

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第 1 卷 第 1 号

昭和 40 年 12 月
(1965)

目 次

張勳軍閥の研究(一) —南京会議・徐州会議を中心として—	高 城 博 昭	1
現代アメリカ英語における動詞の使用法	篠 田 治 夫	15
テトラフェニルホスホニウムプロマイドによるビスマスの吸光光度定量法	茶 木 正 吉	27
電子線回折に対する新しいフィルターの設計	桑 原 茂 也 村 上 滋 海 海 岡 浩 司	31
Sb-modified MnAs の磁氣的性質	増 本 貫 一	39
カムの滑り率の研究 (第 1 報)	糸 島 寛 典	47
円板カムの研究 (第 1 報)	糸 島 寛 典 西 本 進	59
ウイットウォースの早戻り機構の研究 (第 1 報)	糸 島 寛 典 西 本 進 日 高 輝 雄	71
4 節リンク機構の総合の研究 (第 1 報)	糸 島 寛 典	85
4 節リンク機構の総合の研究 (第 2 報)	糸 島 寛 典	97
密着うず巻ばねの研究 (第 1 報)	糸 島 寛 典 大 下 隆 章	105
学生の実態に関する基礎的研究 (第 1 報)	小 池 政 夫 堀 武 夫	111

発 刊 の 辞

教育と研究とは盾の両面の如きものであって、真の教育には研究の裏付けがなければならぬことは言うまでもありますまい。真の教育は難事ではありますが、研究もまた容易ではありません。しかし、絶えざる研究によってのみ進歩があり、それによって教育もまた向上するものであると考えます。

この理想のもとに、全国各高専では創設日なお浅いにも拘らず、競って研究報告や紀要が刊行され、多くの優秀な研究成果を発表されつつあることは誠に壮なりと言ふべきであります。

わが呉高専も開校以来僅か一年半、施設設備、教官陣容共々未整備の状態ながら、この度研究報告第1巻を発刊するに至りましたことは喜びに堪えません。今後更に充実して巻を重ねたいと思いますが、初巻のこととて色々不備や誤謬も免れないと思ひます。各方面からの御叱正をお願い致します。

校 長 葛 西 重 男

張勳軍閥の研究(一)

—南京会議・徐州会議を中心として—

(史学) 高城博昭

A Study of Chang Hsün Militalist Party (1)

—Mainly on Nan-ching Conference and Hsü-chou Conference—

Hiroaki TAKASHIRO

When the Republic of China was being born, the militalist parties were supported by the foreign powers, the landed class and the commercial capitalists. And taking advantage of this power structure, Chang Hsün Militalist Party tried to restore King P'u-i.

The object of this article is to illustrate the structure of the political power in the Militalist Party Period after the establishment of the Republic by showing some historical facts of 1) What caused this restoration movement and 2) What made this movement unsuccessful.

(Received Sept. 1, 1965)

序

民国後の軍閥研究については、余りまとまったものがないように思われる。これは「民国以後の軍閥関係の研究資料であるが、この時代が今を去ること50年以内の時代であるために、まだ研究に必要な根本資料が公表される時期になっていないこともあって、重要な資料が出揃うまでになっていないのである。いいかえれば、民国後の軍閥時代は、真の意味でまだ歴史的研究の領域にはっていないのである。中国史の研究可能な下の限界は、この意味からすれば辛亥革命ではあるまいか。もちろん、それ以後についても歴史的研究はできるし、また歴史的研究の必要があるが、その研究はどこまでも暫定的であり、将来公表されるにきまっている根本資料によって大きく書き改められるものである。民国後の軍閥時代の研究が、必然的にこうした資料的制約下にあることを念頭においた上で……(1)」という指摘が波多野氏によってな

されていることから充分理解される。

そこで本稿はこの指摘を念頭において、現在入手可能な範囲での資料により、できるだけ真の意味での歴史的研究に近づければと願っている。

つぎにテキスト・クリティークの問題もあり、使用した主な資料を年代順に紹介する。

- ・電文資料(今堀誠二氏蔵)
- ・時報(1917年7月1日～20日・人文科学研究所蔵)
- ・順天時報(1917年7月1日～20日・東洋文庫蔵)
- ・盛京時報(1917年7月1日～20日・国会図書館蔵)
- ・許指巖著 復辟半月記(1917年7月31日・国会図書館蔵)
- ・復辟始末記(1917年8月・上海文芸編訳社印行)
- ・陳独秀著 新青年3—6 復辟与尊孔(1917

年8月1日)

- ・李劍農著 最近30年中国政治史 (1920年10月・太平洋書店刊)
- ・張勳 松寿老人自叙 (1921年8月・東洋文庫蔵)
- ▼ 馮玉璋著 我的生活 (1947年・重慶にて・フーヴァー・ハーバート蔵)
- ・陶菊隱著 督軍団伝 (1948年・中華書局刊・フーヴァー蔵)
- ・陶菊隱著 北洋軍閥統治時期史話 (1957年～三聯書店)
- ・西原文書の一部 (波多野善大氏抜書)
他に清史稿列伝 260 張勳, 徐道鄰編述・徐樹錚先生文集年譜合刊 (1962年・台湾商務印書館発行)

本稿は、以上の資料で不充分であるが、民国成立期において外国勢力・地主・商業資本家等によって支えられた軍閥の動き、そのしくみの中で復辟をねらった軍閥張勳を中心として、この事件は(1)何がこれを起こしたか、(2)何がこれを阻んだか、の具体的事実を示し、しかる後民国後の軍閥時代の政治権力の構造を明らかにする一基礎工事としたい。

1 復辟事件は何がこれを起こしたか

これについては、段祺瑞のうった芝居であるとか、張勳の部下万繩斌が自分の出世のために康有為とともに計画したものであるとか、馮国璋・倪嗣冲等の軍閥・督軍団が賛成したことによるとか、外国勢力によるとか、諸説あり、永久に謎であるかも知れないが、まず復辟にいたるまでの過程を軍閥を中心として諸資料により示し、しかる後何がこれを起こしたかという問題をとりあげてみる。

(1) 民国2・3年の交より民国5年3月袁の帝制取り消しまで

辛亥革命にいたるまでの北洋軍閥の成立過程については、波多野氏(2)によって詳細な研究がなされているので、民国成立後から進めていきたい。ただし本稿では民国6年の復辟を中心にしているので、民国4年までは簡単にふれ、この間については、別の機会に譲ることにしたい。

民国2年の第2革命から民国3年5月新約法の制定によって、袁世凱の独裁体制が完成する民国2・3年の交について、前記の民国19年に出た李劍農の最近30年中国政治史 (以下30年史という)に「共和は国情に適せず、これを元2年の卹擾の象に證し、以て概見すべし。改絃更張するに非ざれば、以て亡を救うに足らず、この種の伝説に対し、是は袁大公子より播散したものと揣度する人あり。(證實するによしなきに過ぎず) 帝制を恢復する思想は、袁家一派の外に清室遺老の復辟派の兩派あるに過ぎず。新約法公布後より、袁既に事実上の皇帝となり、9月袁また祀孔令を發布し……清室の遺老勞乃宣劉廷琛宋育仁等便ち些か不平あり、機に乗じて復辟運動を実行せんと想う。(318頁)」

(文中袁大公子とは袁克定をさす)とあり、民国46年にでた陶菊隱の北洋軍閥統治時期史話 (以下史話という)にも「很だ多くの人民国3年を称呼して、復辟の年となす。清室の復辟の謠言一時盛伝す。(2—91頁)」とある。また民国51年にでた徐樹錚先生文集年譜合刊 (以下徐樹錚年譜という)の民国4年の項に「袁克定世凱の大兒子、この時正に一心にありて太子に做らんと想う。(162頁)」とあり、民国2・3年

の交より袁家一派の帝制への野心、またこの機に乗ぜんとする復辟派の動きがあったことが示されている。かくして民国4年8月帝制を推行する籌安会(3)が成立し、袁は12月12日帝位を接受した。12月25日雲南の蔡鍔・唐繼堯が討袁の兵をあげると、5年に入って南方各省は討袁に応じ第3革命が起こり、3月22日帝制取り消しを宣言した。

(2) 南京会議を中心として

袁は帝制を取り消した後、徐世昌の尽力で、蔡鍔・唐繼堯等に停戦を要求したが(4)、蔡鍔は深く袁が引退すべきであると答え、4月中旬南方独立各省会は更に厳しく袁に速やかに總統位を退くことを要求した(5)。そこで袁は不仲であった段祺瑞を4月22日國務卿に任命したが、南方軍を征服しえなかった。この間南方各省では紛紛討袁に響應し、5月8日正式に護国軍軍務院が成立した(6)。

同時に形勢観望中の馮国璋は南京会議を提唱した。この会議を中心に、この時期の情勢を分析してみよう。30年史(365~370頁)にあるものを要約すると、「袁氏また段氏を用いて内閣を改組し、總統の地位の保持を謀ったが、南方の軍務院は袁が總統位にあることを堅く否認することを決めた。それで帝制撤銷後の問題の中心は、全く袁氏が總統位を退くか否かにあった。馮は帝制問題発生後より、反帝制各派と通じ、早くからすでに袁氏を擁護する意思はもたなかったが、袁が阮忠枢を派して再三調停を請うたので、調停を担当したが、馮は袁氏を擁護する意思はなかったと見るべきである。さらに馮について「馮氏機に乗じて利を取り、袁に対しては南方を挟んで以て自らを重くし、護国軍に対

しては北方を挟んで以て自らを重くしようと想いしことは、恰も辛亥の年袁氏清廷と革命軍とに対待せしが如きと一様なり、(是れ袁氏の衣鉢を承受せるものと説くべし) 所以に始終一種模稜の手段を採用するにすぎず。(365~366頁)」とある。

また4月16日袁氏に、また期日ははっきりしないが、内容から史話とあわせてみて4月26日徐・段・王に打電してはっきり袁の退位を必須とすることを主張した。かくして袁は馮に対し早くから信任せず、それで段を利用して彼の尽力を得ようとした。段は組閣の時、袁の退位を求める意思はなかったが、袁が退位しなくてもよいとも思わなかった。馮の様にはっきりと袁の退位を主張しなかった。しかし段の責任内閣制が成立しても、実権は袁がもってゆずらず、南方は袁が退位すべきであるとの説を堅持しているのを見て、段も暗に賛成した。袁は段が南方の主張をおさええず、退位説賛成に傾いたので、段にもたれる考えをすてて、また戦に備える傾向となり、それで段が要求する軍政大権の移交を許すといっても実行しなかった。段は平和(政局安定)のみこみがなく、また実権を握りえなかったので、辞職を請うた。袁は馮が用兵に不賛成であり、また財政上辦法がないので、段にもたれることを願わないが、また敢えてすぐ段を去らしめようとはしなかった。それで段の辞職を許さなかった。大勢は膠着状態に陥った。馮は中間勢力を組織して、南北の政局を操縦し、自分の目的すなわち總統位につかんとして、4月中旬和平辦法8条を、4月25日にも要旨は同じものを未独立各省に通電し、各省の賛同をえた。「4月17日の通電……辦法8条を定めんことを擬す(一) 応に清室の交付せし共和政府を組

織するの全権に遵照して、はじめに袁大總統を承認し、仍お民国大總統の地位に居るべし……

(一)慎しんで議員を選び、重ねて国会を開き…(餘の6条は備録せず)(366頁)」とあり、「4月25日また未独立各省に通電して、『滇(雲南)黔(貴州)等4省の意見は、尚極端を持す、…計るに惟……まず各省と連絡し、各疆土を保ち……実力を拡充し、4省と中央に対し、左右を以て軽重となすべし、……然る後法律に依拠して、国情を審度し、正当な方針を妥定し、強固な根本を樹立し、再び発言建議を行ない、雙方を融洽す、4省もし衆論に違えば、自ら當に公敵と同じと視るべし、政府もし異議あらば亦當に一致して争持すべし、……』と説いた。馮の意思は是れ一種の中間勢力を組織して、一己の操縦に由り、以て一己の目的を達せんと想う。(彼の目的は、就ち是れ各省が彼を擁戴して継任總統となすと想う、方法は就ち是れ別に新国会を組み、新国会開会を俟って後、袁新国会に向いて辞職し、再び国会に由り別に継任總統を選ぶなり、これは彼の提出せし所の8条辦法上より看出すべきものなり。)(367頁)」とある。

すなわち袁に速やかに退位することをもめないが、新国会開会后辞職させ第3勢力を造成し、自分が總統にならんとしたことが示されている。ついで馮は、5月1日要旨は同じであるが修改・詳細な説明を加え各省に通電した。この電発布後反袁各派は唐紹儀より馮に対し痛烈な反対を行ったが、馮は顧みず5月5日徐州に行き張勳・倪嗣冲と会って南京で会議を開くことを決定した。倪は袁の手先、張はこの時袁の歡心を得んとし、2人は馮と一緒に中央に打電・未独立各省に各代表1人を派して15日南京に集って開会したい旨請うた。袁はこの電

を受け異常に歡喜し(すぐ退位しなくてもよいから)、この会により總統位を守らんとした。この時袁の段を利用した心理が馮に移った。これが南京會議の由来である。

開会は15日の予定であったが、18日に開会され馮が主席となり当然總統の去留問題が中心となった。山東・湖南代表は速やかに退位することを要求、各省代表の多くはこれに賛成した。次日倪は兵を集めて脅し、袁の歡心を得て蘇督を欲する張勳の代表万繩斌これに和し、一時は袁が速やかに退位しなくてもよいとの主張に急変したが、また反対があり、つぎに独立各省に加入して貰って辦法を講ぜんと電請したが、南京會議に加入することを拒絶され、馮はここに於て解散を宣告、無結果となった。」

以上が李劍農の30年史の南京會議についての要約である。

これを北洋史話と比較して、袁を中心とした南方護国軍・段・馮・張勳・倪嗣冲等の軍閥の動きをとらえてみよう。

まず1)何故袁は段を國務卿に任命したか。これについては少しさかのぼってみてみると、袁はこの危機を黎副總統・徐世昌國務卿(3月22日任命)・段參謀總長(3月23日任命)(7)3人の名義でもって南方に向って停戦を要求した。袁はこの3人を工具として利用せんとしたが、徐1人が尽力し黎・段共に消極的であった。(前記4)。しかし徐の尽力にも拘らず、南方は強硬に袁の引退を主張し(前記5)・文治派徐(8)の効力は毫も南方に対しても北洋派に対しても発生しなかった(9)。そこで4月21日袁は收拾が難かしいことを知り、責任内閣制の名義を借りて段氏に対する餌とし(10)、翌日史話(2—204~205頁)によると「…段祺瑞北洋派

中にありてまた一定の威望を擁し、而して南方護国軍と一切投機の分子とはまたすべて很だ彼を看重した。是れ1個の較好の工具なり。4月22日彼段を任命して國務卿となし以て徐に代う。」とある。かくしてその後問題は発生するが、段漸く出て事に任じた。従って両資料から袁は危機打開總統位を保持するため、黎・徐・段を利用せんとしたが、黎は消極的、徐は能力なく、責任内閣制の餌を以て武力派で威望のある段を起用したと考えられる。また後記するが、この時期袁・馮間に深い溝があったことによつて以上の者の中から起用しようとしたと思う。

つぎに2) 袁・馮間と馮の目的についてほりさげてみたい。史話(2—208頁)によると「当時の全国の形勢に根據して看るに、北方の核心人物は袁の近処の化身段祺瑞ではなく、而して是れ彼の遠処の化身馮国璋なり、前者は直接兵権をもたず、而して袁の制御下にあり、后者は直接兵権を有し而して袁の制御をうけざるがためなり。」とあり、袁は当時北方の核心人物は段ではなく、直接兵権をもち、袁の制御をうけない馮とし、馮に対し慎重な態度で臨んだ。その馮が前記30年史にもあるように、4月16日袁に、4月26日黎・徐・段(30年史では徐・段・王)に打電して、陶菊隱の解釈(史話2—209~211頁)とは多少の相違があるが袁の退位を勧めている。これで以て袁・馮間の裂痕は深いものとなった。

つぎに南京會議を開かんとする馮の目的であるが、これは30年史と史話(2—212~213頁)とはほぼ一致している。すなわち「南京會議を召集するのは馮の1個の詭計で、彼は辛亥年にならって各省代表は南京にあって臨時參議院を

組織するの辨法で、臨時總統を選出し、然る后国会を召集して正式總統を産生せんと想つた。この外帝政の禍首を処罰する等の条件を提出し、西南護国軍と国民党に好く見られると思つた。また進歩党を以て骨子とする護国軍の將士も多くは彼を重くみて倒袁に來り、特別梁啓超・陸榮廷の兩人と彼は早くより秘密聯系を建てて居り、彼は推されて臨時總統となり、袁は倒さずして自ら倒れ、護国軍は流血を繼續せずして反袁戰爭の最後の成功を取得する。かくして彼は反対に会わないで總統になることができると想つた。」とある。これで馮の目的は理解される。

つぎに3) 張勳の目的についてほりさげてみる。史話(2—213頁)によると、「はからずも張勳の目的は完全に馮と同じではなく、張勳は清朝廢帝を推し復辟を期すが、復辟条件尚未成熟以前にあつては、威信をすでに失つてゐる袁を利用するために過渡總統にしてもかまわない、そして有利な条件を創造しようと思つた。この外彼は袁の忠臣ではないが、阮忠樞が3度も徐州に來て袁を代表して多くの有利な条件を示し、首先安徽督軍とする旨發表した。かくして張勳は袁を利用して復辟条件を有利に創造しようとした。」とあり、30年史(405頁)にも「袁の歡心を得て暗に復辟の基礎を布置せんと想う」とあり、両資料ともほぼ一致している。

つぎに4) 何故目的の違ふ馮・張勳間が共同意見を作つて、南京會議を開かんとしたかについて考察してみる。史話(2—213~216頁)に、「張勳は復辟の目的を達するため袁を利用すると共に、北洋派中の実力者である馮と共同する必要がある、国会召集問題等について彼の本心は反対であつたが、馮の意見をうけいれ完全に

否定することはできなかつた。また馮は野心は大きい、意志の堅い人ではなく、張勳の意見と彼の目的は非常に距っているが、張勳に南京會議に参加を願わしめることを要し、予め吸収して彼と自己の意見を融合して1個の共同意見を「作るために……。」とあり、後記の如く4月18・25日、5月1日の辦法の提出となつた。

つぎに5) 彼らの提出した辦法8条の内容から何故南京會議が無結果に終つたかについて考えてみる。史話(2-213~214頁)に「4月18日彼と張勳2人の聯名で時局解決の辦法8条を提出した。」とあり、30年史では17日となっているが内容は同じである。ただし史話には3条以下も記載されている。また25日にも馮個人の名義で未独立各省に通電、これにより完全に彼の目的が暴露された。その内容は前記30年史と同じである。すなわち「護国軍と袁以外で第3勢力を造成し、護国軍を利用して袁の總統地位をくつがえし、然る后北洋派の実力で以て護国軍を屈服する。」史話(2-214頁)とある。

さらに5月1日提出、30年史では要旨は同じとあるが、史話では主要精神は完全に同じではないとある。すなわち「總統問題については自己が總統になるために、暫らくは袁大總統を承認するが(17・25日のものも同じ)、更に詳細に黎副總統の大總統繼任に反対した。この意見は西南護国軍と完全に対立し、その他約法問題については袁が欽定の新約法の廃止は既に必要であるといっているが、完全に旧約法を恢復することは願わず、旧約法中自分に有利なものを選択してこれを残し、不利なものはけづる等、馮個人の要求にはあつたが北洋派内部にも大反感をよんだ。これ以後全国の輿論は彼を第2の袁世凱と痛罵した。この時期に到つて馮は後に

ひけず、5月5日蚌埠に行つて倪嗣冲をむかえて徐州に行き張勳と3人聯名で南京會議召集を發起し、未独立各省に會議に代表を派遣することを電請した。」史話(2-215~216頁)とある。

このように帝制撤銷後の問題の中心である袁氏が總統位を退くか否かについて、馮は自己が總統位につくため、張勳は復辟に有利な条件をつくるため、袁を暫らく總統位につかせて利用せんとし、倪は袁の手先で3名共それぞれ自己本位の目的であつたため、南京會議が無結果に終るのは当然といえると思う。

最後に6) 袁はどうしてこの南京會議を利用せんとしたかについてほりさげてみたい。袁・馮間は前記の如く溝があり、4月22日段を國務卿に任命した。特に4月26日の馮の電報で袁・馮間の裂痕は深さを加えたが、袁・段間も袁は責任内閣制を餌として段を利用するだけで、実権は譲らなかつた。さらに段はその親信人徐樹錚を國務院秘書長にせんとしたが、それすら拒絶され、遂には生命すら危いと感じ、急ぎ第20師吳光新を北京に來させて袁の毒手を防がんとした(11)、そして南方護国軍の主張する袁が退位すべきであるとの説に暗に賛成した。かくして袁・段間は悪化し、袁は馮にもたれてこれを利用せんとした。この關係の成立は、この袁・段間の悪化以外に8条辦法にも示されたように即時退位を求めず、暫らく總統位にあることを主張したこと。馮は北洋派で直接兵権をもつ実力者であること。従つて5月5日の開会の決定には袁は異常に歡喜した。また一方あくまで袁は自己目的達成のため、馮・張間の目的の相違、矛盾を中に立つて操縦し、後記するが、毒を以て毒を攻めるの政策で、自己の總統位の保持を謀つた。これについて史話(2-216頁)

に「南京會議の3個の核心人物は、各人一条の心を有す。馮國璋はこの會議を利用して彼の第3勢力を造成せんと想い、張勳はこの會議の盟主と做り、而して清の廢帝の復辟のために有利な条件を創造せんと想う、倪嗣冲は則ちよくする所の地を尽くして洪憲王朝を復活せんと想う。袁は正に是れ馮・張2人の矛盾を利用し、以てそれが互いに相牽制し、中にたつて操縦するの目的を達成せんことを求む。彼張鎮芳・阮忠樞2人を派して徐州に在りて張勳を包囲し、また蔣雁行を派して南京會議に公開列席し會議の進行を監視す。」とある。

ここで南京會議のまとめをしてみると、帝制撤銷後の問題の中心である總統問題について、袁は總統位を保持するため、始め馮と対立していたので、北洋派中で一定の威望があり南方護国軍ともうまくいっている段にもたれようとした。しかし段は実権を握りえず、袁・段間にも溝が生じた。かくて自己が總統にならんとして第3勢力を形成しようとする馮、復辟をねらう張勳、何れも自己の目的達成のため、暫らくは袁が總統位にある事を認め、これを利用せんとした。袁はこの2人の矛盾の中に入って操縦し利用せんとした。このように各自己中心的な意図の下に南京會議は行われた。したがってこれでは時局解決は望めず、南方護国軍はもちろん、北洋派さえもこれに反対し結局は無結果に終わった。

このように南京會議は由来からして、無結果に終るのは当然と考えられるが、この會議中5月22日四川が突然独立を宣告、次いで5月29日湖南また独立を宣告した。この川督陳宦・湘督湯壽潜は袁氏に忠実な鷹犬であり、袁はこの報を聞き憤怒して6月6日歿した(12)。

(3) 徐州會議を中心として

袁の死後、史話(3—2頁)によると、北洋派としては南方護国軍の推す黎の總統位就任に対しては不利とし、始めは徐・段或は馮を推さんとしたが、徐は軍人出身ではなく、この際南方の推す黎の總統就任に同意し、南北統一を推進する。その間帝制戦争の副産物=小軍閥が発生したので、北洋派内部の団結をはかろうとした。馮は南京會議で總統に就任せんとする陰謀が暴露され、全国各方面に重大な反感をよんだので、總統になる客觀条件は不利であった。したがって北方の核心人物は段であった。

その段が何故黎の總統就任に同意したか、史話(3—2頁)に「就ち是れ總統独裁制をば転変して責任内閣制となし、黎をば扶けて傀儡總統の位子上に在らしめ、自己は却て内閣総理を以て別に一形式の個人軍事独裁を形成する。彼西南各省は責任内閣制に反対する理由なしと估計す。この制度は是れ国民党及び南方各党派が一直力争して到手せざりし所のものなるが故なり。責任内閣の名を利用して、以て軍事独裁の実を行う、これ就ち段の黎を推挙して總統となすに同意する真正原因なり。」とあり、また30年史(384頁)にも「原来段氏黎を擁するの主張は、彼を利用して過渡人物となし、以て黎氏与し易しとなし、暫時彼を借りて傀儡となし、大権をば一己に集めんと想うにすぎず。」とある。両資料とも内容はほぼ同じであり、彼を利用して傀儡となし大権を握ろうとした。

かくして6月7日黎は大總統に就任した。その後新旧約法の争いがあったが結局黎は6月29日国会を召集し、憲法の速定を計り、新約法を取り消し、憲法制定以前は民国3年3月31日の臨時約法(旧)に遵うことをきめた。また同日

段を國務總理に任命し、段内閣は以下の閣員を以て組織された(13)。

外交総長 唐紹儀 (後伍廷芳代る)
 内務総長 許世英 (後孫洪伊代る)
 財政総長 陳錦濤 陸軍総長 (兼) 段祺瑞
 海軍総長 程璧光 司法総長 張耀曾
 教育総長 孫洪伊 (後范源濂代る)
 農商総長 張国淦 (後谷鐘秀代る)
 文通総長 汪大燮 (後許世英代る)

かくして段内閣は成立したが、總統問題・新旧約法問題では共に南方の主張が実現した。

一方北洋派では督軍団伝によると、「袁死して間もなく、馮の總統を継承せんとする陰謀が西南に暴露され、北洋派さえもこれに同乗せざるに乘じ、張勳は6月9日南京會議に参加した各省区代表を徐州に招きて會議、袁の死後抬頭せる西南派に対抗するために攻守同盟を結び、「抵制暴徒參政、中央如有弊政、各省全力以爭」などを決議し、張を推して代表となす。」とある。また徐樹錚年譜にも同様の事が見られる(14)。

この第1次徐州會議から強勳を中心とする北洋派の動きをほりさげてみよう。史話(3—8—11頁)によると、「袁の死後著名辨子軍張勳徐州に在りて群英会を主演し、時局の前途に極めてくらい陰影を投下した。張勳は袁の帝制派に忠をつくすのではなく、自分で清室に忠をつくす復辟派となしていた。袁の死する前：江蘇將軍馮國璋が南京會議で、袁と護國軍が對抗している時局を利用して第3勢力を造成し、臨時總統を取得しようと図った。袁はこの消息をえて、毒を以て毒を攻める策を取り、張勳に安徽軍務を督理することを命じ、彼に指使して馮を駆逐させ江蘇軍務一職を以て餌とした。これにより、張勳と袁の死党倪が結託して南京會議で一

気にさわぎをおこし、馮の總統を不成ならしめ、南京會議は無結果で解散した。久しからずして袁が死に、張勳は南京會議に参加した各省軍閥代表を徐州にむかえて開會、参加者は奉・吉・黒・直・豫・晋・皖の7省代表。当7省代表徐州に到った日(6月7日)、張勳は各省代表に向かつて高談闊論して、「大清朝的深仁厚澤」を講ずるに到った。各省代表は洗耳恭听、可否置かず。徐州會議は6月9日開始、張勳の參謀長万繩拭會議要綱10条を宣布、固結団体、鞏衛中央、を以て煙幕としたけれども、骨子は北洋軍閥の各省軍事攻守同盟を組織せんと想い、用いて以て北京政府を挾制し、西南護國軍に対抗し、彼らの権力地位を保全しようと想った。會議に参加した各省軍閥代表は正に袁の死により前路茫茫たるものを感じ、北洋派の解体と西南護國軍の勢威に対し憂慮を感じ、自然樂にこの計劃を接受した。而して張勳はこの形勢を利用して北洋派領袖と各路諸侯大盟主の地位を取得することを必要とした。この時外部では徐州會議は復辟問題を討議しているとの謠言があった。これにより會議進行の翌日、張勳は電報で北京陸軍部次長田中玉、巡警庁總監吳炳湘に説いた。「勳前清に在りて恩を受くること深重、而して袁大總統とは20年の知遇の感だが尤も恒泛に非ず、故に常に人に対して言う、君恩忘るべからず、知遇の感そむくべからず。ただこれは私感であって、大勢の赴くところにいたっては、勳もとより国家を以て重となす、全くその間に私見を霽うることはしない。今は国家多故、変出非常、たまたま勳各省代表を徐州にむかえて集會し、復辟を主張するという謠伝があるが、すでに昨日開會時に宣言したように、実はそのことではない」と。徐州會議でつぎの10条が議決さ

れた。

一、清室の優待条件を尊重する。二、袁大總統の家属生命財産及びその身后一切の榮譽を保全する。三、政府に正当な選挙手続に依据して速かに国会を組織し、完全な憲政を施行することを要求する。四、電報で独立8省に独立を取り消すことを勧め、しからずんば武力で以て对待せんことを準備する。五、絶対に疊次の倡乱一般の暴烈分子（国民党員をさす）の政権参預を抵制する。六、敵に兵衛を整え、地方を保全する。七、正当な宗旨を抱定し、国家の秩序を維持し、もし用兵の処有れば、需する所の軍旅の餉項は、仍お当に通力合籌すべし。八、国事稍定まるを俟ちて、聯名して政府が苛佃雜捐を罷除して、以て国民を蘇らすことを電請せんことを擬す。九、嗣后中央にもし弊政の民害をなすに足るものあらば、務めて当に合力電争し、以て忠告の義を尽すべし。十、中央は減政（減税）を実行し、固く団体を結び、事に遇いて籌商し、国家の前途に対し、務めて同一の態度を取る。所謂徐州會議は事实上只是れ辨子軍大帥の“単人舞”，各省軍閥代表は洗耳恭听、鼓掌叫好、既に未だ争論を起さず、未だ意見を交換せず、この10条すべては是れ張勳の會議要綱を照写してきたものに根据す。段徐州會議の消息を知りただちに段芝貴を派し秘密に徐州に到り活動を進行す。段は是れ北洋派正統を以て自任の人物したがって北洋派大将を自負するも實際は是れ雜牌軍出身の張勳を問題にしなかった。ただし彼はこの時北洋派領袖の地位を継承し、北洋派付屬軍に対し、必ず須くわたりをつけて加え、以て自己の声威を壮大にする必要があった。張勳に対し既に用いて以て馮国璋を牽制するを可とし、また用いて以て護国軍に対するを可とし、

当然更にわたりをつける必要があると想った。張勳は1個の妄自尊大的老粗ではあるが、彼袁に対し尚且あざむいたりしないし、当然段をば眼下に放任することはできない。ただし是れこの時段己に北洋派の新主人となり、而して彼馮と睦まじからず、これに因り段につらなり馮を制する必要ありと感ず。」とある。30年史(393～394頁)にも「北洋派の各省に一種の団体結合が発生した。この種の結合は最初張勳が発動し、倪が助成、段祺瑞の親信人徐樹錚等暗に之を利用す。南京會議解散後、張勳は北方各省代表をむかえて徐州に集会……」とほぼ同様のことがみられるが、その後第2次徐州會議までの間に、段派の徐樹錚等、暗に倪及び張勳の代表万繩拭等と秘密に住還して協議し、張勳を首領として、各省区また代表を派して徐州に集会せんことを願ひ第2次會議の13省区聯合会が出現した(15)。

以上督軍団伝・徐樹錚年譜・史話・30年史の諸資料より徐州會議を中心とした当時の軍閥の動きをまとめてみると、大きくは第1に既に帝政戦争の副産物として小軍閥が発生し、北洋派の分裂がみられたが、さらに袁の死により解体せんとし、前途に不安を感じた各省軍閥は復辟の謠言等があったが、北洋派内部の団結を図り、主として声威盛んな西南護国軍に対抗するため成立したものである。

第2に、成立はしたが、北洋派内部は非常に複雑であり、これを分析してみよう。前記南京會議で馮・張間は共同したが、これは相違した自己目的達成のためであり、矛盾があり、これを袁が中にたつて操縦したものであって、もともと馮・張間には強固な利害関係の一致があったのではない。したがって會議で馮の陰謀が暴露され北洋派さえ同乗せず反感をよべば、当然

馮・張間は対立関係となった。これは袁の毒を以て毒を攻める政策から、袁の死後はっきりとした争いが起っている(16)。かくして張は煙幕をあげながら復辟という目的達成のため、北洋派の新主人段に接近し、徐樹錚・段芝貴と秘密に協議した。馮は下風に立ち、張勳と争いまた段と睦みならず、直皖の争いの兆が現われ、段は北洋派領袖たらんとして張勳に接近した。以上が徐州会議を中心とした軍閥の動きであると思う。

徐州会議結束後、張勳は公然6月20日帝制の禍首を処罰することに反対し、これをかばうのは公論、公道であるとし、6月29日各省軍閥代表は袁の葬儀に参列した。これに対し彰徳會議であるとの説がある(17)。

一方南方では軍務院の未撤銷前、独立各省は暫らく独立を取り消さず、北京政府が南方の提出した条件をうけて後、一致した行動をとることを約したが、6月7日陝西都督陳樹藩、8日四川都督陳宦、9日廣東都督龍濟光が独立を取り消した。龍濟光は北洋派を盲目的に崇拜する地方軍閥であったが、護国軍と廣東各地の民軍の四面包囲下にあつて、その圧迫を受け独立を宣布したが、独立宣布後も袁と、また袁の死後は段と秘密に関係をもった。これは周匪の圧迫をゆるめるために独立を宣布したのであつて、その間、時間をかせぎ北洋派の来援をまつたためであつた。したがつて6月9日独立取り消し宣布、李烈鈞との衝突、段の援龍計画となつたが以上は南方護国軍の不團結と段内閣・護国軍が真に合作して時局解決を望んだのではないことを示している(18)。

北京政府では前記の如く6月29日国会召集、旧約法の恢復、段内閣の成立。7月6日各省將

軍、巡按使の名を改めて督軍、省長とし、その発表(19)久しからずして前記馮・張間の争いが激化した。7月14日帝制禍首の処罰発表、同日南方軍務院の撤銷宣布(20)で一応南北統一が完成した。

かくて時局は安定したかにみえたが、徐州會議で結束した督軍団の干政、府院の対立が起つた。8月1日国会が開かれると、張勳は首先国会中の暴乱分子(国民党員を指す)を排斥すべしと国会に向つて干渉(当時の国会は国民党議員が多数をしめ、もし国民党議員が参加しなければ法定人数が不足し、解体となることを意味していた)。これに対し衆議員議員趙炳麟が軍人の議會干渉禁止を提議、張勳は倪と聯名して通電しこれを排し、各督これに響應。8月5日司法総長張耀曾雲南より上海に来た際、その船中より大量のアヘンを発見、これにより、9月2日張勳は国民党と西南人物を攻撃、さらに9月13日督軍団は西南政客張耀曾と国会を攻撃、聯名するもの倪嗣冲・姜桂題・張作霖・馮德麟・孟恩遠・畢桂芳・許蘭洲・王占元・張懷芝・超備・田分烈・李厚基・田中玉・楊善徳(21)であつた。

この時期段は北洋派武人の西南政客、国民党を攻撃する干政に対し内閣総理としては問題があるが、北洋派領袖としては好ましいことであり、傍觀の態度をとつた。また北洋派内部も、1個の共同点として個人の権利と地位を守るために徐州同盟に参加したが、各違つた目的をもって居り、同盟に参加した軍閥以外に帝制派・陰謀家等各種の条件の下に9月20日張勳は公然と第2次徐州會議を召集し、先の7省攻守同盟は13省区联合会となつた。代表を派したもの山東督軍張懷芝・第5師長張樹元・奉天督軍張作

霖・吉林督軍孟恩遠・黒龍江督軍畢桂芳・江蘇督軍馮國璋・河南督軍趙倜・湖北督軍王占元・江西督軍李純・福建督軍李厚基・直隸督軍曹錕・直隸省長朱家寶・浙江督軍楊善徳・淞滬護軍使盧永祥・第7師長張敬堯・兗州鎮守使施從濱・兩廣礦務督辦龍濟光・京師警察總監吳炳湘・北京歩軍統領江朝宗等、段派は曾毓雋を派遣した。會議で張勳を推して大盟主となし、12項を決定した。この徐州會議の目的は国会、国民党と西南各省に対抗して、軍事同盟を組織するにあるばかりでなく、北京政府の中央集権を防止し、各省軍閥は割拠のためにさらに有力な基礎をつくることにあった。北京政府を含めて、彼らの権力地位に損害あるものは、すべて共同の敵となして武力で対するというものであった(22)。9月22日安徽省長倪は西南派の5総長唐紹儀・孫洪伊・谷鐘秀・陳錦濤・張耀曾の排斥等を建議、25日張勳・倪等は唐紹儀の外交総長就任に猛烈に反対、同日唐は外交総長辞去を通電した。段は徐州會議を利用して政敵唐紹儀を攻撃したが、徐州會議は唐攻撃と同時に内閣問題を討論し、張勳は徐世昌を推して徐が組閣すべきことを主張した。

これは第1に段と北洋派領袖の地位を争うために段内閣を排斥する。第2に徐世昌を利用して復辟を行う等のため、北洋派内部の矛盾、張勳と段との矛盾が生じた。また張勳と馮國璋の間にさらに矛盾が生じた。これは前記の如く地盤をめぐる対立があったが、この徐州會議に馮は代表を派した。しかしこれは張勳の助手に甘んじるためではなく、總統の地位を獲得するためであった。しかるに盟主張勳は馮を小卒とみ、唐排斥について、馮の同意をへず代って署名した。これにより長江3督馮・李純・王占

元は彼らの代表を撤回し共同の態度をとらないことを表示した。張勳とその他各省軍閥との間にも矛盾がなかったわけではない。張勳は妾りに自らを尊大にし独断独行した。各省軍閥はあえて怒ったりはしなかったが、大多数の同盟員の盟主に対する反感は、時がたつにつれ深くなっていった。当時各省北洋軍閥では前清にならって某帥と称し、張勳は大帥と称した。大帥のいた徐州は政治避難所と各種色の政治野心家が陰謀を図る市場となり、帝制犯・宋教仁暗殺の主犯洪述祖・保皇党魁康有為等徐州の大帥のもとに来て活動した。以上の情況は大清帝国復活の半ば公開活動の場所となったことを示している(23)。

これに対し北京政府は軍人の干政禁止令を出したが、張勳は財政総長陳錦濤を攻撃する電報を発し、対立は続いた。その後10月10日双十節に多数の叙勳があり、一時“勳章雨”の称があった。段・王・馮の北洋の3傑は勳1等大授宝光嘉禾章を得たが、盟主張勳は2等大授嘉禾章であったので、彼はこれを拒否した(24)。10月30日両院で副總統選挙会が行われた。時に張勳は馮に反対し徐世昌または康有為を副總統になさんことを国会に提議したが、張の干渉をにくんで国会はかえって馮に投票、張の反対が馮の投選を容易にした(25)。

つぎに早7月中より発生していたが、第2次徐州會議時、軍人干政禁止等で、總統府と國務院の間、国会と内閣の間、及び内閣内部の斗争の激化について簡述する。周知の如く始め府秘書長丁世鐸と國務院秘書長徐樹錚が対立、また徐は内部総長孫洪伊と衝突、孫は閣員でありながら丁と聯合して段派排斥を始めた。段は孫を免ぜんとしたが、黎に拒絶されこの争いは總統

と総理の争いに発展した。黎は徐の跋扈によわり、徐世昌に調停を依頼11月19日徐の調停で、孫・徐の同時免職、國務院秘書長に張国淦を推薦することで一段落したが、孫は辞職後国会にあって段に反対し、段と国会との関係を悪化させた(26)。

12月下旬馮を首領とする22省軍民長官は、總統・総理・国会に対し忠告の打電、大略は「總統は総理を信任し、総理は大政を秉持し、国会は憲法を早くきめ、行政に干渉するなかれ」というもので、督軍団の總統・国会に対する威嚇であった。この打電は13省区盟主張勳にとって不愉快なことであったが、張勳は西南派の3総長陳錦濤・張耀曾・谷鍾秀の罷免を要求。民国7年1月4日馮の祝寿に南京へ来た倪・徐樹錚・斯雲鵬等を徐州にむかえて、1月9日第3次徐州会議を行った。決議されたのは總統の罷斥・国会の取り締り・総理の擁護・閣員の淘汰・憲法の成立を促すの5項目であった。この会議には段派の人物徐樹錚等が事前に活動し、黎

の打倒と段の支持を決定し、快く結束した(27)。

ここで民国5年6月の第1次徐州会議から6年1月の第3次徐州会議までの簡単なまとめをしておく。この会議の目的は、主として北洋派が非北洋派の西南軍閥・国民党・国民党が多数をしめる国会、黎に対抗して軍事同盟を組織し、中国の主導権を握ること、および北洋派が主導権を握る体制下で、加盟した各省軍閥は割拠して自己の地盤を確保するために、この軍事同盟を基礎とするためであった。しかし北洋派内部にも対立があった。前記の如く第1次会議では段・張が接近して馮を制しようとし、第2次会議では、張は北洋派の領袖にならんとして段と対立、また馮とも対立し三者三つどもえの形勢となった。しかし第3次会議では非北洋派黎の打倒ということで、徐樹錚の活動をはさみ段・張は再び結束した。もちろんこの間に起った府院の対立、黎・段の対立は北洋派と非北洋派の対立であり、次稿で示す参戦問題において、列強の中国争奪をめぐりさらに激化した。(未完)

註)

- (1) 波多野善大「アメリカで見た軍閥に関する若干の伝記について」(近代中国研究センター 彙報5 1964)
- (2) 波多野善大「北洋軍閥の成立過程」(名古屋大学文学部研究論集V史学1953)
- (3) 李劍農「最近30年中国政治史」324~325頁(以下30年史という)。「本會宗旨在研究君主民主國體二者孰適於中国、專以学理之是非、與事實之利害為討論範圍、此外各事、概不涉及。」とあるが実は「所謂研究、所謂討論、都是他們自己騙自己的話。這是帝制運動公開後的一幕」とあり、帝制を推行するためのものであった。徐道鄰編述「徐樹錚先生文集年譜合刊」161~168頁もほぼ同じ。(以下徐樹錚年譜という)

- (4) 「30年史」357~358頁
- (5) 同上 358頁
- (6) 同上 365頁。「徐樹錚年譜」173頁
- (7) 同上 356頁。陶菊隱「北洋軍閥統治時期史話」2—184頁(以下史話という)
- (8) 謝彬「民国政党史」辛亥革命(六) 599頁
- (9) 「30年史」358頁。「史話」2—204頁
- (10) 同上359頁。同上 2—206頁
- (11) 「史話」2—204~208頁。「徐樹錚年譜」174~175頁
- (12) 「30年史」370~371頁
- (13) 同上388~389頁。「史話」3—8頁
- (14) 「徐樹錚年譜」190頁「五年六月九日、張勳召集了七省的代表、在徐州開過一次會議、以来「固結團體、鞏衛中央」這是對南方護國軍的一種示威一段曾

段芝派貴前往参加。」

- (15) 同上 190頁。「30年史」394～395頁。「史話」3—59頁。
- (16) 「史話」3—27～51頁「北京政府任命各省督軍的命令發表不久、首先就發生了馮國璋與張勳互爭防地的糾紛……」以下要約すると、7月6日北京政府は江蘇督軍に馮、安徽督軍に張勳を任命した。袁時代安徽に地盤をもつ張が江蘇に属する徐州に大本営を設け、馮は久しく既に容認しえなかった。袁政府末期＝南京會議時袁はこの二人の利害矛盾を中にとつて操縦した。この頃前記の如く馮・張間是自己目的達成のため共同したが、袁が死に、督軍団が発表され、当然馮は張に徐州を出るよう要求したが、張は拒絶した。この根據は民国2年＝第2革命時張は江蘇都督の地位を失い、袁に長江巡閱使の空銜を与えられ、徐州に駐屯した。以後国民5年南京會議開催前、旧曆3月袁に安徽軍務を督理することを命ぜられ、袁の死後7月6日安徽督軍となったが、先の長江巡閱使の撤鎖はまだ明らかになされて居らず、張は安徽督軍の外、長江巡閱使を兼職していると解釈し、江蘇は長江流域内にあり、徐州に駐防するのは不合理ではないとした。この説法は江蘇督軍馮を、張の下に属するものとし、江蘇は張の勢力範圍と視て居り、馮・張間の対立、争いとなった。
- 「松壽老人自叙」五「丙辰春滇黔桂粵相繼獨立乃撤洪憲之號議用兵三月勳以巡閱使安徽督軍電要各省遣代表集江籌籌南伐」とあり、張は長江巡閱使と安徽督軍を兼職していると解釈していることが知られる。丙辰は民国5年である。
- (17) 「史話」3—11頁
- (18) 同上 3—16頁。「徐樹錚年譜」173～174頁

- 19) 同上 3—25頁
- 20) 同上 3—19頁。「徐樹錚年譜」173頁
- 21) 同上 3—56～59頁
- 22) 同上 3—59～60頁。「30年史」394～395頁。「徐樹錚年譜」180頁・190頁
- 23) 「史話」3—60～64頁
- 24) 同上 3—68頁
- 25) 「督軍団伝」69頁。「史話」69～70頁
- 26) 「史話」3—71～77頁。「30年史」396頁。「徐樹錚年譜」179～187頁
- 27) 「史話」3—86～87頁。「30年史」398～399頁
未使用の資料として、蔣百里先生伝(1948年、中華書局刊、東洋文庫蔵)。張珍藏、復辟実録がある。

付記)

今堀教授より復辟事件中の根本資料を頂き、この事件は何がこれを阻んだかを把握し、民国初期の政治権力の構造をさぐることを主目的として、1964年度史学研究会で発表した。その後何がこれを阻んだかを把握するために、何がこれを起こしたかをさぐろうとして、本稿で軍人の干政、政権の担当と争奪、割拠して一定の排他地域すなわち地盤の確保と拡大をめぐる互いに戦い、中国の近代化を阻んだ割拠的・軍閥の性格の具体的事実を示した。これにより民国初期軍閥時代における政治権力の構造把握の素材となれば幸甚である。猶、紙数に制限があり主目的の次稿で事件中の根本資料等を加え、外国帝国主義との関係にふれ、何がこれを起こしたか、何がこれを阻んだかのまとめをしたい。

本稿を終えるに際し、広島大学今堀教授・名古屋大学波多野教授・国会図書館田山先生の御教示に対し謝意を表する。

(昭和40年9月1日受付)

現代アメリカ英語における動詞の使用法

(英語学) 篠田 治 夫

On the Usage of Verbs in Current American English

by Haruo SHINODA

(Received September 1, 1965)

The purpose of this research is to investigate the actual usage of Current American English Verbs. The material is taken from the READER'S DIGEST (July, 1965) and this paper is an interim report of the research which is to be carried on hereafter. The contents of the report are as follows:

- Sec. 1. Verb + prep. or adverb
- Sec. 2. Compound Verbs
- Sec. 3. Intransitive Verbs used as Transitive Verbs
- Sec. 4. Special Uses of do, get, have, go, give, make, take
- Sec. 5. Tense and Voice Sec. 6. Infinitive without 'to'
- Sec. 7. Contracted Forms of Verbs Sec. 8. Ellipsis
- Sec. 9. Idiomatic Expressions in such patterns as V+O, V+prep. +O(V+O+prep.)

Preface

The purpose of this research is to investigate the actual usage of Current American English Verbs. The investigation will be continued hereafter until a certain amount of material is collected. And this paper, as the first interim report, is written on the basis of the material collected from the READER'S DIGEST (July, 1965).

By Current American English, we mean written and spoken English both. And so, in this research not only spoken or informal English, but also written or formal English is included.

