゲージで行い、コンクリートのクリープひずみは供試体に貼付けた長さ60mmのひずみゲージにより測定した。

クリープ試験用供試体は各配合につきそれぞれ3個ずつとし、3供試体のひずみの平均をその配合におけるクリープひずみとして求めた。

2.7 乾燥収縮試験

JIS A 1124のコンパレータ方法により試験を行った。供試体に貼付けた2枚の乳白ガラスの表面に刻線器で刻線した30cmの基線長を、脱型後からクリープ試験開始まで毎日、クリープ試験開始後は1, 2, 3日目, その後は2日おきに122日目まで測定し、乾燥収縮量を求めた。

§ 3 三軸方向に拘束をうけた膨張コンクリートの圧縮強度およびケミカルプレストレス

3.1 拘束鉄筋比と圧縮強度

図4はCSA混入率をパラメーターとした各材令における拘束鉄筋比と圧縮強度との関係を、図5は拘束鉄筋比をパラメーターとした各CSA混入率における材令と圧縮強度との関係を示す。

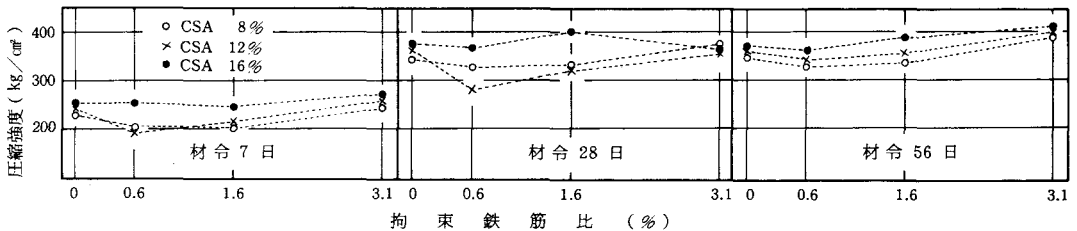


図4 拘束鉄筋比と圧縮強度との関係

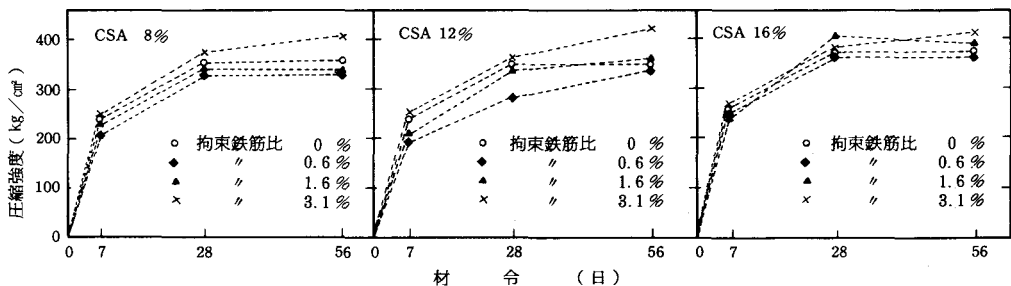


図5 材令と圧縮強度との関係

この図4から、いずれの材令においても、CSA混入率16%のものを除くと、無拘束コンクリートの圧縮強度が拘束鉄筋比0.6%および1.6%のものよりもやや大きく、鉄筋比3.1%のものが無拘束

のものとはほぼ同じか大きくなることが認められる。CSA 混入率 16% の場合は、鉄筋比が 0.6 % のものは前者と同じ傾向を示しているが、鉄筋比 1.6 % では無拘束コンクリートとはほとんど同じかわずかに大きい圧縮強度を示し、鉄筋比 3.1 % で最大強度を示すのは前者と用様である。

この拘束鉄筋比 0.6 % と 1.6 % のコンクリートの圧縮強度がほぼ同じで無拘束コンクリートの圧縮強度よりも小さくなったのは、鉄筋で拘束した CSA 混入率 0 % のコンクリートの圧縮強度を調べていないのではっきりしたことは言えないが、鉄筋で拘束した供試体の場合はコンクリート打設の際の締め固めが無拘束供試体ほど十分でなかったことと、コア採取した後の成型とキャッピング不備が考えられる。したがって、鉄筋で膨張を拘束したコンクリート供試体の圧縮強度だけで比較した場合、鉄筋比が大きくなるにつれて圧縮強度も漸次増大する傾向がよくうかがえる。また、今回の実験のように CSA 混入率を 16 % と大きくした場合でも、過大な膨張量を三方向に十分配筋して拘束するならば、既往の研究結果¹⁾とは異なり、強度の低減をよく防ぐことができるものと思われる。

図 5 からは、いずれの CSA 混入率においても材令 7 日から材令 28 日の間に、どの拘束鉄筋比の場合でも、約 100 kg/cm² 程度の強度増進がみられる。しかし、その後の材令の経過にもかかわらず鉄筋比 3.1 % を除く他の鉄筋比では圧縮強度はほとんど大きくなっていない。むしろ、CSA 混入率 16 % の場合では圧縮強度が低下しているものもある。

この理由としては、拘束鉄筋比を大きくすることにより膨張を十分拘束できるため長期強度も大きくなったことが考えられる。

3.2 拘束鉄筋比とケミカルプレストレス

図 6 は各拘束鉄筋比にみた材令とケミカルプレストレス（拘束鉄筋に貼付けたひずみゲージの伸びひずみから推定したもの）との関係を CSA 混入率をパラメーターとして示したものである。ケミカルプレストレスの推定は以下の方法によった。

$$\sigma_c = f_s A_s / A_c, \quad f_s = \epsilon_s E_s$$

ここに σ_c = ケミカルプレストレス (kg/cm²), f_s = 拘束鉄筋の応力 (kg/cm²), A_s = 拘束鉄筋の断面積 (cm²), A_c = 図 1 に示す拘束鉄筋 4 本に囲まれたコンクリート断面積 (cm²), ϵ_s = 拘束鉄筋の実測伸びひずみ, E_s = 拘束鉄筋のヤング係数 (kg/cm²)

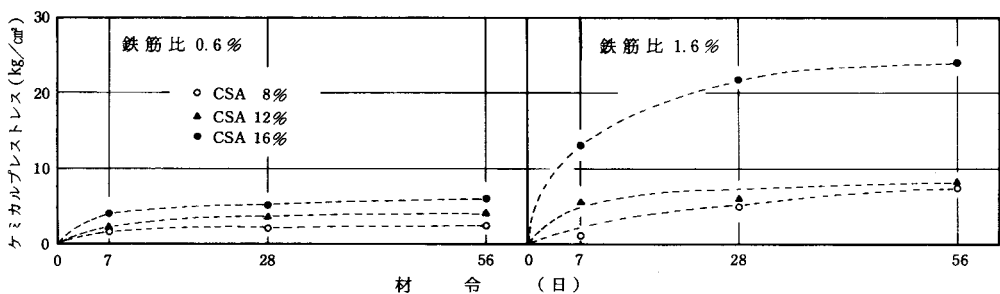


図 6 材令とケミカルプレストレスとの関係

なお、拘束鉄筋比 3.1 % のものは電気抵抗ひずみ計不調のため鉄筋のひずみの計測ができなかったもので、ここには拘束鉄筋比 0.6 および 1.6 % のものしか載せていない。

この図によれば、拘束鉄筋比 0.6 % 程度では CSA 混入率をかなり大きくしても、今回の実験のような膨張拘束によって得られるケミカルプレストレスはあまり大きいものは期待できないようである。

しかし、拘束鉄筋比 1.6 % では、このような方法でも、CSA 混入率を 16% と大きくすることにより、かなり大きいケミカルプレストレスを得ることができるものと考えられる。材令との関係でみると、CSA 混入率 12% 以下では材令 7 日で材令 28 日におけるケミカルプレストレスの約 80% が現出し、膨張率と材令との関係に関する既往の研究結果²⁾とよく一致している。なお、拘束鉄筋比 1.6 % の CSA 混入率 16% のものは、材令 7 日以後もケミカルプレストレスの著しい増大がみられるので、この原因については今後検討してみる必要がある。

§ 4 膨張コンクリートのクリープおよび乾燥収縮

4.1 CSA 混入率と重量減少率

図 7 は乾燥収縮試験に用いた供試体の材令と重量減少率との関係を CSA 混入率をパラメーターとして示したものである。

これをみると、CSA 混入率 0 と 10 % の供試体では材令にともなう重量減少の傾向にはほとんど差

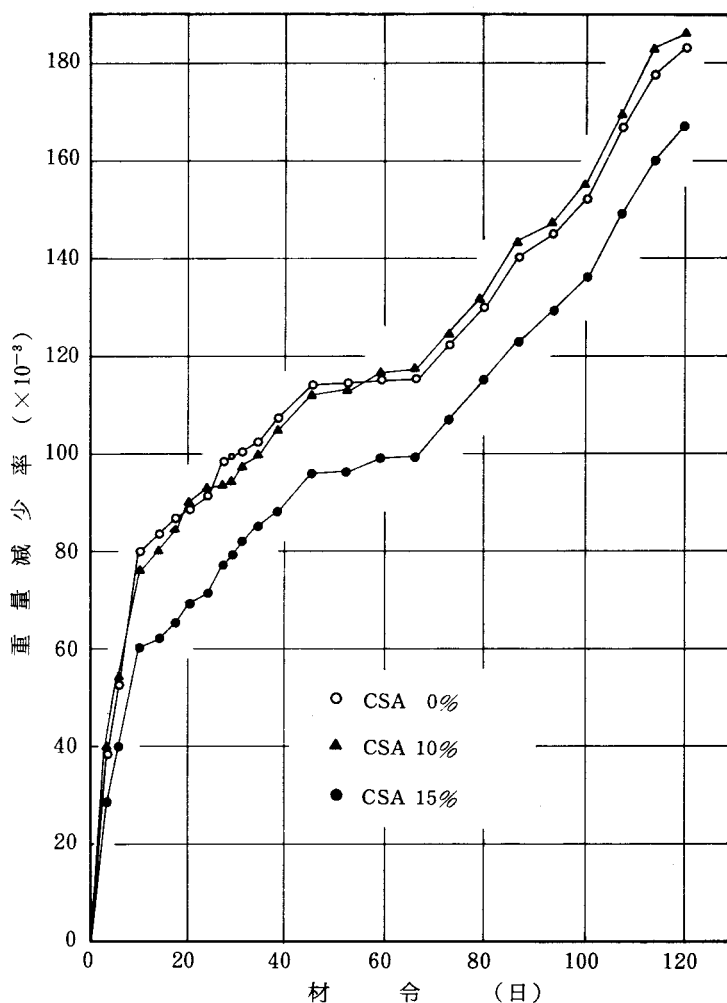


図 7 材令と重量減少率

がない。しかし、CSA 混入率 15% のものは前者よりやや小さくなるようである。これは CSA 混入率が 15% 程度と大きくなると、セメント硬化体中のセメント・ゲル間の微細空隙に発達したエトリンガイトが多量の結晶水をもつことと、エトリンガイトがコンクリート組織を緻密化することにより、コンクリート内部の余剰水が蒸発しにくくなったのではないかと考えられる。

4.2 膨張コンクリートの乾燥収縮

図 8 は、下記式により実測値を修正した、材令と乾燥収縮ひずみとの関係を CSA 混入率をパラメーターとして示したものである。ここで、コンクリートの乾燥収縮ひずみは一般にクリープひずみと相似に進行するものと考え、その理論曲線形として次式を与えた。

$$S_t = t/A + Bt$$

ここに S_t = 測定開始後の任意時間 t までに起る乾燥収縮ひずみ、 t = 経過時間(日)

A, B = 実験結果から決まる定数

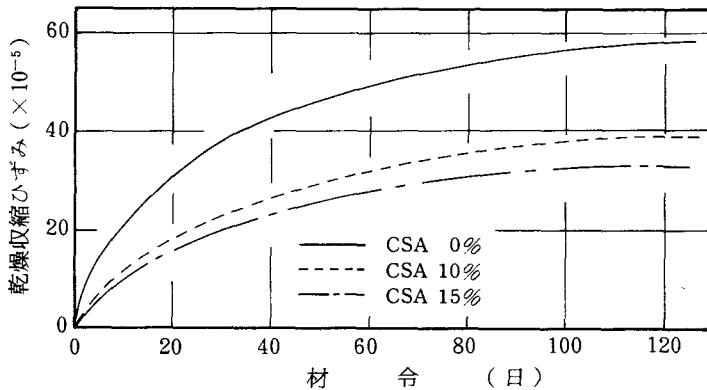


図 8 材令と乾燥収縮ひずみとの関係

また、上式において $t = \infty$ として求めた乾燥収縮ひずみの終局値を表 5 に示す。

これによると、CSA 混入率が大きくなるにしたがって乾燥収縮ひずみが小さくなることが認められる。また、CSA 混入率 0% のものと比較すると、この傾向はさらに著しい。今回の実験では、膨張率試験を行っていないので、確かなことは言えないが、CSA を混入することによって与えられる膨張量が乾燥収縮ひずみを低減させたことはあきらかである。なお、表 4 に示したブレンコンクリートの最終乾燥収縮ひずみは既往の実験結果³⁾

に比し大きなものとなったが、これは、今回の実験では供試体の寸法が小さかったことと、脱型直後から空中養生のままで試験を行ったのが原因ではないかと思われる。いずれにしても、CSA を混入することによる乾燥収縮ひずみの低減効果は大きいものであることが確認できる。

表 5 乾燥収縮ひずみを求める実験式および最終乾燥収縮ひずみ

CSA 混入率 (%)	実 験 式	最終乾燥 収縮ひずみ ($\times 10^{-5}$)
0	$S_n = \frac{t}{0.03672 + 0.00142t}$	70
10	$S_n = \frac{t}{0.08730 + 0.00177t}$	56
15	$S_n = \frac{t}{0.06415 + 0.00268t}$	37

4.3 膨張コンクリートのクリープ特性

材令14日および28日まで自由膨張させた膨張コンクリートの載荷後の材令とクリープひずみとの関係を図9に示す。なお、この時間-クリープ曲線は下記の式によって理想化したもので、表6はこの式より求まる最終クリープひずみとクリープ係数である。

$$f_t = t/A + Bt$$

ここに f_t = 応力導入後の任意時間までに起こるクリープひずみ, t = 経過時間(日)

A, B = 実験結果から決まる定数

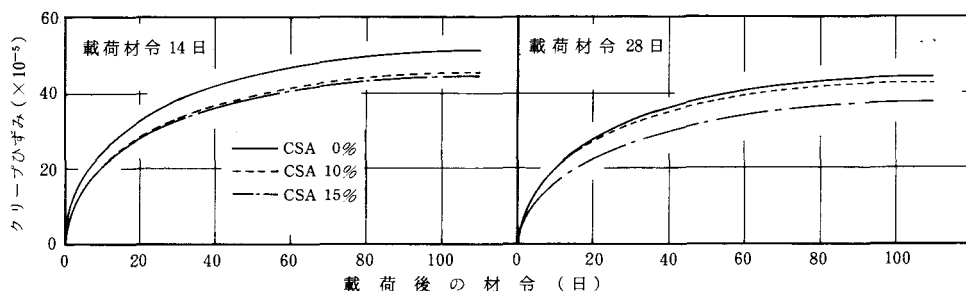


図9 載荷後の材令とクリープひずみとの関係

表6 クリープひずみを求める実験式、最終クリープひずみおよびクリープ係数

載荷材令 (日)	CSA混入率 (%)	実験式	最終クリープ ひずみ ($\times 10^{-5}$)	クリープ係数
14	0	$f_n = \frac{t}{0.02743 + 0.00193t}$	52	1.54
	10	$f_n = \frac{t}{0.02966 + 0.00212t}$	47	1.26
	15	$f_n = \frac{t}{0.01474 + 0.00225t}$	44	1.21
28	0	$f_n = \frac{t}{0.02881 + 0.00217t}$	46	1.32
	10	$f_n = \frac{t}{0.01141 + 0.00304t}$	33	1.02
	15	$f_n = \frac{t}{0.01409 + 0.00266t}$	37	0.97

また、クリープ試験に用いた供試体と同時に打設した円柱供試体の材令14日、28日の圧縮強度と導入応力およびこの応力におけるヤング係数を表7に示す。

これによると、材令14日で載荷したときのCSA混入率10%と15%では材令に伴うクリープひずみの増大傾向にはほとんど差はないが、CSA混入率0%のものよりいずれも小さくなる。材令28日で載荷した場合、CSA混入率10%のものはCSA混入率0%とほとんど差は認められないがCSA混入

表7 クリープ試験に用いたコンクリートの圧縮強度、ヤング係数および導入応力

CSA混入率 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)		ヤング係数 (×10 ⁵ kg/cm ²)		導入応力 (kg/cm ²)	
	材令14日	材令28日	材令14日	材令28日	材令14日	材令28日
0	209	204	2.01	2.02	70	68
10	214	239	2.20	2.14	71	80
15	257	246	2.21	2.23	86	82

率15%ではこれらより小さくなる。載荷材令で比較すると材令28日で載荷したものの方が14日で載荷したものよりいくぶん小さくなるようである。これらの傾向は表6に示したクリープ係数をみても明らかで、CSAを混入することによる相異がわかる。

今回の実験における実測クリープひずみは、数あるコンクリートのクリープひずみの定義の一つとして与えられる次式が適用できるものと思われる。

$$f_t = \delta_t - (\epsilon_{ie} + P) - S_t$$

ここに f_t = ある時間 t 後のクリープひずみ, δ_t = 時間 t における総ひずみ, ϵ_{ie} = 材令による瞬間弾性ひずみの非回復ひずみ分, P = 永久ひずみ, S_t = 乾燥収縮ひずみ

上式によれば、クリープひずみは荷重による全部の時間的変形であり、遅延弾性ひずみと粘性ひずみとの和であると定義される⁴⁾。したがって上記実験結果は、プレーンコンクリートに比し、膨張コンクリートの場合、エトリンガイトの生成発達によりセメントゲル間の微細空隙が充満され、上記粘性変形量と遅延弾性変形量が縮小したためと推察される。

§5 まとめ

三軸方向に拘束された膨張コンクリートの圧縮強度とケミカルプレストレスおよび載荷材令をかえた膨張コンクリートのクリープについて実験的に検討した結果をまとめると、本実験の範囲内では次のことが言えるようである。

(1) 鉄筋によって三軸方向に拘束された膨張コンクリートの圧縮強度はCSA混入率を大きくするほど、拘束鉄筋比を大きくするほど大きくなり、その差は材令が進むにつれて顕著になる。

(2) 今回の実験のような膨張拘束によるケミカルプレストレスは、拘束鉄筋量とCSA混入率をある程度大きくしなければ、工学的に有意な大きさのものを得ることはできない。

(3) 膨張コンクリートの重量減少率は、CSA混入率を15%と大きくすると、プレーンコンクリートよりやや小さくなる。

(4) 膨張コンクリートの乾燥収縮率は、CSA混入率が大きくなると小さくなり、最終乾燥収縮率は、CSA混入率15%でプレーンコンクリートの約半分になる。

(5) 膨張コンクリートのクリープひずみはプレーンコンクリートよりやや小さくなり、載荷材令を遅らせた場合の方がクリープひずみは小さくなる。

参 考 文 献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：コンクリートライブラリー第45号「膨張コンクリート設計施工指針(案)」(1979) 78.
- 2) デンカCSA(株)：「デンカCSAマニュアル」(1973) 8.
- 3) 岡田 清：「コンクリート工学ハンドブック」(1973) 365.

- 4) 岡田 清：「コンクリート工学ハンドブック」(1973) 367～368.

(昭和61年4月15日受付)

MSS データにおける まさ土分光特性に関する研究

(土木工学科) 小堀 慈久
(広島大学) 網干 寿夫

A Study on Spectral Characteristics of Decomposed Granite Soil Use of MSS Data

Sigehisa KOBORI
Hisao ABOSHI

The final purpose of decomposed granite soil study is interpretation and prediction of natural slope destruction. The purpose of this study is to find out the condition of decomposed granite soils, with the use of MSS (Multi spectral scanner) data. Following relations are investigated in the present study; (1) Surface temperature of decomposed granite soil and spectral reflectance. (2) Thick top soil in natural slopes and reflectance. (3) Water content and spectral reflectance in decomposed granite soil. (4) Ground surface temperature and stratum thickness. (5) Thickness of top soil in natural slopes and MSS (11channel CCT count) data.

A spectral photo meter is used to measure spectral reflectance and a thermal scanner for ground surface temperature. The measurement was performed from September 1983 till February 1986 under the fine day condition. The results are summarized as follows;

(1) The spectral reflectance of decomposed granite soil differs with its water content. The lower its water content, the higher its spectral reflectance. And limited water content is 20%. (2) The spectral reflectance of soil stratum decreases with its thickness. (3) Ground surface temperature increases with its thickness. (4) When 11channel CCT count increases, top soil is thick.

1. まえがき

瀬戸内海沿岸部に広がる風化花崗岩，いわゆるまさ土地帯は降雨によって地盤内支持力が低下し，毎年6～7月，9～10月にかけての豪雨期に各地で斜面崩壊，地すべり等の地盤災害を引き起こしている。一般的にこのような自然災害の発生予測を行うには災害の起こりやすい地域の代表的な斜面を選び，基本的な土質調査及び地質，地形調査，現場の試料による室内土質試験を行ったり又必要あれば現場計測等，詳細な現場データを集め検討し個々の災害診断による予測がなされこれまで多くの成果を上げて来ている。他方，広域的手法として地域の空中写真を判読し地形，地質，植生等の分類を

行い総合的判断により得られる地盤の特性から崩壊予知が行われている。一方、ここ数年、人工衛星、航空機を利用したリモートセンシング (Remote Sensing 以下R/Sと略記する) 技術は農学、土地利用計画、気象学等、多くの分野で成果を上げつつある。R/Sは物体の電磁波の反射又は放射特性の固有性に着目して、電磁波に関する情報を収集し、物体の識別やそれが置かれている環境条件を判読しようとする手法である¹⁾。

本研究ではこのような電磁波特性を利用し、まさ土地盤の安定に必要な基礎資料を得るための研究である。具体的には自然まさ土地盤で表層土の厚い地盤が示す分光特性、及び試験的に作られたまさ土含水比の相違における分光特性、そして航空機MSSデータが示す地表面温度分布と現地調査により得られた表層厚さとの関係について比較検討した。

2. 観測地域の概要

ここで述べる観測地域は Fig.-1 に示す広島県呉市休山周辺である。昭和42年7月及び昭和47年7月において、かつてない集中豪雨に襲われ各所で地すべり、崩壊が発生し、尊い人命と多くの構造物を失った。その後もこの地域での斜面災害は多数発生している。観測地域の休山(大入地区)は、地形的に休山(標高501m)、日佐護山(418m)、三津峰山(380m)等の尾根が伸び、これらの山々を連らね、この地区を囲んでいる。中央部の尾根はこの地区を二分し、斜面勾配、植生、土地利用等の分布に相違を見せている。地質的には中生代白亜紀に貫入したと思われる花崗岩体が広く分布している。この岩体は広島花崗岩複合体と呼ばれ一部に閃緑岩を除けば全体としては黒雲母花崗岩を主体とする底盤を形成している。この大入地区の特徴は急峻な斜面勾配ともろい風化花崗岩地帯で代表される²⁾。

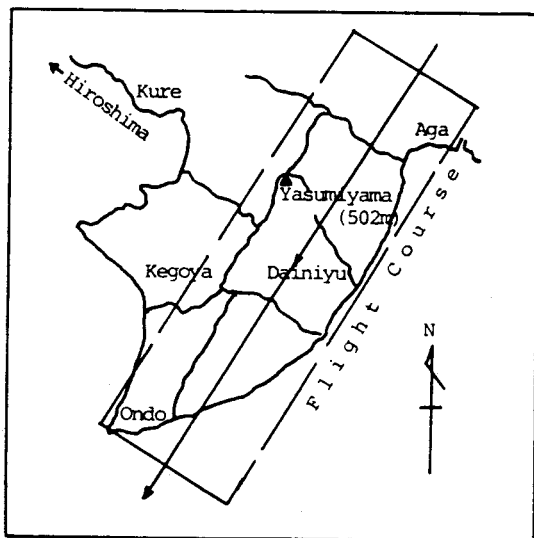


Fig.-1 Map of YASUMIYAMA district and flight course

3. 分光反射及び放射量の測定方法

地上観測の分光反射量及び放射量は分光光度計及び赤外線放射温度計により測定した。分光光度計は白色基準板の分光反射量 $V_{0\lambda}$ と測定物体の分光反射量 V_{λ} から分光反射率 R_{λ} (%) を式(1)より求める。

$$R_{\lambda} = 10^{V_{0\lambda} - V_{\lambda}} \quad (1)$$

分光光度計の測定値は多くの要素の影響を受ける。一つは光源である太陽のスペクトル特性、二つに対象物の分光反射の特性、そして三つには光度計自体の位置、性能等である。次に赤外線放射温度計は原理的には基準黒体の照度(室温)を T_0 (°C) とすると、検出器出力として $T - T_0$ (°C) に相当する電圧が得られる。このため T_0 を白金センサーにより測定し、温度と赤外エネルギー相当に変換した T_0 を検出力に加算し、式(2)

$$T = (T - T_0) + T_0 \quad (2)$$

より被測定物体の温度 $T(^{\circ}\text{C})$ が得られる³⁾。測定は呉市休山周辺の山腹斜面で行った。測定期間は1983年9月～1984年2月, 1984年7月～1985年1月, 1985年7月～1986年2月で測定時刻は午前10:00～午後4:00頃迄である。測定は1.5mの三脚より太陽を背にし約45°下向きに行った。使用波長は $0.40\mu\text{m}$, $0.45\mu\text{m}$, $0.50\mu\text{m}$, $0.55\mu\text{m}$, $0.60\mu\text{m}$, $0.65\mu\text{m}$, $0.70\mu\text{m}$, $0.75\mu\text{m}$, $0.85\mu\text{m}$, $0.95\mu\text{m}$, $1.05\mu\text{m}$ である。

4. 結 果

(1) まさ土の含水比分光特性

土の含水比による分光特性は土の種類, 構造, 色彩, その他, 地表面温度によっても異なるがまさ土の場合, 比較的規則性のある結果が得られた。Fig.-2 は含水比3.83%, 6.64%, 9.52%のまさ土試料の分光測定結果である。含水比(w)3.83%が最も高い反射率を示し $0.75\mu\text{m}$ で40%, $1.05\mu\text{m}$ で50%の値となっている。次に含水比(w)6.64%が7～8%低い反射率となり, 同様の変化率で続いている。含水比(w)9.52%は $0.70\mu\text{m}$ で20%, $1.05\mu\text{m}$ で40%の反射率となり, 含水比が高いほど低い反射率となっている。Fig.-3 は含水比12.73%, 14.64%, 17.45%の場合である。含水比(w)12.73%が最も高い反射率を示し $0.75\mu\text{m}$ で30%, $1.05\mu\text{m}$ で45%の値となっている。含水比(w)14.64%は $w=12.73\%$ の場合より約4%低い反射率となっている。含水比(w)17.45%は $0.65\mu\text{m}$ で20%, $1.05\mu\text{m}$ で35%の反射率を示している。しかし $0.75\mu\text{m}$ の値が急変しているのは測定時の太陽光に雲等による影の影響が入ったものと思われる。Fig.-4 は含水比18.28%, 22.88%の場合である。18.28%の含水比の反射率は $0.5\mu\text{m}$ で20%, $0.95\mu\text{m}$ で40%の値を示してい

