

呉工業高等専門学校

# 研 究 報 告

第 3 卷 第 1 号

昭和 42 年 12 月

(1967)

## 目 次

張勳軍閥の研究(一) 一復辟事件・軍閥と民党関係を中心として……………	高 城 博 昭………… 1
現代アメリカ英語における語法形式の研究……………	篠 田 治 夫………… 15
非対称形非正規性定常不規則信号の確率密度関数決定に対する一方法……………	小 池 政 夫………… 29
不規則信号の四角形近似積分による誤差に対する高周波スペクトルの影響……………	富 田 豊………… 41
ゼフィラミンによるマンガンの吸光光度定量法……………	茶 木 正 吉………… 51
ラック連桿機構の研究(第1報)……………	糸 島 寛 典・西 本 進………… 55
カムの滑り率の研究(第3報)……………	糸 島 寛 典・里 信 敏 行………… 63
(往復オフセット従動節をもつ凸面カムの滑り率)	
円弧カムの研究(第2報)……………	糸 島 寛 典………… 73
(凸面カムをもつ往復かたより従動節の場合)	
小型船の抵抗推定についての考察……………	二井内 信 司………… 83
ディーゼル機関の熱帯地特性に関する研究……………	久保田 勲………… 87
機関冷却水温に及ぼすトンネルの影響について……………	久保田 勲………… 95
ディーゼルエンジンの排気温度に関する研究……………	久保田 勲………… 101
ガソリンエンジンの性能に及ぼす吸気の影響について(第1報)……………	久保田 勲………… 105
ガソリンエンジンの性能に及ぼす吸気の影響について(第2報)……………	久保田 勲………… 113
AI青銅の加工熱処理(第1報)……………	大 下 隆 章………… 121
摩擦面温度上昇の理論解析……………	灘 野 宏 正………… 127
E Lの研究(1) 一商用周波数における電力測定の比較……………	原 田 一 彦………… 135
植物育成用けい光灯の特性と実用について……………	原 田 一 彦………… 139
ショット雑音による電子の電荷の測定(第1報)……………	村 上 滋 樹・綿 井 伸 爾………… 143
コンバータを用いた点火装置……………	村 上 滋 樹・綿 井 伸 爾………… 149
熱線風速計の研究(第1報)……………	黒 瀬 能 幸………… 159
大谷石の薄板使用について(第1報)……………	高 井 芳 治・清 和 四 士………… 169
昭和42年7月豪雨に於ける呉市の災害調査について……………	高 井 芳 治・西 村 光 正………… 173
一建築物の被害を中心として……………	
	藤 井 健………… 173

## 張勳軍閥の研究(三)

—復辟事件・軍閥と民党関係を中心として—

(史学) 高 城 博 昭

### A Study of Chang Hsün Militarist Party (3)

—Mainly on the Restoration and the relation between the militarist party and  
Chung-kuo ko-min-tang—

Hiroaki TAKASHIRO

In the first and second reports we studied the power structure of the militarist government at the early Republic of China, especially that of Chang Hsün militarist party.

Here in this study we want to show historically how the militarist party and Chung-kuo ko-min t'ung-meng-hui came to be allied.

#### まえがき

民国初期軍閥政権の権力構造を把握するため、張勳軍閥を中心として、(一)(二)稿で、1. 復辟事件は何かこれを起したか、について述べた。本稿では、まず2. 復辟事件は何かこれを阻んだか、について事件中の電文資料を中心として考察する。

ついで以上述べてきたことに基づいて、辛亥革命は果して革命であったかどうか、それはどんな性質のものであったのか、辛亥革命の世界史における位置づけ等を解明するための一素材とした。

すなわち、中国近代史の体系的把握をめざして数多くの提起がなされているが、それらをめぐる論争について、具体的な研究を通してほりさげる。「史学雑誌」(1966年の歴史学界—回顧と展望—)において、里井氏が、横山氏の軍閥と同盟会派とは政治的性格を一にしていたという主張に対して出された疑問等についてである。

私は、辛亥革命期では、帝国主義・封建主義へ

の妥協性が主要な側面であった民族ブルジョアジーを、その物質的階級的基礎とする同盟会派と、封建勢力の範疇に属しながら半封建＝セミフェーダル関係、すなわち半ブルジョア関係の造出者であり、大買弁ブルジョアジーを基盤とした軍閥(半植民地・半封建勢力)とは、政治的性格を一にしていたと考える。

それは次の理由による。同盟会派(国民党・中華革命党)が中国革命の根本問題＝反帝反封建の課題と真に対決しえず、軍閥・立憲派と妥協・同盟したからである。

本稿では、この軍閥・同盟会派・立憲派の同盟関係の形成史を、張勳軍閥を中心としておこなった民国初期軍閥政権の権力構造把握のための具体的研究を通して明らかにしようとするものである。

#### 2. 復辟事件は何かこれを阻んだか

辛亥革命の事実経過に対する評価は、(1)二千年来の君主専制制度を終わらせて共和制がたてられ

たこと、(2)清朝を打倒したこと、の二点に要約される。

復辟事件は、もう1度これらの復活を企図したが不可能であった。というところに復辟事件の歴史的意義があると考ええる。

この場合、問題なのは、清朝を打倒したことを、どのような歴史的意義をもつものとして評価するかである。この点については、数多くの提起がなされているが、詳細は後記する。

ここでは、辛亥革命によって打倒された清朝を、もう1度再建しようとした復辟事件は、何がこれを阻んだかという点をほりさげる。この点の解明は、軍閥政権の権力構造の考究、またこの考究を通して、辛亥革命がどのような歴史的意義をもつものとして評価されるかという問題に対して大きな意義をもつものと思う。

#### (1) 事件中の電文資料とその考察

民国6年7月1日復辟の宣告後、南京で7日代理大總統に就任を宣告した馮国璋にあてた、7月5日から18日の間の各地からの電文資料を中心に考察する。

一、(封筒表に)

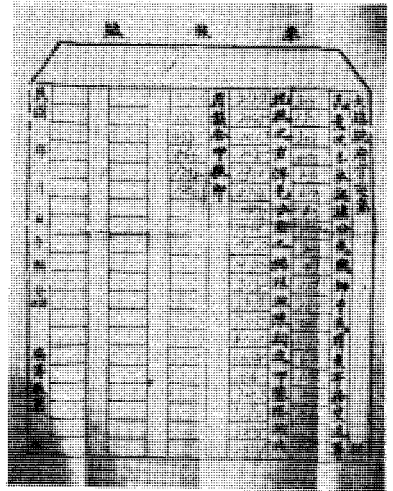
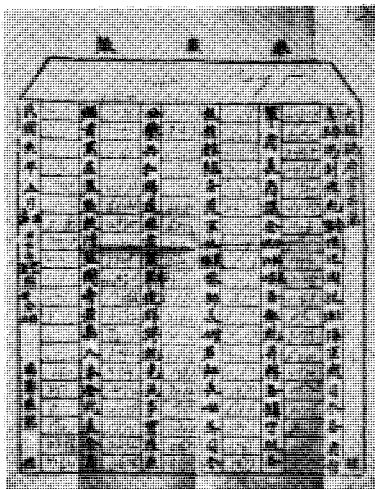
急 武昌 來電

省議會電張勳叛國務望速籌挽救

大總統 鈞啓

(本文)

5日発



馮副總統外大小軍閥宛に、安徽派と対立関係にあった直隸派王占元支配下の湖北省議會在打電したもので、張勳の復辟に反対した湖北省議會在、同調して復辟に反対をするよう各地勢力によびかけている。もちろん、安徽派も復辟に反対したのは周知のことである。

ここで、(一)(二)稿で示した直・皖の対立勢力、張勳を中心に考察しよう。

復辟を狙う張勳は、南京會議で大總統を狙う馮と共同し、第1・3・4次徐州會議で独裁政権の確立また恢復を狙う段とも接近・結束し、段は復辟に賛成であると信じ、段と対立関係にあった馮も潘の画策から復辟に賛成であると信じた。もっとも、この間段・馮・張勳間は、対立・接近をくりかえしたが、第4次徐州會議時期では、張勳は段・馮ともに復辟に賛成であると信じていた。

しかるに、冷戦状態の段・馮ともに清朝復辟に反対した。

その理由は、各目的は違っても、各自己の目的達成のため、対立・接近をくりかえし、黎を張勳復辟により駆逐し、つぎには張勳を共和擁護の名を以て駆逐したことによる。

しかし、その底を流れるものを見落してはならない。すなわち、半封建＝半ブルジョア化した軍閥は、ブルジョア化の過程で、直・皖の対立を超

えて、清＝旧封建権力と対立し、清朝復辟を阻止しなければならなかったのであろう。

二、（封筒表に）

萬急 済南 来電

張督軍電覆河南張師長遇電擬暫緩進

逼徐州以免地方靡爛

大總統 鈞啓

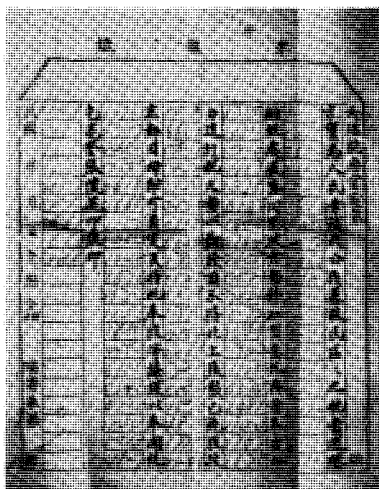
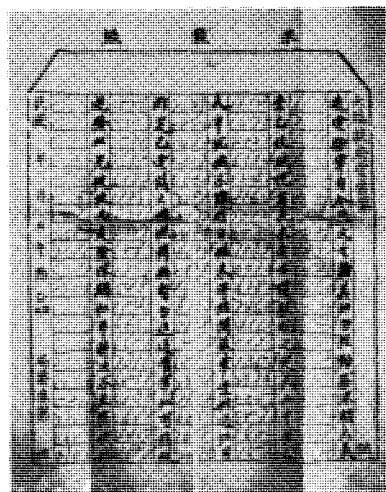
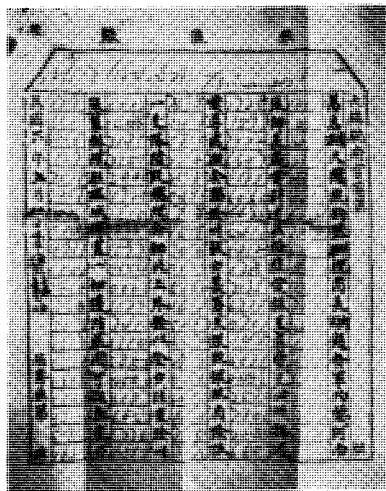
已電張師勿逼近徐州

（封筒裏に）

復已電張師長在商邱堵截勿逼徐州

（本文）

8日癸



南京にいる馮大總統、蚌埠にいる倪安徽省長、開封にいる趙河南督軍宛に、済南にいる山東督軍張懷芝が打電したものである。

前半は、河南の張師長が芝から電報をうけとって計り、また芝宛に打電してきたものを記録して南京にいる大總統ほか宛に打電している。その内容は、「あなた（芝）は徐州を滅ぼさんと強力に謀っているが、喜ばしく思っている。自分の省は一支隊段総理にしたがい北上するもの以外、全力を徐州に注ぐ。自分は現在臨城で国境を厳守しているから国境をおそれることはない。また徐軍司令に打電して軽動しないよう勧め、彼は理解してすでに投誠している。倪省長もまた駐皖の定武（張勳安徽督軍）二十營は大半しずまって近いうちにかたがつくであろうと来電している等の語」が張師長より芝宛の電文の内容である。

後半は、蘇軍が楊子江を渡ったので（徐州をめざして）、芝が大總統に命令を電請し、大總統の命令が以下の文である。その内容は、「蘇軍に対して暫く徐州に迫らないで緩やかに進むべきで、和平解決を期待させ、地方を靡爛させないようにする。それは実に人民の幸福となり、わが国家は暴を討ち民を救うという区々の忱は、あなたの納得をえられると思う」。以下芝の言葉で「敝処は彼方

の動静をよくみて、もし意外のことがあれば、再び奉告、力を合わせて進行すべきである。大勢をみよう、徐匪は北上しえず張勳（北京にいる）にはすでに後援はない、北京は近日中に落ちつくであろう」。

以上の電文資料は、復辟に反対する軍閥の動き、同時に張勳の地盤徐州を狙っての張師長の積極的な動き、復辟のために本気で戦う意義を認めていない徐軍司令の動き、段派の倪安徽省長の徐州は近いうちに落ちつくという見通しを打電して、他勢力が徐州に入る必要のないことを暗にほめかす動き、蘇軍の動き、馮の和平政策による勢力拡大、山東督軍張懷芝もそれに同調して他勢力の介入の必要のないことを暗にほめかし、趙河南督軍に打電するという、それぞれ自己の地盤の確保・拡大を図る軍閥政権の特性を示している。

猶、馮總統府秘書が、この電報を受け取って後書いたと思われる馮總統の打電が、封筒の表と裏にみられる。張師長宛に徐州に逼近するな、商邱で止まり徐州に逼るな、と張師長の積極的な徐州進攻を牽制している。

江蘇督軍であった馮は、以前（袁の死後まもなくして・（一）稿で詳述）江蘇省内の徐州にいた張勳と地盤争いをしたことから、この動きはうなづける。

### 三、（封筒表に）

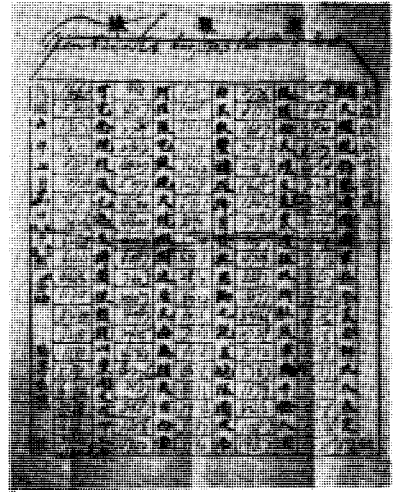
天津 来電

馮文煜電収復京師情形

大總統 鈞啓

（本文）

12日発



南京大總統宛に、馮文煜が打電したもので、内容は、12日北京が討逆軍に克服された時の情形である。永定門より攻め入り、天壇・先農壇の張軍と南河沿の張勳の私宅を攻撃して家を焼き、張勳はオランダ公使館に逃げたことが記されている。

### 四、（封筒表に）

特火急 天津 来電特密

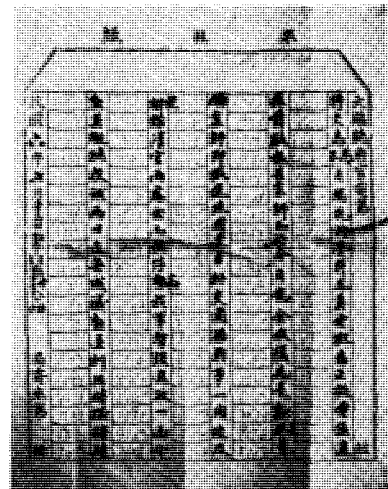
段總理電文曰京師完全収復勳逆逃和蘭使館

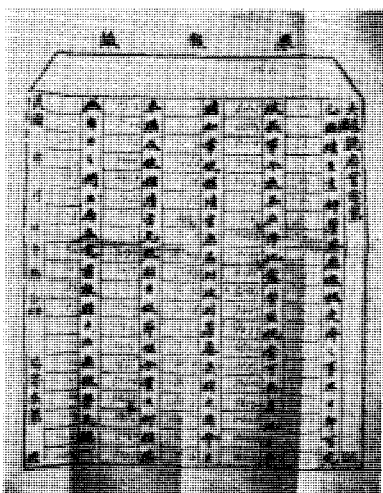
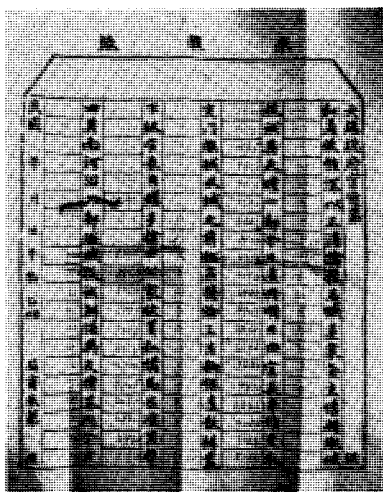
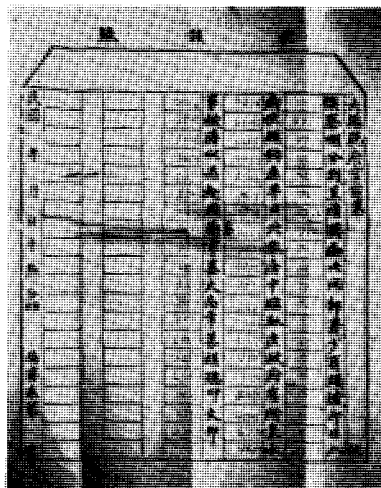
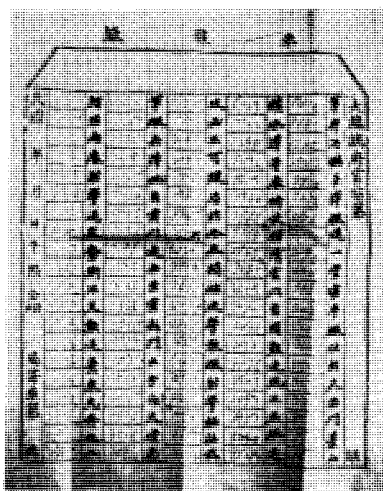
伏願早日北来

大總統 鈞啓

（本文）

13日発





大總統宛に、段が打電したもので、内容は、12日北京克服後の情形を報告し、馮に早く北上することを願っているものである。

この資料より、①調停に入った外国勢力の、張勳・討逆軍双方の軍閥に対する強力な動きをとらえることができる。すなわち、張勳は公使館にもたれて固め、討逆軍の攻撃をかわそうとし、この資料にはでてこないが、黎は日本公使館に、張勳はオランダ公使館に避難している。当時第1次大戦中で中立国オランダ、中国に大きな力をもつ日本に避難したことはうなづける。②徐州の張勳の軍隊と同じく、北京の勳逆も、本気で清朝復辟のために戦う意義を認めず、僅かの期間で投誠している。③段は馮に早目の北来を請うているが（この資料にはでてこないが）、馮は揚子江流域の地盤を失い孤立することを恐れ、やっと8月1日自己の基本勢力を確立（直系督軍を長江に連結）して、芝居がかりの謙譲をおこなった後、大總統に就任する両者の暗闘がうかがえる。

#### 五、（封筒表に）

萬急 天津 來電正密

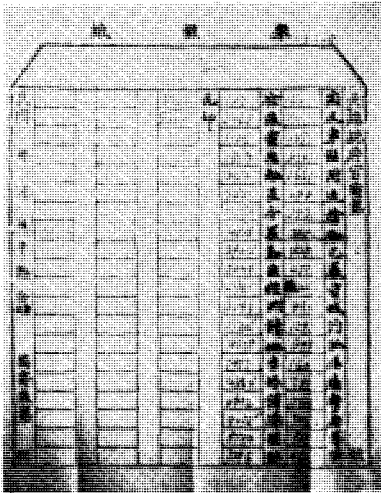
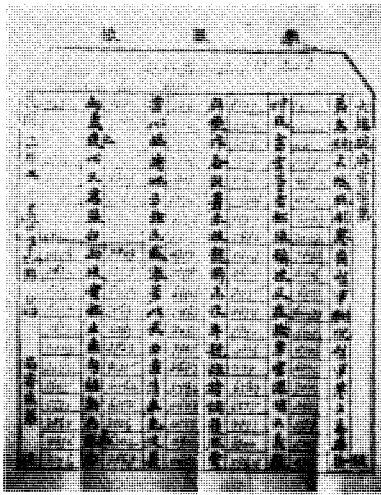
段總理電徐州土匪勾結新兵搶劫已令嚴勦

以靖地方

大總統 鈞啓

（本文）

13日發



南京大總統、齊督軍、倪省長宛に、段が打電したもので、内容は、前半で張勳の所有する軍隊(辯子)が復辟事件に対し詫び、また清旗もかけず、年号もかえず地方の保衛に努力し、徐民は感激している。したがって武力を以て肅正すれば、また混乱に陥るであろうということを、徐紳が段に報告している。

後半は、土匪が掠奪しているので痛撃していることを辯子が段に報告している。それに対して段が慰勉し、また土匪を減ぼし地方を靖ぜんことを命令している。

これは、①徐州の地主が軍隊に牽制をかけていることを示している。すなわち徐州の辯子は復辟

を詫び地方の保衛に努力しているので徐民は感激しているから、徐州に軍隊が武力進出を必要のないことを打電している。②一方軍隊側は土匪の出現で、武力の必要を説いている。

以上で、武力政策をとる段・倪の安徽派、和平政策をとる馮の直隸派、それに徐州の地主がからみあつての動きがうかがえる。

#### 六、(封筒表に)

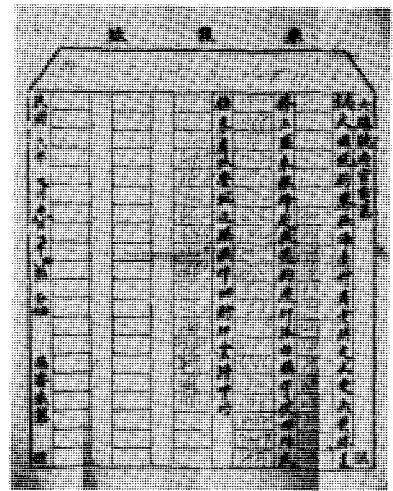
天津 来電

雲沛電海属兵変懇派白使回防或飭東省派  
營就近鎮撫

大總統 鈞啓

(本文)

18日発



海属の紳商が打った電報を、天津の雲沛なる人物がうけとり、それを南京大總統宛に打電したものの。内容は、海州の紳商は定武の変で、兵は掠奪し土匪は蜂起して困っているから軍隊の出動を願っている。この資料では、商業資本家は軍隊の必要を説いており、軍閥と商業資本家の結びつきが示されている。

#### (2) 復辟事件は何がこれを起こし、また何がこれを阻んだか

以上(一)(二)(三)稿で示した諸資料・諸説の紹介、その比較考察を中心にまとめをしておこう。猶、こ

の2問題をあわせて考察する方が妥当であると考えて、ここでおこなう。

### (a) 復辟事件は何がこれを起こしたか

まず、内部的原因からあげて検討する。

- 1) 段は張勳を、雜牌軍出身の妄自尊大的老粗と評価しているように、妄りに自らを尊大にして独断独行する張勳の個人的性格・力量も1因として考えられる<sup>52)</sup>。
- 2) 張勳の参謀長万繩栻が張勳に迎合し、自分の出世のために、康有為とともに計画したもの(「復辟始末記」)。万繩栻については、南京会議以来の彼の活動からうなづける<sup>53)</sup>。また康有為についても袁の帝制戦争中より復辟に賛成を示し、その後、復辟実行までの彼の言動からうなづける<sup>54)</sup>。したがって、この万繩栻・康有為の働きかけも1因として考えられる。
- 3) 天津に引退した段が北京に帰るために、徐樹錚とともにめぐるした陰謀による(「史話」・「我的生活」・「30年史」・「徐樹錚年譜」)<sup>55)</sup>。
- 4) 政治騙子潘の画策から、馮国璋・陸榮廷が復辟に賛成したと信じたこと(「督軍団伝」・「史話」)<sup>56)</sup>。
- 5) 徐世昌・王士珍も復辟に賛成であると信じたこと(「史話」・「わが半生」)<sup>57)</sup>。

この北洋派中の大物、皖派首領の段・直系首領の馮・それに徐世昌・王士珍と南の陸に対して、(一)(二)稿で詳述の如く、張勳が意を用いたことは事実であり、南京会議以来復辟まで離合集散をくりかえした。したがって、対独宣戦案をめぐる段派督軍団と国会・黎の対立、段総理罷免、第4次徐州会議での復辟の実行決定の時期には、5名共復辟に積極的な賛成は表示せずとも、あえて反対はしないという張勳なりの成算があったと思う。特に大總統位を狙う馮・独裁政権の恢復を狙う段は黎の打倒ということで、復辟に対し反対は明示しなかったと思う。もっ

ともこの樂觀的な見方は、張勳の個人的性格・力量に由来するものが多分にあったと考えられる。

- 6) 南方民党・革命派・農民・都市市民が、真に中国革命の根本問題＝反帝反封建の課題に決しえなかったこと(後出)もあげねばならぬと思う。

つぎに外部的原因をあげて検討する。

- 1) 日本の同意・支持による(「史話」・「美国侵華史」)。これについては、当時の日本政府の完全な統一的对華方針がなかった—あくまで段を援助するか、あるいは張勳にのりかえてそれを生長株にしあげるか—ことから考えて、復辟反対の明示はなされなかったと思う。したがって、張勳の個人的性格・力量にも由来して、日本政府は復辟に積極的な賛成は示さないが、あえて反対はしないと張勳は判断したと思う<sup>58)</sup>。
- 2) 日本の反対勢力である米・独国との結びつきによる。これは「西原自伝」によるものであるが、同書に、7月12日張勳は奥国公使館に逃込みし由、彼が独逸との関係を証明するに至れり。とあり、オランダ公使館に避難している事実等からみて甚だ疑問である。

以上の内部的原因・外部的原因から総合判断すると、この復辟事件を起こしたものは、復辟それ自体は一つの滑稽劇にすぎないが、その政治的背景は根深いものをもっている。すなわち、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り、袁の帝制成立、第3革命後の南京会議で、張勳は暗に復辟の基礎を布置した。袁の死後、各省軍閥が北洋派の解体と西南護国軍の勢威に憂慮を感じているのに乗じ、第1～3次徐州会議、参戦問題の進展に伴う混乱の中で着々と復辟の態勢を整えた。そして第4次徐州会議で実行を決定した。これは、基本的には北洋派對非北洋派＝西南軍閥・国民党

・国民党が多数をしめる国会・黎という対立から生まれたものである。それに、北洋派内部の対立・最も顕著なものは自己目的達成を狙う直・皖の対立が結びついて起こったものである。また、この対立は、帝国主義列強による中国の対独参戦勧誘によって激化したが、大戦の激化＝欧戦線の緊張によって、日本を除く帝国主義勢力の対華侵略が以前に比し緩和され、日本も復辟に反対を明示しなかった。このことより帝国主義列強は、復辟実行に対し反対はしないものと張勳は判断したと思う。

要約すれば、辛亥革命後の軍閥混戦と第1次大戦中の帝国主義列強（軍閥を支えた）の対華侵略の一時的後退という歴史的條件が、張勳の個人的性格・力量と相まって復辟を起こさしめたと考えられる。

更にその根底は、辛亥革命が中国革命の根本問題＝反帝反封建の課題と真に対決しえなかった。それが半封建半植民地権力（または勢力）である軍閥の全国支配を実現し、その軍閥の混戦が復辟事件を起こさしめたと考える。

#### (b) 復辟事件は何がこれを阻んだか

これは、直・皖の首領馮・段はもとより大部分の軍閥、郷紳、商紳、外国勢力こぞっての反対による。その反対を生んだ理由は、北洋派の2大巨頭段・馮が自己目的達成のための黎の駆逐に成功したこと。また当時の多くの新聞が指摘した如く、張勳が妄自尊大的老粗といわれ独断独行して孤立を招いたことがあげられる。このことは、復辟宣告後、徐世昌に弼德院長という名目だけの地位しか与えず、段は全く無位置であったこと等よりうなづける。

また、この根底は、半植民地半封建社会の国家権力として確立した軍閥が、ブルジョア化の過程で直・皖等の対立を超えて、清＝旧封建権力と対立し、清朝復辟を阻止しなければならなかったの

であろう。

#### (3) 軍閥と民党関係を中心として

以上の研究に基づいて、里井氏（前記）の疑問点を紹介し、主として軍閥・民党関係を中心に考察しよう。

里井氏によって、つぎのような回顧と展望がなされている。

横山英氏「清末の変革における指導と同盟—辛亥革命研究ノート—」（『史学研究』九七）は、辛亥革命形成の指導力は同盟会派であったという観点にたち、その同盟会派の思想上実践上の革命性を否定、それが「半植民地半封建コース」すなわち「軍閥」の全国支配を実現するための「変革」を産みだす指導力であったこと、辛亥革命も、ブルジョア民主主義革命ではなく右の意味での「変革」であったことを主張している。同盟会派および辛亥革命の革命性を否定するのは横山氏一人ではない。氏の説の特徴は次のような否定の仕方にある。以下筆者—（高城）が問題とするものだけを要約すると、同盟会派が中国革命の根本問題＝反帝反封建の課題と真に対決しえなかったのは単に彼らの弱さや限界ではなく、その階級的基礎に由来する必然的なものであった。その物質的階級的基礎は、帝国主義・封建主義への依存性と妥協性をもつ民族ブルジョアジーであり、同盟会派と立憲派は経済的階級的基礎が同一であった。更に「大買弁ブルジョアジーを基盤とした軍閥」とも、「政治的性格」を一にしていた。……………こうして、同盟会派は、当面満清勢力を倒し「変革コース」を実現するための同盟軍（軍閥・立憲派・同盟会派）の、その「同盟」形成の指導勢力に外ならず、決してブルジョア民主主義革命のための「革命勢力」ではなかったことが力説されるのである。

これに対し、里井氏より二つの疑問点が出された。その第1の疑問点は、後日に譲るが、第2の

疑問点を取りあげる。それは、同盟会派・立憲派・軍閥の「同盟関係」の実質についてである。同盟会派の流血の反清諸闘争の歴史において、大買弁ブル＝軍閥や立憲派がいかなる友好と提携の手を、実践的にも理論的にも、同盟会派に対してさしのべたのであろうか。そのことが明確に示されない限り、軍閥と同盟会派とが政治的性格を一にしていたと主張されても、それは横山氏の独断にすぎないことを証明するだけであろう。また、立憲派と同盟会派の経済的階級的基礎が同一だといくら主張されてみても、経済関係の集中的実現としての政治過程そのものにおける同盟関係を解明しえないなら、それもまた独断にすぎないと思えないのではあるまいか。

この里井氏の疑問点に対して、横山氏は、このような同盟会派に対する評価は、辛亥革命後、政權の座についたのちの孫文をはじめ同盟会派の具体的な活動からも裏づけられるとして、鉄道会社・銀行等の設立に当たって、国民党は同盟会派、立憲派および軍閥・官僚を一緒に包括し、多くの実業団体の発起人名簿にはこの三種類の人びとの名前が列んでいた（章開沅・劉望齡阿氏の共著「從辛亥革命看民族資產階級的性格」）等から立論されている。

私はここで、軍閥・立憲派・同盟会派の経済的階級的基礎を具体的にほりさげるのではなく、主として同盟会派の革命性の否定、軍閥と同盟会派の提携を実証し、両者の政治的性格は基本的には共通したものであることを示すのを主要なねらいとする。

#### （a）同盟会派の革命性の否定

辛亥革命形成の指導力たる同盟会派（同盟会派が辛亥革命の指導的な原動力であったことについては、ここではふれない）の活動家ならびにその指導者であった孫文が精魂を傾けて祖国の危機を叫び清朝打倒の言論と行動をおこなったにもかか

わらず、かれらが帝国主義・封建主義に対しては全く攻撃の鋒先をむけなかっただけでなく、かえって、帝国主義・封建主義を擁護したことについては、すでに多くの人々が指摘している。したがって、ここでは、この同盟会派の反帝反封建闘争の欠除が軍閥との提携にもつらなることの理解の意味で、先学の諸業績<sup>⑨</sup>によって、簡単にふれよう。

1) 1894年、ハワイでの興中会宣言等にみえる最初の革命秘密結社興中会の基本的性格は、倒滿革命を目指す、農民大衆の切実な具体的利益の擁護を明確に掲げていない。したがって被圧迫大衆を倒滿革命に結集しえずに終始した。

2) 1895年日清戦争で清朝が惨敗した機をとらえての最初の挙兵である広東城襲撃計画の失敗後、孫文は日本を革命活動の根拠地と定め、日本への接近が始められた。かくて革命挙兵にまず必要な軍費の調達および武器弾薬の供給は海外華僑および外国人に頼らねばならなかった。

3) 1900年義和団事件による清朝の動搖を挙兵の絶好の機会とみて第2次挙兵＝惠州挙兵となったが、この際孫文は、阿片戦争後、中国に対して列強中最初の不平等条約を強要したイギリスの最大の拠点である香港の英人総督に向かって革命援助を要請した。つぎには、この機に乗じて中国南部に大陸侵略の突破口を切り開こうとした日本の軍部との間に厦門の割譲を交換条件として軍事援助の密約を結んだ。このことは、義和団事件に現われた極めて素朴な形における反帝国主義的民族運動に対して、直接の行動面において働きかけることは当時の客観情勢が許さなかったとしても、孫文が、この運動を生んだ民族感情を充分理解せず、その背後にある社会的経済的側面に眼を向けることなくして見送ったことは、この時期における孫文の思想的限界を示すものであり、これは対外的には、清朝打倒というかれの至上目的を達成

するためには外国のいかなる勢力とでも協力を惜しまないという、辛亥革命に至るまで一貫して変わらない基本的態度となって発現するのである。

4) 1905年日露戦争を機に成立した同盟会の革命的基盤の実態は、会党、華僑および外国人に基本勢力をおいていた興中会時代に較べて、さらに留学生を主体とする知識層および留学生出身の軍隊将校を包含するに止まり、真の意味における国民革命への組織化はできていないこと。地主勢力と妥協し、反封建の旗色は不鮮明なものであったこと。対外宣言で、既成の条約、外債、外人既得権の承認を言明していることをあげておこう。

5) 1907年東京においておこなった演説の中で、中国革命の目的は滅満興漢にあるが故にもし日本が革命を援助してくれるならば革命が成功した暁には、満蒙を日本に割譲すべしと述べたことに端を発して、清国政府の日本政府に対する孫文国外追放の要求となったと言われる。

6) これ以後、1907年から1911年辛亥革命までの期間に同盟会によって企てられた挙兵は十指に近いが、ここではそれらの内容経過についての叙述は省く。この間1908年辰丸事件によって発生した対日ボイコットの際、孫文は日本実業界から鎮圧費を出すならばボイコットを抑止する旨、日本側に返電したことをあげておく。

7) これ以後、辛亥革命の勃発・進展に伴い、孫文は外国からの武器および借款を獲得すべく涙ぐましい努力をおこなっている。

以上において、辛亥革命の革命性、辛亥革命で指導的役割をはたした同盟会派の革命性を否定する事実をあげてきた。したがってつぎのような指摘と評価になろう。

論文「辛亥革命与反満問題」（辛亥革命五十周年記念論文集所収）において辛亥革命における反満問題を追求した劉大年氏は、同盟会派の諸活動が反満活動と反満宣伝に勢力を集中したことは、諸階級をひきつけて清朝の打倒を実現せしめた、

とその役割を認めるとともに、そのことが他面では「革命闘争の方向をあいまいにした。一切の仇恨を満人支配者に単純に集中させ、帝国主義と封建主義の両敵に対する認識をあいまいにした」「かれらはブルジョアジーと帝国主義・封建主義との矛盾を徹底的に暴露しようとせず、反満によってこの矛盾を緩和し、おおいかくそうとした」と指摘している。

また、辛亥革命期の中国は半植民地半封建社会であって、帝国主義と封建主義の支配を排除して、独立・民主の中国を建設する方向に一步でも近づける闘争、すなわち反帝反封建の闘争こそが真の革命的意義をもった革命闘争であった。反帝反封建の内容をもたず、したがって、半封建半植民地社会を否定しない反清活動は、真の革命課題を清朝打倒の方向にねじまげ、真の人民解放の道筋を隠蔽したと評して差支えないであろう。

#### (b) 軍閥と民党関係

つぎに問題とされねばならないのは、辛亥革命によって清朝が崩壊した後においても、依然として孫文が列国から多額の借款を獲得しようとして、そのためには、鉄道・鉱山等の重要な利益を提供することをあえて拒もうとせず、かえって、このような外資の導入によって実業建設を進め国富を増大せしめることによって、列強に提供した利権を短時日の間に回収できると考えていた余りにも楽観的な態度である。

南京臨時政府対外宣言において、清朝と帝国主義が締結した一切の不平等条約および賠償、借款を承認すると言明して半植民地関係を公然と認め、第2革命失敗までは、孫文は、討袁すらも樂觀し、その後討袁のための中華革命党を結成しても、国内における革命的諸勢力の結集はなされず、ひたすら反動的日本軍閥および利権獲得に狂奔して対華進出を企図する日本実業家に救援を求めるのに急であったため、民衆から孤立する結果とな

った。

このような事実の詳細は省略するが、上述の如き孫文の帝国主義列強に対する妥協性、帝国主義・封建主義に対する認識の不徹底さは、帝国主義列強と結合する国内軍閥に対する妥協的態度を生ぜしめたのである。

ここで、本稿では、辛亥革命後より国民党改組までの軍閥と同盟会派（国民党・中華革命党・中国国民党）との提携を実証し、両者の政治的性格は本質的には共通したものであることを示そう。

1) まず、辛亥革命後に孫文は、反満との交換で袁に大總統の地位をゆずり、満足げに同盟会の解散式場で民族主義と民権主義が実現したと宣言し、ひきつづき軍閥、官僚をも含んだ国民党の指導者として議会（＝半植民地半封建的代議制）闘争に入ってしまったこと（横山氏・前掲書）。

2) 周知の如く、第2革命失敗の直後、革命派の主要人物の多くは日本に亡命し、孫文は1913年8月から第3革命成功後の1916年6月まで日本に滞在し、国民党を中華革命党へと改組する等のことをおこなった。この間の第3革命の功績は、唐繼堯の雲南軍を中心とする梁啓超らの軍務院派に奪われ、中華革命党の活動はほとんどとるにたりないものであった。しかし、これは対立するものをもちながらも討袁という一致した目標によって、同盟会派の広東派を中心とする中華革命党と西南軍閥の結びつきを示すものである。

その後、袁世凱死後のいわゆる護法（孫文は、第3革命進行中に臨時約法の回復を主張し、これは第3革命後におけるかれの護法運動の出発点となった）の役<sup>⑧</sup>は、非力な革命派による孫文が、自己の勢力拡大のために一時的に孫文を利用しようとする諸軍閥との間に離合集散をくりかえした時期に外ならなかったのである<sup>⑨</sup>。

このことについて、池田誠氏は、「孫文らは、議会主義の無力からぬけだして革命を再出発させるために、中華革命党を組織したが、その行動の

政治目標は護法であり、その戦術は、反北洋軍閥的な、しかもその本質においてはまさに軍閥的な、西南軍閥勢力との連合による北伐であった。十分な軍勢力をもたぬ革命派の護法運動は、逆に軍閥戦争の道具に転化されてしまった」と述べている<sup>⑩</sup>。

猶、ここで、中国革命同盟会から中国同盟会、国民党、中華革命党、中国国民党へと改組されるその間の内容経過については詳述しないが、広義に同じ範疇に属するものとして述べる。これは、孫文を中心とする同盟会派の革命性の欠除がもたらした結果であって、国民党とても民権を主張して、袁の権力に対しては民権派的な野党であったことから考えて、広義に同じ範疇に属するものと考えてよからう。また、上記のことから護法運動期では、同盟会派と西南軍閥をあわせて南方派として広義に同じ範疇に属するものと考えてよからう。

3) 1916年5月おこなわれた南京会議を中心として、南方派と北方の馮・段との関係について述べよう。ここでは、この会議を開かした原因である南北対立の歴史的背景・会議の内容経過については、(一)稿で詳述したので省略する。

段について、4月21日袁は収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、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有し、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。しかし、袁は責任内閣制を餌として段を利用するだけで、実権は譲らなかった。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。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。

馮について、「30年史」(365～366頁)に「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对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」とある。また、「史話」(2—212～213頁)に「南京会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参議院を組織するの辨法で、臨時総統を選出し、然る后国会を召集して正式総統を産生せんと想った。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想った。また進歩党を以て骨子とする護国軍の将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联系を建てて居り、彼は推されて臨時総統となり、袁は倒さずして自ら倒れ、護国軍は流血を継続せずして反袁戦争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総統になることができると想った」とある。

以上によって⑧、段・馮は自己目的達成のため、袁と離合しながら、南方派とも妥協・提携を示したことが理解される。もちろん、南方派とは同盟会派と西南軍閥の提携によるものであることはいうまでもない。

4) 袁の死後、第1～第3徐州會議(1916年6月～1917年1月)の間について述べよう。

袁の死後、段が何故南方派の推す黎の総統位就任に同意したか。「史話」(3—2頁)に「就ち是れ総統独裁制をば転変して責任内閣制となし、黎をば扶けて傀儡総統の位子上に在らしめ、自己は却っ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総統となすに同意する真正原因なり」とある。このように、自己の独裁権を確立するという目的をもち、そのためには、総統問題・新旧約法問題では、ともに南方派の主張を入れ、閣員にも南方派の5総長を入れている⑨。このことは、段と南方派との妥協・提携とみてよからう。

5) 1917年2月より起こった参戦問題を中心に述べよう。

米国の勧告をうけて最も早く対独絶交を主張した外交総長伍廷芳(国民党系の親米派)と段に対抗して米国路線にたった黎元洪との提携⑩。さらに黎は反対を唱える南方の孫文に働きかけ、その協力をえようとした⑪。

北洋派では、馮があいもかわらず北方と南方の中間勢力として自己中心的な動きをとり、段を政敵として南方民党、この問題では孫洪伊(旧進歩党の主要人物で、帝制運動のはじめに、それに反対して南下し、当時翰林派の主要人物として国民党と同一行動をとった)との結びつきが強く、その影響をうけてはじめははっきりと対独絶交に反対を唱えている。これは、馮と南方民党・孫洪伊との結びつきを示している⑫。

その後、中国は対独宣戦をめぐる収拾すべからざる紛乱に陥った際、南方派は黎の後盾として、宣戦を主張する段派督軍団に対抗した⑬。

6) 復辟の失敗後、第2次段内閣が成立し、南方では1917年9月広東軍政府が成立した。これは、孫文を大元帥とする反段議員勢力と西南軍閥勢力との護法のための連合政権であった。これ以後の護法の役の展開、1919年の南北和平會議等の経過は詳述しないが、周知の如く南方では、軍政府内部の孫文らの革命派と広西軍閥陸榮廷との対

立は、孫文の大元帥辞任となる。その後孫文ら革命派と雲南軍閥唐繼堯が結び護法を主張し続けるが、政学系は広西軍閥陸榮廷と結んで北方の徐世昌および直隸派との間に和平交渉を進め、ここに南方派は二つに分裂する等の経過をたどる。

この経過から、孫文ら革命派（同盟会派）と西南軍閥、南方派と北洋軍閥とは、対立しながらも各自己目的達成のための提携を示したことがわかる。

7) かくして、孫文は、1923年1月26日に北方の黎元洪・段祺瑞・張作霖・曹錕・吳佩孚らの軍閥、各省の農工商学各界、各新聞社へ宛てた「和平統一の通電」<sup>62)</sup>によって、妥協的手段による北方軍閥との提携を公然と提案するのである。

この孫文の呼びかけ失敗後、孫文および国民党は、11月国民党改組宣言を発し、はじめて軍閥反対・帝国主義反対を公然と唱え、全国的規模における大衆の組織を主張し、革命路線全体の大きな転換がなされるのは周知のことである。

以上によって、辛亥革命後より国民党改組宣言に至る政治過程における軍閥と民党との提携を示した。したがって、軍閥と同盟会派の政治的性格は、本質的には共通したものであることが、ほぼ大まかに論証できたと思う。ただし、辛亥革命以前のものはあげなかったが、孫文が義和団事件に際して、義和団の蜂起を非難し、東南地区の軍閥と協同して「東南互保」を画策したこと（横山氏・前掲書）等、詳細は別の機会に譲るが、辛亥革命後において上述の如き実態であったことから考えて、辛亥革命以前の両者の関係は理解できるのではなかろうか。

## おわりに

以上、(一)(二)(三)稿にわたって、復辟は何がこれを起こし、また何がこれを阻んだかを考究し、民国初期軍閥政権の権力構造、辛亥革命の革命性、軍閥と民党関係という諸点にふれた。ここで簡単に

まとめをしておこう。

辛亥革命が中国革命の根本問題＝反帝反封建の課題と真に対決しえず、それが半封建半植民地権力（または勢力）である軍閥の全国支配を実現し、その軍閥の混戦が張勳軍閥による復辟事件を起こさしめたのである。またこれを阻んだのは、半植民地半封建社会の国家権力として確立した軍閥が、ブルジョア化の過程で、直・皖等の対立をこえ、大部分の軍閥は、清＝旧封建権力と対立し、清朝復辟を阻止しなければならなかったからである。

また、この辛亥革命の革命性の欠除＝帝国主義・封建主義との妥協、かえってこれらを擁護したことは、孫文ら同盟会派の帝国主義勢力からの借款を獲得しようとする涙ぐましい努力となって現われ、また半植民地半封建権力である軍閥との提携となって、国民党改組前まで現われるのである。

猶、別の機会に、軍閥・同盟会派・立憲派の階級性、社会的経済的基盤、同盟会派・立憲派の階級的基礎の主流をなすといわれる民族ブルジョアジー、農民・都市市民による大衆闘争等の面にふれなければならないと思う。

## 註)

62) 拙稿「張勳軍閥の研究」(一)―南京会議・徐州会議を中心として―9・11頁。(以下拙稿(一)稿という)

63) 拙稿(一)稿4・9頁。

64) 拙稿(一)稿11頁。拙稿「張勳軍閥の研究」(二)―参戦問題を中心として―12頁。(以下拙稿(二)稿という)

李劍農「中国近百年政治史」下（台湾商務印書館）493頁に「在袁氏称帝前，由宋育仁勞乃宣等發動一次失敗後，到帝制戰爭正烈時，康有為又躍躍欲動了。護国軍在雲南發動後，對於袁氏，全国一致反对，康有為也反对。（……）但康氏一面反对袁氏称帝，一面卻主張復辟。」又494頁に「袁氏撤銷帝制後，康竟公然揭舉復辟的主張，發表一篇論說，題為『為國家籌安定終

者。』とある。

- ⑤⑤ 拙稿(→)稿9・10・12頁。拙稿(→)稿10～13頁。
- ⑤⑥ 拙稿(→)稿11・15頁。
- ⑤⑦ 拙稿(→)稿11頁。拙稿(→)稿12頁。
- ⑤⑧ 拙稿(→)稿11・13・15頁。
- ⑤⑨ 東京教育大学アジア史研究会編「中国近代化の社会構造」—辛亥革命の史的位罫—toに所収の諸論文(教育書籍)。藤井昇三氏「孫文の研究」(勁草書房)。野沢豊氏「孫文」等。
- ⑥① 1923年1月の著書「中国革命史」の中で、孫文は、1913年の第2革命から1916年の袁世凱病死までの革命戦争を討袁の役、それ以後1923年までを護法の役と呼んでいる。
- ⑥② 高橋勇治氏「孫文」124頁。
- ⑥③ 池田誠氏「中国現代政治史」(法律文化社)131～132頁。
- ⑥④ 拙稿(→)3～7頁。
- ⑥⑤ 拙稿(→)7～8頁。
- ⑥⑥ 拙稿(→)3頁。
- ⑥⑦ 拙稿(→)4頁。
- ⑥⑧ 拙稿(→)4・7・9頁。
- ⑥⑨ 拙稿(→)9～12頁。
- ⑥⑩ この通電の内容は、大要次の次の如きものであった。

現在の中国国内にある四派すなわち直隸派、奉天派、安徽派及び西南護法諸省の提携統一は決して難事ではない。この和平統一の方法は、次の如き裁兵によるべきである。

- (1) 兵を化して労働者とするため全国の兵力の半数を裁撤する。
- (2) 各派首領が賛成、署名、捺印の上は、一外国に請うて補佐たらしめ、以て裁兵の方法と経費を協議する。
- (3) 裁兵借款の用途に関して、法定監督機関以外に債権者並びに全国の農工商学及び新聞関係の各団体からそれぞれ人を挙げて監督せしめる。

#### 付記)

本研究を終えるに際し、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。

猶、本研究は、広島大学今堀教授の昭和41年度文部省科学研究費による各個研究の研究協力者としての研究成果の一部である。

(昭和42年9月1日受付)

# 現代アメリカ英語における話法形式の研究

(英語学) 篠田 治 夫

## A STUDY OF FORMS OF NARRATION IN CURRENT AMERICAN ENGLISH

Haruo SHINODA

### Abstract

The aims of this study are as follows:

1. To investigate what forms of Narration are actually used in Current American English.
2. To investigate the contexts in which those forms appear.
3. To investigate what kind of reporting verbs are most commonly used in Direct Narration and Indirect Narration.

### Preface:

#### Aims of this study:

The aims of this study are as follows:

1. To investigate what forms of Narration are actually used in Current American English.
2. To investigate the contexts in which those forms appear.
3. To investigate what kind of reporting verbs are most frequently used in Direct Narration and Indirect Narration.

For these aims, the READER'S DIGEST (March, 1966) was used to collect materials. And the results are reported in the following manner.

### I. Direct Narration

1. Kinds of Reporting Verbs
2. Arrangement of the Subject and the Reporting Verb in Direct Narration
3. 1) Subject + Reporting Verb + Reported Speech  
 2) Reported Speech + Subject + Reporting Verb  
 3) Reported Speech + Reporting Verb + Subject  
 4) Reporting Verb + Subject + Reported Speech  
 5) "Subject + Reporting Verb" inserted in Reported Speech  
 6) Reported Speech without "Subject + Reporting Verb"

### II. Indirect Narration

1. Kinds of Reporting Verbs
2. Arrangement of the Subject and the Reporting Verb

- 1) Subject + Reporting Verb (+ Conjunction) + Reported Speech
- 2) "Subject + Reporting Verb" inserted in Reported Speech
- 3) Reported speech without "Subject + Reporting Verb"
- 4) Reported Speech + Subject + Reporting Verb

### III. Conclusion

#### I. DIRECT NARRATION

##### 1. Kinds of Reporting Verbs:

In the material, the following verbs are found as reporting verbs:

Kinds of Verbs	Instances	%
say	112	60
ask	15	8
tell	10	5
explain	7	4
reply	5	3
write	5	3
answer	4	2
cry	3	1.5
shout	3	1.5
declare	2	1
add	2	1
report	2	1
yell	2	1
continue	2	1

In addition to the verbs in the above list, the following 19 verbs are found in the material.

Each verb is used only once here.

call down	comment	coo	gasp
scribble	point out	recall	fling
mean	bid	order	remember
chant	volunteer	be headlined	implore
mutter	object	laugh	

Total 193

According to the list above, the verb "say" is the commonest reporting verb, and "ask" comes next. But it should be noticed that the number of instances of "say" is by far larger than that of "ask."

##### 2. Arrangement of the Subject and the Reporting Verb in Direct Narration:

The arrangement of the Subject and the Reporting Verb is classified as follows:

1. Subject + Reporting Verb + Reported Speech
2. Reported Speech + Subject + Reporting Verb

3. Reported Speech + Reporting Verb + Subject
4. Reporting Verb + Subject + Reported Speech
5. "Subject + Reporting Verb" inserted in Reported Speech
6. Reported Speech without "Subject + Reporting Verb"
1. Subject + Reporting Verb + Reported Speech

This pattern is the most frequent form of Direct Narration in the material, and 63 instances appeared.

The Reporting Verbs are classified as follows:

a. Reporting Verb ... say	37 instances	60 %
b. Reporting Verb ... other verbs	26 instances	40 %

Examples:

a) So, *I say*, "You're damned right I'll take the collar. And then he disarms the guy and I bring him in." (p. 172)

*He says* with a twinkle in his eyes, "I waited for her to grow up." (p. 22)

To the dawdling Charles *she said* with strange prevision, "I shall last a year and but a little longer: we must do good work in that year." (p. 106)

*He* patted Glen's shoulder and *said*, "When the weather turns warm we'll get you into a chair on the porch." (p. 93)

Afterward *they said* to her, "Sign it, or you will burn." With a strange smile, she made her mark upon it. (p. 109)

This is the most disarming tactic available to you. First thing you know, *your wife will be saying*, "Oh, no, you're not. I'm wrong." (p. 63)

If your wife seems perverse, try this little experiment: The next few times you get hot under the collar, come right out and *say*, "I'm wrong." (p. 63)

b) *P. J. Fynn*, manager of J. C. Penney's merchandise-testing center, *points out*: "The combination of the best in fiber, fabric and chemical finish, in garment construction, pressing and final cure, produces superlative results ... " (p. 72)

*The JAMA adds* editorially: "In this area of biochemical legerdemain, there can be little doubt that a safe androgen (male sex hormone) will be developed whose hairgrowing capacities are divorced from side effects." (p. 124)

When *Bill's high-school counselor* called him off his construction job to *ask*, "Would you like to go to college?" *Billy replied*, "Wouldn't everybody?" (p. 73)

The day after the shooting, *CORE demonstrators* marched on police headquarters *chanting*, "Down with the killers in blue." (p. 170)

Soon the soldiers saw her banner flash once more, heard *her cry*, "The day is yours ... enter!" and beheld her dash toward the rampart and climb it. The bastion fell.

Orleans was saved. (p. 107)

Her standard ever fluttered where the fighting was thickest. *She bade the rank*, "Go bravely; all will go well." (p. 107)

Reporting verbs in the passive voice:

Ovens are now so much a part of the apparel business that one *advertisement was headlined*: "Sam, you baked the pants too long!" (p. 71)

On it *was written*: "Rx.<sup>①</sup> for married happiness: A doctor's home is only as happy as he makes it. Remember: 'Men's love is of man's life a thing apart; 'tis woman's whole existence.'—Lord Byron." (p. 62)

## 2. Reported Speech + S. + R.V.

To this pattern belong 30 instances, in which 23 instances have pronouns as subjects, and 7 instances have nouns as subjects.

Examples:

Subject = pronoun.

"Hard starboard," *he said* in a quiet voice. We were headed into the breakers on the mainland rocks! (p. 23)

"What's out there beside snow and cold?" *I asked*. (p. 112)

Did the bishop know his victim to be innocent? She at least knew his guilt. "Bishop, I die through you!" *she flung* at him. (p. 109)

"You are probably using a sixth of your lung capacity," *he replied*, looking at me appraisingly. (p. 128)

"I went to see the train wreck!" *I yelled*. "No place for little boys," *he shouted back* as the car slewed into the street and disappeared. (p. 89)

"We have done 710 grafts and have largely re-covered her scalp," *he reports*. (p. 122)

Subject = noun

"I'm not a cooky," *the little boy objected*. (p. 26)

"We consider the birds our most charming export," *the manager said*. (p. 28)

"We often transplant up to 25 plugs a session," *Dr. Robert A. Berger*, a dermatologist at Mt. Sinai Hospital and an associate of Dr. Orentreich's, *told me*. (p. 121)

## 3. Reported Speech + R.V. + S.

---

Note. 1. See Webster's Third New International Dictionary: Rx (symbol) = a medical prescription; a recipe.

In this pattern the subjects were all nouns, and there were no instances in which pronouns were subjects. Seven instances belong to this pattern.

Examples :

"The article is packed with invaluable information for every married couple," said *Dick Van Dyke*... when he asked the editors to reprint it. (p. 61)

"Don't remember my birthday," says *Mary*—because she is hungry for him to remember. (p. 61)

"This program gets to the heart of the basic educational problem in undeveloped nations," says *Leon E. Hickman*... (p. 43)

"The biggest textile development since the advent of man-made fibers," says *the Daily News Record*, bible of the man's garment trade. (p. 69)

#### 4. R.V. + Reported Speech.

There were only two instances in this pattern:

It was Phil Spector, the 24-year-old king of the rocks. He wore a skin-tight Edwardian suit with the narrow trousers I've yet seen. (*Explained one contestant*: "You might say, Mr. Michiner, that if you can pull your trousers on over your shoes, neither the trousers nor the shoes are worth wearing.") (p. 161)

The really urgent problem is the repair of homes and buildings. This cannot wait. Authorities know the order of importance of repairs and how to make them. Says *Prof. Mario Guiotto*, superintendent of monuments, "Venice is like a hospital with too many patients and too little staff—we take the most serious cases first." (p. 67)

#### 5. "S. + R.V." inserted in Reported Speech.

To this pattern belong two kinds of Reported Speech. One is the Reported Speech composed of several sentences or clauses, with "S. + R.V." following after the first sentence or clause. The other is that which is composed of a single sentence, with "S. + R.V." inserted in.

This pattern occupies the largest number (75 instances) in the material so far as Direct Narration is concerned.

Examples:

##### 1) Independent Reported Speech + S. + R.V. + Independent Reported Speech.

S = pronoun (25 instances)

"The time was perfect," he says. "Earning a regular salary, I had no heed for the money, so I made investments which turned out to be quite profitable." (p. 94)

"Every child must have his chance," he says. "No child is basically bad—only environments and adult examples are bad. Change them and the goodness in the child shines through." (p. 96)

"These testimonials as to what you've done for people with extremely poor breath-

ing habits are comforting," I *told Knowles*. "But what about the rest of us? I breathe all right. At least I think I do." (p. 128)

"Imagine!" *he cried* persuasively. "You will be sitting there with Cousin Brucey on one side and Phil Spector on the other, and you'll be deciding the fate of American music." (p. 152)

S = noun (21 instances)

"I finally cracked Bill's protective armor when I took him to the corral one day," *Cunningham says*. "In spite of his attempted difference I could tell that all those beautiful horses excited him." (p. 95)

"Quiet!" *Barrett orders*. "No one talks unless I ask something." (p. 140)

"What gets into women, anyway?" *many a man asks*. "I earn a decent living. We have a comfortable home, three wonderful kids. What more can she want? Why this discontentment and restlessness?" (p. 62)

"I would build a school," *the friend replied*. "I don't mean that I'd send in a construction crew. I'd give the local people the cement and a block-making machine and some provision and let them do the work." (p. 41)

"One of the best things about our group is that not one boy has ever been in trouble," *Poulin volunteered*. "We expect all will graduate from high school." (p. 155)

"Nothing is like it," *Elizabeth Barrett Browning wrote*. "Nothing is equal to it, there is not a second Venice in the world." (p. 64)

The following are the instances in which the subjects and the reporting verbs are inverted. The subjects are strictly limited to nouns. (4 instances)

Examples:

"Only in Venice does one find an atmosphere adapted to man," *declares one thoughtful Venetian*. "In other cities, man adapts to the automobile." (p. 66)

"We have a healthy business," *says Luke Burton*, board chairman of Canal Barge Co. "Instead of fighting technological progress, all segments of our industry welcome it. We say up-to-date and avoid waste and high costs that multiply with obsolescence. Everybody wins." (p. 85)

"There's a lot of sympathy in the world," *said my friend*, talking about a worthy project for which he was soliciting funds. "Most people are willing to give to charity." (p. 143)

"Well, I always admired him," *said a friend of mine* about a locally prominent man who has just died. "Whatever else you might say, he had the courage of his convictions." (p. 141)

2) Part of Reported Speech + S. + R.V. + Main Part of Reported Speech

Examples:

S = noun (12 instances)

"Now," *Barrett says*, indicating everyone except the attacker, "all of you germs walk up this street to Broadway and get lost. Don't come back." They take off. (p. 130)

The resulting explosion enveloped the boys in a ball of flame. Somehow they made it home. Floyd died. "Glenn," *the doctor told* the parents, "may never walk again."  
(p. 93)

"Look," *Barrett said*, "you're a big boy now. So be a man and go over to the phone and ask your wife or a friend to come and get you ...." (p. 138)

"Then," *the patrolman continued*, growing more and more frustrated and angry as he relived the story, "I got to the station house and the lieutenant wants to know if the guy actually hurt anyone or not. He knows I put my resignation papers in last week and so he says to me ...." (p. 172)

"Once we saw that testosterone stimulated hair growth in the armpit," *Dr. Papa reported*, "we felt it might work on the head." (p. 123)

"The testosterone doesn't create new follicles in the bald scalp," *Dr. Papa explained* to me, "but stimulates hair growth in the surviving ones." (p. 124)

"In several patients," *Dr. Orentreich told* the New York Academy of Sciences, "grafts growing hair were implanted at the edge of a receding hairline. In two years following the grafting, the hairline continued to recede...." (p. 121)

S = pronoun (10 instances)

"I'm obsessed," *he says*, "with the idea that I've got to win, and these animals can smell it. No one's going to meet me and win, because I've been up against the bad guys...." (p. 134)

"I slipped into a doorway," *he says*, "and grabbed a couple of empty milk bottles." (p. 168)

"By the next morning," *she recalls*, "we had to have a name for a new liquid make-up that we were about to introduce...." (p. 119)

"Open your mouth and exhale all you can," he told me. I did. "Now," *he continued* when I was about exhausted, "purse your lips and blow." (p. 129)

Charles, though obsessed with Joan's dream of his crowning, dillydallied. "Noble Dauphin," *she implored*, "hold no more so many and such long councils, but come as quickly as you can to Reims and take the crown." (p. 107)

3) Inversion of S. + R.V. (3 instances) Strictly limited to nouns.

Examples:

"When I was young," *says 74-year-old William P. Knowles of London*, "we used to breathe well because we worked hard...." (p. 128)

Many detectives feel like clerks. "We may not be fighting crime," *says Barrett*, "but we're

sure recording it.”

(p. 169)

“This new surgery,” says *Effler*, “offers something where we had nothing to offer before. A new era of surgical treatment for coronary-artery disease is just beginning.”

(p. 166)

#### 6. Reported Speech without “S. + R.V.”

In the material, there are three types.

The first type:

The preceding sentence or clause has a word in apposition to the Reported Speech.

The second type:

This type of speech is in the form of a dialogue, in which the subject and the reporting verb are mentally supplied.

The third type:

This type of speech has no subject or reporting verb, but they are implied in the preceding sentence or clause.

1) The first type: (8 instances)

Examples:

Actually, if we had been honest, we would have advertised *something like this*: “Wanted: general housekeeper, cook, maid, child care, laundry...”

(p. 141)

In the spring of 1908 came a *telegram*: “If interested in arctic exploration, come see me at once, New York City. Robert E. Peary.”

(p. 20)

On those mornings which he had gone home before I got to the depot, he would leave me a *note*: “They had to use No. 2292 on the southbound Flyer.”

(p. 87)

*The Detective* (the title of a story)

“I’ve got to make a decision in a second. Does he have a knife? Does he have a gun? Should I hit him?”

(p. 133)

An expert on such matters asked, “Have you advertised?” In answer, Terrell rattled off the names of several newspapers, and the man expressed *amazement*, “Newspapers?... ”

(p. 156)

The second type: (8 instances)

Examples:

“What are *you* thinking about?” asked *the famous artist*.

“I’m just thinking how much happier I am than I thought I ever would be.”

“You mean that you’re a mature woman, are happier now than you were as a schoolgirl?”

“Of course,”

“Madam”—Paderewski bowed—“I want to meet your husband.”

(p. 63)

“What’s your name?” *he asks*.

“Who, me?” *The prisoner* is a pro at countering interrogation.

“Yeah, you. What’s your name?”

“My name?”

“Your name. What’s your name?”

“My name’s Sonny.”

“What’s your last name?”

“My last name?”

“Look! What’s your name, all of it?”

“Sonny Davis.”

(p. 137)

The third type: (15 instances)

Examples:

Every question, every answer is recorded; we hear *her voice* down the centuries. “You say that you are my judge ; consider well what you do, for in truth I am sent from God, and you put yourself in great peril.”

(p. 108)

*He* waved, reached for a halyard and slid down. “Glad you got here, Rud. Your bunk is midships, portside. You’ll take the wheel next week.”

(p. 18)

“What’s that, Mother ?” The girl asked. “Why, I don’t know,” said the woman, opening it. Then *her* face lighted up as a pair of silver earrings fell into her hand. “Oh, Nancy, just like your father? And it isn’t even my birthday!”

(p. 63)

In his senior year of high school *the principal* called him in. “You must go to college.” Dan said he had no money. “You must find a way to go,” the principal replied.

(p. 19)

Tears and mascara flow down *her* cheeks. “I want to see the captain! You can’t lock me up! I didn’t do anything! I want to call my lawyer!”

(p. 137)

When *Queen Elizabeth* and Prince Philip worshipped at the cathedral on their 1957 visit to the Very Rev. Francis B. Sayer, dean of the Cathedral since 1951, “I’m sorry but Mother is late with her home work.”

(p. 100)

I ran after him and asked where *he* was going. “Over to get Grandfather’s sleigh. There’s been a train wreck.”

(p. 89)

## II. INDIRECT NARRATION

### 1. Kinds of Reporting Verbs in Indirect Narration.

In the material,<sup>①</sup> the Reporting Verbs used in Indirect Narration are as follows:

say	18 instances	25 %
ask	7 instances	9 %
tell	17 instances	24 %
Total	42 instances	60 %

Note. 1. Such an instance as ‘ He asked me to go there ’ was eliminated from the material, as it is not a direct transformation from “He said to me, ‘Will you please go there?’ ”

suggest	3 instances	
declare	3 instances	
wonder	2 instances	
warn	2 instances	
report	3 instances	
propose	1 instance	
indicate	1 instance	
promise	1 instance	
hold	1 instance	
agree	1 instance	
protest	1 instance	
announce	1 instance	
recommend	1 instance	
decide	1 instance	
talk	1 instance	
maintain	1 instance	
inform	1 instance	
find out	1 instance	
figure	1 instance	
explain	1 instance	
state	1 instance	
teach	1 instance	
Total	30 instances	40 %

It is an important fact that the verbs *say* and *tell* occupy half of the whole instances.

## 2. Arrangement of the Subject and the Reporting Verb in Indirect Narration.

There are 4 types of arrangement of the Subject and the Reporting Verb.

The first type: S. + R. V. (+ Conjunction) + Reported Speech.

This is the commonest pattern found in the material. (54 instances, 75 %)

The second type: S + R.V. inserted in Reported Speech (Parenthetical use).

There are three varieties in the second type:

- 1) Part of R.S. + S. + R.V. + Main part of R.S.

In some instances, S + R.V. is set off with a comma before and after.

- 2) Part of R.S. + R.V. + S. + Part of R.S.

This is a case of inversion of the Subject and the Reporting Verb and 4 instances appeared in the material. The Subjects are exclusively limited to nouns.

- 3) Part of R.S. + S. + R.V. + part of R.S. (The latter part includes a Quotation.)

Three instances appeared in the material.

The third type: Reported Speech without a Reporting Verb.

In this pattern, a noun or a pronoun in the preceding sentence or clause signals the

speaker of the following speech. 12 instances appeared.

The fourth type : Reported Speech + S. + R.V.

1. The first type : Examples:

Later *he told me that* he remembered the harbor's location because a North Pole expedition had called there —41 years before. (p. 23)

When the bird, the Scotswoman wrote Grösch hoping for a replacement. *He had to tell her that* it would be a while before he could fill her order. (p. 28)

One carver who had tediously labored on the back of a man's head in an obscure corner of a nave bay *was asked why* he put so much into a part that nobody will see. He replied, "God will see it." (p. 101)

And *I can tell you that* now that he's told six cops where to go in public and got away with it, I feel sorry for the next lone cop who sees him making a disturbance and tries to stop him. The cop'll get killed. (p. 17E)

In 1428, the English laid siege to Orleans. Now, to 16-year-old Joan, *the Archangel announced that* it was God's will that she succor the Dauphin and raise the siege. (p. 105)

*Experts agree that* it is a good plane, but too small for outsize military cargo. (p. 58)

Three instances are those which have quotations in the Reported Speech.

A patrolman walks in with a sharply dressed young lawyer who is slightly tipsy. The lawyer and a friend, also drunk, had been creating a disturbance on Broadway, and when the cop told them to move the Lawyer *informed his friend that* he would "take care of this," then offered \$25 to the cop "to get lost." (p. 137)

At the Peace Corps, *Sargent Shriver said* the idea was "uniquely suited to the Peace Corps idea of Selfhelp," and recommended that for a pilot project he consider Colombia which has a shortage of 40,000 classrooms and an adult literacy rate of only 30 percent. (p. 41)

Recalling the high priority the 13 liberated American colonies placed on education, *Foundation President Kenneth D. Wells said* that school-to school is "the modern expression of the great goal of our own founding fathers." (p. 43)

2. The second type:

S. + R.V. inserted in Reported Speech.

1) Part of R.S. + S. + R.V. + Main Part of R.S.

Examples:

Selfishness, *Dr. Willet maintains*, is another characteristic of the motoring offender. (p. 45)

Therefore, *Dr. Willet has declared*, it cannot be taken for granted that the person who

commits a serious motoring offence is a respectable citizen. (p. 45)

The dangerous driver, *Dr. Willet states*, will be eliminated only when the public is brought to realize that bad driving is not the whim of a heedless few but deliberately antisocial behavior. In other words, it is a form of crime. (p. 45)

Most of us, *he explained*, take 14 to 18 shallow breaths a minute. He now takes only four deep ones a minute. (p. 128)

## 2) Part of R.S. + R.V. + S. + Part of R.S.

Examples:

Why not free the mammary from its attachment, *asked Dr. Vineberg*, and insert it in a tunnel made in the thick muscular wall of the left ventricle? (p. 165)

They learned what they could from the tracings on electrocardiograms. But it was, *says Dr. Donald B. Effler*, the Cleveland Clinic's famed heart surgeon, "like trying to navigate without a map." (p. 163)

## 3) Part of R.S. + S. + R.V. + Part of R.S.

In some instances, quotations are included in the Reported Speech.

