

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第15巻 第2号(通巻第25号)

昭和55年2月(1980)

目 次

1. Language Laboratoryにおけるテレビ教材の活用とその方法	熊川良治	1
2. 文連結の要因研究 —「読むこと」の指導—	山本勇三	23
3. 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	31
4. 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	37
5. 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	45
6. 楕円接合カムの研究(第2報)	糸島寛典	59
7. 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	73
8. 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	81
9. 呉高専電気計算機室の実態と分析(第1報)	村上滋樹 町田勝吉	85
10. 交流高電圧発生装置のサイリスタしゃ断及び突入電流防止回路	若宮正明	91
11. 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	97
12. 呉市における騒音・振動公害について	緒方信一郎 藤井 健	103
13. 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—	岡本二郎	113

Language Laboratory におけるテレビ教材の活用とその方法

(英語) 熊川良治

Making Use of TV Programs in the Language Laboratory

Ryoji KUMAGAWA

Visual equipments such as video - taperecorders, TV cameras, and TV monitoring screens have now become standard features of a language laboratory. In an attempt to utilize this visual system, LL programs have been devised by using NHK's English programs "Watch and Listen" as source materials. The purpose of this paper is to demonstrate how such TV programs were adapted to use in the language laboratory, with special emphasis being placed on developing listening comprehension. Learning activities accompanying program viewing consist mainly of (1) acquisition of new vocabulary and structures, (2) dictation work, (3) question-answering work, and (4) a final listening comprehension test.

1 はじめに

1960年12月、広島大学教育学部に、広島県では初めてのLLが設けられた。いまからおよそ20年前のことである。その後、数年間の空白があったが、1960年代の後半から70年代のはじめにかけて、急速にLLが普及した¹。本校においても、1967年にLL教室を設け、1974年および1978年と二度にわたる改装を経て、今日にいたっている。本家のアメリカにおいても、LLの本格的な普及は1960年代に入ってからなので、LLといっても、このように10年からせいぜい20年位の歴史しかないわけである。それにもかかわらず、最近では、LLの有用性について疑問をなげかける声も聞かれるようになり、LLが曲り角に來た感が深いのである。

その理由の一つは、英語教授に関する理論と方法が、この間に大きく変わろうとしていることだと思われる。LLは、構造主義の言語学をよりどころとして脚光を浴びた²。この考え方では、言語学習を習慣の形成とみなし、LLは、これに必要な mim-men や pattern practice などの口頭練習を効率よく行なわせる 'technological partner' として位置づけられた。その後、この考え方と対立する認知を中心とする言語学習の理論と方法が現われるにおよんで、LLは、その支えとなっていた理論的基盤を失うことになった。Brigham Young University の S. E. Burggraaf 氏は、 "... the labs, as narrowly defined to meet the needs of the 1960's, have not kept up with the changing language teaching methodology of the 1970's." と言い、LLが環境の変化に対応できなかったことを

指摘している³。このように、時代とともに変容する英語教授の理論と方法に、LLが対応しきれなかったことが、LLの混迷を招く一因となったと考えることができよう。

LLが低迷しているいまひとつの理由は、教育機器の目ざましい発達に、いわゆるソフトウェアがじゅうぶんに対応できなかったことである。1960年代から70年代初頭にかけて、「フルラボ」といえば、ふつうAAC型のLL装置を指していた。それが、いまではモニターテレビ、ビデオコーダー、テレビカメラ等の設備は普通のこととなり、この種の機器はすでにLLの標準仕様とも考えられるようになった。その結果、LLはaudio aidsからaudio-visual aidsに変身を遂げ、それまでの聴覚本位の言語材料のみでは不十分となり、新たに視聴覚言語材料の開発が必要となってきた。このほかにも、最近では集団反応装置、同記録装置の導入、さらにはマイクロコンピュータの活用などと、教育機器の側面では、主として業者側のペースで、急速に発達している。このような状況の中であって、新しい教材の開発や教授者側の取り組みが立ち遅れ、多様化したLLの機能をじゅうぶん生かすことができない状態にあったといえるであろう。多くの学校で、せっかく立派な施設ができながら、それがじゅうぶん生かされなかったり、極端な場合には死蔵されたりする背後には、このような教授者側における戸惑いがあるからと思われる。

機器としてのLLがいかに発達しても、それに使われている教材以上の成果を期待することはできない。教材は、実にLLの死命を制する重要性をもつといわれるが、現時点では、LLの機能を完全に生かし、しかもどこでも使えるような既製教材は、他に求めようとしても不可能ではないであろうか。教材は、結局、LLに取り組む教授者が、その時点で、彼の担当する学習者に最も適したプログラムを、自己の力で、模索しなければならないものである。換言すれば、LL教材は、今日、教師のふだんの‘ingenuity’に依存する以外にはないのではないかと思われる。その限りにおいて、LLのプログラムは、そのプログラムを作成した教授者の人柄を反映するものであり、まさにその人であると言ってもさしつかえないと考えられる。

以下は、勤務校において、筆者がテレビ番組を取り入れて行なった授業のささやかな経験と、その背後にある考え方を記したものである。

2 Language Laboratory の位置づけ

英語学習の指導計画全体の中で、LLがどのように位置づけられるかは、LLを基本的にどう認識するかにかかわる。先に述べたとおり、LLの評価をめぐるさまざまな論議がかわされており、今日、LLの役割についての定説はないも同様である。ひところ広く行なわれた文型練習も機械的で無意味であるとする批判が多く、その短所を補うべくさまざまな工夫が試みられているが、まだ確立されるまでにはいたっていない。LLの著しい工学的な進歩と併せて、英語学習の中であって、LLに何ができ、何をさせるか、根本的に考えなおしてみる必要があろう。

本校では、長年にわたるLLの実践の経験から、LLを英語を聞いて理解する能力の育成に活用している。LLのもつこの英語聴取の機能は、いわばLLの原点である。LLでできて普通教室でできないものは何一つないといわれるなかで、ヒヤリングだけはJ. Dakinの“... this is one area, and perhaps the only one, in which the laboratory is unquestionably more effective than the classroom.”のことはまつまでもなく、その効果を諸家が一致して認めているところである。LLが、活用しだいで、ヒヤリング以外の領域においても多くを期待することができるとしても、まずは、効果があると認められている英語の聴解の指導に活用するのが至当であるように思われる。

LLで英語聴解力の育成をねらいとすることには、いまひとつもっと積極的な理由がある。テキストを使った普通教室の授業では読解が中心となり、いきおい日本語による問答や解説が多くなる。そこでは英米人の自然な英語に触れる機会はほとんどなく、したがってまた英語を聞いて理解する学習活動な

ど、ふつうきわめて不十分な形でしか実施できない。米国の大学に留学した某日本人が、「いま米国に留学して最も悩むのは聞き取り能力の不足であろう」と訴えているが⁵、読解に重きを置いた授業の当然の帰結といえるであろう。このひずみを是正するためにも、native speakers の英語に直接触れさせる機会を増やし、音声言語のもつ諸特徴に慣れさせていくことが絶対に必要である。

英語を聞き、話し、読み、書く四つの技能の間の関係は、明らかとはいえない。たとえば、英語を聞く力と話す力との間に、高い相関を認めるものと認めないものとの両説があって定かではない。筆者がかつて行なった調査では、英語聴解力と読解力との間の相関係数が0.31となり、両技能の間に相関が存在するとしても、それはきわめて低いものではないかという示唆を得た⁷。さらにまた、同志社大学の北尾謙治氏の行なった同様な研究においても、リーディングとヒヤリングとの間の相関は低いという結果が得られている⁸。これらのことから、ある特定の機能を伸ばすことによって、他の技能も連動して伸びると期待することは安易であるといわねばならない。これはことばを換えていえば、ある技能を伸ばすためには、その特定技能を伸ばす特別な訓練が必要であるということであろう。LLの授業で、英語を聞き取る訓練を実施することには、LLが機能的にそのような訓練を行なうのに適しているというだけでなく、ヒヤリングの力はヒヤリングの訓練でという積極的な理由があるのである。

さて、LLで英語聴解力を養うとして、次にLLの授業を普通教室における授業とどう関連させるかが問題である。このことについても諸説があるが、現状では普通授業とは切り離し、LLの授業はLL独自の計画に基づいて行なうのがよいと考えられる。普通授業でいったん使ったテキストをヒヤリング教材として使用すると、一度視覚で学習し、確認済みの教材を、改めて聴覚で再確認することにしかない。これでは、厳密な意味でのヒヤリングの学習とはいえない。そのうえ、この方法では、LL教材が使用教科書に制約されることになり、教師は題材を選定する自由を奪われ、教材化に困難を感じることが多いものである。学習者の立場からは、既習教材であるから、内容についての興味はすでになく、学習への動機づけもそれだけ低くなると考えられる。また、LLによる授業との兼合いから、普通教室における授業にもなんらかの変容が迫られるという問題もあろう。LLの授業を進めるにあたっては、いうまでもなく、このような拘束のないほうがやりやすい。教師が自由意志により題材を選択し、それを教材化し、普通授業との直接的な関連を気にすることなく指導するほうが、質的により充実した授業ができるものと考えられる。本校では、このような理由から、LLは普通教室の授業とは完全に切り離して行なっている。

3 テレビ番組活用の意義

今日のフルラボでは、VTRやモニターテレビがほとんど標準仕様化していることはすでに述べた。このことは、従来型のLLが聴覚本位の教材で足りたのに対し、今日のLLの教材提示機能がフルに活用されるには、それでは不十分であることを意味している。すなわち、聴覚に加えて、視覚も活用するものであることが必要である。テレビ画面をとおしてチャートを見せたり、テストの正答や単語のつづりを見せたりすることは、この機能を活用する一方法であるが、このような用法はあくまでも視覚機能の補助的な活用にすぎない。LLの視聴覚的機能が本来的に活用されるには、言語学習の主要教材の提示が画面をとおして行なわれ、以後の学習がこれをもとに展開されていくものでなくてはならないと考える。

ところで、このような観点から市販のVTR教材を探しても、適当なものがほとんど見つからないのが実情である。種類も少なく、高価であり、内容・程度とも要求に合わないものが多い。また、時間、労力、予算等の関係から、教材の自作も困難である。幸いなことに、現時点では、NHKがわれわれの目的に添ったテレビ番組を学校向けに放送しており、これを利用することができる。実際には、NHKが唯一の教材源であると言っても言いすぎではない。いくつかある番組の中で、“Watch and Lis-

ten” は中学校3年から高校初年級を対象として制作されており、本校低学年生にふさわしい教材であるので、これを利用することになっている。関係者においては、現在、これをLL授業の中でどのように展開するか、実践をととして模索を続けているところである。

TV番組の活用に踏み切らせたのは、LLの改装でこれが可能になったという外的要因だけではない。TV番組の活用が、従来の音声だけによる教材に比べ、いくつかの点ですぐれているという積極的な理由があるからである。このことを実証的に示すことは困難である。しかしながら、実践的には、おおよそ次のような点を挙げることができるであろう。

(1) より強力な動機づけ

読解中心の普通教室から、英語学習のための特別教室への移動は、ややもすれば単調になりがちな英語の授業に変化を与える。しかし、それにもまして、学生は教科書とは形態の全く違うテレビ番組に興味を示し、その内容に対しても期待をもつ。この感触は、学習者との接触により、確認できるところのものである。

(2) より速い、的確な理解

音声だけの教材よりも、音声と映像による教材のほうが、当然情報量が多い。理解は、多くの感覚器官に訴えるほど容易であるといわれており、画面をととして、事物や場面を具体的に提示することは、学習者の理解を促進すると考えられる⁹。表情、ジェスチャー等のパラ言語学的要素や風物・地誌など、ことばによる説明だけでは徹底させることの困難なものも、映像によれば即物的に理解させることが可能である。また、教室における読解作業が悪くすれば暗号解読になりやすいのに対し、テレビ番組では、ことばが登場人物の間でコミュニケーションの手段として使われているところを見せることができ、言語の第一義的な姿が‘Speech’であることを常に意識させることができる。

(3) 異文化のより直接的な理解

英語国民のもつ風俗習慣や、歴史、地理、風土等について広く理解を養うことは、英語学習の重要な領域の一つであるが、映像はこれを達成するための強力なメディアである。教科の性質上、このようにして得られる情報には体系がなく、断片的であるのはやむをえないが、その教育的価値を減ずるものではない。放送教材の題材の中には、このような目的に添うものが多く、英語を聞き取る学習とともに、積極的に配慮すべき分野である。

さて、このような利点をもつ番組を、LLにどのように取り入れていくかが問題である。最も安易な方法は、番組全体をいわゆる「見せっぱなし」にしていくことであるが、言語学習の観点からは得るところが少ないものと思われる。学習が成立し、定着が行なわれるためには、反復が必要であり、「見せっぱなし」はこの要件を満たしていない。本校では、番組をVTRで録画し、必要部分を学生に反復視聴させる方法を採用している。番組制作者の意図には添わないかもしれないが、番組をその全体の形で視聴させることにはこだわらず、番組の中のまとまりのある部分を素材として使用し、それを教材化している。LLにおける学習活動も、これを理解し、修得させるのに有効であると考えられるものを工夫することになっている。

4 テレビ番組教材化の過程と視点

テレビ番組の教材化は、放送番組の録画から始まる。NHKが発行する番組案内だけでは内容の詳細がわからないので、セルフタイマーを使って番組をすべてVTRで録画する。次に、LL担当者がこれを視聴し、その中から適当と考えられる番組を選択する。そして、その番組について、dictationにより、まず完全なscriptをつくる。この台本は、以後の作業の基本となるので、正確を期することが大切である。地名、人名などの固有名詞など、聞いただけではわからないものも多くあり、英語のatlasや大型のencyclopediaなど、参考文献を動員して確かめなければならないことも多い。台本ができ上がる

と、その番組の中で素材として教材化する部分を決め、配当し得る LL の時間数等を考え併せながら、実際に教材化の作業にはいる。一般的には、内容の長短や難易によって配當時数を決めるが、休暇や定期考査等の外部的条件により利用できる LL の時間が制限されることがあるので、そのような時には時間数から内容を決める場合もある。

番組の中で、素材として選んだ部分をどう教材化するかは、その内容によるところが大きく、一律に示すことは困難である。しかしながら、教材化にあたって、補助教材の作成にも、学習活動の立案にも、一貫して背後にある基本的な考え方は、次の 3 点である。¹⁰ いうなれば、教材化の視点である。

(1) 英語の聴解力を伸ばす (Development of listening comprehension)

もともと LL をヒヤリングの力を伸ばすのに有効な機器と考えているので、これが主要な視点となるのは当然である。VTR 録画をできるだけ反復視聴させるとともに、ブースコーダーを利用して個別に sound tape を反復学習させるように授業を計画する。聞き取ることが困難であるとあらかじめ予想できる語句や構文については、適宜解説を加え、できるだけ障害を減らしておく配慮も必要である。また、漫然とテープを聞くのを防止するため、内容についての質問に答えさせたり、英文を書き取らせたりする作業を課す。英語の聴解力は実際に英語を聞くことによって養われるという立場に立って、学生を native speakers の英語にできるだけ 'expose' するように授業を工夫することになる。

(2) 言語能力の拡大をはかる (Expansion of linguistic competence)

LL では、直接的には英語聴解力の育成をねらいとしている。しかしながら、英語を聞いて理解する過程は、他の技能の場合と同様に、学習者の言語能力と深くかかわる。したがって、ヒヤリングの力を伸ばすためであっても、言語能力の拡大が窮極の目標でなければならない。このためには、単語一つの解説にあたっては、該当する語義の説明に終わらず、適切なものについては接辞の性質や派生の過程を解説し、英語における造語の規則を修得させるよう心がける。また、文についても、適切なものについてはその文が生成される過程を実践的な立場から扱い、学習した事項が将来発展的に適応できるように配慮する。英文を解説したり、補助教材を作成したりする際の教師がとるべき基本的態度を示すものである。

(3) 内容の修得 (Acquisition of content)

一般に英語学習においては、技能の修得が優先され、題材内容の修得は第二義的な意味しか持たないのが普通である。活字とせいぜいさし絵だけの教科書や音声だけのテープ教材と異なり、映像を武器とするテレビ教材の提供する知識や情報は、迫真性に富み、教育的にみても有益なものが多い。このことに留意し、授業の立案にあたっては、常に学習者が内容を理解し、知識として記憶にとどめることができるように積極的に配慮する。

以上は NHK のテレビ番組 "Watch and Listen" を LL の授業に取り入れ、教材として使用する際の指針としている点である。次に、具体的な事例をとり上げ、これらの諸点を教材と授業にどのような形で生かしていくか、みることにする。

5 < 事例 1 > The Star Polisher

(1) テキスト

The Star Polisher は、1978 年 10 月 4 日に放送された番組である。出演者のひとり Chris Mosdell の書いた 'puppet show' でユーモアと諷刺があり、楽しい作品である。言語材料が比較的豊富なので、本校第 2 学年の教材として使用した。教材として使用した部分のテキストは次のとおりである。

The Star Polisher

The Star Polisher is a very busy person. Every day, dressed in his silver suit, a hat with stars on it and silver shining shoes, he climbs a ladder into the sky and collects stars. All day he works in his Midnight Factory polishing the stars for the night. The Midnight Factory is full of stars of all shapes and sizes. Some are very dirty, while others are shining and polished. Soon all the stars will be ready and waiting to be taken up to twinkle in the darkness.

It is on one of these typical days that he has a visit from a very curious person. This is Mr. Question.

Mr. Question can't believe that the Star Polisher really polishes stars. He is so interested. He starts to ask the Star Polisher all about his strange job. But while he is talking, the Star Polisher is working extremely hard. He is very worried about the time, because although it is only four o'clock in the afternoon, he must have all the stars polished and shining before it gets dark.

"Where are my stars, Mr. Polisher? It's getting dark up here. I can't see without my stars."

Suddenly a great loud voice is heard from above, coming from the sky. It is the Big Bear. He is very worried, because it is getting dark and he can't see without his stars. The Star Polisher tells him not to worry, and says he'll visit him in a minute to give him back his stars, all shining bright and newly polished.

From out of the sky voices are heard. These are all the star signs shouting down, asking for their stars back because night is coming fast and it's getting dark. Mr. Question doesn't know much about the night sky and all its stars, so the Star Polisher tries to explain. He shows him a big map of the heavens and tells him all about the world above and how we make the stars so dirty with our chimney smoke and car fumes.

Mr. Question still can't really believe it. It can't be true! How can he really polish all those millions of stars? He then asks the Star Polisher if he polishes the moon. At this, the Star Polisher becomes very angry, because the moon has a big face and it takes him all month to polish it. "And what about the sun? Why aren't you polishing the sun now?" Mr. Question asks, thinking this is impossible. "Because it's Saturday. I only polish the sun on Sunday," the Star Polisher cleverly replies.

By now it's nearly nighttime and the Star Polisher rushes around busily polishing and putting stars into a big bag. Finally, with hundreds of voices calling to him from the sky, he climbs the ladder to Midnight, waves good-by to Mr. Question and is suddenly gone into the dark.

Mr. Question is left very confused, scratching his head and looking up into the sky. Now he understands why the stars are so dirty. It's people just like himself polluting the air. But he still isn't sure if there really is a Star Polisher.

The Star Polisher is a very busy person. Every day, dressed in his silver suit, a hat with stars on it and silver shining shoes, he climbs a ladder into the sky and collects stars. All day he works in his Midnight Factory polishing the stars for the night. The Midnight Factory is full of stars of all shapes and sizes. Some are very dirty, while others are shining and polished. Soon all the stars will be ready and waiting to be taken up to twinkle in the darkness.

It is on one of these typical days that he has a visit from a very curious person. This is Mr. Question.

Mr. Question can't believe that the Star Polisher really polishes stars. He is so interested. He starts to ask the Star Polisher all about his strange job.

Q : Ah... Excuse me. Ah... What are you doing?

S : Doing? Doing? I'm polishing the stars, of course. One, two, three, four, five, ...

Q : Oh, you got lots and lots of stars, haven't you?

S : Yes, they are from all over the sky.

The Star Polisher is very worried about the time.

S : Oh, what's the time?

Q : It's four o'clock.

S : Oh, good! There is plenty of time left before dark. But I still must polish, polish, and polish. Everything must be shining bright for tonight.

"Where are my stars, Mr. Polisher? It's getting dark up here. I can't see without my stars." A great loud voice was heard from above, coming from the sky. It was the Big Bear.

S : Coming. Coming. Don't worry. Big Bear. I'm coming.

Q : Who was that?

S : That was the Big Bear. He wants his stars back, so he can shine tonight.

Q : He sounded very angry and worried.

S : Yes. He is frightened of the dark.

(Voices from above)

Q : Who were they?

S : Those were all star signs. They all want their stars back Oh, so you don't believe me? Well, look! This is my world. I clean and polish this whole big world. Look! Lots and lots of stars and most of them are very very dirty. They haven't been cleaned for millions and millions of years. Anyway, all these stars make signs in the sky, so we can see them. Here's the Big Bear and White Swan.

Q : Oh, but why are they all so dirty?

S : Why? Why? It's you and all those other people with your cars and chimney smoke and your factory chimneys. It's you who make them all black and dirty. Oh, I must hurry. It's getting dark.

Q : Do you polish the moon?

S : Oh, yes. I certainly do. That horrible fat face moon, it takes me all month. It just eats too much, that horrible fat moon.

Q : Oh, really. I'm sure you don't polish the sun.

S : The sun! Of course, I do.

Q : Well, why aren't you polishing it now? The sun's very very very big.

S : Well, tell me. What day is it today?

Q : Well, it's Saturday.

S : Saturday. How can I polish the sun on Saturday? I only polish the sun on Sunday.

(Voices from above)

S : Well, I must go. Coming, everyone. The Star Polisher's coming. I have lots and lots of lovely clean and shining stars. Coming. Well, good-by. Come and see me again. The Mid-night Factory is always open. Good-by. Coming.

Q : Oh, dear, it's very confusing. But now I understand why all the stars are so very dirty. It's people like me. Hey, but ... a Star Polisher? There just can't be a Star Polisher, can there?

番組では、1回約7分の話が2回くり返されている。1回目は narrator が筋を語る形式をとり、叙述文が主体をなしている。2回目は、場面設定の後、登場人物の Star Polisher と Mr. Question のかわす 'dialogue' で話が進行する形を採用している。後者はもちろん会話体である。

(2) The Star Polisher の指導計画

The Star Polisher は内容が豊富であるので、学習の徹底を期するため、6時間配当することとした。それぞれの時間における指導手順と学習活動は、次表のとおりである。表中、Notes に 'Not carried out' とあるのは、時間が足りなかったため、実施できなかった学習活動を示す。

Teaching Plan: *The Star Polisher*

Period	Aims	Teaching Procedures and Classwork	Notes
1st	Introduction to the program	1 Viewing the entire program in its original form 2 Instructor's introductory comments 3 Viewing and recording of the target sections 4 Individual listening in the booths	Points to observe, etc. Not carried out
2nd	Removal of difficulties (Vocabulary)	1 Hand out <i>New Words and Phrases</i> and study vocabulary 2 Program viewing 3 Individual listening in the booths 4 Announce short test on <i>New Words and Phrases</i>	Not carried out Not carried out
3rd	Removal of difficulties (Structure and grammar)	1 Test on <i>New Words and Phrases</i> 2 Hand out <i>Structure Notes and Exercises</i> and study structure and grammar 3 Viewing and recording the part of "The Star Polisher" in dialogue 4 Assign <i>Exercise Sheet</i> for homework	Not carried out

4th	Listening comprehension of the dialogue	1 Viewing and recording the part of "The Star Polisher" in dialogue 2 Return <i>Exercise Sheet</i> for review and correction of answers 3 Hand out <i>Dictation Sheet</i> for dictation 4 Assign uncompleted part for homework	Homework collected for inspection in the meantime Answers projected on TV screens
5th	Listening comprehension of the narration	1 Viewing and recording the part of "The Star Polisher" in narration 2 Return <i>Dictation Sheet</i> for correction 3 Hand out <i>Listening Comprehension Exercise Sheet</i> for question-answering work 4 Assign uncompleted part for homework 5 Announcement of hearing test	Homework collected for inspection in the meantime Answers projected on TV screens <i>i. e.</i> , By listening to sound tapes recorded in the individual booths
6th	Final review and Hearing Test	1 Final viewing of the target sections 2 Return <i>Listening Comprehension Exercise Sheet</i> for review and correction of answers 3 Administration of Hearing Test 4 Instructor's concluding remarks	Homework collected for inspection Answers projected on TV screens 20 true-false questions

(3) テキスト中の難語句の扱い

教材には、当然、学習者に未知の語や聞きなれない語句が含まれている。また、活字として見ればわかるが、音声だけで聞いたのではわからないものもある。このような難語句の中には、くり返し聞けばその意味を思い出したり、文脈から類推できたりするものも多いが、何度聞いてもわからないものもある。この抵抗を少しでも減らし、円滑にヒヤリングの学習が行なわれるように、あらかじめむずかしい語句については解説をすることが必要であると思われる。

本校では“New Words and Phrases”と称する語句を解説したプリントを作成し、番組の最初の視聴が終わった段階で配布している。その直接的なねらいは、上述のとおり番組の聞き取りを容易にすることであるが、同時に、造語の規則、接頭辞、接尾辞、派生語、同意語、反意語等の知識を付与することも大きなねらいである。教材化の視点として言語能力の拡大を挙げたが、その一環として、学習者がみずからの力で語いを増大し、応用できるように、英語の語いに関する基礎的な知識や理解を得させようとするのである。

The Star Polisher においては、結果的には、語句の解説だけで一時間費した。語い指導について

は、その重要性にかんがみ、時間を特設してもよいくらいに考えているので、時間は惜しむべきではないと考える。作成し、配布した“New Words and Phrases”は次のようなものである。

New Words and Phrases for the Star Polisher

- polisher < polish + er みがく人 star polisher 星みがき
 polish みがく, つやを出す e.g. He *polishes* his shoes every Monday.
 cf. ticket collector < ticket + collect + or
 housekeeper < house + keep + er
 shoemaker < shoe + make + er
 climb a ladder はしごを登る cf. climb down a ladder はしごを降りる
 collect ~ ~を集める stamp collection 切手の収集 cf. correct ↔ wrong
 midnight 真夜中 < mid (= middle, middle part of) + night
 e.g. The doctor received a *midnight* call. 真夜中に患者が来た。
 cf. midday, midsummer, midweek, etc.
 factory 工場 factory workers 工場労働者
 ‘Midnight Factory’ は、星をみがくの Star Polisher が使っている工場
 shape(s) 形 e.g. Houses come (are built) in *all shapes and sizes*.
 dirty 汚れている, きたない (反対は clean) dirty hands
 e.g. My dress is getting *dirty* and needs washing.
 while 1 ~する間に, ~するうちに e.g. I fell asleep *while* I was reading.
 2 ところが一方, ~なのに, しかるに e.g. You like sports, *while* I like reading.
 twinkle (星などが)きらきら(びかびか)光る e.g. The stars *twinkle* in the sky.
 typical 典型的な, 代表的な e.g. She is a *typical* modern girl. 典型的な現代娘
 have a visit from ~ ~の訪問を受ける cf. pay a visit to ~
 curious 物を知りたがる a curious student 知識欲旺盛な学生
 e.g. He was *curious* to know what had become of her. 彼女がどうなったか知りたかった
 (his) strange job 奇妙な仕事, 変な仕事
 extremely = very e.g. I’m *extremely* sorry.
 worry 心配する, 気にする e.g. Don’t *worry* 心配するな
 e.g. She is *worried about* her husband’s health. 夫の健康を案じている。
 although (= though) たとえ~でも, ~けれども
 e.g. *Although* it was a warm day, he had his coat on.
 e.g. He is wise *although* he is young.
 the Big Bear 大くま座
 in a minute (= very soon) e.g. I’ll be ready *in a minute*.
 give back ~ ~をもどす, ~を返す e.g. *Give it back* to me.
 star signs 星座
 ask(ing) for their stars back 星をもどしてくださいと頼む
 night is coming fast どんどん夜になる
 explain 説明する e.g. I am *explaining* the meaning of the word.
 cf. explanation (名), explanatory (形) e.g. explanatory notes 注釈

scratch his head 頭をかく (困ったときのゼスチャー)

pollute よごす, 汚染する

e.g. The oil from the factory *polluted* the water at the beach. 工場の廃油が海辺の水を

cf. pollution air [water] pollution 大気[水質]汚染 汚染した。

* * * * *

Dialogue の部分から

all over ~ ~のいたるところ all over the world 世界中のいたるところで(に)

e.g. He traveled *all over* Europe.

dark 日暮れ, たそがれ, 暗やみ

cf. before dark 暗くならないうちに after dark 暗くなってから, 日が暮れてから

(I'm) coming. すぐ行くよ。(人に呼ばれたときの答え)

sound + 形容詞

e.g. Her explanation *sounds* all right. 彼女の説明はもっともに聞こえる。

be frightened of ~ ~におびえる cf. fright 恐怖

e.g. Some people *are frightened of* thunder, others of snake. 雷におびえる者もいれば, へび

this whole big world この大きな世界全体 におびえる者もいる。

anyway とにかく

White Swan 白鳥座

certainly [動詞や形容詞を強める働きをする]

e.g. It *certainly* is. たしかにそうです。

I'm *certainly* pleased that you came. おいでくださいませほんとうにうれしく思います。

heaven(s) 天, 天空

starry < star 星の多い, 星をちりばめた the starry world 星の世界

chimney smoke 煙突の煙

car fumes 車の排気ガス

cf. The air in the room was thick with tobacco fumes. 室内の空気はたばこの煙でよど
millions of ~ 何百万もの~ cf. thousands [hundreds] of 何千[百]という~ んでいた。

at this これを聞いて(見て, 聞いて, 接しての at)

e.g. I am surprised *at* the news. その知らせを聞いて[そのニュースを見て/に接して]驚
fat (形) 丸々と太った, よく肥えた いた。

e.g. You will get *fat* if you eat all those potatoes. そのじゃがいもをみな食べたら太るよ。

what about ...? ~はどうなのか, ~はどうしたらよいか

e.g. *What about* father? We can't just leave him here. お父さんはどうするか。ここへは
What about bed? もう寝てはどうだね。 おいておけないよ。

What about coming with us? 一緒においでになってはいかがですか。

cleverly (replies) 上手に答える, 気の利いた答えをする。

rush around 忙しく立ち回る

wave goodbye to ~ ~に手を振ってさようならという

confuse [通例受動態で]まごつかせる a confused look 当惑した顔つき

e.g. She *was confused* by the sudden question. 突然質問されてまごついた。

cf. confusion (名) 混乱, 困惑, ろうばい

confusing (形) まごつかせる e.g. It's very *confusing*.

that horrible fat face moon あのぞっとするでぶ顔の月

horrible ものすごい, ぞっとする a horrible sight ぞっとする光景

cf. horror 戦慄, 恐怖

(4) 文型や文法事項の扱い

語いと並んで, 学習者が抵抗を感じるのは, あまりなじみのない文構造である。これについても, 上述の 'New Words and Phrases' とほぼ同様な趣旨で 'Structure Notes and Exercises' と称する補助教材を作成し, 指導を行なう。もともと英語の聴解がねらいであるので, 教材の英文を見せないことを原則としているが, 解説に取り上げる英文のみは, 見出しの項目に続いて, そのままの形で引用している。

プリントの主なねらいは, 類例による学習の補強と, 類似構文との異同などについて理解を深めさせることである。次は, 教室で配布し, 解説に使用したプリントである。

Structure Notes and Exercises (The Star Polisher)

1 It is ~ that [who, which] ... ~の部分強調する表現

It is on one of these typical days that he has a visit from a very curious person.

<He has a visit from a very curious person *on one of these typical days*.

It's you who make them all black and dirty. <You make them all black and dirty.

Examples :

Tom broke a window yesterday.

1

2

3

1 It was Tom that [who] broke a window yesterday.

2 It was a window that Tom broke yesterday.

3 It was yesterday that Tom broke a window.

cf. It is clear that Tom broke a window.

I met him in the park *on Sunday*. It was on Sunday that I met him in the park.

The war broke out *while I was living in Europe*.

It was while I was living in Europe that the war broke out.

2 have + OBJECT + COMPLEMENT

He (=the Star Polisher) must have all the stars polished and shining before it gets dark.

1 have + O + p.p.

I'll have my essay written by tomorrow. (I write my essay) [完了] 書きあげておく

I'll have my things packed in five minutes. (I pack my things)

cf. We must have our TV set repaired. (X repairs our TV set) [便益] 修理させる,

He had his new watch stolen. (X stole his new watch) [受身]

~してもらう

2 have + O + -ing

盗まれた

We soon had them all laughing. (They were all laughing.)

3 Can

It can't be true! How can he really polish all those millions of stars?

1 否定文を使って, 強い否定を表わす。「~であるはずがない」

cf. must 「～であるにちがいない」

The news cannot be true.

John: He must be at least sixty.

Mary: Oh no! He can't be as old as that.

He cannot have done such a foolish thing. [cannot have +p.p.] ～したはずがない

- 2 疑問文にを使って、驚き、当惑、いらだちなどの強い疑問を表わす。

Can it be true? いったいそれはほんとうだろうか?

How can you be so unkind? どうしてそんなにひどいことができるの?

- 4 It takes (one) ～to ...

It takes him (=the Star Polisher) all month to polish it (=the moon).

It takes (me) twenty minutes to walk to the station.

It took her three hours to do the work.

It takes a letter three days to reach London.

cf. The work took four hours.

She takes a long time to prepare breakfast.

- 5 with + NOUN + MODIFIER 付帯状況を示す 'with'

Finally, with hundreds of voices calling to him from the sky, he climbs the ladder to midnight.

With night coming on, we started for home. (夜になったので、私たちは家路についた)

<直訳すれば「夜がやってきているという状況のもとで」の意。

She sat there with her eyes closed. (彼女は目を閉じたままそこに座っていた)

<直訳すれば「彼女の目が閉じられている状況のもとで」の意。

He was looking up at me with a shocked look on his face.

また、このプリントによる解説を行なったあと、それを補強する意味で、次の Exercise Sheet を配布し、各人の家庭で学習させた。

Exercise Sheet

- 1 It is ～ that ... を使って、下線部を強調した表現にせよ。

1 The house there is fifty years old.

2 He is good at German, not English.

3 He could not come to school because his mother was ill.

- 2 日本語にせよ。

1 It was some poet who said that we live in an age of anxiety.

- 2 Unfortunately, the old man had no money saved for his operation.
-
- 3 English cannot be as hard as you think.
-
- 4 He cannot have taken my umbrella by mistake.
-
- 5 It took me four days to think out a solution.
-
- 6 How long will it take this letter to reach Tokyo?
-
- 7 He stood there, with his head resting against the wall.
-
- 8 The ocean looks very beautiful with the moonlight shining on its surface.
-
- 9 The boy came running into the room with his face and hands covered with mud.
-
- 3 英語に直せ。
- 1 私が読みたいのはこの本です。
-
- 2 この家に住んでいるのはスミスさんです。
-
- 3 車でそこへ行くのに30分かかります。
-

(5) Dictation

英語を聞き取る学習活動の一環として、dictation を実施した。量的に、全文の書き取りは無理であるので、Star Polisher と Mr. Question の対話の部分を対象とした。方法は、対話の部分のうち、Star Polisher のせりふを全部空欄とした Dictation Sheet を配布し、学習者に各自のブースでテープを聞きながら埋めさせる形をとった。したがって、通常の dictation と違い、自己の能力に応じ、必要だけ反復聴取することができ、また、じゅうぶんに時間をとることもできた。さらに、つづりや意味を確認させる目的で、小型の辞書を携行させ、使用させた。授業中に完成できなかった部分については、家庭での学習に課した。処理は、次の時間の初めに、全員が dictation をやってきていることを確認したのち、テレビ画面に正答を出し、学習者自身に訂正させる形をとった。

Dictation Sheet として用意したものは、次のとおりである。

Dictation Sheet

Q: Ah ... Excuse me. Ah ... What are you doing?

S: _____

Q: Oh, you've got lots and lots of stars, haven't you?

S: _____

The Star Polisher is very worried about the time.

S: _____

Q: It's 4 o'clock.

S: _____

Where are my stars, Mr. polisher? It's getting dark up here. I can't see without my stars.

A great loud voice was heard from above, coming from the sky.

S: _____

Q: Who was that?

S: _____

Q: He sounded very angry and worried.

S: _____

(Voices from above)

Q: Who were they?

S: _____

Q: Oh, but why are they all so dirty?

S: _____

Q: Do you polish the moon?

S: _____

Q: Oh, really. I'm sure you don't polish the sun.

S: _____

Q: Well, why aren't you polishing it now? The sun's very very very big.

S: _____

Q: Well, it's Saturday.

S: _____

(Voices from above)

S: _____

Q: Oh dear, it's very confusing. But now I understand why all the stars are so very dirty. It's people like me. Hey but, a Star Polisher? There just can't be a Star Polisher, can there?

(6) 内容の聞き取り練習

語句、構文の解説、dialogue 部分の dictation のあとを受けて、話の内容を聞き取る学習を課した。英語を聞き取る能力の育成という観点からは、これが最も本来的な学習活動かもしれない。Narrative style で語られている第一回目の部分全体をブースコーダで録音させ、与えられた Listening Comprehension Exercise Sheet 中の英問に英語で答える形をとった。英語の問いに対応して正しい形の英語の答えが書けることはもちろん、あらかじめ目を通した問いの答えを、テープの中から能率よく取捨選択しながら聞き取ることをねらいとする。処理は dictation の場合とほぼ同様な形で、学習者自身に採点させた。

用意した Listening Comprehension Exercise Sheet は、次のようなものである。

Listening Comprehension Exercise Sheet

Direction : Listen to your tape and answer the following questions in English.

1 What is the Star Polisher dressed in?

2 What does the Star Polisher do in his Midnight Factory?

3 When does he work there?

- 4 What does Mr. Question ask the Star Polisher?

- 5 Why is the Big Bear worried?

- 6 What does the Star Polisher tell the Big Bear?

- 7 Why do all the star signs want their stars back?

- 8 What makes the stars in the sky so dirty?

- 9 Why does the Star Polisher become angry when Mr. Question asks him about the moon?

- 10 On what day of the week does the Star Polisher polish the sun?

- 11 What does the Star Polisher carry the stars in when he returns them into the sky?

- 12 Does Mr. Question understand why the stars become so dirty?

(7) Hearing Test

学習者の英語聴解力は、先に実施した dictation や英問英答の練習からある程度伺うことができるが、これまでの学習をまとめる意味で、最後にヒヤリングのテストを実施した。出題形式についてもいろいろ検討したが、今回は作問の容易な真偽法 (True or False) を採用した。この形式で、学習者の英語聴解力を客観的に測定できるかはなお疑問とするところであるが、目安程度にはなるものと考えられる。問題作成にあたっては、真偽の数を大体同数とし、なるべく問題数を多くするように努めたが、内容や実施時間の関係から20問とした。それでもテストの実施に約20分かかり、学生の中には問題が多すぎて緊張を持続させるのに困難を感じたと訴える者もいた。反省すべき点かもしれない。問題内容は、ヒヤリング練習の一環として行なった Listening Comprehension Exercise Sheet と重複するところを意識的に多くし、まじめに学習していれば有利になるように配慮した。応答にはすべて Analyzer を使用し、結果は調整室内のタイプライターが自動的に記録した。なお、採点にあたっては正答数から誤答数を引いたものをもって評点とした。¹¹

参考までに、ヒヤリングテストの全文をあげておく。

Hearing Test for The Star Polisher

これから、The Star Polisher について hearing のテストを行ないます。全部で20問あります。

それぞれの英文を2回ずつくり返して言います。そのあと True or falseと言いますから、問題の英文の内容が The Star Polisher の話に合っていれば1のボタンを、合っていなければ2のボタンを押してください。Reset と言いましたら、Reset ボタンを押してください。それではテストを始めます。

- 1 The Star Polisher dresses in his silver suit. He also wears a hat with stars on it. His shoes are silver, too.
- 2 Every day, the Star Polisher climbs a ladder into the sky so that he may collect stars which have become dirty.
- 3 The Star Polisher polishes the dirty stars in his Midnight Factory. He works there only at midnight.
- 4 There are lots and lots of stars in the Midnight Factory. They are all of the same shape and size.
- 5 When the dirty stars are shined and polished, they are taken up again to twinkle in the darkness.
- 6 Mr. Question is a very curious person. One day, he visits the Star Polisher and asks him a lot of questions about his strange job.
- 7 The Star Polisher is a busy man, but he doesn't work while he is talking with Mr. Question.
- 8 The Star Polisher must have all the stars polished and shining before it gets dark.
- 9 The Big Bear is worried because it is getting dark and he cannot see without his stars.
- 10 The Star Polisher says to the Big Bear, "Don't worry. I'll come soon. I will bring you back your stars, all shining bright."
- 11 The Star Polisher tells the Big Bear that Mr. Question doesn't know much about the night sky and all its stars.
- 12 The Star Polisher uses a big map of the heavens to show Mr. Question the way to the Midnight Factory.
- 13 The Star Polisher didn't tell Mr. Question what makes the stars in the sky so dirty.
- 14 If there were no chimney smoke and car fumes, the stars in the sky would not be so dirty.
- 15 Mr. Question asks only about the stars. He doesn't ask any questions about the moon or the sun.
- 16 The Star Polisher doesn't like the big fat face of the moon, so he never polishes it.
- 17 Mr. Question thinks that it is impossible for the Star Polisher to polish the sun.
- 18 When the Star Polisher polishes the sun, he polishes it not on Sunday but on Saturday.
- 19 The Star Polisher carries the stars in a big bag when he returns them into the sky.
- 20 Although Mr. Question asked a lot of questions, he is left confused and does not understand why the stars in the sky become so dirty.

