

RICOH TECHNICAL REPORT



1982

7

RICOH TECHNICAL REPORT

NO. 7, 1982

●目次●

巻頭言	有限要素法と研究開発	加川 幸雄	1
技術論文	有限要素法によるインクジェットヘッドの振動解析	古川 達也・海老 豊	4
	2色電子写真プロセスのハロー効果に関する理論的考察	松本 冬彦	11
	Bi ₁₂ SiO ₂₀ 単結晶の育成と光学特性	芝口 孝・番場 信夫	20
	ラインバッファ付サーマルヘッドを用いた高速感熱記録方式	森 正昭	28
製品技術解説	静電複写機リコピーFT6600FD	橋本 誠・森 五郎	42
	フルオート35ミリカメラ リコー AF-2D	中野 廣雄	51
	多色式プロッタ/プリンタ RICOH GP15	成瀬 誠	60
工業所有権紹介			66
著者紹介			70

● CONTENTS ●

PREFACE	Finite Element Method for Research and Development	Yukio Kagawa	1
TECHNICAL PAPERS	Vibration Analysis of Ink-Jet Drop Generator by Finite Element Method	Tatsuya Furukawa Yutaka Ebi	4
	Theoretical Consideration for Halo Effects in Two Color Electrophotography	Fuyuhiko Matsumoto	11
	The Growth and Optical Properties of Bi ₁₂ SiO ₂₀ Single Crystals	Takashi Shibaguchi Nobuo Bamba	20
	High Speed Thermal Printing Method by the Print Head with Line Buffer	Masaaki Mori	28
PRODUCTS EXPLANATION	Electrophotographic Copier RICOH FT6600FD	Makoto Hashimoto Goro Mori	42
	35 Lens Shutter Camera RICOH AF-2D	Hiroo Nakano	51
	Multi-Color Plotter/Printer RICOH GP15	Makoto Naruse	60
PATENTS			66
AUTHORS			70



●巻頭言 有限要素法と研究開発

加川幸雄
富山大学工学部教授

先日NHKテレビで、教育映画「マイクロへの挑戦」という番組を観た。これは超LSIの開発をテーマにしたもので、物語は電々公社電気通信研究所の技術者の活躍を中心に展開されていた。筆者の興味を引いたのは、商売柄といおうか、有限要素法を素子の設計に実際に利用している場面のあったことである。256 k bitのメモリーは約百万個の素子から構成され、これを4 mm 平方のチップ上に作る場合、1 μm以上の精度が要求されるということである。このように素子の大きさが微細になると、数ボルトの電圧で作動する場合にも素子内部の電界は非常に高くなる。したがって半導体は高電界におけるふるまいを考慮して設計する必要がある、有限要素法はそのための数値シミュレーションとして利用されているのである。対象がこのように微細な場合は、計測することが困難であるから、現象を反映する数値モデルを作り、それを数値実験することによって動作を予測することが必要となってくる。

コンピュータ技術の発達によって多量の計算が高速で行えるようになり、近年、多くの分野で数値シミュレーションが利用されるようになってきた。数値シミュレーションあるいは数値実験のもつ特徴やその得失については、東京大学教授高見穎郎先生が先の5号(1981)の巻頭言“コンピュータ数値計算の果たす役割を考える”で明解にあますところなく指摘しておられるので、ここでそれを繰り返すのは屋上屋を架すことになるが、その効用を私なりにまとめてみるとつぎのようになりかと思われる。1つは素子や装置の構造上現実の実験や測定などではアクセスが不可能な部分の情報を得ることが出来ることである。例えば磁石鉄心内部の磁界の強さや磁化の強さは計ることが出来ないが、数値シミュレーションにより予測することはできる。もう1つは、これはコンピュータ上1つの数値実験であるから、装置や素子の材質、形状などの物理的なパラメータを変えることが非常に容易であり、実際の実験に比べれば、その結果が短時間に少ない費用で得られることである。したがって分析総合することによって、容易に最適形状など最適値が予測できることになる。勿論以上のことが行なわれるためには、物理現象を反映する数値モデルがよい近似で作られ、しかも数値的にきちんと解かれることを前提としている。

さて肝心の有限要素法である。この技法はもともと、1950年代の後半、航空機などの複雑な構造体を解析するための手段として構造工学者により開発されたものである。その考え方は、複雑な形状の連続体をより単純な形状のブロック(要素)に分割し、要素は一般境界条件のもとに解いて等価な離散化モデルを作る。これを要素マトリックスという。系全体は、これらの要素を結合することで系マトリックスが作られ、これを数値的に解く。このプロセスはどのような大建築も基本となるブロックを積み重ねて作られることに似ている。有限要素法では連続系を支配する微分方程式を解く必要はなく、上のプロセスで最終的には大次元のマトリックス方程式(連立代数方程式)を解く問題に帰着する。したがってこの種の手法が実用に供されるようになったのは、大次元マトリックス演算が高速かつ容易に行えるようになったコンピュータ技術の発達に負うところが大きい。有限要素法は要素の離散化モデルを導出する過程で最小ポテンシャルエネルギー原理を利用することを1つの特徴とする手法として登場したのであるが、現在では支配微分方程式から出発してガラキン法などの近似解法により離散化モデルを構成するものもすべて有限要素法と呼ばれている。

このように構造体の数値解析に端を発した有限要素法の技法は、その考え方の普遍性、コンピュータ時代にマッチした汎用性のために、急速に他の分野へ波及した。これはテクノロジー・トランスファーの1つの例であろう。1970年代に入って、機械、土木、建築工学の分野のみならず、流体、熱、化学、電気磁気、音響工学などあらゆる分野への応用が試みられ大きな成果をあげるに至った。これは勿論、コンピュータ技術の発達なくしては存在しなかったであろう。コンピュータの発達は、機械装置の自動制御などハードの面でも大きなインパクトをもたらしたが、上に述べた数値シミュレーション技術の展開は、ソフトの面に与えたインパクトの1つの例である。

電気工学、通信工学の分野への応用も盛んになり、我が国でも昨年これらの成果をまとめたシミュレーション技術研究会編“シミュレーション技術Ⅲ-有限要素法”(コロナ社、1981)が出版された。具体的な応用分野とその例をいくつかひろってみよう。いわゆる強電の領域では、電動機、発電機、変圧器等における磁界解析と動作特性予測がある。これらは多くの場合非線形問題として扱わなければならないものである。弱電の領域では、電磁・光導波管、弾性波導波路、アンテナ、磁気記録等の他、最初にあげた半導体がある。また誘導加熱、電気音響機器などエネルギー変換を伴うものがあり、本技術レポートの圧電振動子によるインクジェット素子もこれにあたる。有限要素法は1つのエネルギー法と考えることができるから、この種の問題に有効に適用できることは容易にうなづけよう。また心電図、声帯振動、骨折や関節、歯の噛み合わせなどバイオテクノロジー分野のシミュレーションにも利用されている。数値シミュレーションの面白さは、このように、巨大なものから微小なものまでその規模や対象を問わずコンピュータ上で試行実験ができる点で、しかも有限要素法を用いれば、ほぼ同一の取扱いと手順が、任意の形状の対象に対して可能であることである。

技術者が研究開発(R&D)という言葉を使う場合、最終的製品を作り出すための加工技術も含めた設計、開発のもろもろのプロセスを意味すると考えられるが、これらのプロセスの中には、①新しい創造力やアイデアを導入して新機軸を出すものと、②手法は判明しているが、目的や仕様に合うものを見つけ出す最適選択の2つのテーマがあるであろう。筆者のみるところ、会社に働く技術者諸君は、新製品の開発にいそがしすぎるように思われる。新しいものがそうあるわけではないから、本質的には変わらないが目先の変った新設計による新製品を作り上げるわけで、外見のみならず部品の形状も変るから、テストを繰り返し最適選択を行って図面を引きなおすことになる。筆者も、かつての模型ヒコーキばか、ラジオばかとして経験のあることであるが、同じようなものを繰り返し作ると、どこがどうしてよくなったのかはわからないが、性能が目に見えてよくなるもので、この繰り返しの効用は認めないわけにはいかない。我が国の製品の高品質や生産性の高さは、このような②のプロセスの繰り返し効果にもその一端があると思われる。しかしどうしても①のプロセスへの人的、物的な投入はおろそかになる。最近とみに創造的研究や独創的な技術の開発ということがいわれている。これは①のプロセスに対応しよう。有限要素法は、どちらかといえば②をサポートするための技術であると考えられるから、この手法の導入が省力化とそれによる余力の①への投入を可能にするという意味では、最近のOA (office automation) やLA (laboratory automation) の目的と軌を一にしている。我が国が今後は、①を重視しなければならないという立場からみれば、これは有限要素法の効用としては消極的な評価である。筆者はしかし、その効用をより積極的につぎのように考えたい。すなわち、例えば鋼の10倍の強度の材料が発明され(①)、それが安価に入手できるものとすれば、構造体の強度設計は著しく容易になろう。強度設計など不必要になると思われるかも知れない。しかし人間は欲の深いもので、次のステップとして、最小の材料で大きな強度を得るにはどのような形状、構造がよいかという最適形状、最適選択(②)への欲求がかならず生ずるはずで、①と②のプロセスは車の両輪と考えたいのである。

マイクロコンピュータが高性能かつ大容量になってきている。近い将来、有限要素シミュレーションの普及がマイコンにより加速されるものと思われる。

技術論文

TECHNICAL PAPERS

有限要素法によるインクジェットヘッドの振動解析

Vibration Analysis of Ink-Jet Drop Generator by Finite Element Method

古川達也* 海老 豊*
Tatsuya Furukawa Yutaka Ebi

要 旨

本稿は、インクジェットヘッドの周波数応答を数値計算により求めたものである。電歪振動子、構造体、液体の連結したモデルをつくり、境界条件の取扱いを簡単にするために、液体が構造体の内部に密閉されたと仮定し、有限要素法を用いて振動解析を行なった。解析結果は実験結果と良く一致し、また計算時間も短縮できた。この解析方法は共振点を使用周波数から遠ざけたヘッドの設計、効率の良い液室およびヘッドの形状の設計に適用できる。

ABSTRACT

This paper concerns with numerical analysis of the frequency response of ink-jet drop generators.

Utilizing the finite element method computations on the vibration analysis was carried out, employing a model consisting of a chamber with a piezo-electric element and the liquid.

On the assumption that the liquid was completely enclosed in order to simplify the boundary conditions.

Present attempts gave rise to shorter computing time and the results were found in good agreement with experimental values.

This analysis can be useful for effectively designing the drop generator in off-resonance conditions, and also the structure of the liquid chamber.

1 はじめに

記録方式の一つとして細いノズルよりインクを噴出し、紙に衝突させて印写するインクジェット記録方式があり、各社でノンインパクトプリンターとして実用化開発が行なわれている。

インクジェットプリンターのヘッドを設計する際、その効率と安定性が最も重要な課題であるが、振動メカニズムが複雑なため設計条件を決める事が困難であった。従来モデルを数個のパネと質量に置き換えて解析した報告 1) 2) があるが、これら単純化されたモデルでは設計に反映出来る十分な情報が得られなかった。またヘッ

ドを集中モデル系に置換し解析した報告 3) 4) があるが、ヘッドや液室の形状をパラメーターにする事は困難であった。

インクジェットヘッドは電気エネルギーを電歪振動子で機械エネルギーに変換し、機械エネルギーをインク内の音響エネルギーに変換し粒子化させるので、エネルギーの停留点を求める有限要素法で解析する方法は非常に有効である。エネルギーの変換問題に有限要素法を利用した例として電歪振動子の研究 5) などが有り、さらに機械振動-音響放射系の研究 6) などが有る。

本研究は、ヘッド内のインクを密閉されたものと仮定し、有限要素法を用いて電歪振動子、構造体、液体の連結したモデルをつくり、周波数応答解析を行ない安定性と効率性の良いヘッドの設計に適用する事を目的としたものであり、この計算によってヘッド形状、流体物性をパラメーターとした解析が出来るようになった。

* 技術本部 J-PT
J. Project Team, Technology Division

2 計算方法

電歪振動子を含む弾性構造体中に密閉された液体が入っている軸対称物体をモデルとして考える。有限要素として最も簡単な環状三角形の一次要素（3節点）を用いて離散化する。

2-1 計算式

基礎方程式となる弾性体の波動方程式は、粘性項を無視すると(1)式であらわされる。

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(k_r r \frac{\partial \phi}{\partial r} \right) + \bar{Q}(t) - \rho \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 ϕ ：変位、 k_z ： z 方向弾性率、 k_r ： r 方向弾性率、 $\bar{Q}(t)$ ：外力による境界条件、 ρ ：密度である。

軸対称流体の基礎方程式はナビエ・ストークスの方程式から対流項と粘性項を無視出来ると仮定すると(2)式であらわされる。

$$\frac{\partial^2 p}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial p}{\partial r} \right) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \rho \frac{\partial^2 \bar{u}_n}{\partial t^2} = 0 \dots\dots(2)$$

ここで、 p ：圧力、 c ：音速、 ρ ：密度、 \bar{u}_n ：境界変位である。

(1)、(2)式を有限要素法により離散化する。

離散化方程式は、構造体に対しては(3)式；

$$(K - \omega^2 M)U - A\hat{P} = F \dots\dots\dots(3)$$

また液体に対しては(4)式；

$$\left(\frac{1}{\omega^2} \hat{K} - \hat{M} \right) \hat{P} - AU = 0 \dots\dots\dots(4)$$

が得られる。

ここで、 U ：構造体の全変位ベクトル、 K ：構造体の全剛性行列、 F ：電歪振動子の等価外力ベクトル、 ω ：角周波数、 A ：構造体と液体の境界面積マトリックス、 \hat{K} ：液体の剛性行列に相当するもの、 \hat{M} ：液体の全質量行列、 \hat{P} ：液体の圧力ベクトルである。

(4)式の圧力 \hat{P} は面積 A を掛けて全圧力として(3)式に受け渡され、(3)式の変位 U も面積 A を掛けて体積変位として(4)式に受け渡される。

節点を電歪振動子に属するもの（脚文字 v ）、電歪振動子以外の構造体に属するもの（脚文字 m ）、液体に属するもの（脚文字 l ）に分けると(3)、(4)式は、

$$\begin{bmatrix} K_v - \omega^2 M_v & 0 & 0 \\ 0 & K_m - \omega^2 M_m & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\omega^2} K_l - M_l \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_v \\ U_m \\ P_l \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_v \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \dots\dots(5)$$

であらわされる。

(5)式より左辺の係数行列は対称正定値となり、バンドマトリックス法により計算処理が出来る。

2-2 液-構造体の境界の処理

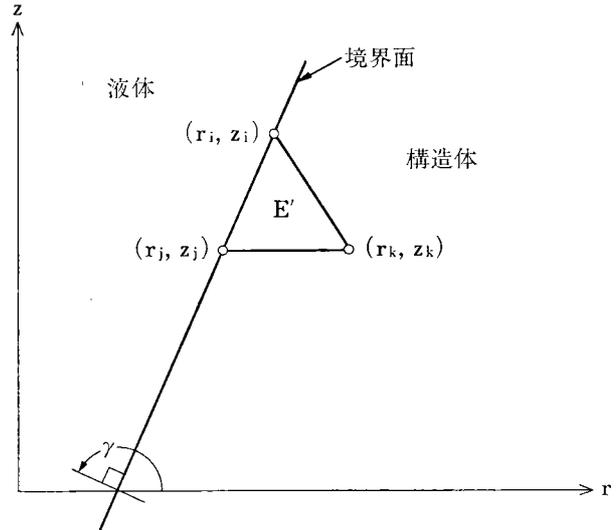


図1 液-構造体の境界要素

図1のような液との境界面を有する構造体要素 E' の境界面積マトリックス A_e は(6)式であらわされる。

$$A_e = \frac{\pi}{4} \sqrt{(r_i - r_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \begin{pmatrix} (3r_i + r_j) \cos \gamma & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (3r_i + r_j) \sin \gamma & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (r_i + 3r_j) \cos \gamma & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (r_i + 3r_j) \sin \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \dots\dots(6)$$

ここで、 γ ：境界面の法線と r 軸のなす角である。

2-3 電歪振動子の等価外力

電歪振動子の等価外力 F_v は、

$$F_v = \frac{V_E}{l} e \dots\dots\dots(7)$$

であらわされる。

ここで、 V_E ：印加電圧（ピーク・ツー・ピーク）、 l ：電極間距離、 e ：圧電・歪ベクトルである。

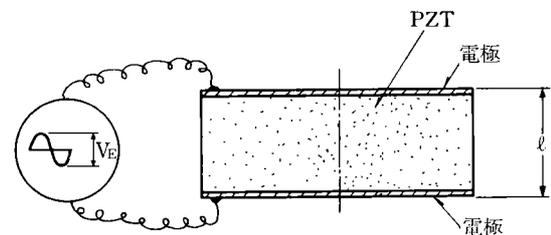


図2 電歪振動子の駆動方法

2-4 アドミッタンスの計算

図3に電極面を有する要素 e' を示すが、電極面にあらわれる電荷 $Q_{e'}$ は、

$$Q_{e'} = C_{e'} V_E + S^T \varepsilon \dots\dots\dots(8)$$

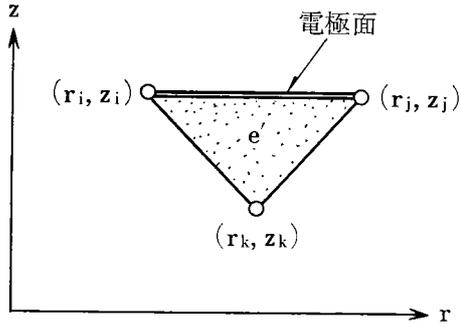


図3 電歪振動子中の電極面を有する要素

であらわされる。

ここで、

$$C_e' = \pi \epsilon_{33} S (r_i^2 - r_j^2) / l$$

S : 歪ベクトル, $\epsilon_{33} S$: 誘電率
である。

入力アドミッタンス Y は、

$$Y = j\omega \sum_{e'} Q_{e'}' / V_E$$

$$= j\omega \sum_{e'} C_{e'}' + \sum_{e'} S^T \epsilon \dots (9)$$

で求められる。

電歪振動子のインピーダンス Z は、

$$\dot{Z} = A^2 / Y \dots (10)$$

で求められ、 A を力係数と呼び、円形板振動子の場合、

$$A = 2\pi r e_r \dots (11)$$

となる。

ここで、 r : 振動子半径, e_r : 径方向圧電・歪テンソル
である。

2-5 計算フロー

図4にプログラムフローを示す。(計算機はMELCOM-COSMO 700Ⅲを用いた。) また連立一次方程式の解法は消去法である。

3 実験

3-1 動作原理

インクジェット記録は大別して必要な時にインクを噴出させるオンデマンドタイプと、常時インクを噴出させて印写する滴と印写しない滴を振り分けるコンティニューアタイプに分けられる。図5にオンデマンドタイプの中で代表的な加圧オンデマンドタイプの原理図を示す。インクタンク中のインクはチューブを通じ、ヘッド内の液室に充填されている。電歪振動子にパルス状の電圧を加えると電歪振動子が変位して、ノズルよりインクを吐出させる。電圧が切れると電歪振動子が元の位置に復帰してインクタンク内のインクが液室に補充される。この時電圧の立下りをなまらせる事によりノズルからの空気の吸い込みを防止している。

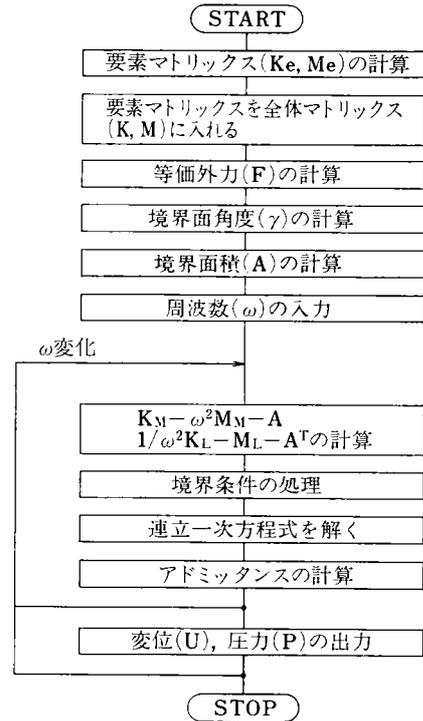


図4 プログラムフロー

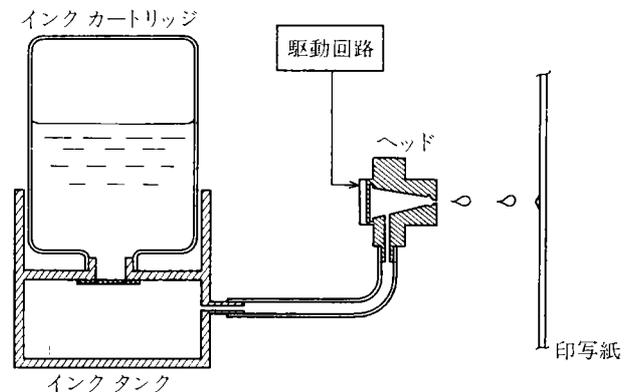


図5 加圧オンデマンドタイプ
インクジェットプリンター原理図

3-2 実験方法

本実験で使用した記録ヘッドのモデルを図6に示す。(用いた振動子は TDK 社製 PZT 72-A であり、特性を表1に示す。)

測定器はベクトルインピーダンスメーターを用いて電歪振動子の入力端子におけるインピーダンスの絶対値を室温で測定した。ヘッドは液室が中空の状態と、脱気純水を充填した状態で実験した。

4 シミュレーション結果と実験の比較

記録ヘッドの分割図を図7に示す。要素の分割は以下

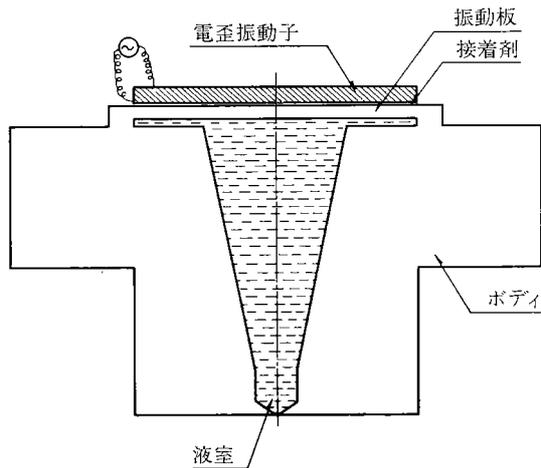


図6 ヘッドのモデル

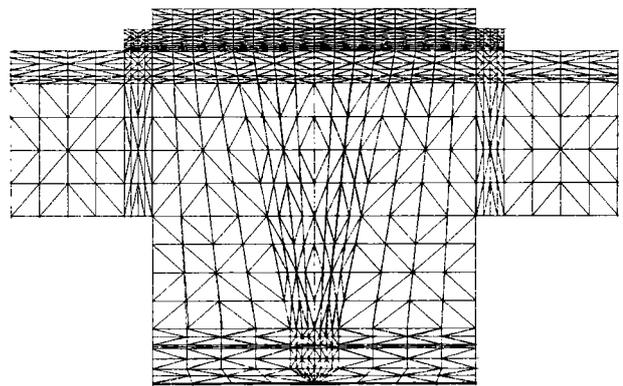


図7 ヘッドの分割図

表1 振動子の材質特性

電気機械結合係数	K_r	0.66
	K_{33}	0.70
比誘電率	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	2,000
圧電定数	d_{31}	$-200 \times 10^{-12} \text{m/V}$
	d_{33}	$450 \times 10^{-12} \text{m/V}$
周波数定数	N_1	4.97 kHz-m
ヤング率	Y_{33}^E	$4.2 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
密度	ρ	$7,500 \text{kg/m}^3$
機械的Q	Q_m	80

の通りである。

節点数	527	弾性体節点	344
		液体節点	124
		境界節点	59
要素数	936		
バンド幅	45		

液室が中空の時のインピーダンス—周波数特性について測定値と計算結果の対比を図8に示す。次に液室に純水を充満した時の同様のグラフを図9に示す。図よりインピーダンス、共振周波数とも測定結果と計算結果は良く一致した。

図10、11に機械的な共振モードを示す。図より第1次共振は振動板の曲げモードであり、第2次共振は振動板とフランジ部の複合共振である事がわかる。108 kHzにおいて液体共振があり、モードを図12に示す。モード図より $\lambda/2$ の共振モードであるがノズル側が狭くなっているため圧力集中が起きているのがわかる。

5 考察

108 kHzにおいて液体共振があるが、液室長を L とす

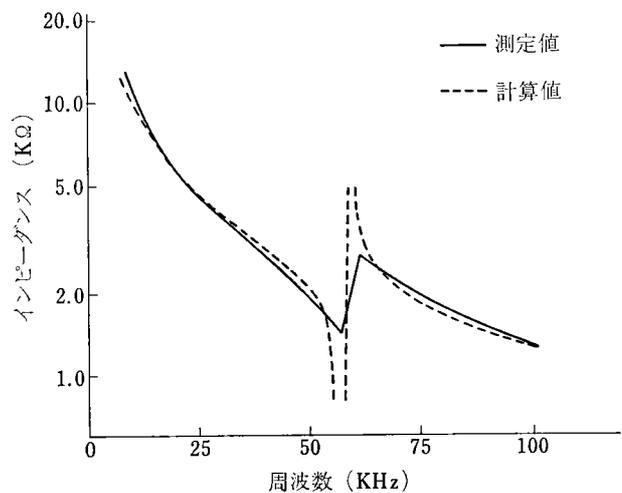


図8 インピーダンス周波数特性 (液室中空)

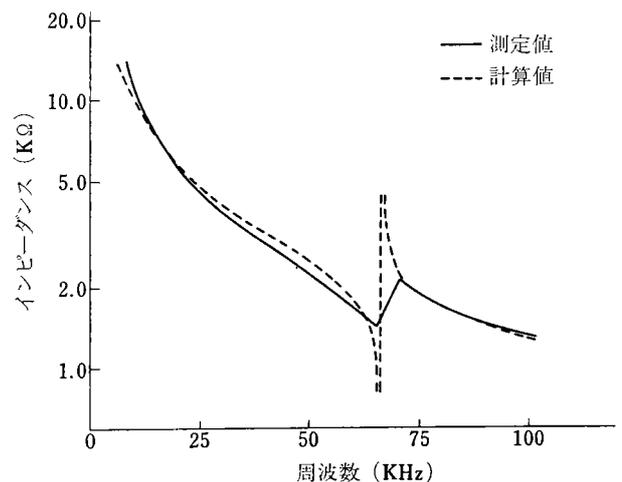


図9 インピーダンス周波数特性 (液室水負荷)

ると、 $\lambda/2$ が L となる共振周波数 f_L は、

$$f_L = c/2L \dots \dots \dots (12)$$

で計算され、実際の値は f_L の約1.3倍となっている。こ

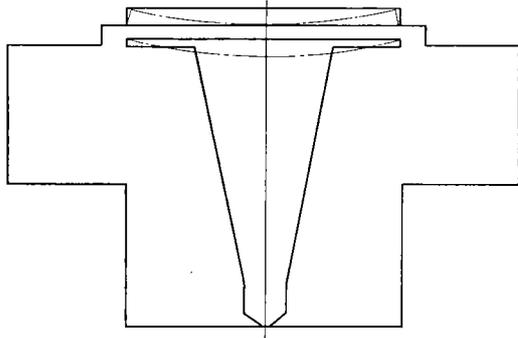


図 10 機械的第 1 次共振

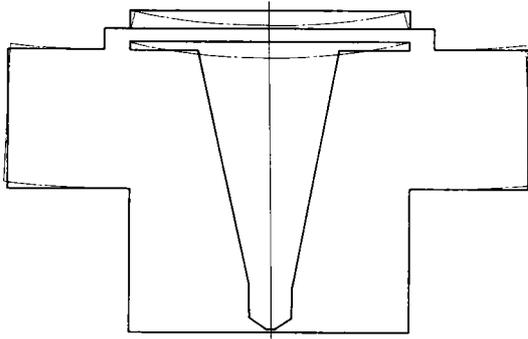


図 11 機械的第 2 次共振

これは構造体の影響と、液室が円錐状になっているためと考えられる。

シミュレーションでは、ノズルは無いものと考えてモデルをつかったので境界条件の処理が非常に楽になって計算速度も速くなり、インピーダンスや共振点は実験との対応がとれた事からも上記仮定は問題無いと考えられる。しかし、ノズル近傍での圧力値は上記仮定で満足するかどうかは疑問が残る。今後圧力波によってインクが

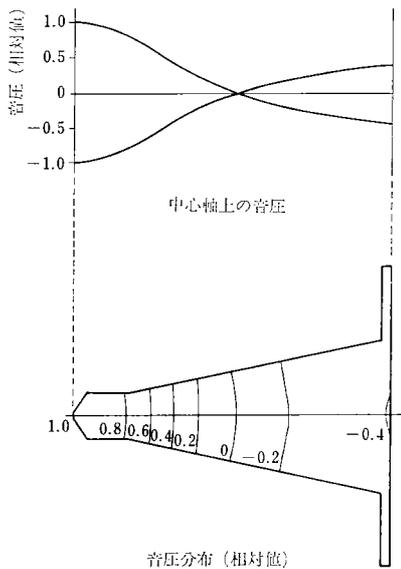


図 12 液体第 1 次共振

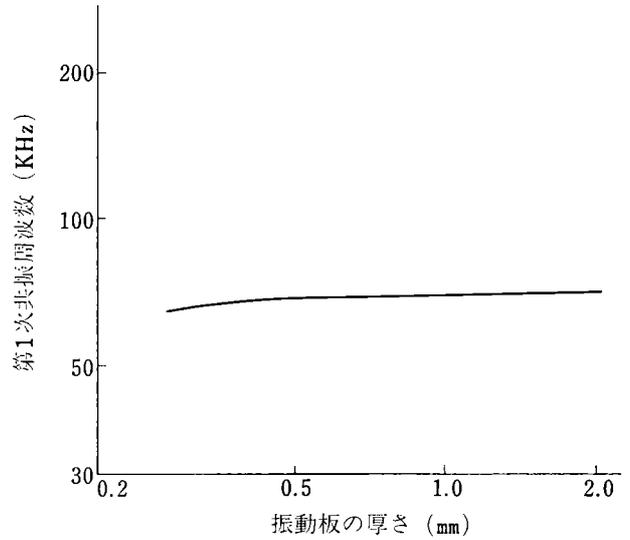


図 13 第 1 次共振周波数—振動板厚さ

滴になるまでを計算しようとする時ノズル部の境界をどうモデル化するかを検討が必要となるであろう。

シミュレーションの仮定と実験の良い一致に基づき以下の設計への適用が考えられる。

オンデマンドタイプの記録ヘッドでは共振周波数を使用周波数(2~10 kHz)から出来るだけ遠ざける事が高速印写時の安定化につながる。図13に振動板の厚さを変えた時の第 1 次共振周波数の変化を示すが、振動板の厚さの変化に対して共振周波数の変化は少ない。次に振動子径と、それに応じて全体のサイズを等比的に変化させた時のグラフを図14に示すが、電歪振動子径の共振周波

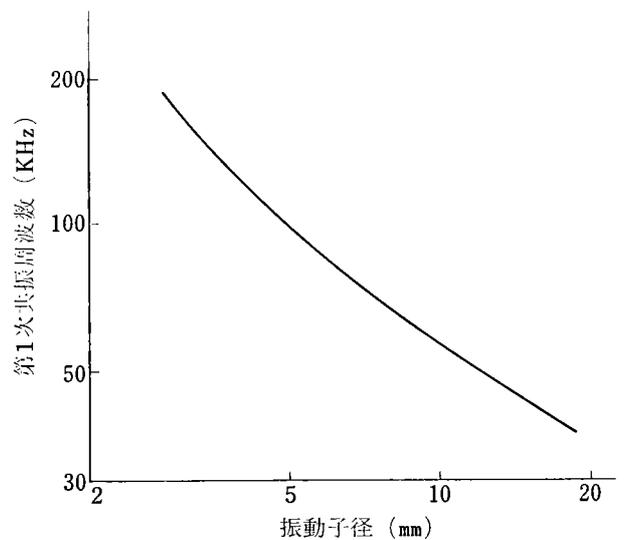


図 14 第 1 次共振周波数—振動子径

数に及ぼす影響が大きい事がわかる。このようにシミュレーションによって共振点を予測する事により設計時点において目的に応じたヘッドサイズを決める事が出来る。

他の適用例として、最も効率の良い液室形状を得るためにシミュレーションを行なった。計算はボディの影響を無くすために液室内の圧力方程式(4)式のみを解いた。条件として振動部直径 D_1 、受振部直径 D_2 、液室長 L を固定し、ホーン形状を図35に示す、ケース(1) 放物形、ケース(2) 円錐形、ケース(3) エクスポネンシャル形の3ケースについて計算を行なった。境界条件は図10のような曲げモードの変位振幅を与え、他の面は自然境界とした。

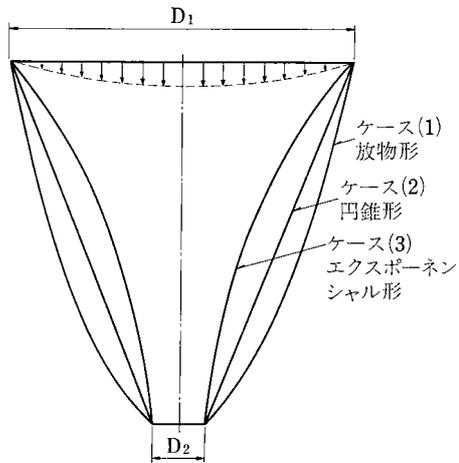


図 15 液室形状のパラメーター

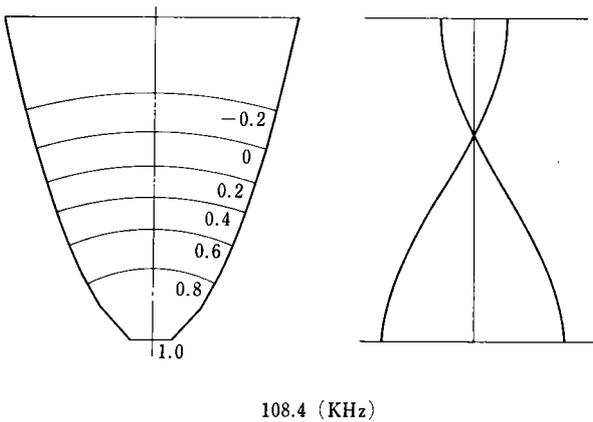


図 16 放物形状の圧力共振モード

共振点での圧力モードを図16, 17, 18に示す。共振周波数が異なるため、加振周波数 ω を共振周波数で ω_0 割って規格化した時の受振部中央の圧力のグラフを図19に示す。図よりエクスポネンシャルの形状が最も良く、

音響機器にエクスポネンシャル形状がよく使われているが、インクジェットヘッドにおいても同じ効果が得られる事が推察出来る。

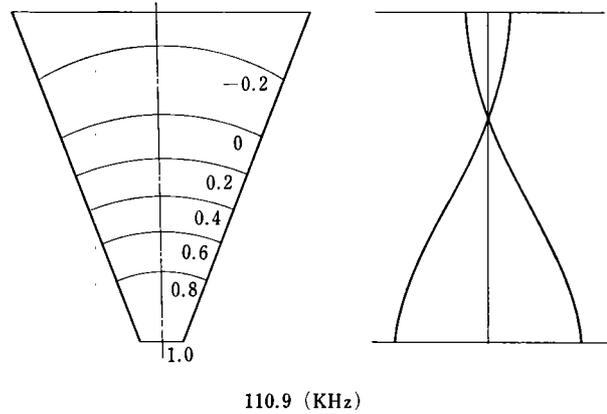


図 17 円錐形状の圧力共振モード

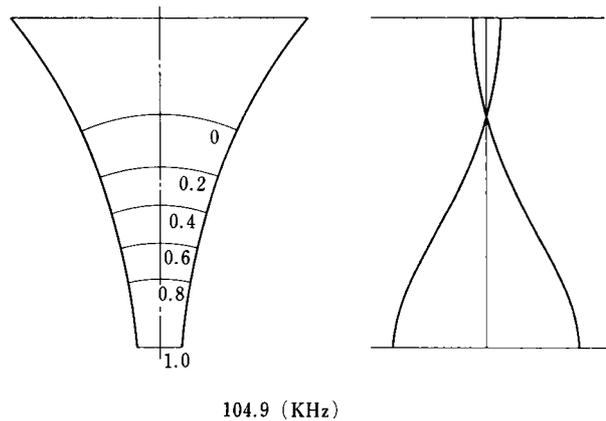


図 18 エクスポネンシャル形状の圧力共振モード

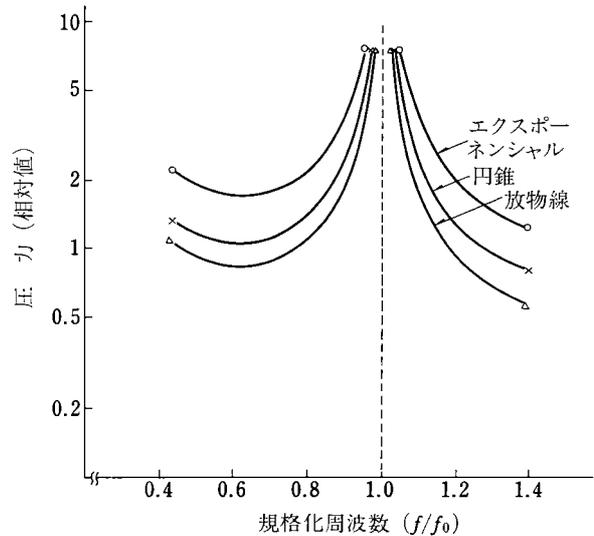


図 19 液室形状を変化させた時の圧力-規格化周波数特性

6 おわりに

有限要素法を用いて電歪振動子，構造体，液体の連結した系を解析する事により，インクジェットヘッドの共振周波数を予測する事が可能になった。これによりヘッド形状，液室形状もパラメーターとして計算出来るので考察で示したように設計に反映出来る部分が多くなった。

今後の方向として，電歪振動子への入力電圧は実際にはパルス波形であるため，パルス波形をフーリエ級数展開して入力するか，過渡応答解析を行なうかして，ノズル近傍の圧力波形をより精度よく把握し，ノズルより出た液が滴になるまで解析を拡張することにより，実際系に近似できるシミュレーションモデルを設定していくことが必要である。

最後に本研究にあたり，富山大学工学部の加川教授，山淵講師に御指導いただき深く感謝致します。またヘッドの製作，実験等御協力いただきました技術本部 J-PTの方々に感謝致します。

参考文献

- 1) 高野，木村：昭50 信学全国大会，1025 (1974)
- 2) 三浦，山森，鈴木，溝口：信学論文誌 J 62-C, 5, 321 (1979)
- 3) 伊佐山：画像工学コンファレンス論文集，第10回，213 (1978)
- 4) 石井，塩島，南，室野，土岐，京谷：シャープ技報，20, 13 (1981)
- 5) 山淵，加川：信学論文誌 59-A, 10, 831 (1976)
- 6) 加川，山淵，杉原，進藤：35-12, 667 (1979)
- 7) Stemme, Larsson：IEEE Transaction Devices, ED-20, 1, 14 (1973)
- 8) USP 374120 (1972)
- 9) USP 3946398 (1970)
- 10) Zienkiewicz：基礎工学におけるマトリックス有限要素法，オーム社 (1971)
- 11) 戸川：“有限要素法による振動解析”，サイエンス社 (1975)
- 12) Olson：音響工学，無線従事者教育協会 (1959)

2色電子写真プロセスのハロー効果に関する理論的考察

Theoretical Consideration for Halo Effects in Two Color Electrophotography

松本冬彦*

Fuyuhiko Matsumoto

要 旨

2色電子写真において、画質劣化の原因となる「ハロー効果」の発生機構を有限要素法を用いて理論的に考察した。二層感光体の膜厚と電荷分布および現像条件を変動因子として潜像周辺の電界の大きさと分布を計算した。

一般に、表面電荷による電位が界面電荷による電位より大きくなる場合に、単一の逆電界が潜像周辺に発生し、これとは逆の場合、正負2重の電界が発生する。この2重電界は、電荷分布の制御により単一の逆電界になる。

この結果、「ハロー効果」は、電位形成条件と電荷分布および逆電界の大きさに強く依存することが定量的に明らかとなった。

ABSTRACT

The generation mechanism of the "Halo effects" which causes the image deterioration in the two color electrophotography was investigated analitically using the finite element method.

