

RICOH TECHNICAL REPORT

RICOH TECHNICAL REPORT

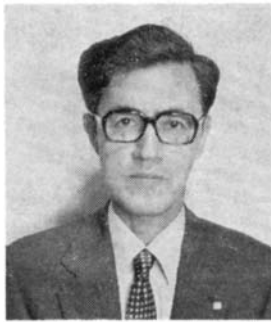
NO.4, 1980

●目次●

| | | |
|--------------|--|----|
| 巻頭言 | 光学技術の未来について考える.....龍岡 静夫 | 1 |
| 技術論文 | 磁気インク粒子を用いた直接記録法.....野村 正明・藤井 唯士・富田 悟 | 4 |
| | 非等速制御に適した位相比較方式.....小出 博 | 12 |
| | ジスアゾ顔料の同質異晶転移.....筒井 恭治・橋本 充 | 22 |
| | 腕時計用プラノコンベック形A T板水晶振動子の開発.....吉田 純一 | 32 |
| 製品技術解説 | リコピー謄本作成システム 村上 尚志・山崎 秀夫・堤 隆 | 38 |
| | シリアルインパクトプリンター リコーRP-1600荒木 繁幸・今村 友厚・洲崎 正幸 | 46 |
| | XR リケンon ズーム 1:3.5f=35~70mm マクロ 1:4 f=70~150mm マクロ ... 藤陵 巖達・川村 篤・矢澤 純一 | 55 |
| | CNC SPACECOM シリーズ.....細川 正敏・藤原 昭雄 | 63 |
| 工業所有権紹介..... | 68 | |
| 著者紹介..... | 72 | |

●CONTENTS●

| | | |
|----------------------|--|----|
| PREFACE | On the future of the Optical Technology.....Sizuo Tatuoka | 1 |
| TECHNICAL PAPERS | Direct Imaging Process by Magnetic Powder Ink TransferMasaaki Nomura Tadashi Fujii Satoru Tomita | 4 |
| | Phase Comparator Applied to a Follow-up ControlHiroshi Koide | 12 |
| | Polymorphic Transformation of Disazo PigmentKyoji Tsutsui Mitsuru Hashimoto | 22 |
| | Development of a Plano Convex AT-cut Quartz ResonatorJunichi Yoshida | 32 |
| PRODUCTS EXPLANATION | Intergrated Certificate Production SystemTakashi Murakami Hideo Yamazaki Takashi Tsutsumi | 38 |
| | Serial Impact Printer RICOH RP-1600Shigeyuki Araki Tomoatsu Imamura Masayuki Suzaki | 46 |
| | XR RIKENON ZOOM 1:3.5 f=35~70mm Macro 1:4 f=70~150mm MacroYoshisato Fujioka Atsushi Kawamura Junichi Yazawa | 55 |
| | CNC SPACECOM SeriesMasatoshi Hosokawa Akio Fujiwara | 63 |
| PATENTS | 68 | |
| AUTHORS | 72 | |



●巻頭言 光学技術の未来 について考える

龍岡 静夫

日本放送協会放送科学基礎研究所・工学博士

光学が物理学の一分野として発達した歴史は17世紀におけるガリレイやニュートンなどによる近代物理学の確立の時期にまでさかのぼることができる。現在の光学技術の基礎になっている結像論や収差論などの幾何光学と、偏光、回折、干渉などの物理光学の体系は19世紀までにはほぼ整い、今日では古典物理学と呼ばれるものの一部をなしている。20世紀に入ってから発展した量子論、相対性理論およびそれ以降の現代物理学においては分子、原子、電子などの物質のミクロな性質の記述に力が注がれたが、光に関してはその発生、吸収など光と物質の相互作用が取り扱われている。光が何であるかということに関しては、粒子説と波動説との長い論争があり、遂に量子論によって光の粒子と波動の二重性が認識されるようになったが、この間の歴史を見ると光学は力学や電磁気学など他の分野の物理学と深い関係があったことがわかる。

人間の知的好奇心を満たし知識の体系化を旨としている科学と、その生産物を人間生活の向上に利用しようとしている技術とを区別して考えてみると、科学の領域の研究成果が新しい技術分野を開いたり従来技術の改良に役立った例は多い。また、技術の進歩が高純度材料、高精度加工、高温、高圧、極低温、高真空など研究範囲を拡大し、科学の発展に貢献した例も無数にある。戦後長い間日本は工業の立ちおくれに追いつくために諸外国から技術導入を行ってきたが、現在ではカメラ、テレビを始め鉄鋼、自動車、半導体などいくつかの分野では技術的に諸外国を追い越し、もはや新しい技術を自主開発せざるをえなくなってきた。このため、基礎的な科学研究が重視され、その研究成果を速やかに技術として利用することが期待されている。

科学と技術とはこのように密接な関係にあり、一口に科学技術と呼ばれるほどであるが、現代の科学は非常に分化しているので光学の発展の過程で見られるような科学の各分野相互の関連は少なくなっているため、科学と技術の発展のサイクルは一つの分野の中にとどまることが多いのではないだろうか。

現代物理学の大きな成果の一つは半導体である。トランジスタ以来の固体素子は真空管に代って小電力、高性能、高信頼性という面で電子機器の主役になっている。現在では材料のミクロな性質を制御する技術はもちろん、素子の微小な加工技術も進んで集積回路からLSI、さらに超LSIに発展し計算機や通信技術に花が咲いている。

現代物理学のもう一つの成果はレーザーの発明であろう。これによって一つの周波数で連続した波動としての光を使うことができるようになったので、光を可視域あるいはその近傍の紫外・赤外のスペクトル範囲のエネルギーの流れと考える取扱いしかなかったものが、広いスペクトル範囲を持った電磁波の一部であることが実感されるようになった。レーザーに先立って着想されていたホログラフィーの技術はレーザーの出現によって実用化の道を歩むことができたし、ピーク出力が非常に大きなレーザーの光パルスがえられたので従来入力に比例する応答だけを考えればよかった光学の分野でも非線型効果が利用できるようになった。さらに半導体レーザーを低損失の光ファイバーに結合した光通信システムは明日の大容量通信回線として大きな希望が持たれている。

半導体とレーザーの発展に大きな貢献をしたのは電子工学であった。特にレーザーの科学的側面は量子エレクトロニクスと呼ばれる程に電子工学の影響が大きい。発生するものが光であり、この新しい光が光学に与えた影

響が大きいだけに光学からの寄与が少なかったことは残念である。また、現在の光学工業は大部分がマクロな現象と関係が深く古典物理学に基礎を置く領域を取り扱っていて、技術としては完成されたものを応用している傾向もある。さらに、最近の学校教育では光学の講義が少なくなり、光学の論文も減少の傾向にあることを見ると、発展の著しい電子工学と見比べて光学の未来に不安を感じることもある。

では光学の未来は閉ざされたものなのであろうか。そんなことはない。人間が外部から情報を獲得する手段の大部分は視覚である。観測や作業などで人間が介在するとき用いる視覚の補助をする光学器械は不可欠のものである。実際、半導体工業などで用いられている例を見ても、人間の高度のパターン認識能力において重要な役割を光学系は果している。今後パターン認識の研究が進み、人間に代って文字を読取る装置が作られたり、工場用ロボットが進歩して直接眼で見る作業が減ったとしても、2次元のパターンを並列で伝送する光学系の特長の利用がなくなることはないであろう。

光学工業はその技術を革新するために周辺の技術を積極的に取り入れて成功している。たとえば計算機という技術は今日のブームのような時代より20年以上も前からレンズの設計に利用し、ズームレンズのような複雑なレンズの実用化の原動力になっている。光学系の評価に用いるレスポンス関数(OTF)は電気通信の理論の考え方を導入したものであるし、加工技術については他分野との交流の例が多く、日本の小型カメラが世界をリードしているのもこれらの努力に負っている。さらに最近ではエレクトロニクス技術がカメラの内部にまで用いられ高性能化に貢献している。

最近のレーザー関連の技術の進歩は光エレクトロニクスと呼ばれる分野の将来に明るい光を投げかけている。光エレクトロニクスには光ファイバー通信で代表されるような大容量伝送路の技術や光の特性を生かした信号処理技術なども含まれるが、これは文字通り光学と電子工学の境界領域における新しい技術分野である。電子技術を利用した光学とか、光学技術を利用した電子工学というような単に技術の移出入を行っただけでは今後の発展は望めないであろう。光学関係者が過去のレーザー開発時代にとったような消極的態度ではなく、開拓精神をもって対処していけば光学の未来をさえぎる影は消え去るのではなからうか。

ここで少し厳密さは欠けるが、この事情についての私の考えをたとえ話で述べてみたい。光学技術は四方を海で囲まれ温かな風土の日本で長い伝統をもって育ってきた日本文化のようなものではなからうか。現代の科学技術が細分化されて発達した結果、言葉(用語)も食事(材料)も考え方(理論)も隣の国(技術)で用いられているものと変わってきてしまった。部分的に商品を輸出入(技術導入)するときには適応するのもむづかしくはないが全面的に接触するときには問題がある。半導体という大きな成果を持った電子工学技術に接したときの光学技術者の気持ちの中には、戦後われわれがアメリカ文化に接したときのような文化ショックがあったというのは言い過ぎであろうか。日本人は恥ずかしがりやだとか引込み思案であるといわれたときわれわれが心の中に持った劣等感とそれを裏返した優越感とは、国際化が進みそれらの欠点を克服しつつある現在の眼から見れば一人相撲をとっていただけに過ぎない。ヨーロッパのように陸つづきの国では異文化との交流が盛んであったから国際人として行動するのは容易だが、地理的条件のために異文化に接することが少なかった日本人にとっては文化ショックが多かれ少なかれあるのはしかたのないことであろう。光学技術者が同じような気持ちを他分野の技術に対して持つのもまたやむをえないであろう。

しかし、日本の歴史を振り返ってみれば、我々の祖先は当時としては大事件であったに違いない大陸文化や欧米文化との接触を巧みに切りぬけてきた。ヨーロッパの諸国が古い伝統を守っている姿に比べるとむしろ変化しすぎたほど適応性がすぐれている。光学の研究者も技術者も下手なたとえて恐縮だが、異文化に対する抵抗感を捨てて異った科学技術との融合を図って新しい文化を創造していくことが重要ではないだろうか。そこに光学技術の未来があるのではないだろうか。

技術論文

TECHNICAL PAPERS

磁気インク粒子を用いた直接記録法

Direct Imaging Process by Magnetic Powder Ink Transfer

野村正明* 藤井唯士** 富田 悟***
Masaaki Nomura Tadashi Fujii Satoru Tomita

要 旨

本報告は、磁気インク粒子を用いた直接記録方法の中で、画質に大きく影響することが予想される磁気インクタワーの形状を有限要素法を用いて推定し、実験によって確認した結果に関するものである。

計算及び実験結果から次のことが明らかになった。

- ① 磁気インクタワーの形状は、ドナードラム凸部の形状、印加磁界強度及び磁気インク粒子の磁化率によって支配される。
- ② 信号電圧 -400 volt, パルス幅 50μ sec で画像濃度 0.8 以上、解像力 8 dot/mm が得られる。

ABSTRACT

Our study on direct imaging processes with magnetic powder ink was carried out in order to compare the ink tower shape obtained by computer simulation utilizing the finite element method with results obtained experimentally and also to investigate other factors which might affect the copy quality in conjunction with the tower shape.

Our results are summarized as follows:

- (i) The shape of the magnetic ink tower depends strongly on the shape of a projection on a donor drum, the strength of the applied magnetic field, and the magnetic susceptibility of magnetic ink particles
- (ii) The image quality with the density of more than 0.8 and resolution of 8 dot/mm was obtained by applying an electrical toner transfer pulse of -400 volt and 50μ sec duration.

1 はじめに

普通紙への直接記録法は、ノンインパクトプリンター、コピー、ファクシミリなどの書き込み方法として将来有望である。普通紙に直接書き込むため、カーボン法などの間接法に比較して、装置が簡単、コンパクトになることから機械コストを安くでき、高信頼性への可能性を有している。

従来から直接記録法として、インクジェット、インクミスト、液体コントロールグラフィックなどの方式が研究されているが、いずれも一長一短がある。ここでの報告する方式は粉体コントロールグラフィック¹⁻⁴⁾に属するものである。

★技術本部 材料技術部

Materials Technology Department, Technology Division

★★技術本部 J-PT

J Project Team, Technology Division

★★★技術本部 K-PT

K Project Team, Technology Division

本方式の問題点として、記録電極に印加する信号電圧が -1 k volt と高いことがあげられる。この信号電圧を減少させる方法として

- ① 記録電極構造の改良
- ② 磁気インクタワー形成の改良

などが考えられる。

本報告は②に関するもので、磁気インクタワーの形状推定を有限要素法を用いて計算し、計算結果と実験値とを比較して磁気インクタワーの形成に重要な要因を明らかにしたものである。

2 直接記録装置

図1は本方式の記録装置の概略を示したものである。マグネティックローラーおよびドナードラムは、内部に永久磁石が固定されており、各々、時計方向に回転している。両永久磁石は異極性で相対している。ドナードラム表面には微細な凹凸を持った強磁性体層がある。マグ

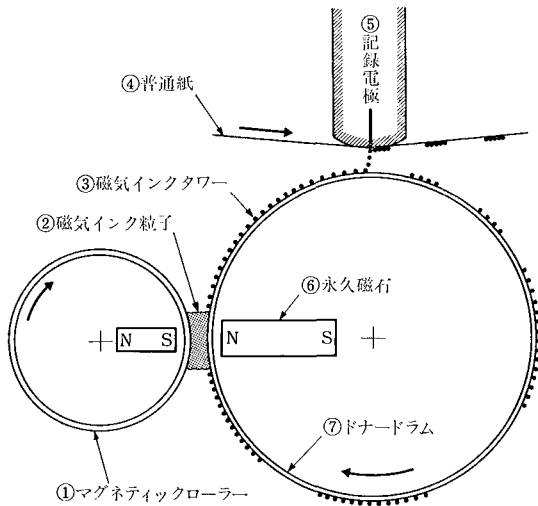


図1 記録装置

ネディックローラーとドナードラムの間に磁気インク粒子を保持し、各ローラーを回転させることにより、ドナードラム表面に磁気インク粒子を付着させる。ドナードラムに付着した磁気インクは、記録電極に画信号に応じた電圧を印加することにより、普通紙上に転写され、可視像となる。

図2は試作したドナードラムの表面を走査型電子顕微鏡で拡大撮影したものである。材質はニッケルであり、丸く見える部分が凸部である。凸部の大きさはこのサンプルでは約 $50\mu\text{m}$ であるが、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ のものも

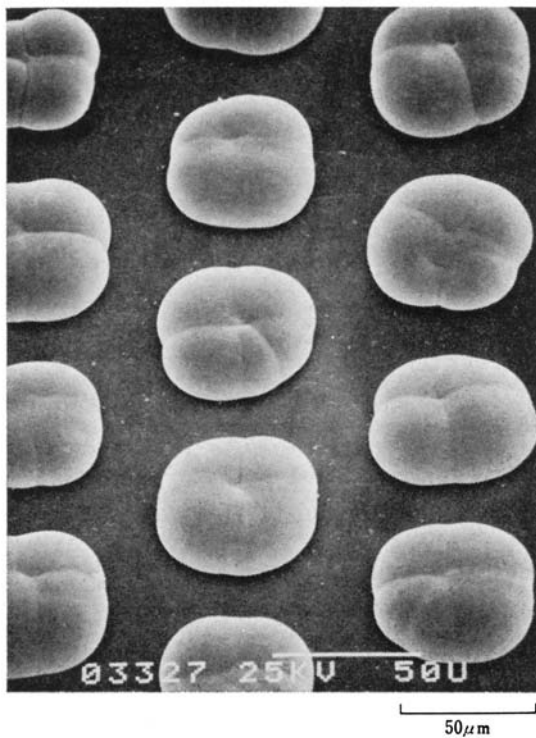


図2 ドナードラム表面 (SEM 写真)

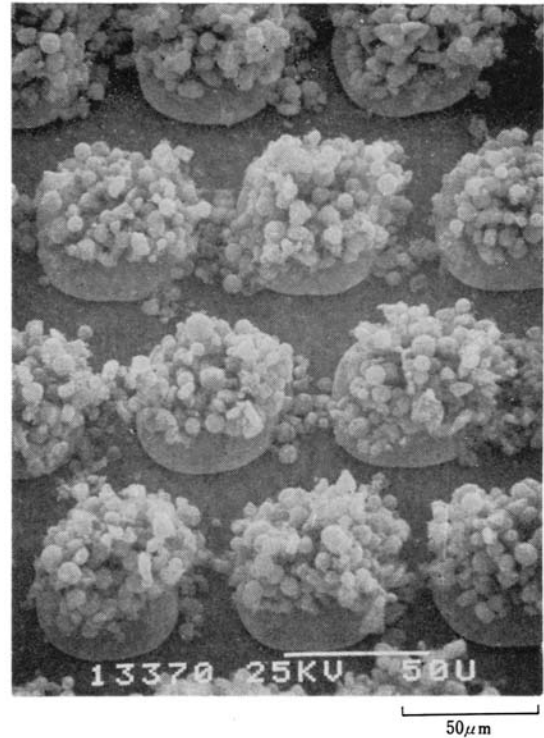


図3 ドナードラム凸部の表面に磁気インクタワーを形成した状態 (SEM)

試作した。凸部の高さは約 $10\mu\text{m}$ である。図3はドナードラム凸部に磁気インク粒子（平均粒径約 $6\mu\text{m}$ ）が付着した状態である。凸部に磁気インク粒子が集中して付着している状態がよく観察される。この状態で磁気インクは記録部に運ばれ、信号電圧に応じて普通紙上に転写される。磁気インク粒子の無くなった凸部は、再び磁気インク粒子を保持した永久磁石間を通過することにより、図3の状態に戻る。

3 磁気インクタワーの形状推定

磁気インク粒子がドナードラム凸部に集中して付着する現象を簡単に説明すると次のようになる。

- ① 両永久磁石間に均一な磁界を形成する。
- ② ドナードラム凸部（高透磁率材料）によって不均一な磁界を形成する。
- ③ 不均一な磁界によって磁気インク粒子に並進力が働く。
- ④ ドナードラム凸部に磁気インク粒子が集中しタワーを形成する。

上記現象にもとづいて、磁気インクタワーの形状を計算によって推定した。

3-1 磁界強度分布の計算

まず、ドナードラム凸部近傍の磁界強度分布を有限要素法を用いて求めた^{5,6)}。

磁位 ϕ_m はポアソン方程式(1)を解くことによって求まる。

$$\frac{\partial^2 \phi_m}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial y^2} = -\frac{Q_m}{\mu} \dots \dots \dots (1)$$

ϕ_m : 磁位

Q_m : 磁荷

μ : 透磁率

また、磁界 H は磁位 ϕ_m と次の関係にある。

$$H = -\text{grad } \phi_m$$

$$= -\left(i \frac{\partial \phi_m}{\partial x} + j \frac{\partial \phi_m}{\partial y} + k \frac{\partial \phi_m}{\partial z} \right) \dots \dots \dots (2)$$

磁荷 Q_m , 透磁率 μ を与えることによって、各位置における磁位 ϕ_m が求まり、磁界強度 H_x, H_y が求められる。

図4に要素分割図を示す。節点数は138個、要素数は241個である。図の中で、太線で囲まれた部分はニッケル層とし、他は空気層とした。但し、ドナードラム凸部の幅を $40 \mu\text{m}$ とした場合、要素番号 169, 170, 175, 176 をニッケルとして計算した。同様に、凸部の幅を $50 \mu\text{m}$ とした場合、さらに要素番号 171, 172, 177, 178 もニッケルとした。ドナードラムの下地ニッケル層の厚みを $60 \mu\text{m}$ とし、凸部の高さを $10 \mu\text{m}$ とした。ドナードラム凸部の幅は $30 \mu\text{m}$ (凹部幅 $30 \mu\text{m}$), $40 \mu\text{m}$ (凹部幅 $20 \mu\text{m}$), $50 \mu\text{m}$ (凹部幅 $10 \mu\text{m}$) の3水準で計算した。また、永久磁石による磁荷は2水準とした。この時、磁気インクによる磁界への影響は無視した。ニッケルの透磁率 μ を400、空気の透磁率 μ を1とした。

永久磁石による磁荷を2水準で計算した結果、磁界強度の大きさは異なるが、分布に大きな差はなかった。以下、磁界強度約 $1,500 \text{ Oe}$ の場合について説明する。

図5、図6、図7にドナードラム凸部近傍の磁界強度

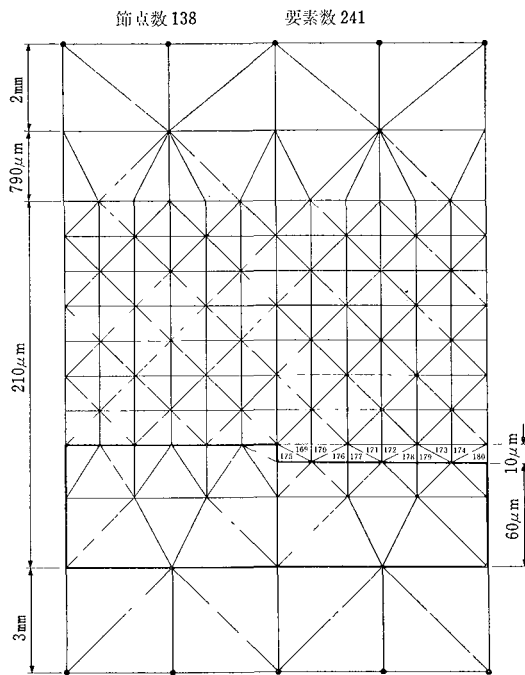


図4 要素分割図

分布の計算結果を示した。縦軸はドナードラム表面に垂直な方向の磁界強度 H_y である。

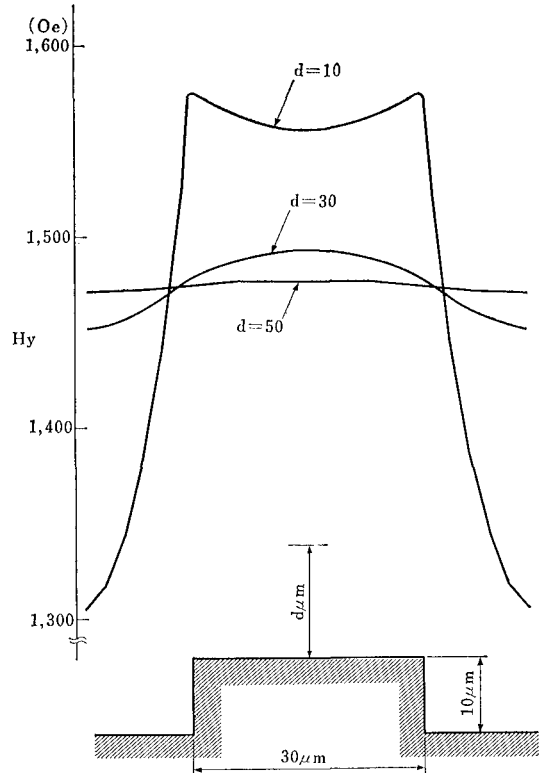


図5 ドナードラム凸部近傍の磁界強度分布 (1) (凸部の幅が $30 \mu\text{m}$ の場合)

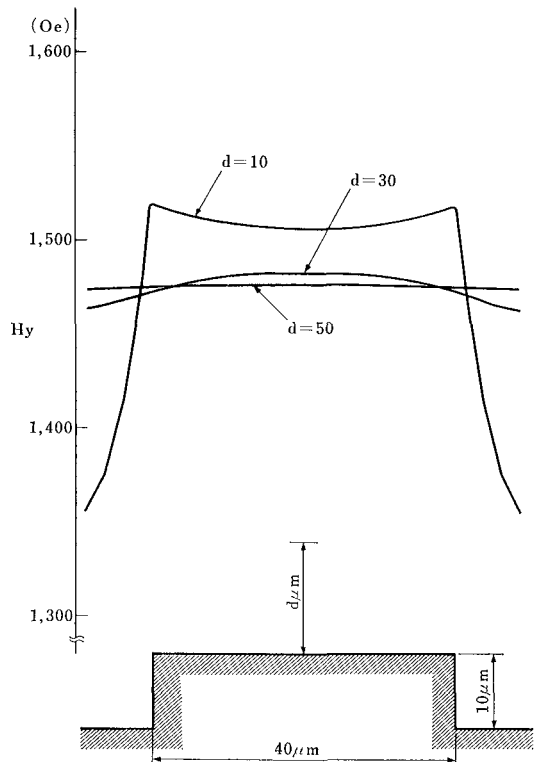


図6 ドナードラム凸部近傍の磁界強度分布 (2) (凸部の幅が $40 \mu\text{m}$ の場合)

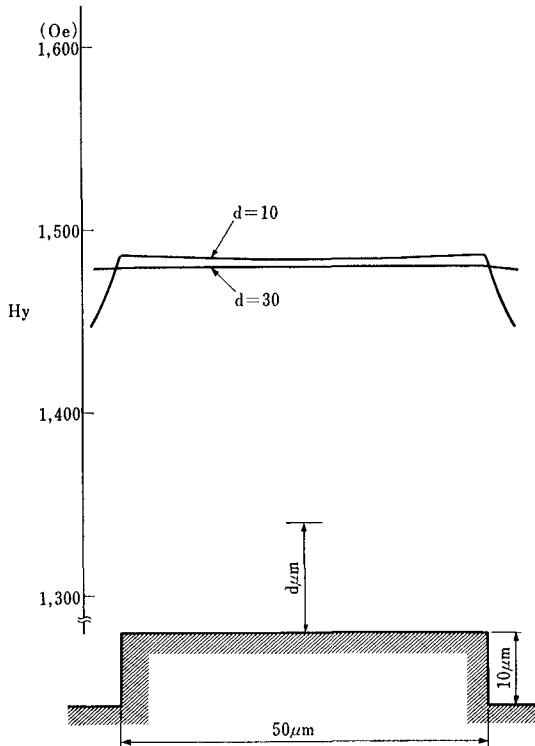


図7 ドナードラム凸部近傍の磁界強度分布 (3) (凸部の幅が 50 μm の場合)

均一磁界中に透磁率 μ が大きく、凹凸のあるドナードラムを置いた場合、ドナードラム凸部に磁束の集中があり、磁界強度が凹部より大きくなる。特に凸部上 10 から 30 μm の範囲で大きな磁界強度の変化がある。また、ドナードラム凸部の幅が大きくなる、すなわちドナードラム凸部の占める面積が大きくなるに従って、磁界エネルギーが平均化され、ドナードラム凸部近傍の磁界強度の変化が小さくなる。

3-2 磁気インク粒子に働く力の計算

磁気モーメント \mathbf{m} が不均一磁界 \mathbf{H} の中におかれたとき、(3)式で表わされるような並進力 \mathbf{F} を受ける。

$$\begin{aligned} \mathbf{F} &= (\mathbf{m} \cdot \nabla) \mathbf{H} \\ &= \left(m_x \frac{\partial}{\partial x} + m_y \frac{\partial}{\partial y} + m_z \frac{\partial}{\partial z} \right) \mathbf{H} \\ &= m_x \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial x} + m_y \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial y} + m_z \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial z} \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

また、磁界 \mathbf{H} は磁位 ϕ_m と次の関係にある。

$$\begin{aligned} \mathbf{H} &= -\text{grad } \phi_m \\ &= - \left(\mathbf{i} \frac{\partial \phi_m}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial \phi_m}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial \phi_m}{\partial z} \right) \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

(4)式を(3)式に代入して

$$F_x = - \left(m_x \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial x^2} + m_y \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial y \partial x} + m_z \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial z \partial x} \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$F_y = - \left(m_x \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial x \partial y} + m_y \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial y^2} + m_z \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial z \partial y} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$F_z = - \left(m_x \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial x \partial z} + m_y \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial y \partial z} + m_z \frac{\partial^2 \phi_m}{\partial z^2} \right) \dots \dots \dots (7)$$

(5), (6), (7)式は次のようにも書ける。

$$F_x = m_x \frac{\partial H_x}{\partial x} + m_y \frac{\partial H_x}{\partial y} + m_z \frac{\partial H_x}{\partial z} \dots \dots \dots (8)$$

$$F_y = m_x \frac{\partial H_y}{\partial x} + m_y \frac{\partial H_y}{\partial y} + m_z \frac{\partial H_y}{\partial z} \dots \dots \dots (9)$$

$$F_z = m_x \frac{\partial H_z}{\partial x} + m_y \frac{\partial H_z}{\partial y} + m_z \frac{\partial H_z}{\partial z} \dots \dots \dots (10)$$

そこで、形状異方性を含めて磁気インク粒子に異方性がなければ、磁気モーメント \mathbf{m} は必ず磁界 \mathbf{H} の方向に向くので、 $m_z = 0$ となる。また、 $\partial H_z / \partial x = 0$, $\partial H_z / \partial y = 0$ であるから

$$F_x = m_x \frac{\partial H_x}{\partial x} + m_y \frac{\partial H_y}{\partial y} \dots \dots \dots (11)$$

$$F_y = m_x \frac{\partial H_y}{\partial x} + m_y \frac{\partial H_x}{\partial y} \dots \dots \dots (12)$$

$$F_z = 0 \dots \dots \dots (13)$$

となる。(11), (12)式がドナードラム凸部近傍の磁気インク粒子に働く力となる。

つぎに、磁気インク粒子の半径を a とし、その体積磁化率を χ_m とする。但し、磁気インク粒子は非常に小さいため、磁気インク粒子の磁化は一様とみなせるものとする。磁気インク粒子の磁化、すなわち単位体積当りの磁気モーメントを M 、反磁界係数を ν とすると、反磁界は $-\nu M$ だから

$$M = \chi_m (H - \nu M) \dots \dots \dots (14)$$

すなわち

$$M = \frac{\chi_m}{1 + \nu \chi_m} H \dots \dots \dots (15)$$

となる。

また、磁気インク粒子 (半径 a) の磁気モーメント m は次式のようになる。

$$\begin{aligned} m &= \frac{4\pi}{3} a^3 M \\ &= \frac{4\pi}{3} a^3 \frac{\chi_m}{1 + \nu \chi_m} H \dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

(16)式を(11), (12)式に代入し、球の反磁界係数 $\nu = \frac{4\pi}{3}$ を代入すると、磁気インク粒子に働く力は最終的に次のように表わされる。

$$F_x = 4\pi a^3 \frac{\chi_m}{3 + 4\pi \chi_m} \left(H_x \frac{\partial H_x}{\partial x} + H_y \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) \dots \dots \dots (17)$$

$$F_y = 4\pi a^3 \frac{\chi_m}{3 + 4\pi \chi_m} \left(H_x \frac{\partial H_y}{\partial x} + H_y \frac{\partial H_y}{\partial y} \right) \dots \dots \dots (18)$$

(17), (18)式から明らかなように、不均一磁界中に磁気インク粒子を置いた場合、その磁界強度及び磁界勾配が大きい程、大きな並進力が働く。また、(17), (18)式中の $\frac{\chi_m}{3 + 4\pi \chi_m}$ は正の増加関数であり、 χ_m が 10 以上になるとほぼ飽和する。本方式で用いられる磁気インク粒子の体積磁化率 χ_m は 10^{-2} から 10^{-3} 程度であり、その値によって大きく並進力が変化する。

有限要素法を用いて求めた磁界強度分布をもとに(17),

(18式から磁気インク粒子に働く力を計算した。結果を図8, 図9, 図10に示した。磁気インク粒子の直径を $5\mu\text{m}$ とし, 体積磁化率 χ_m 及び反磁界係数 ν はこの計算では考慮しなかった。正確な並進力を求める場合, 計算結果の値に体積磁化率 χ_m を掛ければよい。なぜならば(10式において, $\nu = \frac{4}{3}\pi$, χ_m が 10^{-3} 程度であるので

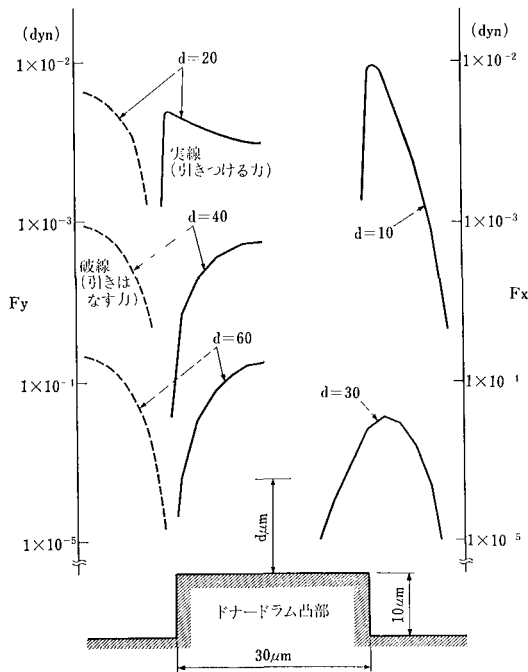


図8 磁気インク粒子に働く力の分布 (1) (凸部の幅が $30\mu\text{m}$ の場合)

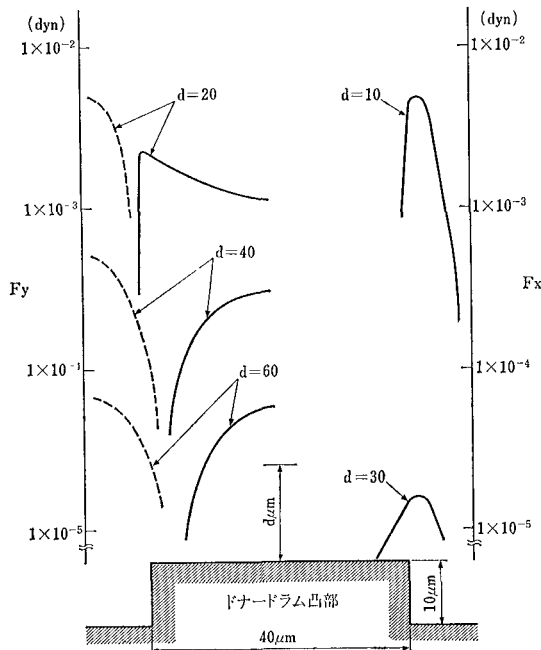


図9 磁気インクに働く力の分布 (2) (凸部の幅が $40\mu\text{m}$ の場合)

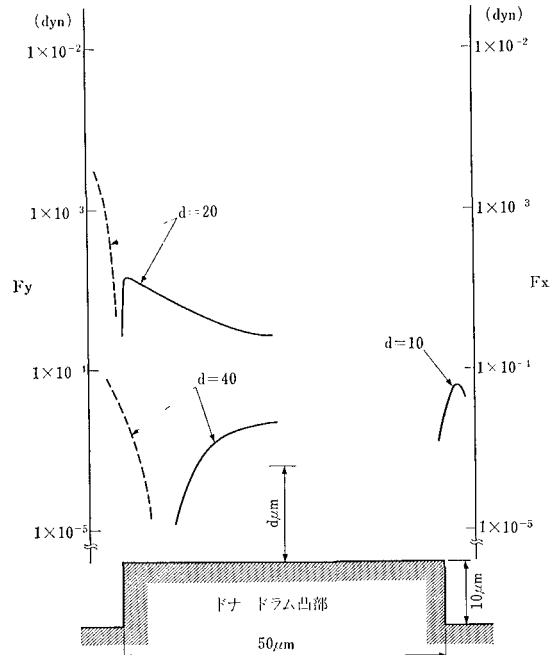


図10 磁気インクに働く力の分布 (3) (凸部の幅が $50\mu\text{m}$ の場合)

$$\frac{\chi_m}{1 + \frac{4}{3}\pi\chi_m} \approx \chi_m \dots \dots \dots (19)$$

と近似できるためである。

図8はドナードラム凸部の幅が $30\mu\text{m}$, 凹部の幅が $30\mu\text{m}$ の場合の磁気インク粒子に働く力の分布を示したものである。凸部の先端から $20, 40, 60\mu\text{m}$ 離れた位置にある磁気インク粒子に働く垂直方向の力を F_y で示し, 凸部から $10, 30\mu\text{m}$ の位置にある磁気インク粒子に働く水平方向の力を F_x で示した。

F_y についてみると, ドナードラム凸部の端を境にして, 凸部上では磁気インク粒子を引きつける力(実線)が働き, 凹部上では逆向きの力が働いている。また, F_x についてみると, ドナードラム凸部の中心に向かう力が働いている。図11に磁気インク粒子に働く力の方向を簡単に示した。

3-3 磁気インクタワーの形状推定

磁気インクタワーがドナードラム凸部に形成されることは, 磁界強度分布及び磁気インク粒子に働く力の分布から容易に類推される。逆に, ドナードラム凹部は逆方向の力が働くため, 磁気インク粒子は付着しない。図3によってこのことは証明される。