これでテストを終わります。

6 <事例 2> Hawaii

この番組は、ストーリーが題材であった The Star Polisher とは性質が全く異なるので、一つの対照的な事例として取り上げる。番組を教材として具体化していく過程や方法は、ハワイ列島の地図をプリントにして配布したほかは<事例1>の場合とはほぼ同様であり、再述するまでもないので省略する。この番組は、教材化の視点の第3点として挙げた「内容の修得」という点で興味深いので、この点についてのみ述べることにする。

NHK では、Iran, New Zealand, Singapore, London 等の国や大都市について、その国や都市の地誌や政治、経済、文化などを紹介する番組を適宜放映している。Hawaii はその一つである。このような番組を取り上げる場合には、指導計画の作成に際して、言語技能の獲得と並行して、地誌などの内容を修得させるように工夫している。すなわち、技能本位の学習では、できるだけ固有名詞を避け、抽象的、一般的な内容で練習をするのが常であるが、ここでは逆に固有名詞や具体的事実を積極的に取り上げ、これらの事項も重要な学習事項として扱う。このようにして得られた知識は、断片的で、雑学といわれる部類のものに違いないが、それでもいつの日にか学生の一般常識として役立つことがあるものと信じる。映像という強力な media を活用することによって、技能学習の演習装置であった LL の授業に、内容の学習を持ち込むことによって、一種の厚味と豊かさを加えることができると考える。

具体的に内容をどこで、どのように取り上げて学習させるかは、題材によっても異なるかもしれないが、Hawaii では主に英問英答による listening comprehension の段階と最後のヒヤリングテストで取り上げた。両者の間には重複するところが多いので、ここでは前者のために作成したプリント Questions for Comprehension をあげ、ハワイについてどのような内容を取り上げたかを示すこととする。問題4以下が特に関係が深い。

Questions for Comprehension (HAWAII)

1 What is Mrs. Gamo's first name?

2 What was she when she first came to Japan?

3 When did she first come to Japan?

4 What is the name of the biggest island in the Hawaiian Islands?

5 What island is Honolulu on?

6 How many active volcanos are there on the biggest island?

7 Which is the larger of the two volcanos, Mauna Loa or Kilauea?

- 8 How long ago did Kilauea erupt?

- 9 What did Kilauea damage when it erupted?

- 10 What did the ancient people think that these eruptions showed?

- 11 What is the number one industry in Hawaii?

- 12 How many people were living in the islands when King Kamehameha was the ruler?

- 13 How many people are there now?

- 14 Who is the first Japanese-American to be elected a state governor in the United States?

- 15 What do American students learn at the East-West Center?

7 おわりに

1978年夏の改装で、VTRによる映像の送り出しが可能となった。それを機会に始めたLL授業は、大要以上のようなパターンのものである。教材はもっぱらNHKテレビに求め、多角的にそれを学習させようとするものである。「見せっぱなし」、またはそれに近い形で、不消化のまま多くを視聴させるよりも、精選した内容を反復視聴させ、学習の徹底を期するほうがよいと考えた。本校学生には、大学入試のような英語学習を誘発する強力な要因が働かないので、自主的に学習する習慣や態度の欠如している者が多い。いろいろなプリントを作成し、学生に多くの作業を強制したのはそのためである。教師が主導性を発揮し、学生が受動的になるのは、必ずしも好ましい学習形態であるとはいえないけれども、やむを得ないところがある。語句や構文の解説などは、普通授業における解説とほとんど同じ方法で行なわれるが、LLと普通授業との接点として、むしろ意識的にそれを行なったところがある。また、ほとんどの学生が個人でカセットコーダーを所有している事実を利用して、LLを一種の'mass dubbing machine'と考え、音声教材を家庭に持ち帰って学習させる方法もとった。LLにおける家庭学習が問題となるが、これは一つの方法を示すものと考えている。

VTRを活用したLL実践を始めて、まだ一年しか経っていない。その間、いくつかのプログラムをつくったが、さらに充実したLL授業を行なうために、各方面における実践例に学び、創意工夫をしていきたいと考えている。

(注)

- 1 「LL設備・利用に関する調査(広島県)」『広島LLフォーラム』 Ⅱ11, Nov. 1977, pp. 10-12.
- 2 「現今の語学実習室についての解説, 具体的運営について述べている参考文献のほとんどは, 構造言語学的方法をよりどころとしている」を参照。西本三十二・中野照海「英語の視聴覚教育」『現代英語教育講座』 第2巻

- (研究社, 1964), pp. 142-43。
- 3 語学ラボラトリー学会 (LLA) 昭和54年(1979)度第18回全国大会シンポジウムにおける同氏の handout “The Changing Role of the Language Laboratory in Effective Foreign Language Teaching” から引用。
 - 4 Julian Dakin, *The Language Laboratory and Language Learning*, (Longman, 1973), p. 34.
 - 5 朝日新聞, 昭和54年8月26日「声」の欄より。
 - 6 たとえば, E. Hocking は相関を認め (*Language Laboratory and Language Teaching*, 2nd ed., National Education Association of the United States, 1967, p. 71), W. M. Rivers & M. S. Temperley は認めない (*A Practical Guide to the Teaching of English as a Second or Foreign Language*, Oxford University Press, 1978, p. 3).
 - 7 熊川良治「Aural Comprehension Test——結果と考察」『呉工業高等専門学校研究報告』 Vol. 12, No. 1, Oct. 1971, p. 4。
 - 8 第18回 LLA 全国大会における同氏の発表「hearing と reading の相関関係」から。
 - 9 羽鳥博愛編『視聴覚教具の活用』講座・英語教授法 第11巻 (研究社, 1970), pp. 1-2。
 - 10 David Carver, “Reading Comprehension —— Is there such a thing?”, *ELT*, XXXII, 4, 1978 が挙げている三つの点を参考にした。
 - 11 稲村松雄編『評価と測定』講座・英語教授法 第9巻 (研究社, 1970), p. 27。

(昭和54年10月15日受付)

文連結の要因研究

——「読むこと」の指導——

(英語教育) 山 本 勇 三

A Study of Factors in Sentence Connection

Yuzo YAMAMOTO

When students read, they are inclined to pay their attention mainly to words and phrases, at best sentences. Thus they fail to go beyond the boundaries of sentences, to look at larger stretches of language, and to appreciate the discourse. The author first exemplifies students' abilities to appreciate the discourse through some tests, and then looks into the factors of sentence connection with the aid of A GRAMMAR OF CONTEMPORARY ENGLISH. Thus the author seeks for strategies for teaching reading for deeper appreciation of the text.

は じ め に

わが国における従来の「読み」の指導は、とかく部分的で、文型や語句、連語、そして文法事項の指導に片寄った傾向が見られた。そこで英語学習者も、英文で書かれた内容を理解しようとする際に、とかく語句、文型といった、分割された、部分的言語材料に注意が向けられる傾向にあった。このような部分的学習は、どんなに積重ねられても、英語の文章の内容をじゅうぶんに理解するまでには、まだ距離がある。

そこで昭和48年の中学校学習指導要領に、「言語活動」という新しい柱が立てられ、つづいて昭和45年の高等学校指導要領の改訂に伴って、この柱が組み入れられた。そして昭和53年の高等学校指導要領の改訂にも、同じ柱が引き継がれている。

「読むこと」の言語活動では、音声、文型、語、連語、そして文法事項などを総合的に活用して、文章の内容を全体としてまとめて読みとれることを最終のねらいとし、次の4つの指導事項を示している。

- (ア) はっきりした発音で正しく音読すること。
- (イ) 文の内容を考えながら音読したり黙読したりすること。
- (ウ) 文の内容を理解して、内容が表現されるよう音読すること。
- (エ) 書かれている内容を全体としてまとめて読み取ること。(①:62)

この4つの指導事項の内、(ア)~(ウ)の内容には具体性があるが、(エ)の指導内容はかならずしも具体的ではない。そこで昭和45年改訂の学習指導要領を見ることにする。これには英語Bの「読むこと」の指導事項として次のような5つが示されている。

- (㉞) 語、句および文を読むこと。
- (㉟) 文と文との意味上の関係をつかむこと。
- (㊱) 数個の文から成るパラグラフを読み、その大意をつかむこと。
- (㊲) 数個のパラグラフを読み、その要点や大意をつかむこと。
- (㊳) 平易な英語で書かれたものを多読すること。(②:第2章第3英語B2(1)イ)。

これを見ると、「書かれている内容を全体としてまとめて読み取ること」を行うための具体的な指導内容が示されているように思える。つまり「文と文との意味上の関係をつかむこと」とか、「数個の文から成るパラグラフを読み、大意をつかむこと」と又「数個のパラグラフを読み、その要点や大意をつかむこと」等を指導することにより、「書かれている内容を全体としてまとめて読み取ること」を行うことのできる学力の養成を目指す指導内容が示されている。

本論では学習指導要領に示された「読むこと」の言語活動について、特に文と文とのつながりに焦点づけて、そのつながりの要因について考察したい。

1 読む学力の傾向

英語の授業を行っていると、指導者自身も反省することであるが、とかく語句、文法、構文などの説明に終始し、従って学習者もそれらにこだわってしまいがちである。その結果、文章の理解が語句にこだわってしまい、文全体の意味であるとか、文と文との関係や、要点などを見失ってしまう傾向が強くなってしまふ。個々の文を訳せても、それぞれの文が他の文とどのように結び合わされているのか、全体を総合的に理解するには、まだ距離がある場合が多い。そこで彼らの注意が、文の単位を超えて払われているかどうかを調査をするテストを行い、その結果を考察することにする。

テスト1 次の英文の意味を日本語で表わせ。

I have never met any of my students at cultural events like Noh or art exhibitions, my chief interests now. How sad that they should so ignore their cultural heritage!

(④:17)

かなり学力のある学生の和訳例を検討してみよう。

「私は、私の今最も興味のある能や、美術展覧会のような文化的な事で、私の生徒に1人も決して会ったことがない。彼らが彼らの文化的遺産を無視するということは、何と悲しいことであろう。」

この和訳を検討すると、英文の意味を曲りなりにも日本語で表現していることがわかる。しかし、他の多くの学生の訳もそうであったが、第2文の they should so ignore... の so が何を意味しているのか理解できていない。又は、so の存在にすら気付いていない場合が多い。so が前文に述べられた能の鑑賞や、美術展などに出かけていけないという文化遺産に対する冷淡な態度を表わしていることに気付いていない。

テスト2 次の下線部の英文の意味を、日本語で表わせ。

HOW MODERN IS JAPAN?

When I was writing this chapter for *Japan Now* in 1966, I began: "this is a question Japanese students often ask me."

Today, no one thinks of asking me such a question. Everyone knows that Japan
(1) is one of the most modern and advanced nations in the world. (2) (③:17)

上の文章で、番号を付した(1)の文と(2)の文との関係は、ことばで表わされていないので、その関係を見抜くことが困難であろう。すなわち、(1)の文は、(2)の文の理由を述べているのであるから、(2)の文の前に Because を入れれば、(1)の文と(2)の文の意味関係が明らかになることの理解が困難であるようだ。

次に示すテスト3は、学生が文章を読むときに、文と文との関連を考えると、意味を考えると文と文との境界を越えて理解しているかどうかを調べる目的で作成された。

テスト3 1～6の英文について、前後の文の意味を考えて、()内に適語を入れよ。

- After they ate their lunch, they walked over to Coast Guard Station to send a (A)
to their father. The telegram read : SUCCESS FOUR FLIGHTS THURSDAY
MORNING.
- One day Wilbur was injured seriously in a game like ice hockey. The (B) made
him remain in bed for a long time.
- While Wilbur was in bed, Orville started a small printing business. Later Wilbur
joined him, and the (C) did very well.
- Wilbur and Orville tacked up a photograph on the wall of their bicycle shop. In
the (D) Orville was lying on the wing beside the engine.
- The history of plastics is longer than you might expect. In fact the first man-made
(E) ever to appear on the market was made over a hundred years ago.
- Most of the people who settled the United States were poor. The country (F)
came to was a wilderness. Land had to be cleared of trees in order to make farms.
Mines (G) to be developed. Houses, shops, and public buildings had to be built.
Everyone had to help in (H) building. Manual labor was respected.

<正答および正答率>

A	telegram	80%	B	injury	55%
C	business	42	D	photograph	61
E	plastic	17	F	they	21
G	had	38	H	their	22

この問題は、1～4、6が既習教材について、5は未習教材を使って作成した。

(A)は1.(2)の文の The telegram を読んで telegram を入れる問題。(B)は2.(1)の文の injured から The injury を引き出させる問題。(C)は3.(1)の文の a...business から the business を引き出させる問題。この the がその足がかりとなることを予測している。(D)も、(C)と同じく、In the photograph の the が解答の足がかりと考えて出題した。(E)については、5.(2)の文の In fact が(1)の文の内容をくり返して述べることを示唆している事と、plastic がこの文章のトピックになっていることを読み取ることが必要であろう。(F)および(H)では、それぞれ the people および Houses, shops and public buildings を表す代名詞を要求している。(G)では、6.(3), (4), (5), (6)の文がそれぞれ had to という同じ構文を含んでいることに注目することを要求している。

この問題の正答率を検討してみると、Aの80%を除いては、いずれも低い正答率を示している。特に(E)は正答率が低い。これは言語材料が未習であった事が大いに原因となっていると考えられる。又(F), (H)の代名詞を求める問題は難解であったようだ。これは既習の教材であるにもかかわらず正答率が低い。これは接触節の中の they であるとか、building の意味上の目的語になっている their という難解な言語材料に起因する部分が大いように思われる。

さて(B)の51%について注釈を加えておく。(B)の正答は injury であるが、採点の際に、(B)には、injured に関連のある語が入ることに解答者が気付いていた形跡が見受けられた。例えば injure, injury, injuly などの誤答である。これらも含めると正答率(?)は71%になる。これにより(B)に関しては、

かなりの学生が *Wilbur was injured* と *The injury* との関連に気付いていたことがわかる。

このテスト3は、receptive な読解力を調べるものであるにもかかわらず、productive な内容のテストであるという点が問題である。しかしながら、解答をする前の段階では、読解の作業が十分行われるはずであるから、このテストの所期の目的がある程度達成されたと考えて良いのではなかろうか。そして、このテストの概して低い正答率は、このテストの受検者の文の境界を超えた文章の理解力の弱さを物語っていると言えるのではなかろうか。

では、これまで述べた読む学力の傾向に対して、文と文との関連であるとか、文の境界を超えて内容を理解する力の養成のためには、どのような指導をしたら良いのであろうか。以下に、テスト1～3に含まれている文連結の要因 (factors) について考察することにする。

2 文連結の要因 (Factors in sentence connection)

A Grammar of Contemporary English 第10章 Sentence Connection の中で、R. Quirk らは文結合の要因として次の三つを示している。

- [A] implication in the semantic content
- [B] lexical equivalence
- [C] syntactic devices (④: 652)

同書は、[C] syntactic devices を主として取り扱うと述べ、次のように更に[A]～[G]の項目を示している。

- [A] Time and place relaters
- [B] Logical connectors
- [C] Substitution
- [D] Discourse reference
- [E] Comparison
- [F] Ellipsis
- [G] Structural parallelism (④: 656, 657)

以下テスト1～3の問題点を、この分類に位置づけつつ考察することにする。

テスト1, so

テスト1の so は、上の要因 [C] syntactic devices の pro-forms for adverbials の中に位置づけられ、次のように process adjunct として説明されている。

In formal style, *so* and *thus* are sometimes used as pro-forms for process adjuncts: そして、process adjuncts について、次のように例文をあげ述べている。

The most common pro-forms for process adjuncts (8.34 ff) are (*in that way* and *like that*: *Always be frank and open to your colleagues. That way you'll win their trust and confidence.* [28])

That way in [28] substitute for 'by always being frank and open to your colleagues', ... (④: 683)

このように、so, thus, that, way, そして like that 等の process adjuncts は、前文の多くの内容を担いつつ使われている。読みの指導において、テスト1の so に関して言えば、「学生たちはどのような文化遺産の無視の仕方をしているのか。」という発問などして、so の内容を確かめさせたい。

テスト3, (F) they と (H) their も so と同じく pro-forms であるが、これは pro-forms for noun phrases and their constituents に属する。

ここで syntatic devices の理解を更に深めるために、要因 [A] Time and place relaters の中の place

relaters の一部を引用したい。

Time relaters

- (1) temporal ordering previous to given time reference

ADJECTIVES

earlier, former, preceding, ...

eg He handed in a good essay. His *previous* essays were all poor.

ADVERBIALS

already, as yet, before, ...

eg I shall explain to you what happened. But *first* I must give you a cup of tea. (④: 657)

previous と *first* について次のように注釈されている。

The implication of *previous* is 'previous to the good essay just mentioned'. ... *first* is to be interpreted as 'before I explain to you what happened'. (④: 657)

この注釈により、前に述べた *so* と同様、*previous* も *first* も共に、前文の内容といかに深い関係を持ちつつ使われているかが理解される。ちなみに、それぞれの前文から切り離した場合を考えてみよう。His *previous* essays were all poor. / But *first* I must give you a cup of tea. の二文では、*previous* および *first* の意味内容が、それぞれ不明瞭であるかが容易に理解できよう。又、たとえ二文が続いた形で読むにしても、単に一文ずつ切り離して和訳をして終るのであれば、やはり二文を一つの談話 (discourse) としての理解とはならない。つまり *previous* および *first* を文連結辞 (sentence connectors) として正しく理解していないことになる。すなわち、これらの二文の読みがじゅうぶんでないと言える。

テスト 3 (G) had

この問題は、前後の文の中に共通の構造を捜し出すことを期待している。これは共通の構造の並列が、文連結の要因となっている例である。これは syntactic devices の内、最後の項目 structural parallelism に位置づけられている。次のような例文をあげ、注釈を加えている。

If two or more sentences have identical or very similar structure, this connects the sentences, the connection being further reinforced by lexical equivalences and implications of semantic relationship:

Have you ever seen a pig fly? Have you ever seen a shark walk?

Everybody thinks Joyce is stupid. Nobody thinks she is clever.

この例で理解できるように、類似した構造の繰り返しによって文を連結している。この視点に立つ読みの指導によっても、一文一文の境界を超えた読みの力を養成が可能となるであろう。

テスト 3 (B) injury

この問題は、前文の One day Wilbur was *injured* seriously ... を受けて、The *injury* made him remain in bed ... となることの理解を調べるテストであった。この場合の文連結の要因は、さきに示した要因 (B) lexical equivalence に位置づけられる。この lexical equivalence には、いろいろの段階があつて、一番単純なのは、全く同じ語をくり返す場合である。このことにより文と文との連結が行われる。テスト 3 の (A), (C), (D), (E) がそれである。

しかし lexical equivalence は全く同じ語の反復だけでなく、次のような場合もある。

The monkey's most extraordinary accomplishment was learning to operate a *tractor*.

By the age of nine, the monkey had learned to solo on the *vehicle*.

Last week *Paul McCartney* announced that he was separating from the quartet. The 27-year-old *Beatle* gave several reasons for the break-up. (④: 654)

tractor が *vehicle* に置きかえられたり, *Paul McCartney* が 27-year-old *Beatle* に置きかえられても定冠詞 *the* の助けもあって, 文の結合が行われている。これが更に次のように変形される場合もある。

... it is clear that the equivalents need not have the same syntactic function in the two sentences ...

His initial remarks were *flattering*. The *flattery* made his audience listen more attentively than they would have done otherwise. (④: 654)

flattering と *flattery* のように, 必ずしも同じ機能を果さない場合がある。テスト3(B) *injury* がこれに当たる。

以上述べたように, lexical equivalence という文連結の方法にもいろいろあるので, 読みの指導の際に, このこともふまえておくことも必要であろう。

テスト2

これは, これまで考察をして来た連結の要因とは異なっている。G. C. E. の文連結の要因の中では, [A] implication in the semantic content に位置づけられよう。そこでは次のように説明されている。

A reader normally expects coherence and takes it for granted that there is a connection between sentences that occur sequentially in speech or in writing. He searches for relationships implied by the juxtaposition of sentences with their semantic interpretation. (④: 653)

文の集まったものが, 互に意味のつながりのある text (⑦: 1) であれば, それを読む者は, 文と文との間の意味関係を求める。その際に, これまで考察してきた場合では, 必ず文と文とを連結する語句が示されていた。しかしテスト2の場合はどうであろうか。少し詳細に考察してみよう。

HOW MODERN IS JAPAN?

(1) When I was writing this chapter for *Japan Now* in 1966,

(2) I began: "this is a question Japanese students often ask me."

Today, no one thinks of asking me such a question.

(3) Everyone knows that Japan is one of the most modern and advanced nations
(4) in the world.

文(3)と文(4)を眺めると, まずこれまで考察してきた syntactic devices も, 又 lexical equivalents も見当たらない。それでもなお, 二文の間には, さきに考察したように因果関係が認められる。これが implication in the semantic content という項目に分類される理由となっている。

G. C. E. では implication in the semantic content については軽く触れてあるだけで, その正確な定義までは明確ではない。しかし文(3)と文(4)のように, syntactic devices も lexical equivalence も認められないのに, 二文が text と認められる場合を, implication in the semantic content とし, 一つの文連結の要因 (a factor in sentence connection) としたもののようである。次のように, 同書では implication in the semantic content の例の一つとしてある段落を示し, 注釈を加えている。

(i) We sometimes rather thoughtlessly criticize an announcement or a government form which refers to 'male persons over the age of twenty-one years'. (ii) What ridiculous jargon, we think; why couldn't this pompous official have used the word 'man'! ...

... sentence (ii) is an exemplification of the content of (i) and it is possible to make

this relationship explicit by attaching (say) *for instance* to (ii).

(ii)は(i)の文の一般的内容を具体的に表現している。(i)の 'male persons over the age of twenty-one years' を criticize するという表現が、(ii)では、What ridiculous jargon, ... とか、Why couldn't this pompous official ... と言った具体的な表現で言い換えられている。(i)と(ii)には we が繰り返されたり、(i)の 'male persons over the age of twenty-one years' が(ii)では ridiculous jargon と置き換えられて(i)と(ii)の連結を強化をしているが、やはり(i)と(ii)を最も強く結びつけているのは、一般的表現の文(i)と、その具体的内容を表わしている文(ii)との関係であろう。

このように、syntactic devices とか、lexical equivalence がなくても、又たとえあっても、それらを超えて文を連結する要因があることを認めて、G. C. E. では、implication in the semantic content を別の要因としたように考えられる。すなわち、syntactic devices も lexical equivalence も、共に文の一部分である語句に関する文連結の要因であるが、implication in the semantic content に見られる文連結は、各々の文全体に関する文連結の要因であるように考えられる。

ま と め

以上、G. C. E. の文連結の要因〔A〕implication in the semantic content, 〔B〕lexical equivalence, 〔C〕syntactic devices の中に、テスト1～3の問題を位置づけつつ、文連結の要因を考察してきた。これにより、日常それほど意識していなかった、語句および文の文連結の働きを確認し、今後の「読むこと」の指導の足がかりを検索した。

なお、G. C. E. は、文連結の要因を大きく3つに分けているが、H. G. Widowson は cohesion と coherence (⑤: 24-44) とに分けている。又、「文と文のつながり」を形成する要因として、A指示的要因とB配列的要因(⑥: 6)という分け方もある。今後文連結の要因の分類の方法についても更に研究を深めて行きたい。

参 考 文 献

- ① 高等学校学習指導要領，文部省，1978
- ② 高等学校学習指導要領，文部省，1970
- ③ Kircup, J., *New Japan Now*, 英潮社，1979
- ④ Quirk, R. et al, *A Grammar of Contemporary English*, London, 1972
- ⑤ Widowson, H. G., *Teaching Language for Communication*, OUP, 1978
- ⑥ 柳井智彦，「リーディング指導における文脈の問題」，『中国地区英語教育学会紀要』№9，1979
- ⑦ Halliday, M. A. K., *Cohesion in English*, London, 1976

(昭和54年10月15日受付)

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

(機械工学科) 久保田 勲

Study on the Difference between Theoretical and Practical Density of Diesel Smoke

Isao KUBOTA

The correlation between carbon concentration and smoke opacity of diesel exhaust gas is theoretically shown as an exponential curve, but the readings of a paper-filter-type smokemeter don't agree with the theoretical values, showing a different curve from exponential.

We report on the contents and results of the experiments carried out under the expectation that the sampling speed be the main cause for the above difference.

§ 1 緒 言

ディーゼル排気ガス中に含まれるカーボン粒子の量と排気濃度測定値との関係は、理論的には指数曲線で表わされるが、濾紙式スモークメータを用いて得た実測値は理論値と一致せず、指数曲線とは全く異なった曲線を描く。この差の主要因が採取速度にあるのではないかとの予想のもとに行なった実験の内容と結果を報告する。

§ 2 理論値と実測値の差について

排気ガスの濃度 S と採取カーボン量 x との関係については、若干の理論式⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾が発表されているが、その定数の意味に多少の相違はあるにしろ、何れも次式の形で表わされる。

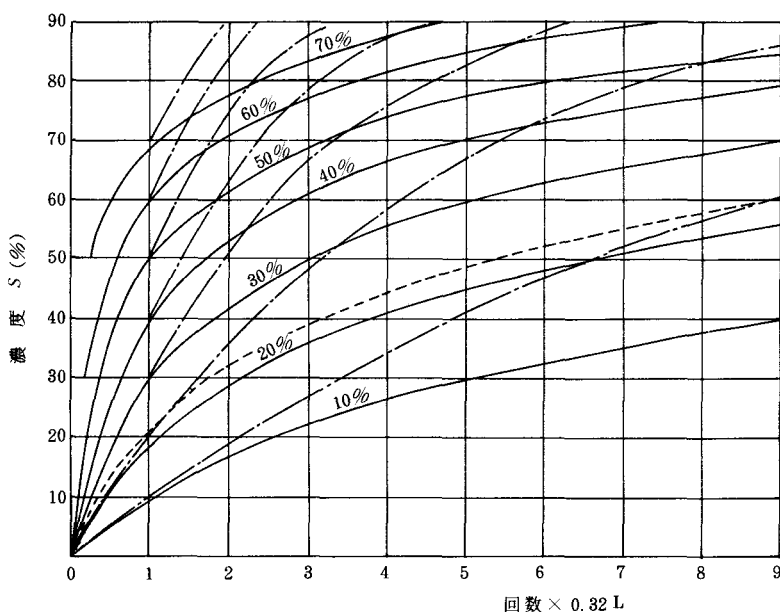
$$S = 1 - e^{-Kx} \dots\dots\dots (1)$$

あるいは

$$S = 1 - e^{-kn} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 K , k は定数、 n は採取回数である。

しかるに濾紙式濃度計を用いて繰り返し採取を行なった場合、濃度実測値が、式(2)の理論値 S と非常に食い違って来る。その状況を図1に示す。これは Malschaert⁽⁴⁾ のものであるが、鎖線は理論曲線、実線は実測曲線で、また点線は吾々の実験によるもので、何れも理論値と実測値とは全く一致しないことがわかる。

図1 濃度 S とパス回数との関係

§ 3 原因の検討

スモークメータの極めて簡単な構造から、実験時に介入すると考えられる誤差要因は少なく、考えられるものは(1)各部からの空气の漏入(2)汙紙を通過する微細カーボン粒子(3)採取管系内の残留空气(4)採取速度などであるが、(1)の内容として考えられるシリンダとピストンの間隙、汙紙保持部の間隙、及び採取管継手部からの空气洩れは、構造上一応無視してよいであろうし、かつ洩れがあったとしても、各採取時に均等に影響するので除外してよい。(2)については、通過カーボン粒子は存在するが、その状況は同一種類の汙紙を使用する限り、影響は均等であるから問題はない。ただし汙紙へのカーボンの堆積量が増すにつれて、汙紙の目詰りを生じ、通過粒子量は減少して汙紙濃度は増加する傾向を示すが、その影響は極めて僅かであるし、かつ理論値と実測値の差の傾向とは逆方向に影響するので、これも無視してよい。(3)についても、仮に残留空气が存在するとしても、各採取行程における影響は常に一定であるから、これも原因とは考えられない。したがって(4)項について検討してみる。

ガスの採取回数の増加と共に、汙紙のカーボン堆積量が増えて汙紙抵抗が増すので、ピストン平均速度 w_p は低下して行き、これがストローク当りのカーボン吸着量に影響を及ぼすのではないか。この推定が正しいとすれば、 $w_p = \text{一定}$ のもとに採取を行なった場合、理論曲線と実測曲線は一致する筈である。そこで定速採取実験を行なった。

図2に定速採取装置の概要を示す。排気流内に挿入したゾンデ①を通して、採取シリンダ②内に排気

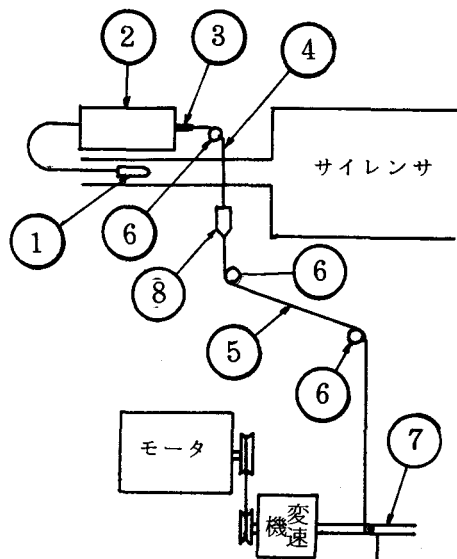


図2 定速採取装置機構図

ガスを採取するが、ピストンロッド③の一端に結んだ紐④⑤を、滑車⑥を介して変速機軸⑦に巻きつけ、⑦の回転数を一定にしてピストンを一定速度で移動させる。⑧はクリップで、一行程の採取が終れば自動的に紐④と⑤の結合が外れるようにしてある。ピストンの背圧を逃がすため、図3に示すように、採取シリンダのばねとキャップを外して、背圧逃し孔を有する木製栓①を装着した。

3.1 排気ガス速度の大きい場合

約4m/secの排気流(排気管末端)にゾンデを挿入し、 $w_p = 0.122\text{m/sec}$ の採取速度で、2種類の運転条件のもとにおける濃度実測値と理論値を比較したものが図4である。理論式は、 $n = 1$ に対する実測値 S を式(2)に代入して k を決定した。

図4が示すように、理論値と実測値の関係は、従来の関係(図1)と全く変わらず、採取回数に伴うピストン速度の変化は、理論値と実測値の差の原因ではないことがわかった。

3.2 排気ガス速度の小さい場合

しかし更に考えてみると、汙紙へのカーボン付着性能に影響する採取速度とは、直接にはピストン速度ではなくて、汙紙へのガスの流入速度 w_g である。パス回数が増えると共に汙紙の抵抗が増すので、ピストン速度 w_p が一定でも w_g は減少すると考えられる。前記実験では、図5に示すように、重量を有するカーボン粒子が、 $w_e = 4\text{m/sec}$ という可成りの高速のガスと共に流れているので、その慣性力を考えると、吸入ガス速度 w_g が変化すれば、カーボン付着量も変化する筈である。そうだとすれば、ガス速度 $w_e = 0$ の条件のもとに採取すれば、慣性力は作用せず、したがって w_g の影響は除去されるであろう。そこで排気管系の途中に大径の管胴部を設けて流速を落とし、 $w_e \doteq 0$ (計算値 0.028m/sec)とし、その中にゾンデを挿入して試料を採取した結果を図6に示す。理論曲線と実測曲線との関係は依然として変化は認められず、カーボン慣性力も差の原因ではないことがわかった。

図6において興味のあるのは、 $505\text{r.p.m.} \times 4\text{PS}$ という一定運転条件下の排気濃度実測値が、ピストン速度によって異なる傾向の認められることである。そこで一定運転条件のもとに w_p を変化させて再実験した結果を図7に示す。明らかに排気濃度 S は w_p によって変化し、 w_p と共に減少することがわかる。ただ w_p の低速領域では、ほぼ濃度一定の過程が認められる。前述したように、ピストンとシリンダその他の間隙からの空気の流入は無視できると一応考えた

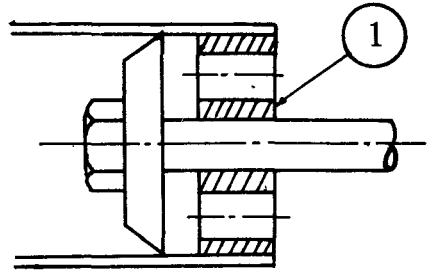


図3 背圧逃し装置

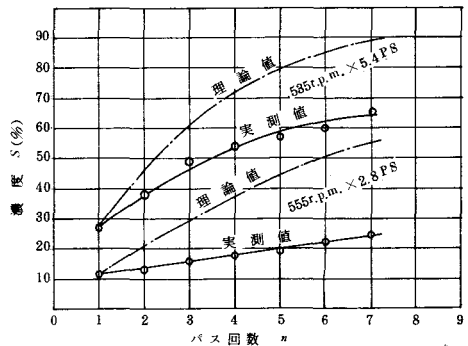


図4 採取回数と排気濃度との関係
(排気流速が大きい場合)

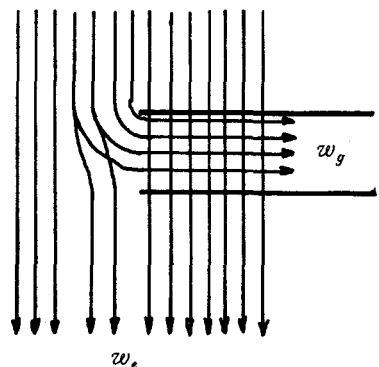


図5 ガス流速 w_e と吸入速度 w_g の状態

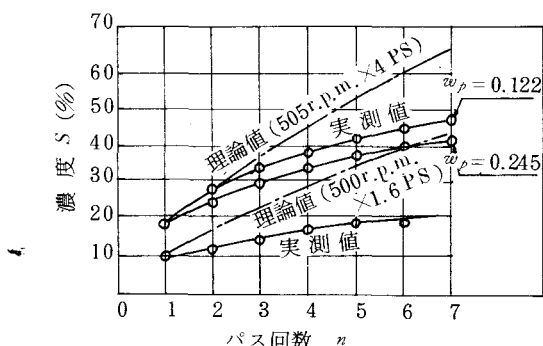


図6 採取回数と排気濃度との関係
(排気流速ゼロの場合)

が、実際には w_p が高速になると、シリンダ内の真空度が急速に上昇し、流入空気が増加して採取ガス量が減少するのが、この原因ではないかと思う。

過去の研究⁽⁶⁾で、主として低速採取速度領域における S と w_p との関係として図8が得られている。これは排気管内の高速排気から採取した時、すなわちカーボン粒子の慣性が作用している場合であるが、速度と共に濃度実測値は急激に増加を示し、慣性の影響が明らかに認められる。

図7によって考察すると、各パス当りのカーボンの汙紙への吸着量が常に一定とすれば、当然理論曲線を画くべきである。一方パス回数 n と共に採取速度は低下して行くが、図7から濃度は採取速度の低下と共に次第に増加するので、実測値は理論値よりもむしろ大きくなることになるが、実状はこれに反しており、矢張り採取速度の変化は、理論濃度値と実測濃度値との差の原因ではないと結論づけられる。

§ 4 結 言

以上の結果を要約すると次のようになる。

- (1) ピストン速度一定のもとに試料を採取しても、理論曲線と実測曲線とは一致せず、その相互関係は従来と殆ど変らない。
- (2) ガスの汙紙への流入速度の影響を除去(カーボン粒子の慣性の影響を除去)しても、結果は全く同様である。
- (3) パス回数の増加に伴う採取速度の低下は、汙紙濃度を増加させる筈であるが、実状はこれと逆傾向を示し、採取速度もまた、理論値と実測値の差の原因とは考えられない。

すなわち濃度の理論曲線と実測曲線が一致しない原因は、スモークメータの特性以外の要因によるものとの結論を得た。

参 考 文 献

- (1) 橋爪, 辻村: ディーゼル機関の排気濃度, 内燃機関, Vol. 4, №33, 1965
- (2) 倉林俊夫他: 汙紙式排気濃度計の読みとカーボン量との関係について, 内燃機関, Vol. 10, №113, 1971
- (3) 久保田: ボッシュ排気濃度についての理論的考察, 日本機械学会講演論文集, №728, 1972

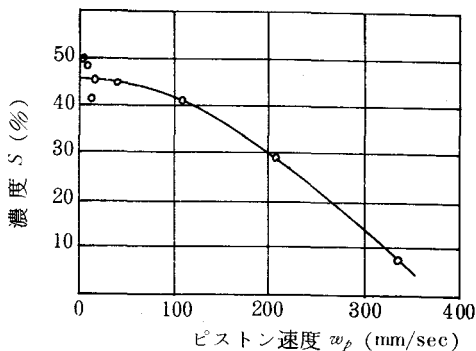


図7 採取速度と排気濃度との関係
(排気流速ゼロの場合)

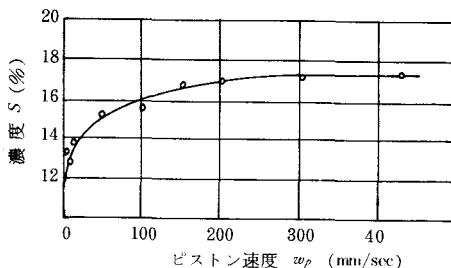


図8 採取速度と排気濃度との関係
(排気流速が大きい場合)

- (4) F. P. Malschaert: Diesel exhaust smoke density measurement, Mech. Power, 58-689, 1962
- (5) 久保田：排気濃度計用紙の透過率について，機械学会，精機学会講演論文集，1973
- (6) 井上博行，佐々木規：ディーゼル排気濃度に及ぼす要因の検討，卒業研究，51年3月

（昭和54年10月15日受付）

濾紙式スモークメータのピストン速度について

(機械工学科) 久保田 勲

Study on the Piston Velocity of Paper-filter-type Smokemeter

Isao KUBOTA

The paper-filter-type smokemeter is widely used to measure the diesel smoke, but the characteristics of the factors governing the smokemeter readings have been discussed unexpectedly little.

Here we, taking up the velocity as a factor, compare the practical velocity with the theoretical one of a smokemeter piston, using simplified theoretical formulas.