The field strength and its distribution around latent images were calculated as the function of such variables, thickness of the two-layer photoreceptors, charge distribution and developing conditions.

When the electric potential from surface charges exceeded that from charges in the intermediate layer, a singly polarity-reversed field distribution was created around the latent image. In the opposite case, a doubly reversed distribution was induced.

The latter distribution was able to be simplified to a singly reversed distribution by modifying the precise shape of the charge distribution.

We showed quantitatively from the present study that the "Halo effects" generation depend strongly upon the potential forming conditions, electric charge distribution and strength of the reverse field.

1 はじめに

電子写真プロセスにおいて、感光体上に静電潜像が形成されると、潜像周辺部に潜像と反対極性の電界が生じる¹⁾。従来のカールソン法等では、画像を形成する上で、この逆電界はあまり問題とはならない。ところが、感光体上に正負の静電潜像を形成し、潜像とはそれぞれ逆極性に帯電された赤および黒トナーを用いて現像を行なう2色電子写真プロセス²⁾³⁾では、この逆電界に引かれて、黒画像の囲りには赤トナーが、赤画像の囲りには黒トナーが付着する特異現象(2色ハロー効果)が発生し、2色としての画質を低下させる。

ところで、感光体上に2色オリジナルに対応した正負の静電潜像を同時に形成するためには、導電層上に、それぞれ波長制御された第1光導電層(L層)と第2光導電層(U層)が順次積層された二層感光体を用いられる。

本稿は、上記二層感光体上に形成された潜像周辺の逆電界と2色ハロー効果の発生機構を次のステップにより、理論的に考察した結果について述べる。

- ① 逆電界部へトナーが付着する最小の電界(現像開始電界 E_{MIN})を、感光体とトナーとキャリアの単純な3体接触モデル⁴⁾を用いて計算した。但し、トナーの帯電量と粒径は一定と仮定した。
- ② 2層感光体の二次元モデルをもとに、電荷や電位および形状的な境界条件が自由に導入できる有限要素法⁵⁾を用いて、潜像周辺部の電界強度分布を推定した。

* 技術本部 材料技術部
Materials Technology Department, Technology Division

ここで、2層感光体をU、L層の順に充電して潜像を形成する方法(α型)²⁾⁶⁾と、これとは逆にL、U層の順に充電する方法(β型)³⁾⁶⁾の2方式についてそれぞれ計算した。ここで取り上げた可変因子と範囲は、U層膜厚(20~40 μm)、現像剤比誘電率(10⁴~10¹² Ω·cmの抵抗範囲)、現像バイアス(0~±300 V)、表面電位(±200~±750 V)、画像の空間周波数(1~4 line/mm)である。

- ③ ①と②の結果から、逆電界の大きさが現像開始電界内に入るための条件を求めた。
- ④ αおよびβ型に関する黒潜像周辺部の電界の分布状態を、U、L層の静電容量と蓄積電荷量および潜像極性の違いから考察した。

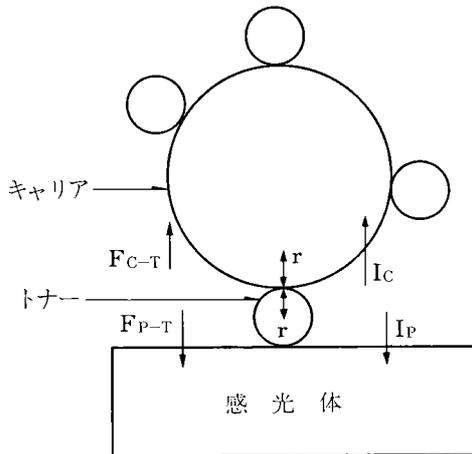
2 現像開始電界の予測

現像開始電界を予測するために、図1に示したような感光体とトナーとキャリアの単純な単一接触モデルを考える。キャリアとトナー間のクーロン力 F_{C-T} は、トナー中心に電荷 q が存在すると仮定し、ファンデルワールス力等を含むショートレンジフォース $I_C(I_P)$ を無視すれば、潜像電界 E による感光体上へのトナー吸引力 F_{P-T} は、

$$F_{P-T} = qE \dots\dots\dots(1)$$

また、キャリアとトナー間の力 F_{C-T} は、トナー半径 r およびトナー電荷 q をそれぞれ一定と仮定した時、

$$F_{C-T} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{4r^2} \dots\dots\dots(2)$$



$F_{C-T}(F_{P-T})$: トナーとキャリア(感光体)間のクーロン力
 $I_C(I_P)$: トナーとキャリア(感光体)間のショートレンジフォース

図1 トナー、キャリア、感光体接触モデル

現像開始条件は、

$$F_{P-T} \geq F_{C-T} \dots\dots\dots(3)$$

よって、現像開始電界 E_{MIN} は、(1)~(3)式より、

$$E_{MIN} \geq \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{4r^2} \dots\dots\dots(4)$$

にて与えられる。

ここで、現像ギャップ d_g が実際の系より小さいことを考慮に入れ、単位重量当りの平均帯電量 $Q/M=20 \mu\text{c/g}$ 、粒径分布範囲5~25 μmのトナーを考え、その中心粒径15 μmのトナーの現像開始電界 E_{MIN} を求めると、

トナー1個当りの帯電量 q は、

$$q = \frac{Q/M}{N} = \frac{4\pi r^3 \rho}{3} \cdot Q/M \dots\dots\dots(5)$$

N : 単位重量当りのトナー個数

ρ : トナー比重

であるから、 ρ を1と仮定すれば、(4)、(5)式より、

$$E_{MIN} \geq 1.4(V/\mu\text{m}) \dots\dots\dots(6)$$

が求まり、以下この値を代表値として、各電界強度分布計算結果に適用し、「2色ハロー効果」発生限界について議論する。

3 二次元モデル

「2色ハロー効果」は、図2に模式的に示したような電界強度分布によって、画像周辺部に、逆電界による赤または黒の縁どりと白ぬけが生じる現象で、α型およびβ型では、原稿の赤、黒2色に対応する潜像極性がそれぞれ逆転するだけで、「2色ハロー効果」の発生状況は、基本的には同様と考えられる。

まず、潜像周辺部の電界強度分布を求めるために、 AI 電極上に、L層とU層よりなる2層感光体と、磁気ブラシ現象を考慮して、感光体表面から一定距離 d_a を隔てて近接電極を配置した図3のような二次元モデルを考える。ここで、電位 V はポアソン方程式(7)を解くことによって求まる。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = -\frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(7)$$

V : 電位

σ : 電荷密度

ϵ : 誘電率

また、電界 E と電位 V との関係

$$E = -\text{grad } V \\ = -\left(i \frac{\partial V}{\partial x} + j \frac{\partial V}{\partial y} + k \frac{\partial V}{\partial z} \right) \dots\dots\dots(8)$$

から、電荷密度 σ 、誘電率 ϵ を与えることにより各位置における電位 V が求まり、電界強度 E_x, E_y が求められる。図4は、図3のモデルの要素分割図を示したもので、節点数は145個、要素数は248個である。ここでは、特に画像エッジ周辺部の電界分布パターンを詳細に知るために、エッジ部($X=0$)の近傍を±60 μmに渡って10 μm間隔で分割した。また、現像ギャップ d_g は、粒径100 μmのキャリア4個と25 μmのトナー1個が連鎖状に入った場合を想定し、 $d_g=425 \mu\text{m}$ として解析を行った。但し、実際の現像ギャップ d_g は、一般には1.0

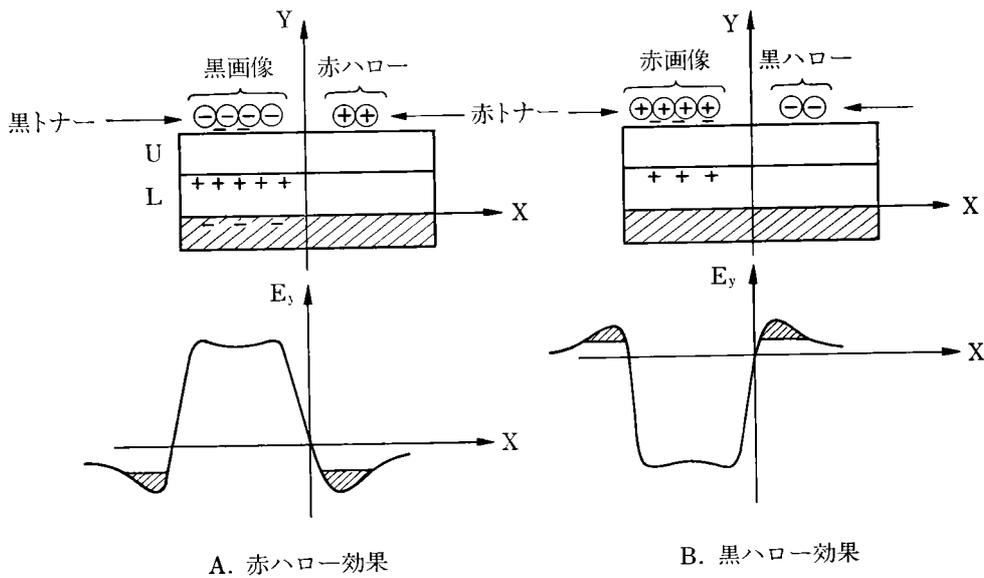


図 2 α型の電界強度分布と2色ハロー効果のモデル図

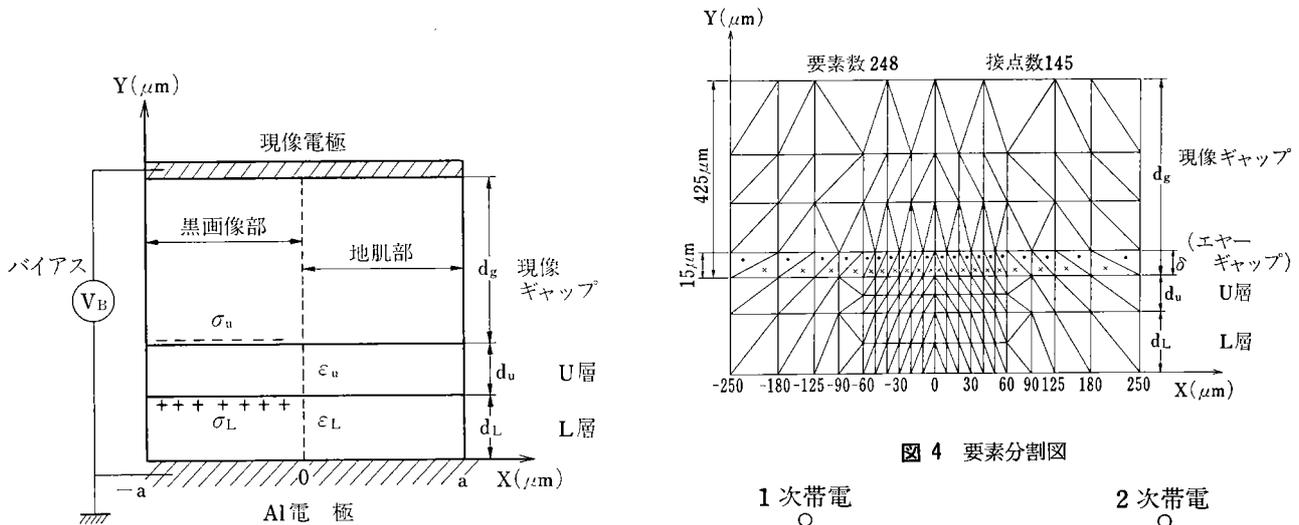


図 3 2次元解析モデル

図 4 要素分割図

mm 以上であるため、このモデルから計算された電界強度は、実際の系より大きくなることが想定される。

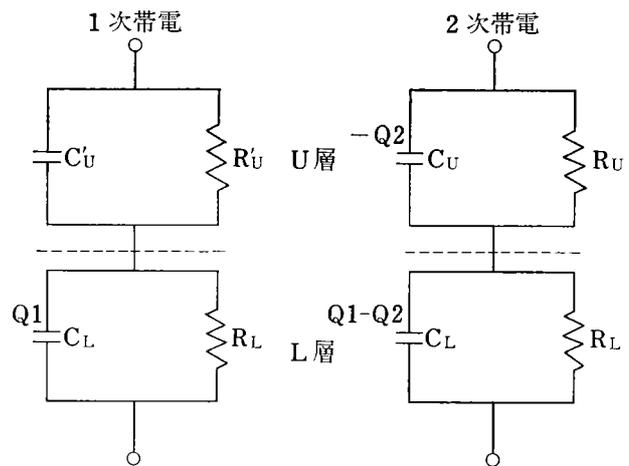
3-1 β型モデル

β型に関する「2色ハロー効果」については、まず、図3の解析モデルで、β型感光体の構成条件の内、 $d_L = 40 \mu\text{m}$ 、 $\epsilon_L = 6.5$ 、 $\epsilon_U = 3.0$ を固定し、画像幅を $500 \mu\text{m}$ ($f=1 \text{ line/mm}$) とした時、

- 1) U層膜厚 d_U (現像ギャップ d_g は空気層で $\epsilon_g = 1.0$)
- 2) 現像ギャップ d_g の比誘電率 ϵ_{RC}
- 3) 赤現像バイアス V_{RB}

をそれぞれ変化させた時の「赤ハロー効果」(黒画像周辺の赤縁どり)への影響について、また、

- 4) 現像ギャップ d_g の比誘電率 ϵ_{BC}



C_U : U層の静電容量 R_L : L層の抵抗
 R_U : U層の抵抗 Q_1 : 1次帯電電荷
 C_L : L層の静電容量 Q_2 : 2次帯電電荷

図 5 2層感光体の等価回路

5) 赤色電位 V_R

6) 黒現象バイアス V_{BB}

をそれぞれ変化させた時の「黒ハロー効果」(赤画像周辺の黒縁どり)への影響について解析を行った。

「赤ハロー効果」解析のためのU層およびUL層界面への電荷入力条件は、実験より得られた黒および赤色電位 $V_B = -600$ V, $V_R = 400$ V の値を用いて(10)~(12)式により求めた。

今、 β 型感光体に関し、図5に示したように、U層およびL層を充電された直列接属コンデンサーとみなすと、 β プロセスに従って、

1次帯電後の電位 V_1 は、

$$V_1 = \frac{Q_L}{C_L} = \frac{\sigma_L S}{C_L} \quad (9)$$

2次帯電後の電位 V_2 は、

$$V_2 = -\frac{Q_U}{C_U} + \frac{Q_L - Q_U}{C_L} \\ = -\frac{\sigma_U S}{C_U} + \frac{(\sigma_L - \sigma_U)S}{C_L} \quad (10)$$

露光後の黒画像部電位 V_B は、暗減衰を無視した時、

$$V_B = V_2 \quad (11)$$

赤画像部電位 V_R は、

$$V_R = \frac{Q_L - Q_U}{C_L} \\ = \frac{1}{K+1} V_1 + \frac{K}{K+1} V_2 \quad (12) \\ (K = C_U / C_L)$$

また、白部電位 V_W は、

$$V_W = 0 \quad (13)$$

となる。

また、「黒ハロー効果」については、(12)式から、 $Q_U = 0$ として、赤色電位 V_R に対応する電荷 $\sigma_U S$ を、UL層界面に与えた。

3-2 α 型モデル

β 型と同様図3の解析モデルで、 α 型感光体の構成を $d_L = 60 \mu\text{m}$, $d_U = 15 \mu\text{m}$, $\epsilon_L = 6.3$, $\epsilon_U = 4.4$ とし、 d_g を空気層 ($\epsilon_g = 1.0$) とした時、

1) 赤色電位 V_R (但し、 $f = 1 \text{ line/mm}$)

2) 画像幅 f (但し、 $V_B = 500$ V, $V_R = -500$ V)

をそれぞれ変化させた時の「赤ハロー効果」への影響について解析した。

α プロセスにおける1次帯電後の電位 V_1 は、

$$V_1 = -\frac{Q_U}{C_U} = -\frac{\sigma_U S}{C_U} \quad (14)$$

2次帯電後電位 V_2 は、

$$V_2 = \frac{Q_L - Q_U}{C_U} + \frac{Q_L}{C_L} \\ = \frac{(\sigma_L - \sigma_U)S}{C_U} + \frac{\sigma_L S}{C_L} \quad (15)$$

露光後の黒画像部電位 V_B は、

$$V_B = V_2 \quad (16)$$

赤画像部電位 V_R は、

$$V_R = \frac{Q_L - Q_U}{C_U} \\ = \frac{K}{K+1} V_1 + \frac{1}{K+1} V_2 \quad (17) \\ (K = C_U / C_L)$$

白部電位 V_W は、

$$V_W = 0 \quad (18)$$

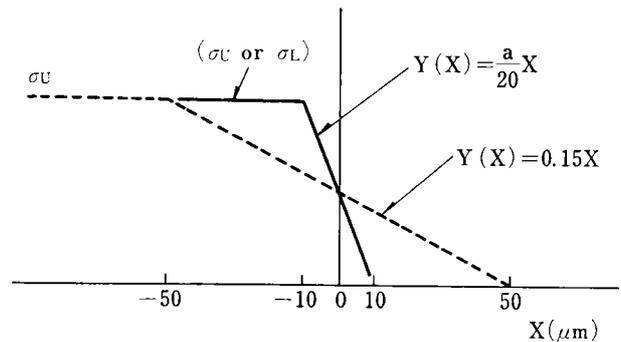
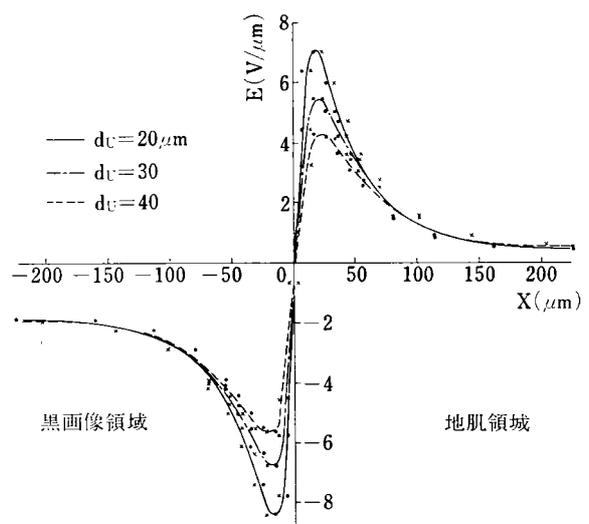


図6 エッジ部の電荷入力関数

となる。U層およびUL層界面への電荷入力条件は、(15)~(17)式より求められる。上記 α および β 型モデルに関する画像エッジ部の入力電荷分布は、図6の実線で示したようなほぼ矩形波に近い入力関数を用いた。ここで図式中の係数 a は、感光体のLまたはU層の膜厚に対応する。

4 解析結果

図7~12に β 型、図13, 14に α 型について、U層表面近傍(U層表面から5および $10 \mu\text{m}$ の要素分割内重心

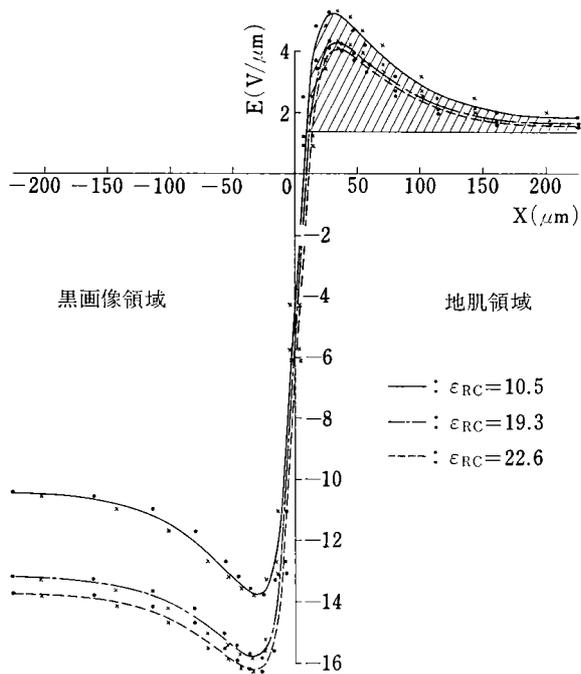


L型膜層: $d_L = 40 \mu\text{m}$

U, L層の比誘電率: $\epsilon_L = 6.5$, $\epsilon_U = 3.0$

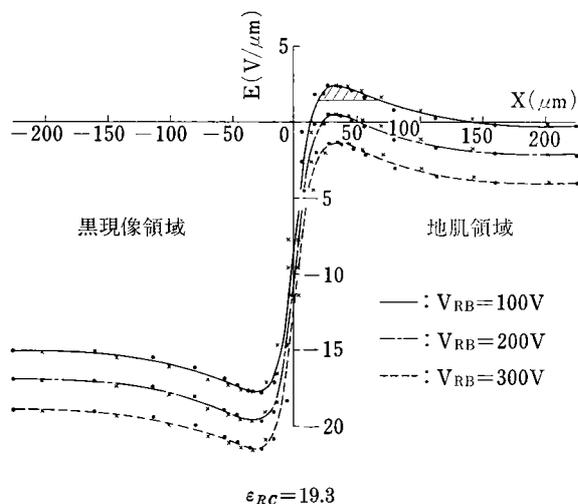
赤現象バイアス: $V_{RB} = 0$ V

図7 U層膜厚 d_U と電界強度分布 (β 型)



$d_U = 30 \mu\text{m}$, $d_L = 40 \mu\text{m}$, $V_{RB} = 0 \text{V}$

図8 赤現像剤の比誘電率 ϵ_{RC} と電界強度分布 (β 型)



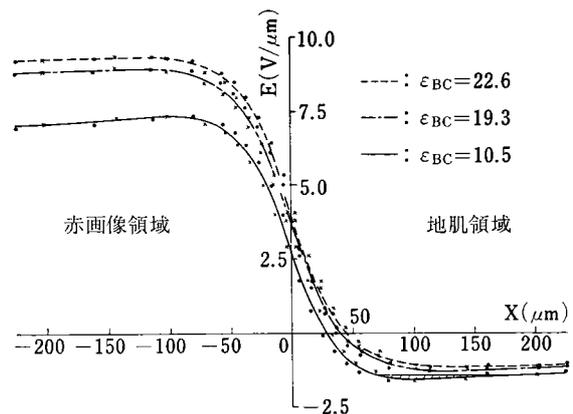
$\epsilon_{RC} = 19.3$

図9 赤現像バイアス V_{RB} と電界強度分布 (β 型)

位置；図4参照）の画像周辺部における電界強度の計算結果を示した。縦軸 E は感光体表面に垂直な方向の電界強度である。

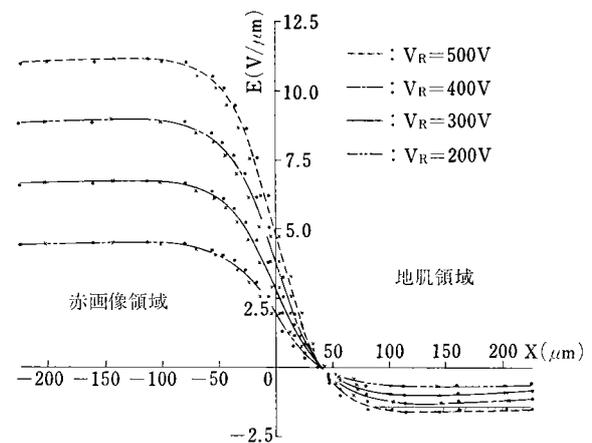
4-1 β 型赤ハロー効果

図7は、L層膜厚を固定し、U層膜厚 d_U を20, 30, 40 μm と変化させた時の電界強度分布を示したものである。ここで、赤現像バイアス $V_{RB} = 0$ である。この結果、逆電界は、 d_U の増加と共に減少することがわかる。しかし、 d_U の増加は、UL層界面の正電荷により形成される赤色画像のぼけあるいは電界強度の減少による赤色



黒現像バイアス： $V_{BB} = 0 \text{V}$ ，赤画像電位： $V_R = 400 \text{V}$

図10 黒現像剤の比誘電率 ϵ_{BC} と電界強度分布 (β 型)



$\epsilon_{BC} = 19.3$, $V_{BB} = 0 \text{V}$

図11 赤画像電位 V_R と電界強度分布 (β 型)

画像濃度の低下を招くため、これらを考慮して、次に $d_U = 30 \mu\text{m}$ にした時の対向電極効果の影響を図8に示した。この場合、現像ギャップ d_g は、U層表面から15 μm の微少エヤーギャップを除いて、比誘電率 ϵ_{RC} によって表わされる赤現像剤で満たされていると仮定⁷⁾ し、 ϵ_{RC} の「赤ハロー効果」への影響について解析した。図8中の斜線部は、(6)式で求めた現像開始電界 E_{MIN} 値以上の電界領域で、「赤ハロー効果」の発生量を概念的に表わしている。これより、 ϵ_{RC} の増加は「赤ハロー効果」を減少させる可能性のあることがわかる。また、図9は、 $\epsilon_{RC} = 19.3$ の条件で、赤現像バイアス V_{RB} を印加した場合 $V_{RB} = 200 \text{V}$ で「赤ハロー効果」を完全に除去できることを示している。

4-2 β 型黒ハロー効果

図10は、赤色電位 $V_R = 400 \text{V}$ の条件における「黒ハロー効果」への黒現像キャリアの比誘電率 (ϵ_{BC}) 依存性

を、また図11は、 $\epsilon_{BC}=19.3$ の条件での V_R 依存性を示したもので、斜線部はそれぞれ「黒ハロー効果」発生領域を表わしている。この結果、「赤ハロー効果」の場合と同様、対向電極効果が「黒ハロー効果」除去に有効に働き、 V_R の増加に対し「黒ハロー効果」も増加することがわかる。黒現像バイアス $V_{BB}=0$ Vの条件では、 $V_R=400\sim 500$ Vが「黒ハロー効果」の発生限界となる。図12は、 $\epsilon_{BC}=19.3$ 、 $V_R=400$ Vの条件での黒現像バイ

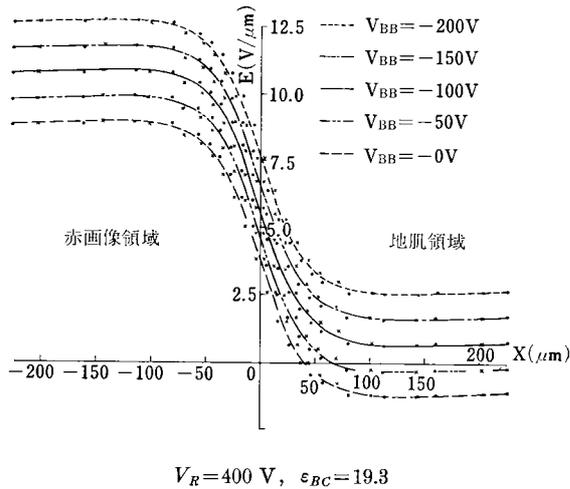
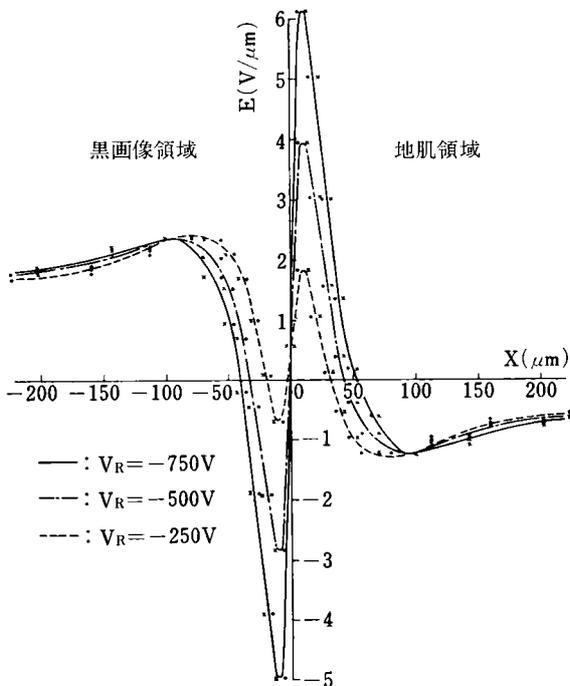


図12 黒現像バイアス V_{BB} と電界強度分布(β 型)



黒画像電位: $V_B=500$ V
赤現像バイアス: $V_{RB}=0$ V
図13 赤画像電位 V_R と電界強度分布(α 型)

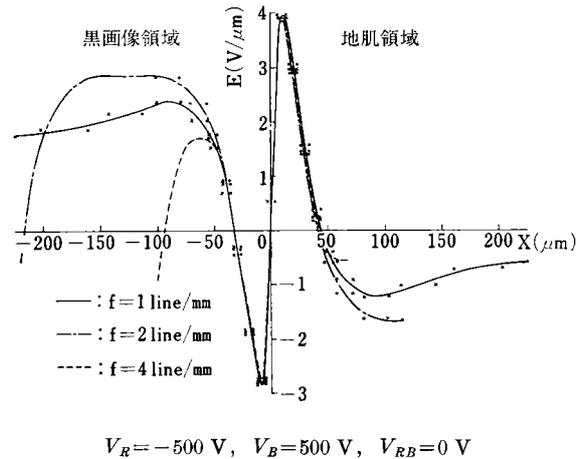


図14 画像の空間周波数 f と電界強度分布(α 型)

アス依存性を示したもので、これより「赤ハロー効果」のバイアス効果に比べ、 V_{BB} は、「黒ハロー効果」除去に対し低電圧領域でも有効に働くことがわかる。

4-3 α 型赤ハロー効果

図13は、黒潜像電位 $V_B=500$ V、赤現像バイアス $V_{RB}=0$ Vの条件下で赤潜像電位 V_R を変化させた時の電界強度分布を示している。 α 型では β 型と異なり、黒画像領域内に逆転電界を持つ正負2重の特異な電界強度分布パターンが形成される(これをデュアルピーク電界と呼ぶ)。この結果、黒画像幅の減少に加え「トリプルハロー効果」、すなわち画像周辺への赤、黒および赤トナー付着の発生が予想され、シャープネス、解像力低下の原因にもなる。図13の結果から、像面内の逆電界の発生量を制限するための必要条件は $|V_R| < |V_B|$ である。

画像面積減少の問題は、ソリッド画像においてもそうであるが、特にライン画像の再現性に重大な影響を及ぼす。図14は、空間周波数 f を1, 2, 4 line/mmと変化させた時の電界強度分布を示したもので、 f 値の増加に従い画像幅減少の影響度が大きくなる一方、デュアルピークの大きさは、 f 値に無関係であることがわかる。

4-4 α 型の特異現象と電荷分布

α 型2色電子写真プロセスでは、「2色ハロー効果」に加え、デュアルピークによる細線解像力の低下、黒画像周辺への黒トナー付着等、異常画像の発生が予測された。デュアルピークの発生は、U層とUL層界面の電荷分布の相互作用に基づくことが明らかで、UまたはUL層界面の電荷分布状態を変えることにより電界の分布を変え得る。

今までの電界計算では、図6の実線で示したようなほぼ矩形波に近いエッジ入力電荷条件を用いた。図15は、U層電荷分布を図6の点線で示したようなソフトエッジ関数⁸⁾を用いて変化させた時の結果を示したものである。

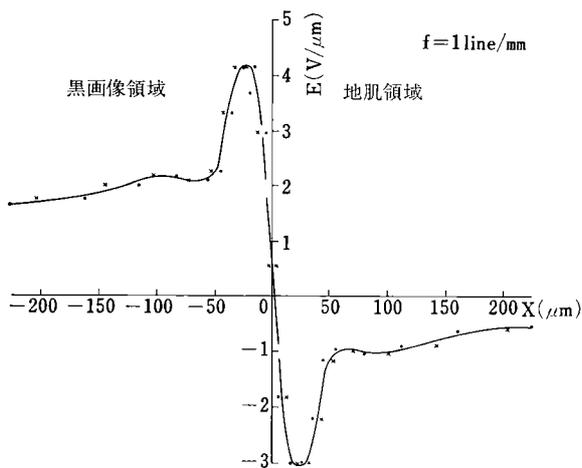


図15 U層電荷分布を変化させた時の電界強度分布(α型)

これよりデュアルピークを消去することが可能となるが、その電界分布は著しく歪曲したパターンを示す。

5 α, β型領域の規格化条件

黒画像に対応した電界強度分布がα型(正電界)またはβ型(負電界)となり得る条件は、U, L層の静電容量比 C_U/C_L と電荷量の比 Q_L/Q_U によって決定される。

ここで、α, β型領域とノーマライズファクターAとの関係を求める。

今、βプロセスにおける2次帯電後の表面電位 V_2 は(10)式から、

$$V_2 = \frac{(-Q_U)}{C_U} + \frac{Q_L + (-Q_U)}{C_L} \dots\dots\dots(19)$$

現像電極効果を無視した時、U層表面の潜像部の電界

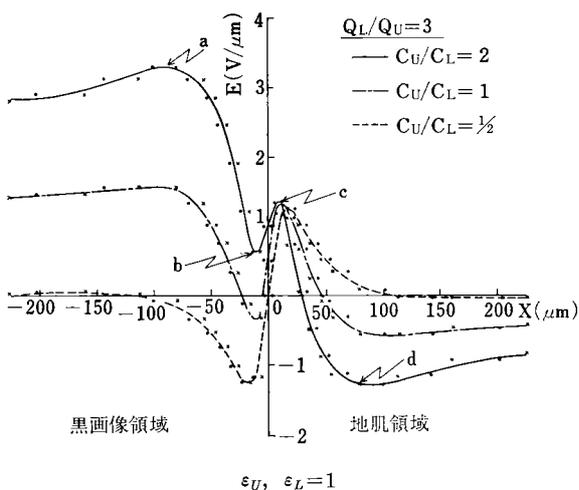


図16 Q_L/Q_U および C_U/C_L 比と電界強度分布の関係

強度が0となる条件を求めると、(19)式は、 $V_2=0$ より

$$\frac{(-Q_U)}{C_U} + \frac{Q_L + (-Q_U)}{C_L} = 0 \dots\dots\dots(20)$$

よって、

$$A \equiv - \left[\frac{C_U}{C_U + C_L} \cdot \frac{Q_L}{(-Q_U)} \right] = - \left[\frac{C_U}{C_U + C_L} \cdot \frac{\sigma_L}{(-\sigma_U)} \right] = 1 \dots\dots\dots(21)$$

