

# RICOH TECHNICAL REPORT

# RICOH TECHNICAL REPORT

NO.1, 1979

## ●目次●

巻頭言	ImagicsとOriginality	井上 英一	2
技術論文	多周波駆動音響光学素子を用いたレーザー走査記録	瀬川 秀夫	4
	ホログラフィによる高密度画像記録	安倍 通治・船戸 広義	14
	有機化合物のPN接合における整流性	谷川 清	23
	高抵抗磁性トナーの現像	小林 一雄・田中 元治	30
製品技術解説	リコー電子プリンター LA-2	持丸 英明・坂東 俊郎	38
	超高速ファクシミリ リファクス1850S	竹内 則定・不破 穰一	44
	英文ワード・プロセサー リコーWP-1	阿部新太郎・葭葉 豊	52
	レコーダ用感熱記録紙 リコー・サーマル・ペーパー	野村 稔 清水 静也 坂本 洋	59
工業所有権紹介			66
著者紹介			70

## ●CONTENTS●

PREFACE	Imagics and Originality	Eiichi Inoue	2
TECHNICAL PAPERS	Laser Scanning System with Acousto-Optic Device Driven by Multi-Frequency	Hideo Segawa	4
	High Density Image Recording by Holographic Technique	Michiharu Abe Hiroyoshi Funato	14
	Rectification Effects Based on the PN Junction of Organic Compounds	Kiyoshi Tanikawa	23
	Development Using High Resistance Magnetic Toner	Kazuo Kobayashi Motoharu Tanaka	30
PRODUCTS EXPLANATION	Ricoh Electrostatic Photo Platemaker LA-2	Hideaki Mochimaru Toshiro Bando	38
	Ultra High Speed Facsimile RIFAX 1850S	Norisada Takeuchi Joichi Fuwa	44
	RICOH Word Processor WP-1	Shintaro Abe Yutaka Yoshiba	52
	Thermosensitive Recording Paper	Minoru Nomura Shizuya Shimizu Hiroshi Sakamoto	59
PATENTS			66
AUTHORS			70

## ごあいさつ



株式会社 リコー  
取締役社長 大植 武士

企業の成長要因として技術の果たす役割は、きわめて大きいものがあります。同時に、企業が社会に果たす貢献も技術を抜きにしては考えられません。

私は技術革新こそ企業成長の生命であり、かつ社会貢献への途であると考えています。

当社は、いま、全社をあげて「流れを変え、新しい流れを創りだす」運動を展開しています。流れを創りだす契機は、まさに技術部門にあるのであって、別な言葉でいえば他社に先行した、しかも社会が喜んで受け入れてくれる製品の開発ができたとき、素晴らしい流れができてくるものだと思います。

いうまでもなく、新製品をだすためには、社会が要望している“needs”をつかまえることが必要です。しかし、“needs”だけでは新製品はできないのであって、どうしても新技術の芽である“seeds”を見つけだすことが必要となります。この“needs”と“seeds”を蓄積された技術の力でクロスさせることができたとき、はじめて新製品が開発され、企業に力が与えられることになります。企業にとって、「最高の戦略は最良の製品を創りだすこと」にあります。

「RICOH TECHNICAL REPORT」はリコーが世に問おうとするリコーの技術の広さと、深さを物語る歴史となるでしょう。

そこに蓄積されていくものは、ある時は単なる技術の芽でしかない場合もあるでしょう。また、そだてられた技術の体系であるかも知れません。いずれにしても、これらが一つ一つ発表され、積上げられていくとき、「技術のリコー」が生まれてくる事を確信しています。しかも単にリコーだけでなく、同時に社会に貢献することとなるでしょう。

皆様方のよきご理解とご協力によって、今後ますます内容が充実し、技術のよき発表機関として発展させたいと念願します。



## ●巻頭言

# IMAGICSと ORIGINALITY

井上英一

東京工業大学像情報工学研究施設教授・工学博士

技術開発における originality (独創性) の重要性が最近特に強調されている。

アメリカでは前から NIH (not invented here) や MTB (me too business) などの言葉を使って他社の真似を排し、独自技術を開発する意欲を燃やしており、また独創的な仕事をする研究者を original man と呼んで尊敬し、その仕事を高く評価している。

originality は技術について言えば、既存のものとのへだたりの度合とそれのもたらす価値の大きさに測られる。

original 技術の開発はおおまかに言って次の三つの方向で行われる。

1), は既知の needs に対する既存の技術を大幅に改良する方向である。needs, 市場などがわかっており、既存技術を発展させるものであるから飛躍性はそれほど要らない。わが国で最もよく行われるタイプである。

2), は既知の needs を既存の技術から離れて新しい手段で解く方向である。1) より難しいが needs がわかっているから、たとえば technology transfer など新技术を開発することができる。わが国でもある程度、この方向に沿った開発成果がみられる。

3), は全く新しい needs を見出してそれを解く技術開発である。まず needs を見出すための研究が必要であり、つづいて見出された needs に対する技術開発を行うことで二重の創造性が要求される。この方向はこれまでわが国では最も不得手とされているところである。

original な仕事を行うには研究テーマが original でなければならない。これは至極当然のことではあるが、意外にこのことの重大性を認識している研究関係者は少ない。わが国では研究テーマを決めるためにあまり努力をしていないように思う。たとえば多くの科学または技術の研究者はテーマを見出すために図書館へ行く。これは間違いで技術の original なテーマは工場、製品あるいは市場(社会)の中に存在しており図書館にはほとんどないのである。また多くの技術研究者は与えられたテーマを解決することが得意で自分でテーマを探すことは必ずしも得意でない。その意味で3)の方向の original な技術開発を行うとき技術者に期待するのは主として技術の研究そのものと考えべきである。この辺りのことが、わが国で3)の開発が極めて少ない理由の一つである。

さて、情報をエネルギーが物性で表現することで像化 imaging して、記憶、記録、検出、表示、複写、伝達などの needs を解く印写技術は近年、情報の認識、判断、分析、計算などの頭脳的処理を行う演算技術と組合さって intelligent 化され一段と発展して imagics と称すべき新技術分野を形成しつつある。これらの新しい技術には既存技術の著しい改良や全く異種の技術の開発も現われ始めた。

他方、社会の情報化に伴い新しい needs も続々と発生しつつありそれらのものへ対応する新技術が強く要望されている。

このような状況を観ればリコーの技術開発はまさに imagics の夜明けと共にあると言える。Ricoh Technical Report の復刊にあたり、目の覚めるような original works が豊富にその中へ盛り入れられることを心から期待するものである。

**技術論文**

**TECHNICAL PAPERS**

# 多周波駆動音響光学素子を用いたレーザー走査記録

Laser Scanning System with Acousto-optic Device Driven By Multi-Frequency

瀬川秀夫\*

Hideo Segawa

## 要 旨

本報告は、音響光学素子の多周波動作方式を用いたレーザー走査光学系を検討した結果を述べたものである。

この方式は、一走査で同時に多数行を光変調し走査できるというすぐれた特徴を持つが、多数の回折ビームが存在することによる光混変調の問題がある。本報告ではその補償方法について特に詳しく述べた。光混変調は音響光学素子に入力する超音波パワーを絶えず一定に制御することによって補償することができる。また本方式の光学系は単ビーム走査の場合とは多少異なることを示し、試作した走査光学系の構成についてその概要を述べた。

## ABSTRACT

This paper describes our study on a laser scanning optical system utilizing an acousto-optic deflection device driven by multi-frequency power. The method is featured by simultaneous multi-line modulation and scanning, but has a disadvantage of cross modulation of light caused by the presence of diffracted multi-beams. In this paper, a method to compensate for this phenomenon is discussed in detail. The cross modulation of light can be compensated for by controlling the total ultrasonic power applied to the acousto-optic device always at a predetermined value. The outline of the trial optical scanning system is given as compared with the conventional single scanning system.

## 1 はじめに

最近のレーザー技術およびその周辺の光学技術の向上に伴って、レーザーを記録装置に応用する試みが活発になってきている。その中でも注目されているのは、レーザー光を走査して電子写真法で印字する、いわゆるレーザープリンタへの応用であろう<sup>1)~5)</sup>。レーザーを用いて記録することの特徴は、レーザー光のエネルギーが大きく高速で記録できること、小さなスポットに集光できるので、高品質な記録ができること、アナログ的な記録（階調性のある記録）ができることなどがあげられる。したがってレーザーを用いることにより、現在他の方式では得られない機能を持たせることが可能となる。

最近のプリンタ出力に対する要求として、従来の英数字キャラクタだけでなく、漢字、図、表など多様なものを高速、高品質に出力する需要が高まっている。つまり計算機の高速化、多機能化に伴って、プリンタも性能向上が望まれるわけで、いろいろな様式のデータを、人間

がより理解しやすい形で出力させる方向へと改良が進められている。

レーザープリンタの機能を発展させていくと、多機能プリンタからさらに高度な複合端末装置へと応用が広がり、将来は複写機の高度化、多機能化とも歩調を合わせて、インテリジェントコピア、あるいはデジタルコピアといわれる、非常に高度な多機能端末へと発展していく可能性を持っている。

レーザー記録の特徴は、前述したように、(1)高速であること、(2)高解像であること、(3)高階調であることの三点である。レーザーを用いると、どうしても高級なシステム構成となるので、この三点に他の方式では得られない特徴を出す必要がある。このような見地から、筆者らはレーザーを用いた電子写真方式記録装置として、記録速度、記録密度、階調性に次のような目標値を設定して、レーザー走査光学系を検討することにした。

- (1) 記録速度：A 4 紙 120 枚/分
- (2) 記録密度：12 line/mm
- (3) 階 調 性：5 段

これらの目標値はレーザー方式によるプリンタの限界に挑戦する非常に高いものである。この目標値を実現させ

★技術本部 第2技術部

Second Technology Department, Technical Division

るためには、レーザー走査光学系をはじめとして、複写機構、制御機構、画像信号処理機構など数々の未知技術を克服しなければならない。

筆者らはこの中でも最も重要なレーザー走査光学系の技術に焦点を当て、特に光変調方式に多周波駆動音響光学素子を用いて、同時に多数行を走査し記録するという特別な方式を選定し、技術的検討を行った。

本報告は、主としてこの方式選択に至った過程、またこの方式の持つ問題点を中心に、筆者らが行った研究の概要を述べたものである。

## 2 レーザー走査光学系の方式選定

### 2-1 目標条件の考察

現在までに実用化されているレーザープリンタの光学系は、各社ともほとんど同じ方式が採用されている。各社のレーザープリンタの仕様比較は他の文献に解説を譲るが<sup>2)</sup>、その構成は図1のようなブロック図にまとめることができる<sup>3)</sup>。この中で光変調器は、レーザープリンタの印字信号の帯域が $\sim 20\text{ MHz}$ 程度に選ばれているので、消光比、安定性、操作性、コストなどの点で電気光学効果を用いたEO光変調器よりも有利な、音響光学効

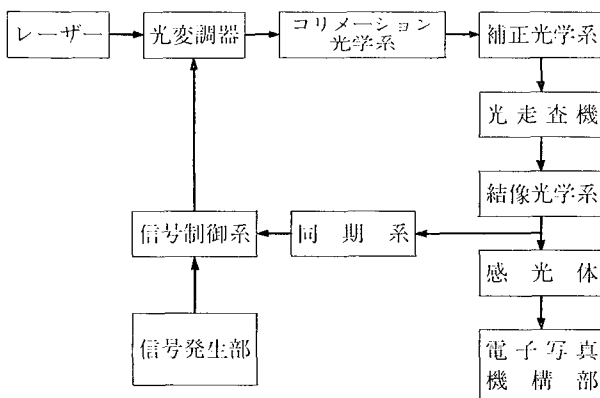


図1 レーザープリンター光学系の基本構成

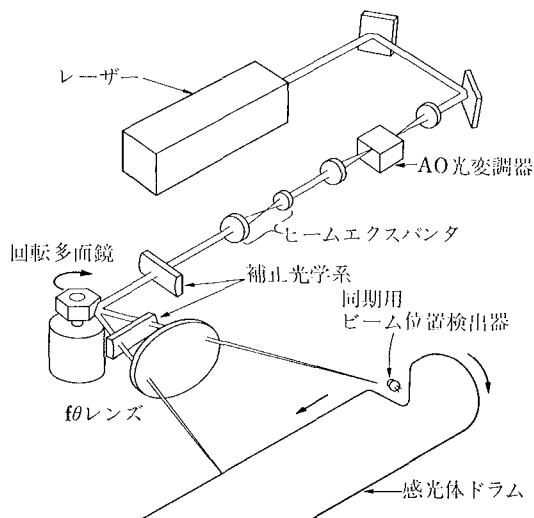


図2 レーザープリンター光学系の模型図

果を用いたAO光変調器が一般に用いられている。また光走査機には、解像点数が $\sim 3,000$ 点、走査速度が数KHz要求されるため、現在のところ回転多面鏡が使用される。高解像性、高速性はこの回転多面鏡の仕様に負うところが多い。回転多面鏡の鏡面倒れ誤差による走査線ピッチむらを補正するため、いわゆる補正光学系を用いる場合がある<sup>6),7)</sup>。また走査レーザービームの始点をホトセンサーで検知し、印字信号と同期させる方式がとられる。これらの点を配慮して、図1のブロック図を実際に模型図にしてみると図2のようになる。

走査記録の場合に問題となるのは記録速度と解像性であるが、両者の関係は独立ではなく、相互にある関係を有している。ここで要求される画像の線密度に対し、必要な解像点数、走査速度、変調（ドット）速度といった諸ファクタを計算してみることにする。線密度を $l_a(\text{line/mm})$ 、走査幅を $L(\text{mm})$ とすると、重ね打ちをしない記録方式では、一行当たりの解像点数 $N$ は、

$$N = l_a \cdot L \dots \dots \dots (1)$$

と表わすことができる。また走査速度を $S(\text{line/sec})$ 、副走査速度（記録媒体である感光体ドラムの線速度）を $d_s(\text{mm/sec})$ とすると、

$$S = l_a \cdot d_s = \frac{Nd_s}{L} \dots \dots \dots (2)$$

なる関係がある。さらに変調速度を $F(\text{dot/sec})$ 、有効走査期間率（レーザービームの一走査時間に対し、ビームが有効な走査に利用されている時間の割合）を $A$ とすれば、

$$F = \frac{d_s \cdot L \cdot l_a^2}{A} = \frac{NS}{A} \dots \dots \dots (3)$$

と表わせる。また主走査（レーザー光の走査）を回転多面鏡で行えば、走査速度 $S$ は、その面数を $n$ 、回転速度 $r_s(\text{rpm})$ を用いて

$$S = \frac{r_s}{60} \cdot n \dots \dots \dots (4)$$

と書ける。(1)～(4)式を用いて、回転多面鏡の面数が8面( $n=8$ )のときの $l_a$ 、 $N$ 、 $S$ 、 $F$ 、 $r_s$ を代表的な線密度について計算すると表1のようになる。ただし走査幅はA4横幅297(mm)副走査速度470(mm/sec)(A4120枚/分相当)、また有効走査期間率を0.7と仮定した。

表1の変調速度および回転多面鏡回転数の覧に注目すると、 $l_a=12(\text{line/mm})$ を得るためには、 $F \approx 29(\text{MHz})$ 、 $r_s \approx 42,000(\text{rpm})$ にしなければならないことがわかる。信号の変調速度がこのように高いと、光変調だけでなく、信号の処理技術が大きな問題となり、走査光学系だけでなく、装置全体の方式に大きな影響を与えることになる。また回転多面鏡の回転数がこのように大きいと、軸受けにエアベアリングを用いなければならず、信頼性、コストの点から不利である。したがって現有の技術で目標仕

線密度 $l_d$ (line/mm)	解像点数 $N$	走査速度 $S$ (line/sec)	変調速度 $F$ (dot/sec)	回転多面鏡 回転数 $r_s$ ( $n=8$ ) (rpm)
16	4,800	7,500	$5.1 \times 10^7$	56,000
12	3,600	5,600	$2.9 \times 10^7$	42,000
10	3,000	4,700	$2.0 \times 10^7$	35,000
8	2,400	3,800	$1.3 \times 10^7$	28,000

表 1 線密度に対する諸ファクタの関係

様を満足させる最良の方法を選択するためには、何とかして  $F$  と  $r_s$  を小さくする方法を考えなくてはならない。 $r_s$  を小さくするには、回転多面鏡の面数  $n$  を大きくすればよいが、同じ径の回転多面鏡で  $n$  を大きくすると、一面当りの鏡面の長さが短くなり、解像点数が制限されてくる。また径を大きくすると、モーターのトルクに負担がかかり、これも限度がある。たとえこのような方法で  $r_s$  を多少小さくできたとしても、 $F$  は低くできない。

$F$  と  $r_s$  を同時に減少させる手段としては、一走査で同時に多数行を走査する方法が考えられる。同時に  $m$  行走査すると仮定すると、同じ速度で記録する場合は、

$$S' = \frac{S}{m} \quad \dots\dots\dots (5)$$

なる走査速度  $S'$  で済むことになる。したがって  $m$  行同時走査の場合の変調速度を  $F'$ 、回転多面鏡の回転速度を  $r_s'$  とすれば、(3)、(4)、(5)より、

$$\left. \begin{aligned} F' &= \frac{F}{m} \\ r_s' &= \frac{r_s}{m} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

となり、 $F$  と  $r_s$  が同時走査行分減少される。たとえば表 1 の例について  $m=1 \sim 6$  として  $F'$ 、 $r_s'$  を計算した例を表 2 に示す。これから、たとえば 12(line/mm) で 6 行同時走査の場合は、変調速度  $\sim 5$  MHz、回転多面鏡回転数  $\sim 7,000$ (rpm) でよいことがわかる。

同時に多数行を走査する場合、多数のレーザービームを同時に多数行分の画像信号で変調する必要がある。

## 2-2 AO素子の同時多周波駆動

AO素子は、ある周波数  $f$  の搬送波で駆動させると、

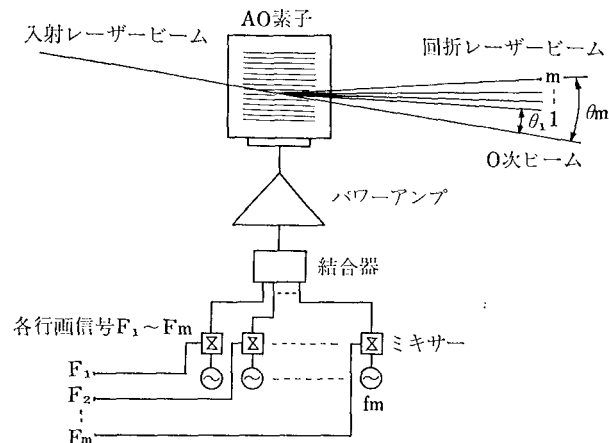


図 3 音響光学素子による同時多数行変調の原理

音響媒体中にこの周波数の超音波が励振され、超音波による媒体中の周期的屈折率変化（グレイティング）によってレーザービームが回折される現象を利用して、光偏向と光変調が行える素子である<sup>8)</sup>。AO素子をたとえば  $f_1$  と  $f_2$  という異なる二種の搬送波で同時に駆動させると、素子中には、それぞれの周波数で決まる二つの異なる周期の屈折率変化が同時に生ずる。レーザービームの入射角を適当に選べば、ブラッグ回折が起こり、それぞれの周波数で決まるブラッグ角の方向に 2 本の回折ビームが得られる。またそれぞれの搬送波  $f_1$ 、 $f_2$  を独立に変調すれば、回折ビームも独立に光変調される。このように AO 素子を異なる複数の搬送波で駆動させると、ビーム分割（偏向）と光変調の両方の機能を持たせることができる<sup>9),10)</sup>。この原理を図 3 に示す。AO 素子に入力する搬送波周波数を  $f_1, f_2, \dots, f_m$  とすると、これらの超音波によるグレイティングでブラッグ回折されるビームの偏向角、 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$  は、

$$\theta_k = \frac{f_k \lambda}{V} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。ただし  $\theta$  は 0 次光と各回折光の間の角度、 $\lambda$  はレーザーの波長、 $V$  は媒体の音速である。各搬送波周波数  $f_1, f_2, \dots, f_m$  をそれぞれ画像信号  $F_1, F_2, \dots, F_m$  で変調すれば、回折ビームはそれぞれの画像信号で強度変調される。

このように AO 素子の同時多周波駆動の原理を用い

$l_d$ $m$	16 line/mm		12 line/mm		10 line/mm		8 line/mm	
	$F'$ (dot/sec)	$r_s'$ (rpm)	$F'$	$r_s'$	$F'$	$r_s'$	$F'$	$r_s'$
1	$5.1 \times 10^7$	56,000	$2.9 \times 10^7$	42,000	$2.0 \times 10^7$	35,000	$1.3 \times 10^7$	28,000
2	$2.6 \times 10^7$	28,000	$1.4 \times 10^7$	21,000	$1.0 \times 10^7$	18,000	$6.4 \times 10^6$	14,000
3	$1.7 \times 10^7$	19,000	$9.6 \times 10^6$	14,000	$6.6 \times 10^6$	12,000	$4.3 \times 10^6$	9,000
4	$1.3 \times 10^7$	14,000	$7.2 \times 10^6$	11,000	$5.0 \times 10^6$	9,000	$3.2 \times 10^6$	7,000
5	$1.0 \times 10^7$	11,000	$5.7 \times 10^6$	8,000	$4.0 \times 10^6$	7,000	$2.6 \times 10^6$	6,000
6	$8.5 \times 10^6$	9,000	$4.8 \times 10^6$	7,000	$3.3 \times 10^6$	6,000	$2.1 \times 10^6$	5,000

表 2  $m$  行同時走査の場合の変調速度と回転多面鏡回転数の関係（条件は表 1 と同じである）。



ば、一つのAO素子でビーム分割と光変調を行うことができるという利点があり、簡単にしかも多数のレーザー光源、光変調器を用いなくても、意図したような $F$ と $r_s$ の低減化が可能となる。筆者らは他にいくつか方式を検討したが、目標値に対してこの方式が現在のところ最善のものと判断した。しかしAO素子多周波駆動には、次に述べるように光混変調の問題があり、それを解決するための基礎的な検討が必要である。

### 3 多周波駆動AO素子の特性解析

多周波駆動AO素子中には、多くの搬送波、変調波成分が存在する。このため同時に多数の回折光が出力されているとき、ある1本のビームの強度変化に対して、他のビーム強度が影響を受ける現象や、ある信号の高次の周波数成分が別の信号の周波数帯域内に入る現象、つまり光学的、電気的な混変調が予想される<sup>11)</sup>。この現象が存在すると光変調が正確に行えなくなる。多周波駆動AO素子の光混変調の機構については今まで明らかにされていなかった。この方式を用いてレーザー記録装置を実現するには、光混変調の機構を把握し、それを補償する技術を確認する必要がある。

光混変調は、AO素子中を多数の超音波が伝搬する場合に多重回折されたレーザービーム間の、光パワー配分の問題として捕えることができる。問題を簡単にするために光混変調を2周波動作の場合について解析し、これを $m$ 周波動作に拡張することを試みる<sup>12)</sup>。

2周波動作の場合には、二つの周波数の超音波により、図4のように格子(グレイティング)ベクトル $\vec{K}_1, \vec{K}_2$ の回折格子が形成される。これらの回折格子は互いに独立であるとする。入射ビーム $R$ によってブラッグ回折された回折ビームを $S_1, S_2$ 、伝搬ベクトルをそれぞれ、 $\vec{\rho}, \vec{\sigma}_1, \vec{\sigma}_2$ とすると、

$$\begin{cases} \vec{\sigma}_1 = \vec{\rho} + \vec{K}_1 \\ \vec{\sigma}_2 = \vec{\rho} + \vec{K}_2 \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

となる。 $\vec{K}_1, \vec{K}_2$ は同一方向なので、入射ビームに対し、すべての回折ビームがブラッグ条件を満たす関係にはないが、ここではブラッグ条件からのずれが小さいとして近似する。 $R, S_1, S_2$ は $y$ 方向に偏光したビームであるとすれば、回折格子中のレーザービームの電場ベクトルの空間成分 $E(x, z)$ は次に示すマックスウェルの波動方程式に従う。ただし光の周波数は超音波の周波数に比べて十分大きいとした。

$$\nabla^2 E + k^2 E = 0 \dots\dots\dots (9)$$

ここで、

$$k^2 = \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \epsilon$$

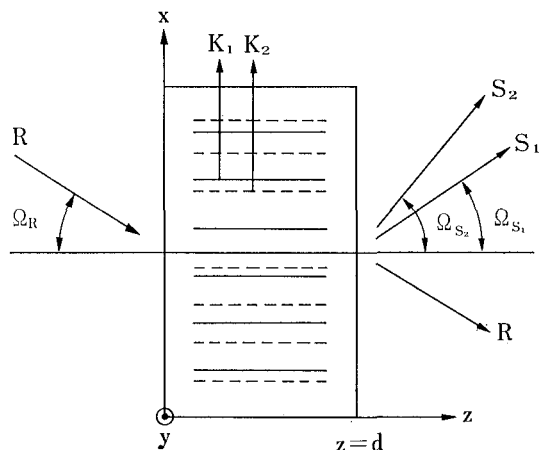


図4 2周波動作のAO素子に形成される超音波回折格子と入射、回折ビームの関係

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \{ \epsilon_0 + \epsilon_1 \cos(\vec{K}_1 \cdot \vec{r}) + \epsilon_2 \cos(\vec{K}_2 \cdot \vec{r}) \} \\ &= \beta^2 + 2\beta\kappa_1 (e^{j\vec{K}_1 \cdot \vec{r}} + e^{-j\vec{K}_1 \cdot \vec{r}}) + 2\beta\kappa_2 (e^{j\vec{K}_2 \cdot \vec{r}} + e^{-j\vec{K}_2 \cdot \vec{r}}) \\ \beta &= \frac{2\pi n}{\lambda}, \quad \kappa_1 = \frac{\pi n_1}{\lambda}, \quad \kappa_2 = \frac{\pi n_2}{\lambda}, \quad \vec{r} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

である。ただし、 $\omega$ :レーザー光の角周波数、 $c$ :真空中の光速、 $\epsilon_0$ :真空中の誘電率、 $\epsilon$ :媒体中の誘電率、 $\epsilon_1, \epsilon_2$  超音波回折格子による誘電率変化、 $n$ :媒体の屈折率、 $n_1, n_2$ :超音波回折格子による屈折率変化、である。回折格子中に存在するビームの電界 $E$ は、次のようにそれぞれのビーム成分の和として表される。

$$E = R(z)e^{-j\vec{\rho} \cdot \vec{r}} + S_1(z)e^{-j\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{r}} + S_2(z)e^{-j\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{r}} \dots\dots\dots (11)$$

(10), (11)式を(9)式に代入すると次式を得る。

$$\begin{aligned} &e^{-j\vec{\rho} \cdot \vec{r}} \left\{ \frac{\partial^2 R}{\partial z^2} - 2j\rho_z \frac{\partial R}{\partial z} + (\beta^2 - \rho^2)R + 2\beta\kappa_1 S_1 + 2\beta\kappa_2 S_2 \right\} \\ &+ e^{-j\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{r}} \left\{ \frac{\partial^2 S_1}{\partial z^2} - 2j\sigma_{1z} \frac{\partial S_1}{\partial z} + (\beta^2 - \sigma_1^2)S_1 + 2\beta\kappa_1 R \right\} \\ &+ e^{-j\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{r}} \left\{ \frac{\partial^2 S_2}{\partial z^2} - 2j\sigma_{2z} \frac{\partial S_2}{\partial z} + (\beta^2 - \sigma_2^2)S_2 + 2\beta\kappa_2 R \right\} \\ &= 0 \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

ただし、 $\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{r} = \sigma_{1x}x + \sigma_{1z}z$ ,  $\vec{\sigma}_2 \cdot \vec{r} = \sigma_{2x}x + \sigma_{2z}z$  なる関係を用いた。(12)式の各項を0として $R, S_1, S_2$ に関する連立微分方程式を得る。 $R(z), S_1(z), S_2(z)$ の変化はゆるやかなのでこれらの2次微分項は無視できる。またブラッグ条件が成り立つとしたので、

$$\beta^2 - \rho^2 = \beta^2 - \sigma_1^2 = \beta^2 - \sigma_2^2 = 0 \dots\dots\dots (13)$$

となる。したがって連立微分方程式は次のようになる。

$$\begin{cases} C_R \frac{dR}{dz} + j\kappa_1 S_1 + j\kappa_2 S_2 = 0 \\ C_{S1} \frac{dS_1}{dz} + j\kappa_1 R = 0 \dots\dots\dots (14) \\ C_{S2} \frac{dS_2}{dz} + j\kappa_2 R = 0 \end{cases}$$

ただし,

$$\begin{cases} C_R = \frac{\rho_z}{\beta} = \cos \Omega_R \\ C_{S1} = \frac{\sigma_{1z}}{\beta} = \cos \Omega_{S1} \\ C_{S2} = \frac{\sigma_{2z}}{\beta} = \cos \Omega_{S2} \end{cases}$$

である。(14)式はいわゆる光結合方程式 (Coupled Wave Equation) と呼ばれるものである<sup>13)</sup>。(14)式は入射ビーム, 回折ビームの間の結合が,  $\kappa_1, \kappa_2$  という定数を通して行われていることを示している。この結合の様子を模式的に示すと図5のようになる。(14)式を  $z=0$  での初期条件,  $R(0)=e^{j\phi_0}, S_1(0)=S_2(0)=0$  を与えて解くと次式のようになる。

$$\begin{cases} R(z) = e^{j\phi_0} \cos(\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \cdot z) \\ S_1(z) = -je^{j\phi_0} \sqrt{\frac{C_R}{C_{S1}}} \cdot \frac{\alpha_1}{\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}} \sin(\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \cdot z) \\ S_2(z) = -je^{j\phi_0} \sqrt{\frac{C_R}{C_{S2}}} \cdot \frac{\alpha_2}{\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}} \sin(\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \cdot z) \end{cases} \dots\dots\dots (15)$$

ただし  $\alpha_1 = \kappa_1 / \sqrt{C_R C_{S1}}, \alpha_2 = \kappa_2 / \sqrt{C_R C_{S2}}$  とおいた。実際のAO素子では,  $\Omega_R, \Omega_{S1}, \Omega_{S2}$  は小さいので,  $C_R/C_{S1} \approx 1, C_R/C_{S2} \approx 1$  としてよい。AO素子から出射するビーム強度は(15)式で  $z=d$  として, それぞれの成分の絶対値の2乗をとればよい。したがって,

$$\begin{cases} |R(d)|^2 = \cos^2 \sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2} \\ |S_1(d)|^2 = \frac{\nu_1^2}{\nu_1^2 + \nu_2^2} \sin^2 \sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2} \dots\dots\dots (16) \\ |S_2(d)|^2 = \frac{\nu_2^2}{\nu_1^2 + \nu_2^2} \sin^2 \sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2} \end{cases}$$

となる。ただし  $\alpha_1 d = \nu_1, \alpha_2 d = \nu_2$  とおいた。(16)式の  $\nu$  は  $S_1, S_2$  の大きさ, つまり回折効率に関係する量で, 超音波によって形成される回折格子の屈折率変化に比例する量である。屈折率変化は超音波パワー  $P$  の平方根に比例するので,  $\nu \propto \sqrt{P}$  なる関係が成り立つ。

以上が2周波動作の場合の解析であるが,  $m$ 周波動作の場合には(16)式の  $\nu_1^2 + \nu_2^2$  を  $\sum_{k=1}^m \nu_k^2$  で置き換えればよい。すなわち,

$$\begin{cases} |R(d)|^2 = \cos^2 \sqrt{\sum_{k=1}^m \nu_k^2} \\ |S_i(d)|^2 = \frac{\nu_i^2}{\sum_{k=1}^m \nu_k^2} \sin^2 \sqrt{\sum_{k=1}^m \nu_k^2} \dots\dots\dots (17) \end{cases}$$

( $i=1, 2, \dots, m$ )

となる。次にこの結果をもとに, 実際のAO素子の光混変調現象を分析し, これを補償する方法について述べる。

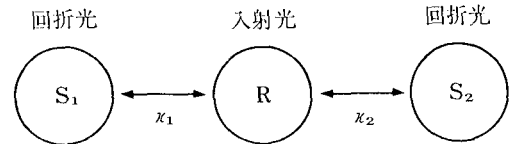


図5 入射・回折ビームの結合関係

## 4 光混変調の補償方法

AO素子を  $m$  周波で, それぞれ等しい超音波パワーで駆動させる。このとき  $\nu_1 = \nu_2 = \dots = \nu_m \equiv \nu$  なる関係が成り立っている。この状態から超音波パワーを順次1個ずつ消していくとき, 残りの回折光強度がどのように変化するかを考えてみる。 $m$  個のうち  $n$  個の超音波が“ON”の状態にあるときの回折光強度,  $|S_i(d)|^2_{(n)}$  ( $1 \leq i \leq n$ ) は(17)式で  $\sum_{k=1}^m \nu_k^2 = n\nu^2$  とおけば求められる。したがって,

$$|S_i(d)|^2_{(n)} = \frac{1}{n} \sin^2(\sqrt{n} \nu) \dots\dots\dots (18)$$

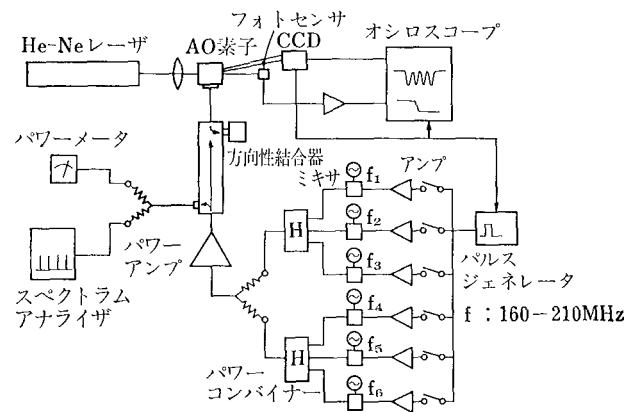


図6 光混変調測定系のブロックダイアグラム

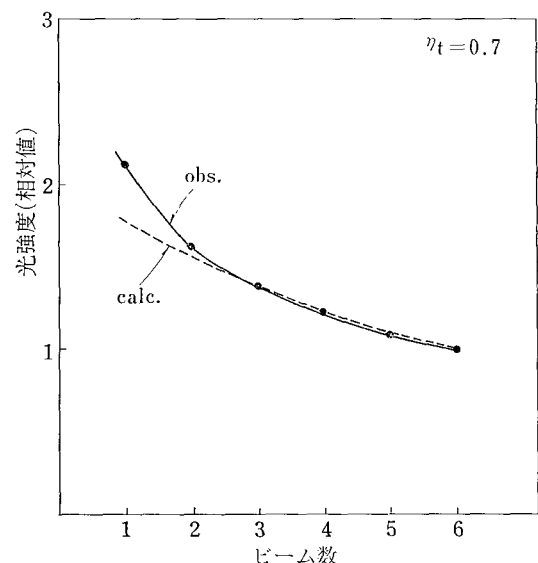


図7 ビーム数を変えたときの回折ビームの強度変化

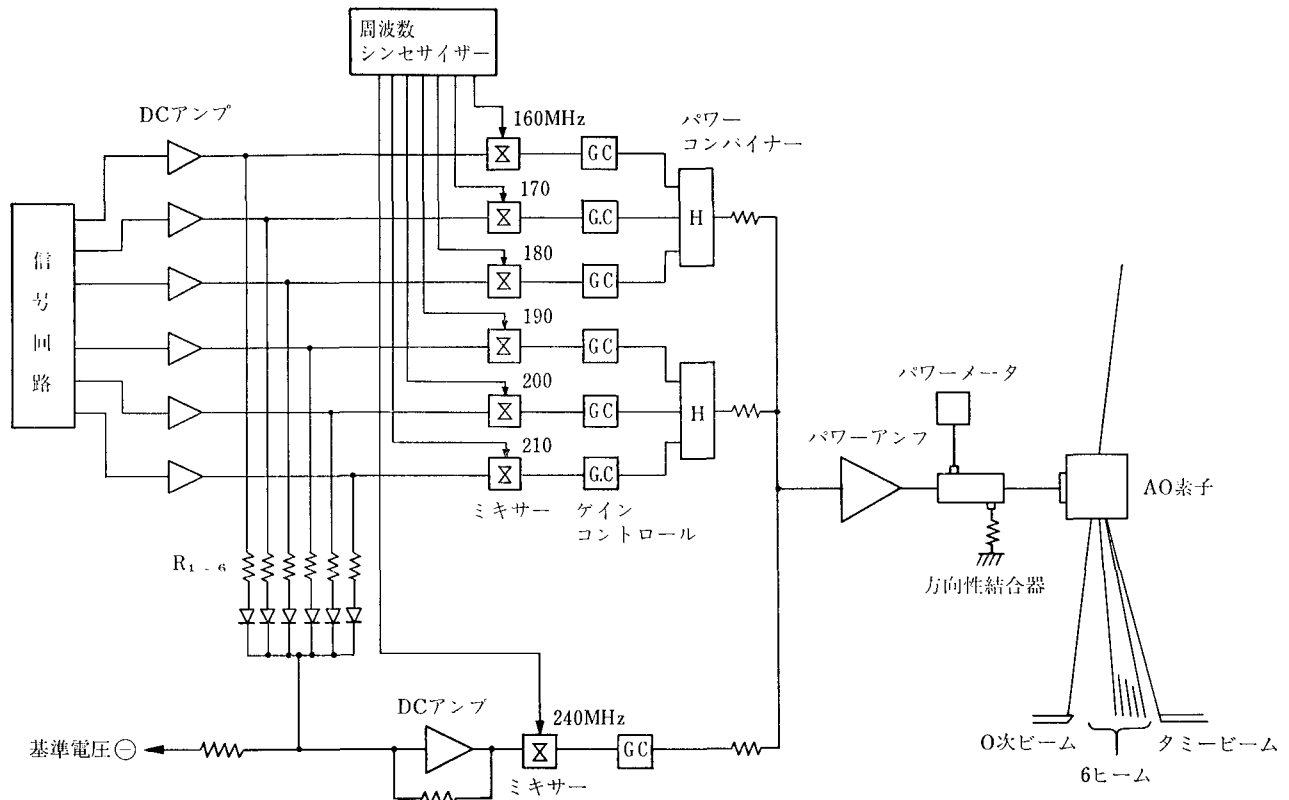


図 8 光混変調補償機構を設けたAO素子駆動回路

となる。ここで6ビームで駆動する場合を考えると、その時の総合回折効率  $\eta_t$  は、

$$\eta_t = \frac{\sum_{l=1}^6 |S_l(d)|^2}{|R(0)|^2} = \sin^2(\sqrt{6} \nu) \dots\dots\dots (19)$$

と表せる。最初6ビームで  $\eta_t$  をある値に設定し回折ビーム数を6, 5, …, 1と変化した場合に各ビーム強度がどのように変化するかを実験で求めてみる。測定系を図6に示す。帯域の十分広いAO素子 (PbMoO<sub>4</sub>, 4f ≒ 100 MHz) を使用し, CCDの転送パルスでパルスジェネレータをトリガーして、搬送波  $f_1 \sim f_6$  (160~210 MHz) を変調し, AO素子に印加する。各回折ビームはCCDで検知され<sup>11)</sup>, 0次ビームを別のフォトセンサーで受け、総合回折効率を測定した。その結果を図7に示す。6ビームで駆動させた時のビーム強度を1として相対値で示してあり、点線は(18), (19)を用いて計算した結果である。実験結果と理論値はかなりよい一致をみることがわかる。両者の多少のずれは、AO素子の帯域の影響などによるものと思われる。

このように多周波駆動AO素子では、回折ビーム間の光混変調が起こり、図7に示したように、6ビームから1ビームに変化させると、一定であるべきビーム強度が約2倍に変化してしまうことがわかる。この問題の解決策としては、AO素子に入力する超音波パワーを制御する方法が考えられる。(17)式をみると、 $\sum_{k=1}^m \nu_k^2$  を何らかの

方法で一定にしてやれば、回折ビームは他の回折ビームの影響を受けないことになり、光混変調が補償されることになる。つまりAO素子に入力するパワーを信号の有無にかかわらず絶えず一定に保つようにすればよい。具体的には入力パワーをこのように電氣的に制御し、これらAO素子に印加する方法が考えられるが、制御回路が複雑にならざるを得ない。そこで筆者らは、信号ビームの他にダミーのビームを設け、そのビームを含めた全体の超音波パワーが絶えず一定値  $P_c$  になるように制御する方法を考案した。すなわち、ダミービームに入力すべき超音波パワー  $P_D$  を、

