

RICOH TECHNICAL REPORT



1983 **10**

RICOH TECHNICAL REPORT

NO.10, 1983

●目次●

卷頭言	光応用計測の動向	斎藤 弘義	1
技術論文	縞走査シアリング干渉法による非球面形状の測定	加納 敏夫	4
	レーザプリンタ用ホログラムスキャナ	船戸 広義	10
	転写型時分割静電記録方式における記録プロセスの解析	湯浅 一弘	16
	アモルファスセレンにおける酸素の不純物効果	永目 宏	23
	オートフォーカス用被写体モデルパターンの作成	大野 好美・鶴川 育他	30
製品技術解説	静電複写機 リコピ一FT6080システム	谷 達雄・伊藤 政司	40
		広瀬 明	
	テレテックス リコーEX5120	山田 俊明	52
	全自動35ミリコンパクトカメラ リコー FF-3DAF	安藤 明	59
	ラインバッファ付薄膜形サーマルヘッド RH-B48-02	矢吹 芳郎	67
		吉村 武裕・玉置 俊平	
工業所有権紹介			73
著者紹介			76

●CONTENTS●

PREFACE	Recent Trends of Optical Measurements	Hiroyoshi Saito-	1
TECHNICAL PAPERS	Aspherical Surface Testing with Shearing Interferometer Using Fringe Scanning Detection Method	Toshio Kano	4
	Holographic Scanner for Laser Printer	Hiroyoshi Funato	10
	Numerical Analysis for Recording Process of Plain Paper Electrostatic Plotters	Kazuhiro Yuasa	16
	Impurity Effect of Oxygen in Amorphous Selenium	Hiroshi Nagame	23
	Construction of Model Patterns for Auto Focus Camera	Yoshimi Ohno Ikuya Tsurukawa	30
EXPLANATION ON PRODUCTS	Electrophotographic Copier RICOPY FT6080 System	Tatsuo Tani Masaji Ito Akira Hirose	40
	Teletex RICOH EX5120	Toshiaki Yamada	52
	Fully Automatic 35mm Compact Camera RICOH FF-3DAF	Akira Ando	59
	Thermal Print Head with Line Buffer Memory RICOH RH-B48-02	Shiro Yabuki Takehiro Yoshimura Shunpei Tamaki	67
PATENTS			73
AUTHORS			76



●卷頭言

光応用計測の動向

斎藤弘義

理化学研究所光学計測研究室主任研究員・工学博士

光を利用して測定するという技術は非常に古い歴史を持っている。もともと人類は眼という優れた知覚器官をもち、脳と直結して外界の情報をキャッチし、いろいろの処理を行って整理し判断して、思考にまで昇華させ、今日の文明を築いて来た。情報取得における眼の役割は他の器官に比べて格段の重要さをもつことに異論はないであろう。この際情報の媒体となるのは光であって、眼の機能を拡大するための望遠鏡から顕微鏡あるいは記録機能を持たせる写真機など種々の光学機械が作り出されたわけである。そしてこれらの機械を使って天文学上のスケールの大きな測定から、眼には見えない極微の物まで定量的な情報を得て来た。光応用計測の例は枚挙にいとまない程豊かであり、これらの計測から自然科学の発展の節目になった偉大な測定を幾つも挙げることが出来る。例えばマイケルソンの干渉計を駆使した測定から光速度の不变が確かめられ、相対性理論が生まれたり、数々の分光学的測定から近代原子物理学の実りが得られた。

しかし光技術が身近かな産業にふんだんに使われていたわけではない。光学自体奥深い難しい学問であり、それ故の特殊性をもっている。光学理論がこれまで常に第一級の物理学者によって発展させられて来たことは光学の歴史を繙けば直ぐにわかることがある。この特殊性の故か、光学計測技術は主として光学工業で発展させられて来た。光学機械のエレメントとなる鏡、プリズム、あるいはレンズの形状、ガラス材料の性質、光学系としての配置にかかる測定、結像性能などの機能の正確な測定はこの工業分野では欠くべからざる技術であったし、一部の精密機械工業でも光の波長を単位とするような高精度な測定として採用された。

光応用計測がこのように極めて歴史の古い技術であるにも拘らず、現在最も進歩を期待される先端技術として脚光を浴びているのは何故であろうか。その契機は何といっても1960年代初めのレーザーの発明であろう。人類は発光のメカニズムに介入して、これを制御することが出来ようになったのである。かくしてコヒーレントな光の発生が容易になり、光学の考え方の上でも大きな変化をもたらしたのである。すなわちコヒーレント光学の進歩である。それまでの光源の性格から光波は電波などと違ってノイズライクな波、すなわちインコヒーレントな波として扱わなければならず、電磁理論を取るにしてもコヒーレントな波は一つの理想像として光学理論構築の前段的思考手段であった。しかし現実に明るい実用し得るコヒーレント光が得られることになり、コヒーレント波特有の集束した光ビームが得られて、抽象的な光線の概念も現実のものとして目にすることが出来るようになった。また波動光学的現象である干渉や回折も顕著な形でしかも容易に実現できる。このようになった時、これらを応用する新しい光技術が次々と誕生することになった。ガボナーの創始したホログラフィーも真に実用技術となったのはレーザー光を使えるようになったことに大きく負っている。レーザーの輝く光の中に浮き出した三次元像を見て、その不思議に魅せられて光技術の専門の道を選んだ学徒が如何に多かったことであろうか。

また光学結像系を線型システムと考え、OTFの理論が以前から組立てられていたのであるが、この理論はそのままコヒーレントな空間周波数フィルタリング等を通して光情報処理の基本的考え方を構築することになった。インコヒーレントな光源では出来なかったフレキシブルな画像処理が可能となり、光波の位相情報に対して複雑

な操作を行うことが出来るようになったのである。像改良のための各種空間フィルターやパターン認識のためのマチトフィルター等が作られ、計測でも空間周波数フィルタリングの手法は常識として使用されるようになった。

コヒーレント光の実現は干渉計測では特に大きな意味を持ち、この技術の画期的進歩をもたらした。レーザー光の持つ長い干渉距離のために、光路差の大きい場合にも干渉現象は容易に観察され、それに応じて干渉計の構成も簡易化された。またホログラフィー干渉法やスペック・パターン干渉法などの新技術が生まれ、従来鏡面を持つような対象しか測れなかった干渉計測が粗面を持つありふれた物体をも測定対象として取り込むことが出来た。干渉法の持っている高精度の特徴が広く応用できるようになり、精密な形状測定や応力下での変形が重大関心事である機械工業に広く普及して行った。干渉計の調整は非常にデリケートで以前には熟練した専門家でないと仲々使いこなせなかったものであるが、取扱いも格段と容易になったこともこの普及に役立っている。その他異なる周波数をもつ光波間の干渉もビート光電信号として検知することが出来るようになって、ヘテロダイン干渉法やレーザー、ドブラー速度計のような新技術も生み出すことになった。そしてこれらの新技術は広い応用分野を作り、それまで光学には無縁であった多くの研究者、技術者に光への強い関心を構成することになった。

レーザーの発明が契機となったもう一方の技術発展の方向はオプトエレクトロニクスである。光と電子技術との融合を目指したものであったが、それまで主に光検知器に限られていたこの境界領域は、より広い応用と新しい機能を持つ素子の開拓への道を指向した。この先行のビジョンはその後約束通りに次々と新しい素子の誕生を果した。光源としては LED や半導体レーザー、検知器としてはフォトダイオードや CCD 素子、またそれらの微細な配列によるイメージセンサー、さらには各種撮像管等である。また結晶や超音波を用いた光変調素子、液晶などの表示素子等数え切れない。とりわけ大きな技術的インパクトを与えたものとして伝送路を形成する光ファイバーとそれに附随した要求に答えるセルフオックレンズ、その他の微小光学素子、薄膜導波路などがある。一方電子技術の最先端とも云うべきコンピュータの発展は目覚しいものがある。高性能のマイクロコンピュータが容易に使用できるようになった。その結果計測情報の処理は人手を煩わせず、短時間で出来るようになり、計測の自動化、実時間化、大量データ処理などを通じて、従来の計測技術を質的にも変えてゆくようになった。質的变化の一つとして計測のインテリジェント化が期待される。記憶のみならず学習機能を持ち、求められたデータから情報を把握し、判断を下して次々と処理を進めてゆくような計測システムである。

光応用計測は新しいオプトエレクトロニクス素子を取り入れ、コンピュータを組込みシステム化することによって面目を一新しつつあると云える。古い光学測定の方法は見直され、純粹に学術的であった手法も諸産業に適合するように工夫されて、実用化されて行くであろう。例えばサニヤックやマイケルソンの干渉実験は光ファイバー・ジャイロに変身して計測器として実を結ぼうとして居るし、干渉精密測定が干渉パターンの高速自動処理によって数秒の中に行われ、大量生産工程の中の検査法として使われるようになって来つつある。

このように光応用計測は必ずしも新しい原理によるものとは云えないにしても、新しい素子とコンピュータによる集積化、システム化が次々と実行され、計測のインテリジェント化が図られる等大いに期待される技術であろう。この傾向はすでにあちこちで散見され、冒頭で述べた人間の眼と頭脳とを一体にした知覚機能に相当する技術分野を作りに行くのではなかろうか。技術者にとっては夢のある領域であろう。

今日先端技術の一つの方向は、超マイクロ化、超精密化にあり、そのための加工技術の進歩と共に、これを確実にする計測方法の開発が欠くべからざるものとなって居る。光応用計測のもつ非接触でしかも高精度、高い空間分解能での測定のメリットは大いに活用されなければならない。これは今直ぐにでも手をつけて行かねばならない問題であろう。そして日本の製品の国際的評価として現在定着しつつある優れた性能と安定した品質をもつ製品の開発を今後とも支えて行かねばならない。

技術論文
TECHNICAL PAPERS

縞走査シアリング干渉法による非球面形状の測定

Aspherical Surface Testing with Shearing Interferometer Using Fringe Scanning Detection Method

加納敏夫*

Toshio Kano

要　旨

非球面の形状測定は一般に干渉法による場合、高精度な参照非球面の作製が困難であるという点に問題がある。

今回、シアリング干渉法と縞走査検出法を組み合わせた新たな干渉測定法を開発した。この測定法の原理確認を行い、問題点となっていた参照非球面を用いずに非球面測定が可能であることを確認した。なお、得られたくり返し測定精度は、自乗平均で $\lambda/32$ (λ : 0.632 μm) であった。

ABSTRACT

Described is a technique for accurately measuring the wavefront aberration of aspherical optical surface with a lateral shearing interferometer. A computer controlled interference phase measuring technique is employed, which provides a greater accuracy and real time data analysis. Key elements of present system are a lateral shearing interferometer with a parallel plate, a piezoelectric-driven mirror, an areal image detector, and a microcomputer system with a graphic display. The shearing interferometer yields a fringe pattern corresponding to the derivative of the wavefront, which is analyzed by the fringe scanning method. By integrating the derivative of the analyzed data, we have the wavefront aberration of the test optics over an aperture containing 32×32 element array. A rms accuracy of measurement is $1/32$ of the wavelength is achieved for the evaluation of a F/4 aspherical mirror.

1 は　じ　め　に

精密加工技術の発達とともに、加工部品の形状測定技術も高精度化が要求されている。最近では、特に非球面レンズによる設計の自由度拡大、プラスチック化による量産化などにより、非球面の測定と加工が産業の主要技術となっており、これにともないその形状測定への要求が厳しくなってきている¹⁾。

非球面測定方法は、触針式と光学式に大別され触針式は、触針子を直接非球面に接触させて測定するため非球面の絶対形状が測定可能である²⁾³⁾。しかし、点測定なので時間がかかり、かつ、被測定面を損傷する恐れがある。これに対して光学的干渉測定法は、非接触であり、高精度に面全体の形状を測定できることが特長である。

非球面干渉測定方法としては、現在までに以下の2つの方法が提案されている。

- ① 非球面の基準となる参照曲面を実際に作製して、それと被測定面との差を干渉測定する方法⁴⁾。
- ② 計算機プログラムにて参照曲面に対応した波面を作製して、それと被測定面との差を干渉測定する方法⁵⁾⁶⁾。

しかし、①の方法は参照曲面の作製が容易でなく、コストも高い。1つの被測定非球面形状に対して、1個数百万円もする参照非球面をそのつど作製する方法は、実用的でない。また、②の方法は、作製精度およびセッティング時の位置合わせが難しい。いずれの方法も非球面の参照曲面作製が、コスト・作業性の面で問題点となっている。

そこで、参照曲面を不要とするシアリング干渉法⁷⁾⁸⁾ (Shearing Interferometer) と高精度測定のできる縞走

* 技術本部 光技術開発部
Optics Technology Development Department,
Technology Division

査検出法 (Fringe Scanning Method⁹⁾) との組み合わせによる高精度非球面干渉法を考案した。シアリング干渉法は、被測定面よりの波面自身を干渉させるため、参照曲面不要という特長を持つ。しかし、干渉縞が波面の微分情報であるため、縞の数が少ないと測定精度が悪くなるという欠点がある。それに対して、縞走査検出法は干渉縞ピーク以外の中間縞強度の情報も活用するため、縞数が少なくとも高精度測定可能という特長を持つ。縞走査検出法によってシアリング干渉法の精度向上が期待できる。

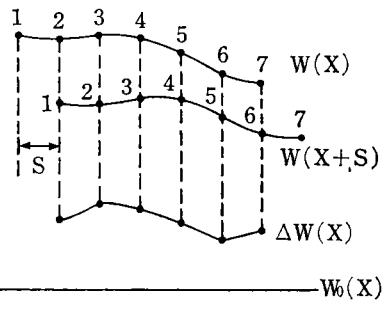
本稿は、『縞走査シアリング干渉法』を提案し、その原理確認を、非球面を対象として行った結果について述べたものである。

2 干渉法による非球面形状の測定

通常、干渉測定法にて面形状を測定する場合は、参照基準面より反射してくる参照波面と被測定面よりくる被測定波面を干渉させ、その干渉縞パターンを解析する。干渉縞パターンは、高精度参照基準面と被測定面との差の情報を持っている。そのため、この差を解析することにより、被測定面の形状をサブミクロノーダの精度で知ることができる。平面や球面の参照基準面は、比較的簡単に作製可能であるが、非球面の参照基準面をサブミクロノーダの精度で加工・作製することは困難である。この点が、非球面干渉測定技術上の課題となっている。

本干渉法の技術的ねらいは、方式の問題点である参照非球面を必要とせず精度の高い非球面干渉測定技術を開発することである。これには参照基準面を球面波面で代行させ仮想基準面とする方式をとる。すなわち実在の参照波面と被測定波面を干渉させないため誤差が大となる。これを補うために、被測定波面を2方向に分割して1つの波面を光軸に対してシア（横ずらし）させ、他方の波面と干渉することにより、各々の誤差が差し引かれ精度の高い被測定物に関する干渉縞情報が得られることに着目した。（図1）

この場合は被測定面の微分情報が得られるので、それを測定して積分すれば被測定面の形状を知ることができ



$$\Delta W(X) = W(X) - W(X+S)$$

図1 シアリング干渉法の原理

る。しかし、実際に積分を実行する場合、干渉縞の数が少ないと積分精度が低くなるという欠点がある。これに対しては、縞走査検出法という高精度干渉縞解析法を用いて高精度化をねらった。

3 縞走査シアリング干渉法の原理

3-1 本干渉法の必須要件

本干渉計の構成上の必須要件は次の2点である。

- ① 被測定波面を2方向に分割し、1つの波面を光軸に対して微少量シアして、他方の波面と干渉させることのできる構成であること。
- ② 精度をあげるために上記波面の一方を他方とは独立に位相変調させ、それに対応した干渉縞を読み取り、演算出力させることのできる構成であること。

3-2 縞走査シアリング干渉法の原理

図2に今回製作した縞走査シアリング干渉計の配置を示す。これは3-1に示す必須要件を満たしている。

HeNe レーザより出た光は、コリメータレンズにて平行光となり、レンズ L₃にて球面波に変換され、被測定球面鏡にて反射される。本実験では、非球面鏡として天体望遠鏡用放物面鏡を用いた。この時光軸上での反射光

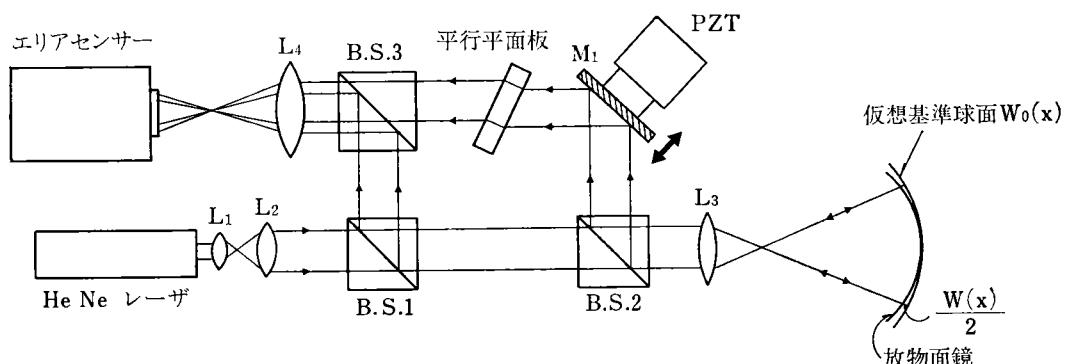


図2 縞走査シアリング干渉光学系

と、放物面鏡の周辺部での反射光とでは光路差 $W(x)$ が生じる。この光路差 $W(x)$ は、放物面鏡の頂点に接する球面（以後基準面と呼ぶ）と放物面鏡との差の 2 倍となっており、放物面鏡の位置の関数として表現できる。

基準球面の半径 R は、レンズ L_3 の焦点から放物面鏡の頂点までの距離である。この光路差 $W(x)$ を干渉測定することにより、半径 R の基準球面よりのずれ $W(x)/2$ が分り、放物面鏡の形状を知ることができる。

鏡が球面の場合は、反射光が再びレンズ L_3 を通過すると平面波となるが、放物面鏡の場合は平面波より $W(x)$ だけずれた光（以下波面と呼ぶ）となる。この非球面情報を持った波面は、ビームスプリッタ B.S. 2 で 2 方向に分割される。一方は B.S. 1, B.S. 3, を通って 2 次元イメージセンサー上に到る。他方は、ピエゾ素子駆動のミラー M_1 で反射されると同時に位相変調を受ける。さらに、平行平面板を通過することによりシア（横ずらし）を受ける。シアを受けた波面は、B.S. 3 を通過してエリアセンサー上に到る。この時、もう一方の波面と重ね合わさり干渉縞が発生する。基準球面を $W_0(x)$ として、それよりのずれを $W(x)$ として波面のシア量を S とすると、ミラー M_1 、平行平面板を通過する方の波面はエリアセンサーでは次のように書ける。以下簡単のため一次元で考える。

$$W_1 = a \exp[-i k \{W(x+s) + W_0(x+s) - l\}] \quad (1)$$

ただし、 a は振幅、 l は位相変調ミラー M_1 によって与えられる位相変化分、 k は波数であり $2\pi/\lambda$ である。 λ は使用光波長であり $\lambda=0.6328 \mu\text{m}$ である。他方の波面は、

$$W_2 = b \exp[-i k \{W(x) + W_0(x)\}] \quad (2)$$

と書ける。 b は振幅である。したがって干渉縞は、(1), (2)式より、位相変化が l のときの位置 x における光強度を $I(x, l)$ とすると、

$$I(x, l) = [W_1 + W_2]^2 = \alpha + \beta \cos[k(\Delta W(x) - l)] \quad (3)$$

$$\alpha = a^2 + b^2 \quad (4)$$

$$\beta = 2ab \quad (5)$$

$$\Delta W(x) = W(x+s) + W_0(x+s) - W(x) - W_0(x) \quad (6)$$

ここで、レンズ L_3 を通過した球面波は平面波となるので、

$$W_0(x+s) = W_0(x) \quad (7)$$

(7)式を(6)式に代入して

$$\Delta W(x) = W(x+s) - W(x) \quad (8)$$

となる。ここで基準球面 $W_0(x)$ からの影響は除かれる。

さて、微少な S に対しては、

$$\Delta W(x) \approx \frac{dW(x)}{dx} \cdot S \quad (9)$$

が成り立つ。したがって、シア量が小さければ、得られる干渉縞から被測定面 $W(x)$ の微分、すなわち横収差が求められる。この $W(x)$ を x 方向に積分して、シア量 S で割ることによって、 x 方向の光路差に関する断面形状が得られる。 W_0 を積分定数とすると、

$$\frac{1}{S} \int \Delta W(x) dx = W(x) + W_0 \quad (10)$$

ここで、光軸上 ($x=0$) での光路差はないので、

$$W(0) + W_0 = 0 \quad (11)$$

$$\therefore W_0 = -W(0) \quad (12)$$

(12)式を(10)式に代入して

$$\frac{1}{S} \int \Delta W(x) dx = W(x) - W(0) \quad (13)$$

さらに、被測定物は反射面であり、基準球面よりのずれ量 $U(x)$ は次のように表わせる。

$$U(x) = \frac{1}{2} [W(x) - W(0)] \quad (14)$$

つまり、放物面鏡の形状は半径 R の基準球面とのずれ量 $U(x)$ によって一意的に求めることができる。

次に $\Delta W(x)$ の測定方法について以下に述べる。

この $\Delta W(x)$ を高精度に求めるために、縞走査検出法を使う。つまり、 W_1 の波面の位相をピエゾ素子のついたミラー M_1 によって位相の合計が 1 波長分になるように N 段階変化させ、その時の位置 x における干渉縞強度の変化の様子を見る方法である。このとき干渉縞強度は波面の位相変化に対応して正弦波的に 2π だけ変化する。またそれは、測定位置 x における $\Delta W(x)$ を初期位相とした正弦波となるので、干渉縞強度変化をサンプリングしてコンピュータで計算すれば $\Delta W(x)$ を知ることができる。

さて、 W_1 の位相を l だけ変化させたときの位置 x における干渉縞の光強度 $I(x, l)$ を考える。 l を N ステップ変化させるとして、

$$l_i = \frac{\lambda}{N} \cdot i \quad (i=0, 1, \dots, N-1) \quad (15)$$

とすると(3)式は、

$$I(x, l_i) = \alpha + \beta \cos[k \cdot \Delta W(x)] \cdot \cos \frac{2\pi}{N} i \\ + \beta \sin[k \cdot \Delta W(x)] \cdot \sin \frac{2\pi}{N} i \quad (16)$$

となる。よって $I(x, l_i)$ を l_i についてフーリエ展開して第1項をとれば、

$$C_1 = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I(x, l_i) \cdot \cos \frac{2\pi}{N} i \quad (17)$$

$$= \beta \cdot \cos[k \cdot \Delta W(x)] \quad (18)$$

$$S_1 = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I(x, l_i) \cdot \sin \frac{2\pi}{N} i \quad (19)$$

$$= \beta \cdot \sin[k \cdot \Delta W(x)] \quad (20)$$

したがって、(18), (20)式より、

$$\Delta W(x) = \frac{1}{k} \tan^{-1} \frac{S_1}{C_1}; \text{ mod}(2\pi) \quad (21)$$

すなわち、位相差 $\Delta W(x)$ を求めるためには、まず W_1 の位相を λ/N きざみで N 段階変化させて、その時の干渉縞光強度 $I(x, l_i)$ を N 回測定する。次に、(17), (19)式にしたがって、 $\cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot i\right)$ と $\sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot i\right)$ の重みをかけて加算したもの比の逆正接を計算すればよい。さらに(21)式にしたがって積分することにより断面形状が測定できる。

ここで(21)式には干渉縞のバイアス成分 α や、コントラストの項 β がなくなっている点に注意されたい。干渉縞を写真にとって解析する従来の干渉法では、バイアス成分 α やコントラスト β の変化によって測定精度が劣化してしまっていた。本干渉法はこれらの影響によって測定精度が劣化することはないという利点もある¹⁰⁾。

4 測定システムと処理プロセス

4-1 干渉測定システム

本干渉システムのブロック図を図-2に示す。光源は 2 mW の HeNe レーザ (Melles Griot, LHP-121) を使用した。参照光の位相を変調するピエゾ素子は Burleigh 社 PZ-91 型である。これは 12 ビットの D/A コンバータ (Datel 社 HK 12 BGB) の出力を基準とする高圧電源 (Burleigh 社 PZ-70 型) によって駆動される。干渉縞は、32 × 32 素子の 2 次元フォトダイオードアレー (Reticon 社 RA 32 × 32) によって検出され、12 ビットの A/D コンバータ (Datel 社 HZ 12 BGC) でデジタル信号に変換される。全体のシステムはマイクロコンピュータ (DEC 社 LSI-11/23) によってコントロールされる。測定結果はグラフィックターミナル (Retro-Graphics 社 VT-100) によって表示される。

4-2 測定処理プロセス

本干渉法ではピエゾ素子のトラスレータによってミラー M_1 を微少量移動させて、波面 W_1 の位相変調を行う。このピエゾ素子の移動精度は測定精度に直接的に影響する。ピエゾ素子にはヒステリシスがあるので、あらかじめ、ピエゾ素子のキャリブレーションをやっておく。そして高圧電源にはピエゾ素子が線形に移動するような電

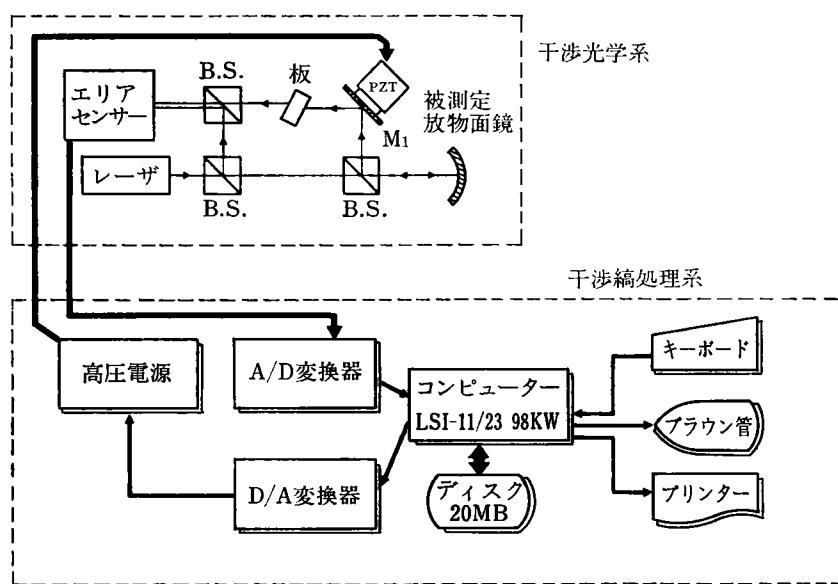


図3 ブロック図

圧が印加されるようプログラミングしておく。

その後、以下に述べる順で非球面測定を行う。

- ①：まず、測定パラメータの設定を行う。ここでは、ピエゾ素子の初期位置と終了位置、ピエゾ素子の移動きざみ量、干渉縞読み取り時のアベレージング回数、データファイル名の指定を行う。
- ②：①のパラメータに従ってピエゾ素子を移動させる。
- ③：その時の干渉縞を①のパラメータに従って読み取りアベレージングを行い、ディスクに収納する。
- ④：②、③をN回くり返す。
- ⑤：②式に従い計算して位相項を求める。結果は、 $\text{mod}(2\pi)$ (2π で割った時の余りの値)となっているので、測定点間で 2π だけ位相飛躍をした場所が含まれている。その場所における位相の飛びの方向($-\pi$ から π か、 π から $-\pi$ か)を判別して、これを補正する。
- ⑥：⑤式に従って積分を行い基準球面よりのずれを求める。さらに最小2乗法によって光軸との傾きを補正し、測定結果をグラフィックターミナルに表示する。

なお①～⑥のオペレーションは全てコンピュータ制御によって行われる。そのため、オペレータは①の条件設定の指定を行うだけで後は自動的に結果が出る。

5 結 果

製作した干渉光学系を図4に示す。実験に用いた被測定非球面は、天体望遠鏡用放物面鏡である。それを図5に示す。放物面鏡の口径は10cm、Fナンバーは4、焦点距離は40cm、非球面量は 4λ である。図6に、シアリング干渉による放物面鏡の干渉縞を示す。図6では、ピエゾ素子による位相変調により干渉縞が変化している事がわかる。ちょうど干渉縞が走査しているように見えるので縞走査検出法と言われる。図6では、代表例として3種類を示しているが、今回の実験では位相を16段階変化させ、合計16種類の干渉縞のパターンを読み取

り計算した。このときのシア量は被測定面上に換算して5mmである。

微分情報 $dW(x)$ の測定結果を図7に示す。この図は、②式で計算した値なので位相の飛びがある。その位相の飛びを補正した結果を図8に示す。図9に⑩式に従って積分した結果を示す。さらに、最小2乗法を用いてティルト(光軸との傾き)補正した結果を図10に示す。なお、図7、図8、図9、図10は、測定部分とそれ以外の部分を明確にするためにバイアスを付け加えて表示してある。これにより半径の基準球面よりのズレ量がわかる。

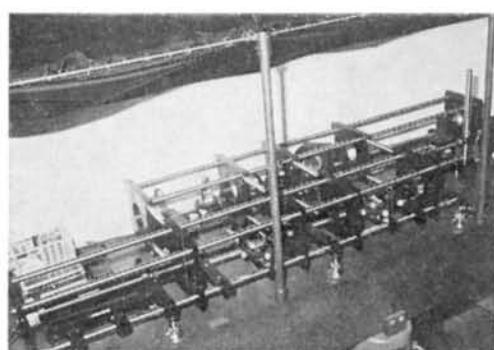


図4 実験に用いた光学系

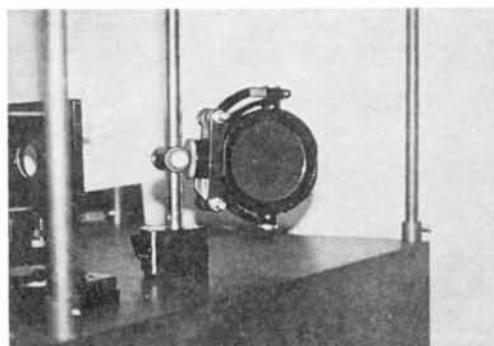


図5 被測定非球面ミラー



図6 シアリング干渉縞(PZT素子によって波面の位相が変化し、干渉縞パターンも変化する)

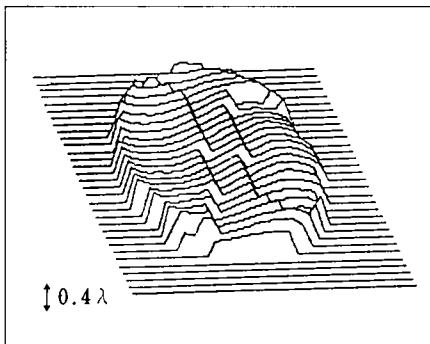


図 7 ΔW の測定例（位相の飛びあり）

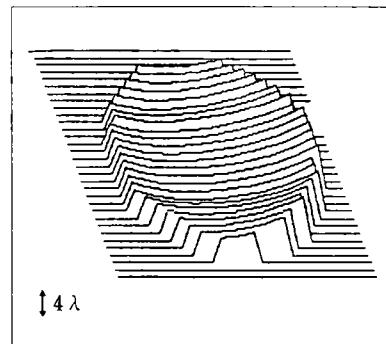


図 9 非球面鏡の測定例（ティルトあり）

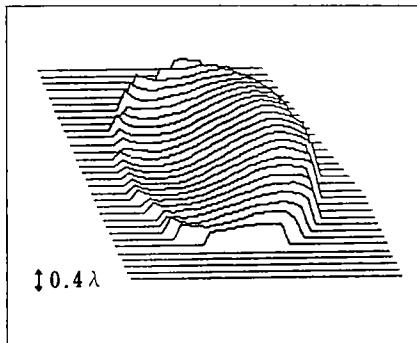


図 8 ΔW の測定例（位相の飛び補正後）

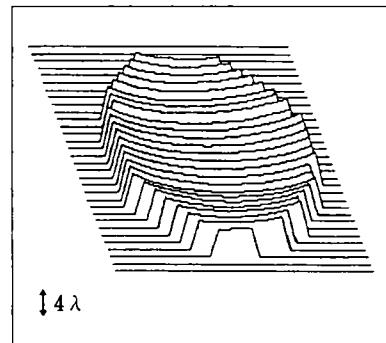


図 10 非球面鏡の測定例（ティルト補正後）

6 おわりに

非球面干渉測定技術上の問題点は、高精度な参照非球面の作製が、加工、コスト面において困難であるという点である。それに対して、今回参照非球面不要な『縞走査シリリング干渉測定法』を考案し、その原理確認を行った。本干渉法は以下に示す特長を持つ。

- ① 参照曲面を使用せずに、平面、球面、非球面の測定が可能。
- ② シア量を変化することにより、測定レンジが可変なので大きな収差も測定可能。
- ③ 位相測定なので、高精度である。

得られた繰り返し精度は RMS 値 (Root mean Square) で $\lambda/32$ である。また測定時間は約 2 分で、そのほとんどは演算時間であるので、現在フォートランで行っている演算をハード化することにより高速化が期待できる。

なお、本研究開発は、筆者が理化学研究所にて研究生として派遣期間中に、同研究所光学計測研究室の斎藤弘

義主任研究員および谷田貝豊彦研究員（現、筑波大学助教授）のご指導のもとに行ったものである。ここに深く感謝の意を表します。また、御助力を賜わりました同研究室の諸氏に感謝致します。

参考文献

- 1) 田島晃、横田秀夫：写真工業；22, 10 (1982)
- 2) 春本功、渡部国男：機械の研究；98, 9, 1071 (1976)
- 3) J. Dil : Proc. SPIE ; 285, 85 (1980)
- 4) 鈴木正根：光学工業技術研究組合編“レンズ・プリズム加工技術'79” 343-348, 光学工業技術研究組合 (1979)
- 5) A. J. MacGovern, J. C. Wyant : Appl. Opt. ; 10, 619 (1971)
- 6) T. Yatagai, H. Saito : Appl. Opt. ; 17, 558 (1978)
- 7) J. C. Wyant : Appl. Opt. ; 12, 2057 (1973)
- 8) M.V.R.K. Murty, D. Malacara “Optical Shop Testing” 81, John Wiley and Sons. (1978)
- 9) J. H. Bruning : Appl. Opt. ; 13, 2693 (1974)
- 10) 谷田貝豊彦、栗田裕之、斎藤弘義：レーザ科学研究（理化学研究所）；3, 182 (1981)

レーザプリンタ用ホログラムスキャナ

Holographic Scanner for Laser Printer

船戸 広義*

Hiroyoshi Funato

要　旨

レーザプリンタ用光偏向器の低コスト化を目的としてホログラムスキャナを開発した。このスキャナはホログラフィ手法で作成した直線状格子を多数配列したディスクから成っており、直線格子の採用によって波長収差、ディスク偏心の影響を除去し、ホログラムスキャナに特有の走査線のまがりは光学系で補正している。ホログラム格子の材料はフォトレジストを用いた表面リリーフ格子で、回折効率としては最高 85% を達成した。解像度 300 dots/inch, 12 pages/min. の記録速度でプリントアウトし、回転多面鏡に匹敵する画像を得た。

ABSTRACT

A holographic scanner for laser printer has been developed. The scanner includes a multiple facet disc provided with holographically produced simple linear gratings. By adopting the linear grating, wavelength aberration and eccentricity error of the disc can be reduced. The bow correction of a scanning line is carried out with the use of correcting optical system. The type of the hologram is of surface relief phase grating which is fabricated with photoresist. The diffraction efficiency of up to 85% has been achieved. The present holographic scanner enable to produce a printed copy with the resolution of 300 pixels per inch, and with the speed of 12 pages per minute. The print quality is comparable to that obtained by scanner with the polygonal mirror.