As for the method, the following three principles are adopted for the collection of data:

1. To collect idiomatic expressions.
2. To pay attention to characteristic uses of verbs.
3. To classify the idioms according to their meanings into two groups, literal and figurative.

As mentioned above, this investigation is to be carried on to make clear the actual usage of Current American English, formal and informal, which is found in several kinds of magazines and newspapers published in the United States, and research will be made into all parts of speech.

1. Verb + Prep. or Adverb

In the material, a great many phrases of this kind (Verb + Prep. or Adverb) are found, which may show how important a role they are playing in Current American English. These phrases can be grouped in two types according to their meanings, that is,

literal meaning and figurative meaning, and it must be noticed that the latter type of phrases are much more than the former type. The following are examples of figurative uses of verb phrases:

I *blanched with* horror/ consider the jobs that *blossom with* today's version of the 19th-century land rush/ But they all *boil down* to the right to choose/ When it *breaks into* the open, the whole academic world may be in for some distressful day/ At the end of the war, demobilized soldiers needing civilian clothes *burst in* on the firm like a tidal wave/ how a religion, originating in a despised province of a petty country could so quickly *carry around* the world/ a patient presents himself for a medical *check-up* (from the verb 'check up')/ he is beginning to feel like a man *coming down with* a bad case of flu (come down with = suffer from)/ fishers of men — that was a new idea. What was He *driving at* ? / . At the age of 80, Goldberg had decided to *embark on* a brand-new career as a sculptor/ Three out of four alcoholic persons who don't receive treatment *end up with* broken homes/ When Karen is working, she may *end up with* a room for the night and a little sleep/ Legislators could *face up to* the need for laws that will force addicts to undergo treatment/ The shabby man *fished in* a pocket/ All his moderate dreams and those of the rational people of Tanganyika would have *gone up in flames* then and there/ While your friends from law school are *hanging out* their shingles, you'll still be explaining your record to the character committee of the bar/ Four times a day John and Karen *hole up* with heroin (hole up = inject)/ he had been *joined up with* several drivers who had been caught in a radar speed trap/ Loosen your hold on the past and *latch onto* something connected with tomorrow (latch onto = fasten with a latch)/ Part of the blame, she suggested, *lies with* the faculty/ So long as research alone *pays off*, in cash and fame, the temptation to *scamp on* teaching is almost irresistible/ slowly the idea of exchange *percolated into* my mind (percolate into = pass slowly through)/ looking for weaknesses always *puts* the other person's guard *up* (put up one's guard = cause one to be prepared against attack)/ the past will *rise up* to embarrass them or block their way when there are application blanks to *fill up* and interviewers to face/ after years of heavy losses, the Viet Cong have begun to *run out of* men/ Why shouldn't every major university *set up* the machinery for systematic appraisal of the faculty ? (set up = start)/ Studies of their shapes, handles and lips, and analysis of the clay with which they are made, *shed light on* ancient commerce routes/ Groupers especially are such nosy kibitzers that workers sometimes have to *shoo* them *away* (shoo away = drive away by making this cry of 'shoo')/ The last issue of the Berkeley Slate described an English instructor as one of the brilliant young men who *shore up* the department (shore up = hold up with wooden support set against something)/ a detective *staking out* the home of a suspected heroin wholesaler sees him emerge with an attaché case (stake out = mark an area with stakes)/ In fall Chase keeps track of game and sets bag limits to preserve or *thin out* herds (thin out = make thin)/ and the precious minutes *tick away* (tick away = pass away with the repeated sounds of 'tick')/ the appointment was *turned down* — because of that single blot on an otherwise fine record (turn down = refuse)/ People just won't take a chance on a fellow ... because

he might *turn out* to be a boob, etc.

2. Compound Verbs

There are some examples of compound verbs in the material, which are composed of Verb + Other Parts of Speech (noun, adverb, preposition, etc.). For example, they are *mass-produce*, *baby-sit*, *outfit*, *kit-out*, *lead-coat*, *shoe horn*, etc.

Mass-produce is composed of Noun + Verb, a backformation of *mass-production*. *Baby-sit* is also a backformation of *baby-sitter*, and is composed of Noun + Verb. *Lead-coat* (Noun + Verb) also comes from *coat with lead* and *shoe horn* is a verb changed from a compound noun. Examples are as follows:

New leisure has come to the millions. It is *mass-produced* by new machines that permit workers to turn out more than five times as much as in 1850 in less time.

A mother called in a neighborhood teen-ager one morning to *baby-sit* with two male children for the first time.

This incredible London firm will *outfit* you for almost any occasion under the sun. (*outfit* = provide with clothes)

In the last war they *kitted-out* close to 60,000 officers of all services in all the allied nations. (*kit-out* = outfit)

They *lead-coated* the heads of copper nails, thus stopping any current between them and the sheathing. (*lead-coat* = coat with lead)

And into this tight schedule we can *shoe horn* the time and energy to develop our own individual interests. (*shoe horn* = force into a small, narrow space)

The compound verb is often transformed into a noun.
a patient presents himself for a medical *check-up*/ After the Nazi *takeover*, he continued to espouse the principles of democracy sturdily/ The need for stewardesses is limitless because of expansion and *turnover* (*turnover* = progress)

3. (1) Intransitive Verbs used as Transitive Verbs

It was too dangerous a Power to be allowed to *wander* the world unleashed and uncontrolled.

Vitek has *toured* Europe three times in three years.

I would *journey* the interminable two blocks to Mr. Wigden's all alone.

(2) Verbs Transformed from Other Parts of Speech

What happens to an addict when he begins to *age*?

Dave began *badgering* us for a chemistry set. (*badger* = worry)

We discovered that textbooks could be *Brailled* or recorded on tape.

(*Braille* = transcribe in Braille characters)

They must *doctor* reports of their thoughts and activities, to avoid unpleasantness. (doctor = apply remedies to)

Our graduates receive as many as nine job offers apiece, said Prof. Charles K. Brightbill, who *heads* the department of recreation and park administration at the University of Illinois.

After combining about 400 square miles of wilderness, he *numbered, mapped* and *indexed* the locations of 90,000 orchid plants of scores of different species.

I *netted* their choices into a traveling container. (net = take in as in a net)

I *penciled* in red across the top of the page what was intended to be the word "Good!"

They had a room in a tiny, seedy hotel *sandwiched* between more respectable hotels on West 72nd Street.

Moss Bros. *suits* the British. (suit = outfit)

There is one instance in which a verb is transformed from an adjective.

In cold climates they hibernates until the weather *warms*.

4. Special Uses of Do, Get, Have, Go, Give, Make, and Take

(1) Do:

We *did* quite a *business* for a while.

Johnny, an exceptionally gifted child, was *doing poorly* in the fourth grade. (do poorly = work poorly)

Consequently, in *doing out* rewards and punishments the administrator falls back on something that can be measured. (do out = produce)

It was all *done with* highly polished mirrors and lenses, 1000 pounds of them, synchronized with sound and motion pictures and hooked to closed-circuit television. (do with = provide with)

(2) Get:

He should pay the fine and *get* it *over* with. (get it over = get to the end of it)

Professional interviewers nowadays often start just by *getting* people *talking* — about the weather, sports, anything.

One of the men pleaded, "You *got to* make that train. You *got to* get out there, baby." (got to = have got to)

One morning he *got set* to observe progress on another house. (get set to = get ready to)

In the old days, when college was the privilege of a small elite, they could *get away with* this disdainful posture. (get away with = slang. succeed in doing or taking without being punished)

Apparently the word *got around*.

Word *got around* among Pond's theatrical cronies who took to the idea. (get round or

around = circulate as news)

But the following phrase, 'get round to' means 'get as far as' in colloquial American English. (S. V. OED, 'get to')

They use the same last name, but have never *got round to* formal marriage.

(3) Give:

Unlike other sea-diggers, the true archeologist doesn't *give a hoot* whether a find is beautiful or precious. (give a hoot = make a loud shout like the hoot of an owl)

(4) Go:

"Karen, have you ever been sorry that you *went on* the stuff?" (go on = continue to take)

Despite the increased training opportunities, recreation jobs *go begging*. (go begging = be unwanted)

We will give them what they want if they yell and scream and make trouble and insult us and threaten to *go communist*. (go = become)

The men had *gone to* great effort to entertain us; they used bed sheets for table cloths. (go = put oneself as to trouble or expense)

A stockbroker named Charles Pond had *gone broke*. (go broke = become bankrupt; broke, adj., Slang. out of funds)

When it comes to a job involving security clearance, the past is *gone into* minutely. (go into = investigate, examine)

Everything *went fine* except for one slight oversight. (go fine = proceed very well)

(5) Have:

They know that the public is bound to *have an increasing say* in the management of higher education. (have a say = have some right to express one's opinions)

"I think it is a bit too much," he answered. "You *have some change coming*." (=Some change is coming to you.)

(6) Make:

(a) make + noun = verb which is often identical with the noun

The girl in the department *made a wild search*, and finally rounded up the dress and sent it on.

(b) Make one's way to = proceed to

They will *make their round about way* to him.

(c) **make it to = proceed to**

"You held the party early," Rube chided the crowd, "because you thought I couldn't *make it to* the Fourth of July."

They always *made it to* Goldberg's to use the bathroom and salute the flag.

When I finally *made it home* the little woman was waiting for me.

(d) **make = catch**

One of the men pleaded, "You got to *make* that train."

(7) **Take:**

(a) take + noun = have + noun

"He won't let me *take lab*," Dave choked out. (take lab = have a lesson in a laboratory)

(b) take + obj. + lying down = submit ... without protest

When a good instructor is refused tenure because his publications are scanty, you don't have to *take it lying down*.

(8) **Let:**

I knocked on the door one night and Johnny *let* me in.

The public, the government and the medical profession have not begun to grasp the broad realities of drug addiction, *let alone* tackle them. (let alone = not to mention, without mentioning)

5. Tense and Voice

(1) There is a tendency to use the Subjunctive Present in noun clauses led by such verbs as *be concerned, demand, request*, or in an adverb clause led by *on condition that*.

I am concerned that everyone *understand* this because alcoholism is a steadily rising tide in this country.

I wanted even more to go to Rogers and demand that he *forget* his fears and cautions and *let* Dave take lab.

He had one request: that I *not send* him back to the United States. (not send = should not send)

He pleaded so hard that eventually we gave in — on condition that he never *touch* the set unless his father was with him.

At last, the disciples came and demanded that He *send* them away.

(2) *Be* in the Subjunctive Past takes the form of *was* in the 1st and 3rd person singular in colloquial English, but in written and formal English *were* is generally used because of the grammar-consciousness on the part of the speaker or the writer.

The idea of a "maternity sabbatical" — allowing a woman time off to have a baby before she whips back to her lofty pursuits — makes it sound as if parenthood *were* limited to the labor room.

Woman to friend as husband sleeps on sofa:

"Frankly, I don't care if there is life on another planet.

I just wish there *were* a little more on this one!"

(3) Verbs of Passive Meaning:

Two examples are found in the material.

Few species *sold* for less than five dollars a pair. (sold = were sold)

While the clothes are *washing*, the time is all yours. (are washing = are being washed)

6. Infinitive without 'to'

(1) In American English, *help* takes the bare infinitive as its complement, but there are some examples in which *help* takes the to-infinitive as its complement.

Elsewhere, the great outdoor rush is *helping to* restore economically depressed rural areas.

The poet *helps* his brother men *to* be more merciful to each other, remembering the words, "Little children, love one another."

(2) Verbs, such as Need and Dare:

These verbs sometimes take the bare infinitive as their objects.

We can spend hours on a boneless chicken breast or stuffing manicotti, but we *need do* that only when the spirit moves us.

The ratings *need not be* published.

He *dares not depend* on his personal judgment.

Although he was impressed for a time, his standing among the people of Germany was such that the Fuhrer *did not dare execute* him.

He knew, as well as I, that applause had been earned by many people — by all who *had dared believe* in him and had let him do his difficult task.

7. Contracted Forms of Verbs

(1) ain't

"You are cutting that pillar pretty thin, *ain't* you, Duke?" asked Whisky Bill. (ain't = aren't)

"That *ain't* no mistake, mate," added Whisky Bill. (ain't = isn't) "But I *ain't* seen any of 'em buyin' any new Rolls-Royces." (ain't = haven't)

(2) How's

The young miner quivered with anxiety. "How's it look, Artie?" (How's = How does)

(3) Gotta

When the program began, the men sprawled in their chairs with limp spines and an attitude of "You *gotta* show me." (gotta = have got to)

8. Ellipsis

(1) Omission of the Subject:

The Duke caught my glance. "*Been* caving a bit. That lot fell in yesterday. (been = It has been)

A difficult, perhaps dangerous situation. How could He meet it? *How give* a message to one who was forbidden by everything holy to listen? (How give = How could He give)

He had foreseen their purpose, and doubt raged through his spirit. *Why not* be their King? (Why should he not)

There are plenty of applicants without records. *Why stick* my neck out? (Why should I stick)

Why ennoble the commonplace? (Why should we ennoble)

Why show our common life as if it had some purpose beyond the grave? (Why should we show)

Perhaps another kind would taste better? Or *last* longer? (Or would it last)

"*Mind* telling me what that was all about?" she asked. (Would you mind)

(2) Omission of the Predicate:

There is one true God. What an overwhelming idea, and *how magnificent its consequences!*

No matter who we are or *what our way of life*, it has become increasingly important to discover what people feel and think.

No matter *how small the hospital*, it must be prepared to meet any emergency.

Whatever the cost, we cannot permit it to be lost.

(3) Omission of To of the To-Infinitive:

You will be on "Automatic" throughout the launch, and all you should have to do is *sit* back and enjoy it.

9. Idiomatic Expressions in such Patterns as V + O, V + Prep. + O (V + O + Prep.)

In idioms which belong to the patterns, it is decided by the Subjects or the Objects in the patterns whether the idioms are used figuratively or literally. Here in this report, idiomatic phrases of figurative meaning are picked up from the material and they are contrasted with those of literal meaning.

Bomb: (Literal) Nasser and Titto demanded an immediate stop to the United States *bombing* of North Vietnam.

(Figurative) These birds see insects *bombing* through the sky as clearly as we see a man walking.

Break the ice:

(Literal) They threw stones into the pond to *break the ice*.

(Figurative) Since Hoover's sense of humor ran to wry turns, this *broke the ice*.

The figurative meaning is 'make a start toward getting better acquainted and less formal, as talking to someone just met'.

Erupt:

(Literal) The volcano went into violent *eruption*.

(Figurative) A month later, the island *erupted* in a blood bath led by John Okello, an African trained in Cuba to be a communist fanatic.

Figuratively the phrase means 'break out as of war, disease'.

In the above instance, it means 'war broke out in the island, which was soaked in blood'.

The 'blood' in the phrase associates itself with communism.

Fire:

(Literal) The farmer *fired* a haystack.

(Figurative) The university president cannot *fire* a lazy or incompetent professor.

The figurative meaning 'dismiss' comes from 'discharge a gun'. Also 'fire' means 'excite or stimulate' in the following.

There was nothing left of those external influences which *fire* men's imaginations.

Launch:

(Literal) They are going to *launch* a new passenger liner.

(Figurative) The company was *launched* in another line.

In this case, 'launch' means 'start on some new course or enterprise'.

Load:

(Literal) Have you finished *loading* the cart ?

(Figurative) "Do you agree with President Johnson that..." is one way of *loading a question*.

'Loading a question' means 'phrase a question in such a way that the desired answer cannot be easily evaded'.

Prepare a brew:

(Literal) They are *preparing* the best *brews* of beer.

(Figurative) Soon Russian-, Chinese- and Cuban-trained Africans in Zanibar were *preparing a witches' brew* for Nyerere.

The literal meaning is 'prepare beverage' but 'prepare a witches' brew' means 'prepare a trap to catch a person'.

Post:

(Literal) The announcement was *posted* up on the wall.

(Figurative) To keep everyone *posted on* what to wear on formal occasions, and how to wear it, Moss Bros. has produced a veritable library.

The verb 'post' means 'display publicly by means of paper, placard' but in the figurative meaning, it is 'inform or let know'.

Sweep:

(Literal) She *sweeps* up dead leaves from the garden paths.

(Figurative) A year later Nyerere's Tanu party *swept the election* and installed Nyerere as president.

The figurative meaning is 'win overwhelmingly'.

Run:

(Literal) The dog *ran* behind its master.

(Figurative) This story *runs to many versions*.

'Run to many versions' means 'be told in many ways'.

Respond:

(Literal) Mr. Green responded to his creditor in kind.

(Figurative) Treat the rattle-snake with respect and he is likely to *respond in kind*.

The phrase means literally 'return in goods or produce instead of money' but figuratively it means 'return with something like that received'.

Shoot:

(Literal) The soldier was *shot* for desertion.

(Figurative) Yesterday was a difficult day for me — here in court, surrounded by all these lawyers, judges, *my nerves were shot*.

The phrase 'my nerves were shot' is a much stronger expression than 'I was much excited'. It indicates that I was so much excited as if I were shot.

Teeter:

(Literal) Children are enjoying *teetering*.

(Figurative) Rube's Pulitzer Prize-winning cartoon showed an American family seated atop an atom bomb in the shape of the earth and *teetering toward* destruction.

The verb 'teeter', a colloquial American English verb, means 'seesaw, wave' and in this instance, it means that America is going down toward destruction.

Temper:

(Literal) Steel is *tempered* by heating.

(Figurative) He *tempered* the soft metal of His disciples' natures into keen hard steel.

The verb in the figurative sense is 'make their natures to the required condition'.

Win a convert:

(Literal) The Socialist party *won* many *converts* to socialism.

(Figurative) Every day heroin *wins* a few new *converts to its ranks*.

Will:

(Literal) We cannot achieve success merely by *willing* it.

(Figurative) The octopus stared back as if some diabolical Edgar Allan Poe character had *willed his eyes to* the most helpless creature on earth.

The phrase 'will his eyes to' means 'control his eyes by exercising his will' in the literal sense. In the figurative sense, it suggests that some cruel character in E. A. Poe's novel is staring with an evil intention.

Conclusion.

From the above statement, the characteristics of Current American English verbs are summarized as follows:

1. In the material, polysyllabic verbs are not so many as verbs of less than three syllables, which are frequently used to make simple and clear expressions. Especially such verb phrases as Verb + Prep. or Adverb are very frequent.
2. Change of parts of speech is rather free and intransitive verbs are often used as transitive ones. This change of parts of speech is a very effective way to make sentences short and

simple.

3. The Subjunctive Present in Noun Clauses led by such verbs as 'require', 'demand', etc. and in adverb clauses led by 'on condition that' helps to make sentences shorter by saving modal auxiliaries.
4. The use of verbs in the active voice in the sense of the passive meaning also helps to make short, simple expressions.
5. It is noteworthy that ellipses are very frequent in interrogative sentences that begin with interrogatives, in exclamatory sentences and in concessive clauses.
6. Generally speaking, figurative or metaphorical expressions are frequently used, which contributes to make expressions very colorful and graphic.

Books of Reference:

The Oxford English Dictionary		Oxford 1961
The Concise Oxford Dictionary (5th Edition)		Oxford 1964
Webster's Third International Dictionary		G. & C. Merriam Co. 1961
The Advanced Learner's Dictionary of Current English	Kaitakusha	1965
New English-Japanese Dictionary	Kenkyusha	1965
Curme, G. O. : Syntax		Heath 1931
Virginia B. Haley: Idiom		Kenkyusha 1961
尾上政次	現代米語文法	研究社 1957
井上義昌	英米語用法辭典	開拓社 1961
大塚高信	新英文法辭典	三省堂 1959
清水護	英文法辭典	培風館 1965

テトラフェニルホスホニウムブロマイドによる ビスマスの吸光光度定量法*

(化学) 茶 木 正 吉

Spectrophotometric Determination of Bismuth by the Use of Tetraphenylphosphonium Bromide

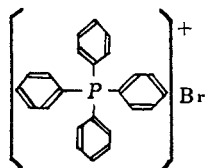
Shokichi CHAKI

This investigation deals with the application of tetraphenylphosphonium bromide as quantitative reagent for bismuth by spectrophotometric methods. The reagent gives clear orange yellow colored precipitate by the reaction with bismuth iodide complex salt. The precipitate is extracted completely by the use of chloroform. The extract shows a maximum absorption at $495m\mu$ and the light absorbancy shows no change after standing for 30 minutes. The determination is carried out within the errors $\pm 2\%$ only when the concentration of bismuth is $77\sim 427/ml$. $CHCl_3$.

(Received September 1, 1965)

§ 1 緒 言

ビスマス溶液にヨウ化カリウム溶液を加えると容易に BiI_4^- なる錯陰イオンが生成し黄色の溶液となる。この錯陰イオンを有機溶媒で抽出してビスマスの吸光光度定量を行なった報告はいままでになされている。例えば、Haddock¹⁾ はアミルアルコールと酢酸エチル 2 : 3 の混合溶媒で抽出し、後藤氏達²⁾ はイソアミルアルコールで抽出してビスマスの定量を行なったのはその例である。



テトラフェニルホスホニウムブロマイドは左のような構造している。これは BiI_4^- なる錯陰イオンと反

応して美しい橙黄色の沈殿を生じ、しかもその

沈殿がクロロホルムで容易に抽出されることを知ったので、このことを利用してビスマスの吸光光度定量法を検討したのでここに報告する。

§ 2 測定装置および試薬

分光光度計は島津製作所製QB—50型、ふりまぜ機はイワキ製作所製KM式万能シェーカー(250回/分)を使用した。テトラフェニルホスホニウムブロマイド(以後TPPBと略称)は広島大学理学部での合成品³⁾を再精製したもの、ビスマス溶液は和光純薬工業KK製三塩化ビスマス特級品を使用し、その濃度は重量分析的に定めた。クロロホルム、ヨウ化カリウム、次亜リン酸ナトリウム、塩酸などいずれも和光純薬工業KK製の特級品を使用した。

§ 3 実験および結果

3.1 抽出液の吸収曲線

$1 \times 10^{-3}M$ の三塩化ビスマス溶液 (0.5N塩酸性) 5.0mlに0.1Mヨウ化カリウム溶液 0.5 ml, 1M次亜リン酸ナトリウム溶液 0.5ml, $1 \times 10^{-2}M$ TPPB溶液1.0mlを加えて沈殿を作りこれにクロロホルム 50ml を加えて10分間ふりまぜ (250回/分), 抽出液についてビスマスのブランク液を対照として吸光度を測定した。その吸収曲線を図1(a)に示し, ブランク液のクロロホルムに対する吸収曲線を(b)に示した。

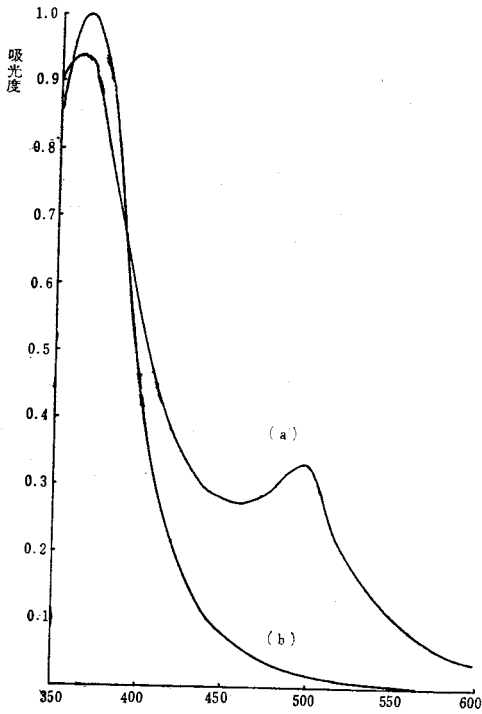


図1 吸収曲線
 (a) $1 \times 10^{-3}M$ MBi濃度 $(C_6H_5)_4PBiI_4$ の $CHCl_3$ 抽出液の吸収曲線
 (b) Biなし $(C_6H_5)_4PBr + KI$ の $CHCl_3$ 抽出液の吸収曲線

この実験溶液は以後の各項における諸条件を考慮に入れて作成したものであり, 次亜リン酸ナトリウム溶液の添加は過剰のヨウ素の酸化を防ぐためである。図1(a)よりわかるようにこ

の抽出液の極大吸収波長は $495m\mu$ であるが, 以後の測定は便宜上すべて $500m\mu$ で行なった。次に個々の条件について検討した結果を記述する。

3.2 ヨウ化カリウム溶液量の変化

ヨウ化カリウム溶液の添加量の変化により吸光度に影響をおよぼすことを考慮して, 3.1の実験溶液におけるヨウ化カリウム溶液の量のみ, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7mlと次々変化させてそれぞれの吸光度を測定した。その結果を図2に示した。

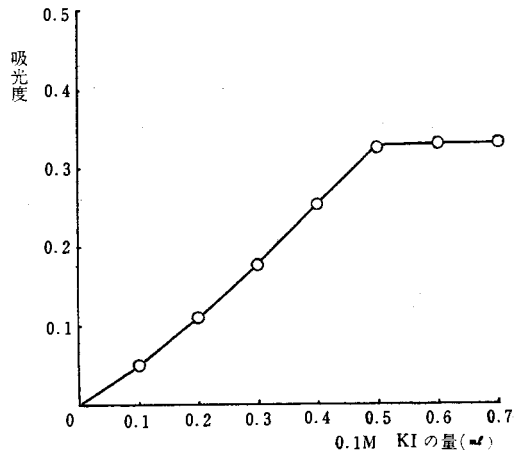
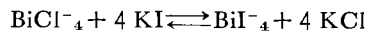


図2 ヨウ化カリウム溶液量の変化

図2よりわかるようにヨウ化カリウム溶液が0.5ml以上ではほぼ一定となる。このことは用いたビスマス溶液およびヨウ化カリウム溶液の濃度および使用量の関係から計算すると $Bi : KI = 1 : 10$ に相当する。 BiI_4^- が生成される化学反応式



によれば $Bi : KI = 1 : 4$ によいはずであるが, ビスマスが BiI_4^- となり, その上試薬と充分なる沈殿を作るためには10倍量以上のヨウ化カリウム溶液が必要であることになる。以後の実験ではヨウ化カリウム溶液量はビスマスに対して10倍量を使用した。

3.3 次亜リン酸ナトリウム溶液量の変化

ヨウ化カリウムの酸化による抽出体の変色を防ぐ目的で次亜リン酸ナトリウム溶液を添加するが、その添加量による吸光度の影響を検討した。すなわち 3.1 の実験溶液において次亜リン酸ナトリウム溶液の量のみ 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0ml と次々変化して吸光度を測定した。その結果、上記のそれぞれの添加量においては吸光度に全く変化がないことがわかった。ヨウ化カリウム溶液を使用する他の分析例においても、ヨウ化カリウム量に対して約10倍量の次亜リン酸ナトリウムが使用されている場合が多いので、以後の実験でも10倍量に相当する 1M の次亜リン酸ナトリウム溶液 0.5ml を使用した。

3.4 TPPB 溶液量の変化

3.1 の実験溶液における TPPB 溶液の添加量のみ 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5ml と変化させて、それぞれの吸光度を測定した。その結果を図3に示した。

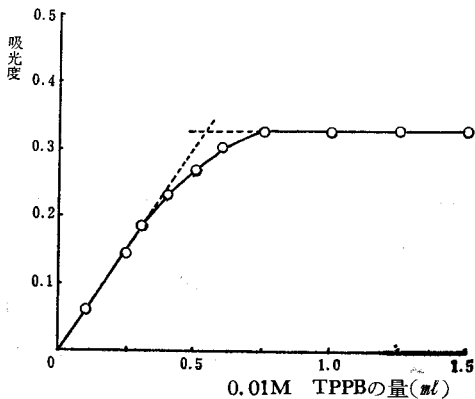


図3 TPPB 溶液量の変化

この実験法は沈殿の結合比の決定におけるモル比法に相当する。この結果 TPPB 溶液の量が 0.5ml 以上では吸光度が一定となり、用いた

試料、試薬の濃度および容量の関係から計算すると $\text{Bi} : \text{TPPB} = 1 : 1$ であることがわかる。このことはすでに報告されている電流滴定の場合³⁾とよく一致している。従って以後の実験では TPPB 溶液の量はビスマスに対して2倍量使用した。

3.5 経過時間の影響

クロロホルムによる抽出液が時間の経過によって極大吸収の波長のずれおよび吸光度に変化をおこすことを考慮して、3.1 で使用した実験溶液のクロロホルム抽出液の安定性について経過時間の影響を調べた。

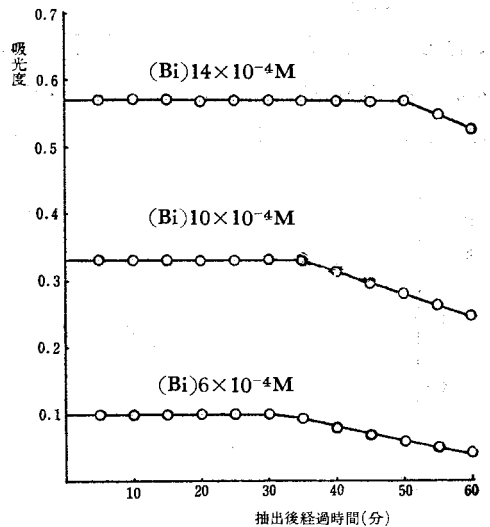


図4 経過時間の影響

この抽出液は比較的不安定で図4に示すように、ビスマス溶液の濃度が $6 \times 10^{-4} \text{M}$ 程度では抽出後約30分、 $14 \times 10^{-4} \text{M}$ 程度で約55分までは吸光度も一定であるが、それ以後は次第に退色し吸光度も変化する。従って本実験ではいずれも抽出後30分以内で測定を行なった。

3.6 ふりませ時間と抽出回数

3.1の実験溶液を用いてふりませ時間を1, 3, 5, 10, 15, 20分と変化して吸光度を測定した結果, 10分以上は一定となるので以後の実験ではふりませ時間を10分とした。

抽出時に使用するクロロホルムの量は予備実験の際色々変えて吸光度を測定した結果, ビスマスの量が多い時には50mlが必要であった。このクロロホルム50mlを2回に分けて抽出する場合と1回で抽出する場合では, 前者の方がよいのは当然であるが, それらの吸光度の差はわずかに0.03にすぎず, 抽出および測定迅速かつ簡便のため抽出回数は1回とした。

3.7 検量線

以上のような諸条件を考慮に入れ, 最適条件における吸収曲線を示したのが図1(a)である。ビスマス溶液の濃度を種々変え, ビスマスのブランク液を対照として 500 μ で吸光度を

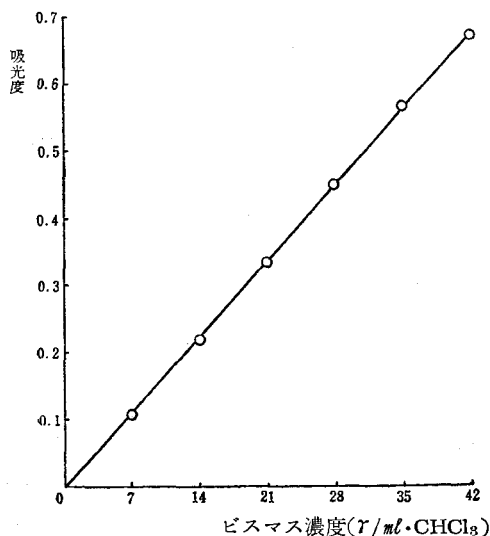


図5 検量線

測定し, その結果をプロットしたものが図5に示す検量線である。

第5図からわかるようにビスマス量約 7r~42r/ml · CHCl₃ までの範囲においては濃度と吸光度との間に直線的関係が成立しBeerの法則に従うため, 本法によりビスマスの定量を行なうことが可能である。

§ 4 結 論

テトラフェニルホスホニウムブロマイドはビスマスのヨウ素錯陰イオン BiI₄⁻と反応して美しい橙黄色沈殿 (C₆H₅)₄P · BiI₄を生ずる。この沈殿はクロロホルムに抽出され 495 μ に極大吸収を示す。抽出の最適条件を分光光度法により種々検討し, ビスマスの量7r~42r/ml · CHCl₃ の範囲内においては±2%程度の誤差内において本法によりビスマスの定量を行なうことが出来る。

終りに本研究を行なうにあたり実験上種々御指導いただいた広島大学教養部松尾博助教授ならびに何かと便宜をあたえていただいた本校葛西重男校長に深く感謝します。

文 献

- 1) L. A. Haddock; Analyst, 59, 163 (1934)
- 2) 後藤秀弘, 鈴木節子; 日化, 74, 142 (1953)
- 3) 品川陸明, 松尾博, 根津弘幸; 分化, 5, 20 (1956)

*この研究は広島大学教養部化学教室において行なったものである。

(昭和40年9月1日受付)

電子線回折に対する新しいフィルターの設計

(電気工学科) 桑 原 茂 也

村 上 滋 樹

海 岡 浩 司

A Design of New Filter for Electron Diffraction

Shigeya KUWABARA, Shigeki MURAKAMI and Koji KAIOKA

School of Electrical Engineering, Kure Technical College, Agacho, Kure.

(Received September 1, 1965)

The construction and the features of a new filter for electron diffraction with the resolution <0.5 eV for the accelerating voltage 10–50 kV and the scanning time 17 sec are given in details, and the examples of the energy loss curves and the diffraction line profiles are shown with the reference of gold films.

§1. Introduction

The technique of electron filter for electron diffraction and electron microscopy has now become indispensable for the people who investigate energy losses, elastically scattered electrons or relation between elastic and inelastic scatterings in the specimens.

The filters can be grouped into the following four types; magnetic filter^{1, 2)}, chromatic lens filter³⁻⁷⁾, net filter^{8, 9)} and “Gegenfeld” filter^{10, 11)}. Each of them has several features which were discussed in a previous paper of one of the present authors¹²⁾ in which a new “Gegenfeld” type filter was described. By the use of this filter the effect of the inelastic electrons to the diffraction patterns was studied for several kinds of metal films^{13, 14)}. However, the resolution was about 1–2 eV for the accelerating voltage of 15–50 kV, and moreover, it required long time to scan: about 7–15 minutes for scanning all the lines of diffraction rings concerned. Though special cares such as cooling the surroundings of the specimens by liquid nitrogen and decreasing the electron beam density as small as possible on the specimen surface are paid, the effect of contamination could not be neglected because it took long time to finish the series of the experiment.

When a d. c. amplifier is used for recording, the scanning time cannot be lowered enough because of relatively large time constant. Instead of that semiconductor such as CdS^{15, 16)} or

scintillator¹⁷⁻²⁰⁾ can be used to lower the scanning time. Either of the latter substances can be easily used for the ordinary electron diffraction. However, special care should be paid for electron diffraction with the filter.

By the use of ZnS:Ag scintillator as a detector the present authors have succeeded to get a high resolution and relatively high scanning speed electron filter.

§2. Apparatus

(a) *General.* Figure 1 shows the arrangement of the apparatus, and Fig. 2 is its schematical representation. The slit S_1 determines the aperture of the electron beam. The diffraction pattern from the specimen Sp is focused by the lens L on the fluorescent screen F_1 , on which two sets of adjustable slits S_2 and S_3 are placed (See Fig. 6). There are a Faraday cylinder F_a just beneath the slit S_2 and an electron filter F under S_3 . The electron current which passes through the specimen is connected to the electron beam stabilizer and fed back to the filament transformer. The stability of the incident electron beam can be kept within the error of 1 percent. The diffracted beam is deflected by the two pairs of deflectors D_1 and D_2 , and enter the scintillator S_c through the mesh M . The electric current from the photomultiplier P , which is placed under S_c , is recorded by a high speed pen recorder.



Fig. 1. Electron filter. (F_p)=Filter potential supplier, (C)=Camera, (I)=Ionization vacuum meter, (A_1)=D. C. amplifier connected to the specimen and the electron beam stabilizer, (S)=Electron beam stabilizer, and (R)=High speed pen recorder.

(b) *Deflectors.* When the diffracted beam is scanned mechanically as was done by some of the workers^{12,15,16,17)}, the scanning speed is

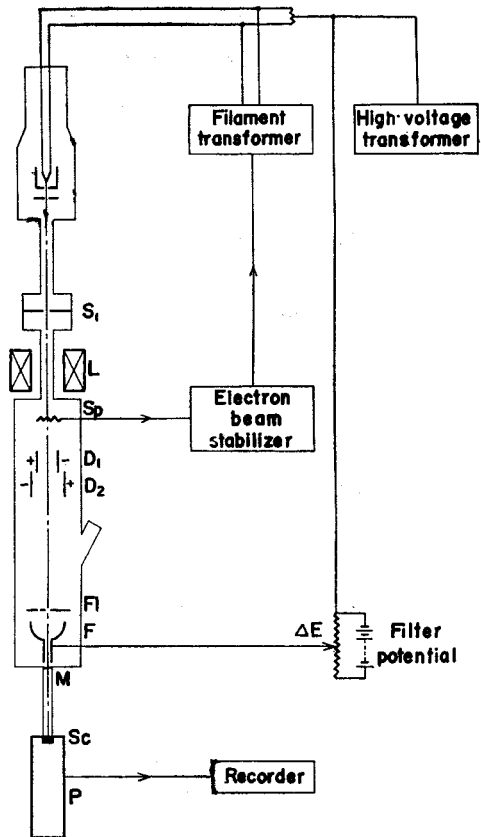


Fig. 2. Schematical representation of the electron filter. (S_1)=First slit to select the aperture of the incident beam. (L)=Lens, (Sp)=Specimen, (D_1)=First deflector, (D_2)=Second deflector, (F_1)=Fluorescent screen, (M)=Fine mesh, (S_c)=Scintillator, and (P)=Photomultiplier.

limited by the mechanical vibrations. Accordingly, a magnetic or electric deflectors are recommended. When magnetic deflectors are used, however, the effect of stray field is difficult to compensate. It is not easy to make proper sets of the magnetic deflectors to let the diffracted beam come into the filter through the slit S_3 with the direction parallel to the filter axis. When only one magnetic deflector is used, the diffracted beam goes through the slit S_3 into the filter as is shown in Fig. 3. It causes less amount of the electrons entering the scintillator after passing through the filter for larger amount of deflection. A magnetic deflector for television was used by trial, then the result is shown like Fig. 4, which is the case of Debye-Scherrer ring profiles of gold film. It is seen that the intensities are much weaker for higher scattering angle than expected, and the reflections of 220 and 311 rings can hardly be observed in this figure. The path of the electrons is no more parallel to the filter axis. This is allowed for the ordinary electron diffraction, because the Faraday cylinder or scintillator is placed just beneath the slit S_3 in this case. In the case of filter camera the diffracted beam should enter the filter with the same direction as that of the filter as much as possible.

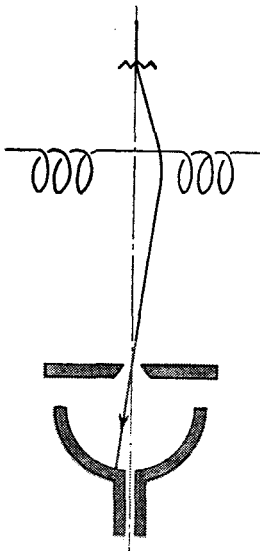


Fig. 3. Diffracted beam path deflected by a single magnetic deflector. The direction of the diffracted beam after passing through the slit is oblique to the filter axis.

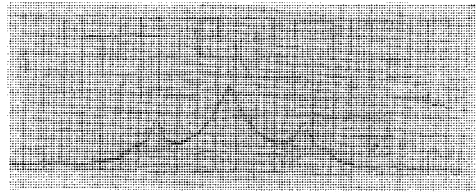


Fig. 4. Diffraction line profile of gold film with the thickness of 100Å by a single magnetic deflector.

When two pairs of the deflectors D_1 and D_2 are used the problem mentioned above can be easily solved²⁰⁾. Let us put the lengths of the deflectors D_1 and D_2 l and l' , the distances d and d' and the voltage supplied to the deflectors V and V' , respectively, the distance from the specimen to the top of the first deflector L , and the scattering angle 2θ . Then the path of the electron beam in the second deflector is given by

$$y = (L+l)\tan 2\theta - l^2 V / (4dV_a \cos^2 2\theta) + \{(\tan 2\theta - lV) / (2dV_a \cos^2 2\theta)\} x + V'x^2 / (4d'V_a \cos^2 2\theta), \tag{1}$$

where x is the coordinate in the central line of the apparatus, y the one perpendicular to it, and V_a the the accelerating voltage of the electron beam. The condition that the diffracted electron beam with 2θ enters the slit S_3 is given by putting $y=0$ and $x=l'$. Then eq. (1) turns out to be

$$2\theta = (l^2V/4d + ll'V/2d - l'^2V'/4d')/V_a(L+l+l') \quad (2)$$

Another condition that the direction of the diffracted beam becomes the same as the central line of the apparatus when it reaches the end of the deflector D_2 is given by the formula that the differential of eq. (1) is zero at the bottom of the second deflector D_2 :

$$4V_a\theta = lV/d - l'V'/d' \quad (3)$$

The following data are used in the present experiment: $L=64, l=l'=50, d=20, d'=31$ mm and $V=V'=0-8$ kV. An example of the recorded curves is shown in Fig. 9. By comparing this figure with Fig. 4, it is easily recognized that the electrostatic deflectors are quite satisfactory.

Now we have to check the error of the abscissa of the recorded curves in Fig. 9, which causes from the nonlinearity of the voltage variation of the deflectors with time and the design of the deflectors. The voltage variation is shown in Fig. 5, where the slopes of the triangular form are quite linear. The

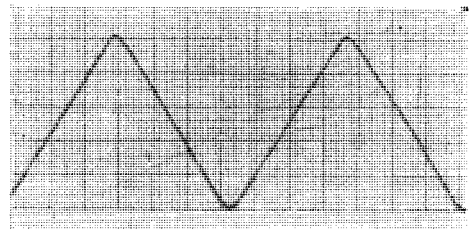


Fig. 5. The voltage form of the electric deflectors (0-8kV). The scanning time is 17sec for each step.

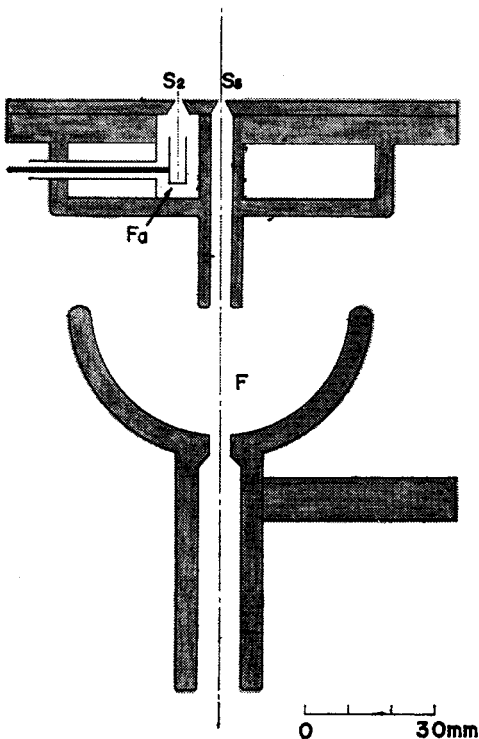


Fig. 6. The detail of the filter. (Fa)=Faraday cylinder placed just beneath the slit S_2 , and (F)=Filter placed under the slit S_3 . The scale is shown as a reference.

curvature near the tops and the bottoms come from the inertia of the driving motor for switching back. To check the design of the deflectors the peak positions of the curves in Fig. 9 were measured and compared with the calculated interplanar spacings. It was found that the error of the linearity was about 1 percent. Thus the deflectors used in the present experiment is quite satisfactory.

(c) *Electron filter.* The most important thing in filter technique is how to let the electron beam enter the filter with high resolving power regardless of the divergence of the electron beams. For net and "Gegenfeld" filters the electric field around the filters changes very strongly with the distance from them. Then the poor design and the missetting of the filters give poor resolutions. So far cylindrical chimney-like filters have been used for these two cases. But the design and the setting are not so easy¹²⁾. Recently Brack¹¹⁾ has reported that

the hollow semi-sphere type filter gives a good result. In the present experiment his idea was modeled. The electric field of the hollow semi-sphere filter is approximately semi-spherically symmetric, and the missetting of the filter and the oblique incidence of the diffracted beam through the slit S_3 give less effect to the resolution. The details of the filter is shown in Fig. 6. The electrons are decelerated and enter the filter. After passing through the narrow pipe, they are accelerated and enter the scintillator. There is no difficulty in the case of acceleration as we had in the case of deceleration. Then the hollow semi-sphere was omitted at the bottom of the filter. The variation of the recorded curves of the incident electron beam with the filter potential ΔE , the potential difference between the cathode and the filter, is shown in Fig. 7, which is the case of gold film for the accelerating voltage of 40 kV. The first high step corresponds to the incident electron beam and the second flat step to the 15 eV energy loss of gold. The slit S_1 was opened widely and the incident electron beam was much stronger than the one passing through the specimen in this case. Then the steps of the energy losses are much weaker than the first step, and only one step can be seen in this figure. The differential of this recorded curve gives the intensity variation with the filter potential. The resolution of the electron filter used in the experiment is better than 0.5eV for the accelerating voltage from 10 to 50 kV and the electron current density on the specimen surface 7×10^{-6} A/cm². The resolution of the filter itself is, of course, much better than this value²⁰⁾. However, the electron beam density near the electron gun gives the practical limit of the filter resolution¹⁰⁾.

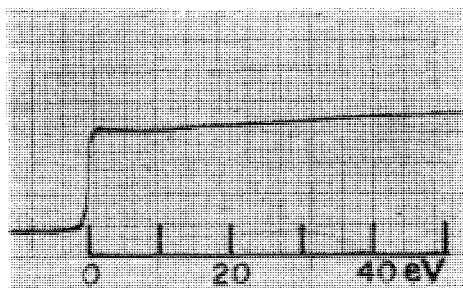


Fig. 7. The energy loss curve of gold film with the thickness of 100Å. The slit S_1 in Fig. 2 is opened widely in this case. Then the first step is much larger than the others corresponding to the energy losses of gold.

field near the scintillator and cause the noise of the recorded curves. To avoid such an effect a fine mesh 300/in, M , was put in between the filter and the scintillator (Fig. 2). Then there was no noise for the accelerating voltage of 45 kV and the vacuum of 10^{-4} mmHg. When the vacuum was better than 10^{-5} mmHg, the recorded curves had no noise even for 50kV.

(d) *Scintillator and photomultiplier* The decay time of plastic scintillators is about 10^8 times shorter than that of inorganic ones, but the efficiency for electrons is much poorer. Accordingly, ZnS:Ag powder with the thickness of about 20 microns was coated on the surface of glass window and covered by aluminium film with the thickness of 1000Å to protect the light from the filament and the room. The photomultiplier used in the experiment was 7309 and 1.2 kV was supplied. When the vacuum of the apparatus is not high, say the order of 10^{-4} mmHg, there occur small discharges in the filter, which give the change of the electric

(e) *Check of the linearity of the deflector-scanning.* The slit S_2 in Fig. 6 was connected to the d. c. amplifier and the recorded curves were compared with those from the scintillator-photomultiplier by deflecting the diffraction pattern with the deflectors D_1 and D_2 . When the electron beam is too strong, say 10^{-10} A for 50 kV, and 10^{-9} A for 30 kV, the recorded intensities from the scintillator saturate, but there was no such a possibility for the electron beams corresponding to the diffraction because the intensities are about the order of 10^{-14} \sim 10^{-11} A. Fig. 8 shows the saturation curves of the scintillator against the electric current with the parameters of the accelerating voltage.