Examples:

Keep a level head, *he taught us*. Do your best ; Remember that courage is just a matter of being ready when the unexpected happens. (p. 18)

Note. In this instance, the second part begins with a capital letter. This is a kind of Represented Speech.

He was not alone, *she was later to say*, but "attended by heavenly angels. He told me that St. Catherine and St. Margaret would come to me, and that I must follow their council, for it was at Our Lord's command." (p. 105)

We treat our machines better than we do ourselves, *he says*, putting it this way: "In our cars we don't tolerate choked gasolines, faulty carburetors, or other such things that lead to poor engine performance..." (p. 130)

The bishop's chair is made of stone from Glastonbury Abbey, the English church which, *tradition says*, was founded in about 43 A.D. by Joseph of Arimathea who went to England after giving his Jerusalem tomb to be used by the crucified Christ. (p. 99)

Out of some 433 million pairs of men's and boys' pants that *forecasts say* will be sold throughout the country this year, an estimated 200 million will be permanent press. (p. 70)

## 3. The third type: Reported Speech without a Reporting Verb.

Examples:

But modern "hot-water mining" began to bring sulphur out of the earth as liquid at 280 degrees, and *the question arose* : *Why not deliver that way?* (p. 83)

For the 1100 colleges that participated in the program, there was *a directive* : *Reach out and bring in the bright high-school graduates who had never dared hope for a college education.*  
(p. 73)

Right there was *the essence* of what my friends' children are teaching me: *Be what you are, give what you can, and the rest of the time mind your own business.* I value the instruction.  
(p. 32)

Until recent years, the load did not seem oppressive. Then in 1961 came *an announcement* that shocked the city and conformed the long-held fears of many scientists: *Venice is sinking.*

So Terrell called disc jockey, who made *a brief comment* on his show to the effect *that all the cousins who were really with it were making the scene at the Music Circus to hear the living greatest.* Within a few hours all seats were sold.  
(p. 156)

4. The fourth type: Only one instance appeared in the material.

Reported Speech + Subject + Reporting Verb.

But each graft must have time to heal before a new one can be placed next to it, *Dr. Berger explained.*  
(p. 121)

### III Conclusion:

The results are summarized as follows:

1. The verb "say" used as the Reporting Verb in Direct Narration appeared in the material 112 times (60 %), and all the instances of the three verbs, that is, "say", "ask" and "tell" amounted to 138 (73 %), while the other verbs used as the Reporting verbs counted less than 30 %.

This superiority of the verbs "say", "ask" and "tell" is one of the characteristics of Current Spoken English.

2. As for the position of the Subject and the Reporting Verb in Direct Narration, there are three cases found in the material:

- 1) 63 instances appeared at the pre-position of the Speech. (31%)
- 2) 30 instances appeared at the post-position of the Speech. (15%)
- 3) 73 instances appeared in the mid-position of the Speech. (37%)
- 4) 31 instances appeared without "Subject + Reporting Verb." (17%)

As for the Reported Speech without "Subject + Reporting Verb" it is observed that the preceding sentence or clause has something which signals or suggests the agent or the speaker of the following Reported Speech. Eight instances appeared in a dialogue, in which the speaker was to be mentally supplied.

Another group of 8 instances had a word or phrase which stood in apposition to the Reported Speech.

A third group of 15 instances appeared without Subject + Reporting Verb, but they had in the preceding sentence or clause a substitute for the agent or the speaker of the Reported Speech.

3. The Reporting Verbs of Indirect Narration counted 72, and 60% of them were the verbs, "say," "ask" and "tell." The number of "say" and "tell" counted 50%. The other verbs did not come up to more than 40%. But it can be said that in Indirect Narration the other verbs are used more frequently than in Direct Narration, which means that the other verbs are still playing an important part in Indirect Narration in Current English.

4. The arrangement of the Subject and the Reporting Verb in Indirect Narration can be classified into four types:

The first type (Subject + Reporting Verb + Reported Speech) occupied 60% of all the instances in Indirect Narration.

The second type (Reported Speech + Subject + Reporting Verb + Reported Speech) together with the third type (Reported Speech without Subject + Reporting Verb) amounted to less than 40 %.

The fourth type (Reported Speech + Subject + Reporting Verb) counted only one.

5. To sum up, in Direct Narration the mid-position for Subject + Reporting Verb is used more frequently than other positions. In Indirect Narration, the pre-position is the commonest for Subject + Reporting Verb.

(昭和42年9月1日受付)

# 非対称形非正規性定常不規則信号の確率密度関数決定に対する一方法

(数学) 小 池 政 夫

## A Study on Determining a Probability Density Function of Stationary Non-Symmetrical Non-Gaussian Random Process

Masao KOIKE

In statistical study on the response of the non-linear automatic control system, it is often necessary to calculate its probability distribution function.

This paper may be of some service to the estimation of the error in the sense of mean-square between the experimental one. Since the case of symmetrical non-Gaussian type random process was described, then non-symmetrical non-Gaussian type random process is treated here. We assumed that the non-symmetrical non-Gaussian random process is given by Gram-Charlier of type A. In numerical example we treated the case where the autocorrelation function is shown in exponential type.

Various interesting results of non-symmetrical non-Gaussian type are compared with those of the Gaussian type or symmetrical non-Gaussian one.

### § 1 緒 言

著者らは、従来から非正規性定常不規則信号の確率密度関数を実験的に定める方法について研究をすすめてきた。すでに、対称形非正規性定常不規則信号\*の場合については、種々の検討を行なったので、ここでは歪度を考慮したいいわゆる非対称形非正規性定常不規則信号\*\*の場合について考察をすすめる。すなわち、ここでは以下のことについて検討する。

- i) 非対称形不規則信号の確率密度関数を実験的に定める場合、真の確率分布との誤差をある一定値内におさめるためには、その信号についてどの程度の観測を行なえばよいか。
- ii) 観測時間を一定にしたとき、真の分布と実験的に定めた分布との誤差の程度は、歪度の大きさによってどのように変化するか。

### § 2 非対称形不規則信号の自己相関関数

本研究では、理論的非対称形確率密度関数として次式で与えられる Gram-Charlier A型分布を取り扱う。すなわち確率密度関数は

(註) \* 尖鋭度のみを考慮した非正規性定常不規則信号のことである。

\*\* 歪度を考慮した非正規性不規則信号のこと、以下の記述では、単に非対称形不規則信号という。

$$p(\xi) = \varphi_D(\xi) - \frac{\alpha}{3!} \varphi_3(\xi) \dots \dots \dots (1)$$

ただし

$$\varphi_D(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi^2}{2}}$$

$$\varphi_3(\xi) = \frac{d^3}{d\xi^3} \varphi_D(\xi)$$

であり、 $\xi(t)$ は平均値0，分散1なる正規化信号である。したがって，式(1)に対応する確率分布関数は

$$\varphi_D(x) = \int_{-\infty}^x p(\xi) d\xi = \frac{1}{2} + \varphi(x) - \frac{\alpha}{3! \sqrt{2\pi}} (x^2 - 1) e^{-\frac{x^2}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{ただし, } \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi$$

となる。

この分布形が $\alpha$ の値によって正規性( $\alpha=0$ )からどのようにずれてくるかを示せば，図1(a)，(b)のようになる。

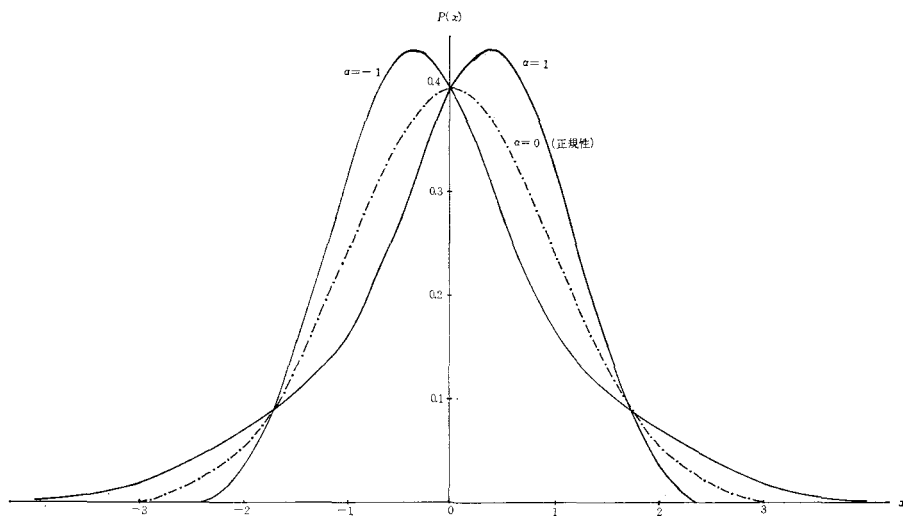


図1—a 非対称形非正規性確率密度関数のグラフ ( $\alpha = -1, 0, 1$ )

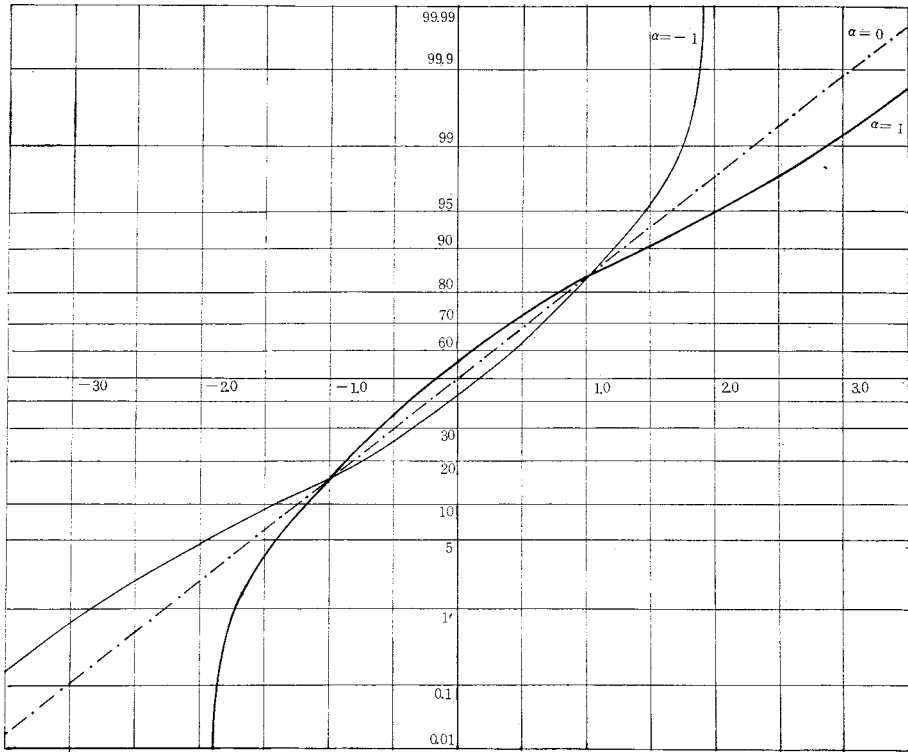


図1-b 確率分布関数 ( $\alpha = -1, 0, 1$ )

さて、確率密度関数が式(1)で与えられるような不規則信号の自己相関関数とその二次元確率密度関数を以下に求める。

不規則変数  $\xi_1$  および  $\xi_2$  の同時的元確率法則  $f_T(\xi_1, \xi_2)$  は

$$f_T(\xi_1, \xi_2) = p(\xi_1) p(\xi_2/\xi_1) \dots\dots\dots (3)$$

によって与えられるから、式(1)を式(3)に代入すると、結合分布の確率密度関数は次式のようにになる。

$$f_T(\xi_1, \xi_2) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\left\{\frac{\xi_1^2}{2} + \frac{\xi_2 - \rho\xi_1}{2(1-\rho^2)}\right\}^2} \left\{1 - \frac{\alpha}{3!} \xi_1(3 - \xi_1^2)\right\} \\ \left(1 - \frac{\alpha}{3!} \frac{\xi_1 - \rho\xi_2}{\sqrt{1-\rho^2}} \left\{3 - \frac{\xi_1 - \rho\xi_2}{1-\rho^2}\right\}\right) \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 $\xi(t)$  はエルコード的定常不規則過程であるから、式(4)が  $\xi(t)$  と  $\xi(t+\tau)$  の結合分布のもつ確率密度関数となる。

とくに、 $|\rho(\tau)|=1$  のときは、分布が直線  $\xi_1 - \xi_2 = 0$  または  $\xi_1 + \xi_2 = 0$  上に集中するから、 $\xi(t) = \xi_2(t+\tau)$  または  $\xi(t) = -\xi(t+\tau)$  となり、いずれの場合も式(1)と同じ形になる。

つぎに、不規則過程  $\eta(t)$  の相関関数  $R_\eta(\tau)$  を求める。

1)  $\xi(t) = \xi(t+\tau)$  のとき

$$R_\eta(\tau) = \varphi_D(x) \dots\dots\dots (5)$$

2)  $\xi(t) = -\xi(t+\tau)$  のとき

$$R_{\eta}(\tau) = \begin{cases} \varphi_D(x) - \varphi_D(-x) & (x > 0 \text{ のとき}) \\ 0 & (x \leq 0 \text{ のとき}) \end{cases}$$

3) その他のとき

$$R_{\eta}(\tau) = \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^x f_{\tau}(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2 \dots \dots \dots (6)$$

式(4)を式(6)へ代入して、 $\xi_1 = v$ ,  $\xi_2 = u\sqrt{1-\rho^2} + v\rho$  の変数変換を行なうと、

$$R_{\eta}(\tau) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_S \int e^{-\frac{u^2+v^2}{2}} \left\{ 1 - \frac{\alpha}{3!} v(1-v^2) \right\} \left\{ 1 - \frac{\alpha}{3!\sqrt{1-\rho^2}} u(1-u^2) \right\} du dv \dots (7)$$

ただし、積分領域  $S$  は 2 直線  $v = x$ ,  $u\sqrt{1-\rho^2} + v\rho = x$  によって囲まれる領域である。

まず、 $\rho = 0$  のときには、積分(7)は簡単になり、

$$R_{\eta}(\tau) = \varphi_D^2(x) \dots \dots \dots (8)$$

となる。

任意の  $\rho$  に対しては、式(6)の計算はひじょうに手数がかかるが、正規分布表の助けをかりて、次のように計算することができる(付録1)参照)。

$$\begin{aligned} R_{\eta}(\tau) &= \frac{1}{2\pi} \int_S \int e^{-\frac{u^2+v^2}{2}} \left\{ 1 - \frac{\alpha}{3!} v(1-v^2) \right\} \left\{ 1 - \frac{\alpha}{3!\sqrt{1-\rho^2}} u(1-u^2) \right\} du dv \\ &= \varphi_D(x) \cdot \varphi_E(\sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}} x) + \int_A \left\{ \varphi(v) - \frac{\alpha}{3!} \varphi'''(v) \right\} \left\{ \varphi(u) - \frac{\alpha}{3!\sqrt{1-\rho^2}} \varphi'''(u) \right\} du dv \\ &= \varphi_D(x) \cdot \varphi_E(\sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}} x) + \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{\infty} \left\{ \varphi_E(u_{i+1}) - \varphi_E(u_i) \right\} \left\{ \varphi_D(v_{i+1}) + \varphi_D(v_i) \right\} \dots \dots (9) \end{aligned}$$

ただし、

$$\varphi_D(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx - \frac{\alpha}{3!} \varphi''(x)$$

$$\varphi_E(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx - \frac{\alpha}{3!\sqrt{1-\rho^2}} \varphi''(x)$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$$v_i = x - i\Delta x, \quad u_i = \frac{x}{\sqrt{1-\rho^2}} - \frac{\rho}{\sqrt{1-\rho^2}} v_i$$

$$\Delta \text{ は、2 直線 } u = \sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}} x, \quad u = \frac{x}{\sqrt{1-\rho^2}} - \frac{v\rho}{\sqrt{1-\rho^2}} \text{ に囲まれた領域である。}$$

このようにして、 $R_{\eta}(\tau)$  の値がわかれば、実験的確率分布関数の理論的確率分数関数からのずれ  $\delta(x)$  は

$$\delta^2(x) = \frac{2}{T} \int_0^T \left( 1 - \frac{\tau}{T} \right) \left\{ R_{\eta}(\tau) - \varphi_D^2(x) \right\} d\tau \dots \dots \dots (10)$$

を用いて計算することができる。

### § 3 具 体 例

Gram-Charlier の A 型分布に従う不規則過程  $\xi(t)$  の自己相関関数  $\rho(\tau)$  が

$$\rho(\tau) = e^{-3.912|\tau|} \dots\dots\dots (11)$$

によって与えられる場合について、理論的確率分布関数と実験的確率分布関数との 2 乗平均値誤差 について定量的検討を行なう。

式(10)の被積分関数中の  $[R\eta(\tau) - \varphi_D^2(x)]$  を、 $\alpha = -1, 0, 1, x = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$  の各々の場合について計算した結果は図 2 のようになる。

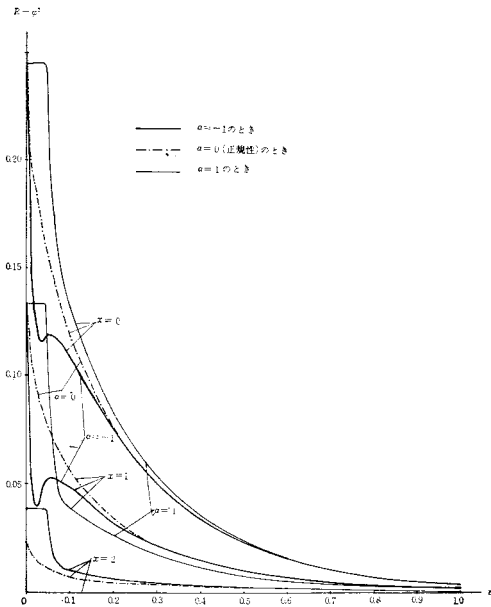


図 2  $R\eta(\tau) - \varphi_D^2(x)$  のグラフ ( $x=0, 1, 2$ )

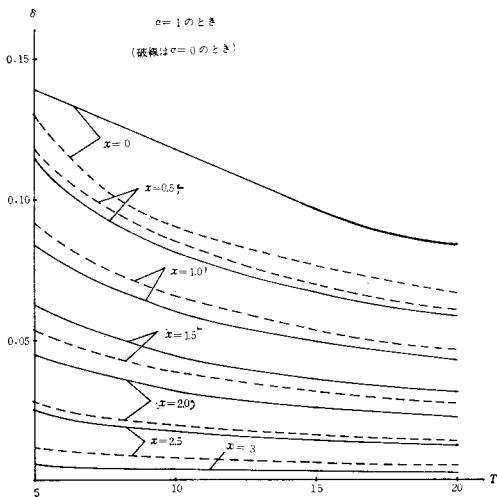


図 3  $x=0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$  に対する  $\delta$  の値

式(9)の無限級数の和の計算に当っては、 $\Delta x$  として、 $\varphi_D(v) = 0$  か  $\varphi_E(u) = \varphi_E\left(\frac{x - \rho v}{\sqrt{1 - \rho^2}}\right) = 1$  を成り立たせる  $v$  の値のうち、大きい方を  $V$  として、 $\frac{x - V}{15} = \Delta x$  を用いた。

式(10)を用いて、 $\delta^2(x)$  を計算するに当っては、 $\tau = 0$  から  $\tau = 0.1$  までの間、および  $\tau = 0.1$  から  $\tau = 1.1$  までの間をそれぞれ 10 等分して、Simpson の公式により、 $\tau = 1.1$  以上の区間では被積分関数が 0 となるまでの間について台形公式により計算を行なった。

図 3～図 6 は、歪度  $\alpha = 1$  および  $-1$  の場合、 $p[\xi(t) \leq x]$  の crossing level  $x$  を parameter として、種々の観測時間  $T$  に対する誤差を計算したものである。図 7、図 8 は、上記の各場合について、これを対称形非正規性定常不規則信号の場合との比較を行なったもので、図中、点線および破線はそれぞれ尖鋭度  $\beta = 2$  および  $4$  の場合を、鎖線は  $\beta = 3, \alpha = 0$  (正規性) の場合を示す。(付録 2) 参照)

また、図 9 および図 10 は、観測時間  $T$  を parameter として、各 crossing level  $x$  に対する誤差を計算したものである。図 11 および図 12 は、対称形非正規性定常不規則信号の場合と比較したもので、点線、破線はそれぞれ  $\beta = 2, 4$  の場合を、鎖線は正規の場合を示したものである。

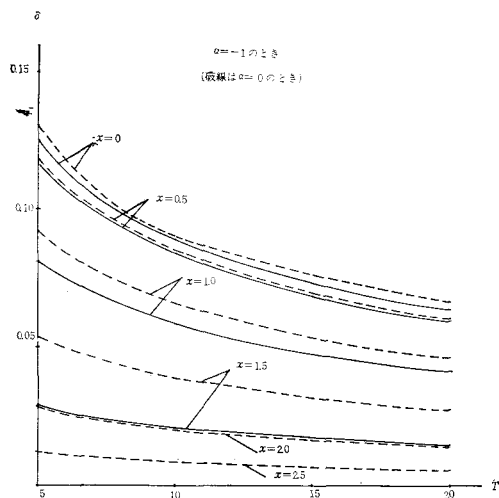
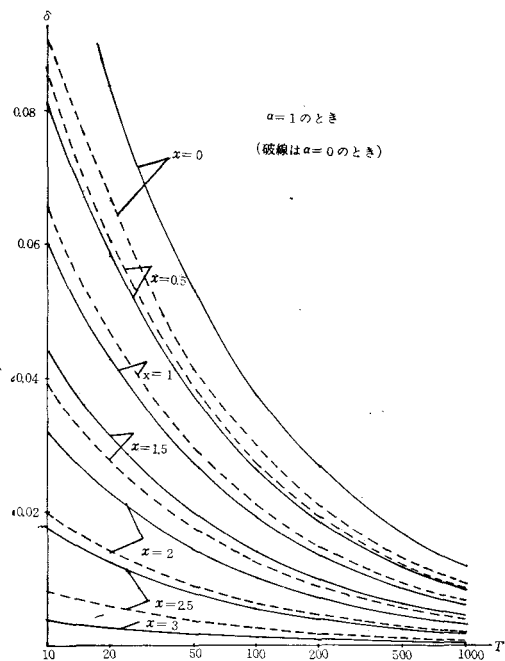
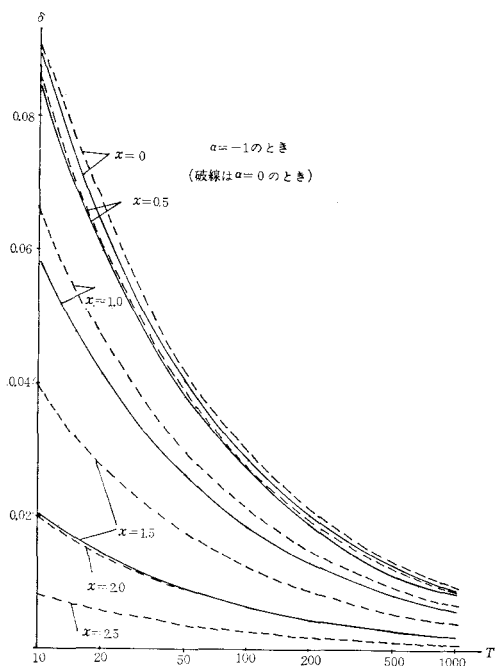
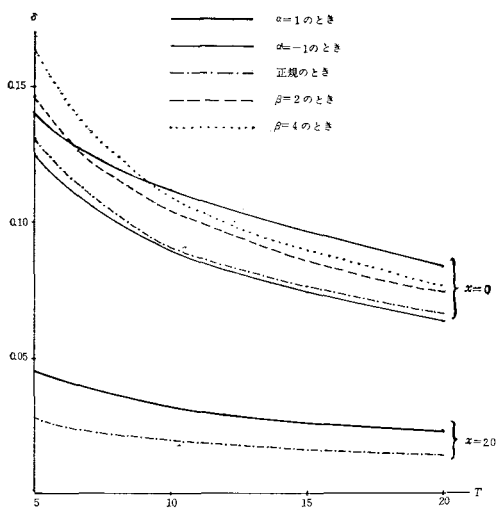
図4  $x=0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ に対する  $\delta$  の値図5  $T=20, 50, 100, 500, 1000$ に対する  $\delta$  の値図6  $T=20, 50, 100, 500, 1000$ に対する  $\delta$  の値

図7-a

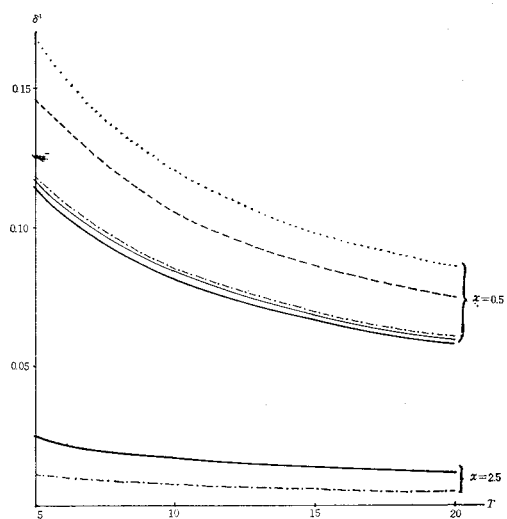


図7-b

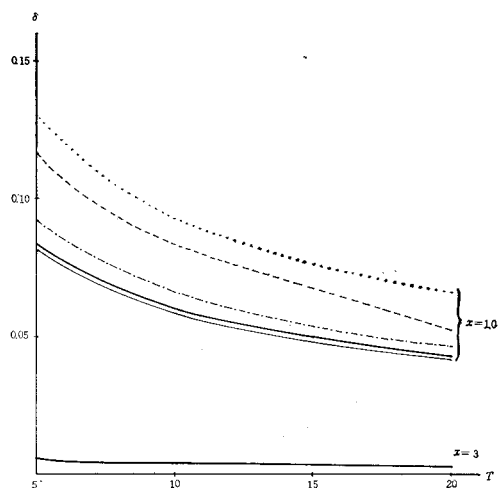


図7-c

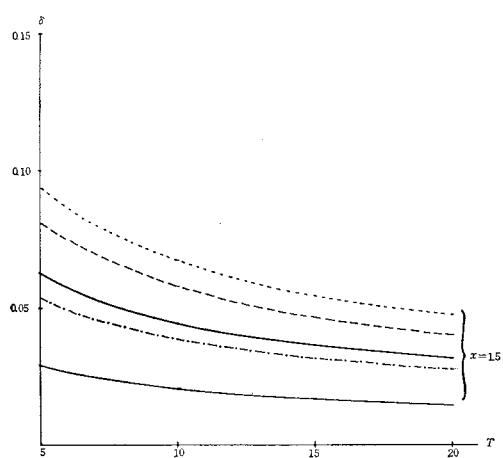


図7-d

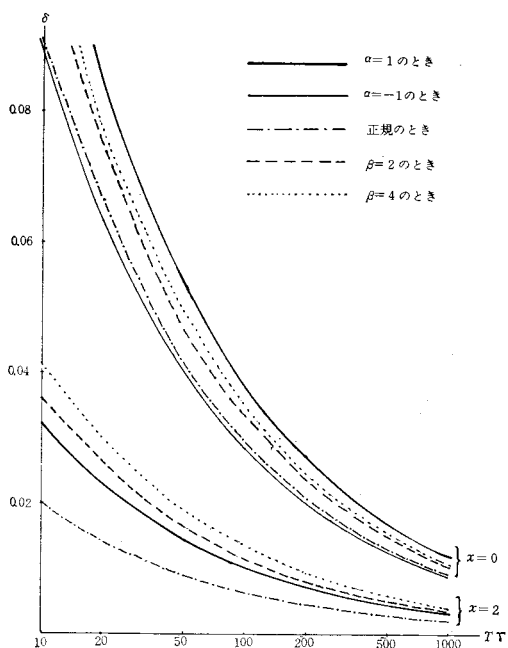


図8-a

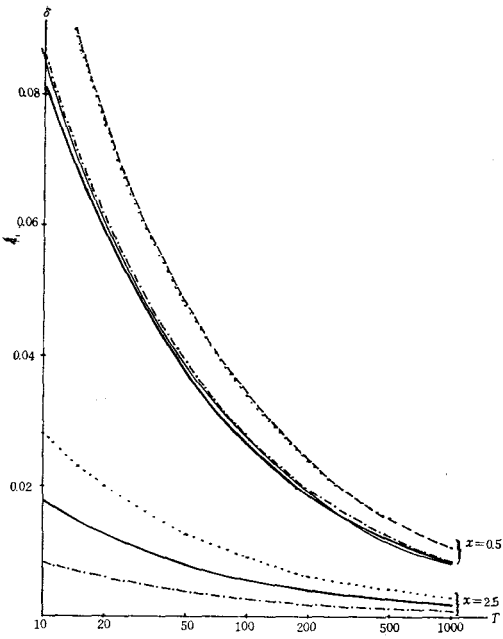


図8-b

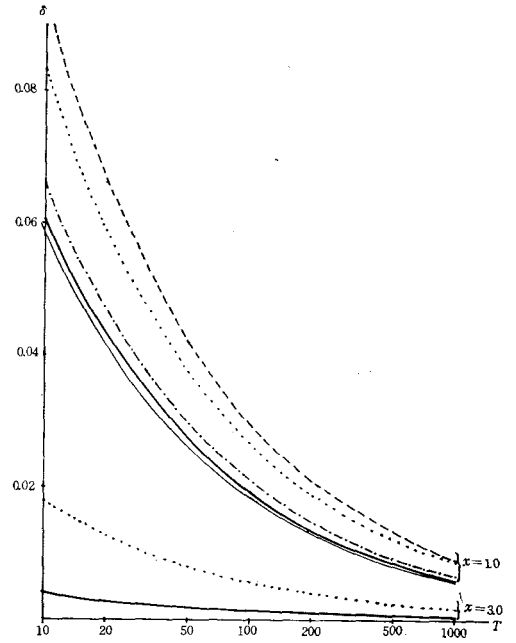


図8-c

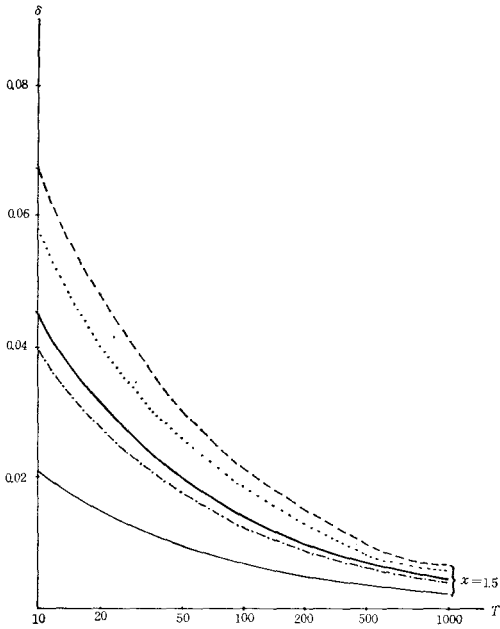


図8-d

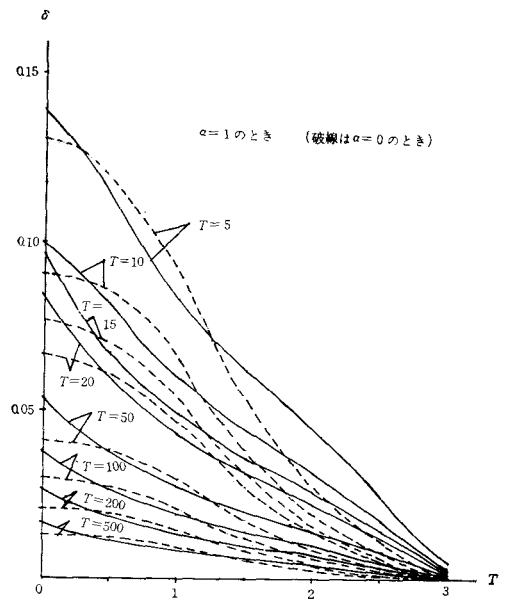


図9  $x = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$  に対する  $\delta$  の値

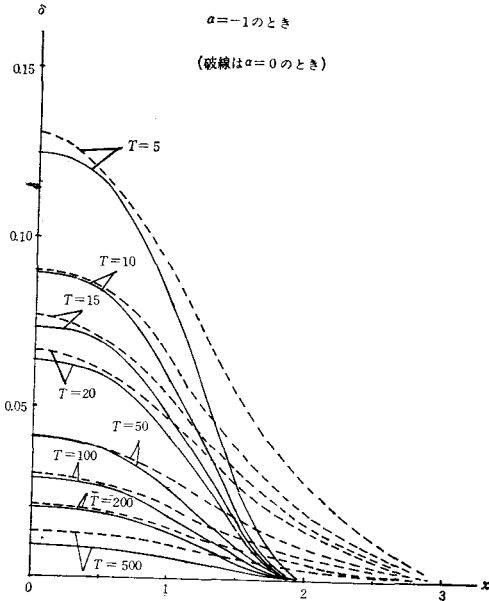


図10  $x = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$  に対する  $\delta$  の 値

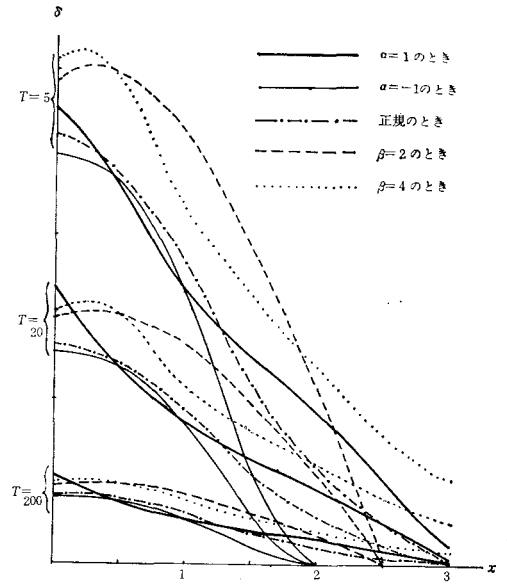


図11-a

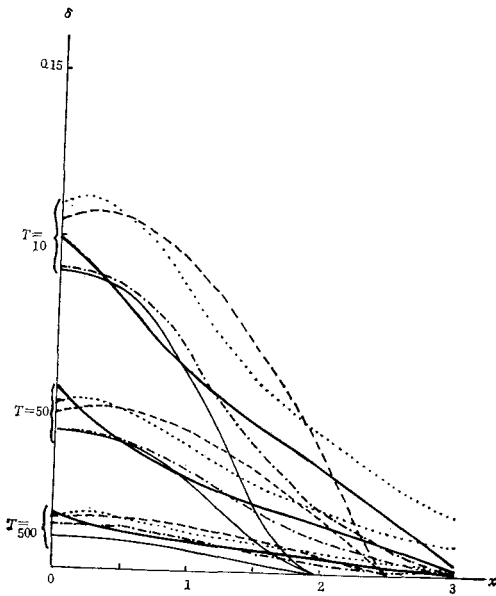


図11-b

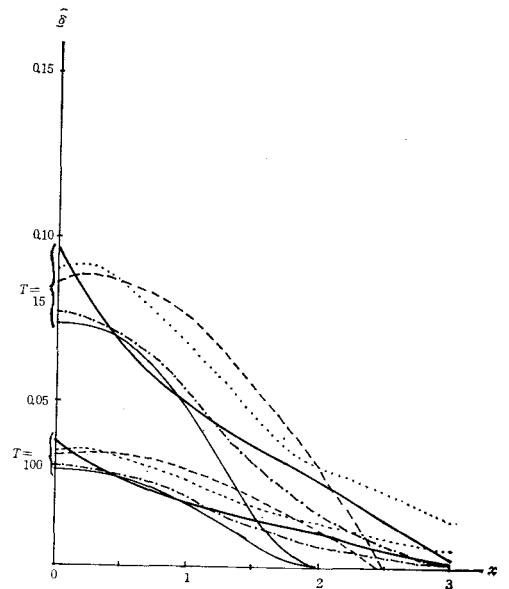


図11-c

図からわかるように、誤差は、 $\alpha = -1, 0, 1$  のいずれの場合でも、一様に crossing level  $x$  を大きくとればとるほど、また観測時間  $T$  を大にすればするほど、漸次小となることが認められるが、観測時間  $T$  のいかににかかわらず、正規の場合は  $x = 3$  で誤差が消失するのにに対して、 $\alpha = -1$  の場合は  $x = 2$  ですでに誤差は全く消失し、 $\alpha = 1$  の場合は  $x = 3$  でも、なおある程度の誤差が残存している。

なお、 $\alpha = -1$  の場合の特性としては、 $x = 0$  から  $x = 0.5$  までの間では誤差の減衰状態は緩慢であるが、 $x = 0.5$  をすぎると急激に減衰して  $x = 2$  で全く消滅する。 $\alpha = 1$  の場合の特性としては、むしろ  $x = 1$  までは比較的急激に減衰するが、 $x = 1$  をすぎると減衰状態は緩慢となり、 $x = 3$  になってもなお誤差は消失しない。

また、 $\alpha = 1$  の場合は、一定の観測時間に対して、 $x = 0.5$  から  $x = 1$  をすぎる間以外は、一般に誤差は正規の場合より大であるが、この区間では、逆に小となっているし、 $\alpha = -1$  の場合と比べても  $x = 0.5$  と  $x = 1.0$  の間でこの現象をみることができる。

以上の性質は観測時間  $T$  のいかににかかわらず認められる。

対称形非正規性不規則信号の場合と比較すると、一般には非対称形の場合の方が誤差は小であるが、 $x = 2$  を過ぎるころ、 $\alpha = 1$  の場合が、 $\beta = 2$  の場合より小となりはじめる。なお、観測時間  $T$  を大にとれば、 $x$  の小さい値に対して、 $\alpha = 1$  の場合が非対称形の  $\beta = 2$  および 4 のいずれの場合より大であることが見られる。

#### § 4 結 言

Gram-Charlier の A 型分布に従う不規則過程の確率分布関数を有限観測 データから計算する場合、その分布形と理論的確率分布関数形との誤差は、観測時間  $T$  あるいは crossing level  $x$  によって、どのように変化するかを定量的に検討した。とくに正規性からのずれを表わす歪度の、その誤差に与える影響を指数形自己相関関数をもつ不規則過程について吟味した。なお、その結果を対称形不規則過程の場合との比較においても考察を加えた。

#### 付 録

1) 従来、確率密度関数が Gaussian である場合、それに対する  $R_\eta(\tau)$  は

$$R_\eta(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_s \int e^{-\frac{u^2 + v^2}{2}} du dv$$

となり、被積分関数が原点から等距離の各点で一定であることから、

$$R_\eta(\tau) \leq \left[ \varphi\left(\sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}}x\right) - \frac{1}{2} \right] \left[ \varphi(x) - \frac{1}{2} \right] + \varphi(x) - \frac{\cos^{-1}\rho}{2\pi}$$

なる不等式が成立するので、この右辺の式を  $R_\eta(\tau)$  に代用して、二乗平均誤差  $\delta^2(x)$  の上限としての  $\varepsilon^2(x)$  が計算されてきた。

ところが、この近似式は  $x$  の増加にともなってひじょうに甘くなってきた、 $x$  の変化に応じた  $\delta(x)$  の特性を検討するには不適當である。

そこで、本研究では、 $\alpha = 0$  (正規性) のとき、

$$R_{\eta}(\tau) = \varphi(x) - \frac{\cos^{-1}\rho}{2\pi} \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [\varphi(v_i) - \varphi(v_{i+1})] [\varphi(u_i) - \varphi(u'_i) + \varphi(u_{i+1}) - \varphi(u_{i+1})]$$

ただし,

$$v_i = \frac{n-i}{n} x, \quad u_i = \frac{x}{\sqrt{1-\rho^2}} - \frac{\rho v_i}{\sqrt{1-\rho^2}}, \quad u'_i = \frac{\rho v_i}{\sqrt{1-\rho^2}}$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi$$

を用いた。

2) 前号においては、対称形非正規性定常不規則信号に対する相関関数  $R_{\eta}(\tau)$  の算出に当って、上記、正規性の場合と同様に

$$R_{\eta}(\tau) \leq \left[ \varphi_c \left( \sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}} x \right) - \frac{1}{2} \right] \left[ \varphi_R(x) - \frac{1}{2} \right] + \varphi_R(x) - \frac{\cos^{-1}\rho}{2\pi}$$

を使用した。が、 $\alpha = 0$  の場合と同様に、この近似式は  $x$  の増加に従ってひじょうに甘くなるので、本報告においては、 $\beta = 2$  および  $4$  における  $R_{\eta}(\tau)$  の計算は、非対称形非正規性定常不規則信号の場合と同様な次の関係式によった。

$$R_{\eta}(\tau) = \varphi_R(x) \varphi_C \left( \sqrt{\frac{1-\rho}{1+\rho}} x \right) + \frac{1}{2} \sum_{i=0}^n [\varphi_C(u_{i+1}) - \varphi_C(u_i)] [\varphi_R(v_{i+1}) - \varphi_R(v_i)]$$

$$\text{ただし,} \quad \varphi_R(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx - \frac{\varphi'''(x)}{4!}$$

$$\varphi_C(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx - \frac{\beta-3}{4!(1-\rho^2)} \varphi'''(x)$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

$$v_i = x - i \Delta x, \quad u_i = \frac{x}{\sqrt{1-\rho^2}} - \frac{\rho v_i}{\sqrt{1-\rho^2}}$$

したがって、前号では、 $\delta^2(x)$  の上限として求めた  $\varepsilon^2(x)$  についてかかれた図表が、今回は誤差  $\delta(x)$  そのものについて示されている。

終りに、本研究を行なうに当り御指導をいただいた徳島大学工学部添田喬教授に深く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 小池，富田：観測データによる非正規性定常不規則過程確率分布関数に関する研究，呉工業高等専門学校研究報告第2巻第1号（1966）

- 2) Y. Sawaragi, Y. Sunahara and T. Soeda : Tech. Rep. of Res. Inst. of Kyoto Univ., Report No. 81 (1964)
- 3) V. M. Baburin, P. S. Matveev, Yu. B. Rozhdestvenkii and Yu. I. Sorkin : Avtomatika i Telemekhanika, Vol. 23, No. 5. (1962)
- 4) B. N. Kutin : Avtomatika i Telemekhanika, Vol. 18, No. 3. (1957)
- 5) 榎木, 添田, 中溝 : 統計的自動制御理論, コロナ社 (昭41)
- 6) J. H. Laning, R. H. Battin : Random processes in Automatic control. (1956)
- 7) Goldman : Information Theory (関訳: 情報理論)(昭34)

(昭和42年9月1日受付)

# 不規則信号の四角形近似積分による誤差に 対する高周波スペクトルの影響

富 田 豊

Influences of the High Frequency of Power Spectrum for the Errors  
in Rectangular Integration of Processes

Yutaka TOMITA

This paper is devoted to evaluate the errors in the rectangular approximate integration of stationary Gaussian random processes. Since the errors are depend on the influences of the high frequency spectrum of the processes, then a simple method of calculating the errors in the integration of the processes with various kinds of spectrums is investigated. Numerical examples are described in detail.

## § 1 緒 言

有限時間の観測によって得られた連続不規則信号を数値積分するとき、とくに重要なことは、その近似積分値と真の積分値との誤差の研究である。その誤差は一般に不規則信号の分布形、分割方法、あるいはスペクトル密度（または自己相関関数）の性質に依存する。このような研究は、従来から種々おこなわれているが、<sup>1) 2)</sup>ここでは、情報理論や制御理論の研究によく用いられる四角形近似積分<sup>\*1</sup>について、その誤差を検討する。すなわち、正規性定常不規則信号について、時間分割を一定としたとき、その信号のスペクトル密度（または自己相関関数）の形状、とくにその高周波成分がその誤差に対してどのような影響を与えるかを、具体例について定量的にしらべる。

## § 2 一般的考察

不規則信号  $\xi(t)$  の積分値

$$I = \int_0^T \xi(t) dt \dots\dots\dots (1)$$

と、その近似値

$$I_* = \Delta t \sum_{n=1}^N \xi_n \dots\dots\dots (2)$$

との誤差

$$\Delta I = I - I_* \dots\dots\dots (3)$$

の統計量を計算する。ただし、式 (2) において、 $\xi_n = \xi\left[\left(n - \frac{1}{2}\right) \Delta t\right]$  は  $t_n = \left(n - \frac{1}{2}\right) \Delta t$

\*1 著者は、式(2)で示されるような近似計算を、四角形近似積分とよぶことにする。

における  $\xi(t)$  の値,  $\Delta t = \pi/\omega_c$  は分割時間,  $\omega_c = 2\pi f_c$  は周波数であり, さらに  $N = T/\Delta t$  は, 積分区間  $[0, T]$  内の分割個数である。

なお,  $\Delta I$  の平方偏差  $\sigma_{\Delta I}^2$  は次式で表わされる。

$$\sigma_{\Delta I}^2 = M\{\Delta I^2\} = \sigma^2 + \sigma_*^2 - 2k \dots\dots\dots (4)$$

ただし,  $\sigma^2$ ,  $\sigma_*^2$  および  $k$  は  $\xi(t)$  の相関関数を  $R(\tau)$ , スペクトル密度を

$$S(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty R(\tau) \cos \omega \tau d\tau$$

としたとき, 次のように与えられる。

$$\sigma^2 = M\{I^2\} = 2T \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) R(\tau) d\tau \dots\dots\dots (5)$$

$$= T^2 \int_0^\infty S(\omega) \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega \quad (\text{付録参照})$$

$$\sigma_*^2 = M\{I_*^2\} = \Delta t^2 \sum_{n=1}^N C_n \dots\dots\dots (6)$$

$$C_n = \sum_{m=1}^N R_{n-m}, \quad R_n = R(n\Delta t)$$

$$k = M\{I \cdot I_*\} = \Delta t^2 \sum_{n=1}^N b_n \dots\dots\dots (7)$$

$$b_n = b\left[\left(n - \frac{1}{2}\right)\Delta t\right], \quad b(t) = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-\tau}^t R(\tau) d\tau.$$

しかるに, 上式による計算は極めて困難であるので以下の手法を適用する。

まず, 誤差  $\Delta I$  と  $\xi(t)$  のスペクトル密度の高周波成分との関係を求める。

一方,  $\xi(t)$  と  $S(\omega)$  との間には

$$S(\omega) = \int_0^T \xi(t) e^{-j\omega t} dt \dots\dots\dots (8)$$

の関係があるが, この  $S(\omega)$  を

$$S(\omega) = S_I(\omega) + S_h(\omega) \dots\dots\dots (9)$$

のように, 高周波成分と低周波成分とに分ける。ただし,

$$S_h(\omega) = \begin{cases} S(\omega) & (|\omega| > \omega_c) \\ 0 & (|\omega| < \omega_c) \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

$$S_I(\omega) = \begin{cases} 0 & (|\omega| > \omega_c) \\ S(\omega) & (|\omega| < \omega_c) \end{cases} \dots\dots\dots (11)$$

である。

このことは, 時間領域についていえば,

$$\bar{\xi}(t) = \xi_I(t) + \xi_h(t)$$

のように表わされる。ただし、

$$\bar{\xi}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega = \begin{cases} \xi(t) & (0 < t < T) \\ 0 & (0 > t > T) \end{cases} \dots\dots\dots (12)$$

$$\xi_l(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_l(\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega \dots\dots\dots (13)$$

$$\xi_h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_h(\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{-\omega_c} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega + \frac{1}{2\pi} \int_{\omega_c}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega \dots\dots\dots (14)$$

であり、 $\xi_l(t)$  および  $\xi_h(t)$  はそれぞれ  $\xi(t)$  の低周波および高周波成分である。

さらに

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \xi_l(t) dt = \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{ln} \Delta t \dots\dots\dots (15)$$

という結果をうる。

したがって、誤差  $\Delta I$  は

$$\Delta I = \Delta t \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{ln} - \Delta t \sum_{n=1}^N \xi_n \dots\dots\dots (16)$$

しかるに

$$\sum_{n=1}^N \xi_n = \sum_{n=1}^{\infty} \xi_n = \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{ln} + \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{hn} \dots\dots\dots (17)$$

であるから、式(16)と式(17)から

$$\Delta I = -\Delta t \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{hn} \dots\dots\dots (18)$$

という結果をうる。

ただし、 $t = \left(n - \frac{1}{2}\right) \Delta t$  に対して

$$\xi_{hn} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_h(\omega) e^{j\omega t} d\omega \dots\dots\dots (19)$$

である。

いま、 $\xi_{hn}(t)$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) が無相関であるとすれば、

\*2 なお  $\xi(t)$  と  $\bar{\xi}(t)$  との間には次の関係がある。

$$I = \int_0^T \xi(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\xi}(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \xi_l(t) dt + \int_{-\infty}^{\infty} \xi_h(t) dt$$

であり、 $\int_{-\infty}^{\infty} \xi_h(t) dt = S_h(0) = 0$  であるから

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \xi_l(t) dt \text{ である。}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\Delta t}^2 &= E[(\Delta I)^2] = E[(\sum \xi_{hn} \Delta t)^2] \\
 &= (\Delta t)^2 E[\sum \xi_{hn}^2] \\
 &= (\Delta t)^2 N \sigma_h^2 \dots\dots\dots (20)
 \end{aligned}$$

ただし、記号  $E[\cdot]$  は  $\cdot$  の平均値を示し、 $\sigma_h^2$  は

$$\sigma_h^2 = \int_{\omega_c}^{\infty} S(\omega) d\omega \dots\dots\dots (21)$$

を示す。したがって、相対誤差は

$$\frac{\sigma_{\Delta t}^2}{\sigma^2} = \frac{N \cdot \sigma_h^2}{\frac{\sigma^2}{(\Delta t)^2}} \dots\dots\dots (22)$$

である。

### §3 具 体 例

ここでは、不規則過程の自己相関関数が次に示すような2例について取扱う。

$$(1) \quad R(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau| & (|\tau| < 1) \\ 0 & (|\tau| > 1) \end{cases} \dots\dots\dots (23)$$

$$(2) \quad R(\tau) = e^{-\beta|\tau|} \cos \omega_0 \tau \dots\dots\dots (24)$$

(1) の場合

式(23)のスペクトル密度は

$$S(\omega) = \frac{1}{\pi} \left( \frac{\sin \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \right)^2 \dots\dots\dots (25)$$

である。<sup>3)</sup>

いま、時間  $[0, T]$  を5分割して、その近似法の誤差を式(25)を用いて評価する。

$T=5\Delta t=1$  ゆえに、 $\Delta t=0.2$  として、

式(5)を用いれば、

$$\frac{\sigma^2}{(\Delta t)^2} = \frac{2}{(\Delta t)^2} \int_0^1 (1-\tau)^2 d\tau = \frac{2}{3} \frac{1}{(\Delta t)^2} = 16.67$$

$n$	0	1	2	3	4	5	計
$\tau$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	
$R_n$	1.00	0.80	0.60	0.40	0.20	0.00	3.00
$c_n$	—	3.00	3.60	3.80	3.60	3.00	17.00
$b_n$	—	2.95	3.55	3.75	3.55	2.95	16.75

$$b(t) = \frac{1}{\Delta t} \int_0^1 R(t-\tau) d\tau = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-1}^t R(\tau) d\tau = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-1}^t (1-|\tau|) d\tau$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{\Delta t} \left\{ \int_{t-1}^0 (1+\tau) d\tau + \int_0^t (1+\tau) d\tau \right\} = \frac{1}{\Delta t} \left( \frac{1}{2} + t - t^2 \right) \\
 \therefore b_n &= 5 \left\{ \frac{1}{2} + \left( n - \frac{1}{2} \right) \Delta t - \left( n - \frac{1}{2} \right)^2 (\Delta t)^2 \right\} \\
 &= 2.5 + \left( n - \frac{1}{2} \right) - 0.2 \left( n - \frac{1}{2} \right)^2
 \end{aligned}$$

となり、上に示す表の結果をうる。

したがって、式 (4) へ代入して

$$\sigma_A^2 = 16.67 + 17.00 - 2 \times 16.75 = 0.17$$

$$\therefore \frac{\sigma_A^2}{\sigma^2} = \frac{0.17}{16.67} = 0.01 = 1\% \dots\dots\dots (26)$$

一方

$$\begin{aligned}
 \sigma_h^2 &= \int_{\omega_c}^{\infty} S(\omega) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_{\omega_c}^{\infty} \left( \frac{\sin \frac{\omega}{2}}{\frac{\omega}{2}} \right)^2 d\omega \\
 &= \frac{1}{\pi} \left\{ \int_0^{\infty} \frac{\sin^2 \left( \frac{\omega}{2} \right)}{\left( \frac{\omega}{2} \right)^2} d\omega - \int_0^{\omega_c} \frac{\sin^2 \left( \frac{\omega}{2} \right)}{\left( \frac{\omega}{2} \right)^2} d\omega \right\} \\
 &= 1 - \frac{2\omega_c}{\pi} \int_0^1 (1-\tau) \frac{\sin \omega_c \tau}{\omega_c \tau} d\tau \\
 &= 1 - \frac{2}{\Delta t} \left\{ \int_0^1 \frac{\sin \omega_c \tau}{\omega_c \tau} d\tau - \frac{1}{\omega_c} \int_0^1 \sin \omega_c \tau d\tau \right\} \\
 &= 1 - \frac{2}{\Delta t} \left\{ \frac{1}{\omega_c} \text{Si}(\omega_c) + \frac{1}{\omega_c^2} \left[ \cos \omega_c \tau \right]_0^1 \right\} \\
 &= 1 - \frac{2}{\pi} \overset{*3}{\text{Si}(\omega_c)} - \frac{2}{\pi \cdot \omega_c} (\cos \omega_c - 1) \\
 &= 1 - \frac{2}{3.14} \times 1.6 - \frac{1}{98.70} (\cos 15.7 - 1) \\
 &\doteq 0
 \end{aligned}$$

$$\text{ゆえに} \quad \frac{\sigma_A^2}{\sigma^2} = \frac{N \cdot \sigma_h^2}{\frac{\sigma^2}{(\Delta t)^2}} \doteq 0 \dots\dots\dots (27)$$

式(26)と(27)を比較して明らかなように、本来の誤差とその近似値の違いは完全に無視できる状態である。

(2)の場合

式(24)のスペクトル密度は

$$S(\omega) = \frac{\beta}{\pi} \left\{ \frac{1}{\beta^2 + (\omega - \omega_0)^2} + \frac{1}{\beta^2 + (\omega + \omega_0)^2} \right\} \dots\dots\dots (28)$$

\*3  $\text{Si}(x)$  は積分正弦関数を表わす。

このとき

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{\beta T^2}{\pi} \int_0^\infty \left\{ \frac{1}{\beta^2 + (\omega - \omega_0)^2} + \frac{1}{\beta^2 + (\omega + \omega_0)^2} \right\} \frac{\sin^2 \left( \frac{\omega T}{2} \right)}{\left( \frac{\omega T}{2} \right)^2} d\omega \\ &= \frac{2\beta T}{\omega_0^2 + \beta^2} + \frac{2}{(\omega_0^2 + \beta^2)^2} \left\{ (\omega_0^2 - \beta^2)(1 - e^{-\beta T} \cos \omega_0 T) - 2\omega_0 \beta e^{-\beta T} \sin \omega_0 T \right\} \dots (29)\end{aligned}$$

(付録参照)

ここで,  $\beta = 0.2$ ,  $\omega_0 = 0.5$ ,  $\Delta t = 1.4$ ,  $T = 5\Delta t = 7.0$  とすれば<sup>4)</sup>,

$$\begin{aligned}\frac{\sigma^2}{(\Delta t)^2} &= \frac{1}{(1.4)^2} \left[ \frac{0.4 \times 7}{0.29} + \frac{2}{(0.29)^2} \left\{ (0.21(1 - e^{-1.4} \cos 3.5) - 0.2 e^{-1.4} \sin 3.5) \right\} \right] \\ &\doteq 8.27\end{aligned}$$

$n$	0	1	2	3	4	5	計
$e^{-0.2\tau}$	1.0000	0.7558	0.5712	0.4317	0.3263	0.2466	
$\cos 0.5\tau$	1.0000	0.7649	0.1699	-0.5049	-0.9422	-0.9365	
$R_n$	1.000	0.578	0.097	-0.218	-0.307	-0.231	
$c_n$	—	1.150	2.035	2.350	2.035	1.150	8.72

$$\begin{aligned}b(t) &= \frac{1}{\Delta t} \int_{t-T}^t R(\tau) d\tau = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-T}^T e^{-\beta|\tau|} \cos \omega_0 \tau d\tau \\ &= \frac{1}{\Delta t} \left\{ \int_{t-T}^0 e^{\beta\tau} \cos \omega_0 \tau d\tau + \int_0^t e^{-\beta\tau} \cos \omega_0 \tau d\tau \right\} \\ &= \frac{1}{\Delta t (\omega_0^2 + \beta^2)} \left[ 2\beta - e^{\beta(t-T)} \{ \omega_0 \sin \omega_0 (t-T) + \beta \cos \omega_0 (t-T) \} \right. \\ &\quad \left. + e^{-\beta t} (\omega_0 \sin \omega_0 t - \beta \cos \omega_0 t) \right]\end{aligned}$$

$n$	1	2	3	4	5	備 考
$e^{-0.2t}$	0.8694	0.6570	0.4966	0.3753	0.2837	$e^{-0.2 \left( n - \frac{1}{2} \right) \Delta t}$
$e^{0.2(t-T)}$	0.2837	0.3753	0.4966	0.6570	0.8694	$e^{0.2 \left\{ \left( n - \frac{1}{2} \right) \Delta t - T \right\}}$
$\sin 0.5t$	0.3429	0.8674	0.9840	0.6377	-0.0084	$\sin 0.5 \left( n - \frac{1}{2} \right) \Delta t$
$\cos 0.5t$	0.9394	0.4973	-0.1782	-0.7702	-1.0000	$\cos 0.5 \left( n - \frac{1}{2} \right) \Delta t$
$\sin 0.5(t-T)$	0.0084	-0.6377	-0.9840	-0.8674	-0.3429	
$\cos 0.5(t-T)$	-1.0000	-0.7702	-0.1782	0.4973	0.9394	
$b_n$	1.0867	1.9633	2.2759	1.9633	1.0867	(計) 8.3759

$$\therefore \frac{\sigma_{\Delta}^2}{\sigma^2} = \frac{8.27 + 8.72 - 2 \times 8.38}{8.27} \doteq 0.03 = 3\% \dots\dots\dots (30)$$

一方

$$\begin{aligned}
\sigma_h^2 &= \int_{-\frac{\pi}{\Delta t}}^{\infty} G(\omega) d\omega = \frac{\beta}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{\Delta t}}^{\infty} \left\{ \frac{1}{\beta^2 + (\omega - \omega_0)^2} + \frac{1}{\beta^2 + (\omega + \omega_0)^2} \right\} d\omega \\
&= \frac{1}{\pi} \left[ \tan^{-1} \frac{\omega - \omega_0}{\beta} + \tan^{-1} \frac{\omega + \omega_0}{\beta} \right]_{-\frac{\pi}{\Delta t}}^{\infty} \\
&= \frac{1}{\pi} \left( \pi - \tan^{-1} \frac{\frac{\pi}{\Delta t} - \omega_0}{\beta} - \tan^{-1} \frac{\frac{\pi}{\Delta t} + \omega_0}{\beta} \right) \\
&= 1 - \frac{1}{\pi} \tan^{-1} 8.720 - \frac{1}{\pi} \tan^{-1} 13.720 \\
&= 0.0596 \\
\therefore \frac{\sigma_{\Delta t}^2}{\sigma^2} &= \frac{N \cdot \sigma_h^2}{\frac{\sigma^2}{(\Delta t)^2}} = \frac{5 \times 0.0596}{8.27} = 0.036 = 0.04 = 4 \% \dots\dots\dots (31)
\end{aligned}$$

ゆえに、式 (30) と (31) を比較してここに示す近似計算が有用であることがわかる。

#### § 4 結 言

以上、実験データから得られた定常不規則信号の統計量を四角形近似積分により計算する場合、その不規則信号の統計的性質を規定するスペクトル密度の高周波成分が、積分に対してどのような影響を与えるかを検討した。とくに、ここでは分割時間を一定としたが、ひきつづき、誤差  $\Delta I$  とデータ個数  $N$ 、分割時間  $\Delta t$  との関係について検討したい。

#### 付 録

##### 1) 式 (5) について

$$\sigma^2 = M\{I^2\} = \int_0^T dt_2 \int_0^T R(t_1 - t_2) dt_1$$

において、 $t_1 - t_2 = \tau$  とおけば

$$\begin{aligned}
\sigma^2 &= \int_0^T dt_2 \int_{-t_2}^{T-t_2} R(\tau) d\tau \\
&= \int_{-T}^T dt_2 \int_0^T R(\tau) d\tau + \int_0^{T-\tau} dt_2 \int_0^T R(\tau) d\tau \\
&= \int_{-T}^T (T + \tau) R(\tau) d\tau + \int_0^T (T - \tau) R(\tau) d\tau
\end{aligned}$$

第1項について、 $\tau$ の代りに $-\tau$ とおいて

$$\begin{aligned}
&= \int_0^T (T - \tau) R(-\tau) d\tau + \int_0^T (T - \tau) R(\tau) d\tau \\
&= 2 \int_0^T (T - \tau) R(\tau) d\tau \\
&= 2T \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) R(\tau) d\tau
\end{aligned}$$

次に

$$\begin{aligned} \int_0^\infty S(\omega) \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega &= \int_0^\infty \left\{ \frac{2}{\pi} \int_0^\infty R(\tau) \cos \omega \tau d\tau \right\} \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega \\ &= \frac{2}{\pi} \int_0^T R(\tau) d\tau \int_0^\infty \cos \omega \tau \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega \end{aligned}$$

ここで,  $\frac{\omega T}{2} = x$  とおけば,

$$\begin{aligned} \int_0^\infty \cos \omega \tau \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega &= \int_0^\infty \cos \frac{2\tau}{T} x \cdot \frac{\sin^2 x}{x^2} \cdot \frac{2}{T} dx \\ &= \frac{2}{T} \int_0^\infty \cos \frac{2\tau}{T} x \cdot \frac{\sin^2 x}{x^2} dx \\ &= \begin{cases} \frac{\pi}{T} \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) & (0 \leq \frac{\tau}{T} \leq 1) \\ 0 & (\frac{\tau}{T} > 1) \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \int_0^\infty S(\omega) \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega &= \frac{2}{\pi} \int_0^T \frac{\pi}{T} \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) R(\tau) d\tau \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) R(\tau) d\tau \end{aligned}$$

$$\therefore 2T \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) R(\tau) d\tau = T^2 \int_0^\infty S(\omega) \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega$$

となる。

2) 式 (8) について

$$\begin{aligned} S(\omega) &= \frac{\beta}{\pi} \left\{ \frac{1}{\beta^2 + (\omega - \omega_0)^2} + \frac{1}{\beta^2 + (\omega + \omega_0)^2} \right\} \\ \sigma^2 &= T^2 \int_0^\infty S(\omega) \frac{\sin^2\left(\frac{\omega T}{2}\right)}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega \quad \frac{\omega T}{2} = x \quad \text{とおけば} \\ &= \frac{\beta T^2}{\pi} \cdot \frac{2}{T} \int_0^\infty \left\{ \frac{1}{\left(\frac{2}{T}x - \omega_0\right)^2 + \beta^2} + \frac{1}{\left(\frac{2}{T}x + \omega_0\right)^2 + \beta^2} \right\} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx \\ &= \frac{\beta T^3}{2\pi} \int_0^\infty \left\{ \frac{1}{\left(x - \frac{T}{2}\omega_0\right)^2 + \left(\frac{T}{2}\beta\right)^2} + \frac{1}{\left(x + \frac{T}{2}\omega_0\right)^2 + \left(\frac{T}{2}\beta\right)^2} \right\} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx \end{aligned}$$

ここで  $\frac{T \omega_0}{2} = a, \quad \frac{T \beta}{2} = b$  とおけば

$$= \frac{\beta T^3}{2 \pi} \int_0^\infty \left\{ \frac{1}{(x-a)^2 + b^2} + \frac{1}{(x+a)^2 + b^2} \right\} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx \dots \dots \dots ①$$

$$I_1 = \int_0^\infty \frac{1}{(x-a)^2 + b^2} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx, \quad I_2 = \int_0^\infty \frac{1}{(x+a)^2 + b^2} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx$$

とおく。

いま、 $I_1$  の計算においては、 $f_1(z) = \frac{1 - e^{i2z}}{z^2 \{(z-a)^2 + b^2\}}$

$I_2$  の計算においては、 $f_2(z) = \frac{1 - e^{i2z}}{z^2 \{(z+a)^2 + b^2\}}$  とおいて、複素平面の上半平面上におい

て、原点を中心として、半径  $R$  の半円  $\Gamma (R > \sqrt{a^2 + b^2})$  と、半径  $r$  の半円  $\Gamma' (0 < r < \sqrt{a^2 + b^2})$  とで囲まれる単一閉曲線にそって積分すれば、

$$\int_{-R}^{-r} f_1(x) dx + \int_{\Gamma'} f_1(z) dz + \int_r^R f_1(x) dx + \int_{\Gamma} f_1(z) dz = i2\pi \operatorname{Res} [f(z), a + bi]$$

$$\int_{-R}^{-r} f_2(x) dx + \int_{\Gamma'} f_2(z) dz + \int_r^R f_2(x) dx + \int_{\Gamma} f_2(z) dz = i2\pi \operatorname{Res} [f(z), -a + bi]$$

ところで

$$R \rightarrow \infty \text{ のとき } \int_{\Gamma} f_1(z) dz \rightarrow 0, \quad \int_{\Gamma} f_2(z) dz \rightarrow 0$$

$$r \rightarrow 0 \text{ のとき } \int_{\Gamma'} f_1(z) dz = \int_{\Gamma'} f_2(z) dz \rightarrow -\frac{2\pi}{a^2 + b^2}$$

また  $\int_{-R}^{-r} f_1(x) dx + \int_r^R f_1(x) dx = \int_r^R \frac{1}{x^2} \left\{ \frac{1 - e^{-i2x}}{(x+a)^2 + b^2} + \frac{1 - e^{i2x}}{(x-a)^2 + b^2} \right\} dx \dots \dots \dots ②$

同様にして

$$\int_{-R}^{-r} f_2(x) dx + \int_r^R f_2(x) dx = \int_r^R \frac{1}{x^2} \left\{ \frac{1 - e^{-i2x}}{(x-a)^2 + b^2} + \frac{1 - e^{i2x}}{(x+a)^2 + b^2} \right\} dx \dots \dots \dots ③$$

②+③から

$$\begin{aligned} & \int_r^R \frac{1}{x^2} \left\{ \frac{2 - (e^{i2x} + e^{-i2x})}{(x-a)^2 + b^2} + \frac{2 - (e^{i2x} + e^{-i2x})}{(x+a)^2 + b^2} \right\} dx \\ &= 4 \int_r^R \frac{\sin^2 x}{x^2} \left\{ \frac{1}{(x-a)^2 + b^2} + \frac{1}{(x+a)^2 + b^2} \right\} dx \end{aligned}$$

となる。

一方、

$$\operatorname{Res}[f_1(z), a + bi] = \frac{1 - e^{-2b}(\cos 2a + i \sin 2a)}{2 bi (a + bi)^2}$$

$$\operatorname{Res}[f_2(z), -a + bi] = \frac{1 - e^{-2b}(\cos 2a - i \sin 2a)}{2 bi (a - bi)^2}$$

したがって

$$I_1 + I_2 = \frac{1}{4} \left[ \frac{2 \times 2\pi}{a^2 + b^2} + i 2\pi \left\{ \frac{1 - e^{-2b}(\cos 2a + i \sin 2a)}{2bi(a + bi)^2} + \frac{1 - e^{-2b}(\cos 2a - i \sin 2a)}{2bi(a - bi)^2} \right\} \right]$$

$$= \frac{\pi}{a^2 + b^2} + \frac{\pi}{2b(a^2 + b^2)} \left[ (a^2 - b^2)(1 - e^{-2b} \cos 2a) - 2ab e^{-2b} \sin 2a \right]$$

①へ代入して

$$\sigma^2 = \frac{\beta T^3}{2} \left[ \frac{1}{a^2 + b^2} + \frac{1}{2b(a^2 + b^2)} \left\{ (a^2 - b^2)(1 - e^{-2b} \cos 2a) - 2ab e^{-2b} \sin 2a \right\} \right]$$

$$= \frac{\beta T^3}{2} \left[ \frac{4}{T^2(\omega_0^2 + \beta^2)} + \frac{16}{\beta T^5(\omega_0^2 + \beta^2)^2} \left\{ \frac{T^2(\omega_0^2 - \beta^2)}{4} (1 - e^{-T\beta} \cos T\omega_0) \right. \right.$$

$$\left. \left. - \frac{T^2\omega_0\beta}{2} e^{-T\beta} \sin T\omega_0 \right\} \right]$$

$$= \frac{2\beta T}{\omega_0^2 + \beta^2} + \frac{2}{(\omega_0^2 + \beta^2)^2} \left\{ (\omega_0^2 - \beta^2)(1 - e^{-T\beta} \cos T\omega_0) - 2\omega_0\beta e^{-T\beta} \sin T\omega_0 \right\}$$

を得る。

終りに、本研究を行なうにあたり、御指導いただいた徳島大学工学部添田喬教授に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) V. V. Bykov and V. P. Malaichuk : Avtomatika i Telemekhanika, Vol. 27. No. 2. (1966), 266.
- 2) Stanford Goldman : Information theory (関訳 情報理論) (昭34), 64.
- 3) 榎木, 添田, 中溝 : 統計的自動制御理論, コロナ社 (昭41), 6.
- 4) V. V. Solodovnikov : Statistical Dynamics of Linear Automatic Control Systems (1960), 136.
- 5) J. H. Laning and R. H. Battin : Random Processes in Automatic Control. (1956), 162.