1 はじめに

近年レーザプリンタは OA 機器の中の重要な出力装置として需要が拡大してきている。レーザプリンタのキー コンポネントの 1 つは光偏向器である。これには従来よりもっぱら回転多面鏡が使われてきた。走査速度、解像点数などの性能が優れているからである。しかし回転多面鏡には高精度な鏡面が必要とされ、この実現には高度な加工技術が要求されるため高価であり、レーザプリンタの広範な普及により低コストな光偏向器が要望されていた。

ホログラムスキャナは回転多面鏡と類似の偏向機能を有し、低コスト化の可能性も持っていることから各所で研究開発がおこなわれているもので、最近 POS 用バーコードリーダに応用され製品化している¹⁾²⁾。

ホログラムスキャナは通常ディスク状基板に偏向要素であるホログラムが多数配列され、ディスクはモータにより一定速度で回転しビームを偏向走査するものである。

実用化している POS 用スキャナによる走査線はまがりを生じており、また解像度も高くない（スポットサイズは約 300 μm）。商品のバーコードを読取るためにはこれで十分であるが、直線で高解像の走査が要求されるレーザプリンタの仕様を満足するものではない。

従来の POS 用スキャナ¹⁾²⁾、あるいはイメージスキャナ³⁾に使用されているホログラムには変形されたフレネルゾーンプレートの形態をしたホログラムレンズタイプが用いられている。このタイプの特徴はホログラムがレンズ作用をもっているため光ビームの走査と結像を同時におこなえることがあるが、次のような欠点をもっている。

- (1) 走査線にまがりが生じる。
- (2) ホログラム記録時と再生時で波長が異なると収差が発生し走査全体にわたり微細なスポットに集束できなくなる。（波長収差）

* 技術本部 光技術開発部
Optics Technology Development Department,
Technology Division

(3) ディスクの面ブレ、偏心が走査性能を劣化させる。

以上の問題を解決するため(1)に対しては円筒³⁾、球⁴⁾などの曲面基板の使用、あるいは補助反射鏡との組合せによる直線走査⁵⁾が試みられ、(2)に対してはホログラム記録時に用いるレンズにあらかじめ収差を補正する役目をもたせておいて波長収差を軽減させる試み⁶⁾がおこなわれている。また(3)については入射角、回折角を最適化させることにより面ブレの影響を少なくすることが試みられてきた⁷⁾。しかしこれらは上述した欠点(1)～(3)すべてを同時に解決できる方法ではなかった。

筆者らはホログラムとして直線状格子を用い、光学系を工夫することにより上述の欠点をすべて解決するレーザプリンタ用ホログラムスキャナを開発した⁸⁾ので報告する。

2 ホログラムによる偏向

2-1 直線格子ホログラム

今回のディスクにはホログラフィックに作成した等間隔直線格子が同心円状に配列されている。ホログラム1面が1回の走査をおこない、多面鏡の1面に相当している。ディスクの部分図を図1に示す。

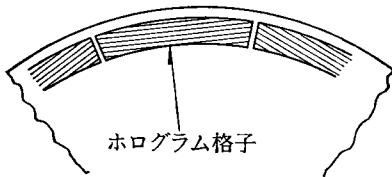


図1 ホログラムディスク概念図

直線格子の採用により従来レーザプリンタへの適用を阻んでいた問題を改善できた。つまり上述した従来の欠点のうち波長収差および偏心の影響の問題は全く生じなくなる。

波長収差はレーザプリンタのように比較的長波長の光源(He-Ne, LD)を用いる場合に特に問題となる。回折効率の高いホログラム記録材料はほとんど紫外～青の短波長部に感度域があり、ホログラム記録時と再生時で使用波長が大幅にシフトし、その結果偏向されたビームに収差が発生して集束性能が大きく劣化する。この問題に対して直線格子の場合ホログラム内は同一格子ピッチで構成されているので、たとえ波長が異なったとしても回折角が変わるもので回折波面に対しては収差は発生しない。

またディスクに偏心があると走査線のシフトが生じて記録画質を大きく劣化させる。これを防ぐため偏心の許容量を厳しくすることで解決はできるが、加工精度のアップに伴ないコストが上昇し低コスト光偏向器の実現とは相反する。この問題に対しても直線格子の場合ホログラム内は同一格子ピッチで構成されているので、偏心に

伴ないディスクが面内移動しても回折される光の方向は変わらず、偏向性能に与える影響は無視できる。

以上のように直線格子を採用することによりホログラムスキャナをレーザプリンタへ適用する場合の障害を取り払うことができる。

上述した問題以外の欠点(走査線まがり、ディスク面ブレの影響)の解決は光学系の工夫によりおこなっている。以下これらについて述べる。

2-2 直線格子による光偏向特性

直線格子による光偏向は一般に走査線のまがりが生じる。特にビーム入射角によりまがりの状態は大きく変わる。後述する光学系の設定のまえに直線格子による光偏向特性を光線追跡により検討した。

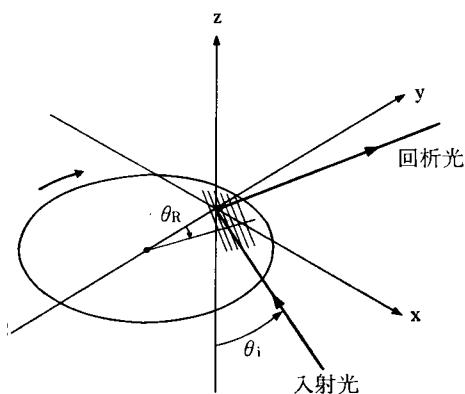


図2 直線格子による光偏向

図2に前提となる座標系を示す。ビーム入射位置を原点とし、入射ビームの方向余弦を(l_c, m_c, n_c)、波長を λ 、直線格子のピッチを d 、ディスク回転角を θ_R とすると格子により回折したビームの方向余弦(l_d, m_d, n_d)は、

$$l_d = l_c + \frac{\lambda}{d} \sin \theta_R \quad (1)$$

$$m_d = m_c + \frac{\lambda}{d} \cos \theta_R \quad (2)$$

$$n_d = \sqrt{1 - (l_d^2 + m_d^2)} \quad (3)$$

とあらわされる。ホログラムで回折後の光学系光軸をディスク回転角 $\theta_R=0$ のときの回折方向に設定しその方向余弦を(l_0, m_0, n_0)とする^(注1)と、ホログラムによる光偏向の主走査方向偏向角 θ_s 、副走査方向変位角 θ_n は

$$\theta_s = \tan^{-1} \left(\frac{l_d}{m_d m_0 + n_d n_0} \right) \quad (4)$$

$$\theta_n = \cos^{-1} \left(\frac{m_d m_0 + n_d n_0}{\sqrt{m_d^2 + n_d^2}} \right) \quad (5)$$

注1 このとき $l_0 = l_c, m_0 = m_c + \frac{\lambda}{d}$ となる。また(4), (5)式は入射ビームをy-z平面内に設定したときをあらわす。

となる。以上の関係をもとに直線格子の偏向特性を計算する。

図3は入射ビームをy-z平面内に設定し、種々の λ/d に対して入射角 θ_i (注2)を変化させたときの走査線まがり量を示す。このときのまがり量は光偏向角 $\theta_s=\pm 21^\circ$ のときの値である。図では縦軸は走査線まがり量 Δy をディスク一走査面間距離 f で規格化した値である。

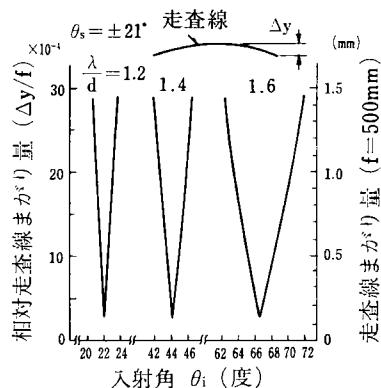


図3 入射角と走査線まがり

図より各 λ/d に対して特定の入射角でまがりが最小となり、それ以外の入射角では急速にまがり量が増加することがわかる。一例として $\lambda/d=1.4$ において入射角を変化させたときの光偏向角と走査線軌跡の関係を図4に示す。同図では走査線まがり量は入射角 $\theta_i=44.25^\circ$ のとき最小となり、この角度を境にまがりの向きが逆転する特性をもっていることがわかる。

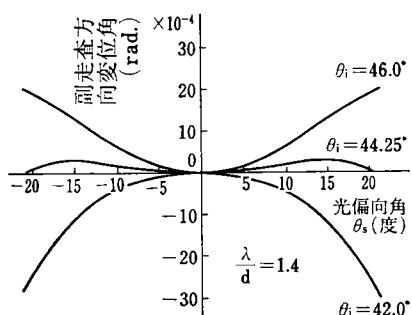


図4 入射角と走査線軌跡

以上のように直線格子による光偏向では λ/d , θ_i を適切に選択することで近似的には直線走査が可能になる⁹⁾。

しかし直線格子のみで得られる近似直線走査では高精度なレーザ記録に必ずしも十分とはいえない。例えば図3で右側の縦軸はディスク一走査面間距離 $f=500\text{mm}$ のときの走査線まがり量をあらわす。すなわちこの場合

注2 この場合入射ビーム方向余弦と θ_i の関係は、 $l_c=0$, $m_c=-\sin \theta_i$, $n_c=\cos \theta_i$ となる。

最小になる入射角においてもまがり量は $100\mu\text{m}$ 以上生じており必ずしも満足できる値ではない。

3 光学系

直線格子の採用により波長収差、ディスク偏心の問題を解決できた。しかしレーザプリンタに用いるためには前節で述べた走査線まがりの解決、およびディスク面ブレの影響の軽減化、走査の等速化をはからねばならない。これらの問題は走査光学系を工夫することで方策を見出した。以下に概要を述べる。

3-1 走査線まがり補正

直線格子による走査線のまがりを直線化するために筆者らはアナモフィック光学系による補正をおこなった。図5に光学系の平面図を、図6に側面図を示す。入射ビ

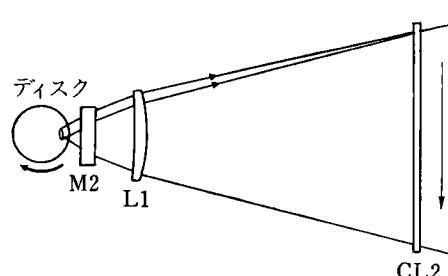


図5 走査光学系(平面図)

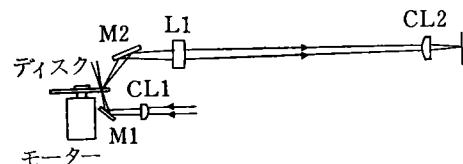


図6 走査光学系(側面図)

ームはシリンドリカルレンズCL1により一方向に集束されディスクに入射する。ホログラムにより回折されたビームはミラーM2で反射され、球面レンズL1、シリンドリカルレンズCL2によって走査面に結像され直線走査する。本光学系の特徴としては球面レンズL1とシリンドリカルレンズCL2が組合わせた光学系により副走査方向に関してディスク面が物体、そしてその像が走査面の関係となっていることである。このことにより走査と直角方向に関してディスク上の1点より出射したビームは走査面の一点に結像する。したがって直線格子による走査線にまがりが生じても2つのレンズの組合せによりまがりが補正されて直線化できる。図7にまがり補正の一例を示す。図では横軸に光偏向角 θ_s 、縦軸には走査面における走査線の副走査方向へのズレ量 f を規格化して示してある。このときの直線格子として $\lambda/d=1.4$ を用い、まがりを最小にするためビーム入射角は $\theta_i=44.25^\circ$ に設定している。本光学系を用いると走査線

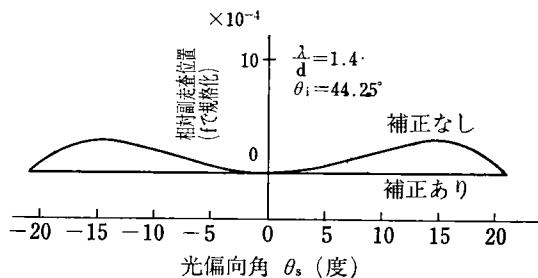


図 7 光学系による走査線まがり補正

まがりを大幅に減少でき、直線格子単独による場合と比較すると走査線まがりを約1/40に小さくできる。

今回採用した光学系の特徴は走査線まがりを補正するだけでなく諸精度の緩和にも大きく寄与している。例えば直線格子による走査線のまがりはホログラムへのビーム入射角の変化に対して非常に敏感である。この様子を図8に示す。図では図7と同じ格子および偏向角を前提とし、入射角を変化させたときの走査線まがり量を示している。直線格子単独の場合、入射角のわずかな変化で走査線まがりが大きく変化する。これに対し本光学系を用いると入射角の変化に対してあまり影響を受けなくなる。つまり直線格子のみによる走査では入射角の厳密な調整が必要であるが、本光学系の採用により入射角の厳密な設定は不要となり、実用上の精度が緩くなる。

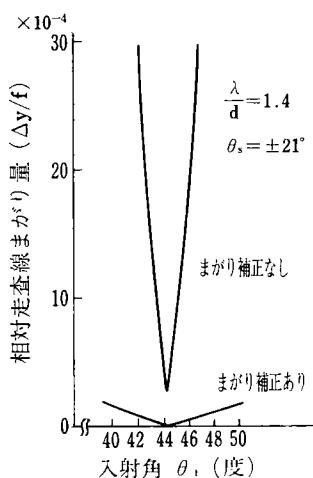


図 8 走査線まがりの入射角依存性

この他、ディスク面平行度誤差による走査ピッチムラ発生、ディスク内格子ピッチ偏差による走査ピッチムラ発生なども抑制する。直線格子のみによる走査の場合ディスク面平行度誤差秒オーダー、格子ピッチの偏差は 10^{-3} nmが必要とされている¹⁰⁾。本光学系の採用によりディスク面平行度誤差は分オーダー、格子ピッチ偏差は 10^{-1} nm程度に緩和することができディスク作製が非常に容易となる。

3-2 ディスク面ブレ補正

ホログラムスキャナにおける実用上重要な課題としてディスク面ブレの影響を軽減させることがある。ホログラムスキャナにおいてディスク面ブレが生じると走査点は副走査方向にずれて走査線ピッチムラとなり画質を低下させる。このディスク面ブレに対して従来ホログラムへの入射角と回折角を等しくするよう配置することで影響を最小化する試みがおこなわれた⁶⁾。しかし今回のホログラムスキャナは光学的にまがりを補正する方法を採用しているので従来の方法を適用しても効果がない。そこでディスク面ブレの影響を軽減させるため図6のレンズL1とCL2の合成した光学系による副走査方向の結像倍率Mを $M \ll 1$ に設定することで解決した。これは図9に示すようにディスク面ブレが生じると回折点が

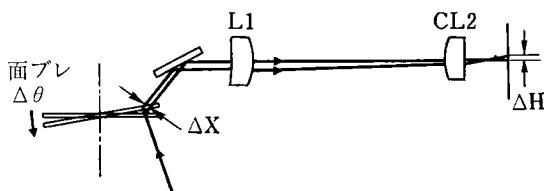


図 9 ディスク面ブレによる走査光点ズレ

移動し、この移動量 ΔX が合成光学系により走査面に ΔH のズレとして結像される。ビーム入射角 θ_i 、回折角 θ_d 、ディスク上ビーム入射点の回転軸よりの距離をD、ディスク面ブレ角を $\Delta\theta$ とすると、面ブレしたことによる回折点の移動 ΔX は

$$\Delta X = \frac{D \sin(\theta_i + \theta_d)}{\cos \theta_i} \Delta\theta \quad (6)$$

とあらわされる。これと走査点のズレの関係は

$$\Delta H = M \cdot \Delta X \quad (7)$$

なる。(7)式よりディスク面ブレの影響を少なくするためには結像倍率Mを $M \ll 1$ に設定する必要がある。今回の光学系は $M \approx 1/10$ に設定してディスク面ブレの影響を軽減させた。図10に面ブレと走査光点ズレの数値例を示す。横軸にディスク面ブレ角、縦軸に副走査方向への走査線最大変位量を示してある(縦軸は $f\theta$ レンズ焦点距離 f_0 で規格化してある)。また同図には回転多面鏡を用いたスキャナにおいて多面鏡の面倒れによる走査光点ズレの関係を示してある。多面鏡の場合、横軸はミラー一面の倒れ角を示している。図では点線は回転多面鏡に $f\theta$ レンズのみを組合せた場合、破線は今回のホログラムスキャナに用いた光学系と同様のものを回転多面鏡に適用して面倒れ補正をしたときの走査線変位量をあらわす。図からわかるようにホログラムスキャナの場合、回転多面鏡を用いたものに比べて偏向器の面ブレに対する精度は緩和される。通常のレーザプリンタ用の場合ホロ

グラムディスク面ブレに対する精度は角度数分のオーダーまで許容される。

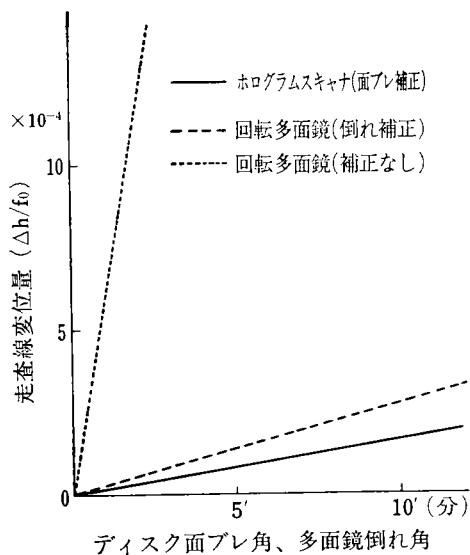


図 10 ホログラムキャナと回転多面鏡の走査線ピッチムラ補正効果の比較

3-3 走査等速化

走査面におけるビームの走査速度を一定化させるため図 5, 6 に示した光学系のうち球面レンズ L1 にはいわゆる $f\theta$ レンズを採用している。 $f\theta$ レンズを用いる目的としては、①走査の等速化、②走査の平面化、そして③光学パスの短縮化の三点を満足させるためである。

従来 $f\theta$ レンズは複雑な構成を必要とし高価であるといわれていた。しかし今回の光学系には単玉 $f\theta$ レンズ¹¹⁾を用いて光学系を単純化、低コスト化した。この $f\theta$ レンズを用いて走査歪み 1% 以下、ディスクから走査面までの光学パス約 400 mm を達成した。(図 11)

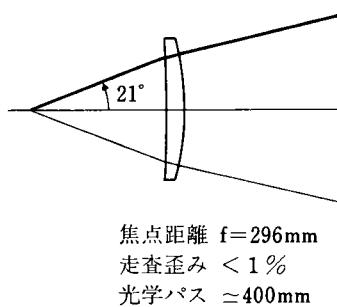


図 11 単玉 $f\theta$ レンズ

4 ホログラム格子

ディスク上のホログラム格子として筆者らはフォトレジストを材料とした表面レリーフ型位相格子を採用した。従来表面レリーフ型位相格子の回折効率は正弦状格子で

33.9%，矩形状格子で 40.5% が理論値であるとされてきた。しかし今回フォトレジストを用いた格子で露光および現像条件を最適化することにより最高 85% の回折率を得た ($\lambda/d \approx 1.4$)。ここでいう回折効率はガラス基板の反射、吸収ロスも含んだ値である。(反射ロスを除いた格子のみの純粋な回折効率は最高 95% に達する)。

以上のように表面レリーフ型位相格子で従来の理論値をはるかに越える効率が得られており従来の回折理論では説明できない。これまで回折理論は格子が無限に薄いものと仮定したときの理論であり、格子の形状効果は含まれていないと考えられる。そこで厳密な回折効率の導出をおこなうために、筆者らは電磁波の波动方程式を格子形状を境界条件として数値計算法で解いた。その結果 $\lambda/d > 0.75$ では表面レリーフの深さを最適化させることにより理論的には 90% 以上の回折効率が可能なことがわかった¹²⁾。これは格子が細かくなり λ/d の値が大きくなってくると表面レリーフ格子が一種の体積型格子（屈折率変化が非常に大きく、厚さが比較的薄い格子）の性質をもつようになり従来の無限に薄い格子の理論には適合できなくなるからであると解釈できる。

今回のホログラム格子の作成工程の概略を図 12 に示す。フォトレジストはポジ型を用いており、その処理も図に示すように比較的シンプルで再現性もよく、回折効率の高いことと相まってホログラムキャナ用の記録材料として優れたものといえる。

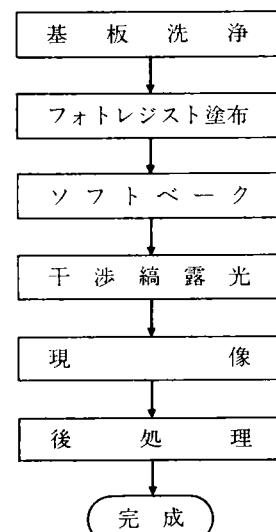


図 12 ホログラムディスク作成工程

5 ホログラムディスクを用いた書込ユニット

以上述べたホログラムディスク、および光学系を用いてレーザプリンタ用書込ユニットを構成した。主要性能としては以下のとおりである。

使用レーザ: He-Ne レーザ

解像度: 300 ドット/インチ

記録速度: 12 ページ/分

書込幅: 8.5 インチ

図 13 に走査面におけるビーム形状を CCD リニアセンサで検知した例を示す。また図 14 に走査面における主、副両走査方向のビーム径の分布を示す。分布は走査全面にわたり比較的フラットである。図 15 は書込ユニットに用いたホログラムディスクを示す。ディスク径は 100 mm, 面数は 10 面で基板はガラスを用いている。

図 16, 17 にプリントサンプル例を示す。プリントサンプルはレーザ記録の特徴である高画質を保持しており、回転多面鏡による画質と比べてまったく遜色ないといえる。

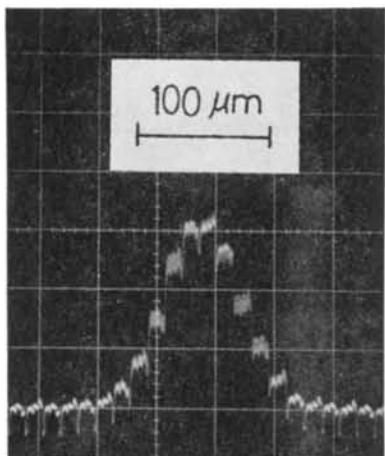


図 13 走査ビーム形状 (副走査方向)

本圧会流御断警静曇
本圧会流御断警静曇
本圧会流御断警静曇
本圧会流御断警静曇
本圧会流御断警静曇

図 16 プリントサンプル (漢字)

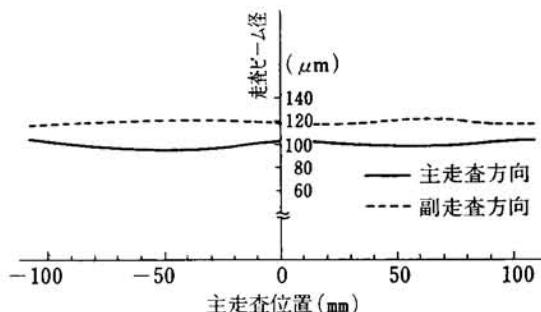


図 14 走査ビーム径の分布



図 15 ホログラムディスク

ABDEFGHKMOPQRSWZabdegmopqswzcf
ABDEFGHKMOPQRSWZabdegmopqswzcf
ABDEFGHKMOPQRSWZabdegmopqswzcfhi,jkl
ABDEFGHKMOPQRSWZabdegmopqswzcf
ABDEFGHKMOPQRSWZabdegmopqswzcf
ABDEFGHKMOPQ 10mm

図 17 プリントサンプル (英字)

6 おわりに

ホログラムディスクを用いたレーザプリンタ用光偏向器の概要を述べた。ホログラムスキャナは性能的には回転多面鏡に比べて遜色はないが、回転多面鏡が用いられてきた分野には容易に適用できる。

コスト的には基板ガラスが安価であること、および格子は通常のフォトリソ技術で作成でき工程がシンプルなので、ホログラムディスクは精密機械加工が必要な多面鏡より経済的である。また表面レリーフ型格子はレプリカプロセスにより大量に作成できる可能性もある。この場合コスト的にはさらに安価にできる。

以上からホログラムスキャナは今までの高価な回転多面鏡を置換し、レーザ走査の広範な用途に使われていくキーデバイスとなることが期待できる。

おわりに開発に協力いただいた材料開発部、および光技術開発部の関係各位に厚くお礼申しあげる。

参考文献

- 1) H. Ikeda, 他 : Jpn. J. Appl. Phys.; 15, 2467 (1976)
- 2) L. Dickson, 他 : IBM J. Res. Develop.; 26, 2, 228 (1982)
- 3) R. Pole, 他 : Appl. Opt. 17, 20, 3294 (1978)
- 4) L. Beiser, 他 : Proc. E.O.S.D. Conference; 75 (1973)
- 5) C. Ih : Appl. Opt.; 16, 8, 2187 (1977)
- 6) M. Rimmer : Proc. of SPIE; 103, 86 (1977)
- 7) C. Kramer : 1979 Conf. Laser Engr. & Applications; paper 17.9, 105, Conf. Digest (1979)
- 8) H. Funato : Proc. of SPIE; 390, 174 (1983)
- 9) C. Kramer : 1981 Conf. Lasers & Electrooptics; 148, Conf. Digest. (1981)
- 10) C. Kramer : Proc. of SPIE; 390, 165 (1983)
- 11) 佐久間 : RICOH TECHNICAL REPORT; 9, 4 (1983)
- 12) K. Yokomori : Appl. Opt.; (to be published)

転写型時分割静電記録方式における記録プロセスの解析

Numerical Analysis for Recording Process of Plain Paper Electrostatic Plotters

湯浅一弘^{*}
Kazuhiko Yuasa

要　旨

転写型静電記録において記録体を一様帶電し、時分割駆動マルチ・スタイルスにより記録を行うという、新しい方式を提案するとともに、その記録プロセスについて、モデル化を行ない、解析を試み、適合条件を求めた。

その結果、記録後記録体上に残る潜像コントラストについて、実験結果と良く一致したモデル化が可能となり、記録体を含めた各記録条件の最適化も可能とすることができた。

ABSTRACT

We propose a new electrostatic process for plain paper plotters in which the image forming medium is uniformly charged and the images are formed by a multiplexed multi-stylus and have introduced a new model for the recording process. By utilizing this model we analyzed numerically conditions for the recording process.

Results indicate that a satisfactory agreement was obtained between the numerical and experimental data of the voltage contrast for the latent image which is produced by the surface voltage difference between black and white levels on the image forming medium.

1 は　じ　め　に

特殊加工紙を用いた静電記録方式は、その高速記録性、高画質性等から、高速ファクシミリ及びプリンター等に広く利用されてきている¹⁾²⁾。

ところが、一方では、最近、ファクシミリの普通紙化、或いは、普通紙ノン・インパクト・プリンターの研究・開発が進められてきており、ひとつの流れになりつつある。

その流れの中の一つの方式として、転写型静電記録方式がある³⁾。

同方式には、記録体を一様帶電した後、その帶電電荷と記録電極に印加する電圧との間で放電を発生させ、記録を行う方式⁴⁾と、通常の静電記録と同様な記録を行ない除電を用いることにより、繰り返し記録を可能にする方式⁵⁾とがある。

前者は、記録電極全個数分の駆動回路が必要（つまり、時分割駆動が不可能である）という点、後者は、記録体

の導電層抵抗値が高いことによる制約として、除電後の電位の安定化が困難であるという点から、未だ製品化に達していないのが現状であり、一般的には、一様帶電した記録体に、時分割駆動マルチ・スタイルスによって、記録を行うことは、不可能とされてきている。

筆者らは、ある程度の表面粗さを有する記録体（誘電体ベルト）を用い、一様帶電→時分割駆動マルチ・スタイルスによる記録→反転現像→転写→クリーニングという繰り返しプロセスにて、普通紙ハードコピードを得る独自の転写型静電記録方式を開発してきた。

つまり、一様帶電後に時分割駆動マルチ・スタイルスを用いて記録するという点が、本プロセスの最大の特徴である。従って、この記録部についての解析が、条件の最適化等に必要不可欠なものとなる。

そこで、筆者は、記録部について、等価回路によるモデル化を行ない、記録体上に形成される潜像の深さ（コントラスト）を求めた。その結果、計算値と実測値が良く一致していることが確認された。

本稿では、記録部のモデル化の設定と計算式の導き出し、及び、その計算結果と実測値との対比について報告する。

* ファクシミリ事業部 設計一課
First Design Section, Facsimile Products Division

2 記録バイアスの考え方

静電記録方式では、一般に、記録電極（以下、スタイラス電極）と制御電極（以下、セグメント電極）が、双方共、記録体の片側の面（記録を行う面）に位置する片面制御方式が多く用いられており、セグメントに印加する高圧パルスを主走査方向にスキャンすることにより、時分割的に記録を行う。記録は、当然のことながら、スタイラス及びセグメントの双方が選択された箇所のみ行なわれ、それ以外の場合には、記録されない。

ところが、一様帯電を行った記録体に、従来の方法で記録を行うと、セグメントに印加される電圧（セグメント・スイング電圧）のオン・オフに関係なく、一様帯電されている記録体上の電圧とスタイラスに印加される電圧（スタイラス・スイング電圧）との間で放電が起り、スタイラス半選択の状態で記録が行なわれてしまう。（図1）

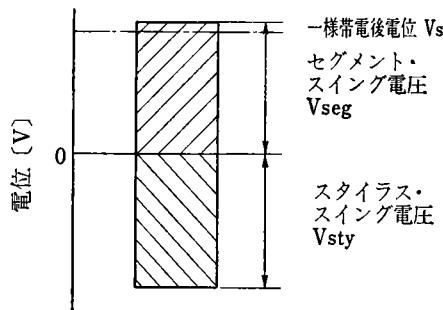


図1 従来の方法による記録

この半選択の状態での印字を避けるために、本プロセスでは、記録バイアスの概念を導入している。図2で、一様帯電後の電位と、スタイラス及びセグメントのスイングの中心の電位（記録バイアス）との差を少なくすることにより、半選択状態の印字が為されず、両方の電極が選択された箇所だけが印字可能となる。

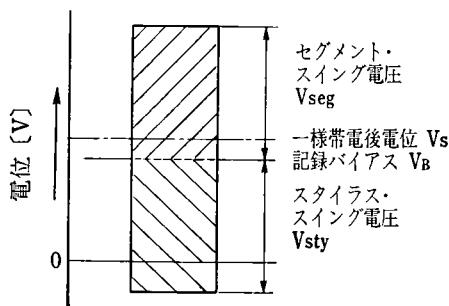


図2 記録バイアスの概念

以上の様に、記録バイアスの概念を導入し、図3の様な構成をとることにより、本プロセスによる記録を可能とすることができます。

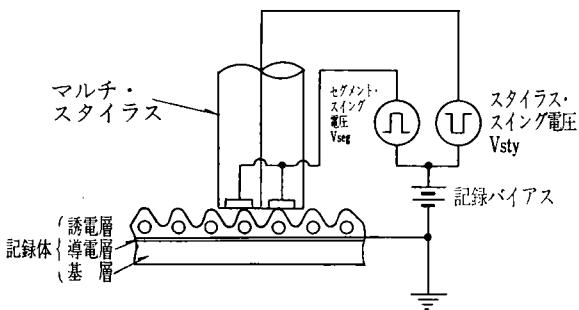


図3 記録部概略

3 記録プロセスのモデル化

3-1 記録バイアスの影響

いま、スタイラス、セグメントのスイング電圧が“0”（スタイラス、セグメント双方共オフ）の時、 $t=0$ で記録バイアスを印加したとし、その時の等価回路を図4（ $V_{seg}=0$ の場合）の様に考える。

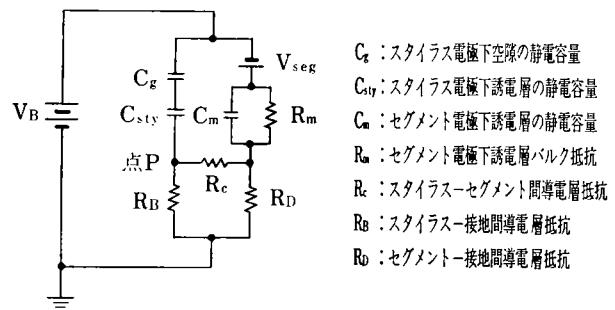


図4 導電層の電位変化の等価回路

図4の点P（つまり、スタイラス電極下）の電位、 $v_0(t)$ は

$$v_0(t) = \frac{V_B}{B_1} \left[B_0 + \frac{1}{\alpha_1 - \beta_1} \left\{ \beta_1 (\alpha_0 - \alpha_1) (\beta_0 - \beta_1)_{exp} (-\alpha_1 t) - \alpha_1 (\alpha_0 - \beta_1) (\beta_0 - \beta_1)_{exp} (-\beta_1 t) \right\} \right] \quad (1)$$

ここで、

$$\alpha_0 = (A_0 + \sqrt{A_0^2 - 4B_0})/2 \quad (2)$$

$$\beta_0 = (A_0 - \sqrt{A_0^2 - 4B_0})/2 \quad (3)$$

$$\alpha_1 = (A_1 + \sqrt{A_1^2 - 4B_1})/2 \quad (4)$$

$$\beta_1 = (A_1 - \sqrt{A_1^2 - 4B_1})/2 \quad (5)$$

$$A_0 = \frac{1}{C_1 R_C} + \frac{1}{C_m R_C} + \frac{1}{C_m R_D} + \frac{1}{C_m R_B} \quad (6)$$

$$B_0 = \frac{1}{C_1 C_m R_C R_m} \quad (7)$$

$$A_1 = A_0 + \frac{1}{C_1 R_B} \quad (8)$$

$$B_1 = \frac{(R_B + R_C) R_D + (R_B + R_C + R_D) + R_m}{C_1 C_m R_B R_C R_m R_D} \quad (9)$$

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_g} + \frac{1}{C_{sty}} \quad (10)$$

と表わされる。

(1)式で与えられる $V_0(t)$ は、記録体が静止している場合の式である。従って、記録バイアス V_B オンと同時に記録体が動き出すと、図 4 中の C_m , C_g , C_{sty} , R_m 等は次々と電極下から抜け出し、同時に、それと同じ分新しく入り込むことになる。ところが、各回路定数の抜け出た分による電位降下分と、新しく入り込んだ分による電位上昇分が同じであるため、ベルトが動いている場合も $V_0(t)$ は、(1)式で与えられ、 V_B オンから、時間が経過している通常印字時は、(1)式の時間項を無視したものとなり、

$$v_0(\infty) = \frac{B_0}{B_1} V_B \\ = \frac{R_B \cdot R_D \cdot V_B}{(R_B + R_C) R_D + (R_B + R_C + R_D) R_m} \quad (11)$$

と考えて良い。

3-2 セグメント・スイング電圧によるスタイラス直下の導電層電位変化

$t=0$ でセグメント・スイング電圧、 V_{seg} がオンし、スタイラス・スイング電圧、 V_{sty} はオフの場合を考える。 V_B については、3-1 で求めた(11)式が単にここで求める v_1 に加わるだけの意味しかないため、 V_{seg} による過渡的な変化には関係しない。

このことを踏まえ、等価回路を図 4 ($V_B=0$) の様に考える。

仮定として、印加される V_{seg} は矩形波と考えると、 V_{seg} 印加による図 4 点 P の電位（スタイラス電極直下の導電層電位）の変化は、

$$v_1(t) = \frac{V_{seg}}{C_1 R_C} \cdot \frac{1}{B_1} \left[\frac{1}{C_m R_m} + \frac{1}{\alpha_1 - \beta_1} \right. \\ \left. \left\{ \beta_1 \left(\frac{1}{C_m R_m} - \alpha_1 \right) \exp(-\alpha_1 t) \right. \right. \\ \left. \left. - \alpha_1 \left(\frac{1}{C_m R_m} - \beta_1 \right) \exp(-\beta_1 t) \right\} \right] \quad (12)$$

となる。

更に、 V_{seg} は、 $t=t_{pw}$ (印加パルス幅) でオフとなり、その結果、

$$v_{1OFF}(t) = -v_1(t-t_{pw}) \quad (13)$$

となるため、矩形波の V_{seg} を印加すると、スタイラス電極直下では、 $v_1(t)$ は図 6 の様な変化を示す。

なお、図 5 で、 t_0 , v_{1max} , $v_{1\infty}$ はそれぞれ、

$$t_0 = \frac{1}{\alpha_1 - \beta_1} \log \frac{C_m R_m \beta_1 + 1}{C_m R_m \beta_1 - 1} \quad (14)$$

$$v_{1max} = \frac{V_{seg}}{C_1 R_C} \cdot \frac{1}{B_1} \left[\frac{1}{C_m R_m} + \frac{1}{\alpha_1 - \beta_1} \left\{ \alpha_1 \right. \right. \\ \left. \left. \left(\beta_1 - \frac{1}{C_m R_m} \right) \times \left(\frac{C_m R_m \alpha_1 - 1}{C_m R_m \beta_1 - 1} \right) \exp \right. \right. \\ \left. \left. \left(-\frac{\beta_1}{\alpha_1 - \beta_1} \right) - \beta_1 \left(\alpha_1 - \frac{1}{C_m R_m} \right) \right\} \right]$$

$$\left(\frac{C_m R_m \alpha_1 - 1}{C_m R_m \beta_1 - 1} \right) \exp \left(-\frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \beta_1} \right) \right] \quad (15)$$

$$v_{1\infty} = \frac{R_B R_D \cdot V_{seg}}{(R_B + R_C) R_D + (R_B + R_C + R_D) R_m} \quad (16)$$

で表わされる。

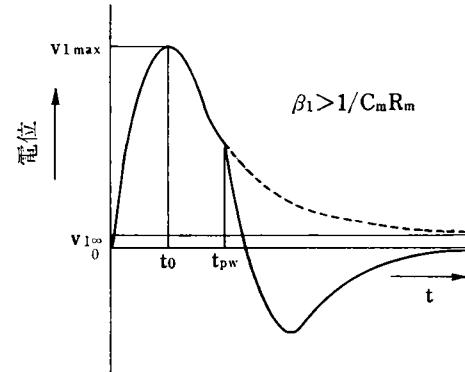


図 5 V_{seg} による導電層電位変化

3-3 印字時の空隙にかかる電圧

3-1, 3-2 で求めた v_0 及び v_1 に加え、印字に際しては、記録体誘電層表面は帯電させた電荷による表面電位 V_s 、及び空隙をはさんで、スタイラス電極の $V_B - V_{sty}$ という電圧が作用する。(図 6)

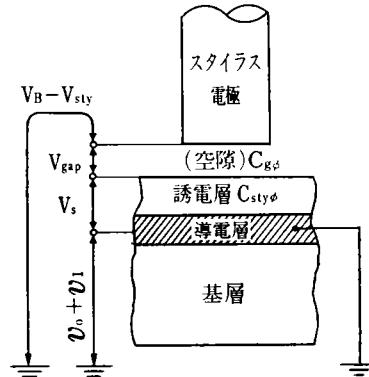


図 6 放電時のモデル

これらにより、空隙には、 V_{gap} が加わることになり、その V_{gap} は、

$$V_{gap} = \frac{C_{sty\phi}}{C_{g\phi} + C_{sty\phi}} \cdot (V_s - V_B + V_{sty} + v_0 + v_1) \quad (17)$$

で与えられる。

3-4 印字後の記録体誘電層に残る潜像コントラスト

(17)式で与えられた電圧 V_{gap} が、空隙で、パッシュエン曲線⁶⁾で与えられる放電開始電圧より高い電圧 V_{th} になると放電が起り、印字が為される。

パッシュエン曲線は、空隙 $g[\mu m]$ が $8 \mu m$ 以上の場合は一般的に

$$V_{th} = 312 + 6.2 \times g \quad (18)$$

で近似され、 $8 \mu m$ 以下では

$$V_{th} = 2892.8/g$$

で近似することができる。(図 8)

いま、印字時の等価回路を図 7 の様に考える。図 7 で Z_{th} は、等価的に C_g で放電が起こるか否かの閾値を与えるものである。

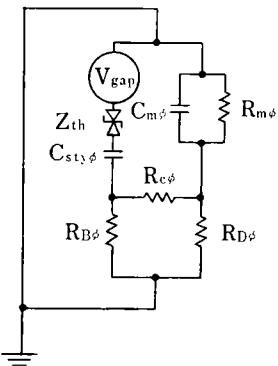


図 7 放電(印字)時等価回路

他の回路定数は基本的には図 4 に示したものと同様であるが、ここでは、あるひとつの電極に着目しているという意味で、サフィックス “ ϕ ” を付けておく。

図 7 の等価回路から、印字後、 C_{sty} に蓄えられていた電荷の減少する分(電位で言えば潜像コントラスト)は

$$\begin{aligned} v_{out}(t) = & \frac{R_{B\phi} + R_{C\phi}}{(C_{sty\phi} + C_{g\phi})R_{B\phi}R_{C\phi}} \cdot \frac{1}{B_2} [V_C \\ & \{ \gamma + K_0 \exp(-\alpha_1 t) - K_1 \exp(-\alpha_2 t) \\ & + \frac{V_{seg}}{C_1 R_C B_1} \left\{ \gamma \cdot \frac{1}{C_m R_m} - K_2 \exp(-\alpha_1 t) \right. \\ & - K_3 \exp(-\alpha_2 t) - K_4 \exp(-\beta_1 t) \\ & \left. - K_5 \exp(-\beta_2 t) \right\}] \end{aligned} \quad (20)$$

ここで、

$$\alpha_2 = (A_2 + \sqrt{A_2^2 - 4B_2})/2 \quad (21)$$

$$\beta_2 = (A_2 - \sqrt{A_2^2 - 4B_2})/2 \quad (22)$$

$$\begin{aligned} A_2 = & \frac{1}{C_{m\phi} R_{C\phi}} + \frac{1}{C_{m\phi} R_{D\phi}} + \frac{1}{C_{m\phi} R_{m\phi}} \\ & + \frac{1}{C_{sty\phi} R_{B\phi}} + \frac{1}{C_{sty\phi} R_{C\phi}} \end{aligned} \quad (23)$$

$$B_2 = \frac{(R_{B\phi} + R_{C\phi})R_{D\phi} + (R_{B\phi} + R_{C\phi} + R_{D\phi})R_{m\phi}}{C_{sty\phi} C_{m\phi} R_{C\phi} R_{B\phi} R_{D\phi} R_{m\phi}} \quad (24)$$

$$\gamma = \frac{(R_{B\phi} + R_{C\phi})R_{D\phi} + (R_{B\phi} + R_{C\phi} + R_{D\phi})R_{m\phi}}{(R_{B\phi} + R_{C\phi})C_{m\phi} R_{m\phi} R_{D\phi}} \quad (25)$$

$$V_C = V_s - V_B + V_{sty} + v_0 - V_{th} \quad (26)$$

$$K_\phi = \frac{\alpha_2(\gamma - \beta_2)}{\alpha_2 - \beta_2} \quad (27)$$

$$K_1 = \frac{\beta_2(\gamma - \alpha_2)}{\alpha_2 - \beta_2} \quad (28)$$

$$K_2 = \beta_1 B_2 \frac{(\gamma - \alpha_1)(1/C_m R_m - \alpha_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)(\beta_1 - \alpha_1)(\beta_2 - \alpha_1)} \quad (29)$$

$$K_3 = \beta_2 B_1 \frac{(\gamma - \alpha_2)(1/C_m R_m - \alpha_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2)(\beta_1 - \alpha_2)(\beta_2 - \alpha_2)} \quad (30)$$

$$K_4 = \alpha_1 B_2 \frac{(\gamma - \beta_1)(1/C_m R_m - \beta_1)}{(\alpha_1 - \beta_1)(\alpha_2 - \beta_1)(\beta_2 - \beta_1)} \quad (31)$$

$$K_5 = \alpha_2 B_1 \frac{(\gamma - \beta_2)(1/C_m R_m - \beta_2)}{(\alpha_1 - \beta_2)(\alpha_2 - \beta_2)(\beta_1 - \beta_2)} \quad (32)$$

と表わされる。

4 計算結果と実測値の対比

3. で求めた潜像コントラストの計算式(20)は、以下に示す記録体の特性項目及びマルチ・スタイラスの物理的な特性項目と、図 4～図 7 までの各回路の回路定数を結びつけることにより、計算可能となる。逆に言えば、前述の特性項目が、パラメータとなる。

ρ_o : 記録体誘電層の体積固有抵抗値

C_ϕ : “ ” の単位面積あたりの静電容量

ρ_s : “ ” 導電層の抵抗値

l : 記録体の幅(接地電極間距離)

x : 放電に着目しているスタイラス電極の記録体上の位置

D : スタイラス電極径

S_{seg} : セグメント電極と記録体との接触面積

g : スタイラス電極下の空隙(放電ギャップ)

d : スタイラス電極—セグメント電極間の距離

なお、以下の計算及び実験で用いた基本的な条件は、次の通り。

$$V_{sty} = 325V \quad \rho_o = 5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$V_{seg} = 325V \quad C_\phi = 8 \times 10^{-6} \text{F/m}^2$$

$$V_B = 250V \quad \rho_s = 1 \times 10^7 \Omega / \square$$

$$V_s = 300V \quad t_{pw} = 10 \mu\text{sec}$$

4-1 空隙, g (図 8)

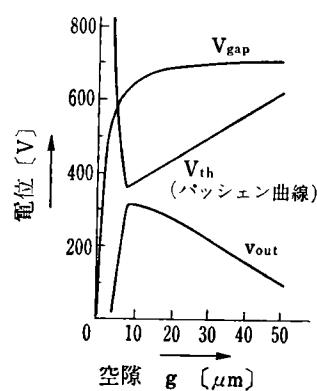


図 8 各電位と空隙

空隙が $4 \mu\text{m}$ 以下又は $80 \mu\text{m}$ 以上では放電が成立せず潜像コントラスト, v_{out} は $0V$ となる。

空隙が $8 \mu\text{m}$ で, v_{out} は最大となり, それ以上でも, 以下の空隙でも, v_{out} は低下する。

実際の記録体では, 誘電層の厚さが $8 \mu\text{m}$ 程度であるため, 空隙の大きさは $6 \mu\text{m}$ 程度と考えて良い。

4-2 記録時の各電圧, V_s , V_B , V_{sty} , V_{seg} (図 9~12)

