

# 研 究 報 告

第18巻 第2号 (通巻第31号)

昭和58年2月 (1983)

## 目 次

1. 建礼門院右京大夫の思い出 .....	大林 潤	1
2. 表現するための英語学習 概論—(1) .....	白川 洋二	7
3. ジョウゼフ・コンラッド：青年時代とその作品について .....	田辺 達雄	13
4. Oral Introductionに関する一考察 .....	川尻 武信	27
5. Poisson 方程式の近似解のための一手法 .....	今井 勲 富田 豊	31
6. 対数螺線接合カムの研究 (第2報) —揺動従動節— .....	糸島 寛典	39
7. カムの縮閉線による緩和曲線の研究 (第1報) .....	糸島 寛典	51
8. ソードM100 ACE におけるZ-80 アセンブラテキストコンバータ —アセンブラプログラムのザイログ形式からソード形式への自動変換— .....	藤田 幸史	67
9. 光源による色の見え方の研究 .....	原田 一彦	89
10. 変圧器漏れ磁束密度分布 .....	野村 利英	97
11. 二項近似の妥当性 .....	山崎 勉	103
12. 横衝撃を受ける片持梁の解法 .....	久良 喜代彦	111
13. 不攪乱まさ土の強度測定について .....	石井 義明	123
14. Coupled Room の音響エネルギー密度 〈提案式と既存式との比較〉 .....	藤井 健 木村 武馬 方 信一郎	131
15. 春秋正義訳註 (六) .....	本 紘二	168
研究報告総目次 (通巻第21号～30号) .....		169

# 建礼門院右京大夫の思い出

(国語) 大 林 潤

## Memory of Kenreimonin Ukyodayu

Jun OBAYASHI

“Kenreimonin Ukyodayu”, poetical work is also a diary of her memory in the past.  
This paper is a study of the unforgettable memory of Sukemori Taira, Ukyodayu’s lover.

### § 1 回 想

文治2年(1186)の冬、建礼院右京大夫は、深い心の歎きをいやすために、都を離れて、比叡坂本に旅立った<sup>1)</sup>。

そこで、今は亡き最愛の人、平資盛の後世安楽を願い、ひたすら勤行に励もうとするのである<sup>2)</sup>。「建礼門院右京大夫集」245～258(古典文学大系本歌番号、以下同)には、この坂本旅行のことが、哀しくもつつられているが、その中に次のような個所がある。(引用は古典文学大系本、付号は私記したるもの)

つくづくとおこなひて、たゞすちにみし人の後の世とのみいのらるゝにも、猶かひなきことのみ、おもはじとても又いかゞは。そともをたちいでてみれば、たちばなの木に、雪ふかくつもりたるをみるにも、

(A) いつのとしとや、大内にて、雪のいとたかくつもりたりしあした、

(B) とのひすがたのないばめるなをしにて、この木にふりかゝりたりし雪を、きながらおりてもちたりしを、「など、それをしもおられけるにか」と申しかば、「わがたちならすかたの木なれば、契なつかしくて」と、いひしおり、

(C) たゞ今とおぼえて、かなしきことぞいふかたなき。

247 立ちなれしみかきのうちのたち花も雪と消えにし人やこふらむと、まづおもひやらるゝ。このみる木は、葉のみしげりて色もさびし。

248 こととはむ五月ならでもたち花に昔の袖の香はのこるやと

宿所の庭前の橘の木に雪がつもっている。なにげなくそれを見ているうちに、思いは在りし日の、なつかしい資盛の姿に及んでいくのである。いつの年であったか、記憶は定かでないが、その日の朝も禁中では雪が高く積っていた。資盛は宿直姿で雪の橘を手にしていた。右京大夫がそのわけを聞くと、「自分がいつも行き来している右近の方(右近衛府)の木だから、その宿縁が慕わしくて。」といったという。その時の面影が、今はもうはるか昔のことになってしまったのに、たゞ今の如くに感ぜられ、彼女は又、いいようのない悲しみに沈むのである。

ここで、右京大夫が「いつのとしや」と述べているが、それは一体いつのことであったのだろうか。それは「大内にて」とあることによって、彼女が以前建礼門院に出仕していた頃のことと推定を下す

ことができる。そして彼女は治承2年(1178)秋にはすでに宮仕から退いているから、この回想はそれ以前、すなわち治承元年(1177)冬か、もしくはそれ以前の冬の頃のこととなるであろう<sup>3)</sup>。一方資盛は、その頃すでに右近衛府に出仕していたことになる。

ところが、「公卿補任」は、資盛が右近衛府に出仕した時を「治承2年(1178)12月24日右権少将(元侍従)」と記しており、右京大夫集の回想と全く相反するのである。この矛盾点について、「山槐記」(治承3年1月2日の条)、「玉葉」(治承2年1月4日、同11月16日、同12月15日、治承3年1月3日の各条)等の記事を傍証として、「公卿補任」の記述の方が正しいことは、既に述べたとおりである<sup>4)</sup>。

とすると、この右京大夫集の回想は、全て右京大夫の不確実な記憶から生まれたものということになり、私自身もそう思って、以前の論でも簡単にそう述べるにとどめた。

しかし、考えてみると、不確実な記憶と断定しては、この回想の条の価値はなくなってしまふ。彼女の創作意欲を推察してみる時に、亡き人を偲ぶ思いが回想の記憶の正確さを越えてしまつて、更に美しくイメージ化されていった(いわゆる創作が始まった)と考えるべきかもしれない。

最近になって、樋口芳麻呂氏の御論考を読み、示唆される所がはなはだ多く、そこで氏の論を参考にしつつ、更に論をおしすすめてみたいと思う<sup>5)</sup>。

## §2 雪の朝の資盛

樋口氏は、この論文で右京大夫集の発端の歌13首(家集1~13)をとりあげ、家集歌に付せられた詞書が原初歌詠出時の状況や感情を正確に再現し得ているかどうか疑問を持つとして、詞書の考証、分析を試みておられる。そしてその結果、歴史的現実を超えた理想世界の一駒一駒が、彼女の胸中で融合され、揺ぎないリアリティを獲得して鮮やかに想起されていったという趣旨のことを述べておられる。

私が冒頭でとりあげた坂本旅行での回想は、詞書と歌とが一体化していて、氏の論じられた発端の歌13首と同一例とはいいがたいが、回想の手法はきわめてよく似ている。そこで、この坂本旅行での回想がどのようにして彼女の脳裏にイメージ化されていったものか、更に精細に検討してみることにしよう。

この回想に現われる雪の朝の資盛という映像は、樋口氏の御指摘にもあるが、すでに家集114の所でも描写されており、その発想はまことによく近似している。今これを比較の必要上次に抜き出してみると(付号私記)。

(A') 雪のふかくつもりたりしあした、さとにて、

(B') あれたる庭をみいだして、けふこん人をとながめつゝうすやなぎのきぬこうばいのうすぎぬなどきてみたりしに、かれののおり物のかりぎぬ、すはうのきぬ、むらさきのおり物のさしぬききて、たゞひきあけていきたりし人のおもかげ、わがありさまにはにず、いとなまめかしくみえしなど、

(C') つねはわすれがたくおぼえて、とし月おほくつもりぬれど、心にはちかきも、返々むつかし。

114 とし月のつもりはててもそのおりの雪のあしたはなをぞ恋しき

まず、回想された時期、場所についての記述をみると、(A)「大内」(A')「さと」という場所の相違はあるものの、いずれも「雪の朝」であった。

そして、(B)雪の橋を携えた宿直姿の、愛する人資盛と自分とのやりとりという思い出は、これまた(B')色鮮やかな狩衣姿であった愛する人資盛と自分との対比という思い出と同発想のものであろう。

また、(C)悲しい現実にあたかえった自己観照の部分も、(C')の部分と、表現こそ違え、内容はきわ

めて近い。

なお、前者は248の歌でも分るが、古くから懐古の情の歌として流布されている  
さつき待つ花橘の香をかけば昔の人の袖の香ぞする

(古今集，夏139，読人しらず)

の歌の世界を背景にしているし、後者においては、

山里は雪ふりつみて道もなし今日こむ人をあはれとは見む

(拾遺集，冬251，平兼盛)

の歌の世界と回想の世界が融合して、夢幻の世界として情緒化されているのである。

かようなことから、おそらくは247，114両歌の詞書に似たような雪の朝の思い出がいくつかあって、それが時間の経過とともにいつのまにか結び合わされ、歴史的現実を越えた理想世界をつくりあげ、作者の脳裏になつかしく浮んだものであろうか。

私は、樋口氏のおっしゃる「理想世界」の一例を、この坂本旅行の回想にもあてはめて考えてみたいと思うのである。

### §3 右近少将

話は冒頭の坂本旅行の所にもどる。雪の朝の資盛という映像が長い年月のうちに形像化されたにしても、この時の話のやりとりには、何か右京大夫の頭に離れないすがすがしかったのではないだろうか。私の推測を以下に具体的にしてみよう。

彼女が雪の橘を手に行っている理由を資盛に問うた所、資盛は「わがたちならすかたの木なれば、契なつかしくて」といったという。「わが立ちならすかた」すなわち右近衛府との「契」とは、もちろん資盛と右近衛府との縁であるが、思い出の中にかくもはっきりと刻みつけられているからには、彼女にも右近衛府に（厳密に言えば右近少将に）、何らかのかかわりがあったからではあるまいか。

私は、以前の論考でこの点を問題にしたこともあるので<sup>6)</sup>、ここでくりかえすことは避けたいが、殿下乗合事件と昇進の遅れ、箏の琴、右京大夫との出会い、後白河院の寵愛、右近（権）少将への昇進という資盛の青春のできごとを追ってみる時に、右京大夫が資盛と気持を一つにして過した苦楽の中に、右近衛府は忘れることのできぬほど強い位置を占めていたのではないか。

少し話は横へされる。右京大夫集中の資盛の呼称について、他の人々には、その名前、官職が明記されているのに、資盛の場合のみ（厳密に言えば資盛、隆信といった恋人の場合）、「とかく物おもはせし人」等と婉曲的に表現されていて、誰であるか明確にされていない。ただ読者が臆化された表現のうちにそれと読みとるようにしくまれている<sup>7)</sup>。

ところが、ただ一個所、資盛の実名、官職が記されている所がある。それは、この家集に資盛がはじめて登場する所である。従来から諸家によってよくとりあげられた個所であるが、論をすすめる必要上、これも次に抜き出してみる。

近衛殿、二位中将与申し比、隆房、重衡、維盛、資盛などの殿上人なりし、ひきぐせさせ給て、白河どのの女房たちさそひて、所々の花御らんじけるとて、又のひ、花の枝のなべてならぬを、花みける人々の中よりとて、中宮の御かたへまいらせられたりしかば、

9さそはれぬうきもわすれてひと枝の花にぞめづるくものうへ人

返事

隆房少将

10雲のうへに色そへよとて一枝をおりつる花のかひもあるかな

資盛の少将

11もろともにたづねてをみよ一枝の花にこゝろのげにもうつらば

この近衛殿(藤原基通)の花見が行われたのは、近衛殿が「二位中将」であった春のことである。そして「公卿補任」によれば、それは安元2年(1176)3月6日～治承3年(1179)11月17日の間のことである。一方で右京大夫が建礼門院の許を辞したのが治承2年(1178)秋であろうから、結局、この花見は安元2年(1176)の春か、同3年(1177)春か、又は治承2年(1178)の春のいずれかであろう。通説では安元3年=治承元年(1177)をとっているが、私も資盛と右京大夫の恋の始期を考えて、これも同じ安元3年(1177)春としたい。

さて、資盛が右近(権)少将に任じたのは、既に述べたように、治承2年(1178)12月24日のことである。従って、この花見の際には未だ中務省の侍従であって、右近少将にはなっていない。おそらく、これは後の官職をもって記したものであろうが、それにしても、なぜこの個所に「資盛の少将」といった記述の仕方をしたのであろうか。引用がいきさか長くなるが、このあたりの個所の諸家の解釈をたずねてみよう。

まず、富倉徳次郎氏は、この時を治承元年(1177)春のこととし、

「右京大夫の歌は、いわば交際儀礼の歌に過ぎなかったが、之に対する資盛の返歌はたしかにそう見れば、そう見られるような彼女への心持が見えなくもない。恐らくこの事はまだ彼女が資盛との間に事のなかった頃の事であろうが、これから程なく彼女は資盛に逢ったのではなからうか。」<sup>8)</sup>と推論しておられる。

又、村井順氏は、更にもう一步踏みこんで、「『さそはれぬ』の歌に対する返歌は隆房がしている。だから、資盛は返歌をする必要はない。それなのに返歌をしている。その上『もろともに』の資盛の歌は、贈答の作者が右京大夫であることを知って出した個人的なものであり、恋慕の心を寄せている。彼等の恋愛はこのころ芽ばえたものである。」<sup>9)</sup>と述べておられる。

又、前記論文で樋口氏は、この個所の解釈も試みられ、

「わたくしには、家11が何の詞書も付されずに、家10と一緒に並べられて、一見家9への返歌のような顔をしているのが曲者であるように思われる。」<sup>10)</sup>として、村井氏の論(前記注9)に賛意を表され、資盛との恋を初めてつづった家集61の詞書を引用されて、資盛が

「右京大夫に『とりわきてとかく』といったということは、資盛の右京大夫への特別の関心、恋情を示すものである。そして、11の歌は、その『とりわきてとかくいひし』最も初めのもと思われる。隆房の歌とは別に、ひそかに右京大夫の局に届けられたこの資盛の歌は、もちろん中宮に報告されることなく、筐底に秘められ、資盛への関心を右京大夫に抱かせる機縁になったに違いない。そうした資盛の歌を何の詞書も付さず、ただ『すけもりの少将』の作者名を掲げて、隆房の歌の横にさりげなく並べている。」

と述べられ、詞書が付されていないのは、右京大夫集の発端部分(家2～家13)が中宮女房としての公的な生活の歌にしばらくしたいとの意向があって、同じ折の詠、家10の次に並べられたからで、そこには充実した沈黙ともいべきものがあるという趣旨のことを述べておられる。なお又、「すけもりの少将」と明記されている点については、

「右京大夫が中宮女房であった当時は、資盛はまだ少将になっていない。したがって、後年の右京大夫の錯覚にもとづく誤記であろう。」

としておられる。

さて、以上の諸家の解釈を参考に、私見をまとめてみると、このようなことにならうか。

右京大夫の答礼の歌(9)に対し、返歌(10)は確かに隆房がしている。そして、その折に資盛から私的な歌(11)がはじめて贈られてきたのであろう。その間の詳しい事情は、諸家の推論しておられる説のとおりであり、あるいは、樋口氏のおっしゃるように、後に愛するようになった人の、「とり

わきてとかく」いつてきた最初の歌であるのかもしれない。

ただ、この時点では、二人の間にはまだ恋愛関係はなかったのであり、それが「資盛の少将」という呼称となって表われているのであろう。

久保田淳氏が

「建礼門院右京大夫集では、資盛は比較的初めの方に登場する。しかし、それはいわば公人としてであって、恋人として資盛の名が記されることはない。作者は一廷臣としての資盛と永遠の恋人としての彼とを描き分けているのである。」<sup>10</sup>

とっておられるのも、同じ意味と思われる。そして、「資盛の少将」は、年紀の上では、「侍従資盛」であって、歴史的客観事実の上からいえば、これは確かに後年の右京大夫の錯覚かもしれない。

が、しかし、作者右京大夫の脳裏には、「侍従資盛」ではなくて、「資盛の少将」の映像の方が浮んだのである。冒頭の坂本旅行の条(247, 248)の個所と同様、この近衛殿の花見の条(9~11)の個所も恋しい人がはじめて自分に歌を贈ってくれた時の、忘れ得ぬ、なつかしい思い出として夢の世界におさまり、恋しい人は、その世界では「右近の少将」であったのだと私は思う。

(表1)

年	人	平 資 盛	右 京 大 夫
仁安元年(1166)		従五位下, 越前守	
嘉応元年(1169)		従五位上, 同上	
承安4年(1174)		同上, 兼侍従	
同5年(1175)		正五位下, 得替, 同上	
安元3年(1177)		春, 近衛殿花見, 右京大夫との 出会い	資盛との出会い
治承2年(1178)		冬, 右権少将	秋, 宮中を退く
同3年(1179)		従四位下, 同上	6 年 間
同4年(1180)		従四位上, 同上	
同5年(1181)		正四位下, 右権中将	
寿永2年(1183)		従三位, 蔵人頭, 秋, 都落ち	資盛と別離
元暦2年(1185)		春, 戦死	
文治2年(1186)			冬, 坂本旅行

なお、右京大夫が資盛と恋愛関係に入ったのを、この時期とするなら、別離した都落ちの時までは、6年間の交際期間ということになる。そのうち、おおよそ最初の1年間は侍従、次の3年間は右近少将、最後の2年間は右近中将である。交際期間中、右近少将の期間が最も長かったから、その官職をうろおぼえしていて、人物呼称に使用したまでだといえ、いえなくもないが、創作された坂本旅行での回想の条を考え合わせると、期間の長さだけでなく、何か「右近少将」とのかかわりがあるように思われる。私は、この「資盛の少将」という記述の仕方にも単純な誤記といえないものがひそんでいると思う。

#### §4 まとめ

前節までで、建礼門院右京大夫が、愛人、平資盛を「右近少将」として思い出の世界に位置づけていると推論してみた。そうすると、彼女の思い出の世界全体が、おおよそその頃の世界ではなかった

のかと、更に推測できるのであるが、その実証については、後日に期したい。

### 参 考 文 献

- 1) 「評注建礼門院右京大夫集全釈改訂版」(本位田重美, 武蔵野書院) 254頁
- 2) 「吾妻鑑」によれば, 平資盛は, 元暦2年(1185)3月24日, 長門国壇浦にて戦死。
- 3) 「建礼門院右京大夫集」123, 125による。
- 4) 「平資盛小伝(その2)」(大林潤, 呉工業高等専門学校研究報告10巻1号), なお「安元御賀記」中の「左少将資盛」が信びよう性に欠けることについては, 「平資盛小伝(その1)」(同研究報告9巻1号)を参照してほしい。
- 5) 「建礼門院右京大夫集の発端」(「日本文学の伝統と歴史」所収, 樋口芳麻呂, 桜楓社)
- 6) 前記4)の2論考
- 7) 「さめやらぬ夢とおもふ人攷 - 建礼門院右京大夫集より -」(鈴木栄子, 跡見学園国語科紀要25)
- 8) 「右京大夫・小侍従」(富倉徳次郎, 三省堂) 24頁
- 9) 「建礼門院右京大夫集評解」(村井順, 有精堂) 23頁
- 10) 前記5)の論考
- 11) 「建礼門院右京大夫集」解説(久保田淳, 岩波文庫) 203頁

(昭和57年10月15日受付)

# 表現するための英語学習

## 概 論 —— (I)

(英語教育) 白 川 洋 二

### How To Systematize a Student-Centered English Learning Class . . . . (1)

Yoji SHIRAKAWA

When we build up “a student-centered English learning class”, it is necessary for the instructors to have the proper way of thinking so that they can guide the students in doing communication activities in the class. We have been using too much time in teaching the students to understand language materials. Instead, we should give them much more time to express what they want to say by using the materials they have learned.

The method and contents of teaching depends on the evaluation of the students' abilities. To have the students know the way and viewpoint of evaluation will help them change their attitude toward learning English.

#### はじめに

「表現するための英語学習」を組み立てる場合、指導方法が、言語材料を理解させることを中心とするものが多いのを反省し、授業展開において言語材料を理解させることから言語活動をさせることに発想の転換をする必要がある。英語学習の指導における発想の転換については、いろいろと言われてきているところであるが、結局、教授者の側の評価の考え方が、授業の内容や方法を変え、その評価の視点や方法を学習者に知らせることによって、学習者の学習内容・方法・態度が変わっていくであろう。

なお、本論文は、英語学習の初期の段階—中学校における英語学習—から高等学校・大学における英語学習を、「表現するための英語学習をいかに組み立てるか」の視点から、多角的に考察を進めようとするものである。

#### 1. 中学校各学年段階における表現力を高める言語活動の視点

表現力を伸ばすためには、実際にいろいろと表現させてみるのが重要である。そのためには、学習者の表現意欲を誘発し、表現活動を助長するような指導と同時に時間と場を与えることである。表現意欲を盛り立てるためには、文法的な誤りを過敏に指摘しないで、communicative であるかどうかに関わらずに視点を置いて、のびのびと楽しく活動させ、表現活動を助長する適切な話題の設定や、それに必要な言語材料を取捨選択して使用できるように与えておくことが必要である。

「聞き・話す」、「読む」、「書く」の3領域が、表現活動に結びつくよう systematize されなければならない。次に示すような発展的な言語活動は参考になる。

番号	言 語 活 動	1年	2年	3年	領 域
1	あいさつをかわす。	○	○	○	(聞 く こ と) (話 す こ と)
2	身近なことについて問答する。 ◎	○	○	○	
3	身近なことについて、動作をまじえて話し合う。 ◎	○	○	○	
4	自分の行ったことを話し合う。 ◎		○	○	
5	自分の考えたことを話し合う。 ◎			○	
6	読んだことの内容について話し合う。 ◎			○	
1	語・句および文を正しく音読する。	○	○	○	(読 む こ と)
2	文と文との意味上の関係をつかんで読む。	○	○	○	
3	パラグラフの内容をまとめて読み取る。		○	○	
4	長文の内容をまとめて読み取る。			○	
1	語・句および文を見て正しく書き写す。	○	○	○	(書 く こ と)
2	文を聞いて正しく書き取る。	○	○	○	
3	身近なことについて文を書く。 ◎	○	○	○	
4	自分の行ったことを文に書く。 ◎		○	○	
5	自分の考えたことを文に書く。 ◎			○	
6	読んだことの内容をまとめて文に書く。 ◎		○	○	
7	日記を書く。 ◎		○	○	
8	手紙を書く。 ◎		○	○	

(注) 文尾の◎印は、表現力を高める指導の重点

(「表現能力の育成を図る英語科学習指導」 愛媛県大州市立大州南中学校  
中等教育資料 1980・12, No. 419 による。)

## 2. 授業展開の視点

### (1) 準備段階

学習者の予習内容と方法を具体的に指示し、教授者の側では、それが授業の組み立ての中心となり、学習者の側では、自分の学習してきたことが授業に直結し、積極的に参加でき、発展・応用されるものになるよう工夫される必要がある。その一方法として「予習プリント」を充実させることが考えられる。特に3学年の段階では、予習の際に各レッスン（またはパート）の概要と要点を押さえる調べ方を指示し、授業の中では、英問・英答などによって内容の概要と要点を発表させることが必要である。

これまで中学校の英語学習では、復習に重点がおかれてきたが、いまや、予習に重点をおく指導が考えられなければならない。その際、教授者は適確な予習方法の指示と方向づけをする必要があるが、学習者は学習したことを懸命に覚え込む受身の学習から、調べてきたことを土台にして、積極的に自己表現ができる学習態度を身に付けていかななければならない。学習者の側では、そのような学習態度から自主性が生まれ、創造性が培われていくであろう。

### (2) 導入段階

教授者が積極的に英語を使って授業を進める姿勢がほしい。「あいさつ」などからはじまる英語授業の雰囲気づくりを通して、教授者が積極的に英語を話そうとする態度は、学習者に、英語を「ことば」として認識させることになる。つまり「英語は教科書に書かれてある文字である。」とい

う認識が、「音声と表情を伴った意志伝達の手段である。」という認識に変わるであろう。更に、**Classroom English** は教授者のためにあるのではなく、終局的には、学習者が自己表現活動の一部として、使用できるものにならなければならないという認識に立って実践される必要があろう。

### (3) 展開段階

指導内容を全体から部分へ向けるよう指導展開を考える必要がある。例えば、教科書で読解教材を扱う場合、語、連語、句型など、部分から入って最後に全体を訳して終りとするのではなく、3領域における言語活動の関連調和的発展・展開を考えながら、**大意→分析**（理解段階）⇒**結合**（発表段階）の展開手順により目標を達成する必要がある。表現能力を育成するためには、「話すこと」、「書くこと」の領域が中心となると考えがらだが、他の領域との関連を無視して考えることはできない。

更に、**Group Work** を取り入れて、**drill, practice, 発表**などにおいて、学習者の活動時間を増やす工夫が必要である。なお、**Group Work** では、英語学習のための **group** 作りや、**leader** の養成などがこれから考えられなければならない課題であろう。

## 3. 英語学習の評価の視点

従来の英文を理解するための単語や熟語、構文を記憶していく学習法 — つまり、ある英文に出くわした場合、それを日本語に直したらどのような意味になるかというような、解釈・理解のための英語学習を、これらの単語や熟語、構文を使って自分の考えをどのように表現するかということに転換しなければならない。そのため、これまで考慮されていなかった次に述べるような諸点において、学習者の学習面を評価したい。

### (1) Listening の評価

「聞いてわかる」だけでなく、「聞いてできる」、すなわち **Listen and do.** ということを強調したい。相手の言うことを聞きながら、受身にまわって聞いて答えるだけに終始しないで、相手の言うことの概要や要点をまとめて整理すると同時に、必ず聞きかえす態度を養うことである。

A : How are you?

B : Fine, thank you. And you?

A : I'm fine, too, Thank you.

A : How many brothers do you have?

B : Two. And how many brothers do you have?

A : I have three brothers.

Bのような態度（これは **Creative Listening** の一部であるが）を通して、受身の姿勢から一転して能動的に行動するような積極性を評価の対象にしたいものである。

### (2) Speaking の評価

**Two-minute Speech, Three-minute Speech** を授業の中に取り入れたいし、**Interview** も形式を工夫して、定期試験の前後に取り入れて評価に加えたい。教授者の側では、**pronunciation, intonation, stress, rhythm, speed, loudness, gestures, facial expressions, attitude, contents** の10項目について、学習者の実態に応じて、基準を設けて評価することができる。

### (3) Reading の評価

**Reading** についても、学習者の **reading** を **tape** に録音するなどして、あとで聞かせてやれば学習者の励みにもなる。授業中に読ませる場合でも、文章の内容によっては、感情の表現が音声や表情に表われているか、などに気を付けたい。

評価の観点は **Speaking** の場合を **arrange** することができる。

### (4) Writing の評価

日本語を与えて、それを英文に直させることだけが **writing** ではない。従来とかく出来あがった英文の文法的な誤りや、**misspelling** だけを評価の対象にしていた態度を改めて、① 書かれたものが **communicative** であるか、② 部分的なものよりも全体として何を言おうとしているか、③ 発想の豊かさはどうか、などに目を向けたい。そして個人でもグループでも、④ 課題に対して取り組んだその作業過程、を評価してやるのが大切で、結果のみに目を向ける態度を排除しなければならない。

#### 4. 自主性を育てる評価の視点

##### (1) 学習者の側の評価

評価の重要な観点の一つである、学習者の学力向上のための評価では、学習者自身を評価者の立場に立たせるということがある。英語学習の評価者としては、教授者が中心的な計画者であり、実施者であろう。しかし、いかに確実に豊富な評価情報を得ても、それを学習者に **feedback** することが遅れたり、また、されないで、学習者自身の自己改善・向上を動機づけることができないならば、評価の効果は期待できないであろう。したがって、できるだけ学習者自身を評価者にして、自己評価や相互評価をする機会を多くすることである。例えば、学習者の学習上の長所・短所や、応答上の正・誤についての K R 情報を常に学習者に返したり、答案はできるだけ早く採点して返却してやるのはもちろんだが、時にはテストに引き続いてその場で自分の答案を自己採点させたり、表現を伴う活動では、相互評価をさせることが有効であろう。更に学習態度や行動については、自己評価のチェックリストを、教授者と学習者が協力して作成し、それによって自己評価をさせる等の工夫が是非必要である。

##### (2) 加算法の評価

これまでの英語のテスト問題は 100 点満点で、学習者がいくら頑張っても、常に 100 点から一（マイナス）点をつけられて返される有様である。教授者というものが常に 100 点のところに位置していて、学習者はいつになってもそれに到達しないような状態は、はたして学習意欲を喚起できるであろうか。学習者にとって英語は未知のことばである。これを学習によって、たとえ少しずつでも、新しく獲得していくのである。だから、いくら覚えて、いくら使えたということで加算法にしていくのがより適切ではないだろうか。従来のめちゃくちゃに覚え込ませて、ある期間おいて吐き出させて、吐き出し具合を **written test** のみで判定する、というやり方では「ことば」の学習が身につくとは思えない。

##### (3) 学習者の参加の評価

学習者に積極的に手を挙げさせて答えさせることを実践する必要がある。「指名して答えさせる」ということは、教授者が、「この学習者はこの程度の質問に対しては答えられるであろう」という想定のもとに学習者を規定してかかっていることである。答えられれば教授者の期待が満足させられ、答えられなければ、教授者の期待が裏切られる。そのことで学習者を評価することになる。ところが、学習者に積極的に手を挙げさせて答えさせることによって、教授者にそれまで見えなかった、その学習者の素質、能力が見えてくることは必至である。

学習者を教授者の独断的な判断で規定してかからず、学習者の中の意外性を発見するには、学習者の自主的な発表力を育てることが最適な方法であろう。

#### おわりに

授業は学習者が学ぶためのものであって、教授者はそれを援助するために教えるのである。英語は外国語であるから音声にしても文字にしても教わらなければ学んでいけないことは多い。しかし学習者が身につけていくのは、教えたことの多寡によるのではなくて、学んだことの多寡によるのだということ

を銘記すべきであろう。

学習の主体は学習者である。教授者は学習者の学習を助けるために学習上の抵抗を少なくしたり、排除したりして、学習者が主体的に学習できるようにしむけるべきで、何から何まで教え込むという態度は改めるべきであろう。学習者が授業の中心であるとすれば、教授者が一方的に授業を進めていく教授者中心の指導から、学習者の自主的な、主体的な学習を育てる方向へと指導方法に工夫が加えられなければならない。この方向こそ、「表現するための英語学習を組み立てる」ということで、「teacher-centered language teaching から student-centered language learning へ」ということの真意はここにあるのである。

英語の学習で学習者に学ばせることは、英語を「聞き、話し、読み、書く」といった言語活動を行わせる基礎を作ることであって、文型や文法事項などの言語材料を学ばせることではない。言語活動を行うための素材である言語材料を与えることは必要なことではあるが、素材についての説明や知識をいくら授けても、ことばそのものの運用にはならない。言語材料は言語活動として活用されてはじめて、ことばの中で機能するのである。

(昭和57年10月15日受付)

## ジョウゼフ・コンラッド： 青年時代とその作品について

(一般科) 田 辺 達 雄

Joseph Conrad : His Youth and His Works

Tatsuo TANABE

Most of Joseph Conrad's fictions are said to have been very much influenced by his eventful life. His life can be divided into four periods.

In chronological order they are (1) the life with his patriotic parents who were condemned to exile in the northern Russia, (2) the life in Marseilles and adventures on board smugglers, (3) the life at sea on board English merchant ships as an officer, and (4) the life as an English novelist.

This paper is a study about his youth, referring to his some works and critical biographies about him.

### 1

作家が自分の人生経験を素材にして作品を創作することはよくある。従って、その作家の生いたちやその作家の生まれる以前からの歴史的背景などを考えることは、その作家の作品を理解していく上にきわめて大きな意義がある。

ポーランドに生まれ、イギリスに帰化して英文学に揺るぎなき金字塔を築いたジョウゼフ・コンラッド (Joseph Conrad — 1857-1924) もこの例にもれない。彼の場合は、まさに人生のドラマとも言える波乱に富んだ人生を経験したのである。また、彼が俗に「海洋作家」と言う皮相的な呼称に甘んぜざるを得なかった理由は、彼が夢多き青春期を大自然の海を舞台にした船員生活で過して、その間、さまざまな体験を経て遂にはイギリス商船の船長にまでなったが、これらの生活体験が多くの彼の作品に見られるからである。しかし、彼の生いたちを概略でも調べてみると、あながち彼を「海洋作家」ですますことはできなくなってくる。それどころか、それ以後のイギリスの文学に大きい影響を与えたことが歴然としている。特にそれは、彼独特の重厚な文体や、複雑に織りなす人間の心理描写が、その後の他の作家にも影響を与えていることにもうかがわれる。

筆者はここで、彼の自伝的小説 *The Arrow of Gold — A story between Two Notes* (1919) や、随筆集 *The Mirror of the Sea — Memories and Impressions* (1906)、および後年発表された彼についての伝記的批評などから、彼の作品群とのつながりや影響を研究してみたいと考えている。

コンラッドの両親およびそれぞれの家系、彼の幼児期、ポーランドを離れてフランスにやってきた少年期まではすでに発表してきた(広島商船高等専門学校紀要、第4号、1982)が、青年期に至って彼の体験と作品の関係が一段と複雑になってきた。そして、資料等も容易に簡単にまとめることができなくなったので、本論では青年期の一部としての発表にとどめることにする。

## 2

コンラッドが Saint Antoine 号で西インド諸島の航海を終えて *Marseilles* に帰港したのは 1877年2月15日であった。その後も引き続いてこの船で同じ航海をする予定だったが、健康を害してこれを断念している。これ以後、彼はこの地方を訪れることはなかった。

下船してから彼の *Marseilles* での行動については、母系の彼の叔父、タデウス・ボブロフスキ (Thaddeus Bobrowski — 1829-1894) が彼宛てに出した数通の書簡以外、あまり把握できない。タデウスの手紙によると、コンラッドは Saint Antoine 号の船主 M. Delestang と口論になって仲たがいで下船していた、となっているが、真偽の程ははっきりしていない。しかし、3年後、コンラッドが下船証明書 (the Certificate of Discharge) を必要とする時、叔父を介して M. Delestang に依頼していることから考えると、コンラッドにも後ろめたいものがあつたと思われる。コンラッドの仕事ぶりについては船主は評価していたようで、この文書にもうかがわれる。

…1874年2月、当社所有の *Mont Blanc* 号に水夫として乗船、同社 Saint Antoine 号にては運転手 (現在の士官 — 筆者注) として乗船、西インド諸島、南米の定期貿易航路に3ヶ年間従事した後 1877年2月14日に下船。この間、当人 (コンラッドを指す — 筆者注) は与えられた任務に忠実に励み、広く精進努力する態度は上官に充分なる満足を与えた…

(L. L. -1 p. 39)

Saint Antoine 号の船長 Escarras も航海中のコンラッドの仕事熱心さを高く評価し、大いに好感を持っていたところから考えると下船証明書の内容もうなづかれよう。一方、叔父はコンラッドが金銭面で不自由な生活をしていることに触れて、彼から依頼がある毎に大金を送っている。この大金の用途について考えられるのは、A. G. にあるようにカルロス党への援助資金にあてていたということである。この当時のコンラッドの生活の一端を Jerry Allen は S. Y. の中で次のように述べている。

コンラッドは友人に恵まれ、好かれていた。叔父の話では *Marseilles* で3つのグループと親交があつたとのことである。それぞれのグループで、それぞれ違う名前でも知られていた。頬ヒゲをたくわえ、凝った服装で、寸分の隙もない態度振舞の青年となって、王統派の志士たちが集まるサロンに姿を見せて貴族風な 'de Korzeniowski' という名でも知られていた。いかがわしい武器弾薬の密輸入として、波止場界隈の船乗りの間では 'Monsieur George' として親しまれていた。ボヘミアンの芸術家や詩人たちの間では 'Young Ulysses' とよばれていた。

(S. Y. p. 46)

彼の周囲にはこのようにあらゆる階層の人たちがいたが、その中でも彼はカルロス党の志士たちとの接触がもっとも多かった。この頃、Henry 某という英国人と知りあうが、この男は武器をカルロス党へ密輸したためスペイン政府に追われているところであつた。コンラッドがこの話に興味を持ったのはいうまでもなかった。彼のケタ外れの浪費はおそらくこの密輸事業への投資のためであつたと思われる。この当時、コンラッドを中心にドン・カルロス (Don Carlos — 1788-1855) の王位継承運動を支援しスペイン政府転覆を謀った秘密組織が結成された。しかし、彼と残りの4人の仲間に政治的意図はおろか思想的背景はまったくなく、ただ若者特有の冒険心に駆りたてられていただけであつた。コンラッドは、かつて西インド諸島一帯で、*Mont Blanc* 号や Saint Antoine 号で怪しげな取引を体験して味わつたあのスリルを彷彿したことは容易に想像できる。彼は組織の運営手段として60トンのタータン型の小型帆船を購入している。船長には、Saint Antoine 号時代から彼が友人であり師と仰いでいた老練な船員

ドミニク・セルボニー (Dominic Cervoni — 1834–1890) をあてた。Tremolino号というこの帆船については後年、M. S. の中で回想記として同名の見出しで残っている。

…あの船は当時の私の揺りカゴだったが、ある名の知られた造船業者の手により Savona 河岸で建造され、艤装は Corsica でまた別の業者の手で行なわれた。船籍証明書には 600トンの『タータン型』と登録されているが、本当は典型的なバランセール型の帆船である。2本のマストは前傾でカーブしたヤードを2本つけていて、それぞれ船の長さほどもあった。根っからの「地中海っ子」(a true child of the Latin Lake) で、巨大な帆を上げると、ほっそりした海鳥の胴についている先端の尖った翼に似ていて船体そのものもまるで海鳥のようで、海を帆走するというよりも、滑走するようであった。この船の名はトレモリノ号 (Tremolino) と言われた。

(M. S. p. 156)

この秘密組織は Marseilles を拠点にして Barcelona など主に地中海を舞台にして、カルロス党へ武器を密輸するため暗躍していたようである。しかし、これもわずか数ヶ月という短期間であった。この間、コンラッドは船長ドミニクから航海に関する知識を教わったばかりか、精神的にも彼の人間形成に大きな影響を受けたのである。それは、ドミニクをモデルにした登場人物が後年の彼の作品のいくつかに見られることからもうかがわれる。

Tremolino 号の破局はドミニクの甥のセザール・セルボニー (Cesar Cervoni — 1858–1910) の密告によって生じた。セザールは年令はコンラッドと変らななかったが、あまり好ましい人物ではなかったようである。

われらがドミニクについて、ひとつ不満な点は（しかも不可解とも思われるが）彼の甥のセザールのことであった。あらゆる不安や恐怖心を克服する情容赦のない大胆不敵なドミニクの眼を、惨めで恥かしそうな表情が覆うのを見るのはまったく思いがけなかった。…セザールに会うのは気持のいいものではなかった。汚れた褐色の髪の間から頭について真白に見える羊皮紙のような皮膚が、大きい頭の骨に直接しっかりと貼りついているようだった。少しも不恰好に変形しなくても彼は、私がこれまで見てきたり、想像できる中では、一般に「怪物」(monster)ということばで知られているものにいちばん近かった。

(M. S. pp. 164–5)

叔父にあたるドミニクが彼のことでどれほど気を遣っていたかも想像がつく。彼が嘘を言ったり、傲慢な態度をとったり、怠慢な仕事ぶりが見えるときは勿論、彼が悪意のありそうな行動をとったときもドミニクは甥を殴りつけるのであった。結局、Tremolino 号が「古い港」(Barcelona 港と思われる)に入港中、船長(Padrone)のドミニクとコンラッドが航路を相談しているのをセザールは盗み聞きしてスペイン政府に密告したのである。その上、コンラッドが苦労して貯わえていた金貨を帯にして体に巻きつけて盗もうとしているところをドミニクに見つけられて、セザールは殴りつけられ、帯をつけたまま船外に放り投げられて行方不明となった。

セザールの密告に遭って、Tremolina 号は Baie de Rosas にさしかかった頃、スペインの警備艇 (guard-acosta) の執ような追跡にあう。Tremolino 号は、もともと快速を誇る帆船だが、セザールの悪計で帆索を切られ帆も切られて帆が張れず、ついに Cape Creux の暗礁にやむをえず自ら乗り上げて追手から逃れた。

甥に裏切られ、コンラッドははじめ組織の仲間たちに対する面目を失って悲痛な思いのドミニクは『復

しゅうをしてやる、』とばかりに腕を振り回し『ああ、悪党め、悪党め…』と憤懣やる方ない思いで何度もわが身に言いかけながら、川土手伝いに歩いて遠のいていった。弱々しく震え、畏怖のため口もきけなくなって離れていった。 Tremolino 号の最後の日のあの荒涼とした鉛色の空のもと、草木のない岩だらけの谷あい、オールを肩にかついで登っていくあの船乗りの奇妙に物淋しい姿を我々は見ていた。このようにして、海に背を向けて、思いつめたように歩いてドミニクは私の前から姿を消した。」(M. S. pp.182-3)これを最後に両者はもう会っていないが、コンラッドは他の仲間たちと、このあと「小さな宿屋のまるで洞穴のような地下室に身を隠して」(Jessie Conrad: *Joseph Conrad as I knew* pp. 125) 数日間は追跡を逃れていた。

## 3

Tremolino 号の運営資金面で重要な関係を持つもう一人の人物がいた。A. G. の中で Rita de Lastaola — Doña Rita として登場している。Paula de Somogy という実在の女性をモデルにしているとも伝えられるがはっきりしていない。A. G. によると、彼女はフランスの Basque 地方の羊飼いの娘であったが、物心ついた頃パリの叔父のもとで養われた。その時、当時の Paris の有名な画商の眼に偶然とまり、はじめはモデルとして雇われていたがやがて、画商の妻になる。それからは、行儀作法、たしなみ、教養ともに磨きあげられて、遂には社交会でも花形の女性となった。そして、夫の画商が亡くなった後にドン・カルロスの妻になっている。

当時スペインでは国王 Ferdinand VII が1833年に臨終前に、正統な王位継承者である王の弟ドン・カルロスをかきおいて、3才の王の娘を Isabella 2世として王に任命したことから6年間紛争が続くこととなった。次に、この女王が退位すると、彼女の息子を Alfonso XII として王に任命したため再び紛争が生じた。1868年のことであった。

リータ (Rita de Lastaola) はこの2回目の紛争の時、夫のドン・カルロスの王位継承を熱烈に支援したのである。おそらく彼女は、陰謀策略の面からも、軍事資金の面からも相当に大きな権力を持ったカルロス党の黒幕として、Paris でも姐御的な存在であったと言われる。コンラッドは A. G. の中では Monsieur George として登場し、彼女と恋愛関に陥入っているが、G. Jean-Aubry が述べているように、作中の話は事実に近いようである。

…リータとコンラッドは年令も同じくらいであるし、住んでいる社会に確固たる基盤がないということもあり、両者には何か相通じるものがあつた。コンラッドは政治的にはまったく関心なく始めた事業であり、はじめは冒険心をかきたてるためだけであつたのに、やがてリータへの恋慕のために続ける事業となった。そして、彼がこの事業にひたすら打ち込む姿がリータの心を魅入らせたのである。リータは彼へのつる思いを抑えるべく努めたようである。リータは幼い頃からの体験で、コンラッドの物の考え方よりもはるかに世故にたけていた。しかし、Tremolino 号の遭難のあと、意気消沈して、ドミニクとまでも別れて敗北者となって Marseilles へ戻ってきたときは、さすがのリータもコンラッドへの恋心を抑えておくことはできなかった。彼はあまりに苦しみすぎた。二人の恋愛は短い間であつた。それはおそらく A. G. の後半で述べられている通りであろう。時は1877年の終りのことであつた。

(L. L. -I p. 45)

リータとの関係が長く続かなかつたのは、J. M. Blunt という人物が絡んでいたためと言われる。この人物については A. G. の中に登場してかなり詳細に描かれていて、プロットにも重要な役割を持っている。

るが、コンラッドたちの秘密組織の一員でもあった。リータをめぐるコンラッドと反目していたが遂に決闘にまでおよんだ。結果としてコンラッドは負傷したのでリータが献身的な看護につとめた。しかし、彼が元気を回復してきた頃に彼女は姿を消してしまい、その後は二度と両者は会うことはなかったという。当時を回想して彼は「42年間胸に抱いていた逸話があります。今でもそれを思い出してみても胸がきゅっと締めつけられるようです。」(The Letter to Sidney Colvin., *L. L. -I* p. 229) と語っている。

ことの成り行きはこうだった。ひと声 *Monsieur George* が発すると、運がよかったのか、腕前がよかったのか判らぬが、ピストルを持っていた *Blunt* 船長の上腕部に命中してその腕がタラリとおりた。だがピストルを離していなかった。彼の気持には微塵も曖昧なものではなかった。実に慎重に左手をピストルにそえて、しっかりと狙いを定めて彼は *George* の左腕を射った。

(A. G. p. 346)

決闘の模様をこのように描写している。しかし、次のタデウスが友人宛に出した手紙では、はたしてこの決闘が実話だったのかどうか怪しくなってくる。

甥ははっきり地球の裏側へ行っているものと思っていましたところ、私が *Kiev* の市場で仕事をしているところへ突然「コンラッド負傷、金送れ。すぐ来い」(*Conrad blessé envoyez argent-arrivez*) という電報を受け取りました。あたりまえですが、鳥じゃあるまいし、すぐ飛んで行くというわけにはいきません。仕事を終えていると、甥の回復の知らせが届き、2月24日(旧暦)に *Kiev* を出発して27日に甥のところに行きました。もう歩行もできていました。まず甥の友人の *Richard Fetcht* 君(とても思慮深く上品な青年でした)に話を聞いて後に横着者の甥に会いました。これから述べるのがその経緯です。*Escarra* 船長が帰国されたとき甥は彼のもとで航海できるものと思い込んでいましたが、フランス政府は、21才になったら兵役を受けなくてはならない、として甥の乗船を認めなかったのです。…航海に備えて3000フランを甥は持っていましたが、その時 *Mont Blanc* 号時代の船長 *Monsieur Duteil* と出会ったのです。彼は甥を説得して、遂にスペイン沿岸である仕事に参加させました——密輸みたいなものですが、1000フランを投資して4000フランの利益があって二人は大喜びでした。それで次に持ち金全部を投資したのですが——すっかり失ってしまったのです。*Monsieur Duteil* は甥をキスで慰めたあとは別れて *Buenos Aires* へ行ってしまいました。一方、甥の方は船員としての乗船契約もできず、一銭の金もなく、その上、借金までしていました。…友人の *Fetcht* 君から800フラン借りて *Vill-Franca* へ行きました。そこにアメリカの艦隊が碇泊していて、甥はこの艦隊へ志願しようとしたのですが、実現はしませんでした。その後、金銭面をたてなおそうとして *Monte Carlo* で運試しをしたのですが、借金の800フランをすっかりギャンブルで失ってしまいました。…ある晴れた晩、甥は友人 *Fetcht* 君をお茶に招いておいて、約束の時間前に拳銃自殺未遂をしました。(この詳細は私ども内輪だけに伏せておいて下さい。公には決闘の負傷としています。しかし、あなたには隠したくありませんし、そうすべきでないと思います)。弾は心臓スレスレで命に別条ありませんでした。幸いにも住所録を最も人目につく所に置いていたので善良な *Fetcht* 君がすぐ私の兄弟までにも知らせてくれまして、私のもとにはそこから連絡を受けた次第です。これが事件のあらましです。

(C. B. pp. 44-5)

タデウスはこの手紙では、コンラッドが精神的にも金銭的にも窮地にあったため思いつめた覚悟の自殺だったと考えている。

しかし、Jocelyn Bainesは、タデウスはコンラッドとリータとの関係に全く触れていないことを指摘して、彼の自殺未遂の原因を別のとらえ方をしている。そして、コンラッドがこの不祥事を終生変らず、恋の絡んだ決闘で受けた傷としていたことについても疑問を提起している。

J. Bainesは、「おそらくコンラッドは本気に自殺を考えていたのではなく、リータとの恋愛のよりをもどすために思いきったことをした」(C. B. pp. 54-5)と推測している。それは「口とかこめかみを射つのではなく、心臓スレスレを射っていることで説明がつくし、発砲直後に Fetcht が訪ねて来ることも入念に手配していたことでも説明がつく」(ibid.)と理由づけしている。また、コンラッドが育ったローマ・カトリック教義では自殺未遂が「地獄へ落ちていく大罪」(mortal sin)であり、おおびらに世間と言える時代でなかった。逆に、決闘は当時のヨーロッパでは流行していたようであり、コンラッドは華々しく聞こえる「決闘」を採ったと考えられる。しかし、この説も断言はできず、自殺未遂か決闘かいづれかは曖昧模糊としている。コンラッドのフランスでの恋と冒険の波乱に富んだ時代はこうして終るのである。

#### 4

当時のフランスでは21才に達した青年は徴兵の義務があったことは既述の通りである。このため叔父はコンラッドのフランス帰化には反対していた。少なくともポーランドの男子に外国の軍隊に入って外国のために働いてはしかなかったからであろう。一方、コンラッドにしてみると、Marseillesを根拠地にして、'de Korzeniowski', 'Monsieur George', 'Young Ulysses', などと名を使い分けてさまざまなグループと交流して青春時代をすむしてきただけに、フランスへの未練も人一倍あったことであろう。しかし叔父の意見を考えて少しずつ将来の計画も考え始めてきた。それは、アメリカ海軍に志願するか、イギリス海軍に入ろうとか、日本領事館の知人に頼んで日本海軍に入ろうとかえ真剣に考えたことからわかる。

そのうち1878年4月中旬にイギリス商船で Mavis 号という船の船員の職が紹介された。これは R. Fetcht の助言に負うところが大きかった。イギリスはフランスと違って外国人に対して寛容だという友人の話で、英語の知識は絶無に近い異国船で働こうとコンラッドは敢て決心したものと思われる。

Jerry Allen はこの間の経緯を次のように述べている。

彼(コンラッド)の友人 Richard Fetcht という青年で、Albert de Toussaint という日用雑貨仲介業会社の社員を通じて、イギリス船籍の汽船 Mavis 号(764トン)の船員の職を手に入れた。これは石炭運搬船で、1878年4月24日に Vieux Port を出港して Constantinople へ向った。Azof 海の Yeisk でアマニ油を積込んでイギリス東岸の Lowestoft へは8週間の航海の末の6月18日に入港した。コンラッドは船長 Munnings と口論してこの港で下船した。この船はその2年後、Cardiff から Bordeaux への航海中、フランス海岸沖で坐礁沈没して乗組員2名が亡くなった。

(S. Y. pp. 99-100)

コンラッドはこの時はじめてイギリスの地を踏んだのである。後年になって友人に宛てた手紙の中で「イギリスには知人はひとりもいませんでした。初めて見た英語は Strand 紙で、初めて聞いた英語はこの東岸(Lowestoft 近辺を指す—筆者注)の漁師や師匠や船員たちのことばでした」(L.L.-2 p. 124)と回想しているが、孤独と不安と淋しさの入り混った異国は言いようもなかったことであろう。彼は下

船するとその足で London に行っている。この期間も叔父からは手紙は届いていたが、コンラッドがイギリスにいることを知るまでにはもうしばらく時間がたっている。叔父はしきりに、コンラッドが一人前の男としての自覚を持つようにと説く長々とした手紙を出すのであった。その為かどうかは判からないが、コンラッドはロンドンに1ヶ月滞在してその間を専ら船員の働き口を探し歩いてすごした。言葉の不自由な大都会でこうした毎日は並大抵ではなかったが、ようやく7月11月に帆船 *Skimmer of the Sea* 号の普通船員 (ordinary seaman) の職を見つけて乗船した。これは3本マストのスクーナ型の215トンの小型沿岸航路船であった。Newcastle から Lowestoft の間を石炭を運搬していた。彼はわずか6往復の航海しかしなかったが、この航海中に船長 William Cook など乗組員7名の家族的な雰囲気の中で英語を教わって、下船の時にはすでに自分の思っていることは話せるようにまできていた。随想 *N. L. L.* の中で次のように回想している。

私にとってあの海 (North Sea を指す——筆者注) はその名以上に忘れることはできない。しばらくは自分のこの仕事の教場であった。この海で私は初めて英語を教わったと言ってもよからう。凄しく荒れ狂うあの場所は、時には狭苦しい沿岸航路船 (小型船) の船員学校になり、私はそこから大海原へと滑り出していったのである。私の先生は Norfolk 海岸出身の船員だった。沈着な眼、がっしりとした四肢、穏健な声の持ち主であった…ひとりひとりが家庭的な強い絆を持ち、落ち着いて真面目で健康的で信頼感のある人たちばかりであった。

(*N. L. L.* p. 155)

9月23日に Lowestoft で下船したが、初めて英文を書いたのもこの頃であった。彼は1878年9月25日付の *The London Times* (G. Jean-Aubry は *Strand* 紙としている——筆者注) の広告欄で「海員募集・真面目な青年・1航海、期間契約いづれでも可・優秀な2隻の船あり・航路はオーストラリア航路、インド航路ほか・W. Sutherland...」(*S. Y.* p. 100) という求人欄を見て応募の手紙を書いたのである。そこで、下船後、London に W. Sutherland を訪ねて行った。

コンラッドは、まだポーランドにいる頃からすでに「船員になるとすればイギリスの船員になる」(*P. R.* p. 122) と心に誓っていたという。しかも単なる沿岸航路船ではなく、世界中を走る外洋船の船員になることが夢であった。それ故、彼が英語に慣れてくるに従って、自分の道を切り開こうとする気持を持ち始めてきたのはごく当然のことであった。

ロンドンに W. Sutherland を訪ねたときの模様を *N. L. L.* 中で描いている。

私のポケットにもうひとつ紙切れがあった。それは新聞の切抜きで、名もない船舶代理店の住所が載っていた。それは取り出す必要はなかった。その住所は私の頭に深く刻まれているほどだったのだ。手には London という海図を持って、航海でもするように歩いてその住所を口づさんだ。それは誰にも道を尋ねまい、と決めていたからだ…私の行く先は見つけ難かった。地図に載っている道はずれて奥まった路地裏にあり、森の奥の薄暗い池にも似て、ゴミゴミと家がたち並んだ中に隠れているのだった。まるで秘密の小径でも歩くかのようにして人目につかないアーチをくぐって行った。London というあの奇妙な魔力を秘めた街のいかにもディケンズ (Charles Dickens—1812-1870) の作品に出てくるような奥まった場所だった…入って行った事務所もやはりディケンズ風だった。Waterloo のあの戦い (1815) 当時のほころぎがそのまま窓やその枠にたまっているし、George 王朝 (1714-1830) 初期のゴミがうす汚ない腰板にこびりついていた。

午後1時だったがどんより曇っていた。煤けた天井から吊り下がったガス灯のあかりで、黒いブロードの長上衣の年輩の男が見えた。灰色のヒゲをたくわえ、大きい鼻に厚い唇、肩

は張っていた。カールした白髪の間全体は、バロック時代のイタリアの絵に出てくるがっしりした使徒のような特徴があった。汚れた高くて傾いた机から立ちあがった。銀縁眼鏡を額にあげて羊肉を食べているところだった。この肉も街角のディケンズ風の食堂から買ったものだ。

彼は食べる手を休めず、バロック調の使徒のような顔にいぶかしそうな表情をうかべてこっちを向いた。私は慎重に一連の声を出したが、それらが英語の発音によく似ていたのであろう。というのは声と殆んど同時に彼がにっこりと笑って、よくわかった、というような顔になったからである。「ああ、先日 Lowestoft から船員希望の手紙をよこしたのは君だったのかね。」

私は Lowestoft からここに手紙を出していた。何と書いたのか今となっては覚えていない。それが私のはじめての英作文だった…

(N. L. L. pp. 151-153)

当時イギリスでは勝手に船員の斡旋を民間人がしてはいけないことになっていた。しかし、この「バロック調の使徒」は敢てこの国法を冒して船員の職を見つけてくれたのである。

## 5

こうして、コンラッドが次に船員として乗った船は Duke of Sutherland (1047トン) という London—Sydney 間を就航している羊毛運搬のクリッパー型快速帆船であった。1878年10月12日に彼は、London で乗船した。1年間水夫として働き1879年10月19日に下船したが、この航海は彼にとっては愉快なものではなかったようである。しかし、彼の後年の作品 *The Nigger of the 'Narcissus'* (1897) の登場人物の原型がここに現われた。

Narcissus 号の航海は私が著わしたような様子 (*The Nigger of the 'Narcissus'* のプロットを示めす—筆者注) で Bombay から London まで続いた。実際は Narcissus 号の黒人は James Wait という名前ではなかった。これは Duke of Sutherland 号で私たちと共に働いていた黒人水夫の名前だった。私が乗組員として働いていたのはじめの頃の船のうちの Duke of Sutherland 号が Gravesend に入港中の水夫たちの乗船点呼のエピソードがこの作品 (*The Nigger of the 'Narcissus'* を指す—筆者注) の最初の場面で浮んできた。

(L. L. -I p. 77)

コンラッドが Duke of Sutherland を下船したことについて G. Jean-Aubry は、彼が地中海に対するノスタルジアのためだとしている。ドミニクとの再会、リータへの思慕、温かな地中海の気候、Marseilles の楽しかった仲間たちとの思い出など、彼の心を振り返らせるものばかりであった。しかし、これと裏腹に叔父は国籍についてしきりにイギリス帰化を勧めている。勿論それは、イギリスではコンラッドへの兵役がないからであった。コンラッドは自分のノスタルジアと叔父の意見に迷った挙句、叔父の意見に従うことにする。

彼は1879年12月12日に Europe 号という汽船に水夫として乗船した。22才のことである。船は1862年 Newcastle で建造された676トンの鋼船で地中海航路であった。Genoa, Leghorn, Naples, Patras, Cephalonia 島, Sicilia の Messina, Palermo に寄港して1880年1月30日 London に帰港して、コンラッドも下船している。7週間の航海であったが、この間に彼は改めて普通船員の苦しさを味わったようである。この頃の London—Sydney の定期航路の普通船員の航海中の生活を描いた記事がある。

風呂も水桶も暖房もなかった。普通船員と見習士官用の便所は船首楼突端の下にありプライバシーなんてなかった。歯もたため船内食の乾パン以外は水も何もかも一切が配給だった。塩漬けの牛肉や豚肉は週4日、豆入りスープは週2日、ジャガイモは週1日…

労働時間は1日12時間、但し、緊急時間はいつでも任務に就かなくてはならない。航路が「貿易風帯」を外れると、この緊急体制は慣れっこだった。衣食住の便宜はなかった。服や防水衣や靴を乾かすものはなかった。敷居の高い入口を越えて大波が浸入して下段の寝台をズブ濡れにしても手の施しようがなかった。防水服に長靴をはいたままで水浸しのベッドで水に濡れたまま眠らなくてはならないこともしばしばだった。

(S. Y. p. 107)

これは船内生活のごく一部であるが、当時の船員、特に普通船員の生活の辛さがうかがわれる。勿論コンラッドもこうした生活を味わっていたのである。彼は Europe 号を降りると咳と発熱の為 London で治療しているが、こうした苦しさ故の過労の結果であることは容易に考えられる。また London では、金銭的にも乏しく窮屈で苦しい生活をしたようであるが、そうした精神的な不安と迷いを叔父に伝えている。その中には、船員をやめて或る鉄道会社のカナダ人の秘書になろうと真剣に考えたこともあった。また一方では、普通船員の悲惨な生活を脱けて上級士官（運転士）になろうと勉強も始めたようである。この頃になると「英語の語学力も船員としての実力も目覚ましく上達していたので、2等運転士（2等航海士に相当する——筆者注）の資格試験には合格すると彼も思っていた。彼がイギリスの地を踏んで18ヶ月たらずのことであった」(L. L. -I pp. 55-6)と G. Jean-Aubry は述べているが、1880年6月1日付で彼は見事に2等運転士の資格を獲得したのである。

この時の試験は長時間にわたり、彼にしてみると苦痛をきわめたものだったらしくて、後年、P. R. や *Chance* (1913) の中でもかなり詳しく描いている。

私はこれまで、London 港のすべての海技試験官に顔と顔をつきあわせてきたので、私の自制心の強さとそれを維持する時間には確心が持てる。試験官のうち3名は航海術を担当していた。そしてそのひとりひとりに、船員として航海した適当な日数間隔をおいて面接試験を受ける、というのが私に与えられた定めであった。最初の試験官は背が高くやせていて頭髪も口ヒゲも真白で、穏やかで善良そうな態度で、優しく知的な様子であったが、私の姿に何か悪い印象を与えるものがあって今考えざるをえない。老いてやせた両手を、脚を組んだその上に軽く置いて、物静かに基本的な質問で始まった。そしてどンドンと続いた…

彼の質問は何時間も何時間も続いた。もし私が商船界にひどい害を与える可能性のある珍しい病原菌みたいな人間だったとしたら、これ以上に細々とした試験には甘んじることはできなかったであろう。試験官が外見は優しくなので私はすっかり元気づいて、はじめのうちはてきぱきと答えていた。しかし、ついに頭の中がごちゃごちゃになってきた。それでも冷静な設問が続いたが、ほんの予備段階だというのにすでに何年もすぎたような気がした…ようやく沈黙が訪れた。するとこれがまた何年も続くかと思うくらい長かった。試験官は机の上におおいかぶさるようにして慎重に音もなくペンを走らせて私の合格書類を書いた。そしてそれを黙って私に差し出した。私が退出の会釈をすると、彼はそれに応えて重々しくあの白髪の間を傾けた…

(P. R. pp. 112-114)

## 6

この資格試験に合格したことでコンラッドは、それまで蓄積していたさまざまの悩みがふっきれたようである。そして、改めて船員になるという目的を確認したことになった。この吉報に誰よりも喜んでくれたのは叔父のタデウスである。それまで数々の言うにいわれぬ甥に対しての苦悩と苦勞にやっと報われた、という喜びの手紙を早速コンラッドに送っている。

彼が運転士として初めて乗船したのは鋼鉄帆船 Loch Etive 号(1287トン)で、London—Sydney間の羊毛運搬船であった。3等運転士としてロンドンを出帆したのは1880年8月21日のことである。喜望峰を経由して Sydneyへ向ったが、M. S. 中でこの時の様子を描いている。

あの時の船 (Loch Etive号を指す—筆者注)は Clyde造船所が前世紀70年代にどんどん建造して世に送り出していた鋼鉄羊毛帆船の中の1隻だった。造船界は景気もよく、マストの本数も多すぎる時代であった。細い船体に立つマストはなる程高かった…船長はそれまで Tweed号を指揮していた。所要日数を短縮した快速航海をすることで知られていて、船足も速かった。今度はその記録の更新を鋼鉄製のこの船へ持ちこんできたのである…気の毒に P——さん(1等運転士)はまだ若くて真面目な士官だったが、耳が不自由だった。しかし、展帆にかけては天下一品の腕前だった。

(M. S. pp. 38-9)

この航海で2等運転士が病気で倒れたためコンラッドが代理を引き受けて無事任務を果たしたというエピソードがある。また、1923年12月24日付の *Daily Mail* 紙に *Christmas Day of Sea* と題した投稿があるが、この時の航海中の回想だと言われる。

1881年4月25日に8ヶ月間の航海を終えて Londonで下船したが、それから1ヶ月後の6月5日に Downs (Dover海峡に面した Deal 沖の錨地)で Annie Frost号(Anna Frost号)という1236トンの帆船に3等運転士として乗組んだ。彼が乗船した日に Le Havreまで曳航されて行き荷揚げを完了した。6月11日に Cochin Chinaへ向けて出帆しようとした時ドックに激突して修理することになった。この事故でコンラッドは負傷したため航海を断念して Londonで入院する結果になったという。この船は修理後 Cochin China への航海を予定通り済ませて帰航中の1882年9月3日に大西洋で沈没したので、コンラッドは負傷のおかげで命拾いをしたことになる。

この頃、ポーランドの叔父はしきりにコンラッドに会いたがって手紙を書いたが、ある目的のため多額の資金を作りたいし、陸では危険が多い、という理由をつけてコンラッドは「今年はお会いできません」と伝えている。叔父の側では、長らく会わない甥との出会いができないことでの失望感はあるが、逆に甥がようやく独立しようとする自覚が見えたとする喜びの方が大きかった。彼の負傷の報せにはひどく同情して10ポンドの見舞金を送っている。

しかし、彼の Anna Frost号乗船については疑問の点がある、とする説がある。

…ここに謎がある。Anna Frost号と似た船名登録された船があった。それは Annie Frost号という名で、7月31日 Londonを出帆して世界一周航海に臨んでいる。コンラッドはこの船の乗員名簿には記載されていないばかりか、(彼が乗船していたと言われる期間中に)衝突事故もない。それで、彼は金策に窮して叔父を欺す計画をしたと考えらる…この逸話には奇妙な後日談がある。それは、現実はこの船は坐礁したのである。しかし、それは彼の話の1年以上も後のことで、船がイギリス近くまで帰っていた時のことである…

(C. B. p. 69)

確かに叔父はコンラッドが前の船主 Sutherland の事業に投資していたことは知っていた様子から考えると、10ポンドの見舞金は、叔父が彼の窮状を見越した上での送金であったとも考えられる。しかし、この事業は Sutherland の死と共に消滅してしまい、再びコンラッドは金銭に苦しむことになる。

## 7

その後の深刻な職探しの末、1881年9月19日にやっと乗船できた。帆船 Palestine号の2等運転士の仕事であった。彼が叔父に報告して叔父からの返事がある。

おまえがやっと職にありついたこと、現在乗船していること、まったくありがたいことだ。また、おまえが元気をだして頑張っていることを知らせてくれてありがとう。おまえは今度の仕事にあまり満足していないように思われるが、それは今度の「パーク型帆船」がおまえの自尊心に触れるからなのか。次に月給4ポンドは酷である、おまえの小遣い銭には。最後に、今度の船長さんは単なる「生き物」としか見えぬようだが、おかげでこっちは、船長さんが哀れな知性の持ち主としか想像できない……

(C. B. p. 70)

Palestine号は1857年にSunderlandで建造されたというから、Conradが乗船した時は既に24年の船令を持つ425トンの木造パーク型の老朽帆船であった。船長のE. BeardはColchester出身の57才になる老人であったが、丁度コンラッドが初の2等運転士の仕事につくのと同様に、彼も初めての船長職を担当した。

コンラッドは、船名こそJudea号に変えてはいるが、船長も1等運転士も実名のまま登場させた短篇Youth(1902)を発表して、この船とその航海の模様を見事に描いている。

Palestine号は1881年9月21日にLondonからNewcastleへ石炭を積むために出港したが、途中でGravesendに寄港、さらにその後、北海の大シケに遭ってNorth Shieldsに10月20日に避難して、目的地のTyne河岸のNewcastleまでは相当な日数がかかっている。石炭の積荷を済ませてNewcastleを11月29日に出港してBangkokへと向った。しかし「英国海峡の入口にさしかかると、次々と襲ってくる強風で帆を失ない、12月24日には水漏れまで生じて、乗組員たちはこれ以上航海を続けることを拒否した為、Falmouthに入港」(C. B. pp. 70-1)して徹底的な修理のため、実に9ヶ月もの日数がかかったという。

恐ろしいことだった。まったく命がけでポンプで排水作業をするよりも(長時間の船渠ぐらしの方が)ひどかったよ。俺たちは世間から忘れられ、持ち主もいなくなり、行先がなくなったみたいなものだったんだ。魔法にかけられたようにあの内港でいつまでも暮らさなきゃならなかったのだ。しかも、波止場のゴロッキや、よこしまな船頭連中から何代にもわたって哄笑いの的にすることになってだ。

俺は3ヶ月分の給料と5日間の公暇を貰ってLondonめがけて突っ走った。行くのに1日、船までまた戻ってくるのにもう1日たっぷりかかった——でも3ヶ月分の給料は貰う前と同じで一文無しだったよ。今考えてみてもあの金を何に使ったのかわからぬ。音楽を聞きに行ってから、Regent Streetのしゃれた食堂で昼食、夕食、夜食を食べて時間通りに帰ってきたのだが、持ち帰ったものはByron(1788-1824)の全集と新品の旅行用ヒザ掛けだけだった。3ヶ月分の給料があった証拠はこんなものだけだった。

(Youth p. 16)

*Palestine* 号は 1882年9月17日に再び石炭を積みなおして *Bangkok* へ向けて出帆した。 *Youth* の中の *Judea* 号が *Palestine* 号であることを裏付ける記録は 1883年4月3日付の *Singapore* で発行された公文書に見られる。

乗組員総員 13 名で *Falmouth* 港を出帆して *Bangkok* への航海を始めた。絶え間なく吹く気まぐれ風の怠屈な航海で平穩であったが、3月11日正午、パラフィン・オイルに似た強い臭気が認められた。船位は南緯 2度 36分、東経 105度 45分の *Banka* 海峡にさしかかった地点であった。翌日、左舷メインハッチの石炭から煙が発生しているのが発見された。放水で煙の勢いは鎮まった…13日、約4トンの石炭を船外に捨てて、更に船倉に注水した。14日、当て木で締めずにハッチをしていたため爆発し、甲板は後部甲板までも吹き飛んだ。短艇を配置した。 *Palestine* 号の進路は *Sumatra* の海岸に向いていた。同日午後3時頃、汽船 *Somerset* 号が遭難信号を頼りに救助の為に到着、接舷。同日午後6時頃、同船は *Palestine* 号の曳航開始。火勢が大きくなって来る…午後11時頃、曳航索を切断する。 *Palestine* 号は炎の塊となり乗員は3隻の短艇に分乗…

(S. Y. p. 158)

翌3月15日午前8時30分、 *Palestine* 号の残骸をあとにして3艇は *Singapore* から約250マイル離れた *Muntok* 港にたどりついた。この時にコンラッドは長年あこがれていた「東洋」にやってきたのであった。

彼らは1週間後に *Singapore* に到着し、コンラッドは1ヶ月後に *London* へ別の船便で帰っている。 *Palestine* 号の事故は彼にとっては2度目の大きな遭難となったが、この時の航海は彼にとっては特に親しみのある忘れがたい思い出となっているようである。 *Youth* の中でも、そうした暖かい気持がうかがわれる箇所がある。例えば、 *Beard* 船長夫人が主人公のシャツの繕いをする場面で「そういうところは俺がそれまで一流の快速船に乗って知っている船長夫人とはひと味違うんだ」(p. 7)と言って気さくで庶民的でくつろいだ気分を見せる。また、何度目かに修理のため *Falmouth* へ戻るといふ不名誉に、船長たちが稍然としているとき、主人公は「ますますこの船が好きになり *Bangkok* へ行きたくてたまらなくなつた。 *Bangkok*! うっとりする名前じゃないか。ありがたい名前だぞ。 *Mesopotamia* だってこいつとは比べものになりはしない。いいか。俺は20才だったのだぞ。2等運転士としての初仕事さ。東洋が俺を待ってたんだよ。」(p. 15)主人公、否、コンラッドの心意気ははっきりと表われている。

*London* へ戻るまでの *Singapore* での1ヶ月は東洋の魅力にとりつかれたコンラッドには素晴らしい滞在となったようである。このあと何度か彼はこの地方を訪れることになるが、おそらく、後年の *Almayer's Folly* (1895) はじめ、この地方を舞台にした彼の多くの作品を考えると、素材をこの地に求めた主な動機はまさにこの *Singapore* の1ヶ月の滞在中に芽生えたものとも言える。 *J. Baines* が「もし彼が1等運転士の受験を考えていなかったらヨーロッパへ戻ってはいなかったとも考えられる」(C. B. p. 74)と述べているのも肯づける。

ともあれ、コンラッドはこの遭難事件を機にして、更に船員になる意志が固まってきたのである。

## 《本文中の省略説明》

- S. Y. : *The Sea Years of Joseph Conrad*  
 L. L. -1 : *Joseph Conrad Life and Letters* Vol. 1  
 L. L. -2 : *Joseph Conrad Life and Letters* Vol. 2  
 C. B. : *Joseph Conrad A Critical Biography*  
 M. S. : *The Mirror of the Sea — Memories and Impressions*  
 P. R. : *A Personal Record*  
 Chance : *Chance — A tale in Two Parts*  
 A. G. : *The Arrow of Gold — A story between Two Notes*  
 N. L. L. : *Notes on Life and Letters*

## 参 考 文 献

- 1) Jerry Allen: *The Sea Years of Joseph Conrad*, Methuen & Co., Ltd., London, 1967.
- 2) G. Jean-Aubry: *Joseph Conrad Life and Letters*, Vols. 1 & 2, Doubleday, Page & Co., New York, 1927.
- 3) Jocelyn Baines: *Joseph Conrad A Critical Biography*, Weidenfeld and Nicolson, Lowe & Brydone Ltd., London, 1967.
- 4) Joseph Conrad: *Notes on Life and Letters*, J. M. Dent & Sons Ltd., London, 1949.
- 5) Joseph Conrad: *Youth: A Narrative, Heart of Darkness, The End of the Tether*, Everyman's Library, Dent., London, 1971.
- 6) Joseph Conrad: *The Arrow of Gold*, J. M. Dent & Sons Ltd., London, 1965.
- 7) Joseph Conrad: *The Mirror of the Sea, A Personal Record*, J. M. Dent & Sons Ltd., London, 1960.