(昭和42年9月1日受付)

# ゼフィラミンによるマンガンの吸光光度定量法

(化学) 茶 木 正 吉

## Spectrophotometric Determination of Manganese by the Use of Zephiramine

Shōkichi CHAKI

Zephiramine reacts with potassium permanganate to form light violet precipitates. The precipitates are extracted with 1,2-dichloroethane, and the extract is stable for about four hours and has an absorption maximum at  $530m\mu$ . The absorbance of the extract is invariable in the acidic region of sulfuric acid concentration 0.2N to 1.0N. The mole ratio of manganese and Zephiramine in the extracted compound is 1:1. Beer's law holds in the region of potassium permanganate concentration from  $6 \times 10^{-5}M$  to  $18 \times 10^{-5}M$ .

The ions such as  $Sn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $VO_3^-$ ,  $CN^-$ ,  $SCN^-$ ,  $C_2O_4^{2-}$  and  $C_4H_4O_6^{2-}$  change the absorbance intensity of manganese, but the other ions do not give any change when the same amount as that of the manganese are concentrated.

### § 1 緒 言

マンガンの吸光光度定量法としては、多くは酸性溶液中において酸化剤で酸化させ過マンガン酸イオンとして発色させ定量している。<sup>1)~6)</sup> またマンガンを酸化したのちにテトラフェニルアルソニウム過マンガン酸塩などとして溶媒抽出法による報告もされている。<sup>7)~10)</sup> いずれも酸化したマンガンイオンは不安定で有機溶媒などによって還元されやすい欠点がある。

ゼフィラミン (化学名は tetradecyl-dimethylbenzyle-ammonium chloride と呼ばれる第4級アンモニウム塩) は前報クロムについての報告<sup>11)</sup> のように過マンガン酸イオンと反応して淡紫色の沈殿を生ずる。この沈殿は 1,2-ジクロロエタンに抽出され波長約  $530m\mu$  に極大吸収を示し、抽出後約 4 時間は安定である。このことを利用してマ

ンガンの吸光光度定量が可能であること知ったので、ここに報告する。

### § 2 測定装置および試薬

#### 2.1 装 置

光度計：島津ボッシュロム回析格子形光電比色計および同比色計付属の光路長  $12.7\text{ mm}$  の吸収セル。

振り混ぜ機：イワキ製 KM 式万能シェーカー。

#### 2.2 試 薬

マンガン溶液：過マンガン酸カリウム (和光純薬製特級品) 溶液を重量分析法により定量し、 $1.0 \times 10^{-2}M$  溶液を調整した。実験に際しては適宜これを希釈して使用した。

ゼフィラミン溶液：ゼフィラミン (同仁薬化学製) を蒸留水に溶解し、 $1.0 \times 10^{-2}M$  溶液を調整

し、さらに  $1.0 \times 10^{-3} \text{M}$  に希釈して使用した。

その他：硫酸，1,2—ジクロルエタンはいずれも和光純薬特級品をそのまま使用した。

### § 3 実験および結果

#### 3.1 抽出液の吸収曲線

100ml の分液 ロートに  $1.0 \times 10^{-4} \text{M}$  の過マンガン酸カリウム溶液 25.0ml をとり、これに 3 N の硫酸 10.0ml,  $1.0 \times 10^{-3} \text{M}$  のゼフィラミン溶液 10.0ml, さらに水 5.0ml を加えて全量を 50.0 ml として沈殿をつくる。これに 1,2—ジクロルエタン 10.0ml を加えて 2 分間振り混ぜ(250回/分), 抽出液についてブランク液を対照として吸光度を測定した。その結果を図 1 に示す。

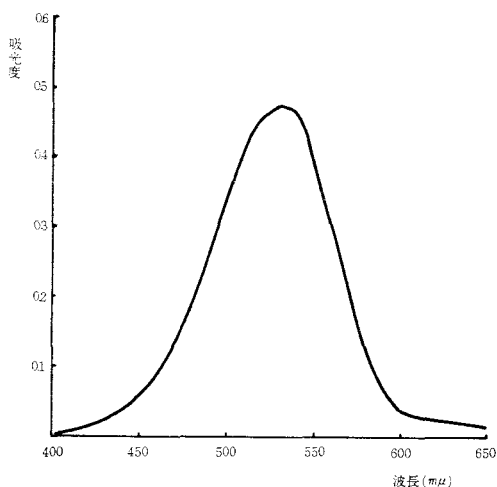


図1 吸収曲線

過マンガン酸—ゼフィラミンの 1,2—ジクロルエタン抽出液の吸収曲線 (ブランク液対照)

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、図 1 からわかるように抽出液は約  $530 \text{m}\mu$  に極大吸収を示す。

#### 3.2 硫酸濃度の影響

溶液の硫酸濃度にともない過マンガン酸—ゼフィラミン化合物の沈殿状態ならびに 1,2—ジクロ

ルエタンによる抽出効果などに影響をうけることが考えられ、硫酸の種々濃度における抽出液の吸光度を  $530 \text{m}\mu$  において測定した。その結果を図 2 に示す。

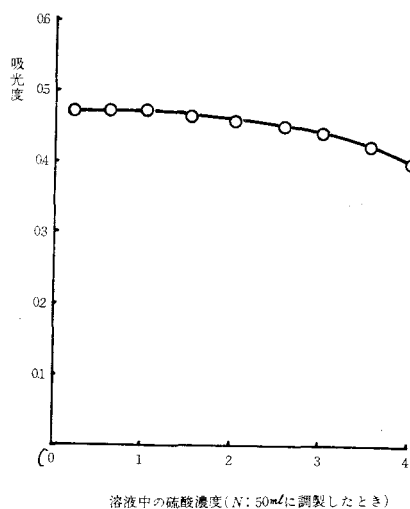


図2 硫酸濃度の影響

図 2 よりわかるように硫酸の濃度が 0.2 N から 1.0 N の間では吸光度はほとんど影響はないが、硫酸の濃度がそれ以上になると、硫酸濃度の増加につれて吸光度が減少する。また硫酸を含まない溶液では抽出に時間がかかり吸光度も低い値を示す。以後の実験ではすべて 3 N の硫酸を 10.0ml 加え、溶液中の硫酸濃度として 0.6 N となるようにした (全量 50ml のため)。

#### 3.3 ゼフィラミン溶液の添加量の影響

3.1 の実験溶液におけるゼフィラミン溶液の添加量のみを 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 9.0, 10.0ml と変えさせて、それぞれの吸光度におよぼす影響を調べた。その結果を図 3 に示した。

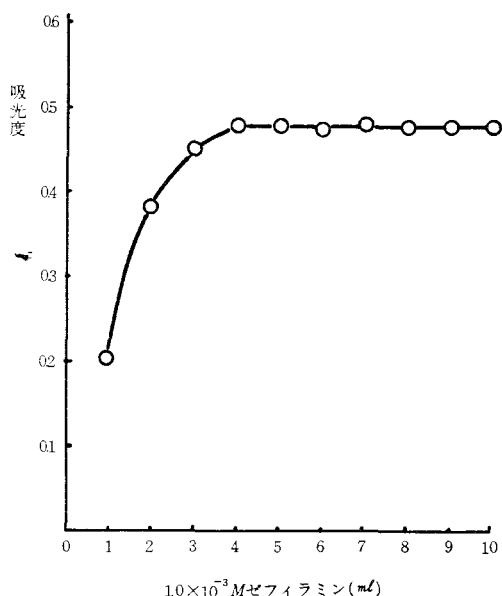


図3 ゼフィラミン溶液の添加量の影響

図3よりゼフィラミン溶液の量が4.0ml以上では抽出液の吸光度がほぼ一定となるが、以後の実験ではすべてゼフィラミン溶液は10.0mlを使用した。

### 3.4 安定性および振り混ぜ時間

1,2—ジクロルエタンによる抽出液は抽出後約4時間は安定で吸光度も一定であるがその後ごくわずかずつ減少する傾向がある。抽出溶媒としてクロロホルムを使用した場合は約30分内で変色する。また硫酸以外の酸、硝酸または過硫酸カリウムなどを使用すると比較的早くにこりや、変色を生ずる。したがって本実験では硫酸酸性として抽出溶媒はすべて1,2—ジクロルエタンを使用した。

溶媒抽出における振り混ぜ時間を30秒、1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10分と変化してそれぞれの場合の吸光度を調べた結果30秒以上ではいずれも吸光度は一定であったが、本抽出液が長時間安定でないことから以後の実験において振り混ぜ時間はすべて2分間とした。

### 3.5 抽出体の組成

過マンガン酸—ゼフィラミン化合物の抽出体の組成比を連続変化法によって求めた。 $1.0 \times 10^{-3}$  Mの過マンガン酸カリウム溶液と $1.0 \times 10^{-3}$  Mのゼフィラミン溶液とをそれぞれ合わせて10.0ml、それに硫酸の濃度を一定にするため6 Nの硫酸を1.0mlを加えて全容量11.0mlになるように種々組合せる。生じた沈殿をそれぞれ10.0 mlの1,2—ジクロルエタンで抽出し350m $\mu$ で吸光度を測定した結果を図4に示した。

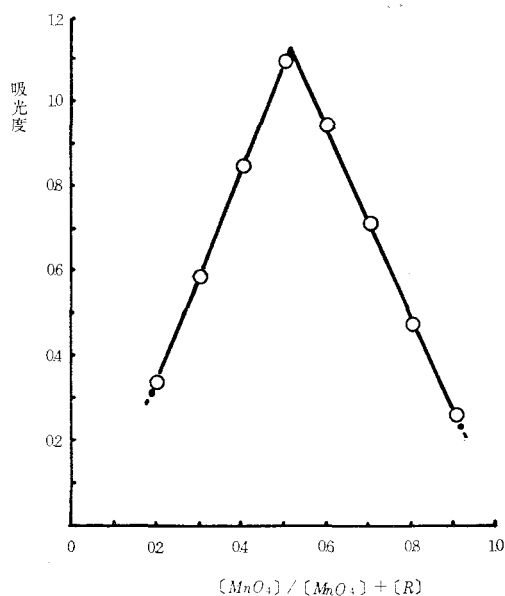


図4 抽出体の組成

図4によれば、 $[MnO_4]/[MnO_4] + [R]$ の値が0.51において吸光度が最大となる。すなわち、この抽出体は過マンガン酸とゼフィラミンのモル比が1 : 1 (0.51 : 0.49) で結合していることが推定される。

### 3.6 検量線

3.1の実験溶液において過マンガン酸カリウムの濃度のみを $6 \times 10^{-5}$ ,  $8 \times 10^{-5}$ ,  $10 \times 10^{-5}$ ,  $12 \times 10^{-5}$ ,  $14 \times 10^{-5}$ ,  $16 \times 10^{-5}$ ,  $18 \times 10^{-5}$  Mと変化し、それらの抽出液についてブランク液を対照として吸光度を測定し検量線を作成した。その結果を図5に示した。

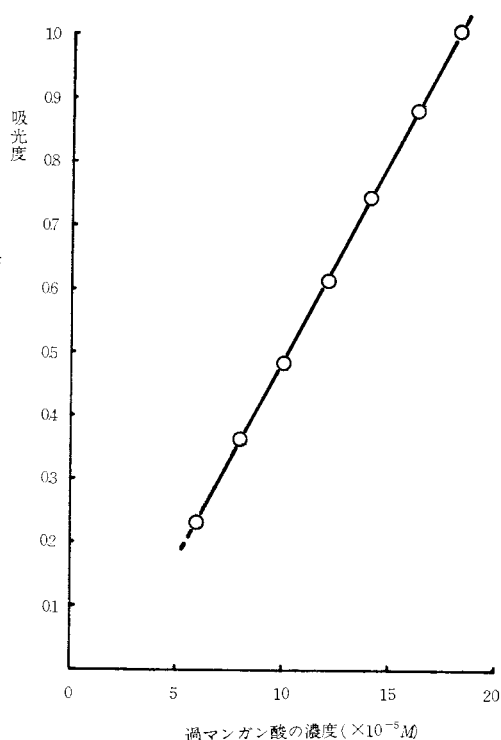


図5 検量線

図5より過マンガン酸カリウム溶液  $6 \times 10^{-5} \text{M}$  より  $18 \times 10^{-5} \text{M}$  までの濃度範囲においては、試料溶液 25.0ml を 10.0ml の 1,2—ジクロロエタンで抽出した場合、濃度と吸光度との間に直線関係が認められベールの法則に従っている。したがってこの濃度範囲においては本法によりマンガンの定量を行なうことが可能である。

### 3.7 共存イオンの影響

次の各種イオンの共存の場合についてその妨害の有無を調べた。すなわちマンガンの含有量  $137.3 \mu\text{g}/25\text{ml}$  の溶液に  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{IO}_4^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{WO}_4^{2-}$  などがそれぞれ単独にマンガンとほぼ等量共存していてもいずれも妨害にならないが、 $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{VO}_3^-$ ,  $\text{CN}^-$  などとはわずかに、 $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$  などとは大きくマンガ

ンの定量に妨害となる。

## §4 結 語

(1)ゼフィラミン溶液は過マンガン酸カリウム溶液と反応して淡紫色の沈殿を生ずる。この沈殿は 1,2—ジクロロエタンに抽出され、抽出液は  $530 \text{m}\mu$  に極大吸収を示す。

(2)過マンガン酸カリウム溶液は硫酸酸性の場合がよく、硫酸濃度は  $0.2 \text{N}$  より  $1.0 \text{N}$  程度がよい。

(3)抽出体の組成は過マンガン酸とゼフィラミンが 1 : 1 のモル比で結合したものである。

(4)過マンガン酸カリウム溶液  $6 \times 10^{-5} \text{M}$  より  $18 \times 10^{-5} \text{M}$  の濃度範囲においては、試料溶液 25.0ml を 10.0ml の 1,2—ジクロロエタンで抽出した場合ベールの法則が成立する。

(5)多くのイオンはマンガンとほぼ等量共存しても妨害とならないが、 $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{VO}_3^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$  などとはほぼ等量の共存で妨害となる。

終りに本研究を行なうにあたり、種々御教示をいただいた広島大学理学部山本勇麓教授、広島大学教養部松尾博教授ならびに研究に何かと御便宜をいただいた本校葛西重男校長に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 新分析化学講座3: 微量分析法 (1960) 107.
- 2) 石井大道: 分化 9, (1960) 698.
- 3) E. D. Steinke, R. A. Jones, M. Brandt: Anal. Chem., 33, (1961) 101.
- 4) 鳥養栄一, 萩原一芳, 川見洋二: 分化11(1962)643.
- 5) H. Onishi, Y. Toita: Talanta, 11, (1964)1357.
- 6) 化学便覧: 基礎編 II, (1966) 1343.
- 7) 新分析化学講座5: 有機試薬による分離分析法 (1960) 181.
- 8) J. M. Matuszek, Jr., T. T. Sugihara: Anal. Chem., 33, (1961) 35.
- 9) M. L. Richardson: Analyst., 87, (1962) 435.
- 10) R. Bock, J. Jaing: Z. Anal. Chem., 198, (1963) 315.
- 11) 茶木正吉: 呉高専研究報告 2, (1966) 51.

(昭和42年9月1日受付)

# ラック連桿機構の研究(第1報)

(機械工学科) 糸島 寛典・西本 進

## Studies on the Motion of the Gear-rack Drive Mechanism (Report 1)

Hironori ITOSHIMA and Susumu NISHIMOTO

The gear-rack drive mechanism is frequently employed to convert the motion of the input crank into a much larger output rotation (from 30 to 360 degrees). The crank drives the gear-rack which rotates the output gear.

The analysis of the motion of the output gear is complex. In particular, as the output gear with an eccentric rotating axis shows the very complex motion, the analysis of the motion is difficult. However, if this gear-rack mechanism is fixed, the analysis of the output gear is comparatively easy.

In this report we discuss the analysis of the motion of the mechanism when the gear-rack is fixed and the fixed link becomes the connecting rod, and we decide the transfer function in the gear-rack drive mechanism.

### § 1 緒 言

4 節リンク機構において、連桿をラックとし、レバーを偏心せる歯車とした機構をラック連桿機構と称し、図1に示される。クランクの入力回転運動に対し、被動歯車の  $30^\circ$  乃至  $360^\circ$  の出力回転と戻りを行わしめるための装置であるが、クランク  $AB$  が等速回転する場合、被動歯車はどのような運動するかを研究する。図2に示す模型を製作し、被動歯車の揺動運動をラックを用いて直線運動に変換し、更に差動変圧器を用いて熱ペン式の直線記録計に描かせると正弦曲線に近い曲線が得られた。この曲線に影響する種々の因子を解析するために、被動歯車の角変位をクランクの角変位で表わす数式を導けばよいのであるが、被動歯車が偏心の場合、ラック連桿の運動が表わし難いので、ラック連桿が固定され、その上を、偏心の被動歯車が動いている図3の形に連鎖の置換を行って所要の式を解析した。

### § 2 機 構

図1、2に示されるラック連桿機構およびその模型においてクランク  $AB (= a)$  は  $A$  点の回りに回転し、連桿  $BX$  はラックで、 $OC (= f)$  だけ偏心し、 $C$  点を中心として揺動する被動歯車  $O$  と噛み合っていて、 $BX$  と歯車のピッチ線の距離を  $e$ 、歯車のピッチ円半径を  $r$ 、固定リンク  $AC$  の長さを  $b$  とす。クランク  $AB$  と歯車の  $OC$  が固定

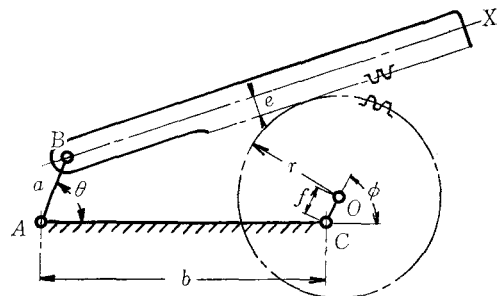


図1 ラック連桿機構

リンク  $AC$  となす角をそれぞれ、 $\theta$ 、 $\phi$  として、歯車の揺動角  $\phi$  の角変位をクランクの回転角  $\theta$  で表わす式が導きたい。

しかしながら、この場合歯車が偏心しているので、 $\phi$  と  $\theta$  の関係が容易に求められない。そこで連鎖の置換を行い、図3に示すようにラック連桿を固定してクランク  $AB$  が  $B$  点の回りを回転し、歯車がラック上をころがるものとすれば、 $C$  点は内点トロコイドを描くことがわかり、 $AB$  と  $OC$  が新しい連桿  $AC$  となす角  $\theta$  と  $\phi$  は図1の場合と全く同様な値なので  $\phi$  と  $\theta$  の関係を求めればよいことになる。

解析を進めるにあたって先づ簡単のために、被動歯車に偏心のない場合を考え、しかる後偏心のある場合を求めよう。

### §3 歯車に偏心のない場合 ( $f=0$ ) の解析

歯車に偏心のない場合は図3から明らかなように、 $C$  点は  $O$  点に重なり、 $O$  点の運動は  $BX$  に平行な直線運動をするから、運動は余程簡単となる。この場合を図4に示す。図において  $\theta=0$  の場合はクランク  $AB$  と連桿  $AO$  が重なるときで、この位置を  $A_1$ 、 $O_1$  で示せば、歯車の中心  $O$  が最左端に来る位置で、これを基準にとり、 $A_1B$  と  $B$  点における縦軸  $BY$  とのなす角を  $\delta_0$ 、 $A_1O_1$  と歯車のピッチ円の交点を  $D_1$  とし、 $D_1$  点を歯車上の基準点とし、 $OD_1$  を歯車上の基準線とし、 $OD_1$  と  $AO$  のなす角を  $\phi$  とすれば、リンク  $AO$  を固定した場合の歯車の角変位は  $\phi$  で表わすことができる。

クランク  $AB$  が  $B$  点を中心として、右回りに回転した場合の位置を破線で示し、 $\angle ABY = \delta$ 、 $\angle BAO = \theta$ 、 $\angle D_1OA = \phi$  とし、 $\delta$  を与えて、 $\theta$  と  $\phi$  を求める。 $\delta$  の値を各象限について考慮した結果  $\delta$  と  $\theta$  の関係は簡単に次式で与えられる。

$$\theta = \sin^{-1} \frac{r + e + a \cos \delta}{b} + \delta - 90^\circ \dots\dots\dots (1)$$

次に  $\delta$  と  $\phi$  の関係を求めるには、図4において、歯車の中心の基準点  $O_1$  からの変位を  $s$  とし、 $O_1A_1$  および  $OA$  が  $O_1$  を通り  $BX$  に平行な直線  $MN$  となす角をそれぞれ  $\mu_0$ 、 $\mu$  とすれば  $s$  は次式で求められる。

$$s = \sqrt{b^2 - (r + e + a \cos \delta)^2} - a \sin \delta - (b - a) \sin \delta_0 \dots\dots\dots (2)$$

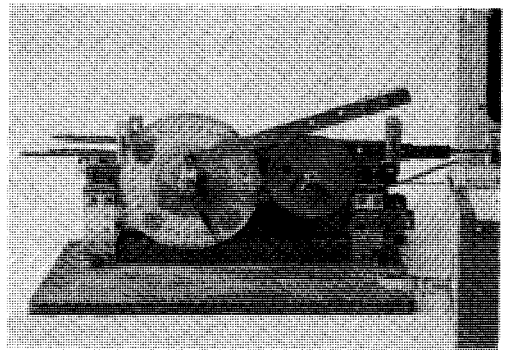


図2 ラック連桿機構の模型

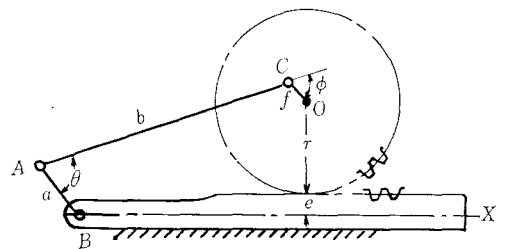


図3 ラック固定の場合

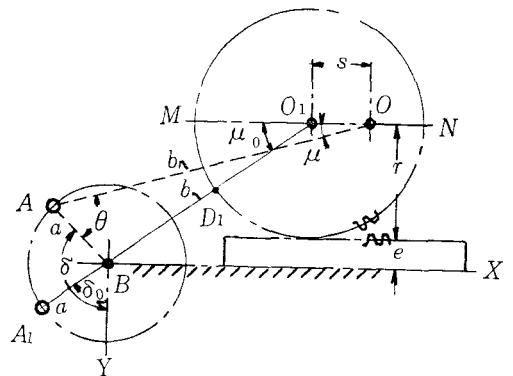


図4 被動歯車に偏心のない場合

ただし,

$$\cos \delta_0 = \frac{r + e}{b - a} \dots \dots \dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_0 &= 90^\circ - \delta_0 \\ \mu &= \theta + 90^\circ - \delta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

図5において  $O_1$ ,  $O$  よりラックのピッチ線への垂線の足を  $E_1$ ,  $E$  とすれば  $E_1E = O_1O = s$ , ピッチ円  $O_1$  上に  $F$  点を取り,  $\widehat{E_1F} = E_1E = s$  とすれば, 歯車の中心  $O_1$  が  $s$  だけ移動して  $O$  点にくればピッチ円は  $E_1E$  上をころがって,  $F$  点は  $E$  点に重なるので  $\angle D_1OE = \angle D_1O_1F$  とする。

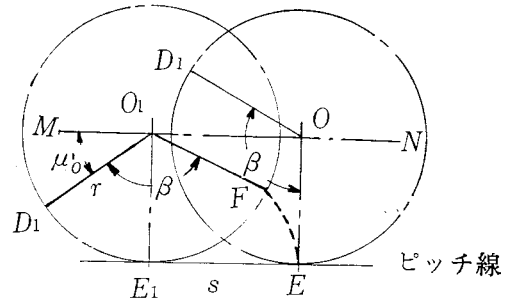


図5 歯車の変位と回転角

$$\angle F O_1 E_1 = \frac{s}{r} \text{rad.} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r}, \quad \angle D_1 O_1 E_1 = 90^\circ - \mu_0$$

$$\text{故に } \angle D_1 O O_1 = \angle D_1 O E - 90^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r} - \mu_0$$

$$\therefore \phi = \angle D_1 O A = \angle D_1 O O_1 + \mu = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r} - \mu_0 + \mu$$

$$\text{式(4)より } \phi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r} + \theta - (\delta - \delta_0) \dots \dots \dots (5)$$

を得る。よって  $a$ ,  $b$ ,  $r$ ,  $e$  を指定し,  $\delta$  を種々与えることにより式(1)と式(5)を用いて  $\theta$  と  $\phi$  の値を求め, それらの関係図を求めることができる。

例えば,  $a = 25\text{mm}$ ,  $b = 101.2\text{mm}$ ,  $r = 36\text{mm}$ ,  $e = 8.25\text{mm}$  を与えれば式(3), (4)より  $\delta_0 = 54^\circ 30'$ ,  $\mu_0 = 35^\circ 30'$  となるので,  $\delta = 50^\circ \sim 390^\circ$  を与えて式(1)より  $\theta$ , 式(2)より  $s$ , 式(5)より  $\phi$  を計算すれば表1のようになる。この表を用い  $\theta$  と  $\phi$  の関係を描いたグラフが図6であり, 同じ条件で, 模型を使用

表1

$\delta^\circ$	$\theta^\circ$	$s \text{ mm}$	$\phi^\circ$
50	$-3^\circ 24' 47''$	0.073	$1^\circ 12' 13''$
70	$11^\circ 29' 2''$	0.802	$-2^\circ 19' 27''$
90	$25^\circ 55' 43''$	3.974	$-4^\circ 3' 43''$
110	$40^\circ 39' 24''$	9.152	$-0^\circ 13'$
130	$56^\circ 10' 6''$	16.000	$6^\circ 16' 6''$
150	$72^\circ 54' 13''$	24.104	$15^\circ 58' 13''$
170	$91^\circ 11' 4''$	32.903	$27^\circ 19' 28''$
190	$111^\circ 11' 4''$	41.586	$42^\circ 13' 5''$
210	$132^\circ 54' 13''$	49.105	$55^\circ 57' 13''$
230	$156^\circ 10' 6''$	54.305	$67^\circ 33' 6''$
250	$180^\circ 39' 24''$	56.137	$74^\circ 58' 47''$
270	$205^\circ 55' 43''$	53.974	$76^\circ 51' 19''$
290	$231^\circ 29' 2''$	47.787	$72^\circ 26' 38''$
310	$256^\circ 35' 13''$	38.376	$62^\circ 29'$
330	$280^\circ 37' 54''$	27.195	$48^\circ 38' 54''$
350	$302^\circ 53' 8''$	16.456	$33^\circ 43' 8''$
360	$-46^\circ 49' 13''$	11.725	$26^\circ 26' 36''$
370	$-37^\circ 6' 52''$	7.774	$18^\circ 49' 26''$
390	$-19^\circ 22' 6''$	2.195	$8^\circ 37' 54''$

し、記録計に描かせたものが図7である。

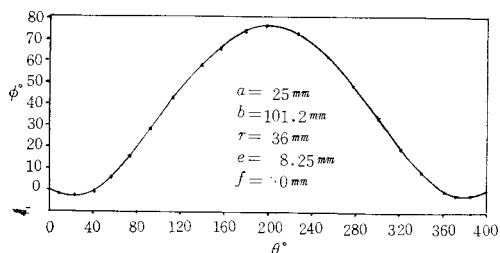


図6 偏心のない場合の $\theta$ と $\phi$ の関係

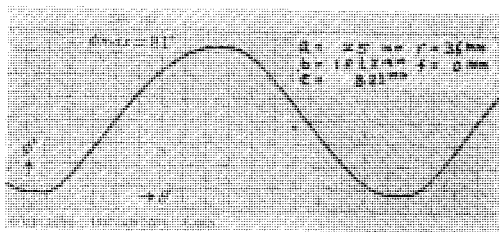


図7 模型を用い記録計による $\theta$ と $\phi$ の関係

図6と7から明らかなように計算式によって得られた $\theta$ と $\phi$ の関係とその模型によって得られたものは一致するので、複雑な計算を行うより模型によって研究する方が簡単である。

使用した測定器は次のものである。

差動変圧器；新光電機，リニヤーフォーマー DS-300 B

変位測定器；新光電機，ディスプレイメントメーター DM-14

記録計；渡辺測器，ミニライターH WTR251

#### §4 歯車に偏心のある場合の解析

図3から明らかなように連桿 $AC$ の一端 $C$ が歯車の中心 $O$ から $OC = f$ だけ偏心している場合は、 $C$ 点は固定平面に対し内点トロコイドを描くのでその運動は複雑となる。そこで図8に示すように最初2つの仮定を設ける。(1) クランク $AB$ が回転中心 $B$ の真下に $BX$ の垂直な位置 $A_1B$ にあるときを基準位置とす。(2) クランクが基準位置にあるとき $C$ 点は歯車の中心 $O_1$ 点の真下の $C_1$ にあるものとし、この位置を歯車側の基準位置とす。実際には歯車は歯のためラックに沿って移動できないが、 $B$ 点の位置をずらせることができるものとす。

図8において、クランク $A$   
 $B$ が基準位置 $BA_1$ から $\delta$ だけ右回りに回転したとき、  
 $\angle BAC = \theta$ ,  $\angle ACO = \phi$ ,  
 $\angle COE = \alpha$ ,  $OO_1 = s$  とし、  
 $O_1$ 点の中心 $B$ からの水平距離を $h$ とすれば、

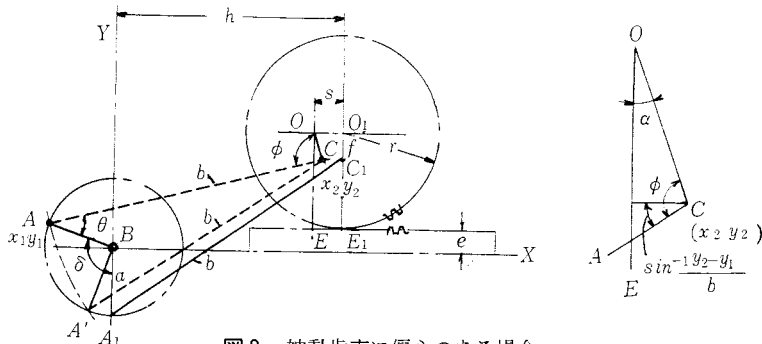


図8 被動歯車に偏心のある場合

$$h = \sqrt{b^2 - (a + r + e - f)^2} \quad (6)$$

次に $B$ 点を $XY$ 座標の原点とし、 $C$ 点の座標を $x_2, y_2$ とし、 $C$ 点を中心とし半径 $b$ の円と円 $B$ の交点を $A, A'$ 、その座標を $(x_1, y_1), (x'_1, y'_1)$ とし、 $\angle ABA_1 = \delta$ ,  $\angle A'BA_1 = \delta'$ とす。

歯車の中心 $O$ の基準位置 $O_1$ からの変位 $s$ により $\angle COE = \alpha = s/r$ から $x_2, y_2$ の値は次式

$$x_2 = h - (s - f \sin \frac{s}{r}), \quad y_2 = r + e - f \cos \frac{s}{r} \quad (7)$$

で求められ、 $A, A'$ 点の座標 $(x_1, y_1), (x'_1, y'_1)$ の値は計算により

$$x_1, x'_1 = \frac{K x_2 \pm \sqrt{a^2 y_2^2 (x_2^2 + y_2^2) - K^2 y_2^2}}{x_2^2 + y_2^2} \dots\dots\dots (8)$$

$$y_1, y'_1 = \frac{K y_2 \pm \sqrt{a^2 x_2^2 (x_2^2 + y_2^2) - K^2 x_2^2}}{x_2^2 + y_2^2} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{ただし, } K = \frac{1}{2}(x_2^2 + y_2^2 + a^2 - b^2) \dots\dots\dots (10)$$

となる。次に  $\delta$  の値は

$$\tan \delta = \frac{x_1}{y_1} = \frac{K x_2 \pm \sqrt{a^2 y_2^2 (x_2^2 + y_2^2) - K^2 y_2^2}}{K y_2 \pm \sqrt{a^2 x_2^2 (x_2^2 + y_2^2) - K^2 x_2^2}} \dots\dots\dots (11)$$

平方根の前の±の記号は吟味して取扱う必要がある。

クランクの角変位  $\delta$  と連桿のなす角  $\theta$  との関係は図8より

$$\theta = \delta - 90^\circ + \sin^{-1} \frac{y_2 - y_1}{b} \dots\dots\dots (12)$$

が得られ、クランクの角変位  $\delta$  と  $\phi$  の関係は図8より

$$\phi = 90^\circ - \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r} + \sin^{-1} \frac{y_2 - y_1}{b} \dots\dots\dots (13)$$

式(12), (13)より

$$\phi = 180^\circ + \theta - \delta - \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{s}{r} \dots\dots\dots (14)$$

が得られる。

例として、 $a=25\text{mm}$ ,  $b=101.2\text{mm}$ ,  $r=36\text{mm}$ ,  $e=8.25\text{mm}$ ,  $f=10\text{mm}$ ,  $s=20 \sim -46\text{mm}$  を与えて、 $h$ ,  $x_2$ ,  $y_2$ ,  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $K$ ,  $\delta$ ,  $\theta$ ,  $\phi$  を求めたものを表2に示す。

式(6)より、 $h=82.042\text{mm}$ 、式(7)より、 $x_2$ ,  $y_2$  が求められる。

図9は  $s$  と  $\delta$ 、図10は  $\delta$  と  $\theta$  および  $\phi$ 、図11は  $\theta$  と  $\phi$  の関係を示す。

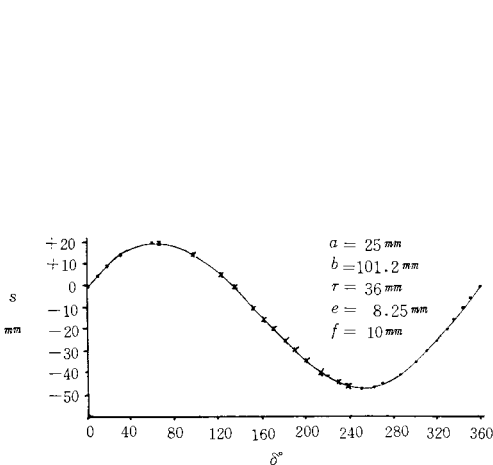


図9  $s$  と  $\delta$  の関係

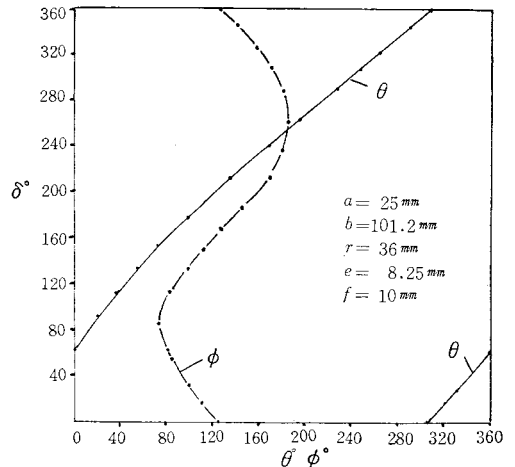


図10  $\delta$  と  $\theta$  および  $\phi$  の関係

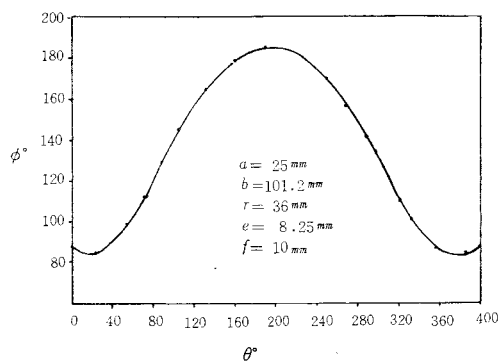
図11  $\theta$  と  $\phi$  の関係

表2

$s$ mm	$h$ mm	$x_2$ mm	$y_2$ mm	$K$	$x_1$ $x'_1$ mm	$y_1$ $y'_1$ mm	$\delta^\circ$	$\theta^\circ$	$\phi^\circ$
+20	82.042	67.3165	35.7541	-1903.2852	-21.47 -22.62	-12.79 -10.63	59°13' 64°50'	-2° 7' 7" 2° 6' 49"	86°49'30" 85°18'
+15	"	71.0890	35.1055	-1665.1961	-12.82 -24.83	-21.45 + 2.85	30°52'42" 96°32'40"	-25° 9' 25° 8'	100° 6' 6" 84°43'
+10	"	74.7844	34.6334	-1412.1320	- 7.89 -23.27	-23.71 + 9.33	18°24'24" 111°51'	-36°22' 6" 36°22'12"	109°17'18" 87°34'
+ 5	"	78.4260	34.3460	-1144.6563	- 3.78 -20.71	-24.71 +13.99	8°41'48" 122°48'30"	-45°37'51" 44°22'39"	117°42'43" 93°37'13"
0	"	82.0420	34.2500	- 856.2439	0 -17.77	-24.88 +17.50	0° 134°33'30"	-54°11'49" 54° 8' 26"	125°49'11" 99°34'56"
- 5	"	85.6570	34.3460	- 549.8853	+ 3.50 -14.56	-24.75 +20.31	351°57'12" 144°22'	297°40'56" 62°20'20"	133°41'10" 105°55'46"
-10	"	89.2996	34.6334	- 221.2743	+ 6.84 -11.15	-24.04 +22.37	344° 7' 153°30'24"	289°33' 70°27'	141°21' 112°52'
-15	"	92.9949	35.1056	132.0073	+10.05 - 7.57	-22.88 +23.82	336°14' 162°22'12"	281°13'30" 78°46'22"	148°49'54" 120°16'34"
-20	"	96.7675	35.7541	512.9338	+12.97 - 4.00	-21.26 +24.70	328°37' 170°48'	272°54' 89° 4'	156° 7' 128° 6'
-25	"	101.6425	36.5659	1025.8427	+16.76 + 1.10	-18.54 +24.97	317°53' 182°31'18"	260°51'32" 99° 6' 4"	162°46'50" 136°22' 4"
-30	"	104.6398	37.5259	1370.6216	+18.94 + 4.26	-16.30 +24.64	310°43' 189°48'30"	252°51' 107° 7'	169°53' 145° 4'
-35	"	108.7807	38.6153	1853.9715	+21.54 + 8.72	-12.68 +23.42	300°29' 200°25'30"	240°56'20" 119° 3'39"	176° 9'32" 154°20'21"
-40	"	113.0701	39.8813	2379.4640	+23.77 +13.65	- 7.73 +20.93	288° 1' 213° 6'42"	226° 5' 133°54'	181°43'42" 164°27' 6"
-45	"	117.5522	41.0968	2945.5133	+24.99 +19.65	+0.156 +15.44	269°38' 231°49'48"	203°29'47" 156°30'58"	185°28'58" 176°18'21"
-46	"	118.4682	41.3616	3064.5329	+24.81 +21.29	+ 3.04 +13.05	263° 1' 238°29'42"	195°16' 164°44'	185°28' 179°27'

図11の計算結果と図12に示す模型による実験結果とはよく一致している。図7と図12を比較すれば、余り変化はなく僅かに偏心のない歯車の方が傾斜が急である。

## § 5 結 言

ミク連桿機構におけるクランクに対する被動歯車の伝達関数を連鎖の置換により導くことができ、その計算結果が機構模型と差動変圧器、変位測定器、記録計を用いた結果が一致しているので、伝達関数の正確なことが明らかとなったが、これらの数式はパラメーターを含む複雑な式なので一元化が困難で、数式から各リンクの長さによる影響が容易に得られないので、次報において模型を使用しての結果を研究する。

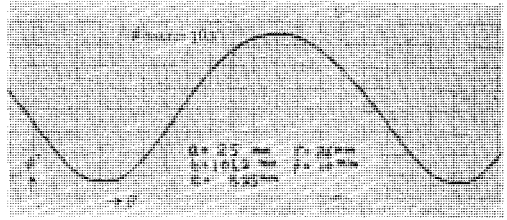


図12 機構模型による偏心歯車の場合の $\theta$ と $\phi$ の関係

## 文 献

- 1) N. P. Chironis : Mechanisms, Linkages, and Mechanical Controls, McGRAW-HILL, 63(1965)
- 2) 機械の研究 : 第18巻, 第9号 (9月号) 1131頁 (1966)

(昭和42年9月1日受付)

# カムの滑り率の研究 (第3報)

(往復オフセット従動節をもつ凸面カムの滑り率)

(機械工学科) 糸島 寛典・里信・敏行

## Studies on the Specific Sliding of Cam (Report 3)

(The Specific Sliding on the Convex Cam with the Reciprocating Offset Follower)

Hironori ITOSHIMA and Toshiyuki SATONOBU

In the convex cam mechanism with the reciprocating offset follower, we examine how the specific sliding on the follower changes according to the radius of circular arc in the follower and the value of offset.

Consequently, if the maximum specific sliding, the maximum pressure angle, the lift of the follower and the size of each part in the cam are specified, we can obtain the radius of the follower and the value of offset.

### § 1 緒 言

前報<sup>1)2)</sup>において凸面、接線、凹面カムと往復動従動節のオフセットのない場合の滑り率を解析した結果、凸面カムの場合の従動節の滑り率が最大であることがわかった。そこで、この報告においては、凸面カムの場合往復動従動節の円弧の半径が従動節の滑り率にどのように影響するか、更にオフセットのある凸面カムにおいてオフセットが従動節の滑り率にどのように影響するかを考察し、最大滑り率を指定された値に制限するように設計を行なった。

### § 2 記 号

$R$  = 円弧カムの円弧の半径,  $R_1 = AD$ ,  $R_2 = OC$ ,  $R_3 = QE$ ,  $R_4 = AF$

$r$  =  $B$ を中心とする従動節の円弧の半径

$H$  = リフト,  $\theta$  = カムの回転角

$\gamma$  =  $\angle DOE$

$\alpha$  = カムの作用角の半角

$h$  = 従動節の変位,  $k$  = 従動節の最低高さ

$e$  = 従動節のオフセット量

$\phi$  = 押進め角

$$\frac{R_2}{R_1} = \lambda, \quad \frac{r}{R_1} = \rho$$

$$\frac{e}{R_1} = \Delta, \quad \frac{R_2}{R_1} = \nu$$

$\sigma_1$  = カムの滑り率,  $\sigma_2$  = 従動節の滑り率

### §3 オフセットした凸面カムの解析

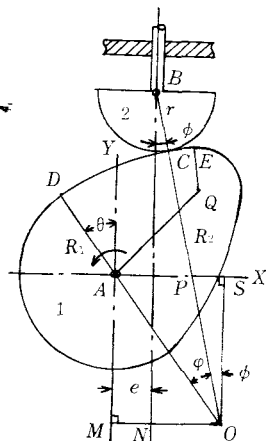


図1 オフセットした場合の凸面カム

図1に示すように凸面カムに対し円弧従動節の行程線が回転と反対方向に  $e$  だけオフセットしている場合、基礎円の半径  $R_1$ 、カム円弧  $DE$  の半径を  $R_2$ 、その中心を  $O$ 、 $O$  点より  $AY$  への垂線を  $OM$ 、従動節の半径を  $r$ 、その中心を  $B$ 、 $OB$  が行程線となす角すなわち押進め角を  $\phi$  とし、 $\angle D A Y = \theta$  とすれば

$$OM = (R_2 - R_1) \sin \theta = (R_2 + r) \sin \phi + e$$

$$OS = (R_2 - R_1) \cos \theta = OP \cos \phi$$

となるので、 $CP$  と  $\phi$ 、 $\varphi$  に対し次式をうる。

$$CP = R_2 - OP = R_2 - (R_2 - R_1) \cos \theta \sec \phi \quad (1)$$

$$\sin \phi = \frac{(R_2 - R_1) \sin \theta - e}{R_2 + r} \quad (2)$$

$$\varphi = \theta - \phi \quad (3)$$

第1報によりオフセットのないときすなわち  $e = 0$  のとき従動節の滑り率の方がカムのそれより高く、始点  $D$  において最低で、終点  $E$  で最高であるので、オフセットした場合にも始点、終点について滑り率を求める。

#### (1) 始点 $D$ における滑り率

$OD$  と  $OB$  が重なるので、 $\varphi = 0$  となるから式(3)より  $\theta = \phi$

$$\text{式(2)より} \quad \sin \theta = \sin \phi = -\frac{e}{R_1 + r}$$

$$\text{式(1)より} \quad CP = R_2 - (R_2 - R_1) = R_1$$

故に  $e = 0$  の場合と同じ  $CP$  なので、始点の滑り率  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  は次式のようになる。

$$\sigma_1 = \frac{1/r + 1/R_2}{1/R_1 + 1/r}, \quad \sigma_2 = \frac{1/r + 1/R_2}{1/R_1 - 1/R_2}$$

これから従動節の滑り率がカムのそれより大きいことがわかり、 $R_1$ 、 $R_2$  が一定のとき、 $r$  が大きい程  $\sigma_2$  は小さくなる。

#### (2) 終点 $E$ におけるカムの滑り率

終点  $E$  における  $\phi$ 、 $\varphi$  の値を  $\phi_{\max}$ 、 $\gamma$  とすると、式(3)より  $\theta = \phi_{\max} + \gamma$  となるので、式(2)は次のようになる。

$$(R_2 - R_1) \sin(\phi_{\max} + \gamma) = (R_2 + r) \sin \phi_{\max} + e$$

この式から  $\phi_{\max}$  を求めるために  $\frac{R_2 - R_1}{R_2 + r} = A$ 、 $\frac{e}{R_2 + r} = B$  とおき、上式を整理すれば

$$(A \cos \gamma - 1) \sin \phi_{\max} + A \cos \phi_{\max} \sin \gamma = B \quad (4)$$

となる。これより  $\phi_{\max}$  を求めるために左辺を  $C \sin(\phi_{\max} + \delta)$  とおき、未定係数法により次式をうる。

$$\sin(\phi_{\max} + \delta) = \frac{B}{\sqrt{A^2 - 2A \cos \gamma + 1}}, \quad \tan \delta = \frac{A \sin \gamma}{A \cos \gamma - 1} \quad (5), (6)$$

ただし

$$A = \frac{R_2 - R_1}{R_2 + r}, \quad B = \frac{e}{R_2 + r} \dots\dots\dots (7), (8)$$

$e = 0$  の場合,  $B = 0$ , 故に式(5)より  $\phi_{\max} + \delta = 0$  となるので,  $\phi_{\max} = -\delta$  から  $\phi_{\max}$  は

$$\tan \phi_{\max} = -\tan \delta = \frac{A \sin \gamma}{1 - A \cos \gamma}$$

となり  $\phi_{\max}$  が求められれば  $r$  は与えられるので,  $\theta$  が求まり, 式(1)より  $CP$  が求まり, カムの滑り率が求まる。

(3) 終点  $E$  における従動節の滑り率

いま,  $\frac{R_2}{R_1} = \lambda$ ,  $\frac{r}{R_1} = \rho$ ,  $\frac{e}{R_1} = A$  とすれば式(1), (2)より

次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} (\lambda - 1) \sin \theta &= (\lambda + \rho) \sin \phi + A \\ \frac{CP}{R_1} &= \lambda - (\lambda - 1) \cos \theta \sec \phi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{また, 式(7), (8)は } A = \frac{\lambda - 1}{\lambda + \rho}, \quad B = \frac{A}{\lambda + \rho} \dots\dots\dots (7)', (8)'$$

となるので, この式と式(5), (6)より  $\phi_{\max}$  を求め,  $\theta = \phi_{\max} + \gamma$  を式(9)に代入して  $CP$  を求めれば, 従動節の滑り率  $\sigma_2$  は次式から求められる。

$$\sigma_2 = \frac{R_2 + r}{r} \cdot \frac{CP}{R_2 - CP} = \frac{\lambda + \rho}{\rho} \cdot \frac{\frac{CP}{R_1}}{\lambda - \frac{CP}{R_1}} \dots\dots\dots (10)$$

ただし, この式はオフセットのない場合も成立する。以上により円弧  $DE$  の両端のカムと従動節の滑り率が求められた。従動節の滑り率は終点の方が問題となる。

#### § 4 オフセットしない凸面カムにおける $\rho$ および $\lambda$ の滑り率に対する影響

前報<sup>1)</sup>の例題と同一条件の下に比較するために, 同じ指定値により  $\alpha = 70^\circ$ ,  $R_1 = 20\text{mm}$ ,  $H = 10\text{mm}$ ,  $R_3 = 8.5\text{mm}$ ,  $r = 15\text{mm}$ ,  $R_4 = R_1 + h = 30\text{mm}$ ,  $R_2 = 59.78\text{mm}$  だから終点における値は,  $\theta_1 = 45^\circ 30'$ ,  $\sigma_1 = 0.831$ ,  $\sigma_2 = 4.905$ ,  $\gamma = 23^\circ 12'$

そこで,  $\lambda$ ,  $\rho$ ,  $A$  を求め

$$\lambda = \frac{R_2}{R_1} = \frac{59.78}{20} = 2.989, \quad \rho = \frac{r}{R_1} = \frac{15}{20} = 0.75,$$

$$A = \frac{e}{R_1} = \frac{e}{20} \text{ となる。}$$

そこで, 例えば,  $\lambda = 3$ ,  $A = 0$  とし,  $\rho = 0.05 \sim \infty$ ,  $\frac{CP}{R_1} = 0.5 \sim 1.5$  の場合すなわち従動節の半径  $r$  を変化させたときの終点の滑り率  $\sigma_2$  を式(10)より求めて計算したものを表1と図2に示す。

表1  $\lambda = 3, \Delta = 0, \rho = 0.05 \sim \infty, CP/R_1 = 0.5 \sim 1.5$  のときの終点の  $\sigma_2$  の値

$\rho$ $CP/R_1$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	2.0	3.0	$\infty$
0.5	12.200	6.200	3.200	2.200	1.700	1.400	1.200	1.057	0.950	0.800	0.500	0.400	0.200
0.8	22.181	11.272	5.818	4.000	3.090	2.545	2.181	1.922	1.727	1.454	0.909	0.727	0.363
1.0	30.500	15.500	8.000	5.500	4.250	3.500	3.000	2.642	2.375	2.000	1.250	1.000	0.500
1.3	46.647	23.705	12.617	8.411	6.499	5.352	4.588	4.042	3.632	3.058	1.911	1.529	0.764
1.5	61.000	31.000	16.000	11.000	8.500	7.000	6.000	5.285	4.750	4.000	2.500	2.000	1.000

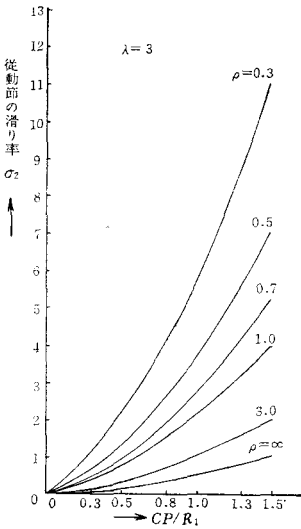


図2  $\lambda = 3$  のときの  $CP/R_1$  と  $\sigma_2$  の関係

表2  $\rho = 0.7, \Delta = 0, \lambda = 1 \sim \infty, CP/R_1 = 0.5 \sim 1.5$  のときの  $\sigma_2$  の値

$\lambda$ $CP/R_1$	1	1.5	2	2.5	3.0	4.0	$\infty$
0.5	2.428	1.571	1.285	1.142	1.057	0.959	0.714
0.8	9.714	3.591	2.571	2.151	1.922	1.678	1.142
1.0	—	6.285	3.857	3.047	2.642	2.238	1.428
1.3	—	20.428	7.265	4.952	4.042	3.232	1.857
1.5	—	—	11.571	6.857	5.285	4.028	2.142

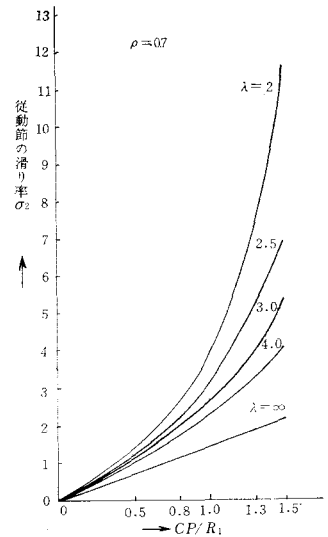


図3  $\rho = 0.7$  のときの  $CP/R_1$  と  $\sigma_2$  の関係

図3より  $\rho = 0.7$  のとき  $\lambda$  を小さくすると急激に  $\sigma_2$  が增大することがわかる。そこで、 $\sigma_2$  を5以下にするためには、 $\lambda$  を3以上にすることがのぞましい。すなわち、カムの曲率半径に対し基礎円半径が小さい程よいことがわかる。

次に、 $\sigma_2$  を5以下に制限することについて考えると、式(10)より

$$\sigma_2 \geq \frac{\lambda + \rho}{\rho} \cdot \frac{CP/R_1}{\lambda - CP/R_1}$$

$\rho$ について整理すると、

$$\rho \geq \frac{\lambda (CP/R_1)}{\sigma_2 \lambda - (\sigma_2 + 1)(CP/R_1)} \quad \text{..... (11)}$$

式(11)から  $\sigma_2 = 5$ ,  $\lambda = 2 \sim \infty$ ,  $CP/R_1 = 0.5 \sim 1.5$  のときの  $\rho$  の値を求めたものを表3, 図4に示す。

表3  $\sigma_2 = 5$ ,  $\lambda = 2 \sim \infty$ ,  $CP/R_1 = 0.5 \sim 1.5$  のときの  $\rho$  の値

$\lambda \backslash CP/R_1$	2	3	4	$\infty$
0.5	0.142	0.125	0.117	0.100
0.8	0.300	0.235	0.210	0.160
1.0	0.500	0.333	0.285	0.200
1.3	1.181	0.541	0.426	0.260
1.5	3.000	0.750	0.545	0.300

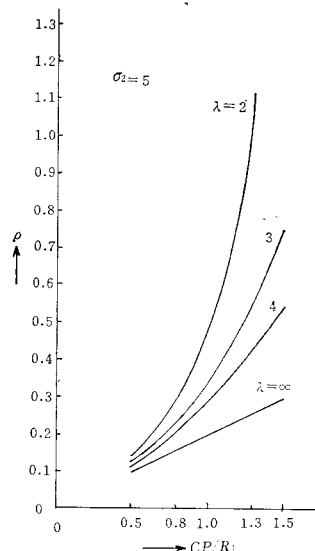


図4  $\sigma_2 = 5$  のときの  $CP/R_1$  と  $\rho$  の関係

図4の曲線は双曲線となり、その漸近線は

$$CP/R_1 = \frac{\lambda \sigma_2}{\sigma_2 + 1}, \quad \rho = -\frac{\lambda}{\sigma_2 + 1}$$

となることがわかる。以上の結果オフセットのない場合、従動節の終点の滑り率を5以下にするためには  $\rho \geq 0.7$ ,  $\lambda \geq 3$  が望ましいことがわかった。次にオフセットのある場合を考える。

## §5 オフセット量の滑り率に対する影響

$\lambda$ ,  $\rho$ ,  $\Delta$  の間の値により  $CP/R_1$  あるいは  $\sigma_2$  がどのように変化するかを調べる。

式(9), (10)をまとめれば次のようになる。

$$\begin{cases} \sigma_2 = \frac{\lambda + \rho}{\rho} \cdot \frac{CP/R_1}{\lambda - CP/R_1} \\ (\lambda - 1) \sin \theta = (\lambda + \rho) \sin \phi + \Delta \\ \phi + \varphi = \theta, \quad CP/R_1 = \lambda - (\lambda - 1) \cos \theta \cdot \sec \phi \end{cases}$$

上式より

$$(\lambda - 1) \sin (\phi + \varphi) = (\lambda + \rho) \sin \phi + \Delta$$

$$\therefore \{(\lambda - 1) \cos \varphi - (\lambda + \rho)\} \sin \phi + (\lambda - 1) \sin \varphi \cos \phi = \Delta$$

$$A \sin (\phi + \delta) = \Delta \quad \text{..... (12)}$$

$$A \cos \delta \sin \phi + A \sin \delta \cos \phi = \Delta$$

$$\therefore A \cos \delta = (\lambda - 1) \cos \varphi - (\lambda + \rho)$$

$$A \sin \delta = (\lambda - 1) \sin \varphi$$

$$A^2 = \{(\lambda - 1) \cos \varphi - (\lambda + \rho)\}^2 + (\lambda - 1)^2 \sin^2 \varphi$$

$$A^2 = (\lambda - 1)^2 - 2(\lambda - 1)(\lambda + \rho) \cos \varphi + (\lambda + \rho)^2 \dots \dots \dots (13)$$

$$\tan \delta = \frac{(\lambda - 1) \sin \varphi}{(\lambda - 1) \cos \varphi - (\lambda + \rho)} \dots \dots \dots (14)$$

そこで、式(12), (13), (14)より $\lambda = 3$ ,  $\varphi = \gamma = 20^\circ, 30^\circ$ ,  $\rho = 0.7$ の場合の $\phi$ ,  $\theta$ を求め、式(9), (10)より $CP/R_1$ および $\sigma_2$ の値を計算したものを表4, 5, 図5に示す。ただし終点の $\varphi$ を $\gamma$ で示す。

表4  $\lambda = 3$ ,  $\gamma = 20^\circ$ ,  $\rho = 0.7$ ,  $\Delta = 0 \sim 0.5$ のとき  
の $CP/R_1$ と $\sigma_2$ の値

$\Delta$	$\phi$	$\theta$	$CP/R_1$	$\sigma_2$
0	20°36'	40°36'	1.377	4.484
0.1	17°39'	37°39'	1.338	4.255
0.2	14°42'	34°42'	1.300	4.042
0.3	11°44'	31°44'	1.262	3.838
0.4	8°44'	28°44'	1.225	3.647
0.5	5°42'	25°42'	1.188	3.465

表5  $\lambda = 3$ ,  $\gamma = 30^\circ$ ,  $\rho = 0.7$ ,  $\Delta = 0 \sim 0.5$ のとき  
の $CP/R_1$ と $\sigma_2$ の値

$\Delta$	$\phi$	$\theta$	$CP/R_1$	$\sigma_2$
0	26°56'	56°56'	1.776	7.669
0.1	24°20'	54°20'	1.727	7.170
0.2	21°44'	51°44'	1.666	6.601
0.3	19°7'	49°7'	1.629	6.280
0.4	16°30'	46°30'	1.565	5.764
0.5	13°50'	43°50'	1.514	5.385

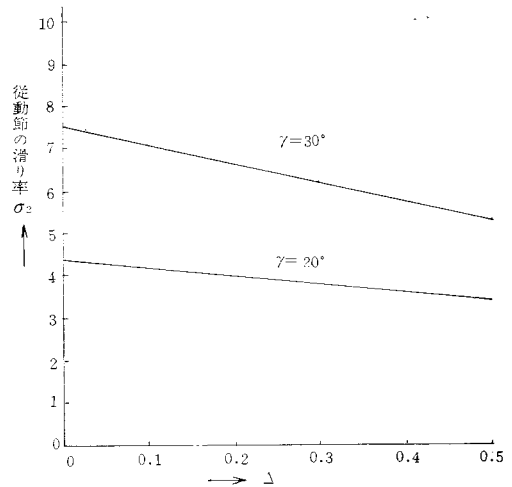


図5  $\lambda = 3$ ,  $\rho = 0.7$ のときの $\Delta$ と $\sigma_2$ の関係

図5より $\Delta$ が増加すなわちオフセット量が増すにつれて従動節の終点の滑り率が減少することがわかるがその量は余り大ではない。

## §6 往復動従動節の滑り率の指定

滑り率 $\sigma_2$ を与えて、 $\rho$ ,  $\Delta$ を求める方法について考える。式(11)より

$$\rho \geq \frac{\lambda (CP/R_1)}{\sigma_2 \lambda - (\sigma_2 + 1)(CP/R_1)}$$

上式を $CP/R_1$ について整理すると

$$\frac{CP}{R_1} \leq \frac{\rho \sigma_2 \lambda}{\rho (\sigma_2 + 1) + \lambda} \dots \dots \dots (15)$$

となる。この式に式(9)の $CP/R_1$ を代入すると

$$\lambda - (\lambda - 1) \frac{\cos \theta}{\cos \phi} \leq \frac{\rho \sigma_2 \lambda}{\rho (\sigma_2 + 1) + \lambda}$$



$$\frac{R_2}{R_1} = \lambda, \quad \frac{R_4}{R_1} = \nu \text{ とすると}$$

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{2\lambda - 1 - \nu^2 - 2(\lambda - 1)\nu \cos \alpha}{2\{\lambda - \nu - (\lambda - 1)\cos \alpha\}} \dots\dots\dots (25)$$

式(21)より

$$\sin \gamma = \frac{R_4 - R_3}{R_2 - R_3} \sin \alpha = \frac{\nu - \frac{R_3}{R_1}}{\lambda - \frac{R_3}{R_1}} \sin \alpha$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin \gamma &= \frac{2\nu\{\lambda - \nu - (\lambda - 1)\cos \alpha\} - \{2\lambda - 1 - \nu^2 - 2(\lambda - 1)\nu \cos \alpha\}}{2\lambda\{\lambda - \nu - (\lambda - 1)\cos \alpha\} - \{2\lambda - 1 - \nu^2 - 2(\lambda - 1)\nu \cos \alpha\}} \times \sin \alpha \\ &= \frac{(2\lambda\nu - \nu^2 - 2\lambda + 1)\sin \alpha}{(\lambda - 1)^2 + (\lambda - \nu)^2 - 2(\lambda - 1)(\lambda - \nu)\cos \alpha} \dots\dots\dots (26) \end{aligned}$$

式(25)より  $\frac{R_3}{R_1} > 0$

$$\therefore 2\lambda - 1 - \nu^2 - 2(\lambda - 1)\nu \cos \alpha > 0, \quad \lambda - \nu - (\lambda - 1)\cos \alpha > 0 \dots\dots\dots (27), (28)$$

式(28)より  $\lambda - (\lambda - 1)\cos \alpha > \nu$

式(27)より  $2\lambda - 1 > \nu^2 + 2(\lambda - 1)\cos \alpha \nu$

$$\therefore \nu^2 + 2(\lambda - 1)\cos \alpha \nu + 1 - 2\lambda < 0$$

ここで,  $D = (\lambda - 1)^2 \cos^2 \alpha - (1 - 2\lambda)$ ,  $\nu = -(\lambda - 1)\cos \alpha \pm \sqrt{D}$

故に

$$\left. \begin{aligned} \nu &< \sqrt{D} - (\lambda - 1)\cos \alpha \\ \nu &< \lambda - (\lambda - 1)\cos \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (29)$$

## § 8 計 算 値

例えば, 滑り率  $\sigma_2 = 5$  と押進め角  $\phi_{\max} = 20^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\lambda = 3$ ,  $R_4 - R_1 = 10\text{mm}$  を指定してカムを設計する。

式(29)より

$$D = (3 - 1)^2 \cos^2 60^\circ - (1 - 2 \times 3) = 6$$

$$\nu < \sqrt{6} - (3 - 1)\cos 60^\circ = 1.4495$$

$$\nu < 3 - (3 - 1)\cos 60^\circ = 2$$

$$\therefore \nu < 1.4495 \quad \therefore \frac{R_4}{R_1} < 1.4495$$

いま,  $\nu = 1.3$  とおけば

$$R_4 = 1.3 R_1, \quad R_4 - R_1 = 10\text{mm}$$

$$\therefore R_1 = 33.3\text{mm}$$

いま,  $R_1 = 30\text{mm}$  とすれば,  $R_4 = 40\text{mm}$

$$\therefore \frac{R_4}{R_1} = 1.333 = \nu$$

$R_1=25mm$  とすれば,  $R_4=35mm$

$$\therefore \frac{R_4}{R_1}=1.4=\nu$$

$\nu=1.4$  の場合, 式(25)より,  $R_3=5mm$

$\nu=1.333$  の場合, 同様にして,  $R_3=12.5mm$

故に  $R_1=25mm$ ,  $R_4=35mm$ ,  $\nu=1.4$ ,  $R_3=5mm$  を選ぶ。

また, 式(26)に  $\lambda=3$ ,  $\alpha=60^\circ$ ,  $\nu=1.4$  を代入すれば

$$\sin r=0.525804$$

$$\therefore r=31^\circ 43' \quad \text{また} \quad \phi+r=51^\circ 43'$$

次に式(20)に  $\lambda=3$ ,  $\sigma_2=5$ ,  $\phi+r=51^\circ 43'$ ,  $\phi=20^\circ$  を代入すれば

$$\rho=1.02694 \quad \text{また} \quad r=25 \times 1.02694=25.67350mm$$

式(9)の第1式に  $\lambda=3$ ,  $\rho=1.02694$ ,  $\phi=20^\circ$ ,  $\theta=51^\circ 43'$  を代入すれば

$$\Delta=0.19263 \quad \text{また} \quad e=25 \times 0.19263=4.81575mm$$

以上のように  $\sigma_2$ ,  $\phi_{max}$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $R_4-R_1$  を与えて  $R_1$ ,  $\nu$ ,  $R_3$ ,  $r$ ,  $e$  が求められるが, このようにして求めた場合,  $e$  すなわち  $\Delta$  の変化によって従動節のリフト  $H$  は  $R_4-R_1$  とはならないので  $H$  を調べて修正する必要がある。

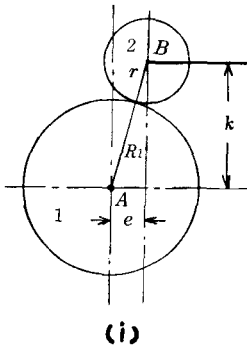


図7 (i) より

$$k=\sqrt{(R_1+r)^2-e^2}$$

図7 (ii) より

$$H+k=\sqrt{(R_4+r)^2-e^2}$$

$$\therefore H=\sqrt{(R_4+r)^2-e^2}-\sqrt{(R_1+r)^2-e^2}$$

$$\therefore \frac{H}{R_1}=\sqrt{(\nu+\rho)^2-\Delta^2}-\sqrt{(1+\rho)^2-\Delta^2} \dots \dots (30)$$

そこで, リフト  $H$  の値を求めると

$$\frac{H}{R_1}=0.40152$$

$$\therefore H=25 \times 0.40152=10.0380mm$$

指定された  $H=10mm$  なる故  $0.038mm$  の誤差を生ずる。この誤差を除くために

$$\frac{H}{R_1}=0.40152, \quad \text{しかるに} \quad H=10mm$$

$$\therefore R_1=\frac{10}{0.40152}=24.90535mm$$

図7 凸面カムにおけるリフト

そこで,  $R_1=24.9054mm$  とすれば,  $\nu=1.4$  から

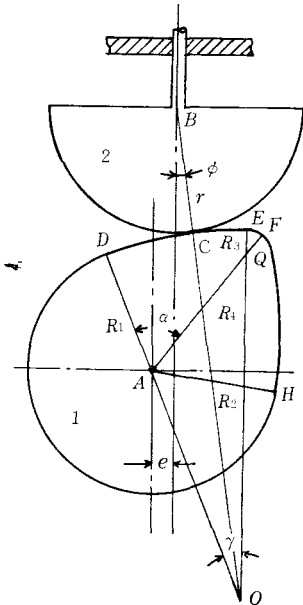


図8 設計されたカム

$$R_4 = 1.4 \times 24.9054 = 34.8676 \text{ mm}$$

$$R_3 = 0.2 \times 24.9054 = 4.98108 \text{ mm}$$

$$r = 1.02694 \times 24.9054 = 25.57635 \text{ mm}$$

$$e = 0.19263 \times 24.9054 = 4.7975 \text{ mm}$$

以上設計されたカムを図8に示す。

## §9 結 言

往復動従動節の円弧カムにおいて、凸面カムの場合が従動節に最も大きい滑り率を与えることがわかったので、凸面カムの場合のみ考察すれば、従動節の円弧半径がカムの大きさに比して小さくなる程従動節の滑り率は大きくなり、同じ大きさのカムにおいて、オフセット量が大きくなる程従動節の滑り率が小さくなることがわかった。そこで、往復動従動節の滑り率を小にするためには従動節の円弧半径をできるだけ大とし、オフセット量をできるだけ大とすればよい。オフセット量を大きくとれば、往き行程における押進め角が小さくなるので、その点からも好都合である。

本研究において、一応最大滑り率、押進め角、カムの作動角、リフトおよびλすなわち  $R_2/R_1$  を指定して、カム装置の各部の寸法とオフセット量を計算することができたが、これらの指定量のうちλ以外はカムの使用条件によって決定され、λのみが適当に選択でき、それは従動節の運動学の研究から選択される。

円弧をもつ揺動従動節の場合は、前報<sup>1)2)</sup>において凸面カム、接線カムいずれの場合も従動節の滑り率が無限大になり得ることを示したので、次報において、平板揺動従動節の場合の滑り率とその対策について研究する。

## 文

## 献

- 1) 糸島寛典：カムの滑り率の研究(第1報)，呉工業高等専門学校研究報告．第1巻第1号，47～58頁，昭和40年12月
- 2) 糸島寛典，里信敏行：カムの滑り率の研究(第2報)，呉工業高等専門学校研究報告．第2巻第1号，75～84頁，昭和41年12月

(昭和42年9月1日受付)

# 円弧カムの研究(第2報)

(凸面カムを持つ往復かたより従動節の場合)

(機械工学科) 糸 島 寛 典

## Studies on Circular Arc Cam (Report 2)

(A Case of the Reciprocating Offset Follower with the Convex Cam)

Hironori ITOSHIMA

In the convex cam with the reciprocating offset follower, the pressure angle and the acceleration of the follower should be as small as possible to obtain a smooth motion.