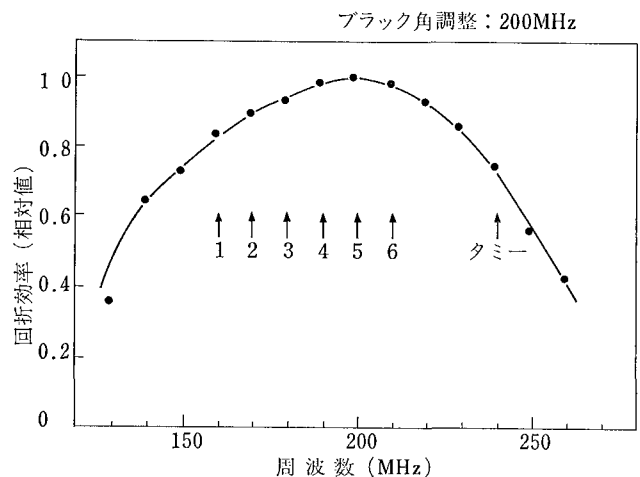


図 9 AO素子帯域特性と各駆動周波数(矢印)の関係

$$P_D = P_C - \sum_{k=1}^m P_k \dots\dots\dots (20)$$

となるように設定する。実際にダミービームを設けた場合のAO素子の回折ビームの様子を観測し、(20)式の関係をもとに具体的な補償回路を設計した<sup>15)</sup>。そのブロック図を図8に示す。各画像信号の和を検知し、基準負電圧と加え、反転増幅させて、ダミー用の搬送波(240 MHz)を変調し、AO素子に印加する。ダイオードはその2乗特性を利用してパワー入力との和をとる目的で入れている。ダミービームは高周波側に設定され、0次ビームと共にナイフエッジでカットされる。この回路に用いたAO素子の帯域特性を、図9に示す。矢印は各ビームの駆動周波数を示している。使用周波数範囲で帯域特性が一定ではないので、実際はこの点を考慮してダミービームのパワーを、

$$P_D = P_C - \sum_{k=1}^m \alpha_k P_k \dots\dots\dots (21)$$

となるように設定する。 $\alpha$ の値は抵抗 $R_{1-6}$ を変えることによって適当な値に調節できる。次に2ビーム間の補償効果をみることにする。図10はその結果であるが、まず $f_1=220\text{ MHz}$ 、 $f_2=200\text{ MHz}$ とし、ビーム(1)のパワーを一定値とし、ビーム(2)のパワーを変えていく。ダミービームのないときは、実線で示すようにビーム(2)の入力パワーが大きくなると、ビーム(1)の強度は大きく影響を受けてしまう。しかしダミービームを $f_D=240\text{ MHz}$ に設定し、全体のパワーを $P_1+P_2+P_D=1.5\text{ W}$ (一定)となるように制御すると、ビーム(2)の入力パワーを変えても、ビーム(1)の強度は点線で示すように有用なパワー

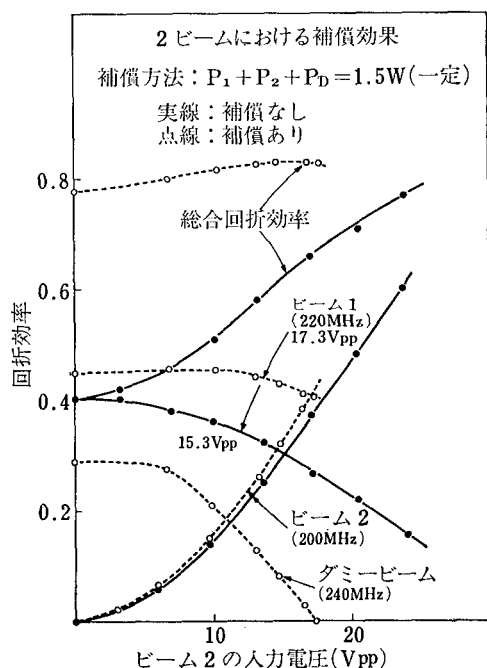


図10 2周波駆動における補償効果

範囲ではほとんど影響を受けず、顕著な補償効果が得られる。図11、図12は補償の有無の場合について、実際にCCD出力を観測したものである。図12をみると、ビーム数が少なくなると、少なくなった分の光量がダミービームに吸収されて、素子全体の光量が一定に保たれている様子がよくわかる。図13はこの観測例を図示したものである。

以上のように、多周波駆動AO素子の特性の中で一番重要な光混変調の問題を考察し、具体的な補償方法について検討してきた。さらに高品質な記録をするためには、他の効果による混変調も考慮しなければならない。たとえば3周波 $f_1, f_2, f_3$  ( $f_1 < f_2 < f_3$ )でAO素子を駆動すると、 $f_1+f_3-2f_2$ のビート信号が生ずる現象があり、この信号が画像信号帯域内に入らないよう、周波数間隔を微妙に調整する必要がある。

## 5 走査光学系の構成

### 5-1 基本構成

これまで本方式の最大の特徴である多周波駆動AO素子の駆動方法について述べてきたが、ここでは本方式を用いた走査光学系について、特に単ビーム方式の場合と比較させてその特徴を述べることにする。

同時多数行走査を目的とした光学系は、単ビーム走査の場合に比べてその構成が異なる。ここでまず通常の単ビーム走査の場合の基本光学系について述べる。単ビーム走査の場合は、図14a, bのように平行ビームをAO素子に入射させるか、あるいは画像のMTFを上げるためにAO素子中で集束するような光学系を用いる。い

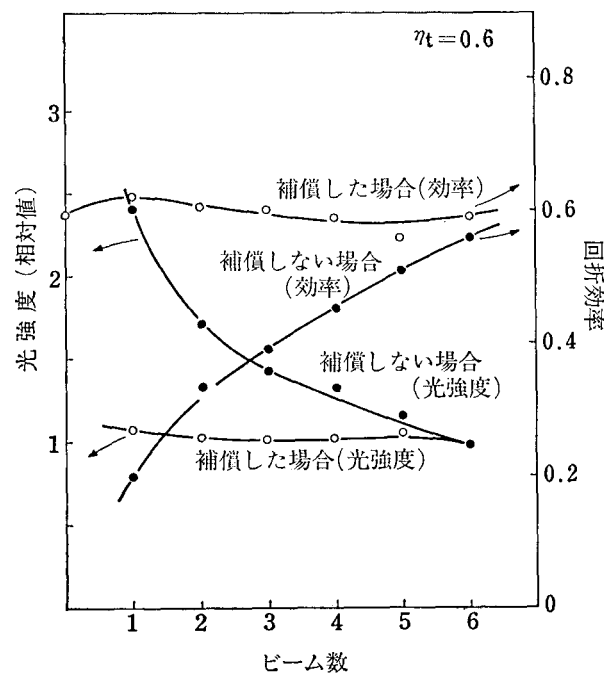


図13 ビーム数を変えたときの光強度、回折効率の変化の様子

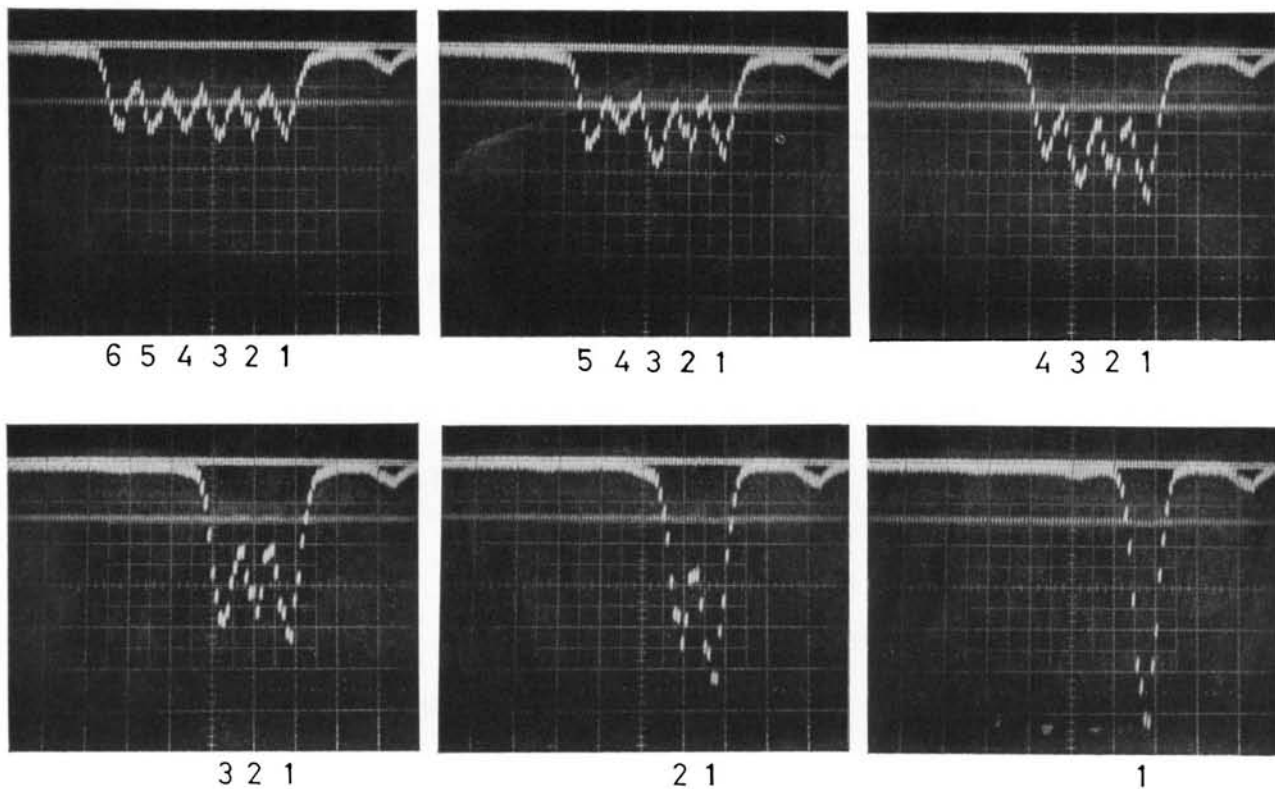


図 11 CCDによる分割ビームの観測例（補償しないとき）

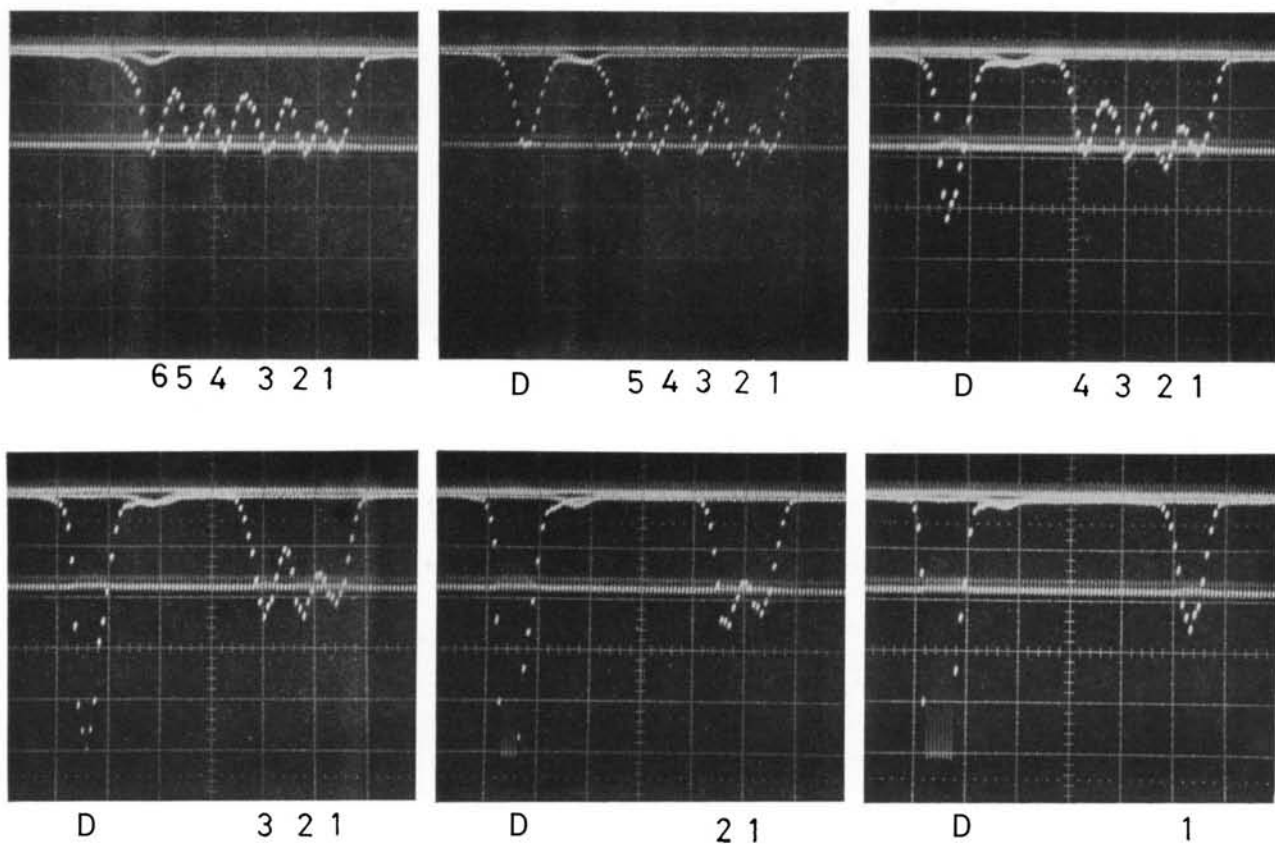


図 12 CCDによる分割ビームの観測例（補償したとき、高周波側から順にビームを消している）

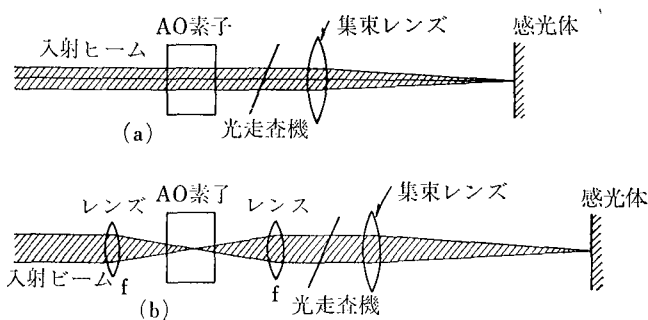


図 14 単ビーム走査の場合の基本光学系

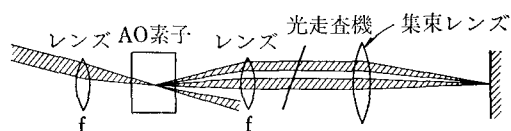


図 15 単ビーム走査用の光学系を用いてビーム分割を行った場合の光路図

れにしても AO 素子より後方では通常平行ビームにして走査し、集束レンズ ( $f\theta$  レンズ) で感光体上へ集光する。同時多数行光変調方式の場合、単ビーム走査と同じ光学系を用いることができない。その理由は、もし図 14 b のような光学系を用いた場合、図 15 に示すように異なる回折角でビームが分割されるが、一点からビームが分かれるため、ビームの分岐点とビームの発散点が一致し、集束レンズで感光体上へ導くと、再び一本のビームに集光されてしまうからである。筆者らはこの不都合を解消させるため、図 16 に示すように分割ビームが一度 AO 素子の後方で集束結像され、さらにこれと光学的に共役な関係でこの像を感光体上へ適当な倍率関係を持たせて結像させる方法を考案した。この光学構成によって、ビームの分岐点とビームの発散点が分離され、分割されたビームを感光体上に所定の線密度に分離、結像させるこ

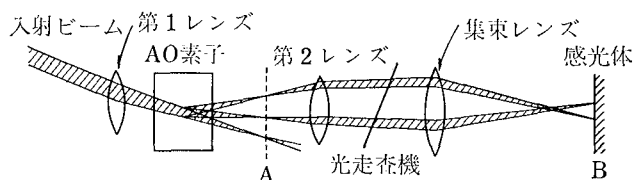


図 16 同時多数行走査光学系の基本構成

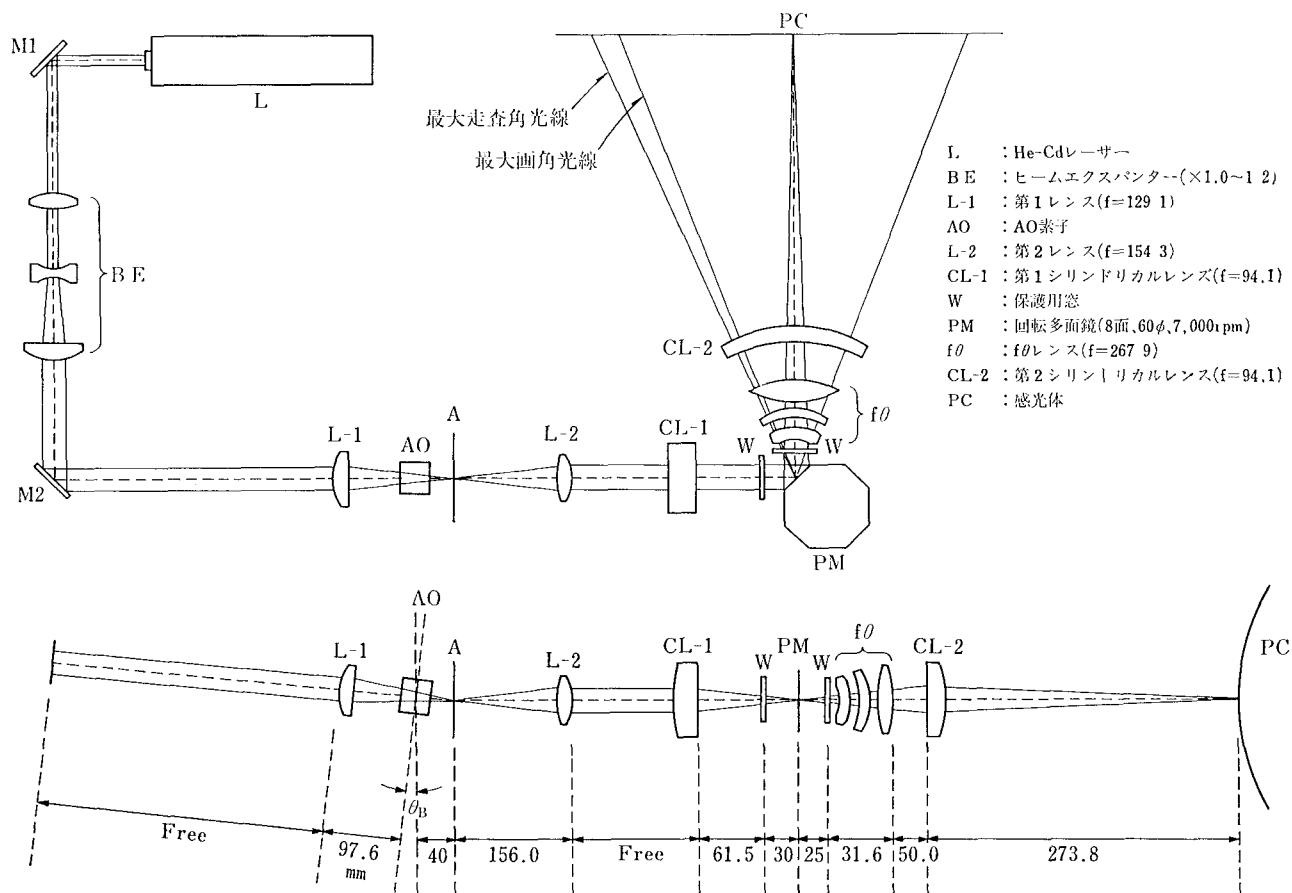


図 17 試作した走査光学系

とができる。

実際の光学系は図 16 の構成に加えて 2, 3 のミラー、レンズを配置する必要がある。

## 5-2 試作した光学系

試作した全体の走査光学系について、簡単に紹介してみる。なお単ビーム方式の場合と同じ技術が用いられているところは、紙面の関係上、詳しい説明を省略する。試作した走査光学系を図 17 に示す。

Se 系の感光体を使用することを想定して、He-Cd レーザーを用いている。5-1 で述べたように A O 素子の後方 A 面と感光体面を、光学的に共役な関係に保ち、A 面の 1.74 倍の倍率関係で、感光体面上へ A 面の像を結像させる。感光体面での線密度は 12 line/mm である。 $f\theta$  レンズは、最大画角  $\pm 31.5^\circ$ 、最大走査画角  $\pm 34^\circ$  に設計した。感光体ドラム面での 6 ビームの各ビーム間隔の実測値は  $83 \mu\text{m}$ 、ビーム径  $90 \mu\text{m}$  であり、理論値の約 1.2 倍の値となっている。なお回転多面鏡は解像点数に重点を置いたので現在は 8 面、 $60^\circ$  としたが、将来は 12 面にして  $f\theta$  レンズの画角を小さくする余地を残している。回転多面鏡、 $f\theta$  レンズ、補正光学系の詳しい解説は別の機会に譲り、ここでは省略させていただく。

## 6 おわりに

以上のように本報告では、レーザー走査記録方式として一走査で同時に多数行を記録できる、A O 素子の多周波駆動方式を取り上げ、その技術的検討を行ってきた。A O 素子の多周波駆動方式は、走査速度と信号変調速度を同時に低減できるという、優れた特徴を持っているが、反面、今まで述べてきたように、本方式に固有な問題点も多くある。特に A O 素子に多数の回折ビームが同時に存在することによって生ずる光混変調の問題は、階調性を重視する記録装置の場合は、避けて通れない技術的課題である。本報告では、特にこの問題に重点を置いて述

べてみた。

走査光学系に関しては一応の成果をみたものの、まだ完全な形ではなく、今後の研究を必要とする点をいくつか残している。これらの課題については今後検討していく予定である。

以上、筆者らの浅学非才なため不十分な点も多いと思われるが、関係諸氏の叱正を乞う次第である。

おわりに、本研究は社内の方々の協力のもとに行れたものであり、関係各位に深く感謝します。また、A O 素子の多周波動作特性の解析を中心に終始御指導をいただいた、大阪大学工学部、小山次郎教授、同、西原浩助教授の両先生に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) R. F. Wolter Third International Conference on Electrophotography, SPSE, Washington, Nov. 15~18 (1977)
- 2) 森・テレビジョン学会誌 32, 104 (1978)
- 3) 瀬川 レーザー研究 6, 251 (1978)
- 4) G. I. Findley, D. P. Leabo and A. C. Slutman IBM J. Res. Develop. 22, 13 (1978)
- 5) U. Vahtra and R. F. Wolter IBM J. Res. Develop. 22, 34 (1978)
- 6) J. M. Fleischer, M. R. Latta and M. E. Rabedeau CLEOS, San Diego, May 25~27 (1976)
- 7) 有村・画像通信学会誌 5, 107 (1976)
- 8) N. Uchida and N. Niizeki Proc. IEEE 61, 1073 (1973)
- 9) G. Hrbek and W. Watson Electro-Optics '71 East New York Coliseum, Sep. 14~16 (1971)
- 10) H. Eschler Opt. Commun. 13, 148 (1975)
- 11) D. L. Hecht IEEE Trans. on Sonics and Ultrason. SU-24, 7 (1977)
- 12) 小林, 小山, 西原, 瀬川, 浜口, 森 電子通信学会技術研究報告 OQE 77-125, 121 (1978)
- 13) S. K. Case J. Opt. Soc. Amer. 65, 724 (1975)
- 14) 浜口, 瀬川, 前田, 池津 第 38 回応用物理学会予稿集 15P-C-11, 136 (1977)
- 15) 瀬川, 森, 浜口 昭和 53 年電子通信学会・電波部門全国大会 261.

# ホログラフィによる高密度画像記録

High Density Image Recording by Holographic Technique

安倍通治\* 船戸広義\*  
Michiharu Abe Hiroyoshi Funato

## 要 旨

ホログラフィによる高密度画像記録技術の実用化は多くの応用面から期待されている。

ホログラフィによる高密度記録はフーリエ変換ホログラムという記録方式により行われる。この記録方式の場合再生像の画質を向上させるため、記録時の物体光はホログラム内にできるだけ均一に分散させることが必要となる。

筆者らはこの分散する手段として、熱可塑性樹脂を用いたランダム位相板を開発した。この位相板を用いて画像記録を行い、A4判文書1頁を4.5 lp/mmの解像力で2.5 mm径のホログラムに記録できた。これはほぼ理論限界の記録密度である。

本稿ではこれら一連の検討過程、および本技術の応用について述べる。

## ABSTRACT

This paper describes a technique of storing high density holographic images. The technique of storing high density images has been hoped for in many fields of application. This is performed by a recording method called the Fourier transformed hologram. In this method, it is necessary that the waves from an object to be recorded be distributed as evenly as possible in a hologram in order to get a reconstructed image of high quality. This paper reviews the development of a random phase modulator made of thermoplastic resin as a means to distribute the object waves. Using this random phase modulator, an A4 size document has been recorded in a 2.5 mm diameter hologram with the resolution of 4.5 lines/mm, which we believe could be nearly the theoretical limit of the recording density.

## 1 はじめに

1960年レーザーが発振に成功して以来、従来になく新しい光源としてその応用の可能性が研究されてきた。

レーザー光の特徴として

- (1) 単色性およびコヒーレンス（可干渉性）がきわめてすぐれている。
- (2) 指向性がよい。
- (3) エネルギー密度の高い光が得られる。

等、数多くの特徴をもち、これらの特徴を各方面へ生かすべく活発な応用研究がなされている。

ホログラフィはこのような応用技術のひとつで、1948年イギリスの D. Gabor がその原理を発表したが<sup>1)</sup>、当時干渉性の良い光源が存在していなかったためその実現にはかなりの制限があった。しかしレーザーの実現後1962年、アメリカの E. N. Leith, および J. Upatnieks

によりホログラフィの原理が初めて実用化された<sup>2)</sup>。

従来の写真技術が情報の明暗のみを記録するのに対し、ホログラフィは明暗のみならず方向、奥行の情報をも記録できる。つまりホログラフィは光の波面（振幅と位相の情報）を記録できる特徴をもっている。

このようなホログラフィの応用として種々の分野への応用が考えられている。主なものとして物体の変形、振動などの光学計測、立体像のディスプレイ、光学的メモリ等への応用があげられる。

このうち光学的メモリに関しては電子計算機用のデジタルメモリへの応用、画像などのアナログメモリへの応用等が考えられている。

デジタルメモリへの応用は大容量、高速アクセスの可能性をもつものとして精力的に研究が行われてきた。

しかし、記録材料、光偏向器、光検出器などの構成デバイスの性能が十分でなく、着実な発展を続ける磁気メモリや半導体メモリ等にとって代わるまでに至っていない<sup>3)</sup>。

これに対しアナログメモリは画像情報を直接アナログ

★技術本部 光学技術センター

Technology Center, Optics, Technical Division



的に記録するもので、ホログラフィの特徴を十分に発揮させるものとして期待されている<sup>4)</sup>。

ホログラフィによる画像メモリは記録の高密度性が大きな特徴であり、電気的メモリ等其他的手段では達成できないものである。これを実現するためにはホログラフィによる高密度記録技術が必須のものとなってくる。

われわれはこの点に着目し、ホログラフィによる画像の高密度記録を検討してきた。これはフーリエ変換ホログラムと呼ばれる記録方式を採用したもので、結果としてほぼ理論限界の記録密度を達成できた。

以下にわれわれが検討してきた概要を述べる。

## 2 フーリエ変換ホログラムの概要

### 2-1 フーリエ変換ホログラム<sup>5)</sup>

フーリエ変換ホログラムを作製する光学系の概要を図1に示す。焦点距離 $f$ のフーリエ変換レンズ<sup>6)</sup>の前側焦点面A(位置座標を $(\xi, \eta)$ であらわす)に置かれた振幅透過率分布 $g(\xi, \eta)$ の画像(位相変化を伴わない透明画)を波長 $\lambda$ のレーザー平行光で照明したとき、フーリエ変換レンズの後側焦点面B(位置座標を $(x, y)$ であらわす)における振幅分布 $u(x, y)$ は、 $g(\xi, \eta)$ のフーリエ変換

$$u(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(\xi, \eta) \exp\left\{-2\pi i\left(\frac{\xi x}{\lambda f} + \frac{\eta y}{\lambda f}\right)\right\} d\xi d\eta \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる。また、パワースペクトルは、強度分布 $I(x, y)$ で与えられ

$$I(x, y) = |u(x, y)|^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。 $(x, y)$ 面は $(\xi, \eta)$ 面の振幅に関する空間周波数面となり $x/\lambda f$ ,  $y/\lambda f$ が空間周波数である。 $(x, y)$ 面にホログラム記録体を置き、 $u(x, y)$ を物体光、平行光を参照光として露光するとフーリエ変換ホログラムが記録される。記録されたホログラムを参照光と同じ方向から読出し光で照明すると、フーリエ逆変換レンズの後側焦点面Cに再生像が結像する。理想的に記録された直径 $d_H$ のホログラムは、もとの画像の振幅透過率分布 $g(\xi, \eta)$ に対して理想的な低域空間周波数フィルターと

して機能する。従来の写真技術とちがって結像面以外でも画像の記録ができるというホログラフィの特徴がこの場合にも生かされている。フーリエ変換ホログラムには次のような特徴がある<sup>7)8)</sup>。

- (1) 画像を透過した光を集束した位置で記録するために記録密度を高くすることが可能である。また、エネルギー密度が高くなるので感度の低い記録材料への記録が可能になる。
- (2) 画像情報が記録面に分散して記録されるため冗長性がある。特に画像に含まれる細かい(空間周波数帯域の広い)情報はホログラム面全体に分散して記録されるのでホログラムの損傷による影響が少ない。
- (3) ホログラム再生時にホログラムの位置が縦横にずれても再生画面が動かず、焦点深度も深いので読み出し光学系の機械的寸法許容度が大きい。
- (4) ホログラムを記録する光の波長と読み出し光の波長がちがっても再生画像が歪まない。

### 2-2 フーリエ変換ホログラムの記録密度の可能性

記録密度は光学系と記録体の特性によって制限される。ここでは光学系によって決まる記録密度について述べる。一般文書画像のような光学画像については情報量の計量方法が確立されていないが、ここでは便宜上、解像本数であらわすことにする。例えばA4判(297mm×210mm)の画像で解像力が $5 l_p/\text{mm}$ であるときの情報量を $(5 l_p/\text{mm} \times 297 \text{ mm}) \times (5 l_p/\text{mm} \times 210 \text{ mm}) \approx 1.56 \times 10^6 l_p^2 \quad \dots\dots\dots(3)$ とする。

図1の光学系において口径 $D$  mm, 焦点距離 $f$  mmのフーリエ変換レンズ, 波長 $\lambda$  mmのレーザー光を用いて直径 $d_H$  mmのホログラムを記録したときホログラムの再生像の解像力 $R$ は、コヒーレント光におけるRayleigh基準より

$$R = d_H / 1.64 \lambda f \quad l_p/\text{mm} \quad \dots\dots\dots(4)$$

であらわされる<sup>9)10)</sup>。また口径 $D$  mmのフーリエ変換レンズで記録できる最大の画面サイズは、一般文書用紙の形状である縦横比 $\sqrt{2}$ の長方形とすれば、略 $0.471 D^2 \text{ mm}^2$ (正確には $0.471 (D - d_H)^2 \text{ mm}^2$ )である。この場

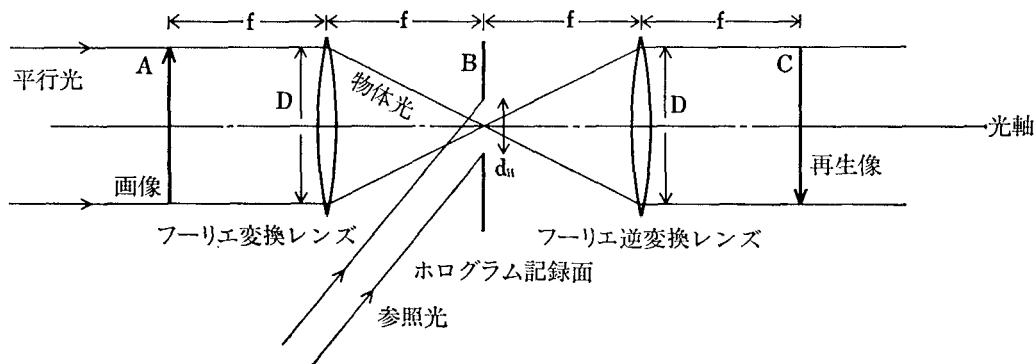


図1 フーリエ変換ホログラムを作製する光学系

合、ホログラム再生像の情報量は

$$0.471 D^2 \times (d_H / 1.64 \lambda f)^2 = 0.175 d_H^2 F^{-2} \lambda^{-2} l_p^2 \dots\dots\dots (5)$$

である。(5)式において  $F$  はフーリエ変換レンズの  $F$  値である。記録密度  $F$  はホログラムの面積  $\frac{\pi}{4} d_H^2 \text{mm}^2$  で割ることにより

$$F = 0.223 F^{-2} \lambda^{-2} l_p / \text{mm}^2 \dots\dots\dots (6)$$

与えられ、 $F$  値と波長  $\lambda$  によって決定される。仮に、 $\lambda = 632.8 \text{nm}$ ,  $F 1.4$  とすれば、解像力  $5 l_p / \text{mm}$  の A 4 判画像情報を直径  $2.64 \text{mm}$  のホログラムに記録できることになる。

なお、光学画像は光の強度として検出されるので、2-1 で述べたような簡単な空間周波数レスポンスでは表現できない。

## 2-3 フーリエ変換ホログラムにおける問題点

2-2 ではホログラムの記録が完全に行われるものとしているが、現実にはホログラム記録体の特性により再生像の劣化が起こる。

### 2-3-1 ホログラム記録の直線性

ホログラムを記録するときの物体光の強度分布が  $I(x, y)$  であったとき、記録されたホログラムに一樣な強度の読み出し光  $I_{in}$  を入射して得られる回折光の強度分布  $I_{diff}(x, y)$  が

$$I_{diff}(x, y) \propto I(x, y) \dots\dots\dots (6)$$

あるいは、 $(x, y)$  における回折効率  $\eta(x, y) = I_{diff}(x, y) / I_{in}$  が

$$\eta(x, y) \propto I(x, y) \dots\dots\dots (7)$$

という関係式で与えられるならば原画像の物体光が忠実に再生されることになる。このような条件でホログラムが記録されている時、ホログラムは直線的に記録されているといえる。このような条件が満足されていないと、再生像はもとの画像に対して空間周波数的に歪んだ画像になり、はなはだしい場合には画質が著しく劣化してしまう。一般にホログラム記録体の回折効率に対する特性は、図2にみられるような特性を示す。図2は参照光の強度を一定として一定の露光時間でホログラムを記録したときの、物体光強度に対する回折効率の応答性を示したものである。すなわち、物体光の強度に対して回折効率が比例する直線記録範囲には限界がある。また、最大回折効率はホログラム記録体の種類によって異なり、1%～数10%である。このような記録体に一樣でない物体光  $I(x, y)$  でホログラムを直線的に記録したときのホログラムの回折効率  $\eta_H$  は、高々

$$\eta_H = \frac{\eta_{\max}}{S_H} \iint_{S_H} I(x, y) / I_{\max} dx dy \dots\dots\dots (8)$$

である。(8)式において、 $S_H$  はホログラムの面積、 $\eta_{\max}$  はホログラム記録体の最大回折効率、 $I_{\max}$  は最大の物体光強度である。ここで、フーリエ変換ホログラムについ

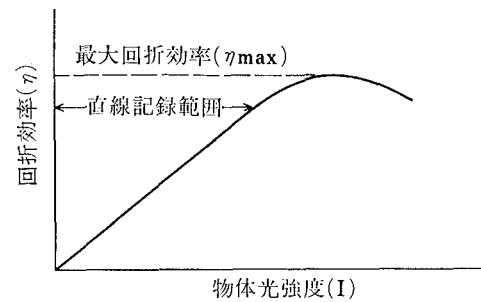


図2 ホログラム記録体の一般的特性

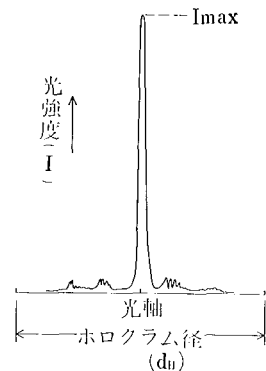


図3 ホログラム記録面での光強度の分布概念図

て物体光の分布をみると、一般的傾向は、図3に示すように光軸付近に極めて偏在したものになっている。すなわち画像のパワースペクトルは0空間周波数付近に集中する傾向がある。このために、フーリエ変換ホログラムを直線的に記録しようとする時、ホログラムの中心付近では回折効率が高くなっても他の部分での回折効率が極めて低くなるので、ホログラム全体の回折効率  $\eta_H$  が低くなってしまふ。ホログラムの回折効率が低いと、ホログラム再生時において、再生レーザーのパワーが有効に利用できなくなることによる不経済性と、次に述べるようなホログラムから散乱する散乱光の影響による画質の低下をまねく。

### 2-3-2 ホログラムからの散乱光による画質の低下

ホログラムに読み出し光を照射すると再生像が得られると同時に、ホログラム記録体の粒状性に基づく散乱光が発生する。レーザー光のように干渉性の高い光を用いるとこの散乱光は、再生像に一樣なかぶりを生じさせるだけでなく再生像に粒状性のあるパターン（スペックルパターン）を生じさせるため画質を低下させる影響が大きい<sup>11)</sup>。スペックルパターンについては、完全拡散面から拡散される振幅が一樣で位相がランダムなコヒーレント光（干渉性の高い光）による照明の問題として統計論的にその性質が明らかにされている<sup>12)</sup>。図1においてフーリエ変換面Bに直径  $d_H$  のホログラムが置かれ読み出し光によって照射されたとき、再生像面Cにおける暗黒部にホログラムから散乱した光によって生ずるパターンは、図4に示すような粒状性の大きいスペックルパターンと

なる。スペckル粒子の最小の大きさ  $\Delta$  は

$$\Delta = 1.22 \lambda f / d_H \dots\dots\dots (9)$$

で与えられ、その強度  $I_N$  の分布は指数分布となり、平均強度  $\bar{I}_N$  と強度  $I_N$  の標準偏差  $\sigma_N$  は等しく

$$\bar{I}_N / \sigma_N = 1 \dots\dots\dots (10)$$

という関係があり、強度  $I_N$  のむらは大きい。また、強度  $I_S$  の再生像の明部においては、標準偏差  $\sigma_S$  が

$$\sigma_S = \bar{I}_N [1 + 2 I_S / \bar{I}_N]^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

で与えられるようなゆらぎを生じさせる。画質を  $S/N = I_S / \sigma_S$  であらわすと

$$S/N = I_S / \bar{I}_N [1 + 2 I_S / \bar{I}_N]^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

で与えられる。 $I_S / \bar{I}_N \gg 1$  のときは

$$S/N = (1/\sqrt{2}) [I_S / \bar{I}_N]^{1/2} \dots\dots\dots (13)$$

で近似される。これは散乱光と画像光との干渉によってもたらされた結果であり、相互の干渉がなければ、 $S/N = I_S / \bar{I}_N$  で与えられることと比較するとわずかの散乱光によっても再生像が劣化し易いことを示す。したがって図1の光学系でフーリエ変換ホログラムを直線的に記録しようとするときホログラムの回折効率が低くなってしまうために、画像光  $I_S$  が弱くなって画質が大きく劣化する。

## 2-4 フーリエ変換ホログラムの記録密度と画質

フーリエ変換ホログラムにおいては、記録密度と画質との間には相反する関係がある。それは次のようにして導かれる。(13式において  $I_S$  は

$$I_S = P_{in} \eta_H / 0.471 D^2 \bar{T} \dots\dots\dots (14)$$

で与えられる。 $P_{in}$  は読出し光の入射パワー、 $\eta_H$  はホログラムの回折効率、 $0.471 D^2$  は前に述べたホログラム再生像の面積、 $\bar{T}$  は再生像中の明部の割合である。一方、 $\bar{I}_N$  は

$$\bar{I}_N = P_{in} \Phi (\lambda f)^{-2} \dots\dots\dots (15)$$

で与えられる。 $\Phi$  は記録体固有の散乱性を示すもので入射パワー  $P_{in}$  に対する散乱光のパワースペクトルであって単位は、 $(I_p / \text{mm})^{-2}$  である。(14)、(15式および、(6)式をまとめると、

$$S/N = (\eta_H / 4.2 \Phi \Gamma \bar{T})^{1/2} \dots\dots\dots (16)$$

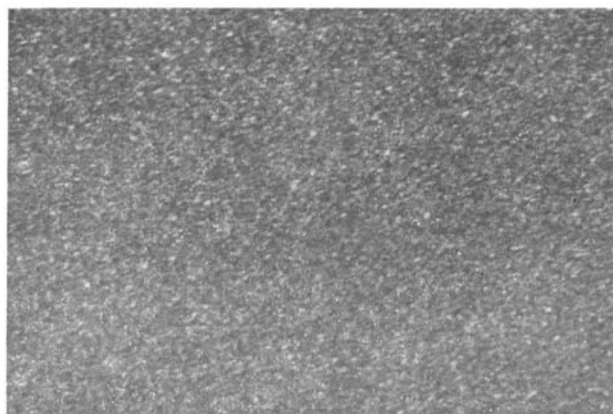


図4 スペckルパターン

が得られ、(8)式を更に適用すれば

$$S/N = \left\{ \left( \frac{1}{4.2} \right) \left( \frac{\eta_{\max}}{\Phi} \right) \left( \frac{1}{S_H} \right) \left[ \int_{S_H} \frac{I(x, y)}{I_{\max}} dx dy \right] \left( \frac{1}{\Gamma} \right) \left( \frac{1}{\bar{T}} \right) \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (17)$$

という関係式が導かれる。この式によりフーリエ変換ホログラムを、高い記録密度と高い画質で作製するための記録体の条件、物体光分布の条件、原画像の条件が明らかになる。それらをまとめると次の様になる。