一様帶電後の記録体表面電位, V_s と潜像コントラストとの関係を図 9 に示す。

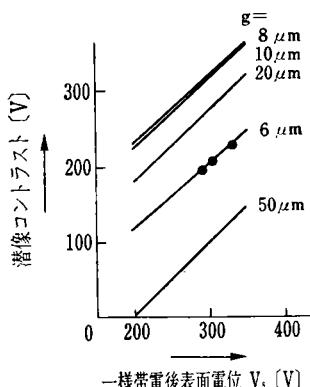


図 9 潜像コントラストと V_s

他の条件が同じであれば, V_s は高い方が, 潜像はより深くなる。実測値 (●印) は, $g=6 \mu\text{m}$ の計算値 (実線) と良く一致している。図 8 で示した様に $g=8 \mu\text{m}$ で潜像コントラストが最大になるため $g=6 \mu\text{m}$ の値は図 9 の様な値となる。

V_s が高いと, オンしたスタイラス電極との間での放電が, され易くなる (図 2 参照) ため, 潜像コントラストは大きくなる。

図 10 には, 記録バイアス V_B による潜像コントラストの変化を示す。

V_B については, 低い程, 潜像コントラストが大きくなる。この場合も, 実測値 (●印) は, 空隙 $6 \mu\text{m}$ の計算値と一致している。

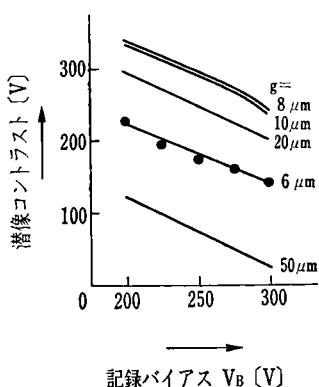


図 10 潜像コントラストと V_B

V_B が低い場合は, 潜像コントラスト的には, 前述の V_s が高い場合と等価である。

スタイラス及びセグメント・スイング電圧による潜像コントラストの変化を, 図 11 及び 12 にそれぞれ示す。

双方共, 電圧を高くした方が, より放電しやすくなり, 潜像コントラストは大きくなる。

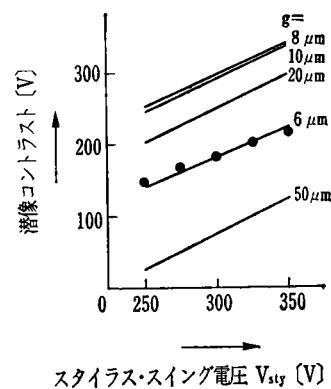


図 11 潜像コントラストと V_{sty}

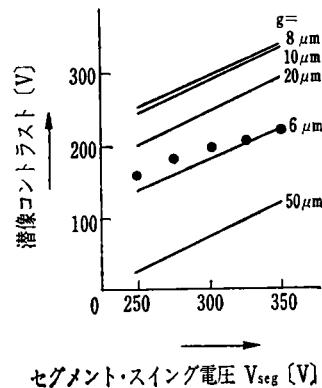


図 12 潜像コントラストと V_{seg}

スタイラス・スイング電圧の場合は, 式(17)及び(20)の V_{sty} , V_C の項が大きくなるため, 潜像コントラストが大きくなり, セグメント・スイング電圧の場合には式(12)及び(20)の V_{seg} の値が大きくなるため, 潜像が深くなる。

一般に, これら電圧値は, (20) 及び (26) 式で, 半選択の状態で放電が為されない様にという条件から, 例えば, $V_{seg}=0$ としたときには,

$$V_s - V_B + V_{seg} - v_0 < V_{th} \quad (33)$$

又, $V_{sty}=0$ としたときには, (20) 式から, 容易には得られないが, V_{sty} と V_{seg} の効果がほぼ同程度であることを考えれば (図 11 及び 12 参照)

$$V_{sty} \approx V_{seg} \quad (34)$$

という様に条件化できる。

4-3 パルス幅, t_{pw} (図 13)

図 13 に, スタイラス及びセグメント・スイング電圧

の印加パルス幅 t_{pw} による、潜像コントラストの変化を示す。

印加パルス幅が、長くなるに従い、急激に、潜像コントラストは大きくなるが、 $9 \sim 10 \mu\text{sec}$ 以上では飽和し、それ以上、印加してもコントラストを大きくすることはできない。

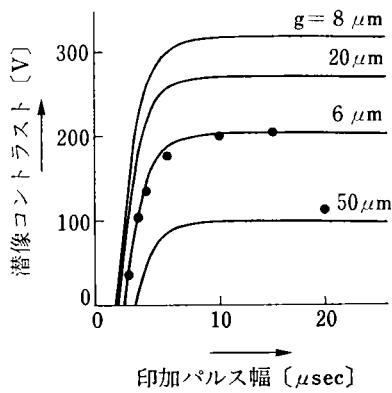


図 13 潜像コントラストと印加パルス幅

図 6 に示した様に、パルス幅を長くすることは、セグメント・スイング電圧による、スタイラス電極直下の導電層電位の上昇を大きくするが、(14式で示したパルス幅より長くなると、逆に、最終的な電位上昇を下げることになる。その境界が、 $9 \sim 10 \mu\text{sec}$ にあるということになる。

$t_{pw}=20 \mu\text{sec}$ で、実測値（●印）が急激に低下しているのは、実験に使用したスタイラス及びセグメントの高圧ドライバーが、そのパルス幅で過負荷になってしまったためである。但し、それ以外のところでは、 $g=6 \mu\text{m}$ の場合の計算値とほぼ一致している。

4-4 記録体の電気的性質の各項目、 ρ_s , C_ϕ , ρ_v

4-4-1 導電層抵抗値、 ρ_s

図 14 に、導電層抵抗値に対する潜像コントラストの変化を示す。 $10^7 \Omega/\square$ 付近で、最も潜像が深くなることがわかる。

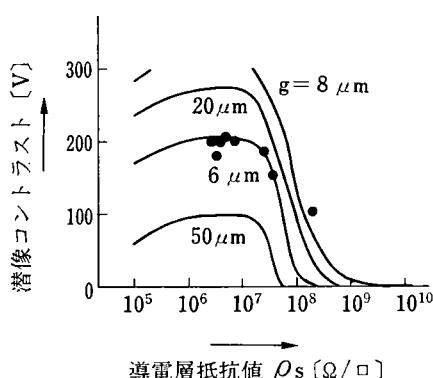


図 14 記録体の特性項目と潜像コントラスト(1)

$10^7 \Omega/\square$ 以下の抵抗値では、セグメント・スイング電圧によるスタイラス電極直下の導電層電位の上昇が図15 実線の様になり、実効的なパルス幅又はその電圧が、極度に低下してしまうため、放電後の潜像は浅くなってしまい、逆に、 $10^7 \Omega/\square$ 以上の抵抗値では、図 15・一点鎖線の様に、導電層の電位上昇が立ち上がりきらず、これも潜像コントラスト低下に繋がってしまう。

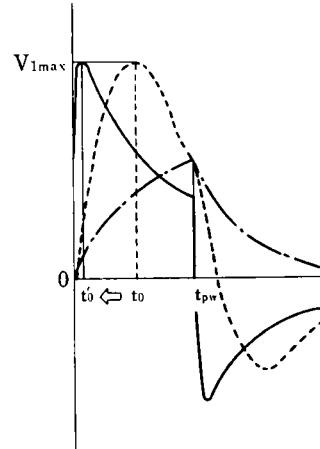


図 15 導電層の変化に伴う導電層電位上昇の変化

4-4-2 誘電層静電容量、 C_ϕ

誘電層静電容量についても、前項の導電層抵抗値と同様なことが言え、潜像コントラストに対しては、 $10^{-5} [\text{F}/\text{m}^2]$ 付近で、最大値を与える（図 16）。

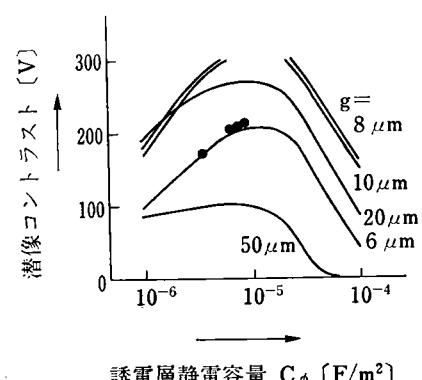


図 16 記録体の特性項目と潜像コントラスト(2)

これは、 C_ϕ の大小により、先に示した図 15 の様な、導電層の電位上昇の変化があることと、放電に際し、空隙に加わる電圧、 V_{gap} が、式(17)で示した様に、空隙の静電容量と、スタイラス電極直下の誘電層静電容量の比である程度、決まるためである。

いま、式(17)を、

$$V_{gap} = \frac{1}{1 + C_{g\phi}/C_{sty\phi}} (V_s - V_B + V_{sty} + v_0 + v_1) \quad (33)$$

と書き換えると、 C_ϕ 乃ち $C_{sty\phi}$ を大きくすれば、 V_{gap} は大きくなり、 C_ϕ を小さくすれば、 V_{gap} が小さくなる。

但し、 C_ϕ が大きくなると、前述の導電層電位の上昇が、図 15 の一点鎖線の様に、立ち上がりきらない状態となってしまう。その結果、図 16 の様な変化を示すことになる。

4-4-3 誘電層体積固有抵抗値、 ρ_v

誘電層の体積固有抵抗値については、 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上では、殆んど、潜像コントラストは変わらないが、それ以下の抵抗値になると、急激に上昇する。(図 17)

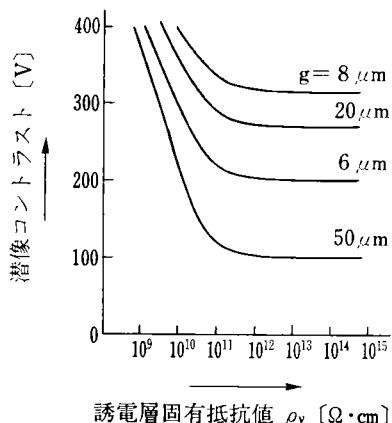


図 17 記録体の特性項目と潜像コントラスト(3)

これは、誘電層の抵抗値が低下することにより、記録バイアスによる導電層の電位上昇、 v_0 (式⑪) が、極端に高くなり、又、セグメント・スイング電圧による導電層の電位上昇、 v_1 (式⑫) も高くなるために、空隙に印加される電圧、 V_{gap} が、大きくなり過ぎ、放電しやすい状態となるためである。

この現象により、半選択の状態での放電等の異常が、発生する。

4 おわりに

記録バイアスを導入することにより、一様帶電した記録体に、時分割駆動マルチ・スタイラスで記録を行なうという、比較的安価で、安定した新しい転写型静電記録方式が提案できた。そのプロセスのうち、主に記録の部分について、解析のためのモデル化、計算式の導き出し、その計算結果と実測値との対比を述べてきた。

ここで紹介した解析により、記録のための各条件——例えば、記録体の諸特性、記録のための各バイアス等——の、最適化が可能となり、以下の様な条件が求められた。

記録体については、

$$\text{誘電層静電容量}, C_\phi \approx 10^{-5} \text{ F/m}^2$$

$$'' \text{ 体積固有抵抗}, \rho_v \geq 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\text{導電層抵抗値}, \rho_s \approx 10^7 \Omega / \square$$

また、印字のための各バイアス値については、半選択状態での記録が為されないための条件として、

$$V_S - V_B + V_{sty} - v_0 < V_{th}$$

$$V_{seg} \approx V_{sty}$$

$$\text{印加パルス幅}, t_{pw} \geq 10 \mu\text{sec}$$

となる。

解析の結果、潜像コントラストに対する計算値と実測値との対比では、スタイラス電極直下の空隙を $6 \mu\text{m}$ とした場合の計算値と良く一致した。

但し、実際の空隙が、どの程度になっているかは定かではなく、この点を明らかにして行くことが、本解析の今後の問題点である。

おわりにあたって、本研究及び本稿に対する御協力をいただいた関係各位に対し、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 大西・鮫島：“静電記録の高性能化” 53回画像電子学会研究会予稿；80-1-2 (1980)
- 2) 杉山：“電子式プリンタの現状と動向” 画像電子学会誌；8, 2 (1979)
- 3) “普通紙使用で見直される静電記録” 日経エレクトロニクス : 7/5号 (1982)
- 4) 木村・天谷他 “普通紙静電記録装置の記録プロセス” 画像電子写真学会誌；9, 5
- 5) 和光・豊島他 “転写型静電記録技術の開発” 電子写真学会予稿集；'81-6-2 (1981)
- 6) R. M. シャファート：“電子写真” 共立出版 (1973)

アモルファスセレンにおける酸素の不純物効果

Impurity Effect of Oxygen in Amorphous Selenium

永目 宏^{*}
Hiroshi Nagame

要　旨

アモルファスセレンにおいて不純物酸素が与える影響について、電気的及び光伝導特性から検討した。その結果、セレン中の酸素はフェルミ準位を 1.04 eV より 0.70 eV へ、正孔トラップ準位を 0.20 eV より 0.17—0.18 eV へ変化させることができた。

また感光体の蓄積電位の増加には、価電子帯より 0.7~0.8 eV フェルミ準位近傍に存在すると思われる酸素による正孔トラップ準位の存在が、関与している可能性が大きいことがわかった。

ABSTRACT

The effect of oxygen on the electrical property was investigated by dark and photo conductivity measurements.

Results indicate that the oxygen affects Fermi energy shifted from 1.04 to 0.70 eV and for hole trapping level 0.17–0.18 eV above the valence band.

It appears that the deep (oxygen) impurity level at 0.7~0.8 eV results in an increase in accumulated voltage causing background stains and afterimages on the selenium photoreceptor.

1 はじめに

電子写真感光体に使用される感光材料は、優れた光伝導特性、高絶縁性、熱安定性等が要求され、感光層とした場合、さらに均一な帯電特性、高暗減衰特性、低残留電位等が必要となる¹⁾。アモルファスセレンはこれらの条件を満たす感光材料として多くの研究がなされ、実用に供されてきた。しかしながら、電子写真感光体用として市販されている公称 99.99% 以上のセレン素材を感光体として使用した場合、しばしば残留電位が異常に蓄積し、(本稿では蓄積電位と称す) 地肌汚れ、残像等の現象が見られる。これらの現象はアモルファスセレンを構成しているセレン原子間の結合形態の分布、あるいは形態間の比率の変化には殆んど関与しない事を実験で確認しており、セレン素材に含まれている不純物元素が関与している可能性が大きいと思われる。

筆者はアモルファスセレンの高純度化を試み、不純物濃度を 1/10 ppm オーダーまで減少させ、電気特性、特

に蓄積電位の低減化について検討を行った結果、含有酸素が蓄積電位の値に重要な役割を担っている事がわかった。

Twaddell²⁾, Macmillan³⁾, Mott⁴⁾ 等はセレン中の酸素は電気抵抗やバンド構造に少なからず影響を及ぼすと報告している。しかし電子写真特性との関連性にまでは触れていない。本稿では酸素を数 ppm および 0.1 ppm 以下に減らした 2 種類のセレン素材をもとに感光体を作製し、電気、光伝導特性から酸素含有時のバンド構造変化を考察し含有酸素量と蓄積電位の関係を検討したので報告する。

2 試料の作製

2-1 アモルファスセレンの作製

図 1 は実験に供するセレンの作製工程で、製法(I)が酸素の混入をともなうと思われる通常の精製法—酸素ドープセレン(以下 D-Se と称す)、製法(II)はこの D-Se を真空蒸留法で精製し、酸素除去をはかったセレン(以下 VD-Se と称す)の工程を示す。

セレンの精製はセレンを多量に含む銅濁物を酸化焙焼し得られた二酸化セレンを水に溶解、亜セレン酸液とする。これをイオン交換樹脂を通してにより不純物を除

* 第一複写機事業部 第四開発部

Fourth Development Department, First Reprographic Products Division

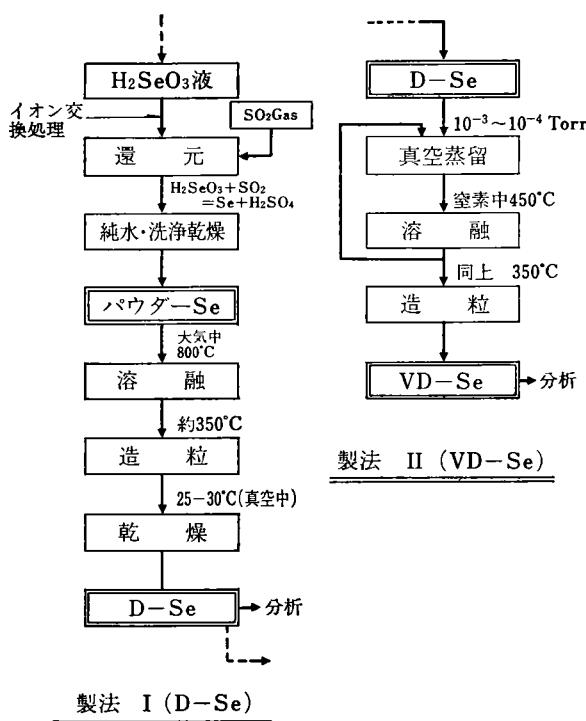


図 1 アモルファスセレンの作製工程

き、次に二酸化イオンで還元し、洗浄、乾燥により、粉末セレンを得る。さらに大気中約800°Cで加熱溶融し、ショッタープレートを通してイオン交換純水中に滴下急冷する。この工程により不純物の大部分は除去できるが、高温にさらすため、大気中の酸素が混入し易くなっている。精製された約3mmφのペレット状セレンはこのためD-Seとする。

酸素の不純物寄与を考究するのが目的であるため、比較用として酸素をほとんど含まない基準製法として、D-Seをさらに真空蒸留装置にて精製する。真空中度 10^{-3} ～ 10^{-4} Torr、溶融温度350°Cで高純度が得られるまで繰返し、ショッタープレートを通してイオン交換純水中に滴下急冷、ペレット状のVD-Seをうる。

2-2 蒸着膜試料の作製

セレン感光体は蒸着膜であるためセレン膜をペレット状D-Se、VD-Seにより真空蒸着法で作製する。基板は超音波洗浄したアルミ板(JIS-1050 p)を用い、真空中度 2×10^{-5} Torr、基板温度80°C、蒸着速度2μm/minで蒸着膜厚50μmのセレン膜を得る。この表面に測定用として、2種類の電極パターンを金の真空蒸着により作製する。図2(a)は厚さ60～80Å、直径15mmの円形電極で、光伝導特性及び移動度の測定に供し、図2(b)のくし型電極構造は電極間隔300μm、電極面積各0.3cm²で、導電率測定に用いる。

作製した蒸着セレンの不純物分析結果を表1に示す。

分析法として、O、S、ハロゲンは吸光度法、Pb、Fe、Cuはプラズマ発光分析、As、Teは放射化分析法

を用いた。

D-Seの酸素は8.5ppmで、VD-Seの85倍以上の含有量である。

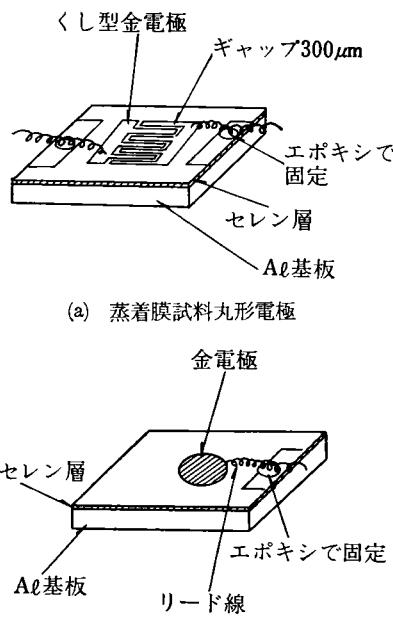


図2 試料電極の形状

表1 不純物元素分析表

	O	Pb	Te	Cu	Fe	S	As	ハロゲン
D-Se	8.5	0.2	0.15	0.15	0.1	0.45	0.15	0.25
VD-Se	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.2

単位: ppm

3 測 定 法

3-1 光伝導特性

3-1-1 光伝導の波長依存性

光伝導の波長依存性を測定し、スペクトルピークに対応する波長を光エネルギーに変換することにより、アモルファス半導体のモビリティギャップEgが求められる⁵⁾。

測定試料の円形電極側に+300Vを印加し、光电流の波長依存性を測定する。光源には250Wのハロゲンランプを用い、モノクロメーターにより単色化、9.9Hzのチョッパーで交流化し照射、そのエネルギーは26μm/cm²である。波長は90nm/minで走査する。検出光电流は金属被膜抵抗Rにより、電圧変換し、ロックインアンプへ入力、図3はこの測定系を示す。

3-1-2 光伝導の温度依存性

光伝導度の温度依存性測定から、正孔及び電子伝導に対する熱活性化エネルギーE⁻、E⁺が求まり、価電子帯Evからの正孔トラップ準位E_{th}(=Ev-E_{th})、伝導帯Ecからの電子トラップ準位E_{te}(=Ec-E_{te})がわかる。

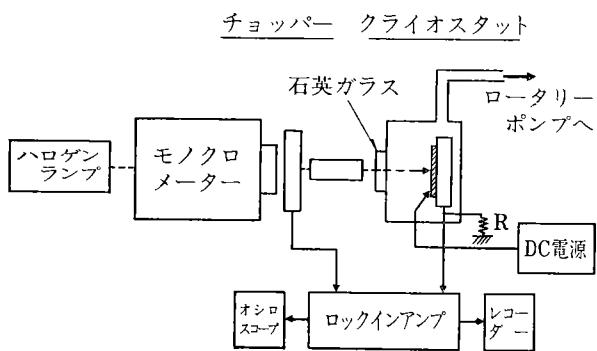


図 3 光伝導特性の測定回路

測定試料の円形電極側に $\oplus 200V$ を印加、励起光は 3-1-1 で与えられる最大光伝導を示す波長とする。クライオスタットにセットされ、低温時の結露防止のため真空にされる。測定範囲 $0\sim40^{\circ}\text{C}$ で図 3 の測定系により光電流の波長依存性を測定する。

3-1-3 ドリフト移動度の温度依存性

ドリフト移動度 μ_d は光照射により発生した電荷キャリアの減衰波形測定から得られる走行時間 t_r と下の関係がある。

$$\mu_d = \frac{L}{t_r \cdot E} (\text{cm}^2/\text{v} \cdot \text{sec}) \quad (1)$$

ここで L は膜厚、 E は電界 ($=V/L$) である。

μ_d は time of flight 法⁶⁾ により測定する。図 4 に示すようにパルス幅 5 n sec のキセノン光を試料に照射する。試料はクライオスタットにセットされ、3-1-2 と同様の温度制御を行い測定する。

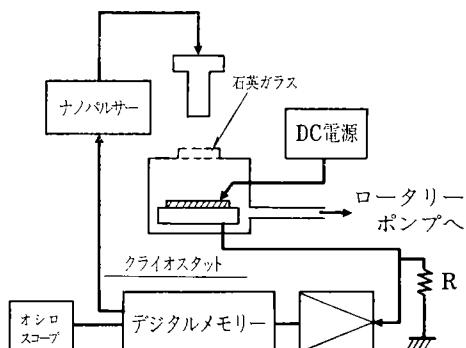


図 4 ドリフト易動度の測定回路

円形電極試料は、正孔移動度測定の場合、 $\text{Au}(+)$ —試料— Al 基板 (−) で $70V$ 、電子移動度測定では、 Au (−)—試料— Al 基板 (+) で $100V$ 印加する。光パルスで流れる過渡電流を抵抗 R で電圧変換し、直流増幅器を通してデジタルメモリーにストアーリーし、レコーダーまたはオシロスコープによる波形を解析する。

3-2 導電率の温度依存性

一般にカルコゲナイト系半導体において、約 200°K 以上では導電率 σ は温度の逆数に対し、指数関数的な変

化を示す⁷⁾⁸⁾。

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E/kT) \quad (2)$$

ここで ΔE は単結晶半導体の真性領域に相当すると考えた時の活性化エネルギー、 σ_0 は最小金属伝導度、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である。

測定試料のくし型電極 $\text{Au}-\text{Au}$ 間に $100V$ を印加、昇温速度 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、測定範囲 $0\sim40^{\circ}\text{C}$ で導電率の測定を行う。

図 5 はこの測定系を示す。

クライオスタット

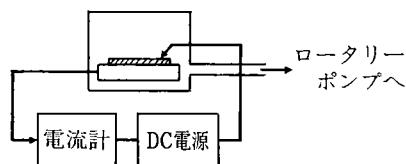


図 5 導電率の温度依存性の測定回路

4 測 定 結 果

4-1 光伝導の波長依存性

図 6 に D-Se, VD-Se の光伝導の波長依存性スペクトルを示した。図から明らかなようにセレンでは 1 つのピークを持っており、これがセレンのモビリティーギャップ E_g に相当する。スペクトルピークは D-Se, VD-Se 共 460 nm に現われ、ピーク波長に相当する光子エネルギーより E_g を求めると、 E_g は D-Se, VD-Se 共に 2.68 eV となり、アモルファスセレンの E_g は酸素ドープで影響を受けないことがわかる。なおこの値は菊地⁹⁾の $\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x$ における $x=0$ サンプルのエネルギーギャップ $E_g=2.63\text{ eV}$ とほぼ同じである。

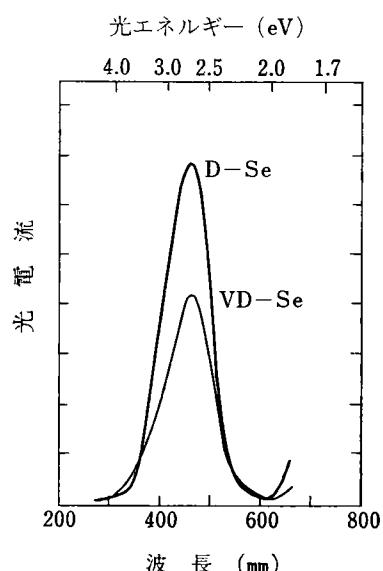


図 6 光伝導の波長依存性

4-2 光伝導の温度依存性

図7にD-Se, VD-Seの光電流と温度の関係を示した。VD-Seでは36°Cを越えると図8に示される高温領域への変化がみられるが、D-Seでは39°Cにおいても現われない。この理由は明確な電子トラップ準位が存在しないのか、あるいは電子伝導に対する活性化エネルギーが極めて小さい事も考えられるが明らかでない。

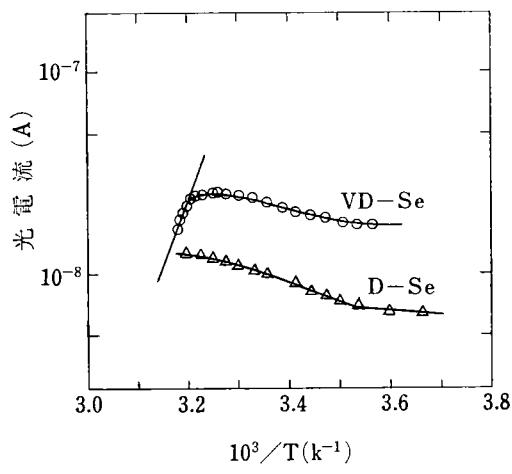


図7 光伝導の温度依存性

光伝導の基本的な過程は捕獲と再結合である。Mort, Pai⁶⁾, Main, Owen¹⁰⁾によれば、光伝導の温度依存性は図8の模式図に示されるように、 T_{max} を境として3つの領域に分けられる。高温領域(HT), 低温領域(LT), 及び極低温領域(VLT)である。HTでは光電流が暗電流よりも小さく、温度の低下とともに増加する。LTでは光電流が暗電流よりも大きく、温度の低下とともに減少する。VLTでは光電流は温度とともに減少するが、

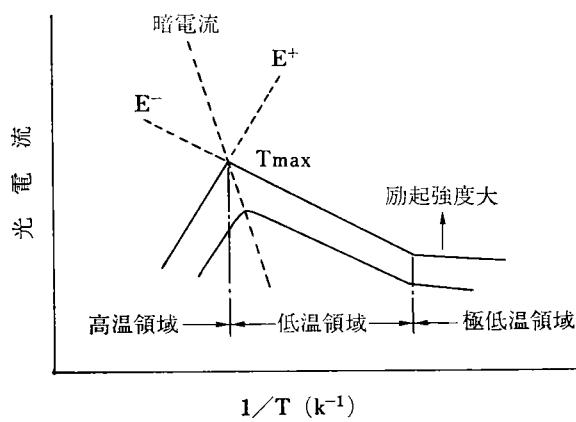
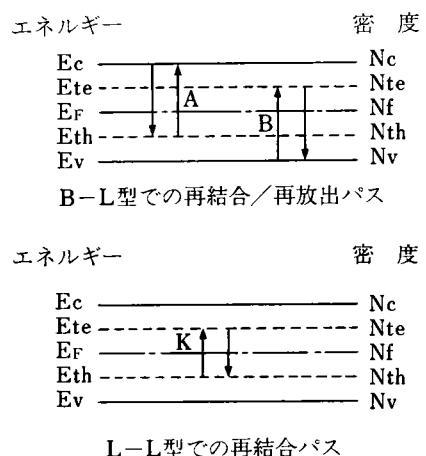


図8 光伝導の温度依存性の模式図

その傾きはゆるやかである。また T_{max} は光強度によっては影響を受け、光強度が強い程、HT側へシフトする。なお本稿ではVLTは測定温度外である。

光電流は T_{max} よりHT側はmonomolecular, LT側はbimolecular再結合が支配的であるとされている。そ

の再結合過程はB-L型(バンドー局在準位間での再結合), L-L型(局在準位ー局在準位間での再結合)に分けられ、図9にこれらの再結合過程を示す。(a)はB-L型再結合、(b)はL-L型再結合である。図中 E_V , E_C は価電子帯、伝導帶、 E_F はフェルミ準位、 E_{th} , E_{tc} はギャップ内局在準位、 N_V , N_C , N_f , N_{th} , N_{tc} はそれぞれバンド内状態密度を表わしている。



Ec,Ev: 伝導帯, 價電子帯のエネルギー準位
Et,Eth: 電子トラップ, 正孔トラップ準位のエネルギー準位
Ef: フェルミエネルギー準位
N: 状態密度

図9 B-L型(上), L-L型(下)での再結合パス模式図

B-L型, L-L型再結合の光電流は次の様に表わされる。

i) B-L型再結合の場合

LT側では

$$\Delta I_{ph} \propto g^{1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2}(E_{th}-E_V)/kT\right\} \quad (3)$$

と表わされ、図7よりの活性化エネルギー E^- は

$$\frac{1}{2}(E_V - E_{th})$$

HT側では

$$\Delta I_{ph} \propto g \exp\{(E_{te}-E_F)/kT\} \quad (4)$$

と表わされ、活性化エネルギー E^+ は $E_{te}-E_F$ を与える。

ii) L-L型再結合の場合

LT側では

$$\Delta I_{ph} \propto g^{1/2} \exp\{-(E_{th}-E_V)/kT\} \quad (5)$$

と表わされ、活性化エネルギー E^- は

$$E_V - E_{th}$$

HT側では

$$\Delta I_{ph} \propto g \exp\{(E_{te}-E_F)+(E_{th}-E_V)/kT\} \quad (6)$$

と表わされ、活性化エネルギー E^+ は $(E_{te}-E_F)+(E_{th}-E_V)$ を与える。

ここで g はキャリア生成比である。

表2は図7より求めた活性化エネルギー E^+ , E^- を示

す。

E^- は D-Se で 0.18 eV, VD-Se で 0.14 eV ある。 E^+ は D-Se では観測されず, VD-Se で 1.04 eV である。また表 2 には E^+ , E^- の値を用い、B-L型, L-L型それぞれについて(3)~(6)式から求めたパラメーターの計算結果を示す。なお計算にあたって $E_F = \frac{1}{2} E_g$ とした。

表 2 D-Se, VD-Se の活性化エネルギーとエネルギー・レベル

試料名	活性化エネルギー		B-L		L-L	
	$E^+(eV)$	$E^-(eV)$	$E_C - E_{te}(eV)$	$E_{th} - E_V(eV)$	$E_C - E_{te}(eV)$	$E_{th} - E_V(eV)$
D-Se	—	0.18	—	0.36	—	0.18
VD-Se	1.04	0.14	0.31	0.28	0.17	0.14

4-3 ドリフト移動度

図 10 に D-Se, VD-Se の \oplus 電界時のトランジット波形の一例を示す。(a)は D-Se, (b)は VD-Se である。VD-Se のトランジット波形は一般の移動度測定において報告されているものとほぼ同じ波形を示しているが、D-Se では励起光で生成されたキャリア(この場合正孔)が表面近傍で VD-Se に比して数多く発生した空間電荷制限電流のため抑制され、トランジットの進行と共に徐々に伝導が良くなっていることを示しており酸素ドープの影響が現われていると思われる。

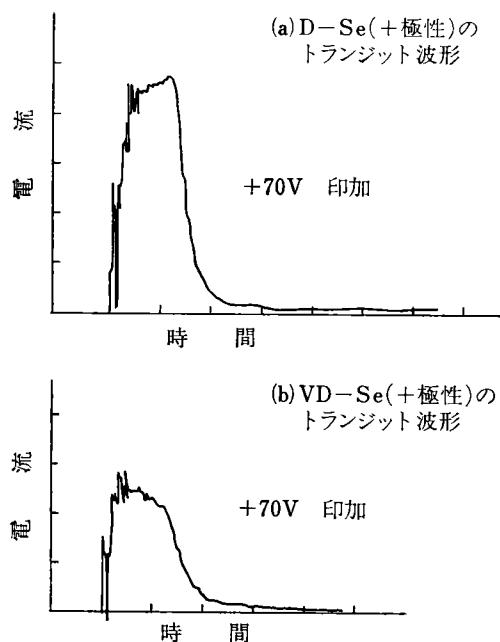


図 10 D-Se, VD-Se のトランジット波形 (20°C 時)

μ_d は 20°C の時 $0.15 \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{sec}$ (D-Se), $0.14 \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{sec}$ (VD-Se) と殆んど同じ値を示す。図 11 に μ_d と温度との関係を示す。

試料表面にパルス光が照射されると発生した正孔は電界に引かれ Al 基板に向って走行する。いま自由キャリ

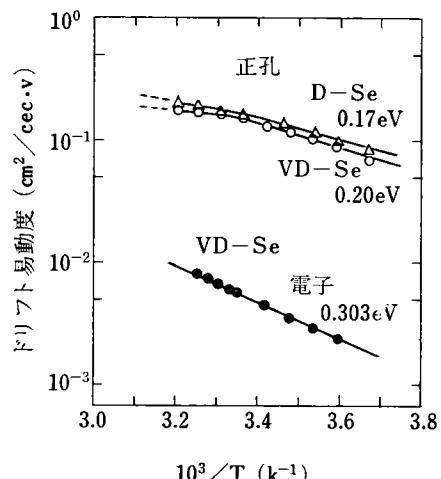


図 11 ドリフト易動度の温度依存性

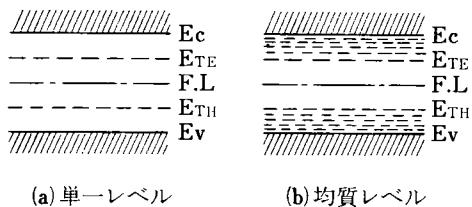


図 12 トラップ分布

アを n , トラップされたキャリアを n_t , 真の移動度を μ_0 とすると μ_d は

$$\mu_d = \mu_0 n / n_t \quad (7)$$

で表わされる。 μ_d は図 12 で示されるトラップ準位が单一な場合と均質分布の場合では異ってくるが、トラップキャリアが自由キャリアに比して非常に多い($n \ll n_t$)場合について考えると次の様になる。

トラップ準位が单一とすると図 12(a) のトラップ分布での μ_d は

$$\mu_{dn} = (\mu_0 n C / g_{te} N_{te}) \exp[-(E_C - E_{te})/kT] \quad (8)$$

$$\mu_{dp} = (\mu_0 p N_v / g_{th} N_{th}) \exp[-(E_{th} - E_v)/kT] \quad (9)$$

で表わせる。ここで g_{te} はキャリアの衰退因子, N_C , N_V は伝導帯, 値電子帯の状態密度を表わしている。

又均質なトラップ準位の場合、図 12(b) のトラップ分布での μ_d は

$$\mu_{dn} = (\mu_0 n C / g_{te} N_{te}) [(E_C - E_{te})/kT] \exp[(-E_C - E_{te})/kT] \quad (10)$$

$$\mu_{dp} = (\mu_0 p N_v / g_{th} N_{th}) [(E_{th} - E_v)/kT] \exp[-(E_{th} - E_v)/kT] \quad (11)$$

で表わせる。

(8)(10)式から電子の活性化エネルギー、(9)(11)式より正孔の活性化エネルギーが求められ、電子トラップ準位、正孔トラップ準位がわかる。

表 3 に図 11 より求めた正孔及び電子トラップ準位を

表 3 ドリフト移動度より求めた正孔及び電子のトラップ準位

	ドリフト移動度 (cm ² /v·sec)		トラップ準位 (eV)	
	正孔	電子	正孔	電子
D-Se	0.15	—	0.17	—
VD-Se	0.14	5.7×10^{-3}	0.20	0.303

示した。D-Se の E_{th} は 0.17 eV, VD-Se では 0.20 eV である。

この事から、セレンに酸素がドープされると正孔伝導に対する活性化エネルギーは小さくなる。

Mott⁴⁾ の測定値では、酸素ドープセレンの E_{th} は 0.17 eV としており良く一致している。またこの値は光伝導の温度依存性からもとめた L-L 型の E_{th} 0.18 eV とほぼ同じ値を示す。

4-4 導電率の温度依存性

図 13 に導電率と温度の関係を示す。

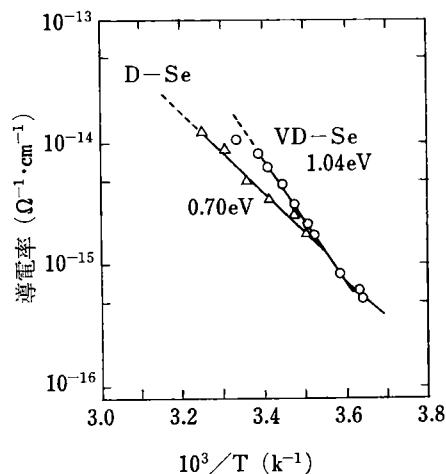


図 13 導電率の温度依存性

伝導機構で、モビリティーギャップを越えて非局在準位へ励起された担体による伝導において、正孔による伝導が支配的な場合には

$$\sigma = \sigma_0 \exp\{-(E_F - E_V)/kT\} \quad (12)$$

上式により σ の温度依存性から、価電子帯よりフェルミ準位への伝導のための活性化エネルギーが求められる。

ここで σ_0 は一般に $100 \sim 500 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ である¹²⁾。

図 13 から活性化エネルギーは D-Se 0.70 eV, VD-Se 1.04 eV である。すなわちセレンへの酸素ドープにより活性化エネルギーは 1.04 eV より 0.70 eV となり、 μ_d の温度依存性から求めた活性化エネルギーが小さくなる傾向とも一致する。

Twaddell²⁾ はセレンへの酸素ドープ E_F の変化を 1.2 ~ 1.3 eV から 0.55 ~ 0.65 eV としている。

5 考 察

表 4 は測定結果から得られたセレンのバンドモデルに関する物理定数値を示す。文献による値を参考値として掲げた。ここでセレンにおいて、多数存在すると想定されているダングリングボンドを D と記述し、いまこのダングリングボンド D が 2 つの電子で占有されている場合を D^- とする。セレン中に酸素がドープされた場合に酸素 O が選択的に D^- と結合して D^- を消し、自分自身が O^- となる時には、すでに Mott⁴⁾ が指摘しているように、

表 4 セレンのバンドモデルに関する物理定数

	酸素ドープセレン		通常セレン	
	D-Se	参考値	VD-Se	参考値
$E_V - E_C (= E_g)$ (eV)	2.68		2.68	2.3 ¹¹⁾ , 2.63 ⁹⁾
$E_V - E_F$ (eV)	0.70	0.55 ~ 0.56 ²⁾	1.04	1.2 ~ 1.3 ²⁾
$E_C - E_{th}$ (eV)	0.17 ~ 0.18	0.17 ⁴⁾ , 0.25 ¹³⁾	0.2	0.29 ¹⁴⁾ , 0.26 ¹³⁾ , 0.247 ¹⁵⁾
$E_C - E_{te}$ (eV)	(0.31)*	0.33 ⁴⁾	0.303	0.30 ¹⁶⁾ , 0.33 ¹⁶⁾

* 推定値

σ の活性化エネルギーは 23 となることが期待される。今回筆者の得た結果すなわち、 σ の温度依存性で求められた活性化エネルギーが酸素ドープにより 1.04 eV より 0.70 eV へと変化する。即ち約 23 になることは上記 Mott の指摘と非常に良く対応することから、セレン中の O 原子は O^- を消しセレンチェーンの endatom となっていると考えられる。