(昭和57年10月15日受付)

# Oral Introduction に関する一考察

(英語教育) 川 尻 武 信

## A Study of Oral Introduction

Takenobu KAWAJIRI

This paper is a discussion of Oral Introduction. The first section considers its purposes and classification. In the second section its advantages and disadvantages are indicated. The final section makes some suggestions about the proper use of this technique in the classroom.

### はじめに

納谷(1969:108)によると, **oral introduction** (以下口頭導入とする) は全学習者の目を教授者に集中させて新教材を導入するためにどうしても採らねばならない技術であり, 授業の成否はこの最初の数分間にかかっている。このように重要な指導技術である口頭導入について考察したのが本論である。

### § 1. 口頭導入とは

口頭導入とは, 導入段階において学習者に教科書を閉じさせたまま新教材の内容や新出語い・文型を口頭で聞かせそれらを理解させることであると言える。この指導技術の前提として次のことが言える。導入が口頭で行われることは, 英語学習において音声言語を基底に置いており, 教授者によって口頭導入が行われるということは, 文字に頼りがちな学習者にスタートから音声言語の学習にまわらねらいがある。

口頭導入は大きく分けて2つになる。一つは, **Oral Method** における口頭導入であり, もう一つは, **Oral Approach** における口頭導入である。前者は, 読解の前に既習の易しい目標言語を使用して口頭で新教材の内容を説明するものであり, 後者は, 新教材における新出の語い・文型のみを重点的に導入するものである。

**Oral Method** における口頭導入に対する批判として, 山家(1963:12-16)は, 対象が優秀な学習者でないとい口頭導入を行うのが極めて困難であると指摘している。また, 山家(1972:169-187)は, 意味中心となり形態や構造に余り注意を払わない結果構造の全く異なった種々雑多な目標言語が導入されて学習者に難しいことばを使用することもあると説いている。一方, 佐藤(1974:27-29)は, 中学も上級になると物語のレッスンは, **Oral Method** における口頭導入のほうがまとまった内容を聞かせる点で聞き取りの練習には効果的であると言う。

### § 2. 口頭導入の意義と問題点

口頭導入の意義として, 渡辺(1970:52-55)は,

- ① 新教材が文脈の中でとらえられ「意味」と「機能」が同時に把握できる,
- ② 音声の流れ(音声言語)の実態に対する認識をもたせられる,
- ③ ことばを理解する上での推理力, 洞察力を訓練することができる,

- ④ Recognition の段階で日本語の仲介なしに意味との結合ができる,
  - ⑤ 逐語訳がさけられ, 意味が日本語で記憶されることがさけられる,
  - ⑥ 授業の流れの中で, 真の **aural perception, comprehension** の機会である,
  - ⑦ 音声言語を理解できるという喜びと自信 (生きたことばとして新鮮味のある) を持たせることができる,
- など, 13点を挙げている。

また, 佐藤(1974:27-29)は, 口頭導入の意義として, 授業の中で聞き取りの技能を養うのに最も適した作業であること, 精読作業において欠くべからざる作業であること, 学習者への動機づけになることなどを述べており, 伊部(1978:12-14)は, ①英語の音に馴れさせる, ②直聞直解の訓練, ③直読直解への橋渡し, ④口頭による問答の訓練, を挙げている。

上述したような意義に対して, 若林(1974:37-39)は, 以下のような異議を唱えている。佐藤(1974)に反論し, 聞き取りの技能を養うのに最適なものである点に関しては, 教授者の不完全な外国語を聞かせるよりラジオ, テレビなどを利用したほうがよい。学習者への動機づけや精読作業において欠くべからざる作業である点に対して, 読む前に内容をかみくだいて聞かせることは読むことの楽しさを著しく損う。

このほかに, 羽鳥(1970:47)は, 新出語を導入する際, 実物や絵やあるいは, 言い換えなどで説明するわけであるがどうしても日本語がはいり込んでしまうと言う。これは, 母国語習得と異なり, 多くの事例から語の意味を次第に理解していくのではなく2~3の例から意味を考えていくからであるとしている。

以上のように, 口頭導入の意義として聞き取る力の養成, 直聞直解の訓練, 学習者への動機づけなどがあるが, それぞれの意義はそれぞれの問題点を持っていると言えよう。

### § 3. 口頭導入を活用する際の留意点

口頭導入を活用する際に留意すべき点を伊部(1978:12-14)は次の7つの観点から述べている。

- ① 雰囲気づくり
- ② 生徒の態度の養成
- ③ 使う英語と教授者の準備
- ④ 時間配当
- ⑤ 補助事物の利用
- ⑥ 質問の仕方
- ⑦ 答えさせ方

以下, これらの項目に沿って留意点を述べる。まず, 雰囲気づくりに関して, 伊部(1978)は, 教授者が常に **oral work** を多く用いて学習者がそれに馴れるようにする必要があると言う。口頭導入は, 授業全体の流れの一部であり, その流れにそったものにするためには教授者は平素から **oral work** を出来る限り行う必要がある。雰囲気づくりは2番目の項目の生徒の態度の養成と関連しており, 教授者の **oral work** への強い情熱は学習者に伝わり, 口頭導入への心構えが出来るようになる。学習者の期待を裏切らないだけの口頭導入を準備することも大切なことである。

次に, 使う英語と教授者の準備に関して, 使用する英語は, 大部分が既出であり, その中に上手に新しい言語材料を入れることになる。そのためには, 明確な場面を設定し, 既習の語い・文型をうまく使用する必要がある。教授者が話すことばの速度について, 伊部(1978)は, 母国語話者の発話速度に近いことが理想であるが, 一般には教授者にとっての **natural speed** に近づけるよう努力すべきであるとしている。山家(1972:177)も音調・強勢などを正確にするためにいわゆる **normal speed** で発音して聞かせる必要があり, 学習者が理解しにくいときには音調・強勢などをくずさないように

多少スピードを落すべきであると述べている。

時間配当に関して、伊部(1978)は10分から15分位とし、田崎(1969:39)は15分程度で20分はやや多すぎると指摘している。羽鳥(1970:50)は、学習者が音声に注意を集中できるのは15分位であるから口頭導入と英問英答を合わせてせいぜい20分位であると考えている。

補助事物の利用とは、絵や実物を示すことや動作で示すことを意味している。これらの補助事物により、場面が明確になり日本語の介入は少なくなる。効果的な口頭導入にするために、補助事物の活用が必要な場合は少なくない。

最後に、質問の仕方と答えさせ方に関して、田崎(1969:36)は、口頭導入のねらいが学習者に *recognition* の力をつけることだからなるべく学習者の参加によらないことが理想であり、学習者に変化をもたせるために質問したり、動作をさせることがあるとし、口頭導入の大部分が英問英答になると聞く態度の形成という目的から外れると述べている。また羽鳥(1970:50)は、この段階の英問英答は簡単に *yes*, *no* で答えられるものとして、完全文での応答は期待しないほうがよいと言う。学習者の理解度を測るための英問英答は出来る限り簡潔にすませるほうがよい。

### おわりに

口頭導入の重要性はよく言われるが継続的に活用することは大変骨が折れることである。英語でやれるところはなるべく英語を使おうとする姿勢やできるだけ多くの英語を聞かせようとする姿勢が口頭導入を日常化する原動力であろう。

### 参 考 文 献

1. 羽鳥博愛編(1970)『英語学習の心理』(講座・英語教授法第10巻)研究社.
2. 伊部哲(1978)「オーラル・イントロダクションの技術」『英語教育』大修館, 1月号, 12-14.
3. 納谷友一編(1969)『授業の進め方』(講座・英語教授法第1巻)研究社.
4. 佐藤秀志(1974)「中学・高校における Oral introduction - Recognition の重要性再考-」『英語教育』大修館, 3月号, 27-29.
5. 田崎清忠(1969)『英語教育技術』大修館.
6. 若林俊輔(1974)「Oral Introduction 再考 - 佐藤論文に異議あり - 」『英語教育』大修館, 5月号, 37-39.
7. 渡辺益好(1970)「Oral Presentation と Defining Sentences」『英語展望』ELEC, No. 29, Spring, 52-55.
8. 山家保(1963)「新教材の導入・展開」ELEC BULLETIN No. 9, Nov., 12-16.
9. 山家保(1972)『実践英語教育』ELEC.

(昭和57年10月15日受付)

# Poisson 方程式の近似解のための一手法

(数 学) 今 井 勲  
(徳島大学) 富 田 豊

## A Method for Numerical Solution of Poisson's Equations

Kure Technical College Isao IMAI  
Tokushima University Yutaka TOMITA

This paper deals with a method for the numerical solution of  $\nabla^2 u = p$ . Applying the boundary element method, it is necessary to evaluate the integral of  $f$  over the domain  $\Omega$ , where the  $f$  is the product of the  $p$  and the fundamental solution of the potential equation.

Now, formulae derived from using iterated integrals are proposed to evaluate, instead of the Gaussian quadrature.

### 1. はじめに

偏微分方程式を近似的に解くにあたっては差分法及び有限要素法が広く用いられている。確かに、これらは共に強力な手法と云えるが、これらだけですべてこと足りて十分であるとする事は出来ない。例えば、差分法に於ては、一般に境界付近で一定の近似では納まらなくなり、さらに境界条件、特に導関数を含む近似式を構成する問題は困難に陥りやすい。また、有限要素法に於ては入力 of 煩雑さに加え、大きなマトリックスを扱うために生ずる計算コストの問題が起ってくる。

これらの問題点に対する一つの効果的な解析法として注目されはじめたのが境界要素法である。これは支配微分方程式を境界上での積分方程式に変換し、さらにこれを離散化することにより代数方程式に変換して解を求める近似解法である。

しかし、この手法も同次問題に対してはその特長を発揮するが、非同次の場合は取扱いが少々複雑になる。それは領域での積分項が加わるため、一般にはその領域を細分して Gauss - 積分公式が適用される。しかし、そのとき積分の精度確保のためにはどれ位の細分個数が必要なのか明らかでないし、さらにその個数を取り違えらると思わぬ計算量となり、境界要素法の特長も薄れて来ることになる。

そこで、この問題に対する一つの解決法として、2次元の Poisson 方程式を解く場合に於て、その取扱い法について考察してみる。

### 2. 問題の記述

領域  $\Omega$  内で

$$\nabla^2 u - p = 0 \dots\dots\dots (1)$$

を満足する関数  $u$  について考察する。境界条件として、次のように仮定する。

$$\left. \begin{array}{l} \text{基本境界条件: } u = \bar{u} \quad (\Gamma_f \text{ 上で}) \\ \text{自然境界条件: } \frac{\partial u}{\partial n} = \bar{q} \quad (\Gamma_v \text{ 上で}) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、境界全体  $\Gamma = \Gamma_f + \Gamma_v$

この方程式系は重みつき残差表示として、次のように書くことができる<sup>1)</sup>

$$\iint_{\Omega} (\nabla^2 u - p) u^* d\Omega = \int_{\Gamma_v} \left( \frac{\partial u}{\partial n} - \bar{q} \right) u^* d\Gamma - \int_{\Gamma_f} (u - \bar{u}) \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma \dots (3)$$

一方、 $u, u^*$  に対して Green の公式は次のように表わすことができる。

$$\iint_{\Omega} (u \nabla^2 u^* - u^* \nabla^2 u) d\Omega = \int_{\Gamma} \left( u \frac{\partial u^*}{\partial n} - u^* \frac{\partial u}{\partial n} \right) d\Gamma \dots (4)$$

式(3), (4)より次式を得る。

$$-\iint_{\Omega} p u^* d\Omega + \iint_{\Omega} u \nabla^2 u^* d\Omega = -\int_{\Gamma_v} \bar{q} u^* d\Gamma - \int_{\Gamma_f} \frac{\partial u}{\partial n} u^* d\Gamma + \int_{\Gamma_v} u \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma + \int_{\Gamma_f} \bar{u} \frac{\partial u^*}{\partial n} d\Gamma \dots (5)$$

ここで

$$u^* = \frac{1}{2\pi} \log \left( \frac{1}{r} \right) \quad (r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}) \dots (6)$$

とおけば、これは次の微分方程式の解である<sup>2)</sup>。

$$\nabla^2 u^* + \delta(x-x_0, y-y_0) = 0 \dots (7)$$

ただし、 $\delta(\cdot, \cdot)$  は Dirac の  $\delta$ -関数である。式(7)より次式を得る。

$$\iint_{\Omega} u (\nabla^2 u^*) d\Omega = -u^i \dots (8)$$

式(5), (8)より 領域  $\Omega$  内の点  $i$  に対して

$$u^i + \iint_{\Omega} p u^* d\Omega + \int_{\Gamma} u q^* d\Gamma = \int_{\Gamma} q u^* d\Gamma \dots (9)$$

が成立する。ただし、 $q^* = \frac{\partial u^*}{\partial n}$ ,  $q = \frac{\partial u}{\partial n}$  とする。

また、なめらかな境界上の点  $i$  に対しては、式(9)は次のように表わされる。

$$\frac{1}{2} u^i + \iint_{\Omega} p u^* d\Omega + \int_{\Gamma} u q^* d\Gamma = \int_{\Gamma} q u^* d\Gamma \dots (10)$$

境界が  $n$  個の線分(要素)に分割されており、 $u$  と  $q$  がそれぞれ各要素内で一定であるとして離散化すれば

$$\frac{1}{2} u^i + \iint_{\Omega} p u^* d\Omega + \sum_{j=1}^n u_j \int_{\Gamma_j} q^* d\Gamma = \sum_{j=1}^n q_j \int_{\Gamma_j} u^* d\Gamma \dots (11)$$

すなわち

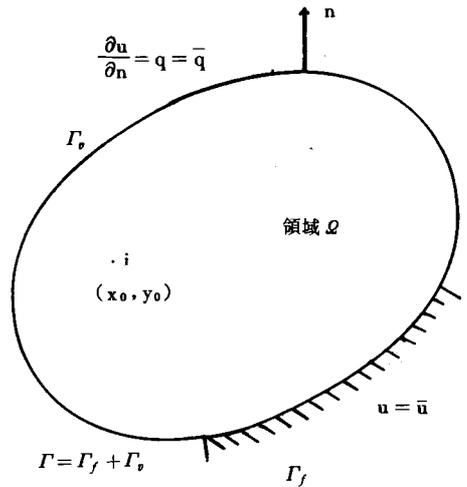


図1 使用する記号

$$\frac{1}{2} u^i + S_i + \sum_{j=1}^n H_{ij} u_j = \sum_{j=1}^n G_{ij} q_j \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (12)$$

を得る。連立方程式(12)の解が求まれば領域内の  $u$  の値は、式(9)を離散化して得られる次式により求めることができる。

$$u^i = \sum_{j=1}^n G_{ij} q_j - \sum_{j=1}^n H_{ij} u_j - S_i \quad \dots\dots\dots (13)$$

3. 積分項  $S_i$  の計算

領域  $\Omega$  および点  $(x_0, y_0)$  が図 2 (a) に示すように与えられているとする。この領域を例えば図 2 (b) のように三角形領域に分割すれば

$$S_i = \frac{p}{2\pi} \iint_{\Omega} \log\left(\frac{1}{r}\right) d\Omega \quad \dots\dots\dots (14)$$

は次の 2 種類の型の積分の和として表わされる。

[1] ①, ②での積分： この場合は点  $(x_0, y_0)$  は三角形領域 (積分領域) の外部にあり通常の積分である。

[2] ③, ④, ⑤, ⑥での積分： この場合  $(x_0, y_0)$  は三角形領域の一頂点に一致しており、特異積分となる。

以上、2 種類の積分を計算するために、まず図 3 に於て、三角形領域  $\Delta$  を変換

$$\begin{bmatrix} x - x_3 \\ y - y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 - x_3 & x_2 - x_3 \\ y_1 - y_3 & y_2 - y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (15)$$

により  $\xi - \eta$  平面上の直角二等辺三角形領域  $D$  に写像する。 $\Delta$  での積分は次のように  $D$  での積分で表わされる。

$$\begin{aligned} S &= \frac{p}{2\pi} \iint_{\Delta} \log\left(\frac{1}{r}\right) d\Omega \\ &= -\frac{p}{4\pi} \iint_{\Delta} \log\left\{ (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 \right\} d\Omega \\ &= -\frac{p}{4\pi} \iint_D \log\left\{ (X_1\xi + X_2\eta + X_3)^2 + (Y_1\xi + Y_2\eta + Y_3)^2 \right\} |J| dD \quad \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{cases} x_1 - x_3 = X_1, & y_1 - y_3 = Y_1 \\ x_2 - x_3 = X_2, & y_2 - y_3 = Y_2 \\ x_3 - x_0 = X_3, & y_3 - y_0 = Y_3 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$J = \frac{\partial(x, y)}{\partial(\xi, \eta)} = X_1 Y_2 - X_2 Y_1 \quad \dots\dots\dots (18)$$

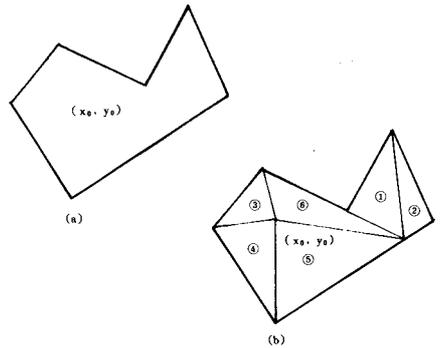


図 2 (a) 領域  $\Omega$  と点  $(x_0, y_0)$  の位置 (b) 領域  $\Omega$  の分割

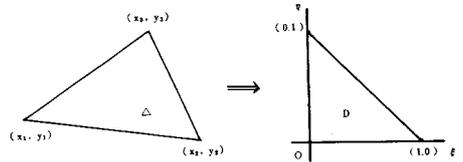


図 3 領域の対応

とする。

[1] 点  $(x_0, y_0)$  が三角形  $\triangle$  の外部にある場合

$$\int \log(z^2 + c^2) dz = z \log(z^2 + c^2) - 2z + 2c \cdot \text{Tan}^{-1}\left(\frac{z}{c}\right) \dots\dots\dots (19)$$

を用いて、式(16)を計算すれば次のようになる。

$$S = -\frac{p}{4\pi} |J| \int_0^1 \int_0^{1-\eta} \log \left\{ (X_1\xi + X_2\eta + X_3)^2 + (Y_1\xi + Y_2\eta + Y_3)^2 \right\} d\xi d\eta \dots\dots\dots (20)$$

$$= -\frac{p}{4\pi} |F| \left[ \frac{1}{X_1^2 + Y_1^2} \left\{ K(A, B, G, F) - K(R, T, G, F) \right\} - \frac{1}{2} \log(X_1^2 + Y_1^2) - 1 \right] \dots\dots (21)$$

ただし、 $K(a, b, g, f)$

$$= \log \left\{ (a-b)^2 + (g+f)^2 \right\} \begin{cases} \frac{1}{b^2+f^2} \left\{ \frac{b}{2}(a^2+g^2) - a(ab-gf) + (a-\frac{b}{2})(b^2+f^2) \right\} \\ 0 \quad (a=b \text{ and } g+f=0 \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$- \log(a^2+g^2) \begin{cases} \frac{1}{b^2+f^2} \left\{ \frac{b}{2}(a^2+g^2) - a(ab-gf) \right\} \\ 0 \quad (a=g=0 \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$+ \left(\frac{b}{2} - a\right)$$

$$+ 2\left(g + \frac{f}{2}\right) \cdot \begin{cases} \text{Tan}^{-1}\left(\frac{a-b}{g+f}\right) \\ \text{Tan}^{-1}\left(\frac{a}{g}\right) \quad (a=b \text{ and } g+f=0 \text{ のとき}) \end{cases}$$

$$+ \begin{cases} \frac{1}{b^2+f^2} \cdot \frac{af+bg}{|af+bg|} \cdot \left\{ (a^2-g^2)f + 2abg \right\} \left\{ \text{Tan}^{-1} \frac{b^2+f^2-(ab-gf)}{|af+bg|} + \text{Tan}^{-1} \frac{ab-gf}{|af+bg|} \right\} \\ 0 \quad (af+bg=0 \text{ のとき}) \dots\dots\dots (22) \end{cases}$$

$$\begin{cases} A = X_1^2 + Y_1^2 + X_1 X_3 + Y_1 Y_3 \\ B = X_1^2 + Y_1^2 - X_1 X_2 - Y_1 Y_2 \\ F = X_1 Y_2 - Y_1 X_2 \end{cases} \quad \begin{cases} G = X_1 Y_3 - Y_1 X_3 \\ R = X_1 X_3 + Y_1 Y_3 \\ T = -(X_1 X_2 + Y_1 Y_2) \end{cases} \dots\dots\dots (23)$$

[2] 点  $(x_0, y_0)$  が点  $(x_3, y_3)$  と一致する場合

先にも述べたように、この場合は特異積分<sup>3)</sup>となるが [1] と同様に計算し、その極限值を求めれば次のようになる。

$$S = -\frac{p}{4\pi} |F| \cdot \frac{1}{X_1^2 + Y_1^2} \left[ -\frac{A^2 B}{2(B^2 + F^2)} \cdot \log \frac{(A-B)^2 + F^2}{A^2} \right.$$

$$+ \left(A - \frac{B}{2}\right) \cdot \log \left\{ (A-B)^2 + F^2 \right\} + \frac{T}{2} \cdot \log(T^2 + F^2) + F \cdot \left( \text{Tan}^{-1} \frac{A-B}{F} + \text{Tan}^{-1} \frac{T}{F} \right)$$

$$+ \left(\frac{B}{2} - \frac{T}{2} - A\right)$$

$$\begin{aligned}
 & + A \cdot \frac{|AF|}{B^2+F^2} \left( \text{Tan}^{-1} \frac{(B^2+F^2-AB)}{|AF|} + \text{Tan}^{-1} \frac{AB}{|AF|} \right) \\
 & + \frac{P}{4\pi} |F| \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{2} \log (X_1^2 + Y_1^2) \right\} \dots\dots\dots (24)
 \end{aligned}$$

式(21)~(24)をそれぞれの場合に適用し、加え合わせれば積分項 \$S\_i\$ が得られる。

4. 具体例

以上説明した手法を、ここで具体的問題に適用してみる。

例題 1. 図 4 (a)は厚肉管の横断面図である。\$u\$ は内側の境界上では 1 に等しく、外側の境界上では 0、横断面内では

$$\nabla^2 u + 2 = 0 \dots\dots\dots (25)$$

を満たすものとする。これを、外側境界を 96 要素に、内側境界を 48 要素に分割して、ここでの手法すなわち累次積分による公式を用いた境界要素法により解いた結果が図 4 (b)である。( )内の数値は残差が \$\pm 0.002\$ 以内まで正確な数値解である<sup>4)</sup>。

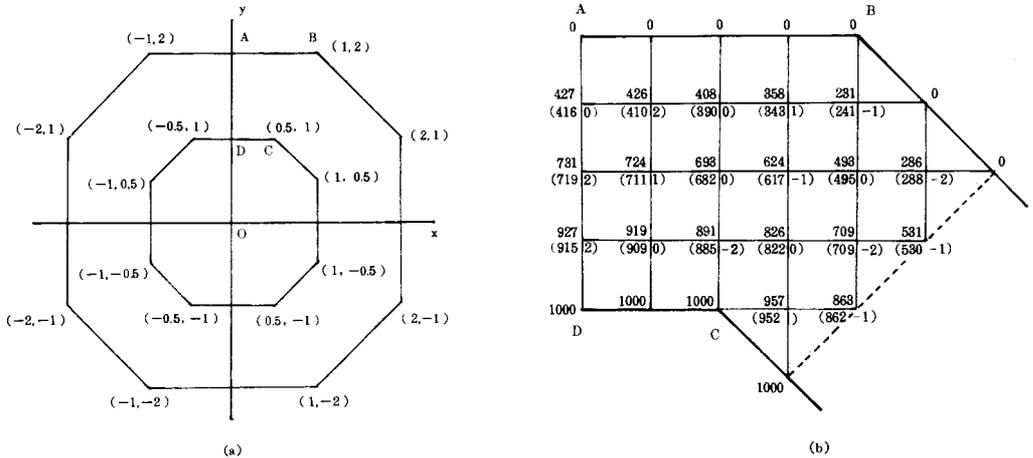


図 4 (a) 厚肉管の横断面図  
(b) 数値計算結果 (0.001 を単位とした)

例題 2. 領域 \$Q = \{(x, y) \mid 0 < x, y < 1\}\$ であり、境界 \$\Gamma\$ はその正方形の 4 辺とする。このとき、

$$\begin{cases} \nabla^2 u + 1 = 0 & (Q \text{ 内で}) \\ u = 0 & (\Gamma \text{ 上で}) \end{cases} \dots\dots\dots (26)$$

を満たす \$u\$ を求める<sup>5)</sup>。

この問題に対して、有限要素法、累次積分による公式を用いた境界要素法および Gauss - 積分公式を用いた境界要素法の 3 手法を次に示す仮定の下で適用した。そしてこれら各手法により求めた \$x = y = 0.5\$ における近似解 \$\hat{u}(0.5, 0.5)\$ および CPU time を表 1 に示した。

(1) 有限要素法の場合

領域  $\Omega$  に対して図 5 (a), (b) のような  $2m^2$  個の直角二等辺三角形での分割を考える。そして各要素内における  $u$  の近似関数は  $x, y$  の 1 次式とする。

(2) 累次積分による公式を用いた境界要素法の場合

図 6 に示すように境界を 20 個の同じ長さの線分に分割する。

(3) Gauss-積分公式を用いた境界要素法の場合

境界要素は (2) に同じとし、積分項の計算のために領域  $\Omega$  を縦横各 10 等分して得られる  $10 \times 10$  個の小正方形の各々に 4 点 Gauss-積分公式を用いる。

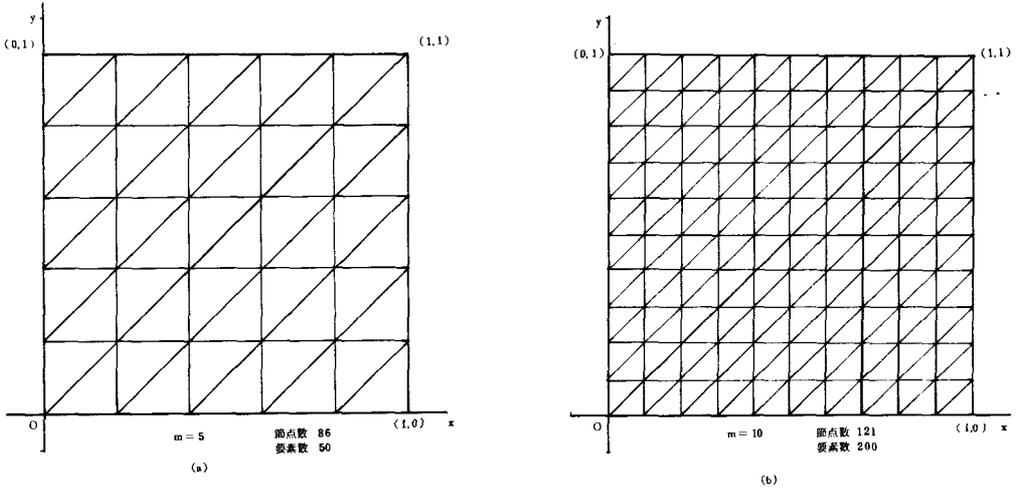


図 5 (a), (b) 有限要素法のための領域分割

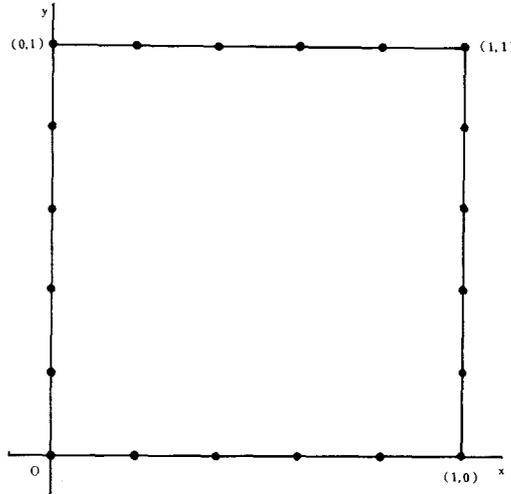


図 6 境界要素

表1 各手法による解の精度および CPU time の比較

	$\hat{u}(0.5, 0.5)$	CPU time
(1) 有限要素法	$m = 5$	2分20秒
	$m = 10$	84分
(2) 累次積分による公式を用いた境界要素法	0.07383	2分45秒
(3) 4点 Gauss-積分公式を用いた境界要素法	0.07384	26分
$u_{\text{exact}}^{\text{⑤}}$	0.07367	

## 5. むすび

以上 Poisson 方程式を解くための一手法として累次積分による公式を用いる境界要素法について述べたが、その特長は  $p$  が一定の場合顕著に表われる。 $p$  が一定でない場合は試行錯誤的に領域  $\Omega$  を  $\Omega = \cup \Omega_i$  に分割し、閉領域  $\bar{\Omega}_i$  における  $R_i = \max_{\bar{\Omega}_i} p - \min_{\bar{\Omega}_i} p$  を計算し  $R_i \cdot \log r$  の積分にここでの手法を用いると積分項を評価することが出来る。しかし、これで十分であると判断出来るためには積分項の解の精度へ及ぼす影響について明らかにされなければならない。今後、このことについて調べてみたい。

なお、ここでの数値計算には H. P. System 35 を用いた。

## 参 考 文 献

- 1) C. A. Brebbia (神谷, 田中, 田中共訳) : 境界要素法入門, 培風館, (昭55)
- 2) 加藤義夫 : 偏微分方程式, サイエンス社, (昭50)
- 3) 酒井栄一 : 微分・積分 (下), 筑摩書房, (昭47)
- 4) C. D. Smith (藤川訳) : 偏微分方程式の解法, サイエンス社, (昭46)
- 5) 菊地文雄 : 有限要素法概説, サイエンス社, (昭55)

(昭和57年10月15日受付)

# 対数螺線接合カムの研究（第2報）

## — 揺動従動節 —

（機械工学科） 糸 島 寛 典

### Studies on the Connective Logarithmic Spiral Cam (2nd Report) — Oscillating Follower —

Hironori ITOSHIMA

In 1st report, the motion of the reciprocating follower with a circular arc in the connective logarithmic spiral cam were discussed.

In this report, the motion of the oscillating follower with a circular arc is analysed. The maximum angular acceleration of the follower, the pressure angle and the specific sliding are discussed.

If a circular arc and the two involute curves are connected the two logarithmic spirals along the cam profile, the maximum angular acceleration of the follower can be decreased.

When an oscillating angle of the follower and the rotating angle of the cam are specified, the design of the best cam can be decided.

#### § 1 緒 言

前報<sup>1)</sup>において往復従動節をもつ対数螺線接合カムにおける運動、押進め角、滑り率を特に加速度を主に論じた。

本研究では対数螺線接合カムを円弧あるいはローラ揺動従動節を用いた場合の揺動節の運動特に角加速度と押進め角と滑り率について解析し、最大の角加速度、押進め角、滑り率を指定して最良のカムと従動節の設計を行う。

#### § 2 記 号

$a$ : 対数螺線の $x$ 軸方向の寸法	$l$ : カムの高さ
$b$ : 対数螺線の $y$ 軸方向の寸法	$\Psi$ : 従動節の揺動角
$R_0$ : カムの基礎円半径	$\phi$ : 押進め角
$\rho_T$ : カムの輪郭の曲率半径	$d$ : 軸間距離
$u$ : インボリュート曲線の基礎円半径	$l$ : 円弧従動節の長さ
$\Sigma$ : カムの行程の作用角	$r$ : 従動節の円弧半径
$\alpha, \beta, \gamma, \tau_1, \tau_2$ : カムの各作用角	$r_g$ : 第2インボリュートの基礎円半径
$\varepsilon$ : カムの輪郭のパラメーター	$\theta$ : カムの角変位
$\varphi_0$ : 従動節の始点の角変位	$\omega$ : カムの角速度
$\theta_d$ : 上昇点における停留角	$\sigma_1, \sigma_2$ : カムと従動節の滑り率
$\theta_e$ : 下降点における停留角	$d\varphi/d\theta$ : 従動節の角速度係数
$\varphi$ : 従動節の角変位	$d^2\varphi/d\theta^2$ : 従動節の角加速度係数

§ 3 カムの輪郭と縮閉線

対数螺旋接合カムの輪郭とその縮閉線については前報<sup>1)</sup>に示されており、カムの往き行程と戻り行程の作用角が同じとし、 $\theta_d, \theta_e$  をそれぞれ上昇点と下降点の停留角とし、図1はそれを示す。

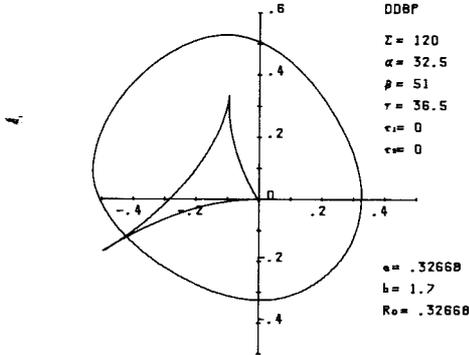


図1 対数螺旋接合カムの輪郭とその縮閉線

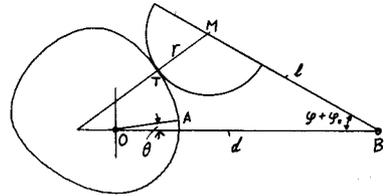


図2 円弧揺動従動節

§ 4 円弧揺動従動節

図2は円弧揺動従動節の機構を示す。カムと従動節の軸間距離を  $d$ ，従動節の長さを  $l$ ，円弧半径を  $r$  とし，従動節の揺動角を  $\Psi$  とし，従動節の円弧がカムの始点  $A$  に接するときの従動節の角変位を  $\varphi_0$  とすれば図2および前報<sup>2)</sup>から次式が得られる。

$$\varphi_0 = \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + r)^2}{2dl}, \quad \Psi = \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + r + l)^2}{2dl} - \varphi_0 \quad \dots\dots\dots (1), (2)$$

4.1 従動節の揺動角  $\Psi$  の指定

軸間距離  $d$  をカムの寸法の基準とするため、 $\Psi$  と  $R_0, r, t, l/d = \lambda$  を指定して  $d$  を求めるためには式(1)を式(2)に代入して整理すれば次式となる。

$$d^2 = \frac{(1 + \lambda^2)(A^2 + B^2)(1 - \cos \Psi) - \sqrt{D}}{2(1 - \cos \Psi) \{ (1 + \lambda^2)^2 - 2\lambda^2(1 + \cos \Psi) \}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$D = (1 + \lambda^2)^2 (A^2 + B^2)^2 (1 - \cos \Psi)^2 - 2(1 - \cos \Psi) \{ (1 + \lambda^2)^2 - 2\lambda^2(1 + \cos \Psi) \} (A^4 + B^4 - 2A^2 B^2 \cos \Psi)$$

ただし  $A = R_0 + r + t, B = R_0 + r, \lambda = l/d$

前報<sup>1)</sup>の表1の例Aの  $b = 1.7, \tau_1 = \tau_2 = 0$  の場合のデータにより、 $a = R_0 = 1.47333, t = 1, \Psi = 20^\circ, \lambda = 0.5 \sim 0.75$  の場合  $r = 1 \sim 5$  としての  $d$  を式(3)より求め、 $d = 1$  とするように  $a, R_0, t, l, r$  を  $d$  で割り、その値を再び  $a, R_0, t, l, r$  としたものを表1に示す。

全く同様に前報<sup>1)</sup>の表1の例1の  $\Psi = 20^\circ, \lambda = 0.5 \sim 0.75, r = 1 \sim 5$  にした円弧対数螺旋接合カムの場合を表2に示す。

表1  $\Sigma=120^\circ$ ,  $\alpha=32.5^\circ$ ,  $\beta=51^\circ$ ,  $\gamma=36.5^\circ$ ,  $\tau_1=\tau_2=0^\circ$ ,  $\Psi=20^\circ$   
 $a/R_0=1$ ,  $b=1.7$ ,  $d=1$ ,  $a=R_0=147333$ , DDA1

$r$	$a$	$R_0$	$t$	$l$	$r$	例
1	.32668	.32668	.22173	.65	.22173	A 1
1	.35818	.35818	.24311	.70	.24311	A 2
1	.38091	.38091	.25854	.75	.25854	A 3
2	.27633	.27633	.18756	.55	.37512	
2	.30682	.30682	.20825	.60	.41650	
2	.32776	.32776	.22246	.65	.44492	
2	.34512	.34512	.23424	.70	.46849	
2	.36044	.36044	.24465	.75	.48929	
3	.25582	.25582	.17363	.50	.52089	
3	.27740	.27740	.18828	.55	.56485	
3	.29415	.29415	.19965	.60	.59895	
3	.30868	.30868	.20951	.65	.62854	
3	.32188	.32188	.21847	.70	.65542	
3	.33417	.33417	.22681	.75	.68043	
4	.24752	.24752	.16800	.50	.67200	
4	.26188	.26188	.17775	.55	.71099	
4	.27456	.27456	.18635	.60	.74541	
4	.28622	.28622	.19427	.65	.77708	
4	.29720	.29720	.20172	.70	.80688	
4	.30766	.30766	.20882	.75	.83528	
5	.23243	.23243	.15776	.50	.78878	B 1
5	.24378	.24378	.16546	.55	.82730	
5	.25427	.25427	.17258	.60	.86290	B 2
5	.26418	.26418	.17931	.65	.89655	
5	.27286	.27368	.18576	.70	.92879	B 3
5	.28286	.28286	.19199	.75	.95995	

表2  $\Sigma=120^\circ$ ,  $\alpha=22.5^\circ$ ,  $\beta=32.5^\circ$ ,  $\gamma=25^\circ$ ,  $\tau_1=\tau_2=20^\circ$ ,  $\Psi=20^\circ$   
 $a/R_0=1$ ,  $b=1.7$ ,  $d=1$ ,  $a=R_0=17441$ , DDA1

$r$	$a$	$R_0$	$t$	$l$	$r$	例
1	.34333	.34333	.19685	.60	.19685	
1	.39300	.39300	.22533	.65	.22533	
1	.42242	.42242	.24220	.70	.24220	
1	.44582	.44582	.25561	.75	.25561	
2	.33255	.33255	.19067	.55	.38135	
2	.36094	.36094	.20695	.60	.41390	
2	.38280	.38280	.21948	.65	.43897	
2	.40161	.40161	.23027	.70	.46053	
2	.41853	.41853	.23997	.75	.47994	
3	.30200	.30200	.17316	.50	.51947	E 1
3	.32413	.32413	.18585	.55	.55754	
3	.34226	.34226	.19624	.60	.58871	
3	.35833	.35833	.20545	.65	.61636	

3	.37311	.37311	.21393	.70	.64178	D 1	
3	.38697	.38697	.22188	.75	.66563		
4	.28849	.28849	.16541	.50	.66163		
4	.30428	.30428	.17446	.55	.69786		
4	.31846	.31846	.18259	.60	.73037		
4	.33162	.33162	.19014	.65	.76055		
4	.34408	.34408	.19728	.70	.78912		
4	.35600	.35600	.20412	.75	.81648		
5	.27002	.27002	.15482	.50	.77409		C 1
5	.28279	.28279	.16214	.55	.81069		
5	.29468	.29468	.16896	.60	.84479		
5	.30598	.30598	.17544	.65	.87718		
5	.31684	.31684	.18166	.70	.90832		
5	.32737	.32737	.18770	.75	.93850		

図1は表1の例A1のデータによるカムの輪郭と縮閉線を示す。

4.2 等行程の場合

従動節の往きと戻りの両行程のカムの回転角が等しい場合は前報<sup>2)</sup>により

$$d^2 = \left(\frac{t}{2} \cot \frac{\Psi}{2}\right)^2 + \left(R_0 + r + \frac{t}{2}\right)^2, \quad l = \frac{t}{2} / \sin \frac{\Psi}{2} \quad \dots\dots\dots (4), (5)$$

となるので、 $\Psi = 20^\circ$ ,  $t = 1$ ,  $a = R_0 = 1.47333$ ,  $b = 1.7$ ,  $r = 0 \sim 5$  の場合の  $d$ ,  $l$  を求め、 $d$  を基準にするため、 $a$ ,  $R_0$ ,  $t$ ,  $l$ ,  $r$  を  $d$  の値で割ったものを再びその記号で示したものを表3に示す。

表3  $\Psi = 20^\circ$ ,  $a = R_0 = 1.47333$ ,  $b = 1.7$ ,  $t = 1$ ,  $d = 1$ , DDA2

r	a	R <sub>0</sub>	t	l	r	d	例
0.0	.42647	.42647	.28946	.83347	.00000	3.4547	
0.5	.39156	.39156	.26576	.76524	.13288	3.7627	
1.0	.35859	.35859	.24338	.70080	.24338	4.1087	A 1
1.5	.32859	.32859	.22302	.64217	.33453	4.4838	
2.0	.30182	.30182	.20486	.58987	.40972	4.8814	A 2
2.5	.27818	.27818	.18881	.54365	.47202	5.2964	
3.0	.25735	.25735	.17467	.50296	.52402	5.7249	A 3
3.5	.23901	.23901	.16223	.46711	.56779	6.1643	
4.0	.22282	.22282	.15123	.43546	.60494	6.6122	A 4
4.5	.20848	.20848	.14150	.40743	.63675	7.0672	
5.0	.19572	.19572	.13284	.38250	.66420	7.5278	A 5

§ 5 円弧揺動従動節の運動

図3と前報<sup>2)</sup>により従動節の半径  $r$  の円弧の中心  $M$  の座標  $X_M, Y_M$  は接触点  $T$  の座標を  $X_T, Y_T$  とすれば、これはカムの輪郭から求められ前報<sup>1)</sup>による。

$$X_M = X_T + r \cos \epsilon \quad Y_M = Y_T + r \sin \epsilon \quad \dots\dots (6)$$

カムの回転角  $\theta$  は

$$\theta = \theta_1 + \tan^{-1} \frac{Y_M}{X_M} - \cos^{-1} \frac{X_M^2 + Y_M^2 + d^2 - l^2}{2d\sqrt{X_M^2 + Y_M^2}} \quad \dots\dots (7)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \{ (R_0 + r)^2 + d^2 - l^2 \} / \{ 2d(R_0 + r) \} \quad \dots\dots (8)$$

となり、図3から  $M$  点の  $\xi \eta$  座標  $\xi_M, \eta_M$  は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \xi_M &= X_M \cos(\theta_1 - \theta) - Y_M \sin(\theta_1 - \theta) \\ \eta_M &= X_M \sin(\theta_1 - \theta) + Y_M \cos(\theta_1 - \theta) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots (9)$$

従動節の角変位を  $\varphi$  とすれば

$$\varphi = \sin^{-1} \frac{\eta_M}{l} - \varphi_0, \quad \varphi_0 = \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + r)^2}{2dl} \quad \dots\dots (10)$$

となり、 $\varphi$  を  $\theta$  で微分し角速度係数は

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{\eta_M \cos \Theta - \xi_M \sin \Theta}{(d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta}, \quad \Theta = \epsilon + \theta_1 - \theta \quad \dots\dots (11), (12)$$

となる。前報<sup>2)</sup> から  $d\epsilon/d\theta$  を求めれば

$$\frac{d\epsilon}{d\theta} = d \times \frac{\eta_M}{(\rho_T + r) \{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}} \quad \dots\dots (13)$$

となり、式(11)を  $\theta$  で微分すれば角加速度係数  $d^2\varphi/d\theta^2$  は次式となる。

$$\frac{d^2\varphi}{d\theta^2} = \frac{\{ (d - \xi_M) \cos \Theta - \eta_M \sin \Theta \} \sin \Theta \frac{d\varphi}{d\theta} + \eta_M \left( 1 - \frac{d\epsilon}{d\theta} \right)}{\{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}^2} \quad \dots\dots (14)$$

5.1 押進め角と滑り率

図3から押進め角は次式で示される。

$$\phi = \Theta + \varphi + \varphi_0 - 90^\circ \quad \dots\dots (15)$$

カムと従動節の滑り率を  $\sigma_1, \sigma_2$  とすれば前報<sup>2)</sup> より次式が用いられる。

$$\sigma_1 = \frac{\rho_T + r}{\rho_T} \cdot \frac{\overline{TP}}{r + \overline{TP}}, \quad \sigma_2 = \frac{\rho_T + r}{r} \cdot \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}}, \quad \overline{TP} = \frac{\eta_M}{\sin \Theta} - r$$

$$\dots\dots (16), (17), (18)$$

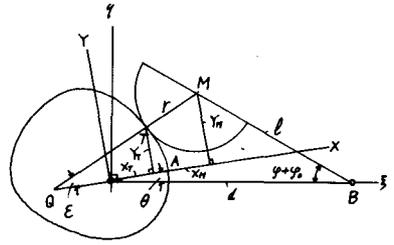


図3 円弧揺動従動節

5.2 総べて対数螺線 ( $\tau_1 = \tau_2 = 0^\circ$ ) の運動の計算例

図4は表1の例B1, B2, B3のデータによる角加速度係数をカムの回転角 $\theta$ に対して示す。ただし $\theta_d = 0^\circ$ とし、 $\theta_0 \neq \theta_r$ である。 $l$ が大きい程 $\theta_r$ は $\theta_0$ に近づき、戻り行程の最大角加速度が減少する。

図5は表3の例A1~A5のデータによる角加速度係数を示す。 $\theta_d = 0^\circ$ 、 $\theta_0 = \theta_r = 120^\circ$ で負の最大角加速度は $l$ が小さい程小さくなることからわかる。例A5の場合  $d^2\varphi/d\theta^2_{max} = -0.657$ 、 $l/d = 0.3883$ 、 $r/d = 0.664$  である。

図6はこの表3例A5の場合の円弧揺動従動節の運動 $\varphi$ 、 $d\varphi/d\theta$ 、 $d^2\varphi/d\theta^2$ を示す。加速度曲線の頂きは尖る。図7はこの場合の押進め角 $\phi$ 、滑り率 $\sigma_1$ 、曲率半径 $\rho_T$ を示す。 $\phi_{max} = 12.43^\circ$ 、 $\sigma_{1max} = 3.09$ 、 $\rho_{Tmin} = 0.116$  で $\phi_{max}$ は $30^\circ$ 以下、 $\sigma_{1max}$ は6以下、 $\rho_{Tmin}$ もまずまずだからカムとして良好であるが、 $d^2\varphi/d\theta^2_{max}$ が0.657は大きいので頂きを削る必要がある。

図8は図6の表3例A5の場合の滑り率 $\sigma_2$ を円弧上の位置 $r\phi$ に対して示す。S点は始点である。接触の両端とその少し内側で $\sigma_2 = \infty$ となる。平均の $\sigma_2$ は約1で良好である。

5.3 円弧対数螺線接合カム ( $\tau_1 \neq 0^\circ$ 、 $\tau_2 \neq 0^\circ$ ) の運動の計算例

従動節の最大角加速度の値を低くするため、3個の対数螺線の間には2つの円弧をそれぞれ挿入した場合で表2の $d = 1$ 、 $l = 0.5$ の例C1, D1, E1のデータの場合の角加速度係数を $\theta$ に対して図9は示す。第1円弧の場合は正の角加速度はほぼ水平になるが第2円弧の所は傾斜し例E1では $d^2\varphi/d\theta^2 = -0.692$ と図6の場合より大きい。 $\tau_2$ を $\tau_1$ に比してもう少し大きくすれば、負の最大角加速度を減少させることができる。

図10は表2の例E1の場合の運動とそのデータを示す。負の角加速度の問題を除いては良好である。図11は表2の例E1の場合の $\phi$ 、 $\sigma_1$ 、 $\rho_T$ を示す。 $\phi_{max} = 18.778^\circ$ 、 $\sigma_{1max} = 1.994$ 、 $\rho_{Tmin} = 0.221$ となり、押進め角が幾分大きい良好である。

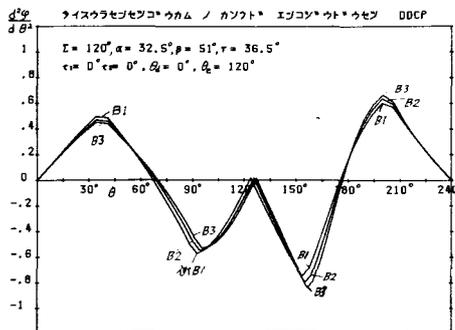


図4 対数螺線接合カム ( $\tau_1 = \tau_2 = 0^\circ$ 、 $\theta_0 \neq \theta_r$ ) の角加速度

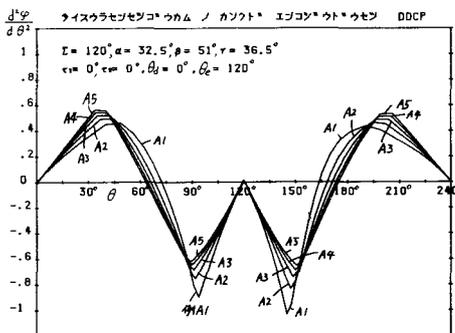


図5 対数螺線接合カム ( $\tau_1 = \tau_2 = 0^\circ$ 、 $\theta_0 = \theta_r$ ) の角加速度

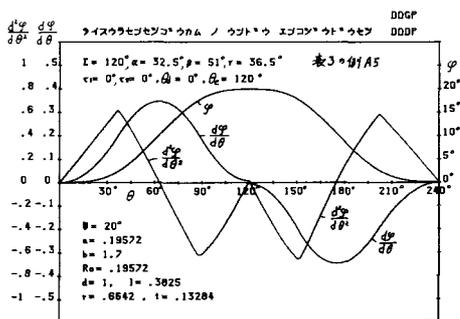


図6 対数螺線接合カム (例A5) の運動

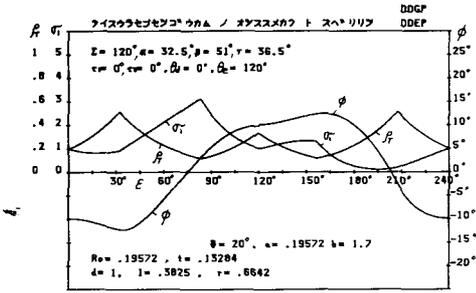


図7 例A5の $\phi$ ,  $\sigma_1$ ,  $\rho_T$

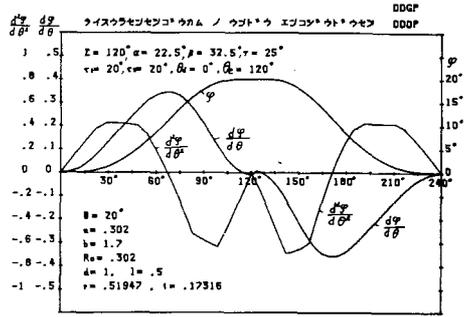


図10 円弧対数螺旋線接合カム（例E1）の運動

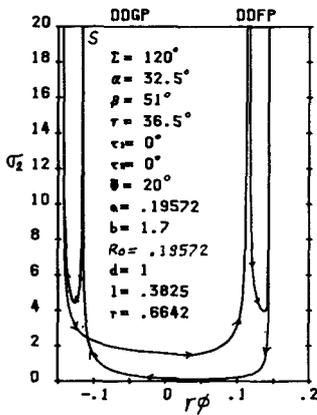


図8 例A5の $\sigma_2$

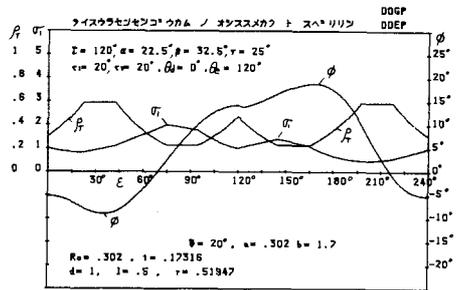


図11 例E1の $\phi$ ,  $\sigma_1$ ,  $\rho_T$

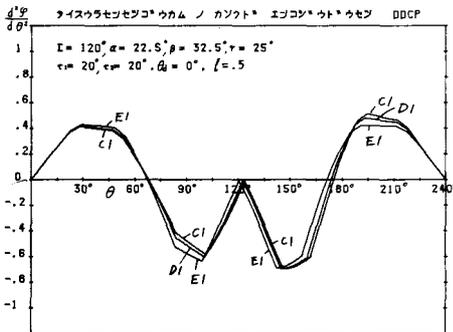


図9 円弧対数螺旋線接合カム ( $\theta_0 \neq \theta_r$ ) の角加速度

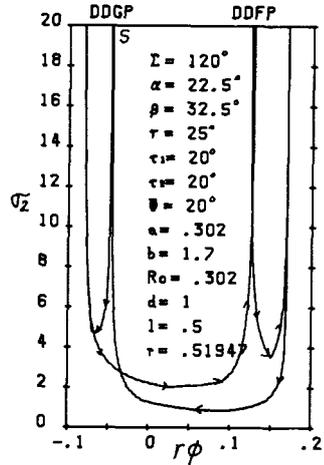


図12 例E1の $\sigma_2$

図12はこの場合の滑り率 $\sigma_2$ を $r\phi$ に対して示す。接線の両端と少し内側の所で $\sigma_2 = \infty$ となるが

平均の  $\sigma_2 = 2$  で良好である。

図13は例E1の場合のcamsの輪郭とその往き行程の縮閉線の形を示す。ただし  $\theta_d = 30^\circ$  としている。輪郭の形は滑らかで良好である。縮閉線の終点が完全には原点に一致していない。

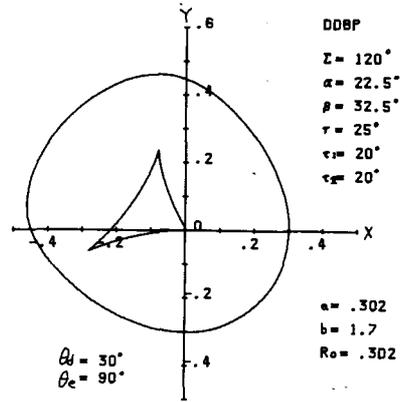


図13 例E1のcamsの輪郭と縮閉線

§6 第2円弧がインボリュート曲線の場合

第2円弧をインボリュート曲線とする場合のcamsの輪郭のデータは前報<sup>1)</sup>の表2に示されているので表2の例①を  $\theta_0 = \theta_r$  の等行程の場合の円弧揺動従動節の場合にあてはめ、 $\Psi = 20^\circ$  とし、従動節の円弧の半径  $r = 0 \sim 5$  として式(4), (5)を用いて  $d, l$  を求め  $a, R_0, t, l, r, u$  を  $d$  を基準とするため  $d$  で割った値を再び前記の値としたものを表4に示す。

表4  $\Sigma = 120^\circ, \alpha = 22.3^\circ, \beta = 33.3^\circ, \gamma = 24.4^\circ, \tau_1 = 20^\circ, \tau_2 = 20^\circ$   
 $a = R_0 = 1.76146, b = 1.7, u = 0.40398, \Psi = 20^\circ, DDA3$

r	a	R <sub>0</sub>	t	l	r	u	例
0.0	.48565	.48565	.27571	.79388	.00000	.11188	
0.5	.44503	.44503	.25265	.72747	.12632	.10206	
1.0	.40758	.40758	.23138	.66625	.23138	.09348	
1.5	.37394	.37394	.21229	.61126	.31843	.08576	
2.0	.34412	.34412	.19536	.56253	.39073	.07892	①A
2.5	.31785	.31785	.18044	.51957	.45111	.07290	
3.0	.29471	.29471	.16731	.48175	.50193	.06759	①B
3.5	.27431	.27431	.15573	.44840	.54505	.06291	
4.0	.25626	.25626	.14548	.41890	.58193	.05877	①C
4.5	.24024	.24024	.13639	.39272	.61375	.05510	
5.0	.22596	.22596	.12828	.36937	.64140	.05182	

6.1 計算例

図14は表4の例①のA, B, Cのデータによる  $\Sigma = 120^\circ, \Psi = 20^\circ$  の角加速度係数を  $\theta$  に対して示したものである。例①Cの場合が  $l$  が最小で  $l = 0.4189$  で  $d^2\psi/d\theta^2_{max} = -0.589$  となり、図10の場合よりかなり小さくなり、負の加速度の頂点がほぼ水平になっていることがわかった。これはインボリュートの基礎円半径  $u$  の値を  $u/l = 0.4$  にとれば揺動運動のときも前報<sup>1)</sup>と同様、負の角加速度の頂点を水平にできる。正のそれは僅かに傾斜してい

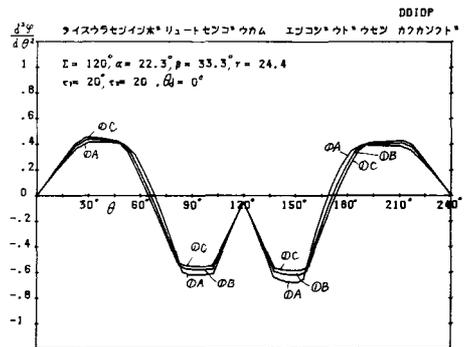


図14 円弧インボリュート対数螺線接合camsの角加速度

るがほぼ水平である。

図15は表4の例①Cのデータで従動節の運動を $\theta$ に対して示す。 $\theta = 120^\circ$ で角加速度曲線が零にならないのは縮閉線の終点が原点に一致しないためである。 $d^2\varphi/d\theta^2_{\max} = -0.589$ である。加速度的に良好な修正台形カムの加速度曲線に近づいてこのカムも良好ではあるが問題点は縮閉線の終点を原点に一致させることの困難性にある。このことは後述するように第3対数螺旋線をインボリュート曲線に置換へることで解決できる。

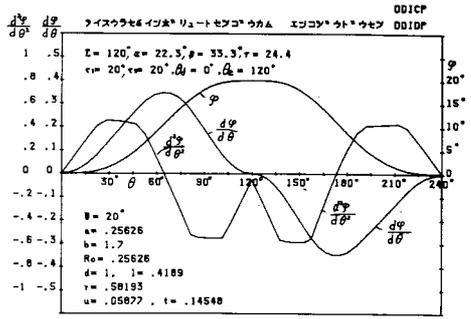


図15 例①Cの運動

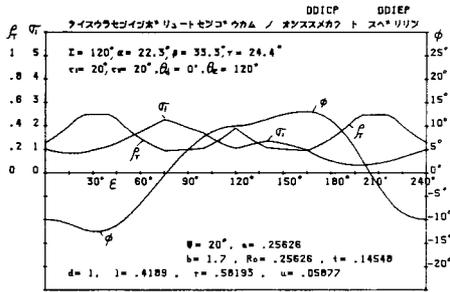


図16 例①Cの $\phi$ ,  $\sigma_1$ ,  $\rho_T$

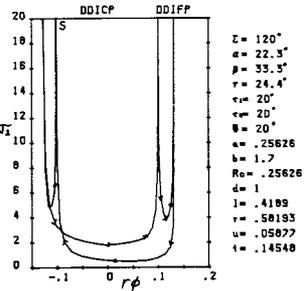


図17 例①Cの $\sigma_2$

図16はこの場合の例①Cの $\phi$ ,  $\sigma_1$ ,  $\rho_T$ を $\epsilon$ に対して示す。 $\phi_{\max} = 13.08^\circ$ ,  $\sigma_{1\max} = 2.261$ ,  $\rho_{T\min} = 0.188$ でいずれも良好である。図17はこの場合の $\sigma_2$ を $r\phi$ に対して求めたもので接触の両端と少し内側の所で $\sigma_2 = \infty$ となるが平均の $\sigma_2 = 2$ となる。

図18は例①Cのカムの輪郭と往き行程の縮閉線を示す。ただし $\theta_d = 30^\circ$ としてある。輪郭は $\sigma_1$ が小さいから滑らかである。 $u$ は小さいので縮閉線上に明瞭にでていない。

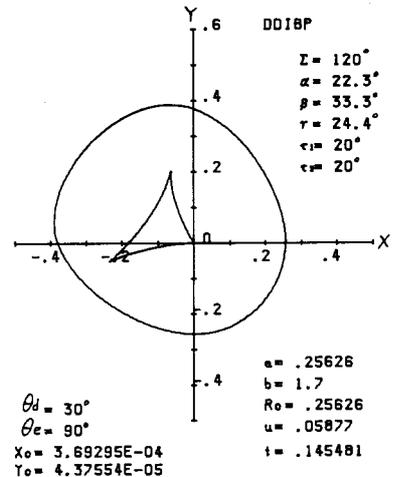


図18 例①Cのカムの輪郭と縮閉線

### §7 第3対数螺旋線をインボリュート曲線とする場合

(2重インボリュート曲線)

第2圆弧と第3対数螺旋線を共にインボリュート曲線とする場合前報<sup>1)</sup>にカムの輪郭の座標解析が示され、そのデータが前報<sup>1)</sup>の表3に示されている。この表の例④, ⑤を $\Psi = 20^\circ$ とし、等行程 $\theta_0 = \theta_r$ について従動節の圆弧半径 $r = 0 \sim 5$ について式(4), (5)から $d$ を求めて $d$ を基準として各寸法を $d$ で割ったものを表5, 6に示す。表5は例④, 表6は例⑤の場合である。

図19は表4の例④1~4のデータで従動節の角加速度を $\theta$ に対して求めたもので、 $l$ が最も短かく、 $r$ が大きい例④4の場合の負の角加速度が最も小さく、 $d^2\varphi/d\theta^2_{\max} = -0.617$ となる。図か

ら明らかのように2重インポルトの場合は終点の角加速度が正確に零となる。

表5  $\Sigma=120^\circ, \alpha=22.3^\circ, \beta=333^\circ, \gamma=24.4^\circ, \tau_1=20^\circ, \tau_2=20^\circ,$   
 $\Psi=20^\circ, a=R_0=2.08657, b=1.5, u=0.29095, r_g=3.33572,$   
 $t=1, d=1$  DDIIA4

$r$	$a$	$R_0$	$t$	$l$	$r$	$u$	$r_g$	例
0.0	.54364	.54364	.26054	.75021	.00000	.07580	.86910	
0.5	.49782	.49782	.23858	.68698	.11929	.06942	.79585	
1.0	.45637	.45637	.21872	.62977	.21872	.06364	.72958	Ⓐ 1
1.5	.41949	.41949	.20104	.57888	.30157	.05849	.67063	
2.0	.38695	.38695	.18545	.53398	.37090	.05396	.61860	Ⓐ 2
2.5	.35830	.35830	.17172	.49444	.42929	.04996	.57280	
3.0	.33305	.33305	.15962	.45960	.47885	.04644	.53243	Ⓐ 3
3.5	.31075	.31075	.14893	.42882	.52124	.04333	.49678	
4.0	.29097	.29097	.13945	.40153	.55780	.04057	.46517	Ⓐ 4
4.5	.27337	.27337	.13101	.37724	.58956	.03812	.43702	
5.0	.25763	.25763	.12347	.35552	.61735	.03592	.41186	

表6  $\Sigma=120^\circ, \alpha=20^\circ, \beta=30^\circ, \gamma=24^\circ, \tau_1=20^\circ, \tau_2=26^\circ, \Psi=20^\circ$   
 $a=R_0=1.43035, b=2.3, u=0.477, r_g=2.9996, t=1, d=1$

DDIIA4

$r$	$a$	$R_0$	$t$	$l$	$r$	$u$	$r_g$	例
0.0	.41697	.41697	.29152	.83939	.00000	.13905	.87444	
0.5	.38300	.38300	.26776	.77100	.13388	.12772	.80318	
1.0	.35077	.35077	.24523	.70613	.24523	.11698	.73561	Ⓑ 1
1.5	.32138	.32138	.22469	.64696	.33703	.10718	.67397	
2.0	.29513	.29513	.20633	.59412	.41267	.09842	.61892	Ⓑ 5
2.5	.27192	.27192	.19011	.54740	.47527	.09068	.57025	
3.0	.25148	.25148	.17582	.50625	.52746	.08387	.52739	Ⓑ 2
3.5	.23348	.23348	.16323	.47002	.57132	.07786	.48964	
4.0	.21760	.21760	.15213	.43803	.60851	.07256	.45632	Ⓑ 3
4.5	.20353	.20353	.14229	.40971	.64031	.06787	.42682	
5.0	.19102	.19102	.13355	.38453	.66773	.06370	.40059	Ⓑ 4

図20は表6の例Ⓑ1~5のデータで角加速度を $\theta$ に対して求めたもので、例Ⓑ4の場合は $l$ が最も短く $l=0.38453, r=0.66773, u=0.06370$ の場合が $d^2\varphi/d\theta^2_{\max}=-0.5393$ となるので、図19の例Ⓐ4の場合より小さい値となる。

図21はこの場合すなわち表6例Ⓑ4の場合の運動を $\theta$ に対して示す。負の角加速度の頂点は水平となる。正のそれは少し傾斜している。

図22はこの場合の $\phi, \sigma_1, \rho_r$ を $\varepsilon$ に対して示す。押進め角 $\phi_{\max}=12.2522^\circ, \sigma_{1\max}=3.11$ となるが良好である。図23はこの場合の従動節の滑り率 $\sigma_2$ を $r\phi$ に対し示す。接触の両端と少し内

側の所で  $\sigma_2 = \infty$  となるが平均の  $\sigma_2 = 1$ 。

図24はこの場合すなわち表6例④のカムの輪郭とその縮閉線を示す。ただし  $\theta_d = 30^\circ$  としている。輪郭は滑らかで、縮閉線の終点が原点によく一致していることがわかる。

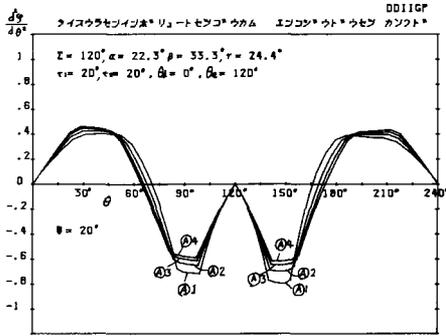


図19 円弧2重インボリュート対数螺旋線接合カムの角加速度 例④

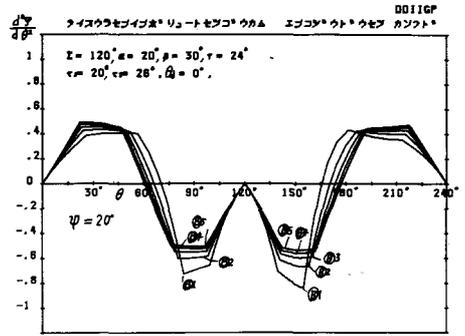


図20 円弧2重インボリュート対数螺旋線接合カムの角加速度 例⑤

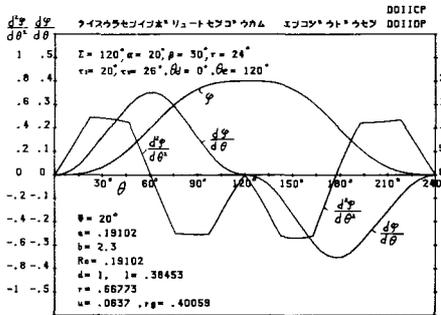


図21 例④の運動

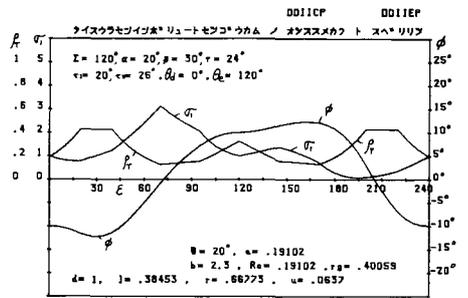


図22 例④のφ, σ<sub>1</sub>, ρ<sub>T</sub>

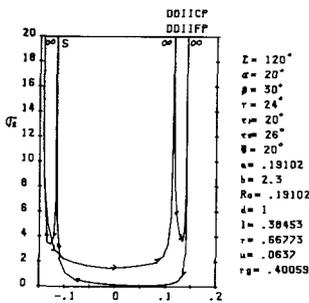


図23 例④のσ<sub>2</sub>

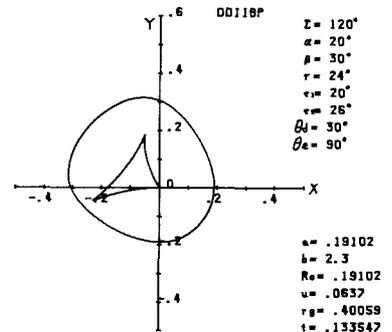


図24 例④のカムの輪郭と縮閉線

§ 8 結 論

以上により対数螺旋線接合カムを円弧揺動節に用いた場合の従動節の運動と押進め角、滑り率を解析して次の結論が得られた。

- (1) 3個の対数螺線のみの場合には加速度曲線の形が三角形(等2次加速度カム)の形で尖り、最大角加速度の値も大きい。
- (2) 2個の円弧と3個の対数螺線接合カムでは負の加速度曲線の頂きが傾斜して最大加速度の値を低くするのに充分でない。
- (3) 第2円弧をインボリュート曲線とした円弧インボリュート対数螺線接合カムは最大加速度を低くでき、加速度曲線の頂きを水平にすることができて理想的だが、縮閉線の終点を原点に一致させるのに多くの繰返し計算を必要とする。
- (4) 第3対数螺線をインボリュート曲線とした円弧2重インボリュート対数螺線接合カムではほぼ前記(3)の円弧インボリュート対数螺線接合カムの特長を保ち、簡単に縮閉線の終点を原点に一致させることができ理想的である。

なお上記の対数螺線接合カムを平板揺動節に應用すると第1円弧が問題となり、第1円弧をインボリュート曲線に置換える必要がある。このことについては次報において論ずる。

#### 参 考 文 献

- 1) 糸島寛典：対数螺線接合カムの研究(第1報) - 往復従動節 -，呉高専研究報告，18-1，1982。
- 2) 糸島寛典，福永恭一：インボリュート接合カムの研究(第2報) - 揺動従動節 -，呉高専研究報告，15-2，1980。

(昭和57年10月15日受付)

# カムの縮閉線による緩和曲線の研究 (第1報)

(機械工学科) 糸 島 寛 典

## Studies on the Easement Curve of the Uniform Velocity Cam by the Evolute of the Cam Profile (1st Report)

Hironori ITOSHIMA

The easement curve of the uniform velocity cam use the circular arc or the parabolic curve. The acceleration in the starting point of the circular arc or the parabola is a constant value, and its jerk is infinite. In the case of the high speed, these cams are unsuitable.