つぎに, 磁気インクタワーの形状であるが, ある値以

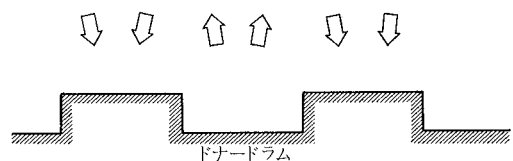


図11 磁気インク粒子に働く力の方向

上の力が磁気インク粒子に働いた場合、磁気インク粒子が移動し始め、さらに大きな力が働く場へ移動し、磁気インク粒子の集合体となる。これが磁気インクタワーとなる。そこで、移動し始めるのに必要な力を仮定し、その分布を求めることによって、磁気インクタワーの形状が推定できる。

さきに求めた磁気インク粒子に働く力の分布（図8，9，10）から、 1×10^{-4} ， 5×10^{-4} ， 1×10^{-3} dyn の力が働いている位置を求め、磁気インクタワーの形状を推定した。図12，図13，図14は推定した磁気インクタワー

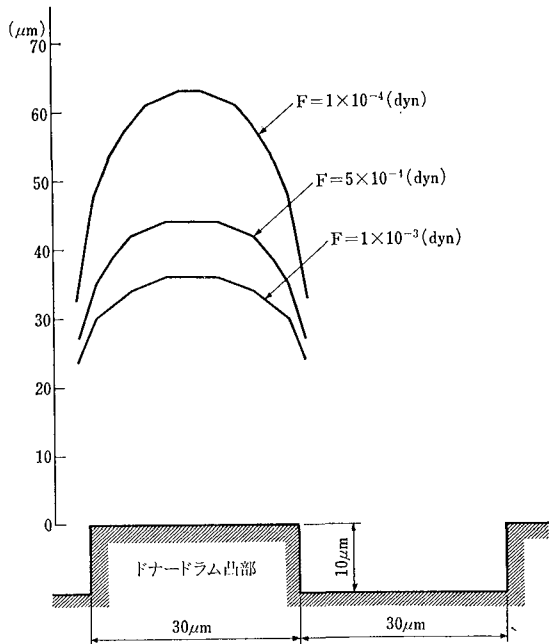


図12 磁気インクタワーの推定形状 (1)

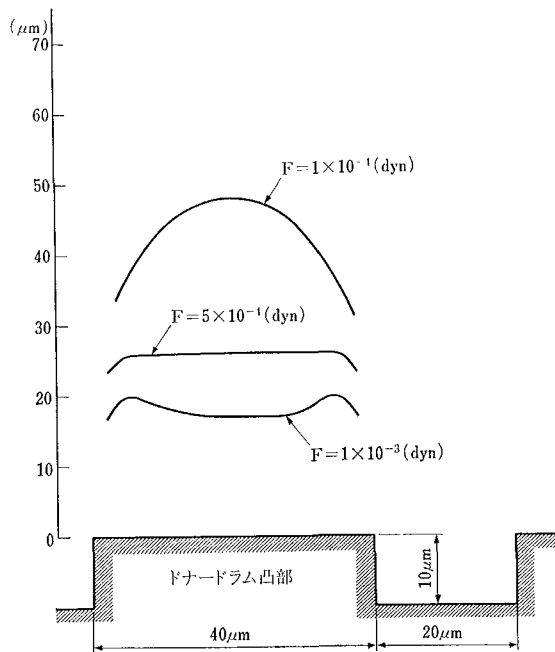


図13 磁気インクタワーの形状推定 (2)

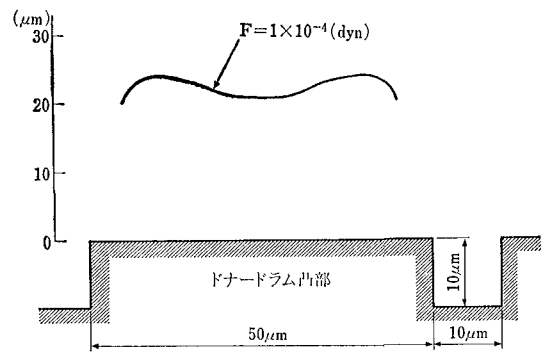


図14 磁気インクタワーの形状推定 (3)

の形状を示したものである。

凸部の幅が大きくなり、ドナードラム表面における凸部の占める面積が大きくなるに従って、磁気インクタワー形状が平坦になる。

4 磁気インクタワーの形状確認

図15に示したような装置を用いて磁気インクタワーを形成した。ドナードラム凸部の幅は30，40，50 μm のものを使用した。

磁気インクタワー形状は走査型電子顕微鏡で観察した。図3に示したように、磁気インクタワーを形成している。磁気インクタワーの高さを測定し、実験値と計算による推定値の比較を図16に示した。図16での推定値は 1×10^{-3} dyn の力を仮定した場合の磁気インクタワーのピーク値である。実験値と推定値がよく一致していることがわかる。実験値のカーブが緩やかになっているのは、ドナードラム凸部が平坦ではなく、図2でみるようにやや丸みをもっているためで、凸部中央に磁界が集中し、大きな力が働いたためと考えられる。

以上の結果から磁気インクタワーを形成する重要な要因が明らかになった。おもな要因を次に示す。

- ① ドナードラム凸部と凹部の面積比

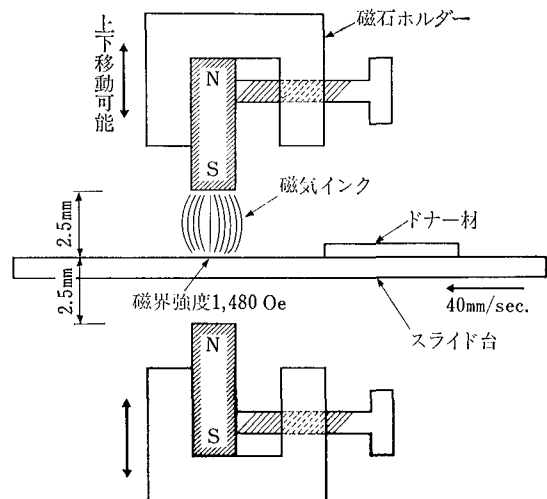


図15 磁気インクタワー形成装置

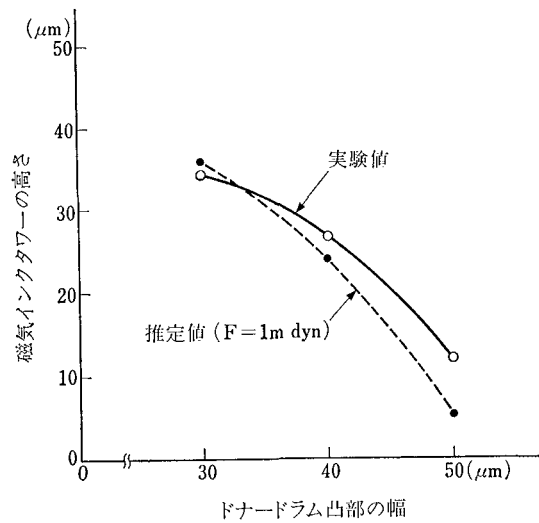


図 16 磁気インクタワーの推定値と実験値の対比

- ② ドナードラム凸部の形状
- ③ ドナードラムとマグネティックローラー間の磁界強度
- ④ 磁気インク粒子の磁化率

上記の①から④をコントロールすることによって、磁気インクタワー形状を任意にコントロールすることができる。

5 画像形成

本記録方式は、記録電極に信号電圧を印加することによって、ドナードラム上に形成された磁気インクタワーの一部を普通紙上に転写し可視像を得るものである。

磁気インク粒子は導電性 ($10^3 \Omega \text{cm}$ 程度) であり、記録電極に信号電圧を印加することによって静電誘導により磁気インク粒子は電荷を持つ。さらに、記録電極によって形成された不均一電界に従って磁気インク粒子はエアギャップ (約 $50 \mu\text{m}$) を飛び、普通紙上に転写される。

5-1 電界強度分布の計算

画像濃度、解像度は電界強度分布によっても影響される。そこで(20)式を有限要素法を用いて解き、静的な電場解析を行なった^{5,6)}。

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = -\frac{\rho}{\epsilon} \dots \dots \dots (20)$$

V : 電位
 ρ : 電荷密度
 ϵ : 誘電率

図 17 は計算による電界強度分布と実験による画像濃度分布を示したものである。ここに電界強度は記録紙表面における値である。分布曲線はよく一致しており、記録電極構造を工夫することにより、高解像度の画像を得ることが予測できる。

さらに、磁気インクタワーが存在する場合、磁気イン

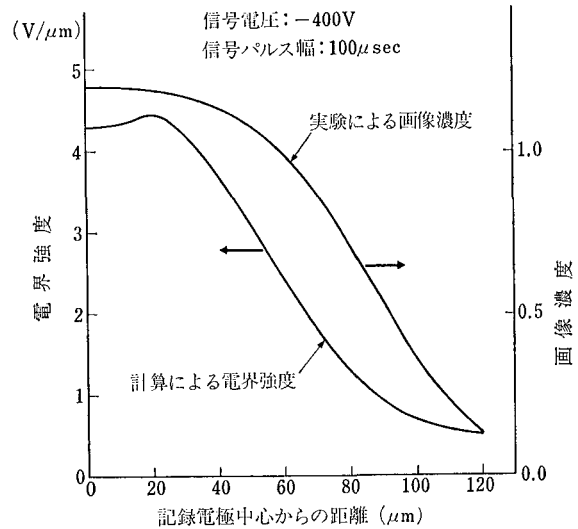


図 17 電界強度分布と画像濃度分布

クタワー形状推定で述べたことと同じように、電界の集中が起こり、タワー状の磁気インク粒子に転写のための大きな力が働く。すなわち、記録電極に印加する信号電圧を小さくすることが可能である。

5-2 画像形成実験

試作したドナードラムを用いて画像形成を行なった結果を述べる。ドナードラム凸部の幅は $30 \mu\text{m}$ であり、凹部の幅も $30 \mu\text{m}$ である。凸部の材質はニッケルであ

表 1 磁気インク粒子の特性

| 項 目 | 測 定 値 |
|----------------------|--|
| 飽和磁気モーメント σ_s | 44 emu/gr |
| 残留磁気モーメント σ_r | 0.4 emu/gr |
| 固有抵抗 | $1.1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ |
| 平均粒径 | $5.8 \mu\text{m}$ |
| 標準偏差 | $5.5 \mu\text{m}$ |

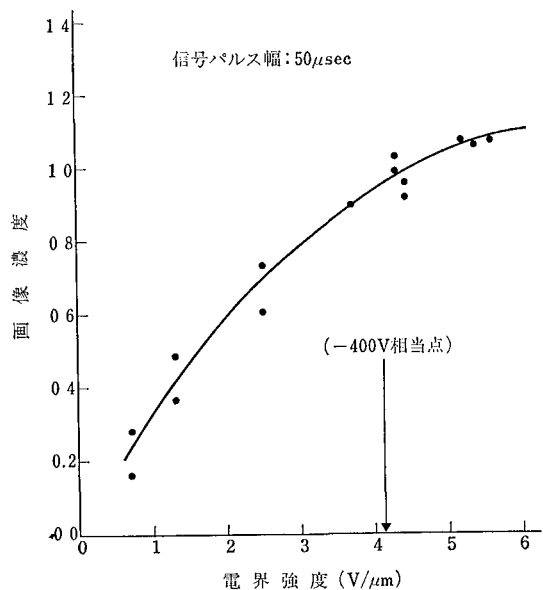


図 18 電界強度と画像濃度の関係

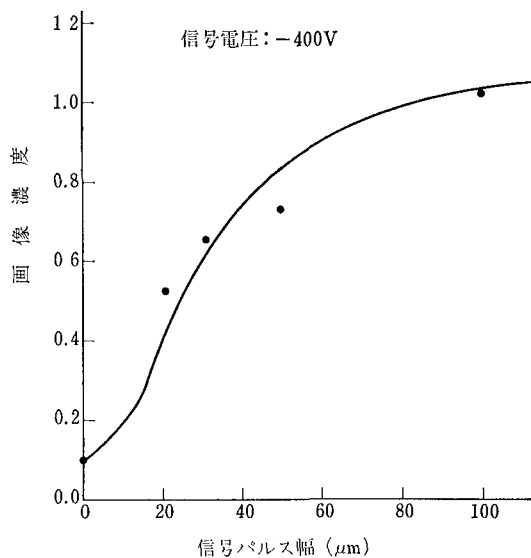


図 19 信号パルス幅と画像濃度の関係

り、ドラム径は $120 \mu\text{m}$ である。試作した磁気インク粒子の特性を表 1 に示した。

図 18 は記録電界強度と画像濃度の関係を示したものである。信号パルス幅は $50 \mu\text{sec}$ に固定した。図 19 に信号パルス幅と画像濃度の関係を示した。信号電圧は -400 volt で行なった。

磁気インクタワーがない場合、信号電圧が -1 k volt 必要であったが、凸部の幅が $30 \mu\text{m}$ のドナードラムを用いて、磁気インクタワーを形成することによって、信号電圧を -400 volt に減少させることができ、解像力 8 dot/mm で画像濃度 0.8 以上が得られた。ドナードラム凸部の幅を $40, 50 \mu\text{m}$ の場合を実験したが、凸部の

幅が大きくなるに従いがい、解像力、画像濃度が低下し、地汚れが発生した。

6 おわりに

本報告では、ドナードラム凸部によって形成される不均一磁界を有限要素法で求め、不均一磁界中の磁気インク粒子に働く並進力から磁気インクタワーの形状を推定し、磁気インクタワーの形成に重要な要因を明らかにした。さらに、磁気インクタワーを形成することによって、記録電極に印加する信号電圧を減少させ得ることを確認した。

しかし、さらに画像品質を向上させ、記録速度をあげるには、ドナードラム凸部形状、およびその面積比の詳細な検討が必要である。また、磁気インクタワー形状が記録電界強度におよぼす影響についても調べる必要がある。

今後、粉体コントログラフイーに関するこれらの技術が、ノンインパクトプリンター、コピー、ファクシミリなどの書き込み方法に広く応用されていくことを期待している。

なお、今回の磁気インクタワー形状の推定に使用した有限要素法による磁場解析手法が、ドナードラム表面のような複雑な形状を有する空間においても十分に適用できることを確認したので、今後の展開にも活用していくつもりである。

参考文献

- 1) O.C. ツィエンキーヴィッツ マトリックス有限要素法 (培風館)
- 2) 戸川隼人 FORTRAN による有限要素法入門 (サイエンス社)

非等速制御に適した位相比較方式

Phase Comparator Applied to Follow-up Control

小出 博*
Hiroshi Koide

要 旨

時間的に連続な位相差を検出する一方法として、入力信号が三角波形の位相差を検出する方式を提案し、その方式を実際の非等速運動の追値制御に応用してその有効性を確認した。

本報告では複写機の照明装置において、固定光源より発生する光束を反射ミラーによって平らな原稿面に等速で走査させるために、本提案の位相比較器を用いてこの反射ミラーを非等速に回転制御する追値制御に応用し、その有効性を確かめた。なお、この応用例では位置検出器より発生する信号の一周期に対応する読取角度は 0.4° であるにもかかわらず反射ミラーの目標回転角運動軌跡に対する角度誤差を 0.13° 以内に収めることができ、この追値制御時の角速度は $10^\circ/\text{sec}$ から $40^\circ/\text{sec}$ の範囲を変化することができた。

ABSTRACT

This paper describes our study on a phase comparator, which continuously detects the phase difference between input and reference saw tooth waves, and its effectiveness in the application of servo control of moving object with nonuniform speed.

In a copy machine with a fixed light source and a light beam scanning mirror, the scan speed of the light beam on a document must be constant. The scanning mirror, consequently, has to swing with the programmed variable angular speed.

In order to control the angular speed of the mirror, we applied the new phase-locked loop technique. An input saw tooth is generated in every 0.4° from the encoder connected to the mirror. Its tracking error was less than 0.13° over the speed range of from $10^\circ/\text{sec}$ to $40^\circ/\text{sec}$.

1 はじめに

PLL (phase-locked loop) が等速回転¹⁾などの制御分野に応用されるにつれて、PLLの一要素である位相比較器からは、時間的に連続した位相差の情報得られないということから動作周波数に限界があることが明らかにされ、近年この問題が注目されている²⁾。PLLの他の一要素であるループフィルタは、位相比較器が時間的に連続な位相差情報を得ることができないため、この不連続な位相差情報を平滑化するために必然的に挿入されるのであるが、このループフィルタのカットオフ周波数と位相比較器の動作周波数との兼ね合いで動作周波数が低くなると不安定になったり、応答の高速化にも限界があることがわかってきた。そこで筆者らは時間連続型位相比較器を提案し、実際にこれを複写機等に用いられる反射

ミラーの非等速回転運動制御に応用してみた。本報告では、まず提案した時間連続型位相比較器の原理について述べ、次にこれを実際に応用する場合の考慮点について触れ、最後に、広範囲な動作周波数 (25~100 Hz) で安定に動作させる必要がある反射ミラーの非等速運動制御に、この位相比較器を応用した検討結果について述べた。

2 時間連続型位相比較器の動作原理

2-1 概 要

この位相比較器を研究した目的は、時間的に周波数の変化する2つの入力信号の位相差を時間的な遅れなく、連続的に、これに比例した電圧として取り出すことである。任意の入力信号波形に対して直接これを行おうとすると回路が非常に複雑になる。この複雑さを避ける方法も皆無ではないが、従来は入力信号の位相差と位相比較器の出力電圧とは線型関係になかった³⁾。

ここで述べる方法は2つの入力信号波形を三角波にし、位相差のかわりに2つの入力信号の電圧差を利用し、回

*技術本部 電子技術部
Electronic Technology Department, Technology Division

路を簡単にするとともに、入力信号の位相差と出力電圧の関係性を線型関係にした。しかしこのようにしても、ある特定の位相範囲で比例関係になく、絶対値が同じでも符号が逆の範囲や、全く比例関係のない範囲が存在する。

そこで、一方の入力信号に対して位相差検出の補助としてその信号の和が一定になるもの、及びその信号の符号を反転したもの、さらにもう一方の入力信号のレベルを負側にシフトしてピーク電圧を0ボルトにしたものを作り、入力信号と組合せて問題の位相範囲の出力電圧を合成した。こうすることにより総ての位相範囲で位相差が正しく出力電圧に比例するようにした。

以上が原理の概要であるが、以下、動作原理を説明し、部品、波形等の精度に伴う誤差についても述べる。

2-2 動作原理

2-2-1 入力信号、その他の信号波形の説明

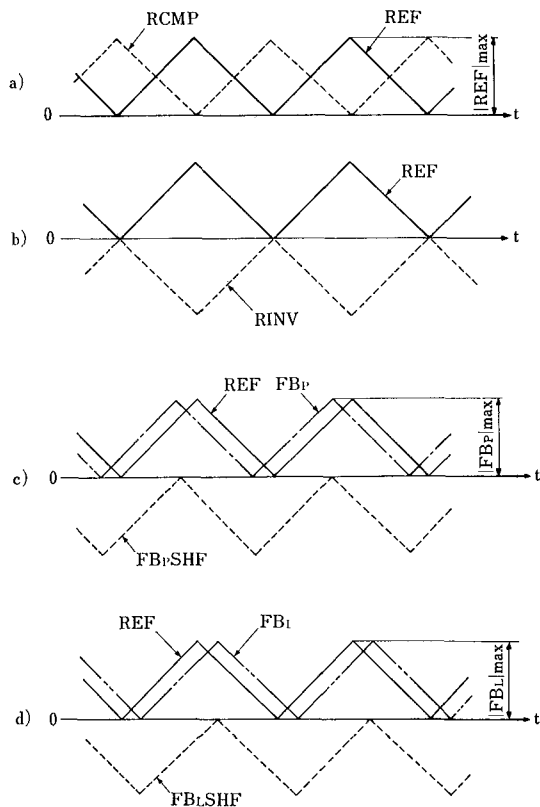


図1 使用信号波形

各信号を説明の便宜上次のとおり略称する。

REF : 基準信号となる入力信号で図1 a) に実線で示すように三角波を用いる。またこの REF 波の振幅値を $|REF|_{max}$ とする。

RCMP : 図1 a) に破線で示すように基準信号 REF との和が常に基準信号の REF 振幅値に等しくなるような信号であり、基準信号 REF から作るもので、補信号と称す。従って、 $REF + RCMP = |REF|_{max}$

が成立する。

RINV : 図1 b) に破線で示すように基準信号 REF を零レベルを基準として反転した信号であり次式が成立する。

$$RINV = -REF$$

FBp : 図1 c) に一点鎖線で示すように基準信号 REF に対して位相進みの入力信号であり、基準信号 REF と同じように三角波でその振幅と周波数が共に基準信号 REF と同等である。従って、入力信号 FBp の振幅値を $|FBp|_{max}$ とすると、 $|FBp|_{max} = |REF|_{max}$ が成立する。

FBpSHF : 図1 c) に破線で示すように、位相進みの入力信号 FBp をその振幅値分だけ負側へシフトした信号であり、次式が成立する。

$$FBp - |FBp|_{max} = FBpSHF$$

FBt : 図1 d) に二点鎖線で示すように基準信号 REF に対して位相遅れの入力信号であり、基準信号 REF と同じ三角波でその振幅と周波数が共に基準信号 REF と同等である。従って、入力信号 FBt の振幅値を $|FBt|_{max}$ とすると $|FBt|_{max} = |REF|_{max}$ が成立する。

FBtSHF : 図1 d) に破線で示すように、位相遅れの入力信号 FBt をその振幅値分だけ負側へシフトした信号であり、次式が成立する。

$$FBt - |FBt|_{max} = FBtSHF$$

FB : FBp, FBt のように基準信号 REF と比較する入力信号を総括的に表現した入力信号。

FBSHF : FBpSHF と FBtSHF を総括的に表現したシフト信号。

2-2-2 基本機能の説明

位相比較器は2つの入力信号を比較し、その位相差に比例した出力電圧を時間的遅れなしに得るのであり、基準となる入力信号 REF と入力信号 FB とを比較し、その位相差に比例した出力電圧 V を発生させるものである。

今、基準信号 REF の位相を phase REF 、入力信号 FB の位相を phase FB と表現し、出力電圧を V 、比例定数を $K[V/\text{rad}]$ とすれば次式が成立する。すなわち

$$V = K(\text{phase FB} - \text{phase REF})$$

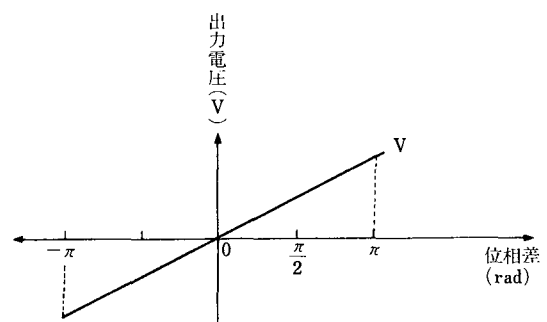


図2 位相差比較器の入出力関係

ただし、 $|\text{phase FB} - \text{phase REF}| < \pi$ ……………(1)

図2は上式をグラフによって表現したものであり、横軸に位相差をとり縦軸に電圧をとることにより、位相差によって出力電圧が変化する状態を示したものである。

2-2-3 位相差検出法

(1) 入力信号波形の立上り部、立下り部の判定

入力比較を行なうために、まず、入力信号 FB が立上り部にあるのか、立下り部にあるのかを常に判定できるようにしなければならない。そのために、図3 a) に破線で示すように入力信号 FB に対して $\pi/2$ だけ進み位相で、かつ零レベル（基準レベル）に対して正負対称となる波形を有する信号 $\text{FB } \pi/2$ を導入する。

この $\text{FB } \pi/2$ 信号を用いれば、図3 a) から明らかのように時刻 t_1 から t_2 の間においては入力信号 FB が立上り部にあり、この期間において $\text{FB } \pi/2$ 信号は正である。また、時刻 t_2 から t_3 の期間においては入力信号 FB が立下り部にあり、この期間において $\text{FB } \pi/2$ 信号

は負である。

したがって、 $\text{FB } \pi/2$ 信号が正か負かを判定すれば入力信号 FB が立上り部にあるか立下り部にあるかを判定できることになる。

すなわち、入力信号 FB の立上り部（例えば時刻 t_1 から t_2 の間）を FB(R) 、入力信号 FB の立下り部（例えば時刻 t_2 から t_3 の間）を FB(F) と表現すれば次の関係が成り立つ。

$\text{FB } \pi/2 > 0$ ならば FB(R)

$\text{FB } \pi/2 < 0$ ならば FB(F)

なお、 $\text{FB } \pi/2$ 信号は FB 信号より $\pi/2$ だけ位相の遅れた信号としてもよいが、この場合には上記の符号による判定は逆の関係になる。

また、基準信号 REF についても同様にして立上り部と立下り部の判定を行なう必要があるけれども、REF 信号は基準となる入力信号なので前以ってわかっていることにして取り扱うことにする。そして、信号 REF についても図3 b) に示すように、立上り部を REF(R) とし、立下り部を REF(F) として表わす。

(2) 位相差の判定

① REF(R) 、 FB(R) の場合

基準信号 REF 及び入力信号 FB が共に立上り部にある時は、図3 c) の左側に示すように、入力信号 FB が進み位相である FBp 信号ならば期間 T_1 において、また入力信号 FB が遅れ位相である FB_L 信号ならば期間 T_2 において基準信号 REF と位相比較を行なう。

ここで、信号 FB 及び REF の検出時点における信号レベルを各々 FB、REF とすれば、図3 c) から明らかのように、 $\text{FB} - \text{REF} < 0$ ならば信号 FB は基準信号 REF に対して遅れ位相の信号 FB_L であり、 $\text{FB} - \text{REF} > 0$ ならば基準信号 REF に対して進み位相の信号 FBp であることが判定できる。なお、 $\text{FB} - \text{REF} = 0$ ならば FB と REF とは位相差は零である。

そして、 REF(R) 、 FB(R) においては信号 FB と REF とは位相の進み、遅れと関係なく平行な直線となるので、信号 FB と REF との位相差は両信号の差に比例することになる。

ここで、比例定数を $K' (K' > 0)$ とすれば次式が成立する。

$\text{phase FB} - \text{phase REF} = K'(\text{FB} - \text{REF}) = K'V$ この式を変形すれば出力電圧 V は次のようになる。

$$V = \text{FB} - \text{REF}$$

② REF(F) 、 FB(F) の場合

基準信号 REF 及び入力信号 FB が共に立下り部にある時は、図3 c) の右側に示すように、信号 FB が進み位相である FBp 信号ならば期間 T_3 において、また信号 FB が遅れ位相である FB_L 信号であれば期

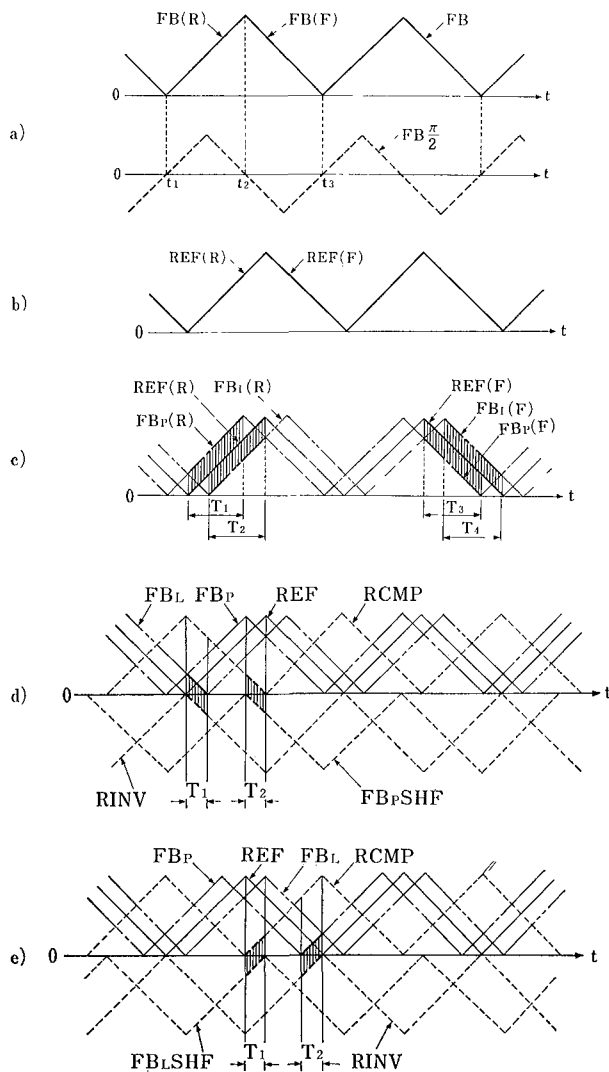


図3 位相差検出方法を示す波形

間 T_1 において位相比較を行う。

図 3 c) から明らかなように、 $FB-REF > 0$ ならば信号 FB は遅れ位相であり、また $FB-REF < 0$ ならば信号 FB は進み位相となる。

そして、位相差は前述の場合と符号は逆になるが、やはり両信号の差に比例することになる。ここで、進み位相のとき出力電圧 V を正とするならば、 $\text{phase FB} - \text{phase REF} = K'(REF - FB) = K'V$ となる。よって、出力電圧 V は次式によって求められる。

$$V = \frac{1}{K'} \{\text{phase FB} - \text{phase REF}\} = REF - FB$$

③ REF(R), FB(F) の場合

基準信号 REF が立上り部にあり入力信号 FB が立下り部にある時は、入力信号 FB を基準信号 REF に対して直接比較することができないため、信号 RCMP, FBSHF, RINV を用いる (以下の式中 RCMP, FBSHF, RINV は、各信号の検出時点における信号レベルを意味するものとする)。

図 3 d) から明らかなように、REF(R), FB(F) の場合 (期間 T_1 及び T_2) は信号 FB と RCMP とが平行線となっているため、この 2 つの信号の差を求めることによって FB が進み位相か遅れ位相かが判別できる。すなわち、 $FB-RCMP > 0$ ならば位相進みの入力信号 FBp であり、 $FB-RCMP < 0$ ならば位相遅れの入力信号 FB_L である。

次に、信号 REF と FB との位相差は次のようにして求めることができる。

a) $FB-RCMP > 0$ のとき

図 3 d) の期間 T_2 において位相差を求めることになるが、FBp と REF とは直接比較ができないため信号 RCMP と FBpSHF とを比較して求める。図 3 d) から明らかなように、信号 RCMP と FBp-SHP とは期間 T_2 において平行線となっており、両者の信号レベルの差は信号 REF と FBp との位相差に比例している。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{phase FB} - \text{phase REF} &= K'(RCMP - FBSHF) \\ &= K'V \end{aligned}$$

となる。従ってこの式を変形すれば、出力電圧 V は次式により求められる。

$$V = RCMP - FBSHF$$

ただし、この場合は RCMP は正の値、FBSHF は負の値であるから出力電圧 V は正となり、位相進みの大きさを表わすことになる。

b) $FB-RCMP < 0$ のとき

図 3 d) の期間 T_1 において位相差を求めることになるが、この場合も FB_L と REF とは直接比較ができないため、信号 FB と RINV とを用いる。図 3 d) から明らかなように信号 FB_L と RINV と

は期間 T_1 において平行線となっており、両者の信号レベルの差は信号 REF と FB_L との位相差に比例している。ここで、進み位相のとき出力電圧 V を正とすれば、

$\text{phase FB} - \text{phase REF} = K'(RINV - FB) = K'V$ となる。よって、出力電圧 V は次式により求められる。

$$V = RINV - FB$$

ただし、この場合は RINV は負の値、FB は正の値であるから出力電圧 V は負となり、位相遅れの大きさを表わすことになる。また、 $RINV = -REF$ であるから、 $V = (-REF) + (-FB)$ によって求めても同じことになる。

④ REF(F), FB(R) の場合

基準信号 REF が立下り部にあり入力信号 FB が立上り部にある時も、基準信号 REF に対して入力信号 FB を直接比較することができないため信号 RCMP を用いる。

図 3 e) から明らかなように、REF(F), FB(R) の場合 (期間 T_1 及び T_2) は信号 FB と RCMP とは平行線となるため、この 2 つの信号の差を求めることによって FB が進み位相か遅れ位相かを判別できる。すなわち、 $FB-RCMP > 0$ ならば FB_L であり、 $FB-RCMP < 0$ ならば FBp となる。

次に、信号 REF と FB との位相差は次のようにして求められる。

a) $FB-RCMP > 0$ のとき

図 3 e) の期間 T_1 において位相差を求めることになるが、FB_L と REF とはそのまま比較できないため、信号 RCMP と FB_LSLH との比較をして位相差を求める。図 3 e) から明らかなように、信号 RCMP と FB_LSHF とは期間 T_1 において平行線となっており、両者の信号レベルの差は信号 REF と FB_L との位相差に比例している。すなわち、

$\text{phase FB} - \text{phase REF} = -K'(RCMP - FBSHF)$ となり、位相進みのときの出力電圧 V を正としているのでこの式は、

$$V = FBSHF - RCMP$$

となる。ただし、この場合 FBSHF は負の値、RCMP は正の値であるから、出力電圧 V は負の値となり、位相遅れの大きさを表わすことになる。

b) $FB-RCMP < 0$ のとき

図 3 e) の期間 T_2 において位相差を求めることになるが、この場合も FBp と REF とは直接比較ができないので、信号 FBp と RINV との比較によって位相差を求める。この信号 FBp と RINV とは期間 T_1 において平行線となっており、両者の信号レベルの差は信号 FBp と REF との位相差に比例

表 1 出力電圧Vを求める演算

| | 条 件 | | | 入 力 信 号 | | 補 助 信 号 | | |
|------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------|------|---------|------|-------|
| | FB(R)-1 FB(F)-0 | REF(R)-1 REF(F)-0 | FB-RCMP 正-1 負-0 | FB | REF | RCMP | RINV | FBSHF |
| ① | 1 | 1 | × | 1 | -1 | | | |
| ② | 0 | 0 | × | -1 | 1 | | | |
| ③-a) | 0 | 1 | 1 | | | 1 | | -1 |
| ③-b) | 0 | 1 | 0 | -1 | (-1) | | 1 | |
| ④-a) | 1 | 0 | 1 | | | -1 | | 1 |
| ④-b) | 1 | 0 | 0 | 1 | (1) | | -1 | |

注] × . 正負を問わない

注] 1, -1 : 各信号 (FB, REF, etc.) に付す符号
() RINV の代わりに REF を用いる場合

している。すなわち、

phase FB - phase REF = K'(FB - RINV) = K'V
となり、この式を変形すると出力電圧Vは次のようにして求められる。

$$V = FB - RINV$$

この場合は、FB が正の値、RINV が負の値であるから、出力電圧Vは正の値となり、位相進みの大きさを表わすことになる。また、RINV = -REF であるから、V = FB + REF によって出力電圧Vを求めても同じことになる。

⑤ 位相差検出方法のまとめ

この位相比較方式は、以上説明したような原理によって入力信号 FB と基準信号 REF との位相比較を行なって、出力電圧Vを得るものであるが、出力電圧Vを得るための演算を符号化してまとめたものを表1に示す。

第1行目は FB(R), REF(R) の場合には FB - REF の演算を行なえば出力電圧Vが求められることを表示するものである。同様にして、第5行目は FB(R), REF(F) であって FB - RCMP > 0 の場合には V = FBSHF - RCMP の演算を行なうことを表示するものである。

上記の位相差検出方法により、位相比較器の出力は、入力信号の周波数に依存しない位相差に比例した信号が取り出せる。このことは、1例として入力信号が REF(R), FB_L(R) の場合を考え、入力信号の1周期時間を T, REF(R) に対する FB_L(R) の遅れ時間を τ, 入力信号の振幅を A₀, FB 信号の位相遅れを φ とすれば図4より

$$V = FB_L(R) - REF(R) = -2A_0 \frac{\tau}{T} = -\frac{A_0}{\pi} \phi$$

が成り立つことから明らかである。

従ってこの位相比較器は制御系を解析、設計するときには、連続時間で線型な要素として扱うことができる。

2-3 入力信号波形に関する誤差解析

本位相比較器は入力信号として三角波を前提としているが、一般の角度検出器(回転型エンコーダ等)から発

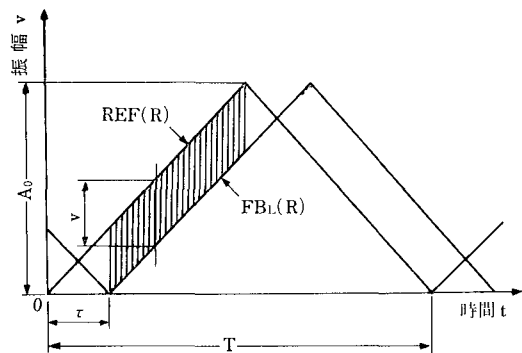


図 4 位相検出出力の周波数に対する依存性を説明する波形

生ずる信号は三角波ではない。それゆえ三角波からのズレを検出誤差(本論では波形ひずみ誤差と呼ぶ)として考慮しなければならない。ここでは、その他実際に本位相比較器を応用する場合問題となる検出誤差について述べる。