そこで次に O^- のつくる準位について検討してみた。

D-Se, VD-Se を用いた感光体を作製し、帶電一露光一除電のプロセスを 200 回繰返し、この時の残留電位上昇すなわち蓄積電位を測定した。結果を図 14 に示す。図 14 に示すように、セレン中に酸素が含まれた時、蓄積電位は著しく増大することがわかる。即ち、酸素ドープによって発生する O^- がセレンにおける多数キャリ

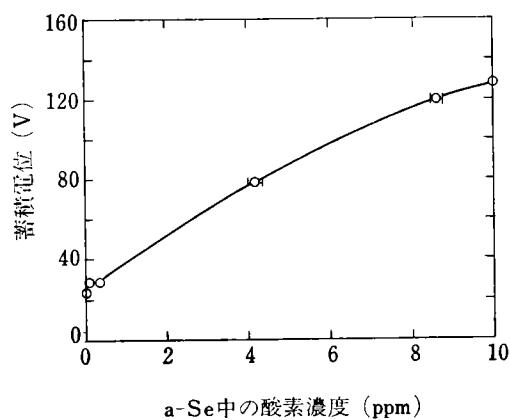


図 14 アモルファスセレン中の酸素濃度と蓄積電位 (200 回リピート)

ア、正孔に対して深いトラップ準位を形成し、繰返し測定時にこのトラップ準位に正孔が捕獲されてゆくことが、蓄積電位の増大をもたらすと考えられる。

通常の複写サイクルの時定数は 100 msec~1 sec オーダーであることから、図 14 に示す蓄積電位も繰返しの時定数として上記値を設定して測定している。

ところで Simons, Taylar によれば、一般にトラップの深さ E_{th} とトラップされたキャリアの解放の時定数 t は次の式で示される。

$$E_{th} = kT \ln \nu t \quad (15)$$

ここで k はボルツマン定数、 T は絶対温度、 ν は解放頻度（セレンの場合約 10^{12} sec^{-1} ）である。

この式より 100 msec~1 sec で問題となるトラップ深さを計算すると、式(15)より 0.7~0.8 eV となる。すなわち、図 14 に見られるように、酸素ドープにより、蓄積電位が増加することから、O⁻ のつくるトラップ準位は価電子帯より 0.7~0.8 eV の近傍にあるものと推定される。

なお移動度の温度依存性から求められた活性化エネルギーも O⁻ の存在により低下している。これは前述したように、O が D⁻ と結合して O⁻ となりの活性化エネルギーが低下することに関係するのか、または価電子帯近傍の状態密度のすそひきの状態が酸素ドープで本質的に変化することで起ることも考えられるが、今回のデータだけでは明らかでない。

表 4 に示す物理定数値と、以上の考察をもとにバンドモデルを推定し、図 15 に示した。

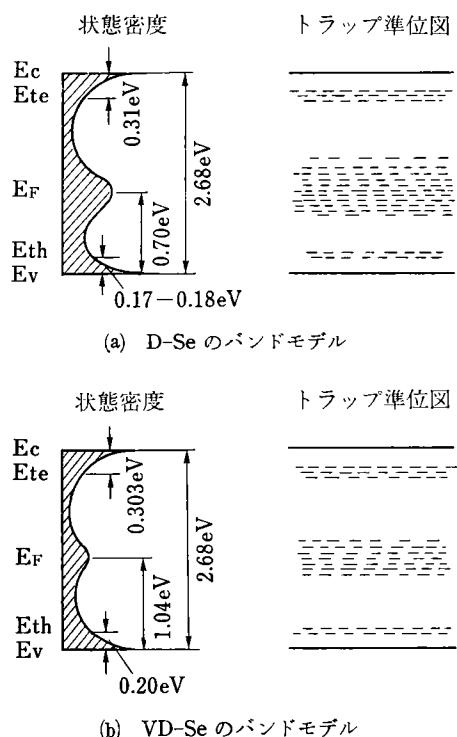


図 15 D-Se, VD-Se の予想バンドモデル

6 おわりに

以上に述べてきたように、実験の結果から次の事がわかった。

- 1) アモルファスセレンに酸素が数 ppm でも混入すると、モビリティーギャップは変化しないが、フェルミ準位近傍に深いトラップ準位が存在し、価電子帯近傍では正孔トラップ準位が 0.20 eV より 0.17~0.18 eV へと変化、またフェルミ準位は 1.04 eV より 0.70 eV へ移動する。
- 2) セレン感光体の蓄積電位は酸素の混入量に応じて増大する。これは酸素による価電子帯より 0.7~0.8 eV 近傍の、深いトラップ準位が働いているためと推測される。
- 3) セレン中の酸素は、セレンチェーンの endatom として結合し負に帯電しているものと考えられる。このようにセレン感光体における蓄積電位の増大は混入される酸素により生じた深いトラップ準位が大きく寄与することが推定された。蓄積電位は地肌汚れ、残像現象など画質に大きな影響を与えるため、感光体製造においては工程の制御により、酸素の混入を防止する充分な配慮が必要であると思われる。

おわりにあたり、本研究に際し、適切なる御指導をいただいた大阪府立大学 奥田昌宏先生に深謝いたします。また本研究に協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) R. M. シャファート：“電子写真” 共立出版 (1970)
- 2) V. A. Twaddell : J. Non-Cryst. Solids; 8, 10, 831 (1972)
- 3) P. W. Macmillan : J. Non-Cryst. Solids, 24, 307 (1977)
- 4) N. F. Mott : Phil-Mag ; 34, 1101 (1976)
- 5) Nang. T. T, Okuda : Jpn. J. Appl. phys; 15, 849 (1976)
- 6) J. Mort and D. M. Pai : “Photoconductivity and Related Phenomena” (ELSEVIER) (1976)
- 7) E. A. Davis and R. F. Shaw : J. Non-Cryst. Solids; 2, 406 (1970)
- 8) R. W. Haisty and H. Krebs : J. Non-Cryst. Solids; 1, 427 (1969)
- 9) 菊地、江間、林：“電子通信学会論文誌” J63-C, 186 (1980)
- 10) C. Main and A. E. Owen : “Electronic and Structural Properties of Amorphous Semiconductor” (ACADEMIC PRESS) (1973)
- 11) J. L. Hartke : Phys. Rev. 125, 4 (1962)
- 12) J. Stuke : J. Non-Cryst. Solids ; 4, 1 (1970)
- 13) G. Pfister : Phys. Rev. Lett. ; 36, 271 (1976)
- 14) M. D. Tabak : Phys. Rev. B ; 2, 2104 (1970)
- 15) H. P. Grunwald and R. M. Blakney : Phys. Rev. ; 165, 1006 (1968)
- 16) T. Ube : J. Non-Cryst. Solids. ; 35-36, 105 (1980)
- 17) A. E. Owen, J. M. Marshall “Amorphous and Liquid Semiconductor” (Edinburgh) (1977)

オートフォーカス用被写体モデルパターンの作成

Construction of Model Patterns for Auto Focus Camera

大野好美* 鶴川育也*
Yoshimi Ohno Ikuya Tsurukawa

要旨

被写体画像処理法として、コンボリューション法を用いて、オートフォーカス性能評価用被写体モデルパターンの作成を試みた。

その結果コンボリューション法による被写体画像の定量的類似判定が適切であることを確認した。又、光強度を 65 階調に分割し、パターンを作成すれば、パターン再現性は充分であり、実用にたえることを確認した。

更に、一般カメラユーザーの撮影頻度調査結果を考慮し、類似判定の閾値を 0.2 と設定しパターンの作成を試行したところ、9 種の被写体モデルパターンを得た。これは、全写真の 22.7%，人物写真の 36.6% を代表している。

ABSTRACT

In order to evaluate the performance of auto focus camera we tried to construct model patterns of camera subjects by adopting the convolution method for the image processing.

As the results it was found that the method was satisfactory to evaluate the image resemblance quantitatively, and also confirmed that the patterns could be adequately reproduced for the practical use if they were constructed with contrast of 65 steps of the light intensity.

In addition, considering results from a survey of the picture-taking frequency of common camera users, we tried to construct patterns with the threshold value of 0.2 for the evaluation of the resemblance, we obtained 9 different subjects' image patterns as substitutive subjects which represent 22.7% of total pictures and 36.6% of portraits.

1 はじめに

35 mm 一眼レフカメラにおいては、フィルム面と等価な位置に、CCD (Charge Coupled Device) 等の固体撮像素子を配置し、測距する AF (Auto Focus) 方式が特に有効である。それはこの方式が直接、フィルム面上の結像状態を検出し測距しているため、種々のレンズの交換に対して、特別の条件付加なしに、AF が達成できるからである。

* 光学事業部 光学設計部
R&D Department, Photo Products Division

この方式は、TTL (Through The Lens) 焦点検出方式と呼ばれるが、更に相関法（横ズレ法、位相差法）とコントラスト法の 2 方式に細分され、どちらも一眼レフカメラに実用化されている。この 2 方式は、原理的に違いがあり、それぞれに得手、不得手の被写体が存在する。今のところ何れの方式が有利とも定まらないが近い将来ユーザーの判定が下るものと思われる。ただ問題は良否の判定がカメラユーザーの直接官能的な判断に依存しており、客観的な基準資料がまだ存在しないことである。両方式とも被写体を画像（光の強度分布）として扱え、演算処理しているので、2 方式の優劣を予め判断するには被写体の分布を画像の面から調査する必要がある。

被写体の分布を調査することによって数種の被写体モデルパターン（AF 評価用チャート）に被写体画像を絞り込み、かつ、このパターンで AF 性能を評価することにより、方式の優劣が判断できるようになることが望ましい。これを遂行するにはまず一般カメラユーザーが、はたしてモデルパターン化できるような偏りのある被写体画像で、焦点合わせを行っているかどうかを調査する必要がある。この結果は 4 項で詳しく述べる。次に、画像の相互相関分析が課題となる。相互相関分析とは、百数十に及ぶ画像データを、画像波形から任意の 2 画像を類似、非類似に分けることであり類似と判断したものは一つの群に統合し、非類似と判断したものは分離し、あらためて他の群に統合して行くことである。具体的課題としては、この相互相関の数値による評価方法の確立と類似判定の閾値の設定である。

筆者らは、数値による評価方法として、コンボリューション法、即ち、フーリエ変換の積、およびフーリエ逆変換を採用した。（8）式）

一方、類似判定の閾値は、相関法 AF の精度から 0.2 としている。（3 項参照）

以上の結果、9 種の被写体モデルパターンを得た。これは全写真の 22.7%，人物写真の 36.6% を代表している。

2 画像の相関分析の方法

画像 $f(x)$ と $g(x)$ の相関を評価する一般的手段として、差の自乗の積分をとる方法がある。評価関数を、 $\phi(t)$ とおくと、

$$\phi(t) = \int \{f(x) - g(x-t)\}^2 dx \quad (1)$$

$$= \int f^2(x) dx + \int g^2(x-t) dx - \\ 2 \int f(x)g(x-t) dx \quad (2)$$

となる。

ここで（2）式の第 3 項は

$$f(x) * \hat{g}(x) \quad \text{ここで } \hat{g}(x) = g(-x)$$

という コンボリューション形をしており、これは

$$f(x) * \hat{g}(x) = F^{-1}[F\{f(x)\}F\{\hat{g}(x)\}] \quad (3)$$

の処理で求めることができる。ここで、 F はフーリエ変換演算子、 F^{-1} はフーリエ逆変換演算子である。

一方、画像 $f(x)$ のコントラスト C_f を以下のように定義する。

$$C_f = \sqrt{\frac{1}{T} \int \{f(x) - \bar{f}\}^2 dx} \quad (4)$$

ここで $f(x)$ は周期 T の周期関数

$$\bar{f} = \frac{1}{T} \int f(x) dx \quad \text{である。}$$

\bar{f} は、今回測定に用いた CCD の特性から、定数 C_0 と

なる。従って、（4）式を変形すると

$$\int \{f(x) - C_0\}^2 dx = C_0^2 C_f^2 T \quad (5)$$

となる。同様に、画像 $g(x)$ に対しても、周期 T の周期関数として処理すると

$$\int \{g(x-t) - C_0\}^2 dx = \int \{g(x) - C_0\}^2 dx \\ = C_0^2 C_g^2 T \quad (6)$$

となる。（5）、（6）式から明らかのように、（1）式の評価関数はコントラスト成分の関数でもあるので、次のように $f(x)$ 、 $g(x)$ を規格化し、コントラスト成分と波形成分とに分離し、測定した方が有効である。波形成分の評価関数を $\epsilon(t)$ として、 $\epsilon(t)$ は、

$$\epsilon(t) = \int \{f_N(x) - g_N(x-t)\}^2 dx \quad (7)$$

$$= 2 \cdot \left(1 - \frac{1}{C_0^2 C_f C_g T} F^{-1}[F\{f(t) - C_0\} \\ \cdot F\{\hat{g}(t) - C_0\}] \right) \quad (8)$$

ここで

$$f_N(x) = \frac{f(x) - C_0}{C_0 C_f \sqrt{T}} \quad (9), \quad g_N(x) = \frac{g(x) - C_0}{C_0 C_g \sqrt{T}} \quad (10)$$

で求まる。（8）式から求まる $\epsilon(t)$ の最小値 $\min \epsilon(t_0)$ が、画像 $f(x)$ と $g(x)$ の波形成分の最良類似位相 ($= t_0$) 状態での類似度合いを表わす数値となる。

このようにして、2 つの画像の波形成分の類似度合いは、 $\min \epsilon(t_0)$ を算出し、この数値により、画像の類似判定が可能となる。

次に、画像の類似判定の閾値 $M \epsilon(t_0)$ の数値設定について述べる。

3 類似判定の閾値 $M \epsilon(t_0)$ の設定

（7）～（10）式で、 $g(x) = f(x + \alpha)$ として、 $\epsilon(t)$ 考えてみる。

$$\epsilon(t) = \int \{f_N(x) - f_N(x + \alpha - t)\}^2 dx \quad (11)$$

（11）式は、 $t_0 = \alpha$ で $\epsilon(t_0) = \min \epsilon(t_0) = 0$ となる。

レンズの合焦位置からの縦出量を δ として、 $t_0 \propto \delta$ の関係から t_0 を算出することにより、測距する方式が 1 項で述べた相関法 AF の原理である。

ここで、相関法 AF で必要とされる $\min \epsilon(t_0)$ の閾値を求めてみる。

a) 周期 : $T = 2\pi$

b) 周波数 : n

とし、被写体画像を $f(x) = \cos nx$ とおき、

更に、c) 許容錯乱円 : A_1 (mm)

d) 相関法 AF の実効絞り値 : F_{AF}

e) 測距エリア幅 : l (mm)

f) レンズの使用時の絞り値 : F

とおくと、カメラの撮影解像力の面からの $\epsilon(t)$ の許容

幅 A_2 は、

$$A_2 = 2 \cdot \left\{ 1 - \cos \left(n \frac{A_1 \cdot F \cdot T}{F_{AF} \cdot l} \right) \right\} \quad (12)$$

となる。

この(12)式で求まる A_2 が相関法 AF での合焦閾値($\min \epsilon(t_0)$)となる。この A_2 を類似判定の閾値 $M \epsilon(t_0)$ として置き換えることは、ここで求めようとするパターン自体 AF 用ということから、適当であるとして、更に(12)式を詳しく調べてみる。

(12)式の中で未知のものは、 n と F である。その他はカメラの規格及び使用する AF の素子で決定されるものであり、 $F_{AF}=4$, $l=4.5$, $A_1=0.033$, $T=2\pi$ である。この未知要素のうち F は、カメラの実使用で一番使用頻度の高いということから筆者らは $F=8$ に設定した。一方 n に対しては、従来相関法 AF で性能評価に使用していた周波数 $n=5$ を採用した。

以上の数値を(12)式に代入すると $M \epsilon(t_0)=0.2$ となる。以上の理由、および処理から、類似判定の閾値として $M \epsilon(t_0)=0.2$ と設定した。

4 被写体測定条件の調査

被写体モデルパターンを作成するために、どの様なデータを収集すれば良いのかを、予め検討することにした。そこで、1眼レフカメラユーザーの写真1,500枚のうち1,406枚を対象とし、測定条件の調査を行なった。

4-1 調 査

(1) 人物写真の撮影頻度

	枚 数	%
人 物	872	62
他	534	38
計	1,406	100

(2) 横撮写真と縦撮写真の割合(人物)

	枚 数	%
横 撮	542	62
縦 撮	330	38
計	872	100

(3) 縮 率

	枚 数	%
$1/120$ 以下	108	12
$1/120 \sim 1/30$	632	73
$1/30$ 以上	132	15
計	872	100

(4) 被写体の狙い位置(被写体に対するフィルム中心位置)

	枚 数	%
顔	240	27
身体の一部	374	43
背景	258	30
計	872	100

4-2 分 析

4-1-(1)の結果より、人物写真の占める割合が62%有ることが解ったので、被写体として、人物を選定することにした。

次に、4-1-(2)の結果では、横撮写真が62%，縦撮写真が38%であることが解った。しかし、AFカメラの素子は直線的に配列されているので、横撮と縦撮とでは同一被写体でも違った情報が来ることになり、縦撮写真を削除することが一概にはできない。

そこで、横撮と縦撮を両方とも条件とすることにした。

更に、4-1-(3)の結果では、縮率が $1/120 \sim 1/30$ の写真が73%を占め、 $1/120$ 以下のものは12%であることが判った。 $1/120$ 以下の縮率では、人物より背景の方が素子に占める割合が大きくなるので、削除することにした。

4-1-(4)の調査では、一般に撮影者が被写体のどの位置で、焦点を合わせたかを調べるために、このデータは、あまり、有意義ではない。何故なら、一般的に撮影者が人物を意識して撮影する場合、焦点を合わせる動作と構図を決める動作とがあるからである。

そこで、筆者らは次の様な式

$$W = S/L \quad L : \text{顔の長さ} \\ S : \text{画面の端から頭の先までの長さ} \quad \text{図1 参照}$$

を設定して、 W の分布を調べてみることにした。対象写真としては、左右の広がりが意味を持つ横撮写真を外すことにして、縦撮写真から、ランダムに30枚を抜き取

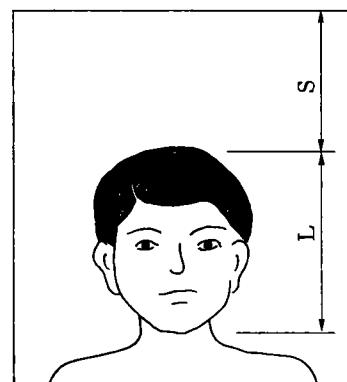


図1 L と S

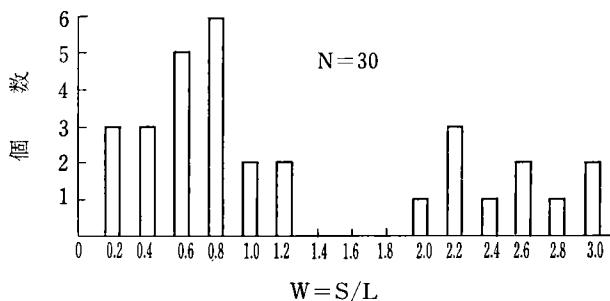


図 2 構図と焦点合わせの分布

表 1 官能による構図と焦点合わせの分類

W	0~1.2		2.0~3.0	
	構図を決めている	構図を決めない	構図を決めている	構図を決めない
枚 数	18	2	1	9
計	20		10	

って調べた。(図 2 参照)

図 2 の分布では、明らかに 2 つのグループに分かれることが解った。このグループ分けは、筆者らが官能によって、構図を意識したものかどうかのグループ分け(表 1 参照)とも酷似した。

そこで、構図を意識したと思われるものを第 1 グループ、構図を意識していないと思われるものを第 2 グループと層別した。

次に、第 2 グループに入る写真を 40 枚取り出して、写真の中心が被写体のどの位置にあるかを調べた。(表 2 参照)

表 2 焦点合わせの位置調査

	枚 数	%
顔	23	57.5
首	6	15
胸	11	27.5
計	40	100

表 2 の結果から、約 60% の写真が顔を狙っていることが解った。調査(4)の結果の顔以外のものも、顔あるいはその周辺で焦点を合わせ、その後構図を決めたとみなせるので、被写体は人物の顔に絞ることにした。

尚、人物の顔もポイントによって素子のアウトプットに違いが見られると考えられるので、図 3 のように区分することにした。

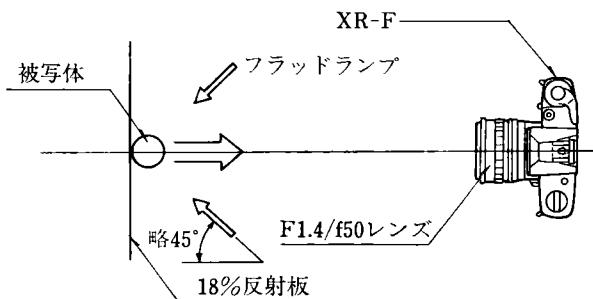


図 3 測定器配置

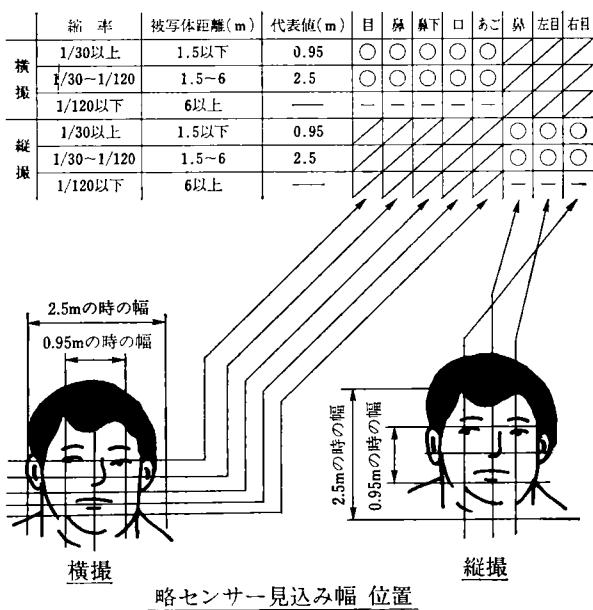


図 4 測定の位置

4-3 測定条件のまとめ

4-2 の考察により、測定器の配置を図 3、測定の位置を図 4 のように決めた。この図に従って、モデルパターンのためのデータを収集した。

5 測定・処理

5-1 測定手順・方法

図 5 に測定、処理の手順が示してあり、以下にこれとともに、手順の説明をする。

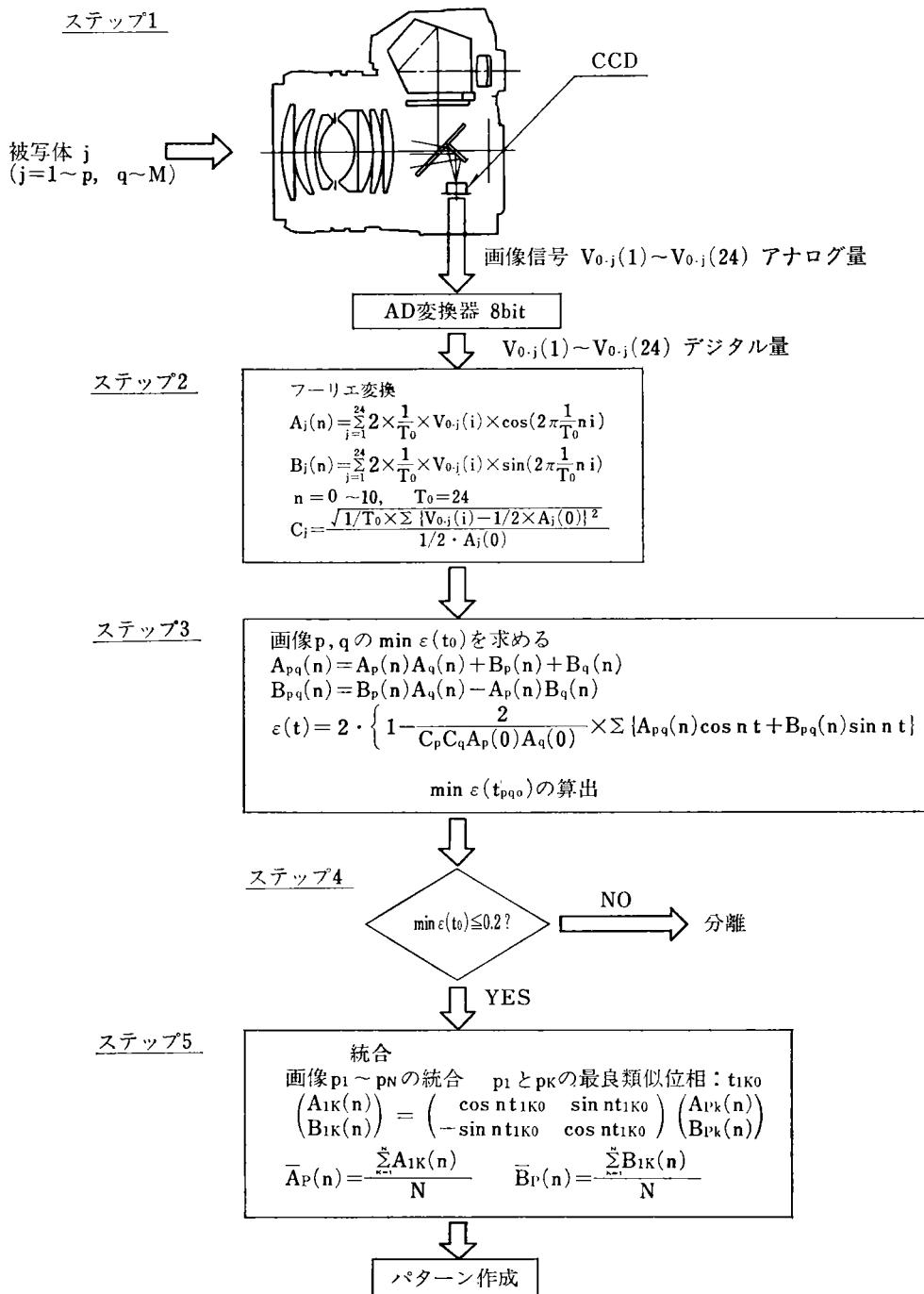


図 5 測定・処理の手順

ステップ1

被写体像を光電変換処理するステップである。測定に用いたカメラは、F 1.4, $f=50$ mm レンズ付の XR-F 機であり、カメラ内蔵の CCD 素子の概略特性は、下記の通りである。

受光部のピッチ	$195 \mu\text{m}$
〃 個数	$T_0=24$ 個
〃 実効絞り値	$F_{AF}=4$
〃 全幅 (測距エリア幅)	$l=4.5 \text{ mm}$

このステップの出力 $V_{0,1} \sim V_{0,24}$ の例が図 5 に示してある。

ステップ2・3

ここでは、2 項で述べた、画像の相互相関分析処理を行っている。2 項では、画像を連続波形として取扱ったが、図 6 で示したように、離散的に画像が出力されてくるので、ここでは、離散形態でフーリエ変換処理を行っている。

図 7 にこのステップで得られる波形の例が示してある。

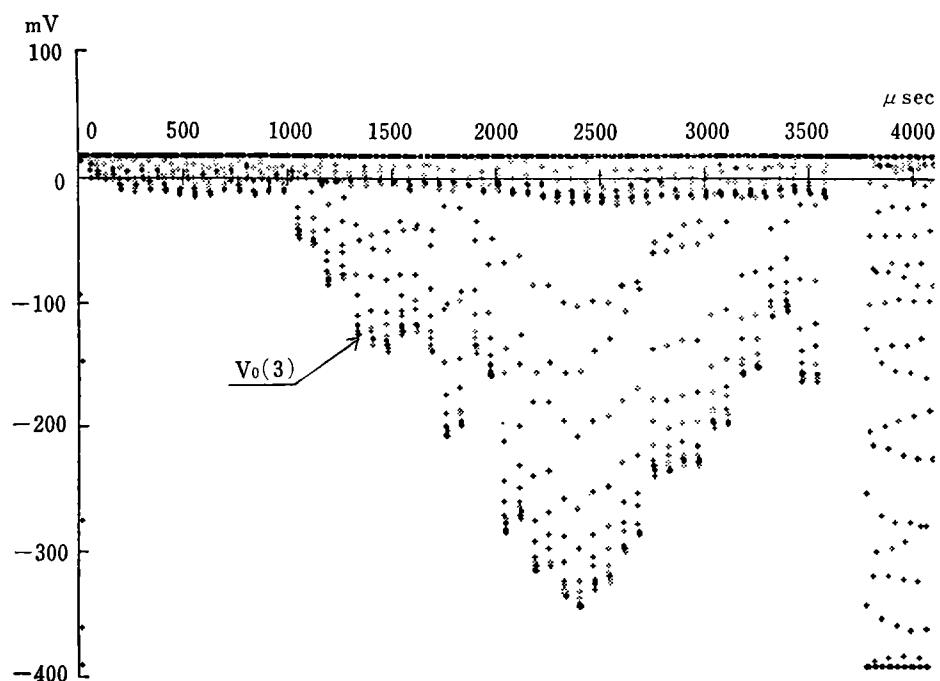


図 6 C C D 出力

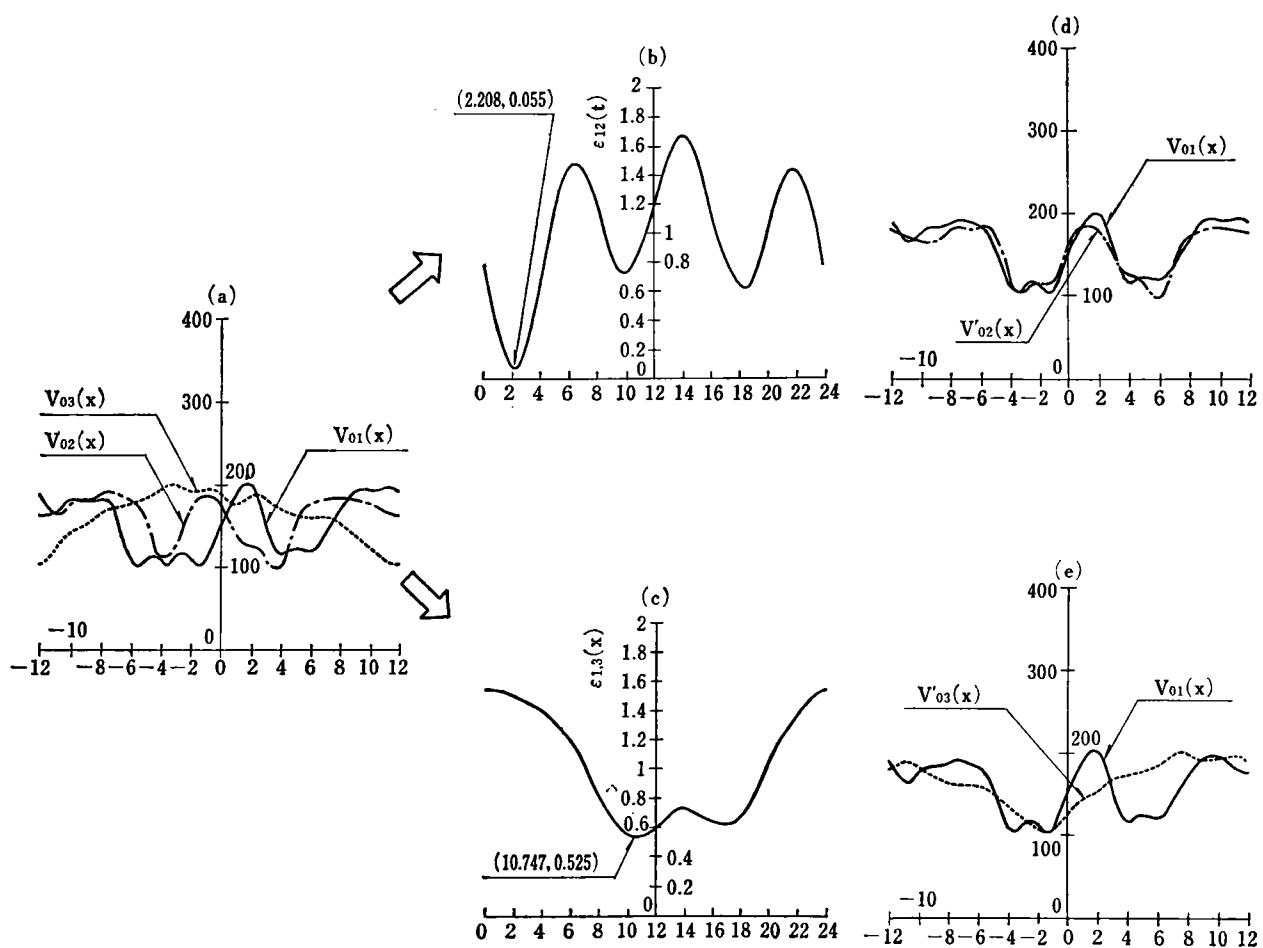


図 7 波形出力例

図7(a)は、画像出力 $V_{o1}(x)$, $V_{o2}(x)$, $V_{o3}(x)$ の重ね書きである。この $V_{o1-3}(x)$ は、ステップ2で求まる $A_{1-3}(n)$, $B_{1-3}(n)$ をフーリエ逆変換して得たものである。

図7(b), (c)はステップ3で得られる $\epsilon(t)$ の波形で、(b)は $V_{o1}(x)$, $V_{o2}(x)$ から求まる $\epsilon_{12}(t)$, (c)は $V_{o1}(x)$, $V_{o3}(x)$ から求まる $\epsilon_{13}(t)$ である。

$\epsilon_{12}(t)$ は

$$\min \epsilon_{12}(2.208) = 0.055$$

$\epsilon_{13}(t)$ は

$$\min \epsilon_{13}(10.747) = 0.525$$

となっている。

図7(d)は、

$$V'_{o2}(x) = V_{o2}(x - 2.208)$$

として、 $V_{o1}(x)$ と $V'_{o2}(x)$ 重ね書きしたもの、

図7(e)は

$$V'_{o3}(x) = V_{o3}(x - 10.747)$$

として、 $V_{o1}(x)$ と $V'_{o3}(x)$ を重ね書きしたものである。

図7(d), (e)は、視覚的に、波形の類似度合いを、わかり易くするという目的で書かれたものであり、これからも、(d)は類似、(e)は非類似ということが明らかであるが、定量的 ($=\min \epsilon(t)$) には、0.055と0.525の違いとして表われている。

ステップ4

2つの画像の分離、統合の判断ステップである。

図7の例では、 $V_{o1}(x)$ と $V_{o2}(x)$ は、

$$\min \epsilon_{12}(t_0) = 0.055 < 0.2$$

となり、統合、また $V_{o1}(x)$ と $V_{o3}(x)$ は

$$\min \epsilon_{13}(t_0) = 0.525 > 0.2$$

となり、分離と判断する。

ステップ5

ステップ4で統合と判断された数種の画像を、ある一つの画像を基として、他の画像を、最良類似位相分づらした後、平均化するステップである。

5-2 測定・結果

測定の対象は、男性9名、女性2名の計11名とし、図4に従い、計176種を測定した。

その結果、9種に統合ができた。(表3参照) 総統合個数は95、総統合率は54%であった。

更に、4項の調査結果をもとに、表3に、撮影頻度を掛けて、それぞれの統合の代表率を求めたのが表4である。代表率-Iは、全人物写真に対してのもの、代表率-IIは全写真に対してのものである。

表3 統合結果

横撮縮率 ~1/30		測定個数 55
統合No.	統合個数	統合率 (%)
1	6	10.9
2	6	10.9
3	6	10.9
横撮縮率 1/30~1/120		測定個数 55
統合No.	統合個数	統合率 (%)
4	15	27.3
5	24	43.6
縦撮縮率 ~1/30		測定個数 33
統合No.	統合個数	統合率 (%)
6	7	21.2
7	9	27.3
縦撮縮率 1/30~1/120		測定個数 33
統合No.	統合個数	統合率 (%)
8	17	51.5
9	5	15.1

表4 統合の割合

統合No.	代表率-I (%)	代表率-II (%)
1	.65	.40
2	.65	.40
3	.65	.40
4	5.00	3.10
5	7.74	4.80
6	2.10	1.30
7	2.58	1.60
8	13.39	8.30
9	3.87	2.40

6 パターンの再現性

前項で求めた統合No.1~9のパターンをいかにして作成するかが、次の課題となる。このパターンの良し悪し、即ち再現性は、今まで述べてきた、 $\min \epsilon(t_0)$ で評価ができる。

そこで筆者らは図8で掲げたような65階調に、画像を分割し、パターンを作成し、評価した。

評価対象は、5種の被写体 ($f_1(x) \sim f_5(x)$) で、それぞれのパターンから得られる画像 ($g_1(x) \sim g_5(x)$) との $\min \epsilon(t_0)$ を求めた。(図9参照)

その結果が、表5である。この結果から、充分再現性があると判断した。

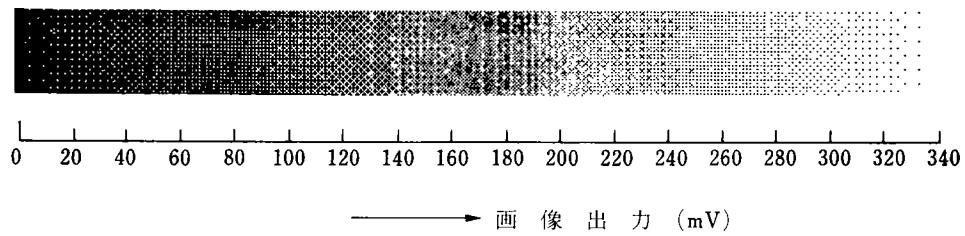
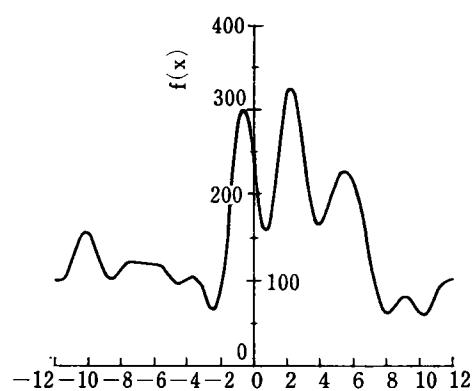
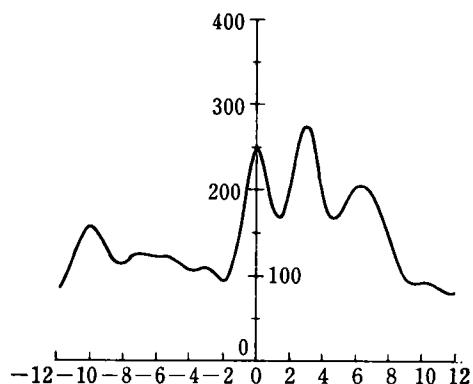


図 8 画像出力の階調化



$f(x)$ から得られるパターン



図 9 パターンの再現性での波形例

表 5 パターンの再現性

画像 No.	Min. $\epsilon(t_0)$
1	.007
2	.053
3	.007
4	.009
5	.013

7 被写体モデルパターン

図 10 に、今回求めた被写体モデルパターン 9 種の内の 1 例を示してある。

これは、縮率 $1/50$ (焦点距離 50 mm レンズ使用で、被写体迄の距離 2.5m), 横撮りの場合の、目と鼻先迄の間のモデルパターンであり、表 3, 4 の統合 No. 5 のものである。

これらのパターンを被写体として、AF 性能を測定することによって、AF の方式の定量的な優劣評価が可能となった。更に、これらパターンを用いることによって、AF の素子の受光部ピッチ、受光部個数、AF のアルゴリズム等の改良が可能となる。

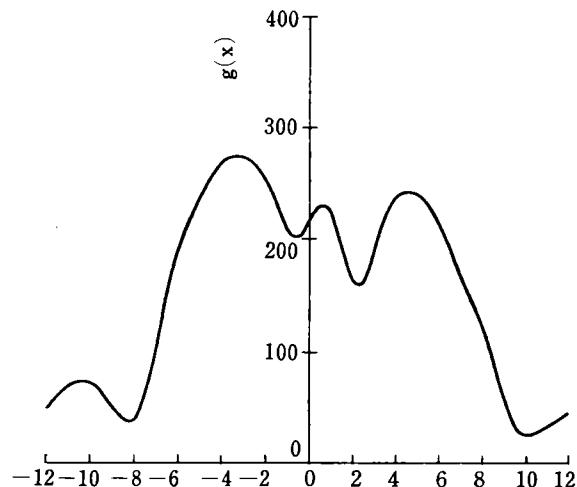


図 10 被写体モデルパターン例

8 AF アルゴリズムへの応用

図 11 はレンズの繰出量 δ 対最良類似位相 t_0 のグラフを示す。(11)式で先に述べた $t_0 \propto \delta$ の関係が実験的にも証明されることが解る。このことから相関法において本演算方式はそのままフル AF への展開が可能であること

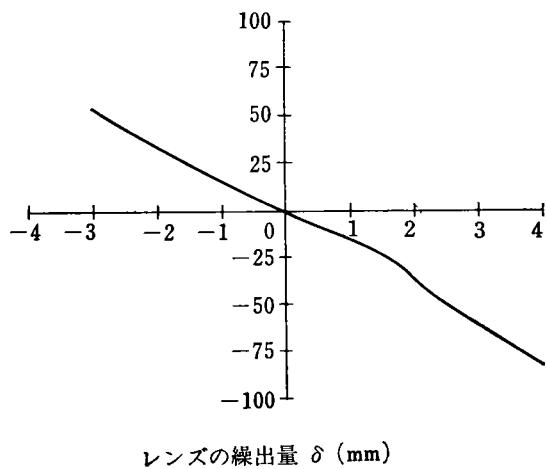


図 11 最良近似位相値の直線性

が解る。

この演算処理のメリットとしては

- 1) フーリエ変換等の処理により、センサー個々が持つノイズの測距精度に与える影響が少なくなる。
- 2) 従来のフルAFの演算は(1)式の評価関数の値 $\phi(t)$ と δ の関係を利用したものであるから、コントラストや、周波数の影響を直接受けるが、 t_0 を利用することによって、上記の影響を除去することができる。

が挙げられる。次にデメリットとしては

フーリエ変換、逆変換に時間がかかり、測距応答性が悪いことが挙げられる。

このデメリットは、今後、ICの開発により改善可能であり、フルAF方式の展開にとって大きな問題ではないといえる。

9 おわりに

一般カメラユーザーの撮影頻度を考慮し、類似判定の閾値を0.2とした場合、9種の被写体モデルパターンで全写真の22.7%、人物写真の36.6%を代表できることがわかった。

これらパターンを使用すれば、AFの方式選択、AFの性能改良が望める。

しかし、まだパターンの再現性に問題が残っている。今後の課題としては、特にパターンのコピー濃度の安定性があげられる。

最後に、本稿を書くにあたり、御協力を頂いた方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 小倉磐夫：“カメラの性能と評価 一眼レフオートフォーカスの方式と性能(I)”写真工業; 41, 6, 99 (1983)
- 2) 小倉磐夫：“カメラの性能と評価 一眼レフオートフォーカスの方式と性能(II)”写真工業; 41, 7, 86 (1983)

製品技術解説

EXPLANATION ON PRODUCTS



静電複写機リコピーアイティ6080 システム

Electrophotographic Copier RICOPY FT6080
System

谷 達雄* 伊藤政司* 広瀬 明*
Tatsuo Tani Masaji Ito Akira Hirose

要 旨

リコピーアイティ6080システムは中量コピーユーザー層向けの中速多機能型普通紙複写機で、次の様な特長を有している。

1. コピー作業効率化の為の各種新機能をコンパクトに実現。
2. 多様な原稿に対応でき、鮮明な仕上がりのコピー品質。
3. 種々の経時的環境的ストレスに耐える高い信頼性。

ABSTRACT

The RICOPY FT 6080 system has been designed as a versatile plain paper copier with an intermediate speed, compactness and easy operation, offering extra convenience to middle copy-volume customers.