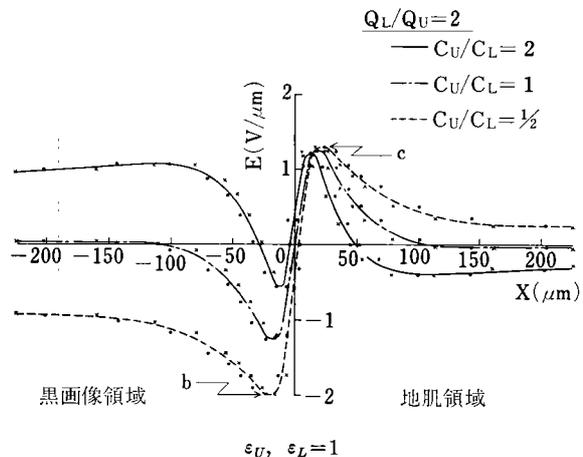


図17 Q_L/Q_U および C_U/C_L 比と電界強度分布の関係

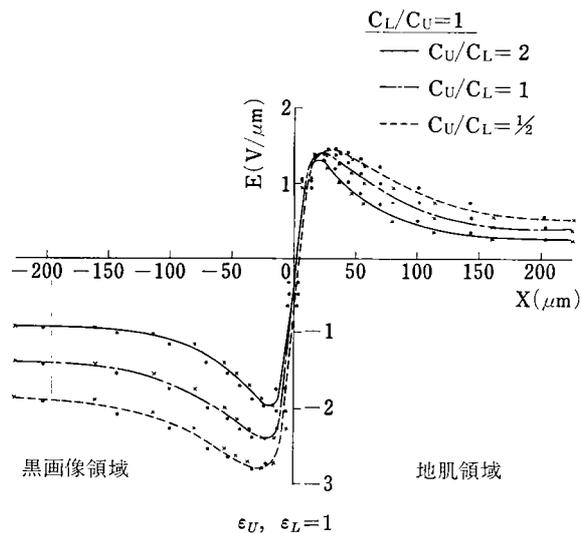


図18 Q_L/Q_U および C_U/C_L 比と電界強度分布の関係

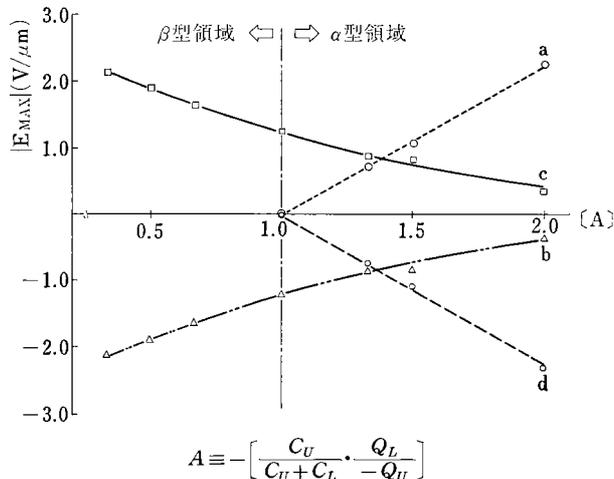
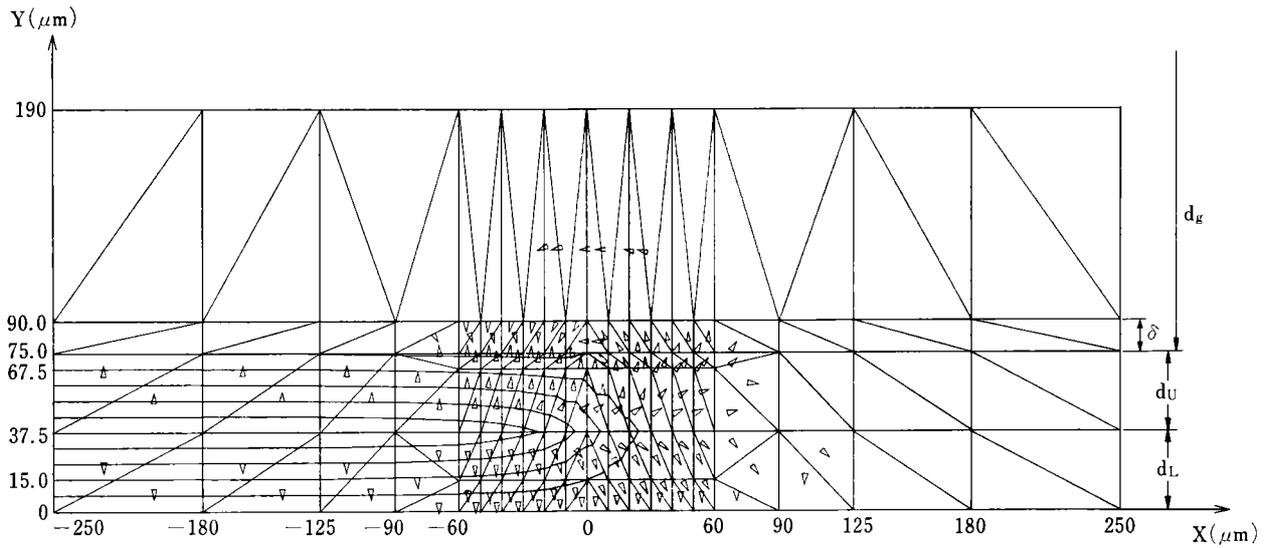
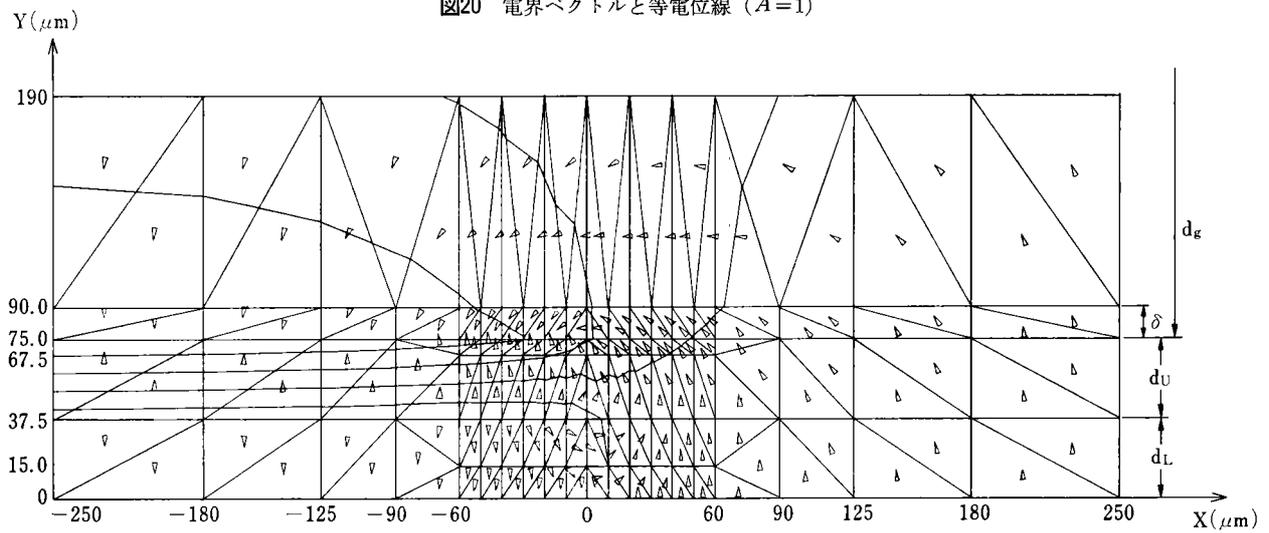


図19 電界分布のピーク値とノーマライズファクターAの関係



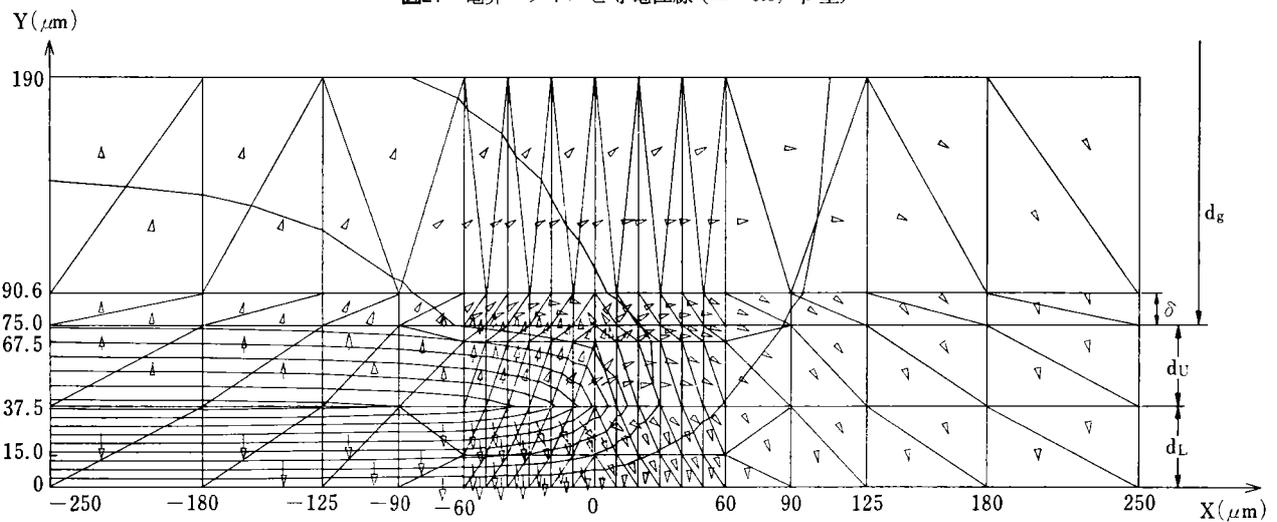
$$Q_L/Q_U=2, C_U/C_L=1$$

図20 電界ベクトルと等電位線 (A=1)



$$Q_L/Q_U=1, C_U/C_L=1$$

図21 電界ベクトルと等電位線 (A=0.5, β型)



$$Q_L/Q_U=3, C_U/C_L=1$$

図22 電界ベクトルと等電位線 (A=1.5, α型)

なるノーマライズファクター A が得られる。

そこで次に、(2)式の規格化条件を用いて、 α および β 型の潜像電界領域に対する潜像周辺部の電界分布状態を調べた。エッジ部の電荷分布は矩形波、 $f=1\text{line/mm}$ 要素分割図は図4と同様である。

図16~18は、 Q_U (-500 V 対応電荷)、 $d_U+d_L=75\ \mu\text{m}$ 、 $\epsilon_U=\epsilon_L=\epsilon_g=1$ 、 $V_{RB}=0\text{ V}$ を固定し、U層表面およびUL層界面の電荷量の比 Q_U/Q_L とU、L層の静電容量比 C_U/C_L をそれぞれ変化させた時の電界強度分布を示したものである。図16は、 $Q_L/Q_U=3$ の場合で、黒画像部の電界は、 $C_U/C_L=1/2$ で0、他の C_U/C_L 比に関する電界は α 型となる。ここで、各電界強度分布の極大、極小点をそれぞれa、b、c、dとする。同様に図17は、 $Q_L/Q_U=2$ の場合で、 $C_U/C_L=1$ で電界は0、 $C_U/C_L=2$ で α 型、 $C_U/C_L=1/2$ で β 型となる。また $Q_L/Q_U=1$ の時には、 C_U/C_L の全ての値に対して電界は負となり β 型になる。

図19は、図16~18の各分布図におけるピーク電界(a~d点)とノーマライズファクター A との関係を示したものである。この結果、黒画像部の電界強度が正となる領域、すなわち α 型では必ずa~d 4つのピークが存在(それゆえデュアルピークをもつ)し、この時 $A>1$ となる。また、電界強度が負となる領域、すなわち β 型においては、c、bのピークだけが現われ、この時 $A<1$ となる。

図20~22には、 $A=1, 0.5, 1.5$ の場合のU層表面近傍における各点の電界ベクトルと等電位線を示した。 $A=1.5$ の α 型では、U層表面の電界が、 $X=0$ を境いに回転し、デュアルピーク発生の原因となっていることがわかる。以上の結果から、二層感光体を用いて、赤黒2色に対応した正負の静電潜像を形成する場合、 $A<1$ の条件が満たされた場合には、黒潜像周辺にデュアルピーク電界は発生しない。

6 ま と め

2色電子写真プロセスにおける特異現象の1つとして、画像周辺部に現われる「2色ハロー効果」について考察した。潜像による電界の解析から、「2色ハロー効果」の性格が明らかとなった。

α 型では、黒画像に対応した潜像周辺部に、新たな現象として、正負2重のピーク電界をもつ電界分布が生じることが明らかとなり、これよりトリプルハロー効果の発生が予測された。このピーク電界は、潜像の電荷分布がほぼ矩形波に近いシャープエッジ(傾き:U層0.75, L層3)をもつ時発生し、U層電荷分布をソフトエッジ(傾き:U層0.15)とした時消去することができた。

また、 β 型では、赤、黒潜像電位を400V、 -600 V とし、現像剤の比誘電率を19.3とした時、200V以下のバイアス印加によって、潜像周辺の逆電界の大きさを、トナー付着電界の最小値 E_{MIN} 以内に入れることができた。

以上の計算結果に対しては、現在、実験で確認中である。

おわりに当り、本稿作成にあたってご協力頂いた関係者各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) R.M. Schaffert: Electrophotography Focal Press (1965)
- 2) USP 4,250,239 (1981)
- 3) USP 4,350,610 (1982)
- 4) L.B. Schein: Microscopic Theory of Magnetic Brush Development, photographic Science and Engineering, 19, 5, 255-265 (1975)
- 5) 戸川隼人: FORTRAN による有限要素法入門, サイエンス社 (1976)
- 6) 松本, 対馬, 石田, 唐沢: 電子写真法による2色カラー複写機, 画像電子学会第64回研究会講演予稿81-05, (1982)
- 7) L.B. Schein: The Electric Field in a Magnetic Brush Developer, Second International Conf. on Electrophotography edited by D.R. White. 65-73 (1974)
- 8) H.E.J. Neugebauer: Electrostatic Fields of Xerographic Images, Xerography and Related Processes edited by J.H. Dessauer, H.E. Clark, 217-257, Focal Press (1965)

Bi₁₂SiO₂₀ 単結晶の育成と光学特性

The Growth and Optical Properties of Bi₁₂SiO₂₀ Single Crystals

芝口 孝* 番場信夫*
Takashi Shibaguchi Nobuo Bamba

要 旨

単結晶ビスマス・シリコン・オキシサイド Bi₁₂SiO₂₀(BSO) は光画像変換素子やボリュームホログラム等の光機能素子として用いられる光学結晶材料であり、チョクラスキー法によって育成される。気泡、コア、歪等のない高品質の単結晶を得るため育成条件を検討した結果、育成条件の1例として引上げ速度 3 mm/h, 結晶回転数 30 rpm, 結晶径 20 mm の条件で結晶を育成したときに、固液界面が平坦になり、高品質な単結晶が得られた。育成された BSO 単結晶の光学特性及び電気光学特性を測定した結果、光電流が 420 nm と 633 nm で3ケタ相異し、ポッケルス効果の半波長電圧 4.6 kV が得られた。これらの結果より光機能素子としての応用が可能であることを確認した。

ABSTRACT

Single crystals of Bismuth Silicon Oxide are utilized for optically active devices such as optical image converters and volume holograms. The BSO single crystals were grown by the Czochralski technique in our laboratory. During the growth the shape of the crystal-melt interface had to be kept flat in order to obtain good crystals which did not contain defects such as voids, cores and strain. As an example for optimum conditions for the crystal growth, a pulling speed of 3 mm/hr, a rotation rate of about 30 rpm were found for the case of a 20 mm dia. crystal. The optical and electro-optical properties of the single crystals were subsequently investigated. A remarkable difference in photoconductivities by three orders of magnitude at 420 and 633 nm, the half wave voltage of 4.6 kV in Pockels effect were obtained. These results indicate that the properties of the crystals were satisfactory for the optical device application.

1 はじめに

BSO はビスマスシレンナイト族に属し、Bi₂O₃-SiO₂系の相図は Levin¹⁾ によって研究されている(図1)。それによると BSO の一般式は Bi_xSiO_{1.5x+2} で表現され x=12 を中心としてコングルエント組成(固相と液相が等濃度組成)の存在することがわかる。BSO の融点は 895°±5°C であり Bi₂O₃ 6 モルと SiO₂ 1 モルとの化合物でチョクラスキー法によって育成される。BSO はその対称性が立方晶群に属し、体心立方晶点群 23 であり、その回転操作は正四面体を不変に保つ回転操作からなり3つの2回回転軸と4つの3回回転軸をもっている(図2)。

BSO 単結晶はポッケルス効果及び青色光の短波長領

* 技術本部 光学技術センター
Optics Technology Department, Technology Division

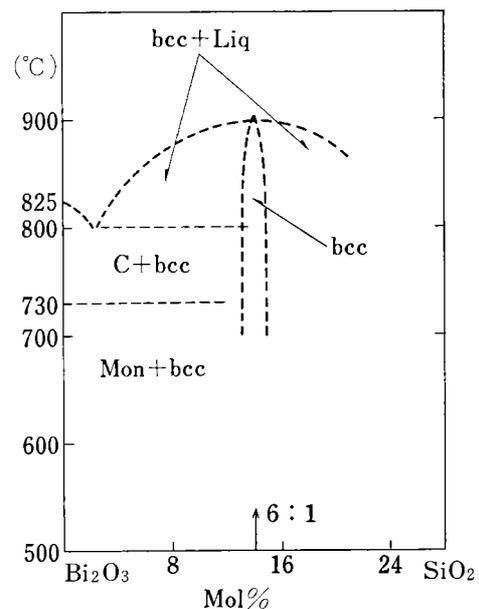


図1 Bi₂O₃-SiO₂ 混合系の相図

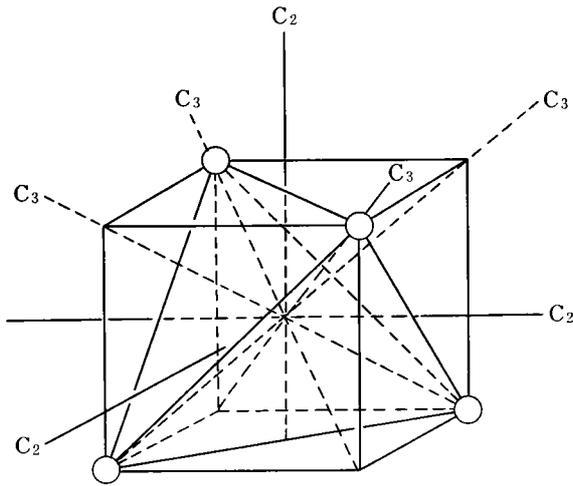


図2 点群23の回転操作

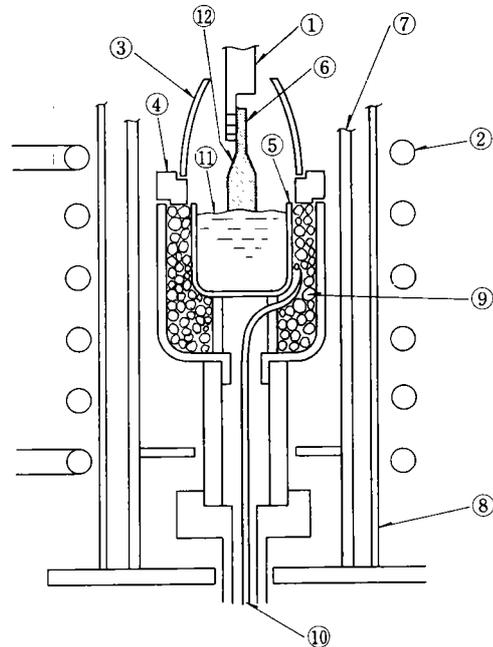
域で高い光導電性を示すため光画像変換素子²⁾³⁾⁴⁾、ポリウムホログラム⁵⁾などへの応用が検討されているほか、光スイッチ、光応用電界センサーなどへの用途も考えられている。BSO単結晶は1967年にBallman⁶⁾が最初にチョクラスキー法で育成を試みその後J. C. Brice⁷⁾⁸⁾等によって結晶の性質が研究されている。又光学特性、電気光学特性を利用した光機能素子の研究⁹⁾も行われてきた。筆者等はBSOの光機能素子への応用に着目し、光学的に均一な高品質のBSO単結晶をチョクラスキー法によって育成するため育成条件(引上げ速度、結晶回転数)を検討した結果、直径20mmのBSO単結晶の育成が可能になった。さらに育成した単結晶の光学特性及び電気光学特性の評価を行った。

本報告ではBSO単結晶の育成条件の検討結果、および育成された単結晶の光学特性及び電気光学特性の評価について述べる。

2 結晶育成の実験方法

BSO単結晶の育成はチョクラスキー法によって行った。引上げ装置は精舎舎エレクトロニクス製EP-11型を用いた。ルツボは直径50mmφ、高さ50mm、肉厚1mmの白金ルツボを使用した。図3に高周波誘導加熱炉の概略を示す。試料は市販のBi₂O₃(4N)とSiO₂(4N)の粉末を購入して使用した。Bi₂O₃とSiO₂を6:1モル比に秤量し十分混合してから白金ルツボに入れた。その後試料を溶融し白金ルツボを2時間程回転して十分反応混練した。混練後種づけを行い一定速度で回転引上げを行った。引上げ雰囲気は大気中で行った。引上げ条件は、種結晶の方位(引上げ方位)を<111>方向とし、結晶の回転数を一定にして、引上げ速度を変え、良質単結晶が得られる上限の引上げ速度を最初に決めた。その後引上げ速度を一定にして結晶回転数を変化させて育成実験を行った。炉内の温度分布は高周波誘導コイルの位

置とホットゾーン構成等によって変わるのであらかじめ融液上の温度勾配をコイル位置を変えて測定し温度勾配が大きくなる様にコイルの位置決めを行った。このとき



- ① 回転引上げ軸
- ② 高周波誘導コイル
- ③ アルミナノズル
- ④ 保温リング
- ⑤ 白金ルツボ
- ⑥ 種結晶
- ⑦ 保温筒
- ⑧ 石英管
- ⑨ 保温部材(酸化ジルコニウム)
- ⑩ 熱電対
- ⑪ 融液
- ⑫ BSO結晶

図3 高周波誘導加熱炉の概略図

の融液直上の温度勾配はほぼ50°C/cmであった。育成中の融液温度はPt-Rh 13%の熱電対をルツボの側面に取りつけて測定し温度変化に対する高周波パワー設定を自動制御で行った。結晶の内部品質の観察と光学特性の測定は、X線回折で方位決定後、1mm厚で切出し鏡面研磨したウェハを使用した。結晶内部の欠陥である気泡及びエッチピットの観察はノルスキー微分干渉装置(日本光学製)を用いて行った。分光透過率特性及び光導電特性は分光光度計(日立製323形)を用いて測定した。屈折率は切断したウェハを楔状に研磨し屈折率が既知の光学硝子製60°プリズムに結合しスペクトロメーター(Wild製)にて測定した。

3 結晶育成実験の結果及び検討

3-1 引上げ速度と結晶品質

3-3-1 結晶外観

結晶引上げ速度は結晶品質に差異がなければ育成時間が短縮できるため、速い方が望ましい。そこで引上げ速度の上限を決めるため、結晶回転数を一定にして引上げ速度を5mm/hで試みその結果から次に3mm/hとして育成した。その結果を表1に示す。引上げ速度が5

表 1 BSO 単結晶の引上げ速度と結晶の品質

条件 結晶	引上げ 方位	引上げ 速度	結晶回 転数	固液界面 形状	透明度, 表面 のつや
A	<111>	5 mm/h	30 rpm	凸	不良
B	"	5	"	"	不良
C	"	3	"	"	良
D	"	3	"	"	良 (定径部) 不良 (尾部)
E	"	3	"	"	良

mm/h で育成した結晶は表面が荒れていて不透明である (結晶A)。結晶Bは定径部から尾部にかけて不透明となっている。これらは育成中に固液界面に組成的過冷却が生じその部分が気泡発生の核となり気泡とし析出したものである。一方引上げ速度が3mm/hで育成した結晶 (結晶C, D, E) は透明でかつ表面状態がなめらかであり外観上良質の結晶である (結晶Dは尾部でいくらか不透明になっている)。同じ引上げ速度で品質が異っているのは原料の出発組成の相異によるものと推察される。結晶A, Dはコングルエントでない融液組成であり, 結晶B, C, Eはコングルエントの融液組成を用いたものである。

3-1-1 コア及び歪

上で述べた良質単結晶 (結晶C, D, E) を(100)及び(111)面で切り出し鏡面研磨して結晶の内部品質を観察した。図4に結晶Cから(111)と(100)面を切り出した位置を示し, 図5にはこれらのウェハを研磨した後の様子を示した。図5からウェハの中央部にコア(着色部)が存在しているのがはっきりと見られる。このウェハを2枚の偏光板間に配置して一方からハロゲンランプで照明し他方より肉眼で見るとコアの所は他の部分と色調

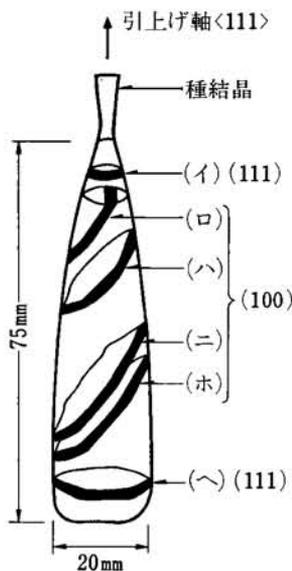


図 4 結晶Cからのウェハ切り出し位置

が異っているのが観察された。これはコア部が後節で説明するように他の部分と屈折率が異っているためである。結晶Cのコア部以外では色調が同じで光学的に均一であった。結晶Dも同じ方法で(111)及び(100)面のウェハを観察したところコア部以外でも歪に

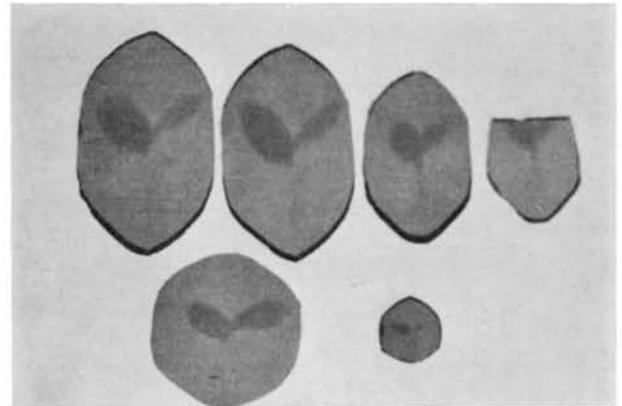


図 5 結晶Cから切り出した研磨後のウェハ
上列右より (イ)(ロ)(ハ)
下列右より (イ)(ロ)

よる屈折率変化が見られた。この歪は育成中に生じる温度変動や結晶内に発生する組成的過冷却に帰因した気泡及びサブグレイン・バウンダリの近傍で格子面が激しく彎曲し, その付近に応力が集中することにより生じたものと推測される。したがってこの歪は引上げ中に温度変動を小さくし組成的過冷却を生じないようにすることにより除去できる。結晶Eはコア部で歪が観察されたがコア部以外では歪は認められなかった。

3-1-2 エッチピット

転位は格子欠陥の一種でありこの中心部は大きな応力歪を受けており, 内部エネルギーが蓄積されている。したがってこの部分は完全結晶に比べて溶解しやすい。結晶C, D, Eの研磨したウェハをエッチングしてエッチピットを観察した。その結果, 結晶Dではウェハの周辺に高密度転位部が存在していた。一方結晶Cのウェハは極めて小数のものが周辺に見られるだけで中央部には皆無であった。結晶Eのウェハではほとんどエッチピットが観察されなかった。

図6に(111), (100)面のエッチピットを示す。

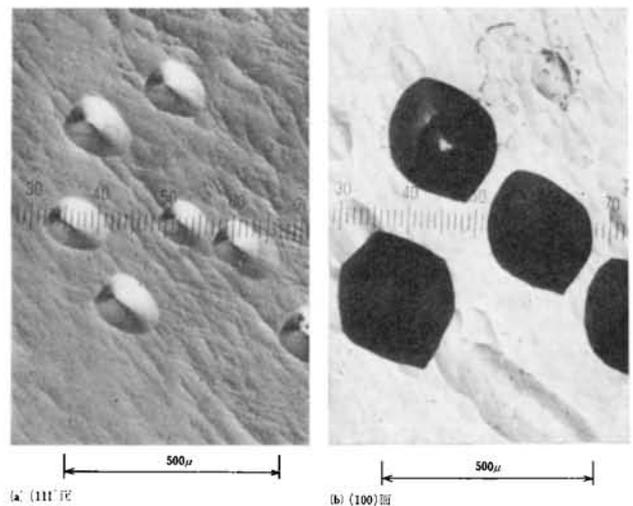
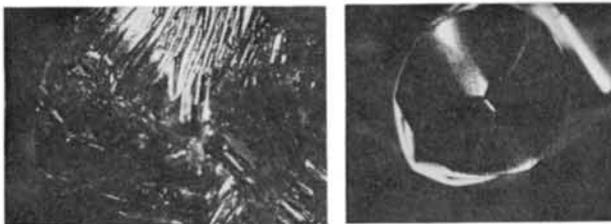


図 6 (111), (100)面のエッチピット (結晶C)

3-1-3 気 泡

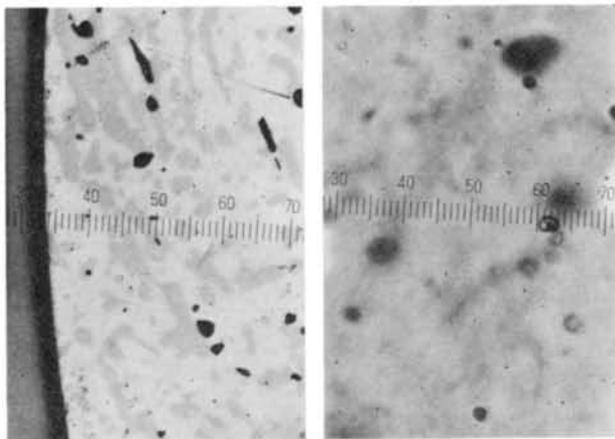
気泡は融液内に溶けているガスが固液界面に過飽和の状態が存在し結晶内にとりこまれたものである。固液界面がなめらかで結晶成長している場合は融液内のガスは成長核が存在しないために過飽和の状態を維持し結晶内にとりこまれない。これに対して固液界面が組成的過冷却をおこすとなめらかな界面が不安定になって界面には固相から液相に向かって多数の突起がつけられ、これらが気泡発生の核となり結晶内に気泡をとこむと同時に融液内に含まれる不純物原子も突起どおしの間に拡散して集まり成長方向にほぼ平行な多角柱状のセル構造が生ずる。図7(a)は結晶Aの底部のセル構造を示したものであり、引上げの際組成的過冷却が生じないように注意して育成された結晶Eは同図(b)のようにセル構造のない滑らかな底面を示し気泡も発生していない。



(a) 結晶Aの底部 (b) 結晶Eの底部
図7 セル構造

気泡は通常エッチングすると空洞部分をもっている。逆にエッチングをしなくてもセル構造のある所では多量の気泡があると考えられる。結晶C、Dのウェハの(111)面をエッチングして気泡の発生を顕微鏡で観察した。結晶Dでは結晶周辺部に多数発生しており肉眼で見ても黒っぽくなっている(図8)。

また中央部にも発生している。これに反し結晶Cでは気泡はほとんど見られなかった。この相異は前節で説明



(a) (111)面外周辺の気泡 (b) (a)の中空洞の気泡

図8 結晶Dの気泡の発生

した様に出発原料組成のちがいによるものと推測される。

以上結晶引上げ速度と結晶品質について述べたが、良質単結晶と思われた結晶C、D、Eから切り出したウェハの結晶品質評価結果をまとめると表2のようになる。

表2 結晶(C、D、E)の内部品質

結 晶	気泡の発生	転位密度	コアの	
			有 無	コア部以外の屈折率分布
C	ほとんど発生していない	$<3 \times 10^8$ 個/cm ² (周辺部のみ)	有	均一
D	結晶周辺に多数発生、中央部にも発生	$>10^8$	有	不均一
E	無	0	有	均一

表2より結晶C、Eはコアを除けば良質な単結晶でありこれらの結果から、結論として歪、エッチピット、気泡の発生を除去するには出発原料をコングルメント組成とし、組成的過冷却を生じない引上げ速度の上限を3mm/hとし、かつ温度変動をできるだけ小さくすることが必要であると言える。

3-2 結晶回転数とコア(着色部)

チョクラルスキー法によるBSO単結晶の結晶品質の良、不良は育成条件に大きく依存しBSOを光画像変換素子等の光機能素子として使用する場合には結晶の光学的均一性が問題となる。

前項で引上げ速度を検討した結果、結晶内にコアが存在しこの部分は屈折率が他の部分と異なり、またコアの周辺で歪が観察された。このコアはファセット成長¹⁰⁾によるものである。ファセット成長は固液界面が結晶の低指数面に一致したときに発生し、この成長した低指数面をファセット面と呼んでいる。したがってこのファセット成長の生滅は育成中の固液界面形状に大きく依存する。

育成中の固液界面形状は種々ある育成条件の中で主に結晶回転数によって決まってくる。結晶回転数が小さいときはルツボ内融液の自然対流が支配的となり融液の流れは成長中の結晶周辺部から等温面(固液界面)に沿って回転軸中心に向かい中心から下降するため固液界面は融液に対して凸になる。回転数が大きくなると回転による融液の強制対流が支配的となり、融液の流れは回転軸中心で上昇し等温面に沿って結晶周辺に向うため凹状界面が形成される¹¹⁾。BSO単結晶を<111>方位に引き上げたときのファセットは(110)¹⁰⁾であり、この(110)ファセット成長は固液界面形状が凸又は凹状で発生し平坦では発生しない。この平坦な固液界面は融液の流れが自然対流から強制対流になる中間の段階で形成される。

上に述べた理論を実験するため、育成したBSO単結

表 3 結晶回転数とコア（着色部）の有無

条件 結晶	引上げ 方位	引上げ 速度	結晶 回転数	結晶長	最大 結晶径	固液界面 形状	コア（着色部）模様	コア消 失時の 結晶径	備 考
F	<111>	3 mm/h	30rpm	73mm	31mmφ	凸		—	
G	"	"	35	27	21	凸		—	結晶が融 液から離 脱
H	"	"	35	54	22	凸→平坦 →凹		17mmφ	
I	"	"	40	62	20	凸→平坦 →凹		16	
J	"	"	60	20	13	凸→平坦		9	再溶融が 生じ育成 不能
K	"	"	30	83	20	凸→平坦		20	

晶のコアを調べることにし、1 mm 厚のウェハーを引上げ方向にはほぼ直角に切り出しメッシュ 1,000 番と 4,000 番の研磨紙で研磨しコアを観察した。表 3 に結晶回転数を変えて<111>方位に引上げたときのファセット成長（コア）の出現の様子及び固液界面形状を示す。ファセット成長はどの結晶にも現われていて中心付近に生じ、中心より三方向に伸びている。この三方向に伸びたファセットの面方位を確認するため育成中の結晶を瞬時に融液から切り離れた結晶のファセット面と引上げ方位<111>との角度を顕微鏡で測定した結果はほぼ 55°であった。これより 3 方向に伸びたコアは (110) ファセット成長であることが確認できた。

結晶 F（回転数 30 rpm）ではコアが肩部から尾部にわたって中心付近に現われている。このことは成長中の固液界面形状が常に凸であることを示している。

結晶 H（回転数 35 rpm）では肩部形成時にコアが生じ（図 9 (a)）定径部になった所でコアが消えしばらく消えた状態で結晶が成長している（図 9 (b)）。この部分の固液界面形状は平坦状の界面をなして (110) ファセットが成長しなくなっている（図 9 (e)）。結晶が徐々に太るにしたがって結晶の周辺部にコアが成長してきている（図 9 (c)）。これは固液界面形状が平坦状から凹状（図 9 (f)）に変化し結晶の周辺部に (110) ファセットが成長したものである。

結晶 I（回転数 40 rpm）では、ほぼ結晶 H と同様な現象が生じ、コアが始めは中心付近に発生していたものが次第に消え、固液界面が平坦状になった時にわずかに中

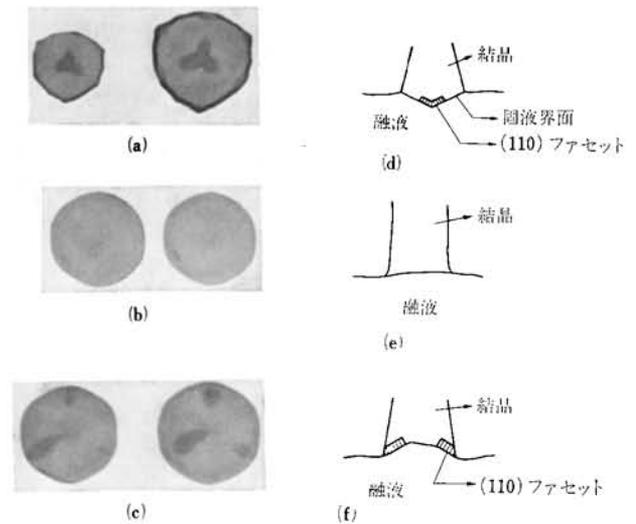


図 9 結晶 H のコアと固液界面形状

心付近と周辺部に認められ、さらに成長が進んだ段階では結晶の周辺部に発生してきているのが見られる。

結晶 J（回転数 60 rpm）は高速回転で引上げたため肩部形成時に再溶融が生じ育成不能になった。この結晶は初めコアが中心付近に現われ、このとき固液界面形状は融液に対して凹である。さらに成長が進んで再溶融が生じる直前では（結晶径 9 mm φ）固液界面形状が平坦になり (110) ファセット成長は生じていない。以上の検討結果より、結晶育成中の固液界面形状がコアの有無に大きな影響を及ぼしていることがわかった。すなわちコアを除去するためには育成中の固液界面形状を平坦に保ち

(110)面のファセット成長を阻止してやればよい。

このファセット成長は2次元核の形成頻度で律速されていてその成長面は原子的尺度で平坦である。ある時点で核形成が行われると急速に2次的に成長し、他の部分に比べ多くの不純物原子をとりこんで着色部を形成する。したがってコアを取り除くためには(110)面の2次元核成長を止めればよい。

チョクラスキー法で単結晶を育成すると結晶の回転数及び結晶径の増加により固液界面の形状が突然に融液に対して凹状から平坦もしくは凸状に不連続的に変化することは多くの酸化物の育成において見出されている。

Carruthers¹²⁾によると、固液界面の形状変化が生ずるときの結晶の臨界直径 d_c は、強制対流と自然熱対流が、バランスするという条件から(1)式のように表わせる。

$$d_c = [g \alpha \Delta T R^3 \pi^{-2}]^{1/4} \omega^{-1/2} = k \omega^{-1/2} \quad \dots\dots(1)$$

g : 重力加速度 α : 融液の熱膨張係数

ΔT : 融液内直径方向温度勾配

R : ルツボの半径 ω : 結晶の回転数

上式を今回引上げた BSO 単結晶に適用するため結晶 I のデータから $\omega = 40 \text{ rpm}$, $d_c = 1.6 \text{ cm}$ を(1)式に代入し k を求めると、 $k = 1.3$ となる。この値を用いて ω と d_c の関係をグラフにすると図 10 のようになる。他

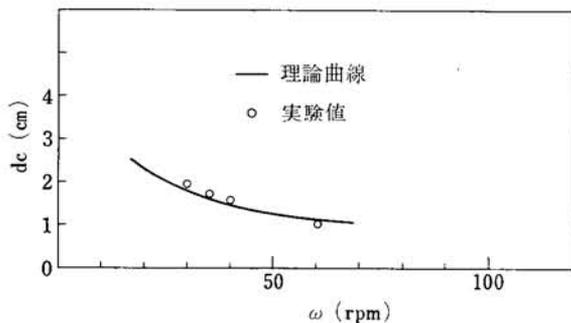


図10 BSO の臨界直径 d_c と回転数 ω との関係

の結晶の臨界直径の値 d_c (表 3) をプロットすると図 10 の丸印のようになり理論曲線とよく一致する。したがって現有の引上げ装置で BSO 単結晶を所望の径で得るためには結晶回転数を図 10 を参考にして決め育成すればよい。

上記の結果を利用して結晶径がほぼ $20 \text{ mm } \phi$ になる様に育成温度を制御し、結晶回転数 30 rpm で $\langle 111 \rangle$ 方向に引上げた結果、良質の単結晶が得られた。この結果を表 3 の結晶 K の欄に示す。この結晶は肩部でコアが存在しているが結晶径が大きくなり定径部になるとコアのない良質な単結晶でありかつ引上げ速度の上限を決める上で得られた育成条件を取り入れることによって歪、気泡、エッチビットの発生を十分防ぐことができた。この育成結晶の全体形状を図 11 に示す。

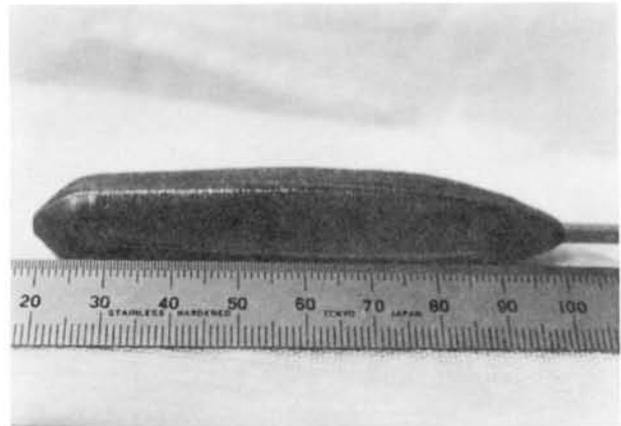


図11 育成された BSO 単結晶 (結晶 K)