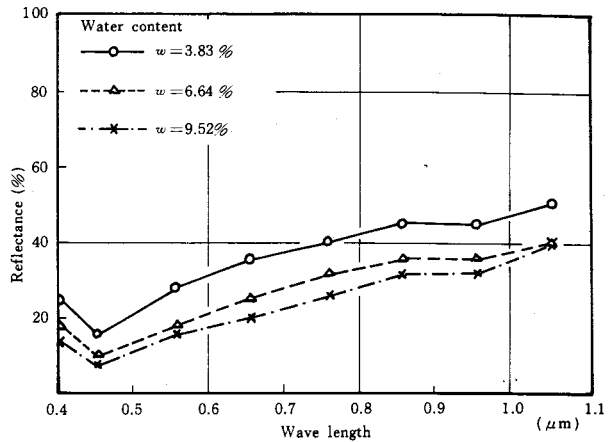


Fig.-2 Water content and reflectance ($w=3.83\sim 9.52\%$)

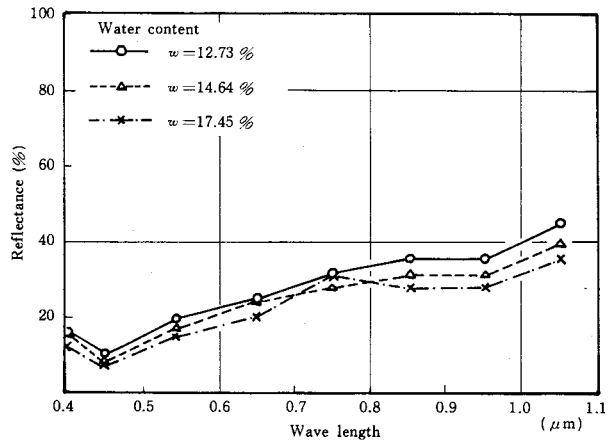


Fig.-3 Water content and reflectance ($w=12.73\sim 17.45\%$)

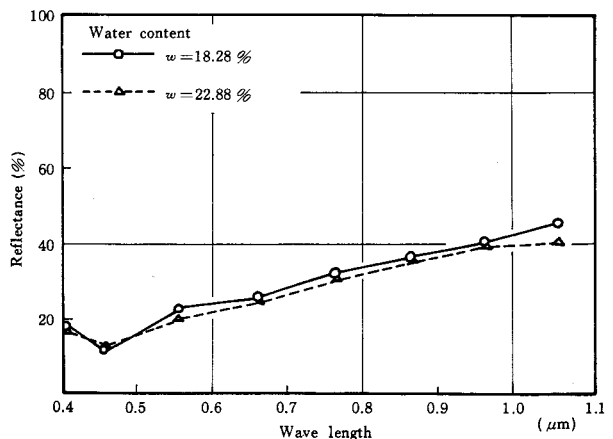


Fig.-4 Water content and reflectance ($w=18.28\sim 22.88\%$)

る。含水比22.88%は $w=18.28\%$ と同値で $1.05\mu\text{m}$ で約5%の差異が見られるだけである。高含水比、特に20%前後の含水比では反射率に相違がないことがわかる。⁴⁾

(2) 厚い表層をもつまき土の分光特性

これまでの研究結果により、まき土の時間的分光特性において、地表面温度を指標にある厚さにおけるまき土試料の測定値とグラウンドである自然地盤での測定値とに大きな差がみられた。すなわち金属バット上の試料は材質の熱伝導により大きな差が反射率に見られる。このことを利用すれば浅い所に基岩をもつ地盤と深い所に基岩をもつ地盤、さらに言い換えれば薄い表層部と厚い表層部とを比較することが出来る。なお、ここで述べている表層部の厚さは休山でこれまで調査を行った57地点の平均コーン貫入抵抗値 $q_c=5.39\text{kgf/cm}^2$ を一応の基準としている⁵⁾。Fig.-5は1984年12月4日12:25に学内で測定した。気温は 16°C である。試験盛土の種類は3cm, 5cm, 10cm厚の3種である。盛土表面温度は3cm厚 28°C , 5cm厚 30°C , 10cm厚 28°C で3cm厚が最も高い反射率を示し次に5cm厚, 10cm厚の順であった。冬季であるので地表面温度も低く、コンクリート床版上での盛土であったが床版温度は 27°C であった。Fig.-6は1986年1月24日, 11:50に観測した結果で休山の標高420m付近の地点である。表層厚さは40cm厚と66cm厚で、地表面温度は40cm厚で 21°C , 66cm厚で 24°C であった。なお気温は 8.0°C であった。反射率は40cm厚が $0.6\mu\text{m}$ で38%, $1.05\mu\text{m}$ で約63%である。66cm厚が $0.6\mu\text{m}$ で17%, $1.05\mu\text{m}$ で42%である。40cm厚は66cm厚より約20%反射率が高くなっている。Fig.-7は1985年10月18日, 休山の標高420cm付近, 南側斜面における値である。表層厚さは51cm厚と57cm厚の場合で13:40における地表面温度は51cm厚で 30°C , 57cm厚で 32°C であった。反射率は51cm厚の場合, $0.65\mu\text{m}$ で20%, $1.05\mu\text{m}$ で40%あり, 直線的に増加している。一方, 57cm厚の場合, $0.65\mu\text{m}$ で14%, $1.05\mu\text{m}$ で25%である。平均的に51cm厚の方が57cm厚より約5%高い反射率を示している。Fig.-8及びTable-1のNa 1は51cm厚の時間的変化をとったものである。時間は11:50~13:40の間で地表面温度は 29.2°C ~ 33.1°C を示し

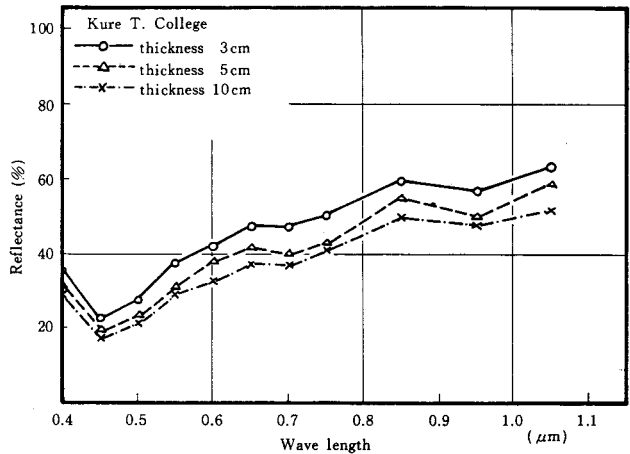


Fig.-5 Relation between stratum thickness and reflectance (Kure Technical College)

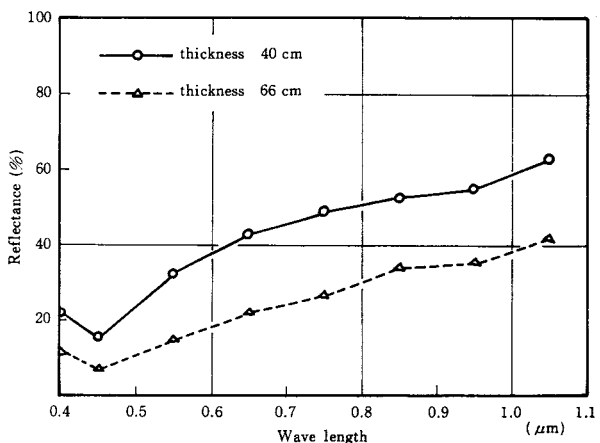


Fig.-6 Relation between stratum thickness and reflectance (at Mt. YASUMI)

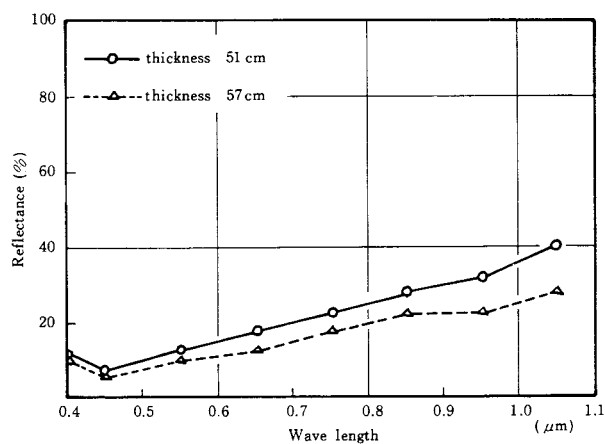


Fig.-7 Relation between stratum thickness and reflectance (at Mt. YASUMI)

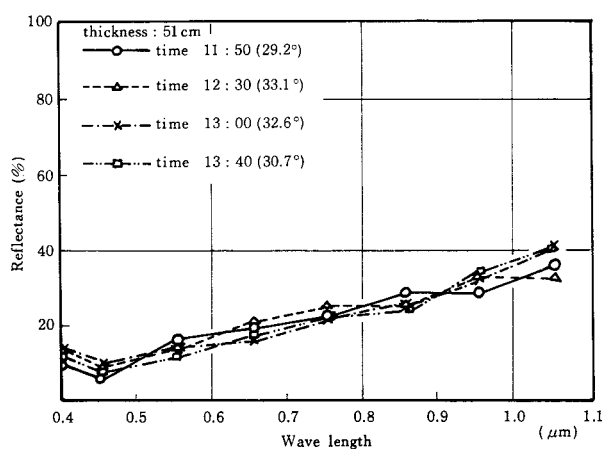


Fig.-8 Time-series of 51 cm thick top soil (at Mt. YASUMI)

Table-1

Date No.	No.1				No.2			
soil	Granite Soil (MT.YASUMI,Ⅲ)				Granite Soil (MT.YASUMI,Ⅲ)			
Date	October 18,1985				October 18,1985			
Thickness(cm)	51				57			
Time	11:50	12:30	13:00	13:40	11:50	12:30	13:00	13:40
Temperature(°C)	18.5	19.0	20.0	20.5	18.5	19.0	20.0	20.5
soil surface temp.	29.2	33.1	32.6	30.7	29.1	33.8	33.3	31.5

12:30 で最も高い地表面温度となっている。反射率は各時間とも大きな差がなく4~5%差となっており、 $1.05\mu\text{m}$ で6%程度の差が見られる。Fig.-9及びTable-1のNo.2は57cm厚の時間的変化をとったものである。地表面温度は $29.1^{\circ}\text{C}\sim 33.8^{\circ}\text{C}$ の間で12:30でやはり高くなり 33.8°C を測定している。反射率においては時間により差が見られ、12:30の場合、 $0.6\mu\text{m}$ で20%、 $0.95\mu\text{m}$ で35%である。13:40の場合、 $0.6\mu\text{m}$ で10%、 $0.95\mu\text{m}$ で25%である。この図において反射率は平均的10%の差が見られる。Fig-8とFig-9を比較すると、51cm厚の時間変化による反射率の差より57cm厚の場合の反射率の差の方が大きくなっているのがわかる。この反射率の差は51cm厚の地表面温度の範囲と57cm厚の地表面温度の範囲と関係し、その温度の差の大きい表層厚の方が時間変化による反射率の差が大きいと言える。⁶⁾

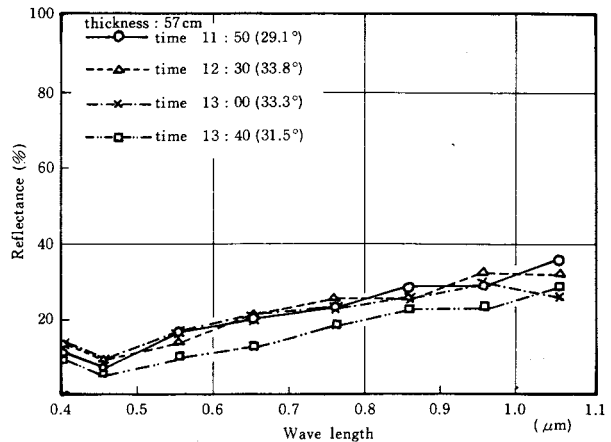


Fig.-9 Time-series of 57 cm thick top soil (at Mt. YASUMI)

(3) MSSデータにおけるまき土分光特性の検証

これまでの研究でまき土の表層厚さと分光特性の関係、表層厚さと地表面温度の関係より表層厚さが厚いほど低い分光特性を示し、又表層厚さが厚いほど地表面温度が高い値となることがわかった。これらの事柄を休山の現地のまき土地表面調査とマルチスペクトルスキャナー (Multi Spectral Scanner 以下MSSと略記する) データとを比較検討していく事とする。

休山現地での表層厚さ調査は簡易貫入試験機 (コーンペネトロメータ) により斜面あるいは斜面上部における貫入深さとその抵抗値を計り、又深さによる厚さの基準は先に述べた $q_c=5.39\text{kgf/cm}^2$ を一応の基準としている。又斜面に垂直に測定した貫入深さは斜面勾配により補正し、斜面に沿った実際の厚さを求めた。斜面調査は標高200m~420m付近までの90余ヶ所で行った。一方、航空機MSSデータは1980年9月16日に行ったもので、フライトデータはTable-2に示す。観測地域は呉市休

Table-2 Flight Data

Date	September 16, 1980
Time	13:40~13:42
Altitude	3,050m
Ground Speed	174
MSS	MSS BG-1
Air Craft	Cessna 402B
Area	YASUMIYAMA(Hiroshima Prefecture)

山大入地区で、斜面調査を行った所と同地域である。MSSデータのチャンネル数は5ch, 7ch, 9ch, 11chの4個チャンネルである。各chで地表地物のシー・シー・ティー (Computer Compatible Tape 以下CCTと略記する) カウントデータを取っている。CCTカウントデータは地上観測の簡易分

光光度計における測定データとして得られる分光反射率と同様の値で、いずれも太陽光を光源とし、物体からの電磁波の反射量及び放射量を測定したものである。ここで特に重要と思われる11chのCCTカウントは地表面の温度分布を表示するものであり、波長帯域が $1.1\mu\text{m}\sim 12.5\mu\text{m}$ （熱赤外波長域）である⁷⁾。一方、地上での分光光度計の波長の測定可能範囲が $0.4\mu\text{m}\sim 1.05\mu\text{m}$ で11chの波長域にいたらないので、別の赤外放射温度計により地表面温度を測定し11chに対応する現地データとした。

両データの比較の方法は、先ず斜面調査を行った90余ヶ所よりまさ土露頭及び花崗岩の露岩を10ヶ所選び、MSSデータのCCTカウントと地上現地調査における表層厚さのデータをTable-3に示す。

Table-3 CCT Count Data

Date No	CCT count				Ground Surface thickness(cm)
	5th	7th	9th	11th	
1	59.46	117.00	203.19	114.36	40.6
2	44.17	65.00	127.94	114.36	31.8 ^(grass area)
3	59.46	91.00	127.94	114.36	26.9 ^(grass area)
4	64.73	117.00	203.19	101.80	51.6
5	50.06	117.00	105.15	89.51	29.4
6	55.09	117.00	203.19	114.36	63.8
7	44.17	117.00	203.19	101.80	22.3
8	74.71	117.00	127.94	94.80	28.7
9	55.09	143.00	127.94	101.80	40.30
10	50.06	117.00	203.19	114.36	60.3

11chの中でCCTカウント114.36はNa 1, Na 2, Na 3, Na 6, Na 10で表層厚さは40.6 cm厚, 31.8 cm厚(草地), 26.9 cm厚(草地), 63.8 cm厚, 60.3 cm厚となっている。草地を除くと厚い地点がCCTカウントが高くなっているのがわかる。次にCCTカウント101.80はNa 4, Na 7, Na 9で表層厚さは51.6 cm厚, 22.3 cm厚, 40.3 cm厚となっている。その他, CCTカウント94.80では28.7 cm厚, 89.51では29.4 cm厚となり表層厚の薄い地点ではCCTカウントは低い値となっている。これらをFig.-10に表わすとCCTカウントが高くなる所は表層厚が厚い傾向にあることがわかる。

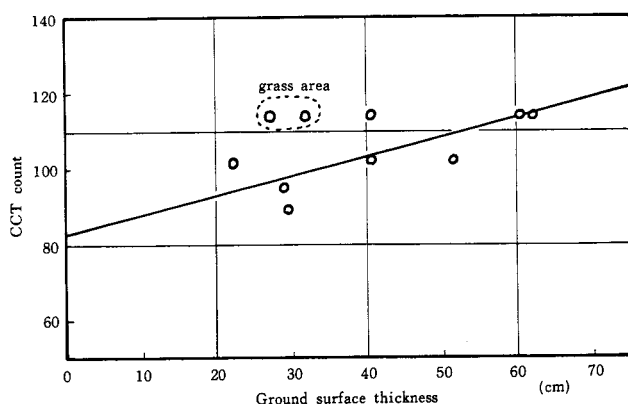


Fig.-10 Relation between ground surface thickness and CCT count (11 channel)

5. 考 察

本研究ではまさ土地盤における含水比, 表層厚における分光特性, 及び航空機MSSデータの11ch

データと斜面の現地調査による表層厚さとを地表面温度に一応の基準を合わせ検討する。Fig.-2～Fig.-4 は含水比分光特性値であるが明らかな有意差が見られた。高含水比ほど低い反射率を示した。これは地盤に水分が認められると地表の温度が上昇せず、むしろ気化熱による地表面温度の低下をきたし、反射率が下降したものと考えられる。又土の色調も多少関係するものもある。一般に乾燥している土表面は明るく、まき土の場合、黄色～黄褐色で水分を含むと茶褐色となりやや明度が落ちる。まき土含水比の分光測定限界値としてはFig.-3, Fig.-4 で見られるように含水比が20%近くになると反射率が上昇しはじめたり、値にばらつきが出て不安定になり区別が付きにくくなる。20%を越えるとFig.-4にあるように含水比18.28%と22.88%の反射率が同値となっている。これはまき土と水が分離した状態となり含水比20%近くになるとまき土よりむしろ水そのものの反射率を示すためである。又、他の土、たとえば粘性土の場合は、これまでの研究では少量の含水比で表面の色相が灰黒色となり10%程度から低い反射率となり、それ以上の含水比ではほぼ同様の低反射率を示す。今後、10%以下の含水状態の反射率をとり、その限界の含水比を知る必要がある。Fig.-11にまき土含水比とその時の地表面温度の関係を示す。

含水比が高いと地表面温度は低くなり図のような曲線関係となる。又地表面温度が低くなると反射率も低くなる。ここで次に述べる表層厚さの事と関連して言えば、地表面温度が高い所は反射率は低くなり、逆に地表面温度が低い所は反射率の高い値を示す事がわかっていてる。この事と含水比が高い時地表面温度は低くなり、反射率も低くなる事とが理論統一がないように思われる。この原因としては地中の水分の温度が関係し、含水比がわずかである時は地表面温度が上昇すれば地中水分も上昇し、含水比が認められても反射率が低くなると考えられる。今後、含水

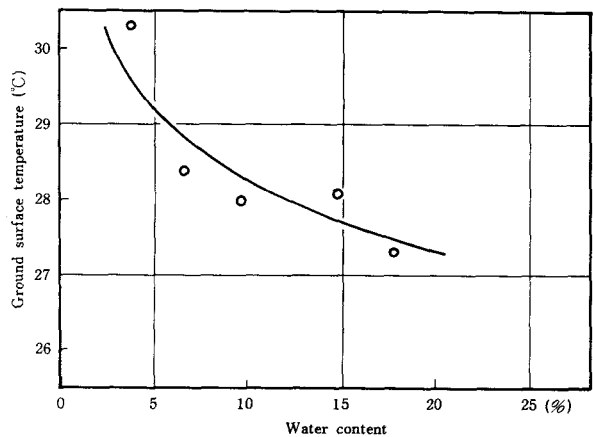


Fig.-11 Relation between water content and ground surface temperature

比を一定にした場合の地表面温度の変化をまき土表層厚さごとにとるのも必要である。次にまき土表層厚と反射率の関係について述べる。Fig.-5においては冬季に試験盛土として3 cm厚、5 cm厚、10 cm厚の3種の層厚と反射率の関係を見たが3 cm厚が高い反射率を示し、順次5 cm厚、10 cm厚と続き層厚と反射率の関係に相関が見られる。地表面温度についてはこれまでの測定値よりも10 cm厚が若干低い。Fig.-6の40 cm厚と66 cm厚との関係、Fig.-7の51 cm厚と57 cm厚との関係についても厚い層をもつまき土地盤の反射率はいずれも低い値を示している。この原因としてはTable-1, ここに示すTable-4における時間変化における地表面温度の関係と思われる。40 cm厚と66 cm厚の関係以外について述べると測定の初期の時刻において薄い表層の地盤では高い地表面温度であるが1時間後では低くなり、逆に厚い表層の地盤が高い地表面温度となっている。これは午前早い時刻では地表、地中とも温度が低く薄い層では地表面の温度上昇に影響を受けやすく急に高温になるが厚い表層をもつ地盤では表面温度よりも地中温度に影響を受けるため地表面温度の上昇がゆるやかに行われるため測定初期には低い地表面温度になるものと思われる。その後、時間経過とともに厚い層では徐々に温められる地表、地中の温度上昇と、又厚い層による保温状態との2つの状況が同時に進行し、気温の最も高い13:00～14:00に層厚の薄い地盤より厚い地盤の方が地中及び地表面温度が高

Table-4

Date No.	No.3					No.4					No.5				
Soil	Granite Soil (Kure Technical College)					Granite Soil (Kure Technical College)					Granite Soil (Kure Technical College)				
Date	January 9, 1985					January 9, 1985					January 9, 1985				
Thickness(cm)	3					5					10				
Time	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Te	12.1	11.9	12.2	12.0	13.4	12.1	11.9	12.2	12.0	13.4	12.1	11.9	12.2	12.0	13.4
Soil Surface temp(°C)	20.6	22.2	23.9	21.9	20.1	20.3	22.4	24.3	23.4	20.9	20.1	22.1	26.0	23.4	22.1
Date No.	No.6					No.7									
Soil	Granite Soil (Mt. YASUMI, II)					Granite Soil (Mt. YASUMI, II)									
Date	January 16, 1985					January 16, 1985									
Thickness(cm)	5					10									
Time	12:00	13:00	14:00	15:00		12:00	13:00	14:00	15:00						
Temperature(°C)	7.0	7.8	7.9	5.9		7.0	7.8	7.9	5.9						
Soil Surface temp(°C)	26.4	27.4	27.2	25.2		27.4	28.6	27.9	24.5						
Date No.	No.8					No.9									
Soil	Granite Soil (Mt. YASUMI, IV)					Granite Soil (Mt. YASUMI, IV)									
Date	January 24, 1986					January 24, 1986									
Thickness(cm)	40					66									
Time	11:50	12:50	13:25	14:00	14:30	15:00	11:50	12:50	13:25	14:00	14:30	15:00			
Temperature(°C)	8.0	10.5	8.5	7.0	6.5	6.5	8.0	10.5	8.5	7.0	6.5	6.5			
Soil Surface temp(°C)	22.4	29.9	30.7	31.5	28.3	25.0	24.1	26.2	26.0	27.4	26.0	22.5			

くなるものと考えられる。この事は Fig.-8 と Fig.-9 の結果から理解出来、厚い表層をもつ 57 cm 厚の方が地表面温度の差が大きく、そのため時間的変化による反射率の差が大きくなったものと思われる。他方、40 cm 厚、66 cm 厚の関係については先に述べた含水比の事柄が影響し、他の地盤と異なった地表面温度の時間的変化を示したものと考えられ、今後、表層厚、地表面温度の関係に含水比を考慮した研究が重要な課題と思われる。

次に MSS データと現地斜面調査データとの比較を行うと、まき土表層厚さとその時の地表面温度に明らかな相関が見られた。この事により、まき土地表面の風化状態を航空機 MSS データにより判定することが出来ると考えられる。広域なまき土分布地帯の個々の斜面状況を踏査する事は困難であるし、時間的にも多大な労力を必要とすることから MSS の有効性はきわめて高い。ここでは 11ch のまき土露頭地点における CCT カウントと表層厚さの関係で草地まき土地点等一部を除き Fig.-10 のような CCT カウントが高くなる所は表層厚が厚い傾向にあり、CCT カウントが低くなるに従い表層厚さも薄くなる事もわかり信頼性における結果が得られた。今後は 11ch 以外の 5ch, 7ch, 9ch の CCT カウントと表層厚の関係をどのように考えられるか研究の課題が残る。地上調査の分光測定値としては 5ch～9ch 波長帯域と考えられる $0.4\mu\text{m}$ ～ $1.05\mu\text{m}$ で明確な有意差が表われている

が、5ch～9chのCCTカウントではその差があまり認められない。今後この関係のデータとその分析が必要である。又山腹斜面の広域データも、ほとんどが植生で覆われている。このような植生域の地表及び地中状態を今後MSSデータ及び空中写真等、遠隔探査法でどこまで予測することが出来るか、特に植生と地盤構造との解明が重要かと考えられる。

6. ま と め

本研究ではまさ土地盤の分光反射測定値を収集した。特に今回はまさ土の厚い表層をもつ場合の分光特性を明らかにし、R/S法における航空機MSSデータとの対比により、まさ土斜面災害との相関を得るための基礎的研究を行った。それらをまとめると次の通りである。

- 1) まさ土の分光反射率は含水比により相違が見られ低含水比ほど高い反射率を示す特性がある。又、含水比20%付近が限界含水比となりこれを越えると一定の反射率となり差違がなくなる。
- 2) まさ土層厚と反射率の関係では層の薄い地盤では反射率は高くなり、表層が厚くなると反射率は低くなる。
- 3) まさ土層厚と地表面温度の関係では層の薄い地盤は地表面温度は低く、表層の厚い地盤では地表面温度が高い。この事柄は、まさ土の風化層厚を地表面温度により推定できる可能性を示した。
- 4) まさ土層の厚い地盤では時間的変化による地表面温度差が各時間の反射率の差を大きくし、薄い地盤とに有意差が見られた。又測定初期においては薄い表層の地表面温度が高くなるが時間経過とともに厚い表層の方が高い地表面温度となる事がわかった。
- 5) MSSデータの11chにおけるCCTカウントとまさ土表層厚さとに高い相関性が見られ、CCTカウントが高い値の地点は厚いまさ土層であることがわかり、MSSデータの11chの値によりまさ土の表層厚の分布域を予測する手法を得た。

今回の研究で以上の点で成果があった。今後、さらに地盤の分光反射測定値の集積、航空機MSSデータとの比較検討、まさ土域を覆う植生分布と土質構造及び土中の熱伝導に関する理論的解析を加えR/S法による斜面災害の解明と予測の研究を進めたい。末筆ながら本研究をまとめるにあたり、観測データの収集に協力いただいた、伸和産業 岡野奏法君、地域振興整備公団 規井昭彦君に深謝する次第である。なお、この研究費の一部は昭和60年度文部省科学研究費・試験研究部門(研究代表者・網干寿夫)より得た事を謝して付記する。

《参考文献》

- 1) R. L. Schuster, R. J. Krizek: LANDSLIDES in, Remoto Sensing techniques for Landslide detection, Special Report 176, National Academy of Sciences, pp. 48-72, 1978.
- 2) 網干寿夫, 小堀慈久: R/S法による山腹斜面の分光反射特性と地表熱分布に関する研究, 広島大学工学部研究報告, 第33巻第2号, pp. 153-165, 1985.
- 3) Canon Image Editorial Staff: REMOTE SENSING, K.K. Canon, pp. 303-308, 1975.
- 4) T. J. M. Kennie, M. C. Matthews: Remote Sensing in Civil Engineering, Surrey University Press, pp. 312-324, 1985.
- 5) 網干寿夫, 小堀慈久: まさ土地盤の時間的及び層厚分光特性の研究, 広島大学工学部研究報告, 第34巻第2号, pp. 189-199, 1986.
- 6) 網干寿夫, 小堀慈久: まさ土地盤における季節的及び厚い層の分光測定について, 第38回土木学会中国四国支部学術講演概要集, pp. 277-278, 1986.
- 7) J. R. G. Townshend: Terrain analysis and remote sensing, George Allen & Unwin, pp. 184-203, 1981.