This model includes the following features:

1. Numerous new functions for the efficient copy operation.
2. Consistent and sharp reproductions for both of thin lines and wide patterns.
3. High reliability to stand many stresses such as mechanical, thermal and hygroscopic with the satisfactory durability.

1 はじめに

複写情報処理量の増大に伴って複写機は目ざましく普及してきた。事務のスピードアップ、事務処理コスト低減への期待はより高くなり、その観点から複写機にも多様な機能が求められる様になってきた。それらは、

- (1) 人手に頼っている複写操作の自動化による簡素化とトータル複写スピードの向上。
 - (2) 原稿を選ばない高品位の画質とその安定維持によるタイムロスの防止。
- に集約される。

* 第一複写機事業部 第二開発部

Second Development Department, First Reprographic Products Division

新製品FT 6080システムはA3等倍自動両面コピーを始めとするオフィスにおける生産性向上の為の数多くの新機能を装備している。そして高画質を安定的に持続する信頼性の高さにより、事務の効率化に大きく寄与しようとするものである。

2 FT 6080 システムの概要

FT 6080システムは作像システムである本体と、オートドキュメントフィーダ「DE 31」及びソータ「CS 2030」で構成されている。図1にFT 6080システムの概略図を示す。

前述した目標を達成する為に本機に盛り込まれた主な仕様を表1に示す。

本稿ではFT 6080システムの新機能と高画質化及び画質安定化の手段について記述する。

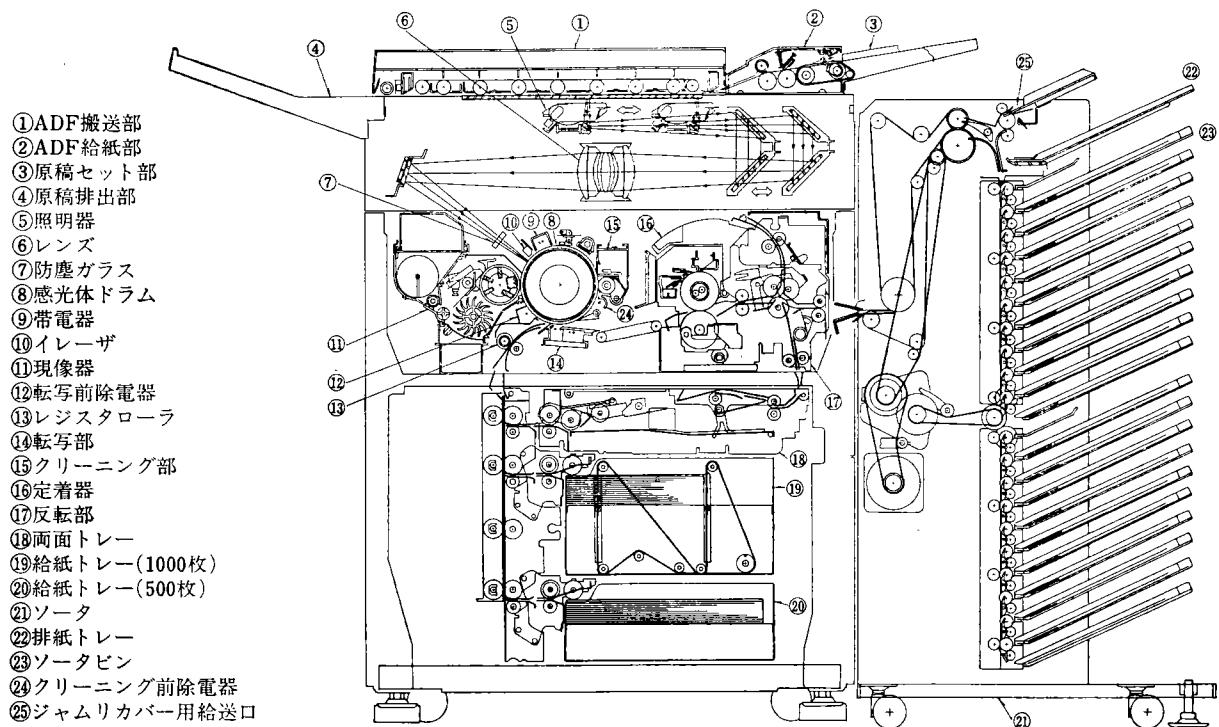


図1 FT 6080 システム概略図

表1 FT 6080 システム基本仕様

項目	仕様
名 称	RICOH FT 6080 システム
型 式	コンソール式
複 写 方 式	乾式静電転写方式
原 稿 台	固定式
原 稿 種 類	ブック、シート、立体物
原 稿 サ イ ズ	最大A3
複 写 サ イ ズ	最大A3、最小B6
複 写 倍 率	1:1.154, 1:1, 1:0.93, 1:0.865 1:0.816, 1:0.707
複 写 速 度	51CPM/分(B5以下), 46CPM/分(A4), 30CPM/分(B4), 22CPM/分(A3) 4.5秒/A4等倍 1~99(10キー方式)
フ ア ー スト コ ピ ー	8.5分
連 続 複 写	有
ウォームアップタイム	有: 50枚セット可。(SADF機能付) 有: 20秒(デュアルソートモード付)
A D F ソ ー タ	有: 20秒(デュアルソートモード付)
割 込 機 能	有
コ ピ ー 濃 度 調 整	有(キーイン)
オ ー ト ク リ ア	コピーフィニッシュ後60秒、3分、∞(切換可)
給 紙 容 量	2段トレー100枚+500枚 250枚
コ ピ ー ト レ ー 容 量	有: インダクタンス検出方式
現 像 剂 濃 度 制 御	有: プログラム制御
現 像 バ イ アス 切 換	有: 自動
ト ナ ー 補 充	カートリッジ式
両 面 コ ピ ー	有: 自動
合 成 コ ピ ー	有: 自動
裏 面 排 紙	有: 自動
サ イ ズ 統 一	有: 自動

給紙自動選択	有
コピー位置調整	有: 左側調整 Max. 16mm 右側調整 Max. 16mm
ジョブリカバリ	有: コピー枚数自動補正 原稿戻し枚数表示
原稿忘れ警告表示	有: 級文字及び音
結露防止ヒータ	有
給紙除湿ヒータ	有
自己診断	有
電源	100V 15A 50/60Hz
最大消費電力	1.48kW
大きさ	幅734mm×高950mm×奥行760mm (本体)
重量	約260kg
保証期間	5年間又は300万枚

3 コピー作業効率化の為の機能の拡大、自動化

コピー作業の諸工程を表2に示す。コピー作業を効率

表2 コピー作業の諸工程

工 程	作 業 内 容
前 工 程	原稿セット コピーモード設定
コ ピ ー 工 程	コピーリピート 補助作業(両面等手での用紙取扱い) 補充作業(コピー用紙補充等)
後 工 程	原稿、コピー紙取り出し コピー紙後処理(穴あけ等)

化する為には次の諸点について改善する必要がある。

- (1) 各工程のスピードアップによる処理時間の短縮化
(例: コピースピード)。
 - (2) 手作業を自動化することによる処理時間の短縮と無人化(例: 自動両面コピー)。
 - (3) コピー処理作業の並列化による時間の節約(例: ソータよりのコピー紙の取出しと次のコピー作業の並行)。

図2に当社FT6600FDでのコピー作業所要時間と、改善されたFT6080システムでの所要時間の比較例を示す。3種類のコピー作業の累積時間はFT6080システムでは約53%に短縮された。

以下に FT 6080 システムに盛り込まれた、効率化のキーとなる新機能について記す。

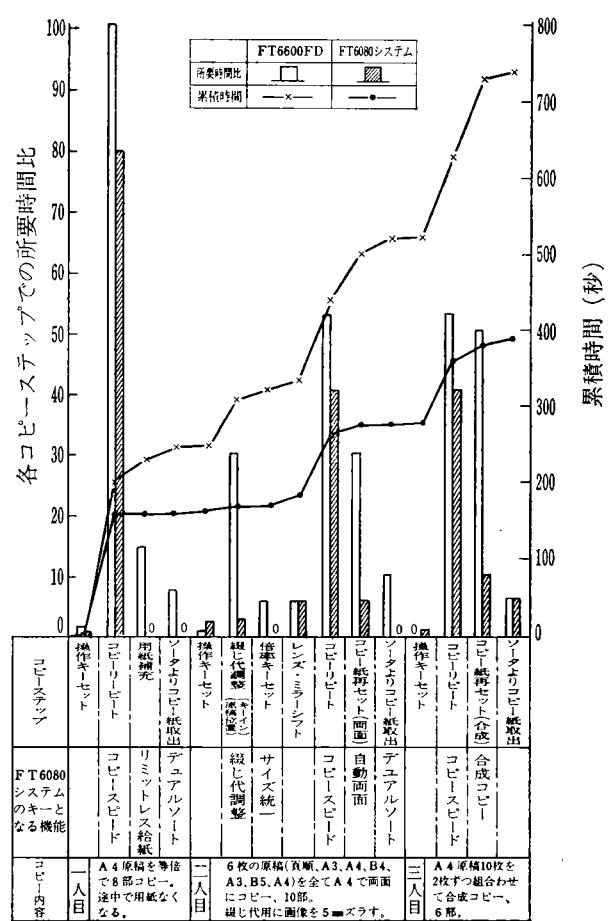


図2 FT6600FDとFT6080システムのコピー作業時間の比較

3-1 自動両面コピー機能

本機では世界で初めて A3 等倍まで可能な自動両面コピー機能を実現した。これにより従来手作業に頼っていたコピー紙再セット作業が不要となった。

両面コピー時のコピー用紙の動き方を図1を用いて説明する。

2段ある給紙トレーの一方からコピー用紙が給送され、

転写部にて第1の原稿の像が転写される。次に定着部にて定着された後反転部にて表裏反転され、両面トレー内に画像面を上にしてスタッツクされる。両面トレーから再給紙されたコピー紙は、そのもう一方の面に第2原稿の像が転写されて定着、排出され、両面コピーが作成される。

両面トレーでのスタッツク性能を上げる為、コピー紙の放出口を大サイズ、小サイズで異ならせる構成となっている。これにより、小サイズ紙でカール量の多い時に発生するスタッツク不良のトラブルを防止する事ができた。

3-2 合成ヨウ一橢態

コピー用紙の同一面に複数回の像転写ができる様にしたものであり、異なった原稿の像を同一コピー上に合成できる。従来は原稿又は原稿のコピーを切り貼りして新しい原稿を作っていたが、その作業を省き時間を短縮しようとするものである。

片面に画像のできたコピー紙が反転部の働きにより画像面を下にして両面トレーにスタックされる点を除いては、両面コピーと同一である。

3-3 裏面排紙機能

原稿の1頁目からコピーを取る場合、コピー紙の画像面が上向きで排出される。その上に次頁のコピーが順次重なると、コピーの頁順が原稿と異なってしまう。

排出前にコピー紙を裏返しに反転すると頁順を揃えることができる。また通常はソータに反転機能が必要であるが、この機能を本体が担ったのでソータを単純化すると共に小型化できた。

上記 3-1～3-3 の機能は図 3 に示す反転装置によって実現された。

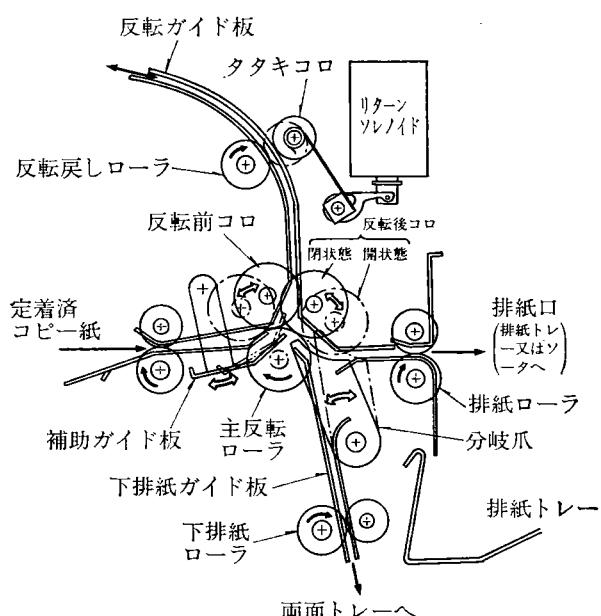


図 3 反転装置

この装置は次の4つの動作モードを有している。

- (1) 第1モード：自動両面機能
- (2) 第2モード：合成コピー機能
- (3) 第3モード：裏面排紙機能
- (4) 第4モード：ストレート排紙機能

4つのモードは反転コロ対(反転前コロと反転後コロ)の開閉及び分岐爪の位置で決定される。その組合せは表3の通りである。

表3 反転コロ対及び分岐爪と反転部各動作モードの関係

		反転コロ対の状態	
		開 状 態	閉 状 態
分岐爪位置	右	(1) 自動両面	(2) 合成コピー
	左	(3) 裏面排紙	(4) ストレート排紙

カールの強いコピー紙をスムーズに反転させる目的で補助ガイド板が設置されている。このガイド板は第1、第3モードで動作し、コピー紙の上昇行程を案内するコピー紙の後端が反転コロ対の開部へ達した時、タタキコロが作動してコピー紙は逆進を始める。同時に補助ガイド板が退避して進行の妨げとなるのを防止している。

3-4 SADF機能付フラットタイプ ADF

3-4-1 概 略

複数枚の原稿を1回のセット作業で自動的にコピー完了させる装置である。原稿1枚毎に複写機へセットする操作の煩雑さが解消され、コピー中に他の作業を並行にできるようになる。

装置は原稿給紙部と原稿搬送部により構成される。

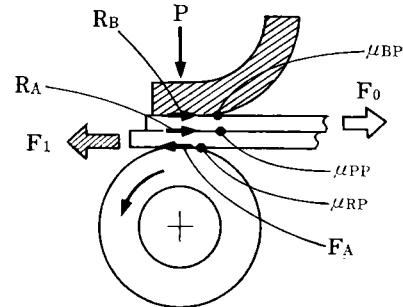
3-4-2 原稿給紙部

給紙部分の主機能は積載原稿を分離する事であり、摩擦分離方式が採用されている。図5に給紙部の構成を示す。分離条件は次の式で表わされる。

(1) 2枚の原稿を分離する。

$$F_1 = F_A - R_A = P(\mu_{RP} - \mu_{PP})$$

$$F_0 = R_B - R_A = P(\mu_{BP} - \mu_{PP})$$



F_1 : 最下位原稿を送り出す力

F_A : 圧力 P により生ずるローラと原稿間の送り力

R_A : 圧力 P により生ずる原稿間抵抗力(紙間送り力)

R_B : 圧力 P により生ずる阻止部材と原稿間の抵抗力

F_0 : 上位原稿を止める力

P : 阻止部材圧力

μ_{BP} : 阻止部材と原稿との摩擦係数

μ_{PP} : 原稿間摩擦係数

μ_{RP} : 送りローラーと原稿との摩擦係数

図5 原稿分離部基本構成図

$$F_A > R_A$$

$$R_B > R_A$$

(2) 1枚の原稿を送る。

$$F_1 = F_A - R_B = P(\mu_{RP} - \mu_{BP})$$

$$F_A > R_B$$

これより

$$\mu_{RP} > \mu_{BP} > \mu_{PP}$$

が原稿分離・給送条件である。

コピーされる原稿は厚み、大きさ、紙質(摩擦係数や剛度)等種々の特性を持つ。各種の原稿に対応する為に原稿分離部の阻止部材にラバーブレードを採用し、加圧をスプリングで行った。これは原稿ゲートのないゲートレス方式であるので、従来のような精度の高い調整が不要であり、組立、メンテナンスの容易化と共に使用可能原稿の種類が大幅に増大した。

3-4-3 原稿搬送部

原稿搬送部の主機能は原稿を露光部へ搬送し、位置決めすることである。位置決めは従来ストップ方式が採用されていたが、本機ではDCサーボコントロールによる

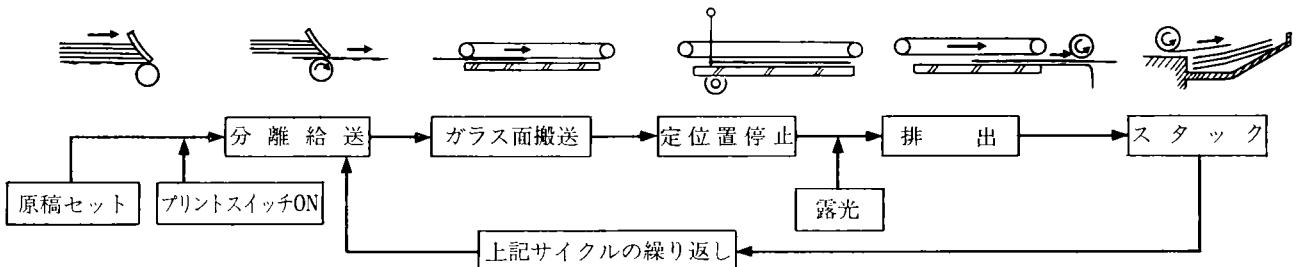


図4 原稿の流れを示すフロー図

ダイレクトポジショニング方式を採用した。

これにより、薄手原稿がストッパによってキズつけられるという不具合が解消された。

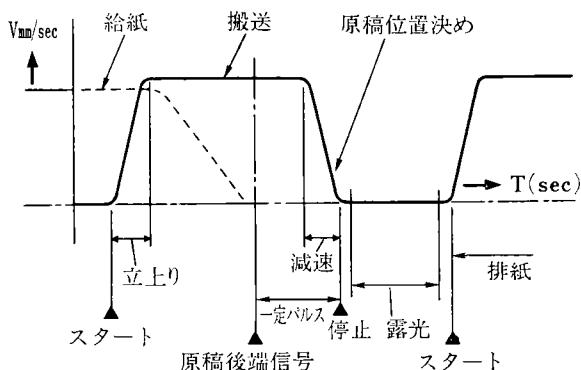


図6 原稿搬送サーボ駆動速度線図

3-4-4 SADF機能

本ADFは原稿を1枚ずつセットして給送するSADF機能を合わせ持っている為、異種混合サイズの原稿セットが容易となる。また後述するサイズ統一及び給紙自動選択機能との組合せにより、ミスコピーの防止と操作の簡略化を図ることができる。

3-5 デュアルソート機能付ソータ

従来ソータを利用してコピーする場合、ソータ bin 内にあるコピー紙を取り除いたあとでないとコピースタートできなかった。本機では20 bin ソータの上又は下の10 bin が空いている場合に、他の10 bin へソーティング可能とした。これによりソータ bin よりのコピー紙取り出しの為のコピー中断時間を零にできるので、作業能率が向上する。

3-6 サイズ統一機能（自動変倍機能）

原稿の像を原稿と異なるサイズのコピー用紙へ複写する場合、原稿と用紙のサイズから操作者が判断して倍率を選択する必要があった。本機ではこの判断工程を自動化した。すなわち原稿サイズを機械が識別し、コピー用紙の大きさにピッタリ合うように複写倍率を演算して自動設定する。これにより倍率変換に対する複雑な操作を不要とし、所望サイズのコピーが得られる。また、種々のサイズの原稿から一定のサイズのコピーを得ることもできるので、ファイルするのに便利である。

原稿サイズは図4に示すADFの原稿搬送路に設けた複数個のセンサによって検知する。

3-7 自動給紙選択機能

原稿と同一サイズのコピーがほしい場合、通常操作者が原稿サイズを認識しコピー用紙のサイズを選択する。本機では原稿サイズを

検出し、それに合ったコピー用紙を自動選択する機能を持っている。さらに原稿をセットし所望の倍率を選択すると、原稿サイズ及び選択された倍率に合ったコピー用紙が自動選択される機能も有している。

FT 6080 システムはさらに次の優れた機能を有する。

3-8 リミットレス給紙機能

リピートコピー途中にコピー用紙がなくなった時、通常はコピーを中断して用紙の補給を行う必要がある。本機では2段の給紙トレーの両方に同じサイズのコピー用紙がセットされている場合に、片側のペーパーエンド信号を検知し、自動的にもう一方のトレーを選択して給紙を継続するメカニズムが組み込まれている。

3-9 縦じ代調整機能

原稿の余白部が片寄っている等、そのままのコピーでは縦じ代が十分でない場合がある。通常コンタクトガラス面への原稿セット時に適当量ズラしてセットし縦じ代調整を行う。これは原稿のセット性が悪くまた ADF 使用時にはズラすことができなかった。

本機では縦じ代調整所望量をキーインし、コピー用紙給送タイミングを変化させる方式を採用した。これにより転写時のコピー用紙と画像の相対位置を-16~16 mm の間で任意にセットできる。片面原稿より両面コピーを作成する場合、裏面コピー時に本機能が自動的に働くようになっている。これにより、コピーの表裏同じ側に縦じ代を作ることができる。

4 コピー品質の向上

鮮明なコピー品質を得る為に各サブシステムにはそれぞれいくつかの改善が施されている。ここでは、その代表的なものについて述べる。

4-1 感光体

感光体としてSe系高感度感光体が使用されている。

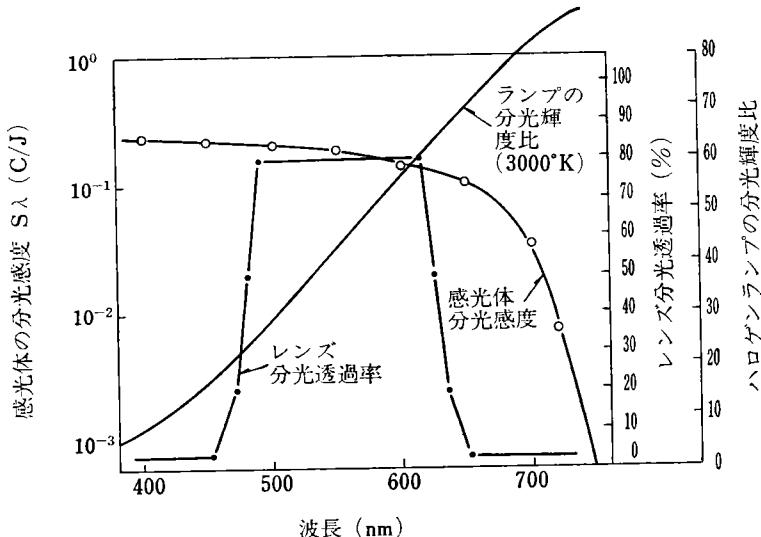


図7 感光体-レンズ-光源の分光特性

図7に示す様に、感光体の分光感度、照明ランプ輝度の分光分布及びレンズの分光透過率を設定することにより、良好な感色性を実現した。

4-2 帯電系

帶電器シールドケース内の空気が滞留していると、均一な放電が妨げられ、画像ムラが発生することがある。本機ではファンによって外気を導入してシールドケース内へ均一に吹きつけ、感光体をムラなく帯電するようにした。

4-3 露光系

コピーの解像能力、低コントラスト原稿像の再現性、画像のキレ（シャープ性）、濃度ムラ等の画質に対して露光系の果たす役割は大きい。露光系に要求される主要な品質項目は

- (1) 均一で十分な露光量
 - (2) コントラストの高い光像の投影
- である。

4-3-1 均一な照明

図8に本機で接用された照明装置を示す。光源として豆ランプ状の小型ハロゲン電球を用い、レンズの周辺減光に合わせて照明強度分布を設定した。スリット長手方向の光強度分布は照明装置の種々の誤差により変動し、いわゆる照度ムラが発生する。図9に照明装置の各種誤

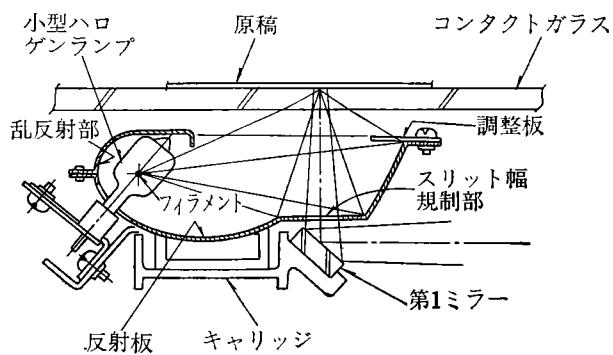


図8 照明装置の概略

差が照度分布へ及ぼす影響をシミュレートした結果を示す。図10はランプフィラメント設置誤差の影響を光線追跡法によりシミュレートした一例である。

これらの各誤差を容易に保証できる範囲で許容した場合、そのトータル照度ムラは約30%に達する。本機では

- (1) 上記誤差の許容幅を適正化する。
 - (2) ランプ管球にフロスト処理を施し、フィラメント位置誤差の影響を小さくする。
 - (3) 円弧状反射板部に白色乱反射処理を施し、ランプ管球による反射光カットの影響を小さくする。
 - (4) 照度分布調整板を設け最終調節をする。
- 等により、照度ムラを10%未満に保証することができた。

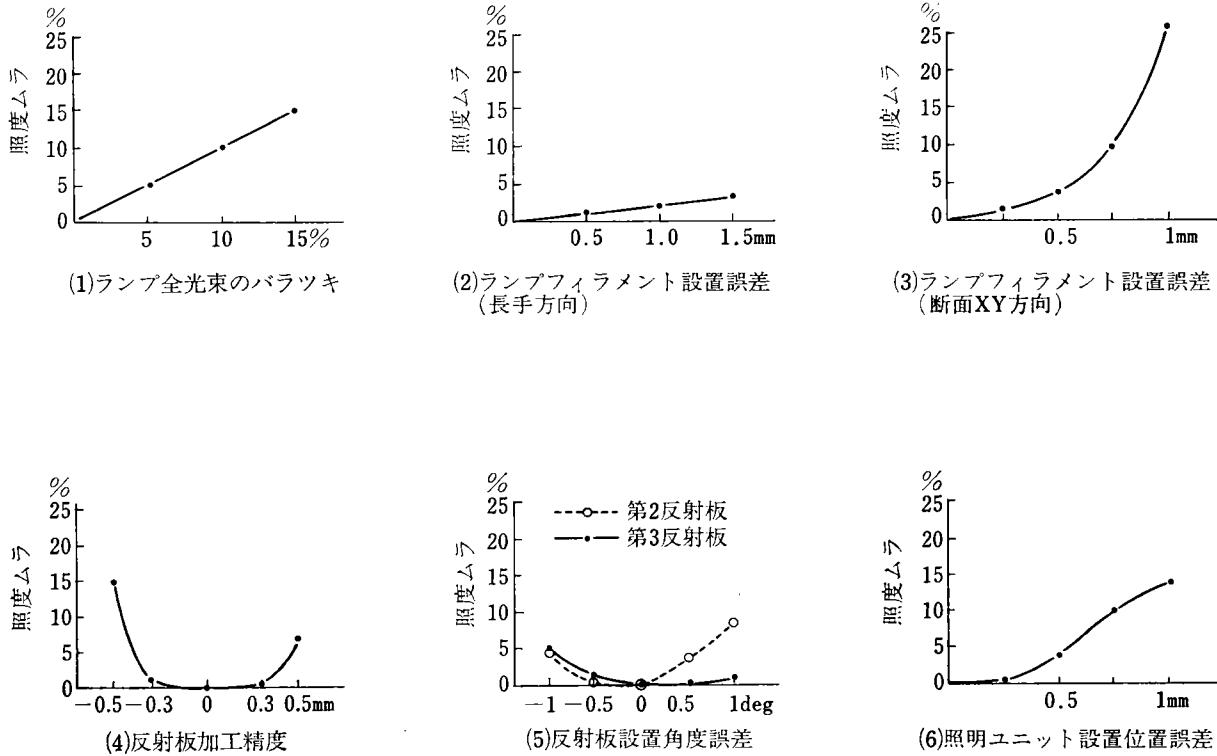


図9 誤差要因別照度ムラシミュレーション結果

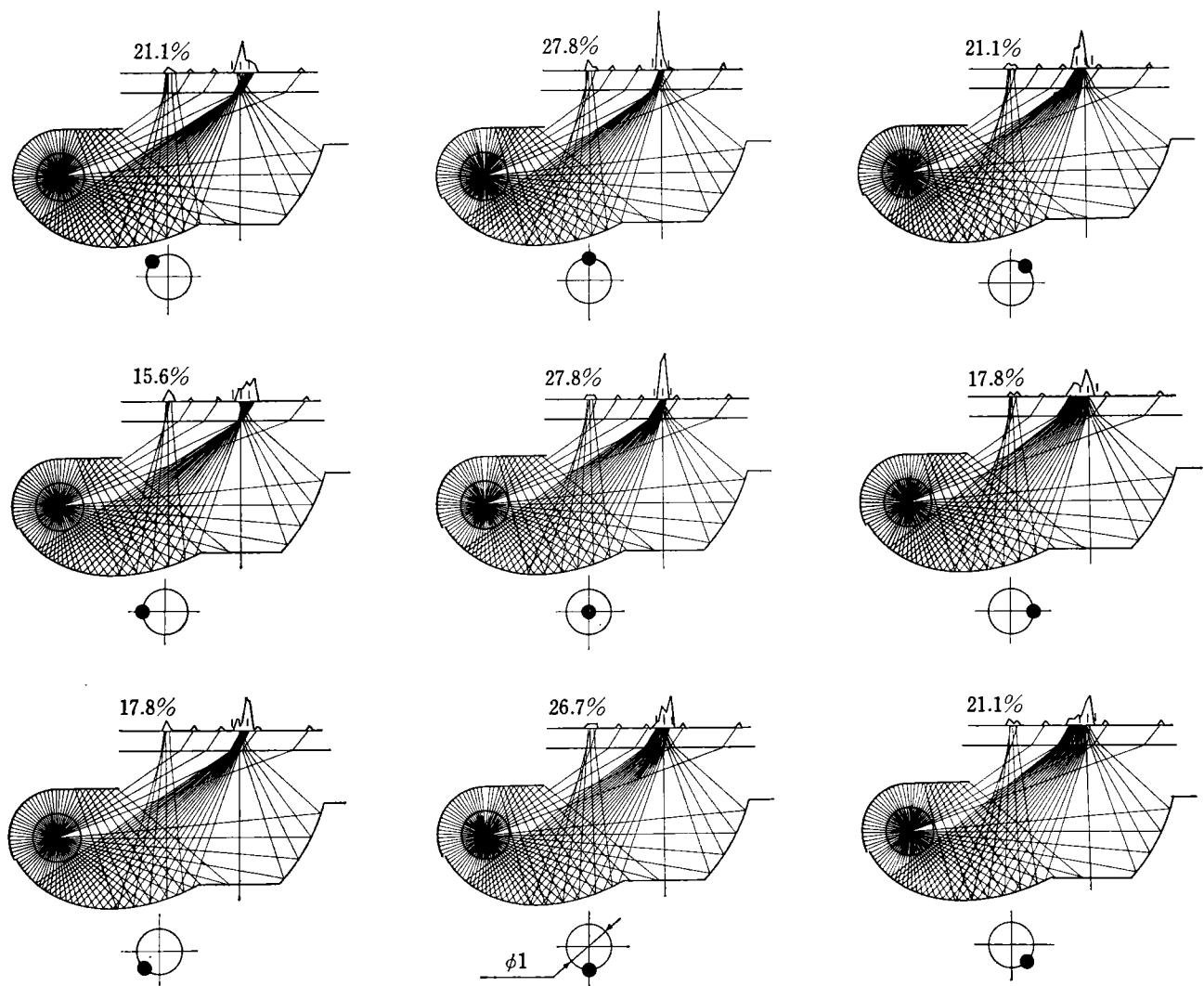


図 10 照明ランプフィラメント設置誤差の影響度シミュレーション例

4-3-2 変倍時の照度分布の傾き補正

等倍時の照度分布が一定として変倍時の照度分布は図 11 の様になる。

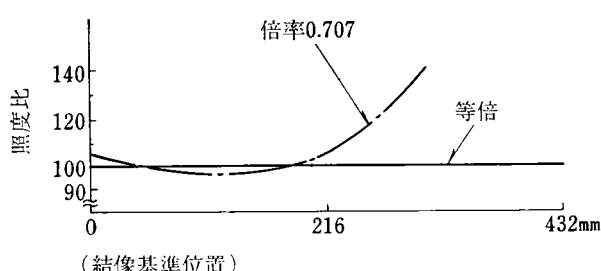


図 11 倍率に伴う照度分布の変動

本機では原稿～レンズ間に固定の遮光部材を設けた。倍率変更に伴いこの遮光板が光路と相対的に干渉する。この時、光路厚み方向を部分的に遮る様に設定すること

により照度ムラの補正を達成している（図 12）。各倍率に適合する様な遮光板の最適位置及び形状はコンピュータシミュレーションにより求めた。

4-3-3 変倍時の光量変動防止方法

感光体の単位面積あたりの光照射量（照度） $E(l_x)$ は次の式で与えられる。

$$E = \frac{\tau\pi L}{4} \cdot \frac{(\phi/f)^2}{(1+m)^2}$$

m : 倍率

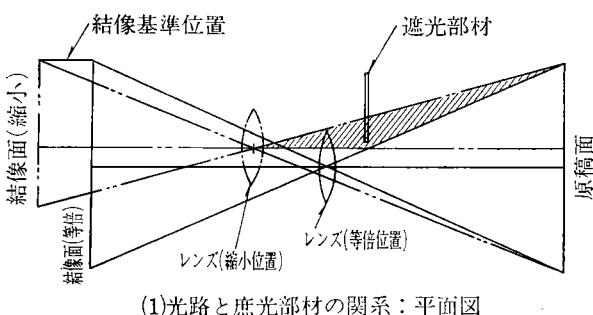
L : 光軸上にあって光軸に垂直な原稿面の単位面積あたりの輝度 (Cd/m^2)

τ : レンズ系の透過率

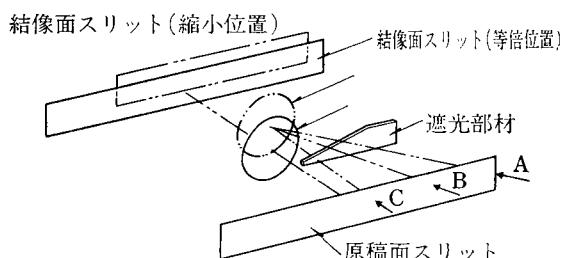
f : レンズの焦点距離 (m)

ϕ : レンズの有効径 (m)

感光体面でスリット幅が規制される場合の感光体の露光量（光照射強度と時間の積） I_t ($lx \cdot sec.$) は



(1)光路と遮光部材の関係：平面図



(2)光路と遮光部材の関係：斜視図



(3)スリット各部での遮光状態

図 12 遮光部材の配置と遮光状態

$$I_1 = k_0 \frac{1}{(1+m)^2} \cdot \frac{W_1}{v} \quad (lx \cdot sec.)$$

W₁ : 結像面での固定スリット幅

v : 感光体結像面の移動速度 (m/sec.)

k₀ : 定数

となる。各倍率での露光量は等倍を 100 として図 13 の A 線で示す値となる。

本機では原稿面に近い第 1 ミラー近傍でスリット幅を規制した。図 14 より次の式が成立する。

$$I_2 = k_0 \frac{m}{(1+m^2)} \cdot \frac{(a + (1/m - 1)f)(a - l)W + (1/m - 1)f l \phi}{v a (a + (1/m - 1)f - l)} \quad (lx \cdot sec.)$$

I₂ : 原稿面に近い位置でスリット幅を規制した時の露光量 (lx·sec.)

a : 原稿レンズ間距離 (等倍時) (m)

W : 等倍時の原稿画スリット幅 (m)

l : 原稿とスリット幅規制位置との距離
(m)

各倍率における等倍との光量比は図 13 の B 線となり、露光量変動を許容レベルにおさえることができた。

4-3-4 コントラストの高い光像

感光体へ投影される光像のコントラスト (MTF) に

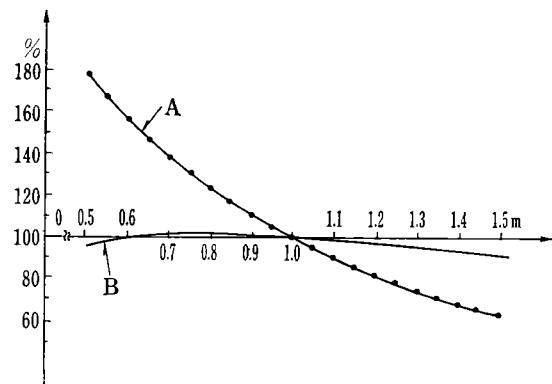


図 13 倍率と照度レベルの関係

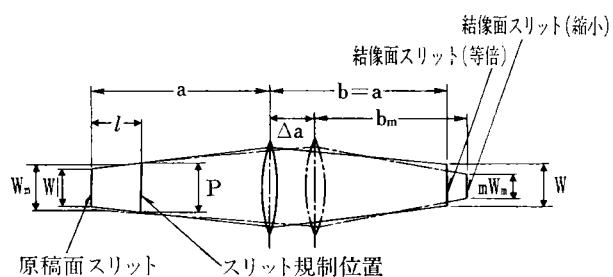


図 14 光量安定化方法の模式図

及ぼす要因を表 4 に示す。

表 4 光像コントラストに影響を及ぼす要因

大分類	中分類	小分類
静的要素	レンズMTF	レンズMTF
	ミラー平面性	平面度, リップル, 平面度差
	光学部品設置誤差	レンズミラー位置, 角度誤差, 位置係数
	ドラムRの斜光効果	ドラム半径, スリット幅
	縦横倍率誤差	投影倍率誤差
動的因素		スキャナ, ドラムの平均速度誤差
	スキャナジター	ジター量, 振動周波数, スリット幅
	ドラムジター	同上

各要因と MTF の関係をコンピュータによってシミュレートした結果を図 15 に示す。

FT 6080 システムでは上記データをもとに各サブシステムへの仕様の配分を行い、最適化設計によって良好な像コントラストを実現した。図 16 は光学走査キャリッジの周波応答特性をシミュレートしたものである。ある振動成分を持ちながらスキャンするキャリッジに受けられたミラーのタワミ状態をシミュレートしたのが図 17 である。