§ 1 緒 言

濾紙式スモークメータは、ディーゼル機関の排気濃度の測定に広く用いられているが、それを用いて得られる濃度実測値に及ぼす諸要因の影響については、意外なほど不明な点が多い。ここでは採取ピストンの速度特性をとり上げ、簡単な理論式を立てて理論速度を導き、それを実際の速度と比較検討した結果を報告する。

§ 2 スモークメータの原理と構造

ここでスモークメータの原理と構造とを簡単に述べると次の通りである。

図1に示すように、排気管①から流れ出る排気流に採取ゾンデ②を挿入し、途中に濾紙③を装着し、スプリング④により採取ピストン⑤を移動させると、一定容積(330c.c.)のガスが採取シリンダ⑥の中へ流入して来るが、この際排気ガス中のカーボン粒子は濾紙の表面に吸着される。⑦は背圧の逃し孔である。この試料に一定量の光を投射し、その反射光量を測定して排気濃度とする。

§ 3 採取ピストンの理論速度

上記のスモークメータの機構を図2のようにモデル化して、採取ピストンの理論速度を求めてみる。
記号を次のように定める。

k : ばね定数

w_1 : ピストン速度

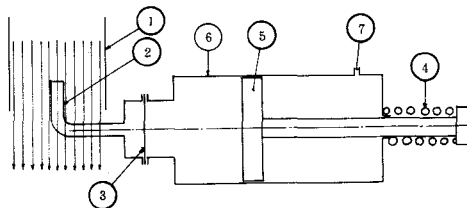


図1 濾紙式スモークメータ原理図

W : ピストン重量

A_2 : 背圧逃孔全面積

g : 重力の加速度

v_2 : 大気比容積

m : ピストン質量

x_0 : ばねの初期撓み

D_1 : ピストン直径

A_1 : ピストン面積

p_1 : ピストン背後の圧力

v_1 : ピストン背後の空気比容積

v_1' : 汙紙直前の排気ガスの比容積

D_2 : 背圧逃孔直径

w_2 : 逃空気速度

p_1' : 汙紙直前の圧力

v_2' : ピストン前面のガス比容積

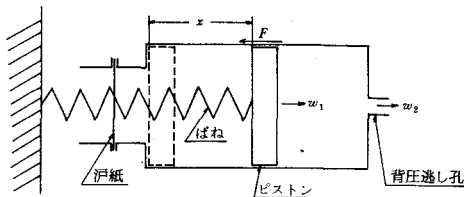


図2 採取ピストンの力学的機構図

A_p : 汙紙の有効面積

p_2' : ピストン前面のガス圧

p_2 : 大気圧

x : ピストンの移動距離

w_1' : 汙紙への排気ガス流入速度

F : ピストンの摩擦抵抗

ピストン作動中は、空気流及びガス流は定常的とし、かつ $p_1 - p_2$ は小さいので $1/v_1 = 1/v_2 = 1/v_1' = 1/v_2' = r$ 一定と考えて、ベルヌイの法則が適用できるものとすれば、運動方程式は

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = k(x_0 - x) - A_1(p_1 - p_2') - F \quad \dots\dots\dots (1)$$

連続の式より

$$\begin{aligned} A_1 w_1 &= A_2 w_2 = A_p w_1' \\ \therefore \frac{w_2}{w_1} &= \frac{A_1}{A_2}, \quad \frac{w_1'}{w_1} = \frac{A_1}{A_p} \quad \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

ベルヌイの式より

$$\left. \begin{aligned} p_1 + \frac{r w_1^2}{2g} &= p_2 + \frac{r w_2^2}{2g} \\ p_1' + \frac{r w_1'^2}{2g} &= p_2' + \frac{r w_1'^2}{2g} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで $w_1 = w_{pt}$ と書くこととし、かつ $p_1' = p_2$ として(3)に(2)を代入すると

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 + \frac{r w_{pt}^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right\} \\ p_2' &= p_2 + \frac{r w_{pt}^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - \left(\frac{A_1}{A_p} \right)^2 \right\} \\ \therefore p_1 - p_2' &= \frac{r w_{pt}^2}{2g} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - \left(\frac{A_1}{A_p} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

(4)を(1)に代入すると

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{m} (\ell x_0 - F) - \frac{\ell}{m} x - \frac{A_1 \tau}{2 q m} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - \left(\frac{A_1}{A_p} \right)^2 \right\} w_{pt}^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

すなわち次式で表わされる。

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a - bx - cw_{pt}^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし} \quad a &= \frac{\ell x_0 - F}{m} \\ b &= \frac{\ell}{m} \\ c &= \frac{A_1 \tau}{2 q m} \left\{ \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - \left(\frac{A_1}{A_p} \right)^2 \right\} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

これを解くと

$$w_{pt}^2 = \left(\frac{a}{c} + \frac{b}{2c^2} \right) - \frac{b}{c} x + \left\{ w_{p0}^2 - \left(\frac{a}{c} + \frac{b}{2c^2} \right) \right\} e^{-2cx} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ただし w_{p0} はピストン初速である。

ここで

$$\frac{a}{c} + \frac{b}{2c^2} = A, \quad \frac{b}{c} = B$$

とすれば

$$w_{pt}^2 = A - Bx + (w_{p0}^2 - A) e^{-2cx}$$

$$\therefore w_{pt} = \sqrt{A - Bx + (w_{p0}^2 - A) e^{-2cx}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9)式中の各実測値および関係計算値は次のとおりで、

$$\begin{array}{ll} w_{p0} = 0.6 \text{ (m/sec)} \text{ (測定法は後述)} & F = 1.39 \text{ (kg)} \\ m = 46.7 \times 10^{-3} \text{ (kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m)} & a = 37.0 \text{ (m/sec}^2\text{)} \\ \ell = 22.6 \text{ (kg/m)} & b = 484 \text{ (1/sec}^2\text{)} \\ x_0 = 138 \times 10^{-3} \text{ (m)} & c = 38.7 \text{ (1/m)} \end{array}$$

となるが、ここで c の値について考えると、背圧逃孔の流量係数を μ とすれば、実際には A_2 の代りに μA_2 を用いるべきである。 μ の実測は困難であるが、開孔比 $r = (D_2/D_1)^2 = (3/60)^2 = 2.5 \times 10^{-3}$ が非常に小さいので、 $\mu = 0.5$ と仮定すれば $c = 152$ となり、これを用いると

$$A = \frac{a}{c} + \frac{b}{2c^2} = 0.253$$

$$B = \frac{b}{c} = 3.18$$

$$\therefore w_{pt} = \sqrt{0.253 - 3.18x + (w_{p0}^2 - 0.253) e^{-304x}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

上記のうち摩擦力 F の測定は非常に困難であるが、採取シリンダのキャップとばね、および汙紙を取外し、他は実験時と同じ状態に組んだまま、ピストンロッドの先端をばね秤で引張ってその示度を読む

こととしたが、示度は引張り速度によって著しく変化することがわかった。これは装置の組立精度、特にピストン軸心と案内棒軸心の平行度不良によるこじれ(図3参照)などが介入するためと思われるが、ほぼ実測速度曲線に合わせて、引張り始めに0.6m/sec、終りに0.2m/sec位になるように引張ったところ、次の値を得た。

$$F = 1.39 \sim 0.20 \text{ (kg)}$$

計算には一応 $F = 1.39 \text{ kg}$ の値を用いることにした。

§ 4 ピストン速度の測定

4.1 ピストン速度測定装置の概要

前記の式(10)が正しいかどうかは実験によって確かめなければならない。このためのピストン速度測定装置の概要を図3に示す。

排気管①に固定した採取シリンダ③により、ゾンデ②を通して排気ガスを採取する。ピストンロッド④の末端にピックアップ⑤を取付け、約1mmの間隙を保ってラック⑥上を移動させる。⑦はピストンロッドに固定された案内板、⑧はラックと平行な案内棒、⑨⑩は案内棒支持板である。試料採取時にはピックアップ⑤はラック⑥上を平行に移動すると共にパルスを発生し、速度に比例した周波数をD/A変換器に入力、出力をアナログ化して電磁オシロに画かせる。

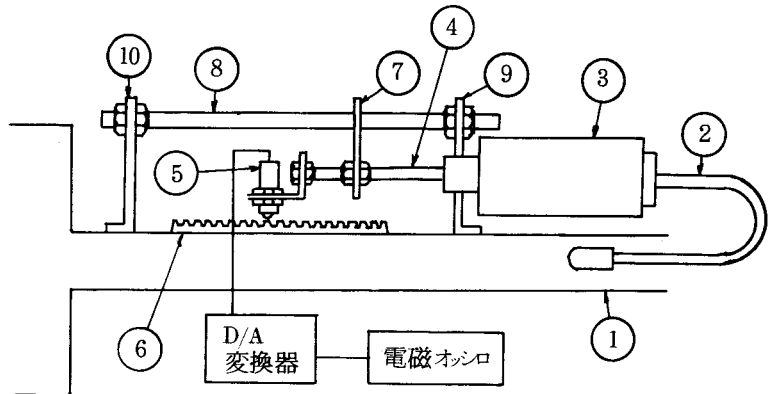


図3 ピストン速度測定装置

4.2 ピストン速度実測値

上記測定装置を用いて、下記のように種々の場合について w_p-t 線図(ピストン速度と時間の関係)を採取した。

(1) 汙紙を装着しない場合

図4に測定結果を示す。横軸が全ストロークの所要時間を、縦軸がピストン速度を表わす。縦横寸法をmm単位で記入してある。

(2) カーボン付着汙紙を用いた場合

採取回数 n が増加すると共に汙紙付着カーボン量が増すので、汙紙抵抗が増えて w_p は低下する筈であるから、参考までに各種濃度汙紙を用いて w_p の変化を調べてみた。使用汙紙の濃度を表1に、採取データを図5に、その所要時間(横寸法)と初速(縦寸法)をプロットした結果を図6に示す。

図6によれば、汙紙濃度と共に初速が低下し、かつ1行程に要する時間が増大し、したがって1行程中の平均速度が低下することがわかる。バラツキには汙紙自身の抵抗の不同が関係している。汙紙を装着しない場合とした場合とでは、明らかに平均速度が異なるが、これは汙紙抵抗の有無によるもので当

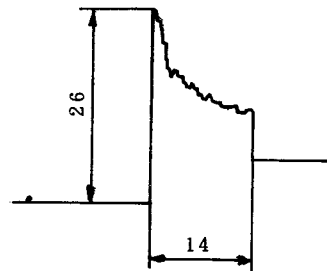


図4 汙紙を装着しない場合の w_p-t 線図

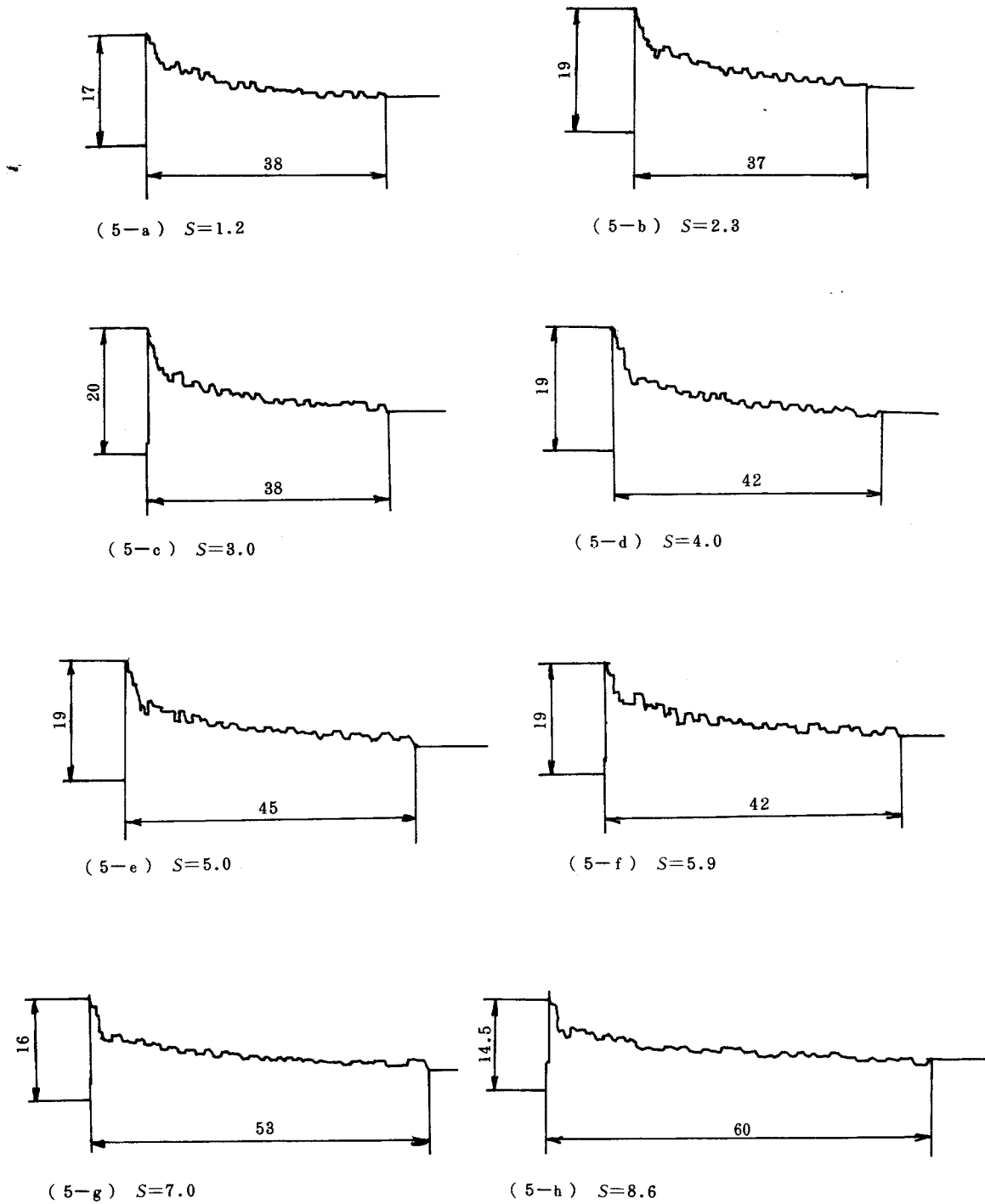


図5 汚染沱紙を装着したときの w_p-t 線図

然である。

表1 試料汙紙濃度

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
試料濃度	1.2	2.3	3.0	4.0	5.0	5.9	7.0	8.6

§ 5 理論速度の検討

式(10)で表わされる理論速度が実際と一致するかどうかを調べてみる。

式(10)では $w_{pt}=f(x)$ の形となっているが、実測曲線は $w_{pt}=f(t)$ の形で得られる。式(10)が積分できないので、直接には理論値と実測値の比較ができない。そこで採取ストローク x を変化させて実測曲線を描かせると、 x に相当するピストン速度 w_p が求められる。一方 x を式(10)に代入すれば、 x に相当する理論速度 w_{pt} が求められ、 w_p と w_{pt} を比較すればよいことになる。

x を20, 40, 60, 80, 100, 110, 120mmと変化させ、上記の要領で実験した結果を図7に示す。ただし汙紙を装着しない時で、すなわち式(7)における c の値の $A_1/A_p = 0$ の場合に相当する。

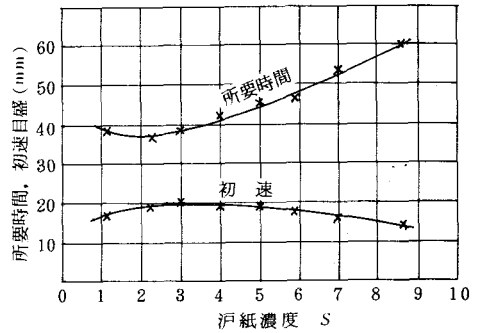


図6 汙紙濃度 S と所要時間及び初速との関係

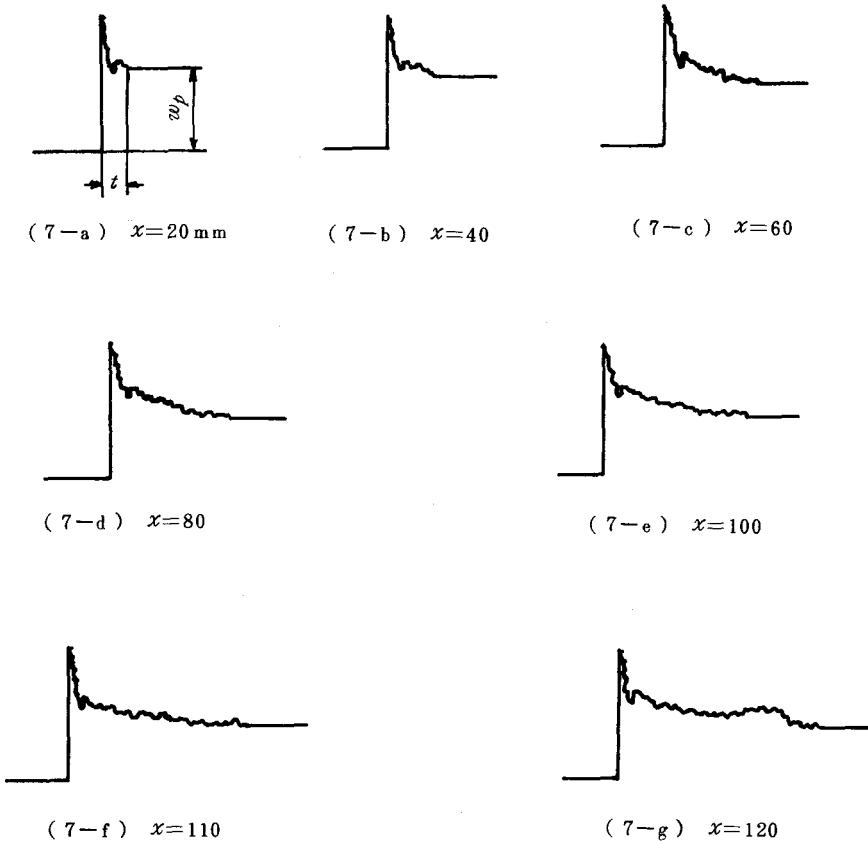


図7 ストローク x を変化させたときの w_p-t 線図

この w_p を定量化するには、一定速度でピストンを移動させた場合の基準の尺度を知る必要がある。図8はその実験結果で、ピストンを定速 0.122m/sec で移動させた時の w_p-t 線図である。一定回転軸に紐を巻きつけてピストンを引張った際、回転軸に心振れがあったため曲線が波打っているが、この平均値をとると約2.6目盛となる。したがって、1目盛 $= 0.122/2.6 = 0.0469\text{m/sec}$ となり、これで換算を行なうと、図7のデータより表2のような x と w_p との関係が得られる。

表2の初速 $w_{p0} = 0.6$ を式(10)に代入すれば次式を得る。

$$w_{pt} = \sqrt{0.253 - 3.17x + 0.107e^{-3.04x}} \dots\dots\dots (11)$$

(11)式を用いて x と w_{pt} との関係を求めると、同じく表2の数値を得る。これをプロットしたものが図9であるが、 $x = 50\text{mm}$ までは実験曲線と理論曲線とはよく一致するが、 $x = 60\text{mm}$ あたりから急に外れ始め、 $x = 80\text{mm}$ では $\sqrt{\quad}$ 内の値が負となって来る。この原因は前記の摩擦力 F にあると考えられる。すなわち式(11)は $F = 1.39\text{kg}$ が全行程にわたって一定に作用するとして導いたが、実際には、既に述べたように、 F は 1.39kg から 0.2kg まで漸減して行くので、 $x = 120\text{mm}$ のとき $F = 0.2\text{kg}$ として次式(12)より w_{pt} を求めると図9のA点となり、これを理論曲線①と滑らかに結べば実験曲線②とはほぼ一致する。

§ 5 結 言

沱紙式スモークメータの機構を簡単なモデルでシミュレートして、ピストン理論速度を求めたところ、沱紙を装着しない場合はよく実測値と一致した結果が得られ、ピストン速度はほぼ指数曲線的に変化することがわかった。

沱紙を装着した場合については、沱紙抵抗が採取速度と共に変化するのので、簡単な理論式の誘導は困難であるが、実測曲線はやはり指数関数的となり、沱紙に堆積するカーボン量と共にピストン速度は小さくなって行く。

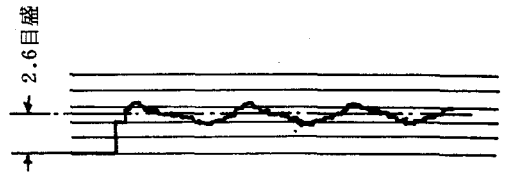


図8 ピストン定速時の w_p-t 線図

表2 x と w_{px} 及び w_{pt} との関係

x (mm)		0	20	40	60	80	100	110	120
w_p	目 盛	12.6	10.5	7.7	6.5	6.0	5.7	5.5	5.4
	m/sec	0.6	0.44	0.36	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25
w_{pt}	m/sec	0.6	0.44	0.36	0.25	0.40	0.32	0.26	0.24
		式(11)より			式(12)より				

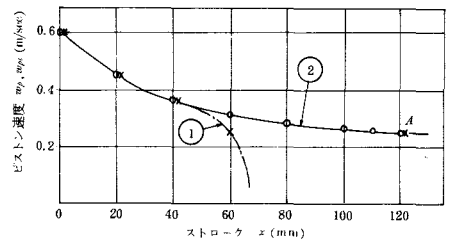


図9 ストロークと速度との関係

インボリュート接合カムの研究 (第2報)

—— 揺動従動節 ——

(機械工学科) 糸 島 寛 典
福 永 恭 一*

Studies on the Connective Involute Cam (2nd Report) —— Oscillating Follower ——

Hironori ITOSHIMA
Kyoichi FUKUNAGA

The connective involute cam has a profile composed of three involute curves and the motion of the reciprocating follower with a circular arc had been analysed in the 1st report.

In this report, the motion of the oscillating follower with a circular arc or with a flat plate is analysed. The maximum acceleration of the follower, the pressure angle and the specific sliding of cam are discussed. Further, when the oscillating angle of a follower and the rotating angle of a cam are specified, the design of the best cam is decided.

§ 1 緒 言

前報¹⁾において往きと戻りの両行程におけるカムの輪郭に3個のインボリュート曲線を、各インボリュート曲線の縮閉線(円弧)が連続するように接合したインボリュート接合カムにおいて、その縮閉線の交点をカムの回転軸とし、従動節の運動および押進め角、滑り率等を論じた。

本報告においてはこのインボリュート接合カムを用いて円弧または平板の揺動従動節の運動と押進め角および滑り率等を解析し、揺動角、最大角加速度、カムの最大滑り率を指定し、カムと従動節の軸間距離を基準とし、円弧従動節においては最適の従動節の長さおよび円弧半径、平板従動節においては最適のオフセット量を求める。

このカムは往復従動節の場合と同様に行程の始点と終点において角加速度は零となる。また往復動の場合と違ってカムの輪郭が対称形であっても両行程の運動曲線、押進め角および滑り率は異なるはずで、それを調べ理想的な加速度線図が得られるカム機構の設計を行う。

§ 2 記 号

r_{g1}, r_{g2}, r_{g3} : 第1, 2, 3インボリュート曲線の基礎円半径

*徳山工業高等専門学校, 機械電気工学科

- α, β, γ : 第1, 2, 3 インボリュート曲線の作用角
 Σ : 往き行程のカムの作用角
 n_2, n_3 : r_{q2}, r_{q3} の r_{q1} に対する比
 ϕ : インボリュートのパラメーター
 ϵ : 輪郭上の点と始点の曲率半径のなす角
 d : カムと従動節の軸間距離
 l : 従動節の長さ
 r : 従動節の円弧(ローラ)半径
 f : 平板従動節のオフセット量
 θ_d : カムの上昇点の停留角
 θ_e : カムの下降点の停留角
 ψ : 従動節の揺動角
 φ : 従動節の角変位
 $d\varphi/d\theta$: 従動節の角速度係数
 $d^2\varphi/d\theta^2$: 従動節の角加速度係数
- R_0 : カムの基礎円半径
 t : カムの高さ
 k : α に対する γ の比
 θ : カムの回転角
 θ_0 : 往き行程のカムの回転角
 θ_r : 戻り行程のカムの回転角
 ϕ : 押進め角
 ω_1 : カムの角速度
 ρ_T : カムの輪郭の曲率半径
 σ_1 : カムの滑り率
 σ_2 : 従動節の滑り率
 μ : 摩擦係数
 φ_0 : 従動節の始点の角変位

§3 インボリュート接合カムの輪郭

図1はインボリュート接合カムの往き行程のカムの輪郭 $ABCD$ を示す。第1 インボリュート AB は中心 O_1 , 半径 r_{q1} の円弧 PO を基礎円とするインボリュート曲線で, \widehat{PO} がその縮閉線である。直線 AO, BP はそれぞれ A, B 点の曲率半径で, そのなす角を α とすれば $\angle O O_1 P = \alpha$ となる。 $OA = R_0$ とし, これがカムの基礎円半径である。

第2 インボリュート BC は中心 O_2 , 半径 r_{q2} の円弧 PQ を基礎円とするインボリュート曲線で, \widehat{PQ} がその縮閉線で, CQ は C 点の曲率半径で, BP と CQ のなす角を β とすれば $\angle P O_2 Q = \beta$ となる。

第3 インボリュート CD は中心 O_3 , 半径 r_{q3} の円弧 QO を基礎円とするインボリュート曲線で, \widehat{QO} はその縮閉線で, DO は D 点の曲率半径で, CQ と DO のなす角を γ とすれば $\angle O_2 O_3 O = \gamma$ となり, $\angle AOD = \alpha + \beta + \gamma = \Sigma$ となり, Σ は往き行程のカムの作用角である。

3 個の縮閉線 OP, PQ, QO は P, Q 点で連続である。カムの高さを t とすれば $t = OD - OA$ となる。

3.1 作用角 $\Sigma, \alpha, \beta, \gamma$ と t を指定して r_{q1}, r_{q2}, r_{q3} の決定

前報¹⁾により $\Sigma, \alpha, \beta, \gamma$ を指定して, $n_2 = r_{q2}/r_{q1}$, $n_3 = r_{q3}/r_{q1}$ とすれば r_{q1}, r_{q2}, r_{q3} はカムの高さ t により次式のようになる。

$$n_2 = \frac{r_{q2}}{r_{q1}} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\Sigma + \beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2} \sin \frac{\beta + \gamma}{2}}, \quad n_3 = \frac{r_{q3}}{r_{q1}} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2} \sin \frac{\alpha + \beta}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2} \sin \frac{\beta + \gamma}{2}} \quad \dots\dots\dots (1), (2)$$

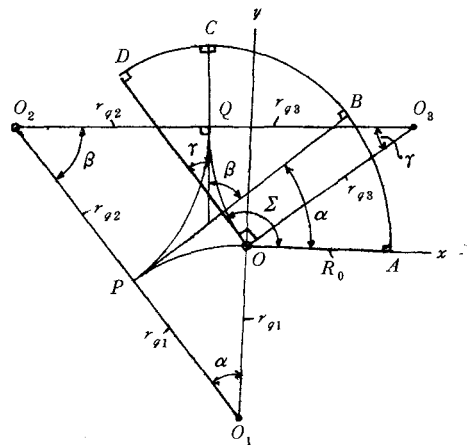


図1 インボリュート接合カムの輪郭

$$r_{q1} = \frac{180^\circ t}{\pi(\alpha - n_2\beta + n_3\gamma)} \quad , \quad r_{q2} = n_2 r_{q1} \quad , \quad r_{q3} = n_3 r_{q1} \quad \dots\dots\dots (8), (4)$$

前報¹⁾と同様 $\Sigma = 120^\circ$, $t = 1$ とし, α , β , γ をそれぞれ指定した場合の r_{q1} , r_{q2} , r_{q3} を表1に示す。

表1 $\Sigma = 120^\circ$, $t = 1$

例	α°	β°	γ°	r_{q1}	r_{q2}	r_{q3}
1	10	90	20	9.08500	1.32043	4.26422
2	10	80	30	10.08788	1.64443	2.93238
3	10	70	40	11.31657	2.09122	2.26288
4	10	60	50	12.86846	2.73834	1.85824

3.2 往き行程のカムの輪郭の

xy 座標と曲率半径の総括

前報¹⁾において求めたカムの輪郭を示す xy 座標による式と曲率半径を求めた式を少し変形し, まとめて次に示す。

(1) 第1インボリュート曲線 AB

($0 \leq \varepsilon \leq \alpha$)

$$x_T = \rho_T \cos \varepsilon - r_{q1} \sin \varepsilon \quad , \quad y_T = \rho_T \sin \varepsilon - r_{q1} (1 - \cos \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho_T = R_0 + r_{q1} \varepsilon \quad \dots\dots\dots (6)$$

(2) 第2インボリュート曲線 BC ($\alpha \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta$)

$$\left. \begin{aligned} x_T &= \rho_T \cos \varepsilon - (r_{q1} + r_{q2}) \sin \alpha + r_{q2} \sin \varepsilon \\ y_T &= \rho_T \sin \varepsilon + (r_{q1} + r_{q2}) \cos \alpha - r_{q2} \cos \varepsilon - r_{q1} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\rho_T = R_0 + (r_{q1} + r_{q2}) \alpha - r_{q2} \varepsilon \quad \dots\dots\dots (8)$$

(3) 第3インボリュート曲線 CD ($\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma$)

$$\left. \begin{aligned} x_T &= \rho_T \cos \varepsilon - r_{q3} \sin \varepsilon + r_{q3} \sin \Sigma \\ y_T &= \rho_T \sin \varepsilon + r_{q3} \cos \varepsilon - r_{q3} \cos \Sigma \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\rho_T = R_0 - (r_{q3} - r_{q1}) \alpha - (r_{q3} + r_{q2}) \beta + r_{q3} \varepsilon \quad \dots\dots\dots (10)$$

3.3 カムの上昇点の輪郭 ($\Sigma \leq \varepsilon \leq \Sigma + \theta_d$)

カムの上昇点における停留角を θ_d とし, D 点の曲率半径を ρ_D とす。

$$x_T = \rho_D \cos \varepsilon \quad , \quad y_T = \rho_D \sin \varepsilon \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\rho_T = \rho_D = R_0 + r_{q1} \alpha - r_{q2} \beta + r_{q3} \gamma \quad \dots\dots\dots (12)$$

3.4 戻り行程のカムの輪郭 ($\Sigma + \theta_d \leq \varepsilon \leq 2\Sigma + \theta_d$)

戻り行程のカムの作用角を往き行程の作用角 Σ と同じにとればカムは対称カムとなる。

往き行程の ε を ε_T とし, 戻り行程のカムの輪郭を x , y とすれば

$$\varepsilon_T = 2\Sigma + \theta_d - \varepsilon \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$x = x_T \cos \theta_e - y_T \sin \theta_e \quad , \quad y = -x_T \sin \theta_e - y_T \cos \theta_e \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\theta_e = 360^\circ - 2\Sigma - \theta_d \quad \dots\dots\dots (15)$$

θ_e はカムの下降点の停留角である。戻り行程の曲率半径は往き行程のそれと同一である。

3.5 カムの下降点の基礎円 ($2\Sigma + \theta_d \leq \varepsilon \leq 360^\circ$)

$$x_T = R_0 \cos \varepsilon \quad , \quad y_T = R_0 \sin \varepsilon \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\rho_T = R_0 \quad \dots\dots\dots (17)$$

$\lambda=0.7$ として揺動の場合の $R_0 + r$, t を求めたもので図3はこれを示す。

図3より $l = \lambda$ が小さい程 $R_0 + r$, $\theta_1 - \theta_2$ を小さくできる。揺動角 Ψ だけを指定する場合には λ を任意に指定できるが、更に往きと戻りの両行程のカムの回転比を指定する場合には λ を任意に指定することはできない。

表3 往復動 $l=1$ を $\Psi=20^\circ$, $d=1$, $l=0.7$ の揺動への変換値

往復 $R_0 + r$	2	4	6	8	10
揺動 $R_0 + r$	0.47468	0.90502	1.15896	1.31305	1.40996
t	0.23734	0.22626	0.19316	0.16413	0.14100
θ_1°	39.2361	42.7543	36.9171	31.7090	27.6455
θ_2°	44.4268	37.7165	30.1569	24.3261	19.9666
$\theta_1^\circ - \theta_2^\circ$	-5.19064	5.03778	6.76025	7.8829	7.6789

§5 円弧従動節の場合の往きと戻り行程のカムの回転角

図2において円弧の中心を M とし, $\angle MOB = \theta_1$, $\angle M'OB' = \theta_2$ とすれば, $OD = R_0 + t$ で余弦の定理から θ_1 , θ_2 は次式で求められる。

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{(R_0 + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + r)} \quad \dots\dots (24)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \frac{(R_0 + t + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + t + r)} \quad \dots\dots (25)$$

往きと戻り行程のカムの回転角をそれぞれ θ_0 , θ_r とすれば $\angle BOB'$ は往き行程のカムの回転角 θ_0 となり, θ_r も同様に次式で示される。

$$\theta_0 = \Sigma + \theta_1 - \theta_2 \quad \dots\dots (26)$$

$$\theta_r = \Sigma - (\theta_1 - \theta_2) \quad \dots\dots (27)$$

表3と図3に式(24), (25)を用いた θ_1 , θ_2 , $\theta_1 - \theta_2$ を示す。カムが従動節の方向に回る場合 $R_0 + r$ が大きい程 θ_0 が θ_r より大となる。

5.1 カムの往きと戻り行程の回転角が等しい場合 $\theta_0 = \theta_r$

$\theta_0 = \theta_r$ の場合は式(26), (27)より $\theta_1 = \theta_2$ となる。

り

$$\theta_0 = \theta_r = \Sigma \quad \dots\dots (28)$$

となる。式(24), (25)の右边を等しいと置けば

$$\frac{(R_0 + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + r)} = \frac{(R_0 + t + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + t + r)}$$

となり, これを整理すれば次式が得られる。

$$\theta_1 = \theta_2, \quad d^2 - l^2 = (R_0 + r)(R_0 + t + r) \quad \dots\dots (29)$$

また, $\theta_1 = \theta_2$ の場合は図4に示すように $\angle MOB = \angle M'OB'$ となり, $MM' = t$, $\angle MBM' = \Psi$ となるので次式が得られる。

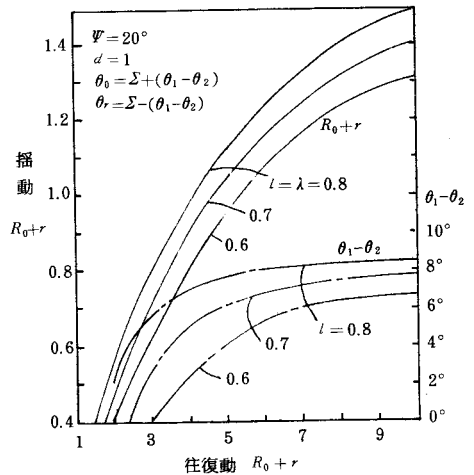


図3 往復動を揺動に変えた場合の $R_0 + r$ と $\theta_1 - \theta_2$

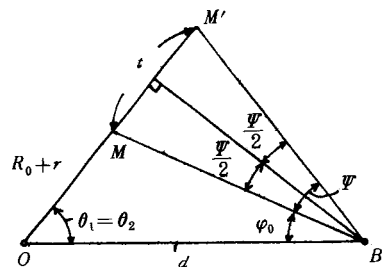


図4 $\theta_0 = \theta_r$ の場合

$$l \sin \frac{\psi}{2} = \frac{t}{2}, \quad l \cos \frac{\psi}{2} = \sqrt{d^2 - (R_0 + r + \frac{t}{2})^2} \quad \dots\dots\dots (30), (31)$$

式(30)を式(31)に代入すれば式(29)が得られる。次に式(30)の l を式(31)に代入すれば d は

$$d^2 = \left(\frac{t}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\psi}{2}}{\sin \frac{\psi}{2}} \right)^2 + \left(R_0 + r + \frac{t}{2} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (32)$$

となる。 $\lambda = l/d$ に式(30), (32)を代入すれば

$$\lambda = \frac{t/2}{\sqrt{\left(\frac{t}{2} \right)^2 + (R_0 + r)(R_0 + t + r) \sin^2 \frac{\psi}{2}}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

となるので、往復動の場合の $R_0 + r$, $t = 1$ と揺動角 ψ を指定し、式(33)より λ を求め、式(23)か式(32)に代入すれば d が求まるので、 $d = 1$ とした場合の $R_0 + r$, l , t が求められる。表4はこれを示す。

表4から従動節

の長さ l は $R_0 + r$ の増加と共に減少することがわかり、 $l = \lambda$ の適正值として、0.5~0.8が望ましいので $R_0 + r$ は余り小さくも大きくもとれない。

表4 $t = 1$ を揺動の場合 $\psi = 20^\circ$, $d = 1$, $\theta_0 = \theta_r$

往 復 動 $R_0 + r$	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
揺 動 $R_0 + r$	0.60561	0.66600	0.71383	0.75203	0.78287	0.80802
t	0.24225	0.22200	0.20395	0.18801	0.17397	0.16160
$l = \lambda$	0.69752	0.63922	0.58725	0.54135	0.50093	0.46532
例	1		2	3		

§ 6 揺動円弧

従動節の運

動

図1のカムが図5に示すように $OB = d$, $BM = l$, 半径 r の円弧をもつ揺動従動節においてカムは O 点を軸として時計回りに ω_1 の角速度で回転しているものとし、 O 点を原点とし、 OB を ξ 軸、それに直角に η 軸をとり、カムの基礎円半径 OA が円弧と接触しているときの $\angle AOB = \theta_1$ から θ 回転しているものとすれば x , ξ 軸の交角は $\theta_1 - \theta$ となる。

6.1 従動節の角変位

図5において従動節の角変位を φ とすれば $\angle MB O = \varphi_0 + \varphi$ となる。円弧の中心 M の $\xi \eta$ 座標を ξ_M , η_M とすれば次式が得られる。

$$\xi_M = d - l \cos(\varphi + \varphi_0), \quad \eta_M = l \sin(\varphi + \varphi_0) \quad \dots\dots\dots (34), (35)$$

$$\varphi = \sin^{-1}(\eta_M/l) - \varphi_0 \quad \dots\dots\dots (36)$$

次にカムと従動節の接触点 T における法線と ξ 軸の交点を P とすれば、この TP と OA の交角は ε だから、 M 点の $x\psi$ 座標を x_M , ψ_M とすればこれは次式で求められる。

$$x_M = x_T + r \cos \varepsilon, \quad \psi_M = \psi_T + r \sin \varepsilon \quad \dots\dots\dots (37), (38)$$

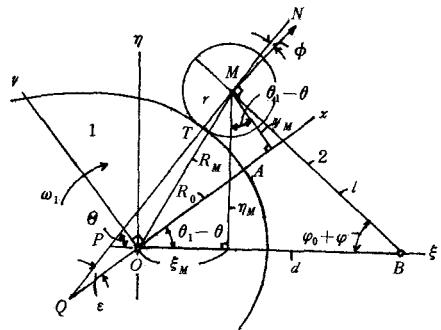


図5 揺動円弧従動節

$OM = R_M$ とすれば $\theta_1 - \theta = \angle MOB - \angle MOA$ となるので

$$\theta = \theta_1 + \tan^{-1} \frac{y_M}{x_M} - \cos^{-1} \frac{R_M^2 + d^2 - l^2}{2dR_M} \quad (39)$$

$$\text{ただし, } R_M = \sqrt{x_M^2 + y_M^2} \quad (40)$$

が得られる。これから ε に対する x_T, y_T が求まれば θ が求まる。

ξ_M, η_M を x_M, y_M で表せば図5から次式が得られる。

$$\xi_M = x_M \cos(\theta_1 - \theta) - y_M \sin(\theta_1 - \theta) \quad (41)$$

$$\eta_M = x_M \sin(\theta_1 - \theta) + y_M \cos(\theta_1 - \theta) \quad (42)$$

φ_0 は式(20)より、 θ_1 は式(24)より求められるので、式(42)、(36)により従動節の角変位 φ を求めることができる。

6.2 従動節の角速度、角加速度

式(34)、(35)を θ で微分すれば従動節の角速度係数 $d\varphi/d\theta$ は次式のようにになる。

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{d\xi_M/d\theta}{\eta_M} = \frac{d\eta_M/d\theta}{d - \xi_M} \quad (43)$$

$d\xi_M/d\theta, d\eta_M/d\theta$ を求めるために式(5)～(10)で示すカムの輪郭の座標を θ で微分する。

第1 インボリュート曲線 (AB) 式(6)、(5)より次式が得られる。

$$\frac{d\rho_T}{d\theta} = r_{q1} \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}$$

第2 インボリュート曲線 (BC) 式(8)、(7)より次式が得られる。

$$\frac{d\rho_T}{d\theta} = -r_{q2} \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}$$

第3 インボリュート曲線 (CD) 式(10)、(9)より次式が得られる。

$$\frac{d\rho_T}{d\theta} = r_{q3} \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}$$

以上によりいずれのインボリュート曲線においても

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (44)$$

となるので、式(37)、(38)の x_M, y_M を θ で微分すれば

$$\frac{dx_M}{d\theta} = -(\rho_T + r) \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_M}{d\theta} = (\rho_T + r) \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (45)$$

となり、式(41)、(42)を θ で微分すれば

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\xi_M}{d\theta} &= \frac{dx_M}{d\theta} \cos(\theta_1 - \theta) - \frac{dy_M}{d\theta} \sin(\theta_1 - \theta) + \eta_M \\ \frac{d\eta_M}{d\theta} &= \frac{dx_M}{d\theta} \sin(\theta_1 - \theta) + \frac{dy_M}{d\theta} \cos(\theta_1 - \theta) - \xi_M \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

となり、これに式(45)を代入すれば

$$\Theta = \varepsilon + \theta_1 - \theta \quad (47)$$

$$\frac{d\xi_M}{d\theta} = -(\rho_T + r) \sin \Theta \frac{d\varepsilon}{d\theta} + \eta_M, \quad \frac{d\eta_M}{d\theta} = (\rho_T + r) \cos \Theta \frac{d\varepsilon}{d\theta} - \xi_M \quad (48), (49)$$

となる。 $d\varepsilon/d\theta$ を求めるために式(48)より

$$(d - \xi_M) d\xi_M/d\theta = \eta_M d\eta_M/d\theta$$

が得られるので、これに式(48), (49)を代入して整理すれば

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{d \times \eta_M}{(\rho_T + r) \{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}} \quad (50)$$

となるので、これを式(49)に代入すれば

$$\frac{d\eta_M}{d\theta} = \frac{(d - \xi_M)(\eta_M \cos \Theta - \xi_M \sin \Theta)}{(d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta} \quad (51)$$

となる。式(51)を式(48)に代入すれば角速度係数は次式のように簡単となる。

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{\eta_M \cos \Theta - \xi_M \sin \Theta}{(d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta} \quad (52)$$

これを θ で微分すれば角加速度係数は次式で求められる。

$$\frac{d^2\varphi}{d\theta^2} = d \times \frac{\{ (d - \xi_M) \cos \Theta - \eta_M \sin \Theta \} \sin \Theta \frac{d\varphi}{d\theta} - \eta_M \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} - 1 \right)}{\{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}^2} \quad (53)$$

以上により従動節の運動は求まるが、これらの式から従動節の運動がカムの輪郭の座標とその曲率半径に支配され、特に $d\varepsilon/d\theta$ は $\rho_T + r$ が小さい場合は大となり、 $d^2\varphi/d\theta^2$ を大にすることがわかる。

§7 押進め角と滑り率

図5において接触点 T の法線と従動節上の円弧の中心 M の運動方向とのなす角を ϕ が揺動従動節の場合の押進め角となり、 $\phi > 40^\circ$ の場合は従動節に曲げの力が働くのでよくないとされている。図5から $\phi = \angle NMB - 90^\circ$ で $\angle NMB = \Theta + \varphi + \varphi_0$ だから

$$\phi = \Theta + \varphi + \varphi_0 - 90^\circ \quad (54)$$

となる。カムと従動節の滑り率を σ_1 , σ_2 とすると前報²⁾から

$$\sigma_1 = \frac{\rho_T + r}{\rho_T} \cdot \frac{\overline{TP}}{r + \overline{TP}}, \quad \sigma_2 = \frac{\rho_T + r}{r} \cdot \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}} \quad (55)$$