- (1) 回折効率がなくて散乱の少ない記録体を用いる。
- (2) 物体光の分布を均一化してホログラムの回折効率を高くする。
- (3) 明部の割合の少ない画像を記録する。

上記の3つの項目はそれぞれ重要であるが、以後は(2)の項目について重点的に述べる。

## 2-5 フーリエ変換ホログラムの記録方法の改良

ここでは、これまでに行われた物体光の分布を均一化することにより画質を改良する方法の概要を紹介する。

### 2-5-1 デフォーカス法

この方法は、フーリエ変換レンズの後側焦点面でホログラムを記録せず、物体光分布の偏在化がゆるやかなデフォーカス面でホログラムを記録する方法であり、有力な方法の一つである。D. H. McMahon は、この方法によりホログラムウルトラフィッシュの検討を行った<sup>13)</sup>。ところがこの方法は、フーリエ変換ホログラムの特長が、若干失われるという欠点がある。

### 2-5-2 特殊な拡散板を通して画像を照明する方法

J. Upatnieks は、コヒーレント光学系において生じ易いスペckルノイズを押える方法として、ランダムフェーズモジュレーター (Random Phase Modulator) という位相物体を画像に重ねて照明する方法を検討し、これがホログラムの作製にも利用できることを示唆した。彼のいうランダムフェーズモジュレーターは、スリガラスのような拡散板とは異なり入射光の振幅には影響を与えず、位相のみをランダムに変化させ、光の散乱角の小さいものである<sup>14)</sup>。

C. B. Burckhardt は、デタマスク (ピンホールアレイからなるドットパターン) を記録する場合に、各ドットパターンに対して0および $\pi$ ラジアン位相変化を与えるようにしてフーリエ変換ホログラムを記録し、再生像の改良を行った。この方法はランダムフェーズシフト法と呼ばれるものである<sup>15)</sup>。その後、画像記録用としてランダムフェーズサンプリング法<sup>16)</sup>、アナログランダムフェーズシフター法<sup>16)</sup>、疑似ランダム拡散板<sup>17)</sup>、人工拡散板<sup>7)</sup>と呼ばれるものが広く検討された。また、H. J. Gerritsen らは、位相格子等を用いて多ビームで画像を照明するマルチビーム法<sup>18)</sup>を検討して画質を改良しビデオパッケージへの応用を試みた。

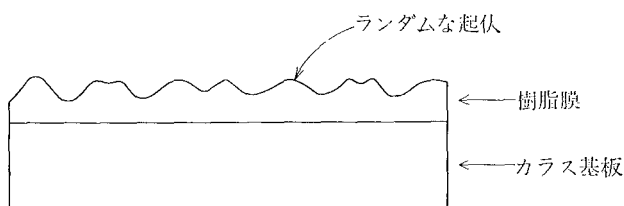


図 5 樹脂表面の断面形状

### 3 画像記録実験

#### 3-1 ランダム位相板の作製<sup>19)</sup>

筆者らは一般の文書画像が記録できるような位相物体（以下ランダム位相板と呼ぶ）を次のような考え方に基づいて作製した。風などの作用によって池の水面に立つ波長の短い波は表面張力波であり、ランダムな表面波である。このような波は、表面張力の作用により波長の短い波は生じにくいから、このような表面波を固定すれば、J. Upatnieks のランダムフューズモジュレーターのような散乱角の小さい位相物体が作製できるであろう。

具体的には、樹脂溶液をスピナー塗布機（回転塗布機）でガラス基板に塗布することにより塗膜にランダムな表面波を立てながら乾燥固化する方法を採用した。図 5 にこのようにして作製したランダム位相板の断面形状を模式的に示す。

図 6 にランダム位相板の一例として、表面の干渉顕微鏡写真でその等高線の分布を示す。縞の間隔は、 $0.33\mu\text{m}$  であり高さの確率分布は測定の結果、標準偏差  $0.545\mu\text{m}$  の正規分布であった。図 7 に図 6 のランダム位相板のパワースペクトルを示す。中心部に輝点が観察されるが、スペクトル分布の拡がりが見える。中心部の輝点に集中する光のパワー  $P_0$  の全パワー  $P_T$  に対する割合は、位相板を透過した光の位相分布の自己相関関数から計算すると、位相変化の確率分布が正規分布している場合には

$$P_0/P_T = \exp\left[-\left\{\frac{2\pi}{\lambda}(n-n_0)\sigma_d\right\}^2\right] \dots\dots\dots(18)$$

として求められる。 $n$  は樹脂膜の屈折率、 $n_0$  は空気屈折率、 $\sigma_d$  は樹脂膜の表面高さの標準偏差である。(18)式より  $\sigma_d$  を大きくすれば、パワースペクトルの中心部の輝点は、弱くなることわかる。図 8 および図 9 に示すパワースペクトルは、図 6 に示すランダム位相板よりも表面高さの標準偏差を数倍大きくしたランダム位相板のものである。このランダム位相板は、ポリビニルブチラール樹脂のベンゼン溶液をスピナー塗布機でガラス基板に塗布することによって作製した。ランダム位相板のパワースペクトルは、樹脂および溶剤の種類とスピナー回転数によって制御できる。ホログラム記録実験は、図 8、図 9 に示す特性のランダム位相板を用いて行った。

#### 3-2 画像記録



図 6 ランダム位相板の干渉顕微鏡写真

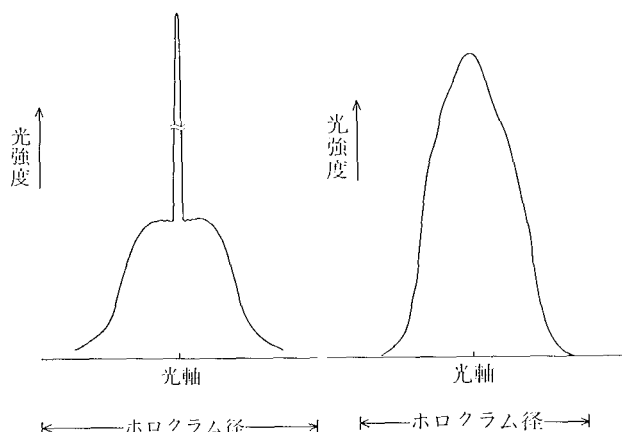


図 7 ランダム位相板のパワースペクトル

図 9 ランダム位相板のパワースペクトル

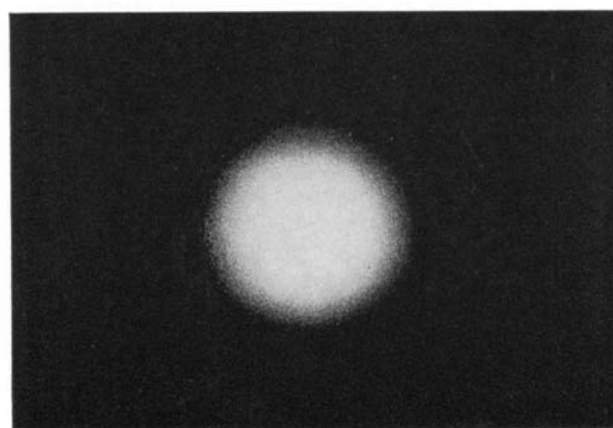


図 8 ランダム位相板のパワースペクトル

開発した位相板を用いて銀塩感材への画像記録を行い、再生像解像力、深度、回折効率、明暗比等の測定を行った。

#### 3-2-1 実験光学系

### (a) 記録光学系

図10に実験を行った記録光学系を示す。レーザーよりのビームはビームスプリッタにより二分割され、ビーム1はビーム拡大系1によりその径が拡大され、参照光として銀塩乾板へ入射する。もう一方のビーム2はビーム拡大系2により径を拡大して記録しようとする画像0を照明する。画像0にはランダム位相板が密着して重ねられる。画像0を通過した光はフーリエ変換レンズLにより乾板上に集光され、参照光と干渉しホログラムとして乾板に記録される。

### (b) 再生光学系

図11に再生光学系を示す。レーザーよりのビームはビーム拡大系により適当に径を変換されたのちホログラムに記録時の参照光と同じ角度で入射される。ホログラムより回折された再生光は、フーリエ逆変換レンズにより  $o'$  面に再生像が結像される。

### 3-2-2 実験条件

使用レーザー：He-Ne レーザ (632.8 nm)  
出力 5 mW  
フーリエ変換レンズ： $f=55$  mm, F1.2  
物体光-参照光角度：45°

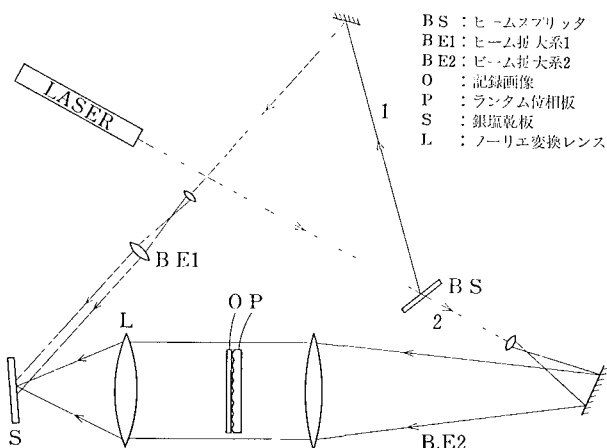


図10 記録光学系

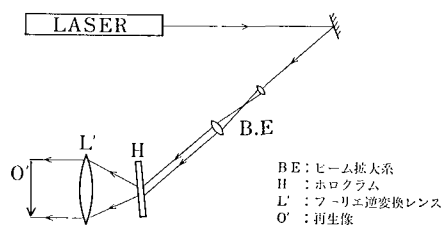


図11 再生光学系

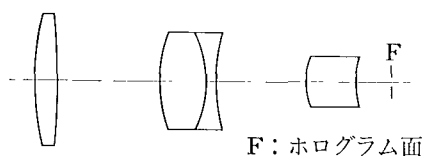


図12 フーリエ変換レンズ

ランダム位相板特性：図9 参照

銀塩乾板：Agfa-Gevaert HOLOTEST 8 E 75

現像漂白処理・臭化銀系漂白処理<sup>20)</sup>

図12は当社で開発したフーリエ変換レンズの1例である。

### 3-2-3 実験結果

図13に記録するホログラム径を変化させたときの再生像解像力をあらわす。図中にコヒーレント光に対する解像力の理論値 (Rayleigh 基準) を一・一で示す。□が実測値である。

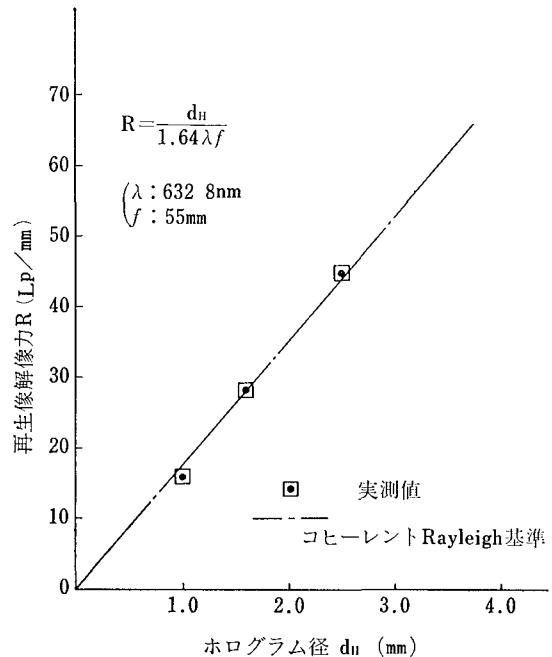


図13 ホログラム径と再生像解像力

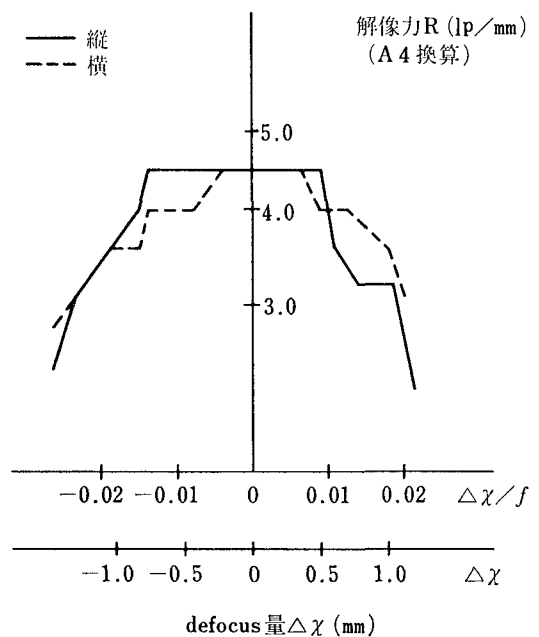


図14 再生像焦点深度

図14には2.5mm径のホログラムの再生像焦点深度をあらわす。図では横軸に defocus 距離を、縦軸に解像力(A4判換算解像力)を示す。A4判換算解像力とは再生像をA4判の大きさに拡大した場合の解像力をあらわす。

図14をみると深度はフーリエ変換レンズの焦点距離  $f$  の約1%である。本実験の場合、深度は $\pm 0.5\text{mm}$ となる。以上のホログラムの回折効率 $\eta$ 、再生像明暗比(再生像の画像部と Back Ground 部の比)の値を含めた再生像の性能を表1に示す。

図15はホログラム再生像の一例である。径2.5mmのホログラムよりの再生像で、A4判換算解像力 $4.5\text{lp/mm}$ 、明暗比100の画像である。(図15は再生像を白黒反転してある。)

### 3-2-4 考察

図13より記録したホログラムの再生像解像力はほぼ理論解像力に一致することがわかる。これは本方法によ

解 像 力	回折限界解像力
焦点深度	$\sim 0.01 f$ ( $f$ : フーリエ変換レンズ焦点距離)
明 暗 比	100 : 1
回折効率	7~10%

表1 再生像の性能

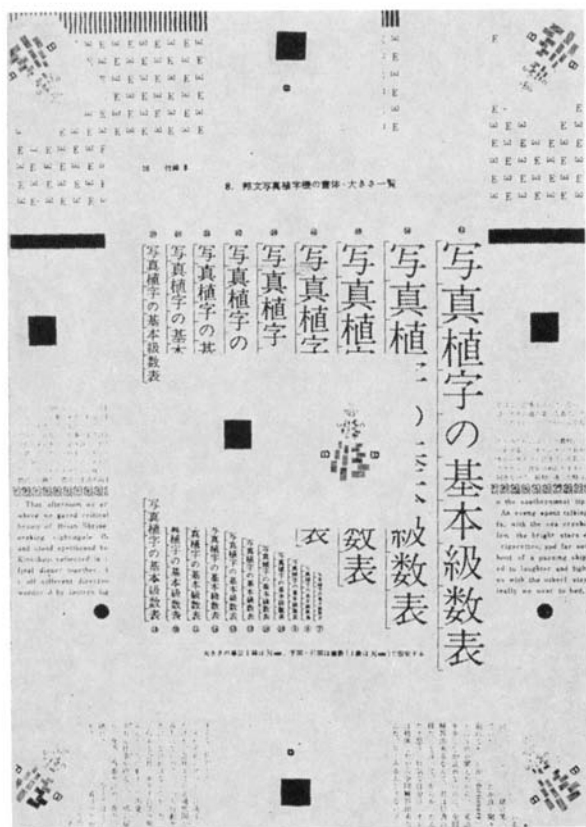


図15 ホログラム再生像

るホログラム記録が光の波長できまる理論限界の記録(回折限界の記録)をしているといえる。また、再生像は銀塩感材としては高回折効率、高明暗比を示しているが、これは開発したランダム位相板により物体光がホログラム内に比較的均一に分散していること、および銀塩感材の漂白処理が高回折効率を維持しながら散乱ノイズの少ない処方であることによると考える。

また、図13より再生像解像力とホログラム径は比例することがわかるが、これは記録しようとする画像の必要とする解像力からそれに対応するホログラム径が一義的に決定できることを示すものであり、応用目的により適宜ホログラム径を選択すればよい。

図14より焦点深度は2.5mm径のホログラムの場合、約 $\pm 0.5\text{mm}$ (フーリエ変換レンズの焦点距離の約1%)である。A4判の画像を2.5mm径のホログラムに記録した場合、その縮率は約1/100と考えられる。これはマイクロ写真の分野では超マイクロと呼ばれる領域に入るものである。縮率が1/24である通常のマイクロ写真の焦点深度が約 $\pm 0.1\text{mm}$ 以下であることと比較すると、本方式では記録密度が1桁高いにもかかわらず深度は数倍大きくなり、光学系の機械的寸法許容度が大きいといわれるホログラム記録の特徴を実証している。

## 4 応用

本章ではホログラフィによる高密度画像記録の応用について若干述べる。

記録しようとする画像の情報量に応じてホログラムの径を変えることで様々な情報量をもつ画像の記録に処理できることがわかった。

ここでは情報量の比較的多い画像を記録する例として文書画像ファイルへの応用について述べる。

また情報量の比較的小さい画像を記録する例として漢

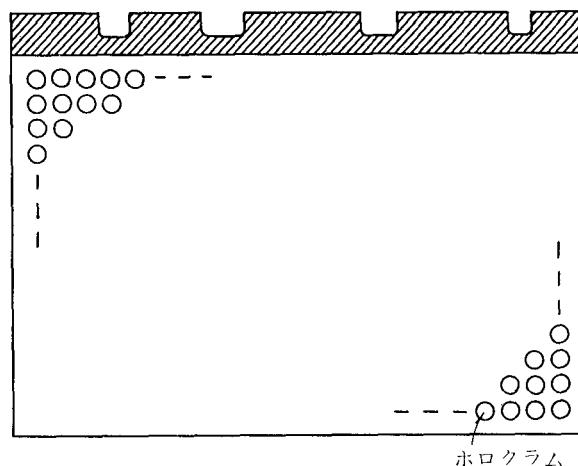


図16 ホログラムフィッシュ

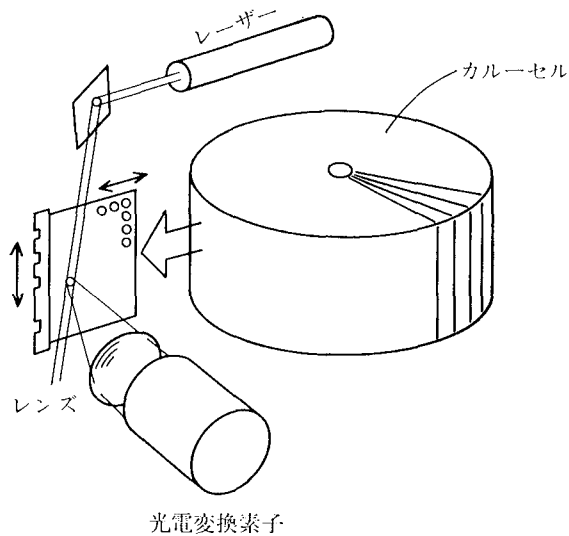


図 17 ホログラム検索装置

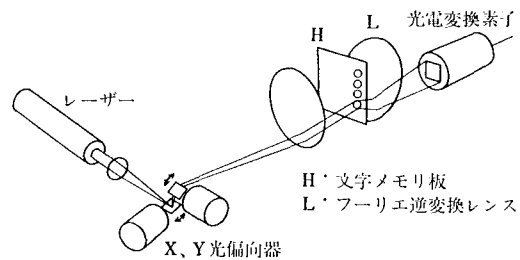


図 18 ホログラム漢字パターン発生器

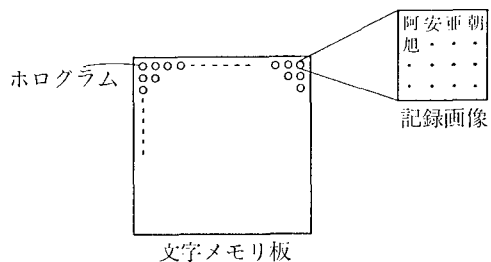


図 19 文字メモリ板

字パターン発生器への応用について述べる。

#### 4-1 文書画像ファイルへの応用

事務量の増大に伴い文書も増大の一途をたどっていくことが予想される。本技術をこのような文書画像のファイルへ応用することで非常にコンパクトにファイルすることが可能となる。

例えば、本技術によれば A4 判文書 1 ページは  $5 l_p / \text{mm}$  の解像力をもった画像として径 2.6mm のホログラムに記録できる。このホログラムをシートフィルムにホログラムフィッシュとして図 16 のように記録する。シートフィルムとして例えば  $150 \times 200 \text{ mm}$  のものを考えると 1 枚のフィッシュに A4 判文書が約 2,000 コマ記録できる。このフィッシュを図 17 のように多数枚カルーセルに配置して検索信号によりフィッシュを選択する。フィッシュを約 100 枚用意すればこれだけで 20 万コマの文書情報を記録することが可能であり、機械的寸法許容度が大きく、ゴミ、キズに強い等の特徴を発揮させ、比較的簡単な構成で大容量のファイルが構成できる。

再生像は直接肉眼でみるより一度光電変換し、ディスプレイの方が好ましい。光電変換には高解像ビジコン、一次元、二次元の固体センサーアレイ等が適している。

光電変換した信号はディスプレイにてソフトコピーするなり、プロッターに送ってハードコピーすることが可能である。

この応用を実現するには次の二つの技術を実現することが必要となろう。

第 1 は空間変調素子と呼ばれるものである。文書をホログラムに記録するには文書から直接には記録できず、一度写真フィルムなどに記録してからホログラム化する。

つまりホログラムには 2 段階の記録過程が必要であるが、これではユーザーが自ら文書を手軽に記録するのは

難しい。そこで文書画像を 1 度書換え可能な中間媒体に記録しこれを物体としてホログラム化する。このような中間媒体を空間変調素子あるいはインコヒーレント・コヒーレント変換素子といい、液晶＋光導電体<sup>21)22)</sup>、電気光学結晶＋光導電体<sup>23)</sup>、セラミック＋光導電体<sup>24)</sup>などいろいろな材料によりその可能性が検討されている。

第 2 は書換え可能あるいは無現像のホログラム記録用材料である。

ユーザーが手軽にホログラム化できるためにはホログラム材料も銀塩のように湿式の現像処理が必要なものは、作業性、保守性などの面であり好ましいとはいえない。そこで書換え可能な材料、あるいは書換えできなくても無現像の材料が必要となる。

以上 2 つの技術が実現できれば広範な応用が可能となろう。

#### 4-2 漢字パターン発生器への応用

英数字と異なり漢字パターンのもつ情報量は圧倒的に多い。1 文字を  $32 \times 32$  ビットであらわすとすると 1 文字で 1 K ビットとなり、例えば 5,000 字の漢字を記録させる場合その情報量は 5 M ビットとなる。このような大量の情報を電氣的メモリに記憶させようとすると、そのコストはかなり高価になる。漢字パターンメモリに本技術を応用するとその高密度性を生かして低コストの発生器が実現可能となる。

図 18 はその具体例で、1 つのホログラムには図 19 のように複数文字記録しておく。これをホログラム乾板に格子状に配列したものを文字メモリ板とする。これを図 18 にあるようにレーザービームをガルバノミラー等の光偏向器により X-Y 2 方向にビームを偏向し、読出したい漢字の記録されているホログラムを照明する。ホログラムからの再生像はホログラム後方に置かれたフーリ

エ逆変換レンズLにより光電変換面上に複数文字が同時に再生される。光電変換素子はこれら複数文字の中から所望の一文字だけを選択読出しする。

光電変換素子としてはビジコン等の撮像管、またはCCD等の固体エリアセンサーが適している。

数値例をあげると、本記録技術では1文字あたり64×64本の解像度をもつパターンを0.5mm径のホログラムに16文字収容できる。これをマトリクス状に20×20=400ホログラム配列する。ホログラム間隔を1mmとすると総文字数6,400字記録したメモリ板が約20×20mmの小さな面積に収まってしまう。

このメモリ板を図18の光学系で読出せば比較的コンパクトな装置で大容量の記憶が可能となり、またコストも電氣的メモリに比べはるかに安価にできる可能性がある。

電氣的メモリでは文字品質(ドット数)を増加させたり、総文字数を増加させるとメモリのコストは比例的に上昇する。これに対して本方式のような光学的メモリでは上記増加に対してコストは比例的に上昇せずわずかなコスト増で済み、広い範囲の容量に対して低コストで対応できる。

## 5 おわりに

ホログラムによる高密度画像記録技術について、その理論的背景、ランダム位相板の検討およびそれを用いた画像記録実験、そして本技術の応用について述べてきた。

検討の結果、記録密度がほぼ理論限界まで達成可能であることが確認できた。今後は適切な応用に目標を設定し応用開発を行っていく所存である。

本技術が広い応用を展開していくには、記録材料、空間変調素子などの材料技術の進展、および装置のコンパクト性、信頼性等を向上させるための半導体レーザー、およびCCDイメージセンサー等の動向が重要な鍵となろう。

## 参考文献

- 1) D. Gabor: Nature, 161, 777-779 (May 15, 1948)
- 2) E. N. Leith, J. Upatnieks: J. Opt. Soc. Amer., 52, 10, 1123-1130 (1962)
- 3) 小山: 信学誌, 60, 11, 1318-1320 (1977)
- 4) 三橋, 島田: 応用物理, 47, 3, 229-233 (1978)
- 5) 大越: ホログラフィ, 電子通信学会発行 (1977)
- 6) K. von Biern: Appl. Opt., 10, 12, 2739-2742 (1971)
- 7) 岩本: 光学, 7, 4, 151-159 (1978)
- 8) M. Kato, Y. Nakayama, T. Suzuki: Appl. Opt., 14, 5, 1093-1098 (1975)
- 9) E. C. Kinter, R. M. Sillitto: Opt. Acta, 20, 9, 721-728 (1973)
- 10) 船戸, 安倍, 河津: 第24回応物学会予稿集1, 26p-H-3 (1977.3)
- 11) J. C. Urbach and R. W. Meier: Appl. Opt., 8, 11, 2269-2281 (1969)
- 12) R. J. Collier, C. B. Burckhardt, L. H. Lin: Optical Holography, ACADEMIC PRESS NY (1971)
- 13) D. H. McMahon: Appl. Opt., 11, 4, 798-806 (1972)
- 14) J. Upatnieks: Appl. Opt., 6, 11, 1905-1910 (1967)
- 15) C. B. Burckhardt: Appl. Opt., 9, 3, 695-700 (1970)
- 16) 角田: 光学, 2, 6, 329-346 (1973)
- 17) 佐藤, 加藤: 第36回応物学会予稿集1, 22a-H-8 (1975)
- 18) H. J. Gerritsen, W. J. Hannan, E. G. Ramberg: Appl. Opt., 7, 11, 2301-2311 (1968)
- 19) 安倍, 大河内, 船戸, 佐々木, 河津: 第36回応物学会予稿集1, 22a-H-12 (1975)
- 20) 安倍, 船戸, 河津: 第25回応物学会予稿集, 29a-F-10 (1978.3)
- 21) J. Grinberg, et. al.: Opt. Eng., 14, 217-225 (1975)
- 22) 金子, 鳥居: 第8回画像工学コンファレンス論文集, 49 (1977)
- 23) S. T. Cremmins, T. E. Luke: IEEE Trans. Electron. Devices, ED-18, 761-768 (1971)
- 24) J. R. Maldonado, A. H. Meitzler: Proc. IEEE, 59, 368-382 (1971)



# 有機化合物のPN接合における整流性

Rectification Effects Based on the PN Junction of Organic Compounds

谷川清\*

Kiyoshi Tanikawa

## 要 旨

$\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  有機半導体ホトセルにおいて、整流効果が観測されるが、これは内部に形成されたPN接合に起因していることがわかった。

PN接合は、ポリ  $[\gamma-(\beta\text{-N-カルバゾリルエチル})\text{-L-グルタメート}]$  (PCLG) フィルムを2,4,7-トリニトロフルオレノン (TNF) のベンゼンあるいはメチルエチルケトン溶液に浸漬することによって作成した。PCLGのみおよびTNFをドーピングしたPCLGはそれぞれP形、N形の特性を示しPN接合が形成できる。

接合は照明の有無に拘らず整流特性を示し、この特性はショックレーの理論式に良く合致する。また、短絡光電流も観測され、無機半導体のPN接合に近い性質をもっていることがわかった。

## ABSTRACT

It was found that rectification effects in sandwich structure photocell of  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  were attributable to a P-N junction barrier. The P-N junction barrier was made by immersing a poly  $[\gamma-(\beta\text{-N-carbazolyethyl})\text{-L-glutamate}]$  (PCLG) film in either benzene or methylethylketone solution of 2,4,7-trinitrofluorenone (TNF), because PCLG and PCLG doped with TNF behave as P-type and N-type organic semiconductors respectively. Rectification effects of the junction both in dark and under illumination have been observed to be in good agreement with a theoretical P-N junction equation for inorganic semiconductors. Furthermore, even without an applied field the short circuit photo-current has been observed.

## 1 はじめに

有機半導体の整流効果に関して多くの報告がなされているが、その多くは金属-有機半導体間の障壁、あるいは異種有機半導体間の障壁に起因するものである<sup>1)~10)</sup>。例えば、アントラセン、テトラセン、銅フタロシアニンと金属間の整流効果、あるいはインジゴクロラニル/*p*-フェニレジアミン、アニオニックポリマー/カチオニックポリマー間の整流効果が報告されている。

この論文では同一の有機半導体をベースにし、不純物を溶液ソースから拡散でドーピングしてCT complexを形成したPN接合の整流効果について報告する。

使用したベースの有機半導体はポリ  $[\gamma-(\beta\text{-N-カルバゾリルエチル})\text{-L-グルタメート}]$  (以後PCLGと呼ぶ) で、その構造式は第1図に示すようなもので、一般にP形の特性を示す<sup>11)</sup>。

添加不純物としては2,4,7-トリニトロフルオレノン (以後TNFと呼ぶ) を用い、ベンゼンあるいはメチルエチルケトンに溶解し、PCLGをこの溶液に長時間浸漬することによって表面をN形層<sup>12)</sup>に変換しPN接合を形成した。

PN接合の特性測定の際に金属電極と有機半導体の界面に障壁が形成され、この障壁の効果とPN接合の効果とを混同する恐れがある。このため別に  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}//\text{Au}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  セルを作成し、これらのセルの整流効果は  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  の整流効果とは全く別のものであること

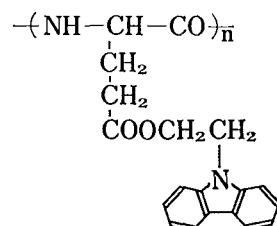


図1 ポリ  $[\gamma-(\beta\text{-N-カルバゾリルエチル})\text{-L-グルタメート}]$  の構造式

★技術本部 第1技術部

First Technology Department, Technical Division

を確認した。

整流特性は光を照射した場合としない場合の電流電圧特性として測定し、光電流としては短絡電流として測定を行った。

## 2 実験

### 2-1 ホトセルの調製

まず、PCLG のフィルムはキャスト法によって透明酸化インジウム電極上に調製した。次に、PCLG のフィルムの上に金あるいはインジウムを蒸着し、半透明の主電極およびガード電極を作成した (図 2-a)。Au あるいは In の有効電極面積は  $50\text{ mm}^2$  であり、主電極とガード電極との距離は  $1\text{ mm}$  であった。三つのリード線は銀ペースト (du Pont No. 4817) で主電極、対電極、ガード電極のそれぞれに取付けた。このようにして得たホトセルを  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{Au}$  と略記する (図 2-b)。

PCLG はベンゼンやメチルエチルケトンには溶解しない。しかし、TNF はベンゼンやメチルエチルケトンには溶解する。従って、透明な  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極上の PCLG のフィルムを、TNF のベンゼンやメチルエチルケトン溶液に浸漬することによって、TNF は PCLG のフィルム内へ徐々に拡散され、その拡散した TNF の一部は PCLG と電荷移動錯体を形成する。しかしこの電荷移動錯体は PCLG のフィルムが TNF の溶液と直接接している面の近くにてできる。このようにして得たホトセルを  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  あるいは  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{In}$  と略記する (図 2-d)。

一方、PCLG と TNF とを含有した 1, 2-ジクロロエタン溶液から均一なフィルムを調製した。この均一なフィルムは成分として、PCLG, TNF, PCLG-TNF complex を含んでいる。このようにして得たホトセルを  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  と略記する (図 2-c)。

### 2-2 光電導体の測定

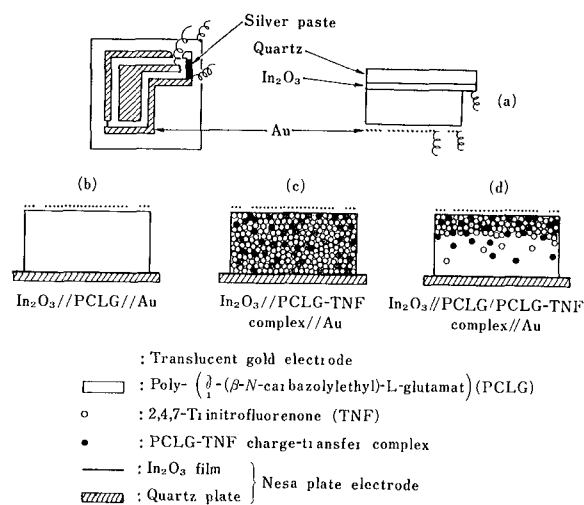


図 2 ホトセル構造

測定はすべて室温真空中で行い、光を照射するときには半透明 Au 電極側と  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極側とから照射した。光源としては  $500\text{ W}$  のタングステンランプを使用し、Beckmann 形モノクロメータを通して単色光を照射した。その半値幅は  $10\text{ nm}$  である。照射光の強度測定には EG & G シリコンフォトダイオードを用いた。

印加電圧の測定には通常の電圧計を用い、電流の測定には振動容量形電位計を使用し、記録計に記録した。電流の測定に際し、一般に過渡現象があるので電流が飽和に達するまで測定を行った。

## 3 結果と考察

### 3-1 PN 接合の暗電流特性

図 3 に  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の暗電流の電圧依存性を示す。便宜的に順方向、逆方向という言葉は Au 電極をそれぞれ負、正極性にバイアスした場合に用いることにする。

図 3 から逆方向暗電流  $I_d^+$  ( $I_d^+ = I_d^{ob} - I_0^{ob}$ ,  $I_d^{ob}$  と  $I_0^{ob}$  とはそれぞれ電圧が印加された場合と印加されない場合の暗電流の測定値である) は、逆方向印加電圧の増加とともに飽和し、その電流値はそれ程大きくない。一方順方向の暗電流  $I_d^-$  ( $I_d^- = -(I_d^{ob} - I_0^{ob})$ ) は順方向印加電圧の増加とともに急速に減少する。

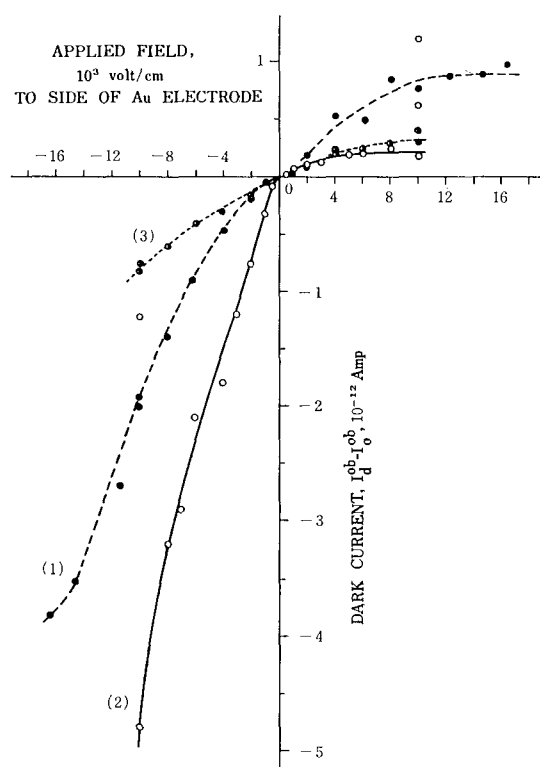


図 3  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の暗電流 ( $I_d$ ) 対電圧 ( $V$ ) 特性

- (1) 膜厚  $28\text{ }\mu\text{m}$ , 123 時間浸漬 (2.5wt.% TNF in MEK 溶液)
- (2) 膜厚  $12\text{ }\mu\text{m}$ , 123 時間浸漬 (2.5wt.% TNF in MEK 溶液)
- (3) 膜厚  $11\text{ }\mu\text{m}$ , 169 時間浸漬 (飽和 TNF in MEK 溶液)

この電圧電流特性はシリコンあるいはゲルマニウムのダイオードの特性に類似している。

図4に  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{Au}$  と  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の暗電流電圧特性を示す。

これら2種のホトセルにおいて、暗電流—印加電圧の関係は  $\pm 12\text{ kV/cm}$  までの高印加電圧範囲において直線関係を示した。このような現象は PVK においてもまた報告されている<sup>(12), (13)</sup>。低印加電圧領域における非オーミック関係は、電極金属と有機化合物との間の接触効果に起因しているものと思われる。高印加電圧領域における直線関係は、電極金属と有機化合物との界面層の比較的弱い空間電荷制御効果が破壊された結果生じるものと考えられる。従って、 $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  において、Au あるいは  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極と PCLG-TNF complex あるいは PCLG 層との間の接触界面に起因する整流効果は、高印加電圧領域では無視することができる。

一般に、有機化合物の移動度は通常小さいけれども、有機物に見出されている整流効果の1部はバンド理論によるPN接合という言葉でしばしば論じられている。

Schockley<sup>(14)</sup>によると、PN接合を通して流れるトータルの電流  $I$  は次のような式(1)であらわされている。

$$I = I_s [\exp(qV/kT) - 1] \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $I_s$  は飽和電流であり、逆方向のバイアスで流れる電流である。 $V$  は接合自身に印加されている電圧 ( $V$  の正の値は順方向を示す) である。また  $q$  は電荷量であり、 $kT$  は熱エネルギーである。

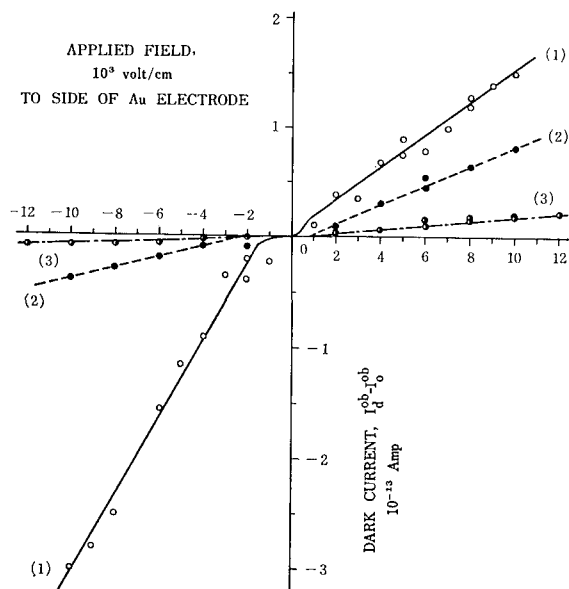


図4  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{Au}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の暗電流 ( $I_d$ ) 対電圧 ( $V$ ) 特性

- (1)  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  セル, PCLG: TNF = 1:1, 膜厚 =  $26\mu\text{m}$
- (2)  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  セル, PCLG: TNF = 1:0.1, 膜厚 =  $20\mu\text{m}$
- (3)  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{Au}$  セル, 膜厚 =  $13\mu\text{m}$

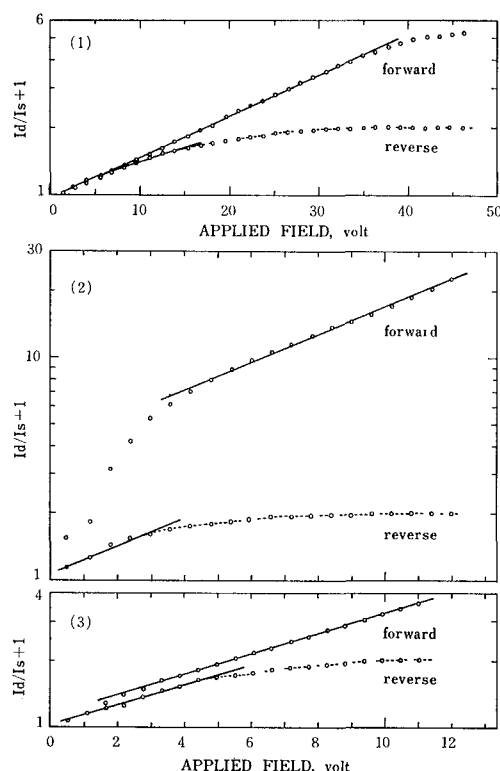


図5  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  セルの  $\log(I_d/I_s + 1)$  対  $V$  特性

- (1) 膜厚  $28\mu\text{m}$ , 123時間浸漬 (2.5 wt. % TNF in MEK)
- (2) 膜厚  $12\mu\text{m}$ , 123時間浸漬 (2.5 wt. % TNF in MEK)
- (3) 膜厚  $11\mu\text{m}$ , 169時間浸漬 (飽和 TNF in MEK)