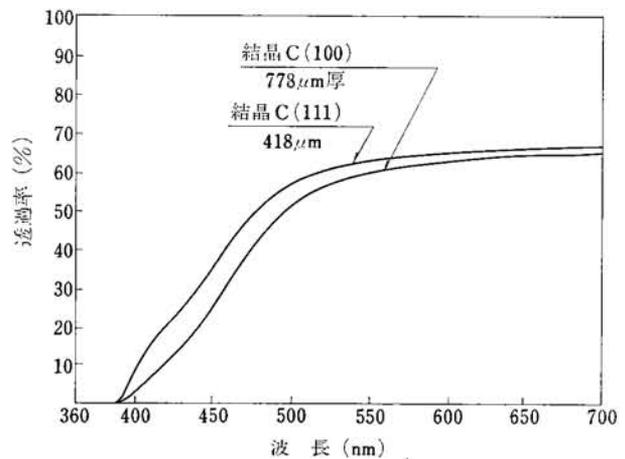


図12 分光透過率

3-3 BSO 単結晶の光学特性

3-3-1 分光透過率及び屈折率

図 12 に研磨した結晶 C の分光透過率を示す。図より (100)面と(111)面でほとんど透過率は変わらない。この結晶で 600 nm 以上で透過率 65% 以上得るためには結晶厚は $500 \mu\text{m}$ 以下である必要がある。さらに透過率を向上させるには無反射コート膜が必要である。

図 13 に切り出した BSO 単結晶ウェハを楔形に研磨し、三角プリズムに接着して測定した屈折率を示す。図 13 より $\lambda = 633 \text{ nm}$ (He-Ne レーザー) に対して $n = 2.53$ であり文献値²⁾と一致する。

3-3-2 光導電特性

図 14 に結晶 C の光導電特性の測定結果を示す。電極はウェハの両面に In_2O_3 (透明電極) を電子ビーム蒸着して電極とした。光源はキセノンランプで分光光度計のダブルビームを利用し、一方のビームで光強度をモニターした。

測定結果より、 420 nm と 633 nm との光電流を比較

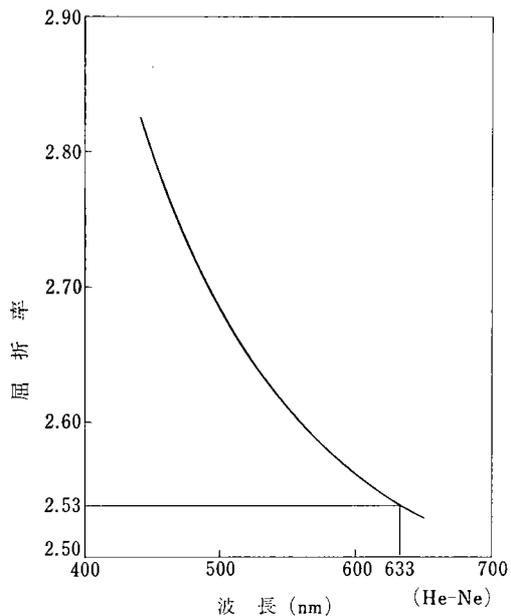


図13 屈折率の波長特性

するとほぼ3桁近い差があることがわかる。BSOを光画像変換素子に应用する場合は上記した差が大きい程よい。したがって光導電特性の結果より判断すると、この結晶は光画像変換素子への応用が可能である。

3-3-3 ポッケルス効果

BSOは立方晶系であるから(100)面の両面に電圧Vを印加すると複屈折を生ずる。2つの直交するF、S軸と45°をなす直線偏光が入射すると結晶を出た光は楕円偏光になる。したがって偏光子、検光子を直交ニコルの状態にすれば、検光子通過後の光強度は、入射直線偏光の強度を I_0 とすると

$$I = I_0 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \frac{V}{V_0}\right) \quad \dots\dots(2)$$

になる。ただし V_0 は半波長電圧である。なおF軸 $\langle 011 \rangle$ 、S軸 $\langle 0\bar{1}1 \rangle$ は、BSOが自然複屈折を持たないので容易に見出すことができる。図15は図16の実験装置で測定したポッケルス効果の測定結果で半波長電圧は4.6 kVである。この測定結果は $V_0 = 4.6 \text{ kV}$ を(2)式に代入して得た理論曲線とよく合っている。電気光学定数 $\gamma_{41} = 5 \times 10^{-12} \text{ m/V}$ 及び3.3.1で得られた屈折率 $n_{\lambda} =$

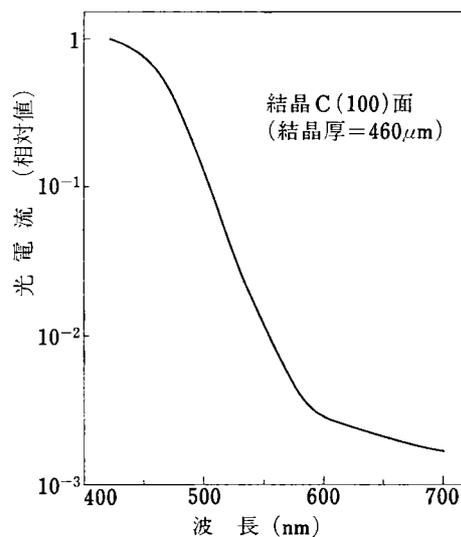


図14 光導電特性

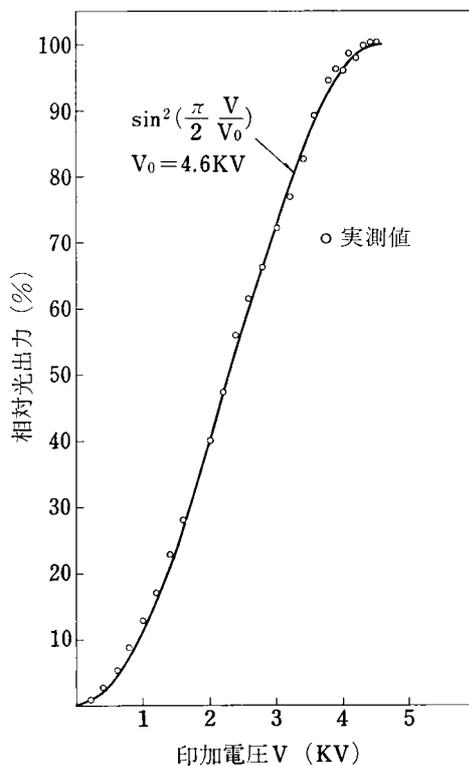


図15 ポッケルス効果

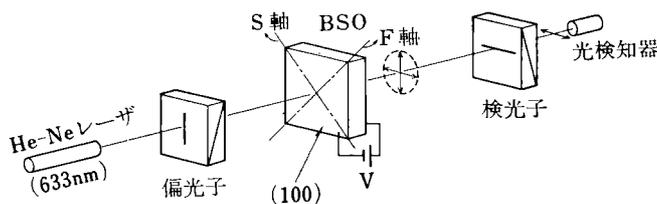


図16 ポッケルス効果測定概略図

2.53 ($\lambda=633\text{ nm}$)を用いて計算した BSO の半波長電圧の値は 3.9 kV である。実測値が計算値と異なるのは BSO 単結晶が旋光性を持っているためである。

4 おわりに

BSO 単結晶を光画像変換素子やポリウムホログラム等の光機能素子へ応用するため、単結晶の高品質化を目ざして育成条件を検討した。その結果引上げ方位 $\langle 111 \rangle$ で結晶径 20 mm ϕ の良品質単結晶が得られ、育成条件が把握できた。

気泡、コア、歪等の欠陥は、デバイス化した場合に光学的 S/N を劣化させるばかりでなくデバイスそのものの寿命を極端に短くするという致命的欠陥であり除去する必要がある。BSO 単結晶の光導電特性は重要な特性であり、今回得られた結晶では 420 nm と 633 nm の光電流差がほぼ 3 桁ある。さらにこの光電流差を大きくするには、より純度の高い原料を使用する必要があると考えられ、今後の課題と言える。又透過率、屈折率、ポッ

ケルス効果とも単結晶として良好な結果が得られ、光機能素子としての応用の可能性が確認された。

謝辞 本研究の遂行に当り、色々な形で御協力いただいた光学技術センターの皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) E.M. Levin and R.S. Roth, J. Res. Natl. Bur. Std., 68, 197 (1964).
- 2) J. Feinleib and D.S. Oliver, Appl. Opt. 11, 2752(1972)
- 3) S.G. Lipson and P. Nisenson, Appl. Opt., 13, 2052 (1974)
- 4) 多田紘二他, 住友電気技報 117, 138 (1980)
- 5) J. P. Herriau, J. P. Huignard and P. Aubourg, Appl. Opt., 17, 1851 (1978)
- 6) A.A. Ballman, J. Crystal Growth, 1, 37 (1967)
- 7) J.C. Brice, T.M. Bruton, O.F. Hill and P.A.C. Whiffin J. Crystal Growth, 24/25, 429 (1974)
- 8) J.C. Brice, M.J. Hight, O.F. Hill and P.A.C. Whiffin, Philips tech. Rev. 37, 250 (1977)
- 9) S.L. Hou, D.S. Oliver, Appl. Phys. Lett., 18, 325 (1971)
- 10) 宮本大樹・宮本敬・薦田俊策, レーザー研究, 9, 288(1981)
- 11) 宮沢信太郎:通研実報, 23, 1321 (1974)
- 12) J.R. Carruthers. J. Crystal Growth, 36, 212 (1976)

ラインバッファ付サーマルヘッドを用いた高速感熱記録方式

High speed thermal printing method by the print heads with line buffer

森 正昭*

Masaaki Mori

要 旨

ダイレクトドライブ方式によるラインバッファ付サーマルヘッドを用いて、高画質の得られる高速感熱記録方式の研究を行った。その中で、給紙速度と記録ドット長の関係を明らかにすると共に、記録開始後、数ラインの濃度低下を前ライン情報を用いて補償する方式および、温度に対しパルス幅をリニアにコントロールする高精度の濃度安定化法の検討を行った。

その結果、従来の給紙速度 13 mm/s、主走査速度 20 ms/l に対し 80 mm/s、4 ms/l の高速でも、すぐれた印字品質が得られることを確認した。

ABSTRACT

Investigations on high speed thermal printing method were carried out to improve printing quality using print heads with mounted line buffers for the direct driving system.

In this work (1) the relationship between the paper speed and printed dot length was clarified, (2) experiments were made to correct low printed optical density on the first several lines utilizing the data for the preceding line and (3) the temperature effect on the printed dot density was compensated by linearly modulating the width of heating pulses.

These attempts resulted in the excellent printing quality at 4 ms/line of horizontal scanning speed and 80 mm/s in the vertical direction, which exceeded the quality in the conventional printing method at the speeds of 20 ms/line and 13 mm/s.

1 はじめに

ファクシミリの記録方式には、現在、ライン型ダイオードマトリックス方式サーマルヘッドが多用されているが、高速記録用としては、シフトレジスタ¹⁾または、サイリスタ²⁾を搭載したダイレクトドライブ方式サーマルヘッドが使用されはじめています。

これら高速記録用サーマルヘッドの出現により、感熱記録の用いられる分野は、拡がりつつあるが、高速記録を実際に行う上で、新たに、次のような問題が生じている。すなわち、① サーマルヘッド設計上からは、印字ドットの尾引き現象が明らかでないため、解像度、記録速度が与えられても、発熱体ドット形状の設計が難しいこと、② 記録を行う面からは、記録中に黒ドット

が出現する時、はじめの数ドットの濃度が極端に淡くなり、特にキャラクタ印字ではその印字品質劣化が大きいこと、③ 記録のくり返し時間が短くなるため、蓄熱現象が著しく、そのため記録濃度変化が大きくなったこと、等である。これらのうち、②③に対しては、いくつかの高画質化を目指した試み³⁾⁴⁾⁵⁾がなされている。

筆者は、我が社で先きに開発したラインバッファ付サーマルヘッドを用いて、高速記録において、記録速度と記録ドットパターンの関係の解明ならびに、前ラインの加熱経歴を利用した簡便な濃度補償方法、蓄熱現象、環境温度変化に対する濃度安定化法の検討を行ない、良好な結果を得たので、以下その詳細について説明する。

2 ラインバッファ付サーマルヘッド概要

次章以下の記述に必要な範囲内で、本研究で主に用いた TH-1101 型ラインバッファ付サーマルヘッドの概要を簡単に説明する。(詳細については、別に発行されて

* 電子技術開発センター 製造部
Manufacturing Department, Electronics Development Center

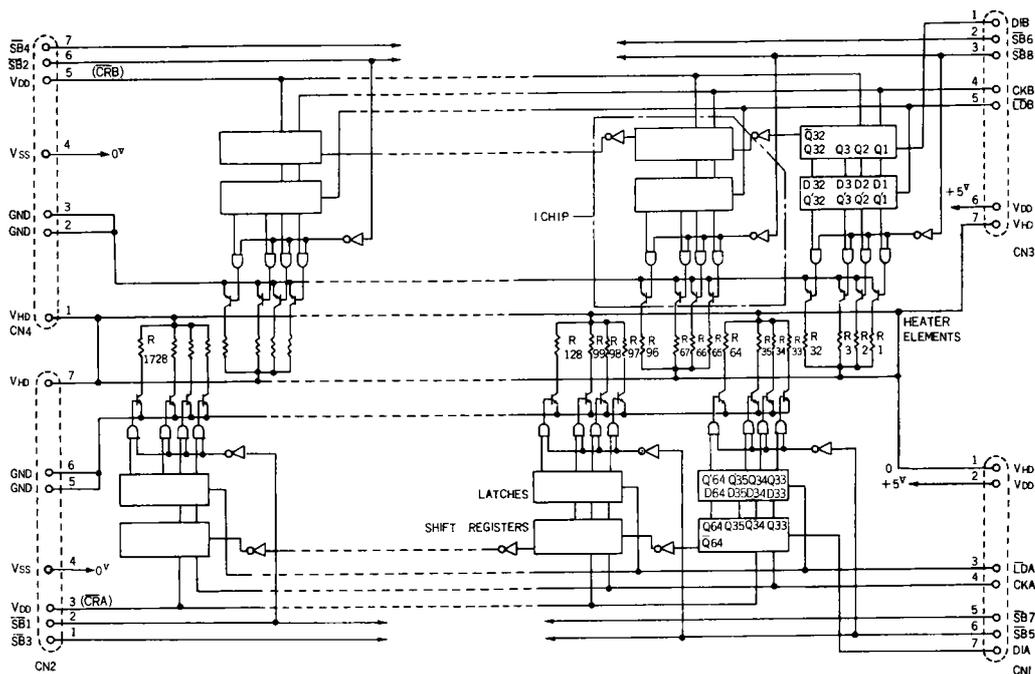


図 1 TH-1101 駆動回路

いる製品カタログ、技術資料等参照されたい。)

このサーマルヘッドは、記録幅 216 mm、解像度 8 ドット/mm で、発熱体は薄膜蛇行状構造となっている。この駆動回路を図 1 に示す。発熱体総数 1,728 ビットに対して、駆動回路素子、54 個を搭載し、その素子 1 チップには、32 ビットシフトレジスタ、ラッチ、ゲート、スイッチングトランジスタが内蔵されている。

データ入力に対しては、1 ラインのシフトレジスタとラッチを有しており、データ(D I)は、外部の 32 ビットグル回路を経由して、シリアル入力することが出来る。そして、入力が終わるとロード信号(LD)により、データはラッチへパラレル転送され、ストローブ信号(SBn)で記録動作が行われる。このストローブ信号は、記録速度に応じ同時または分割駆動が自由になされるようになっている。

3 記録ドット長と給紙速度の関係

3-1 副走査(給紙)方向の記録ドット長

高速で記録を行う時、感熱紙は常に移動状態の下で加熱されて、発色という形態となる。

図 2 において、蛇行状発熱体副走査方向長さ l mm、給紙速度 v_V mm/s、発熱体への通電時間 t_{PWH} sec とすると、感熱紙が発熱体に接し、 t_{PWH} の間に移動する距離 Δl は

$$\Delta l = v_V \cdot t_{PWH} \dots\dots\dots(1)$$

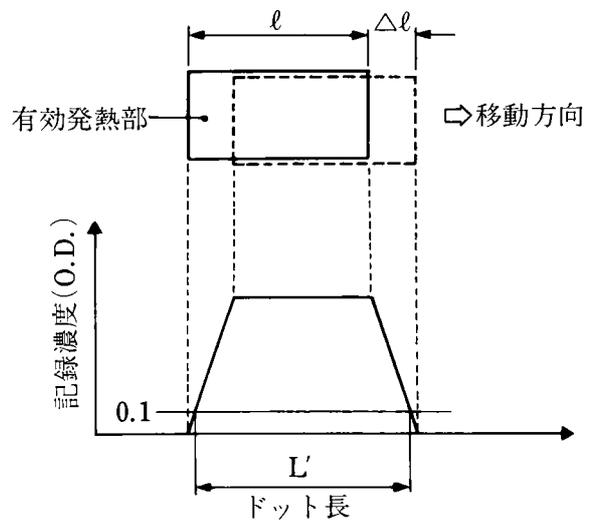


図 2 記録ドット長

従って、発熱体と紙の全接触長(基準ドット長) L は、

$$L = l + \Delta l = l + v_V \cdot t_{PWH} \dots\dots\dots(2)$$

一方、この L と実際の記録ドット長の関係は、印加電圧に対し温度が遅れて立上り、立下りとなり、記録紙も発色に対し、しきい値をもっているため、時間的遅れを生ずるが、重要な関係にあるとってよい。

また、記録ドット長は、印加電力、印加パルス幅によっても熱の広がり異ってくるため、この面からの検討

も行う必要がある。そこで、副走査方向ドットが重ならないよう、数ラインおきに記録させ、その結果をマイクロデンストメータで濃度測定し、その結果を図3に示す。なお、ここでドット長 L' は、濃度0.1における幅で定義し、感熱紙はリコーの115FAを用いた。また、環境温度は常温で、ヘッドは熱蓄積のない状態である。

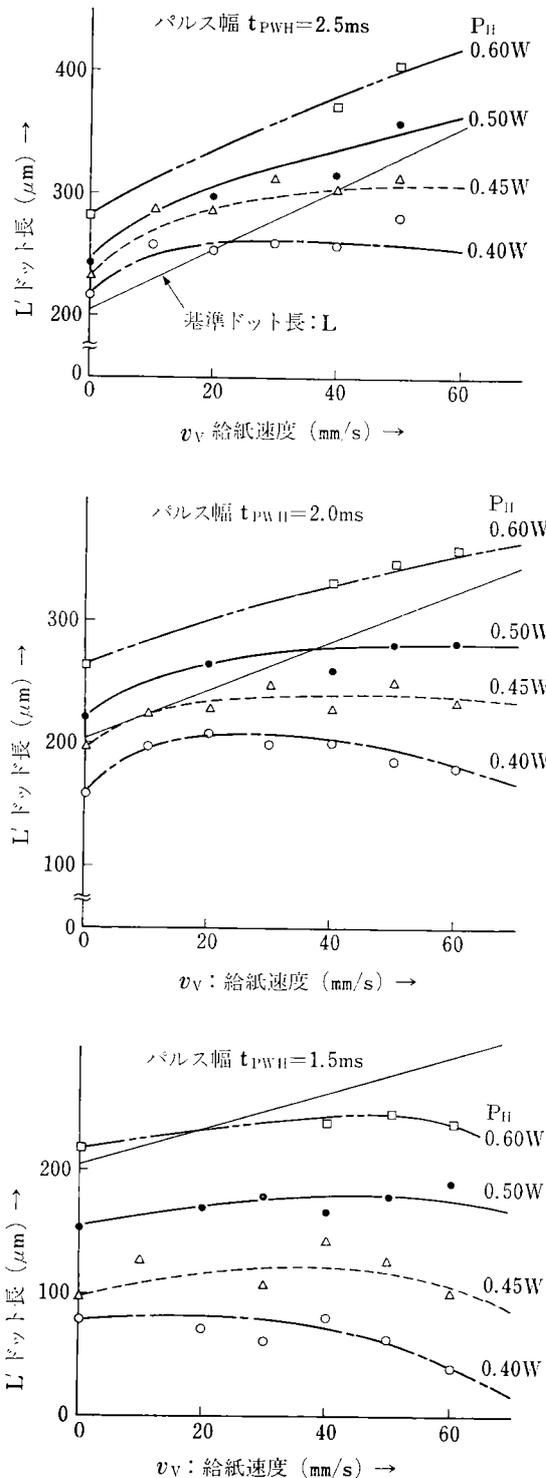


図3 給紙速度とドット長の関係

この結果から次のことがわかる。

- ① 給紙速度 v_V の増加に対して、ドット長 L' は、増加から減少への変曲点を持ち、この変曲点は、印加電力の増加と共に右にシフトする。
 - ② 印加電力の増加と共にドット長は増加し、その増加率は、パルス幅が広いほど大きい。
 - ③ 基準ドット長 L のラインの上側は、発熱体との接触長よりも大きくなっており、その下側は逆に小さくなっていることを示している。そして、その結果は印加電力 P_H 、印加パルス幅 t_{PWH} に大きく依存している。
- 次に、規格化ドット長 (L'/L) について求めたものを図4に示す。この結果より、給紙速度 v_V 、パルス幅 t_{PWH} 、印加電力 P_H が与えられると、規格化ドット長が求まるので、解像度をつかむことが可能となる。従って、その逆に、副走査方向の解像度が与えられた場合、記録条件を決めることで、発熱体長 l をこの図から求めることが出来る。そこで、規格化ドット長を K とすると、 L' は、解像度とみなせるので、

$$K = \frac{L'}{L} = \frac{L'}{l + V \cdot t_{PWH}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\therefore l = L'K - v \cdot t_{PWH} \dots\dots\dots(4)$$

この(4)式より、蛇行状発熱体長を求めることが出来る。

次に、実際の記録されたドット形状が、どのように変わっていくかを図5に示す。給紙速度 $v_V=0$ では、頂上部が平坦な矩形に近い形をしており、蛇行状発熱体の温度分布の一樣性が推定出来る。また、記録速度 v_V の上昇と共に、そのプロファイルは台形から三角形に移っており、図2の仮定と一致した。また、左右の違いは確認出来ず、対称と考えてよい。

3-2 主走査方向の記録ドット太さ

主走査方向に対しては、線密度8ドット/mmの時、発熱体ドットのピッチ125μ、隣接ドットとの間隔は20μである。この方向では隣接ドットとのつながりが印字品質を左右する。ここで関係してくる要因は、印加電力 P_H 、パルス幅 t_{PWH} 、給紙速度 v_V 等であるが、ドットの太さと給紙速度、印加電力との関係についてのみ調べ、図6にその結果を示す。 P_H の各値とも、 v_V の増加と共にドット太さは一様に減少している。蓄熱現象の少ない所では、印加電力:0.5W、パルス幅:2ms、給紙速度で30mm/s以上で、隣接ドットとのスキマが出はじめ、画質の劣化をひき起すため、高速記録では何らかの対策が必要となる。

4 記録時間の推移に対する記録濃度の変化

4-1 数ライン記録(数ms~数10ms)の間の濃度変化

比較的遅い速度で記録をした場合でも、その記録濃度は、黒ドットが出現した所から、記録を重ねるに従い、次第に濃くなっていくという傾向がみられる。これは、

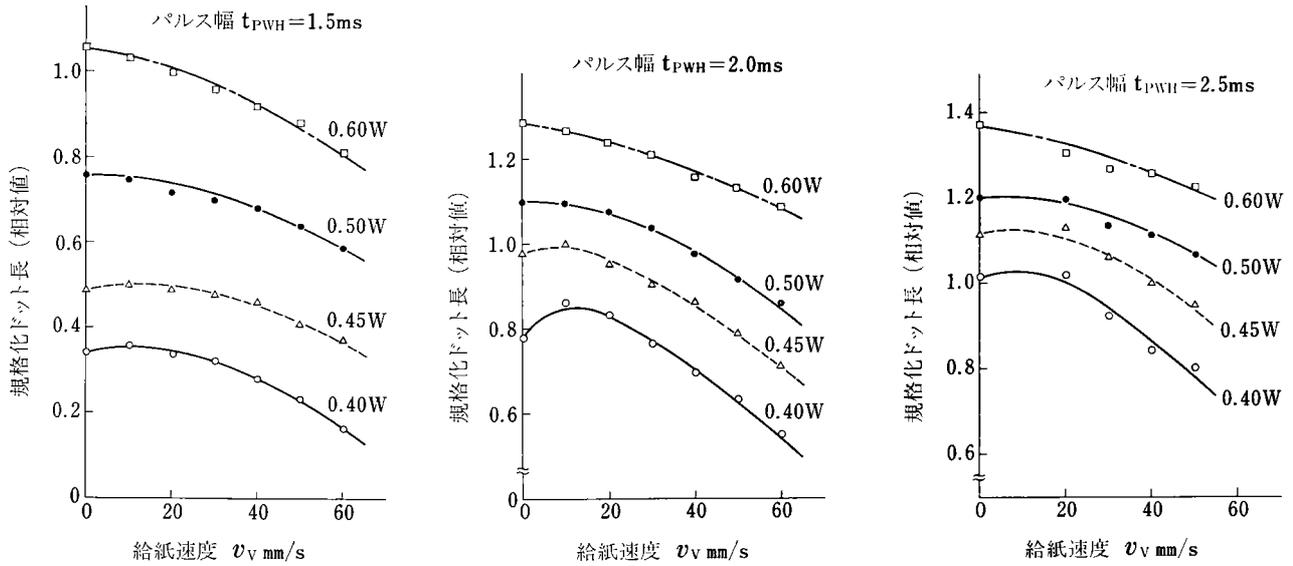


図 4 給紙速度と規格化ドット長の関係

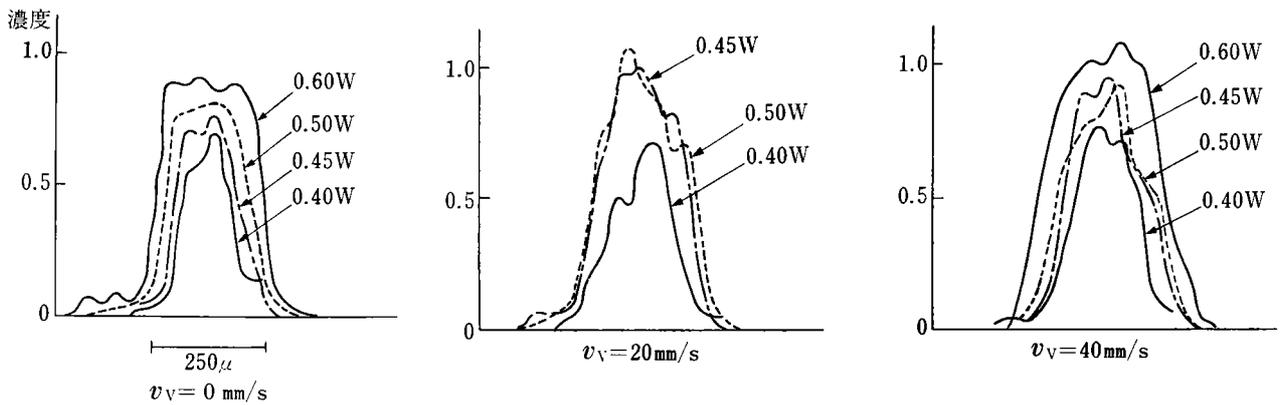


図 5 記録ドットの形

発熱体への通電のくり返し時間が、熱冷却の時定数に比べ短いため、完全に冷却しないうちに次の加熱となり、蓄熱されてその到達温度が上昇していくことに起因している⁹⁾。

そこで、この記録のくり返し時間（主走査速度）の違いが、印字品質にどう影響するかをみるために、給紙速度 20、及び 80 mm/s で黒字率を下げ、蓄熱現象の少ない状態で文字パターンを記録した例を図 7 に示す。20 mm/s の時は、白から黒に変わる部分で、隣接ドットとのすき間が多少目立つ程度だが、80 mm/s では、かなりの濃度低下となり、画質を劣化させている。

これを定量的に測定するために、横すじを連続的に記録させ、給紙速度 v_v を可変とし、その濃度をマイクロデンシトメータで調べた。そのドットのピーク濃度の記録ライン数に対する動きを図 8 に示す。

(a)の場合には、 v_v に関係なく、全体的にゆるやかに、

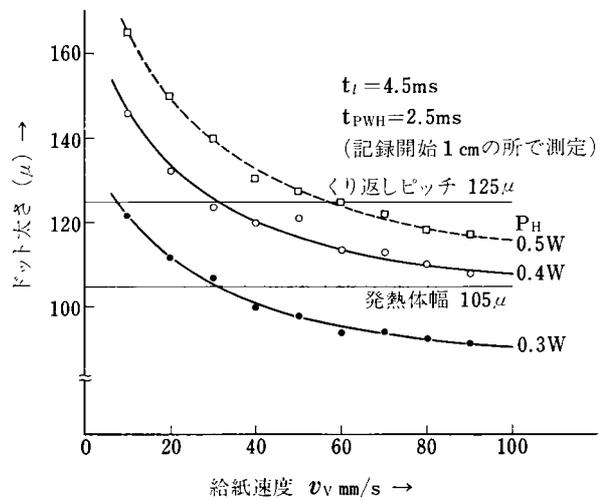
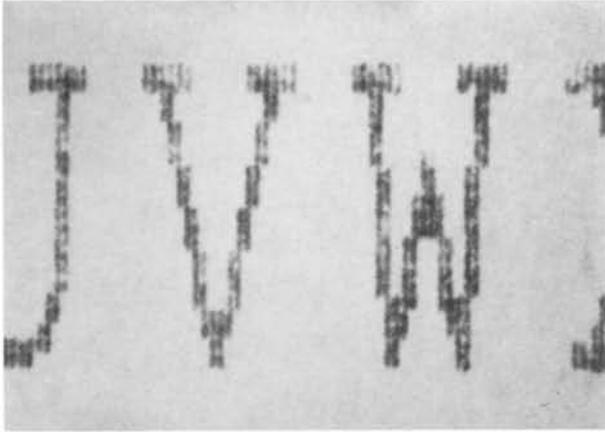
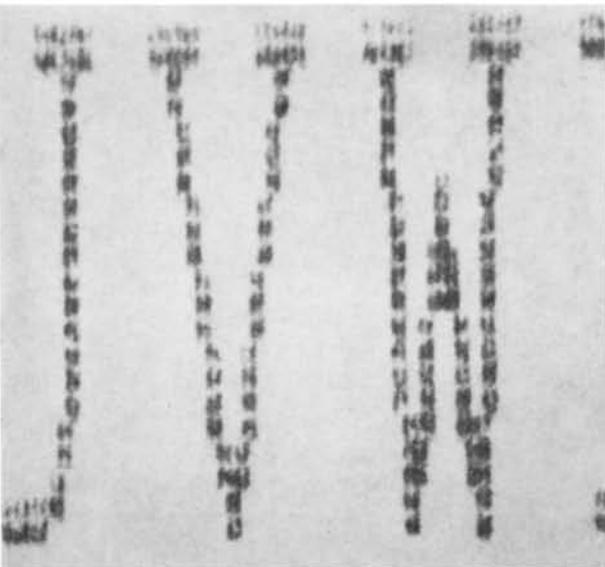


図 6 主走査方向、給紙速度ドット太さの関係



(a) $t_l = 10 \text{ ms}$ $t_{\text{PWH}} = 2 \text{ ms}$ $v_V = 20 \text{ mm/s}$ $P_H = 0.4 \text{ W}$



(b) $t_l = 4.5 \text{ ms}$ $t_{\text{PWH}} = 2 \text{ ms}$ $v_V = 80 \text{ mm/s}$ $P_H = 0.5 \text{ W}$

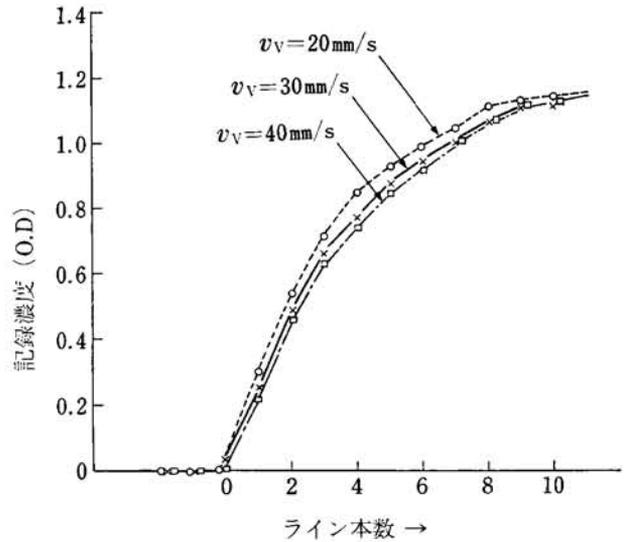
図7 文字の高速印字例

濃度上昇が起きている。そして、1ライン目は、濃度0.2~0.3の間にある。

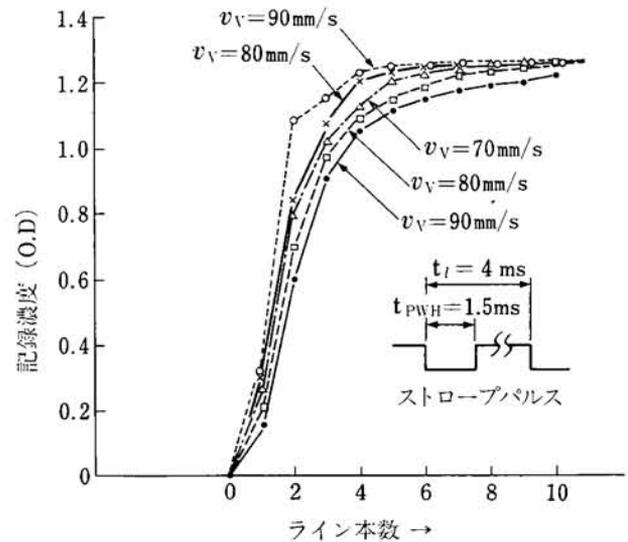
一方、(b)の場合には、(a)に比べ濃度の上昇は急峻になるが、同じ傾向を示す。そして、1ライン目は、濃度0.15~0.3、2ライン目では、0.6~1.1となっている。いずれの場合とも、白から黒に変わる数ラインでの濃度の変動が大きいことがわかった。また、(a)に対し(b)の立上りが急峻なのは、くり返し時間 t_l が短いこと、印加電力 P_H の大きいことが原因と考えられる。これは、蓄熱現象の差とみてもよい。

4-2 数 cm 記録(数 sec)の間の濃度変化

前項で、蓄熱現象と主走査くり返し時間の関係を少し述べたが、数秒間という記録時間の範囲では、このくり返し速度との関係で決まる温度上昇が支配的となる。そこで、印加電力、パルス幅、給紙速度を一定とし、主走査速度のみをかえ、ベタ黒、1ラインおき、2ラインお



(a) $t_l = 10 \text{ ms}$, $t_{\text{PWH}} = 2 \text{ ms}$, $P_H = 0.4 \text{ W}$



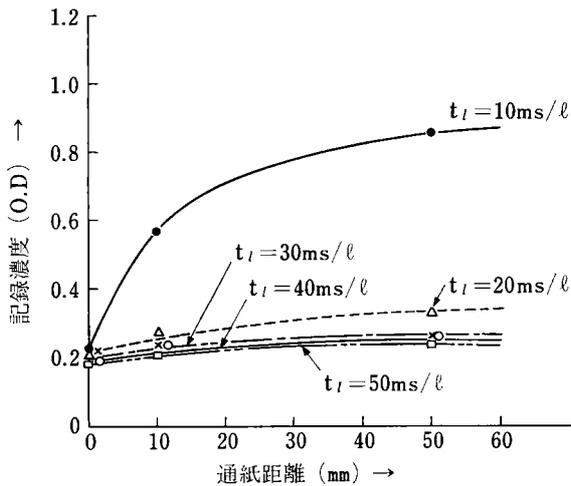
(b) $t_l = 4 \text{ ms}$, $t_{\text{PWH}} = 1.5 \text{ ms}$, $P_H = 0.5 \text{ W}$

図8 数ラインでの濃度変化

き……と、記録した時の濃度について調べた。図9は、その結果であり、10 ms/1では10~15 mm (約/sec)の間で急激な濃度上昇があり、その後は、次第にゆるやかになっていく。20 ms/1では多少の上昇が認められ、30 ms/1以上ではほとんど無視出来る。

このことから、TH-1101での冷却の熱時定数は10 ms程度と考えられる。このことは、別個に行った赤外線放射温度計での測定の結果(同じ駆動条件下での)と一致をみた。

また、グレーズ層の厚さ(60 μ)で決まってくる熱時定数⁷⁾とも一致している。



(記録条件 $P_H=0.35\text{ W}$, 黒字率 100%
 $t_{PWH}=2\text{ ms}$, $v_V=20\text{ mm/s}$
 SB数 4)

図9 数秒間での濃度変化 (t_l は可変)

5 環境温度と記録濃度の関係

記録濃度は、蓄熱現象による影響を受けていることがわかったが、この蓄熱現象は、環境温度によっても影響を受けることが予想される。そして、特に記録しはじめの時に顕著であろうということも考えられる。

そこで、環境温度をかえ、それぞれの温度での記録開始後、10 mm のところの濃度をマイクロデンストメータで測定した。

なお、図9に示すように、主走査速度 t_l が 20 ms/l 以下だと、蓄熱効果で濃度が時間と共に上昇していくので、 $t_l=25\text{ ms/l}$ と蓄熱のない状況で測定した。