(1) 波形ひずみ誤差

これは三角波からの位相ズレ量のことである。図5 a)において三角波でない信号 S_n の振幅 A_a を検出すると位相検出誤差は ε_a となる。

(2) FB 信号と FB π/2 信号との相対位相誤差

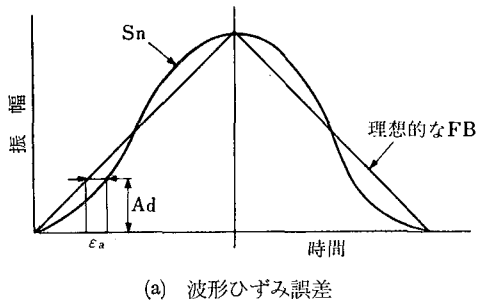
理想的には FB 信号と FB π/2 信号は常に位相差が π/2 の関係になくはないが、実際は種々の原因で図5 b)のように相対位相誤差 ε_b を生ずる。この誤差による位相検出誤差は FB 信号の立上り部から立下り部(あるいは逆)の切替近傍で発生し、相対位相誤差は立上り部か立下り部の判定を誤る結果として現れる。結局相対位相誤差 ε_b による位相検出誤差 ε_p は

$$\epsilon_p = 2\epsilon_b \dots\dots\dots(2)$$

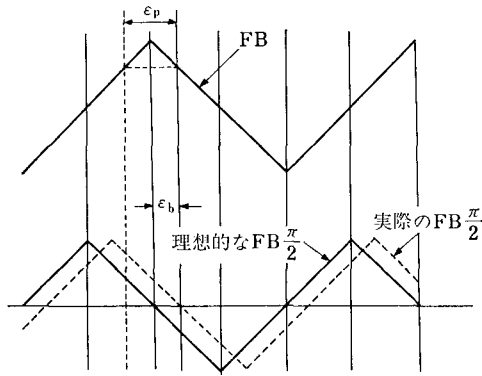
となる。

(3) 振幅及びバイアス変動による誤差

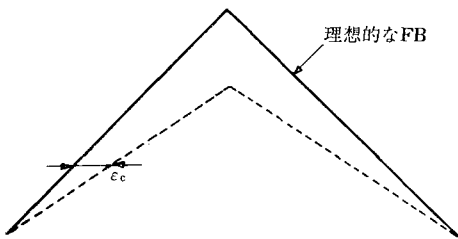
検出信号の振幅が変動しても図5 c)のように検出



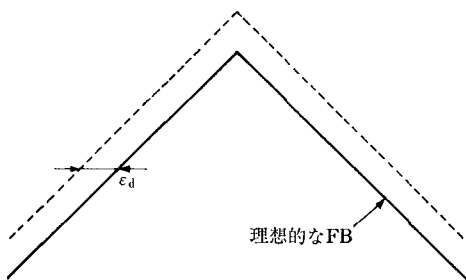
(a) 波形ひずみ誤差



(b) FB 信号と $FB \frac{\pi}{2}$ 信号との相対位相誤差



(c) 振幅変動による誤差



(d) バイアス変動による誤差

図 5 入力信号の誤差の種類

位相誤差 ϵ_c を生ずる。また図 5 d) のようにバイアスが変動しても位相検出誤差 ϵ_d を生ずる。

(4) ピッチムラによる誤差

これは検出信号の理想周期からのバラツキ（機械的にはピッチムラ）による検出位相誤差であり、純粋に機械加工の精度によって決定される値である。

以上、考慮すべき誤差について述べた。次に波形ひずみ、振幅変動及びバイアス変動の位相検出誤差に与える

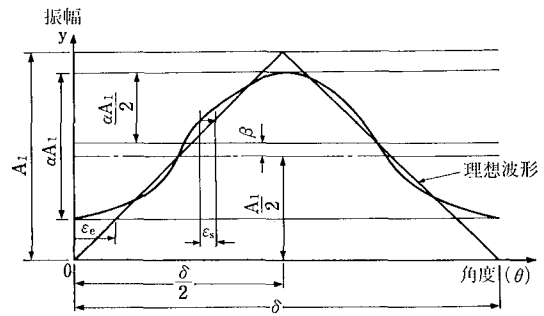


図 6 正弦波の理想波形からの誤差

影響度を位相比較器の入力信号が正弦波である場合について考察してみる。

図 6 において用いた記号は以下の通りである。

A_1 : 理想三角波形の振幅

δ : 信号一周期の角度

α : 正弦波信号と理想三角波形の振幅比

β : 正弦波信号中央値の理想波形中央値からのレベルシフト量 ($\beta \geq 0$ とする)

θ : 角度座標

y : 振幅座標

ここで正弦波信号は必ず y 座標の $0 \sim A_1$ 間に存在するとする。このことは

$$0 < \alpha \leq 1 \quad 0 \leq \beta \leq \frac{1}{2} A_1 (1 - \alpha)$$

を意味する。

正弦波信号による最大位相検出誤差 ϵ を求めると

$$\epsilon = (\epsilon_s, \epsilon_e)_{\max} \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{\epsilon_s}{\delta} = \frac{1}{2\pi} \left[\cos^{-1} \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\pi\alpha}\right)^2} \right] + \frac{\alpha}{4} \sqrt{1 - \left(\frac{2}{\pi\alpha}\right)^2} - \frac{1}{4} + \frac{\beta}{A_1} \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\epsilon_e}{\delta} = \frac{1}{4} (1 - \alpha) + \frac{\beta}{2A_1} \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 $1 \geq \alpha \geq \frac{2}{\pi} = 0.63$

が成り立つ。

たとえば、 $\alpha=1, \beta=0$ つまり波形ひずみ誤差しか生じない場合、正弦波については、 $\frac{\epsilon}{\delta} = 0.05$ つまり 5% の位相検出誤差が現われることになる。さて式(4), (5)の右辺は次のことを意味している。最後の項はバイアス変動分が位相検出誤差に与える影響を示し、それ以外の項は振幅変動が位相誤差に与える影響を示している。この関係を図示したのが図 7 である。この結果で興味ある点は、正弦波の FB 信号を用いるときは正弦波の最大振幅を少し小さく設定した方が、位相検出誤差を小さくできるということである。

さて FB 信号と $FB \frac{\pi}{2}$ 信号との相対位相誤差 ϵ_b は FB

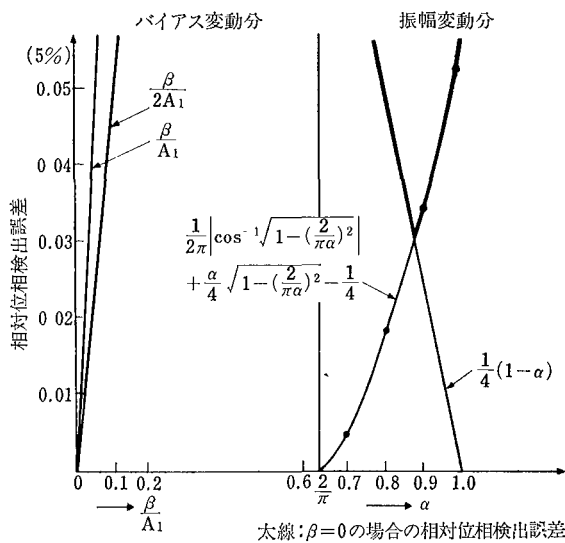


図7 バイアス変動と振幅変動の位相検出誤差に与える影響度

$\frac{\pi}{2}$ 信号の振幅及びバイアス変動によっても発生し、やはり $\text{FB} \frac{\pi}{2}$ 信号を正弦波とすると、

$$\epsilon_0 = \frac{\delta}{2\pi} \sin^{-1} \frac{2\beta}{\alpha A_1} \dots\dots\dots (6)$$

の関係が成り立つ。

3 時間連続型位相比較器の応用

3-1 制御対象

複写機の照明装置のうち、固定光源より発生する光束を反射ミラーによって平らな原稿面上に等速で走査させるという方式において、この反射ミラーの非等速な回転をさせる追値制御にこの位相比較器を応用した。ここで回転制御される反射ミラーを以下揺動ミラーと呼ぶことにする。

(1) 揺動ミラーの揺動角と時間の関係

光源、揺動ミラー、そして原稿が置かれるコンタクトガラスの位置関係を図8に示した。

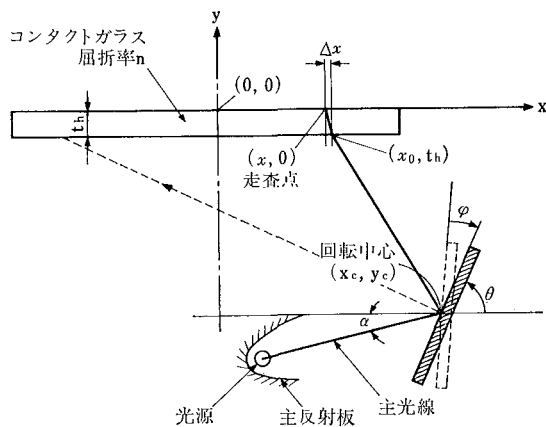


図8 揺動角 θ と原稿面走査位置 x の関係図

コンタクトガラス上の中央に原点座標を取り光走査方向を x 、揺動ミラーの水平面からの揺動角(移動角度)を θ とすると、 x と θ の関係は次式によって求められる。

$$x = x_0 - \Delta x$$

$$x_0 = x_c - (t_h + y_c) / \tan(2\theta - \alpha)$$

$$\Delta x = - \frac{t_h \cos(2\theta - \alpha)}{\sqrt{n^2 - \cos^2(2\theta - \alpha)}}$$

ただし、 x_c 、 y_c は揺動ミラーの回転中心、 α は主反射板の傾き、 n はコンタクトガラスの屈折率。そして t_h はコンタクトガラスの厚みである。

また本報告で検討した構成について θ と x の関係を計算した結果を図9に示した。この図より明らかなように、光を図8における原稿面上の左端部より等速に走査するとき揺動ミラーの揺動角速度は、徐々に速くすることが必要である。このことを図10に時間と揺動角との関係を示し、揺動角 ϕ は光が左端部の位置を照射しているときを $\phi=0$ として光走査時の揺動方向を正として描いている。本研究では揺動ミラーの揺動角を駆動制御する場合、任意時間 t における理想揺動角 ϕ に対し許容変動角が $\pm 0.13^\circ$ 以内に入るよう追値制御することを目標とした。揺動ミラーを駆動制御するための研究仕様を表2にまとめた。

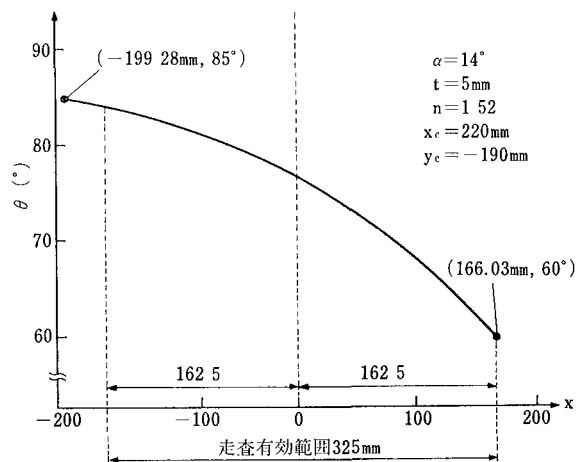


図9 θ と x の関係

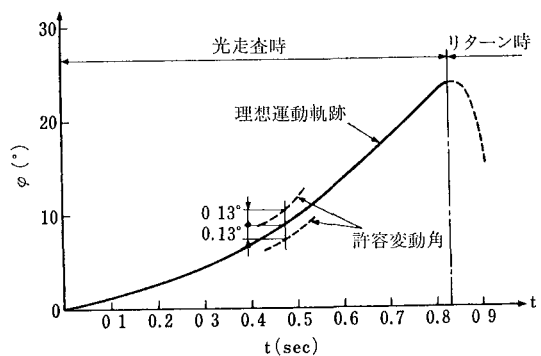


図10 揺動ミラーの理想運動軌跡

表 2 揺動ミラー駆動部研究仕様

| 項 | 目 | 設 定 値 |
|----------------|-------------|------------|
| 光走査特性 原稿面上 | 光 走 査 幅 | 325 mm |
| | 光 走 査 速 度 | 377 mm/sec |
| 揺動ミラー 駆動部特性 | 許 容 変 動 角 度 | 0.13° |
| | 外 部 振 動 | 0.1G |

(2) 機構部の構成

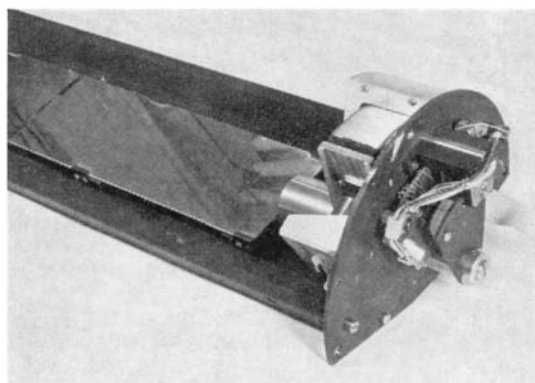


図 11 揺動ミラー駆動装置外観

揺動ミラー駆動装置を図 11 に示す。図中、揺動ミラーは支軸によって回動自在に軸支されている。駆動源としての可動コイル型円弧モータ（リニアモータの一種）は、コイルを巻回されヨーク内に入出自在なボビンの先端部には基部を支軸に固定した揺動アームの腕部が固着されている。支軸には又扇形のマーク板が揺動ミラーと一体的に回動するように固設されている。このマーク板には支軸に対して同心円弧状にタイミングマークとホームマークが設けられている。タイミングマークは透光部と遮光部とが交互に等間隔で配列されている。またホームマークは、露光終了時の揺動ミラーの停止位置すなわちホーム位置に相当する位置に設けられている。

電磁石は、揺動アームに突設された磁性体からなる当板を吸引固定して、揺動ミラーをホーム位置に停止させるために設けてある。なお、上記揺動ミラー、アーム、ボビン、コイル等の揺動部構成部材は、その揺動部全体の系の重心が揺動軸線上にくるように設計されている。

表 2 に示した研究仕様を満たすために揺動ミラー、円弧モータ、センサー等からなる機構部は、表 3 のような特性値になるように設計された。ここで制御側として考慮すべき項目は、許容変動角度 0.13° であるのに、センサーの分解能（センサーマーク 1 ピッチ）が製作精度の限界から 0.40° しか得られないということである。従ってここにセンサー信号の位相までを見て制御する必要性がでてくる。

表 3 揺動ミラー機構部特性

| 項 | 目 | 特 性 値 | 記 事 |
|-------|--|---------------------------|---------------------------------|
| 揺動部 | 慣性モーメント(J) | 6.9 g・cm・sec ² | |
| | 静不釣合トルク | 3.0 g・cm | |
| | 最大揺動角度 | 約 24° | |
| | 重 量 | 約 1 kg | |
| 円弧モータ | トルク定数 (τ) | 2.2 kg・cm/A | |
| | 最大トルク(τ _{max}) | 3.0 kg・cm | |
| センサー部 | タイミングマーク分解能 (マーク 1 周期に対 応する読取角度) | 0.40° | タイミングマーク製作上の都合で分解能は左記のように設定された。 |

3-2 位相検出誤差の配分

センサー信号の変動を以下のように設定した。

- 振幅変動, 10% 以下 ($\alpha \geq 0.9$)
- バイアス変動, 5% 以下 ($-\frac{\beta}{A_1} \leq 0.05$)
- ピッチムラによる位相誤差, 2% 以下
- 機械加工精度によって決まる FB 信号と $FB \frac{\pi}{2}$ 信号の相対位相誤差 (ϵ_0), 3% 以下

以上よりセンサー出力信号を正弦波と仮定して位相検出誤差を求める。

- 振幅変動及びバイアス変動による FB 信号の最大位相検出誤差, 約 8.5% (図 7 より)
- 振幅変動及びバイアス変動による FB 信号と $FB \frac{\pi}{2}$ 信号の相対位相誤差 (ϵ_0), 1.8% ((6)式より)

よって本装置の位相検出誤差を 20.1% として制御系を設計することにした。

3-3 制御系設計

(1) サーボ剛性 K_s

サーボ剛性を以下のように設定し制御系を設計した。サーボ剛性 K_s は次式で表わされる。

$K_s = F_d / \Delta \theta$ ただし、 F_d : 外乱 (静不釣合トルク、外部振動によって発生するトルク等の外乱の和) $\Delta \theta$: 許容変動角。

外部変動 0.1G が揺動系の重心に働くと考えるとこの振動によって発生する最大トルクは 0.3 g・cm である。その他の外乱トルクも考慮して F_d を 4 g・cm とした。

位相検出誤差は前述したことより 0.08° (センサーマーク 1 ピッチ 0.4° の 20.1%) である。そうすると $\Delta \theta$ は 0.05 となる。よってサーボ剛性 K_s は $K_s = 4 / 0.05 \times \pi / 180 = 4.6 \times 10^3 \approx 5 \times 10^3$ (g・cm/rad) となる。

(2) 制御系設計

上記条件を満足するような安定でなおかつ応答性のよい制御系を構成するために進み遅れ (lead-lag) 回路を挿入して設計を行なった⁴⁾。この設計に基づいて構成された制御装置のブロック図を図 12 に示した。この回路の動作概要は以下の通りである。

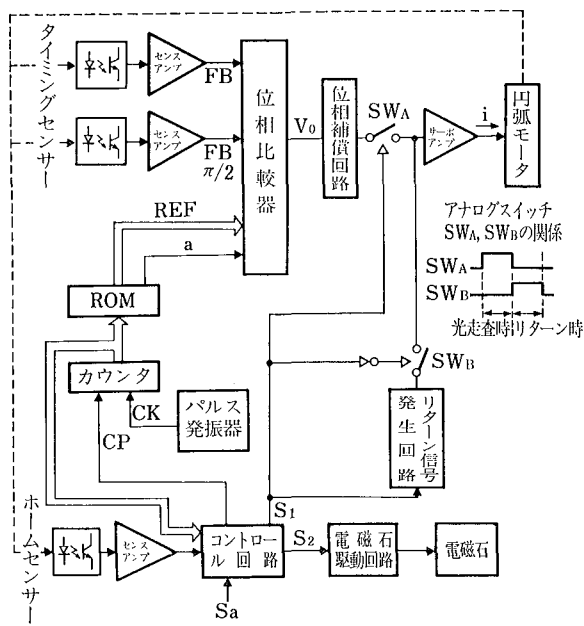


図 12 制御部ブロック図

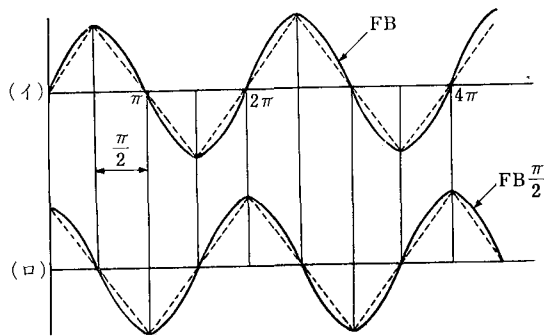


図 13 タイミングセンサー出力波形

図において光走査時の制御系は、アナログスイッチ SW_A が ON することによって構成される。タイミングセンサーによって検出された信号は各々センスアンプで増幅され図 13 のような第一のフィードバック入力信号 FB 及び第二のフィードバック入力信号 $FB_{\pi/2}$ として位相比較器に入力する。

一方、カウンタ、リードオンリーメモリ (ROM) によって原稿面上で光速が等速に走査される時の FB 信号とほぼ同波形になるような基準信号 REF 及びそれが立上り部にあるか立下り部にあるかを示す信号 a がコード化されたデジタル信号として発生され、位相比較器に入力される。光走査速度を変えたい時は、ROM 内のデータを変えれば実現できる。位相比較器は、上述した原理に基づいて揺動ミラー光走査時の各瞬時に於ける信号 FB と基準信号 REF に対する位相の進み遅れ及び位相差に応じた極性及び大きさの出力信号 (電圧) V_0 を発生する。光走査が終了し、ホーム位置へ揺動ミラーが戻るいわゆ

るリターン時にはアナログスイッチ SW_B が ON しリターン信号発生回路より、ホーム位置で角速度がほぼ零になるような制御信号が発生される。ホーム位置到達時点は、ホームセンサー出力信号によって判断でき、電磁石は、ホーム位置に到達した揺動ミラーを停止させる時励磁される。

3-4 試作結果

上記したような制御装置を製作し特に外乱に対する耐用を見るため、振動試験を試みた。加振波形としては正弦波を与え各周波数での許容外部振動 (許容変動角 0.13° 以内の精度で制御が可能な外部振動) を調べた。その結果を図 14 に示した。図より $0.25G$ ($0 \sim 200 \text{ Hz}$) 以内の

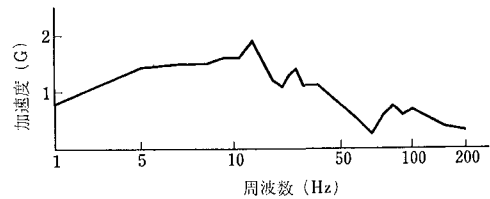
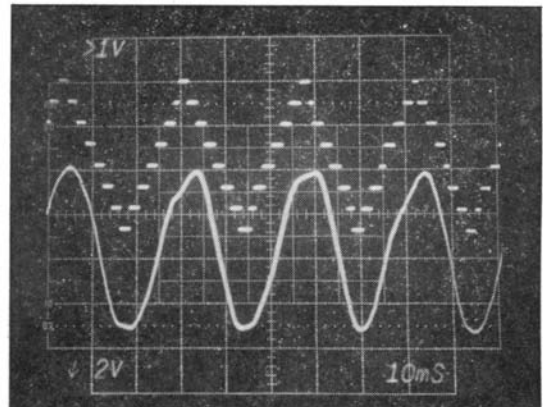
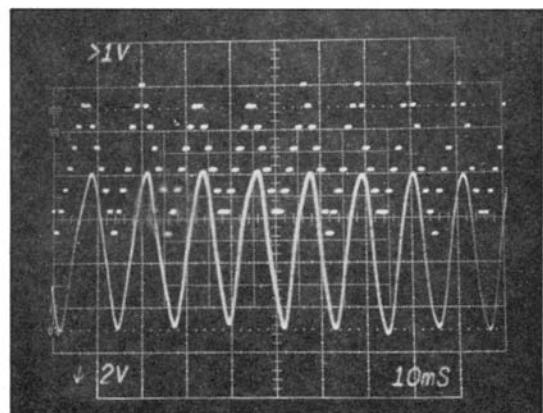


図 14 許容外部振動の加速度と周波数の関係



スタート後 140 m·sec
上部波形 REF
下部波形 FB
a) データ (1)



スタート後 700 m·sec
上部波形 REF
下部波形 FB
b) データ (2)

図 15 測定データ

外部振動にはここで試作したものは耐え得ることがわかった。

図 15 a), b) は, ROM からの基準信号 REF を D-A 変換した 1 周期 0.4° 相当の信号に対し, フィードバック FB 信号が 0.13 以内の精度でロックしている状態を示したものである。また図 15 a) と図 15 b) では位相比較器の動作周波数が異なり提案した位相比較器が広範囲な動作周波数で動作可能であることを示している。ここでの最大動作周波数は 100 Hz (角速度 $40^\circ/\text{sec}$ に相当) となっている。

4 おわりに

本報告では, 入力信号として三角波を理想とする時間連続型位相比較器の原理について述べ, この比較器を実際に揺動ミラーの駆動に応用して, その適合性についての確認を行なった。この位相比較器の特長と応用をまとめると次のようになる。

- ① 位置検出器より発生される信号の一周期の読取角度より精度の高い追値制御を実現することができる。
- ② 動作周波数を広範囲に選べる。従って非等速な追値制御に応用が可能となる。
- ③ この位相比較器の入力信号が三角波でない場合は, 三角波からのひずみによって発生する位相検出誤差

を検討し, これを検出誤差として配分して制御系を設計すればよい。

最後に精度について付記すれば, この位相比較器は入力信号として三角波を使用しているため, 入力信号の三角波の精度に応じていくらかでも高い精度の位相比較が可能である。別の目的で位置検出器より発生される信号として三角波形を作る試みも実際に行なわれているのでこれら技術と組み合わせれば高精度な制御が実現できることが考えられる。

最後に, 本研究にあたり, 特に技術本部電子技術部の方々に協力していただきましたことを深く感謝致します。

参考文献

- 1) A. W. Moore · “Phase-Locked loops for Motor Speed Control”, IEEE Spectrum, April 1973
- 2) J. Tal · “Modeling and Stability Analysis of Phase-Locked Servo Systems”. Proceedings of the Sixth Annual Symposium on Incremental Motion Control Systems and Devices, Urbana, Illinois, 229/235 (1977)
- 3) 鈴木他 · ホール素子による PLL 用連続位相差検出, 第 18 回計測自動制御学会学術講演会予稿集, 705/706 (1979)
- 4) 伊藤著 自動制御概論, 99/122, 昭見堂 (1968)
- 5) 藤本他 DIPS 用新ラインプリンタの機構駆動制御方式, 通研実用化報告, 23, 12, 2757/2758 (1974)

ジスアゾ顔料の同質異晶転移

Polymorphic Transformation of Disazo Pigment

筒井恭治* 橋本 充*

Kyoji Tsutsui Mitsuru Hashimoto

要 旨

電子写真用感光体の電荷発生物質として有用なカルバゾール系ジスアゾ顔料 3,6-ビス[2-ヒドロキシ-3-(3-ニトロフェニル)カルバモイル-1-ナフチルアゾ]-9-エチルカルバゾールを合成した。

X線回折, 赤外線吸収スペクトル, 示差熱分析, 熱重量分析の結果, この顔料が5種類の結晶型を持ち, これらの結晶型の間転移が起こることがわかった。

結晶転移は, 熱によって起こる場合とジメチルホルムアミド中に分散された状態で, 顔料分子とジメチルホルムアミドとの付加錯化合物を経由して起こる場合があった。

ABSTRACT

As a carrier generation material for the organic photoreceptor system, a pigment 3,6-bis [2-hydroxy-3-(3-nitrophenyl)carbamoyl-1-naphthylazo]-9-ethylcarbazole was synthesized.

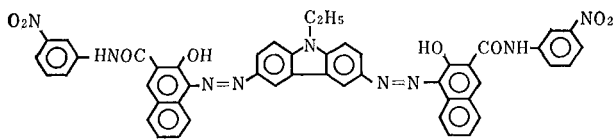
By x-ray diffractometry, ir-spectra, differential thermal analysis and thermogravimetric analysis, five crystal forms and the transformation among them were found.

Some of these crystal forms are thermally transformed. In addition, another form of the transformation takes place through solvated complexes of the pigment molecule with dimethylformamide.

1 はじめに

近年, 電子写真複写機の感光体材料として, 従来の Se, ZnO, CdS に代わる有機化合物の研究が盛んに行なわれ, 一部では実用化されている。このような有機化合物を利用した感光体の中でも, 電荷発生層と電荷輸送層とからなる機能分離型感光体は, 高感度が得られる可能性があり最も期待されている。

筆者らは, 機能分離型感光体の電荷発生層用の材料として, 各種のアゾ顔料を合成した。この中で構造式(I)で表わされるジスアゾ顔料, 3,6-ビス[2-ヒドロキシ-3-(3-ニトロフェニル)カルバモイル-1-ナフチルアゾ]-9-エチルカルバゾール(以下, DA-Cz 顔料と呼ぶ。)が複



(I)

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

数の結晶型を持つことを見出した。

ひとつの化合物が種々の分子配列をして, 複数の結晶構造をとる現象を同質異晶と呼び, フタロシアニン系顔料など一部の顔料では古くから研究されている^{1),2),3)}。たとえば, 銅フタロシアニンでは α 型, β 型, γ 型などの結晶型があり, 溶媒中での結晶転移, 熱による結晶転移, 機械力による結晶転移について報告されている。

顔料の結晶型は, 色調, 着色力, 隠ぺい力, 分散性など顔料の基本的な特性に大きな影響を与えるばかりでなく, 筆者らが目的とする電子写真用感光体の特性から見ても, 銅フタロシアニンでは, 結晶型により異なる特性を示すことが, 特許上で知られている。

筆者らは, 前記の DA-Cz 顔料が合成時の精製工程で結晶転移を起こすことに着目し, 結晶型間の転移の過程と条件を調べた。その結果, DA-Cz 顔料が5種類の結晶型を持つことを確認し, これらの結晶型の間転移には, 加熱により起こる結晶転移と N,N-ジメチルホルムアミド(以下, DMF と略す。)中に分散した状態で起こる結晶転移があり, 特に, 後者の DMF 中での転移では, DMF との付加錯化合物を経由して転移する場合があることがわかった。これらについて, 以下に報告する。

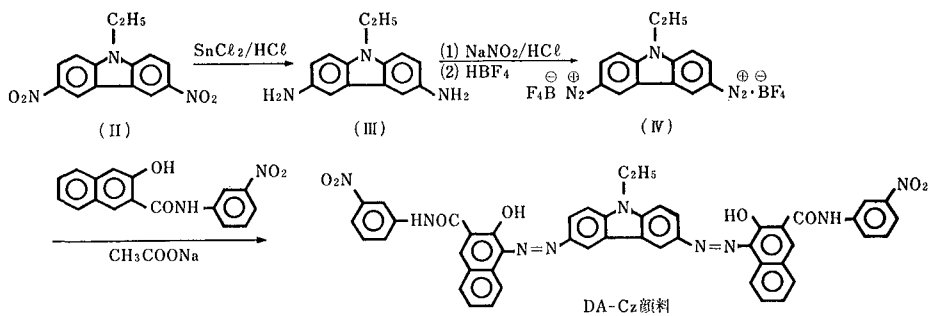


図 1 DA-Cz 顔料の合成経路

2 実 験

2-1 試料の合成と精製

DA-Cz 顔料は、3,6-ジアミノ-9-エチルカルバゾールと 2-ヒドロキシ-3-(3-ニトロフェニル)カルバモイルナフタレンとのカップリング反応で合成したジスアゾ顔料である。その合成経路を図 1 に示す。

3,6-ジニトロ-9-エチルカルバゾール (II) を塩化第 1 スズ/塩酸で還元して 3,6-ジアミノ-9-エチルカルバゾール (III) を得た。次に、これを塩酸中で亜硝酸ナトリウムでジアゾ化し、さらに、塩交換をしてホウフッ化水素酸塩とし、テトラゾニウム塩 (IV) の黄色の結晶を得た。

カップリング反応は、テトラゾニウム塩 (IV) と 2-ヒドロキシ-3-(3-ニトロフェニル)カルバモイルナフタレンを DMF に溶解した溶液に、酢酸ナトリウム水溶液を滴下し、5~10°C で行なった。滴下を始めるとすぐに青紫色の微細な結晶が析出してきた。滴下終了後、さらに約 3 時間攪拌した後、濾別して DA-Cz 顔料の粗製物を得た。

顔料の精製は、DMF による洗浄を繰り返して行なった。DA-Cz 顔料自身は、DMF に対してほとんど不溶である。

洗浄後の DA-Cz 顔料は、水洗により DMF を除いた後、室温で減圧乾燥した。

2-2 X線回折測定

X線回折測定は、理学電機(株)製リガクガイガーフレックス X線回折装置を使用し、粉末法で測定した。測定条件は、Cu-K α 線、管電圧 30kV、管電流 30mA である。

2-3 示差熱分析および熱重量分析

理学電機(株)製熱天秤・示差走査熱量計 (TG-DSC) リガクサーモフレックスを用い、示差熱分析および熱重量分析を行なった。測定は、参照物質にアルミナを用い、昇温速度 20°C/分で行なった。

2-4 赤外線吸収スペクトルの測定

日立赤外分光光度計 EPI-G 3 を用い、KBr 錠剤法により赤外線吸収スペクトルを測定した。

3 結果および考察

3-1 精製過程における結晶転移

粗製顔料の DMF による洗浄過程を観察すると、粗製顔料は、はじめは DMF に非常によく分散し、青紫色の均一な分散液となった。DMF 洗浄の操作を繰り返すと、結晶粒子が次第に大きくなり、色が赤味をおびてくるのが確認された。この変化の前後の顔料を水洗、乾燥して X線回折を測定した結果、回折パターンが全く異なり、結晶型が変化していることがわかった。ここで、結晶型を区別するため、変化前の結晶を α 型、変化後の結晶を β 型と名付けた。

また、顔料の DMF 分散液を攪拌せず放置したところ、 α 型、 β 型と異なる回折パターンを示した。この結晶を δ 型と名付けた。

α 型、 β 型、 δ 型の X線回折パターンを図 2 に示す。

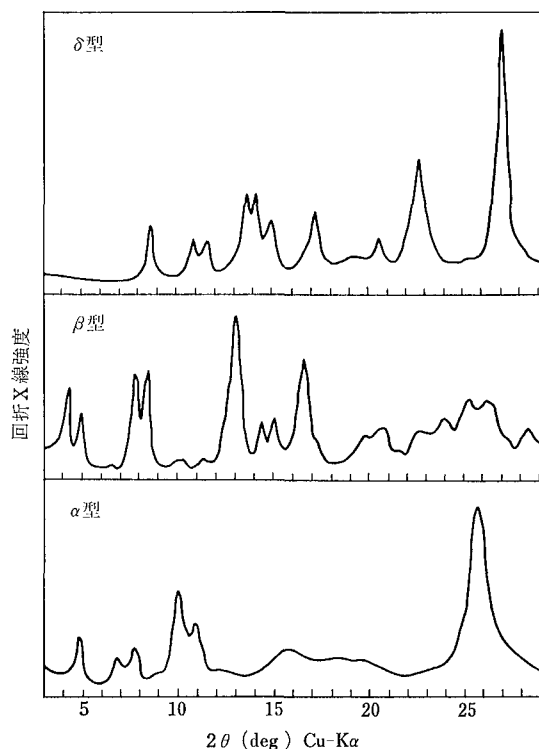


図 2 DA-Cz 顔料の α 型、 β 型、 δ 型の X線回折図

DA-Cz 顔料の粗製物を DMF で洗浄する過程で、3種類の異なる X線回折を示す結晶が得られたが、 β 型と δ 型の結晶は、後で説明するように DMF 中に分散された状態では α 型より安定な結晶であるといえる。

一般に、安定型結晶から不安定型結晶へ轉移させるには、いったん安定型結晶を溶媒に溶解し、貧溶媒中で再沈澱させる方法がとられる。たとえば、銅フタロシアニンの場合には、安定型の β 型を硫酸に溶解し、水中で再沈澱させて不安定型の α 型を得る。DA-Cz 顔料はエチレンジアミンには 1 g/10 ml 程度溶解するので、 β 型と δ 型の DA-Cz 顔料をエチレンジアミンに溶解し、水中で再沈澱させる方法を試みた。この方法で得られた結晶の X線回折パターンを図 3 に示す。

この結晶は、はっきりした回折線を持たず、DA-Cz 顔料の分子配列が、ほとんど規則性のない状態であると推定されるので、この結晶を非晶型と名付けた。

非晶型の結晶を、DMF に浸漬した後、再び水洗、乾燥すると、非晶型は α 型へ結晶化することが確認された。この様子を図 4 に示す。図から、浸漬時間が長くなるにつれて、回折線が鋭くなり、分子配列の乱れの少ない α 型へ結晶化していくことがわかる。

なお、このようにして得られた 4 種類の結晶型の DA-Cz 顔料の赤外線吸収スペクトルを図 5~8 に示す。赤外線吸収スペクトルには、吸収の強度比の変化はみられ

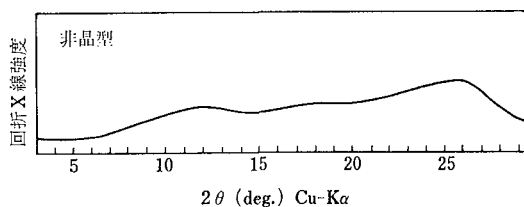


図 3 DA-Cz 顔料の非晶型の X線回折図

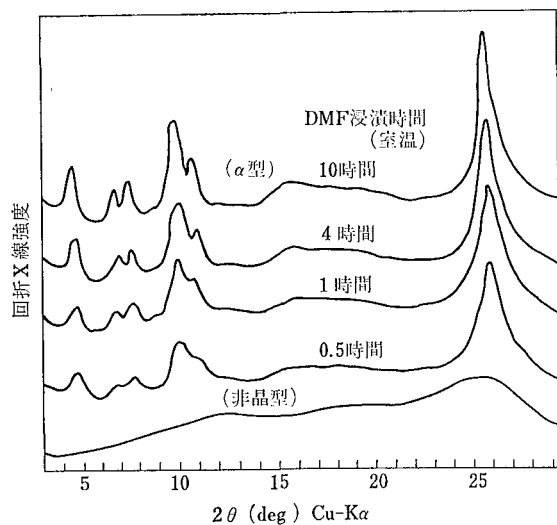


図 4 非晶型から α 型への結晶化 (X線強度の基準線は任意である)