$\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  における  $\log(I_d/I_s + 1)$  と  $V$  との関係を図5に示す。図4と図5とから、 $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  が、電極と、PCLG あるいは PCLG-TNF complex 層との間の空間電荷効果よりもむしろ PCLG と PCLG-TNF complex 層間の PN 接合に起因する特性を示していることがよくわかる。さらに、このことを支持するものとして図6に  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{In}$  の整流効果を示しておく<sup>(15)</sup>。

暗電導性の特性を表1にまとめて示した。 $\log(I_d/I_s + 1)$  と  $V$  とのプロットの直線部分の傾き ( $q/kT$ )<sub>ob</sub> もまた表1に示した。測定された傾きは理論値 ( $q/kT = 40\text{ V}^{-1}$ ,  $293^\circ\text{K}$ ) よりも著しく小さいことがわかる。この傾きの測定値と理論値との差は次に述べるようなことから理解できるだろう。即ち、Ge や Si における PN 接合に対する式(1)は、逆方向の電流のバリアの抵抗が高いために、外部から印加された電圧が全て効率的に接合部のみに印加されるという仮定のもとに成立している。さらに、Ge や Si の電気抵抗 ( $300^\circ\text{K}$  で、それぞれ  $43\Omega\text{ cm}$ ,  $2.6 \times 10^5\Omega\text{ cm}$ )<sup>(16), (17)</sup> は PCLG や PCLG-TNF complex (表1) に比較して非常に低いため、Ge や Si

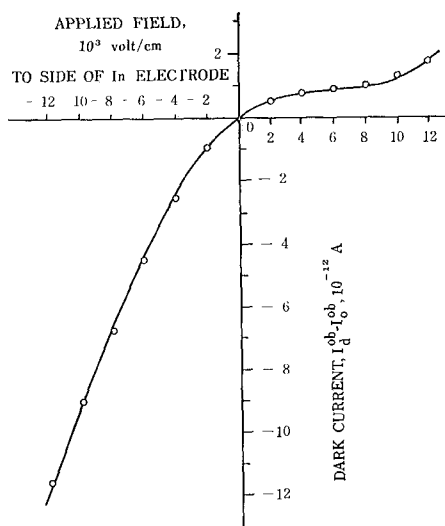


図6 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//In セルの暗電流  $I_d$  対  $V$  特性

に外部から印加した電圧の電圧降下はほとんどあらわれない。しかし、PCLG や PCLG-TNF complex の電気抵抗は Ge や Si に比較して非常に高く、これらはむしろ絶縁体として挙動する。従って、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//Au に外部から印加した電圧の実質的な電圧降下が生じ、接合部自身に加わる電圧は非常に小さなものとなる。また、このホトセルの熱生成キャリアも非常に少ない。

### 3-2 PN 接合の光電流特性

In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//Au の Au 電極側から光照射を行った場合の順方向および逆方向の光電流の電圧依存性を図7に示す。逆方向の光電流  $I_p^+$  は逆方向の印加電圧の増加につれて、わずかに増加して比較的低い電流値で飽和している。一方、順方向の光電流  $I_p^-$  は非オームの関係を保ちながら著しく減少している。ここで  $I_p^+ = (I_p^{ob} - I_d^{ob})/W_p$ ,  $I_p^- = -(I_p^{ob} - I_d^{ob})/W_p$ ,  $I_p^{ob}$  と  $I_d^{ob}$  とはそれぞれ測定された光電流と暗電流とである。 $W_p$  は半透明電極を通過し、ポリマー層と電極との界面に到達した照射光の強度である。

In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG-TNF complex//Au の光電流の印加電圧依存性を図8に示す。均一に混合した試料において、

PCLG と TNF との違ったモル比にかかわらず、光電流と印加電圧との関係の全ての測定値は  $\pm 10$  kV/cm までの印加電圧範囲で直線関係を保っている。In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//Au の Au 電極側から光照射を行った場合、より高い印加電圧範囲で電極と PCLG あるいは PCLG-TNF complex 層との界面にもとづく整流効果は、暗電流の印加電圧依存性との関係と同様に、無視することができる。

無機半導体に関しては、光照射時の PN 接合効果が、Bube<sup>18)</sup> や Pankove<sup>19)</sup> によって述べられている。

光が PN 接合障壁内で吸収されると、電子-正孔対が生成し、接合障壁に加わっている電界によって、この電子-正孔対が分離され、電子は N タイプ領域へ移動し、一方正孔は P タイプ領域へ移動する。そして移動した電子、正孔が作る電位差で PN 接合は順方向にバイアス加わる。従って、光を照射した PN 接合は電池のように作用し、外部回路を PN 接合素子に接続すると、光起電圧  $V_p$  が測定できる。また、もし直列抵抗が低ければ光電流が測定できる。言い換えると、接合部に光を照射したとき、短絡回路の電流  $I_{sc}$  は逆方向バイアスの場合と同様な方向に流れる。もし、回路に外部負荷抵抗があると電流  $I$  は次式で表わされる。

$$I = I_{sc} - I_s [\exp(qV_p/kT) - 1] \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $I_s$  は PN 接合の飽和電流、 $V_p$  は光起電圧、 $I_{sc}$  は短絡電流である。

もし、光が接合障壁内で吸収されず、接合部から離れたところで吸収されると、式(2)はもはや適用されない。光が In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//Au の Au 電極側に照射されると、光は Au 電極近傍で殆ど吸収され、発生したキャリア対の電子のみが内部電界によって接合部に移動する。したがって、このときの光電流は式(1)において  $I_s$  が増加したのと同じ様な挙動を示すはずである。 $W$  ランプの光が実際に Au 電極近傍で吸収されているということは表2の吸収特性から知ることができる。

もし、以上の推論が正しいとすると、Au 電極側を照射したときの  $\log(I_p/I_s + 1)$  と  $V$  との関係は暗電流-電圧の関係と類似したものとなるはずである。図9は  $\log$

Sample	$I_d^-/I_d^+$ at 10 kV/cm	$\sigma_d$ ( $\Omega$ cm)		$(q/kT)_{ob}$ ( $V^{-1}$ )		$\frac{40}{(q/kT)_{ob}}$ <sup>a)</sup>
		forward	reverse	forward	reverse	
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> //PCLG/PCLG-TNF complex//Au (1) <sup>b)</sup> , thickness 28 $\mu$ m	4 <sup>c)</sup>	$2.1 \times 10^{15}$		0.043	0.031	$\sim 10^3$
(2) <sup>b)</sup> , thickness 12 $\mu$ m	22	$1.0 \times 10^{15}$		0.14	0.14	$\sim 300$
(3) <sup>b)</sup> , thickness 11 $\mu$ m	3	$6.0 \times 10^{15}$		0.11	0.10	$\sim 400$
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> //PCLG-TNF complex//Au (1) <sup>d)</sup> , thickness 26 $\mu$ m	2	$1.7 \times 10^{16}$	$3.3 \times 10^{16}$			
(2) <sup>d)</sup> , thickness 20 $\mu$ m	0.5	$1.3 \times 10^{17}$	$6.1 \times 10^{16}$			
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> //PCLG//Au (3) <sup>d)</sup> , thickness 13 $\mu$ m	0.4	$6.3 \times 10^{17}$	$2.8 \times 10^{17}$			

<sup>a)</sup>  $q/kT = 40V^{-1}$  at 293°K,  $\sigma_d$ : forward of reverse resistivity. <sup>b)</sup> In Figs. 3 and 5. <sup>c)</sup> At 16 kV/cm. <sup>d)</sup> In Fig. 4.

表1 暗状態における整流性

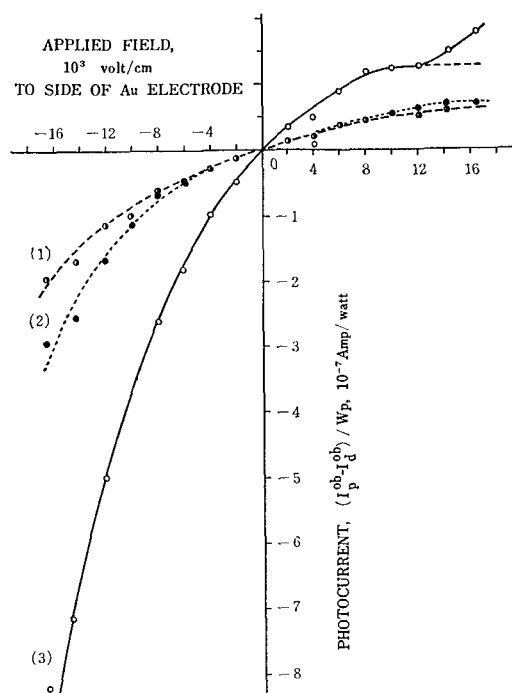


図7  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  セルの光電流  $I_p$  対  $V$  特性  
膜厚  $28\ \mu\text{m}$ , 123時間浸漬 (2.5 wt. % TNF in MEK)  
Au 側照射 (1) 照射波長  $420\ \text{nm}$   
(2) 照射波長  $520\ \text{nm}$  (3) 照射波長  $580\ \text{nm}$

$(I_p/I_s+1)$  と  $V$  とのデーターをプロットしたもので、図5と同じような傾向を示している。

表3は光照射時の整流特性をまとめたものであるが、 $[(q/kT)_{ob}]$  も暗状態の場合に近い値をとっている。

### 3-3 短絡光電流波長特性

図10に  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  の短絡光電流と照射光の波長の関係のデーターを示す。比較のために PCLG-TNF complex セルに対する3波長特性もプロットしてある。図11は同じセルを順方向および逆方向にバイアスしたときの光電流の波長依存性を示す。図12には  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  セルのバイアス電圧印加時の光電流の波長依存性を示す。

図10の曲線で  $\text{In}_2\text{O}_3$  側を照射した場合に、長波長領域で電流方向が逆転し、Au 電極から  $\text{In}_2\text{O}_3$  側に電流が

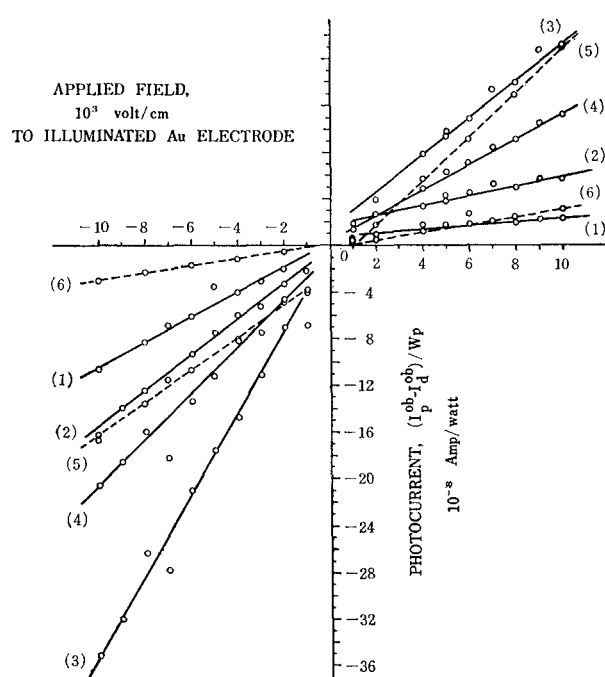


図8  $\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$  のセルの光電流  $I_p$  対  $V$  特性  
Au 側照射

- (1) 膜厚  $26\ \mu\text{m}$ , PCLG : TNF=1, 照射光波長  $420\ \text{nm}$
- (2) "  $26\ \mu\text{m}$ , " , "  $520\ \text{nm}$
- (3) "  $26\ \mu\text{m}$ , " , "  $580\ \text{nm}$
- (4) "  $26\ \mu\text{m}$ , " , "  $640\ \text{nm}$
- (5) "  $20\ \mu\text{m}$ , PCLG : TNF=1 0.1, "  $420\ \text{nm}$
- (6) "  $20\ \mu\text{m}$ , " , "  $580\ \text{nm}$

流れるが、バイアス電圧を印加した場合には図11に見られるように光電流の逆転は発生していない。このことは Au 電極側に界面の障壁が存在し、 $\text{In}_2\text{O}_3$  側からの入射光が Au 電極付近迄到達し吸収されると、界面障壁によって逆起電力が発生することを示している。一方、電圧を印加するとこの障壁は消滅し逆電流は無視できることを示している。

また  $\text{In}_2\text{O}_3$  側から照射した場合、短波長側の短絡光電流が急激に増加するのは、PN 接合による光起電力によるものと思われる。この光起電力も図11に示すようにバイアス電圧を加えることによって影響をうける。一方

Sample	Thickness of film ( $\mu\text{m}$ )	TNF content ( $10^{-5}\text{mol}$ )	Absorbance							
			wavelength (nm)	400	450	500	550	600	650	700
$\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$ (PCLG film immersed in MEK solution (2.5 wt.% TNF for 123 h))	13	1.4		3<	2.61	1.68	1.11	0.50	0.14	0.07
$\text{In}_2\text{O}_3//\text{PCLG-TNF complex}//\text{Au}$ (molar ratio of PCLG : TNF=1 : 1)	9	1.4		3<	2.15	1.43	0.90	0.41	0.11	0.06
	17	2.5		3<	3<	2.66	1.85	0.86	0.26	0.17
$\text{In}_2\text{O}_3//\text{PVK-TNF complex}//\text{Au}$ (molar ratio of PVK : TNF=1 : 1)	15	2.7		3<	3<	3<	2.63	1.66	0.67	0.30
light penetration depths for 90% absorption in molar ratio of PVK : TNF=1 : 1 <sup>(a)</sup>		( $\mu\text{m}$ )		2		6		11.8	20	

<sup>a)</sup> R. M. Schaffert, IBM J. Res. Dev. 15, 75 (1971).

表2 PCLG-TNF complex, PVK-TNF complex の吸収スペクトル

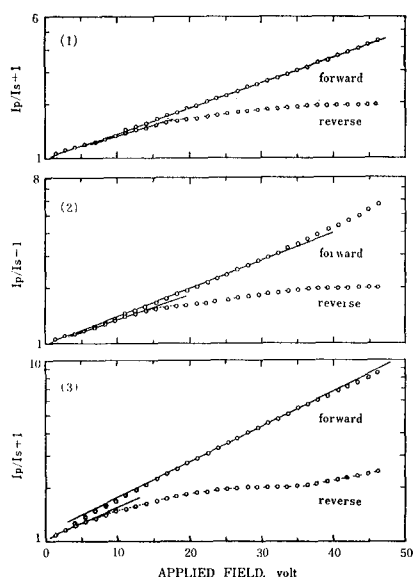


図 9  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の  $\log(I_p/I_s + 1)$  対  $V$  特性  
Au 電極側照射 (1) 照射波長 420 nm  
(2) 照射波長 520 nm (3) 照射波長 580 nm

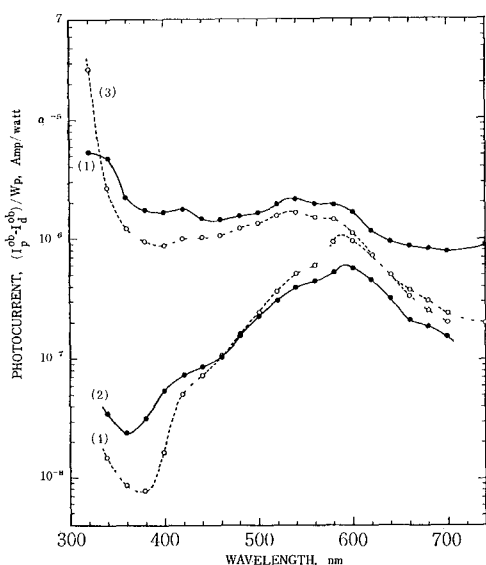


図 11  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の光電流の波長依存性  
印加電圧 = 10 kV/cm, 25 wt. % TNF in MEK, 123 h 浸漬, 膜厚 = 12  $\mu\text{m}$   
(1) = 負極性の Au 電極側照射 (2) = 正極性の Au 電極側照射 (3) = 負極性の  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極側照射 (4) = 正極性の  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極側照射

図 11 からわかるように短波長の光で照射した場合バイアス電圧印加の条件では  $\text{In}_2\text{O}_3$  側からの照射と Au 側からの照射との光電流は著しく変わる。このことから 600 nm で照射したときの光電流は PN 接合部で発生したキャリアによるものが多いと考えられる。厳密に言うなら式(1)式(2)の合成電流が観測されていることになる。

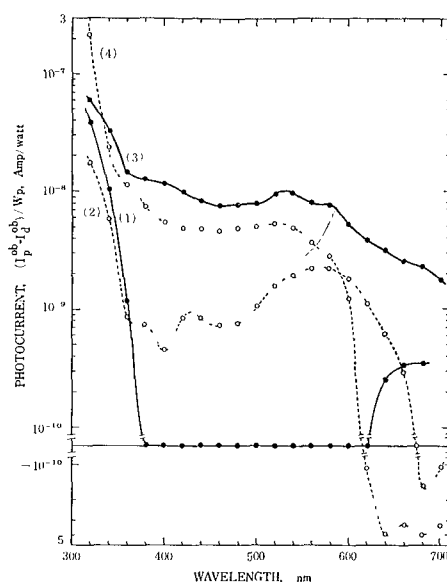


図 10  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  及び  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の短絡光電流の波長依存性  
(1)  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$ , Au 側照射, PCLG:TNF=1:1, 膜厚 26  $\mu\text{m}$   
(2)  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  側照射, PCLG:TNF=1:1, " 26  $\mu\text{m}$   
(3)  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$ , Au 側照射, 膜厚 12  $\mu\text{m}$   
(4)  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG}/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  側照射, " 12  $\mu\text{m}$

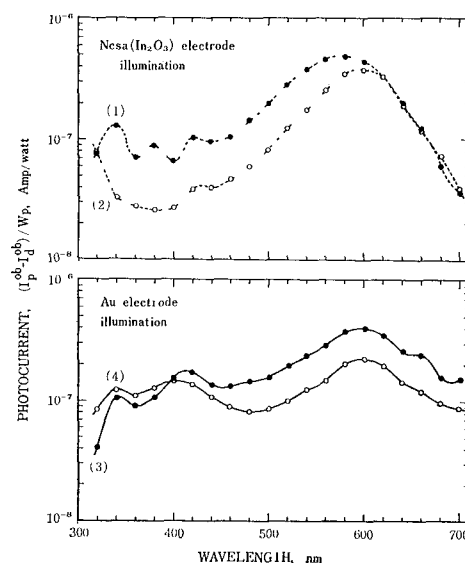


図 12  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{PCLG-TNF complex}/\text{Au}$  の光電流の波長依存性  
印加電圧 = 10 kV/cm, PCLG:TNF=1:1, 膜厚 = 26  $\mu\text{m}$   
(1) = 負極性の  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極側照射  
(2) = 正極性の  $\text{In}_2\text{O}_3$  電極側照射  
(3) = 負極性の Au 電極側照射  
(4) = 正極性の Au 電極側照射

同時にバイアス電圧の極性を変えても光電流の値がそれ程大きく変わらないことから、600 nm の波長で照射した場合には暗状態の整流特性に光電流が重畳している様な状況になっている。以上のことから無機半導体の PN 接合に近いものが形成されていると考えられる。

Sample	$\lambda$ (nm)	$I_p/I_p^1$ at 10 kV/cm	$\sigma_p(\Omega\text{cmW})^{a)}$		$(q/kT)_{\text{ob}}(\text{V}^{-1})$	
			forward	reverse	forward	reverse
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> //PCLG/PCLG-TNF complex//Au (1) <sup>b)</sup> , thickness 28 $\mu\text{m}$	420	3 <sup>c)</sup>	$4.1 \times 10^{10}$		0.032	0.030
	520	4 <sup>c)</sup>	$2.7 \times 10^{10}$		0.035	0.032
	580	7 <sup>c)</sup>	$9.5 \times 10^9$		0.045	0.042
	(2) <sup>d)</sup> , thickness 12 $\mu\text{m}$					
	420	30	$4.8 \times 10^9$		0.14	0.050
	520	5	$1.8 \times 10^9$		0.11	0.057
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> //PCLG-TNF complex//Au (1) <sup>e)</sup> , thickness 26 $\mu\text{m}$	580	6	$2.2 \times 10^9$		0.088	0.053
	640	5	$5.4 \times 10^9$		0.10	0.047
	(2) <sup>e)</sup> , thickness 20 $\mu\text{m}$					
	420	5	$4.7 \times 10^{10}$	$2.2 \times 10^{11}$		
	520	3	$3.2 \times 10^{10}$	$8.5 \times 10^{10}$		
	580	2	$1.4 \times 10^{10}$	$2.9 \times 10^{10}$		
	640	2	$2.4 \times 10^{10}$	$4.4 \times 10^{10}$		
	420	1	$3.1 \times 10^{10}$	$3.0 \times 10^{10}$		
	580	0.6	$1.6 \times 10^{10}$	$9.8 \times 10^{10}$		

a)  $\sigma_p = [V/I_p(WS)]^{-1} (S/d) (\Omega\text{cmW})$ ;  $V$ , applied field (V);  $I_p$ , photocurrent (A);  $W$ , illumination light intensity ( $\text{W}/\text{cm}^2$ );  $S$ , effective electrode area, or illuminated area ( $\text{cm}^2$ );  $d$ , distance between electrodes, or thickness of the film (cm).

b) In Fig. 9. c) At 16 kV/cm. d) In Figs. 7 and 9. e) In Fig. 8.

表 3 光照射状態における整流性

## 4 おわりに

In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG/PCLG-TNF complex//Au 構成のホトセルを試作し、その整流特性を検討した結果、次のような結論が得られた。

(1) PCLG フィルムに TNF を拡散でドーブすることによって無機半導体の場合と同じように PN 接合を形成することができた。

(2) In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>//PCLG 界面, PCLG-TNF complex//Au 界面のショットキ障壁の効果とは全く別の整流特性が観測され、これは PCLG/PCLG-TNF complex 境界部の PN 接合に起因することが判明した。

(3) PCLG 単体, PCLG-TNF complex 単体を用い、同じ構成のホトセルを試作し整流特性を観測したが、In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Au 電極界面に起因すると思われる微少な非直線しか観測されなかった。

(4) 暗状態におけるホトセルの電流電圧特性は Schockley の PN 接合の式によって近似することが出来た。

(5) Schockley の PN 接合の式の中の  $(q/kT)$  に相当する観測値は理論値の 1/100~1/1000 程度であった。

(6) 光の照射のもとでは光電流が観測されるが、短絡電流は長波長、短波長側で PN 接合部に起因すると思われる異常電流が観測された。

(7) バイアス電圧印加条件下で光を照射すると界面障壁に起因する異常電流は消滅した。

(8) 接合部で吸収されるような短波長側の光で照射した場合には、光電流の値はバイアス電圧の極性に依存する。

(9) Au 電極近傍で吸収される光で照射した場合の光電流は、単に PCLG-TNF complex のキャリア濃度が増加したのと同じ効果しか示さなかった。

以上のことから、有機半導体内に作った拡散接合はか

なりよい整流特性、光導電特性を示し、無機半導体の場合と同じように良好な（有機半導体としては）PN 接合が形成されているものと言える。

## 5 謝辞

本研究報告の一部は東北大学非水溶液化学研究所旗野研究室で行った研究成果である。ここに旗野昌弘教授に厚く感謝します。

## 参考文献

- 1) H. Kokado, Y. Oka, and E. Inoue: Electrophotography (Jpr.), 12, 30 (1973)
- 2) A. G. Chynoweth, and W. G. Schneider: J. Chem. Phys., 22, 1021 (1954)
- 3) D. M. J. Compton, W. G. Schneider, and T. C. Waddington: J. Chem. Phys., 27, 160 (1957)
- 4) W. Moore, and M. Silver: J. Chem. Phys., 33, 1671 (1960)
- 5) L. E. Lyons, and O. M. G. Newman: Aust. J. Chem., 24, 13 (1971)
- 6) A. K. Ghosh, and T. Feng: J. Appl. Phys., 44, 2781 (1973)
- 7) F. A. Haak, and J. P. Nolte: J. Chem. Phys., 38, 2648 (1963)
- 8) C. W. Tang, and A. C. Albrecht: J. Chem. Phys., 63, 953, 2139 (1975)
- 9) J. E. Meinhard: J. Appl. Phys., 35, 3059 (1964)
- 10) H. Z. Friedlander: J. Polym. Sci., C 4, 1447 (1963)
- 11) K. Tanikawa, Z. Okuno, T. Iwaoka, and M. Hatano, Makromol. Chem., 178, 1779 (1977)
- 12) K. Okamoto, S. Kusabayashi, and H. Mikawa, Bull. Chem. Sec. Jpn., 46, 1953 (1973)
- 13) A. I. Lakatos, J. Appl. Phys., 46, 1744 (1975)
- 14) W. Shockley: Electrons and Holes in Semiconductors, Van Nostrand, Princeton (1950)
- 15) 谷川・奥野・岩岡・旗野, 電子写真学会第38回研究討論会予稿集 43 (1976)
- 16) C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics" (Wiley, New York, 1966)
- 17) N. B. Hannay, "Semiconductors" (Reinhold, New York, 1959)
- 18) R. H. Bube: Photoconductivity of Solids (John Wiley, New York, 1967)
- 19) J. I. Pankove: Optical Process in Semiconductors (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1971)

# 高抵抗磁性トナーの現像

Development Using High Resistance Magnetic Toner

小林一雄\* 田中元治\*

Kazuo Kobayashi Motoharu Tanaka

## 要 旨

1成分導電性磁性トナー現像方式は、従来の2成分系現像方式に比べて、メンテナンスが容易、コンパクトおよび低コスト等の利点を有するので、最近、転写に有利な高抵抗の磁性トナーを用いて PPC 方式への展開が内外で試みられている。

高抵抗トナーの現像機構については、近藤の静電誘導現像理論が報告されている。本報告では、高抵抗トナーを用いた現像において現像時に流れる外部電荷  $Q$  およびトナー付着量  $M$  を測定して理論と比較した結果、理論と実測がよく一致していることを述べる。

## ABSTRACT

A single-component conductive magnetic toner development system has an advantage of less maintenance, compact size and low cost as compared with the conventional two-component development system. Attempts have been made, therefore, to apply the system to plain paper copier systems using a high resistance magnetic toner suitable for toner transfer.

With respect to the development mechanism using a high resistance toner, Dr. A. Kondo has made a report on an electrostatic induction development theory.

This paper describes that, in the development processing using a high resistance toner, the external charge  $Q$  which flows during the development processing and the amount of toner deposited on a photoconductor were measured and found to agree fairly well with the theoretical values obtained from Dr. Kondo's theory.

## 1 はじめに

導電性磁性トナーを用いた現像方式は、酸化亜鉛紙や静電記録紙を記録保持体とした直接式電子写真複写機やファクシミリに、ここ数年多くの実用化がされている。これらの1成分系現像方式は、鉄粉等をキャリアとした2成分系現像方式に比べて、メンテナンスが容易、コンパクトおよび低コスト等の利点を有するので、最近 PPC 方式への展開を、転写に有利な高抵抗の磁性トナーを用いた研究が内外で試みられている。

導電性磁性トナーおよび高抵抗磁性トナーの現像機構については近藤理論<sup>1)~5)</sup>が報告されている。近藤は静電誘導による現像モデルを提唱しており、高抵抗磁性トナーにおいても導電性トナーと同様に感光体より誘起される電荷によって現像が行われるとして理論を進めている。本報告は高抵抗磁性トナーを用いて、非常に簡潔にスタ

ティックに表わされた近藤理論で、実際の複雑な現像が説明されることを、現像回路を流れる外部電荷  $Q$  およびトナー付着量を  $M$  測定して、理論と実測とを比較して説明するものである。

## 2 磁性トナーの現像理論

### 2-1 現像機構

図1(a)は高抵抗磁性トナーにおける現像のモデル図、(b)はその等価回路を示し、 $C$ 、 $C_g$ 、 $C_t$ 、 $R_t$ はそれぞれ感光体、空隙、トナー層の等価容量および等価抵抗である。

表面電位  $V_0(=Q_0/C)$  に帯電した感光体が現像部に進入して来ると、等価回路の外部スイッチが閉じられ、空隙およびトナー層を充電する充電電荷  $Q_e$  が流れてトナーを帯電させる。

高抵抗トナーの時定数  $\tau_t$  は、感光体の表面電位  $V_0$  が低い場合には現像時間  $\tau_d$  より大きく、トナー層先端粒子に十分な電荷が生じないと考えられる。しかし、表面電位  $V_0$  が高い時にはトナー抵抗の電位依存性によりト

★技術本部 複写技術開発センター

R & D Center, Reprography, Technical Division



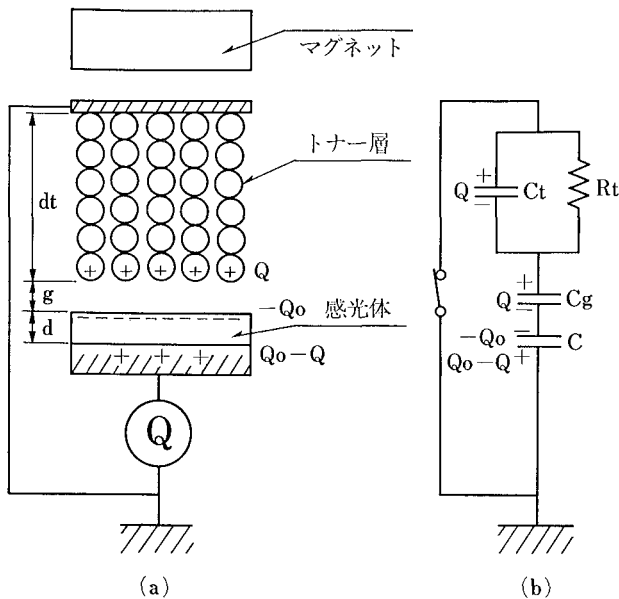


図1 磁性トナー現象の等価回路

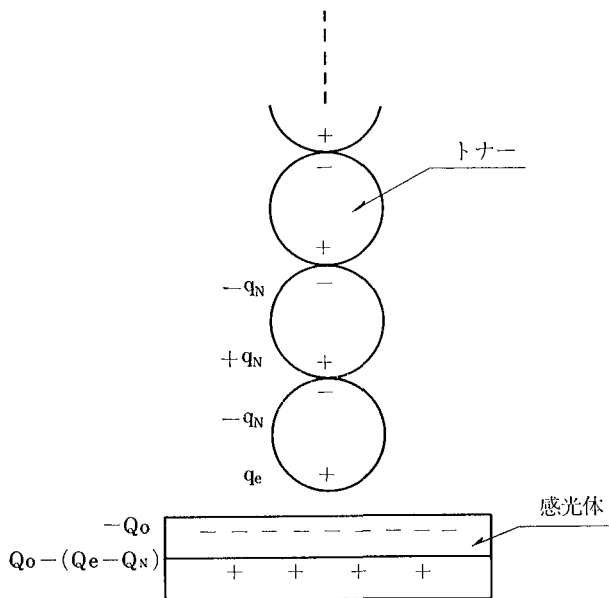


図2 トナー層の帯電状態

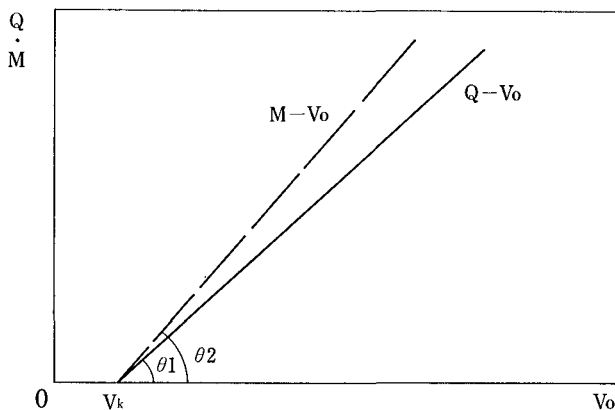


図3 現像特性

ナー抵抗が小さくなり、トナー層先端粒子に十分な電荷が生ずるようになる。図2はこの時のトナー層の帯電状態をモデル化して示し、 $q_e$  はトナー一個当りの誘導による充電電荷、 $q_n$  はトナー層内での電圧降下分  $V_N$  に相当するトナー一個当りの電荷である。

したがってトナー層の先端粒子の受けるクーロン力  $F_c$  は、感光体、トナー層の等価厚みをそれぞれ  $D=d/\epsilon$  および  $Dt=dt/\epsilon t$  として、単位面積あたりの  $q_e$ 、 $q_n$  をそれぞれ  $Q_e$ 、 $Q_N$  として ( $Q_e=q_e/2\pi r^2$ )

$$F_c = \frac{(Q_e - Q_N)^2}{2\epsilon_0} = \frac{1}{2\epsilon_0} \left\{ \frac{\epsilon_0(V_0 - V_N)}{D + Dt + g} \right\}^2 \dots (1)$$

で与えることができる。一方マグネットによるトナーの磁気吸引力を  $F_M$  とすれば、 $F_c \leq F_M$  の間はトナー層の充電が行われ、クーロン力  $F_c$  が磁気吸引力  $F_M$  よりも大きくなった時に現像が行われるので、現像開始電圧  $V_k$  は

$$V_k = (D + Dt + g)(2F_M/\epsilon_0)^{1/2} + V_N \dots (2)$$

で与えられる。

感光体の表面電位  $V_0$  が現像開始電圧  $V_k$  より高くなると、帯電したトナーは現像空隙を飛跳し感光体に付着する。この時外部回路を流れる電荷  $Q$  は、容量  $C_g$  を短絡させた場合に等しく

$$Q = \frac{\epsilon_0}{D + Dt} (V_0 - V_k) \dots (3)$$

となる。また、外部電荷  $Q$  のキャリアは現像された個々のトナーであるので、トナー一個の帯電量、重量をそれぞれ  $q$  および  $m$  とすれば、トナー付着量  $M$  は

$$M = \frac{m}{q} \cdot \frac{\epsilon_0}{D + Dt} (V_0 - V_k) \dots (4)$$

で表わされる。図3は(3)、(4)式の関係を図示しており、両直線の傾きはそれぞれ下記ようになる。

$$\tan \theta_1 = \frac{\epsilon_0}{D + Dt} \dots (5)$$

$$\tan \theta_2 = \frac{m}{q} \cdot \frac{\epsilon_0}{D + Dt} \dots (6)$$

トナーの比帯電量は、 $F_c \leq F_M$  の間に充電される比帯電量に等しく、トナー半径を  $r$ 、トナー比重を  $\rho t$  とすれば(2)式より

$$\frac{q}{m} = \frac{q_k}{m} = \frac{3}{4\rho t r} (2\epsilon_0 F_M)^{1/2} \dots (7)$$

となる。

## 2-2 理論のまとめ

磁性トナーの現像理論は上述の1節でほぼ明白になったが、実験結果の検討その他の目的に利用するための便宜上、上述の理論を基にして求められる各種理論式を以下で説明を行う。

現像条件が固定され、感光体厚  $d$  を変化させた場合の現像開始電圧  $V_k$  は(2)式より図4のように感光体厚増大と共に直線的に増加することが期待される。図4の直線

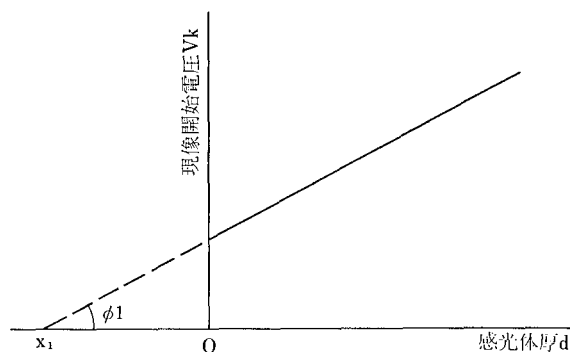


図 4 感光体厚と現像開始電圧

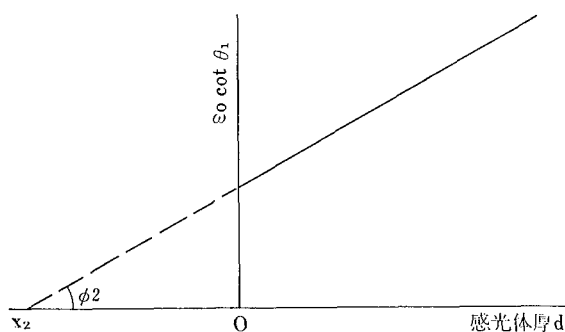


図 5 感光体厚と Q-V 特性の傾き

の勾配  $\tan \phi_1$  および横軸との交点の座標  $-x_1$  は(2)式より

$$\tan \phi_1 = \frac{dV_k}{dd} = \frac{1}{\epsilon} \left( \frac{2F_M}{\epsilon_0} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

および

$$x_1 = \epsilon \left\{ Dt + g + V_N \left( \frac{\epsilon_0}{2F_M} \right)^{1/2} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

となり、磁気吸引力  $F_M$  は  $\tan \phi_1$  より

$$F_M = -\frac{\epsilon_0}{2} (\epsilon \tan \phi_1)^2 \dots\dots\dots (10)$$

で求めることができる。

また、図 5 に感光体厚と Q-V 特性の傾きの逆数  $\epsilon_0 \cot \theta_1$  との関係を示し、(5)式より、図の勾配  $\tan \phi_2$  および横軸との交点の座標  $-x_2$  は

$$\tan \phi_2 = \frac{d(\epsilon_0 \cot \theta_1)}{dd} = \frac{1}{\epsilon} \dots\dots\dots (11)$$

$$x_2 = \epsilon Dt \dots\dots\dots (12)$$

となることが要求される。

また、(5)、(6)式よりトナー比帯電量  $q/m$  は、Q-V 特性、M-V 特性の直線の比によって求められ、

$$\frac{q}{m} = \frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} \dots\dots\dots (13)$$

となる。 $q/m$  の値は(7)式より感光体厚によらず一定となり、磁気吸引力  $F_M$  の 1/2 乗に比例することが予測され、図 6 および図 7 にはこの関係を図示する。

以上のことにより、高抵抗トナーは、導電性トナーに比べて、誘導の損失  $V_N$  を有することおよび見かけの誘

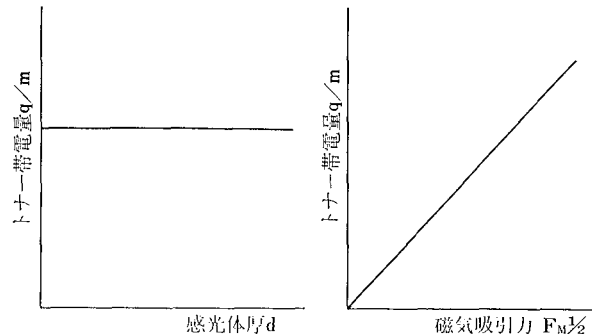


図 6 感光体厚とトナー帯電量 図 7 磁気吸引力とトナー帯電量

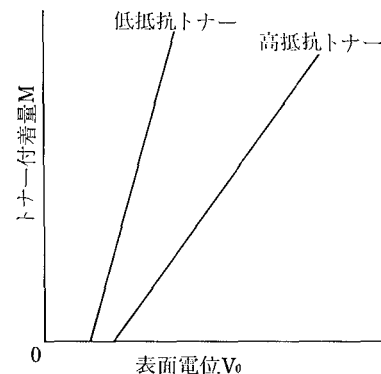


図 8 トナー抵抗と現像特性

電率  $\epsilon t$  が高くなることから、現像開始電圧  $V_k$  が上昇し、また現像の  $\gamma$  特性 (M-V 特性) の低くなることが予測される。図 8 はこの関係を示したものである。

### 3 実験装置

図 9 に実験装置を示す。Al の円筒スリーブを回転させてトナーを供給するスリーブ回転方式で行い、表 1 に示す条件で実験を行った。

感光体の代りにマイラーを用い、あらかじめ別の帯電器で帯電させ、その表面電位  $V_0$  を表面電位計 (川口電気製 SSV II-40 型) で測定した後、上述の条件に設定した現像装置に通し、外部回路を流れた電荷量  $Q$  を電荷計 (Keithley 社製 610 C 型) で、またトナー付着量  $M$  を天秤 (Mettler 社製 H 33 AR) で測定した。

実験に用いた磁性トナーは、四三酸化鉄粉を 60 wt.%, カーボン 5 wt.% および結着用樹脂 35 wt.% を混練し、粉碎そして分級して試作したトナー (以下 B トナーと呼ぶ) と、この B トナーの表面に導電処理して試作したトナー (以下 A トナーと呼ぶ) との 2 種である。

これらのトナーの抵抗値は、1,000 V/cm, DC 時、A トナーは  $10^8 \Omega \text{cm}$ , また B トナーでは  $10^{14} \Omega \text{cm}$  を示し、平均粒径はいずれも  $15 \mu$  である。

### 4 トナー抵抗と現像特性

#### 4-1 実測 Q-V 特性

図 10(a) はマグネトロールのスリーブ上での磁束密

- 1 Al 蒸着マイラー
- 2 トナー
- 3 Al スリーブ
- 4 マグネット
- 5 ドクター
- 6 表面電位計 (川口電気製 SSVII-40)
- 7 電荷計 (Keithley 社製 610C)