(f) *Scanning time.* The scanning time of the diffraction patterns was kept 17 sec in the present experiment. Of course, the time can be shortened less than 1 sec. But the shot noise of the electrons becomes large for the beam current of the order of 10^{-14} A. Then the

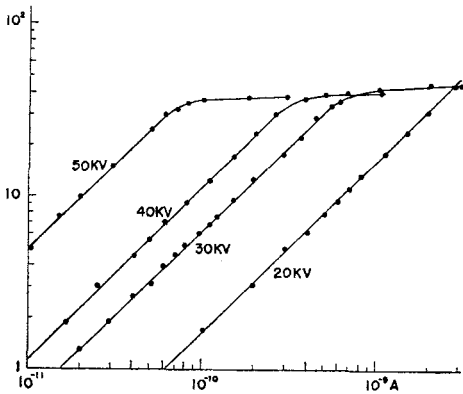


Fig. 8. The linearity check between the scintillator-photomultiplier and the d. c. amplifier readings with the parameter of the accelerating voltage.

scanning speed was lowered and the noise was smeared out by putting a condenser parallel to the input of the high speed recorder.

§ 3. Application to Electron Diffraction

Figure 9 shows an example of the filtered electron diffraction line profiles for gold films. The scanning time was about 50 times lowered than that of the previous experiment¹²⁻¹⁴). Thus the contamination of the

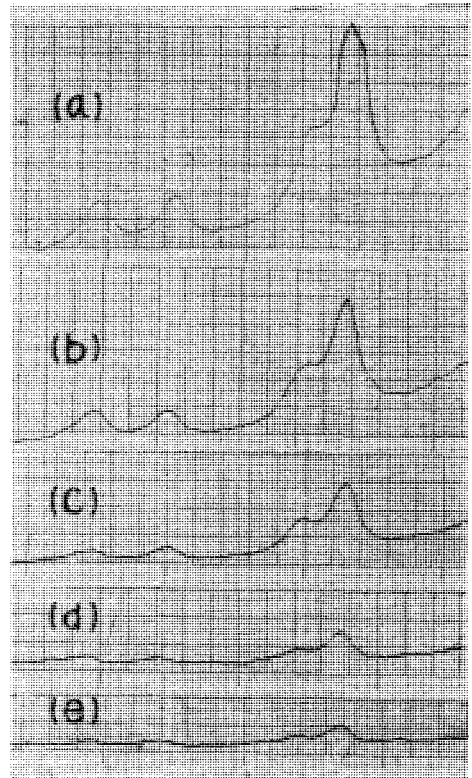


Fig. 9. The electron diffraction line profiles of gold film with the thickness of 100\AA with filter potential ΔE . The accelerating voltage is 40 kV. (a) $\Delta E=75$ eV, (b) $\Delta E=50$ eV, (c) $\Delta E=30$ eV, (d) $\Delta E=10$ eV and (e) $\Delta E=5$ eV.

specimen is no more a fear in this case even without the cooling device near the specimen, and the resolution of the filter is better than before; <0.5 eV. This apparatus is helpful for the study of the purely elastic scattering or the relation between elastic and inelastic scatterings in the electron diffraction patterns. The application to other crystals than metals is being carried and the result will be published elsewhere in the near future.

References

- (1) G. Ruthermann : Ann. d. Physik **2**(1948)113.
- (2) L. Marton, J. A. Simpson and T. F. McGraw : Phys. Rev. **99**(1955)495.
- (3) G. Möllenstedt : Optik **5**(1949)449.
- (4) F. Leonhard, Z. Naturwiss. **9a**(1954)727;1019.
- (5) H. Watanabe : J. Phys. Soc. Japan **9**(1954)920;1035.
- (6) D. A. Swick : Rev. Sci. Inst. **31**(1960)525.
- (7) J. Geiger : Z. Physik **161**(1961)243.
- (8) H. Boersch : Optik **5**(1949)436.
- (9) H. Hashimoto, E. Yoda and H. Maeda : J. Phys. Soc. Japan **11**(1956)464.
- (10) H. Boersch : Z. Physik **139**(1954)115.
- (11) G. Haberstroh and H. Raether : Naturwiss. **42**(1955)531.
- (12) S. Kuwabara : J. Sci. Hiroshima Univ. A-II **25**(1962)407.
- (13) S. Kuwabara : J. Phys. Soc. Japan **18**(1963)1217.
- (14) S. Kuwabara : *International Conference on Electron Diffraction and Nature of Defects in Crystals*, Melbourne, (1965).
- (15) S. Takagi and T. Suzuki : Acta Cryst. **8**(1955)441.
- (16) S. Takagi and F. Fujimoto : J. Phys. Soc. Japan **15**(1960)1607.
- (17) Y. Tomoda, S. Nagata and Y. Soezima : Tech. Rep. Osaka Univ. **10**(1960)675.
- (18) P. Goodman : J. Phys. Soc. Japan **17** Suppl. B-II (1962)294.
- (19) C. W. B. Grigson : J. Phys. Soc. Japan **17** Suppl. B-II (1962)298.
- (20) H. Boersch and H. Miesner : Z. Physik **168**(1962)298.
- (21) K. Brack : Zeits. Naturforsch. **17a**(1962)1066.

Sb-modified MnAsの磁気的性質

(機械工学科) 増 本 貫 一

Magnetic Properties of Sb-modified Manganese Arsenides

Kan-ichi MASUMOTO

Mechanism of magnetic transition of manganese arsenide in which ferromagnetism abruptly disappears as the temperature rises has been investigated by means of the substitutions of the element.

The effect of the substitution of antimony for arsenic gives rise to the increase of the lattice parameter and with increasing x from zero to 0.27 in $MnAs_{1-x}Sb_x$ the transition temperature falls down to $-15^\circ C$.

On the basis of the exchange inversion, this fact is contradictory to what is expected from the results of the experiment of the hydrostatic pressure effect.

(Received Sept. 1, 1965)

§ 1 緒 言

マンガン化合物、例えば MnAs, MnSb, MnBi, MnTe 等は室温と $600^\circ C$ の間で非常に興味のある磁気的性質を示すことがすでに知られている。MnAs においても温度上昇の際 $40^\circ C$ 付近で強磁性が急激に失われると言うことが報告されている。¹⁾

ここに従来からの MnAs に関する報告を簡単に要約する。

1.1) 磁気的性質^{1), 2)}

飽和磁化の温度変化は室温まで Brillouin 函数的に減少するが $40\sim 45^\circ C$ 付近で急激に減少して常磁性的になる。さらに $125^\circ C$ まで僅かに増加して、それ以上の温度で完全に常磁性的に振舞う。温度降下の際 $125^\circ C$ の変態温度は変化

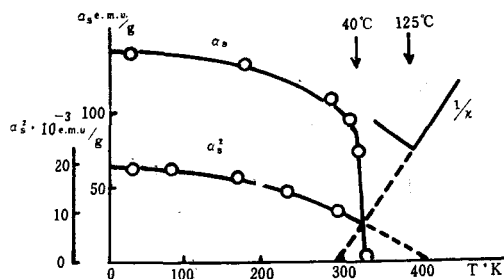


図1 MnAsの飽和磁化 (σ_s) と帯磁率の逆数 $1/X$ の温度変化²⁾

しないが、 $40^\circ C$ の変態温度は約 $10^\circ C$ 低下する。

(図1参照)

1.2) 電気的性質³⁾

電気抵抗は変態温度 $40^\circ C$ 付近で急激に増大し、一次の変態の特徴を示す。また $125^\circ C$ では電気抵抗の温度係数に不連続的变化が起こり、二次的変態の様相を示す。(図2参照)

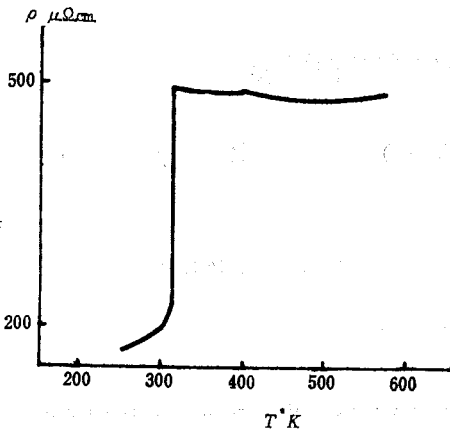


図2 MnAsの電気抵抗 (ρ) の温度変化³⁾

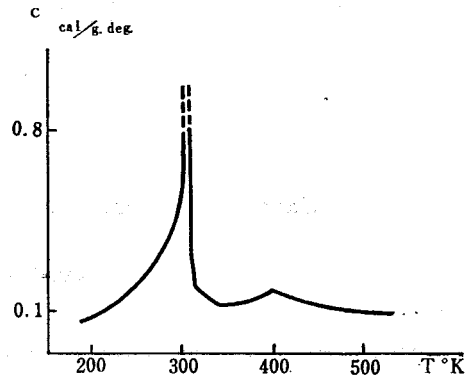


図4 MnAsの比熱 (C) ²⁾

1.3) 結晶学的性質

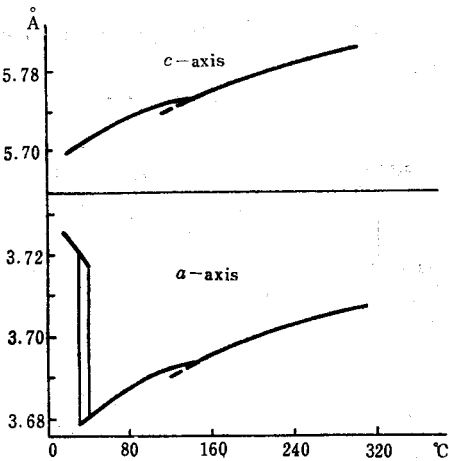


図3 MnAsの格子常数(a, c.)の温度変化⁴⁾

この物質の結晶構造は六方晶系の NiAs 型で室温で a 軸が 3.724 Å, c 軸が 5.706 Å で温度上昇に伴い 40°C 附近で a 軸が 3.681 Å に急激に減少する。⁴⁾ さらに 125°C でそれらの熱膨張の温度係数に不連続が見られる。

(図3参照)

40°C 附近の変態で、図4で見みれるような異常熱吸収を示し、その潜熱は 1.79cal/gr である。

Guillaud²⁾ は 40°C 附近での急激な強磁性の消失は一次の変態に伴う強磁性から反強磁性への変態であり、130°C で常磁性に移行するとしている。さらに Kittel⁵⁾ は “exchange inversion” の新しい理論を提示し、この変態はその一例であるとし、強磁性から反強磁性への変態であるとしている。一方最近 Bean と Rodbell⁶⁾ は交換相互作用が格子常数に依存する場合の新しい理論を考え、強磁性から常磁性への一次の変態の可能性を示し、その適例として MnAs をあげている。

それ故、40°C から 125°C の温度領域における磁性は “exchange inversion” の立場からは反強磁性と見られ、Bean-Rodbell の理論からは常磁性と見られている。

そこで筆者等は、40°C 附近の変態の機構を明らかにするために、MnAs の格子常数を人為的に変化させて変態温度の移行する様子を磁氣的、また電氣的測定により調べて来た。そのうち、静水圧を加えることによる格子常数の減少が変態温度に及ぼす効果に関してはすでに報告した。⁷⁾ その要点は次のようである。

常圧下における 42°C の変態は圧力の増加と

共に直線的に低温側に移行し、変態温度の圧力依存性： $dT_c/dP = -1.75 \pm 0.05 \times 10^{-2} \text{ deg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{cm}^2$ を得た。この結果は従来の体積変化と潜熱の測定結果を参照することにより完全に Clausius-Clapyron の関係式を満足している。

(図5参照)

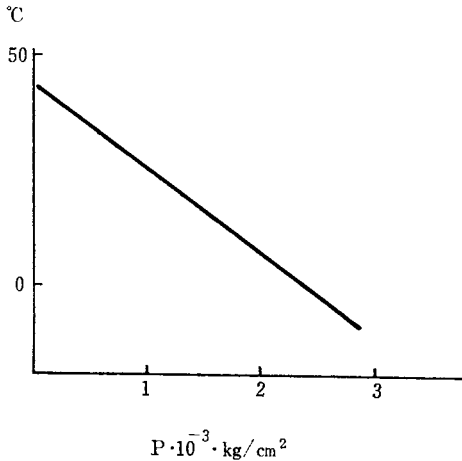


図5 MnAsの変態温度 (T_c) の圧力依存性

上記の結果は、格子常数の減少が変態温度の降下を招来することを示し、“exchange inversion”の理論に基づけば格子常数の増大は変態温度の上昇をもたらすことが期待される。そこで本論文においては成分元素のAsの一部をSbで置換して格子常数を増大させたときの変態温度に及ぼす効果について測定を行った結果と変態に関する考察とを報告する。

§ 2 試料の作製

測定に用いた試料 $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ は MnAs と MnSb との素反応物を適当量混合しシリコニット炉中にて融解して作った。

まず MnAs の素反応は Mn板 (99.995%) を粉末にしたものと、As (99.995%) とを

stoichiometric に約8mmφ、長さ100mmの石英管に真空封入 (10^{-5}mmHg) し炉中に入れ、約750°Cで一応反応させた。反応終了後、試料を石英管中より取り出し、メノウの乳鉢で粉末にした。この粉末を同様にして得た MnSb の素反応の粉末と所定の割合に混ぜ合わせた。この混合物を再び約 8mmφ の石英管に真空封入 (10^{-5}mmHg) し、この石英管を10mmφ の石英管に再び真空封入 (10^{-5}mmHg) した。(二重シールドにすることにより冷却過程において試料が変態を起こして膨脹したとき石英管に亀裂を生じて酸化するのを防止した。)

この二重にシールドされた石英管を温度勾配の非常にゆるやかなシリコニット炉中に入れ約950°C (MnAsの融点は950°C) で24時間放置、その後試料の入った石英管を 10°C/h の割合で室温まで徐冷した。この様にして得た試料 $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ はそれぞれX線により結晶構造とその均一性について調べられた。その結果、結晶構造は後述の如く NiAs 型で、試料の均一性は保たれており、 $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ の x が 0.05以下では単結晶を形成していることが判明した。

§ 3 測定方法

この実験における磁化と帯磁率の測定には磁気天秤⁸⁾を用いた。その原理の概要は次の通りである。

一般に磁性体を不均一な磁界の中におくと、その物体は $f = \chi m H (\delta H / \delta Z)$ であたえられる力を受ける。ここに χ は帯磁率、mは質量、Hは磁界の強さ、そして $\delta H / \delta Z$ は鉛直方向の磁界の勾配を示す。この力は天秤を利用して電磁石の極近くに吊した試料に働く力で測定される。本実験ではこの分銅の代りにコイルを使い、予

め標準試料を用いて磁界の勾配を測定して未知試料の帯磁率を力から計算した。装置の概略を図6に示す。

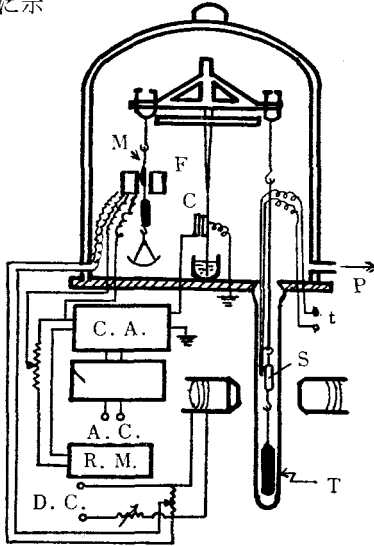


図6 磁気天秤の概略図

- M : 小棒磁石
- F : ソレノイドコイル
- S : 試料
- t : 熱電対
- A. C : 交流100V
- C. A : Capacity analyzer
- R. M : 記録計
- T : 透明石英管
- P : 真空ポンプ
- D. C : 直流120V

化学天秤の臂の一方の端から試料を透明石英管(T)の中に吊り下げ、電磁石N. S 両極の間の磁界の勾配のある位置に保つ。反対側の端には小棒磁石(M)をソレノイドコイル(F)の中にその一部を入れるように吊り下げる。このように装置したとき、試料が受ける力fは棒磁石とソレノイドコイルを流れる補償電流が作る磁界との相互作用によって平衡が保たれる機構になっている。この平衡を保とうとする補償電流は天秤の指針の最下端の検出蓄電器(C)に接続された capacity analyser により供給される。

電磁石に電流を通じると試料は力fを受け下方に引き下げられ、天秤の均衡は破られて検出蓄電器の容量は減少する。すると capacity analyzer の出力電流が増加し、ソレノイド

コイルに流れる電流が増加し棒磁石は下方に引かれ、ある電流値で均衡を保つ。この電流を読むことによって磁性体に働く力を知ることが出来る。

この磁気天秤は使用中は全て真空中で動作させる。これは試料の浮力の変化による影響を防ぐためと、天秤のまわりの空気の変動を防ぎ、低温測定の場合、霜、水滴等の附着するのを防止するためである。この装置の磁界の勾配、そのほかの calibration には、標準試料として Mohr 塩 $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2 \cdot \text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を用い、磁界の強さは約8000 Oe まで加えた。試料は粉末にして、石英ガラスカプセルに真空封入した。また温度の測定には、水、鉛、錫、亜鉛、アルミニウム等の沸点、または融点を用いて calibrate したクロメル-アルメル熱電対を使用した。

§ 4 測定結果

$\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ の x が 0~0.27 の範囲の試料の磁化Mを温度の函数として測定した結果を図7に示す。縦軸は磁化の任意尺度で、その相対関係のみを示している。

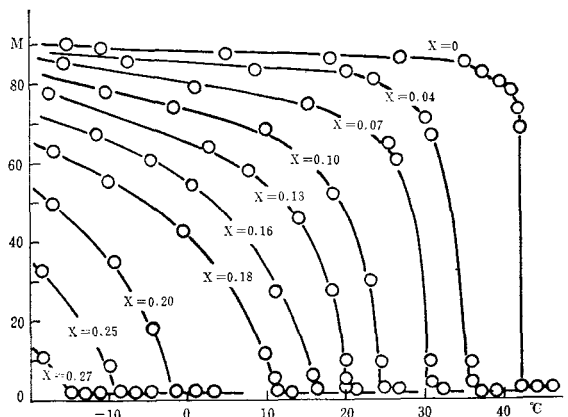


図7 $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ の磁化 (M) の温度変化

$x = 0$ 即ち stoichiometric MnAs では従来の結果と殆んど一致し、完全に磁化が消失するのは 42°C である。 x の値の増加するに伴い次第に変態温度は降下し、 $x = 0.27$ で -15°C まで降下した。また、 x の増加と共に飽和磁化は減少し、さらに、次第に変態温度での磁性の消失は急激でなくなる。変態温度と x の関係は図8に示す通りで殆んど直線的に降下している。

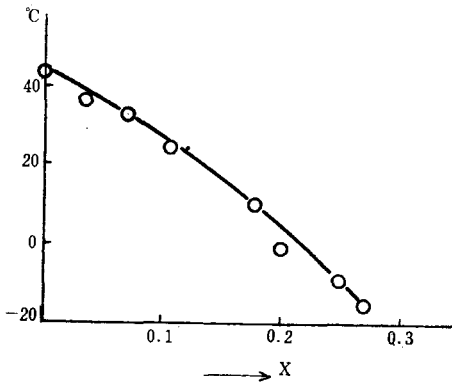


図8 MnAs_{1-x}Sb_x の x と変態温度(T_c)との関係

図9は MnAs_{1-x}Sb_x のそれぞれの x の帯磁率の逆数を温度の函数として示したもので、全ての試料における測定結果は 125°C 以上で Curie-Weiss の法則 $1/\chi = (1/C)(T - \theta_p)$ を満足している。また、 125°C での異常は、 $x = 0.05$ までの試料について現われ x が 0.05 以上では 125°C 附近にはなんら異常も現われない。

この Curie-Weiss の法則から Mn 原子当りの有効 Bohr 磁子数 (P)、変態温度 (T_c)、及び常磁性 Curie 温度 (θ_p) を x の函数として図10に示す。

図で見ると変態温度及び常磁性 Curie 温度は x の増加と共に降下している、有効 Bohr 磁子数は $x = 0$ の $4.8\mu_B$ から $x = 0.20$ の $4.30\mu_B$

まで減少し、その後 x の増加と共に再び増加している。

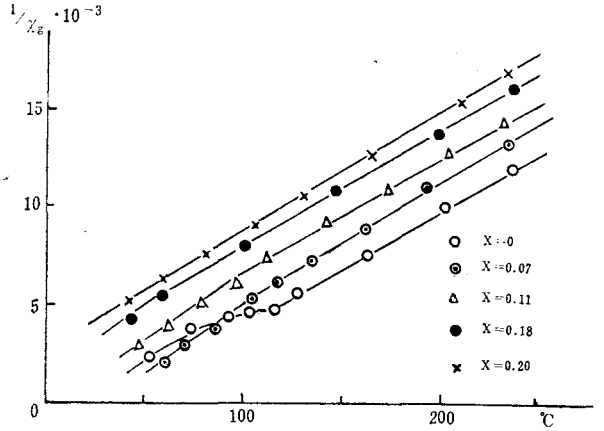


図9 MnAs_{1-x}Sb_x の帯磁率の逆数($1/\chi$)の温度変化

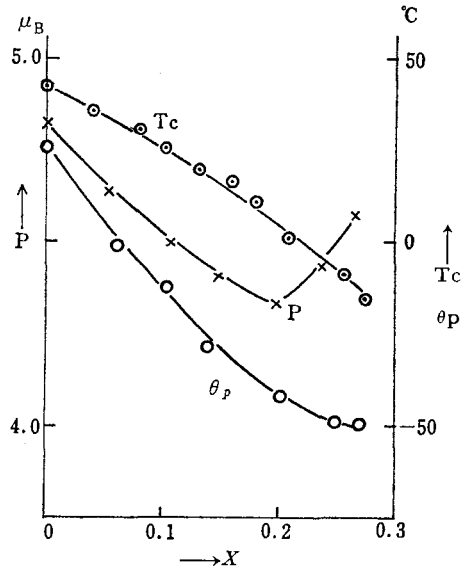


図10 MnAs_{1-x}Sb_x の x と有効 Bohr 磁子数 (P)、常磁性 Curie 温度 (θ_p) 及び変態温度 (T_c) との関係

これらの試料の室温における X 線粉末法による結晶解折の結果を図11に示す。すべての試料は室温で NiAs 型の結晶構造を持ち、 x が 0 では a 軸は 3.680 \AA 、 c 軸は 5.700 \AA で従来の結果と良く一致している。 a 軸は x の増加と共に

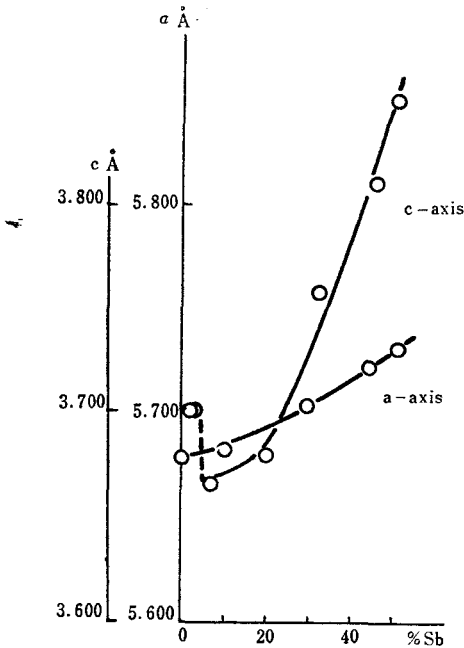


図11 $MnAs_{1-x}Sb_x$ の x と格子常数 (a, c) の関係

単調に増加しているが、 c 軸は $x=0.05$ までは増加するが、 $x>0.05$ ではすでに室温において変態を完了しているため不連続的に約 1% 減少し、その x の増加と共に増大している。

§ 5 考察と結言

“exchange inversion” の理論は Kittel⁹⁾ により Cr-modified Mn_2Sb のフェリ磁性から反強磁性への一次の変態を説明するために提示されたもので、critical な格子常数を境として、磁氣的相互作用の符号が変わる現象を名づけたものである。

もし MnAs の $40^\circ C$ 附近の変態がこの理論に基づくものであれば、何らかの方法で格子常数を変化させて、熱膨脹によって critical な格子常数に到達する温度を変えることができ、変態温度の移行が観測されるわけである。

筆者らはすでに報告⁷⁾したように、この物質に対して静水圧を加えることにより格子常数を減少させて変態温度の降下することを見た。さらに、前記の X線解析の結果が示すように成分元素 As の一部を Sb に置換したとき、格子常数が増大した。それ故、この置換による格子の膨脹が磁氣的相互作用の性格に何らの変化を起こすことなく生じたならば、“exchange inversion” に伴う変態は当然高温側に移行することが期待される。

しかるに、予期に反して、測定結果は上記の如く、Sb の置換は変態温度の低温側への移行を示し Kittel の “exchange inversion” の理論と矛盾した。また Mn の一部を Cr で置換して格子常数を減少させた場合にも変態温度の降下が見られた。これらの事柄と図10で見られる有効 Bohr 磁子数の変化とを合わせ考えると、成分元素の置換によって磁氣的相互作用の性格に変化を生じたことも考えられ、一概に MnAs が “exchange inversion” 物質でないとは断ずることもできない。

つぎに Bean-Rodbell 理論による MnAs は、強磁性から常磁性へ一次の変態を伴って変移すると言う説であるが、彼等の行った一連の実験^{9), 10)}は極めて良くその裏づけを行っている。さらに Bacon と Street¹¹⁾ によって行われた中性子回折の観測では $40^\circ C$ と $125^\circ C$ の間でスピンの秩序状態を見ることができなかつた事実からも、その理論が支持されるように思われる。

しかし筆者らの単結晶 MnAs についての帯磁率測定¹²⁾の結果によれば、その温度領域で反強磁性体と解釈せざるを得ない振舞が観測されている。

以上現在までの測定結果からは $40^\circ C$ から

125°Cの温度領域における MnAs の磁気構造に関しては決定的な結論は下し得ない。従って 40°C の変態の機構は、なお依然として不明である。40°C で強磁性から反強磁性へ変態することを確定するためには、単結晶試料による中性子回折の再測定が望まれる。

謝 辞

最後に、この研究を行い、発表するにあたり、始終御指導をいただいた広島大学教養部 上垣内助教授、東北大学理学部 檜原助教授に感謝の意を表し、多くの御援助と御助言をいただいた当工業高等専門学校 糸島助教授に厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) L. F. Bates : *Phil. Mag.* 8 (1929) 714.
- 2) C. Guillaud : *J. Phys. Radium* 12 (1951) 223.
- 3) G. Fischer and W. B. Pearson : *Can. J. of Phys.* 36 (1958) 1010.
- 4) B. T. M. Willis and H. P. Rooksby : *Proc. Phys. Soc.* 67 (1954) 290.
- 5) C. Kittle : *Phys. Rev.* 120 (1960) 335.
- 6) C. P. Bean and D. S. Rodbell : *Phys. Rev.* 130 (1963) 1347.
- 7) T. Kamigaichi, K. Masumoto and T. Hihara : *J. Sci. Hiroshima Univ.* 29 (1965) 53.
- 8) T. Hirone, S. Maeda and N. Tsuya : *Rev. Sci. Instr.* 25 (1954) 516.
- 9) R. W. De Blois and D. S. Rodbell : *J. Appl. Phys.* 34 (1963) 1101.
- 10) R. W. De Blois and D. S. Rodbell : *Phys. Rev.* 130 (1963) 1347.
- 11) G. E. Bacon and R. Street : *Nature* 175 (1955) 518.
- 12) 上垣内孝彦, 増本貫一, 檜原忠幹; 日本物理学会, 昭和38年4月.

(昭和40年9月1日受付)

カムの滑り率の研究(第1報)

(円弧カムにおける速度線図法)

(機械工学科) 糸 島 寛 典

Studies on the Specific Sliding of Cam (Report 1)

A Method by the Velocity Diagram on the
Circular Arc Cams

Hironori ITOSHIMA

This report describes a method how to get the specific sliding between the follower and the plate cam which has the circular arc and straight line contour used in the internal combustion engines. By this method we can find the specific sliding from the velocity diagram at the point of contact. This velocity diagram is obtained from the locus of the point of contact.

In the case of the knife edge follower and the follower without a roller, the cam suffers a remarkable abrasion. So we have to examine the specific sliding.

We use the reciprocating follower and the oscillating one, and as for cams, we use the convex surface one the tangent one and the concave one.

The specific sliding of each cam mechanism is obtained. This method can be applied to any kind of the plate cam.

(Received Sept. 1, 1965)

§ 1 緒 言

本研究は内燃機関などに用いられる円弧と直線とでできた輪郭の板カムと従動節との滑り率を接触点の軌跡を考慮して、接触点の速度線図から求めたものである。

ナイフエッジ従動節およびローラを持たない従動節は摩耗が甚しいので、滑り率を調べる必要がある。従動節は往復動と揺動の2つの場合を取扱い、カムとしては凸面・接線・凹面カムの場合を取扱って両者の滑り率を求めたが、この方法は一般形のカムにも応用される。

滑り率を表わす式は便利な形にまとめ、図式でも数式でも求められるように詳述し、実例をあげ両式を用いて解いた。本方法は従動節の運動を求めるときに容易に応用せられる。

§ 2 往復動従動節

(A)凸面カム 図1において凸面カム1はAを中心とし、等角速度 ω で回転し、従動節2は中心Aを通る行程線上を往復動している。

R_1 = カムの最小半径

R_2 = カムの最大半径

R_3 = カムの先端半径

r = Bを中心とする従動節の外形の半径

$\widehat{DE} = O$ を中心とする半径 R_2 の円弧

$\widehat{EF} = Q$ を中心とする半径 R_3 の円弧

$\alpha = \angle DAF, \beta = \angle EQF, \theta = \angle DAB$

カムの輪郭はAFを軸として対称であるから、接触点Cが円弧DE, EF間にある場合の滑り率を考える。

(i) \widehat{DE} 間の接触 従動節2の運動はAOをクランクとし、OBを接続棒とするスライダ・クランク機構の運動に相当し、リンクOBの瞬間中心はBよりABへの垂線とAOの交点Iである。

連節法によってC点がリンク1,2に属する転位速度をそれぞれ CC_1^0, CC_2^0 とすれば $CC_1^0 = \omega \times CA$ で、これをCAで示せば、 CC_2^0 はABに直角で、 $C_1^0C_2^0$ はC点の法線OBに平行である。ICは接触点の軌跡LLの法線になる。ゆえにこの軌跡上の速度 CC^0 はIC上にあり、 $C_1^0C_2^0$ との交点で与えられる。カムの輪郭が一般形の場合には軌跡LLを求め、法線を引き CC^0 を求めればよい。A点よりABへの垂線と C^0C, OB の交点をK, PとすればPはリンク1と2の瞬間中心 I_{12} である。

ds_1, ds_2 をC点のリンク1,2の輪郭上の微小移動量とすれば、転位速度 $C^0_1C^0, C^0_2C^0$ はそれぞれ $ds_1/dt, ds_2/dt$ である。

σ_1, σ_2 をリンク1,2の滑り率とすれば $CC_2^0 // KA, C^0C_1^0 // CP$ から

$$\sigma_1 = \frac{ds_1 - ds_2}{ds_1} = \frac{ds_1/dt - ds_2/dt}{ds_1/dt} = \frac{C_1^0C^0 - C_2^0C^0}{C_1^0C^0} = \frac{C_1^0C_2^0}{C_1^0C^0} = \frac{KP}{KA} = \frac{R_2 + r}{R_2} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r + 1/R_2}{1/CP + 1/r} \dots \dots \dots (1)$$

同様に

* $\triangle OAP$ を直線 KCI で切ればメネラウスの定理から

$$\frac{KP}{KA} \cdot \frac{CO}{CP} \cdot \frac{IA}{IO} = 1, BI // PA \text{ から } \frac{IA}{IO} = \frac{BP}{BO} \text{ なる } \text{ゆえ } \frac{KP}{KA} = \frac{BO}{BP} \cdot \frac{CP}{CO} \text{ となる。}$$

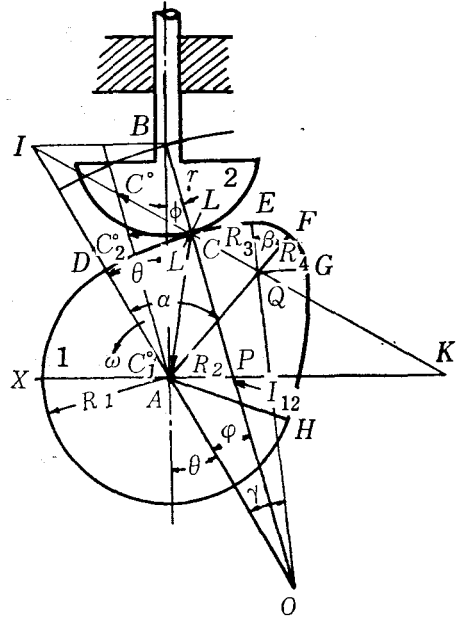


図1 凸面カムの滑り率

$$\sigma_2 = \frac{C_1^0 C_2^0}{C_2^0 C^0} = \frac{KP}{PA} = \frac{R_2 + r}{r} \cdot \frac{CP}{R_2 - CP} = \frac{1/r + 1/R_2}{1/CP - 1/R_2} \dots\dots\dots(2)$$

両式において r, R_2 は一定だから、滑り率は接触点 C から瞬間中心 $P(I_{12})$ までの長さに関する簡単な式となる。

$CP = C_1^0 C_2^0$ で C 点における滑り速度は $\omega \cdot CP$ となり、 $AP = C C_2^0$ で従動節の速度は $\omega \cdot AP$ となるので、図式で従動節の速度を求めるときに CP は求められ、 I, K の位置は一般に求めないで、滑り率は求まる。ただし一般形の場合には K の位置を求める。

図式で CP を求めるには、カム1を固定し、 $\angle DAB = \theta$ 、 $OB = R_2 + r$ として AB を定め、 A 点より AB に垂線を引き OB との交点を P とすればよい。

数式では

$$CP = R_2 - (R_2 - R_1) \cos \theta \cdot \sec \phi \dots\dots\dots(3)$$

$$\sin \phi = \frac{R_2 - R_1}{R_2 + r} \cdot \sin \theta, \quad \phi = \theta - \phi \dots\dots\dots(4)$$

ただし $\phi = \angle ABO$ 、 $\varphi = \angle AOB$

C 点が E にあるときの θ を θ_1 とすれば

$$\theta_1 = \tan^{-1} \sin \alpha / \left\{ \cos \alpha + \frac{(R_3 + r)(R_2 - R_1)}{(R_4 - R_3)(R_2 + r)} \right\} \dots\dots\dots(4)'$$

となる。ただし $R_4 = AF$

(ii) EF 間の接触 図2において従動節の運動は AQ をクランクとし、 QB を連接棒とするスライダ・クランク機構に相当し、リンク QB の瞬間中心は B より AB への垂線と AQ の交点 I にある。 A より AB に垂線を引き、 BQ, IC の交点を P, K とすれば、滑り率は同様に

$$\sigma_1 = \frac{KP}{KA} = \frac{R_3 + r}{R_3} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r + 1/R_3}{1/CP + 1/r} \dots\dots\dots(5)$$

$$\sigma_2 = \frac{KP}{PA} = \frac{R_3 + r}{r} \cdot \frac{CP}{CP - R_3} = \frac{1/r + 1/R_3}{1/R_3 - 1/CP} \dots\dots\dots(6)$$

となる。式(1)、(2)および式(5)、(6)を比較し、一般的に次式を得る。

$$\sigma_1 = \frac{1/r + 1/R}{1/CP + 1/r}, \quad \sigma_2 = \frac{1/r + 1/R}{1/CP - 1/R} \dots\dots\dots(7)$$

ただし、 $R =$ カムの円弧の半径、 r, R は一定だから、滑り率は CP にのみ関係する。

図式でこの場合の CP を求めるには、 A より AB に垂線を引き OB の代りに BQ の交点を P とする以外は前記と同様である。

数式では $AF = R_4$ 、 $AQ = R_4 - R_3$ とすれば

$$CP = R_3 + (R_4 - R_3) \cos(\alpha - \theta) \cdot \sec \phi \dots\dots\dots(8)$$

$$\sin \phi = \frac{R_4 - R_3}{R_3 + r} \cdot \sin(\alpha - \theta) \dots\dots\dots(9)$$

$$\varepsilon = \alpha + \phi - \theta$$

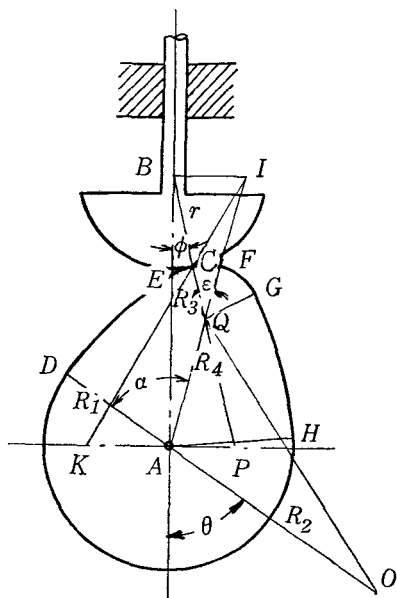


図2 凸面カムの先端の接触

を得る。ただし $\phi = \angle ABQ$, $\varepsilon = \angle CQF$

C点がある場合の対称性から同様である。

(iii) \widehat{HD} 間の接触 従動節は停止し、カムのみ回転するので $\sigma_1 = 1$, $\sigma_2 = \infty$ となる。従動節の摩耗が甚しいので、実際はこの部分では接触せぬようにしておく。

(B) 平板従動節 図1の凸面カムにおいて従動節の接触面が平板の場合には r が無限大になるから滑り率は \widehat{DE} 間の接触は式(1), (2)より

$$\sigma_1 = \frac{CP}{R_2}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{R_2 - CP} = \frac{1/R_2}{1/CP - 1/R_2} \dots\dots(10)$$

$$CP = R_2 - (R_2 - R_1)\cos\theta, \quad \varphi = \theta$$

\widehat{EF} 間の接触は式(5), (6)より

$$\sigma_1 = \frac{CP}{R_3}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{CP - R_3} = \frac{1/R_3}{1/CP - 1/R_3} \dots\dots(11)$$

$$CP = R_3 + (R_4 - R_3)\cos(\alpha - \theta), \quad \varepsilon = \alpha - \theta$$

C点があるときの θ を θ_1 とすれば

$$\theta_1 = \gamma = \sin^{-1} \left(\frac{R_4 - R_3}{R_2 - R_3} \cdot \sin\alpha \right) \dots\dots(11)'$$

図式により CP を求めるには図1と同様に $\angle DAB = \theta$ とし、 A より AB への垂線と CO の交点を P とする。

(C) 接線カム 図3(a)の接線カムにおいて、符号は図1と同じだが DE 間が直線となっているので、 R_2 が無限大の場合と考えられる。接触点 C の法線 BP は AD に平行である。

$\angle DAB = \theta$ にとり、 B より DE に垂線を引き、 A より AB への垂線の交点を P とすれば、 CP は求まる。

式(7)より滑り率は次式で得られる。

$$\sigma_1 = \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r}{1/CP + 1/r},$$

$$\sigma_2 = \frac{CP}{r} = \frac{1/r}{1/CP} \dots\dots(12)$$

$$CP = R_1 + (R_1 + r)\tan^2\theta,$$

$$DC = (R_1 + r)\tan\theta, \quad \phi = \theta$$

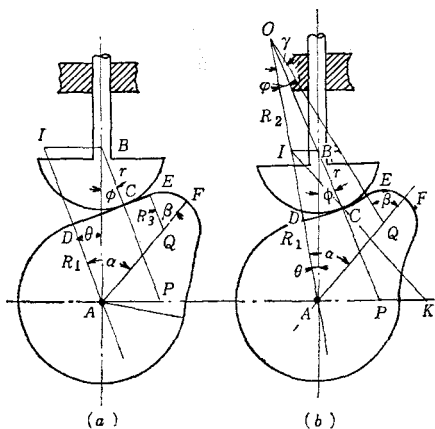


図3 接線カムと凹面カム

CがEにあるとき θ を θ_1 とすれば θ_1 は次式で得られる。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{R_4 - R_3}{R_1 + r} \cdot \sin \alpha \right)$$

\widehat{EF} 間の接触は図2と同じで、滑り率は式(5), (6)と同じである。

(D) 凹面カム 図3(b)の凹面カムにおいてDE間は図1と反対に外側のOを中心とし半径 R_2 の円弧である。

従動節の運動はAOをクランクとし、OBを連接棒とする機構に相当する。

$\angle DAB = \theta$ にとり $AO = R_2 + R_1$, $OB = R_2 - r$ とし、BよりABに垂線を立てAOとの交点をIとし、AよりABに垂線を引きOC, ICの交点をP, Kとする。CPはこの作図で求まる。図および式(1), (2)より滑り率はつぎのように求まる。

$$\sigma_1 = \frac{KP}{KA} = \frac{-R_2 + r}{-R_2} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r - 1/R_2}{1/CP + 1/r} \dots \dots \dots (13)$$

$$\sigma_2 = \frac{KP}{PA} = \frac{-R_2 + r}{r} \cdot \frac{CP}{-R_2 - CP} = \frac{1/r - 1/R_2}{1/CP + 1/R_2} \dots \dots \dots (14)$$

$$CP = -R_2 + (R_2 + R_1) \cos \theta \cdot \sec \phi, \quad \sin \phi = \frac{R_1 + R_2}{R_2 - r} \cdot \sin \theta, \quad \varphi = \phi - \theta$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \sin \alpha \left\{ \cos \alpha + \frac{(R_3 + r)(R_1 + R_2)}{(R_4 - R_3)(R_2 - r)} \right\}$$

\widehat{EF} 間の接触は図2と一致する。

例題1 図1のカム装置において $\alpha = 70^\circ$, $R_1 = 20mm$, リフト $h = 10mm$, $R_3 = 8.5mm$, $r = 15mm$ の場合の滑り率を求む。

$$R_4 = R_1 + h = 30, \quad R_4 - R_3 = 21.5$$

$$R_2 = \frac{R_1^2 + (R_4 - R_3)^2 - R_3^2 - 2R_1(R_4 - R_3)\cos \alpha}{2\{R_1 - R_3 - (R_4 - R_3)\cos \alpha\}} = \frac{20^2 + 21.5^2 - 8.5^2 - 2 \times 20 \times 21.5 \times 0.342}{2(20 - 8.5 - 21.5 \times 0.342)} = 59.78$$

$$\widehat{DE} \text{間の接触} \quad \text{式(4)'} \text{より} \tan \theta_1 = \frac{\sin 70^\circ}{\cos 70^\circ + \frac{(15 + 8.5)(59.78 - 20)}{(30 - 8.5)(59.78 + 15)}} = 1.01765, \quad \theta_1 = 45^\circ 30'$$

θ の範囲は $0^\circ \sim 45^\circ 30'$ 式(3), (4)より

$$\sin \phi = 0.532 \sin \theta, \quad CP = 59.78 - 39.78 \cos \theta \cdot \sec \phi$$

$$\sigma_1 = 1.251 \times \frac{CP}{15 + CP}, \quad \sigma_2 = 4.985 \times \frac{CP}{59.78 - CP}, \quad \varphi = \theta - \phi$$

\widehat{EF} 間の接触 式(8), (9)より

$$\sin \phi = 0.915 \sin(70^\circ - \theta), \quad CP = 8.5 + 21.5 \cos(70^\circ - \theta) \sec \phi$$

式(5), (6)より

$$\sigma_1 = 2.765 \times \frac{CP}{15 + CP}, \quad \sigma_2 = 1.567 \times \frac{CP}{CP - 8.5}, \quad \varepsilon = 70^\circ + \phi - \theta$$

各 θ に対する σ_1 , σ_2 を表1, 表2と図4に示す。図4は横軸に θ , 左の縦軸に σ_1 , σ_2 を表わし、右の縦軸にCPを表わす。

表1 例題1のDE間の滑り率

θ	ϕ	φ	CP mm	σ_1	σ_2
0°	0°	0°	20.00	0.714	2.507
5°	2°40'	2°20'	20.11	0.717	2.522
10°	5°18'	4°42'	20.44	0.722	2.592
15°	7°55'	7° 5'	20.99	0.729	2.697
20°	10°29'	9°31'	21.76	0.741	2.851
25°	13°	12°	22.78	0.754	3.071
30°	15°25'	14°35'	24.05	0.771	3.355
35°	17°46'	17°14'	25.56	0.788	3.724
40°	20°	20°	27.36	0.808	4.232
45°	22° 6'	22°54'	29.42	0.828	4.831
45°30'	22°18'	23°12'	29.65	0.831	4.905

表2 例題1のEF間の滑り率

θ	ϕ	ε	CP mm	σ_1	σ_2
45°30'	22°18'	46°48'	29.65	1.836	2.197
48°	20° 3'	42° 3'	29.72	1.839	2.195
52°	16°25'	34°25'	29.83	1.839	2.192
56°	12°47'	26°47'	29.89	1.841	2.189
60°	9° 8'	19° 8'	29.94	1.841	2.188
64°	5°29'	11°29'	29.98	1.844	2.188
70°	0°	0°	30.00	1.844	2.186

表1, 2と図4から, 従動節の滑り率がカムのそれに比して大きく, 先端円の始まる点で最大となり先端円では急に低くなる。

§3 揺動従動節

従動節が揺動する場合を図5に示す。従動節はBを中心とし半径rの円弧を接触面としている。

板カムの輪郭は前と同じく3種の場合を取扱い,

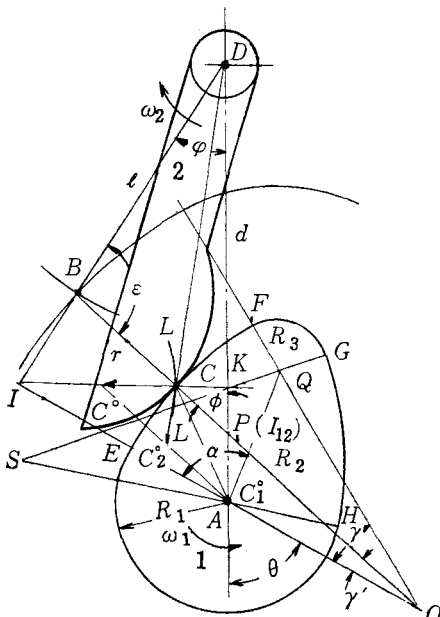


図5 揺動従動節の凸面カム

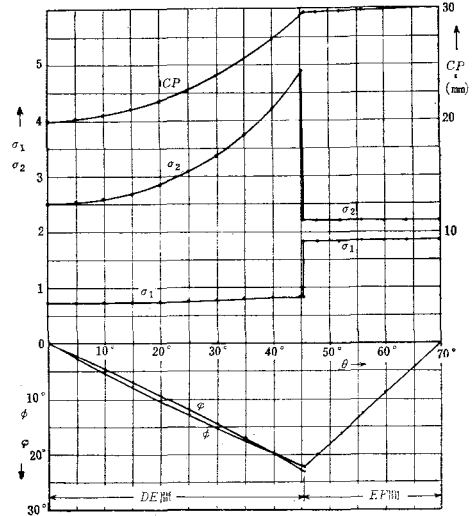


図4 例題1の凸面カムの滑り率

寸法の符号は同様である。

(A) 凸面カム 図5において凸面カム1はAを中心として等角速度 ω_1 で反時計回りに回転し, 従動節2はDを中心として揺動している。

- $\widehat{EH} = A$ を中心とし, 半径 R_1 の円弧
- $\widehat{EF} = O$ を中心とし, 半径 R_2 の円弧
- $\widehat{FG} = Q$ を中心とし, 半径 R_3 の円弧
- $\widehat{GH} = S$ を中心とし, 半径 R_2 の円弧