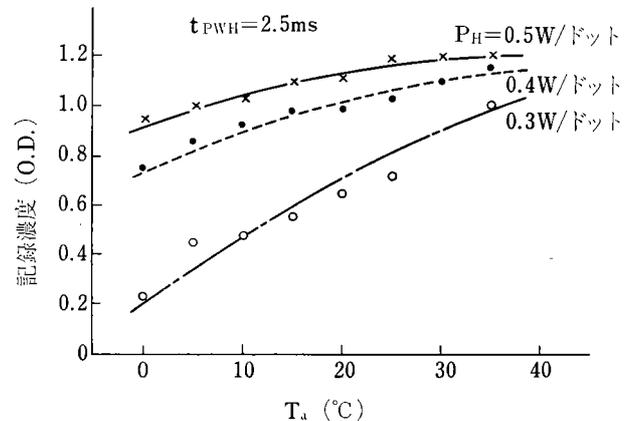
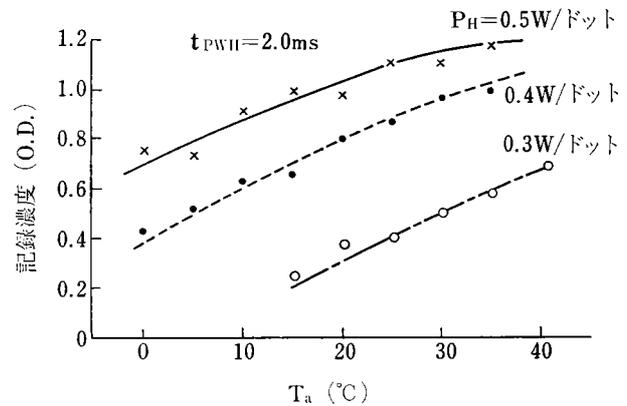
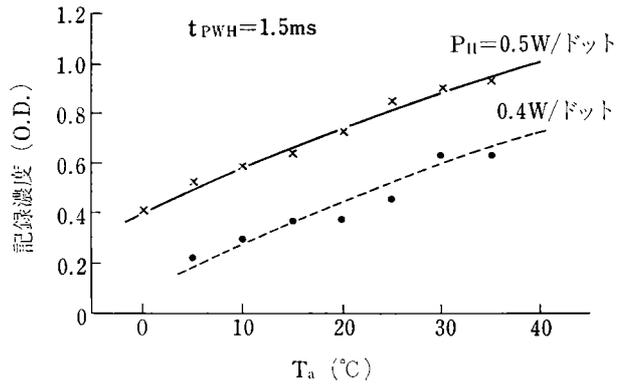
図10は、濃度との関係をとったものであるが、濃度の薄い所では、例えば $t_{PWH}=2.0\text{ ms}$, $P_H=0.4\text{ W}$ のとき $5^\circ\text{C}\sim 40^\circ\text{C}$ で、濃度が 0.5~1.1 と 2 倍以上の影響を受けている。しかし、飽和濃度に近い所で使う場合には、濃度変動は小さくなっている。

図11は、副走査方向ドット長との関係である。これも濃度と同じ傾向を示し、温度の上昇と共に増えており、先と同じ条件では、 $170\mu\sim 280\mu$ と大きくなっている。

このように、環境温度に対しては、記録濃度、ドット長とも大きく変化しているため、マクベス濃度で見た時は、更に大きい変化として出てくるはずであり、実用上は、大きな問題となる。

6 記録濃度のコントロール

サーマルヘッドにくり返し通電を行う時、蓄熱現象により、その記録濃度が上昇していくことが、4で現象的に明らかになった。そして、この蓄熱現象については、



(記録条件 $t_l=25\text{ ms/l}$
 $v_V=13\text{ mm/s}$)

図10 環境温度と記録濃度の関係
 (濃度は、ドットのピーク濃度を示す)

従来よりいくつかの検討がなされ、時間的には、3段階の温度変化としてとらえられている⁸⁾⁹⁾。すなわち、①グレーズ層による蓄熱(数ms~数100ms)②セラミック基板に対する蓄熱(~数sec)③支持板に対する蓄熱(~数分)である。

ここで、①の蓄熱は、図8の数ラインの濃度変化、②の蓄熱は、図9の数sec間での濃度変化に対応している。

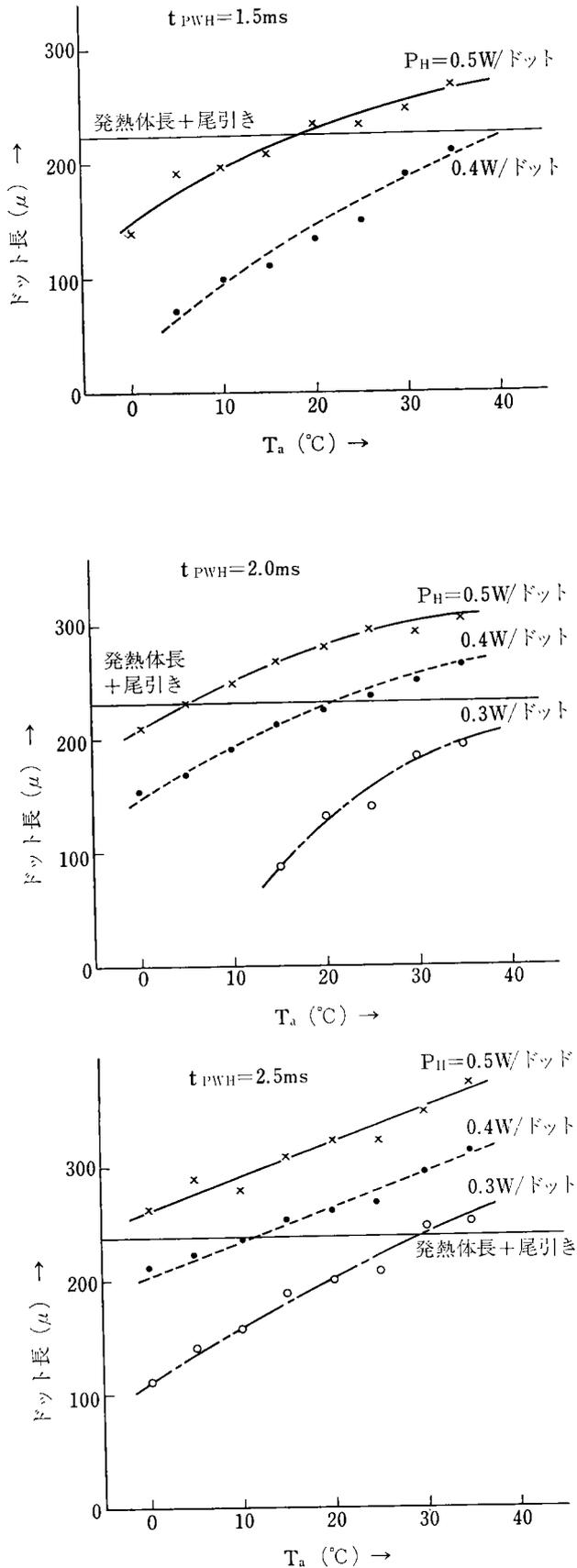


図11 環境温度と記録ドット長の関係

また、5で述べた環境温度変化に対するものは、①～③の熱容量の違いとして考えることが出来るので、同一に考えてよい。

ところで、この蓄熱現象による濃度変化を補償しようとする、①は、～数100ms、②は、～数sec、③は、～数分というオーダーになっており、これを考慮に入れる必要がある。

まず、①に対しては、非常に早い現象のため、温度を検出して制御するという方法がとれず、1で述べたように、前ラインの情報と次ライン情報の排他的論理和をとり、加熱制御を行う試みや、その他熱応答をCRの時定数にシュミレートし、近似的に制御する方法¹⁰⁾等も行われている。

また、②③に対しては、サーマルヘッドの温度を検出して、その信号で発熱体への通電時間を制御する方法が一般に用いられている¹¹⁾¹²⁾。これらの方法のうちには、電圧を制御する方法、通電時間を制御する方法¹¹⁾¹²⁾、両方を混合した方法¹³⁾等がある。そこで、以下THシリーズサーマルヘッドに適した記録濃度の制御方法について検討を行う。

6-1 数ラインの間の濃度制御

6-1-1 制御の原理

表1 データの基本的組合せ

列	a	b	c	d
ライン				
n	1	1	0	0
m	1	0	1	0

(1:黒ドット, 0:白ドット)

表1は、記録データの基本的な4つの組合せを示したものである。ここで、記録を行う時間問題となるのは、c列の場合である。図9に示したように、mライン目の“1”の濃度がa列側の“1”に比べ、記録速度、印加電力にもよるが、1/5～1/6となることもある。この薄い濃度を高めるためには、c列側の“1”だけパルス幅を広げてやれば良い。ところが、THシリーズサーマルヘッドは、印字コントロールを数100ドット単位で行っており、特定ドットのみを制御するのは難しい。そこで、表2に

表2 補償の原理

列	a	b	c	d
ライン				
n	1	1	0	0
\bar{n}	0	0	1	1
m	1	0	1	0

示すように、nラインとmラインの間に、nラインのデータを反転した \bar{n} ラインを挿入する。そして、この \bar{n} ラインは、図12に示すように t_{pre} のパルス幅で、mラインの t_{pwh} とつながる形で駆動する。こうすることで、

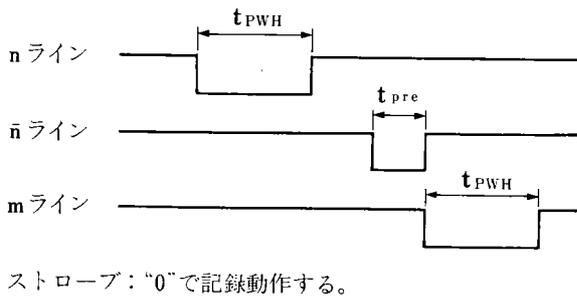


図12 各ラインとストロープの関係

c列mラインの“1”は($t_{pre} + t_{pWH}$)時間通電され、a列mラインの“1”は t_{pWH} 時間通電され、特定ドットの濃度コントロールが可能となる。

ところが、ここで問題となるのは、d列 \bar{n} ラインのデータであり、これらは t_{pre} の通電時間で記録されては困るものである。従って、 t_{pre} では発色しないストロープ幅とする必要がある。

次に、この原理を実現するための基本回路構成を図13に示す。まず、シフトレジスタにnライン目のデータが入力され、ラッチへ平行転送される。そして、ストロープ信号で記録動作がなされている間に、データ入力端子からはデータを入力せず、転送クロックのみを供給することで、シフトレジスタ内のデータを反転回路経由でシフトレジスタ内に再入力させる。こうすることで \bar{n} ラインをつくり、これをラッチへ転送する。そして、 \bar{n} ラインのデータで予熱が行われている間に、mライン目のデータが入力、 \bar{n} ライン予熱終了と同時にラッチへロードされ、切目なくmラインデータの記録へと移行し、図12のタイミングを実現する。

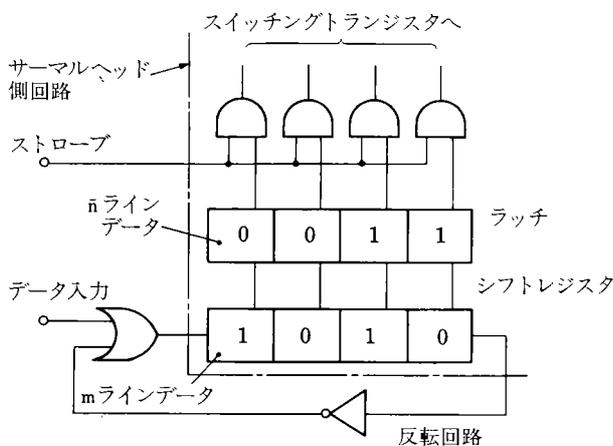


図13 基本回路構成

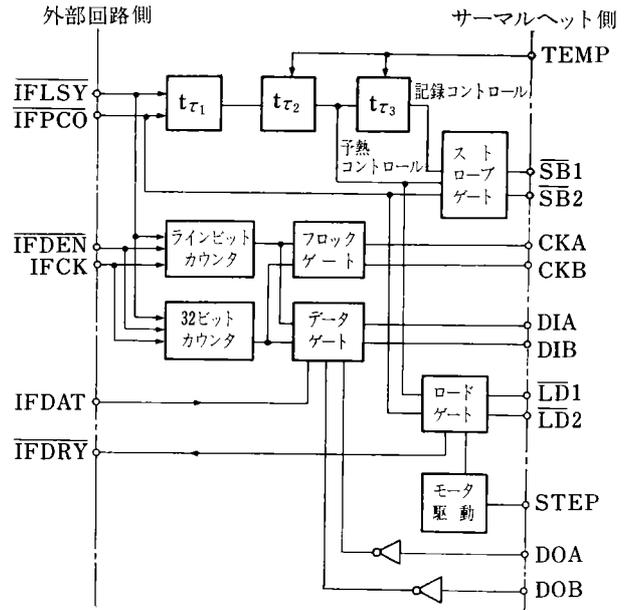


図14 高速プリンタ用I/F回路

6-1-2 試作したI/F回路

TH-1101用に試作した、高速プリンタ用I/F回路のブロック図を図14に示す。ここで、ストロープ \bar{SB}_1 はサーマルヘッドの左半分、 \bar{SB}_2 は右半分に対応し、 \bar{LD}_1 、 \bar{LD}_2 も同様としてある。従って、1ライン分を2ストロープに分けて印字することになる。

また、6-2で述べる温度コントロールについては、サーマルヘッドの温度を検知し、TEMP情報として入力している。

次に、タイミング関係については、図15に示す。ここで、ライン同期信号IFLSYのくり返しを t_l とする

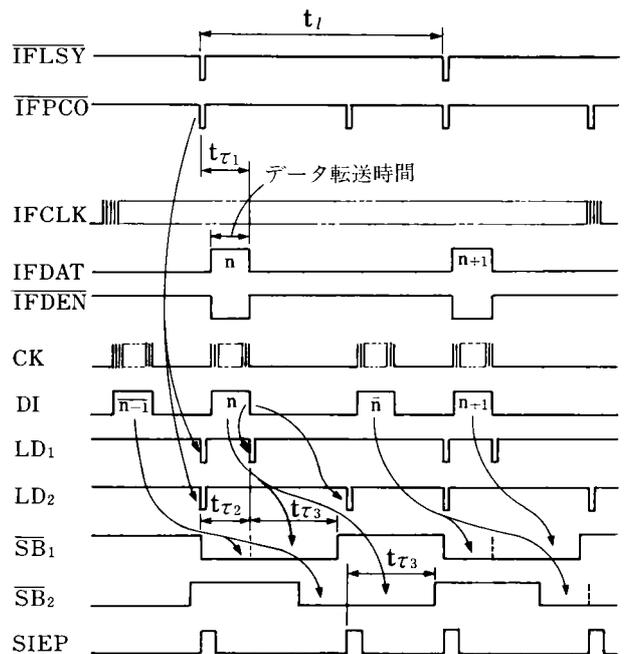


図15 I/F回路タイミングチャート

と、 $t_i \geq t_{\tau_1} + 2t_{\tau_3}$, $t_{\tau_1} \geq 0.8 \text{ ms}$ としてある。 t_i は、3~5 ms を想定した。また、 t_{τ_2} , t_{τ_3} は、先の TEMP 信号で制御される。

なお、試作回路では全ラインを1ストロブで印字しようとする時黒字率が高い時は電源容量が非常に大きくなるため、2ストロブとして作成をした。従って主走査速度 t_i は、1ストロブに比べ、短かく出来ないが、2ストロブでの実験から推定することは可能である。

このようにして、サーマルヘッド側での信号関係のライン数12本を、外部回路側で6本と少なく、かつ、信号の内容も単純化している。この方式の特徴は、標準ヘッドに補償回路 I/F ボードをつけることで、濃度補償機能がつけられること。記録しない時も、短時間通電されるため、サーマルヘッドが予熱され、黒を印字する際、印加電力を低くすることが出来ることである。

6-2 蓄熱に対する濃度コントロール

6-2-1 濃度を一定に保つための条件

THシリーズサーマルヘッドでは、2. で述べたように、記録制御をストロブパルスで行っている関係で、濃度の制御はパルス幅で行うのが最適である。

そこで、温度に対し、どのようにパルス幅制御をしたいか、5. の結果をもとに求めてみる。

濃度1.0一定ということで求めてみると、図16のように、环境温度の上昇に対し右下りで、パルス幅コントロールをすれば良く、それも、ほぼ直線で近似出来る。この直線で近似出来るということは、制御をする時実現しやすくその意味は大きいと言える。ただし、印字電力に対しては、それぞれ適合した直線を選ぶ必要がある。また、この給紙速度は13 mm/s であるので、速度が異なる時は、電力をかえて補う必要がある。

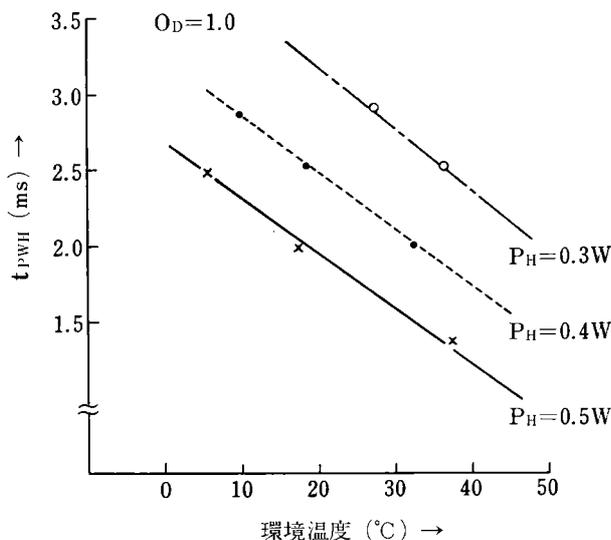


図16 濃度1.0を保つためのパルス幅コントロール

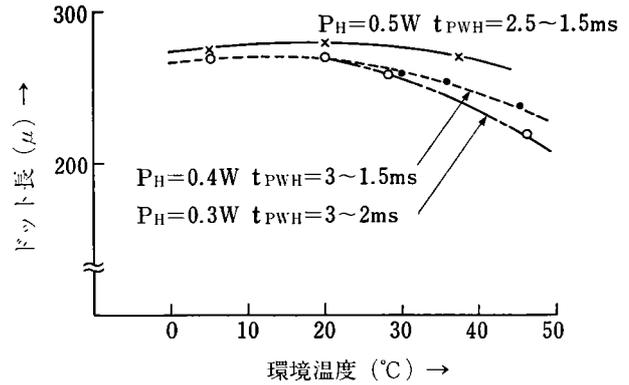


図17 濃度1.0を保つ時のドット長変化

次に、図16のようなコントロールをした時、ドット長はどうかというのを、図10を用いて求めた。その結果を、図17に示す。

ここで、 $P_H = 0.5 \text{ W}$ の時は良いが、 0.4 , 0.3 W の時が、高温側でドット長が短くなっており、濃度の低下として出て来る可能性がある。ただし、これはドットの重なりにより異なり、それが大きい時は、問題ないだろう。

6-2-2 温度センサ

温度センサとしては、従来からサーミスタが多用されており、低価格であり、小さいため使い易い。ところがこのサーミスタは、図18に示すように負性抵抗を示しており、そのままでは使いにくい。

そこで、サーミスタに並列抵抗をつなぎ、動作温度範囲中の3点で、合成抵抗が直線関係になるよう調整を行う。この時の並列抵抗 R_p は、次のようにして求める¹⁴⁾。

$$R_p = \frac{R_b(R_a + R_c) - 2R_a \cdot R_c}{R_a + R_c - 2R_b} \dots\dots\dots(7)$$

なお、この時の $R_a \cdot R_b \cdot R_c$ は、図18の関係にあるとする。

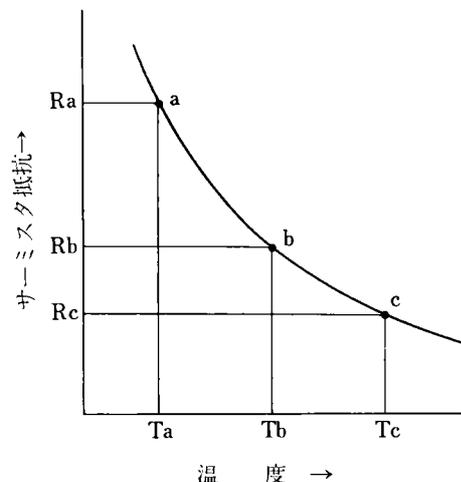


図18 サーミスタの温度特性

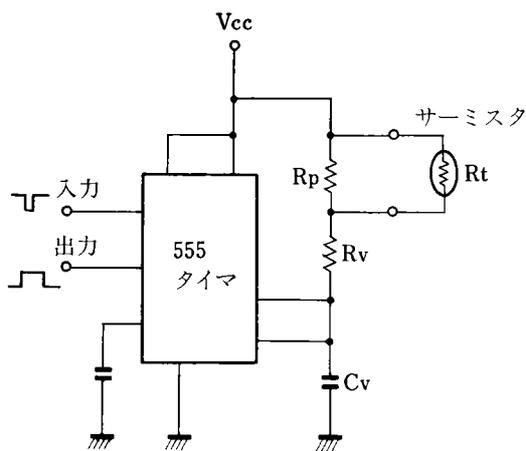


図19 タイマ回路

次に、抵抗—パルス幅変換回路として、その関係がリニアな 555 タイプタイマを用いる。この時の回路は、図 19 に示す。ここで、 $R=R_p//R_t$ で、 $t=T_a\sim T_c^{\circ}\text{C}$ と変化すると、 R は、 $\Delta R=R_p//R_a-R_p//R_c$ だけ変化する。後は、555 タイマの詳細な特性曲線より目的のパルス幅を設定し、 ΔR を与え、 C_v を決定する。 R_v は、その時の調整抵抗である。

こうして求めた結果を図 20 に示す。直線性は非常によく、要求ラインにほぼ一致した直線を求めることが出来る。

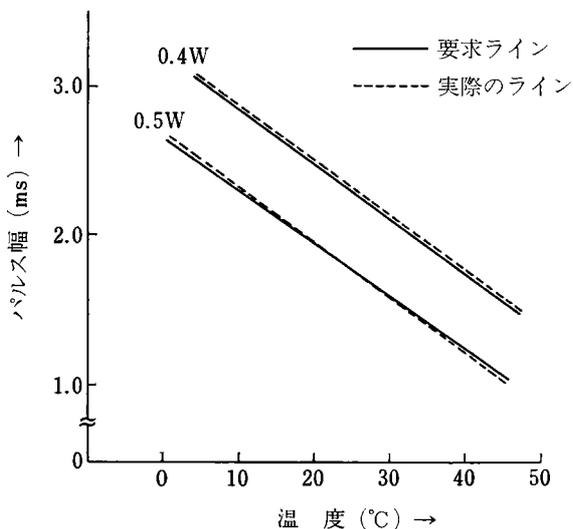


図20 温度—パルス幅特性

ところで、サーマルヘッドで均一に分布した情報の記録を続けていくと、中央部付近の濃度が端部に比べ高くなる現象があった。これは、放熱条件の差によって生ずる温度差が原因と考えられた。この濃度差は、プリンタ

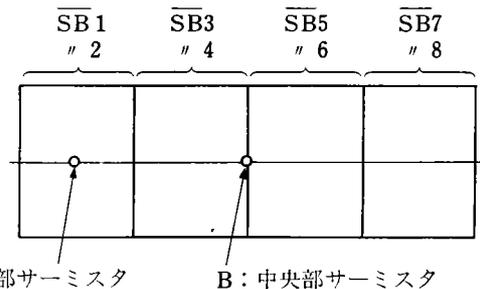


図21 ストロープとサーミスタの関係

のような 2 値記録の場合には、そう大きな問題とはならないが、中間調記録のように厳しい濃度安定度を要求される場合には、無視出来ない。

TH シリーズサーマルヘッドは図 21 に示すように、記録制御のためのストロープがいくつかに分かれている。例えば、TH-1101 の場合、全体を 4 ブロックに分け温度の検出を A: 端部、B: 中央部の 2 個のセンサで行うこととし、A の温度で、 $\overline{\text{SB}} 1.2$ 、 $\overline{\text{SB}} 7.8$ を B の温度で $\overline{\text{SB}} 3.4$ 、 $\overline{\text{SB}} 5.6$ を制御することで、中央部と端部の温度差に応じた濃度制御が可能である。

7 試作した回路での補償効果

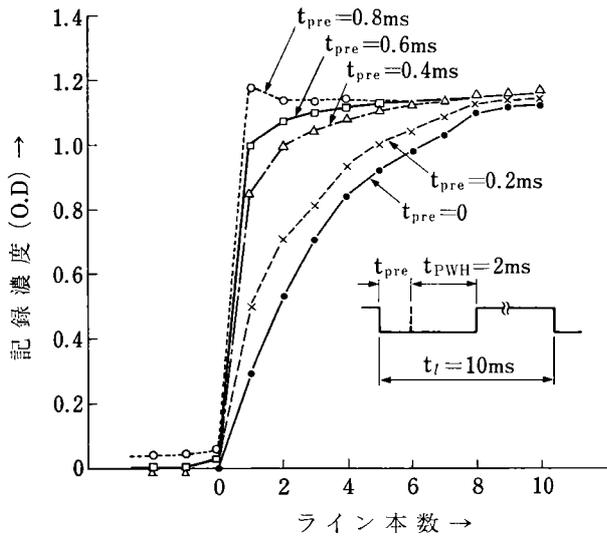
7-1 数ライン内での濃度補償効果

実際に試作した回路で、最適なパルス幅 t_{pre} を求める実験を行った。

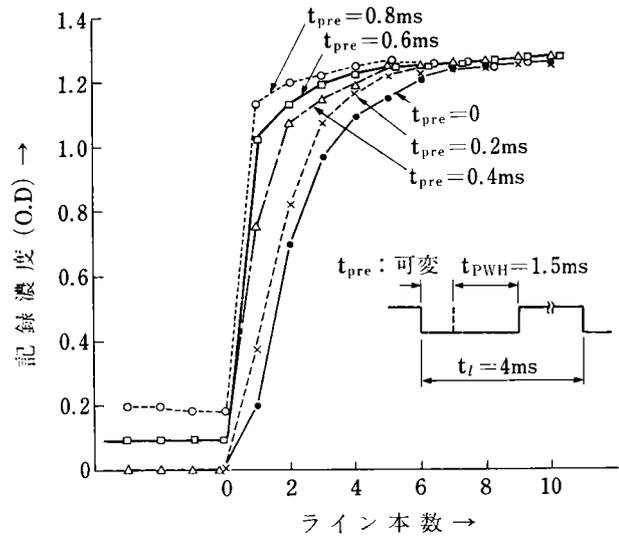
まず、 t_{pre} を 0 から 0.8 ms まで可変し、黒ラインを連続的に記録し、その濃度測定をした。その結果は、図 22 に示す。(a)(b) 2 つの条件とも t_{pre} が大きくなるに従い、1 ライン目以降の濃度が急激に上昇するようになり、 $t_{pre}=0.8\text{ ms}$ では、2 ライン目以降と、ほとんど差がないまでになる。ところが、本来白地である部分も発色してしまいうため、白地が発色しないという条件からは、 $P_H=0.5\text{ W}$ のとき、 $t_{pre}=0.4\text{ ms}$ 、 $P_H=0.4\text{ W}$ のとき、 $t_{pre}=0.4\sim 0.5\text{ ms}$ となった。

また、予熱パルスは 1 ライン目までしか与えていないが、2 ライン以降の濃度も上昇させており、蓄熱により補償効果が促進され、有効なことがわかった。

次に、 $t_{pre}=0.4\text{ ms}$ の条件で、給紙速度 v_v を可変した時の補償効果について、図 23 に示す。一方、同じ条件で補償をしない時は、図 8 のとおりである。この両者を比較すると、2 つの記録条件とも、補償しない時が、1 ライン目で濃度 0.2~0.3 だったのが、0.8 前後に上昇しており、大きな効果のあることがわかった。また、0.4 W の場合には、補償のない時が、10 ライン目付近で飽和濃度に達しているのに対し、補償があると、2~3 ラインで到達しており、著しい効果があることがわかった。

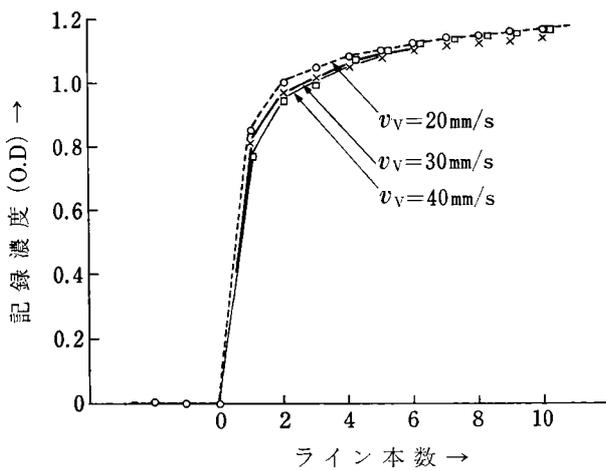


(a) $P_H=0.4\text{ W}$, $t_l=10\text{ ms}$, $t_{PWH}=2\text{ ms}$, $v_V=20\text{ mm/s}$

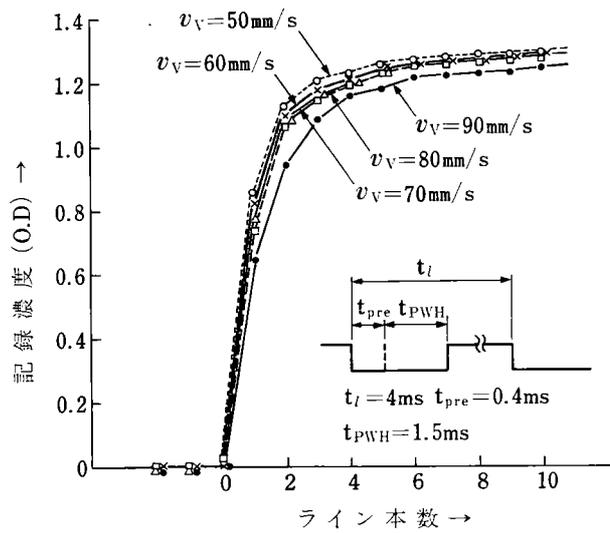


(b) $P_H=0.5\text{ W}$, $t_l=4\text{ ms}$, $t_{PWH}=1.5\text{ ms}$, $v_V=80\text{ mm/s}$

図22 予熱パルス幅と濃度の関係



(a) $t_l=10\text{ ms}$, $t_{pre}=0.4\text{ ms}$, $t_{PWH}=2\text{ ms}$, $P_H=0.4\text{ W}$



(b) $t_l=4\text{ ms}$, $t_{pre}=0.4\text{ ms}$, $t_{PWH}=1.5\text{ ms}$, $P_H=0.5\text{ W}$

図23 記録速度に対する濃度補償効果

次に、この回路で文字を記録した例を、図24に示す。図7の補償のない場合と比較して、1ライン目の濃度が向上していること、全体の濃度が向上し著しい効果のあることがわかった。

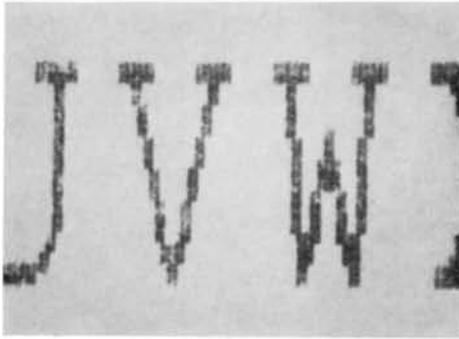
7-2 長時間動作に対する濃度コントロール

サーミスタにより濃度検知をしてストロブのパルス幅を制御し、濃度補償を行った時の結果を、図25に示す。(a)は、中央部1個のサーミスタで行った時で、(b)は、中央部、端部別々に補償した時の結果である。また、(b)に補償しない時の結果も、同時に示す。

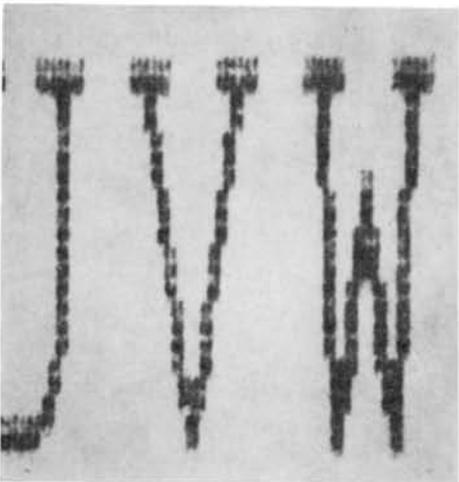
補償しない時は、記録濃度の変動をみたいため、条件

が変わってしまうが、印加電力を下げても測定した。濃度は、1分間に0.8から1.15へ急上昇しており、温度の方も10分経過してもまだ上昇傾向にあった。

次に、1個のサーミスタで全体を制御した時は、中央部の濃度は、1分以内にわずかに上昇があるが、あとは、良好な制御がなされている。また、端部はやや下がり気味の傾向を示した。一方、温度については、中央部と端部で時間と共に温度差が拡大し、20分後には、 5°C の温度差を生じた。このことから、中央部と端部の放熱条件の違いにより、濃度ムラが発生することがわかった。また、サーミスタコントロールをした時は、温度上昇が

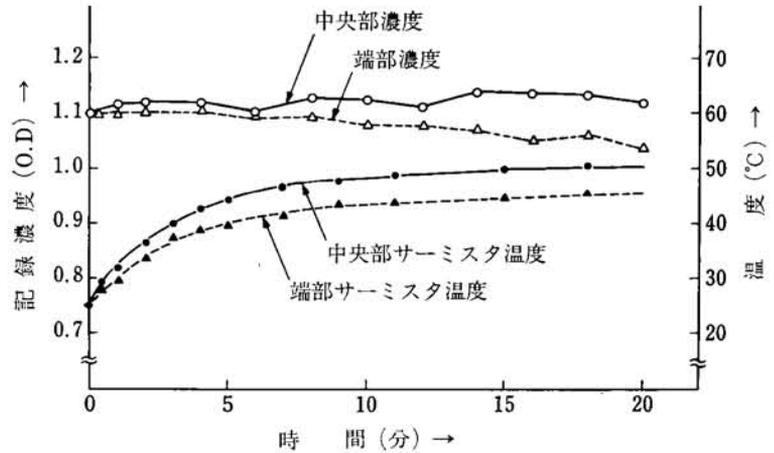


(a) $t_l=10\text{ ms}$, $t_{pWH}=2\text{ ms}$, $v_v=20\text{ mm/s}$, $P_H=0.4\text{ W}$

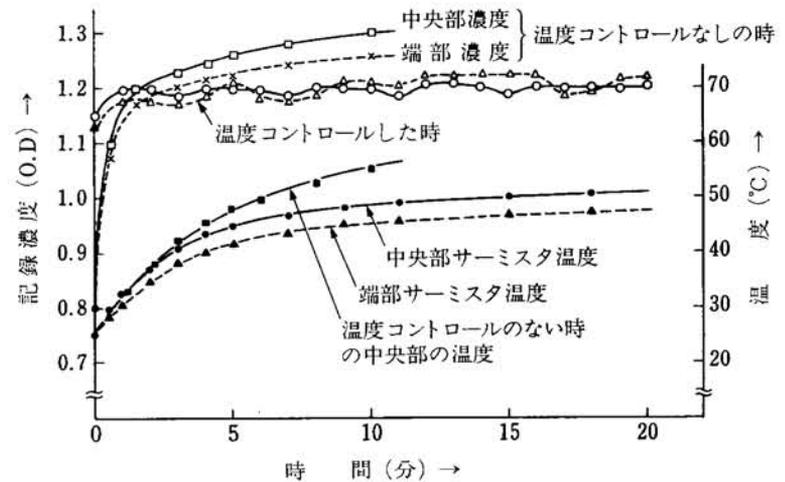


(b) $t_l=4\text{ ms}$, $t_{pWH}=1.5\text{ ms}$, $v_v=80\text{ mm/s}$, $P_H=0.5\text{ W}$

図24 濃度補償を行った時の印字例



(a) 中央部サーミスタによるコントロール



(b) 中央部端部独立してコントロールした時

(b) 中央部・端部独立してコントロールした時

図25 温度補償した時の濃度と温度の関係

(補償なし 0.3 W, パルス幅 2 ms, 主走査速度 10 ms/l)
(補償あり 0.37 W, パルス幅可変, 主走査速度 10 ms/l)
黒字率 50%, 給紙速度 16 mm/s

低くおさえられ、過熱保護にも有効なことがわかった。

次に、中央、端部別々に制御した時、(b)に示すように、それぞれ中央部と端部の差がなく、かつ、時間に対しても安定になっている。従って、精度の高い濃度制御をする必要がある時は、この方法が有効なことがわかった。

また、温度に対して、中央部、端部とも(a)と同じような動きをしているが、その温度差は縮まっていた。これは、中央部が端部に対し、通電時間を狭くする方向で制御を受けるためである。

図 26 は、制御をした状態で、環境温度をかえた時の記録濃度の状況を見たものである。0°C~50°C の環境温度変化に対する初期記録濃度は、パルス幅コントロールをした時、1.07~1.14 の間で安定化されている。この時、パルス幅は 2.9~0.85 ms の間で制御されている。

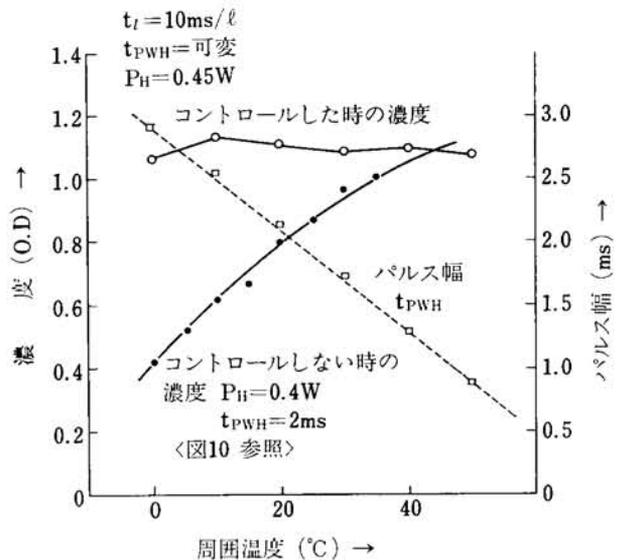


図26 コントロールした時の濃度と環境温度の関係

一方、コントロールしない時の濃度は、同じ温度範囲に対して3倍近い変動を示し、コントロールの有効なことを確認した。

8 おわりに

ラインバッファ付サーマルヘッドを用いて高速記録の研究を行ない、記録速度と印字ドット長の関係を各種印字条件の下で明らかにし、その結果から逆に、解像度と給紙速度より発熱体ドット長を決定出来るようにした。

次に、記録しはじめの数ドットの濃度低下現象については、サーマルヘッドに内蔵されたシフトレジスタと外部の反転回路により前ラインの反転データをつくり、これを予熱データとして用いる補償方法の検討を行ない、画質を向上させることが出来た。

また、記録中の蓄熱現象による温度上昇および環境変化で生ずる記録濃度変化に対して濃度を一定に保つためには、サーマルヘッドの温度と印加パルス幅の関係をリニアに保てばよいことをつかみ、その関係に従い、複数のサーミスタを用いた濃度安定化法を検討した。そしてこの方法は、長時間記録および環境温度変化に対して、高精度の制御が出来ることがわかった。

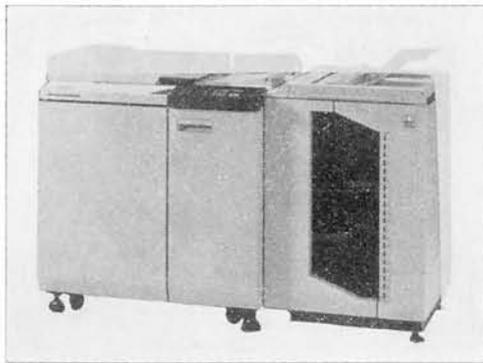
そして、以上のような濃度制御回路をサーマルヘッドのI/F回路として付加することで、簡単に機能アップ出来ること、外部との接続がより簡単化されること、ならびに主走査速度4ms/l、給紙速度80m/msで従来よりすぐれた印字品質を長時間記録にわたり保てることを証明した。

参考文献

- 1) 谷口：シフトレジスタの搭載で高速印字出来る厚膜型ヘッド 日経エレクトロニクス 160 (1980)
- 2) 仲谷：サイリスタを使う高速感熱記録方式 日経エレクトロニクス 149 (1980)
- 3) M. Mizuguchi: High speed thermal printing head and its temperature control 第60回画像電子学会研究会予稿 12~20 (1981)
- 4) 荒井他：高速感熱記録用サーマルヘッド S56 第12回画像工学コンファレンス 169 (1981)
- 5) 斎藤：高速感熱記録用サーマルヘッド 画像電子学会予稿 (1981)
- 6) 徳永他：高速サーマルプリントヘッドの過渡的熱応答特性と印字特性の解析 電子通信学会 半導体材料部門全国大会 211 (1981)
- 7) 上西他：熱解析によるファクシミリ用サーマルヘッドの印字性能検討 画像電子学会誌 9, 1, 11 (1980)
- 8) 石橋他：超高速感熱記録方式の開発 沖電気研究開発 47, 3, 72 (1981)
- 9) 三原他：高速ファクシミリ用感熱印字ヘッド 東芝レビュー 725 (1981)
- 10) 畑部他：サーマルヘッドの熱制御方式について 電子通信学会総合全国大会 (1980)
- 11) 特公昭 51-3222
- 12) 実公昭 55-115838
- 13) 特公昭 54-655
- 14) Art Burke: Linearizing thermister with a single register, June 2, Electronics (1981)

製品技術解説

PRODUCTS EXPLANATION



静電複写機

リコピー FT6600FD

Electrophotographic Copier RICOPY FT6600FD

橋本 誠*
Makoto Hashimoto

森 五郎*
Goro Mori

要 旨

リコピー FT6600FD は、中量コピーユーザー層に対応すべく企画・開発された、中速・普通紙複写機で、次のような特長を有している。

1. 4 ウェイ（等倍、拡大、縮小二段）複写が可能。
2. 複写速度は、35 cpm/A4、ファーストコピーは、世界最速 4.5 秒/A4。
3. 最大 B3 サイズの原稿がコピーでき、総計 1,500 枚の給紙ストックができる。
4. 100V 15A 電源で使用可能な省エネ設計。

ABSTRACT

The RICOPY FT 6600 FD has been designed as a versatile plain paper copier (PPC) with a intermediate speed, compactness and easy operation, offering extra convenience to middle copy-volume users.