But if we make them too small, we can't expect a large displacement in the follower. So, when these pressure angle and acceleration are given, the equations which decide the radii and the eccentricities of the convex cam are induced.

Further-more, from these values, the equations which decide the working angle, the offset and the lift of the follower are decided.

Consequently, by specifying properly the working angle, the lift of the follower, the pressure angle and the acceleration, the profile of the desired convex cam and the offset of the follower are decided.

### § 1 緒 言

前報<sup>1)</sup>において、往復かたより従動節をもつ凸面円弧カムの場合に、 $m_1, n_1$ を指定し、従動節の運動の始点における押進め角 $\phi_1$ と始点における従動節の加速度を求め、先端円の終点における従動節の加速度と押進め角を始点のそれに等しいか、より小さくなるように $m_2, n_2$ を決めて、カム装置の設計を行った。

しかしながら、押進め角と加速度は始点と終点のみが問題となるから、 $m_1, n_1$ を指定して加速度を求めるよりも、加速度と押進め角を指定して $m_1, n_1$ を求める方がより好都合なので、本報告においては、始点における押進め角 $\phi_1$ と加速度を指定して、 $m_1, n_1$ を求め、更に終点における押進め角 $\phi_2$ と加速度を指定して、 $m_2, n_2$ を求め、それによりカム装置の設計を行う。

### § 2 記 号

$m_1 = R_1 / e$ ,  $R_1$  = カムの円弧の半径,  $e$  = かたより量

$n_1 = C_1 / e$ ,  $C_1$  = カムの円弧の中心と基礎円の中心までの距離

$m_2 = R_2 / e$ ,  $R_2$  = 先端円の半径

$n_2 = C_2 / e$ ,  $C_2$  = カムの基礎円の中心と先端円の中心までの距離

$\alpha$  = 従動節のリフトに対するカムの回転角, 作動角

$\phi$  = 往復従動節の押進め角

$\phi_1$  = 従動節の始点の押進め角

$\phi_2$  = 従動節の終点の押進め角

$\theta$  = 円弧カムの回転角

$H$  = 従動節のリフト

$a_1$  = 従動節の始点の加速度

$a_2$  = 従動節の終点の加速度

$\omega$  = 円弧カムの角速度

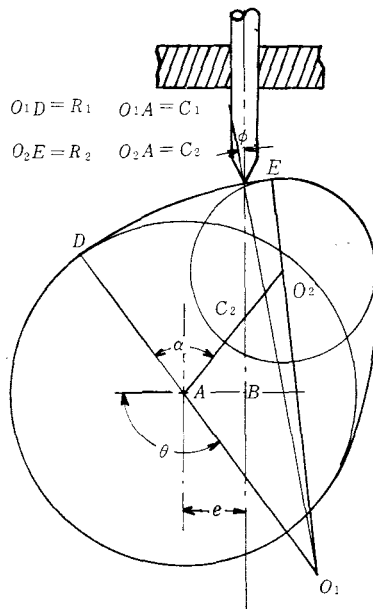


図1 凸面カムの形状

### §3 始点の押進め角と加速度による $m_1$ , $n_1$

始点の押進め角および加速度から  $m_1$  と  $n_1$  を求める。始点の押進め角  $\phi_1$  は前報の式(9)より

$$\sin \phi_1 = 1 / (m_1 - n_1) \dots \dots \dots (1)$$

始点の加速度は前報の式(10)より

$$\frac{a_1 / e}{\omega^2} = \frac{n_1 (m_1 - n_1)^2}{m_1 \sqrt{(m_1 - n_1)^2 - 1}} \dots \dots \dots (2)$$

となる。式(1)をそれぞれ  $m_1$ ,  $n_1$  で表わし, それを式(2)に代入すれば

$$\frac{a_1 / e}{\omega^2} = \frac{m_1 \sin \phi_1 - 1}{m_1 \sin^2 \phi_1 \cdot \cos \phi_1} \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{a_1 / e}{\omega^2} = \frac{n_1}{n_1 \sin \phi_1 \cos \phi_1 + \cos \phi_1} \dots \dots \dots (4)$$

となる。これから  $m_1$ ,  $n_1$  を求めれば次式のようになる。

$$m_1 = \frac{1}{\sin \phi_1 (1 - \frac{a_1 / e}{\omega^2} \sin \phi_1 \cdot \cos \phi_1)} \dots \dots \dots (5)$$

$$n_1 = \frac{\frac{a_1 / e}{\omega^2} \cos \phi_1}{1 - \frac{a_1 / e}{\omega^2} \sin \phi_1 \cdot \cos \phi_1} \dots \dots \dots (6)$$

いま始点の押進め角  $\phi_1$  がある値に指定された場合, 加速度と  $m_1$  との関係性を求め, 加速度を縦軸に,  $m_1$  の値を横軸にとる。式(3)の  $\phi_1$  に  $\phi_1$  がそれぞれ  $20^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $10^\circ$  の場合の  $m_1$  を 1 ~ 20 に変化させたときの始点の加速度  $\frac{a_1 / e}{\omega^2}$  の値を表1と図2に示す。

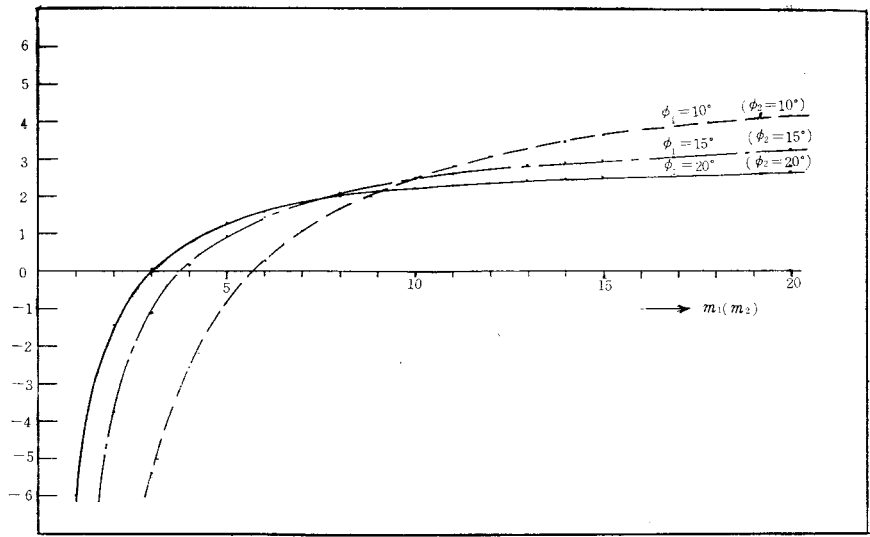


図2  $\phi_1(\phi_2)$ を指定したときの $m_1(m_2)$ と  $\frac{a_1/e}{\omega^2} \left( \frac{a_2/e}{\omega^2} \right)$  との関係

表1  $\phi_1(\phi_2)$ を指定したときの $m_1$ と  $\frac{a_1/e}{\omega^2}$  との関係

$m_1$	$\frac{a_1/e}{\omega^2}$		
	$\phi_1=20^\circ$	$\phi_1=15^\circ$	$\phi_1=10^\circ$
1	-5.99	-11.49	-27.83
2	-1.44	-3.73	-10.99
3	0.08	-1.16	-5.38
4	0.84	0.14	-2.58
5	1.29	0.91	-0.89
6	1.60	1.42	0.23
7	1.81	1.79	1.04
8	1.98	2.07	1.64
9	2.10	2.28	2.11
10	2.20	2.45	2.48
11	2.29	2.60	2.79
12	2.35	2.71	3.04
13	2.41	2.81	3.26
14	2.46	2.90	3.44
15	2.51	2.97	3.60
20	2.66	3.23	4.16

図2から、 $\phi_1$ が $15^\circ \sim 20^\circ$ で $m_1$ が7以上の場合は始点の加速度は $m_1$ の値に余り関係しないことがわかる。

前報の例において、 $\phi_1=14^\circ 29'$ 、 $m_1=10$ 、始点の加速度 $\frac{a_1/e}{\omega^2}=2.4787$ を取り扱ったが、図から $m_1=10$ の場合は $\phi_1=10^\circ$ としても始点の加速度はほぼ同じであることがわかるので、始点の押進め角 $\phi_1$ を $10^\circ$ に取れば $m_1$ の減少により、急激に始点の加速度が減少することがわかるので、 $\frac{a_1/e}{\omega^2}=1$ とするためには、 $\phi_1=10^\circ$ 、 $m_1=7$ を取ればよい。ただし $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ を小さくするために $\phi_1$ を小さくしてもその結果 $e$ が増大するならば実際の始点の加速度 $a_1/\omega^2$ が減少するとは限らない。

次に式(4)より $\phi_1$ がそれぞれ $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ の場合の $n_1=1 \sim 20$ に変化させたときの始点の加速度 $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ の値を表2と図3に示す。

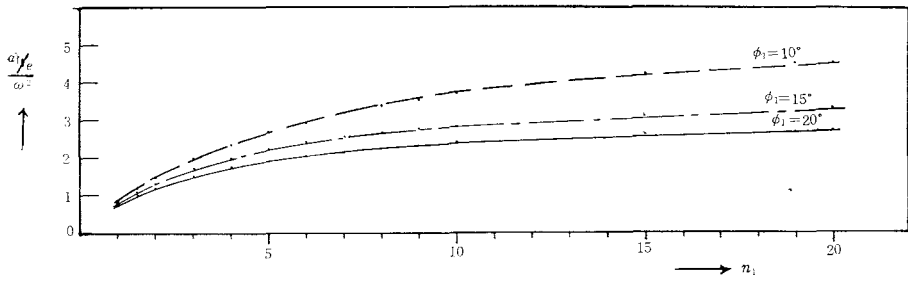


図3  $\phi_1$ を指定したときの $n_1$ と $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ との関係

表2  $\phi_1$ を指定したときの $n_1$ と $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ との関係

$n_1$	$\frac{a_1/e}{\omega^2}$		
	$\phi_1=20^\circ$	$\phi_1=15^\circ$	$\phi_1=10^\circ$
1	0.79	0.82	0.87
1.5	1.06	1.12	1.21
2	1.26	1.36	1.51
3	1.58	1.75	2.00
4	1.80	2.04	2.40
5	1.96	2.26	2.72
6	2.09	2.43	2.98
7	2.20	2.58	3.21
8	2.28	2.70	3.40
9	2.35	2.80	3.57
10	2.41	2.89	3.71
15	2.60	3.18	4.23
20	2.72	3.53	4.54

図3から、明らかなように、押進め角 $\phi_1$ が小さくなる程、始点の加速度は上昇するが、 $\phi_1$ が指定された場合、始点の加速度は $n_1$ には余り関係しない。ゆえに始点の加速度を小さくするためには、 $\phi_1$ を大きくすればよい。

前報の例では、 $\phi_1=14^\circ 29'$ 、 $n_1=6$ 、 $\frac{a_1/e}{\omega^2}=2.4787$ の場合を用いたが、 $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ をほぼ1に近くすれば、 $n_1=1\sim 1.5$ となり $\phi_1$ には余り関係しないことがわかる。

#### §4 終点の押進め角と加速度による $m_2$ 、 $n_2$

終点の押進め角と加速度から $m_2$ と $n_2$ を求める。終点の押進め角は前報の式(10)より

$$\sin \phi_2 = 1 / (m_2 + n_2) \quad (7)$$

終点の加速度は前報の式(17)より

$$\frac{a_2/e}{\omega^2} = -\frac{n_2(m_2 + n_2)^2}{m_2 \sqrt{(m_2 + n_2)^2 - 1}} \quad (8)$$

となるので、これら両式より $m_2$ 、 $n_2$ を求めれば

$$m_2 = \frac{1}{\sin \phi_2 \left( 1 - \frac{a_2/e}{\omega^2} \sin \phi_2 \cos \phi_2 \right)} \quad (9)$$

$$n_2 = \frac{\frac{a_2/e}{\omega^2} \cos \phi_2}{\frac{a_2/e}{\omega^2} \sin \phi_2 \cos \phi_2 - 1} \quad (10)$$

となり、式(5)と式(9)の右辺の形が同様であるので、終点の押進め角 $\phi_2$ が指定されたときの $m_2$ と $\frac{a_2/e}{\omega^2}$ の関係は、始点の場合と同じになり表1に示された $m_1$ を $m_2$ に、 $\phi_1$ を $\phi_2$ に、 $\frac{a_1/e}{\omega^2}$ を $\frac{a_2/e}{\omega^2}$ に置き換

えればよいので、図2をこの場合に適用することができる。

図2から明らかなように、 $m_2$ が5以下の場合、終点の押進め角 $\phi_2$ が小さくなる程、終点の加速度は急激に逆方向へ増大する。例えば、前報において、 $m_2=2.063$ 、 $\phi_2=11^\circ 23'$ の場合 $\frac{a_2/e}{\omega^2}=-7.5112$ と非常に大きいので、 $m_2=3.061$ 、 $\phi_2=12^\circ 23'$ とした場合、 $\frac{a_2/e}{\omega^2}=-2.4168$ となった。

図から、 $\left|\frac{a_2/e}{\omega^2}\right|$ を1以下にするためには、 $\phi_2$ が $10^\circ$ の場合は $m_2$ を約5以上、 $\phi_2$ が $15^\circ$ の場合は $m_2$ を約3以上にしなければならない。

次に $\phi_2$ がそれぞれ $20^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $10^\circ$ の場合 $n_2=0.5\sim 10$ の場合の $\frac{a_2/e}{\omega^2}$ を式(10)から計算したものを表3と図4に示す。

表3  $\phi_2$ を指定したときの $n_2$ と $\frac{a_2/e}{\omega^2}$ との関係

$n_2$	$\frac{a_2/e}{\omega^2}$		
	$\phi_2=20^\circ$	$\phi_2=15^\circ$	$\phi_2=10^\circ$
0.5	-0.64	-0.60	-0.56
1	-1.62	-1.39	-1.23
1.5	-3.28	-2.54	-2.06
2	-6.74	-4.29	-3.12
3	122.95	-10.39	-6.37
4	11.57	117.50	-13.29
5	7.49	17.60	-38.45
6	6.07	11.11	146.90
7	5.34	8.94	32.90
8	4.90	7.74	20.85
9	4.61	7.01	16.22
10	4.40	6.52	13.80

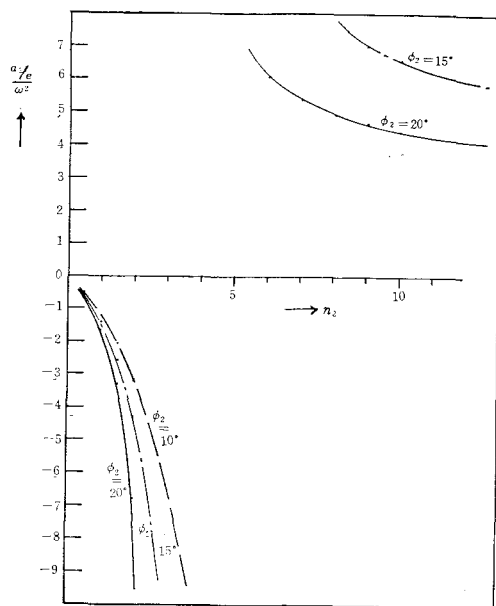


図4  $\phi_2$ を指定したときの $n_2$ と $\frac{a_2/e}{\omega^2}$ との関係

図4から明らかなように、 $n_2$ が4以下の場合 $\phi_2$ が指定されるとき、 $n_2$ の僅かな変化によって終点の加速度は非常に急激に変化する。例えば前報で $n_2=3$ 、 $\phi_2=11^\circ 23'$ のとき $\frac{a_2/e}{\omega^2}=-7.5112$ でこれは非常に大きな値であるので、 $n_2=1.6$ 、 $\phi_2=12^\circ 23'$ とすると、 $\frac{a_2/e}{\omega^2}=-2.4168$ となった。

もし、 $\frac{a_2/e}{\omega^2}=-1$ とするためには、 $\phi_2=10^\circ$ のとき $n_2=0.8$   $\phi_2=20^\circ$ のとき $n_2=0.65$ となるので、終点の加速度をできるだけ小さくするためには、 $\phi_2$ をできるだけ小さくする必要がある。これは $n_2$ を大きくして従動節のリフトを増す意味がある。

## §5 押進め角が零になる点の加速度

前報において明らかにされたように、カムの始点における押進め角が最大であって、カムが回転するにつれ押進め角が減少して零になり、押進め角は負になるが、場合によっては零になる前に先端円と接触して増加する。加速度の方は減少しその後漸増し、押進め角が負の最大値を取ったとき、加速度は最大となる場合もある。そして先端円に入ると急に負となるのでそのときの加速度を始点の加速度と余り変わらないようにするために、押進め角が零の場合の加速度をできるだけ小にするため、押進め角が零になる点の加速度を求める。

前報の式(18)より

$$\frac{a/e}{\omega^2} = \sqrt{n_1^2 - 1} - \frac{n_1^2 - 1}{m_1} \dots\dots\dots (11)$$

である。しかるに式(1)より  $n_1 = m_1 - 1/\sin\phi_1$  であるのでこれを式(11)に代入して整理すれば、次式を得る。

$$\frac{a/e}{\omega^2} = \frac{\sqrt{\sin^2\phi_1(m_1^2 - 1) - 2m_1\sin\phi_1 + 1}}{\sin\phi_1} - \frac{\sin^2\phi_1(m_1^2 - 1) - 2m_1\sin\phi_1 + 1}{m_1\sin\phi_1} \dots\dots (12)$$

あるいは

$$\frac{a/e}{\omega^2} = \sqrt{n_1^2 - 1} - \frac{(n_1^2 - 1) \cdot \sin\phi_1}{n_1\sin\phi_1 + 1} \dots\dots\dots (13)$$

式(12)から  $\phi_1 = 20^\circ, 15^\circ, 10^\circ$  の場合,  $m_1 = 1 \sim 20$  を与えて  $\frac{a/e}{\omega^2}$  を求めたものを表4と図5に示す。

表4 押進め角が零になる点での  $\phi_1$  を指定したときの  $m_1$  と  $\frac{a/e}{\omega^2}$  との関係

$m_1$	$\frac{a/e}{\omega^2}$		
	$\phi_1 = 20^\circ$	$\phi_1 = 15^\circ$	$\phi_1 = 10^\circ$
1	-1.06	-4.53	-17.05
2	—	0.31	-2.94
3	—	—	0.32
4	0.34	—	0.91
5	1.15	0.48	—
6	1.25	1.26	—
7	1.72	1.72	0.67
8	1.83	1.99	1.52
9	2.00	2.20	1.99
10	2.08	2.36	2.39
15	2.36	2.87	3.53
20	2.52	3.10	4.08

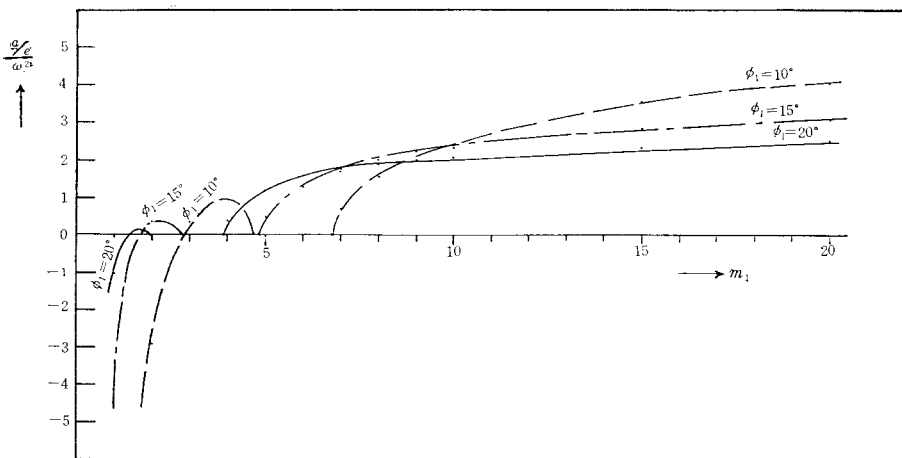


図5 押進め角が零になる点での  $\phi_1$  を指定したときの  $m_1$  と  $\frac{a/e}{\omega^2}$  との関係

次に、式(13)から  $\phi_1=20^\circ, 15^\circ, 10^\circ$  の場合、 $n_1=1\sim 20$  を与えて  $\frac{a/e}{\omega^2}$  を求め、これを表5と図6に示す。

表5 押進め角が零になる点での  $\phi_1$  を指定したときの  $n_1$  と  $\frac{a/e}{\omega^2}$  との関係

$n_1$	$\frac{a/e}{\omega^2}$		
	$\phi_1=20^\circ$	$\phi_1=15^\circ$	$\phi_1=10^\circ$
1	0	0	0
1.5	0.84	0.89	0.95
2	1.12	1.22	1.34
3	1.48	1.66	1.92
4	1.70	1.96	2.33
5	1.87	2.19	2.67
6	2.00	2.37	2.94
7	2.09	2.51	3.17
8	2.17	2.63	3.36
9	2.23	2.72	3.52
10	2.29	2.81	3.67
15	2.47	3.10	4.18
20	2.58	3.26	4.49

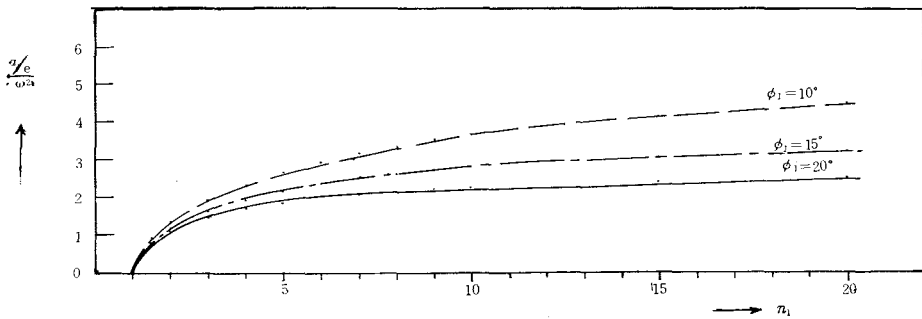


図6 押進め角が零になる点での  $\phi_1$  を指定したときの  $n_1$  と  $\frac{a/e}{\omega^2}$  との関係

ここで、押進め角が零の場合の加速度がある値を持つためには、式(12)および(13)の平方根の中が正又は0でなければならない。そこでこの条件を満足する  $m_1$  を求めれば次のようになる。

$$m_1 \leq -1 + 1/\sin \phi_1, \quad 1 + 1/\sin \phi_1 \leq m_1$$

上式を満足しない  $m_1$  の値すなわち

$-1 + 1/\sin \phi_1 < m_1 < 1 + 1/\sin \phi_1$  のときはカムが回転するにもかかわらず押進め角が零にならない場合で、 $\phi_1=20^\circ, 15^\circ, 10^\circ$  の場合のそれぞれの  $m_1$  の範囲を次に求めこれらを図5に示す。

$$\phi_1=20^\circ \text{ のとき} \quad 1.92 < m_1 < 3.92$$

$$\phi_1=15^\circ \text{ のとき} \quad 2.86 < m_1 < 4.86$$

$$\phi_1=10^\circ \text{ のとき} \quad 4.76 < m_1 < 6.76$$

同様に、 $0 < n_1 < 1$  のときも押進め角が零にならない。



$$\epsilon - \delta = 180^\circ - \theta \quad \text{従って} \quad \theta = 180^\circ + \delta - \epsilon \dots\dots\dots (17)$$

これらの式に,  $m_1=6.947$ ,  $m_2=5.211$ ,  $n_1=1.188$ ,  $n_2=0.848$  および  $\alpha=64^\circ$  を代入し計算すると  $\theta=111^\circ 22'$  が得られる。従ってこの点での加速度  $\frac{a/e}{\omega^2}$  は前報の式(3)より  $\frac{a/e}{\omega^2}=0.893$  を得る。

又その時の押進め角  $\phi$  は前報の式(7)あるいは式(8)より  $\sin \phi = 0.08164$  すなわち  $\phi = 4^\circ 41'$  となる。

円弧カムの従動節のリフトは前報の式(4)で次のように与えられている。

$$H/e = \sqrt{(m_2 + n_2)^2 - 1} - \sqrt{(m_1 - n_1)^2 - 1} \dots\dots\dots (18)$$

上式に,  $m_1=6.497$ ,  $n_1=1.188$ ,  $m_2=5.211$  および  $n_2=0.848$  を代入し  $H/e$  を求めると  $H/e=0.305$  をうる。

これらの円弧カムで従動節のリフト  $H$  を  $10\text{mm}$  とする円弧カムを設計する。

$$H/e = 0.305 \text{ であるから} \quad e = 10/0.305 = 32.78\text{mm}$$

$$\text{従って} \quad R_1 = m_1 \times e = 6.947 \times 32.78 = 227.72\text{mm}$$

$$R_2 = m_2 \times e = 5.211 \times 32.78 = 170.82\text{mm}$$

$$C_1 = n_1 \times e = 1.188 \times 32.78 = 38.94\text{mm}$$

$$C_2 = n_2 \times e = 0.848 \times 32.78 = 27.80\text{mm}$$

$$\alpha = 64^\circ$$

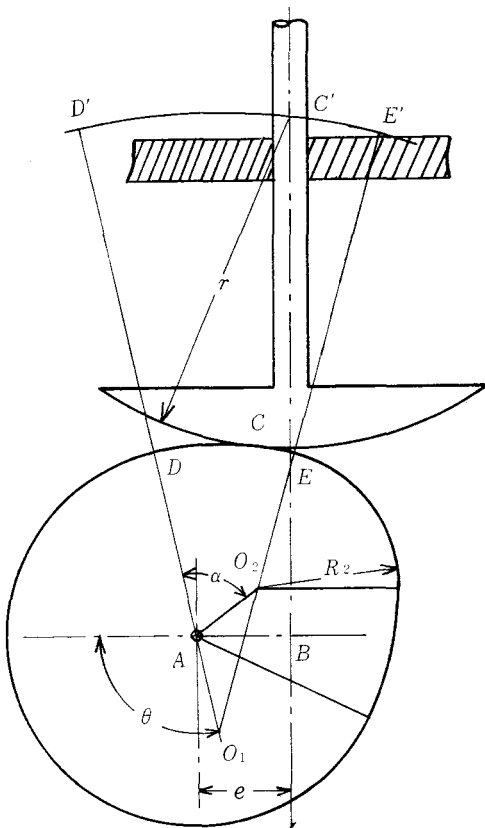


図8 設計された円弧カム

従動節の先を円板にしたきのこ形従動節を使用し, この半径を  $120\text{mm}$  とした円弧カムを図8に示す。

次に, 往き行程中の最大加速度は始点および終点で生じ, その加速度は  $\frac{a/e}{\omega^2} = 1$  である。

$$\frac{a/e}{\omega^2} = 1$$

$$\therefore a = 1 \times e \times \omega^2 = 32.78 \times \omega^2$$

従動節が重力でカムに押しつけられるには  $a < g$  でなければならない。

$$\therefore \omega^2 < 9800/32.78 = 298.9629$$

回転数を  $n$  とすると

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \times \sqrt{298.9629}}{3.14} = 134.76$$

$$\therefore n = 134\text{r. p. m.}$$

## §7 結 言

前報のカムの場合, 始点の押進め角  $\phi_1=14^\circ 29'$ , 終点の押進め角  $\phi_2=12^\circ 23'$ ,  $e=12.690\text{mm}$ , 始点の加速度  $a_1=2.4787 \times 12.690 \times \omega^2 = 31.455 \omega^2$ , 本報のカムの場合, 押進め角  $\phi_1=10^\circ$ ,  $\phi_2=9^\circ 30'$ ,  $e=32.78\text{mm}$ , 始点の加速度  $a_1=32.78 \omega^2$  となり,  $\phi_1$  を小さくすること

とは押進め角を減少させ従動節に滑らかな運動を与えることにはなるが, 始点の加速度がわずかに増加

することがわかった。

次報において、接線カムを持つ往復かたより従動節について調べてみたい。

## 文 献

- 1) 糸島寛典, 西本進, 井山英男: 円弧カムの研究(第1報), 呉工業高等専門学校研究報告, 第2巻, 第1号  
67~74頁 昭和41年12月

(昭和42年9月1日受付)

# 小型船の抵抗推定についての考察

(機械工学科) 二井内 信 司

## Investigation on Resistance Estimation of Small Ships

Nobushi NIINAI

In the calculation of powering of ships, there is little difference between calculation and measurement of a real ship in case of large ships.

We often experience that we can get almost the same result from the two ways when we apply the chart of Taylor to large warships, but that we cannot in case of ships.

So the author examined from every point, whether this depends upon the difference of ratio of principal dimension of large ships and small ships, or upon the difference of estimate of frictional resistance of the two, and found out its causes.

### § 1 緒 言

大型船の馬力計算はよく実船のものと一致し、小型船では可成り食違ってくるということは我々が屢々経験することであるが、この事に関しては、かつて谷口氏の論文があった。しかし何故に大型船に適合する Froude の式が小型船にあてはまらないのか。同じような経験をもつ者にとっては、よく一致しさえすればよいというものではなく、さらに何故にそうなるのか突込んだ解答を欲するものである。まず形の差、即ち船の主要寸法比の差ではないかという事が考えられる。小型船は大型船程水槽試験の対象になって居らず大型船の資料を基にして推定をしている場合が多いわけであるが、例えば同じ prismatic coefficient を持っていても幅の広いものは水切角が違い、又船の周囲の水の流路の長さが異なり、それだけは船の見掛の速度より速い事になり抵抗も増加し、負圧のための船体の沈下、又 Reynolds number も増加することになると考えられるからである。

### § 2 大型船と小型船の長幅比の差について

大型船と小型船の形の差を決定し、抵抗に最も影響のある長幅比にどの位の差があるかを調べて見よう。手許にある資料の内種類の違うものを若干ずつ置点したものが図 1 である。

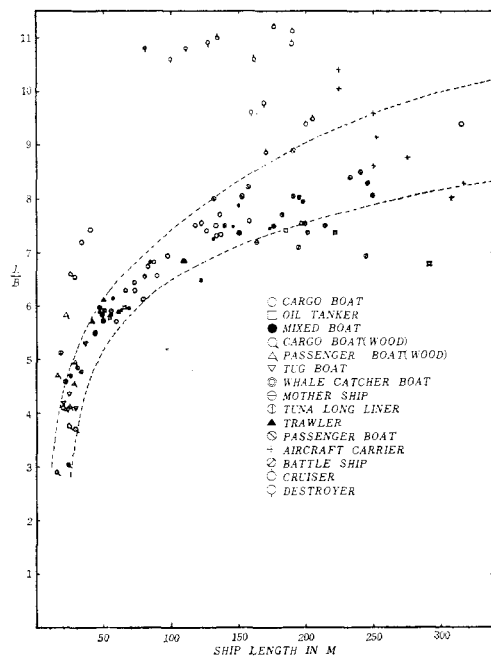


図 1 船長と長幅比の関係

これを見ると船長の長いもの程長幅比が大になっていることがわかる。大型船は殆ど7~8の長幅比を持ち、30m以下の船は殆ど3~5の長幅比を持つことである。50~70mの船は5~7というように大型船と小型船とは船形が相似ではないのである。船は長い程造波抵抗が少ないという常識からすると小型船は当然低速船の筈である。ところが図には煩雑になるので記入しなかったが、長幅比4~5の船で速長比1.2を超えるいわゆる高速船が沢山あるのである。上下の点線に囲まれた部分に殆どの経済的船舶は入るのであり、上部の曲線は大体速長比1.2、下部の曲線は速長比0.8に相当する速力を経済的に出せるものである。

上部の曲線より上に点在するものは航空母艦・巡洋艦・駆逐艦の如き経済性を無視した船舶である。下の曲線より下にあるものは箱の如き油槽船及び巨大な bulbous bow を付して 特定の速力範囲だけ経済的に走るようにして特に船長を短くしたものである。小型船では長幅比が小であるから、山根博士の研究にある如く Minimum Reynolds number が小であるから、抵抗測定上からは寧ろ有利である筈である。Michell や Havelock の造波抵抗理論によると、造波抵抗は大体  $B^2$  ( $B$  は船幅) に比例することになる。故に長幅比の小さいということは、此の理論によれば造波抵抗の増加を意味する。

Michell や Havelock の造波抵抗理論には、長さに対して幅が小さいという仮定が入っている。そのときには  $B^2$  に比例するわけであるが、このように幅の広い船には適用出来ないのではあるまいか。それでなければ此等小型船の速長比1.2の速力は非常に経済性を無視したものとなるからである。乾博士は Havelock 流に船体を equivalent source に置換えて幅の広い船の造波抵抗理論を導き出した。それによると Froude number 0.32~0.33 位の処で  $B^n$  の  $n$  が2より小さい値から2より大きくなり Froude number が更に大きくなる

と次第に2に近ずいている。

しかも 0.32~0.33 の少し前では1より小さい範囲さえあるのである。しかも幅の広いもの程その傾向が大であるという常識を離れたような結果が出ている。今我々が問題にしているのは幅の広い(長さに対して)船の事であるから、幅の広い船でも抵抗が少い範囲があるという事になる訳である。乾博士の理論は無限の吃水をもつ二次元のものであるから、有限な吃水をもつ船の場合とは多少違うであろうが、そういう傾向はあるに違いあるまい。実験によって確めるべきであるが、実験をしなくても確めることが出来ないことはない。それは過去の権威ある研究者の実験を解析し直して果してそうなるかを見ればよい訳である。次にそれをやって見よう。

### § 3 Taylor の chart の解析

D. W. Taylor の residual resistance の chart は各  $V/\sqrt{L}$  毎に横軸に longitudinal coefficient を取り、縦軸に displacement length ratio  $\Delta / \left(\frac{L}{100}\right)^3$  を取って居り、排水量の ton 当りの residual resistance を pounds で表している。Taylor の実験した模型の Midship coefficient は0.926であるから、

$$\frac{\Delta}{\left(\frac{L}{100}\right)^3} = \frac{L B d C_b}{36 \left(\frac{L}{100}\right)^3}$$

$$\frac{B}{d} = 2.25 \text{ の場合}$$

$$\left( \frac{B}{d} = 3.75 \text{ の場合も同様} \right)$$

$$d = \frac{B}{2.25}$$

$$C_b = C_m \cdot C_p$$

$$\frac{B^2}{L^2} = \frac{\Delta}{\left(\frac{L}{100}\right)^3} \cdot \frac{36}{100^3 \times 0.416 \times C_p}$$

これから  $L/B$  が出て来る。

$\Delta$  : 排水量 ton

$L$  : 船 長 ft

$B$  : 船 幅 ft

$d$  : 吃 水 ft

$C_b$  : 方形肥瘠係数

$C_p$  : 柱形肥瘠係数

$C_m$  : 中央横断肥瘠係数

この  $L/B$  の値を chart に記入し  $L/B$  値一定の線を入れる。(図2) この等  $L/B$  値線を透明紙に記入し chart の上に当てがうと, chart だけを見ていたのでは解りにくいことが色々と明らかになって来る。 $L/B$  の小さいものも  $L/B$  の大きいものと同じ residual resistance の範囲も直ちに解る。 $C_p$  を一定にして  $L/B$  が5の場合及び  $L/B$  が10の場合の

$$\frac{R + \Delta R}{R} = \left( \frac{B + \Delta B}{B} \right)^n$$

$R$  : residual resistance

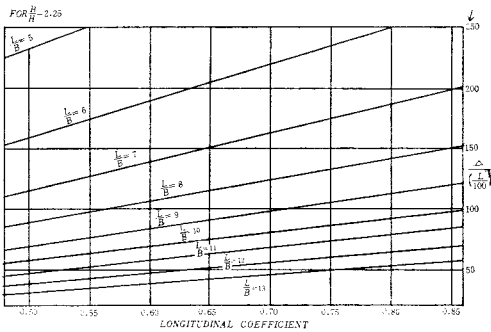


図2  $C_p$  と  $\frac{4}{\left(\frac{L}{100}\right)^3}$  と  $\frac{L}{B}$  との関係

の  $n$  の値を求めたものが図3である。

これを見ると数学式で求めたものでないから多少不規則ではあるが,  $n$  が1より小さくなるような領域がかなりあるようである。 $n$  が1より小さいということは幅が増すことによって ton 当りの抵抗

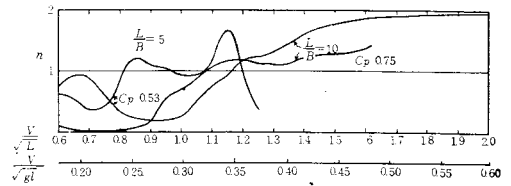


図3  $\frac{V}{\sqrt{L}}$  に対する  $n$  の値

が減少することである。

Taylor の chart は軍艦型のものであるから軍艦以外のものをあてがうと多少の違いは当然であろうが, 縮率からいえば小型船だからといって模型も小さくするわけではないから, 同じ 6 m の模型であれば小型船の方が有利である筈であり, chart にもそういう小型船の主要寸法比に相当する部分も相当含まれているし, 実船の方が常に高く出て来る点から見て  $L/B$  が小さいからでも, 外挿による誤差からでもなく, かなりの開きはその主たる原因を摩擦抵抗に求むべきであろう。しからば大型船では差違が少なく小型船では大きいのは何故であろう。

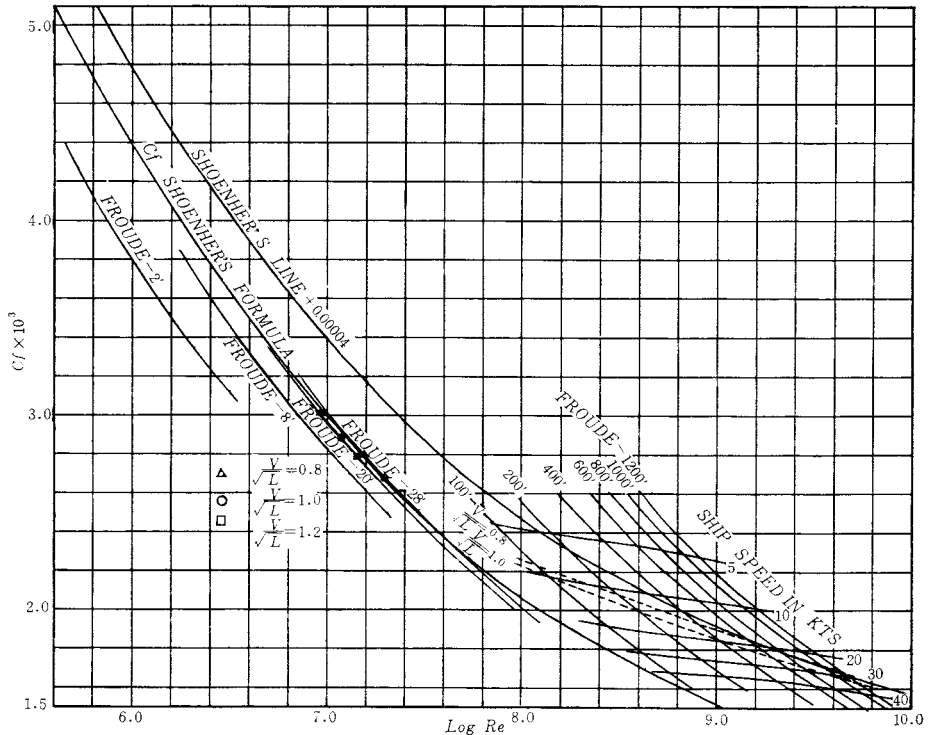


図4 Froude と Shoenherr との摩擦係数の比較

#### § 4 摩擦抵抗の誤差について

図4を見ると模型の長さ 20 ft (約 6.1 m) に当る Froude の式より算出した  $C_f$  の曲線は Shoenherr の式の曲線にその実用速度附近で非常に接近しているのは誠に不思議である。Shoenherr の式は von Karman の理論式から来ているもので多数の実験の平均値を示すものである。Prandtl-Schlichting の式と数値的には殆ど変らない。

この曲線は Froude の 20 ft と 28 ft の曲線の間を通過して居り、他の長さの曲線は此の Shoenherr の曲線から離れている。大型船の 1000 ft 前後の船は丁度 Shoenherr (Prandtl-Schlichting) の曲線に粗度の修正量 0.0004 を加えた曲線上をその船の丁度経済速力附近で偶然にも通過して居るのである。図には船長に対してその船の速長比 0.8 及び 1.0 の点をつらねたものを点線で示しておいた。600 ft 以上の船では重なっていることがわかる。100 ft, 200 ft の船ではかなり離れていて大型船ではよく一致し、小型船では低く出る理由の大きなものがこれであることがよくわかる。W. Froude は最長 50 ft 最大速度 600 ft/min で曳いただけで、それ以上は減少率から推測して出しただけで 100 ft 12 kt 位の小型船では相当違って来るのも無理はないわけである。

模型の方も Prandtl-Schlichting の式でやるべきであるが Froude の式も 20 ft 附近では余り違わないという偶然がかつての模型試験を支えていたようで、模型の長さは 6 m 以上 (6 m より大であることは経済的に不合理であり、Froude の式を使えば余り大きいものはやはり誤差が出て来る) というのは Froude の式を使うかぎり此の点にある訳である。図から見ると小型の模型では摩擦抵抗を過小に見積ることになり修正をすればよいとも考えられるが、fine な船では遷移状態になっていることもあり確実な見積りは困難となる。

#### § 5 結 論

大型船では実船測定と馬力計算がよく一致し小型船では一致しない理由がわかった。今までのようによく一致するから使うというのではなく、何故一方が一致し、他方が一致しないかの理由を把握して居りさえすれば、以後は自信を持って小型船の馬力計算をすることが出来る。たゞ表面の違う船に対してその粗度を見積るための資料を用意することが必要である。しかし普通は滑かな塗料を塗った新しい表面では +0.0004 で適当なようである。結言すれば模型が 6 m から 8 m 位のものであれば

$$\text{Froude の式 } C_f = \frac{f \{ 1 + 0.0043(15 - t) \}}{\frac{\rho}{2} V^{0.175}},$$

$$f = 0.392 + \frac{0.258}{2.68 + LW.L.}$$

$$\left( C_f = \frac{Rf}{\frac{\rho}{2} S V^2} \right) \quad [Kg, m, sec \text{ } C^\circ \text{ 単位}]$$

Karman-Schoenherr の式

$$1/\sqrt{C_f} = 4.13 \log_{10} (Re C_f)$$

Prandtl-Schlichting の式

$$C_f = 0.455 (\log_{10} Re)^{-2.58}$$

のいずれを使ってもよい。実船には Froude の式は使えない。後の二式に粗度修正をして使えばよい。

#### 文 献

- 1) J. H. Michell : The wave resistance of a ship  
Phil. Mag. Vol. 45 (1898)
- 2) T. H. Havelock : The theory of wave resistance  
Proc. Roy. Soc. Vol. 138 (1932)
- 3) D. W. Taylor : Speed and Power of ship
- 4) 山県昌夫 : 抵抗測定試験に対する最小レイノルズ数  
船舶試験所研究報告第五号
- 5) 乾崇夫 : 正しい船型条件に拠る造波抵抗理論の新展開  
造船協会展論文集85号
- 6) F. H. Todd : Skin Friction Resistance and the  
Effect of Surface Roughness, (1951)

(昭和42年9月1日受付)

# ディーゼル機関の熱帯地特性に関する研究

(機械工学科) 久保田 勲

## Studies on the Characteristics of Diesel Electric Locomotives in the Tropics

Isao KUBOTA

As the most basic conditions on which the characteristics of the diesel engine for locomotives depend, first of all, the altitude and the atmospheric temperature are taken into consideration in planning.

In practice, however, the functions of locomotives are influenced by many other factors as well as the above-mentioned two, and it is often impossible to expect what kind of change they give to the engine characteristics.

Lately we have experienced various unexpected troubles on the Diesel Electric Locomotive (DEL) manufactured by H Company in Japan which were supplied to the T National Railways.

Here, I report on the details of the on-the-spot experiments made on the DELs in order to solve the problems.

### § 1 緒 言

車輛用ディーゼル機関の性能を決定する最も基本的な条件として、まづ標高および大気温度が設計的に選ばれるが、実車の性能はこの2条件以外の多数の要因によって支配され、またそれ等が如何なる形で性能変化として表われて来るかは予測のつかない場合が多い。

偶々、T国国鉄に初めて納入されたH社製ディーゼル機関車(DEL)で思いがけない種々の事故が発生し、その解決の為現地に赴き、各種の実車実験を行ったので、その結果の一端を取りまとめ報告する。

### § 2 納入車の概要

納入車の概要は次のとおりである。

#### 1. 納入数量

納入数量は12輛で、各車輛にはR1, R2, R3, ……R12と一貫番号の号機名を付した。但しR4, R12は予備車である。

#### 2. 型式並びに構造

本車輛はD国M社と日本のH社との技術提携により開発した、排気タービン式過給機付きディーゼル機関1基を塔載し、これをもって直流発電機を駆動すると共に直流電動機を回し、これを車輪に伝達して走行するもので、表1にその主要目を示し、図1に各機器の配置を示す。

表1 D E L 主 要 諸 元

ディーゼル機関		車体及び電気機室	
項 目	内 容	項 目	内 容
型 式	V型, 12シリンダー, 水冷, 4サイクル, 排気タービン式過給機及び中間冷却器付き	ゲ ー ジ	1067mm
ボア×ストローク	220φmm×300mm	総 重 量	72tan (機関共)
連 続 定 格	1420PS×900r.p.m.	発 電 機	直流発電機 900KWH
1 時 間 定 格	1560PS×1000r.p.m.	制 禦 方 式	H社式電気制御
圧 縮 比	15.7		
爆 発 圧 力	80kg/cm <sup>2</sup>		

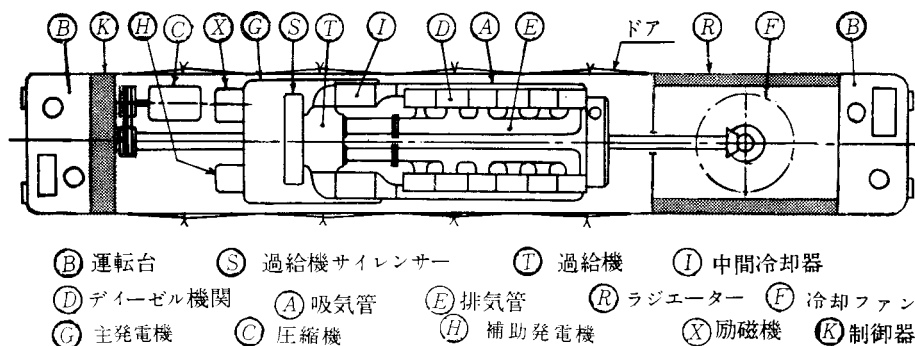


図1 D E L の 機 器 配 置

### 3. 走行条件

昭和35年9月より営業運転に入り, 全車がT国  
国鉄の南北縦貫線約 440km の往復仕業に投入さ  
れ, 90%という高稼働率の全力走行を開始した。

標高は特に問題はないが, 気温は日本よりも高  
く, 北部に於ける夏期日中気温は平均 37°C とみ  
てよく, 南部では更に若干高くなる。

#### § 3 性能変化の状況

上記条件にて走行を開始し, 当初は本質的な事  
故は皆無で極めて順調であったが, 約1カ年を経  
過した頃から, Cylinder head の亀裂, Exhaust  
valve の破損, Supercharger 軸受の焼損, おなじ  
く Stator blade の変形等々, 何れも 熱応力に基  
くものと思われる事故が続発し始めると共に, 機  
関出力が漸次低下し, 連続定格保証値を下まわる  
という現象が全号機に発生し始めた。

これは機関の老化による自然的な出力低下では

なく, 明らかに何等かの有意的な原因に基くもの  
である。

機関出力を限定する条件の一つに過給機入口の  
排気温度があり, これが一定の許容値を超えら  
れ, 熱応力のため, 過給機その他の損傷事故を起  
す結果になる。

38年迄の各号機の現地T工場に於ける出力試験  
data の中, 排気温度関係のみを取りまとめると  
表2のとおりであるが, 各号機の調整出力にバラ  
ッキがあるので, このままでは推移の比較検討は  
不可能である。

しかし, 排気温度  $T$  は出力  $P$  の関数であり, こ  
の関数の形は, 一般には, ある温度範囲内では近  
似的に直線と見做され, 本H社機関においても,  
新製時の出力特性曲線は, 図2に見られるよう  
に, 1400PS 近辺では

$$T = P \cdot \tan \theta$$

表2 排気温度記録

号機	年一月	修繕別	回 転	出 力	排 気 温 度 (°C)			排気温換算値 (°C)			排気温上昇値 (°C)		
			r. p. m.	KW	A	B	C	A	B	C	A	B	C
R 1	34-5	㊦	900	900	418	507	515	418	507	515			
	38-5	②	900	830	438	551	585	455	568	602	37	61	87
R 2	34-4	㊦	900	900	406	480	500	406	480	500			
	36-12	①	880	915	—	478	—	—	474	—	—	-6	—
	38-2	②	880	870	374	—	—	381	—	—	-25	—	—
R 3	34-6	㊦	900	900	416	535	—	416	535	—			
	37-5	①	870	770	422	517	—	454	549	—	38	14	—
	38-7	②	895	870	423	—	—	430	—	—	14	—	—
R 5	34-6	㊦	900	900	410	535	540	410	535	540			
	38-1	②	880	800	428	—	—	452	—	—	42	—	—
R 6	34-6	㊦	900	900	414	531	547	414	531	547			
R 7	34-6	㊦	900	900	417	536	550	417	536	550			
	36-9	②	870	852	418	—	—	430	—	—	13	—	—
R 8	34-6	㊦	900	900	414	530	535	414	530	535			
	36-9	①	890	826	391	—	—	409	—	—	-5	—	—
R 9	34-6	㊦	900	900	409	522	—	409	522	—			
	38-4	②	830	824	401	—	—	419	—	—	10	—	—
R 10	34-6	㊦	900	900	408	503	510	408	503	510			
	37-11	②	880	805	414	—	—	437	—	—	29	—	—
R 11	34-4	㊦	900	900	416	500	—	416	500	—			
	38-3	②	880	734	418	—	—	458	—	—	42	—	—
R 1	38-6	㊦	—	812	425	510	520	445	530	540	27	23	25
	38-7	㊦	880	851	418	545	580	430	557	592	12	50	77
R 5	38-6	㊦	900	835	442	—	—	458	—	—	48	—	—
R 11	38-6	㊦	900	841	415	—	—	429	—	—	13	—	—
R 7	38-7	⑥	900	840	436	559	590	451	574	605	34	38	55
R 3	38-8	㊦	895	840	426	556	—	441	571	—	25	36	—
R 10	38-9	⑥	880	855	490	548	560	501	559	571	93	56	61
R 8	38-10	⑥	880	845	413	—	—	427	—	—	13	—	—
R 2	38-10	㊦	930	840	411	—	—	426	—	—	20	—	—
R 6	38-11	⑥	900	870	427	539	565	434	546	572	20	15	25
R 9	38-12	⑥	890	814	392	510	550	413	531	571	4	9	—

A : シリンダー出口  
 B : 過給機入口 (平均)  
 C : 過給機入口 (最高)

㊦ : 新製時  
 ① : 1年検査  
 ② : 2年検査

⑥ : 6ヶ月検査  
 ㊦ : 臨時検査

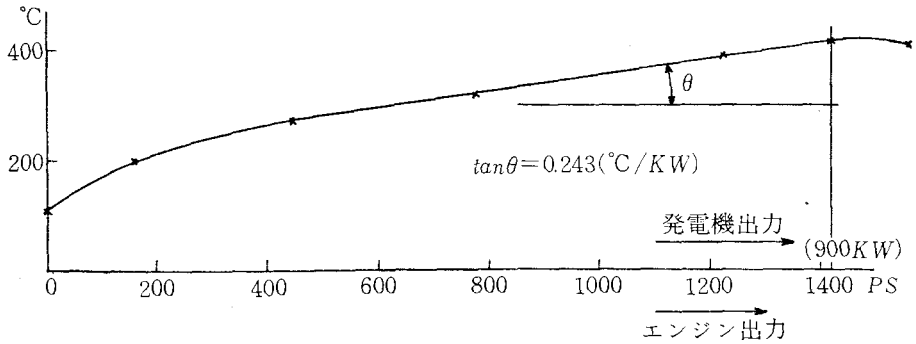


図2 出力ー排気温度曲線

なる直線に近似出来るとして、表2の data を発電機出力 900 KW（この時の機関出力が連続定格 1420 PS となる）の時の値に換算して見ると、同じく表2に記載した如くなり、これを plot したものが図3である。

図2は7輛の機関の特性の平均曲線を採用したもので、各号機の特性能線は多少このまわりにバラツクが、 $\tan \theta$  としては大差はない。

図3によると、新製時に対する排気温度の上昇が明かに認められ、また、過給機入口の排気最高温度が許容値 550°C を超過するものが殆どであることが判明した。

これが何に起因するかが問題である。

#### § 4 実車実験並びに考察

この出力不足事故の原因究明の為、下記の如き実車実験を実施し、検討と考察を行った。

##### 1. Derate の効果の確認

本機関はいわゆる Derate を行はず、日本における連続定格出力をそのまま保証出力として納入した。その理由は下記による。すなわち設計部では表3に揚げた理科年表の数値に基き、T国と日本とでは気温差の影響は無視出来るとして、Derate の必要なしとの判断を下したのであるが、まづこの点に疑問がある。

そこで2輛の DEL を選び、試験的に約 7% の Derate (840 KW) で出力試験を実施し、排気温度その他を測定した。7%を選んだ理由は、表2

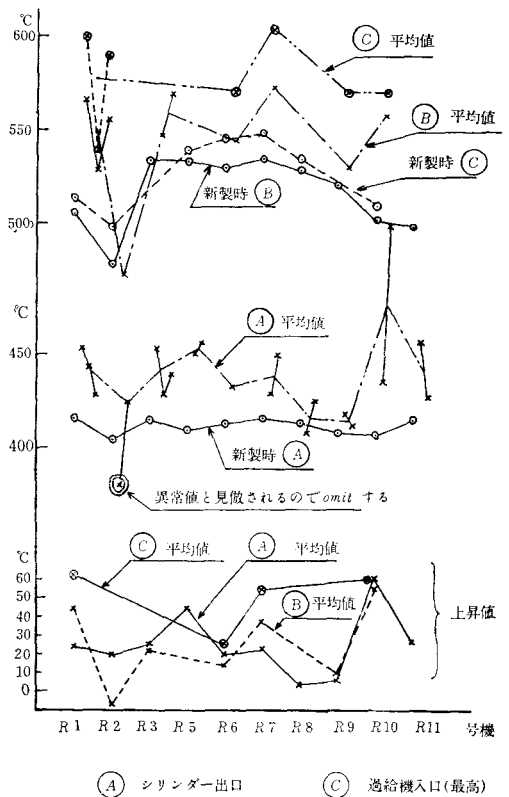


図3 排気温度グラフ

表3 毎月最高気温平均

東京	T (T国)
8 月	7 月
26.4°C	28.2°C

表4 7% Derate 性能試験 data

号機	年-月/日	回転数 (r.p.m.)	出力 (KW)	排気温度 (°C)			新製時との排気温度差 (°C)		
				シリンダ出口	タービン入口		シリンダ出口	タービン入口	
					平	均 最 高		平 均	最 高
R 1	39-6/30	860	840	428	545	570	10	21	55
R 2	39-2/9	895	840	422	550	555	16	70	55

〔註〕新製時排気温度は表2の 900KW の数値を使用した。

より判断して、新製時の 900KW 相当の排気温度が得られるだろうと推定したからである。

その結果は表4のとおりで、予想した排気温度の低下は全然認められず、図3に示された従来の水準よりも遙かに高温となっており、これは何か特別に異常な要因の存在を暗示していると考えられる。

## 2. Model 車輛の総合試験

此処において R11 を Model に選び、徹底的な総合試験を行い各部の数値を測定した。(車輛の運行を止めてはならないので、定期修繕車輛を選ばざるを得ず、同一車輛で追及出来ないところに現地試験の不合理性がある)

### (i) 全力試験

7% derate 時の性能は前述の通り把握したが、尚念のため、全力負荷900KWを与えた場合如何なる性能を示すかを知らため、全力試験を実施し、重点特性を測定した。その結果は表5のとおりで、排気温度は700°Cに達し、冷却水温度も著しく高く、また排気マニホールドは赤熱して甚だしい overheat 状態となり、900KW迄の power up は到底不可能なることが判明した。

特におかしいのは中間冷却器出口の空気温度が極めて高いことで、これは冷却器の効率が甚だしく低下していると考えられる。

そこで中間冷却器を取外し点検したところ、果して A 列 B 列共に煤煙による汚損著しく、通路が殆んど煤で閉塞されていることを発見し

表5 R11 全力試験

測定項目	測定値
中間冷却器入口空気温度 (°C)	—
中間冷却器出口空気温度 (°C)	80
過給空気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	0.58
出力 (KW)	880
回転数 (r.p.m.)	890
主冷却水温度 (°C)	90
副冷却水温度 (°C)	52
主冷却水圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	3.3
副冷却水圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	2.7
過給機入口最高排気温度 (°C)	700
過給機入口平均排気温度 (°C)	612
燃料ラック目盛 (mm)	A : 20 B : 19

た。

### (ii) 中間冷却器清掃後の負荷試験

此処において中間冷却器を十分に清掃し、7%の derate 試験を再実施した結果を表6に示す。R11で清掃前の derate test ができなかったので、R1でも同様な試験を実施し、その結果も併せて表6に示す。尚清掃前の出力が 840KW に達していないのは、排気温度が高いため、これ以上の power up は危険と考えて敢て power up を差控えた為である。

表6より、中間冷却器清掃後は、過給空気出口温度の低下と共に過給圧力は上昇し、出力は増加し、中間冷却器汚損の機関性能に及ぼす影響の著しいことが判明した。

表6 中間冷却器清掃試験

項 目	号 機	R11		R1	
		前	後	前	後
回 転 数 (r.p.m)		—	900	880	880
出 力 (KW)		—	841	762	851
過給空気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		—	0.6	0.47	0.57
シリンダー 出口排気温度 (°C)		—	415	440	418
タービン 入口排気温度 (°C)		—	535	573	545
過給空気温度 (°C)	A	—	—	79	66
	B	—	62	65	62

- (1) 過給空気温度は中間冷却器出口の数値を示す。
- (2) 前後は清掃前、清掃後の意
- (3) タービン入口排気温度は平均値

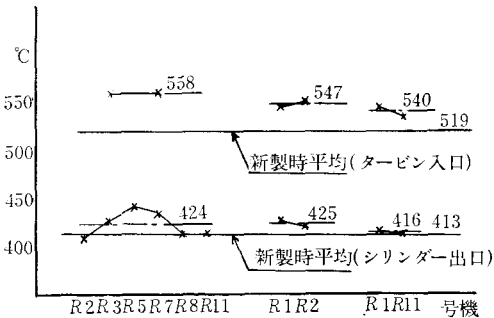


図4 排気温度平均値比較

試みに表2の中から820KWの出力水準の号機を選び、表4及び表6の数値と比較してみると図4の如くなる。すなわち、中間冷却器が正常の機能であると考えられる場合でも、7%のderateにおいても尚排気温度は高く、これはより高度のderateの必要性を暗示しているものではないかと考えられる。

### 3. 隔壁試験

しかし derate しなければ、果してT国の如き熱帯地では日本に於けると同じ出力は出ないもの

であろうか。

DELの構造を検討して見ると、図1でも判る如く、過給機は外気を直接吸入するのではなく、機関室内の hot air を吸入する構造となっており、それは恰かも酷熱地帯を走行するに等しく、この吸気条件を改良すれば出力の向上が得られるのではないか。

此の点を解明するために次のような試験計画を組んだ。すなわち Duct により外気を直接吸入する方式が望ましいが、改造が極めて厄介なので、図5のように鉄板にて隔壁を設け、これを過給機サイレンサーの吸入口を境にとりつけて、機関側(E室)と発電機側(G室)とに仕切り、E室の hot air のG室への流入を防止して、G室より空気を吸入する構造とし、此の場合如何なる性能となるかを実験することとした。

#### (i) 予備実験

(a) 40-6/19 R9に添乗、棒状温度計にてサイレンサーの周囲の吸入空気温度を測定したところ、その下、右、左の位置では、図6の如く35°C程度であるのに、上部では80°C程度の hot air が機関室より流入してくることが判明した。

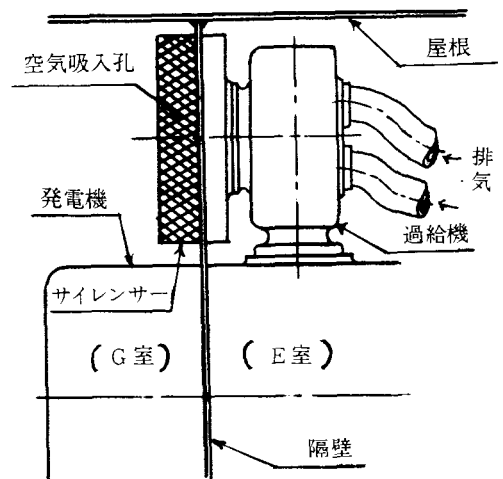


図5

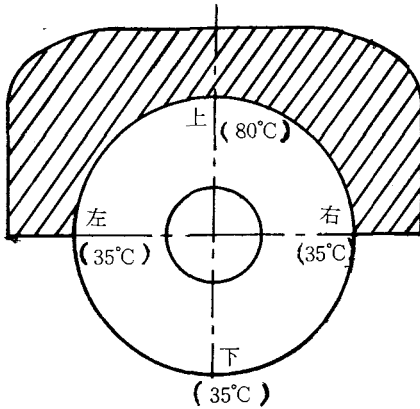


図 6

(b) そこで40-6/27 R5に図6に示す如きサイレンサーの上半部のみを仕切る(hatching部)極めて簡単なボール紙製の仕切板を用意して添乗、仕切板をとりつけない場合と取付けた場合との比較測定を行った結果は、左右下では $45^{\circ}\text{C}$ 程度で変らないが、上では、取付けない場合 $80^{\circ}\text{C}$ 、取付けた場合 $48^{\circ}\text{C}$ という測定値を得た。

#### (ii) 中間試験

上記により隔壁の効果が予想されたので、前記ボール紙製と同形の垂鉛引鉄板製仮隔壁をR7に取付けて中間試験を実施した。その時の測定値を表7に示す。

これによれば、サイレンサー上部の吸気温度は、隔壁を取付けた場合甚しく低下するが、案に相違して出力の変化は認められず、また、中間冷却器前後の空気温度も期待した程の変化は認められなかった。

しかし、隔壁は不完全であり、また、過給空気温度測定用温度計が信頼が置けなかったので、温度計を確実なものとの交換して、正式の隔壁をとりつけて、最終実験を実施することにした。

#### (iii) 本格実験

前述のように、最終的な確認をするため、3.2 mm 厚の鉄板にて本格的な隔壁をR10に取り付け

表7 R7 隔壁試験

項 目		有	無	
外 気 温 度 (°C)		30		
出 力 (KW)		818	818	
回 転 数 (r.p.m.)		895	895	
シリンダ出口排気温度 (°C)		413	413	
過 給 空 気 圧 力 (kg/cm²)		0.54	0.54	
過給空気温度 (°C)	A	前	94	102
		後	66	68
	B	前	94	100
		後	60	60
サイレンサー吸気温度 (°C)	上	45	95	
	左	40	45	
	下	42	45	
	右	42	45	

〔註〕 1. 有無は隔壁の有無  
2. 前後は中間冷却器の前後

表8 隔壁総合試験

号		機	R 10		R 3	
項 目		実験回	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
回 転 数 (r.p.m.)			900	900	890	890
出 力 (KW)			846	844	820	833
外 気 温 (°C)			34	34	37	37
過 給 空 気 圧 (kg/cm <sup>2</sup> )			0.56	0.56	0.40	0.45
タービン入口排気温 (°C)			525	526	534	540
シリンダー出口排気温 (°C)			430	—	—	—
過給空気温度 (°C)	A	前	105	90	120	86
		後	64	60	68	61
	B	前	104	—	94	80
		後	65	—	80	68
サイレンサー 吸気温度 (°C)	上	38	47	54	55	
	左	38	46	44	48	
	下	38	46	—	—	
	右	38	47	44	44	
燃 料 消 費 量 (kg/hr)			227.4	226.8	—	—
燃 料 消 費 率 (g/hr/PS)			171.0	170.5	—	—

て総合試験を行った結果を表8に示す。引きつゞき実施したR3の結果も表8に併掲する。

これによれば、隔壁を設けることによってサイレンサーへの吸入空気温度は、 $80^{\circ}\text{C}$  といった高温気流は消失し、全周より大略均等な温度の空気が吸入されることが判る。

過給機の入口排気温度は、多少低下したようにも思えるが、新製時の水準よりは依然として高く、過給空気温度も、表7の場合と大差がない。

これは、サイレンサー上部よりの hot air の流入は、サイレンサーの円周上の極く狭い範囲に限られており、吸入空気全量に対して僅少な割合を占めるに過ぎないと思われる。

燃費も  $171\text{g/hr. PS}$  で、新製時の  $160\text{g/hr. PS}$  に対し、約6%の増加となっており、これは尚、derate 不足を裏づけているものではないかと推定される。

隔壁を設けても、吸気温度は、外気温度より  $10^{\circ}\text{C}$  程度高くなっている点、問題があると考えられる。

## § 5 結 論

T国納入のDELについて、出力不足現象解明のため、種々の性能実験を試み、その詳細を報告したが、結論として次のことが確認された。

(1) 中間冷却器の汚損は、機関性能を著しく低下させるので、保守に特別な留意を要する。走行

地域の条件にもよるが、6カ月に1回の定期清掃は必要である。

(2) 機関室を鉄板製の隔壁で区切り、吸気を機関室以外の室から吸入するようにすれば、サイレンサー上部の吸気温度は、約  $50^{\circ}\text{C}$  低下するが、吸気全量の平均温度低下には余り効果はない。

(3) 上記隔壁を設けても、出力には変化は認められない。

(4) 隔壁を設けても、吸気平均温度は、外気よりも、依然  $10^{\circ}\text{C}$  程度高く、此の点、直接に外気を吸入する方式が望ましい。

(5) T国の如き熱帯地域に納入するDELに就ては、出力の derate を必ず行はなければならない。T国では10%以上の derate は必要であると考えられる。

上記の一応の結論は得たけれども、本実験の結論に於て警戒すべき点は、諸般の事情から、一定の試験車輛を選んで一貫した追究のできなかったことである。日本とちがって、後進国であるT国においては、保守整備に適確さと均一性を望み得ず、試験車輛間に大きい特性のバラッキがあるので、出力及び排気温度と吸気温度との関係については、更に別の実験を行って明確にしたいと考えている。

(昭和42年9月1日受付)

# 機関冷却水温に及ぼすトンネルの影響について

(機械工学科) 久 保 田 勲

## On the Effect of Tunnels upon the Engine Cooling Water Temperature of Diesel Electric Locomotives

Isao KUBOTA

The Diesel Electric Locomotives supplied to the T National Railways caused various kind of trouble there, and we devoted ourselves for a long time to solving them.

About one of them, the problem of power drop, I have already reported in another report.

Here, picking up another problem, "the abnormal temperature rise of engine cooling water during the running in tunnels", I report on the procedures and results of the analysis.