$\theta = \angle EAD =$ カム回転角

$\varphi = \angle BDA =$ 従動節の揺動角

$\varepsilon = \angle CBD =$ 接触点の位置

(i) \widehat{EF} 間の接触 接触点Cの法線がOBであるので、従動節2の運動はAOをクランクとする4節回転機構AOBDの運動に相当し、AOとBDの交点IはリンクBOの瞬間中心となり、ICはC点における接触点の軌跡LLの法線となる。

連節法により、C点がリンク1, 2に属する転位速度を CC_1^0, CC_2^0 とすれば $CC_1^0 = \omega \cdot AC$ で、これをCAで示せば、 CC_2^0 はCD上にあり、 $C_1^0C_2^0$ は法線BOに平行である。軌跡LL上の速度 CC^0 はIC上にあり $C_1^0C_2^0$ の交点で与えられる。

ADとIC, BOの交点をそれぞれK, Pとすれば、Pはリンク1, 2の瞬間中心 I_{12} である。

σ_1, σ_2 をリンク1, 2の滑り率とすれば、前と同様に

$$\sigma_1 = \frac{C_1^0C_2^0}{C_1^0C^0} = \frac{C_1^0C_2^0}{CP} \cdot \frac{CP}{C_1^0C^0} = \frac{DA}{DP} \cdot \frac{KP}{KA} = \frac{BO}{BP} \cdot \frac{CP}{CO} = \frac{r+R_2}{R_2} \cdot \frac{CP}{r+CP} = \frac{1/r+1/R_2}{1/r+1/CP} \dots(15)$$

$$\sigma_2 = \frac{C_1^0C_2^0}{C_2^0C^0} = \frac{DA}{DK} \cdot \frac{CK}{CC^0} = \frac{DA}{DK} \cdot \frac{KA}{PA} = \frac{BO}{PO} \cdot \frac{CP}{CB} = \frac{r+R_2}{r} \cdot \frac{CP}{R_2-CP} = \frac{1/r+1/R_2}{1/CP-1/R_2} \dots(16)$$

両式において r, R_2 は一定だから、前と同様に滑り率はCPの長さに関する式となる。従動節の角速度 $\omega_2 = \omega_1 \cdot AP/DP$ であり、図式で ω_2 を求めるときCPは求められ、この場合もI, Kの位置を求めないで、滑り率が求められる。

CPの長さを計算すれば

$$CP = R_2 - (R_2 - R_1) \sin \theta \cdot \operatorname{cosec} \phi \dots\dots\dots(17)$$

$$\phi = 180^\circ - \sin^{-1} C / \sqrt{A^2 + B^2} - \sin^{-1} B / \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\varphi = \sin^{-1} (b \sin \phi - a \sin \theta) / l$$

$$\varepsilon = 180^\circ - (\phi + \varphi), \quad \gamma' = \theta - \phi$$

$$\text{ただし } A = 2a b \sin \theta, \quad B = 2b(d + a \cos \theta), \quad C = a^2 + b^2 + d^2 - l^2 - 2ad \cos \theta$$

$$a = R_2 - R_1, \quad b = r + R_2, \quad l = BD, \quad d = AD$$

θ の範囲はCがE, Fにあるときの θ_1, θ_2 とすれば

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{(r + R_1)^2 + d^2 - l^2}{2d(r + R_1)}$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \frac{(b \cos \gamma - a)^2 + b^2 \sin^2 \gamma - l^2 + d^2 - 2bd \sin \gamma \sin \theta_2}{2d(b \cos \gamma - a)}$$

$$\text{ただし } \sin \gamma = \frac{R_4 - R_3}{R_2 - R_3} \sin \alpha$$

図式では図5において、Dを $\angle EAD = \theta, AD = d$ となるようにとり、Oを中心とし、OB = $R_2 + r$ を半径として円弧を描き、この上にB点を $DB = l$ とし、OBとADの交点をPとすれば、CP, $\phi, \varphi, \varepsilon, \gamma'$ は求められる。

(ii) \widehat{FG} 間の接触 図6において接触点Cの法線はQBで、従動節2の運動はAQをクランク

とする4節回転機構 $AQB D$ の運動に相当し、 AQ, BD の交点 I がリンク BQ の瞬間中心となる。

図式で CP を求めるには $\angle QAD = \theta' = \theta - \alpha$ 、 $AD = d$ とし、 $BQ = r + R_3$ 、 $BD = l$ のように B 点を取り、 BQ と AD の交点を P とすればよい。

$\angle BQI = \beta'$ 、 $\angle BPD = \phi'$ とする。滑り率は同様に式(15)、(16)から

$$\sigma_1 = \frac{r + R_3}{R_3} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r + 1/R_3}{1/r + 1/CP} \dots\dots\dots(18)$$

$$\sigma_2 = \frac{r + R_3}{r} \cdot \frac{CP}{CP - R_3} = \frac{1/r + 1/R_3}{1/R_3 - 1/CP} \dots\dots\dots(19)$$

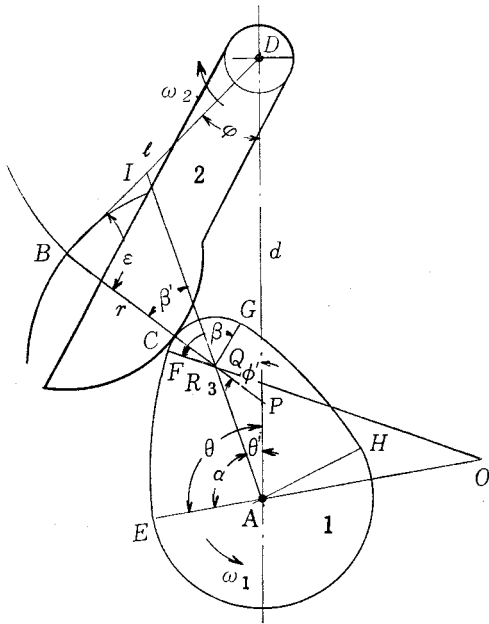


図6 凸面カムの先端の接触

CP の長さを計算すれば

$$CP = R_3 + (R_4 - R_3) \sin \theta' \operatorname{cosec} \phi' \dots\dots\dots(20)$$

ただし $\theta' = \theta - \alpha$

$$\phi' = \sin^{-1} B / \sqrt{A^2 + B^2} - \sin^{-1} C / \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$A = -2ab \sin \theta'$$

$$B = 2b(d - a \cos \theta')$$

$$C = a^2 + b^2 + d^2 - l^2 - 2ad \cos \theta'$$

$$a = R_4 - R_3, \quad b = r + R_3, \quad l = BD, \quad d = AD$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \sin^{-1} (a \sin \theta' + b \sin \phi') / l \\ \varepsilon &= 180^\circ - (\phi' + \varphi), \quad \beta' = \phi' - \theta' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(21)$$

θ の範囲は C が G にあるときの θ を θ_3 とすれば、 θ_3 は次式で求められる。

$$\begin{aligned} 2bd \sin \frac{\beta}{2} \cdot \sin(\theta_3 - \alpha) + 2d \left(a + b \cos \frac{\beta}{2} \right) \cos(\theta_3 - \alpha) \\ = \left(a + b \cos \frac{\beta}{2} \right)^2 + b^2 \sin^2 \frac{\beta}{2} + d^2 - l^2 \dots\dots\dots(22) \end{aligned}$$

$$\text{ただし } \sin \frac{\beta}{2} = \frac{R_2 - R_1}{R_2 - R_3} \sin \alpha$$

(iii) GH 間の接触 図7において、接触点 C の法線は SB で、従動節 2 の運動は AS をクラックとする4節回転機構 $ASBD$ の運動に相当する。

図式で CP を求めるには DA の延長を Y とし $\angle SAY = \theta'' = 2\alpha - \theta$ 、 $AD = d$ 、 $BS = r + R_2$ 、 $BD = l$ のように B 点を取り、 BS と AY の交点を P とすればよい。

$\angle BSA = \delta'$ 、 $\angle BPA = \phi''$ 、 $\angle QSA = \delta$ とすれば

滑り率は同様に式(15)、(16)から

$$\sigma_1 = \frac{r + R_2}{R_2} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r + 1/R_2}{1/r + 1/CP} \dots\dots\dots(23)$$

$$\sigma_2 = \frac{r + R_2}{r} \cdot \frac{CP}{CP - R_2} = \frac{1/r + 1/R_2}{1/R_2 - 1/CP} \dots\dots\dots(24)$$

$$CP = R_2 + (R_2 - R_1) \sin \theta'' \operatorname{cosec} \phi'' \dots\dots\dots(25)$$

$$\theta'' = 2\alpha - \theta$$

$$\phi'' = \sin^{-1} \frac{C}{\sqrt{A^2+B^2}} - \sin^{-1} \frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}$$

$$A = -2ab \sin \theta'', \quad B = 2b(d + a \cos \theta'')$$

$$C = a^2 + b^2 + d^2 - l^2 + 2ad \cos \theta''$$

$$a = R_2 - R_1, \quad b = r + R_2, \quad l = BD, \quad d = AD$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \sin^{-1} (a \sin \theta'' + b \sin \phi'') / l \\ \varepsilon &= 180^\circ - (\phi'' + \varphi), \quad \delta' = \theta'' + \phi'' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

CがHにあるときのθをθ₄とすればθ₄は次式で求められる

$$\theta_4 = \cos^{-1} \frac{d^2 + (r + R_1)^2 - l^2}{2d(r + R_1)} + 2\alpha \dots\dots\dots (27)$$

(iv) \widehat{HE} 間の接触 従動節の運動は停止し、カムのみ回転するので $\sigma_1 = 1, \sigma_2 = \infty$ となり、従動節の摩擦を考えこの部分では接触させぬ。

以上により明らかなように、滑り率を数式で求めるにはCP, φ, φ''などを複雑な計算により求めねばならぬから、図式の方がはるかに便利である。よって以下に述べる他のカムにおいては数式をはぶき図式のみ示す。

(B) 平板従動節 図5の凸面カムにおいて従動節のrを無限大にした場合の滑り率は

$$\widehat{EF} \text{間の接触} \quad \text{式(15), (16)より} \quad \sigma_1 = \frac{CP}{R_2}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{R_2 - CP} = \frac{1/R_2}{1/CP - 1/R_2} \dots\dots\dots (28)$$

$$\widehat{FG} \text{間の接触} \quad \text{式(18), (19)より} \quad \sigma_1 = \frac{CP}{R_3}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{CP - R_3} = \frac{1/R_3}{1/R_3 - 1/CP} \dots\dots\dots (29)$$

$$\widehat{GH} \text{間の接触} \quad \text{式(23), (24)より} \quad \sigma_1 = \frac{CP}{R_2}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{CP - R_2} = \frac{1/R_2}{1/R_2 - 1/CP} \dots\dots\dots (30)$$

CPの値は図5と同様な図式で求められる。

(C) 接線カム 図5のEF, GH間が直線となる場合で、R₂が無量大となるから、滑り率はEF間の接触の場合は式(15), (16)より

$$\sigma_1 = \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r}{1/r + 1/CP}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{r} \dots\dots\dots (31)$$

となり、 \widehat{FG} 間の接触の場合は式(18), (19)に一致し、GH間の接触の場合は

$$\sigma_1 = \frac{1/r}{1/r + 1/CP}, \quad \sigma_2 = \frac{CP}{r} \dots\dots\dots (32)$$

となる。

CPの値は図5と同様な図式で求める。

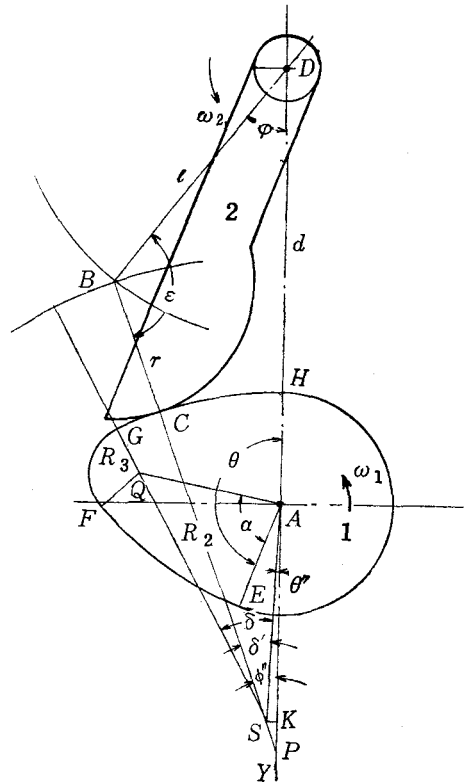


図7 \widehat{GH} 間の接触

(D) 凹面カム 図5の \widehat{EF} , \widehat{GH} が中低の円弧となった場合で, R_2 が $-R_2$ となるので滑り率は \widehat{EF} 間の接触の場合式(15), (16)より

$$\sigma_1 = \frac{R_2 - r}{R_2} \cdot \frac{CP}{r + CP} = \frac{1/r - 1/R_2}{1/r + 1/CP} \dots\dots\dots(33)$$

$$\sigma_2 = \frac{R_2 - r}{r} \cdot \frac{CP}{R_2 + CP} = \frac{1/r - 1/R_2}{1/CP + 1/R_2} \dots\dots\dots(34)$$

\widehat{FG} 間の接触の場合は式(18), (19)と一致し, \widehat{GH} 間の接触の場合は式(23), (24)より, 式(33), (34)に一致する。CPの値は図5と同様な作図法で求められる。

例題2 図5に示すカム装置において, $\alpha = 81^\circ$, $R_1 = 20mm$, $R_2 = 60mm$, $R_4 = 35mm$, $r = 25mm$, $l = 50mm$, $d = 80mm$ の場合の滑り率を求む。

$$R_3 = \frac{(R_2 - R_1)^2 - (R_2^2 - R_4^2) + 2R_4(R_2 - R_1)\cos\alpha}{2(R_2 - R_1)\cos\alpha - 2(R_2 - R_4)} = 90.40mm$$

θ を 5° おきと与えた場合, 図8のように作図し, 表3に示すようにCP, φ , ε , ϕ (ϕ' , ϕ''), r' (β' , δ')を求め, \widehat{EF} 間の σ_1 , σ_2 を式(15), (16)により, \widehat{FG} 間の σ_1 , σ_2 を式(18), (19)により求め, 図9に横軸に θ , 縦軸に σ_1 , σ_2 の値を示した。図から明らかなように従動節の滑り率はカムに比してかなり大きく, 特に \widehat{GH} 間では無限大の点がある。よって揺動従動節の場合は摩擦の点からローラを用いるようにしなければならぬ。

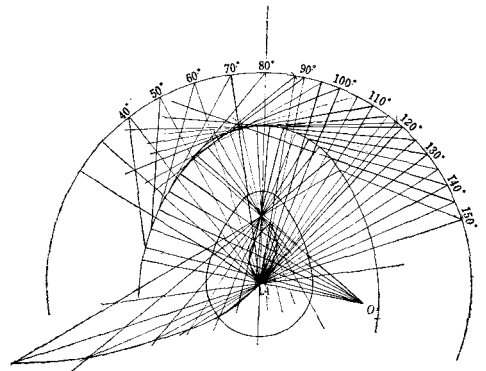


図8 例題2の作図法

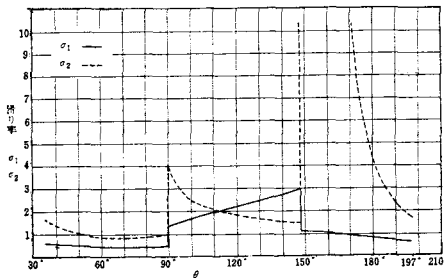


図9 例題2の揺動従動節と凸面カムの滑り率

表3 凸面カムの揺動従動節の場合の滑り率

θ	φ	ε	ϕ	$\gamma'(\beta', \delta')$	CP(mm)	σ_1	σ_2
35°	31°	114°	35°	0°	20.0	0.629	1.700
40°	31°	112°	37°	3°	17.3	0.579	1.377
45°	31°	109°	40°	5°	15.5	0.543	1.183
50°	32°	106°	42°	8°	14.7	0.524	1.105
55°	32°45'	102°45'	44°30'	10°30'	13.2	0.490	0.959
60°	33°30'	99°30'	47°	13°	12.6	0.475	0.904
65°	34°	96°30'	49°30'	15°30'	12.1	0.462	0.860
70°	35°45'	92°45'	51°30'	18°30'	12.0	0.459	0.850
75°	37°	89°30'	53°30'	21°30'	12.0	0.459	0.850
80°	38°30'	85°45'	55°45'	24°15'	12.2	0.465	0.867
85°	40°	82°	58°	27°	13.0	0.485	0.942
89°30'	41°30'	79°	59°30'	30°	13.5	0.497	0.993
89°30'	41°30'	79°	59°30'	30°	13.5	1.326	4.080
95°	43°45'	79°45'	56°30'	42°30'	16.6	1.507	2.969
100°	45°30'	81°30'	53°	34°	20.0	1.677	2.472
105°	46°45'	83°15'	50°	26°	22.8	1.802	2.247
110°	47°15'	86°45'	46°	17°	26.4	1.942	2.063
115°	48°	90°	42°	8°	30.5	2.078	1.930
119°30'	48°45'	92°45'	38°30'	0°	35.0	2.203	1.831
125°	48°	77°30'	34°30'	-9°30'	40.5	2.335	1.749
130°	47°	102°15'	30°45'	-18°15'	47.0	2.467	1.682
135°	46°15'	106°45'	27°	-27°	55.2	2.599	1.625
140°	45°	112°	23°	-36°	65.5	2.735	1.576
145°	43°	117°15'	19°45'	-44°15'	79.0	2.871	1.472
148°	41°	122°15'	16°45'	-50°45'	93.0	2.977	1.506
148°	41°	122°15'	16°45'	30°15'	93.0	1.117	9.581
155°	39°	122°30'	18°30'	25°30'	76.0	1.066	16.150
160°	37°	123°	20°	22°	65.0	1.023	44.200
165°	35°30'	122°30'	22°	19°	55.0	0.975	37.400
170°	34°	122°	24°	16°	47.0	0.925	12.291
175°	33°	121°30'	25°30'	12°30'	39.2	0.866	6.406
180°	31°30'	121°	27°30'	9°30'	33.0	0.806	4.155
185°	31°	119°	30°	7°	28.2	0.751	3.016
190°	30°45'	117°15'	32°	4°	24.3	0.699	2.315
195°	30°45'	115°	34°15'	1°15'	21.0	0.648	1.829
197°	30°30'	114°30'	35°	0°	20.0	0.629	1.700

§ 4 結 言

歯車の歯面の摩耗の一要因である滑り率をローラ付でない円弧従動節を持つ円弧カムに応用し、その滑り率をカムの速度線図から求めた。その結果 (1) 従動節の滑り率がカムのそれより一般に大きい。(2) 往復動の従動節の場合は従動節の滑り率はカムのそれに比して余り大きくはない。(3) 揺動従動節の場合は従動節に無限大の滑り率を有することが明らかとなった。

次報においては平板従動節または接線あるいは凹面カムの場合の滑り率を比較検討したい。

文 献

- (1) 中井英一，実用カム設計法，日刊工業，1963.
- (2) H. A. Rothbart, Cams, John Wiley, 1956.
- (3) M. Kloomok and R. V. Muffley, "Determination of Pressure Angles for Swinging-Follower Cam Systems" ASME Transaction, 1956, Vol. 78, P 803~806.

(昭和40年9月1日受付)

円板カムの研究(第1報)

(かたより量の影響)

(機械工学科) 糸島寛典, 西本進

Studies on Circular Disc Cam (Report 1)
(The Effect of the Offset on a Cam to the Follower Motion)

Hironori ITOSHIMA and Susumu NISHIMOTO

It is well known that if there is an offset between the axis of rotation of the stroke of the plate cam and the center line of the follower, the pressure angle of the cam becomes smaller and the follower moves more smoothly. However, if this offset is too large, it is supposed that the follower movement becomes rather worse. However, there seems to be no remarkable studies on the proper offset.

In this report we use a circular disc cam, typical of the circular arc cams, and tried to find the offset which gives the minimum pressure angle during the up-stroke and investigated how the acceleration of the follower changes with this offset.

As the result, we find that there is a most proper offset from the relation between the radius and the eccentricity of the circular disc cam.

(Received Sept. 1, 1965)

§1 緒言

往復動従動節を有する板カムにおいては、主として従動節の行程線が板カムの軸心を通る場合すなわちかたよりのない場合の設計が行われている。これは板カムが反対方向に回転するすなわち逆転せねばならぬ必要のある場合に有効であるが、カムが一方向のみ回転する多くの場合には、むしろ従動節の行程線が板カムの軸心を通らないで、ある程度かたよっている方がカムの輪郭線がなめらかになるといわれている⁽¹⁾。しかしカムのかたよりの方向を例えばカムの左回りの回転方向に対してはカムの軸心の右側にとらないで、反対側にとるならばかえって従動節の運動に無理を生ずる。またかたより量を余りに大きくとるならばかえってカムの押進め角が大となり、カムの回転速度が増せなくなる。

本報告では未だ充分明らかにされていないカムのかたより量と押進め角との関係を円弧カムの中の代表的な円板カムについて従動節の加速度を考察して究明するために一定半径の円板カムに対し、

押進め角が最小値となるような円板カムの離心率とかたより量との関係を求め、そのときのナイフエッジ往復動従動節の加速度を求め、なおこの加速度を最小となるよう押進め角を選んだ。

§ 2 かたより円板カムに対するナイフエッジ往復動従動節の運動

図1に示すように半径 r の円板カムの回転中心 A を c だけ偏心させ、従動節の行程線 SS に対し、 e だけかたよらせた場合の従動節の変位を求める。

従動節の変位を h 、 AB より従動節の接触点 C の最下点までの距離を k 、 $\angle XAO = \theta$ とすれば、 $e < c < r$ の場合、

$$h + k = BC = CD - BD \text{ から}$$

$$h + k = \sqrt{r^2 - (c \cos \theta + e)^2} - c \sin \theta, \quad (e < c) \dots (1)$$

従動節の速度 v は式(1)を時間で微分すれば

$$v = \omega \cdot c \left\{ \frac{\sin \theta (c \cos \theta + e)}{\sqrt{r^2 - (c \cos \theta + e)^2}} - \cos \theta \right\}, \quad (e < c) \dots (2)$$

k の値を求めるには、 $h = 0$ のとき $v = 0$ から式(2)の右辺を零とおけば計算の結果 $\cos \theta = e / (r - c)$ となり、この場合 $O A$ と $O C$ は重なり、その結果

$$k = \sqrt{(r - c)^2 - e^2} \dots \dots \dots (3)$$

リフト h は次式で求められる。

$$h = \sqrt{r^2 - (c \cos \theta + e)^2} - c \sin \theta - \sqrt{(r - c)^2 - e^2} \dots \dots \dots (4)$$

次に従動節の加速度 a は式(2)を時間で微分し次式を得る。

$$a = \omega^2 \cdot c \left\{ \frac{r^2(c \cos^2 \theta - c \sin^2 \theta + e \cos \theta) - \cos \theta (c \cos \theta + e)^3}{\{r^2 - (c \cos \theta + e)^2\}^{3/2}} + \sin \theta \right\} \dots \dots \dots (5)$$

§ 3 カムの回転角

図2に示すように従動節の運動の始点と終点における接触点の位置をそれぞれ C_1, C_2 、円板の中心を O_1, O_2 、カムの回転角を θ_1, θ_2 、とすれば、従動節の尖端が C_1, C_2 にあるときは共に速度 v は零で、変位 h はそれぞれ $h = 0, h_{max}$ であるので式(2)から

$$\cos \theta_1 = \frac{e}{r - c}, \quad \cos \theta_2 = \frac{-e}{r + c} \dots \dots \dots (6), (7)$$

となり、 $AC_1 = r - c, AC_2 = r + c$ となる。
 $\angle C_1AB = \varphi_1, \angle C_2AB = \varphi_2$ とすれば

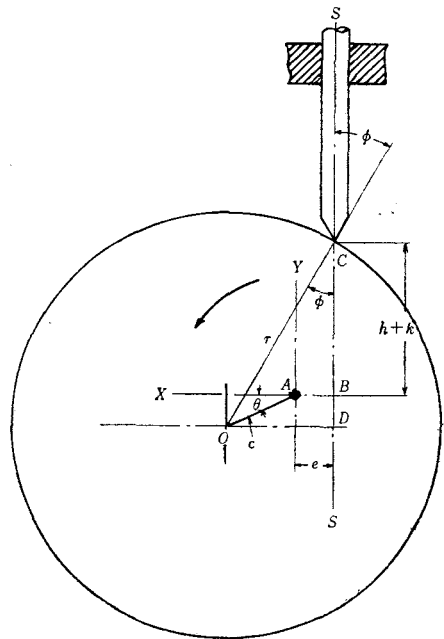


図1 かたより円板カム

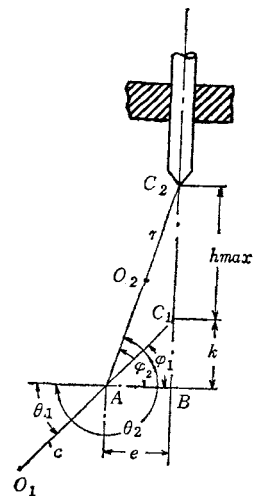


図2 カムの回転角

$$\cos \varphi_1 = \frac{e}{r-c}, \quad \cos \varphi_2 = \frac{e}{r+c} \dots\dots\dots(6)',(7)'$$

となり、 $\varphi_1 = \theta_1$ 、 $\varphi_2 = \theta_2 - \pi$ となる。

その結果従動節が上昇するカムの回転角すなわち往きの回転角と従動節が降下するすなわち戻りの回転角はそれぞれ

$$\text{往きの回転角} = \theta_2 - \theta_1 = \pi + \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\text{戻りの回転角} = 2\pi - (\theta_2 - \theta_1) = \pi - \varphi_2 + \varphi_1$$

となる。故に従動節の往きと戻りの時間比すなわちカムの回転比を u とすれば、カムが等速回転するとして、

$$u = \frac{\text{往きの時間}}{\text{戻りの時間}} = \frac{\pi + \varphi_2 - \varphi_1}{\pi - \varphi_2 + \varphi_1} = \frac{\pi + \cos^{-1} e / (r+c) - \cos^{-1} e / (r-c)}{\pi - \cos^{-1} e / (r+c) + \cos^{-1} e / (r-c)} \dots\dots\dots(8)$$

式(8)より $\varphi_2 - \varphi_1 = \delta$ とし、 δ を求めれば

$$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{u-1}{u+1} \pi = \cos^{-1} \frac{e}{r+c} - \cos^{-1} \frac{e}{r-c} \dots\dots\dots(9)$$

いま円板カムの半径 r を一定とし、従動節の往復時間比 u を与えて円板カムの離心率 $c/r = \lambda$ とかたより率 $e/r = \varepsilon$ の関係を式(9)から求めれば、 $\lambda < 1$ 、 $\varepsilon < 1$

$$\varepsilon = \frac{e}{r} = \frac{(1+\lambda)(1-\lambda)\sin \delta}{\sqrt{(1-\lambda)^2 + (1+\lambda)^2 - 2(1+\lambda)(1-\lambda)\cos \delta}}, \quad \delta = \frac{u-1}{u+1} \pi \dots\dots\dots(10)$$

これを $u = 1.2, 1.3, 1.4$ の場合について $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ の ε の値を表1に示し、図3はその線図を示す。

表1 従動節の往復時間比に対する λ 、 ε との関係

	$u = 1.2$	$u = 1.3$	$u = 1.4$
λ	ε	ε	ε
0.2	0.5547	0.6710	0.7432
0.4	0.2911	0.3832	0.4515
0.6	0.1478	0.2051	0.2521
0.8	0.0628	0.0885	0.1004

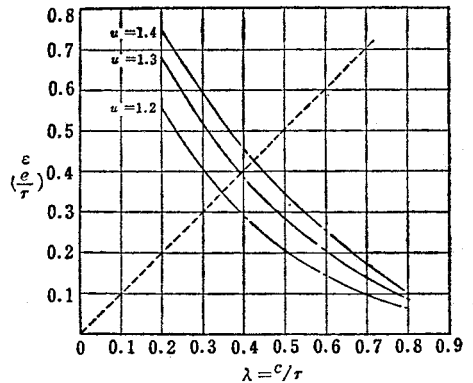


図3 u に対する λ 、 ε の関係

図3から破線は $e = c$ の限界を示し、従動節の往復時間比が大なる程、すなわち従動節がゆっくり往き、早く戻るとかたより率を離心率に対し大きくとらねばならぬ。

§4 押進め角

図1において従動節の接触点 C においてカムの輪郭線に立てた法線と従動節の行程線のなす角 ϕ

を押進め角といい、この角はカム的高速回転に対しては 30°以下にとることになっている。図1の三角形 COD において、

$$\sin \phi = \frac{OD}{OC} = \frac{e + c \cos \theta}{r} = \varepsilon + \lambda \cos \theta \dots\dots\dots(11)$$

ϕ の最大、最小を求めるためには式(11)を θ で微分し $d\phi/d\theta = 0$ とおけば、 $e > c$ すなわち $\varepsilon > \lambda$ の場合

$$\theta = 0 \text{ のとき } \sin \phi_{max} = \frac{e + c}{r} = \varepsilon + \lambda \dots\dots\dots(12)$$

$$\theta = \pi \text{ のとき } \sin \phi_{min} = \frac{e - c}{r} = \varepsilon - \lambda \dots\dots\dots(13)$$

$e < c$ すなわち $\varepsilon < \lambda$ の場合は図4に示すように θ が 0 と π の間で $\phi = 0$ となる。そのときの回転角を θ_5 とすれば式(11)より

$$\cos \theta_5 = -\frac{\varepsilon}{\lambda} = -\frac{e}{c} \quad (0 < \theta_5 < \pi) \dots\dots\dots(14)$$

問題は ϕ_{max} にあるから式(12)より ϕ_{max} と $\varepsilon + \lambda$ の関係を表2と図5に示す。

表2 最大押進め角に対する $\varepsilon + \lambda$

ϕ_{max}	$\varepsilon + \lambda$
20°	0.3420
25°	0.4226
30°	0.5000
35°	0.5736
40°	0.6428
45°	0.7071

図5より ε 、 λ が与えられれば ϕ_{max} の値の見当がつく。

従動節の往き行程の始点と終点における押進め角をそれぞれ ϕ_1 、 ϕ_2 とすれば、 ϕ_1 、 ϕ_2 は式(6)、(7)の θ_1 、 θ_2 を式(11)に代入して求められる。

$$\sin \phi_1 = \frac{\varepsilon}{1 - \lambda}, \quad \sin \phi_2 = \frac{\varepsilon}{1 + \lambda} \dots\dots\dots(15), (16)$$

これから $\phi_1 > \phi_2$ であることがわかる。

図4のように押進め角の最大値を戻り行程にとればカム的高速回転においても影響が少ない。問題は往き行程の押進め角である。そこでカムの回転角に対し押進め角がどのように変化するかを明らかにす

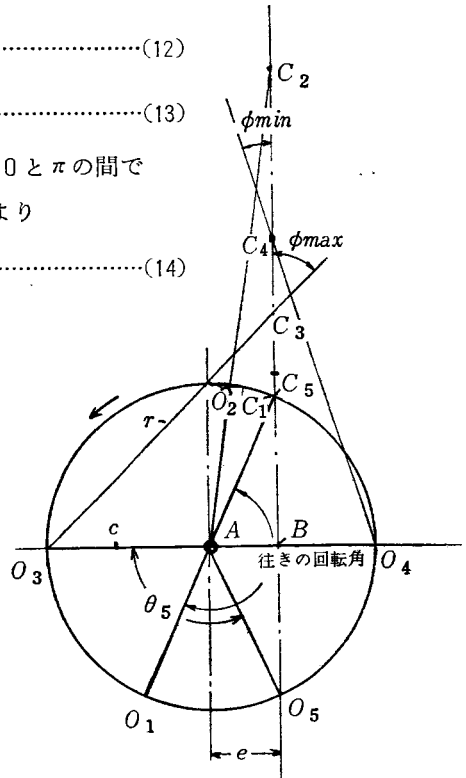


図4 回転角に対する ϕ_{max}

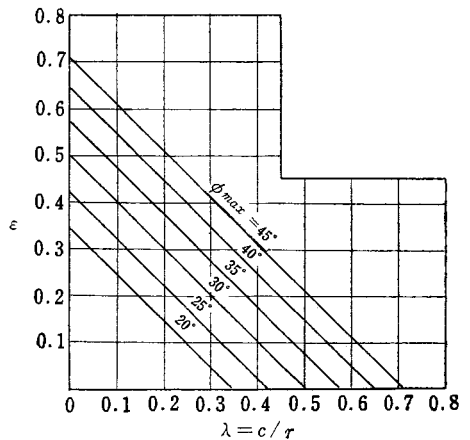


図5 ϕ_{max} に対する ε 、 λ の関係

るために一例として $\lambda=0.5$ を指定し、 $\epsilon=0, 0.1, 0.2, 0.3$ の各々の場合について $\theta=0^\circ\sim 360^\circ$ に対する ϕ を式(11)より計算したものを図6と表3に示す。

式(15), (16)より ϕ_1, ϕ_2 を計算し、図6の曲線上に示し、それらの点を一点鎖線で結び、この2つの一点鎖線の中の曲線を実線で示せば、これが往き行程の押進め角を表わす。

この図から明らかなように往き行程中の押進め角はプラス側においては始点において最大となり ϵ が増す程大きくなる。カムの回転につれ押進め角は減少し、ついに零となり更にマイナス側において増大し $\theta=180^\circ$ で

最大となり、再び零となり、プラス側に転じて往き行程が終る。なお図から λ が一定な場合 ϵ が大きい程往き行程が長くなる事がわかる。

表3 $\lambda=0.5$ の場合のカムの回転角 θ に対する押進め角 ϕ

ϵ	0.1	0.2	0.3
θ°	ϕ	ϕ	ϕ
$0^\circ, 360^\circ$	$36^\circ 52'$	$44^\circ 26'$	$53^\circ 8'$
$30^\circ, 330^\circ$	$32^\circ 13'$	$39^\circ 17'$	$47^\circ 9'$
$60^\circ, 300^\circ$	$20^\circ 29'$	$26^\circ 45'$	$33^\circ 22'$
$90^\circ, 270^\circ$	$5^\circ 44'$	$11^\circ 33'$	$17^\circ 28'$
$120^\circ, 240^\circ$	$-8^\circ 38'$	$-2^\circ 52'$	$2^\circ 52'$
$150^\circ, 210^\circ$	$-19^\circ 28'$	$-13^\circ 29'$	$-7^\circ 39'$
180°	$-23^\circ 35'$	$-17^\circ 28'$	$-11^\circ 32'$
θ_1	$78^\circ 28'$	$66^\circ 25'$	$53^\circ 8'$
ϕ_1	$11^\circ 32'$	$23^\circ 35'$	$36^\circ 52'$
θ_2	$266^\circ 11'$	$262^\circ 40'$	$258^\circ 28'$
ϕ_2	$3^\circ 49'$	$7^\circ 20'$	$11^\circ 32'$

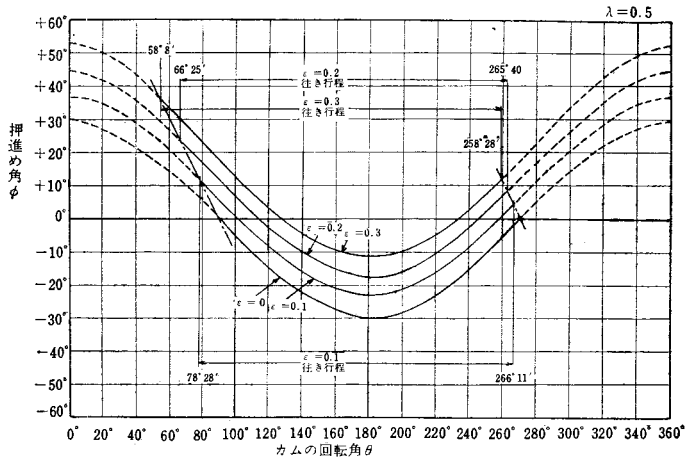


図6 カムの回転角に対する押進め角

§ 5 往き行程中の押進め角の等配分

かたより円板カムにおいては図6からわかるように押進め角にプラス側とマイナス側で最大値をとる。しかしマイナス側においては常に $\theta=180^\circ$ で最大値をとる。かたよりのない場合は往き行程中プラス側の押進め角はなく、マイナス側で最大値をとる。押進め角の絶対値が従動節の運動に影響するので、プラス側の最大値すなわち始点の押進め角と行程中のマイナス側の最大押進め角を等しくすれば、押進め角の絶対値はかたよりのない場合

よりもかなり小さくすることができる。 $\lambda=0.5$ のとき例えば $\epsilon=0.15$ にすれば押進め角の最大の絶対値は 20° となり $\epsilon=0$ の場合の最大値 30° よりは小さくなる。

このようにプラスとマイナス側の最大押進め角を等配分することによって押進め角の最も小さい最良のカムを選出することができる。このようなカムの λ と ϵ の関係を求める。

往き行程中のマイナス側の最大押進め角 ϕ_0 は式(11)に $\theta = 180^\circ$ を代入して求められる。

$$\sin \phi_0 = \varepsilon - \lambda = -(\lambda - \varepsilon) \dots \dots \dots (17)$$

始点の押進め角は式(15)より $\sin \phi_1 = \varepsilon / (1 - \lambda)$ であるので $|\phi_1| = |\phi_0|$ から $\lambda - \varepsilon = \varepsilon / (1 - \lambda)$ となり、これより次式を得る

$$\varepsilon = \frac{\lambda(1 - \lambda)}{2 - \lambda} \dots \dots \dots (18)$$

このときの押進め角 ϕ_m は式(18)を式(15)に代入して

$$\sin \phi_m = \frac{\lambda}{2 - \lambda} \dots \dots \dots (19)$$

となる。 $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ に対する最良の ε とそのときの押進め角 ϕ_m を表4と図7に示す。

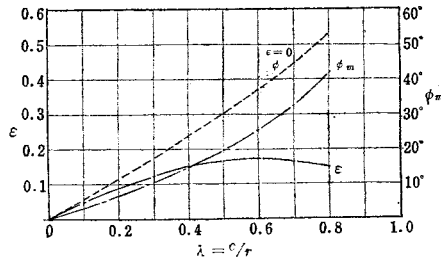


図7 押進め角を等配分したときの λ , ε , ϕ_m の関係

表4 各種 λ に対するかたより率 ε と押進め角 ϕ_m

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
ε	0.0889	0.1235	0.1500	0.1667	0.1714	0.1615	0.1500
ϕ_m	6°23'	10°10'	14°29'	19°28'	25°22'	32°35'	41°49'

図7において λ の増加と共に ϕ_m は増加するが ε の値は極大点をとる。これは式(18)を λ で微分し、零とおけば、 ε_{max} は $\lambda = 2 - \sqrt{2} = 0.5858$ のとき $\varepsilon_{max} = 3 - 2\sqrt{2} = 0.1716$, $\phi_m = 24^\circ 28'$ を得る。

$\varepsilon \neq 0$ の場合の ϕ_m が $\varepsilon = 0$ の場合の ϕ_{max} より小さいためには $\theta = 180^\circ$ の $\sin(-\phi_{max}) = \lambda$ と式(15)の $\sin \phi_m = \varepsilon / (1 - \lambda)$ とから

$$\frac{\varepsilon}{1 - \lambda} \leq \lambda \text{ が成立し, } \varepsilon_{max} = \lambda(1 - \lambda) \dots \dots \dots (20)$$

となる。これから $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ の場合の ε_{max} と ϕ_{max} を求めたものを表5と図7に破線で示す。図からかたよりカムの方が平均10°低いことがわかる。

表5 ϕ_m が ϕ_{max} より小さいための条件

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
ε_{max}	0.16	0.21	0.24	0.25	0.24	0.21	0.18
ϕ_{max}	11°32'	17°27'	23°35'	30°	36°52'	44°26'	53° 8'

§ 6 最低押進め角の場合の従動節の往復時間比

押進め角を等配分した最低押進め角の場合のかたより率 ε は式(18)より $\varepsilon = \lambda(1-\lambda)/(2-\lambda)$ で、その押進め角は式(19)より $\sin\phi_m = \lambda/(2-\lambda)$ であるので、行程の始点と終点の角 φ_1, φ_2 は(6)', (7)'式より

$$\cos\varphi_1 = \frac{e}{r-c} = \frac{\varepsilon}{1-\lambda} = \frac{1}{1-\lambda} \cdot \frac{\lambda(1-\lambda)}{2-\lambda} = \frac{\lambda}{2-\lambda} \dots\dots\dots(21)$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{e}{r+c} = \frac{\varepsilon}{1+\lambda} = \frac{1}{1+\lambda} \cdot \frac{\lambda(1-\lambda)}{2-\lambda} = \frac{\lambda(1-\lambda)}{(2-\lambda)(1+\lambda)} \dots\dots\dots(22)$$

となる。従動節の往復時間比 u は式(8)より $u = \frac{\pi + \varphi_2 - \varphi_1}{\pi - \varphi_2 + \varphi_1}$

であるので、 $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ の場合のカムの往きの回転角と戻りの回転角と往復時間比は表6と図8のようになり λ の増加と共に u は増加する。

もし λ を0.5に指定し、 ε を0.1~0.3に変化させた等配分でない場合の往復時間比は式(21), (22), (8)から表7を得る。

これから ε が大きい程 u の値が大になることがわかる。

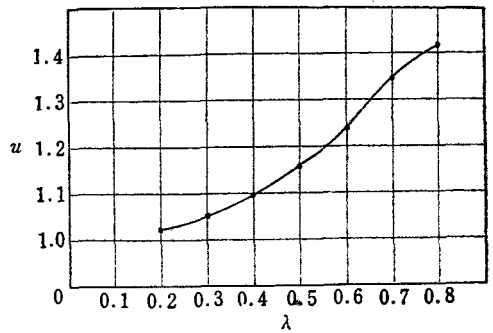


図8 最低押進め角の場合の λ, u の関係

表6 最低押進め角の場合の従動節の往復時間比

λ	φ_1	φ_2	θ_2	往きのカムの の回転角	戻りのカムの の回転角	u
0.2	83°37'	85°45'	265°45'	182° 8'	177°52'	1.022
0.3	79°50'	84°33'	264°33'	184°45'	175°17'	1.054
0.4	75°31'	83°44'	263°44'	188°13'	171°47'	1.095
0.5	70°32'	83°37'	263°37'	193° 5'	166°55'	1.155
0.6	64°38'	83°44'	263°44'	199° 6'	160°54'	1.237
0.7	57°25'	84°33'	264°33'	207° 8'	152°52'	1.355
0.8	48°11'	85°45'	265°45'	217°26'	142°26'	1.424

§ 7 かたより円板カムの従動節のリフト

従動節の変位は式(4)で与えられているのでこれを变形すれば

$$\frac{h}{r} = \sqrt{1 - (\lambda \cos\theta + \varepsilon)^2} - \lambda \sin\theta - \sqrt{(1-\lambda)^2 - \varepsilon^2} \dots\dots\dots(23)$$

で与えられ、そのリフト H は

$$H = \sqrt{(r+c)^2 - e^2} - \sqrt{(r-c)^2 - e^2} \dots\dots\dots(24)$$

表7 $\lambda = 0.5, \varepsilon = 0.1 \sim 0.3$ の場合の往復時間比 u

ε	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
u	1.089	1.155	1.194	1.255	1.327

となるので、これを变形すれば

$$\frac{H}{r} = \sqrt{(1+\lambda)^2 - \varepsilon^2} - \sqrt{(1-\lambda)^2 - \varepsilon^2} \dots (25)$$

いま最低押進め角の場合は式(18)の $\varepsilon = \lambda(1-\lambda)/(2-\lambda)$ を式(25)に代入して

$$\frac{H}{r} = \frac{2\sqrt{1+\lambda-\lambda^2} - \sqrt{2\lambda(1-\lambda)}}{2-\lambda} \text{ (最低押進め角の場合)} \dots (26)$$

これに $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ を代入して H/r を求めれば表8と図9を得る。これから λ の増加と共に H/r は増加し、 λ を一定とした場合は図10に示すように ε の増加と共に H/r は増加する。

表8 最低押進め角 ϕ_m の場合のリフト H/r

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$\frac{H}{r}$	0.8825	0.9129	0.9550	1.0194	1.0850	1.1938	1.3229

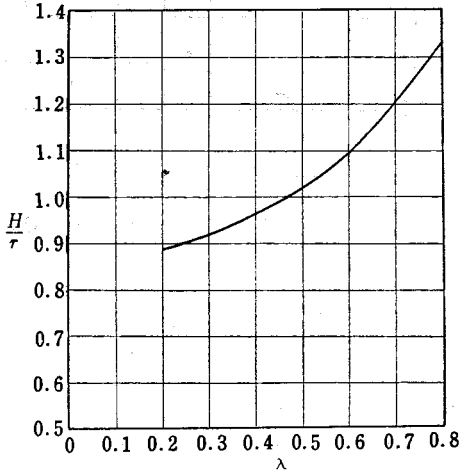


図9 最低押進め角の場合の λ に対する H/r

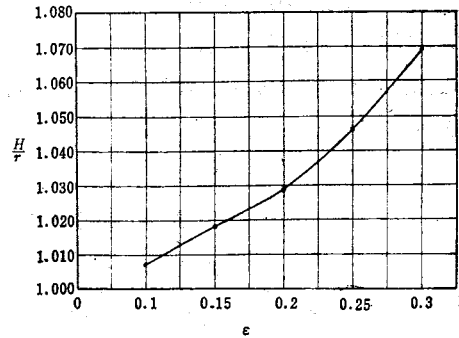


図10 $\lambda = 0.5$ の場合の ε に対する H/r

§ 8 かたより円板カムの加速度

かたより円板カムの加速度は式(5)で与えられているが、これを变形すれば次式を得る。

$$\frac{a}{\omega^2 r} = \lambda \left\{ \frac{\lambda \cos^2 \theta - \lambda \sin^2 \theta + \varepsilon \cos \theta - \cos \theta (\lambda \cos \theta + \varepsilon)^3}{\{1 - (\lambda \cos \theta + \varepsilon)^2\}^{3/2}} + \sin \theta \right\} \dots (27)$$

図11は表4の最低押進め角の一例の $\lambda = 0.5$, $\varepsilon = 0.1667$ の場合の $r = 60\text{mm}$, $c = 30\text{mm}$ としたときの速度と加速度線図を図法で求めたものを示す。この図において従動節の往き行程の始点と終点における加速度は大きく始点では $a/\omega^2 = 13\text{mm}$, 終点では $a/\omega^2 = 45\text{mm}$ で終点の加速度は始点のその約3倍となる。

そこで一般的な場合の往き行程の始点と終点の加速度の式を求めるために $\cos \theta_1 = \varepsilon / (1 - \lambda)$ と $\cos \theta_2 = -\varepsilon / (1 + \lambda)$ を式(27)に代入して計算すれば