(昭和61年4月15日受付)

耐震壁の略算による D 値評価法について

(建築学科)	門	前	勝	明
(松下電工)	中	山	み	さ
(呉市役所)	上	東	剛	慈

On Convenient Evaluation Method of Horizontal Force Distributing Coefficient of Shear Wall

Katsuaki MONZEN
Misa NAKAYAMA
Kohji KAMIHIGASHI

The accuracy of convenient evaluation method of horizontal force distributing coefficient of framed shear wall is described. The convenient approach is based on an analysis procedure for cantilever beam type considered the action of boundary beams. The framed shear wall is modeled as an equivalent beam-column frame with rigid zones. The estimates obtained from this approach are compared with those obtained by the slope-deflection method including bending, shear and rigid zone. It is found that the convenient approach, with appropriate correction, gives good estimates of horizontal force distributing coefficient of framed shear wall to low-rise buildings.

§ 1 はじめに

1981年の建築基準法施行令の改正により、建築構造物の耐震に関する構造計算関係規定が抜本的に改正された。鉄筋コンクリート構造物では、従来の構造計算法で無視されていた腰壁・そで壁等雑壁の影響を耐力評価に考慮する必要が生じた。これは、1968年の十勝沖地震以来の地震被害例や各種の実験・解析結果から、地震力の場合、雑壁の存在が必ずしも耐震上有利に働くとは限らない点が知れたためである。

耐震壁は柱に比較して剛性・耐力が大きいのので、極めて有効な耐震要素となる反面、その評価法を誤ると種々の障害を生ずる。例えば、耐震壁の剛性を過小評価した場合、柱やはりの強度等では安全側になることが多いが、剛性率・偏心率や耐震壁の強度およびねばりの点で危険側になると予想される。反対に耐力壁の剛性を高く評価しすぎた場合、柱およびはり危険側になる¹⁾。このため、耐力壁の剛性は可能な限り適切に評価する必要がある。

耐震壁の剛性は、(1)代表的な内柱の D 値の n 倍を耐震壁の D 値と仮定する方法、(2)境界ばりの曲げ戻しによる影響を仮定して独立耐震壁として扱う方法、(3)耐震壁を線材に置換する方法、(4)耐震壁

のせん断剛性をブレースに置換する方法, (5)有限要素法, によって評価されている。これらのうち, 手計算の場合は(1)と(2)に限定されている。

耐震壁の面内に接続する境界ばりがあると, 耐震壁の剛性は境界ばりが無い場合に比較して増加する。このような耐震壁の剛性は, 手計算の場合に限定すれば, まず接続する境界ばりの効果を見捨てて独立耐震壁として変形を算出し, 次にこの変形状態から境界ばりによる曲げ戻し変形を差し引くという(2)の手法が広く利用されている。この評価法は境界ばりに腰壁・たれ壁がつく場合, 境界ばりの曲げ戻しによる変形が大きくなるので, かなり誤差が生ずるものと予想される。本報告は鉄筋コンクリート構造物における耐震壁の重要性を鑑みて, 中・低層建物を対象に, 連層耐震壁の剛性を上記(2)の手法で評価した場合の精度について検討しようというものである。

§ 2 解析モデル

耐震壁の分布係数 (D 値) は, 耐震壁板の剛性分布, 境界部材の特性, 耐震壁に作用する外力分布等によって異なるが, 実用的には基本的な壁体モデルに代表的な荷重が作用したときの値を用意しておき, 一般の場合はこれを補正して使用するという方法が取られている²⁾。このような観点から, 連層耐震壁とラーメンが接続する基本架構として, 図1に示す場合を取り扱う。壁体部分はハッチで示してある。図1に示す架構の応力や変形を解析する手法は種々のものが提案されている。本報では壁体部分が連層であることと, 研究の主な目的が境界ばりの拘束効果であるという点を考慮して, 耐震壁とその付帯柱を一体の柱とみなし, はりの端部に壁幅分の剛域を設けて耐震壁の平面保持の仮定を取り入れる線材置換法が有効であると思われる³⁾。図1に示す架構に線材置換法を適用し, 耐震壁基礎の回転抵抗を表わす回転バネを導入すれば, 図2のようにモデル化される。

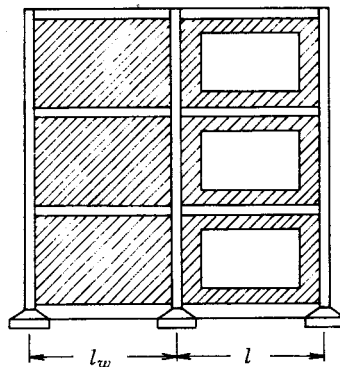


図1 解析基本架構

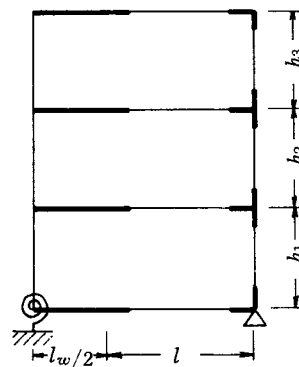


図2 解析モデル

§ 3 解析方法

図2に示す解析モデルの剛性は, 曲げ・せん断・剛域を考慮したたわみ角法によって算定できる。この値を精算値として, 以下で述べる略算値の精度評価に利用する。

ラーメンと接続する耐震壁の剛性を略算によって評価する手法は, 壁体部分の変形を, 独立耐震壁としての変形と境界ばりによる曲げ戻し変形の和として算定する方法が広く利用されているので, この略算法を検討する²⁾。まず, 独立耐震壁としての変形と剛性を求める。剛性はせん断力分布係数 (D 値) として表現する。特に言及しない限り耐震壁と境界ばりが一様な構造について算出する。

i 層について述べる (図3参照)。 i 階に作用する水平力 H_i のうち, 耐震壁が分担する水平力を P_i とすれば, せん断変形による i 層の相対たわみ δ_i は次式となる。

$$\delta_s = \frac{\kappa Q_i h_i}{\beta_i G A_w} \quad (1)$$

ここで、 κ =形状係数

β =せん断剛性低下率（弾性の場合は1.0）

G =せん断弾性係数

$A_{wi} = i$ 層壁体断面積

$Q_i = \sum_{k=i}^n P_k = i$ 層耐震壁のせん断力

せん断変形による分布係数 D_s は単位を $\left[\frac{h_i^2}{12 E K_0} \right]$ として、下式となる。

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{\delta_s}{Q_i} \\ &= \frac{27.6 \kappa K_0}{\beta A_{wi} h_i} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 E =ヤング係数、 $E/G=2.3$

K_0 =標準剛度

基礎に θ_F の回転があれば、これによるたわみ δ_R と分布係数 D_R は次式で与えられる。

$$\delta_R = \theta_F h_i \quad (3)$$

$$\frac{1}{D_R} = \frac{12 E K_0 \theta_F}{Q_i h_i} \quad (4)$$

曲げによる相対たわみ δ_B は、 i 層下端の回転によるたわみ $\delta_{\theta B}$ と、その層の曲げ変形 δ_{MB} の和として求める（図4参照）。モールの定理を利用し、 P_i の分布が等分布（以下 P_i は等分布に限定する）を仮定すれば、 $\delta_{\theta B}$ と δ_{MB} は次のようになる。

$$\delta_{\theta B} = \frac{P h^2}{2 E K_w} (i-1) \left\{ (n+1)^2 - (n+1)i + \frac{i}{6} (2i-1) \right\} \quad (5)$$

$$\delta_{MB} = \frac{P h^2}{12 E K_w} (n-i+1)(3n-3i+4) \quad (6)$$

この場合、 $\delta_{\theta B}$ と δ_{MB} に対応する分布係数 $D_{\theta B}$ と D_{MB} は次式となる。

$$\frac{1}{D_{\theta B}} = \frac{1}{a_{\theta}} \cdot \frac{1}{k_w} \quad (7)$$

$$\frac{1}{D_{MB}} = \frac{1}{a_B} \cdot \frac{1}{k_w} \quad (8)$$

ここで、 $k_w = K_w/K_0$ =耐震壁の剛比

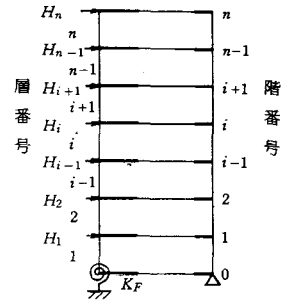


図3 階・層の番号

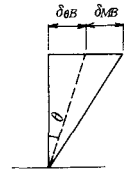


図4 曲げによるたわみ

$$\frac{1}{a_0} = \frac{6(i-1)}{(n-i+1)} \left\{ (n+1)^2 - (n+1)i + \frac{i(2i-1)}{6} \right\} \quad (9)$$

$$\frac{1}{a_B} = 3n - 3i + 4 \quad (10)$$

独立耐震壁としての変形 δ は、各たわみの和として次式となる。

$$\delta = \delta_s + \delta_R + \delta_{\theta B} + \delta_{MB} \quad (11)$$

次に境界ばりによる曲げ戻し変形 $\bar{\delta}$ を算出する。この曲げ戻し変形は、独立耐震壁としての変形状態に境界ばりを取りつけたときのはり端モーメント \bar{M}_i を求め、 \bar{M}_i による耐震壁の曲げ戻し変形を算定する。境界ばりの反曲点は、壁柱から l_{ei} の位置に生ずると仮定すれば、節点回転角 θ_i とはり端モーメント \bar{M}_i との関係は次式で近似できる(図5参照)。

$$\bar{M}_i = 3EK_0 k_{Be i} \theta_i$$

ここで、 $k_{Be i} = \frac{I_B}{l_{ei} K_0 (1-\lambda)^3}$ = 境界ばりの有効剛比

I_B = 境界ばりの断面2次モーメント

λl_{ei} = i 階境界ばりの壁柱側の剛域長さ

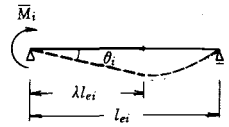


図5 境界ばりの変形

基礎の回転による曲げ戻し変形 $\bar{\delta}_R$ を、曲げによる相対たわみ δ_B と同様にして、 i 層下端の回転角 θ_R によるたわみ $\bar{\delta}_{\theta R}$ とその層の曲げ変形 $\bar{\delta}_{MR}$ の和として求める。 $k_{Be i}$ が一定の場合、次式となる。

$$\bar{\delta}_{\theta R} = \frac{3k_{Be} \delta_R}{2k_w} (i-1)(2n-i+2) \quad (13)$$

$$\bar{\delta}_{MR} = \frac{3k_{Be} \delta_R}{2k_w} (n-i+1) \quad (14)$$

この場合、 $\bar{\delta}_{\theta R}$ 、 $\bar{\delta}_{MR}$ 、 $\bar{\delta}_R$ に対応する分布係数 $\bar{D}_{\theta R}$ 、 \bar{D}_{MR} 、 \bar{D}_R は次のようになる。

$$\frac{1}{\bar{D}_{\theta R}} = r_{\theta} \left(\frac{k_{Be}}{k_w} \right) \frac{1}{D_R} \quad (15)$$

$$\frac{1}{\bar{D}_{MR}} = r_B \left(\frac{k_{Be}}{k_w} \right) \frac{1}{D_R} \quad (16)$$

$$\frac{1}{\bar{D}_R} = \frac{1}{\bar{D}_{\theta R}} + \frac{1}{\bar{D}_{MR}} = (r_{\theta} + r_B) \left(\frac{k_{Be}}{k_w} \right) \frac{1}{D_R} \quad (17)$$

$$\text{ここで、} r_{\theta} = \frac{3}{2} (i-1)(2n-i+2) \quad (18)$$

$$r_B = \frac{3}{2} (n-i+1) \quad (19)$$

同様にして、曲げによる曲げ戻し変形 $\bar{\delta}_B$ を i 層下端の回転によるたわみ $\bar{\delta}_{\theta B}$ とその層の曲げ変形 $\bar{\delta}_{MB}$ の和として算出すれば、次式が得られる。

$$\bar{\delta}_{\theta B} = \frac{Ph^2 k_{Be}}{80 E k_w^2 K_0} [30n^2(n+1)^2(i-1) - (i-2)(i-1)i\{20(n+1)^2 - 10(i+1)(n+1) + (2i-1)(i+1)\}] \quad (20)$$

$$\bar{\delta}_{MB} = \frac{Ph^2 k_{Be}}{16 E k_w^2 K_0} (n+1-i)\{3n(n+1)(n+i) - (3n+2-i)i(i-1)\} \quad (21)$$

4. $\bar{\delta}_{\theta B}$ と $\bar{\delta}_{MB}$ に対応する分布係数 $\bar{D}_{\theta B}$, \bar{D}_{MB} は次の様に表される。

$$\frac{1}{\bar{D}_{\theta B}} = \frac{1}{a_{\theta}} \left(\frac{k_{Be}}{k_w^2} \right) \quad (22)$$

$$\frac{1}{\bar{D}_{MB}} = \frac{1}{a_B} \left(\frac{k_{Be}}{k_w^2} \right) \quad (23)$$

境界ばりの曲げ戻しモーメントによって、基礎は逆戻り回転する。この回転によるたわみを $\bar{\delta}_{RR}$ とすれば、 $\bar{\delta}_{RR}$ と対応する分布係数 \bar{D}_{RR} は次の様になる。

$$\bar{\delta}_{RR} = \frac{h^2 k_{Be} Q_i}{24 E K_0} \left\{ \frac{(n-i+1)}{n} \left(\frac{1}{D_R} \right)^2 + \frac{3n(n+1)}{2k_w} \cdot \frac{1}{D_R} \right\} \quad (24)$$

$$\frac{1}{\bar{D}_{RR}} = \frac{k_{Be}}{2} \left(\frac{1}{D_R} \right) \left\{ \frac{(n-i+1)}{n} \cdot \frac{1}{D_R} + \frac{3n(n+1)}{2k_w} \right\} \quad (25)$$

境界ばりの曲げ戻し変形 $\bar{\delta}$ は次式で与えられる。

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_{\theta R} + \bar{\delta}_{MR} + \bar{\delta}_{\theta B} + \bar{\delta}_{MB} + \bar{\delta}_{RR} \quad (26)$$

境界ばりの曲げ戻しを考慮した耐震壁の分布係数 D_w は次式から求められる。

$$\frac{1}{D_w} = \frac{1}{D_s} + \left\{ \left(\frac{1}{D_B} + \frac{1}{D_{\theta}} \right) - \left(\frac{1}{\bar{D}_B} + \frac{1}{\bar{D}_{\theta}} \right) \right\} + \left(\frac{1}{D_R} - \frac{1}{\bar{D}_R} \right) - \frac{1}{\bar{D}_{RR}} \quad (27)$$

(27)式の第1項はせん断変形によるもの、第2項の $\{ - \}$ は曲げ変形によるもの、第3項の $(-)$ は基礎の回転によるもの、第4項は曲げ戻しによる基礎の回転によるものである。文献2)には(27)式中の \bar{D}_{RR} を無視した次式が使用されている。

$$\frac{1}{D_w} = \frac{1}{D_s} + \left\{ \left(\frac{1}{D_B} + \frac{1}{D_{\theta}} \right) - \left(\frac{1}{\bar{D}_B} + \frac{1}{\bar{D}_{\theta}} \right) \right\} + \left(\frac{1}{D_R} - \frac{1}{\bar{D}_R} \right) \quad (27')$$

以上は一樣な構造物に等分布水平力が作用したときのものであるが、一般の場合へ適用するにあたり次の修正をする。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{D_B} &= \frac{1}{a_B} \cdot \frac{1}{k_{wi}}, \quad \frac{1}{D_{\theta}} = \frac{1}{a_{\theta}} \cdot \frac{1}{k_{w1}}, \quad \frac{1}{\bar{D}_B} = \frac{1}{\bar{a}_B} \left(\frac{\bar{k}_{Be}}{\bar{k}_{wi}^2} \right), \quad \frac{1}{\bar{D}_{\theta}} = \frac{1}{\bar{a}_{\theta}} \left(\frac{\bar{k}_{Be}}{\bar{k}_{wi}^2} \right) \\ \frac{1}{\bar{D}_{RR}} &= \frac{\bar{k}_{Be}}{2} \left(\frac{1}{D_R} \right) \left\{ \frac{(n-i+1)}{n} \cdot \frac{1}{D_R} + \frac{3n(n+1)}{2k_{wi}} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

なお、(28)式の $\bar{\delta}$ が大きすぎるときは、次の補正值 $\bar{\delta}'$ を用いることが提案されている²⁾。

$$\bar{\delta}' = \bar{\delta} \left(\frac{\delta}{\delta + \bar{\delta}} \right) \quad (29)$$

§ 4 解析結果とその検討

まず、3層の耐震壁について詳細な検討を行う。略算は一般的な建物を基本にしている点を考慮して、柱の断面 $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 、はりの断面 $35 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ 、耐震壁の厚さ 15 cm 、耐震壁・境界ばりのスパンは共に 600 cm 、 $h = 360 \text{ cm}$ を基本モデルとする。耐震壁の回転剛性 K_F は、文献4) に示されている N 値から地盤のヤング係数を推算する手法を利用する。基礎は $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ の独立基礎とし、基礎の根入れ深さを 1.5 m 、動的地盤係数と静的地盤係数の比を3倍程度とすれば、 $N = 5, 25, 50$ に対して各々 $K_F = 1.7 \times 10^8 \text{ t-cm/rad}$, $2.8 \times 10^8 \text{ t-cm/rad}$, $4.2 \times 10^8 \text{ t-cm/rad}$ となる。

文献2) では境界ばりの曲げ戻しによる基礎の回転を無視した(27)式による評価が提案されているので、先ず(27)式について検討する。特に言及しない限り、 P_i は等分布とする。

図7は精算値と略算による D_w の差が、境界ばりの曲げ戻し効果によって何の様に变化するかを示したもので、実線が精算値、点線が略算値である。図中の番号は層番号を示す。縦軸には耐震壁の D_w が、横軸には境界ばりの剛域比 λ_B が取ってある(図6参照)。本報における柱・はりの剛域は、それらにつく腰壁・たれ壁等の雑壁によるものを想定しているの、上限は等価開口周比の下限値 0.4 によって定められている。略算における境界ばりのローラー支点は、はりの中央から柱までの適当な位置に仮定することになる。精算値における曲げ戻し効果の大きい $\lambda_B = 0.4$ 付近の反曲点位置と、文献4) を参考にして、スパンの $3/4$ の位置とした。図から、略算値はかなりの誤差を含むことが知れる。誤差は K_F が小さい程、 λ_B が大きい程、また下層になる程大きくなっている。図8は図7に示した略算値を(29)式によって補正し、略算値が何の様に改善されるかを示したものである。図7と図8の略算値を比較すると、(29)式による補正は、 $\lambda_B = 0.4$ 付近の増加率を抑制する効果を除いて、特に補正による改善は認められない。

特に(29)式による補正の特徴を示したものが図9である。解析モデルは基本モデルの基礎ばりだけを $40 \text{ cm} \times 120 \text{ cm}$ とした。(28)式の \bar{k}_{Be} は k_{Bei} の平均値とした。図9-1とその補正值図9-2を比較す

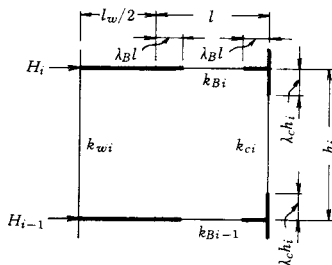


図 6

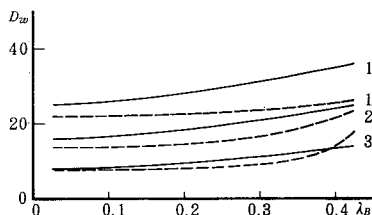


図7-1 (基本モデル, $N=5$, $\lambda_c=0.0$)

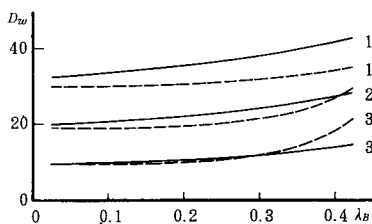


図7-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$)

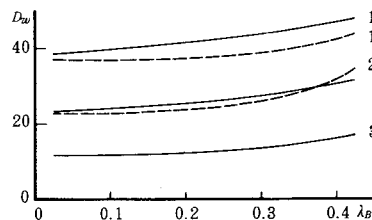


図7-3 (基本モデル, $N=50$, $\lambda_c=0.0$)

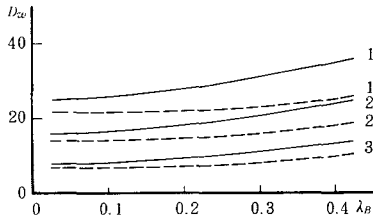


図8-1 (基本モデル, $N=5$, $\lambda_c=0.0$, 補正)

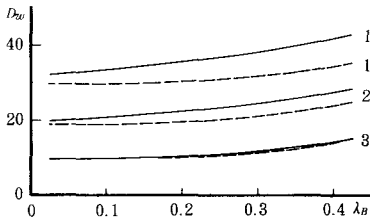


図8-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正)

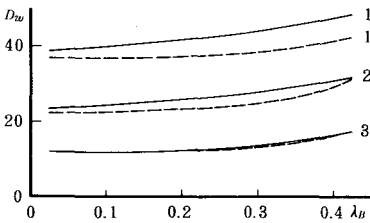


図8-3 (基本モデル, $N=50$, $\lambda_c=0.0$, 補正)

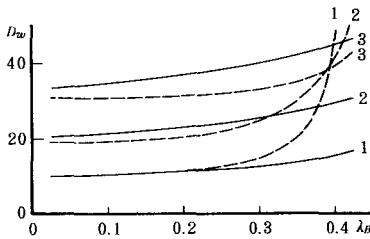


図9-1 (基礎ばり 40×120, $N=25$, $\lambda_c=0.0$)

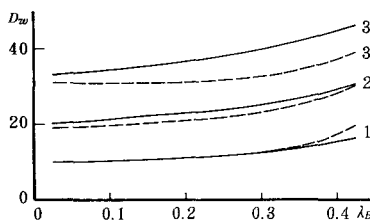


図9-2 (基礎ばり 40×120, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正)

ると、 λ_B の増加にともなって D_w が急激に増大する現象は、(29)式によって改善できることが知れる。

以上から、曲げ戻しによる基礎の回転を無視した(27)式による評価は、良好な結果が得られないことが知れたので、次に曲げ戻しによる基礎の回転を考慮した(28)式について略算値の精度を検討する。図10は基本モデルについて、図7と同様の関係で略算値と精算値の比較を示したものである。図7と図10を比較すると、曲げ戻しによる基礎の回転を考慮することによって、 λ_B が小さい範囲で略算値の精度が著し

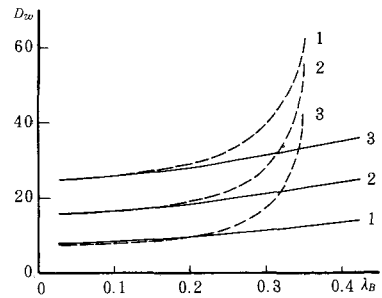


図10-1 (基本モデル, $N=5$, $\lambda_c=0.0$)

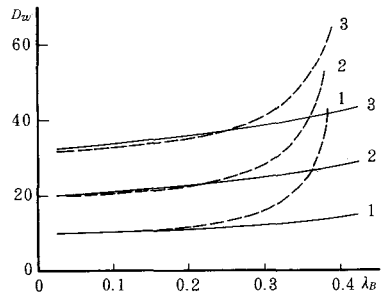


図10-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$)

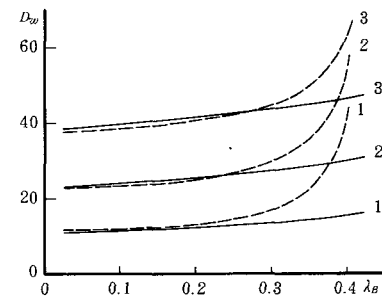
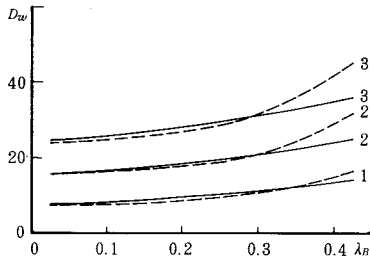
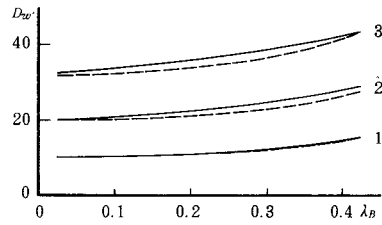
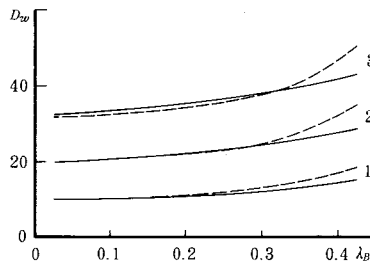
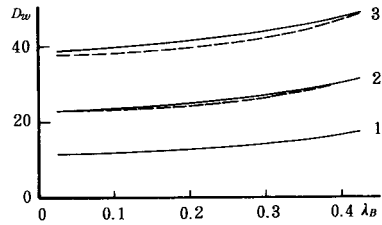
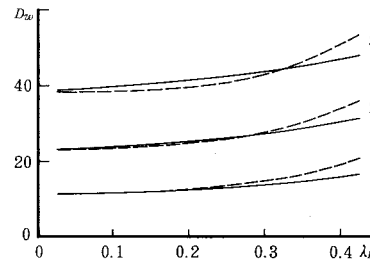
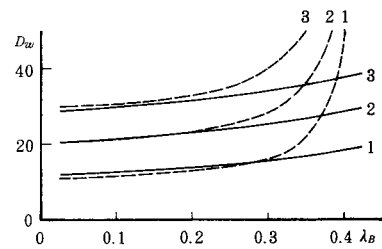
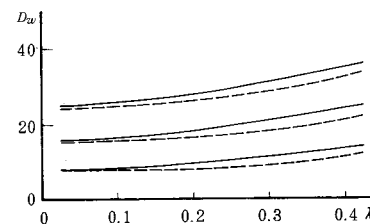
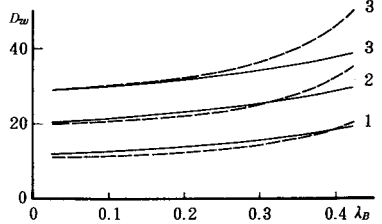