If the radius of curvature of the cam profile in the starting point is infinite, then the acceleration of the follower in that point is zero. The sine curve has an infinite radius of curvature.

The acceleration of the follower in the starting point of the easement curve can be zero by using of the sine curve, the sine curve contained the circular arc and the evolute of the sine curve.

### § 1 緒 言

等速度カムにおいては行程の始点及び終点で加速度が理論的に無限大となるので、その部分の運動を緩和する目的で円弧あるいは放物線の緩和曲線が利用される。しかしカム(円筒)で高速の場合は始点において、円弧あるいは放物線のため曲率半径は一定だから加速度は一定値となり、2次の加速度は無限大となり衝撃を伴う。故に緩和曲線の始点、終点における曲率半径は無限大にすることが望ましい。

本報告においてはカム線図の始点における曲率半径が無限大になるような単弦曲線を選び、単弦曲線の縮閉線を利用して始点の加速度を零となし、途中に円弧あるいは放物線とその縮閉線を利用して加速度曲線の頂きを水平にする理想的な緩和曲線を設計する。

### § 2 記 号

$a$ : 単弦曲線の $x'$ 軸方向の寸法	$\varphi$ : 座標回転角
$b$ : 単弦曲線の $y'$ 軸方向の寸法	$\phi$ : 押進め角
$\rho$ : 緩和曲線の曲率半径	$u$ : インボリュートの基礎円半径
$\Theta$ : $x$ 軸と $y'$ 軸との交角	$\epsilon_Q$ : 第1単弦曲線部の $\epsilon$
$\delta$ : $PQ$ と $x'$ 軸との交角	$r$ : 従動節の円弧半径
$\epsilon$ : 緩和曲線の法線と $y$ 軸との交角	$h$ : 従動節の変位
$H$ : 従動節のリフト	$\dot{v}/v$ : 従動節の速度係数
$T$ : 往き行程の距離	$\ddot{v}/v^2$ : 従動節の加速度係数
$\alpha$ : 単弦曲線の作用角	
$\lambda$ : $T$ に対する緩和曲線部の比	

§ 3 カム線図における加速度と曲率半径の関係

カム線図における変位曲線を  $y = f(x)$  とすれば  $y$  は従動節の変位,  $x$  はカムの水平移動距離でその曲率半径  $\rho$  は次式の公式で与えられる。

$$\rho = \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} \bigg/ \left| \frac{d^2y}{dx^2} \right| \dots\dots\dots (1)$$

式(1)により明らか  $d^2y/dx^2 = 0$  のとき  $\rho = \infty$  となる。 $x$  軸を時間軸  $t$  とすれば,  $d^2y/dt^2$  は従動節の加速度となるので, 始点の加速度を零とするためには  $\rho = \infty$  とせねばならぬ。すなわち変位曲線の縮閉線は  $y$  軸を漸近線とせねばならない。

3.1 緩和曲線が円弧の場合

緩和曲線が半径  $r_c$  の円弧の場合, 中心は  $y$  軸上にあり, 始点の速度は零であるから, 変位を  $h$  とし,  $y = h$  とすれば

$$dh/dt = 0, \quad d^2h/dt^2 = 1/r_c \dots\dots\dots (2)$$

となり, 加速度を小さくするには  $r_c$  を大きくしなければならぬ。2次の加速度は始点で無限大となり, 高速カムでは衝撃を生ずる。

3.2 緩和曲線が放物線の場合

緩和曲線が  $y$  軸を軸とする放物線の場合は

$$y = ax^2, \quad dy/dx = 2ax, \quad d^2y/dx^2 = 2a \dots\dots\dots (3)$$

だから,  $y = h, \quad x = t$  とすれば式(3),(1)から加速度と曲率半径は

$$d^2h/dt^2 = 2a, \quad \rho = 1/2a \dots\dots\dots (4)$$

となり, 加速度は始点において一定となり, 2次の加速度は無限大となる。加速度は  $a$  が小さい程  $\rho$  が大きい程減少する。

3.3 緩和曲線に単弦曲線の利用

図1に示すように直角座標  $x'O'y'$  をとり,  $y'$  軸を軸とする単弦曲線を描き, 曲線の頂点  $A$  を  $x'$  軸に,  $y'$  軸と点  $B, C$  で交わらせ,  $A$  点の曲率中心を  $F$  とし,  $B$  点の曲率中心は  $B$  点における法線の無限遠点  $G$  にあるから, 単弦曲線  $AB$  の縮閉線は  $FG$  となる。 $B$  点において単弦曲線の接線を  $x$  軸,  $BG$  を  $y$  軸とし,  $B$  点を原点  $O$  とする直角座標  $xOy$  を作る。

単弦曲線  $AB$  すなわち  $OA$  をカム線図の変位曲線とすれば, 始点  $O$  における曲率中心は  $y$  軸の無限遠点となる。よって単弦曲線をこのような形でカムの緩和曲線にすることができる。単弦曲線以外にもこのような性質をもつ曲線は存在するが, 本報ではよく知られた単弦曲線を利用した場合を調べる。

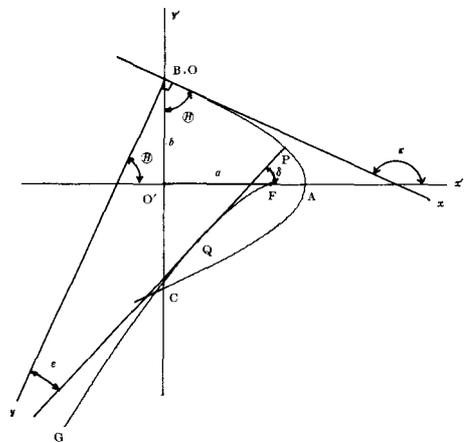


図1 単弦曲線の縮閉線と座標変換

§ 4 単弦曲線の縮閉線

図1において  $O'A = a, \quad O'B = b$  とし, 単弦曲線  $OA$  を  $x'y'$  座標で示せば

$$x' = a \cos\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \dots\dots\dots (5)$$

となるので、 $x'$  による 1, 2 次微分は次式となる。

$$\frac{dy'}{dx'} = -\frac{2b}{\pi a} \Big/ \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right), \quad \frac{d^2y'}{dx'^2} = -\frac{2b}{\pi a^2} \cos\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \Big/ \sin^3\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \dots\dots\dots (6), (7)$$

図 1 において  $x, x'$  軸の交角を  $\kappa$ ,  $x, y'$  軸の交角を  $\Theta$  とすれば,  $\kappa, \Theta$  は次式となる。

$$\tan \kappa = \frac{dy'}{dx'} = -\frac{2b}{\pi a} = -\cot \Theta, \quad \tan \Theta = \frac{\pi a}{2b} \dots\dots\dots (8), (9)$$

$x' y'$  座標の点  $x', y'$  を  $xy$  座標に変換すれば

$$x = (b - y') \cos \Theta + x' \sin \Theta, \quad y = (b - y') \sin \Theta - x' \cos \Theta \dots\dots\dots (10)$$

となり, 逆変換すれば次式となる。

$$x' = x \sin \Theta - y \cos \Theta, \quad y' = b - x \cos \Theta - y \sin \Theta \dots\dots\dots (11)$$

単弦曲線  $O A$  上の任意の点  $P$  の  $x' y'$  座標を  $x'_p, y'_p$  とし, その曲率中心を  $Q$  とすれば,  $Q$  点の軌跡が縮閉線である。  $P Q$  と  $x'$  軸の交角を  $\delta$  とし,  $P Q$  を  $\rho_p$ ,  $P Q$  と  $y$  軸の交角を  $\epsilon$  とすれば

$$\delta = \Theta - \epsilon, \quad \Theta = \delta + \epsilon \dots\dots\dots (12)$$

$$\tan \delta = \frac{y'_p - y'_q}{x'_p - x'_q} = -\frac{dx'}{dy'} = \frac{\tan \Theta - \tan \epsilon}{1 + \tan \Theta \tan \epsilon} = \frac{\pi a / 2b - \tan \epsilon}{1 + (\pi a / 2b) \tan \epsilon} \dots\dots\dots (13)$$

いま式 (6) と式 (13) より

$$\sin\left(\frac{\pi}{2b} y'_p\right) = -\frac{2b}{\pi a} \Big/ \frac{dy'}{dx'} = -\frac{2b}{\pi a} \tan \delta = \frac{1 - (2b/\pi a) \tan \epsilon}{1 + (\pi a / 2b) \tan \epsilon} = K \dots\dots\dots (14)$$

となり,

$$\cos\left(\frac{\pi}{2b} y'_p\right) = \sqrt{1 - K^2} \dots\dots\dots (15)$$

となるので, 式 (5) より次式を得る。

$$x'_p = a \sqrt{1 - K^2}, \quad y'_p = \frac{2b}{\pi} \sin^{-1} K, \quad K = \frac{1 - (2b/\pi a) \tan \epsilon}{1 + (\pi a / 2b) \tan \epsilon} = \frac{\tan(\Theta - \epsilon)}{\tan \Theta} \dots\dots (16)$$

$\epsilon$  が与えられれば式 (14) より  $K$  が求まり, 式 (16) より  $P$  点の座標  $x'_p, y'_p$  が求まる。

式 (16) より  $K < 1$  で,  $K$  が負にならないためには式 (14) より

$$\tan \epsilon_{\max} = \pi a / 2b, \quad \epsilon_{\max} = \tan^{-1}(\pi a / 2b) \dots\dots\dots (17)$$

が得られる。式 (17) より  $a/b$  の値を指定すれば,  $\epsilon_{\max}$  の値が表 1 に示される。

表1  $\epsilon_{max}$  の値 (度)

$a/b$	0.1	0.15	0.17	0.2	0.3	0.4
$\epsilon_{max}$	8.92705	13.2582	14.9511	17.4406	25.2316	32.1419
例				①		②
$a/b$	0.5	0.8	1	1.2	1.5	2
$\epsilon_{max}$	38.1560	51.4881	57.5184	62.0533	67.0030	72.3432
例		③				

図1においてPQの長さ  $\rho$  は式(6),(7)を式(1)に代入すれば

$$\rho = \frac{\left\{ a^2 \sin^2 \left( \frac{\pi}{2b} v'_p \right) + \left( \frac{2b}{\pi} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}}}{\frac{2b}{\pi} x'_p} = \frac{1}{\left( \frac{\pi}{2b} \right)^2 x'_p \cos^3 (\Theta - \epsilon)} \quad \dots\dots\dots (18)$$

となり, Q点の  $x' y'$  座標  $x'_q, y'_q$  は

$$x'_q = x'_p - \rho \cos \delta, \quad y'_q = y'_p - \rho \sin \delta, \quad \delta = \Theta - \epsilon \quad \dots\dots\dots (19)$$

となり, 式(16)の  $x'_p, y'_p$  を式(10)に代入してP点の  $x y$  座標  $x_p, y_p$  を求めれば次式となる。

$$\left. \begin{aligned} x_p &= b \cos \Theta + a \sqrt{1-K^2} \sin \Theta - (2b/\pi) \sin^{-1} K \cos \Theta \\ y_p &= \{ b - (2b/\pi) \sin^{-1} K \} \sin \Theta - a \sqrt{1-K^2} \cos \Theta \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (20)$$

4.1 計算例

図2は  $b=1$  の表1の例①, ②, ③のデータと式(20),(16),(19),(10)による単弦曲線とその縮閉線とを示す。 $\epsilon=0$ の時は始点の曲率中心は無窮遠にあり,  $\epsilon_{max}$ 迄の曲線が示されている。

§5 等速度カム線図の変位曲線

ESAP

図3においてASを往き行程の距離Tとし, SWを従動節のリフトHとし, 等速度の直線がAS, VWの交点をM, Lとす。直線MLがASとの交角を  $2\alpha$  とし, M点から  $\angle AML$  の2等分線とAVの交点をNとすれば  $\angle ANM = \alpha$  となり,  $AM = m$ ,

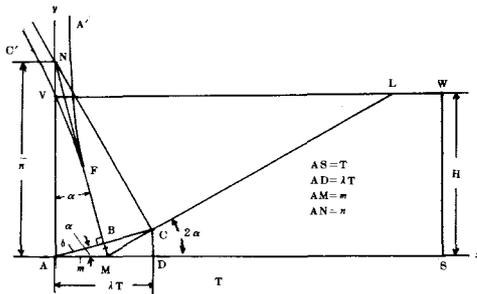


図3 等速度カムのカム線図

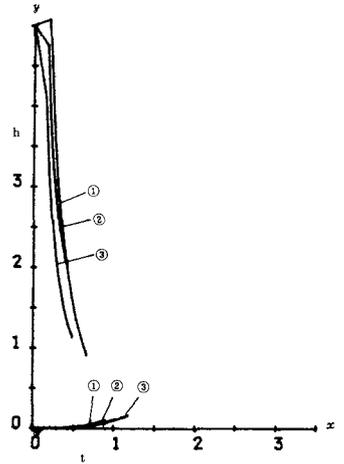


図2 単弦曲線と縮閉線

$AN = n$  とす。 $T, H$  の値を与えて  $\alpha$  を求める。図から

$$\tan 2\alpha = \frac{H}{T-2m}, \quad \alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{H}{T-2m} \quad \dots\dots\dots (21)$$

となる。 $N$  点より  $ML$  に垂線  $NC$  を下せば、 $C$  点は  $MN$  を軸とする  $A$  点の対称点で、緩和曲線の終点となる。緩和曲線と直線部分  $CL$  が連続になるためには緩和曲線上の  $C$  点の曲率中心と  $CL$  上の  $C$  点の曲率中心は一致しなければならぬ。 $CL$  上の  $C$  点の曲率中心は  $CN$  の延長上の無限遠にあるから、緩和曲線上の  $C$  点の曲率中心も無限遠になければならぬ。

緩和曲線が  $MN$  との交点を  $B$  とし、その曲率中心を  $F$  とすれば  $F$  点は  $MN$  上にあり、曲線  $AB$  と  $BC$  の縮閉線は  $MN$  軸に対して対称となり、 $\angle ANM = \angle CAD = \alpha$  となる。 $C$  点から  $AS$  に垂線  $CD$  を下せば  $AD$  は緩和曲線における移動距離となるから  $AD = \lambda T$  とすれば

$$\tan 2\alpha = (H - 2\lambda T \tan \alpha) / (T - 2\lambda T) \quad \dots\dots\dots (22)$$

となるので、これから  $H/T$  を求めれば次式が得られる。

$$H/T = (1 - 2\lambda) \tan 2\alpha + 2\lambda \tan \alpha \quad \dots\dots\dots (23)$$

普通  $\lambda = 0.25$  が一般に用いられるので、 $T = 12, H = 1 \sim 6$  とした場合の  $\alpha$  を式 (23) より電算機の繰返し計算で求めれば表 2 が得られる。

図 3 において  $m, n$  の長さを  $\lambda, T, \alpha$  で示せば次式が得られる。

$$m = \lambda T / (1 + \cos 2\alpha), \quad n = \lambda T / \sin 2\alpha \quad \dots\dots\dots (24), (25)$$

$\lambda, T, \alpha$  により  $m, n$  は表 2 のようになる。

表 2  $\lambda = 0.25, T = 12$

$H$	1	2	3	4	5	6
$\alpha^\circ$	3.17332	6.28906	9.29483	12.1476	14.8161	17.2813
$m$	1.50461	1.51822	1.54018	1.56950	1.60495	1.64518
$n$	27.13876	13.77600	9.41064	7.29151	6.06759	5.28815

図 3 より等速度カムの最大押進め角  $\phi_{\max} = 2\alpha$  で、 $\phi_{\max} < 30^\circ$  とすれば  $\alpha < 15^\circ$  となるので、 $H/T \leq 5/12 \leq 0.4$  が望ましい。

§ 6 1 個の単弦曲線

図 3 において  $AC$  を単弦曲線の  $y'$  軸とし、曲線  $ABC$  を 1 個の単弦曲線とした場合は図 4 に示すように、 $AM, CM$  の交角が  $2\alpha$  となるので  $\angle MAC = \alpha$  となり、図 1 から  $\Theta = \alpha$  となる。式 (9) より

$$\tan \alpha = \pi a / 2b, \quad a/b = 2 \tan \alpha / \pi \quad \dots\dots\dots (26), (27)$$

となり、図 3 より  $\lambda T = 2b \cos \alpha$  から次式を得る。

$$b = \lambda T / (2 \cos \alpha), \quad a = \lambda T \tan \alpha / (\pi \cos \alpha) \quad \dots\dots\dots (28), (29)$$

$B$  点の曲率半径  $\rho_B$  はこの単弦曲線の最小半径となり、

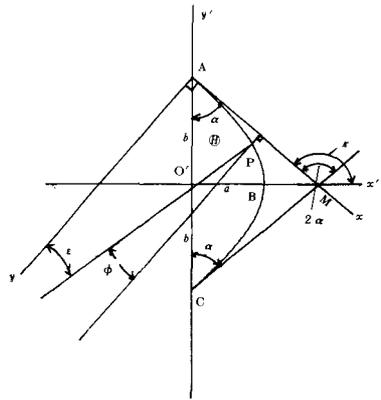


図 4 1 個の単弦曲線

B点の  $x' y'$  座標  $x'_B = a$ ,  $y'_B = 0$  だから, これを式 (18) に代入し, 式 (28), (29) を用いれば, 次式が得られる。

$$\rho_B = 4 b^2 / (\pi^2 a) = \lambda T / (\pi \sin \alpha) \dots\dots\dots (30)$$

例えば表2の  $H = 5$  の場合は式 (28), (29) より,  $a = 0.26128$ ,  $b = 1.55158$  式 (30) より  $\rho_{\min} = 3.73432$  が得られる。

図4において単弦曲線の法線と  $y$  軸の交角  $\epsilon$  をパラメーターとして  $\epsilon = 0 \sim 2\alpha$  だけ変化させ, 式 (16) より  $K$ ,  $x'_p$ ,  $y'_p$  を求め, 式 (10) か式 (20) により  $x_p$ ,  $y_p$  を求めれば単弦曲線の輪郭が求められる。また  $x'_p$ ,  $y'_p$  より式 (18) を用いて  $\rho$  を求め, 式 (19) より  $x'_q$ ,  $y'_q$  を求め, 式 (10) より  $x_q$ ,  $y_q$  を求めれば縮閉線が得られる。

図5は  $\lambda = 0.25$ ,  $T = 12$ ,  $H = 5$  の場合の単弦曲線とその縮閉線を示す。

6.1 運動と押進め角 (ナイフエッジホローの場合)

カムを直動カムとし,  $v$  の定速度で動くものとし, 従動節はナイフエッジとするなら式 (5) を時間  $t$  で微分すれば

$$\dot{x}' = -a \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \frac{\pi}{2b} \dot{y}' \dots\dots\dots (31)$$

が得られ, 式 (10) を時間  $t$  で微分し,  $\Theta$  の代わりに  $\alpha$  を代入すれば

$$\dot{x} = \dot{x}' \sin \alpha - \dot{y}' \cos \alpha, \quad \dot{y} = -\dot{x}' \cos \alpha - \dot{y}' \sin \alpha \dots\dots\dots (32), (33)$$

が得られるので, 式 (31) を上式に代入し,  $\dot{x} = v$  とおけば

$$\dot{x} = v = \dot{y}' \left\{ -\cos \alpha - \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \sin \alpha \right\} \dots\dots\dots (34)$$

$$\dot{y} = -\dot{y}' \left\{ \sin \alpha - \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \cos \alpha \right\} \dots\dots\dots (35)$$

が得られ, この両式から  $\dot{y}'/v$  を求めれば次式を得る。

$$\frac{\dot{y}'}{v} = \frac{\sin \alpha - \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \cos \alpha}{\cos \alpha + \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \sin \alpha} \dots\dots\dots (36)$$

加速度係数  $\ddot{y}'/v^2$  は式 (36) を  $t$  で微分して

$$\frac{\ddot{y}'}{v^2} = \frac{\left(\frac{\pi a}{2b}\right) \left(\frac{\pi}{2b}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2b} y'\right)}{\left\{ \cos \alpha + \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \sin \alpha \right\}^3} \dots\dots\dots (37)$$

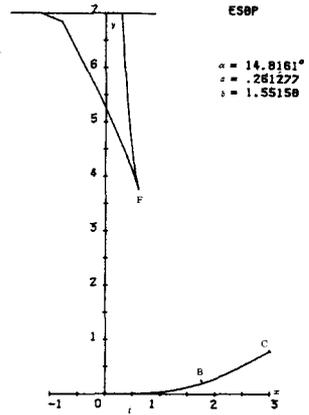


図5 1個の単弦曲線と縮閉線

図4において単弦曲線上のP点より  $x$  軸に垂線を引き, P点の法線の交角  $\phi$  は押進め角となり, これは  $\epsilon$  に等しいので

$$\phi = \varepsilon, \quad \phi_{\max} = 2\alpha \quad \dots\dots\dots (38), (39)$$

となる。表2から  $H/T = 5/12 \approx 0.4$ ，表1から  $a/b < 0.17$  となる。

図6は  $\lambda = 0.25$ ， $T = 12$ ， $H = 5$  の場合のナイフエッジ従動節の変位  $h = y$ ，速度係数  $\dot{y}/v$ ，加速度係数  $\ddot{y}/v^2$  を示す。 $\ddot{y}/v^2_{\max} = 0.8$  が得られる。

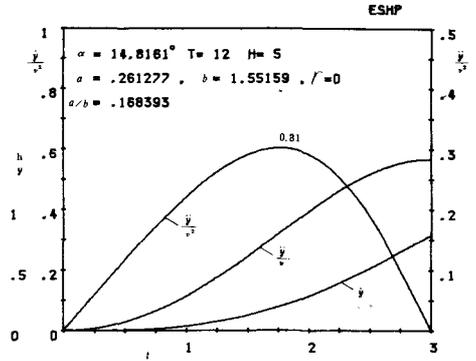


図6 1個の単弦曲線の運動

§7 2個の対称単弦曲線

図3において単弦曲線  $AB$  を引き，その縮閉線を  $A'F$  とし，直線  $MN$  を対称軸として  $AB$  と  $A'F$  の対称曲線を引けば第2単弦曲線  $BC$  と第2縮閉線  $C'F$  が得られ，最小曲率半径は  $B$  点の曲率半径  $\rho_B$  となる。

図7において  $x, y$  座標上の点  $P$  の  $MN$  軸の対称点を  $S$  とし， $S$  点の座標を  $x_s, y_s$  とすれば

$$\begin{aligned} x_s &= m + (m - x_p) \cos 2\alpha - y_p \sin 2\alpha, \\ y_s &= (m - x_p) \sin 2\alpha + y_p \cos 2\alpha \quad \dots (40) \end{aligned}$$

あるいは

$$\begin{aligned} x_s &= (n - y_p) \sin 2\alpha - x_p \cos 2\alpha, \\ y_s &= n(1 - \cos 2\alpha) + y_p \cos 2\alpha - x_p \sin 2\alpha \quad \dots\dots\dots (41) \end{aligned}$$

が得られる。これらの式に  $x_p, y_p$  の代りに  $x_q, y_q$  を代入すれば対称縮閉線が求められる。よって1個の単弦曲線が与えられれば  $MN$  軸の対称単弦曲線  $BC$  並びに対称縮閉線  $C'F$  が得られる。

7.1 a, bの決定

$\lambda, T, H$  が指定されれば表2より， $\alpha, m, n$  が決定される。表1より  $\varepsilon_{\max}$  が  $\alpha$  より大きい  $a/b$  を指定すれば  $B$  点が単弦曲線の頂点でなく途中にくる。 $\phi_{\max} \leq 30^\circ$  を指定すれば  $\varepsilon_{\max} \leq 15^\circ$  となり式(17)より

$$\alpha_{\max} \leq 15^\circ, \quad \varepsilon_{\max} \leq 15^\circ, \quad a/b \geq (2/\pi) \tan \varepsilon_{\max} \quad \dots\dots\dots (42), (43)$$

から， $a/b \geq 0.17058$  となる。 $\alpha = 14.8161^\circ$  とすれば  $a/b_{\min} = 0.16839$  となる。図3において  $C$  点の  $x$  座標  $x_c$  が  $\lambda T$  となるための  $a, b$  の値を求める。 $B$  点の  $\varepsilon = \alpha$  となるから式(16)より  $B$  点の  $K_B, x'_B, y'_B$  は

$$K_B = \frac{1 - (2b/\pi a) \tan \alpha}{1 + (\pi a/2b) \tan \alpha}, \quad x'_B = a \sqrt{1 - K_B^2}, \quad y'_B = \frac{2b}{\pi} \tan^{-1} \frac{K_B}{\sqrt{1 - K_B^2}} \quad \dots\dots\dots (44)$$

となり，式(10), (9), (18)より

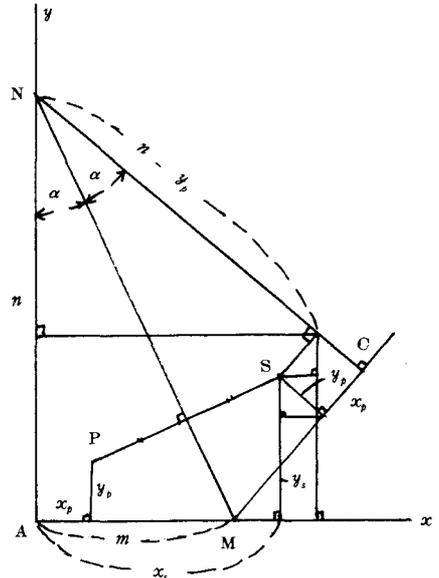


図7 対称軸

$$x_B = (b - y'_B) \cos \Theta + x'_B \sin \Theta, \quad y_B = (b - y'_B) \sin \Theta - x'_B \cos \Theta, \quad \tan \Theta = \frac{\pi a}{2b} \quad \dots\dots (45)$$

$$n = y_B + \frac{x_B}{\tan \alpha}, \quad \rho_B = \frac{[a^2 K_B^2 + (2b/\pi)^2]^{\frac{3}{2}}}{(2b/\pi) x'_B} \quad \dots\dots (46), (47)$$

となる。C点の  $x, y$  座標は

$$x_c = n \sin 2\alpha, \quad y_c = 2n \sin^2 \alpha \quad \dots\dots (48), (49)$$

だから、 $x_c = \lambda T$  とするため、縮尺を  $S$  とすれば

$$S = \lambda T / (n \sin 2\alpha) \quad \dots\dots (50)$$

となる。この  $S$  に  $a, b, n, y_c$  を乗ずれば  $x_c$  を  $\lambda T$  とする  $a, b$  の値が求まる。表3は  $\lambda = 0.25, T = 12, H = 5, \alpha = 14.8161^\circ$  の場合の  $a, b$  の値を示す。

表3  $\lambda = 0.25, T = 12, H = 5, \alpha = 14.8161^\circ$

$a/b$	0.16839	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
$a$	0.26128	0.33919	0.46676	0.59481	0.71895	0.83613
$b$	1.55159	1.69593	1.86705	1.98269	2.05415	2.09032
例	③	②				⑥

$a/b$	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$a$	1.04287	1.20969	1.33944	1.43815	1.51225	1.56742
$b$	2.08575	2.01616	1.91349	1.79769	1.68028	1.56742
例			④			

$a/b$	1.2	1.5	2	3	4	5
$a$	1.63826	1.68731	1.70604	1.68872	1.66721	1.65118
$b$	1.36522	1.12487	0.85302	0.56291	0.41678	0.33023
例	①					⑤

### 7.2 カムの輪郭

$\lambda, T, H$  が指定されれば  $\alpha$  が決まり、表3より  $a/b$  を指定すれば  $a, b$  が決まる。図1のカムの輪郭の法線と  $y$  軸の交角  $\epsilon$  をパラメータす。

#### (A) 第1単弦曲線 AB ( $0 \leq \epsilon \leq \alpha$ )

式(16)より、 $a, b, \epsilon$  が与えられれば  $K, x'_b, y'_b$  式(9)より  $\Theta$  が求まるので式(10)に代入すればカムの輪郭  $x_b, y_b$  が求められる。

#### (B) 第2単弦曲線 BC ( $\alpha \leq \epsilon \leq 2\alpha$ )

$\epsilon$  が  $\alpha$  より大きい場合の  $\epsilon$  を  $\epsilon'$  とし、そのときの輪郭上の点を  $P'$  とすれば、 $P'$  点の  $MN$

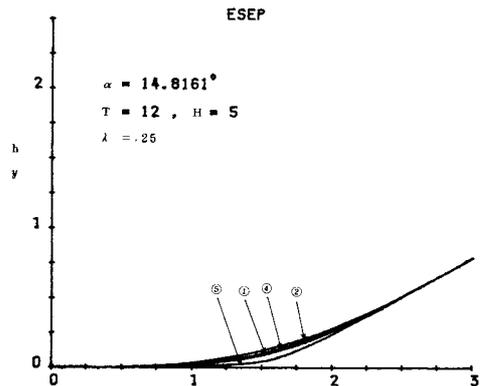


図8 単弦緩和曲線の輪郭

軸の対称点Pのεは次式となる。

$$\epsilon = 2\alpha - \epsilon' \quad \dots\dots\dots (51)$$

式(51)でεを求めP点の $x_p, y_p$ を求めて式(41)の対称点の式に代入してP'点の座標 $x'_p, x''_p$ を求めれば第2単弦曲線BCの輪郭が得られる。

7.3 計算例

図8は $\lambda = 0.25, T = 12, H = 5, \alpha = 14.8161^\circ$ で表3の例②, ④, ①, ⑤の場合のカムの輪郭を示す。a/bが大きい程最小曲率半径が小さくなる。図9は表3の例④のa/b = 0.7の場合の単弦緩和曲線と縮閉線を示す。

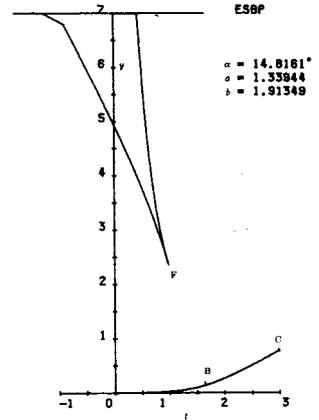


図9 表3例④の緩和曲線と縮閉線

7.4 対称単弦曲線の運動

往復従動節はナイフエッジとし、従動節の運動を求める。

(1) 第1単弦曲線AB ( $0 \leq \epsilon \leq \Theta$ )

式(10)を時間tで微分すれば次式を得る。

$$\dot{x} = -\dot{y}' \cos \Theta + \dot{x}' \sin \Theta, \quad \dot{y} = -\dot{y}' \sin \Theta - \dot{x}' \cos \Theta, \\ \tan \Theta = \pi a / (2b) \quad \dots\dots\dots (52), (53)$$

式(5)をtで微分し、 $\dot{x} = v$ とすれば

$$\dot{x}' = -a \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) \frac{\pi}{2b} \dot{y}' \quad \dots\dots\dots (54)$$

$$\dot{y}' = v / \left\{ -\cos \Theta - \frac{\pi a}{2b} \sin \Theta \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (55)$$

$$\frac{\dot{y}}{v} = \frac{\sin \Theta - \frac{\pi a}{2b} \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) \cos \Theta}{\cos \Theta + \frac{\pi a}{2b} \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) \sin \Theta} \quad \dots\dots\dots (56)$$

となる。vを一定とし、式(56)を更にtで微分すれば

$$\frac{\ddot{y}}{v^2} = \frac{\left( \frac{\pi a}{2b} \right) \left( \frac{\pi}{2b} \right) \cos \left( \frac{\pi}{2b} y' \right)}{\left\{ \cos \Theta + \frac{\pi a}{2b} \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) \sin \Theta \right\}^3} \quad \dots\dots\dots (57)$$

が得られる。Θ = αとすれば式(36), (37)に一致する。

$\dot{y}'/v, \ddot{y}'/v^2$ をεで表示すれば次式となる。

$$\frac{\dot{y}}{v} = \frac{\pi a}{2b} (1-K) / \left\{ 1 + \left( \frac{\pi a}{2b} \right)^2 K \right\}, \quad K = \left( 1 - \frac{2b}{\pi a} \tan \epsilon \right) / \left( 1 + \frac{\pi a}{2b} \tan \epsilon \right)$$

$$\frac{\ddot{y}}{v^2} = \left( \frac{\pi a}{2b} \right) \left( \frac{\pi}{2b} \right) \sqrt{1-K^2} \left\{ 1 + \left( \frac{\pi a}{2b} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} / \left\{ 1 + \left( \frac{\pi a}{2b} \right)^2 K \right\}^3 \quad \dots\dots\dots (58)$$

(2) 第2単弦曲線BC ( $\Theta \leq \epsilon \leq 2\Theta$ )

式(40)を時間  $t$  で微分し, これに式(52),(53)に代入すれば次式が得られる。

$$\dot{x}_s = -\dot{x}_p \cos 2\alpha - \dot{y}_p \sin 2\alpha, \quad \dot{y}_s = -\dot{x}_p \sin 2\alpha + \dot{y}_p \cos 2\alpha \quad \dots\dots\dots (59), (60)$$

$$\dot{x}_s = \dot{y}'_p \cos(2\alpha - \Theta) + \dot{x}'_p \sin(2\alpha - \Theta) \quad \dots\dots\dots (61)$$

$$\dot{y}_s = \dot{y}'_s \sin(2\alpha - \Theta) - \dot{x}'_p \cos(2\alpha - \Theta) \quad \dots\dots\dots (62)$$

式(54)より  $\dot{x}'_p = -\frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi a}{2b} y'_p\right) \dot{y}'_p \quad \dots\dots\dots (63)$

の式を式(61),(62)に代入して  $\dot{x}_s = v$  とすれば, 前と同様に次式が得られる。

$$\frac{y_s}{v} = \frac{\sin(2\alpha - \Theta) + \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \cos(2\alpha - \Theta)}{\cos(2\alpha - \Theta) - \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \sin(2\alpha - \Theta)} \quad \dots\dots\dots (64)$$

$$\frac{\ddot{y}_s}{v} = \frac{\left(\frac{\pi a}{2b}\right) \left(\frac{\pi}{2b}\right) \cos\left(\frac{\pi}{2b} y'\right)}{\left\{ \cos(2\alpha - \Theta) - \frac{\pi a}{2b} \sin\left(\frac{\pi}{2b} y'\right) \sin(2\alpha - \Theta) \right\}^3} \quad \dots\dots\dots (65)$$

7.5 計算例

図10は  $\lambda = 0.25, T = 12, H = 5, \alpha = 14.8161^\circ$  で表3の例①, ②, ③, ④, ⑥ すなわち  $a/b = 0.16889 \sim 1.2$  の場合のデータで式(57),(65)により  $\ddot{y}/v^2$  を  $x_p, x_s$  に対して求めた加速度曲線である。例①の1個の単弦曲線の場合に比し  $a/b$  が大きい程最大加速度が大となるので,  $a/b$  が 0.4 以上は使用できない。

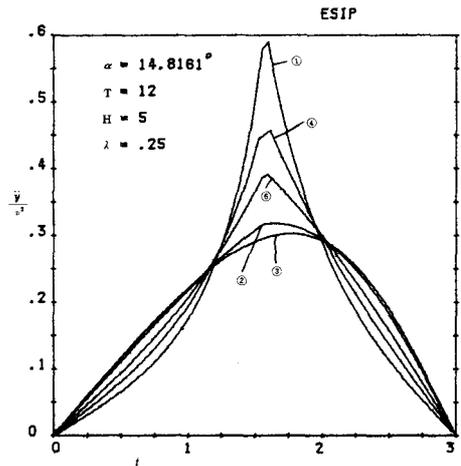


図10 対称単弦曲線の加速度

§ 8 カム線図

前項によりカム線図の緩和曲線ABCを描き, 直線部分CDと次の緩和曲線DEFについては次のようになる。

8.1 直線部分CD ( $\lambda T \leq x_p \leq T - \lambda T$ )

$$y_p = (x_p - \lambda T) \tan 2\alpha + y_c,$$

$$y_c = \lambda T \tan \alpha \quad \dots\dots\dots (66), (67)$$

$$y_D = y_c + T(1 - 2\lambda) \tan 2\alpha,$$

$$H = y_c + y_D \quad \dots\dots\dots (68), (69)$$

8.2 第2の緩和曲線DEF ( $T - \lambda T \leq x_p \leq T$ )

緩和曲線DEFの部分の  $\epsilon$  を  $\epsilon'$  とし, 曲線上の座標を  $x'_p, y'_p$  とすれば  $0 \leq \epsilon' \leq 2\alpha$  となり

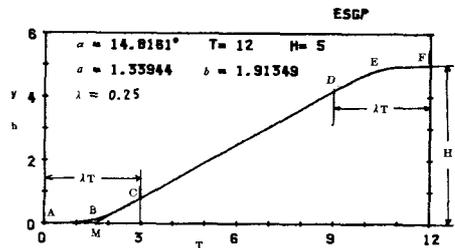


図11 カム線図

$$\varepsilon = 2\alpha - \varepsilon', \quad x_p'' = T - x_p, \quad y_p'' = H - x_p \quad \dots\dots\dots (70), (71)$$

$\varepsilon'$  を零から  $2\alpha$  迄与えて式 (70) から  $\varepsilon$  を求め、第1緩和曲線から  $x_p, y_p$  を求め、式 (71) より  $x_p'', y_p''$  を求め、これを  $x_p, y_p$  として描けばよい。第1緩和曲線が如何なる曲線でも式 (70), (71) より第2緩和曲線を対称に描くことができる。

### 8.3 計算例

図11は表3の例④のデータによるカム線図である。

## §9 法線座標による直動カムの速度、加速度

普通カム線図は図11において曲線は  $xy$  座標で示され、 $x$  を与えて  $y$  を求める方式であるが、本研究では曲線の法線が  $y$  軸となす角  $\varepsilon$  をパラメーターとして、 $\varepsilon$  を与えて  $x_p, y_p$  を求める法線座標と名づけた方式をとれば、縮閉線の表示が簡単になるばかりでなく、カムの速度、加速度を  $\varepsilon$  により簡単に表示できる利点がある。

図12における  $xy$  座標の任意の曲線において、曲線上の  $P$  点の法線と  $y$  軸の交角を  $\varepsilon$  とし、曲線を次式のように表示する。

$$x = f_1(\varepsilon), \quad y = f_2(\varepsilon) \quad \dots\dots\dots (72)$$

これを時間  $t$  で微分すれば

$$\dot{x} = \dot{f}_1(\varepsilon) \dot{\varepsilon}, \quad \dot{y} = \dot{f}_2(\varepsilon) \dot{\varepsilon} \quad \dots\dots\dots (73)$$

となり、 $\dot{x}$  は  $P$  点の  $x$  方向の速度  $v$  だから

$$\dot{x} = v, \quad \dot{\varepsilon} = v / \dot{f}_1(\varepsilon) \quad \dots\dots\dots (74)$$

となる。式 (74) を式 (73) に代入すれば次式が得られる。

$$\dot{y} / v = \dot{f}_2(\varepsilon) / \dot{f}_1(\varepsilon) \quad \dots\dots\dots (75)$$

図12において  $P$  点の接線と  $x$  軸の交角は  $\varepsilon$  である。

$$\tan \varepsilon = dy/dx = \dot{y} / \dot{x} = \dot{y} / v \quad \dots\dots\dots (76)$$

よって式 (75) と式 (74) から

$$\dot{y} / v = \tan \varepsilon \quad \dots\dots\dots (77)$$

となり、速度が  $\tan \varepsilon$  で表示される。

$P$  点における曲率中心  $Q$  は  $PN$  上にあり、曲率半径を  $\rho$  とすれば式 (1) と式 (76) より

$$\rho = \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} / \left| \frac{d^2y}{dx^2} \right| = 1 / \left( \left| \frac{d^2y}{dx^2} \right| \cos^3 \varepsilon \right) \quad \dots\dots\dots (78)$$

となるので

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\rho \cos^3 \varepsilon} \quad \dots\dots\dots (79)$$

となる。式 (76) を  $x$  で微分すれば、式 (79) より

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\cos^2 \varepsilon} \frac{d\varepsilon}{dx} = \frac{1}{\cos^2 \varepsilon} \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{x}} = \frac{1}{\rho \cos^3 \varepsilon} \quad \dots\dots\dots (80)$$

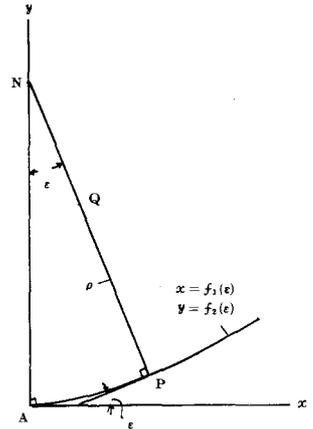


図12 カム線図の法線座標

となるので、 $\dot{\varepsilon}$ は次式のようになる。

$$\dot{\varepsilon} = v / (\rho \cos \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (81)$$

式(77)を時間 $t$ で微分すれば式(81)より

$$\ddot{y} = v \sec^2 \varepsilon (\dot{\varepsilon}) = v^2 / (\rho \cos^3 \varepsilon), \quad \ddot{y} / v^2 = 1 / (\rho \cos^3 \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (82)$$

となり、加速度も簡単な形となる。

### 9.1 単弦曲線の場合

式(16)より式(14),(9)を用いて $\varepsilon$ を $K, \Theta$ で示せば

$$\tan \varepsilon = \frac{(1+K) \tan \Theta}{1+K \tan^2 \Theta}, \quad \frac{1}{\cos \varepsilon} = \frac{\sqrt{1+K^2 \tan^2 \Theta}}{\cos \Theta (1+K \tan^2 \Theta)} \quad \dots\dots\dots (83), (84)$$

となる。単弦曲線の場合の速度は式(56)で示され、その分母、分子に式(9),(14)を用いれば

$$\cos \Theta + \frac{\pi a}{2b} \sin \Theta \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) = \cos \Theta (1+K \tan^2 \Theta) \quad \dots\dots\dots (85)$$

$$\sin \Theta - \frac{\pi a}{2b} \cos \Theta \sin \left( \frac{\pi}{2b} y' \right) = \cos \Theta \tan \Theta (1-K) \quad \dots\dots\dots (86)$$

となり、式(83)より $\dot{y}/v$ は次式のように式(77)と一致する。

$$\frac{\dot{y}}{v} = \frac{(1-K) \tan \Theta}{1+K \tan^2 \Theta} = \tan \varepsilon \quad \dots\dots\dots (87)$$

加速度は式(57)より式(16),(9)を用いれば

$$\frac{\ddot{y}}{v^2} = \frac{\sqrt{1-K^2} \tan^2 \Theta}{a \cos^3 \Theta (1+K \tan^2 \Theta)^3} \quad \dots\dots\dots (88)$$

となる。曲率半径 $\rho$ は式(18)より、式(16),(9)を用いれば

$$\rho = \frac{a (1+K^2 \tan^2 \Theta)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{1+K^2 \tan^2 \Theta}} \quad \dots\dots\dots (89)$$

となるので、式(89)を式(88)に代入し、式(85),(84)を用いれば次式となり、式(82)に一致する。

$$\frac{\ddot{y}}{v^2} = \frac{(1+K^2 \tan^2 \Theta)^{\frac{3}{2}}}{\rho \cos^3 \Theta (1+K \tan^2 \Theta)^3} = \frac{1}{\rho \cos^3 \varepsilon} \quad \dots\dots\dots (90)$$

### 9.2 円弧の場合

図12において曲線が $N$ を中心とし、半径 $AN=r$ の円弧の場合は次式となる。

$$x_p = r \sin \varepsilon, \quad y_p = r (1 - \cos \varepsilon), \quad \rho = r \quad \dots\dots\dots (91)$$

$$\frac{\dot{y}}{v} = \tan \varepsilon, \quad \frac{\ddot{y}}{v^2} = \frac{1}{r \cos^3 \varepsilon} \quad \dots\dots\dots (92)$$

9.3 インボリュート曲線の場合

図13において半径  $u$  の中心  $M$  の座標  $a, b$  の円を考え、インボリュートの始点  $A$  の垂直線  $AB = c$  とし、インボリュートを描き、その上の点を  $P$ 、接線を  $PQ$  とし、 $AB$  と  $PQ$  のなす角を  $\epsilon$  とすれば  $\angle AMQ = \epsilon$  で  $PQ$  と  $y$  軸の交角は  $\epsilon$  となる。

よって  $\rho = c - u \epsilon$

$$x_p = a - u \cos \epsilon + \rho \sin \epsilon, \quad y_p = b - u \sin \epsilon - \rho \cos \epsilon \quad \dots\dots\dots (93)$$

となるので、 $x_p, y_p$  を時間  $t$  で微分したものを  $\dot{x} = v, \dot{y}$  とすれば  $\dot{x} = v = \dot{\epsilon} \rho \cos \epsilon, \dot{y} = \dot{\epsilon} \rho \sin \epsilon$  から次式を得る。

$$\frac{\dot{y}}{v} = \tan \epsilon, \quad \frac{\ddot{y}}{v^2} = \frac{1}{\rho \cos^3 \epsilon} \quad \dots\dots\dots (94)$$

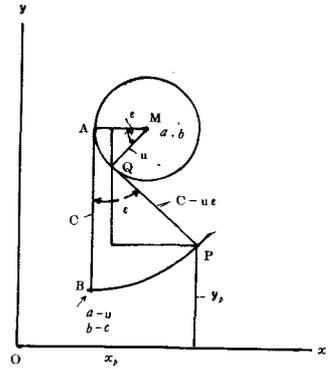


図13 インボリュート曲線の法線表示

9.4 放物線の場合

図12において曲線が  $y = ax^2$  の放物線の場合は、次式となる。

$$dy/dx = 2ax = \tan \epsilon, \quad d^2y/dx^2 = 2a \quad \dots\dots\dots (95)$$

$$x_p = \tan \epsilon / (2a), \quad y_p = \tan^2 \epsilon / (4a) \quad \dots\dots\dots (96)$$

$$\rho = (1 + \tan^2 \epsilon)^{3/2} / (2a) = 1 / (2a \cos^3 \epsilon) \quad \dots\dots\dots (97)$$

$$\dot{y} / v = \tan \epsilon, \quad \ddot{y} / v^2 = 1 / (\rho \cos^3 \epsilon) = 2a \quad \dots\dots\dots (98)$$

§ 10 圆弧挿入法

図10から明らかなように最大加速度を低くするために1個の単一単弦曲線の場合は  $\ddot{y} / v^2_{max} \approx 0.3$  である。この値を更に低くするためにカム線図の単弦曲線  $AB, BC$  の間に圆弧を挿入する場合を考える。

図14において第1単弦曲線  $AB$ 、圆弧  $BC$ 、第2単弦曲線  $CD$  とし、 $CD$  は  $MN$  を軸として  $AB$  と対称とする。

10.1 a, bの決定 (圆弧の中心角が  $\alpha$  の場合)

図14において単弦曲線の  $b = 1, a/b$  を任意に指定し、 $\epsilon$  が零から  $\alpha/2$  までの単弦曲線を描き、 $\epsilon = \alpha/2$  のときのカム上の点を  $P$ 、曲率中心を  $Q$  とす。この  $Q$  点を  $MN$  上の  $O$  点に移すには  $Q$  点より  $PQ$  と  $\alpha/2$  の角をなす  $QS$  を引き、 $S$  点を  $M$  点に一致させるために  $AM / AS = N$  とし、 $a, b$  の値と  $PQ = \rho$  の値を  $N$  倍すれば、単弦曲線  $AB$  が求まり、 $O$  点を中心として半径  $N \times PQ$  の半径で  $\epsilon = \alpha/2 \sim \alpha$  の圆弧を描けば  $BC$  が描ける。圆弧の中心角を  $\alpha$  とする。

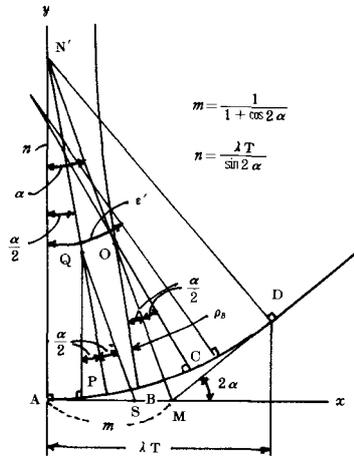


図14 圆弧の挿入

$T = 12, H = 5, \lambda = 0.25, \alpha = 14.8161^\circ$  の場合.  $\varepsilon = \alpha/2$  として, 式 (16), (18) より  $x'_p, y'_p, \rho_p$  を求め, 式 (10) の  $\Theta = \alpha$  として  $x_p, y_p$  を求め縮閉線上の Q 点の座標

$$x_Q = x_p - \rho \sin(\alpha/2), \quad y_Q = y_p + \rho \cos(\alpha/2) \quad \dots\dots\dots (99)$$

より  $AS = x_Q + y_Q \tan \alpha, \quad AM = m = \lambda T / (1 + \cos 2\alpha)$  から

$$N = \frac{\lambda T}{(1 + \cos 2\alpha)(x_Q + y_Q \tan \alpha)} \quad \dots\dots\dots (100)$$

となり,  $a, b, \rho_B$  を  $N$  倍すれば表 4 が得られる。

表 4  $T = 12, H = 5, \lambda = 0.25, \alpha = 14.8161^\circ$

$a/b$	0.05	0.06	0.07	0.1	0.4	0.7	1.0
$a$	0.02773	0.04310	0.05865	0.11021	0.78375	1.24111	1.44336
$b$	0.55453	0.71834	0.83784	1.10205	1.95938	1.77302	1.44336
$\rho_B$	5.93013	5.24387	4.93426	4.53626	3.89628	3.63792	3.42274
例	①	②	③	④	⑤	⑥	

10.2 第1単弦曲線 AB ( $0 \leq \varepsilon \leq \alpha/2$ )

前項をまとめれば次式となる。

$$x'_p = a \sqrt{1 - K^2}, \quad y'_p = \frac{2b}{\pi} \tan^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 - K^2}}, \quad K = \frac{1 - (2b/\pi a) \tan \varepsilon}{1 + (\pi a/2b) \tan \varepsilon} \quad \dots\dots (101)$$

$$x_p = (b - y'_p) \cos \Theta + x'_p \sin \Theta, \quad y_p = (b - y'_p) \sin \Theta - x'_p \cos \Theta \quad \dots\dots\dots (102)$$

$$\rho = 1 / \left\{ \left( \frac{\pi}{2b} \right)^2 x'_p \cos^3(\Theta - \varepsilon) \right\}, \quad \tan \Theta = \frac{\pi a}{2b} \quad \dots\dots\dots (103)$$

$\varepsilon = \alpha/2$  のときの B 点の  $x_B, y_B, \rho_0$  と O 点の  $x_0, y_0$  を求めておく。

10.3 円弧の部分 BC ( $\alpha/2 \leq \varepsilon \leq \alpha/2 + \alpha$ )

図 14 からカム線図の円弧上の座標  $x_p, y_p$  は次式となる。

$$x_p = x_0 + \rho_0 \sin \varepsilon, \quad y_p = y_0 - \rho_0 \cos \varepsilon \quad \dots\dots\dots (104)$$

10.4 第2単弦曲線 CD ( $3\alpha/2 \leq \varepsilon' \leq 2\alpha$ )

$\varepsilon$  が  $3\alpha/2$  より大きい場合にはこの  $\varepsilon$  を  $\varepsilon'$  とし, そのときのカム上の点の座標を  $x_s, y_s$  とし,

$$\varepsilon = 2\alpha - \varepsilon', \quad \varepsilon' = 2\alpha - \varepsilon \quad \dots\dots\dots (105)$$

より  $\varepsilon$  を求め, 第1単弦曲線の  $x_p, y_p$  を求め, 次式に代入する。式 (41) より

$$\left. \begin{aligned} x_s &= (n - y_p) \sin 2\alpha - x_p \cos 2\alpha, \quad n = \lambda T / \sin 2\alpha \\ y_s &= 2n \sin^2 \alpha + y_p \cos 2\alpha - x_p \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (106)$$

より, 第1単弦曲線 AB の対称曲線 CD を求めればよい。

10.5 計算例

図 15 は円弧を挿入した単弦曲線の緩和曲線を示す。 $T = 12, H = 5, \lambda = 0.25, \alpha = 14.8161^\circ$  の表 4 の例 ①, ③, ⑤, ⑥ のデータによる。 $a/b$  が小さい程円弧の半径  $\rho_B$  が大きい。

図16は表4の例②, ③, ④, ⑤のデータにより式(91),(92)を用いて $\ddot{y}/v^2$ を $x_p$ に対して求めたものを示す。例②の $a/b=0.06$ の場合にはC点のつなぎにこぶができる。例⑤の $a/b=0.4$ の場合には最大加速度が大きくなりすぎる。例③の $a/b=0.07$ が最小の $\ddot{y}/v^2_{max}=0.27$ となる。図17は例③の場合の運動を示す。この場合が円弧挿入の場合に最良である。

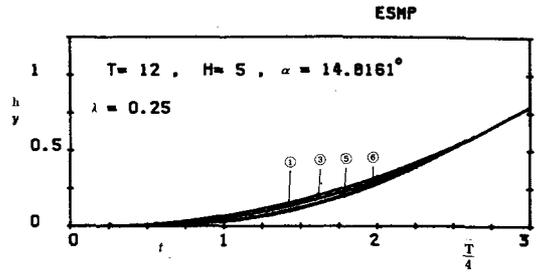


図15 円弧単弦曲線カムの輪郭

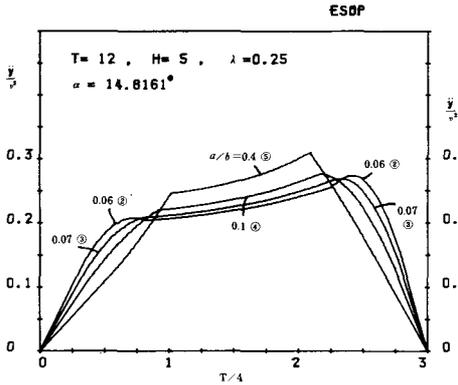


図16 円弧単弦曲線カムの加速度

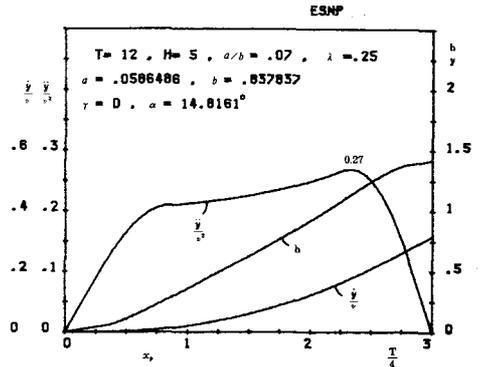


図17 円弧単弦曲線カムの運動

## § 11 結 論

以上によりカム線図あるいは直進カムの輪郭において等速度カムの場合の緩和曲線として単弦曲線を用いた場合と円弧を挿入した場合について解析次の結論が得られた。

- (1) 緩和曲線を曲線の法線と従動節の行程線の交角（これは押進め角となる）をパラメータとして曲線表示すれば従動節の運動解析が簡単となり、曲線の接合に縮閉線を利用すれば解析が容易となる。
- (2) 緩和曲線に円弧あるいは放物線のみを使用する場合には始点における往復従動節の加速度は一定の値となり、2次の加速度すなわちジャークは無限大となるので衝撃を高速の場合は生ずる。
- (3) 緩和曲線として単弦曲線を使用すれば往復従動節の加速度曲線は滑らかな単弦曲線に近い曲線となるため、始点、終点の加速度は零となり、ジャークも一定な値となる。
- (4) 対称な2個の単弦曲線を接合した曲線を緩和曲線として利用した場合は1個の単弦曲線の場合より最大加速度が大となって良くない。
- (5) 対称な2個の単弦曲線の間に円弧を挿入して接合すれば加速度曲線の頂きがやや水平に近くなって最大加速度を円弧を挿入しない場合よりも低くすることができる。

次報において円弧の代りにインボリュート曲線あるいは放物線を対称単弦曲線の間に挿入する場合の運動の解析を示す。本研究において本校の学生朝倉浩海、岡田修両君の協力を得た。

(昭和57年10月15日受付)

# ソードM100ACEにおけるZ-80アセンブラテキストコンバータ アセンブラプログラムのザイログ形式 からソード形式への自動変換

(機械工学科) 藤 田 幸 史

## Z-80 Assembly Text Converter for the SORD M100 ACE -Autoconverting Assembly Program Texts described in the Zilog Format into that in the Sord Format

(Dept. Mech. Engrg.) Yoshifumi FUJITA

The mnemonics of the SORD M100 ACE assembler (RASM) is inconvenient for the users who have mastered Z-80 Zilog mnemonics. Therefore, this program is designed to convert the Z-80 assembly language source program described in the Zilog format into that in the Sord format. The source files converted and stored on a diskette can be assembled directly by RASM. The converter will recognize sixteen pseudo-opcodes.