### § 1 緒 言

T国国鉄に納入したH社製ディーゼル電気機関車(DEL)は、現地走行時に多種多様な思いがけない事故を発生し、その原因の探究と対策に苦慮したが、それ等の中の一つである機関出力の低下については、実車実験の詳細と結果とを既に報告したけれども、更に、トンネル通過時の機関冷却水温度の異常上昇という現象について、その状況、実験並びに解析結果をとり纏めて報告したい。

但し、DELの構造等については、既に第1報にて詳細に記述してあるので、此处での再述は省略する。

### § 2 状況の詳細

この事故は、昭和37年の夏、すなわちDEL納入後2年目の夏より発生し始めたものであるが、走行中に、機関の冷却水温度が異常に上昇して水温継電器が作動し、出力走行が不可能となる現象である。

発生場所はT国の中部都市であるT市の北方、

25/1000の登り勾配を有する路線で、此处には一群のトンネルが連続しているが、主に7月から10月にかけての盛夏に於て、これを全力負荷で登上通過する場合にのみ発生する。この通過に要する時間は大体16分程度であるが、最後のトンネルを通過し終ったところで丁度勾配が零となり、それ以後は下り勾配となって惰力走行に移行する。そのためこの地点で、運転手は、機関の操作レバーを急に無負荷運転の位置に切り換える(ノッチダウンする)のであるが、この瞬間に水温継電器の作動する頻度が全頻度の殆どを占めており、この地点以外に於ては、勾配線であれ平坦線であれ、水温継電器の作動することは殆どなく、水温も最高85°C程度に保たれて正常である。

更に本現象はH社のDELにのみ発生し、同一線路を同一条件で走行する米国製DELには全然発生することがない。

因に、水温継電器の機構は次の通りである。

すなわち、感熱液を内蔵するスイッチ本体を機関の冷却水出口管に装着し、冷却水の出口温度に応じて感熱液が膨脹収縮する性質を応用して、電

気接点の開閉を行わしめ、規定最高温度以上に冷却水温が上昇すると接点を開き、制御回路を遮断して、機関を自動的に無負荷運転に切り換えるものである。

参考までに、38年度の水溫継電器の作動記録を表1に掲げる。

本現象は、トンネルが

表 1

原因であることは明らかであるが、それがどういうメカニズムで機関性能に影響して来るか不明であった。

### § 3 実験の内容

まづ、原因となり得ると考えられるあらゆる部位の点検調査を行ったが、何れも異常は認められなかった。すなわち

#### (a) サーモスタット

冷却水回路にはベロー式のサーモスタットが設けられており、水温が低い間は、機関自体の冷却水回路内を冷却水が循環するが、水温が或る程度以上に上昇するとラジエーターの方に切り換り、水温を下げるといった機構で、常に水温を一定に保つ様になっている。サーモスタットの作動不良があれば、水温が上昇しても、ラジエーターへの切り換えが不可能となるので、当然、水温異常上昇の原因となり得る。

そこで、サーモスタットを取外し、温水槽にて単体試験を行ったが、作動は正常であった。

#### (b) 温度スイッチ

肝心の温度スイッチ本体も、温水槽で単体試験を実施した結果、正常に作動することが確認された。

#### (c) 冷却用ファンの回転数

冷却用ファンの回転数が設計値よりも低下しておれば、ラジエーターの冷却能力が落ちるわけであるが、調査の結果は異常はなかった。

#### (d) ラジエーターの通過風量

風速計にて間接的に風量をチェックしたが正常であった。

#### (e) 冷却水ポンプ

水圧その他異常はない。

その他、ラジエーター室へのエア洩れのほか、考え得る要因はすべて調べたけれども、何等の異常点は発見されなかった。

此処に於て、下記の如き試験を計画実施することとした。

但し、このために運転ダイヤを変更することは当時の事情から許されなかったので、特定の一貫したモデル車輛を選ぶことが出来ず、サンプル車輛間のバラツキは当然予想されたが、それは輛数を出るだけ多くとることによってカバーすることとした。

### (1) ラジエーターの交換試験

水温上昇の最大の原因と考えられるものは、ラジエーターの汚損による冷却効率の低下である。そこでまづ Radiator core の洗滌を行い、更に全 core を新品と交換して性能の比較測定を行ったが、何れの場合にも、交換前後の冷却性能の変化は全然認められず、ラジエーター以外に何等かの原因があることが推定された。

### (2) 実車走行試験

38年の夏、水温継電器の作用した車輛 R5 を試みに逆向運転させて見たところ、牽引条件は大略等しいにも拘らず、継電器は全然作動しないことを発見した。

此処に於て、一部の DEL を逆向運転させ、約1ヵ月間にわたり記録をとって見た。

その結果を表2に示す。

表2 正 逆 向 走 行 記 録

号 機	向	車速 km/h	作 用	号 機	向	車速 km/h	作 用	号 機	向	車速 km/h	作 用
R 2	正	24	○	R 7	正	23	○	R 9	正	23	○
"	"	21	×	"	"	21	×	R 5	逆	23	○
"	"	23	○	R 8	"	23	○	"	"	24	○
R 4	"	20	×	"	"	24	○	"	"	21	○
"	"	24	○	R 9	"	21	×	R 11	"	21	○
"	"	24	○	"	"	23	○	"	"	22	○

期 日：38年8月

×：継電器の作用したもの

○："  しなかったもの

表2からは面白い相関性が発見される。すなわち、水温の上昇は、機関車の向き及び車速と関係があるらしく、逆向運転の場合は継電器は全く作動せず、正向運転の場合にのみ、且つ、車速が21 km/h 以下の時に限り作動するらしいということである。

### (3) 水温の測定

上記の如く大略の傾向が判ったので、次に、その詳細なデータ把握の為、実車に添乗して問題の路線を走行し、水温の上昇状況を実測調査した。

R3とR5で夫々車速を変えて測定した結果は表3の通りで、これをプロットしたものが図1である。

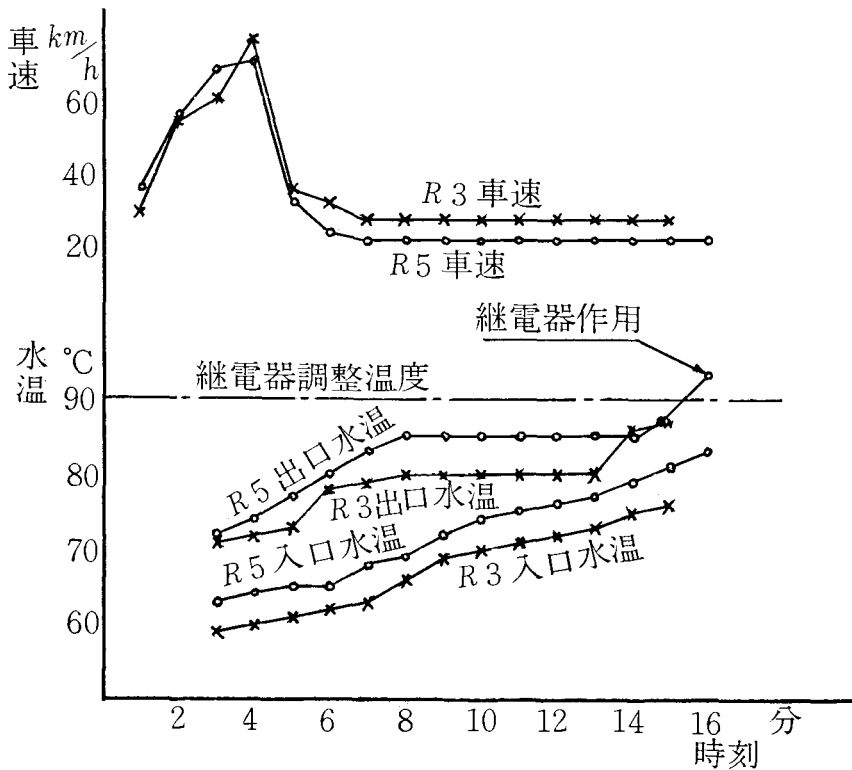


図1 水 温—車 速 線 図

表3 実車水温測定記録

測定時刻	出力 (KW)		車 速 (km/h)		冷 却 水 温 (°C)			
					入      口		出      口	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1分後	830	828	30	36				
2 "	837	838	54	58				
3 "	822	838	60	64	59	63	71	72
4 "	846	825	68	65	60	64	72	74
5 "	831	841	28	26	61	65	73	77
6 "	810	830	26	22	62	65	78	80
7 "	815	847	24	21	63	68	79	83
8 "	837	845	24	21	66	69	80	85
9 "	848	840	24	21	69	72	80	85
10 "	840	842	24	21	70	74	80	85
11 "	825	835	24	21	71	75	80	85
12 "	845	830	24	21	72	76	80	85
13 "	830	825	24	21	73	77	80	85
14 "	836	832	24	21	75	79	86	85
15 "	840	840	24	21	76	81	87	87
16 "		838		21		83		93

A : R 3 号機  
B : R 5 号機

運転室内気温 : 38°C  
走行中ラジエーター入口気温 : 33°C

すなわち、R3、R5共に、出発後約7分して夫々21km/h、24km/hの定速に落つているが、水温もほぼlinearに上昇した後、8分後には夫々Saturateしている。唯、R5の水温はR3の水温よりも5°C高くなっているのが判る。しかし最終の約1分間位の間に水温は急上昇して、R5では継電器の調整点(90°C)を突破して、93°C迄水温が上っているのに対し、R3では、同じく急昇は見られるが87°Cで止っている。此の水温急昇点がノッチダウンした点で、事実、R5では継電器が作動したが、R3では作動は見られなかった。

§ 4 考 察

上記の実験結果より次のことが推察される。すなわち：

(1) 正向運転の時は継電器が作用するが、逆向運転を行えば作用しないことから考えて、DELの向きが本現象と関係のあることは疑いない。

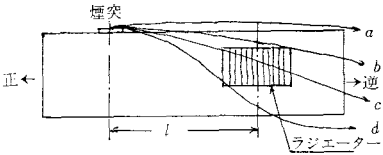


図 2

DELの側面図は概略図2の如くなっており、逆行する時は、煙突よりの排気は図の左方に流れて、ラジエーターに吸込まれる恐れは全然ないが、正向運転の場合はa、b、c、dの如く、排気の流れがラジエーターを覆い、ラジエーター室には大量の排気ガスが流入し、冷却効率は急激に減

少すると考えられる。

(2) また、或る車速以下になった時に限って継電器が作用する理由は、車速が増すにつれて、排気流は図2の a line に近づき、ラジエーターに吸入される排気量は次第に減少するが、反対に車速が減ると、排気の流線は次第に d line の方に近づいて、大量の排気を吸入する為ではないかと考えられる。このために、機関の冷却水温は上昇し、最後のトンネルを出てノッチダウンした途端に、冷却水ポンプ及び冷却ファンの回転数が下がるので（ポンプ及びファンは機関で駆動される構造になっている）、冷却能力は急低下するため、水温は急昇して継電器が作動すると推定され、図1は、此の経緯を如実に示していると考えられる。

(3) R3の添乗試験の際、ラジエーター室に入り、棒状温度計を手持ってその室内温度を測定したところ、温度計の指数は見る見る上昇して、 $60^{\circ}\text{C}$  迄は計測出来たが、それ以上は熱気のために居たゝまれず、測定出来なかった。恐らくは  $70\sim 80^{\circ}\text{C}$  程度にはなっているのではないかとと思われる。ラジエーター室に排気を吸い込んで、冷却効率の低下していることは間違いない。

(4) H社製の DEL のみに発生して、米国製の DEL に全然発生を見ない理由は、種々の比較調査を行ったが、DEL の構造上、米国製 DEL は H 社のものに比し、煙突からラジエーター中心迄の距離  $l$  が遙かに短かく、排気ガスの flow line から外れているためであろうと考えられる。

(5) 36年迄全然発生を見なかった理由は、H社製 DEL は、36年まで、何れも急行列車を牽引して、主として海岸線を走行していたものが、37年より普通列車及び貨物列車のダイヤに切りかえら

れており、勾配路線の走行に変更されると共に車速が激減したためと考えれば、上記の推定は増々裏づけられる。

(6) 夏期にのみ発生する理由は、既に述べた第1報の排気温度と関連し、夏期に排気温が異常に高くなるためである。

## § 5 結 論

T国納入の DEL の機関冷却水温が、トンネル中にて異常に高くなる原因を解明する為、各種の試験を試みた結果、次の結論を得た。

(1) 本現象は DEL の向きと関係があり、正向運転の場合にのみ発生し、逆向運転を行えば消滅する。

(2) 正向運転の場合でも、その発生は車速に左右され、 $22\text{km/h}$  以上の車速では継電器は作動せず、 $21\text{km/h}$  以下の車速となって初めて作動する。

(3) その主原因は、 $21\text{km/h}$  以下の車速では、排気ガスの flow line がラジエーターを全面的に覆い、大量の高温排気ガスがラジエーターに吸い込まれて、冷却効率が急激に低下し、 $22\text{km/h}$  以上では、flow line がラジエーターの上方を通過して、冷却効率を低下させることがない為である。

(4) トンネルの出口に於て継電器が作用するのは、此の地点でノッチダウンする為、機関の回転数の低下に比例して、冷却水ポンプ及び冷却ファンの回転が低下し、冷却効率が急減するので、前項の要因との相乗効果が働くためである。

(5) H社製の DEL のみに発生し、米国製の DEL に全然発生を見ないのは、煙突とラジエーターとの相対的な関係位置の差異によると考えられる。

(昭和42年9月1日受付)

# ディーゼルエンジンの排気温度に関する研究

(機械工学科) 久 保 田 勲

## Studies on the Exhaust Gas Temperature of a Diesel Engine

Isao KUBOTA

The over-high temperature of the diesel engine exhaust gas gives rise, as for the parts, to deformation and crack of exhaust valves, crack of cylinder heads and pistons, damage of the gaskets of exhaust manifolds, rapid wear of exhaust valve seats, damage of exhaust manifolds and turbo-chargers and so forth, while on the other hand, it gives rise, as for the engine characteristics, to gas leakage through exhaust valves, and consequently to engine power drop.

Practically, we have often experienced such troubles with the DELs exported to a tropical country. However, we can find no minute reports on the exhaust gas temperature.

A diesel engine set for experiments has recently installed in our laboratory. Using this engine, I studied on the effect of suction air temperature upon the engine characteristics. Here, I report on the details of the process.

### § 1 緒 言

ディーゼルエンジンの排気温度が高すぎると、部品事故としては、排気弁の変形並びに欠損、シリンダーヘッドの亀裂、ピストン頂面の亀裂、排気管ガスケットの焼損、排気弁座の沈みの迅速、排気マニホールドの損傷、排気タービン式過給機の損傷等を惹起し、性能的には、排気弁座よりのガス漏れ、機関出力の低下などを招来する。現に我々は、熱帯地へ輸出したDELにおいて、これらの事故をいやというほど経験した。しかしながら、排気温度についての詳細な研究は、殆ど発表されていない。

今回、内燃機関実験設備が、不完全ながら据付を終ったので、それを利用して、吸気温度がエンジン性能に如何に影響するかを追跡してみたので、その詳細を報告する。

実験装置の主要部たる吸気冷却装置は、後述の研究報告「ガソリンエンジンの性能に及ぼす吸気の影響について(第1報)」に記載したものを、そのまま流用したので、ここでは説明は省略する。

使用エンジンは、ヤンマー1LEL型ディーゼルエンジンで、その要目を表1に示す。

表1 ディーゼルエンジン要目

型 式	縦型 4サイクル
名 称	1 LEL
シリンダー数	1
燃 焼 室	予燃焼室式
出 力 (PS)	10 ~ 11
回転 (r.p.m.)	900 ~ 1000
始 動 方 式	空気始動
冷 却 方 式	水 冷
潤 滑 方 式	強制潤滑

### § 2 実 験 装 置

実験中、噴射ポンプの燃料ラックを固定する必要があるため、调速機のスプリングを取外し、代りに軟鋼製の円筒スリーブを装着し、それを介して调速機操作ハンドルの動きを直接燃料ラックに伝えることとした。なお、燃料ラックのバックラッシュを消すため、写真2の如きデッド・ウェイトにより、常にラックを一方向に引きつけて置くこととした。

写真1は装置の全体図である。

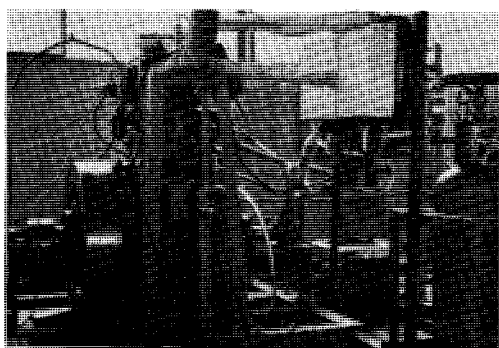


写真 1

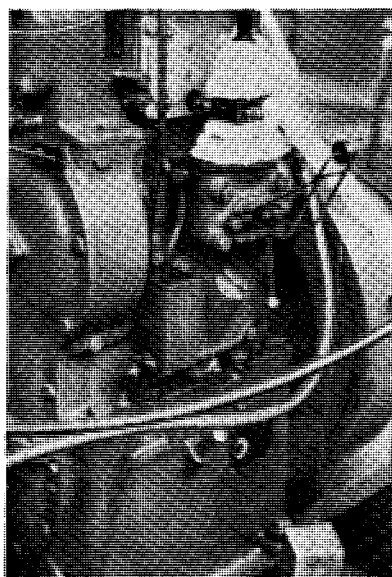


写真 2

### § 3 実験内容

上記の実験装置を用いて、燃料ラック自由の場合、すなわちエンジン付属の调速機構をそのままで運転した場合と、燃料ラック固定の場合、すな

わち前述の如く调速機のスプリングを取外して、ラック固定装置を用いて燃料ラックを固定し、燃料噴射量を一定とした場合とにおいて、吸気温度を  $10^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$  の間で変化させ、エンジン性能の変化を調べた。その詳細は下記のとおりである。

#### (1) 燃料ラック自由の場合

出力  $10\text{ PS}$  で、 $920\text{ r.p.m.}$  及び  $1000\text{ r.p.m.}$  の条件にて実験した結果を図1に示す。

出力は、 $920\text{ r.p.m.}$  の場合は、吸気温度の上昇と共に、ほぼ直線的に低下して行くが、その低下率は僅かである。 $1000\text{ r.p.m.}$  の場合は、吸気温度の影響は殆ど認められない。排気温度は、吸気温度と共に、ほぼ直線的に上昇して行く。その上昇率は、吸気温度の上昇量の太略2倍の割合で上昇している。

燃料消費率は、吸気温度の上昇と共に増加し、その増加の度合は、吸気温度が増すほど、次第に著しくなっていく。

4/4 負荷では、吸気温度が  $10^{\circ}\text{C}$  上ると、平均2.5%程度燃料消費率が増加する。

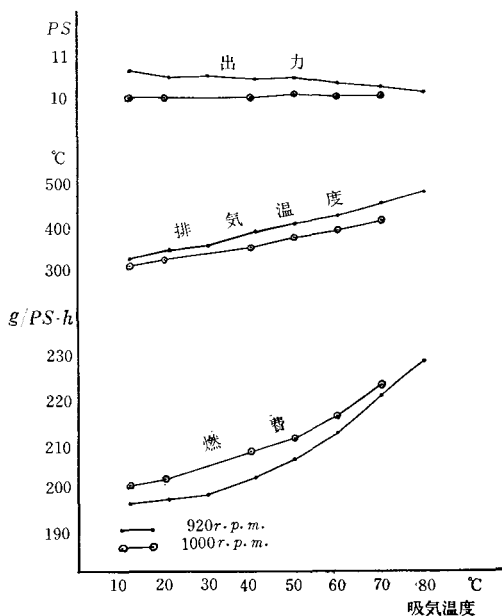


図1 性能曲線  
(燃料ラック自由、回転一定)

## (2) 燃料ラック固定の場合

この場合は、出力は明らかに、吸気温度の上昇と共に低下する。図2によれば、吸気温度の変化 $10^{\circ}\text{C}$ につき、2%の割合で出力は低下して行く。

排気温度は吸気温度と共に上昇するが、しかしその上昇率は、ラック自由の場合の約1/2で、すなわち吸気温度が $1^{\circ}\text{C}$ 上昇するごとに、排気温度も $1^{\circ}\text{C}$ 上昇する。

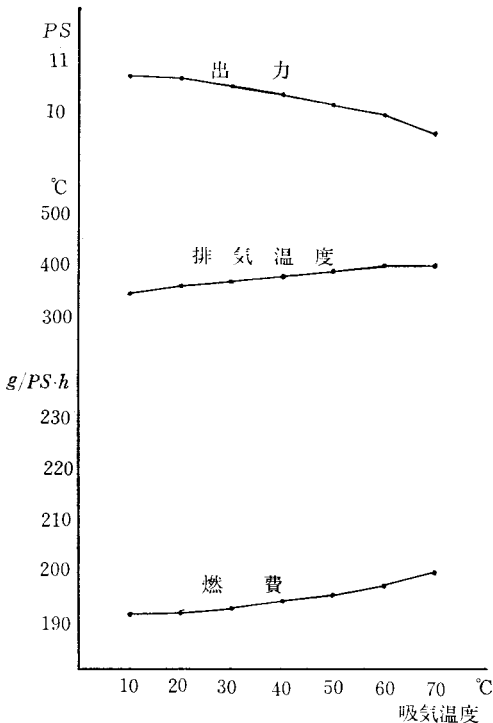


図2 性能曲線  
(燃料ラック固定、回転数一定)

燃料消費率の増加度も、ラック自由の場合の約半分、すなわち吸気温度 $10^{\circ}\text{C}$ につき1.3%程度の割合で増加している。

## §4 考 察

(1) 燃料ラック固定の場合に、出力が吸気温度の上昇と共に低下するのは、吸気量が絶対温度に逆比例して減少し、燃焼効率が下がるためと考えられる。

しかし、燃料ラック自由の場合は、调速機が完全に作用状態にあるので、出力が低下して回転が

下がろうとすると、调速機により燃料ラックが燃料噴射増の方向に引かれて、回転数を一定に保とうとするため、出力の低下は防止されるはずである。図1で、920r.p.m.の場合、僅かに出力低下が見られるのは、调速機特性にもとづくものと思われる。1000r.p.m.では上記の考えが裏づけられているようである。この调速機は高速になるほど、制御性能がよいのではないと思われる。

試みに、吸気温度に対して、回転数及びトルクの変化をplotしてみると、図3、図4の如くである。簡単のため、トルクとしては、動力計の秤の目盛の読みを、そのまま用いてある。

これで見ると、ラック固定の場合は、図3にみる如く、回転数と共にトルクも低下している。この両者の相乗積として、出力も低下して行く。ラック自由の場合は、図4の通りであるが、この測定値には多少エラーがあると思われる。すなわち、回転数の低下と共に、動力計秤目盛も低減カーブをとる形となって表われるべきである。

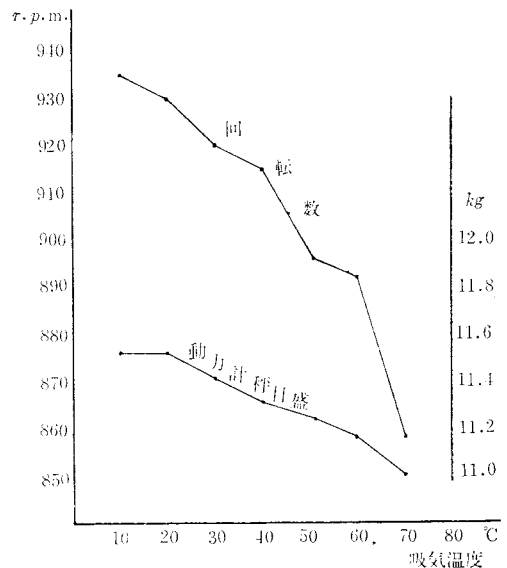


図3 トルク及び回転数  
(ラック固定、回転数一定)

(2) 車両等に搭載して使用する場合は、当然调速機を用いるので、ラック自由の場合に相当し、

したがって、吸気温度の変化は、出力にはさほど影響しないが、燃費の増加として表われることになる。すなわち、図2に示す如く、吸気温度が上昇すると、ラック固定のため、燃料噴射量是不変であるが、出力が低下するので、燃料消費率は増加する。しかるに、ラック自由の場合は、図1のごとく、出力はほぼ一定であるけれども、それは燃費の増加によって確保されることになる。

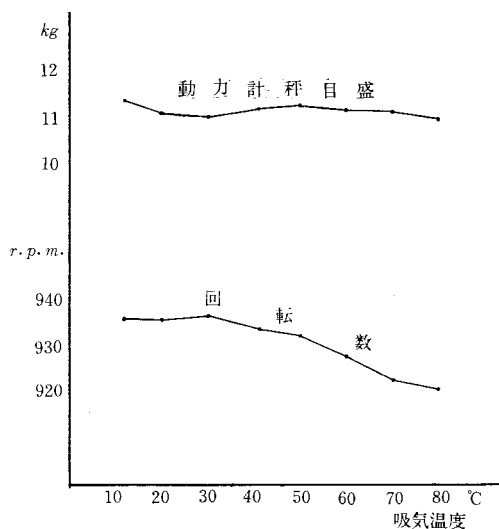


図4 トルク及び回転数  
(ラック自由、回転数一定)

(3) したがって、排気温度の上昇は、ラック自由の場合が、ラック固定の場合よりも遙かに著しくなる。本実験では、吸気温度の上昇量の2倍の上昇量を示している。ガソリンエンジンの場合は、別に報告したように、吸気温度の上昇と共に、かえって排気温度は低下して行くので問題はないが、ディーゼルエンジンの場合は、熱帯地で使用する際に、この点特に配慮をめぐらし、関係部品の熱応力の問題に留意する必要がある。Derate量は、この排気温度の観点から決定されるべきである。

(4) 熱帯地における現車実験では、研究報告「ディーゼル機関の熱帯地特性に関する研究(第1報)」に詳細報告したように、排気温度が限界許容値を越えるために、出力が保証定格まで出せない

という結果を確認した。現車実験に用いたエンジンは、中間冷却器を備えており、今回の実験による吸気温度と排気温度との関係が、そのまま適用できないことは勿論であり、さらに燃料の温度の問題なども関係して来ると思われるが、吸気温度が原因となっているであろうことは、本実験から推定して間違いのないと思われる。吸気はできる限り外気を直接吸入させる方がよい。

(5) 今回の実験では、燃料の温度は常温に保ち、吸気温度のみ変化させた。燃料温度の影響は、今後の研究としたいと考えている。

## §5 結 言

4サイクル水冷ディーゼルエンジンの性能に及ぼす吸気温度の影響を調べた結果を要約すると、次のようになる。

(1) 燃料噴射量を一定とした場合には、エンジンの出力は、吸気温度の上昇と共に、ほぼ直線的に低下して行くが、調速機を備えた通常の運転状態では、調速機の制御作用により、出力はほぼ一定に保たれる。

(2) 排気温度は、ガソリンエンジンの場合とは逆に、吸気温度と共に上昇して行く。その上昇度は、燃料噴射量一定の場合に比し、調速機による制御運転の場合の方が著しく、本実験においては、後者の場合、排気温度は、吸気温度の約2倍の割合で上昇する。

(3) 燃料消費率は、吸気温度の上昇と共に増加して行くが、特に、調速機による制御運転の場合、吸気温度の影響は、燃料消費率の増加として著しく表われる。

(4) 吸気温度の上昇は、エンジン性能の低下の大きい原因となりうるので、吸気はできる限り外気を直接吸入する方式をとるべきで、エンジンルームから吸入させる形式は好ましくない。

(5) 熱帯地などで使用するエンジンは、気温による排気温度の上昇を考慮して、適当な Derate を決定することにより、熱応力による部品事故の防止を考えるべきである。

(昭和42年9月1日受付)

# ガソリンエンジンの性能に及ぼす吸気の影響について (第 1 報)

(機械工学科) 久 保 田 勲

## On the Effect of Suction Air upon the Characteristics of a Gasoline Engine (Report 1)

Isao KUBOTA

The relation between the conditions of suction air and the engine characteristics,……for example, how engine power varies according to the suction air temperature,……is to be induced out of the simple theoretical formula under the assumption that all the other conditions are constant. With an engine under practical use, however, it is not so simple, for there exist many various conditions. Especially, as for exhaust temperature or fuel consumption it is so much complicated that its theoretical comprehension is not easy.

Moreover, in case of an engine fixed on a car other effects are presumed than in case of an engine simple.

This experiment mainly treats with the effect of suction air “temperature” upon the characteristics of a gasoline engine, through the test of both an engine simple and an engine fixed on a car under practical use.

### § 1 緒 言

吸気の状態とエンジン性能との関係は、例えば、吸気温度によりエンジン出力が如何に変化するか、と言ったことは、他の条件を一定とした場合には、簡単な理論式によって導き得るが、実用のエンジンについては、種々の条件が介在するので、必ずしも簡単ではない。排気温度や燃料消費量となると、更に複雑で、理論的な把握は容易ではない。まして、ガソリンエンジンを自動車に搭載した場合、エンジンルームのスペースや形状により、エンジン単体の場合とはかなり異った結果が予想される。

車輛用ディーゼルエンジンでは、高緯度地域や高温地帯を走行する場合、「derate」が重要視されるが、自動車用ガソリンエンジンに於ても、同様な見地からの検討は、ユーザーの知識のレベル

アップと共に、必要ではないと思われる。

本実験は、主として吸気温度のエンジン性能に及ぼす影響について、エンジン単体試験及び現車実験を通じて、論じたものである。

### § 2 実験装置

使用エンジンは、日産キャブライト用ガソリンエンジンで、その主要目は表 1 の通りである。

表 1 ガソリンエンジン要目

型 式	日産 DPU 型 4サイクル、水冷、直列、4気筒	
内径×行程	70φ×68mm	
総排気量	1046 c.c.	
圧縮比	8.0	
出 力	自動車用最高	40PS/4800r. p. m.
	産業車輛定格	26.5PS/3200r. p. m.
燃 費	定 格 に て	250g/PS. h
点 火 順 序	1—3—4—2	
気 化 器	型式	日本気化器 D2630A—1A
	個数	1

表2 動力計要目

型 式	タナカ式水制動力計 P-1型
最 高 出 力	75PS
最高回転数	8500 r. p. m.
秤目盛単位	0.2kg

動力計は、タナカ式水制動力計で、要目は表2に示す。

両者の間には変速装置はなく、ユニバーサルジョイントを介して直結してある。

エンジンと動力計が据った許りで、計器類も殆どない状態なので、費用を投じて充分な実験装置を造ることができず、特に冷吸気を得るのに苦心したが、何とかあり合せの材料を用いて組立てた装置を図1に示す。

①は自動車用のラジエーターで、これにポンプ②を用いて水槽③内の水を循環させる。その水温は、④のプロパンガスコンロにより加熱するか、或は槽内に氷塊を投入して冷却することにより調整し、ラジエーターを通過する吸入空気の色度を変化させる。ラジエーター①より吸入された吸気は、⑤の空気溜めから⑥のビニールホースを通りエンジン 付属 のエアフィルター ⑦ より気化器を経てシリンダー内に吸い込まれる。⑧はアルコール温度計である。

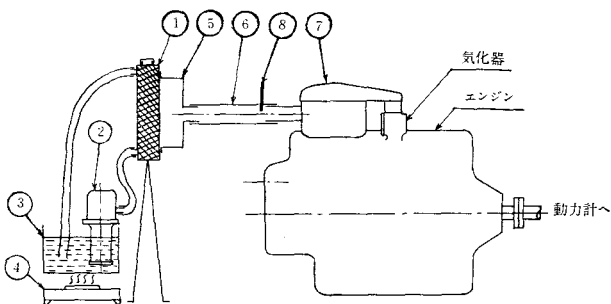


図1 実験装置説明図

気化器の絞り弁軸端には指針をとりつけ、固定した目盛り板を設けて、絞り弁の開度が再現できるようにした。

エンジンの冷却は、別に冷却水タンクを設備しており、水温の調整は可能である。

写真1、写真2は実験装置の写真図である。

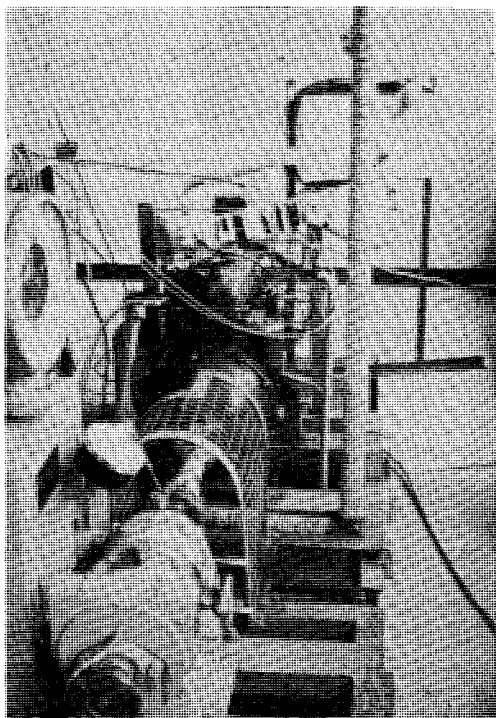


写真 1



写真 2

### §3 エンジン単体実験

上記装置により、吸気温度を 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70°C の 7 種類に変化させ、回転数それぞれ 2000, 2400, 2800, 3200 r. p. m. につき、エンジンの出力、排気温度、燃料消費率の変化を調べた。ただし絞り弁開度は37目盛（これは気温

30°C で $\sim 22P$ 程度）に固定して実施した。更に上記条件における排気ガスを、Orsat ガス分析装置により分析して、成分の変化も測定した。

その結果を以下に詳述する。

### (1) 出力

出力の変化は図2の通りである。

吸気温度と共に、出力は低下して行くが、その低下率は高速回転になる程著しく、3200r.p.m. では、20°C につき1PSの割合で低下している。

### (2) 排気温度

図3に状況を示す。

3200r.p.m.  $\times$  70°C, 2000r.p.m.  $\times$  20°C の点は測定ミスと思われ、これを除けば、大体傾向は出ているようである。即ち、排気温度は、吸気温度が上昇するにつれて低下して行くが、低速となるにつれて、排気温度の絶対値が下がると共に、極小値が表れ始め、その極小値の点が、低速になる程、吸気温度の低い方向にずれて行く様である。

試みにアイドリング時（600r.p.m.）について実験したところ、回転数がバラツいて測定が困難であるが、平均をとると、図3下方の如き曲線となり、却って排気温度は上昇していく。

図4は、吸気温度をパラメーターとして排気温度と回転数との関係に書き直したものである。

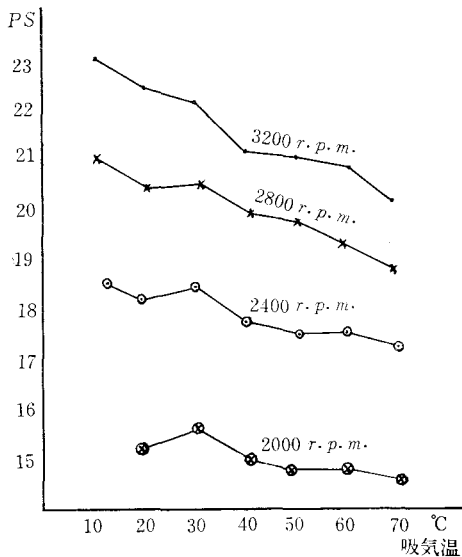


図2 出力曲線

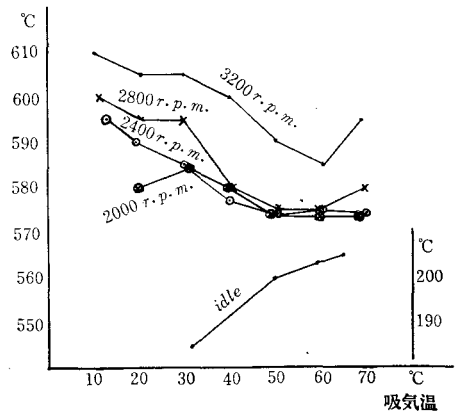


図3 排気温度曲線

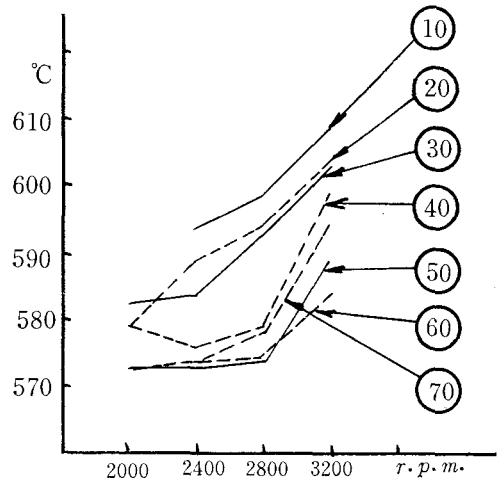


図4 排気温度曲線

### (3) 燃料消費率

測定結果を plot したものを図5に示す。アイドル回転（600r.p.m.）の場合も plot してある。

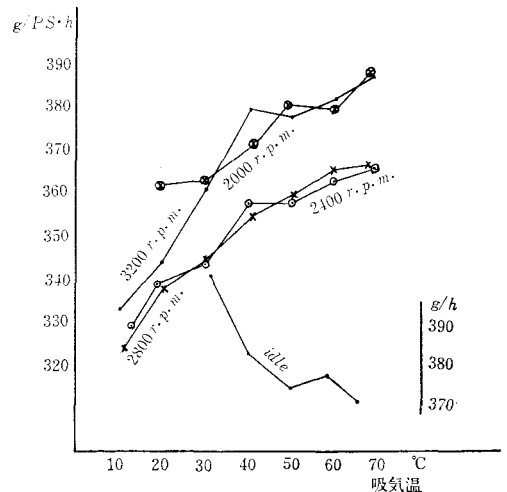


図5 燃料消費率曲線

即ち、燃料消費率は、吸気温度と共に上昇し、その上昇度合は高速回転となる程著しい。

図6は、燃料消費率と回転数の関係に書き直したものであるが、これより見ると、燃費の極小値を与える回転数は、吸気温度が上昇するにつれて、低速の方に移行して行く傾向が認められる。

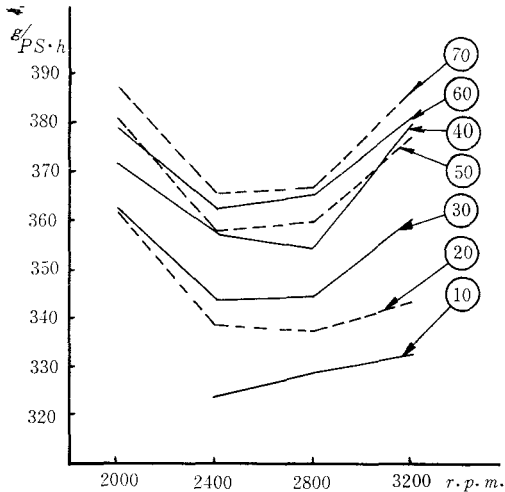


図6 燃費曲線

#### (4) 排気ガス組成

Orsat ガス分析器により、排気ガスを採取分析した結果は、図7の通りで、相当のばらつきはあるが、傾向は覗える。

各回転において、 $CO_2$ は何れも吸気温度と共に減少していくが、 $CO$ は急速に増加しており、且、空燃比は次第に減少していくのがわかる。

#### §4 実車実験

上記のように、エンジン単体試験によって、エンジン性能に及ぼす吸気温度の影響を把握したが、エンジンを実車に搭載した場合には、エンジンルームの広さ及び形状あるいはエアフィルターの吸気口の位置等により、吸気温度は必ずしも外気温度に等しくなるとは考えられず、また変速ギヤの切換によっても左右されるのではないかとと思われるので、実車における吸気温度の測定を実施した。

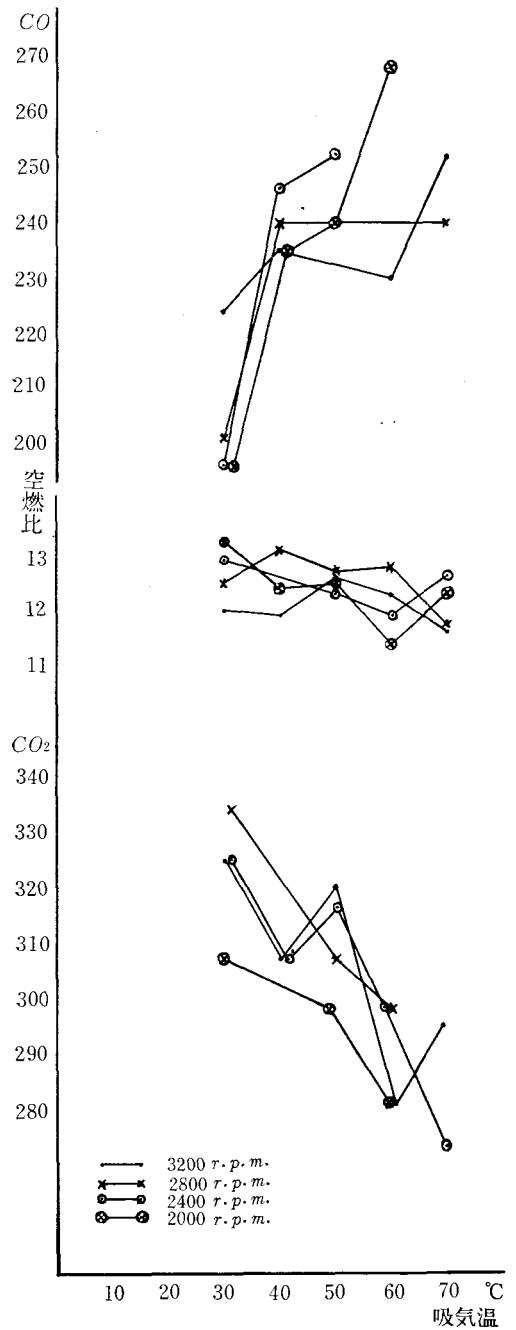


図7 排気ガス重量組成

実験に用いた自動車は、1962年型日産ブルーバードで、吸気温度の測定には、蒸気式隔測温度計を使用した。即ち、隔測温度計の感熱部を、エアフィルターの吸気導入部に装着し、その部分の吸気温度を座席で測定することとした。取付状況を

写真3に示す。

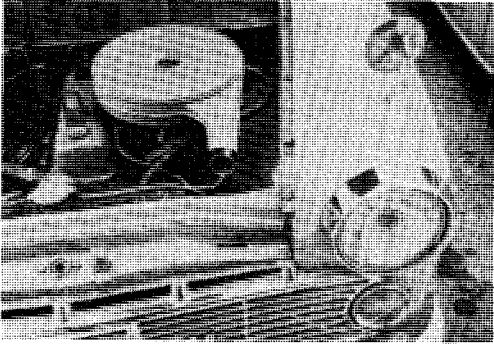


写真 3

この状態で、気温の違う日をえらび、2回にわたって、平坦路及び山頂迄の坂道を走行し、吸気温度を測定記録した。

その結果は、図8、図9のとおりである。

図8によると、次のことが言える。

(a) 変速ギヤを Top に入れた状態では、車速とは無関係に、吸気温度は外気温度より、平均  $7^{\circ}\text{C}$  位高くなっている。

(b) Top で走行した後停車し、エンジンのみアイドル運転をつづけると、吸気温度は上昇しつづけて、遂に  $59^{\circ}\text{C}$  に達している。

(c) 併し、走行を開始すれば、たちまち吸気温度は正常値に復する。

(d) 平坦地で、変速ギヤを Second に入れて  $30\text{km/h}$  で走行すると、吸気温度は  $40^{\circ}\text{C}$  を越え、外気温よりも  $14\sim 15^{\circ}\text{C}$  程度高くなる。

(e) 山路を  $10\text{km/h}$  の車速で、変速ギヤを Low に入れて登る場合は、吸気温度は  $50^{\circ}\text{C}$  に達し、外気温度より  $20^{\circ}\text{C}$  高くなる。

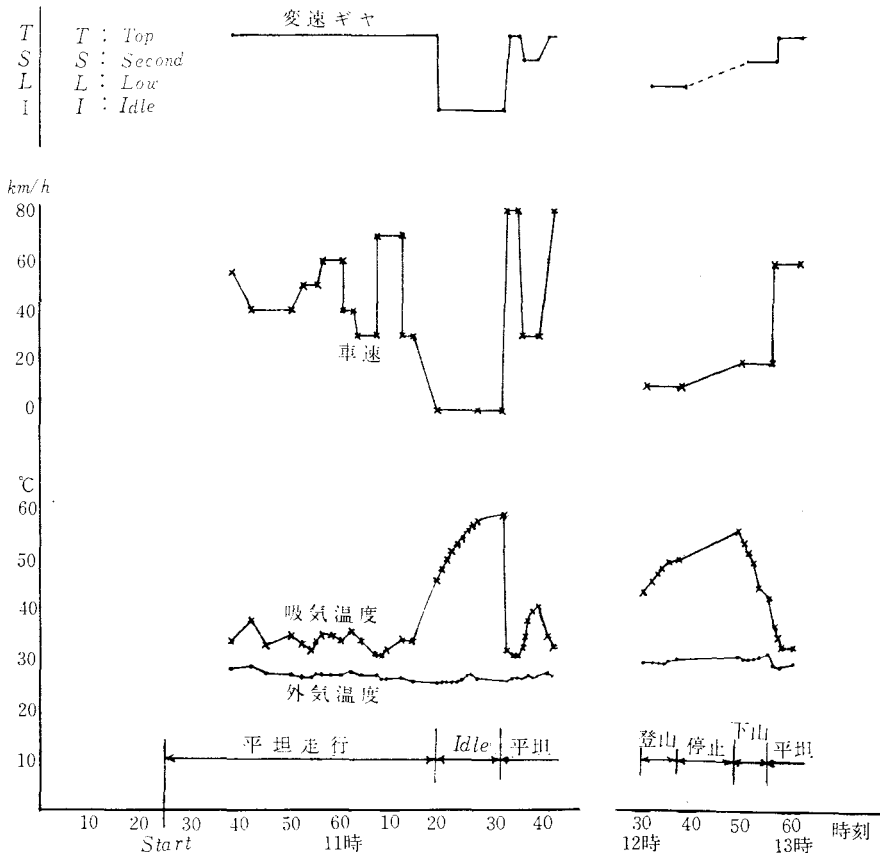


図8 実車吸気温度試験(42年7月4日)

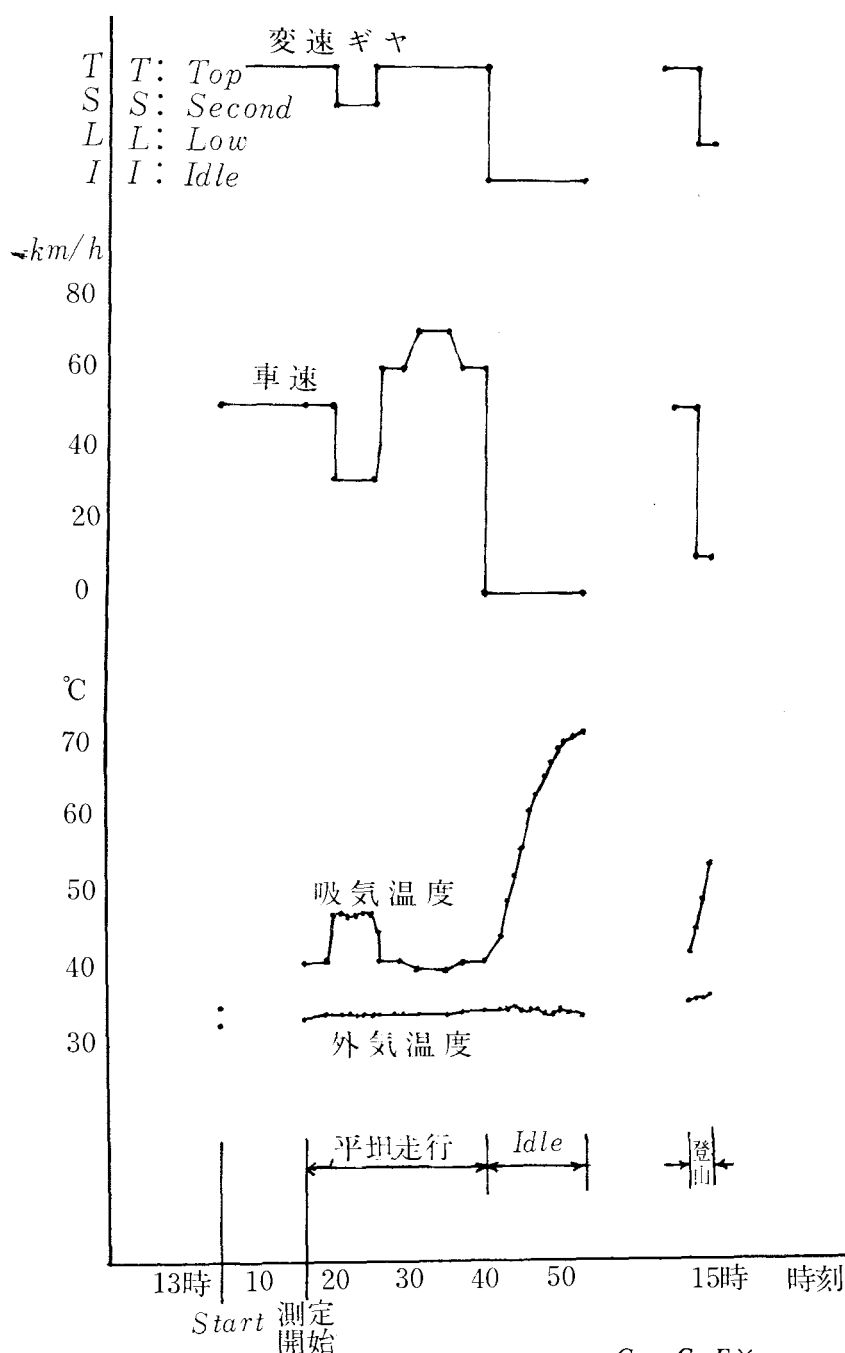


図9 実車吸気温度試験 (42年7月27日)

図9の場合は；

(a) やはり吸気温度は外気温度より7°C程度高く、高速になる程、僅かに低下する様であるが、無視出来る程度である。

(b) アイドル運転では70°Cを越えている。

(c) 走行すれば、忽ち正常にもどることは、図8の場合と同じであることを確認した。

(d) 平坦地で、変速ギヤ Second にて 30km/h で走行した場合、吸気温度は 46°C に達し、外気温度より 13°C 高くなっている。

(e) 山路の登り試験は、豪雨被害で途中返しか登れず中止となったが、図9より相当の温度上昇が推定される。

## §5 結論並びに考察

以上の結果をまとめる  
と次の通りとなる。

(1) 出力は吸気温度と共に低下していく。本実験では、3200r.p.m. の場合、0.5PS/10°C 即ち 10°C につき 2.2% の割合で低下している。

今、吸気重量を  $G_a$  kg/s とすれば、 $G_a$  は次式で表わされる：

$$G_a = C_a F \times$$

$$\sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_1 r_a \left\{ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right\}}$$

但し  $C_a$  : 吸気系の流量係数

$F$  : 吸気系の平均断面積 ( $m^2$ )

$g$  : 重力の加速度 ( $m/s^2$ )

$\gamma_a$  : 吸気の単位体積重量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$k$  : 比熱比  $= C_p / C_v$

$p_1$  : 大気圧力 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$p_2$  : シリンダー内の吸気圧力 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$C_a, F, g, k, p_2/p_1, p_1$  を一定と仮定すれば、 $p_1/\gamma_a = R T_1$  の関係を持ち込めば、上式は

$$G_a = K \cdot \frac{1}{\sqrt{T_1}}$$

但し  $T_1$  = 吸気温度 ( $^{\circ}\text{K}$ )

なる関係が得られ、更にガソリンエンジンにおいては、出力  $P$  は吸気量に大略比例するとみて、次式を得る：

$$P(P.S.) = K_0 \frac{1}{\sqrt{T_1}}$$

これによって出力曲線をえがけば、図10の①のようになるが、前記測定値は②の如くなり、理論値よりも出力低下が大きく出ている。この原因は、 $\gamma_a$  以外は一定と仮定したことによるものと思われる。

また、出力低下の度合は、高速回転になる程著しい。

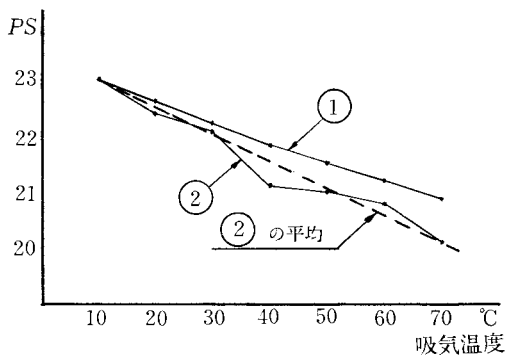


図10 出力曲線

(2) 排気温度は、吸気温度の上昇と共に、逆に低下していく。これは、吸入空気の保有熱量にもとづく排気ガスの温度上昇よりも、吸入空気の含有酸素量の減少による燃焼熱の低下が大きく利いているためと思われる。しかし吸気温度が上昇するにつれて、保有熱量の影響の方が次第に利いて

きはじめ、特に低速になるにしたがって、空気の吸入効率が増すと共に、燃料の供給量は減じ、吸気温度の直接効果が表われて来るので、極小値の現出と共に再び排気温度の上昇をきたすものと思われる。極小値は当然、低速となる程、吸気温度の低い方向に移行していく。

アイドル運転の場合は、燃料量に比し吸気量が極めて大きい場合で、上記極小値が極端に低温側に移動した場合に相当する。

(3) 吸気温度と共に出力が低下するにつれて、燃料消費率は増加して行き、その増加度合は、低速になるにつれて緩やかとなり、また一定回転に於ては、吸気温度が高くなる程、緩やかとなる傾向があるようである。吸気温度を更に上げて行けば、燃費の極大値が現れるのではないかという気がする。

(4) 排気ガスの組成は、吸気温度と共に  $\text{CO}_2$  量が減少し、 $\text{CO}$  及び炭化水素分は増加して、明かに燃焼状況の悪化を示している。

(5) 自動車に搭載したエンジンでは、ブルーバード1200で実験したところでは、エンジンの吸気温度は、チェーンデギヤ Top で走行の場合では、外気温度よりも  $6 \sim 7^{\circ}\text{C}$  高く、Second で平坦地走行の場合は  $14^{\circ}\text{C}$  程度高くなり、したがって前者においては約 1.5%、後者においては約 3% の出力低下を生ずる。

坂道を Low で登上する時は更に甚だしく、外気温度より  $20^{\circ}\text{C}$  以上の上昇をきたし、4.5% 程度の出力低下をきたすと考えられる。

アイドル運転を継続すると、吸気温度は上昇しつゞけ、(外気温度  $+40^{\circ}\text{C}$ ) 程度にはなり得る。

(6) 上記の実験結果より、エンジンの吸気の取入口は、設計的に充分検討の余地があり、適正な設計を施すことにより 4~5% の出力向上を期する可能性がある。

(7) 本実験では、主として給気“温度”をとりあげたが、吸気“量”の影響については、引つゞき第2報で報告する予定である。

(昭和42年9月1日受付)

# ガソリンエンジンの性能に及ぼす吸気の影響について (第 2 報)

(機械工学科) 久 保 田 勲

## On the Effect of Suction Air upon the Characteristics of a Gasoline Engine (Report 2)

Isao KUBOTA

I have already reported on the effect of suction air "temperature" upon the characteristics of a gasoline engine in report 1. Now, as Report 2, I report on the results of the experiments concerning the effect of suction air "quantity".

As the means for powering-up of a gasoline engine, nowadays there are being put into use such excellent methods as fuel injection and inertia-supercharging.

In short, however, all of them are nothing but the means to raise up the efficiency of combustion.

In this report, I treat with the effect of the secondary air, because I expect that the efficiency of combustion be raised up by the secondary air, without giving any additional modification or power loss to the common engines on the market.

### § 1 緒 言

第1報で、ガソリンエンジンの性能に対する給気温度の影響について論述したが、引つゞき第2報として、給気量の影響に関する実験結果につき述べてみたい。

ガソリンエンジンの出力向上の対策としては、例えば、燃料噴射とか、あるいは慣性過給とかいった、種々の高尚な方法が採用されつゝあるが、要は、如何にして燃焼効率を上げるかということに外ならない。

本報は、一般市販のエンジン機構に、煩雑な改造は一切行わず、余分の動力損失を与えることなく、燃焼効率を上げ得るのではないかとの予想のもとに、2次空気を送る方法を取り上げて実験したもので、その結果を報告する。

### § 2 実験装置

実験装置としては、第1報の実験に用いたものと殆ど同じであるが、簡単に説明すると、図1に示す如く、エンジン①の給気室②と給気加熱装置(ラジエーター)③に取付けた空気室④とを、ビニルホース⑤で連結し、ラジエーター③で加熱された給気は、④⑤②を経て、化気器⑥により、ガソリンと共に吸気マニホールド⑦を通過して、エンジンに供給される。⑧は吸気温度計である。本実験用として新に設けたものは、⑨の2次空気吸入管であるが、2次空気はこの⑨よりコック⑩をとって、マニホールド⑦に供給される。⑨のビ

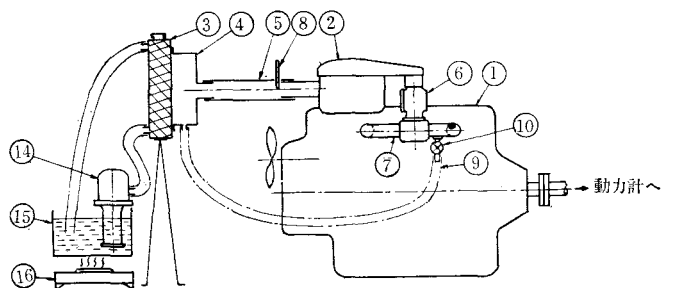


図1 実験装置説明図

ニルホースの内径は  $15\phi mm$  で、鎖線の如く空気室④に連結すれば、1次空気と同温の2次空気が供給されるようになっている。

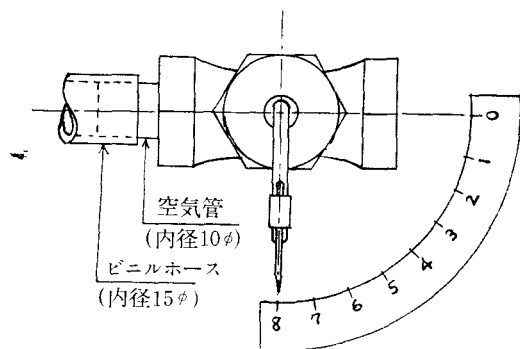


図2 2次空気コック

コック⑩のレバーには、図2の如く指針を取りつけ、目盛板を付属させて8から0迄等分し、8がコックの開き始める直前の位置で、0に合はせると全開になる。吸入空気量測定装置が未だ整備されていない現状なので、この方法で吸気量を表示することとした。

図1の⑮は水槽で⑯のコロで加熱された水が⑭のポンプによりラジエーター③を循環し、給気を加熱する。冷給気を供給する場合は、⑮に氷を投入する。

使用エンジンは、日産キャブライト用 1046c.c. 連続定格 26.5PS/3200r.p.m. で、第1報の実験に用いたものと同じであるので、詳細要目は省略する。

### §3 実験内容

#### (1) 2次空気温度30°Cの場合

前記の実験装置を用いて、コック⑩より2次空気をエンジンに送り込み、⑩の開閉度を変えて、出力、排気温度、燃料消費率、空燃比等がどう変化するかを、4/4負荷で回転数がそれぞれ3200, 2800, 2400, 2000 r.p.m., 吸気温度 30°C の場合について測定した結果を、以下に記述する。

##### (i) 出力

測定結果を plot すると図3の如くなる。

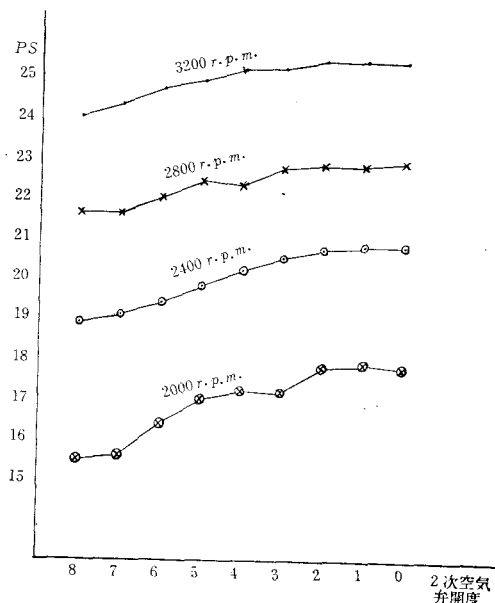


図3 出力曲線（4/4負荷）

すなわち、出力は各回転に於て、何れも2次空気の量と共に増加して行くが、弁開度1～0の辺りで最大となる。増加率は低速になるにつれて大きくなっている。

##### (ii) 排気温度

排気温度は、図4の如くで2次空気量と共に上昇し、低速より高速となるにつれて、その上昇カーブは急となって行くが、何れも弁開度1～0の辺りで最高となり、3200r.p.m. では最高 645°C に達している。

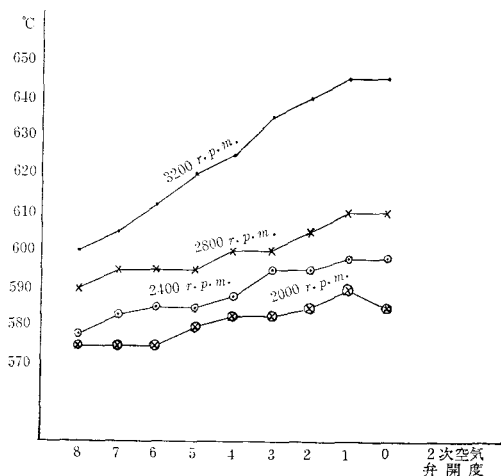


図4 排気温度曲線（4/4負荷）

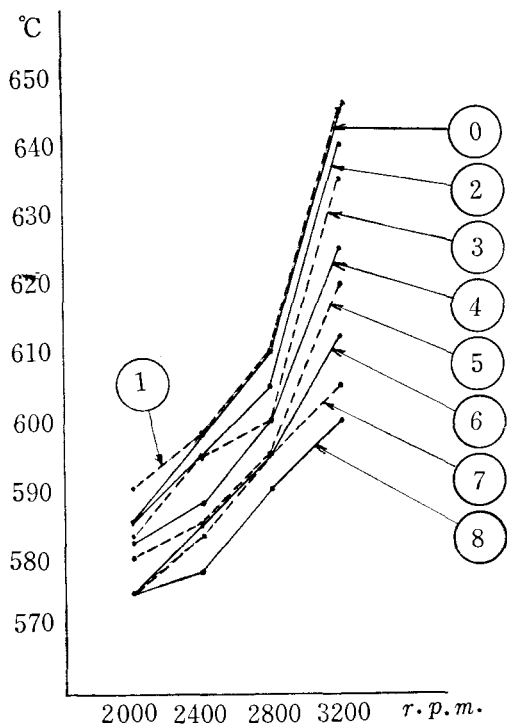


図5 排気温度曲線（4/4負荷）

また、図5で判るように、2次空気量の多い程、各回転数間の温度変化が甚だしい。

### (iii) 燃料消費率

燃料消費率は、図6に示す如く、2次空気量と共に減少し、弁開度1～0の点に極小値がある。

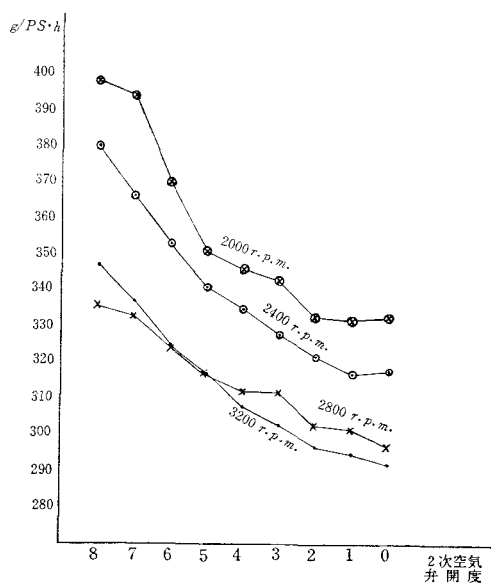


図6 燃料消費率曲線（4/4負荷）

2800r.p.m. と 3200r.p.m. の曲線が交叉しているのはおかしく、これは前者の測定値に、相当のエラーがあるためと思われる。

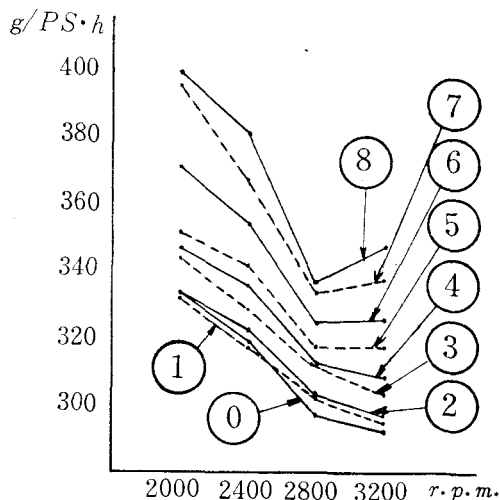


図7 燃費曲線（4/4負荷）

図7は、図6の燃費を回転数に対してplotしたもので、これから見ると、2次空気の量が多くなるにつれて、燃料消費率の最小点が、2800r.p.m. から 3200r.p.m. の方に移動して行く傾向が覗かれる。

すなわち、2次空気を供給することにより、明かに出力の増加と燃費の減少が得られることが判明したが、本実験に用いた日産DPUエンジンの設計数値は不明であり、特に気化器の特性は全然判らないので、あるいは本実験に使用した加熱用ラジエーターに相当の吸入抵抗があるため、この現象が生じているのではないかとの疑問が生じる。

この点を確認するために、図1に於けるビニルホース⑤を取外して、ラジエーターの要因を取除いた場合と、ラジエーターを使用した場合とで、性能の比較試験を行った。即ち2次空気弁開度はゼロ、すなわち8目盛の位置とし、30°Cの外気温にて試験した場合の結果を、図8に示す。

図8によれば、ラジエーターを取付けた場合と

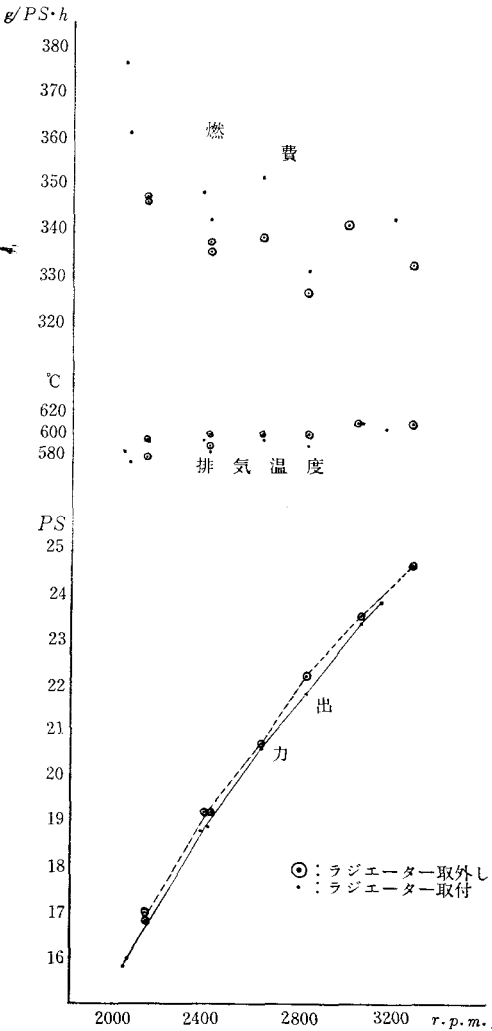


図8 ラジエーターの影響確認試験  
(4/4負荷, 外気温度30°C)

取外した場合とで、排気温度には差があるとは言えないが、出力には僅かの有意差がある。燃費は両者共にばらつき、有意差の判定は困難である。

そこで、回転数 3200r.p.m. の 4/4 負荷のみにつき、吸気温度 30°C で、ラジエーターのある場合とない場合とにつき比較試験を行った結果を図9に示す。

これによると、出力、排気温度共に有意差はないが、燃費は明らかにラジエーター使用の場合の方が多く、試験設備の影響があることが判った。併し、燃費曲線は完全に平行であり、すなわち2

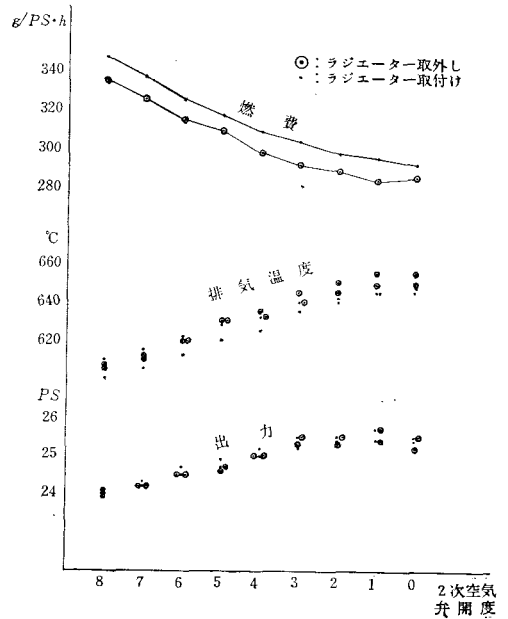


図9 ラジエーターの有無の影響  
(4/4負荷, 3200r.p.m. 外気温度30°C)

次空気量との関係特性は、現試験装置を用いた時の測定値を以て論じても、誤った結論に転ずる恐れのないことが確認された。すなわち、現在のキャブライト用エンジンの気化器を使用する場合、2次空気を導入することによって、エンジンの性能を向上させ得ることが明かとなった。

以上は4/4負荷に於ける効果であるが、衆知の如く、特に自動車用ガソリンエンジンに於ては、負荷の変動が激しく、種々の部分負荷で運転されるので、全力負荷以外の負荷に於ても、上記と同様な効果が得られるかどうかは確認の必要がある。

したがって、3/4, 1/2, 1/4負荷及び無負荷に於ける実験を行った。その結果は次の通りである。

#### (a) 出力

測定値を plot したものを図10に示す。比較のため、4/4負荷の値も記入してある。尚回転数は3200r.p.m. と 2000r.p.m. の場合のみを選んだ。