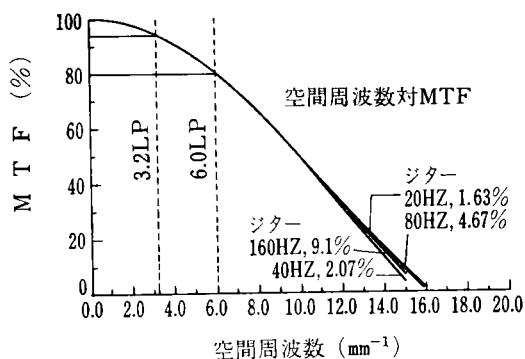
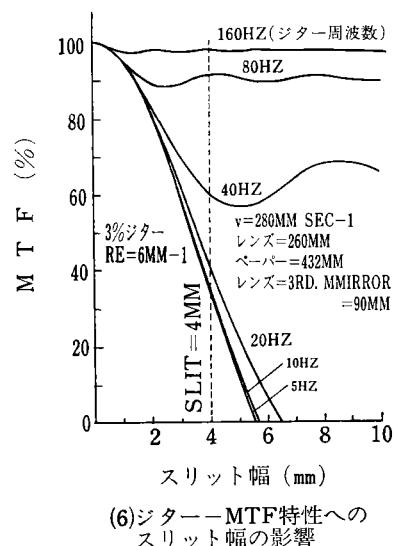
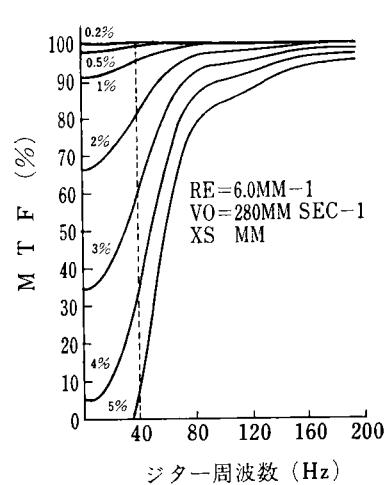
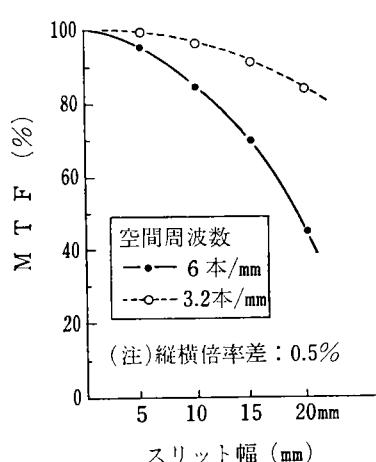
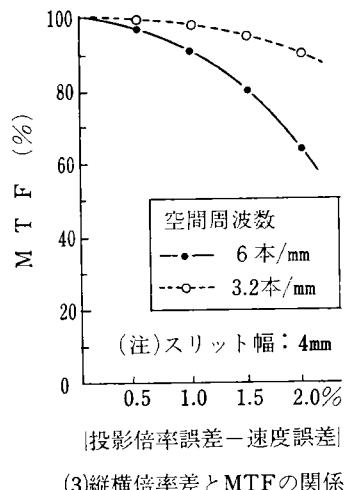
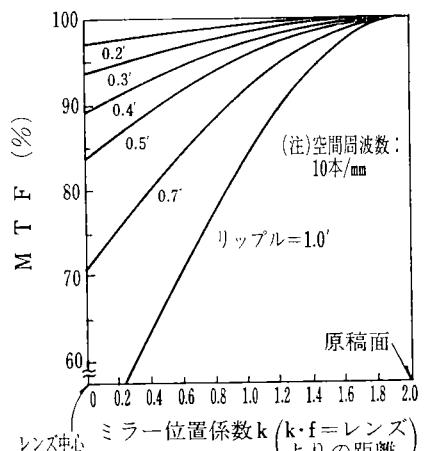
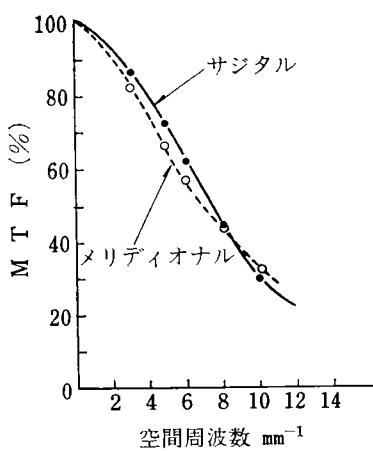


図 15 各種要因と MTF の関係

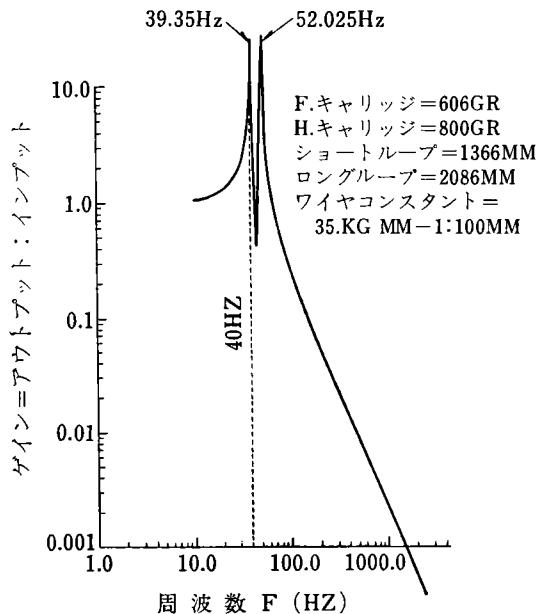


図 16 キャリッジ周波数応答特性

本機では光学走査及び感光体ドラム回転に DC サーボ駆動を採用した。図 18 は光学走査系の等価回路であり、モータ回転速度 $\Omega(S)$ は

$$\Omega(S) = \frac{1}{K_e} \frac{1}{1 + \frac{(R_a + L_a)(J_s + B)}{K_e K_t}} \left\{ V(s) - \frac{R_a + L_a}{K_t} \cdot T_f \right\}$$

で表わされる。

図 19 に制御回路のブロックダイアグラムを示す。特性プロックダイアグラムは図 20 であって伝達関数 $G(s)$ は

$$G(s) = \frac{\left(\frac{\tilde{K}}{S} + \frac{V_o}{W_o} K \cdot \frac{1+T_2 S}{1+T_1 S} \right) \cdot \frac{K_i K_t}{J} \cdot \frac{1}{S(1+T_e S)}}{1 + \left(\frac{\tilde{K}}{S} + K \frac{1+T_2 S}{1+T_1 S} \cdot \frac{V_o}{W_o} \frac{1}{1+T_S} \right) \cdot \frac{1}{1+T_e S}} \cdot \frac{K_i K_t \cdot S(1+T_e S)}{J \cdot 1}$$

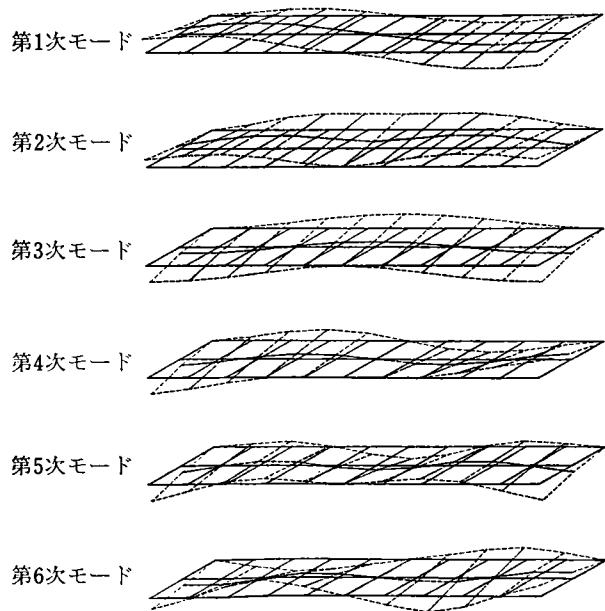


図 17 走査ミラーの固有振動モード解析結果

となる。この系の特性方程式は、

$$1 + K_i K_t \left(\frac{\tilde{K}}{S} + K \frac{1+T_2 S}{1+T_1 S} \frac{V_o}{W_o} \frac{1}{1+T_S} \right) \frac{1}{1+T_e S} = 0$$

である。その根はパラメータ位相制御ループゲイン (\tilde{K})

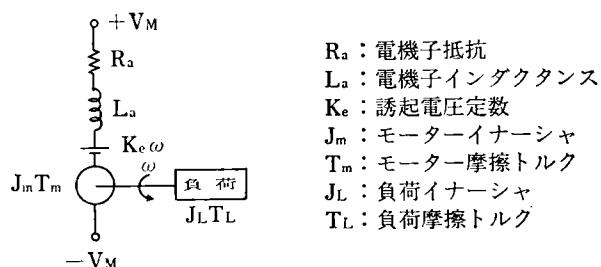


図 18 DC サーボモータの等価回路

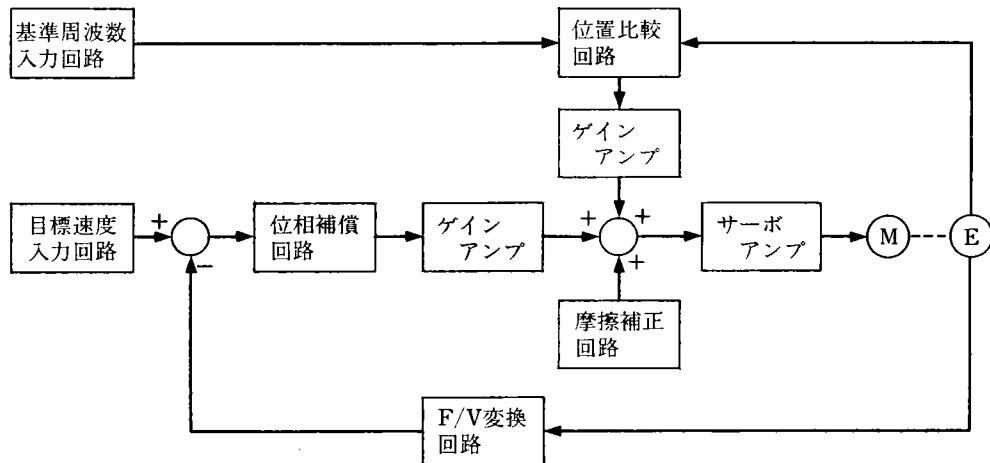


図 19 制御ブロックダイヤグラム

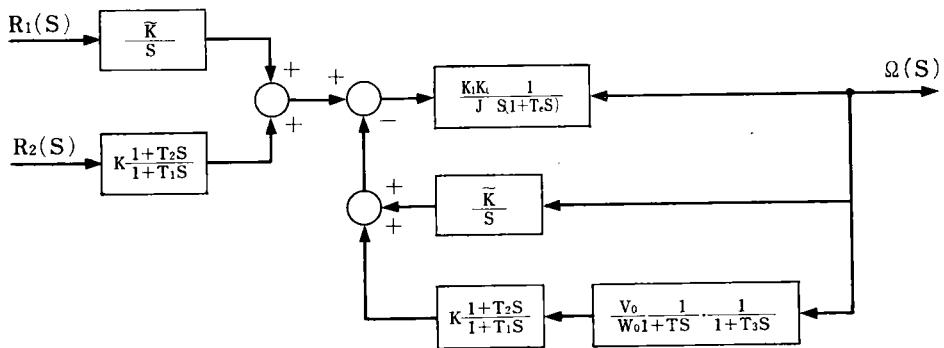


図 20 特性ブロックダイヤグラム

と速度制御ループゲイン（K）によって変化する。図21に示す根軌跡により系の過渡現象が決定される。代表根は次の各項により決まる。

- (1) モータによる積分項。
 - (2) 位置フィードバックによる積分項。
 - (3) F/V 変換の時定数。
 - (4) F/V 変換後のフィルターの時定数。
 - (5) 位置、速度フィードバックの割合から生ずる零点。
- これらを最適な値に設定することにより、振動の少ない安定な光学走査を達成した。

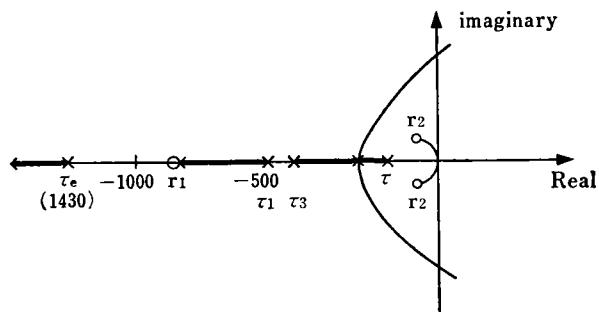


図 21 特性方程式の根軌跡

4-4 現像系

現像剤として2成分現像剤を使用している。極性の安定な微粒子トナーと小粒径のシリコンコートされたフェライトキャリヤの採用で、安定でソフトな現像を達成した。図22に現像装置の概略を示す。

極性をさらに安定させる為、汲上げ用パドルホイールから剤が受渡された後のドクタに至る現像スリーブ面にブレードクタ及び整流板を設けた。スリーブ表面とのギャップ及びドクタ～整流板間距離を厳しく管理することにより、トナー粒子の適正レベルで極めて安定した帶電を実現した。

これらにより、高濃度で均一な、しかも安定したコピー品質の維持が可能となった。

4-5 転写分離系

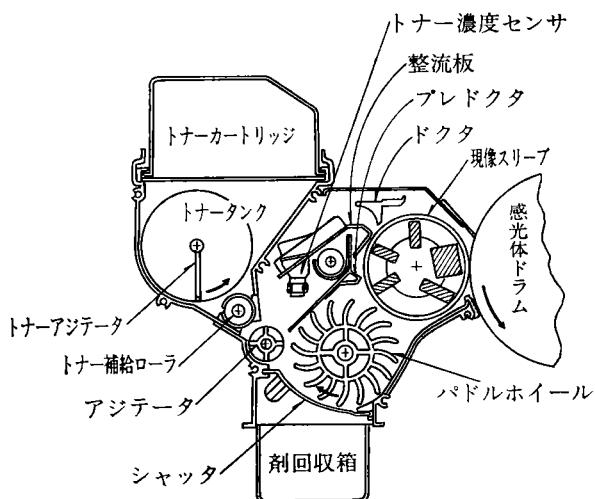


図 22 現像装置

転写分離方式はチャージ転写、除電分離方式を採用した。最適転写分離条件（例えばチャージ電流値）はコピー用紙の質（体積抵抗、剛度他）や環境湿度条件等により変動する。

本機では上記変動要因の影響を最少化する様に、転写前除電器（AC コロナ）を設置した。これにより高濃度で安定した転写分離性能が得られた。

4-6 クリーニング

クリーニングはブレードクリーニングを採用し、前段階として導電性ブラシによる予備クリーニングを行う。さらにクリーニング前除電器（DC コロナ）を付加することにより長期間にわたる安定したクリーニング性能を維持できる様になった。

5 信頼性の向上

高画質を長期に亘って維持する為に、本機では種々の工夫がなされている。既述した範囲では、

- (1) 現像スリーブ周囲のブレードクタ、整流板
- (2) 転写前除電
- (3) クリーニング前除電

等があげられる。

さらに次の様な画質安定化手段を施した。

5-1 ドラム温度コントロール

本機に使用されている感光体感度の湿度特性を図23に示す。低温域において感度の落ち込みが見られる。

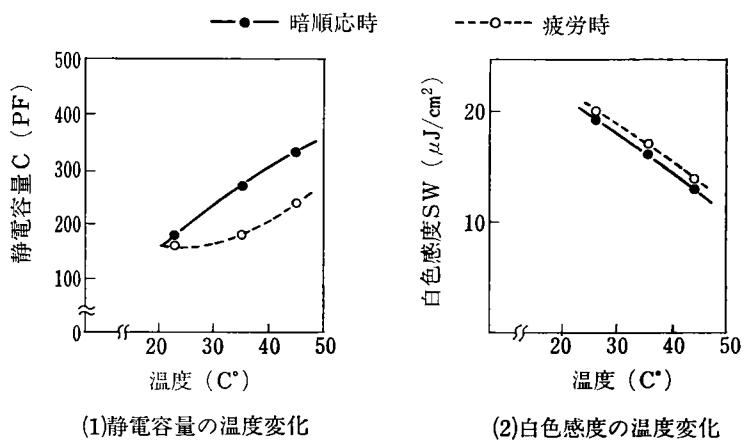


図23 感光体特性と温度の関係

本機では感光体ドラム内にヒータが設置されている。低温時の温度立上がりを早くする為、ヒータはドラム内径に近接した円筒状に形成されている。そしてドラム表面に接触する温度検知素子との協働で感度変動の少ない領域にドラム温度をコントロールしている。

5-2 現像バイアスプログラムコントロール

感光体は帶電、露光等のストレスにさらされると、いわゆる疲労現象が発生して帶電能力、光感度が変動する。この疲労の程度及びその回復はストレス繰返し回数、感光体温度、休止時間の影響を受ける。

本機では感光体使用条件の最適化により疲労を最少にした。さらに上記3特性値をパラメータとした56段階のバイアスレベルを設定し、プログラム化した。これにより感光体電位と現像バイアス電位で決まる電位コントラストを高い値で一定に保つことができ、常に安定した画像を得ることができる。

5-3 露光量及び露光量分布の安定化

長期間複写機が使用されていくうちに、露光量低下や露光ムラが生じることがある。これは次の原因による。

- (1) 機外からの塵埃の侵入、機内飛散トナーの存在による光学部品の汚れ。
- (2) 走査系の衝撃による照明ランプフィラメントの変

形。

FT 6080 システムでは

(1) 光学系が一定温度を越えた時のミクリングファンを動作させる様にして、塵埃の侵入を最小限とする。

(2) 像投影光路中に防塵ガラスを設けてドラム系との空気の流通を遮断し、光学系へのトナー侵入を防止する。

(3) 走査系駆動に DC モータサーボ制御駆動を採用して加速度を一定以下にコントロールし、かつ小型ハロゲンランプの採用で耐衝撃性を向上させてフィラメントの変形を防止する。

ことにより安定な露光量及び露光量分布を得ることができた。

5-4 湿度ストレスの解消

湿度ストレスによって発生する問題は次の項目である。

- (1) 結露による画質不良、用紙搬送不良。
- (2) コピー用紙吸湿による電気抵抗低下、波打ちの発生から来る転写不良、コピー紙シワ。

本機では光学系、感光体及び給紙部に除湿ヒータを設置し、結露及びコピー用紙の吸湿を防止した。

5-5 その他、ダウンタイムの低減

FT 6080 システムではセンサ、ランプ、モータ、電子部品等が数多く使用されている。これらの部品の故障によるダウンタイムを最少とする為、多くの自己診断機能を組込みメンテナビリティを向上させている。

また、コンソールタイプ複写機として初めてクラムシェル機構を採用し、コピー用紙搬送路を全て開放可能とした。そしてコピー用紙がジャムした場合のジャム位置表示と合わせて、ユーザによるジャム取出しが短時間にできる様にした。

6 おわりに

コピー作業の効率化の為に、各種新機能による操作の簡素化及び高画質の安定維持によるダウンタイムの低減を目的として開発された FT 6080 システムは、所期の目標を達成できた。今後共本機の経験を生かし、さらに顧客の立場に立った複写機の開発を進めて行きたい。

最後に、本複写機の開発に当たって多くの方々に御指導、御協力をいただいたことを記して謝意を表します。



テレテックス リコー EX5120

Teletex RICOH EX5120

山田俊明*
Toshiaki Yamada

要　旨

リコー EX5120 は、ワードプロセッサ機能と国際的に標準化された通信機能を持ったテレテックス端末として開発された。特徴は以下の通りである。

- 1) 16 ビット CPU と汎用 OS MP/M™ をシステム制御に採用し、高性能、多機能性、広い互換性を得た。
- 2) WordStar™ WP プログラムの採用と、多くのファンクションキーの装備によって WP 处理の効率化をはかった。
- 3) 通信機能として自動送受信、ロギング機能など豊富な機能を備えている。
- 4) 入力、編集、表示、印字、送受信において、欧文テレテックスで使われる全文字 309 種の取扱いが可能である。
- 5) デスクトップタイプで、メインユニット、ディスプレイ、キーボード、プリンタはコンポーネント構成をとっている。

ABSTRACT

The RICOH EX5120 has been developed as a Teletex Terminal integrating both word processing and internationally standardized communication capability.

It's main features include;

1. The 16-bit microprocessor and widely accepted Operating System MP/M™ achieving high performance, many useful functions and wide compatibility.
2. The text editor Word Star™ together with specially designed function keys improving word processing operation efficiency.
3. Communication capabilities including automatic transmission and reception, logging, and other useful functions.
4. Processing all of Teletex characters totalling 309 in input, edit, display, print, receive and transmit mode.
5. Maximized layout flexibility, designed as compact, desktop, separate component type; consisting such units as main-, display-, keyboard-, and printer unit.

1 は　じ　め　に

欧米では、文書の作成・編集を行うワードプロセッサ(WP)が、広く用いられている。日本でも、近年、日本

* 電子技術事業部 データシステム部
Design Department, Electronics Technology Division

語ワードプロセッサの普及が活発化している。このワードプロセッサの中には、通信機能を付加し、電気通信網を介し文書通信が可能なものもある。

CCITT(国際電信電話諮詢委員会)では、この文書通信の国際的な標準方式を定めた。これにもとづいた端末がテレテックスと呼ばれ、WPとテレックスの機能を備えており、従来のテレックスにとってかわる新しい通信

端末として注目されている。テレテックスはテレックスと比べ約30倍の通信スピード、互換性、豊富な使用文字種に特徴がある。

リコー EX 5120 は CCITT の勧告に準拠したわが国初めてのテレテックスであり、世界各国に先がけてテレテックスサービスを開始した西独の型式認可を取得している。

2 装置の特長

リコー EX 5120 は、次のような特長を備えている。

- (1) システムの制御部には、16ビットCPUを装備、オペレーティングシステム(OS)には、汎用的なマルチタスクOS MP/M™を採用し、高性能、多機能性、広い互換性を得た。
- (2) WPプログラムには、多くのパーソナル・コンピュータでも採用されている、WordStar™を採用、多くのファンクションキーの装備とあいまって、文書の入力編集操作の効率化をはかっている。
- (3) 1.6 MByteの記憶容量を持つ、両面倍密度倍トラック5-1/4"薄型ミニフロッピーディスクユニットを装備しているため、小型ながらA4サイズ文書1200ページ相当の記憶容量がある。
- (4) 高印字品質、低騒音のRP1300ディジタルプリンタを採用し、全テレテックス文字309種の高品質印字を可能とした。
- (5) ディスプレイ、キーボード、プリンタは人間工学にもとづいたコンポーネント構成をとっている。このため、各ユニットは、オペレーターが操作しやすい位置に、それぞれ独立して置くことができる。しかも、ディスプレイは上下左右の角度を、キーボードは傾斜の角度を自由に調節できる。
- (6) 自動送受信はもちろん最高20種類の文書を、最高20ヶ所のアドレスに自動送信する順次同報送信、時刻指定送信、ポーリング送受信も可能である。さらに、通信結果、通信先端末識別情報、日時、ページ数などを記録する送受信ログ情報記録機能がある。
- (7) スタンバイモードをもっているため、装置の受信待機状態での省エネ化及び、ディスクユニットや、ディスプレイの長寿命化がはかられている。

3 装置の構成

表1にリコー EX 5120 の概略仕様を示す。

3-1 ハードウェア構成

図1にリコー EX 5120 のハードウェア構成を示す。

以下に主なユニットの概略を説明する。

(1) メインユニット

リコー EX 5120 のメインユニットは、システムコン

表1 EX 5120 の概略仕様

項目	仕様	
メインユニット： C P U	SCU: 16 bit CPU (8088) CCU: 8 bit CPU (8085)	
RAM 容量	SCU: 128 KB (128 KB 単位増設可) CCU: 14 KB (バッテリー・バックアップ付)	
ROM 容量 ファイル容量	SCU: 4 KB, CCU: 32 KB 1.6 MB (アンフォーマット) 5-1/4" ミニ・フロッピー・ディスク X 2 ユニット	
通信方式	CCITT 勧告 F. 200, S. 60, S. 61, S. 62, S. 70 準拠	
通信速度	2,400 bit/s	
適用回線	CSDN/PSDN/PSTN	
大きさ	幅 490 × 高さ 110 × 奥行 380 mm	
重量	14 kg	
キーボード：	標準タイプ (DIN) タ イ プ 文 字 キ ー 数 ファンクション キ ー 数 入力文字種 大 き さ 重 さ	48 キー 44 キー 309 種 (全テレテックス文字) 幅 490 × 高さ 34 × 奥行 200 mm 2 kg
ディスプレイ：	15 インチ 画面サイズ 表示文字数 表示文字種 大 き さ 重 さ	80 字/32 行 309 種 (全テレテックス文字) 幅 378 × 高さ 391 × 奥行 409 mm 15 kg
プリンター：	RICOH RP 1300 ディジタル・ホイール・ プリント 印字速度 印字文字種 用紙収納幅 大 き さ 重 さ	タ イ プ 平均 27 字/秒 (Shannon Test 1/12") 309 種 (全テレテックス文字) 最大 16 インチ (406 mm) 幅 593 × 高さ 198 × 奥行 332 mm 16 kg
AC 入力電圧 消費電力	AC 220 V, 50 Hz (100 V 系可) 最大 600 VA	
周囲温度 周囲湿度	10~35°C (使用時) 20~80% (使用時ただし結露なきこと)	

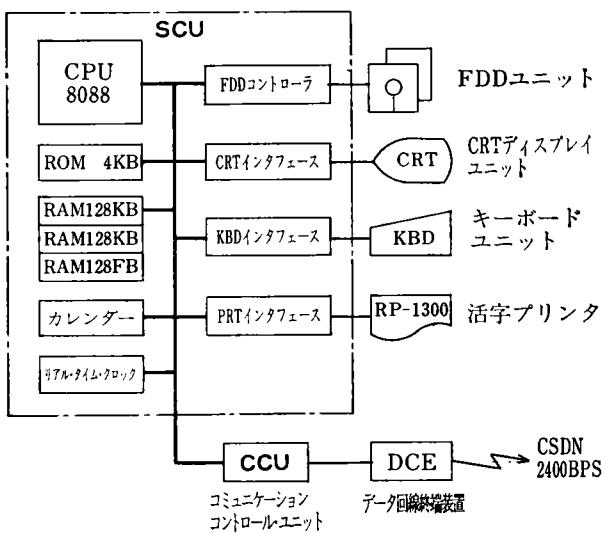


図1 EX 5120 ハードウェア構成

トロールユニット (SCU) とコミュニケーションコントロールユニット (CCU), FDD ユニット, 電源などからなる。SCU は 16 ビット CPU 8088, ROM, RAM, カレンダー, リアルタイムクロック, 各ユニット I/F 用の周辺 LSI などで構成される。SCU は, 各ユニットを制御しつつ, 文書の作成, 編集などの WP 处理や, CCU との文書送受信にかかる手順, 受信文書印字などのローカル送受信処理を行う。CCU は, CCITT の勧告に従った通信プロトコル (規約) による文書の送受信処理や, 通信ログ情報の作成処理を行う。CCU については, 後でさらに説明する。

図2に、SCUによって点灯が制御されるリコーEX-5120が備えているインジケータを示す。「受信中」は文書を受信中に、「送信中」は文書を送信中に、「送信エラー」は送信を指示された文書を全て送信できなかつたときに点灯する。「受信文書有り」は、受信文書がフロッピーディスクに格納されているときに点灯する。オペレータは、これを見て受信文書の印字出力処理を行うことになる。

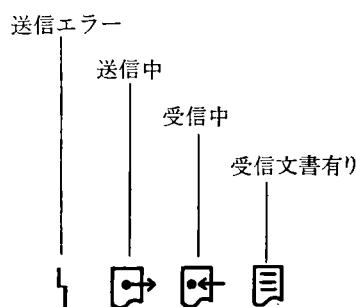


図 2 EX 5120 のインジケーター

(2) キーボードユニット

テレテックスで使用される文字コード系は8ビットで表現され、英語、ドイツ語、フランス語、スペイン語などヨーロッパのはとんどの言語に対応可能なように数多くの発音符、特殊文字、記号を含んでいる。発音符と基本文字の組み合わせも含めると総数は309種になる。テレテックスキャラクタの符号表を図3に示す。

リコー EX5120 のキーボードはテレテックス全文字の入力が可能なように考慮されている。すなわち、使用頻度の少ない発音符付文字や特殊文字、記号は、ファンクションキーを使って入力出来る。

ファンクションキーとしては、WP処理が効率的でできるように、カーソルの各種移動、スクリーンの前後頁への変更、タブセット、左右マージンセット、ワード、ライン、ロックの削除、ロックの指定、移動、コピーなどのためのキーがある。

(3) CRT ディスプレイユニット

表示エリア 32 行中、下の 2 行はガイダンスエリアで

図3 テレテックスキャラクタの符号表

オペレータへの特別の指示や入力モードなどが表示される。文字パターンは横 10×縦 16 ドットで構成され、発音符付文字を含め、15" の大型 CRT 上に大きく鮮明に表示される。

(4) RP-1300 プリンタ

高印字品質の RP-1300 プリンタにテレテックス用ホールを装備し、プリンタファームウェアによって欧文テレテックスで使われる 309 種全文字の高品質印字を可能にしている。

全文字を含んだ受信文の印字例を図 4 に示す。第 1 行

2627-681923-BICONT /2627-681924-ZZFPTRUEP /03-06-10-09:08/250-002

図 4 受信文の印字例

目は呼識別行と呼ばれ、被呼端末の識別情報、発呼端末の識別情報、日時情報、ドキュメント参照番号、ページ参照番号が順に受信文の前に印字される。

3-2 ソフトウェアの構成

図5にリコー EX5120 のソフトウェア構成を示す。以下に OS とテレテックスの主機能である文書処理、通信処理にかかる主なプログラムの概略を説明する。

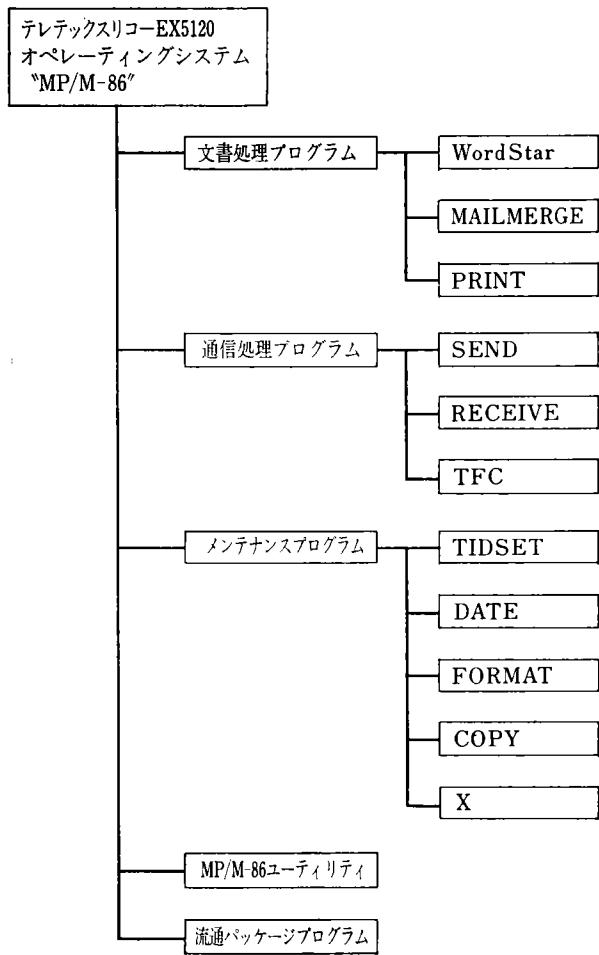


図5 EX5120 ソフトウェア構成

(1) MP/M-86TM

テレテックス EX5120 の OS として採用している MP/M-86 は、米国ディジタルリサーチ社が開発した 16 ビットマイクロプロセッサベースのマルチタスク、マルチユーザディスクオペレーティングシステムである。

リコー EX5120 では、MP/M-86 のマルチタスク機能を使って、自動送受信処理と WP 処理の並行処理を実現している。

MP/M-86 は、多くのパーソナル・コンピュータで採用されている OS CP/MTM と完全なファイル互換性を持って

いるため、自由にファイル交換ができる。さらに流通パッケージプログラムを使って、各種業務の多目的処理ができる。

(2) WordStarTM

Word Star は米国マイクロプロ社の開発したスクリーンを活用した WP プログラムであり、WP の標準的エディターとして広く使われている。カーソルの移動、文章の修正、追加、削除、移動、スクリーンの切り換えなどのそれぞれに豊富なファンクションをもっている。

リコー EX5120 では、それらファンクションを一層使い易くするため、多くのファンクションキーをキーボードに備えている。

(3) SEND

対話形式で、送受信文書名（ファイルネーム）、送信先テレテックス加入者番号（アドレス）をキーボードから受け付ける。その後、入力されたアドレスを主とする送信情報と指定されたファイルを、SCU と CCU 間のデータ送信手順に従って CCU に送出する。

(4) RECEIVE

CCU から受信文書や送受信ログ情報を受け取って、フロッピーディスクに記録する処理を行う。テレテックスサービスは 24 時間運用が原則となっているため、このプログラムは、SCU の RAM に常駐し、CCU の要求に応じていつでも実行状態に移る。MP/M-86 の機能を使って、WordStar などの他のプログラムと並行して実行可能のように構成されている。

(5) TIDSET

テレテックスサービスの各端末は、個別の端末識別情報をを持つことになっているが、これを端末にセットするプログラムである。端末のインストール時に使用される。端末識別情報のフォーマットは CCITT 勧告 F.200 により図6のように定められている。

(6) DATE

SCU のカレンダーにセットされている日時を読んだ

パート1	パート2	パート3	パート4
網および 国別コード	国内加入者 番号	(-) 追 加 情 報	= 加入者略号
←4キャラクタ→ まで	1 ←12キャラクタ→ まで	4キャラクタ→ まで	1 ←最少キャラクタ→ 3字
----- 最大15キャラクタまで-----	-----	-----	----- 最大24キャラクタまで-----

例 2627-681923=RICOHT

図6 端末識別情報のフォーマット

り、正しい日時をセットするためのプログラムである。

4 並行処理

テレテックスの通信は、メモリ間の自動通信を基本としている。またテレテックスは、文書の受信中にWP処理などのローカル処理が防げられてはならないことになっている。

リコー EX5120 では、受信メモリとして、SCU制御下のフロッピーディスクを採用しているにもかかわらず、マルチタスク OS MP/M-86 の複数プログラム並行処理機能を使って、WP処理と受信処理の並行処理を可能にしている。したがって、WP処理中に受信があっても WP 処理はなんら防げられることはない。SCU のメモリ構成と並行処理の様子を図 7 に示す。

RECEIVE は、電源投入直後に OS MP/M-86 に統いてメモリにロードされ常駐状態になる。非常駐プログラム領域 (TPA) には、WordStarなどのローカル処理プログラムがオペレータのキーボードからの指示でロードされる。OS MP/M-86 は、両プログラムが並行して実行されるように制御する。

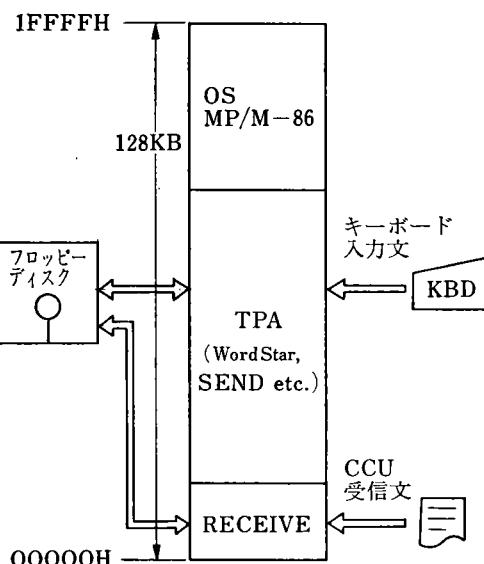


図 7 EX5120 の SCU メモリ構成と並行処理

5 CCU

5-1 ハードウェア

8ビットCPU 8085, ROM, RAM, マルチプロトコル通信 LSI, 網 I/F, 周辺 LSI で構成される。RAM は通信中に突然の電源断が発生しても、電源回復後しかるべき処理がなされるように、C-MOS RAM を使いバッテリーバックアップが施されている。

5-2 テレテックスの通信プロトコル

テレテックスの通信プロトコルは、通信の機能を高位

とか低位といったいくつかの階層に分けた構成を取っている。それら階層化されたそれぞれの部分はレイヤと呼ばれ、テレテックスの通信プロトコルは 7 レイヤからなる。テレテックスサービスが回線交換データ網 (CSDN) で導入される場合のレイヤ構成とリコー EX51200 SCU と CCU の通信機能分担を図 8 に示す。通信プロトコルシーケンスを図 9 に示す。

リコー EX5120 では、レイヤ 1～5 は CCU が、レイヤ 6～7 は CCU と SCU が共同して処理を行っている。

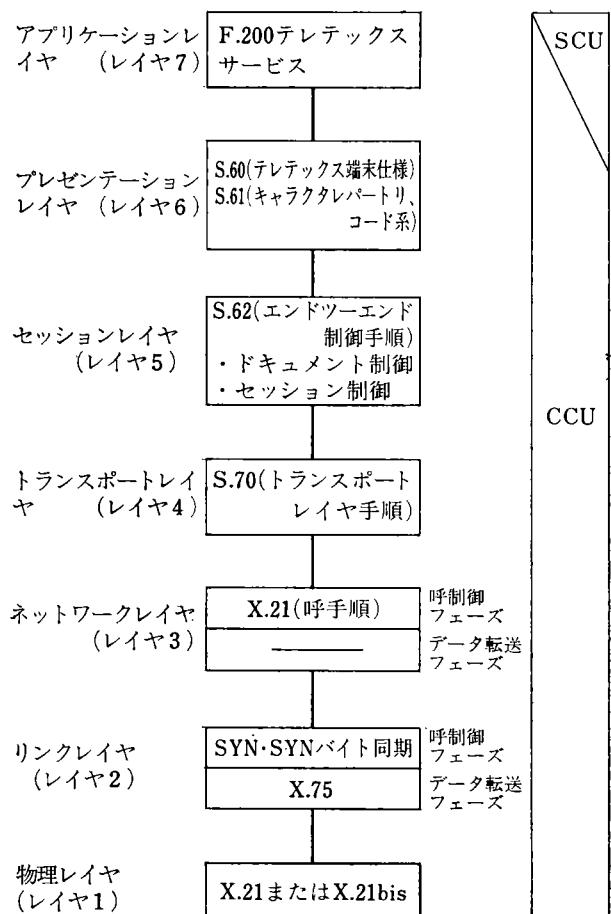


図 8 テレテックスのレイヤ構成と EX5120 の通信機能分担

5-3 CCU コントロールプログラム

CCU コントロールプログラムは、CCU の ROM に記憶されている。プログラム構造を図 10 に示す。

(1) CCU-OS

各レイヤの処理を行うプログラムは独立したタスク構造になっている。これら複数タスクの実行管理を行うとともに、SCU I/F の制御、通信 LSI の制御、タイマ管理、メモリ管理、メッセージ交換などを行う。いわゆるリアルタイムマルチタスク OS である。