### § 1 緒 言

ソードM100ACEにおいては、8080のアセンブラを拡張したと思われるZ-80アセンブラRASMがある。これはリロケータブルアセンブラであり、ベーシックとリンクできるようになっている。しかし、ニーモニックがザイログ形式のアセンブラに比べて複雑で覚えにくいということが問題である。そこで、ザイログ形式のアセンブラを使うようにする方法として次のようなことが考えられる。

- (1) ザイログ形式のアセンブラを新しく作成する。
- (2) CP/Mを走るようにして、その上で走るMACRO-80を使用する。
- (3) ザイログ形式のアセンブラを変換してソードのアセンブラに直すようにする。

これらのうち(1)は、リンケージローダも作成せねばならないし、またベーシックとリンクすることを考えると問題である。(2)はCP/Mを走るようにし、CP/M上で走るベーシックを購入すれば、ベーシックとアセンブラのリンクも可能である。ただし、グラフィックをベーシックで使うためには、そのためのサブルーチンプログラムを新しく作ってやらねばならない点が問題である。以上に比べて(3)は、ベーシックとリンクできるしベーシックにおいてグラフィック命令を使用できる。このようなわけで、(3)の方法を採用し、Z-80ザイログ形式のアセンブラプログラムをソード形式に変換するためのアセンブラテキストコンバータを作成する。

### § 2 アセンブラテキストコンバータとソードアセンブラ (RASM)

アセンブラテキストコンバータはザイログ形式のアセンブラプログラムをソード形式のアセンブラプログラムに変換するものである。これにより、わかりやすく覚えやすいザイログのアセンブラを使

用でき、ややこしく覚えにくいソードのアセンブラを使わなくて済む。これを、いったんサイログのアセンブラでプログラムを作りいちいち対応表をもとに手でソードのアセンブラに変換していくことは、プログラムの短いうちはまだしも、長くなると気が遠くなるほど非常に大変な作業である。しかし、本テキストコンバータを使用すれば、容易である。サイログ形式のソースファイルは、エディターにより作成してもよいし、キーにより直接入力していてもよい。テキストコンバータはこれを変換し、ソード形式のアセンブラソースファイルを作成する。後は、これからソード社のアセンブラ RASM により、リロケータブルバイナリーオブジェクトコードファイルを作成し、リロケータブルローダー RLD R により、即実行可能なバイナリーオブジェクトコードファイルを作成すればよい。以上をまとめると、図 2.1 のようになる。

### § 3 入力テキストのアセンブラ

マイクロソフト社の MACRO-80 に原則としてできるだけ沿ようにしている。ただし、マクロ命令は使用できない。

#### 3.1 原始ファイルの形式

テキストコンバータにおける原始入力は 1 行につき 30 文字の長さまで受けつける。

##### 3.1.1 ステートメント

原始入力ファイルは、次のようなステートメントでなされる。

[ラベル:] [演算子] [アーギュメント] [ ; コメント ]

演算子はオペレーションコードか擬似オペレーションコードのいずれかである。ここで、オペレーションコードは、IM0, IM1, IM2, RST 命令は使用できない。

コメントは常にセミコロンで始まり、復帰改行で終る。演算子とアーギュメントとの区別はスペースを用いる。ラベルは、ソード社のアセンブラニックや、擬似命令やレジスタは使えない。

##### 3.1.2 記号

6 文字まで有効である。次の文字が使用可能である。

A~Z 0~9 . ? %

@ は入力終了を判定するために使用しているので使えない。カナ文字もラベル以外は使える。

##### 3.1.3 数値定数

最後に H がついていれば、数値は 16 進数、何もついていなければ 10 進数として扱われる。ダブルコーテーション (") に続く 1 文字を ASCII 定数とみなす。文字定数として認識できない文字はアングルブラケット (< >) で囲んで 1 文字の定数を表わす。アドレス定数や数値定数の上位 8 ビットだけ必要な場合、定数の前に # をつける。

##### 3.1.4 式の計算

ソードのアセンブラでは、演算子に優先順位がなく、ただ単に左から順に計算するだけである。また、かっこも使えない。しかし、本テキストコンバータでは、次のように優先順位を演算子に与えている。

\*, /, +, - AND, OR

これらの優先順位を変えるために、かっこが使えるようにしている。ただし、1 つのかっこの中に \*, / を含んだ項が 2 つ以上あってはいけない。

##### 3.1.5 自己アドレス記号 (\$) )

現在のロケーション・カウンタを参照する。

#### 3.2 擬似命令

次のような擬似命令が使用可能である。

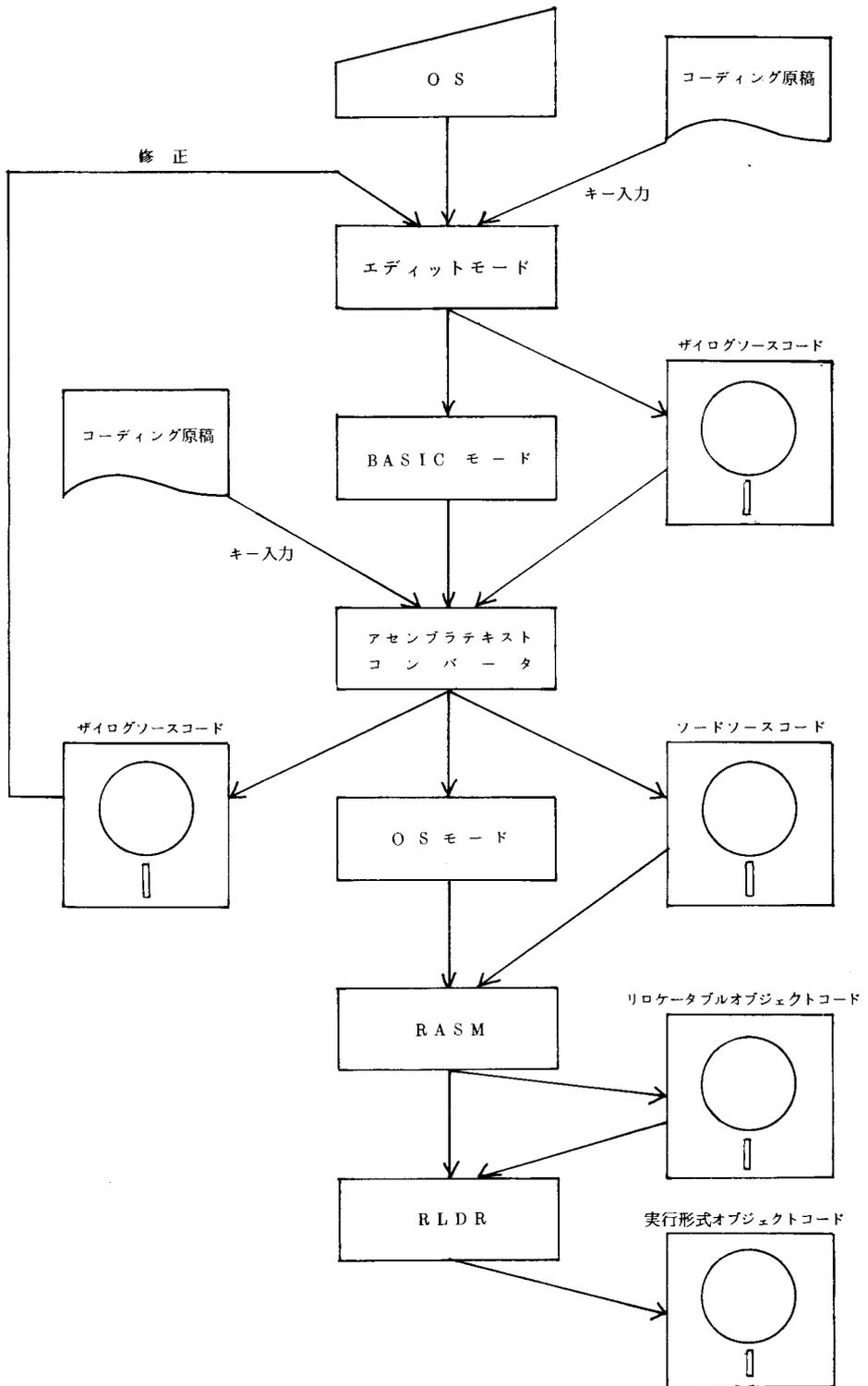


図2.1 テキストコンバータによるアセンブラプログラム開発オペレーションフロー

### 3.2.1 T I T L E 宣言

T I T L E name

各プログラムに名前をつけるための擬似命令で、プログラムの最初に書く必要がある。

### 3.2.2 G L O B A L 宣言

G L O B A L name

他のプログラムから参照されるシンボルが、該当するプログラムに存在することを宣言する。この命令はT I T L Eの直後に指定する。

### 3.2.3 E X T E R N A L 宣言

E X T E R N A L name

他のプログラムのシンボルを参照する時、そのシンボル名を宣言する。この命令はG L O B A Lの次にする。

### 3.2.4 条件付き擬似命令

条件付き擬似命令は次のようである。

C O N D <式>

⋮

E N D C

式が真ならE N D Cまでアセンブルを行なう。

I F F <式>

⋮

E N D C

式が偽ならE N D Cまでの間アセンブルを行なう。

### 3.2.5 E J E C T

メモリを256バイトを1ページとして扱っている。この命令によりロケーション・カウンタが次のページの先頭番地になる。1ページは66行である。

### 3.2.6 E Q U, D E F L

<名前> E Q U <式>

<名前> D E F L <式>

M A C R O - 80 では、E Q Uでは名前がすでに式以外の値を持っていればエラーになるようになっているが、ここでは、これらは同じでエラーにはならない。

### 3.2.7 リロケータブル宣言

R E L

この命令以後、プログラムモードはリロケータブルとなる。

### 3.2.8 ロケーション操作

O R G <式>

ロケーションカウンタに<式>の値をセットし、アセンブラは、その値の番地から生成されたコードを割当てる。式の値がアブソリュートであると、プログラムモードはアブソリュートに変わる。これはM A C R O - 80 で、

A S E G

O R G <式>

と同じである。リロケータブルモードでは、式の値がリロケータブルでなければならない。

### 3.2.9 領域の定義

D E F S <式>

<式>の値を現在のロケーション・カウンタに加える。

### 3.2.10 語定議

DEFW <式>

式の表示される定数を2バイトで上位バイト、下位バイトの順にセットする。

### 3.2.11 バイト定義

DEFB <式>

1バイトの定数をセットする。

### 3.2.12 キャラクタ(テキスト)指定

DEFL 'TEXT STRING'

キャラクタ・ストリングを1バイトで1キャラクタ毎にセットする。ただし、ここで、` ` はキャラクタストリングとして使用してはいけない。

### 3.2.13 アセンブルの終了指定

END [ <式> ]

ENDはプログラムの終りを指定する。もし<式>があればそれはプログラムの開始番地である。

### 3.2.14 拡張擬似命令

RST 5

DEFB <式>

これはRST命令の次に式で指定した定数をセットする。これは、ソードのOSにあるサブルーチンを使用するのに使う。

## §4 テキストコンバータの操作方法

テキストコンバータはベーシックモードで使用する。まず、ドライブ0に、ベーシック、EDIT、RASM.SAV、RLDR.SAVの入ったディスクを入れる。ドライブ1にテキストコンバータ(ZTOS、INL)の入ったディスクを入れる。ベーシックモードで、テキストコンバータプログラムを次のようにして呼び出す。

\*OLD 1:ZTOS

次に、呼び出したプログラムを実行する。

\*RUN

により実行すると次のような表示をする。

\*\*\*\*\*VERSION1.1\*\*\*\*\*

ASSEMBLY TEXT CONVERTER FROM ZILOG TO SORD  
CREATED BY YOSHIFUMI FUJITA 1982.10.10

次に、アセンブラソースとして、入力をキーにより行うか、エディターにより作成したファイルを読み込むかを指定する。

キー入力ときは`1'を、ディスクファイルを入力とするときは`0'を押す。

まずキー入力するときには、次に、ディスクを使用するかを聞いてくるので、使用するときには`1'、使用しないときは`0'を押す。ディスクを使用するときは、ザイログソースファイル名と、変換したソードソースファイル名を入力する。

次にプリンタを使用するかを聞いてくるので、使用する場合は`1'、使用しない場合は`0'を入力する。プリンタを使用する場合は、次にプリンターモードを指定する。これは、プリンターにより異なるが、普通`8'か`5'である。後はテキストを1行毎にキーを入力していけばよい。なお、1行の終りはRETURNキーを押せばよい。プログラムを終えるときは`@'を入力すればよい。

ディスク入力ときは、ザイログコードのソースファイル名を入力する。次に、変換したソースコードをディスクに入れるかを聞いてくるので、格納するのなら`1'を、格納しないのなら`0'を入力する。格納するときは、ソードソースファイル名を入力する。次に、プリンターの使用について

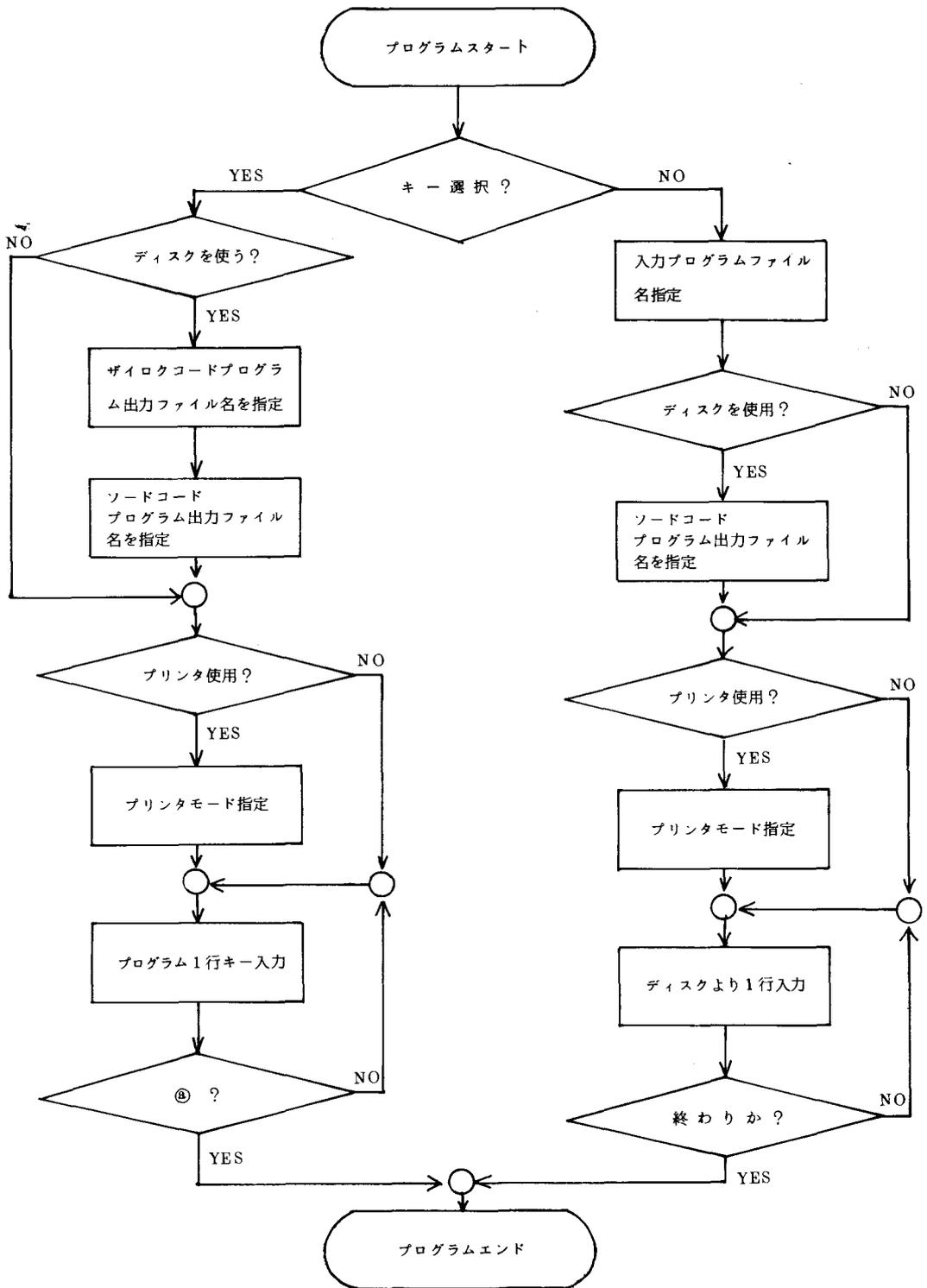


図4.1 「アセンブラートランスレータ」使用手続き一覧

聞いてくるが、これはキー入力の場合と同様である。後は自動的に変換する。

以上の手続を図解したのが図4.1である。

テキストコンバータにより作成されたこのソース形式のソースファイルを実用アセンブラRASMによりアセンブルし、リロケートブル・バイナリーオブジェクトファイルを作成し、リンケージローダRLDRにより、実行形式のバイナリーオブジェクトファイルを作成すればよい。

なお、キー入力の場合に作成したザイログ・ソースファイルを修正するには、エディターEDITにより、行なえばよい。

テキストコンバータを使用したプログラム例を図4.2に示す。

;	TEST PROGRAM	;	TEST PROGRAM
ORG	7D00H	.LOC	*7D00
;		;	
LD	A, 80H	LDI	A, *80
LD	HL, DATA	LXI	H, DATA
LD	BC, (SIZE)	LDBL	B, SIZE
LD	D, (HL)	LDR	D, M
CPI		CPI	
JP	F, JP	JPS	JP
LD	A, D	MOV	D, A
JP:	JP PE, LOOP	JPE	LOOP
LD	(ANS), A	STA	ANS
RET		RET	
;		;	
DEFB	5		5
DEFB	0		0
DEFB	-1		-1
DEFB	-2		-2
DEFB	4		4
DEFB	15		15
DEFB	32		32
DEFB	0		0
END		.END	

図4.2 テキストコンバータによるプログラム変換サンプルリスト

## §5 プログラムの説明

テキストコンバータは、I/O装置の処理部分と、Z-80のザイログコードのアセンブラからソースコードのアセンブラ（擬似アセンブラの変換を含む）への変換処理部分からなっている。

表5.1は、プログラム各部の内容を表わしている。

表5.2に変数表をあげる。

図5.1は全体構造図である。

図5.2～図5.4は、オペランドのある命令の変換の構造図である。

図5.5はプログラムリストである。

表5.1 プログラム説明

\*のついた部分は INLファイルのプログラムである。

行 番 号	プ ロ グ ラ ム 内 容
* 35 ~ 530	変数の初期設定
* 600 ~ 750	I/O装置の初期設定
1000 ~ 1220	一行入力テキストの解析と入力テキストの画面表示, プリンタ, ディスク出力
1500 ~ 1590	変換したテキストのCRT画面表示, プリンタ出力
1800 ~ 1860	変換したテキストのディスクへの書き込み
2000 ~ 2160	演算子のみのコマンドに対する変換
3000 ~ 3290	アーギュメントが1つだけのコマンドに対する変換
4000 ~ 4940	アーギュメントが2つの部分からなるコマンドに対する変換
5000 ~ 5380	オペランドが1つだけのオペコードの分類ルーチン
5500 ~ 5550	ザイログソースファイルの読み出し処理
5600 ~ 5640	AND, ORの変換
6000 ~ 6420	レジスタの分類ルーチン
6500 ~ 6860	( )のある式の演算順への並べかえと符号処理
6900 ~ 6980	符号の反転
7000 ~ 7020	定数の変換
7100 ~ 7220	( )のある式の変換
7500 ~ 7620	展開した式の変換
8000 ~ 8040	フラグの変換
8500 ~ 8900	ファイルクローズと終了処理
9000 ~ 9020	( )のない式の演算順の並べかえ

表5.2 変 数 表

変 数 名	内 容
I 5	入力選択 { 0 : ディスクファイル入力 1 : キー入力
O 3	ディスク・スイッチ { 0 : ディスク使わない 1 : ディスク使う
I 3 \$	ザイログソース出力ファイル名又はザイログソース入力ファイル名
I 4 \$	ソードソース出力ファイル名
O 5	ソードソース出力ファイル使用
O 1	プリンタースイッチ { 0 : プリンタ使わない 1 : プリンタ使う
O 6	プリンターモード
Z	変換テキストプリントモード指定
R 1 \$	Aレジスタ
R 2 \$(1) ~ R 2 \$(6)	B, C, D, E, H, Lレジスタ
R 3 \$	S Pレジスタ
R 4 \$(1), R 4 \$(2)	I, Rレジスタ

変 数 名	内 容
S 1 \$	HLレジスタ
S 2 \$(1), S 2 \$(2)	IX, IYレジスタ
S 3 \$(1), S 3 \$(2)	BC, DEレジスタ
S 4 \$	AFレジスタ
S 5 \$	(HL)レジスタ
S 6 \$(1), S 6 \$(2)	(IX, (IY
S 7 \$(1), S 7 \$(2)	(BC), (DE)
S 8 \$	(
F 1 \$(1)~F 1 \$(8)	NZ, Z, NC, C, PO, PE, P, M
F 2 \$(1)~F 2 \$(8)	NZ, ZZ, ZC, NC, PO, PE, PS, MS
N 1 \$(1)~N 1 \$(19)	CPIR, CPI, CPDR, CPD, DAA, NEG, NOP HALT, RLD, RRD, RETI, RETN, RET, INIR INI, INDR, IND, OUTI, OUTD
N 2 \$(1)~N 2 \$(16)	EXX, LDIR, LDI, LDDR, LDD, CPL, CCF SCF, DI, EI, RLCA, RLA, RRCA, RRA OTIR, OTDR
N 3 \$(1)~N 3 \$(16)	SWAP, MVIR, MVI, MVDR, MVD, CMA, CMC STC, INTDS, INTEN, RLC, RAL, RRC, RAR OUTIR, OUTDR
M 1 \$(1)~M 1 \$(4)	SUB, AND, OR, XOR
M 2 \$(1)~M 2 \$(4)	RLC, RRC, SRA, SRL
M 3 \$(1), M 3 \$(2)	PUSH, POP
M 4 \$(1), M 4 \$(2)	DEC, INC
T 4 \$(1), T 4 \$(2)	DCX, INX
M 5 \$	CP
T 5 \$	CMP
M 6 \$(1)~M 6 \$(3)	RL, RR, SLA
T 6 \$(1)~T 6 \$(3)	RAL, RAR, SLL
M 7 \$	DJNZ
T 7 \$	DBNZ
M 8 \$(1)~M 8 \$(2)	CALL, JP
T 8 \$(1)~T 8 \$(2)	CAL, JMP
M 9 \$	JR
T 9 \$	BR
M 0 \$	RET
C 6 \$(1)~C 6 \$(3)	BIT, SET, RES
D 6 \$(1)~D 6 \$(3)	TSTB, SETB, RSTB
G 1 \$(1)~G 1 \$(11)	TITLE, GLOBAL, EXTERNAL, END, DEFS, DEFW, DEFB, ORG, COND, IFF, DEFM
G 2 \$(1)~G 2 \$(11)	.TITLE, .ENTRY, .EXT, .END, .BLK, .DUBL , .LOC, .IFN, .IFN, .TXT

変数名	内容
A \$	1行入力テキスト
A 1 \$	オペコード
A 2 \$	第1オペランド
A 3 \$	第2オペランド
R \$	サブルーチン 6000, 7500 の入出力変数
P \$	サブルーチン 7000 の入出力変数
H \$	サブルーチン 6500 で使用するダミー変数
W 8 \$	ディスクより1字読み取り変数
W 6 \$, W 7 \$	サブルーチン 5500 におけるダミー変数

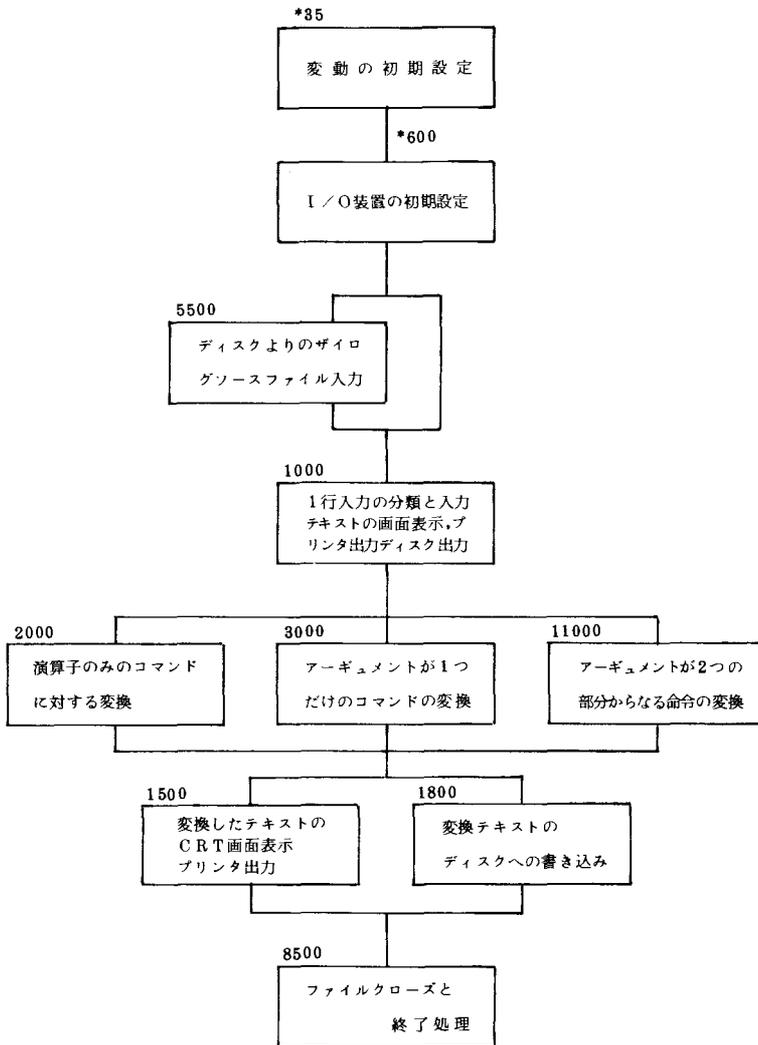


図5.1 全体構造図

＊のついたのは1: INLの行番号を表わしている。

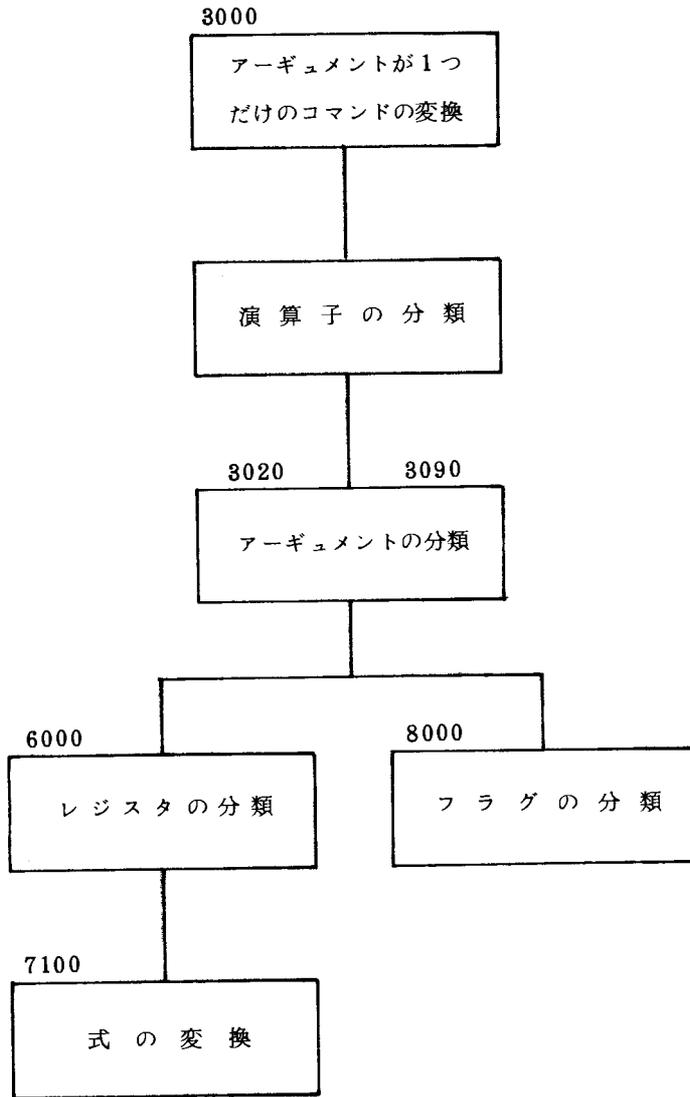


図5.2 アーギュメントが1つだけのコマンドの変換の構造図

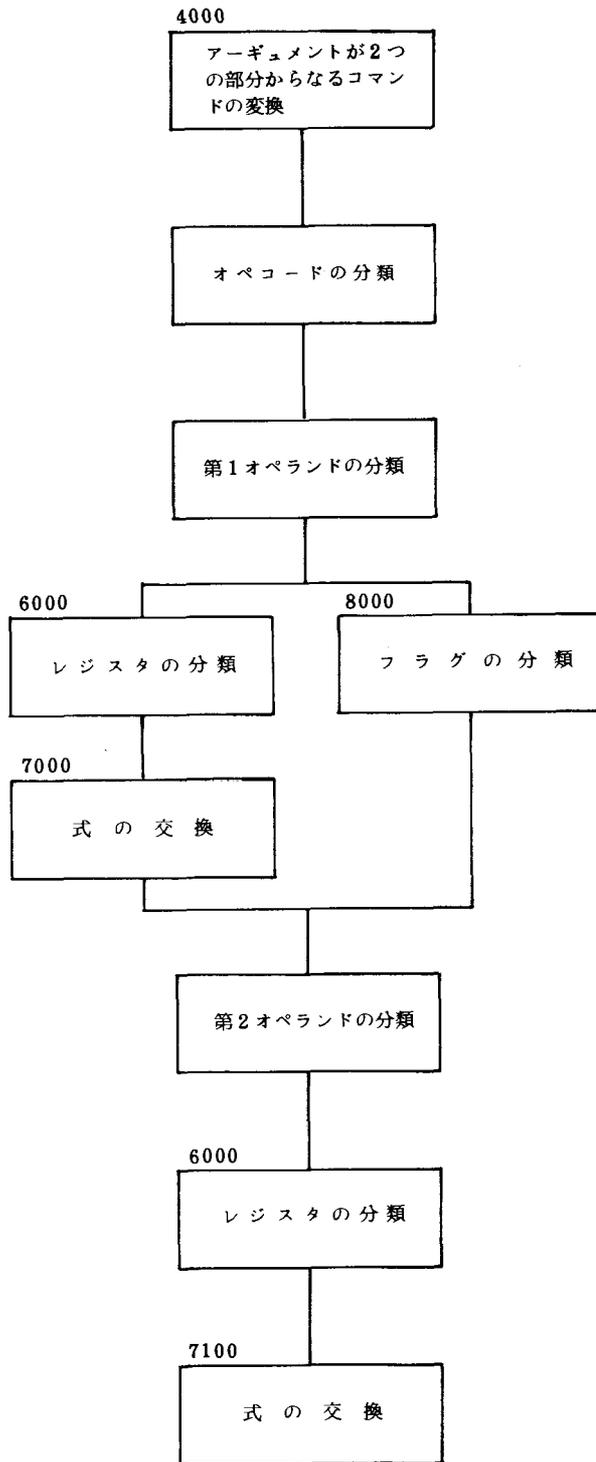


図5.3 アーギュメントが2つの部分からなるコマンドの変換の構造図

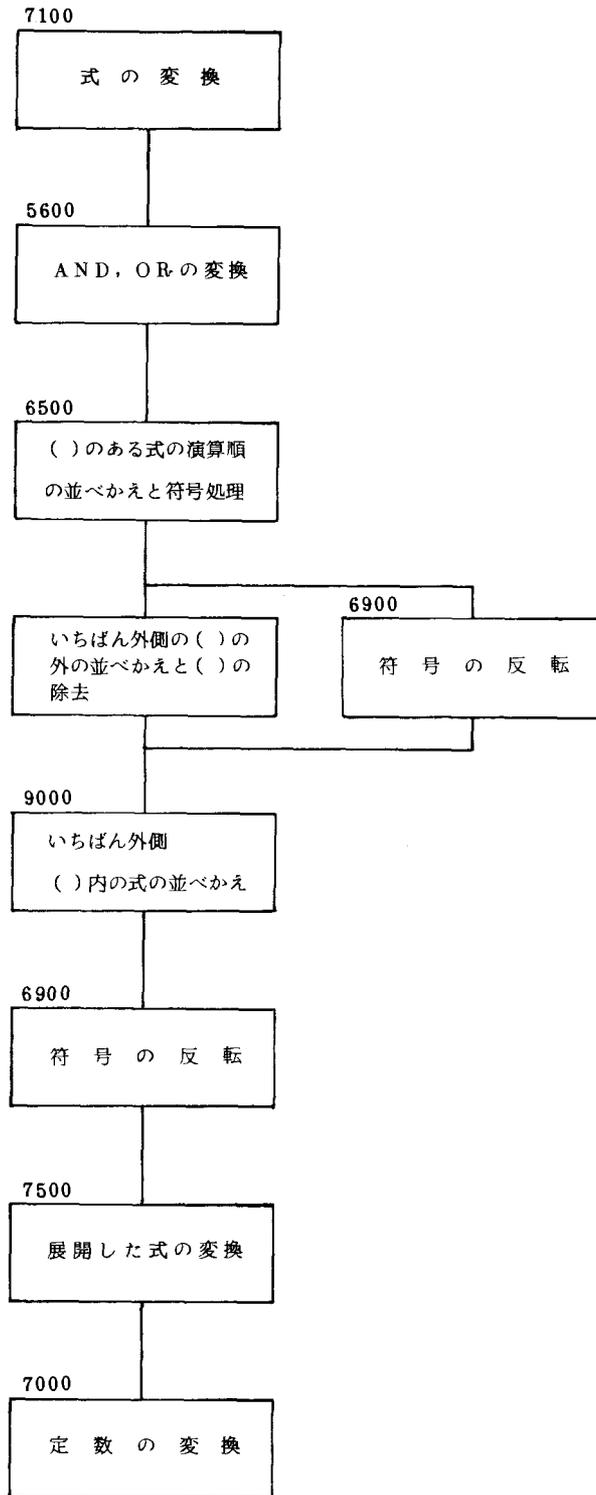


図5.4 式の変換の構造図

図5.5 アセンブラテキストコンバータプログラムリスト

(ファイル名 1:ZTOS)

```

5 DIM A$(50) A1$(20), A2$(27), R$(22), A3$(22), N1$(19,4), N2$(16,4)
, N3$(16,5)
10 DIM R2$(6,1), R4$(2,1), S2$(2,2), S3$(2,2)
15 DIM P$(30), H$(30), H1$(30)
20 DIM S6$(2,3), S7$(2,4)
25 DIM M1$(4,3), M2$(4,3), M3$(2,4), M4$(2,3), M6$(3,3)
27 DIM MB$(2,4), T4$(2,3), T6$(3,3), T8$(2,3), F1$(8,2), F2$(8,2)
28 DIM C2$(2,3), D2$(2,3), C6$(3,3), D6$(3,4), G1$(11,8), G2$(11,6), W
B$(1)
29 PRINT " ***** VERSION 1.1 *****"
30 PRINT "ASSEMBLY TEXT CONVERTER---FROM ZILOG TO 50RD"
31 PRINT " CREATED BY YOSHIFUMI FUJITA 1962.10.10"
32 LET Z1 = 0
35 CHAIN "1:INL"
1000 REM
1010 KILL A5$
:IF I5 = 0 THEN GOTO 5500
:INPUT LINE A$
:LET X = INSTR(O,A$,")
:IF X >= 1 THEN GOTO B800
1015 LET X = INSTR(O,A$,")
:IF X = 0 THEN GOTO 1020
1016 :IF O1 = 1 THEN PRINT #3 : A$ ;
:IF O3 = 1 THEN PRINT #1 : A$
1017 LET A1$ = LEFT(A$,X-1)
:LET A$ = RIGHT(A$,X)
:PRINT CURSOR(35,1) : A$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3, TAB(35) : A$
:IF O5 = 1 THEN PRINT #5 : A$
:IF A1$ = SPACE$(LEN(A1$)) THEN GOTO 1010
:LET A$ = A1$
1020 FOR I = 1 TO 60
1030 LET C$ = MID(A$,I,1)
1040 IF C$ <> " " THEN GOTO 1060
1050 NEXT I
1060 LET A$ = RIGHT(A$,I)
1070 LET X = INSTR(O,A$,")
1080 IF X >= 1 THEN GOTO 1090 ELSE GOTO 1100
1090 LET A1$ = LEFT(A$,X)
:LET A5$ = A1$
:PRINT CURSOR(28,1) : A1$ ;
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3, A1$ ;
:IF O5 = 1 THEN PRINT #5 : A1$ ;
:LET A$ = RIGHT(A$,X+1)
:GOTO 1020
1100 LET X = INSTR(O,A$, " ")
1110 IF X >= 1 THEN GOTO 1120 ELSE GOTO 1130
1120 LET A1$ = LEFT(A$,X-1)
:LET A$ = RIGHT(A$,X+1)
:GOTO 1140
1130 LET A1$ = A$
:IF O3 = 1 THEN PRINT #1, A1$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 : A1$ ; TAB(28) : A5$ ;
:GOTO 2000
1140 FOR I = 1 TO 60
1150 LET C$ = MID(A$,I,1)
1160 IF C$ <> " " THEN GOTO 1180
1170 NEXT I
1180 LET A$ = RIGHT(A$,I)
1190 LET X = INSTR(O,A$,")
1200 IF X >= 1 THEN GOTO 1210 ELSE GOTO 1220
1210 LET A2$ = LEFT(A$,X-1)
:LET A3$ = RIGHT(A$,X+1)
:IF O3 = 1 THEN PRINT #1 : A1$ ; " " : A2$ ; " " : A3$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 : A1$+" "+A2$+" "+A3$ ; TAB(28) : A5$ ;

```

```

:GOTO 4000
1220 LET A2$ = A$
:IF O3 = 1 THEN PRINT #1 : A1$ ; " " : A2$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 : A1$+" "+A2$ ; TAB(28) : A5$ ;
:GOTO 3000
1500 PRINT ; CURSOR(35,1) ;
:IF Z = 0 THEN GOTO 1510 ELSE GOTO 1520
1510 PRINT A1$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 ; TAB(35) : A1$
:LET A$ = A1$
:IF O5 = 1 THEN GOSUB 1800
:GOTO 1010
1520 IF Z = 1 THEN GOTO 1530 ELSE GOTO 1540
1530 PRINT A1$+A2$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 ; TAB(35) : A1$+A2$
:LET A$ = A1$+A2$
:IF O5 = 1 THEN GOSUB 1800
:GOTO 1010
1540 IF Z = 2 THEN GOTO 1550 ELSE GOTO 1560
1550 PRINT A1$+A3$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 ; TAB(35) : A1$+A3$
:LET A$ = A1$+A3$
:IF O5 = 1 THEN GOSUB 1800
:GOTO 1010
1560 IF Z = 3 THEN GOTO 1570 ELSE GOTO 1580
1570 PRINT A1$+A2$+" "+A3$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 ; TAB(35) : A1$+A2$+" "+A3$
:LET A$ = A1$+A2$+" "+A3$
:IF O5 = 1 THEN GOSUB 1800
:GOTO 1010
1580 IF Z = 4 THEN GOTO 1590 ELSE GOTO 1010
1590 PRINT A1$+A3$+" "+A2$
:IF O1 = 1 THEN PRINT #3 ; TAB(35) : A1$+A3$+" "+A2$
:LET A$ = A1$+A3$+" "+A2$
:IF O5 = 1 THEN GOSUB 1800
:GOTO 1010
1800 LET X = INSTR(O,A$,")
1810 IF X >= 1 THEN GOTO 1830
1820 PRINT #5 : A$
:RETURN
1830 LET A1$ = LEFT(A$,X-1)
:LET A$ = RIGHT(A$,X+1)
:LET X = INSTR(O,A$,")
1835 IF X >= 1 THEN GOTO 1850
1840 PRINT #5 : A1$ ; " " : A$
:RETURN
1850 LET A2$ = LEFT(A$,X-1)
:LET A$ = RIGHT(A$,X+1)
1860 PRINT #5 : A1$ ; " " : A2$ ; " " : A$
:RETURN
2000 FOR I = 1 TO 19
2010 IF A1$ = N1$(I) THEN GOTO 2040
2020 NEXT I
2030 GOTO 2050
2040 LET Z = 0
:GOTO 1500
2050 FOR J = 1 TO 16
2060 IF A1$ = N2$(J) THEN GOTO 2090
2070 NEXT J
2080 IF A1$ = "END" THEN GOTO 2100 ELSE GOTO 2110
2090 LET A1$ = N3$(I)
:GOTO 2040
2100 LET A1$ = ".END"
:LET Z = 0
:GOTO 1500
2110 IF A1$ = "EJECT" THEN GOTO 2120 ELSE GOTO 2130

```

```

2120 LET A1$ = ".PAGE"
    LET Z = 0
    GOTO 1500
2130 IF A1$ = "ENDC" THEN GOTO 2140 ELSE GOTO 2150
2140 LET A1$ = ".ENDC"
    LET Z = 0
    GOTO 1500
2150 IF A1$ = "REL" THEN GOTO 2160 ELSE GOTO 1010
2160 LET A1$ = ".REL"
    LET Z = 0
    GOTO 1500
3000 GOSUB 5000
    LET Z = 1
3010 IF Y >= 1 THEN GOTO 3060
3020 LET R$ = A2$
    GOSUB 6000
    LET A2$ = R$
3030 IF Y = 4 AND (X = 3 OR X = 5 OR X = 6 OR X = 7) THEN GOTO 3040 ELSE GOTO
    3050
3040 LET A1$ = T4$(Z)
    GOTO 3057
3050 IF X = 13 AND (Y = 1 OR Y = 5) THEN GOTO 3055 ELSE GOTO 3057
3055 LET A1$ = A1$+"1"
    LET Z = 1
    LET A1$ = A1$+" "
    GOTO 1500
3060 IF Y >= 10 THEN GOTO 3090
3070 LET A$ = A2$
    LET A1$ = A1$
    GOSUB 7100
    LET A2$ = A$
    GOTO 3057
3090 IF Y >= 11 THEN GOTO 3110
    LET R$ = A2$
    GOSUB 8000
    LET A1$ = LEFT(A1$,1)+R$
    LET Z = 0
    GOTO 1500
3110 FOR J = 1 TO 4
    IF A1$ = G1$(J) THEN GOTO 3150
3130 NEXT J
3140 GOTO 3170
3150 LET A1$ = G2$(1)+""
    LET Z = 1500
    GOTO 1500
3170 FOR J = 5 TO 10
    IF A1$ = G1$(J) THEN GOTO 3210
3190 NEXT J
3200 GOTO 3215
3210 IF A1$ = G1$(7) AND Z1 = 1 THEN LET A1$ = ".SYSTEM" ELSE LET A1$ = G2$(1)
    +""
    LET Z1 = 0
    LET A$ = A2$
    GOSUB 7100
    LET A2$ = A$
    LET Z = 1
    GOTO 1500
3215 IF A1$ = G1$(11) THEN GOTO 3216 ELSE GOTO 3220
3216 LET A1$ = G2$(11)+""
    LET X = INSTR(0,A2$,",")
    LET A2$ = RIGHT(A2$,X+1)
    LET X = INSTR(0,A2$,",")
    LET A2$ = LEFT(A2$,X-1)
    LET A2$ = CHR$(34)+A2$+CHR$(34)

```

```

    LET Z = 1
    GOTO 1500
    LET A1$ = "RST" AND A2$ = "5" THEN PRINT ELSE GOTO 1010
    LET Z = 1
    PRINT CURSOR(35,1) ; ".SYSTEM " ;
    PRINT CURSOR(0,1) ;
    IF O1 = 1 THEN PRINT #3
3320 GOTO 1010
4000 IF A1$ = "LD" THEN GOTO 4010 ELSE GOTO 4350
4010 LET R$ = A2$
    GOSUB 6000
    LET Y = X
    LET A2$ = R$
    LET R$ = A3$
    GOSUB 6000
    LET A3$ = R$
4030 IF X = 1 AND Y = 12 THEN GOTO 4040 ELSE GOTO 4050
4040 LET A1$ = "STA "
    LET Z = 1
    GOTO 1500
4050 IF X = 1 AND Y = 11 THEN GOTO 4060 ELSE GOTO 4070
4060 LET A1$ = "STAX "
    LET Z = 1
    GOTO 1500
4070 IF (X = 1 OR X = 2) AND (Y = 9 OR Y = 10) THEN GOTO 4080 ELSE GOTO
    0
4080 LET A1$ = "STR "
    LET Z = 4
    GOTO 1500
4090 IF (X = 1 OR X = 2) AND (Y = 1 OR Y = 2) THEN GOTO 4100 ELSE GOTO
    4100
    LET A1$ = "MOV "
    LET Z = 4
    GOTO 1500
4110 IF (X = 9 OR X = 10) AND (Y = 1 OR Y = 2) THEN GOTO 4120 ELSE GOTO
    0
    LET A1$ = "LDR "
    LET Z = 3
    GOTO 1500
4130 IF X = 13 AND (Y = 1 OR Y = 2) THEN GOTO 4140 ELSE GOTO 4150
4140 LET A1$ = "LDI "
    LET Z = 3
    GOTO 1500
4150 IF X = 13 AND (Y = 9 OR Y = 10) THEN GOTO 4160 ELSE GOTO 4170
4160 LET A1$ = "STI "
    LET Z = 3
    GOTO 1500
4170 IF X = 12 AND Y = 1 THEN GOTO 4180 ELSE GOTO 4190
4180 LET A1$ = "LDA "
    LET Z = 2
    GOTO 1500
4190 IF X = 11 AND Y = 1 THEN GOTO 4200 ELSE GOTO 4210
4200 LET A1$ = "LDAX "
    LET Z = 2

```

```

4490 IF (X = 1 OR X = 2 OR X = 9 OR X = 10) AND Y = 1 THEN GOTO 4500 ELSE GOTO
TO 4510
4500 LET A1$ = D2$(J)+""
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4510 IF X = 13 AND Y = 1 THEN GOTO 4520 ELSE GOTO 4530
4520 LET A1$ = D2$(J)+1
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4530 IF (X = 3 OR X = 5 OR X = 7) AND Y = 5 THEN GOTO 4540 ELSE GOTO 1010
4540 LET A1$ = "D"+D2$(J)+""
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4620 / EX
:IF A1$ = "LK" THEN GOTO 4630 ELSE GOTO 4710
4630 :IF A2$ = "AC" AND A3$ = "AP" THEN GOTO 4640 ELSE GOTO 4650
4640 LET A1$ = "SWAP A"
:GOTO 1500
4650 :IF A2$ = "DE" AND A3$ = "HL" THEN GOTO 4660 ELSE GOTO 4670
4660 LET A1$ = "ACHG"
:GOTO 1500
4670 :IF A2$ = "(SP)" AND A3$ = "HL" THEN GOTO 4680 ELSE GOTO 4690
4680 LET A1$ = "XHL"
:LET Z = 0
:GOTO 1500
4690 :IF A2$ = "(SP)" AND (A3$ = "IX" OR A3$ = "IY") THEN GOTO 4700 ELSE GOTO
1010
4700 LET A1$ = "X"+RIGHT(A3$,2)
:LET Z = 0
:GOTO 1500
4710 FOR I = 1 TO 3
4720 :IF A1$ = C6$(I) THEN GOTO 4730
4730 NEXT I
4740 GOTO 4750
4750 LET A1$ = D6$(I)+""
:LET R$ = A2$
:GOSUB 6000
:LET A2$ = R$
:LET R$ = A3$
:GOSUB 6000
:LET A3$ = R$
:LET Z = 4
:GOTO 1500
4760 :IF A3$ = "JN" THEN GOTO 4790 ELSE GOTO 4830
4790 :IF A3$ = "C" THEN GOTO 4800 ELSE GOTO 4810
4800 LET A1$ = "DIR"
:LET Z = 1500
4810 LET X = INSTR(0, A3$, "(")
:LET A3$ = RIGHT(A3$, X+1)
:LET Y = INSTR(0, A3$, ")")
:LET A3$ = LEFT(A3$, X-1)
:GOSUB 7000
:LET A3$ = A$
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4820 :IF A1$ = "OUT" THEN GOTO 4830 ELSE GOTO 4840
4830 :IF A2$ = "C" THEN GOTO 4840 ELSE GOTO 4850
4840 LET A1$ = "DOR"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4850 LET X = INSTR(0, A2$, "(")
:LET A2$ = RIGHT(A2$, X+1)

```

```

:GOTO 1500
4210 IF X = 1 AND Y = 4 THEN GOTO 4220 ELSE GOTO 4230
4220 LET A1$ = "FUT"
:LET Z = 1
:GOTO 1500
4230 IF X = 13 AND (Y = 3 OR Y = 5 OR Y = 6 OR Y = 7) THEN GOTO 4240 ELSE GOTO
TO 4250
4240 LET A1$ = "LX1"
:LET Z = 3
:GOTO 1500
4250 IF (X = 5 OR X = 6) AND Y = 3 THEN GOTO 4260 ELSE GOTO 4270
4260 LET A1$ = "SP"
:IF X = 5 THEN LET A3$ = "HL"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4270 IF X = 5 AND Y = 12 THEN GOTO 4280 ELSE GOTO 4290
4280 LET A1$ = "SHLD"
:GOTO 1500
4290 IF (X = 6 OR X = 7 OR X = 3) AND Y = 12 THEN GOTO 4300 ELSE GOTO 4310
4300 LET A1$ = "SDBL"
:LET Z = 4
:GOTO 1500
4310 IF X = 12 AND Y = 5 THEN GOTO 4320 ELSE GOTO 4330
4320 LET A1$ = "LHLD"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4330 IF X = 12 AND (Y = 3 OR Y = 6 OR Y = 7) THEN GOTO 4340 ELSE GOTO 1010
4340 LET A1$ = "LDBL"
:LET Z = 3
:GOTO 1500
4350 /ADD
:IF A1$ = "ADD" THEN GOTO 4360 ELSE GOTO 4460
4360 LET R$ = A2$
:GOSUB 6000
:LET A2$ = R$
:LET Y = X
4370 LET R$ = A3$
:GOSUB 6000
:LET A3$ = R$
4380 IF (X = 1 OR X = 2 OR X = 9 OR X = 10) AND Y = 1 THEN GOTO 4390 ELSE GOTO
TO 4400
4390 LET A1$ = "ADD"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4400 IF X = 13 AND Y = 1 THEN GOTO 4410 ELSE GOTO 4420
4410 LET A1$ = "ADD1"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4420 IF (X = 3 OR X = 5 OR X = 7) AND Y = 5 THEN GOTO 4430 ELSE GOTO 4440
4430 LET A1$ = "DAD"
:LET Z = 2
:GOTO 1500
4440 IF (X = 3 OR X = 6 OR X = 7) AND Y = 6 THEN GOTO 4450 ELSE GOTO 1010
4450 FOR J = 1 TO 2
4465 :IF A1$ = C2$(J) THEN GOTO 4470
4467 NEXT J
4468 GOTO 4620
4470 LET R$ = A2$
:GOSUB 6000
:LET A2$ = R$
:LET Y = X
4480 LET R$ = A3$
:GOSUB 6000
:LET A3$ = R$

```

```

1 LET X = INSTR(0,A2$,",")
1 LET A$ = LEFT(A2$,X-1)
1 LET A1$ = A1$+","
1 GOBUB 7100
1 LET A2$ = A$
1 LET Z = 1
1800 1500
4860 FOR I = 1 TO 2
4870 IF A1$ = M$(I) THEN GOTO 4700
4880 NEXT I
4890 GOTO 4920
4900 LET R$ = A2$
1 LET A2$ = R$
1 LET A$ = A3$
1 GOBUB 7100
1 LET A3$ = A$
1 LET A1$ = LEFT(A1$,1)+A2$+" "
1 LET Z = 2
1800 1500
4920 IF A1$ = M$ THEN GOTO 4930 ELSE GOTO 1010
4930 LET R$ = A2$
1 GOBUB 8000
1 LET A2$ = R$
1 LET A$ = A3$
1 GOBUB 7100
1 LET A3$ = A$
1 LET A1$ = "B"+A2$+" "
1 LET Z = 2
1800 1500
5000 FOR I = 1 TO 4
5010 IF A1$ = M$(I) THEN GOTO 5040
5020 NEXT I
5030 GOTO 5050
5040 LET Y = 1
:RETURN
5050 FOR J = 1 TO 4
5060 IF A1$ = M2$(I) THEN GOTO 5090
5070 NEXT I
5080 GOTO 5100
5090 LET Y = 2
:RETURN
5100 FOR I = 1 TO 2
5110 IF A1$ = M3$(I) THEN GOTO 5140
5120 NEXT I
5130 GOTO 5150
5140 LET Y = 3
:RETURN
5150 FOR I = 1 TO 2
5160 IF A1$ = M4$(I) THEN GOTO 5190
5170 NEXT I
5180 GOTO 5200
5190 LET Y = 4
:RETURN
5200 IF A1$ <> M5$ THEN GOTO 5220
5210 LET A1$ = "Emp"
:LET Y = 5
:RETURN
5220 FOR I = 1 TO 3
5230 IF A1$ = M6$(I) THEN GOTO 5240
5240 NEXT I
5250 GOTO 5270
5260 LET A1$ = T6$(I)
:RETURN
5270 IF A1$ <> 1/4 THEN GOTO 5290

```

```

5280 LET Y = 7
:LET A1$ = "DENZ"
:RETURN
5290 FOR J = 1 TO 2
5300 IF A1$ = M8$(J) THEN GOTO 5330
5310 NEXT J
5320 GOTO 5340
5330 LET Y = 8
:LET A1$ = T8$(1)
:RETURN
5340 IF A1$ <> M9$ THEN GOTO 5360
5350 LET Y = 9
:LET A1$ = "BR"
:RETURN
5360 IF A1$ <> M0$ THEN GOTO 5380
5370 LET Y = 10
:RETURN
5380 LET Y = 11
:RETURN
5500 KILL W6$, W7$
5505 DIM W6$(33), W7$(32)
5510 READ #1, W8$
5520 IF ASC11(W8$) = 12 THEN GOTO 5550
5530 IF ASC11(W8$) = 13 THEN GOTO 5540
5530 LET W6$ = W7$+CHR$(ASC11(W8$))
:LET W7$ = W6$
:GOTO 5505
5540 LET A$ = W6$
:PRINT
:PRINT CURSOR(0,1) ; A$ ;
:GOTO 1015
5550 GOTO 8500
5600 LET X0 = 0
5610 LET X = INSTR(X0,A$,C$)
5620 IF X = 0 THEN RETURN
5630 LET A$ = LEFT(A$,X-1)+R$+RIGHT(A$,X-LEN(C$))
5640 LET X0 = X
:GOTO 5610
6000 LET R$ <> R1$ THEN GOTO 6020
6010 LET X = 1
:RETURN
6020 FOR J = 1 TO 6
6030 IF R$ = R2$(J) THEN GOTO 6040
6040 NEXT J
6050 GOTO 6070
6060 LET X = 2
:RETURN
6070 IF R$ <> R3$ THEN GOTO 6090
6080 LET X = 3
:RETURN
6090 FOR I = 1 TO 2
6100 IF R$ = R4$(I) THEN GOTO 6130
6110 NEXT I
6120 GOTO 6140
6130 LET X = 4
:RETURN
6140 IF R$ <> S1$ THEN GOTO 6160
6150 LET R$ = "H"
:LET X = 5
:RETURN
6160 FOR J = 1 TO 2
6170 IF R$ = S2$(J) THEN GOTO 6200
6180 NEXT J
6190 GOTO 6210
6200 LET R$ = RIGHT(K$,2)
:LET X = 6

```

```

6640 GOSUB 6500
6650 LET A$ = MID(A$,X+1,1-X-1)+H$+RIGHT(A$,Y3+1)
6660 IF (S0$ = "+" AND S9$ = "+") OR (S0$ = "-" AND S9$ = "-") THEN LET S0$ = "+" ELSE LET S0$ = "-"
6670 LET Y3 = 1-X-1
:GOTO 6620
6680 LET H$ = MID(A$,1+1,Y3-1)+LEFT(A$,X-2)
6690 GOTO 6630
6700 /
:LET S9$ = "+"
:IF X = 2 THEN GOTO 6710 ELSE GOTO 6720
6710 LET S9$ = MID(A$,X-1,1)
6720 FOR I = Y3 TO 1 STEP -1
6730 LET C$ = MID(A$,I,1)
6740 IF C$ < ">" THEN NEXT I
6750 LET H$ = MID(A$,I+1,Y3-1)
6760 GOTO 6630
6770 /
:LET H$ = LEFT(A$,Y3)
6780 GOSUB 6000
6790 IF S0$ = "-" THEN GOTO 6820
6800 LET A$ = H$+RIGHT(A$,Y3+1)
6810 LET C$ = LEFT(A$,1)
6820 IF C$ = "+" THEN LET A$ = RIGHT(A$,2)
6830 LET C$ = LEFT(A$,1)
6840 IF C$ = "+" OR C$ = "-" THEN GOTO 6850
6850 GOSUB 6900
6860 GOTO 6800
6900 FOR J = 1 TO 30
6910 LET C$ = MID(H$,J,1)
6920 IF C$ = "+" THEN GOTO 6930 ELSE GOTO 6950
6930 LET H$ = LEFT(H$,J-1)+RIGHT(C$,J+1)
6940 GOTO 6970
6950 IF C$ = "-" THEN GOTO 6960 ELSE GOTO 6970
6960 LET H$ = LEFT(H$,J-1)+RIGHT(C$,J+1)
6970 NEXT J
6980 RETURN
7000 LET X = ASC(LEFT(P$,1))
7005 IF P$ = "0" THEN LET P$ = ""
7010 IF X < 48 OR X > 57 THEN RETURN
7020 LET X = INSTR(O,P$,H$)
:IF X = 0 THEN RETURN
:LET P$ = ""+LEFT(P$,X-1)
:RETURN
7100 /
7110 LET C$ = " AND "
:LET P$ = "0"
:GOSUB 6600
7120 LET C$ = " OR "
:LET P$ = "1"
:GOSUB 6600
7130 GOSUB 6600
7140 LET C$ = LEFT(A$,1)
7150 IF C$ = "-" THEN GOTO 7160 ELSE GOTO 7200
7160 LET R$ = RIGHT(A$,2)
7170 GOSUB 7500
7180 LET A$ = "-" + R$
7190 RETURN
7200 LET R$ = A$
7210 GOSUB 7500
7220 LET A$ = R$
:RETURN
7500 LET X = 0
7510 FOR I = 1 TO 20

```

```

:RETURN
6210 FOR I = 1 TO 2
6220 IF R$ = S3$(I) THEN GOTO 6250
6230 NEXT I
6240 GOTO 6260
6250 LET R$ = LEFT(R$,1)
:LET X = 7
:RETURN
6260 IF R$ <> S4$ THEN GOTO 6280
6270 LET R$ = LEFT(R$,1)
:LET X = 8
:RETURN
6280 IF R$ <> S5$ THEN GOTO 6300
6290 LET R$ = ""
:RETURN
6300 FOR I = 1 TO 2
6310 LET X = INSTR(O,R$,S6$(I))
6320 NEXT I
6330 GOTO 6350
6340 LET X = INSTR(O,R$,H$)
:LET R$ = RIGHT(R$,X+1)
:LET A$ = LEFT(R$,X-1)
:LET I9 = 1
:GOSUB 7100
:LET X = 10
:LET R$ = RIGHT(S6$(19),3)+""+A$
:RETURN
6350 FOR I = 1 TO 2
6360 IF R$ = S7$(I) THEN GOTO 6390
6370 NEXT I
6380 GOTO 6400
6390 LET R$ = MID(R$,2,1)
:LET X = 11
:RETURN
6400 LET X = INSTR(O,R$,S8$)
:IF X = 0 THEN GOTO 6420
6405 LET C$ = RIGHT(R$,LEN(R$))
:IF X = 1 AND C$ = "0" THEN GOTO 6410 ELSE GOTO 6420
6410 LET A$ = INSTR(O,R$,H$)
:LET A$ = MID(R$,2,X-2)
:GOSUB 7100
:LET X$ = A$
:LET X$ = 12
:RETURN
6420 /
:LET A$ = R$
:GOSUB 7100
:LET R$ = A$
:LET X = 13
:RETURN
6500 LET Y3 = 30
6510 LET S0$ = "+"
6520 /
6530 LET X = INSTR(O,A$,")")
6540 IF X = 0 THEN GOTO 6770
6550 IF X >= 3 THEN GOTO 6560 ELSE GOTO 6700
6560 LET S9$ = MID(A$,X-1,1)
6570 FOR I = Y3 TO 1 STEP -1
6580 LET C$ = MID(A$,I,1)
6590 IF C$ < ">" THEN NEXT I
6600 LET C$ = LEFT(A$,1)
6610 IF C$ <> "+" AND C$ <> "-" THEN GOTO 6620
6620 LET H$ = MID(A$,1+1,Y3-1)+LEFT(A$,X-2)
6630 IF S0$ = "-" THEN GOTO 6640 ELSE GOTO 6650

```

4

## (ファイル名 1: INL)

```

7520 LET P# = MID(R#,11,1)
7530 IF P# = "3" OR P# = "7" OR P# = "4" OR P# = "." OR P# = "0" OR P# = "1"
THEN GOTO 7540 ELSE GOTO 7580
7540 LET P# = MID(R#,X0+1,1-X0-1)
7550 GOSUB 7000
7560 LET R# = LEFT(R#,X0)+P#+RIGHT(R#,11)
7570 LET X0 = 11
7580 NEXT P#
7590 LET R# = RIGHT(R#,X0+1)
7600 GOSUB 7000
7610 LET R# = LEFT(R#,X0)+P#
7620 RETURN
8000 FOR I = 1 TO B
8010 IF R# = F1$(I) THEN GOTO 8040
8020 NEXT I
8030 RETURN
8040 LET R# = F2$(I)
+RETURN
8500 PRINT #5, CHR$(12)
8600 CLOSE 5
+CLOSE 5
+END
8800 PRINT #1, CHR$(12)
8900 PRINT #5, CHR$(12)
+CLOSE 1
+CLOSE 5
+END
9000 LET X1 = INSTR(O,H#,")")
+LET X2 = INSTR(O,H#,"/")
+IF X1 = 0 AND X2 = 0 THEN RETURN
+LET X = 1 TO LEN(H#)
9010 LET C# = MID(H#,1,1)
9020 IF C# <> AND C# <> " " THEN GOTO 9070 ELSE GOTO 9040
9040 LET X1 = INSTR(O,RIGHT(H#,1)),"/")
+LET X2 = INSTR(O,RIGHT(H#,1)+"/")
9050 IF X1 AND X2 = 0 THEN GOTO 9080
9060 LET X = 1
9070 NEXT I
9075 RETURN
9080 IF X = 1 THEN RETURN
9090 LET C# = LEFT(H#,1)
9100 IF C# = "+" OR C# = "-" THEN GOTO 9110 ELSE GOTO 9120
9110 LET H# = RIGHT(H#,X)+LEFT(H#,X-1)
GOTO 9130
9120 LET H# = RIGHT(H#,X)+"+"+LEFT(H#,X-1)
9130 LET C# = LEFT(H#,1)
9140 IF C# = "+" THEN LET H# = RIGHT(H#,2)
9150 RETURN
35 LET R1# = "A"
40 FOR I = 1 TO 6
45 READ S$(1)
46 NEXT I
47 DATA "B", "C", "D", "E", "H", "L"
48 LET R3# = "SP"
49 FOR I = 1 TO 2
60 READ R4$(1)
65 NEXT I
66 DATA "1", "2"
67 LET S1# = "HL"
68 FOR I = 1 TO 2
69 READ S2$(1)
82 NEXT I
83 DATA "IX", "IY"
84 FOR I = 1 TO 2
90 READ S3$(1)
95 NEXT I
96 DATA "PC", "DE"
100 LET S4# = "AF"
110 LET S5# = "HL"
120 FOR I = 1 TO 2
122 READ S6$(1)
125 NEXT I
127 DATA "(IX)", "(IY)"
130 LET S7$(1) = "(BC)"
+LET S7$(2) = "(DC)"
135 LET S8# = ""
140 LET M1$(1) = "SUB"
+LET M1$(2) = "AND"
+LET M1$(3) = "OR"
+LET M1$(4) = "XOR"
+LET M2$(1) = "RLC"
+LET M2$(2) = "RRC"
+LET M2$(3) = "SRA"
+LET M2$(4) = "SRL"
+LET M3$(1) = "ROR"
+LET M3$(2) = "RORC"
+LET M4$(1) = "DEC"
+LET M4$(2) = "INC"
+LET M4$(3) = "DXY"
+LET M4$(4) = "INX"
180 LET M5# = "CP"
+LET M5# = "CF"
190 LET M5$(1) = "RL"
+LET M5$(2) = "RR"
+LET M5$(3) = "SLL"
+LET M5$(4) = "RAL"
200 LET M5$(2) = "RAR"
+LET M5$(3) = "SLL"
210 LET M7# = "DIZN"
+LET M7# = "DRNZ"
220 LET M8$(1) = "CALL"
+LET M8$(2) = "CAL"
+LET M8$(3) = "JF"
+LET M8$(4) = "JNPF"
230 LET M9# = "JRN"
+LET M9# = "BR"
240 LET M9# = "RET"
250 FOR I = 1 TO B
260 READ F1$(1), F2$(1)
270 NEXT I
280 DATA "NZ", "Z", "2Z", "2Z", "NC", "NC", "ZC", "C", "NC", "PO", "PO",
+ "FE", "FE", "PH", "PH", "MS"
290 FOR I = 1 TO 15

```

```

300 READ N1$(1)
310 NEXT I
320 DATA "CP1", "CP1", "CFDA", "CFDA", "D56", "NEG", "NEG", "HALT", "
RUD", "RBD", "RETI", "RETI", "RETI", "INI", "INDR", "IND", "IND", "OUTI
", "OUTD"
330 FOR I = 1 TO 16
340 READ N2$(1), N3$(1)
350 NEXT I
360 DATA "EXX", "SMAR", "LDIR", "MVI", "LDJ", "MVI", "LDDR", "MADR",
"LD", "MVI", "CL", "CNA", "CCF", "CMC", "SUF", "STC", "DI", "INTDS",
"E1", "INTEN", "RLCA", "RLA", "RAL", "RCA", "RRC", "RRA", "RA
R", "OTIR", "OUTIR", "OUTDR"
365 FOR J = 1 TO 2
366 READ C2$(1), D2$(1)
367 NEXT I
368 DATA "ABC", "ADC", "SBC", "SBB"
370 FOR I = 1 TO 3
380 READ C6$(1), D6$(1)
390 NEXT I
400 DATA "BIT", "TSTB", "SET", "SETB", "RES", "RSTB"
500 FOR I = 1 TO 11
510 READ G1$(1), G2$(1)
520 NEXT I
530 DATA "TITLE", "TITLE", "GLOBAL", "ENTRY", "EXTERNAL", "EXT", "EN
D", "END", "DEFS", "BL", "DEFB", "DUPB", "DEFB", " ", "ORG", "
", "LOC", "ORG", "IFN", "IFF", "IFE", "DEFT", "TEXT"
:CLOSE 1
:CLOSE 5
:LET O1 = 0
:LET O3 = 0
:LET O5 = 0
610 INPUT "<<<< INPUT DEVICE? >>> (KEY:1,DISK:0) ", I5
620 IF I5 = 0 THEN GOTO 700 (YES:1,NO:0) ", 03
630 INPUT "<<<< DISK USE ? >>> (YES:1,NO:0) ", O3
640 IF O3 = 0 THEN GOTO 720
650 INPUT "<<<<<< ZILOG SOURCE NAME FOR OUTPUT ?>>>>> ", I3$
660 OPEN I3$ FOR OUTPUT AS FILE 1
670 INPUT "<<<<<< SORD SOURCE NAME FOR OUTPUT??>>>>> ", I4$
680 OPEN I4$ FOR OUTPUT AS FILE 5
690 LET O5 = 1
:GOTO 720
700 INPUT "<<<<<< ZILOG SOURCE NAME FOR INPUT??>>>>> ", I3$
701 OPEN I3$ FOR INPUT AS FILE 1
705 INPUT "<<<<DISK USE ? >>>> (YES:1, NO:0) ", O3
710 IF O3 = 0 THEN GOTO 720 ELSE GOTO 570
720 INPUT "<<<< PRINTER UNIT ?>>>> (YES:1,NO:0) ", O1
730 IF O1 = 0 THEN GOTO 740
740 INPUT "<<<< PRINTER MODE ?>>>>> ", O5
750 OPEN "RT" AS FILE 3:MODE O5
760 CHAIN "1:Z705", 1000

```

## § 6 結 言

本テキストコンバータにより、アセンブラプログラムの作成を効率的にできる。一般に、雑誌等にのっているZ-80のアセンブラプログラムのほとんどは、ザイログのニーモニックで書かれているが、本テキストコンバータによりソードM100ACE上にそのプログラムを容易に移植できる。その場合に特に長いプログラムほどその威力を発揮する。また、本テキストコンバータのプログラムはそのままソードM23で走らすことができる。したがって、本校におけるマイコンセンターにおけるアセンブラ教育に十分役立つものである。なお、本テキストコンバータには、まだ不満足な点がいくつかあるが、それは今後改良していくつもりである。

## 参 考 文 献

- 1) 「M200/M100 ACEアセンブリ言語マニュアル」, ソード電算機システム.
- 2) 「MICROSOFT utility software manual」, microsoft, 1978.
- 3) 庄司, 石田: Z-80 マイコンプログラムテクニック, 電波新聞社, 1980.