This model includes the following features.

1. Four way reproduction (original size, enlargement and two-step reduction)
2. The copy speed is 35 cpm/A4. The minimum copy time is 4.5 seconds/A4, which is the fastest in the world.
3. The maximum size of originals is B3. Paper storage quantity is 1,500 sheets in all in one tray and two cassettes.
4. Low power dissipation requiring 15 A at 100 V.

1 はじめに

ここ数年間における、複写機の普及は、眼をみはるほどであるが、それと共に、複写機の機能の拡大、品質の向上も、ますます強く要求されるようになってきた。

リコピー FT6600 シリーズは、このような背景の下に、コピー品質、操作性、信頼性の向上、省電力等により、顧客の要望に応えるべく企画・開発された、中速普通紙複写機であり、Std., F, FR, FD の 4 機種がある。

本報では、シリーズ機のうち、最上級機であるリコピー FT6600FD について、以下、説明を行なう。

* 第 1 複写機事業部 第 2 開発部
Second Development Department, First Reprographic Products Division

なお、冒頭の写真は、リコピー FT6600FD にリコピーソーター CS2010 を連結したものである。

2 仕様及び特長

2-1 仕 様

表 1 に、本機の主な仕様を示す。

2-2 特 長

本機の主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 原稿送り機構により、シート原稿がスピーディに処理でき、また、縮小・拡大コピーが手軽に得られる。
- (2) 原稿サイズは最大 B3 判、複写サイズは最大 A3 判（B3 判はオプションで可）までコピー可能。
- (3) 複写速度は毎分 35 枚、ファーストコピーは 4.5 秒と、ハイスピード（共に A4 判）。
- (4) 給紙量は、1,000 枚トレイと、250 枚カセット二段

表 1 FT6600FD 基本仕様

項 目	仕 様	備 考
名 称	R I C O P Y F T 6 6 0 0 F D	
型 式	コンソール	
複 写 方 式	乾式静電転写方式	
原 稿 種 類	ブック, シート, 立体物	
原 稿 サ イ ズ	最大B3	A3以上の原稿は, シートモードのみ
複 写 サ イ ズ	最大A3, 最小B6	
複 写 速 度	35枚/分 (A4), 30枚/分 (B4), 15枚/分 (A3)	
ウォームアップ	6分	
ファーストコピー	4.5秒	A4判
連続複写	1~99 (10キー方式)	LEDセグメント表示, カウントアップ
給紙方式	シート3段自動給紙	第一給紙部:カセット (250枚) 第二給紙部:トレイ (1,000枚) 第三給紙部:カセット (250枚) シングルコロナ
帯電方式	コロトロン方式	
露光方式	ブックモード時:原稿固定, スリット露光 シートモード時:原稿移動, 光学系固定	
照明光源	ハロゲンランプ 85V, 260W	
レ ン ズ	スルーレンズ, F5, f230mm	
複 写 倍 率	1:1.154, 1:1, 1:0.816, 1:0.707	変倍は, シートモードのみ
感 光 体	セレンドラム	直径 120mm
現 像 方 式	磁気ブラシ方式, 二成分現像	一段順回転現像
トナー補充方式	専用カートリッジ式	400gボトル
トナー濃度制御方式	自動検知制御	
画像濃度調整方式	露光量及び現像バイアス電圧 併用方式	11ステップ, スライド方式
クリーニング方式	ブレード方式	ドラム塗布剤併用方式
定 着 方 式	ヒートロール方式	オイル塗布方式
転 写 方 式	コロトロン方式	シングルコロナ
分 離 方 式	除電分離 (コロトロン方式) 及び分離爪 併用方式	シングルコロナ
除 電 方 式	光除電方式	タングステンランプ
制 御 方 式	マイクロコンピュータ制御方式	
両 面 複 写	マニュアル	
自 己 診 断	有 (5箇所)	LED表示
ジャム位置表示	有 (6箇所)	LED表示
ジョブリカバリー	有 (コピー枚数自動補正)	
割 込 機 能	有	
原稿忘れ警告表示	有	
オートクリアー	コピー終了後 60秒	
電 源	100V, 15A, 50/60 Hz	
最 大 消 費 電 力	1.43 kw	
大 き さ	幅902×奥行713×高さ997mm	本体のみで, 高さは表示部まで
重 量	215 kg	
耐 用 年 数	5年間, 又は, 120万枚	

で, 合計 1,500 枚。

- (5) 連続コピーの途中で, 急ぎのコピーがとれる割込み機能を装備。
- (6) 鮮明なコピーあがり。
- (7) オプションのソーターとの連動により, 丁合い・仕分け作業の自動化が可能。

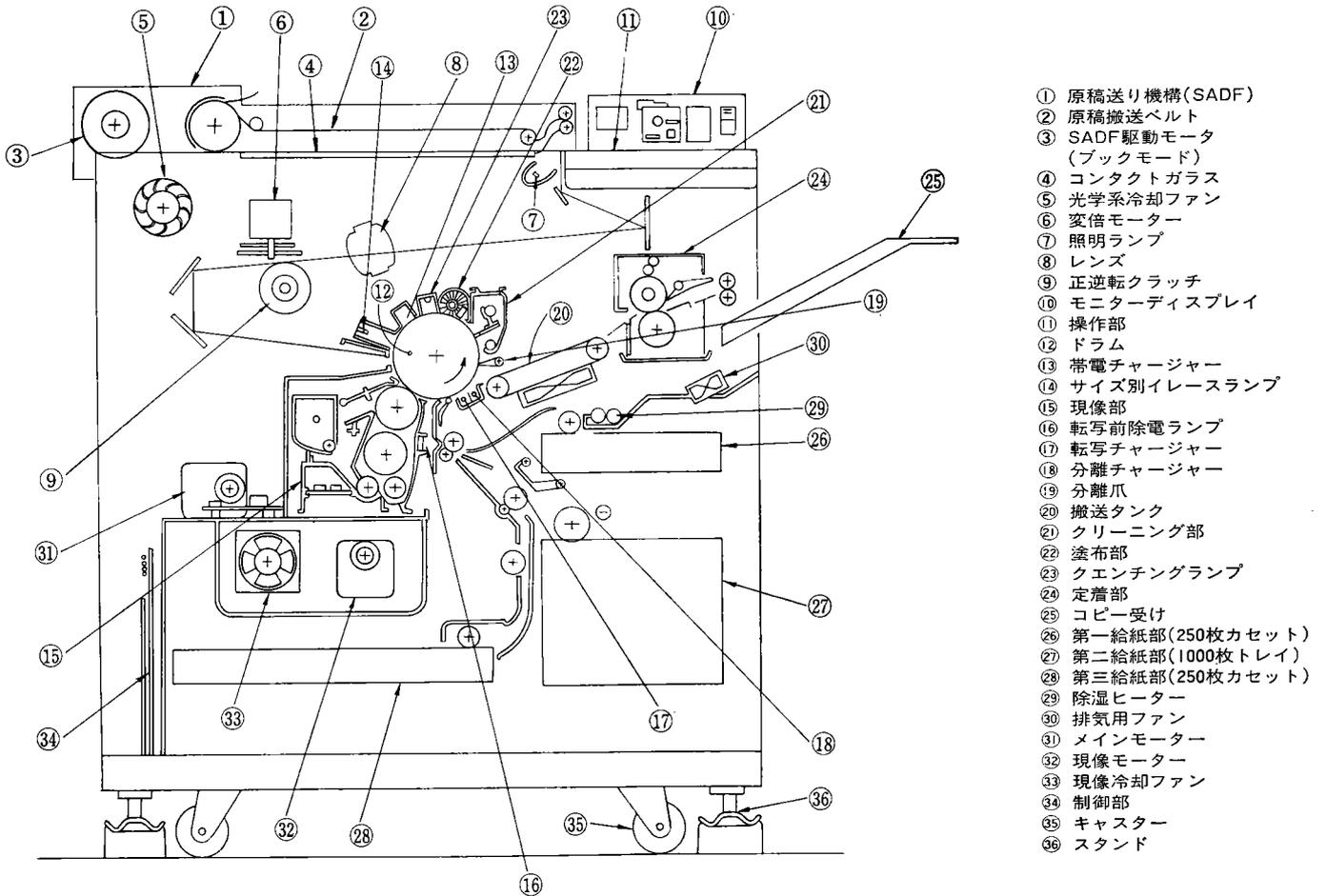
3 機械の構成および動作

図1は, FT6600FD の構成図である。

本稿では, 本機の主要ユニットの構成・動作について, 以下, 複写プロセスに従って説明する。

3-1 感 光 体

感光体は, 直径 120mm の, 高感度セレン蒸着ドラム



- ① 原稿送り機構(SADF)
- ② 原稿搬送ベルト
- ③ SADF駆動モータ (ブックモード)
- ④ コンタクトガラス
- ⑤ 光学系冷却ファン
- ⑥ 変倍モーター
- ⑦ 照明ランプ
- ⑧ レンズ
- ⑨ 正逆転クラッチ
- ⑩ モニターディスプレイ
- ⑪ 操作部
- ⑫ ドラム
- ⑬ 帯電チャージャー
- ⑭ サイズ別イレーズランプ
- ⑮ 現像部
- ⑯ 転写前除電ランプ
- ⑰ 転写チャージャー
- ⑱ 分離チャージャー
- ⑲ 分離爪
- ⑳ 搬送タンク
- ㉑ クリーニング部
- ㉒ 塗布部
- ㉓ クエンチングランプ
- ㉔ 定着部
- ㉕ コピー受け
- ㉖ 第一給紙部(250枚カセット)
- ㉗ 第二給紙部(1000枚トレイ)
- ㉘ 第三給紙部(250枚カセット)
- ㉙ 除湿ヒーター
- ㉚ 排気用ファン
- ㉛ メインモーター
- ㉜ 現像モーター
- ㉝ 現像冷却ファン
- ㉞ 制御部
- ㉟ キャスター
- ㊱ スタンド

図1 FT6600FD構成図

を使用している。

3-2 帯電系

帯電チャージャーは、図2に示すように、シングルワイヤーコロトロン方式であり、感光体表面へ均一電荷を与えるため、チャージハイト調整機構を有している。

帯電用高圧発生電源としては出力電流を一定とする定電流型パワーパックを採用し、チャージワイヤーが汚れた時にも帯電性能が低下しないようにしている。

又、感光体の温度を検出し、温度に応じて帯電電流を自動補正し、最良画像が得られるようにしている。

3-3 照明・光学系

図3に、照明・光学系の概略を示すが、本機は、二つのモードを有する。

すなわち、コンタクトガラス上に原稿を固定し、ランプ・ミラーを移動させる方法(ブックモード)と、ランプ・ミラーを固定し、原稿送り機構で原稿を移動させる方法(シートモード)である。

変倍コピー又は、転写紙サイズA3のコピーは、シートモードに限定される。

両モードとも転写紙のサイズにより、制御シーケンスが自動的に切りかわるようになっている。

3-3-1 照明系

85V 260W ハロゲンランプからの照明光は、反射板、4枚のミラー、スルーレンズにより、ドラム上へ露光される。

コンタクトガラスの、ホームポジション側端部(図3

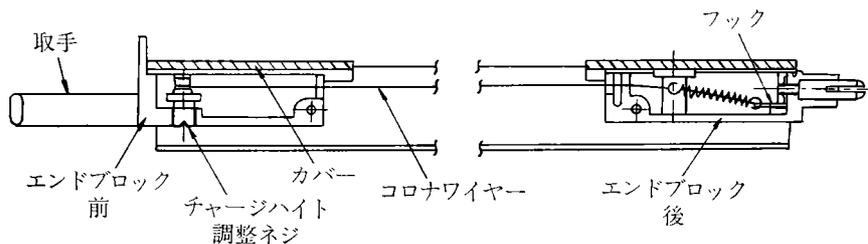


図2 帯電チャージャー

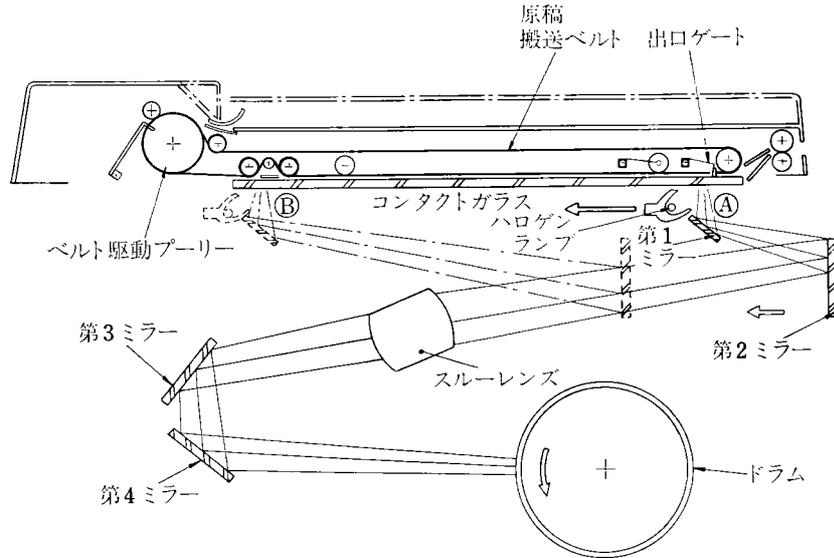


図3 照明・光学系

の④部の裏面は、白塗装が施こされているが、これは、コピー先端部に約3mmのコピーの写らない部分を形成することにより、画像品質の向上（原稿先端のカゲ写りを無くす）及び搬送品質の信頼性向上（定着部での剝離性向上等）を狙いとしている。

ハロゲンランプは、図4に示すように、ランプホルダー部分が、主反射板基準面により規制され、ランプ取付位置の無調整化が計られており、照度ムラは、図5に示すような三分割遮光板によって、調整可能となっている。

3-3-2 光学系

ブックモード時におけるスキャナー駆動方法としては、メインモータからの駆動を、正逆転クラッチ、ワイヤーケーブルを介して行なっている。

正逆転クラッチ部においては、図6に示すように、ゴムダンパーを介してプーリーに駆動を伝えているが、これは、スキャニング中の振動の緩衝部材である。（ドラム駆動部にも、同様のゴムダンパーが使用されている。）そして、更に、リターン時（逆転時）の衝撃緩和のため、

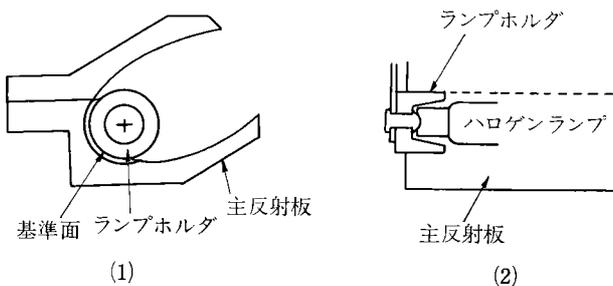


図4 ハロゲンランプ保持部

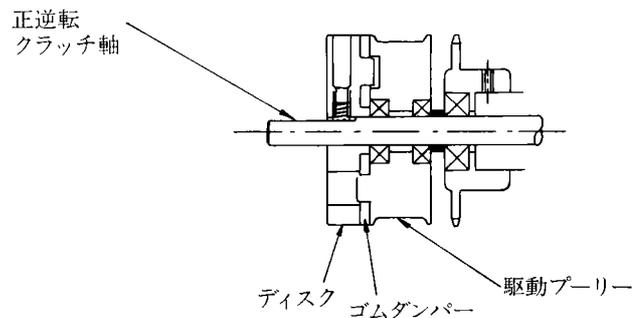


図6 ゴムダンパー

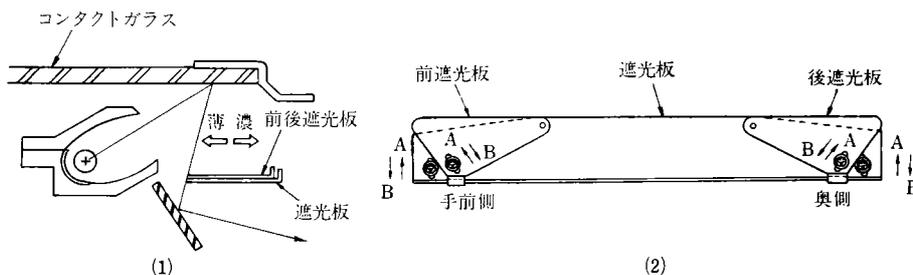


図5 三分割遮光板

タイトナー用アイドルプリー部は、図7に示す如く、ダブルスプリング方式となっている。

さて次に、図8、図9により、変倍機構（縮小・拡大）を説明する。

変倍の信号が出ると、変倍モーター④が回転を始め、モーターに直結された、シーケンスカム⑤、レンズ移動カム⑥が回転する。シーケンスカム⑤には、4つのポジション（拡大、等倍、第1縮小、第2縮小）があり、選択されたポジションにて停止するが、それと共に、レンズ移動カムも停止する。その際、レンズ移動カムは、レンズ移動レバー⑦を、Aを支点として回転させるが、この時、ピンBを介して、ブラケット：レンズ：X⑧を、X方向に移動させる。ブラケット：レンズ：Xが移動す

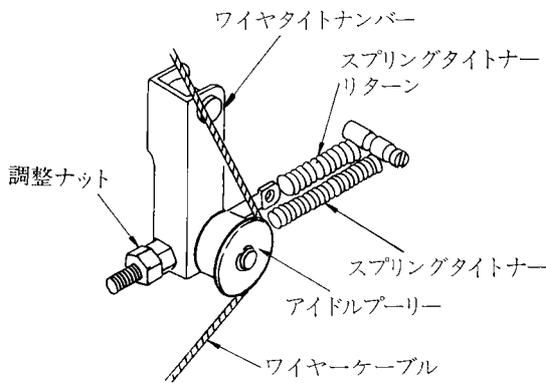


図7 駆動ワイヤータイトナー部

ると、Cを支点としてカム：ミラーキャリア⑨が回転する。このカムには、ブラケット：第3ミラー⑩に取付けられたコロ⑪が接触している。また、ガイドロッド：ミラーキャリア⑩の外周に取付けられたスプリングは、このコロをカムに押しつけている。従って、カムが回転すると、ミラーはレンズの移動量に対応する量だけ移動する。

レンズは、ブラケット：レンズ：X⑧とは別体の、ブラケット：レンズ：Y⑫に取付けられている。このブラケット：レンズ：Xは、ガイドロッド：レンズ：Y：上⑬及び下⑭に支えられ、ブラケット：レンズ：Xに対してX方向に移動可能となっている。

ブラケット：レンズ：Y⑫の下部にはベアリングがついており、このベアリングが、カム：レンズキャリア：Y⑮の溝Eにセットされている。

ブラケット：レンズキャリア：XがX方向に移動すると、レンズは溝にガイドされて、Y方向に移動する。

本機構においては、上記の如く、レンズ移動量とミラー移動量が所定の関係を保つべく、一体のカムで形成されているので、縮小から拡大に至る倍率変換が自由に、かつ、確実にでき、しかも結像面には鮮明な像が得られる。

以上により、簡単な構造で、かつ、高精度の片側基準変倍光学系を実現している。

3-4 イレース系

圧板を開放したままコピーする場合、あるいは、縮小時等においては、ドラム上に未転写トナー部が発生し、クリーニングへの負荷増大、機内トナー飛散をひきおこす。これを防止するため、転写紙サイズに対応して働く

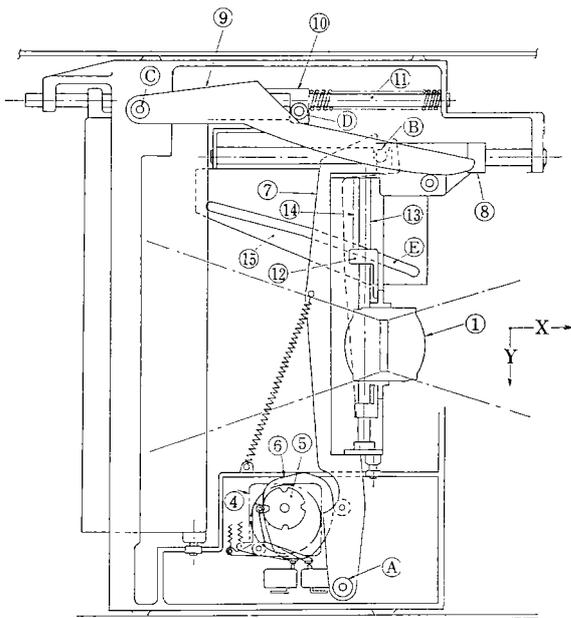


図8 光学系全体（上面図）

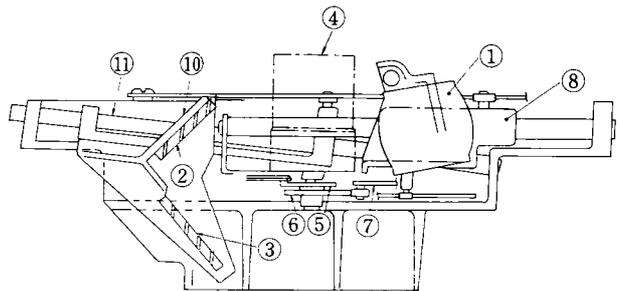


図9 光学系全体（側面図）

- | | |
|---------------|------------------|
| ① レンズ | ⑨ カム：ミラーキャリア |
| ② 第3ミラー | ⑩ ブラケット：第3ミラー |
| ③ 第4ミラー | ⑪ ガイドロッド：ミラーキャリア |
| ④ 変倍モーター | ⑫ ブラケット：レンズ：Y |
| ⑤ シーケンスカム | ⑬ ガイドロッド：レンズ：Y：上 |
| ⑥ レンズ移動カム | ⑭ ガイドロッド：レンズ：Y：下 |
| ⑦ レンズ移動レバー | ⑮ カム：レンズキャリア：Y |
| ⑧ ブラケット：レンズ：X | |

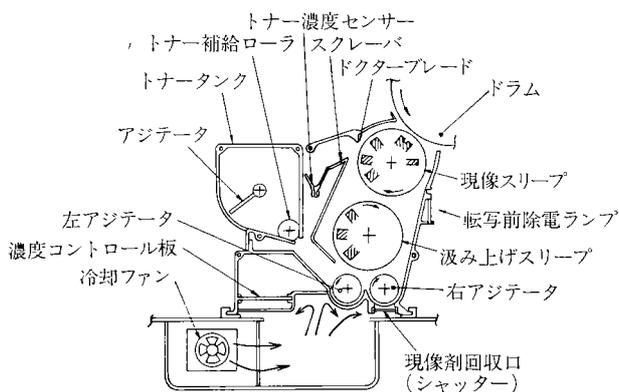


図 10 現像系

サイドイレース（タングステンランプ）を採用しているが、ドラムの部分的な光疲労を防ぐため、サイドイレースを、圧板開閉検知と連動させ、圧板が閉じられている時は作動しないようにしている。

3-5 現像系

現像装置は、コンパクト化および画像再現性を良くするという観点から、順方向磁気ブラシ現像方式を採用している。ここで、順方向とは、磁気ブラシ（現像スリーブ）とドラムの接触点における回転方向が同方向であることを言う。図 10 にその略図を示す。

現像器下部の現像剤は、汲み上げスリーブにより汲み上げられた後、現像スリーブに受け渡される。受け渡された現像剤は、ドクターにより適正厚みに整えられた後、感光体ドラム上の静電潜像を現像し顕像化する。現像工程を終了し、トナー濃度が低下した現像剤は、トナー補

給ローラから補給されるトナーと、2本の攪拌スクリー（左右アジテータ）により均一に攪拌され、再び現像に供される。消費されたトナーに対しては、透磁率検知トナー濃度センサーが、現像剤中のトナー濃度を一定に保つべく、検知・制御する。

透磁率検知は現像剤の流れが一定となっていることが必要条件であるので、現像モーターのON直後及びOFF直前にはトナー濃度センサーから補給信号が出て、トナー補給を行なわないように μ CPU で制御している。

トナータンクへのトナーの補給は、カートリッジ式（400g 入りのボトルを、そのまま機械本体へ装着）となっている。

定期メンテ時における現像剤の交換に関しては、サービス時間短縮のため、現像器を機械本体から脱着することなく、機械にセットされたままの状態で行なえるよう、配慮がなされている。

すなわち、現像剤回収時は、汲み上げスリーブ軸を 180° 回転させ、現像剤回収口のシャッターを手前に引いた後、現像スイッチをONすると、現像モーターのみが回転し、現像剤は回収口から自動的に排出される。

また、引続き、新しい現像剤をセットする時は、シャッターを閉じ、現像スイッチON状態にて、現像器前側板のゴムキャップ部から現像剤を流しこむことにより、セットすることができる。

3-6 転写・分離・搬送系

3-6-1 転写部

転写は、シングルコロトロン方式を採用している。また、画像品質の向上と搬送補助手段のため、転写ガイド板の先端部には、転写ガイドコロを設けている。

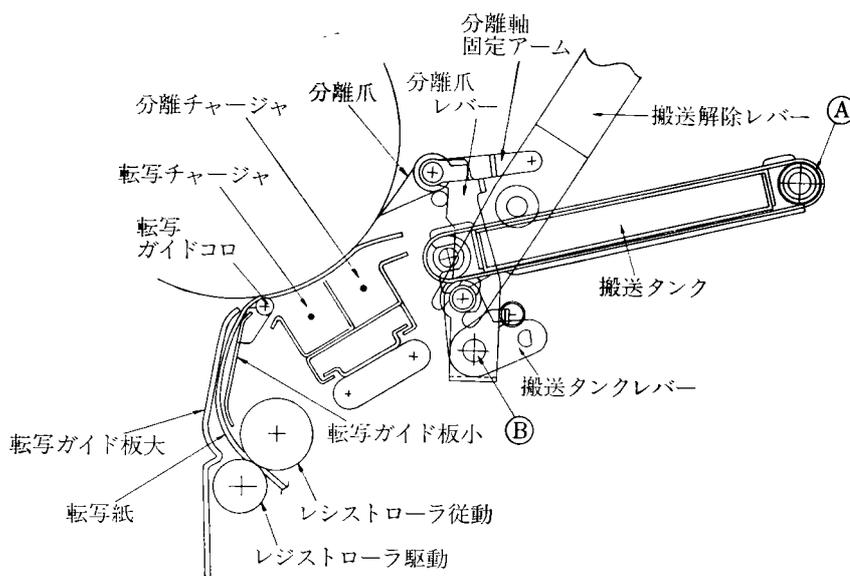


図 11 転写・分離・搬送系

3-6-2 分離部

分離方式は、コロナ分離（シングルコロトロン）と分離爪の併用式である。

コロナ分離は、転写後トナーの、ドラムへの再付着を防止するため、ACコロナに（+）DCを重畳しており、電源としては、高圧電源部出力電流を一定とする定電流型パワーバックを使用している。

交流定電流の高圧は湿度の変化により、筐体への分布容量が変動する。本機では変動を少なくするために、高湿時には後述除湿ヒーター（3-9-4）にて、チャージケーシング近傍を除湿することにより、安定した特性を得るようにしている。

3-6-3 搬送部

分離後の転写紙は、搬送タンクにより、定着部へ運ばれる。分離部で、万一転写紙ジャムが発生した場合、搬送解除レバーを倒すことにより、搬送タンクが、図中㊸を支点として反時計方向に回転、分離爪レバーが㊹を支点として時計方向に回転し、開口部を大きく広げることにより、ジャム紙の取出し容易化を計っている。

3-7 除電系

光による除電を、転写前およびクリーニング後に行なっている。転写前除電は、ドラムの電位を下げ、転写効率の向上、クリーニングの負荷低減を計っており、クリーニング後除電は、ドラム上の電荷を中和し、均一に帯電させるための前処理を行なっている。

3-8 クリーニング系

図12にクリーニング系の概略を示す。

クリーニング方式は、ブレード方式を採用している。ドラム上のトナーは、ブレードでかき落された後、トナー排出コイルでクリーニングユニット外へ排出され、現像部のトナータンクへ運ばれ、再使用される。

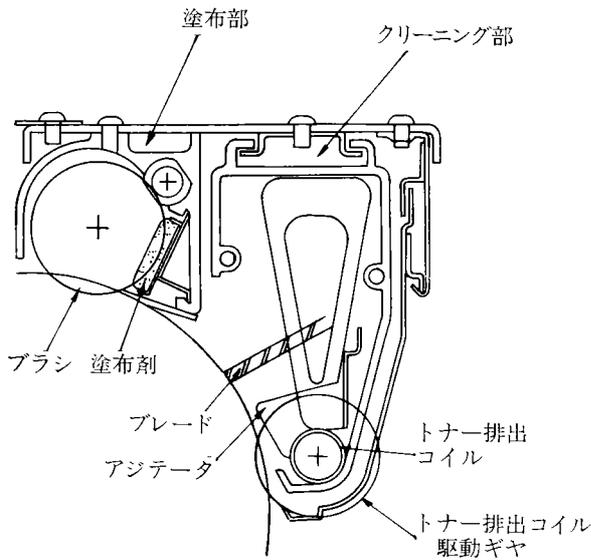


図12 クリーニング系

トナー排出コイル近傍には、揺動するアジテータが設けられており、トナーのブロッキングを防止している。

以上が、クリーニング部であるが、その補助手段として、塗布部がその隣に配置されている。

塗布部においては、ドラムとブレード、及びドラムとトナーの摩擦力を低下させ、ブレードの摩耗防止・耐久性向上のため、塗布剤をドラムに塗布している。

3-9 給紙系

給紙系の概略を図13に示す。本機の給紙部は、第1給紙部（250枚カセット）、第2給紙部（1,000枚トレイ）、第3給紙部（250枚カセット）より成り立っており、合計1,500枚と、このクラス最大の給紙量であり、かつ、三段給紙であるため、最もよく使用する紙を1,000枚トレイ部へ、その他のサイズ又は種類の紙を2ヶ所のカセット部へセットしておくことにより、紙の補充又は交換の頻度も少なく済むという利点を有する。さらに、ソーターを直結するため、カセットは機械内部に全て納め、機外への出っぱりをなくしている。

3-9-1 第1給紙部

ヨコ送り（紙を短手方向に搬送する）カセット用（最大B4判）の給紙部である。給紙加圧は、自動加圧機構を採用しており、プリントキーONで加圧するが、コピー終了後は自動加圧解除されるので、第1給紙部でのコピー中以外は、手で引くだけで、機械前側又は機械右側から取出すことができ、コピー中の転写紙補充が可能である。

自動加圧機構採用に当り、より広いアプリケーションペーパーに対応すべく、超音波（セラミックマイクロフォン）によるペーパーエンド検知を行なっている。

なお、オプションで長尺又はB3カセットを装備することもでき、その場合はこの第1給紙部にセットする。

3-9-2 第2給紙部

ヨコ送り給紙トレイであり、最大B4判までセット可能で、ペーパー残量表示付である。

3-9-3 第3給紙部

タテ送り（紙を長手方向に搬送する）カセット専用（最大A3判）の給紙部である。給紙加圧は、半自動加圧機構を採用しており、カセットテーブルを完全にセットした時点で加圧され、テーブル引出し時は、加圧解除される。本給紙台を選択すると、機械は自動的にシートモードにセットされ、ブックモードコピーはできないようにしている。

3-9-4 除湿装置

第一給紙部上部に設けた除湿ヒーター、ファン（搬送タンクファン）、排気用ファン、ドラム温度検知素子（露点気温度）及び制御回路で構成されており、マニュアルスイッチにて、ON/OFFできるようにしている。これは、特に高温高湿下等での、転写紙の吸湿、カール

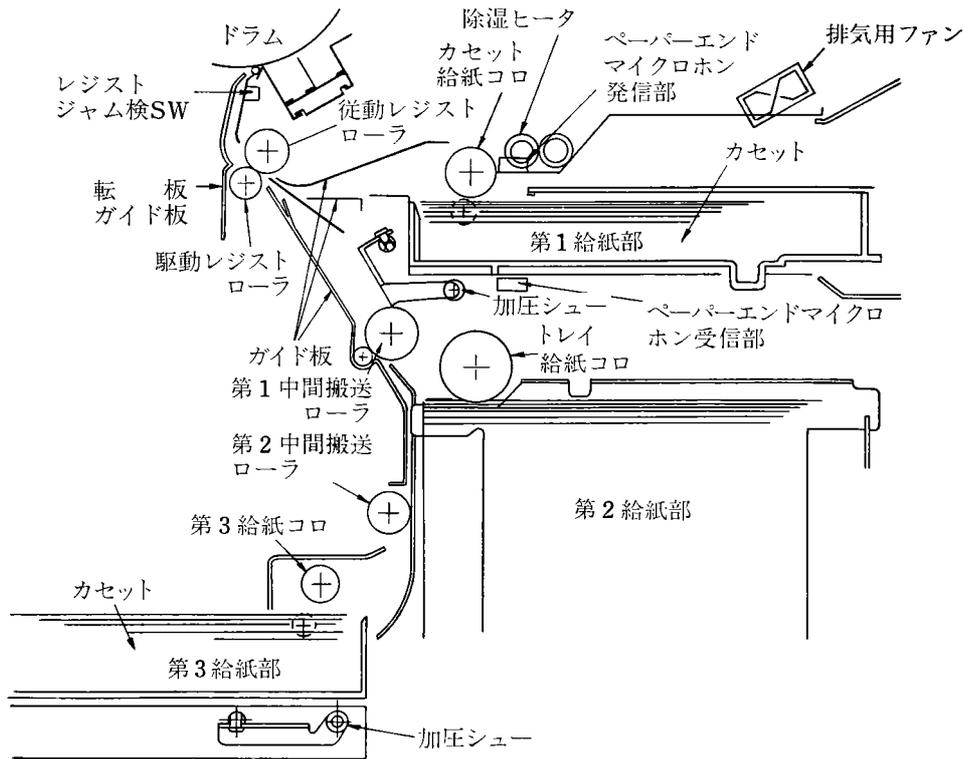


図 13 給紙系

に対して、画像品質・搬送品質の安定化を狙ったもので、特に湿度の影響を受けやすい第二原図用紙には効果を発揮する。

制御方法としては、ドラム温度の検知により、2状態の制御を行なう。すなわち、所定温度以下の場合、除湿ヒーター、ファン（低騒音化のため、電圧は60V）をONし、その後、ドラムが所定温度に達すると、それ以上あがらないよう、排気ファンをONにしている。

以上はコピー時以外（待機状態）での動作であり、コピー時では除湿ヒーターがOFFし、ファンと排気ファンは100V（フルパワー）でONする。

3-10 定着系

分離・搬送部を出た未定着の転写紙は、定着可能な温度・圧力に保たれた図14に示す2本のローラーの間を通過することにより、完成されたコピーとなり、剥離爪およびガイド板に沿って排紙部へ送られる。

本機の定着機構は、100V化達成のため、熱応答性の良いテフロンを定着ローラーに採用し、シリコンゴムを加圧ローラーとしている。定着ヒーター（840W）は、定着ローラー内に配置されており、温度検知はサーミスタ、温度過昇防止にはサーモスイッチ及び温度フューズを併用し、安全性を高めている。

サーミスタは図15に示す構造であり、サーミスタを取り付けたブラケットBは軸Bで軸支されており軸Bの円周方向に約20度回転可能である。軸Bはブラケット

Aにて支持され、ブラケットAはブラケットCに軸Aで軸支され、ブラケットAは軸Aの円周方向に可動できる。ブラケットCは定着ユニット構造物に固定され、ブラケットAを加圧スプリングにて定着ローラー方向に押しつける。この力によりブラケットBは定着ローラーと線接触の状態になる。この線接触の状態を得ることにより、サーミスタの温度検知精度は大幅に向上する。本機では

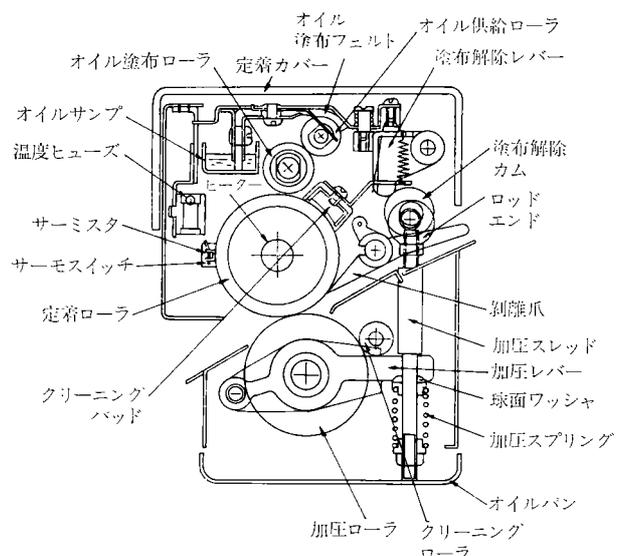


図 14 定着部

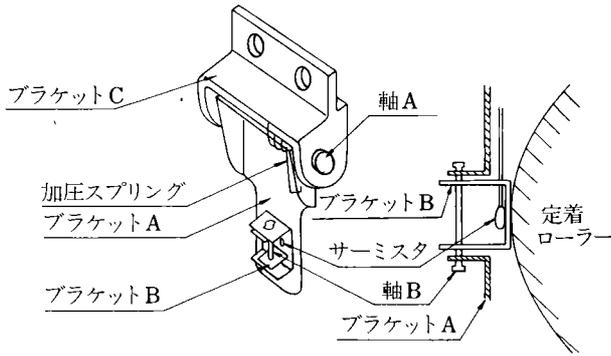


図 15 サーミスタ部

この構造のサーミスタを使用することで、定着温度の無調整化を実現している。

常に良好な定着性を維持するため、待機時には、定着ローラーの加圧解除、および、オイル塗布フェルトの解除を自動的に行なっている。これにより、ゴムクリーブ防止、均一なオイル塗布、ジャム紙取出し容易化等を実現している。

3-11 表示系

目新しいものとして、ここでは、原稿忘れ表示と、多層透過形液晶表示について説明する。

原稿忘れ表示は、顧客がコピー終了後に原稿を置き忘れるのを防止するため、コピー終了後約6秒以内に圧板が開かれない場合に点灯し、注意を促すものである。

圧板の開閉検知は、リードスイッチで行なっている。

多層透過形液晶(LCD)は、機械の状態を表示するモニターディスプレイ部に五層のものを使用しており、また、操作部でも、紙サイズ・紙なし表示として、四層のものを三箇所使用している。

LCDは、小さな面積で多くの状態を大きく表示することを可能としており、さらに、液晶後側にあるランプの色を変えることによって表示の色分けを行ない、操作

性の向上を計っている。

3-12 電装制御系

主コントロールはインテル社 μ CPU 8085 及び周辺ICを用いて8ビット制御を行っており、コピー動作に必要なシーケンスは、各種入力センサーからの信号とプログラムにより実行される。

現像剤濃度、定着ローラー温度コントロール等はユニット化された別置制御板にて個別制御されており、状態信号を μ CPU に戻すことで状態監視を行っている。

ソーターとの連結時制御は当社 静電複写機リコピー FT-7500 と同様である。

4 おわりに

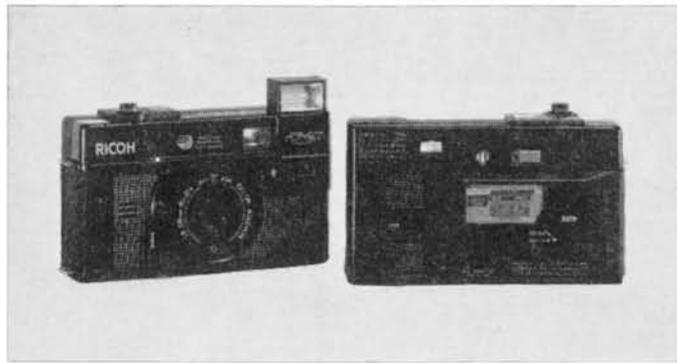
以上、リコピー FT6600FD に採用した機構について紹介してきた。

本開発の目的であった、操作性に優れコンパクトな多機能中速普通紙複写機の開発という点においては、所期の目標を達成できたと考えている。今後は、本機の経験を生かし、より一層、市場の要求に適合した、信頼性の高い乾式静電複写機の開発を進めていきたい。

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

参考文献

- 1) Ricoh Technical Report 6 (1981)



フルオート35ミリカメラ リコーAF-2D 35 Lens Shutter Camera RICOH AF-2D

中野廣雄*
Hiroo Nakano

要 旨

リコー AF-2D は、現在 35 ミリレンズシャッターカメラの主流であるオートフォーカス・ストロボ内蔵の多機能カメラにさらに電動巻上げ巻戻し、フィルムの自動装てんを内蔵した全自動オートフォーカスカメラである。又、本機は、デジタルクォーツによるオートデート機構を内蔵し、日付、時間も自動的に写し込める。

本稿では、新機構のオートフォーカス、フィルム給送を中心に解説し、使う上での安全性、操作性の向上策も明らかにした。

ABSTRACT

The RICOH AF-2D is a full automatic auto-focus camera which has been designed along the mainstream of the current 35 mm lens-shutter multifunction camera with such capabilities as electric winding, rewinding and auto loading of films, equipped with a strobo. In addition, the AF-2D has a built-in auto-dating unit.