(2) レイヤ制御プログラム

レイヤによっては、メインタスクの他に複数のサブタ

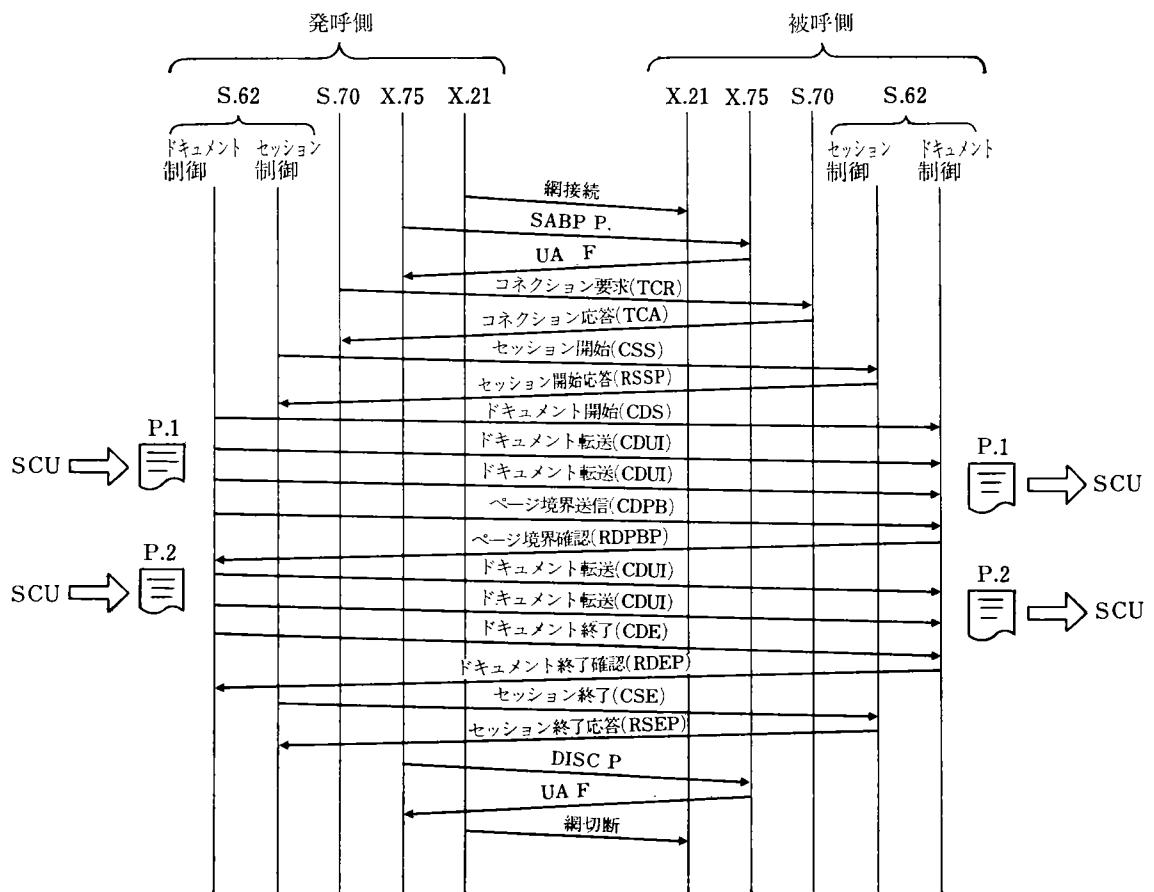


図 9 テレテックスの通信プロトコルシーケンス

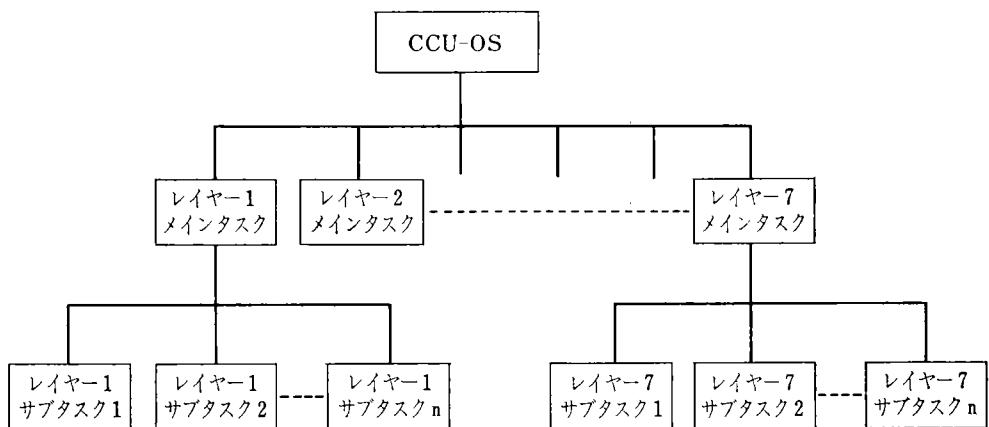


図 10 EX 5120 の CCU プログラム構造

スクで構成されている。したがって、全体では 19 タスクからなる。

タスクとタスクの間の同期は CCU-OS のメッセージ交換機能を使ってとられている。タスクが発信するメッセージの一般的なフォーマットを図 11 に示す。タスク間でのメッセージ交換は図 12 のように行われる。

各レイヤタスクは、隣接するタスク間で、各種メッセージの交換を行いながら、メッセージに応じたそのレイヤのプロトコルで決められた処理を行う。これによって文書の送受信がなされる。

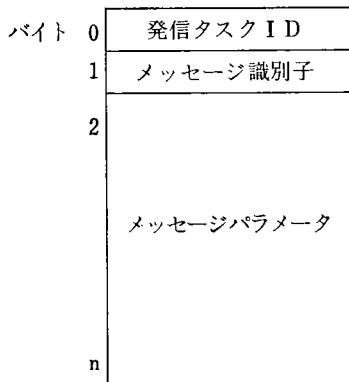


図 11 メッセージの一般的なフォーマット

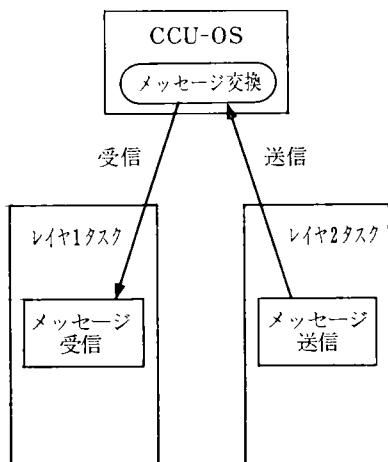


図 12 タスク間メッセージ交換

5-4 テレックスとの相互通信

テレックスは、従来のテレックスと網提供者が設置する変換装置（C/F）を介して相互通信ができる。テレックスとテレックスの相互接続状態を図 13 に示す。それぞれの網の通信速度や通信プロトコルの相違は変換装置が吸収している。すなわち変換装置はテレックス網側にはテレックスとして動作し、テレックス網側にはテレックスとして動作し、通信文の蓄積交換処理を行っている。

変換装置を介して、テレックスに送信するためには、テレックスのアドレスなどを格納した制御ドキュメントを送信するドキュメントに先立って送信しなければならない。リコー EX 5120 では、レイヤ 7 タスクが、キーボードからのテレックスアドレスから制御ドキュメントを自動生成し、テレックスとの通信を可能にしている。

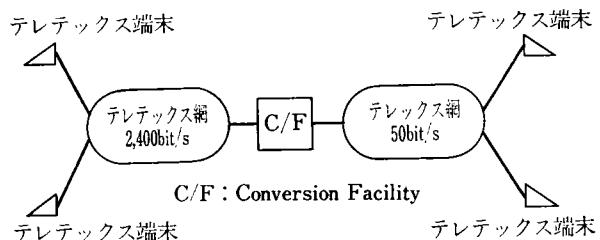


図 13 テレックス端末とテレックス端末の相互接続

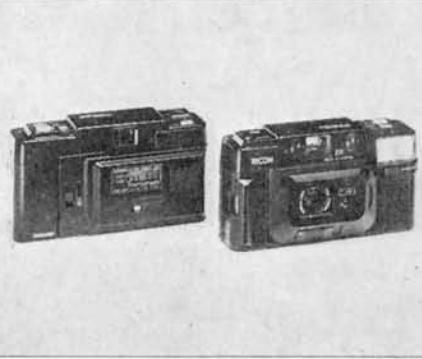
6 おわりに

テレックスサービスは、1982年6月、西独が世界最初にサービスを開始したのをかわきりに、ここ数年のうちに各国がサービスを開始することになっている。日本でも、郵政省のもとで日本語テレックスの通信方式が検討されている。さらに CCITT では、文字と画像の混在した文書通信ができるミックスモードテレックスが検討されており、テレックスはこれからの通信メディアとして発展と普及とが期待されている。

このような中で、テレックス市場は、まだ創世期にあるが、日本メーカーとして初めて西独の型式認可を取得したリコー EX 5120 は、市場参入機としての役割を十分はたすものと期待している。尚、西独の型式認可は欧州各国の中でも特に厳しく、プロトコルの各レイヤ毎に通常処理、異常処理が綿密に試験された。

今後は、市場動向を見ながら、多様な市場ニーズに応えた新機種の開発を進めていきたい。

おわりに、本機の開発にあたり、社内外の多くの方の御協力御指導をいただいたことに深く感謝します。



全自动35ミリコンパクトカメラ リコーFF-3DAF

Fully Automatic 35mm Compact Camera
RICOH FF-3DAF

安藤 昭^{*}
Akira Ando

要 旨

リコー FF-3DAF/マイポートは高精度デジタルクォーツデータを内蔵、電動モーターによる自動巻上げ巻戻し、フィルム装填の自動化されたストロボ内蔵全自動オートフォーカスカメラである。

外観はすべて黒色塗装をほどこした高級仕上げ、レンズキャップを内蔵した薄型で、携帯性、操作性を追求した軽量コンパクトなカメラである。

ABSTRACT

The FF-3DAF/MY PORT is a fully automatic auto-focus camera including such (automatic) features as automatic dating with highly accurate digital quartz mechanism, automatic winding and rewinding, also automatic film loading by a micro motor and built-in flash unit.

It is not only furnished with the high-grade black finish but also made compact and thin with retractable lens shield optimizing portability and operational comfort.

1 はじめに

近年35ミリレンズシャッターカメラは、自動露出、ストロボ内蔵、オートフォーカス、オートデータさらに電動モーターの内蔵によるフィルムの巻上げ巻戻しが自動化され、シャッターボタンを押すだけでだれにでも失敗のない写真が撮れるようになった。しかし自動化が進むにつれてカメラは大きく重くなり携帯性が失われる傾向にある。また一方では携帯性を重視して、カメラケースやレンズキャップを無くしたコンパクトなハンディタイプのカメラが実現してきた。

リコー FF-3DAF/マイポートは両者の長所を採り入れた携帯性のよいコンパクト全自动カメラを目標に開発

されたものである。

オートフォーカス機構は測距素子に PSD (Position Sensitive Device) を用いた赤外線投光式で、オートフォーカスの方式及びこれに用いる LSI はリコーが独自に開発生産したものである。

オートデータは高精度のデジタルクォーツ時計を内蔵し、シャッターを押すと同時に日付か時間がフィルムに自動的に写し込まれる。

コンパクトカメラを実現するために、全長の短い薄型撮影レンズの開発、可動部のないオートフォーカスの自社開発、電動モーターのスプール内蔵、ストロボ回路ユニットと電源電池の並列配置、オートデータ電源にはリチウム電池を採用することなどによってカメラの大きさは横幅130×高さ70×奥行46mm、重さ315gのコンパクトなカメラが開発できた。

本稿ではオートフォーカス、オートデータ、フィルム給送を中心に解説する。

2 仕様と特徴

2-1 仕 様

本機の主な仕様を表1に示す。

表 1

No.	項 目	仕 様
1	型 式	35mm レンズシャッター式自動焦点カメラ
2	レ ン ズ	リケンレンズ 35mm F3.2 5群5枚構成マルチコート
3	焦点合わせ	自動焦点式、プレフォーカス機能付、測距(撮影)範囲 1m~∞、1m以内の距離では、ゾーンマーク点滅で撮影不能を警告
4	データ機構	時計組み込みオートデータ式(1983から2009年まで作動)
5	写し込みモード	年月日、日時分、午前(午後)時分
6	表示モード	年月日、日時分、午前ないし午後時分、写し込み禁止
7	データ用電源	CR2025(リチウム電池)1個
8	シャッター	プログラム AE式電子シャッター、EV6(F3.2, 1/6秒)~EV17(F16, 1/500秒)
9	露出制御	CdS 受光素子使用、測光範囲 EV6~EV17(ASA/ISO 100)
10	フィルム感度範囲	ASA/ISO 25~1000
11	セルフタイマー	電子式約10秒、LED・電子音による表示
12	ファインダー	アルバダ式ブライトフレーム付ファインダー 倍率0.46倍、視野率84%
13	ファインダー情報	視野枠、近距離補正マーク、オートフォーカスフレーム、ゾーンマーク、手振れ警告マーク
14	フィルム巻上げ巻戻し	電動モーターによる自動巻上げ巻戻し、パトローネ在否確認窓付
15	フィルム装填	リコードオートロード方式
16	フィルムカウンター	順算式、裏蓋開閉による自動復帰
17	内蔵ストロボ	ストロボスイッチによりストロボ撮影に切り替え
18	ガイドナンバー	12(ASA/ISO 100・m)、露出調節はフラッシュマチック方式
19	発光間隔	約7秒
20	撮影可能回数	新品アルカリ電池使用時(常温 20°C)、ストロボを使わないとき…24枚撮りで100本以上 毎回撮影時ストロボを使用のとき…24枚撮りで10本以上
21	電 源	単3型アルカリ電池2本、又は単3型マンガン電池2本 ニッカド(Ni-Cd)電池使用不可
22	大きさ	130mm(幅)×70mm(高さ)×46mm(奥行)
23	重 量	315g(電池別)

2-2 特 徴

- (1) 小型軽量薄型
- (2) 可動部のない高信頼性オートフォーカス
- (3) 自動的にバッテリーチェックするオートデータ
- (4) カメラプレの少ないソフトタッチな電磁レリーズ
- (5) シャッターボタンの半押しで測距結果がみられる、

ゾーンマークのファインダー内 LED 表示

- (6) シャッターボタンの半押しにより、構図が自由に選べる繰り返し測距、フォーカスロック機構
- (7) レンズの汚れを防ぐワンタッチ操作のインナーレンズキャップ
- (8) ワンタッチ操作でスタートするセルフタイマー
- (9) スプールローラーにフィルムを載せるだけのオートロード
- (10) ワンタッチ操作で巻戻すオートリワインド
- (11) ランプの点滅で確認できるフィルム給送
- (12) フィルムエンド、巻戻し終了を知らせる電子ザード

3 外観と操作性

3-1 外 観

本機は上カバー前カバーをプラスチックにし軽量化を図り、裏蓋は薄型化のため金属を採用し、すべて黒色塗装仕上げで高級感を出している。

ファインダーとその両側にあるオートフォーカス窓を上カバーよりわずかに突出させた1枚のガラスでまとめたスリムなデザインである。

裏蓋には大きく見やすいデータパネルがあり、カメラ前面にはホールディング性を考慮したグリップ部を出張らせてるとともにスベリ止めの小さな凹凸が設けてある。カメラ上面には大型で押しやすいシャッターボタン、フィルムカウンター、ストロボ充電完了ランプ、巻上げ巻戻し表示ランプ、セルフタイマーボタンなどがある。

3-2 操 作 性

セルフタイマー、ストロボ、巻戻し、インナーレンズキャップ等の操作部材はワンタッチで操作でき、方向、力量、形状を配慮し、使いやすくなっている。特にインナーレンズキャップはカメラ前面下部のボタンを左右に動かすとインナーレンズキャップが開閉するワンタッチ操作なので速写性が向上し、かつレンズキャップをなくしてしまうという心配がない。インナーレンズキャップが閉じているときはすべての電源が切れるのでレリーズもロックされ、ストロボスイッチを切り忘れてもむだな電気の消費を防ぐことができる。なお巻戻しはインナーレンズキャップが閉じていても操作できるようになっている。

4 構 成

本機のシステムは図1に示すように

- (1) オートフォーカス部
 - (2) 露出制御部
 - (3) フィルム給送部
 - (4) オートデータ部
- の4つからなっている。

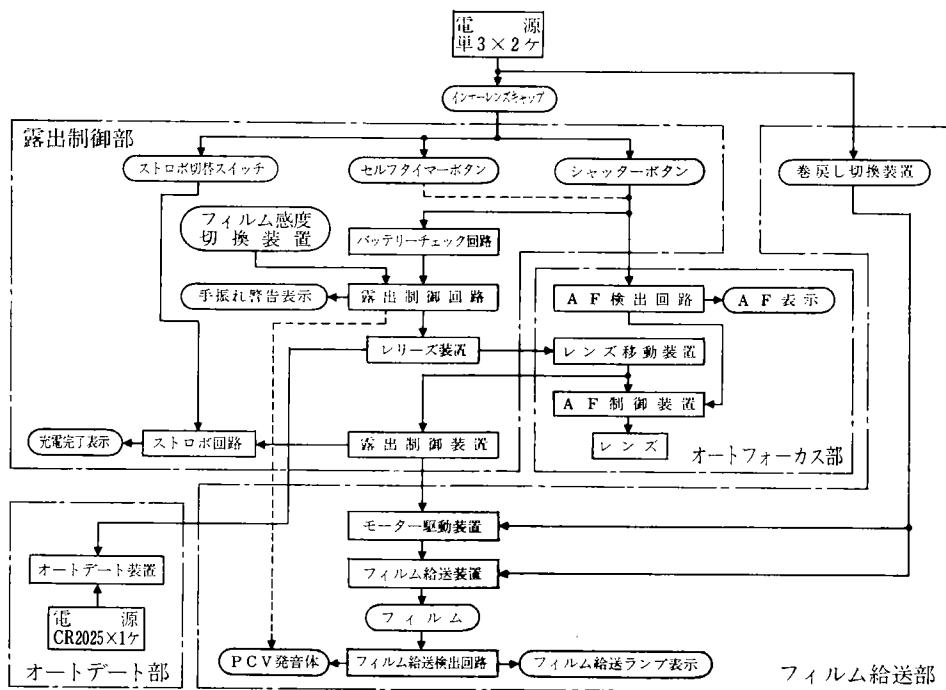


図1 システムブロックダイアグラム

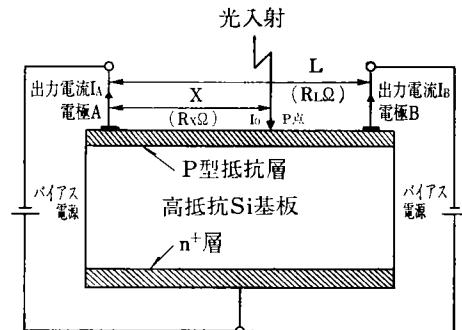
電池は単3型電池2本であり、電池を有効に使用するために、電源の供給はシャッター（露出制御、オートフォーカス）、フィルム給送、ストロボの順に時分割している。アルカリマンガン電池2本の使用で、ストロボを毎回使用して24枚撮りフィルム10本の撮影が可能であり、ストロボを使用しないときは100本の撮影ができる。なおオートデータ装置には自己放電の少ないリチウム電池CR2025(1ヶ)を採用した。1年に400ショット(36枚撮りフィルム10本)の撮影で約3年の長寿命である。

5 オートフォーカス機構

オートフォーカスの測距方式には、レンズシャッターカメラに多く用いられている三角測量方式、一眼レフカメラに使用されている焦点検出方式、超音波方式がある。また三角測量方式の中には赤外線を用いたアクティブ方式(投射光方式)とパッシブ方式(像合致方式)とがある。

本機のオートフォーカスの測距方式は、三角測量のアクティブ方式である。アクティブ方式は被写体輝度に依存せず、低コントラストでも測距精度がすぐれている。一方赤外光のパワーによって測距できる距離が限定されてしまう欠点をもっているが、ハイパワー赤外LEDによってこの欠点を解決している。

ハイパワー赤外LEDによって照射された被写体からの入射光の位置検出センサーとして半導体位置検出素子PSDを採用した。図2がPSDの断面構造である。高抵抗半導体(シリコン)が均一な抵抗層により形成され



$$I_A = I_0 \cdot \frac{R_L - R_X}{R_L}, \quad I_B = I_0 \cdot \frac{R_X}{R_L}, \quad \frac{I_A}{I_B} = \frac{L}{X} - 1$$

図2 PSDの断面構造図

ている。いま入射光が光電効果を有しているPSD光入射面のP点に当たると、ここで発生した光電流はP型抵抗層を通して、それぞれ電極A、電極Bに分割される。このため電極A、Bに同じバイアス電圧を与えておけばこれらの出力電流IA、IBはそれぞれの電極までの抵抗値に逆比例するように取出される。P型抵抗層は均一であるので、電極A、Bに流れる光電流の比(IA/IB)を求ることにより、入射光量に関係なく光の入射位置P点を求めることができる。

つぎにオートフォーカスの動作を説明する。図3がAF機能ブロック図である。ファインダー中央部のオートフォーカスフレームで被写体をねらって、シャッターボタンを半押しすると、AF回路に電源が供給され、投光LEDが短時間1回だけ発光する。この発光は投光レンズによって被写体に当って拡散反射する。この反射光

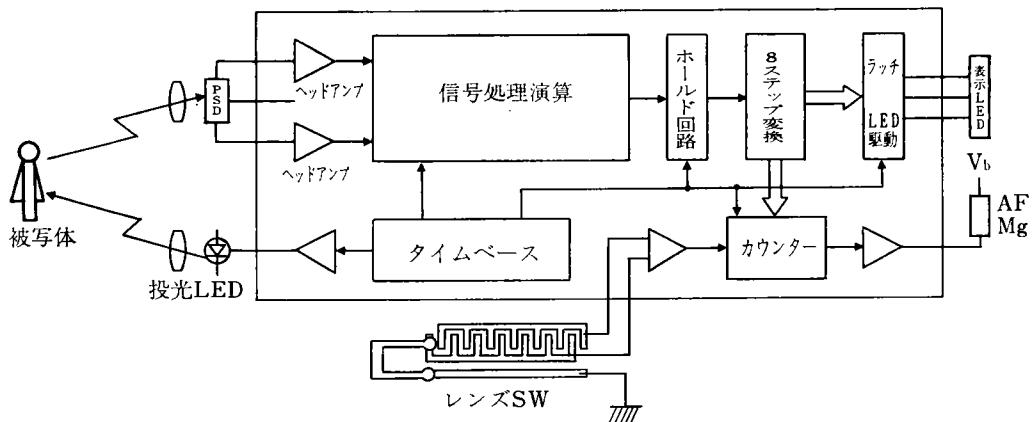


図3 AF機能ブロック

を受光レンズにより PSD 面上にスポット光として結像させると、三角測距の原理により被写体距離に応じて PSD 面上のスポット光位置が変化する。この位置の変化は、前述したように PSD の出力電流比の変化として現われる。出力電流はスポット光の重心位置によって決まるので、スポット光の形状によって測距性能が変化する。図4に示すようにスポット光が2重のものは1重のものに比べて測距性能が悪いことがわかる。この PSD

このデジタル出力をレンズストップ用カウンターにプリセットするとともに、ファインダー内のゾーンマーク表示 LED を点灯させる。このとき被写体距離が撮影可能な範囲である1mより近すぎる場合には、近距離マーク

■を点滅させて注意を促すようにしてある。なおこの測距結果はシャッターボタンを半押しした状態では記憶保持されているので構図を自由に選ぶことができる。

つぎに撮影するためにさらにシャッターボタンを押すと撮影レンズの係止が解かれ、レンズは回転を始め、これに伴ってレンズ SW からレンズ位置に対応したパルスが発生する。これをカウンターでカウントし、前記プリセットされた距離情報によって指定されたパルス数に達したとき AF マグネットを OFF してレンズを止めピント調節を完了する。本測距機構は機械的作動部分がないので信頼性の向上と装置の小型化が図れた。

このシステムの特徴はつぎのとおりである。

- (1) 機械的走査がなく、連続した位置信号が得られる。
- (2) 暗い所でも測距できる。
- (3) 測距 I-C は Bi-CMOS を採用して、リニア回路およびデジタル回路を1チップ構成とし、高集積化、低電圧作動低消費電力化を図っている。

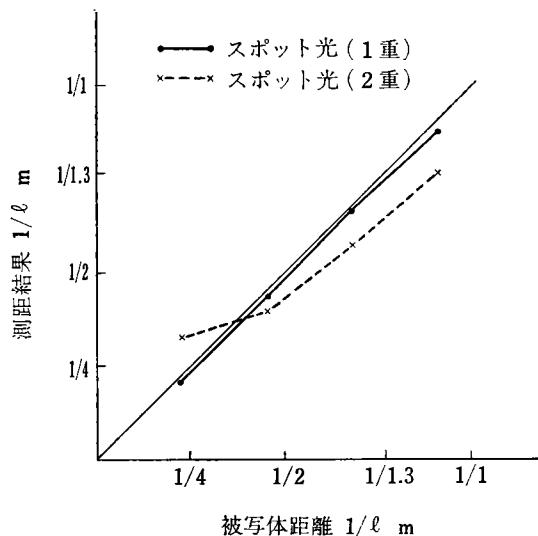


図4 スポット光の形状による測距性能

出力電流をおのの反射光ぬき取り回路に入れ、外光電流に含まれている反射光電流をぬき取る。反射光電流のぬき取りを容易にするために PSD の保護用エポキシ系充填剤の中に可視光カット色素を混入させて太陽光などによる外光電流を減少している。また交流光源（螢光灯）の外光に対してはぬき取り回路中に補償回路を導入し、測距精度を確保している¹⁾。つぎにこれらの電流値の比により被写体距離の情報を電圧の形として取出すための信号演算処理をする。この電圧を8ステップに分割し、

6 露出制御機構

シャッターは、
シャッター羽根と
絞り羽根兼用の電
子制御式プログラ
ムシャッターであ
る。本シャッター
では図5に示すよ
うにシャッター羽
根の開き特性を制
御するのに羽根開
き部材とシャッタ

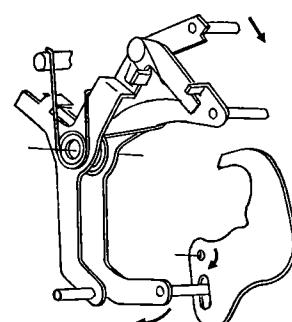


図5 羽根駆動部

ー羽根の慣性を利用したガバナーレス方式を採用している。羽根開き部材を揺動レバーとすることで摩擦による影響を受けにくい構造にし信頼性の確保を図っている。

受光素子に CdS を使用し、運動範囲は EV 6~17 使用フィルム感度は ASA 25~1,000 である。また図 6 に示すプログラム線図のように、EV 6~10 付近まではシャッター速度のみが変化するように設定してあり、カメラプレが起こりにくい配慮をしている。

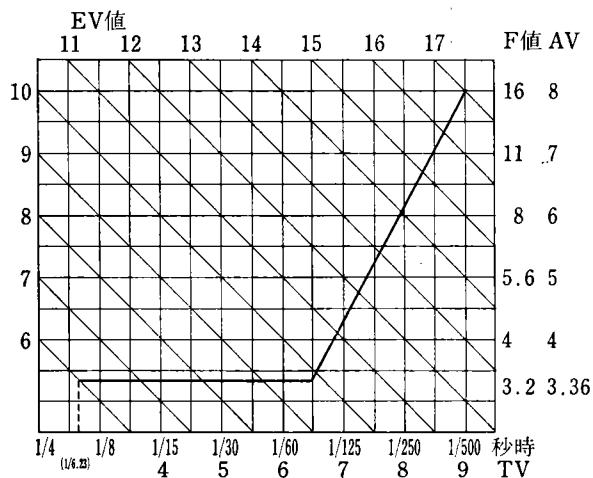


図 6 プログラム線図

フラッシュ撮影は、ストロボボタンを横方向に引出すと絞りは自動的にフラッシュマチックに切替り、シャッター秒時は 1/60 秒となる。また被写体を逆光撮影する場合などストロボを補助光として使用するときは、フラッシュ撮影秒時かオート秒時のどちらか早い秒時で撮影される小絞り優先式を採用している。

レリーズ動作からフィルム給送するまでのタイムチャートを図 7 に示す。

シャッターボタンを半押しすると第 1 レリーズが ON して電源が AF 回路と AE 回路に供給され、AF は測距回路により測距する。同時に AE 回路は、電池の電圧をチェックするとともに被写体輝度を測定し、シャッター速度が手振れ限界を超えているときはストロボの使用を促すための マークをファインダー内に表示する。このとき前記バッテリーチェックが NG のときには、ファインダー内の マークは点灯せず以後の I-C 機構は禁止される。バッテリーチェックが OK の場合で、さらにシャッターボタンを押すと第 2 レリーズが ON し、パワーホールドするとともにレリーズパルスが発生してレリーズ装置が作動する。この作動によってガバナーレス方式で AF 板にレンズが移動を開始し、測距結果に基づいてレンズが固定される。その後シャッターの開閉作動が行われてからフィルム給送が開始する。

AE 回路のロジック部に I²L 構成を持つバイポーラモ

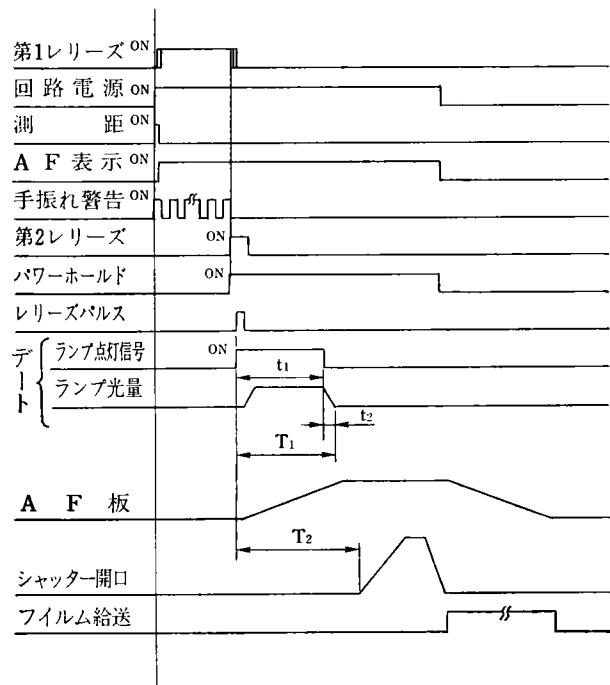


図 7 タイムチャート

ノリシック IC を採用し、パワーホールド機能をもたせることにより、シャッターボタンを押しつづける必要がない。また操作性のよいワンタッチセルフタイマーも可能になった。また PCV (ピエゾ・セラミック・バイブレーター) の駆動は BTL (バランスド・トランスフォーマー・レス) 方式とすることにより、フィルムエンド時等の電源電圧低下時にも充分な音が得られるように配慮した。

7 デート機構

本データ機構は裏蓋に組込まれており、カメラ本体のレリーズ装置からの信号によりフィルム裏側から写し込む方式である。その構成を図 8 に示す。

写し込みデータはカメラ外部から確認できるように反射型の外部液晶パネルで表示され、同じデータを透過型の写し込み液晶パネルによってフィルムに写し込む。

写し込みデータは、年月日、日時分、午前（午後）時分の 3 モードである。

外部液晶パネルには写し込みデータの他に、フィルム感度を ASA 100, ASA 400 の文字で、また時計が作動していることを ● の点滅で表示する。なおレリーズ後にはフィルム感度表示が 2 ~ 3 秒間点滅して、写し込み完了表示を行う。

構造の特徴は、写し込み部にレンズを使用していないことである。光学系はランプで発光した光線が透過型の写し込み液晶パネルを通過し、文字をフィルムに写し込む方式である。写し込み液晶パネルを通過する光線は、

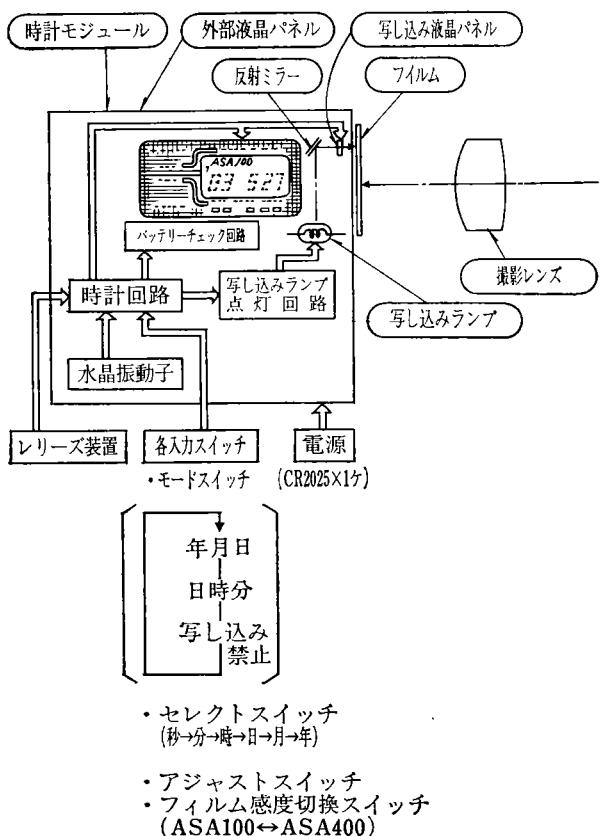


図 8 デート部の構成

ランプと写し込み液晶パネルまでの距離を写し込み液晶パネルとフィルムまでの距離に比して大きくすることによって、平行光線となり文字はシャープに写し込まれる。なおランプ光線はミラーで反射させることにより厚みを薄くしている。

データ写し込みのタイミングは図7にタイムチャートを示した。カメラのシャッターボタンを押し、第2レリーズがONするとAE-ICよりレリーズパルスが発生する。これに同期してランプ回路が時間 t_1 ONし、ランプは点灯する。

ランプには白熱ランプを使用しているので、ランプ回路がOFFしてからランプが消灯するまでのランプ残光時間 t_2 があり、写し込み時間 $T_1 = t_1 + t_2$ となる。一方レンズを作動させるAF板は作動時間を一定にするガバナー機構を採用しており、AF板の作動でシャッター開口が開始されるまでの時間 T_2 は一定となっている。本機では $T_1 < T_2$ の関係式を保つようにそれぞれの時間が設定されている。

フィルム感度のちがいによる写し込み露光量の調節はランプを連続点灯(ASA 100)とパルス点灯(ASA 400)によって変えている。

写し込み露光量はランプ点灯電圧によってランプ輝度が変わるので、ランプ点灯電圧に影響される。またデー

タはフィルムの裏側から写し込むので、フィルムの種類によっても影響を受ける。この関係を実写評価した結果写し込み限界はランプ電圧 $1.5V \sim 1.7V$ である。

図9は電池放電特性である。前記の結果とあわせると電池寿命は3年の長寿命である。

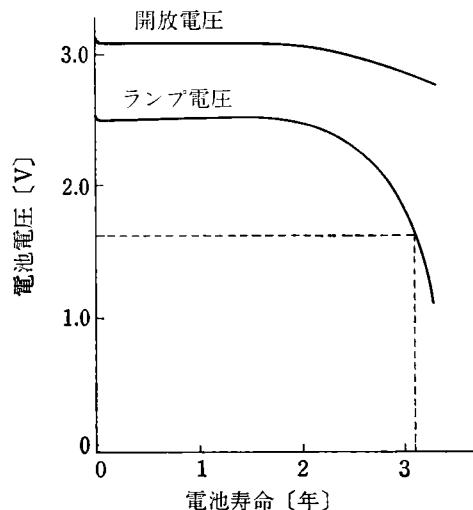


図9 電池放電特性

本データ機構には自動バッテリーチェック機能があり電源電圧が最低動作電圧以下になると、外部液晶パネルのすべての表示が点滅して、電池の交換を促すとともにデータの写し込みが禁止される。

バッテリーチェックのタイミングは下記である。

- (1) 電池装填時
- (2) 1時間に1回
- (3) データ写し込み後

8 巻上げ巻戻し機構

本機の電動巻上げ巻戻し機構の特徴は下記である。

(1) モーターはスプールに内蔵し、巻上げ駆動系はマイクロスイッチによるスイッチング機構を採用することにより、耐久性能が向上されコンパクトな機構となった。

(2) 巷戻し操作はワンタッチ操作方式にすることにより操作性が向上した。ロック部材のない簡単な構造であるが、操作力量および切替えタイミングを配慮し、不注意にボタンが動いてしまうのを防いでいる。

(3) フィルム装填は、フィルム先端をスプールローラーの上に載せ裏蓋を閉じ、シャッターボタンを押すだけで巻上げるので初心者でも簡単にフィルム装填ができるようになっている。

フィルム給送は巻上げ表示ランプの点滅によって確認できるので簡単な操作とランプ表示で使いやすいカメラとなっている。

図10に機構を示す。1個の小型電動モーターにより巻上げ巻戻しを行っている。

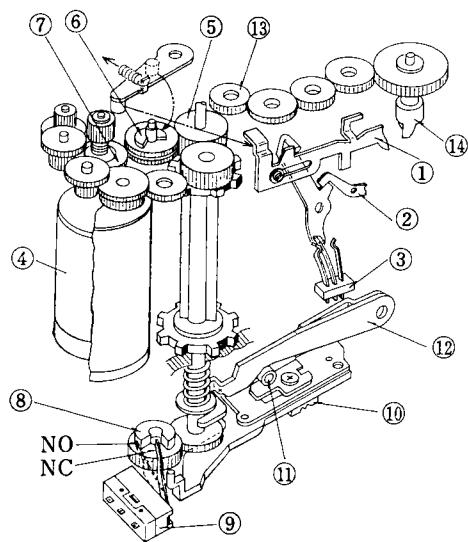


図 10 卷上げ機構

シャッターボタンを押すと、AF板①を係止しているマグネットが反発してAF板の係止が解除され、AF板が作動する。シャッター羽根閉じ信号によりモータースイッチロックレバー②が回転して、モータースイッチ③を切替えることによりモーター④に給電され、巻上げ状態となる。

モーターの回転が減速されてスプロケットギア⑤が回転する。チャージギア⑥、スプールギア⑦が回転して、シャッターセットおよびフィルム給送が開始される。巻上げ音は減速ギアにナイロンギアを入れることで騒音を低下するように配慮した。

タイミングギア⑧はスプロケットギアと同期して回転

し、巻上げ開始直後にマイクロスイッチ⑨のアクチュエーターをNC側からNO側に押し込んで保持する。シャッターセット完了前にモータースイッチがモーターシャント側に切替わり、セット完了後マイクロスイッチのアクチュエーターがタイミングギアのカム部から開放されると、モーターの両端が閉じて給電停止し巻上げを完了する。巻上げ時間は1秒以内である。また従来、フィルムエンド時にスプロケットによるフィルム切れを生じやすかった。これはモーターからスプロケットまでの伝達装置にスリップ機構がないのでモーターの最大トルクが直接フィルムに掛るためである。本機ではフィルムエンド時のフィルム切れを防ぐためにスリップ機構を設け、モーターの最大トルクがフィルムに掛らない構造としている。

巻戻しは本体底部の巻戻しボタン⑩をスライドさせることにより、ローラー⑪が巻戻しレバー⑫の斜面を押し上げて、スプロケット歯車軸を軸方向にスライドさせて保持する。スプールおよびスプロケットはフリー状態となり、スプロケットギアが巻戻し1歯車⑬とかみ合い、マイクロスイッチがNO側に押込まれてモーターに給電される。巻戻しフォーク⑭がフィルムのパトローネ軸を回してフィルムが巻戻される。

フィルム巻戻しが終了すると、巻戻しボタンをOFF側にスライドさせることによりモーターが停止する。

巻戻し時間は36枚撮りフィルムで約30秒である。

モーター負荷トルクは図11のように設定してある。特に巻戻し時の負荷トルクを巻上げ時より低く設定することによって、電池消耗による巻戻し途中で止まる危険を少なくしている。

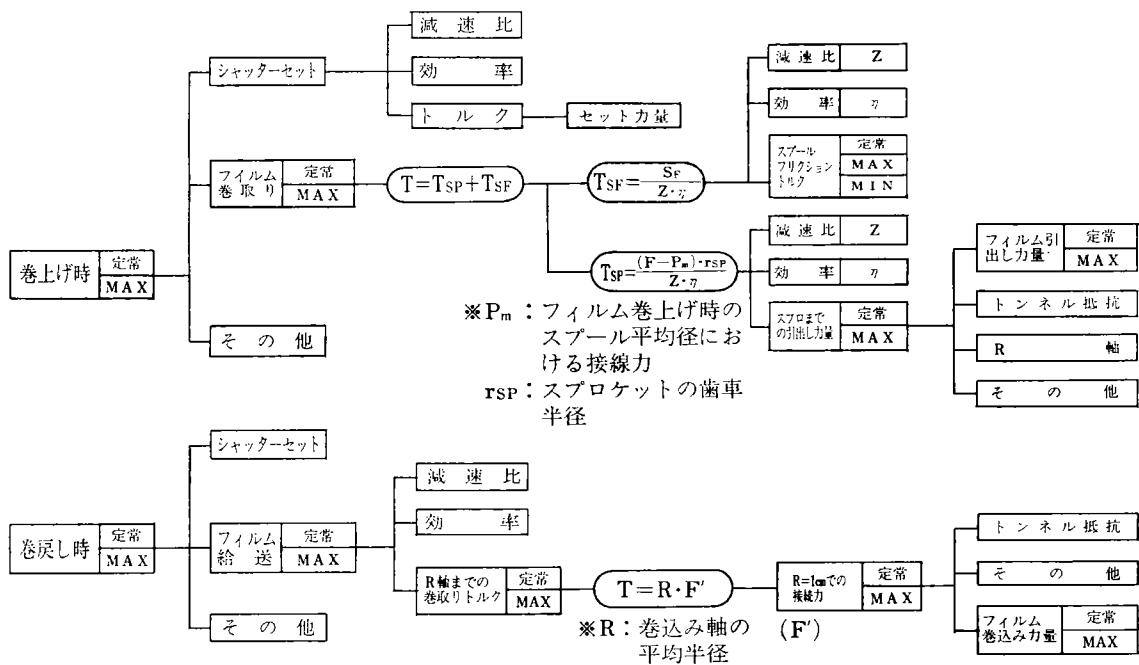


図 11 モーター負荷トルク設計基準

9 撮影レンズ・ファインダー

ポケットに入る薄型カメラにするために、しかもオートフォーカスに適するように、新しく設計された焦点距離 35 mm, F 3.2, 望遠比 1 以下のコンパクトな高性能広角レンズが装備されている。

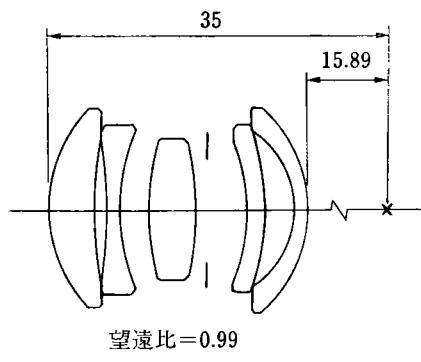


図 12 レンズ構成

図 12 の構成図に示すように、コンパクトにするためにテレフォトタイプを採用し、前群はトリプレットタイプで主として結像作用を分担し、後群の凹メニスカスレンズは薄型化と像面湾曲を補正するフィールドフラッターナーである。

このレンズは前述のオートフォーカスシステムとともに結像性能に重点をおいて設計されている。

レンズの収差特性を向上するため 5 枚構成にし、さらにすべてのレンズに高級なガラスレンズを採用しているので温度変化などによるピント移動もなく安定している。また F4 より 2/3 段階明るい F 3.2 となっており、望遠比が 1 以下の薄型コンパクトレンズにもかかわらず、像のコントラスト指数である MTF の値も高く、優れた描写力をもっている。

レンズ裏面には本格的マルチコーティングが施されている。マルチコーティングはレンズ表面の透過率の増加と、有害な紫外光をカットする特性をもっているため、ゴーストイメージやフレアーや除去し、フィルターを使用しなくてもクリアな画像とナチュラルな色再現が得られる。

また焦点調節はオートフォーカスメカニズムで前群の 3 枚レンズを繰り出すことにより行うが、その繰り出し量は無限遠から 1 m の至近距離までに対し、0.47 mm と小さくボディーの小型化にも役立っている。

ファインダーは図 13 に示すように、アルバダ式ライトフレーム付きを採用している。

第 2 対物レンズのハーフミラー面には非球面を採用している。この非球面の目的は、視野中央のオートフォーカスフレームと、周辺の視野枠の視度に差がなく、どちらも見やすく、かつ目が接眼レンズの中心から外れても

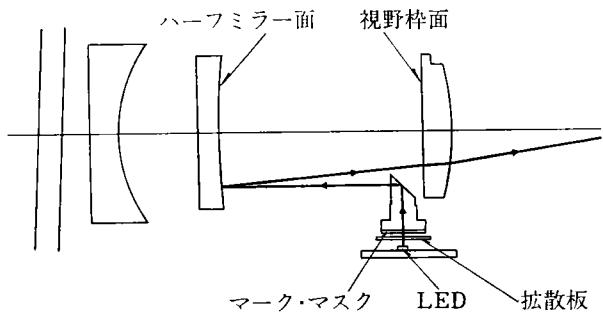


図 13 ファインダー構成

視野枠も視野もよい見え味を保つためである。

アルバダ式ファインダーの特徴として、フレーム像が遠くにできるため、目が接眼レンズ中心から外れても、撮影範囲やオートフォーカス範囲も動かない。

ファインダー視野図は図 14 に示す。視野中央のオートフォーカスフレームにはピントを合わせたい被写体を入れる。視野の下側にはゾーンマーク、手振れ警告マー

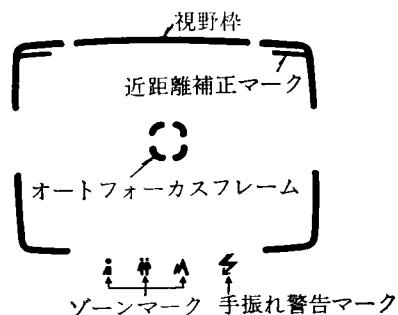


図 14 ファインダー視野図

クがあり、いずれも見やすい視度になっている。これらマークは LED によってプリズムを通して表示され、必要なときに表示が見えるわかりやすい情報表示ファインダーとなっている。

10 おわりに

以上リコー FF-3 DAF/マイポートのオートフォーカス、オートデート、フィルム給送を中心に紹介した。

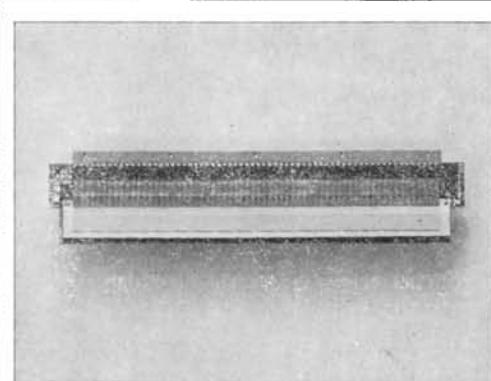
本機は全自动オートフォーカスカメラの中で最もコンパクトな部類に入り、初期の目標を達成することができた。

今後も自動化とコンパクト化をさらに進めた使いやすいカメラの開発に努力したい。

最後に、本カメラの開発については社内外の多くの方々に御協力と御指導いただいたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) Ricoh Technical Report No. 9, (1983)



ラインバッファ付薄膜形 サーマルヘッド RH-B48-02

Thermal Print Head with Line Buffer Memory
RICOH RH-B48-02

矢吹芳郎* 吉村武裕* 玉置俊平*
Yoshiro Yabuki Takehiro Yoshimura Shunpei Tamaki

要 旨

ラインバッファ付薄膜形サーマルヘッド RH シリーズは、従来の TH シリーズサーマルヘッドに改良を加え、さらに小型化、高画質化をねらって開発された 8 dots/mm エッヂタイプのサーマルヘッドである。その特長は以下の通りである。

- (1) 発熱体がヘッドの端部に配置されたエッヂタイプ（機器のコンパクト設計、印字結果の即時判読）
- (2) 新開発の Bi-CMOS LSI を搭載（低消費電力）
- (3) 発熱体長 130 μm（記録画像の縦線横線の濃度一様、シャープな画像）
- (4) 新開発の発熱体の採用（高信頼性）

ABSTRACT

RH series thermal printhead, which incorporates direct drive circuits is an improvement over the well received existing line and attains an 8 dots per millimeter density.