で、 \overline{TP} は図5から $\overline{PM} \sin \Theta = \eta_M$ だから

$$\overline{TP} = \frac{\eta_M}{\sin \Theta} - r \quad (56)$$

となるので σ_1 , σ_2 は計算される。

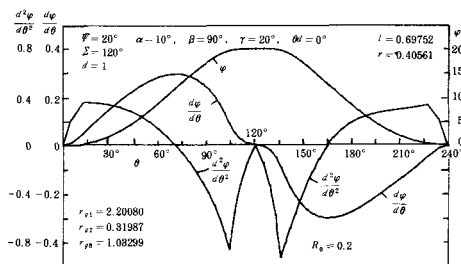


図6 揺動円弧従動節の運動

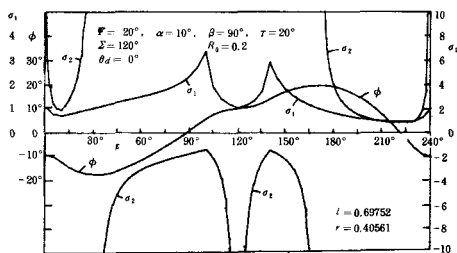


図7 図6の押進め角と滑り率

§ 8 計算例

例えば $\theta_0 = \theta_r = 120^\circ$ で $\psi = 20^\circ$ の場合の円弧従動節の運動と押進め角, 滑り率を求める。表1の例1の $\Sigma = 120^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 20^\circ$ の場合を考え $t = 1$ の時の r_{q1} , r_{q2} , r_{q3} はそれぞれ 9.08500, 1.32043, 4.26422 であるが, $\theta_0 = \theta_r$ の場合は表4から例えば例1を用いると $d = 1$ の時 $R_0 + r = 0.60561$, $t = 0.24225$, $l = 0.69752$ となるので, $t = 1$ を $t = 0.24225$ に変えれば r_{q1} , r_{q2} , r_{q3} はそれぞれ 2.20080, 0.31987, 1.03299 となる。 $\theta_d = 0^\circ$ で $R_0 = 0.2$ の場合円弧従動節の運動はカムの回転角 θ を横軸として図6に示され, 押進め角と滑り率は ε を横軸として図7に示される。

図6から角加速度は戻り行程の前半で最大値をとる。負の最大角加速度をもう少し小さくさせたい。図7から最大押進め角は約 20° , カムの最大滑り率 $\sigma_{1\max}$ は約 3.5 で共に小さく問題はない。

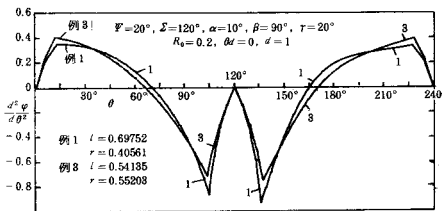


図8 角加速度線図

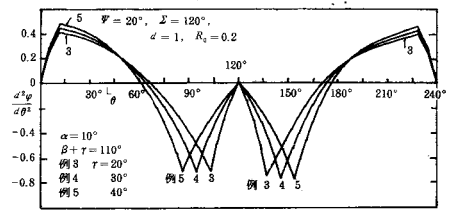
図9 角加速度の r の影響

図8は表1の例1で表4の例1と例3の場合の同じ $R_0 = 0.2$ での角加速度を示す。図から l が短い方が最大角加速度は小さくできる。それらのデータは表5に示す。

次に $\alpha = 10^\circ$, $\beta + \gamma = 110^\circ$ とし, 例4は $\gamma = 30^\circ$, 例5は $\gamma = 40^\circ$ の場合でデータは表6に示す。

表5, 6の例3, 4, 5のデータを用い角加速度線図を描いたものを図9に示す。

図から r を大きくすれば正の最大角加速度は僅かに増すが, 負のそれは θ の位置を変えるだけで変化がない。 α を 10° より大にすれば負の最大角加速度が 10° の場合より大となる。 α が小さいと立上がり急なので好ましくない。カムの輪郭の接合点Cに円弧を挿入して負の最大角加速度を減少する方法については他の機会に報告する。

図10は表4の例1, 2, 7の場合のカムの輪郭を描いたもので $\theta_d = 30^\circ$ としている。

表5 $\alpha = 10^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\psi = 20^\circ$, $d = 1$, $R_0 = 0.2$

例	1	2	3	6	7
r_{q1}	2.20080	1.85289	1.70805	1.58052	1.46817
r_{q2}	0.31987	0.26930	0.24825	0.22972	0.21339
r_{q3}	1.03299	0.86969	0.80171	0.74185	0.68912
t	0.24225	0.20395	0.18801	0.17397	0.16160
l	0.69752	0.58725	0.54135	0.50093	0.46532
r	0.40561	0.51383	0.55203	0.58287	0.60802

表6 表4の例3の場合

例	4	5
	$\alpha = 10^\circ$, $\beta = 80^\circ$ $\gamma = 30^\circ$	$\alpha = 10^\circ$, $\beta = 70^\circ$ $\gamma = 40^\circ$
r_{q1}	1.89661	2.12761
r_{q2}	0.30917	0.39317
r_{q3}	0.55131	0.42544

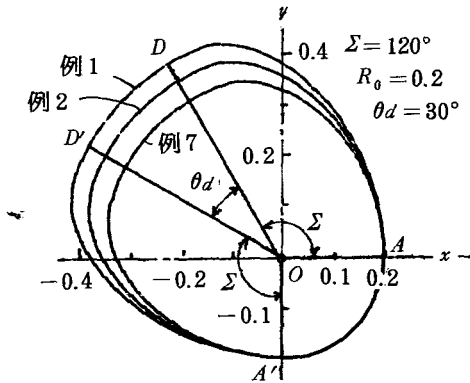


図10 カムの輪郭

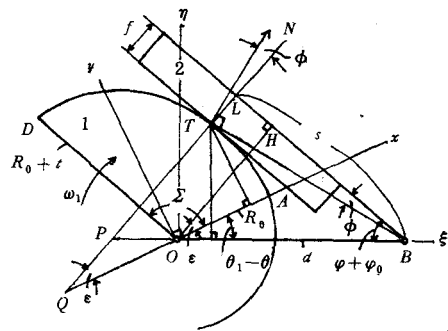


図11 揺動平板従動節

§ 9 揺動平板従動節の場合

図11は揺動平板従動節の場合を示し、接触面は f だけオフセットしている。平板がカムの往き行程の始点 A と終点 D に接する場合の従動節の角変位はそれぞれ φ_0 , $\varphi_0 + \Psi$ となり、 Ψ は揺動角である。 $O A = R_0$, $O D = R_0 + t$ とすれば

$$\varphi_0 = \sin^{-1} \frac{R_0 + f}{d}, \quad \varphi_0 + \Psi = \sin^{-1} \frac{R_0 + f + t}{d} \quad \dots\dots\dots (57), (58)$$

$$\Psi = \sin^{-1} \frac{R_0 + f + t}{d} - \sin^{-1} \frac{R_0 + f}{d} \quad \dots\dots\dots (59)$$

となり、これから揺動角 Ψ を求めることができる。

9.1 揺動角の指定

揺動角 Ψ を指定する場合は式(59)から d を求めれば

$$d = \frac{1}{\sin \Psi} \sqrt{(R_0 + f + t)^2 + (R_0 + f)^2 - 2(R_0 + f)(R_0 + f + t) \cos \Psi} \quad \dots\dots\dots (60)$$

となるので、例えば $\Psi = 20^\circ$, $t = 1$ を指定し、 $R_0 + f = 0.5 \sim 3.0$ に変化させた場合の d を求め、 $d = 1$ の基準長さにするため、 $R_0 + f$, $t = 1$ を d で割ったものを $R_0 + f$, t とすればこれが揺動従動節の場合のカムの寸法となる。これを計算したものを表7に示す。

表7 $t = 1$, $\Psi = 20^\circ$, $d = 1$ の場合

例	2	1	3			
$R_0 + f$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
d	3.05319	3.25742	3.52852	3.83862	4.19174	4.57403
$R_0 + f$	0.16376	0.30699	0.42571	0.52102	0.59641	0.65588
t	0.32753	0.30699	0.28881	0.26051	0.23856	0.21863

9.2 往きと戻り行程のカムの回転角

図12は平板従動節がカムの往き行程の始点Aと終点Dに接触する場合を示す。 $\angle AOB = \theta_1$, $\angle DOB' = \theta_2$, 往き行程と戻り行程のカムの回転角をそれぞれ θ_0 , θ_r とすれば $\angle BOB' = \theta_0$ で

$$\theta_1 = \cos^{-1} (R_0 + f) / d = 90^\circ - \varphi_0 \quad \dots\dots (61)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} (R_0 + t + f) / d = 90^\circ - (\varphi_0 + \psi) \quad \dots\dots\dots (62)$$

$$\theta_1 > \theta_2 \quad \theta_1 - \theta_2 = \psi \quad \dots\dots\dots (63)$$

となり、その結果

$$\theta_0 = \Sigma - \theta_2 + \theta_1 = \Sigma + \psi, \quad \theta_r = \Sigma + \theta_2 - \theta_1 = \Sigma - \psi \quad \dots\dots\dots (64), (65)$$

となり、図からも式(64)，(65)が得られる。よって $\Sigma=120^\circ$ ， $\Psi=20^\circ$ の時は $\theta_0=140^\circ$ ， $\theta_r=100^\circ$ となるので、戻り行程の角加速度は往きに比して大きくなる。

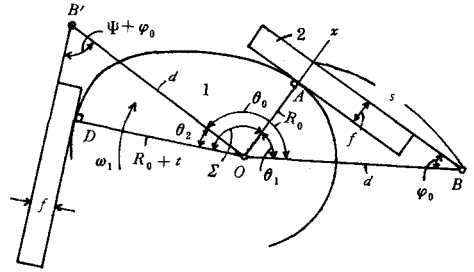


図 12 始点と終点の接触

§ 10 揺動平板従動節の運動

図11により接触点 T における法線が OB と BL の交点を P , L とし, O 点より BL に垂線 OH を下せば TP と x 軸の交角が ϵ だから $\angle HOA = \epsilon$, BL の長さを s とす. T 点の x, y 座標を x_T, y_T とすれば $OH = x_T \cos \epsilon + y_T \sin \epsilon + f$ だから

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{x_T \cos \varepsilon + y_T \sin \varepsilon + f}{d} \right) - \varphi_0 \quad \dots\dots\dots (66)$$

$$s = d \cos(\varphi_0 + \varphi) + y_T \cos \epsilon - x_T \sin \epsilon \quad \dots\dots\dots (67)$$

が得られる。また図 11 から $\varepsilon + \theta_1 - \theta = 90^\circ - (\varphi + \varphi_0)$ で式 (61) より $\theta_1 = 90^\circ - \varphi_0$ だから次式が得られる。

$$\theta = \varepsilon + \varphi \quad \dots\dots\dots (68)$$

従動節の角速度係数 $d\varphi/d\theta$ を求めるには式(66)を θ で微分し

$$d_{\cos}(\varphi + \varphi_0) \frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{dx_T}{d\theta} \cos \varepsilon + \frac{dy_T}{d\theta} \sin \varepsilon - (x_T \sin \varepsilon - y_T \cos \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta} \dots\dots\dots (69)$$

この式に式(44)の

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \epsilon \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \epsilon \frac{d\epsilon}{d\theta} \dots\dots\dots (44)$$

と式(68)からの $d\varepsilon/d\theta = 1 - d\varphi/d\theta$ と式(67)を代入すれば

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{1}{s} (y_T \cos \varepsilon - x_T \sin \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (70)$$

が得られ，式(70)を θ で微分して整理すれば

$$\frac{d^2\varphi}{d\theta^2} = \frac{1}{s} \left[\{ \rho_T + f - d \sin(\varphi + \varphi_0) \} \left(1 - \frac{d\varphi}{d\theta} \right)^2 + d \sin(\varphi + \varphi_0) \left(\frac{d\varphi}{d\theta} \right)^2 \right] \dots\dots (71)$$

が得られる。式(71)から角加速度は ρ_T に影響されることがわかる。

§ 11 揺動平板従動節の押進め角と滑り率

図11より従動節上の T 点の速度は BT に垂直な方向にあり、 T 点のカム曲線への法線 NP とのなす角を ϕ とすればこの角は押進め角で $\angle TBL = \phi$ となるので

$$\phi = \tan^{-1}(f/s) \quad \dots\dots\dots (72)$$

となる。次に P 点はカム 1 と従動節 2 の瞬間中心 I_{12} だからカムの角速度を ω_1 とすれば $\overline{OP}\omega_1 = \overline{BP}d\varphi/dt$ となり、 $\omega_1 = d\theta/dt$, $\overline{OP} = \overline{BP} - d$ から \overline{TP} を求めれば

$$\overline{TP} = \frac{d \sin(\varphi + \varphi_0)}{1 - d\varphi/d\theta} - f \quad \dots\dots\dots (73)$$

となる。前報³⁾により平板従動節の場合のカムと従動節の滑り率 σ_1 , σ_2 は次式のようにになる。

$$\sigma_1 = \frac{\overline{TP}}{\sigma_T}, \quad \sigma_2 = \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}} \quad \dots\dots\dots (74), (75)$$

§ 12 平板従動節の計算例

表1の例1の場合と表7の例1の場合を組合せれば $R_0 + f = 1$, $t = 1$ から $d = 3.25742$ となるので、この値で表1の例1の各 r_q を割れば $d = 1$ の場合の各 r_q が求められる。表8は表1の例1の場合について $t = 1$, $R_0 + f = 0.3 \sim 1.5$ の r_{q1} , r_{q2} , r_{q3} を求めたものである。

表8のデータでカムの回転角 θ に対する角加速度係数 $d^2\varphi/d\theta^2$ を求めたものを図13に示す。図より $R_0 + f$ が小さい程戻り行程の負の最大角加速度が小さくなる。

図14は表8の例1, 2, 3の場合のデータで $f = 0$ とし、式(73), (74) でカムの滑り率 σ_1 を ε に対して求めたもので、 R_0 が小さい場合は σ_1 が非常に大きくなるので $R_0 > 0.3$ が望ましい。

図15は表8の例1の場合の $R_0 + f = 0.30699$ の場合

の $R_0 = 0.2 \sim 0.4$ の場合の σ_1 を ε に対して求めたもので、図から R_0 が大きい程すなわち f を負にした方が $\sigma_{1\max}$ は小となる。

図16は表8の例2の $R_0 + f = 0.16376$ の場合の $R_0 = 0.8, 0.35, 0.4$ の場合の σ_1 と押進め角 ϕ を ε に対して求めたもので、 R_0 が大きい程 $\sigma_{1\max}$

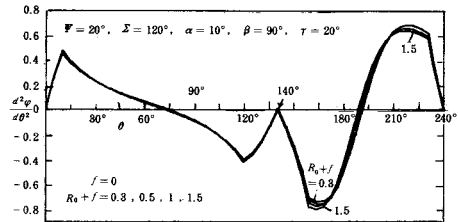


図13 表8の例1, 2, 3, 5の場合の $d^2\varphi/d\theta^2$

表8 $\psi = 20^\circ$, $\Sigma = 120^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\tau = 20^\circ$
 $r_{q1} = 9.08499$, $r_{q2} = 1.32043$, $r_{q3} = 4.26422$

$R_0 + f$	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5
d	2.99178	3.02093	3.05319	3.25742	3.52352
$d = 1$					
$R_0 + f$	0.10028	0.13241	0.16376	0.30699	0.42571
t	0.33425	0.33102	0.32753	0.30699	0.28381
r_{q1}	3.03665	3.00734	2.99650	2.78901	2.57838
r_{q2}	0.44135	0.43709	0.43552	0.40536	0.37475
r_{q3}	1.42531	1.41156	1.40647	1.30908	1.21021
例	5	4	2	1	3

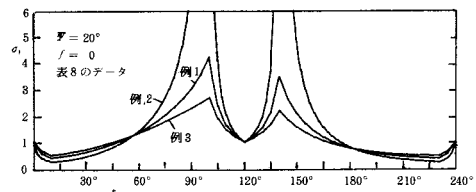


図14 表8の $f = 0$ の場合のカムの滑り率

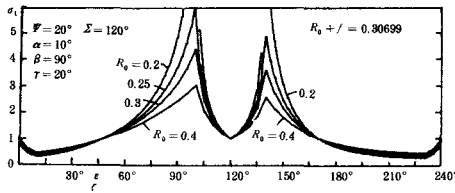
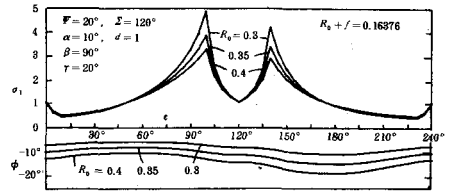
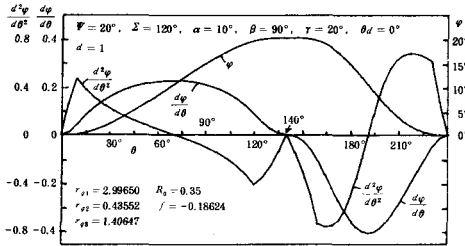
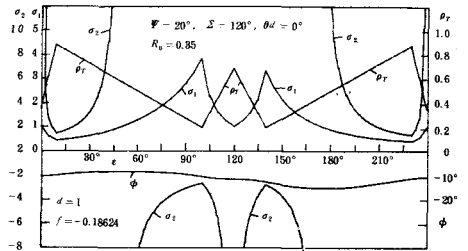
図15 表8の例1の R_0 の変化による σ_1 図16 表8の例2の R_0 の変化による σ_1 と ϕ 

図17 表8の例2の負のオフセットの運動

図18 図17のカムの ϕ , ρ_T , σ_1 , σ_2

は小さくなる。しかし R_0 を余り大きくすると f が負で大きくなるので ϕ_{max} が大きくなりカムも大きくなるので好ましくない。 $R_0 = 0.35$ の場合は $f = -0.18634$ で $\sigma_{1max} \div 3.8$, $\phi_{max} \div -16^\circ$ となり良好である。

図17は上の場合の従動節の運動を θ に対して求めたもので、戻り行程における $d^2\phi/d\theta^2_{max}$ は -0.75 , $+0.68$ ではほぼ釣合っている。

図18は図17の場合の ϕ , σ_1 , σ_2 , ρ_T を ϵ に対して求めたもので、図19は更に平板上の接触点における従動節の滑り率 σ_2 を示したもので、接触は出発点 S から①②③④の順序で行われ矢標しにより方向が

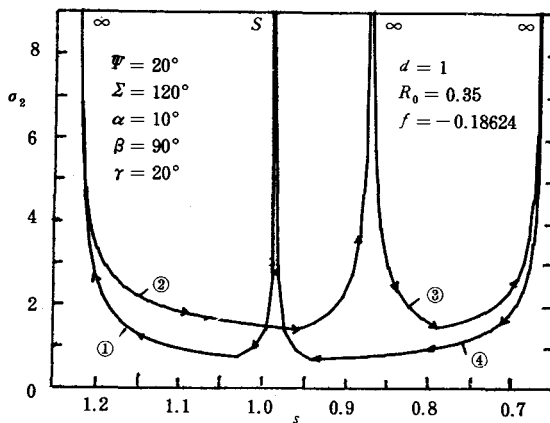
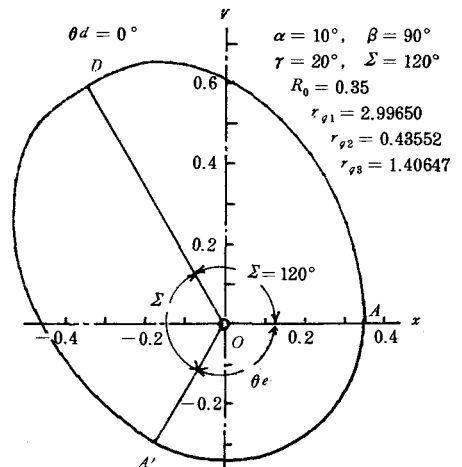
図19 図17のカムの平板上の σ_2 

図20 図17のカムの輪郭

示されている。接触の両端と途中2ヶ所で $\sigma_2 = \infty$ を生ずる。

図20は図17のカムの輪郭を図示したもので、 $\theta_d = 0^\circ$ としてあるが、輪郭の滑らかなことがわかる。

§13 結 論

以上の研究によりインボリュート接合カムは揺動従動節においても行程の始点と終点において角加速度を零にすることができる。往復従動節のデータを利用して揺動従動節の揺動角指定および両行程のカムの回転角を指定することができる。他の曲線の接合カムと非常に異なることは作用角 α , β , γ の指定が容易なことである。本報告では例として作用角 $\Sigma = 120^\circ$ と揺動角 $\varphi = 20^\circ$ の場合のみ取扱った。

(A) 円弧従動節の場合 両行程の角加速度の状態を調べるために両行程の回転角を等しくなるようにカムを設計したため、円弧半径を非常に大きくすることができなかったが(1)一般に負の最大角加速度が正に比して大きくなり、これを近づけるには従動節の長さをできるだけ小さくする必要がある。(2)作用角 γ を大きくしても負の最大角加速度の値は余り変わらず、 α によって大きく変化するので、 α を小さくすればよいが立上りが急になる。(3)カムの滑り率は R_0 を 0.2 以上にすれば6以下に押えられる。(4)押進め角の最大値は $\theta_0 = \theta_r$ のときは 30° 以下にできる。

(B) 平板従動節の場合 (1)揺動角を指定すれば θ_0 , θ_r が決まり、カムが従動節側に回転すれば $\theta_0 > \theta_r$ となる。(2) $R_0 + f$ を小さくする程負の最大角加速度が小さくなるが、 R_0 が小さいとカムの最大滑り率が大きくなるので、 f を負に取って R_0 を大きくした方が滑り率の点ではよいが余り f を大きくすると最大押進め角が大きくなるので範囲がある。

文 献

- 1) 糸島寛典, 福永恭一: インボリュート接合カムの研究(第1報)一往復従動節一, 呉高専研究報告, 15-1, 1979
- 2) 糸島寛典: カムの滑り率の研究(第1報), 呉高専研究報告, 1-1, 1965
- 3) 糸島寛典: カムの滑り率の研究(第4報), 呉高専研究報告, 4-1, 1968

(昭和54年10月15日受付)

楕円接合カムの研究 (第2報)

—— 揺動従動節 ——

(機械工学科) 糸 島 寛 典
福 永 恭 一*

Studies on the Connective Ellipses Cam (2nd Report) —— Oscillating Follower ——

Hironori ITOSHIMA
Kyoichi FUKUNAGA

The connective ellipses cam has a profile consisting of two ellipses and the motion of the reciprocating follower with a circular arc in the connective ellipses cam had been analysed in the 1st report.

In this paper, the motion of the oscillating follower with a circular arc or with a flat plate is analysed. The maximum acceleration of the follower, the pressure angle and the specific sliding of cam are discussed. Further, when the oscillating angle of a follower and the rotating angle of a cam are specified, the cam size and the follower size in the best design are decided.

§ 1 緒 言

前報¹⁾において往きと戻りの両行程においてカムの輪郭に同大の2個の楕円をそれぞれの楕円の縮閉線が連続するように接合し、その縮閉線の交点をカムの回転中心とする板カムを楕円接合カムと名付け、往復円弧従動節のかたよりの場合も含めて、従動節の運動および押進め角、滑り率を調べて最良のものの設計をした。

本報においてはこの楕円接合カムで円弧または平板をもつ揺動従動節の運動と押進め角および滑り率を解析し、従動節の揺動角を指定し、更に往きと戻りの行程のカムの回転角を指定し、最大角加速度、最大押進め角およびカムの最大滑り率をできるだけ最小にするようにカムの各作用角、従動節の長さ、円弧半径を選定し、又平板従動節においてはオフセット量を選んでこの種のカムの最適設計を行う。

§ 2 記 号

a : 楕円の長半径

ω_1 : カムの角速度

* 徳山工業高等専門学校, 機械電気工学科

b : 楕円の短半径

Σ : カムの作用角

α : 第1楕円前半の作用角

β : 第1楕円後半の作用角

r : 第2楕円の作用角

R_0 : カムの基礎円半径

t : カムの高さ

ψ : 従動節の揺動角

φ_0 : 始点の角変位

φ : 従動節の角変位

d : カムと従動節の軸間距離

λ : l/d

r : 従動節の円弧半径

f : 平板従動節のオフセット量

ϕ : 押進め角

ρ_T : カムの輪郭の曲率半径

θ : カムの回転角

θ_d : 上昇点における停留角

θ_e : 下降点における停留角

θ_0 : 往き行程のカムの回転角

θ_r : 戻り行程のカムの回転角

ε : カムのパラメーター

$d\varphi/d\theta$: 従動節の角速度係数

$d^2\varphi/d\theta^2$: 従動節の角加速度係数

§ 3 楕円接合カムの輪郭

図1は楕円接合カムの往き行程の輪郭 $ABCD$ を示す。曲線 ABC は1つの楕円で、カムの始点 A の楕円の曲率中心を O とし、 O 点を原点として OA を X 軸、それに直角に Y 軸をとる。楕円 ABC の縮閉線は OF_2 F_3 で示され、 B 点での曲率中心は F_2 である。輪郭 AB は第1楕円 ABC の前半とすれば、曲線 OF_2 はその縮閉線で、 O 点がカムの回転中心で、 OA はカムの基礎円半径 R_0 であり、 OA と BF_2 のなす角 α が第1楕円前半の作用角となる。

第1楕円後半の BC の縮閉線 F_2F_3 上に P 点をとれば P 点は C 点における楕円の曲率中心で、 C 点の法線と BF_2 の交角を β とすれば、 β は第1楕円後半の作用角となる。接触点 T が ABC 上を連続して移動すれば、その曲率中心 Q は連続した縮閉線 OF_2P 上を連続して移動する。

C 点の法線 CP を対称軸として楕円 BC を反対側に写した第2楕円が CD でその縮閉線は曲線 PF_2 に対称となり、これが原点 O を通るように β が選定され、 O 点における縮閉線 OP の接線が第2楕円と交わる点が D で、 $\angle AOD = \Sigma$ とすれば Σ はカムの往き行程の作用角となり、 OD と CP の交角を γ とすれば α 、 β 、 γ の和が Σ となる。

D 点はカムの往き行程の終点で曲率中心は O 点にあり、その曲率半径 ρ_D とすれば $\rho_D = OD$ で OD と OA の差をカムの高さとし t で示せば $t = \rho_D - R_0$ となる。楕円の曲率中心は C 点においても P 点でも縮閉線が接しているので連続である。

カムの輪郭を表示するためにパラメーター ε を用い、始点 A の法線 AO と輪郭上の T 点の法線 TQ のなす角を ε とす。前報¹⁾においてカムの輪郭の式が表示されているが更にこれを変形して整理したものを次に示す。

3.1 第1楕円の前半 AB ($0 \leq \varepsilon \leq \alpha$)

図1の第1楕円の OA が x 軸をなす角を δ_1 とし、楕円上の任意の点 T の法線が x 軸をなす角を δ とすれば前報¹⁾により

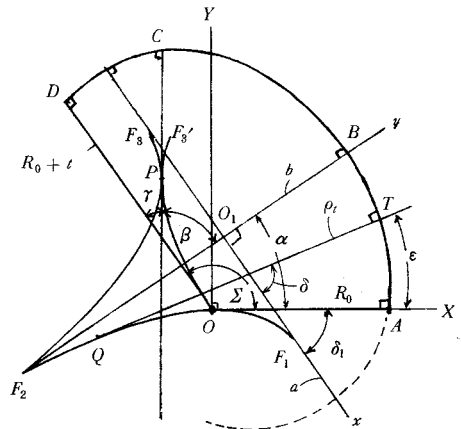


図1 楕円接合カムの輪郭

$$\rho_T = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \delta}{a^2 + b^2 \tan^2 \delta} \right]^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

であるので、始点 A の曲率半径を R_0 とすれば式(1)の ρ_T は R_0 、 δ は δ_1 となるので式(1)より

$$\tan \delta_1 = \sqrt{\frac{a^2 (R_0 / a^2 b^2)^{\frac{2}{3}} - 1}{1 - b^2 (R_0 / a^2 b^2)^{\frac{2}{3}}}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり、第1楕円の輪郭上の T 点の座標 x_T , y_T は次式で示される。

$$\delta = \delta_1 + \varepsilon, \quad \delta_1 = 90^\circ - \alpha \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$x_T = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}}, \quad y_T = \frac{b^2 \tan \delta}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

そして ρ_T は式(1)で示される。

3.2 第1楕円の後半 BC ($\alpha \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta$)

$$\delta = 90^\circ - (\varepsilon - \alpha) = 90^\circ + \alpha - \varepsilon \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$x_T = \frac{-a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}}, \quad y_T = \frac{b^2 \tan \delta}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

3.3 第2楕円の輪郭 CD ($\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma$)

$$\delta = 90^\circ - \alpha - 2\beta + \varepsilon \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$x_T' = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}}, \quad y_T' = \frac{b^2 \tan \delta}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

x' 軸が第1楕円の x 軸との交点から第1楕円の中心までの距離を s とすれば

$$s = \frac{(a^2 - b^2) \tan \beta}{\sqrt{a^2 \tan^2 \beta + b^2}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

となり、第2楕円の $x'y'$ 座標を xy 座標に変換すれば次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} x_T &= (x_T' - s) \cos 2\beta - y_T' \sin 2\beta - s \\ y_T &= (x_T' - s) \sin 2\beta + y_T' \cos 2\beta \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

3.4 xy 座標の XY 座標への変換

xy 座標を図1の OA を X 軸とする XY 座標に変換する。第1楕円の中心の XY 座標を X_0 , Y_0 とすれば第1報¹⁾より次式のようになる。

$$X_0 = (a^2 b^2 - A^4) / A^3, \quad Y_0 = (a^2 - b^2) \sin \alpha \cos \alpha / A \quad \dots\dots\dots (11)$$

ただし $A = \sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}$

$$X_T = X_0 + x_T \sin \alpha + y_T \cos \alpha, \quad Y_T = Y_0 - x_T \cos \alpha + y_T \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (12)$$

往き行程の第1, 2楕円上の T 点の xy 座標を式(12)により XY 座標に変換すれば往き行程のカムの輪郭は求められる。

3.5 上昇点の円弧 ($\Sigma \leq \epsilon \leq \Sigma + \theta_d$)

上昇点の従動節が停止するカムの回転角を θ_d とする。終点 D の曲率半径 ρ_D は次式で示される。

$$\rho_D = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \delta_3}{a^2 + b^2 \tan^2 \delta_3} \right]^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (13)$$

ただし $\delta_3 = 90^\circ - \beta + \gamma$

円弧は ρ_D を半径とする円弧だからその輪郭の座標は次式である。

$$X_T = \rho_D \cos \epsilon, \quad Y_T = \rho_D \sin \epsilon \dots\dots\dots (14)$$

3.6 戻り行程の輪郭 ($\Sigma + \theta_d \leq \epsilon \leq 2\Sigma + \theta_d$)

戻り行程の場合カムの輪郭が往き行程の輪郭と同形で作用角を Σ であるとすれば下降点のカムの回転角 θ_e は次式で示される。

$$\theta_e = 360^\circ - 2\Sigma - \theta_d \dots\dots\dots (15)$$

ϵ を ϵ' になおし、次式により往き行程の場合になおし

$$\epsilon = 2\Sigma + \theta_d - \epsilon' \dots\dots\dots (16)$$

て X_T , Y_T を求め、それを次式により X_T'' , Y_T'' になお

$$X_T'' = X_T \cos \theta_e - Y_T \sin \theta_e, \quad Y_T'' = -X_T \sin \theta_e - Y_T \cos \theta_e \dots\dots\dots (17)$$

して更に X_T'' を X_T に、 Y_T'' を Y_T にすれば

$$X_T = X_T'', \quad Y_T = Y_T'' \dots\dots\dots (18)$$

戻り行程のカムの輪郭が得られる。

3.7 下降点の円弧 ($2\Sigma + \theta_d \leq \epsilon \leq 360^\circ$)

下降点のカムの輪郭は R_0 を半径とする基礎円だから次式で求められる。

$$X_T = R_0 \cos \epsilon, \quad Y_T = R_0 \sin \epsilon \dots\dots\dots (19)$$

以上により楕円接合カムの輪郭が求められる。

§ 4 揺動従動節の ψ , d , l , r の指定

第1報は往復従動節の場合で揺動従動節の場合はカムの諸元のうち角度 α , β , γ は変らぬが長さは変化する。そのため予めカムの諸元を揺動節用に変える必要がある。

4.1 Σ , t , a/b を指定して α , β , γ , R_0 の決定

第1報においてカムの作用角 $\Sigma = 120^\circ$ に指定し、 $t = 1$, $a/b = 1.6 \sim 2.245$ の場合の α , β , γ , R_0 の計算法を示し、その結果を表1に示しているのでこれを使用する。この表で注目すべきことは $\Sigma = 120^\circ$ の場合 a/b の値に関係なしに $\beta = 52^\circ$ となることである。これから逆に β を指定すれば Σ の値が定まるはずである。 β と Σ の数式関係が明らかにされればよいが困難である。

4.2 ψ , R_0 , t , l/d , r を指定して $d = 1$ の諸元

第1報の表1は往復従動節の場合なので $t = 1$ になるようにカムの各寸法を定めたが、本報は揺動従動節なのでカムと従動節の軸間距離 $d = 1$ を基準とし、揺動角 ψ が指定された値になるようにカムの各寸法 R_0 , t , l , r を決定する必要がある。

揺動従動節の場合は前報²⁾から従動節の始点の角変位 φ_0 と揺動角 ψ は

$$\varphi_0 = \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + r)^2}{2dl} \dots\dots\dots (20)$$

$$\Psi = \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + t + r)^2}{2dl} - \cos^{-1} \frac{d^2 + l^2 - (R_0 + r)^2}{2dl} \dots\dots\dots (21)$$

となる。今 $A = R_0 + t + r$, $B = R_0 + r$, $\lambda = l/d$ とおいて式(21)から d を求めれば次式が得られる。

$$d^2 = \frac{(1 + \lambda^2)(A^2 + B^2)(1 - \cos \Psi) - \sqrt{D}}{2(1 - \cos \Psi)\{(1 + \lambda^2)^2 - 2\lambda^2(1 + \cos \Psi)\}} \dots\dots\dots (22)$$

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

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

よって Ψ , λ を指定し第1報の表1の値を式(22)に代入して d を求め、 $d = 1$ となるように各 a , b , R_0 , t , r を d で割った値を揺動従動節の場合の a , b , R_0 , t , r とし $l = \lambda$ とすればカムの寸法が定まる。 Ψ および λ すなわち l , r は任意な値が採用できる。ただし従動節の往きと戻り行程のカムの回転角は異なる。

4.3 カムの往きと戻り行程のカムの回転角

前報²⁾に示されるように従動節の円弧の中心を M とし、円弧がカムの始点 A と終点 D に接する時の OM が固定リンク OB (B は従動節の回転中心) となす角を θ_1 , θ_2 とすれば

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{(R_0 + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + r)}, \quad \theta_2 = \cos^{-1} \frac{(R_0 + t + r)^2 + d^2 - l^2}{2d(R_0 + t + r)} \dots\dots\dots (23), (24)$$

となり、往きと戻り行程のカムの回転角を θ_0 , θ_r とすれば

$$\theta_0 = \Sigma + \theta_1 - \theta_2, \quad \theta_r = \Sigma - (\theta_1 - \theta_2) \dots\dots\dots (25), (26)$$

となり、 $R_0 + r$ が大きい程 θ_0 が θ_r より大となる。

4.4 往きと戻り行程のカムの回転を等しくする場合 $\theta_0 = \theta_r$

式(25), (26)より $\theta_0 = \theta_r$ にするためには $\theta_1 = \theta_2$ であればよいので式(23), (24)の右辺を等しいとすれば前報²⁾より

表1 $\Psi = 20^\circ$, $\Sigma = 120^\circ$

					例 A	例 B
($t=1$)						
$R_0 + r$	1	2	3	4	2.92099	4.42099
d	3.20794	3.78033	4.50454	5.31892	4.44343	5.67952
($d=1$)						
$R_0 + r$	0.31173	0.52906	0.66600	0.75208	0.65737	0.77841
t	0.31173	0.26453	0.22200	0.18801	0.22505	0.17607
l	0.89582	0.76168	0.63922	0.54135	0.64801	0.50698
				$a =$	0.28787	0.22522
				$b =$	0.12825	0.10034
				$r =$	0.45010	0.61625

$$d = \sqrt{\left(\frac{t}{2} \cdot \frac{\cos \Psi/2}{\sin \Psi/2}\right)^2 + \left(R_0 + r + \frac{t}{2}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$l = \frac{t}{2} / \sin \frac{\Psi}{2} \quad \dots\dots\dots (28)$$

が得られるので、例えば $\Psi = 20^\circ$ とし、 $t = 1$ と $R_0 + r = 1 \sim 4$ を式(27)に代入して d を求め、式(28)より l を求め更に $d = 1$ とすればそのときの $R_0 + r$, t , l は表1のように求まる。

表1から $d = 1$ に対し l は0.5~0.8が押進め角の点から望ましい。

§ 5 揺動円弧従動節の運動

図1のカムが図2に示すように $OB = d$, $BM = l$, 半径 r の円弧をもつ従動節の場合カムは O 点を回転軸として時計回りに回転しているものとし、 OB を ξ 軸、それに直角に η 軸をとり、カムの運動の始点 A が円弧と接触しているときの $\angle AOB = \theta_1$ から θ 回転しているとすればカム上の X 軸と ξ 軸の交角は $\theta_1 - \theta$ となり、従動節の角変位を φ とすれば $\angle MBO = \varphi + \varphi_0$ となる。 φ_0 は従動節が始点 A と接触しているときの角変位である。

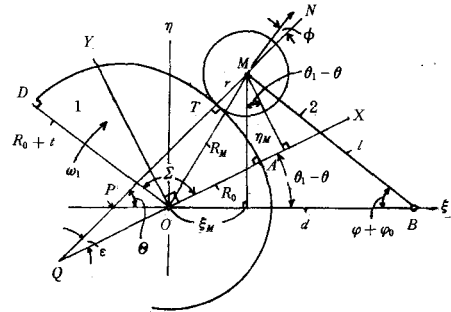


図2 揺動円弧従動節

5.1 従動節の角変位

図2において従動節の円弧の中心 M の $\xi\eta$ 座標を ξ_M , η_M とすれば

$$\xi_M = d - l \cos(\varphi + \varphi_0), \quad \eta_M = l \sin(\varphi + \varphi_0) \quad \dots\dots\dots (29), (30)$$

となるので、角変位 φ は次式のようになる。

$$\varphi = \sin^{-1}(\eta_M/l) - \varphi_0 \quad \dots\dots\dots (31)$$

次に従動節の接触点 T における法線と ξ 軸の交点を P とすれば TP と OA の交角は ϵ で、 M 点の XY 座標を X_M , Y_M とすれば

$$X_M = X_T + r \cos \epsilon, \quad Y_M = Y_T + r \sin \epsilon \quad \dots\dots\dots (32), (33)$$

となる。 $OM = R_M$ とすれば $\theta_1 - \theta = \angle MOB - \angle MOA$ だから

$$\theta = \theta_1 + \tan^{-1} \frac{Y_M}{X_M} - \cos^{-1} \frac{R_M^2 + d^2 - l^2}{2 d R_M} \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$\text{ただし } R_M = \sqrt{X_M^2 + Y_M^2}$$

が得られる。これから ϵ に対する X_T , Y_T が求まれば θ が求まる。図2から ξ_M , η_M は X_M , Y_M から次式のように求まる。

$$\xi_M = X_M \cos(\theta_1 - \theta) - Y_M \sin(\theta_1 - \theta) \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$\eta_M = X_M \sin(\theta_1 - \theta) + Y_M \cos(\theta_1 - \theta) \quad \dots\dots\dots (36)$$

φ_0 は式(20)より、 θ_1 は式(28)より求められるので式(36)より従動節の角変位 φ は求められる。

5.2 従動節の角速度、角加速度

式(31)を θ で微分すれば従動節の角速度係数 $d\varphi/d\theta$ は次式のようになる。

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{d\xi_M/d\theta}{\eta_M} = \frac{d\eta_M/d\theta}{d-\xi_M} \quad \dots\dots\dots (37)$$

式(35), (36)を θ で微分すれば

$$\frac{d\xi_M}{d\theta} = \frac{dX_M}{d\theta} \cos(\theta_1 - \theta) - \frac{dY_M}{d\theta} \sin(\theta_1 - \theta) + \eta_M \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$\frac{d\eta_M}{d\theta} = \frac{dX_M}{d\theta} \sin(\theta_1 - \theta) + \frac{dY_M}{d\theta} \cos(\theta_1 - \theta) - \xi_M \quad \dots\dots\dots (39)$$

となる。式(32), (33)を θ で微分すれば

$$\frac{dX_M}{d\theta} = \frac{dX_T}{d\theta} - r \sin \epsilon \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dY_M}{d\theta} = \frac{dY_T}{d\theta} + r \cos \epsilon \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (40)$$

となる。式(12)を θ で微分すれば次式が得られる。

$$\frac{dX_T}{d\theta} = \frac{dx_T}{d\theta} \sin \alpha + \frac{dY_T}{d\theta} \cos \alpha, \quad \frac{dY_T}{d\theta} = -\frac{dx_T}{d\theta} \cos \alpha + \frac{dy_T}{d\theta} \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (41)$$

(1) 第1楕円の前半 式(4)を θ で微分し、式(1)を代入すれば式(3)より $d\delta/d\theta = d\epsilon/d\theta$ だから次式を得る。

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \delta \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos \delta \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$\text{ただし } \delta = 90^\circ - \alpha + \epsilon \quad \dots\dots\dots (43)$$