これからみると、出力曲線の最大の位置は、出

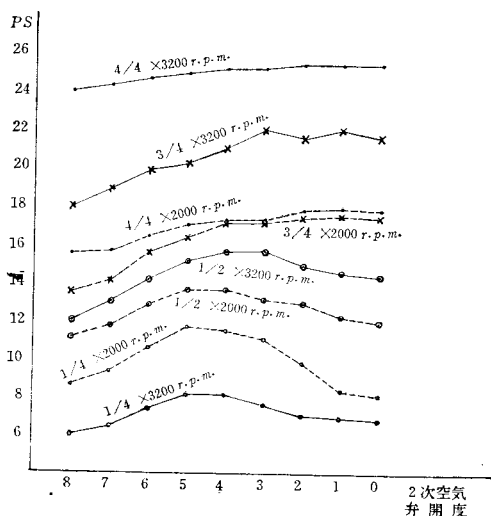


図10 部分負荷出力曲線

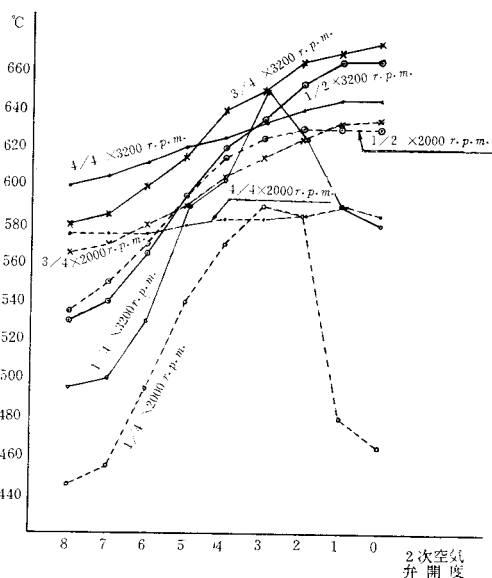


図11 部分負荷排気温度曲線

力が小さくなる程、また回転数が低くなる程左方に移動する傾向がある。すなわち、2次空気の効果は、部分負荷の場合にも認められるが、その適正2次空気量は負荷条件によって異り、低速低出力になるにつれて減少し、或る適正量以上に供給すると、出力は逆に低下し始める。

#### (b) 排気温度

図11に示す如く、2次空気量と共に排気温度は上昇するが、その上昇の度合は、低出力になる程

急激で、かつ極大値が出現し始め、その極大値は、低出力低回転になるにつれて、次第に左方に移動する。これに反し、回転数の低い程、上昇率は緩かとなる傾向が認められるようである。

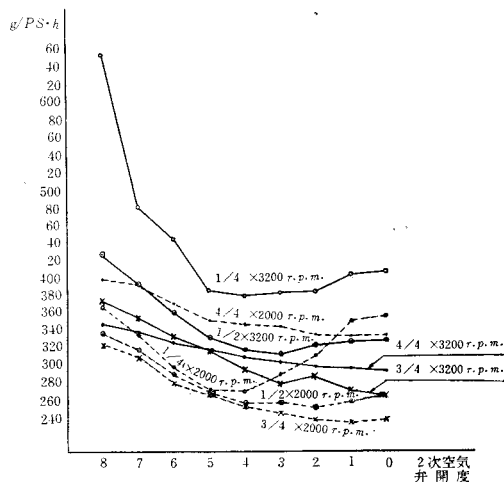


図12 部分負荷燃費曲線

#### (c) 燃費

燃費曲線は図12に示すとおりである。

燃費最小の点は、出力の増加と共に右方に移動していく。

#### (d) 無負荷試験

無負荷運転の場合は、エンジンの始動性の問題が付随するので、2次空気は当然望ましくない場合が予想されるし、更に、前述の如く、出力最大の点が2次空気量ゼロの方に移動する傾向から考えても、寧ろ有害なことが予想されるが、回転数と2次空気量との関係をplotしたものが図13である。

すなわち普通自動車エンジンのアイドル回転数600r.p.m. 近辺では、2次空気は好ましくなく、2次空気量7目盛の位置でエンジンが停止する。アイドル回転数を上げるにつれて、次第に停止の恐れは少なくなり、2次空気量と共に回転数が増加して行き、極大値が出現して来て、負荷運転の場合の曲線に移行して行く。その間、一時反曲点が生じてから、次第に正常な曲線形に移行する点、興味深い。

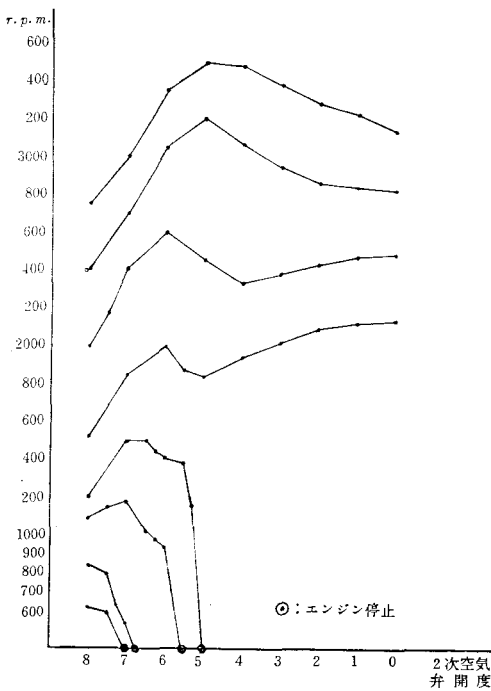


図13 無負荷試験

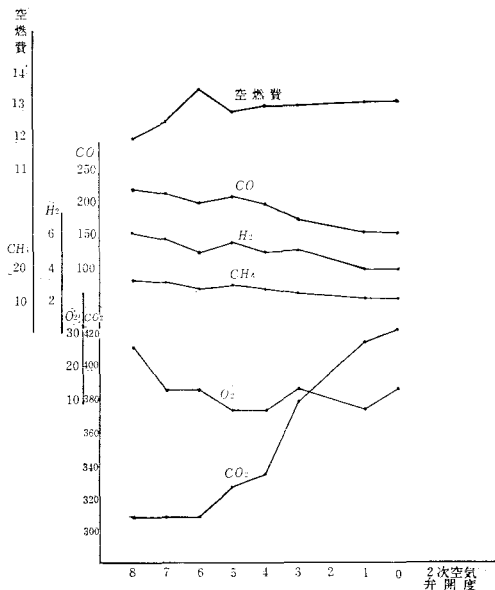


図14 排気ガス組成

(4/4負荷, 3200r.p.m., 吸気温30°C)

## (c) 排気ガス組成

オルザットガス分析装置を用い、4/4負荷 3200 r.p.m. で吸気温度30°Cの場合、2次空気量を種々に変化させた時の排気ガスの成分及び空燃費を

測定計算した結果を図14に示す。但し、 $H_2$  と  $CH_4$  の量は  $CO$  に比例するとして計算した。

2次空気量の増加と共に  $CO_2$  が増大し、完全燃焼に近づく一方、 $CO$ 、したがって  $H_2$ 、 $CH_4$  等の不完全燃焼成分が減じて行く過程をよく表わしている。

空燃費は13で飽和している。空燃比の曲線からみて、2次空気弁開度6の時の測定値はエラーがあると思われる。

## (2) 2次空気温度を変えた場合

以上は、2次空気温度30°Cの場合についての実験結果であるが、外気温度が夏冬で変わった場合を考慮し、2次空気温度を70°C及び10°Cに変化させた時の実験結果を、図15及び図16に示す。

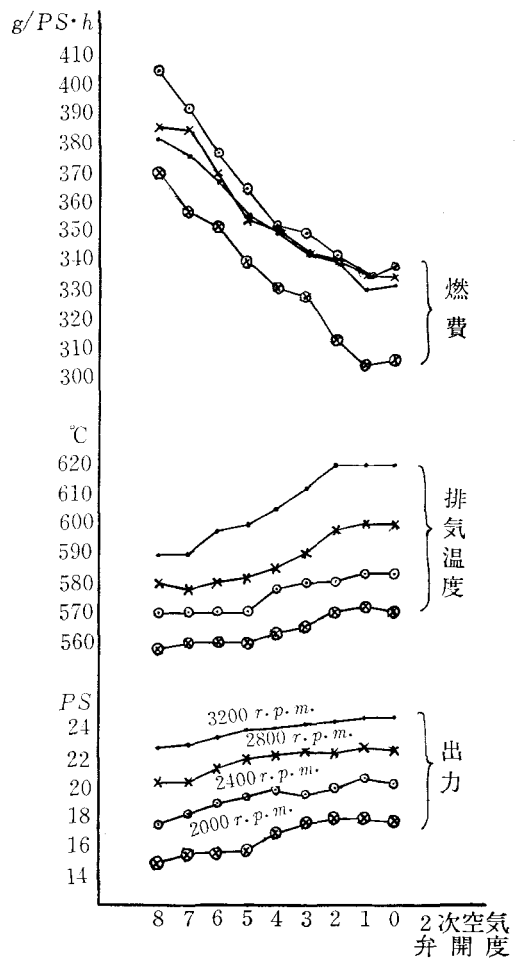
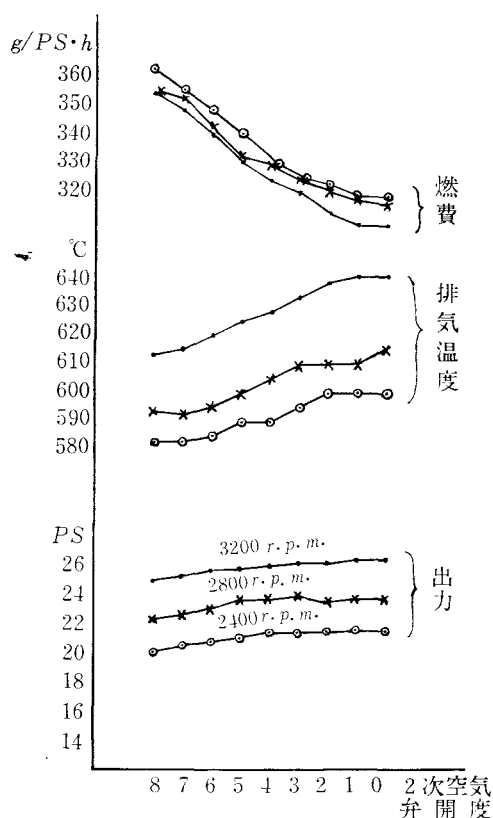


図15 性能曲線(吸気温70°C)

図16 性能曲線（吸気温 $10^{\circ}C$ ）

すなわち、2次空気のエンジン性能に及ぼす影響は、傾向としては、前述  $30^{\circ}C$  の場合と殆ど変わらず、性能向上に2次空気の役立つことは疑いない。外気温度が高くなる程、2次空気の効果は大きくなる傾向が認められる。

#### § 4 結論ならびに考察

以上の結果をまとめると次の通りである。

(1) 2次空気の量と共に出力は増大して行くが、空気量がある適正值以上になると、出力は再び低下し始める。この適正量は、負荷条件によって異なるが、低負荷、低回転になる程、小さくなっていく。

(2) 出力増加の割合は、低負荷、低回転になる程大きく、実験によれば、最大30%の出力増加が認められた。

(3) 前記の傾向は、燃料消費率の減少率につい

ても、全く同様であるが、絞り弁開度が一定ならば、燃料消費率の最小値を示す回転数は、2次空気量の増加と共に、高速回転の方向に移行して行く。すなわち、2次空気量の増加と共に、回転数を高めることが出来る。

(4) 排気温度は、2次空気量と共に上昇して行くが、高回転になる程、また低出力になる程、その上昇割合が激しく、かつ、低出力低回転になるにつれて、最大値の山が出現すると共に、その山は2次空気量の少ない方向に移動していく。

(5) 2次空気量を増すにつれて燃焼は良好となり、排気ガス中の  $CO_2$  の量は増加し、 $CO$  ならびに炭化水素分は減少し、空燃費は理論値15に近づいていく。

(6) アイドル回転では、回転数の高い範囲内では、2次空気量の増加と共に、燃焼は良好となっていくが、低回転になるにつれて、その適正2次空気量は減少していき、回転数の最大値の山は、次第に2次空気量減少の方向に移動しつつ、徐々に山の高さは減じ、やがて変曲点を表わしつつ、遂には、或る回転数以下になると、2次空気の供給は回転を急激に低下させ、エンジン停止に至る。

したがって、始動時に於ける2次空気の供給は、エンジン始動を不可能ならしめる。

(7) 以上の結果としては、2次空気を供給する方法により、出力では最大30%の増加、燃費では最大40%の低下を確認した。

(8) したがって、気化器の絞り弁と連動する2次空気弁を設け、負荷に応じて、その適正值に近い2次空気量を、吸気マニホールドに吸入させるように調整すると、現状に何等特殊に複雑な設計変更を行うことなしに、エンジン性能を向上させる可能性がある。

(9) 本実験に於ては、一般に燃費の絶対値が可成り高く出ている。すなわち、エンジン入荷時に行った性能測定によると、図17にみられる如く、

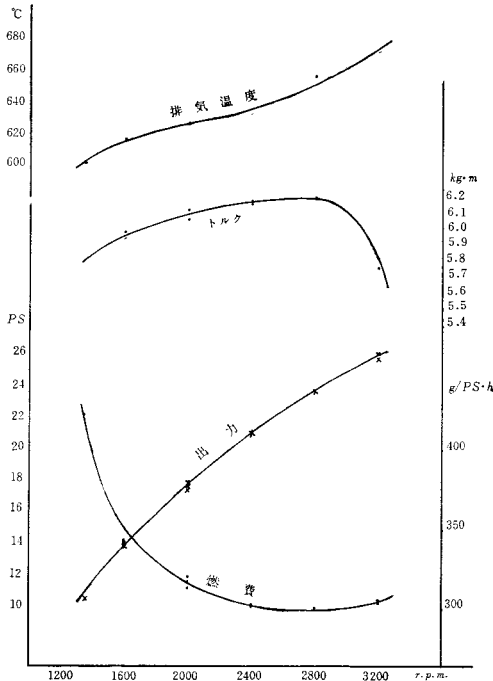


図17 4/4負荷性能曲線（吸気温度70°C）

4/4負荷, 3200r.p.m. で 302g/PS.h の燃費を示しているのに対し, 本実験では 335g/PS.h (図9のラジエーター取外しの場合で, 2次空気弁開度8

に相当する) と可成り高い。

併し, 第1報に報告した, 吸気温度による出力低下及び燃費増加の定量的関係を用いて換算すると, 換算出力=25.2PS, 換算燃費=300g/PS.h となり, エンジンが入荷時の性能を以て運転されていると考えられる。

(10) 気化器の設計特性が不明であるので, 本実験結果が, そのまゝ, あらゆる種類のエンジンに適用出来るかどうかは, 尚検討の余地がある。この点の解明は今後に残された問題であろう。

(11) 本装置に於ける2次空気弁コック⑩の通路面積が小さいため, 全開しても尚2次空気量不足の形跡がある。4/4負荷, 3200r.p.m. の場合, 2次空気弁開度1~0のところで, 図3以下のカーブが Saturate しているのはこのためである。コック⑩を取外した状態で, 2次空気量を徐々に増加させていくと, 極大或は極小値は, 更に右方に移動することが認められた。

(昭和42年9月1日受付)

# Al 青銅の加工熱処理 (第1報)

(機械工学科) 大 下 隆 章

## Thermal-Mechanical Treatment of Aluminum Bronze (Report 1)

Takaaki ŌSHITA

The purpose of this report is to find the possibility of the application of thermal-mechanical treatment to aluminum bronze. The results obtained after thermal-mechanical treatment of aluminum bronze containing 11.5% Al, 1% Mn at isothermal transformation temperature 400°C, and 450°C are as follows.

- (1) The Micro-Vickers hardness and ultimate tensile strength increase with deformation. The ratio of increase per 1% reduction is 2.4 for the Micro-Vickers hardness, and 1.1 kg/mm<sup>2</sup> for the ultimate tensile strength.
- (2) The thermal-mechanical-treated structure is fine banded martensite.
- (3) The more the deformation, the higher the temperature that continues the maximum hardness and ultimate tensile strength.

### § 1 緒 言

オースホーミングの熱処理技術は1958年フォード会社の Zackey によって発表された。その後この技術は超高張力材料の開発のために盛んに研究されている。一般にオースホーミングはオーステナイトに塑性加工を施すのであるからオーステナイトの範囲の広いことが必要である。したがってS曲線が全体として右側によっている鋼が用いられている。アルミニウム青銅の状態図は図1のように 11.8%Al, 570°C に  $\beta \rightarrow \alpha + \gamma_2$  の共析変態点を有し、 $\beta$  相から急冷したものは針状または粒状の  $\beta'$  相を生じて鋼の変態ときわめてよく似ている。さらに共析反応を有する Al 青銅のS曲線はかなり右側によっており、Mnを添加すると変態開始時間を著しく遅らせると同時にS曲線のノーズも低温側に移行することが知られている。<sup>1)</sup> このような鋼と Al 青銅の変態の類似性が

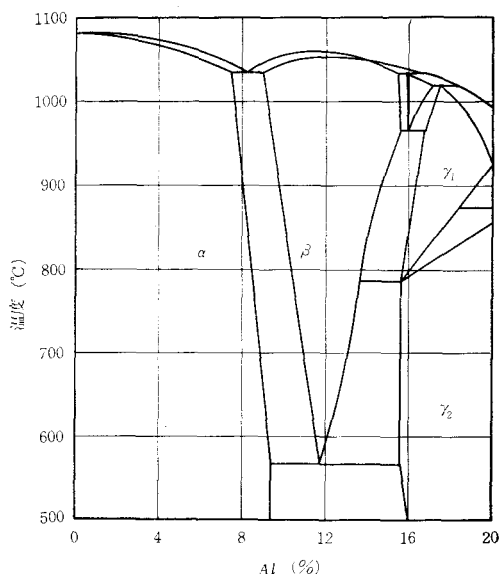


図1 Cu-Al 状態図

ら加工熱処理 (Thermal-Mechanical Treatment) による Al 青銅の機械的性質の改良を推定してその可能性を検討した。

## § 2 試料の調整および実験方法

試料は電解銅，高純度 Al をルツボ炉で 12Kg 溶解し， $10 \times 10 \times 200\text{mm}$  に砂型鑄造した。 $900^\circ\text{C}$  で 1hr 焼準したのち  $900 \sim 700^\circ\text{C}$  で  $10 \times 5\text{mm}$  に鍛造，さらに  $900^\circ\text{C}$  で 30min 焼鈍，ローラー圧延して厚さ 2mm の板材とした。試料の化学成分は 11.5 %Al, 1% Mn, 残り Cu である。

T.T.T. 線図の作製には上記試料を  $900^\circ\text{C}$  で 10min 溶体化処理したのち， $550 \sim 400^\circ\text{C}$  の間で  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  の塩浴炉で恒温変態させたのち水焼入れをおこなって変態の進行状態を硬度および顕微鏡組織によって検討した。加工熱処理したものの機械的性質を調べるための試料は  $800, 700^\circ\text{C}$  の温度で 10min 溶体化処理したのち， $550, 450, 400^\circ\text{C}$  のそれぞれの温度で 5min 恒温変態したものを試料の温度が降下しないようにすばやくローラー圧延して空冷した。加工度は 0 ~ 25% である。  
(以下，溶体化温度/保持時間，恒温変態温度/保持時間，加工度，焼戻時間/保持時間の順に記す)。この試料を図 2 のように機械加工して斜線の部分を切り取り，硬度測定，検鏡に使用して他を引張試験に供した。

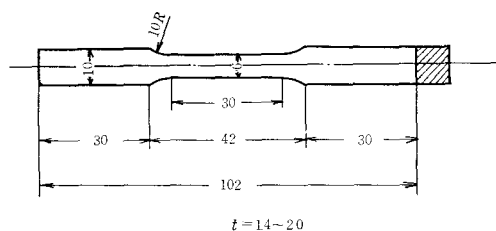


図2 試験片

熱処理のための炉は所定温度の $\pm 3^\circ\text{C}$ に保ち，試験機は島津製電子管式50吨万能試験機，明石製マイクロビッカース硬度計を使用した。硬度の測定荷重は 500gr である。

## § 3 実験結果と考察

硬度および顕微鏡組織を検討してえた T.T.T.

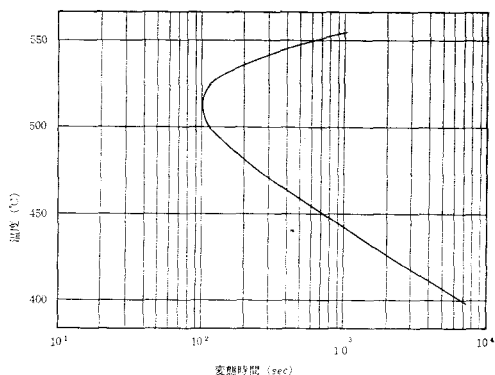


図3 T.T.T. 線 図

線図を図3に示す。この図は変態の開始時間のみを示したが，ノーズは $512^\circ\text{C}$ ， $10^2\text{sec}$ である。また恒温変態温度が低下するほど微細な組織が認められた。図3から本実験に採用する恒温変態の時間を選定するのにノーズに近い温度における作業は困難であるからこの温度を恒温変態温度として選ぶことはできないので，恒温変態温度を $550^\circ\text{C}$ ， $450^\circ\text{C}$ ， $400^\circ\text{C}$ とし，恒温変態時間を 5min に選んで  $800^\circ\text{C}$ ， $700^\circ\text{C}$  の各温度で 10min 溶体化処理したのち 0 ~ 25% の範囲で加工後空冷した。加工度と硬度の関係を図4に，加工度と引張強さの関係を図5に示した。加工度と伸び率の関係も測定したが，その値は 2 ~ 3 % の範囲であり加工熱処理による変化は認められなかった。また恒温変態温度を $550^\circ\text{C}$ としたものは加工前の組織が粗大

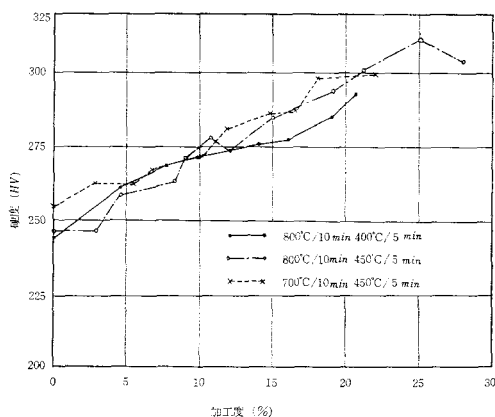


図4 加工度と硬度の関係

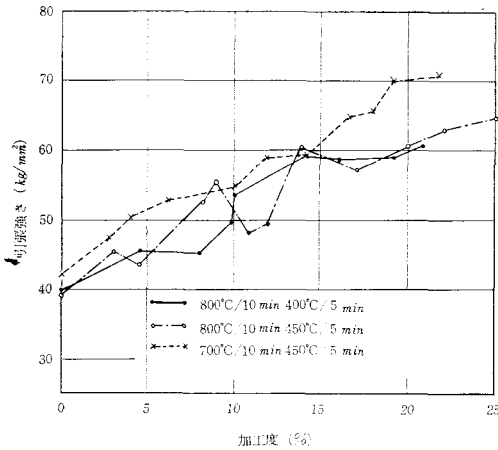


図5 加工度と引張強さの関係

で圧延時に材料の周辺部に写真1に示すような割れが発生しやすく加工はきわめて困難である。さいわい加工し得たものも800°C/10min, 450°C/5min, 20%でわずかに45Kg/mm<sup>2</sup>の強さを得たにすぎなかった。



写真1 試料の割れ

これは試料が小さく圧延の際S曲線を横切るまでに温度が降下することも考えられる。この点を検討するために温度が降下してもS曲線を横切る心配のない800°C/10min, 550°C/1minを選んで圧延したものについて試験したが13.8%の加工で40Kg/mm<sup>2</sup>, H<sub>v</sub> 284であって検鏡の結果はβ相の粒界から割れを発生しておりこの温度での加工は効果を期待できないことがわかった。溶体化温度を800°Cに選んだものは恒温変態温度が450°Cのものも400°Cのものも硬度、引張強さともに大差はなく、硬度は加工度1%当りにH<sub>v</sub> 2.4, 引張

強さは1Kg/mm<sup>2</sup>程度の増加であった。ただし可能な加工度は400°Cのものは約20%, 450°Cのものは約25%であり、これ以上加工度を増すと材料に割れを生じた。このことは一度小さい加工度で加工し所定の恒温変態温度まで再加熱して加工を続けようとしたものについても同様であった。加工時の組織が面心立方格子である鋼材のオースホーミングでは加工度をきわめて大きくすることが可能であるが、Al 青銅の場合β相が体心立方格子であり加工度を大きくすることは困難である。700°C/10min, 450°C/5minで加工度を変えたものの硬度は800°C/10min, 450°C/5minで加工度を変えたものの硬度と大差はないが引張強さでは加工度1%に対する増加率は約1.1Kg/mm<sup>2</sup>で700°C/10min, 450°C/5min, 20%のものは70Kg/mm<sup>2</sup>近くに達する。900°Cから炉冷したものの引張強さは約53Kg/mm<sup>2</sup>であるから約30%増加したこととなる。溶体化温度が機械的性質におよぼす影響は恒温変態のそれにくらべて大きく溶体化温度が低い方がよい。

三谷<sup>2)</sup>は共析組成に近いAl 青銅の焼入組織を研究して焼入れされたβ'相にM<sub>s</sub>点で収縮するものと膨脹するものと2種類存在することを示し、さらに焼入温度が高いほど粒状の収縮するβ'相が多いことを報告しているが2種のβ'相が機械的性質にどのように影響するか今後の問題にしたい。写真2 a, bは試料の800°C, 700°Cから水焼入れした組織を示す。写真3 aは800°C/10min, 450°C/5min, 21.9%の顕微鏡組織であるが写真2 a, 800°C水焼入れのものにくらべて微細なβ'相が加工時に影響をうけ彎曲していることを示している。写真3 bは700°C/10min, 450°C/5min, 21.6%のもので写真3 aにくらべて一層微細で彎曲している。Zackeyらは鋼のオースホーミングしたマルテンサイト葉の生成の様態を光学顕微鏡によって詳細に研究してすべり帯や変形帯を通過してマルテンサイト葉は成長しうが、

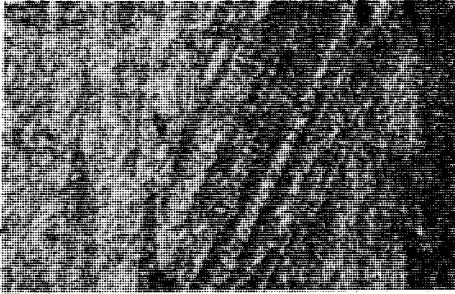


写真2 a 800°C 水焼入れ ×500

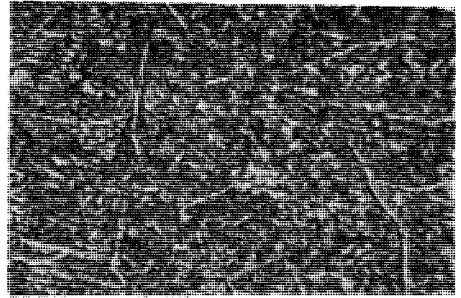


写真3 a 800°C/10min, 450°C/5min, 21.9% ×500

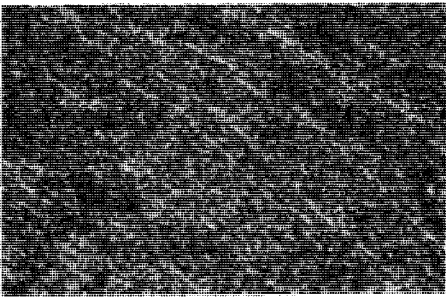


写真2 b 700°C 水焼入れ ×500

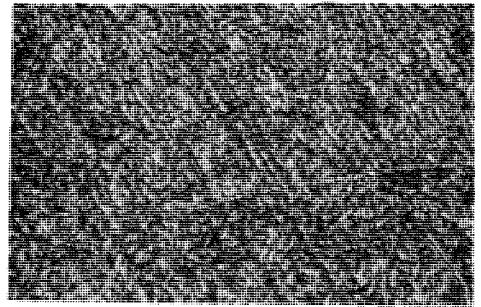


写真3 b 700°C/10min, 450°C/5min, 21.6% ×500

この場合マルテンサイト葉は無理な彎曲をしないと報告している<sup>3)</sup>が Al 青銅についてもこのことがいえるようである。

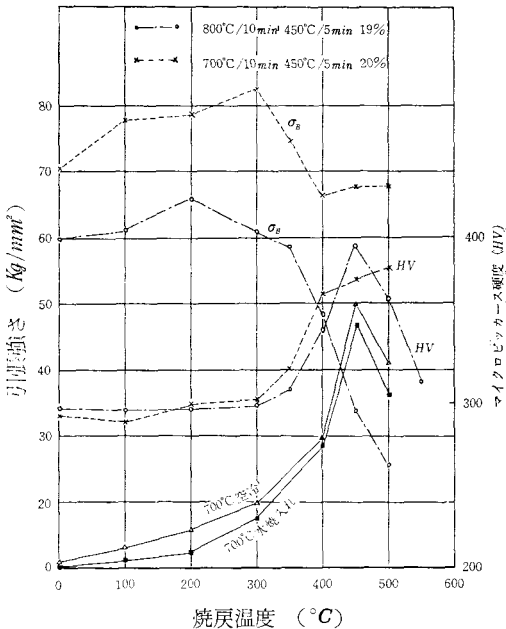


図6 焼戻温度と硬度および引張強さの関係

図6は800°C/10min, 450°C/5min, 19.2%と700°C/10min, 450°C/5min, 20.1%のものを100~500°Cの範囲で20min焼戻したものの硬度、引張強さの変化を示す。いずれの場合も加工熱処理をしないで空冷または水冷したものよりもはるかに高い硬度を示している。硬度の変化は低温側でほとんど認められないが約300°Cから上昇して450~500°Cで最高HV 390~400に達している。三谷<sup>2)</sup>によれば焼戻されたAl青銅の硬度は収縮したβ'からβ<sub>1</sub>, 膨張したβ'からβ<sub>1</sub>への変態開始付近で最高値を示すとしている。田村<sup>4)</sup>はオースホームされたFe-Ni-Cマルテンサイトの焼戻挙動について報告し、オースホームされたマルテンサイトはオースホームされないものよりも高い焼戻温度まで高い硬度を保持する。これはオースホームされたマルテンサイト内の転位密度がオースホームされないマルテンサイト内よりも高くしかも転位に極微細に析出している炭化物に原

因すると述べているが本実験の場合も加工されたものが高温まで高い硬度を示す傾向がうかがえる。引張強さについても同様のことがいえるようである。引張強さは $800^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ ,  $450^{\circ}\text{C}/5\text{min}$ , 19.2%のものは焼戻温度 $200^{\circ}\text{C}$ において最高で $66\text{Kg/mm}^2$ ,  $900^{\circ}\text{C}$ から炉冷したものに比べて25

%の増加に相当する。 $700^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ ,  $450^{\circ}\text{C}/5\text{min}$ , 20.1%のものは焼戻温度 $300^{\circ}\text{C}$ において最高で $83\text{Kg/mm}^2$ , 56%の増加を示した。

写真4 a ~ e は $700^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ ,  $450^{\circ}\text{C}/5\text{min}$ , 21.6%のものを $100\sim 500^{\circ}\text{C}$ で焼戻した組織である。

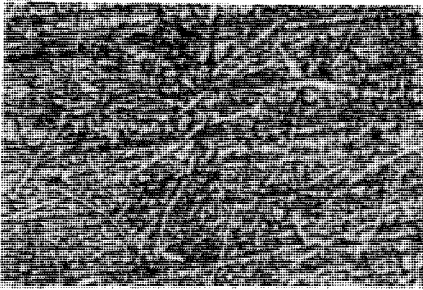


写真4 a  $100^{\circ}\text{C}$

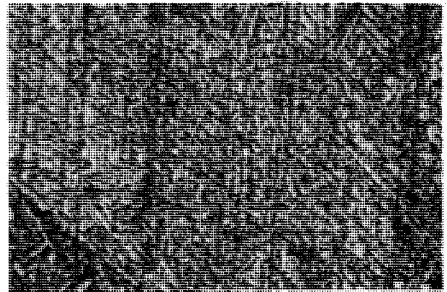


写真4 b  $200^{\circ}\text{C}$

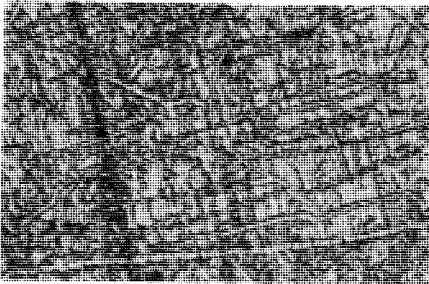


写真4 c  $300^{\circ}\text{C}$

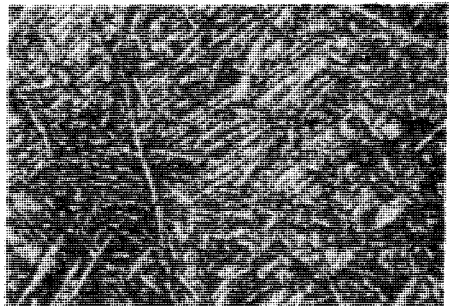


写真4 d  $400^{\circ}\text{C}$

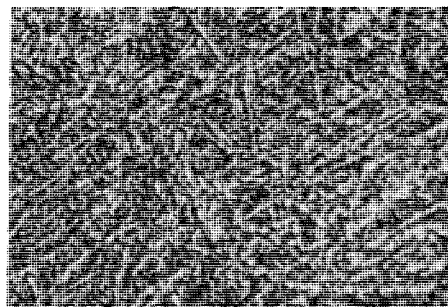


写真4 e  $500^{\circ}\text{C}$

写真4  $700^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,  $450^{\circ}\text{C}/5\text{min}$ , 21.6%の焼戻組織

×500

#### § 4 結 論

11.5% Al, 1% Mn の Al 青銅の加工熱処理による硬度, 引張強さ, 組織を検討した結果つぎのことが明らかになった。

- (1) 硬度, 引張強さは加工度の増加にしたがって増加し, その増加率は加工度 1% に対して  $H_v$  2.4, 引張強さ  $1.1 \text{ Kg/mm}^2$  であった。
- (2) 加工熱処理したものは彎曲した微細なマルテンサイト組織である。
- (3) 加工熱処理したものはしないものにくらべて

高温度まで高硬度, 高引張強さを持続する。

終りに本研究遂行にあたり装置の製作, 試料の調整に絶大なご協力をいただいた本校の西本助手, 茶山, 金井両氏に衷心より感謝します。

#### 文 献

- 1) 梶山, 小林, 日本金属学会誌, 25(1961), 393。
- 2) 三谷, 日本金属学会誌, 22(1958), 209。
- 3) 田村, 日本金属学会誌, 27(1963), 206。
- 4) 田村, 日本金属学会誌, 28(1964), 433。

(昭和42年9月1日受付)

# 摩擦面温度上昇の理論解析

(機械工学科) 灘 野 宏 正

## A Theoretical Analysis of the Surface Temperature

Hiromasa NADANO

A theoretical analysis of the surface temperature generated by friction in a sliding system has been made by many investigators from different standpoints. H. Blok regarded a contact body as a semi-infinite plane body and his concepts of a heat flow was under a steady state condition.

Following Blok's concepts, the author obtained a general formula of surface temperature in the sliding, and the rolling system, and the contact system of those two combined on the case of perfectly elastic-plastic materials.

Therefore, here it is shown that a seizing temperature is inversely in proportion to a magnitude of the thermal conductivity of the contact body.

### § 1 緒 言

摩擦状態が苛酷な境界潤滑状態にさらされている場合、接触面上では摩擦熱により相当な高温、いわゆる瞬間温度が発生しており、それがたえず点滅しながら波状に焼付き温度まで上昇してゆくものと推定される。ここで筆者は接触物体を半無限固体とし、定常熱流のもとでまず移動熱源による一次元流れを考えた場合の瞬間温度  $T_m$  を、ついで三次元流れと考えた場合の固定熱源による瞬間温度  $T_s$  を求めた。さらに接触物体を完全弾性体とし、その接触面上に Hertz の応力分布と同様に回転放物体状熱源が分布する場合、また接触物体を完全塑性体とし、その接触面上に一樣な大きさの円筒状熱源が分布する場合の各々の瞬間温度の一般式を求め、滑り接触のみの状態、および滑りころがりの組合わされた接触状態について検討をおこなった。

### § 2 使 用 記 号

瞬間温度の理論解析にあたりつぎの記号を使用する。

$\kappa$  = 熱伝導率  $\text{cal/cm} \cdot \text{sec}^\circ \text{C}$

$a = \kappa / \rho c$  熱拡散率  $\text{cm}^2 / \text{sec}$

$\rho$  = 密度  $\text{gr/cc}$

$c$  = 比熱  $\text{cal/gr}^\circ \text{C}$

$r_0$  = 弾性接触による Hertz の接触域の半径  $\text{cm}$

$r_1$  = 塑性接触による接触域の半径  $\text{cm}$

$q_0$  = 弾性接触における最大 Hertz 圧力に相当する熱源の強さ  $\text{cal/cm}^2 \text{sec}$

$q_1$  = 円筒熱源の強さ  $\text{cal/cm}^2\text{sec}$

$P$  = 圧縮荷重  $\text{Kg}$

$\mu$  = 摩擦係数

$v = (v_1 - v_2)$  物体の相対移動速度  $\text{cm/sec}$

$v_1, v_2$  = 各接触物体の移動速度  $\text{cm/sec}$

$J$  = 熱の仕事量  $\text{Kg-m/Kcal}$

### § 3 移動熱源, 固定熱源による温度上昇式

#### 3.1 移動熱源に対する温度上昇 $T_m$ について

図1のように熱源  $q$  が滑り速度  $v$  で固定面上を動いている場合, 表面上のある一点  $P$  から  $r$  の距離にある点での温度  $T$  は無限物体でつぎのごとくなる。

$$x_1 = \frac{x}{\sqrt{a t}}, \quad y_1 = \frac{y}{\sqrt{a t}}, \quad z_1 = \frac{z}{\sqrt{a t}}$$

一次元の流れを考えると  $y z$  平面に熱源があり  $x$  軸方向に熱が流れるとすると熱流の一般解より次式が成立する。

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x_1^2} + \frac{x_1}{2} \frac{\partial T}{\partial x_1} - t \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \dots\dots(1)$$

ここで  $T(x, t) = t^n f(x_1)$  とするとこれを式(1)に代入すると

$$2 \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} + x_1 \frac{\partial f}{\partial x_1} - 2n f = 0$$

とくに  $n = -1/2$  の場合を考えると

$$\frac{d}{d x_1} \left\{ 2 \frac{d f}{d x_1} + x_1 f \right\} = 0$$

$$\therefore f(x_1) = C e^{-\frac{x_1^2}{4}}$$

いま  $C = \frac{Q}{2\sqrt{\pi a}}$  とおくと

$$T = \frac{Q}{2\sqrt{\pi a t}} e^{-\frac{x_1^2}{4}} = \frac{Q}{2\sqrt{\pi a t}} e^{-\frac{t^2}{4 x a}}$$

$$\therefore T = \frac{Q a}{K\sqrt{\pi a t}} e^{-\frac{r^2}{4 a t}} \dots\dots\dots(2)$$

接触面上では  $r = 0$  であるので表面温度  $T_m$  は

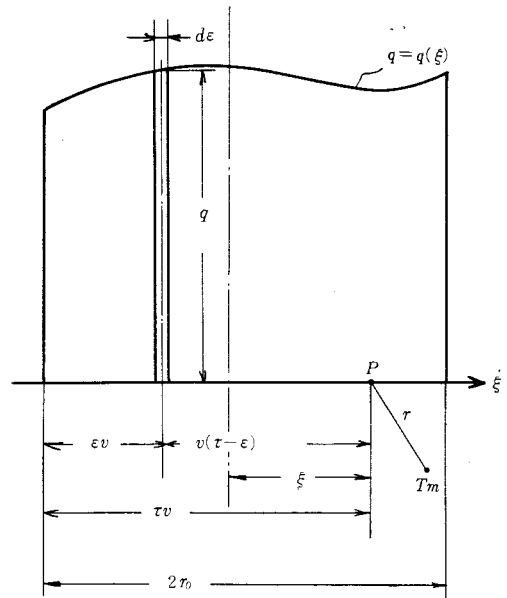


図1 移動熱源

$$T_m = \frac{Q a}{\kappa \sqrt{\pi a t}} \dots\dots\dots (3)$$

または  $t = \tau - \varepsilon$  であるから

$$\therefore d T_m = \frac{a d q}{\kappa \sqrt{\pi a t}} \dots\dots\dots (4)$$

$$b d = b d \varepsilon$$

$$\therefore d T_m = \frac{a}{\kappa \sqrt{\pi a t}} q d \varepsilon \dots\dots\dots (5)$$

ゆえに式(5)に式(3)を代入すれば表面温度  $T_m$  は次式となる。

$$T_m = \int_0^{\sqrt{\tau}} \frac{q a}{\kappa \sqrt{\pi a}} \frac{d \varepsilon}{\sqrt{\tau - \varepsilon}} = \frac{q a}{\kappa \sqrt{\pi a}} \int_0^{\sqrt{\tau}} \frac{d \varepsilon}{\sqrt{\tau - \varepsilon}} \dots\dots\dots (6)$$

### 3.2 固定熱源に対する温度上昇 $T_s$ について

接触面上に静止した熱源がある場合は伝熱方程式より半無限物体中における熱源の解を求めるとよい。いま  $z = 0$ ,  $z' = 0$  において

$$T_s = \frac{Q a}{4 \kappa (\pi a t)^{\frac{3}{2}}} \exp \left[ -\frac{(x - x')^2 + (y - y')^2}{4 a t} \right] \dots\dots\dots (7)$$

式(7)を極座標であらわすと  $(x, y)$ ,  $(x', y')$  の各点の極座標は  $(r, \theta)$ ,  $(r', \theta')$  となりその点からの距離  $R$  は

$$R^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2 = r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos(\theta - \theta')$$

となり、式(7)に代入すれば

$$T_s = \frac{q a}{4 \kappa (\pi a t)^{\frac{3}{2}}} \exp \left[ -\frac{r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos(\theta - \theta')}{4 a t} \right] \dots\dots\dots (8)$$

となる。

面熱源に対しては

$$T_s = \frac{a}{4 \kappa (\pi a t)^{\frac{3}{2}}} \int r' dr' \int d\theta' q(r', \theta') \exp \left[ -\frac{r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos(\theta - \theta')}{4 a t} \right] \dots\dots\dots (9)$$

定常面熱源に対しては

$$T_s = \frac{a}{4 \kappa (\pi a)^{\frac{3}{2}}} \int_0^\infty dt \int r' dr' \int_0^{2\pi} d\theta' \frac{q(r', \theta')}{t^{\frac{3}{2}}} \exp \left[ -\frac{r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos(\theta - \theta')}{4 a t} \right] \dots\dots\dots (10)$$

ここで

$$F = \frac{1}{4 \kappa} \left[ r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos(\theta - \theta') \right], \quad t = \frac{1}{m} \text{ とおくと}$$

$$d t = -\frac{1}{m^2} d m \text{ で}$$

$$\int_0^\infty \frac{d t}{t^{\frac{3}{2}}} \exp \left[ -\frac{r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(\theta - \theta')}{4 a t} \right] = \int_0^\infty m^{-\frac{3}{2}} e^{-Fm} m^{-2} dm$$

$$= \frac{2 \sqrt{\pi a}}{\sqrt{r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(\theta - \theta')}} \dots (10)$$

ゆえに式(10)は次式となる。

$$T_s = \frac{1}{2\kappa\pi} \int_0^r r' dr' \int_0^{2\pi} d\theta \frac{q(r', \theta')}{\sqrt{r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(\theta - \theta')}} \dots (11)$$

中心の温度は  $r = 0$  とおくとよい。

$$T_s = \frac{1}{2\kappa\pi} \int_0^r \int_0^{2\pi} q(r', \theta') dr' d\theta' \dots (12)$$

ただし  $r = r(\theta)$  は熱源の境界を表わす。

ゆえに固定熱源による温度上昇は次式となる。

$$T_s = \frac{1}{2\kappa\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{r(\theta)} q(r', \theta') dr' d\theta' \dots (13)$$

#### § 4 円筒，および放物体状熱源による瞬間温度について

##### 4.1 接触物体を完全塑性体とした場合の温度上昇

図2のように接触域  $2r_1$  上に半径  $r_1$  で一様な大きさの円筒状熱源  $q_1$  が存在するものとする，摩擦仕事の関係から

$$\pi r_1^2 q_1 = \frac{\mu P v}{J} \dots (13)$$

$$\therefore q_1 = \frac{\mu P v}{\pi r_1^2 J} \dots (14)$$

滑り速度  $v$  で  $2r_1$  を時間  $\tau$  かけて動いている移動熱源に対しては式(6)より

$$q = q_1 \text{ (一定)}, \quad \tau = \frac{2r_1}{v}$$

また  $\sqrt{\tau - \varepsilon} = z$  とすると  $2z dz = -d\varepsilon$ ，移動熱源による温度上昇  $T_{mp}$  は次式となる。

$$T_{mp} = \frac{\sqrt{a}}{\kappa\sqrt{\pi}} \int_0^{\sqrt{\tau}} q_1 \frac{d\varepsilon}{\sqrt{\tau - \varepsilon}} = \frac{2\sqrt{a}}{\kappa\sqrt{\pi}} q_1 \int_0^{\sqrt{\tau}} dz = \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2a}{\pi v}} \dots (15)$$

また静止熱源に対しての温度  $T_{sp}$  は式(12)より

$$q = q_1 \text{ (一定)}$$

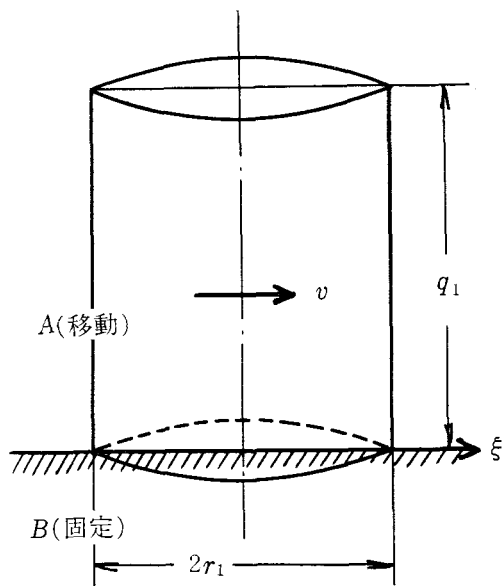


図2 円筒状熱源

$$T_{sp} = \frac{1}{2\kappa\pi} \int_0^{r_1} dr_1 \int_0^{2\pi} q_1 d\theta = \frac{q_1 r_1}{\kappa} \dots\dots\dots (16)$$

いま式(15)は滑り速度  $v > \frac{4a}{r_1}$  の場合にのみ成立する。ここで滑り接触のみの接触機構においては静止している接触物体に入る熱量の割合を  $x$ ，他方の移動している物体に入る熱量の割合を  $y$  とすると

$$x + y = 1 \dots\dots\dots (17)$$

ゆえに式(15)，(16)より

$$x \frac{q_1 r_1}{\kappa} = \frac{2yq_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi v}} \dots\dots\dots (18)$$

ここで式(17)に代入すると

$$x = \frac{2\sqrt{\frac{2a}{\pi v}}}{2\sqrt{\frac{2a}{\pi v}} + \sqrt{r_1}} \dots\dots\dots (19)$$

ゆえに摩擦面温度上昇  $T_{p0}$  は次式となる。

$$T_{p0} = \frac{\mu P v 2\sqrt{\frac{2a}{\pi v}}}{\kappa\pi J r_1 \left( 2\sqrt{\frac{2a}{\pi v}} + \sqrt{r_1} \right)} \dots\dots\dots (20)$$

つぎに滑りころがり接触機構（一方の物体が周速度  $v_1$ ，他方の物体が周速度  $v_2$  で接触している場合）では式(15)より表面温度  $T_{mp0}$  は

$$T_{mp0} = \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi v}} \dots\dots\dots (21)$$

$v_1$ ， $v_2$  で回転している物体の接触点での表面温度を  $T_{mp1}$ ， $T_{mp2}$  とすると

$$T_{mp1} = \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi v_1}} \dots\dots\dots (22)$$

$$T_{mp2} = \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi v_2}} \dots\dots\dots (23)$$

ここで  $v_1$ ， $v_2$  で移動している物体に入る熱量の割合を前述と同様それぞれ  $x$ ， $y$  とすると

$$x = \frac{1}{1 + \frac{T_{mp1}}{T_{mp2}}} \dots\dots\dots (24)$$

また式(22)，(23)より

$$\frac{T_{mp1}}{T_{mp2}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{v_1}}}}{\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{v_2}}}} = \sqrt{\frac{v_2}{v_1}} \dots\dots\dots (25)$$

ゆえに式(24)は

$$x = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{v_2}{v_1}}} = \frac{\sqrt{\frac{v_1}{v_2}}}{\sqrt{\frac{v_1}{v_2}} + 1} \dots\dots\dots (26)$$

ゆえに物体を完全塑性体としたときの滑りころがり接触の場合の表面温度  $T_{p1}$  は次式となる。

$$T_{p1} = \frac{\sqrt{v_1}}{\sqrt{v_1} + \sqrt{v_2}} \cdot \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi v_1}} = \frac{1}{\sqrt{v_1} + \sqrt{v_2}} \cdot \frac{2q_1}{\kappa} \sqrt{\frac{2ar_1}{\pi}} \dots\dots\dots (27)$$

#### 4.2 接触物体を完全弾性体とした場合の温度上昇

図3のように接触域  $2r_0$  上に放物体状熱源  $q_0$  が存在するものと考え、いま放物体状熱源であるため熱源の強さ  $q_0$  は放物線であらわされる。

$$q = q_0 \left\{ 1 - \left( \frac{\xi}{r_0} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (28)$$

$$\varepsilon v = r_0 + \xi$$

$$\therefore q = q_0 \left\{ 1 - \left( \frac{\varepsilon v - r_0}{r_0} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (29)$$

同筒状熱源の場合と同様、滑り速度  $v$  で接触域  $2r_0$  上を時間  $\tau$  かけて動く移動熱源に対しては式(6)に式(29)を代入するとよい。ゆえに移動熱源による温度上昇

$T_{me}$  は

$$\begin{aligned} T_{me} &= \int_0^{\sqrt{\tau}} \frac{q_0 a}{\kappa \sqrt{\pi a}} \frac{\left\{ 1 - \left( \frac{\varepsilon v - r_0}{r_0} \right)^2 \right\}}{\sqrt{\tau - \varepsilon}} d\varepsilon \\ &= \frac{q_0 a}{\kappa \sqrt{\pi a}} \int_0^{\sqrt{\tau}} \frac{\left\{ 1 - \left( \frac{\varepsilon v - r_0}{r_0} \right)^2 \right\}}{\sqrt{\tau - \varepsilon}} d\varepsilon \end{aligned}$$

いま  $\tau = \frac{2r_0}{v_1}$ ,  $\sqrt{\tau - \varepsilon} = z$  とすると

$$\begin{aligned} T_{me} &= \frac{2q_0 a}{\kappa \sqrt{\pi a}} \int_0^{\sqrt{\tau}} \left\{ 1 - \left( \frac{\tau v}{r_0} - 1 - \frac{z^2 v}{r_0} \right)^2 \right\} dz \\ &= \frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{q_0}{\kappa} \sqrt{\frac{ar_0}{\pi v}} \dots\dots\dots (30) \end{aligned}$$

また静止熱源の温度上昇  $T_{se}$  とすれば

$$r(\theta') = r_0, \quad q = q_0 \left\{ 1 - \left( \frac{r'}{r_0} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (31)$$

式(13)より

$$\begin{aligned} T_{se} &= \frac{1}{2\kappa\pi} \int_0^{r_0} dr' \int_0^{2\pi} q_0 \left\{ 1 - \left( \frac{r'}{r_0} \right)^2 \right\} d\theta' \\ &= \frac{q_0}{\kappa} \int_0^{r_0} \left\{ 1 - \left( \frac{r'}{r_0} \right)^2 \right\} dr' = \frac{2q_0 r_0}{3\kappa} \dots\dots\dots (32) \end{aligned}$$

前述の場合と同様に滑り接触のみの機構においては、静止、移動両物体に入る熱量の割合いを  $x$ ,  $y$  と

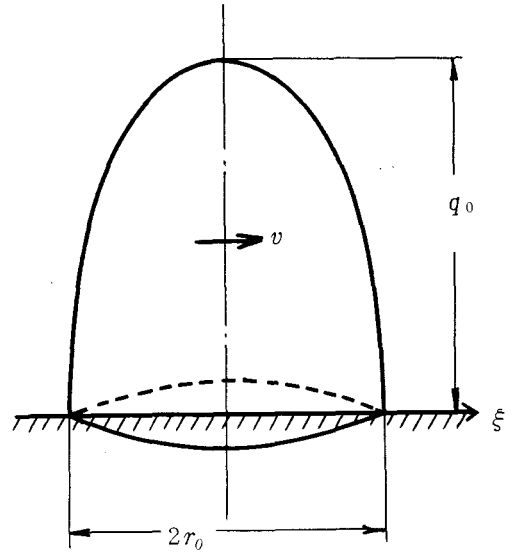


図3 回転放物体状熱源

すると式(30), (31)より

$$y \frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{q_0}{\kappa} \sqrt{\frac{a r_0}{\pi v}} = x \frac{2 q_0 r_0}{3 \kappa} \dots\dots\dots (33)$$

ここで  $x + y = 1$  より

$$x = \frac{\frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{a}{\pi v}}}{\frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{a}{\pi v}} + \frac{2}{3} \sqrt{r_0}} \dots\dots\dots (34)$$

熱量においては全発生熱量  $Q_1$  とすると

$$Q_1 = \int_0^{q_0} \pi \xi^2 dq = \frac{\pi r_0^2}{q_0} \int_0^{q_0} (q_0 - q) dq = \frac{\pi}{2} r_0^2 q_0 \dots\dots\dots (35)$$

また摩擦仕事により発生する熱量  $Q_2$  は

$$Q_2 = \frac{\mu P v}{J} \dots\dots\dots (36)$$

$Q_1 = Q_2$  より

$$q_0 = \frac{2 \mu P v}{\pi r_0^2 J} \dots\dots\dots (37)$$

一方 Hertz の接触理論より接触円の半径は次式となる。

$$r_0 = 0.00675 P^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (38)$$

これより滑り接触での摩擦面温度  $T_{e0}$  は

$$\begin{aligned} T_{e0} &= \frac{2 q_0}{3 \kappa} r_0 x \\ &= \frac{2}{3 \kappa} \frac{\mu P v}{\pi r_0 J} \left( \frac{\frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{a}{\pi v}}}{\frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{a}{\pi v}} + \frac{2}{3} \sqrt{r_0}} \right) \dots\dots\dots (39) \end{aligned}$$

また滑りころがり接触運動（一方の物体が周速度  $v_1$ ，他方の物体が周速度  $v_2$  で接触している場合）では，前述と同様におこなえば表面温度  $T_{e1}$  は次式となる。

$$T_{e1} = \frac{1}{\sqrt{v_1} + \sqrt{v_2}} \frac{8}{5} \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{q_0}{\kappa} \sqrt{\frac{a r_0}{\pi}} \dots\dots\dots (40)$$

## § 4 結 言

過去において色々の立場から摩擦面温度上昇式が導びかれている。筆者の場合接触物体の表面粗さ，および潤滑油等による摩擦熱放出等の因子を無視した摩擦面温度上昇の一般式を求めた。ここで滑り接触のみの摩擦機構での表面温度の一般式は，移動，固定両熱源による温度上昇式を併用しなければならないから，熱源の一次元流れ，および三次元流れという異った次元の熱流が同時に成立しなければならないという矛盾が生ずるが，実際においては余り大きく影響を及ぼさないものと考えた。

各温度上昇式からわかるように，熱伝導率  $\kappa$  が一次の項で入り，しかも熱伝導率が小さい物体の場合

合、摩擦面温度は非常に高くなり容易に焼付き温度に至るものと推定される。

終りに本研究をおこなうにあたりご懇切なご指導をいただいた広島大学工学部、寺内喜男教授に深く感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) H. S. Carslaw "Conduction of Heat in Solids"

(昭和42年9月1日受付)

# $EL$ の 研 究 (I)

—商用周波数における電力測定と比較—

(電気工学科) 原 田 一 彦

## A Study of Electroluminescence (1)

—The comparison of power-measurement at commercial frequency—

Kazuhiko HARADA

There are many methods to measure the power of EL and each method has its characteristics. Besides, the measurement-value is greatly influenced by its atmosphere, that is, there is a difference between the values in a different atmosphere. Therefore, in this paper, we consider the differences among the three methods by changing the temperature of EL at commercial frequency.

### § 1 ま え が き

$EL$ は電気的には大きな損失を含む複合誘電体を持つ容量とみなすことができる。したがって、電力の一部が発光に寄与し、残りは熱損失となる。この両者の有効電力の相対値は種々の条件で変化するが、低周波では入力有効電力について測定すればよい。

$EL$ は、①一般に小電力であること。②進みの低力率であること。③測定電源電圧、周波数が比較的広範囲であること。④特性が周囲条件によって異ってくる。などの問題があるので一般の電力計が使用できず、測定法、測定環境等については慎重な検討が必要である。 $EL$ は温度によって明るさがかなり変化するので、電力もそれにつれて変化するものと考えられる。

今回は商用周波数(60 $\sim$ )で温度を変えて、三種類の測定法で測定しその結果を比較することにする。

### § 2 比較した電力測定法

$EL$ の電力測定には、直接法と間接法とがあり、前者は電力計を用いて直接指示させる方法で、後者は電圧、電流を測定するとともに電力計算に必要なインピーダンス、力率、位相角等を測定して算出して求める方法である。

本実験では、直接法として市販電流計形電力計に電力増巾器を組み合わせる方法、間接法として電力の基本測定法である電圧・電流計法と、交流電位差計による方法の三種類を採用した。

#### 2. 1 市販電流計形電力計に電力増巾器を組み合わせる方法

小電力であるので、電流計形電力計(横河電機製)に五極管を使用した電力増巾器を組み合わせた。この場合内部抵抗の高い真空管を用いるとある程度周波数依存性を少なくすることができる<sup>1)</sup>。

#### 2. 2 電圧・電流計法

電力の基本測定法には、三電圧計法、三電流計法があるが<sup>2)</sup>、これらの方法を変形した図1に示す回路<sup>3)</sup>により測定した。電圧計、電流計（横河電機製）の指示は実効値である。実際には計器の精度が目盛によって各々違うのでこれらが二乗的にきいて誤差となる。

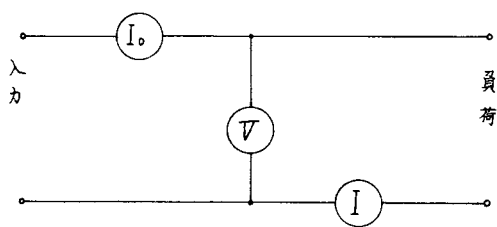


図1. 電圧・電流計法

図の接続で負荷の電力 $P$ は次式により求まる。

$$P = VI \cos \varphi = (r/2) \{ I_0^2 - (V/r)^2 - I^2 \}$$

ただし、 $r$ は電圧計の内部抵抗で、電流計の内部抵抗は無視する。

### 2.3 交流電位差計法

小電力測定で大切なことは、測定回路に接続する測定計器類によって条件が違ってくることである。誤差なく測定するには無損失測定を必要があるが、交流電位差計はこの条件を満足するものである。図2は電流の無損失測定の原理図で、未知電流 $I_x$ に対し補助電源 $E_a$ から既知電流 $I_s$ を

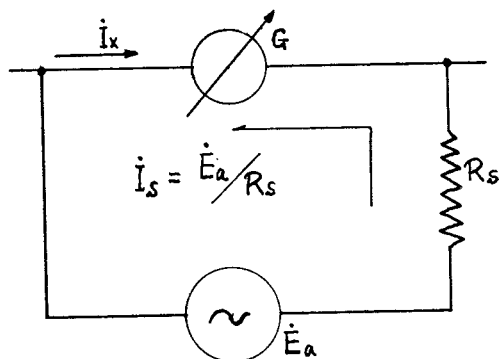


図2. 無電圧降下測定

逆に流し検流計 $G$ の無偏点を求める。平衡状態では $I_x = I_s$ であると同時に検流計の両端には電位差を生じないので短絡したのと等価で、無損失測定ができるわけである。図3は本実験に使用した京浜電測器製の交流電位差計の電流測定回路図で、ベクトルで直読することができる。なお、確度を向上させるため三相電圧自動平衡装置を使用した。

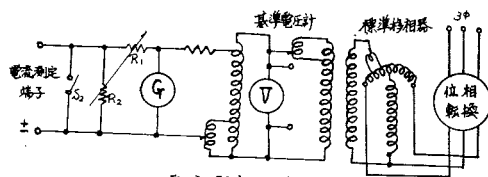


図3. 電流測定回路

### §3 実験方法

試料はつぎの4個でともにほうろう形 $EL$ である。

シルバニア社ナイトライト	120V	0.02W
N E C 社電子ライト	100V	0.05W
" "	"	0.1W
" "	"	0.25W

これらを住友電気工業製の電子冷熱サーモボックスの中に入れ、温度を $0^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ まで変化させそれ以上 $100^\circ\text{C}$ までは電熱器を使用した。室温は $25^\circ\text{C}$ 、湿度は65%前後に保った。また、60 $\mu$ で測定するため誘導障害などを生じて誤差の原因となるのを防ぐため、被測回路は絶縁トランスにより電源から完全に絶縁をした。

### §4 実験結果

以上に述べた三種類の方法で各試料について電力を測定した結果を図4に示す。

どの試料も $0^\circ\text{C}$ 附近で公称の定格値に近く、温度が上昇するにつれて電力は増加し、 $100^\circ\text{C}$ では約1.5倍となっている。電力の小さい試料ほど測定値にバラッキが大きいことは検討すべき問題である。

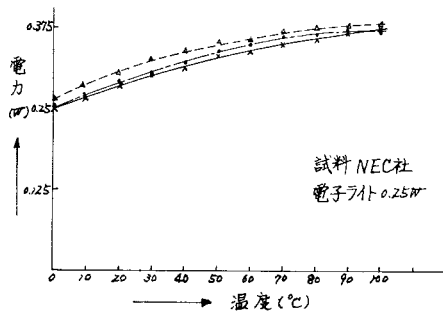
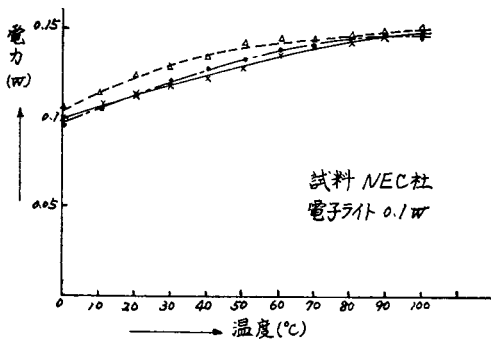
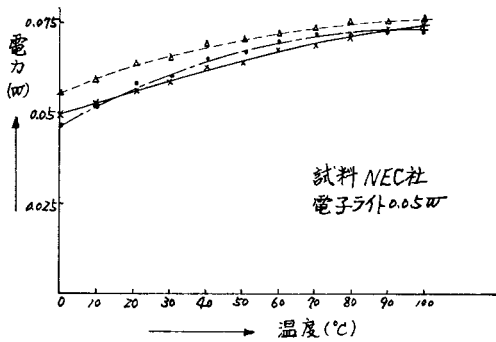
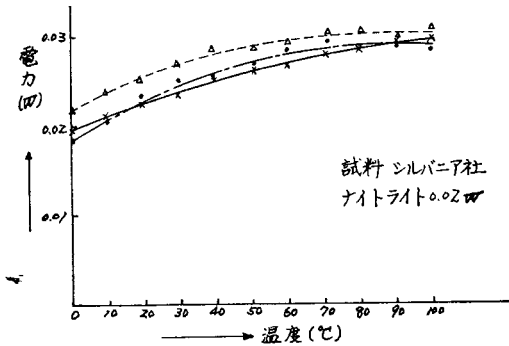


図4. 三種類の測定法によるEL電力の温度特性  
 ..... 改良電力計 ..... 電圧・電流計法 ..... 交流電位差計

## §5 考 察

ELの発光理論からすれば、温度が高いほど励起領域の空間電荷密度が増加して局部電場が形成され励起が起 ころやすくなると考えられる。Taylor と Alfrey<sup>4)</sup> はELの温度特性を次式のように計算している。

$$B = B_0 r e^{-V/45} \cdot \exp(-b/V^{1/2})$$

ただし  $r = s e^{-\Delta E/kT}$

$B_0, b$  : 定数

$f$  : 周波数

$V$  : 印加電圧

$s$  : 振動数

$k$  : ボルツマン定数

$T$  : 絶対温度

$\Delta E$  : トラップの深さ

この式を  $T$  について微分し  $dB/dT = 0$  の条件よりEL発光が極大を示す温度  $T_m$  を求めると

$$\Delta E/kT_m = \ln(S/4f)$$

となり、この式から周波数  $f$  が高いほど  $T_m$  は高温側に移動する。また、図5は川島氏によるELの温度特性<sup>5)</sup> であるが、この両者の理論と結果を考慮に入れて60℃における特性を図5の30℃と100℃のほぼ中間と考えれば、60℃では60℃以上になると輝度の低下するのに対して実験結果では、電力は増加しその差は温度が上昇するととも

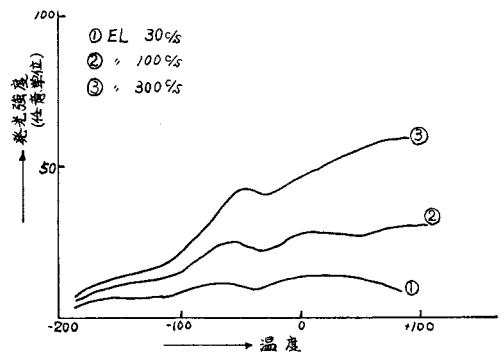


図5. ZnS:Cu,Pb,ClのEL温度特性

に大きくなっている。

小電力の測定値ほどバラッキが大きい、特にナイトライトでは大きいところで35%の差がある。また電圧・電流計法による測定値が他の方法のに比較して差があるのは、電流計の内部抵抗の影響と考えられる。

これら三種類の測定法のうちでは、交流電位差計による測定が感度が良く誤差も少ないようであるが、一般測定としては三相電圧自動平行装置を必要とするなどの理由で一考を要する。測定結果からわかるように $EL$ の電力測定法については今後更に開発を進めなければならない。

## § 6 む す び

既に述べたように $EL$ は小電力であるためその測定に誤差をなくするためには、測定法、較正

法、測定条件等について研究、検討する必要がある。本実験は60 $\sim$ のみで行ったが $EL$ の測定としては120 $\sim$ , 400 $\sim$ , 1000 $\sim$ でも測定し<sup>4)</sup>, また電圧も定格値 $V_R$ がわかっているならば $0.75V_R$ ,  $1.50V_R$ で測定すべきであるが<sup>4)</sup>, が後日の機会にゆずることにする。

## 文 献

- 1) 石川：照明学会関西支 $EL$ 委・資料6—3(昭35)
- 2) 大谷・坊：学振 $EL$ 委資料43(昭35)
- 3) 大谷： $EL$ 調査委報告・照学誌49(昭40)
- 4) Taylor, Alfrey : Brit. J. Appl. Phys. Suppl. 4, 39 (1955)
- 5) 川島：エレクトロルミネセンス, 日刊工業社

(昭和42年9月1日受付)

# 植物育成用けい光灯の特性と実用について

(電気工学科) 原 田 一 彦

## Characteristics of A Plant-Growth Lamp and its Practical Use

Kazuhiko HARADA

A few years ago, a common illumination lamp was mostly used as a plant-growth lamp. But, recently, several kinds of new plant-growth lamps have been invented improved. In this study, we reports one of their characteristics and considers the result a plant-growth lamp as a source of illumination brings about in indoor green houses in winter.