図10-3 (基本モデル, $N=50$, $\lambda_c=0.0$)

く改善されていることがわかる。反面、 λ_B が大きい範囲で図10に示す略算値は、 D_w が著しく大きく
なっている。この種の特性は(9)式によって改善されることが知れたので、図10に示す略算値を(9)式で
補正したものが図11である。図10と図11を比較すると、補正値はかなり改善されているものの、 $\lambda_B =$
 0.4 付近で若干過大評価する傾向が認められる。そこで、図11に示す補正値を(9)式で再度補正したも
のが図12である。 K_F が小さい場合、若干過小評価する傾向は認められるものの、全体的に良い評価を
与えていることがわかる。図は割愛するが、 $\lambda_c = 0.1$ の場合も同じ傾向となった。

図11-1 (基本モデル, $N=5$, $\lambda_c=0.0$, 補正)図12-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)図11-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正)図12-3 (基本モデル, $N=50$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)図11-3 (基本モデル, $N=50$, $\lambda_c=0.0$, 補正)図13-1 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 逆三角形分布)図12-1 (基本モデル, $N=5$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)図13-2 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 逆三角形分布, 補正)

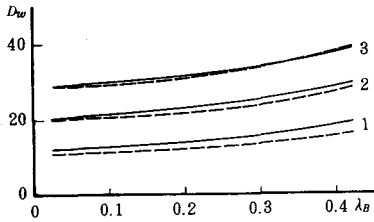


図13-3 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 逆三角形分布, 補正2)

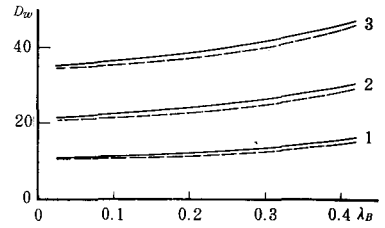


図15-2 (壁厚変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

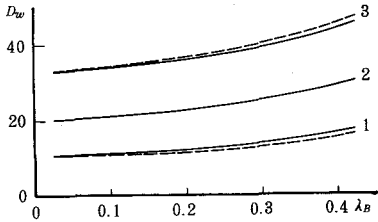


図14-1 (境界ばり断面変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

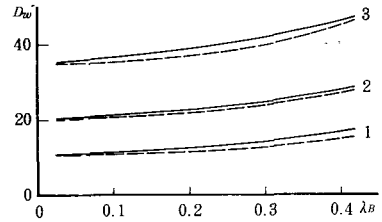


図15-3 (壁厚変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

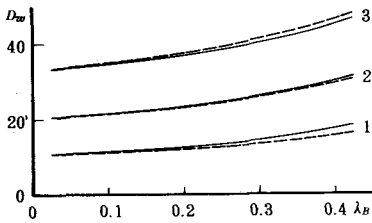


図14-2 (境界ばり断面変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

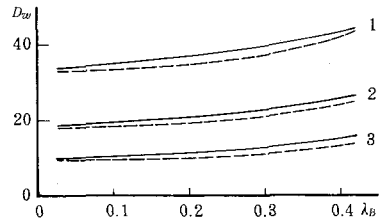


図16-1 (階高変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

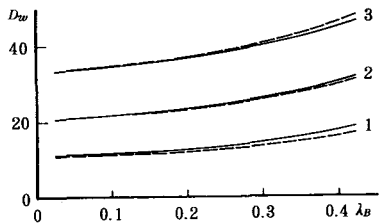


図14-3 (境界ばり断面変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

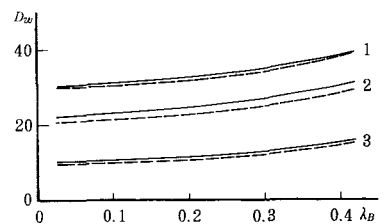


図16-2 (階高変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

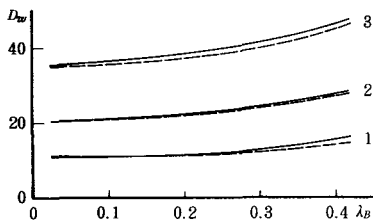


図15-1 (壁厚変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

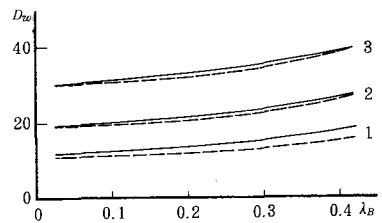


図16-3 (階高変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

一般に耐震壁に作用する外力分布は等分布になるとは限らないので、外力分布の影響を示したものが図13である。外力分布は逆三角形分布とした。図13-2は図式による1度補正、図13-3は2度補正を示す。図式の各係数は等分布に関するものであるにも関わらず、等分布の場合と同様に使用できる。以上から、図式による2度補正が良好な結果を与えるので、以下ではこの補正值について述べる。

図14は境界ばりの剛性が変化した場合を示す。図14-1は基本モデルの基礎ばりだけを40cm×120cmとした場合、図14-2は基礎ばりから順に40cm×120cm, 35cm×90cm, 35cm×70cm, 35cm×70cmとしたとき、図14-3は40cm×120cm, 35cm×70cm, 35cm×70cm, 35cm×90cmの場合である。略算値の精度は非常に良いと言える。

図15は壁の厚さが変化した場合である。1層から順に、図15-1は20cm, 15cm, 15cm, 図15-2は20cm, 20cm, 15cm, 図15-3は20cm, 15cm, 20cmとした。この場合も略算値の精度は良いことがわかる。

図16は h_i の影響を示す。図16-1は $h_1=360$ cm, $h_2=h_3=310$ cm, 図16-2は $h_1=h_2=310$ cm, $h_3=360$ cm, 図16-3は $h_1=h_2=310$ cm, $h_3=360$ cmとした。図から、略算値の精度は良好であることが知れる。

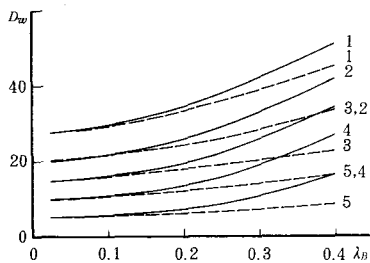


図17 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

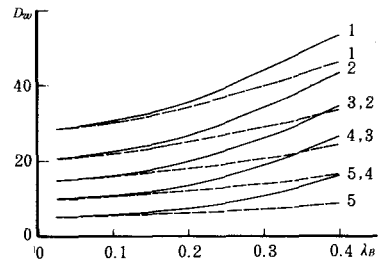


図20 (壁厚変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

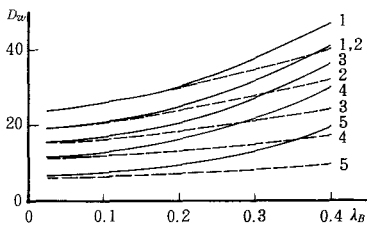


図18 (基本モデル, $N=25$, $\lambda_c=0.0$,
逆三角形分布, 補正2)

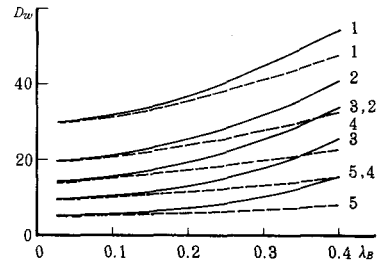


図21 (階高変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

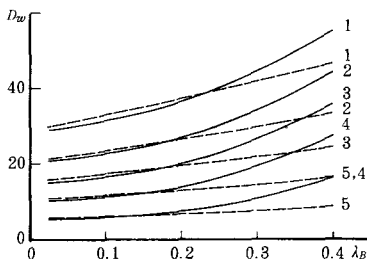


図19 (境界ばり断面変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

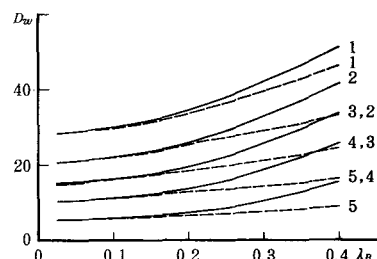


図22 (柱断面変化, $N=25$, $\lambda_c=0.0$, 補正2)

以上より、3層の耐震壁の分布係数 D_w は、(27)式、(28)式を使用し、(29)式によって2度補正すれば良好な評価ができると思われるので、次に5層の耐震壁について略算の精度を検討する。

3層の場合と同様に、柱の断面 $70\text{ cm} \times 70\text{ cm}$ 、はりの断面 $35\text{ cm} \times 70\text{ cm}$ 、耐震壁の壁厚 18 cm 、 $h = 320\text{ cm}$ 、スパン 600 cm を基本モデルとする。図17は基本モデルの D_w を示す。点線で示す略算値は(29)式で2度補正している。図18は P_i の分布が逆三角形分布の場合である。図19ははりの断面を基礎より $40\text{ cm} \times 150\text{ cm}$ 、1・2階 $35\text{ cm} \times 70\text{ cm}$ 、3・4・5階 $35\text{ cm} \times 65\text{ cm}$ とした。また図20は壁厚の変化による影響を示したもので、1・2層 20 cm 、3・4・5層を 18 cm とした。階高 h_i の影響を示したものが図21で、 $h_1 = 350\text{ cm}$ 、 $h_2 = h_3 = 320\text{ cm}$ 、 $h_4 = h_5 = 310\text{ cm}$ である。図22は柱の断面を1層 $75\text{ cm} \times 75\text{ cm}$ 、2・3層 $70\text{ cm} \times 70\text{ cm}$ 、4・5層 $65\text{ cm} \times 65\text{ cm}$ とした。(28)式の \bar{k}_{Be} は、 $\lambda_B = 0.4$ における l_{Be} の精算値から平均的な値を利用した。図から、略算値は λ_B が大きくなるとかなりの誤差が生ずるが、 $\lambda_B = 0.2$ 程度までは良い評価が得られるので、実用上、十分利用できると判断できる。

§ 5 おわりに

鉄筋コンクリート造中・低層建物を対象にして、連層耐震壁の分布係数を、境界ばりの曲げ戻し効果を仮定した独立耐震壁から評価する手法の精度について検討した。解析例に限度はあるが、次のことが知れた。

- (1) 境界ばりの曲げ戻しモーメントによる基礎の逆戻り回転は考慮する必要がある。
- (2) 境界ばりの剛性が大きくなると略算による D 値が増大し略算の精度が落ちるが、この誤差は補正できる。
- (3) 境界ばりの曲げ戻しモーメントによる基礎の逆戻り回転を考慮した場合、曲げ戻しによるたわみが大きすぎるときの補正は、(29)式で2度補正する程度である。
- (4) 略算法は等分布水平力を基本にしているが、その他の分布でも利用できる。
- (5) 略算法は一様な構造を基本にしているが、一般の構造へ適用できる。
- (6) 略算法は3層程度まではかなり良い精度で評価できるが、5層程度になると境界ばりの有効剛比評価に注意が必要である。

参 考 文 献

- 1) 日本建築センター：改正建築基準法施行令新耐震基準に基づく構造計算指針・同解説，昭和56年
- 2) 武藤 清：耐震設計シリーズ1，耐震計算法，丸善，昭和49年
- 3) 堀井昌博，和田 章：耐震壁のモデル化の方法とその比較，建築技術，No.347，1980，7
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規程・同解説，日本建築学会，昭和57年

(昭和61年4月15日受付)

〔注〕 經書十一月癸未、長麻推之、月六日也、傳云十二月、傳誤

〔傳〕 初襄公立、無常

〔注〕 政令無常

〔傳〕 鮑叔牙曰、君使民慢、亂將作矣、奉公子小白出奔莒

〔注〕 鮑叔牙小白傳、小白僖公庶子

〔傳〕 亂作、管夷吾・召忽奉公子糾來奔

〔注〕 管夷吾・召忽皆子糾傳也、子糾小白庶兄、來不書、皆非卿也、爲九年公伐齊納子糾、齊小白入于齊傳

〔傳〕 初公孫無知虐于雍廩

〔注〕 雍廩齊大夫、爲殺無知傳

(未完)

(昭和六十一年四月十五日受付)

〔注〕問命也

〔傳〕請代、弗許、故謀作亂、僖公之母弟曰夷仲年、生公孫無知、有寵於僖公、衣服・禮秩如適

〔注〕適大子

〔傳〕襄公紂之、二人因之以作亂

〔注〕二人連稱・管至父

〔傳〕連稱有從妹、在公宮、無寵、使間公

〔注〕伺公之間隙

〔傳〕曰、捷、吾以女爲夫人

〔注〕捷克也、宜無知之言

〔傳〕冬、十二月、齊侯游于姑焚、遂田于貝丘

〔注〕姑焚・貝丘、皆齊地、田獵也、樂安博昌縣南有地、名貝丘

〔傳〕見大豕、從者曰、公子彭生也

〔注〕公見大豕、而從者見彭生、皆妖怪

〔傳〕公怒曰、彭生敢見、射之、豕人立而啼、公懼、隊于車、傷足、喪屨、反、誅屨於徒人費

〔注〕誅責也

〔傳〕弗得、鞭之見血、走出、遇賊于門、却而束之、費曰、我奚御哉、袒而示之背、信之、費請先入

〔注〕詐欲助賊

〔傳〕伏公而出闕、死于門中、石之・紛如死于階下

〔注〕石之・紛如齊小臣、亦闕死

〔傳〕遂入、殺孟陽于牀

〔注〕孟陽亦小臣、代公居牀

〔傳〕曰、非君也、不類、見公之足于戶下、遂弑之、而立無知

〔注〕 稱臣、臣之罪

〔傳〕 八年、春、治兵于廟、禮也、夏、師及齊師、鄆、鄆降于齊師、仲慶父請伐齊師

〔注〕 齊不與魯共其功、故欲伐之

〔傳〕 公曰、不可、我實不德、齊師何罪、罪我之由、夏書曰、皐陶邁種德

〔注〕 夏書逸書也、稱皐陶能勉種德、邁勉也

〔傳〕 德乃降

〔疏〕 夏書、乃降

正義に曰はく、此れ「虞書」皐陶謨の文なり。禹の事を述ぶるを以ての故に、「傳」に之を「夏書」と謂ふ。^②孔安國以爲へらく、邁は行なり、種は布なり、降は下なり、と言ふところは、皐陶能く其の徳を行ひ布き、徳乃ち下りて民を治す。故に民之に歸す。今、之を引くは、章を斷ち、取りて「降」の義を證するなり。當に皐陶能く其の徳を布き行ひ、其の徳有るに由りて乃ち人の降り服するところと爲ると言ふべきなり。杜（預）、古文を見ざるが故に、以て逸書と爲し、邁を以て勉と爲し、皐陶能く勉めて功徳を種樹つと言ふ。「徳乃ち降る」も亦是れ「書」の文に謂へる

を知らずして、莊公の語と爲すが故に、隔てて下に從ひて注す。言ふところは、能く皐陶の徳を種て乃ち人自ら之に降りて服するを慕ふも、自ら皐陶の如くすること能はざるを恨むなり。

① 「虞書」 『尚書』虞書・大禹謨に「皐陶邁種德、徳乃降、黎民懷之」とあり、孔安國伝に「邁行、種布、降下、懷

帰也、言己無徳、民所不能依、皐陶布行其徳、下治於民、民帰服之」とある。

② 孔安國 注①参照。

③ 「書」 注①参照。

〔傳〕 姑務脩徳、以待時乎

〔注〕 言苟有徳、乃爲人所降服、姑且也

〔傳〕 秋、師還、君子是以善魯莊公

〔注〕 傳言經所以即用舊史之文

〔傳〕 齊侯使連稱・管至父戍葵丘

〔注〕 連稱・管至父、皆齊大夫、戍守也、葵丘齊地、臨淄縣西有地、名葵丘

〔傳〕 瓜時而往、曰、及瓜而伐、期戍、公問不至

〔注〕二國同討而齊師獨納郕

〔疏〕師及一齊師

正義に曰はく、例に於いては、將卑しく師衆ければ師を稱す。此に直ちに「師」を言へば、公自ら將たらず。「傳」に「仲慶父、齊の師を伐たんと請ふ」と稱すれば、郕の齊師に降るを聞き、國に在りて請ふのみ。軍中にて請ふに非ざるなり。

① 例 『公羊伝』隱公五年に「曷為或言率師、或不言率師、

將尊師衆、稱其率師、將尊師少、稱將、將卑師衆、稱師、將卑師少、稱人、君將不言率師、書其重者也」とある。

隱公五年經「秋、衛師入郕」の杜預注に「將卑師衆、但稱師、此史之常也」とある。

〔經〕秋、師還

〔注〕時史善公克己復禮、全軍而還、故特書師還

〔疏〕注時史一師還

正義に曰はく、『春秋』の例に、公の行・征・伐・還には則ち「至——至る」を書す。將に命じて師を出だせば、未だ師還ると書するもの有らざるなり。慶父、齊の師を伐たんと請ふは、自ら郕を圍むの師を以て、廻りて齊の師を伐たんと欲するなり。若し其の言を用ふれば、則ち方に相戰鬪し、師或ひは喪敗す。公乃

ち自ら徳無きを責め、罪を引きて己に歸す。時史、公の己に克ちて禮を復み、軍を全くして還るを善し、其の還るを得るを喜ぶが故に、特に「師還る」と書するなり。（本年）「傳」に「君子是を以て魯の莊公を善す」と言ふ「君子」とは、當時の史、此の「師還る」を書して以て魯の莊公を善するを謂ふなり。仲尼、以て理を得たりと爲すが故に、因りて之を用ふ。「己に克ちて禮を復む」とは、①「論語」の文なり。克は勝なり、己、齊を恨むと雖も、情に勝ちて止め、己を責めて人を責めず、禮の意に合ふなり。僖（公）三十年「秦・晉、鄭を圍む」の「傳」に稱す、秦人竊かに鄭と盟ひ、子犯、秦の師を撃たんと請ふ。晉侯許さず、と。此の事と同じくして彼に善文無きは、魯の莊（公）は中平の主にして能く善事有り。故に嘉すべきと爲す。晉の文（公）身ら霸主と爲りて私かに自ら鄭を恨み、秦を引きて共に伐ち、而して秦人之に背く。其の與する所を失ふは、則ち不知と爲す。不知の譏りを免るを得るは己に幸い爲り。子犯に従はずと雖も、未だ尙ふべきに足らず。時史、其の事を善せざるが故に、仲尼も亦褒文無し。

① 「論語」『論語』顔淵第十二に「顔淵問仁、子曰、克己復禮為仁、一日克己復禮、天下歸仁焉」とある。

② 僖（公）三十年 僖公三十年經に「晉人・秦人圍鄭」とあり、「伝」に「欠秦以利晉、惟君圖之、秦伯說、与鄭人盟、使杞子・逢孫・揚孫戍之、乃還、子犯請擊之、公曰、不可」とある。

〔經〕冬、十有一月癸未、齊無知弑其君諸兒

づるを治兵と爲す。威武を尙ぶなり。入るを振旅と爲す。尊卑を反すなり」と。孫炎云ふ、「出づるときは則ち幼穉前に在り。勇力を貴ぶなり。入るときは則ち尊老前に在り。常法を復むなり」と。彼に治兵・振旅を言ふは、皆田獵に因りて車徒を選び、戰法を教へ、號令を習はすを謂ふ。此(本年)の治兵も亦是れ號令を習はすを知るなり。是れ廟に治兵するは、尊嚴の處に就き、之をして畏威して命を用ひしめんと欲するのみ。但軍旅の衆は廟内に容るる所に非ず。止めて應に宗廟に告ぐべし。出づれば、門巷に在りて之を習はす。昭(公)十八年傳に「鄭人、兵を簡びて大蒐す。將に蒐の爲に除はんとす」と稱す。杜(預)云ふ、「廟に治兵するに城内の地迫まり。故に除きて之を廣む」と。是れ廟に告げて、巷に習はすなり。下(「經」)に「邸を圍む」と有れば、治兵は邸を圍むが爲なるを知るなり。沈(文阿)云ふ、「『周禮』に、中秋に治兵す、と。『月令』の孟春令に云ふ、『是の月や、以て兵を稱ぐるべからず』と。甲午に治兵する所以は、邸を圍むが爲なるを以ての故に、時に非ずして治兵す。猶如し難に備へて城けば、時に非ずと雖も譏らず」と。沈(文阿)又云ふ、「治兵の禮必ず須らく廟に告ぐべし。廟に告ぐるは是れ内事なりと雖も、治兵は乃ち是れ外事なり。故に廟に告ぐると雖も仍甲午を用ふ。且つ治兵するは則ち征伐の類なり。又、邸を圍むが爲に郊内に在りと雖も亦剛日を用ひて甲午に治兵す。『公羊』以て『祠兵』に爲るは、牲を殺して士卒に饗するを謂ふ」と。

① 『周禮』 『周禮』夏官・大司馬に「中春、教振旅、司馬以旗致民、平列陳、如戰之陳」「中秋、教治兵、如振旅之

陳」とある。

② 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公八年に「出曰治兵、習戰也、入曰振旅、習戰也」とある。

③ 『公羊傳』 『公羊伝』莊公八年に「祠兵者何、出曰祠兵、入曰振旅、其礼一也、皆習戰也」とある。

④ 「釋天」 『爾雅』釈天・講武の項に「出爲治兵、尚威武也、入爲振旅、反尊卑也」とある。

⑤ 孫炎 『爾雅孫氏注』 本疏引。

⑥ 昭(公)十八年傳 昭公十八年伝に「七月、鄭子産爲火故大爲社、拔禳於四方、振除火災、礼也、乃簡兵大蒐、將爲蒐除、子大叔之廟在南道、其寢在道北、其庭小」とあり、杜預注に「治兵於廟、城内地迫、故除広之」とある。

⑦ 杜(預) 注⑥参照。

⑧ 沈(文阿) 『春秋左氏経伝義略』 本疏引。

⑨ 『周禮』 注①参照。

⑩ 『月令』 『礼記』月令の孟春の月に「是月也、不可以称兵、称兵必有天殃、兵戎不起、不可從我始」とある。

⑪ 沈(文阿) 『春秋左氏経伝義略』 本疏引。

⑫ 剛日 十干の甲・丙・戊・庚・壬の奇数の日を言う。『礼記』典礼上に「外事以剛日、内事以柔日」とあり、鄭玄注に「順其出爲陽也、出郊爲外事、春秋伝曰、甲午祠兵」とある。

⑬ 『公羊』 注③参照。『公羊』の経文に「甲午、祠兵」とある。

〔經〕 夏、師及齊師圍郕、郕降于齊師

⑦ 杜（預） 注①②参照。

⑧ 桓（公） 五年經 桓公五年經に「城祝丘」とある。

⑨ 『釋例』 『春秋釈例』夫人内女婦寧例第三十二に見える。

⑩ 『傳』 注①参照。

〔傳〕 夏、恒星不見、夜明也、星隕如雨、與雨偕也

〔注〕 偕俱也

〔傳〕 秋、無麥苗、不害嘉穀也

〔注〕 黍・稷尙可更種、故曰不害嘉穀

〔經〕 八年、春、王正月、師次于郎、以俟陳人・蔡人

〔注〕 無傳、期共伐邲、陳・蔡不至、故駐師于郎以待之

〔疏〕 八年注期共く待之

正義に曰はく、唯「以て陳・蔡を俟つ」と言ひて、何の故に之を待つかを知らず。下（「經」）に「師、齊の師と邲を圍む」と有れば、或ひは陳・蔡と同じく計るが故に、（杜預注に）「共に邲を伐つことを期して、陳・蔡に至らず。故に之を待つ」と云ふ。賈逵及び『穀梁』を説く者皆「陳・蔡、魯を伐たんと欲す。故に

之を待つ」と云ふ。陳・蔡は魯に於いて、竟を絶ちて路遙かなり。春秋以來未だ嘗て怨みを構へざれば、何に因りて輒ち魯を伐たん。又「俟つ」とは、相ひ須らく同行すべきの辭にして、寇を防ぎ敵を拒ぐの稱に非ざるなり。若し是れ其の來りて伐つを畏れば、當に之を禦ぐと謂ふべくして、俟つと稱するを得ず。故に（杜預注に）「共に邲を伐つを期す」を知るのみ。何休、服虔も亦「共に邲を伐たんと欲す」と言ふ。

① 賈逵 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

② 『穀梁』を説く者 『穀梁伝』莊公八年の范甯集解に「時陳・蔡欲伐魯、故出師以待之」とある。

③ 何休 『公羊伝』莊公八年の何休解詁に「師出本為下滅、成與陳・蔡属与魯伐衛同心」とある。

④ 服虔 『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

〔經〕 甲午、治兵

〔注〕 治兵於廟、習號令、將以圍邲

〔疏〕 注治兵く圍邲

正義に曰はく、①『周禮』に、中春に振旅を教へ、中秋に治兵を教ふ、と。②『穀梁傳』に曰はく、「出づるに治兵と曰ふ。戰ひを習はすなり。入るに振旅と曰ふ。戰ひを習はすなり」と。③『公羊傳』に曰はく、「出づるに祠兵と曰ふ。入るに振旅と曰ふ。其の禮は一なり。皆戰ひを習はすなり」と。④『釋天』に曰はく、「出

③『周禮』 天官・疾医に「以五味・五穀・五菜養其病」とあり、鄭玄注に「五穀、麻・黍・稷・麦・豆也」とある。

〔經〕 冬、夫人姜氏會齊侯于穀

〔注〕 無傳、穀齊地、今濟北穀城縣

〔傳〕 七年、春、文姜會齊侯于防、齊志也

〔注〕 文姜數與齊侯會、至齊地、則姦殺夫人、至魯地、則齊侯之志、故傳略舉二端以言之

〔疏〕 注文姜一言之

正義に曰はく、文姜數齊侯と會すとは、二年に禚においてし、四年に祝丘においてし、五年に齊の師に如き、此の年に防においてし、穀においてし、是れなり、哀(公)十五年傳に「齊・禚・媚・杏を衛に致す」と稱すれば、則ち禚は是れ齊の地なり。⑤定(公)五年傳に「季平子、東野を行きて房に卒す」と稱すれば、則ち防は是れ魯の地なり。⑥「傳」は、齊の地に於いては「姦を書す」と言ひ、魯の地に於いては「齊の志」と言ふ。故に(杜預注に)「齊の地に至れば則ち姦は夫人より發し、魯の地に至れば則ち齊侯の志」なるを知るなり。二年は會の始め、此の年は會の末なるが故に、「傳」に略して二端を擧げて以て之を言ひ、其餘意の同じきを明らかにするなり。杜(預)、禚においてし、穀に