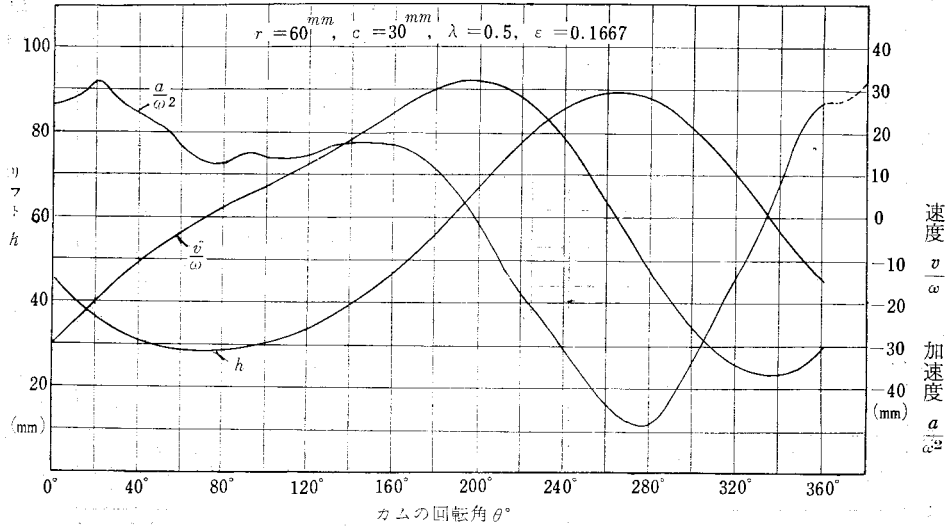


図11 円板カムのリフト，速度，加速度線図

$$\text{始点の加速度} \frac{a_1}{\omega^2 r} = + \frac{\lambda(1-\lambda)^2}{\sqrt{(1-\lambda)^2 - \epsilon^2}} \dots\dots\dots(28)$$

$$\text{終点の加速度} \frac{a_2}{\omega^2 r} = - \frac{\lambda(1+\lambda)^2}{\sqrt{(1+\lambda)^2 - \epsilon^2}} \dots\dots\dots(29)$$

が得られる。一例として $\lambda = 0.5$ ， $\epsilon = 0 \sim 0.3$ の場合の行き行程の始点と終点の加速度を求めれば表9と図12が得られる。

図12から λ が一定の場合 ϵ の増加とともに僅かに加速度は増加するが，かたよりのない場合と殆んど変化がない，すなわち加速度はかたより量に余り関係せぬ。

表9 $\lambda = 0.5$ ， $\epsilon = 0 \sim 0.3$ の場合の始点と終点の加速度

ϵ	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
始点の加速度 $\frac{a_1}{\omega^2 r}$	0.2500	0.2513	0.2552	0.2620	0.2728	0.2883
終点の加速度 $\frac{a_2}{\omega^2 r}$	-0.7500	-0.7504	-0.7517	-0.7538	-0.7568	-0.7606

最低押進め角の場合の始点と終点の加速度は式(18)の $\epsilon = \lambda(1-\lambda)/(2-\lambda)$ を式(28)，(29)に代入して

$$\text{始点の加速度} \frac{a_1}{\omega^2 r} = \frac{\lambda}{2} \sqrt{1-\lambda(2-\lambda)} \dots\dots\dots(30)$$

$$\text{終点の加速度} \frac{a_2}{\omega^2 r} = - \frac{\lambda(1+\lambda)^2(2-\lambda)}{2\sqrt{1+\lambda-\lambda^2}} \dots\dots\dots(31)$$

$\lambda = 0.1 \sim 0.8$ の場合の最低押進め角の始点と終点の加速度を表10と図13に示す。

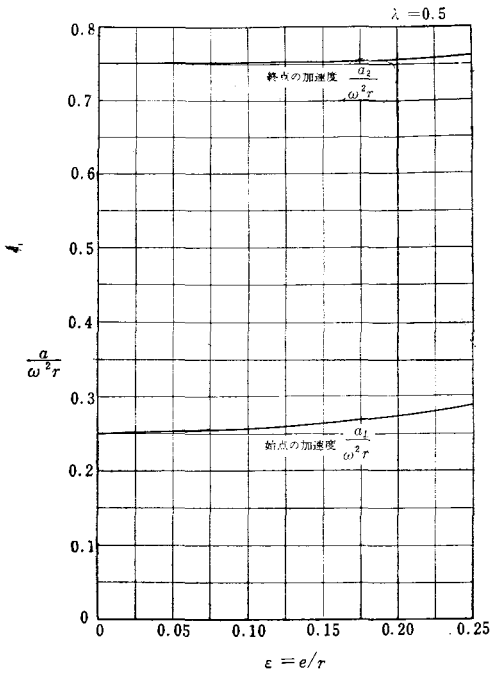


図12 $\lambda = 0.5$ のときの ϵ に対する加速度

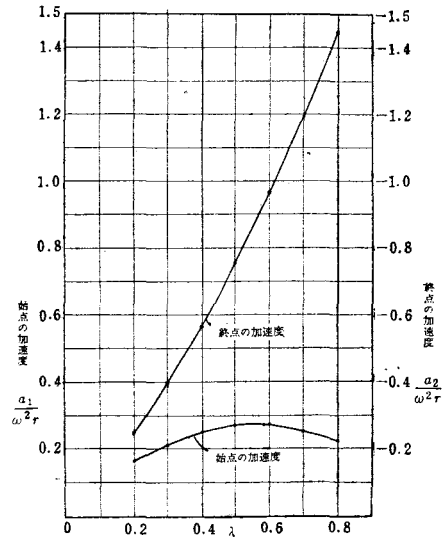


図13 λ に対する最低押進め角の始点と終点の加速度

表10 最低押進め角の始点と終点の加速度

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
始点の加速度 $\frac{a_1}{\omega^2 r}$	0.1610	0.2134	0.2479	0.2652	0.2656	0.2492	0.2266
終点の加速度 $\frac{a_2}{\omega^2 r}$	-0.2407	-0.3918	-0.5629	-0.7547	-0.9655	-1.1954	-1.4440

これから加速度は円板カムの偏心率の増加に伴ない特に終点の加速度は増加することがわかる。かたよりのない円板カムすなわち $\epsilon = 0$ の場合の往き行程の始点と終点の加速度は式(28), (29)の ϵ を零とすれば λ に対し容易に計算できるのでこれを表11に示す。

$\epsilon = 0$ と $\epsilon \neq 0$ の最低押進め角の場合すなわち表10と表11を比較すれば同じ λ に対して始点も終点も殆んど同じ加速度でかたより量の影響は見られない。

表11 かたよりのない ($\epsilon = 0$) の場合の始点と終点の加速度

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
始点の加速度 $\frac{a_1}{\omega^2 r}$	0.1600	0.2100	0.2400	0.2500	0.2400	0.2100	0.1600
終点の加速度 $\frac{a_2}{\omega^2 r}$	-0.2400	-0.3900	-0.5600	-0.7500	-0.9600	-1.1900	-1.4400

従動節の最大加速度は式(27)を θ で微分し、 $da/d\theta$ を零とおいて θ を求め、それを式(27)に代入して求められるはずであるが、計算が困難で成功しない。しかし表6から最低押進め角の場合は往

き行程の終点のカムの回転角 θ_2 は $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ の全般にわたりほぼ一定で 264° である。実際の最大加速度はこれより少し多い $270^\circ \sim 280^\circ$ であるように推測されるのでいま $\theta = 270^\circ$ としてこれを式(27)に代入して計算すれば次式を得る。

$$\frac{a}{\omega^2 r} = -\lambda \left\{ \frac{\lambda}{\sqrt{1-\varepsilon^2}(1-\varepsilon^2)} + 1 \right\} \dots\dots\dots(32)$$

いまこの式に式(18)の最低押進め角の式を代入するか、あるいは表4の λ 、 ε の値を代入して計算すれば、最低押進め角の場合の λ と、ほぼ同大と考えられる。 $\theta = 270^\circ$ の加速度は表12のようになり λ の増加と共に漸増する。

表12 最低押進め角の場合の近似最大加速度

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
近似最大 加速度 $\frac{a}{\omega^2 r}$	-0.2407	-0.3921	-0.5656	-0.7608	-0.9764	-1.2098	-1.46224

表10と比較し行き行程の終点の加速度と大差はない。

§ 9 行き行程の始点と終点の加速度比

従動節の始点の加速度 a_1 と終点の加速度の a_2 の絶対値の比を k とおけば式(28)、(29)より

$$k = \frac{a_2}{a_1} = \frac{(1+\lambda)^2}{\sqrt{(1+\lambda)^2-\varepsilon^2}} \times \frac{\sqrt{(1-\lambda)^2-\varepsilon^2}}{(1-\lambda)^2} \dots\dots\dots(33)$$

を得る。これから ε を求めれば次式が求められる。

$$\varepsilon^2 = \frac{(1+\lambda)^2(1-\lambda)^2\{(1+\lambda)^2-k^2(1-\lambda)^2\}}{(1+\lambda)^4-k^2(1-\lambda)^4} \dots\dots\dots(34)$$

いま $k=1$ の場合、 $\varepsilon = (1-\lambda)/\sqrt{2(1+\lambda^2)}$(35)

となるので $\lambda = 0.2 \sim 0.8$ のときの ε を表13に示す。

表13 $k=1$ の場合の λ に対する ε の値(式(35)より)

λ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
ε	0.5547	0.4741	0.3939	0.3162	0.2425	0.1738	0.1104

最低の押進め角の場合を考え $\varepsilon = \lambda(1-\lambda)/(2-\lambda)$ を式(33)に代入して整理すれば

$$k = \frac{2(1+\lambda)^4}{(1-\lambda)(2-\lambda)(1+2\lambda)} \dots\dots\dots(36)$$

となり λ に各値を代入して k を求めれば図14が得られる。図において λ の増加に伴い加速度比が急増するので大きな λ の値は利用できぬ。

例 題 かたより円板カムの従動節のリフトを $50mm$ とした場合の円板カムを設計する。

従動節の行き行程の加速度比 k が2倍のときと3倍のときを考え、最低押進め角の場合を計算する。

$k=2$ の場合、図14から $\lambda = 0.35$ 図13より

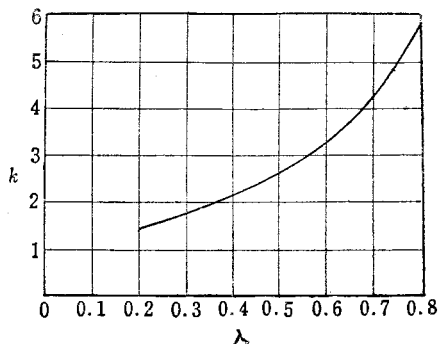


図14 最低押進め角の場合の加速度比

始点の加速度 $\frac{a_1}{\omega^2 r} = 0.23$

終点の加速度 $\frac{a_2}{\omega^2 r} = -0.46$

表8よりリフトは $\lambda = 0.35$ の場合

$$\frac{H}{r} = \frac{0.9129 + 0.9550}{2} = 0.934 \quad \therefore r = \frac{H}{0.934} = \frac{50}{0.934} = 53.533(\text{mm})$$

往復時間比は表6より $u = (1.054 + 1.095)/2 = 1.075$

押進め角 ϕ_m は表4より, $\phi_m = (10^\circ 10' + 14^\circ 29')/2 = 12^\circ 20'$

かたより率 ϵ も表4より $\epsilon = (0.1235 + 0.1500)/2 = 0.1367$

$\therefore c = 0.35 \times 53.533 = 18.737(\text{mm})$, $e = 0.1367 \times 53.533 = 7.318(\text{mm})$

$a_2 = -0.46 \times 53.533 \omega^2 = -24.625 \omega^2 < 9800$

$$\omega^2 < \frac{9800}{24.625} = 397.97 \quad n = \frac{30\sqrt{397.97}}{\pi} = 190(r.p.m)$$

$k = 3$ の場合図14から $\lambda = 0.55$, 図13から

始点の加速度 $\frac{a_1}{\omega^2 r} = 0.28$

終点の加速度 $\frac{a_2}{\omega^2 r} = -0.86$

表8よりリフトは $\lambda = 0.55$ の場合, $\frac{H}{r} = (1.019 + 1.085)/2 = 1.052$

$$r = \frac{H}{1.052} = \frac{50}{1.052} = 47.529(\text{mm})$$

往復時間比は表6より $u = (1.155 + 1.230)/2 = 1.192$

押進め角 ϕ_m は表4より $\phi_m = (19^\circ 28' + 25^\circ 22')/2 = 22^\circ 25'$

ϵ は表4より $\lambda = 0.55$ のとき $\epsilon = (0.1667 + 0.1714)/2 = 0.1190$

$\therefore c = 0.55 \times r = 0.55 \times 47.529 = 26.141(\text{mm})$, $e = 0.1190 \times 47.529 = 5.656(\text{mm})$

$a_2 = -0.86 \times 47.529 \omega^2 = -40.8749 \omega^2 < 9800$

$$\therefore \omega^2 < \frac{9800}{40.8749} = 239.755 \quad \therefore n = \frac{30}{\pi} \omega = \frac{30\sqrt{239.755}}{\pi} = 148(r.p.m)$$

§10 結 言

往復動従動節を有する円板カムにおいて、一定な半径の円板をどの程度偏心させまた従動節をどの程度かたよらせれば従動節に対する最低の押進め角が与えられるかがわかった。また従動節の加速度を最小ならしめるために努力したが加速度はかたより量には余り影響のないことがわかった。これらの研究のため偏心量 c とかたより量 e を半径 r を基準とし λ , ϵ で表示したが、これらの理論を円弧カムや接線カムに応用するには r が変化したり、無限大となったりするので、 e を基準にするものに変形する必要があるように思われる。しかし e を基準にする場合はかたよりのないカムの場合との比較が困難であるので本研究においては r を基準として e の影響を調べた。

文 献

- (1) T. Bevan, "The Theory of Machines" Longmans, 1939, p. 292.

(昭和40年9月1日受付)

ウイトウォースの早戻り機構の研究 (第1報)

(機械工学科) 糸島寛典, 西本 進, 日高輝雄

Studies on Whitworth's Quick Return Motion Mechanism

H. ITOSHIMA, S. NISHIMOTO and T. HIDAKA

In this report we discuss the mechanism of a modified Whitworth's quick return motion which moves with a constant time-ratio of going to returning.

The slider of the Whitworth's mechanism which has the high time-ratio of going to returning, presents very large acceleration at both ends of a stroke while the crank rotates constantly.

By modifying the components of the mechanism, the length of every link, the angle between two links and the offset value of the slider, this large acceleration can be made smaller.

For this study, theoretical analysis is done, and the experiments are carried out, by using the model mechanisms made by us and the acceleration meter with the strain gauge in it.

(Received Spet. 1, 1965)

§ 1 緒 言

スライダが早戻り運動を行う往復運動機構には多くの型があるが、往復時間比の大きい早戻り運動機構の代表的な型はウイトウォースの機構である。しかしこの機構のクランクを定速回転した場合、その行程の両端においてスライダの加速度は非常に大きい。この加速度はできる限り小さいことが望ましいので、この機構の各要素すなわち各リンクの長さ、リンクのなす角およびスライダのかたより等を種々変化させることによってこの加速度の最も小さい場合を見出して、この機構を改良することが本研究の目的である。しかしながらこの機構はリンク機構としては複雑な6節機構であり、且変化せしめ得る要素が多いので、その解析は非常に困難であり、特にスライダの加速度の計算は複雑なので、スライダが等加速度に近い変位をするものを選び、その模型を製作し、ストレンゲージを有する加速度計を模型のスライダに配置して実験を行った。

§ 2 機構の解析

図1は修正されたウィットウォース早戻り機構で、リンク1 (AB) は固定リンク (長さ d)、リンク2 (AC) はクランク (長さ a)、リンク3はスライダでBC上を滑る。リンク4 (CBD) は α の角をなす揺動レバー、リンク5 (DE) は接続棒 (長さ l)、リンク6はレバー4の回転中心Bを通りABに β の角をなす線に対し e だけかたよっている。

この機構において $\alpha = 180^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $e = 0$ の場合がウィットウォースの機構である。

いま $\angle CAH = \theta$, $\angle CBA = \phi$, $\angle CBD = \alpha$, $\angle ABX = \beta$, $\angle DBX = \varphi$ とし BX 方向のスライダ6のE点の変位 X の一般式を求めよう。

この機構においてリンク1, 2, 3, 4 は回りスライダクランク機構であるので次式を得る。

$$\tan \phi = \frac{a \sin \theta}{a \cos \theta + d} \dots\dots\dots (1)$$

あるいは

$$\theta = \phi + \sin^{-1} \left(\frac{\sin \phi}{a/d} \right) \dots\dots\dots (1')$$

リンク1, 4, 5, 6 はオフセットスライダクランク機構で、スライダの変位 X は次式で与えられる。

$$X = b \cos \varphi + \sqrt{l^2 - (b \sin \varphi - e)^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ただし } \varphi = \alpha - \beta + \phi \dots\dots\dots (3)$$

よって $a, b, d, e, l, \alpha, \beta, \theta$ が与えられれば式(1)より ϕ が式(3)より φ が求められ、式(2)により X が求められる。

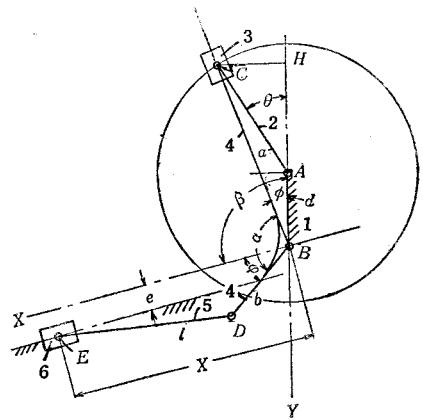


図1 修正されたウィットウォース早戻り機構

§ 3 スライダの最小、最大変位

最大の場合 図2において X_{max} のときはリンク4, 5が一直線上にあるすなわちEがBDの延長上にあるときで、このときの θ, ϕ, φ をそれぞれ $\theta_1, \phi_1, \varphi_1$ とすれば

$$\cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1 \right) = \frac{e}{l + b}, \quad \phi_1 = \alpha - \varphi_1 - \beta$$

$a \sin(\theta_1 - \phi_1) = d \sin \phi_1$ から θ_1 と X_{max} は次式で与えられる。

$$\theta_1 = \alpha - \beta - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} \frac{e}{l + b} + \sin^{-1} \left\{ \frac{d}{a} \sin \left(\alpha - \beta - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} \frac{e}{l + b} \right) \right\} \dots\dots\dots (4)$$

$$X_{max} = \sqrt{(l + b)^2 - e^2} \dots\dots\dots (5)$$

最小の場合 図3に示すように X_{min} のときはリンク4, 5が重なるときで, このときの θ, ϕ, φ をそれぞれ $\theta_2, \phi_2, \varphi_2$ とすれば

$$\cos\left(\frac{3}{2}\pi - \varphi_2\right) = \frac{e}{l-b}, \quad \phi_2 = \varphi_2 - \alpha + \beta,$$

$$a \sin(\theta_2 - \phi_2) = d \sin \phi_2$$

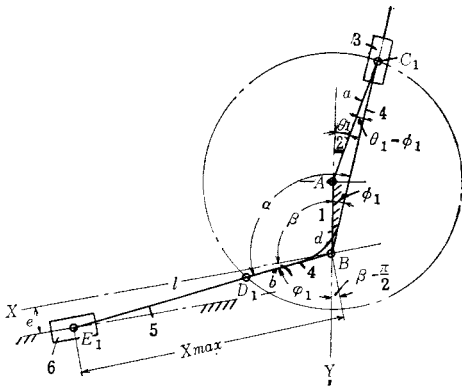


図2 スライダの最大変位

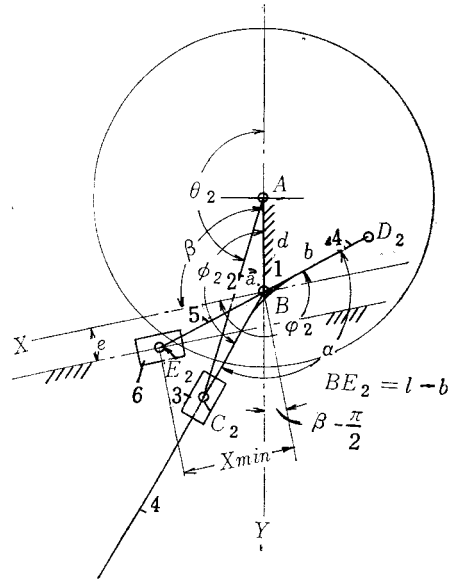


図3 スライダの最小変位

から, θ_2 と X_{min} は次式で与えられる。

$$\theta_2 = \frac{3}{2}\pi + \beta - \alpha - \cos^{-1} \frac{e}{l-b} + \sin^{-1} \left\{ \frac{d}{a} \sin \left(\frac{3}{2}\pi + \beta - \alpha - \cos^{-1} \frac{e}{l-b} \right) \right\} \dots \dots \dots (6)$$

$$X_{min} = \sqrt{(l-b)^2 - e^2} \dots \dots \dots (7)$$

§4 スライダの往復時間比(早戻り比)

クランクは等速回転しているので, クランクが $\theta_1 + \theta_2$ だけ回転すればスライダは X_{min} の位置から X_{max} の位置に行き, それからクランクの $2\pi - (\theta_1 + \theta_2)$ の回転でスライダは元の位置に戻る。よって往復時間比 u は

$$\text{往復時間比 } u = \frac{\text{往きの時間}}{\text{戻りの時間}} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2\pi - (\theta_1 + \theta_2)} \dots \dots \dots (8)$$

ここに $\theta_1 + \theta_2$ は式(4), (6)から求まる。

$$\theta_1 + \theta_2 = \pi + \cos^{-1} \frac{e}{l+b} - \cos^{-1} \frac{e}{l-b} + \sin^{-1} \left\{ \frac{d}{a} \sin \left(\frac{3}{2}\pi + \beta - \alpha - \cos^{-1} \frac{e}{l-b} \right) \right\}$$

$$+ \sin^{-1} \left\{ \frac{d}{a} \sin \left(\alpha - \beta - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} \frac{e}{l+b} \right) \right\} \dots \dots \dots (9)$$

$\beta = 90^\circ, e = 0$ の場合 リンク4のなす角 α のみの変化で往復時間比 u がどのように変化するかを求めるため, $\beta = 90^\circ, e = 0$ とおけば $\theta_1 + \theta_2$ は式(4), (6)および式(9)から (ただし $\alpha > 90^\circ, \alpha > \beta$) 次式が得られる。

$$\theta_1 = \alpha - \frac{\pi}{2} + \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \alpha}{a/d}\right), \quad X_{max} = l + b \dots\dots\dots(10)$$

$$\theta_2 = \frac{3}{2}\pi - \alpha + \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \alpha}{a/d}\right), \quad X_{min} = l - b \dots\dots\dots(11)$$

$$\theta_1 + \theta_2 = \pi + 2 \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \alpha}{a/d}\right) \dots\dots\dots(12)$$

α = 180°, 135°, 90°, a/d = 1 ~ 5 の場合式(12)を式(8)に代入し、各 u を計算したものを表 1 と図 4 に示す。

表 1 往復時間比 u (β = 90°, e = 0)

a/d	α = 180°	α = 135°	α = 90°
	u	u	u
1	∞	3.000	1.000
1.3	3.532	2.155	1.000
1.5	2.735	1.909	1.000
2	2.000	1.597	1.000
3	1.552	1.357	1.000
4	1.384	1.255	1.000
5	1.294	1.199	1.000

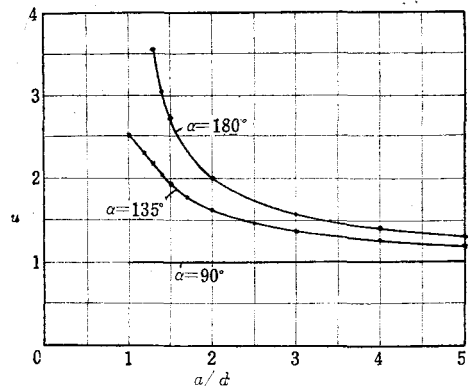


図 4 α の変化に対する u

式 (12) から明らかなように β = 90°, e = 0 では α > π の場合において α = π + δ とすれば α = π - δ の場合と同じ θ₁ + θ₂ をとるので α = 225° と α = 135° は同じ a/d に対し同じ u をとる。このことから α < π の場合を調べればよい。図 4 において α = 180°, 135° は a/d = 2 の附近で急に u が増加する。式(8)から θ₁ + θ₂ を求め、式(12)の左辺に代入すれば

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{2u\pi}{1+u} = \pi + 2 \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \alpha}{a/d}\right)$$

となるから、この式を変形して a/d を求めれば次式が得られる。

$$\frac{a}{d} = \frac{-\cos \alpha}{\sin \frac{\pi(u-1)}{2(u+1)}} \dots\dots\dots(13)$$

いま u = 2, 3, 4, とすれば a/d と α の間は表 2 および図 5 のようになる。

式(13)の a/d を式(10)に代入して θ₁ を求めれば次式を得る。

$$\theta_1 = \alpha - \frac{\pi}{u+1} \dots\dots\dots(14)$$

表2 $u, a/d, \alpha$ の関係

u	2	3	4
a/d	$-2\cos\alpha$	$-\sqrt{2}\cos\alpha$	$-1.2361\cos\alpha$

$u = 2$ のときは、 $\theta_1 = \alpha - 60^\circ$ 、 $a/d = -2\cos\alpha$ から表3を得る。

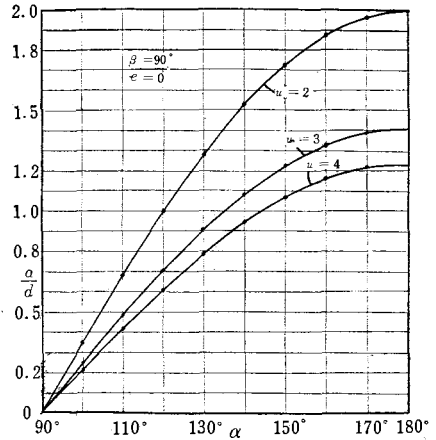


図5 $u, a/d, \alpha$ の関係

表3 $u = 2$ のときの a/d と θ_1 の値 ($\beta = 90^\circ, e = 0$)

α	180°	165°	150°	135°	120°	105°
a/d	2.000	1.9319	1.7321	1.4142	1.000	0.5176
θ_1	120°	105°	90°	75°	60°	45°

§5 スライダの変位 ($\beta = 90^\circ, e = 0$)

$\beta = 90^\circ, e = 0$ の場合、スライダの変位 x を図6に示すように E_1 からとり、スライダの行程を s とすれば式(10)、(11)から s, x は

$$s = l + b - (l - b) = 2b$$

$$x = l + b - (b \cos\varphi + \sqrt{l^2 - b^2} \sin^2\varphi)$$

となる。いま $l/b = \lambda$ とおき x/s を求めれば次のようになる。

$$\frac{x}{s} = \frac{\lambda}{2} + \frac{1}{2} - \left(\frac{1}{2} \cos\varphi + \frac{\lambda}{2} \sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2} \sin^2\varphi} \right) \dots (15)$$

$\lambda = 3$ とし、 φ を 0° から 15° おきにとった値を式(15)に代入すれば x/s は表4のようなになる。この値は図7に示される。 $\beta = 90^\circ, e = 0$ の場合は式(1)、(3) から φ が計算され、式(15)より x/s が求まる。

φ に対する x/s が与えられた場合は式(3)を用いて φ を求め、式(1)'より θ を求めればよい。 θ が求まればこれに θ_1 を加えたものすなわち $\theta = \theta + \theta_1$ が $x = 0$ の場合のクランクの始点からのクランクの回転角となる。

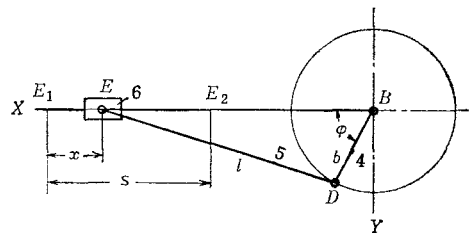


図6 φ に対する変位 x/s

表4 $\lambda = 3$ の15°おきの φ に対する変位 x/s の値 ($e = 0$)

φ	x/s	φ	x/s
0°, 360°	0.0000	105°, 255°	0.7093
15°, 345°	0.0231	120°, 240°	0.8139
30°, 330°	0.0880	135°, 225°	0.8958
45°, 315°	0.1887	150°, 210°	0.9540
60°, 300°	0.3139	165°, 195°	0.9886
75°, 285°	0.4505	180°	1.0000
90°, 270°	0.5858		

いま $u = 2$, $\beta = 90^\circ$, $e = 0$ の場合, $\alpha = 180^\circ, 165^\circ, 150^\circ$ に対するクランクの回転角 θ を求めるには, 表2から $a/d = -2\cos\alpha$ を式(1)' に代入し, 式(3)を用いて次式を得る。

$$\theta = \phi + \sin^{-1}\left(\frac{\sin\phi}{-2\cos\alpha}\right), \quad \phi = 90^\circ - (\alpha - \varphi)$$

表5は $\varphi = 0^\circ \sim 360^\circ$ まで15°おきの値に対する θ の値と表3により各 α に対する θ_1 の値を求め, θ の値を求めたものである。

表5 リンクBDの角変位に対するクランクACの角変位

$\varphi \backslash \alpha$	$\theta_1 + \theta$			$\varphi \backslash \alpha$	$\theta_1 + \theta$		
	180°	165°	150°		180°	165°	150°
0°	0°	0°	0°	195°	253°53'	251°38'	249°5'
15°	16°7'	18°22'	20°54'	210°	265°40'	261°28'	256°47'
30°	34°20'	38°32'	43°13'	225°	275°42'	270°	263°36'
45°	54°18'	60°	67°24'	240°	284°29'	277°42'	270°
60°	75°31'	82°18'	90°	255°	292°26'	285°	276°24'
75°	97°34'	105°	112°36'	270°	300°	293°18'	283°13'
90°	120°	127°42'	136°47'	285°	307°34'	300°	290°55'
105°	142°26'	150°	159°6'	300°	315°21'	308°32'	300°
120°	164°29'	171°28'	180°	315°	324°18'	318°22'	311°7'
135°	185°42'	191°38'	198°54'	330°	334°20'	329°51'	324°44'
150°	205°40'	210°	215°16'	345°	346°7'	343°50'	341°6'
165°	223°53'	226°10'	228°54'	360°	360°	360°	360°
180°	240°	240°	240°				

図7は θ と x/s の関係を表4と表5を用いて求めたものである。

図7において行き行程の始点と終点の位置をA, Bとすれば, もしスライダの変位がABの直線となれば, スライダは等速度で運動し, A, B点の加速度は無限大となる。この無限大の加速度はクランクの高速回転に合せぬから, 加速度を一定にするのが望ましい。加速度が一定の場合は変位

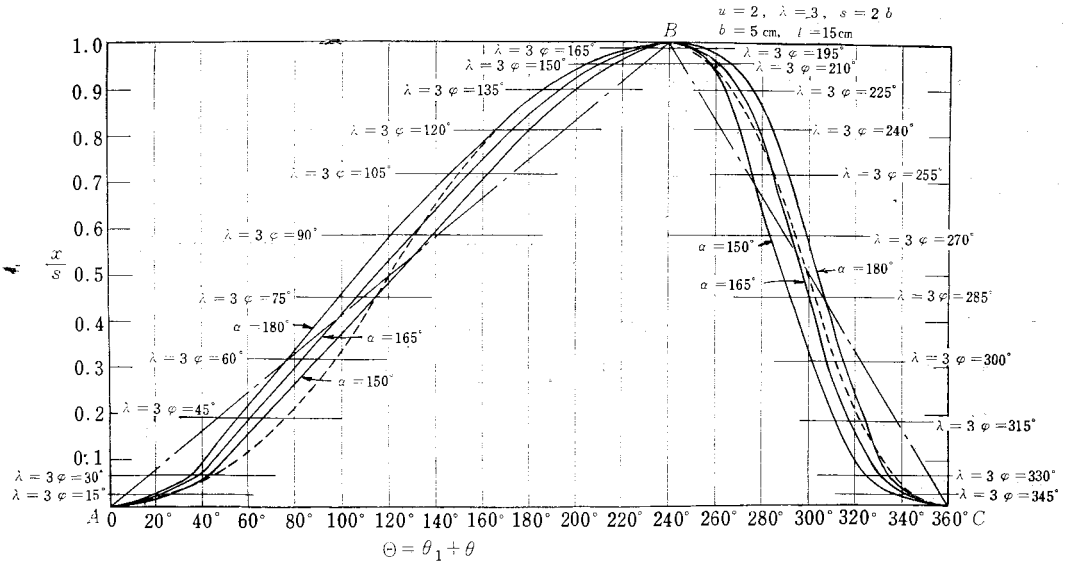


図7 $u = 2, \lambda = 3, \beta = 90^\circ, e = 0$ の場合のスライダの変位線図

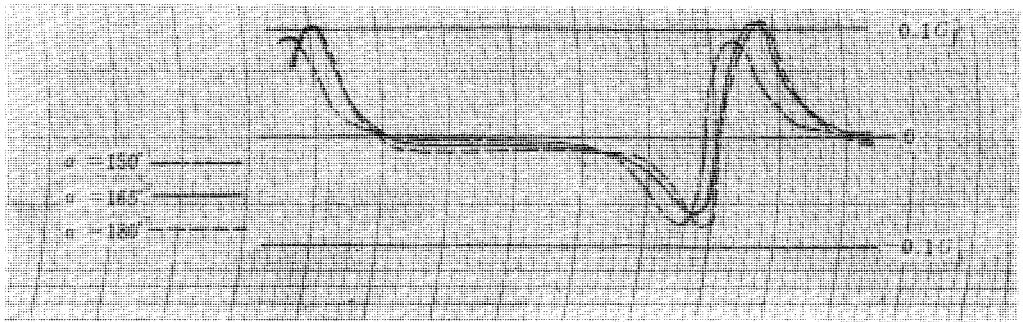


図8 $u = 2, \lambda = 3, \beta = 90^\circ, \alpha = 150^\circ, 165^\circ, 180^\circ$ の加速度線図

線図が図に破線で示す放物線となればよい。

そこでこの等加速度曲線（放物線）に最も近くなるように α, β, e の値を選べば始点および終点附近の加速度を低い値にすることができる。往復時間比 u が 2 であるので戻りは往きに比し平均 2 倍の早さで戻るため戻り行程の加速度が特に重要である。図において $\alpha = 180^\circ$ の場合は往き行程の前半において加速度がかなり高くなり後半においては最良の低い加速度をもつことがわかり、戻り行程においては始めはかなり低いが後半の 320° すぎでかなり高い加速度になる。

$\alpha = 150^\circ$ の場合を $\alpha = 180^\circ, 165^\circ$ のものに比較すれば往き行程の終りで少し高い加速度であるが、戻り行程の後半最も低い、 $\alpha = 150^\circ$ 以下は悪くなる。

図 8 は図 13 に示す模型により加速度計を用いて実測した曲線で $\alpha = 150^\circ$ の場合が加速度が一番低いことが明らかとなる。

§ 6 角 β を考慮に入れた場合の変位線図 ($e = 0$)

$\beta = 90^\circ, e = 0$ の場合 s, x は図 7 と同様に表示されるので x/s は式 (15) で示され、 $\lambda = 3$

の場合は表4が用いられる。

$\beta \approx 90^\circ$, $e = 0$ の場合 $\theta_1 + \theta_2$ は式(9)より

$$\theta_1 + \theta_2 = \pi + 2 \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin(\alpha - \beta)}{a/d} \right\} \dots \dots \dots (16)$$

となる。しかるに式(8)よりの $\theta_1 + \theta_2 = 2u\pi / (1+u)$ から

$$\frac{a}{d} = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\frac{\pi(u-1)}{\sin \frac{2(u+1)}{2}}} \dots \dots \dots (17)$$

これから $u = 2$ の場合 $a/d = 2 \sin(\alpha - \beta)$ となる。

次に θ_1 を求めるには式(4)に $e = 0$ を代入して次式を得る。

$$\theta_1 = \alpha - \beta + \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin(\alpha - \beta)}{a/d} \right\} \dots \dots \dots (18)$$

これに式(17)の a/d を代入すれば

$$\theta_1 = \alpha - \beta + \frac{\pi(u-1)}{2(u+1)} \dots \dots \dots (19)$$

これらの式から $u = 2$, $\alpha = 150^\circ$, $\beta = 80^\circ, 90^\circ, 110^\circ$ の場合の a/d と θ_1 を求めれば表6のようになる。

表6 $u = 2$, $\alpha = 150^\circ$ のときの a/d と θ_1 の値 ($e = 0$)

β	80°	90°	100°	110°
a/d	1.8794	1.7321	1.5321	1.2856
θ_1	100°	90°	80°	70°

つぎに式(3)から $\phi = \varphi - \alpha + \beta$, これを式(1)' に代入すれば

$$\theta = \varphi - \alpha + \beta + \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin(\varphi - \alpha + \beta)}{a/d} \right\} \dots \dots (20)$$

ただし a/d は式(17)で与えられる。
いま $u = 2$, $\alpha = 150^\circ$ の場合 $\varphi = 0^\circ \sim 360^\circ$, $\beta = 80^\circ, 90^\circ, 100^\circ$ の場合の θ を式(20)より求め、表6の θ_1

を加えたクランクの回転角 θ を求めれば表7のようになる。表7と表4を組合せて図9が得られる。

図9において破線は等加速度曲線で行き行程の始点では $\beta = 100^\circ$ の加速度が一番低く、終点では $\beta = 80^\circ$ の加速度が一番低く、戻り行程の前半では $\beta = 80^\circ$ の加速度が低く、後半では $\beta = 100^\circ$ が低い。

図10は模型による実験の結果でこれから $\beta = 90^\circ$ が一番加速度が低いことがわかる。

§7 オフセット量 e を考慮した場合の変位線図

a/d の決定 $e \approx 0$ の場合は $\theta_1 + \theta_2$ は式(9)で、 u に対する $\theta_1 + \theta_2$ は式(8)で与えられているので u が指定された場合、式(8)から $\theta_1 + \theta_2$ を求め、式(9)より指定された $\alpha, \beta, \lambda, e/b$ に対する a/d を求める。式(8), (9)から

表7 $u=2, \lambda=3, \alpha=150^\circ$ の場合, $\beta=80^\circ, 90^\circ, 100^\circ$ の x/s

φ	$\theta_1 + \theta$			φ	$\theta_1 + \theta$		
	80°	90°	100°		80°	90°	100°
0°	0°	0°	0°	195°	$250^\circ 51'$	$249^\circ 5'$	$246^\circ 59'$
15°	$19^\circ 9'$	$20^\circ 54'$	$23^\circ 1'$	210°	260°	$256^\circ 47'$	$252^\circ 45'$
30°	40°	$43^\circ 13'$	$47^\circ 16'$	225°	268°	$263^\circ 36'$	$258^\circ 16'$
45°	62°	$67^\circ 24'$	$71^\circ 44'$	240°	$275^\circ 18'$	270°	$263^\circ 30'$
60°	$84^\circ 42'$	90°	$96^\circ 30'$	255°	$282^\circ 20'$	$276^\circ 24'$	$268^\circ 59'$
75°	$107^\circ 40'$	$112^\circ 36'$	$121^\circ 1'$	270°	$289^\circ 31'$	$283^\circ 13'$	$275^\circ 32'$
90°	$130^\circ 29'$	$136^\circ 47'$	$144^\circ 28'$	285°	$297^\circ 14'$	$290^\circ 55'$	$282^\circ 41'$
105°	$152^\circ 46'$	$159^\circ 6'$	$167^\circ 19'$	300°	$305^\circ 57'$	300°	$292^\circ 10'$
120°	$174^\circ 3'$	180°	$187^\circ 50'$	315°	$316^\circ 10'$	$311^\circ 7'$	$304^\circ 27'$
135°	$193^\circ 50'$	$198^\circ 54'$	$205^\circ 33'$	330°	$328^\circ 24'$	$324^\circ 44'$	320°
150°	$211^\circ 36'$	$215^\circ 16'$	220°	345°	$342^\circ 59'$	$341^\circ 6'$	$338^\circ 44'$
165°	$227^\circ 1'$	$228^\circ 54'$	$231^\circ 16'$	360°	360°	360°	360°
180°	240°	240°	240°				

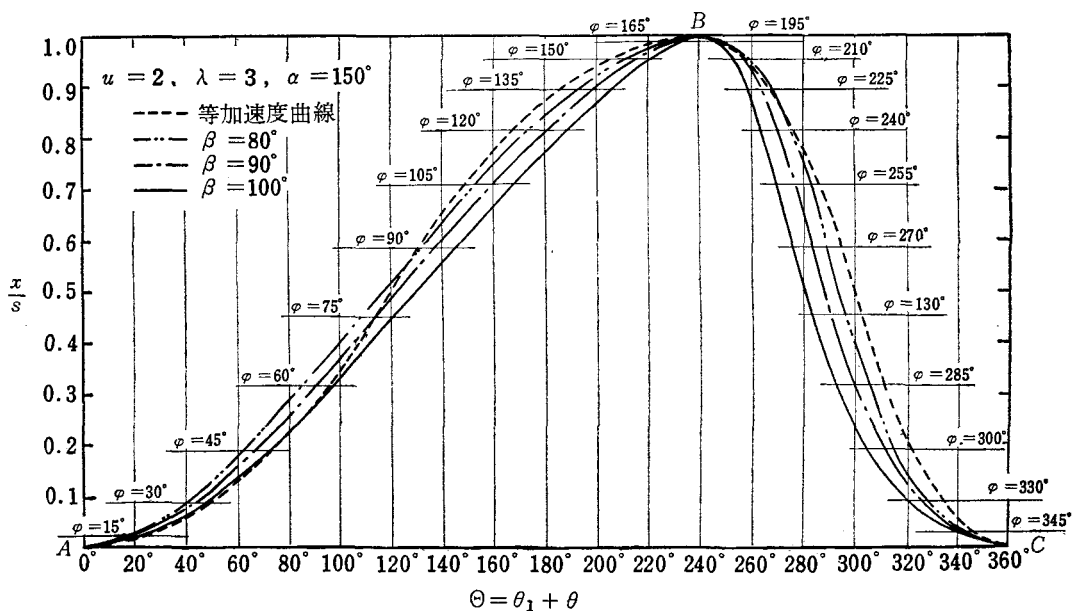


図9 $u=2, \alpha=150^\circ, \beta=80^\circ, 90^\circ, 100^\circ$ の場合の変位線図

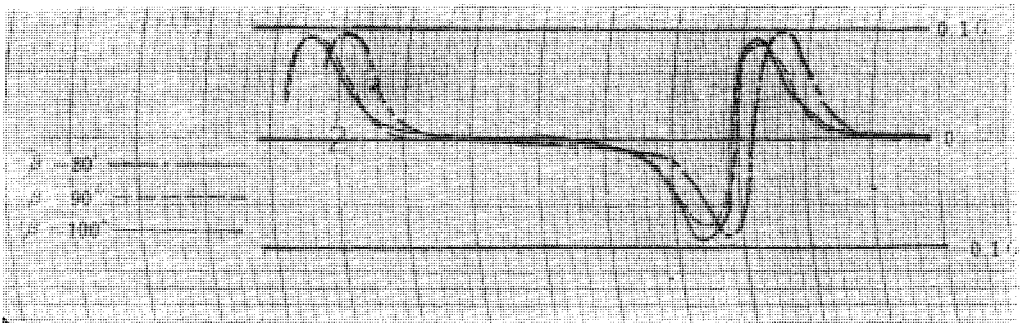


図10 $u = 2, \lambda = 3, \alpha = 150^\circ, \beta = 80^\circ, 90^\circ, 100^\circ$ の場合の実験の結果の加速度

$$\sin^{-1} \left\{ \frac{\sin \left(\frac{3}{2} \pi + \beta - \alpha - \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda - 1} \right)}{a/d} \right\} + \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin \left(\alpha - \beta - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} \right)}{a/d} \right\}$$

$$= \frac{u-1}{u+1} \pi - \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} + \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda - 1} \dots\dots\dots (21)$$

これから a/d を求めるために、

$$a/d = x,$$

$$A = \sin \left(\frac{3}{2} \pi + \beta - \alpha - \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} \right)$$

$$B = \sin \left(\alpha - \beta - \frac{\pi}{2} + \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} \right)$$

$$C = \sin \left(\frac{u-1}{u+1} \pi - \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} + \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda - 1} \right) \dots\dots\dots (22)$$

とおけば式(21)は

$$\sin^{-1} \left(\frac{A}{x} \right) + \sin^{-1} \left(\frac{B}{x} \right) = \sin^{-1} C = \sin^{-1} \left(\frac{A}{x} \sqrt{1 - \frac{B^2}{x^2}} + \frac{B}{x} \sqrt{1 - \frac{A^2}{x^2}} \right)$$

となるので、これから $A\sqrt{x^2 - B^2} + B\sqrt{x^2 - A^2} = cx^2$ を得る。これから x^2 が求められる。

$$x^2 = \left(\frac{a}{d} \right)^2 = \frac{A^2 + B^2 \pm 2AB\sqrt{1 - C^2}}{C^2} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{ただし } \sqrt{1 - C^2} = \cos \left(\frac{u-1}{u+1} \pi - \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda + 1} + \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda - 1} \right) \dots\dots\dots (22)'$$

これから a/d が求められる。

変位の決定 $e \neq 0$ の場合図11において

$$\sin \varphi_1 = \frac{e}{l+b} = \frac{e/b}{1+\lambda} \dots\dots\dots (24)$$

$$S = X_{max} - X_{min}$$

$$= \sqrt{(l+b)^2 - e^2} - \sqrt{(l-b)^2 - e^2} \dots\dots\dots (25)$$

$$x = \sqrt{(l+b)^2 - e^2} - b \cos(\varphi + \varphi_1) + \sqrt{l^2 - \{b \sin(\varphi + \varphi_1) - e\}^2} \dots\dots\dots (26)$$

$$\therefore \frac{x}{s} = \frac{x/b}{s/b} = \frac{\sqrt{(\lambda+1)^2 - (e/b)^2} - \cos(\varphi + \varphi_1) + \sqrt{\lambda^2 - \{\sin(\varphi + \varphi_1) - (e/b)\}^2}}{\sqrt{(\lambda+1)^2 - (e/b)^2} - \sqrt{(\lambda-1)^2 - (e/b)^2}} \dots\dots\dots (27)$$

回転角の決定 図11において $\beta + \varphi_1 + \varphi = \phi + \alpha$ から

$$\phi = \beta - \alpha + \varphi_1 + \varphi, \quad \theta = \phi + \sin^{-1}\left(\frac{\sin \phi}{a/d}\right) \dots \dots \dots (28), (29)$$

θ_1 は式(4)より求められるのでクランクの回転角 $\theta = \theta_1 + \theta$ は求まる。

例えば $u=2, \lambda=3, \alpha=150^\circ, \beta=90^\circ, e/b=0.7$ とすれば

$$\cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda-1} = \cos^{-1} \frac{0.7}{3-1} = 69^\circ 31', \quad \cos^{-1} \frac{e/b}{\lambda+1} = \cos^{-1} \frac{0.7}{3+1} = 79^\circ 55'$$