This article is mainly concerned with new mechanism of auto-focus and film transport, and also improvements for the fail-safe operation.

1 はじめに

だれにでも失敗なく撮りたいものを確実に撮るには、カメラの操作はできるだけ簡単であることが必要であり、それには徹底した自動化と、使う上での安全機構が備わっていることが要求される。

リコー AF-2D は、以上の要求を満足させるため、今までのオートフォーカスカメラより一歩進んだ自動化と、使う上での安全機構を備えて、第2世代のオートフォーカスカメラになるよう意図し、開発された。

現在世に出ているオートフォーカス機構は、大きく分けて能動型と受動型がある。能動型とは、カメラから超音波や赤外光を出し、被写体からの反射を利用して測距

する機構である。一方受動型とは光学系で被写体の像そのものを受入れて測距する機構である。AF-2D では、リコー AF リケンレンズに使用している FCM (フォーカス・コントロール・モジュール) と称している受動型のオートフォーカス機構を採用している。

リコーカメラは、自動巻をそなえたものが多く、それを特長としている。これらは、リコーオートハーフで代表されるスプリングモーター式であったが、AF-2D では小型モーターによる電動巻上げ巻戻しを採用した。

2 仕様および特長

2-1 仕様

本機の仕様を表1に示す。

2-2 特長

(1) オートフォーカスの作動は、撮影する前にファインダー内の指針で表示される。シャッターボタンの操作

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

表 1 AF-2D仕様

No.	項 目	仕 様
1	型 式	ストロボ内蔵電子シャッター付 35 mm 自動焦点EEカメラ
2	レ ン ズ	カラーリケン38 mm F2.8 3群4枚構成, フィルター径 46 mm
3	ピ ン ト 合 わ せ	自動焦点式, プレフォーカス機能付, 測距(撮影)範囲 1 m~∞
4	シ ャ ッ タ ー	プログラムEE式電子シャッター EV 6 (F2.8 1/8 秒)~EV 17 (F16 1/500 秒)
5	セ ル フ タイ マ ー	レリーズ鉤により作動(作動時間約 10 秒, シャッター作動前電子音発生)
6	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(近距離撮影補正マーク付) 倍率 0.45 倍, 視度補正アダプター取付可
7	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, ゾーンフォーカスマーク, ゾーンフォーカス距離指針, 手振れ警告ランプ, ストロボ充電完了シグナル
8	露 出 制 御	CdS 受光素子使用, 測光範囲 LV 6 ~LV 17
9	フ ィ ル ム 感 度 範 囲	ASA 25~800 (DIN 15~30)
10	フ ィ ル ム 巻 上 げ ・ 巻 戻 し	電動モーター駆動, フィルム送り表示付, フィルム在否確認窓付
11	巻 上 げ	シャッターボタンを押して自動巻上げ
12	巻 戻 し	巻戻しスイッチによる自動巻戻し
13	フ ィ ル ム 装 填	フィルムリーダー部引出し, シャッターレリーズ操作によるオートロード方式
14	フ ィ ル ム カ ウ ン タ ー	順算式
15	内 蔵 ス ト ロ ボ	ストロボスイッチにより発光部ポップアップし, ストロボ撮影に切り換え
16	ガ イ ド ナ ン バ ー	12 (ASA 100・m), 露出調節はフラッシュマチック式
17	発 光 間 隔	約 6 秒
18	撮 影 可 能 回 数	新品アルカリマンガン乾電池使用 ストロボを使わないとき……36 枚撮りで 30 本以上 毎回撮影時ストロボを使用するとき……36 枚撮りで 3 本以上
19	電 源	単 3 型アルカリマンガン電池 2 本使用 (Niced 電池使用不可)
20	大 き さ	132 mm(幅)×77 mm(高さ)×60 mm(奥行)
21	重 さ	415 g (電池含まず)
22	デ ー ト 方 式	時計組み込みオートデート式
23	写 し 込 み モ ー ド	年月日, 時分, 写し込み禁止
24	表 示 モ ー ド	年月日, 時分, プリントオフ
25	デ ー ト 部 電 源	LR44 2 個, または SR44 2 個
26	そ の 他	(1) レンズキャップ取付けに連動したレリーズロック (2) 暗い被写体の撮影のとき, 自動的に点灯する AF 補助照明装置

により繰り返してフォーカスできる。

(2) シャッターボタンを半押しすると, フォーカスロックができ, 自由自在に構図が選べる。

(3) 暗い所でのオートフォーカスは, 自動的に補助光ランプが点灯して, ピントが合う。

(4) 小型電動モーターにより, フィルムの自動巻上げ, 巻戻しができる。

(5) フィルムのオートローディングは, リコーオートハーフEF2と同じシンプルロード方式で, 簡単にフィルム装てんができる。

(6) フィルムエンドなどで, 急激な電池消耗が起きる場合は, 電子音により警告する。

(7) 電池が消耗するとシャッターボタンが自動的にロックされ, 誤動作を防止する。

(8) 日付, 時間の写し込みも, デジタルクォーツ時計

により自動セットされる。

(9) レンズキャップを取付けると, 自動的にシャッターボタンがロックされ, 不用意にレリーズされることを防止する。

(10) 近視, 遠視の人でも, ファインダーが明瞭に見えるように, リコー XR-6 用視度補正レンズがつけられる。

3 外 観

外観の特長は, 見かけは主流他社機と大差はないが, カメラ前面のファインダー窓とオートフォーカス窓を一つの大きな窓でまとめたように, シンプルでスッキリしていることである。またユーザーの立場になって, 指かけなどによる手とのなじみ易さや, 操作鉤の大きさ, 形状を, よく使う鉤は大きく, 安全性が要求される鉤は小さくし, 操作性と安全性を向上させた。

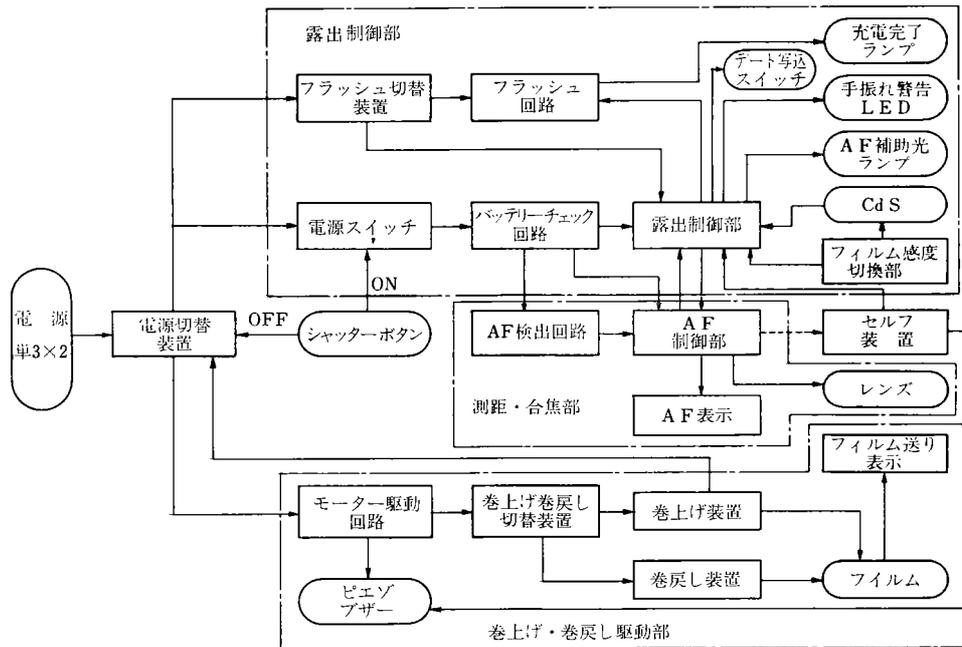


図1 システムブロックダイヤグラム

外観カバーに使用したプラスチックは、合わせ目や型割り面を目立たせないようにし、きめ細かいシボ仕上げにより塗装せず半光沢を持たせ高級感をそこなうことなくコストダウンに成功した。

4 全体構成

システム構成をブロック図で示すと図1となる。大きく分けると3つからなる。

- (1) 巻上げ巻戻し駆動部
- (2) 測距・合焦部
- (3) 露出制御部

オートフォーカス、自動露出、フラッシュ、巻上げ、巻戻しに要するすべての電源は、単3型アルカリマンガン電池2本で供給される。1つの電源を、モーター駆動給電時と、シャッター（オートフォーカスと自動露出を含む）及びフラッシュへの給電時を時分割して処理し、巻上げ時間やフラッシュの充電時間を短くしている。アルカリマンガン電池2本で、一般撮影の場合（3回に1回フラッシュ撮影）で、7本以上の撮影が可能である。

構成部品の特長は、従来カメラが基板を中心に構成していたのに対し、本体やモーター枠などのプラスチック部品で構成していることである。基板はシャッター基板のみになっている。これによりレバーの回転軸や、バネ軸等が不要となり従来カメラの部品点数の約 $\frac{1}{3}$ になった。

5 オートフォーカス機構

オートフォーカス方式は、リコーの仕様にもとづいて、共同で開発したセイコー FCM と称する方式を採用して

いる。FCMの測距原理は、図2に示すように二重像合致式距離計と同じ三角測距の受動型である。

測距する被写体像は、Iの光路でハーフミラーを通過して5つの素子からなるセンサーアレイに結像され、各センサーの出力はLSIに入力されて、固定像信号として記憶される。一方被写体像はAFシャッターを開くことにより、距離計の基線長をはさんだ可動ミラーに反射した

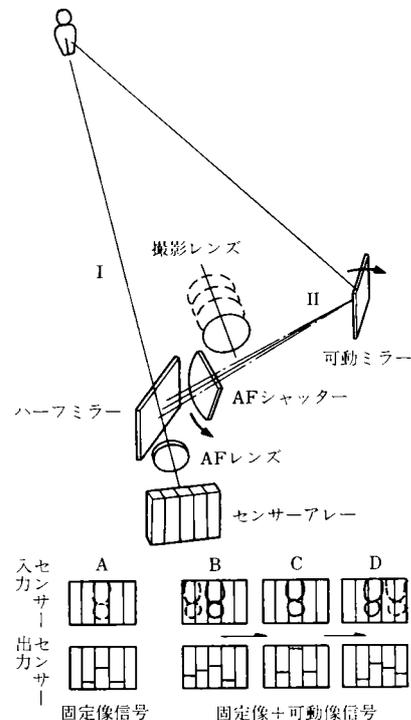


図2 測距原理図

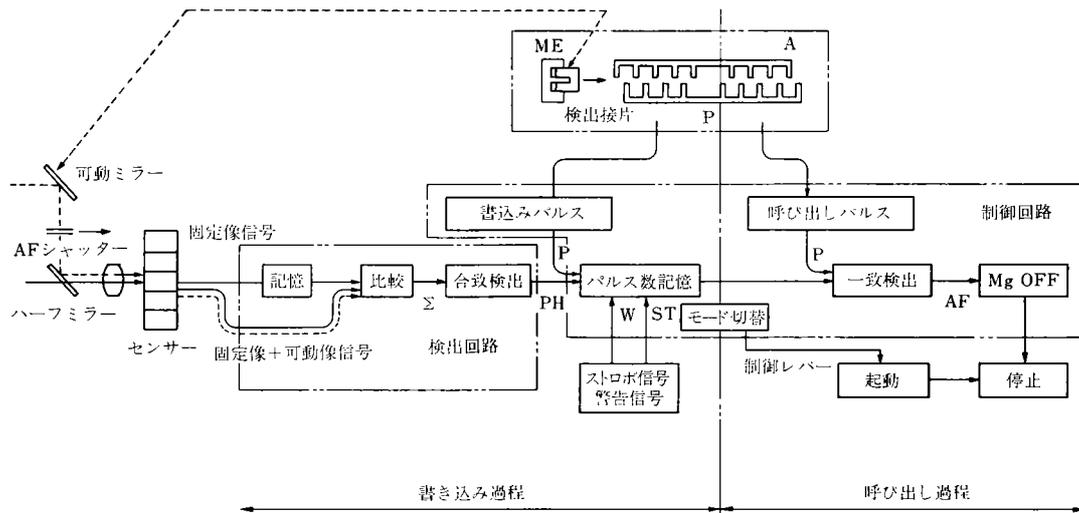


図3 AF機構ブロックダイアグラム

光路Ⅱを通り、ハーフミラーに反射されてセンサーアレイに結像される。この時の可動像信号と前に記憶した固定像信号の一致した位置で、フォーカスを決める方式である。

この方式の特長は、最も早く商品化されたハネウェル社のVAF方式が2組のセンサーアレイにより、それぞれ別の光学系からの2つの像を比較検出しているのに対し、1組のセンサーアレイを用いて2光路の情報を処理して、比較検出している。これによりVAF方式のように2組のセンサーアレイの特性を合わせさせる必要もなく、測距光学系もシンプルである。

オートフォーカス機構の作動は、図3に示すように大きく分けて、書き込み過程と呼び出し過程からなる。

シャッター鉤を押すと、第1段でメインスイッチが入り5個のセグメントからなるセンサーアレイからの出力が検出回路に入り固定像信号として記憶される。次に第2段で、AFシャッターを開き可動ミラーを最至近距離から無限遠側に回転させる。この時センサーアレイの出力は、図2のB、C、Dのようになり固定像と可動像を合わせた信号として、記憶している固定像信号と比較し、合致点を検出する。可動ミラーの回転と同時に検出接片を動かし、パルス信号としてミラー位置信号を制御回路に入れ、合焦位置を記憶する。以上で書き込み過程が終了する。

次に呼び出し過程では、検出接片と制御レバーをガバナで制動しながら動かし、呼び出しパルスと書き込みパルスが一致した時、マグネット信号を出して制御レバーを止める。この制御レバーによりファインダーの中に距離表示がされる。この位置でシャッター鉤を戻せば、オートフォーカスがリセットし、繰返し測距が可能である。又この位置でホールドすれば、フォーカスロックがされ、自由に構図を変えられる。オートフォーカスが苦

手な被写体（コントラストが低い被写体や動く被写体）でも、ほぼ等距離にある得意な被写体に向けてフォーカスロックをして、撮ることもできる。

シャッター鉤の最終段では、制御レバーで決められた位置まで撮影レンズを繰出し、そのあとシャッターの開閉作動が行なわれて、撮影は完了する。

AF-2Dでは、測距範囲の1m～∞間の8ステップで撮影レンズは止まる。この設定は次のようにして決めた。

- (1) 撮影レンズ F2.8 38mm を用いてデフォーカス撮影を行ない、サービス版サイズにカラープリントしてそのプリントから許される最大の許容錯乱円径 ; d を求めた。

$$d = 0.061 \sim 0.074 \text{ mm}$$

- (2) 絞り開放の時 (F 2.8) の焦点深度を求める。

$$F \times d = 2.8 \times (0.061 \sim 0.074) \\ = 0.1708 \sim 0.2072 \text{ mm}$$

撮影レンズの∞～1mまでの繰り出し量は、1.54mmである。

- (3) オートフォーカス機構の一般被写体での測距精度は±1ステップである。
- (4) オートフォーカスの誤差が±1ステップで絞りが開放の時にも、(1)で求めた最大許容錯乱円径の写真を得るには、次のようなステップ数が必要である。

$$\frac{\text{総繰出し量}}{\text{許容焦点深度}} = \frac{1.54}{(0.1708 \sim 0.2072)} \\ = 9.02 \sim 7.43 \text{ ステップ}$$

以上で求められた結果とオートフォーカスの制御回路の条件より8ステップを決めた。

本機の実験機及び他社オートフォーカス機のテスト結果を分析すると、受動型の場合、明るさと被写体コントラストにより、測距精度が次のようになる。

		コントラスト	
		高	低
明るさ	明	○	△
	暗	△	×

○：バラツキ小
△：バラツキ中
×：バラツキ大

暗くなると、センサーアレイのノイズのために測距精度が悪くなるが、本機は内蔵ストロボとの組み合わせにより、撮影結果をカバーしている。

オートハーフ EF2 のお客により撮影されたフィルムを借りて、ストロボ内蔵カメラのストロボ使用状況を分析した。ストロボの使用率が 42.4% あり、使用場所は、室内が 92.2% であった。ストロボ使用時の被写体との距離は、5 m 以内が 90.7% で、3 m 以内が 81.4% であった。

これより暗い所での撮影は、40% 程あるが、3 m から 5 m 以内の被写体距離の時、満足できる写真が得られれば良さそうである。

本機では、ストロボを使用する時の撮影範囲を 1 m ~ 4 m に設定した。又ストロボのガイドナンバーをできるだけ大きく 12 (ASA 100 m) とし、ストロボ時の最遠距離で絞りが開放にならないように設定した。これにより撮影レンズの焦点深度を大きくして、被写体が 1 m ~ 4 m にある時は測距精度のバラツキが撮影結果に出ないようにしてある。

又暗くなった時、自動的に AF の補助光がつき、被写体を照明し、オートフォーカスを助け測距精度を向上させている。補助光には、センサーの分光感度分布と良くあう、白熱球を用いている。

明るくて被写体コントラストが低くなるのは、被写体が測距範囲に比べて小さい時で、遠距離の時に多くあることから、この場合は、検出回路により最遠距離に止まる。

このようにすることにより、本機のサービス版サイズのカラープリントからみた測距失敗率（ピンボケ率）は、約 4% になり、他社受動型オートフォーカスカメラより少なくすることができた。

6 露出制御機構

シャッターは、セイコー AFP の電子制御式プログラムシャッターでシャッター羽根と絞り羽根が兼用となったビハインド型である。連動範囲は Ev 6 ~ 17 で、プログラム線図は図 4 に示すように、Ev 6 ~ 9.5 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、カメラブレが起りにくいように配慮している。

フラッシュ撮影の場合、ストロボをポップアップさせると、シャッターの低速側（ $\frac{1}{30}$ 秒以上）を制限し、カ

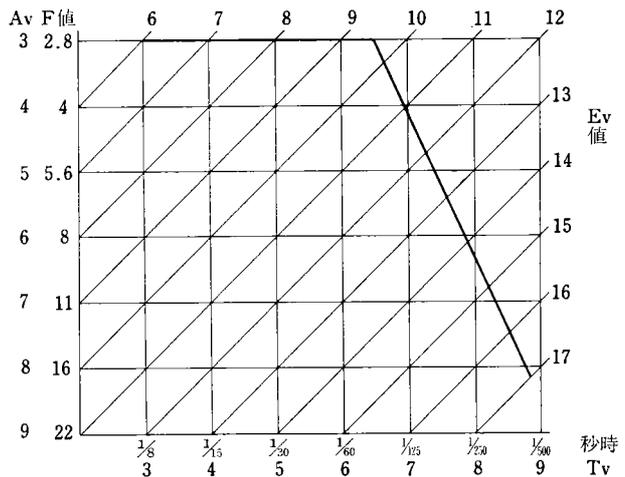


図 4 プログラム線図

メラブレを防止している。オートフォーカスで設定された距離とストロボのガイドナンバーにより、自動的に絞りが制御され、適正露光が得られる。高速シャッターでも、フラッシュは同調し、絞りは FM 絞りかオート絞りのどちらかの小絞りで制御されるので、ストロボを日中の補助光としても使用できる。明るい所を背にした人物撮影などでは人物の顔が明るくてよくわかる写真が得られる。この内蔵ストロボの充電時間は 6 秒と短い。

本 AF シャッターユニットは、オートフォーカス機構と露出制御機構をユニット化し、部品点数を少なくしている。例えば露出制御用マグネットとオートフォーカス制御用マグネットを兼用したり、撮影レンズ駆動用ガバナーとシャッター羽根開き用ガバナーの兼用化をはかっている。シャッターのタイムチャートを図 5 に示す。オートフォーカスの検出と制御は、シャッターが開くまでのきわめて短い時間で完了するので、リリース釦を普通に押し続けている場合は全く問題ない。しかしリリース釦をたたきようにして極端に早く押しすと、測距する時間が不足してくる。このような場合は、測距が完了しない内にシャッターがきれることになる。

そこで本機では、測距が完了していない時は、シャッターがきれないようにリリースロックをかけて誤動作を防止している。リリースロックがかかった時は、シャッター釦を少し戻しもう一度押しせばよい。

又電池消耗時における誤動作を防止するため、最低作動電圧以下になるとリリースがロックされ、総ての機能を止める安全機構になっている。レンズキャップをつけると、電源スイッチが入る前で、シャッター釦がロックされ不用意な電池消費を防止する。レンズキャップを外せば自動的に復帰する。レンズキャップがなくても、鏡胴横の S, LOCK 釦をさらに押し込むとクリックで保持され、引出せば解除するようになっている。

セルフタイマーはメカセルフ式でセルフレバーにより

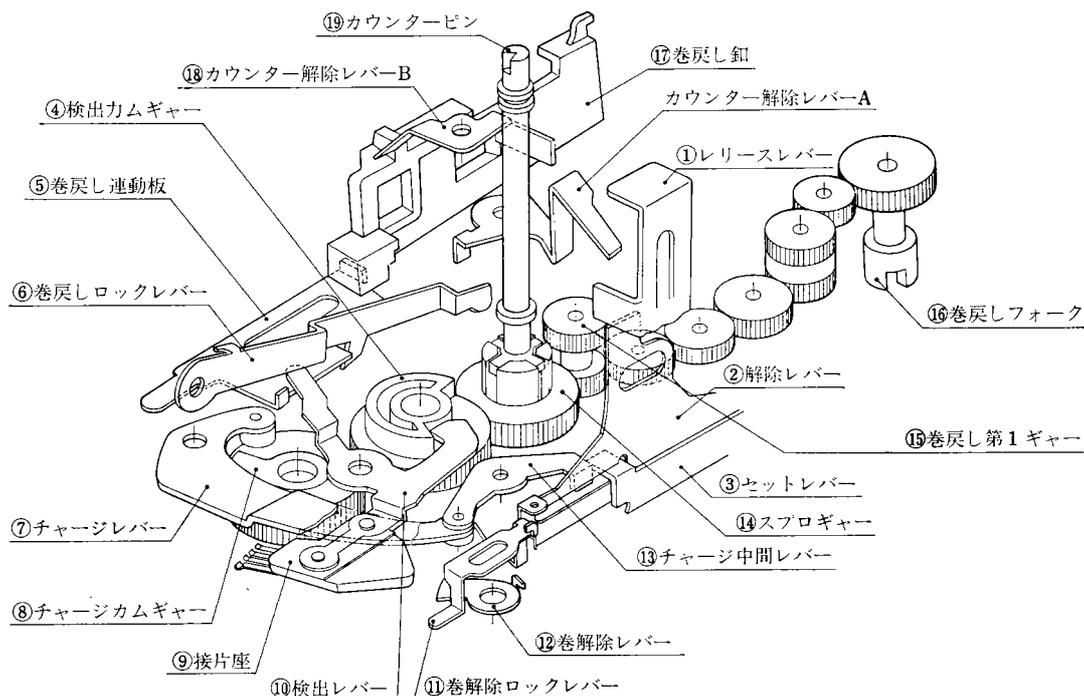


図6 巻き上げ巻き戻し機構

かみ合っていて、巻戻し第1ギヤ⑮から巻戻しフォーク⑩に伝達される。巻戻しフォークが、フィルムのパトローネ軸を回し、フィルムが巻戻しされる。

巻戻しは、巻上げ時と同じようにフィルム送り表示が停止するまで巻戻し釦を押し続ける。巻戻し時間は、36枚撮りフィルムで約30秒である。

フィルム装てんは、裏蓋を開けパトローネを巻戻しフォークに正しく入れて、スプール室下側に示された▲印の位置にフィルム先端を合わせ、爪のついたスプールの上にのせる。シャッター釦を押して離すと、スプールが回転し、スプールについた爪がフィルムのパーフォレーションにかみ合い、フィルムが巻きつく。フィルムが巻きついたことを確認して裏蓋を閉じればよく初心者でも簡単にフィルム装てんができる。

使う上での安全対策をまとめると、次のようになる。

- (1) 巻上げ中、巻戻し中は、シャッター釦が押せない。
- (2) 巻上げは、シャッターの作動が完了しないと行わない。
- (3) 巻戻しは、R釦を押し込まないと巻戻し釦が作動しない。不用意にR釦を押し込んでも、シャッターレリーズで復帰し、通常撮影に戻る。

巻上げ、巻戻しのモーターの負荷トルクは図7のように設定した。巻上げより巻戻しの負荷トルクを少なくして巻戻しの途中で電池がなくなることを防止している。又低温の環境条件下でも作動するようにしてある。従来のカメラがほとんど金属ギヤを使用しているのに対し、

本機ではすべてのギヤをプラスチック化することに成功した。

8 レンズおよびファインダー

撮影レンズは、本機のために特に開発されたカラーリケン F 2.8 38 mm で、3群4枚構成（テッサータイプ）のビハインド絞りタイプである。構成は、図8に示す。レンズ各面の適切なパワー配分により、コマ収差、非点収差を極力抑えて、画面全体にコントラストの良い画質を得ることができた。又測距精度と合わせたデフォーカス像、周辺光量についても配慮してあり、更にレンズ各面のコーティングの組み合わせにより、フレアを抑えかつ自然な色再現を可能にした。

焦点合わせは、全体繰出しである。この特長は、1つの鏡胴の中に全レンズを落とし込みで組込め、レンズの間隔、レンズ間の同軸度が出しやすく、レンズ精度のバラツキが少なく、組立性も良い。AFカメラはレンズ駆動時間を短くするために、軽いトルクで作動する必要がある。そこで本機は、ドライループ処理をしたヘリコイドを用いて解決した。従来の手で距離合わせをするカメラより撮影レンズの遊び（ガタ）量が大きいが、全体繰出しにすることにより、撮影画質への影響を小さくした。プラスチック本体の寸法精度のバラツキの影響も、同様に小さい。

ファインダーは、逆ガリレオタイプのアルバダ式ブライトフレームファインダーで倍率は0.45倍である。フ

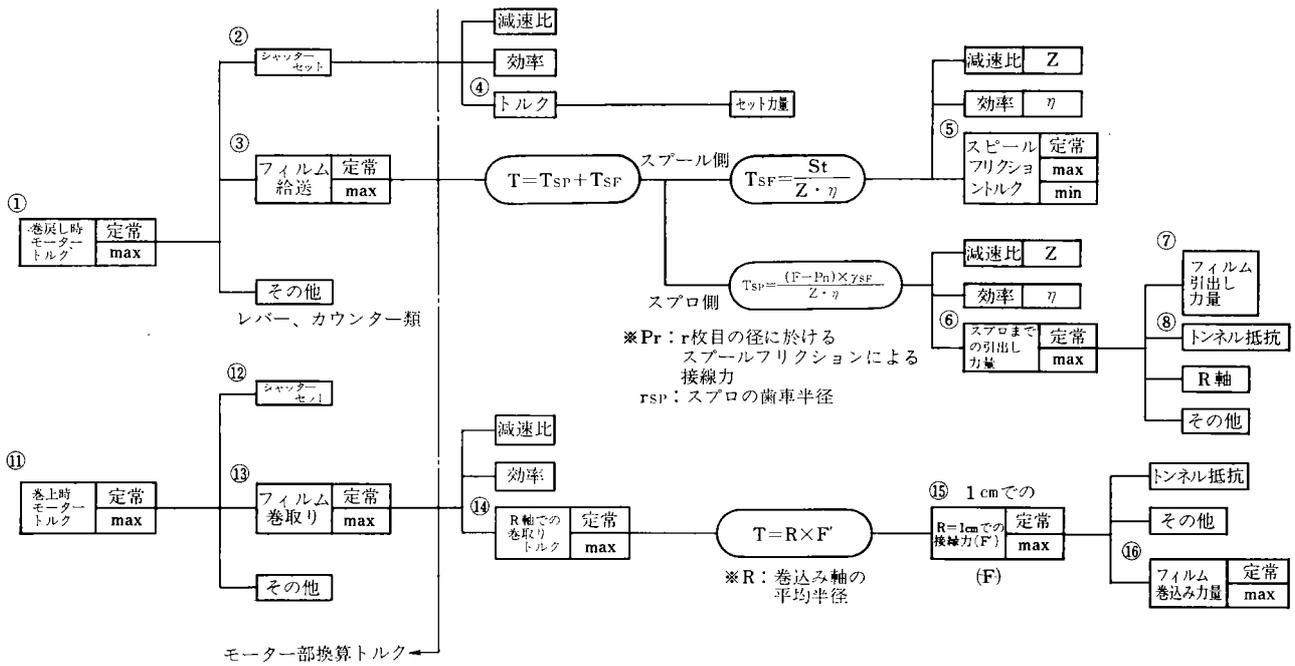


図7 モーター負荷トルク設計基準

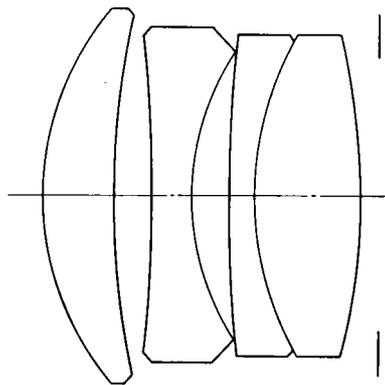


図8 レンズ構成図

ファインダーには、図9に示すように近距離補正マーク、オートフォーカスフレーム、距離マークと距離指針及び中央上部に手振れ警告赤色LED表示がある。さらに接眼レンズ横に、ファインダーをのぞいたままでも見られ

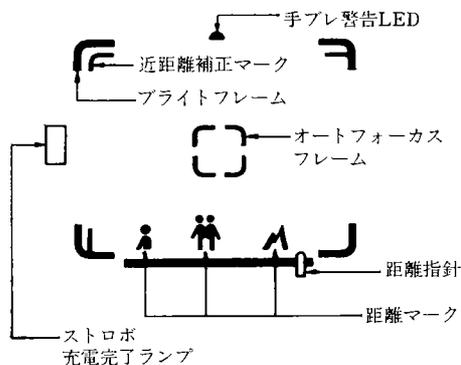


図9 ファインダー視野

るストロボ充電完了ランプがある。手振れ警告赤色LEDは、シャッター速度が $\frac{1}{30}$ 秒以上になると点灯し、ストロボをポップアップすると消える。

ファインダー視度は一般ユーザーが最も見易いといわれる-1ディオプターに設定してあるが、特に視力調節の弱いユーザーには、適当なりコーXR6用視度アダプターを接眼枠に装着し、最適視度が得られるようにしてある。

9 デート写し込み機構

デート写し込み機構は、カメラの裏蓋に組み込まれ、カメラ本体のデートスイッチからの写し込み信号によりフィルムの裏側から写し込まれる。図10にその構成を示す。

カメラのデートスイッチからの写し込み信号が時計回路に入ると、写し込みランプが点灯し、反射ミラーを介して、写し込み液晶パネルの文字をフィルムに写し込む。時計回路は、水晶振動子により正確な時間を、反射型液晶からなる外部液晶パネルに表示し、同時に透過型液晶からなる写し込み液晶パネルに表わす。写し込み液晶パネルとフィルムの距離を近づけ、写し込みランプと写し込み液晶パネルの距離を長くすることにより、写し込みレンズのいらぬ簡単な構成になった。

使用するフィルムの感度にフィルム感度切換スイッチを合わせると、ランプの点灯時間を切換えて、写し込み光量が変わって、適正露光となる。デート用電源は、LR44又は、SR44を2個使用している。

デート機構の特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 水晶振動子の時計回路をもつことにより、忘れがちな日付修正がいらなくなった。
- (2) モード切換により、日付だけでなく時分、写し込み禁止も選べる。
- (3) 外部液晶パネルにより、写し込み情報がモニターできる。
- (4) バッテリーチェック付である。

10 おわりに

以上、リコーAF-2Dの内部機構のオートフォーカス・フィルム給送を、中心に説明した。

一歩進んだ全自動オートフォーカスカメラとして、オートフォーカス、自動露出、自動巻上げ、自動巻戻し、オートロード、オートデートを組み込み、さらに使う上での安全機構を備えることができた。外観形状も携帯性に便利で操作しやすく、スマートでありながら、モールド化による部品点数の減少等により価格を低くおさえてコストパフォーマンスを高くできた。本機で35mm主流カメラのオートフォーカスストロボ内蔵カメラの仲間入りしたが、オートフォーカス、オートロードなどには、更に改良を加え、お客のニーズにいち早くこたえる必要がある。

最後に本カメラを開発するについては、社内外の多くの方々の御協力、御指導いただいたことを報告し、謝意を表わします。

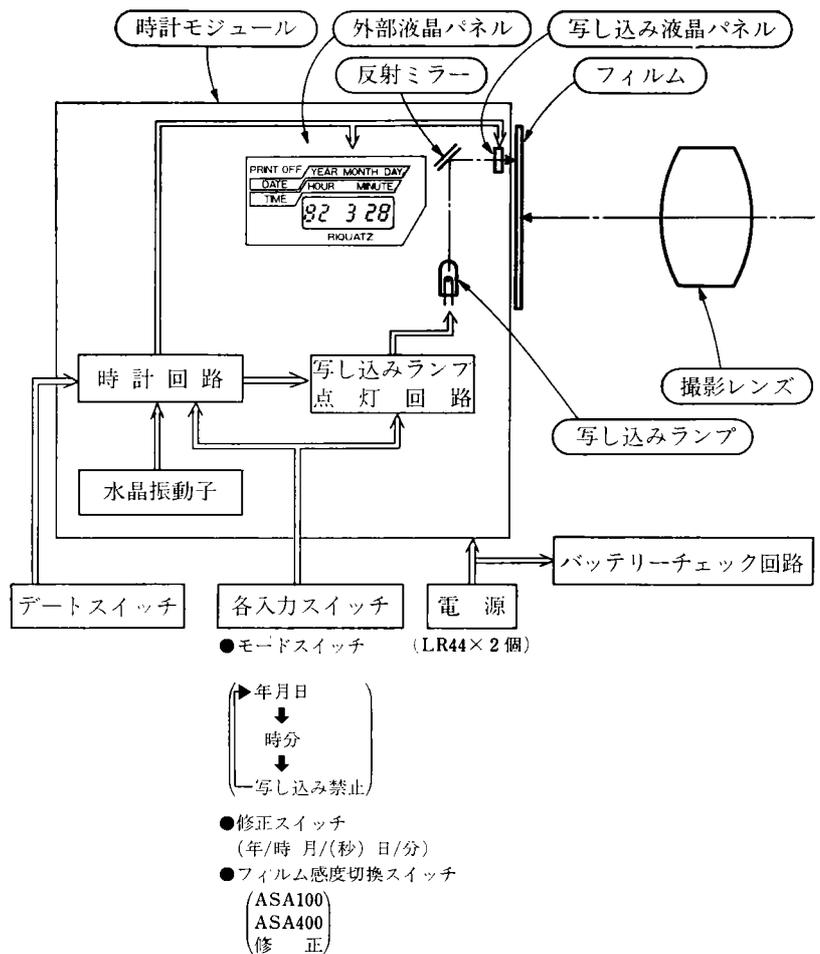
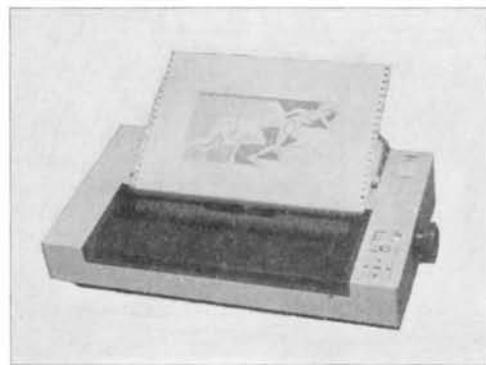


図 10 デート部の構成



多色式プロッタ/プリンタ RICOM GP15

Multi-Color Plotter/Printer RICOM GP15

成瀬 誠*
Makoto Naruse

要 旨

RICOM GP15 は、作図を多色化したい、広幅の用紙を使用したいという要望に基づいて開発されたプロッタ/プリンタで、主な特長は次の通りである。

1. 3色ペン即時自動切替による高精度なカラー作図。
2. 直線・円弧補間、点線・鎖線および文字生成、縮尺拡大等の豊富なインテリジェント機能。
3. プラテン方式による小型・軽量化。

ABSTRACT

The RICOM GP15 Plotter/Printer has been developed in order to meet the demand for the multi-color and larger paper width in the graphic plotting.