A newly developed bi-CMOS LSI of a reduced chip size and high density tape carrier mounting technique have made this new RH series possible.

Main features of the series are as follows:

1. Edge-type configuration for more compact design
2. Heating element of 130 μm in length
3. Newly developed heater elements achieving a higher reliability.

1 はじめに

1981年春より製造移行した TH シリーズサーマルヘッド（図1）は、開発着手より1年半で製造移行という急テンポで開発がすすめられた。ダイオード搭載型のサーマルヘッドが主流であった当時としては、リコーが開発したドライバー搭載型サーマルヘッドは画期的なものであった。現在では、TH シリーズサーマルヘッドは、ファクシミリの記録部や ME 用レコーダ及びプリンター等にそれぞれ採用されている。その製品展開も、記録密度 4~8 dots/mm、記録幅 40~416 mm までをカバーし

ている。

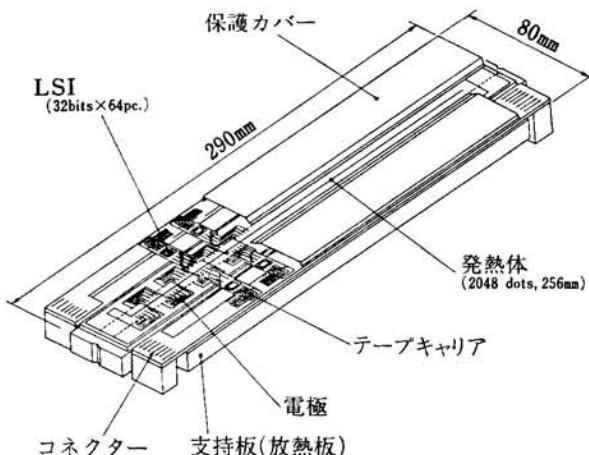
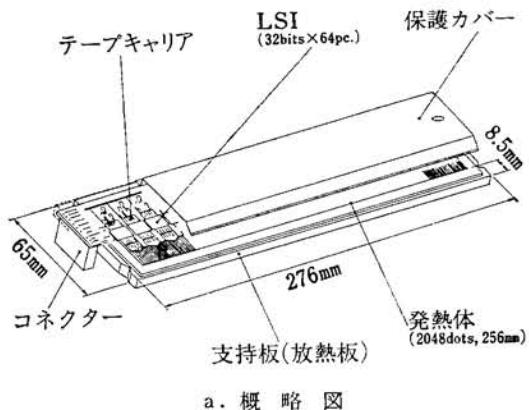
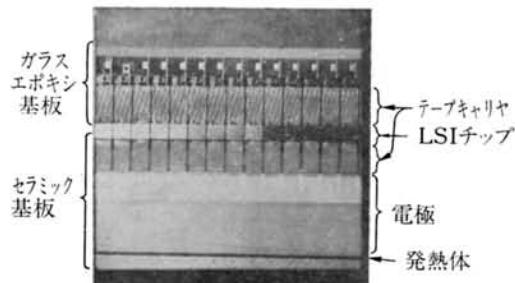


図1 THシリーズサーマルヘッド概略図

さて、今回報告するRHシリーズサーマルヘッド(図2)は前記THシリーズでの品質信頼性を維持しつつ、新設計のLSI、テープキャリア、発熱体パターンを使用した改良型サーマルヘッドである。



a. 概略図



b. 拡大写真

図2 RHシリーズサーマルヘッド

2 開発のねらい

RHシリーズサーマルヘッド商品化においては、下記3項目の達成に主眼を置いた。

(1) 8dots/mm でエッヂタイプ

発熱体がサーマルヘッドの端に配置されているエッヂタイプは、中央に配置されているセンタータイプに比べて、印字された結果が即時判読でき、又機器自体もコンパクトに設計できるなどの利点がある。機器のコンパクト化が望まれる現代において、徐々にエッヂタイプにニーズが移ってきている。

(2) 高印字品質

THシリーズでも、一部機種に採用された正方形の印字ドットが得られる発熱体を採用し、従来の長方形の印字ドットに比べて、縦線横線のライン濃度のそろったシャープな印字を得る。

(3) 発熱体の長寿命化

通常(2)のように発熱体を小さくすると発熱体の寿命が短くなるが、市場の要求から現行寿命以上を保証しなければならない。

3 製品概要

3-1 製品仕様

今回の開発によって得られたRHシリーズサーマルヘッドの中でも、代表的なB4判 8dots/mm の概略仕様を表1に示す。

表1 RH-B48-02 概略仕様例

有効記録幅	256 mm
有効発熱体数	2048 dots
記録密度	主走査 8 dots/mm
発熱体寸法	105 μm × 130 μm
印字濃度	D ≥ 1.0
	印加パルス 1.2 ms/dot
	くり返し 5 ms/dot
	印加電力 0.32 w/dot
使用感熱紙	リコー超高感度感熱紙
ヘッド形状	発熱体片側配置(エッヂタイプ)
発熱体抵抗値	700 Ω (平均抵抗値)
基板抵抗値バラツキ	±15%
隣接抵抗値バラツキ	±5%
信号シーケンス	図3参照
電気回路構成	図4参照
耐パルス性	4 × 10 ⁷ パルス以上
耐磨耗性	30 km 以上

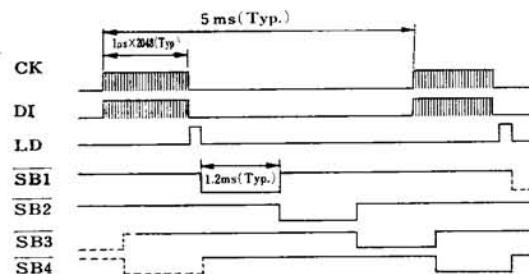


図3 信号シーケンス

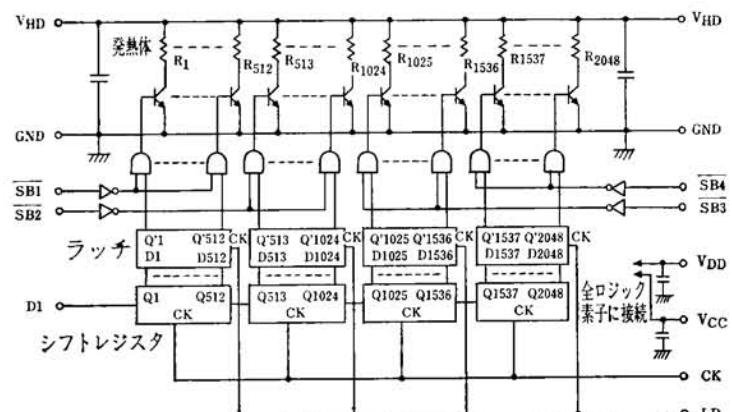


図4 電気回路構成

3-2 開発技術

(1) 新 LSI の開発

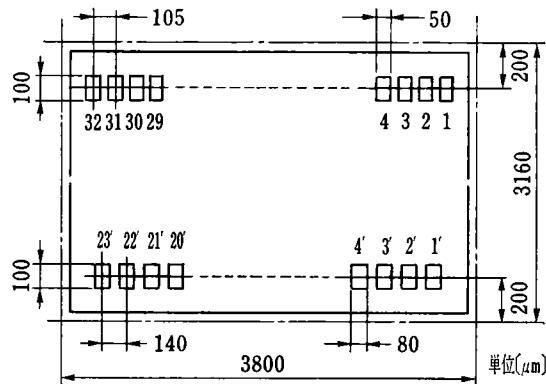
従来の IC をより小型化し、IC 内部の信号入力端子と出力端子を共々反対側に分離配列する回路設計を行なった。これにより、従来 IC サイズが大きいために不可能であった 8 dots/mm ヘッドのエッヂタイプ化が可能となつた。

IC 回路方式には、TH シリーズ同様 Bi-CMOS 方式を採用し、他方式 (IIL 等) に比べ、制御電流が非印字時で 10 分の 1、印字時で約 2 分の 1 という低消費電力を実現した。

表 2 に、今回採用した IC の代表特性を示す。また図 5 に IC のチップサイズ及びパッドレイアウトを示す。

表 2 新 IC 代表特性

出力電圧	max. 30V
出力電流	max. 30 mA
消費電流	max. 510 μ A (32 Tr all off) max. 100 mA (32 Tr all on)
クロック周波数	2 MHz



PAD NO.	信号名	PAD NO.	信号名	PAD NO.	信号名
1'	GND	1	OUT 1	17	OUT17
2'		2	" 2	18	" 18
3'		3	" 3	19	" 19
4'		4	" 4	20	" 20
5'	DATAIN	5	" 5	21	" 21
6'	CLOCK	6	" 6	22	" 22
7'	LOAD	7	" 7	23	" 23
8'		8	" 8	24	" 24
9'	VDD	9	" 9	25	" 25
10'	NC	10	" 10	26	" 26
11'		11	" 11	27	" 27
12'		12	" 12	28	" 28
13'		13	" 13	29	" 29
14'	STROBE	14	" 14	30	" 30
15'	VCC	15	" 15	31	" 31
16'		16	" 16	32	" 32
17'	NC				
18'					
19'	DATA OUT				
20'					
21'					
22'					
23'	GND				

図 5 パッドレイアウト

(2) 高抵抗発熱体の開発

先にも記したように高印字品質を得るために、発熱体を小さくしなければならない。ところが通常の矩形発熱体の場合、発熱体表面の温度が中央部のみ著しく高い(Heat Spot)分布を示すようになる。(発熱体が大きいと比較的中央がフラットな分布を示す。)

高速印字を可能にするためには、印加パルス幅を短かくしなければならない。そのため発熱体への印加電力が大きくなり、発熱体は著しく高温になる。

これらの問題を解決するために、我々は TH シリーズで実績のあるミアンダ形発熱体^(注)を使用した。

このミアンダ形発熱体を使用することにより

(1) 発熱体表面に発生するヒートスポットが無くなり、温度分布がフラットになった。これにより、シャープな印字ドットが得られるようになった。

(2) 発熱体長を 130 μ m まで小さくしても高い抵抗値が選択出来た。発熱体の高抵抗化は、ヘッド搭載機器の駆動回路側の電流負担の大幅な低減を可能にした。

(3) 長寿命発熱体

サーマルヘッドの寿命は、ほとんどの場合、その発熱体の寿命により決定される。従って高信頼性サーマルヘッドを実現するためには、長寿命発熱体の開発が必要である。RH シリーズサーマルヘッドでは、この発熱体の寿命を延ばすための工夫を行なった。この結果従来の TH シリーズサーマルヘッドに比べてより一層の長寿命化が達成できた。

4 品質の向上

RH シリーズサーマルヘッドでは、従来の TH シリーズで培われた各種製造技術、すなわち、薄膜形成技術、テープボンディング技術、アセンブリ技術などといった技術を踏襲しながら、さらに新開発の技術を付加することにより品質の向上がはかられている。TH シリーズは、ファクシミリ用サーマルヘッドとしては業界でもトップレベルの品質を保持しており、その品質実績は高く評価されている。今回、RH シリーズサーマルヘッドの製品化あたり、TH シリーズより向上した主要品質項目について説明すると以下の通りとなる。

4-1 印字品質の向上

印字品質は、サーマルヘッドの性能、品質をあらわす最も重要なファクターである。RH シリーズサーマルヘッドは、その発熱体形状 105 μ m × 130 μ m がほぼ正方形であることを特長とし、微小画素で構成される高品質画像を提供することができる。この正方形発熱体を有するサーマルヘッドは、既に TH シリーズの中の TH1464

(注) ミアンダ形発熱体

発熱体が図 6, 7 のように蛇行した形状になっている。

として市場に送り出されており、印字品質が極めて高いという評価を得ている。この微小発熱体形状は、リコー独自のミアンダ型発熱体形状と相まって、充分な耐久性と共に、高速印字においても、高い印字品質を有している。図6と図7に、RHシリーズサーマルヘッドの正方形発熱体と従来の発熱体($105\mu\text{m} \times 230\mu\text{m}$)の形状をそれぞれ示した。さらに、これら2種類の発熱体による印字結果をそれぞれ図8と図9に示した。この印字結果の比較からも明らかなように、 $130\mu\text{m}$ 長発熱体での印字解像度(シャープさ)は著しくすぐれている。この理由をわかりやすくするために、図10と図11で、両者の違いを模式的に示した。 $130\mu\text{m}$ 発熱体では、図10のような状態で印字されるために、縦、横のライン幅も、ほぼ等しくなる。一方、 $230\mu\text{m}$ 長発熱体では、これが図11のように縦方向は、重ね印字されるため、縦、横のライン幅及び濃度に差のあるものとなる。

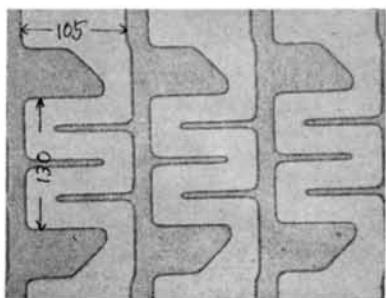


図6 発熱体形状-1 (RHシリーズ)

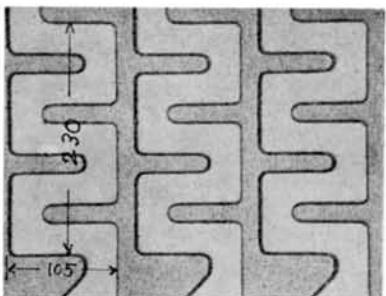


図7 発熱体形状-2 (THシリーズ)

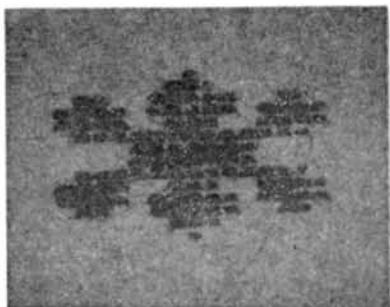


図8 印字形状 (RHシリーズ)

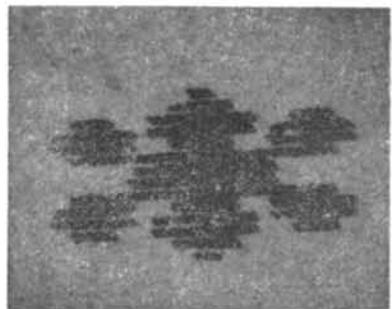


図9 印字形状 (THシリーズ)

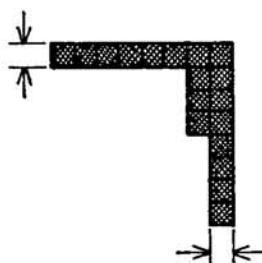


図10 印字形状模式図
(RHシリーズ)

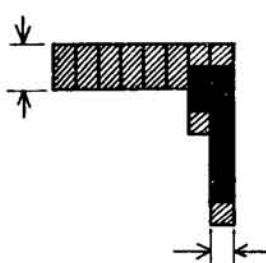


図11 印字形状模式図
(THシリーズ)

4-2 信頼性(耐パルス性)の向上

サーマルヘッドの寿命を決定する最も重要な信頼性評価項目として耐パルス性があり、高速性、印字品質などと同様に、サーマルヘッドの特性を評価する上でも重要なファクターの1つとなっている。ここで、耐パルス性とは、サーマルヘッドの発熱体に加えられる印加パルスに対する発熱体の寿命を意味し、一般には、所定の印加パルスの周期、パルス幅、印加電力、基板温度などの設定条件下で、発熱体の抵抗変化率が±10%となる時点での総印加パルス数により規定されている。

RHシリーズ・サーマルヘッドでは、発熱駆動による抵抗値変化を抑制する効果をもつ発熱体を新たに開発し採用している。この長寿命発熱体の耐パルス特性(図13)は、従来のTHシリーズの発熱体の耐パルス特性(図12)と比較して著しく長寿命である。

RHシリーズサーマルヘッドで使用している長寿命発熱体の新技術は、さらに改良できる余地を残しており、将来の市場における高信頼性に対する要求に対しても充分対応できる有望な手段である。

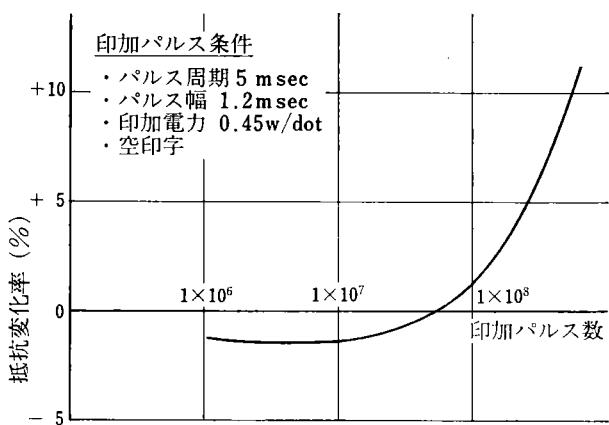


図 12 TH シリーズ耐パルス特性

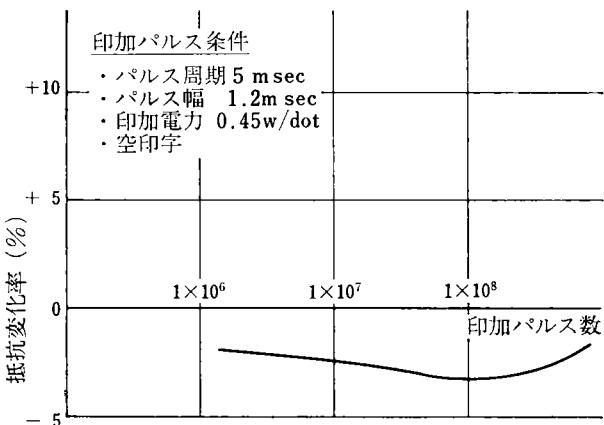


図 13 RH シリーズ耐パルス特性

5 応用例及び今後の展開

感熱記録は

1. 無騒音である。
2. 一次発色であるため、機器がコンパクト化できる。
3. メンテナンスが不要である。

など記録方式固有の長所に加えて、

1. 高解像度化
2. 高速化
3. 高信頼性化

などの品質の向上とともに、様々な分野で応用がなされている。

RH シリーズサーマルヘッドの応用分野としては、まずファクシミリをあげることができる。既に国内のファクシミリ市場において、G II 規格のファクシミリではその約 80%，G III 規格でも約 70% に感熱記録方式が採用されている。特に G III 規格のファクシミリにおいては、従来静電記録方式が主流であったが、ドライバー搭載形

サーマルヘッドの登場によって、高速記録が可能となったために、感熱記録方式が主流となつたものである。

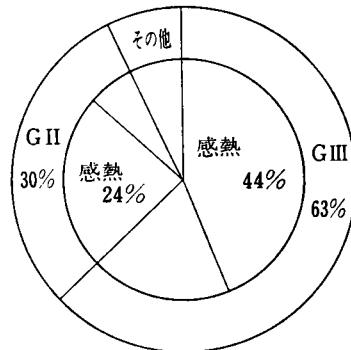


図 14 ファクシミリにおける感熱方式の普及度

また、ファクシミリ以外のサーマルヘッドの応用分野としては、プリンタ・プロッタ、一般計測用及び ME 用レコーダ、コンピュータ端末などがあり、RH シリーズサーマルヘッドはこのような分野での応用が拡大してきている。また、記録サイズに関しても RH シリーズサーマルヘッドは、40~416 mm と幅広いサイズに対応が可能である。

通常は応用分野に応じて、薄膜型あるいは厚膜型、ライン型あるいはシャトル型のサーマルヘッドが選択されるわけであるが、RH シリーズサーマルヘッドはドライバー搭載の薄膜ライン型サーマルヘッドであり、高画質及び高速性が要求される分野において、その特長が最も活かされる。また、発熱体長を短くしたことにより、より高品位な画像を得ることができる。

また、別の角度からサーマルヘッドの応用技術を捉えると、熱転写記録、階調記録、カラー記録などがあるが、いずれも RH シリーズサーマルヘッドで対応可能であり、基礎的なアプリケーションデータの蓄積も終了している。

熱転写記録は、感熱記録の欠点である記録の保存性を改良すべく開発された記録方式である。記録原理は図 15 に示すようにインクシートと普通紙を用い、インクシートを裏面からサーマルヘッドによって加熱し、溶融したインクを普通紙に転写印画するものである。これによって、サーマルヘッドを用いた普通紙記録が可能になった。

階調記録は感熱紙の γ 特性に応じて、サーマルヘッドの発熱体に通電する電流量または通電時間を制御することによって、多段階の記録濃度を得るものであり、8~16 段の階調を再現性良く記録することができる。

熱転写記録においては、シアン、マゼンタ、イエローの 3 色（あるいはブラックを加えて 4 色）のインクシー

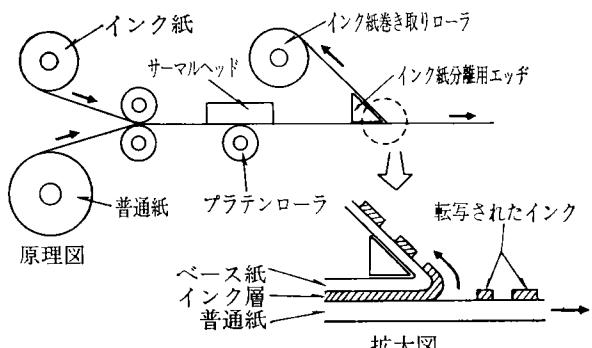


図 15 热転写記録の原理

トを、普通紙に重ね合わせて転写することにより、カラー記録が可能となる。

以上のようにサーマルヘッドの応用例は、ヘッド自身の品質の向上及び応用技術の開発とともにあって、今後もますます広がっていくことが予想される。

16 dots/mm の解像度は、8 dots/mm の技術の延長線上にある。12 dots/mm のサーマルヘッドについては、既に開発を終了し、サンプル出荷を開始した。この高解

像度化にともない、ビデオプリンタ、フルカラープリンタ等のアプリケーションも増大することが予想される。

また、よりサーマルヘッドの市場を広げるためのもう一つの鍵はサーマルヘッドの低コスト化であり、市場からの要求も強い。これを達成するために

1. 工程歩留の改善などによる低コスト化
 2. 新しい方式を用いた低コストヘッドの開発
- の二点についても既に着手している。

6 おわりに

以上 RH シリーズサーマルヘッドを中心に紹介した。

今後も、より高品質そして低コストな製品の開発を進めていく計画である。

また、本サーマルヘッドの開発で培われた

1. 薄膜技術
 2. TAB 技術 (Tape Automated Bonding)
- は、イメージセンサ、LED アレイなどのデバイスへの応用も期待できる。

最後に本製品の開発に当り、御指導御協力戴いた皆様に深く感謝致します。

リコー工業所有権紹介

1 特許 (昭和 58 年 1 月～58 年 6 月登録分)

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
1130596	円筒状電子写真感光材料の製造法	土田 英雄, 曽我 節夫	昭57-020618
1130766	静電写真用接触加熱型定着装置	有山 賢三, 山下 正	昭57-024545
1131324	静電印刷法	木村 太郎	昭57-018184
1131325	制御装置	長谷川 徹, 柳川 信之	昭57-004921
1131382	カメラのシャッタースピード表示装置	高橋 彰, 相良 岩男, 宮倉 博久	昭57-020609
1131383	ネガ・ポジ両用電子複写方法およびその装置	酒井 捷夫	昭57-019426
1131340	弾性体ローラ	並木 良一	昭57-020634
1131348	弾性回転体の変形防止機構	村中 政一, 石間 和己	昭57-020509
1131376	エアー式シート給送装置	藤本 栄	昭57-020217
1131790	ファクシミリ通信方式	橋本 健美	昭57-021896
1132482	コレータ	長谷川 倭	昭57-004579
1132484	電荷模様の生成方法	内山 忠光	昭57-001826
1132435	シート分離装置	小川 敏之, 藤本 栄, 里見 豊和, 山内 正征, 富塙 光夫	昭56-052308
1132436	湿式電子写真現像方法	坂巻 資敏, 野村 稔, 鈴木 彰, 松木 亨	昭57-006109
1132438	制御装置	柳川 信之	昭57-001030
1132439	感光ドラムのクリーニング装置	並木 良一	昭57-003071
1132628	ジアゾ乾式複写機の触媒酸化脱臭装置	橋本 秀夫, 神田 聰, 山本 要, 卷田 信広, 高宮 芳雄	昭57-027449
1133336	平版印刷原版用処理液	町田 元, 田村 宏, 葛綿 正行	昭57-027840
1133670	カード検索装置の枠組構造	柳川 信之	昭57-027507
1135114	インク供給量制御装置	村井 和夫, 鈴木 稔	昭57-024217
1135130	距離測定装置における一致信号検出回路	古川 雅通	昭57-024843
1135139	情報読み取り方法	福田 光久	昭57-023899
1135186	用紙規整装置	小泉 豊, 広川 浩一	昭57-024298
1135398	書画情報伝送方法	近藤 満	昭57-026034
1135399	ファクシミリ信号送受信方法	近藤 満	昭57-026035
1135400	書画情報伝送方式	近藤 満	昭57-026036
1135414	6-ビニルイソドロ [2, 3-b] キノキサリンおよびそのポリマーの製法	太田 正文	昭57-024353
1135457	データ収集方式	阿部 剛	昭57-027518
1135731	小型ドットプリンタ	岩崎久八郎	昭55-016834
1135737	静電潜像の乾式現像方法	鈴木 彰, 小林 一雄, 鈴木 隆, 野崎 正博	昭56-041997
1136867	距離測定装置における一致信号検出回路	古川 雅通	昭57-027404
1136893	エアー式シート給送装置	藤本 栄	昭57-025455
1138007	デジタル伝送方式	小川 瞳夫	昭57-026023
1138023	プリンタ	ジルベール・バスター, ミッセル・ムーラン	昭57-029270

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
1138029	カード等の検索方法	柳川 信之	昭57-029753
1138030	画像記録装置	平田 春雄	昭57-029902
1138339	紙送り装置	並木 良一	昭57-029372
1139711	等倍付近における連続変倍レンズ	三上 宣尚	昭57-013849
1139869	印刷機	水野 克己	昭57-032955
1140407	プリンタ	鈴木 高美, 福島 孝	昭57-032673
1140447	オフセット印刷機の制御装置	村井 和夫, 橋本 憲司, 福島 潔, 鈴木 澄夫	昭57-032956
1140497	電子複写機における露光方法	河津 元昭, 川村 篤, 小椋 行夫	昭57-029705
1141731	静電記録体	関 謙二	昭57-036580
1141978	データ伝送方式	伊佐山拓郎	昭57-031692
1142724	電子写真複写装置	太田和三郎, 酒井 捷夫, 志賀 敏, 柳原 正彬	昭57-012156
1142726	湿式電子写真複写機における感光ドラム周辺装置の退避装置	鈴木 茂, 田中 光男, 小林 雄一	昭57-015384
1143021	オフセット印刷機における重複給版防止装置	金子 環	昭57-031993
1143167	シェーディング調整装置	砂金 光記	昭57-033773
1143259	複写機用の原稿台	緑川 晃, 神山 信一	昭57-037048
1143710	印字方法及び印字材料	ミッセル・ムーラン, ジルペル・バスター	昭57-029269
1143722	文字パターン信号読取装置	不破 穂一	昭57-036622
1144191	原稿照明装置	沢田 英雄, 原 和幸	昭57-036571

2 実用新案 (昭和 58 年 1 月～58 年 6 月登録分)

登録番号	考案の名称	考案者	公告番号
1468597	給紙装置	赤松 啓行	昭57-018347
1469216	電子写真加熱定着装置	並木 良一	昭57-003001
1469230	転写ローラの接離装置	田中 光男	昭57-005635
1470235	印刷機用インクカートリッジ	奥沢 次男	昭57-023157
1470251	回転制御装置	藤本 栄	昭57-021417
1470252	排紙トレイ	矢野 隆志	昭57-019712
1470293	電子複写装置におけるクリーニングブレード逆転防止機構	山崎 秀夫	昭57-022186
1471789	オフセット印刷機における給排版検知装置	渡辺 有二	昭57-024501
1474122	複写機等の現像液供給装置	石塚 隆, 石井 泰明	昭57-028178
1474123	給液監視装置	片桐 正行	昭57-028179
1474127	現像液供給装置	石井 泰明, 梅田 新	昭57-028182
1474287	原稿押え装置	佐藤 勉, 小玉 豊	昭57-028189
1474302	位置検出装置	佐藤 勉, 伊佐山拓郎	昭57-028089
1474527	複写機における露光量の補正装置	田宮 義弓, 橋本 憲司	昭57-025230
1475481	ファクシミリ通信装置	神田 肇	昭57-029416
1475591	複写機におけるシート状原稿搬送装置	中村 功, 里見 豊和, 小泉 豊, 金子 環, 田端 泰広	昭57-025226

登録番号	考案の名称	考案者	公告番号
1475978	複写機の安全装置	綿貫 昌義, 野口 浩一	昭57-028183
1475982	シート類の送り装置	松田 肇, 西田 俊一, 堀内 末夫	昭57-028835
1475992	用紙矯正装置	山中 正徳	昭57-028837
1476445	原稿位置合わせ装置	石井 泰明	昭57-025217
1476449	電子複写機における現像装置	増村 正男	昭57-025225
1476464	原稿押え板及び原稿押え板の支持部の着脱装置	富塙 光夫	昭57-025218
1476465	複写機による合成コピー作成装置	富塙 光夫	昭57-025219
1476500	現像タンクの吸入機構	佐久間正之, 後藤 啓矢, 宇田川隆次	昭57-028181
1476529	複写装置	大野 幸博, 柳川 信之	昭57-028186
1478314	送信用自動原稿搬送装置	横田 隆, 河津 元昭	昭57-028176
1479176	読み出し装置付積算計器	岩田 征一	昭57-033396
1479458	複写機の安全装置	野口 浩一, 綿貫 昌義	昭57-031300
1479691	ロール紙切断用カッタの制御装置	藤井 裕	昭57-016720
1479815	複写機用シートグリッパ	斎藤 錦治, 桜井 徹男, 高橋 貞夫	昭57-028185
1479817	移動体の保持装置	馬見塚 満, 小泉 豊	昭57-025216
1479840	原稿自動給排装置	岡本 豊雄, 緑川 晃	昭57-028184
1479869	紙搬送装置	赤松 啓行	昭57-028844
1480454	マルチトラック自動選択可能な磁気シート録音再生機	古川五十一	昭57-034599
1481280	光学的読取装置	古川 達也	昭57-033457
1481290	紙葉送出装置	田中 義二	昭57-033473
1481379	用紙切断装置	笠原 伸夫	昭57-015880
1481904	テープサプライヤ	古川 達也	昭57-033475
1481905	光学読取装置	古川 達也	昭57-033455
1481920	カード搬送装置	竹沢 譲	昭57-033465
1482398	ローラ現像装置	沢田 英雄, 平藤 蒼, 駒田 健弥	昭56-053411
1482418	電荷像の液体現像装置	赤松 啓行	昭57-013564
1482621	複写機のコピーサイズ表示盤	桜井 徹男, 尾上 晏義, 後藤 哲矢	昭57-037154
1483154	液面レベル検出装置	小林 雄一, 田中 光男	昭57-037082
1483180	給紙ローラ装置	岩永 芳春	昭57-032998
1483213	インクジェット記録装置に於けるインクの目詰り除去装置	小玉 豊, 岩崎久八郎, 陣内孝一郎, 堀家 正紀	昭57-036430
1484427	用紙供給装置	椎名 敏雄, 吉原 一郎	昭57-039401
1484433	印字装置	赤岩 修二	昭57-038286
1484435	圧力定着装置	河石 康則	昭57-034516

●著者紹介

(技術論文)

加納 敏夫 (かのう としお)

技術本部 光技術開発部

昭和25年 3月15日生

昭和50年千葉大学大学院修士課程修了 (写真工学)

昭和50年リコー入社 ファクシミリ・複写機の画質に関する研究開発を経て、現在光計測に関する研究開発に従事

船戸 広義 (ふなと ひろよし)

技術本部 光技術開発部

昭和23年 7月30日生

昭和48年千葉大学大学院修士課程修了 (写真工学)

昭和48年リコー入社 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

湯浅 一弘 (ゆあさ かずひろ)

ファクシミリ事業部 設計一課

昭和27年 9月1日生

昭和52年神戸大学大学院修士課程修了 (計測工学)

昭和52年リコー入社 ファクシミリの開発に従事

永目 宏 (ながめ ひろし)

第一複写機事業部 第四開発部

昭和19年 1月14日生

昭和42年福岡工業大学工学部電子工学科卒

昭和48年リコー入社 電子写真複写プロセスの研究開発を経て、現在カラー複写機用感光体の研究開発に従事

大野 好美 (おおの よしみ)

光学事業部 光学設計部

昭和23年10月11日生

昭和47年早稲田大学理工学部物理学科卒

昭和47年リコー入社 主として一眼レフカメラの開発設計に従事

鶴川 育也 (つるかわ いくや)

光学事業部 光学設計部

昭和31年 4月 7日生

昭和54年九州大学理学部物理学科卒

昭和54年リコー入社 主として一眼レフカメラの開発・設計に従事

(製品技術解説)

谷 達雄 (たに たつお)

第一複写事業部 第二開発部

昭和22年 9月24日生

昭和45年静岡大学工学部精密工学科卒

昭和45年リコー入社 複写機の開発設計に従事

伊藤 政司 (いとう まさじ)

第一複写機事業部 第二開発部

昭和23年 2月10日生

昭和41年埼玉県立川口工業高校電子科卒

昭和44年リコー入社 複写機の開発設計に従事

広瀬 明 (ひろせ あきら)

第一複写機事業部 第二開発部

昭和24年 1月13日生

昭和42年茨城県立土浦工業高校機械科卒

昭和42年リコー入社 複写機の開発設計に従事

山田 俊明 (やまだ としあき)

電子技術事業部 データシステム部

昭和25年 6月20日生

昭和48年秋田大学鉱山学部電気工学科卒

昭和48年リコー入社 情報検索装置、画像処理、日本語入力等の研究開発を経て、現在テレテックスの開発に従事

矢吹 芳郎 (やぶき よしろう)

電子デバイス事業部 製造部

昭和24年 9月15日生

昭和49年関西学院大学理学部物理学部卒

昭和50年リコー入社 サーマルヘッドの要素開発を経て、製造技術、新製品設計に従事

玉置 俊平 (たまき しゅんpei)

電子デバイス事業部 製造部

昭和30年 8月22日生

昭和56年東京都立大学大学院修士課程修了(高分子物理学)

昭和56年リコー入社 サーマルヘッドプリンターの開発及び製造技術に従事

吉村 武裕 (よしむら たけひろ)

電子デバイス事業部 製造部

昭和26年 5月28日生

昭和49年大阪府立大学工学部電子工学科卒

昭和49年リコー入社 複写機の要素技術開発等を経て、現在サーマルヘッドの工程管理、信頼性評価に従事

安藤 昭 (あんどう あきら)

光学事業部 光学設計部

昭和20年 7月18日生

昭和39年私立東京工業高校機械科卒

昭和39年リコー入社 カメラ製造、映写機などの開発設計を経て、現在レンズシャッターカメラの機構設計に従事

RICOH TECHNICAL REPORT NO.10

昭和58年12月5日発行(年2回発行)

編集責任者／大久保利美 発行責任者／繩手隆夫
事務局／TEL03(777)8111(内線)2525担当矢口

発行所／株式会社リコー技術本部
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

Printed in Japan