式(22), (22)'より

$$A = \sin(270^\circ + 90^\circ - 150^\circ - 69^\circ 31') = \sin 140^\circ 29' = 0.63630$$

$$B = \sin(150^\circ - 90^\circ - 90^\circ + 79^\circ 55') = \sin 49^\circ 55' = 0.76511$$

$$C = \sin\left(\frac{2-1}{2+1} \pi - 79^\circ 55' + 69^\circ 31'\right) = \sin 49^\circ 36' = 0.76154$$

$$\sqrt{1-C^2} = \cos 49^\circ 36' = 0.64812$$

これらを式(23)に代入して計算すれば

$$\frac{a}{d} = 1.6720, \quad \frac{a}{d} < 1 \text{ の場合は利用せぬ}$$

$$\text{式(27)より } \frac{s}{b} = \sqrt{(3+1)^2 - 0.7^2} - \sqrt{(3-1)^2 - 0.7^2} = 2.06477$$

$$\text{式(24)より } \sin \varphi_1 = \frac{0.7}{1+3} = 0.175 \quad \therefore \varphi_1 = 10^\circ 5'$$

$\varphi = 0^\circ \sim 360^\circ$ の 15° おきの x/s の値は式(27)から計算の結果表8を得る。

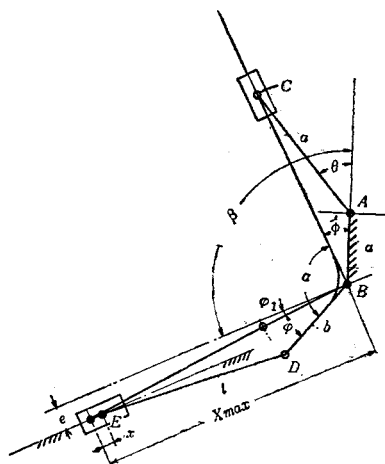


図11 オフセット量を考慮した場合のスライダの変位図

表8 $u=2, \lambda=3, \alpha=150^\circ, \beta=90^\circ, e/b=0.7$

φ	$\frac{x}{s}$	$\theta = \theta_1 + \theta$	φ	$\frac{x}{s}$	$\theta = \theta_1 + \theta$
0°	0	0°	$190^\circ 25'$	1.000	240°
15°	0.022	$22^\circ 13'$	195°	0.999	$242^\circ 15'$
30°	0.084	$45^\circ 28'$	210°	0.979	249°
45°	0.178	$69^\circ 18'$	225°	0.951	$255^\circ 10'$
60°	0.294	$93^\circ 15'$	240°	0.856	$261^\circ 13'$
75°	0.420	$116^\circ 55'$	255°	0.751	$267^\circ 33'$
90°	0.546	$139^\circ 53'$	270°	0.620	$274^\circ 35'$
105°	0.663	$161^\circ 36'$	285°	0.475	$282^\circ 52'$
120°	0.759	$181^\circ 27'$	300°	0.328	$293^\circ 1'$
135°	0.853	$198^\circ 49'$	315°	0.194	$305^\circ 39'$
150°	0.920	$213^\circ 19'$	330°	0.088	$321^\circ 9'$
165°	0.968	$225^\circ 2'$	345°	0.023	$339^\circ 26'$
180°	0.994	$234^\circ 28'$	360°	0.000	360°

ϕ が与えられた場合のクランクの回転角は例題の場合式(28)から

$$\phi = 90^\circ - 150^\circ + 10^\circ 5' + \varphi = -49^\circ 55' + \varphi$$

式(29)から $\theta = \phi + \sin^{-1}\left(\frac{\sin \phi}{1.672}\right)$

式(4)より

$$\theta_1 = 49^\circ 55' + \sin^{-1}\left(\frac{\sin 49^\circ 55'}{1.672}\right) = 77^\circ 9'$$

これから $\Theta = \theta_1 + \theta$ を求めたものを表 8 に示し、これを線図で図 12 に示す。

$u = 2, \lambda = 3, \alpha = 150^\circ, \beta = 90^\circ, e/b = -0.7$ の場合は

$$\cos^{-1} \frac{-0.7}{3-1} = -69^\circ 31', \quad \cos^{-1} \frac{-0.7}{3+1} = -79^\circ 55'$$

$$\frac{a}{d} = 1.6712$$

$$\frac{s}{b} = 2.06477 \quad \varphi_1 = -10^\circ 5'$$

$$\phi = \beta - \alpha + \varphi - \varphi_1 = 90^\circ - 150^\circ - 10^\circ 5' + \varphi = -70^\circ 5' + \varphi$$

$$\phi_1 = \alpha - \beta + \varphi_1 = 70^\circ 5'$$

式(4)より $\theta_1 = 70^\circ 5' + \sin^{-1} \frac{0.94019}{1.67120} = 104^\circ 19'$

クランクの回転角 $\Theta = \theta_1 + \theta$ は式(29)から $\varphi = 0^\circ \sim 360^\circ$ に対し求められ表 9 はこれを示す。これらの結果を図 12 に示す。

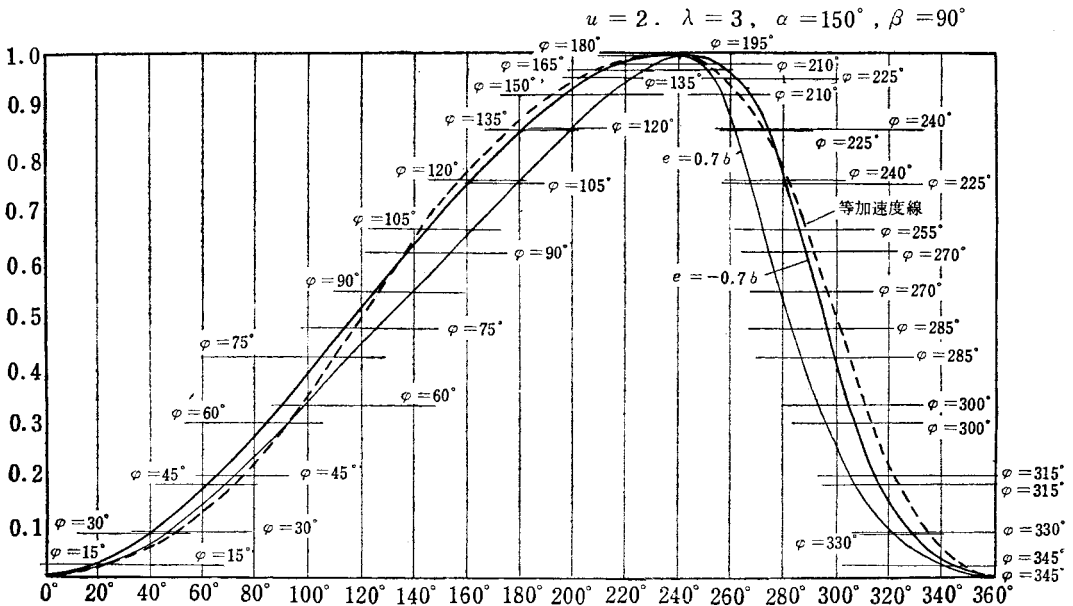


図12 オフセット量を考慮した場合のスライダの変位線図

図12から $e/b = 0.7$ よりも $e/b = -0.7$ の方が良好なことを示す。

表9 $u=2, \lambda=3, \alpha=150^\circ, \beta=90^\circ, e/b=-0.7$

φ	x/s	$\Theta = \theta_1 + \theta$	φ	x/s	$\Theta = \theta_1 + \theta$
0°	0.000	0°	195°	0.968	258°37'
15°	0.023	19°51'	210°	0.920	266°54'
30°	0.088	41°34'	225°	0.853	273°56'
45°	0.194	64°32'	240°	0.759	280°15'
60°	0.328	88°13'	255°	0.663	286°18'
75°	0.475	112°10'	270°	0.546	292°28'
90°	0.620	136°	285°	0.420	299°12'
105°	0.751	159°16'	300°	0.294	306°59'
120°	0.856	181°29'	315°	0.178	316°25'
135°	0.951	202°3'	330°	0.080	328°8'
150°	0.979	220°20'	345°	0.022	342°38'
165°	0.999	235°50'	360°	0.000	360°
169°35'	1.000	240°			
180°	0.994	248°28'			

§ 8 実験装置

以上の理論を確かめるべく、図13に示す装置を製作し新興通信社製2Gの加速度計と共和電業の動ひずみ計と渡辺測器のペン書記録計により測定した。 $e/b = \pm 0.7$ の場合は装置の都合上記録できなかったが次報に示す予定である。



図13 本実験の機構模型



図14 本実験装置の測定器

§ 9 結 論

以上の研究の結果ウイトウオース早戻り機構の3要素 α, β, e を $u=2$ の場合 $\alpha=150^\circ, \beta=90^\circ, e=-0.7b$ にとることにより良好な機構を得ることができたが、希望した程最大加速度を低下できなかった。今後戻り行程の加速度に主眼を置いて研究を続行する。

(昭和40年9月1日受付)

4 節 リンク 機構 の 総合 の 研究 (第 1 報)

(クランクとレバーに 4 組の回転角を指定する場合)

(機械工学科) 糸 島 寛 典

Studies on the Synthesis of Four-Bar Linkages (Report 1)

(A Case of specifying the Four Pairs of Angular Displacements of the Crank and Lever.)

Hironori ITOSHIMA

This report deals with the analytical method how to get the length of each link at the four-bar linkage when the four angular displacements are specified respectively.

At first, with the three pairs of rotating angles specified, the general equations of the rotating angles θ and ϕ of the crank and lever at the starting point are formulated. Then they are developed into the forms of x and y , with $\tan \theta = x$ and $\tan \phi = y$. Therefore, the length of each link is indicated as a function of x and y .

When the four pairs of rotating angles are specified, the values of x and y are determined by the two equations with this function, and the length of each link is obtained.

(Received Sept. 1, 1965)

§ 1 緒 言

4 節リンク機構のクランクとレバーのいくつかの回転角を指定して各リンクの長さを求めるいわゆる機構総合には図式法と数式法とがある。図式法には Alt⁽¹⁾ 等の研究があるが作図が複雑で難解な基礎理論を必要とするので設計が困難である。数式法は Freudenstein⁽²⁾ 等の研究があるがこれは電子計算機によるもので一般的でない。そこで Nickson⁽³⁾ 等の近似図式法に Svoboda⁽⁴⁾ の数式法を併用して行われている。

本研究は 4 つの回転角をクランクとレバーに指定して簡単な計算により 4 節リンク機構の総合を行う厳密な数式法を論じたものである。まず 3 つの指定されたクランクの回転角 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ とレバーの回転角 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ による 4 節リンク機構の一般方程式を作り、それにより 4 つの指定された α, β に対するリンクの長さを決定する。

§ 2 4 節リンク機構の一般方程式

図 1 に示す 4 節リンク機構においてクランク AB , 連接棒 BC , レバー CD , 固定リンク AD の長さをそれぞれ a, b, c, d とし, クランク AB が固定リンクに対し θ の位置から $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の角変位をなすとき, レバー CD は固定リンクに対し ϕ の位置から $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ の角変位をなすものとすれば, 各リンクの長さ a, b, c, d と角 θ, ϕ の間には既によく知られた

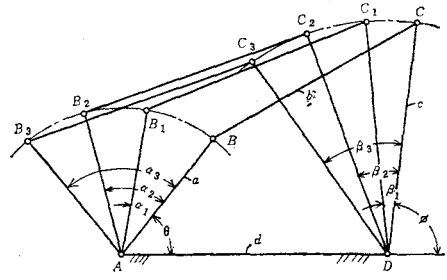


図 1 4 節リンク機構の角変位

$$ad\cos\theta + accos(\phi - \theta) - cd\cos\phi = \frac{1}{2}(a^2 - b^2 + c^2 + d^2) \dots\dots\dots(1)$$

の関係と Grashof の定理が成立する。

いまクランク AB が AB_1 の位置に, レバー CD が C_1D の位置に来たときも式(1)の関係が成立するので, 式(1)の θ を $\alpha_1 + \theta$, ϕ を $\beta_1 + \phi$ に置き換えて次式を得る。

$$ad\cos(\alpha_1 + \theta) + accos(\beta_1 + \phi - \alpha_1 - \theta) - cd\cos(\beta_1 + \phi) = \frac{1}{2}(a^2 - b^2 + c^2 + d^2) \dots\dots\dots(2)$$

同様に AB_2, C_2D の位置に来たとき次式を得る。

$$ad\cos(\alpha_2 + \theta) + accos(\beta_2 + \phi - \alpha_2 - \theta) - cd\cos(\beta_2 + \phi) = \frac{1}{2}(a^2 - b^2 + c^2 + d^2) \dots\dots\dots(3)$$

式(2), (3)より式(1)を辺々減ずれば

$$ad\{\cos(\alpha_1 + \theta) - \cos\theta\} + ac\{\cos(\beta_1 + \phi - \alpha_1 - \theta) - \cos(\phi - \theta)\} - cd\{\cos(\beta_1 + \phi) - \cos\phi\} = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$ad\{\cos(\alpha_2 + \theta) - \cos\theta\} + ac\{\cos(\beta_2 + \phi - \alpha_2 - \theta) - \cos(\phi - \theta)\} - cd\{\cos(\beta_2 + \phi) - \cos\phi\} = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{いま } L_n &= \cos(\beta_n + \phi - \alpha_n - \theta) - \cos(\phi - \theta) \\ M_n &= \cos(\alpha_n + \theta) - \cos\theta \\ N_n &= \cos(\beta_n + \phi) - \cos\phi \quad \text{ただし } n = 1, 2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

とすれば式(4), (5)はつぎのようになる。

$$L_1ac + M_1ad - N_1cd = 0, \quad L_2ac + M_2ad - N_2cd = 0 \dots\dots\dots(7), (8)$$

$$\text{式(7), (8)から } ad \text{ を消去すれば } \frac{a}{d} = \frac{N_1M_2 - N_2M_1}{L_1M_2 - L_2M_1} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{式(7), (8)から } cd \text{ を消去すれば } \frac{c}{d} = \frac{N_1M_2 - N_2M_1}{L_1N_2 - L_2N_1} \dots\dots\dots(10)$$

となる。ゆえに $\theta, \phi, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ が指定されれば式(6)の L_n, M_n, N_n がそれぞれ求まるので式(9), (10)より $a/d, c/d$ は求まり, 式(1)から b/d が計算できる。

さらに α_3, β_3 を指定すれば前と同様に L_3, M_3, N_3 を計算し次式を得る。

$$\frac{a}{d} = \frac{N_1 M_2 - N_2 M_1}{L_1 M_2 - L_2 M_1} = \frac{N_1 M_3 - N_3 M_1}{L_1 M_3 - L_3 M_1} = \frac{N_2 M_3 - N_3 M_2}{L_2 M_3 - L_3 M_2} \dots\dots\dots(11)$$

$$\frac{c}{d} = \frac{N_1 M_2 - N_2 M_1}{L_1 N_2 - L_2 N_1} = \frac{N_1 M_3 - N_3 M_1}{L_1 N_3 - L_3 N_1} = \frac{N_2 M_3 - N_3 M_2}{L_2 N_3 - L_3 N_2} \dots\dots\dots(12)$$

式(11)の第2項と第3項を通分して $M_1 \neq 0$ とすれば次の行列式を得る。

$$\begin{vmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ M_1 & M_2 & M_3 \\ N_1 & N_2 & N_3 \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots(13)$$

これが4節リンク機構のクランク，レバーの回転角の一般方程式となり，各 L_n, M_n, N_n ($n = 1, 2, 3$) は式(6)からわかるように $\alpha_n, \beta_n, \theta, \phi$ の関数となっているので， $n = 3$ の場合は θ および ϕ のいずれか一方の値しか指定できないことがわかる。

よって例えば θ を指定して式(13)を解き， ϕ を求め式(6)より L_n, M_n, N_n を求め式(9)，(10)より $a/d, c/d$ が求められる。式(13)はかなり複雑な式なので種々の解法が考えられる。

§ 3 クランクとレバーに3組の回転角を指定する場合 ($\tan \theta = x, \tan \phi = y$ とする場合)

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ および $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ を指定し θ, ϕ を $\tan \theta = x, \tan \phi = y$ の形として L_n, M_n, N_n を x, y で示す。式(6)の L_n, M_n, N_n を変形し $\tan \theta = x, \tan \phi = y$ で示せば次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} L_n &= \cos \theta \cos \phi \{ \overline{\alpha_n \beta_n} (1 + x y) + \alpha_n \beta_n (x - y) \} \\ M_n &= \cos \theta (\overline{\alpha_n} + \alpha_n x) \\ N_n &= \cos \phi (\overline{\beta_n} + \beta_n y) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

ただし， $x = \tan \theta, y = \tan \phi$

$$\left. \begin{aligned} \overline{\alpha_n \beta_n} &= -2 \sin^2 \frac{1}{2} (\alpha_n - \beta_n) = -1 + \cos (\alpha_n - \beta_n) \\ \underline{\alpha_n \beta_n} &= -2 \sin \frac{1}{2} (\alpha_n - \beta_n) \cos \frac{1}{2} (\alpha_n - \beta_n) = -\sin (\alpha_n - \beta_n) \\ \overline{\alpha_n} &= -2 \sin^2 (\alpha_n / 2) = -(1 - \cos \alpha_n) = -1 + \cos \alpha_n \\ \underline{\alpha_n} &= -2 \sin (\alpha_n / 2) \cos (\alpha_n / 2) = -\sin \alpha_n \\ \overline{\beta_n} &= -2 \sin^2 (\beta_n / 2) = -1 + \cos \beta_n \\ \underline{\beta_n} &= -2 \sin (\beta_n / 2) \cos (\beta_n / 2) = -\sin \beta_n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

式(14)を式(13)に代入し $\cos \theta \neq 0, \cos \phi \neq 0$ とすれば

$$\begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} (1 + xy) + \alpha_1 \beta_1 (x - y) & \overline{\alpha_2 \beta_2} (1 + xy) + \alpha_2 \beta_2 (x - y) & \overline{\alpha_3 \beta_3} (1 + xy) + \alpha_3 \beta_3 (x - y) \\ \overline{\alpha_1} + \alpha_1 x & \overline{\alpha_2} + \alpha_2 x & \overline{\alpha_3} + \alpha_3 x \\ \overline{\beta_1} + \beta_1 y & \overline{\beta_2} + \beta_2 y & \overline{\beta_3} + \beta_3 y \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots(16)$$

となる。この式を展開し， x, y の各項の係数を計算し α, β に関する各行列式を

$$\begin{aligned}
 A &= \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix}, \quad C = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix} \\
 D &= \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix}, \quad E = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix}, \quad F = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix} \\
 G &= \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix}, \quad H = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_3 \beta_3} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_3} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_3} \end{vmatrix} \dots \dots \dots (17)
 \end{aligned}$$

とすれば式(16)は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 Ax^2y^2 + (B-E)xy^2 + (C-E)x^2y + (D-G+F+A)xy \\
 - Fy^2 + Gx^2 + (C+H)x + (B-H)y + D = 0 \dots \dots \dots (18)
 \end{aligned}$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ および $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ と θ を指定した場合は式(15)により各 $\overline{\alpha_n \beta_n}, \overline{\alpha_n}, \overline{\beta_n}$, $\overline{\alpha_n}, \overline{\beta_n}$ が求められるので式(17)により行列式の値 A, B, \dots, H が決定され、式(18)の各係数が求まり、 θ を指定することにより x の値が定まり、式(18)は y に関する 2 次方程式となるので簡単に y の値すなわち ϕ の値が求まる。 ϕ の値が求まれば式(14)から L_n, M_n, N_n が求められ、式(11), (12)から $a/d, c/d$ が決まるので、式(1)から b/d を求められ、 d が指定されると a, b, c の長さが定まる。ただしいずれも Grashof の定理を満足せねばならぬ。3つの回転角が指定される場合は θ のとり方により多くの解があることがわかる。

§ 4 クランクとレバーに 4 組の回転角を指定する場合

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ および $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ が指定される場合は $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ および $\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ と $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_4$ および $\beta_1, \beta_2, \beta_4)$ から成立つ次の 2 つの方程式

$$\begin{vmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ M_1 & M_2 & M_3 \\ N_1 & N_2 & N_3 \end{vmatrix} = 0, \quad \begin{vmatrix} L_1 & L_2 & L_4 \\ M_1 & M_2 & M_4 \\ N_1 & N_2 & N_4 \end{vmatrix} = 0 \dots \dots \dots (19), (20)$$

を同時に満足させなければならぬから θ, ϕ は共に指定することはできない。式(20)を x, y について展開し

$$A' = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_4 \beta_4} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix}, \quad B' = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_4 \beta_4} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix}, \quad C' = \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_4 \beta_4} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 D' &= \begin{vmatrix} \overline{\alpha_1 \beta_1} & \overline{\alpha_2 \beta_2} & \overline{\alpha_4 \beta_4} \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix}, & E' &= \begin{vmatrix} \alpha_1 \beta_1 & \alpha_2 \beta_2 & \alpha_4 \beta_4 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_4 \end{vmatrix}, & F' &= \begin{vmatrix} \alpha_1 \beta_1 & \alpha_2 \beta_2 & \alpha_4 \beta_4 \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix} \\
 G' &= \begin{vmatrix} \alpha_1 \beta_1 & \alpha_2 \beta_2 & \alpha_4 \beta_4 \\ \overline{\alpha_1} & \overline{\alpha_2} & \overline{\alpha_4} \\ \overline{\beta_1} & \overline{\beta_2} & \overline{\beta_4} \end{vmatrix}, & H' &= \begin{vmatrix} \alpha_1 \beta_1 & \alpha_2 \beta_2 & \alpha_4 \beta_4 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_4 \end{vmatrix} \dots\dots\dots(21)
 \end{aligned}$$

とおけば式(20)は

$$\begin{aligned}
 A'x^2y^2 + (B' - E')xy^2 + (C' - E')x^2y + (D' - G' + F' + A')xy \\
 - F'y^2 + G'x^2 + (C' + H')x + (B' - H')y + D' = 0 \dots\dots\dots(22)
 \end{aligned}$$

となるので x, y の直角座標に式(18), (22)の二曲線を描き, それらの交点を求めれば両式を満足する x, y の値が求められる。

本報告では式(18), (22)の x, y を直接グラフによって求めず, これらの式がつぎのように変形される特長を利用して解析を行う。

式(18), (22)を変形すれば

$$(1+xy)(Axy + By + Cx + D) + (x-y)(Exy + Fy + Gx + H) = 0 \dots\dots\dots(18)'$$

$$(1+xy)(A'xy + B'y + C'x + D') + (x-y)(E'xy + F'y + G'x + H') = 0 \dots\dots\dots(22)'$$

となることから $(1+xy)/(y-x) = k$ とおけば

$$\frac{1+xy}{y-x} = \frac{Exy + Fy + Gx + H}{Axy + By + Cx + D} = \frac{E'xy + F'y + G'x + H'}{A'xy + B'y + C'x + D'} = k \dots\dots\dots(23)$$

となるので, 次式を得る。

$$\left. \begin{aligned}
 xy & & -ky & & +kx & = -1 \\
 (E - kA)xy + (F - kB)y + (G - kC)x & = kD - H \\
 (E' - kA')xy + (F' - kB')y + (G' - kC')x & = kD' - H'
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(24)$$

これから xy, x, y を求め, $\Delta, \Delta_{xy}, \Delta_x, \Delta_y$ を変形すれば

$$xy = \frac{\Delta_{xy}}{\Delta}, \quad y = \frac{\Delta_y}{\Delta}, \quad x = \frac{\Delta_x}{\Delta} \dots\dots\dots(25)$$

となる。ただし

$$\begin{aligned}
 \Delta &= \begin{vmatrix} 1 & -k & k \\ E - kA & F - kB & G - kC \\ E' - kA' & F' - kB' & G' - kC' \end{vmatrix}, & \Delta_{xy} &= \begin{vmatrix} -1 & -k & k \\ kD - H & F - kB & G - kC \\ kD' - H' & F' - kB' & G' - kC' \end{vmatrix} \\
 \Delta_y &= \begin{vmatrix} 1 & -1 & k \\ E - kA & kD - H & G - kC \\ E' - kA' & kD' - H' & G' - kC' \end{vmatrix}, & \Delta_x &= \begin{vmatrix} 1 & -k & -1 \\ E - kA & F - kB & kD - H \\ E' - kA' & F' - kB' & kD' - H' \end{vmatrix} \dots\dots\dots(26)
 \end{aligned}$$

である。各 $\Delta, \Delta_{xy}, \Delta_y, \Delta_x$ を k について整理すれば次式が得られる。

$$\begin{aligned}
 & \Delta = Pk^3 + Qk^2 + Rk + S \\
 \text{ただし} \quad & P = A(B' + C') - A'(B + C), S = F(F' + G') - F'(F + G) \\
 & Q = (B - E)(B' + C') - (B' - E')(B + C) - A(F' + G') + A'(F + G) \\
 & R = (B' - E')(F + G) - (B - E)(F' + G') - F(B' + C') + F'(B + C)
 \end{aligned} \quad \dots\dots(27)$$

$$\begin{aligned}
 & \Delta_{xy} = P_{xy}k^3 + Q_{xy}k^2 + R_{xy}k + S_{xy} \\
 \text{ただし} \quad & P_{xy} = D'(B + C) - D(B' + C'), S_{xy} = F'(F + G) - F(F' + G') \\
 & Q_{xy} = (B' - H')(B + C) - (B - H)(B' + C') + D(F' + G') - D'(F + G) \\
 & R_{xy} = (B - H)(F' + G') - (B' - H')(F + G) + F(B' + C') - F'(B + C)
 \end{aligned} \quad \dots\dots(28)$$

$$\begin{aligned}
 & \Delta_y = P_yk^3 + Q_yk^2 + R_yk + S_y \\
 \text{ただし} \quad & P_y = D(A' - D') - D'(A - D), S_y = G'(E - H) - G(E' - H') \\
 & Q_y = (A - D)(C' + H') - (A' - D')(C + H) + D'(E - H) - D(E' - H') \\
 & R_y = (C + H)(E' - H') - (C' + H')(E - H) + G(A' - D') - G'(A - D)
 \end{aligned} \quad \dots\dots(29)$$

$$\begin{aligned}
 & \Delta_x = P_xk^3 + Q_xk^2 + R_xk + S_x \\
 \text{ただし} \quad & P_x = A(A' - D') - A'(A - D), S_x = F(E' - H') - F'(E - H) \\
 & Q_x = (B - E)(A' - D') - (B' - E')(A - D) + A'(E - H) - A(E' - H') \\
 & R_x = (B' - E')(E - H) - (B - E)(E' - H') + F'(A - D) - F(A' - D')
 \end{aligned} \quad \dots\dots(30)$$

しかるに式(25)より

$$\frac{\Delta_{xy}}{\Delta} = \frac{\Delta_y}{\Delta} \times \frac{\Delta_x}{\Delta} \quad \text{すなわち} \quad \Delta \times \Delta_{xy} = \Delta_y \times \Delta_x \quad \dots\dots(31)$$

から式(27)~(30)の $\Delta, \Delta_{xy}, \Delta_y, \Delta_x$ を式(31)に代入すれば

$$\begin{aligned}
 & (Pk^3 + Qk^2 + Rk + S)(P_{xy}k^3 + Q_{xy}k^2 + R_{xy}k + S_{xy}) \\
 & \quad = (P_yk^3 + Q_yk^2 + R_yk + S_y)(P_xk^3 + Q_xk^2 + R_xk + S_x)
 \end{aligned}$$

となり、これを k について整理すればつぎの 6 次方程式を得る。

$$D_6k^6 + D_5k^5 + D_4k^4 + D_3k^3 + D_2k^2 + D_1k + D_0 = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{ただし} \quad & D_6 = P P_{xy} - P_y P_x \\
 & D_5 = Q P_{xy} + P Q_{xy} - P_x Q_y - P_y Q_x \\
 & D_4 = R P_{xy} + Q Q_{xy} + P R_{xy} - R_y P_x - Q_y Q_x - P_y R_x \\
 & D_3 = S P_{xy} + R Q_{xy} + Q R_{xy} + P S_{xy} - S_y P_x - R_y Q_x - Q_y R_x - P_y S_x \\
 & D_2 = S Q_{xy} + R R_{xy} + Q S_{xy} - S_y Q_x - R_y R_x - Q_y S_x \\
 & D_1 = S R_{xy} + R S_{xy} - S_y R_x - R_y S_x \\
 & D_0 = S S_{xy} - S_y S_x
 \end{aligned} \quad \dots\dots(32)$$

式(32)の各項の係数 D_n は α_n, β_n が指定されれば決定されるので k に関する 6 次方程式を解けば k が求まる。この k の値は逐次近似の方法か、グラフを利用して求めればよい。グラフを利用しての求め方はつぎの例題で示す。

k の値が求まれば式(26)か式(27)~(30)により $\Delta, \Delta_y, \Delta_x$ の値が求まるので、式(25)より x, y の値が求まる。 x, y が求まれば

$$x = \tan \theta, \quad y = \tan \phi$$

から θ, ϕ の値が求まり、式(14)より L_n, M_n, N_n の値がそれぞれ決定されるので、式(11), (12)から $a/d, c/d$ の値が求まり式(1)より b/d の値が求まる。 d が指定されれば a, b, c の値が決定される。

例題 $y = x^{2.1}$ を創成する4節リンク機構を設計せよ。ただし $x = 1 \sim 5$ までで1, 2, 3, 4, 5の位置で正確な値とす (x の範囲に相当する回転角 $\alpha = 0^\circ \sim 100^\circ$, y の範囲に相当する回転角 $\beta = 0^\circ \sim 50^\circ$ とす)。

これに似た問題がHinkle⁽⁵⁾の著書に解かれているので本研究方法与比較するために選んだ。

$x = 1$ のとき $y = 1$, $x = 5$ のとき $y = 29.366$ であるので, $x = \alpha/25 + 1$, $y = \beta/1.7627 + 1$ となり。

これを $y = x^{2.1}$ に代入すれば

$$\alpha = 25^\circ(x - 1), \beta = 1.7627 \left\{ \left(\frac{\alpha}{25} + 1 \right)^{2.1} - 1 \right\}$$

となり $x = 1, 2, 3, 4, 5$ に相当する α と β はそれぞれ次のようになる。

$$\alpha_1 = 25^\circ, \alpha_2 = 50^\circ, \alpha_3 = 75^\circ, \alpha_4 = 100^\circ$$

$$\beta_1 = 5^\circ 47.65', \beta_2 = 15^\circ 56.63', \beta_3 = 30^\circ 38.04', \beta_4 = 50^\circ$$

これらの値を式(15)に代入すれば次の値を得る。

$$\overline{\alpha_1 \beta_1} = -1 + \cos(25^\circ - 5^\circ 47.65') = -0.05566, \quad \underline{\alpha_1 \beta_1} = -\sin 19^\circ 12.35' = -0.32896$$

$$\overline{\alpha_2 \beta_2} = -1 + \cos(50^\circ - 15^\circ 56.63') = -0.17151, \quad \underline{\alpha_2 \beta_2} = -\sin 34^\circ 03.37' = -0.56001$$

$$\overline{\alpha_3 \beta_3} = -1 + \cos(75^\circ - 30^\circ 38.04') = -0.28511, \quad \underline{\alpha_3 \beta_3} = -\sin 44^\circ 21.96' = -0.69924$$

$$\overline{\alpha_4 \beta_4} = -1 + \cos(100^\circ - 50^\circ) = -0.35721, \quad \underline{\alpha_4 \beta_4} = -\sin 50^\circ = -0.76604$$

$$\overline{\alpha_1} = -1 + \cos 25^\circ = -0.09369, \quad \underline{\alpha_1} = -\sin 25^\circ = -0.42262$$

$$\overline{\alpha_2} = -1 + \cos 50^\circ = -0.35721, \quad \underline{\alpha_2} = -\sin 50^\circ = -0.76604$$

$$\overline{\alpha_3} = -1 + \cos 75^\circ = -0.74118, \quad \underline{\alpha_3} = -\sin 75^\circ = -0.96593$$

$$\overline{\alpha_4} = -1 + \cos 100^\circ = -1.17365, \quad \underline{\alpha_4} = -\sin 100^\circ = -0.98481$$

$$\overline{\beta_1} = -1 + \cos 5^\circ 47.65' = -0.00511, \quad \underline{\beta_1} = -\sin 5^\circ 47.65' = -0.10096$$

$$\overline{\beta_2} = -1 + \cos 15^\circ 56.63' = -0.03847, \quad \underline{\beta_2} = -\sin 15^\circ 56.63' = -0.27470$$

$$\overline{\beta_3} = -1 + \cos 30^\circ 38.04' = -0.13956, \quad \underline{\beta_3} = -\sin 30^\circ 38.04' = -0.50955$$

$$\overline{\beta_4} = -1 + \cos 50^\circ = -0.35721, \quad \underline{\beta_4} = -\sin 50^\circ = -0.76604$$

これらの値を式(17), (21)に代入すれば

$$A = 0.220184 \times 10^{-2} \quad A' = 0.702455 \times 10^{-2}$$

$$B = -0.050029 \times 10^{-2} \quad B' = -0.160995 \times 10^{-2}$$

$$C = 0.186769 \times 10^{-2} \quad C' = 0.749752 \times 10^{-2}$$

$$D = -0.010194 \times 10^{-2} \quad D' = -0.051322 \times 10^{-2}$$

$$E = -0.223324 \times 10^{-2} \quad E' = -0.811411 \times 10^{-2}$$

$$F = -0.084845 \times 10^{-2} \quad F' = -0.221178 \times 10^{-2}$$

$$G = -0.131022 \times 10^{-2} \quad G' = -0.528539 \times 10^{-2}$$

$$H = -0.306223 \times 10^{-2} \quad H' = -1.310185 \times 10^{-2}$$

これらの値を式(27)~(30)に代入すれば

$P = 0.33581 \times 10^{-5}$	$P_{xy} = -0.01016 \times 10^{-5}$
$Q = 0.26530 \times 10^{-5}$	$Q_{xy} = 0.02868 \times 10^{-5}$
$R = 0.09228 \times 10^{-5}$	$R_{xy} = 0.36290 \times 10^{-5}$
$S = 0.15865 \times 10^{-5}$	$S_{xy} = -0.15865 \times 10^{-5}$
$P_y = 0.04139 \times 10^{-5}$	$P_x = 0.04139 \times 10^{-5}$
$Q_y = -0.38239 \times 10^{-5}$	$Q_x = -0.70805 \times 10^{-5}$
$R_y = 0.09881 \times 10^{-5}$	$R_x = -0.19517 \times 10^{-5}$
$S_y = 0.21535 \times 10^{-5}$	$S_x = -0.23983 \times 10^{-5}$

以上の各値を式(32)に代入すれば

$D_6 = -0.512496 \times 10^{-12}$	$D_2 = 7.600337 \times 10^{-12}$
$D_5 = 5.206889 \times 10^{-12}$	$D_1 = 10.762534 \times 10^{-12}$
$D_4 = -13.822621 \times 10^{-12}$	$D_0 = 2.647757 \times 10^{-12}$
$D^3 = 4.038040 \times 10^{-12}$	

ゆえに小数点以下4桁を四捨五入して

$$-0.512k^6 + 5.207k^5 - 13.823k^4 + 4.038k^3 + 7.600k^2 + 10.763k + 2.648 = 0$$

この式を k について解くためグラフを使用し

$$0.512k^2 - 5.207k + 13.823 = \frac{4.038k^3 + 7.600k^2 + 10.763k + 2.648}{k^4} = p$$

とおけば $p = 0.512k^2 - 5.207k + 13.823$ (放物線)

$$p = \frac{4.038k^3 + 7.600k^2 + 10.763k + 2.648}{k^4}$$

両式の k に種々な値を代入して p を求め k を横軸, p を縦軸として両曲線を作図し交点を求め, このうちつぎの2つを取上げる。

$$k = 5.931, -0.285$$

$k = 5.931$ の場合 この値を式(26)に代入して

$$\Delta = 8.010028 \times 10^{-4}, \Delta_x = -1.766809 \times 10^{-4}, \Delta_y = -0.401382 \times 10^{-4}$$

これらの値を式(25)に代入すれば

$$x = -0.220574 = \tan \theta, y = -0.050110 = \tan \phi$$

となる。ゆえに $\theta = 167^\circ 33.67'$, $\phi = 177^\circ 7.88'$ となる

これらを式(14)に代入すれば $\cos \theta = -0.976527$,

$$\cos \phi = -0.998747$$

から

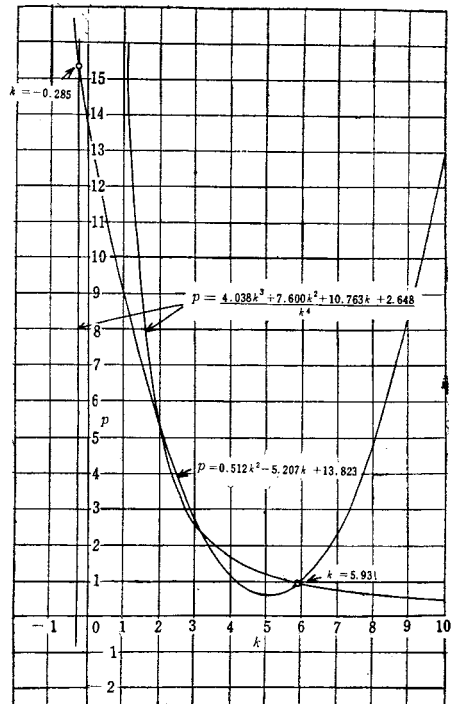


図2 k の値

$$\begin{aligned}
 L_1 &= -0.000195 & L_2 &= -0.076025 \\
 M_1 &= 0.000459 & M_2 &= 0.183821 \\
 N_1 &= 0.000050 & N_2 &= 0.024669
 \end{aligned}$$

となり $\frac{a}{d}=2.2249, \frac{c}{d}=2.1095, \frac{b}{d}=1.1294$

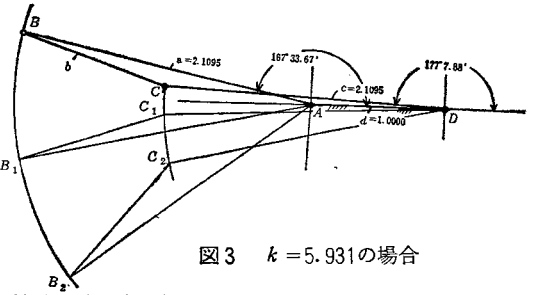


図3 $k=5.931$ の場合

これは図3に示すように α の運動範囲中死点が存在し、レバーは回転できないのでこの値のリンク機構は採用できない。

$k=-0.285$ の場合式(26)から

$$\Delta x = -0.024267 \times 10^{-4}, \Delta y = 0.015517 \times 10^{-4}$$

となり、式(25)から

$$x = -1.660758, y = 1.061935$$

から $\theta = 121^\circ 3.78', \phi = 46^\circ 43.23'$

となる。これらの値から

$$L_1 = -0.331859, M_1 = -0.313809, N_1 = -0.077002$$

$$L_2 = -0.585681, M_2 = -0.472122, N_2 = -0.226358$$

となるので

$$\frac{a}{d} = 1.27899, \frac{c}{d} = -1.15517, \frac{b}{d} = 2.12219$$

いま $d=1$ とすれば $a=1.27899, b=2.12219, c=-1.15517$ となり Grashof の定理を満足させぬから完全回転すなわち両クランク機構にはならぬが、図4のように作図すれば、図からこの機構はこの回転範囲内では円滑に回るので、この機構は採用できる。他の交点の場合も同様に計算し、作図することによって採用できるか否かが決まる。

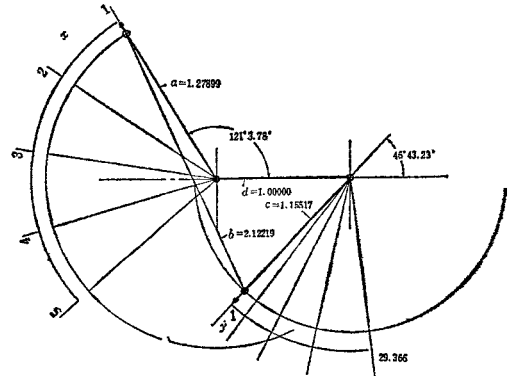


図4 $y = x^2 - 1$ の機構

§ 5 誤 差

4 節リンク機構の各リンク a, b, c, d の長さ、 θ, ϕ の関係式(1)から ϕ を導けば次式を得る。

$$\left. \begin{aligned}
 \phi &= \sin^{-1} \frac{\frac{1}{2}(a^2 - b^2 + c^2 + d^2) - ad \cos \theta}{c \sqrt{a^2 + d^2 - 2ad \cos \theta}} + \delta \\
 \text{ただし } \tan \delta &= \frac{d - a \cos \theta}{a \sin \theta}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(33)$$

指定された $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ と求められた θ との和すなわち $\theta + \alpha_1, \theta + \alpha_2, \theta + \alpha_3, \theta + \alpha_4$ を式(33)の θ に代入して、相当する $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_4$ を求めればそれに相当する正しい指定値はそれ

ぞれ $\phi + \beta_1, \phi + \beta_2, \phi + \beta_3, \phi + \beta_4$ であるから誤差 $\Delta\phi_n$ は $\phi_n - (\phi + \beta_n)$ となる。

例えば前例題において $d=1$ とすれば $a=1.27899, b=2.12219, c=-1.15517, \theta=121^\circ 3.78'$, $\phi=46^\circ 43.23'$ から θ が各 $\theta + \alpha_n$ の場合の各 $\phi + \beta_n$ を式(33)から計算して表1に示す。なお x が3と4, 4と5の間にある場合の誤差も示す。これらを図示すれば図5のようになる。

表1 $k=-0.285, \theta=121^\circ 3.78', \phi=46^\circ 43.23'$ の場合

	$\theta + \alpha$	δ	$\phi + \beta$	$\phi + \beta$ (厳密値)	誤差
$\theta + \alpha_1$	$146^\circ 3.78'$	$70^\circ 53.54'$	$52^\circ 30.89'$	$52^\circ 30.88'$	+0.01'
$\theta + \alpha_2$	$171^\circ 3.78'$	$84^\circ 59.00'$	$62^\circ 39.88'$	$62^\circ 39.86'$	+0.02'
$\theta + \alpha_3$	$196^\circ 3.78'$	$99^\circ 1.27'$	$77^\circ 21.60'$	$77^\circ 21.27'$	+0.33'
$\theta + \alpha_4$	$221^\circ 3.78'$	$113^\circ 9.39'$	$96^\circ 44.23'$	$96^\circ 43.23'$	+1.00'
$\theta + \alpha_2 + 12^\circ 30'$	$183^\circ 33.78'$	$88^\circ 0.02'$	$69^\circ 25.98'$	$69^\circ 25.96'$	+0.02'
$\theta + \alpha_3 + 12^\circ 30'$	$208^\circ 33.78'$	$106^\circ 3.98'$	$86^\circ 27.47'$	$86^\circ 26.76'$	+0.71'

図5において最悪の場合1分の誤差であるが、

$$y = \frac{\beta}{1.7627} + 1$$

から $\beta=50^\circ$ で $y=28.366+1$

$\beta=50^\circ 1'$ で $\beta=50.0167, y=28.375+1$

ゆえに y の誤差 $=28.375-28.366=0.09$ 誤差は0.03%となる。

以上の誤差を更に減少させるために k の値をいまだし厳密に求めれば

$k=-0.285342$ となり、式(26)から $\Delta=0.0146114 \times 10^{-4}, \Delta x=-0.024275 \times 10^{-4}$

$\Delta y=0.015496 \times 10^{-4}$, 式(25)から $x=-1.661419, y=1.060571, \theta=121^\circ 2.61'$

$\phi=46^\circ 41.02'$ を得た。これらの値を式(11)と(12)の

$$\frac{a}{d} = \frac{N_1 M_2 - N_2 M_1}{L_1 M_2 - L_2 M_1}, \quad \frac{c}{d} = \frac{N_1 M_2 - N_2 M_1}{L_1 N_2 - L_2 N_1}$$

に代入すれば $a/d=1.27992, c/d=-1.15506$ が求められ、式(1)より $b/d=2.12244$ を得た。これらの値を用いて式(33)から ϕ_4 の誤差 $\Delta\phi_4$ を求めれば $1.19'$ となり k の正確さに反して誤差が大きくなった。そこで式(11), (12) L_n, M_n, N_n の選び方を変えて

$$\frac{a}{d} = \frac{N_3 M_4 - N_4 M_3}{L_3 M_4 - L_4 M_3}, \quad \frac{c}{d} = \frac{N_3 M_4 - N_4 M_3}{L_3 N_4 - L_4 N_3}$$

を使用した。すなわち $k=-0.285342, \theta=121^\circ 2.61', \phi=46^\circ 41.02'$ を式(14)に代入し $L_3=-0.7502149, L_4=-0.8339795, M_3=-0.445367, M_4=-0.238523, N_3=-0.4664480, N_4=-0.802410$ を求め、これを上式に代入して $a/d=1.278542, c/d=-1.155692$ を求め、式(1)から $b/d=2.121315$ を求めた。この場合このリンク機構は始点において誤差は明らかに零である。



図5 $k=-0.285, \theta=121^\circ 3.78', \phi=46^\circ 43.23'$ の場合の誤差

いま $d=1$, $a=1.27854$, $b=2.12132$, $c=-1.15569$ とし, 前と同様に式(33)に代入して誤差を求めれば表2, 図6を得た。

表2 $k = -0.285342$, $\theta = 121^\circ 2.61'$, $\phi = 46^\circ 41.02'$ の場合

	$\theta + \alpha$	δ	ϕ	指定値	$\Delta\phi$ (誤差)
$\theta + \alpha_1$	$146^\circ 2.61'$	$70^\circ 53.06'$	$52^\circ 28.89'$	$52^\circ 28.67'$	$0.22'$
$\theta + \alpha_2$	$171^\circ 2.61'$	$84^\circ 58.39'$	$62^\circ 37.73'$	$62^\circ 37.65'$	$0.08'$
$\theta + \alpha_3$	$196^\circ 2.61'$	$99^\circ 0.52'$	$77^\circ 19.06'$	$77^\circ 19.06'$	$0.00'$
$\theta + \alpha_4$	$221^\circ 2.61'$	$113^\circ 8.50'$	$96^\circ 41.02'$	$96^\circ 41.02'$	$0.00'$

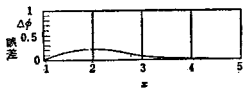


図6 $k = -0.285342$,
 $\theta = 121^\circ 2.61'$,
 $\phi = 46^\circ 41.02'$
の場合の誤差

γ の誤差は $\alpha = 25^\circ$ で

$$\Delta\gamma_1 = \frac{50^\circ \cdot 0.22'}{1.7627} - \frac{50^\circ}{1.7627}$$

$$= 3.287 - 3.285 = 0.002$$

この誤差は非常に小さいのでこの機構を図7に示す。

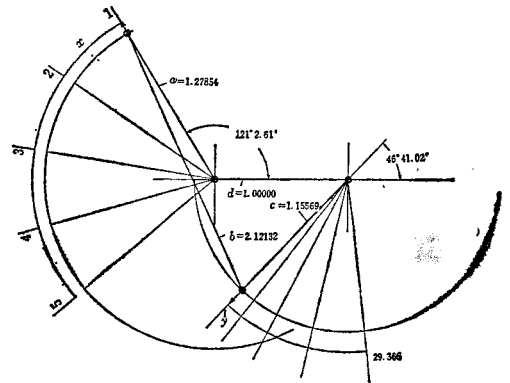


図7 $\gamma = x^{2.1}$ のより精度の高い機構

§ 6 結 論

4 節リンク機構のクランクとレバーの3組の指定された回転角により一般方程式を作り, それを利用して4組の指定された回転角のリンク機構の厳密解を求めることができた。この方程式を解くための一方法として $\tan\theta, \tan\phi$ をそれぞれ x, γ としたことが成功の原因と思う。一般方程式の x, γ に関する2つの連立方程式を解くために k の6次方程式を利用し, k から x, γ を求めた ϕ が, k を用いないでも2つの連立方程式から直接 x, γ が図解されるはずで次報に示す。なお θ , ϕ が求まれば $\theta + \alpha_n$ と $\phi + \beta_n$ の大小関係により a, b, c を求めないでもこのリンク機構が成立するか否かがわかる。これも次報に示す。本研究は更に指定された連桿曲線を描くリンク機構の総合にも応用される。

文 献

- (1) H. Alt, "Beziehungen zwischen Punkten der Mittelpunkt- und der Kreispunktkurven".
Mabau(G)(1936), PP. 407-409.
- (2) F. Freudenstein and G. N. Sandor, "Synthesis of Path-Generating Mechanisms by Means
of a Programmed Digital Computer", ASME Transactions, 1959, Vol. 81, P. 159-168.
- (3) P. T. Nickson, "A Simplified Approach to Linkage Designs", Machine Design, Vol. 25,
Dec. 1953, P. 196-209.
- (4) A. Svboda, "Computing Mechanisms and Linkages", McGraw-Hill, 1948.
- (5) R. T. Hinkle, "Kinematics of Machines" Prentice-Hall, 1960, P. 267.
- (6) F. Freudenstein, "Approximate Synthesis of Four-Bar Linkages", ASME Transactions,
1955, Vol. 77, P. 853-861.