This model also provides following useful capabilities :

1. The high quality plots in three colors with instantaneous color-pen selection.
2. Various intelligent functions, which include linear/circular interpolation, dotted /chain line generation, character generation, and scaling.
3. Compact and lighter construction by adopting a platen feeding method.

1 はじめに

近年、コンピュータを利用した図形および画像処理装置の発達が目覚しく、大型 CAD システムから、パソコン応用の小型作図システムに至るまで、作図の高速化や印字機能の内蔵はもとより、多色作図ができ、作図精度が高く、しかもソフトウェアの負担を少なくするインテリジェント機能等をもったプロッタ/プリンタが求められている。

RICOM GP15 は、これらへのニーズに応えたもので、

- ① 3色ペンの即時自動切替ができ、多色作図が行なえる。
- ② ペンヘッドはシンプルなインライン方式（ペンを

軸方向に並列に装着）の自動切替機構を採用して、0.2秒の高速ペン切替を可能とし、実効スピードを高めている。

- ③ 相対精度が0.2%、反復精度が0.25 mm と高精度である。
- ④ インテリジェント機能として、直線・円弧補間、点線生成のほか一点鎖線、二点鎖線生成機能があり、クーリエ 10 相当フォントの文字生成機能などがある。
- ⑤ ファンフォード紙、ロール紙の連続給紙が可能なたため、用紙を毎回セットする必要がなく、しかも A3 サイズのような広幅図面まで作図できる。等の特長を持っている。

インターフェイスを介して、大型のコンピュータやパソコンから符号化 (ASCII コード) された印字データ、あるいは作図データを受信して文字や図形を表示する。受信データはコントロール回路のマイクロコンピュータ

* リコー電子工業株式会社 生産部
Manufacturing Division, Ricoh Denshi CO., LTD.

によって演算処理され、X軸、Y軸の移動量に分配され、ペンをX軸方向に、用紙をY軸方向に動かして、文字や図形を描き出すことができる。

2 仕 様

基本仕様は表1に示す通りである。

表1 基本仕様

項 目	GP15
記録方式	ボールペン記録方式
ペンの切替	3色自動切替式
印字速度	平均10文字/秒
作図速度	64mm/秒
ペン切替速度	0.2秒/AB間, 0.4秒/AC間
歩進距離	X軸, Y軸とも0.09525mm/歩進
文字の大きさ	2mm(W)×3mm(H)
最大印字数	192字/行
使用コード	ASCII
文字の種類	96文字
補間機能	直線補間 実線点線, 一点鎖線 円弧補間 二点鎖線
固定サイクル	2種
文字回転	0°, 90°, 180°, 270°
図形回転	0°, 90°, 180°, 270°
拡大機能	1, 2, 4, 8倍(文字, 図形とも)
縮小機能	1/2, 1/4, 1/8(図形)
FF機能	ホームポジション自動検出
操作スイッチ	ペン移動, 電源, 用紙送り, FFスイッチ
インターフェイス	セントロニクス, RS232C
用 紙	ロール紙, ファンホールド紙 紙幅15インチ, 長さ100m(ロール紙)
有効紙幅	326.7mm
使用電源	AC100V±10%50/60Hz 180VA
外形寸法	576mm(W)×165mm(H)×335mm(D)
重 量	15kg以下

3 構 成

3-1 外観構成

図1に外観構成を示す。

3-2 システム構成

図2にシステム構成を示す。

3-3 プリンタ機構

機構部の概略を図3, 4, 5によって説明する。

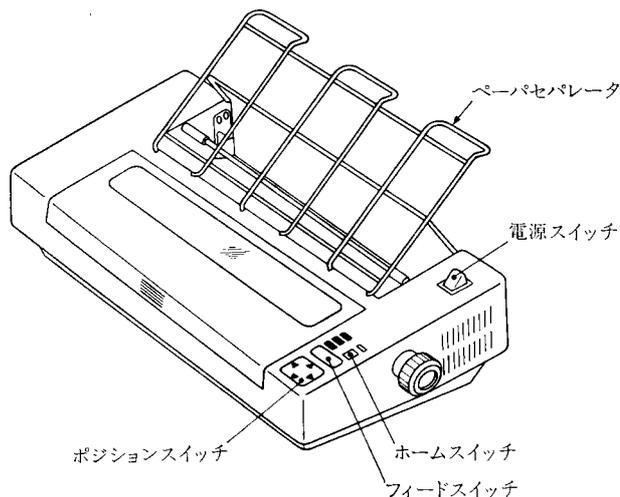
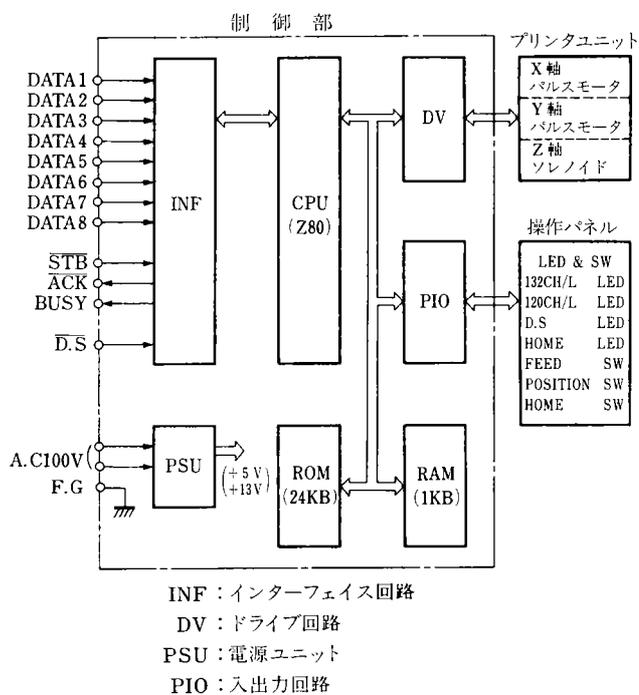


図1 外観図



INF: インターフェイス回路
DV: ドライバ回路
PSU: 電源ユニット
PIO: 入出力回路

図2 システム構成図

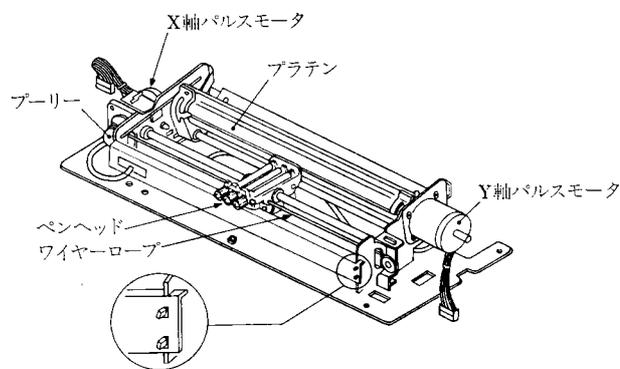


図3 プリンタユニット外観図

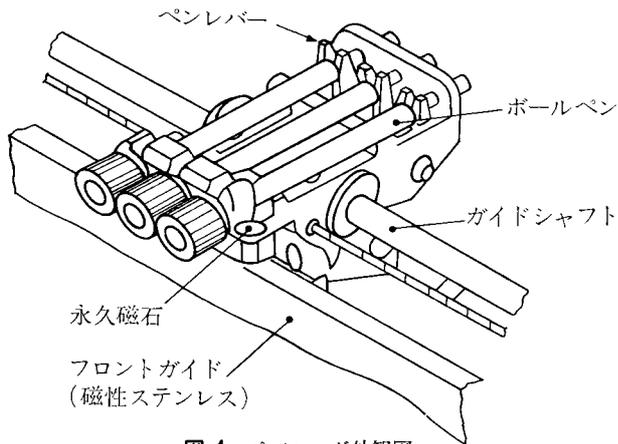


図4 ペンヘッド外観図

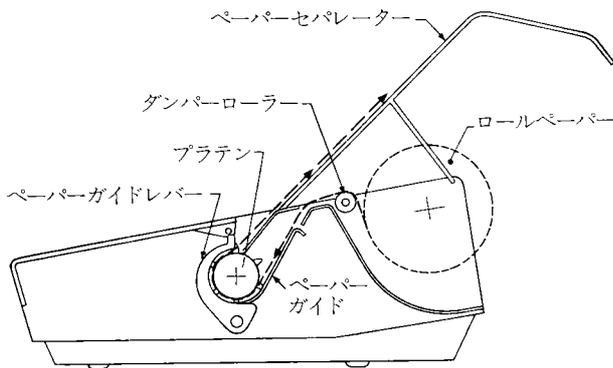


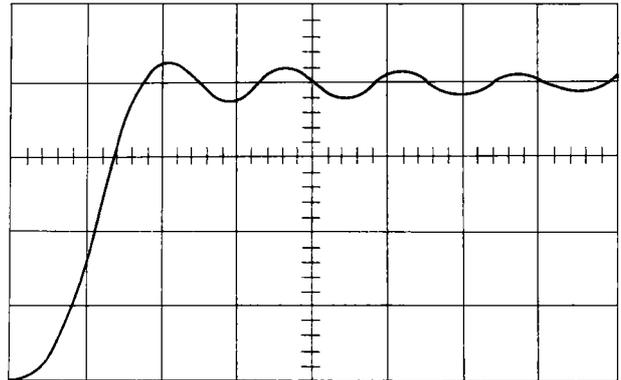
図5 用紙の通路図

図3はプリンタユニットの外観図である。フレームはプレス成形されたアルミ板4枚と磁性ステンレス板1枚で構成され、これらの接合は生産性向上のためネジ無し方式とし、図4の拡大図に示すように、「ひねり接合」を採用している。Y軸の駆動はパルスモータで行なわれる。図2のCPUで演算され、Y軸に分配されたパルスによってドライブ回路が駆動され、パルスモータが動かされる。用紙はパルスモータに直結したプラテンにより前後に送られ、ペンがあたかもY軸に移動したと同じ動作となる。図5に用紙の動きを示す。X軸駆動もY軸と同様パルスモータによって行なわれる。パルスモータに直結したプーリー及びワイヤーを介してペンヘッドを左右に移動させる。3本のペンはペンヘッドに装着され、ヘッドの下側に取付けられた3つのソレノイドによりペンレバーを介して選択駆動され、ペンキャップのスプリングにより一定圧力で用紙に押しつけられる。ペンの位置補正はペン間隔だけ左右にX軸モータによってシフトして行なわれるため、高速ペン切替が可能となっている。

以上が機構の概略説明であるが、GPシリーズの特長は駆動メカニズムにある。即ち、Y軸プラテンとパルスモータを直結させたことにより無駄な動きを省き、また、プラテンとペーパーガイドのすきまを用紙が通過する際のフリクションを利用することによりパルスモータの停止特性を向上させている。またX軸も図4に示すように

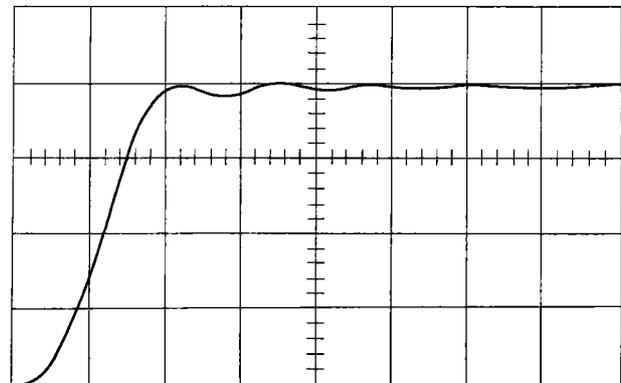
ペンヘッドの後部に永久磁石を埋め込み、フロントガイドとの間に吸引力を発生させ、ヘッドを支えると同時に、ヘッドとフロントガイドによって得られる安定したフリクションを利用して、パルスモータ・プーリー・ワイヤー駆動系の停止特性を改善している。

以上のことから、剛性の低いアルミ板接合のフレームとパルスモータの組み合わせで、0.2%の高精度描画が得られ、低価格化が実現された。参考までにプラテンの停止特性を図6、7に示す。



(横軸：5m sec/div, 縦軸：2ステップ/div)
用紙がプラテンにセットされていないときの
プラテンの8ステップ停止応答波形

図6 プラテン停止応答波形



(横軸：5m sec/div, 縦軸：2ステップ/div)
用紙がプラテンにセットされているときの
プラテンの8ステップ停止応答波形

図7 プラテン停止応答波形

4 インターフェイス

ここではセントロニクスインターフェイスを示す。

4-1 コネクタのピン配列と信号名

4-2 タイムチャート

4-3 入出力回路

- 1) 入力回路
- 2) 出力回路

表 2 コネクタピン配列と信号名

端子番号	信号名	方向	端子番号	信号名	方向
1	DATA STROBE	入力	19	(G)	
2	DATA 1	入力	20	(G)	
3	DATA 2	入力	21	(G)	
4	DATA 3	入力	22	(G)	
5	DATA 4	入力	23	(G)	
6	DATA 5	入力	24	(G)	
7	DATA 6	入力	25	(G)	
8	DATA 7	入力	26	(G)	
9	DATA 8	入力	27	(G)	
10	ACKNLG	出力	28	(G)	
11	BUSY	出力	29	(G)	
12	PE (OV)	N C	30	(G)	
13	SLCT	入力	31	PRIME	N C
14	OV		32	FAULT	N C
15	N C	N C	33	OV	
16	OV		34		
17	FG		35		
18	+5V	出力	36		

(コネクタは 36 ピンリボンコネクタ 57-40360 使用)

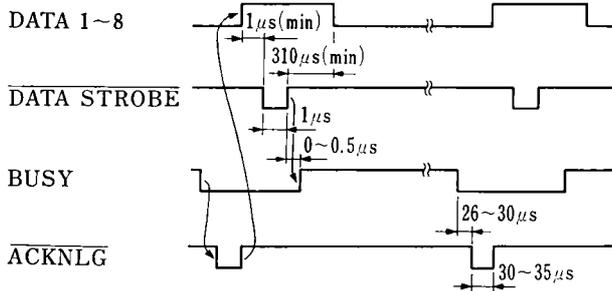


図 8 タイムチャート

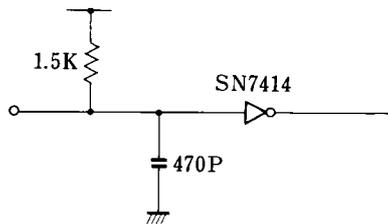


図 9 入力回路図

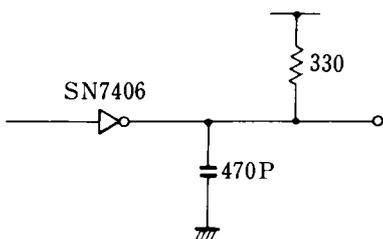


図 10 出力回路図

5 印字・作図機能

GP15 の運転モードは、大きくは、印字モードと作図モードに分けられ、切替は制御コードにより行なわれる。表 3 に GP15 で使用している ASCII コードを示す。

PARITY BIT								S I							
b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1								
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

C.R	0	1	2	3	4	5	6	7
0		SP	0	@	P			p
1			1	A	Q	a	q	
2	DC2		2	B	R	b	r	
3			3	C	S	c	s	
4		S	4	D	T	d	t	
5			5	E	U	e	u	
6		&	6	F	V	f	v	
7			7	G	W	g	w	
8	B.S.	(8	H	X	h	x	
9			9	I	Y	i	y	
10	L.F.	×	:	J	Z	j	z	
11		+	:	K	[k	(
12	F.F.	.	<	L	/	l		
13	C.R.	-	=	M]	m)	
14	S.O.	.	>	N	↑	n	-	
15	S.I.	/	?	O	←	o	DEL	

表 3 ASCII コード

5-1 印字モード

表 3 の DC 2 コード (12H) の後に数字 1 のコード (31H) を入力すると印字モードになり、一般のプリンタと同様な印字動作を行なう。表 4 に GP15 の専用制御コード及び機能を示す。

表 4 制御コード

コード	機能
DC 2 φ	全てのモードをイニシャライズする
DC 2 1	印字モードに切替わる
DC 2 2	作図モードに切替わる
DC 2 6	1 倍文字印字モードに切替わる
DC 2 7	2 " "
DC 2 8	4 " "
DC 2 9	8 " "
DC 2 A	ペン A を選択する
DC 2 B	" B "
DC 2 C	" C "
DC 2 D	文字回転 0° の印字モードに切替わる
DC 2 E	" 90° " "
DC 2 F	" 180° " "
DC 2 G	" 270° " "
DC 2 H	132 CH/L (各ペンの印字範囲)
DC 2 I	120 CH/L (3 色共通印字範囲)

5-2 作図モード

DC 2コード (12H) の後に数字2のコード (32H) を入力すると作図モードに切替わり、作図動作を行なう。入力フォーマットはNC 工作機などで使用されているEIA フォーマットに準拠している。表5に作図モードで使用できる制御コードとその機能を示す。

表5 制御コード

コード	機能
DC 2 Ø	全てのモードをイニシャライズする
1	印字モードに切替わる
2	作図モードに切替わる
3	図形の長さを1/8にする
4	" 1/4 "
5	" 1/2 "
A	ペンAを選択する
B	" B "
C	" C "
D	図形回転 0° の作図モードに切替わる
E	" 90° " "
F	" 180° " "
G	" 270° " "
H	有効範囲が326.7mm (各ペン) になる
I	" 296.8mm (3色共通) になる

5-3 補間機能

直線あるいは円弧の作図を容易にするために、この補間機能があり、直線の起点、終点、円弧の中心半径等を与えることにより、作図可能となる。

表6に補間に使用するアドレスコマンドとその機能、表7に作図コマンドとその機能を示す。

5-4 補間の例

1) 直線補間

図11に於いて、G01X1500Y600CRを受信すると、実線の如く直線を描く。

表6 アドレスコマンド

コマンド	機能
G	準備機能
X	絶対座標のX軸指定
Y	" のY "
U	相対座標のX軸指定
V	" のY "
I	X軸上の円弧中心座標
J	Y " "

2) 円弧補間

図12に於いて、G02X1300Y200I400J1200CRを受信すると、実線の如く円弧を描く。

表7 作図コマンド

コマンド	機能
G00	直線補間 (点線)
G01	" (実線)
G02	円弧補間 (実線時計方向)
G03	" (実線反時計方向)
G50	ペン移動 (ペンアップ)
G51	直線補間 (一点鎖線A)
G52	" (" B)
G53	" (" C)
G54	" (" D)
G61	" (二点鎖線A)
G62	" (" B)
G90	直線固定サイクル
G91	テーパー "
G92	原点設定
G28	原点復帰

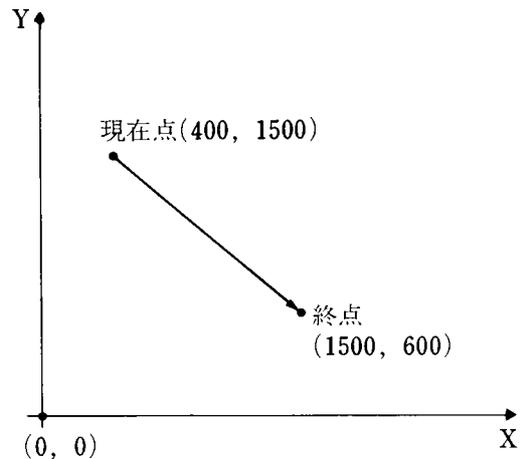


図11 直線補間例

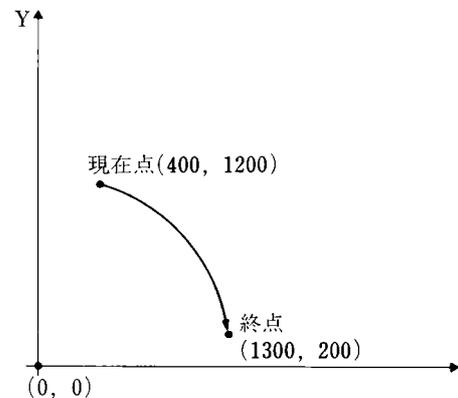


図12 円弧補間例

6 おわりに

以上、RICOM G P15 の概略について紹介したが、プロッタ/プリンタは、計測データの記録をはじめとして、NC工作機械のプログラム作成やチェック、ME機器の出力装置、そしてまた技術計算の記録やビジネスグラフの作成等に広く利用されている。今後、コンピュータが一層普及するにつれ、プロッタ/プリンタの適用分

野も拡大し、高機能、高速化および小型化、ならびに低価格化等に対する要求が一段と高まるものと思われる。したがって今後とも、より豊富なインテリジェント機能と、高速化、高画質化等ユーザーニーズを満足させ、差別化できる開発を推進するつもりである。

最後に、RICOM G P15 の開発に当って御指導御協力いただいた㈱リコー技術本部、品質保証本部の方々に深く謝意を表します。

リコー工業所有権紹介

1 特許 (昭和56年7月～56年12月登録分)

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
1054195	複写機の感光ドラムガイド装置	菅野 忠明, 池田須那夫	昭55-30238
1054224	複写機	柳川 信之, 田端 泰広	昭55-47387
1054225	複写機	柳川 信之, 田端 泰広	昭55-47388
1054226	湿式電子写真複写機における現像方法	笠原 伸夫, 梶原 紀夫	昭55-37752
1057133	情報表示装置	小林 幹夫	昭55-49689
1057668	通電式記録材料	松田 勉, 佐藤 正洋	昭55-51759
1059292	印刷機における圧ローラー作動機構	村田 圭佑	昭55-47990
1059300	用紙案内部材移動装置	広川 浩一, 豊田 保	昭55-51814
1059309	多針型記録電極製造装置	加藤 忠	昭56- 1202
1059413	電子写真のバイアス現像方法	藤村 格, 遠藤 勝利	昭55-42754
1060184	電子写真の湿式現像法	吉田 茂明	昭55-41431
1060197	電子写真感光材料	小島 明夫, 久保田富雄, 丸山 勝次	昭55-44642
1060205	感光感熱型複写材料	風見 武夫, 佐々木正臣, 辻本 好治, 野口 暁男	昭55-49730
1060217	有機光導電性感光体	岡崎 光雄, 山口 彰宏, 茂木 慶子, 風見 武夫	昭55-36138
1060260	ジアゾ式複写方法	松田 勉, 山口 至, 平林 猛男, 渡辺 信義	昭55-45890
1061393	原稿自動給紙装置	広瀬 明, 梅田 新	昭56- 3302
1062588	計量器のメモリアウト装置	鎌田 健志	昭55-47431
1063863	シート補給装置	藤本 栄	昭56- 3301
1063865	電子写真複写機における感光体交換装置	永原 康守	昭55-45913
1063866	電子写真複写機用感光ドラムの光導電体シートの一定長さ送り装置	永原 康守	昭55-44383
1063868	電子写真複写機の感光ドラム	永原 康守, 鈴木 弘治	昭55-45912
1063873	電子写真用感光材料	久保田富雄, 丸山 勝次, 井川 隆生, 橋本 充	昭55-48298
1063878	感熱発色性現像粉	小林 克臣, 国武 英, 久保 敬司	昭56- 4910
1063885	ジアゾ型感光性フィルム	白石 修平	昭56- 1623
1063887	感光性組成物	酒井 清	昭56- 1622
1063894	感光感熱型複写材料	風見 武夫, 佐々木正臣, 辻本 好治, 野口 暁男	昭56- 767
1063897	印刷機用マスターの処理装置	山中 正徳	昭55-41428
1063908	帯状シート巻取り機構におけるバックテンション装置	西川 達雄	昭55-44953
1063940	カラー電子写真法	村上 格二, 野島 一男	昭55-40870
1063989	インクジェットカラー印写装置	駒井 博道, 伊佐山拓郎, 岩崎久八郎, 深沢 孝男, 平田 俊徹	昭56- 2022
1064028	湿式電子写真転写装置	木村 嗣男, 黒川 純二, 田代 勇夫	昭55-44381
1064700	小型オフセット印刷機における給紙作動制御装置	小川 俊也	昭55-38276
1065019	オフセット印刷方法	鈴木 明, 久保 敬司, 国 武英	昭55-50794

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
1065042	画像記録方法	井上 英一, 大田 勝一, 中山 隆雄	昭56- 2944
1065043	画像記録方法	井上 英一, 大田 勝一, 中山 隆雄	昭56- 2945
1065058	一眼レフカメラにおけるファインダ焦点面結像調整方法及びその装置	堀米 博文	昭56- 5973
1065076	非水分散系接着剤組成物	津布子一男	昭56- 9189
1065077	非水分散系接着剤組成物	津布子一男	昭56- 9190
1066352	転写式リーダープリンター	山下 元	昭55-51167
1067656	正答番号設定装置	馬庭 芳夫, 高橋 豊彦	昭56-10635
1068024	電子写真複写機用感光ドラムの光導電体シート送り装置	永原 康守	昭55-51187
1068036	電子写真における加熱定着ローラー	並木 良一	昭56- 6549
1068075	スライドレコーダー	清水 栄, 川村 篤, 小出 博	昭56- 7212
1068157	感光感熱型複写材料	風見 武夫, 佐々木正臣, 辻本 好治, 野口 暁男	昭56- 4898
1068189	加圧定着性マイクロカプセルトナー	辻本 好治, 池田 五男, 立木 春暲, 井上 哲	昭56-11136
1068190	静電記録方法	井上 英一, 中山 隆雄, 大田 勝一	昭56-10621
1068592	自動採点装置	加藤 友成	昭56-13313
1070118	静電写真用液体現像剤	金子 義一, 荻原 好夫, 川村 栄一	昭56-13313
1071143	電子写真の湿式現像法	町田 元, 奥野善次郎	昭56- 3545
1071387	定着装置	並木 良一, 有山 賢三	昭56-11957
1071393	移動体の駆動装置	永原 康守	昭56-10626
1071419	スリット露光光学系	田端 泰広	昭56- 9703
1071432	複写シートの給送装置	鈴木 茂	昭55-15027
1071447	印刷機における着脱可能なインク装置のインクローラー接離機構	水野 克己	昭56-11588
1071462	インクジェットヘッド装置	小夫 真	昭56- 9429
1071476	自動検針装置	柏倉 利広, 阿部 剛	昭56- 9760
1071487	厚みの方向へ異方性を有するインクリボン	ジャック エーレッツマン, エミール バーベイ, ポール ハイנטツァー	昭56-10191
1071488	異方性導電率を有するリボンの製造方法	エミール バーベイ, マダム ジトカ エンコバ, ジャック エーレッツマン	昭56-10192
1071489	インクリボンの再生方法及び再生装置	アントニイ リングローズ	昭56- 9437
1071555	マグネット駆動方法	洲崎 正幸, 鈴木 高美	昭56- 8389
1072041	ジアゾ感光紙用現像液	白石 修平, 山口 至, 前田 武志, 加治 堯, 金子 利雄	昭55-20574
1072247	稀薄アンモニアガスの濃縮方法	後藤 寿直	昭56-16086
1072248	感光感熱型複写材料	辻本 好治, 野口 暁男, 佐々木正臣, 風見 武夫, 齊藤 忠司	昭56-13306
1072249	感光感熱型複写材料	辻本 好治, 風見 武夫, 野口 暁男, 佐々木正臣, 齊藤 忠司	昭56-13303
1072259	画像記録方法	井上 英一, 中山 隆雄, 大田 勝一	昭56-13304
1073345	トナー像の加熱定着装置	藤本 栄	昭56-13138
1073396	エア給紙装置	藤本 栄	昭56-13138
1074701	静電写真用液体現像剤	津布子一男, 黒鳥恒夫, 木津 康夫	昭56-14979
1074712	静電写真用液体現像剤	津布子一男, 松林賢一, 黒鳥 恒夫	昭56-14980
1074736	静電写真用液体現像剤	田坂 素男	昭56-14984

登録番号	発明の名称	発明者	公告番号
1074766	電子写真複写機の乾式現像装置	鈴木 稔	昭56-14984
1075281	複写機等の自動分離安全装置	高橋 靖弘, 高須 一彦	昭56-17651
1075283	電磁ポンプ	小林祐五郎, 高須 一彦	昭56-17555
1075303	香箱を走査駆動源とするデータ端末装置	阿部 剛, 掛布 定雄	昭56-17712
1075749	切換装置	橋本 健美, 小川 睦夫	昭56-19148
1075774	静電写真トナー用着色剤の製造法	津布子一男, 黒鳥 恒夫, 木村 太郎	昭56-16421
1075803	集団反応装置	山内 佐敏	昭56- 8357
1077193	2成分系ジアゾ感光紙の現像方法	松井 猛	昭56-18942
1077207	搬送物の搬送異常検出装置	鵜養 剛	昭56-14562
1077214	熱現像型ジアゾ複写材料	後藤 寿直, 斉藤 忠司, 金子 利雄	昭56-19620
1077215	ジアゾ感光紙の現像法	松田 勉	昭56-19623
1077230	導電性粒子	堀江 佳宏, 池田 五男	昭56-19682
1077282	エア式シート給送装置	駒田 健弥, 藤本 栄	昭56-16422
1077735	マイクロリダプリンターの制御回路	広瀬 浩, 世古名知夫	昭56-19633
1078204	パターンの平均線幅検出装置	河 龍一	昭56-19654
1079287	複写機等に於ける原稿押え板	富塚 光夫	昭56-21138

2 実用新案 (昭和56年7月～56年12月登録分)

登録番号	考案の名称	考案者	公告番号
1388846	ブランジャー型ソレノイド	松浦 忠史, 相原 晃, 渡辺 真, 金子 信雄, 岩間 明彦, 大根 輝雄	昭55-52648
1389451	エッチング装置	岩永 芳春	昭55-41555
1389489	複写機における光学系クリーニング装置	柳川 信之	昭55-45390
1389494	録音再生機の安全装置	永山 治彦	昭55-50864
1389515	給紙側板移動装置	新藤 雄吉	昭55-51708
1389579	電子複写機における感光体クリーニング装置	西川 達雄, 矢野 隆志, 福岡 一郎, 林 俊夫, 辰己 進, 大田 栄	昭55-39413
1389780	複写機の紙送り装置	椎名 敏雄	昭55-51711
1389788	カード送給装置における異常送り検知装置	真野 弘司, 山田 寛	昭55-50752
1392467	ジアゾ湿式複写機における現像装置	高橋 靖弘	昭55-50675
1392493	電子複写機の液体现像装置におけるベンチュリ式トナー供給装置	広瀬 明, 神山 信一	昭55-45397
1394185	変倍式電子複写機における光学系走査変速機構	本田素之助, 田川 和男	昭55-50684
1395470	加熱定着装置用電源の供給装置	岩本 稔, 北川 忠雄	昭56- 283
1395599	リボンカートリッジ	赤岩 修二	昭55-56052
1395671	湿式カラー複写機	井上元一郎	昭55-43391
1395802	電子写真複写機の扱きローラ取付構造	笠原 伸夫, 鈴木 隆造	昭55-45387
1395803	ドラムに対する転写紙密着装置	笠原 伸夫	昭55-45389
1395804	電子写真複写機	笠原 伸夫, 鈴木 隆造	昭55-45388
1396009	シートの排出装置	藤本 栄	昭55-42523
1396135	紙片用収納箱	大野 幸博, 大嶋 清	昭55-22041

登録番号	考案の名称	考案者	公告番号
1396884	データ伝送装置	小笠原文広, 三沢利彦, 村瀬勝男, 近藤満, 鎌田健志, 須江隆次, 金井努, 門松繁	昭55-56136
1397066	給液栓付容器用キャップ	今村昌永, 坂井寿, 杉山広明, 小沢成司	昭55-56136
1398640	カード検索装置	岩永芳春, 柳川信之, 渡辺努	昭56-5183
1398657	加熱ロール	朝比夫安雄, 福島一郎, 曾我節夫, 小川敏之	昭56-3725
1398658	熱定量装置	柳川信之, 渡辺努	昭56-3723
1399700	吸排気兼吸液管	小泉カヨ, 後藤哲矢	昭56-269
1400727	接点装置	柏倉利之, 岩田征一	昭56-5212
1400749	複写機	赤松啓行	昭56-5099
1400750	複写機等における原稿押え板	富塚光夫, 石井英機	昭56-3700
1402699	磁気ブラン現像装置	出繩弘行	昭56-5101
1402700	磁気ブラン現像装置	大沼靖次, 有山賢三	昭56-5102
1404058	複写機におけるハードタイプの原稿押え板	中出憲一	昭56-11072
1404302	電子写真複写機の転写紙案内装置	三田茂, 日比邦雄	昭56-282
1404317	湿式カラー電子写真複写機におけるオフセット防止機構を有するスクイズ装置	志賀敢, 梶原紀夫, 笠原伸夫	昭56-281
1404347	電子写真複写装置における乾式現像装置	望月延雄, 出水広己, 大沼照行	昭56-7963
1405423	複写装置における遮蔽幕の巻舒装置	小泉豊, 岩永芳春	昭56-11082
1405426	倍率変換装置	鈴木茂, 金子環, 奥沢次男	昭56-11084
1405427	電子複写機における露光装置	加藤和行	昭56-7961
1405445	結像素子の光量調整紋り板	坂本康治, 鈴木弘治, 望月学, 小山一	昭56-7962
1405473	制御装置	長谷川徹, 柳川信之	昭56-11123
1406986	複写済複写紙のストック位置切換装置	池田須那夫, 高須一彦, 金田徳藏	昭56-14286
1407203	長尺フィルムのカッター装置	安宅久憲	昭56-10557
1407390	エンドレスベルト車の支持枠構造	中原敏夫, 笠原伸夫	昭56-10733
1408022	感熱性孔版原紙	国武英	昭56-3181
1408915	容器の中栓付キャップ	今村昌永	昭56-18204
1410299	複写機のシート排出装置	池田須那夫, 高須一彦, 金田徳藏	昭56-17397
1412282	給紙ローラー	岩永芳春	昭56-17381
1412283	排紙装置	鎌田健志, 原和幸, 駒田健弥, 福岡忍, 門松繁	昭56-17394
1412511	データカプセル	宮川文宏	昭56-16581

●著者紹介

古川 達也 (ふるかわ たつや)

技術本部 J-P T

昭和23年8月15日生

昭和46年京都大学工学部精密工学科卒

昭和46年(株)リコー入社 電子機器周辺機器の開発設計を経て、インクジェットの研究開発に従事

森 正昭 (もり まさあき)

電子技術開発センター 製造部

昭和17年1月3日生

昭和40年東京都立大学工学部電気工学科卒

昭和52年(株)リコー入社 レーザプリンタ、光ファイバ通信の開発を経て、現在、デバイス応用の研究開発に従事

海老 豊 (えび ゆたか)

技術本部 J-P T

昭和24年10月20日生

昭和47年中央大学理工学部物理学科卒

昭和47年(株)リコー入社 電子写真感光体、電子写真プロセスの研究を経て、インクジェットの研究開発に従事

橋本 誠 (はしもと まこと)

第一複写機事業部 第二開発部

昭和20年8月26日生

昭和43年早稲田大学理工学部機械工学科卒

昭和47年(株)リコー入社 複写機の開発・設計に従事

松本 冬彦 (まつもと ふゆひこ)

技術本部 材料技術部

昭和21年12月16日生

昭和47年日本大学大学院生産工学研究科修士課程修了(電気)

昭和47年(株)リコー入社 磁気記録材料、静電記録プロセスの開発を経て、現在、電子写真応用プロセスの研究開発に従事

森 五郎 (もり ごろう)

第一複写機事業部 第二開発部

昭和23年3月15日生

昭和45年工学院大学工学部電気工学科卒

昭和45年(株)リコー入社 複写機の開発・設計に従事

芝口 孝 (しばぐち たかし)

技術本部 光学技術センター

昭和18年11月26日生

昭和50年東京教育大学大学院博士課程修了(物理学) 理学博士

昭和50年(株)リコー入社 光情報処理の研究開発に従事

中野 廣雄 (なかの ひろお)

光学事業部 光学設計部

昭和21年8月26日生

昭和44年岐阜大学工学部精密工学科卒

昭和44年(株)リコー入社 光学機器開発、設計に従事

番場 信夫 (ばんば のぶお)

技術本部 光学技術センター

昭和23年3月22日生

昭和50年大阪市立大学大学院博士課程修了(電気) 工学博士

昭和50年(株)リコー入社 現在、光デバイスの研究開発に従事

成瀬 誠 (なるせ まこと)

リコー電子工業株式会社 生産部

昭和13年3月9日生

昭和38年千葉大学工学部電気工学科卒

昭和52年リコー電子工業入社 プロッタ/プリンタの開発に従事

RICOH TECHNICAL REPORT NO.7

昭和57年5月25日発行(年2回発行)

編集責任者/浅川俊文 発行責任者/縄手隆夫 | 発行所/株式会社リコー技術本部
事務局/TEL 03(777)8111(内線)2532 担当矢口 | 印刷所/株式会社細川活版所 東京都中央区銀座6-4-1

© 株式会社リコー 技術本部

〒143 東京都大田区中馬込1-3-6 TEL 03(777)8111(大代表)

RICOH COMPANY, LTD.

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