においてするは皆「齊の地」と言ひ、祝丘においてするは「魯の地」と言ふは、其の二意有るを示すなり。若し其れ然らざれば、⑧桓(公)五年經に「祝丘に城く」と書せば、祝丘は魯の地たりて、(四年においては)須らく之を解すべからず。⑨「釋例」に曰はく、「婦人に外事無く、兄弟に見ゆるに闕を蹶えざるが故に、其の他の行は禮の及ぶ所に非ず、亦例として存せざる所なるも而も其の時に當たりて實に出入するは、或ひは事の宜しきを以てし、或ひは淫縱を以てす。小君の行は書せざるを得ざるが故に、直ちに其の行を書し、而して其の善惡各々本に繋く。『禚に會す』の『傳』に『姦を書す』と稱すれば、夫人は齊の地に入るなり。『防に會す』の『傳』に『齊の志』と稱すれば、齊侯は魯の地に入るなり。『經』に於いて例無ければ、『傳』に實を以て之を云ふ」と。

① 二年 莊公二年經に「冬、十有二月、夫人姜氏會齊侯于禚」とあり、「伝」に「冬、夫人姜氏會齊侯于禚、書姦也」とあり、杜預注に「禚齊地也」とある。

② 四年 莊公四年經に「春、王二月、夫人姜氏享齊侯于祝丘」とあり、杜預注に「祝丘魯地也」とある。

③ 五年 莊公五年經に「夏、夫人姜氏如齊師」とある。

④ 哀(公)十五年傳 哀公十五年伝に「昔晋人伐衛、齊爲衛故、伐晋冠氏、喪車五百、因与衛地、自齊以西、禚・媚・杏以南、書杜五百」とある。

⑤ 定(公)五年傳 定公五年伝に「六月、季平子行東野、還未至、丙申、卒于房」とある。

⑥ 「傳」 注①参照。

正義に曰はく、公羊説に、雨の如しとは、其の狀雨に似たるを言ふなりと。此の「伝」に「星隕ちて雨ふる」と言ふは、雨と偕にするなり。「偕」は訓じて「俱」と爲す。雨と俱に下るにて、狀の雨に似たりと爲すを得ざるなり。故に「如」を轉じて「而」と爲す。（杜預注に）「星落ちて且つ雨ふる。其の數多し」と謂ふは、雨と雜へ下り、落つる所は一星に非ざるなり。常に非ざるを異と爲し、物を害するを災と爲す。此の二事は是れ天の變異なりと雖も、物の災害を被るを見さず、皆異なるを記すなり。星落つること常に非ざれば、固より異なるを記すべし。雨は乃ち常の事なるも亦之を言ふは、星の落つるを見れば其の勢宜しく明らかなるべし。時に乃ち陰雨、雨の内に星を見るは異と爲す所以なり。星の異なるを言ふを主とし、雨の異なるを言はざるなり。夜の早晩は星を以て驗と爲す。（杜預注に）「日光匿れず、恒星見えず。而るに夜中と云ふは、水漏を以て之を知る」の「漏」とは、晝夜時を百刻す。春分の月の夜は當に五十刻たるべく、二十五刻にして夜半なり。

① 公羊説 『公羊伝』 莊公七年に「如雨者何、如雨者、非

雨也、非雨、則曷為謂之如雨、不修春秋曰、雨星不及地尺而復、君子修之曰、星實如雨、何以書、記異也」とあり、何休解詁に「明其狀似雨爾、不當言雨星」とある。

〔經〕 秋、大水

〔注〕 無傳

〔經〕 無麥苗

〔注〕 今五月周之秋、平地出水、漂殺熟麥及五稼之苗

〔疏〕 注今五之苗

正義に曰はく、直ちに「麥苗無し」と言ふは、是れ麥の苗に似たり。而るに麥苗の別なるを知るは、^①『公羊傳』に曰はく、「曷爲れぞ先に麥無しと言ひて、後に苗無しと言ふ。麥無きを待ちて、然る後に苗無きを書す」と。彼の「傳」の文のごときは、麥・苗の別なるを知るなり。且つ此の秋は今の五月なれば、麥は已に熟す。方に麥の苗無しと云ふを得ざるが故に、熟麥及び五稼の苗皆水の爲に漂殺するを知るなり。之を種まくを稼と曰ひ、之を斂むるを穡と曰ふ。^②「月令」にては、五時に穀を食らふ。黍・稷・麻・麥・豆は、^③『周禮』にては之を「五穀」と謂ふ。故に（杜預注に）「五稼の苗」と云ふ。^④何休云ふ、「禾初めて生ずるを苗と曰ふ。秀でるを禾と曰ふ」と。

① 『公羊傳』 『公羊伝』 莊公七年に「無苗、則曷為先言

無麦、而後言無苗、一災不書、待無麦、然後書無苗、何以書、記災也」とあり、何休解詁に「苗者、禾也、生曰苗、秀曰禾、据是時、苗微麦彊、俱遇水災、苗当先亡」とある。

② 「月令」 『礼記』 月令。

麦	春
苽	夏
稷	中央
麻	秋
黍	冬

日光不以昏没

〔疏〕七年注恒常、昏没

正義に曰はく、「恒は常なり」とは、^①「釋詁」の文。夜とは、昏より旦に至るまでの惣名なり。但此の「經」の下に「夜中」を言へば、則ち此に「夜」を言ふは、夜は未だ中に至らず、初めて昏するの後を謂ふのみ。竟に夜に星を見ざるには非ざるなり。^③『穀梁』に「夜」を「昔」に作り、^④「傳」に曰はく、「日入りて星の出づるに至る、之を昔と謂ふ。見えざるものは、以て見るべきなり」と。必ず彼の言のごとく星の出づる以前、之を名づけて昔と曰へば、則ち昔と名づくるの時は法として當に未だ星有らざるべし。何を以て其の見えざるを怪しみて、書して異と爲すや。明らかに「經」に言ふ所の「夜」とは、夜昏の後に星の應に見るべきの時にして見えざるのみ。^⑤『公羊傳』に曰はく、「恒星とは何ぞ。列星なり」と。^⑥天官列宿の常に見ゆる星を言ふなり。時に於いて周の四月は則ち夏の仲春なり。^⑦「月令」に「仲春の月、日は奎に在り。昏に弧中す」と。鄭玄、「弧は輿鬼の南に在り」と云へば、則ち時に於いて南方の星は盡く當に列見すべし。^⑧（杜預注に）「常見の星」と謂ふは、南方の星を謂ふなり。杜（預）、^⑨「長曆」を以て之を按ぶるに、辛卯は是れ四月五日なるを知るなり。杜（預）、五日の月光尙微なるを以て、星を奄ひて見せざらしむること能はず、とす。雲の蔽ふこと有るがごとくなれども、當時復雲無し。蓋し日光昏を以て没せず。是の故に以て異と爲す。

① 「釋詁」

『爾雅』釈詁上に「典・彝・法・則・刑・範

・矩・庸・恒・夏・職・秩・常也」とある。

② 諸本「下言夜中」に作り、又本年經に「夜中星隕如雨」とあるに依れば、底本「不言夜中」に作るは誤りである。

③ 『穀梁』 莊公七年經に「夏、四月辛卯、昔、恒星不見」とあり、「伝」に「日入至於星出、謂之昔、不見者、可以見也」とある。

④ 「傳」 注③参照。

⑤ 『公羊傳』 莊公七年に「恒星者何、列星也、列星不見、何以知夜之中星反也」とある。

⑥ 天官 『史記』天官書に「太史公曰、……天有五星、地有五行、天則有列宿、地則有州域」とある。

⑦ 「月令」 『礼記』月令の仲春の項に「仲春之月、日在奎、昏弧中、旦建星中」とあり、鄭玄注に「仲中也、仲春者、日月會於降婁、而斗建卯之辰也、弧在輿鬼南、建星在斗上」とある。

⑧ 鄭玄 注⑦参照。

⑨ 「長曆」 『春秋釈例』經伝長歴第四十五之二の莊公七年の項に「四月辛卯、五日」とある。

〔經〕 夜中星隕如雨

〔注〕 如而也、夜半乃有雲、星落而且雨、其數多皆記異也、日光不匿、恒星不見、而云夜中者、以水漏知之

〔疏〕 注如而、知之

るなり。①『膏肓』に以爲へらく、「楚と鄧は、疆弱相縣たる。若し三甥の言に従はば、楚子死すと雖も、鄧の滅ぶるは曾ち踵を旋らさず。腹を剝りて疾を去り、炭を炊きて沸くことを止むるがごとし。左氏を短と爲す」と。鄭②「玄」箴して云ふ、「楚の疆盛は鄧を滅ぼすより以後にして、時に於いては未だ疆爲らず。何ぞ『疆弱相縣たる』と言ふを得んや」と。蘇氏云、「三甥既に此の語有り。左氏は史の記の文に因りて其實事を録せば、君子の論に非ず。何を以て之を非とするや」と。

① 『膏肓』 何休『左氏膏肓』 本疏引。

② 鄭 鄭玄『箴膏肓』 本疏引。

③ 蘇氏 蘇寛『春秋左氏伝義疏』 本疏引。

〔傳〕 對曰、若不從三臣、抑社稷實不血食、而君焉取餘

〔注〕 言君無復餘

〔傳〕 弗從、還年、楚子伐鄧

〔注〕 伐申還之年

〔傳〕 十六年、楚復伐鄧、滅之

〔注〕 魯莊公十六年、楚終強盛、爲經書楚事張本

〔疏〕 注魯莊公十六年

正義に曰はく、楚の文王の十六年に非ざるを知るは、文王は莊（公）五年を以て即位し、十九年に至りて卒すれば、唯十五年なるのみ。②

① 莊公十六年經に「秋、荆伐鄭、冬、十有二月、会齊侯・陳侯・衛侯・鄭伯・許男・滑伯・滕子同盟于幽」とあり、杜預注に「齊桓始霸、楚亦始強」とある。

② 『史記』楚世家の武王の項の「二十九年、魯弑其君隱公、……五十一年……子文王熊賁立、始都郢」から、武王の二十九年は魯の隱公の死の十一年に当たり、武王の五十一年は魯の莊公四年に当たる。

③ 十九年 莊公十九年伝に「春、楚子禦之、大敗於津、還、鬬拳弗納、遂伐黃、敗黃師于踰陵、還、及湫有疾、夏、六月庚申、卒」とある。

〔經〕 七年、春、夫人姜氏會齊侯于防

〔注〕 防魯地

〔經〕 夏、四月辛卯、夜恒星不見

〔注〕 恒常也、謂常見之星、辛卯四月五日、月光尙微、蓋時無雲、

國人の信服する所と爲るを謂ふ。其の末を度るとは、立つる所の人に、度量有り、知謀有り、治術有るを思ひて、下民の受樂する所と爲るを謂ふなり」と。

① 『詩』 『毛詩』大雅・文王之什・文王に「侯文王孫子、文王孫子、本文百世」とあり、毛伝に「本本宗也、支支子也」とある。

② 劉炫 『春秋左氏伝述義』 本疏引。

〔傳〕 冬、齊人來歸衛寶、文姜請之也

〔注〕 公親與齊共伐衛、事畢而還、文姜淫於齊侯、故求其所獲珍寶、使以歸魯、欲說魯以謝愆

〔傳〕 楚文王伐申、過鄧、鄧祁侯曰、吾甥也

〔注〕 祁謚也、姊妹之子曰甥

〔疏〕 注祁謚、曰甥

正義に曰はく、謚法に「經典易らざるを祁と曰ふ」とあり。衛に石祁子有るも亦謚なり。③「釋親」に云ふ、「我を舅と謂ふ者は、吾之を甥と謂ふ」と。是れ姊妹の子を甥と曰ふ。

① 謚法 本疏引。『逸周書』謚法解第五十四に「治典不殺曰祁」、張守節『史記正義』謚法解に「治典不殺曰祁、秉常

不衰」とある。

② 石祁子 莊公十二年伝に「宋人請猛獲于衛、衛人欲勿予、石祁子曰、不可」とある。閔文二年伝に「公与石祁子決、予甯莊子失、使守」とある。

③ 「釋親」 『爾雅』釈親の妻党の項に「謂我舅者、吾謂之甥也」「姑之子為甥、舅之子為甥、妻の兄弟為甥、姊妹之夫為甥」とある。

〔傳〕 止而享之、騅甥・聃甥・養甥請殺楚子

〔注〕 皆鄧甥、仕於舅氏也

〔傳〕 鄧侯弗許、三甥曰、亡鄧國者、必此人也、若不早圖、後君噬齊

〔注〕 若齧腹齊、喻不可及

〔傳〕 其及圖之乎、圖之、此爲時矣、鄧侯曰、人將不食吾餘

〔注〕 言自害其甥、必爲人所賤

〔疏〕 人將不食吾餘

正義に曰はく、食とは、之を喰ふを謂ふ。甥の爲に享を設け、而して享に因りて之を害す。有する所の餘食更に人の爲に之を設くるは、將に吾を賤しめんとし、復吾が餘食を食喰するを肯ぜざ

六つ有りて其の五つは皆實と言ふ。此れ必ず『左氏』の經の獨り誤るなり」と。案ずるに、③『説文』に「保、人に從ひ、采の省の聲。古文の保、省かず」と。然らば則ち古字通用す。實は或ひは保の字にして、俘と相似たるが故に、誤りて俘に作るのみ。杜（預）、既に以て誤りと爲せども、而も又「俘は囚爲り」と解す。是れ敢へて正しく決せざるが故に、且つ之に従ふ。

① 『釋例』 『春秋釈例』帰献例第二十に見える。

②		經文	伝文
公羊	冬、齊人来帰實	此衛實也	
穀梁	冬、齊人来帰實	なし	
左氏	冬、齊人来帰俘也	冬、齊人来帰衛實、文姜請之	

③ 『説文』 『説文解字』第八上の人部に「保、養也、人、采省声、采古文学、保、古文不省、采古文」とある。

〔傳〕 六年、春、王人救衛、夏、衛侯入、放公子黔牟于周、放甯跪于秦、殺左公子洸・右公子職

〔注〕 甯跪衛大夫、有之以遠曰放

〔傳〕 乃即位、君子以二公子之立黔牟爲不度矣、夫能固位者、必度於本末而後立衷焉、不知其本、不謀知本之不枝、弗強

〔注〕 本末終始也、衷節適也、譬之樹木、本弱者、其枝必披、非人力所能強成

〔傳〕 詩云、本枝百世

〔注〕 詩大雅、言文王本枝俱茂、蕃滋百世也

〔疏〕 君子百世

正義に曰はく、君子、二公子の黔牟を立てたるを以てや、形勢を揆度することを知らずと爲す。夫れ人を立てて君と爲すは、能く自ら其の位を堅固にする者をして必ず當に本末を揆度すべからしむるなり。其の本を度るとは、其の人の才德賢善にして、根本牢固なるを謂ふ。其の末を度るとは、其の人終に能く邦國を保有し、子孫を蕃育するを謂ふ。其の能く自ら固むるに堪へ、而る後に其の衷を立つるを知る。衷とは、節の適するを謂ふ。節の時に適するを得さしめて、乃ち之を立つるを言ふなり。若し其の本の立つべきか否かを知ること能はざれば、則ち當に之を謀るべからず。樹木に似たるがごとし。其の根本の弱きものは枝葉を生長すること能はざるを知りて以て立つる所の人に喩ふ。材力劣弱にして邦國を保有し、子孫を蕃育すること能はざれば、則ち須らく自づから強ひて之を立つべからず。①『詩』に、樹木の本幹を以て適に喩へ、枝葉を庶に喩ふ。言ふところは、文王の子孫の本幹・枝葉、適子・庶子皆國を傳へて百世なるは、文王の德に由りて堪へて蕃滋せしむるが故なり。②劉炫云ふ、「其の本を度るとは、立つる所の人に母氏の寵有り、先君の受有り、彊臣の援有るを思ひて、

〔疏〕注朔爲八年

正義に曰はく、去年、齊・宋・陳・蔡、衛を伐ち、「傳」に「惠公を納るるなり」と曰へば、此の年に衛侯入るを得るは、則ち是れ諸侯之を納るるなり。當に「歸」と言ふべきも、而も「經」に「入」を書す。成(公)十五年、宋の華元晉に奔り、宋人迎へて之を反す。當に「復歸」と言ふべきも、而も「經」に「歸」を書す。〔釋例〕に曰はく、「朔(衛の惠公)、衆に違ふの犯有るを懼れて、「國逆——國逆ふ」を以て告ぐ。華元は、實に國逆へ、晉を挾んで以て自ら助けんと欲するが故に、「外納——外より納る」を以て赴ぐ。『春秋』は、從ひて之を書し、二子の情を示すなり」と。凡そ諸侯の外より納るるは、三つ有り。一つは、言語を以て告げ、請ひて入るを得。蔡季、蔡に歸る、是れなり。二つは、師を興し、送りて其の國に入る。楚人、陳を圍みて頓子を頓に納る、是れなり。三つは、納るる所の君は別に他國に在りて、諸侯の師彼の國を伐ち、其の入るを得さしむ。今公、諸侯と衛を伐つ、是れなり。

① 去年 莊公五年經に「冬、公会齊人・宋人・陳人・蔡人伐衛」とあり、「伝」に「冬、伐衛、納惠公也」とある。

② 「傳」 注①参照。

③ 成(公)十五年 成公十四年經に「宋華元出奔晉、宋華元自晉歸于宋」とある。

④ 『釋例』 『春秋釈例』帰入納例第二十一に見える。

⑤ 蔡季 桓公十七年經に「秋、八月、蔡季自陳歸于蔡」とあり、「伝」に「蔡桓侯卒、蔡人召蔡季于陳、秋、蔡季自陳

歸于蔡、蔡人嘉之也」とある。杜預注に「桓侯無子、故召季而立之也、季内得國人之望、外有諸侯之助、故書字以善得衆、稱歸以明外納也」「嘉之故以字告也」とある。

⑥ 僖公二十五年經に「秋、楚人圍陳、納頓子于頓」とあり、杜預注に「頓子迫於陳而出奔楚、故楚圍陳、而以納頓子、不言遂、明一事也、子玉稱人、從告也、頓子不言歸、興師見納故也」とある。

〔經〕秋、公至自伐衛

〔注〕無傳、告於廟也

〔經〕螟

〔注〕無傳、爲災

〔經〕冬、齊人來歸衛俘

〔注〕公羊・穀梁經傳皆衛實、此傳亦言實、唯此經言俘、疑經誤、俘囚也

〔疏〕注公羊——囚也

正義に曰はく、『釋例』に曰はく、「『齊人來りて衛の實を歸る』は、『公羊』『穀梁』の經・傳、及び『左氏』の傳皆同じ。唯『左氏』の經のみ獨り衛俘と言ふ。三家の經・傳を考するに、

突」と言ふ。則ち官卑しきと雖も、王の授を蒙るに大事を以てするが故に、人を稱して又字を稱す。王人を貴ぶは、諸侯を責むる所以なり。⑦『釋例』に曰はく、「莊（公）六年、五國の諸侯、王命を犯し逆らひて以て衛の朔（惠公）を納る。其の事を大とするが故に、王人に字して之を子突と謂ふ」と。是れ之を進むるの意を説くなり。之を進むるに名を稱せずして越えて字を稱するは、王の上士・下士は爵同じくして命異なるのみ。之を進めて中士に同じきは、未だ以て榮を爲すに足らざるが故に、超えて大夫の例に従ひ、字を稱して以て之を貴ぶなり。文（公）二年の垂隴の會に、晉の士穀其の事に堪ふ。即ち名氏を書するは、真の卿爲るが若く然るに似たり。故に復人を稱せず。此れ子突を貴ぶは、止に敦く諸侯を責むるが爲にして、是の人實に進むるに堪ふるに非ざるが故に、人を稱す。其の本の班に依りて字を稱するは、其の別に爲す所有るを見すのみ。⑧『穀梁傳』に曰はく、「王人は卑しき者なり。名いふは、之を貴びてなり。衛を救ふを善とするなり。救ふ者善なれば、則ち伐つ者は正しからず」と。杜（預）の意は、彼を取りて説を爲し、唯子突を以て字と爲すのみ。⑨范甯、『穀梁』に注して亦云ふ、「此れ名なり。當に字と爲すべきは誤りのみ」と。

- ① 昭（公）十二年傳 昭公十二年伝に「季悼子之卒也、叔孫昭子以再命爲卿、及平子伐莒克之、更受三命、叔仲子欲構二家、謂平子曰、三命踰父兄、非礼也」とある。
- ② 「經」 襄公二年経に「叔孫豹如宋」とあり、杜預注に「豹於此始自齊還爲卿」とある。

- ③ 周禮 『周礼』春官・大宗伯に「壹命受職、再命受服、三命受位」とあり、それぞれの鄭玄注に「王之下士亦一命」「王之中士亦再命」「王之上士亦三命」とある。
- ④ 劉夏 襄公十五年経に「劉夏逆王后于齊」とあり、杜預注に「劉菜地、夏名也、天子卿書字、劉夏非卿、故書名」とある。
- ⑤ 石尚 定公十四年経に「天王使石尚來歸賑」とあり、杜預注に「無伝、石尚天子之士、石氏、尚名也」とある。
- ⑥ 「公羊傳」 『公羊伝』僖公八年に「王人者何、微者也、曷爲序乎諸侯之上、先王命也」とある。
- ⑦ 「釋例」 『春秋釈例』歸入納例第二十一に見える。
- ⑧ 文（公）二年 文公二年伝に「六月、穆伯会諸侯及晉司空士穀盟于垂隴、晋討衛故也、書士穀、堪其事也」とある。
- ⑨ 「穀梁傳」 『穀梁伝』莊公六年に「王人、卑者也、称名、貴之也、善救衛也、救者善、則伐者不正矣」とあり、范甯集解に「何休以爲称子、則非名也、鄭君釈之曰、王人踐者録則名可、今以其衛命救衛、故貴之、貴之則子突爲字可知明矣、此名當爲字誤爾」とある。
- ⑩ 范甯 注⑨参照。

〔經〕 夏、六月、衛侯朔入于衛

〔注〕 朔爲諸侯所納、不稱歸而以國逆爲文、朔懼失衆心、以國逆告也、歸入例在成十八年

して以て周室を尊び、命ぜられて小邾子と爲る。穆公の孫の惠公より以下春秋の後六世にして楚、之を滅ぼす」と。『世本』に「肥」と言ひ、杜（預）の『譜』に「友」と言へば、當に是れ一人たるべし。僖（公）七年經に「小邾子來朝」と書せば、齊の桓（公）、王命を請ひて之に命ずるを知るなり。

① 儀父 隱公元年經に「三月、公及邾儀父盟于蔑」とあり、

「伝」に「三月、公及邾儀父盟于蔑、邾子克也」とある。杜預注には、「附庸之君末王命、例称名、能自通於大国、継好息民、故書字貴之也、名例在莊五年」、「克儀父名」とある。

② 「世本」 本疏引。

③ 宋仲子 本疏引。宋衷（忠）、字は仲子、後漢の人。『世本』に注し、隋志、旧唐志に『世本』四卷宋衷撰とある。

④ 「譜」 『春秋釈例』世族譜第四十五之下の小邾の項に見える。

⑤ 僖（公）七年經 僖公七年經に「夏、小邾子來朝」とあり、杜預注に「邾邾來始得王命、而來朝之、邾之別封、故曰小邾也」とある。

〔傳〕 冬、伐衛、納惠公也

〔注〕 惠公朔也、^① 桓十六年出奔齊

① 桓公十六年經に「十有一月、衛侯朔出奔齊」とあり、「伝」に「惠公奔齊」とある。

〔經〕 六年、春、王正月、王人子突救衛

〔注〕 王人王之微官也、雖官卑而見授以大事、故稱人而又稱字

〔疏〕 六年注王人、稱字

正義に曰はく、昭（公）十二年傳に「叔孫昭子、三たび命ぜられて父兄に諭ゆ」と稱すれば、則ち昭子の父の叔孫豹は再命なり。再命にして名「經」に見ゆれば、諸侯の卿の再名・三命は皆名を書するを知るなり。一命は乃ち人を稱す。諸侯の臣既に然らば、則ち王朝の臣も亦然り。^③ 周禮にては王の上士は三命、中士は再命、下士は一命なり。故に杜（預）以爲へらく、劉夏・石尙に名氏を稱する者は上士・中士なり、と。^④ 「王人」と稱する者は下士なり。僖（公）八年「公羊傳」に「王人は微なる者なり」と曰へば、此の王人も亦微なる者なるを知るが故に、（杜預注に）「王人は王の微官なり」と云ふ。春秋の世、二字にして「子」上にある者は、皆是れ字なり。故に子突は是れ字なるを知る。衛を救ふに必ず師を以て救へども、而も文に「師」を稱せざるは、例に於いて將卑しく師少なしと爲す。卑しき官を以て少なき師を帥めて衛を救ふは、衛侯をして入らざらしむること能はず、是れ功無きなり。功無くして字を稱するは、以へらく、（衛侯）朔既に譏構して國を取りて又民を能くせず。王の意は即ち黔牟を定め、（衛侯）朔をして入るを得さしむるを欲せざるが故に、師を遣はして之を救ふ。時史、諸侯の王命に逆らふを惡むが故に、王使を尊びて「子

〔疏〕且請また發喪

正義に曰はく、莫敖、既に隨侯と盟ひ、且つ又請ふ、隨侯と楚、會禮を漢水の汭に爲して我楚に還へるなり、と。隨侯、楚を畏れ、遂に莫敖に従ひて會禮を爲す。會訖り、隨侯因りて漢を濟りて國に還る。而る後に王の喪を發するなり。

〔傳〕紀侯不能下齊、以與紀季

〔注〕不能降屈事齊、盡以國與季、明季不叛

〔傳〕夏、紀侯大去其國、違齊難也

〔注〕違辟也

〔經〕五年、春、王正月、夏、夫人姜氏如齊師

〔注〕無傳、書姦

〔疏〕五年夫人一齊師

正義に曰はく、時に於いて齊に征伐の事無ければ、師何れの處に在るかを知らず。蓋し齊侯、紀の地を疆理すれば、師有るは紀に在らん。杜（預）、「姦を書す」と云ふは、姦は夫人に發し、當に紀の地に向かひて之に従ふべし。「會」を言はざるは、其の軍内に往きて齊侯に就くのみ。會禮を行はざるなり。