(昭和57年10月15日受付)

# 光源による色の見え方の研究

(電気工学科) 原 田 一 彦

## Studies of the Change of Visual Color by Light Source

Kazuhiko HARADA

We studied the changes of self-luminous color and visual color, changing the voltage of some sorts of lamps, incandescent lamp, tungsten halogen lamp and three kinds of fluorescent lamps.

We measured with a photoelectric colorimeter and a micro-computer and showed these colors with XYZ system.

The following results were obtained;

(1) The characteristic of the incandescent lamp being almost similar to that of the tungsten halogen lamp, the color that the value  $x$  was little changed much and then every color varied running parallel to full radiator locus.

As we dropped voltage, it varied toward increase of the  $x$ .

(2) As for the fluorescent lamp, self-luminous color, for which it took three or four minutes to be stabilized, didn't change with the change of voltage, therefore, visual color was fixed.

### § 1 緒 言

我々は、豊かな色彩の世界で生活し、数多い色彩情報を活用し、さらにそれらを積極的に、かつ、巧みに利用している。このように色彩は、我々の生活に広く、深く浸透しているから、その取扱いは大切である。

本研究は、白熱電球、ハロゲン電球および蛍光ランプについて、電圧を変化させた場合の色の見え方の変化を、光電色彩計とマイクロコンピュータで測定・処理して検討を加えたものである。なお、表色系は、XYZ系（国際照明委員1931年決定の2度視野に基づくもので、JIS Z 8701）を用いた。

### § 2 光源色の表示と光電色彩計

#### 2.1 光源色の表示

色の表示の一方法として、A.H. Munsellにより創案され、一部修正されたマンセル表色系がJIS Z 8721（色の3属性による表示方法）に採用されている。また、CIEが1931年に決定した2度視野における色のXYZ系による表示方法がJIS Z 8701に、同方法による物体色の測定方法はJIS Z 8722に規定されている。さらに、光源色の測定方法を規定したのがJIS Z 8724<sup>1)</sup>である。これによれば、光源色の測定には、分光測光器で光源の分光分布を測定し、三刺激値の $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ の相対値を求め、これから色度座標の $x$ 、 $y$ を求める分光測色方法と、光電色彩計を用いて $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ と $x$ 、 $y$ を求める刺激値直読方法の2種類がある。

前者の方法で分光分布を求めるには、つぎのようにする。

(1) 連続分光分布の標準光源を用いて連続分光分布の試料光源を測定する場合、分光分布 $P_{\lambda}$ は、

つぎの式による。

$$P_{t\lambda} = \frac{R_{t\lambda}}{R_{s\lambda}} \cdot P_{s\lambda} \tag{1}$$

- ここに  $P_{s\lambda}$  : 標準光源の分光分布
- $R_{t\lambda}$  : 試料光源による波長  $\lambda$  における分光測器の読み
- $R_{s\lambda}$  : 標準光源による波長  $\lambda$  における分光測器の読み

▼ (2) 連続分光分布の標準光源を用いて分光分布に輝線を含む試料光源を測定する場合、輝線部分の分光分布  $P'_{t\lambda}$  は、次の式による。

$$P'_{t\lambda} = \frac{(R_{t\lambda} - R_{tc\lambda})}{R_{s\lambda}} \cdot P_{s\lambda} \cdot S_{\lambda} \tag{2}$$

- ここに  $R_{t\lambda}$  : 試料光源の輝線波長  $\lambda$  における分光測光器の読み
- $R_{tc\lambda}$  : 試料光源の連続スペクトル部分の波長  $\lambda$  における分光測光器の読み。この場合、分光分布曲線から補間して求める。
- $R_{s\lambda}$  : 標準光源による波長  $\lambda$  における分光測器の読み
- $P_{s\lambda}$  : 標準光源の分光分布
- $S_{\lambda}$  : 分光測光器の波長幅

これより三刺激値を計算するには、つぎのようにする。

(3) 連続スペクトル部分の計算方法

(a) 方法 I (等間隔波長方法)

つぎの式 (3) のとおりとする。

$$\left. \begin{aligned} X &= k \sum_{380}^{780} P_{t\lambda} \bar{x}_{\lambda} \Delta\lambda \\ Y &= k \sum_{380}^{780} P_{t\lambda} \bar{y}_{\lambda} \Delta\lambda \\ Z &= k \sum_{380}^{780} P_{t\lambda} \bar{z}_{\lambda} \Delta\lambda \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

ここに  $P_{t\lambda}$  : 試料光源の分光分布の値で、式 (1) により求められるもの。

- $\bar{x}_{\lambda}$  : }  
 $\bar{y}_{\lambda}$  : } スペクトル三刺激値  
 $\bar{z}_{\lambda}$  : }

$\Delta\lambda$  : 波長間隔

$k$  : Yの値が測光値に一致するように定める。 $P_{t\lambda}$  が分光組成で  $W/nm$  の単位で表わされている場合は、 $680 lm/W$  を用いる。

(b) 方法 II (選定波長方法)

つぎの式 (4) のとおりとする。

$$\left. \begin{aligned} X &= K \sum C P_{t\lambda} \\ Y &= K \sum C P_{t\lambda} \\ Z &= K \sum C P_{t\lambda} \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

ここに  $P_{t\lambda}$  : 選定波長および補助波長における分光分布

K : 係数で3.5619kを用いる。この場合、kは式(3)のkに等しい定数。

C : 係数で30選定波長では1, 30選定波長に対する補助波長では1/3または1/9の値とする。

(4) 輝線スペクトル部分の計算方法

計算方法は、つぎの式(5)のとおりとする。

$$\left. \begin{aligned} X' &= k \sum P'_{it} \bar{x}_\lambda \\ Y' &= k \sum P'_{it} \bar{y}_\lambda \\ Z' &= k \sum P'_{it} \bar{z}_\lambda \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここに  $P'_{it}$  : 試料光源の輝線部分の分光分布で、(2)により求められるもの。

k : 式(3)のkに等しい定数

$\bar{x}_\lambda$  : }  
 $\bar{y}_\lambda$  : } 輝線波長におけるスペクトル三刺激値  
 $\bar{z}_\lambda$  : }

2.2 光電色彩計<sup>2)3)</sup>

色彩計は、原理的に分光光度色彩計や光電色彩計と、三つの器械原刺激を使った視感色彩計の二つに大別される。

分光光度計は、分光反射率 $\rho_\lambda$ や分光透過率 $\tau_\lambda$ を測定し、それから三刺激値を演算して求めるようになっている。しかし、三刺激値を求めるのには、 $\rho_\lambda$ や $\tau_\lambda$ を測定しなくても直接求めることができる。このように、刺激値を直読できる装置が光電色彩計である。この場合、装置の総合分光感度(物体色測定用のものでは照明光源の分光分布も含めて)が、測色計算に用いる重価関数あるいはその一次変換に少なくとも近似的に比例しなければならないというルータ条件を満足する必要がある。それには、3種類の型板を用いる方法とフィルタを使用する方法とがある。前者は、 $\bar{x}_\lambda$ のようなピークを二つ持つ曲線も比較的楽に製作できるが、所定の位置に正確に型板を置くことに問題があり、装置も大がかりとなる。フィルタ方式では、1組のフィルタで二つのピークを実現させることは困難なので、短波長側と長波長側の2組のフィルタを使用し、合計4個を使用するので4素子光電色彩計という。なお、JIS Z 8724でも、前記の内容を含んだ光電色彩計による測定方法が規定されている。

§3 実験と吟味

今回の実験に使用した光電色彩計は、ミノルタカメラ株式会社製で、シャープ株式会社製のマイクロコンピュータ MZ-80C で測定結果を処理した。

3.1 白熱電球

100V, 100Wの白熱電球の電圧を変化させた場合における色紙の見え方を測定した。図1は、45Vから110Vの範囲で5Vおきに電圧を変化させたときの白熱電球の光源色の変動を示したものである。

図2は、赤、橙、桃、黄、黄緑、水、青、紫および白の各色の色紙を、110Vから5Vずつ降下させて照明したときの色の見え方の特性を測

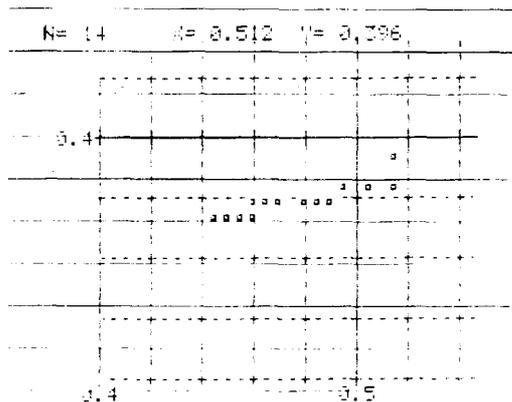
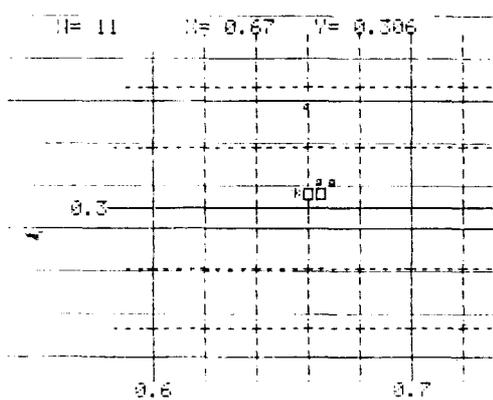
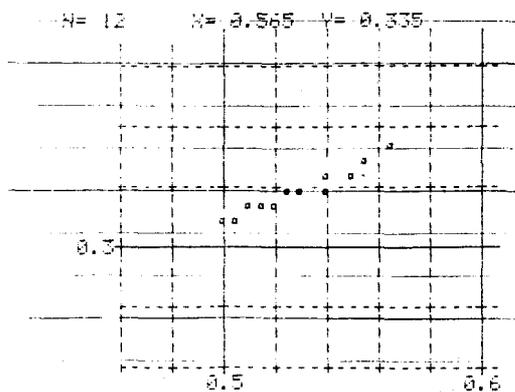


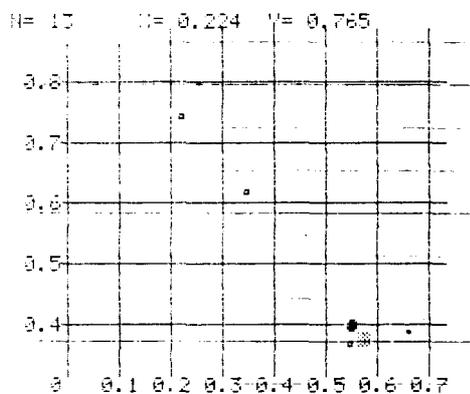
図1 電圧変化による白熱電球の光源色の特性



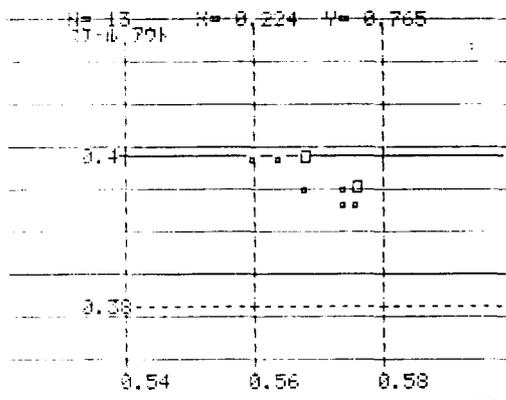
(a) 赤色



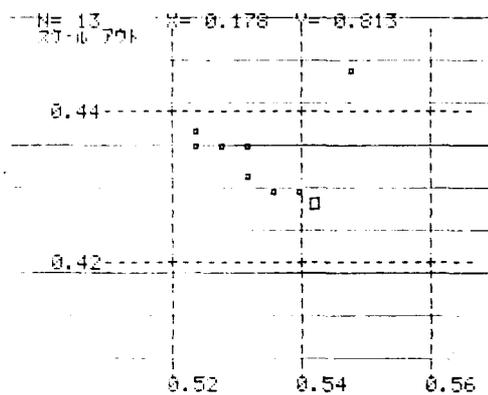
(b) 桃色



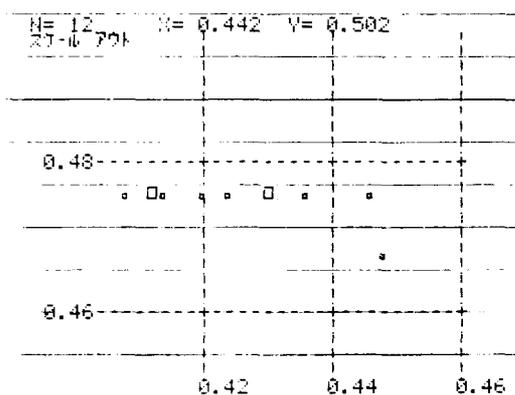
(c) 橙色



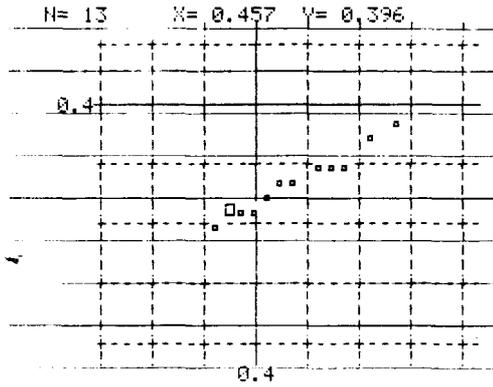
(c') 橙色



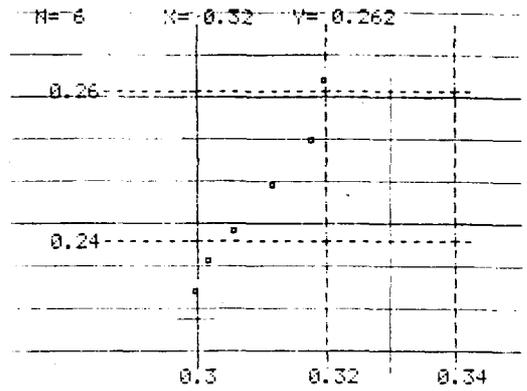
(d) 黄色



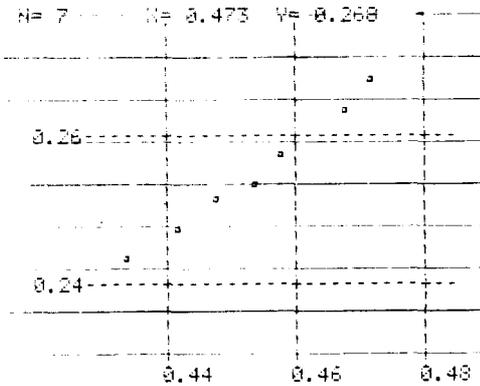
(e) 黄緑色



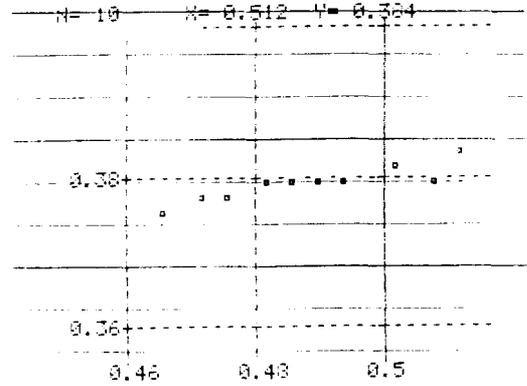
(f) 水色



(g) 青色



(h) 紫色



(i) 白色

図2 電圧を変化させた白熱電球照明下の色紙の見え方

定した結果である。また、これらの結果を色度図上に整理したのが図3である。

図1からわかるように、白熱電球の電圧を下げると色温度が低くなり、光源色は赤味を増してくる。したがって、図3でもこの影響ははっきりと表われ、どの色紙の見え方も直線的にxが増加（赤色が増加）する方に変化している。青、水色のようにxの値が小さい色はyの方向の変化が大きく、傾きが最も大きい青色は1.7であった。反対に桃色は、0.35程度である。完全放射体の軌跡より上にある黄、黄緑および橙色は、傾きが逆となり黄緑色は0、黄色は-0.5となったが、yの値が大きい色は、傾きが小さくなる傾向がある。また、傾きが0.5附近の変化を示す色が、xおよびyの値の変化が大きい、さらに、どの色も変化の特性が、完全放

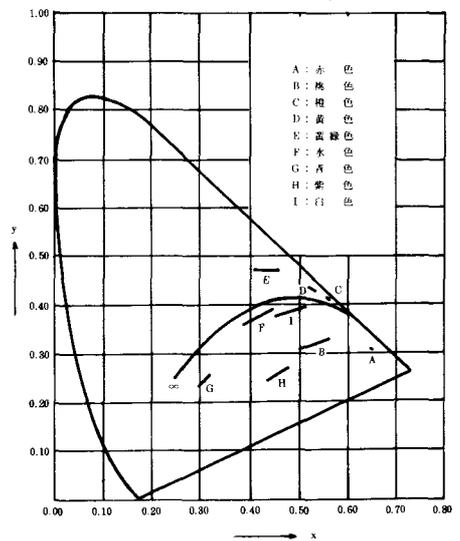


図3 色度図上における色紙の見え方の特性

射体の軌跡に平行しているのが特色である。

### 3.2 ハロゲン電球

図4は、100V、500Wのハロゲン電球を、白熱電球と同様に電圧を変化させたときの光源色の特性である。図1と比較するとその特性は殆ど差がなく、色紙の見え方についても同じような傾向を示した。図5は、代表的な桃、水および白の各色の色紙の見え方の変化を示したものである。

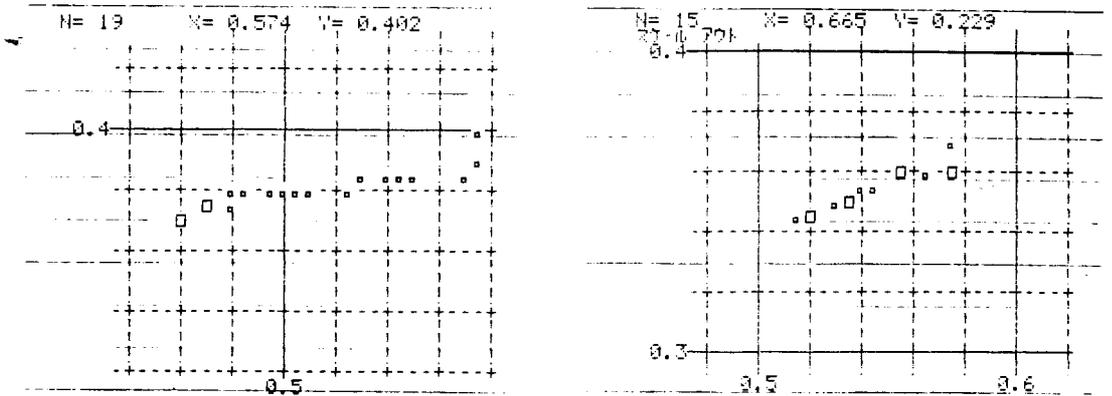
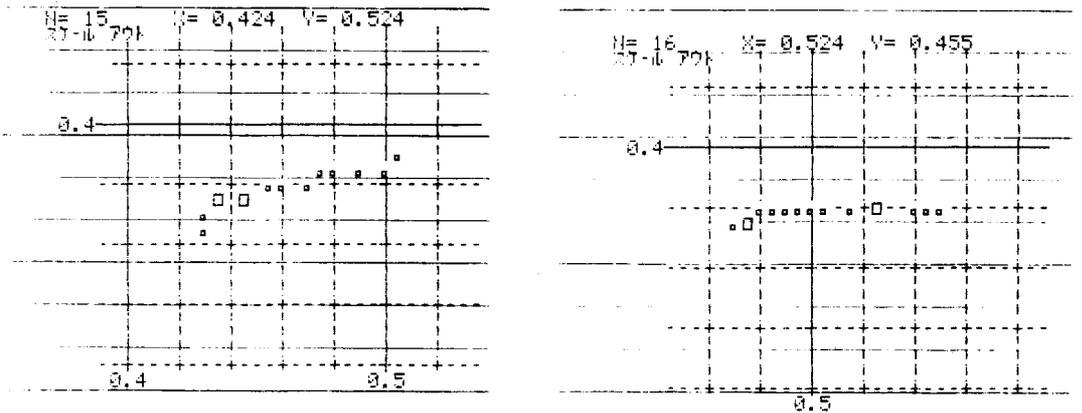


図4 電圧変化によるハロゲン電球の光源色の特性

(a) 桃 色



(b) 水 色

(c) 白 色

図5 電圧を変化させたハロゲン電球照明下の色紙の見え方

### 3.3 蛍光ランプ

高演色形、3波長域形および色評価形の蛍光ランプについて110Vから70Vの範囲で同様に5Vずつ電圧を変えて測定した。始動時には、図6(a)、図7(a)および図8(a)に示すようにどの蛍光ランプも、時間の経過とともにx、yの各値が大きくなり光源色が安定するまでに3~4分を要した。電圧を変えた場合の光源色は図6(b)、図7(b)、図8(b)からわかるように光源色の変化はなく、したがって、色紙の見え方は変わらない。これから、電圧変動下では、蛍光ランプ照明が色彩に対して安定しているといえる。

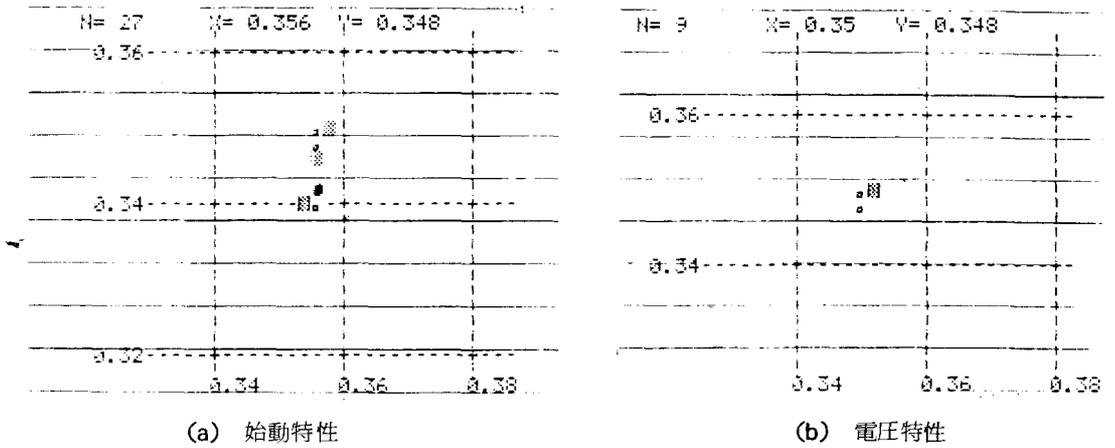


図6 高演色形蛍光ランプの特性

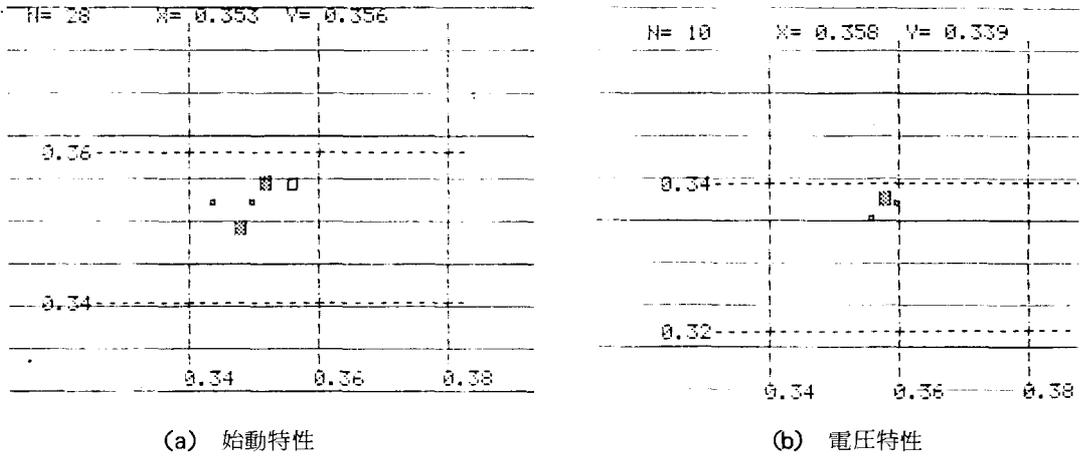


図7 3波長域形蛍光ランプの特性

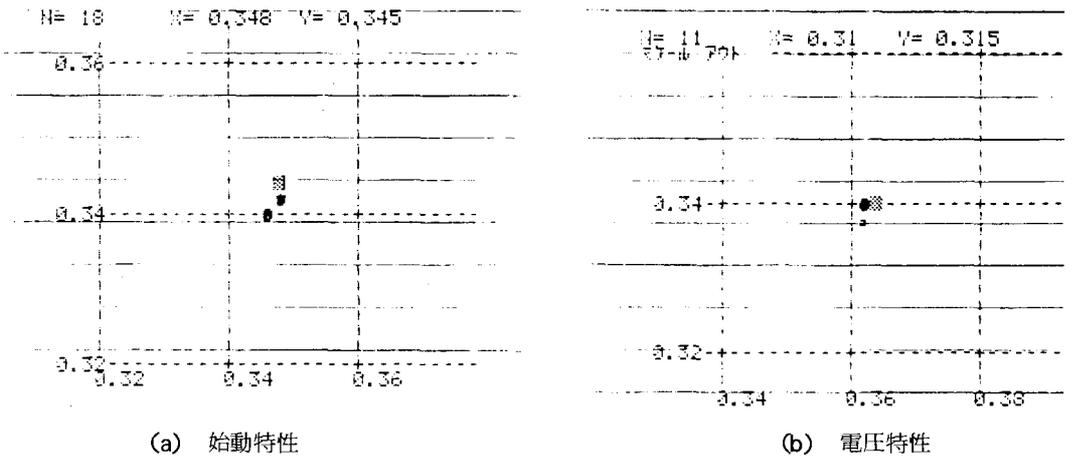


図8 色評価形蛍光ランプの特性

#### §4 結 言

白熱電球、ハロゲン電球および蛍光ランプの電圧を変えたときの色の見え方について測定したが、白熱電球およびハロゲン電球の場合、色紙の色の見え方が、直線に、かつ、完全放射体の軌跡に平行して変化することがわかった。

蛍光ランプでは、電圧の変動に対して光源色は一定しているが、始動して安定するまでに3～4分かかった。

今回の実験は、正弦波電圧で行なったが、他の波形でも検討する予定である。

最後に、測定に指導をしていただいたミノルタカメラ販売株式会社松井英幸氏と卒業研究として協力していただいた本校第14期生 岩田英司、大森豊両君に厚く感謝する。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本工業規格：光源色の測定方法 J I S Z 8724 .
- 2) 池田光男：色彩工学の基礎 朝倉書店.
- 3) 電気学会：照明工学 改訂版 電気学会.

(昭和57年10月15日受付)

# 変圧器漏れ磁束密度分布

(電気工学科) 野村利英

## Distribution of Leakage Flux Density of a Transformer

Toshihide NOMURA

Up to this time, many methods of calculating transformer leakage reactances have been proposed. Most of them have applied to only the case which the winding arrangements are symmetric to the radial centerline of the core window.

In this paper, by using a 50 KVA model transformer, the measured values of the flux density distribution for two arrangements of the windings are compared. The leakage reactances are determined by the magnetic energy around the transformer. In such case of asymmetric arrangement of windings, the magnetic energy distribution of the inside of the core window remarkably differs from that of the outside of it.

Therefore, according to the traditional methods, the accurate values of leakage reactances can not be obtained.

### § 1 まえがき

変圧器漏れリアクタンスの計算法については、過去、種々の論文が発表されている。その主な手法としては、液槽法<sup>1)</sup>、級数展開法<sup>2)~4)</sup>、有限要素法<sup>5)6)</sup>があげられる。しかし、どのような巻線配置に対しても適用できる計算式を示す論文は見当らない。変圧器の全ての巻線配置に対する漏れリアクタンスの計算法を確立するためには、種々の巻線配置に対する漏れ磁束密度を正確に把握することが必要である。そのため、単相乾式50KVAのモデル変圧器を作成し、代表的な巻線配置について、ホール素子とガウスメータを用いて、漏れ磁束密度を測定した<sup>7)~10)</sup>。その結果、巻線配置が対称な場合の漏れ磁束密度分布は、鉄窓内、鉄窓外ではほぼ一定であり、そのほとんどは、1次巻線と2次巻線の垂直方向成分のみであった。また、巻線配置が非対称な場合の漏れ磁束密度分布は、成分方向とも、鉄窓内と鉄窓外で大きく異なった。これらの結果より、対称配置巻線変圧器の漏れリアクタンスの計算法は、鉄窓内のみを考慮すれば十分であ

表1 モデル変圧器の仕様

単相・乾式		50 KVA	
周波数		60 Hz	
電圧	1次	3300 (1650×2) V	
	2次	840 (420×2) V	
巻線	1次	756 (378×2) 回	
	2次	192 (96×2) 回	
鉄心	断面積	2763	mm <sup>2</sup>
	占積率	0.832	
	段数	3	

るが、非対称配置巻線変圧器の場合は、鉄窓内と鉄窓外を別個に考慮する必要があることが判明した。

§2 モデル変圧器

実験に使用したモデル変圧器の形状を図1に、仕様を表1に示す。なお変圧器巻線は1次、2次ともに、ボードの積み重ねにより巻線の高さを変化でき、上部ヨークは簡単に取り外しできる構造としている。

§3 測定位置および測定方法

図2に磁束密度を測定した変圧器の代表的な巻線配置を示す。また図2には、ホール素子を設置した位置をアルファベットで示す。例えば測定点(A D)は鉄心の中心より79mmで下部ヨークから350mmの位置を示す。上記の各測定位置にホール素子を設置する方法は、以下の通りである。

- (1) 互に直角な3方向(半径, 軸, 円周)に設置されたホール素子の出力端子を, ガウスメータに接続する。
- (2) ドーナツ円板状のベーク板を鉄心に通し, それを下部ヨークの上面に設置し, このベーク板の上面を高さ方向の基準面とする。
- (3) 1次および2次巻線を, このベーク板上に乗せ, 半円板状のボードを積み重ねて所定の巻線配置にセットする。
- (4) 下部アングルの上面に厚紙製の角度目盛板(分度器)を配し, 巻線の円周方向の位置決

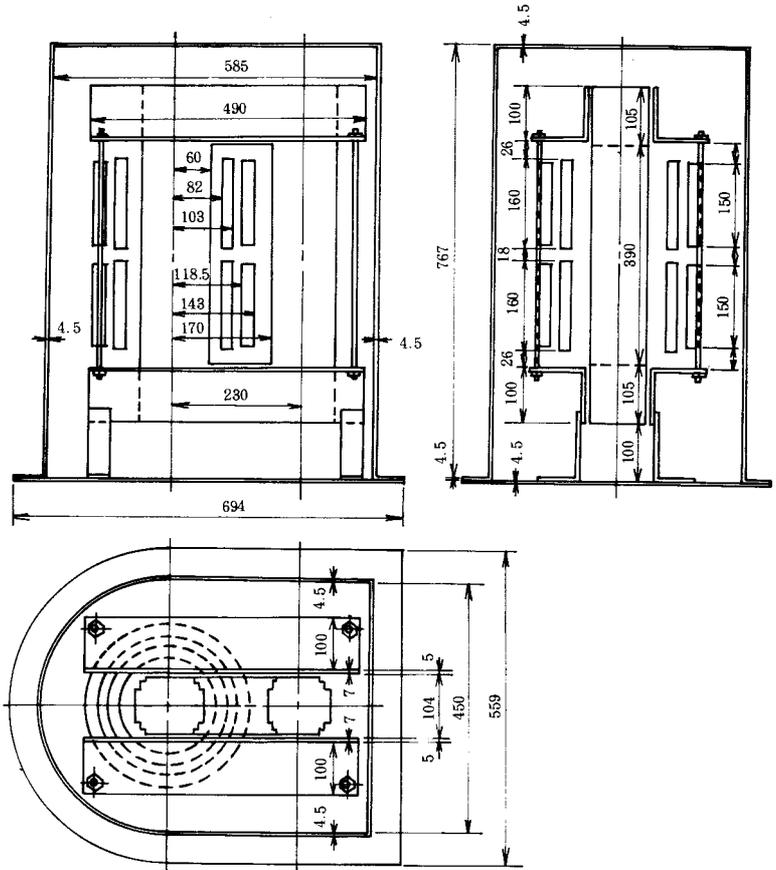


図1 モデル変圧器の形状

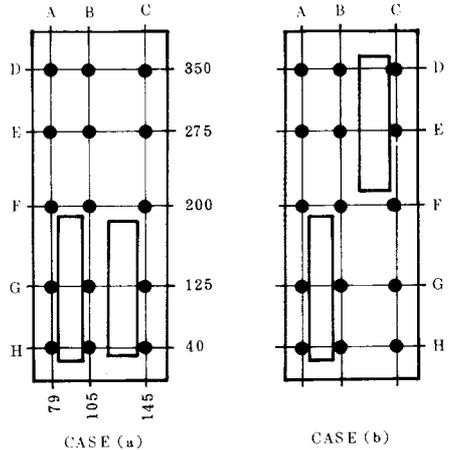


図2 変圧器巻線配置および磁束密度測定位置

めに使用する。

- (5) スペースダクト用の細い棒の所定の高さに、軸方向測定用ホール素子の方向が棒の軸と一致するように取り付ける。
- (6) この棒をA, B, C, のいずれかの測定位置に垂直に立てて、(重りを糸でつるし、その糸に沿って棒を立てれば、垂直方向となる)半径方向成分を指示するホール素子の出力が、最大値を示すように棒を回転調節する。
- (7) この状態で、棒をテープで固定する。これで3方向ホール素子が、目的の高さにおいて各方向を向いてセットされる。
- (8) 次に鉄窓内(上下ヨークの存在する位置)から鉄窓外に向けて、前記のドーナツ円盤上のベーク板を、分度器の目盛に合わせて回転すれば、1次、2次巻線および3方向ホール素子が一体となって回転し、所定の位置における半径方向、軸方向、円周方向の磁束密度を測定することができる。

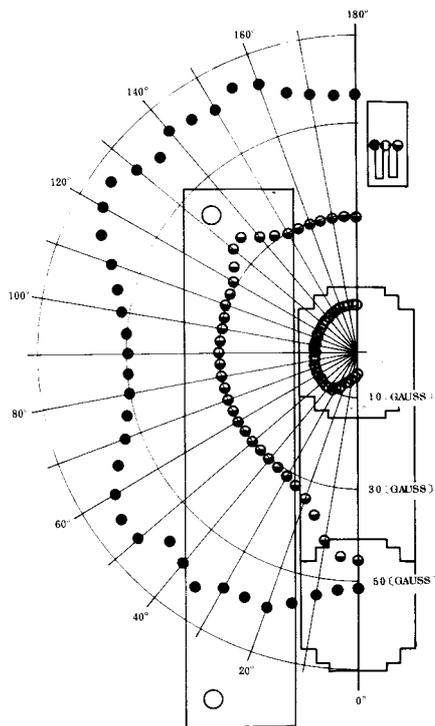


図3 磁束密度の半径方向成分

## § 4 実験結果

### 4-1. 対称配置巻線変圧器の磁束密度分布

対称配置巻線の例として、図2 CASE (a) を考え、これによる磁束密度分布を測定した。この場合の磁束密度の半径方向成分を図3と図4に、軸方向成分を図5と図6に示す。図は変圧器の平面図を示し、鉄窓内を0度とし、鉄心脚の中心を原点としている。なお、図3と図5での測定点は(A F), (B F), (C F)であり、図4と図6での測定点は(B D), (B E), (B F), (B G), (B H)である。

図3から図6までについて、次の事項が観察される。

- (1) 磁束密度は1次巻線と2次巻線間に集中しており、この巻線間では、軸方向成分のみを考慮すればよく、半径方向成分は軸方向成分に対して無視できる。また鉄窓内と鉄窓外での磁束密度の増減は、ほとんど認められない。
- (2) (A F)点での磁束密度の半径方向成分は約60 [GAUSS]であり、他の測定点での値より大幅に大きい。これは、巻線端と鉄心脚の影響と考えられる。特に鉄心の段数の影響が顕著に表わえている。

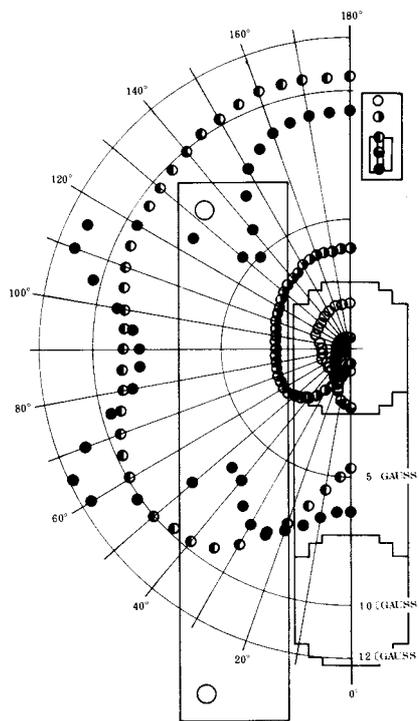


図4 磁束密度の半径方向成分

- (3) (CF) 点の130度付近で、半径方向成分が大きく成るのは、上下のヨークを締め付けるボルトの影響である。
- (4) 磁束密度の最大値は(BG) 点に生じ、電流の流れる巻線が近傍にない(BD) および(BE) 点付近には、ほとんど磁束は存在しない。
- (5) 磁束密度の巻線方向成分は、値が小さく測定不可能であった。

4-2. 非対称配置巻線変圧器の磁束密度分布

非対称配置巻線の例としては種々のものが考えられるが、今回は図2 CASE (b) を代表例に選び、この磁束密度分布を測定した。この場合の磁束密度の半径方向成分を図7と図8に、軸方向成分を図9と図10に、円周方向成分を図11に示す。

これらの図より次の事項が観察される。

- (1) 一般に、各測点における磁束密度の半径方向成分は、軸方向成分より大きい。
- (2) 図11に示すように、局部的には磁束密度の円周方向成分が存在するが、半径方向成分と比較して無視できる値である。

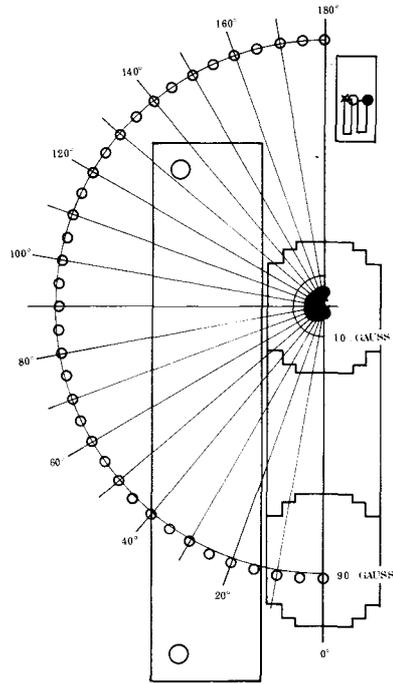


図5 磁束密度の軸方向成分

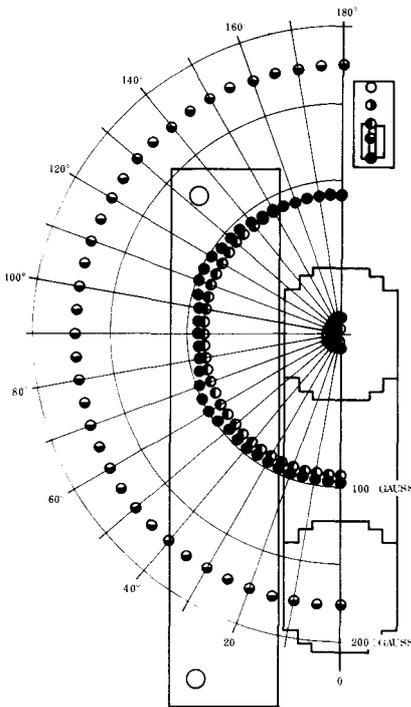


図6 磁束密度の軸方向成分

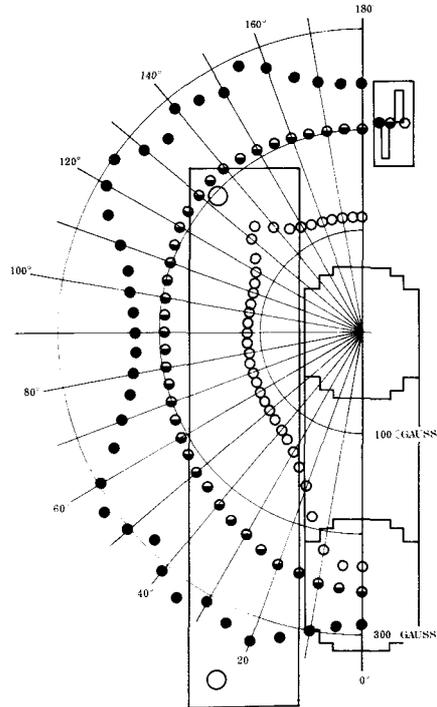


図7 磁束密度の半径方向成分

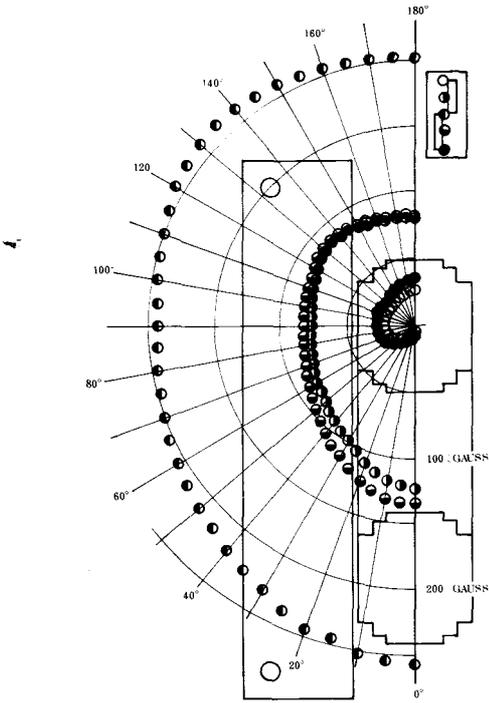


図8 磁束密度の半径方向成分

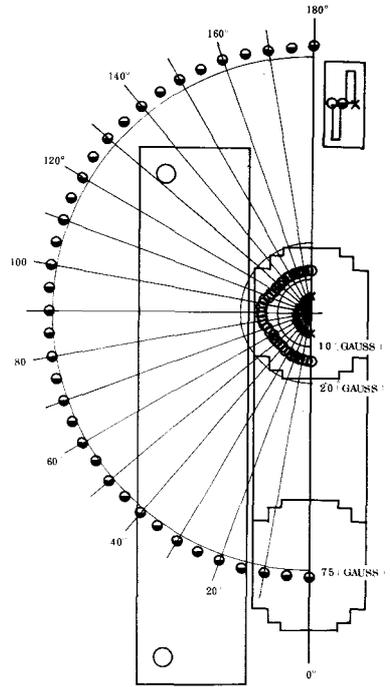


図9 磁束密度の軸方向成分

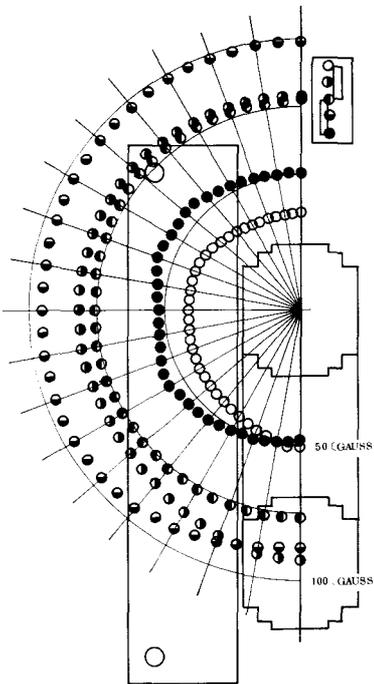


図10 磁束密度の軸方向成分

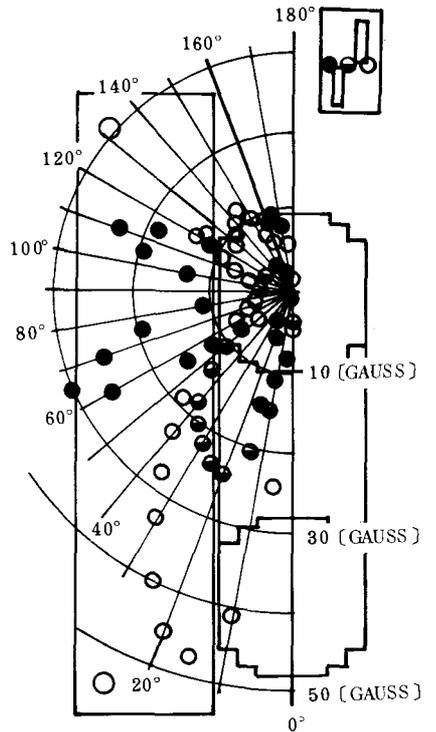


図11 磁束密度の円周方向成分

- (3) 2次巻線の内側の鉄心近傍(A F)点では、磁束密度は鉄心の影響を強く受け、特に半径方向成分(図7参照)は、鉄心の形状が顕著に表われている。
- (4) 1次2次巻線間(B F)点での磁束密度の軸方向成分は、他の位置((A F)および(C F)点など)に比較して大きい。
- (5) 磁束密度の軸方向成分は、鉄窓内と鉄窓外での差がほとんど認められない。
- (6) 対称配置の場合の鉄窓内と鉄窓外の磁束密度の絶対値は、ほぼ同一視できたが、非対称配置の場合は、鉄窓内と鉄窓外とは大きく異なる。

## §5 おわりに

実験結果から、対称配置巻線変圧器の漏れ磁束密度は、1次巻線と2次巻線間に集中している。そのほとんどは軸方向成分であり、最大値は巻線の高さのほぼ中央付近に存在する。この場合の半径方向成分は、2次巻線の内側で認められるが、両巻線間の軸方向成分の最大値の30%以下で問題とならない。また、この配置の場合の鉄窓内と鉄窓外での磁束密度分布の異いは、ほとんど無かった。以上より、対称配置巻線の場合の変圧器漏れリアクタンスの計算は、従来通り、鉄窓内のみを考慮すれば良いと推察できる。

一方、非対称配置巻線変圧器の場合は、鉄窓内と鉄窓外での窓束密度分布に大きな差異が認められる。このことは、非対称配置の場合の変圧器漏れリアクタンスの計算法は、鉄窓内と鉄窓外での磁気エネルギー分布を考慮しなければならないことを示唆している。

最後に、この実験について御指導いただいた広島大学中前栄八郎先生、山下英生先生および、モデル変圧器の製作に御協力いただいた中国電機製造(株)の方々に深く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) A. L. Amromin, et al. : Elektrichestvo. 7, 27 (1973)
- 2) 執行：電気学会誌, 54, 819 (昭9-8)
- 3) 小沢：電気学会誌, 68, 7 (昭23-1)
- 4) L. Rabins : Trans. Amer. Inst. Elect. Engrs. 75/I, 7
- 5) O. W. Andersen : IEEE Tr. PAS-92, 2, 682 (1973)
- 6) P. Silvester, et al. : ibid PAS-92, 6, (1973).
- 7) 中前・他：電気学会論文誌, 静止器・磁性材料研究会資料, MAG-77-47 (昭52)
- 8) 中前・他：昭52年電気四学会連合大会(40507)
- 9) 野村・他：昭53年電気四学会連合大会(40507)
- 10) 山下・他：電気学会誌, 101-B (昭56-4)

(昭和57年10月15日受付)

## 二項近似の妥当性

(電気工学科) 山崎 勉

### Validity of the Two-Term Approximation

Tsutomu YAMAZAKI

The validity of the two-term spherical harmonics expansion, which is used to determine the electron velocity distribution function in the low-pressure discharge, is investigated theoretically.

It is shown that, as long as the loss factor of the electron is smaller than a few per cent, the anisotropic part of the distribution function can be kept small. But when the velocity dependence of the electron-molecule collision cross section is not monotonous, the validity of the two-term approximation becomes suspectable.

#### § 1 まえがき

低電離気体放電中の電子速度分布関数はマクスウェル分布とは異なる事が知られている。最近では、従来よく用いられてきたマクスウェル分布に代って、ボルツマン方程式から数値計算により直接に速度分布関数が求められるようになった<sup>1)</sup>。これは、計算技術の進歩とともに衝突断面積等の測定値が詳しく知られるようになった結果である。そして、得られた速度分布関数を用いて、放電現象の解明<sup>2)</sup>や放電中の各種不安定現象の解析<sup>3)</sup>が行なわれている。特に、気体レーザーの励起機構の研究<sup>4)</sup>には大きな役割を果たしている。

計算方法としては、ローレンツ近似の仮定のもとで速度分布関数を球関数で展開する<sup>5)</sup>。そして、最も簡単な場合、その第二項までを用いて速度分布関数を表わし、これをボルツマン方程式に代入して解を得る方法で、二項近似と呼ばれる。この場合、展開した速度分布関数の第二項以降は初項に比べ十分小さいという仮定が必要である。ところが、放電への入力が増加するに従ってこの仮定はしだいに不十分なものになってくる<sup>5,6)</sup>。そこで、三項近似<sup>7)</sup>も用いられるようになったが、計算はやや複雑になる。一方、上記の方法の他にモンテカルロ法<sup>8)</sup>もあるが、この方法では計算機の容量に制限されまた時間もかかるため、一部でしか用いられていない。そして、現在のところ最も簡単な二項近似がよく用いられている。

本報告では、二項近似が適用できる限界について理論的な検討結果が示してある。また、単原子分子の希ガス（主としてヘリウム）と二原子分子気体の窒素について数値計算を行い、両者の衝突断面積の相違による二項近似の妥当性の違いについても検討を行った。

#### § 2 ボルツマン方程式の球関数展開

弱電離気体中では荷電粒子の密度は中性気体分子の密度 ( $N_g$ ) に比べ十分小さい。また、外部より加えられた電磁界による入力は主として電子が輸送する。電子速度分布関数の決定に関与する衝突現象は主として電子と中性気体分子間の衝突を考えればよく、荷電粒子間の衝突は無視できる。さて、

電子・気体分子の衝突は弾性衝突と非弾性衝突に分類できる。弾性衝突の場合、電子の質量 ( $m$ ) が気体分子のそれ ( $M$ ) に比べ非常に小さいため、衝突による気体分子の反跳は無視できる。非弾性衝突の場合は、次のように考える。電子が衝突前に持っていたエネルギーは、分子の内部状態の変化 (電子励起; 多原子分子の場合には分子の回転や振動の励起も加わる) に用いられ、残りのエネルギーの大部分は衝突した電子が持ち去る。この結果、気体分子の持つエネルギーはほとんど変化しない。また、圧倒的多数の気体分子間の衝突により気体温度の変化は無視できる。以上の条件はローレンツ近似として知られている<sup>5)</sup>。

一定常かつ空間的勾配がない場合について考える。外力として、直流電界 ( $E$ ) が印加されているとする。この時、電子速度 ( $V$ )、電子速度分布関数を  $f(V)$  とすると、ボルツマン方程式は次のようになる<sup>5)</sup>。

$$-\frac{eE}{m} \cdot \frac{\partial f}{\partial V} = \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}} \quad (1)$$

ここで、 $e$  は素電荷。さて速度分布関数を球関数で展開し、その第三項以下を省略すると

$$f(V) = f_0(v) + \cos\theta f_1(v) \quad , \quad v = |V| \quad (2)$$

(2) 式の右辺第一項は等方性速度分布関数を示し、第二項は外力による偏向性速度分布関数を示す。ただし、 $\theta$  は速度分布の回転対称軸と速度のなす角度である。そして  $f_0$ 、 $f_1$  は速さ ( $v$ ) のみの関数である。

さて、(1) 式右辺の衝突項は (2) 式とローレンツ近似により次のように表わされる<sup>5)</sup>。

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}} = & \frac{1}{2v^2} \frac{d}{dv} \left( \delta N_g Q_d v^4 f_0 \right) - f_1 N_g Q_d v \cos\theta \\ & + \sum_j N_g \left( Q_j(v') v' f_0(v') - Q_j(v) v f_0(v) \right) \end{aligned} \quad (3)$$

ただし  $\delta = 2m/M$ 、 $v' = (v^2 + 2eU_j/m)^{1/2}$ 。  $Q_d$  は運動量変換断面積、 $Q_j(v)$ 、 $U_j$  はそれぞれ  $j$  準位への励起衝突断面積と励起エネルギーを表わす。励起衝突には、電離を含む基底準位からの励起のみ考える。ただし、電離により発生した電子は考えない。それは直接電離を考える場合には、電離衝突よりも励起衝突の方がはるかに多いからである。

速度分布の対称軸の方向を ( $-z$ ) 方向とすると (1) 式左辺は次のようになる。

$$-\frac{eE}{m} \frac{\partial f}{\partial V} = \frac{eE}{m} \frac{\partial f}{\partial v_z}$$

ここで、電子の速度分布はほぼ等方的であると仮定する ( $\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle = \langle v^2 \rangle / 3$ 、 $\langle x \rangle$  は  $x$  の平均値を示す)。これはまた、(2) 式ですでに示したように、 $f_0$ 、 $f_1$  が速さのみの関数であり、 $f_0 \gg f_1$  である事を意味する。この結果、(1) 式の左辺は次のように表わされる。

$$-\frac{eE}{m} \cdot \frac{\partial f}{\partial V} = \frac{eE}{m} \left[ \cos\theta \frac{df_0}{dv} + \frac{1}{3v^2} \frac{d}{dv} \cdot (v^2 f_1) \right] \quad (4)$$

以上の結果より (3) 式と (4) 式を用いて、 $f_0$ 、 $f_1$  の満たすべき式が次のように求まる。ただし、便宜上変数変換を行っておく ( $eu = mv^2/2$ 、 $u$ : エネルギー)。

$$f_1 = -\frac{E}{N_g Q_d} \frac{df_0}{du} \quad (5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{u}} \frac{d}{du} (u E f_1) = \frac{\delta}{\sqrt{u}} \frac{d}{du} (N_s Q_d u^2 f_0) + \sum_j N_s (Q_j(u') \sqrt{u'} f_0(u') - Q_j(u) \sqrt{u} f_0(u)) \quad (6)$$

(5) (6) 式より、速度分布関数を求める事ができる。(5) 式に  $\cos \theta$  をかけると、(2) 式右辺第二項の偏向性速度分布関数が求まる。

### § 3 速度分布関数の等方性

速度分布関数が等方的である事を次の値で評価する<sup>5)</sup>。すなわち、電子の熱運動エネルギーに対する方向性エネルギーの比の値が十分小さい。さて、この比の値を  $K$  とおき、各エネルギーは、移動速度 ( $v_d$ ) と平均エネルギー  $\langle u \rangle$  を用いて次のように表わす。

$$K = \frac{m v_d^2 / 2e}{\langle u \rangle} \quad (7)$$

(7) 式は次のように書きなおす事ができる。定常状態では、平均自由行程進む間に得るエネルギーと衝突によって失うエネルギーが等しいというエネルギー平衡の条件より、電子の損失係数を  $\kappa$  とすると次の関係が成立する<sup>5)</sup>。

$$\frac{m v_d^2}{e} = \kappa \langle u \rangle$$

故に (7) 式は  $K = \kappa / 2$  で表わされる。これは、速度分布の等方性が成立するためには損失係数  $\kappa$  が十分小さい事が必要である。非弾性衝突が無視できる場合には、 $\kappa = \delta$ <sup>9)</sup> で、この値は 1 より十分小さい。一方、非弾性衝突の数がある程度大きくなると、損失係数はそれに伴って大きくなる。その結果、前節で仮定した速度分布がほぼ等方的であるという条件は満足されなくなる。これは (2) 式において、 $f_1$  が  $f_0$  に比べ無視できなくなり、 $f_0$ 、 $f_1$  が速さのみの関数として表わされなくなった事を意味していると考えられる。

ところで、非弾性衝突を考慮した時、(7) 式で定義される  $K$  の値がどの程度までならば等方性の仮定が満足されるか、また、その時の偏向性速度分布関数と等方性速度分布関数の関係がどのようになっているかを明らかにし、その非等方化に寄与する要因について検討を行うため、希ガスと窒素気体について数値計算を行った。希ガスとしてヘリウム、ネオン、アルゴンを考え、窒素の場合と比較した。それは、非弾性衝突が大きく異なっており、非等方性の現われ方に差があると考えられるからである<sup>10)</sup>。

### § 4 計算結果

計算に必要な衝突断面積等は前回用いた値をそのまま利用した<sup>11, 12)</sup>。ヘリウムとネオンについて  $E/N_s = 1.41 \times 10^{-20}$ 、 $4.24 \times 10^{-20}$ 、 $8.46$

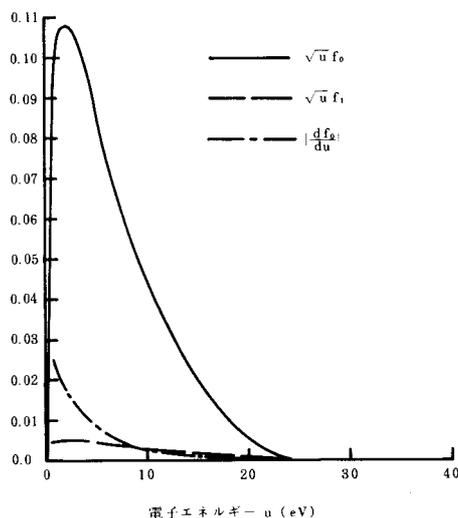


図1 ヘリウム中の電子エネルギー分布関数  $E/N_s = 1.41 \times 10^{-20} (\text{v} \cdot \text{m}^2) [5 \text{v/cm} \cdot \text{Torr}]$

$\times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) およびアルゴンの  $E/N_g = 1.41 \times 10^{-20}$ ,  $396 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) の場合の計算結果を図1から図8にそれぞれ示す。また窒素についても同様に,  $E/N_g = 1.41 \times 10^{-20}$ ,  $4.24 \times 10^{-20}$ ,  $1.41 \times 10^{-19}$ ,  $2.82 \times 10^{-19}$ ,  $8.46 \times 10^{-19}$  ( $V \cdot m^2$ ) に対し, 図9から図13に示す。ただし, 各曲線は電子エネルギー ( $u$ ) に対する電子エネルギー分布の値を示し, 実線で示したものが等方性速度分布  $\sqrt{u} f_0$  を, また破線で示された曲線は  $\sqrt{u} f_1$  を表わす。なお, 等方性速度分布関数は規格化してある ( $\int \sqrt{u} f_0 du = 1$ )。また,  $f_1$  は (5) 式より求めた。

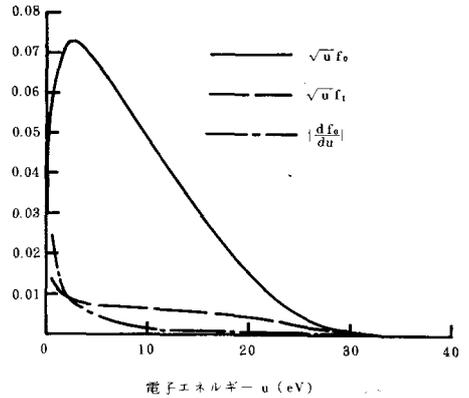


図2 ヘリウム中の電子エネルギー分布関数  $E/N_g = 4.24 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) [ $15 V/cm \cdot Torr$ ]

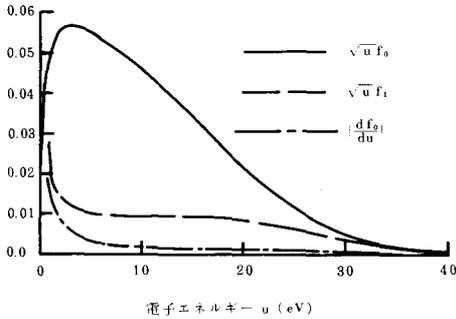


図3 ヘリウム中の電子エネルギー分布関数  $E/N_g = 8.46 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) [ $30 V/cm \cdot Torr$ ]

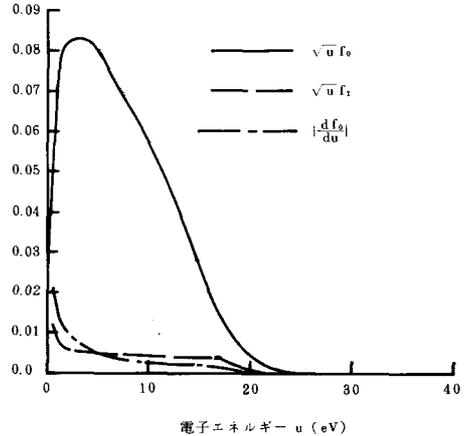


図4 ネオン中の電子エネルギー分布関数  $E/N_g = 1.41 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) [ $5 V/cm \cdot Torr$ ]

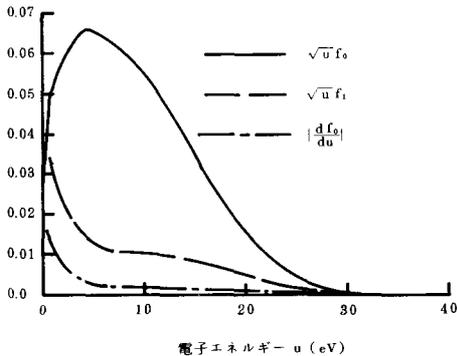


図5 ネオン中の電子エネルギー分布関数  $E/N_g = 4.24 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) [ $15 V/cm \cdot Torr$ ]

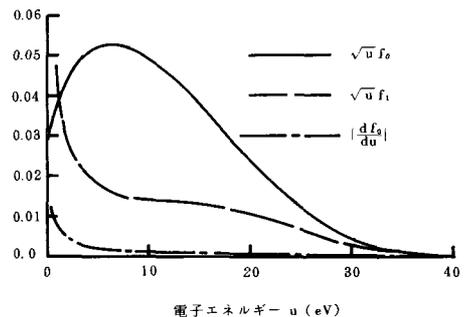


図6 ネオン中の電子エネルギー分布関数  $E/N_g = 8.46 \times 10^{-20}$  ( $V \cdot m^2$ ) [ $30 V/cm \cdot Torr$ ]

これらの計算結果を見ると, 単原子分子と二原子分子との違いが現われている事がわかる。希ガスの場合,  $E/N_g$  が低い時には偏向性成分 ( $\sqrt{u} f_1$ ) は等方性成分 ( $\sqrt{u} f_0$ ) に比べ小さな値になっている。

一方、窒素では同一の入力 ( $E/N_g$ )での希ガスの場合と比較すると、偏向性成分の占める割合が多少大きく、特に電子エネルギーの高い ( $u=1.8\text{ eV}$ ) 付近で大きくなっている。これは、窒素の振動準位への励起衝突による影響であり、多原子分子気体に共通して存在する<sup>10,15)</sup>。希ガス、窒素のどの場合にも、 $E/N_g$ の増加により偏向性成分が大きくなり、等方性成分は高エネルギー側に分布が拡がり、しだいになだらかになっていく事がわかる。希ガスの場合、偏向性成分の低エネルギー ( $u\sim 0$ ) 部での増加が  $E/N_g$  とともに急激に生じている。そして、これ以上のエネルギーの成分は、ほぼ一様に増加し、分布の形はあまり変化していない。一方、窒素の場合、 $E/N_g$ が  $10^{-19}$  付近から分布の形は異なってきている。これは、 $E/N_g$ の低い所で振動励起が非弾性衝突の主体であったのが、電子励