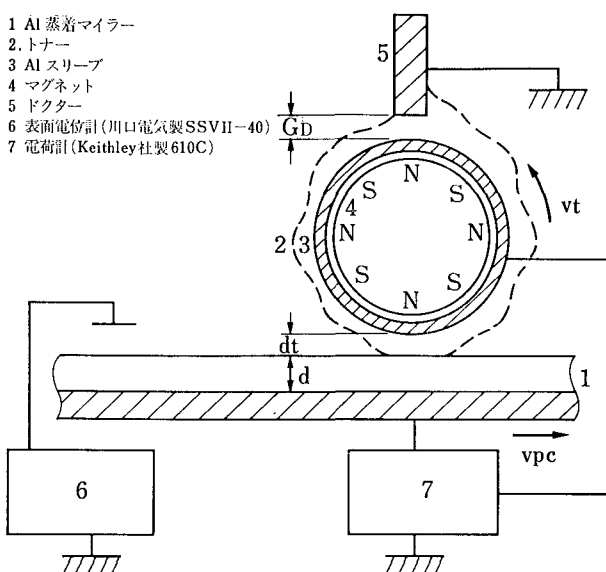


図 9 実験装置

項 目	設 定 値
ト ナ ー 層 厚 $dt$	0.45 mm
マグネット磁束密度 $B$	1,200 gauss
マイラー速度 $V_{pc}$	80 mm/sec
トナー層速度 $V_i$	240 mm/sec

表 1 実験条件

度  $B$  が 1,200 gauss, トナー層厚  $dt$  が 0.45 mm のときのマイラー厚み  $d$  をパラメータとした  $Q-V$  特性を示し、(3)式および図 3 で予測したように直線関係となっている。

図 11 は図 10(a) の  $Q-V$  特性直線の横軸との接点から得られる現象開始電圧  $V_k$  とマイラー厚  $d$  との関係を示し、両トナー共ほぼ直線の関係となっているので理論的要求を満足している。

表 2 に図 11 より求めた直線の勾配  $\tan \phi_1$ ,  $x_1$  および  $\tan \phi_2$  より得られる磁気吸引力  $F_M$  の値を示す。両トナーとも磁気吸引力  $F_M$  の値はほぼ同じであることはその組成から見て合理的である。

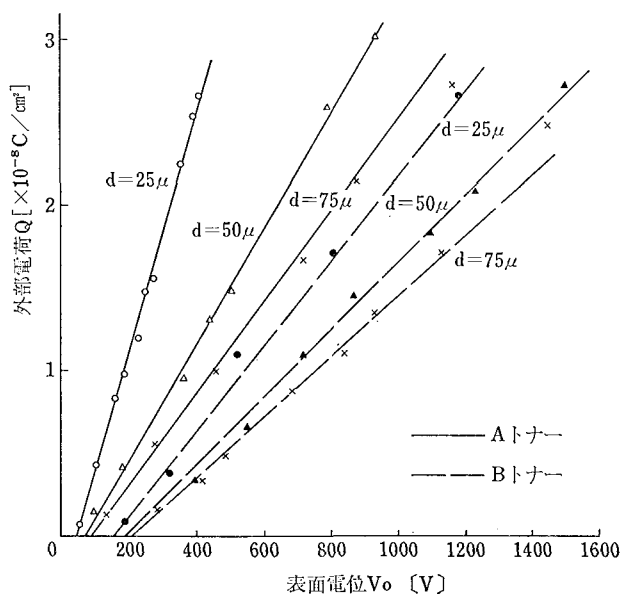
つぎに、図 12 は図 10(a) の  $Q-V$  直線の勾配の逆数  $\epsilon_0 \cdot \cot \theta_1$  とマイラー厚  $d$  との関係を示し、ほぼ直線関係になっている。これらの直線は(11)式に、マイラーの誘電率  $\epsilon = 3.2$  を入れた

$$\tan \phi_2 = \frac{1}{3.2} \dots\dots\dots (14)$$

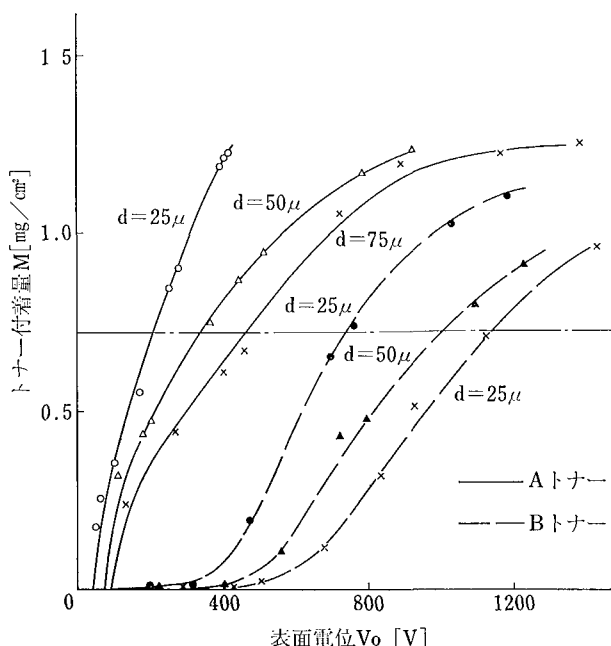
の傾斜 (図中に鎖線で示す) を有していることが要求されるが、両トナーの直線共に鎖線直線にはほぼ平行であるので、上の要求を満足している。さらに図の直線と横軸との交点の座標  $x_2$  より、(12)式で求められるトナー層誘電率  $\epsilon t$  を表 2 に並記する。(9), (12)式の比較より  $x_1 > x_2$  となっていることは定性的に合理的である。また、低抵抗トナー (A) の方が測定された誘電率  $\epsilon t$  が大となっているのは定性的に合理的である。

#### 4-2 実測 $M-V$ 特性

図 10(b) には上述の  $Q-V$  特性測定の際、同時に測定



(a)  $Q-V$  特性



(b)  $M-V$  特性

図 10 トナー抵抗と現状特性

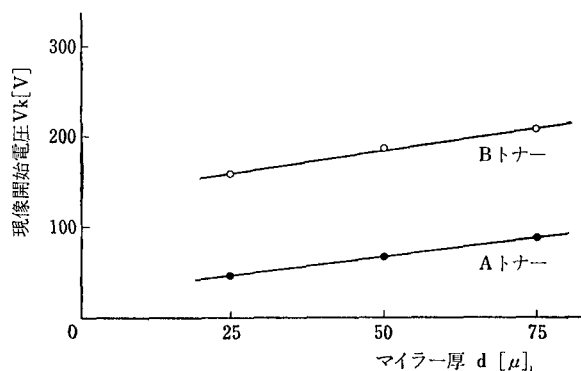


図 11 マイラー厚と現像開始電圧

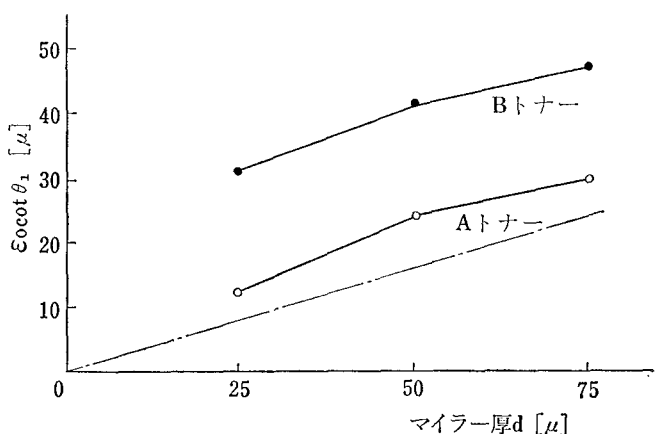


図 12 マイラー厚と Q-V 特性の傾き

項 目	A トナー	B トナー
$\tan \phi_1$ [V/cm]	$2.9 \times 10^4$	$2.6 \times 10^4$
$F_M$ [dynes/cm <sup>2</sup> ]	$3.7 \times 10^2$	$2.9 \times 10^2$
$x_1$ [μ]	26.0	165.0
$x_2$ [μ]	21.0	58.0
$Dt$ [μ]	6.6	18.1
$\epsilon t (=dt/Dt)$	68.6	24.8

表 2 トナーの物性値

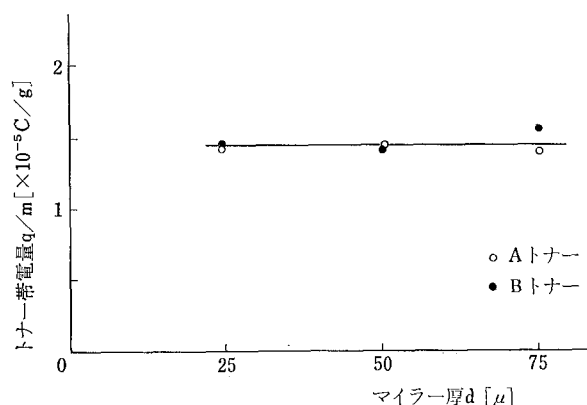


図 13 マイラー厚とトナー帯電量

した M-V 特性を示す。B トナーにおいてはトナー付着立上り部で曲線となっており、この原因はトナー粒径分布などによる  $q/m$  のバラツキによって生じていると考えている (5 項参照)。また両トナー共付着飽和の傾向が得られている。

トナー付着が一重層である時の付着量  $M_1$  は、トナーの面積充填率を  $p$  として

$$M_1 = \frac{p}{\pi r^2} \cdot \frac{4\pi}{3} r^3 \rho t = \frac{4}{3} p \rho r \quad (15)$$

で与えられるので、面積充填率  $p=0.9$ 、トナー比重  $\rho=2$  およびトナー半径  $r=7.5 \mu$  の値を用いると

$$M_1 = 1.80 \text{ mg/cm}^2 \quad (16)$$

の値を得る。図 10(b) にはこの  $0.4 M_1$  のレベルを鎖線の水平線で示してある。現像によって付着したトナー付着量  $M$  は  $M \approx 0.4 M_1$  位から粒子間相互接触が起こり、付着した上層トナーは下層トナーに電荷を与えた後ブラシ側へ戻ることが推測され、このことが M-V 特性の彎曲や飽和を与える原因と考えられている<sup>5)</sup>。したがって低抵抗トナーと高抵抗トナーとを比較すると、低抵抗トナー程彎曲が大きくなることが期待され、図 10(b) ではこのことが定性的に満足されている。

図 13 は図 10 の Q-V および M-V 特性の傾きを用い、(13 式より求めた  $q/m-d$  の値を示し、マイラー厚によらず一定の比帯電量  $q/m$  の値を示しており理論的要求を満足している。

## 5 現像ギャップと現像特性

図 14 は、マグロールの磁束密度 1,200 gauss で B トナーを用い、トナー層厚  $dt$  を変化させた時の Q-V 特性(a)および M-V 特性(b)を示す。実験では、トナー層とマイラーとが一定の接触幅を保つように

$$dt = G_D + 0.15 \text{ (mm)} \quad (17)$$

の条件で行っている。

図 14 では、トナー層厚  $dt$  が大きくなる程、Q-V 特性の立上がり部での直線性が失われ、また M-V 特性においても立上がり部の彎曲が大きくなっている。

現像開始電圧  $V_k$  にトナー粒径等による  $\Delta V_k$  のバラツキがあると、 $\Delta V_k$  の区間でトナーの電極間充電とトナー付着とが同時に進行する。現像開始電圧が  $V_k - \Delta V_k$  であるものの比率を  $\alpha$  とすれば、電極間充電時の Q-V 特性の傾き  $\tan \theta_0$  は

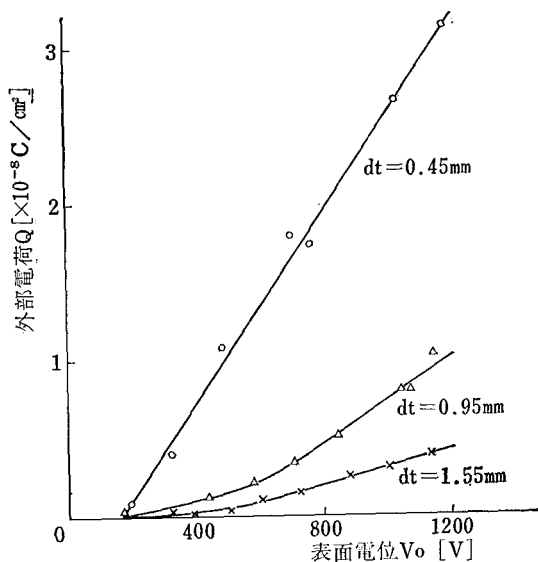
$$\tan \theta_0 = \frac{\epsilon_0}{D + Dt + g} \quad (18)$$

で与えられるので

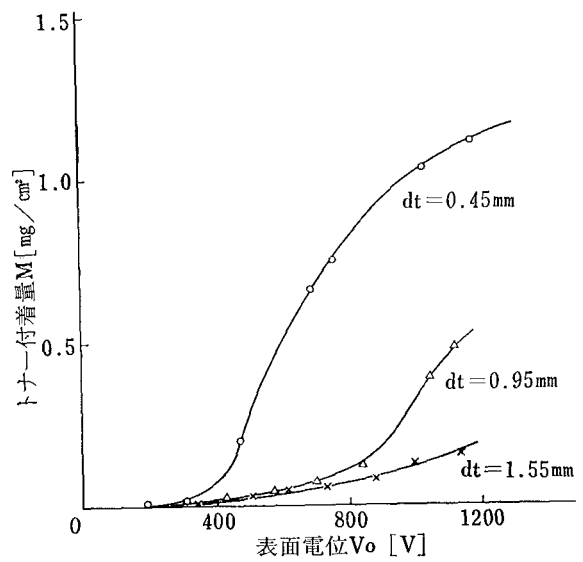
$$\tan \theta = \alpha \tan \theta_1 + (1 - \alpha) \tan \theta_0 < \tan \theta_1 \quad (19)$$

となって  $\Delta V_k$  領域での Q-V 特性は彎曲する。また磁気吸引力  $F_M$  は、トナー固有の磁気特性  $F/W$  を

$$F/W = \frac{(\text{トナー粒子の磁気吸引力})}{(\text{トナー質量})} \quad (20)$$



(a) Q-V 特性



(b) M-V 特性

図 14 トナー層厚  $d_t$  と現象特性

と定義することによって

$$F_M = \frac{4}{3} \rho t r \left( \frac{F}{W} \right) \dots\dots\dots (21)$$

で表われ、したがって現象開始電圧  $V_k$  は

$$V_k = (D + Dt + g) \left( \frac{8 \rho t}{3 \epsilon_0} \right)^{1/2} \left( \frac{F}{W} \right)^{1/2} r^{1/2} \dots\dots\dots (22)$$

となり、トナー粒径依存性を示し、小粒径トナー程付着しやすいことがわかる。トナー半径にバラツキがある場合、マイラー厚  $d$  もしくはトナー層厚  $d_t$  が大きい程、 $V_k$  のバラツキが大きくなることが(22)式より予測され、図 14 はこれを定性的に示している。

また、トナー比帯電量は(7)、(21)式より

$$\frac{q}{m} = \left( \frac{3 \epsilon_0}{2 \rho t} \right)^{1/2} \left( \frac{F}{W} \right)^{1/2} r^{-1/2} \dots\dots\dots (23)$$

となるので、M-V 特性の傾き  $\tan \theta_2$  は

$$\begin{aligned} \tan \theta_2 &= \frac{m}{q} \tan \theta_1 \\ &= \left( \frac{2 \rho t}{3 \epsilon_0} \right)^{1/2} \left( \frac{F}{W} \right)^{-1/2} r^{1/2} \tan \theta_1 \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

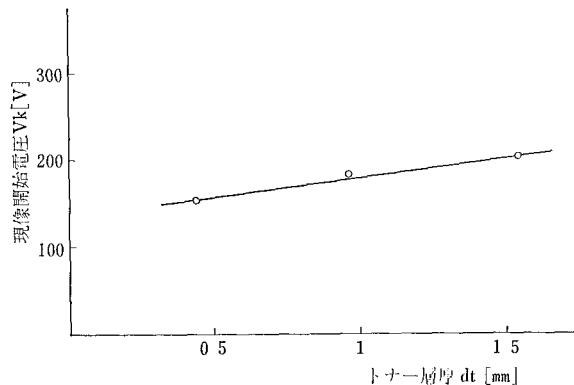


図 15 トナー層厚と現象開始電圧

と書き換えられる。(24)式では表面電位  $V_0$  上昇と共に大粒径トナーが現象されはじめると M-V 特性は上に彎曲し、また Q-V 特性の傾きの差と合わせてさらに彎曲は大きくなることが予測される。実際にはトナー半径は分布をもっているため、現象開始点付近で、図 3 に示されるような明確な変化がなく、トナー半径の分布にしたかった彎曲があることが予測され、図 14 はこのことを定性的に満足している。

4 項と同様に Q-V 特性より  $V_k$  を求め図 15 に図示する。現象開始電圧  $V_k$  は直線的に増大し(2)式を定性的に満足している。

図 16 は Q-V 特性の直線の勾配の逆数とトナー層厚との関係を示し、図 14 の直線の傾斜  $\tan \phi_1$  は

$$\tan \phi_1 = \frac{d(\epsilon_0 \cot \theta_1)}{d d_t} = \frac{1}{\epsilon t} \dots\dots\dots (25)$$

であるので、表 2 で求めた  $\epsilon t$  の値による鎖線直線を図中に示すと、両直線はほぼ同様の傾きをもっており合理的である。

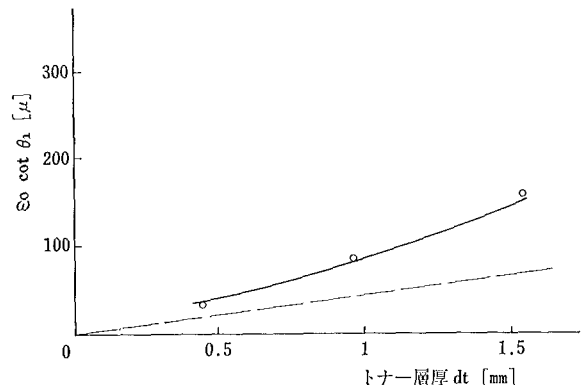


図 16 トナー層厚と Q-V 特性の傾き

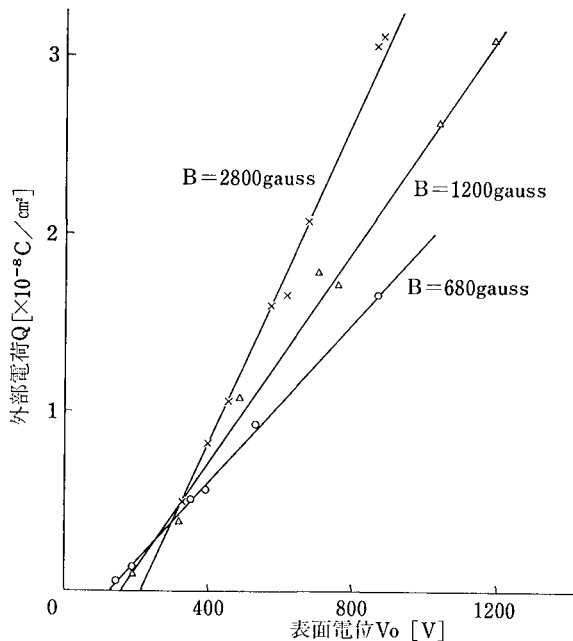


図 17 磁界と現像特性

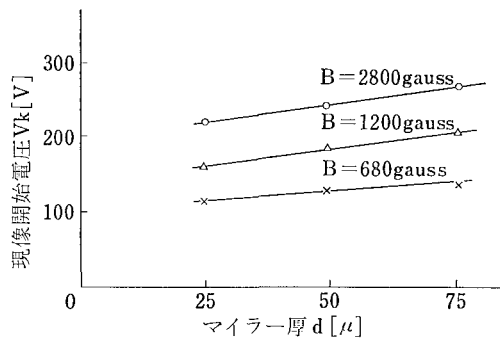


図 18 マイラー厚と現像開始電圧

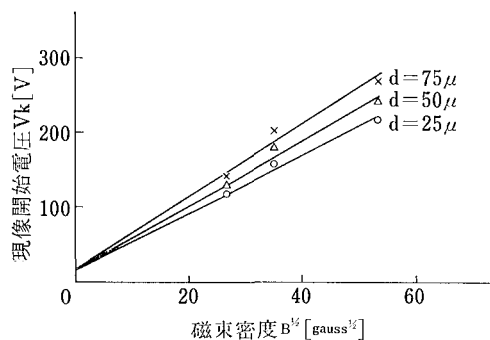


図 19 磁束と現像開始電圧

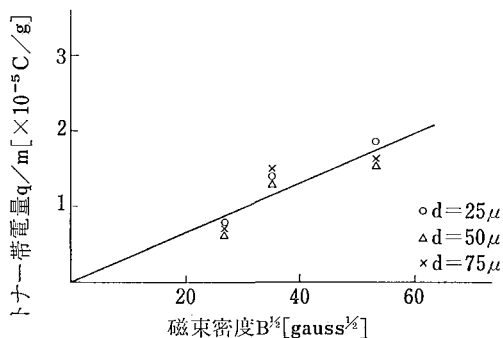


図 20 磁界とトナー帯電

## 6 磁気吸引力と現像特性

図 17 は、B トナーを用い、マグネットのスリーブ上の磁束密度  $B$  を、680, 1,200 および 2,800 gauss に変化した時の現像特性 (25  $\mu$  厚マイラー使用時) を示す。

4 と同様に  $Q-V$  特性の横軸との交点より求めた現像開始電圧  $V_k$  とマイラー厚  $d$  との関係を図 18 に示し、マイラー厚および磁力が大きい程現像開始電圧  $V_k$  が大きくなっており、(2)式の理論と定性的には一致している。

図 19, 図 20 は横軸をマグネットロールの磁束密度  $B$  の  $1/2$  乗にした時の現像開始電圧  $V_k$  およびトナーの比帯電量  $q/m$  を示す。両者ともほぼ直線関係になっており、磁気吸引力  $F_M$  が磁束密度  $B$  に比例していると考えれば、 $V_k$ ,  $q/m$  とも(2)および(7)式から  $B^{1/2}$  に比例して変化することが期待され、図はこれらの期待を満足している。

## 7 おわりに

高抵抗磁性トナーによる現像の  $Q-V$ ,  $M-V$  特性のマイラー厚、トナー層厚および磁界強度依存性の測定を行い、その解析から、理論と実験結果とがよく一致していることがわかった。またその解析結果から、高抵抗トナーでの現像機構が導電性トナーでの現像機構と基本的にはほぼ同じであり、静電誘導によるトナー帯電によることも判明した。さらにはトナーの物性、磁気特性および誘電率の値を得ることもできた。しかし、トナー抵抗、誘電率および現像時間との相互関係等まだ不明な点も残されている。

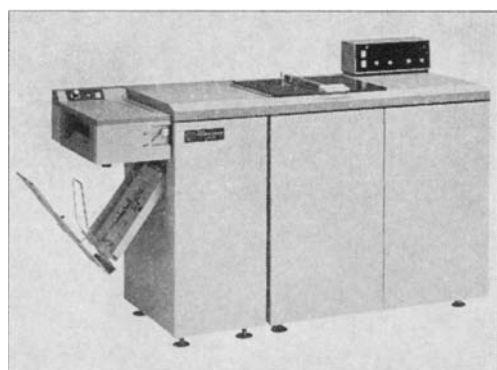
終りにあたって、御指導いただいた日本工業大学近藤厚実講師に深謝する次第である。

### 参考文献

- 1) 近藤, 神谷 電子写真学会, 第34回研究討論会 55 (1974)
- 2) 近藤, 神谷 電子通信学会, 画像工学研究会 IE 75-65 (1975)
- 3) 近藤, 神谷 Tappi Reprography Conference 55 (1975)
- 4) 北村, 足立, 栗山 電子写真学会, 第40回研究討論会 18 (1977)
- 5) 近藤 Tappi Reprography Conference 41 (1977)

# 製品技術解説

PRODUCTS EXPLANATION



# リコー電子プリンターLA-2

Ricoh Electrostatic Photo Platemaker LA-2

持丸 英明\* 坂東 俊郎\*\*  
Hideaki Mochimaru Toshiro Bandoh

## 要 旨

電子写真製版から得られる印刷品質は印刷前処理の適否に左右されることがあるので、その処理を適切に行うことが重要である。この要求を充すためにリコー電子プリンターLA-2の開発を行った。

本機は製版装置、定着装置およびエッチング装置から構成されており、現像からエッチングまで自動的に処理することができる。製版装置はエレクトロファックスプロセスを用いている。またサーボ機構変倍装置によって原稿の縮小が可能である。定着装置には赤外線による定着方式、エッチング装置には浸漬ローラ方式が採用され、両装置とも搬送速度が可変となっている。

## ABSTRACT

The quality of prints made from master plates produced by electrostatic photo processing depends upon the quality of the master plates. Therefore, processing of master platemaking plays an important role for the print quality. Ricoh Electrostatic Photo Platemaker LA-2 has been developed to meet this requirement. LA-2 comprises a platemaking unit, a fusing unit and an etching unit. Master plates are automatically processed from the development stage through to the etching stage. An electrofax process is employed in the platemaking unit which is provided with a servocontrol variable reduction device. Fusing is done by infrared ray and etching by dipping and squeezing. Both the fusing and the etching units have variable speed controllers.

## 1 はじめに

複写と印刷の中間領域に位置づけられる大量複写印刷方式は、オフセット印刷機とその版を作製する製版機の組合せによる一つのシステムを構成し、高画質、高速性、低価格などの長所をもち、近年その普及に著しいものがある。これは製版機及び印刷機の自動化が進んできたことにも一因がある。

ここに紹介する「リコー電子プリンターLA-2」は、数年前より販売されている複写印刷システム機「リコーCDS 9000」の製版装置を使った湿式電子写真プロセスによる製版機である。本機の特徴としては、①印刷の前処理であるエッチング行程をも含めてすべて自動的に、

1分間に5版の割合で処理することができる、②レバーの切換えでエッチング処理ありの版と、処理なしの版を自由にとりわけることができ、使用されるオフセット印刷機としては特定のものに限定されず多様な用途に使用できる、③操作部に集中したダイヤルやスイッチ類による容易な操作性能を有し、④A3判の製版が可能な変倍製版機としては最もコンパクトである、などがあげられ大手企業の複写印刷センターや、印刷専門業者など月間製版数が1,000～5,000版程度の大量製版分野を対象として開発されたものである。

本稿では、本機の特徴である無段変倍制御機構および印刷機とのマッチング技術などを中心として複写印刷プロセス、LA-2の構成と動作について述べる。

## 2 製版プロセスとLA-2の構成および動作

### 2-1 製版プロセス

★ 複写機事業部 開発室/Development Office, Reprographic Products Division

★★ 複写機事業部 設計部/Design Department Reprographic Products Division



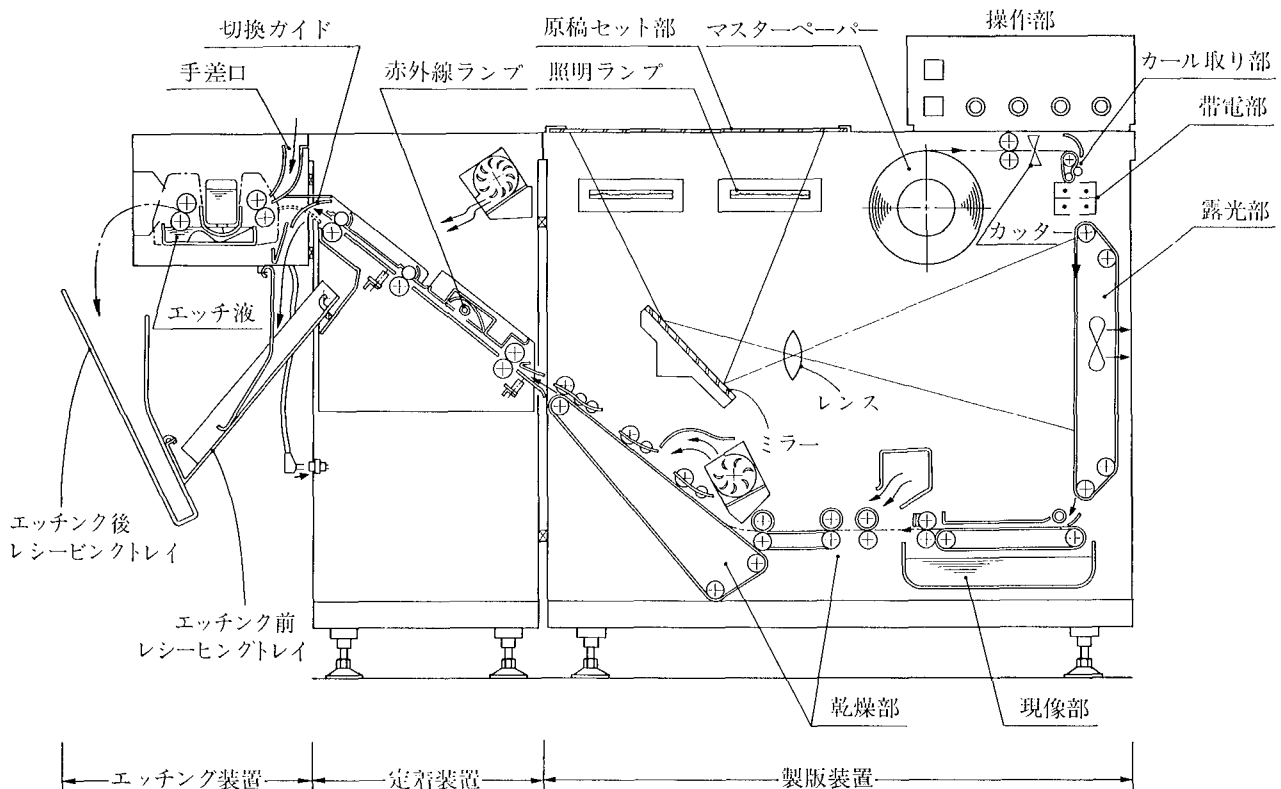


図1 LA-2 の 構 成

本機は湿式電子写真プロセスを用いている。オフセット印刷機用の版となるマスターペーパーは、支持体に光導電性物質である酸化亜鉛を塗工した感光紙である。支持体は紙であるが、印刷行程での圧力や、しめし水などに耐えられるよう特にその強度に配慮がなされている。

よく知られているように、帯電、露光、現像および乾燥の行程を経て、マスターペーパー上に原稿の像が作られる。ここまでは電子写真複写機と同様であるが、オフセット印刷にこのマスターペーパーを使用するためにエッチング処理（不感脂化処理）を施す必要がある。これはマスターペーパー上のトナーの存在しない非画像部を親水性にするもので、エッチ液を塗布することで処理できる。印刷時に供給される水が非画像部に付き、油性である印刷インキは非画像部に付着しない。一方画像部にはトナーが存在するためエッチ液による親水化反応は行われない。従ってこの部分にはインキが付着する。

上記の行程で作製された版を用い、印刷は次の3行程の連続くり返しで行われる。

- (1) 版にインキとしめし水を与える
- (2) 版上のインキをゴム胴へ転写する
- (3) ゴム胴のインキを普通紙に転写する

## 2-2 LA-2 の構成と動作

図1はLA-2の構成図である。製版装置、定着装置およびエッチング装置の3ユニットから構成されている。以下マスターペーパーの搬送過程を通して、これら装置

の説明をする。

### 2-2-1 製版装置

湿式電子写真複写機である。操作部にあるプリントボタンを押すと、ロール状のマスターペーパーの一端が引出され、帯電部で帯電されつつ露光部へ搬送される。この間にカッターで所望の長さに切断される。この長さは、画像面積により選択的に変えられる。シート状になったマスターペーパーは、露光部の所定の位置に停止し、照明ランプが点灯し、ミラー、レンズなどから成る光学系によりその表面に潜像が形成される。

露光部は、マスターペーパーを保持するための吸着箱と搬送ベルトよりなっている。マスターペーパーを停止させるのに、その前端を検知するスイッチ装置が組込まれており、変倍機構と連動し常に適正な位置に作像される。このスイッチ装置は、独立的に移動可能に構成されていて、使用される印刷機の版のくわえしろの確保やその他の目的のために、画像位置を変更することができるようになっている。露光終了後マスターペーパーは再び搬送され、現像部、乾燥部を経て次の定着装置へと送られる。

### 2-2-2 定着装置

前行程で一応の乾燥は終了しているが、マスターペーパーに含まれる現像液量をどんな環境条件の下においても、ほぼ一定にすることと、大量印刷に耐えられるようにトナーの定着を助長する目的で赤外光を照射する。赤外

線ランプは、マスターペーパーの進入と同時に点灯し、排出前に消灯する。万一紙づまりが生じたときは、自動的にランプを消す安全機構が組込まれている。

### 2-2-3 エッチング装置

定着を終えたマスターペーパーにエッチングを施す装置である。定着装置から送られてくるマスターペーパーをひき続きエッチングさせるか、またはエッチングさせず排出させるかの2種のモードのいずれかを選択するための切換ガイドが設けられている。各モードにそれぞれ対応するレシービングトレイが用意されており、それらの区別が容易である。

すでに作製されたマスターペーパーをエッチングする場合には、手差し口より挿入する。

定着装置およびエッチング装置はいずれも速度が可変になっている。これは、あらゆる種類の原稿の再現性をより忠実に行わせるためのものであり、搬送速度と、印刷仕上がりとの関連については、4-4で後述する。

## 3 製版装置の変倍光学系

### 3-1 倍率変換機構

LA-2は原稿の縮小複写が可能で、線倍率で100%から64%まで無段階に倍率変換できる。図2にその光学系を示す。

原稿面と像面は固定されており、ミラーとレンズを移動させることにより変倍を行う。図中、100%（等倍）時のミラーとレンズの位置は実線で示され、縮小像を得るには、それぞれ破線の位置まで互いに遠ざける。

ミラーは原稿面に対し45°の角度をなし、原稿面と像面は直角をなしている。図から明らかなように、レンズとミラーが等倍時の位置よりそれぞれ $x$ 、 $y$ だけ移動すると原稿 $A_0B_0$ は $A_1'B_1'$ に縮小され、しかも像の一端 $A_1'$ は等倍像の一端 $A_0'$ より $z$ だけ移動する。いま

$a$ ：原稿からレンズの中心までの距離

$b$ ：レンズ中心から像までの距離

$f$ ：レンズの焦点距離

$m$ ：倍率（ $m \leq 1$ ）とすると、これらの関係は、次式

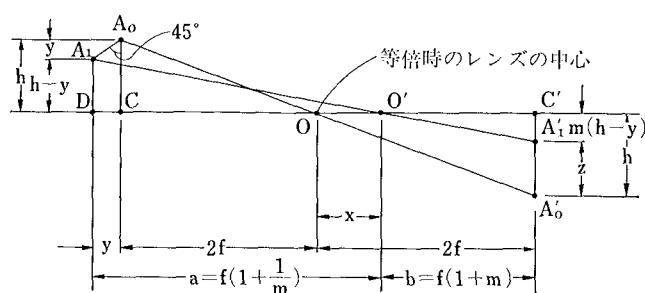


図3 変倍光学系の原理図

としてよく知られている。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \dots\dots(1)$$

$$\frac{b}{a} = m \dots\dots(2)$$

(1), (2)より

$$a = f \left( 1 + \frac{1}{m} \right) \dots\dots(3)$$

$$b = f(1 + m) \dots\dots(4) \quad \text{となり特に } m=1 \text{ のとき (等倍時) は } a=b=2f \text{ となる。}$$

前出の $x$ 、 $y$ 、 $z$ の関係式を求めるのを簡単にするため図1からミラーを取り除き、光軸 $C-O-C'$ で分割される部分を図示したのが図3である。

これより明らかなように

$$\begin{aligned} x &= 2f - f(1 + m) \\ &= f(1 - m) \dots\dots(5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= f \left( 1 + \frac{1}{m} \right) + f(1 + m) - 4f \\ &= \frac{f}{m} (m - 1)^2 \dots\dots(6) \end{aligned} \quad (5) \text{と}(6) \text{より}$$

$$y = \frac{x^2}{f - x} \dots\dots(7)$$

また図3より $z$ は

$$z = h - m(h - y) \dots\dots(8) \quad (7), (8) \text{より}$$

$$z = f(1 - m)^2 + h(1 - m) \dots\dots(9) \quad \text{となる。}$$

この $z$ の値を満足するように、マスターペーパーの露光部での停止位置を制御する必要がある。これは2-2-1でも述べたが、マスターペーパーの先端を検知し搬送べ

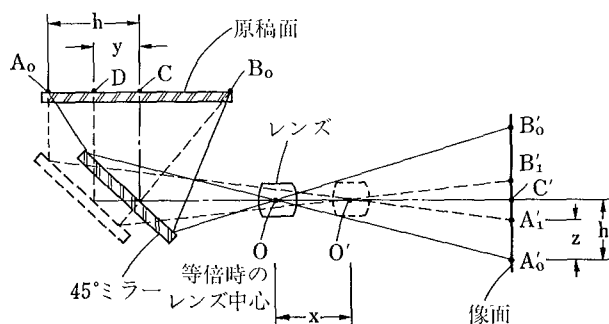


図2 変倍光学系

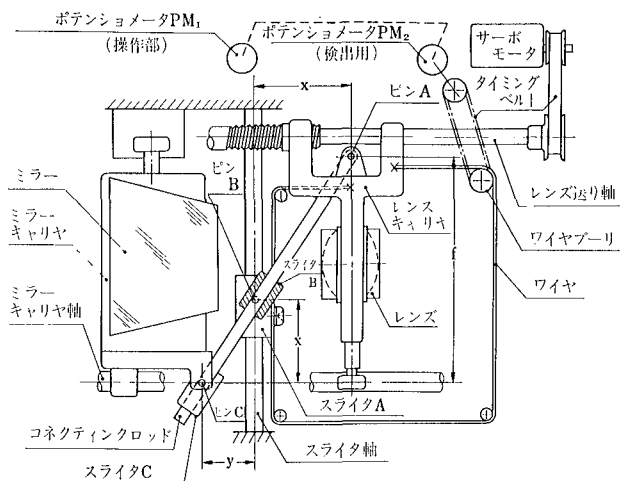


図4 倍率変換機構

ルトを停止させるスイッチ機構が変倍機構と連動されることによって行われる。

倍率変換機構を図4に示す。

変倍の制御については、後述することにし、機構の説明をする。

サーボモータが作動するとベルトを介してレンズ送り軸が回転し、レンズキャリヤが直線運動をする。レンズキャリヤには、コネクティングロッドがピンAで揺動可能に連結されており、またレンズキャリヤの移動量をスライドAおよびワイヤプーリに伝達させるためにワイヤが張られていてその両端部もレンズキャリヤに固定されている。ワイヤの一部はスライドAに固定されているからレンズキャリヤの移動量とスライド軸上を移動するスライドAの移動量は常に等しい。スライドBは、スライドAとはピンBで連結され、コネクティングロッドに沿ってスライドする。スライドA、BはピンBを中心として回転可能になっている。これらの関係を図5に示す。

コネクティングロッドにはさらにスライドCが取り付けられており、ミラーキャリヤとピンCによって連結されている。

倍率  $m=1$  (等倍) のときピンA、B、Cの中心はスライド軸の中心線上にある。またピンBとCは上から見ると同一点にある。つまり  $x=y=0$  の状態であり上から見るとスライド軸とコネクティングロッドも重なっている。この状態からサーボモータの回転によりレンズキャリヤが右方に  $x$  だけ移動すると、ワイヤを介してスライドAも  $x$  だけ移動し、コネクティングロッドが斜めを開く。その結果ミラーキャリヤはミラーキャリヤ軸に沿って  $y$  だけ移動する。スライド軸上におけるピンAとピンC間の距離がレンズの焦点距離  $f$  に等しくしてある。この関係を簡単に描くと図6のようになる。

この図の2つの三角形は相似であり  $y=x^2/f-x$  の関係が成立つ。

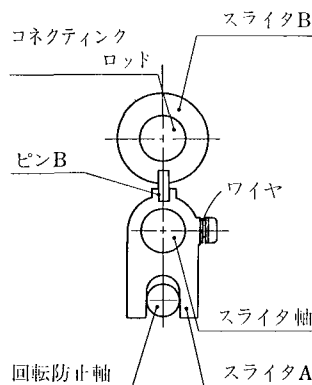


図5 スライドAとBの連結

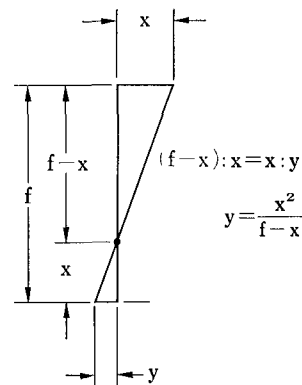


図6 倍率変換機構の原理線図

これは、とりまなおさず前出の式(7)と同一である。レンズの等倍時の位置からの移動量は式(5)に示すように、倍率  $m$  によって定まるもので、各倍率でのサーボモータの回転角として置き換えられる。ちなみに本機で採用しているレンズの焦点距離は  $260\text{ mm}$  であり、線倍率を  $0.9$  に縮小させるのには式(5)に  $f=260\text{ mm}$ ,  $m=0.9$  を代入し、 $x=26\text{ mm}$  となる。つまり倍率を  $0.1$  変化させるのにレンズを  $26\text{ mm}$  移動させる必要がある。このときワイヤプーリは  $80^\circ$  回転するように決めてある。従って仮にワイヤプーリの回転系に  $0.8^\circ$  の回転角度誤差が生じた場合でも、倍率誤差は  $0.001$  である。