(2) 第1楕円の後半 式(6)を θ で微分し、式(1)を代入すれば式(5)より $d\delta/d\theta = -d\epsilon/d\theta$ から次式を得る。

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \delta \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = -\rho_T \cos \delta \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (44)$$

$$\text{ただし } \delta = 90^\circ + \alpha - \epsilon \quad \dots\dots\dots (45)$$

(3) 第2楕円 式(7)を θ で微分し、式(1)を代入し、式(7)より $d\delta/d\theta = d\epsilon/d\theta$ だから

$$\frac{dx_T'}{d\theta} = -\rho_T \sin \delta \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T'}{d\theta} = \rho_T \cos \delta \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (46)$$

となり、式(10)を θ で微分すれば

$$\frac{dx_T}{d\theta} = \frac{dx_T'}{d\theta} \cos 2\beta - \frac{dy_T'}{d\theta} \sin 2\beta, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \frac{dx_T'}{d\theta} \sin 2\beta + \frac{dy_T'}{d\theta} \cos 2\beta \quad \dots\dots\dots (47)$$

となり、この式に式(46)を代入すれば

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \sin(2\beta + \delta) \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \cos(2\beta + \delta) \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (48)$$

$$\text{ただし } 2\beta + \delta = 90^\circ - \alpha + \epsilon \quad \dots\dots\dots (49)$$

となる。式(43), (45), (49)をそれぞれ式(42), (44), (48)に代入すればいずれの楕円でも次式の形となり統一される。

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\rho_T \cos(\alpha - \epsilon) \frac{d\epsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \rho_T \sin(\alpha - \epsilon) \frac{d\epsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (50)$$

よって式(50)を式(41)に代入すれば

$$\frac{dX_T}{d\theta} = -\rho_T \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dY_T}{d\theta} = \rho_T \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (51)$$

となる。式(51)を式(40)に代入すれば

$$\frac{dX_M}{d\theta} = -(\rho_T + r) \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dY_M}{d\theta} = (\rho_T + r) \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (52)$$

となる。式(52)を式(38), (39)に代入すれば

$$\frac{d\xi_M}{d\theta} = -(\rho_T + r) \sin \Theta \frac{d\varepsilon}{d\theta} + \eta_M, \quad \frac{d\eta_M}{d\theta} = (\rho_T + r) \cos \Theta \frac{d\varepsilon}{d\theta} - \xi_M \quad (53)$$

$$\text{ただし } \Theta = \varepsilon + \theta_1 - \theta \quad (54)$$

となる。次に $d\varepsilon/d\theta$ を求めるために式(37)より

$$(d - \xi_M) d\xi_M/d\theta = \eta_M d\eta_M/d\theta$$

となり、これに式(53)を代入して整理すれば

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{d \times \eta_M}{(\rho_T + r) \{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}} \quad (55)$$

となる。これを式(37)に代入すれば角速度係数は次式のようにになる。

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{\eta_M \cos \Theta - \xi_M \sin \Theta}{(d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta} \quad (56)$$

これは前報²⁾の揺動インボリュート接合カムの場合と同じ $d\varphi/d\theta$ が得られるので、式(56)を θ で微分して角加速度係数は

$$\frac{d^2\varphi}{d\theta^2} = d \times \frac{\{ (d - \xi_M) \cos \Theta - \eta_M \sin \Theta \} \sin \Theta \frac{d\varphi}{d\theta} - \eta_M \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} - 1 \right)}{\{ (d - \xi_M) \sin \Theta + \eta_M \cos \Theta \}^2} \quad (57)$$

となる。以上により従動節の運動は求まるが、カムの輪郭の法線の交角 ε をパラメーターとしてカムの輪郭とその曲率半径で表示すれば前報²⁾と同様な運動の式で表示できる。

§ 6 押進め角と滑り率

図2において接触点 T の法線と M 点の運動方向すなわち BM への垂直方向のなす角 ϕ は押進め角で、 ϕ は揺動従動節の場合 40° 以下が望ましいので最大押進め角を求める。

$$\phi = \Theta + \varphi + \varphi_0 - 90^\circ \quad (58)$$

カムと従動節の滑り率を σ_1, σ_2 とすれば前報²⁾から

$$\sigma_1 = \frac{\rho_T + r}{\rho_T} \cdot \frac{\overline{TP}}{r + \overline{TP}}, \quad \sigma_2 = \frac{\rho_T + r}{r} \cdot \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}} \quad (59)$$

である。 \overline{TP} は図2から

$$\overline{TP} = \eta_M / \sin \Theta - r \quad (60)$$

となるので σ_1, σ_2 は計算される。

§ 7 円弧従動節の計算例

例えば作用角 $\Sigma = \theta_0 = \theta_r = 120^\circ$ で揺動角 $\Psi = 20^\circ$ の場合第1報の表1の例1の場合 $\alpha = 32^\circ, \beta$

$= 52.0105^\circ$, $\gamma = 35.999^\circ$ で $a = 1.27914$, $b = 0.56986$, $R_0 = 0.92099$, $t = 1$ だから t に対し $r = 2$ とすれば式(27), (28) より $d = 4.44848$, $l = 2.87939$ となるので, $d = 1$ とするため他の長さを d で割れば揺動の場合 $a = 0.28787$, $b = 0.12825$, $t = 0.22505$, $R_0 = 0.20727$, $l = 0.64801$, $r = 0.45010$ となり, 表1に示す。 $\theta_d = 0^\circ$ としてこれらのデータを用いて φ , $d\varphi/d\theta$, $d^2\varphi/d\theta^2$, ρ_T を計算し θ を横軸にして図3に示す。図から負の角加速度が正のそれに比して少し大きい。 ρ_T の極大, 極

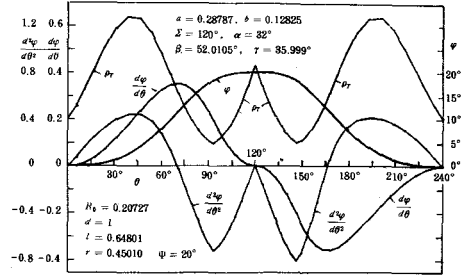


図3 楕円接合カムの揺動円弧従動節の運動と曲率半径

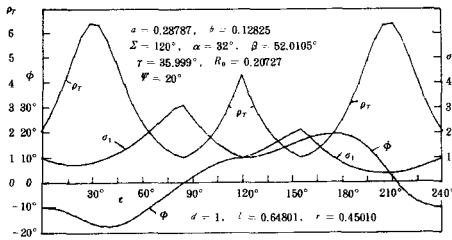


図4 図3のカムの ϕ , ρ_T , σ_1

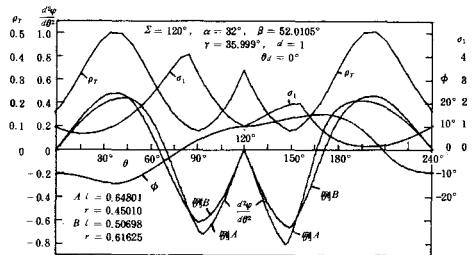


図5 表1の例Bの場合の $d^2\varphi/d\theta^2$, σ_1 , ϕ , ρ_T

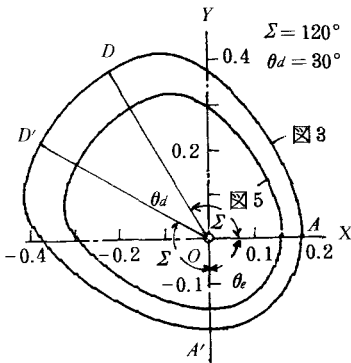


図6 図3, 図5のカムの輪郭

小の付近で $d^2\varphi/d\theta^2$ が極大, 極小となることがわかる。

更に押進め角 ϕ とカムの滑り率 σ_1 とを ϵ に対して求めたものを図4に示す。 $\phi_{max} \div 20^\circ$, $\sigma_{1max} \div 3$ となり使用上良好である。このカムの輪郭および ϕ

に対する σ_2 は図6, 7に示す。カムの輪郭は滑らかである。従動節の円弧上の滑り率は接触の両端と中間に2ヶ所無限大になる所が存在する。Sはスタートの点, 丸の中の数字は滑り方向の順序を示す。

図3は $t = 1$ に対して $r = 2$ とした場合だが $t = 1$ に対して $r = 2, 3.5$ にした場合の $d^2\varphi/d\theta^2$ と $r = 3.5$ の ϕ , σ_1 を図5に示す。そのデータは表1に示す。図から r が大きい程負の最大角加速度は小と

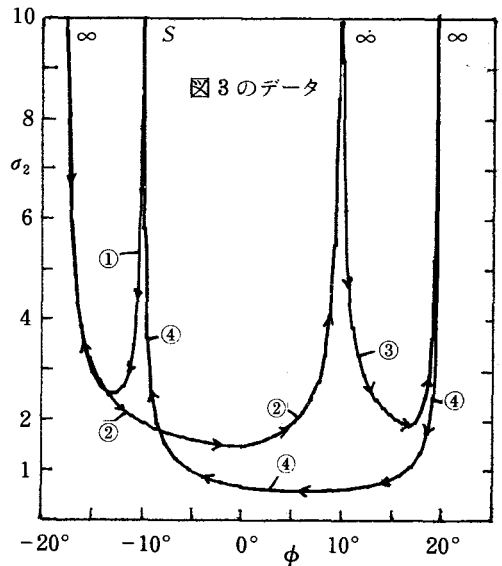


図7 図3のカムの従動節の円弧上の σ_2

なるが、 $r = 3.5$ の場合 R_0 と l が小さくなり、 $\sigma_{1\max} \div 4.2$ 、 $\phi_{\max} \div 15^\circ$ となる。図 6 にその輪郭を示す。 $r = 5$ とすれば最大角加速度は更に小さくなるが、 $l = 0.41021$ となり $\sigma_{1\max} \div 6$ となり少し大きくなりすぎる。 $r = 0$ の場合は負の最大角加速度が非常に大になって使用できない。

第 1 報の表 1 の例 4 を用いた場合 $l = 0.512$ で負の最大角加速度係数が -0.8 となるのでむしろ例 1 の方がよい。インボリュート接合カムよりも楕円接合カムの方が揺動円弧従動節の場合は良好である。

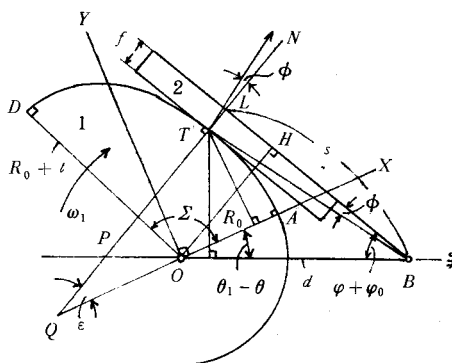


図 8 揺動平板従動節

§ 8 平板揺動従動節の場合

平板従動節の場合を図 8 に示す。前報²⁾の揺動平板従動節のインボリュート接合カムの場合と同様に平板のオフセット量を f とすれば

$$\varphi_0 = \sin^{-1}(R_0 + f)/d \quad \dots\dots\dots (61)$$

$$\Psi = \sin^{-1} \frac{R_0 + f + t}{d} - \sin^{-1} \frac{R_0 + f}{d} \quad \dots\dots\dots (62)$$

となる。式(62)から Ψ を指定したときの d を求めれば次式のようにになる。

$$d = \frac{1}{\sin \Psi} \sqrt{(R_0 + f)^2 + (R_0 + f + t)^2 - 2(R_0 + f)(R_0 + f + t) \cos \Psi} \quad \dots\dots\dots (63)$$

前報²⁾と同様 $t = 1$ に対する R_0 、 f を指定して d を求め、 $d = 1$ となるように a 、 b 、 R_0 、 f 、 t を求めればよい。これを表 2 に示す。

この表 2 において $\Sigma = 120^\circ$ のとき $\beta = 52^\circ$ とほぼ一定になることに注目したい。

表 2 $\Psi = 20^\circ$ 、 $\Sigma = 120^\circ$ 、 $d = 1$

例	1	2	3	4
α°	32.00	32.6201	33.1854	33.8040
β°	52.0105	52.0031	51.9901	51.9671
γ°	35.999	35.3768	34.8245	34.2289
a	0.39716	0.45380	0.51862	0.60828
b	0.17694	0.22690	0.28813	0.38018
R_0	0.28596	0.35442	0.43214	0.53898
t	0.31049	0.29845	0.28237	0.25559

8.1 往きと戻り行程のカムの回転角

前報²⁾と同様に接触点 T が始点 A と終点 D にあるときの法線と OB のなす角を θ_1 、 θ_2 とすれば

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= 90^\circ - \varphi_0 \\ \theta_2 &= 90^\circ - (\Psi + \varphi_0) \\ \theta_1 - \theta_2 &= \Psi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (64)$$

となるので、往きと戻り行程のカムの回転角 θ_0 、 θ_r は

$$\theta_0 = \Sigma + \Psi, \quad \theta_r = \Sigma - \Psi \quad \dots\dots\dots (65)$$

となって、 Σ 、 Ψ が指定されれば定まり、図 8 のカムが従動節側に回転すれば θ_r が θ_0 より小になる、すなわち従動節は早戻りする。

8.2 平板揺動従動節の運動

図 8 より O 点から平板への垂線を OH とすれば $\angle HOA = \varepsilon$ で、 T 点のカムへの法線と平板の交点を L

とし、 $BL = s$ とすれば $OH = X_T \cos \varepsilon + Y_T \sin \varepsilon + f$ となるので次式が得られる。

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{X_T \cos \varepsilon + Y_T \sin \varepsilon + f}{d} \right) - \varphi_0 \quad (66)$$

$$s = d \cos(\varphi + \varphi_0) + Y_T \cos \varepsilon - X_T \sin \varepsilon \quad (67)$$

また図8から $\varepsilon + \theta_1 - \theta = 90^\circ - (\varphi + \varphi_0)$ 、式(64)より $\theta_1 = 90^\circ - \varphi_0$ から

$$\theta = \varepsilon + \varphi \quad (68)$$

となる。従動節の角速度係数 $d\varphi/d\theta$ を求めるには式(66)を θ で微分すれば

$$d \cos(\varphi + \varphi_0) \frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{dX_T}{d\theta} \cos \varepsilon + \frac{dY_T}{d\theta} \sin \varepsilon - (X_T \sin \varepsilon - Y_T \cos \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta}$$

となり、式(51)を上式に代入すれば式(68)から $d\varepsilon/d\theta = 1 - d\varphi/d\theta$ となるので

$$\frac{d\varphi}{d\theta} = \frac{1}{s} (Y_T \cos \varepsilon - X_T \sin \varepsilon) \quad (69)$$

となり、これから角速度は求まる。式(69)を θ で微分して整理すれば角加速度係数は次式のようになる。

$$\frac{d^2\varphi}{d\theta^2} = \frac{1}{s} \left[\{ \rho_T + f - d \sin(\varphi + \varphi_0) \} \left(1 - \frac{d\varphi}{d\theta} \right)^2 + d \sin(\varphi + \varphi_0) \left(\frac{d\varphi}{d\theta} \right)^2 \right] \quad (70)$$

§ 9 平板従動節の押進め角と滑り率

図8より押進め角 ϕ は $\angle TBL$ に等しいので

$$\phi = \tan^{-1} f/s \quad (71)$$

となる。前報²⁾により \overline{TP} と σ_1 , σ_2 を求めれば

$$\overline{TP} = \frac{d \sin(\varphi + \varphi_0)}{1 - d\varphi/d\theta} - f \quad (72)$$

$$\sigma_1 = \frac{\overline{TP}}{\rho_T}, \quad \sigma_2 = \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}} \quad (73), (74)$$

となり、式(1)より ρ_T を求めれば上式によりカムと従動節の滑り率 σ_1 , σ_2 が求められる。

§ 10 平板従動節の計算例

第1報の表1の例1の $\Sigma = 120^\circ$ の場合を $\Psi = 20^\circ$ とし、 $f = 0$ として式(63)より d を求めれば $d = 3.22069$ となるので、これで $t = 1$, $a = 1.27914$, $b = 0.56986$, $R_0 = 0.92099$ を割った値を表2の例1に示す。例1のデータを運動の式に代

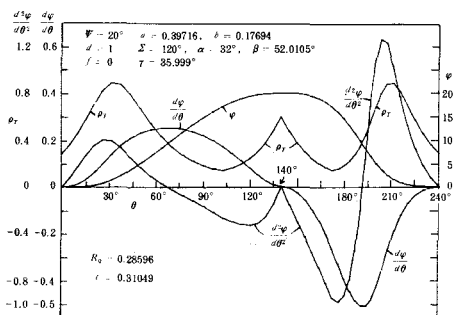


図9 表2の例1のカムの平板従動節の運動と ρ_T

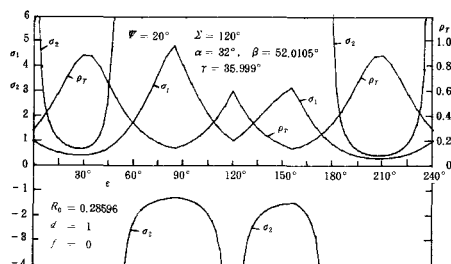
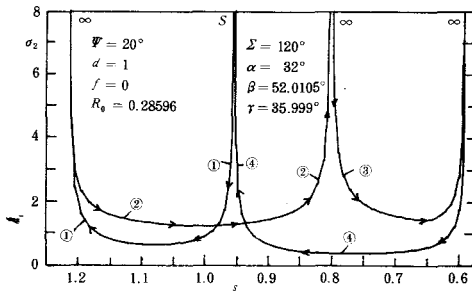
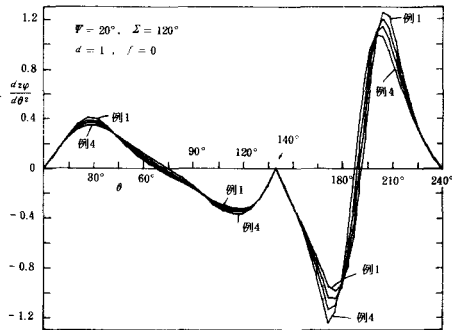


図10 図9のカムの ρ_T , σ_1 , σ_2

図11 図9のカムの平板上の σ_2 図13 表2の例1~4の $d^2\varphi/d\theta^2$

入して φ , $d\varphi/d\theta$, $d^2\varphi/d\theta^2$, ρ_T を θ について描いたものを図9に示す。 $d^2\varphi/d\theta^2_{max}$ は戻り行程において正の方が負より僅か大きい。同じデータで σ_1 , σ_2 , ρ_T を ϵ に対して求めたものを図10に示す。 σ_{1max} は往き行程が大きく約5となる。同じデータで σ_2 を平板上の位置 s で求めたものを図11に示す。接触の両端と中間に2ヶ所で $\sigma_2 = \infty$ の場合が存在する。

図12は図9の例1のデータでカムの輪郭を描いたものを示す。ただし $\theta_d = 30^\circ$ にとってある。

図13は表2の例1~4のデータで $d^2\varphi/d\theta^2$ の値を θ に対して描いたもので例4の場合すなわち R_0 が大きいと負の最大角加速度が大となる。

図14は表2の例1~4のデータでカムの滑り率 σ_1 を求めたもので例4の方が σ_{1max} が小さくなる。例3の場合は $d^2\varphi/d\theta^2$ も σ_{1max} も適当な値なのでその輪郭を図12に示した。ただし $f = 0$, $\theta_d = 30^\circ$ である。以上から例3が最適である。

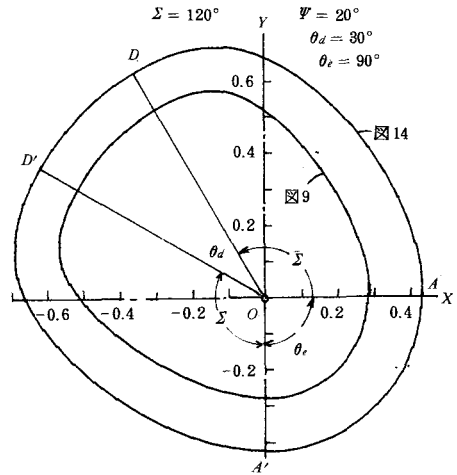
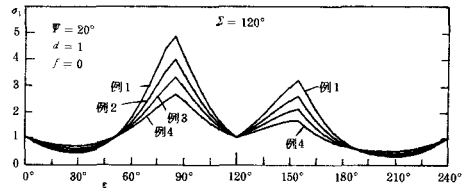
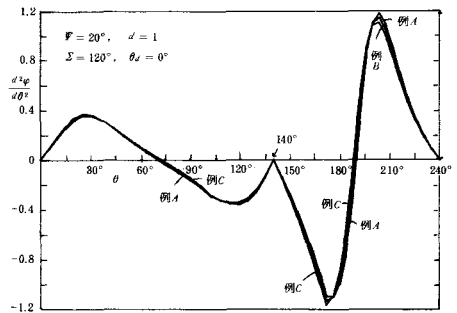
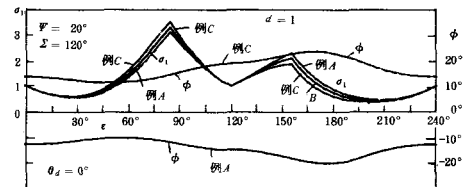


図12 図9, 図14のカムの輪郭

図14 表2の例1~4の σ_1 図15 表3のオフセット量の変化による $d^2\varphi/d\theta^2$ 図16 表3のオフセット量の変化による σ_1 と ϕ

§ 11 平板のオフセットの影響

平板従動節のオフセットの影響を調べるために表2の例3において $t=1$, $a=1.83666$, $b=1.02087$, $R_0=1.5304$, $f=-0.7, -0.4, 0, 0.4, 0.8$ を選んで $\psi=20^\circ$ として d を求め a, b, R_0, f, t を d で割って新しいそれらの値を求めれば表3が得られる。

$f=0$ の例Bに対し例A,

Cは極端に f を大きな値をと

り、これらのデータを用いて $d^2\varphi/d\theta^2$ を θ に対して求めたものを図15に示す。図から戻り行程の正の $d^2\varphi/d\theta^2_{max}$ が負のとき僅かに増し、負の $d^2\varphi/d\theta^2_{max}$ は f が正のとき僅かに増す。図16は同じデータで ε に対する σ_1 と ϕ を示す。

図から例Aのように f が負の

ときは σ_{1max} が僅かに減少する。 ϕ_{max} は例Aで -20° , 例Cで 24° である。よってオフセットの影響は殆んど表われぬようであるが f が負にした方が σ_1 について云えばよいがカムが大きくなる。

表3 $\psi=20^\circ, d=1$

例	A		B		C
a	0.57747	0.55298	0.51862	0.48432	0.45146
b	0.32082	0.30721	0.28813	0.26907	0.25081
R_0	0.48118	0.46077	0.43214	0.40356	0.37618
t	0.31441	0.30108	0.28237	0.26369	0.24580
f	-0.22009	-0.12043	0	0.10548	0.19664

§ 12 結 論

以上により円弧（ローラ）あるいは平板をもつ揺動従動節に対する楕円接合カムの運動を解析し、押進め角、滑り率等を調べた結果 $\Sigma=20^\circ$, $t=1$ を指定した第1報の往復動の場合のカムの各寸法のデータを揺動従動節の場合は揺動角 ψ を指定し、 $d=1$ を基準としたカムの寸法に変えて利用することができる。

(A) 円弧従動節の場合 カム機構の角加速度を論ずるためにカムの両行程の回転角 θ_0 , θ_r が等しい場合だけについて述べたが、 θ_0 , θ_r の比を指定して設計することもできる。(1)カムの高さ t に対して円弧の半径 r を大きくとった方が角加速度では有利であるが、余り大きくすると基礎円半径と従動節の長さが小さくなってカムも滑り率を押進め角も大きくなって運動の滑らかさがなくなる。特に ψ が大きい場合に注意しなければならぬ。(2)従動節の長さは短い方がよいが最低0.5までがよい。(3)一般に負の角加速度の方が大となり、 $\theta_0=\theta_r$ のとき戻りのそれが大きい。(4)角加速度曲線はサイクロイダルカムと等2次加速度カムの角加速度曲線をつないだ形となる。

(B) 平板従動節の場合 カムの作用角と揺動角とでカムの回転角は決まる。(1)カムの基礎円半径を大きくすれば最大滑り率が小さくなるが、戻り行程において負の角加速度が正のそれより大きくなる。基礎円半径が大きいときは平板に正のオフセット量を与えてカムを小さくできる。(2)角加速度の点からカムの基礎円の半径が小さくなると最大滑り率が大きくなるので平板に負のオフセットを与えてカムを大きくして最大滑り率を小さくできる。ただしオフセット量を余り大きくすると最大押進め角が大きくなるので好ましくない。

文 献

- 1) 糸島寛典, 福永恭一: 楕円接合カムの研究(第1報), 一往復従動節一, 呉高専研究報告, 15-1, 1979
- 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), 一揺動従動節一, 呉高専研究報告, 15-2, 1980

(昭和54年10月15日受付)

平歯車のスコアリング強さにおよぼす歯形修整の影響

(機械工学科) 灘 野 宏 正

Effect of Profile Modification on Scoring Resistance of Spur Gears

Hiromasa NADANO

The effect of profile modification on the scoring resistance of the spur gears is examined from the point of view of the flash temperature at the meshing faces. The relation between the profile modification and coefficient of addendum modification of the Vau-Null gears having no tooth profile error is also examined, and the optimum coefficient of addendum modification of the profile modified gears in terms of the risk for scoring is decided.

§ 1 緒 言

高速、高荷重駆動機構においては通常歯形修整を施した歯車が使用されており、スコアリング強さにおよぼす歯形修整の影響を明らかにすることは、平歯車の耐スコアリング設計の際に重要と考えられる。スコアリング強さにおよぼす歯形修整の影響に関して数多くの研究が行われている。^{(1),(2)} 修整歯車の場合と無修整歯車の場合の接触点に現れる最高温度の計算値の比較によれば、歯面温度におよぼす歯形修整の影響は顕著であり、歯形修整により歯面温度は著しく低減することを明らかにした。⁽³⁾ さらにその後の実験において、Blok の歯面温度上昇式⁽⁴⁾を基礎とした温度上昇式により、スコアリング強さは十分な精度で評価できることを明らかにした。⁽⁵⁾ したがって、この歯面温度の値をスコアリング強さの指標として採用するのが最も適当と考えられる。本報では、Vau-Null 歯車に対するスコアリング強さを臨界温度の観点から検討して、歯形修整した場合のスコアリング強さに対する転位係数の最適値を明らかにした。

§ 2 記 号

B : 歯車材の熱接触係数, $B = \sqrt{K \gamma c}$
 $\text{kcal/cm}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ deg}$

b : 歯面の有効接触幅 cm

c : 歯車材の比熱 $\text{kcal/g} \cdot \text{deg}$

C_s : 頂げき係数

E' : 等価縦弾性係数 kg f/cm^2

$$\frac{1}{E'} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)$$

i : 歯数比

K : 歯車材の熱伝導率 kcal/cm s deg

m : モジュール mm

n : 回転数 rpm

P_n : 歯面に垂直方向に作用する単位歯幅当たりの歯面荷重 kg f/mm

R' : かみあい点の相対曲率半径 cm

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

S_n : バックラッシュ mm

S_{RMS} : スコアリング直前の大、小歯車の歯面あ
 らさの平均値 μm

V_s : 作用線に垂直方向のすべり速度

$$V_s = |V_1 - V_2| \quad \text{cm/s}$$

x : 転位係数

z : 歯数

α : 圧力角

β : 荷重分担率

τ : 歯車材の密度

g/cm^3

δ : 歯のたわみ量

mm

θ : 温度

$^{\circ}\text{C}$

θ_o : 歯車本体の温度

$^{\circ}\text{C}$

μ : 摩擦係数

ν : 歯車材のポアソン比

なお、添字 1 および 2 はそれぞれ小歯車、大歯車を表す。

§ 3 歯面温度上昇式

著者は、平歯車のスコアリング強さに対する評価式として、歯面あらしの影響を考慮したつぎのような歯面温度の計算式⁽⁵⁾を与えた。

$$\theta = \theta_o + 0.154 \times 10^{-4} \mu (\beta P_n)^{3/4} E'^{1/4} R'^{-1/4} \frac{|\sqrt{V_1} - \sqrt{V_2}|}{B} \frac{1.27}{1.27 - S_{RMS}}$$

§ 4 歯のたわみ式およびその計算方法

上式を使用して、かみあい位置の瞬間温度を計算する場合、荷重がかみあい歯面に分配される場合、すなわち荷重分担率 β が正確に与えられなければならない。この荷重分担率はかみあい歯のばね剛さの計算によって容易に与えることができる。ここでは、歯のばね剛さの計算には石川の歯のたわみ式⁽⁶⁾が適用され、かみあい歯のそれぞれのたわみ量および歯先修整量の和の逆数より求めた。

図 1 に示す歯形について、表 1 に要約した歯のたわみ計算式を使用して歯のたわみ量を計算した。なお歯のたわみ量の計算に必要なその他の諸元を表 2 に示す。

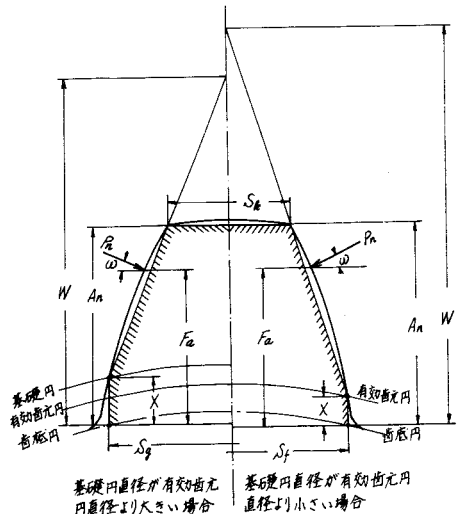
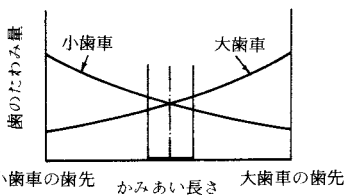
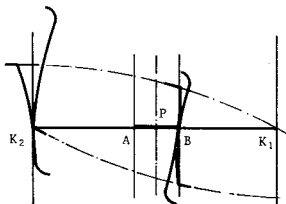


図 1 歯の寸法



P : ピッチ点
K₂A, K₁B : 2組かみあい域
AB : 1組かみあい域

図 2 歯形修整長さおよび修整量

表 1 歯のたわみ計算式⁽⁶⁾

曲げモーメントによる歯のたわみ	台形部	$\delta_{B1} = \frac{12 R_a \cos \omega}{E S_f^3} (F_a^2 + \frac{X^2}{3} - F_a \cdot X)$
	矩形部	$\delta_{B11} = \frac{6 R_a \cos \omega}{E} (\frac{W-X}{S_f})^3 \left\{ \frac{W-F_a}{W-X} (4 - \frac{W-F_a}{W-X}) - 2 \frac{W-F_a}{W-X} \right\}$
せん断による歯のたわみ		$\delta_s = 2(1+\nu) \frac{R_a}{E} \cos \omega \frac{1}{S_f} \left\{ X - (W-X) \frac{W-F_a}{W-X} \right\}$
基礎部の傾斜によるたわみ		$\delta_q = \frac{24}{\pi} \frac{R_a}{E} \cos \omega \left(\frac{F_a}{S_f} \right)^3$
ヘルツ応力による歯の接点量		$\delta_p = \frac{2(1-\nu^2)}{E} \frac{R_a}{\pi} 2 \left(\frac{1}{2} + 2 \ln 2 + \ln \frac{b}{2a} \right), \quad \frac{F_a}{a} = \sqrt{\frac{8}{\pi(1-\nu^2)}} \frac{R_a}{E} \cdot \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}$

表2 歯のたわみ量を計算するに必要なその他の諸元

R_g : 歯先円半径 R_b : 基礎円半径 R_r : 歯底円半径 R_m : 有効歯元円半径 L : 作用線と大歯車の基礎円の接点からかみあい点までの距離
基礎円半径が有効歯元円半径より小さい場合 $\omega = \frac{2L}{mE \cos \alpha} - \varphi, \text{ ただし } \varphi = \frac{\pi}{2E} + \text{inv} \alpha - \frac{S_n}{mE \cos \alpha} + \frac{2X \tan \alpha}{E}$ $S_g = 2R_g \sin(\varphi - \text{inv} \alpha_g), \text{ ただし } \alpha_g = \text{Arctan} \left(\left(\frac{R_g}{R_b} \right)^2 - 1 \right)$ $S_f = 2R_m \sin(\varphi - \text{inv} \alpha_f), \text{ ただし } \alpha_f = \text{Arctan} \left(\left(\frac{R_m}{R_b} \right)^2 - 1 \right)$ $X = \sqrt{R_m^2 - \left(\frac{S_f}{2} \right)^2} - \sqrt{R_r^2 - \left(\frac{S_f}{2} \right)^2}$ $A_n = \sqrt{R_g^2 - \left(\frac{S_g}{2} \right)^2} - \sqrt{R_r^2 - \left(\frac{S_g}{2} \right)^2}$ $W = \frac{A_n \cdot S_f - X \cdot S_g}{S_f - S_g}$
基礎円半径が有効歯元円半径より大きい場合 上式において、 S_f のかわりに S_g 、 R_m のかわりに R_g と置換える。 ただし、 $S_g = 2R_g \sin \varphi$

歯先の修整量と修整長さについては、図2に示すように、大、小両歯車の歯末の K_1B および K_2A 上でかみあう部分を修整し、点 A および B でかみあう歯形曲線上の点の修整量を0、点 K_1 、 K_2 でかみあう歯先修整量を点 A 、 B でかみあう場合の大、小両歯車の歯のたわみ量に等しくした。一方、修整長さ K_2A 、 K_1B はそれぞれ2組かみあい長さに等しくした。歯形修整曲線は H. Walker の近似曲線⁽⁷⁾とする。

歯面温度の計算に用いられたフローチャートを図3に示す。計算条件としては、小歯車に正の転位、大歯車には小歯車と同量の負の転位を与えた Vau-Null 歯車（負の転位量の増大にともない、歯末のたけが減少し、 $x = -1.0$ の歯車の場合、ピッチ円直径と歯先円直径が一致する）について、 $\alpha = 20^\circ$ 、 $m = 4$ 、 $S_n = 0.5 \text{ mm}$ 、 $C_e = 0.25$ 、 $P_n = 27.17 \text{ kg f/mm}$ および $n_1 = 6000 \text{ rpm}$ として、さらに s_1 を12、15、18、22、26および30にそれぞれ設定して、 i を1.0から3.0まで変化させて歯面温度上昇を計算した。歯面温度の計算では、歯の変形量および歯形修整量を考慮した場合の荷重分担率を計算して、各かみあい位置の温度上昇を計算した。なお、計算において、歯面温度上昇式における S および θ_0 の項を省略した。なお大歯車の転位量の設定に関しては、 $\alpha = 20^\circ$ の場合の歯の切下げ防止のための限界転位係数 $x_0 = (14 - s_2)/17$ によって歯元の切下げ防止を行った。また歯のたわみ量および歯面温度の計算では、 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg f/cm}^2$ 、 $\nu = 0.3$ 、 $B = 2.231 \times 10^{-4} \text{ kcal/cm}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ deg}$ および $\mu = 0.1 \times V_p^{-0.2}$ （ V_p ：ピッチ点の周速、m/s）⁽⁸⁾とした。

§ 5 計算結果およびその考察

$\alpha = 20^\circ$ 、 $m = 4$ 、 $S_n = 0.5 \text{ mm}$ 、 $C_e = 0.25$ 、 $P_n = 27.17 \text{ kg f/mm}$ および $n_1 = 6000 \text{ rpm}$ の計算条件について、 $s_1 = 18$ 、 $s_2 = 40$ の無修整歯車の場合の荷重分担率と瞬間温度の分布をそれぞれ図4(a)および(b)に示す。2組かみあい域から1組かみあい域にかけて、荷重分担率は急激に増大するため、瞬間温度も急上昇する。瞬間温度の最高値の位置は、標準歯車の場合、小歯車の歯元と大歯車の歯先端の歯面に現れる。逆に $x_{1,2} = \pm 0.4$ の場合では、小歯車の歯先端と大歯車の歯元の歯面に現れる。一方、

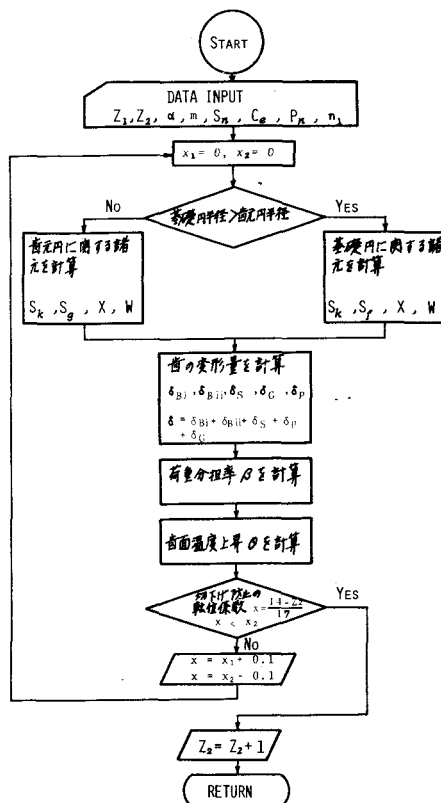
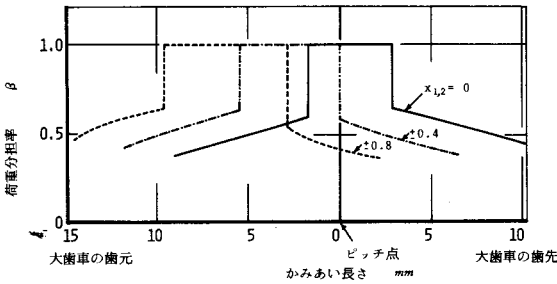
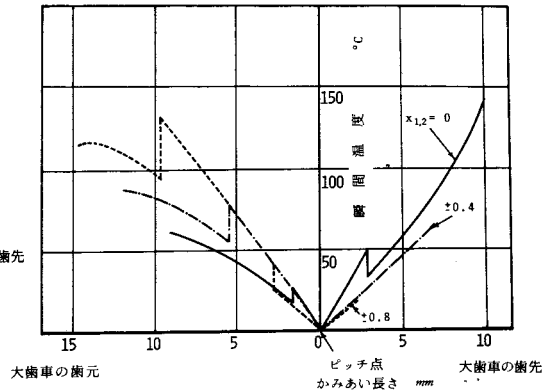


図3 歯面温度計算のためのフローチャート



(a) 荷重分担率

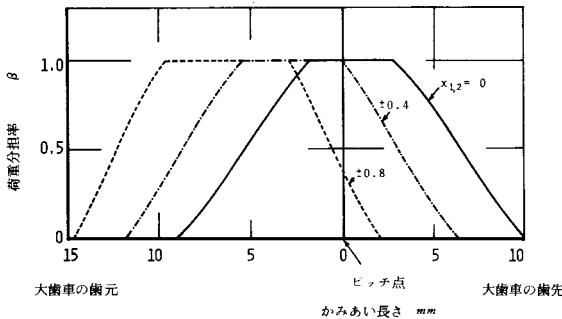


(b) 瞬間温度

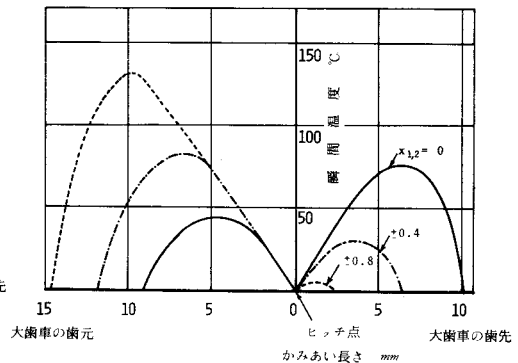
図4 $x_1 = 18$, $x_2 = 40$ の無修整歯車の場合の
荷重分担率および瞬間温度の変化

$x_{1,2} = \pm 0.8$ の場合では、小歯車の歯先よりの1組かみあいの限界点に現れる。このように瞬間温度の最高値が現れる歯面の位置は転位係数によって異なる。なお瞬間温度の最高値の位置は歯面温度の観点から最もスクーリングの発生危険性が大なる歯面と考えられる。

同様に、 $x_1 = 18$, $x_2 = 40$ の場合の修整歯車の場合の荷重分担率および瞬間温度の変化をそれぞれ図5(a)および(b)に示す。荷重分担率の変化はかみあいの進行にともなって、次第に増大するため、2組



(a) 荷重分担率

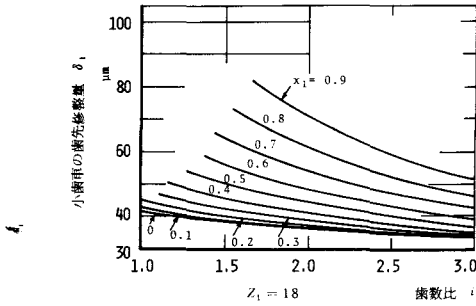


(b) 瞬間温度

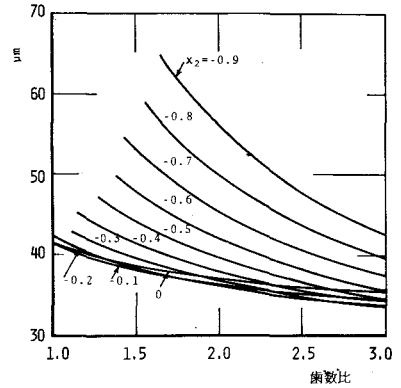
図5 $x_1 = 18$, $x_2 = 40$ の修整歯車の場合の荷重分担率および瞬間温度の変化