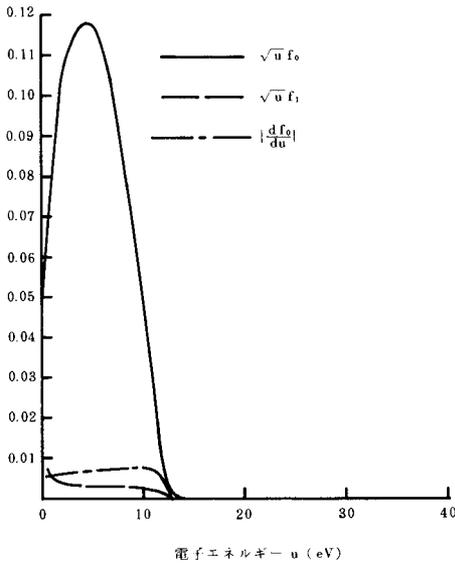
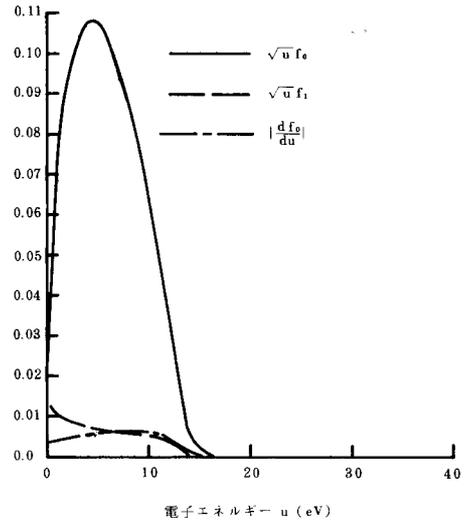


図7 アルゴン中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 1.41 \times 10^{-20} (\text{V} \cdot \text{m}^2) [5 \text{V/cm} \cdot \text{Torr}]$



図a アルゴン中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 3.96 \times 10^{-20} (\text{V} \cdot \text{m}^2) [14 \text{V/cm} \cdot \text{Torr}]$

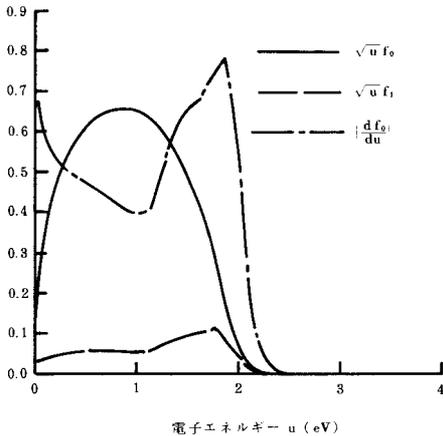


図9 窒素中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 1.41 \times 10^{-20} (\text{V} \cdot \text{m}^2) [5 \text{V/cm} \cdot \text{Torr}]$

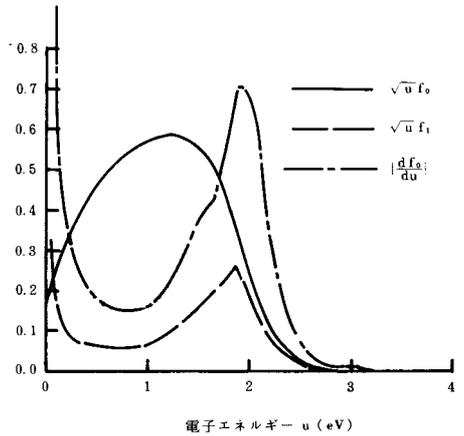


図10 窒素中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 4.24 \times 10^{-20} (\text{V} \cdot \text{m}^2) [15 \text{V/cm} \cdot \text{Torr}]$

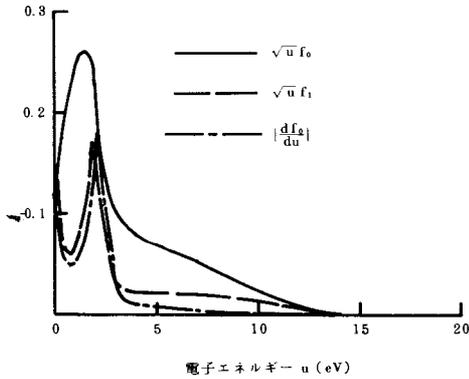


図11 窒素中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 1.41 \times 10^{-19} (\text{V} \cdot \text{m}^2)$  [50V/cm·Torr]

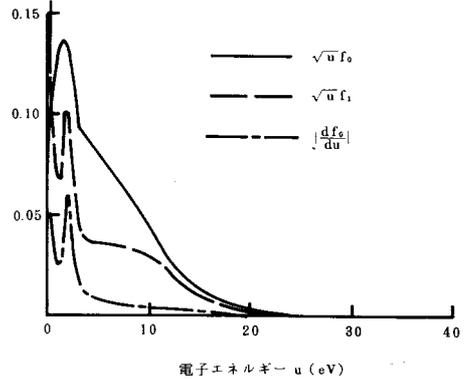


図12 窒素中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 2.82 \times 10^{-19} (\text{V} \cdot \text{m}^2)$  [100V/cm·Torr]

起が  $E/N_g$  の増加とともに増加し、その主体が移動するためである<sup>12)</sup>。振動励起により、 $u=1.8\text{eV}$  付近に存在した極大値に加えて、 $E/N_g$  の増加につれ、 $u=0$  付近に電子励起による極値が成長してゆく。また、それと同時に希ガスの場合と同様に、高いエネルギー部の割合が一樣に増加している(偏向性成分)。等方性成分については、 $u=2\text{eV}$  付近にある山がしだいに、その大きさをほとんど変えず、電子エネルギーの大きい方に移動し、 $E/N_g$  の増加とともに高エネルギー成分が多くなりしだいに振動励起の効果は見られなくなり代って電子励起の効果が現われてきている<sup>12,15)</sup>。

次に(7)式のKの値を図14に示す。比較のため、他の人々<sup>9,13)</sup>により求められた値を示した。それぞれ本報告での計算値とはよく合っている。これらの値は、 $E/N_g$  の増加とともに増加している。希ガスの場合には直線の傾きはほぼ等しく、同一の  $E/N_g$  ではA, He, Neの順に大きくなっている。窒素では、希ガスの場合よりKの値の傾きが小さく、 $E/N_g$  が低い場合でも希ガスに比べ相当大きな値になっている。

§ 5 偏向性成分のエネルギー依存性

(5)式より偏向性成分は、自由行程  $\lambda = (N_g Q_d)^{-1}$  を用いると  $E \cdot \lambda \sqrt{u} (df_0/du)$  で表わされる。等方性速度分布関数の速度空間での勾配が等方性速度分布関数に比例する場合(例えばマクスウェル分布の場合、 $df_0/du$ は $f_0$ を電子温度で割った値

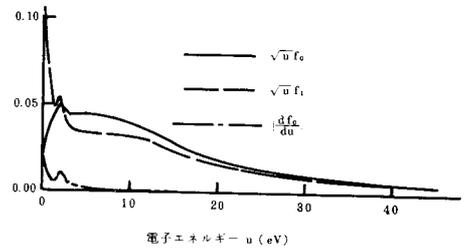


図13 窒素中の電子エネルギー分布関数  
 $E/N_g = 8.46 \times 10^{-19} (\text{V} \cdot \text{m}^2)$  [300V/cm·Torr]

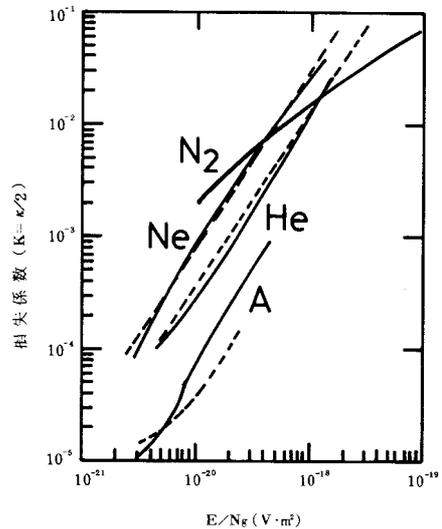


図14 損失係数( $K = \kappa/2$ )の値、実線は本報告での計算値、点線は文献9,13より引用。

となる)について考えると、 $f_1/f_0$ は $E \cdot \lambda$ に比例し、そのエネルギー依存性は $\lambda$ により決定される。これは、分布関数がマクスウェル分布に近い形( $\ln f_0 \sim u$ )の場合に限る。一般には、マクスウェル分布と異なっているため $df_0/du$ は電子エネルギーにより変化している。図1から図13の中に一点鎖線でこの値を示しておいた。

$df_0/du$ の各曲線は(5)(6)式より次のように説明される。電子エネルギーが低い所( $u \sim 0 \text{ eV}$ )で極大となるのは、電子励起の結果エネルギーを失って入射してきた電子による。窒素の場合には振動励起のため $u = 2 \text{ eV}$ 付近にも極大が現われる。これは、振動の励起エネルギーが励起衝突に必要な最小の電子エネルギーより小さいため、衝突し散乱された電子は零より十分大きいエネルギー( $u \sim 2 \text{ eV}$ )を持つためである。そして、 $df_0/du$ の形は、各気体の運動量変換の衝突断面積の2乗にほぼ比例し、その値は $E/N_g$ の増加とともに減少している。

さて、(5)(6)式より偏向性成分は次式で表わされる。

$$f_1 = \delta \left( \frac{N_g Q_d}{E} \right) u f_0 + \frac{N_g}{E} \sum_i \frac{1}{u} \int [Q_i(u') \sqrt{u' u} f_0(u') - Q_i(u) u f_0(u)] du \quad (8)$$

この式の各項の説明は、 $df_0/du$ についての説明とほとんど一致する。(エネルギー依存性に現われる極値)そこで、 $E/N_g$ の効果を考えて、(8)式より偏向性成分は $E/N_g$ に反比例する。 $(f_0$ が $E/N_g$ に依らない場合)実際には等方性成分 $f_0$ が $E/N_g$ の増加とともに高エネルギー部で増加するため、それにつれて(8)式の $f_1$ は、 $f_0$ の高エネルギー部に相当するところで、 $E/N_g$ に反比例する効果と相殺する。極端に $E/N_g$ が大きくなると、 $E/N_g$ の増加とともに増加するようになる。その結果、偏向性成分が等方性成分より大きくなりうる。これらの事は、各図において $E/N_g$ の増加とともに高エネルギー部での偏向性成分が増加している事からも確かめられる。

(8)式より、速度分布関数の等方性について考える時、 $f_1/f_0$ が十分小さい事が必要である。さて、(8)式の右辺第一項は弾性衝突項とも考えられ、 $(N_g Q_d/E)$ がほぼ1と見なせる場合、 $\delta$ が1より十分小さいため全体としてかなり小さいと考えられる。その結果、等方性が成立するためには、(8)式第二項の非弾性衝突項が第一項に比べ小さい事が必要である。これは、非弾性衝突の衝突断面積が弾性衝突のそれに比べ十分小さいと言う条件に担当し、ホルスタイン氏により指摘された<sup>14)</sup>。(8)式右辺第一項より、 $E/N_g$ の増加とともにこの項は小さくなるが、第二項は逆に増加していくため、 $E/N_g$ の高い所では非弾性衝突の効果を考えねばならない事になる。

また、衝突断面積のエネルギー依存性により、偏向性成分を構成する電子の分布が大きな影響を受ける。例えば、ヘリウムとネオンとでは弾性衝突の衝突断面積の形が異なるため、偏向性成分の電子はネオンの方が高エネルギー電子を多くもち、移動速度が大きくなり、損失係数も大きくなっている。また、(8)式右辺第一項の $\delta Q_d$ の大きさは、アルゴンに比べヘリウムの方が4倍近く大きいため、偏向性成分も大きくなり、また損失係数も大きくなる事が図14より確かめられる。

## § 6 等方性仮定の限界

(7)式で定義した $K$ の値を0.1とすると各気体に対し $E/N_g$ を図14より求める事ができる。この時の速度分布関数の等方性成分と偏向性分布はほぼ同程度の大きさになると推定される。(図3, 6, 8, 12, 13)次に $K = 0.01$ とすると、等方性成分に対する偏向性成分の割合は2割程度で、その時の $E/N_g$ の値は次のようになる。 $8.5 \times 10^{-20}$  (He)  $4.8 \times 10^{-20}$  (Ne)  $1.7 \times 10^{-19}$  (Ar)  $7.1 \times 10^{-20}$  ( $N_2$ )この時、各電子エネルギー値により多少異なり、高エネルギー部と非弾性衝突で生じた低エネルギー部の電子数はそれ以上となっている。(2割以上)

$K = 0.1$ の時、(2)式より求められる速度分布はある方向( $\cos \theta = -1$ )では $z$ 方向の速度を持った電子はほとんど存在しない。これは等方性の仮定に反するものである。次に $K = 0.01$ の時には、方

向による電子数の変化量は $\pm 20\%$  ( $\cos\theta = \pm 1$ )程度で、この程度までならば等方性の仮定も可能と考えられる。

上記のように平均値で考えると簡単になるが、各エネルギー値における等方性成分と偏向性成分の値を直接比較する事も必要と考えられる<sup>15)</sup>。特に多原子分子気体の場合、図11~13からわかるように、振動励起のエネルギー付近で偏向性成分が急激に大きくなり、このエネルギーを持つ電子は方向( $\cos\theta$ )により大きく異なった分布をしている。その結果、(2)式で定義される速度分布関数 $f$ が負となる事もありうる。これは許されない事なので、この特定の電子エネルギーでの等方性の条件からも、上記の $E/N_g$ の値はより低い値に制限される。そして、この制限は気体の種類によって異なった値になる。

## §7 まとめ

弱電離低気圧放電中の電子速度分布の導出に用いられる二項近似の妥当性について検討を行った。その結果、等方性の成立する目安として、方向性エネルギーの熱運動エネルギーに対する割合が数パーセント以内なら比較的良好に成立し、二項近似もよい近似となる事がわかった。また、偏向性速度分布関数は衝突により散乱された電子により構成され、その速度依存性は衝突断面積の影響を受ける。等方性の仮定の妥当性の判断は、希ガスのように衝突断面積のエネルギー依存性が単調な場合には、電子損失係数を考えれば十分であるが、多原子分子気体の場合には不十分である。これは、気体分子を振動励起して散乱された電子が特定の電子エネルギー領域に集中し、この付近で偏向性速度分布関数が大きくなり、等方性が成立しなくなるためである。

## 参 考 文 献

- 1) 西辻昭, 小林勝美, 畑中雅彦: 電気学会論文誌 A, 100-A, 277 (1980)
- 2) W. R. L. Thomas; J. Phys, B2, 551 (1969)
- 3) T. Ruzicka, K. Rohlena; Czech. J. Phys. B22, 906 (1972)
- 4) LaVerne, A. Schlie; J. Appl. Phys. 47, 1397 (1976)
- 5) 奥田孝美, 「気体プラズマ現象」コロナ社  
S. Chapman, T. G. Cowling; "The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases" Cambridge U. P (1970)
- 6) J. H. Jacob, B. N. Srivastava, M. Rokni, J. A. Mangano; J. Appl. Phys. 50, 3185 (1979)
- 7) 三上禎, 真壁利明, 森為可: 電気学会全国大会, 昭和55年 p. 118
- 8) L. E. Kline, J. J. Lowke; Proc. 12th, I.C. PIG, 9 (1975)
- 9) 電気学会「放電ハンドブック」昭和53年
- 10) M. J. Druyvesteyn, F. M. Penning; Rev. Mod. Phys. 12, 87 (1940)
- 11) 山崎勉: 呉高専研究報告 16, 1, 65 (1980), 同16, 2, 67 (1981)
- 12) 山崎勉, 碓井浄司: 呉高専研究報告 17, 1, 125 (1981)
- 13) A. エンゲル, 「電離気体」山本, 奥田訳 コロナ社 (1977)
- 14) T. Holstein; Phys. Rev. 70, 367 (1946)
- 15) H. Brunet, P. Vincent; J. Appl. Phys. 50; 4700 (1979)

(昭和57年10月15日受付)

# 横衝撃を受ける片持梁の解法

(土木工学科) 久 良 喜代彦

## Solutions of a Cantilever Beam under Transverse Impact

Kiyohiko KURŌ

A series solution is presented for flexural wave propagation in a uniform cantilever beam resulting from transverse impact of a sphere at the free end according to the Bernoulli-Euler's equation.

A comparison is made of the series solution and the finite difference solution.

### § 1 まえがき

単純支持梁に横衝撃を加える場合については、振動形解析法による解が得られている。

本研究は片持梁の自由端に鋼球を落下させる場合について、Bernoulli-Euler型の波動方程式を振動形解析法ならびに差分解析法を用いて解き、その結果について比較しようとするものである。

### § 2 記号

本報告で用いる記号の主なものは次の通りである。

$A$	梁断面積 (cm <sup>2</sup> )
$\alpha$	接近距離 (cm)
$b$	梁の幅 (cm)
$C_1$	梁を伝ばする応力波の伝ば速度 (cm/sec)
$\Delta t$	時間間隔の長さ (sec)
$E_1$	鋼球の弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
$E$	梁の弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
$\varepsilon$	歪み
$F$	載荷点 (衝撃点) に作用する力 (kg)
$g$	重力の加速度 (cm/sec <sup>2</sup> )
$h$	梁の減衰定数
$I$	梁の断面 2 次モーメント (cm <sup>4</sup> )
$i$	基準振動の次数
$j$	時間間隔に付した番号
$k_2$	Hertz の定数
$l$	梁のスパン (cm)
$M$	梁要素の曲げモーメント (kg·cm)
$m_1$	鋼球の質量

- $\mu_1$  鋼球のポアソン比
- $\mu_2$  梁のポアソン比
- $n$  時間間隔に付した番号
- $\omega_1$  第  $i$  次の固有円振動数 (1/sec)
- $P$   $F$  の確定値 (kg)
- $\bar{P}$   $F$  の暫定値 (kg)
- $Q$  梁要素の剪断力 (kg)
- $q_i(t)$  第  $i$  次の基準座標
- $R$  鋼球の半径 (cm)
- $\rho$  梁の密度
- $\sigma$  梁上縁の曲げ応力 (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\theta$  梁のたわみ角
- $t$  時間 (sec)
- $v_0$  衝撃速度 (cm/sec)
- $v_1$  鋼球の変位速度 (cm/sec)
- $v(x, t)$  梁各部の変位速度 (cm/sec)
- $x$  梁の軸方向に取られた座標 (cm)
- $x_i(t)$  第  $i$  次の基準振動形
- $w(x, t)$  梁に作用する分布荷重 (kg/cm)
- $y(x, t)$  梁の鉛直方向変位 (cm)
- $y_1(t)$  鋼球の変位 (cm)
- $y_h$  梁の厚さ (cm)

§ 3 Bernoulli-Euler 梁の自由振動

3.1 Bernoulli-Euler 式の誘導

横振動をする梁の微小部分 (図 1) の左断面  $A$  に作用する曲げモーメントおよび剪断力を夫々  $M, Q$  とし、右断面  $B$  に作用する曲げモー

メントおよび剪断力を夫々  $M + \frac{\partial M}{\partial x} \cdot dx, Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot dx$  とする。

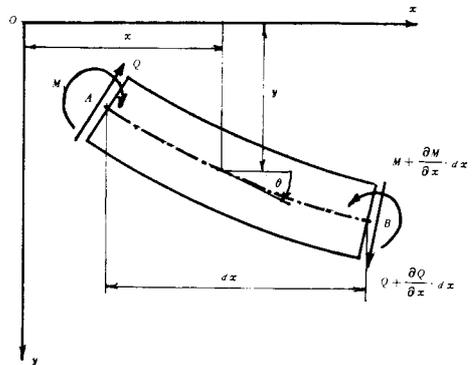


図1 梁要素

a. 梁の回転慣性を無視して、微小部分  $AB$  について、モーメントのつり合式を立てると、

$$\frac{\partial M}{\partial x} - Q = 0 \tag{1}$$

b. 鉛直方向について運動方程式を立てると、

$$\frac{\partial Q}{\partial x} - \rho \cdot A \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \tag{2}$$

c. モーメントとたわみ角の関係式は、

$$M = -E \cdot I \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \quad (8)$$

ここで、剪断歪みを無視すると、

$$\theta = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (4)$$

(1), (2), (3), (4)より Bernoulli-Euler 式 (5) が得られる。

$$E \cdot I \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + A \cdot \rho \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (5)$$

### 3.2 Bernoulli-Euler 式の一般解

(5) 式において、たわみ  $y$  は位置  $x$  のみの関数  $X$  と時刻  $t$  のみの関数  $q(t)$  との積で表わされるとする。つまり、

$$y = X(x) \cdot q(t) \quad (6)$$

(6) 式を (5) 式に代入すると、

$$E \cdot I \cdot \frac{d^4 X}{dx^4} \cdot q + \rho \cdot A \cdot X \cdot \ddot{q} = 0$$

上式を次のように変形する。

$$\frac{\frac{d^4 X}{dx^4}}{X} = -\frac{\rho \cdot A}{E \cdot I} \cdot \frac{\ddot{q}}{q} \quad (\equiv \beta^4 \text{ とおく})$$

これより、

$$\frac{d^4 X}{dx^4} = \beta^4 \cdot X \quad (7)$$

$$\ddot{q} = -\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A} \cdot \beta^4 \cdot q \quad (8)$$

つまり (5) 式は (7), (8) の 2 式に分解される。

(7) 式の一般解は次式で与えられる。

$$X = C_1 \cdot \cos \beta x + C_2 \cdot \sin \beta x + C_3 \cdot \cosh \beta x + C_4 \cdot \sinh \beta x \quad (9)$$

$C_1, C_2, C_3, C_4$  および  $\beta$  の値は境界条件から決定される。

### 3.3 片持梁の基準振動形、固有円振動数

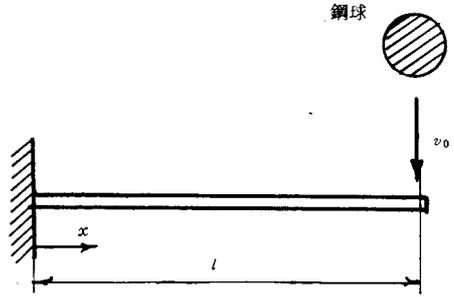
図 2 に示すような長さ  $l$  の片持梁では境界条件は次の各式で与えられる。

$$x = 0 \text{ のとき } \left. \begin{array}{l} X|_{x=0} = 0, \\ \frac{dX}{dx}|_{x=0} = 0 \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$x = l \text{ のとき } \left. \frac{d^2 X}{dx^2} \right|_{x=l} = 0, \quad \left. \frac{d^3 X}{dx^3} \right|_{x=l} = 0$$

(9) 式を (10) の 4 つの式に代入すると、次の各式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} C_3 &= -C_1 \\ C_4 &= -C_2 \\ C_1 \cdot (\cos \beta l + \cosh \beta l) + \\ & \quad C_2 \cdot (\sin \beta l + \sinh \beta l) = 0 \\ C_1 \cdot (\sin \beta l - \sinh \beta l) + \\ & \quad C_2 \cdot (\cos \beta l + \cosh \beta l) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$



(11) 式の中の下の 2 式より次の振動数方程式が得られる。

$$\begin{vmatrix} \cos \beta l + \cosh \beta l & \sin \beta l + \sinh \beta l \\ \sin \beta l - \sinh \beta l & -(\cos \beta l + \cosh \beta l) \end{vmatrix} = 0$$

上式を整頓すると、

$$\cosh \beta l \cdot \cos \beta l = -1 \quad (12)$$

(12) 式を満足する  $\beta$  の値を小さい方から  $\beta_1, \beta_2, \dots$  とすると、

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 l &= 1.876099 \\ \beta_2 l &= 4.694089 \\ \beta_3 l &= 7.854753 \\ \beta_4 l &= 10.99554 \\ \beta_5 l &= 14.13716 \\ i \geq 5 \text{ のとき } \beta_i \cdot l &= \frac{2 \cdot i - 1}{2} \cdot \pi \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$\beta = \beta_i$  に対応する  $X$  を  $X_i$  とあらわすと、 $X_i$  は第  $i$  次基準振動形と呼ばれる。(9) 式と (11) 式より  $X_i$  は次のようになる。

$$X_i = -C_1 \cdot (\cos \beta_i \cdot l + \cosh \beta_i \cdot l) \left[ \frac{\cosh \beta_i \cdot x - \cos \beta_i \cdot x}{\cosh \beta_i \cdot l + \cos \beta_i \cdot l} - \frac{\sinh \beta_i \cdot x - \sin \beta_i \cdot x}{\sinh \beta_i \cdot l + \sin \beta_i \cdot l} \right]$$

ここで  $-C_1 \cdot (\cosh \beta_i \cdot l + \cos \beta_i \cdot l) = 1$  とおくと、

$$X_i = \frac{\cosh \beta_i \cdot x - \cos \beta_i \cdot x}{\cosh \beta_i \cdot l + \cos \beta_i \cdot l} - \frac{\sinh \beta_i \cdot x - \sin \beta_i \cdot x}{\sinh \beta_i \cdot l + \sin \beta_i \cdot l} \quad (14)$$

次に  $\beta = \beta_i$  に対する  $q$  を  $q_i$  であらわすと、(8) 式より

$$q_i + \frac{E \cdot I}{\rho \cdot A} \cdot \beta_i^4 \cdot q_i = 0$$

上式の解は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} q_i &= A_i \cdot \cos \omega_i t + B_i \cdot \sin \omega_i t \\ \omega &= \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}} \cdot \beta_i^2 = a^2 \cdot \beta_i^2, \quad a^2 = \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

$q_i$ ,  $\omega_i$  は夫々、第  $i$  次の基準座標、第  $i$  次固有円振動数と呼ばれる。

定数  $A_i$ ,  $B_i$  は初期条件によって決定される。(6), (14), (15) の各式より Bernoulli-Euler の自由振動の式は片持梁については次のように表わされる。

$$\begin{aligned} y &= \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x) \cdot q_i(t) \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} \left[ \frac{\cosh \beta_i \cdot x - \cos \beta_i x}{\cosh \beta_i \cdot l + \cos \beta_i l} - \frac{\sinh \beta_i x - \sin \beta_i x}{\sinh \beta_i l + \sin \beta_i l} \right] (A_i \cdot \cos \omega_i t + B_i \cdot \sin \omega_i t) \end{aligned} \quad (16)$$

#### § 4 外力を受ける Bernoulli-Euler 梁の挙動

梁が外力  $w(x, t)$  を受ける場合の振動方程式は次式で与えられる。

$$\rho \cdot A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + E \cdot I \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = w(x, t) \quad (17)$$

(17) 式の解はこの梁の基準振動形  $X_i$  を用いて、次のように表わされると仮定する。

$$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i(x) \cdot q_i(t) \quad (18)$$

(18) 式を (17) 式に代入すると、

$$\rho \cdot A \cdot \sum_{i=1}^{\infty} X_i \cdot \ddot{q}_i + E \cdot I \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{d^4 X}{dx^4} \cdot q_i = w(x, t)$$

上式に (7) 式より得られる  $\frac{d^4 X_i}{dx^4} = \beta_i^4 \cdot X_i = \frac{\omega_i^2}{E \cdot I} \cdot X_i$  を代入すると

$$\rho \cdot A \cdot \sum_{i=1}^{\infty} X_i \cdot \ddot{q}_i + \rho \cdot A \cdot \sum_{i=1}^{\infty} X_i \cdot \omega_i^2 \cdot q_i = w(x, t) \quad (19)$$

(19) 式の両辺に  $X_i$  をかけて、梁の全長にわたって積分すると、

$$\int_0^l \rho \cdot A \cdot X_i \cdot (\sum X_j \cdot \ddot{q}_j) dx + \int_0^l \rho \cdot A \cdot X_i \cdot (\sum X_j \cdot \omega_j^2 \cdot q_j) dx = \int_0^l X_j \cdot w \cdot dx \quad (20)$$

片持梁の場合にも、その境界条件式 (10) は基準振動形の直交性を示す次の式

$$i \neq j \text{ のとき } \int_0^l \rho \cdot A \cdot X_i \cdot X_j \cdot dx = 0$$

を満足するので、

(20)式の左辺は  $X_j$  の2乗の積分だけが残る、(20)式は次のようになる。

$$\left[ \int_0^l \rho \cdot A \cdot X_j^2 \cdot dx \right] \cdot (\ddot{q}_j + \omega_j^2 \cdot q_j) = \int_0^l X_j \cdot w \cdot dx$$

上式で  $j$  を  $i$  に書きかえて、変形すると、(21)式が得られる。

$$\ddot{q}_i + \omega_i^2 \cdot q_i = \frac{\int_0^l X_i \cdot w \cdot dx}{\int_0^l \rho \cdot A \cdot X_i^2 \cdot dx} \quad (21)$$

(21)式は分布荷重  $w(x, t)$  が作用する場合であるが、集中力  $F(t)$  が  $x = c$  に作用する場合には、(22)式は次のようになる。

$$\ddot{q}_i + \omega_i^2 \cdot q_i = \frac{X_i(c) \cdot F(t)}{\rho \cdot A \cdot \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \quad (22)$$

Duhamelの積分公式を用いると、(22)式の解は次のようになる。

$$q_i(t) = A_i \cdot \cos \omega_i t + B_i \cdot \sin \omega_i t + \frac{X_i(c)}{\rho \cdot A \cdot \omega_i \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \cdot \int_0^t F(\tau) \cdot \sin \omega_i(t - \tau) \cdot dx$$

梁が始め静止している場合には、上式で  $A_i = B_i = 0$  となる。

したがって、梁が初め静止している場合の(17)式の解は次のようになる。

$$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{X_i(x) \cdot X_i(c)}{\rho \cdot A \cdot \omega_i \cdot \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \cdot \int_0^t F(\tau) \cdot \sin \omega_i(t - \tau) \cdot dx$$

ここで更に、梁の内部摩擦を考慮する場合には、上式は減衰定数  $h$  を用いて次のように修正される。

$$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{X_i(x) \cdot X_i(c)}{\rho \cdot A \cdot \omega_i \cdot h' \cdot \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \cdot \int_0^t F(\tau) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot \Delta t(t - \tau)) \cdot \sin \omega_i \cdot h' \cdot (t - \tau) \cdot dx$$

ただし、 $h' = \sqrt{1 - h^2}$

次に梁上縁の曲げ応力は次式であらわされる。

$$\sigma(x, t) = -\frac{M}{I} \cdot \frac{y_h}{2} = \frac{E \cdot y_h}{2} \cdot \frac{d^2 y(x, y)}{dx^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{E \cdot y_h}{2} \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\frac{d^2 X_i(x)}{dx^2} \cdot X_i(c)}{\rho \cdot A \cdot \omega_i \cdot h' \cdot \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \\
&\quad \cdot \int_0^t F(\tau) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot \Delta t \cdot (t - \tau)) \cdot \sin \omega_i \cdot h' \cdot (t - \tau) \cdot dx \quad (24)
\end{aligned}$$

## § 5 接触力

片持梁に鋼球を落下させる場合，(23)，(24)式中の集中力  $F$  は鋼球と梁との接触力であり，Hertz の理論によって次のように表わされる。

$$F(t) = K_2 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} \quad (25)$$

$K_2$  は Hertz の定数で球面と平面とが接触する場合には次式で与えられる。

$$K_2 = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{\sqrt{R}}{\delta_1 + \delta_2}, \quad \delta_1 = \frac{1 - \mu_1^2}{\pi \cdot E_1}, \quad \delta_2 = \frac{1 - \mu_2^2}{\pi \cdot E}$$

接近距離  $\alpha$  は鋼球の変位  $y_1(t)$  と梁の載荷点の変位  $y(c, t)$  との差として，次式で与えられる。

$$\alpha(t) = y_1(t) - y(c, t) \quad (26)$$

鋼球の変位  $y_1(t)$  は

$$m_1 = \frac{d^2 y_1(t)}{dt^2} = F(t)$$

の解として得られ，次のような形をとる。

$$y_1(t) = v_0 \cdot t - \frac{1}{m_1} \cdot \int_0^t \left[ \int_0^t F(\tau) \cdot d\tau \right] \cdot dt \quad (27)$$

一方，(23)式において  $x = c$  とおくと， $y(c, t)$  が得られる。このようにして得られた  $y(c, t)$  および (27)，(25)式を用いると，(26)式は次のようになる。

$$\begin{aligned}
\left( \frac{F}{K_2} \right)^{\frac{3}{2}} &= v_0 \cdot t - \frac{1}{m_1} \cdot \int_0^t \left[ \int_0^t F(\tau) \cdot d\tau \right] \cdot dt' \\
&\quad - \frac{1}{\rho \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{X_i^2(c)}{\omega_i \cdot h' \cdot \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \cdot \int_0^t F(\tau) \cdot e^{-h\Delta t \cdot (t - \tau)} \cdot \sin \omega_i \cdot h' \cdot (t - \tau) \cdot dx \quad (28)
\end{aligned}$$

(28)式を解くことによって接触力  $F$  が時間の関数として求められる。

片持梁の場合，(28)式の中の  $\omega_i$ ， $X_i(x)$  は夫々 (15)，(14)式で与えられる。一方， $\int_0^l X_i^2(x) \cdot dx$ ， $\frac{d^2 X_i(x)}{dx^2}$  は夫々 (29)，(30)式で与えられる。

$$\int_0^l X_i^2(x) dx = l \cdot \frac{\cos^2 \beta_i l}{\sin^4 \beta_i l} \quad (29)$$

$$\frac{d^2 X_i(x)}{dx^2} = \left( \frac{\cosh \beta_i x + \cos \beta_i x}{\cosh \beta_i l + \cos \beta_i l} - \frac{\sinh \beta_i x + \sin \beta_i x}{\sinh \beta_i l + \sin \beta_i l} \right) \cdot \beta_i^2 \quad (30)$$

## § 6 数値解析法

接触力  $F(t)$  を求めるための (28) 式は直接解くことは困難なので数値解析の方法が用いられる。

まず、衝撃後の経過時間  $t$  を微小時間  $\Delta t$  に分割する。一つの時間間隔の間では  $F(t)$ ,  $y(x, t)$ ,  $y_1(t)$  等は一定であると仮定し、時間間隔  $n$  におけるこれらの値をそれぞれ  $(F)_n$ ,  $(y)_n$ ,  $(y_1)_n$  のように表わすことにする。まず (28) 式の中の積分の部分は

$$\sin \alpha t = -\frac{1}{\alpha} \cdot (\cos \alpha t)' = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\cos \alpha t - \cos \alpha(t+h)}{h}$$

の関係を用いて次のように近似される。

$$\begin{aligned} & \int_0^t F(\tau) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot (t-\tau)) \cdot \sin \omega_i \cdot h' \cdot (t-\tau) \cdot d\tau \\ &= \frac{1}{\omega_i \cdot h'} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} (F)_j \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot (n-j) \cdot \Delta t) \cdot \{ \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (m-j) \\ & \qquad \qquad \qquad - \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j+1) \} \end{aligned} \quad (31)$$

一方、 $y_1(t)$  に関する (27) 式は次の 2 式でおきかえられる。

$$\left. \begin{aligned} (v_1)_n &= (v_1)_{n+1} - \frac{1}{m_1} (F)_n \cdot \Delta t \\ (y_1)_n &= (y_1)_{n-1} + (v_1)_n \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

接触力  $F(t)$  を求める計算は (31), (32) 式を用いて次のようにして行われる。

初期条件  $(v_1)_0 = v_0$ ,  $(y_1)_0 = (y)_0 = (F)_1 = 0$

を与えて、一つの時間間隔について下記の方程式群 (33) を上から順に解いて行く。

$$\left. \begin{aligned} (v_1)_n &= (v_1)_{n-1} - \frac{1}{m_1} (F)_n \cdot \Delta t \\ (y_1)_n &= (y_1)_{n-1} + (v_1)_n \cdot \Delta t \\ (y)_n &= \sum_{j=1}^{\infty} (F)_j \cdot \sum_{j=1}^{\infty} \frac{X_j^2(c) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot (n-j) \cdot \Delta t)}{\rho \cdot A \cdot \omega_i^2 \cdot h'^2 \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx} \\ & \qquad \qquad \qquad \{ \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j) - \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j+1) \} \\ (\alpha)_n &= (y_1)_n - (y)_n \\ (F)_n &= K_2 \cdot [(\alpha)_n]^{\frac{3}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

(33) の方程式群の計算は各時間間隔ごとに第 1, 第 2 ステップの 2 回ずつ繰返えされる。  
第 1 ステップの計算では,

$$(F)_j = (P)_j, \quad j = 1, 2, \dots, n-1$$

$$(F)_n = (P)_{n-1}$$

ここに  $(P)_j$  は時間間隔  $j$  における  $F(t)$  の確定値をあらわす。

として (33) 式を解いて行く。その結果得られた  $(F)_n$  の値を時間間隔  $n$  における  $F(t)$  の暫定値として  $(\bar{P})_n$  で表わす。

第 2 ステップでは

$$(F)_1 = \frac{1}{2} (P)_1$$

$$(F)_j = \frac{1}{2} \{ (P)_{j-1} + (P)_j \}, \quad j = 2, 3, \dots, n-1$$

$$(F)_n = \frac{1}{2} \{ (P)_{n-1} + (\bar{P})_n \}$$

として (33) 式の計算を行う。その結果得られる  $(F)_n$  の値をもって、時間間隔  $n$  における  $F(t)$  の確定値として  $(P)_n$  で表わし、次の時間間隔にうつる。

このようにして  $(F)_n, (n=1, 2, \dots)$  が求まると、梁の変位および応力は次式で求められる。

$$(y)_n = \frac{1}{\rho \cdot A} \sum_{j=1}^{\infty} (F)_j \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{X_i(x) \cdot X_i(c) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot \Delta t \cdot (t-\tau))}{\omega_i^2 \cdot h^2 \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx}$$

$$[\cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j) - \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j+1)] \quad (34)$$

$$(\sigma)_n = \frac{E \cdot y_n}{2 \cdot \rho \cdot A} \cdot \sum_{j=1}^{\infty} (F)_j \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\frac{d^2 X_i(x)}{dx^2} \cdot X_i(c) \cdot \exp(-\omega_i \cdot h \cdot \Delta t \cdot (t-\tau))}{\omega_i^2 \cdot h^2 \int_0^l X_i^2(x) \cdot dx}$$

$$[\cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j) - \cos \omega_i \cdot h' \cdot \Delta t \cdot (n-j+1)] \quad (35)$$

## § 7 計算例

1 cm × 1 cm × 20 cm の角鋼棒の一端を固定して、片持梁とし、その自由端に直径 19 mm の鋼球を落  
高 40 cm で落下させる場合について上述の計算法を適用する。

計算に用いた諸定数の主なものは次の通りである。

梁および鋼球の弾性係数  $E = E_1 = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

〃 単位重量  $0.00785 \text{ kg/cm}^3$

〃 ポアソン比  $\mu_1 = \mu_2 = 0.29$

鋼球の半径  $R = 0.95 \text{ cm}$

衝撃速度  $v_0 = \sqrt{2 \times 980 \times 40} = 280 \text{ cm/sec}$

梁の巾  $b = 1 \text{ cm}$ , 厚  $y_h = 1 \text{ cm}$ , スパン  $l = 20 \text{ cm}$

載荷点の位置  $c = 20 \text{ cm}$

時間間隔の箇数  $n_{max} = 1000$

減衰定数  $h = 0, 0.05, 0.1, 0.2$

基準振動の次数  $i$  の最大値  $i_{max} = 10$

計算結果として得られた荷点(自由端)のたわみ  $y(c, t)$ , 固定端およびスパン中央上縁のひずみ  $\epsilon(0, t)$ ,  $\epsilon(l/2, t)$  の理論波形を 図3 に示す。なお計算の結果得られた第1, 第2, 第3次固有周期は夫々 4.837, 0.772, 0.276 msec であった。

なお本研究の場合, 基準振動の次数  $i$  の最大値は  $i_{max} = 10$  としたが, これは単純梁の横衝撃の場合に  $i_{max} = 50 \sim 100$  としたこと大いに異なる点である。

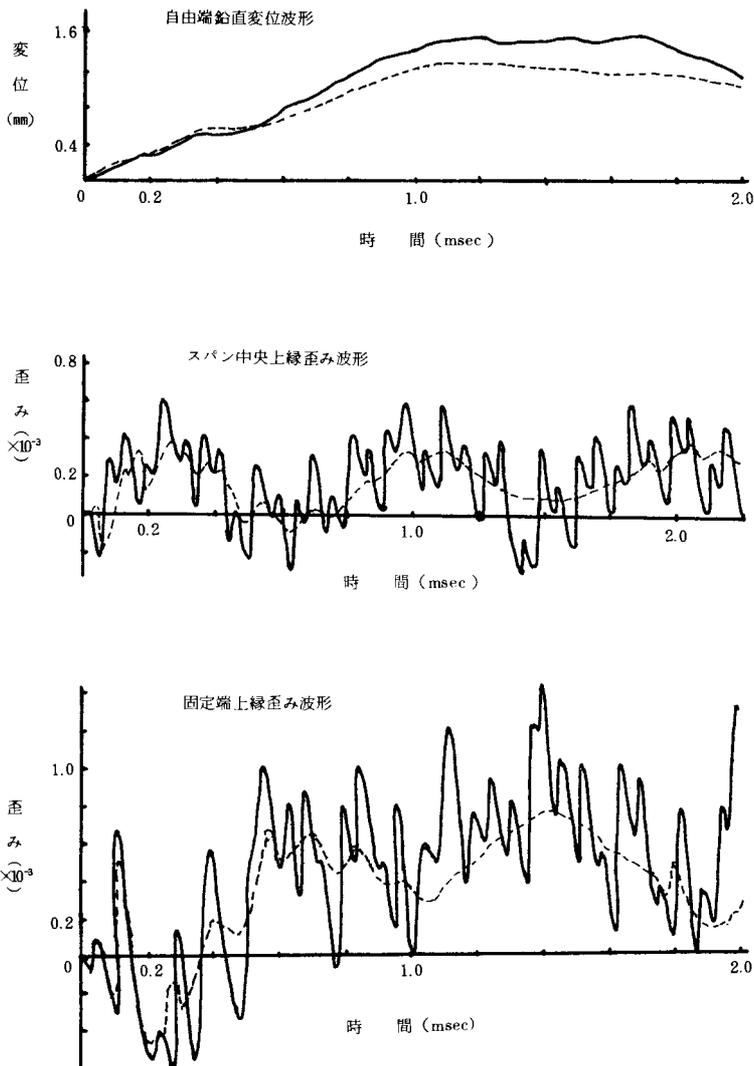


図3 振動形解析法による理論波形

{ ———  $h = 0.0$   
 { - - - -  $h = 0.05$

## § 8 差分解法

単純支持梁の横衝撃についてはすでに差分解法による解を得ているが、片持梁の場合も境界条件をかえるだけで単純梁の場合に用いた差分解法プログラムをそのまま適用することができる。

上記の計算例について

時間間隔  $\Delta t = 0.000001 \text{ sec}$ 、梁分割数  $n_d = 20$  として差分解法を適用して得られた理論波形を 図 4 に示す。

図 3 と 図 4 を比較すると両者は大畧一致しているように思われる。

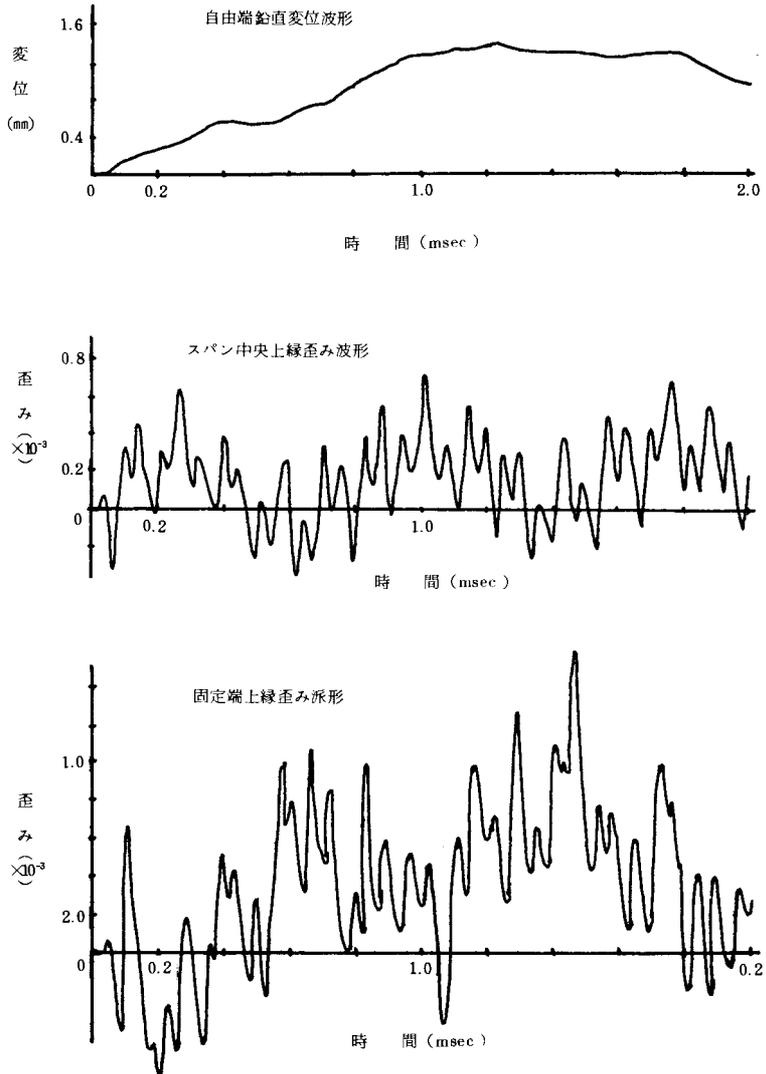


図 4 差分解法による理論波形

## § 9 あとがき

本研究の主要な結論は次の通りである。

片持梁の自由端に鋼球を落下させて横衝撃を加える場合について、振動形解析法による解と差分解析法による解は大畧一致した。

## 参 考 文 献

- 1) Anderson, R. A.: Flexural Vibrations in Uniform Beams According to the Timoshenkō Theory, *Journal of Applied Mechanics*, December 1953, pp 504 ~ 510
- 2) Goldsmith, W.: *Impact*, Arnold, London, 1960
- 3) Timoshenkō, S. P.: Zur Frage nach der Wirkung eines Stosses auf einer Balken, *Zeits. Math. Phys.*, Vol. 62, 1957, pp. 198 ~ 209
- 4) 久良喜代彦: 梁の曲げ応力波に関する振動形解析法について, 呉高専研究報告 16 巻 1 号 1980.
- 5) 久良喜代彦: 単純支持梁の曲げ応力波に関する数値解析法について, 呉高専研究報告 16 巻 2 号 1981.

(昭和57年9月6日受付)

# 不攪乱まさ土の強度測定について

(土木工学科) 石 井 義 明

## On the Measurement of Strength for Undisturbed Decomposed Granite Soil

Yoshiharu ISHII

This paper deals with the measurement of strength for undisturbed decomposed granite soils. Uniaxial compression test were carried out using disturbed samples mixed with silty clay and sand as the preliminary experiments and then using undisturbed samples. Undisturbed samples have their ends covered with cement mortar caps to make the end faces horizontal as indicated in Fig. 1.

The results of the above experiments will conclude the uniaxial compression strength of the samples with the caps is 30% greater than that of conventional samples. The effect of end friction on the strength of undisturbed samples is not negligible when the ratio of the length of samples and their diameter is less than 1.7 : 1. Especially these results are influenced by water content.

### § 1 まえがき

土木構造物の基礎の設計、自然斜面の安定計算などにおいては不攪乱土の強度定数が必要である。粘性土はサンプリングが比較的容易なため不攪乱土の強度試験が行なわれるが、砂やまさ土のように粘着性の低い土は不攪乱試料の採取ならびに供試体の成形がむつかしいので強度測定資料は非常に少ない。このような土の強度測定或いは推定の方法としては弾性波探査、貫入試験類等の現位置で直接測定する方法もあるが、通常室内試験機を用い不攪乱土、特にまさ土の強さを推定しようとするのが本文の目的である。

割れ目の影響を含めた平均的なまさ土の強さを知るにはなるべく非成形に近い状態で試験することが望ましいので、一軸圧縮試験については概略の円柱状供試体を作り、上下両端面をモルタルで仕上げ載荷板と供試体接触面が平滑となるようにした。また直径約 5 cm、高さ約 10 cm の円柱状供試体を多数得ることもむつかしいため種々な高さの供試体を用いざるを得ない。このためモルタルによる端面拘束、形状ならびに寸法の影響が出て来る。従ってこれらの影響を数種類の攪乱再圧密試料を用い、不攪乱試料の実験に先だち調べておき、この結果を外挿することにより上記の影響を差引き不攪乱まさ土の強さを推定した。その他非成形供試体を用いた一面せん断試験の実験結果についても一部に報告する。

### § 2 試料ならびに実験方法

用いた試料はシルト質粘土と砂を混合した再圧密試料と、呉市近郊の山麓で採取した不攪乱まさ土

である。再圧密試料はシルト質粘土だけのものと、粘着性低く、もろい性質を有するまき土に似せるため、砂とシルト質粘土を1:1, 2:1, 3:1の割合で混合した4種類である。尚この再圧密試料の圧密荷重は主に0.4 kg/cm<sup>2</sup>~1.0 kg/cm<sup>2</sup>であった。

一軸圧縮試験に用いる不攪乱まき土は図1(a)のようにばゞ円柱状に成形し(直径約4~5cm)、両端面をモルタルで仕上げた。たゞし両端面が平行となるように一軸圧縮試験機の上下の載荷板にあてがいがながら仕上げた。モルタルの硬化に約一日を要し、この間に試料が乾燥するため供試体表面にはパラフィンを薄く塗りつけてある。

一面せん断試験は(b)図のように非成形のまません断箱に入れ、試料を固定するため周囲をパラフィンで固めたが、上部と下部が一体化しパラフィンのせん断強さも入るのを防ぐため、上下の境のせん断附近に厚さ約5mmの砂を入れた。非成形であるため、せん断面積の測定はむづかしいのでせん断終了後、紙をせん断面にあてて、断面の形を写しとりプランメーターで測定した。尚、一軸圧縮、一面せん断試験の速度は1mm/minである。

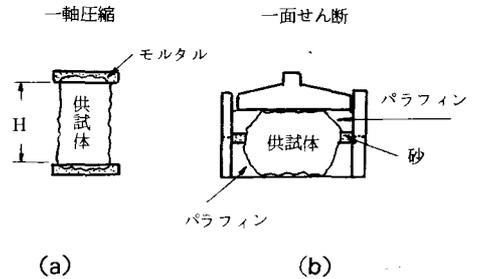


図1 不攪乱まき土の試験方法

§3 実験結果と考察

3.1 一軸圧縮強さ  $q_u$  に及ぼす形状の効果

岩石の強度試験は円柱形、正方形のいずれかの形状の供試体を用いられるため、形状の効果に関する研究は多い。しかし土は岩石に比し容易に円柱形に成形でき、しかも一連の操作中供試体の破損が少ないため円柱形供試体を用いることを標準としている。このため形状効果を研究する必要性は少なく研究例は少ない。土に属してもまき土のように割れ目を有しもろいものは、割れ目の影響を含めた平均的強度を知るためには非成形試験が望ましく、また成形がむづかしいため不完全な成形のまま試験を行なった場合でも形状の影響が分っていれば、その影響を差し引いた強度を知ることができる。そこで断面が円形、四角形、三角形の供試体の再圧密試料を用い形状の影響を調べるため一軸圧縮試験を行なった。使用した供試体の寸法は表1のとおりで、断面積はほぼ一定である。

供試体周辺の長さを横軸にとり  $q_u$  との関係を示すと図2のようである。含水比が20.6%のもの

表1 形状効果を調べるために用いた供試体の寸法

断面形状	断面の寸法	高さ cm	断面積 cm <sup>2</sup>
円形	直径 4 cm	10	12.57
四角	一辺 3.6 cm	10	12.96
三角	一辺 3.6 cm	10	13.10

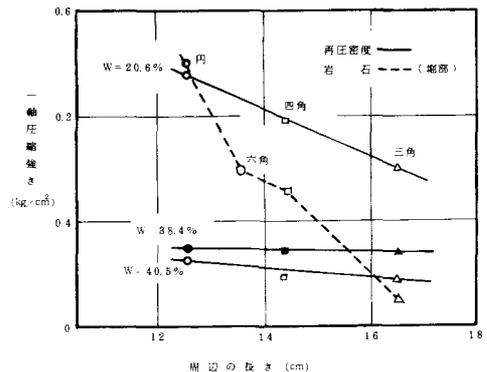


図2 一軸圧縮強さに及ぼす効果

のは円形，四角，三角の順に稜の数が減少するほど  $q_u$  明らかに小さくなっている。しかし含水比が 38.4%，40.5% のように大きいものについては同様な傾向にあるがその差は小さく，形状の影響は無視しうるほどである。粘土を用いた場合の形状の影響はなく，全く同一強さになると言う研究<sup>1)</sup>もみられるが，今回の実験から土の種類，含水比などによりその効果は異なるといえる。また岩石について堀部<sup>2)</sup>が行なった結果を模式的に示せば図中に示すように円形，六角，四角，三角の順で弱くなり，今回の実験と似た傾向にあるがこう配は土より急である。以上の結果から，かたくて含水比の低いものは形状の効果が大きく，風化のあまり進んでいないまき土は形状の影響が大きく，一方，風化が進行し比較的含水比の高いまき土についてはその影響が比較的小さいため，少々不規則な形状のものであってもまきつかえないものと思われる。

不攪乱まき土をワイヤーソーで成形する場合，風化の進んでいないやゝかたいものはソーの中心部が少したむむため，たる状供試体となる可能性がある。ストレートエッジのようなたまたま刃物を使ったとしても粗粒子を含んでいると凹凸のある円柱状供試体となる。このように全断面が完全に同一でないことによる影響も砂とシルト質粘土の混合比が 1:1 の再圧密試料をたる状に成形し調べたものが図 3 である。ただし標準の形状をした円柱供試体の寸法が高さ 10 cm，直径 4 cm であるのに対し，たる状供試体のそれは高さ 10 cm，上下端面の直径 4 cm，中央部の直径 6 cm である。

プロット数は少ないがばらつきの範囲も小さく含水比の減少とともに  $q_u$  も小さくなっている。含水比が 21% の前後で傾向に著しく差があり，21% 以下の  $q_u$  の大きいものについてはたる状のものが約 10% 大きい，21% 以上の軟かい供試体については標準のものとの差はほとんどなく，実験誤差の範囲内にあるといえる。従って図 2 と同様に含水比が低く風化の進んでいないまき土ほど不均一な断面形状の影響を受けやすく，逆に風化が進行し含水比の高いものほどその影響は小さく無視できるものと思われる。尚，不攪乱まき土をたる状に成形する事はむづかしく，これについては実験を行なわなかった。

### 3.2 一軸圧縮強さに及ぼす寸法の効果

ここで寸法と言うのは供試体の高さ  $H$ ，直径  $D$  のことで， $H/D$  は試験の目的，試料の大きさにより一概に定められないが，その標準は土の場合 2，岩石については少なくとも 2 以上，最適な値として 2.5 とされている<sup>3)</sup>。これは端面における試料と載荷板の摩擦により，不均一なひずみの発生を小さくするためである。これに関する研究例は土，岩石ともに多いが， $H/D$  の影響は測定値のバラツキの誤差の範囲内<sup>4)</sup>であるとする説と， $H/D$  が 2 以上では影響はないが 2 以下では影響は大きい<sup>5)</sup>とする両説があり，定説はないが 2 以下では影響が大きいとする例が多い。不攪乱まき土の  $H/D$  を 2 以上に成形するのはむづかしいが，その影響が分っていれば 2 以下のデータをも生かして便利である。そこで不攪乱まき土について調べる前に 2 種類の再圧密試料を用いその影響を確かめたものが図 4 である。

含水比約 20% のものは砂とシルト質粘土の混合比が 1:1 の試料で，バラツキの範囲が大きく影響は小さいように見えるが，バラツキの上限と下限の点を結び描いた図中の曲線からすれば 1.5

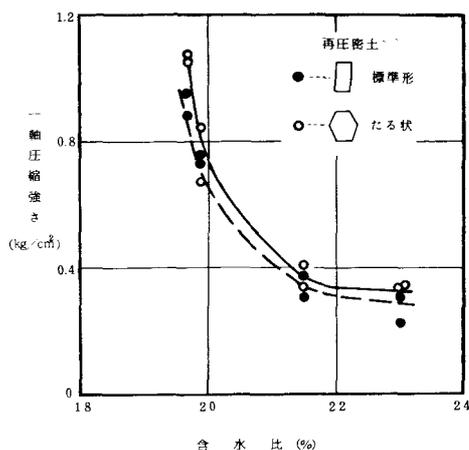


図 3 不均一な断面の影響

以上は影響が小さく  $q_u$  が一定となる傾向にあるが、1.5以下の影響は大きく  $H/D$  が小さいほど  $q_u$  が大きくなっている。含水比が37.5%のものについても同様な傾向にある。これは  $q_u$  の大きいものほど端面における摩擦力が大きく、いわゆる不均一なひずみが生じ、半径方向に膨張しにくくなったためと思われる。

不攪乱まき土を概略円柱形に成形し、§2に述べたように端面をモルタルで仕上げ、一軸圧縮試験を行なった結果が図5である。ただし供試体高さHは図1(a)に示したように両端のモルタル厚さを差引いたものとする。

図は再圧密試料について示した図4と同様  $H/D$  の増大とともに  $q_u$  は減少している。ばらつきは  $H/D$  が1以下では特に大きい。その上限と下限の点を結び描いた曲線からすれば  $H/D$  がほぼ1.7以上で一定となる傾向になるようであり、2以上が望ましいようである。またこの図は両端面拘束による  $q_u$  を示しており、もし両端面拘束の通常の一軸圧縮試験を行なったならば、曲線全体がもう少し下側に(約30%)来るだろうが、この傾向は大差ないものと思われる。何故なら図6で拘束一軸圧縮強さと非拘束の差が約30%ではほぼ直線的に変化しており、不攪乱土についても同様の傾向にあるだろうと考えるからである。その他、一般に供試体体積の増大は破壊核の存在が絶対的に多くなり強度は低下するといわれている<sup>6)</sup>。このような体積増大が強度に及ぼす影響についての資料は少ないので図は省略するが、再圧密試料を用いた場合一般的に言われるように体積の増大とともに  $q_u$  は減少する傾向にあり、不攪乱まき土についてはややそのような傾向もあるが、バラツキが大きく明確な結果は得られなかった。

3.3 一軸圧縮強さに及ぼす端面拘束の影響

土や岩石の圧縮強度に及ぼす要素には既述の形状、寸法効果の他に、上下端面の仕上げの程度も大きな要素の一つである。例へば端面に凹凸があると山の部分に応力が集中し脆性破壊を生じやすく強度は低下し、一方、上下端面が平行になっていない場合は供試体に曲げモーメントが生じ強度は低下する。不攪乱まき土の成形においては特に両端面の仕上げがむづかしいため上述のような破壊を生じやすい。そこで、この問題点を解消するため円柱状に成形した不攪乱まき土の両端面を図1に示したようにモルタルで仕上げ、モルタルが硬化(24時間後)した後一軸圧縮試験を行なった。しかしこの方法では端面と載荷板との間に摩擦力が生じ供試体端部が半径方向に膨張するのを拘束するため、均一なひずみが生ぜず、複雑な応力分布となる問題点がある。  $H/D$  を十分大き

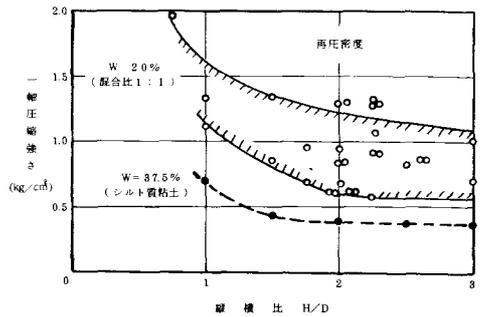


図4 一軸圧縮強さに及ぼす寸法の効果

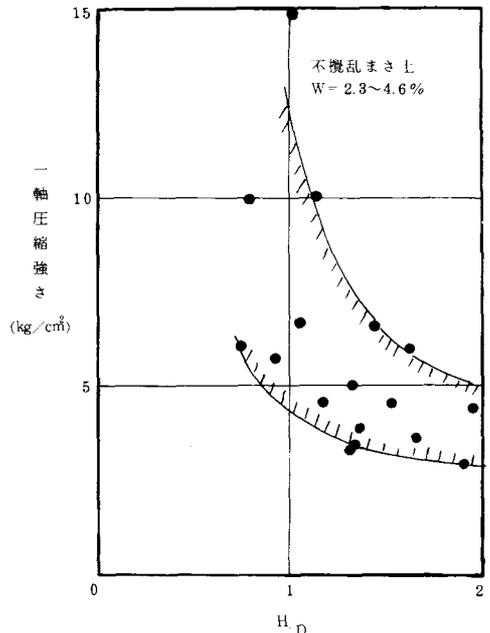


図5 一軸圧縮強さ(不攪乱まき土)に及ぼす寸法の効果

くとればこの問題点の影響を軽減できると考えられるため、 $H/D$ が2.5の再圧密試料を用いその影響を調べたものが図6である。

図は $q_{uc} = q_u$ 線より上側に $q_{uc}$ が来ており拘束された場合は非拘束の一軸圧縮強度より約35%大きくなっている。従って $H/D$ が2.5あっても拘束の影響は避けられないといえる。

不攪乱まさ土の非拘束一軸圧縮試験ができないため上述のような比較はできないが、 $H/D$ が1.7以上の不攪乱まさ土の端面拘束一軸圧縮強度と自然含水比の関係を示せば図7となる。ややばらついてはいるが含水比の減少とともに強度は増加している。しかしこれは拘束した場合のもので、仮に図6を用い、非拘束の強さに補正すると、図中に示した補正曲線に対応する一軸圧縮強さが標準の非拘束強度であろう。ただしこの曲線は拘束により強度が約30%増加するとした場合のもので、この割合は土の種類により異なる。

### 3.4 まさ土の変形係数

土の圧縮応力と変形の関係を知る方法として応力ひずみ曲線の $q_{1/2}$ 点と原点を結ぶ直線のこう配が変形係数 $E_{50}$ として使われる。端面を拘束した不攪乱まさ土の $q_{uc}$ と $E_{50}$ の関係すと図8のよ

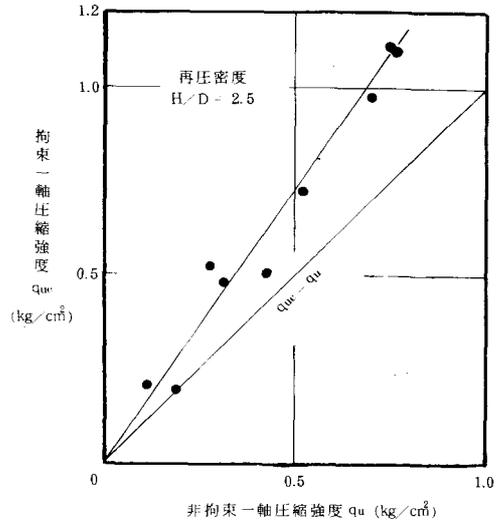


図6 端面拘束の影響

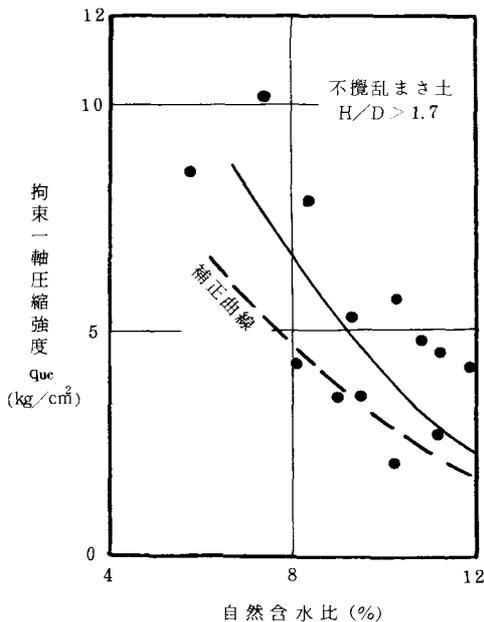


図7 不攪乱まさ土の一軸圧縮強度

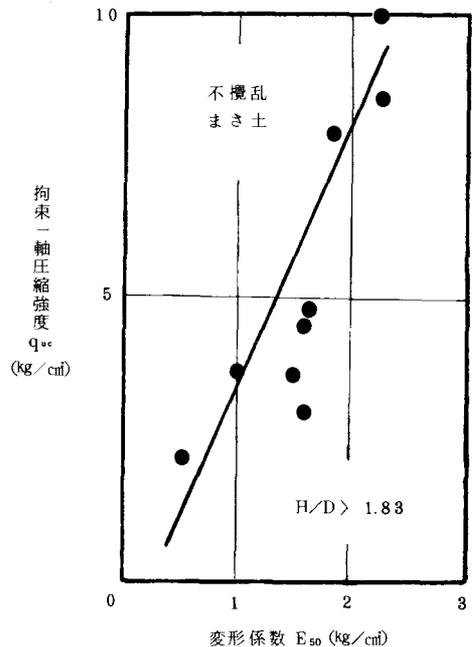


図8 不攪乱まさ土の変形係数

うである。 $q_u$ の大きいものほど $E_{50}$ も大きくなる。この他再圧密試料を用い端面拘束が $E_{50}$ に及ばず影響も調べたが、その影響はほとんどみられなかった。

### 3.5 まさ土の一面せん断試験

安定計算等に必要内部摩擦角 $\phi$ や粘着力 $C$ を一軸圧縮試験から求めるには、供試体のすべり面の傾斜角を測定しなければならず精度が低くなる。しかし一面せん断試験によればより精度のよいものが得られる。不攪乱まさ土の一面せん断用供試体の作成は試料とせん断箱との間にすき間が生じないようにセットしなければならず、これは一軸圧縮用供試体の成形より以上困難である。このため§2に述べた様に不攪乱まさ土を非成形のまません断箱に入れ、供試体周辺をパラフィンで固定するとともに、パラフィンの上下境界付近には砂を入れパラフィンのせん断力は測定されないようにした。

得られたせん断強さと含水比の関係は図9である。当然のことながら含水比の増大とともにせん断強さも減少している。垂直応力が $0.31 \text{ kg/cm}^2$ のものばらつきは小さいが、 $0.62 \text{ kg/cm}^2$ のものばらつきは大きい。その原因は試験終了後の観察によれば、上下2層に分け填充したパラフィンが、垂直応力が大きいと上下の境にある砂に食い込みパラフィンの摩擦抵抗まで測定したためと思われる。このため垂直応力の大きいものについては必ずしも精度はよくない。そこで供試体を手で軽く潰し攪乱したまさ土をせん断箱に入れ、通常のせん断試験により求めた内部摩擦角と風化度との関係が図10である。ここで風化度と言うのは、まさ土を3日間水浸した後の含水比で、著者がまさ土や花崗岩の研究<sup>7)</sup>で過去に用いており統一するため同じものを風化度とした。風化度の定義は研究者により異なり明確でないが、物理的風化が進めば割れ目が多くなり、化学的風化が進んでも吸水性が大きくなるため、この方法による表示は他の要素との関係をよく表わしてきている。

図は不攪乱まさ土についてはバラツキが大きく一定の傾向は見られないが、攪乱試料についてはバラツキも小さく、風化度の増大とともに $\phi$ は減少している。また不攪乱試料の値とさほど変わらないことは興味深い。しかし常識的に見れば不攪乱試料の $\phi$ が大きいはずであり、 $\phi$ もやや大きすぎるため今後更にくわしく調べるつもりである。

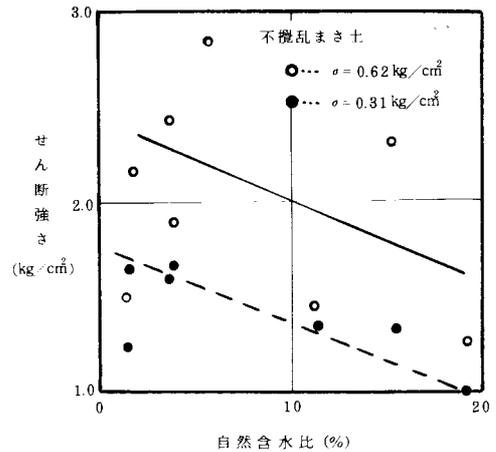


図9 せん断強さと含水比

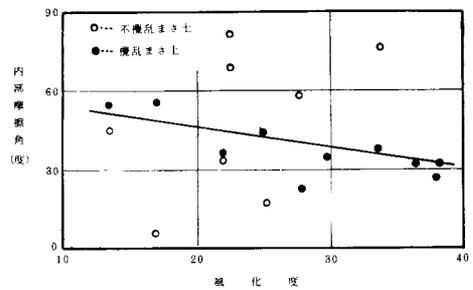


図10 内部摩擦角と風化度

## §4 まとめ

不攪乱まさ土の供試体の成形がむづかしいため、再圧密試料ならびに不攪乱まさ土を用い、不完全な成形供試体を用いた場合の影響を実験的に調べ得られた主な結果をまとめると以下のようである。

- (1) 粘土試料を用いた場合は形状の影響はなく同一強さになると竹中は文献1)で報告しているが、本実験では砂とシルト質粘土の混合再圧密試料ではあるがその影響は無視できず円形、四角、三角形の順に一軸圧縮強度が大きい。これは含水比の影響が特に大きく、含水比の高いものについては竹中の結果同様影響は小さく無視しうるほどである。しかし含水比の高いものについては、岩石等と同様その影響は大きく、円形の強さが三角形形状供試体のものの1.5倍大きい。このことは不攪乱まき土の一軸圧縮試験を行う場合、風化が進行し比較的含水比の高いものは少々不規則な形状の供試体であってもその影響は小さいといえるが、風化の進行していない含水比の低いものの一軸用供試体成形は注意し円形となるよう行なわなければならないといえる。
- (2) 寸法効果に関する従来研究では  $H/D$  が2以下ではその影響が大きいとする説と、ばらつき誤差の範囲内でその影響は無視できるとする両説がある。これについても本実験では試料のかたさ、含水比により影響の度合は異なり、再圧密試料では  $H/D = 1$  以上で  $q_u$  は一定となる傾向を有し、不攪乱まき土については  $H/D = 1.7$  以上で  $q_u$  が一定となる傾向にあった。従って不攪乱まき土の圧縮試験用供試体の  $H/D$  は1.7以上、できれば2以上が望ましい。
- (3)  $H/D$  が1.7以上では  $q_u$  が一定となり端面摩擦の影響はなくなるように思われるが、 $H/D = 2.5$  の再圧密試料を用い端面をモルタル仕上げを行ったものと、モルタル仕上げしないものとの  $q_u$  を比較すると、端面拘束のもの  $q_u$  が約30%大きい。このことは  $H/D$  を十分大きくとっても端面摩擦の影響が残っているといえる。

その他、不攪乱非成形まき土の一面せん断試験の一方法を提案したが、供試体を固定するパラフィンが中間の砂層に食い込むなどの問題点があるため、今後更に改良しデータの集積をした後、別な機会に発表したい。また不攪乱まき土の三軸圧縮試験も行いまき土の特性を更にくわしく調べて行くつもりである。最後に実験を手伝ってくれた55年度卒業生の宇根孝司、中田公基、56年度卒業生の山岸義明、吉本雅浩君に感謝の意を示す。

### 参 考 文 献

- 1) 竹中準之介：一軸圧縮試験，土質基礎工学ライブラリー4，土質工学会，pp, 175～176，1968．
- 2) 山口梅太郎他：岩石力学入門，東京大学出版会，pp, 112～113，1967．
- 3) 土質工学編：土質試験法，pp, 351～352，1970．  
桑原啓三他：岩石試験法，岩石の工学的性質と設計施工への応用，土質工学会，PP, 113～115，1978．
- 4) 例えば上掲1)  
その他鈴木光：岩盤力学と計測，内田老鶴園新社，pp, 115～117，1972．
- 5) Rowe. P. W. and L. Barden : Importance of Free Ends in Triaxial Testing Proc. ASCE, Vol. 90, No. SM1. pp 1～2, 1964.
- 6) 上掲1) pp. 176～177．
- 7) 石井義明他：休山におけるマサ土と風化花崗岩の工学的特性について（第1報），呉高専研究報告，Vol, 10-2，pp. 65～72，1975．

(昭和57年9月9日受付)

## Coupled Roomの音響エネルギー密度 〈提案式と既存式との比較〉

(建築学科) 藤 井 健  
(徳山高専) 木 村 武 馬  
(建築学科) 緒 方 信 一 郎

### Sound Energy Density in Coupled Rooms (Comparative Study of Proposal Formulas and Existing Formulas)

Takeshi FUJII  
Takema KIMURA  
Shinichirō OGATA

In this report, the formulas are deduced for the average sound energy density in the coupled rooms which can change according to the position of sound source.