### 3-2 変倍機構の自動制御系

変倍制御の方式は図7に示すように、ごく一般的なフィードバック制御方式を採用している。図7において、ポテンシオメータ  $PM_1$  は操作部の変倍ダイヤルに直結

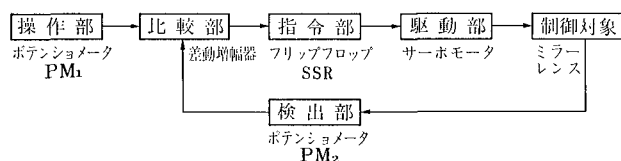


図7 変倍制御系ブロック図

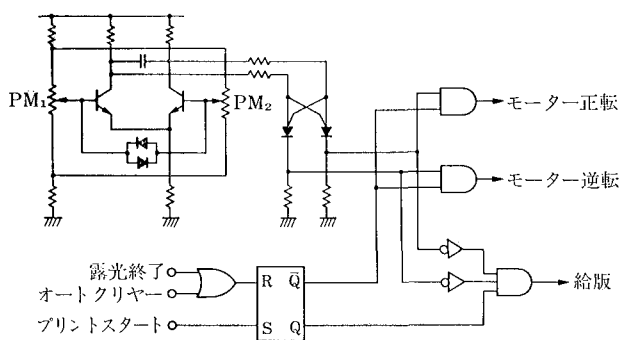


図8 変倍制御回路

されており、ポテンショメータ  $PM_2$  はワイヤーおよびタイミングベルトを介してミラーおよびレンズの動きを検出する機構となっている。 $PM_1$  および  $PM_2$  の回転角の変化は抵抗値、電圧の変化となって差動増幅器にインプットされる。 $PM_1$ 、 $PM_2$  の回転角に差がないときは差動増幅器の出力電圧はなく、回転角に差があるときは出力電圧が発生して次段のフリップフロップをトリガーする。フリップフロップ出力信号はサーボモーターを駆動する SSR をトリガーしモーターは正転または逆転する。モーターの回転は  $PM_2$  の回転角の変化となって差動増幅器にフィードバックされ  $PM_1$  と  $PM_2$  の回転角が一致した所でモーターは停止する。一般的にこのような制御系においては、電気系と機械系のレスポンスに差があるため、差動増幅器のゲインを上げ過ぎると振動状態となることがある。本機では図8のように、差動出力電圧を  $PUT$  で構成したフリップフロップで受け、 $PUT$  のトリガー電圧を利用してスレッシュホールド電圧に幅を持たせることにより系の安定化をはかっている。当然のことながらマスターペーパーの給送から露光終了までの工程中にはサーボモーター駆動信号をカットし、かつサーボモーター作動中は給版信号の出力を禁止している。

## 4 印刷機とのマッチング

製版したマスターペーパーの画像品質がどのように印刷画像品質に影響するか、ということを一般的に印刷適正（マッチング）と呼んでいる。このマッチング特性は製版方式、環境条件および印刷機の種類等によって変わるので、それぞれに適した条件を選ぶ必要がある。

### 4-1 湿式製版と乾式製版の相違

電子写真製版には、現像方式により湿式と乾式があるが、それぞれメリット、デメリットがありその優劣を一概に論じるとは難しい。しかし次のような相違点が認められる。

#### 4-1-1 製版画像品質

まずトナーの平均粒径の違いが挙げられる。乾式の約  $10\mu$  に対して湿式は約  $0.2\mu$  で、解像力、階調性および細線の再現性は湿式の方が優れている。これに対してトナーの付着量は乾式で約  $1\text{mg}/\text{cm}^2$ 、湿式で約  $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$  と乾式の方が多いため、ベタのうまり、コントラスト等は乾式が勝る。地汚れについては現像法によってその出方が異なるが、通常乾式の方が有利である。以上のことから線画には乾式、写真物は湿式が適していると言える。

#### 4-1-2 製版品質と印刷品質

良好な印刷品質を得るためには、良好な製版品質が求められるのは当然のことであるが、製版品質からその印刷品質を推定する場合乾式、湿式によってその推定の仕方に差がある。乾式製版画像の品質は直接その印刷画像品質を左右する。すなわち地汚れのある版や階調性不良

の版からは、いかなるエッチング処理を施しても良質の印刷上がりを得ることは困難である。これに対して湿式製版画像から得られる印刷画像品質は、エッチング処理の適否によりかなり左右される。たとえばシャープネスに欠け地汚れが目立つ版であっても、適正なエッチングを行えば良好な印刷あがりを得られることが多い。したがって湿式製版画像からその印刷画像を推定するにはエッチングの要素を加味する必要がある。

### 4-1-3 エッチング特性

版の非画像部を不感脂化するエッチングにも乾式、湿式によって差はある。トナー付着量が湿式の約10倍もありかつ熱等で強制的にトナーが定着される乾式は、エッチングに対して物理的強度が高く、ハンドエッチ（手でエッチ液を塗布すること）にも強い。しかし画像濃度が1以上程度になると、不感脂化度合の定量的尺度である接触角には差がなくなり濡れやすさには差がない。湿式マスターは現像液溶剤を含み、この残留溶剤はエッチングを妨げるので、できるだけこれを蒸発させてやることが望ましい。基本的には、マスターのエッチングされやすさ、されにくさは現像方式には無関係でマスター、トナーおよびエッチ液のそれぞれの特性によって異なる。

## 4-2 環境条件による製版、エッチング品質

製版画像品質およびエッチング効果は常に一定ではなく、環境条件に左右されるところが大きい。製版においては、湿度による帯電特性の変動および温度による現像特性の変動が顕著であり、エッチングにおいては、温度によるマスターの一次乾燥およびエッチ液温によるエッチング性への影響がある。

### 4-2-1 高温高湿時

高湿時にはマスターの含水量も多くなる。その結果光電流暗電流とも増加するが特に暗減衰が大きい。また帯電装置のリーク電流の増大等によって放電効率が低下する。したがってマスターの表面電位が上がらず、静電潜像の電位のコントラストが弱くなって濃淡差が少ない画質になりやすいが、高湿でも高温の場合はトナーの粘度が下がることにより移動度が高くなるので、画像濃度はあまり低下しない。エッチングに対しては、マスターの乾燥度が影響するが乾燥装置を有する製版機においては、湿度のエッチングに対する影響は少ない。むしろ温度の影響が大きくエッチ液温が高いほどエッチング効果は大きい。

### 4-2-2 低温低湿時

低湿時には、コロナ電流が増大し、マスターの表面電位が高くなるが、脱湿によりベース抵抗が大きくなるため残留電位も高くなる。画像濃度が表面電位のみで比例するのであれば、低湿時には濃度が高くなるはずであるが、低温低湿時には温度の現像に対する影響が大きく、濃度はさほど上がらずむしろ地汚れが目立つ。また帯電

時の放電破壊によってベタ部に白点が発生したり、裏面に逆像を生じることもある。エッチ液温の低下によるエッチング反応の低下は顕著で、マスター表面に現像液溶剤が認められなくてもエッチング不足をきたす。したがって低温時にはエッチング装置の搬送速度を遅くする。

#### 4-3 印刷前工程の種類と印刷機（湿式の場合）

製版から印刷までのプロセスは、製版→エッチング→印刷となるがエッチング工程の前後で一度マスターをとりだめする場合があります、これを置版と呼んでいる。印刷機にはエッチング機構（機上エッチング装置）を持つ印刷機と持たない印刷機がある。マスターを印刷機にかける前のエッチング処理を機上エッチングに対してプリエッチングと称している。置版および機上エッチング装置の有無により印刷の条件が異なるが、ここではLA-2における1例を述べる。

##### 4-3-1 製版—プリエッチング—印刷

機上エッチング機構付印刷機の場合は、プリエッチング済みのマスターをそのまま印刷機にかけるが、機上エッチング機構を持たない印刷機の場合は、マスター表面にエッチ液の存在が認められる（濡れている）ようであればそのまま印刷し、乾いているようであれば機上エッチ液（機上エッチング装置に入れて使う液）でマスター表面を濡らしてから印刷する。

##### 4-3-2 製版—置版—プリエッチング—印刷

機上エッチング機構付印刷機の場合は、プリエッチング前の置版時間が長いとエッチングオーバー気味になるので、プリエッチングの度合を若干下げるとよい。機上エッチング機構を持たない印刷機の場合は、置版しない時の方法とほぼ同じである。

##### 4-3-3 製版—プリエッチング—置版—印刷

プリエッチング後の置版時間が長いと、マスター表面に残留するエッチ液によってエッチングが促進されるので、画像カスレ等を起こしやすい。しかしマスターが十分乾いてしまった場合は、機上エッチング機構付印刷機においては機上エッチングの程度を上げ、機上エッチング機構なし印刷機においては、印刷直前に再度プリエッチングするかまたはマスターを印刷機にかけたまま機上エッチ液で濡らす。

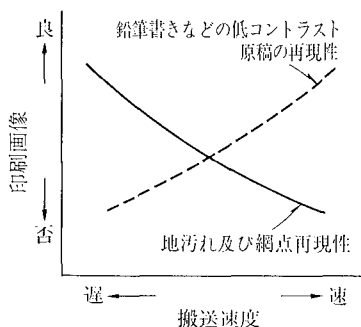


図9 定着、エッチング装置の搬送速度と印刷画像の関係

#### 4-4 定着、エッチング装置の搬送速度と印刷品質

定着およびエッチングの度合はそれぞれの搬送速度によって変えられるが、これらが印刷品質に影響を及ぼす。

##### 4-4-1 定着装置の搬送速度

製版済マスターに残留する現像液溶剤が多いほどエッチングされにくくなることは前にも述べた。このエッチング不足による印刷地汚れ、網点分解された写真原稿の再現性不良は定着装置の速度を落とすほど改善される。反面鉛筆書きの原稿やその他のコントラストの低い原稿（プアー原稿）に対しては、マスターにある程度溶剤が残っている方が、見かけの感脂性が上がることによりその印刷画像品質が良くなる。したがってプアー原稿の場合は速度を速くする。またトナーの定着率はマスターの耐刷力に関係しており、搬送速度を落として定着率を上げると耐刷力がアップする傾向があり、低温時には特に効果が大きい。

##### 4-4-2 エッチング装置の搬送速度

エッチングの進み方はエッチング時間、しぼり圧、エッチ液温およびエッチ液の種類によって決まる。エッチング装置は搬送速度を変化させることによってエッチング時間をかえている。このエッチング効果の大小により印刷画像をある程度コントロールすることができる。すなわち、地汚れ、網点再現性等を良くするには速度を遅くし、鉛筆書き等のプアー原稿の再現性を上げるには逆に速度を速くする。これらの関係を図9に示す。

以上のように、製版、印刷技術は経験的要素による所が多く定量的にこれらを握むことは容易でない。印刷システムにおけるマッチング上の理論解析およびそれに基づく機構の自動化が今後の課題となろう。

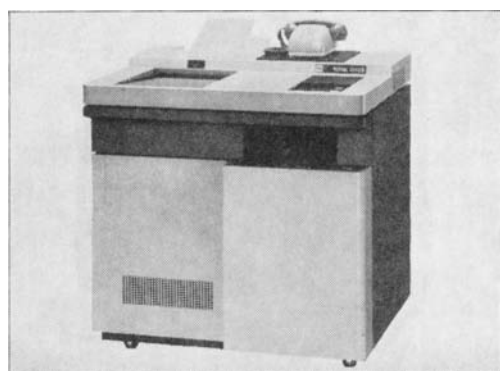
## 5 おわりに

以上 LA-2 の構成を中心に複写印刷プロセスの概略の紹介をしたが、記述不足の点は御許し願いたい。

本開発の目的は広範囲の環境条件下において、いかなる印刷機にも安定した高画質が再現可能な版を提供できる製版システムを開発すること、高信頼性、すぐれた操作性、保守性の追求であった。幸い CDS 9000 の開発経験があることと、トナー、マスターペーパーをはじめとするサプライ、および印刷機が自社製であるため、その間のマッチング活動がスムーズに行われた。今後 LA-2 の経験を生かしさらにすぐれた技術の展開を進めてゆきたい。

#### 参考文献

持丸英明：自動化複写機 機械設計 21, 9, 144 (1977)  
関連特許 特公昭 52—40863, 特公昭 54—166



# 超高速ファクシミリ リファクス1850S

—9.6KBPS-5mSI/0機—

Ultra High Speed Facsimile RIFAX 1850S

竹内 則定\* 不破 穰一\*

Norisada Takeuchi Joichi Fuwa

## 要 旨

本装置は、A3、B4、A4 いずれの原稿も 5 ms/l で処理する読取り部、記録部およびマイクロコンピュータ使用の制御部を主ユニットとして構成される。伝送制御手順、データ圧縮方式等は CCITT 勧告（または案）に従っている。モデムには最大 9600 bps の伝送速度を使用することにより、A4 サイズ、700 日本文字原稿をおよそ 23 秒で伝送することに成功している。この速度を実現するために記録には静電記録方式と湿式現像を、読取りには緑色蛍光管と固体走査素子を使用している。さらに通信端末としての機能を高めるべく、負圧吸引分離式自動原稿給送装置と、送信端末アドレス出力装置が用意された。

## ABSTRACT

This machine comprises, as the main units, a scanner and a plotter which can process A3, B4 or A4 size document at the speed of 5 ms/l, and a control portion employing a microcomputer. The communication protocol, data compression system, etc. of this machine is in conformity with the CCITT recommendation (or the draft thereof). The communication speed of 9600 bps is adopted for the modem as the maximum speed, enabling an A4 size document with 700 Japanese characters to be transmitted in about 23 seconds. In order to attain this speed, electrostatic recording and liquid toner developing system are used for recording, and green light fluorescent lamps and a solid-state sensor array for reading. In addition, to enhance its capability as a communication terminal machine, an automatic document feeder of vacuum separating type and an output device of the sender's address are accommodated.

## 1 はじめに

昭和 48 年の公衆電話回線開放以来、ファクシミリ市場は旺盛な需要に支えられて着実な発展を遂げつつある。この間当社は 1 分機としてリファクス 600 S、650 S 等を市場に供給してきたが、ユーザーの要求はより高速な機種に対しても強く、なおかつこれを実現する技術的基盤も整いつつあり、これらを背景に筆者らは超高速機の開発を行った。高速機に対する CCITT 勧告準拠の方向を目指し、モデファイドホフマン方式のデータ圧縮再生装

置、データレート 9600 bps のモデムを用いること等により超高速を実現した。高信頼性と相まってユーザーの要求に对应していけるものと期待している。

## 2 装置の構成

ファクシミリ通信端末とは、一種のリモートコントロールされた複写機であり、所定の場所に送りたい情報（原稿）を伝送情報化し、伝送媒体を介して伝達し、情報をコピーとして復元するものである。リファクス1850Sの通信端末としての特徴を列記すると以下のようになる。

### (1) 情報信号ユニットと制御信号ユニットの分離

ファクシミリ情報信号形態は全て直列信号であり、かつ情報転送速度も高速である等を考慮して、情報

★電子技術事業部 設計部

Design Department, Electronics Technology Division

1つの機能が極力1つのユニットを構成するように  
なし、他機種とのユニット共通化をはかっている。

これ等の特徴を実現した端末をブロック図として示したのが図2である。図示のように各機能ユニット（スキャナ、データ圧縮再生装置、変復調装置等）は、各インターフェース回路（スキャナインターフェース、データ圧縮再生装置インターフェース、モデムインターフェー

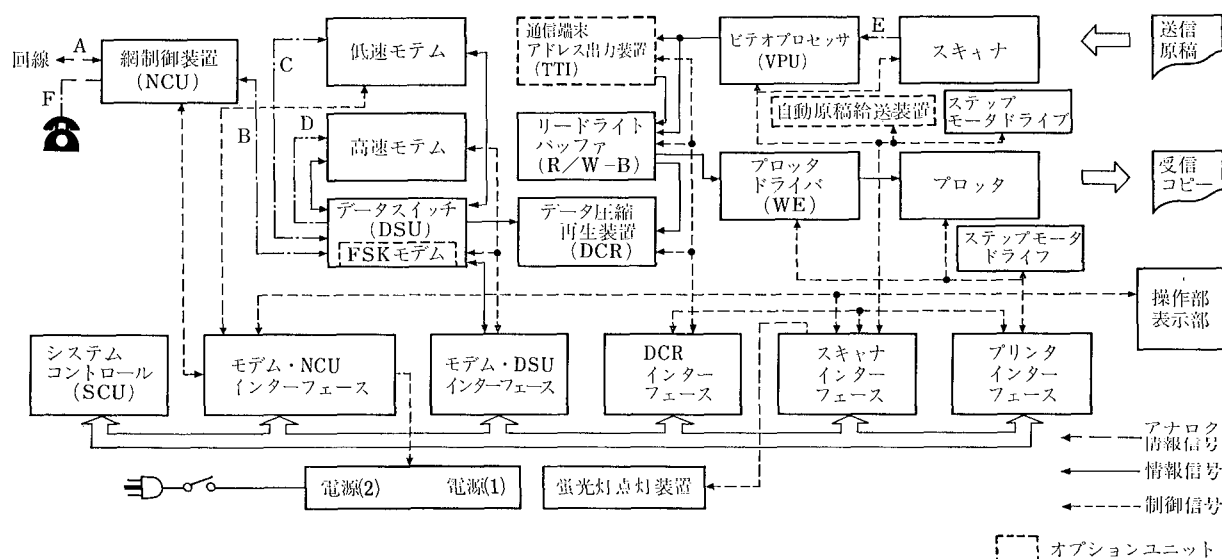
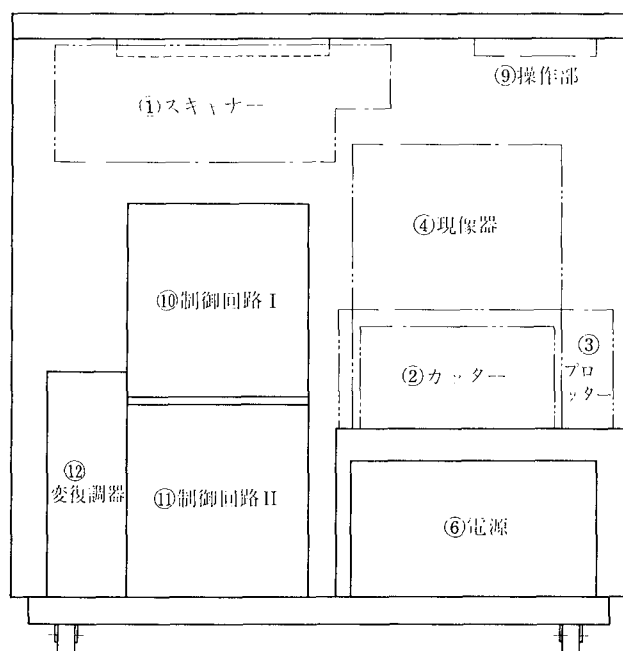


図 2 ブロックダイアグラム

ス等)を通してシステムコントロール(SCU)により制御されるようになされている。電話回線からの信号は、網制御回路を通してデータスイッチにより各モデムに振分けられる。復調信号のうち画像情報データは DCR, バッファを通して書き込み回路を駆動し、書き込み装置で情報を再生するように構成されている。一方送信時には、ビデオプロセッサで処理された画像信号はバッファ(R/W-B)を介して DCR で圧縮され、変復調装置に入るようになされている。

### 3 機能・動作

B4判超高速ファクシミリ、リファクス1850Sは、一般加入電話回線を使用してA4判標準原稿を20秒台で伝送する能力を持つ。送信側操作は容易であり専任オペレーターを必要とせず、受信側は完全な無人受信を行う。伝送速度は9600 bps, 7200 bps, 4800 bps, 2400 bpsの4種を持ち、回線状態に応じて自動的に伝送可能な最高速度に設定される。さらに、送信側指定(5段階)によって受信紙がカットされるため、長さのそろった受信コピーが得られる。

以下に伝送制御手順、データ・フローを説明する。なお、リファクス1850Sの仕様概略を表1に、伝送制御手順を図3に示す。

#### 3-1 伝送制御手順

手順は基本的に CCITT 勧告案 T-30 に従っている。下記文頭の数字は、図3中の数字にそれぞれ対応する。

- ① 発呼 電話機のダイヤルにより相手局を呼び出す。
- ② 被呼局確認・2100 Hz のトーンを送出し、被呼局がファクシミリ端末であることを知らせる。

No.	項目	仕様	備考
1	形式	トランシーバー	
2	使用回線	加入電話回線	
3	接続	直結	
4	宛名指示	電話器ダイヤル	
5	受信相手確認	自動音声応答装置	オプション
6	着信確認	1枚毎に「フェイル」表示で警報	
7	自動送受信	自動受信可	
8	伝送速度	9600, 7200, 4800, 2400 (bps)	
9	伝送時間	22秒/A4 (R3, 8/3.85) 30秒/B4 (R14, 8/3.85)	
10	有効画幅	256mm/B4	
11	走査線密度	8/7.7, 8/3.85, 8/2.57(H/V・1/mm)	
12	記録紙長	B4, B5, A3, A4, A5	
13	読取走査方式	平面固体走査	
14	記録方式	静電記録	
15	電源投入	自動電源投入	
16	原稿供給	自動原稿供給装置	オプション
17	I/O 時間	5 ms/l	
18	その他	コピー機能あり	

表1 RIFAX 1850S 概略仕様

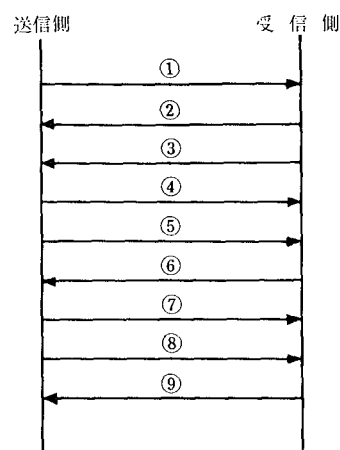


図3 伝送制御手順

- ③ 機能確認 300 bps の低速モデムを用いて、被呼局機能を知らせる。
- ④ 命令情報 低速モデムを用いて、伝送パラメータ(高速モデムの伝送速度、原稿サイズ等)を知らせる。
- ⑤ トレーニング 高速モデムの回線へのマッチングを行うと共に、定められたデータ・パターンを送り、データ伝送エラー率を調べる。
- ⑥ トレーニング後応答: トレーニング後のデータ伝送エラー率がある値以下の場合は「受信準備完了」を知らせ、ある値以上の場合は「再トレーニング要求」を返す。
- ⑦ 書画情報伝送: 高速モデムで書画情報を伝送する。
- ⑧ 終了情報 次原稿存在の如何を知らせる。
- ⑨ 着信確認 書画情報受信結果を知らせる。

#### 3-2 送信データ・フロー(前章図2参照)

(1) 書画情報 スキャナによって原稿を1ライン(1/7.7mm)単位で光学的に読取り、光-電気変換を行った後、ビデオプロセッサ(VPU)で1, 0の二値に変換する。VPUからの出力がリードライトバッファ(R/W-BUFFER)に貯えられると共に、原稿はパルスモータによって1行分進められる。データ圧縮再生装置(DCR)の要求に応じてR/W-BUFFERから出される出力は、DCRによって原情報を失うことなくデータ量を削減(データ圧縮)された後、データスイッチ(DSU)を介して高速モデムに導かれる。モデムによって変調された信号はDSUおよび網制御装置(NCU)を介して回線に送出される。

(2) 伝送制御情報 伝送制御のための情報は全て、プログラムによって編成される。システムコントロール(SCU)からの並列データ出力が、データスイッチインターフェース(モデム・DSU-IF)によって直列信号に変換された後、伝送エラーをチェックする為のチェックビットを付加され、DSUを通して高速モデムまたは低速モデムに導かれる。モデムによって変調された信号は、



DSU 及び NCU を通って回線に送出される。

### 3-3 受信データ・フロー

(1) 書画情報 回線から入力された変調信号は、NCU、DSU を介して高速モデムに導かれる。モデムによってデジタル信号に復調された後、DSU を介して DCR に出力され、ここで原情報に再生され、R/W-BUFFER に貯えられる。R/W-BUFFER では、貯えられた情報が 1 行分を越えると、1 行単位で書込駆動回路 (WE) に出力されると共に、受信紙を 1 行分 (1/7.7mm) 進める。WE はプロッタを高圧でドライブし、記録紙上に静電気潜像を形成する機能を持つ。

(2) 伝送制御情報 伝送制御情報は全てソフトウェアで判読される。回線から入力された信号は NCU、DSU を介して高速モデムまたは低速モデムに導かれる。モデムによってデジタル信号に復調された後、DSU を通してモデム・DSU-IF に出力され、モデム・DSU-IF で伝送エラーがチェックされると共に並列信号に変換されて、SCU に取込まれ判読される。

## 4 主な機能ユニット

### 4-1 制御部

リファクス 1850 S の制御部は、マイクロコンピュータを用いたプログラム制御方式が採用されている。そのため、ハード・ワイヤード・ロジックに比して回路の簡素化、低コスト化、機能変更、機能付加の容易化が実現されている。

#### 4-1-1 ハード・ウェア

(1) SCU CPU、周辺 LSI、ROM および RAM で構成され、マイクロコンピュータ・ユニットとして他システムへの転用を可能としている。

(2) インターフェース群 SCU と各ユニット間はインターフェース・ボードで接続される。インターフェース・ボードは関連ユニット 1 (～2) ユニットに対し 1

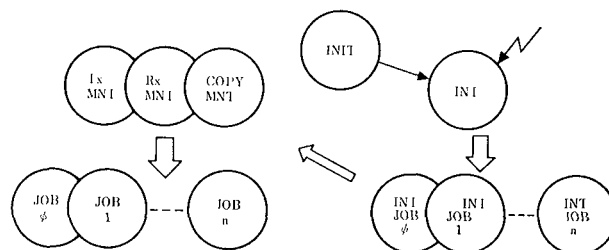


図 4 プログラム構造

枚設けられており、ユニットの変更の影響を比較的少範囲に留めることが可能となっている。

#### 4-1-2 ソフト・ウェア

プログラムは機能毎に分割され、各单位プログラム間の管理方法のルール化を行うことによって、プログラム作成、機能付加およびプログラム・デバッグの容易化をはかっている。図 4 にプログラム構造を示す。

(1) INIT・POWER ON 時の実行プログラムであり、システムのイニシャライズを行い、システム動作開始要因の割込みを可能にした後待機する。(システム動作は割込みによって開始される)

(2) INT 割込み登録ルーチンと称し、割込み要因の判別、割込みジョブ・ルーチンの管理を行う。

(3) INT. JOB<sub>φ-n</sub> 各割込み要因に応じた仕事を行うサブ・ルーチン。主に機構部の制御を行う。

(4) TxMNT. RxMNT. COPYMNT.: 送信、受信、コピーそれぞれのサービスを行うモニター・ルーチンであり、必要なジョブ・ルーチンを管理する。

(5) JOB<sub>φ-n</sub> システムの制御に必要な小単位の仕事を行うサブ・ルーチン。主として通信制御を行う。

### 4-2 スキャナ

原稿は、当スキャナ部において書画信号から電気信号に変換される。本機のスキャナにおいては、図 5 にその基本構造が示されているように、原稿面はアパーチャタ

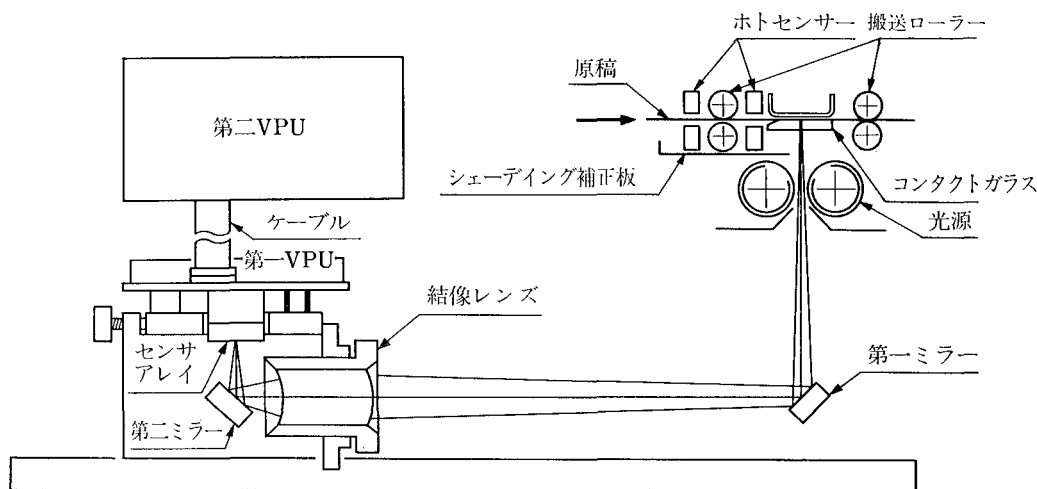


図 5 スキャナ構造

イプの緑色蛍光管により照明され、読取り面からの反射光は第1ミラー、レンズ、第2ミラーと進み、光電変換と主走査を行う CCD タイプセンサーアレイ上に集光される。2相のクロックによりドライブされるセンサーアレイからの読取り出力は、ビデオ処理回路 VPU において増幅、同相ノイズ抑圧、2値化、サンプルホールドと順次処理され同期信号と共に出力される。一方原稿は読取り部位を挟んでおかれ、パルスモータにより駆動される2対の搬送ローラとイジェクトローラにより間歇的に送られる。本機においては、センサーアレイの分光感度特性との関係において各色の画像を読みとれるように、緑色蛍光管が用いられた。アパーチャタイプ蛍光管による十分な明るさの照明と、ピークホールド回路を用いた二値化レベル設定回路は、本スキャナに広い環境条件と長時間の使用に対し十分安定な読取りを可能としている。

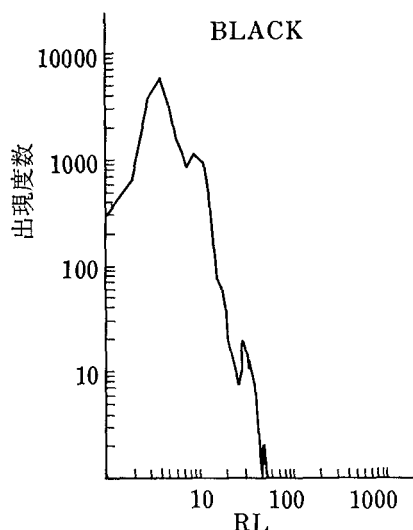
#### 4-3 書込み装置（プロッタ、現像器）

基本プロセスとして静電記録方式が用いられている。当社従来機リファクス 600 S 等と同じプロセスであり、ファクシミリ記録プロセスとしては、安定した技術として広く用いられている。図1について書込み部の構造と動作を説明すると、受信動作に入り記録紙ロールから引出された記録紙は、画信号受信に先立ってカッターで送信側からの指示寸法にカットされて、Aで示したようにプールされる。画信号受信時にプロッタのスタイラス・セグメント間を通過する際に潜像を形成され、受信終了までBのようにプールされる。

画情報の受信を終了すると、記録紙は湿式現像器④に入り可視像化された後、複数段の絞りローラ、反転搬送部を通してスタッカ⑩に出力される。記録紙搬送系もまた十分実績のある技術として用いられている。

#### 4-4 データ圧縮再生装置

一般に原稿の RUN LENGTH（白黒画面では白及び黒の続く長さ、以下 RL）の出現度数は図6のようにな



	RL	WHITE コード	BLACK コード
ターミネーションコード	0	00110101	0000110111
	1	000111	010
	2	0111	11
	3	1000	10
	4	1011	011
	5	1100	0011
マークアップコード	63	0010100	000001100111
	64	11011	0000001111
	128	10010	000011001000
	192	010111	000011001001
	1728	010011011	0000001100101
	2048	000000010011	000000010011
同期コード	EOL	000000000001	(1ラインは WHITE コードで始まる。)

表2 MHコードテーブル（一部）

る。モデファイドホフマン方式（MH方式）は、これにもとづき出現度数の多い RL には短いコードを、また出現度数の少ない RL にはそれより長いコードを割り振り、さらに同期コードや無効ビット等を定め、データ量の短縮を行うものである。表2に MH コードの一部を示す。RL の0から63まではターミネーションコードと呼ぶ。64以上2048まではマークアップコードと呼ばれる64ごとのコードが決められており、この範囲の RL はこのマークアップコードとターミネーションコードの両方で表現される。この方式だとスキャナからの書画情報を1/5.2~1/17.6（CCITT 標準原稿8種類）に圧縮できる。

データ圧縮再生装置はユニット化されており、送信時

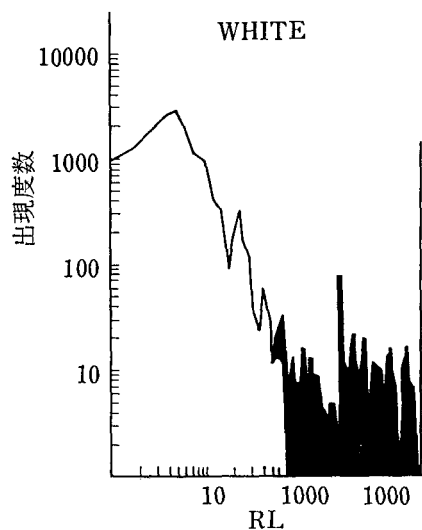


図6 CCITT 標準原稿 No. 1 RL 分布（NTT R. L 分布測定図表より）

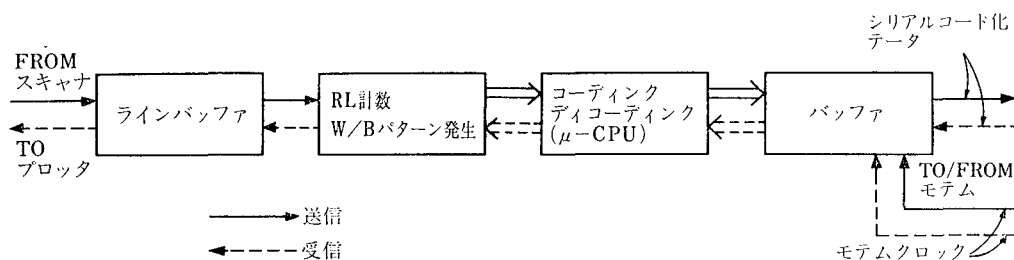


図 7 データ圧縮再生装置ブロック図

にはデータ圧縮を、受信時には受信した圧縮データの再生動作を行う。図7はそのブロック図である。送信時には、スキャナからの書画情報が一度複数本のラインバッファに書込まれ、次に RL 計数回路でランレングスが計数され、 $\mu$ -CPU によりコード化されてバッファにパラレルコード化データとして出力される。受信時には、モデムからのコード化データをバッファを通して  $\mu$ -CPU が受けデコード作業を行い、RL 発生回路で各 RL を発生してラインバッファにそれらを書込む。ラインバッファからは 1 ラインずつ R/W-BUFFER へ出力される。

#### 4-5 変復調装置

リファクス 1850 S には、超高速モデム (9600 bps, 7200 bps, 4800 bps, 2400 bps)、高速モデム (4800 bps, 2400 bps)、FSK モデム (300 bps) の三種類のモデムを使用している。

##### 4-5-1 超高速モデム

本モデムは、大規模集積回路化された変調ユニット、復調ユニット、および自動等化ユニットで構成されている。

データ伝送速度は 9600 bps, 7200 bps, 4800 bps, および 2400 bps のいずれかに設定可能であり、自動シフトダウンモードで使用できるようになされている。

本モデムは 9600 bps の高速にもかかわらず、自動等化回路内蔵により、専用回線 (D-1)、国際データ回線のみならず加入電話回線とも接続・使用が可能な高能力のモデムとなっている。その仕様は表 3 の通りである。

##### 4-5-2 高速モデム

本モデムは、大規模集積回路化された変復調ユニットで構成され、高速同期式のデータチャンネルを有す。

データチャンネルによるデータ伝送速度は 4800 bps または 2400 bps に設定可能である。また自動シフトダ

ウンも可能である。本モデムはリコー系列の他機種とのコンパチのために用意されたものである。

#### <高速モデムの仕様>

変調方式: QAM

変調速度: 1200 Baud

伝送速度: 4800 bps  
2400 bps

搬送周波数: 1800 Hz

#### 4-5-3 低速モデム (FSK モデム)

本モデムは、コントロール信号に使用されている。

#### <FSK モデムの仕様>

変調方式: FSK

変調速度: 300 Baud

伝送速度: 300 bps

搬送周波数: 1650 Hz, 1850 Hz

#### 4-6 通信端末アドレス出力装置

本装置は通信文書の一部に日付、時刻、および送信端末アドレス等あらかじめ定められた文字を付加して送信し、受信コピーにこの文字を書き出すことにより、受信側での送信元の判別を容易にさせるもので、文書流通量の増加に伴い送信側での文書作成の省力化、受信側での文書整理の省力化の一助とするものである。

本装置は、送信文書には記載されていない通信端末を表わす日付、時刻、および文字メモリに記憶されているあらかじめ定められた文字を画素パターンに線走査分解し、送信文書の先頭からこの画素パターンを送信文書の画情報に置き換えて送信し、通信端末を表わす文字の送信終了後送信文書の画情報に切替えて送信している。従って通信端末を表わす文字以外は全てオリジナルな画情報が得られ、受信側では、通信端末アドレス出力用の特別な配慮なしに通信端末アドレス出力文字が受信コピー上にプリントされる。回路構成を図 8 に示す。点線で囲まれた部分が通信端末アドレス出力装置である。

#### <機能>

- (1) 文字の種類: アルファベット、数字および特殊記号
- (2) 書込み文字数: 1~32 文字、64 文字まで拡張可能
- (3) 文字の白黒反転指定: 1 文字毎に指定できる
- (4) 文字の大きさ: 2 種類の大きさが指定できる
- (5) 時計: 月、日、時、分の 100 年カレンダー

伝送速度	変調速度	搬送周波数	変調方式	
9600 bps	2400 Baud	1700 Hz	QAM	16 Point
7200 bps				8 Point
4800 bps	1600 Baud	1800 Hz	PSK	8 Phase
2400 bps	1200 Baud			4 Phase

表 3 超高速モデム仕様

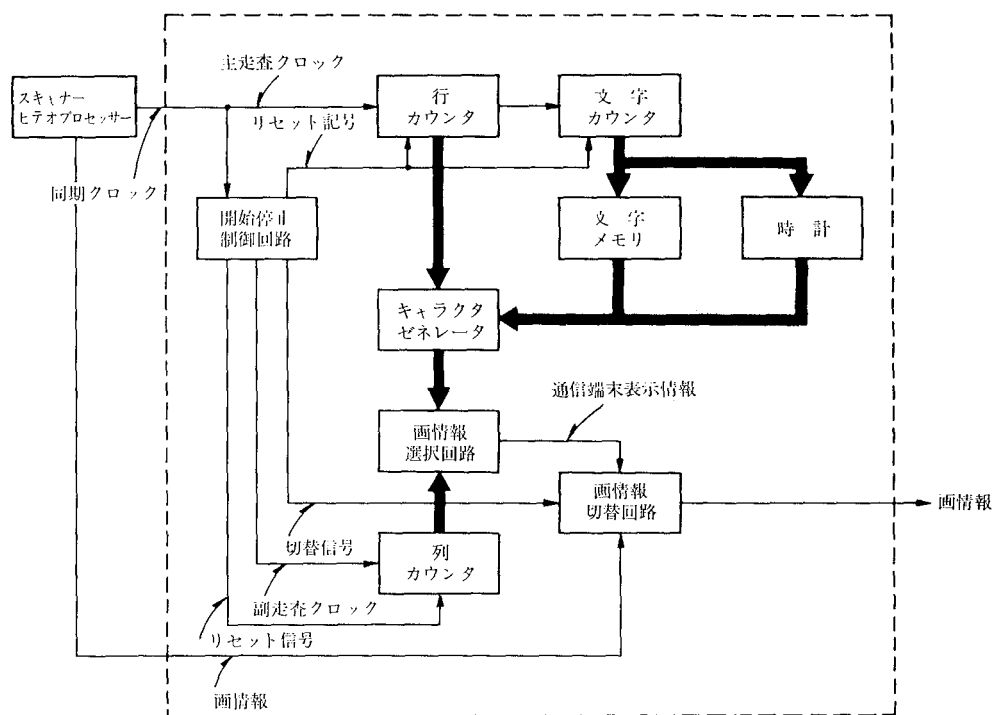


図 8 通信端末アドレス出力装置回路構成図

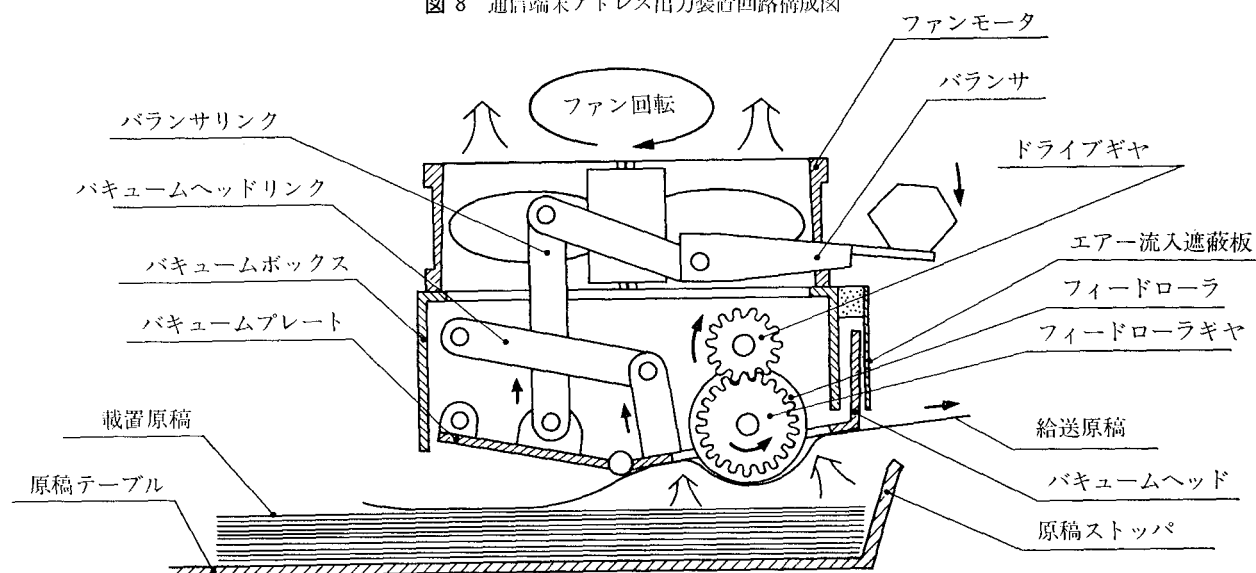


図 9 自動原稿給送装置

#### 4-7 自動原稿給送装置

本装置は、多数枚の原稿をファクシミリに自動的に給送する装置である。テーブル上に載置した原稿を軸流ファンを用いて吸引し、最上位の原稿から順次ファクシミリ装置へ自動的に給送するメカニズムとなっている。図9について動作を説明する。原稿給送指令を受けると、ファンモータおよびドライブモータが回転する。この時フィードローラは原稿を押えている状態にあり、最上位の原稿は、バキュームプレートから突出露出したフィードローラの外周に沿う様に吸上げられる。吸上げられた原稿によって、バキュームヘッドの開口部が塞がれ、バキュームボックスの負圧が高まることによりバキューム

ヘッドは上昇する。上昇によりフィードローラギヤは、ドライブモータによって回転駆動されているドライブギヤに噛合う。このギヤの噛合によりフィードローラが回転し、吸引した原稿を前方へ送り出す。原稿の先端がファクシミリ装置のスキナー部へ到達すると(読取り開始)、ADFのファンモータおよびドライブモータが停止する。ファンモータが停止すると、バキュームボックスの負圧が下がり、バキュームプレートは自重で初期位置に復帰する。本動作を繰返すことにより原稿は順次給送される。静電気等による次原稿間との相互密着があった場合でも、上位の原稿がフィードローラに沿って吸引される時に生ずる『曲がり』によって、次原稿との間に分離作用が働

き、複数枚が同時に給送されることを防いでいる。図 10 にはこの外観を示す。

## 5 応 用

いわゆる高速ファクシミリが世に出てからしばらくはファクシミリの事務分野における応用は手探りの状態にあったようである。このため、ランダムに発生する緊急文書の伝送という用途にまず導入されていた。

しかしながら、応用についての検討が進むにつれ、徐々に事務処理におけるルーチンワークの中に採り入れられてきており、今後の応用の主流を占めると予測される。

一般公衆電話回線を用いるリファクス 1850 S も、このような用途に多く用いられることが期待され、また十分な機能を発揮するものと考えられる。さらに特定地点間での多量の伝票等の文書伝送（専用線使用）に、また特定地点から複数の地点への同一文書同時的伝送（いわゆる同報通信）等に使用することができ、広い範囲に応用していただけることを期待して止



図 10 自動原稿給送装置外観

まない。

最後に、本機の開発にあたっては社内外の多くの方々の多大の協力があったことを附記する。

### 参考文献

- (1) 小村・マイコン応用機器システム設計実例 電子技術, 19, 9



# 英文ワード・プロセサー リコーWP-1

RICOH Word Processor WP-1

阿部 新太郎\* 葭葉 豊\*  
Shintaro Abe Yutaka Yoshiba

## 要 旨

英文用ワード・プロセサーとしてスタンド・アローン、ディスプレイ・ベースのワード・プロセサー、リコー WP-1 を開発した。

タイピストが抵抗なく使用できるように、使いやすさの面に重点を置き、プリンタ・ベースのワード・プロセサーの使いにくさ、および紙の浪費による高いランニング・コストを考慮して、ディスプレイ付きとした。ディスプレイは単なる内部メモリの窓としてではなく、従来のパーシャル・ライン・ディスプレイの置換えをねらった。キーボード、およびプリンタは、マン・マシン・インターフェースの重要なポイントであり、特に操作性と高い印字品質に重点を置いた。ストレージ・メディアとしては、取扱いの便利さと高い機能を達成させるためにフロッピー・ディスクを採用し、制御部はマイクロコンピュータ化を徹底することにより、小型化、高信頼化をはかった。

## ABSTRACT

“Ricoh Word Processor WP-1,” a stand-alone, display-based word processor for English language was developed. It is equipped with a unique one-line display unit in lieu of a conventional partial line display unit, whereby no special training is required for the operation. Unlike printer-based word processors, much paper is not needed with this unit, resulting in lower running cost. Generally speaking, a keyboard and a printer are integral parts for a word processor, and special emphasis was put on simple operation and high printing quality. A floppy disc unit is used as its storage medium for easy handling and higher performance. The control portion has been thoroughly microcomputerized to give a compact and highly reliable structure.