かみあいから1組かみあいにかけて、理想的なかみあい状態となる。したがって、歯形修整により動荷重が軽減され、スクーリング強さは著しく向上するものと考えられる。図(b)に示した瞬間温度に関しては、標準歯車の場合では無修整歯車のそれと比して、大歯車の歯末面上の瞬間温度は著しく低下し、スクーリング強さは歯先修整により著しく向上する。しかしながら、 $x_{1,2} = \pm 0.8$ の場合では、無修整歯車のそれと比して、大歯車の歯元面上の瞬間温度の最高値はほとんど有意差が認められなく、歯面温度におよぼす歯先修整の影響はさきわめて小さい。このように、歯面温度におよぼす歯先修整の影響は転位係数によって異なり、転位係数が小さい場合の歯車に対する歯先修整の影響は顕著で、スクーリング強さは歯先修整によって著しく向上する。

図6(a)および(b)は歯面荷重 $P_n = 27.17 \text{ kg f/mm}$ 一定のもとにおける $x_1 = 18$ の場合の小歯車および大歯



(a) 小 歯 車



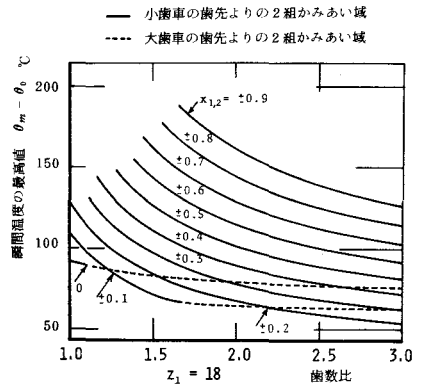
(b) 大 歯 車

図6 小歯車, 大歯車の歯先修整量 ($P_n = 27.17 \text{ kg f/mm}$)

車の歯先の修整量を表す。大, 小歯車とも, 転位係数の増大にともない修整量は次第に増大するが, 歯数比が増すと修整量は減少する。

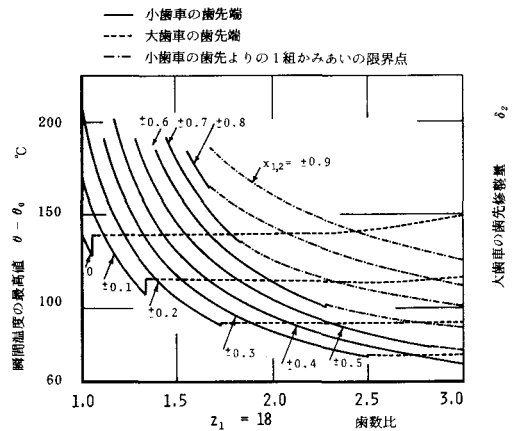
図6(a)および(b)に示した歯先の修整量をもつ転位歯車の場合の瞬間温度の最高値と歯数比の関係を図7(a)に示す。図中, 実線部は小歯車の歯先よりの2組かみあい歯面が最高温度となった場合を示し, スコアリング発生之最も危険性の大きな歯面と考えられる。反対に, 破線部は大歯車の歯先よりの2組かみあい歯面が最高温度となった場合を表す。 $x_{1,2} = \pm 0.1$ の場合, $i < 1.67$ ($z_2 = 30$)では i の増大にともなって瞬間温度の最高値は著しく減少するため, スコアリング強さは上昇する。また温度の最高値を示す位置は小歯車の歯先よりの2組かみあい域に現れる。しかし, $i > 1.67$ では, 逆に大歯車の歯先よりの2組かみあい域に現れ, 温度の最高値は i に無関係ではほぼ一定となる。一方, $x_{1,2} > \pm 0.2$ の歯車の場合, 瞬間温度の最高値を示す位置は i に無関係で小歯車の歯先よりの2組かみあい域に現れる。 i の増大にともなって瞬間温度の最高値は著しく減少する。

図7(b)に無修整歯車の場合の瞬間温度の最高値と歯数比の関係を示す。いま図において, 実線部は小歯車の歯先端と大歯車の歯元のかみあい歯面が最高温度となった範囲を示し, スコアリング発生之最も危険性の大きな歯面と考えられる。反対に, 破線部は小歯車の歯元と大歯車の歯先端のかみあい歯面が最高温度となる範囲を示す。一方, 一点き線は小歯車の歯先よりの1組かみあいの限界点が最高温度に



(a) 歯先修整歯車

図7 瞬間温度と歯数比の関係



(b) 無修整歯車

図7 瞬間温度と歯数比の関係

なることを示す。従来、臨界温度による耐スコーリングの評価は歯先と歯元のかみあい歯面のみについて行われていた。しかしながら、転位係数が比較的大きな場合 ($z_1 = 18$ の場合では、 $x_{1,2} \geq \pm 0.5$) では、瞬間温度の最高値は小歯車の歯先よりの1組かみあいの限界点に現れるため、この限界点について検討する必要がある。歯面温度の最高値は修整歯車の場合のそれと比して、転位係数が大きい場合では、有意差は認められない。しかしながら、転位係数が比較的小さい場合では、修整歯車の場合の瞬間温度は無修整歯車のそれに比して著しく減少する。

図8は $z_1 = 18$ の場合の修整歯車の場合の瞬間温度の最高値 $\theta_m - \theta_0$ (図7(a)) に対する無修整歯車の場合の最高値 $\theta - \theta_0$ (図7(b)) の比を示す。 $x_{1,2} = \pm 0.2$ の転位歯車について、 $i = 1.0$ の場合では、 $\theta - \theta_0 / \theta_m - \theta_0 \div 1.6$ となり、耐スコーリング強さは歯先修整によって著しく向上する。しかしながら、転位係数が大きくなるにつれて歯先修整の影響

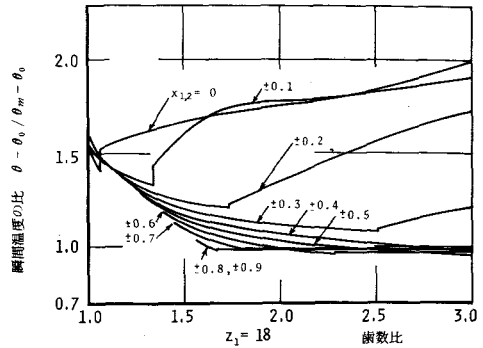


図8 修整歯車と無修整歯車の場合の瞬間温度の比と転位係数の関係

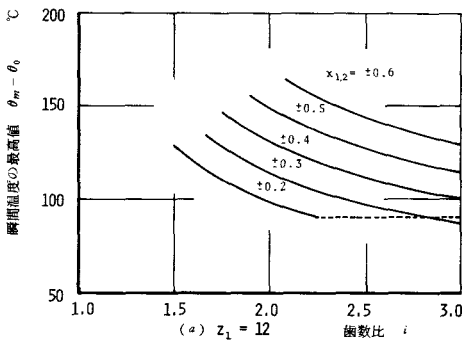


図9 瞬間温度と歯数比の関係(修整歯車の場合)

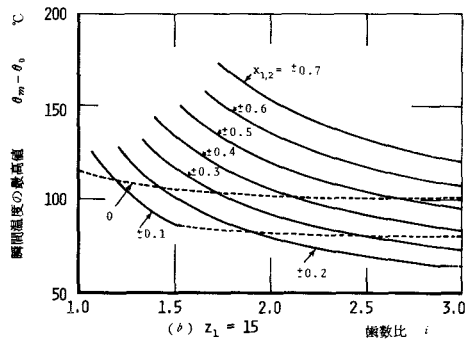


図9 (その1)

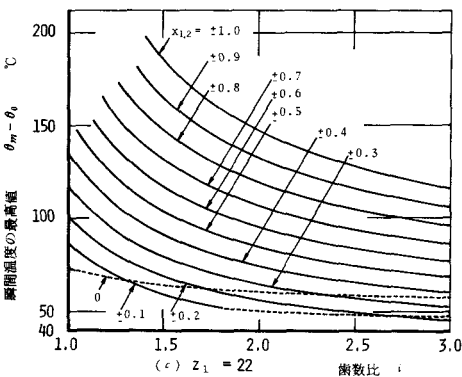


図9 (その2)

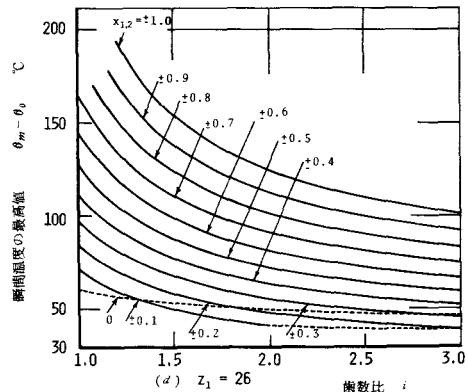


図9 (その3)

は次第に減少し、 ± 0.7 転位以上の歯車の場合には、耐スコアリング強さに対する歯先修整の効果はほとんど認められない。一方、図 7(b)に示した $z_1 = 18$ の場合の無修整歯車に対する歯面温度の計算値から、 $i = 1.0$ の場合、

$$\frac{\theta - \theta_0(x_{1,2} = \pm 0.2)}{\theta - \theta_0(x_{1,2} = \pm 0)} \div 1.46$$

となる。したがって、 $z_1 = 18$ 、 $i = 1.0$ の場合では、歯先修整を施した場合が転位した場合に比してスコアリング対策としてかなり効果的と考えられる。しかしながら、 i の増大にともなって $\theta - \theta_0/\theta_m - \theta_0$ の値および無修整歯車の場合の標準歯車の瞬間温度に対する転位歯車の温度の比はかなり変化するため、歯先修整を施した場合が転位を施した場合と比してスコアリング対策に対してより効果的であるとは断定できない。

同様に、 $z_1 = 12, 15, 22, 26$ の場合の修整歯車に対する瞬間温度の最高値と歯数比の関係を図 9(a)~(d)に示す。 z_1 の増大にともなって瞬間温度の最高値は次第に低下する。また瞬間温度におよぼす転位係数の影響は複雑であるが、 i が決まるとスコアリング強さに対する転位係数の最適値が存在する。たとえば図 9(c)について、 $i = 2.0$ の場合、 $x_{1,2} = \pm 0.1$ の転位歯車の場合が瞬間温度の最高値は最も小さく、ついで、 $x_{1,2} = \pm 0.2, \pm 0, \pm 0.3, \pm 0.4 \dots$ の順にしたがって温度の最高値は増加する。したがって、耐スコアリング強さは $x_{1,2} = \pm 0.1$ の転位歯車の場合が最も大きく、ついで、 $x_{1,2} = \pm 0.2$ 、標準歯車、 $x_{1,2} = \pm 0.3, \dots$ の順に、減少する。

$z_1 = 12, 15, 22, 26$ の場合の修整歯車と無修整歯車の場合の瞬間温度の比、 $\theta - \theta_0/\theta_m - \theta_0$ と

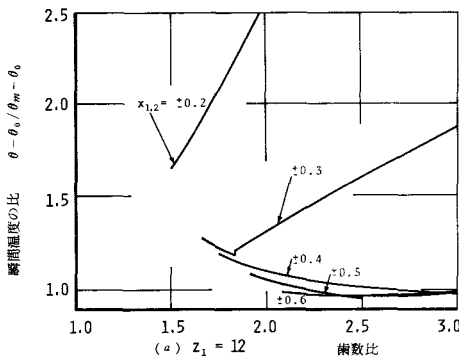


図 10 修整歯車と無修整歯車の場合の瞬間温度の比と転位係数の関係

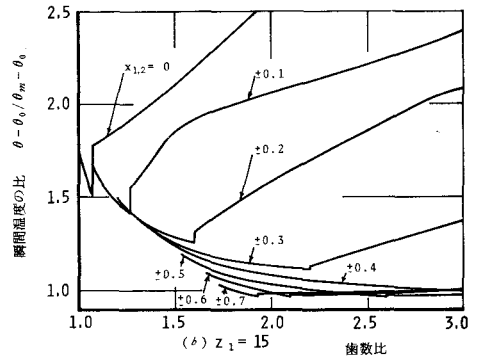


図 10 (その 1)

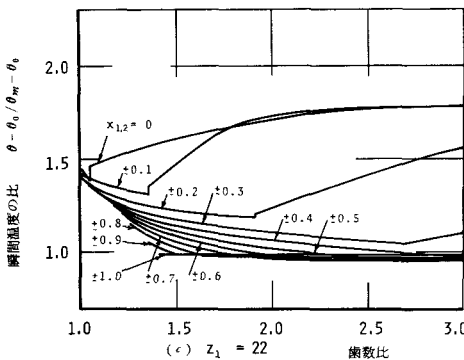


図 10 (その 2)

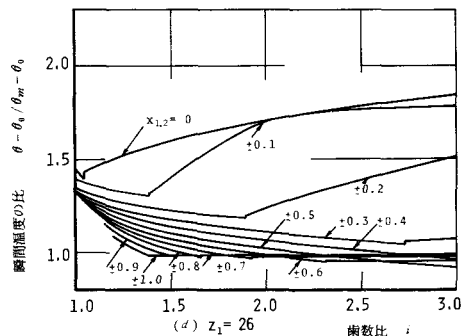


図 10 (その 3)

転位係数の関係を図10 (a)~(d)に示す。 ε_1 の増大にともない瞬間温度の比は次第に低下し、耐スコ어링強さにおよぼす歯先修整の影響は減少する。また転位係数が比較的小さい場合には瞬間温度比は大きく、歯先修整によってスコ어링強さは著しく向上する。しかしながら、転位係数が大きくなるにつれて、歯先修整の影響は次第に減少する。なお、実際のスコ어링試験では、無修整歯車の場合の動荷重は修整歯車の場合のそれと比して大きくなるため、スコ어링強さに対する歯先修整の影響度はこの計算値よりも若干大きくなる。

§ 6 結 言

無修整歯車の場合と修整歯車の場合の歯面温度の計算結果からつぎのことが明らかになった。

- (1) Vau-Null 歯車の場合、瞬間温度の最高値を示す歯面は、 ε_1 , i および x によって著しく変化する。たとえば、転位係数が小さい場合、大歯車の歯先よりの2組かみあい域に発生するため、この位置が最もスコ어링発生の危険性が大きく考えられる。逆に、転位係数が大きい場合のそれは、小歯車の歯先よりの2組かみあい域に現れる。
- (2) スコ어링強さにおよぼす歯形修整の影響は転位係数によって異なり、転位係数が小さい場合の歯車に対する歯形修整の影響はきわめて顕著で、スコ어링強さは歯形修整によって著しく向上する。

文 献

- (1) Borsoff, V. N., Trans., ASME, Ser. D, 81 (1959), 79.
- (2) Yokoyama, M., Ishikawa, J., & Hayashi, K., Wear, 19 (1972), 131.
- (3) Terauchi, Y. & Mori, H., Trans., ASME, Ser. B, 96 (1974), 41.
- (4) Blok, H., Proc. Gen. Discus. Lub. & Lub., 2 (1937), 14.
- (5) 寺内, 灘野, 日本機械学会論文集, 44-382 (昭53-6), 2099.
- (6) 石川, 東京工業大学学報, 3-2 (昭32), 197.
- (7) Walker, H., Engineer, 166 (1938-10), 409.
- (8) ISO / TC 60 / WG 6 (1975-3), Netherlands 17, Calculation of Scoring Resistance of Gear Drives.

(昭和54年7月13日受付)

けい光ランプ全般照明による室内の快適性の研究

(電気工学科) 原 田 一 彦

A Study of Pleasantness of Interior under General Lighting by Fluorescent Lamps

Kazuhiko HARADA

In order to design a pleasant visual environment, the most important problem to be examined is how a man feels pleasantness in the visual sense. Therefore, an evaluation method of psychological factors in the visual environment is necessary.

We studied the pleasantness in a western-style scale model room under general lighting by the several kinds of fluorescent lamps.

The following results were obtained ;

Rendering fluorescent lamps are the best for making the pleasant environment and three band luminescence type is the next.

In the factor of "restfulness," the visual environment at 400 lx is preferred to the one at 1000 lx, but on the contrary, in the factor of "lighteness," The visual environment at 1000 lx is favoured better than the one at 400 lx.

§ 1 緒 言

人間の感覚のなかで、最も大切なものは視覚である。そして、照明は視覚と一番密接な関係にあり、我々の日常生活で生理的、心理的に与える影響は大きい。白熱電球の実現とその普及、けい光ランプの発明、そして、その効率の向上化等が努力され、最近では、人間の感覚を中心とした演色性の改良に開発が進んできている。すなわち、量の照明から質の照明へ、明視照明から快適照明へと発展しているわけである。

快適照明は、理論計算や生理的な見え方だけで求められるものではなく、心理的な面からその効果を検討されなければならない。これには、立体的な輝度分布、明るさの感覚、色彩、モデリング、さらに、建築、空調、音響等の要素が加わることは当然である。

視環境は、屋内と屋外に大別されるが、屋内で過す人の方が多く、また、人工光源による効果も大きい。したがって、本研究は、全般照明下の室内の快適性について、普通形、高演色形および三波長域発光形けい光ランプを光源として使用し、照度を変化させて基礎的な実験をし、検討を加えたものである。

§ 2 快適な照明

室内照明で良い照明の条件としては、すでに多くの発表がなされているが、¹⁾ 藤井氏は次のようにまとめている。²⁾

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| (1) 十分な明るさ——照度 | (6) 気分のよいこと——心理的效果 |
| (2) むらのない明るさ——照度あるいは輝度の分布 | (7) 意匠——美的効果 |
| (3) まぶしくないこと——グレアの除去 | (8) 設備費と維持費——経済性 |
| (4) 適当な陰影——モデリング、かげ | (9) 照明エネルギー |
| (5) 光色と演色性——照明されるものとの関連 | |

このうち(2)～(7)は、人間が見え方の尺度によって質的に評価するもので、量的な数値で表現することは困難とされている。

ところで、快適な照明は、良い照明と同一ではない。心理的な面で検討する必要がある。しかし、快適な照明を得るには、上記の条件は基本的に考慮されるべきことである。また、快適性については、人間のそのときの状態、場所、時間、通風状態、季節(温度、湿度)等により条件が変化してくる。したがって、照明工学の枠を超えた広い分野で研究、検討されなければならないが、評価は誰でもでき、専門家を必要としないことを考えれば、近い将来に解決、完成されるものと思われる。

§ 3 実験および考察

実験装置は、前回の実験³⁾に使用した枠を改造し、4 m×4 m×2.7 mの広さの洋風居間を想定して、その1/4の縮尺模型装置を作成した。そして、これに忠実に実際の部屋のふん囲気を出すよう市販されている内装材を使用し、家具も適当に配置した。

照度は、前回の実験結果を参考にして、400 lxと1000 lxの2種類で全般照明とした。使用したけい光ランプは、前回と同様、一般形として白色、温白色および昼光色の3種類、高演色形ランプはデラックス、効果演色用および色評価用純正色の3種類、それに三波長域発光形ランプの7種類である。被験者は、視力、色覚ともに正常な19～20才の男子学生10名である。

前記の縮尺模型装置を暗室内に置き、室内の照度を被験者が質問用紙を読み、また、記入できる程度にした。

質問事項は、快適視環境研究委員会報告⁴⁾による統計的取り扱いを考慮したものを利用した。これは、質問事項が40あり、それぞれ、「あてはまる」、「あてはまらない」について各5段階の数値でどちらかに必ず解答するようになっている。なお、質問事項は次のような項目である。

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| 1 落ち着いた | 15 若い | 29 複雑な |
| 2 明るい | 16 自由な | 30 現代的な |
| 3 ところよい | 17 しっくりした | 31 洗練された |
| 4 開放的な | 18 楽しい | 32 ダイナミックな |
| 5 単調な | 19 目新しい | 33 はなやかな |
| 6 すっきりした | 20 あたたかい | 34 あざやかな |
| 7 上品な | 21 やわらかい | 35 新鮮な |
| 8 清潔な | 22 健康的な | 36 まとまった |
| 9 ゆたかな | 23 デラックス | 37 気がやすまる |
| 10 安定した | 24 深い | 38 広い |
| 11 生き生きした | 25 重い | 39 調和した |
| 12 新しい | 26 陽気な | 40 目だった |
| 13 積極的な | 27 美しい | |
| 14 しずかな | 28 おもしろい | |

実験によるアンケートを次の四つの因子にまとめることにした。

第1因子は、「明るい」、「ところよい」、「上品な」、「清潔な」などで代表されるごく一般的な感じの良さを表わすものである。

第2因子は、「新しい」、「積極的な」、「若い」、に対しそれと反対の「落ち着いた」、「上品な」、「安定した」などの若さ対称的な落ち着きを表わす因子である。

第3因子は、「やわらかい」、「おもしろい」、「複雑な」に対し「しずかな」、「すっきりした」、「まとまった」などにぎやかさと対称的な静かさを表わす。

第4因子は、「目だった」、「あざやかな」、「健康的な」、「開放的な」などの目立つことと開放的な因子である。

けい光ランプは、普通形、高演色形および三波長域発光形の3種類にまとめ、各項目の「あてはまる」の5段階の評価を+、「あてはまらない」の評価を-に加算して因子別に整理した結果が表1で、被験者全員(10名)が、「あてはまる」の5の評価をすれば50、「あてはまらない」の5の評価をすれば50、したがって、±50の範囲で評価の数がでる。

表1 けい光ランプの種類による室内の快適性の評価

ランプ 因子 (照度)	一般形		高演色形		三波長域発光形	
	400lx	1000lx	400lx	1000lx	400lx	1000lx
1	38.2	39.0	42.6	47.8	41.0	45.5
2	38.3	36.9	41.2	40.9	42.1	40.8
3	36.1	37.5	42.8	43.1	40.9	42.0
4	39.0	41.3	45.8	48.9	42.3	46.1

この結果によると、照度の高い方が快適に感じられるのは、第1因子の「明るい」、「清潔な」、「デラックス」、「美しい」などで影響が大きい。次は、第4因子で陽気、開放的な感覚も高照度が好まれている。第3因子は、照度の影響はあまりなく、「ゆたかな」、「やわらかい」、「ころよい」、「しずかな」といった面では、400lxの照度で満足できることがわかる。反対に、第2因子では、わずかではあるが400lxの方が「気がやすまる」、「落ち着いた」、「上品な」といった感覚では快適に感じられている。したがって、照度は400lx～1000lxの範囲で快適照度が求められそうである。

けい光ランプは、高演色形が最も良い結果となり、三波長域発光形は前者とあまり差がなく、一般形のランプは快適性を要求する場合は問題があるという結果となった。これから快適性を考える場合、光源の色温度よりも演色性の方が大切であることがわかる。

「落ち着いた」、「清潔な」、「気がやすまる」には全員が「あてはまる」の評価をし、「ころよい」、「すっきりした」、「上品な」、「しずかな」、「ゆたかな」、「美しい」、「まとまった」にもほとんどの被験者が「あてはまる」としている。したがって、照明設計をする場合に、これらの項目を重点的に配慮し、また、「あてはまらない」の方に評価された項目をチェックすることにより、快適な照明へ近づけることができる。

§4 結 言

今回は、市販されているけい光ランプの全般照明だけによる室内(居間)の快適性を検討し、その結果を数量的に表現することに近づく試みをした。

結果は、演色性の良い高演色形のランプがもっとも効果的であり、三波長域発光形ランプもあまり差がなかった。「落ち着いた」、「気がやすまる」などの因子では400lxの低い照度が、一般的なイメージ、すなわち、「明るい」、「清潔な」などの因子では1000lxの高い照度が、はるかに快適に感じられている。また、「陽気な」、「開放的な」因子でも高照度が快適とされたが、「やわらかい」、「ころよい」、「しずかな」といった項目の因子では、照度による差はみられず、400lxあれば満足される

ことがわかった。

照明方式を変化させ、光源を混用したり、また、周囲の環境を変化させたりした場合の研究が今後の課題である。

最後に、実験に協力していただいた学生諸君に厚く感謝する。

参考文献

↓) たとえば

Earl A. Anderson: Illumination Design Data, Bulletin 41 (1921)

P. Moon & D. E. Spencer: Lighting Design (1948)

IES Lighting Handbook, 5th Edition (1972)

照明学会編：照明ハンドブック (昭53) 356

照明学会編：屋内照明のガイド (昭53)

2) 藤井：照学誌 63-7 (昭54) 361

3) 原田：呉高専研究報告 15-1 (昭54) 61

4) 乾：照学誌 58-8 (昭49) 457

(昭和54年10月15日受付)

呉高専電子計算機室の実態と分析（第1報）

（電気工学科） 村 上 滋 樹
（電子計算機室） 町 田 勝 吉

An Analysis on the Actual Conditions of Computer Room at KURE Technical College (1st Report)

Shigeki MURAKAMI
Masayoshi MACHIDA

A survey view on the actual conditions of computer room in last four years ('75-'78) are presented. FACOM 230-28S system were utilized to a great extent that were about 10 CPU-hours a day, and the limits of performance will be reached before too long.

In this condition to realize more effective usage, some plans such as storage-installing, on-line to computer center etc. are discussed.

1 緒 言

昭和49年度特別設備費により導入された FACOM 230-28S システム¹⁾が稼動を始めてから4年余が経過した。この間に、演習(COLT²⁾、卒業研究、教官研究などに活用され情報処理教育の質量両面にわたる充実と研究の発展に大いに寄与してきた。年を追ってシステムの充実が進むのに加えて自動製図装置、データ集録解析装置も導入され電子計算機室の総処理能力はかなり向上した。過去4年間の稼動状況、利用状況及び設備充実の推移を概観して簡単な分析を試み今後の電子計算機室のあり方などについて追求してみたい。

2 利用状況

利用状況の概況を表1～3、図1、2に示す。50年度は導入直後で稼動日数が少なく、試行的な段階にもあったためジョブ数も少ない。52年度になると積極的に利用されるようになり、10・3〔CPU時間/日〕は西日本地区高専中の2位、電源投入時間は1位であり略々他校の2倍の利用時間となっている。ジョブ数は8000で頭打となっているが、ジョブ当りCPU時間が約21分ということで、この点よりジョ

表1 稼 動 状 況

年 度	稼動日数	ジョブ数(演習)	CPU時間	ジョブ数/日	CPU 時間/日	電源投入時間/日
50	244.5	6079(105)	981	24.9	4.0	—
51	269.5	7860(1813)	895	27.8	3.8	8.7
52	272.5	8193(8791)	2793	30.1	10.3	14.3
53	280.0	8048(2921)	2586	28.7	9.2	13.4

ブ数の増加は望めそうにない。当初は5分間ジョブで1日約100ジョブと見込んでいたのですが、1日約29ジョブは少ないといえるがCPUの利用時間は22〔%〕も上回っている。勤務時間8時間を上回るCPU時間となったのは昼夜連続運転を行っているためで検討を要する問題点の一つである。

長時間ジョブ(1時間を超えるもの)については大型計算機センターの利用を希望しているが、九大センターを利用する場合のターンアラウンド7~10日(殆んど運送日)に対し本校計算機の1日というのは非常に大きな魅力で、教官研究の進展に多大の貢献をしていることは看過できない事実である。この点から当分の間連続運転の解消は望めそうにない。一方、時期的には、8月、9月、11月などの卒研、演習の多くないときに利用されているので運用上から都合のよいタイミングになっている。

学科別利用状況をみると、ジョブ数では機械、電気、建築、土木、時間では機械、建築、電気、土木の順になっている。研究の質によりジョブの内容は異なってくるのは当然であるが、ジョブ当りのCPU時間〔分〕を比べてみると、建築—28.9、機械—21.1、電気—4.2、土木—2.8 となって居り機械、建築では長時間の計算を行うジョブが多く、8時間以上のものがかかなりある。電気、土木ではメモリ容量の点で長時間計算ができないとか、演習の割合が大きいという理由によるものと思われる。

3 設備充実の推移

導入時の28Sの機器構成は最小構成であったため当初より逐次増設を行っていく方針をとり、目標としては、メモリ64KB、ディスク装置2台、カードせん孔機6台程度を考えていた。メモリについては今春目標に到達できたができれば128KBにしたいと思っている。ディスク装置については17.7MB2台を概算要求している。

28SシステムにはXYプロッタジョブによる利用効率低下を避ける意図からXYプロッタをつけていな

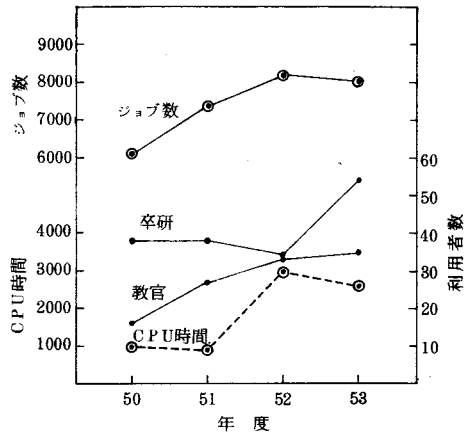


図1 年度別利用状況

表2 利用者

年 度	演習(学級)	卒研学生	教 官	(寄与論文数)	大型センター
50	4	38	16		11
51	6	38	27		11
52	8	34	33	13	10
53	8	54	35	10	10

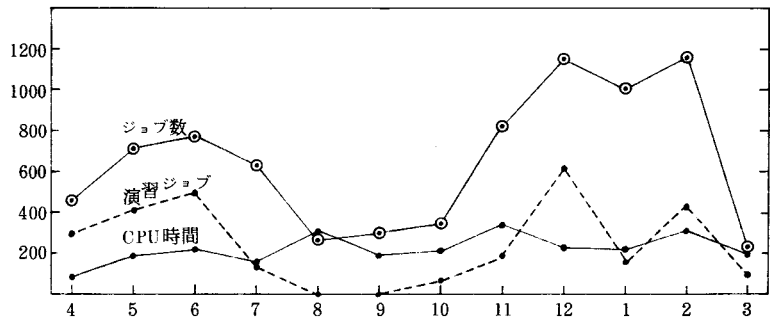


図2 53年度月別利用状況

表3 学科別利用状況 $\left(\frac{\text{ジョブ数(演習)}}{\text{CPU 時間}} \right)$

年 度	機 械 工 学 科	電 気 工 学 科	土 木 工 学 科	建 築 学 科	計
51	$\frac{1217(129)}{324.6}$	$\frac{1624(832)}{241.6}$	$\frac{738(115)}{38.2}$	$\frac{1518(737)}{184.6}$	$\frac{5097(1818)}{784.0}$
52	$\frac{2592(1068)}{968.6}$	$\frac{1320(973)}{17.8}$	$\frac{1115(564)}{70.9}$	$\frac{2519(1186)}{1481.8}$	$\frac{7546(3791)}{2488.6}$
53	$\frac{3542(1149)}{1298.7}$	$\frac{1920(1182)}{77.7}$	$\frac{1272(517)}{41.8}$	$\frac{632(73)}{631.8}$	$\frac{7366(2921)}{2050.0}$
計	$\frac{7351(2346)}{2586.9}$	$\frac{4864(2987)}{887.1}$	$\frac{8125(1196)}{145.9}$	$\frac{4669(1996)}{2247.7}$	$\frac{20009(8525)}{5817.6}$
%	$\frac{36.7(27.5)}{48.6}$	$\frac{24.3(35.0)}{6.8}$	$\frac{15.6(14.0)}{2.7}$	$\frac{23.8(23.4)}{42.8}$	$\frac{100(100)}{100}$

表4 設備充実の推移

年 ・ 月	50・3	50・12	51・3	52・3	53・2	53・9	54・3	54・9
2 8 S シ ス テ ム	メ モ リ	32 K B	48 K B				64 K B	
	P F U	1 M B						
	D P	5 M B						
	C R	600枚/分						
	L P	400行/分						
	T W	20字/秒						
	C P	2 台	3 台					4 台
	P T P			100字/秒				
自動製図装置			1 式					
データ集録解析装置					1 式			
同上用 C R						400枚/秒		

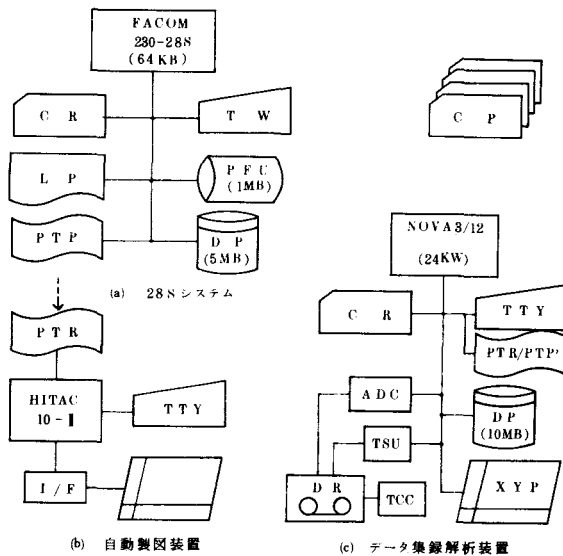


図3 呉高専電子計算機室設備

かったが、図形出力の要望と自動製図機そのものの要求から50年度特別設備費により武藤工業㈱製の自動製図装置が導入され、オフライン図形出力装置として利用できるようになった。DAP-I (製図機能図形処理アプリケーションプログラム) を活用して、XYプロッタを使用するのと同じ感覚でプログラム可能とするため PTP が次年度には増設された。さらにこれにより FAPT の利用も容易となってきた。

データ集録解析装置は日本ミニコン㈱製 NOVA 3/12 を主体としたシステムで、DC~20〔kHz〕の多チャネルアナログ信号の記録、再生、AD変換、ディジタル処理、図形出力などの機能をもっている。CPU 速度は 28S の約2倍であり紙テープベースで導入したが次年度には CR を増設しカードベースの利用を可能とし、制御カード群は異なるが JIS 水準 7000 では、ソースプログラムレベルで略々互換性があるので、28S の補助システムとしても利用可能となった。印字速度がおそいため出力に時間を要する点は問題であるが、LP を導入するのに要する経費とのかね合いから考えると止むを得ないと思う。言語は FORTRAN が主で、FFT、フィルタリングなどの機能を持ったディジタル信号処理用サブルーチンライブラリ DPSS をもっている。

各システムのオンラインについては技術的に可能ではあるが、利用効率、オペレータの負担、スケジューリング、保守契約上の責任限界などからみてメリットは殆んどないと判断している。各システムの性格を生かして独立して使う方が利用者数、教育効果の点で優れていると考えられる。

表5 システム比較

システム	230-28S	データ集録解析装置	自動製図装置
主従関係	主	補(従)	従
利用方式	クローズ	オープン	オープン
用途	汎用	特殊	専用
FORTRAN	7000	7000	3000
C O B O L	J I S		
アプリケーション	D A P - I	D P S S	
プログラム	F A P T		

メモリが 64KB になった 28S

は OS を BOS から BOS/VS にレベルアップして仮想記憶機構を活用できるようにしたのに併せて、最適化機能をもった FORTRAN が使用できるようになった。プログラムによっては約 1/2 に処理時間が短縮されたものがある。

28S の能力アップと NOVA 3/12 の補用により電子計算機室全体の処理能力が向上し、28S のジョブ数減の一因に NOVA の補用も関与していることに注意して欲しい。

4 28S システムの問題点と対策

一日当り CPU 時間が 10 時間前後にもなるのは処理能力の限界に達していることを現わしており、CPU 時間を 4 時間以内に収めるためには最低で 3 倍、できれば 10 倍程度の CPU にリプレースする以外に根本的な解決策はない。CPU の更新を行わないで処理効率をあげる対策としては、ロールイン/アウト時間を低減するためメモリを更に増設すること、ディスクパック交換時の手操作時間の低減を実現するために大容量ディスク装置の増設が考えられる。

メモリは現状の 64KB が最大限となっているが 230-25 と同じように更に 64KB の外付増設を希望している。ディスク装置については、常駐させたい OS、アプリケーションプログラム、ファイルが約 18 MB のため、ユーザファイルの確保も考慮して 17.7 MB のディスク装置 2 台、MT2 デッキを概算要求している。

処理能力アップの他の対策としては大型センターとのオンラインが考えられるが、回線料が月に十数万円となるので校内予算だけでは相当な負担となる。豊田高専と同様に本省予算が配分されれば早急に実現の可能性がある。また、九大センターは遠いので、広島大学が中国地区のセンター校となり大型計算機が設置されればターンアラウンドも 1 日程度となり、オンライン化の場合も回線料が安上りとなる

のでその日の近からんことを望んでいる。

電源投入時間と CPU 時間の差の約4時間のうち利用可能なものの積極的利用のためには短時間ジョブの増加を図る必要がある。演習はワンマーク命令を活用するマークカード方式で実施しているが、ワンマーク命令を使わない方式にするとか、せん孔機が増設されたので4名程度のグループによる演習ならばパンチカード方式にするとか、課題登録による一般学生の自主研究などを取り入れることについて検討をすすめたいと考えている。

5 結 言

28S システムは非常によく活用されているが、更に演習のため活用されることを希望したい。処理能力の向上と利用効率向上の手段は講じつつあるが目標達成はかなり困難な状況にある。利用者各位が効率的なプログラムの作成とデバッグ工程の短縮に努められるよう要望するとともに今後の御支援をお願いする。

参 考 文 献

- 1) 村上：呉高専 FACOM 230-28S システム：呉高専研究報告第11巻第2号（昭和51年3月）。
- 2) 村上・吉野・町田：FORTRAN 演習用システム COLT/KTC：呉高専研究報告第12巻第2号（昭和52年3月）。

（昭和54年10月15日受付）

交流高電圧発生装置のサイリスタしゃ断 及び突入電流防止回路

(電気工学科) 若 宮 正 明

SCR Circuit Breaker and Rush Current Controlled Circuit on AC High Voltage Testing Equipment

Masaaki WAKAMIYA

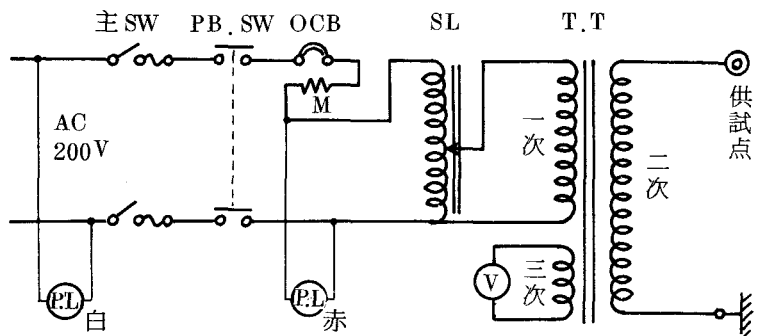
The AC high voltage testing equipment (100kV, 10kVA) installed in this institute controls high voltage of the testing transformer by means of a sliduc. However, the employment of a mechanical circuit breaker for controlling breaking current has often been the cause of contact troubles in the breaker, along with its faulty operations caused by rush current. This has often resulted in interference with smooth operation of the testing equipment. Accordingly, a rush current controlled circuit has been added to this equipment, and SCR circuit breaker has newly been designed for replacement of the mechanical breaker.