These proposal formulas are compared with the Eyring's formulas and Hirayama's formulas, consequently it is found that if the sound source is located at a special position in the source room, the proposal formulas are completely agreeable with those of Eyring. Furthermore, in the case a large coefficient of absorption is given to the rooms, it seems the proposal formulas are more valid than the existing formulas.

#### § 1 緒 言

Coupled Room の音響特性に関する研究は、C. F. Eyring や平山らによる一連のものがあり<sup>(1~3)</sup>、彼等の研究は残響特性に力点を置いたものであるが、平衡状態における各室内の平均エネルギー密度を与える式も示している。筆者は先にこの平均エネルギー密度に着目して考察したところ、Eyring 式は巨視的には実験値に近い結果を示すことを確認した<sup>(4)</sup>。また受音室内のエネルギー分布について Eyring 式を拡大使用して考察を試みたが、音源室、多音室の吸音率が共に低い限りはその使用も許されるものと理解された。しかし、受音室内の音圧レベル分布をみると、特に受音室の吸音率が高い場合は、開口面に近い点は他の点に比べ音圧レベルが 10 dB 以上も上回ることが確認された<sup>(5)</sup>。このことは、音源と受音点を入れ換えた場合、相反側の原理が適用できることを考えると、音源を開口面近くに置いた時の受音室内の音圧レベルは、音源を開口面から遠い点に置いた時より 10 dB 以上も高くなることを意味している。

そこで今回は、音源位置を考慮に入れて誘導した各室内の平均エネルギー密度を与える式を提示し、Eyring 式を基礎にして、一部数値計算を併用し提案式との比較、平山式との比較を行なっている。その結果、音源位置がある特定な点にある場合は、提案式は Eyring 式に完全に一致すること、さらに、吸音率が高い場合は、音源位置が特に受音室内の平均エネルギー密度に強く影響することを見出した。

§ 2 記号

- $V_1, V_2$  ; ①室および②室の室容積 ( $m^3$ )
- $\alpha_2, r_1$  ; ①室の開口を除いた平均吸音率および平均反射率
- $\alpha_1, r_2$  ; ②室の開口を除いた平均吸音率および平均反射率
- $S_1, S_2$  ; 各室の開口面を除いた表面積 ( $m^2$ )
- $A_1, A_2$  ; 各室の開口面を除いた吸音力 ( $m^2$ )
- $\bar{E}_{①}, \bar{E}_{②}$  ; 各室の平均音響エネルギー密度 ( $J/m^3$ )
- $\alpha_{10}, \tau_{10}, r_{10}$  ; 開口面の①室から②室へ向う吸音率, 透過率および反射率
- $\alpha_{20}, \tau_{20}, r_{20}$  ; 開口面の②室から①室へ向う吸音率, 透過率および反射率
- $S_0$  ; 開口面積 ( $m^2$ )
- $\omega_0$  ; 音源から開口面をのぞむ立体角 (sr)
- $W$  ; 音響出力 (Watt)
- $c$  ; 音速 (m/sec)

§ 3 音響エネルギー密度式の誘導

3.1) 提案式

図1に示すように, ①室内に一是出力Wの無指向性点音源が, 開口面積  $S_0$  を立体角  $\omega_0$  でのその位置にある場合の各室の平衡状態における平均エネルギー密度を求める。この場合次の仮定をおくものとする。

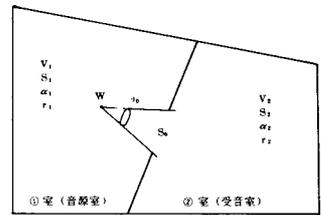


図1 Coupled Room

1. ①室内において音源からの直接音 (音源直接音と名付ける) が開口面に入射する確率は開口立体角比 ( $\omega = \omega_0 / 4\pi$ ) とし, 壁面 (面積  $S_1$ ) 入射する確率は壁面立体角比とする。
2. 音源直接音が開口面を通過し, ②室で1度も反射していないものと, 各室の反射音が開口面を通過し, 隣室で1度も反射していないもの (開口直接音と名付ける) およびその他すべての反射音の開口面 (面積  $S_0$ ) への入射確率は開口面積比 (①室にあっては  $s_1 = S_0 / (S_1 + S_0)$ , ②室にあっては  $s_2 = S_0 / (S_2 + S_0)$ ), 壁面への入射確率は壁面積比 (それぞれ  $S_1 / (S_1 + S_0)$ ,  $S_2 / (S_2 + S_0)$ ) とする。

1) ①室内における音源直接音, 1次, 2次~無限回反射音のエネルギーの和  $EN_1$  は

$$\begin{aligned}
 EN_1 &= W \frac{d_1}{c} + W \frac{d_1}{c} \mathcal{Q} + W \frac{d_1}{c} \mathcal{Q} \bar{r}_1 + W \frac{d_1}{c} \mathcal{Q} \bar{r}_1^2 + \dots \\
 &= W \frac{d_1}{c} + W \frac{d_1}{c} \mathcal{Q} (1 + \bar{r}_1 + \bar{r}_1^2 + \dots) \\
 &= W \frac{d_1}{c} + W \frac{d_1}{c} \mathcal{Q} \frac{1}{1 - \bar{r}_1} \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

ただし  $d_1 = \frac{4V_1}{S_1 + S_0}$  (①室の平均自由経路)

$$\bar{r}_1 = \frac{r_1 S_1 + r_{10} S_0}{S_1 + S_0} \quad (\text{①室の開口面を含めた平均反射率})$$

$$\mathcal{Q} = (1 - \omega) r_1 + \omega r_{10}$$

2) ②室において①室からの直接音と1次, 2次~無限回反射音が0~無限回反射して②室に

留るエネルギー  $EN_2$  は

$$\begin{aligned}
 EN_2 &= W \frac{d_2}{c} \omega \tau_{10} + W \frac{d_2}{c} \omega \tau_{10} \bar{r}_2 + W \frac{d_2}{c} \omega \tau_{10} \bar{r}_2^2 + \dots \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} + W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \bar{r}_2 \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \bar{r}_2^2 + \dots \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1} s_1 \tau_{10} + W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1 s_2} \tau_{10} \bar{r}_2 \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1} s_1 \tau_{10} \bar{r}_2^2 + \dots \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1 s_1} \tau_{10} + \dots \\
 &+ \dots \\
 &= W \frac{d_2}{c} \omega \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_2} + W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_2} \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1 s_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_2} \\
 &+ W \frac{d_2}{c} \mathcal{Q}_{\bar{r}_1^2 s_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_2} + \dots \\
 &= W \frac{d_2}{c} \frac{1}{1-\bar{r}_2} \left( W \tau_{10} + \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right) \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

ただし  $d_2 = \frac{4V_2}{S_2 + S_0}$  (②室の平均自由経路)

$\bar{r}_2 = \frac{r_2 S_2 + r_{20} S_0}{S_2 + S_0}$  (②室の開口面を含めた平均反射率)

3> ②室に留らずに①室に戻り, 0 ~ 無限回反射を繰返して①室に留るエネルギー  $EN_3$

$$EN_3 = W \frac{d_1}{c} \frac{1}{1-\bar{r}_2} \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right) s_2 \tau_{20} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \dots \dots \dots (3)$$

4> ①室に留らずに②室に流入し, 0 ~ 無限回反射を繰返して②室に留るエネルギー  $EN_4$

$$EN_4 = W \frac{d_2}{c} \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right) \left( \frac{1}{1-\bar{r}_2} \right)^2 \frac{1}{1-\bar{r}_1} s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20} \dots \dots (4)$$

以下同様に

$$5> EN_5 = W \frac{d_1}{c} \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right) \left( \frac{1}{1-\bar{r}_2} \right)^2 \left( \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right)^2 s_1 \tau_{10} (s_2 \tau_{20})^2 \dots (5)$$

$$\begin{aligned}
 6> EN_6 &= W \frac{d_1}{c} \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q}_{S_1} \tau_{10} \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right) \left( \frac{1}{1-\bar{r}_2} \right)^3 \\
 &\left( \frac{1}{1-\bar{r}_1} \right)^2 (s_1 \tau_{10})^2 (s_2 \tau_{20})^2 \dots \dots \dots (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7) \quad EN_7 &= W \frac{d_2}{c} \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q} s_1 \tau_{10} \frac{1}{1 + \bar{\Gamma}_1} \right) \left( \frac{1}{1 + \bar{\Gamma}_2} \right) \\
 &\quad \left( \frac{1}{1 + \bar{\Gamma}_1} \right)^3 (s_1 \tau_{10})^2 (s_2 \tau_{20})^3 \dots\dots\dots (7) \\
 &\quad \vdots
 \end{aligned}$$

したがって、①室内エネルギーの総和  $EN_{①}$  は

$$\begin{aligned}
 EN_{①} &= EN_1 + EN_3 + EN_5 + \dots\dots\dots \\
 &= W \frac{d_1}{c} \left[ 1 + \frac{\mathcal{Q}}{1 - \bar{\Gamma}_1} + \left\{ (\omega \tau_{10} + \mathcal{Q} s_1 \tau_{10} \frac{1}{1 - \bar{\Gamma}_1}) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \frac{1}{1 + \bar{\Gamma}_1} \frac{1}{1 - \bar{\Gamma}_2} s_2 \tau_{20} \right\} \middle/ \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10}}{1 + \bar{\Gamma}_1} \frac{s_2 \tau_{20}}{1 + \bar{\Gamma}_2} \right) \right] \\
 &= W \frac{d_1}{c} \left[ 1 + \frac{\mathcal{Q}}{\bar{\alpha}_1} + \left\{ \left( \omega \tau_{10} + \frac{\mathcal{Q} s_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right\} \middle/ \right. \\
 &\quad \left. \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right] \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

また、①室内平均音響エネルギー密度  $\bar{E}_{①}$  は

$$\begin{aligned}
 E_{①} &= \frac{EN_{①}}{V_1} = \frac{4W}{c(S_1 + S_2)} \left[ 1 + \frac{\mathcal{Q}}{\bar{\alpha}_1} + \left\{ \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q} s_1 \tau_{10} \frac{1}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right\} \middle/ \right. \\
 &\quad \left. \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right] \dots\dots\dots (9)
 \end{aligned}$$

②室内エネルギーの総和  $EN_{②}$  は

$$\begin{aligned}
 EN_{②} &= EN_2 + EN_4 + EN_6 + \dots\dots\dots \\
 &= W \frac{d_2}{c} \left\{ \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q} s_1 \tau_{10} \frac{1}{1 - \bar{\Gamma}_1} \right) \frac{1}{1 - \bar{\Gamma}_2} \middle/ \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10}}{1 - \bar{\Gamma}_1} \frac{s_2 \tau_{20}}{1 - \bar{\Gamma}_2} \right) \right\} \\
 &= W \frac{d_2}{c} \left\{ \left( \omega \tau_{10} + \mathcal{Q} s_1 \tau_{10} \frac{1}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{1}{\bar{\alpha}_2} \middle/ \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right\} \dots\dots\dots (10)
 \end{aligned}$$

②室内平均エネルギー密度  $E_{②}$  は

$$\begin{aligned}
 E_{②} &= \frac{EN_{②}}{V_2} = \frac{4W}{c(S_2 + S_0)} \left\{ \left( \omega \tau_{10} + \frac{\mathcal{Q} s_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{1}{\bar{\alpha}_2} \middle/ \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right\} \\
 &\dots\dots\dots (11)
 \end{aligned}$$

ただし (8) ~ (11) 式において

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_{10} S_0}{S_1 + S_0} \quad (\text{①室の開口面を含めた平均吸音率} = 1 - \bar{\Gamma}_1)$$

$$\bar{\alpha}_2 = \frac{\alpha_2 S_2 + \alpha_0 S_0}{S_2 + S_0} \quad (\text{②室の開口面を含めた平均吸音率} = 1 - \bar{r}_2)$$

3.2) 既存式

緒言で述べたごとく, Coupled Room における平均エネルギー密度を与える式としては, C. F. Eyring および平山による研究成果がある。

平山<sup>(6)</sup>は①室内で平衡状態になっている音が開口面  $S_0$  を通じて②室へ流れ去る量は  $S_0 / (S_1 + S_0)$  に比例すると仮定し (開口透過率は 1 とし), 1 回反射した後のエネルギー量は

$$\left\{ \frac{W d_1}{c} - \frac{W d_1 S_0}{c (S_1 + S_0)} \right\} r_1 + \frac{W d_1 r_2 S_0^2}{c (S_1 + S_0) (S_2 + S_0)}$$

これらの音が更に第 2, 第 3, … 第  $n$  回の反射をした後のエネルギーの総和  $EN_{\text{①}}$  は

$$EN_{\text{①}} = \frac{W d_1}{c} \left[ r_1 - \frac{S_0 r_1}{S_1 + S_0} (1 + r_1 + r_1^2 + \dots + r_1^n) + \frac{S_0^2 r_2}{(S_1 + S_0) (S_2 + S_0)} \{ 1 + r_1 r_2 + (r_1 r_2)^2 + \dots \} \right]$$

となり,  $n \rightarrow \infty$  の場合の平均エネルギー密度  $\bar{E}_{\text{①}}$  は次式としている。

$$\bar{E}_{\text{①}} = \frac{4W}{c \alpha_1 S_1} \left\{ \frac{(1 - \alpha_1) S_1}{S_1 + S_0} + \frac{(1 + \alpha_2) S_1 S_2}{(\alpha_1 + \alpha_2) - \alpha_1 \alpha_2} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

②室の音は①室より開口面  $S_0$  を通じて供給され, 反射音は往復するので, ①室より来る直接音と, ①室内で, 1, 2, …  $n$  回反射した後  $S_0$  を通じて来る音と, ②室で 1, 2, …  $n$  回反射した後残る音から②室内で反射した後  $S_0$  を通じて①室に戻り行く音を差引いた残りであるとして次式を求めている。

$$\bar{E}_{\text{②}} = \frac{4W s_1 V_1}{c S_1 V_2} \left\{ \frac{1}{\alpha_1 \alpha_2} - \frac{(1 - \alpha_2) s_2 S_0}{\alpha_2} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

また, Eyring<sup>(7)</sup> は各室内は完全拡散状態で, 開口面前後ではエネルギーは不連続であるという仮定のもとに, エネルギーの釣合いを微分方程式で表現し各室内の平均音響エネルギー密度を求め次式としている。

$$\bar{E}_{\text{①}} = \frac{4W}{c (S_1 + S_0)} \frac{1}{\bar{\alpha}_1} \left/ \left( 1 - \frac{S_1 \tau_{10} S_2 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right. \dots \dots \dots (14)$$

$$\bar{E}_{\text{②}} = \frac{4W}{c (S_2 + S_0)} \frac{S_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \left/ \left( 1 - \frac{S_1 \tau_{10} S_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right. \dots \dots \dots (15)$$

3.3) Eyring 式と提案式の比較

前項で示した Eyring による (14), (15) 式 (以下 Eyring 式と称する) と筆者の提案する (9), (11) 式を比較検討するために, 両者の比を求め, さらに平均レベル差に換算し考察する。

$$\frac{\bar{E}_{\text{①}}(9)}{\bar{E}_{\text{①}}(14)} = \frac{\left\{ 1 + \frac{Q}{\bar{\alpha}_1} + \left( \omega \tau_{10} + \frac{Q S_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{S_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right\} \left/ \left( 1 - \frac{S_1 \tau_{10} S_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right.}{\frac{1}{\bar{\alpha}_1} \left/ \left( 1 - \frac{S_1 \tau_{10} S_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) \right.}$$

$$= (\alpha_1 + Q) \left( 1 - \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_1 \bar{\alpha}_2} \right) + \left( \omega \tau_{10} + \frac{Q s_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1} \right) \frac{s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_2}$$

ここで  $\omega = s_1 q$  とおくと,

$$\begin{aligned} \frac{\bar{E} \textcircled{9}}{\bar{E} \textcircled{14}} &= \bar{\alpha}_1 + \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20}}{\bar{\alpha}_2} (q - 1) + Q \\ &= 1 + \alpha_1 s_1 (q - 1) - \alpha_{10} s_1 (q - 1) + \frac{s_1 \tau_{10} s_2 \tau_{20} (q - 1)}{\bar{\alpha}_2} \\ &= 1 + s_1 (q - 1) \left\{ \frac{s_2 \tau_{20} \tau_{10}}{\bar{\alpha}_2} + (\alpha_1 - \alpha_{10}) \right\} \end{aligned}$$

ただし  $r_{10} = 1 - \alpha_{10}$

$\tau_{10} = \tau_{20} = \alpha_{10} = 1$  とすると

$$\frac{\bar{E} \textcircled{9}}{\bar{E} \textcircled{14}} = 1 + s_1 (1 - q) \left( 1 - \alpha_1 - \frac{s_2}{\bar{\alpha}_2} \right) \dots\dots\dots (16)$$

同様に (ただし, この場合は  $\tau_{10}, \alpha_{10}$  は 1 である必要はない)

$$\begin{aligned} \frac{\bar{E} \textcircled{11}}{\bar{E} \textcircled{15}} &= \left( \omega \tau_{10} + Q s_1 \tau_{10} \frac{1}{\bar{\alpha}_1} \right) \bigg/ \left( \frac{s_1 \tau_{10}}{\bar{\alpha}_1} \right) \\ &= \bar{\alpha}_1 q + Q \\ &= 1 - \alpha_1 + \alpha_1 q \\ &= 1 + \alpha_1 (q - 1) \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

また平均レベル差は (16), (17) 式を対数換算し次式となる。

$$\Delta L_1 = 10 \log \left\{ 1 + s (1 - q) \left( 1 - \alpha_1 - \frac{s_2}{\bar{\alpha}_2} \right) \right\} \dots\dots\dots (18)$$

(ただし  $\tau_{10} = \tau_{20} = \alpha_{10} = 1$  のとき)

$$\Delta L_2 = 10 \log \{ 1 + \alpha_1 (q - 1) \} \dots\dots\dots (19)$$

(18), (19) からわかるように,  $q = 1$  すなわち音源から開口をのぞむ立体角比  $\omega$  が開口面積比 ( $S_0 / (S_1 + S_0)$ ) に等しい場合は,  $\Delta L = 0$  となり (9), (11) 式は Eyring 式に完全に一致する。 $q$  が 1 以下でも音源室にあっては  $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0$  (このとき  $\bar{\alpha}_2 \neq S_0 / (S_2 + S_0) = s_2$  となる) のとき, 受音室では  $\alpha_2$  には関係なく  $\alpha_1 \neq 0$  のときは Eyring 式に極めて近い値を示す。

$q$  が 1 より大きくなるに従って (音源が開口面に近付くに従って), (9) 式による音源室内の平均エネルギー密度は Eyring 式によるものより減少し, (11) 式による受音室内のエネルギー密度は増大する。また音源室の吸音率  $\alpha_1$  が大となるとこの変化率も大となる。

図 2 は (19) 式を図示したものであるが, 音源室の吸音率が大きくなり, 音源が開口面に近い場合, 受音室内の音響エネルギー密度は Eyring 式による表現では, あまりにかけ離れた値となることを示しており, (9) 式の有用性を示唆している。また音源室内の音響エネルギー密度の両式間の差異は (18) 式中  $s_1$  (一般に 1 より極めて小さい値となる) の影響により, 受音室のエネルギー密度の差異よりも大幅に少なくなるものと推察される。これについては次項において考察する。

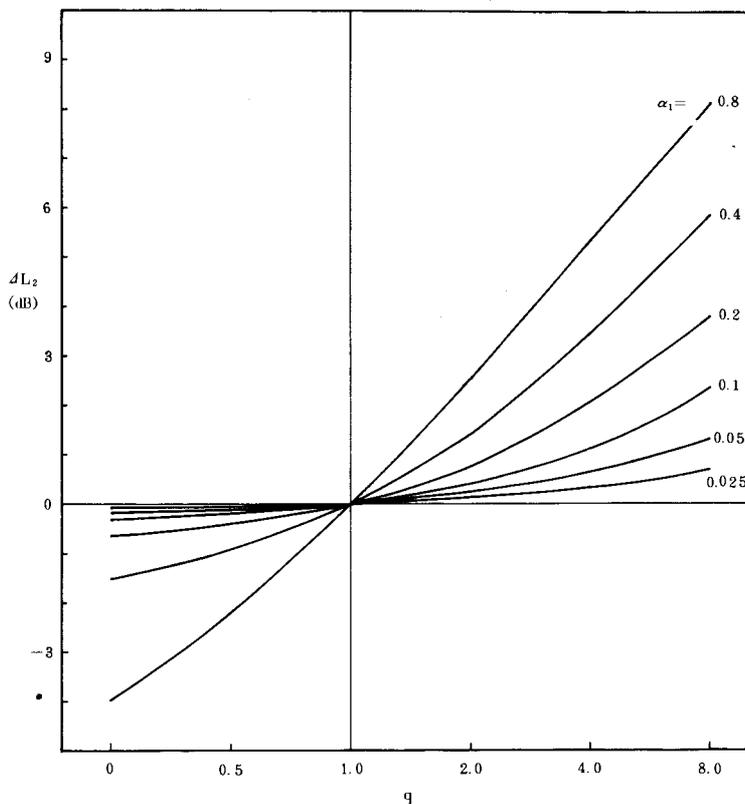


図2 提案式と Eyring 式との受音室内平均音圧レベル差

§ 4 数値計算結果についての考察

前項に述べたように Coupled Room の音源室, 受音室それぞれの平均音響エネルギー密度を与える式としては, Eyring による (14), (15) 式, 平山による (14), (15) 式, そして今回筆者提案した (9), (11) 式がある。それら相互の関係また妥当性を考えるために, Eyring 式を基準として音圧レベル差による比較検討を行う。

数値計算の基礎データとしての室寸法諸元は表 1 の通りで, 各々の場合について  $\alpha_1, \alpha_2 = 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8$  と変化させた。その他。音源出力  $W = 1.0 \text{ Watt}$ , 開口面の透過率  $\tau_{10}, \tau_{20} = 1.0$ , 同吸音率  $\alpha_{10}, \tau_{20} = 1.0$ , 音速  $c =$

表 1 室寸法諸元

	音源室容 $V_1$	音源室総表面積 $S_1 + S_0$	受音室容 $V_2$	受音室総表面積 $S_2 + S_0$	開口面積 $S_0$
I	125 (m³)	150 (m²)	125 (m³)	150 (m²)	2.0 (m²)
II	125	150	1000	600	2.0
III	1000	600	125	150	2.0
IV	125	150	125	150	9.0
V	125	150	1000	600	9.0
VI	1000	600	125	150	9.0

340 m/sec に設定した。

比較検討は Eyring 式と筆者の提案する (9), (11) 式および Eyring 式と平山式の間で行うこととする。その内 Eyring の (17) 式と (11) 式の比較 (受音室におけるレベル差) についてはすでに前項に述べた。図3～図9に計算結果を図示する。考察に便利のように結果は特徴的な例を抜粋の上、適宜まとめて表示されている。特に図5については偏差の最大なものだけを表示している。

前項で推察した通り、音源室における Eyring 式と提案式のレベル差は受音室におけるよりもさらに小さく、2例を除いて1 dB 以内に留まっている。音源室が小さく、開口が大きい場合、すなわち音源室の開口面積比が大きく、音源が開口面に近づいた場合で、受音室の吸音率が大きいとき ( $\alpha_2 = 0.8$ ) できえ、レベル差は2 dB以内となっている。このことは実用上、両式に殆んど差はなく、同等に扱うことができることを意味している。

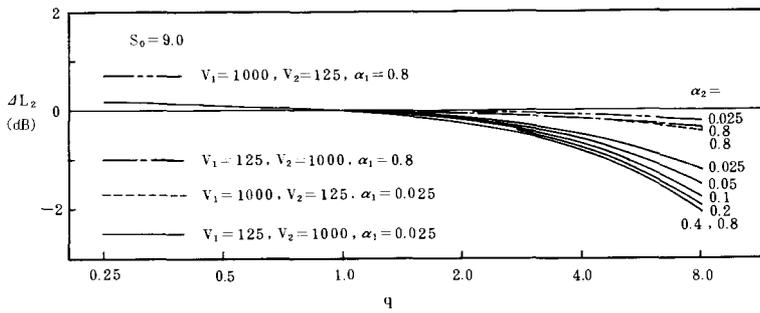


図3 提案式と Eyring 式との音源室内平均音圧レベル差 ( $S_0 = 9.0$ )

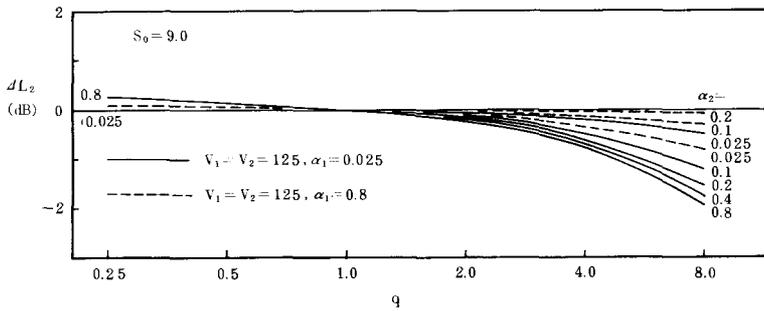


図4 提案式と Eyring 式との音源室内平均音圧レベル差 ( $S_0 = 9.0$ )

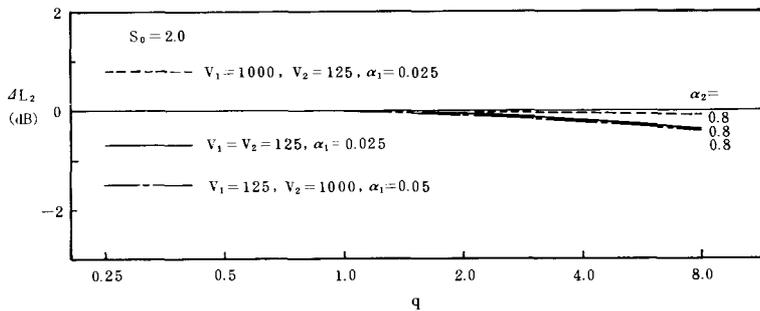


図5 提案式と Eyring 式との音源室内平均音圧レベル差 ( $S_0 = 2.0$ )

平山式と Eyring 式のレベル差は図6～図9に示されるように、全般に広範囲のバラツキがみられる。音源室レベル差においては、開口面積の大小、受音室の容積に関係なく音源室の吸音率が小さい場合に正に偏差し、受音室の吸音率が大きいとき ( $\alpha_2 = 0.8$ ) は著しく負に偏差する傾向 (7 dB 程度) が表れている。また受音室レベル差についてみると、特に受音室が相対的に小さく、音源室の吸音率が小で、さらに受音室の吸音率が小さい場合は著しく正に偏差 (9 dB) している。

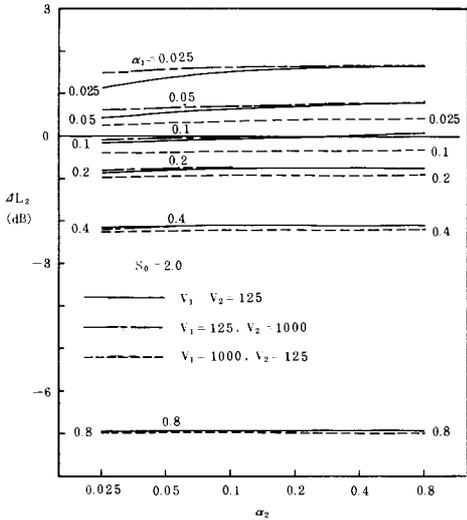


図6 平山式と Eyring 式との音源室内平均音圧レベル差 ( $S_0=0.2$ )

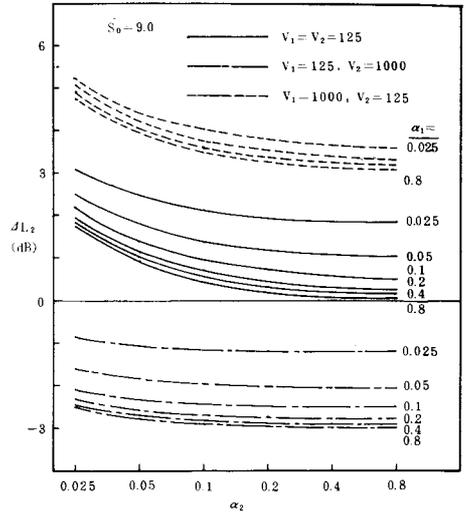


図8 平山式と Eyring 式との受音室内平均音圧レベル差 ( $S_0=2.0$ )

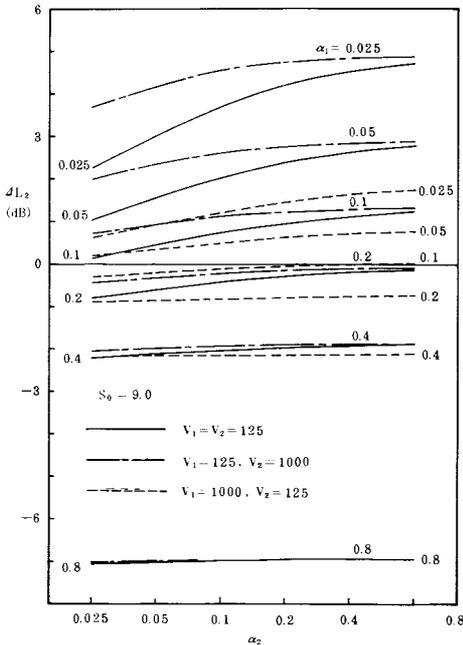


図7 平山式と Eyring 式との音源室内平均音圧レベル差 ( $S_0=9.0$ )

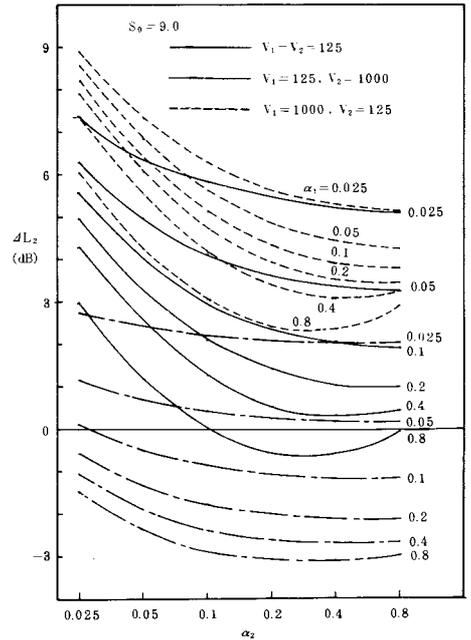


図9 平山式と Eyring 式との受音室内平均音圧レベル差 ( $S_0=9.0$ )

## § 5 結 言

以上の検討から次の結果が導出された。

Coupled Room の一方に音源があるとき、音源室、受音室の平均音響エネルギー密度は(9)式、(11)式で表現できる。

音源が開口面よりある程度以上離れた場合 ( $q < 1$ )、(9)式および(11)式は結果において概ね Eyring 式と一致し、 $q = 1$  の場合は完全に一致する。音源が開口に近づいた場合 ( $q > 1$ ) は、受音室のエネルギー密度の表現は Eyring 式よりむしろ(11)式の方が適切である。

なお実験により、上記の結論の妥当性を検証することが今後の課題である。

## 参 考 文 献

- 1) 平山：Coupled Room の残響時間，日本建築学会論文報告集，第60号，昭和33年10月・P. 37
- 2) 平山他：Coupled Room の音響に関する研究，同上，第69号，昭和36年10月，P. 65
- 3) 平山：Coupled Room の残響測定，日本音響学会講演論文集，昭和31年10月。
- 4) 藤井・緒方：Coupled Room の音圧レベルについて，日本建築学会中国，九州支部研究報告，第5号，昭和56年3月，P. 97
- 5) 藤井・緒方：Coupled Room の音のエネルギー分布，呉高専研究報告，第18巻第1号，昭和57年8月。
- 6) 平山：Coupled Room の音圧について，日本音響学会講演論文集，昭和33年5月，P. 85
- 7) C. F. Eyring： Reverberation Time Measurements in Coupled Rooms, J. A. S. A, Vol. 3, No. 2, 1931, P. 181

(昭和57年10月15日受付)

〔注〕 社圃、園名

〔傳〕 館于寫氏

〔注〕 館、舍也、寫氏、魯大夫

〔傳〕 壬辰、羽父使賊殺公于寫氏、立桓公、而討寫氏、有死者

〔注〕 欲以弑君之罪加寫氏、而復不能正法誅之、傳言進退無據

〔疏〕 討寫氏有死者

正義に曰はく、劉炫云ふ、「羽父、賊を遣りて公を弑す。公は寫氏の弑する所に非ざるも、公は寫氏に在りて死す。（羽父は）遂に寫氏の君を弑すと誣し、正法を以て之を誅せしめんと欲す。寫氏の弑する所に非ざるが故に、寫氏の家を討するも、僅かに死者有るのみ。摠ては之を誅せざるを言ふ」と。

〔疏〕 注欲以無據

正義に曰はく、劉炫云ふ、「君を弑するの罪を以て寫氏に加へんと欲すれば則ち君は寫氏の弑する所に非ずして、復正法を以て之を誅すること能はず。（杜預注の）『正法』とは、其の族を滅ぼし其の宮を汗すを謂ふなり。（杜預注の）『傳に此れを言ふは進退據る無し』とは、進んで寫氏を誅せんとすれば、則ち實は寫氏の君を弑するに非ず。退きて寫氏を舍せば、則ち君を弑するの人無し。是れ其の進退據る無きなり」と。

〔傳〕 不書祭、不成喪也

〔注〕 桓弑隱篡位、故喪禮不成

（未完）

（昭和五十七年十月十五日受付）

- ① 劉炫 本疏引。
- ② 劉炫 本疏引。

⑥ 楚 文公十六年経に「楚人・秦人・巴人滅庸」とあり、

「伝」に「庸人曰、楚不足于戰矣、遂不設備、楚子乘駟、会師于臨品、分為二隊、子越自石溪、子貝自勿以伐庸、秦人・巴人從楚師、群蛮從楚子盟、遂滅庸」とある。

⑦ 哀(公)元年傳 哀公元年伝に「三月、越及吳平、吳入越不書、吳不告慶、越不告敗也」とある。

〔傳〕 羽父請殺桓松、將以求大宰

〔注〕 大宰、官名

〔疏〕 注大宰官名

正義に曰はく、『周禮』にては、天子の六卿は天官を大宰と爲し、諸侯は則ち六を并せて三と爲して職を兼ねぬ。昭(公)四年傳に「季孫は司徒と爲り、叔孫は司馬と爲り、孟孫は司空と爲る」と稱すれば、則ち魯の三卿に大宰無きなり。羽父の名、「經」に見ゆれば已に是れ卿たり。而るに復大宰を求むるは、蓋し魯をして特に此の官を置きて以て己を榮えしめんと欲するのみ。以後大宰無ければ、魯は竟に之を立てざるを知るなり。

① 『周禮』 『周礼』天官の序官に「治官之属、大宰卿一人」とある。

② 昭(公)四年傳 昭公四年伝に「君不敢逆王命、而復賜之、使三官書之、吾子為司徒、実君名、孟孫為司空、以書勲」とあり、杜預注に「謂季孫也、書名定位号也、夫子為司馬、与工正書服、謂叔孫也、服車服之器、工正所書也」とある。

〔傳〕 公曰、爲其少故也、吾將授之矣

〔注〕 授桓位

〔傳〕 使營菟裘、吾將老焉

〔注〕 菟裘、魯邑、在泰山深父縣南、不欲復居魯朝、故別營外邑

〔傳〕 羽父懼、反譖公于桓公、而請弑之、公之爲公子也、與鄭人戰

于狐壤、止焉

〔注〕 内諱獲、故言止、狐壤、鄭地

〔傳〕 鄭人囚諸尹氏

〔注〕 尹氏、鄭大夫

〔傳〕 賂尹氏、而禱於其主鍾巫

〔注〕 主、尹氏所主祭

〔傳〕 遂與尹氏歸、而立其主

〔注〕 立鍾巫於魯

〔傳〕 十一月、公祭鍾巫、齊于社圃

云ふ。諸國の大事とは、崩・卒・會・盟・戰・伐・克・取・君臣の乖離・水火の災害を謂ふ。

『經』に他國の事を書するは、皆な是れ來たりて告ぐれば則ち書し、告げざれば則ち否せず。「來たりて告ぐれば則ち書す」とは、或ひは彼は實を以て告ぐるも其の告辭を改めて之を書し、或ひは彼は虚を以て告ぐるも其の虚言を以て之を記す。褒貶を立文して善惡を章示し、復告者に依ること多しと雖も、必ずしも盡くは告に依らず。衛の獻公の出奔するや、「傳」に「孫林父・甯殖、其の君を出だす」と稱す。名は諸侯の策に在るも、其の「經」に書するに及んでは則ち（襄公十四年經に）「衛侯、齊に出奔す」と云ふ。此の如きの類は是れ告辭を改むるなり。晉人の秦を敗るや、「傳」に「師を潛めて夜起つ。以て秦を令狐に敗る」と稱す。秦、實は未だ陳せずんば晉とは戰はず。晉人の前言に背くを諱みて、妄りに戰を以て告ぐなり。其の「經」に書するに及んでは乃ち（文公七年經に）「晉人、秦人と令狐に戰ふ」と云ふ。此の如きの類は是れ虚言に因るなり。復或ひは其の虚言に因り、或ひは其の實を改むと雖も、終には是れ勸戒に歸し、告を得れば乃ち書するなり。

「然らざれば則ち否せず」とは、復行言を傳聞し、實に其の事を知ると雖も故に來たりて告げしむるに非ざれば、知るも亦書せず。謬誤を慎み不審を睥くる所以なり。楚、六・蓼を滅ぼし、臧文仲の歎じて言を爲すが若きは、魯、知らずんば非ず。但、命も來たり告ぐる無きが故に書せざるなり。

「師出づるの臧否も亦之の如し」とは、「傳」は、兵を被るに因りて例を發す。師を出だし人を伐つは必ずしも告を須たざるに嫌あり。故に重ねて之を明らかにす。「國を滅ばすに及ぶと雖も」とは、既に侵伐に據りて例を發すれば、又國を滅ばす事重くして

命を告ぐるを待たざるに嫌あり。故に更に之を明らかにす。「策に書せず」と言ふは、告命の大事は皆な國史の正策に書するを明らかにし、以て仲尼の脩定は悉く正策の文に因るを見すなり。

〔疏〕 注臧否乃書

正義に曰はく、「勝敗」と言はずして「臧否」を言ふは、其の「臧書」の言は徒に「勝敗」の謂に非ざるを明らかにす。故に是れ善惡、得失は摠て理に曲直あり、兵に疆弱有るを謂ふを知るなり。「狄、邢を伐つ」の類は、狄の能く告ぐるに非ざるなり。「楚、庸を滅ぼす」の徒は、庸の能く告ぐるに非ざるなり。故に敗・克は互言し、兩告を須たずして乃ち書するを知るなり。且つ哀（公）元年傳に曰はく、「吳、越に入る。書せざるは、吳、慶を告げず、越、敗を告げざればなり」と。吳・越並言すれば、其の兩告を待たざるを知るなり。

① 衛の獻公 襄公十四年經に「己未衛侯出奔齊」とある。

② 「傳」 襄公二十年伝に、注①の事件の追想記事として

「衛甯惠子疾、召悼子、曰、吾得罪於君、悔而無及也、名臧在諸侯之策、曰孫林父・甯殖出其君」とある。

③ 「傳」 文公七年經に「戊子、晋人及秦人戰于令狐」とあり、「伝」に「宣子曰、我若受秦、秦則賚也、不受寇也、既不受矣、而復緩師、秦將生心、先人有奪人之心、軍之善謀也、逐寇如追逃、軍之善政之、訓卒利兵秣馬摩食、潛師夜起、戊子、敗秦師于令狐、至于刳首」とある。

④ 楚 文公五年伝に「秋、楚成大大心仲歸師滅六、冬、楚公子變滅蓼、臧文仲聞六与蓼滅、曰皐陶庭堅不祀忽諸、德之不建、民之無援、哀哉」とある。

⑤ 狄 莊公三十二年經に「狄伐邢」とあって、「伝」は無い。

④知らず。「地理志」の汝南郡に「新鄭縣」有るは、故の息國なり。應劭云ふ、「其の後に東に徙るが故に新を加へて云ふ」と。若し其の後に東に徙れば當に「故の息」と云ふべし。何を以て反つて「新」の字を加へんや。蓋し他處よりして此に徙りしならん。

① 『世本』 本疏引。

② 莊(公)十四年傳。 莊公十四年伝に「楚子如息、以食入享、遂滅息、以息嬀婦、生堵敖及成王焉、未言」とある。

③ 「地理志」 『漢書』地理志の汝南郡の条に「新息、奔曰新德」とあり、孟康注に「故息國、其後徙東、故加新云」とある。

④ 應劭 本疏引。注③にては孟康の注となっている。

〔傳〕 君子是以知息之將亡也、不度德

〔注〕 鄭莊賢

〔傳〕 不量力

〔注〕 息國弱

〔傳〕 不親親

〔注〕 鄭・息同姓之國

〔傳〕 不微辭、不察有罪

〔注〕 言語相恨、當明微其辭、以審曲直、不宜輕鬪

〔傳〕 犯五不韙、而以伐人、其喪師也、不亦宜乎

〔注〕 韙、是也

〔傳〕 冬、十月、鄭伯以虢師伐宋、壬戌、大敗宋師、以報其入鄭也

〔注〕 入鄭在十年

〔傳〕 宋不告命、故不書、凡諸侯有命、告則書、不然則否

〔注〕 命者、國之大事政令也、承其告辭、史乃書之于策、若所傳聞行言、非將君命、則記在簡牘而已、不得記於典策、此蓋周禮之舊制

〔傳〕 師出臧否、亦如之

〔注〕 臧否、謂善惡得矢也、滅而告敗、勝而告克、此皆互言、不須兩告、乃書

〔傳〕 雖及滅國、滅不告敗、勝不告克、不書于策

〔疏〕 凡諸子于策

正義に曰はく、此に「傳」、宋は敗を告げざるに因ると雖も此の例を發して、其の「諸侯に命有り」と言ふは、獨り被伐の命爲るのみに非ず。故に(杜預)注に「命は國の大事・政令なり」と

〔注〕 一名陽樊、野王縣西南有陽城

〔傳〕 隰邱

〔注〕 在懷縣西南

〔傳〕 櫓茅

〔注〕 在脩武縣北

〔傳〕 向

〔注〕 軹縣西有地名向上

〔傳〕 盟

〔注〕 今盟津

〔傳〕 州

〔注〕 今州縣

〔傳〕 涇

〔注〕 闕

〔傳〕 隕

〔注〕 在脩武縣北

〔傳〕 懷

〔注〕 今懷縣凡十二邑、皆蘇忿生之田、櫓茅・隕屬汲郡、餘皆屬河

內

〔傳〕 君子是以知桓王之失鄭也、怒而行之、德之則也、禮之經也、

己弗能有、而以與人、人之不至、不亦宜乎

〔注〕 蘇氏叛王、十二邑王所不能有、爲桓五年從王伐鄭張本

〔傳〕 鄭・息有違言

〔注〕 以言語相違恨

〔傳〕 息侯伐鄭、鄭伯與戰于竟、息師大敗而還

〔注〕 息國、汝南新息縣

〔疏〕 注息國、息國

正義に曰はく、『世本』に「息國は姬姓」とあり。此に息侯の鄭を伐つは、其の親を親とせざるを責むれば、鄭國と同じく姬姓なるを知るなり。莊（公）十四年傳に「楚の文王、息を滅ぼす」とあり。其の初めは則ち誰の子にして何れの時に封せらるるかを

五百人為師、師帥皆中大夫、五百人為旅、旅帥皆下大夫、百人為卒、卒長皆上士、二十五人為兩、兩司馬皆中士、五人為伍、伍皆有長」とある。

② 「行司馬」 注①参照。

③ 「兩司馬」 注①参照。

④ 『爾雅』 『爾雅』 釈猷に「豕子、豬、豮豮、彘、幼、奏者、豮、豕生三豮、二師、一特、所寢槽、四豮皆白豮、其跡刻、絶有力豮、牝豮」とある。

⑤ 宋人 定公十四年伝に「衛侯為夫人南子召宋朝、会于洮、大子劇躡献孟于齊、過宋野、野人歌之曰、既定爾婁豬、盍歸吾艾豨」とある。

〔傳〕 君子謂、鄭莊公失政刑矣、政以治民、刑以正邪、既無德政、又無威刑、是以及紮

〔注〕 大臣不睦、又不能用刑於邪人

〔傳〕 邪而誚之、將何益矣、王取郟・劉

〔注〕 二邑在河南緱氏縣、西南有郟縣、西北有劉亭

〔傳〕 葛・邶之田于鄭

〔注〕 葛・邶、鄭二邑

〔傳〕 而與鄭人蘇忿生之田

〔注〕 蘇忿生、周武王司寇蘇公也

〔疏〕 注蘇忿公也

正義に曰はく、成(公)十一年傳に曰はく、「昔、周、商に克ち、諸侯をして封を撫せしむ。蘇忿生は温を以て司寇と爲る」と。  
② 『尚書』立政に「周公、大史に告げて曰はく、司寇蘇公」と稱するは、是れ其の事なり。

① 成(公)十一年傳 成公十一年伝に「劉子・单子曰、昔周克商、使諸侯撫封、蘇分生以温為司寇、与檀伯達封于河」とある。

② 『尚書』 『尚書』立政に「周公若曰、太史、司寇蘇公、武敬爾申獄、以長我王国、兹式有慎、以列用中罰」とある。

〔傳〕 温

〔注〕 今温縣

〔傳〕 原

〔注〕 在沁水縣西

〔傳〕 絳

〔注〕 在野王縣西南

〔傳〕 樊

「經營」「經始」の若きなり。國家は禮に非ざれば治まらず、社稷は禮を得て乃ち安し。故に禮は國家を經理し、社稷を安定する所以なり。禮を以て民を教ふれば則ち親戚和睦し、禮を以て位を守れば則ち子孫に澤ひ及び。故に禮は民人を次序し、後嗣を利益する所以なり。「國家を経す」とは、猶ほ「詩」序の「夫婦を経す」と言ふが如きなり。

① 『詩』 『毛詩』大雅・靈台に「經始靈台、經之營之、

庶民攻之、不日成之、經始物亟、庶民子來」とあり、「小雅」北山に「旅力方剛、經營四方」、「小雅」何艸不黃に「何人丕將、經營四方」、「大雅」江漢に「江漢湯湯、武夫洸洸、經營四方」とある。

② 『詩』序 『毛詩』周南・閔睢の小序に「先王以是經夫婦、成孝敬、厚人倫、美教化、移風俗」とある。

〔傳〕 度德而處之、量力而行之、相時而動、無累後人

〔注〕 我死乃亟去之、無累後人

〔傳〕 可謂知禮矣、鄭伯使卒出殯、行出犬雞、以詛射穎考叔者

〔注〕 百人爲卒、二十五人爲行、行亦卒之行列、疾射穎考叔者、故令卒及行間皆詛之

〔疏〕 注百人ノ祖之

正義に曰はく、『周禮』夏官・序の軍を制するの法に「百人を卒と爲し、二十五人を兩と爲す」とあり。此（杜預注）に「二十

五人を行と爲す」と言ふは、「傳」は「卒」を先にして「行」を後にし、殯は犬より大なるを以てすれば、「行」の人数は「卒」より少なきを知らばなり。軍法にては、百人の下に唯だ二十五人を兩と爲すこと有るのみ。又「大司馬」の屬官の「行司馬」は是れ中士、軍の屬官の「兩司馬」も亦中士なれば、『周禮』の「兩」は即ち此（杜預注）の「行」なるを知る、是れなり。『周禮』の「行」は軍の行列を謂へば、此の「行」も亦「卒」の行列なるを知るなり。

「詛」は盟の細なり。牡を殺し神に告げて之に殃咎を加へしむ。穎考叔を射る者を疾み、卒及び行間をして之を祝詛せしめ、神をして之を殺さしめんと欲するなり。一卒の内、已に一殯を用ひ、又更に一行の間、或ひは雞を用ひ、或ひは犬を用ひて重く之を祝詛せしむるなり。

「犬・雞」とは、或ひは雞、或ひは犬にして、雞と犬と並びに用ふるに非ざるなり。何となれば則ち盟・詛の例、一牲を用ひて二を用ひざればなり。殯とは家の牲なるものを謂ふ。『爾雅』釋獸に「豕牝を豨と曰ふ」とあり。豨は是れ牝なれば、「殯」は是れ牲なるを知るなり。祭祀の例に牲を用ひず。且つ宋人、宋朝を謂ひて艾殯と爲すは、明らかに雄猪を以て喩ふるなり。

① 『周禮』 『周禮』夏官・序官に「惟王建国、弁方正位、

体国經野、設官分職、以爲民極、乃立夏官司馬、使帥其屬而掌邦政、以佐王平邦國、政官之屬、大司馬卿一人、小司馬中大夫二人、軍司馬下大夫四人、輿司馬上士八人、行司馬中士十有六人、旅下士三十有二人、府六人、史十有六人、胥三十有二人、徒三百有二人、凡軍制、万有二千五百人為軍、王六軍、大國三軍、次國二軍、小國一軍、軍將皆命卿、二千有十

説、乃東寄帑与賄、號・鄩受之、十邑皆有寄地、(韋昭注)一十邑、謂號・鄩・蔽・補・舟・依・柔・歷・華也、後桓公之子武公、竟取十邑之地而居之、今河南新鄭是也、賈侍中云、寄地、寄止)とある。

⑥ 馬遷 注①参照。

⑦ 昭(公)十六年傳 昭公十六年伝に「韓子請諸子産曰、日起請夫環、執政弗義、弗敢復也、今賈諸商人、商人曰、必以聞、敢以為請、子産対曰、昔我先君桓公与商人、皆出自周、庸次比耦、以艾殺此地、斬之蓬蒿藜藿、而共処之」とある。

〔傳〕 王室而既卑矣、周之子孫日失其序

〔注〕 鄭亦周之子孫

〔傳〕 夫許、大岳之胤

〔注〕 大岳、神農之後、堯四岳也、胤繼也

〔疏〕 注大岳ノ繼也

正義に曰はく、「周語」に稱す、「共工・伯鯨の二者は皆な黃・炎の後なり」と。言ふところは、鯨は黃帝の後爲り。共工は炎帝の後爲り。炎帝は則ち神農の別號なり。「周語」に又稱す、「堯、禹に名じて水を治めしむ。其の從孫の四岳、之を佐く。四岳に國を胙ひ、命じて侯伯と爲す。姓を賜ひて姜と曰ひ、氏を有呂と曰ふ」と。賈逵云ふ、「其は共工なり。從孫は同姓の末嗣の孫なり。四岳は官名、大岳なり。四岳の祭を主るなり。姜は炎帝の姓なり。其の後變易し、四岳に至りて帝復之に祖の姓を賜ひて

以て炎帝の後を紹がしむ」と。此れを以て大岳は是れ神農の後、堯の四岳なるを知るなり。其の岳の祀を主るを以て之を尊ぶが故に大岳と稱す。許國は是れ其の後なり。「胤は繼なり」とは「釋詁」の文なり。舍人云ふ、「胤とは世を繼ぐなり」と。

① 「周語」 『國語』周語・下に「皇天弗福、禍乱並興、

共王用滅、其在有虞、有崇伯鯨、……共之從孫四岳佐之、高天下、疏川導滯、封崇九山、決汜九川、……皇天嘉之、詐以天下、賜姓曰姒、氏曰有夏、謂其能以嘉祉殷富生物也、祚四岳國、命以侯伯、賜姓曰姜、氏曰有呂、……夫亡者豈繁無寵、皆黃・炎之後也」とある。

② 「周語」 注①参照。また禹の治水については、「鄭語」に「夏禹能卑平水土、以品処庶類者也」とある。

③ 賈逵 『國語解詁』 完本は伝わっていないが、輯本として『玉函山房輯佚書』『漢學堂叢書』『子史鈎沈』などに輯録されている。なお本疏引と同文が襄公十四年伝「范宣子親數諸侯、曰來姜戎氏、昔秦人迫逐、乃祖吾離于瓜州」の条の疏にも引用されている。

〔傳〕 天而既厭周德矣、吾其能與許爭乎、君子謂、鄭莊公於是乎有

禮、禮經國家、定社稷、序民人、利後嗣者也、許無利刑而伐之、服而舍之

〔注〕 刑、法也

〔疏〕 禮經ノ嗣也

正義に曰はく、「經」とは之を紀理するを謂ふなり。「詩」の

〔注〕 此、今河南新鄭、舊鄭在京兆

〔疏〕 注此今、京兆

正義に曰はく、「地理志」に云ふ、「河南郡の新鄭縣は、『詩』の鄭の桓公の子なる武公の國する所なり」と。是れ（「傳」に）「新邑於此——新たに此に邑す」とあれば、河南の新鄭を謂ふを知るなり。且つ「志」に又云ふ、「京兆の鄭縣は、周の宣王の弟なる鄭の桓公の邑なり」と。是れ舊鄭は京兆に在るを知るなり。「志」に又云ふ、「本周の宣王の弟の友は周の司徒と爲り、宗周の畿内に食采す。是れ鄭の桓公爲り。桓公、史伯に問ひて曰はく、『王室に故多し。何れの所にか以て死を逃るべけんや』と。史伯、桓松の爲めに虢・鄆の地を取らんことを謀る。帑と賄とを寄せしめ、而して虢・鄆之を受く。後三年、幽王敗れ、桓公死す。其の子の武公、平王と東遷す。卒に虢・鄆の地を定む」と。然らば則ち「傳」に「先君、新たに此に邑す」と云ふは、武公始めて此に居るを謂ふなり。「史記」鄭世家に稱す、「虢・鄆自ら十邑を分かちて桓公に獻ず。桓公竟に之を國とす」と。案ずるに「鄭語」にては、桓公始めて謀るも未だ之を取らざるなり。武公始めて國すれば、桓公に非ざるなり。虢・鄆を全滅すれば獻邑に非ざるなり。馬遷の言は皆な謬なるのみ。昭（公）十六年傳の「子産、韓宣子に謂ひて曰はく、我が先君の桓公と商人とは皆な周より出で、以て此の地を艾殺して共に之に處る」とは、帑と賄とを寄する時、商人即ち與に俱行するを謂ふのみ。桓公の身ら新鄭に至るには非ざるなり。

① 「地理志」 『漢書』地理志の河南郡の条に「新鄭、

『詩』鄭国、鄭桓公之子武公所国、後為韓自平陽徙都之」と

ある。

② 「志」 『漢書』地理志の京兆尹の条に「鄭、周宣王弟鄭桓公邑、有鉄官」とある。

③ 「志」 『漢書』地理志の鄭国の条に「鄭国、今河南之新鄭、本高辛氏火正祝融之虚也、及成皋・滎陽、潁川之崇高・陽城、皆鄭分也、本周宣王弟友為周司徒、食采於宗周畿内、是為鄭、鄭桓公問於史伯曰、王室多故、何所以逃死、史伯曰、四方之困、非王母弟甥舅則夷狄、不可入也、其濟・洛・河・潁之間乎、子男之國、虢・會為大、特勢与險、密修貪昌、君若寄帑与賄、周乱而敝、必将背君、君以成周之衆、奉辞伐罪、亡不克矣……桓公從其言、乃東寄帑与賄、虢・會受之、後三年、幽王敗、桓公死、其子武公与平王東遷、卒定虢・會之地」とある。

④ 「史記」 『史記』鄭世家に「桓公曰、善、於是卒言王、東徙其民雒東、而虢・鄆果獻十邑、竟國之」とある。

⑤ 「鄭語」 『國語』鄭語に「桓公為司徒、甚得周衆与東土之人、問於史伯曰、王室多故、余懼及焉、其何所以逃死、史伯对曰、王室將卑、戎狄必昌、不可偏也、当成周者、南有荆蛮・申・呂・扈・鄧・陳・蔡・隨・唐、北有衛・燕・狄・鮮虞・潞・洛・泉・徐・蒲、西有虞・虢・晉・隗・霍・楊・魏・芮、東有齊・魯・曹・滕・薛・鄆・莒、是非王之支子母弟甥舅也、則皆蛮・荆・戎・狄之人也、非親則頑、不可入也、其濟・洛・河・潁之間乎、是其子男之國、虢・鄆為大、虢叔特勢、鄆仲特險、是皆有驕侈怠慢之心、而加之以貪冒、君若以周難之故、寄帑与賄焉、不敢不許、周乱而弊、是驕而貪、必将背君、君若以成周之衆、奉辞伐罪、無不克矣、若克二邑、鄆・弊・補・舟・依・縣・歷・華、君之土也、……公

請・謁・訊・誥、告也」とある。

② 「釋親」 『爾雅』積親に「壻之父為姻、婦之父為婚」

とある。又、『釈名』積親属に「婦之父曰婚、言壻親迎用昏、又恒以昏夜成礼也、婚之父曰姻、姻因也、女往因媒也」とある。

③ 先儒 たとえば許慎『説文解字』に「媾、重婚也、从女、媾声、易曰、匪寇婚媾」とある。

〔傳〕 其能降以相從也

〔注〕 降、降心也

〔傳〕 無滋他族、實偏處此、以與我鄭國、爭此土也、吾子孫其覆亡之不暇、而況能禋祀許乎

〔注〕 絜齊以享、謂之禋、祀謂許山川之祀

〔疏〕 注絜齊之祀

正義に曰はく、「釋詁」に云ふ、「禋は祭なり」と。孫炎曰はく、「禋は絜敬の祭なり」と。「周語」に曰はく、「精意以て享するは禋なり」と。是れ(杜預注の)「絜齊して以て享す、之を禋と謂ふ」の「享」は、「獻」と訓ずるなり。絜清・齊敬し、酒食を以て神に獻ずるを言ふなり。「禮」に「諸侯は山川の其の地に在るものを祭る」とあり。若し其の許の土を受くれば則ち當に許の山川を祭るべし。故に(杜預注に)「祀は許の山川の祀を謂ふ」を知るなり。

① 「釋詁」 『爾雅』積詁・下に「禋・祀・祠・蒸・嘗・

輪、祭也」とある。

② 孫炎 本疏引。

③ 「周語」 『國語』周語・上に「不禋於神、而求福焉、

神必禍之、不親於民、而求用焉、人必違之、精意以享、禋也、慈保庶民、親也」とある。

④ 「享」 『爾雅』積詁・下に「珍・享、獻也」とある。

⑤ 「禮」 『礼起』曲礼・下に「天子祭天地、祭四方、祭

山川、祭五祀、歲徧、諸侯方祀、祭山川、祭五祀、歲徧、大夫祭五祀、歲徧、士祭其先」とある。

〔傳〕 寡人之使吾子處此、不唯許國之爲、亦聊以固吾圉也

〔注〕 圉、邊垂也

〔疏〕 注圉邊垂也

正義に曰はく、「釋詁」に云ふ、「圉は垂なり」と。舍人曰はく、「圉は邊垂なり」と。

① 「釋詁」 『爾雅』積詁・下に「疆・界・辺・衛・圉、

垂也」とある。

② 舍人 本疏引。 『爾雅』疏引には、「圉拒辺垂也」と

ある。

〔傳〕 乃使公孫獲處許西徧、曰、凡而器用・財賄、無實於許、我死、

乃亟去之、吾先君新邑於此

〔傳〕 曰、天禍許國、鬼神實不逞于許君、而假手于我寡人

〔注〕 借手于我寡德之人、以伐許

〔傳〕 寡人唯是一二父兄不能共億

〔注〕 父兄、同姓群臣、共給、億安也

〔傳〕 其敢以許自爲功乎、寡人有弟、不能和協、而使餽其口於四方

〔注〕 弟、共叔段也、餽、鬻也、段出奔在元年

〔疏〕 注弟共く元年

正義に曰はく、莊公の第、四方に逃る。故に唯だ是れ共叔段なるを知るなり。①『説文』に云ふ、「餽は寄食なり」と。此の「傳」に「口を四方に餽す」と言ふを以ての故に「寄食」を以て之を言ふ。②昭（公）七年傳に云ふ、「是に饋し、是に鬻して以て余の口を餽せん」と。③『釋言』に「餽は饋なり」と云へば則ち「餽」は是れ饋・鬻の別名なり。故に「其の口を餽す」と云ふなり。