## 1 はじめに

ワード・プロセサー（以下 WP と略記する）は、記憶機能、編集機能を備えた高性能電動タイプライタで、同一内容のレターの作成、共通項目や修正項目の多い文書の作成に最も適している。

欧米の企業において、事務の迅速化と、年毎に膨張する事務コストの削減のため、企業は積極的に WP を導入し省力化をはかっている。一方マイクロコンピュータ

に代表されるエレクトロニクスの進歩により、WP の高機能化、低価格化が可能となるに至った。その結果、WP 市場はここ数年急速に拡大してきている。

WP の厳密な定義から離れて、従来の機械式タイプライタよりも高機能なものを WP の範囲に含めると、小容量の内部メモリを備えたメモリ付きタイプライタ程度の機種から、ミニコンピュータをコントローラとし、12～35 のキーボード・ステーションをコントロールするシェアード・ロジック・システムまで WP はその範囲が広い。最近の開発動向は次の 4 つの方向に大別できる。

(1) 従来からのフル・ページ・ディスプレイ付き WP の高機能化指向。

★技術本部 115 PT

115 Project Team, Technical Division

(2) 従来からのパーシャル・ライン・ディスプレイ付き WP の小型化、低価格化指向。

(3) プリンタ・ベースの WP にメモリの窓として簡単なディスプレイを付けたもの。

(4) タイプライタに小容量の内部メモリを加え、タイプライタとしての操作性の向上を意図したもの。

次に WP システムの構成要素の面からみると、キーボードとプリンタの使い方が DPS 分野と異なっており、次のような特徴を持っている。

WP では、イニシャル・インプット、エディティング等の入力操作が、マシン・タイムの約 80% に達するといわれている。したがってソフト面でキー・ストロークの回数を最少にすることが必要であり、ハード面ではキー・タッチの良さが要求される。

プリンタの特徴としては、最終のプリント文書が“企業の顔”として公式文書に使用されることが多いので、高い印字品質が要求される。この点は印字速度に重点をおく DPS 分解の用途とは特に異なる点である。さらにプリントされた文書はオリジナル・プリント（タイピストが直接にタイプしたもの）の必要があり、IBM のオフィス・システム 6 に使用されているマトリックス方式のプリンタは例外として、他はすべて活字方式のシリアル・インパクト・プリンタと見てよい。またピッチおよび書体に対する市場要求も多種多様であり、1 インチあたり 10, 12, 15 字等の固定ピッチの各種書体の他に、近年プロポーションアルピッチの各種書体が標準装備となりつつある。

このような状況下にあつて、上記分類(2)を指向し、操作の簡単化、使いやすさを徹底的に追求し、WP-1 を開発した。ディスプレイは 1 行 80 字または 96 字のワン・ラインではあるが、単なる入力データの確認用のメモリの窓としてではなく、1 行分のプリント・イメージのソフト・コピーとして位置づけている。したがってキャラクタ表示の他に、マージン、タブ等のフォーマット表示、およびアンダーライン表示機能を備えている。プリンタとしては上記市場要求を考慮して、リコー RP-40 を使用した。

## 2 機能と特徴

### 2-1 特 徴

本機は操作性の向上を第一目標とした。その結果、従来の WP との主な相違点は以下の 3 点である。

#### (1) フル 1 ライン CRT

ディスプレイ付き WP の操作性の良さを維持したのに加え、これによりシステムのコンパクト化が可能となり、キーボード上部にディスプレイ、前面にドラフト・ホルダーを配置し、従来の WP とは全く異なるデザインとなった。

#### (2) ドキュメント・ベース・ファイリング・システム

従来の WP が行、あるいは頁単位 of データ管理を行っているのに対し、本機はドキュメント・ベースでファイリングしているので、行または頁のオーバーフローは発生しない。

#### (3) キャラクタ・インサクションをベースとするテキスト・エディティング・システム

従来の WP がキャラクタ・リプレースをベースにしているのに対し、本機はキャラクタ・インサートをベースにしているので、インサート時、特別の操作を必要としない。

## 2-2 構成要素

### (1) キーボード

レイアウトは標準となっている“QWERTY”（左上部のアルファベットの配列を指す）であるが、CORR キーを追加した関係上、A/N およびシンボル・キーは 43 キーとなっており、従来より 1 キー少ない。

### (2) ディスプレイ

80/96（切り換え可能）キャラクタ/1 ラインの CRT である。表示内容はキャラクタ、マージン、タブ、ホット・ゾーン、カーソル、アンダーラインである。

### (3) ストレージ・メディア

フロッピー・ディスクである。容量は 225K バイトであり、約 70 頁を納めることができる。

### (4) プリンタ

リコー RP-40 を使用している。RP-40 は活字配列を 2 段にしたダブル・デイジー・ホイールを採用したことを特徴としており、平均印字速度は毎秒 33 キャラクタである。

### (5) コントローラ

マイクロコンピュータ PPS-8 を使用している。

## 2-3 主な機能

- (1) タイプ・ミスの修正
- (2) 文書の修正
- (3) レイアウトの変更
- (4) 自動行末揃え
- (5) 自動センタリング
- (6) 自動ケタ揃え
- (7) 上下半行送り
- (8) パラグラフの自動選択
- (9) パラグラフのインデント
- (10) 自動アンダーライン

## 3 主要部の説明

### 3-1 ハードウェア構成

システムのハードウェア構成は、図 1 に示すように PPS-8 マイクロプロセッサを主体とする制御部と、Low Power TTL を主体とする各 I/F（インタフェース）部

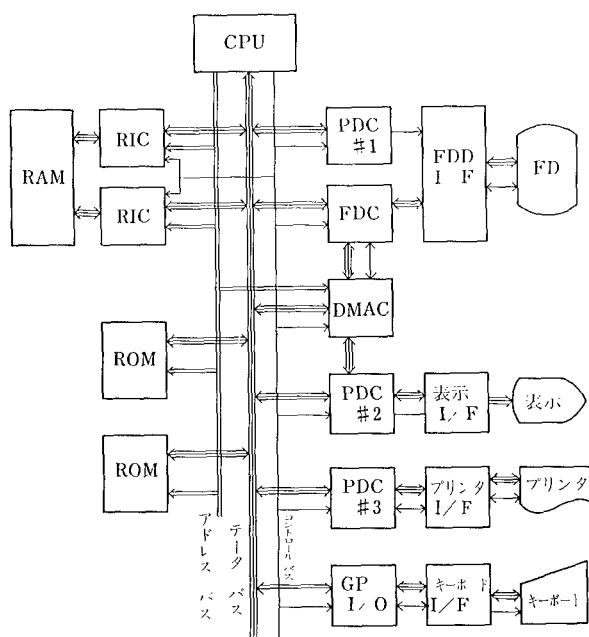


図1 システム・ハードウェア構成

から成る。以下制御部および各 I/F 部の動作および機能、特徴を説明する。

### 3-1-1 制御部

制御部は、PPS-8 マイクロプロセッサおよびそのファミリを採用することにより、効率良い制御と信頼性の向上、および保守の容易性をはかっている。

制御部のメイン機能には

- (1) キー入力に対する判定、処理
- (2) 各 I/O チップの制御
- (3) ファイリング処理
- (4) 編集機能
- (5) エラー処理

がある。

キーボードより入力される様々な情報は CPU において判定され、I/O チップへの制御信号に変換されたり、データとして RAM に記憶される。

RAM は 4K ビットのダイナミック RAM を使用し、A4 サイズ約 1 ページ分のデータと、作表および印字のためのフォーマット情報、そしてファイル作成時のファイル・ネームを約 200 種収納可能としている。編集等は、全てこの RAM を使用して行われる。

RAM に記憶されたデータは表示 I/F からの要求に従い、表示 1 行分（96 又は 80 字）のデータおよびフォーマット情報をその都度転送する。データ転送に CPU は介入せず、すべて DMAC の制御のもとに、RAM と PDC #2 との間で直接行われる。これはデータ転送時間の短縮と、CPU の有効利用という点で大きなメリットがある。

1 行分の印字データが RAM に形成されるか、キーボ

ードからの指示（プリント、スタート指示）があった時、CPU は PDC #3 に対し、RAM 内のデータを送る。データとしては、キャラクタ、紙送り量、送り方向、スペース量等がある。CPU はプリント自体には介入せず、データ授受の確認を終了すると、他の制御に移る。

このように、プリンタは 1 行印字を基本としているため、オペレータは表示によってデータを確認し、修正後印字を行うことができ、無駄なプリントを省略できる。

フロッピー・ディスクのコントロールは、2つの LSI で行っている。

PDC #1 は、ヘッド ON/OFF 等のメカニカル・コントロールを行い、FDC は、データのリード、ライト時のデータ変換とチェック、エラー検出を行う。データ転送は表示部と同様 DMAC により直接 RAM と FDC との間で行われる。

以上制御部の説明を行ったが、ここで使用されるデータのコードは、8 ビットの ASCII コードで統一されている。

### 3-1-2 I/F 部

#### (1) キーボード I/F

各キーを 8 ビットの ASCII コードに対応させ、入力のスโตรブ信号とともにキー・バッファへ送る。キー・バッファは FIFO（ファースト・イン、ファースト・アウト）を使用し、40 キー・インまでストアできる容量をもち、内部処理時間に対するオペレータのキー操作スピードに対処させている。その他機能としては、N キー・ロールオーバー、リピート・キー処理、同時入力キー処理がある。

#### (2) プリンタ I/F

制御部より送られたフォーマットを保持するレジスタを有し、各種制御を行う。主なものは、モーター駆動（ホイールのセレクション・モーター、スペース・モーター、ライン・フィード・モーター）、ハンマー駆動、リボン・シフトの各タイミングのコントロールと、各種センサー（ペーパー・エンド、リボン・エンド）の情報の送出、ホーム・ポジションの確認などである。

#### (3) 表示 I/F

表示 I/F については、3-2 項において述べる。

#### (4) FDD I/F

書込み用クロック発生および読出し時のデータとクロックの分離を行うリード・ライト・コントローラと、ドア・オープン、クローズの検出回路よりなる。

### 3-2 THIN WINDOW CRT

本機の大きな特徴の 1 つである 1 ライン・ディスプレイは、高解像度 CRT を使用し、電子管の周囲にパーマロイによる磁気シールドを施すことにより、クリアな画面を実現するとともに、輝度調整用のツマミを外部に配置し、各オペレータに適した輝度選択手段を提出するこ



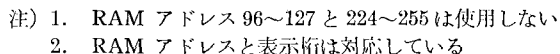
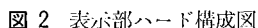


図 3 RAM ビット構成

とにより、文字の誤読および目の疲労に対処している。

### 3-2-1 ハード構成

図 2 に示した表示部ハード構成図により、各部の動作及び機能を説明する。

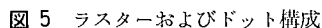
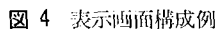
PDC は、CPU との制御信号の授受とデータのバッファの機能を果たすとともに、データのアウトプット時にはストロブ信号を出力し、システム・クロックと同期をとることにより、RAM への書込みクロックを形成する。

RAM は、256 バイトの容量を有し、1 行分の表示データ（文字、記号）およびフォーマットの位置情報を収納する。RAM のビット構成は図 3 に示してある。これらの情報は表示内容の変化の有無にかかわらず、1 表示サイクル中に 1 回リフレッシュする。

CG (キャラクタ・ジェネレーター) は1キャラクタを縦9ドット、横7ドットで構成し、128種のキャラクタを保有し、RAM にストアした文字コードをドットデータに変換する。

フォーマット・コントローラーは、フォーマット表示における CG の役目を果たすと同時に、表示の画面構成（各ラスタに対するドット・データの振分け）を決定する。

タイミング・コントローラは、電子管のビーム走査に必要な各種トリガ信号を発生し、ドライバに送ると同時に、表示サイクルに合わせたコントローラのタイミ



ングおよび1ドットの点灯周期を決定する。

電子管駆動に必要なトリガー信号は、水平、垂直同期信号、表示ブランキング信号、ビデオ信号である。ドライバーはこれらの信号を受け、のこぎり波を発生し、ビデオ信号を増幅し、電子管に供給する。ドライバーが持つその他の機能としては、輝度調整、フォーカス調整、水平垂直位置および振幅調整などがある。

### 3-2-2 主機能

### (1) 最大表示文字数切換之機能

画面の同一スペース内で最大文字数 80 文字，96 文字の切換えを行う。図 2 の水晶振動子によって発生する基本クロック ( $T=0.13\ \mu\text{s}$ ) をカウンタにより，80 文字の時は基本周波数を 1/6 に，また 96 文字の時は 1/5 に分周し，1 ドットの走査時間を決定している。この走査時間の 1 行の総ドット数（スペースを含む）倍した値が表示時間（1 ラスター分）になり，80 文字，96 文字で一致させている。この場合  $512\ \mu\text{s}$  である。

## (2) 特殊文字、記号のシフト機能

g, j, p, q, y, , , ; は、他の文字、記号の表示位置より 3 ドット下にシフトさせ、プリント・イメージと一致させている。シフト・コントロールは CG にて行っている。

### (3) カーソル点滅機能

カーソル位置を明示するための点滅機能であり、垂直同期信号 ( $T=20\text{ ms}$ ) から  $500\text{ ms}$  周期のパルス (ON

/OFF 比 3:2) を作り行っている。

### 3-2-3 画面構成

表示画面構成例を図4に示す。

表示はTV式ラスタースキャン方式で行っている。1表示サイクルは25本のラスタースキャンから成り、その構成を図5に示す。表示サイクル中表示に寄与しない時間にシステムとのデータ転送を行い、転送中の表示ブランピングによるチラツキを解消している。転送必要時間は1.5ms, 転送許容時間は5.6msである。

文字記号等に使用する1桁のドット構成は縦11ドット, 横8ドットで構成するが、最初の1列は文字間のスペースにするため使用しない。すなわち縦11ドット, 横7ドットのスペースに、縦9ドット, 横7ドットで構成される文字記号を、シフトを含めて表示する。その1例を図5に示す。

### 3-3 エディティング・システム

本機はキャラクタ・インサクションをベースにしており、キャラクタ・リプレースをベースにしている他のWPと異なっている。以下図6に従ってメモリ内のデータの動きを説明する。

図6の左側にメモリ内のデータの動き、右側にディスプレイ

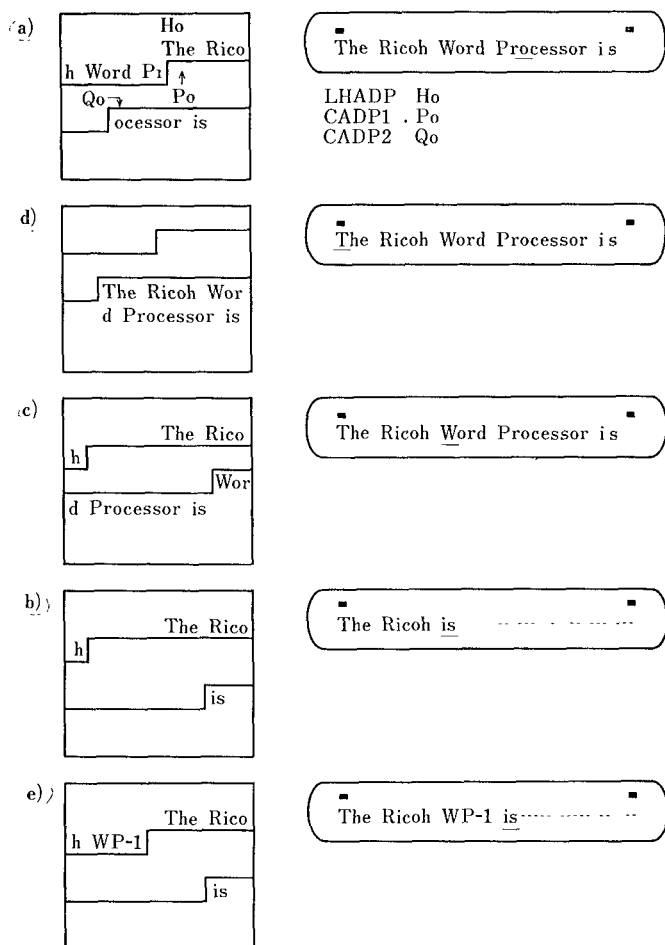


図6 メモリ内データの動き、およびその時の表示

プレイの表示データの簡略図を示した。LHADPはライン・ヘッド・アドレス・ポインターで行の先頭データが格納されているメモリ・アドレスを示す。CADP1はカーソル・アドレス・ポインターで、次のキー入力格納されるメモリ・アドレスを示す。CADP2もカーソル・アドレス・ポインターで、メモリ内のデータの下半分の格納されているアドレスを示す。データの挿入、削除、訂正等の基本操作はこの2つのカーソル・アドレス・ポインタにより高速かつ簡便に行うことが出来る。

#### 3-3-1 バック・シフト

本機のBACKLINEキーにより行われる。

- ① (CADP 1)←(CADP 2)
- ② (CADP 1)=(LHADP)? Yes ならば終了, No ならば③の処理を行う。
- ③ CADP 1←(CADP 1)-1  
CADP 2←(CADP 2)-1  
①の処理に戻る。

#### 3-3-2 シフト b)→c)

本機のCHAR, WORD, LINE, PARA, AUTOキーがこれに相当する。本例はWORDキーを2度操作した場合である。

- ① (CADP 1)←(CADP 2)
- ② ((CADP 1)=ワードの区切りキャラクタか? (スペース, タブ等) Yes ならば④の処理, No ならば③の処理を行う。
- ③ CADP 1←(CADP 1)+1  
CADP 2←(CADP 2)+1  
①の処理に戻る。
- ④ CADP 1←(CADP 1)+1  
CADP 2←(CADP 2)+1  
処理を終了する。

#### 3-3-3 デリート c)→d)

本機のDELET+CHAR, DELET+WORD, DELET+LINE, DELET+PARAキーがこれに相当する。本例はDELET+WORDキーを2度操作した場合である。

- ① ((CADP 2)=ワードの区切りキャラクタか? Yes ならば③の処理, No ならば②の処理を行う。
- ② CADP 2←(CADP 2)+1  
①の処理に戻る。
- ③ CADP 2←(CADP 2)+1  
処理を終了する。

#### 3-3-4 インサート d)→e)

通常のキー入力にこれに相当する。本例はW, P, -1, スペースを入力した場合である。

- ① ((CADP 1)←キー入力データ
- ② CADP 1←(CADP 1)+1  
キー入力により、メモリの空きエリアがなくなった場合の処理は次節で説明する。

セクター1

1 8 2

FNSP FN FHAP FN FHAP FN FHAP X'FN'

セクター17

File Head Address Pointer (属性ヒットを含む)  
File Name  
File Name 空き数 ≤ 200

セクター17

6 1 2 2

RICWPT FDS P RL SP SPA

セクター21

空きAddress Pointer

Record Length SPA1迄の長さ

空きAddress数  $\leq 222$

[illegible]

ストレージ・メディアはフロッピー・ディスクを使用している。トラック・セクター・フォーマットは IBM 3740 と同じである。

インデックス・トラック（トラック0）を図7 a), b)に示す。ファイル・ネーム・テーブルはセクター1から16に位置し、登録可能なファイル・ネーム数は200であり、各々のファイル・ネーム長は8キャラクタ以内となっている。スペース管理テーブルはセクター17~20に位置し、メディア・イニシャライズ時に、エラー・トラックが1つもなかった場合は222が登録されている。

各トラックに X'E5' をライトし不良トラック・テストを行う。トラック 1～74 のうち、正常なトラックは空きブロック管理テーブルに登録され、不良トラックは登録されない。トラック 0, 75, 76 が正常で、かつ不良トラックが 5 個以内の場合、WP-1 用メディアとして使用可能となる。この時インデックス・トラックには図 7 に示される情報が書き込まれる。

セクター 1 の先頭バイトには登録可能なファイル・ネーム数 200 が書かれている。これによりファイル・ネームのオーバーフローのテストが行われる。次のバイトより 2000 バイトには 00 が書かれており、残りは X 'FF' が書かれている。セクター 17 の先頭より "RICWPT" が書かれている。これにより WP-1 用メディアとしての可否が調べられる。9 バイト以降には空きブロックのアドレスが書かれている。7, 8 バイトはレコード長となっており、空きブロック管理エリアの最外側を指し、次に使用する空きブロックのポインターとなっている。

従来の WP が行あるいは頁単位でデータ管理しているのに対し、本機はドキュメント・ベースのファイリング・システムをとっている。このためオペレータは行または頁のオーバフローに悩まされることはない。

オペレータのキャラクタ・インサート、デリート操作に対し、システムはディスク・スペースをリアル・タイムで管理し、ディスク・ストレージの有効利用をはかっている。この間、ディスク・ストレージのオーバーフロー時を除いてオペレータの介入は必要としない。

一例として作成済のファイル，FILEa について説明する。

$$\text{FILEa} = \begin{pmatrix} \text{A}_1 \\ \text{a}_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{A}_2 \\ \text{a}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{A}_3 \\ \text{a}_3 \end{pmatrix}$$

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> はトラック・セクター・アドレス, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> はその内容をあらわす。図 9 にデータ・メモリの動き, および各ポインターの動きを示した。図中説明に必要なものは省略してある。BAP, FAP, CAP はメモリ内のワーキング・エリアにある。BAP は逆方向のアドレス・ポインターでトラック・セクター・アドレス, あるいはファイルの先頭を示すコードが入る。FAP は正方向のアドレス・ポインターでトラック・セクター・アドレス, あるいはファイルのエンドを示すコードが入る。CAP はメモリのデータをディスクにライトする時のトラック・セクター・アドレスが入る。この 3 つのポインターによりブロックのチェーンを行っている。

データメモリの下半分に  $a_1$  をロードし、BAP, FAP, CAP を b) のようにセットする。

3-3-2 で説明したようにデータ・メモリは c) のよう

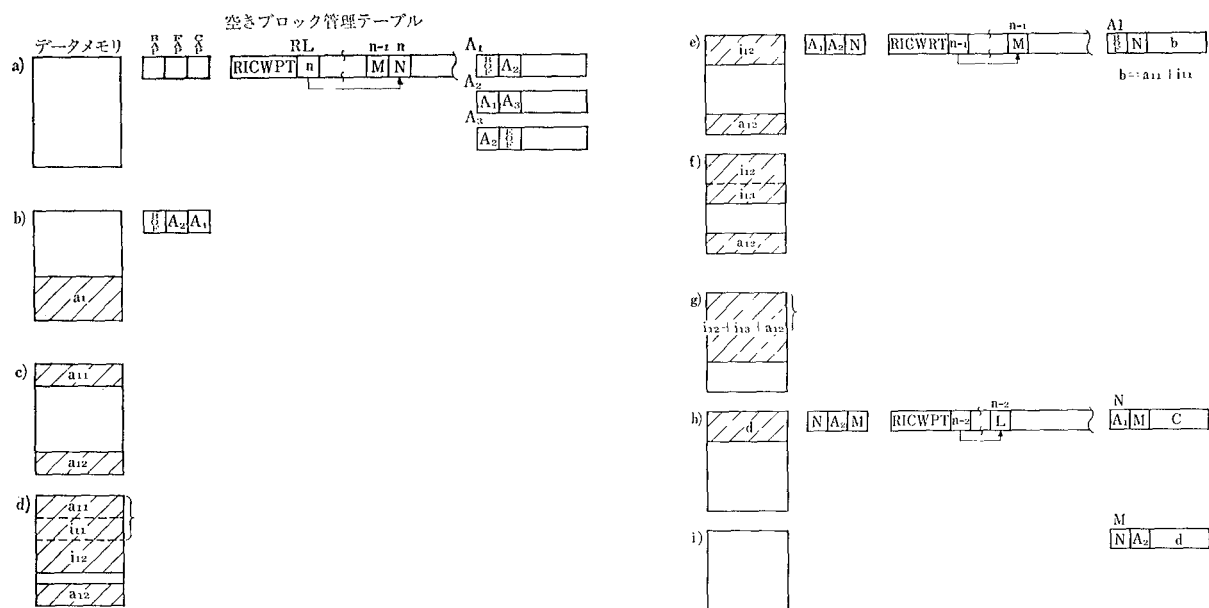


図9 ファイル管理

になる。

3) データを  $i$  入力した時 (d), e), f)

入力データにより、データ・メモリの空きエリアがある値より少なくなると、本システムは自動的にデータ・メモリの一部分をディスクにライトする。この様子を d), e) に示した。しかる後データ・メモリを e) のようにセットし、空きエリアを作る。

4) ファイルをクローズした時 (g), h), i)

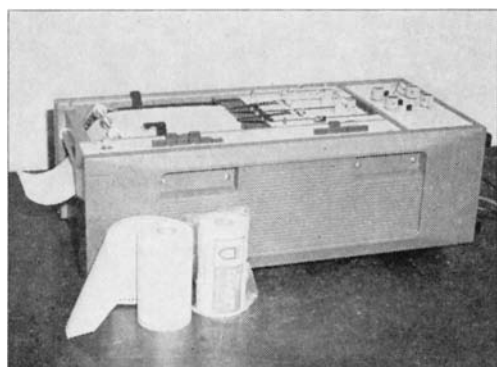
g) に示す様にデータの下部分を上部分にシフトした後、ディスクにライトする。ライト回数はデータ・メモリ内のデータ量により異なる。

以上の操作の後、FILEa は次のようになっている。

$$\text{FILEa} = \begin{pmatrix} A_1 \\ b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} N \\ c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} M \\ d \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_2 \\ a_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_3 \\ a_3 \end{pmatrix}$$

#### 4 おわりに

以上英文用ワード・プロセッサ、リコー WP-1 について述べた。当初の目標であったオペレーションの簡単化、使いやすさに関して良い市場評価をいただいている。ワード・プロセッサ市場は日進月歩であるが、今後も一層の努力で需要にこたえていきたい。



# レコーダー用感熱記録紙 リコー・サーマル・ペーパー

Thermosensitive Recording Paper

野村 稔\* 清水 静也\* 坂本 洋\*  
Minoru Nomura Shizuya Shimizu Hirosaki Sakamoto

## 要 旨

このたび、IC ペン方式高速レコーダー用として、2種類の染料発色型感熱記録紙を開発した。

本稿では、高速レコーダー用感熱記録紙に要求される品質特性として、(1)高速追従性、(2)発色の均一性、(3)IC ペンの耐久性、等を示し、その向上には、用いられる材料、分散方法、感熱紙の表面性が重要であることを明らかにした。

また、この研究成果として、高速追従性、発色の均一性、IC ペンの耐久性にすぐれた感熱記録紙を得ることができた。

## ABSTRACT

Two kinds of Leuco type dye thermosensitive recording paper for use with high speed IC pen recorders were developed. (1) high sensitivity to meet recording speeds, (2) uniformity in development and (3) durability of IC pens are given in this paper as the characteristics required for thermosensitive recording papers for high speed recorders. We found that, in order to improve the characteristics, selection and dispersion method of materials, and surface smoothness of thermosensitive recording papers are the important factors. As the result of this study, we succeeded in making thermosensitive recording paper with the desired characteristics.

## 1 はじめに

情報化時代の進歩発展は、情報の正確な伝達とスピーディな処理技術を必要としており、そのためにも機器と記録材料の技術革新に期待される面が多く、新しい記録方式の研究開発に力が注がれている。

なかでも感熱記録紙は、①一次発色で現像定着が不要、②普通紙ライクである、③機械がメンテナンスフリーである、等の特徴があって、ファクシミリ、プリンター、医用・工業用レコーダー、自動券売機等の分野での発展が期待されている。

このたび、計測記録機業界でトップの渡辺測器㈱と共同で、新しいレコーダー用の感熱記録紙の開発に成功したので、その概要について報告する。

## 2 レコーダー記録方式の推移<sup>1)</sup>

感熱紙の開発内容に触れる前に新記録方式が開発される背景となった記録方式の歴史について述べる。

記録方式としては、昭和22～35年頃まで、大部分が金属パイプペン（ステンレスのキャピラリーペン）とインクとの組合せによるものだったが、その後、昭和36～37年頃からサインペン（ファイバペン）方式が使われ始めている。（図1参照）

インクペン方式は、インクの詰り、インクの飛散・汚れ、インク切れ等の欠点があり、ユーザーから強い改善の要求が高まっていた。この欠点を改善するものとして、熱ペン方式が考えられている。記録紙は、ワックスタイプ感熱紙が主流で、ペンに電流を加えて加熱すると、ワックス層が溶融透明化して、下層の黒色層を可視化するので、この方式はあまり普及していない。

米国では、近年ニクロム線を使用した傍熱ペンを小型

★感光紙事業部 開発部

Development Department, Sensitized Paper Division

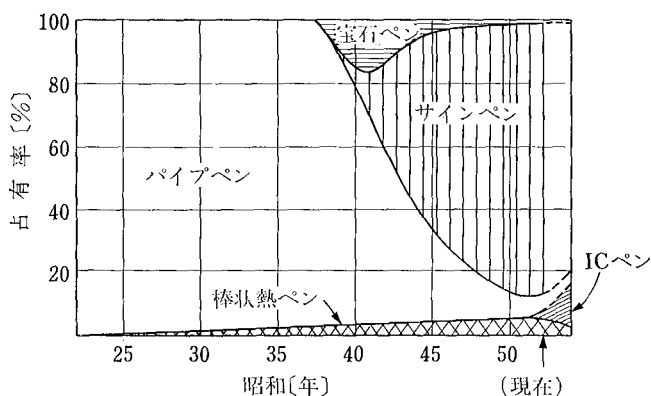


図1 日本での記録方式の推移

化して、発熱時定数を小さくする方式が開発されているが、それでも 100~200 msec のため高速記録性に劣っている。

このような背景の中で、渡辺測器㈱が、高速記録性にすぐれた熱ペン方式レコーダーを開発していたが、高速追従性、画質、ペン耐久性等、感熱紙の品質に要求されるところが多く、これらの問題を解決すべく研究に取り組んだ結果、5000 mm/sec の高速記録にも追従しうる感熱記録紙を開発することができた。

以下に、新熱ペン、感熱記録紙の原理、特性について報告する。

### 3 新熱ペン (IC ペン) について

#### 3-1 発熱体について<sup>1)</sup>

IC ペンに用いている発熱抵抗体は、チップ化されたセラミック基板上に抵抗体をスクリーン印刷したもので、図2のような構造になっている。

サーマルヘッドの発熱体形成法としては、次の3つに大別される<sup>2)</sup>が、

- (1) 厚膜法
- (2) 薄膜法
- (3) 半導体法

表1に示すように、各々に特長がある。表からわかるように、耐久性、ペンチップ化への容易さ、生産性、コスト等の点から、厚膜法を用いている。

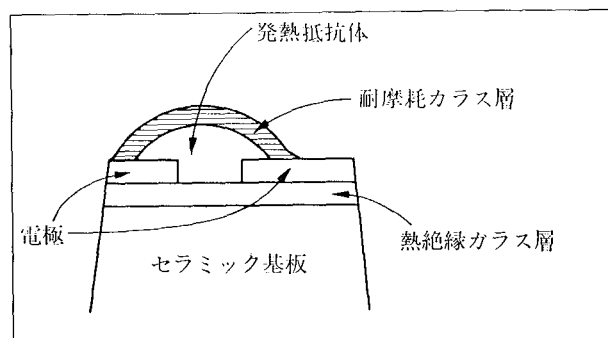


図2 IC ペンの構造

	厚膜法	薄膜法	半導体法
高温発熱性	◎	○	△
熱応答性	○	◎	○
耐摩耗性	◎	○	△
発熱体の凸形成	◎	△	○
特殊形状の容易さ	◎	△	○
消費電力	○	◎	◎
コスト	◎	△	△

表1 発熱体形成法の比較

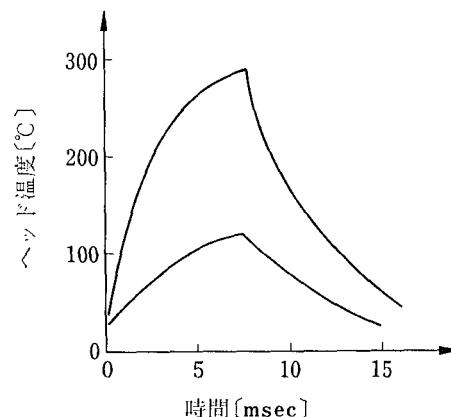


図3 抵抗体の熱応答性

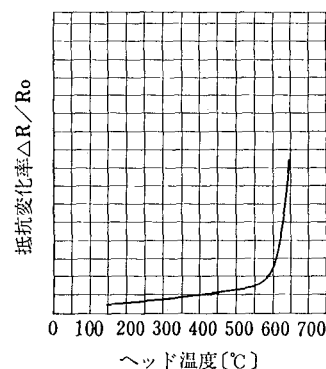


図4 表面温度対抵抗変化率特性

#### 3-2 熱ペンに要求される特性<sup>1)</sup>

ペンの動きに比例して、熱の制御が可能で、インク方式よりすぐれた記録特性を具備する IC ペンとして要求される条件は、

- (1) 熱応答性が良いこと
- (2) 寿命が長いこと
- (3) 消費電力ができるだけ小さいこと
- (4) 小型軽量であること

などがあげられる。

IC ペンでは、このような要求から厚膜抵抗体を採用しているが、熱ペンの特性はほとんどこの厚膜抵抗体に依存している。例えば、熱応答性は図3のような特性を有しており、抵抗体に加える印加電圧に依存する。

また、図4には発熱体の温度と抵抗体の抵抗変化率を示しているが、約 600°C 付近に急峻な立上がりがあり、抵抗体の熱破壊が生じているのがわかる。

さらに IC ペンの寿命、すなわち耐摩耗性は、ペンの耐摩耗ガラス層と、使用する感熱記録紙のコーティングされた物質に依存しているが、この研究成果として、ペン走行距離 500 km を保証できるまでの長寿命となっている。この数値は、従来のものより約 1 桁上まわっている。

実際の記録時において、ペンの移動速度に追従して一定の発色濃度を得るための熱のコントロールは不可欠で、本記録方式は、ペンと感熱紙との相対速度に応じて印加電力を変化できるような工夫がなされている。図5はリニアコーダーマークVの熱コントロールのブロックダイアグラムを示したものである。

### 3-3 IC ペン方式の特長

このような IC ペンの特長を従来の熱ペンと比較してみると、次のような点で極めてすぐれている。

#### (1) 消費電力

従来の熱ペンが比較的消費電力が高い（数 W～10 W）のに対し、IC ペンは 0.1 W～約 2 W と低い。

#### (2) 熱応答性

300～400°C に達するのに、従来のペンが 3～5 秒かかるのに対し、IC ペンは 10 m sec 程度であり、約 100 倍も向上している。

#### (3) 耐摩耗性



図6 新記録方式のレコーダー（例）

従来のペンは、ペン圧約 20 g で数 10 km の記録寿命しかないのに対し、IC ペンは、感熱紙の品質と相まって約 500 km の記録寿命がある。

#### (4) 記録特性

従来の熱ペンは、熱コントロールが不可能であり、ペン圧約 10 g、振幅 30 mm、周波数約 20 Hz までの記録が限度であるのに対し、IC ペンは熱応答性と構造の画期的な改善によって、ペンスピードに追従したコントロールが可能となり、同一条件で約 100 Hz が可能である。