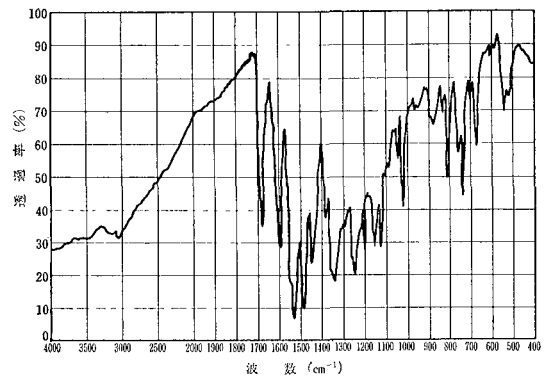


図 5 α 型 DA-Cz 顔料の赤外線吸収スペクトル (KBr disk)

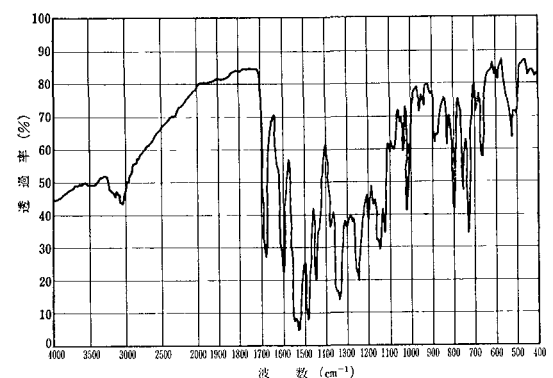


図 6 β 型 DA-Cz 顔料の赤外線吸収スペクトル (KBr disk)

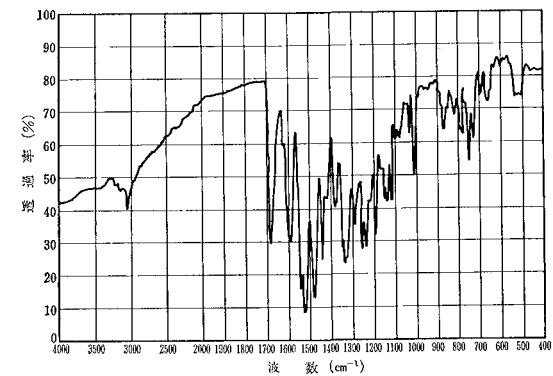


図 7 δ 型 DA-Cz 顔料の赤外線吸収スペクトル (KBr disk)

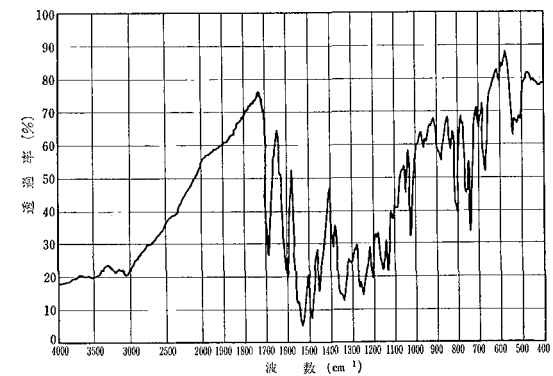


図 8 非晶型 DA-Cz 顔料の赤外線吸収スペクトル (KBr disk)

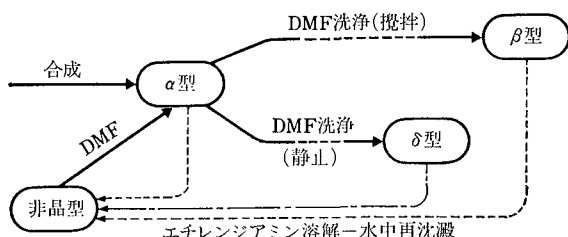


図9 DA-Cz顔料の精製時の結晶転移

るが、吸収の位置には顕著な差は認められず、化学構造的には同一物質であることが確認された。

以上の結果から、DA-Cz 顔料は、DMF 中に分散された状態で分子の配列の仕方が変わり、図9に示すように結晶型が転移することがわかった。

3-2 DMF 中における結晶転移

DMF 中に分散された状態で起こるα型からβ型への転移とδ型への転移の過程をDMF 浸漬処理とX線回折により、さらに詳しく調べた。

非晶型 DA-Cz 顔料 10g に対し DMF 20ml の割合の分散液を作り、攪拌しながら80°C に保ち、一定時間毎に分散液をサンプリングし、濾過、水洗、乾燥して、時間に対するα型からβ型への転移の割合を調べた結果を図10に示す。

非晶型は、1時間以内でα型へ結晶化し、浸漬8時間まではα型が保たれているが、浸漬時間が9時間ではα型の回折パターンの中にβ型の回折ピークと思われるピークが現われ、10時間では完全にβ型の回折パターンを示し、α型からβ型への結晶転移が起きたことがわかる。この転移の前後の分散液を光学顕微鏡で観察すると、

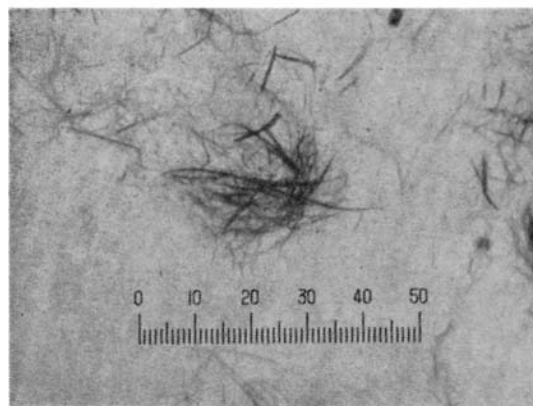


図11 DMF中に分散したβ型 DA-Cz 顔料の光学顕微鏡写真(倍率400倍)

α型の微結晶が、転移後は大きな針状結晶となっていた。顕微鏡写真を図11に示す。

次に、同じ分散液を静止状態で80°C に保ち、一定時間毎に分散液をサンプリングし、濾過、水洗、乾燥して、時間に対するα型からδ型への転移の割合を調べた結果を図12に示す。

α型からδ型への転移は、浸漬12時間で現われ、α型とδ型の回折線の混合した回折パターンを示し、20時間では、ほぼ完全にδ型へ転移したことがわかる。分散液は、δ型へ転移するにつれて、結晶が粗大になり、褐色味をおびてきた。顕微鏡で観察すると、転移後は板状結晶となっていた(図13参照)。

標準的なα型の10°と11°の回折線とβ型の13°の回折線を用い、混合比と面積強度比から検量線を求め、β型に変化する割合をβ化率とし、図10の結果から、結

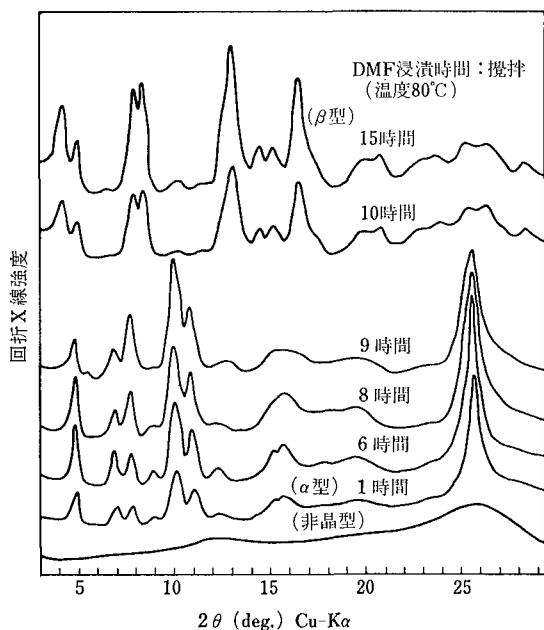


図10 DMF中でのα→β転移 (X線強度の基準線は任意である)

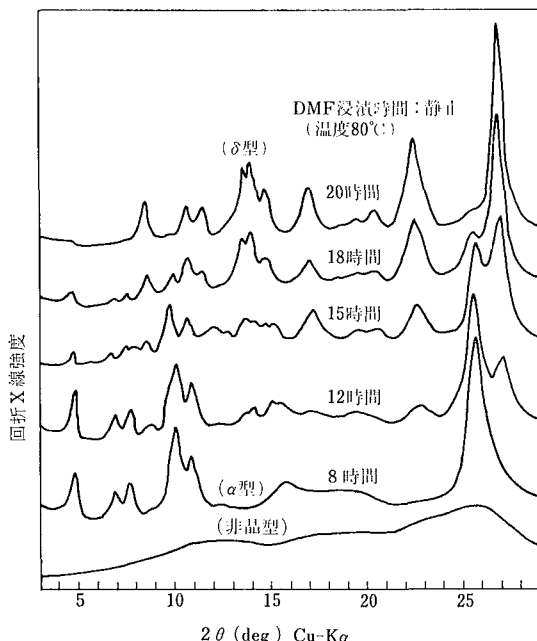


図12 DMF中でのα→δ転移 (X線強度の基準線は任意である)

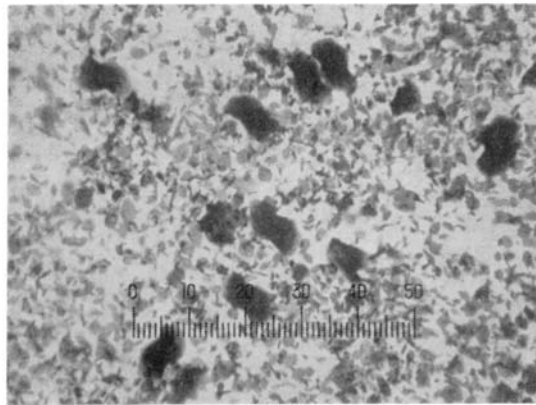


図 13 DMF 中に分散した δ 型 DA-Cz 顔料の光学顕微鏡写真 (倍率 400 倍)

晶転移における β 化率の時間に対する変化を図 14 に示す。同様に、図 12 の $\alpha \rightarrow \delta$ 転移における δ 化率の時間変化を図 15 に示す。

両図から、 80°C における DMF 中での結晶転移は、 $\alpha \rightarrow \delta$ 転移がゆるやかに起こるのに対して、 $\alpha \rightarrow \beta$ 転移は、8~10 時間の間で急激に起こっていることがわかる。

また、 $\alpha \rightarrow \beta$ 転移、 $\alpha \rightarrow \delta$ 転移は、分散液の温度が 140°C のときは、数分間で起こり、転移の速度に対して温度の影響が非常に大きいことがわかる。

分散液を加熱しながら、転移の様子を光学顕微鏡で観

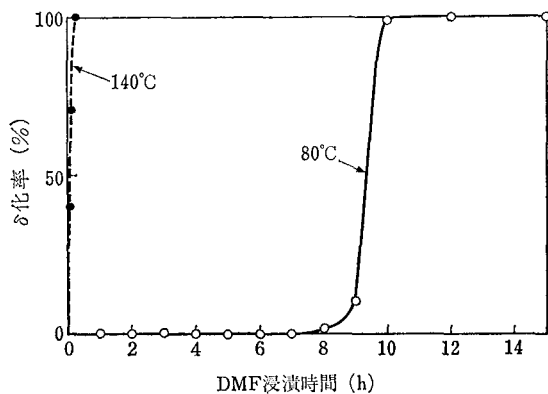


図 14 $\alpha \rightarrow \beta$ 転移における DMF 浸漬時間と β 化率 (分散液を攪拌した場合)

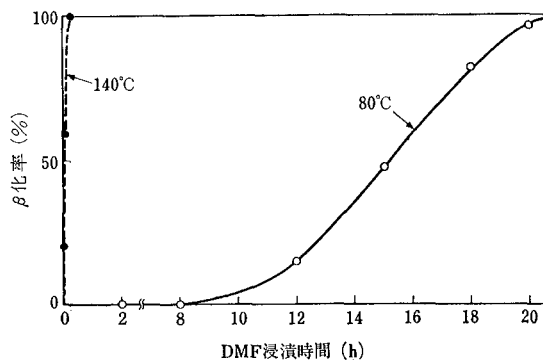


図 15 $\alpha \rightarrow \delta$ 転移における DMF 浸漬時間と δ 化率 (分散液を放置した場合)

察すると、はじめ分散した α 型の微結晶の中の一部に β 型の針状結晶または δ 型の板状結晶が現われ、これが次第に成長し、増加していくのが認められた。 $\alpha \rightarrow \beta$ 転移と $\alpha \rightarrow \delta$ 転移が同時に起こらないこと、また、観察された転移の様子から、DMF 中で α 型が結晶化していく過程で、 α 型の一部が β 型か δ 型へ転移すると、全体がその方向へ転移していき、結晶生成が結晶核をもとにして起こっていると考えられる。そこで、次に、結晶転移に対する結晶核の効果を調べた。

α 型の中に、結晶核として 1 wt% の β 型を添加し、通常は δ 型へ転移する静止した状態で DMF に浸漬しても δ 型へは転移せず、結晶核と同じ β 型へ転移した。また δ 型を添加した場合は、 δ 型への転移が見られ、結晶核添加の効果があることがわかったが、実際の転移の場合、最初にどのようにして β 型や δ 型の結晶ができるのかはとらえることができなかった。

DA-Cz 顔料を DMF 洗浄したのち、水洗せずに濾過、乾燥した場合、水洗して得た場合とは異なる X 線回折パターンを示すことが確認された。これは、 α 型と β 型の DA-Cz 顔料が DMF 分子を結晶内に取り込んだ DMF 付加錯化合物を形成したものと考えられ、これらをそれぞれ $\alpha \cdot \text{DMF}$ 、 $\beta \cdot \text{DMF}$ と呼ぶことにした。 $\alpha \cdot \text{DMF}$ と $\beta \cdot \text{DMF}$ の X 線回折パターンを図 16 と図 17 に示す。

DA-Cz 顔料そのものの結晶である α 型、 β 型と、付加錯化合物の結晶である $\alpha \cdot \text{DMF}$ 、 $\beta \cdot \text{DMF}$ の X 線回折パターンを比較すると、 α 型の回折角 $5 \sim 10^\circ$ の回折線、 26° の最強回折線、 β 型の $4 \sim 17^\circ$ の回折線など基本的な

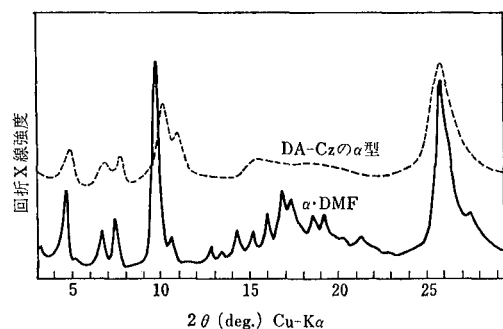


図 16 DMF 付加錯化合物 $\alpha \cdot \text{DMF}$ の X 線回折パターン

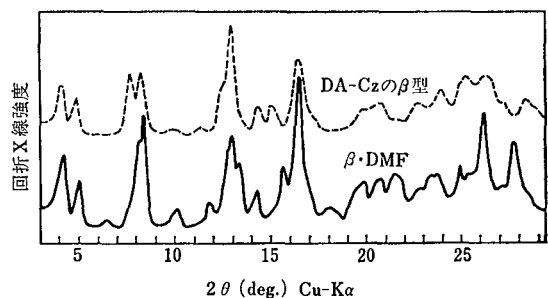


図 17 DMF 付加錯化合物 $\beta \cdot \text{DMF}$ の X 線回折パターン

回折パターンは、回折角に少し差があること、 α ・DMF、 β ・DMF の回折線のほうが鋭いこと以外は、よく似ているが、 α ・DMF の $13\sim 20^\circ$ には、 α 型にはない回折線が明らかに認められ、 β ・DMF にも 25° 付近に、 β 型にはない回折線が認められる。

これらが、DMF 付加錯化合物であることを確認するため、熱分析を行なった。 α ・DMF と β ・DMF の TG-DSC による熱分析の結果を図 18 および 19 に示す。

α ・DMF の TG-DSC には、 160°C 付近に、約 6% の重量減少をともなった大きな吸熱が認められる。また、 β ・DMF にも、 160°C 付近に、約 4.5% の重量減少をともなった大きな吸熱が認められる。

α ・DMF と β ・DMF をこの吸熱の起こる 160°C に加熱したときの結晶状態の変化を図 20 および 21 に示す。

α ・DMF は、 160°C に加熱すると DA-Cz 顔料そのものの結晶型である α 型へ変化し、 β ・DMF も同様に DA-Cz 顔料そのものの結晶型である β 型へ変化した。

この結果から、 α ・DMF と β ・DMF に共通して見ら

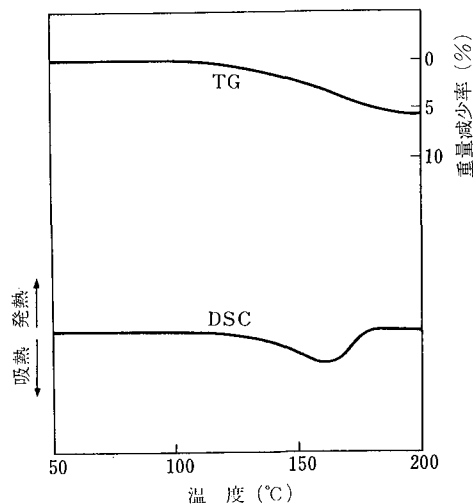


図 18 DMF 付加錯化合物 α ・DMF の TG-DSC 図

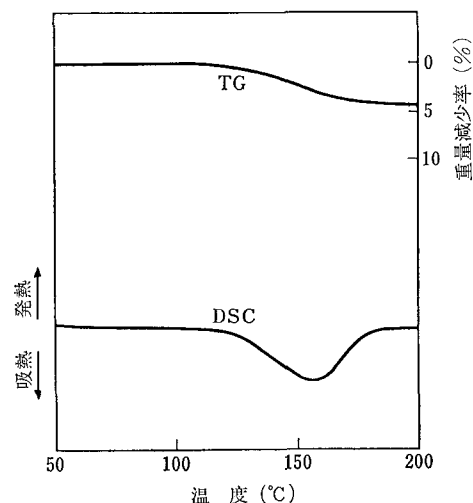


図 19 DMF 付加錯化合物 β ・DMF の TG-DSC 図

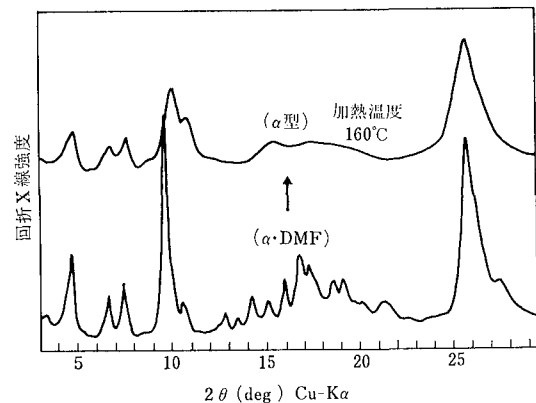


図 20 DMF 付加錯化合物 α ・DMF の熱処理 (X線強度の基準線は任意である)

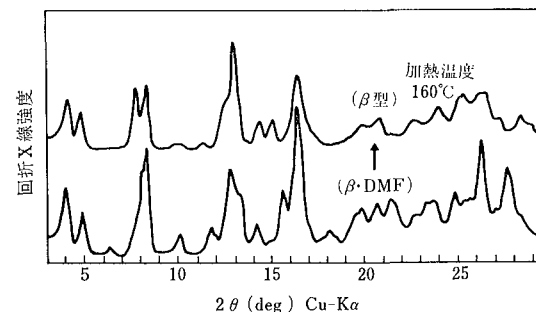


図 21 DMF 付加錯化合物 β ・DMF の熱処理 (X線強度の基準線は任意である)

れる 160°C 付近の重量減少をともなう吸熱は、結晶内に取り込んだ DMF 分子を放出したことによるもので、付加錯化合物 α ・DMF と β ・DMF が、この温度で分解することがわかる。

α ・DMF と β ・DMF は、DMF 中に浸漬した顔料を濾過後、室温で減圧乾燥したときに得られたが、同じものを 80°C に加熱して減圧乾燥した場合や、水洗してから室温で乾燥した場合は、このような DMF 付加錯化合物は得られず、DA-Cz 顔料そのものの結晶である α 型や β 型が得られた。

このことは、 α ・DMF や β ・DMF の顔料分子と DMF 分子の結合は弱く、強い条件で乾燥したり、DMF と親和性のよい水で洗浄するだけで、付加錯化合物が分解してしまうことを意味している。

DA-Cz 顔料の α 型と β 型が、DMF が存在すると DMF との付加錯化合物を形成し、 α ・DMF や β ・DMF となることから、DMF 中に浸漬した状態では、顔料分子と DMF 分子が無関係に存在するのではなく、 α ・DMF や β ・DMF の形で存在することは明らかである。

したがって、3-1 で述べた DA-Cz 顔料の α 型から β 型への転移は、実際には図 22 に示すように DMF 付加錯化合物を経由して起こるものと考えられる。つまり、 α 型を DMF に浸漬すると、DMF 付加錯化合

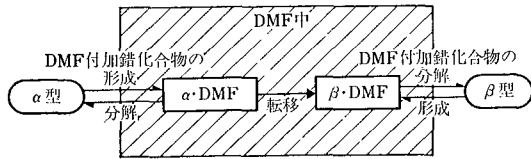


図 22 α型からβ型への転移の過程

物 α·DMF を形成し、次に、これが DMF 付加錯化合物の β·DMF へ転移する。この β·DMF が、加熱や水洗により分解し、DA-Cz 顔料の β 型となる。

一方、δ 型には DMF 付加錯化合物は観測されず、α 型から δ 型への転移の場合には、DMF 付加錯化合物の α·DMF が、転移の過程で分解して δ 型へ転移しているものと考えられ、この部分が α→β 転移と α→δ 転移の分岐点となっていることが推察されるが、更にくわしく検討中である。

このような溶媒との付加錯化合物を経由して結晶転移が起こることは、亜鉛フタロシアニンの α→β 転移で報告されている^{4),5)}。亜鉛フタロシアニンは、溶媒中で α 型から β 型へ転移するが、使用する溶媒によって、単純に転移する場合、別の中間体を経由する場合、溶媒との付加錯化合物を経由する場合がある。特に、溶媒が分子内に非結合性の孤立電子対を持つ場合、たとえば、ビリジン、ジメチルスルホキシド、1,4-ジオキサンなどでは溶媒付加錯化合物を形成して転移するとしている。本報告の DA-Cz 顔料が付加錯化合物を形成する DMF もこの種の溶媒であり、付加錯化合物を経由して転移するという点で共通している。

3-3 熱による結晶転移

顔料が同質異晶を示す場合、加熱により結晶転移することはよく知られている。DA-Cz 顔料の結晶転移にもなる吸熱、発熱を TG-DSC によりとらえた。

図 23~26 に、それぞれ α 型、β 型、δ 型、非晶型の各結晶の TG-DSC の結果を示す。

α 型は、210°C 付近に重量変化をとまなわないうち小さな吸熱と 260°C 付近に同じく重量変化をとまなわないうち大きな発熱があり、さらに、昇温すると、340°C で急激に重量減少しながら発熱して分解する。非晶型は、α 型とよく似た曲線を示し、260°C 付近から大きく発熱した後、340°C で分解するが、210°C 付近に吸熱がない点が α 型と異なる。β 型にも、重量変化をとまなわないうち小さな発熱があり、α 型、非晶型と同じ 340°C で分解する。これらの 3 種類の結晶型が重量変化をとまなわないうち吸熱、発熱を示すのに対し、δ 型には、このような吸熱、発熱が認められない。そればかりでなく、δ 型の分解点は他の結晶型よりも約 20°C 高いことがわかる。

α 型、β 型、非晶型の TG-DSC の曲線に現われた重量変化をとまなわないうち吸熱、発熱は、結晶の転移に起因するものと考えられる。この吸熱、発熱が起きていると

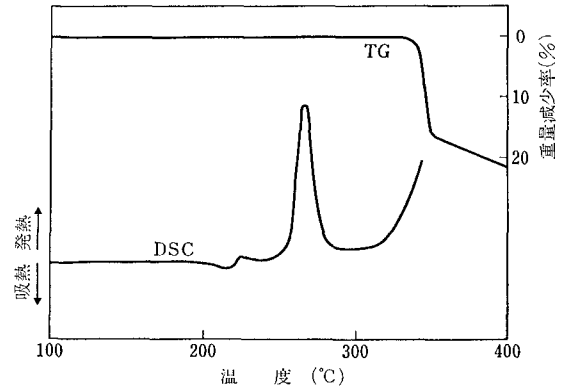


図 23 α 型の TG-DSC 図

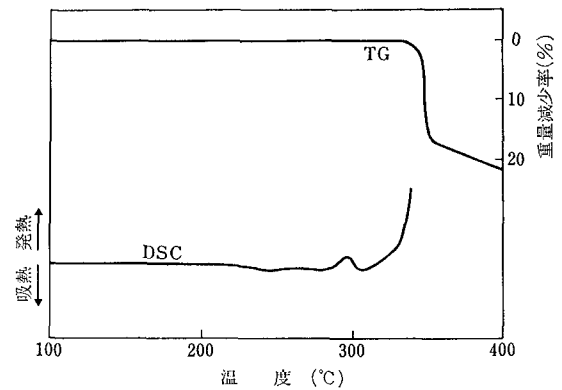


図 24 β 型の TG-DSC 図

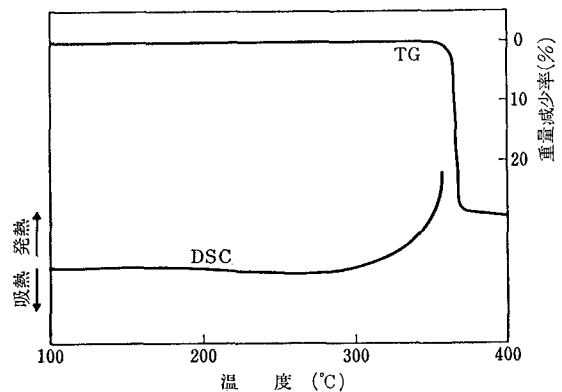


図 25 δ 型の TG-DSC 図

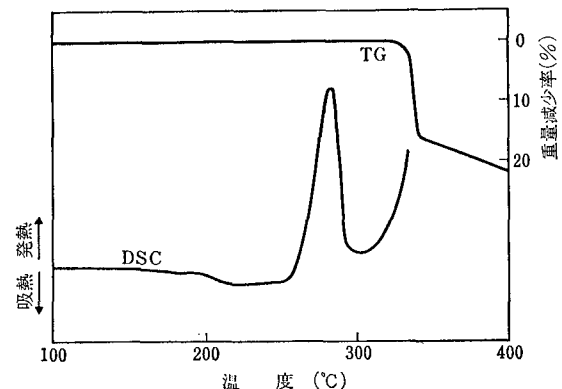


図 26 非晶型の TG-DSC 図

き、実際に、結晶の状態がどのように変化しているのかを調べるため、各結晶型の熱処理を行ない、X線回折測定で結晶型の変化を追跡した。

熱処理は、TG-DSCの結果と対応できるように、TG-DSCの装置を利用して、吸熱や発熱の起こる温度まで、測定のとおり同じ20°C/分の速度で昇温した後、直ちに取り出して室温まで戻すという方法で行なった。

図27~29に α 型、 β 型、非晶型の熱による結晶転移の過程を示す。

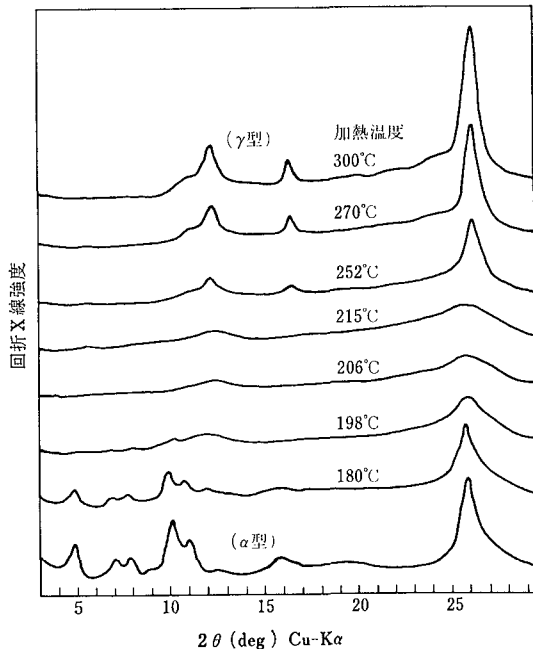


図27 α 型の熱処理による転移 (X線強度の基準線は任意である)

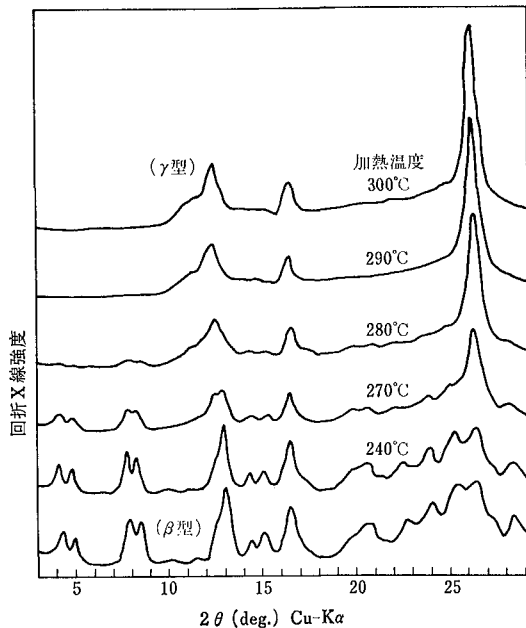


図28 β 型の熱処理による転移 (X線強度の基準線は任意である)

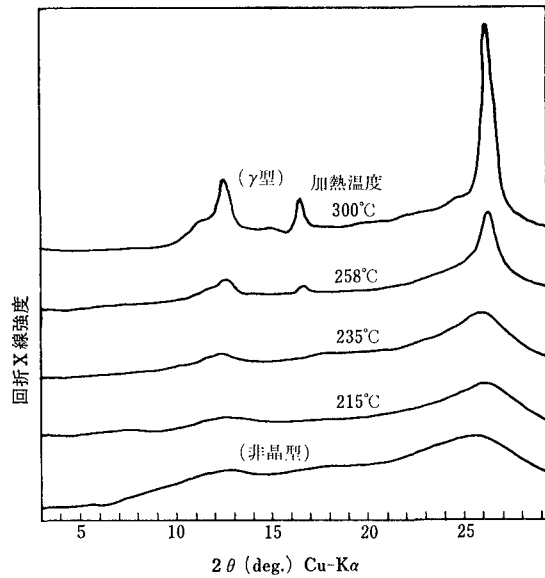


図29 非晶型の熱処理による転移 (X線強度の基準線は任意である)

α 型では200~215°Cの吸熱とともに回折ピークがなくなって非晶型と同じパターンを示し、さらに、260°C付近の発熱で、 α 型、 β 型、 δ 型とは異なる回折パターンを示す結晶へ転移した。この結晶型を新たに γ 型と名付けた。また、非晶型も260°C付近の発熱で α 型と同様に γ 型へ変化した。

一方、 β 型は、小さな発熱のある280~290°Cで、 β 型の回折線が徐々に小さくなり、同時に、 α 型から転移したのと同じ γ 型の3本の回折線が現われた。

α 型から γ 型への転移の過程では、いったん吸熱して、 α 型よりも不安定な状態と思われる非晶型を経由するのに対して、 β 型から γ 型への転移ではこのような状態は観測されない。

α 型から γ 型への転移では“活性化エネルギー”に相当する吸熱により、分子配列に規則性のない不安定な状態となり、次に、大きな発熱分のエネルギーを放出して α 型よりも安定な γ 型へ結晶化するものと考えられる。 β 型では、 γ 型へ転移するときに放出するエネルギーは少なく、 β 型と γ 型の間のエネルギーレベルの差は、 α 型と γ 型に比べ小さい。この関係を模式的に表わせば、図30

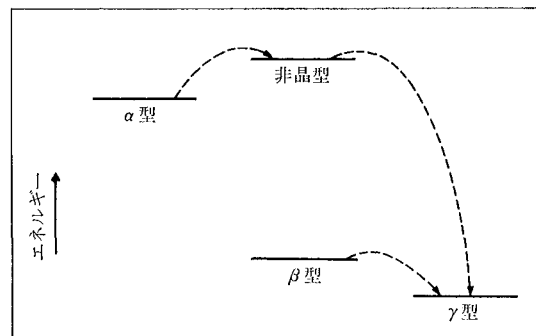


図30 各結晶型のエネルギーレベル

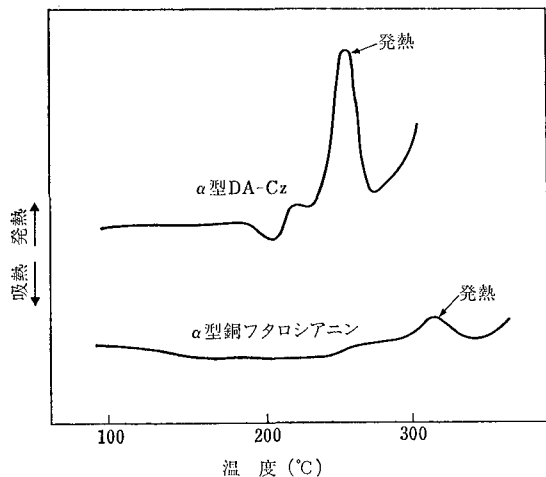


図 31 α 型銅フタロシアニンと α 型 DA-Cz の DSC 図
サンプル量はいずれも 16 mg

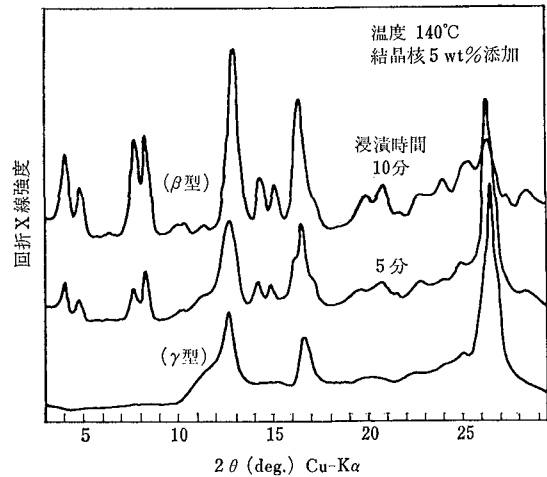


図 32 DMF 中での $\gamma \rightarrow \beta$ 転移
(X線強度の基準線は任意である)

のようになる。

図 25 の δ 型の TG-DSC 曲線には、結晶転移に関連する吸熱・発熱は見られないが、実際に、分解点の近くまで δ 型の回折パターンが保たれていることを確認した。また、 δ 型の分解点は 360°C で、 α 型や β 型から転移してできた γ 型より約 20°C 高く、熱に対して最も安定であることを示している。

熱による結晶転移が調べられている銅フタロシアニンの α 型から β 型への転移では、 246 kcal/mol の発熱があることが報告されている⁶⁾。図 31 は、銅フタロシアニンと DA-Cz 顔料の α 型を同じ条件で測定した DSC 曲線である。両者は、転移による発熱温度は異なるが、発熱量は DA-Cz 顔料のほうが多く、不安定型と安定型のエネルギー差が銅フタロシアニンよりも大きいことがわかる。

3-4 γ 型の DMF 中での挙動

γ 型は、 α 型、非晶型、 β 型から熱によって転移した熱不安定型の結晶である。しかし、DA-Cz 顔料では銅フタロシアニンとは異なり、熱による不安定型と DMF 中での不安定型が同じではない。そこで、熱による不安定型である γ 型が DMF 中で、どのような挙動を示すかを調べた。

図 32 は、 γ 型の結晶に対して、 β 型の結晶を 5 wt% 添加した試料を DMF 中に分散して、 140°C に加熱したときの結晶状態の変化を示す。また、同様に δ 型を添加した場合の変化を図 33 に示す。

図から、 β 型の結晶核を加えたものは β 型へ、 δ 型の結晶核を加えたものは δ 型へ転移したことがわかる。しかし、結晶核を添加しなかった場合は、この程度の時間では γ 型のままで変化は見られなかった。

γ 型では、 α 型に比べ β 型、 δ 型への転移は起こりにくい。結晶核を加え高温にすれば転移が起こり、熱不安定型の γ 型結晶も、DMF 中では DMF 不安定型の β 型、 δ 型へ転移が起こることが確認された。

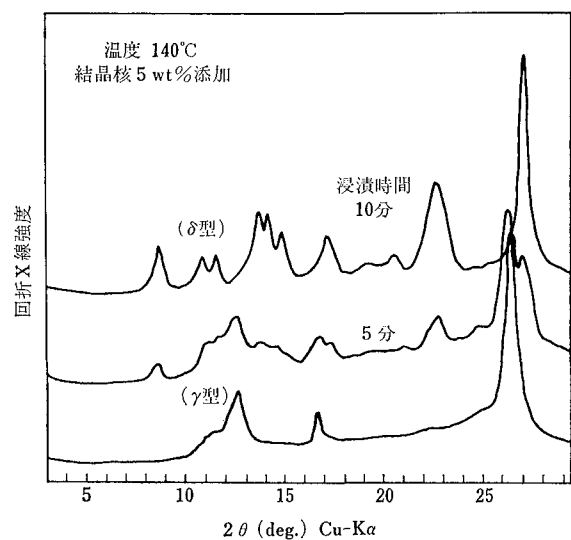


図 33 DMF 中での $\gamma \rightarrow \delta$ 転移
(X線強度の基準線は任意である)

DMF 中での転移が単なる不安定型から不安定型への転移ならば、銅フタロシアニンのように、熱によって起こる転移と DMF 中での転移が同じものであるはずである。また、熱不安定型の γ 型が DMF 中ではむしろ不安定型として挙動することは、DMF 中での転移が単なる DA-Cz 顔料単独での不安定型から不安定型への転移ではなく、 α 型および β 型の DMF 付加錯化合物の存在が示すように、DMF が深く関係していることを示唆している。

4 おわりに

本報告では、DA-Cz 顔料の熱による結晶転移と DMF 中での結晶転移について述べた。この範囲で見出された結晶型は、 α 型、 β 型、 γ 型、 δ 型、非晶型の 5 種類である。これらを整理すると、結晶型の間には、図 34 に示す関係があることがわかる。

DA-Cz 顔料は、熱によって起こる結晶転移と、DMF

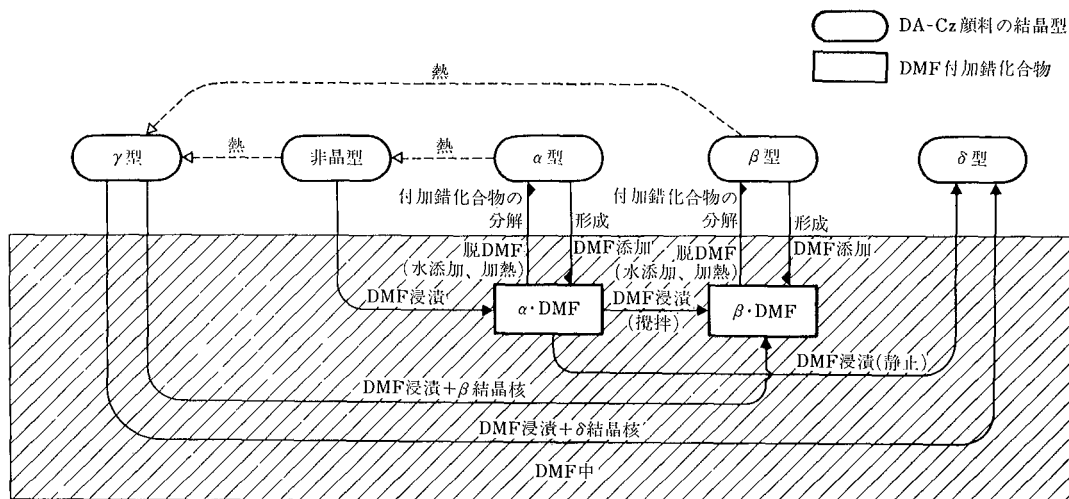


図 34 DA-Cz 顔料の各結晶型の関係

中で起こる結晶転移が全く異なり、しかも、熱安定型の結晶型と DMF 中での安定型の結晶の間で転移が起こるなど複雑な同質異晶現象を示す。特に、DMF 中では、DMF 付加錯化合物を形成して転移し、DMF が転移に対し重要な役割を果たしていることがわかり、このことは、他の溶媒を用いれば、さらに別の結晶型が得られる可能性があることを示唆している。

これら5種類の結晶型の DA-Cz 顔料を電荷発生材料として用いた積層型電子写真感光体は、結晶型により電子写真特性が大きく異なり、α型だけが特に良好な光減衰特性を示した。このような顔料の結晶構造と電子写真特性の関係は、感光体材料の設計に対して重要な問題であり、今後の研究課題であると考えられる。

おわりに、本研究を行なうにあたり、熱分析にご協力をいただいた理学電機(株)高橋一好氏に感謝いたします。

また、化合物の分析にご協力をいただいた分析技術センターの方々、適切なご指導とご協力をいただいた材料技術部の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) M. Ashida, N. Uyeda and E. Suito J. Crystal Growth, 8, 45 (1971)
- 2) 高橋 浩. 色材, 36, 550 (1963)
- 3) 番匠吉衛, 鈴木 茂, 齊藤イホ, 関口辰夫 工化, 67, 168 (1964)
- 4) T. Kobayashi, N. Uyeda and E. Suito J. Phys. Chem., 72, 2446 (1968)
- 5) 植田 夏 化学と工業, 22, 110 (1969)
- 6) J. H. Beynon and A. R. Humphries Trans Faraday Soc. 51, 1059 (1955)

腕時計用プラコンベック形AT板水晶振動子の開発

Development a Plano Convex AT-cut Quarts Resonator

吉田純一^{*}
Junichi Yoshida

要 旨

年差数秒の高精度腕時計を実現させるために AT 板水晶振動子を超小形化することを試みた。

その結果、直径が 4 mmφ でも曲率の適切なプラコンベックス状にすることにより純粋な厚みすべり振動を持つ振動子の得られることがわかった。また振動片の側面でのみ支持する方法により十分な耐衝撃性が示され、さらに切断角度を選び平坦な温度特性が得られた。

本振動子を腕時計内に実装し精度試験を行った結果、周波数エージング特性は年間 1 ppm 以内、年間の累積秒誤差が年差 5 秒程度であることが確認できた。

ABSTRACT

This paper concerns with our latest achievement on 4.2 MHz miniature AT-cut quartz resonators for a high accurate wrist watch. Although its diameter is only 4.0 mm, a plano convex shape of the resonator gives rise to pure thickness shear modes.