(昭和40年9月1日受付)

4節リンク機構の総合の研究(第2報)

(クランクの回転中心について)

(機械工学科) 糸 島 寛 典

Studies on the Synthesis of Four-Bar Linkages (Report 2)
(On the Center of Rotation of Crank)

Hironori ITOSHIMA

In order to develop the synthesis of a four-bar linkages which carry a link through the five specified positions on the coupler curve for the specified period of time by a analytical method, it is necessary to locate the rotating center of crank in the linkage.

Therefore, in the first place, we get the general equation of the co-ordinates at the rotating center of crank as a determinant form from both the co-ordinates of the four specified positions on the coupler curve and the three specified angular displacements of a crank.

Using this new analytical method, we determine the rotating center of crank, when the five positions on the coupler curve and the three angular displacements are specified. By this method, we easily and exactly determine the length of crank and the length of connecting rod from the co-ordinates at the rotating center of crank.

(Received Sept. 1, 1965)

§ 1 緒 言

4節リンク機構の連桿曲線を指定して機構総合を行う場合のクランクの中心を決定するには小川氏の統計的研究⁽¹⁾があるが、連桿曲線上の指定された5つの点を指定された時間すなわち指定されたクランクの回転角で通過するリンク機構のクランクの中心は一般に適当に定められ数式による簡単な計算法では未だ解析されていない。

本報告は連桿曲線上の4つの指定点の座標とクランクの3つの指定された回転角とを与えて、それらを満足するクランクの中心の座標に関する行列式の形の一般方程式を求め、それにより5つの指定点とクランクの指定された4つの回転角の場合を解析する。

§ 2 4 つの連桿点と 3 つのクランクの回転角が指定された場合

図 1 に示すようにクランク OA の中心を O とし、その座標を (m, n) とし 4 つの連桿点 C_1, C_2, C_3, C_4 の座標 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ とクランクの 3 つの回転角 $\phi_{12}(=\angle A_1 O A_2), \phi_{13}(=\angle A_1 O A_3), \phi_{14}(=\angle A_1 O A_4)$ を指定して、クランクの中心 O 、クランク OA_1 の回転角を θ_1 、クランクの長さ $a(=OA_1)$ 、連桿の長さ $b(=A_1 C_1)$ を求める。ただしこの場合、中心 O は m, n に関する一つの方程式となり、 m, n のいずれか一方を指定すれば決定される。

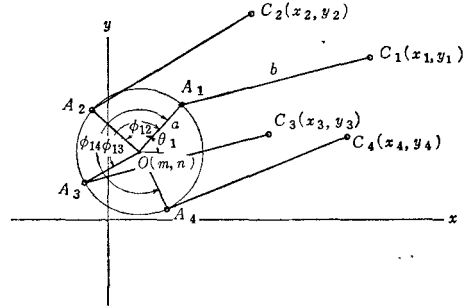


図 1 4 つの連桿点とクランクの中心

図においてリンク $OA_1 C_1$ と $OA_2 C_2$ において次式が成立する。

$$b^2 = (x_1 - m - a \cos \theta_1)^2 + (y_1 - n - a \sin \theta_1)^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$b^2 = \{x_2 - m - a \cos(\theta_1 + \phi_{12})\}^2 + \{y_2 - n - a \sin(\theta_1 + \phi_{12})\}^2 \dots\dots\dots(2)$$

両式を辺々減じ θ_1 について整理すれば

$$\begin{aligned} &(x_1^2 + y_1^2) - (x_2^2 + y_2^2) - 2m(x_1 - x_2) - 2n(y_1 - y_2) \\ &+ 2a \cos \theta_1(-x_1 + x_2 \cos \phi_{12} + y_2 \sin \phi_{12} + m - m \cos \phi_{12} - n \sin \phi_{12}) \\ &+ 2a \sin \theta_1(-y_1 - x_2 \sin \phi_{12} + y_2 \cos \phi_{12} + n + m \sin \phi_{12} - n \cos \phi_{12}) = 0 \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

となるので

$$\left. \begin{aligned} D_{12} &= -x_1 + x_2 \cos \phi_{12} + y_2 \sin \phi_{12} + m - m \cos \phi_{12} - n \sin \phi_{12} \\ E_{12} &= -y_1 - x_2 \sin \phi_{12} + y_2 \cos \phi_{12} + n + m \sin \phi_{12} - n \cos \phi_{12} \\ F_{12} &= (x_1^2 + y_1^2) - (x_2^2 + y_2^2) - 2m(x_1 - x_2) - 2n(y_1 - y_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

とおけば式(3)は

$$2a D_{12} \cos \theta_1 + 2a E_{12} \sin \theta_1 + F_{12} = 0$$

となるので、クランクの長さ a は

$$2a = \frac{-F_{12}}{D_{12} \cos \theta_1 + E_{12} \sin \theta_1} \dots\dots\dots(5)$$

となる。同様にリンク $OA_1 C_1$ とリンク $OA_3 C_3$ とから

$$2a = \frac{-F_{13}}{D_{13} \cos \theta_1 + E_{13} \sin \theta_1} \dots\dots\dots(6)$$

が得られる。ただし

$$\left. \begin{aligned} D_{13} &= -x_1 + x_3 \cos \phi_{13} + y_3 \sin \phi_{13} + m - m \cos \phi_{13} - n \sin \phi_{13} \\ E_{13} &= -y_1 - x_3 \sin \phi_{13} + y_3 \cos \phi_{13} + n + m \sin \phi_{13} - n \cos \phi_{13} \\ F_{13} &= (x_1^2 + y_1^2) - (x_3^2 + y_3^2) - 2m(x_1 - x_3) - 2n(y_1 - y_3) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

式(5)と式(6)の右辺は等しいので

$$F_{13}(D_{12}\cos\theta_1 + E_{12}\sin\theta_1) = F_{12}(D_{13}\cos\theta_1 + E_{13}\sin\theta_1)$$

となり、 θ_1 を求めれば

$$\tan\theta_1 = \frac{F_{12}D_{13} - F_{13}D_{12}}{F_{13}E_{12} - F_{12}E_{13}} = - \frac{\begin{vmatrix} D_{12} & D_{13} \\ F_{12} & F_{13} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} E_{12} & E_{13} \\ F_{12} & F_{13} \end{vmatrix}} \dots\dots\dots(8)$$

となる。いまもし m, n が指定されれば式(4), (7)より D, E, F が求まるので式(5), (8)より a, θ_1 が求められ、式(1)より b が求まる。ゆえにクランクの中心と3つの連桿点とクランクの2つの回転角が指定されれば θ_1, a, b が求められることがわかる。

さらに4番目の連桿点 $C_4(x_4, y_4)$ と回転角 ϕ_{14} が指定されればリンク $O A_4 C_4$ から同様に

$$\tan\theta_1 = \frac{F_{12}D_{14} - F_{14}D_{12}}{F_{14}E_{12} - F_{12}E_{14}} = - \frac{\begin{vmatrix} D_{12} & D_{14} \\ F_{12} & F_{14} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} E_{12} & E_{14} \\ F_{12} & F_{14} \end{vmatrix}} \dots\dots\dots(9)$$

を得る。しかるに式(8)と式(9)の右辺は等しいので

$$\frac{F_{12}D_{13} - F_{13}D_{12}}{F_{13}E_{12} - F_{12}E_{13}} = \frac{F_{12}D_{14} - F_{14}D_{12}}{F_{14}E_{12} - F_{12}E_{14}}$$

とおき通分して整理し、 $F_{12} \neq 0$ とすれば

$$\begin{vmatrix} D_{12} & D_{13} & D_{14} \\ E_{12} & E_{13} & E_{14} \\ F_{12} & F_{13} & F_{14} \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots(10)$$

ただし、 D, E, F は一般に次のように与えられる。

$$\left. \begin{aligned} D_{1n} &= -x_1 + x_n \cos\phi_{1n} + y_n \sin\phi_{1n} + m - m \cos\phi_{1n} - n \sin\phi_{1n} \\ E_{1n} &= -y_1 - x_n \sin\phi_{1n} + y_n \cos\phi_{1n} + n + m \sin\phi_{1n} - n \cos\phi_{1n} \\ F_{1n} &= (x_1^2 + y_1^2) - (x_n^2 + y_n^2) - 2m(x_1 - x_n) - 2n(y_1 - y_n) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

式(10)はクランクの中心に関する一般方程式で、この中に未知数 m, n を含んでいる。ゆえに n を適当に与えればこの式は m に関する3次方程式となって m は求まる。 m が求まれば式(8)あるいは式(9)より θ_1 が求まり、つぎに式(5)あるいは式(6)より a が求まり、式(1)より b が求まる。

例えばクランクの回転角を等間隔に与えた場合すなわち $\phi_{12} = 90^\circ, \phi_{23} = 90^\circ, \phi_{34} = 90^\circ$ のときは $\phi_{13} = 180^\circ, \phi_{14} = 270^\circ$ となるので式(11)はつぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned} \phi_{12} = 90^\circ & \begin{cases} D_{12} = -x_1 + y_2 + m - n \\ E_{12} = -y_1 - x_2 + m + n \\ F_{12} = (x_1^2 + y_1^2) - (x_2^2 + y_2^2) - 2m(x_1 - x_2) - 2n(y_1 - y_2) \end{cases} \\ \phi_{13} = 180^\circ & \begin{cases} D_{13} = -x_1 - x_3 + 2m \\ E_{13} = -y_1 - y_3 + 2n \\ F_{13} = (x_1^2 + y_1^2) - (x_3^2 + y_3^2) - 2m(x_1 - x_3) - 2n(y_1 - y_3) \end{cases} \\ \phi_{14} = 270^\circ & \begin{cases} D_{14} = -x_1 - y_4 + m + n \\ E_{14} = -y_1 + x_4 + n - m \\ F_{14} = (x_1^2 + y_1^2) - (x_4^2 + y_4^2) - 2m(x_1 - x_4) - 2n(y_1 - y_4) \end{cases} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)$$

§ 3 5つの連桿点と4つのクランク回転角が指定された場合

5つの連桿点 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 と 4つの回転角 $\phi_{12}, \phi_{13}, \phi_{14}, \phi_{15}$ が指定された場合はつぎの2つの方程式が同時に成立すればよい。

$$\begin{cases} D_{12} & D_{13} & D_{14} \\ E_{12} & E_{13} & E_{14} \\ F_{12} & F_{13} & F_{14} \end{cases} = 0, \quad \begin{cases} D_{12} & D_{13} & D_{15} \\ E_{12} & E_{13} & E_{15} \\ F_{12} & F_{13} & F_{15} \end{cases} = 0 \dots\dots\dots(13), (14)$$

共に m, n に関する方程式なので、 m, n を座標軸とすれば2つの曲線が得られ、その交点で m, n は決定せられる。そこでいま式(13)を m, n を変数とする方程式に展開する。

式(11)を簡単化するため

$$\left. \begin{aligned} A_{1n} &= -x_1 + x_n \cos \phi_{1n} + y_n \sin \phi_{1n} \\ B_{1n} &= -y_1 - x_n \sin \phi_{1n} + y_n \cos \phi_{1n} \\ C_{1n} &= (x_1^2 + y_1^2) - (x_n^2 + y_n^2) \\ \alpha_{1n} &= 1 - \cos \phi_{1n}, \quad x_{1n} = -2(x_1 - x_n) \\ \beta_{1n} &= \sin \phi_{1n}, \quad y_{1n} = -2(y_1 - y_n) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

とおけば式(11)は

$$\left. \begin{aligned} D_{1n} &= A_{1n} + \alpha_{1n}m - \beta_{1n}n \\ E_{1n} &= B_{1n} + \beta_{1n}m + \alpha_{1n}n \\ F_{1n} &= C_{1n} + x_{1n}m + y_{1n}n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

となるので、これを式(13)に代入すれば次式となる。

$$\begin{cases} A_{12} + \alpha_{12}m - \beta_{12}n & A_{13} + \alpha_{13}m - \beta_{13}n & A_{14} + \alpha_{14}m - \beta_{14}n \\ B_{12} + \beta_{12}m + \alpha_{12}n & B_{13} + \beta_{13}m + \alpha_{13}n & B_{14} + \beta_{14}m + \alpha_{14}n \\ C_{12} + x_{12}m + y_{12}n & C_{13} + x_{13}m + y_{13}n & C_{14} + x_{14}m + y_{14}n \end{cases} = 0 \dots\dots\dots(17)$$

これを展開し m, n について整理すれば次式を得る。

$$A m^3 + B n^3 + B m^2 n + A m n^2 + C m^2 + D n^2 + E m n + F m + G n + H = 0 \dots\dots\dots(18)$$

ただし

$$\begin{aligned} A &= \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix}, & B &= \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} \\ C &= \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix} \\ D &= \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} \\ E &= - \begin{vmatrix} \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= \begin{vmatrix} \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ x_{12} & x_{13} & x_{14} \end{vmatrix} \\
 G &= - \begin{vmatrix} \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ y_{12} & y_{13} & y_{14} \end{vmatrix} \\
 H &= \begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ B_{12} & B_{13} & B_{14} \\ C_{12} & C_{13} & C_{14} \end{vmatrix} \dots\dots\dots(19)
 \end{aligned}$$

つぎに式(14)を同様に展開し m, n について整理すれば

$$A'm^3 + B'n^3 + B'm^2n + A'mn^2 + C'm^2 + D'n^2 + E'mn + F'm + G'n + H' = 0 \dots\dots(20)$$

となり、各係数は式(19)の $\alpha_{14}, \beta_{14}, A_{14}, B_{14}, C_{14}, x_{14}, y_{14}$ の代りに $\alpha_{15}, \beta_{15}, A_{15}, B_{15}, C_{15}, x_{15}, y_{15}$ を用いて計算すればよい。

式(18)を A で、式(20)を A' で割って両式を引けば m^3 の項は消去せられ、 m について整理すれば $(an + b)m^2 + (dn + e)m + an^3 + cn^2 + fn + g = 0 \dots\dots\dots(21)$

となるので、 n が指定されれば m は次式で求められる。

$$m = \frac{-(dn + e) \pm \sqrt{(dn + e)^2 - 4(an + b)(an^3 + cn^2 + fn + g)}}{2(an + b)} \dots\dots\dots(22)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{ただし } a &= \frac{B}{A} - \frac{B'}{A'}, \quad b = \frac{C}{A} - \frac{C'}{A'}, \quad c = \frac{D}{A} - \frac{D'}{A'}, \quad d = \frac{E}{A} - \frac{E'}{A'} \\
 e &= \frac{F}{A} - \frac{F'}{A'}, \quad f = \frac{G}{A} - \frac{G'}{A'}, \quad g = \frac{H}{A} - \frac{H'}{A'}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(23)$$

つぎに式(18)を B で、式(20)を B' で割って両式を引き n^3 の項を消去し、 n について整理すれば $(a'm + c')n^2 + (d'n + f')n + a'm^3 + b'm^2 + e'm + g' = 0 \dots\dots\dots(24)$

となり、 m が指定されれば n は次式で求められる。

$$n = \frac{-(d'm + f') \pm \sqrt{(d'm + f')^2 - 4(a'm + c')(a'm^3 + b'm^2 + e'm + g')}}{2(a'm + c')} \dots\dots\dots(25)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \text{ただし } a' &= \frac{A}{B} - \frac{A'}{B'}, \quad b' = \frac{C}{B} - \frac{C'}{B'}, \quad c' = \frac{D}{B} - \frac{D'}{B'}, \quad d' = \frac{E}{B} - \frac{E'}{B'} \\
 e' &= \frac{F}{B} - \frac{F'}{B'}, \quad f' = \frac{G}{B} - \frac{G'}{B'}, \quad g' = \frac{H}{B} - \frac{H'}{B'}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(26)$$

$A' \sim H'$ は式(19)の $\alpha_{14}, \beta_{14}, A_{14}, B_{14}, C_{14}, x_{14}, y_{14}$ の代りに $\alpha_{15}, \beta_{15}, A_{15}, B_{15}, C_{15}, x_{15}, y_{15}$ を代入して計算した値である。

式(22)と式(25)を用い両曲線を m, n 座標上に描いて交点を求めれば m, n が決定される。 m, n が定まれば式(11)あるいは式(16)より D_{1n}, E_{1n}, F_{1n} を求め、式(8)あるいは式(9)により θ_1 を求め、式(5)あるいは式(6)により a を求め、式(1)から b が求まる。

§ 4 クランクの中心 O , 連桿点 C , リンクの長さ a, b を与えて δ, γ を求める方法

図1において, クランク OA と連桿 AC のなす角を δ_n , AC が x 軸となす角を γ_n とすれば, δ_n, γ_n は次式によって求められる。

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= 180^\circ - \theta_1 + \gamma_1 \\ b \cos \gamma_1 &= x_1 - (m + a \cos \theta_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_n &= 180^\circ - (\theta_1 + \phi_{1n}) + \gamma_n \\ b \cos \gamma_n &= x_n - \{m + a \cos(\theta_1 + \phi_{1n})\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (28)$$

例題 つぎの5つの連桿点の座標とクランクの4つの回転角を指定した場合の4節リンク機構のクランクの中心を求めよ。

- $x_1 = 167.5mm, x_2 = 72mm, x_3 = 23.5mm, x_4 = 124mm, x_5 = 184mm$
- $y_1 = 199mm, y_2 = 205mm, y_3 = 167.5mm, y_4 = 172mm, y_5 = 171mm$
- $\phi_{12} = 90^\circ, \phi_{13} = 180^\circ, \phi_{14} = 270^\circ, \phi_{15} = 315^\circ$

解 式(15)より

- $\alpha_{12} = 1, \alpha_{13} = 2, \alpha_{14} = 1, \alpha_{15} = 0.29289$
- $\beta_{12} = 1, \beta_{13} = 0, \beta_{14} = -1, \beta_{15} = -0.70711$
- $x_{12} = -191, x_{13} = -288, x_{14} = -87, x_{15} = 33$
- $y_{12} = 12, y_{13} = -63, y_{14} = -54, y_{15} = -56$
- $A_{12} = 37.5, A_{13} = -191, A_{14} = -339.5, A_{15} = -158.30757$
- $B_{12} = -271, B_{13} = -366.5, B_{14} = -75, B_{15} = 52.02405$
- $C_{12} = 20448.25, C_{13} = 39048.75, C_{14} = 22697.25, C_{15} = 4560.25$

これらの値を式(19)に代入すれば

- | | | |
|---------------------|----------------------|-----------------|
| $A = -20$ | $A' = -83.884$ | |
| $B = -42$ | $B' = 32.029$ | |
| $C = 25512.5$ | $C' = 22730.617$ | |
| $D = 13454.5$ | $D' = -8711.823$ | |
| $E = 6460$ | $E' = 10760.814$ | |
| $F = -3374022$ | $F' = -2497410.708$ | |
| $G = -160641.5$ | $G' = 1724858.707$ | |
| $H = -35680467.625$ | $H' = -89070806.740$ | |
| $B/A = 2.1$ | $B'/A' = -0.38182$ | $a = 2.48182$ |
| $C/A = -1275.625$ | $C'/A' = -270.977$ | $b = -1004.648$ |
| $D/A = -672.725$ | $D'/A' = 103.856$ | $c = -776.581$ |
| $E/A = -323$ | $E'/A' = -128.282$ | $d = -194.718$ |

$$\begin{array}{lll}
 F/A=168701.1 & F'/A'=29772.20 & e=138928.900 \\
 G/A=8032.075 & G'/A'=-20562.433 & f=28594.508 \\
 H/A=1784023.38 & H'/A'=1061833.08 & g=722190.300
 \end{array}$$

また式(26)より

$$\begin{array}{lll}
 A/B=0.4761 & A'/B'=-2.6190 & a'=3.0941 \\
 C/B=-607.440 & C'/B'=709.689 & b'=-1317.129 \\
 D/B=-320.345 & D'/B'=-271.998 & c'=-48.347 \\
 E/B=-153.810 & E'/B'=335.971 & d'=-489.781 \\
 F/B=80333.857 & F'/B'=-77973.420 & e'=158307.277 \\
 G/B=3824.800 & G'/B'=53853.030 & f'=-50028.230 \\
 H/B=849534.940 & H'/B'=-2780855.650 & g'=3630390.590
 \end{array}$$

$a \sim g$ 迄の値を式(22)に代入し各 n に対して m を求めたものを表1に示す。

表1 例題に対する式(22)の計算値

n	$m \oplus$	$m \ominus$
0	-5.016	143.254
50	-3.925	150.569
70	1.860	148.921
110	21.942	138.703
111	22.619	138.307
115	25.266	136.761
120	28.781	134.713
130	36.403	130.189
140	44.812	125.103
150	54.051	119.448
160	64.399	112.992
180	87.619	98.545

表2 例題に対する式(25)の計算値

m	$n \oplus$	$n \ominus$
-20	-363.568	-2.186
-10	-608.797	39.620
0	-1102.782	68.077
21	3517.348	109.471
22	2971.356	111.215
25	2031.698	115.636
30	1332.259	122.812
40	788.612	134.722
50	554.706	145.971
54	493.181	151.102
60	422.185	156.221
80	276.380	171.465
100	194.068	185.194

また $a' \sim g'$ 迄の値を式(25)に代入し各 m に対して n を求めたものを表2に示す。

これらの両曲線を図2に図示する。

図2から明らかなように両曲線は $m=10 \sim 50$ の間は殆んど重なっている。

そこでこの間の適当な点 $m=22, n=111$ をとり式(16)に代入すれば

$$\begin{array}{ll}
 D_{12}=-51.5, & D_{13}=-147 \\
 E_{12}=-138, & E_{13}=-144.5 \\
 F_{12}=17578.25, & F_{13}=25719.75
 \end{array}$$

となるので式(8)より

$$\tan \theta_1 = - \frac{\begin{vmatrix} -51.5 & -147 \\ 17578.25 & 25719.75 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -138 & -144.5 \\ 17578.25 & 25719.75 \end{vmatrix}} = 1.24787$$

$\therefore \theta_1 = 51^\circ 17.55'$ 式(5)より

$$2a = \frac{-17578.25}{-51.5 \cos \theta_1 - 138 \sin \theta_1} = 125.65765$$

$\therefore a = 62.829$ 式(1)より

$b = 113.133$ を得る。

x_n, y_n と $\theta_1 = 51^\circ 17.55'$, $a = 62.829$,

$b = 113.133$, $m = 22$, $n = 111$ を式(27), (28) に代入して r_n, δ_n を求めたものを表 3 に示す。

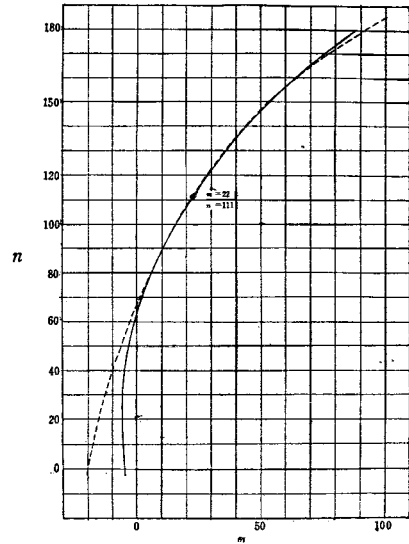


図 2 クランクの回転中心の決定

表 3 連桿の傾斜角

n	1	2	3	4	5
r_n	$20^\circ 9'$	$28^\circ 55'$	$68^\circ 52'$	$62^\circ 5'$	$28^\circ 22'$
δ_n	$148^\circ 51'$	$67^\circ 37'$	$17^\circ 34'$	$-79^\circ 13'$	$-157^\circ 56'$

§ 5 結 言

本研究により 5 つの連桿点を指定された時間に通過する 4 節リンク機構のクランクの中心の位置は正確に決定することができる。この結果を利用して 5 つの連桿点を指定された時間に通過する 4 節リンク機構の総合については次報において論ずる。

文 献

- (1) 小川潔；リンク機構の総合について，日本機械学会論文集 25 卷 154 号 510～523 頁（昭 34—6）

（昭和 40 年 9 月 1 日受付）

密着うず巻ばねの研究 (第1報)

(機械工学科) 糸島寛典, 大下隆章

Studies on Coiled Flat Spring (Report 1)

Hironori ITOSHIMA and Takaaki OSHITA

The following effect is obtained after a flat spring is rolled like a coil so as to make the natural radius of curvature may change with the number of rolls and then heat-treated.

- (1) When the width of the plate is less than 50 times of its thickness, the spring gets twisted from the side, and gets unstable.
- (2) The smaller the natural radius of curvature is, the larger errors from the calculated value are produced because of the load of the frictional force between the axis and the bush.
- (3) It is easy to change the spring constant negative by converting the coiling direction oppsite.

(Received Sept. 1, 1965)

§ 1 緒 言

密着うず巻ばねに関しては, F. A. Votta などの研究⁽¹⁾があり, そのばねは曲率半径が一定であるように製作されるので, ばね定数は殆んど零に近く, たわみ量が極めて大きい。この性質を利用して新しい応用が次第に拡大されている。しかしこの製作法は多大の費用を伴うが, 本研究で示すような曲率半径がばねの巻数とともに変化する密着うず巻ばねは任意のばね定数で, たわみ量が大きく簡単に製作することができる。更にばねを外側が内側になるように逆巻きにして組立てれば, ばね定数が負になる可能性があるので, 本研究ではこのような密着うず巻ばねの製作を目的として板厚0.1~0.3mmのみがき鋼板SK5を種々の板巾でうず巻き状に重ねて成形し, 熱処理後, 荷重とたわみ量の関係, 板厚と板巾の関係を調べる。

§ 2 荷重とたわみ量の理論式

図1(a)に示すようにばね材をうず巻き状に密着して巻きつけ、熱処理後同図(b)のようにプッシュをはめて、回転自由であるものとして荷重とたわみ量の関係を求めるために、つぎの記号を用いる。

- ← P = 自然曲率半径 R のときの荷重 Kg
- P_1 = プッシュをはめてばねが拡ったときの荷重 Kg
- E = 縦弾性係数 Kg/mm^2
- L = ばねの長さ mm
- F = たわみ量 mm
- R = ばねの自然曲率半径 mm
- R_n = ばねの最小自然曲率半径 mm
- R_1 = プッシュをはめて拡げられたばねの曲率半径 mm
- R_2 = プッシュの半径 mm
- $A = R_1/R$
- t = ばね材料の板厚 mm
- b = ばね材料の板巾 mm
- k = ばね定数 Kg/mm

F. A. Vottaは自然曲率半径 R が一定であるような密着うず巻ばねに対して荷重を求めるのに、ばねの断面が湾曲することも考慮に入れて

$$P = \frac{E b t^3}{26.4 R^2} \dots\dots\dots(1)$$

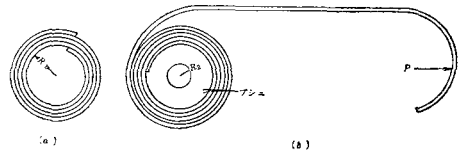


図1 密着うず巻ばね

を与えている。

本報告のようにうず巻き状に巻いて成形したものを熱処理すれば自然曲率半径 R は中心より外方にゆくに従って増加する。すなわち荷重 P はたわみ量とともに増加する。この荷重 P とたわみ量の関係を示せば式(1)を変形して、

$$P = \frac{E b t^3}{26.4 \left[\frac{(L-F)t}{\pi} + R_n^2 \right]} \dots\dots\dots(2)$$

が得られる、またばね定数は dP/dF であるから

$$k = \frac{dP}{dF} = \frac{E b t^4}{26.4 \pi \left[\frac{(L-F)t}{\pi} + R_n^2 \right]^2}$$

となり、普通 $R_n^2 \gg \frac{(L-F)t}{\pi}$ であるから

$$k = \frac{E b t^4}{26.4 \pi R_n^4} \dots \dots \dots (3)$$

となる。

F. A. Votta はプッシュをはめたためにおこるばねの拡りを考慮して、

$$P_1 = \frac{E b t^3}{26.4} \left[\frac{1}{R^2} - \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (4)$$

を与えているが $A = R_1/R$ であるから式(4)に代入して式(2)と式(4)から

$$\frac{P_1}{P} = \frac{\frac{1}{R^2} - \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} \right)^2}{\frac{1}{R^2}} = \frac{2A-1}{A^2} \dots \dots \dots (5)$$

となり A が 1 に近づけば P は P_1 に近づく。また図に示すように普通の密着うず巻ばねを逆方向に巻き取りこれにプッシュをはめて用いると、式(3)から得られるばね定数と絶対値が等しく負号であるようなばねが得られる。

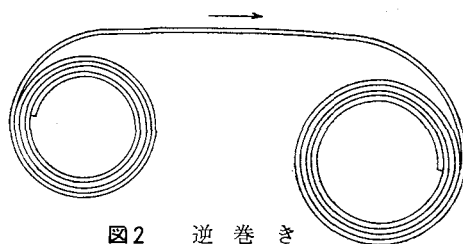


図2 逆巻き

§ 3 密着うず巻ばねの設計

本報告に使用する密着うず巻ばねの設計はF. A. Votta の式によるものとした。巻数10以下の場合を選んだ。最大応力率 $S_f = t/R_n$ を 0.01, 0.014, 0.016, 0.018 の4種を仮定し、つぎに b/t を100に選んだ場合について次式より算出した。本報告に使用したものは表1のものである。

- ① $t \geq \frac{26.4 P}{E b S_f^2}$ ② $R_n = \sqrt{\frac{E b t^3}{26.4 P}}$ ③ $b = \frac{26.4 P}{E t S_f^2}$
- ④ $R_2 = 1.15 R_n$ ⑤ $L = F + 10 R_2$

表1 密着うず巻ばねの寸法

番号	$S_f = \frac{t}{R_n}$	t	R_n	b	R_2	L
1	0.01	0.1	10	10	11.5	620
2	0.01	0.2	20	20	23	1250
3	0.014	0.3	21.5	30	26	1350
4	0.016	0.1	6.3	10	7.2	1072
5	0.018	0.2	11.3	20	13	630

注 No.4は特に L を大きくとった。また No.5の数値は t, R_n, R_2, L を表の通りとして板巾 b をばねのたわみ量の増加につれて 20~24mm の範囲に変化させ、ばね定数が負であるような密着うず巻ばねの設計の基礎とした。

§ 4 実験と考察

素材は板厚 0.1~0.3mm の高砂鉄工製みがき鋼板 SK5 を用いた。最初に 20×50mm の試料を切取り BaCl₂ 50%, NaCl 25%, KCl 25% の塩浴中で、760~840°C の範囲に 5 分間加熱し、水中焼入れ後、微小硬度計によって硬度を測定したのち検鏡した。図 3 は焼入温度と硬度数の関係を示す。この結果微細なマルテンサイト組織であり、更に可成りの硬度数が得られる 780° を焼入温度と決定した。また保持時間は材料の腐食も考えられるので、できる限り短時間である方がよい。つぎに C 780°C/5min で水中焼入れしたものを、NaCO₃ 50%, KNO₃ 50% の塩浴中で、380~480°C の範囲に 10 分間加熱後空冷して焼戻しを行い硬度を測定した。図 4 には焼戻温度と硬度数の関係を示す。また顕微鏡組織はソルバイトと微細な粒状セメントの混合組織である。ばねの硬度数は疲れなどを考慮して、目標値を Hv420 程度として、450°C を焼戻温度と決定した。以下の実験では、計算値より 0.5mm 大きい板巾の帯鋼を一部に割れを入れたリング内に割れを通して巻き込んでばねを成形し、更に 0.6mm の針金で変形しないように円周方向に巻いて所定の板巾 *b* になるように研削した。これを 780°C/5min 水中焼入、450°C/10min 焼戻しの熱処理をしたものについて報告する。

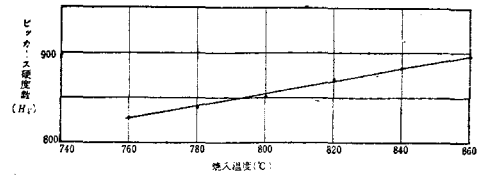


図 3 焼入温度と硬度

より 0.5mm 大きい板巾の帯鋼を一部に割れを入れたリング内に割れを通して巻き込んでばねを成形し、更に 0.6mm の針金で変形しないように円周方向に巻いて所定の板巾 *b* になるように研削した。これを 780°C/5min 水中焼入、450°C/10min 焼戻しの熱処理をしたものについて報告する。

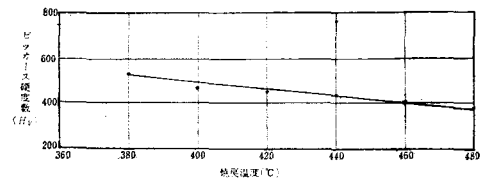


図 4 焼戻温度と硬度

写真 1 は以上の熱処理をしたものの顕微鏡組織である。また縦弾性係数はたわみ法によって片持梁としてひずみ計を用いて測定し、 $2.13 \times 10^4 \text{ Kg/mm}^2$ を得た。縦弾性係数は焼入温度の上昇によって僅かに減少し、焼戻温度の上昇によって僅かに増加するが大きな変化はない。

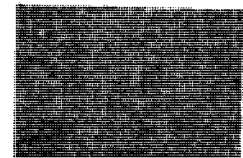


写真 1 顕微鏡組織 ×400
SK5. 780°C/5min 水中
焼入 450°C/10min 焼戻

荷重の測定はばねばかりを用いた。図 5, 図 6 は表 1 の No. 1, No. 3 の普通に巻いた場合の荷重とたわみ量の関係を示す。図において、実線は測定値、破線は式 (2) による計算値である (以下の荷重とたわみ量の関係を示す図においても同様で、実線は測定値、破線は計算値である)。図 5, 図 6 いずれの場合も荷重の変化はたわみ量により直線的に変化して、測定値が計算値よりもやや小さい値を示している。またばね定数は図 5 では 0.015g/mm, 図 6 では 0.15 g/mm となり極めて小さい。従って一定の力を必要とするような測定器等に用いて有効である

荷重の測定はばねばかりを用いた。図 5, 図 6 は表 1 の No. 1, No. 3 の普通に巻いた場合の荷重とたわみ量の関係を示す。図において、実線は測定値、破線は式 (2) による計算値である (以下の荷重とたわみ量の関係を示す図においても同様で、実線は測定値、破線は計算値である)。図 5, 図 6 いずれの場合も荷重の変化はたわみ量により直線的に変化して、測定値が計算値よりもやや小さい値を示している。またばね定数は図 5 では 0.015g/mm, 図 6 では 0.15 g/mm となり極めて小さい。従って一定の力を必要とするような測定器等に用いて有効である

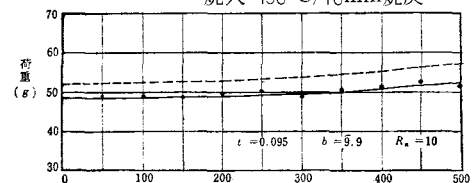


図 5 荷重とたわみ量

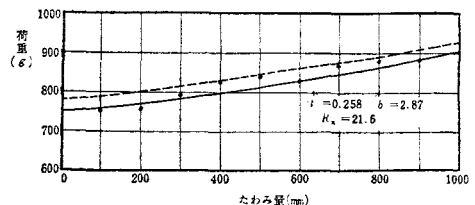


図 6 荷重とたわみ量

う。自然曲率半径 R_n が極めて小さくなる時は、ばねの必要とする容積が小さくなる利点はあるが荷重の計算値と測定値の差が大きくなる。図7は表1 No.4をもとにして、たわみ量500mmのとき $R_n=6.3mm$ とし巻数が10以上になるようにした例で最大半径が最小半径の1.5倍に及ぶものである。たわみ量が小さい範囲では測定値が計算値より大きく、たわみ量が大きくなると測定値が小さくなる傾向にある。これはブシュと軸受の摩擦抵抗が原因の一つとも考えられるが、最小曲率半径が小さいときは許容誤差の範囲によって使用するばねの長さが制限される。板厚 t が小さいときは荷重 P の変動が比較的大きかった。これは熱処理を一層均一にする必要があるものと思われる。F. A. Votta は

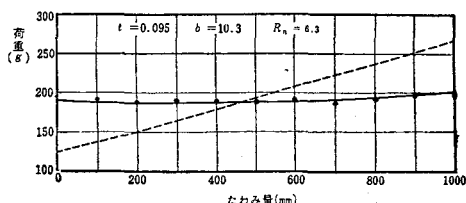


図7 曲率半径の小さいうず巻ばねの荷重とたわみ量

$b/t=50\sim 200$ の範囲であるべきことを述べているが、この値が小さいときは、ばねが横方向の力を受けて移動しやすく、ばねはしばしば振られるようになる。従って荷重 P も不安定で使用することができない。

写真2は板厚 $t=0.176mm$ 、板巾 $b=5.5mm$ で $b/t=31$ のときにばねが振られた例である。また板厚 $t=1.87mm$ 、板巾 $b=10mm$ 、 $b/t=53$ のものについても実測したがやゝ不安定であった。

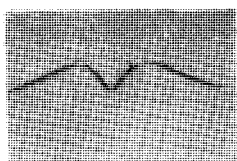


写真2 板巾の小さいばねの振れ

ばね定数が負であるためには、板厚 t 及び板巾 b を徐々に変化すればよいが、板厚 t を変化させることは製作上困難であるから板巾 b をたわみ量の増加するにつれて変化させる。

このようなばねの製作に当ってブシュをはめたために生じる荷重の低下は式(5)によって求められる。しかし $A=1.15$ としてばねを使用する場合は $P_1/P=0.9829$ で荷重の低下は2%弱であるから、板巾を変えてばね定数を変えようとする密着うず巻ばねの計算に式(1)を用いる。ばねの内側の板巾を b_i 、このときの曲率半径を R_i 、外側の板巾を b_o とすると各々の荷重を P_i, P_o とするとき

$$b_o = b_i \left(\frac{F t}{\pi R_i^2} + 1 \right) \frac{P_o}{P_i} = b_i \left(\frac{F t}{\pi R_i^2} + 1 \right) \left(\frac{k F}{P_i} + 1 \right) \dots \dots \dots (6)$$

となり板巾 b_o を決定することができる。図8は表1 No.5を基礎にして板巾 b をたわみ量とともに減少させたものの荷重とたわみ量の関係で負号のばね定数を示している。従って b_i, b_o, F の関係を変化してばね定数の異なる種々の密着うず巻ばねが製作できる。また前述したように図2に示す方法によってばねを逆巻きにして使用すれば、板巾を変化することなく容易にばね定数 k を負にすることができる。

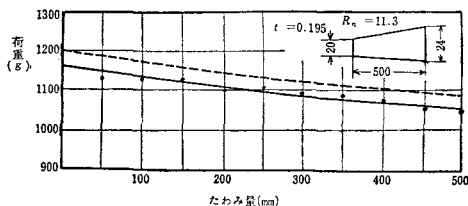


図8 板巾を変えた密着うず巻ばねの荷重とたわみ量

図9は板厚 $t=0.185mm$ 、 $b=19.4mm$ のばねについて、普通巻きと逆巻きのものの荷重とたわみ

量の関係を測定した結果でばね定数 k の絶対値は 0.046 g/mm で等しく、符号が逆になることを示す、従って、ばね定数が異なる密着うず巻ばねが製作できれば絶対値が等しく符号が逆になる密着うず巻ばねが容易に製作できる。このとき式(3)から板厚 t の小さいものにはばね定数 k の大きいものが得難いから逆巻きにすると同時に板巾 b も変化させるようにすればばね定数 k の大きい密着うず巻ばねが得られる。

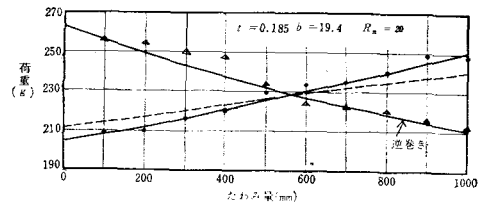


図9 逆巻きにした密着うず巻ばねの荷重とたわみ量

§ 5 結 言

うず巻き状に成形したのち熱処理をした密着うず巻ばねについて、板厚、板巾および巻き取り方向を変えて荷重とたわみ量の関係を検討してつぎの結果を得た。

- (1) $b/t < 50$ のときは、ばねが横方向から振られて不安定である。
- (2) 最小自然曲率半径の小さいものほど計算値との誤差が大きい。
- (3) ばねの巻き取り方向を逆にすることで容易にばね定数を負とすることができる。

この種のばねは、荷重が比較的小さくそのために摩擦抵抗の影響を受けやすい。また板巾の小さいときは横方向からの力を受けやすいことなどを今後の研究としたい。

文 献

- (1) F. A. Votta, Jr : Trans. A. S. M. E. 74巻 4号 439頁 (1952)
- C. Pernetta : Machinery, 90巻, Mar. 516頁 (1957)
- C. Pernetta : Machinery, 91巻, Oct. 927頁 (1957)

(昭和40年 9月 1日 受理)

学生の実態に関する基礎的研究 (第1報)

(昭和40年度本校学生生活実態調査から)

学生主事 (数学) 小 池 政 夫
 学生主事補 (保体) 堀 武 夫

A Study on the Actual Conditions of the Students in Technical College. (Report 1)

Masao KOIKE and Takeo HORI

To attain the purpose of the technical college education, efficient and effective guidance is very important. So it is quite necessary to understand the mental and physical development of the students, as well as the intellectual one.

As a first step, we investigated the actual condition of our students and tried to understand their lives in this college.

Here we report the result of the investigation. We hope this report will be of some service to the technical college education.