また、図6は新記録方式のレコーダーで記録している例である。

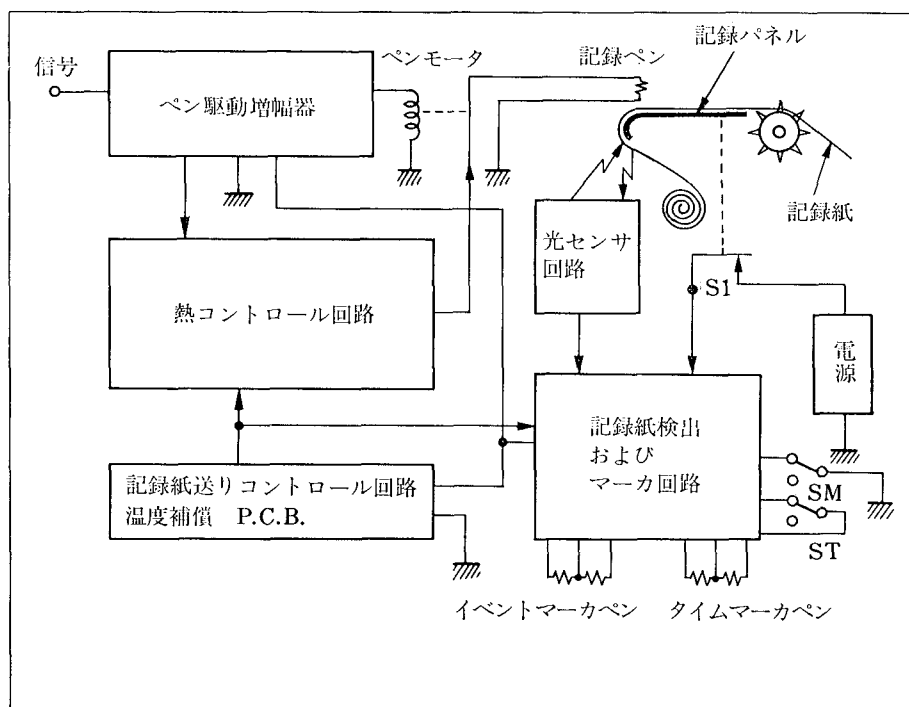


図5 熱コントロールブロックダイアグラム

## 4 新感熱紙について

新記録方式用として開発した新感熱紙は、いわゆる染料発色型感熱紙である。熱を印加することによって、画像を記録することのできる感熱紙には3種類ある<sup>3)</sup>。

1つは、高級脂肪酸金属塩とフェノール類を用いる2成分発色型の感熱紙（米国の3M社が実用化したので、3Mタイプとも呼ばれている）で、これは、地肌が黄色であるためあまり好まれていない。また、1つはワックスタイプ感熱紙と呼ばれ、黒色着色層の上にワックスを主成分とする不透明層を塗布したもので、地肌が黒く、傷がつきやすい。他の1つは、染料発色型感熱紙である。これは、無色ロイコ染料とフェノール性酸性物質を紙の上に塗布したもので、ロイコ染料を選ぶことによって種々の鮮かな発色色調が得られること、普通紙ライクであること等の特徴があり、現在サーマルファクシミリ、プリンター、レコーダー、自動券売機等に使用されているものは、このタイプが主流である。

### 4-1 発色原理

染料発色型感熱紙の構成は、図7に示すように、無色ロイコ染料、顕色剤であるフェノール性物質と各種の添加剤を水系で分散したものを、水性バインダーで紙の上に塗布して感熱発色層としたものである。この感熱発色層に熱ペン、サーマルヘッド等で熱エネルギーを印加すると、ロイコ染料（電子供与体）、顕色剤（電子受容体）のいずれかまたは双方が熔融して電子の授受が行われ、発色する。図8は、ロイコ染料がクリスタルバイオレットラクトン、顕色剤がビスフェノールAの場合の発色機構を示している<sup>3)4)</sup>。

発色基本成分である無色ロイコ染料とフェノール性物質としては、図9に示すように種々のものが使用可能である<sup>6)</sup>が、通常、青発色感熱紙にはクリスタルバイオレットラクトン（CVL）を、その他、赤、黒発色感熱紙にはフルオラン系のロイコ染料を用いている。一般にはCVLよりも、フルオラン系の染料の方が保存性の点ですぐれている。

感熱紙の一般的な製造法は、これら2つの発色基本成分の他に、要求特性に応じた添加剤、例えば熱可融性物質、無機填料、消泡剤を加えてバインダーとともに分散した塗布液を、エアナイフコーター方式等によって均一に塗布するものである。

### 4-2 感熱紙の記録特性

高速レコーダー用感熱紙の品質特性としては、

- (1) 低温度で高濃度の記録が得られること
- (2) 発色が均一であること
- (3) 熱ペンのヘッドに摩耗等の悪影響を与えないこと
- (4) 高温多湿下の保存性にすぐれていること

などが要求される。この中で(1)～(3)がいわゆる記録特性

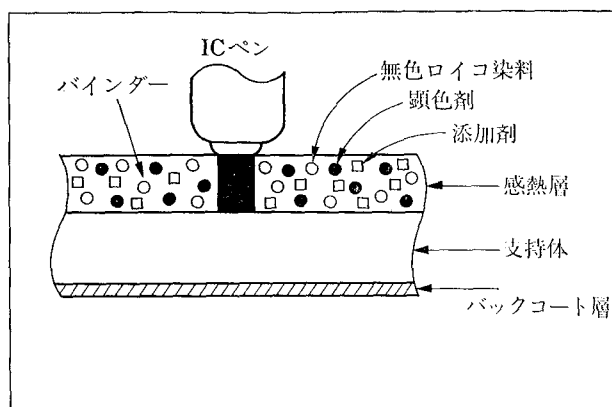


図7 染料発色型感熱紙の構成

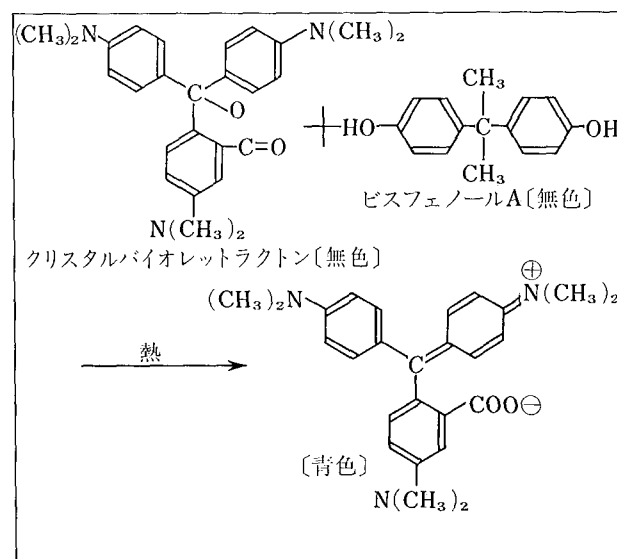


図8 発色機構

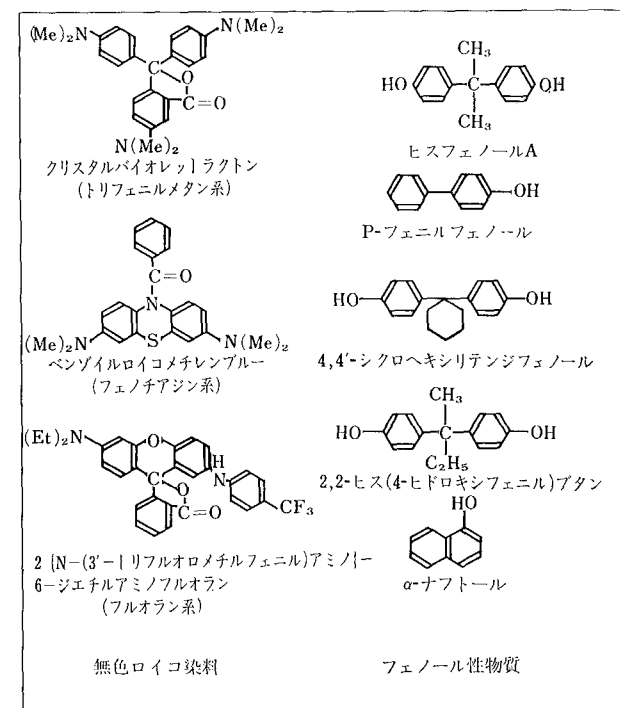


図9 ロイコ染料、フェノール性物質の例



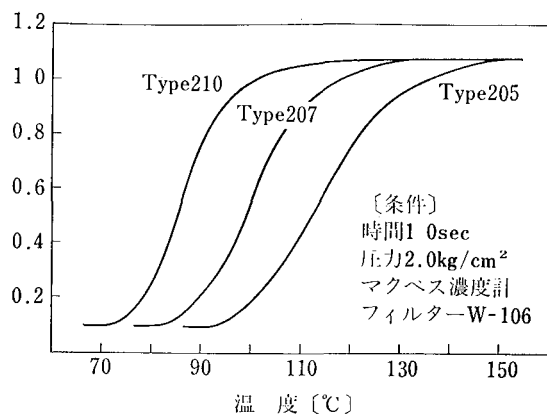


図 10 発色特性

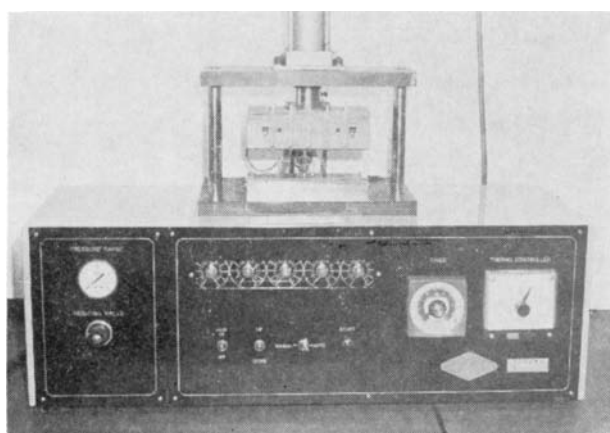


図 11 発色特性の測定装置

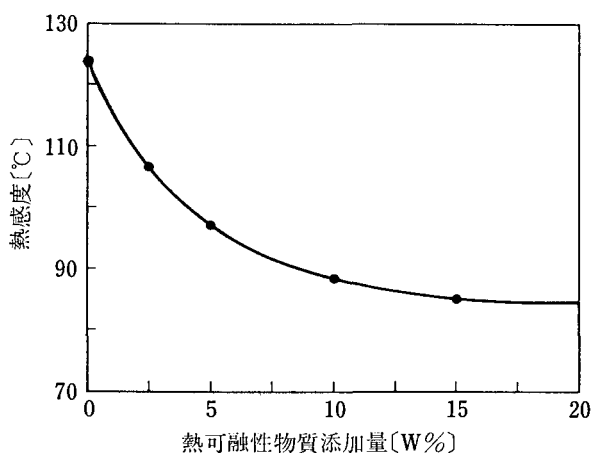


図 12 静的発色性の向上

である。なかでも(1)はレコーダー用に限らず、ファクシミリ、プリンター用の感熱紙においても極めて重要な特性であり、静的発色性、動的発色性の両面から感熱紙の設計をする必要がある。

#### 4-2-1 発色特性

図 10 はリコーサーマルペーパータイプ 210, 207, 205 (青発色感熱紙) の静的発色特性を示したもので、図 11 はこれらの特性を測定できる装置の外観である。この特

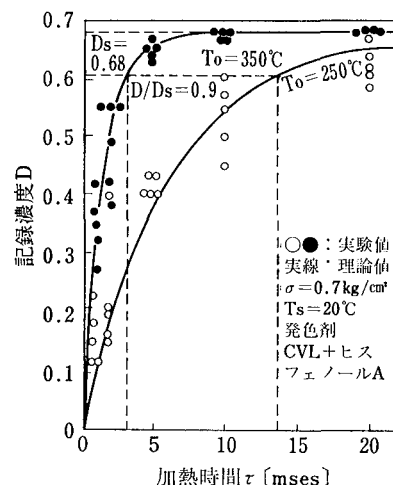


図 13 加熱時間と記録濃度の関係

性を測定することによって、十分に熱エネルギーが印加される場合の発色性を評価することができる。

図 12 は融点が約  $100^\circ\text{C}$  の熱可融性物質を添加した場合、静的発色性が向上することを示した図である。ただし、この図では縦軸を熱感度 (発色濃度 0.8 を得ることのできる温度) で示している。この図から、熱可融性物質を約 10 重量 % 加えることによって熱感度が  $35^\circ\text{C}$  位向上するのがわかる。

図 13 は、CVL とビスフェノール A の構成による感熱紙について、サーマルヘッドの加熱時間 ( $\tau$ ) と、記録濃度 ( $D$ ) との関係が指数関数で表わされることを示した実験結果<sup>5)</sup>で、あるヘッド温度条件下での感熱紙の発色時定数をみることができる。図中の実線で示される理論式は (i) 式のものであり、

$$D = D_s \{1 - \exp(-k_s \tau)\} \dots\dots\dots (i)$$

(ここで  $D_s$ : 感熱紙の飽和濃度,  $\tau$ : 加熱時間,  $D$ : 記録濃度,  $k_s$ : 反応速度定数), 一定温度, 一定加熱時間のとき,  $k_s \tau$  すなわち  $k_s$  が大きいほど動的発色性にすぐれた感熱紙であるということが言える。

$$k_s \tau = -\ln(1 - D/D_s) \dots\dots\dots (ii)$$

(i) 式は (ii) 式のように変換できるが、IC ペン方式のリニアコーダーで、分散質の平均粒に対する  $k_s \tau$  (動的発色性) の関係をとった実験結果が、図 14 である。この結果から分散質の平均粒径が小さい方が  $k_s \tau$  の大きいことがわかる。このように、低温度で高濃度の記録ができるには、静的かつ動的発色性にすぐれた感熱層にする必要がある。その他、熱可融性物質の種類、融点、配合比、材料の選択、分散方法などについての詳細な検討を行った。

#### 4-2-2 発色の均一性

新記録方式は、500 mm/sec というような高速記録 (この時のペンスピードは最大 5000 mm/sec) が要求されるため、記録線が飛んだり、発色が不均一になりやす

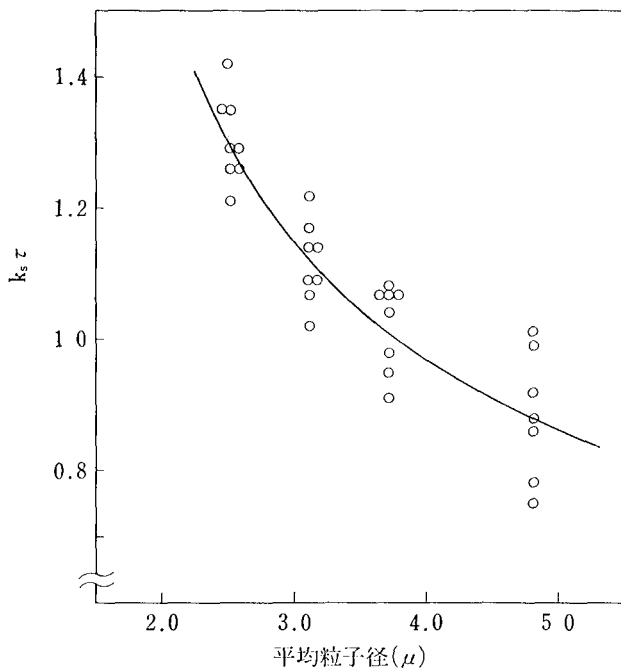


図 14 分散質粒径と動的発色性 ( $k_s \tau$ ) の関係

い。紙の表面は、ミクロ的には極めて凹凸があるため、数 $\mu$ の感熱発色層の厚さではそれを覆うことは難しく、鮮明な画像が得にくい。図 15 は表面性と発色の均一性との関係を示した図であり、表面が滑らかなほど発色の均一性が向上する。

#### 4-2-3 ペンの耐久性

記録特性の中で重要な点は、長時間使用した場合の画質の劣化である。この原因として、ペンの摩耗とカスの付着が考えられる。IC ペンの耐摩耗ガラス層には、極めて硬い材質を使用しているが、感熱紙の方に硬い材料などが入っていると、IC ペンの発熱抵抗体が摩耗して抵抗が上がり、記録濃度がうすくなったり、感熱層のトレース性が悪くなる。ペンの摩耗を全くなくすることは難しいが、感熱発色層に添加する材料の種類、分散方法を選ぶことにより改善される。図 16 は、当社で開発したリコーサーマルペーパータイプ 210 と他社紙とのペン耐久性の比較データである<sup>5)</sup>。この図からも、当社が開発した感熱紙は、500 km 記録後もペンの抵抗変化が 15%以下と少なく、メンテナンスフリーに近づいていることがわかる。

#### 4-2-4 保存性

新記録方式で開発した感熱紙は、青発色、黒発色の 2 タイプがある。青発色タイプの感熱紙は、見た目の鮮明さ、コストの点で非常に有利な面もあるが、黒発色感熱紙が要望された背景には、青発色紙よりも黒発色紙の方が、保存性にすぐれているという特性を持つことがあげられる。レコーダーの場合には、ファクシミリやプリンターなどと異なり、戸外の苛酷な条件下で使用する場合も多く、高温高湿下での保存性、耐光性にすぐれている

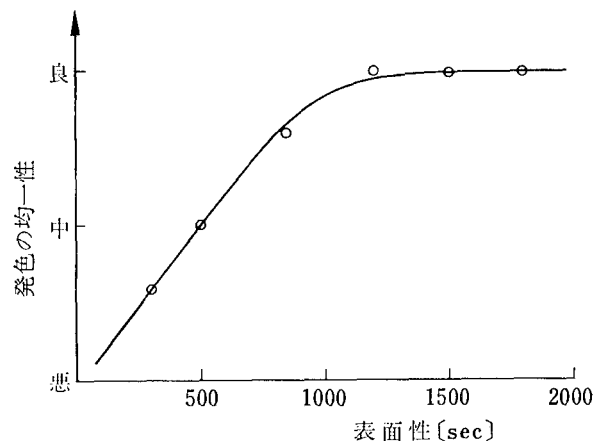


図 15 表面性と発色の均一性

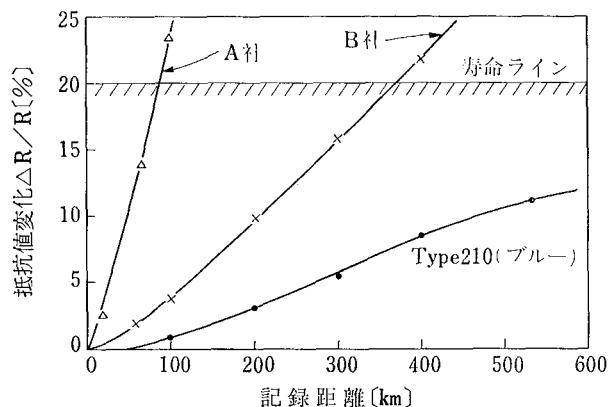


図 16 感熱紙によるペン寿命特性

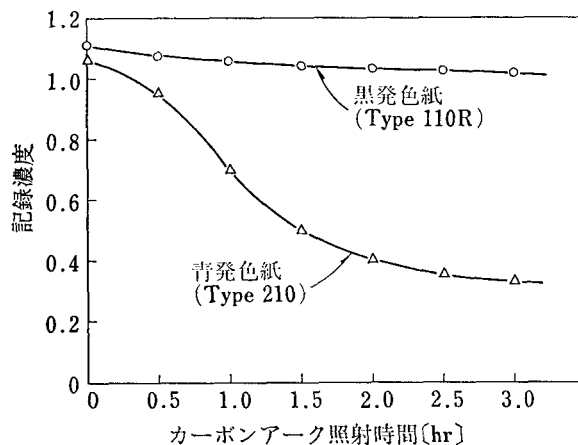


図 17 感熱紙の耐光性

ことが要求される。図 17 に青発色感熱紙と黒発色感熱紙の耐光性データを示す。このグラフから、黒発色感熱紙の方が極めて長期保存性にすぐれていることがわかる。これらの特性はロイコ染料固有の性質に依存する点が大であるが、その他に、フェノール性物質の種類、配合比、添加剤の種類によってもかなり影響を受ける。表 2 に青発色感熱紙と黒発色感熱紙の相違点を示した。

#### 4-3 その他の品質特性

表 3 は、当社が開発した感熱紙、タイプ 210 (青発色)

	青発色紙	黒発色紙	備 考
耐 光 性 (退 色)	△	◎	◦ ファイル状態では差はないが、直射日光などでは著しい差が出る
PPC 複 写 性	○	◎	◦ 最近の PPC はブルーも複写できるようになっている
ジアゾ方式複写性	×	○	◦ ブラックはインク書きに近い複写が可能
記 録 の 鮮 明 さ	◎	○	◦ ブラックは完全な黒発色が困難 ◦ 見た感覚

表 2 青発色感熱紙黒発色感熱紙の相違

およびタイプ 110R（黒発色紙）の一般品質特性を示したものである。

以上、このたび開発したレコーダー用感熱紙の発色原理、記録特性、品質特性などについて報告したが、その特徴は以下のようにまとめられる。

- (1) 高速記録時に高濃度の記録画像が得られる。  
記録速度が 0～5000 mm/sec と幅が広い。
- (2) 高速記録時に発色が均一で記録線の切れがない。
- (3) IC ペンに摩耗、腐蝕等の悪影響を与えない。  
開発した感熱紙で 500 km 以上の耐久性がある。

## 5 今後の技術動向および応用分野について

インクで汚れることがない、高速記録時の追従性にすぐれている、耐久性がよくメンテナンスをほとんど要しない、といった多くの特徴を有する新記録方式の開発によって、計測器分野、感熱紙分野ともに、新たな発展期を迎えたと言える。

計測器分野においては、今後さらに IC ペン、感熱紙を用いた記録方式が増加し、より以上の耐久性をもつ IC ペン、同一感熱紙上に破線、1 点鎖線などでマルチチャンネルの入力を記録できる IC ペン、またサーマルヘッドでデータも印字できるレコーダー、さらには感熱紙の開発と相まった多色記録化、等々に対する要望も高まり、より一層の技術革新が必要になると考えられる。

一方、感熱紙分野においては、超高速記録用ペーパーの開発、高速記録のできる多色感熱紙の開発、多数枚記録紙の開発、低コスト化、保存性の向上など多岐にわた

項 目	規 格	
	タイプ 210 (青)	タイプ 110 (黒)
坪 量 (g/m <sup>2</sup> )	60±5	60±5
厚 み (μ)	60±5	60±5
色 調	ブ ル ー	ブ ラ ッ ク
発 色 濃 度	1.02 以上	1.10 以上
白 色 度	78%以上	70%以上
加 筆 性	可	可
消 去 性	可	可

表 3 リコーサーマルペーパータイプ 210, 110R 仕様

る開発・改良が必要となり、さらにサーマルヘッドの向上、電子技術の進歩に伴い、電々公社のホームファクシミリにみられるように、ファクシミリ、プリンター、プロッター、自動券売機、複写機等の分野においても今後より一層の発展が期待される。

最後に、このたびのレコーダー用感熱紙の開発にご協力いただいた渡辺測器㈱の関係者の方々に、深く敬意を表します。

### 参考文献

- 1) 黒崎他 渡辺測器技報, 10 (1977)
- 2) 川島 画像電子学会第 2 回講習会資料, 3-7 (1977)
- 3) 山戸 紙パ技協誌, 27, 8, 44 (1973)
- 4) 下間他 National Technical Report, 18, 4, 455 (1972)
- 5) 高野, 松永 電子通信学会論文誌, J 59-C, 8, 483 (1976)

# リコー工業所有権紹介

## 1 特許 (昭和53年1月～6月登録分)

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
922671	投影原図の作成法	久保 敬司, 坂井 淳	昭47- 4120
919933	感熱記録体及びその製造方法	太田和三郎	昭47-18039
916540	極性反転電子写真法	太田和三郎, 酒井 捷夫	昭48- 2965
916198	スイッチの開閉装置	鈴木 茂	昭51-18629
917143	静電写真の現像装置	田中 光男	昭51-19341
917145	タイマー回路	鵜養 剛, 緑川 晃	昭51-19954
909891	一眼レフレックスカメラ用電気シャッターの記憶装置	高橋 彰, 占川 雅通	昭51-19985
917973	電子写真複写材料の水性現像法	藤井 唯士, 松山 了, 高橋 典久, 池田 五男, 田中 哲夫, 新井 文明	昭51-19988
917927	感光性複写材料	久保田富雄, 小島 勝衛	昭51-21571
917935	画像形成方法	長谷川晴夫	昭51-21583
917915	マイクロ画像形成法	増村 正男	昭51-21589
917843	画像の形成方法	吉田 茂昭	昭51-23180
917170	複写紙用カセットの装着装置	鈴木 茂	昭51-26069
917139	ロールシートの給送装置	里見 豊和	昭51-26812
915956	動力伝達兼零位置復帰装置	柳川 信之	昭51-26813
917138	ロール感光紙を使用する複写機における裁紙装置	永原 康守, 渡辺 利雄	昭51-26818
917141	反復動作の回数制御装置	鈴木 茂, 菅野 忠明	昭51-26819
915958	電子写真現像装置	菅野 忠明	昭51-27140
915959	乾式電子写真装置に於ける磁気ブラン揺動式現像装置	小泉 豊	昭51-27142
917182	駆動機構の制御装置	鵜養 剛, 大島 清, 椎名 敏雄	昭51-27535
917197	可変倍率形複写機の露光装置	持丸 英明, 鈴木 茂, 池津 庸平, 八重島征夫, 鵜養 剛	昭51-27572
918153	湿式現像転写用現像剤	津布子一男, 木村 太郎, 黒島 恒夫, 奥野善次郎	昭51-29020
917853	電子写真用感光紙	榎本 孝道, 田中 哲夫, 小島 明夫, 市塚 清美	昭51-29656
917165	感光体の電氣的接続方法	福島 善夫	昭51-29824
915988	同一コピーにネガ, ポジ両方の像を作成する方法	山下 元	昭51-29826
917166	感電性記録材料	安盛 昭善, 大田 勝一, 国兼 真, 安倍 通治, 唐沢 修一	昭51-29831
918025	複写方法	風見 武夫, 酒井 清, 渡辺 秀夫, 佐々木正臣	昭51-29935
921086	感熱性孔版原紙	久保 敬司, 国武 英	昭51-33004
918188	複写兼印刷用感光材料	小島 勝衛, 後藤 寿直, 立木 春暢	昭51-33725
917169	乾式電子写真感光体のクリーニング研磨材	松尾 和紀, 鈴木 弘治, 遠藤 勝利	昭51-33732
918413	感光剤	田村 宏, 島田 勝	昭51-34294
917161	静電潜像転写装置	安達 司, 糟谷 和彦	昭51-36072
915968	マイクロリーダー又はマイクロリーダープリンター	柳川 信之	昭51-37011
918195	光硬化性組成物	後藤 寿直, 小島 勝衛	昭51-37775
917970	電子写真用定着性液体現像剤	増村 正男, 川西 敏之, 宗宮 徳昌	昭51-37788

登録番号	発明の名称	発 明 者	公 告 番 号
918056	静電写真用負荷電液体現像剤	川西 敏之	昭51-37789
923232	電子写真複写機における現像剤攪拌装置	成田 輝夫	昭51-39860
917180	現像液の裏回り防止装置	穂刈 三郎, 渡部 達矢	昭51-43384
914499	湿式静電写真の現像装置	里見 豊和	昭52- 5855
914514	電子写真の湿式現像装置	望月 延雄	昭52- 6090
910857	給紙台上昇装置	鈴木 稔	昭52-20882
904648	放電記録材料	鈴木 明, 久保 敬司, 国武 英	昭52-30857
913177	一眼レフレックスカメラにおけるねじ込マウントのねじ込誤差吸収装置	藤本 栄, 今井 忠幸	昭52-32253
904647	書画情報の光学的読取装置	村瀬 勝男, 原 和幸	昭52-32925
914162	熱現像ジアゾ型感光材料の製造法	阿佐美幸明	昭52-33490
905987	マイクロフォン・スピーカー装置	秦泉寺 晟	昭52-33963
905069	積算カウンター	掛布 定雄	昭52-34188
908142	シートの停止位置決め装置	藤本 栄	昭52-34211
909889	2重送りのないシート給送装置	矢野 隆志	昭52-34216
908143	シートの搬送停止装置	平藤 藩	昭52-34217
904532	フィルムマウント自動供給投影機	沖 祐之, 佐々木三郎	昭52-34454
907516	密着反射複写方法	酒井 清, 佐々木正臣, 渡辺 秀夫, 風見 武夫	昭52-34456
908144	絞りローラークリーニング装置	相沢 正博	昭52-34496
909888	二重構造のハロゲンランプ	沢田 英雄, 原 和幸	昭52-34868
905221	データ写込み装置	宮川 文宏	昭52-35538
905222	データカプセル	宮川 文宏	昭52-35539
905891	複写機に於ける開閉装置	神田 聡, 有山 賢三	昭52-36010
911526	電子写真複写装置, 電子写真製版機等に於ける光学的修正装置	小泉 豊	昭52-36018
905220	カートリッジからフィルムを導出する方法	池末 真澄, 奥山 進, 小島 賢治	昭52-36409
907512	情報カード	柳川 信之	昭52-37338
907513	情報カードの製作方法	柳川 信之	昭52-37339
907515	情報カードのコード付装置	柳川 信之	昭52-37340
909994	給紙装置の給紙ローラ間隔調整装置	土屋保之助, 小林祐五郎	昭52-37375
909890	シート分離装置	藤本 栄	昭52-37378
908497	スライドプロジェクターにおけるトレイ送り装置	佐々木三郎	昭52-37777
913219	紙葉二枚送り防止装置	田中 義二	昭52-37904
907514	リードスイッチを内蔵するパルス発信装置およびその製造方法	沢田 英雄, 柏倉 利之, 岩田 征一	昭52-38431
912942	真空蒸着のセレンを主体とする蒸発物加熱装置	遠藤 勝利	昭52-38839
910152	検索装置付マイクロリーダー及びプリンター	柳川 信之	昭52-40547
910154	自動分離装置を具備するジアゾ複写機	金田 徳蔵	昭52-40578
911819	倍率変換装置	鈴木 茂, 持丸 英明	昭52-40863
908498	スライド映写機のトレイ自動送り機構	佐々木三郎	昭52-40981
913699	帯域幅圧縮伝送方式	近藤 満	昭52-41126
910987	スライド映写機における過負荷安全装置	佐々木三郎	昭52-42379

登録番号	発明の名称	発 明 者	公 告 番 号
919220	用紙先端の一時停止装置	平藤 藩	昭52-42384
915062	オーバーヘッドプロジェクター	山田 功, 山内 佐敏	昭52-43095
916269	電子写真方法およびその装置	志賀 敢, 梅原 正彬	昭52-43100
913986	プリンター用ロール紙巻取装置	岩田 征一, 土谷 恵進	昭52-43109
915015	タイプライタ	松寿 鋼	昭52-43125
916234	カード検出装置	古川 雅通	昭52-43600
915031	タイプライタのアンダーライン処理方式	宮脇 省三, 広田 哲郎	昭52-45453
915972	定量計測装置	鎌田 健志	昭52-45501
926074	ローラ装置	小川 敏之	昭52-45802
923206	直流モーターによる位置設定装置	阿部 剛	昭52-45884
917863	静電写真用記録材料	小林 克臣	昭52-46096
917176	プリンターの印字装置	熊谷唯智郎	昭52-46129
917186	複数タイプホイール形印字装置のデテント機構	鈴木 高美	昭52-46130
918435	感光感熱型複写材料	佐々木正臣, 風見 武夫, 野口 暁男, 辻本 好治, 山室 哲, 齊藤 忠司	昭52-46806
917147	印刷用原版中継装置	金子 環	昭52-47362
917833	間歇送り型データ読取装置	不破 稔一	昭52-49289
920368	シート用液処理装置の液量検出装置	小泉 豊	昭52-49331
923224	テープ駆動方式	川尻 芳雄	昭52-50528
923226	カートリッジフィルムの自動導出装置	小島 賢次	昭52-50536
923227	カートリッジ内のフィルム自動導出装置	小島 賢次	昭52-50537
923212	同期合せ方式	村瀬 勝男	昭53- 891
923201	小型オフセット印刷機におけるクリーニング装置	金子 環, 水野 克己	昭53- 1682

## 2 実用新案 (昭和53年1月～6月登録分)

登録番号	考案の名称	考 案 者	公 告 番 号
1240424	コレクター	小林祐五郎, 山上 勉	昭49-25843
1235059	デカーリングローラーの解除機構	岩本 稔, 鈴木 茂	昭51-31012
1233217	複写機の安全装置	園田 徹朗, 笠原 伸夫, 小林 雄一	昭51-33226
1233218	自動複写機に於ける原稿搬送装置	笠原 伸夫, 佐藤 光夫	昭51-33227
1235064	電子写真複写機の現像装置	渡辺 利雄	昭51-39577
1230011	複写機の複写紙供給装置	並木 良一	昭51-43811
1235430	トナー濃度検出計	内田 司郎	昭51-51241
1226693	電気記録謄写紙	久保 敬司, 伊藤 謙二, 山口 友行	昭51-53020
1226694	電気記録謄写紙	久保 敬司, 伊藤 謙二, 山口 友行	昭51-53021
1227166	印刷機又は複写機の給紙装置	金子 環	昭51-53682
1242625	乾式電子写真複写機の接触加熱型定着装置	岡本 豊雄, 太田 栄	昭52- 4040
1237264	現像液のドクター装置	田中 光男, 西川 達雄, 木村 嗣男	昭52- 8580
1245761	湿式電子写真の画像の流れ防止装置	木村 嗣男, 曾我 節夫, 渡辺 利雄	昭52-10338
1223749	カメラにおける露出調節機構	今井 忠幸	昭52-18142
1229388	複写機等における給紙装置	金子 環, 柳川 信之	昭52-22323

登録番号	考案の名称	考案者	公告番号
1229382	オフセット印刷機の給水装置	金子 環, 箒 能晴	昭52-22325
1229694	カメラにおける閃光同調回路切換装置	宮川 文宏	昭52-25143
1229716	カメラにおける閃光同調回路切換装置	宮川 文宏	昭52-25144
1232751	自動オフセット印刷機における排版台の傾動装置	箒 能晴, 広川 浩一	昭52-25202
1223217	カセット給紙装置に於けるシートの有無検出機構	柳川 信之	昭52-32196
1242144	輪転式印刷機における電動機駆動装置	広川 浩一, 渡辺 有二, 秋山 季猷	昭52-33524
1225480	変倍複写機の変速制御装置	岡本 豊雄	昭52-33862
1225479	人工皮革から成る吸湿ローラーを用いた複写機用吸湿装置	成田 輝夫	昭52-33864
1241301	クラッチの連断機構	門脇 達祐, 倉沢 誠	昭52-34982
1230579	シート幅検出装置	藤本 栄, 里見 豊和	昭52-34997
1230651	カウンター	鈴木 茂	昭52-36532
1230608	複写機におけるロール感光紙の有無検出装置	阿部 剛	昭52-36573
1227172	複写機の現像済感光紙受装置	有山 賢三	昭52-36574
1227183	逆送防止用ストッパ装置	笹川 幸彦, 高岡 清	昭52-37427
1230655	可動体位置制御装置	小林 雄一, 田中 光男	昭52-37759
1228086	陽画複写機の原因進路変更装置	有山 賢三	昭52-40756
1230009	感熱孔版原紙	国武 英, 久保 敬司	昭52-40809
1232778	ロール紙の終端検出装置	里見 豊和	昭52-41384
1228114	ジヤブ複写機の自動給紙装置用クリーナー	笠原 伸夫	昭52-41387
1232808	複写機における長尺シートホルダー	持丸 英明, 大野 幸博	昭52-41388
1232774	複写シートの迂回乾燥装置	広瀬 浩, 山田 寛	昭52-41392
1235096	ロール紙の終端検出装置	山上 勉	昭52-41867
1233228	情報カードクリップ	柳川 信之, 山下 元	昭52-43947
1238401	カメラのファインダー内表示装置	佐々木三郎	昭52-45226
1234161	スライドプロジェクターにおけるクラッチ自動解除機構	佐々木三郎	昭52-45234
1235061	検索用マイクロフィッシュカード	阿部 剛	昭52-46095
1236328	磁力式カード検索装置	柳川 信之	昭52-46553
1239079	オーバーヘッドプロジェクター	佐久間伸夫, 山内 佐敏	昭52-46736
1238249	ペーパーテンション装置	佐藤 充弘	昭52-47528
1240443	吸引式自動分離装置の分離補助機構	池田須那夫	昭52-51792
1242165	原稿紙と感光紙の自動分離装置におけるクラッチ装置	笠原 伸夫, 佐藤 光夫	昭52-51793
1242198	シートの反動による後退防止装置	藤本 栄	昭52-52572
1240480	電子式卓上計算機等におけるペーパーホルダー	横田 隆	昭52-52649
1242557	ローラ装置	小川 敏之	昭52-53766
1247391	一眼レフカメラのクイックリターン機構	今井 忠幸	昭53- 1932
1247396	リーダープリンター等のミラー反転装置におけるミラー安定装置	池末 真澄	昭53- 1946

## ●著者紹介

### 瀬川秀夫（せがわ ひでお）

技術本部 第2技術部

昭和21年4月5日生

昭和49年東京工業大学大学院博士課程修了（応用物理）理学博士

昭和49年（株）リコー入社 固体ディスプレイの研究開発を経て、現在レーザー記録装置の研究開発に従事

### 安倍通治（あべ みちはる）

技術本部 光学技術センター

昭和23年3月13日生

昭和45年大阪大学基礎工学部合成化学科卒

昭和45年（株）リコー入社 電子写真感光体、ファクシミリ記録紙、ホログラム感光材料の研究開発を経て、現在レーザー応用技術の研究開発に従事

### 船戸広義（ふなと ひろよし）

技術本部 光学技術センター

昭和23年7月30日生

昭和48年千葉大学工学部写真工学科修士課程修了

昭和48年（株）リコー入社 電子写真プロセス、複写機光学系の開発を経て、現在レーザー応用技術の研究開発に従事

### 谷川清（たにかわ きよし）

技術本部 第一技術部

昭和15年6月30日生

昭和45年大阪大学大学院博士課程修了（応用化学）工学博士

昭和45年（株）リコー入社 有機半導体の合成を経て、現在物性を担当 昭和49年から51年まで、東北大学旗野研究室で有機半導体の物性研究に従事

### 小林一雄（こばやし かずお）

技術本部 複写技術開発センター

昭和23年12月16日生

昭和47年早稲田大学理工学部応用物理学科卒

昭和47年（株）リコー入社 電子写真研究開発に従事、現在に至る

### 田中元治（たなか もとはる）

技術本部 複写技術開発センター

昭和26年9月23日生

昭和49年宮崎大学工学部応用物理学科卒

昭和49年（株）リコー入社 湿式トナーの開発を経て現在一成分系現像プロセスの研究開発に従事

### 持丸英明（もちまる ひであき）

複写機事業部 開発室

昭和16年11月1日生

昭和39年中央大学理工学部精密機械工学科卒

昭和39年（株）リコー入社 複写関連機器の開発に従事

### 坂東俊郎（ばんどう としろう）

複写機事業部 設計部

昭和20年12月20日生

昭和43年徳島大学工学部電気工学科卒

昭和48年（株）リコー入社 主に複写機およびその周辺機器を含む複写印刷システムの制御関係の設計開発に従事

### 竹内則定（たけうち のりさだ）

電子技術事業部 設計部

昭和12年7月26日生

昭和35年群馬大学工学部電気工学科卒

昭和44年（株）リコー入社 磁気による高密度記録の開発を経て、現在高速および超高速ファクシミリの開発に従事

### 不破穠一（ふわ じょういち）

電子技術事業部 設計部

昭和10年8月26日生

昭和34年静岡大学工学部電気工学科卒

昭和34年（株）リコー入社 磁気録音機の製造、カメラの研究、DPS機器の設計を経て、ファクシミリの開発に従事 現在、高速デジタルファクシミリを担当

### 阿部新太郎（あべ しんたろう）

技術本部 115PT

昭和21年9月2日生

昭和44年早稲田大学理工学部応用物理学科卒

昭和45年（株）リコー入社 電卓およびDPS関連のソフトウェア開発に従事、現在に至る

### 葭葉豊（よしば ゆたか）

技術本部 115PT

昭和23年1月8日生

昭和44年武蔵工業大学工学部電気工学科卒

昭和45年（株）リコー入社 電卓およびDPS関連のハードウェア開発に従事、現在に至る

### 野村稔（のむら みのる）

感光紙事業部 開発部

昭和12年7月18日生

昭和36年東京理科大学理学部物理学科卒

昭和36年（株）リコー入社 ジアゾ感光紙、電子写真、感光紙オフセットマスター、静電記録紙、各種現像剤、感熱記録紙の開発および生産技術開発に従事

### 清水静也（しみず しずや）

感光紙事業部 開発部

昭和15年5月6日生

昭和38年工学院大学工学部工業化学科卒

昭和38年（株）リコー入社 ジアゾ感光紙、電子写真感光紙、オフセットマスター、感熱記録紙の開発および生産技術開発に従事

### 坂本洋（さかもと ひろし）

感光紙事業部 開発部

昭和23年7月7日生

昭和48年東京農工大学大学院修士課程修了（工業化学）

昭和51年（株）リコー入社 感熱記録紙の開発、生産技術開発に従事



---

## RICOH TECHNICAL REPORT NO.1

昭和54年4月25日発行(年2回発行)

編集責任者／浅川俊文 発行責任者／藤沢 税 | 発行所／株式会社リコー技術本部  
事務局／TEL03(775)5172(直通)担当 矢口 | 印刷所／株式会社細川活版所 東京都中央区銀座6-4-1

株式会社リコー 技術本部

〒143 東京都大田区中馬込1-3-6 TEL03(777)8111(大代表)

RICOH COMPANY, LTD.

3-6, Nakamagome 1-chome, Ohta-ku, Tokyo, 143 Japan