### § 1 ま え が き

外国においては、1920年頃から植物育成に人工光源を使用することが考えられていたが、我が国では、一部の植物栽培に白熱電灯が利用される程度であった。しかし、農業の近代化に伴い、近代農業に適した新しい人工光源の開発が必要となり、我が国からも数社から、農業用人工光源としてのけい光灯が製作されるにいたった。

そこで、植物と光の関係について述べると共に、植物育成用けい光灯の諸特性を測定してその結果を検討し、冬季における室内温室の光源として実際に使用した成果について発表する。

### § 2 植物と光の関係

植物育成用の光源としてまず考えなければならぬことは、光の波長と植物の育成との関係である。図1は植物の生理反応におよぼす光の分光曲線<sup>1)</sup>である。この図からわかるように、光は波長によって植物にそれぞれ特有な作用をするのである。

そこで、更に波長範囲を狭く区切って植物に与える影響について調べた結果がつぎのように報告<sup>1)</sup>されている。

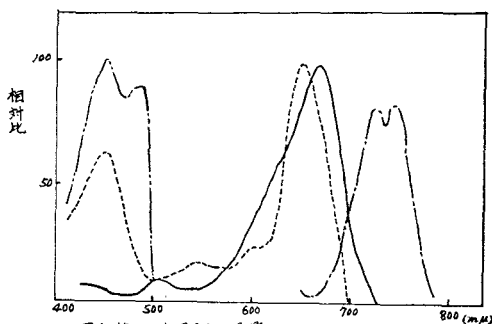


図1. 植物の生理反応に影響する光の分光特性  
 { 赤光性 葉緑素合成 赤光効果 反射光効果

280mμ 以下

とても有害で、この光を照射すると植物は枯れる。

280~310mμ

この範囲の光も有害である。

310~400mμ

形態形成効果を有し、植物の丈を短くし、葉を肉厚にする作用がある。

400~510mμ

赤色光について光合成作用の大きい領域で、屈光性その他の形態形成にも重大な効果がある。

510~610mμ

光合成および植物の形態、形成を悪くするよう作用する。

#### 610~700m $\mu$

葉緑素の吸収と光合成が最大の領域で、暗期中断効果および他の効果も最も著しく作用する領域である。

#### 700~1000m $\mu$

特に 700~800m $\mu$  の波長の光は植物の伸長に有効である。

#### 1000m $\mu$ 以上

熱作用をおよぼす。

つぎにアメリカのニューハンプシャー大学植物学教室で、どのような色のけい光灯が植物育成に有効であるかを温室でレタスを使用して行った実験によれば、図2に示すように赤色のけい光灯がその乾物重において最高の値を示し、つぎが青色で、黄色、緑色のそれは、はるかに小さかった。

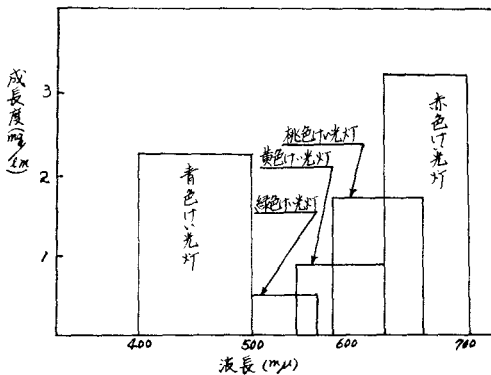


図2. 各種けい光灯により産出したレタスの乾物重。

また、同じ大学の Dunn, Went 両氏によるトマトを供試植物として行った実験<sup>27)</sup>では、青色と赤色のけい光灯に白熱電球を併用すると成績が良いと発表している。これは、葉緑素の吸収スペクトルの極大 (680m $\mu$ ) より長波長側では光合成は急激に低下するが、これよりも長波長側の光と短波長側の光を併用して植物に照射すると、そのときの光合成は、それぞれの光を単独に照射したときよりも増進されると云う Emerson らによっ

て発見された効果<sup>3, 4)</sup>によく似ている。

一般照明用の各種光源は人間の眼の視感度曲線に類似するよう製作されているが、葉緑素の吸収曲線とはかなり違っており、図3<sup>5)</sup>でわかるように植物育成には不必要な波長の光が放射されている。

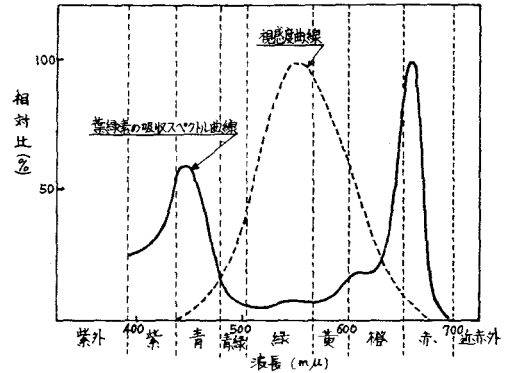


図3. 視感度曲線、葉緑素の吸収スペクトル曲線。

植物育成用けい光灯は、以上述べたような光に対する反応および育成度にもとづいて製作されたものである。

### §3 植物育成用けい光灯の特性

本実験に採用したけい光灯は、NEC社のビタルクス-Aでその分光エネルギー分布曲線は図4<sup>5)</sup>に示すように、赤色光 (600~700m $\mu$ ) と青色光 (400~500m $\mu$ ) に近赤外光 (700~800m $\mu$ )

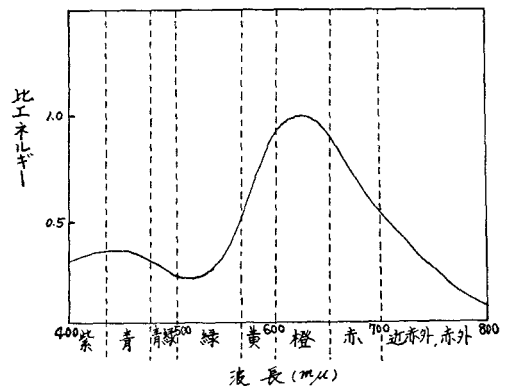


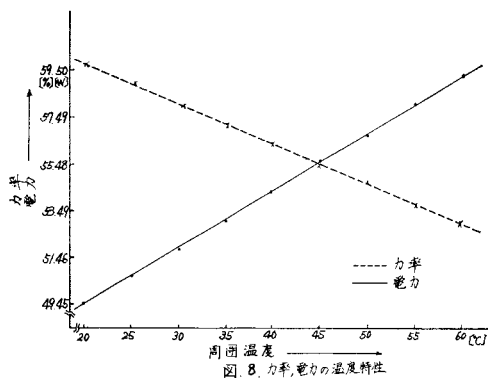
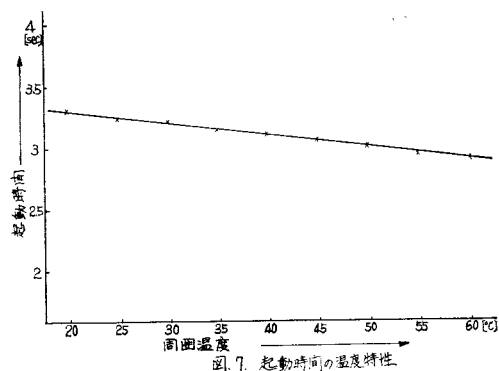
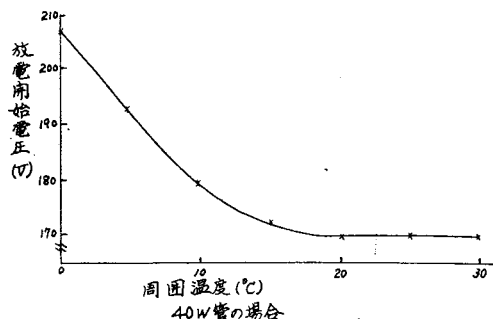
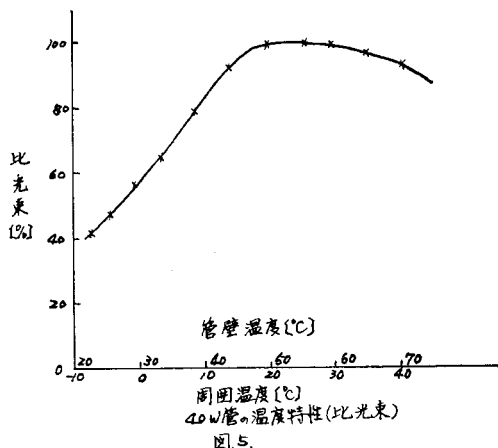
図4. ビタルクス-Aの分光エネルギー分布曲線。

の放射を多量にするようにしたけい光灯である。  
また、40Wの白色けい光灯とビタルックス-Aについて光出力をWであらわしたものが表1<sup>5)</sup>である。これからわかるように、近赤外光の放射は後者は前者の約10倍である。

表1. 白色けい光灯とビタルックス-A (40ワット) の光出力

	波長 (nm)	白色けい光灯 (W)	ビタルックス-A (W)
紫外	<380	0.150	0.270
紫	380~430	0.675	1.065
青	430~490	1.854	1.220
緑	490~560	2.201	1.237
黄	560~590	1.630	0.834
橙	590~630	1.583	1.360
赤	630~700	0.955	1.859
近赤外	700~780	0.072	0.691

その他の特性についての測定結果は、普通のけい光灯と変らず、けい光物質のみが違うようである。図5から図8にその温度特性を示す。使用にあたっては、20°C~25°Cの範囲で最も効率が高いことを植物の最適育成温度を考慮すれば効果的である。



#### §4 実用結果と考察

最近、家庭園芸が流行し多くの観葉植物が栽培されている。しかし、冬季における栽培、管理に問題があり、温室で育成すれば申し分ないがそれができかねる場合が多い。そこで、太陽光を利用しないで人工光源としてビタルックス-Aのみを使用して室内で育成することを試みた。

供試植物 アナナス、和洋蘭

期間 昭和41年10月下旬から翌年3月下旬までの5カ月間

けい光灯ワット  $177W/m^2$

けい光灯高さ 平均30cm

育成条件  $1.8m \times 0.9m \times 0.9m$  の箱を作り、その中に供試植物、けい光灯を入れ、加温はヒヨコ電球にサーモスタットを使用して温度調節をし換気には充分注意した。肥料はハイポネックスを使用した。

照射時間 タイムスイッチを使用して太陽の日照時間と一致させた。

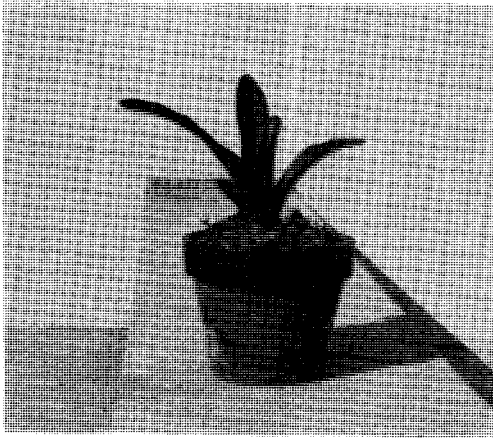


写真1 アナナス

育成結果はつぎのようである。

- a. アナナスは葉が平均 2.5cm 伸びていた。ほぼ同一条件で栽培した温室内のものは 2.8cm であったが、その後の成長も順調であまり差は認められない。
- b. デンドロビウムは同上温室のものが1月下旬に開花したが、供試のものは約3週間

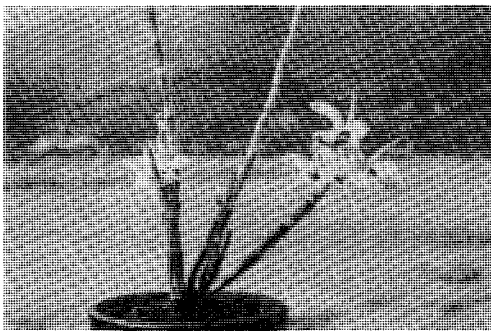


写真2 デンドロビウム

遅れた。しかし、花の大きさ、色の鮮やかさは全く変わらなかった。

- c. 広葉系の東洋蘭は冬季も温室同様成長を続けていた。又広葉系、細葉系共に芽出しも順調で、温室のものにくらべて少し遅れた程度であり、その後の育成も順調で葉の枚数、葉巾等のはっきりした差はないようである。

温室栽培に比較して多少の差ができたのは光量不足と温度の差から生じたものと考えられる。

室内温室を普通の温室と比較すると、①光量が一定していて温度差が少ない。②照射時間を適当に調整できる。③葉焼けを起す心配がない。などの利点があるが、一方①太陽光に比して光量が不足となりやすい。②日中の加温が不利である。③灌水が不便である。④湿度の維持、調節が困難である。などの欠点がある。

## §5 む す び

今回は、比較的光量を必要としない和洋蘭を中心に試みたのであるが、結果的には室内で温室栽培に近い育成ができることがわかった。室内温室として積極的な育成を行うには、今回の実験の数倍の光量が必要で、太陽光と併用することができれば他の植物で既に発表せられたように、観葉植物育成も相当の成績があげられるであろう。又この人工光源を利用して各植物育成の最適光量を調べて、その結果を応用すれば最高の育成ができるものと考えられる。

## 文 献

- 1) R. Van der Veen, G. Meijer, Light and Plant Growth (*Philips Tech. Lib.*, 1959)
- 2) S. Deunn, F. W. Went, *Lloydia* **22**, 4, 302 (1959)
- 3) R. Emerson, *Science* **125**, 746 (1957)
- 4) R. Emrson, R. V. Chalmers et al, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.* **43**, 133 (1957)
- 5) NECビタルックスランプ 資料 No. D41-1

(昭和42年9月1日受付)

# ショット雑音による電子の電荷の測定 (第1報)

(電気工学科) 村上 滋樹・綿井 伸爾

## The Measurment of the Shot Noise and the Electron Charge (Report 1)

Shigeki MURAKAMI and Shinji WATAI

The electron charge was evaluated by measuring the shot noise in the current of a thermionic diode. In this method no elaborate measuring instruments are needed, if the accuracy of results is not so much required. With ordinary and simple experimental equipments, a value for the electron charge  $1.51 \times 10^{-19}$  coulombs was obtained.

### § 1 ま え が き

電子の電荷の測定は、従来より多くの人々により種々の方法で試みられてきたが、これらの方法は電子の電荷を精密に求めることを目的としている為、特殊な装置や高度の測定技術を必要とする。ショット雑音を利用する方法もその一つであるが、この方法は正確さをそれ程要求しなければ、簡単な実験装置で手軽に行うことができる。筆者らは容易に入手できる部品、実験器具を用いて電子の電荷の概略値を求めてみた、本報告はその第1報である。

### § 2 理 論

#### 2.1 熱陰極二極管<sup>(1)</sup>

二極管の陰極を高温にすると熱電子が放出される、放出電子密度を  $I_s$  とすると

$$I_s = A T^2 \exp(-\phi/kT) \dots \dots \dots (1)$$

ここに  $A$  は定数、 $T$  は陰極の温度、 $\phi$  は陰極の仕事函数、 $k$  は Boltzmann 定数である。このような二極管の陰極陽極間に陽極電圧  $V_p$  を加えたとき流れる陽極電流  $I_p$  は次の三領域に分けて考えることができる。

#### a. 初速度領域

陽極電圧  $V_p$  が負のとき、陽極電流  $I_p$  は殆んど流れないが、陰極から放出される熱電子が初速度を持っている為、わずかの電流が流れる、この領域では次の関係が成立する

$$I_p = I_s \exp(-e V_p/kT) \dots \dots \dots (2)$$

#### b. 空間電荷領域

陽極電圧  $V_p$  が正であり高くなく、流れる陽極電流  $I_p$  は、陰極温度  $T$  には関係しない、これは空間電荷の影響によるもので、この領域では次のようになる

$$I_p = G V_p^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

ここに  $G$  は電極の構造及び寸法からきまる定数でパービアンズと呼ばれる。

### c. 飽和領域

空間電荷領域のときよりもっと陽極電圧を高くしてゆくと、陰極から放出された熱電子は全て陽極に到達し、陽極電流  $I_p$  は(1)式で表わされる飽和電流  $I_s$  に等しくなる、従って  $I_p$  は陽極電圧  $V_p$  には無関係で陰極温度  $T$  のみに影響されることになるが、実際は Schottky 効果の為  $I_p$  は  $V_p$  と共にわずかながら増加する。

## 2.2 Schottky の定理<sup>(2)</sup>

陰極からの熱電子放出は、Poisson 分布で表わされる不規則性を示す。このとき放出熱電子の密度の Fourier 係数  $i_s$  の二乗平均値  $\overline{i_s^2}$  は次式で示され、Schottky の定理と呼ばれる。

$$\overline{i_s^2} = 2e I_s \Delta f \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $e$  は電子の電荷、 $I_s$  は陰極から放出される熱電子の平均密度、 $\Delta f$  は周波数帯域幅。飽和領域にある二極管の陽極電流  $I_p$  は(4)式の  $I_s$  に等しいから、 $I_p$  中に含まれる雑音電流の二乗平均値  $\overline{i_n^2}$  は次のようになる

$$\overline{i_n^2} = 2e I_p \Delta f \dots\dots\dots (5)$$

このような雑音は一般にショット雑音と呼ばれる。(5)式から飽和領域にある二極管は

$\sqrt{2e I_p \Delta f}$  の雑音電流源として表わすことができ、Schottky 効果を見れば電流源の並列インピーダンスは無限大とみなすことができる。

## 2.3 ショット雑音と並列共振回路

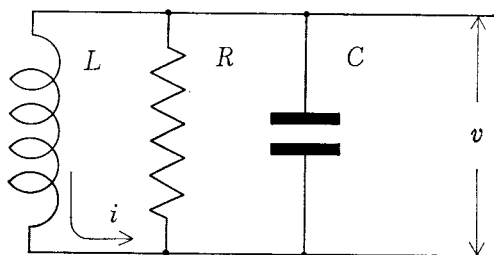
第1図aに示す  $Q$  の高い  $LCR$  共振回路に於て各素子が一定温度  $T$  に保たれているときコイル  $L$  に流れる電流を  $i$ 、共振回路両端の雑音電圧を  $v$  とすると等分則<sup>(2)</sup>が成立するから

$$\frac{1}{2} L \overline{i^2} = \frac{1}{2} C \overline{v^2} = \frac{1}{2} kT \dots\dots\dots (6)$$

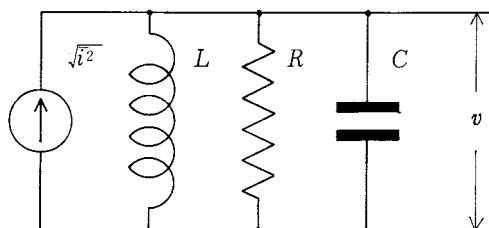
$$\overline{v^2} = \frac{kT}{C} \dots\dots\dots (7)$$

Nyquist の定理により熱雑音に対して第1図bのような等価回路を考えることができる。ここに

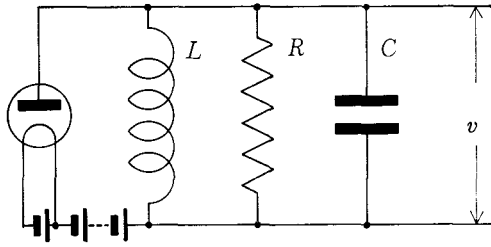
$$\overline{i^2} = 4kT \Delta f \cdot \frac{1}{R} \dots\dots\dots (8)$$



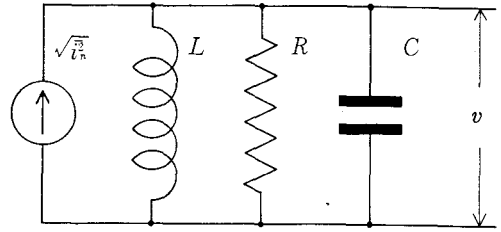
第1図a  $LCR$  共振回路



第1図b  $LCR$  共振回路の熱雑音に対する等価回路



第2図a ショット雑音測定基本回路



第2図b ショット雑音測定回路の等価回路

次に第2図aのように飽和二極管に並列に \$LCR\$ 共振回路を結合したとき、飽和二極管はショット雑音について無限大の並列インピーダンスをもつ  $\sqrt{\frac{2}{3}} i_n = \sqrt{2eIp\Delta f}$  なる雑音電流源とみなすことができる、従って第2図aのショット雑音に対する等価回路は第2図bのようになる。(7), (8)式からわかるように \$LCR\$ 共振回路に無限大の並列インピーダンスをもつ  $\sqrt{4kT\Delta f \cdot \frac{1}{R}}$  なる雑音電流源を並列に結合すると、この回路の両端に  $\sqrt{kT/C}$  なる雑音電圧を発生する、従って第2図bに於て雑音電圧 \$v\$ は

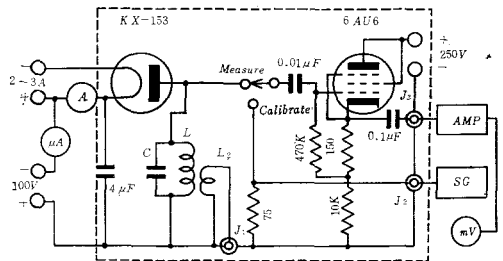
$$\bar{v}^2 = \frac{2eIp\Delta f}{4kT\Delta f \cdot \frac{1}{R}} \cdot \frac{kT}{C} = \frac{eIpR}{2C} \quad (9)$$

となる。共振回路の \$C, R\$ の値、飽和二極管の陽極電流 \$Ip\$ 及び雑音電圧の二乗平均値  $\bar{v}^2$  を求めれば、(9)式から電子の電荷 \$e\$ の値を計算できる。

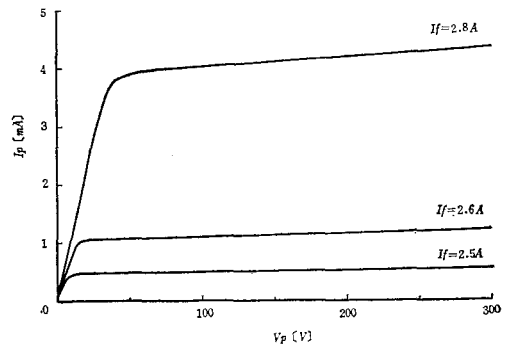
### § 3 測 定

#### 3.1 測定装置

使用した測定装置を第3図に示す。二極管は \$KX-153\$ を使用した、その特性は第4図の通りである。\$L\$ 及び \$C\$ は共振回路で \$L\_2\$ は \$L\$ に疎に結合させたコイル、\$6AU6\$ はカソードフォロアである。\$SG\$ は信号発生器で \$300[C/K] \sim 500[C/K]\$ の範囲を \$100[C/S]\$ の細かさで読みとることができ、誤差 \$200[C/S]\$ 以内である、出力電圧は \$-10[dB] \sim 100[dB]\$ (\$0[dB] = 1[\mu V]\$) 迄 \$1[dB]\$ ステップで加減でき誤差は \$0.3[dB]\$ である。\$AMP\$ は市販のラジオ用中間周波トランスを使用した可変帯域増幅器で、その感度及び周波数特性は第9図に示されている。増巾器の出力計は平均値指示型交流ミリボルト計で確度 \$1[\%]\$ 以内、周波数による誤差 \$100[C/S] \sim 500[C/K]\$ の範囲で \$0.1[\%]\$ 以内である。



第3図 ショット雑音測定回路



第4図 二極管 \$KX-153\$ の特性

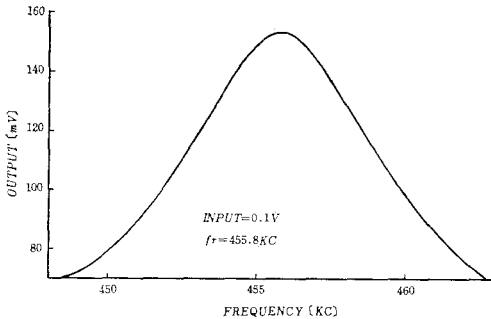
#### 3.2 共振回路の共振周波数及び \$C\$ の測定

第3図で \$SW\$ を測定側に切替え \$J\_1\$ に \$SG\$ を接続してその出力を一定に保ちながら周波数を変える、出

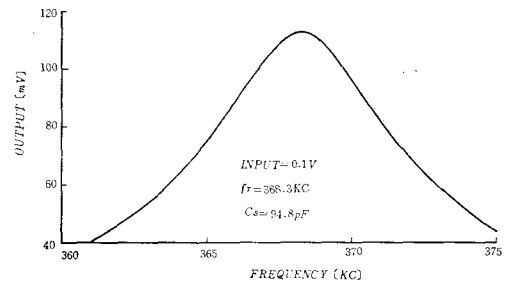
力計を  $J_3$  に接続してそのフレを読む、このときの共振周波数を  $f_r$  とする。次にこの共振回路にその容量が正確に測定されている標準コンデンサ  $C_s$  を並列に接続して、同様に共振周波数  $f'_r$  を測定すると  $C$  の値は次式から求めることができる<sup>(8)</sup>

$$C = \frac{C_s}{(f_r/f'_r)^2 - 1} \dots\dots\dots (10)$$

但し  $C$  = (同調容量) + (二極管の電極間容量) + (カソードフォロア段の入力容量) + (迷容量)



第5図a 共振回路の共振特性



第5図b 標準コンデンサ  $C_s$  を並列にしたときの共振特性

$f_r$  及び  $f'_r$  は第5図a, 第5図bに示す測定結果から

$$f_r = 455.8 [KC], \quad f'_r = 368.3 [KC] \dots\dots\dots (11)$$

となる。標準コンデンサ  $C_s$  は  $400 [KC] \sim 500 [KC]$  の周波数範囲で  $Q$  メーターにより測定して

$$C_s = 94.77 \pm 0.04 [PF] \dots\dots\dots (12)$$

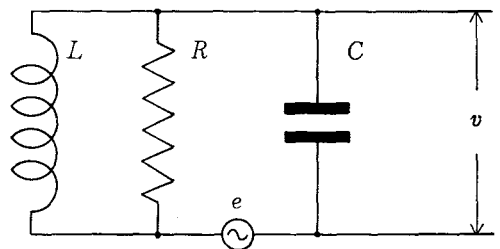
を得た、(11)(12)を(10)式へ代入して

$$C = 178.3 [PF] \dots\dots\dots (13)$$

### 3.3 共振回路 $R$ の決定<sup>(8)</sup>

第6図に於て任意の角周波数  $\omega$  及び共振角周波数  $\omega_r$  に於る端子電圧をそれぞれ  $v$  及び  $v_r$  とする、出力計の  $\omega$  に於るフレに対する  $\omega_r$  に於けるフレの比を  $r$  とすると  $\frac{|\omega_r - \omega|}{\omega_r} \ll 1$  のとき

$$r^2 = \left\{ \frac{R(1 - \omega^2 LC)}{\omega L} \right\}^2 + 1 \dots\dots\dots (14)$$

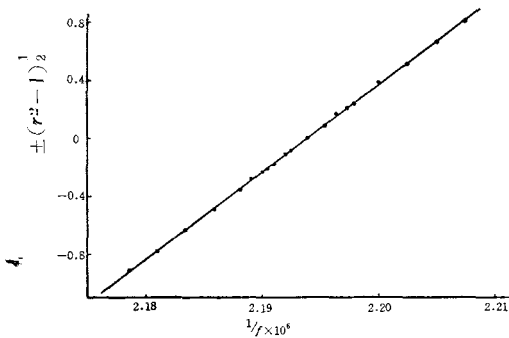


第6図 共振回路の  $R$  を決定する原理図

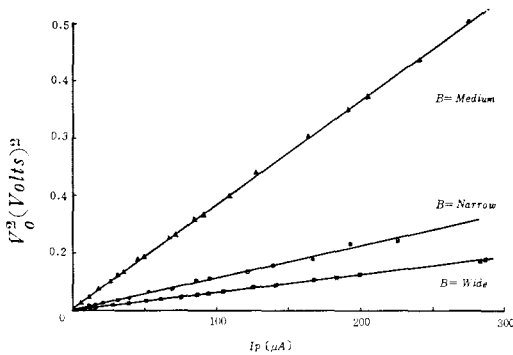
$$\therefore \frac{R}{\pi L} \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{f_r} \right) = \begin{cases} (r^2 - 1)^{\frac{1}{2}} & (f_r \geq f \text{ のとき}) \\ -(r^2 - 1)^{\frac{1}{2}} & (f_r < f \text{ のとき}) \end{cases} \dots\dots\dots (15)$$

3.2 で求めたデータを(15)式へ代入すると第7図のようになる、この直線の傾き  $m_f$  を計算すると

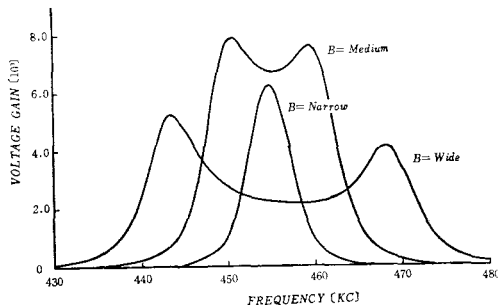
$$m_f = \frac{R}{\pi L} = 5.94 \times 10^7 \dots\dots\dots (16)$$


 第7図  $(r^2-1)^{1/2}$  と  $1/f$  の関係

$$m_s = \frac{V_0^2}{I_p} = \begin{cases} 1.81 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{中}) \\ 0.561 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{狭}) \\ 0.377 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{広}) \end{cases} \dots\dots\dots (17)$$


 第8図  $I_p$  と  $V_0^2$  の関係 ( $B$  は増幅器の帯域幅)

$$S = \begin{cases} 5.72 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{狭}) \\ 6.70 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{中}) \\ 2.22 \times 10^3 \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅}=\text{広}) \end{cases} \dots\dots\dots (18)$$


 第9図 増幅器の感度及び周波数特性 ( $B$  は増幅器の帯域幅)

### 3.4 ショット雑音の測定

第3図の  $SW$  を測定側にして二極管の陽極電圧  $V_p$  を 100〔V〕一定に保ちフィラメント電流  $I_f$  を変化させて  $I_p$  を 0～300〔μA〕程度変化させ増幅器の出力電圧を読む，このとき過大入力で増幅器を飽和させないように注意する。測定結果を第8図に示す，この図から直線の傾き  $m_s$  を計算すると

### 3.5 増幅器の感度及び周波数特性の測定

第3図で  $SW$  を較正側に切替え， $J_2$  に  $SG$  を結合する，周波数を 400〔KC〕～500〔KC〕と変えて増幅器の感度及び周波数特性を測定する，測定結果は第9図に示す。共振回路の共振周波数  $f_r=455.8$ 〔KC〕のときの値を増幅器の感度  $S$  とすれば

## § 4 計算及び検討

### 4.1 電子の電荷 $e$ の計算

二極管の陽極電流が  $I_p$  のとき，増幅器の出力電圧を  $V_0$ ，増幅器の電圧感度を  $S$  とする

$$V_0 = S \sqrt{e I_p R / (2C)} + V'_0 \dots\dots\dots (19)$$

ここに  $V'_0$  は測定装置の内部雑音である(15)，(16)式より， $V'_0 \ll V_0$  のとき

$$R = \pi L m_f, \quad \frac{(V_0 - V'_0)^2}{I_p} \doteq m_s \dots\dots\dots (20)$$

(20)式を(9)式へ代入して

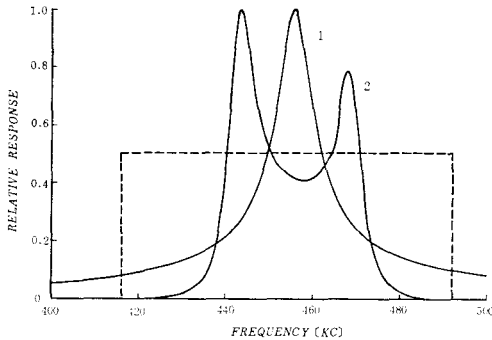
$$e = \frac{4 \pi f^2 C^2 m_f}{S^2 m_s} \dots\dots\dots (21)$$

21式に測定結果を代入して

$$e = \left\{ \begin{array}{l} 0.479 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]} \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅=狭}) \\ 1.13 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]} \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅=中}) \\ 2.13 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]} \dots\dots\dots (\text{増幅器の帯域幅=広}) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

#### 4.2 検 討

求められた電子の電荷は22式のようになり、 $1.602 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$  に対して相対誤差は増幅器の帯域幅が狭, 中, 広のときの値に対してそれぞれ  $-0.70$ ,  $-0.29$ ,  $+0.33$  となり非常に大きい。これは主として増幅器の増幅器の帯域幅が狭く帯域内で利得が一定でないこと及び出力計が平均値指示型でありまた指示メータの時定数が小さい為雑音出力の揺らぎによる誤差が大きいことによるものである。



第10図 共振回路の共振特性(1)及び増幅器の周波数特性(2)

使用した増幅器の周波数特性は、帯域幅が広のとき第10図のようになるが、このときの雑音出力と同じ雑音出力を与え第10図の鎖線に示すように  $416 \text{ [KC]} \sim 492 \text{ [KC]}$  の間で一定な利得  $g$  を持ち、他の周波数では利得がゼロとなるような周波数特性を持つ増幅器としての等価的な利得  $g$  を図式方法により求めると

$$g^2 = 6.97 \times 10^6 \dots\dots\dots (23)$$

23式を使用すれば

$$e = 1.51 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]} \dots\dots\dots (24)$$

このとき  $1.602 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]}$  に対して相対誤差は  $-0.057$  となる。

この誤差を小さくする為今後次のような事項について改善する必要がある。まず増幅器の帯域幅は共振回路の帯域幅より十分広くかつ帯域内で利得が一定であること、内部雑音が小さく利得が安定であること、直線性が良好でダイナミックレンジが広いこと。共振回路はできるだけ  $Q$  が大きいこと。出力計は二乗平均値指示型であり指示メータの時定数が大きいこと。信号発生器の発振周波数、出力電圧が正確であること。

#### §5 む す び

ショット雑音を利用した電子の電荷の測定法についてその概略を述べ、簡単な実験器具を使用して実際に電子の電荷を求めた。

次に増幅器の帯域幅が広のときについて、この場合と同じ雑音出力を与え周波数範囲  $416 \text{ [KC]} \sim 492 \text{ [KC]}$  で利得が一定、他の周波数ではゼロとなるような周波数特性を持つと仮定したときの等価的な利得を図式方法によって求め、これによって電子の電荷を計算し  $1.51 \times 10^{-19} \text{ [coulombs]}$  を得た。最後に測定誤差の原因、改善方法について簡単に述べた。

#### 参 考 文 献

- (1) 石黒, 牛田: 改訂電子工学: コロナ社 (昭41)
- (2) バンデアチール: 雑音: 近代科学社
- (3) E. Mathieson: Shot Noise and the Mesurment of the Electron Charge: Electronic Engineering (Nov. 1956)

(昭和42年9月1日受付)

# コンバータを用いた点火装置

(電気工学科) 村上 滋樹・綿井 伸爾

## An Ignition System Using Converter

Shigeki MURAKAMI and Shinji WATAI

A design of transistor DC-DC converter, and the condenser discharge ignition system using the converter are described in this paper.

The condenser discharge ignition system has several advantages. It makes the combustion better, lightens the buttry burden and keeps the breaker point clear.

### § 1 緒 言

Royer は 1955 年角形ヒステリシスをもつ鉄心と 2 個のトランジスタを用いた,  $DC-AC$  変換回路を発表したが, これは可動部がなく, 寿命が半永久的, 小形高能率, 安価 という利点のため電源としてだけでなく多方面に利用されている。<sup>(1) (2) (3)</sup>

また, 最近内燃機関の点火装置としてトランジスタやサイリスタを用いたものが使用されるようになってきつつある。これは普通の点火方式 ( $RIS$  と略す) が高速回転になると機械的接点とコイルの時定数のため電流の断続が不完全となり一次電流が減少するので二次高圧が低下し, 燃費, 出力が悪影響を受けるという欠点を軽減するように, 一次電流の断続をトランジスタで行ない高速回転時の特性を改善した。しかし, トランジスタ方式は電流遮断時の耐圧, 放熱の点で問題があり, サイリスタでは  $ON$  回路は簡単でも  $OFF$  回路が問題となり少し面倒になる。

そこで, サイリスタの高耐圧, スイッチ性を生かしコンバータと組み合わせて, 高電圧で充電された電荷を瞬間的に一次コイルに放電して二次高圧を発生させ, 高速回転時特性を高める方法が考案された。<sup>(9) (10)</sup>

この研究は, コンバータの設計と特性改善, コンデンサ放電点火方式 ( $CDIS$  と略す) の問題点とその改良,  $RIS$  との比較について行なったもので,  $CDIS$  は  $RIS$  に比べて,

- (1) アイドル時の電流は約  $1/3$  で電池の負担が軽くなる,
- (2) 燃費が少なくとも  $5(\%)$  向上し, 排気ガス中の  $CO$  が減る,
- (3) 接点の寿命が延びる,

という結果を得た。

### § 2 $DC-DC$ コンバータ

コンバータはトランジスタ式とサイリスタ式に二大別できるが<sup>(4) (5)</sup>, トランジスタ式は更に, 1 個の変圧器と 2 個のトランジスタを用いた Royer 回路, 2 個の変圧器と 2 個のトランジスタを用いた Van

Allen 回路および変圧器トランジスタを各々1個用いた Kan Chen 回路に分けられるが、ここでは Royer 回路をとりあげた。

## 2.1 設計指針<sup>(1)</sup>

(1)周波数の選定  $DC-DC$  コンバータでは周波数は任意であるので、主として経済的立場から決定される。特定の鉄心については最も効率のよい周波数があるので、その前後に選べばよいが、それらはふつう  $1[kc]$  前後で可聴雑音を発生するので、これをさけるためには  $10[kc]$  以上に高めた方がよい。

周波数  $f$  は次の式で表わされる。

$$f = \frac{V_s - V_{cs}}{4 B_m S N_c} \dots\dots\dots [C/S] \dots\dots\dots (1)$$

ただし  $V_s$  : 電源電圧  $[V]$

$V_{cs}$  : コレクタ飽和電圧  $[V]$

$B_m$  : 鉄心飽和磁束密度  $[Wb/m^2]$

$S$  : 鉄心断面積  $[m^2]$

$N_c$  : コレクタ巻線数

(2)鉄心の選定 鉄損の少ないこと、飽和度が高いこと、飽和磁束密度の高いこと、巻線の容易なことなどが条件であるが、数  $[kc]$  以上ではフェライトコアに限定されてくる。カットコアの場合の鉄心寸法と出力  $P_o$  との関係はブリッジ整流すると次の経験式で求められる。

$$P_o = 4 B_m S \delta f \frac{\eta \cdot \sigma}{\sqrt{\frac{\eta \cdot \sigma}{2} + \eta}} A \dots\dots\dots [W] \dots\dots\dots (2)$$

ただし  $\delta$  : 電流密度  $[A/m^2]$

$\eta$  : 効率

$\sigma$  : 巻線占有率

$A$  : 窓面積  $[m^2]$

(3)トランジスタの選定 コレクタ耐圧は電源電圧の約3倍に取り、コレクタ飽和電圧はできるだけ小さい方がよいので  $Si$  より  $Ge$  のトランジスタがよい。コレクタ電流は負荷電流とのこぎり波状の変圧器励磁電流の合成で、その値に応じて選ぶ。動作時のコレクタ損失は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} P_c &= P_{ON} + P_{OFF} + P_s \\ &= \frac{1}{2} V_{cs} I_{CP} + \frac{1}{2} V_{CP} I_{CEO} + \frac{1}{6} f V_{CI} I_{CI} (t_r' + t_f') \dots\dots\dots [W] \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

ただし  $P_{ON}$  :  $ON$  時の損失  $[W]$

$P_{OFF}$  :  $OFF$  時の損失  $[W]$

$P_s$  : 切換時の損失  $[W]$

$V_{CP}$  :  $OFF$  時の  $CE$  間電圧で略  $2V_s$   $[V]$

$I_{CP}$  :  $ON$  時のコレクタ電流  $[A]$

$I_{CEO}$  :  $OFF$  時のコレクタ電流  $[A]$

$t_r'$  : 全立上り時間  $[s]$

$t_f$  : 全立下り時間 [s]

低い周波数では  $P_{ON}$  のみと考えてよく、高い周波数では  $P_s$  が大きくなるので  $f_a$  (または  $f_T$ ) の高いトランジスタを選ぶ必要がある。

## 2.2 設 計

電源電圧  $V_s = 12[V]$ , 出力電圧  $V_o = 350[V]$  出力電流  $I_o = 0.1[A]$  のコンバータの概略設計を行なう。

(1) 負荷容量  $P_o = V_o I_o = 35 [W]$

(2) 鉄心 発振周波数を  $4[kc]$  にとり  $TDKH6A-EE60^{(6)}$  を用いると(2)より

$$P_o = 4 \times 0.41 \times 2.5 \times 10^{-4} \times 10^6 \times 4000 \times \frac{0.8 \times 0.3}{\sqrt{\frac{2}{2} + 0.8}} \times 4.2 \times 10^{-4} \\ \approx 68.5 [W]$$

となり  $68[W]$  の収容能力をもつが、 $35[W]$  あればよいので  $2[kc]$  の周波数まで巻線可能である。

(3) コレクタ電流

$$I_c = \frac{P_o}{\eta} \cdot \frac{1}{V_s - V_{cs}} \\ \approx \frac{35}{0.8} \times \frac{1}{12} \approx 3.65 [A]$$

(4) トランジスタの選定 **2SB358<sup>(7)</sup>** を用いると、 $f_a = 2[MC]$ ,  $V_{CE0} = 80[V]$ ,  $P_{cmax} = 50[W]$ ,  $I_{CE0} = 5[mA]_{max}$ ,  $V_{CS} = 0.3[V]$ ,  $h_{FE} = 30$  である。

(5) ベース電流

$$I_B = \frac{3 I_c}{h_{FE}} = \frac{3 \times 3.65}{30} = 0.365 [A]$$

(6) 帰還電圧  $E_F = V_{BE} + I_B R_B + V_R$

$$= 0.6 + 1 + 1 = 2.6 [V]$$

ただし  $V_{BE}$  :  $I_B$  に対応する  $BE$  間電圧  $[V]$

$R_B$  :  $I_B$  安定化抵抗  $[\Omega]$

$V_R$  : 起動用ダイオード順方向電圧  $[V]$

(7) 巻線数

$$(a) \text{ コレクタ巻線 } N_C = \frac{V_s - V_{cs}}{4 B_m S f} \\ \approx \frac{12}{4 \times 0.41 \times 2.5 \times 10^{-4} \times 4000} = 7.31$$

8 回巻くことにする。

$$(b) \text{ 帰還巻線 } N_f = \frac{N_C \cdot V_F}{V_s - V_{cs}}$$

$$\approx 8 \times \frac{2.6}{12} = 1.87$$

$h_{FE}$  の巾を考えて 3 回巻く。

$$(c) \text{ 出力巻線 } N_o = \frac{N_c V_o}{V_s - V_{cs}} \\ \approx \frac{8 \times 350}{12} = 233$$

電圧降下を考えて 250 回巻く。

⑧コレクタ損失

$$P_c = \frac{1}{2} \times 0.3 \times 3.65 + \frac{1}{2} \times 24 \times 5 \times 10^{-8} + \frac{1}{6} \times 4000 \times 24 \times 3.65 \times 50 \times 10^{-6} \\ = 0.5475 + 0.3 + 2.92 \\ \approx 3.77 \text{ [W]}$$

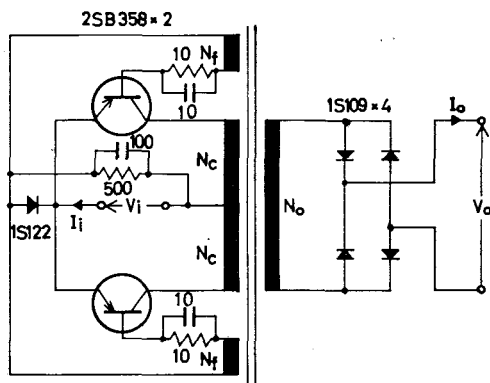
以上の値を基礎にして **Fig. 1** のようなコンバータを試作した。

### 2.3 特性

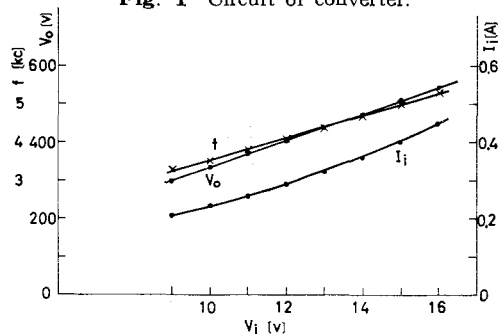
(1) 無負荷特性 **Fig. 2** のように入力電圧に応じて入力電流、周波数および出力電圧が増しているが正比例にはなっていない。これは起動回路、鉄心の飽和度、漏れ磁束などが(1)式を求めるときの仮定通りになっていないためである。

(2) 負荷特性 入力電圧 12[V] のときの負荷特性を **Fig. 3** に示すが、出力電流 0.1[A] のとき最大効率 84.5[%] が得られた。

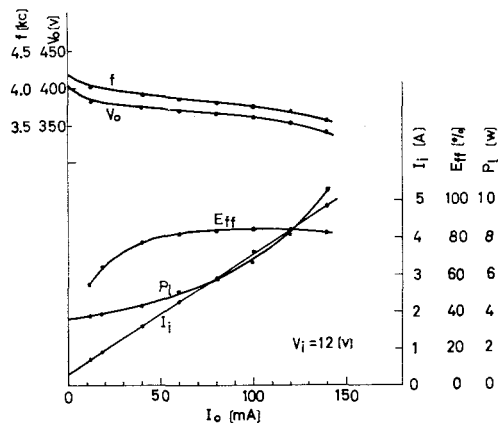
(3) 周波数と効率、損失との関係 比較のため 2[kc] と 11[kc] のコンバータを試作し効率および損失の変化を調べたところ **Fig. 4** のようになったが共に 4[kc] の場合より効率が悪くなっている。これは、周波数が低くなると銅損が増し、鉄損と切換損は周波数に比例するためである。11[kc] の場合、2SB358 の代りに 2SC251<sup>(8)</sup> ( $f_a = 20$ [Mc]) を用いると切換損は約 1/10 となるので、小出力時には効率が 10[%] よくなるが、大出力時には  $V_{cs}$  が 5 倍位なので  $P_{oN}$  が増し効率が低下する。



**Fig. 1** Circuit of converter.



**Fig. 2** No load characteristics.



**Fig. 3** Load characteristics.

## 2.4 波 形

C C間電圧と入力電流の波形は Fig. 5 のように無負荷時はスパイクが相当大きいが全負荷時には小さくなる。耐圧の低いトランジスタを用いるときなど、スパイクを低減しなくてはならないが、コンデンサを C C 間に接続すれば Fig. 6 のように低減できる。完全にとるには定電圧ダイオードを用いる。

## § 3 コンデンサ放電方式点火装置

### 3.1 動作原理

R I Sは Fig. 7 (a) のようにクランク軸と連結して開閉されるブレーカにより点火コイルの一次電流を断続し、遮断時に一次コイルのもっている電磁エネルギーを二次コイル側に与え高圧のスパークエネルギーをスパークプラグに供給しガスを点火する。

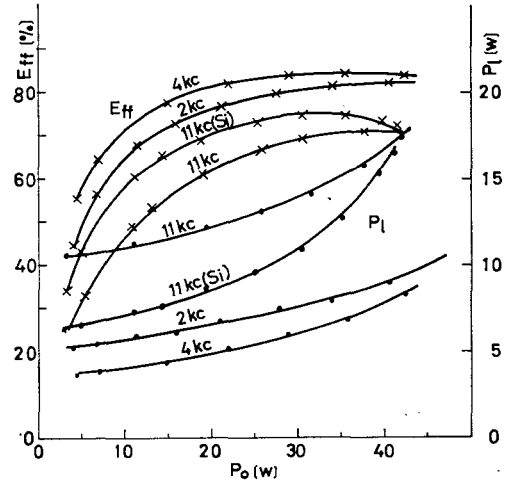


Fig. 4 Comparison of load characteristics.

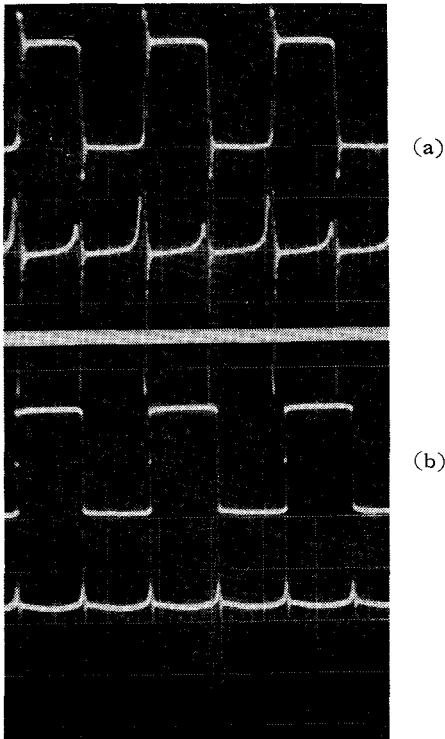


Fig. 5 Wave forms of C-C voltage (20[V/div]) and input current (5[A/div]).  
(a) No load. (b) Full load.

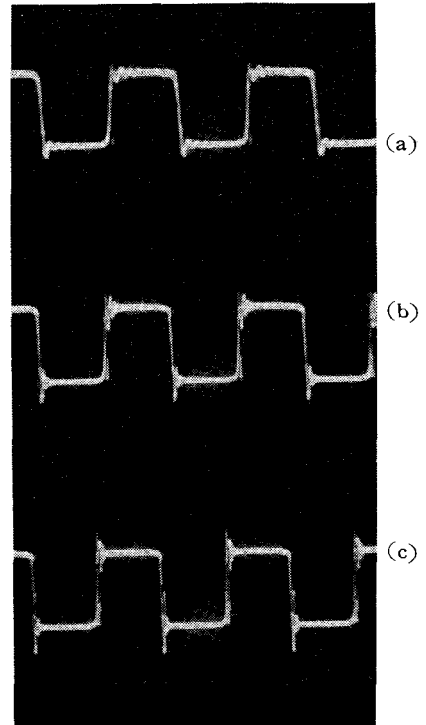


Fig. 6 Suppression of the spike.  
(a) 0.6[μF]  
(b) 0.1[μF]  
(c) No condenser.

これに対して *C D I S* では (b) のようにコンバータで  $350[V]$  をつくりこれをコンデンサ  $C$  と一次コイルの直列回路に加え  $C$  を充電する。ブレーカ遮断時にトリガ回路でつくったパルスを  $SCR$  のゲートに加えて点弧し  $C$  の電荷を瞬間的に  $SCR-L-C$  の回路で放電させそのときの電流により二次に高圧を発生させる。 $SCR$  は  $LC$  の値によってきまる周波数の  $1/2$  [ $c/s$ ] 後 (約  $0.35[m s]$ ) には自動的に *O F F* となる。

### 3.2 装 置

試作装置の回路図は Fig. 8 のように、さきに設計したコンバータを用い、トリガ回路、二次短絡防止回路、過渡振動抑制回路などよりなっている。

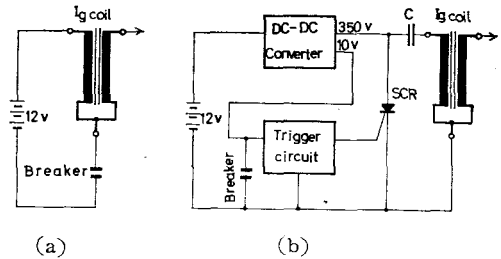


Fig. 7 Schematic diagrams of ignition systems.  
(a) RIS. (b) CDIS.

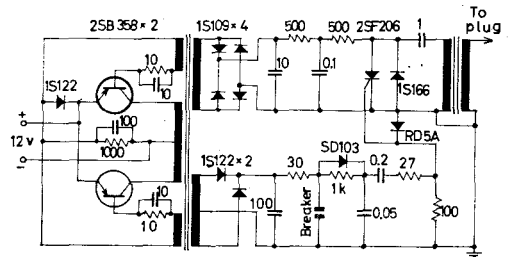


Fig. 8 Circuit of CDIS.

(1)コンバータ トリガ回路の電源にもなっているのでブレーカの *O N*, *O F F* により発振周波数が低い周波数に転移し、トランジスタが過熱することがあるので、普通のコンバータとは異なった厳しい条件に耐えるよう回路定数を充分検討しなくてはならない。スピードアップコンデンサは  $10[\mu F]$  以下、安定化抵抗は大きい方がよいというのが一般的な結論である。変圧器の巻線は、 $N_c$ ,  $N_f$  はバイファイラ巻きとし、発振の立上りをよくするため  $N_f$  は少し多めに、 $N_o$  は二層に分割しその間に  $N_c$ ,  $N_f$  を巻く、 $N_o$  は許す限り細い線を巻くなど *C D I S* に合った方法をとる必要がある。トランジスタ自身の発熱による温度上昇は問題にならないが周囲温度が高くなるので放熱は充分行なえるようにする。

(2)*S C R* 電源電圧は  $15[V]$  程度まで上昇するが、そのときのコンバータ出力電圧は無負荷時に約  $500[V]$  になり、*O N* 時の電流も  $100[A]$  近く流れるので、耐圧  $600[V]$ 、定格電流  $11[A]$ 、サージ電流  $125[A]$  の *N E C* 製 **2 S F 206** を選んだ。

(3)*S R* *S C R* が *O N* から *O F F* に転じた  $1/2[c/s]$  間導通して負電圧を抑制すると共に振動エネルギーを吸収して *S C R* の再点弧を防止する。

(4)トリガ回路 + 接地の機関にも使えるようコンバータを電源にしているが、一接地の場合には電池直接の方がよい。 $C$ ,  $R$  の値はトリガ電圧、トリガ幅により決めるが、図の定数で  $8[V]$  よりトリガできる。立上り時間を小さくするには  $0.05[\mu F]$  を更に小さくするか  $30[\Omega]$  に直列にインダクタンスを附加する。

(5)二次短絡防止回路 *S C R* が *O N* のときコンバータの出力回路は短絡されるので、過負荷となり発振が一時停止する。これを防がないと高速回転時に点火不能となり  $6000[rpm]$  でも失火の恐れがあるので、 $1[k\Omega]$  を *S C R* との間に接続する。

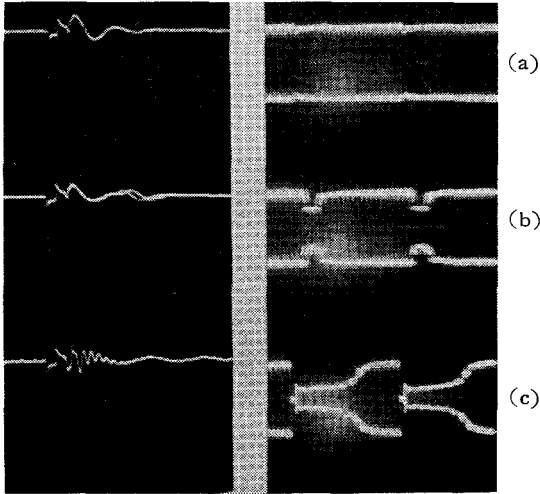


Fig. 9 Wave forms of converter oscillation and secondary high voltage.  
(a) 1 [KΩ] series.  
(b) 500 [Ω] series.  
(c) No resistance.

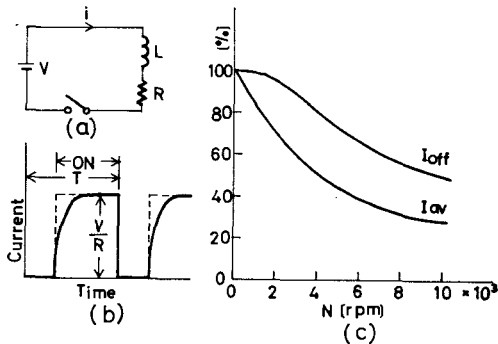


Fig. 10 Ideal RIS. (a) Equivalent circuit.  
(b) Current wave form. (c) Variation of current.

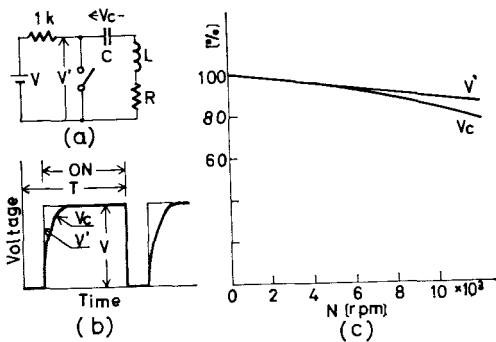


Fig. 11 Ideal CDIS. (a) Equivalent circuit.  
(b) Voltage wave form. (c) Variation of voltage.

(6)過渡振動抑制回路 1[kΩ]の途中に 0.1 [μF]程度のCを接続すれば過渡振動が吸収され減衰が早められる。またSCRと並列に 0.2 [μF]と 10[Ω]を直列にしたものを接続してもよいが余り効果はなかった。

短絡防止と電力消費量の低減のため、SCRがONのときにコンバータとSCRを切り離す回路をつけることが考えられるが、この断続回路<sup>(11)</sup>に用いるトランジスタは耐圧の高いものが必要で装置が高価となる。

### 3.3 RIS と CDIS との比較

#### 3.3.1 理想的な場合

(1)RIS ブレーカが理想的スイッチであるとすると等価回路と一次電流波形は Fig. 10 (a), (b)のようになり、点火コイルの  $L=12$  [mH],  $R=4$  [Ω], 時定数  $\tau=3$  [mS]のときの平均電流  $I_{av}$  とブレーカ OFF 時の電流  $I_{off}$  の変化は (c) のようになる。ブレーカの ON 時間と OFF 時間の比はふつう 2 : 1 であるので、 $I_{av}$ ,  $I_{off}$  はそれぞれ次の式で求められる。

$$I_{av} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{2T}{3}} \frac{V}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) dt [A] \dots (4)$$

$$I_{off} = \frac{V}{R} (1 - e^{-\frac{2T}{3\tau}}) [A] \dots (5)$$

二次高圧は  $I_{off}$  に比例し、スパークエネルギーはその 2 乗に比例するので、10000[rpm] になると、高圧は 1/2, エネルギーは 1/4 となる。

(2)CDIS Fig. 11 のように SCR の ON 時間を  $L$  C 共振周波数の  $1/2$  [c/s] ( $t_s \approx 0.35$  [mS]) とし、その間スイッチが閉じられるものとする、スイッチ間の平均電圧  $V'$  は、

$$V' = \frac{T - t_s}{T} V [V] \dots (6)$$

となり、C の充電電圧  $V_c$  は  $L$  を無視すると時定数  $\tau'$  は  $1[\mu F] \times 1[k\Omega] = 1$  [mS] とな

るので、

$$V_c = V' \left( 1 - \epsilon^{-\frac{T-t_s}{\tau'}} \right) [V] \dots\dots\dots (7)$$

となる。**Fig. 11. (c)**をみると  $V_c$  は10000[rpm]でも17[%]の低下で、この電圧が点火コイルにそのまま加わるので二次高圧の低下は  $RIS$  の1/3、エネルギー減少は2/5と極めて少ない。ピーク値に達する時間は  $RIS$  で0.8[mS]、 $CDIS$  では0.004[mS]と小さく、電圧上昇率が大きいので、低い電圧でもスパークさせることができ、点火のおくれによる障害も少なくなる。

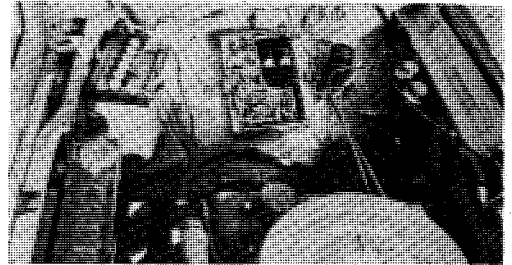
### 3.3.2 実装比較

トヨタRT-40に装着して入力電流と点火コイルの高圧の波形を観測したところ **Fig. 13** のようになり、 $CDIS$  は立上りが鋭く低い電圧で点火していることがわかる。入力電流の平均値は **Fig. 14** の通りで略理論通りになっている。スロットルバルブを同一開度にしても  $CDIS$  の方が少し回転が高くなって居り燃焼のよいことを示している。アイドル時の電流は約1/3で電池の負担が減って寿命が長くなり、高速回転時に増加しているときは発電機の出力も増しているので問題としない。

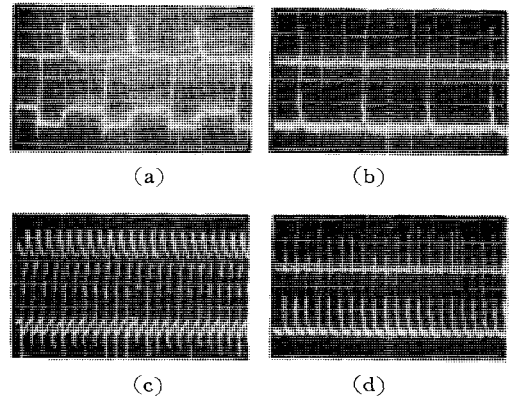
ブレーカの接点については、 $CDIS$  では接点間の電圧は16[V]以下、電流は0.5[A]以下であるのに対して  $RIS$  では遮断時に300[V]程度の電圧が加わり電流も4[A]近く流れるので、接触面の損傷も大きく断続動作も不完全になり易い。

### 3.4 燃料消費量の比較

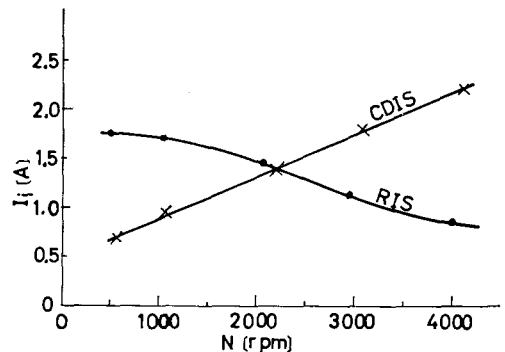
内燃機関実験室でダットサンDPU型1000[cc]を用いて比載試験を行なった結果は **Table 1.** のようになった。



**Fig. 12** CDIS installed in the engine room of RT-40.



**Fig. 13** Wave forms of secondary high voltage (upper side 8[KV/div]) and input current (lower side 6[A/div]).  
(a) RIS 500[rpm] (b) CDIS 550[rpm]  
(c) RIS 2950[rpm] (d) CDIS 3070 [rpm]



**Fig. 14** Actual input currents.

**Table 1.** Comparison between RIS and CDIS about combustion.

Revolution [rpm]	Torque [kg m]	Power [HP]	Combustion time [sec/100cc]		Ratio
			RIS	CDIS	
3000	5	15	42.8	45.4	1.06
3000	2.7	8.4	66.8	66.9	1.00
3000	1	3	90	98.2	1.09
2000	5	10	64.6	74.8	1.16
2000	2.7	5.4	98.1	101.2	1.03
2000	1	2	135.4	137.4	1.01

**Table 2.** Comparison about fuel consumption

Division	Driven distance [Km]	Consumed fuel [ℓ]	Ratio of fuel consumption [Km/ℓ]	
			individual	average
CDIS	203.7	17.0	11.98	11.08
	211.6	21.8	9.71	
	641.8	57	11.26	
	645.	57.8	11.16	
RIS	306	34	9.00	9.91
	451.8	42.5	10.63	

これをみると同じか良ければ 16〔%〕と向上して居り平均して少なくとも 5〔%〕は向上していると考えてよい。

つぎに、3月から7月にかけてRT-40に使用した結果はTable 2. のようになった。走行条件が同一ではないので評価を誤るおそれもあるが、5～10〔%〕の向上が認められる。排気ガス中のCO含有率の測定は行なわなかったが、燃費のよいことはより完全に燃焼していることを示し、排気ガスが浄化されていることになる。

## § 5 結 言

コンバータとそれを応用したCDISについて述べたが、CDISはすぐれた点が多いので、SCRが安価になってくれば広く普及するものと思う。ここに述べたCDISはRISに切換え使用できるようになっているが、近い将来無接点点火方式が用いられるようになる。全トランジスタ式のものや、SRとSCRと信号発電機を組み合わせた簡単な回路<sup>(12)</sup>も考案されて居り、点火方式の改良によりより高性能の内燃機関が出現することを期待する。終りに実装テストに当り御援助頂いた久保田助教授に謝意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 小林：DC-DCコンバータ，電子技術，1964年6月号
- (2) 阪尾：コンバータ，電子技術，1965年6月号

- (3) 大野・民井：トランジスタ $DC-DC$ 変換回路とその現状，エレクトロニクス，1963年9月号
- (4) 茂木：変換装置，オーム，1966年3月号
- (5) 茂木：インバータ・コンバータ，日刊工業，1964年8月
- (6) TDK：フェライトコア技術資料
- (7) 三菱電機：半導体カタログ
- (8) 東芝：半導体ハンドブック 3
- ✓(9) 茨木：シンクロスパーク使用解説書，三田無線研究所，1966年
- (10) 三木(三菱電機)：特許昭40-23529号，内燃機関点火装置
- (11) K. W. Scheel：Two added transistors reduce ignition system current drain, Electronics 1967. May. 29.
- (12) 広沢(本田技研)：特許昭40-19403号，内燃機関の無接点点火装置

(昭和42年9月1日受付)

# 熱線風速計の研究 (第1報)

(電気工学科) 黒 瀬 能 幸

## A Study on Hot-wire Anemometer (Report 1)

Yoshinobu KUROSE

Hot-wire anemometer is suitable for measuring the fluid velocity fluctuation in turbulent flow.

In this report, the principle of hot-wire anemometer, the method we adopted, and the results we obtained are reported.

We used the hot-wire element composed of tungsten wire,  $5\mu$  in diameter and  $1\sim 5\text{ mm}$  in length.