A supporting method at a side face only gives a good shockresistance, retaining its low CI value and high Q value. And a flat frequency vs. temperature characteristic was obtained at a specific cutting angle.

This resonator was assembled in a wrist watch and its frequency aging characteristic and the accuracy of a watch under a normal wearing experiment were measured. The results indicate that the resonator has an excellent frequency aging characteristic less than 1 ppm in one year and the error of a watch is, accordingly, 5 seconds in one year at most.

1 はじめに

現在水晶腕時計用振動子としては、主として、図1に示すような屈曲振動を行なう音叉形水晶振動子が用いられている。この振動子は、小形で耐衝撃性にすぐれ、周波数も 32 [kHz] と低く消費電力の点で優れているので、腕時計用に広く用いられている。しかし、その周波数温度特性は上に凸の二次曲線で表わされ、5°C~40°Cでの周波数変化率が約 14 ppm もあるだけでなく、年間の周波数エージングとして普通 2~3 ppm を見込まなければならないので、これをそのまま用いる時計の精度は月差で 10~20 秒程度に止まっている。

そこで、より高精度の(例えば年差数秒というような)腕時計を実現させるためには、音叉形振動子に何等かの

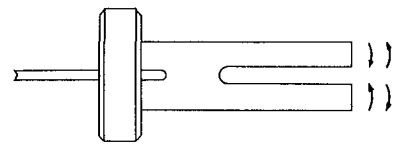


図1 音叉形水晶振動子

温度補償を行なうか、あるいは別種の振動子で周波数の温度特性とエージング特性の良好なものの開発を行わなければならない。

筆者らは、後者を探ることとし電子工学各分野の高安定周波数発生用として広く使用されてきた AT 板水晶振動子に着目し、その特性をそこなうことなく腕時計用に超小形化することを試みた結果、概ね所期の振動子が得られたので、以下に報告する。

2 腕時計用小形 AT 板水晶振動子開発の方針と手順¹⁾

AT 板水晶振動子の振動は図2に示すような、上下の

^{*}リコー時計㈱ 開発部

Development Department, Ricoh Watch CO., LTD.

板面が板面に平行でかつ互いに反対方向にすべるような歪みの波動が厚み方向へ伝播して生ずる定在波振動である、いわゆる厚みすべり振動であるから、輪郭寸法に対して厚み寸法を十分小さくする程純粋な振動が得られやすい。しかし厚み寸法を小さくすると共振周波数は高くなり、これに比例して発振、分周に使用する LSI での消費電流が増加するので、腕時計用としては周波数におのずから限界がある。低消費電流の LSI の開発も進んでいるが、現状では約 $5\mu\text{A}$ の消費電流を許容すれば周波数を 42MHz にできるので、本開発ではこの周波数を採用することにした。この場合厚み寸法は約 0.4mm となる。

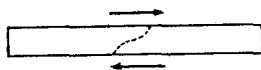


図 2 厚みすべり振動

次に、輪郭は量産性を考慮して円形にすることとするが、腕時計用としてはその直径はなるべく小さいことが望ましい。従来小形 AT 板振動子として直径約 $6\text{mm}\phi$ のものは開発されているが、本開発では約 $4\text{mm}\phi$ を目標とすることにした。

この結果、輪郭寸法と厚み寸法の比は約 10 とかなり小さくなり、円板の板面が平面のままでは、輪郭寸法の影響をより強く受け、輪郭に起因する好ましくない種々雑多な振動（副振動）が存在しやすく純粋な厚みすべり振動が得にくい。このため本開発では板面を平凸レンズ状すなわちプラノコンベックス形にして輪郭の影響を軽減することとした。もちろんその形状にしても輪郭関係の振動は残存するので、その振動周波数が、使用する厚みすべり振動に近接して結合し、AT 板本来の特性をそこなうことのないよう慎重に寸法を選択を行なうこととした。

又プラノコンベックス形にすることにより振動子の円周部分の振動振幅を大幅に小さくできると思われるので、振動子の特性を劣化させることなく十分強力に水晶振動片を支持する方法を考察することとした。

これによって、本来の厚みすべり振動をする小形 AT 板水晶振動片を安定に支持できるので、そのうえで水晶片の切り出し方位と周波数温度特性との関係を実験的に詳細に検討し、適切な方位を決定すれば新振動子の開発は概ね完了する。

3 形状の決定

前節で述べたように、本開発の振動子は一方の板面を平面とし、他方の板面を凸レンズ状に球面として輪郭の影響をできるだけ軽減することとした。

この方式は振動子切り出し方位の基準を平板面に置く

ことができるうえ、形状パラメータが最も少ないので、高性能 AT 板振動子の量産に適するものである。

具体的には、まず切り出し方位一定で直径 $40\text{mm}\phi$ の AT 板水晶片何枚かを用い、それらの板面を 6 種の曲率の球面に研磨したのち、図 3 のような空隙型ホルダーに納め、図 4 のような測定システムでそれぞれの共振周波数特性を測定した。図 3 のホルダーでは、試料振動子になるべく拘束力を加えぬようにするため、上部電極は試料振動子の球面曲率よりやや小さい曲率の凹球面にし、振動子とは振幅の小さい周辺部でのみ接触し主要な中心部では約 0.1mm の空隙ができるようにしてある。

得られた各種球面曲率の試料の共振周波数特性を横軸に曲率、縦軸に周波数をとってまとめると、図 5 のいわゆるモードチャートが作成できる。図中の各点は共振で、

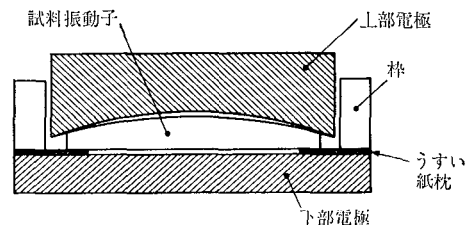


図 3 空隙型ホルダー

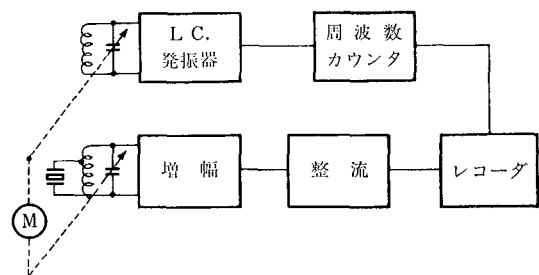


図 4 共振周波数特性測定システム

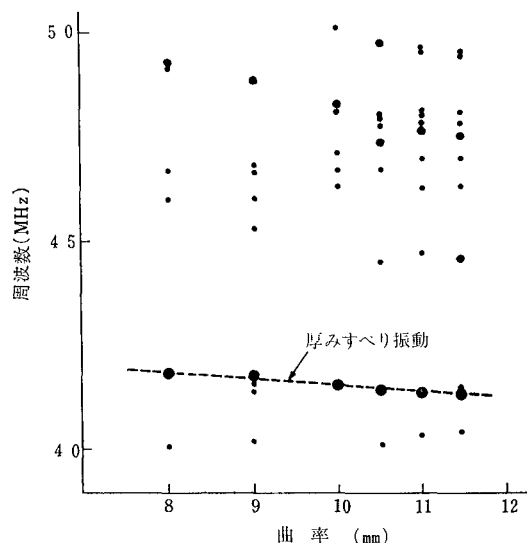


図 5 モードチャート

その大きさは概ね共振の強さを表わしている。このモードチャートによれば、曲率が 9.0 mmR と 11.5 mmR のとき厚みすべり振動と思われる主要な強い共振に近接して望ましくない副振動が存在するので、その影響を考えるとこれらの曲率はさげなければならない。

しかし近接副振動の存在しない範囲でも、他の雑振動が主要な振動に結合していることは望ましくないので、

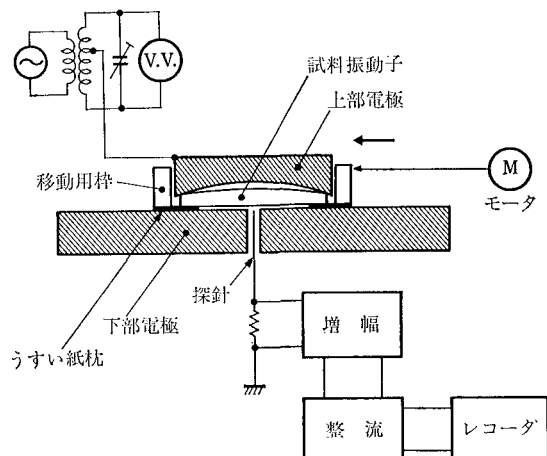


図 6 電気探針法

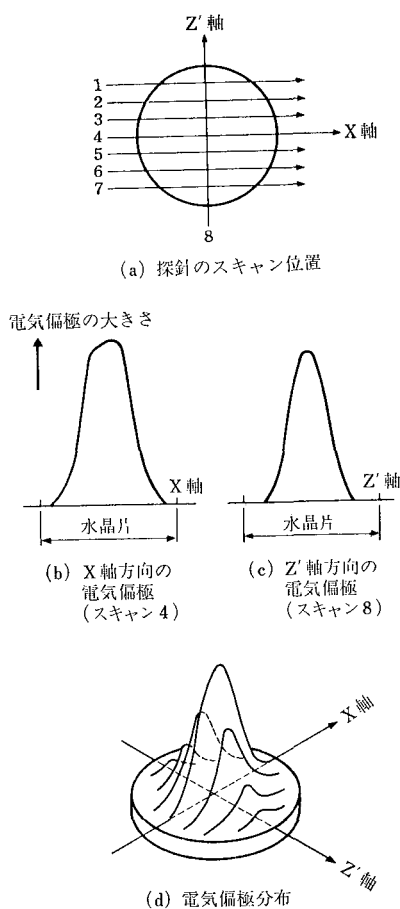


図 7 振動姿態の観察

われわれは主要な振動の振動姿態を電力探針法で観察しチェックした。図 6 はこの観察装置である。この方法によれば、探針により振動子の振動歪分布に対応する電気偏極分布を観察できる²⁾。図 7 (a) は振動子に対する探針のスキャン位置、図 7 (b), (c) は測定結果の例である。図 7 (d) は全測定結果を立体的に表わしたもので、主要な振動の厚みすべり変位の大きさ分布に対応する。

この観察により、主要な厚みすべり振動は他の雑振動との結合がなく純粋であることが確認され、輪郭である直径と厚みの比が 10 という小形 AT 板水晶振動子でも、形状の選択を適切に行えば AT 板本来の特性が得られると期待できることが判った。

4 支持構造の決定

純粋な厚みすべり振動をする所期の小形 AT 板水晶振動片が得られれば、その振動を拘束することなく、かつ腕時計用として十分な耐衝撃性をもつ支持構造を工夫しなければならない。

前節に示した図 7 (d) によれば、主要な厚みすべり振動は振動片の中央部に集中し周辺部の変位は十分に小さくなっているため、この部分の支持について種々詳細な検討を行なった。

まず、一般の短波通信用の AT 板水晶振動子のように振動片の周辺部を支持線ではさみこむと、Q 値が極度に低くなり、同時に CI 値 (等価直列抵抗値) も非常に高くなってしまった。このことから本開発の水晶振動片では、支持が主面に及ぶことはさげ、側面でのみ行なうこととした。

そこで、振動片の外周にあわせた半円弧状の支持枠を作り、2つの枠の間に振動片をはさみこんだのち振動片の側面に予め着けておいたいわゆるタブの部分で支持枠を半田づけする方法を試みた。しかし支持強度は十分であったが振動子の電気特性がかなり劣化し、その原因が図 8 (a) に示すように主面にまで半田が流れることにあると思われた。そこで図 8 (b) のごとく振動片側面上でタブを長くし、図 8 (c) のようにその端部で支持枠を半田づけして振動片の主面にまで半田がとけて流れ込まないようにした。その結果、支持強度は十分で耐衝撃性がすぐれているだけでなく、振動子の電気特性も良好なので本方式を採用することとした。

なお、厚みすべり振動の振動方向が、水晶の結晶軸の X 軸方向である

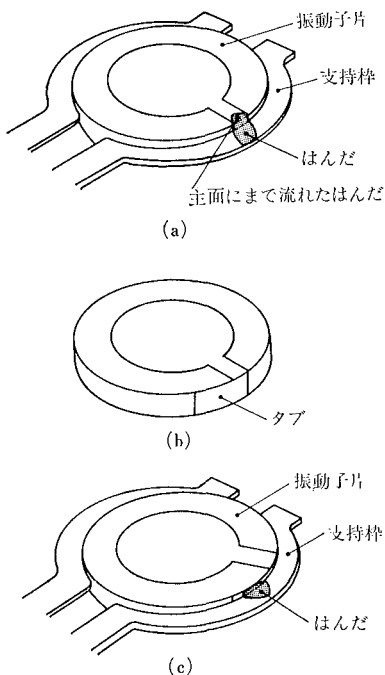


図 8 支持構造の選定

ので振動片の支持方向を種々変えて電気的特性の変化を慎重に検討したが、明確な差異が認められなかったので、本開発ではその一つの方向（X軸）を支持することにした。

5 切断角度の選定

純粋な厚みすべり振動をする小形 AT 板水晶振動片が得られ電気的特性をそこなうことなく強力に支持することが可能となったので、その状態のもとで AT 板本来の十分平坦な周波数温度特性を示すような水晶片の切断角度の選定をすることができる。

具体的には、各種切断角度の試料振動片を製作し前節の支持をしたうえで HC 45/U 型のケース中に真空封入し、C-MOS 発振回路で発振させて水晶発振器の周波数温度特性を測定した。図 9 はその結果でこれによれば切断角度 $34^{\circ}53'$ では、 $-10 \sim +60^{\circ}\text{C}$ という広い温度範囲において周波数変化率が概ね $\pm 2\text{ppm}$ 以内におさまり、所期の平坦な特性の得られることが確認された。

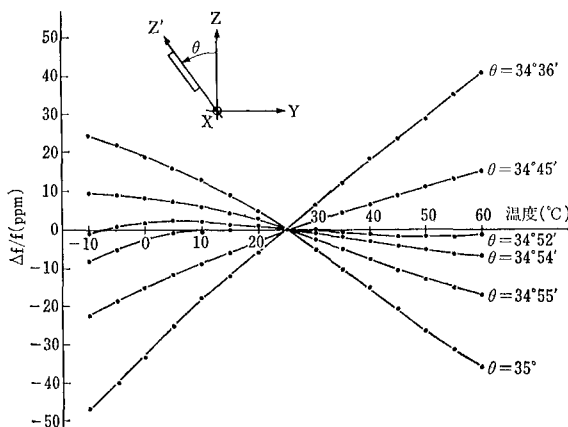


図 9 切断角度と温度特性

6 電気的諸特性

6-1 等価電気回路定数

ベクトルインピーダンスメータを用いて測定した本振動子の等価電気回路定数（図 10 参照）の代表値を以下に示す。

- 公称周波数 4.194304 [MHz] (= 2^{22} [Hz])
- 等価直列抵抗 (CI 値) $R_1 = 28$ [Ω]
- Q 値 54×10^4
- 等価インダクタンス $L_1 = 0.57$ [H]

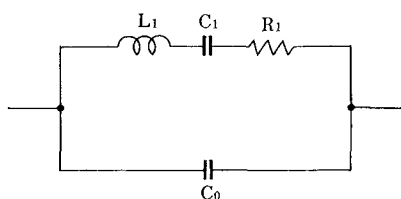


図 10 水晶振動子等価電気回路

- 等価直列容量 $C_1 = 2.51 \times 10^{-8}$ [pF]
- 等価並列容量 $C_0 = 1.0$ [pF]
- 容量比 $r = C_0/C_1 = 400$

6-2 周波数温度特性

図 11 は複数個の振動子をそれぞれ異なる C-MOS 発振回路で発振させた場合の発振器の発振周波数温度特性の例である。申すまでもなくこの結果には、個々の発振回路の温度特性も含まれているが、いずれも AT 板の三次曲線の特性が明確に表われている。なお図中の破線で表わした曲線は従来の 32kHz の音叉形振動子の特性でこれと比較すると本開発の小形 AT 板振動子の特性が期待通り良好であることがわかる。

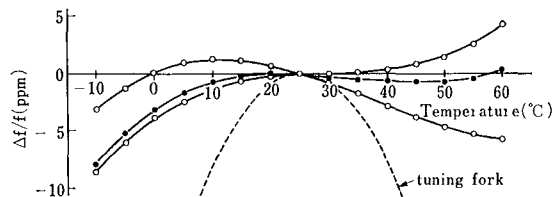


図 11 発振周波数温度特性

6-3 耐衝撃特性

耐衝撃特性は腕時計用振動子としては極めて重要な特性である。本開発の振動子の場合も、これを 75cm の高さから檜の板の上に 3 回自然落下させ、その時の周波数変化を測定して特性を判断した。図 12 に示すようにその周波数変化率は 3ppm 以下におさまり、音叉形振動子とほぼ同等の良好な耐衝撃特性をもっていることがわかった。

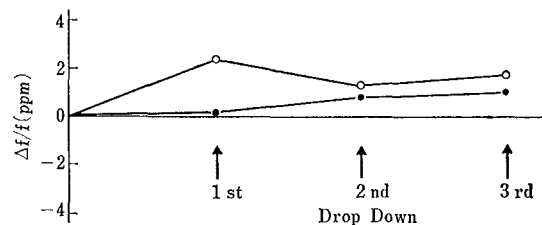


図 12 耐衝撃特性

7 実装テスト

本開発で決定した諸元にもとづき、十分注意深い加工とアセンブリング³⁾によって振動子を製造したのち、これを腕時計内に組込み実装状態でその長期エージングテストと実携帯試験とを実施した。

7-1 長期周波数エージング特性

振動子を実装した腕時計を 25°C の恒温槽内に保管し、時計の指差の変化を測定して長期周波数エージング特性を検討した。指差は図 13 の測定システムにより、標準電波 JJY の秒信号で校正した標準時計を基準とし、試料時計による秒信号の偏差を 0.01 秒の精度で測定した。この方法によれば、指差測定のために標準時計を JJY の

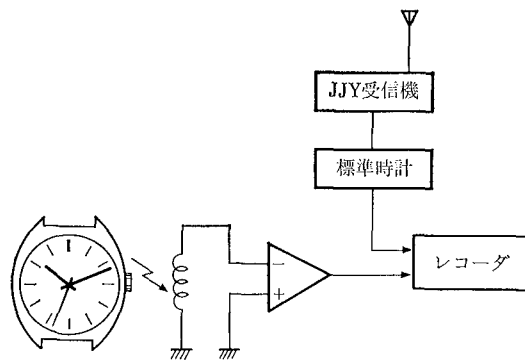


図 13 指差測定システム

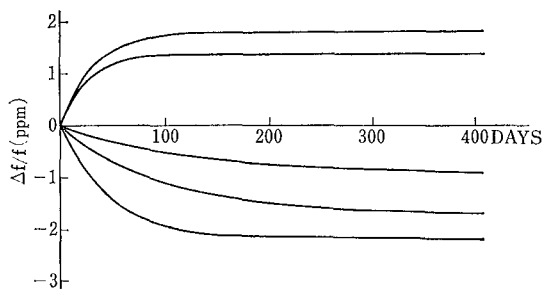


図 14 長期エージング特性

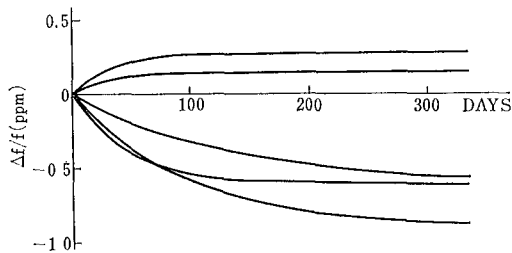


図 15 長期エージング特性 (図 14 の 60 日以後)

秒信号で校正すればよく、特別な比較用高安定標準周波数源を必要としない。

指差の変化は周波数の変化によって生ずるので指差の変化の様子すなわち指差変化曲線の微分曲線は周波数エージング特性を表わす。図 14 は振動子を製造後安定化処理をほどこさないで直ちに腕時計内に納め、指差の変化を測定して求めた 1 年間のエージング特性である。なお、この特性は振動子のみのエージング特性ではなく、C-MOS 発振器の発振周波数のエージング特性であることに注意しなければならない。

この図によれば、1 年間の周波数変化率は 3 ppm 程度あるが、いずれも比較的短期間に飽和している。例えば 60 日間の初期エージングを除いてやれば、図 15 のように周波数変化率が 1 ppm 以下という良好なエージング特性となり、所期の高精度腕時計用振動子として十分使用できることがわかる。

なお、負のエージング特性を示すものがあるが、その

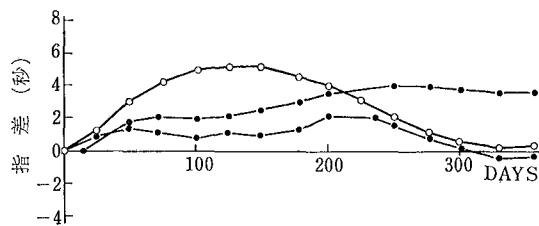


図 16 携帯試験結果 (時計の累積秒誤差)

原因が振動子自体にあるのかあるいは発振周波数調整用トリマーコンデンサや LSI などの発振回路側にあるのかは現在のところわからないので、今後検討したいと考えている。

7-2 携帯試験

本振動子を実装した腕時計を腕につけ、1 年間のモニタテストを行った。時計の指差測定は周波数エージング特性の測定と同様な方法で 0.01 秒の精度で行なった。図 16 はその結果で、1 年間の累積秒誤差は 5 秒以内であった。すなわち、本開発の小形 AT 板水晶振動子を用いることによって、年差 5 秒という所期の高精度腕時計の製造の可能であることが確認された。

8 む す び

腕時計の高精度化を目的に、周波数温度特性とエージング特性の優れた AT 板水晶振動子を腕時計用に十分小形化し、かつ良好な耐衝撃特性をもつような振動子の開発を試みた。

その結果、直径が 4 mmφ であるにもかかわらず、平凸レンズ状のプラノコンベックス形にして球面の曲率を適切に選定することにより、純粋な厚みすべり振動をする AT 板振動片が得られ、また切断角度を選べば十分平坦な周波数温度特性の得られることがわかった。

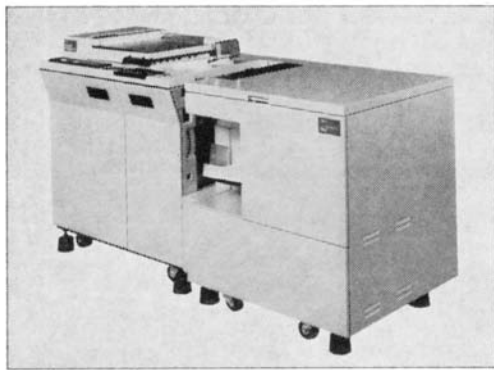
また、振動片の側面で強固に支持する方法を新たに考案した結果、腕時計用としても十分な耐衝撃特性を示した。

これら開発で決定した諸元にもとづいて、注意深く加工、アセンブリした振動子を腕時計中に実装し、その周波数エージング特性を実測した結果、初期エージングを除けば年間 1 ppm 以内に納まり、また実携帯試験によって年間の累積秒誤差が数秒であることもわかった。従って本開発の小形 AT 板水晶振動子を使用することによって、当初目標とした年差 5 秒程度の高精度水晶腕時計の製造が可能であることが確認できた。

今後は、本開発中に経験した高精度化に少なからぬ影響を与える発振回路の各電子部品の特性の検討や、安定な周波数調整方法の検討などを順次実施していく予定である。

製品技術解説

PRODUCTS EXPLANATION



リコピー謄本作成システム

Integrated Certificate Production System

村上尚志^{*} 山崎秀夫^{*} 堤 隆^{*}
Takashi Murakami Hideo Yamazaki Takashi Tsutsumi

要 旨

リコピー謄本作成システムは、複写部の「リコピーFT 6400 FK」と、製本部の「リコピー謄本作成機 RB-I」から構成されている。

本システムは、法務局とその支局出張所における不動産登記、商業登記業務の中の登記原本コピーを発行する目的のために開発されたシステム機である。

従来、登記原本のコピーにはジアゾ方式の複写機が使用されていたが、本システムでは複写部を PPC 方式にして画像品質を向上させ、原稿給紙装置には「曲げくせ・カールくせ」のある原本でも容易に給紙できるように原稿カール矯正装置を装備した。

製本部は、紙折り、綴り、契印、認証印捺印の製本業務を自動化し、コピー紙の搬送工程を2層化にし、90度方向転換させることにより、小型化を計った。

ABSTRACT

Ricoh's New Integrated System for certified copy preparation consists of a Ricopy FT 6400 FK and an Automatic Document Handling System RB-1. This system was specifically designed for certified copies such as real estate deeds and commercial registrations issued by the Bureau of Legal Affairs and its branches.

The Bureau and branches were accustomed to be equipped with diazo copiers for preparing the copies. Since the Ricoh's system utilizes a FT 6400 FK PPC, the copy quality has been substantially improved. In addition, this system simplifies the preparation procedures by providing such automated capabilities as folding, stapling and affixing official seals or stamps for the copies. The document feeder has a mechanism for correcting the paper curl which facilitates the reproduction of old documents. The copy handling system has been designed in such a way that copies from the copying station go to a folding station, then to a stapling/official stamping station and subsequently to private stamping station transversally and finally to be stocked in an outlet tray.

1 はじめに

法務局とその支局・出張所は、全国に約1,300ヶ所あり、業務の一環として、不動産・商業登記保管およびそのコピー発行をおこなっているが、特に不動産謄・抄本

のコピー量は、土地・家屋の分譲、団地・マンションの分譲等の増加により、年々増加している。全国の総コピー量は図1に示す如く、昭和49年に1億2千万件だったが、昭和53年には1億7千万件に達し、今後この増加の傾向は、変わらないものと予測される。

コピー量の多い法務局とその支局・出張所においては、当社製品であるジアゾ方式の「リコー謄本作成機フルオート」、「リコー謄本作成機セミオート」が使用されてい

★複写機事業部 第2技術部
Design Department, Reprographic Products Division.