〔經〕秋、邠邠來來朝

〔注〕附庸國也、東海昌慮縣東北有邠城、邠來名

〔經〕冬、公會齊人・宋人・陳人・蔡人伐衛

〔傳〕五年、秋、邠來來朝、名末王名也

〔注〕未受爵命爲諸侯、傳發附庸稱名例也、其後數從齊桓以尊周室、王命以爲小邠子

〔疏〕注未受一邠子

正義に曰はく、邠は附庸の國、邠來は其の君の名なり。「傳」に「未だ王命せず」と言ふは、其の名を稱するの意を解す。未だ爵命を得て諸侯と爲らざるが故に、名を稱するなり。「經」に其の名を書し、「傳」に「未だ王命せず」と言ふ。此れ「傳」の發する所は、即ち是れ附庸には名を稱するの例なり。例として當に名を稱すべし。故に儀父あやふに字を稱するは、之を貴ぶが爲なり。邠の上世は邠國より出づ。「世本」に云ふ、「邠顔は邠に居り。肥は邠に徙る」と。宋仲子の注に「邠顔、別に小子肥を邠に封じて小邠子と爲す」と云へば、則ち顔は是れ邠の君にして、肥始めて邠に封ぜらる。④「譜」に云ふ、「小邠は邠俠の後なり。夷父顔、周に功する有り。其の子の友、別に封ぜられて附庸と爲り、邠に居る。曾孫の邠來始めて『春秋』に見ゆ。齊の桓（公）に附從

④ 郭璞 注③参照。

〔傳〕將齊、入告夫人鄧曼曰、余心蕩

〔注〕將授兵于廟、故齊、蕩動散也

〔傳〕鄧曼難曰、王祿盡矣、盈而蕩、天之道也、先君其知之矣、故臨武事、將發大命、而蕩王心焉

〔注〕楚爲小國、僻陋在夷、至此武王始起其衆、僭號稱王、陳兵授師、志意盈滿、臨齊而散、故鄧曼以天地・鬼神爲徵應之符

〔傳〕若師徒無虧、王薨於行、國之福也

〔注〕王薨於行、不死於敵

〔傳〕王遂行、卒於櫛木之下

〔注〕櫛木木名

〔疏〕注櫛木木名

正義に曰はく、此の字の音或ひは曼と爲し、或ひは朗と爲す。

若し「萬」を以て聲と爲せば、當に「曼」に作るべし。「兩」を以て聲と爲せば、當に「朗」に作るべし。字體定め難し。或ひは

「兩」之が音爲り。杜（預）、直ちに「本の名」と云へども、木

の何に似たる所かを知らず。木の櫛に似たるもの有り。俗に呼んで朗櫛と爲す。蓋し朗と爲すなり。

〔傳〕令尹闕祁・莫敖屈重、除道梁澁、營軍臨隨、隨人懼、行成

〔注〕時祕王喪、故爲奇兵、更開直道、澁水在義陽厥縣西、東南入鄖水、梁橋也、隨人不意其至、故懼而行成

〔疏〕注時祕・行成

正義に曰はく、「道を除ふ」とは、新路を除ひ治むるを謂ふ。

故に（杜預注に）「更に直道を開く」を知る。「澁に梁す」とは、梁を澁に作ると爲すが故に、（杜預注に）「橋」と爲すなり。〔釋例〕に曰はく、「義陽厥縣の西に澁水有り。源は縣の北より出で、縣の西より東南して隨縣に至り、鄖水に入る」と。杜（預）、「澁」を以て「澁」を解するは、蓋し聲相近くして字轉するのみ。

① 『釋例』 『春秋釈例』土地名第四十五之三の水名の項に見える。

〔傳〕莫敖以王命入盟隨侯、且請爲會於漢沔、而還

〔注〕沔内也、謂漢西

〔傳〕濟漢而後發喪

〔疏〕注紀季、葬之

正義に曰はく、紀侯、齊に由りて大いに去れば、則ち是れ齊は紀の讎と爲るも而も其の夫人を葬むるが故に、其の意の云云を解す。齊侯の葬る所と爲ると雖も、亦魯往きて之に會するに由るが故に書す。①『釋例』に曰はく、「紀侯、大いに其の國を去る。弟をして邑を納れて齊に附かしむ。齊侯、嘉して之を愍れむ。恩伯姫に及ぶ。（伯）姫は魯の女なるが故に、以て來りて告ぐ。大夫、葬に會するが故に、（「經」に）『齊侯、紀の伯姫を葬る』と書するなり」と。諡を書せざるは、亡國の婦・夫妻は皆降して之に諡を與ふること莫し。而るに賈・許、方に諸侯の禮を以て説くは、又之を失ふなり。

① 『釋例』

『春秋釋例』内女夫人卒葬例第十一に見える。

② 賈・許

賈逵『春秋左氏伝解詁』、許淑『春秋左伝許氏

注』

〔經〕秋、七月、冬、公及齊人狩于禚

〔注〕無傳、公越竟與齊微者俱狩、失禮可知

〔傳〕四年、春、王正月、楚武王荆尸、授師子焉、以伐隨

〔注〕尸陳也、荆亦楚也、更爲陳兵之法、揚雄方言、子者戟也、然則楚始於此參用戟爲陳

〔疏〕注尸陳、爲陳

正義に曰はく、「尸は陳なり」とは、①『釋詁』の文。荆は即ち楚の舊邑なるが故に、（杜預注に）「荆も亦楚なり」と云ふ。楚は本小國、地狹く民少し。時に復師を出だすと雖も、未だ自ら法式を爲さず。今始めて「荆尸」と言へば、則ち武王初めて此の楚國の陳兵の法を爲し、名づけて「荆尸」と曰ふ。後人をして之を用ひしむ。宣（公）十二年傳に「荆尸して擧ぐ」と稱すれば、是れ之を遵行するなり。楊雄、『爾雅』に古今の語を釋するを以て、書を作りて之に擬へ、異方の語を采りて之を『方言』と謂ふ。③『方言』に云ふ、「戟は之を子と謂ふ」と。郭璞云ふ、「名を鉤子に取るなり」と。戟は是れ擊刺の兵なり。上に刺の刃有り、又下に鉤の刃有るが故に、鉤子を以て名と爲すなり。始めて（「經」に）「師に子を授く」と云へば、是れ往前に未だ此の器を以て師に授けざるが故に、（杜預注に）「然らば則ち楚始めて此に於いて戟を參へ用ひて陳を爲す」と云ふ。「之を參へ用ふ」と言ふは、參雜して之を用ふるにて、陳の用ふる所専ら戟を用ふるには非ず。

① 『釋詁』

『爾雅』釈詁下に「矢・雉・引・延・順・薦

・劉・繹・尸・旅、陳也」とある。

② 宣（公）十二年傳

宣公十二年伝に「昔歲入陳、今並入

鄭、民不罷勞、君無怨讀、政有經矣、荆尸而拳」とある。

③ 『方言』

楊雄『方言』第九に「戟、楚謂之鈇、凡戟而

無刃、秦晉之間謂之鈇、或謂之鏃、吳揚之間謂之戈、東齊・秦・晉之間謂其大者、曰鏃胡、其典者、謂之鈇鈇鏃胡」とあり、郭璞注に「取名於鈇鈇」とある。

〔經〕夏、齊侯・陳侯・鄭伯遇于垂

〔注〕無傳

〔經〕紀侯大去其國

〔注〕以國與季、季奉社稷、故不言滅、不見追逐、故不言奔、大去者、不反之辭

〔疏〕注以國之辭

正義に曰はく、(本年)「傳」に「齊に下ること能はず、以て紀の季に與ふ」と稱すれば、是れ往年に鄆を分けて之に與へ、紀國は猶在り。今は則ち全く紀を以て之に與ふ。故に(杜預注に)「國を以て紀に與ふ」と云ふ。①『釋例』に曰はく、「紀侯の力弱くして慮窮まり、自ら列國を以て齊に屈し臣たるに忍びず。季をして鄆を以て安らぎを求めしめ、而して身を脱して外に寓す。季は果たして附庸と爲る。社稷奉ずる有るが故に、滅を言はず。迫り逐はれざるが故に、奔を言はず。(本年傳の)『大いに去る』とは、反かざるの辭なり。蓋し時史、實に即きて言ひ、而して仲尼改めず。故に『傳』に『故書——故に書す』『書曰——書して曰はく』とは言はざるなり」と。是れ「大去——大いに去る」の意を説くなり。人の國を滅ばすとは、皆其の宗廟を毀ち、其の社稷を遷すなり。紀の季、降りて附庸と爲ると雖も、自ら廟・社を立てて其の國滅ばざるを得るなり。諸侯の奔るは、皆逐はれて出

づ。此は則ち迫り逐はれざるが故に、奔ると言はず。時史は之を大いに去ると謂ひ、仲尼は以て理を得たと爲すが故に、因りて之を用ふ。②十二年に「叔姬、鄆に歸る」とあれば、則ち紀の季全く紀國を得ると雖も亦紀の都に移り就かず。紀の宗廟・社稷は皆之を鄆に遷し、祀りを承くること本のごとし。故に滅ばずと爲す。國祚して滅ばずと云ふと雖も、其の實は齊の吞む所と爲る。紀の器物・財賄も亦應に齊の爲に得らるべし。成(公)二年傳に「紀の甌玉磬」と稱し、之を目するに「紀」を以てすれば、得るところは、紀を滅ばして得る所には非ざるなり。季、既に齊に入りて臣となれば、縱齊をして自ら取らざらしむれども、必ず應に之を以て賂ひと爲すべし。假令季以て齊に賂ひするも亦是れ紀を滅ばして得る所なり。

①『釋例』『春秋釈例』王侯夫人出奔例第二十五に見え

②十二年 莊公十二年經に「春、王三月、紀叔姬歸于鄆」とある。

③成(公)二年傳 成公二年伝に「齊侯使賓人賂以紀甌玉磬与地」とある。

〔經〕六月乙丑、齊侯葬紀伯姬

〔注〕無傳、紀季入鄆爲齊附庸、而紀侯大去其國、齊侯加禮初附、以崇厚義、故攝伯姬之喪、而以紀國夫人禮葬之

〔注〕無傳、享食也、兩者相見之禮、非夫人所用、直書以見其失、祝丘魯地

〔疏〕四年注享食、魯地

正義に曰はく、鄭玄、『儀禮』の注に「饗とは、大牢を享して以て賓に飲するを謂ふ」と云へば、則ち享は是れ飲酒の大禮にして、會とは小しく別なり。而るに享を以て會を爲すは、夫人は齊侯と會して享禮を設くると言ふが故に、「齊侯を享す」と書するなり。定（公）十年「夾谷の會」の「傳」に稱す、「齊侯、將に公を享せんとす。孔丘、之を拒む。乃ち享するを果たさず」と。是れ享とは、兩君相見ゆるの禮なり。二年の『穀梁傳』に曰はく、「婦人には會を言はず。會を言ふは正に非ざるなり。饗するは甚だし」と。是れ享は、夫人の當に用ふべき所に非ざるなり。禮にては、合に用ふべからずして夫人之用ふるが故に、直ちに書して以て其の失を見すなり。定本に、「享會」を「享食也」に作る。

① 鄭玄 『儀禮』聘禮「公于賓、壹食再饗」の鄭玄注に「饗謂亨大牢以飲賓也、公食大夫禮曰、設洗如饗、則饗與食互相先後也」とある。

② 定（公）十一年 定公十一年伝に「齊侯將享公、孔丘謂梁丘棼、曰齊・魯之故、吾子何不聞焉、而又享之、是勤執事也、且犧象不出門、嘉樂不野合、饗而既具、是棄禮也、若其不具、是用秕稗也、用秕稗君辱、棄禮名惡、子盍図之、夫享

所以昭德也、不昭不如其已也、乃不果享」とある。

③ 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公二年に「婦人既嫁不踰竟、踰竟非正也、婦人不言會、言會非正也、饗甚矣」とある。

〔經〕三月、紀伯紀卒

〔注〕無傳、隱二年裂繻所逆者、内女唯諸侯夫人卒葬皆書、恩成於敵體

〔疏〕注隱二、敵體

正義に曰はく、①『穀梁傳』に曰はく、「外夫人には卒をいはず。此に其れ卒を言ふは何ぞ。吾が女なればなり。諸侯に適けば則ち尊は同じ。吾之が爲に變ずるを以て、之に卒をいふ」と。（『穀梁傳』の）「之が爲に變ず」とは、之が爲に服するなり。禮にては、諸侯期を絶つ。尊同じければ則ち之が爲に服を變ず。大功九月に服し、恩は敵體に成る。故に其の卒を書す。大夫に適けば則ち之を略す。②『釋例』に曰はく、「内女は、唯諸侯の夫人の卒のみ乃ち書す。恩は敵體に成る。其の諸侯に適くものに非ざれば、則ち之を略す。服制相準ずるを以てなり。生には其の來を書して死には其の卒を書せざるは、外大夫の比に従へばなり」と。

① 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公四年に「外夫人不卒、此其言卒何也、吾女也、適諸侯則尊同、以吾爲之妾、卒之也」とある。

② 『釋例』 『春秋釈例』内女夫人卒葬例第十二に見える。

⑬ 『釋例』 『春秋釋例』書次例第二十九に見える。

⑭ 『傳』 注⑩参照。

⑮ 注⑨参照。

⑯ 賈氏 賈逵『春秋左氏伝義略』 本疏引。

〔傳〕 三年、春、溺會齊師伐衛、疾之也

〔注〕 傳重明上例

〔傳〕 夏、五月、葬桓王、緩也

〔注〕 以桓十五年三月崩、七年乃葬、故曰緩

〔傳〕 秋、紀季以酈入于齊、於是乎始判

〔注〕 判分也、言分爲附庸始於此

〔傳〕 冬、公次于滑、將會鄭伯、謀紀故也、鄭伯辭以難

〔注〕 厲公在櫟故

〔傳〕 凡師一宿爲舍、再宿爲信、過信爲次

〔注〕 爲經書次例也、舍・宿不書、輕也、言凡師、通君臣

〔疏〕 傳注爲經 君臣

正義に曰はく、「舍」とは、軍行一日にして止まりて舍息するなり。「信」とは、住み經て再宿し、信問することを得るなり。

① 『穀梁傳』に「次は止なり」と曰へば、則ち次も亦舍に止まるの名なり。信に過ぐる以上は日を多くすと雖も、亦次と爲し、復別に名を立てざるなり。(杜預注に)「君臣に通ず」とは、(本年の)「公、滑に次る」は、君なり。② 「叔孫豹、雍榆に次る」は、臣なり。但、是れ師行は皆此の例に従ふ。君將に師を帥ゐると言はざらんとするが故に、止に公次ると云ふも亦師次るなり。師の次に非ざれば、則ち此の例に在らず。③ 『釋例』に賈氏を譲りて云ふ、「(賈氏の)魯公、乾侯に次るの比の若きは、師を用ひ爲るには非ず。應に例に在るべからずして復之を例とするは、亦濫を爲すなり」と。

① 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公三年に「次止也、有畏也、

欲救紀而不能也」とある。

② 襄公二十三年經に「八月、叔孫豹帥師救晋、次于雍榆」とある。

③ 『釋例』 『春秋釋例』書次例第二十九に見える。

④ 賈氏 賈逵『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

⑤ 昭公二十八年經に「公如晋、次于乾侯」、昭公二十九年經に「公如晋、次于乾侯」とある。

〔經〕 四年、春、王二月、夫人姜氏享齊侯于祝丘

に在り」とは、襄（公）二十三年の「叔孫豹、師を帥ゐて晉を救ひ、雍榆に次る」を謂ふなり。「曷爲れぞ先に次を言ひ、而る後に救を言ふ。君なればなり」と。「雍榆」の下「公羊傳」に曰はく、「曷爲れぞ先に救を言ひ、而る後に次を言ふ。先づ君命を通ずればなり」と。左氏先儒は彼を取りて説を爲し、齊の桓（公）は君たるを言ふなり。進止すること自由なるが故に、次を先にして救を後にす。叔孫（豹）は臣なり。先づ君命を通ずるが故に、救を先にして次を後にす。杜（預）、「傳」に此の言無きを以ての故に、其の謬を改正し、此の二事を言ふ。或ひは次りて以て事を成し、或ひは事成りて次る。皆事の實の先後に隨ひて之を書し、義例無きなり、と。先儒又言ふ、次を書するは、皆美するの辭なり、と。『釋例』に曰はく、「『叔孫、晉を救ひ、雍榆に次る』の『傳』に『禮なり』と曰ふは、其の宗の盟を助くるを善とするにて、次を以て禮と爲すには非ざるなり。齊の桓（公）、曷北に次りて邢を救ふも亦邢を存するを以て、其の器用を具へ、師人に私すること無し。善すること次に在らざるを見す。而るに賈氏、皆即ち以て次ることを善すと爲す。次ると否とは、自づから是れ時に臨んで兵の宜しきを用ふるにて、禮の素より制する所に非ざるなり」と。（『釋例』の）「素より制することに非ず」と言ふは、禮家此の名を制して以て善號と爲すには非ざるなり。沈氏云ふ、「將に鄭伯に會せんとす。軍旅に非ずして次を書するは、古は君行けば師従ひ、卿行けば旅従ふ。故に亦師行くの例に従ふなり」と。

① 本年伝に見える。

② 『釋例』 『春秋釈例』書次例第二十九に見える。

③ 凡そ師 本年の伝例に見える。

④ 僖公三十三年伝に「老師費財、亦無益也」とある。

⑤ 莊公八年経に「春、王正月、師次于郎、以俟陳人・蔡人」とある。

⑥ 僖公四年経に「遂伐楚、次于陘」とある。

⑦ 僖公十五年経に「春、王正月、公如齊、楚人伐徐、三月、公會齊侯・宋公・陳侯・衛侯・鄭伯・許男・曹伯盟于牡丘、

遂次于匡、公孫敖率師及諸侯之大夫救徐」とある。

⑧ 底本に「二日之次」に作るも、諸本に「三日之次」に作る。

⑨ 僖（公）元年 僖公元年経に「春、王正月、齊師・宋師・曹師次于曷北救邢、夏六月、邢遷于夷儀、齊師・宋師・曹師城邢」とあり、「伝」に「諸侯救邢、邢人潰、出奔師、師

遂逐狄人、具邢器用而遷之、師無私焉、夏、邢遷于夷儀、諸侯城之、救患也、凡侯伯、救患、分災、討罪、礼也」とある。

⑩ 襄（公）二十三年 襄公二十三年経に「八月、叔孫豹帥師救晉、次于雍榆」とあり、「伝」に「八月、叔孫豹帥師救晉、次于雍榆、礼也」とある。

⑪ 『公羊傳』 『公羊伝』僖公元年に「救不言次、此其言次何、不及事也、不及事者何、邢已亡矣、孰亡之、蓋狄滅之、曷為不言狄滅之、為桓公諱也、曷為為桓公諱、上無天子、下無方伯、天下諸侯有相滅亡者桓公不能救、則桓公恥之、曷為先言次而後言救、君也」とある。

⑫ 『公羊傳』 『公羊伝』襄公二十三年に「曷為先言救而後言次、先通君命也」とある。

能下齊、以国与紀季、違齊難也」とある。

- ⑤ 劉・賈 劉炫『春秋左氏伝述義』、賈逵『春秋左氏伝解詁』 本疏引。

- ⑥ 『傳』 莊公四年伝。注④参照。

- ⑦ 諸本並びに『春秋釈例』に「紀亡之後」に作る。

- ⑧ 叔姫 隱公七年経に「春、王三月、叔姫帰于紀」とあり、莊公十二年経に「春、王三月、紀叔姫帰于鄆」とあり、莊公二十七年経に「冬、十有二月、紀叔姫卒」とある。

- ⑨ 僖(公)二十一年傳 僖公二十一年伝に「任・宿・須句・顓臾、風姓也、実司太皞与有濟之祀、以服事諸夏也」とある。

- ⑩ 『論語』 『論語』季氏第十六に「季氏將伐顓臾、冉有・季路見於孔子曰、季氏將有事於顓臾、孔子曰、求無乃爾是過与、夫顓臾、昔者先王以為東蒙主」とある。

〔經〕 冬、公次于滑

〔注〕 滑鄭地、在陳留襄邑縣西北、傳例曰、凡師過信爲次、兵未有所加、所次則書之、既書兵所加、則不書其所次、以事爲宜、非虛次

〔疏〕 注滑鄭 〱 虛次

正義に曰はく、此(の注)の解は略にして『釋例』に詳らかなり。②『釋例』に曰はく、「凡そ師、一宿を舍と爲し、再宿を信と爲し、信を過ぐるを次と爲す。此れ周公の典にして、以て師の出

入、行止、遲速を詳録し、因りて之が爲に名づくるなり。兵事は速やかなるを尙び、師を老らし財を費やすは以て久しくすべからず。故に『春秋』に、命を告ぐること三日以上は必ず其の『次』を記す。『舍』と『信』とを書せざるは、輕碎にして以て告げざればなり。兵未だ加ふる所有らざれば、次る所は則ち之を書して以て遲速を示す。(本年の)『公、滑に次る』、『師、郎に次る』、是れなり。既に兵の加ふる所を書せば、則ち其の次る所を書せず。事を以て宜しきと爲し、虚しく次るには非ず。諸々兵を久しくして次を書せざるは、是れなり。既に兵の加ふる所を書して又次を書するは、義は次に取るに在り。⑥『遂に楚を伐ち、涇に次る』、『杜丘に盟ひ、遂に匡に次る』、是れなり。記す所或ひは次ること事の前に在るは、次りて以て事を成すなり。或ひは次ること事の後に在るは、成りて次るなり。皆事の實に隨ひ、義例無きなり」と。杜(預)、「既に兵の加ふる所を書せば、則ち其の次を書せず」と言ふは、或ひは伐ち、或ひは戰ひ、曠日持久して其の間に必ず三日の次有り。既に戰・伐を書せば、則ち次を書せず。次ること事の前に在り、次ること事の後に在りと雖も皆書せざるなり。(『釋例』の)「既に兵の加ふる所を書して又次を書するは、義は次に取るに在り」とは、齊侯、楚を伐ち、楚躡し、齊、之を緩くせんと欲するに徳を以てす。故に速やかに進まずして涇に次り、杜丘に盟ふ。本より徐を救ふが爲に各々大夫をして徐を救はしめ、匡に次りて以て之が爲に援す。義は次に取るが故に、兵の加ふる所を書して又其の次を書す。(『釋例』の)「次ること事の前に在り」とは、僖(公)元年の「齊の師・宋の師・曹の師、聶北に次りて邢を救ふ」を謂ふなり。(『釋例』の)「次ること事の後に

〔注〕季紀侯弟、鄆紀邑、在齊國東安平縣、齊欲滅紀、故季以邑入齊、爲附庸、先祀不廢、社稷有奉、故書字貴之

〔疏〕注季紀、貴之

正義に曰はく、①『公羊傳』に曰はく、「紀の季とは何ぞ。紀侯の弟なり。何を以て名いはず。賢なればなり。何ぞ紀の季を賢とするや。後の五廟を請ひて以て姑姉妹を存す」と。②『穀梁傳』に曰はく、「鄆は紀の邑なり。齊に入るとは、鄆を以て齊に事ふるなり」と。杜（預）は彼を取りて説を爲す。季は是れ紀侯の弟にして、鄆の邑を以て齊に入り、附庸の君と爲りて齊國に附屬するを知るなり。諸侯の卿は例として當に名を書すべきも、其の能く自ら存立するを善するが故に、字を書して之を貴ふなり。③『釋例』に曰はく、「齊侯・鄭伯詐りて紀侯に朝して以て之を襲ふ。紀人大いに懼れて難を魯に謀り、王命を請ひて以て成らざるを齊に求む。公能はざるを告ぐ。齊遂に之に偏り、其の三邑を遷す。國に旦夕の危有りて自ら入りて附庸と爲ること能はず。故に季に分かつに鄆を以てし、請ひて齊に事へしむ。大いに去るの後、季は附庸と爲る。先祀廢れず、社稷に奉ずること有るは季の力なり。故に字を書して名を書せず、入を書して叛を書せざるなり。判は分なり。（本年）『傳』に『始めて分かる』と曰ふは、紀侯大いに去るの張本と爲すなり。④劉・賈謂ふ、『紀の季は鄆を以て齊に奔る。叛くと言はざるは、鄆を専らにすること能はざるなり』と。⑤『傳』に『紀侯、齊に下ること能はず、以て紀の季に與ふ』と稱すれば、紀は叛くには非ざるなり。⑥紀亡ぶるの後に叔姫、鄆に歸るとあれ

ば、明らかに附庸と爲りて、猶鄆を専らにすることを得。故に歸るべきなり」と。是れ杜（預）、貴ぶの意を具に説くなり。叔姫の鄆に歸るを以て、鄆は附庸と爲るを知る。附庸の君は爵命無きと雖も、而も地を分けて國を建て、南面の主たりて、宗廟を立てて祭祀を守ることを得。⑦僖（公）二十一年傳に曰はく、「任・宿・須句・顓臾は皆風姓なり。實に大皞と有濟との祀りを司る」と。⑧『論語』に云ふ、「夫れ顓臾は、昔先王以て東蒙の主と爲す」と。須句・顓臾は皆附庸なり。出づる所の祖を祀り、其の境内の山川を主ることを得れば、明らかに先君を祀り、社稷を奉ずることを得るなり。

① 『公羊傳』 『公羊伝』莊公三年に「紀季者何、紀侯之弟也、何以不名、賢也、何賢乎紀季、服罪也、其服罪奈何、魯子曰、請後五廟以姑姉妹」とある。

② 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公三年に「鄆紀之邑也、入于齊者、以鄆事齊也、入者、内弗受也」とある。

③ 『釋例』 『春秋釈例』書叛例第二十八に見える。

④ 〇桓公五年伝に「夏、齊侯・鄭伯朝于紀、欲以襲之、紀人知之」とある。

〇桓公六年伝に「夏、会于成、紀來諮謀齊難也」とある。

〇桓公七年伝に「冬、紀侯來朝、請王命求成于齊、公告不能」とある。

〇莊公三年伝に「秋、紀季以鄆入于齊、紀於是乎始判」とある。

〇莊公四年紀に「紀侯大去其国」とあり、「伝」に「紀侯不

〔經〕 冬、十有二月、夫人姜氏會齊侯于禚

〔注〕 夫人行不以禮、故還皆不書、不告廟也、禚齊地

〔經〕 乙酉、宋公馮卒

〔注〕 無傳、再與桓同盟

〔疏〕 注再與桓同盟也

正義に曰はく、桓^①(公)十一年に折に盟ひ、十二年に穀丘に盟ふ。是れ再びするなり。

① 桓(公)十一年 桓公十一年經に「柔会宋公・陳侯・蔡叔盟于折」とある。

② 十二年 桓公十二年經に「秋、七月丁亥、公会宋公・燕人盟于穀丘」とある。

〔傳〕 二年、冬、夫人姜氏會齊侯于禚、書姦也

〔注〕 文姜前與公俱如齊、後懼而出奔、至此始與齊好會、會非夫人之事、顯然書之、傳曰書姦、姦在夫人、文姜比年出會、其義皆同

〔經〕 三年、春、王正月、溺會齊師伐衛

〔注〕 溺魯大夫、疾其專命而行、故去氏

〔疏〕 三年注溺魯去氏

正義に曰はく、隱^①(公)四年に「翬、宋公・陳侯・蔡人・衛人に會して鄭を伐つ」とあり、傳^②に曰はく、「羽父、師を以て之に會せんと請ふ。公許さず。固く請ひて行く。故に書して翬、師を帥ゐると曰ふは、之を疾むなり」と。彼に「公子」を稱せず、傳に「之を疾む」と言ふ。今、溺も亦「公子」を稱せず、傳も亦「之を疾む」と言へば、其の事翬と同じく、其の命を専らにして行くを疾むが故に、氏を去るを知るなり。「公子」は「氏」に非ざるも、貶すれば「氏」と同じきが故に、「氏」を言ふなり。