### § 1 緒 論

円柱からの強制対流熱伝達を応用した熱線風速計は、従来から研究され、現在では広く実用化されている。

筆者の場合、爆発管内の未燃焼ガスの乱れ測定のために、熱線風速計を試作することにした。

熱伝達の解析については、すでに多くの研究結果が発表されているので、本研究では、風速計自体の回路、測定結果を中心に発表する。

熱線の材料としては、近年サーミスタ等の半導体類も利用されているが、これらは熱線によって二次的乱れも起る可能性があるので、こゝでは直径  $5\mu$ 、長さ  $1\sim 5\text{ mm}$  のタングステン線を用いた。

熱線風速計は大別して、風速に無関係に定電流を流す定電流方式と、電流を制御して熱線温度を一定に保つ定温度方式（定抵抗方式）の二方式に別けることができる。定電流方式のものは機構が簡単であるから携帯型のものに多く使用されているが、一般に時定数が大きいので平均風速の測定に適している。定温度方式のものはブリッジと、負帰還（*NFB*）回路の組合せで、時定数を小さくすることができ、計測範囲も広い。こゝでは、主に定温度方式について行った。

また定温度方式について信号を直線化し、高風速まで等感度で測定することにも成功したので報告する。

### § 2 熱線の特徴

King の法則より、熱線の単位長から、気流により、単位時間当り運ばれる熱量  $H$  (*joule/sec*) は、

$$H = (a + b\sqrt{U}) \cdot (T - T_0) \dots \dots \dots (1)$$

と表わされる。こゝで、 $T$ 、 $T_0$  は熱線及び気流の温度 (*deg*)、 $U$  は熱線に垂直な成分の風速 (*m/sec*)、 $a$ 、 $b$  は流体と材質により定まる定数 (*joule/deg/sec*)、及び (*joule/deg/sec(m/sec)<sup>1/2</sup>*) である。

一方、熱線に電流を流した時の熱平衡の式は、

$$I^2 R = (a + b\sqrt{U}) \cdot (T - T_0) \dots\dots\dots (2)$$

が成立する。こゝに  $R$  は単位長当りの熱線抵抗 ( $\Omega$ ),  $I$  は熱線電流 ( $A$ ) である。

熱線の抵抗温度係数を  $\alpha$  とすれば、

$$R = R_0 \{ 1 + \alpha (T - T_0) \} \dots\dots\dots (3)$$

(2), (3) 式より

$$\frac{I^2 R R_0 \alpha}{R - R_0} = a + b\sqrt{U} \dots\dots\dots (4)$$

の関係式が導出される。

(4) 式が基本式である。たとえば、 $I$  を一定、すなわち定電流方式では、 $T$  が  $U$  の関数、 $R$  が  $T$  の関数となり、 $R$  を測定することによって  $U$  を知ることができる。(4) 式より、

$$R = \frac{R_0 (a + b\sqrt{U})}{a + b\sqrt{U} - I^2 R_0 \alpha} \dots\dots\dots (5)$$

となるから、 $I$  をパラメータに取って図示すれば  
図1のようになる。

図1は定電流方式における特性曲線であるが、いま、 $U=0$  の時  $I_1$  なる電流を流して、 $U=U_1$  になったとすると、定温度方式では抵抗は常に一定であるから、 $I_2$  まで電流を制御する必要があることが理解される。(4) 式で電流  $I$  が  $U$  の関数だけであるからまとめて、

$$I^2 = C_1 + C_2 \sqrt{U} \dots\dots\dots (6)$$

$C_1, C_2$  は 定数

と表わされるから、図示すれば、図2のようになる。

次に、平均風速  $U$  の上に乱れ  $dU \equiv u$  が乗っている場合を考える。微小変動を考えるには微分関係を考えて良い。

まず定電流方式では、所定の手続きで次式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT}{dU} &\equiv \frac{t}{u} = -K_1 \frac{1}{1+j\omega M} \\ \text{ただし } K_1 &= \frac{bM}{2C\sqrt{U}} \\ \frac{dR}{dT} &\equiv \frac{r}{t} = R_0 \alpha \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

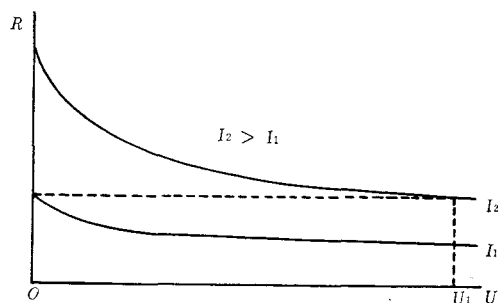


図1 U-R曲線

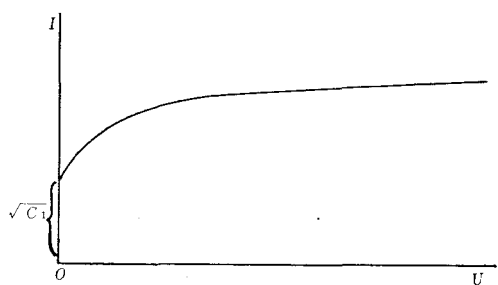


図2 U-I曲線

したがって

$$\left. \begin{aligned} \frac{dR}{dU} &\equiv \frac{r}{u} = -K_2 \frac{1}{1+j\omega M} \\ \text{ただし } K_2 &= \frac{\alpha b R_0 M}{2 C \sqrt{U}} \\ M &= \frac{C}{a + b \sqrt{U} - I^2 R_0 \alpha} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

$M$ は熱線の時定数と呼ばれるもので、時間の次元を持っている。 $M$ はまた次のようにも書き替えられる。

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{C}{I^2 R_0^2 \alpha} \cdot (R - R_0) \\ &= \frac{C}{I^2 R_0} \cdot (T - T_0) \\ &= \frac{J \sigma \pi^2 d^4 S}{16 I^2 \rho} \cdot (T - T_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

ここに  $C$ ：熱線の熱容量  
 $J$ ：熱の仕事当量  
 $\sigma$ ：熱線の密度  
 $d$ ：熱線の直径  
 $\rho$ ：熱線の比抵抗  
 $\pi$ ：円周率( $\approx 3.14$ )

(8)式よりわかるように周波数特性は時定数 $M$ によって決まり、直径 $5\mu$ 、長さ $1mm$ のタングステン線では、 $M$ は約 $1msec$ であるから、遮断周波数は約 $160c/s$ である。それゆえ、定電流方式では、これ以上の周波数をもつ乱れ測定には、 $M$ をもっと小さくするか、特別の補償回路を設けなくてはならない。一般に補償回路は困難である。 $M$ を小さくする唯一の方法はなるべく細い線を用いるべきであるが、強度の点で問題がある。

定温度方式の基本回路を図3に示す。

この回路はブリッジと高帯域直流増巾器の組合せで、ブリッジの不平衡電圧が増巾器の入力となり、増巾されて、電流帰還がかゝっている。帰還された電流 $i_f$ はほとんど $R_1-R$ 分岐を流れ、熱線温度を高め、元の値に戻す。温度は常に一定に保たれるから、熱的遅れはほとんど現われな

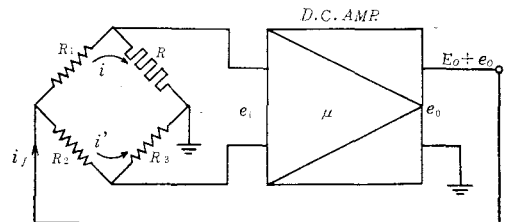


図3 定温度方式NFB回路

$$\frac{E_o^2}{R_1} = d_1 + d_2 \sqrt{U} \dots\dots\dots (10)$$

が成立するから、 $U=0$ における $E_0$ を $E'_0$ とし、 $d_2 R_1=K$ とおくと、

$$E_0^2 = E_0'^2 + K\sqrt{U}$$

$$\therefore U = \left( \frac{E_0^2 - E_0'^2}{K} \right)^2 \dots\dots\dots (11)$$

となり  $E_0$  を測定すれば  $U$  を知ることができる。

乱れ測定でのシグナルフローグラフは図4で示される。

トランスミッタンス  $g_1, g_2, \dots, g_7$  は所定の手続きで次式を得る。

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{dT}{dU} = \frac{t}{u} = -K_1 \frac{1}{1+j\omega M} \\ g_2 &= \frac{dR}{dT} = \frac{r}{t} = R_0 \alpha \\ g_3 &= \frac{dE_i}{dR} = \frac{e_i}{r} = -\frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot I \\ g_4 &= \frac{dE_0}{dE_i} = \frac{e_0}{e_i} = \mu \left( \begin{array}{c} \text{増巾器の} \\ \text{増巾率} \end{array} \right) \\ g_5 &= \frac{dI_f}{dE_0} = \frac{i_f}{e_0} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R}{(R_1 + R)(R_2 + R_3)} \\ g_6 &= \frac{dI}{dI_f} = \frac{i}{i_f} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R} \\ g_7 &= \frac{dT}{dI} = \frac{t}{i} = K_7 \frac{1}{1+j\omega M} \\ K_7 &= \frac{2IRM}{C} \end{aligned}$$

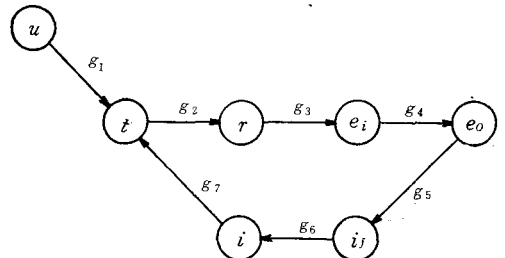


図4 定温度方式シグナルフローグラフ

$g_2, g_3, g_4$  の積を  $g_{234}$ 、 $g_5, g_6, g_7$  の積を  $g_{567}$  とすると、グラフは図5のように変換される。

図5より次式が成立する。

$$\begin{aligned} g_{234} &= \frac{e_0}{t} = -\frac{IR_0R_2\alpha\mu}{R_2 + R_3} \\ g_{567} &= \frac{t}{e_0} = \frac{K_7}{R_1 + R} \cdot \frac{1}{1+j\omega M} \end{aligned}$$

したがって  $t$  から  $e_0$  への伝達は次式で与えられる。

$$\frac{e_0}{t} = \frac{g_{234}}{1 + g_{234} \cdot g_{567}} \dots\dots\dots (14)$$

したがって  $u$  から  $e_0$  への伝達は

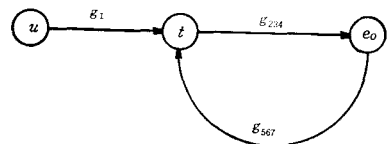


図5 変換されたシグナルフローグラフ

$$\left. \begin{aligned} \frac{e_0}{u} &= \frac{g_1 \cdot g_{234}}{1 + g_{234} \cdot g_{567}} \\ &= \frac{g_{234} \cdot K_1}{1 + g_{234} \cdot g_{567}} \cdot \frac{1}{1 + j\omega \frac{M}{1 + g_{234} \cdot g_{567}}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

となる。

$M$ は  $(1 + g_{234} \cdot g_{567})$  分の1となり、ループ利得  $g_{234} \cdot g_{567}$  が充分大きければ、 $M$ はそれだけ小さくなり、周波数特性は良くなる。

回路的には複雑でも、乱れ測定用としては定温度方式が適していることが理解される。

### §3 実験装置

風圧源としては、簡易小型風洞を用い、ピトー管にて校正を行って用いた。スライダックで電圧30～100Vの範囲で変えることにより、風速 0～11m/sec を得ることができる。

熱線としては、直径5μ、長さ2mmを縫物針の先にスパーク溶接した。電気抵抗は気温30°Cで5.9Ωであった。

定電流方式熱線風速計の回路を図6に示す。定電流源としては、充分高い直流電源と、熱線抵抗より充分高い高抵抗を用いて製作した。

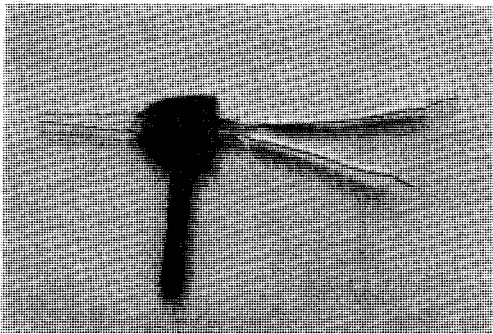


写真1 熱線エレメント  
針の先に熱線がスパーク溶接してある。

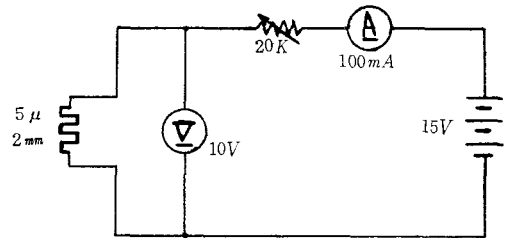


図6 定電流方式熱線風速計

定温度方式熱線風速計はブリッジと広帯域直流増巾器の組合せである。増巾器はトランジスタ方式であるから、温度ドリフト、直流バイアス、周波数特性、入力インピーダンス、ノイズ等の問題点がある。これらを解決するために、温度特性の秀れたシリコントランジスタを用い、差動増巾器にして、部分帰還をかけた。特に初段には、差動増巾器用のツイントランジスタを用いたために温度ドリフトは著しく軽減された。CMRを大きくするために、初段のエミッタ共通抵抗  $R_{EF}$  の替りにトランジスタの出力抵抗に置換して定電流駆動した。回路を図7に示す。

直線化増巾器は、図2に示したように、高風速で感度が落ちるのを等感度にするもので、直線化のためのブロック図を図8に示す。

自乗回路は10本のダイオードによる折線近似で行い、引算回路は一段差動増巾器を用いた。エミッタホロウを入れて直結したのが図9である。ゼナーダイオードはバイアス調整用である。



#### § 4 実験結果と吟味

零風速時における熱線の抵抗を求めた電流と抵抗の曲線を図10に示す。この結果より、温度と抵抗の関係を求め、電流と温度の関係曲線を求めると図11となる。抵抗温度係数は、 $\alpha = 4.27 \times 10^{-3} 1/^{\circ}C$ とした。これより、電流を知れば、熱線の温度を知ることができる。

校正した熱線を用いて、実際の風速測定を行った。

定電流方式における結果を図12に示す。

図12より、 $a$ 、 $b$ の定数を求めてみると、電流の値によって異なる。 $a$ 、 $b$ は気流の種類、材質によって決まる定数だから、電流を変えても一定のはずであるが、実際は変化する。これは熱線から針への熱伝導があるためと考える。理論において、熱は支持針への伝導はないと仮定していた。Kingの式そのものが理想化された仮定のもとに導出されたものである。また風速も正確な風速が得られていないためであろうと考えられる。電流が  $20mA$  の時の定数  $a$ 、 $b$  は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} a &= 65.6 \times 10^{-6} \\ b &= 13.4 \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

したがって、 $R$ は

$$R = \frac{38.70 + 7.90\sqrt{U}}{5.45 + 1.34\sqrt{U}} \dots\dots\dots (17)$$

で与えられるから、風速が決まると、抵抗も定まる。

図12より、次の事柄が理解される。

第1に、熱線には大きな電流を流すほど、 $u$  に対する  $r$  の感度(図における勾配)は良くなるということ。また、低風速の方が感度が良いということ。これは、熱線風速計が微小風速測定に適している理由である。

第2に、零風速時  $20mA$  の電流を流すとすれば、換言すれば、熱線温度を最初  $75^{\circ}C$  にしておけば(図11より)、定温度方式にて  $10m/sec$  の風速まで測定可能にするには、約  $35mA$  の電流を、零風速時

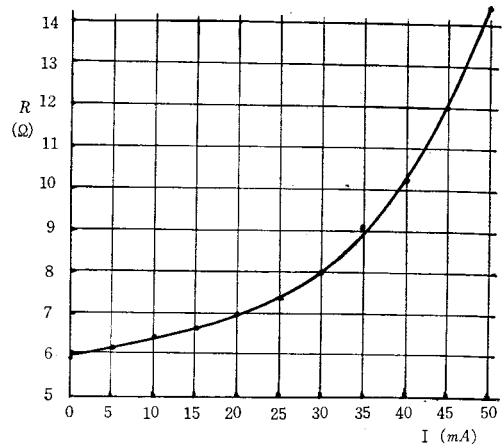


図10 電流—抵抗曲線

$U=0$  直径 $5\mu$  長さ $2mm$ のタングステン線  
 $T_0=30^{\circ}C$

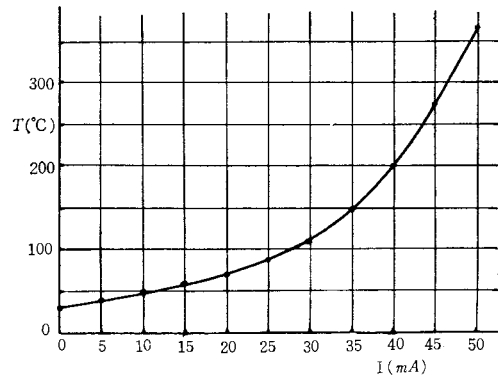


図11 電流—温度曲線

$U=0$   
 $T_0=30^{\circ}C$

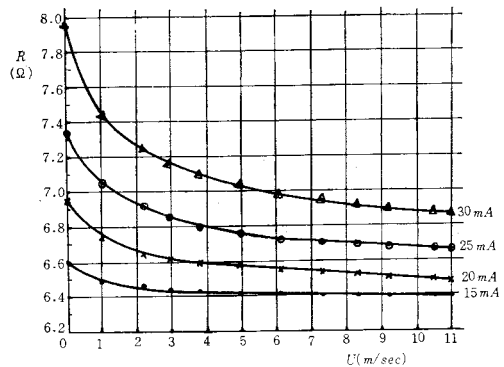


図12 定電流方式における結果

$T_0=30^{\circ}C$  直径 $5\mu$ 、長さ $2mm$ のタングステンの熱線

25mA なら、約 40mA の電流まで制御する必要がある。

このように、定電流方式の測定結果から、定温度方式回路設計の目安を立てることができる。

次に、定温度方式における結果を図13に示す。

電流は(6)式で示されるから、定数  $C_1, C_2$  を決定すれば

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= 225 \times 10^{-6} \\ C_2 &= 345 \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

したがって

$$I^2 = (225 + 345\sqrt{U}) \times 10^{-6} \dots\dots\dots (19)$$

となる。

推測したごとく、零風速時において、20mA の電流を流しておけば、風速 10m/sec では 39mA 流れている。推測と、実測結果は大体等しいと見て良い。すなわち、負帰還により、熱線抵抗は常に一定に保たれていることがわかる。

直線化増巾器の特性曲線を図14, 15, 16に示す。自乗回路の近似度は極めて良好である。引算回路の増巾度は1.83であった。

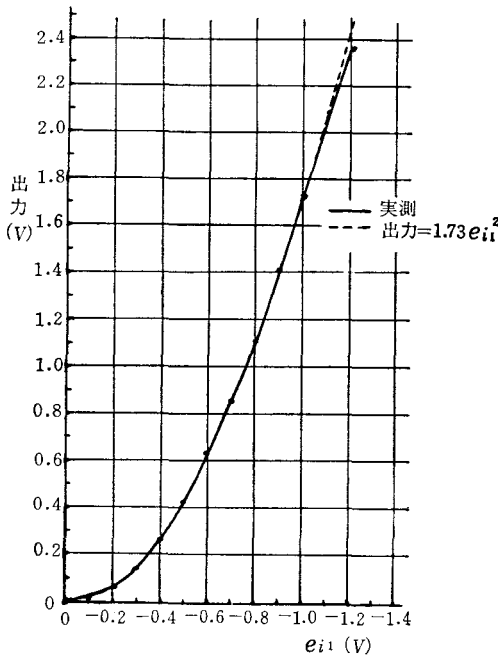


図14 自乗回路1の特性曲線  
 $S_1=0$

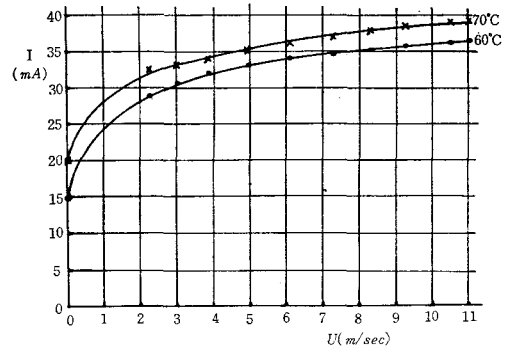


図13 定温度方式における結果  
 $T_0=30^\circ\text{C}$   
直径5 $\mu$ , 長さ2mmのタングステンの熱線

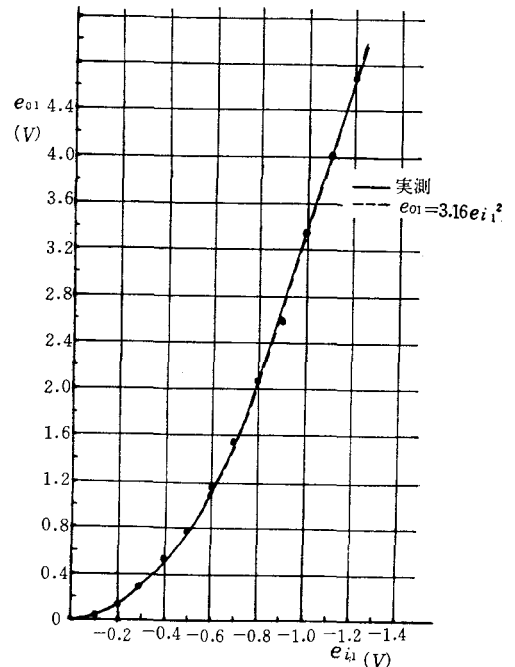


図15 自乗回路1と引算回路の特性曲線  
 $S_1=0$

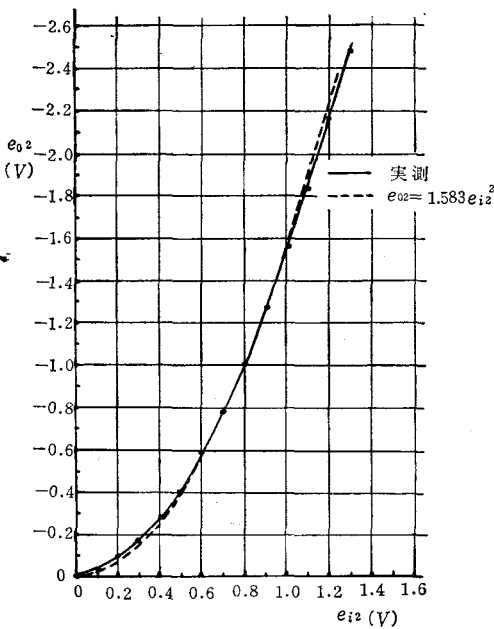


図16 自乗回路2の特性曲線  
 $S_2=0$

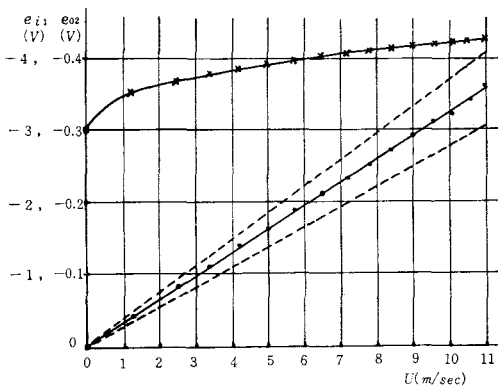


図17 直線化増巾器の動特性

直線化増巾器の静特性は以上で与えられたわけだが、動特性を図17に示す。

この時、 $U=0$ で、 $I=31.6mA$ 、

$e_{i1}=-2.98V$ 、 $e_{02}=0V$ と調整した。

本来の熱線風速計なら、 $U-e_{i1}$ 曲線が出力の形であるが、 $U-e_{02}$ 曲線で見れば、低風速においても、高風速においても等感度で測定できることがわかる。すなわち、信号が直線化されている。図中点線で示した所は、風速変動が観測された範囲である。これにより、風速変動は $\pm 10\%$ であることもわかる。

直線の式は、

$$e_{02} = -0.0322U \dots\dots\dots (20)$$

と導出される。

さて、直線上のデータのバラツキであるが、この原因として、次のような事が考えられる。

- ①風洞の風速変動に伴う出力の変化
- ②測定に使用したバルボルの零点移動
- ③定温度方式負帰還回路の不完全さ
- ④直線化増巾器の不完全さ
- ⑤視誤差等の偶然誤差等

まず、風洞の風速変動に伴う出力の変化であるが、電源電圧の変化も表われていると思う。風洞は簡易なものであるから、相当割合の乱れ成分を含んでいた。実験では、最大風速  $11m/sec$  の時、波形  $P-P$  で  $0.1V$  もあった。これは風速変動が約  $10\%$ であることを意味している。しかも変動周

波数は  $1KC$  以上であるから、バルボルはその平均を指示し、変動にはそのまま追従しない。バルボルの指示針はゆるやかに変動していた。それゆえ、読み取りに相当困難であった。

バルボル自体も温度ドリフトがあり、零点移動を起していた。度々チェックしたが、これによる変動も入っていたと考える。

風速計自体の不完全さ、すなわち、温度ドリフト、ノイズ等が出力の変動に乗っていたと考えられる。

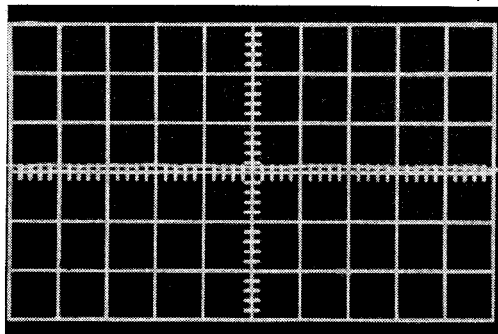
直線化増巾器の不完全さ、すなわち、自乗回路に使用している、ダイオード、抵抗の特性の違いが出力の変化に表われているとも考えられる。また温度ドリフトもある事が予想される。

⑤の原因も大いに考えられる。

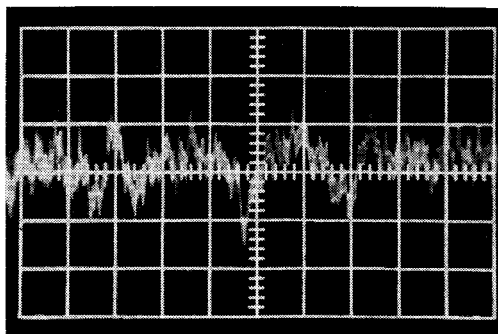
以上の原因をまとめて考えると、この程度のバラツキは、今の段階では最小のものであると考えて良

い。

変動周波数であるが、写真2に定電流方式と、定温度方式の観測結果を示す。(a)の方が定電流方式、(b)が定温度方式による場合で、いずれも零風速時、30mAの電流を流し、熱線はX型エレメントを用いた。



(a) 定電流方式による乱れ波形  
0.1 V/cm  
30 msec/cm



(b) 定温度方式による乱れ波形  
0.1 V/cm  
30 msec/cm

写真2 乱れ成分波形

(a)と(b)を比較してみると、同じ熱線でも変動成分の測定には(b)の方が高い周波数が測定されているから、定温度方式が適している。§2で考察した通りである。

### §5 まとめと今後の課題

以上、タングステン線を熱線として用いた熱線風速計の解析と、測定結果について検討した。特に、定温度方式における問題点を理論と実験結果の両面から吟味、検討を加えた。そして乱れ測定用としては、定温度方式が適していることも理解された。

今後の課題として、

- ①気温  $T_0$  による感度の変化について
- ②熱線温度  $T$  の正確な測定
- ③完全な差動増巾器の実現
- ④完全な直線化増巾器の実現
- ⑤風洞の改良
- ⑥その他 ( $M$  の測定等)

が挙げられる。

今後の研究において一つ一つ解決してゆきたい。

終りに、本研究を行うにあたり、種々御教示頂いた広島工業大学川島和俊先生をはじめ川島研究室の方々、広島大学理学部前川研究室の諸先生方、また何かと相談にのって頂いた本学村上滋樹先生、綿井伸爾先生に深く感謝致します。

### 参 考 文 献

- 1) 加野：エレクトロニクス 昭和40年8月号「熱線風速計とその応用」
- 2) 浅尾他：広島大学工学部研究報告 第15巻第1冊「熱線風速計の研究(その1)」
- 3) 黒瀬：広島工業大学基礎理論工学研究会誌 第2巻第3号「熱線風速計の試作研究」
- 4) 日本科学工業カタログ「Hot wire type anemometer」
- 5) 八田他：測定法、試験法(山海堂)
- 6) 戸室：トランジスタ直流増巾器(産報)
- 7) 池原：トランジスタ回路の設計(ラジオ技術社)
- 8) 宇都宮：直流増巾回路の設計マニュアル(丸善)
- 9) 酒井：ブリッジ回路(日刊工業新聞社)
- 10) ロビショ-他勝田訳：シグナルフローグラフとその応用(丸善)

(昭和42年9月1日受付)

# 大谷石の薄板使用について (第1報)

(建築学科) 高井 芳治・清 和四士

## On the Thin Plate Use of Ōyaishi (Report 1)

Yoshiji TAKAI and Kazuyoshi SEI

Ōyaishi is a representative stone of sedimentary rock, and it has been used from old times for structure or decoration.

In recent years, it has come to be used as thin plate wall.

In this paper, we report on the result of the fundamental physical-test. Coefficient of water absorption, specific gravity, elongation by water absorption, compressive strength, modulus of rupture in bending, tensile strength and shearing strength are tested.

### § 1 概 要

大谷石は水成岩の代表的石材で古くから木造建築の基礎、組積壁、石垣等に使用されている。したがって材形は $15 \times 18 \times 90\text{cm}$ 等の竿石に属する長方形断面のものが多く使われた。その後時代の推移につれて構造用材としての石材全般がコンクリートに変わり、石材の生命は装飾的価値を主とするようになった。大谷石は採石が容易で産出量多く、産地も東京に近い関係で帝国ホテル（ライト設計）以来特有の粗面に対する装飾的価値が見出され、強度・耐久性の小さい石材と知られながら外壁仕上げに使われるようになった。戦後特に杵鋸による薄板加工技術が改良され、現在市販品として $9 \times 30 \times 90$ の板石が出廻っている。本論文で採上げる薄板は2.5, 3cm厚で今迄の観念では考えられないものであるが、最近このような薄板を使う傾向があり、剝落・亀裂等の障害が見られるので実験的に可否を明らかにしたい。第1報においては薄板時に対応する物理的性状を報告する。

### § 2 使用実例と障害



写真1 大谷石使用実例

写真1が使用例で門柱と隣接壁の仕上げ材として大谷石薄板を使い、寸法は主に壁面 $3 \times 30 \times 84\text{cm}$ 、天板 $2.5 \times 20 \times 88\text{cm}$ としている。壁板は引金物4箇所/枚（3mm鉄線）およびモルタル止め、天板は下端モルタル接着でコンクリートに張付けている。目地は天板10mm、壁板15mmとしてわづかに凹目地をとっている。

壁板の障害は写真2のようで右側面が亀裂を境に剝落している。正面は落下寸前のものを取外した跡で両面から接着モルタルの状況が明らかである。このモルタルは強度的には全然信頼できず、コンクリートと大谷石は絶縁しており、石材相互



写真2 壁板の剥落

は富調合の目地モルタルで連続し、引金物の取付位置で支持されている。引金物は健全で逆に大谷石が金物位置で割裂破断している個所がある。天板は写真3のように約70%が破断しており、長手に直角方向の脆弱面をぬって発生した亀裂により二分されている。接着モルタルは殆んど切れている。

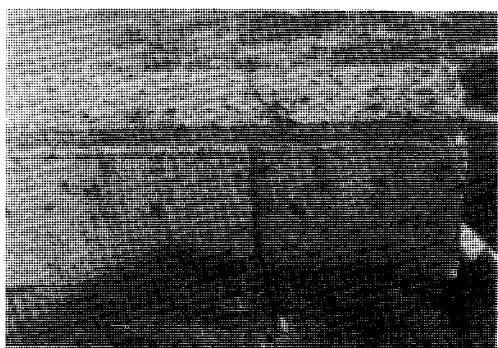


写真3 天板の亀裂

### § 3 実験計画

JIS規格による標準試験でなく、実例に使用された薄板から各試験体を作成しているので従来との報告と比較する場合配慮を要するが、§2の障害解明に沿うような試験体寸法を定めて次の諸試験を実施した。

- (1)吸水率： $5 \times 5 \times 3$  試験体数5 (24 h 吸水)
- (2)比重：寸法，試験体数5
- (3)吸水膨脹： $5 \times 5 \times 3$  試験体数7 (他に片面吸水による変形)
- (4)圧縮試験： $3 \times 4 \times 5$  試験体数16 (絶乾，吸

水後共に部分圧縮)

- (5)曲げ試験： $3 \times 4 \times 16$  試験体数7 (絶乾，ミハエリス試験機)
- (6)引張試験： $3 \times 4 \times 25$  試験体数13 (絶乾)
- (7)剪断試験：断面  $3 \times 4$  試験体数5 (絶乾二面剪断)

上記各試験は昭和42年7月上旬から8月中旬にかけておこない、各試験体はダイヤモンドカッターで切断加工しグラインダー・高速研摩板で試験面を整えた。物理的基本性質の過半は上記を主とするが、熱膨脹率・凍結融解試験も使用地域、場所によっては肝要となる。然しながらこれらを総合しただけでは破壊実例の解明に不充分であり、次報において吸水時の反曲変形と材厚ならびに吸水・乾燥の相互繰返し性状、変形拘束と応力等を求める予定である。

### § 4 実験結果と考察

#### 4.1 吸水率

標準試験体より厚さが2 cm薄い点があるのでこれを考えれば既往の報告と同程度の数値と判断する。測定値18.2 (最小) 20.7 (最大) 平均19.4%である。吸水変形測定時に行った48 h 吸水では22.3, 23.2%となっており、さらに吸水は進行する。また図1のA, B試験体では24 h 吸水でA試験体 (全面から吸水) の方が1.8%大きくなって

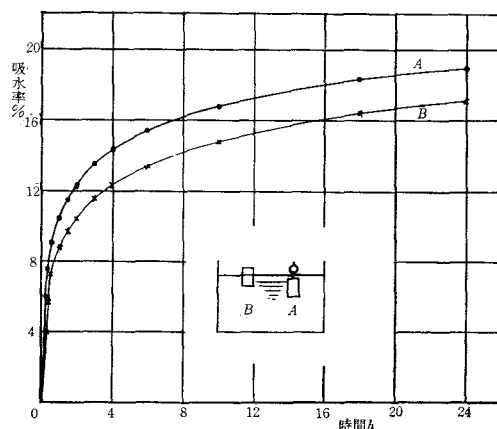


図1 吸水率—時間曲線

いる。吸水率—時間曲線では初期吸水が支配的で1 hで24 hの55%，4 hで76.8%の吸水を行なうことが判明した。

#### 4.2 比重

比重は  $W_{\text{絶乾}}/V$  で求めた。測定は5試験体で2.02～2.13，平均2.07と求まり，文献の数値と同じようになっている。

#### 4.3 吸水変形

吸水膨脹は図1の水槽中に試験体をおき測定したが，図2のように初期1～2 hの膨脹量が大き

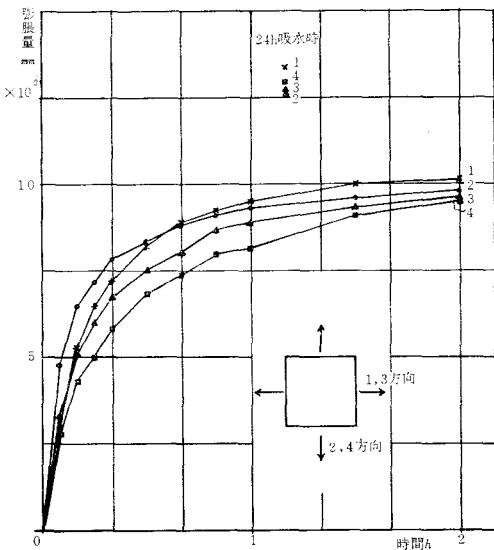


図2 初期吸水膨脹—時間曲線

くあらわれており，吸水率の時間経過と同一傾向を示している。晴雨の繰返しを受ける外部仕上材にとっては重要なものである。大谷石は成層岩（水成岩）に属するので方向的差異を予想したが今回の測定では確たる差がなく，24 h吸水で0.25～0.31%の伸びを示している。7試験体平均で0.265%であり，その後の変形は少なく96 h吸水で最大のものが0.36%となっている。次に片面吸水による板の彎曲変形について図3のような測定を行った。グラフが中央上部の変形量—時間を示し，初期変形は時間軸を拡大して記入している。

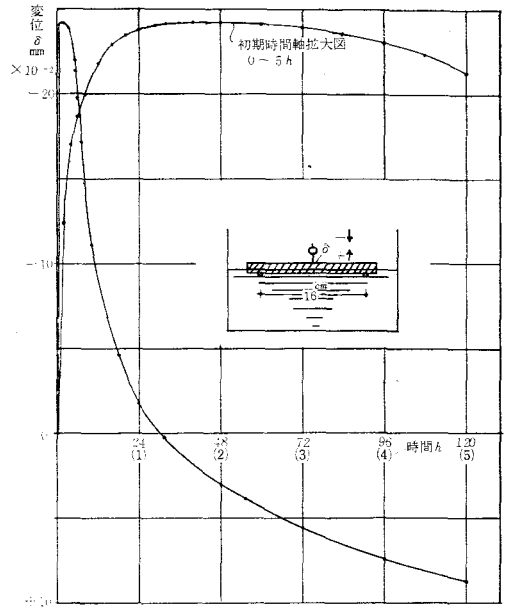


図3 吸水彎曲—時間曲線

片面吸水のため中央部上端は当初圧縮側となり凹変形するがこの測定では2 hから反転し，吸水が漸次上側へ進むと膨脹する。この交番変位は相当地大きく，スパン・吸水率に比例し材厚に逆比例すると2, 3の例から推定できるが，実験式は次回に報告する。

#### 4.4 圧縮強度

今回は  $4 \times 3 \times 5$  cmの絶乾材に部分圧縮力を加えて求めているが，強度のバラツキが甚だしく大きい。13試験体で  $58.8 \sim 159 \text{ Kg/cm}^2$  と方向に関係なく極端な差がある。単純に平均すると91.5と文献値と殆んど一致するが，低強度のものはいずれも加圧部分内に大きな“みそ”をもっていてこれが強度差の主因となっている。圧縮応力度—歪度曲線の例を図4に示す。歪度は全高さをとり，これから求めたヤング係数は  $0.9 \sim 2.7 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$  と予想外に小さな値となっている。吸水後圧縮試験は3試験体のみであるが強度・ヤング係数の極端な低下が図からもわかり，吸水性材料の共通現象で注意が必要である。

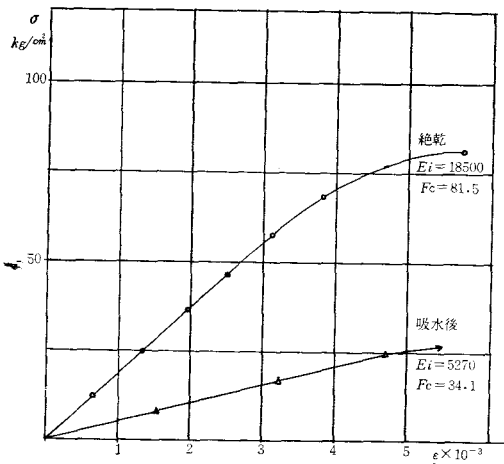


図4 圧縮応力度—歪度曲線

#### 4.5 曲げ強度

曲げ試験は試験装置の都合でセメント用ミハエリス曲げ試験機によりスパン10cmとして $3 \times 4 \times 16$ cmに試験体寸法を定めて曲げ破壊係数を求めた。測定7試験体で10.6~27.9, 平均19.5Kg/cm<sup>2</sup>で破壊断面は最大曲げモーメント付近の“みそ”の多い部分を縫って生じ、文献の数値に比較してはるかに小さいことが判明した。

#### 4.6 引張強度

規格試験体は本材料の場合工作困難であるので $3 \times 4 \times 30$ cmを試験体寸法として実験したが、引張ヤング係数は測定していない。測定値は13試験体で1.0~5.4, 平均2.9Kg/cm<sup>2</sup>となり文献による強度8Kg/cm<sup>2</sup>の36%程度の状況で諸強度中最小である。

#### 4.7 剪断強度

剪断強度は $3 \times 4$ cmを基準断面として二面剪断試験により求めた。測定5試験体で6.9~17.6Kg/cm<sup>2</sup>, 平均11.3Kg/cm<sup>2</sup>をえている。

### §5 結 言

今回の実験によって確かめた物理的性質として次のことが言える。

- (1)大谷石の脆度係数 $F_c/F_t=31.6$ となり、コンクリートの10に比較して約3倍で特に引張強度2.9Kg/cm<sup>2</sup>から考えて乾燥不充分的材を使用するのは好ましくない。吸水に伴う膨脹率は0.265%とコンクリートより遙かに大きく、乾湿による伸縮が薄板の破壊原因となる可能性が多い。
- (2)曲げ強度が従来の報告に比して1/2程度で最小値では1/3以下となるような不均質材である。
- (3)外部に使用した場合晴雨により、片面吸水状態、全面吸水状態がおこる。したがって凹凸交互の繰返し彎曲変形が生じ、破壊原因となる場合がある。

### 文 献

1. 浜田稔「建築材料学」
2. 十代田三郎「建築材料一般」
3. U. D. C. 69・025・356:539.5  
丸一俊雄「プラスチック床材の反り変形に及ぼす下地コンクリートの水分の影響」

(昭和42年9月1日受付)

# 昭和42年7月豪雨に於ける呉市の災害調査について

—建築物の被害を中心として—

(建築学科) 高井芳治・西村光正・藤井 健

An Investigation on the Calamities by Heavy Rain in '67 in Kure

—On the Damages of Structures—

Yoshiji TAKAI, Mitumasa NISHIMURA and Takeshi FUJII

In Japan, we have had many calamities, and so it is necessary that we should take effective measures to meet the situations. Of these calamities, it seems that the damages from flood and earthquakes take main parts. When we think of countermeasure for them, it is more urgent that the civil administration is willingly carried out than the structures are strengthened.

The houses in Kure stand on the hillsides and dales as stairs. On account of this peculiar factor, the state of damages in this place is very different from that in other districts. In this paper, we report on the damages of the structures and their causes.

## § 1 序 説

### 1—1 まえがき

我が国は自然災害の多い所であり、地震、雪、風等による災害に対しては、個々の建築物等の構造強度の対策によって或る程度防止出来る。しかし、水害及び土砂崩れ等による被害に対しては、個々の建築物等の対策によって被害を防止する事が相当に困難であり、土木行政の徹底を待つ他はない。これらの成因も、台風、集中豪雨等によって生じ、河川、出水、高潮等によるもの、或は斜面等が水を含む事によって生ずる土砂崩れ等がある。さらに被害発生箇所は地形に影響される事が多く、時には多数の箇所或は広大な面積に及ぶ傾向がある。又水害は直接建築物等に被害を与えない場合でも、浸水によって、人命や財産に被害が生じる場合もあり、自然災害に於ては地震と共に大きな比重を占めるものである。しかしながら、

その被害箇所を観察してみると、起こるべくして起こったと思われる所も数多くあり、建築物自体の対策によって被害を防止する事が出来ないまでも、建物崩壊箇所を中心に、その被害の原因を追求してみるのも非常に重要な事である。

### 1—2 呉市の特色

呉市は三方を山に囲まれ、港に臨む立地条件で、その山々は全て数メートル乃至十数メートルの風化花崗岩に覆われている。そしてその粒は荒く、バサバサして粘着力がなく、雨が降り、水をたっぷり吸い込むと土砂が急に膨らんで、急に崩れる性質のものである。呉市を大別すると、吉浦、旧呉市、阿賀広、仁方及び旧郡部の五地区に別れ、その間に山々がまたがり、峠及び隧道で繋がれている。呉市の大半は山又は高地部であり、住宅7万戸のうち約60%が高高地部又は傾斜地にある。都市部への人口集中と住宅不足が原因で、山

の上にまで階段状に建ち並びその合間を中小河川が縫う。しかも風、雪、地震等の災害の比較の少ない地方であり、雨量等も平年は非常に少ない為、雨水を処理する川は少なく、排水溝も小さく不十分で、山もなだらかで、緑樹が少なく、畑に耕やされた所が多い。

## § 2 被害調査

### 2—1 調査概要

昭和42年7月、集中豪雨により、呉市内約1,463箇所がほとんど同時に崩壊した。これは昭和20年の枕崎台風による災害に次ぐ22年目の大惨事であり、直ちにその原因と被害状況を把握する為、各方面から種々の調査が行なわれた。その内訳は土質、地質、河川、上下水道、気象、植物、建築の7分野であり、ここに集録したものは、建築部門として調査したものである。

本調査は家屋の崩壊、埋没、生埋め等を生じた市内約40箇所を中心に計66箇所について、7月12日より約20日間、建築物の被害及びその原因を調査する為に、1/2500の地図をもとに現地踏査を行ない、野帳及び写真に収録した。ここに報告するものは、以上を整理検討したものである。

### 2—2 被害概況

昭和42年7月9日、台風崩れの低気圧が、梅雨前線を刺激し、前夜からの継続降雨によって正味2日間に315mmを越え（7月の平均雨量は217.4mm/月）、特に同日午後16～17時には、74.7mmの集中豪雨により、瞬時にして小溪間、山肌、崖等、市内約200カ所の山間部に於て、大規模崩壊を生じた。この内約40カ所が土砂崩れ等による家屋の崩壊、埋没、生埋め等の被害を発生した。その概要は次のとおりであり、図—1に大規模崩壊箇所、調査箇所、浸水地域、堆砂地域及び砂防堰堤、治山堰堤の既設箇所を示す。

被害箇所	1,463カ所
山崩れ	733 "

崖崩れ	518カ所
宅地崩れ	212 "
内大規模崩壊	211 "
内生埋め崩壊	43 "

#### 大規模崩壊211カ所の地区別内訳

川原石・海岸通	10
両城・山手・三津田	11
和庄・長迫・本通	18
宮原	45
畑・郷	30
広	39
警固屋・大入・冠崎	39
吉浦	4
天応	8
焼山・枳原	7

#### 建築物被害

全壊	232戸
半壊	325 "
一部破壊	58 "
床上浸水	1,936戸
床下浸水	5,579 "

### 2—3 被害の特徴

今回の呉市の水害の場合、その被害の特徴としては、その地形も手伝い、全て山間部の急斜面もしくは谷間の住宅地に生じている。しかも平生の雨量が少ない為に排水溝は小さく、そこに異常な出水となり、溢れ出た大量の水が宅地や畑の地盤をゆるめ、掘り起こし、土砂流として押し寄せ、さらには盆地形の中央部に集中した。これらの被害地を観察してみると、その要因に於て、大略3つの類似グループに区別される。勿論これらは重複する場合もあり、又一概に言えない場合もあるが、一応次にその特徴を述べる。

#### i) 河川による被害

谷間にあり、或る程度の川幅があり、その地区の人々に「……川」の名称で呼ばれている中小河



川又は溪流で、それらが川とは異なった働きをする事によって被害を生じたものである。謂ゆる大きな川には被害はなく、小河川若しくは溪流に於て被害が生じているが、その発生箇所数は少ない。谷から流れ出た大量の水が土砂を伴ない、川の屈曲部を塞ぎ、或は欠壊させあふれ出た土砂流が道路もしくは宅地に押し寄せ、ひどい場合は家を押して流し、そうでない場合でも川沿いの家屋内の床上もしくは床下が水路と化し、大量の土砂が堆積し、大小種々に、下流域まで広範囲に被害を及ぼした。

## ii) 鉄砲水による被害

山裾の谷間若しくは凹部で、谷間いっぱいが宅地になっており、平生はほとんど水が出ない為、小さな排水路しかなく、しかも宅地を避けて脇に押しやられている所が多く、一時的な予想外の出でで平生の水の流れとは異なった場所に被害を生じた。これらはあまり大きな谷でない為に、砂防堰堤等も築かれていない場合が多い。谷は灌木、喬木に覆われており、しかも水を含み易い風化花崗岩より成る為、少量の降雨では谷に吸い込まれてしまうけれども、豪雨等の大量の水では逆に水を含んだ谷の土砂を押し流してしまう。さらに谷の正面で、住宅の上手が畑に耕やされている場合には、畑がえぐられ、被害を助長させている場合もある。建物の被害についても、谷の正面あたりでは全壊又は半壊する場合が多く、下手又は山裾にある場合には、小破もしくは浸水の被害を受ける。その被害の大小は地形にも左右される。

## iii) 地すべり、土砂崩れによる被害

比較的急な傾斜地で、降雨の浸透し易い所、又は降雨の集り易い部分に水が浸透し、地すべり土砂崩れを起し、それらの土砂によって被害を生じた。水が浸透し崩壊する要因には種々のものがあるが、それらの内主なものを列記すると①畑若しくは切取り斜面の謂ゆる風化花崗岩の裸地部分が

水を含み、土砂崩れを起す場合、②斜面の水路若しくは凹部に水が集まり、その場所を中心に土砂崩れを起す場合、③道路又は庭に流れ込んだ水が地盤をゆるめ、さらに圧力で塀及び石垣を崩壊させる場合、④湧水がある為、廻りの土砂が水を多量に含み地すべりを起す場合、⑤その他防空壕跡のある場所も斜面全体がゆるんだ際には弱点となり、その部分を中心に土砂崩れを起こしている場合等がある。被害箇所としては、これらの土砂崩れによるものが一番多いが、それによる被害家屋は1～数戸に及ぶのみで、土砂崩れの直下以外では被害は小さくなる。

上記3種の被害のほとんどが、山間部、傾斜地に於て生じているが、その他の被害としては、土砂の堆積、床上及び床下浸水等があげられる。これらは被害箇所附近に散在しており、さらに床上、床下浸水は中央市街地の大部分に被害をもたらした。これらの被害戸数をつかむ事は難かしいが、その地域の概略を図一1に示している。

## 2-4 被害例

### i) 河川による被害例

『阿賀町大入』（浜田川の氾濫による被害）

#### ○ 地形的概況

休山の南側にある比較的大きな谷で、河口より上流約400m及び900mに砂防堰堤がある。下流の砂防堰堤と海岸との間に大入小学校が東西に谷を横切っており、小学校の北側に4戸、南側に約70戸の住宅がある。この谷の東端を流れる浜田川は全長約1Km（山間の部分を含めると2Km以上）で、その堤防は高さ4m、幅2～2.5mで傾斜は1/15～1/20、川底は旧式の玉石を積んだ底ばりの無いもので、河川としては未改修のものである。又道路は幅4mのコンクリート舗装の道路で谷の西側を通っており小学校の北側で川と平行している。図一2は航空写真に基づく1/2500の地図で、斜線部は被害の及んだ地域、黒く塗り潰した家屋

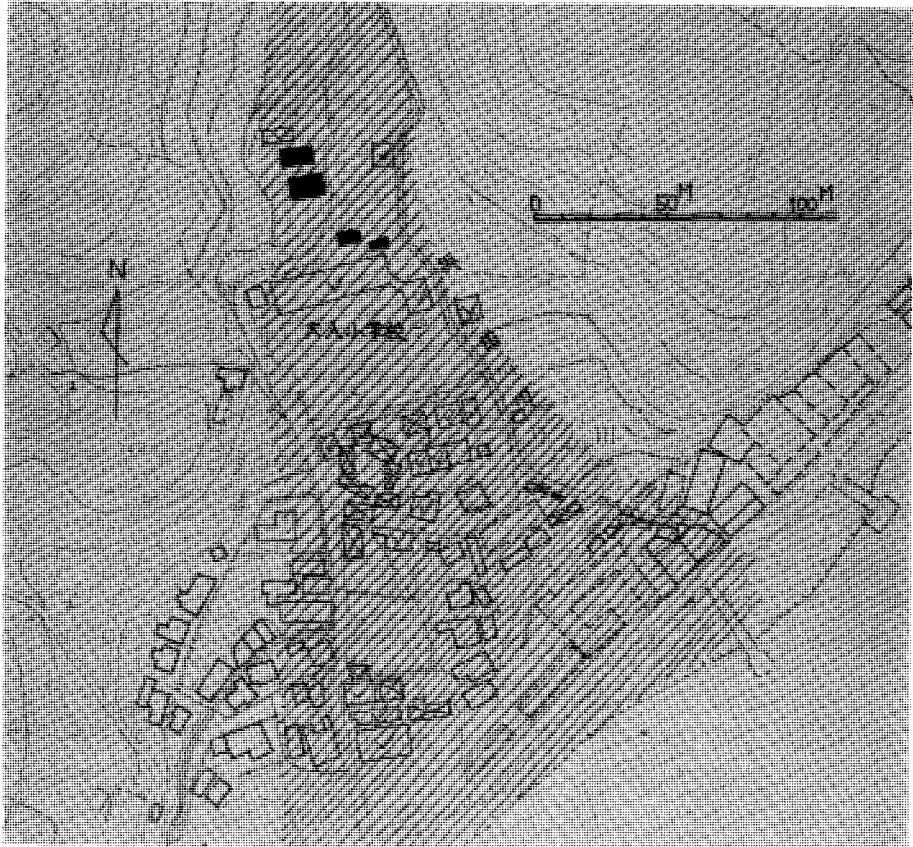


図 2

が流失，×印は全壊，∨印は半壊を表わしている。

#### ○被害状況

砂防堰堤を越えた大量の水が，川筋とは別に谷の中央部を流れ，校舎の中央部を突き破り，その下流の家屋に大きな被害を及ぼした。図—2に示す如く，学校の北側の住宅4戸のうち2戸が流失（野小屋2棟も流失），比較的新しい2戸が半壊で残っている。校庭の塀は倒れ，運動場も大きくえぐられている。学校より南側の多くの家屋は，一階全部が削り取られ，かろうじて建っているものの，倒壊，流失したもの等多数ある。これらの被害は海岸の家屋にまで及び，土砂流は海に流れ込んでいる。又土砂の堆積は下流程多く，構造的に被害のない家屋もかなり修理を必要とする。砂防堰堤には被害はないが，堰堤の上手は堤の上端まで大きな岩石が堆積している。

流失2戸 全壊13戸 半壊18戸



写真1



写真2

## ii) 鉄砲水による被害例

### 『仁方，大歳町』

#### ○地形的概況

図一3に見られる如く、大小2つの谷より成る山裾の扇状地の緩斜面で、この斜面に畑が耕やされ、その中に住宅が点在する。谷に沿って幅60～100mの水路が走り、途中に池が2カ所ある。上流の池は2つの谷の合流点にあり、この池より下流では水路は石で築かれている。又2つの谷の内、小さい方の谷には砂防堰堤が設置されているが、大きい方の谷には設けられていない。山は一面、松及び灌木が繁っている。

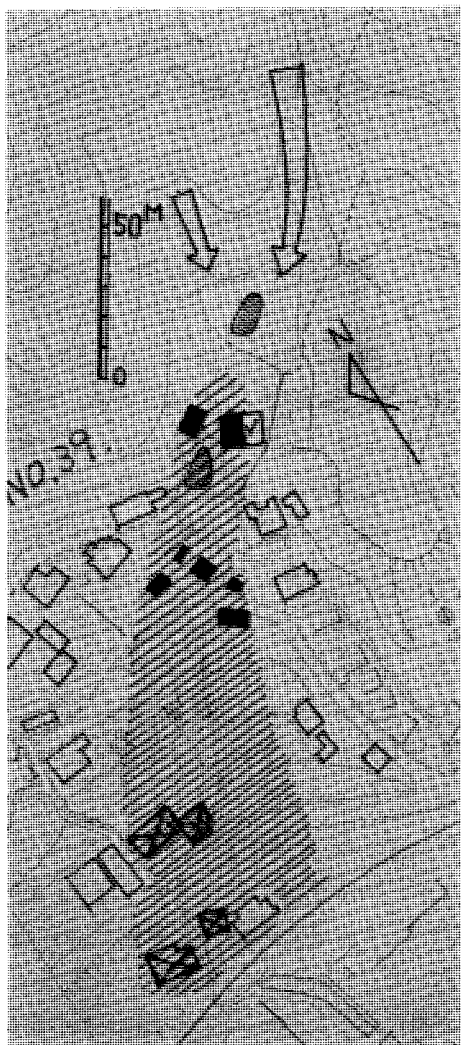


図 3

#### ○被害状況砂

砂防堰堤のない方の谷からの鉄砲水で、谷間の2戸及びその正面で緩斜面の比較的上部に存在した3戸、計5戸が倒壊流失し、国道の北及び南側にあった4戸が全壊した。国道南側で倒壊をまぬがれた新築の住宅は屋根下まで水漬した跡が見られる。流失した家屋5戸の残骸は国道と鉄道線路の間に山積している。砂防堰堤のあった小さな谷には被害はなく、大きい方の谷は2つの池が大きな凹地に変じ、池より約100m上流まで土砂がえぐり取られている。

流失5 全壊4，半壊1



写真3



写真4

## iii) 土砂崩れの被害例

### 『広町津久茂』

#### ○地形的概況

螺山の山裾に位置する住宅地で、被害箇所は南側尾根に切り込んだ小さな谷の急斜面にある。その廻りには木が生茂り、住宅の上部は段々畑にな

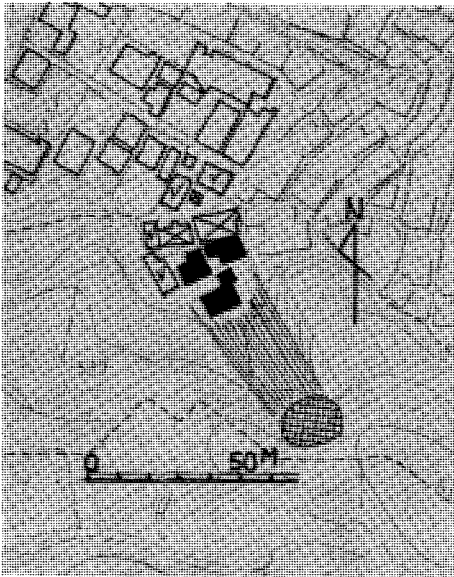


図 4

っている。畑の東側に幅30cmの石積みの水路があり、その奥に湧水がある。

#### ○被害状況

斜面の凹部、湧水の部分が幅約15mの地すべりを起こし（図—4、ダブルハッチの部分）幅20～30m、長さ50mにわたって土砂崩れを起こした。直下の3戸が押し流され、その下2戸が全壊、道を隔てて下の2戸及び土砂崩れの両側に寄った2戸が半壊した。東側の家屋は石垣上の高い所に建っていた為、被害は無かった。

流失3 全壊2 半壊4



写真5



写真6

### §3 調査結果とその考察

#### 3—1 調査結果

家屋の崩壊、埋没、生埋め等の惨状を呈した箇所を重点に66カ所について現地踏査を行ったが、その内建物自身に被害を及ぼしていないもの、又は被害を生じていても規模の小さいものは、人命に影響のあった場所を除き、対象外とし、残りの48カ所について、その原因と被害の程度を表—1に示している。なお調査箇所は図—1中○印で示している。

この内、原因については2—3で述べた区分によっており、被害の程度としては、全壊、半壊の段階に分け、小破、堆砂、浸水等は除いている。ここで全壊と云うのは、建物が流失して跡を留めないか、又は建物が倒壊して建物の形を成していないものを云い、半壊とは建物の大半が破壊しているもので、少なくとも大規模な修理が必要な場合を云う。（全壊と流失は区別し難い場合が多いが、表—1では明らかに流失と思われる場合にそれを区別している。）

#### 3—2 結果の考察

表—1の調査箇所48カ所について、2—3で分類した要因別に分けると図—5の如くなる。被害発生箇所の約6割が土砂崩れ、約3割が鉄砲水に起因している。このように土砂崩れ、鉄砲水によるものがほとんどを占めるが、これは呉市の宿命的な、斜面に建つ、階段状の都市構造に加えて、風

表 1

被害箇所 番号	被害場所	主な要因	人的被害		建物被害			備考
			生埋	死亡	流失	全壊	半壊	
33	吉浦潭鼓町	土砂くずれ	3	3		1	2	畑
50	上銀治屋町	土砂崩れ	1				1	風化花崗岩の露出
51	西川原石町	鉄砲水	4	3		1	3	砂防堤なし
52	西川原石町	鉄砲水						
32	両城町	鉄砲水				1		砂防堤なし
51	両城町	土砂崩れ				1	1	灌木
53	東愛宕町	土砂崩れ	1			1	1	宅地の石垣の崩壊
54	東三津田町	土砂崩れ	5	5		1	2	畑
28	翠町	鉄砲水				1		砂防堤 1カ所
56	翠町	鉄砲水	1	1			3	砂防堤なし
34	内神町	土砂崩れ					1	畑
35	江原町	土砂崩れ	3	1		1		畑
5	苑地町	土砂崩れ	1			1	2	浄水場の土手
1	西辰川町	土砂崩れ	3	3		1	1	畑
66	警固屋通8丁目	土砂崩れ	13	3		2*	2	上道路の擁壁の崩壊
60	警固屋通1丁目	土砂崩れ	2	2		2	2	畑
23	宮原通13丁目	土砂崩れ	4	3		2		竹藪(わき水あり)
61	宮原通6丁目	土砂崩れ	1	1		1		畑
20	室瀬町	川					2	砂防堤4カ所 (大谷池の欠かい)
21	清水通1~5丁目	川	2	2		?	?	砂防堤4カ所
24	西鹿田町	土砂崩れ				1		畑
25	西鹿田町	土砂崩れ	1			2	1	灌木, 防空壕あり 上部住宅
62	溝路町	土砂崩れ	1			1		上の道路の石垣崩壊
22	寺迫町	鉄砲水					4	砂防堤2カ所
63	上長迫町	土砂崩れ	2	2			1	灌木
57	呉越谷	土砂崩れ	1	1		1	1	宅地の塀, 石垣の崩壊
41	大坪	土砂崩れ	9	1		2	2	畑
58	中畑	土砂崩れ	1			1	2	灌木, 墓地
7	郷	土砂崩れ	12	10	1	3	4	喬木, わき水あり
42	郷	土砂崩れ				2	1	畑, 墓地
43	郷	土砂崩れ				4	1	畑
26	先小倉	鉄砲水	10	1		4		灌木, 砂防堤 1カ所
64	先小倉	鉄砲水						砂防堤なし
44	西小延	土砂崩れ	1	1		1	1	灌木, 防空壕
14	大冠崎	川	33	4	2	13	18	砂防堤2カ所
10	冠冠崎	鉄砲水	4	3	1	1	2	砂防堤なし
11	冠冠崎	鉄砲水				2		砂防堤なし
12	冠冠崎	鉄砲水				3	4	砂防堤なし
37	両谷	川	1	1		4	2	砂防堤1カ所
38	吉松	鉄砲水	4	4		2	3	砂防堤3カ所
59	津久茂	土砂崩れ	20	20	3	2	4	喬木, わき水あり
15	長浜	土砂崩れ	9	9		3	3	畑
16	長浜	鉄砲水				7	6	砂防堤1カ所
17	長浜	鉄砲水				4	3	砂防堤1カ所
18	長浜	鉄砲水				2	1	砂防堤なし
19	小坪	土砂崩れ	5	2		3	3	灌木, 上部神社
40	仁方錦町	土砂崩れ	1			1		灌木
39	仁方大蔵町	鉄砲水	1		5	4	1	砂防堤1カ所

註：被害箇所の番号は踏査順位も兼ねる。  
被害家屋は「\*」の鉄筋コンクリート造1戸を除き全て木造家屋である。

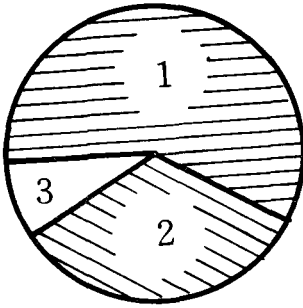


図5 原因別被害発生箇所割合

① 土砂くずれによる	28/48	58.3%
② 鉄砲水による	16/48	33.3%
③ 河川による	4/48	8.4%

化花崗岩と云う水に対して脆い地質の為である。即ち三方を山に囲まれた呉市は軍港としては良い条件であるが、都市としては宅地となる平坦部が非常に少なく、都市の人口集中に伴う住宅の増加は必然的に傾斜地、或は山腹、谷間を宅地として利用せざるを得ず、戦前から無計画に住宅建設がなされた為であろう。この様な危険地帯での住宅建設と軍港としての急激な都市の成長に治山、治水事業等の土木行政が追いつけなかったと云っても過言ではあるまい。

図一6は被害の原因の大半を占める土砂崩れによる被害発生箇所をさらにその状況によって分類

したものである。畑地及び灌木地の土砂崩れが約7割を占め、石垣、擁壁等の崩壊、喬木地の土砂崩れ、その他の順になる。喬木地の被害が少ないのは、喬木が土砂崩れに対して有効に働く、と云うよりは、土砂崩れを起こすような急斜面には喬木が生えていないのが現状であろう。その他には浄水場の盛土が滑ったもの、風化花崗岩の裸地部が崩れたものが含まれているが、これらによる被害が少ないのは、その部分が崩壊し難いではなく、明らかに危険である為にあらかじめ対策をしていたか、又はその附近への住宅建設を避けていた為と思われる。畑地及び灌木地に於ける土砂崩れの被害が非常に多いのは、風化花崗岩である為粘着性がなく、降雨等による水の浸透が非常に容易な為であろう。さらに加えて過去の被害があまり無かった為と、その危険さに対する認識が少なかった事も被害を大きくした原因であろう。

次に被害発生箇所の約3割を占める鉄砲水による被害は、谷間に集る水量に左右されるものであり、砂防堰堤等は土砂流の勢いを弱める為、これらの多少にも影響がある。図一7は鉄砲水による被害発生箇所について、治山堰堤、砂防堰堤等の既設個数によってその割合を出したもので、その設置箇所が1箇所か又は皆無の所が被害発生箇所

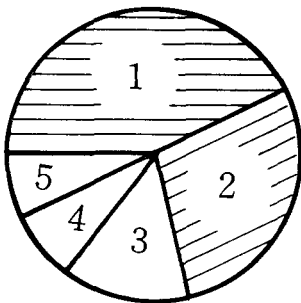


図6 土砂くずれによる要因別被害発生箇所割合

① 畑	42.8%
② 灌木	28.6%
③ 石垣	14.3%
④ 喬木	7.2%
⑤ その他	7.2%

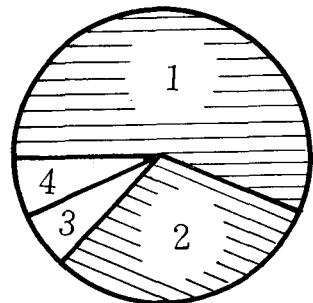


図7 堰堤数別、鉄砲水被害割合

① 堰堤なし	56.2%
② " 1箇所	31.2%
③ " 2箇所	6.3%
④ " 3箇所	6.3%

の約7割を占める。そして2箇所以上設けてある所にはあまり被害は生じていない。この様に枕崎台風による水害を生じた谷で、適切な対策がなされた場所ではあまり被害を生じていないが、当時被害が発生しなかった所とか、小さな谷である為にほとんどその対策がなされていない場所に今度の被害の発生を見ている。

図一8は被害家屋数（全壊、半壊数の合計）を原因別に分けたものであり、その割合は被害発生箇所の多い順になっているが、被害発生箇所当りの被害家屋数は③②①の順に多い。特に河川による被害は他に比して、大規模、広範囲にわたり、続いて鉄砲水、土砂崩れと被害の大小は水の作用する度合に左右されるようである。

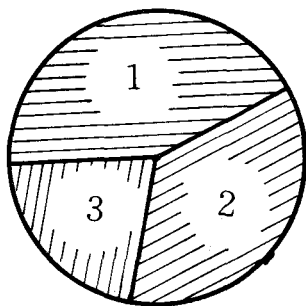


図8 全被害家屋の原因別割合 1箇所当り被害家屋数

- |            |       |           |
|------------|-------|-----------|
| ① 土砂くずれによる | 43.0% | 3戸/1箇所    |
| ② 鉄砲水による   | 35.8% | 4.3戸/1箇所  |
| ③ 河川による    | 21.2% | 10.2戸/1箇所 |

以上結果を簡単にとりまとめてみると、

①被害の原因は土砂崩れによるものが大半を占め、鉄砲水によるもの、河川によるものの順になる。

②土砂崩れによる被害に於ては、畑又は灌木となっている急斜面は非常に危険である。

③鉄砲水による被害については、砂防堰堤等により適切な対策がなされれば、被害は最小限に喰い止められると考えられる。

④河川による被害は大きな川よりも小河川、溪流等に於て被害を生じている。これ等も河川改修

の適否に起因するものであろう。

⑤鉄砲水による被害が、河川による被害と異なり上部の数戸に限られるのは、上部の家が土砂流を塞止め、云々ゆる堰堤の役割りを果たす為、下部の家屋の被害が少なくなったものと思われる。

⑥石垣又はコンクリート擁壁等の宅地では水はけ、排水等の対策を行えば被害は喰い止められる。市街地周辺には丘の上まですきま無く住宅地になっている所も多いが、あまり砂害を生じていない事がそれを物語っている。

その他具体的に数字で表わせなかったが、現地踏査の結果学んだ事は、

⑦排水路を暗渠とした場合非常につまり易く、附近に被害を起こし易い。

⑧河川の川幅が上流よりも下流に於て返って狭くなっていた場合や、流路が人工的に不自然で無理な形となっている場合等に大きな被害が発生している。

⑨計画的な公営又は民営の宅地造成工事又は造成地に於いては、部分的な軽度の被害のあった所も見受けられたが、大きな被害はなかった。これによって、一定の技術的水準を保った無理のない計画的造成の妥当性が見受けられる。

⑩土砂流による動的破壊に限らず、山際の扇状地の下流の位置等では、土砂の静的水平力に押され、崖に接近した場合、土砂が楔のような作用をしたと考えられるものも見受けられる。

⑪建物の構造が著じるしく適切を欠く、法的に不適格な場合等に於いて、被害が比較的大きく、多くの場合その残骸さえも止めていない。

⑫下流の平坦地附近では、建物の中に土砂流が緩やかに除々に浸入したらしく、一部の壁は破れているが、床上1mも土砂が堆積しながらも建物の構造主体は殆んど変形せず、無傷に近かった例も数棟見受けられた。

⑬外壁で1m以上の土砂が堆積したのを全く防

止している例もあり、その堆砂のアーチ作用と、外壁と直角方向の筋違いの多い間仕切壁の配置も良かった場合とも解せられる。

⑭建物が基礎に緊結され、筋違いも適当に配置された比較的新しい建物は半壊として残っている場合が多く、この種の災害に対しても構造物の耐力の有効性を示している。

#### — あ と が き —

今回の調査は対象箇所の数量に比して、短時日

の作業であり、被害地も混乱している為十分な調査は出来なかったが、建築部門として建物被害を中心に、その原因及び状況に重点を絞った。なお本調査は文部省災害調査研究補助金による調査の一部である。

最後に調査にあたって、いろいろ御指導願った広島大学松浦誠教授、さらに調査の便宜を計って頂いた呉市災害対策本部の方々に心から感謝致します。

(昭和42年9月1日受付)

## 編 集 委 員

糸 島 寛 典

中 村 正 三

高 井 芳 治

小 池 政 夫

篠 田 治 夫

呉工業高等専門学校  
研 究 報 告

第3巻 第1号 (1967)

〔通巻 第3号〕

昭和42年12月印刷

昭和42年12月発行

編集兼  
発行者

呉工業高等専門学校

呉市阿賀町豊栄新開

電話 呉 ㊦ 9 1 2 1

印刷所 宇都宮印刷工業株式会社

呉市広町大新開

電話 呉 ㊦ 7 1 2 5

# MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

---

A Study of Chang Hsün Militarist Party (3)	
—Mainly on the Restoration and the relation between the militarist party and Chung-kuo kuo-min-tang—	Hiroaki TAKASHIRO..... 1
A Study of Forms of Narration in Current American English	Haruo SHINODA.....15
A Study on Determining a Probability Density Function of Stationary Non-Symmetrical Non-Gaussian Random Process	Masao KOIKE.....29
Influences of the High Frequency of Power Spectrum for the Errors in Rectangular Integration of Processes	Yutaka TOMITA.....41
Spectrophotometric Determination of Manganese by the Use of Zephiramine	Shōkichi CHAKI.....51
Studies on the Motion of the Gear-rack Drive Mechanism (Report 1)	Hironori ITOSHIMA and Susumu NISHIMOTO.....55
Studies on the Specific Sliding of Cam (Report 3) (The Specific Sliding on the Convex Cam with the Reciprocating Offset Follower)	Hironori ITOSHIMA and Toshiyuki SATONOBU.....63
Studies on Circular Arc Cam (Report 2) (A Case of the Reciprocating Offset Follower with the Convex Cam)	Hironori ITOSHIMA.....73
Investigation on Resistance Estimation of Small Ships	Nobushi NIINAI.....83
Studies on the Characteristics of Diesel Electric Locomotives in the Tropics	Isao KUBOTA.....87
On the Effect of Tunnels upon the Engine Cooling Water Temperature of Diesel Electric Locomotives	Isao KUBOTA.....95
Studies on the Exhaust Gas Temperature of a Diesel Engine	Isao KUBOTA... 101
On the Effect of Suction Air upon the Characteristics of a Gasoline Engine (Report 1)	Isao KUBOTA... 105
On the Effect of Suction Air upon the Characteristics of a Gasoline Engine (Report 2)	Isao KUBOTA... 113
Thermal-Mechanical Treatment of Aluminum Bronze (Report 1)	Takaaki ŌSHITA... 121
A Theoretical Analysis of the Surface Temperature	Hiromasa NADANO... 127
A Study of Electroluminescence (1) —The comparison of power-measurement at commercial frequency—	Kazuhiko HARADA... 135
Characteristics of A Plant-Growth Lamp and its Practical Use	Kazuhiko HARADA... 139
The Measurement of the Shot Noise and the Electron Charge (Report 1)	Shigeki MURAKAMI and Shinji WATAI... 143
An Ignition System Using Converter	Shigeki MURAKAMI and Shinji WATAI... 149
A Study on Hot-wire Anemometer (Report 1)	Yoshinobu KUROSE... 159
On the Thin Plate Use of Ōyaishi (Report 1)	Yoshiji TAKAI and Kazuyoshi SEI... 169
An Investigation on the Calamities by Heavy Rain in '67 in Kure —On the Damages of Structures—	Yoshiji TAKAI, Mitumasa NISHIMURA and Takeshi FUJII... 173