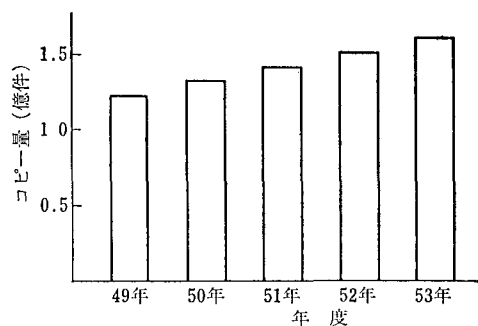


図1 謄・抄本年度別総コピー量

るが、当局の“コピー品質が良く、アンモニア臭気のない使い易い謄本作成機”の要望に対してコピー業務の効率を上げた乾式二成分現象の PPC 方式による「リコピー謄本作成システム」を開発した。

謄・抄本原本には、明治時代のものもあり、また、戦時中のものなど紙質、大きさ等は雑多にわたっており、原本のファイリングによるカールもあるので、複写部は、原本を破損させない給紙方式をとり、原稿カールを矯正できる原稿給紙装置を備えた高速乾式 PPC 機を使用した。製本部は、複写部から送られたコピーを2つ折りにする「折り装置」、2つ折りにされたコピーのページを揃え、ステプラーで綴じる「綴じ装置」、改竄防止のための「法」の字を打ち抜く「契印装置」、日付・登記官名・認証印を捺印する「捺印装置」から構成した。

製本部には複写部から排紙されるコピーを収納できる入口トレーを設け、製本部の電源を OFF することにより、一般事務用コピーとしても使用可能にした。

本システムの操作部は複写部にまとめ、製本されたコピーを収納するトレーは、製本部前面下側に配置されているので、作業者が定位置で作業できる。

高速度処理能力・操作性・大きさ・信頼性等、当局の要求に応じていけるものと期待している。

2 仕様およびシステムの概要

2-1 仕様

「リコピー謄本作成システム」は、複写部の「リコピー FT 6400 FK」と、製本部の「リコピー謄本作成機 RB-I」から構成されている。各々の主な仕様を以下に示す。

2-2 機構

図2は「リコピー FT 6400 FK」、
「リコピー謄本作成機 RB-I」の配置と、

| No. | 項目 | 仕様 |
|-----------------------|-----------|---|
| 〈リコピー謄本作成システム〉 | | |
| 1 | 製本作成時間 | フルモード時 12秒(1葉追加毎2.2秒加算) セミモード時 9秒(リピート間隔2秒) |
| 2 | 製本サイズ | B5判 |
| 〈リコピー FT 6400 FK〉 | | |
| 3 | 最大原稿サイズ | 美濃判(269×382mm) |
| *4 | 複写サイズ種類 | B4判 |
| *5 | 複写速度 | フルモード時 22枚/分 セミモード時 { 1原稿1コピー時 20枚/分 連続コピー時 30枚/分 |
| *6 | 連続複写 | フルモード時 1枚 セミモード時 1~99枚 |
| 7 | 複写倍率 | 1:1 |
| 8 | 給紙量 | 1,000枚(各サイズ共) |
| 9 | 電源・最大消費電力 | AC 200V 15A 50, 60Hz |
| 10 | 大きさ | 幅 905×奥行 720×高さ 996mm |
| 11 | 重量 | 270kg |
| 〈リコピー謄本作成機 RB-I〉 | | |
| 12 | 製本機構 | 紙折り・綴り・契印・捺印(1~8葉まで可) |
| 13 | 紙折り | B4判用紙の画像面表側にて長手方向2つ折り |
| 14 | 綴り | 2連続(203部まで連続可) |
| 15 | 契印 | 「法」の字 |
| 16 | 捺印 | 4種類切替方式(不動産謄本・抄本 商業謄本・抄本) |
| 17 | 電源 | AC 100V 5A 50, 60Hz |
| 18 | 大きさ | 幅 918×奥行 722×高さ 897mm |
| 19 | 重量 | 200kg |
| 〈一般事務用コピー時〉(*印の項目が変る) | | |
| 20 | 複写サイズ種類 | A4判 B4判 B5判 |
| 21 | 複写速度 | 各サイズ共 30枚/分 |
| 22 | 連続複写 | 1~99枚 |

注) フルモード: 紙折り, 綴り, 契印, 捺印
セミモード: 紙折り(綴り解除)

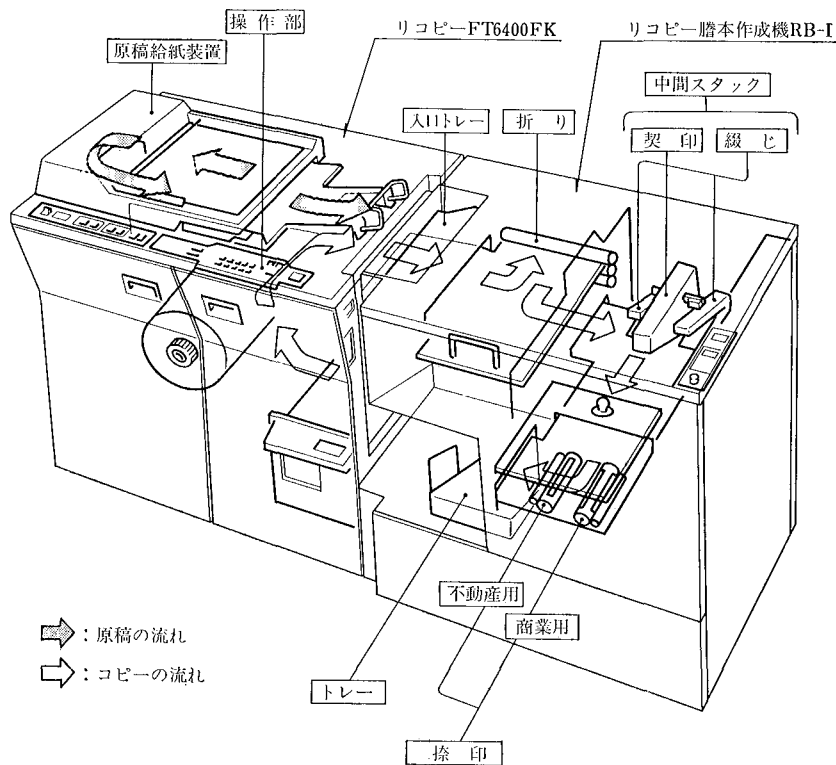


図2 リコピー謄本システムの構成

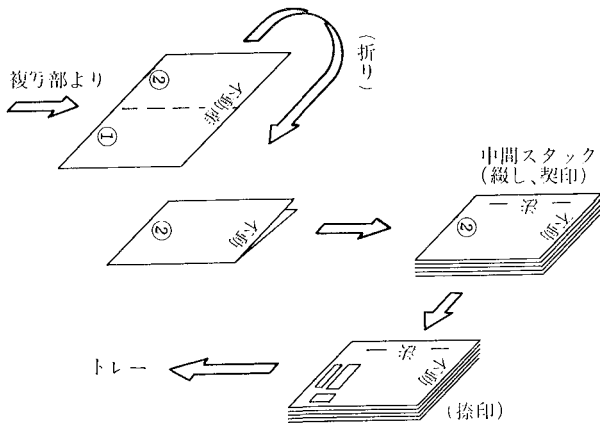


図3 不動産謄・抄本製本

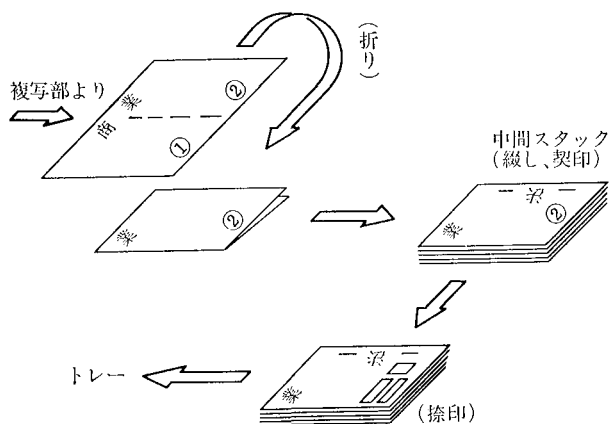


図4 商業謄・抄本製本

主な装置の配置を示す。

「リコピー FT 6400 F」は、当社で開発され、昭和53年以来、市場で使用されている高速乾式 PPC「リコピー FT 6400 F」を母体とし、原稿給紙装置に美濃判サイズまでの原稿が使用できるように、原稿カール矯正装置を付加した。

「リコピー 謄本作成機 RB-I」は、本システムのために開発された装置で、複写部から送られてきたコピー（B4判）は、90度方向転換し、折り装置に入り2つ折り（B5判）にされる。2つ折りにされたコピーは、再び90度方向転換し、綴じ装置、契印装置のある中間スタックに送られる。必要な葉数をスタックした後、不動産・商業の謄・抄本いずれかの操作ボタンを押すと、綴じ、契印がおこなわれ、製本されたコピーは、

捺印装置に送られる。捺印装置には、不動産用・商業用謄・抄本捺印ドラムがあり、90度方向転換された後、操作ボタンで指示された捺印をおこない、トレイに収納される。

不動産の謄・抄本は右開き、商業の謄抄本は、左開きと、両者の開き方向が異なるため、原稿給紙装置への原本給紙は、天地を逆でおこない、図3、図4に示す如く、両者のコピーを製本部に送り、各々の工程を経て、不動産・商業の謄・抄本コピーを作成する。

綴じ装置のステプラー針補充、日付交換および保守等の操作は、製本部の上カバー開閉で容易にできるよう配置されている。

2-3 システム

制御システムの構成を図5にブロックダイアグラムで図示する。「リコピー FT 6400 FK」は μ -CPU 8085A、PROM 2716、I/Oポート付き RAM 8156、キーボード・ディスプレイインターフェース 8279、PPI（プログラマブルペリフェラルインターフェース）8255Aよりなるマイクロコンピュータシステムで制御しており、母体となった「リコピー FT 6400 F」とは、ハードウェアはコンパクトであり、ソフトウェアにて白紙コピー等の本システム独自の機能を実現している。「リコピー 謄本作成機 RB-I」との信号の授受は、PPIのポートによりフォトカプラを介しておこなっている。

「リコピー 謄本作成機 RB-I」は、CMOS ICによるロジック回路で制御しており、捺印選択スイッチ及び表示類を収めた操作ユニットを「リコピー FT 6400 FK」上に設置し、2機のスイッチ、表示類を集中させ、操作部を1ヶ所にまとめることにより、本システムの操作性向上を計っている。

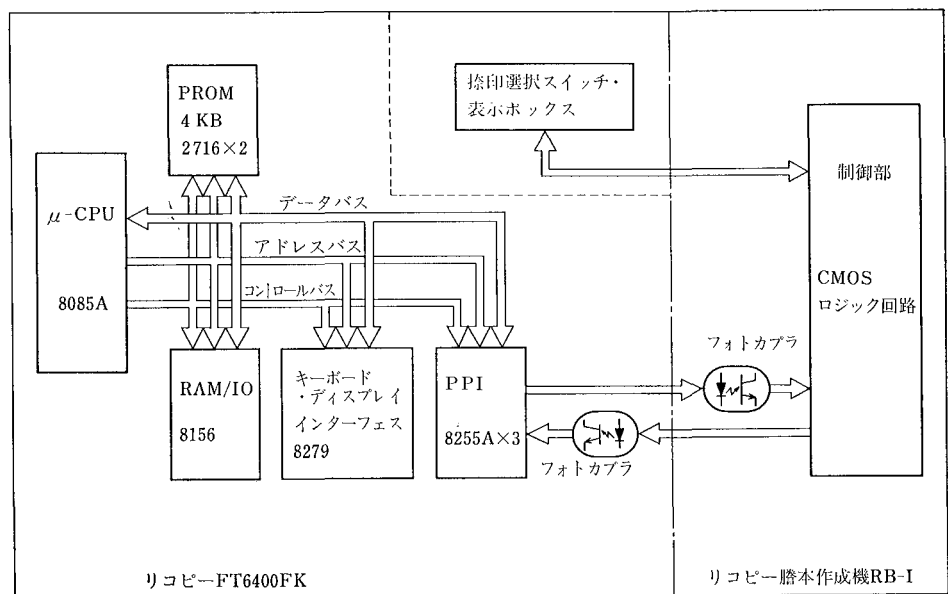


図5 システムのブロックダイアグラム

3 主な機能ユニット

3-1 制御

本システムの「リコピー FT 6400 FK」及び「リコピー 謄本作成機 RB-I」は、謄・抄本作成作業を簡便かつ能率良くおこなうために、以下のような独自の機能を持っている。

- ① スタートボタンをONすることにより、原稿カール矯正用ファープランが回転し、原稿給紙装置が原稿自動送りモードとなる。
 - ② 原稿セット及び謄・抄本ボタンのON表示の確認音がある。
 - ③ 原稿給紙装置は、原稿の給・排紙を同時におこなうモードを持つ。
 - ④ 自紙コピーのモードを持つ。
 - ⑤ 「リコピー 謄本作成機 RB-I」にコピーカウンターのバツファを持つ。
 - ⑥ 綴り解除・捺印解除のモードを持つ。
- ①により原稿給紙装置への原稿セットが容易になり、また原稿セット後に改めてプリントボタンを押す必要なく、コピーを開始するための作業がスピーディになっている。
- ②の確認音により、謄・抄本作成作業者の誤操作が防止できる。
- ③は母体の「リコピー FT 6400 F」が、原稿給紙装置使用時に、コピー処理枚数が20枚/分であるのに対し、最高27枚/分となり、作業のスピードアップを実現している。
- ④の機能は、謄・抄本に捺印するための余欄が無い場合に、白紙コピーボタンONで裏表紙を作成し、記載事項と重複せずに捺印できるようにするものである。
- ⑤は謄・抄本ボタンONまでのコピー枚数と、中間スタックに積層されたコピー枚数が一致することにより、綴り・契印・捺印するようにしたものである。そのため、

原稿の最終頁のコピー中またはそれ以後、次の原稿のコピー開始前までに謄・抄本ボタンをONすればよく、また

ボタンON後継続して次の原稿のコピー作業が可能であり、無駄な待ち時間を必要としない。

⑥は折りのみをおこない、綴り・捺印をおこなわない綴り解除モード、捺印のみをおこなわない捺印解除モードを持ち、原稿の種類・葉数・部数により、適宜選択できるようになっている。

以上の特徴を包括した一般的な謄・抄本作成作業の操作フローを図6に示し、システムの一部を図7に示す。

3-2 原稿給紙装置

本装置は、コピーしようとする謄・抄本原本を1枚ずつ、原稿台より挿入し、複写部の露光面であるコンタクトガラス上へ給紙する装置である。図8について動作を説明する。原稿である謄・抄本原本は、原本台帳のファイリングによるカール癖がついてものが多いため、本装置の原稿給紙口に原稿カール矯正装置として、ファープランを備

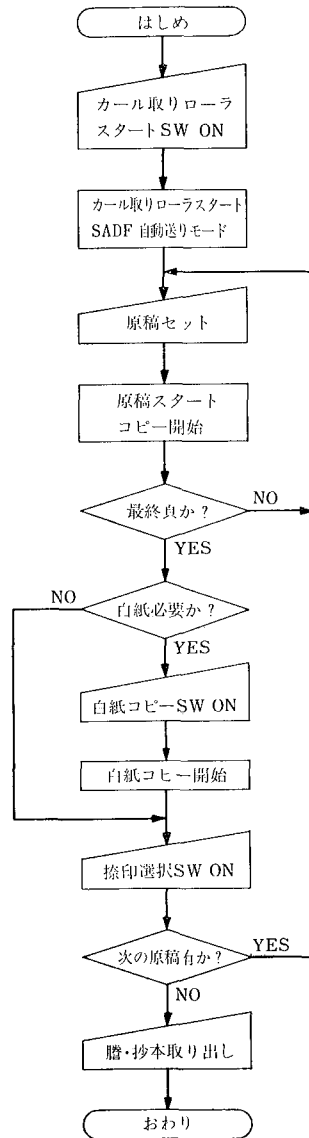


図6 操作フロー図

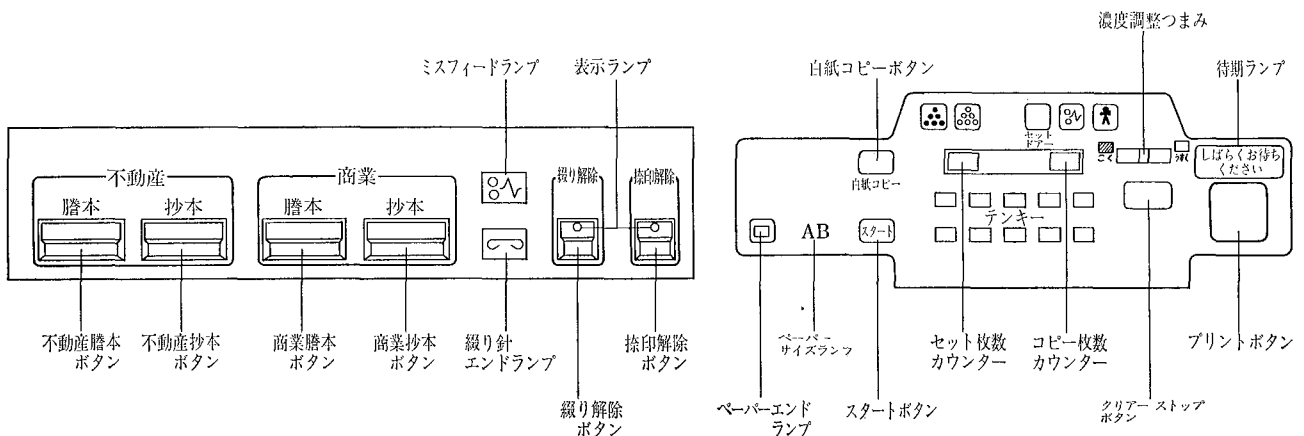


図7 リコピー 謄本作成システム操作部

えている。原稿カールが 40mmR 以上、高さ 15mm 以下であれば、カール癖を修正することなく原稿セットできるため、ほとんどの原本は、ファイルから外した状態で原稿セットできる。原稿挿入時、指などを喰い込まれても危険のないよう、ファーブラシは、ある程度の負荷が加わると、駆動ベルトがスリップし、回転を停止する。

原稿台に沿って、謄・抄本原本を挿入すると、原稿の差し込み過ぎを防止しているゲートの手前で、原稿検用のフォトセンサーが原稿をセットされたことを検知する。原稿セット信号により、ほとんど同時に、ピンチコロがベルトに圧接し、ゲートは解除され、プーリーが回転する。プーリーの回転により、ベルトが駆動され、原稿は、ベルトによって、コンタクトガラス上に給送され

る。

古い謄・抄本原本には、いたみのひどいもの、紙質・厚さが様でないものが多く混入しているため、従来、よく使用されている機械式原稿検知方式を使用せず、本装置においては、原本の破損、いたみを防止するため、フォトセンサーによる原稿検知方式としている。

3-3 折り装置

折り装置は、製本部へ給紙されたコピーを2つ折りにし、次の工程である中間スタックへ搬送する機構である。図9について本機構の動作を説明する。

製本部へ給紙されたコピーは、上流し部へ搬送され、上流しストッパーへ当接し停止する。所定時間後、ボールソレノイドが OFF となり、鋼球が落下し、鋼球と搬

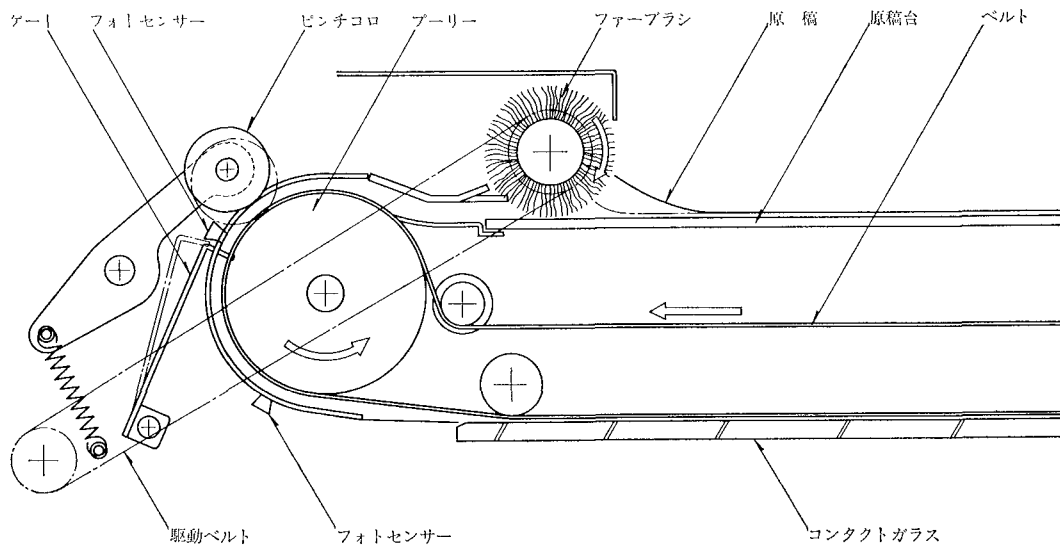


図8 原稿給紙装置

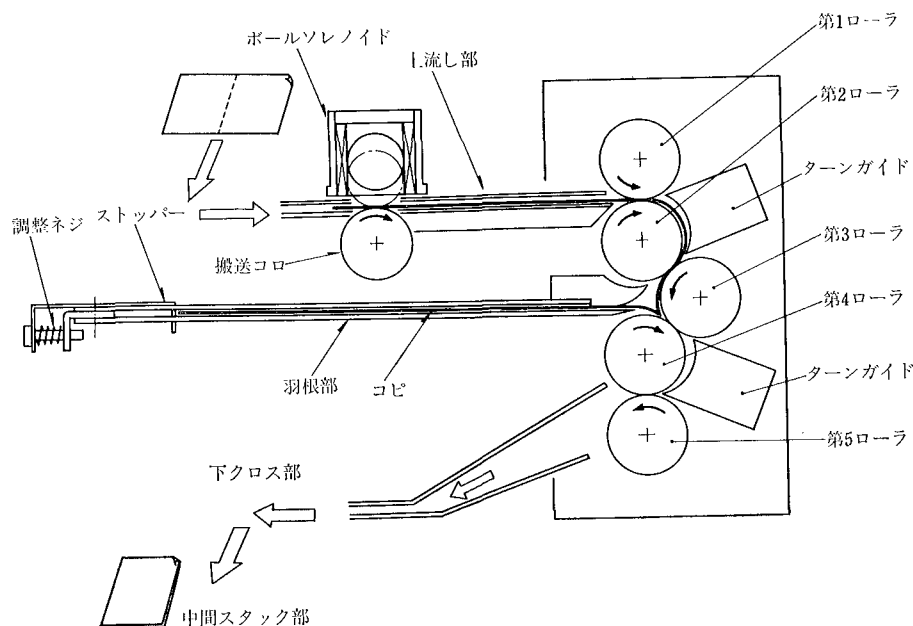


図9 折り装置

送コロにより、折り装置へ90度方向転換する。

方向転換されたコピーは、第1, 2, 3ローラーにより搬送され、羽根部のストッパーに先端が突当る。ストッパーへ突当った後もコピーは、第2, 3ローラーによって搬送を続ける。羽根部のカイド板の間隙が小さいため、第3, 4ローラー間にコピーのたるみが生じ、ついにはそのたるみ部を第3, 4ローラーが喰え込んで2つ折りになる。喰え込まれる箇所は、コピーの紙の腰の強さと、羽根部のストッパー位置によって決定する。

コピーをB4判からB5判の2つ折りになるよう羽根部ストッパーの位置調整等により、コピーの中央部が喰え込まれるよう設定される。

2つ折りにされたコピーは、第3, 4及び第4, 5ローラーによって搬送し、下クロス部で90度方向転換されて、中間スタックへと搬送される。

第1, 2ローラー間及び第2, 3ローラー間には若干のクリアランスを設け、コピー先端が羽根部ストッパーへ当接した後、第3, 4ローラーにコピー中央部が喰え込まれる間に斜め送り修正ができる。

第4, 5ローラーは、中央部の折り目を再プレスし、折り日品質を高めると共にコピーを反転させ、若い頁が下側になるよう搬送する。中間スタックへ順次搬送し積層するので、自動的に頁順が揃う。本方式によって、謄・抄本原本を原稿給紙装置へ頁順で挿入できるようにしている。

3-4 中間スタック

中間スタックは、折り装置により2つ折りにされたコ

ピーを、頁順に積層すると共に、綴じ・契印に先だち、積層されたコピーを1葉毎に縦及び横方向の整列をおこなう整列装置と、整列の完了した積層コピーの端部を綴じる綴じ装置と、綴じにより製本されたコピーに追加コピー等による改竄を防止するための小径穴の穴明けをおこなう契印装置から構成されている。図10の中間スタックの構成を示す。

3-4-1 整列装置

中間スタックへ入紙したコピーの先端は、縦整列用の板バネ及び整列用コロにより、コピー後端が確実に中間スタックへ収納される。所定時間後縦ジョガーレバー及び板バネがホームポジションへ復帰すると、コピー後端はストッパーへ当接し、位置決めされる。縦整列終了後、横ジョガーレバーが揺動し横整列をおこなう。この動作を最終積層コピーまで繰り返す。

中間スタックへ入紙するコピー先端は、上ガイド板に沿って搬送される。積層されたコピーは、後端を位置決めされているためと、上ガイド板による段差により、入紙してくるコピー先端は積層されたコピーの最上部へ搬送される。

最終コピー積層後の綴じ・契印動作時は、縦及び横ジョガーレバーでコピー端部を再度押さえるため、製本サイズは安定した品質が得られる。

3-4-2 契印装置

契印動作を図11で説明する。パンチングブロックのガイドプレートとダイの間にコピーが積層しているので、綴じ、契印信号により一回転クラッチが解除され、ギヤ

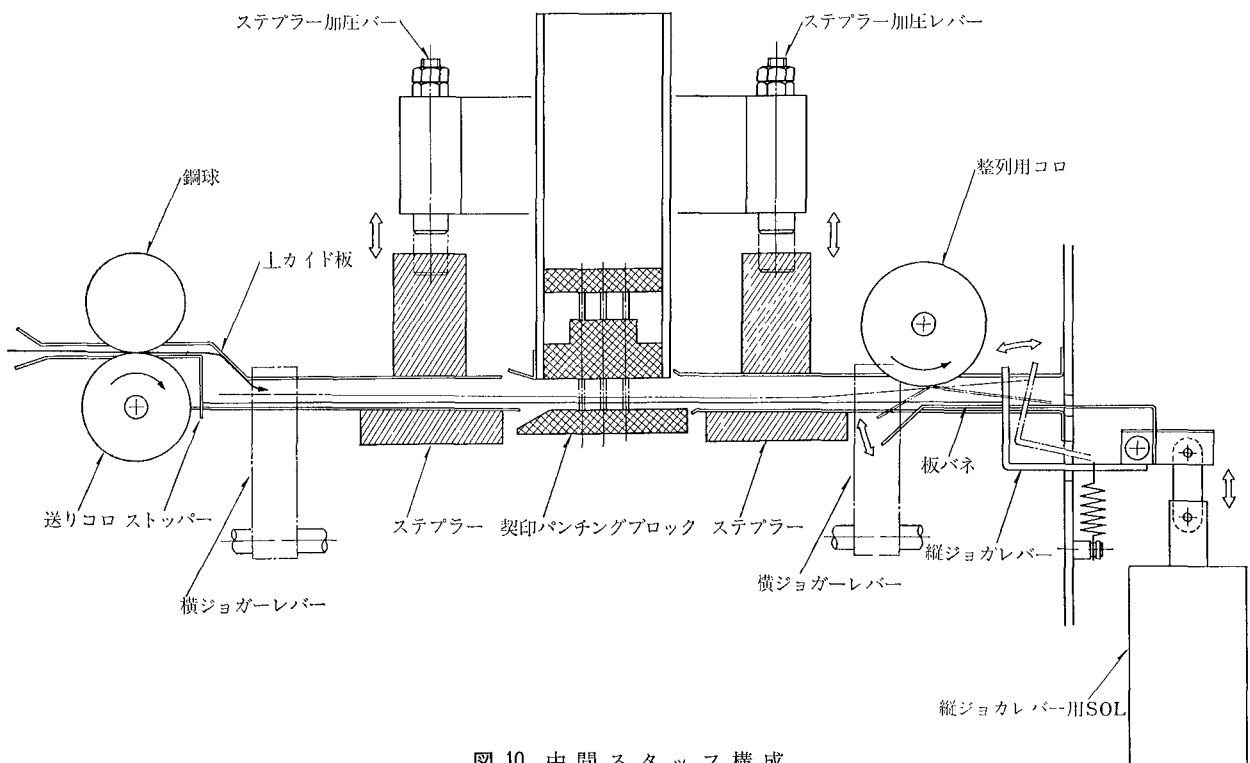


図10 中間スタック構成

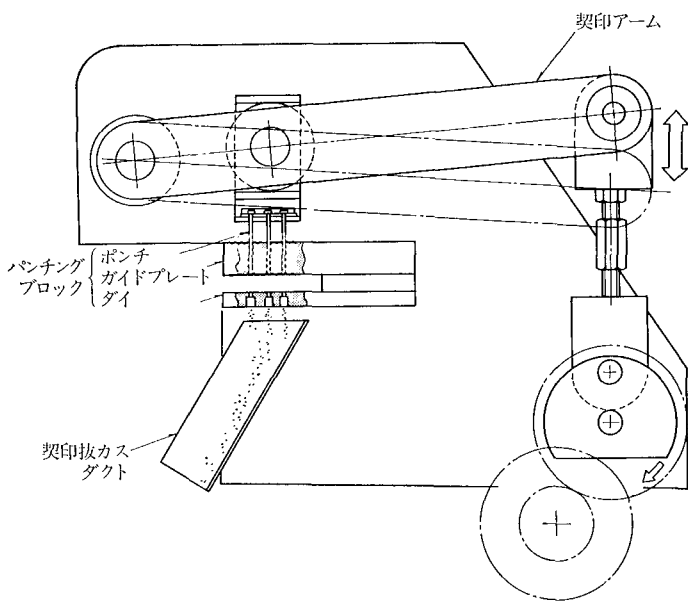


図 11 契印装置

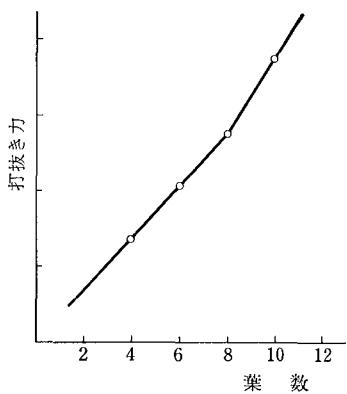


図 12 契印打抜き力と葉数

及びクランクを介し、パンチングブロックのポンチが上下して、14φの貫通穴22ヶで構成する「法」の字の穴明けをおこなう。

「法」の字打抜きについて、図12で説明する。

文字を構成している1.4φの穴を22ヶ同時に明けるための打抜き力は、4葉(2つ折り状態)綴り時で140kg、10葉綴り時で380kgとなるが、本装置においては、文字の中央部より周辺部に段階的に打抜きが完了するように、ポンチの長さを3種類にし、打抜き穴の品質アップを兼ね、ポンチの先端は、R状のシャープ角を設けて、契印のための作動力低減をおこなっている。

3-4-3 綴じ装置

綴じ装置は、ステプラー針の補充を簡単にするため、ステプラーを容易に取り出しできる方式とした。

契印アームに固定されたステプラー加圧バーが、契印アームの揺動と共に上下し、ステプラー上面を加圧することにより、左右2連綴じをおこなう。(第10図)

3-4-4 捺印装置

綴じ装置で、不動産は右開き、商業は左開きとなるよう綴じられ、両者共、最終頁が上向きで捺印装置に搬送されてくる。捺印装置においては、不動産・商業の謄・抄本認証印を捺印する。

図13で動作を説明する。捺印ドラムは、右側に不動産印、左側に商業印が配置されている。不動産・商業共、捺印ドラム上には、ホームポジションで右側に謄本印、左側に抄本印が配置されている。

捺印の選択は、不動産謄・抄本ボタン、商業謄・抄本

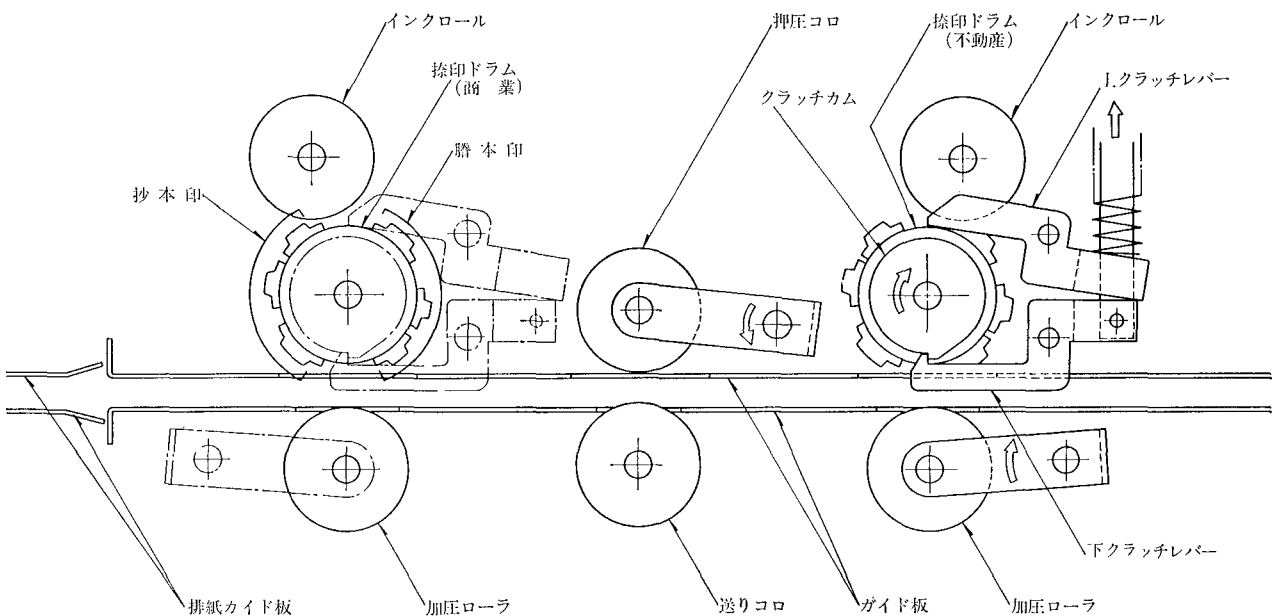


図 13 捺印装置

ボタンで指示されるが、捺印準備は製本されたコピーが捺印装置へ搬入される前におこなわれる。指示された捺印ドラムのクラッチを外し、捺印ドラムを回転させ、印台にインクロールのインクを塗布した後、指示された印台が右側に位置するよう、上クラッチレバーまたは下クラッチレバーによって決められ準備を完了する。

製本されたコピーが搬入された後、指示されている不動産側または商業側の加圧ローラーが、製本されたコピーを捺印ドラムに押し、上または下クラッチレバーが外れる。製本されたコピーは、捺印ドラムの回転により左側に送られながら捺印される。捺印が終了と、上または下のクラッチレバーにより、捺印ドラムの回転は停止し、捺印を終了する。捺印終了後、押圧コロが働き、製本・捺印されたコピーは、送りコロによって搬送され、トレーに収納される。

本装置においては、捺印ドラム上の印台に、インクロールでインク塗布し、加圧ローラーによる搬印方式を実施しているが、捺印品質とインクロールの耐久性をよくするために、以下の方法をとっている。

- ① インクは、耐久性のよい染料系を使用。
- ② インクの補色は、インクの含有量が少なくなっても、捺印濃度を維持するため、赤系統を使用。
- ③ ロールは、外径 36φ、内径 8φ の発泡 NBR を使用し、インク含有率を 50～55% とした。
- ④ 捺印ドラムの停止状態で、印台とインクロールは、非接触となるようにした。

上記③の発泡 NBR によって、インクの含有率を上げた本装置のインクロールと、発泡していないものの耐久性

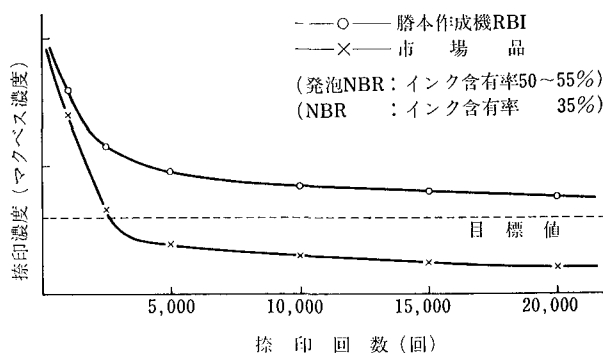


図 14 インクロール耐久性

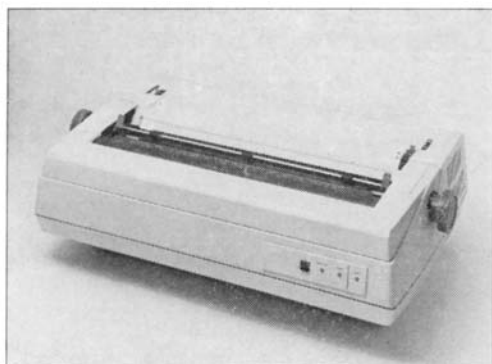
を図 14 に示す。

4 おわりに

以上、リコピー製本作成システムについて概略を紹介したが、記述不足の点は御許し願いたい。

本開発の目的であったコピー品質の向上、無臭気、更に勝・抄本コピー業務の効率化を計るための“保守性が良く、作業性の良い高速 PPC 勝・抄本作成機”という点では、一応所期の性能を発揮できたと考えている。今後とも本システムの経験を生かし、より一層、当局のニーズにマッチした高性能な勝・抄本作成機の開発を進めていきたい。

最後に、本システムの開発にあたっては社内外の多くの方々の多大な御協力があつたことを付記し、御指摘、御指導を戴いた、法務省の関係者の方々に深く謝意を表します。



シリアルインパクトプリンター リコーRP-1600

Serial Impact Printer RICOH RP-1600

荒木繁幸* 今村友厚* 洲崎正幸**
Shigeyuki Araki Tomoatsu Imamura Masayuki Suzuki

要 旨

RP-1600 の活字選択機構及びスペース送り機構には DC サーボモータが用いられ高精度の制御を行っている。

サーボモータはプリンタ性能に最適な特性になるように設計され、サーボコントロールに於ては速度制御及びサーボアンプに新たに次のような工夫がなされている。

(1) 速度信号は2つの位置信号を微分したものを全波整流して作っているため従来の方式と比較すると、位置信号の変化により速度信号が変動するのを少なくしている。

(2) 速度指令信号は、位置信号の振幅の和の平均値から直流基準信号を作っているため位置信号の振幅変動から生じる速度を相殺できるようにしている。

(3) サーボアンプはT型ドロップパーとT型チョッパーを組合せ従来型チョッパーコントロールに伴う静止領域での可聴発振音の発生を防止している。

ABSTRACT

This report describes the outline of RP-1600 printer and characteristics of servo motor control method which is used in the printer.

The servo motor itself and the servo controller are designed to optimize the performance of this printer.

Several design improvements have been Carried out:

(1) A velocity signal is generated from two sinusoidal or saw-tooth position signals by differentiation, full wave rectification and addition. This method can minimize the dependency of velocity signal on fluctuations in amplitude and phase of the position signals compared with the other conventional method.

(2) A velocity command signal, i.e. target velocity signal, is generated using DC reference voltage which is an average peak amplitude of the position signals, so that the undesirable fluctuations in the velocity signal and in the velocity command signal are compensated each other.

(3) Furthermore, in order to reduce audible sounds from motors and driver circuits in a pause period, H type dual power drivers combined with a T type dropper and a T type chopper are used.