(Received September 1, 1965)

目 次

I 調査の目的と方法	3・1 呉高専学生の全体的反応特徴
1・1 調査の目的	3・2 学年別にみた反応特徴
1・2 調査票の形式	3・3 学科別にみた反応特徴
1・3 調査の対象と実施時期	3・4 宿舎別にみた反応特徴
II 調査票の集計	IV 調査結果の考察(2) 第II部について
2・1 調査票の回収	4・1 自由記述欄に示された問題点
2・2 調査結果の集計	4・2 当面する問題解決と相談相手
III 調査結果の考察(1) 第I部について	V 調査結果の活用
	VI おわりに

I 調査の目的と方法

1・1 調査の目的

高等専門学校は、特に有為な社会人・職業人として必要な一般教養ならびに専門知識を広く獲得させ、豊かな人間性を養うことを目標としている。教育の最終のねらいは、集団の中にある個人にある。学生一人一人の人格を、最も望ましい方向に完成させるための援助、指導の仕事である。

高専に学ぶ学生の立場としては、高専が新しい教育制度であるだけに、この教育体制に正しく適応することが重要な問題と考えられる。

学生個人個人の適応を図るためには、まず学生の実態の理解から出発すべきと考える。学生の個性とか、人格とか言われるものは、多種多様で複雑な構成をもち、現われ方もいろいろである。学生指導においては、それらをできるだけ広く、正確に把握することが望ましいが、特に重要と思われるものは、能力の問題、性格特徴、健康(体力)、興味、欲求、悩みなどの問題、交友関係、環境条件などであろう。このような視点から、学生の当面している問題点を探り、学生の集団意識・実態を理解することは、学生個人の指導・助言に役立つとともに、この調査研究を積み重ねることによって、新しい教育体制における呉高専学生の実態を明確化し、教育目標達成に資しようとする。

1・2 調査票の形式

学生のもっている悩みを多角的に理解しようとする基礎研究の立場から比較検討を行なうために、浅い分析に終る形式ではあるけれども、広島大学教養部学生相談室において、過去、数

回にわたって調査研究を重ねられた結果、構成された質問票を参考にし、高専学生に不相当と思われる項目を除き、本校において昨年度実施の予備調査の結果から、予想される項目を加え、再構成したものが、別票に示す「学生生活実態調査」の質問票である。

この調査票の内容は、大要次のとおりである。この学生生活実態調査票は、元来日本に紹介された際には4種類のformからなり、そのうちcollege formを東京大学教養学部学生相談所が邦訳改訂した「学生・生徒生活調査票(大学版)」であった。これを広島大学において参考にされ、数回調査を重ねられた。幸いに、その研究成果を資料に、そのまま健康、経済、能力、教育内容および方法、課外活動、対人関係、思想、余暇、生活環境、人生、将来、家庭の12の領域に分類し、本校学生に相当と思われる187項目を無作為に並べて第I部を決定した。

第II部の「自由記述欄」は、第I部が極めて浅く広範囲にわたって集団の実態を把握しようとするものだけに、この項においては、これに関連して当面する問題点の究明を企図するものである。

学生生活実態調査質問票

第1部 記入方法

1. 調査票の各項目をよく読んで、自分が現在関心をもっている項目や、悩んでいる項目があれば、回答票の第1部回答記入欄のその項目と同じ番号の下にアンダーラインを引いてください。例) 1. 疲れやすいという悩みがあれば 1 とする。
2. 次に、自分がアンダーラインを引いた項目を読みかえして、その中でとくに悩んでいる項目を、回答票の第1部回答記入欄のその項目と同じ番号の前にある枠の中に○で記入してください。例) 1 とする。

(1) 健康

- 1 疲れやすい。
- 13 目が悪くてこまっている。
- 25 鼻炎や蓄膿症でこまっている。
- 37 消化器官の障害がある。
- 49 しばしば頭が重くなったり、痛くなったりする。
- 61 身体のことですべて者に相談したいと思っている。
- 73 たびたび風邪をひくのでこまる。
- 85 歯が悪くてこまっている。
- 97 耳が悪くて人の話を聞きとりにくい。
- 109 どもってうまくしゃべれないのが気になる。
- 121 よく皮膚に“じんましん”ができる。
- 133 よく食欲不振になる。
- 145 自分に悪い遺伝(色盲, 精神病)がないか心配だ。
- 155 時々気分が遠くなったりめまいがするので気になる。
- 165 夜よく眠られなくてこまる。
- 173 耳なりがしてこまることがある。
- 179 寝汗をかくことがよくある。
- 183 病弱で病気にかかりやすい。

(2) 経済

- 2 アルバイトが必要である。
- 14 奨学金がほしい。(もっとほしい)
- 26 家庭が経済的にこまっている。
- 38 計画的な経済生活がむづかしい。
- 50 小遣い銭が足りなくてこまっている。
- 62 アルバイトがしたい。
- 74 学費がすくなくすぎる。
- 86 レクリエーションに使う金があまりにもすくない。
- 98 必要な経費を全部自分でかせがねばならない。
- 110 経済的に他人の世話になりたくない。
- 122 卒業まで学費がつづくかどうか心配だ。
- 134 友人にくらべて金まわりがよくない。
- 146 家庭からの送金がすくなくすぎる。

- 156 毎月固定した収入や送金がないので心配だ。
- 166 下宿代が高すぎる。
- 174 食事に金がかかけられない。

(3) 能力

- 3 語学の能力がたりない。
- 15 自分の能力に自信がもてない。
- 27 自分の考えを言葉でうまく言い表わせない。
- 39 自分の勉強にうちこめない。
- 51 うまく注意を集中することができない。
- 63 基本的学力ができていない。
- 75 文章で表現することが苦手である。
- 87 効果的な勉強の仕方がわからない。
- 99 書物を読んでも真の興味がわかない。
- 111 勉強の時間がたりない。
- 123 読書の速度がおそい。
- 135 講義の際ノートをとるのがへただ。
- 147 時間通りに勉強を終えることができない。
- 157 論理的にものを考えることが苦手である。
- 167 学校での勉強計画がまだできていない。
- 175 専攻学科をうまくやってゆけるかどうか不安である。
- 180 自分の適性がわからない。

(4) 教育内容, 方法

- 4 大量生産的, 画一的な講義のやり方に不満がある。
- 16 学校の成績は, 能力を正当に評価していない。
- 28 勉強することが多くてこまっている。
- 40 中学校のような授業のやり方は不満である。
- 52 先生はもっと学生に対して関心をもってほしい。
- 64 講義のしかたが単調でしかも一方交通的である。
- 76 勉強のための設備(図書, 器具など)がすくなくすぎる。
- 88 校内で自習する部屋がすくない。

- 100 先生はもっと親切に講義してほしい。
- 112 習っていることが役にたたないように思われる
- 124 あまりにも規則や手続が多すぎる。
- 136 学校側は学生の欲求をもう少し充すようにしてほしい。
- 148 講義の内容がつまらない。
- 158 休講が多すぎる。
- 168 講義がむつかしすぎる。
- 176 履修科目が多すぎる。
- 181 教育の設備に不満がある。
- 184 校内にアカデミックな雰囲気がない。

(5) 課 外 活 動

- 5 学内に課外活動の施設がすくない。
- 17 課外活動の時間がたりない。
- 29 自分に興味のある研究会、クラブ活動がないのでつまらない。
- 41 どのサークルに入ったらよいかわからない。
- 53 サークル活動と学業が両立しない。
- 65 学生会活動はしたくない。
- 77 現在課外活動はしていない。
- 89 サークルにまとまりがない。
- 101 もっと運動がしたいができない。
- 113 計画的に活発に活動するサークルがすくない。
- 125 課外活動に参加しているが時間がとられてこまる。
- 137 今のサークルは自分の期待にそわない。
- 149 サークルの雰囲気が民主的でない。
- 159 サークル活動をやめたい。

(6) 対 人 関 係

- 6 もっと教官と個人的に話しあいたい。
- 18 クラスはもっとまとまりがあるとよい。
- 30 よい指導教官がほしい。
- 42 学内に精神的な支えとなる人がいない。
- 54 学生の気持をよくくんでくれる先生がすくない
- 66 先生と話しあう場所がほしい。

- 78 友人がすくなくすぎて(多すぎて)こまっている。
- 90 孤独に苦しんでいる。
- 102 先輩、友人がいない。
- 114 自分を理解してくれる人がいない。
- 126 ほんとうの友人がほしい。
- 138 クラスの人たちになかなかじめない。
- 150 クラスによいリーダーがいないのでこまる。
- 160 人となかなか親しくなれない。
- 169 人とのつきあいが下手である。
- 177 友情が成立するか疑問に思う。
- 182 異性との交際の機会がすくない。
- 185 異性との交際の仕方がわからない。

(7) 思 想

- 7 立身出世主義の世の中に反撥を感じている。
- 19 傍観的な態度をとる人が多すぎる。
- 31 政治に対して不信失望を感じている。
- 43 学生として政治問題とどう取りくんだらよいかわからない。
- 55 世間では正直者が馬鹿をみている。
- 67 社会の醜さがいやになる。
- 79 日本人としての誇りをもちたい。
- 91 マスコミの横行が腹立たしい。
- 103 現在の社会制度に矛盾を感じる。
- 115 日本人は社会的訓練がたりない。
- 127 私の学生生活は自主性にとぼしい。
- 139 イデオロギーの問題でかなり迷っている。
- 151 立派な校風を樹立したい。
- 161 社会的慣習の束縛に悩んでいる。
- 170 理想的な社会形態がわからない。
- 178 思想、政治についてもっと学びたい。

(8) 余 暇

- 8 旅行がしたくてたまらない。
- 20 暇の時間がうまく活用できない。
- 32 趣味として音楽、絵画を習いたい。

- 44 自然に親しむ機会がもっとほしい。
- 56 休日をもてあましている。
- 68 生活にうるおいが無い。
- 80 趣味を身につける方法がわからない。
- 92 均衡のとれた生活をしていない。
- 104 好きなことをする機会がすくなくすぎる。
- 116 自己を表現する機会をもっともちたい。
- 128 余暇をいかすためのリーダーが欲しい。
- 140 レクリエーションのための場所がすくない。
- 152 教養を高めたい。
- 162 映画を見すぎる。

(9) 生活環境

- 9 周囲が騒々しいので勉強ができない。
- 21 同室の人とうまくいかない。
- 33 家族から孤立しているようで淋しい。
- 45 部屋がせまくて陰気である。
- 57 適当な宿舎がない。
- 69 不便なところに住んでいる。
- 81 同居人がいるので完全な自由がない。
- 93 食事が不規則になりがちだ。
- 105 食べたいものが充分たべられない。
- 117 栄養に気をつかうほど余裕がない。
- 129 偏食がある。
- 141 食事のメニューがいつも同じでつまらない。
- 153 身体をこわしはしなないと心配である。
- 163 学生食堂の設備がほしい。
- 171 落ちついて食事できる場所がない。

(10) 人 生

- 10 自分自身のほんとうの姿がつかめない。
- 22 人生の生き方や目標について悩んでいる。
- 34 理想と現実の矛盾を感じる。
- 46 自分には信念がない。
- 58 自制心が乏しい。
- 70 大人になることに不安がある。
- 82 人生に希望がもてない。

- 94 自分の人生哲学がほしい。
- 106 何を信ずべきかわからない。
- 118 見栄をはったり背のびしがちである。
- 130 宗教の役割に疑問をもつ。
- 142 神をもっと身近かに感じたい。
- 154 既成の道徳や観念に従いたくない。
- 164 信用できるものは自分だけである。
- 172 傾倒できる宗教がほしい。

(11) 将 来

- 11 将来に対してばく然とした不安がある。
- 23 他の学科に転科したい。
- 35 自分の将来の職業選択が賢明だったかどうか疑問だ。
- 47 自分がほんとうに望んでいるものが何かよくわからない。
- 59 将来の仕事をうまく始めることができるかどうか心配だ。
- 71 学校卒業後どうしたらよいか助言がほしい。
- 83 自分が選んだ学科で仕事につけるかどうか心配だ。
- 95 職業についてのいろいろな資料がほしい。
- 107 自分で決めた目標に到達できない。
- 119 高専教育が職業のために役立つかどうか疑問らしい。
- 131 どうやって将来を決めたらよいかこまっている。
- 143 自分の将来のことで両親と意見が合わない。
- 186 本校3年終了で大学に進学したい。
- 187 本校卒業後大学に編入したい。

(12) 家 庭

- 12 家族のことで心配がある。
- 24 家庭が自分のために犠牲になりすぎる。
- 36 家庭内に争いがある。
- 48 親を尊敬できない。
- 60 親があまりにも干渉しすぎる。

- 72 両親は相談相手として、ものたりない。
 - 84 自分には安住できるほんとうの家がない。
 - 96 親(両方か、片方)がいない。
 - 108 家族との接触がすくなくてさみしい。
 - 120 兄弟(姉妹)とどうもうまくやってゆけない。
 - 132 親があまりにも自分に期待しすぎる。
 - 144 親と心底から正直に話すことができない。
- * 以上は各領域ごとに整理したものである。

第2部 回答票の下欄にある質問に答えを記入してください。

学生生活実態調査(回答票)

昭和 年度入学 () 学科 <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	経歴 <input type="checkbox"/> 浪人して入学 <input type="checkbox"/> 現役入学, 県 中学校卒業
学生番号 () 氏名 ()	宿舎 <input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 下宿 <input type="checkbox"/> 寮 <input type="checkbox"/> 間借 <input type="checkbox"/> その他

第1部の回答記入票	He	Ec	Ab	Te	Cl	Hu	Id	Re	Ho	Li	Fu	Fa
	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 11	<input type="checkbox"/> 12
<input type="checkbox"/> 13	<input type="checkbox"/> 14	<input type="checkbox"/> 15	<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 17	<input type="checkbox"/> 18	<input type="checkbox"/> 19	<input type="checkbox"/> 20	<input type="checkbox"/> 21	<input type="checkbox"/> 22	<input type="checkbox"/> 23	<input type="checkbox"/> 24	
<input type="checkbox"/> 25	<input type="checkbox"/> 26	<input type="checkbox"/> 27	<input type="checkbox"/> 28	<input type="checkbox"/> 29	<input type="checkbox"/> 30	<input type="checkbox"/> 31	<input type="checkbox"/> 32	<input type="checkbox"/> 33	<input type="checkbox"/> 34	<input type="checkbox"/> 35	<input type="checkbox"/> 36	
<input type="checkbox"/> 37	<input type="checkbox"/> 38	<input type="checkbox"/> 39	<input type="checkbox"/> 40	<input type="checkbox"/> 41	<input type="checkbox"/> 42	<input type="checkbox"/> 43	<input type="checkbox"/> 44	<input type="checkbox"/> 45	<input type="checkbox"/> 46	<input type="checkbox"/> 47	<input type="checkbox"/> 48	
<input type="checkbox"/> 49	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 51	<input type="checkbox"/> 52	<input type="checkbox"/> 53	<input type="checkbox"/> 54	<input type="checkbox"/> 55	<input type="checkbox"/> 56	<input type="checkbox"/> 57	<input type="checkbox"/> 58	<input type="checkbox"/> 59	<input type="checkbox"/> 60	
<input type="checkbox"/> 61	<input type="checkbox"/> 62	<input type="checkbox"/> 63	<input type="checkbox"/> 64	<input type="checkbox"/> 65	<input type="checkbox"/> 66	<input type="checkbox"/> 67	<input type="checkbox"/> 68	<input type="checkbox"/> 69	<input type="checkbox"/> 70	<input type="checkbox"/> 71	<input type="checkbox"/> 72	
<input type="checkbox"/> 73	<input type="checkbox"/> 74	<input type="checkbox"/> 75	<input type="checkbox"/> 76	<input type="checkbox"/> 77	<input type="checkbox"/> 78	<input type="checkbox"/> 79	<input type="checkbox"/> 80	<input type="checkbox"/> 81	<input type="checkbox"/> 82	<input type="checkbox"/> 83	<input type="checkbox"/> 84	
<input type="checkbox"/> 85	<input type="checkbox"/> 86	<input type="checkbox"/> 87	<input type="checkbox"/> 88	<input type="checkbox"/> 89	<input type="checkbox"/> 90	<input type="checkbox"/> 91	<input type="checkbox"/> 92	<input type="checkbox"/> 93	<input type="checkbox"/> 94	<input type="checkbox"/> 95	<input type="checkbox"/> 96	
<input type="checkbox"/> 97	<input type="checkbox"/> 98	<input type="checkbox"/> 99	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 101	<input type="checkbox"/> 102	<input type="checkbox"/> 103	<input type="checkbox"/> 104	<input type="checkbox"/> 105	<input type="checkbox"/> 106	<input type="checkbox"/> 107	<input type="checkbox"/> 108	
<input type="checkbox"/> 109	<input type="checkbox"/> 110	<input type="checkbox"/> 111	<input type="checkbox"/> 112	<input type="checkbox"/> 113	<input type="checkbox"/> 114	<input type="checkbox"/> 115	<input type="checkbox"/> 116	<input type="checkbox"/> 117	<input type="checkbox"/> 118	<input type="checkbox"/> 119	<input type="checkbox"/> 120	
<input type="checkbox"/> 121	<input type="checkbox"/> 122	<input type="checkbox"/> 123	<input type="checkbox"/> 124	<input type="checkbox"/> 125	<input type="checkbox"/> 126	<input type="checkbox"/> 127	<input type="checkbox"/> 128	<input type="checkbox"/> 129	<input type="checkbox"/> 130	<input type="checkbox"/> 131	<input type="checkbox"/> 132	
<input type="checkbox"/> 133	<input type="checkbox"/> 134	<input type="checkbox"/> 135	<input type="checkbox"/> 136	<input type="checkbox"/> 137	<input type="checkbox"/> 138	<input type="checkbox"/> 139	<input type="checkbox"/> 140	<input type="checkbox"/> 141	<input type="checkbox"/> 142	<input type="checkbox"/> 143	<input type="checkbox"/> 144	
<input type="checkbox"/> 145	<input type="checkbox"/> 146	<input type="checkbox"/> 147	<input type="checkbox"/> 148	<input type="checkbox"/> 149	<input type="checkbox"/> 150	<input type="checkbox"/> 151	<input type="checkbox"/> 152	<input type="checkbox"/> 153	<input type="checkbox"/> 154	<input type="checkbox"/> 186		
<input type="checkbox"/> 155	<input type="checkbox"/> 156	<input type="checkbox"/> 157	<input type="checkbox"/> 158	<input type="checkbox"/> 159	<input type="checkbox"/> 160	<input type="checkbox"/> 161	<input type="checkbox"/> 162	<input type="checkbox"/> 163	<input type="checkbox"/> 164	<input type="checkbox"/> 187		
<input type="checkbox"/> 165	<input type="checkbox"/> 166	<input type="checkbox"/> 167	<input type="checkbox"/> 168		<input type="checkbox"/> 169	<input type="checkbox"/> 170		<input type="checkbox"/> 171	<input type="checkbox"/> 172			
<input type="checkbox"/> 173	<input type="checkbox"/> 174	<input type="checkbox"/> 175	<input type="checkbox"/> 176		<input type="checkbox"/> 177	<input type="checkbox"/> 178						
<input type="checkbox"/> 179		<input type="checkbox"/> 180	<input type="checkbox"/> 181		<input type="checkbox"/> 182							
<input type="checkbox"/> 183			<input type="checkbox"/> 184		<input type="checkbox"/> 185							

第2部 回答欄	次の質問に答えてください。 問1. 現在あなたが最も悩んでいること、あるいは希望などがあれば具体的に書いてください。	問2. あなたはあなたの悩み、関心事について誰かに相談しようと思っ ていますか。 {イ 思っている {ロ 思っていない {ハ わからない	もし相談するとしたら相談相手はありますか。 {イ 相談相手なし {ロ 相談相手はある ↓ それは { (1)学内の人 } { 教官 } { (2)学外の人 } { 友人 }
------------	---	--	---

問2においては、当面する問題解決の方法として、「相談」についての学生の意識を知り、相談相手の実態を理解しようとして設けたものである。

1・3 調査の対象と実施時期

対象とした学生は、昭和39年入学生117名と、昭和40年度入学生 119名（昭和40年7月1日現在の休学者・退学者を除いた）合計 236名である。

調査は、昭和40年7月15日から19日の間、特別に時間編成して約40分を要し、各学年ごとに集団で実施した。この度の調査は、入学後4か月と1年4か月を経過した学生に、試みに実施したのであるが、将来計画としては、2年生と4年生に実施して、学年進行とともにどのような変化をもたらすものであるかを考察するつもりである。

II 調査票の集計

2・1 調査票の回収

調査対象者236名中、記入者数233名、回収率

は約98.7%で、良好であった。

結果の集計分析にあたっては、233名中女子学生9名を除き、224名について行なった。

2・2 調査結果の集計

調査票に対する反応の集計は次のように行なった。

第I部について

1) 学生個人が全項目にわたって反応した項目数の度数分布を、次にその内訳として領域別ごとの反応数の度数分布を、学年別、学科別および宿舎別に作り、それぞれの平均および標準偏差を算出した。なお、この集計については**Circle**反応のみを対象として行ない、したがって分析考察も同様とした。

2) 各質問項目ごとに反応率を算出して、反応の多い項目について学年別、学科別、宿舎別を表示した。

第II部について

問1については、個人の回答（自由記述）を第I部に対する反応と照らしあわせて、問題を有する学生については今後個人指導の資料を作成し、学生指導の計画に資する。

第1表 Circle 反応数度数分布表
(学年・学科別および寮生・通学生別)

		0	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50	51以上	計	平均	標準偏差
一 年	M	4	14	7	5	1	1	4					1	37	9.13	12.8
	E	5	14	6	3	7	2	2	1	1				41	9.44	9.85
	A	1	7	6	5	6	1	3		1	2		1	33	15.2	14.1
	計	10	35	19	13	14	4	9	1	2	2		2	111	11.0	12.7
二 年	M	8	13	9	3		2		2					37	6.05	8.40
	E	8	12	8	7	2		1				1		39	6.74	9.50
	A	4	14	4	6	2	3	2		1			1	37	9.98	11.7
	計	20	39	21	16	4	5	3	2	1		1	1	113	7.58	9.90
合 計	30	74	40	29	18	9	12	3	3	2	1	3	224	9.35	11.3	
寮 生	14	47	25	21	13	6	8	2	3	2	1	1	143	10.2	11.3	
通 学 生	16	27	15	8	5	3	4	1				2	81	7.90	11.6	

第2表

			0	1	2	3	4	5	6以上	平均	σ	
能	一 年	M	14	7	5	5	2			1.19	1.00	
		E	16	7	6	3	5	1	3	1.76	1.90	
		A	13	3	4	4	1	2	6	2.67	3.20	
		計	43	17	15	12	8	3	9	1.84	2.25	
	二 年	M	18	6	6	3	2	2			1.22	1.51
		E	19	10	4	2	1	1	2		1.18	1.72
A		17	6	4	4	3	1	2		1.60	2.16	
	計	54	22	14	9	6	4	4		1.33	1.85	
	合計	97	39	29	21	14	7	13		1.58	2.06	
力	一 年	M	20	5	4	3	1	1	3		1.57	2.62
		E	20	10	4	3	2	1	1		1.12	1.44
		A	10	11	4	2	2	2	2		1.88	2.48
		計	50	26	12	8	5	4	6		1.50	2.24
	二 年	M	24	7	3	2				1	0.73	1.49
		E	22	11	4	1				1	1.23	1.41
A		19	8	5	1	1			3	1.24	1.98	
	計	65	26	12	4	1		5		1.07	1.65	
	合計	115	52	24	12	6	4	11		1.28	1.97	
想	一 年	M	17	9	3	4	2		2		1.32	1.82
		E	20	8	5	3	3		2		1.24	1.65
		A	13	6	4	2	3	4	1		1.42	1.73
		計	50	23	12	9	8	4	5		1.32	1.71
	二 年	M	21	9	4		1		2		0.89	1.51
		E	23	7	5	2	2				0.79	1.18
A		12	13	6	3	1	1	1		1.32	1.44	
	計	56	29	15	5	4	1	3		1.00	1.38	
	合計	106	52	27	14	12	5	8		1.16	1.56	
対 人 関 係	一 年	M	14	11	5	6	1				1.16	1.11
		E	14	8	7	7	2	2	1		1.63	1.62
		A	14	3	6	7	1	1	1		1.55	1.63
		計	42	22	18	20	4	3	2		1.45	1.49
	二 年	M	24	7	2	1	1		2		0.74	1.53
		E	23	9	2	1	2	2			0.87	1.41
A		21	8	2	3	3				0.89	1.29	
	計	68	24	6	5	6	2	2		0.86	1.42	
	合計	110	46	24	25	10	5	4		1.15	1.49	
余 暇	一 年	M	14	11	5	6	1				1.16	1.11
		E	14	8	7	7	2	2	1		1.63	1.62
		A	14	3	6	7	1	1	1		1.55	1.63
		計	42	22	18	20	4	3	2		1.45	1.49
	二 年	M	24	7	2	1	1		2		0.74	1.53
		E	23	9	2	1	2	2			0.87	1.41
A		21	8	2	3	3				0.89	1.29	
	計	68	24	6	5	6	2	2		0.86	1.42	
	合計	110	46	24	25	10	5	4		1.15	1.49	

なお、自由記述にみられた特徴を検討するため概略集計を試みた。

問2については、各項目に全体に対する回答率を算出し「誰かに相談しようと思っているが相談相手なし」と答えたような問題の学生には今後個人指導を強調したいと思っている。

Ⅲ 調査結果の考察(1) 第I部について

3・1 調査結果の全体的反応特徴

全調査項目187個のうち、各学生が「特に悩んでいる」と反応した項目数の分布状態を示したものが第1表である。

これによれば、全学生は平均して一人当たり9~10個の項目に「特に悩んでいる」と訴えている。これを広島大学の学生の場合と比較すると広大では平均一人当たり反応数は6.50(標準偏差7.93)であって、本校の方がかなり多いことを認めざるを得ない。

学年別では、第2学年の平均一人当たり反応数7.58($\sigma=9.90$)に対し、第1学年は、10.97($\sigma=12.7$)で、低学年の方が多くの悩みをもっている。これを学科別にみると、建築学科が第1学年の15.15に続いて、第2学年が9.98と建築学科に学ぶ学生に問題点が多いようである。第2学年になると、機械・電気両工学科ともに6程度で、広大なみといえよう。

学生個々人が「特に悩んでいる」と反応した項目を、能力、思想、対人関係、余暇、将来、人生、教育内容・方法、課外活動、健康、生活環境、経済、家庭の領域別に分類し(反応数の多いものから順に列挙)、各領域ごとの反応数の分布状態を示したものが第2表である。

各領域ごとの度数分布の状態は、すべてJ型ともいべきものであって、ほとんどの領域で

領域別 Circle 反応数度数分布表

		0	1	2	3	4	5	6 以上	平均	σ			0	1	2	3	4	5	6 以上	平均	σ		
将来	一年	M	23	7	5	1		1	0.62	1.03	健	一年	M	21	10	3	3				0.68	0.94	
		E	23	9	5	2	2		0.80	1.13			E	24	9	4	2		2	0.80	1.28		
		A	13	7	6	3	2	1	1	1.45			1.68	A	16	8	6		3		0.97	1.24	
	計	59	23	16	6	4	2	1	0.94	1.18	計	61	27	13	5	3	2		0.81	1.16			
	二年	M	28	4	4		1			0.43	0.89	康	二年	M	25	8	2		1	1		0.57	1.10
		E	26	7	1	2	2	1		0.72	1.30			E	30	3	3		2	1	0.56	1.24	
A		15	13	3	3			3	1.38	2.12	A			23	10	1	2	1		0.59	0.98		
計	69	24	8	5	3	1	3	0.84	1.58	計	78	21	6	2	4	2		0.58	1.12				
合計	128	47	24	11	7	3	4	0.89	1.28	合計	139	48	19	7	7	4		0.69	1.15				
人生	一年	M	23	5	4	2	1		2	1.05	1.97	生活	一年	M	21	13	1	2				0.57	0.78
		E	22	13	4	1		1		0.70	1.02			E	26	7	3	2	1		0.61	1.00	
		A	16	7	4	2		1	3	1.39	1.99			A	21	7	2		1	2	0.64	1.15	
	計	61	25	12	5	1	2	5	1.03	1.72	計	68	27	6	4	2	2		0.60	0.94			
	二年	M	24	8	4				1	0.59	1.13	環境	二年	M	29	6	1	1				0.30	0.66
		E	28	7	3	1				0.41	0.74			E	29	5	2	3			0.46	1.04	
A		19	12	2	1		2	1	0.95	1.49	A			24	6	4	2	1		0.70	1.07		
計	71	27	9	2		2	2	0.65	1.18	計	82	17	7	6	1			0.49	0.96				
合計	132	52	21	7	1	4	7	0.83	1.48	合計	150	44	13	10	3	2		0.54	0.31				
教育内容方法	一年	M	29	3	3		1	1	0.49	1.13	経	一年	M	27	4	2	2	1		1	0.68	1.46	
		E	28	6	1	4	1		1	0.73			1.36	E	34	5	2				0.22	0.48	
		A	15	6	7	1	3	1		1.21			1.43	A	29	7	3	2	1	1	0.55	1.33	
	計	71	15	11	5	5	2	1	0.79	1.35	計	90	16	7	4	2	1	1	0.47	1.17			
	二年	M	28	3	3	2	1			0.51	1.03	済	二年	M	28	6	3					0.32	0.61
		E	27	4	5	1	1		1	0.69	1.31			E	31	6	2				0.26	0.55	
A		21	9	3	1	2		1	0.86	1.51	A			27	6	3		1		0.43	0.86		
計	76	16	11	4	4		2	0.69	1.31	計	86	18	8		1			0.34	0.74				
合計	147	31	22	9	9	2	3	0.74	1.33	合計	176	34	15	4	3	1	1	0.40	0.94				
課外活動	一年	M	23	6	4	3	1		0.86	1.37	家	一年	M	29	7	1					0.24	0.49	
		E	25	8	5	1	1	1		0.80			1.38	E	33	5	3				0.27	0.59	
		A	16	9	5	1		1	1	1.09			1.66	A	24	4	3		2		0.55	1.07	
	計	64	23	14	5	2	2	1	0.91	1.47	計	86	16	7		2			0.34	0.76			
	二年	M	29	5	2			1		0.41	1.08	庭	二年	M	31	5	1					0.19	0.46
		E	26	10	1	1	1			0.54	1.06			E	35	3	1				0.13	0.41	
A		27	4	2	3	1			0.68	1.36	A			28	5	2		2		0.46	1.01		
計	82	19	5	4	2	1		0.54	1.17	計	94	13	4		2			0.22	0.66				
合計	146	42	19	9	4	3	1	0.72	1.34	合計	180	29	11		4			0.28	0.72				

反応なしのものが過半数を占め、反応数の増加につれて度数は急激に減少していつている。

各領域とも、すべて第1学年の方が第2学年より反応数が多いが、中でもその差が著しいのは余暇、能力、課外活動、人生等である。これらはすべて、高専生活が中学校生活と違って、授業時間数も多く、かつ授業内容も高度なため予習・復習に多くの時間を必要として、余暇を楽しんだり、進んで課外活動を行なおうとする時間的余裕がなかったりすることや、そのために自我の存在を忘れて、理想と現実の矛盾を感じずるといことが、入学後間もない第1学年の方により強く現われるのであろう。特に、学校が創設期で、運動場その他の運場設備が整備されておらず、また本校では週当たり授業時間数を2時間増加していることも少なからぬ影響を与えていることと思われる。なかでも、能力に対する悩みは両学年とも第1位を占めているがこれは高専の性格からいってやむを得ないことかも知れない。しかし、学生のほとんどは、中学時代は優等生であって、自らの能力にじゅうぶん自信をもっていたはずである。ところが、今や過半数のものが自信喪失の状態にあるといつてよからう。

両学年ともに第2位を占めているのが思想である。創設期らしく、望ましい校風の樹立に対する熱意や、青年らしい正義感の現れであろう。

建築学科の学生が、「特に悩んでいる」と反応した項目を領域別にみると、ほとんどが他学科より反応数が多いなかで、特にその差の大きい領域は、第1学年では、能力、将来、教育内容・方法、思想、人生等であり、第2学年では将来、対人関係、人生、能力、家庭等である。

第1学年では、能力に対する悩みが根底にあって、それに関連をもつ一連の悩みが将来、教育内容・方法、思想、人生等の領域に、他学科の学生以上に多く生じているとみられよう。

第2学年では、能力に対する悩みは第1学年ほど深刻ではなくなっているが、将来に対する不安、したがって人生に対する不安等が他学科より多くなっている。対人関係に対する悩みが、他学科に比して多いのは、建築学科にのみ2名の女子学生が在籍しているためであろうか。

寮生・通学生別に反応特徴をみると、寮生の方が「特に悩んでいる」と反応した項目数がかなり多い。領域別には、能力・生活環境において、寮生の方が特に高い反応率を示している。

能力については、寮生の多くが郡部出身者であり、郡部の中学校出身者のほとんどが、中学校の優等生という経歴の持ち主であるだけに、高専に入学して、能力に対する自信を失うということが、顕著に現れるためであろう。生活環境についての反応は、寮生活という特殊な生活様式に対する悩みとみてよからう。

項目別に分析した結果、高い反応数を示すものが第3表である。これによると本校における学生の悩み、不安、当面する問題点の特徴として次のような傾向が考えられる。

- A. 自分の能力に不安や、悩みをもつ学生が最も多く、語学の能力の不足を訴える学生を始めとし、学習の仕方・自己表現の方法などに悩むものが多い。
- B. 対人関係の項目で、特に「ほんとうの友人がほしい」と答えた学生が、24.3%と項目別では、最高の反応を示している。これは高専学生が、社会一般の学生から隔絶された生活にあり、更に同じ本校の学生間においては、

第3表 領域別 Circle 反応高位項目反応率% (10%以上の反応)

領域	項目	実数	反応率
健康	疲れやすい	26	11.7%
経済	奨学金がほしい (もっとほしい)	23	10.4
能力	語学の能力がたりない	40	18.0
	自分の能力に自信がもてない	30	13.5
	自分の考えを言葉でうまく言い表わせない	23	10.4
	自分の勉強にうちこめない	26	11.7
	うまく注意を集中することができない	27	12.2
	文章で表現することが苦手である	34	15.3
	効果的な勉強の仕方がわからない	35	15.8
	講義の際ノートをとるのがへただ	25	11.3
	自分の適性がわからない	25	11.3
教育内容・方法 (各項目10%以下)			
課外活動	学内に課外活動の施設がすくない	34	15.3
	課外活動の時間がたりない	24	10.8
	もっと運動がしたいができない	34	15.3
対人関係	もっと教官と個人的に話し合いたい	24	10.8
	ほんとうの友人がほしい	54	24.3
	人とのつきあいがへたである	27	12.2
	異性との交際の機会がすくない	40	18.0
思想	立身出世主義の世の中に反撥を感じている	35	15.8
	日本人としての誇りをもちたい	28	12.6
	立派な校風を樹立したい	44	19.8
余暇	旅行がしたくてたまらない	40	18.0
	自然に親しむ機会がもっとほしい	47	21.2
	好きなことをする機会が少なすぎる	28	12.6
	教養を高めたい	50	22.5
生活環境 (各項目10%以下)			
人生	自分自身のほんとうの姿がつかめない	26	11.7
	理想と現実の矛盾を感じる	27	12.2
将来	将来に対してばく然とした不安がある	31	14.0
	自分の将来の職業選択が賢明であったかどうか疑問だ	26	11.7
	将来の仕事をうまく始めることができるかどうか心配だ	23	10.4
家庭	(各項目10%以下)		

常にお互いを競争相手として意識することなど、こういう立場におかれた本校学生の卒直な心の表現であろう。このような交友関係の問題点と同時に、一般的にこの年代の特徴と考えられている異性との交際を望む声が、やはり相当多い。

C. 続いては、思想、余暇の領域に部類する項目に強い反応がみられる。なかでも、「立派な校風を樹立したい」などは、上記の、「ほんとうの友人がほしい」と言う恵まれない社会環境の中にある学生の意識として当然ながら、「われわれの学校を立派にして社会に認めさせたい」、その学生としての誇りをもちたい、という意欲の表われとも考えられる。

なお「自然に親しむ機会が少ない」「教養を高めたい」など、余暇活動について相当強い欲求を示しているが、このことは、学習につぐ学習に鍛えられる日常生活からは当然のことと考えられる。

3・2 学年別にみた反応特徴

第1学年111名、第2学年113名について、その特徴を考察してみると、第1表と第2表によれば、上述した通り全体的に第2学年より第1学年の方がより強い反応を示している。なかでも、思想、余暇活動、能力などの項目にはそれが言える。

項目別に反応率10%以上のものを拾いあげると、第4表のようになる。これらについて簡単に言及すると

- A. 学年別に著しい反応の違いはみあたらない。
- B. 第2学年に比較して1年には課外活動の施設、時間に対する反応が強く、「勉強するこ

とが多すぎて困る」などと同様1年に多く、いずれも、本校入学直後痛切に感ずることの一つであろう。一方語学の能力の不足を訴えるものは第1学年より第2学年の方に多く、将来についての不安、適性についての悩みなどととも、学年が進むにつれて、強い反応が表われるであろうことが予想される諸点で、いずれも第2学年にとっては切実な問題になりつつあるようである。

3・3 学科別にみた反応特徴

集計の結果を学科別に示したものは、第1表と第2表ならびに第4表である。

- A. 第1表と第2表においては、上述したとおり学科別の反応の合計は、1、2年とも建築学科に強い反応がみられ、ついで電気、機械学科は、いずれもそれに比較して弱い反応が見受けられる。
- B. 項目別には、同じく第4表に学科別の反応率を示した。この表は学科別に10%以上の反応のあったものと、その他を呈示した。いずれも建築学科に強い反応をみることができ。なかでも1年建築学科にその傾向が強い。

3・4 宿舍別にみた反応特徴

学生を宿舍別、すなわち通学生81名(うち自宅通学生79名、間借2名)と学生寮143名、合計224名についてその全体的反応と項目別反応を、第1表と第5表に示す。

- A. 全体的には、自宅通学生にくらべ、寮生の反応は高く、特に能力、生活環境、将来の領域にその傾向がうかがえる。
- B. 項目別において自宅通学生にくらべて寮生に高い反応を示したものは、「自分の能力に自信がもてない」「注意を集中することがで

第4表 学年別・学科別 Circle 反応高位項目反応率(%)

全体の 順位	項 目	2年		1年		2年			1年			
		全体の 反応率	順・反応	順・反応	順・反応	M	E	A	M	E	A	
		%	%	%								
1	ほんとうの友人がほしい	24.3	1	20.4	1	27.9	21.6	20.5	18.9	29.7	21.9	33.3
2	教養を高めたい	22.5	3	17.7	3	27.0		20.5	27.0	29.7	26.8	24.2
3	自然に親しむ機会がもっとほしい	21.2	5	14.2	1	27.9	16.2	10.3	16.2	24.3	26.8	33.3
4	立派な校風を樹立したい	19.8	5	14.2	4	25.2	21.6	10.3	10.8	21.6	24.4	30.3
5	語学の能力がたりない	18.0	1	20.4	13	15.3	21.6	17.9	21.6	13.5	14.6	18.2
〃	異性との交際の機会がすくない	18.0	4	16.8	9	18.9	13.5	10.3	27.0	16.2	19.5	21.2
〃	旅行がしたくてたまらない	18.0	7	12.4	5	23.4	10.8	17.9		10.8	31.7	27.3
8	効果的な勉強の仕方がわからない	15.8	12	11.5	8	19.8		12.8	13.5		24.4	27.3
〃	立身出世主義の世の中に反撥を感じている	15.8	7	12.4	9	18.9		12.8	21.6	24.3	12.2	21.2
10	文章で表現することが苦手である	15.3		8.0	6	22.5		12.8		27.0	24.4	15.2
〃	学内に課外活動の施設が少ない	15.3		8.9	7	21.6			18.9	16.2	21.9	27.3
〃	もっと運動がしたいができない	15.3	12	11.5	9	18.9	18.9	10.3		18.9	14.6	24.2
13	将来に対してはく然とした不安がある	14.0	7	12.4	13	15.3	13.5		18.9	10.8	17.1	18.2
14	自分の能力に自信がもてない	13.5	15	10.6	12	16.2	13.5		10.8		14.6	27.3
15	日本人としての誇りをもちたい	12.6	15	10.6		14.4	10.8		13.5	16.2	14.6	12.1
〃	好きなことをする機会がすくなすぎる	12.6		9.7	13	15.3			13.5		19.5	18.2
17	うまく注意を集中することができない	12.2	7	12.4		11.7		12.8	18.9		14.6	18.2
〃	人とのつきあいがへたである	12.2	7	12.4		11.7	16.2	12.8			12.2	15.2
〃	理想と現実の矛盾を感じる	12.2		8.9	13	15.3			10.8	10.8	17.1	18.2
20	疲れやすい	11.7		9.7		13.5	13.5	15.4		13.5		21.2
〃	自分の勉強にうちこめない	11.7		9.7		13.5		10.3	16.2		14.6	21.2
〃	自分自身のほんとうの姿がつかめない	11.7	15	10.6		12.6	10.8		16.2		12.2	18.2
23	自分の将来の職業選択が賢明であったかどうか疑問だ	11.6	12	11.5		11.7		12.8	18.9	10.8		18.2
24	講義の際ノートをとるのがへただ	11.3		9.7		12.6	21.6				14.6	15.2
〃	自分の適性がわからない	11.3	15	10.6		11.7	13.5		10.8			21.2
26	課外活動の時間がたりない	10.8		9.7		11.7		10.3	10.8	16.2		
〃	もっと教官と個人的に話しあいたい	10.8		7.1		14.4			10.8	10.8	12.2	21.2
28	奨学金がほしい(もっとほしい)	10.4		8.9		11.7	10.8					21.2
〃	自分の考えを言葉でうまく言い表わせない	10.4		7.1		13.5				18.9		21.2
〃	将来の仕事をうまく始めることができるかどうか心配だ	10.4		5.3	13	15.3				10.8	12.2	24.2
その他	勉強することが多くてこまっている	8.1		3.5		12.6						
全体で 70% 以上学 年で10 %以上	時間通りに勉強を終ることができない	9.9		4.4	13	15.3						27.3
	目が悪くてこまっている	9.5		8.0		10.8				16.2		
	アルバイトがしたい	9.5		7.1		11.7				18.9		
	基礎的学力ができていない	9.9	15	10.6		9.0						
	現在の社会制度に矛盾を感じる	9.5		3.5	13	15.3						15.2
	日本人は社会的訓練がたりない	9.0		5.3		12.6						18.2
	レクリエーションのための場所がすくない	9.0		4.4		13.5						
	自分の人生哲学がほしい	9.9	15	10.6		9.0			18.9			
	職業についてのいろいろの資料がほしい	7.2		3.5		10.8						
	宗教の役割に疑問をもつ	9.0		6.2		11.7						

第5表 宿舎別 Circle 反応高位項目反応率 (反応10%以上の項目について)

領 域	項 目	反 応 %	
		自 宅	学 生 寮
健 康	疲れやすい	16.5	8.4
経 済	奨学金がほしい (もっとほしい)	7.6	11.9
能 力	語学の能力がたりない	16.5	18.2
	自分の能力に自信がもてない	7.6	16.1
	自分の考えを言葉にうまく言い表わせない	8.9	10.5
	自分の勉強にうちこめない	11.4	11.9
	うまく注意を集中することができない	6.3	14.7
	基礎的学力ができていない	11.4	8.4
	文章で表現することが苦手である	12.6	16.8
	効果的な勉強の仕方がわからない	10.1	18.9
	勉強の時間がたりない	12.6	7.7
	講義の際ノートをとるのがへただ	10.1	11.9
	時間通りに勉強を終えることができない	6.3	11.9
	専攻学科をうまくやってゆけるかどうか不安である	3.8	11.9
自分の適性がわからない	8.9	12.6	
教育内容・方法	あまりにも規則や手続きが多すぎる	2.5	11.2
課 外 活 動	学内に課外活動の施設がすくない	20.2	12.6
	課外活動の時間がたりない	12.6	9.8
	もっと運動がしたいができない	17.7	13.3
対 人 関 係	もっと教官と個人的に話し合いたい	3.8	14.0
	自分を理解してくれる人がいない	13.9	2.8
	ほんとうの友人がほしい	25.4	23.1
	人とのつきあいがへたである	13.9	10.5
	異性との交際の機会がすくない	15.2	19.6
思 想	立身出世主義の世の中に反撥を感じている	13.9	8.4
	世間では正直者が馬鹿をみている	2.5	10.5
	日本人としての誇りをもちたい	11.4	12.6
	現在の社会制度に矛盾を感じる	5.1	11.2
	立派な校風を樹立したい	16.5	20.3
	思想・政治についてもっと学びたい	10.1	6.3
余 暇	旅行がしたくてたまらない	21.5	15.4
	自然に親しむ機会がもっとほしい	19.0	21.7
	好きなことをする機会が少なすぎる	8.9	14.7
	教養を高めたい	16.5	25.2
生 活 環 境	周囲が騒々しいので勉強ができない	1.3	13.3
	同居人がいるので完全な自由がない	0	12.6
	食事が不規則になりがちだ	11.4	2.8
人 生	自分自身のほんとうの姿がつかめない	11.4	11.2
	理想と現実の矛盾を感じる	7.6	14.0
	自分の人生哲学がほしい	13.9	7.0
将 来	将来に対してばくせんとした不安がある	12.6	13.3
	自分の将来の職業選択が賢明だったかどうか疑問だ	5.1	15.4
	将来の仕事をうまく始めることができるかどうか心配だ	6.3	12.6

きない」など、能力に関すること。「周囲が騒々しく勉強出来ぬ」「自由がない」など生活環境に強い不満を示している。その他校内において「規則や手続きが多すぎる」こと、教官と話しあいたい、社会制度の矛盾など、思想についても高い反応がみられる。

C. それに反して、寮生より自宅通学生に高い反応のみられるのは「疲れやすい」「勉強の時間がたりない」「自分を理解してくれる人がいない」など健康、能力、対人関係に多くみられる。生活環境についての反応は寮生が断然多かったのであるが自宅通学にも、食事の不規則については深い悩みをもっており「疲れやすい」ということから、広い学生生活の基盤になる健康の問題であるだけに、今後の重要な課題になるであろう。

IV. 調査結果の考察 (2) 第II部について

4・1 自由記述欄に示された問題点

自由記述欄に示された内容は、学生個人の深く、しかも強い不安や、悩み、当面する問題点を表現していると推察される。そして卒直に示

されたこの内容を多角的に判断することによって、学生の当面する問題点の構造が明らかになると思う。

自由記述欄に示された問題点は、第I部に高い反応の示された能力、対人関係、将来などの項目にあてはまる内容が多かったのは、当然のことであり、その特徴を簡単にのべると次のようになる。

(1) 最も多いのは能力に関する悩みであり、進級、落第、成績についての不安、自己の適性能力についての問題が大半を示している。

(2) ついで将来についてで、将来についてのばく然とした不安、高等専門学校教育そのものについての疑問と不安が大部分を占めている。

(3) つづいては、「対人関係」の項目に類する問題が多く「親友がほしい」「異性と交際したい、その方法が不明」などとなっている。

(4) 第I部については、健康、生活環境に関する悩みが少なかつたけれども、自由記述の欄には、この項目に関する訴えが多く、学生生活の根源的な問題であるだけに、切実な悩みであると考えられるだろう。

第6表 問題の解決と相談相手 (%)

設 問	選 択 肢	1 年	2 年	全 員
誰かに相談しようと思 っていますか	a 思っている	31.6	38.0	34.4
	b 思っていない	34.2	35.4	34.8
	c わからない	35.2	26.6	30.8
もし相談するとしたら	a 相談相手なし	21.6	22.1	21.8
	b 相談相手あり	60.4	61.1	60.8
	c 答えなし	18.0	16.8	17.4
* 相談しようと思っているが相談相手なし		4.5	4.4	4.5
相談相手のあるもの について		教 官	友 人	
	a 学内の人	14.0	18.4	32.4
	b 学外の人	67.6		67.6

4・2 当面する問題の解決と相談相手

第Ⅱ部「問2」における「当面する問題」「悩み」の解決方法について回答の結果を集計したものが第6表である。

これによれば「誰かに相談しようと思っている」と答えた学生は34.4%であり、広島大学の調査と比較すると低い回答を示している。しかし本校においても第1学年の31.6%に対して、第2学年は38.0%であって、年齢が進むにつれて関心がたかまっていく傾向のあることを示している。

なお「もし相談するとしたら」で「相談相手のない者」は少なく、相談相手のある者ではその大部分のものがそれを学外に求めていることは、教官と学生の人間関係のあり方に研究を要する問題を与えてくれたようである。

一般的には、学生間に学生自身の問題解決の方法が徹底していない傾向が見受けられ、それがこのような結果をもたらしているものとも考えられる。

V. 調査結果の活用

この調査の集計を基礎として、学生個人の多くの悩み、当面する問題点、不安などについてその解決に資する考えである。

そのためには、学級担任、その他関係各教官と連絡を密にし、その協力のもとに指導して行

かなければならない。

なお、この調査結果にもとづき、調査票の吟味を重ね、この研究を積みあげ、学生生活の動向を理解する指標としたい。

VI. おわりに

この調査研究は、過去広島大学において行なわれた質問票など、すべてを参考にして始めたものであり、果して良い結果が得られたかどうか、はなはだ疑問であり、分析も考察も不十分で、しかも不確実な点が多く、もっと深く考察や分析を加えなければならぬ項目も多々あると思うけれども、この調査結果を通して本校学生の実態がわずかながらでも把握でき、理解がなりたつたならば、今後の学生指導に資するものが、かならず浮かびあかってくるものと信ずる。

以上を第1報として、今後もこの調査・研究を推進して行く考えである。

最後にこの調査のために御支援いただきました広島大学をはじめ本校高城教官、中野係長に感謝する。

主要参考文献

1. 広島大学教養部 広島大学教養部紀要
学生生活相談第2輯
2. 文部省 生徒指導の手びき 1956

(昭和40年9月1日受付)

吳工業高等専門学校
研究報告

第1卷 第1号 (1965)

昭和40年12月印刷
昭和40年12月発行

編集兼
発行者 吳工業高等専門学校
吳市阿賀町豊栄新開
電話 吳 ㊦ 9121

印刷所 宇都宮印刷工業株式会社
吳市広町大新開
電話 吳 ㊦ 7125

MEMOIRS

OF THE

KURE TECHNICAL COLLEGE

A Study of Chang Hsün Militalist Party (1)	
—Mainly on Nan-ching Conference and Hsü-chou Conference—	Hiroaki TAKASHIRO..... 1
On the Usage of Verbs in Current American English	Haruo SHINODA.....15
Spectrophotometric Determination of Rismuth by the Use of Tetraphenylphosphonium Bromide	
	Shōkichi CHAKI.....27
A Design of New Filter for Electron Diffraction	
	Shigeya KUWABARA, Shigeki MURAKAMI and Koji KAIOKA.....31
Magnetic Properties of Sb-modified Manganise Arsenides	Kan-ichi MASUMOTO.....39
Studies on the Specific Sliding of the Cam (Report 1)	
A Method by the Velocity Diagram on the Circular Arc Cams	Hironori ITOSHIMA.....47
Studies on Circular Disc Cam (Report 1)	
The Effect of the Offset on a Cam to the Follower Motion	
	H. ITOSHIMA and S. NISIMOTO.....59
Studies on Whitworth's Quick Return Motion Mechanism	
	H. ITOSHIMA, S. NISHIMOTO and T. HIDAKA.....71
Studies on the Synthesis of Four-Bar Linkages (Report 1)	
A Case of specifying the Four Pairs of Angular Displacements of the Crank and Lever	
	H. ITOSHIMA.....85
Studies on the Synthesis of Four-Bar Linkages (Report 2)	
On the Center of Rotation of Crank	H. ITOSHIMA.....97
Studies on Coiled Flat Spring (Report 1)	H. ITOSHIMA and T. ŌSHITA... 105
A Study on the Actual Conditions of the Students in Technical College (Report 1)	
	M. KOIKE and T. HORI... 111