① 隱(公)四年 隱公四年經に「秋、翬帥師会宋公・陳侯・蔡人・衛人伐鄭」とあり、「伝」に「羽父請以師会之、公弗許、固請而行、故書曰翬帥師、疾之也」とある。

② 「傳」 注①参照。

〔經〕 夏、四月、葬宋莊公

〔注〕 無傳

〔經〕 五月、葬桓王、秋、紀季以酈入于齊

- ⑨ 先經の伝に「宋武公生仲子、仲子生而有文在其手、曰為魯夫人、故仲子歸于我、生桓公而惠公薨」とある。
- ⑩ 莊公三十二年伝に「公疾、問後於叔牙、対曰、慶父材、問於季友、対曰、臣以死奉般、公曰、郷者牙曰慶父材」とある。
- ⑪ 『傳』 昭公三十二年伝に「昔成季友桓之季也、文姜之愛子也、始震而卜、卜人謁之、曰生有嘉聞、其名曰友、為公室輔、及生而如卜人之言、有文在其手曰友、遂以名之、既而有大功於魯」とある。この逸話は又、閔公二年伝に「成季之將生也、桓公使卜楚丘之父卜之、曰、男也、其名曰友、在公之右、問于兩社、為公室輔、季氏亡、則魯不昌、又筮之、遇大有三三之乾、三三曰、同復于父、敬如君所、及生、有文在其手曰友、遂以命之」とある。
- ⑫ 注⑩参照。
- ⑬ 一例を示すと、宣公九年経に「夏、仲孫蔑如京師」とあり、「伝」には「夏、孟獻子聘于周」とある。
- ⑭ 八年傳 莊公八年伝に「夏、師及齊師罍郕、郕降于齊師、仲慶父請伐齊師」とある。
- ⑮ 共仲 莊公三十二年伝に「冬、十月己未、共仲使圉人率賊子般于党氏」とあり、杜預注に「共仲慶父」とある。
- ⑯ 臧僖伯 隱公五年伝に「臧僖伯諫曰、凡物不足以講大事」とあり、杜預注に「臧僖伯公子彊也、僖諡也」とある。
- ⑰ 管敬仲 管夷吾・管仲。閔公元年伝に「管敬仲言於齊侯曰、戎狄豺狼、不可厭也」とあり、杜預注に「敬仲管夷吾」とある。又、僖公三十三年伝に「管敬仲桓之賊也、夷相以濟」とある。

- ⑱ 劉炫 劉炫『春秋左氏伝述義』 本疏引。
- ⑲ 『論語』 『論語』為政第二に「孟懿子問孝、子曰、無違、樊遲御、子告之曰、孟孫問孝於我、我对曰、無違」とある。

- ⑳ 公子棄疾 昭公十三年伝に「丙辰、弃疾即位、名曰熊居」とある。

- ㉑ 『經』 昭公二十六年経に「九月庚申、楚子居卒」とある。

〔經〕 秋、七月、齊王姬卒

〔注〕 無傳、魯爲之主、比之内女

〔疏〕 注魯爲内女

正義に曰はく、他國の夫人の卒例は皆書せず。唯魯の女諸侯の妻と爲るものは、其の卒を書するのみ。王姬は是れ内女に非ざるも亦其の卒を書するは、之を内女に比ぶるが爲の故なり。〔檀弓〕に曰はく、「齊、王姬の喪を告ぐ。魯の莊公、之が爲に大功せり。或ひと曰はく、魯に由りて嫁ぐ。故に之が爲に姉妹の服に服す」と。是れ其の内女に比ぶるなり。

- ㉒ 檀弓 『礼記』檀弓下に「齊穀王姬之喪、魯莊公爲之大功、或曰、由魯嫁、故爲之服姉妹之服、或曰、外祖母也、故爲之服」とある。

桓公は已に成人なり。『傳』に「桓公を生みて惠公薨ず」と曰へば、仲子に唯此の男のみあるを指し明らかにし、生まること薨ずるの年に在るを謂ふには非ざるなり。桓(公)成人を以て隱(公)を弑し、即位して乃ち齊に娶る。自づから應に長庶有るべし。故に(公子慶父の)氏を孟と曰ふ。此れ明證なり。『公疾み、後を叔牙に問ふ。牙稱す、慶父材あり』とあれば、同母なるを疑ふなり。『傳』に「季友は文姜の愛子なり」と稱すれば、(莊)公と同じく生まる。故に死を以て(子)般を奉ず。情義相推して之を考ふるに、『左氏』に符契の若きこと有り」と。是れ杜(預)、其の異母の意を明らかにするなり。氏を孟氏と曰ふ。『傳』の文實に然り。而るに「經」に「仲孫」と稱す。杜(預)に明釋無し。八年傳に「仲慶父」と稱す。其れ諡を擧げて之を稱すれば、則ち之を「共仲」と謂ふ。蓋し慶父は庶長爲りと雖も「仲」を以て字と爲し、其の後の子孫は字を以て氏と爲す。是を以て「經」に「仲孫」と書す。時人其の庶長なるを以て「孟」と稱するが故に、「傳」に「孟孫」と稱す。其れ諡を以て字に配して之を「共仲」と謂ふは、猶臧僖伯・管敬仲の類のごときなり。劉炫云ふ、「蓋し慶父自ら仲を稱し、正適に同じからんと欲す。言ふところは、已に少次莊公を三家の長と爲すが故に、莊公を以て伯と爲して自ら仲を稱す。『春秋』の例、皆『傳』は實を言ひて『經』は其の意に順ふ。『經』は當時の事を稱し、其の自稱の辭を書す。其の人自ら仲孫を稱すれば、仲爲るを書せざるを得ず。『傳』は已適の事を序し、其の時人の語を擧ぐ。時人呼んで孟氏と爲せば、孟を以て錄せざることを得ず。『論語』に云ふ、『孟孫、孝子を我に問ふ』と。是れ時人呼んで孟氏と云ふなり。楚の公子棄疾、君

を殺して國を取り、名を改めて居と爲す。『經』に「楚子居卒す」と書するは、是れ其の自稱に従ふなり」と。

① 『公羊』 『公羊伝』 莊公二年に「於餘丘者何、邾婁之邑也、曷為不繫乎邾婁、國之也、曷為國之、君存焉爾」とある。

② 『穀梁』 『穀梁伝』 莊公二年に「國而曰伐、於餘丘邾之邑也、其曰伐、何也、公子貴矣、師重矣、而敵人之邑、公子病矣、病公子、所以譏乎公也、其一曰君在而重之也」とある。

③ 『釋例』 『春秋釈例』 土地名第四十四之三の小國地に「莊二年、於餘邱、闕」とある。

④ 桓(公) 六年 桓公六年經に「九月丁卯、子同生」とあり、杜預注に「桓公子、莊公也」とある。

⑤ 『公羊傳』 『公羊伝』 莊公二十七年に「公子慶父・公子牙・公子友、皆莊公之母弟也、公子慶父・公子牙通乎夫人、以脅公」とある。

⑥ 『釋例』 『春秋釈例』 母弟例第四に見える。

⑦ 僖公三十三年伝に「春、秦師過周北門、左右免胄而下、超乘者三百乘、王孫滿尚幼、觀之言於王曰、秦師輕而无礼、必敗、輕則寡謀、无礼則脱、入險而脱、又不能謀、能無敗乎」とある。杜預の見落としと思われる。

⑧ 隱公十一年伝に「羽父請殺桓公、將以求大宰、公曰、為其少故也、吾將授之矣、使宮菟裘、吾將老焉、羽父懼、反譖公子桓公、而請弑之」とある。

「外」を言ふは、城の外を謂ふ。『公羊』^⑤『穀梁』を説く者も亦以爲へらく、城の外なりと。然らば王姫來りて嫁すれば、必ず須らく館を築くべし。^⑥十一年の王姫に館を築かざる所以は、或ひは其の舊館に因り、或ひは築くも而も書せざるなり。

① 『礼記』文王世子に「有司告以樂闋」とあり、鄭玄注に「闋終也、告君以歌舞之樂終」とある。

② 『公羊傳』 『公羊伝』莊公元年に「何以書、譏、何譏爾、築之、礼也、于外、非礼也、于外何以非礼、築于外、非礼也、其築之何以礼、主王姫者、必為之改築、主王姫者、則曷為必為之改築、於路寢則不可、小寢則嫌、群公子之舍、則以卑矣、其道必為之改築者也」とある。

③ 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公元年に「築礼也、于外、非礼也、築之為礼、何也、主王姫者、必自公門出、於廟則已尊、於路寢則已卑、為之築、節矣、築之外、變之正也、築之外變之為正、何也、仇讎之人非所以接婚姻也、袁麻非所以接弁冕也、其不言齊侯之來逆、何也、不使齊侯得与吾為礼也」とあり、范甯集解に「外城外也」とある。

④ 鄭玄『箴膏肓』 本疏引。

⑤ 注③参照。

⑥ 十一年 莊公十一年経に「冬、王姫歸于齊」とあり、杜預注に「魯主婚、不書齊侯逆、不見公」とある。

〔經〕二年、春、王二月、葬陳莊公

〔注〕無傳、魯往會之、故書、例在昭六年^①

① 昭公六年経に「葬秦景公」とあり、「伝」に「大夫如秦葬景公、礼也」とある。

〔經〕夏、公子慶父帥師伐於餘丘

〔注〕無傳、於餘丘國名也、莊公時年十五、則慶父莊公庶兄

〔疏〕二年注於餘丘庶兄

正義に曰はく、^①『公羊』^②『穀梁』は皆「於餘丘」を以て邾の別邑と爲す。『左氏』に「傳」無し。正に『春秋』の旨を以てすれば、未だ人の邑を伐ちて國に繋げざるもの有らず。此は繋ぐる所無きが故に、是れ國なるを知る。^③『釋例』に「闋」と注すれば、其の處を知らず。蓋し魯に近き小國なり。（杜預注に）「莊公時に年十五」とは、桓（公）六年に生まるるを以てすれば、此の二年に至りて十五爲り。莊（公）二十七年^④『公羊傳』に曰はく、「公子慶父・公子牙・公子友は皆莊公の母弟なり」と。左氏先儒、此れを用ひて説を爲す。杜（預）、然らざるを以ての故に之を明らかにす。^⑤『釋例』に曰はく、「『經』に『公子慶父、於餘丘を伐つ』と書して、『公羊』は以て莊公の母弟と爲す。其の年歲を計るに、既に未だ軍を統ぶること能はず。又晉の悼（公）、王孫滿幼にして知るの文無し。此れ蓋し『公羊』の妄なるも而も先儒曾て覺悟らず、取りて以て『左氏』の義と爲す。今、『傳』の上下を推案するに、^⑥羽父の隱公を弑するは皆桓公に諮謀すれば、則ち

例』の文に、莊公は宜しく齊と絶つべきを言ふは、夫人は猶尙宜しく絶つべく、莊公は固より宜しく絶つべし。先儒謂へらく、莊公は宜しく母と絶つべし、と。杜(預)の意は、莊公は宜しく齊と絶つべし、と。故に莊公に偏據して文を爲すは、舊説を排する所以のみ。其の實、夫人と公俱に當に齊と絶つべきなり。

① 禮 『礼記』郊特牲に「婦人從人者也、幼從父兄、嫁從夫、夫死從子」とある。

『儀礼』喪服の斬衰三年に「斬衰……妻爲夫、伝曰、夫至尊也」、疏衰三年に「婦人有三從之義、無專用之道、故未嫁從父、既嫁從夫、夫死從子、故父者子之天也、夫者妻之天也」、大功九月に「女子子適者、爲衆昆弟」とある。

② 『公羊傳』 『公羊伝』莊公元年に「夫人何以不称姜氏、貶、曷爲貶、与弑公也、其与弑公奈何、夫人譖公於齊侯、公曰、同非吾子、齊侯之子也、齊侯怒与之飲酒、於其出焉、使公子彭生送之、於其乘焉、擗幹而殺之」とある。

③ 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公元年に「不言氏姓、貶之也、人之於天也、以道受命、於人也、以言受命、不若於道者、天絶之也、不若於言者、人絶之也、臣子大受命」とある。

④ 『釋例』 『春秋釈例』王侯夫人出奔例第二十五に見え

る。

⑤ 哀姜 閔公二年経に「九月、夫人姜氏孫于邾」とあり、杜預注に「哀姜外淫、故孫称姜氏也」とある。

〔傳〕秋、築王姬之館于外、爲外禮也

〔注〕齊彊魯弱、又委罪於彭生、魯不能讎齊、然喪制未闕、故異其禮、得禮之變

〔疏〕注齊彊——之變

正義に曰はく、「傳」に直ちに「禮なり」と言はずして、「外に爲てするは、禮なり」と云ふは、之を築くは是れ常のことにして未だ褒美するに足らず、正に之を外に築くは是れ應に變すべきの禮爲るが故に、其の意を解す。(杜預注の)「齊は彊く魯は弱し。又罪を彭生に委ぬ」とは、魯既に齊に讎すること能はず、内に實に深く讎すと雖も、外に怨み無きが若し。既に敢へて王命を辭せず、又齊侯に見ゆることを欲せず。其の喪制未だ闕はらざるに因るが故に、其の禮を異にして之を外に爲てするは、是れ其の禮の變を得るなり。樂息はるを闕と爲せば、則ち闕は訓じて息と爲すなり。(杜預注の)「未闕……未だ闕はらず」とは、其の未だ止息せざるを言ふなり。王姬の館必ず之を築くは、『公羊傳』に曰はく、「王姬に主たる者は、必ず之が爲に改め築く。路寢に於いてするは則ち不可。小寢は則ち嫌あり。群公子の舎は則ち以て卑し。其の道必ず之が爲に改め築くものなり」と。『穀梁傳』に曰はく、「廟に於いてするは則ち已だ尊し。寢に於いてするは已だ卑し。之が爲に築くは、節あり」と。鄭(玄)の『箴言』に云ふ、「宮・廟・朝・廷は各々定處有り。天子の女を館する所無きが故に、宜しく宮の外に築くべし」と。是れ須らく築くべきの意を言ふなり。但、杜(預)の意は、若し其の内に齊を恨まず、喪制有るに非ざれば、須らく城の外に築くべからざるのみ。此に

⑥ 禮 『礼記』喪服小記に「再期之喪三年也、期之喪二年

也、九月・七月之喪三時也、五月之喪二時也、三月之喪一時也、故期而祭礼也、期而除喪道也、祭不為除喪也」とあり、

鄭玄注に「此謂練祭也、礼正月存親、親七至今而期、期至則宜祭」とある。

⑦ 注④⑤参照。

⑧ 二年 莊公二年経に「冬、十有二月、夫人会齊侯于禚」とあり、杜預注に「夫人行不以礼、故還皆不書、不告廟也、禚齊地也」とある。

〔傳〕 三月、夫人孫于齊、不稱姜氏、絶不為親、禮也

〔注〕 姜氏齊姓、於文姜之義、宜與齊絶、而復奔齊、故於其奔、去姜氏以示義

〔疏〕 注姜氏 示義

正義に曰はく、文姜終始皆「姜氏」と稱し、唯此の一文のみ獨り異なり。故に「傳」に其の意を解して、「姜氏と稱せざるは、絶ちて親と為さざればなり」と云ふ。夫人の義に於いて宜しく齊と絶つべく、復親と為さざるを言ふなり。姜氏は齊の姓なり。禮にては、婦人家に在れば則ち父を天とし、出でて嫁すれば則ち夫を天とす。夫の爲に斬衰三年、兄の爲に大功九月。今（夫人姜氏の）兄は己の夫を殺せば、文姜の義に於いては宜しく齊と絶つべし。（文）姜の意は、齊と絶たずして復之に奔る。故に其の奔るに於いてや、特に「姜氏」を去る。「姜氏」を去るは、夫人は是

れ齊の女ならざるを言ふが若し。「姜氏」を姓とせずして以て應に絶つべきの義を示す。應に絶つべくして絶たざるは、文義を刺る所以なり。「傳」に「禮なり」と言ふは、夫の爲に兄を絶つは禮なりの意なり。②『公羊傳』に曰はく、「夫人何を以て姜氏を稱せざるや。貶すればなり。曷爲んぞ貶するや。公を弑するに與るなり。其の公を弑するに與るは奈何。夫人、公を齊侯に遷る。公曰はく、同は吾が子に非ず、齊侯の子なりと。齊侯怒り、公子彭生をして幹を擡きて之を殺さしむ」と。③『穀梁傳』に亦云ふ、「氏姓を言はざるは、之を貶すればなり」と。左氏先儒は二つの「傳」を取りて説を爲す。言ふところは、「傳」に「絶ちて親と爲さず禮なり」と稱するは、莊公は母を絶ちて、復之を以て親と爲さざるを謂ひ、父の爲に母を絶つるは禮として父を尊ぶの義を得る。故に「禮なり」と曰ふ。杜（預）然らざるは、④『釋例』に曰はく、「文姜、公と齊に如く。淫を以て謫められ、懼れて歸り、襄公に訴ふ。襄公、公を殺して罪を彭生に委ぬ。公を弑するの謀は姜の與る所なるも、疑ひ懼れて自ら齊に留まる。莊公、其の反らざるを感じて以て卽位の禮を闕く。故に姜氏、齊より魯に還る。魯人情を探りて以て之を責むるが故に、復出奔す。夫子以爲へらく、姜氏の罪は、弑に與るとはせず。莊公の義に於いて、當に母の齊に淫するを以て其の齊の親を絶ち、内に母子の道を全くすべきが故に、『經』に「姜氏」を稱せず。『傳』に「絶ちて親と爲さず禮なり」と曰ふは、之を齊に絶つるを明らかにするなり。文姜に『夫人』を稱するは、母の義の存するを明らかにするなり。⑤『哀姜、外に淫す。故に孫に姜氏を稱す』とは、明らかに義異なるなり」と。此の解の意を觀れば、夫人は宜しく齊と絶つべし。『釋

〔注〕文姜與桓俱行、而桓爲齊所殺、故不敢還、莊公父弑母出、故不忍行卽位之禮、據文姜未還、故傳稱文姜出也、姜於是感公意而還、不書不告廟

〔疏〕注文姜、告廟

正義に曰はく、卽位を稱せざるは「文姜出づるが故なり」と爲せば、則ち卽位の日に文姜未だ還らず。故に莊公、父弑せられ母出づるを以て其の卽位の禮を行ふに忍びざるを知るなり。「經」に「三月、夫人、齊に孫る」と書せば、則ち是れ夫人來りて復去る。故に文姜是に於いて公の意に感じて還るなり。三月以來「經」「傳」に皆夫人の還る事無きが故に、之を解して、還ること書せざるは廟に告げざればなりとす。①「釋例」に曰はく、「文姜の身終始七たび齊に如き、再び莒に如くは、皆淫行を以てす。行くを書して反るを書せざれば、則ち元年の還るも亦廟に告げず。此れを推して知るべきなり」と。④「公羊傳」に曰はく、「夫人固に齊に在り。其の齊に孫ると言ふは何ぞ。母を念ふなり。正月にして以て君を存し、母を念ひて以て事を首む」と。⑤「穀梁傳」に曰はく、「練の時に接して、母の變を録す。始めて之を人とす」と。其の意は、文姜は往年齊に如き、此の年の三月に至るまで猶尙(魯に)反らざるを言ふ。三月の練祭に、其の母に念ひ及んで乃ち其の出奔を書すにて、三月に始めて魯より去るには非ざるなり。左氏先儒は皆此の説を用ふ。杜(預)然らざるは、史の書する所は實に據りて録し、未だ虚しく其の事を書するもの有らざるなり。夫人若し遂に(魯に)還らざれば則ち孫るること已に久し。何故に是の三月に至りて始めて齊に孫るるを言ふや。公、若し母に念ひ及んで自ら迎へて來り歸らしむれば、

何を以て反つて其の孫るるを書するや。豈莊公召し、史官に命じて其の母の孫るるを書せしむるや。又禮にては、三年の喪は期月して練す。桓公は往年の四月を以て薨じ、今年の三月に至るまで未だ一期(十三か月)を得ず。何故に已に練を爲すことを得て、⑦「練に接し、變を録し、君を存し、母を念ふ」と云ふや。若し「經」に還るの文無きを以て即ち齊に留まりて反らずと言へば、則ち是れより以後亦還るの文無からん。二年の「夫人、齊侯に祿に會す」は、豈復齊よりして之に會するや。此れを以て三月に始めて魯より去るを知るなり。

①「釋例」『春秋釈例』王侯夫人出奔例第二十五に見え

る。

②〇桓公十八年經「公与夫人姜氏遂如齊」

〇莊公元年經「三月、夫人孫于齊」

〇莊公二年經「冬、十有二月、夫人姜氏會齊侯于祿」(祿は齊の地)

〇莊公五年經「夫人姜氏如齊師」

〇莊公七年經「冬、夫人姜氏會齊侯于穀」(穀は齊の地)

〇莊公十五年經「夏、夫人姜氏如齊」

③〇莊公十九年經「夫人姜氏如莒」

〇莊公二十年經「春、王二月、夫人姜氏如莒」

④「公羊傳」『公羊伝』莊公元年に「夫人固に齊矣、其言孫于齊何、念母也、正月以存君、念母以首事」とある。

⑤「穀梁傳」『穀梁伝』莊公元年に「接練事、録母之變、始人之也」とある。

なり。

① 成（公）九年 成公九年経に「二月、伯姫婦于宋」とあり、杜預注に「宋不使卿送非礼」とある。

② 杜（預） 注①参照。

③ 殿版注疏本（同治十一年重刊）「所與知者」を「所以知者」に作る。

④ 十一年 莊公十一年経に「冬、王姫婦于齊」とあり、杜預注に「魯主婚也、不書齊侯逆、不見公也」とある。「伝」には「冬、齊侯来逆共姫」とある。

⑤ 伯姫 成公八年経に「宋公使公孫寿来納幣」と、成公九年経に「二月、伯姫婦于宋、夏、季孫行父如宋致女」とある。

⑥ 殿版注疏本（同治十一年重刊）「為逆」を「為送」に作る。

〔經〕 齊師遷紀邾・鄆・郕

〔注〕 無傳、齊欲滅紀、故徙其三邑之民、而取其地、邾在東莞臨朐縣東南、鄆在朱虛縣東南、北海都昌縣西有郕城

〔疏〕 注齊欲、皆城

正義に曰はく、齊人は此の三邑を遷すにて、三邑の人自ら遷るには非ざるなり。故に（杜預注に）「齊、紀を滅ばさんと欲するが故に、其の三邑の民を徙して其の地を取る」を知るなり。蘇氏云ふ、「直ちに其の地を取りて其の民を取らざるが故に、『遷』を云ひて『取』を云はず。往く所の處を言はざるは、志は之を去

るに在るのみ。其の人を安存するを欲するに非ず。故に『宋人、宿を遷す』の文と同じく、其れ又邾の遷と異なるなり」と。『釋例』に曰はく、「邾の夷儀に遷るは、則ち自ら遷るを以て文を爲す。宋人の宿を遷し、齊人の陽を遷すは、則ち宋・齊を以て文を爲す。各々彼此遷す所の實に従ふ。記注の常辭にして亦例に非ざるなり」と。邾は東莞に在りて（杜預注に）「邾」を言ひ、郕は朱虚に在りて（杜預注に）「郕」を言はざるは、『釋例』土地名にては「朱虚」も亦東莞に屬すれば、之をして上郡に蒙らしむるなり。

① 蘇氏 蘇寛『春秋左氏伝義疏』 本疏引。

② 莊公十年経に「三月、宋人遷宿」とあり、杜預注に「無伝、宋強遷之取其地也、故文異於邾遷也」とある。

③ 邾の遷 閔公二年伝に「僖之元年、齊桓公遷邾于夷儀、二年封衛于楚丘、邾遷如婦、衛国忘之」とある。僖公元年経に「夏、六月、邾遷于夷儀」とあり、杜預注に「邾遷如婦、故以自遷為辭也、夷儀邾地」とある。

④ 『釋例』 『春秋釈例』遷降例第三十に見える。

⑤ 閔公二年経に「春、王正月、齊人遷陽」とあり、杜預注に「蓋齊人偪徙之也」とある。

⑥ 『春秋釈例』土地名の紀地に「邾、東莞朱虚県東南郕城也」とある。

〔傳〕 元年、春、不稱即位、文姜出故也

を知り、其の人の善惡を觀て事の得失を知る。故に(本年)「傳」に復其の是非を顯言せざるなり。杜(預)⑪、「衛の襄(公)」に追命す」の下に注して云ふ、「命は今の哀策の如し」と。魏・晉以來唯天子の崩に乃ち哀策有るのみ。將に葬らんとするとき、是に於いて奠を遣りて之を讀み、大行の功德を陳べ、臣子の哀情を叙す。此の類に非ざるなり。人臣の葬には哀策を作さず。良臣既に卒すれば、或ひは之に贈るに官を以てし、德を褒めて哀しみを叙し、之を策に載す。將に葬らんとするときは、其の家に賜ひて以て柩に告ぐ。(杜預注の)「今の哀策の如し」とは、蓋し此の謂ひなり。

① 『公羊傳』 『公羊伝』 莊公元年に「錫者何、賜也、命者何、加我服也、其言桓公何、追命也」とある。

② 『詩』 『毛詩』 唐風・無衣の序に「無衣美晋武公也、武公始并晋国、其大夫為之請命乎天子之使、而作是詩也」とある。

③ 「傳」 僖公十一年伝に「十一年、春、晋侯使以平鄭之乱来告、天王使邵武公・内史過、賜晋侯命、受玉情、過帰、告王曰、晋侯其無後乎、王賜之命、而情於受瑞、先自棄也已、……」とある。

④ 衛の襄(公) 昭公七年伝に「秋、八月、衛襄公卒、……衛齊惡告喪于周、且請命、王使邴簡公如衛弔、且追命襄公」とあり、杜預注に「命如今哀策」とある。

⑤ 『釋例』 『春秋釈例』 爵命例第九に見える。

⑥ 衛の襄(公) 注④参照。

⑦ 魯の文(公) 文公元年経に「天王使毛伯来錫公命」とあり、杜預注に「諸侯即位、天子賜以命圭、合瑞為信、僖十一年王賜晋侯命、亦其比也」とある。

⑧ 晉の惠(公) 注③参照。

⑨ 成(公) 八年 成公八年経に「秋、七月、天子使召伯来賜公命」とある。

⑩ 靈(公) 襄公十四年伝に「王使劉定公賜齊侯命」とある。靈公二十三年は、魯の襄公十四年に当たると。

⑪ 杜(預) 注④参照。

〔經〕 王姬歸于齊

〔注〕 無傳、不書逆、公不與接

〔疏〕 注不書逆公不與接

正義に曰はく、成(公) 九年に「伯姬、宋に歸ぐ」とあり、杜(預) 云ふ、「宋、卿をして逆へしめざるは禮に非ざるなり」と。逆ふる者は卿に非ざるを以ての故に、書せざるなり。此に「公、接に與らざればなり」と云ふは、杜(預)の意は、公接に與らざるを以てすれば、卿と雖も亦書せざるなり。知る所以は、十一年(傳)に「齊侯来りて共姬を逆ふ」とあるも、而も「經」に書せざるが故なり。又伯姬を宋に嫁するに、魯と宋とに故無し。此は時に故有れば、接に與らざるを知るなり。『春秋』の例として、女を送ること書せざるは、我に受くるに取りて之を厚くすればなり。此に單伯書するは、送を爲して魯に至り、齊に至らざるが故