1 はじめに

シリアルインパクト方式のプリンタは欧米を中心にかなり普及しており、近年その需要は全世界に広がってき

ている。

用途も単にコンピュータシステムのアウトプットデバイスのみならずグラフィック用を始めとして一般オフィスに於ける文書作成用として広く用いられるようになった。

ここに紹介する RP-1600 は昭和 51 年に発売されたサーボモータ制御による RP-40 の後継機として印字速度及び印字品質の向上及び低価格化を目的として開発したものである。

★電子技術事業部 技術部
Technology Department, Electronics Technology Division

★★電子技術事業部 設計部
Design Department, Electronics Technology Division

2 概略仕様

表1に概略仕様を示す。

表1 概略仕様

| 項目 | 仕様 |
|----------|--|
| 印字速度 | アベレージケース 48.8 c/s (1/12" SP) スペース連続 57.8 c/s (1/10" SP) |
| 文字数 | 124~125文字 |
| 行印字数 | 136 SP/LINE (1/10" SP) |
| 用紙収納幅 | MAX 16インチ |
| CR/TAB速度 | MAX 300 ms/13.6" |
| スペース分解能 | 1/120" |
| LF分解能 | 1/48" |
| コピー能力 | オリジナル+6枚(四六判 35kg 紙) |
| 周囲温度 | 使用時 5~40°C 保存時 -40~+65°C |
| 周囲湿度 | 使用時 10~90% RH 保存時 5~95% RH (但し結露ナキコト) |
| 耐照度 | 1,000 LUX (プリンタカバー付) |
| 耐静電気 | 3 kV |
| 寸法 | 高さ 200 mm MAX 横幅 625 mm MAX 奥行 355 mm MAX |
| 重量 | 16 kg (カバー, 電源ナシ) |

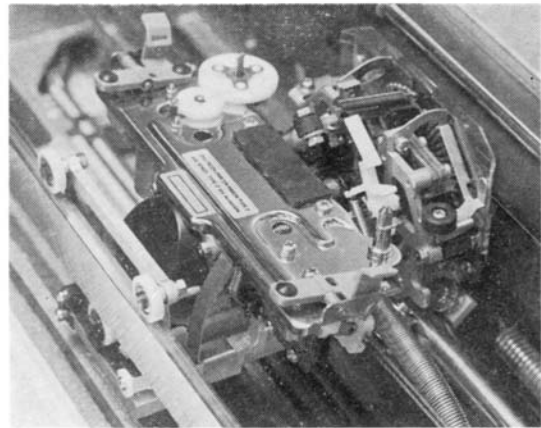


図1 印字機構部

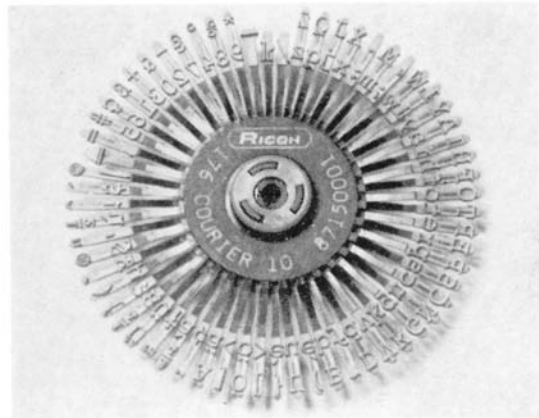


図2 ダブルモールドホイール

3 装置の構成

RP-1600の装置の構成は機構部とこれを制御する電子回路部より構成される。

3-1 機構部

機構部は印字機構部、スペース送り機構部と紙送り機構部がそれぞれフレーム機構部に組立てられている。

3-1-1 印字機構部 (図1)

① 活字選択機構 RP-40 で用いられたダブルディジーホイールを更に改良しフィンガー部と活字部とでモールドの種類を変えたダブルモールドホイール (図2) を使用している。活字選択機構はサーボモータを駆動源とする回転機構とクラッパー型マグネットによるシフト機構からなり、これら両機構はドッグボーン型ジョイント機構で結合されている。このドッグボーンも従来のものに改良を加え耐久性を上げると共に印字品質の向上に寄与している。

② リボン機構 2相のPM型ステップモータを駆動源とする送り機構とクラッパー型マグネットによるリボンリフト機構からなる。リボンカセットは従来のものに対して操作性の向上及びリボン容量増を行なっている。

③ ハンマー機構 クラッパー型マグネットを従来の電流2段切換えを6段に増やし印字濃度の均一化を計っている。

3-1-2 スペース送り機構 (図3)

サーボモータを駆動源として2本のワイヤーよりキャ

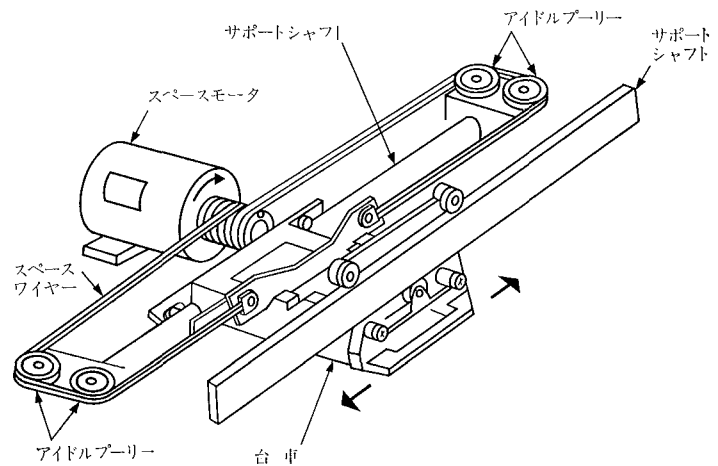


図3 スペース送り機構

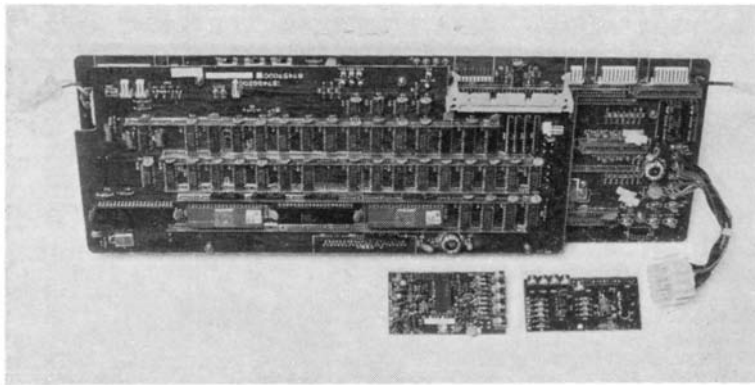


図4 制御部

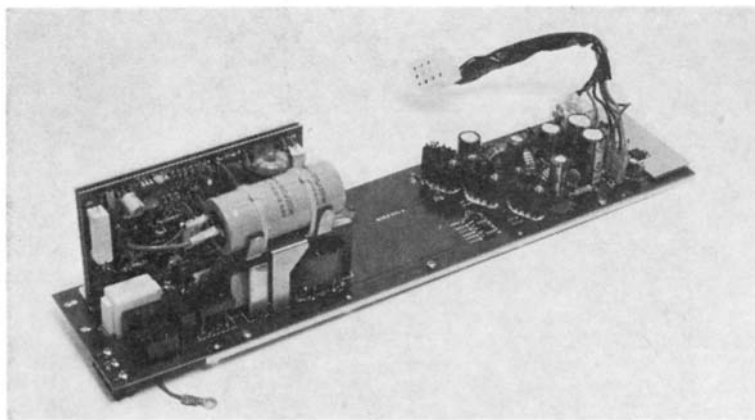


図5 電源部

リッジの移動を行なう。ワイヤーのテンションを一定にするコイルスプリングには緩衝機構が付加させており、キャリッジ起動・停止時の急激な動きでのスプリングの振動を吸収している。

3-1-3 紙送り機構部

2相のPM型ステップモータを駆動源として使用し、アイドラギヤを介して、フリクションプラテンまたはオプションとしてのピン・フィード・プラテンを回転させる。

3-1-4 フレーム機構部

各機構の枠と印字用紙の案内部を含むユニットである。アルミダイキャストによる一体化構造となっている。

3-2 電子回路部

3-2-1 制御部

図4に示す如くパワーボード上にメインボード、SPセンサーボード、SELセンサーボードの3枚がコネクタにより結合している。各機構部との信号の授受はPOWERボード上のコネクタからワイヤーハーネスを介して行なう。

3-2-2 電源部

図5がフレーム機構部中央の底部に実装される。

4 機能・動作

図6は制御部のハード構成を示すブロック図である。プリンタ制御は μ CPU 8085A、ROM・I/O 8355、及びRAM・I/O 8156のLSi 4個を中心とした構成によるメインコントロールとセレクション・サーボドライブ及びハンマー・ドライブ等のパワーコントロールに分かれている。

プリンタの良否の評価は主にスピードと印字品質にて行なわれる。本装置に於て、その制御がスピードと印字品質に直接に関係してくるのは活字選択機構及びスペース送り機構である。即ち活字選択及びスペースングの速度でプリンタ速度が決定され、また、活字選択及びスペースングの位置決め機構の精度により、水平方向印字品質が決定する。

本装置ではこの2大重要機構をサーボモータで駆動し高速度、高印字品質を達成している。

以下にこのサーボモータ制御について詳細に説明していく。

4-1 DC・サーボ・モータ駆動原理

4-1-1 サーボ・モータ動特性の解析

DC・サーボ・モータの動作特性については、各種の詳細な解析がなされ運動方程式を導き出している例はあるが、解析が複雑で実用的でない。サーボ・モータの特性及び負荷系の条件を知って、簡単にかつ実用的な解析が可能な簡略化した動作特性解析の手順を述べる。

本文で用いる記号の説明を表2に示す。

DC・サーボ・モータと負荷系を剛体とみなした場合、DC・サーボ・モータの電気的特性との運動方程式は下記(1)、(2)式に示される。(記号の定義は表2参照)

$$K_T \cdot I_a = (J_R + J_L) \frac{dw}{dt} + D_f \cdot w + (F_R + F_L) \dots (1)$$

$$E_0 = L_a \frac{di}{dt} + R_a \cdot I_a + K_E \cdot w \dots (2)$$

ここで、 $D_f \approx 0$, $L_a \approx 0$ として

$$T_m = \frac{R_a \cdot (J_R + J_L)}{K_E \cdot K_T}$$

$$K = \frac{E_0}{K_E} - \frac{R_a \cdot (F_R + F_L)}{K_E \cdot K_T}$$

と置いて(1)、(2)式を解くと、

$$T_m \frac{dw}{dt} + w - K = 0 \dots (3)$$

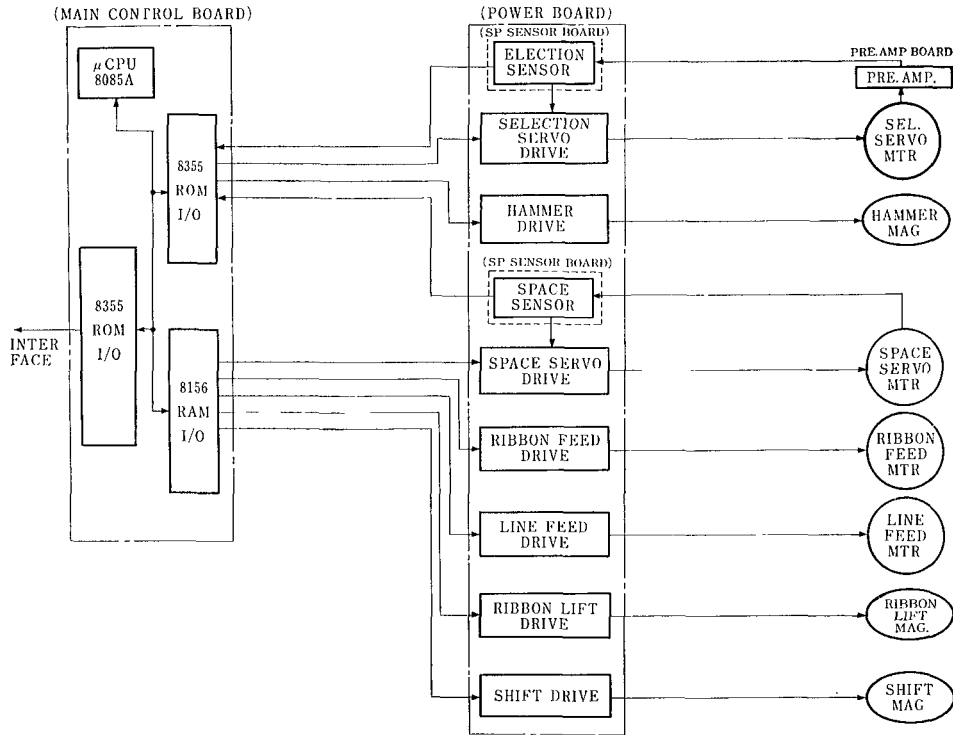


図6 制御部ハード構成

(3)式を $t=0$ にて $w=0$ 条件より,

$$w = K(1 - e^{-\frac{1}{T_m}t}) \quad \dots\dots\dots(4)$$

E_0 に於ける $t \rightarrow \infty$ として最終到達速度は,

$$w_{t=\infty} = K = \frac{E_0}{K_E} - \frac{R_a \cdot (F_R + F_L)}{K_E \cdot K_T} \quad \dots\dots\dots(5)$$

また、最終速度の63.2%に達する時間 T_m は,

$$t_{w=63.2\%} = T_m = \frac{R_a \cdot (J_R + J_L)}{K_E \cdot K_T} \quad \dots\dots\dots(6)$$

T_m についてモータ単体にて評価すると $J_L=0$ より

$$\tau_m = \frac{R_a \cdot J_R}{K_E \cdot K_T} \quad \dots\dots\dots(7)$$

τ_m はモータの機械的時定数と呼ばれ、モータ性能の一つの目安となっている。

(4)式を(2)式に代入して電流条件式を求める。

$$I_a = \frac{E_0}{R_a} - \frac{K_E}{R_a} \cdot K \cdot (1 - e^{-\frac{1}{T_m}t}) \quad \dots\dots\dots(8)$$

以上より得られた(4), (8)式が基本式となり、一般的な定電流制御の起動停止による間欠動作について図示すると図7の如くなる。図の示す内容は,

- ① 横軸は時間軸であり或る回転角度の運動の起動・停止に要する時間を示す。
- ② 縦軸はモータの角速度の変化を示す。
- ③ 網点で示される面積がモータの回転角度を示す。

表2 記号と名称

| | |
|----------|---|
| L_a | モータの電機子インダクタンス [H] |
| I_a | モータの電機子電流 [A] |
| R | 回路の抵抗 [Ω] |
| R_a | モータの電機子抵抗 [Ω] |
| K_E | モータ誘起電圧定数 [V/rps] |
| K_T | モータトルク定数 [gr \cdot cm/A] |
| J_R | モータ電機子イナーシア [gr \cdot cm \cdot sec 2] |
| J_L | 負荷系のモータ軸換算イナーシア [gr \cdot cm \cdot sec 2] |
| E_0 | 印加電圧 [V] |
| D_f | モータの粘性制動系数 [gr \cdot cm/rps] |
| F_R | モータの摩擦トルク [gr \cdot cm] |
| F_L | 負荷系のモータ軸換算摩擦トルク [gr \cdot cm] |
| θ | 角変位 [rad] |
| ω | 角速度 [rad/sec] |
| T_m | 機械的時定数 [sec] |
| τ_m | モータの機械的時定数 [sec] |
| τ_e | モータの電氣的時定数 [sec] |

④ 定電流制御の起動・停止の実電流状態を(b)に示す。

4-1-2 プリンター性能からのモータ要求特性

4-1-1の基本動特性式を用いれば、プリンター性能の分析は可能となる。しかしプリンター性能とモータ要求特性の最適化を計りたい場合は第1にプリンターのタイミングチャートを必要とし、タイミングチャートよりモータに要求される最悪条件を設定しモータの特性設計へ進む手順となる。スペース送り用フローモータの要求仕様導出のフローを図8に示す。また、プリンター用モータ

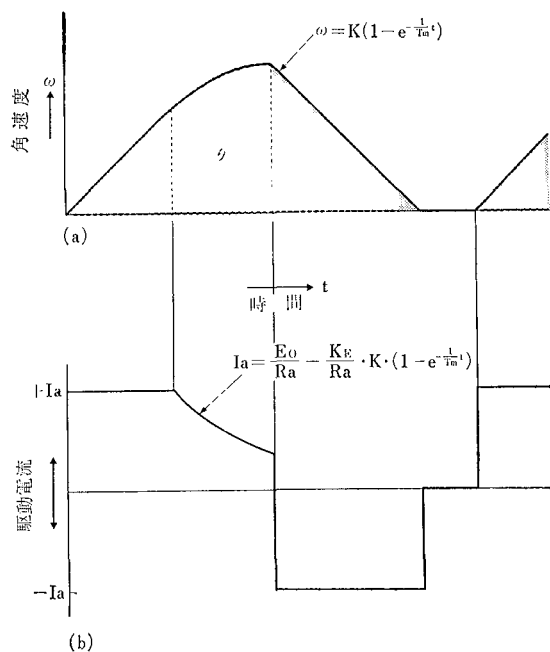


図7 サーボ・モーター動作時特性図

タとしては次の点もモータ仕様上に考慮しなければならない。

- イ. モータ特性 (K_E , R_a) のバラツキ範囲
- ロ. 負荷系の変動範囲
- ハ. 経時変化 (モータ及び負荷系)
- ニ. 温度上昇
- ホ. 電気系変動範囲 (サーボ・センサー及び駆動系)

プリンターの駆動形態は、種々のモータ回転角度及び回転方向の組み合わせであり、特に熱上昇等の解析が複雑になる。この為我々は、(1), (2)式を基本としモータ仕様及び負荷条件等を入力すると、プリンターとしての特性が解析出来るプログラムを作成した。

4-1-3 RP-1600 に使用される DC・サーボ・モータ仕様

RP-1600 の印字速度条件より、活字選択及びスペース送り用に最適な DC・サーボ・モータの仕様を図8のフローに従い決定している。

以下表3に各々のモータ仕様を示す。

4-2 サーボ・モータコントロール

図9は RP-1600 のサーボ・コントロール方式のブロック図である。10はサーボ・モータであり、その回転軸の回転に伴ない、互いに $\pi/2$ 位相の異なる位置信号を発生するフォトエンコーダ (位置検出器) 11、モータ 10 により制御される負荷 (可動部材) 28 は直接または間接的に互いに連絡され同一回転、停止を行う。動作の開始にあたり、外部装置 25 は出力指令信号として可動部材 28 が移動すべき距離と移動方向を示す情報を出力する。

このうち、回転方向指示信号は選択回路 23 に送られ

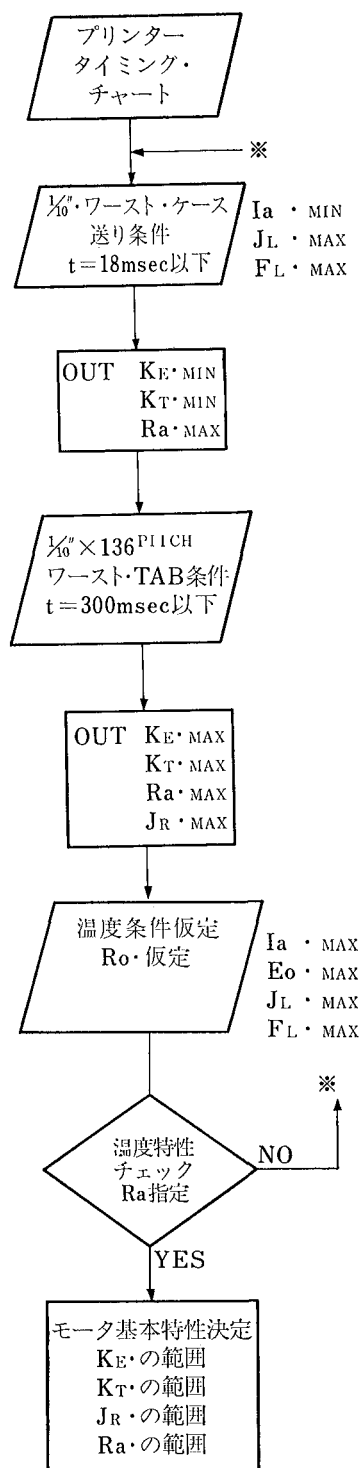


図8 プリンター特性からモータ仕様を決定するフロー (スペース送り特性)

加算機 21, インバータ 22 のどちらか一方の出力がサーボアンプ 27 に入力されてモータ 10 が回転を始める。他方、距離情報は位置誤差カウンタ 26 にセットされて、ここから速度指令信号発生器 20 へ送られ、その内容によって速度指令信号 V_0 のレベルが決定される。

表 3 RP-1600 に使用される DC・サーボ・モータ仕様

| 項 目 | 記 号 | 単 位 | スペース送り用 サーボ・モータ | セレクション用 サーボ・モータ |
|---------------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 定 格 出 力 | P_{RL} | WATT | 37.9 | 17.9 |
| 定 格 ト ル ク | T_{RL} | gr·cm | 9.8×10^3 | 840 |
| 定 格 回 転 数 | N_{RL} | rpm | 360 | 2,000 |
| 定 格 電 流 | I_{RL} | A | 4.5 | 1.9 |
| 誘 起 電 圧 定 数 | K_E | V/rpm | 24×10^{-3} | 5.6×10^{-3} |
| ト ル ク 定 数 | K_T | gr·cm/A | 2,330 | 545 |
| 電 機 子 抵 抗 | R_a | Ω | 1.7 | 3.1 |
| 電 機 子 イ ン ダ ク タ ン ス | L_a | mH | 3 | 1.2 |
| 電 機 子 イ ナ ー シ ア | J_R | gr·cm·sec ² | 1.2 | 18×10^{-3} |
| 摩 擦 ト ル ク | F_R | gr·cm | 500 | 80 |
| 粘 性 制 動 係 数 | D_f | gr·cm/rpm | 0.5 | 0.06 |
| 機 械 的 時 定 数 | τ_m | ms | 3.4 | 1.9 |
| 電 気 的 時 定 数 | τ_e | ms | 2.0 | 0.39 |
| パ ワ ー レ イ ト | \dot{P} | W/sec | 7.9×10^3 | 3.8×10^3 |
| 瞬 時 最 大 ト ル ク | T_{MAX} | gr·cm | 15×10^3 | 1,950 |
| 瞬 時 最 大 電 流 | I_p | A | 10 | 3.6 |
| 熱 抵 抗 | R_θ | °C/W | 1.3 | 5.7 |
| 重 量 | W | gr | 2.2×10^3 以下 | 230 以下 |

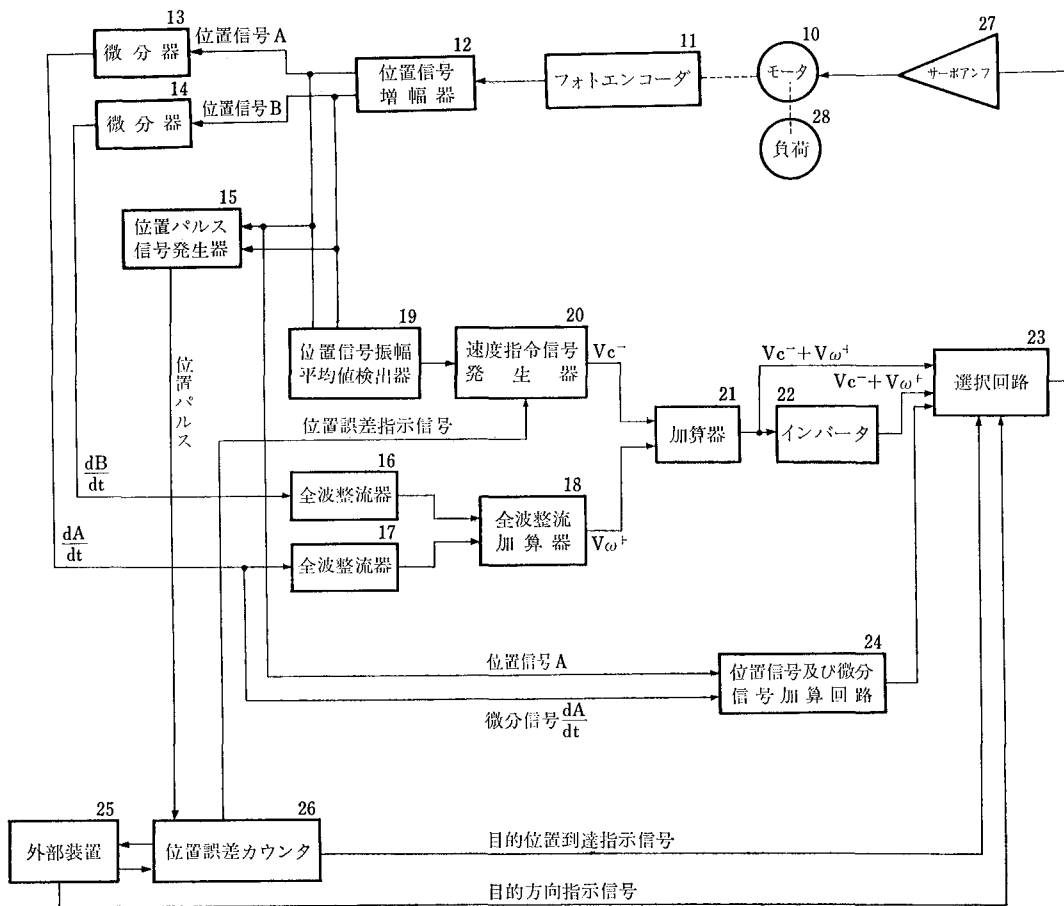


図 9 サーボ・コントロール・ブロック図

即ち、負荷 28 の所要移動距離が大きい程 V_c^- のレベルは大きくモータ 10 は高速回転を行なうようになる。

さて、モータ 10 が回転を開始すると、フォトエンコーダ 11 からは負荷 28 の単位移動量を示し、そして互いに $\pi/2$ だけ位相の異なった 2 つの周期的微小信号が検出される。

この信号は位置信号増幅器 12 に送られ、ここで所定の振幅に増幅されて位置信号 A, B が得られる。この位置信号 A, B は正弦波または三角波である。2 つの位置信号 A, B は微分器 13, 14 で微分されて微分信号 dA/dt , dB/dt に変換された後、それぞれ全波整流器 16, 17 で整流され、更に全波整流加算器 18 で加算される。即ち、この全波整流加算器 18 の出力がモータ 10 の実速度信号 V_{ω}^+ となる。他方、位置信号 A, B は位置信号振幅平均値検出器 19 にも送られ、その振幅変動を監視して位置信号の振幅の変動による速度信号の変動を相対的にキャンセルするのに利用される。位置信号振幅平均値検出器 19 の出力は速度指令信号発生器 20 の入力となる。更に、位置信号 A, B は位置パルス信号発生器 15 にも送られ、モータ 10 の回転に伴ない、負荷 28 が単位移動するごとに位置パルスが出力される。

この位置パルスによって位置誤差カウンタ 26 の内容が減算されていく。位置誤差カウンタ 26 の出力は位置誤差指示信号として速度指令信号発生器 20 へ与えられ、負荷 28 の目的停止位置と現在位置との距離に応じたレベルの速度指令信号 V_c^- が作成される。実速度信号 V_{ω}^+ と速度指令信号 V_c^- が加算器 21 で、加算されこの出力 $V_c^- + V_{\omega}^+$ とインバータ 22 の出力 $\overline{V_c^- + V_{\omega}^+}$ が選択回路 23 で外部装置 25 の回転方向指示信号により選択されてサーボアンプ 27 に加えられ、モータ 10 が駆動される。

モータ 10 が回転するに従い位置誤差カウンタ 26 の内容が次第に減少していき、それにつれて速度指令信号のレベルも減少し、モータ 10 の速度は低下していく。

このようにして位置誤差カウンタ 26 の内容が零になり、負荷 28 が目的位置に到達すると、位置誤差カウンタ 26 から目的位置到達指令信号が選択回路 23 に送られる。これによって選択回路 23 は加算器 21 またはインバータ 22 の出力のかわりに位置信号及び微分信号加算回路 24 の出力を選択する。これによって選択回路 23 を通して位置信号 A と微分信号 dA/dt の差信号がサーボアンプ 27 に入力され、モータ 10 は停止する。

図 13 は図 9 の全体的な動作を説明するための制御タイムチャートである。即ちモータ 10 つまり負荷 28 の正方向回転指示とその移動距離が外部装置 25 から出力され、それに伴って速度指令信号 V_c^- がサーボアンプ 27 に入力され、増幅された電圧がモータ 10 の端子間に印加される。これによりモータ 10 が正方向に回転を始め、同時に位置信号 A, B が出力され、この位置信号により

得られる V_{ω}^+ もサーボアンプ 27 に入力される。

これら V_c^- と V_{ω}^+ は互いに極性が逆で、帯に相殺するように働く。しかし、モータ 10 の回転子イナーシャ、負荷イナーシャ等のために、モータ 10 の回転速度は速度指令信号 V_c^- に直ちに応答できず、ある勾配をもって上昇していく。この時 $V_c^- + V_{\omega}^+ < 0$ であり、モータ電流は正方向に流れ、モータ 10 は加速を続けていく。モータ 10 の回転速度が、その位置誤差での設定速度に近づくと $V_c^- + V_{\omega}^+ \approx 0$ となり、モータ電流はほぼ零となって定速回転を行う。モータ 10 の回転により位置誤差カウンタ 26 の内容が減少していき、ある位置誤差に達すると、速度指令信号 V_c^- のレベルは切り換わり減少する。

これに対してモータ 10 の回転は即答できないので一時的に $V_c^- + V_{\omega}^+ > 0$ となり、モータ電流は逆方向に流れる。以下、同様の動作繰をり返し、負荷 28 が目的位置に到達すると位置誤差カウンタ 26 の内容は零となる。

この時、速度指令信号 V_c^- 、実速度信号 V_{ω}^+ はカットされ、そのかわりに位置信号 A とその微分信号 dA/dt がサーボアンプ 27 に入力され、モータはダンピングを行ないながら停止する。

4-2-1 速度信号発生回路

図 11 が本方式の全波整流方式による速度信号発生回路である。

従来の方式は位相の異なる 2 つの位置信号より、それぞれを各々反転させ 4 つの位置信号を得、これをそれぞれ

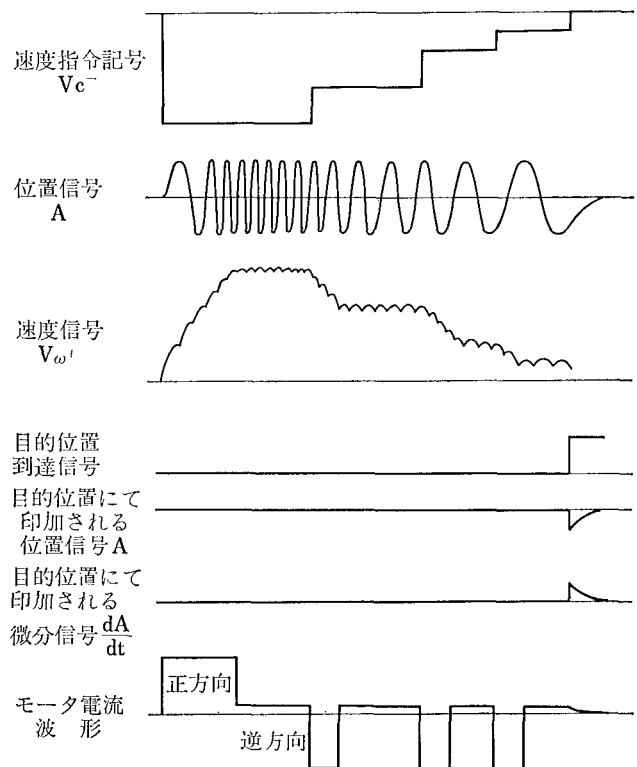


図 10 サーボコントロールタイムチャート

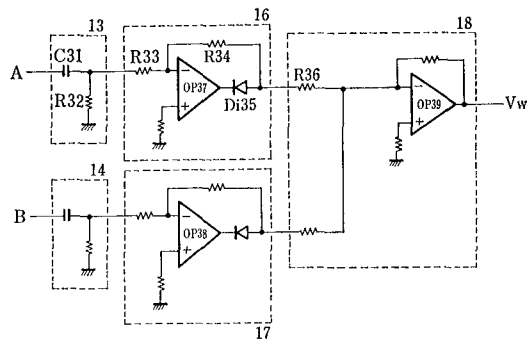


図 11 速度信号発生回路

れ微分し、そのピーク値をゲート信号でサンプリングして速度信号を得ている。上記ゲート信号は位置信号をシュミットして作る為、2つの位置信号の位相変動、振幅変動、中心変動に対して速度信号が変動するという欠点がある。

これに対して本方式は2つの位置信号を微分したものをゲート信号によりサンプリングすることなく理想全波整流回路を用いて速度信号を得ている。

図10は速度信号 V_{ω}^+ を得る回路図で図10の各部の信号波形を図12に示す。今位置信号Aが微分器のコンデンサC31に入力されると、 $dA/dt \leq 0$ の場合は、C31と $\frac{R32 \times (R33 + R34 + R36)}{R32 + (R33 + R34 + R36)}$ の定数で決まる微分波形がC31と抵抗R32との接続点に現われ、これが全波整流器16の抵抗R33、R34及び全波整流加算器18の抵抗R36を通過してオペアンプOP39に入力される。なお、入力が負の時、全波整流器16のオペアンプ37は正になるので、この場合、ダイオードDi35によってオペアンプ37の出力は微分信号と分離される。一方 $dA/dt \geq 0$

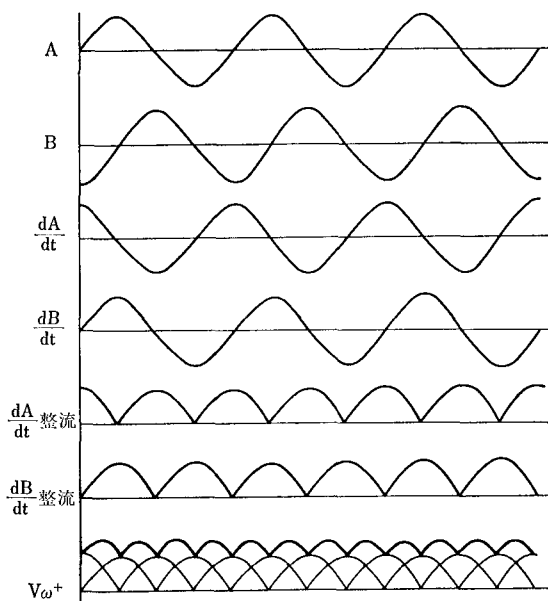


図 12 速度信号発生タイムチャート

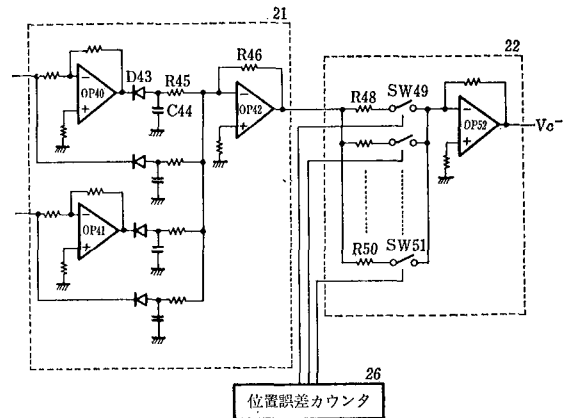


図 13 速度指令信号発生回路

の場合は、C31と $\frac{R32 \times R33}{R32 + R33}$ の定数で決まる微分波形がコンデンサC31と抵抗R32との接続点に現われ、これが全波整流回路16でR34/R32倍され、抵抗R36を通過してオペアンプOP39に入力される。以上の動作は位置信号Bについても同様であり、このよりにして位置信号A、Bの微分信号を全波整流加算器18で加え合わせたものがオペアンプOP39で増幅され、速度信号 V_{ω}^+ が得られる。

4-2-2 速度指令信号発生回路

図11は速度指令信号 V_{ω}^- を得る回路図である。位置信号A、BはオペアンプOP41、OP42で反転され、合計4つの位置信号A、B、 \bar{A} 、 \bar{B} の負のピーク値が各ダイオードとコンデンサでサンプル・ホールドされる。例えば、ダイオードDi43とコンデンサC44が位置信号Aを反転して得られた信号 \bar{A} のサンプリング・ホールド回路に相当する。これらの4つの信号を合計すると、オペアンプOP42の出力側には位置信号AとBの振幅の平均値が得られる。これが速度指令信号を作成する際の基準信号として使用されるため、位置信号A、Bの振幅が変化したときの速度信号の変動を相対的にキャンセルすることができる。速度指令信号発生器22は複数個の抵抗とスイッチの回路群及びオペアンプOP52からなり、各回路のスイッチのオン・オフ制御は位置誤差カウンタ26の内容によって決定される。

4-3 サーボアンプ

DCサーボアンプは、印加電圧方式により、電圧を連続的に印加するドロップパー型と電圧を断続的に印加するチョッパ型に、また、スイッチング素子の構成により、2つのスイッチング素子を用いるT型と4つのスイッチング素子を用いるH型に大別される。これらの方式には一長一短があるが、モータを低電力でかつ高速駆動する場合には主にH型チョッパアンプが用いられる。

図14は本方式の概略ブロック図である。本方式のサーボモータ駆動は定電流方式であり、このため、誤差信

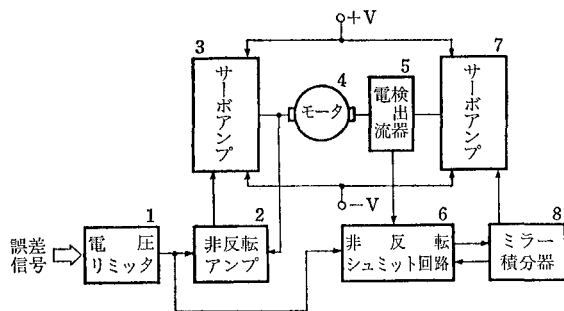


図 14 サーボアンプブロック図

号電圧を上限，下限のある一定値以下に押え込み，さらに非反転シュミット回路に電流帰還を行って，モータ電流の正負最大値を一定に保っている。

図 14 に於て，適当に増幅された誤差信号は電圧リミッタ回路 1 に入力され，その上限，下限がある一定値以下にリミットされる。電圧リミッタ回路 1 を通った誤差信号は非反転アンプ 2 と非反転シュミット回路 6 に与えられ，更に非反転シュミット回路 6 の出力はミラー積分器 8 に与えられ，それぞれサーボアンプ 3，サーボアンプ 7 を駆動する。ここで，非反転シュミット回路 6 への電流帰還がないものと仮定すると，ミラー積分器 8 は反転型であるため，サーボアンプ 3 の出力とサーボアンプ 7 の出力とは帯に正負逆極性の関係にある。よって，両サーボアンプ 3 と 7 の間に直列に接続されたモータと 4 電流検出器 5 内の抵抗に接続されたモータ 4 と電流検出器 5 内の抵抗によってモータ電流を検出し，これを非反転シュミット回路 6 に帰還することにより，通常は互いに正負逆極性の関係にある誤差信号と電流値検出信号と加算値の状態によって非反転シュミット回路 6 の出力は

正負の極性を有する矩形波として発振する。この矩形波をミラー積分器 8 でミラー積分し，その鋸歯状波をサーボアンプ 7 に入力すると，サーボアンプはチョッパ動作を開始する。即ち，サーボアンプ 3 はモータ 4 の印加電圧，通電々流を制御し，サーボアンプ 7 はモータ通電々流の大きさとチョッパ周波数を制御する。

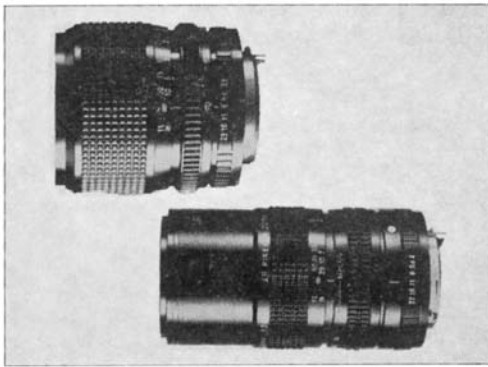
従来の H 型チョッパアンプでは，静止領域でのチョッパ周波数が可聴域まで低下し，これを防止する目的でモータの通電を切ってもモータが回転しないクリックの少ない特殊モータを用いて，静止時はモータの通電を止める方法がとられている。しかし，この本式では，クリックのある普通のモータを用いると，発振音を止めるため静止領域で励磁を切ると静止位置が移動してしまい，精密な位置制御が不可能であった。これに対し本方式では，サーボアンプ 3 のゲインを低くし，かつ非反転シュミット回路 6 とミラー積分器 8 で発振回路を構成することにより，静止時の微小電流の場合でも可聴領域以上の周波数でチョッパを動作させることが出来る。

5 おわりに

以上 RP-1600 のサーボモータ制御を中心にした紹介をしてきた。

本開発の目的の高性能，低価格プリンタの開発という点に於ては，初期の目標を達成出来た。しかし市場では更に低価格機及び高性能機へと需要が多様化しており，今後これら市場ニーズマッチしたプリンタの開発を進めてゆきたい。

最後に多方面にわたって社内外の多数の方々へ御援助いただいたことを報告し謝意を表します。



XRリケンズーム

1:3.5 f=35~70mm マクロ

1:4 f=70~150mm マクロ

XR RIKENON ZOOM 1:3.5 f=35~70mm Macro

1:4 f=70~150mm Macro

藤陵 巖達* 川村 篤* 矢澤 純一*
Yoshisato Fujioka Atsushi Kawamura Junichi Yazawa

要 旨

小型の標準ズームレンズ (1:3.5 f=35~70mm)、望遠ズームレンズ (1:4 f=70~150mm) を開発した。標準ズームは 70×68φmm、望遠ズームは 112×64φmm という大きさにすることができた。前者は収納時にコンパクトになるように第1レンズ群のズームによる移動量を大きくした。後者はリレーレンズ系に望遠比の小さい新しいタイプのものを使用することで小型化を計った。小型にもかかわらず、周辺で10本/mmのMTFは全ズーム域で両者とも70%以上であり、単焦点レンズに匹敵する。構成枚数はそれぞれ7群7枚、10群13枚で同クラスでは最少の部類に属し、硝材も一般のものを使用して、低コスト化を計った。

ABSTRACT

We have developed two small-sized zoom lenses, one a standard type (1:3.5 f=35~70mm) and the other a telephoto type (1:4 f=70~150mm). The sizes were reduced to 70mm×68φmm and 112mm×64φmm for the standard type and telephoto type, respectively.