§ 1 緒 言

本校における交流高電圧発生装置(100kV, 10kVA)はスライダック—試験用変圧器で電圧制御を行っている。また、しゃ断電流の制御は気中しゃ断器を使用していたため、しゃ断器接点があークで溶断してしゃ断不能とな

ったり、突入電流が数百アンペアになるためしゃ断器が誤動作したりで操作にかなり支障をきたしていた。

そこで、この装置に突入電流防止回路を取り付け、さらにSCRしゃ断装置を製作した。これにより現在では故障も無く順調に動作するようになった。



SL : スライダック, 1φ 10kVA 200V/0 ~ 240V

T.T : 試験用変圧器 1φ 10kVA 200V/100kV/100V

OCB : 気中しゃ断器 (プランジャー型)

図1 交流高電圧発生回路図

§ 2 従来の交流高電圧試験装置

高電圧実験の一つとして、AC(60Hz)による絶縁耐力試験を行なっているが、この電圧発生装置は図1に示す回路となっている。供試品に接続した試料が絶縁破壊すると、試料に流れる電流が例えば1アンペアとしても試験用変圧器の1次電流は500アンペアとなり、この大電流が操作コイルMに流れると気中しゃ断器OCBがトリップして電源をしゃ断する機構となっている。

学生実験では、このしゃ断・投入を1回の実験で100回以上くり返す必要がある。しかし、気中しゃ断器を使用しているためしゃ断器の接点がアークにより傷損し、装置を購入して約2年くらいからしゃ断失敗することが多くなった。その場合、速やかにP.Bスイッチでしゃ断していたがP.Bにはしゃ断能力が無く十数回の操作で接点が溶着してしまった。

そこでテンパール(株)の研究室と相談してテンパール製気中しゃ断器(SEY.1P.265V・50A)を購入して使用していたが、気中しゃ断器であるためやはりアークによる接点の傷損は防ぎ得ず、これも2年半くらいで使用不能になり新品と交換して実験していたが、いつ故障するか不明で、もし、しゃ断失敗するとT.Tの巻線が過熱熔断の危険性があり細心の注意が必要であった。

§ 3 実験装置の特性

前述の如く使用上極めて不便なため、昭和50年に卒業研究の一つとして気中しゃ断器をSCRを使った静止しゃ断に取替えるよう着手し一応の完成をみた。しかし時折SCRの素子がパンクしたため検討してみると、しゃ断電流の他に電源投入時による突入電流もかなり過大になりこれが原因で故障することも考えねばならなくなった。そこで昭和53年度その特性を測定し突入電流防止回路を付加した。その特性を以下に示す。

3・1 突入電流

スライダックは太い線を使用し巻回数が少ないため励磁インダクタンスが極めて少なく、従って突入電流は大きな値となる。図2の測定回路で電流の測定はCTを使用しCTの2次側に低抵抗を挿入して電流波形を測定した。較正はインパルス電流(波頭長 $10\mu s \sim 5ms$ 、波高値 $100 \sim 800A$)により確認した。

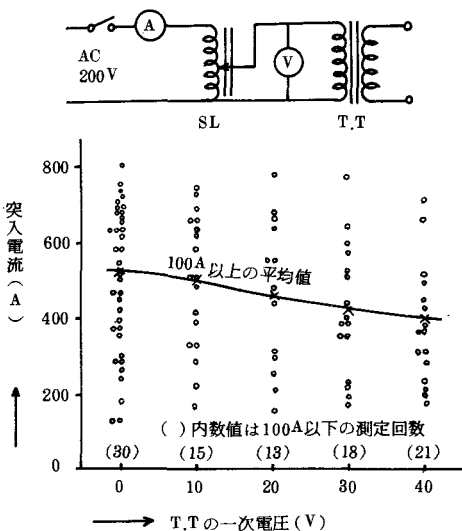


図2 突入電流及びその測定値

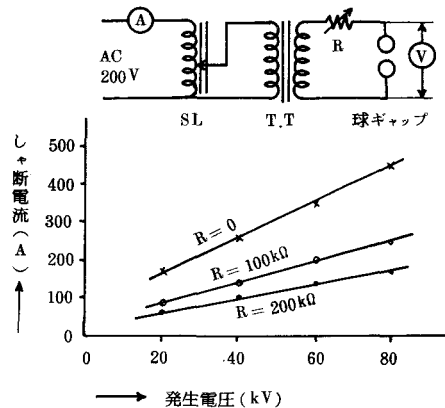


図3 T.Tの発生電圧としゃ断電流

測定結果は図2の如く最大800 Aにも達し平均で500 AになりT.Tの1次電圧にはほぼ無関係であることがわかった。突入電流の値は投入瞬時の電圧位相で大幅に変化し100 A以下の場合も多い(図2ではその回数を表示してある)が上記平均値は100 A以上の平均である。

3・2 しゃ断電流

供試物として球電極を使用し、電流制限抵抗を変化して発生電圧に対するしゃ断電流を測定した。測定回路図及び測定結果を図3に示す。この結果から言えば、電流制限抵抗を大きくすればしゃ断電流は小さくなり好都合であるが、あまり小さいとしゃ断電流を検出して電源しゃ断の動作が不調となるし、導電性をかなり有している試料について実験するときには電圧がかかりにくくなるので、実際の使用にあたっては、試料及び印加電圧の大きさに応じてRを調整した方がよい。

§ 4 回路の改良

過大なしゃ断電流を速やかにしゃ断(半サイクルしゃ断)するためSCRによる静止しゃ断器とし、また過大な突入電流を防止するためには電源投入時、回路と直列に抵抗を挿入し使用中はこの抵抗を短絡するようにした。

4・1 SCR静止しゃ断器

動作原理は図4に示す如く、供試物が絶縁破壊したときT.Tの一次巻線に過大な短絡電流が流れる。これを検出してその値が設定値以上になった場合、電源回路に直列に挿入してあるSCRのゲート電圧をOFFするようにした。具体的には図5に示す如く検出にはCTを使用して、この2次出力を調整抵抗Rを経てSCR₃のゲートへ加える。リレーXが付勢することにより主サイリスタSCR₁、SCR₂のゲートをOFFすることになる。短絡電流とゲート抵抗(調整抵抗R)の関係は図6のようになるので、これより短絡電流(しゃ断電流)は3 A, 10 A, 30 A, 100 A, に相当する抵抗として100Ω, 500Ω, 1 kΩ, 2 kΩ, の切換が出来るように設定した。このように切換が出来るようにした理由は、例えばT.T 2次電圧(発生電圧)が高い場合、しゃ断電流の設定を低くしておくと電圧上昇途中でしゃ断してしまうし、また逆に発生電圧が低い場合、しゃ断電流の設定を高くしておくと試料が絶縁破壊しても電源はしゃ断されないことになる。従って発生電圧の大きさ及び試料の種類に応じて、しゃ断電流の設定を適当

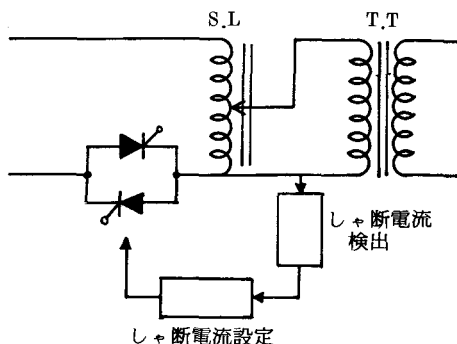


図4 SCRしゃ断装置原理図

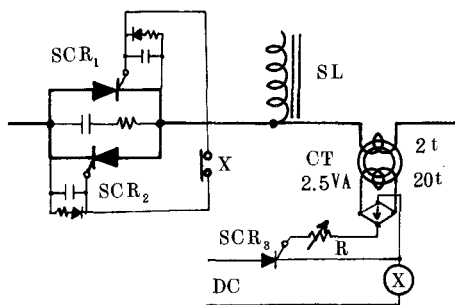


図5 SCRしゃ断回路

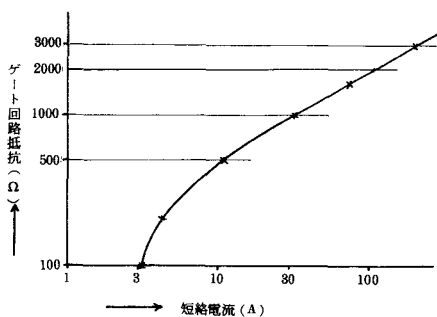


図6 短絡電流とゲート回路抵抗との関係

に選ぶ必要がある。

しゃ断周波数は、氣中しゃ断器ではしゃ断までに数ヘルツ必要であるがSCRしゃ断の場合は容易に半ヘルツで完全にしゃ断が可能である。

4・2 突入電流防止回路

突入電流の値は投入瞬時の位相により大幅に変化する。突入電流の波形は投入後、数ヘルツで減少して通常の励磁電流になること、またその最大値はスライダックの出力電圧を変化しても図2の如く殆んど変化が無い。そこで突入電流を抑えるため図7のように電源回路と並列に電流制限用抵抗を挿入し、スイッチを投入して約1.5秒後、この抵抗を短絡するようにした。1.5秒の時間設定はタイマーを使用すると大型になり高価なのでCRの積分回路により得るようにした。

突入電流防止抵抗Rを可変し、突入電流を20回ずつ測定しその最大値及び平均値を求めてみると図8の如くとなり、これより突入電流を10A以下

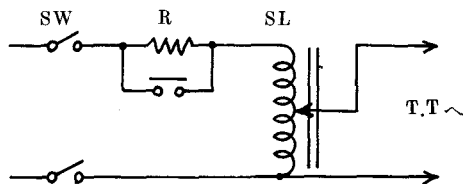


図7 突入電流制御回路

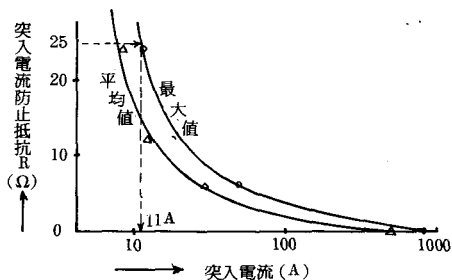


図8 突入電流防止抵抗の効果

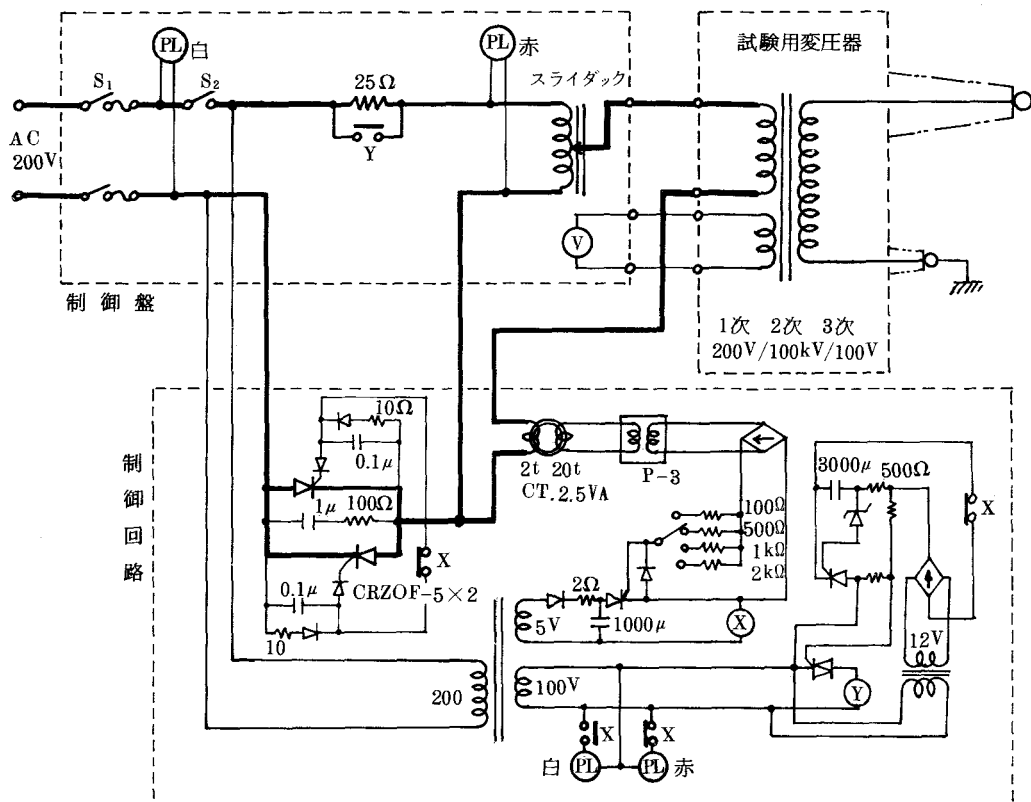


図9 交流高電圧実験装置配線図

に抑えるためには $R=25\Omega$ とすれば充分であることがわかった。抵抗を短絡するのに電源スイッチと抵抗短絡用スイッチの2度押す手間をはぶくため、上述の如くCRのタイマーを使用しリレーで短絡する装置とした。

§ 5 結 果

このように突入電流防止回路及びSCRしゃ断装置をつけて全体としては図9のような制御回路となった。これにより現在全くトラブルなしに順調に動作している。

終りにこの装置改良に努力して頂いた8期生，石岡俊明，坂本雅彦の両君，及び11期生，北村満男，山本弘造の両君に厚く感謝する。

（昭和54年10月15日受付）

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

(土木工学科) 久 良 喜 代 彦

An Experimental Study on the Damping of the Driving Tensile Stress in Concrete Pile

Kiyohiko KURŌ

The purpose of this research is to investigate the damping of the driving tensile stress in the concrete pile near having tensile failure.

Small mortar bars were used as a concrete pile. For the purpose of this study, the stress and strain in the mortar bars under longitudinal impulsive loading were measured separately. The strain was measured with strain gauges in an ordinary way. The stress was determined indirectly by observing the displacement velocity of the bars based on Faraday's principle.

It may be concluded that the effect of internal damping on the tensile stress wave is negligible immediately before tensile failure.

§ 1 ま え が き

最近ではコンクリート杭の品質は向上しており、杭打ち時の杭頭近傍の圧縮破壊等については以前よりは問題が少なくなって来ている。しかし、一方ではコンクリート杭を長尺杭、若しくは継ぎ杭として軟弱な地盤の厚い層を貫いて打ち込むような場合が増加して来ているが、このような場合には引張応力による破壊が生じやすいと思われる。引張応力による杭の破損を防止するためには各種打撃条件の下における引張応力の推定が適確に行なわれることが望まれる。

引張応力の推定には A. E. L. Smith の提案した波動理論による杭打ち解析法を用いるのが最も合理的と思われるが、これまでのところ、この解法によると引張応力の理論解は実測値よりも大きく出すぎるという批判がなされている。

本研究は引張応力の適確な推定を行なうために、上記の点について検討する一環としてコンクリート杭の模型としてのモルタル棒に縦衝撃を加え、引張破壊近傍における引張応力の減衰状況について調査しようとするものである。

本研究ではモルタル棒に鋼球によって縦衝撃を加え、応力波を発生伝ばせしめた。当初、圧縮波として棒の中を伝ばする応力波は棒先端で反射して引張波として戻って来る。これらの応力波によってモルタル棒に生ずる歪みと変位速度とを測定した。

変位速度の測定はこれによって間接的に応力を歪みと独立に計測するために行なうもので Faraday

する。

§ 4 実験結果とその検討

(1) 応力 σ と変位速度 v との関係

図2のような配線によると、銅線の両端子間に発生する電圧は(2)式で与えられるものの2倍になり次式で与えられる。

$$e = 2 \cdot \beta \cdot l \cdot v \quad (3)$$

ここで、 $\beta = 0.3880 \text{ Weber/m}^2$ 、 $l = 0.02 \text{ m}$ とすると変位速度 $v \text{ m/sec}$ のとき $e = 0.1552v \text{ (volt)}$ となる。逆に $e = 1 \text{ mV}$ の出力電圧に $v = 6.443 \text{ cm/sec}$ の変位速度が対応する。

応力 σ と変位速度 v との間に(1)式の関係が成立しているか否かを次のように検討した。

実験結果として得られた断面Aの最大ひずみ ε_{Amax} および断面Bの最大変位速度 v_{Bmax} をそれぞれ次のようにして2断面A、Bの最大応力 σ_{Amax} 、 σ_{Bmax} に換算する。

$$\sigma_{Amax} = \varepsilon_{Amax} \cdot E_p \quad (4)$$

$$\sigma_{Bmax} = C_p \cdot \frac{\gamma_p}{g} \cdot v_{Bmax} \quad (5)$$

ただし、 E_p 、 C_p 、 γ_p はそれぞれモルタルの弾性係数 (kg/cm^2)、応力波の伝ば速度 (cm/sec)、単位重量 (kg/cm^3) として

$$E_p = 2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_p = 3.846 \times 10^5 \text{ cm/sec}$$

$$\gamma_p = 0.00212 \text{ kg/cm}^3$$

として(4)、(5)の両式を計算すると大略 $\sigma_{Amax} = \sigma_{Bmax}$ が成立していることが認められた。

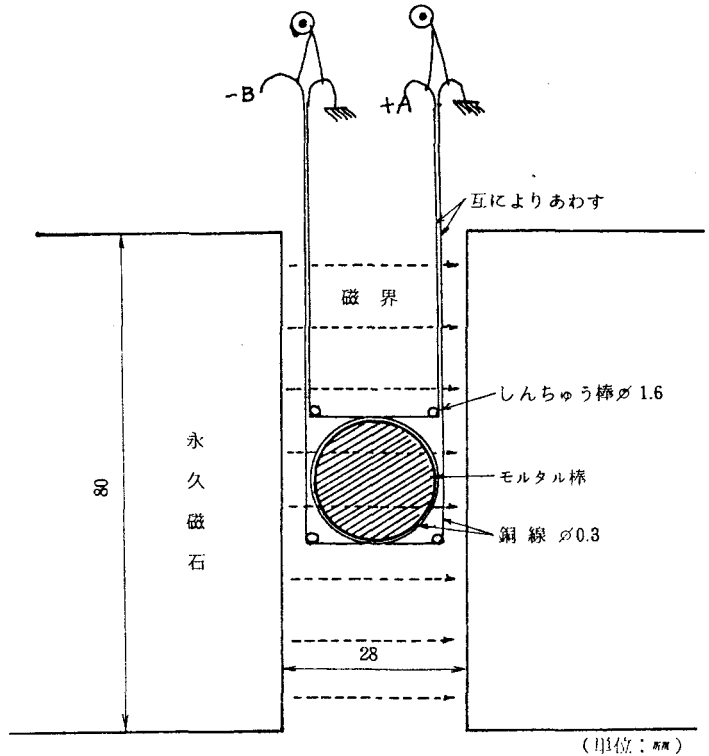
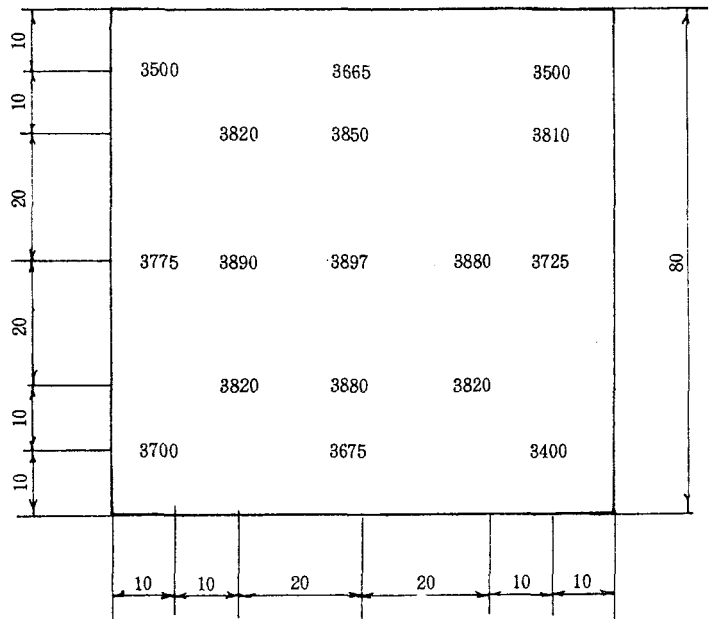


図2 変位速度測定装置



(単位、長さ：mm、磁界の強さ：ガウス)

図3 ガウスメーターによる磁界の強さの測定値

断面A, B間での圧縮波の減衰は無視できるので, このことは(5)式の関係が実際に成立していることを示すものと思われる。

(2) 変位速度波形

衝撃速度を種々に変えて得られた ϵ_A 波形および v_B 波形をそれぞれの理論波形とを図4, 図5, 図6に示す。図中で v_B 波形の2番目の山は反射引張波を表わす。

理論波形は $F(t) = \sigma_A(t) \cdot A_p$ を棒頭に作用させる方法で得られたもので内部摩擦を考慮していないものである。

本実験では応力段階は最高でも 130 kg/cm^2 であるので圧縮波はほとんど減衰せずに棒の先端まで伝ばし, そこで反射する。つまり ϵ_A の引張歪みをもつ反射波がモルタル棒を伝ばすることになる。

本実験では $\epsilon_A = -2.7 \times 10^{-4}$ の引張歪みに対しては唯1回だけでは引張破壊はおこらず $\epsilon_A = -3.8 \times 10^{-4}$ の引張歪みのときには1回で破損した。

図4の場合 ($\epsilon_A = -0.65 \times 10^{-4}$) には引張変位速度したがって引張応力にはほとんど減衰が認められない。

図5の場合には引張応力は若干減衰しているようであるがその割合はわずかである。

図6の場合にはモルタル棒に引張破壊が生じており, 断面Bの引張応力は13%程度減少している。こ

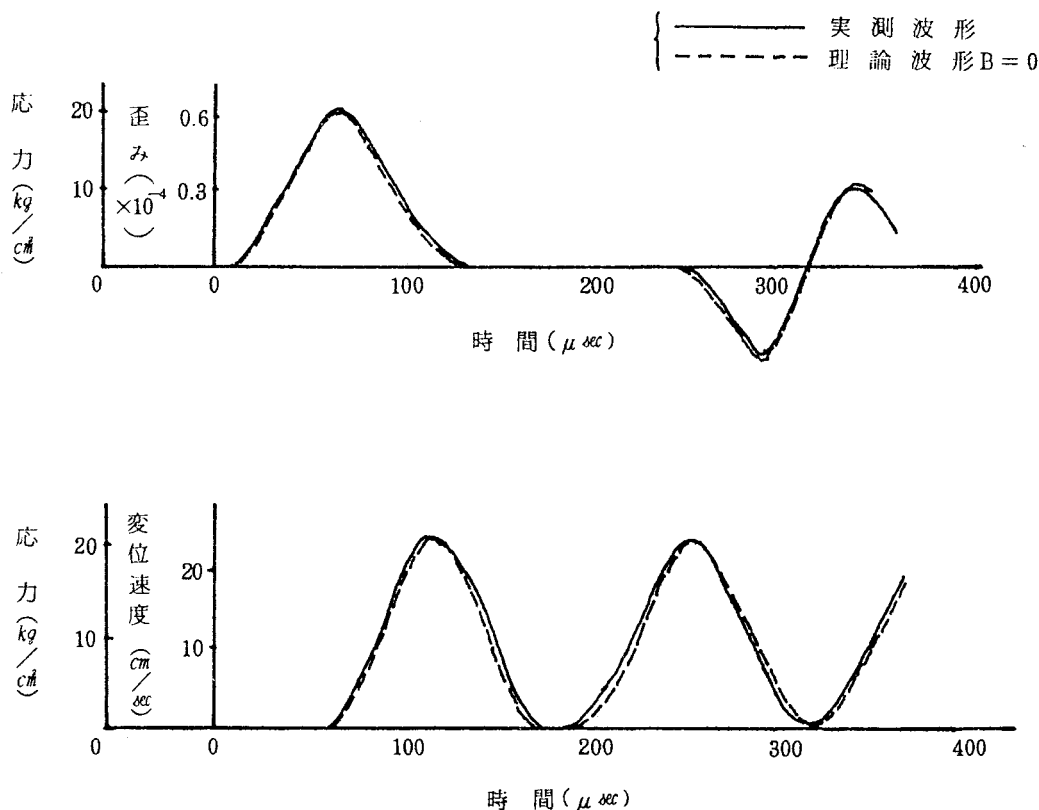


図4 ϵ_A および v_B の実測波形と理論波形との比較
($V_0 = 116 \text{ cm/sec}$ の場合)

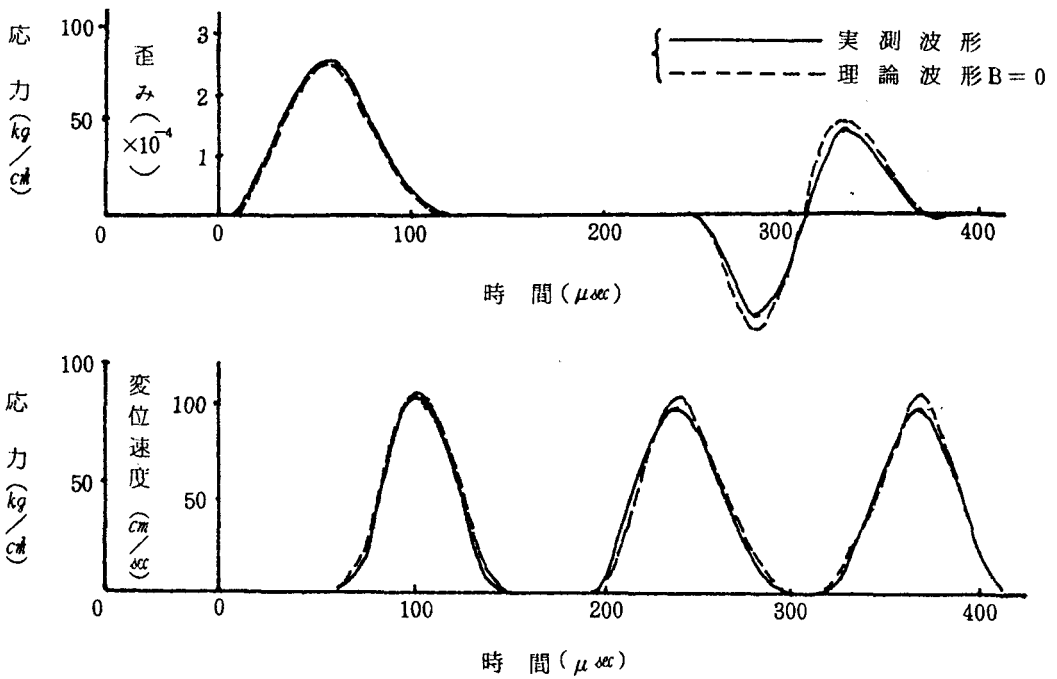


図5 ϵ_A および V_B の実測波形と理論波形との比較 ($V_0 = 401 \text{ cm/sec}$ の場合)

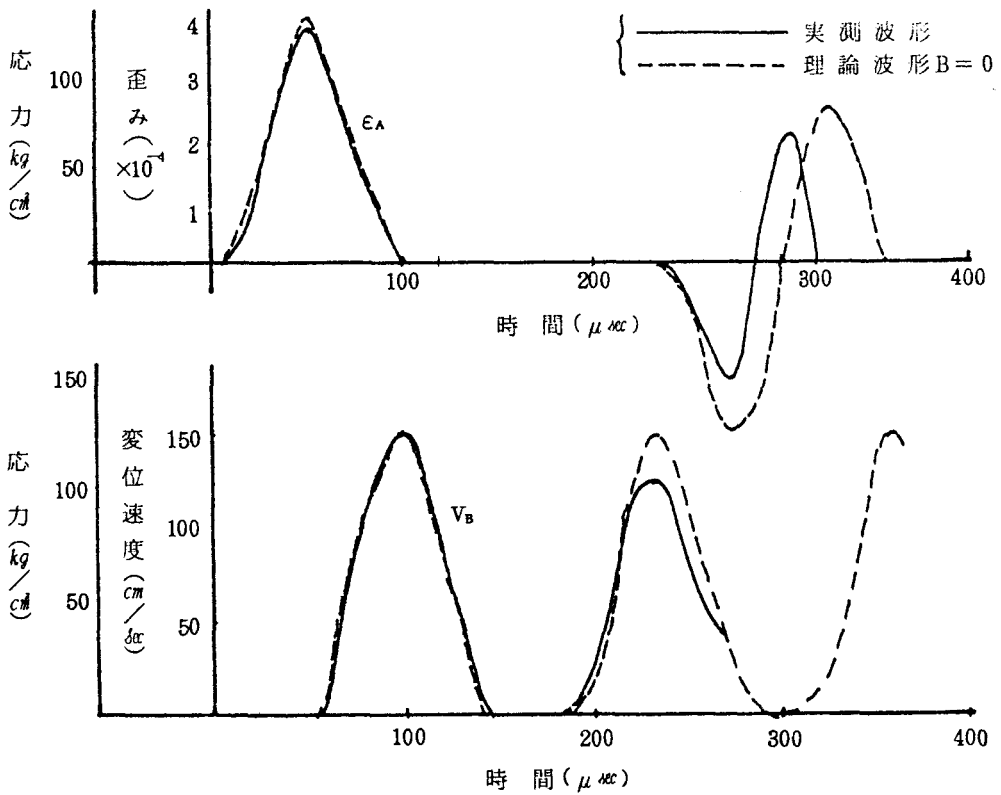


図6 ϵ_A および V_B の実測波形と理論波形との比較 ($V_0 = 564 \text{ cm/sec}$ の場合)

れは引張ひびわれの発生によるものと思われる。

本実験では打撃力の作用時間が極めて短かく、そのために $2 \sim 3 \times 10^{-4}$ 程度の引張歪みもあまり減衰せずに伝ばすること、また、引張応力も引張歪みにはほぼ比例することが認められた。

実際の杭打ちでは衝撃の作用時間が長く、かつ反覆打撃が行われるので、静的引張極限歪みに近い歪みで杭の破損が生ずるものと思われる。また、引張破壊直前までは応力は歪みにはほぼ比例し、内部摩擦は余り大きくないと思われる。

§ 5 あとがき

本研究で得られた主要な結論は次の通りである。

- i 打撃応力とそれによる変位速度 v との間には $\sigma = c \cdot r \cdot v / g$ の関係が成立する。
 - ii モルタル棒の場合には引張破壊直前まで引張歪みおよびそれに対応する引張応力はともにほとんど減衰せずにモルタル棒を伝ばするものと思われる。
- コンクリート杭の打ち込みの際にも引張破壊直前までは応力は歪みにはほぼ比例し、モルタル棒の内部摩擦はあまり大きくないと思われる。

本研究は、昭和53年6月、京都大学に提出した学位請求論文、“打撃工法におけるコンクリート杭の動力学的挙動に関する研究”の一部である。

参考文献

- 1) Smith, E. A. L.: Pile Driving Analysis by the Wave Equation, Proc. ASCE, Aug. 1960.
- 2) Ripperger, E. A. and L. M. Yeakly: Measurement of Particle Velocities Associated with Waves Propagating in Bars, Experimental Mechanics, 1963-2, pp. 47 ~ 56.
- 3) Efron, L. and L. E. Malvern: Electromagnetic Velocity-transducer Studies of Plastic Waves in Aluminum Bars, Experimental Mechanics, 1969-6, pp. 255 ~ 262.

(昭和54年10月3日受付)

呉市における騒音・振動公害について

(建築学科) 緒 方 信一郎
(建築学科) 藤 井 健

NOISE AND TREMOUR POLLUTIONS IN KURE CITY

Shinichiro OGATA
Takeshi FUJII

The purpose of this paper is to report on the investigation of the actual conditions about noise and tremour pollutions and the enterprises' control of them, which are related to the inhabitants of the district in their everyday lives.

1 ま え が き

わが国の公害防止対策は、オイルショック後の長期に亘る産業の停滞化に伴い、公害防止設備投資の減少傾向をみせるなど対策への変化があらわれている。

こうした中で特に日頃地域住民と深い係わりのある騒音、振動について公害防止の実態を把握するため、アンケート調査を行ったのでその結果をここに報告する。

2 調査方法

今回の調査は、騒音・振動の特定施設設置者並びに騒音・振動の発生が予想される呉市内の250事業所に対してアンケート調査を実施し、うち125事業所(回収率50%)について集計したものである。

3 調査結果の概要

1 事業所の地域区分について

調査回答事業所125事業所中で「工業地域」に工場を有する事業所は41事業所(33%)となり、「準工業地域」に工場を有する事業所が30事業所(24%)、「商業地域」13事業所(11%)、「住居地域」25事業所(20%)、「その他」16事業所(12%)となっている。

業種別にみた場合「工業地域」に多くの工場を有しているのは「鉄鋼、鑄造」,「金属製品」,「鑄」となっており,「準工業地域」に多くの工場を有しているのは「金属製品」,「商業地域」に多いのは「建設」,「住居地域」に多いのは「木材」,「鉄鋼、鑄造」,「金属製品」となっている。

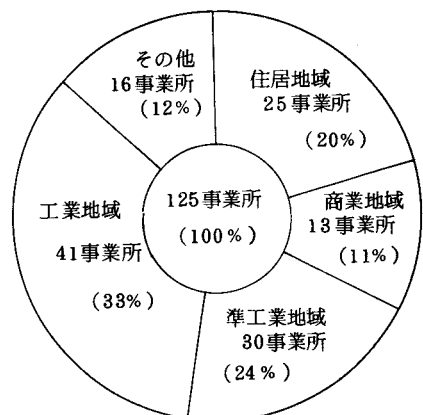


図1 事業所の所在地

事業所の規模によつての地域分布の差違はみられない。

Ⅰ 労働環境について

労働環境について悩みをもっている事業所数、種類、件数について調査した結果「悩みをもっている」事業所は66事業所(53%)、「悩みをもっていない」事業所は59事業所(47%)との回答があった。

悩みをもっている数、種類は図2のようになる。

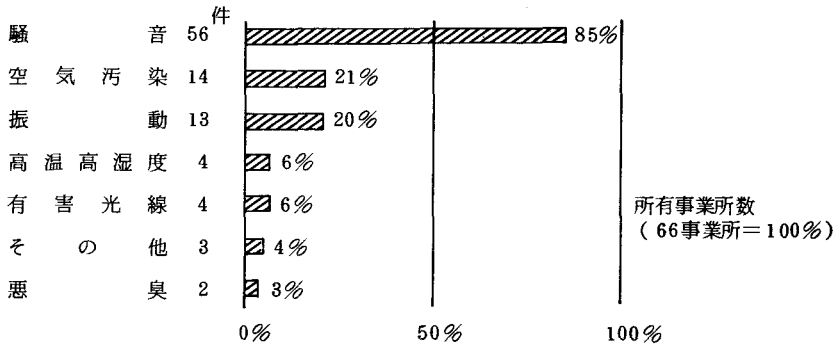


図2 労働環境についての悩みの種類とその率

労働環境についての悩みの所有件数96件、1事業所あたりの所有率1.45となり2種以上の問題をもっている事業所がそうとう数ある。

業種別にみると「木材・家具」8事業所中7事業所(87.5%)が労働環境に悩みをもっている事業所が多く、以下「鉄鋼・鋳造」73%、「鑄」72%、「金属製品」68%となっている。

Ⅱ 公害の現状について

(1) 貴事業所は公害についての悩みをもっているか

「貴事業所は公害についての悩みをもっているか」の問に対して125事業所中50事業所(40%)が「もっている」と回答、「現在もっていないが以前もった事がある」が81事業所(25%)、「以前も現在もない」が44事業所(35%)であった。

半数近くの事業所が現在公害をかかえており「現在もっていないが以前もっていた」事業所を加えると実に81事業所(65%)が公害をもっていた事になる。

業種別にみると「木材・家具」8事業所中の6事業所(75%)と公害をもっている割合がもっとも高く、「鑄」(55%)、「鉄鋼・鋳造」(47%)、「金属製品」(41%)となっている。

逆に公害をもっている割合のもっとも低い業種は「化学」で6事業所中、1事業所(17%)となっており次いで「造船」(20%)、「機械器具」(25%)となっている。

また「以前も現在もっていない」と回答した業種では「紙・パルプ・印刷」(71%)、「機械器具」(62%)、「化学」(50%)等が上位をしめている。

(2) 今までに問題になった公害の種類

今までに問題になった公害の種類をみると、「騒音」が「現在もっている」「現在もっていないが以前もっていた事がある」と回答してきた81事業所中の64事業所(79%)と一番多く、次いで「水質汚濁」の20事業所(25%)、「振動」の15事業所(19%)等となっており、以上の「騒音」「水質汚濁」

業 種	事業 所数	「現在もっている」	「現在はもっていないが 以前もっていた」	以前も現在も もっていない
食 料 品	5	40 % (2)	25 % (1)	40 % (2)
建 設	12	42 % (5)	16 % (2)	42 % (5)
木 材 ・ 家 具	8	75 % (6)	12.5 % (1)	12.5 % (1)
紙・パルプ・印刷	7	29 % (2)	71 % (5)	
化 学	6	17 % (1)	33 % (2)	50 % (3)
窯 業 ・ 土 石	7	29 % (2)	29 % (2)	42 % (3)
造 船	5	20 % (1)	60 % (3)	20 % (1)
鑄	11	55 % (6)	45 % (5)	
金 属 製 品	34	41 % (14)	28 % (9)	32 % (11)
機 械 器 具	8	25 % (2)	13 % (1)	62 % (5)
鉄 鋼 ・ 鑄 造	15	47 % (7)	20 % (3)	33 % (5)
そ の 他	7	29 % (2)	29 % (2)	42 % (3)
計	125	40 % (50)	25 % (31)	35 % (44)

図 3 公 害 の 現 状

「振動」だけで問題化した公害の82%をしめている。また「騒音」だけでも53%と過半数をしめている。これは対象事業所を騒音・振動関係について行った結果といえる。

業種別に公害の悩みをみると「騒音」では「金属製品」、「鉄鋼・鑄造」「鑄」で多く発生しているが、全業種にわたって問題化している。「水質汚濁」は「鑄」「食料品」で、「振動」は「金属製品」「鑄」で多くなっている。また「現在もっている」公害の悩みについてみると、「現在もっている」と回答してきたのは50事業所で、その公害発生数は77件である。1事業所が1種類以上の公害をもっている事になる。とくに「騒音」は41件（82%）で問題化しており、他の公害とは比較にならないほど数多く発生している。

「現在もっている公害の種類とその発生率」を図4に、「現在はもっていないが以前もっていた公害の種類とその発生率」を図5に示す。

図4「現在もっている公害の種類とその発生率」をみると、前に示した図2「労働環境についての悩みの種類とその率」と大変類似している事が判る。これは労働環境問題がそのまま公害と結びついているといえる。

図6に公害の種類別解決率を示す。

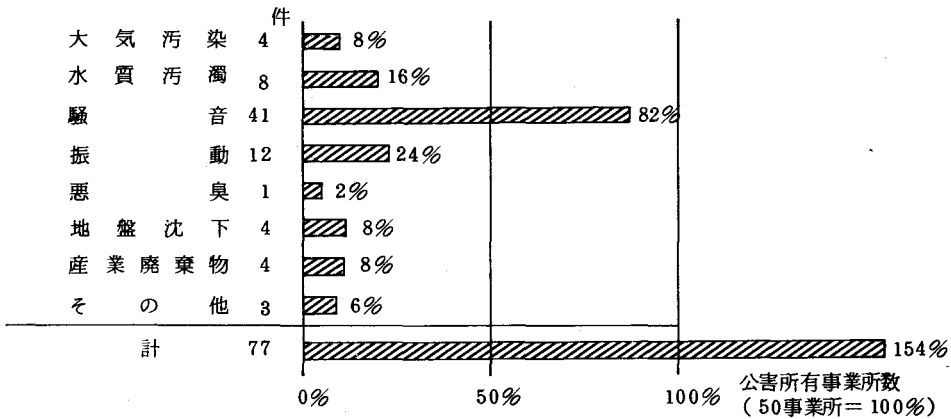


図4 現在もっている公害の種類とその発生率

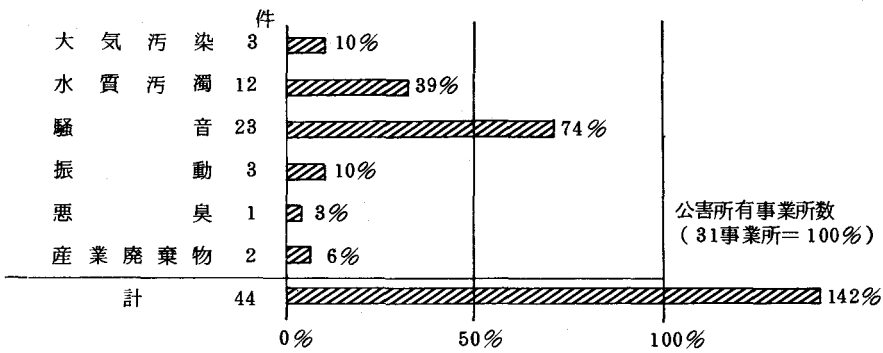


図5 現在もっていないが以前はもっていた公害の種類とその発生率

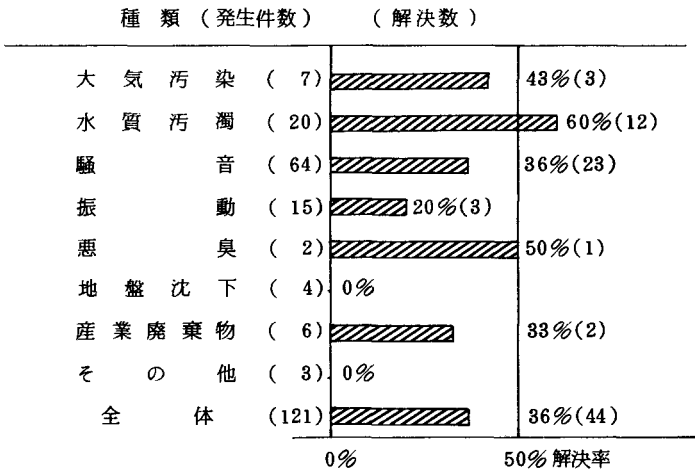


図6 公害の種類別解決率

(8) 公害について苦情・勧告・命令を受けたか

いままでに苦情・勧告・命令を受けた事業所は、「住民からの苦情」が回答125事業所中51事業所(40%)となり「県市より勧告・命令を受けた」が22事業所(18%)である。

この「県市より勧告・命令を受けた」事業所は、すべて「住民からの苦情」も受けている。「住民からの苦情」を受けた事業所の43%が、県市より勧告・命令を受けていることになる。