〔預〕、〔傳〕の文に「請ふ彭生を以て之を除かん」と稱するを案じ、齊人爲に彭生を殺すと雖も、心は實に齊を讎とし、但敢へて王命に逆らはざるが故に、「諒闇」を以て辭を爲す。（杜預注の）「故に館を外に築く」とは、杜預謂へらく、諸侯の喪既に葬れば則ち衰麻除き、喪服を以て言を爲すことを得ず。若し讎除かず、服未だ釋かざれば、則ち諸侯の國は多く、天王は應に強いて魯侯をして斬衰を冒かし、父の讎に接して之と吉禮を行はしむべからざるなり。此れを以て益々杜（預）の「諒闇」の言は其の實を得たりと爲すこと明かなり。徒昏姻の吉禮を以て事を行ふは廟に在り。公は諒闇の内に在れば、齊侯當に來りて親迎すべきを慮れども便ち全く吉の禮を以て賓を廟に接し、又讎除き服釋くべからず。敢へて王命に逆らひて昏を主ることを辭せざるが故に、舎を外に築き、齊侯をして外より之を迎へしむるなり。

① 『穀梁傳』 『穀梁伝』莊公元年に「築礼也、于外非礼也、築之爲礼何也、主王姬者、必自公門出、於廟則已尊、於寢則已卑、爲之築節矣、築之外變之正也、築之外變之爲正何也、仇讎之人非所以接婚姻也、衰麻非所以弁冕也、其不言齊侯之來逆何也、不使齊侯得与吾爲礼也」とある。

② 「傳」 桓公十八年伝に「請以彭生除、齊人殺彭生」とある。

〔經〕 冬、十月乙亥、陳侯林卒

〔注〕 無傳、未同盟而赴以名

〔經〕 王使榮叔來錫桓公命

〔注〕 無傳、榮叔周大夫、榮氏、叔字、錫賜也、追命桓公、褒稱其德、若昭七年追命衛襄之比

〔疏〕 注榮叔之比

正義に曰はく、『公羊傳』に曰はく、「錫とは何ぞ。賜なり。命とは何ぞ。我が服を加ふるなり」と。又『詩』唐風の無衣の篇に「晉人、其の君の爲に命を天子の使ひに請ふ。無衣を以て辭を爲す」とあれば、則ち王は諸侯に錫ひて、當に服有るべきなり。

③ 「傳」に「王、晉の惠公に命を賜ふ。玉を受くること惰れり」と稱すれば、則ち王の賜に又玉有るなり。但、諸侯に賜ふに玉を以てするは、執りて朝觀せしめんと欲し、瑞を合する所以なり。今、桓公に追命するは、衛の襄（公）に追命する比の若きなり。止應に其の德を褒稱すべくして之に策書を賜ひ、或ひは當に服有りて以て尊卑を表すべし。復瑞を合はせざれば、未だ必ずしも玉有らざるなり。⑤ 「釋例」に曰はく、「天子の命を錫ふは、其の詳らかなること未だ聞かざるなり。諸侯或ひは卽位して錫へられ、或ひは年を歴して乃ち錫を加へ、已に薨じて追錫す。魯の桓（公）は薨じて後に錫へらるれば、則ち亦衛の襄（公）の比なり。魯の文（公）は卽位して錫へらるれば、則ち亦晉の惠（公）の比なり。魯の成（公）八年、齊の靈（公）二十三年に乃ち錫へらるるは、恩の加ふる所に隨ひ、得失は其の事に存す」と。（『釋例』に）「其の事を存す」と言ふは、其の錫ふことの早晚を觀て恩の厚薄

此れ時に「伯」を稱し、後降りて「子」と爲るのみ。

又「王使」を稱せざるの意を解す。王、時に於いて將に魯をして昏を主らしめんとすれば、必ず先に命有り。豈に未だ嘗て魯に命ぜずして、徑に女を送りて來ることを得んや。故に知りぬ、王已に魯に命じて主爲らしめ、魯已に王命を承受し、單伯女を送りて魯に付くのみなるを。復王命を重ねて宜べざるが故に、「使……せしむ」を稱せざるなり。十一年の王姫に「王使送……王、送らしむ」を云はざるは、送る者微爲ればなり。姫を以て王に繋けて女の字を稱せざるは、王は尊爲るを以ての故に、之を王に繋け、且つ以て内女に別かてばなり。内女は則ち字を以て姓に配して之を伯姫と謂ふ、是れなり。⑥『公羊傳』に曰はく、「我をして之に主たらしむ。曷爲れぞ我をして之に主たらしむ。天子、女を諸侯に嫁せば、必ず諸侯の同姓なる者をして之に主たらしむ。諸侯、女を大夫に嫁せば、必ず大夫の同姓なる者をして之に主たらしむ」と。然る所以は、昏の行禮は必ず賓主相敵し、天子の諸侯に於ける、諸侯の大夫に於けるに親ら昏せざるは、尊卑敵せざるが故なり。二王の後は、王の賓客たらしむと雖も、先代を崇ぶを示すのみ。即ち王と敵するを得ず。二王の後に嫁するも亦諸侯をして之に主たらしむ。秦、漢より以來三公をして之に主たらしめ、呼んで公主と爲す。

- ① 「禮運」 『礼記』礼運に「故天子有田、以処其子孫、諸侯有国、以処其子孫、大夫有采、以処其子孫、是謂制度」とある。

- ② 「單伯」 莊公元年經、十四年經・伝、文公十四年經・

伝に見える。

- ③ 「單子」 成公十七年經、襄公三年經、昭公十一年伝、二十二年經・伝、二十三年伝、二十六年伝、定公七年伝、八年伝に見える。

- ④ 十一年 莊公十一年經に「冬、王姫歸于齊」とあるだけである。

- ⑤ 伯姫 隱公二年經に「冬、十月、伯姫歸于紀」とある。

又、莊公二十五年經に「伯姫歸于紀」、成公九年經に「二月、伯姫歸于宋」とある。

- ⑥ 『公羊傳』 『公羊伝』莊公元年に「單伯者何、吾大夫之命乎天子者也、何以不稱使、天子召而使之也、逆之者何、使我主之主也、曷爲使我主之、天子嫁女乎諸侯、必使諸侯同姓者主之、諸侯嫁女于大夫、必使大夫同姓者主之」とある。

〔經〕 秋、築王姫之館于外

〔注〕 公在諒闇、慮齊侯當親迎、不忍便以禮接於廟、又不敢逆王命、故築舍於外

〔疏〕 注公在 於外

正義に曰はく、『穀梁傳』に曰はく、「之を外に築くは、變の正なり。仇讎の人は昏姻を接する所以に非ざるなり。衰麻は弁冕に接する所以に非ざるなり」と。其の意は、言ふところは、公と齊とは讎を爲し、又身に重服有りて齊侯と禮を爲すことを得ざるが故に、外に築くなり。左氏先儒も亦此れを用ひて説を爲す。杜

〔注〕夫人莊公母也、魯人責之、故出奔、内諱奔謂之孫、猶孫讓而去

〔疏〕元年春王正月

正義に曰はく、此の月に事無くして空しく月を書するは、莊（公）、君位に即かずと雖も、而も亦元を改め、廟に朝し、民と始めを更む。史は其の事を書し、此の月に公は宜しく即位すべきを見ず。而るに父弑せられ、母出でて即位するに忍びざるが故に、空しく其の文を書す。閔（公）^①・僖（公）^②も亦然り。

〔疏〕注夫人莊公母へ而去

正義に曰はく、「夫人孫る」の意は「傳」の文に明らかならざるが故に、（杜預注に）「魯人之を責む」と云ふ。蓋し其の（桓）公を齊侯に訴へ、而して（桓）公殺さるることをせしめしを責むるが故に、慙懼して出奔するなり。^③『公羊傳』に曰はく、「孫とは何ぞ。孫は猶孫のごときなり。内に奔るを諱みて之を孫と謂ふ」^④と。『穀梁傳』に曰はく、「孫の言爲るは猶孫のごときなり。奔るを諱むなり」と。杜（預）は彼を用ひて説を爲す。昔帝堯、位を孫りて以て虞舜に讓る。故に彼の美事に假りて之が名と爲す。猶孫讓して去るがごときなり。^⑤『釋例』に曰はく、「臣子の逐ふ所と爲らずして、自ら位を孫りて去る者のごとくせしむ」と。

① 閔文元年経に「元年、春、王正月」とあり、「伝」に「元年、春、不書即位、乱故也」とある。

② 僖公元年経に「元年、春、王正月」とあり、「伝」に「元年、春、不称即位、公出故也」とある。

③ 『公羊傳』 『公羊伝』 莊公元年に「孫者何、孫猶孫也、内諱奔謂之孫」とある。

④ 『穀梁傳』 『穀梁伝』 莊公元年に「孫之爲言猶孫也、諱奔也」とある。

⑤ 『尚書』堯典序に「昔在帝堯、聰明文思、光宅天下、將遜于位、讓于虞舜、作堯典」とある。

⑥ 『釋例』 『春秋釈例』 王侯夫人出奔例第二十五に見え

〔經〕夏、單伯送王姬

〔注〕無傳、單伯天子卿也、單采地、伯爵也、王將嫁女於齊、既命魯爲主、故單伯送女、不稱使也、王姬不稱子、以王爲尊、且別於内女也、天子嫁女於諸侯、使同姓諸侯主之、不親昏、尊卑不敵

〔疏〕注單伯へ不敵

正義に曰はく、「經」の上下を検するに、公・卿には爵を書し、大夫には字を書す。單伯に爵を書するが故に、卿と爲すなり。單とは、天子の畿内の地名。人君、臣に賜ふに邑を以てす。賦税を採取せしむるを、之を采地と謂ふ。^①「禮運」に曰はく、「諸侯に國有り、以て其の子孫を處く。大夫に采有り、以て其の子孫を處く」と。是れ食邑を謂ひて采地と爲す。單氏は世々王朝に仕へ、此より（魯の）文公に及ぶまで皆「單伯」と云ひ、（魯の）成公より以下常に「單子」と稱すれば、伯・子は皆爵なるを知るなり。

春秋正義訳註 (十一)

(国語) 枡本 紘二

The Japanese Translation and Annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義) Part11

Hiroji MASUMOTO

This paper is part 11 of the Japanese translation and annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義).
Part11 contains 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th, 7th, and 8th year of duke Zhuang (莊公).

莊公

〔疏〕正義に曰はく、^①「魯世家」に云ふ、「莊公、名は同。桓公の子にして文姜の生みし所なり」と。即ち桓(公)^②六年の「子同生まる」ときの者なり。莊王四年を以て即位す。^③「諡法」に「敵に勝ち壯に克つを莊と曰ふ」と。是の歳、歳(星)は鶉火に在り。

① 「魯世家」、『史記』魯周公世家に「三年、使揮迎婦于

齊、為夫人、六年、夫人生子、与桓公同日、故名曰同、同長為太子」とある。

② 桓(公)六年 桓公六年経に「九月丁卯、子同生」とあり、杜預注に「桓公子莊公也」とある。

③ 「諡法」 『逸周書』諡法解第五十四に「兵甲亟作莊、叔圉克服曰莊、勝敵志強曰莊、死於原野曰莊、屢征殺伐曰莊、武而不遂曰莊」とある。

〔經〕元年、春、王正月、三月、夫人孫于齊

昭和60年度(1月～12月)本校教官による他誌発表論文一覧表

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
川尻 武信	「文字・スペリングの指導」 「ノート指導」 「日記文・手紙文の指導」	『英語のライティング』大修館書店
川尻 武信	「連語の指導法」	『英語教育』9月増刊号, 大修館書店
笠松 義隆 檜原 忠幹(広大総合) 小島 健一() 上垣内孝彦()	強磁性遷移金属中の仕純物核のNM Rの圧力依存性	日本物理学会秋の分科会講演予稿集 (1985. 10月 於千葉大)
堀 武夫 高本 友彦(広島大) 川根邦男(安田女子大)	体育・スポーツ施設整備の方向 21世紀へのビジョン	広島県体育スポーツ施設懇話会報告 く主査)(昭60. 3. 23)
大下 隆章 武井 英雄(広大工) 畑山 東明()	超塑性 Zn-22 Al 合金の圧接(固相 溶接)	日本金属学会誌, 49巻7号(1985)
林 武美 谷本盛光(愛媛大教育) 若泉 誠一(広大理)	第四世代のクォークとCP-不変性 の破れへの影響)	日本物理学会秋の分科会(60年, 甲 府)
河野 正来 灘野 宏正 寺内 喜男(広大工)	移動熱源による表面温度の干渉(第 1報. 熱源の分布数が一定の場合)	日本設計製図学会中国支部講演論文 集(No. 5)(昭和60年1月19日 呉高 専), p. 38～43.
寺内 喜男(広大工) 河野 正来 灘野 宏正 中本 幸義(オカネツ 工業)	各種被膜を施した平歯車のスコーリ ング強さ(第1報. 強制潤滑におけ るスコーリング試験)	日本機械学会第62期通常総会講演会 講演概要集(昭和60年4月1日 慶 応大学), p. 202.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	各種被膜を施した平歯車のスコーリ ング強さ(第2報. 乾燥摩擦におけ るスコーリング試験)	同 上, p. 203.
寺内 喜男(広大工) 灘野 宏正 河野 正来	四球試験, 二円筒試験および歯車試 験における被膜の焼付き強さの評価	日本機械学会第22回シンポジウム講 演論文集(No. 850. 3)(昭和60年8月 26日 東北大学), p. 157～162.

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
灘野 宏正	スコーリングに対する最適面取り係数	日本設計製図学会講演論文集 (No. 85.8) (昭和60年10月8日 広島大学), p. 47~52.
河野 正来 灘野 宏正 寺内 喜男 (広大工)	移動熱源による表面温度の干渉 (第2報. ヘルツ接触の場合)	同 上, p. 53~58.
寺内 喜男 (広大工) 灘野 宏正 河野 正来	On the Temperature Rise Caused by Moving Heat Sources (2nd Report, Calculation of Temperature Considering Heat Radiation from Surface)	Bulletin of JSME, Vol. 28, No. 245 (1985), p. 2789~2795.
灘野 宏正 寺内 喜男 (広大工)	Effect of Triethyl Phosphate on Frictional Characteristics in Four-ball Tests	Journal of JSLE, International Edition, No. 6 (1985), p. 107~112.
寺内 喜男 (広大工) 灘野 宏正 河野 正来	四球試験における表面温度上昇に及ぼす銅めっきの影響	潤滑, 30巻, 1号, p. 38~44.
寺内 喜男 (広大工) 灘野 宏正 河野 正来	移動熱源による温度上昇について (第2報. 表面から放熱がある場合の温度計算)	日本機械学会論文集 (C編), 51巻 463号 (昭60.3), p. 677~684.
寺内 喜男 (広大工) 河野 正来 灘野 宏正 中本 幸義 (オカネツ工業)	各種被膜を施した平歯車のスコーリング強さ (第1報, 強制潤滑におけるスコーリング試験)	日本機械学会論文集 (C編), 51巻 465号 (昭60.5), p. 1101~1106.
寺内 喜男 (広大工) 灘野 宏正 河野 正来	各種被膜を施した平歯車のスコーリング強さ (第2報. 乾燥摩擦におけるスコーリング試験)	日本機械学会論文集 (C編), 51巻 467号 (昭60.7), p. 1810~1815.
寺内 喜男 (広大工) 灘野 宏正 中本 幸義 (オカネツ工業)	歯先に面取りを施した歯車の負荷能力に関する研究	日本機械学会論文集 (C編), 51巻 468号 (昭60.8), p. 2042~2048
京免 進 近江 宗一 (阪大工) 碓井 建夫 (〃)	Numerical Analysis of Transient Turbulent Flow in a Liquid Line	Bulletin of JSME, Vol. 28, No. 239, 1985, p. 799~806.
寺内 喜男 (広大工) 永村 和照 (〃) 野原 稔	低速高荷重歯車歯面に発生するリップリング損傷について	日本機械学会講演論文集, No. 855-1 (1985-3, 第23期総会・講演会)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
寺内 喜男 (広大工) 永村 和照 () 野原 稔 坂本 健二 (マツダ) 二段 章 (広大院)	円筒試験によるリップリング損傷について (第 1 報 . 発生経過と限界について)	日本機械学会第22回シンポジウム講演論文集, No 850-3 (1985. 8. 26 ~ 28, 仙台, 歯車および伝動機構)
宮田 繁春 (広大工) 太田 光雄 () 藤田 幸史	A unified expression of level fluctuation probability for arbitrary random noise and vibration in the form of finite expression terms	Acoustics Letters Vol. 9, No. 1
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史 岡崎耕三 (鳥取大工)	暗騒音補正の確率評価と離散レベルの非線形帰還システム (理論と実験)	日本音響学会昭和60年度春季研究発表会, 電気通信大学 (調布市)
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史	交通騒音の定常加振と暗騒音混入下の室に対する情報量規範からの残響時間推定	日本音響学会昭和60年度秋季研究発表会, 北海道大学
太田 光雄 (広大工) 藤田 幸史	暗騒音補正の確率評価におけるディジタル・プロセッシングと非線形帰還システム (理論と実験)	昭和60年度電気四学会中国支部連合大会, 山口大学工学部
井口 学 (阪大工) 近江 宗一 () 赤尾不二雄	任意断面管路内非定常流における壁面せん断応力の表示式	日本機械学会論文集, 51-462, B (昭60-2), 436.
井口 学 (阪大工) 近江 宗一 () 赤尾不二雄	Time-Dependent Wall Shear Stress in a Duct with Arbitrary Cross-Section	Bull. JSME, vol. 28, No. 244 (1985-10), 2280.
近江 宗一 (阪大工) 井口 学 () 赤尾不二雄	乱流遷移を伴う長方形管内振動流れの層流域における速度分布	日本機械学会論文集, 51-472, B (昭60-12), 3867.
盛重 達也 (広大工) 畑山 東明 () 岡部 卓治 武井 英雄 (広大工)	超塑性材料のm値と圧力伝達特性	第36回塑性加工連合講演会講演論文集 (60年, 長岡)
畑山 東明 (広大工) 岡部 卓治 武井 英雄 (広大工)	On the Strain Rate Sensitivity in Superplastic Materials	Proc. of Chino-Japan Joint Symposium on Superplasticity, Beigin, (1985), 20.
野村 利英 山下 英生 (広大工) 中前栄八郎 ()	局所三次元有限要素法と局所境界の設定——電磁機械力の検討——	日本シミュレーション学会第 6 回電気・電子工学への有限要素法の応用シンポジウム [14]

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
山崎 勉	グロー放電アルゴン陽光柱の解析	日本物理学会, 秋の分科会(千葉)
今津信吾(金沢工大) 山崎 勉	E X B場における衝突周波数	日本物理学会, 秋の分科会(千葉)
Yuichi Kato Shizuma Yamaguchi (Maritime Safety Academy) Mitsuo Ohta(Hiro- shima University)	A Statistical Estimation Method of Noise Level Probability Dis- tribution of Arbitrary Type Based on the Observed L_{50} Data	Acoustics Australia Vol. 13 No. 2
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 太田 光雄(広大工)	中央値の実測標本データに基づく騒 音レベル分布の推定	日本音響学会誌 41巻10号
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 太田 光雄(広大工)	任意スペクトラムをもつガウス型打 診入力の一重壁に対する減音評価法	日本音響学会講演論文集(昭和60年 3月)
山口 静馬(海保大) 三谷 康夫(福山大) 加藤 裕一	等価騒音レベル計の指示精度に及ぼ す入力相関特性と計器特性の影響 (実験)	日本音響学会講演論文集(昭和60年 9月~10月)
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 三谷 康夫(福山大)	走行車輛の台数計測に基づく車頭間 隔分布のパラメータ推定(ガンマ分 布モデルの場合)	同 上
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 三谷 康夫(福山大)	車輛台数計測に基づく車頭間隔分布 のパラメータ推定(アーラン分布モ デルの場合)	日本騒音制御工学会技術発表会講演 論文集(昭和60年9月)
M. Ohta(Hiroshima University) S. Hiromitsu(Fukui University) Y. Kato	A PREDICTION OF OUTPUT PROBABILITY DISTRIBUTION FOR SOUND AND VIBRATION LEVEL METERS BASED ON THE CHANGE OF TIME CON- STANT	NOISE CONTROL 85 Proceed- ings (CRACOW, POLAND 1985)
Y. Kato M. Ohta(Hiroshima University) J. Hamamoto(Hiro- shima University)	A PRACTICAL IDENTIFICA- TION FOR THE SOUND IN- SULATION CHARACTERIS- TICS IN THE REAL WORKING AREAS AND ITS APPLICATI- ON OF THE PREDICTION OF OUTPUT LEVEL DISTIBUTI- ON WITH AN ARBITRARY RANDOM NOISE EXCITATION	INTER・NOISE 85 Proceedings (Munich Germany 1985)

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
山口 静馬(海保大) 加藤 裕一 三谷 康夫(福山大)	走行車輛の台数計測に基づく車頭間隔分布のパラメータ推定(アラン分布モデル)	昭和60年度電気四学会中国支部連合大会(宇部山口大工学部)講演論文集
加藤 裕一 山口 静馬(海保大) 三谷 康夫(福山大)	任意スペクトラムをもつガウス入射騒音に対する一重壁の減音評価法	同 上
三谷 康夫(福山大) 山口 静馬(海保大) 加藤 裕一	等価騒音レベル計の指示精度に及ぼす入力音圧相関と計器特性の影響	同 上
石井 義明 星 健三	呉市におけるがけ崩れと降雨, 地形, 土質の関係について	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(60年, 徳島)
石井 義明 星 健三 吉国 洋(広大工)	呉市休山周辺の斜面災害特性	地盤と建設 Vol. 3, No. 1, 土質工学会中国支部論文報告集(1985)
竹村 和夫 阿部 康俱	Effectiveness of Revibration for Increasing the Compressive Strength of Concrete	CAJ REVIEW OF THE 39TH GENERAL MEETING
竹村 和夫 阿部 康俱	微粉末の一部置換による砕砂のキャラクターの改善について	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(60年, 徳島)
丸上 晴朗 平島健一(山梨大工)	高次成分を考慮した片持矩形板の静的解析	土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集(85, 徳島)
小堀 慈久 網干 寿夫(広大工)	R/S法による山腹斜面の分光反射特性と地表熱分布に関する研究	広島大学工学部研究報告第83巻第2号, 1985. 3
小堀 慈久 網干 寿夫(広大工)	まき土の地表温度及層厚分光特性について	第37回土木学会中国四国支部講演概要集(徳島), 1985. 5
小堀 滋久 網干 寿夫(広大工)	まき土の時系列分光特性について	第20回土質工学研究発表会講演集(名古屋), 1985. 6
中野 修治 重松恒美(徳山高専)	鉄筋コンクリートT桁の引張フランジが受ける横方向曲げに関する実験的研究	土木学会第40回年次学術講演会概要集, 第5部(60年, 仙台)
大橋 晶良 桃井清至(長岡技大) 原田秀樹()	流動層型生物膜反応器内における軸方向流体混合特性に関する一考察	土木学会論文集 第357号/Ⅱ-3 (ノート) 1985年5月

著 者 名	論 文 題 目	発表誌名または発表場所
大橋 晶良 地蔵山 宏(呉 市) 山崎 真也(北 大)	黒瀬川の水質と河床沈殿汚濁物の関係について	土木学会第40回年次学術講演会概要集, 第2部(60年, 仙台)
藤原 章正 杉恵 頼寧(広大工)	個人の日常的な交通行動に社会経済属性が及ぼす影響	広島大学工学部研究報告第34巻第1号
清 和四士	事例研究「マンション開口部」	広島県建築士会会報(No.79)
清 和四士	引違い建具の建込み方式について	広島県建築士会会報(No.80)

編 集 委 員

茶	木	正	吉
白	川	洋	二
京	免		進
野	村	利	英
中	野	修	治
正	野 崎	昭	二

呉 工 業 高 等 専 門 学 校
研 究 報 告

第22巻 第1号 (1986)
(通 巻 第38号)

昭和61年 8 月 印刷
昭和61年 8 月 発行

編集者
発行者

呉 工 業 高 等 専 門 学 校
〒737 呉市阿賀南2丁目2-11
電 話 (0823) 71-9121

印刷所 た く み 印 刷 株 式 会 社
〒733 広島市西区井口明神
2丁目1-21
電 話 (082) 278-2111

MEMOIRS OF THE KURE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY

Vol. 22, No.1 (Consecutive No.38)
August, 61st Year of Showa (1986)

1. The History and Activities of Students Counseling in Kure National college of Technology.....	Keiji ARIHIRO Tadao HORI Kensaku TAKAKI Kan-ichi MASUMOTO	1
2. Joseph Conrad : His Experience in Africa and His Works.....	Tatsuo TANABE	13
3. Fuel Economy of Small Size Gasoline Engine for General Purposes with Methanol Gasoline Blends.....	Yuji KAWAGUCHI Akihide NABEMOTO	31
4. Analysis of Transient Laminar Flows in the Entrance Regions of Ducts and Circular Pipes	Fujio AKAO Manabu IGUCHI	37
5. Evaluation of Time-Dependent Wall Shear Stress for Laminar Transient Flow through Rectangular Duct.....	Fujio AKAO Manabu IGUCHI Munekazu OHMI	55
6. High Frequency Power Supply for a 40W Fluorescent Lamp with Two Blubs	Kazuhiko HARADA	67
7. Measurement of the Electron Energy Distribution Function Using Druyvesteyn's Method.....	Tsutomu YAMAZAKI	71
8. Flow Resistance in Coarse Porous Media.....	Kenzo HOSHI	79
9. Some Experimental Investigations of Expansive Concrete.....	Tsuneo NISHITANI	87
10. A Study on Spectral Characteristics of Decomposed Granite Soil Use of MSS Data	Shigehisa KOBORI Hisao ABOSHI	97
11. On Convenient Evaluation Method of Horizontal Force Distributing Coefficient of Shear Wall	Katsuaki MONZEN Misa NAKAYAMA Kohji KAMIHIGASHI	107
12. The Japanese Translation and Annotation of Chung-qi Zheng-yi (春秋正義) Part 11.....	Hiroji MASUMOTO	120
List of Papers Published or Read outside This College By Its Teaching Staff in 1985		157