① 『説文』 『説文解字』食部に「餽、寄食也、从食胡声」とある。

② 昭（公）七年傳 昭公七年伝に「饋於是、鬻於是、以餽余口」とある。

③ 『釋言』 『爾雅』釈言に「餽、饋也」とある。

〔傳〕 其況能久有許乎、吾子其奉許叔、以撫柔此民也、吾將使獲也、佐吾子

〔注〕 獲、鄭大夫公孫獲

〔傳〕 若寡人得没于地

〔注〕 以壽終

〔傳〕 天其以禮、悔禍于許

〔注〕 言天加禮於許、而悔禍之

〔傳〕 無寧茲、許公復奉其社稷

〔注〕 無寧、寧也、茲此也

〔傳〕 唯我鄭國之有請謁焉、如舊昏媾

〔注〕 謁告也、婦之父曰昏、重昏曰媾

〔疏〕 注謁告曰媾

正義に曰はく、「謁は告なり」とは「釋詁」の文なり。「婦の父を昏と曰ふ」とは「釋親」の文なり。媾と昏と同文なり。故に先儒皆な以爲へらく、「重昏を媾と曰ふ」と。

① 『釋詁』 『爾雅』釈詁・上に「命・令・禮・眡・祈・

及達市、懸門不発」とあり、杜預注に「純門鄭外郭門也、達市郭内道上市也」とある。

⑩ 宣(公)十二年 宣公十二年伝に「鄭人修城、進復圍之、三月克之、入自皇門、至于達路」とあり、杜預注に「塗、方九軌曰達」とある。

⑪ 劉炫 本疏引。

〔傳〕 秋、七月、公會齊侯・鄭伯、伐許、傳于許

〔注〕 傳于許城下

〔傳〕 穎考叔取鄭伯之旗蝥弧、以先登

〔注〕 蝥弧、旗名

〔疏〕 注蝥弧旗名  
正義に曰はく、『周禮』に「諸侯は旂孤を建て、卿は旒を建つと。而して『左傳』にては、鄭に蝥弧有り。齊に靈姑鉞有り。皆な諸侯の旗なり。趙簡子に蟬旗有るは卿の旗なり。其の名は當時之を爲せども、其の義は知るべからず。

① 『周禮』 『周禮』春官・司常に「王建大常、諸侯建旂

孤、卿建旒、大夫建物、師都建旗、州里建旗、縣鄙建旒、道車載旒、旂車載旌」とある。

② 蝥弧 本年伝。

③ 靈姑鉞 昭公十四年伝に「公卜使王黑以靈姑鉞率」とある。

④ 蟬旗 哀公二年伝に「宵攻鄭師、取蟬旗於子姚之幕下」とある。

〔傳〕 子都自下射之、顛

〔注〕 顛、隊而死

〔傳〕 瑕叔盈又以蝥弧登

〔注〕 瑕叔盈、鄭大夫

〔傳〕 周麾而呼曰、君登矣

〔注〕 周徧也、麾招也

〔傳〕 鄭師畢登、壬午、遂入許、許莊公奔衛

〔注〕 奔不書、兵亂遁逃、未知所在

〔傳〕 齊侯以許讓公、公曰、君謂許不共

〔注〕 不共職貢

〔傳〕 故從君伐之、許既伏其罪矣、雖君有命、寡人弗敢與聞、乃與

鄭人、鄭伯使許大夫百里奉許叔、以居許東偏

〔注〕 許叔、許莊公之弟、東偏、東鄙也

ば、捷走するも及ぶ所に非ず、子都、豈に復車またに乗りて之を逐はんや。

① 『方言』 『方言』第九に「轅、楚・衛之間謂之軌」とある。

② 服虔 本疏引。

〔傳〕 子都拔棘以逐之

〔注〕 子都公孫闕、棘戟也

〔傳〕 及大達、弗及、子都怒

〔注〕 達、道方九軌也

〔疏〕 注達道方九軌也

正義に曰はく、「冬官」考工記・匠人に「國を營す。經の塗は九軌」とあり。軌は車轍なり。王城の内、道廣くして九車を並ぶるを謂ふなり。『爾雅』釋宮に云ふ、「一達、之を道路と謂ふ。

二達、之を岐旁と謂ふ。三達、之を劇旁と謂ふ。四達、之を衢と謂ふ。五達、之を康と謂ふ。六達、之を莊と謂ふ。七達、之を劇驂と謂ふ。八達、之を崇期と謂ふ。九達、之を達と謂ふ」と。

③ 『爾雅』を説く者、皆な以爲へらく、「四道交出して旁通有り」と。故に劉炫④『規過』に以へらく、「達は九道交出爲り」と。今、

（杜預注）以て「道、九軌を方ぶ」と爲すは、蓋し九出の道は世俗の希なる所にして、應に城内に此の道有るを得べからざるを以てなり。⑤「記」に「九軌」有るを以ての故に「達」を以て之に當つ。言ふところは、九軌を並び容れて前達するを得るも亦是れ九

達の義なり。故に李巡⑥『爾雅』に注するも亦軌を並ぶるの義を取る。又塗、九軌を方ぶるは天子の制にして、諸侯の國に皆な有るを得ず。唯だ鄭城の内へのみ獨り其の塗有り。故に「傳」は鄭國に於いて毎に「達」を言ふなり。故に桓（公）十四年に「渠門を焚き、入りて大達に及ぶ」とあり、莊（公）二十八年に「衆車、純門より入りて達市に及ぶ」とあり、宣（公）十二年に「皇門より入りて達路に至る」とあり。劉君、「國國に皆な達道有り」と以爲ひて以て杜氏を規すは、其の義は非なり。

① 「冬官」 『周礼』冬官・考工記の匠人に「匠人宮國、

方九里、旁三門、國中九經、九緯、經塗九軌」「王宮門阿之制五雉、宮隅之制七雉、成隅之制九雉、經塗九軌、環塗七軌、野塗九軌、門阿之制以為都城之制、宮隅之制以為諸侯之城制、環塗以為侯經塗、野塗以為都經塗」とある。

② 『爾雅』 『爾雅』釋宮に「一達謂之道路、二達謂之岐旁、三達謂之劇旁、四達謂之衢、五達謂之康、六達謂之莊、七達謂之劇驂、八達謂之崇期、九達謂之達」とあり、郭璞注に「四道交出、復有旁通」とある。

③ 『爾雅』を説く者 注②参照。

④ 劉炫『規過』 本疏引。

⑤ 「記」 注①参照。

⑥ 李巡 本疏引。

⑦ 天子の制 注①参照

⑧ 桓（公）十四年 桓公十四年伝に「冬、宋人以諸侯伐鄭、報宋之戰也、焚渠門、入及大達」とあり、杜預注に「渠門鄭城門也、道達方九軌也」とある。

⑨ 莊（公）二十八年 莊公二十八年伝に「衆車入自純門、

⑬ 『釋例』 『春秋積例』班序譜第二十二に見える。  
 ⑭ 鄭康成 『礼記』檀弓・上の「唯天子之喪、有別姓而哭」の条の鄭玄注に「使諸侯同姓・異姓・庶姓、相從而為位、別於朝覲來時、朝覲爵同位」とある。

⑮ 「覲禮」 『儀礼』覲礼に「諸侯前朝皆受舍于朝、同姓西面北上、異姓東面北上」とあり、鄭玄注に「言諸侯者、明來朝者衆矣、顧其入覲、不得並耳、……分別同姓・異姓、受之將有先後也」とある。  
 ⑯ 鄭玄 注⑮参照。

⑰ 『禮記』 『礼記』明堂位に「昔者、周公朝諸侯于盟堂之位、天子負斧依、南鄉而立、三公中階之前、北面東上、諸侯之位、阼階之東、西面北上、諸伯之國、西階之西、東面北上、諸子之國、門東北面東上、諸男之國、門西北面東上」とある。  
 ⑱ 「覲禮」 『儀礼』覲礼に「諸侯覲于天子、為官方三百歩、四門、壇十有二尋、深三尺、加方明于其上」とある。  
 ⑲ 「明堂位」 『礼記』明堂位。注⑰参照。

〔傳〕 寡人若朝于薛、不敢與諸任齒

〔注〕 薛、任姓、齒列也

〔疏〕 注薛任姓齒列也

正義に曰はく、『世本』<sup>①</sup>氏姓篇に云ふ、「任姓は謝・章・薛・舒・呂・祝・終・泉・畢・過」と。此の十國は皆な任姓なるを言ふなり。『禮記』<sup>②</sup>文王世子に曰はく、「古は年を齡と謂ふ。齒も亦齡なり」と。然らば則ち齒は是れ年の別名。人、年齢を以て相

次列す。爵位を以て次列に用ふるも亦齒と爲す。故に（杜預注に）「齒は列なり」と云ふ。

① 『世本』氏姓篇 本疏引。  
 ② 『禮記』 『礼記』文王世子に「古者謂年齡、齒亦齡也」とある。

〔傳〕 君若辱既寡人、則願以滕君爲請、薛侯許之、乃長滕侯、夏、公會鄭伯于郟、謀伐許也、鄭伯將伐許、五月甲辰、授兵於大宮

〔注〕 大宮、鄭祖廟

〔傳〕 公孫闕與穎考叔爭車

〔注〕 公孫闕、鄭大夫

〔傳〕 穎考叔挾輶、以走

〔注〕 輶、車輶也

〔疏〕 挾輶以走

正義に曰はく、廟内にて車を受くるに未だ馬に駕すること有らず。故に手挾して以て走る。輶は輶なり。『方言』<sup>①</sup>に云ふ、「楚・衛、輶を謂ひて輶と爲す」と。服虔云ふ、「考叔、車輶を挾み、馬を箠うちて走る」と。古は兵車一輶、馬を服するに之を夾む。若し馬已に輶に在れば、復挾むべからず。且つ馬を箠うちて走れ

雜盟は未だ必ずしも然らず」と。是れ餘盟は姬姓を先にせざるを言ふ。「盟」は則ち同姓は先に在り。「朝」は則ち各々其の爵に従ふ。故に鄭康成、「禮記」に注して云ふ、「朝覲に爵同じければ位を同じくす」と。若し然らば、案ずるに、「覲禮」に曰はく、「諸侯、朝するに前まつて皆な舍を朝に受く。同姓は西面して北を上とし、異姓は東面して北を上とす」と。鄭玄云ふ、「諸侯と言ふは、來朝する者の衆なるを明らかにす。其の入覲するに並ぶを得ざるを顧かみ見るのみ。同姓・異姓を分別するは、之を受くるに將に先後有らんとするなり」と。若し此の言の如くんば則ち朝覲に爵を以てせざるに似たり。但だ朝覲は、實に爵同じければ位を同じくするを以て、爵同じきの中に就いて同姓を先にし異姓を後にす。若し盟ふときは則ち爵同じからずと雖も同姓を先にするなり。『禮記』に「周公、諸侯を盟堂に朝するの位は、三公は中階の前に北面東上し、諸侯の位は阼階の東に西面北上し、諸伯の國は西階の西に東面北上し、諸子の國は門の東に北面東上し、諸男の國は門の西に北面東上す」と。「覲禮」に「方明の壇に於いてす」とあり。鄭（玄）は、諸侯の王に見ゆるの位を言ふも亦「明堂」を引きて説を爲す。是れ則ち諸侯は摠べて皆な爵を以て班を爲すを見ず。同姓・異姓を分別せずと雖も其の禮を受くるの時、爵同じき者は猶ほ同姓を先にするなり。其の王官の伯、諸侯の盟に臨むに群后咸みな在りと雖も、常に同姓を先にす。故に此に「宗盟」と言ふのみ。宗を重んずる事を取りて以て喩ふるのみ。譬を取りて聊いさか一邊を擧ぐ。「寡人若し薛に朝せば敢えて諸任と齒せず」とは、彼の國に朝すれば自ら主國の宗に下るべく、諸侯の聚りて盟ふときは肯へて盟主の宗に先んぜざるなり。

② 服虔 本疏引。

③ 孫毓 「春秋左氏伝義注」晋の孫毓撰。現在、完本は亡んで伝わらないが、輯本として『玉函山房輯佚書』に輯録されている。

④ 『周禮』 「周礼」秋官・司寇の序官に「司盟、下士二人、府一人、史二人、徒四人」とある。

⑤ 孫毓 本疏引。注③参照。

⑥ 公、族と燕す 「礼記」文王世子に「若公与族燕、則異姓為賓」とある。

⑦ 孟軻 「孟子」万章上に「故説詩者、不以文害辭、不以辭害志、以意逆志、是為得之、如以辭而已矣」とある。

⑧ 踐土の盟 僖公二十八年経に「五月癸丑、公会晋侯・齊侯・宋公・蔡侯・鄭伯・衛子・莒子、盟于踐土」とあり、定公四年伝に祝佗の回想記事として「晋文公為踐土之盟、衛成公不在、夷叔、其母弟也、猶先蔡、其載書云、『王若曰、晋重・魯申・衛武・蔡甲午・鄭捷・齊潘・宋王臣・莒期』、藏在周府、可覆視也、吾子欲復文・武之略而不正其德、將如之何、莒弘説、告劉子与范獻子謀之、句莒衛侯於盟」とある。

⑨ 其の載書 注⑧参照。

⑩ 召陵の會 定公四年経に「三月、公会劉子・晋侯・宋公・蔡侯・衛侯・陳子・鄭伯・許男・曹伯・莒子・邾子・頓子・胡子・滕子・薛伯・杞伯・小邾子・齊國夏子召陵、侵楚」とある。

⑪ 祝佗 注⑧参照。

⑫ 宋の盟 襄公二十七年経に「夏、叔孫豹會晋趙武・楚屈建・蔡公孫婦生・衛石惡・陳孔奧・鄭良霄・許人・曹人于宋」  
「秋、七月辛巳、豹及諸侯之大夫盟于宋」とある。

① 賈逵 本疏引。

〔傳〕 薛庶姓也、我不可以後之

〔注〕 庶姓、非周之同姓

〔疏〕 注庶姓（同姓）

正義に曰はく、『周禮』司儀の職に云ふ、「王儀を詔す。南郷して諸侯に見ゆ。庶姓を土揖し、同姓を天揖す」と。鄭玄云ふ、「庶姓は親無きものなり。異姓は婚姻するものなり」と。是れ庶姓は同姓に非ざるなり。

① 『周禮』 『周礼』秋官・司儀に「詔王儀、南郷見諸侯、土揖庶姓、時揖異姓、天揖同姓」とあり、鄭玄注に「庶姓無親者也、土揖、推手小下之也、異姓、昏姻也、時揖、平推手也、……天揖、推手小拳之」とある。

② 鄭玄 注①参照。

〔傳〕 公使羽請於薛侯曰、君與滕君辱在寡人、周諺有之曰、出有木工則度之、賓有禮主則擇之

〔注〕 擇所宜而行之

〔傳〕 周之宗盟、異姓爲後

〔注〕 盟載書、皆先同姓、例在定四年

〔疏〕 周之（爲後）

正義に曰はく、賈逵以へらく、「宗は尊爲り」と。服虔以へらく、「宗盟は同宗の盟爲り」と。孫毓以へらく、「宗伯の屬官は盟詛の載辭を作るを掌る。故に宗盟と曰ふ」と。杜（預）に明解無し。盟の尊卑に自づから定法有れば、尊盟と言ふを得ざるなり。『周禮』の司盟の官は、乃ち是れ司寇の屬にして宗伯に非ざるなり。唯だ服（虔）の言のみ其の旨を得たり。而るに孫毓は服虔を難じて云ふ、「同宗の盟は則ち異姓と與する無し。何ぞ先後を論ぜんや。若し通じて同盟を共にすれば則ち何ぞ宗を稱するや。斯れ然らず」と。天の諸侯に盟ふは、其れをして王室を奨けしむ。未だ異姓を離遊して獨り同宗に與するのみなるを聞かざるなり。但だ周人の親を貴んで先づ同姓を叙するは、其の宗族を篤くするを以てなり。是の故に之を宗盟と謂ふ。魯人の此の言を爲すは、其の宗を重んずるの義を見すなり。其の「宗盟」の文を執りて即ち（孫毓）、「異姓と與する無し」と云ふ。然らば則ち「公、族と燕すれば則ち異姓は賓と爲る」とあるも、（孫毓の言の如くんば）復族燕は異姓有るを得ざるを言ふなり。孟軻の云ふ所の「詩を説くもの辭を以て意を害せず」とは此の謂なり。

「異姓を後と爲す」とは、王官の伯、降りて諸侯に臨み、王命を以て盟ふ者を言ふのみ。其の春秋の世、主を狎り盟を齎する者なれば則ち復姫姓を先にせず、踐土の盟には、其の載書に「王、若に曰はく、晉の重・魯の申」と云ふ。是れ王命を用て盟ふなり。召陵の會に劉子在り。故に祝佗、踐土を引きて比と爲すは、王官有るが爲めの故なり。宋の盟に楚の屈建は趙武より先んずれば、明らかに是れ大國前に在りて姫姓を先にせず。若し姫姓常に先んずれば、則ち楚は競ふを得ざるなり。且つ「周の宗盟」と云ふは、是れ唯だ周のみ乃ち然り。故に『釋例』に曰はく、「周を斥けて言ふは、王官の宰の盟に臨む者を指し謂ふなり。其餘の

為之奴、此干諫而死、孔子曰、殷有三仁焉」とある。

⑩ 鄭伯髡頑 襄公七年経に「鄭伯髡頑如会、未見諸侯、丙戌、卒于鄆」とあり、「伝」に「子駟使賊夜弑僖公、而以瘞疾赴于諸侯」とある。

⑪ 楚子麇 昭公元年経に「冬、十有一月己酉、楚子麇卒」とあり、「伝」に「十一月己酉、公子圍至、入問王疾、縊而弑之」とある。

⑫ 齊侯陽生 哀公十年経に「三月戊戌、齊侯陽生卒」とあり、「伝」に「齊人弑悼公、赴于師」とある。

〔傳〕 十一年、春、滕侯・薛侯來朝、爭長

〔注〕 薛、魯國薛縣

〔疏〕 注薛魯國薛縣

正義に曰はく、「譜」に云ふ、「薛は任姓。黃帝の苗裔の奚仲封ぜられて薛侯と爲る。今の魯國の薛縣、是れなり。奚仲、邳に遷り、仲虺、薛に居りて以て湯（王）の左相と爲る。武王、復其の胄を以て薛侯と爲す。齊の桓（公）、諸侯に霸たりて、黜せられて伯と爲る。獻公、始めて魯と同盟す。小國にして記無ければ世々知るべからず。亦誰の滅ぼす所と爲るかを知らず」と。「地理志」に云ふ、「魯國の薛縣は夏の車正奚仲の國する所なり。後に邳に遷る。湯（王）の相の仲虺之に居る」と。

① 「譜」 『春秋釈例』世族譜第四十五之下に見える。

② 「地理志」 『漢書』地理志の魯國の部に「薛、夏車正奚仲所國、後遷于邳、湯相仲虺居之」とある。

〔傳〕 薛侯曰、我先封

〔注〕 薛祖奚仲、夏所封、在周之前

〔疏〕 注薛祖之前

正義に曰はく、定（公）元年傳に曰はく、「薛の皇祖奚仲、薛に居り、以て夏の車正と爲る」と。是れ夏の封ずる所なり。

① 定（公）元年傳 定公元年伝に「薛宰曰、薛之皇祖奚仲

居薛、以為夏車正、奚仲遷于邳、仲虺居薛、以為湯左相、若復旧職、將承王官、何故以役諸侯、仲虺曰、三代各異物、薛焉有旧」とある。

〔傳〕 滕侯曰、我周之卜正也

〔注〕 卜正、卜官之長

〔疏〕 注卜正卜官之長

正義に曰はく、『周禮』春官に「太卜は下大夫二人」とあり、其の下に卜師・卜人・龜人・筮人有り。太卜は之が長爲り。「正」を「長」と訓ずるなり。故に之を卜正と謂ふ。

① 『周禮』 『周禮』春官・序官に「太卜、下大夫二人、

卜師、上士四人、卜人、中士八人、下士十有六人、府二人、史二人、胥四人、徒四十人、龜人、中士二人、府二人、史二人、士四人、胥四人、徒四十人」とある。

〔經〕 冬、十有一月壬辰、公薨

〔注〕 實弒、書薨、又不地者、史策所諱也

〔疏〕 注實弒諱也

正義曰はく、他君弒せらるれば則ち「弒」を書し、魯君弒せらるれば則ち「薨」を書す。公薨するの例は皆な地をいふ。此に公又地いはず。故に之を解して、魯史の策書の諱む所と言ふなり。君弒せらるるを言ふに忍びず、又其の僮尸の處を言ふに忍びず、諱みて書せざるが故に夫子之に因る。「傳」に「書曰」書して曰はく」と言はざれば、是れ舊史の之を諱むを知るなり。董狐には「趙盾、君を弒す」と書し、仲尼之を良史と謂ふ。君弒せらるるを書せざれば則ち是れ史の不良なり。夫子其の文を改めずして之に因るは、人臣爲る者は、或ひは心は實に君を愛し、爲めに愆過を諱み、或ひは志は惡を疾むに在り。故に賊名を章らかにす。事跡同じからずと雖も俱に是れ國の爲めにす。聖賢は兩つながら其の事に通じ、仁の一途に非ざるを見さんと欲するなり。僖(公)元年伝に「國惡を諱むは禮なり」と曰ふは、仲尼の董狐を善みするを以て、史は必ず須らく直なるべしと爲すを知るなり。丘明の惡を諱むを禮とするを以て、史も又當に諱むべしと爲すを知るなり。

③ 『釋例』に曰はく、「臣の君に事ふるは猶ほ子の父に事ふるがごとし。微諫して志を見し、膝に造りて詭辭し、其の是を取りて其の非を諫めども必ずしも其れ得られず。蓋し、將に然らんとするを匡救し、將に其の己に然るに順はんとするが故に諱を隠すの義有り。激節の士に至りては則ち然らず。南史は簡を執りて累進し、董狐は法を書して隠さず、鬻拳は君を劫して自刎し、晏嬰は

端委して引直す。聖賢も亦録して之を言ふは、義訓を廣くして大道を博くする所以なり。『殷に三仁有り』とは、此れ之の謂か」と。是れ聖賢の兩つながら通ずるの意を言ふなり。鄭伯髡頑、楚子麇、齊侯陽生の徒、俱に實に弒せられて「卒」を以て魯に告ぐ。是れ他國の臣も亦國惡を諱む者有り。獨り魯史のみには非ざるなり。

① 董狐 宣公二年伝に「大史書曰、趙盾其君、以示於朝、

宣子曰、不然、对曰、子為正卿、亡不越竟、反不討賊、非子而誰、宣子曰、烏呼、我之懷矣、自詒伊戚、其我之謂矣、孔子曰、董狐、古之良史也、書法不隱、趙宣子、古之良大夫也、為法受惡」とある。

② 僖(公)元年傳 僖公元年伝に「春、不称即位、公出故也、公出復入不書、諱也、諱國惡、礼也」とある。

③ 『釋禮』 『春秋釈例』崩薨卒例第十四に見える。

④ 是 同治十三年湖南書局刊本にては、事を是に作る。

⑤ 南史 襄公二十五年伝に「大史書曰、崔杼弒其君、崔子殺之、其弟嗣書、而死者二人、其弟又書、乃舍之、南史氏聞大史尽死、執簡以往、聞既書矣、乃還」とある。

⑥ 董狐 注①参照。

⑦ 鬻拳 莊公十九年伝に「初、鬻拳強諫楚子、楚子弗從、

臨之以兵、懼而從、鬻拳曰、吾懼君以兵、罪莫大焉、遂自刎也、楚人以爲大閔、君子曰、鬻拳可謂愛君矣、諫以自納於刑、刑猶不忘納君於善也」とある。

⑧ 晏嬰 昭公十五年伝に「晏平仲、端委立于虎門之外」とある。

⑨ 殷に三仁有り 『論語』微子第十八に「微子去之、箕子

正義に曰はく、「十」の下に「有」を言ふは、干寶云ふ、「十盈つれば則ち更始す。奇は數に従ふを以ての故に『有』を言ふなり」と。「經」は文を備へ、「傳」は略に従ふ。故に「傳」は「有」を言はず。桓（公）七年にては穀伯・鄧侯は別に來朝を言ひ、此に來朝を兼言するは、彼は別に禮を行ひ、此は同じく禮を行ふ。同時に禮を行へば當に長者先に在るべきに由る。故に之を争ふ。

- ① 干寶 晋の新蔡の人、字は令升。その著に『晋紀』『搜神記』があり、『周易』『周官』の注釈がある。『左伝』の注釈として『春秋左氏伝義』があるが、完本としては伝わらず、『玉函山房輯佚書』に輯録されている。
- ② 桓（公）七年 桓公七年經に「夏、穀伯綏來朝、鄧侯吾離來朝」とある。

〔經〕 夏、公會鄭伯于時來

〔注〕 時來、邾也、熒陽縣東有釐城、鄭地也

〔經〕 秋、七月壬午、公及齊侯・鄭伯入許

〔注〕 與謀曰及、還使許叔居之、故不言滅也、許、潁川許昌縣

〔疏〕 注與謀昌縣

正義に曰はく、「謀に與るを及と曰ふ」とは、宣（公）七年の傳例なり。（本年）「傳」に「邾に會するは、許を伐つを謀るなり」と稱すれば、是れ公は謀に與るなり。

② 「譜」に云ふ、「許は姜姓。齊と同祖。堯の四岳、伯夷の後な

り。周の武王は其の苗裔の文叔を許に封ず。今の潁川の許昌、是れなり。靈公、葉に徙り、悼公、夷に遷る。一名は城父。又析に居る。一名は白羽。許男の斯は容城に處す。文叔より莊公に至るまで十一世にして始めて『春秋』に見ゆ。元公の子の結の元年は獲麟の歳なり。戦國の初めに當たりて楚之を滅ぼす」と。「地理志」に云ふ、「潁川郡の許縣は故の許國、文叔の封せられし所なり。二十四世にして楚の滅ぼす所と爲るなり」と。漢の世に許縣と名づくるのみ。魏武、相を作り、改めて許昌と曰ふ。

- ① 宣（公）七年の傳例 宣公七年伝に「凡師出、与謀曰及、不与謀曰会」とある。
- ② 「譜」 『春秋釈例』世族譜第四十五之下に見える。
- ③ 葉 成公十五年經に「許遷于葉」とあり、「伝」に「許靈公畏偪于鄭、請遷于楚、辛丑、楚公子申遷許于葉」とある。
- ④ 夷 昭公九年經に「許遷于夷」とあり、「伝」に「二月庚申、楚公子棄疾遷許于夷、夷城父」とある。
- ⑤ 析 昭公十八年經に「冬、許遷于白羽」とあり、「伝」に「冬、楚子使王子勝遷許于析、夷白羽」とある。
- ⑥ 容城 定公四年經に「許遷于容城」とある。
- ⑦ 「地理志」 『漢書』地理志の潁川郡の条に「許、故國、姜姓、四岳後、太叔所封、二十四世為楚所滅」とある。
- ⑧ 魏武 『三國志』魏書・武帝紀第一の興平十八年の条に「魏國置丞相已下群卿百寮、皆如漢初諸侯王之制」と、興平二十年の条に「天子命公承制封拜諸侯相」とある。又、文帝紀第二の黃初二年の条に「壬午、復潁郡一年田租、改許昌為許昌縣、以魏郡東部為陽平郡、西部為弘平郡」とある。

〔傳〕 宋人・衛人入鄭

〔注〕 宋・衛奇兵承虛入鄭

〔傳〕 蔡人從之伐戴

〔注〕 從宋・衛伐戴也

〔傳〕 八月壬戌、鄭伯圍戴、癸亥、克之、取三師焉

〔注〕 三國之軍在戴、故鄭伯合圍之、師者軍旅之通稱

〔疏〕 注三國ノ通稱

正義に曰はく、三國の軍、戴の城下に在るが故に鄭伯之を合はせ圍む。(杜預注に)戴を圍むと言はざるは、本意は三師を圍むにて、戴を圍まざればなり。三師を圍むと言はざるは、今日圍み、明日之を取り、圍むこと久しからず、徑ちに「取」を以て告げ、「圍」を以て告げざればなり。三國は「經」に皆な「人」を稱するは、例に於いて「將卑しく師少なし」と爲せばなり。而るに「傳」に「三師」と言ふが故に之を(杜預注に)「師とは軍旅の通稱なり」と辯ず。

① 例 『公羊伝』隱公五年に「曷為或率師、或不言率師、將

衆、称某率師、将尊師少、称将、将卑師衆、称師、将卑師少、称人、君将不言率師、書其重者也」とある。

〔傳〕 宋・衛既入鄭、而以伐戴、召蔡人

〔注〕 伐戴、乃召之

〔傳〕 蔡人怒、故不和而敗

〔注〕 言鄭取之易也

〔傳〕 九月戊寅、鄭伯入宋

〔注〕 報入鄭也、九月無戊寅、戊寅八月二十四日

〔疏〕 注報入ノ四日

正義に曰はく、「九月に戊寅無し」とは、「經」に十月壬午有り。『長歴』<sup>①</sup>もて「壬午は十月二十九日」なるを推すに、戊寅は壬午の前四日に在るのみ。故に九月に戊寅有るを得ず。上に八月有りて下に冬有れば、則ち誤りは日に在るなり。

① 『長歴』 『春秋釈例』經伝長歴第四十五之一に見える。

〔傳〕 冬、齊人・鄭人入郟、討違王命也

〔經〕 十有一年、春、滕侯・薛侯來朝

〔注〕 諸侯相朝礼、在文十五年

〔疏〕 十有一年ノ來朝

勞にして竟首を去り、子・男は一勞にして遠郊を去る。凡そ近郊の勞は皆な君自ら行き、遠郊は卿を使はし、竟首は大夫をして客を掌らしむ」と。又云ふ、「上公は五積、皆な殄牽を眠（告）ぐ、侯・伯は四積、子・男は三積なり」と。是れ賓、竟に入るの後に積を致すの禮有り。積は是れ牽と雖も亦或ひは執（熟）有り。或ひは郊に在りて積を致す。故に之を郊勞と謂ふ。沈（文阿）、「聘禮」注によりて、「其の郊の遠近は、上公は遠郊五十里、侯・伯は三十里、子・男は十里、近郊は各々之に半ばす」とす。

① 「聘禮」 『儀禮』聘禮の郊勞の条に「賓于近郊、張壇、君使下大夫請行、反、君使卿朝服用束帛勞」とある。

② 「覲禮」 『儀禮』覲禮に「覲禮、至于郊、王使人皮弁用璧勞……」とある。

③ 「周禮」 『周禮』秋官・司儀に「凡諸侯相為賓、主國五積、三問、皆三辭、拜受、皆旅擯、再勞、三辭、三揖、登拜受、拜送、主君郊勞、交擯三辭、車逆拜辱、三揖、三辭、拜受、車送、三還、再拜、致館亦如之、致殮如致積之禮、及將幣、交擯三辭、車逆拜辱、賓車進答拜、三揖三讓、海門止一相、及廟、唯上相入、賓三揖三讓、登、再拜授幣、賓拜送幣、每事如初、賓亦如之、及出、車送、三請三進再拜、賓三還三辭告辟、致饗餼還圭饗食、致贈郊送、皆如將幣之儀、賓之拜禮、拜饗餼、拜饗食、賓繼主君、皆如主國之禮」とある。

④ 禮 『周禮』については注③参照。

また『禮記』聘義に「卿為上擯、大夫為承擯、士為紹擯、君親禮賓、賓私面私覲、致饗餼、還圭璋、賄贈饗食燕、所以明賓客君臣之義也」とあり、鄭玄注に「設大禮則賓客之也、或不親而使臣、則為君臣也」とある。

⑤ 「大行人」 『周禮』秋官・大行人に「上公之禮、執桓圭九寸、繅籍九寸、冕服九章、建常九旒、樊纒九就、式車九乘、介九人、礼九牢、其朝位、賓主之間九十三步、立当車軛、擯者五人、廟中将幣三享、王礼再裸而酢、饗礼九獻、食礼九举、出入五積、三問三勞、諸侯之礼、執信圭七寸、繅籍七寸、冕服七章、建常七旒、樊纒七就、式車七乘、介七人、礼七牢、朝位、賓主之間七十步、立当前疾、擯者四人、廟中将幣三享、王礼壹裸而酢、饗礼七献、食礼七举、出入四積、再問再勞、諸伯執躬圭、其他皆如諸侯之礼、諸子執穀璧五寸、繅籍五寸、冕服五章、建常五旒、樊纒五就、式車五乘、介五人、礼五牢、朝位、賓主之間五十步、立当車衡、擯者三人、廟中将幣三享、王礼壹裸不酢、饗礼五献、食礼五举、出入三積、壹問壹勞、諸男執蒲璧、其他皆如諸子之礼」とある。

⑥ 又云ふ 注⑤参照。

⑦ 沈（文阿） 本疏引。

⑧ 「聘禮」 『儀禮』聘禮の「及郊、又展如初」の条の鄭玄注に「郊、遠郊也、周制、天子畿内千里、遠郊百里、以此差之、遠郊上公五十里、侯・伯三十里、子・男十里也、近郊各半之」とある。

〔傳〕 蔡人・衛人・邾人不會王命

〔注〕 不伐宋也

〔傳〕 秋、七月庚寅、鄭師入郊、猶在郊

〔注〕 鄭師還、駐兵於遠郊

とある。

② 『釋例』 『春秋釈例』会盟朝聘例第二に見える。

③ 犖に盟ひ 僖公元年伝に「盟于犖、謀救鄭也」とある。

④ 戚に盟ふ 襄公五年伝に「九月丙午、盟于戚、会吳且命  
戍陳也」とある。

〔傳〕 夏、五月、羽父先會齊侯・鄭伯、伐宋

〔注〕 言先會、明非公本期、釋翟之去族

〔傳〕 六月戊申、公會齊侯・鄭伯于老桃

〔注〕 會不書、不告於廟也、老桃宋地、六月無戊申、戊申五月二十三日、日誤

〔疏〕 注會不日誤

正義に曰はく、「六月に戊申無し」とは、下(の「經」)に「辛巳、防を取る」と有るは亦六月の内に在れば、戊申は辛巳の前十三日に在りて、共に一月に在るを得ず。上に五月有り、今別に六月を言へば日誤りて月の誤らざるを知る。『長歴』に「六月丙辰は朔」とあるを推せば、三日は戊午、五日は庚申なり。未だ執れが誤りなるかを知らず。

① 『長歴』 『春秋釈例』經伝長歴第四十五之一に見える。

〔傳〕 壬戌、公敗宋師于菅、庚午、鄭師入郟、辛未、歸于我、庚辰、鄭師入防、辛巳、歸于我

〔注〕 壬戌六月七日、庚午十五日、庚辰二十五日、鄭伯後期、而公

獨敗宋師、故鄭類獨進兵以入郟、防、入而不有、命魯取之、推功上爵、讓以自替、不有其實、故經但書魯取、以成鄭志、善之也

〔傳〕 君子謂、鄭莊公於是乎可謂正矣、以王命討不庭

〔注〕 下之事上、皆成禮於庭中

〔傳〕 不貪其土、以勞王爵、正之體

〔注〕 勞者、敘其勤以答之、諸侯相朝、逆之以饗餼、謂之郊勞、魯侯爵尊、鄭伯爵卑、故言以勞王爵

〔疏〕 注勞者王爵

正義に曰はく、「聘禮」に「賓、近郊に至れば、君、卿をして朝服して束帛を用て勞はしむ」とあり。「覲禮」に「郊に至れば、王、人をして皮弁し璧を用て勞はしむ」とあり。「周禮」司儀に「諸侯相ひ賓と爲りて主君郊勞す」とあり。皆な饗餼を以て勞ふを言はず。案ずるに、禮にては、皆な饗餼は乃ち是れ既に相ひ見えて大禮を致すにて、應に郊に於いて以て之を設くべからず。杜(預)の意は、蓋し執(熟)食を以て饗と曰ひ、生牲を餼と曰ひ、客を郊に勞ふには必ず牲餼有るを以ての故に饗餼もて之を言ひしならん。大禮の饗餼を謂ふには非ざるなり。

「勞」の禮は、「大行人」に云ふ、「上公は三勞なり。近郊の勞、一なり。遠郊の勞、二なり。竟首の勞、三なり。侯・伯は再

正義に曰はく、案ずるに、傳例に「邑に克つ、師徒を用ひざるを取と曰ふ」と。然らば則ち「取」とは、邑に克つての易きに據る。今、此の「克」に軍師を得るも亦「取」と稱するは、但「取」は邑に克つての文に據ると雖も、其の「克」の師の衆きを得て易きものも亦「取」と曰ふ。是を以て莊（公）十一年の注に云ふ、「威力兼備し、羅網の掩覆する所の若し。一軍皆な禽制せらる」と。若し前敵の易きに非ずんば、何ぞ能く覆ひて之を取らん。故に『釋例』に曰はく、「取の如く、攜の如し」と、然らば則ち凡そ「取」と言ふは、皆な易きの辭なり。劉君以へらく、「之を取る」とは易きに非ず」として杜氏を規すは非なり。沈氏亦云ふ、「今日圍み、明日取る。故に易きを知るなり」と。『公羊傳』に曰はく、「其の伐ちて之を取ると言ふは何ぞ。易ければなり」と。是れ杜（預）の用ふる所の義なり。

⑦『地理志』に云ふ、「梁國の留縣は故の戴國なり」と。應劭曰はく、「章帝改めて考城と曰ふ」と。古は留・戴、聲相ひ近し。故に鄭玄の『詩』の箋にては「假載」を讀んで「熾蓄」と爲す。是れ其の音、大いに同じきなり。故に漢は戴國に於いて留縣を立て、晉に於いては陳留に屬するなり。

- ① 傳例 昭公四年伝に「凡克邑、不用師徒曰取」とある。
- ② 莊（公）十一年の注 莊公十一年伝の「凡師、敵未陳曰敗某師、皆陳曰戰、大崩曰敗績、得隄曰克、覆而敗之曰取某師」の杜預注に「覆、謂威力兼備、若羅網所掩覆、一軍皆禽制、故以取為文」とある。

- ③ 『釋例』 『春秋釈例』滅取入例第七に見える。
- ④ 劉君 劉炫。本疏引。
- ⑤ 沈氏 沈文阿。本疏引。

⑥ 『公羊傳』 『公羊伝』隱公十一年に「其言伐取之何、易也、其易奈何、因其力也、因誰之力、因宋人・蔡人・衛人之力也」とある。

⑦ 「地理志」 『漢書』地理志の梁國の部に「留、故戴國」とあり、注に「應劭曰、章帝改曰考城」とある。

⑧ 應劭 注⑦参照。

⑨ 鄭玄 『毛詩』小雅・甫田之什・大田の「假載南畝」の鄭箋に「假讀為熾、載讀為蓄栗之蓄」とある。

〔經〕 冬、十月壬午、齊人・鄭人入鄆

〔傳〕 十年、春、王正月、公會齊侯・鄭伯于中丘、癸丑、盟于鄆、爲師期

〔注〕 尋九年會于防、謀伐宋也、公既會而盟、盟不書、非後也、蓋公還告會、而不告盟、鄆魯地

〔疏〕 注尋九年魯地

正義に曰はく、九年傳に「防に會し、宋を伐つを謀る」と稱すれば、未だ宋を伐つに及ばずして更に此の（十年の）會を爲し、師の宋を伐つての期を爲せば、是れ防の會を尋ぬるを知るなり。

②『釋例』に曰はく、「（本年の）鄆に盟ひ、犖に盟ひ、戚に盟ふは、公既に會に在るも而も（「經」に）盟を書せざるは、理を以て之を推せば、會は盟の前に在れば盟に後るるに非ざるを知るなり。蓋し公還りて會を告げて盟を告げざればなり。

- ① 九年傳 隱公九年伝に「冬、公會齊侯于防、謀伐宋也」

・鄭に「人」と稱すれば、是れ微者をして之に従はしむなり。  
 ①例に於いては「師出づる、謀に與るを及と曰ふ」とあり。「傳」に「鄧に盟ひ、師の期を爲す」と稱すれば、公既に謀計に與る。當に「及」と書すべきも、今及ち「會」と言へば、明らかに其の翟の專行を以てせるにて、鄧の謀に非ず。「釋例」に曰はく、「王命じて宋を伐たしむ。羽父は君を匡げずして以て速進し、而して先づ二國に會して自ら以て名を爲すが故に貶して其の族を去る。齊は侯伯爲り。鄭伯は又王の卿士爲り。二君は、王命を奉じて以て宋を討つも、羽父の專進するを惡むが故に微者と伐を同じうせしむ。動くも而も功無きが故に成敗無きなり」と。案ずるに、四年は、翟の固く請ひて行くが故に貶して其の「氏」を去る。此に直ちに「羽父先づ齊侯・鄭伯に會す」と言ひて、固く請ふの文無きも亦之を貶するは、又公子豫、邾人・鄭人に會するに、公命を待たざるを以て、而して「經」に書せず。此の翟も亦公命を待たずして「經」に書するは、翟は、四年傳に於いては「固く請ふ」と稱すれば、明らかに先づ會するも亦固く請ひしなり。「傳」は、(隱公)四年に於いて其の文已に詳らかなり。故に此に於いて略するのみ。豫の邾人・鄭人に會するは、本より公命に非ざるが故に書せず。此は則ち公、齊・鄭の中丘に會して已に師の期を爲す。翟、又公の先づ會するを請ふ。先づ會すれば則ち是れ君命なり。故に以て之を書す。

- ① 例 宣公七年伝に「凡師出、与謀曰及、不与謀曰会」とある。
- ② 『釋例』 『春秋釈例』侵伐襲例第十二に見える。
- ③ 四年 隱公四年伝に「秋、諸侯復伐鄭、宋公使來乞師、公辭之、羽父請以師会之、公弗許、固請而行、故書曰翟帥師、奏之也」とある。

- ④ 公子豫 隱公元年伝に「鄭人以王師・虢師伐衛南鄙、請師於邾、邾子使公於公子予、予請往、公弗許、遂行、及邾人盟于翼、不書非公命也」とある。
- ⑤ 「經」 隱公元年經を指す。

〔經〕 六月壬戌、公敗宋師于菅

〔注〕 齊・鄭後期、故公獨敗宋師、書敗、宋末陳也、敗例在莊十一年、菅宋地

〔疏〕 注齊鄭ノ宋地

正義に曰はく、案ずるに、「傳」に「公、齊侯・鄭伯に老桃に會す」とあり、然る後に「公、宋師を敗る」とあれば、則ち老桃の會は宋と戦ふを謀るを知るなり。彼と公とは戦ふを謀りて公獨り宋師を敗れば、齊・鄭の期に後れたるを知るなり。

〔經〕 辛未、取郟、辛巳、取防

〔注〕 鄭後至、得郟・防二邑、歸功于魯、故書取、明不用師徒也、濟陰城縣東南有郟城、高平昌邑縣西南有西防城

〔經〕 秋、宋人・衛人入鄭、宋人・蔡人・衛人伐戴、鄭伯伐取之

〔注〕 三國伐戴、鄭伯因其不和、伐而取之、書伐用師徒也、書取克之易也、戴國、今陳留外黃縣東南有戴城

〔疏〕 注三國ノ戴城

〔傳〕 從之、戎人之前遇覆者奔、祝聃逐之

〔注〕 祝聃鄭大夫

〔傳〕 衷戎師、前後擊之盡燼

〔注〕 爲三部伏兵、祝聃帥勇而無剛者、先犯戎而速奔、以遇二伏兵、至後伏兵起、戎還走、祝聃反逐之、戎前後及中、三處受敵、故曰衷戎師、燼死也

〔疏〕 注爲三〓死也

正義に曰はく、「前後及び中、三處敵を受く」とは、「前」は、第一の伏其の前を逆ふるを謂ふなり。「後」は、祝聃と後の伏と其の後を逐ふを謂ふなり。「中」は、第二の伏其の中を撃つを謂ふなり。「衷戎師——戎の師を衷にす」とは、戎の師の三伏の中に在るを謂ふ。「燼は死なり」とは、「釋詁」の文なり。

① 「釋詁」 『爾雅』 釈詁・下に「崩・薨・無祿・卒・徂・落・燼、死也」とある。

〔傳〕 戎師大奔

〔注〕 後駐軍不復繼也

〔傳〕 十一月甲寅、鄭人大敗戎師

〔注〕 此皆春秋時事、雖經無正文、所謂必廣記而備記之、將令學者原始要終、尋其枝葉、究其所窮、他皆放此

〔疏〕 十一月〓戎師

正義に曰はく、此れ即ち上の「傳」の説く所の戎を撃つ事なり。史官は其の戰狀を得て、乃ち裁約して之が辭を爲す。「經」の陳ぶる所は皆な是れ此の類なり。既に「經」に書せざるが故に「經」に準じて文を爲して以て之を摠ぶ。

〔經〕 十年、春、王二月、公會齊侯・鄭伯于中丘

〔注〕 傳言正月會、癸丑盟、釋例推經・傳日月、癸丑是正月二十六日、知經二月誤

〔經〕 夏、翬帥師會齊人・鄭人伐宋

〔注〕 公子翬不待公命、而貪會二國之君、疾其專進、故去氏、齊・鄭以公不至、故亦更使者從之伐宋、不言及、明翬專行非郤之謀也、及例在宣七年

〔疏〕 注公子〓七年

正義に曰はく、「傳」に「羽父先づ齊侯・鄭伯に會す」と稱すれば、是れ公命を待たざるなり。二國の君に會するを貪りて、自ら其の名を求む。時史は其の專進を疾むが故に貶して「公子」を去る。「公子」の義は「氏」と同じきが故に（杜預注に）「氏」を以て之を言ふ。中丘の會は、計るに君自ら親行するも、今、齊

「霖以」の二字を脱して妄りに「電」を加ふるなり。

〔傳〕 平地尺爲大雪、夏、城郎、書不時也、宋公不王

〔注〕 不共王職

〔傳〕 鄭伯爲王左卿士、以王命討之、伐宋、宋以入郟之役怨公、不

告命

〔注〕 入郟在五年、公以七年伐郟、欲以說宋、而宋猶不和也

〔傳〕 公怒絶宋使、秋、鄭人以王命來告伐宋

〔注〕 遣使至命也、伐宋未得志、故復更告之

〔傳〕 冬、公會齊侯于防、謀伐宋也、北戎侵鄭、鄭伯禦之、患戎師

曰、彼徒我車、懼其侵軼我也

〔注〕 徒歩兵也、軼突也

〔傳〕 公子突曰、使勇而剛者、嘗寇而速去之

〔注〕 公子突、鄭厲公也、嘗試也、勇則能往、無剛不恥退

〔傳〕 君爲三覆以待之

〔注〕 覆伏兵也

〔傳〕 戎輕而不整、貪而無親、勝不相讓、敗不相救、先者見獲必務  
進、進而遇覆必速奔、後者不救、則無繼矣、乃可以逞

〔注〕 逞解也

〔疏〕 先者以逞

正義に曰はく、「寇を嘗みて速やかに去る」とは、戎は必ず之を逐ひ、其の去るものを逐へば必ず獲る所有るを知るなり。「獲」とは鄭人を獲るを謂ふなり。先に在るもの、逐ひて獲る所有るを見れば、復後を顧みずして必ず務むること速進に在り。其の後るる者を棄てて獨り自ら先に進むを謂ふ。進みて覆に遇へば必ず速やかに廻りて奔走し、後るる者救はずんば則ち是れ繼續する無し、繼ぐもの無くんば則ち敗り易し。是の如くんば乃ち以て患ひを解くべし。服虔云ふ、「『先者見獲——先んずる者獲らる』とは、必ず往きて相ひ救はずして各自務めて進むを言ふ。其の利を貪るを言ふなり」と。其の言ふところは、「見獲——獲らる」とは、當に戎の鄭に獲らるるを謂ふべきなり。鄭人速やかに去りて以て之を誘へば、安んぞ戎を獲ることを得んや。先に在るもの已に鄭に獲らるれば、重ねて進むもの將に復虜と爲らんとす。各自務めて進めば、何ぞ貪る所を欲せんや。而るに「利を貪るなり」と云ふは、此れ則ち解すべきを言はず、故無くして以て解して之を亂すなり。

① 服虔 本疏引。

② 見獲 「見」字について、服虔は受身の見みに解し、「正義」は見ると解す。

「雨」は、天より下るを見せば、上より下るものは因りて即ち「雨」を以て之を言ふ。「雨冬⑥」も亦稱して「雨」と爲す。故に下の雪も「雨雪⑦」と稱するなり。

⑦ 平原水を出たすを大水と爲し、直ちに「大水」と書す。（「傳」に）「平地尺なるを大雪と爲す」も、直ちに「大雪」と書せずして「大雨雪」大いに雪雨」と云ふは、水は則ち天より地に入り、地より出づるを乃ち多と爲す。其の地に在るの多きを見て其の出水の大きいなるを言ふ。故に「大雨水」大いに水雨」と言はず。雪は則ち天よりして下り、下りて即ち之を地に委ぬ。其の上よりして下るを見、其の下雪の多きを言ふが故に「大雨雪」と言ふ。水は則ち俯して視、雪は則ち仰いで觀るが故に文を立つること異なる有り。其の「大雨雹」大いに雹雨⑧」も亦雪と同じ。

① 『説文』 『説文解字』雨の部に「電、陰陽激耀也、从雨从申」「震、劈歴振物者、从雨辰声、春秋伝曰、震夷伯之廟」とある。

② 『河圖』 緯書の名。本疏引。

③ 僖（公）十五年 僖公十五年経に「己卯、晦、震夷伯之廟」とある。

④ 何休 『公羊伝』隠公九年の何休解詁に「震電、電者陽氣也、有聲名曰雷、無聲名曰電」とある。

⑤ 『説文』 『説文解字』に「雨、水從雲下也、一象天、象雲水、霰其門也」とある。

⑥ 雨冬 文公三年経に「雨冬⑥于宋」とある。

⑦ 平原水を出たす、桓公元年経に「秋、大水」とあり、「伝」に「秋、大水、凡平原出水為大水」とある。

⑧ 大雨雹 僖公二十九年、昭公三年・四年の「経」に見える。

〔經〕 挾卒

〔注〕 無傳、挾魯大夫、未賜族

〔經〕 夏、城郎、秋、七月、冬、公會齊侯于防

〔注〕 防魯地、在琅邪縣東南

〔傳〕 九年、春、王三月西酉、大雨霖以震、書始也

〔注〕 書癸酉、始雨日

〔傳〕 庚辰、大雨雪、亦如之、書時失也

〔注〕 夏之正月、微陽始出、未可震電、又不當大雨雪、故皆爲時失

〔傳〕 凡雨、自三日以往爲霖

〔注〕 此解經書霖也、而經無霖字、經誤

〔疏〕 注此解經誤

正義に曰はく、「傳」に「凡」を發するは以て「經」を解くなり。若し「經」に「霖」字無くれば則ち「傳」は由りて發する無し。故に「經」の誤りなるを知るなり。然らば則ち「經」は當に「傳」の如く「大雨霖以震」大いに霖雨りて以て震す」と言ふべく、當に「大いに雨り震電す」と云ふべからず。是れ「經」は

春秋正義 詁註 (六)

(国語) 榎本 紘二

The Japanese Translation and Annotation of

Chung-qui Zheng-yi (春秋正義) Part 6

Hiroji MASUMOTO

This paper is part 6 of the Japanese translation and annotation of *Chung-qui Zheng-yi* (春秋正義). Part 6 contains the 9th, 10th, and 11th year of duke Yin (懿公)

(一)

〔經〕 九年、春、天王使南季來聘

〔注〕 無傳、南季天子大夫也、南氏、季字也

〔經〕 三月癸酉、大雨、震電、庚辰、大雨雪

〔注〕 三月今正月

〔疏〕 大雨震電

正義に曰はく、『説文』に云ふ、「震は、劈歴して物を震はすものなり」<sup>①</sup>、「電とは陰陽激曜するなり」と。『河圖』に云ふ、「陰陽相ひ薄すを雷と爲し、陰の陽に激するを電と爲す」と。然らば則ち「震」は是れ雷の劈歴、「電」は是れ雷光なり。<sup>③</sup>僖(公)十五年の「夷伯の廟に震す」とは、是れ劈歴して之を破るなり。雷の甚しきものを「震」と爲すが故に何休云ふ、「震は雷なり」と。<sup>④</sup>

〔疏〕 大雨雪

正義に曰はく、『説文』<sup>⑤</sup>に云ふ、「雨は、水の雲より下るなり」と。然らば則ち「雨」とは、天上より下水するの名なり。既に

# 呉工業高等専門学校研究報告

第13巻第2号～第18巻第1号（通巻第21～30号）総目次（昭和53～57年）

## 一 般 科

### 〈漢文〉

		巻号	頁
中国古代の親族名称について .....	枡本 紘 二	16-2	101
春秋正義訳註（二） .....	枡本 紘 二	16-2	120
春秋正義訳註（三） .....	枡本 紘 二	17-1	172
春秋正義訳註（四） .....	枡本 紘 二	17-2	142
春秋正義訳註（五） .....	枡本 紘 二	18-1	202

### 〈英語学〉

A Comparative Description of British and American English .....	熊川 良治	13-2	1
Halliday's Hypothesis as to the Three Functions of Language .....	石井 淳二	14-2	1
The Applied Linguist and Recent Work in the Psychology of Language .....	石井 淳二	14-2	5
On Designing a Situational Syllabus .....	石井 淳二	15-1	1
日英語の対照研究 一動詞・目的語の連語構造一 .....	山本 勇三	16-1	5

### 〈英語教育〉

Error Analysis and Case Studies .....	石井 淳二	14-1	1
外国語学習の過程と教育的意義 .....	山岡 俊比古	14-2	13
Language Laboratoryにおけるテレビ教材の活用とその方法 .....	熊川 良治	15-2	1
文連結の要因研究 一「読むこと」の指導一 .....	山本 勇二	15-2	23
英文聴解における Short Term Memory 覚書 .....	熊川 良治	16-1	1
Areas of Difficulty for Japanese Learners of English in Articulating English Consonants .....	石井 淳二	16-2	1
Controlled Compositionに関する一考察 .....	川尻 武信	17-2	1

### 〈数学〉

マイクロコンピュータを利用して透視図をえがく 一 可変透視図とベクトル方式 一 .....	小池 政夫	16-1	11
B-Splineを用いた補間における節点決定の一手法 .....	今富 井田 勲豊	16-2	23

## 機 械 工 学 科

揺動正放物線カムの研究（第1報）一円弧従動節一 .....	糸島 寛典	13-2	23
揺動等2次角加速度カムの滑り率の研究（第2報）一平板従動節一 .....	糸島 寛典	13-2	35
往復サイクロイダルカムの滑り率の研究（第2報）一平板従動節一 .....	糸島 寛典	14-1	7
揺動サイクロイダルカムの滑り率の研究（第2報）一平板従動節一 .....	糸島 寛典	14-1	19
揺動正放物線カムの研究（第2報）一平板従動節一 .....	糸島 寛典	14-2	27
往復正放物線カムの研究（第2報）一平板従動節一 .....	糸島 寛典	14-2	43
インボリュート接合カムの研究（第1報）一往復従動節一 .....	糸島 寛典 福永 恭一	15-1	31

	糸	島	寛	典	卷 号 頁
楕円接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	福	永	恭	一	15 - 1 - 47
インボリュート接合カムの研究 (第2報) - 揺動従動節 -	糸	島	寛	典	15 - 2 - 45
楕円接合カムの研究 (第2報)	糸	島	寛	典	15 - 2 - 59
円弧インボリュート接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	糸	島	寛	典	16 - 1 - 19
円弧楕円接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	糸	島	寛	典	16 - 1 - 31
円弧インボリュート接合カムの研究 (第2報) - 揺動従動節 -	糸	島	寛	典	16 - 2 - 29
円弧楕円接合カムの研究 (第2報) - 揺動従動節 -	糸	島	寛	典	16 - 2 - 39
双曲線接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	糸	島	寛	典	17 - 1 - 1
単弦曲線接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	糸	島	寛	典	17 - 1 - 21
単弦曲線接合カムの研究 (第2報) - 揺動従動節 -	糸	島	寛	典	17 - 2 - 5
双曲線接合カムの研究 (第2報) - 揺動従動節 -	糸	島	寛	典	17 - 2 - 21
接合カムの第4,5曲線をインボリュートとする研究 (第1報)					
- 単弦曲線接合カムと双曲線接合カム -	糸	島	寛	典	18 - 1 - 1
対数螺旋線接合カムの研究 (第1報) - 往復従動節 -	糸	島	寛	典	18 - 1 - 15
ディーゼル排気の理論濃度と実測濃度の差に関する研究	久保田		勲		15 - 2 - 31
汙紙式スモークメータのピストン速度について	久保田		勲		15 - 2 - 37
平歯車のスコ어링強さにおよぼす歯形修正の影響	灘	野	宏	正	15 - 2 - 78
転位歯車の歯元応力の計算	灘	野	宏	正	17 - 1 - 39
Elastic Deformation of Floating Hoop Retaining Planet Gears	灘	野	宏	正	18 - 1 - 37
平歯車の歯面温度上昇におよぼす転位係数の影響	野	原	稔	正	16 - 1 - 45
自動分割方式を使用したF・E・Mによる歯の応力分布	野	原		稔	18 - 1 - 47
ディーゼル排気の脈動に関する研究	河	口	勇	治	14 - 1 - 31
分配形噴射ポンプを用いた燃料噴射系に関する研究	河	口	勇	治	17 - 1 - 45
うず室式ディーゼル機関の燃焼解析	河	口	勇	治	17 - 1 - 55
線形確率系の定常確率分布の存在について	藤	田	幸	史	14 - 1 - 41
	明	石			
マイクロコンピュータによる簡易騒音解析	藤	田	幸	史	17 - 1 - 63
	廣	光	清	次郎	
マイクロコンピュータによる倒立振子の安定化	藤	田	幸	史	17 - 2 - 35

## 電 気 工 学 科

店舗用光源の考察	原	田	一	彦	13 - 2 - 49
省エネルギーを考慮した店舗照明の研究	原	田	一	彦	14 - 1 - 49
食料品店用全般照明用光源について	原	田	一	彦	14 - 2 - 55
快適照度の研究	原	田	一	彦	15 - 1 - 61
けい光ランプ全般照明による室内の快適性の研究	原	田	一	彦	15 - 2 - 81
短形波電源によるけい光ランプの特性	原	田	一	彦	16 - 1 - 58
直接グレアによる目の疲労の研究	原	田	一	彦	16 - 2 - 55
蛍光ランプ照明による目の疲労の研究	原	田	一	彦	17 - 1 - 75
短形波電源による低圧ナトリウムランプの特性	原	田	一	彦	17 - 2 - 67
蛍光ランプ照明と疲労の研究	原	田	一	彦	18 - 1 - 55

				巻 号	頁
呉高専電子計算機室の実態と分析 (第1報) .....	村 上 滋 樹	町 田 勝 吉		15-2-	85
呉高専電子計算機室の実態と分析 (第2報) .....	村 上 滋 樹	若 宮 正 明		18-1-	59
交流高電圧発生装置のサイリスタシャ断及び突入電流防止回路 ...	若 宮 正 明			15-2-	91
リヒテンベルグ図の基礎的特性 (I) .....	若 宮 正 明			16-1-	59
リヒテンベルグ図の基礎的特性 (II)					
(SF <sub>6</sub> ガス中での沿面放電) .....	若 宮 正 明			16-2-	59
SF <sub>6</sub> ガス中, 及び空気とSF <sub>6</sub> との混合ガス中での					
沿面せん絡特性 .....	若 宮 正 明			18-1-	65
気体中の沿面せん絡特性 .....	若 宮 正 明			18-1-	71
多変量グラム・シャリエ級数の逐次的					
展開係数決定アルゴリズム .....	廣 光 清次郎	藤 田 幸 史		17-1-	79
超高速過渡現象解析システム/FACOM 230-28S・					
データ・コンバージョン・ソフトウェアの開発 .....	廣 光 清次郎	町 田 勝 吉		17-2-	87
不規則データ処理における Log-Mean と Mean-Log					
の差に関する統計的一考察 .....	廣 光 清次郎	太 田 光 雄		17-2-	71
LKIT-16 マイクロコンピュータ・ソフトウェアシステムの					
開発 (第1報) 一拡張命令用逆アセンブラー .....	吉 野 信 行	高 木 純 一		17-1-	97
マイクロカセットテープレコーダによる簡易小型デジタル					
データ収録システムの開発 .....	吉 野 信 行	三 島 正 憲		17-1-	118
電子エネルギー分布関数 (計算1) .....	山 崎 勉			16-1-	65
電子エネルギー分布関数 (計算2) .....	山 崎 勉			16-2-	67
窒素プラズマ中の電子輸送係数におよぼす振動励起の影響 .....	山 崎 勉	碓 井 浄 司		17-1-	125
ビーム生成プラズマの電子エネルギー分布 .....	山 崎 勉			17-2-	81
中空陰極放電の実験的研究 I .....	山 崎 勉			18-1-	79

## 土 木 工 学 科

コンクリート杭の打撃引張応力の推定に関する研究 .....	久 良 喜代彦			15-1-	65
コンクリート杭中の引張打撃応力波の減衰に関する実験的研究 .....	久 良 喜代彦			15-2-	97
梁の曲げ応力波に関する振動形解析法について .....	久 良 喜代彦			16-1-	77
単純支持梁の曲げ応力波に関する数値解析法について .....	久 良 喜代彦			16-2-	77
Timoshenko 梁の差分解法 .....	久 良 喜代彦			17-1-	135
レジンモルタル梁の動的特性 .....	久 良 喜代彦			17-2-	89
長い打撃棒による梁の横衝撃 .....	久 良 喜代彦			18-1-	87
土中に埋設された構造物に関する二つの研究動向					
(在英の報告) .....	石 井 義 明			16-1-	91
透水係数測定に及ぼす要素について .....	石 井 義 明			18-1-	97
弾性梁で支持されている一方方向連続板の研究 .....	丸 上 晴 郎			13-2-	55
三次元弾性論による板の解析 .....	丸 上 晴 郎			17-1-	145

		巻 号	頁
三次元弾性論による平板の曲げ理論の検討 .....	丸 上 晴 朗	18 - 1 -	103
地盤の粘性変形に関する理論的研究- 2次元粘弾性解析- .....	小 堀 慈 久 網 干 寿 夫	14 - 2 -	59

### 建 築 学 科

建築学科卒業生に対するアンケートについて .....	高 井 芳 治 青 木 和 四 士 清 緒 和 四 士 緒 方 信 一 郎 藤 村 光 正 藤 方 信 一 郎 緒 井 健 一 郎 藤 井 健 一 郎 緒 方 信 一 郎	13 - 2 -	77
事例研究-見学旅行- .....	清 緒 和 四 士 方 信 一 郎	14 - 2 -	71
爆発エネルギーによる貫入試験とマサ地盤の土性 .....	西 村 光 正	18 - 1 -	119
呉市における騒音・振動公害について .....	緒 方 信 一 郎 藤 井 健 一 郎	15 - 2 -	103
Coupled Room の音のエネルギー分布 .....	藤 井 健 一 郎 緒 方 信 一 郎	18 - 1 -	129
鉄筋コンクリート筋進入骨組の実験的研究 (第3報) 接合部について .....	福 原 安 洋	15 - 1 -	88
農山村地域の人口移動とその性格について -群馬県吾妻郡長野原町を例として- .....	岡 山 二 郎	15 - 2 -	113
1質点系建物の弾塑性応答略算式について .....	門 前 勝 明	14 - 1 -	53
地盤-建物系の振動性状に関する基礎的研究 (せん断質点系モデルによる解析) .....	門 前 勝 明 前 久 慎 明 門 前 勝 明 春 藤 久 直 松 本 裕 二	14 - 2 -	79
模擬地震波による建物の弾塑性応答特性 .....	門 前 勝 明 岸 田 政 久 門 前 勝 明 後 迫 明 壇 上 茂 山 本 幸 徳 昌 王	16 - 2 -	89
減力時の剛性低下が地震応答性状に及ぼす影響について (その2.負勾配の塑性剛性をもつ1質点系モデルの応答特性) .....	門 前 勝 明 岸 田 政 久 門 前 勝 明 後 迫 明 壇 上 茂 山 本 幸 徳 昌 王	17 - 1 -	159
軟弱地盤の常時微動による振動性状 .....	門 後 壇 上 壇 山 本	18 - 1 -	137

編 集 委 員

久 保 田	勲
白 川 洋	二
岡 中 正	三
奥 本 宏	三
竹 村 和	夫
西 村 光	正

呉工業高等専門学校  
研究報告

第18巻 第2号 (1983)  
(通巻 第31号)

昭和58年2月印刷  
昭和58年2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 呉(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  
電話 (082) 278-2111

# MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

Vol. 18, No. 2 (Consecutive No. 31)  
February, 58th Year of Showa (1983)

---

1.	Memory of Kenreimonin Ukyodayu . . . . . Jun OBAYASHI	1
2.	How To Systematize a Student-Centered English Learning Class . . . . . (1) . . . . . Yoji SHIRAKAWA	7
3.	Joseph Conrad: His Youth and His Works . . . . . Tatsuo TANABE	13
4.	A Study of Oral Introduction . . . . . Takenobu KAWAJIRI	27
5.	A Method for Numerical Solution of Poisson's Equations . . . . . Isao IMAI Yutaka TOMITA	31
6.	Studies on the Connective Logarithmic Spiral Cam (2nd Report) — Oscillating Follower — . . . . . Hironori ITOSHIMA	39
7.	Studies on the Easement Curve of the Uniform Velocity Cam by the Evolute of the Cam Profile (1st Report) . . . . . Hironori ITOSHIMA	51
8.	Z-80 Assembly Text Converter for the SORD M100 ACE — Autoconverting Assembly Program Texts described in the Zilog Format into that in the Sord Format . . . . . Yoshifumi FUJITA	67
9.	Studies of the Change of Visual Color by Light Source . . . . . Kazuhiko HARADA	89
10.	Distribution of Leakage Flux Density of a Transformer . . . . . Toshihide NOMURA	97
11.	Validity of the Two-Term Approximation . . . . . Tsutomu YAMAZAKI	103
12.	Solutions of a Cantilever Beam under Transverse Impact . . . . . Kiyohiko KURŌ	111
13.	On the Measurement of Strength for Undisturbed Decomposed Granite Soil . . . . . Yoshiharu ISHII	123
14.	Sound Energy Density in Coupled Rooms (Comparative Study of Proposal Formulas and Existing Formulas) . . . . . Takeshi FUJII Takema KIMURA Shinichirō OGATA	131
15.	The Japanese Translation and Annoatation of <i>Chung-qiū Zheng-yi</i> ( 春秋正義 ) Part 6 . . . . . Hiroji MASUMOTO	168
	Author-Title Index for Memoirs of the Kure Technical College (the Consecutive Numbers of Volumes 21—30, 1978—1982) . . . . .	169