Ⅳ 騒音・振動公害における防止対策について

騒音・振動公害を「もっている」「以前もっていた事がある」と回答した79事業所の防止対策の実施方法等について調査した。

(1) 騒音発生源あるいは振動発生源に対して対策を実施したか

「実施をした」事業所は45事業所(57%)で「検討中」6事業所(8%)、「実施していない」28事業所(35%)となっている。

対策の方法として、一番多かったのは「発生源機械の遮へい」で22事業所(49%)である。また対策件数は68件、1事業所平均対策実施率1.51である。

(2) 工場建物について対策を実施したか

「実施をした」のは29事業所(37%)、「検討中」11事業所(14%)、「実施していない」39事業所(49%)となっている。

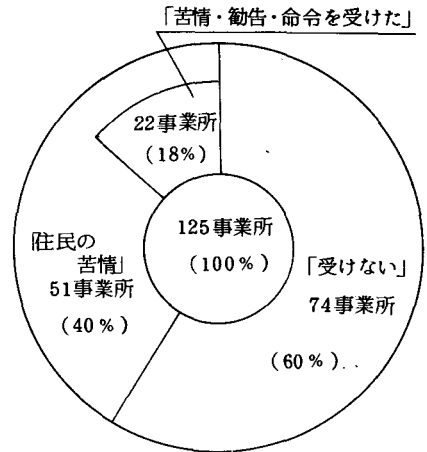


図7 公害について苦情・勧告・命令を受けたか

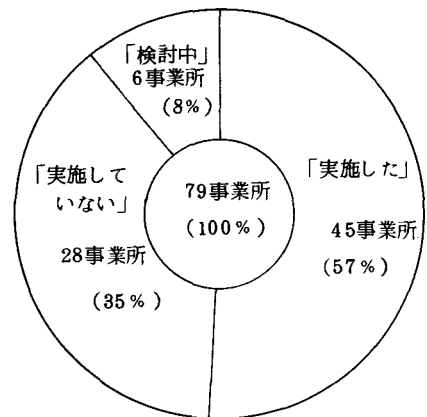


図8 発生源に対しての対策

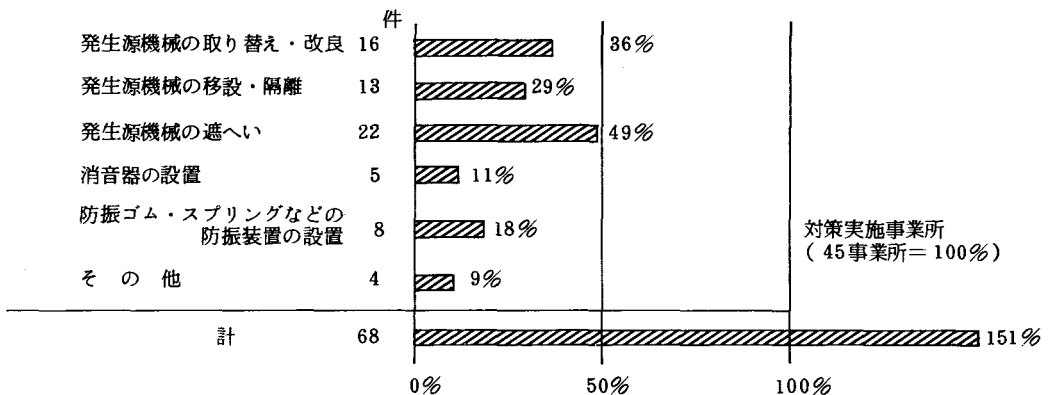


図9 発生源に対する対策の方法とその実施件数

対策の方法としては、「壁体・屋根・天井の遮音力増強のための改築」が13件(45%)でもっとも多く、また1事業所平均対策実施率は1.24であった。

(3) そのほかに何か対策を実施したか

「実施した」のは24事業所(30%),「検討中」19事業所(24%),実施していない」36事業所(46%)となっている。

対策の方法としては、「作業時間の短縮変更」が14件(58%)と過半数をしめており、1事業所平均対策率は1.5であった。

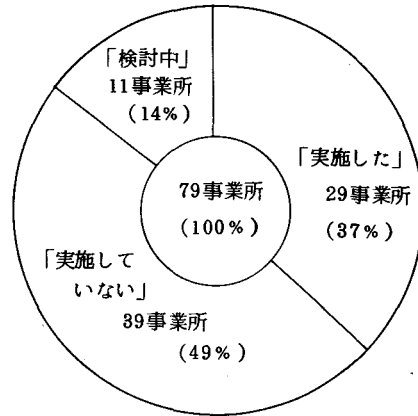


図10 工場建物に対しての対策

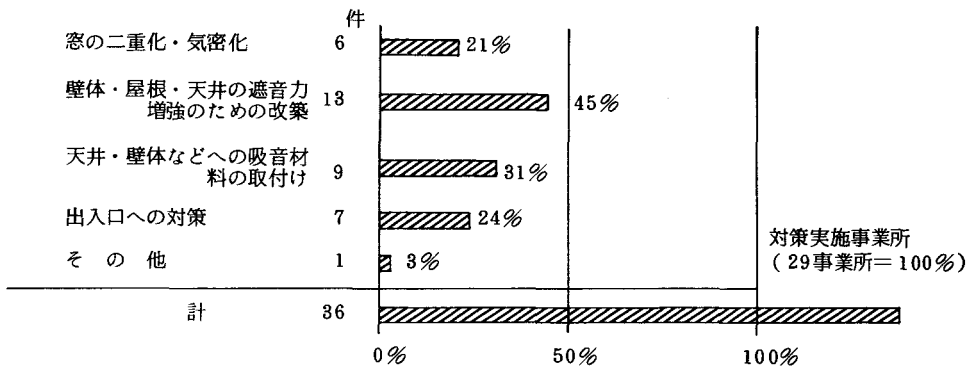


図11 工場建物に対する対策の方法とその実施件数

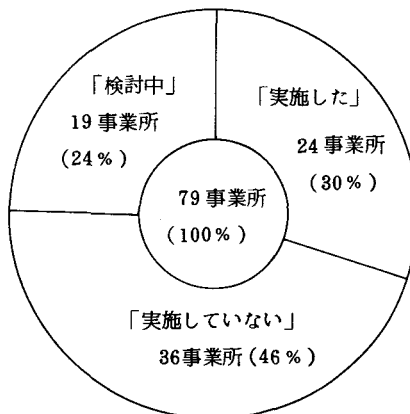


図12 その他の対策

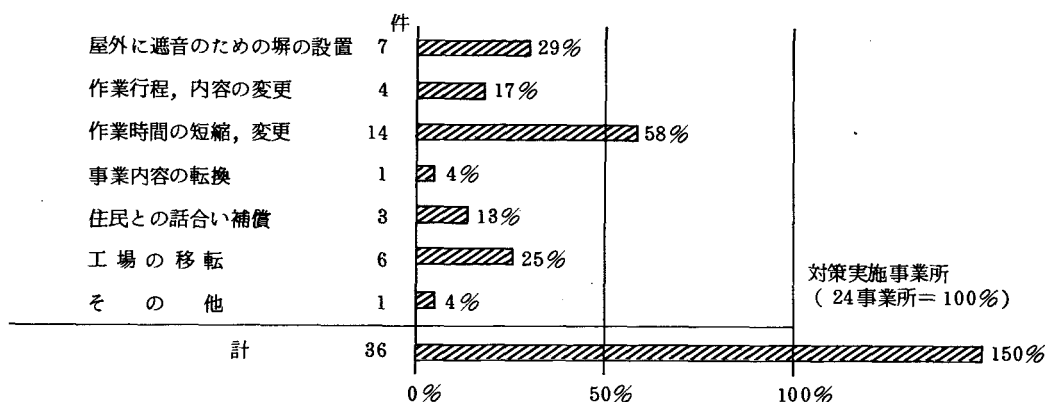


図13 その他の対策の方法とその実施件数

以上、防止対策を実施した事業所は79事業所中54事業所（68％）である。25事業所は検討中もしくは、まったく実施していないということであった。

54事業所で実施された防止対策の総件数は、140件となり、1事業所平均2.5の対策実施率となる。

防止対策の実施箇所は「発生源に対して」が（48％）、「工場建物に対して」（26％）、「その他の対策」（26％）であった。

実施方法では、「発生源機械の遮へい」22件（16％）、「発生源機械の取替え改良」16件（11％）、「作業時間の短縮変更」14件（10％）、「発生源機械の移設隔離」「壁体・屋根・天井の遮音力増強のための改築」13件（9％）となっている。

また、なんらかの対策を実施した54事業所中45事業所（83％）は「発生源に対して」、29事業所（54％）は「工場建物に対して」、24事業所（44％）は「その他の対策」を実施している。

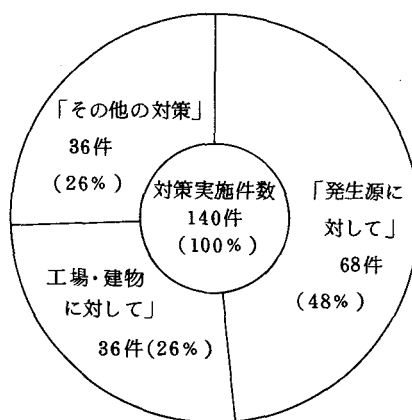


図14 防止対策実施箇所

(4) 防止対策の効果について

「予想通り効果があがり問題が解決した」との回答と「かなり効果はあったがまだ問題を残している」との回答が各々27事業所で、「まったく効果がなかった」と回答してきた事業所は、まったくなかった。

1事業所平均2.5件の対策を実施しても、まだ半数の事業所しか問題が解決していないという事である。

(5) 防止対策の実施にあたってどこかの指導・助言を受けたか

防止対策を実施した事業所の中で、31事業所（57％）が指導・助言を「受けた」と回答している。受けた機関は「県市等の行政機関」がもっとも多く利用されており18件（36％）、次いで「工業試験場」12件（24％）、「商工会議所公害相談室」7件（14％）となっている。

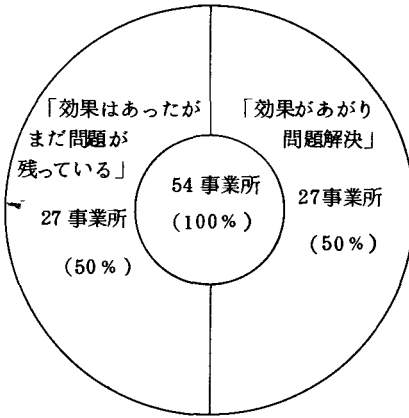


図 15 防止対策実施後の効果

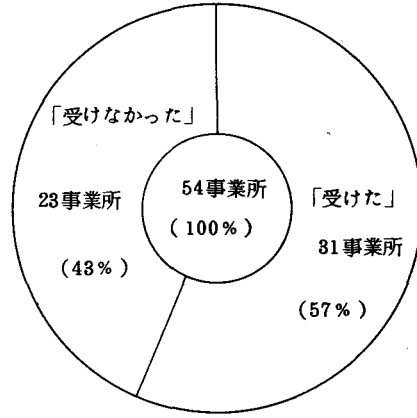


図 16 指導・助言を受けたか

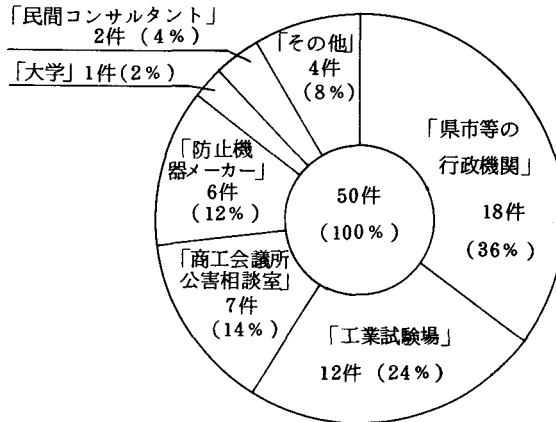


図 17 指導・助言を受けた機関

また、「指導・助言を受けた」31事業所で50箇所に相談しており、1事業所平均1.6の相談率であった。

(6) 防止対策を実施するうえでの苦勞・障害

苦勞・障害があったと回答してきたのは、54事業所中33事業所(61%)、「ない」が21事業所(39%)であった。

苦勞・障害の内訳は、図18に示すように「資金面」(43%)、「技術方法面」(45%)とこの両面で大半をしめるようである。

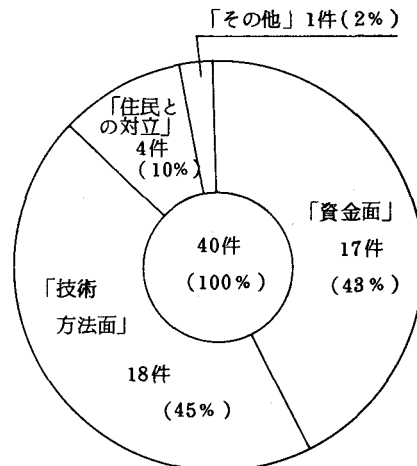


図 18 防止対策を実施するうえでの苦勞・障害

4 ま と め

広島県公害防止条例施行規則の定めにより届出のあった騒音関係特定施設を設置している呉市内250事業所に対してアンケート用紙を配布し、回答の得られた125社（回収率50％）について、調査結果を総括すると次のようになる。

- 1) 約半数の事業所が労働環境に関して何らかの問題をもっており、2/3の事業所が公害問題をもっていった。労働環境問題を有する事業所と公害問題を有する事業所は共通しており、公害と労働環境問題は「表裏一体の関係」にあることを痛感した。また、その内容は当然のことながら「騒音問題」が8割以上、「振動問題」が2割を占め、その他「大気汚染（空気汚染）問題」「水質汚濁問題」も発生しており、1事業所あたり1種以上の公害問題をもっている。
- 2) 上記のように2/3の事業所が公害問題をもっていたが、業種別にみると「鑄」「木材：家具」「造船」が8割以上の高い公害発生率となっている。逆に公害発生率の低い業種は「紙・パルプ・印刷」「機械器具」で3割～4割の発生率である。
- 3) 全体的にみて、公害問題が発生した事業所のうち1/3の事業所では、既に問題の解決に至っている。呉市の地場産業である「鑄」は回答のあった11事業所全てで公害問題が発生しており（公害発生率100％）、うち半数は既に解決をみている。また「造船」も高い公害発生率であり、このうち3/4で解決しているが、残念ながら「木材：家具」は7割を越える事業所が未だに公害問題をかかえている。こういう特定業種は、業種別懇談会や業種別講習会を開いて問題解決を図る必要性を感じる。
- 4) 騒音公害以外では、「鑄」「食料品」の水質汚濁問題の発生が特徴的である。
- 5) このような公害に対して回答のあった事業所のうち4割の事業所が「住民からの苦情」を受けており、2割の事業所が監督官庁から「勧告・命令」を受けている。
- 6) 騒音・振動公害を有する事業所のうち7割近くの事業所では何らかの防止対策を実施しており、そのうち半数が予定通りの「効果があり、問題は解決した」と答えているが、残る半数は「効果はあったがまだ問題は残っている」と答えている。また問題を抱えながら「現在検討中」など対策を実施していない事業所が3割近く残っている。
- 7) 防止対策は「発生源対策」が半数、「建屋対策」「その他の対策」がそれぞれ1/4となっており、「対策は発生源に近い所から順に実施するのが経済的でありかつ効果的である」が実行されている。また、対策内容で多いものは「音源機械の遮へい」、「機械の取り替え・改良」、「機械の移設・隔離」、「壁体・屋根の遮音や増強」、「作業時間の短縮」などである。
- 8) 対策実施にあたって、何らかの指導・助言を受けた事業所は半数を越え、指導・助言を受けた機関は「県市の行政機関」が最も多く、「工業試験場」「公害相談室」の順となっている。
- 9) 対策実施にあたっての障害は、半数が資金面の障害、半数が技術面の障害を挙げており、この両方で障害の大半を占めている。

なお、このアンケート調査は、呉商工会議所産業公害相談室からの援助を受けて、筆者が企画集計したものであり、関係各位に感謝申しあげます。

（昭和54年10月15日受付）

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 —

(建築学科) 岡 本 二 郎

A STUDY ON THE DECREASE OF POPULATION BY OUTMIGRATION AND ITS FEATURES IN THE RURAL AREA

— In case of Naganohara-chô, Gunma Prefecture —

Jiroh OKAMOTO

This report is an attempt to understand the features of the outmigration in the rural area, taking Naganohara-cho, Gunma Prefecture as an example.

The decrease of population in the rural area is mainly caused by the outmigration of the young people from their village to the cities. This has brought out the decrease in birth rate and agricultural productive capacity, and thus this makes the people remaining in this area feel uneasy about their future.

There seems to be no best way to stop the flow of population out of the rural area. But at least, it seems to be important to promote a village plan setting agriculture for its key industry, and to provide the young people with good environments in which they can live their full lives.

§ 1 はじめに

農山村地域は1950年代から一貫して都市へ人口を送り込んできた。これは何も大戦後に限らず、日本の近代化の発展過程において農山村地域は常に労働力人口の供給源として位置付けられてきた。そして今日ますます産業間の所得拡大が開くに及んで、農山村地域はこれまでの近代化過程では、かつて経験したことのない人口流出現象、いわゆる過疎現象を体験することとなる。これは地域的社会現象として表われているものであるが、それにいたらないまでも潜在的には農山村地域に共通した構造的現象であり、兼農化の促進、後継者不足といった形となって表われ、農業生産基盤の危機は容赦なく押し寄せている。我々はこうした農山村地域の人口移動の実態を見るために、群馬県吾妻郡長野原町を例にとって調査活動を行ってきた。¹⁾この報告はその調査の一応のまとめである。

なおこの調査研究は、1978年10月から翌年3月にかけて「地域交通問題研究会」の研究活動の一環として、田中公雄(都庁)、落合和夫(同)の両氏と共同して行ったもので、報告のまとめを岡本が担当した。文責その他についてはすべて岡本にあることをお断りいたします。

§ 2 長野原町の人口

長野原町は群馬県の西部に位置し、利根川支流吾妻川沿いにあり、また、国鉄吾妻線沿線にあたり、面積の80%を山林・原野に占められた農山村地域である。町の北西部には上信越国立公園、草津温泉等を控えており、行楽客の多いトアスでメエフ

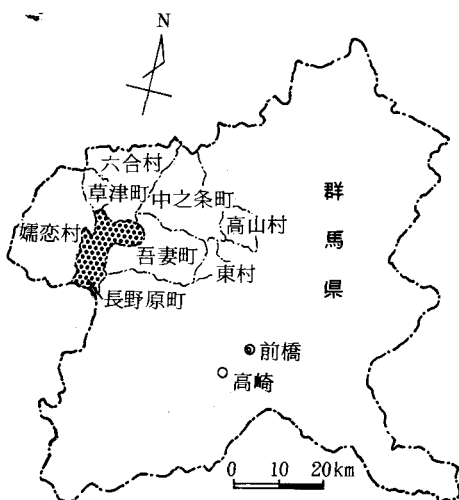


図1 長野原町位置図

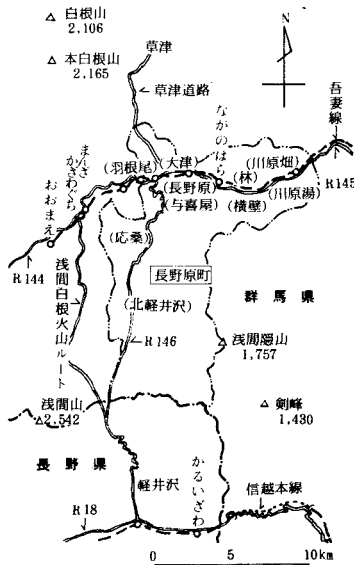


図2 長野原町図

2.1 人口推移

1920年から5年毎の長野原町を含めた吾妻郡内8町村の人口推移について、1920年の人口を100とした指数で表すと図3の様になる。これで見ると大半の町村で大战前からの人口増加の傾向が、1950年ないし1955年をピークに以後減少に転じている。これは日本の農山村地域にはほぼ共通した現象と見られ、特に過疎地域にその典型が見られる。中之条町は1947年に、嬬恋村は1960年とピークが他町村とずれているのは、近隣都市との遠近とも関連しているものと思われる。また草津町は他町村とは全く異なる傾向を示しているが、これは草津町が温泉地という地域特性が表われているものと思われる。長野原町は近隣町村と比べれば比較的穏やかな人口減少傾向を示しており、いわゆる過疎地とは言い難く農山村地域の人口移動の性格を探るには適当な調査対象地とは言えないが、人口流出が農山村地域に共通した構造的現象であることを考えると人口移動の性格を垣間見ることは可能である。

長野原町の地区別人口推移(1968年~1978年)を

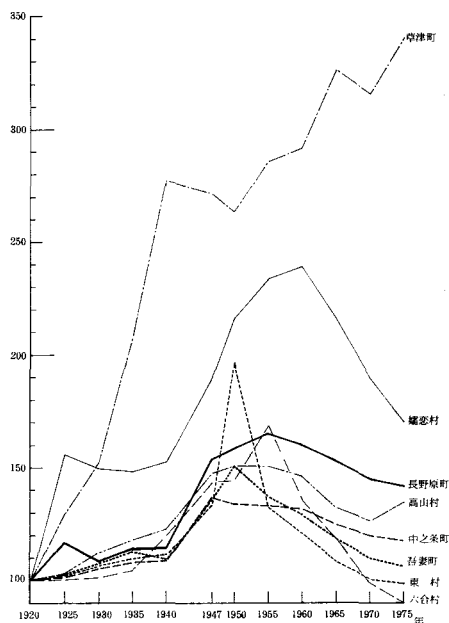


図3 吾妻郡の町村別人口指数

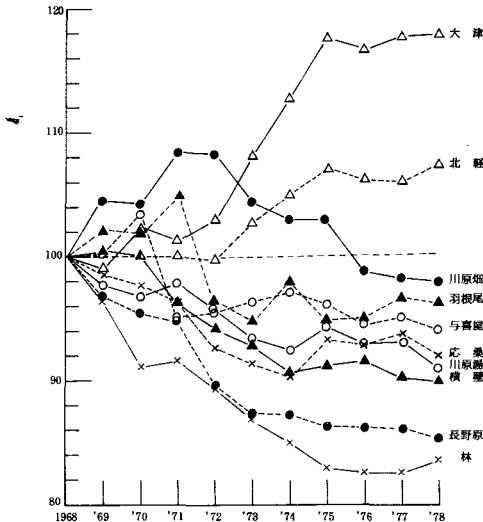


図4 長野原町の地区別人口指数

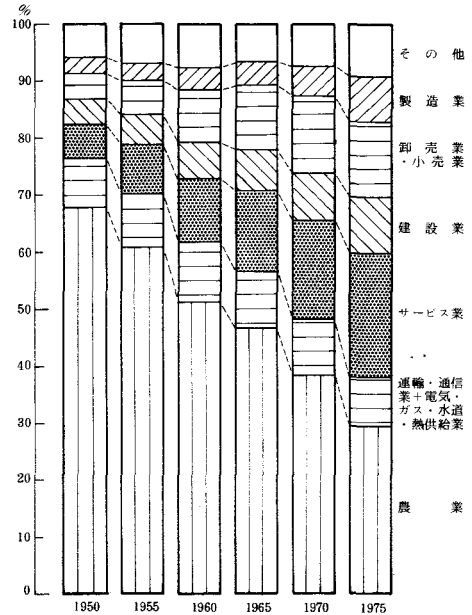


図5 長野原町の産業別就業者構成比

住民基本台帳から追ってみると図4となる。この10年間の人口減少率が10%以上の地区は、林、長野原、横壁の3地区で、逆に10%以上増加しているのは大津地区だけである。大津地区の人口増の理由として考えられることは、長野原町の中心集落である長野原地区が国道145号線を挟んだ街村形態をとっており、しかも一方を山に、他方を吾妻川によって狭められ、これ以上可住地を求めることが困難なことから、その西隣にあり草津道路の入口に当るこれまで宅地化が進行していない大津地区に宅地を求めていったものと思われる。

2.2 就業人口構成

国勢調査(1950年～1975年)の「産業別(大分類)、男女別15歳以上就業者数」から、長野原町の産業別就業者構成比を図5に表わす。これを見ると農業就業者数(専業+第1種兼業農家)が年々減少し、他業種に食われている。これは第2種兼業農家の増大の結果とみていいのではなかろうか。農山村地域にありながらサービス業が二番目に多い業種となっていることは、観光地を控えている長野原町の特徴としてあげられる。

さらにその就業者の従業地を、同じく国調(1965年～1975年)の「常住地による従業・通学市町村別15歳以上就業者数及び通学者数」からとり出してみると表1となる。これで見ると、長野原町内で働く人が圧倒的に多いのは当然として、町外では草津町へ勤めに行く人が一番多い。これを逆に「従業地・通学地による常住市町村別15歳以上就業者数及び通学者数」(表2)によって草津町側から見ると、草津町外から草津町へ働きにくる人のうち、長野原町からの就業者数が一番多く、しかも国調の調査年度を追うごとにその割合が大きくなってきている。

これら2つの表には表われていないが、実際には草津温泉街を中心とした旅館、ホテル及び娯楽施設等へ、草津町近隣町村の農家の主婦を中心とした「パートタイマー」が働きに出かけており、確認しただけでも草津町内の旅館、ホテル等の宿泊施設、総数174軒(1978年現在)のうち施設規模の大きな5軒が独自にマイクロバスによるパートタイマーの送迎を行っており、調査時点(1979年2月)において

表1 長野原町の従業地別就業者数

	1965年		1970年		1975年	
	就業者数(人)	(%)	就業者数(人)	(%)	就業者数(人)	(%)
総 数	3,771		3,917		3,646	
町 内 で	3,545		3,469		3,041	
町 外 へ	226	100.0	448	100.0	615	100.0
前 橋 市	8	1.8	10	2.2	15	2.4
高 崎 市	(その他に含む)		8	1.8	15	2.4
渋 川 市	12	5.3	28	6.3	28	4.6
中之条町	27	11.9	44	9.8	51	8.3
吾 妻 町	12	5.3	37	8.3	36	5.9
嬬 恋 町	50	22.1	108	24.0	127	20.7
草 津 町	91	40.3	179	40.0	295	48.0
六 合 村	14	6.2	19	4.2	24	3.9
そ の 他	17	7.5	15	3.3	24	3.9

(資料：国勢調査)

表2 草津町の常住地別就業者数

	1965年		1970年		1975年	
	就業者数(人)	(%)	就業者数(人)	(%)	就業者数(人)	(%)
総 数	4,774		4,993		5,748	
町 内 から	4,453		4,461		4,908	
町 外 から	321	100.0	532	100.0	840	100.0
前 橋 市	15	4.7	10	1.9	15	1.8
高 崎 市	11	3.4	(その他に含む)		10	1.2
渋 川 市	(その他に含む)		()		11	1.3
中之条町	17	5.3	30	5.6	46	5.5
吾 妻 町	27	8.4	43	8.1	55	6.5
長野原町	91	28.3	179	33.6	295	35.1
嬬 恋 村	54	16.8	62	11.7	106	12.6
六 合 村	32	10.0	141	26.5	217	25.8
そ の 他	59	18.4	67	12.6	85	10.1

(資料：国勢調査)

それぞれに登録されているパートタイマーの人数を単純に合計すると約250名となり、その他パートタイマーを草津の旅館、ホテル等に送り込むことを業とする請負会社(寿クリーナーK.K. 本社・吾妻町)の存在を考え合わせると、草津町も含めたその周辺地域から、多くの主婦がいろんな形で草津町に働きに出かけていることがわかる。長野原町からも多くの主婦がパートタイマーとして働きに出ており、その存在を無視することは出来ず、その是非は別として彼女たちの収入(人によって、また月によって様

様であるが、雇用者側を話を総合すると平均月収数万円と想像される)が、この地域の農家の家計の大きな助けとなっていることは事実である。ともかくこうした就業実態からみて、長野原町と草津町との経済的結びつきは強いと言える。しかし、観光地「草津」に寄生した形での繁栄は、農業を基盤とする農山村のあるべき本来の姿とは本質的に異なるものであり、レジャー多様化のなかで温泉離れ傾向がささやかれる様に、観光産業そのものが不安定要因を含んでいることを考え合わせると、長野原町の自立を目指した、第一次産業を基幹とする将来計画が強く望まれる。

§ 3 長野原町の人口移動の性格

長野原町は、過疎地域対策緊急措置法による地域指定は受けていないが、農山村地域が共通に持っている人口流出現象の要因の一端を探ることは出来る。我々は長野原町の人口流出現象の考察を進める前に、まず現状認識から出発することを考え、直接住民から離村意志の有無、及び子供の離村状況についてヒアリングを試みた。このヒアリングは件数も少なくあくまで参考資料の域を出ないものであるが、それ以上に住民と直接、対話を持つことで得られたものは大きい。それらを一つ一つ紹介する必要性はないので、ここでは省くものとするが、ヒアリングの結果を参考のため表3、表4、表5としてまとめた。

表3 離村意志及び後継者の有無

地 区	長野原	大津	与喜屋	羽根尾	古森	堂光原	新田	小宿	群高5	大屋原	計
① 離村意志なし	4	6	5	6	5	3	5	4	3	3	44
② 将来あるかも					1			1	2		4
③ 離村を考えている							1				1
④ 離村する											
① 同居の後継者がいる	4	6	3		1		1		2	5	22
② 〃 いない		1	2	6	3	2	2	2	2		20
③ 未定		2			2	3	2	3	1		13

表4 子供の離村理由とその時期

時 期 理 由	男 子					女 子			計
	小 卒	中 卒	高 卒	大 卒	その 他	中 卒	高 卒	その 他	
進 学	1	5	16			17	3		42
就 職		3	13	3		2	7	1	29
結 婚					2			18	20
そ の 他		1			1				2
計	1	9	29	3	3	19	10	19	93

表5 子供の離村理由と
婦村意志の有無

婦村 意志 離村 理由	男 子			女 子		
	あ る	な し	未 定	あ る	な し	未 定
進学	4	13	11		15	5
就職	2	13	6		9	
結婚		1	1		19	
その他		2				
計	6	29	18	0	43	5

離村意志の有無についての質問では、「離村意志は全くない」が圧倒的に多いのはヒアリングの対象世帯の選択方法に偏りがあったことも影響しているものと思われるが、多くの場合、離村意志を問うことの意味がなかった。ところが成年に達しているその子供たちはどうしているかという質問では大部様子が変わっている。ヒアリングを行った世帯の中でも、現在、後継者が同居しているのは成人した子供を持つ世帯の半数程度で、老夫妻世帯に何軒か出くわした。もちろん、いわゆる核家族化による同町内に居住する別居世帯を無視する訳ではないが、農業後継者を育てようとする環境もないし、すでにそういう意識は親の方から放棄している様に見え、彼らの言葉は半ば諦めの的にさえ聞こえる。そのことが、また農山村の将来を不安にさせる原因にもなっている。彼らの子供たちは、男子の多くは高校を卒業すると進学、あるいは就職のため家を出て行き、女子は中学卒業の段階から進学のため³⁾、当然のことであるが結婚のため家を離れる人が多くなっている。既婚女性を除いたとしても、進学、あるいは就職のため家を出て行った子供たちは、一旦出てしまうとほとんどの人に帰村意志のないことがわかる。

この様に農山村においては、壮年以上の人たちにとっては将来に不安は残るものの、生活基盤がすであって、どうにか生活していくには困らない状態で、今さら故郷を離れる意志など考えてはいない。

表6 長野原町の年令(5歳階級)別人口

	1950 年		1955 年		1960 年		1965 年		1970 年		1975 年	
	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)
総 数	8,018	100.0	8,349	100.0	8,113	100.0	7,747	100.0	7,342	100.0	7,194	100.0
0 ～ 4 才	1,217	15.2	1,140	13.7	808	10.0	693	8.9	586	8.0	668	9.3
5 ～ 9	894	11.1	1,178	14.1	1,099	13.5	790	10.2	666	9.1	591	8.2
10 ～ 14	946	11.8	889	10.6	1,120	13.8	1,059	13.7	774	10.5	662	9.2
15 ～ 19	752	9.4	686	8.2	530	6.5	685	8.8	582	7.9	441	6.1
20 ～ 24	704	8.8	613	7.3	569	7.0	420	5.4	539	7.3	411	5.7
25 ～ 29	576	7.2	668	8.0	558	6.9	471	6.1	439	6.0	549	7.6
30 ～ 34	506	6.3	555	6.6	618	7.6	534	6.9	475	6.5	471	6.5
35 ～ 39	457	5.7	491	5.9	525	6.5	594	7.7	484	6.6	466	6.5
40 ～ 44	404	5.0	456	5.5	463	5.7	491	6.3	586	8.0	471	6.6
45 ～ 49	343	4.3	370	4.4	420	5.2	436	5.6	497	6.8	542	7.5
50 ～ 54	306	3.8	332	4.0	346	4.3	402	5.2	421	5.7	471	6.5
55 ～ 59	223	2.8	279	3.3	309	3.8	322	4.2	362	4.9	408	5.7
60 ～ 64	231	2.9	193	2.3	258	3.2	289	3.7	295	4.0	343	4.8
65 ～ 69	215	2.7	201	2.4	174	2.1	226	2.9	254	3.5	261	3.6
70 ～ 74	130	1.6	161	1.9	155	1.9	137	1.8	181	2.5	206	2.9
75 ～ 79	75	0.9	88	1.1	101	1.2	111	1.4	101	1.4	135	1.9
80 ～ 84	37	0.5	34	0.4	45	0.6	63	0.8	65	0.9	63	0.9
85 ～ 89			13	0.2	12	0.1	21	0.3	21	0.3	31	0.4
90 ～ 94			1		3		3		3		2	
95 ～ 99			1		0		0		1		2	
100 才以上			0		0		0		0		0	
不 詳	2		0								0	

(資料：国勢調査)

しかしその子供たちにとっては新たな就業機会を見出すことが困難な状況にあり、後継者（農業後継者とは限らず、農地、山林、家屋等の所有財産の相続者とみられ、ほとんどが第2種兼業農家とみていい）としてやっていける者以外、ほとんどの子供たちはこの町に残ることなど、鼻から考えてもいないというのが現実である。

こうした現実を数字の上で確かめるための一つの試みとして、国調の「年令（5才階級）別人口」・表6をもとに「同年令層の人口動向」⁴⁾・図6を作った。これで見ると昭和21年から25年までに長野原町

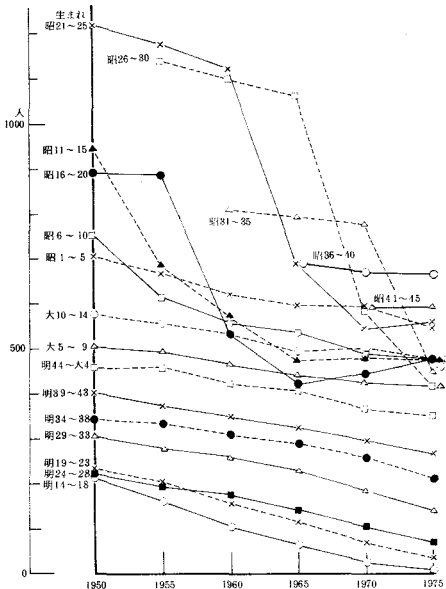


図6 同年令層の人口動向

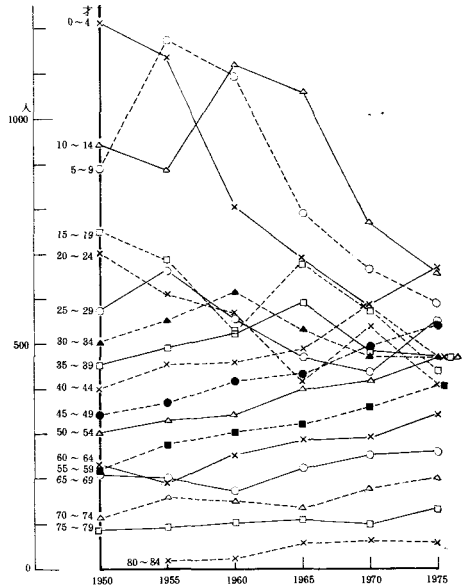


図7 年令層別人口推移

で出生したと思われる年令層を例にとると、0～4才（1950年）で人数が最も多く、15～19才（1965年）の段階では急激に減り20～24才（1970年）までその傾向は続く。そして生まれた当初の人数の半数以下となり、他の年令層と比べてもその構成比はほとんど変わらない程になる。昭和26年から30年までに生まれた年令層ではその減少傾向はもっと極端で、20～24才（1975年）の段階で出生当初の1/3に減っている。20～29才以後はどの年令層も減少の度合は緩やかになっている。これらのことから中学あるいは高校を卒業する頃から親元を離れ、一旦出てしまうとその多くは再び帰って来ないという前述の事実をこの図は物語ってくれる。この現象は何も長野原町に限らず、近隣町村の多くもそうであるし、農山村地域にはほぼ共通した現象と思われる。表6について別の見方をすれば、「年令層別人口推移」・図7が描かれる。明らかに年を追うごとに子供の数は減り（特に出生率の低下は大きい）、老年人口が確実に増えていることがはっきりわかる。

§4 まとめ

以上、ヒアリング調査も含めて国調等の資料をもとに、充分とは言えないが長野原町の人口移動の性格について考察を試みた。なお、考察に際しては関係ある計画書、報告書、町誌等を参考にした。⁶⁾

長野原町においては特に激しい過疎現象が表われている地区はないが、年をとっていく親たちを残して多くの青年たちが早い時期から家を離れ、帰ってくる意志のないことがわかった。こうした状況が長

く続くならば、すでに顕著な形で表われている出生力の低下と農業生産力の低下は避け難く、草津温泉を中心とする観光産業によってどうにか歯止めがかかっているとは言え、遠からず過疎対策の真剣な取り組みが要求される時期がくるであろう。

近年、青年たちのふるさと志向の兆しも言われているが、長野原町出身者について言えば、前橋市、高崎市などの群馬県内の地方都市に帰ってくるいわゆるJターンに止まっており、Uターンする若者は少ない。「長男くらいは、いずれ年をとったら帰ってくるだろう。」という老人たちの確信とも願望とも取れる言葉の中に、農山村の人口流出の現実を見る思いであった。長野原町の経済的自立への道は険しいが、農業を基幹産業とする町造りと、若者たちが自信と誇りをもって生活出来得る環境造りへの努力が今後とも大切である。

謝 辞

この調査研究は、昭和53年度文部省内地研究員として東京大学派遣期間中に行ったものの一部を報告するもので、期間中、格別の御好意と御配慮を承りました東京大学工学部都市工学科大谷幸夫教授をはじめ、同研究室の方々に対しここに記して謝意を表します。さらに、ヒアリング調査に御協力いただいた地元長野原町住民の方々、資料の提供をいただいた長野原町役場（企画課、住民課、産業経済課）、中之条町役場（企画課）、草津町役場（企画課、観光課）の方々に御礼申し上げます。

脚注および参考文献

- 1) 拙稿（農山村地域における鉄道利用の現状とその性格について—吾妻線を例として、日本建築学会講演梗概集（1979年5月））において長野原町の事例研究は既に報告しているが、本報告は人口移動をテーマとして同じく長野原町を調査対象とした事例研究である。
- 2) 現在、長野原町は大字をベースとした10区（1区—川原畑、2区—川原湯、3区—横壁、4区—林、5区—長野原、6区—大津、7区—羽根尾、8区—与喜屋、9区—^{おぐわ}苧桑、10区—北軽）の行政区に区分されている。
- 3) 一口に子供といっても、年代の差があるので一概には言えないが、中学卒業の段階から親元を離れる理由として考えられることは、長野原町内に全日制普通課程の公立高校がなかったこと（1968年に県立吾妻高校長野原分校が長野原高校として分離独立する。）、設立後も全学区制をとっているため、県内のいわゆる受験校に入学し高校時代から下宿生活をするなどによる。しかし特に女子にその傾向が強く表われているのは、ヒアリングの世帯抽出方法によってたまたま偏った結果が出たということであろう。
- 4) 国勢調査が5年毎の調査であることと、年令層のとり方が5才階級であることを利用して、前回より一つ上の階級を順にとっていくことで、その年令層（5才階級）の人口動向（5年毎）をおおよそ見ることが出来る。もちろん各年度の各歳別人口がわかれば、同様な方法によって同年令の人口動向が表われ、その動向がもっと明確に出てくる。
- 5) この図は、国調各回の年令層別の人口ピラミッドを重ね、5年毎の同一年令層の人口の増減を透かしてみたものと理解していただきたい。すなわち人口ピラミッドに時間変化を加えたものが図6であり、図7である。
- 6) 吾妻郡統計事務研究会：吾妻郡の人口と世帯の推移、（1977年12月）
長野原町総合計画書、長野原町（1974年3月）
草津町総合計画、草津町（1979年3月）
長野原町誌編纂委員会：長野原町誌（上下）、長野原町（1976年）

（昭和54年10月15日受付）

編 集 委 員

久	保	田			勲
山		岡	俊	比	古
笠		松	義		隆
山		崎			勉
中		野	修		治
清			和	四	士

呉工業高等専門学校
研究報告

第15巻 第2号 (1980)
(通巻 第25号)

昭和55年2月印刷
昭和55年2月発行

編集兼
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 広島市井口明神2丁目
電話 (0822) 71-6111

MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

1.	Making Use of TV Programs in the Language Laboratory	Ryoji KUMAGAWA	1
2.	A Study of Factors in Sentence Connection	Yuzo YAMAMOTO	23
3.	Study on the Difference between Theoretical and Practical Density of Diesel Smoke	Isao KUBOTA	31
4.	Study on the Piston Velocity of Paper-filter-type Smokemeter	Isao KUBOTA	37
5.	Studies on the Connective Involutes Cam (2nd Report) — Oscillating Follower—	Hironori ITOSHIMA Kyoichi FUKUNAGA	45
6.	Studies on the Connective Ellipses Cam (2nd Report) — Oscillating Follower —	Hironori ITOSHIMA Kyoichi FUKUNAGA	59
7.	Effect of Profile Modification on Scoring Resistance of Spur Gears	Hiromasa NADANO	73
8.	A Study of Pleasantness of Interior under General Lighting by Fluorescent Lamps	Kazuhiko HARADA	81
9.	An Analysis on the Actual Conditions of Computer Room at KURE Technical College (1st Report)	Shigeki MURAKAMI Masayoshi MACHIDA	85
10.	SCR Circuit Breaker and Rush Current Controlled Circuit on AC High Voltage Testing Equipment	Masaaki WAKAMIYA	91
11.	An Experimental Study on the Damping of the Driving Tensile Stress in Concrete Pile	Kiyohiko KURŌ	97
12.	Noise and Tremour Pollutions in Kure City	Shinichiro OGATA Takeshi FUJII	103
13.	A Study on the Decrease of Population by Outmigration and Its Features in the Rural Area — In case of Naganohara-chō, Gunma Prefecture —	Jiroh OKAMOTO	113