For the standard model this size reduction was accomplished by widening the moving range of the first lens group, which made this model containable in a smaller case. For the telephoto model the size was reduced by using the new relay lens system with smaller telephoto ratio which is achieved by adding one more lens. For the both models MTF value for spacial frequency of 10 lines/mm exceeded 70% even at corners of a focused image for the full zooming range. This figure is comparable to that of a single focal lens system.

The standard model consists of 7 components of 7 element lenses and 10 components of 13 element lenses are used for the telephoto model. These numbers are considerably smaller for the same class of the zoom lens system. For the cost reduction conventional, commercially available materials were utilized for the production.

1 はじめに

近年、一眼レフカメラは価格競争の時代ともいわれ、その影響は交換レンズにも及んでおり、加えてズームレンズには単焦点レンズ並みの性能が要求されている。1:3.5 f=35~70mm と 1:4 f=70~150mm の2本の一眼レフカメラ用ズームレンズが、両立の難しいこの2つの要求を背景にコンパクト化の可能性を追求する過程

で開発された。

本稿では、ズームレンズの開発を通じて得た各種タイプ別の適用域と特徴、ズームレンズのコンパクトさを表す指数の定義と、高性能化と小型化の相反する性質、収差補正の原理と特にズームレンズで重要になる性能評価の留意点を述べる。次に新開発された2本のズームレンズについて、仕様及び収差補正上の要点を説明したあと、収差図・MTF測定値を用いて結像性能についての定量的説明を行う。更に最短撮影距離・倍率・像性能に加えて、機構面から見たマクロ撮影方式のあり方、及びゴースト低減の理論検討と実験結果について技術的解説を行った。

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

2 ズームレンズ概論

2-1 ズームレンズの分類と特徴

ズームレンズを種々の側面から見た場合、次のように分類することができ、それらは以下に述べるような特徴を有している。

2-1-1 像位置補正方法による分類と特徴

ズームリングを行った時に像面を所定位置に保つための方法、すなわち像点補正方法からみて

- (1) 光学式補正方法
- (2) 機械式補正方法

とに分類することができる。

光学式補正方法のズームレンズは、隣り合わない2群又は3群のレンズ群に相対的には位置関係が変わらない等量の線型移動を起こさせ、残りのレンズ群は固定したままでズームリングを行うものであって、全長・前玉径とも大きくなりがちなほか、近軸設計では像点位置の変動がとりきれず、ある程度は残留せざるを得ない。しかし、レンズ群の移動がすべて線型ですむことから機構が簡単になり、35 mm 判一眼レフ用の初期のズームレンズとしては、この方法が主流であった。

これに対し、機械式補正方法のズームレンズは、ズームリングによる焦点位置の変動を除去するように、特定のレンズ群をカム等を用いて非線型に移動させるもので、構造的なメカニズムは複雑になるが、小型化・高性能化が実現できるため、加工技術の進歩と相俟って、近年ではほとんどこの方法が採用されている。

2-1-2 第1レンズ群のパワーの符号による分類と特徴

光学設計の立場から見た場合、ズームレンズの第1レンズ群が有するパワー（パワー＝焦点距離の逆数）の符号により

- (1) ポジティブリード型
- (2) ネガティブリード型

に分類される。

ポジティブリード型は、ズームレンズの第1レンズ群に正のパワーが与えられているものであって、正のレンズ群が先行することからテレフォト型のパワー配置が基本になり、望遠ズーム系にむいており、又、収差補正に適したタイプであるとされている。

一方、ネガティブリード型は、第1レンズ群が負のパワーを有するものであって、全体として正の結像系となるためのレンズ群が後置されるため基本構成はレトロフォーカス型となり、焦点距離に対し比較的長いバックフォーカスが要求される広角系のズームレンズに用いられる。又、第1レンズ群の発散作用により、前玉径を大きくせずに周辺光量を保つことができ、この点からも広角系ズームレンズに使用することは有利である。

2-1-3 構成による分類と特徴

ズームレンズをその構成から見た場合

- (1) ズーム系とリレー系とから成るもの
- (2) 両系が一体化したもの

に大別できる。

ズーム系とリレー系とから成るものは4群タイプのものが多く、各群をその機能からフォーカシングレンズ系、バリエータ、コンベンセータ、リレーレンズ系と称する。このタイプのズームレンズは、絞りをズームリング中に移動しないリレーレンズ系の近くに置くことになり、ズームリングによってFナンバーが変化しない事、大ズーム比にむくことが長所になっている。しかし絞り位置の関係上、広角系ズームレンズに適用すると前玉径が大きくなる欠点がある。

ズーム系とリレー系とが一体化したものは2群タイプが主で、第1群がフォーカシングレンズ系とバリエータとを兼ね、第2群がコンベンセータの役目を果している。このタイプのズームレンズは大きなズーム比は期待できないが、コンパクトにまとめられ、広角ズームレンズ、標準ズームレンズに多く用いられている。絞りが第2群と同じ動きをするときは、ズームリング中に明るさに変化し、これを避けるためにズームリングに応じて絞り径を変える機構を備えているものもある。

このほか両者の中間と思われる構成や、極めて新規な構成もみられ、固有の特徴を生かした設計がされており特に広角をふくむ大ズーム比の領域においては種々のバリエーションが現われはじめています。

2-2 ズームレンズの収差補正

2-2-1 コンパクト化と収差補正

ズームレンズが単焦点レンズと比較される時の主たる欠点の1つに、大きくて重いことがあげられている。コンパクトなズームレンズを実現するためには種々の方法があり、それぞれに対策が難しい副作用を伴っていることは周知の通りである。最も効果的な方法にバリエータのパワーを強くすることがあげられる。しかしこの方法では、バリエータの各面に小さな曲率半径が要求され、そのために発生する収差の補正が困難になるほか、バリエータに偏心が発生した時の結像性能の劣化が著しくなったり、カム形状に誤差が起きた場合の焦点シフトが大きく発生するなど、高い加工精度が必要になってくる。

筆者らはズームレンズの長さ方向のコンパクトさを表わす指数として、T.R.Z.(Telephoto Ratio of Zoom lens)という新語を考えてみた。これはズームレンズの最長焦点距離(f_{tele})における望遠比であって、式で表すと

$$T.R.Z. = \{ \sum d_i (f=f_{tele}) + bf (f=f_{tele}) \} / f_{tele}$$

で定義され、又、鏡筒長 (Length) は

$$Length = T.R.Z. \times f_{tele} + \alpha - FB$$

α : 鏡筒先端より第1レンズ面までの長さ

FB : フランジバック

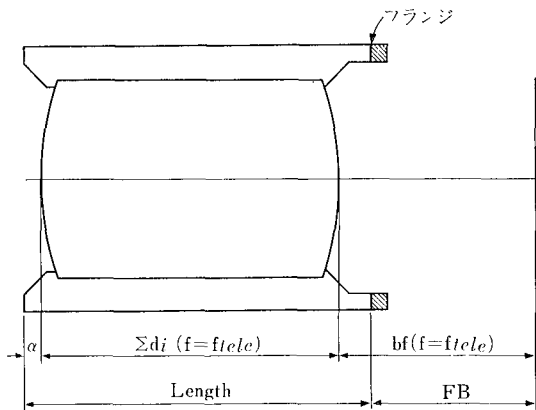


図1 T.R.Z.の記号 レンズ群の配置は最長焦点距離側である

となる(図1)。T.R.Z.の値はズーム比及び最短焦点距離(f_{wide})等によって異ってくるが、ズーム域が同じならば小さいほうがコンパクトで有利であることを意味している。しかし残念なことに、この量は第1群がTele側で物体のほうへ移動する方式には不利となり適切さを欠くという適用上の限界を有している。

図2は特許情報から $f=35\sim 70\text{ mm}$ 付近のものを抽出し、バリエータのパワーとT.R.Z.の相関を調べたものである。同図からバリエータのパワーとT.R.Z.は、ある程度の依存性を保ちながらも、他のファクターも少なからず影響していることが分かる。線型相関を示すところは、バリエータのパワーを強くして、小型化を狙ったところであり、前記した問題点は設計技術力や量産能力の向上でカバーしていることがうかがえる。他方、この相関からはずれる部分は、各社のマウントの違いにより必要とされるフランジバックの差や、明るさの違い、製造部門への負担の差などを反映するものである。

2-2-2 収差補正とその要点

ズームレンズの収差補正は、一般に最短焦点距離、中

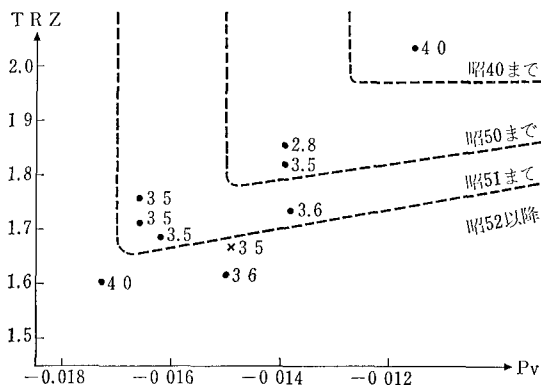


図2 T.R.Z. (ズームレンズのテレ比) と Pv (バリエータのパワー) の相関 $f=35\text{ mm}\sim 70\text{ mm}$ 付近。破線のパラメータは特許出願の時期。右側のサフィクスは最長焦点距離時のFナンバー。×印は本文で紹介したものの。

間焦点距離 (f_{mean} ; $f_{mean}=f_{wide}\times\sqrt{Z}$, ここで Z はズーム比で $Z=f_{tele}/f_{wide}$)、最長焦点距離の3ヶ所のズーム点で行われ、おのおののパラメータの変分が各ズーム点において収差に及ぼす変動量の違いにより、収差のバランス及びズーミングによる収差変動を、おさえるようにする。

例えば球面収差 (S.A.) は球面への入射高の4乗に比例して変動するが、ズーム比を2とした場合、無限遠物体に対しては $S.A._{wide} : S.A._{mean} : S.A._{tele}=1 : 4 : 16$ の比で第一群のパラメータによる変化が起り、これを利用して球面収差の補正及びズーミングによるバランスをとることになる。

ズームレンズの収差の一般的性質には

- (1) 球面収差は Mean と Tele の間で最大の変化を示す。
- (2) 歪曲収差は Wide からやや Mean に動いたところで最大の変化を示す。
- (3) 周辺光量は Wide と Mean の間で少なくなり、特に近距離時は更に減少する。
- (4) 近距離撮影時のくり出しによる球面収差の変動は Tele で大きい。
- (5) 近距離撮影時のくり出しによる歪曲収差の変動は Wide で大きい。

等があり、必ずしも顕著に起るとは限らない項目もあるが、ズームレンズの設計では、常に念頭におかなければならない項であり、ズーム点3点のほかに、上記条件を考慮したズーム点を選ぶ必要がある。

3 新開発ズームレンズの二形態

筆者らは、最も市場ニーズの高い二つのズームレンズを選び、高性能と高いコストパフォーマンスを維持しながらコンパクト化がどこ迄実現できるかを考えた。

それは一眼レフカメラ、リコー XR-500 が高性能でしかも低価格の F2, $f=50\text{ mm}$ レンズ付きで売り出されたことと思想的に同じであり、これを現在は万能化されて来たズームレンズで肩代り出来ると考えたからでもある。今回、開発した2つのズームレンズの主な仕様を示す。

| | ① 標準ズーム | ② 望遠ズーム |
|---------|----------|-----------|
| 焦点距離 | 35~70 mm | 70~150 mm |
| 明るさ | F 3.5 | F 4 |
| レンズ構成 | 7群7枚 | 10群13枚 |
| ズーム群数 | 2群 | 4群 |
| ズーム方式 | リング回転式 | ← |
| 最短撮影距離 | 0.8 m | 1.5 m |
| マクロ撮影距離 | 0.3 m | 0.6 m |
| フィルター径 | 58 mm | 52 mm |
| 最大径 | 68 mm | 64 mm |
| 全長 | 70 mm | 112 mm |
| 重量 | 345 gr | 465 gr |

① 1:3.5 f=35~70 mm

標準ズームレンズと呼ばれるタイプのレンズである。

(図3)

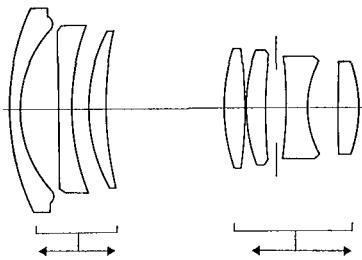


図3 1:3.5 f=35~70 mm 構成図

このレンズはスナップや室内撮影用として、よく使われる広角 35 mm から、ポートレート撮影用として、最も使いやすい準望遠 70 mm までをカバーしており、50 mm 単焦点標準レンズに取って変わるものである。

明るさは F3.5 で、ファインダーのスプリットイメージのカゲリも生じなく、高感度フィルム (ASA 400) を使用することにより暗い所での撮影にも十分使える明るさである。

通常のズーム撮影域での最短撮影距離は 0.8 m で、マクロ撮影域では 0.3 m までの接写が出来るため、従来のズームレンズに比べ撮影範囲も広がっている。

② 1:4 f=70~150 mm

望遠ズームレンズと呼ばれるタイプのレンズである。

(図4)

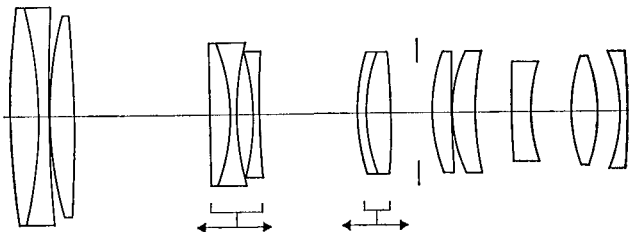


図4 1:4 f=70~150 mm 構成図

このレンズはポートレート撮影用として使いやすい準望遠 70 mm から、スポーツや遠景撮影に効果的な望遠 150 mm までをカバーしており、従来からよく使われている単焦点望遠レンズに取って変わるものである。

明るさは F4 で前記標準ズームレンズとほぼ同程度のものである。ズーム撮影域の最短撮影距離は 1.5 m で、通常の撮影では十分な近距離撮影ができるが、マクロ撮影域では 0.6 m までの接写が可能となる。

3-1 f=35~70 mm

構成は最も簡単な2群から成り両群移動のネガティブリード型とした。このタイプはレトロフォーカス型の配置になっており、広角を含むズームレンズとしては近接撮影のための第1群繰り出し時にも光線のケラレが少な

く有利であるが、第1群と第2群との間隔が大きくなる短焦点距離側で負の歪曲収差が増大して、両群が近接する長焦点距離側で球面収差が悪化するという性格がある。従って収差補正には問題もあり、枚数の減少や大口徑比化がやりにくい点がある。これ等の問題を少枚数とコンパクト化といった収差補正と逆行した注文を同時に満足させるためには、各群のパワーは比較的弱くし、且つ収納時にコンパクトになるよう両群のパワーを選ぶことにした。即ち第1群が最長焦点距離に変倍した時像面側に大きく後退するような配置である。こうする時には第2群の移動量は逆に少くなるので、Fナンバーを一定に保つための絞り口径の補正量が少なくてすむ利点もある。

このレンズは第1群の形状が前述の歪曲収差や球面収差に大きな影響がある。まず歪曲収差に注目すると、第2レンズ及び第3レンズの形状と、第2レンズと第3レンズの間の空気レンズがよく効く事が分った。そこで第2レンズは凹メニスカスレンズ、第3レンズは凸メニスカスレンズとし、第2レンズと第3レンズの間の空気レンズは物体側に向って凸なる同心球状とすることにより、最短焦点距離においても負の歪曲収差の増大を防ぐ事が出来た。この空気レンズの厚み、即ち第2レンズと第3レンズの間隔は、大きく離すほど歪曲収差の補正には有利であるが、逆に長焦点距離における球面収差が負で増大したり、1・2群がぶつかりズーム比が減少する等の欠点があるので、ある範囲内に収めてある。

第2群は簡単な4枚構成となっているが、第4レンズ

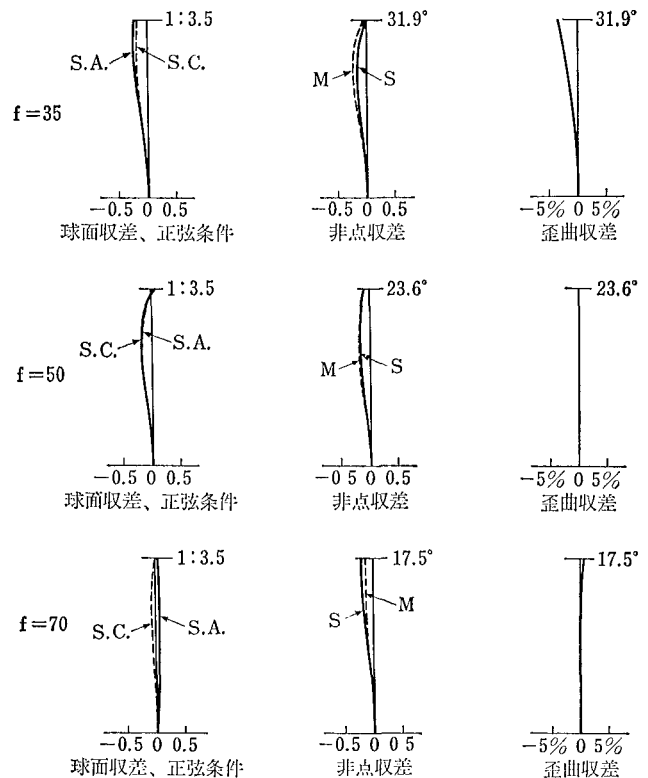


図5 1:3.5 f=35 mm~70 mm 収差図

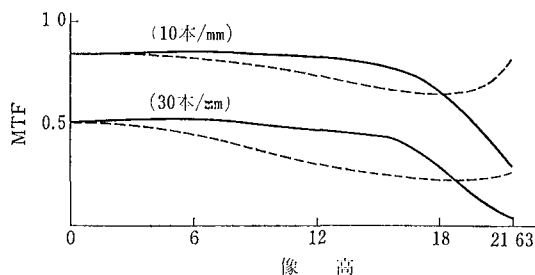


図6 1:3.5 f=35~70mm MTF測定値
at f=35mm 1:3.5 (周辺最低方向)

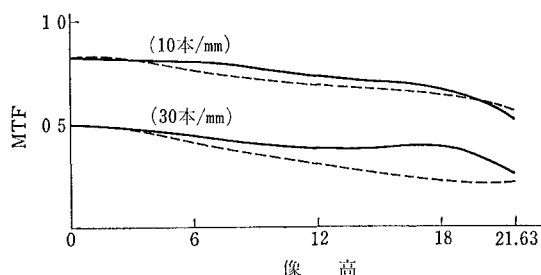


図7 1:3.5 f=35~70mm MTF測定値
at f=50mm 1:3.5 (周辺最低方向)

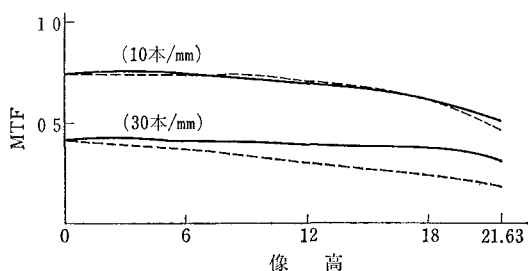


図8 1:3.5 f=35~70mm MTF測定値
at f=70mm 1:3.5 (周辺最低方向)

と第5レンズのそれぞれの前面の曲率半径を適正化することにより球面収差も良好となし得た。又、第4レンズを2枚接合とし色消し状態をさらに良好にしたものも試作したが、コスト低減上は不利なため同等に近い7枚構成を採用した。収差補正には各収差のバランスをとり、絶対値が小さくなること、コマ収差の補正にも充分注意をはらった。その結果として得られた光線追跡の収差を図5に、M.T.F.測定値を図6~図8に示す。

3-2 f=70~150mm

構成は、第2図に示すようなオーソドックスな4群タイプであり、フォーカシングレンズ群、バリエータ、コンペンセータから成るズーム系はほぼ無焦点系をなし、これに結像を行うためのリレーレンズ系が続く2・3群移動のポジティブリード型である。このタイプのズームレンズを小型にする方法には、

- (1) ズーム系を各群のパワーを強くすることでコンパクトに構成する。

- (2) リレーレンズ系を望遠タイプ化する。

がある。

このうち(1)はバリエータのパワーで決める要素が多く、パワーを強くした場合には、2-2-1で述べたように収差の発生が大きくなるなどの弊害が起ってくる。従って、本レンズの設計に当っては、バリエータのパワーを強くすることは最小限に抑えることにより諸弊害を回避し、新しいタイプのリレーレンズ系を開発することで、コンパクト化と高性能化という相反する特性を同時に満足させたものである。

収差を補正する点からみて、まず第1群はそのパワー配分が極めて重要になる。これは、ズーム系とリレー系のバランスの上からも、又、近距離撮影時の繰り出しの上からも適正な値の範囲が決るからである。また、繰り出した時、特に長焦点距離側での球面収差の変動を抑えるためには、第2レンズと第3レンズが作る空気レンズの形状が一定の範囲に入っている必要がある。つぎに第2群についても、内包される空気レンズの形状が大切で、この空気レンズは像面を適正位置に保ち、かつ、歪曲収差が過剰に動くのを抑える役割を果している。第3群については、第7レンズと第8レンズ材質の分散の差を比較的小さくし、接合面の曲率をきつくすることにより色収差を除去し、同時にこの面で球面収差の高次補正を行うようにしてある。

リレーレンズ系には新規なタイプを開発することで、

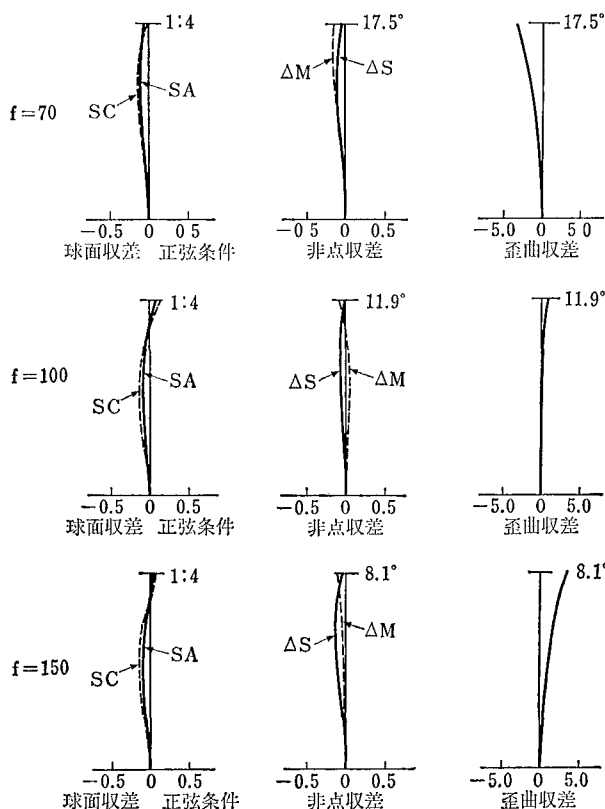


図9 1:4 f=70~150mm 収差図

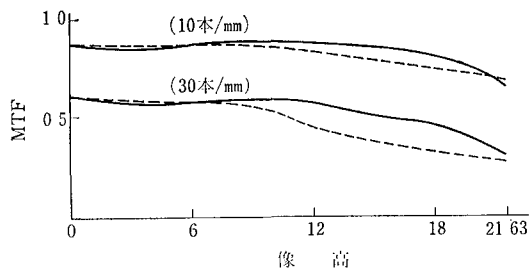


図 10 1:4 f=70~150mm MTF 測定値
at f=70mm 1:4 (周辺最低方向)

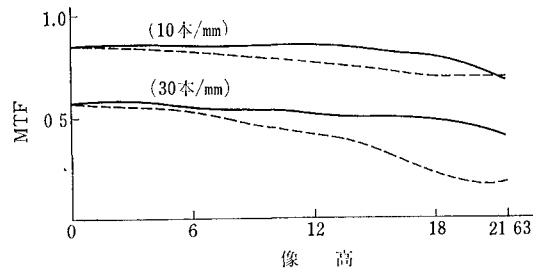


図 11 1:4 f=70~150mm MTF 測定値
at f=100mm 1:4 (周辺最低方向)

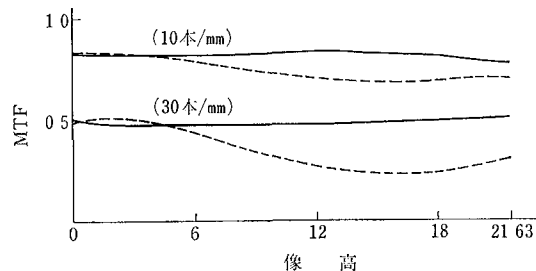


図 12 1:4 f=70~150mm MTF 測定値
at f=150mm 1:4 (周辺最低方向)

良好な性能を保ちながら望遠タイプ化することに成功した。この種のリレーレンズ系には従来、エルノスタートタイプのもが使われた例があるが、同タイプで最後置されている凸レンズを凸と凹に分離して該レンズを小型化し、その時両レンズにより形成される空気レンズを所定の領域内に保つことにより、特に球面収差を適正な値に補正してある。又、第9レンズ、第10レンズの屈折率を低く保つことで、望遠比の小さい望遠レンズにありがちなベッツバル和の減少をおさえ、コンパクト化と高性能を両立させている。

光線追跡の収差図を図9に、MTFの測定値を図10~図12に示す。

3-3 マクロ方式

最近、マクロ撮影機構を持ったズームレンズが各社から発売されている。

マクロ撮影機構をズームレンズに組込む必要性として次の二つが挙げられる。

① 最短撮影距離を短くする

撮影条件によっては、被写体からカメラまでの距離、すなわち、撮影距離を充分にとれない場合がある。ズームレンズでは、前群繰出し方式のため、近接撮影時の収差が悪化するので、最短撮影距離が長くなりがちであり、マクロ撮影機構の必要性がとくに高くなって来る。

② 撮影倍率を大きくする

小さな被写体を大きく写すという目的のために、マクロ専用レンズ、接写用具(ペローズ、接写リング等)がある。しかし、焦点距離可変のズームレンズにマクロ機構を組込むことにより、さらに多機能化させたいという要求が出て来た。

マクロ撮影、すなわち近接した被写体を撮影するためには、レンズ系の後側主点をフィルム面より遠ざければよい。通常のレンズではレンズ系全体を繰出すことによって、これを行うことが出来る。

ここで、ズームレンズの場合を考えると、レンズ系の一部のレンズ群を移動させることによって、後側主点をフィルム面より遠ざけることが出来る。これにより、レンズ系全体を繰出すことなく、一部のレンズ群の移動のみで、レンズ系全体を繰出した場合と同様となる。しかも移動方法を適切に選ぶことにより、少ない移動量で、大きなマクロ撮影効果を得ることが可能となる。

ズームレンズに限らず、マクロ方式を決定する場合、次の事項について検討しなければならない。

- (1) 最短撮影距離
- (2) 撮影倍率
- (3) マクロ機構の簡易度
- (4) 結像性能

今回開発した2本のズームレンズのうち、f=35~70mmを例に考察する。

f=35~70mmは、2群ズームレンズであり、ズーミングにおいて、動きを異にする第1群と第2群とに分けることが出来る。さらにマクロ方式の検討にあたって、第2群を絞りをはさんだ前・後の群に分け、それぞれを中群、後群と考える。

第1ステップとして、次の4方式について、上記(1)から(4)までの事項の検討が必要である。

- (a) 第1群を移動させる
- (b) 中群を移動させる
- (c) 第2群を移動させる
- (d) 全群を移動させる

まず、同一量移動させた場合の撮影距離及び撮影倍率に関しては、(b)が最も有利で、以下(d)、(c)、(a)の順となる。しかし、ズームレンズでは各群単位に収差補正を行っているので、1:3.5 f=35~70mmの場合も、第2群を分けて移動させることは大きな収差のくずれを招き、

結像性能の面において、(b)の方式は実用上非常に不利となる。次に移動機構に関して(d)の方式には、ズームングのために第1群、第2群を独立に移動させるためのカム機構、及びフォーカシングのために第1群が有するヘリコイド機構、さらに全群を移動させるためのヘリコイド機構が必要となり、これはコンパクト化、低コスト化を考えた時には不利となる。

そこで、(a)と(c)との二つの方式について、詳しく検討した。ここで、検討を行うために、第1群又は第2群の移動量に関して、次の様な条件を設定した。第1群についてはフォーカシングヘリコイドを延長することも考えられるが、マクロ機構を出来る限り簡易化するため、それぞれの群の移動は、カム溝を延長する方式とし、カム筒の回転作動角は、ズームングのための回転作動角の1/2から1/3程度とする。これに、カム溝の最大傾斜角等の条件を考慮すれば、それぞれの群の最大移動可能量は決まる。

また、群のマクロ移動範囲は、ズームング移動範囲内になるべく収まるようにする。これは、主にコンパクト化の面より出て来た要求である。

1:3.5 $f=35\sim 70\text{ mm}$ はネガティブリード型の2群ズームレンズであるので、Wide は第1群と第2群とが間隔を離して配置されており、Tele 側へのズームングに応じて第1群がフィルム面へ、第2群が被写体方向へ、それぞれ近づき、Tele では両群が接近して配置される。このため、第1群を移動させる方式では、Tele から繰出し、また第2群を移動させる方式では、Wide から繰出すということになる。

マクロ方式検討のための各種計算の結果、取差に関しては、いずれの方式でも実用上の十分な性能が得られることがわかったが、最短撮影距離、撮影倍率については第2群を移動させる方式の方が有利であることがわかった。

また、光学設計サイドでの検討の他、鏡筒設計サイドでの検討の結果、Wide から第2群を移動させる方式においても、第1群をさらに若干繰出すことが可能となった。

以上の検討の結果、1:3.5 $f=35\sim 70\text{ mm}$ では、マクロ方式として、Wide から第2群を主に移動させ、同時に最短撮影距離の短縮に更に役立つように第1群も第2群の移動量の1/4程度移動させる方式を採用した。

1:4 $f=70\sim 150\text{ mm}$ は、4群式ズームレンズであるので、マクロ方式の検討においても、各群の移動方法は、かなりの組合せが考えられる。そこで、ほとんど全ての組合せについて、光学性能、鏡筒設計の両面より、1:3.5 $f=35\sim 70\text{ mm}$ と同様の検討を行った。

その結果、1:4 $f=70\sim 150\text{ mm}$ では、マクロ方式として、Wide から第3群を移動させる方式を採用した。

双方のレンズとも、ズームング撮影時の Wide から、無限を含む、いかなる撮影距離においても、マクロ撮影へ連続的に入ることが出来る。

3-4 ゴーストの低減

ゴーストイメージは作画上故意に用いる場合を除けば、ズームレンズ、単焦点レンズを問わず結像性能の低下をもたらす有害なものと云える。ゴーストを発生させる原因は、レンズ表面での反射、レンズ外周部における反射、鏡筒・レンズ枠の反射などである。このうちレンズ表面での反射によるものは特に影響が大きく、光学設計段階から注意が必要である。

コーティング技術の発達した今日においても、反射防止膜だけでゴーストを防止することは困難で、ゴーストの発生しにくいレンズ形状にすることが重要である。ゴーストの発生状態は、レンズ表面、すなわち屈折透過面を反射面とみなしたシミュレーション計算によって知ることが出来る。

この計算では焦点距離の長短にかかわらず最大撮影入射角度よりも十分に大きな角度の光線を入射させなければならない。更にゴーストが特定の角度でのみ発生することがあるので、かなり細かいピッチで入射角度を与えなければならない。入射角度の最大値を 90° 、ピッチを 5° とすれば、入射角度の総数は19となる。

次に反射面の組合せ数について考える。レンズ前面より入射した光が内部で複数回反射した後、レンズ後面より射出するのであるから、反射回数は偶数回となる。

1:4 $f=70\sim 150\text{ mm}$ を例にとって反射面の組合せ数を算出してみる。このレンズは10群13枚構成であるが、レンズ接合面での反射はほとんど起こらないと考えても、反射面の総数は20面である。1面での反射光量が入射光量 I_0 の 10^{-2} とすると、2回反射後像面へ到達したゴーストの明るさは $10^{-4}I_0$ 、4回以上の反射を経たものは、 $10^{-8}I_0$ 以下であるので、2回反射を検討すれば十分と判断できる。その時、190通りの組合せがある。

以上のような条件を採り入れ、出来るだけ少ない計算量で、ゴーストに関する情報、すなわち、大きさ、明るさ位置等を検討したが、それでも計算量は膨大である。ゴーストの発生に対する寄与の大きな面に対しては、効果的な反射防止膜が必要となってくる。反射防止膜としてはマルチコーティングがシングルコーティングに比べ反射率も小さく、ゴースト対策としては非常に有効であるが、全面にマルチコートを行なわなくても最良の結果が得られる組合せをみつけることは、コスト低減上得策である。

コーティングの組合せを決めるにあたっては、次の点に注目して行うことにした。

- (a) ゴーストの大きさ
- (b) ゴーストの色・明るさ

(c) C.C.I. (カラーバランス)

(d) コスト

このうち(a)はレンズ形状によってほぼ決る。(b)の明るさについては無論暗いほうが良いが、色については、テストの結果目立ちにくい色、すなわち、オレンジ系の色に比べパープル系の色の方が好ましいという結論を得た。(c)の C.C.I. は、自社の交換レンズでは統一する必要がある。

以上の検討の結果より、コーティングの組合せを決定した。

また、シミュレーション計算等では完全に把握しきれない特性については、数種類のコーティングの組合せによる実写テスト・測定を行い、検討した。

今回開発した2本のズームレンズは各種のゴースト撮影テストにおいて、従来のズームレンズに比べ非常に良好な結果が得られた。これは、全面にマルチコーティングを施したズームレンズとほぼ同等の性能に匹敵するものである。

4 お わ り に

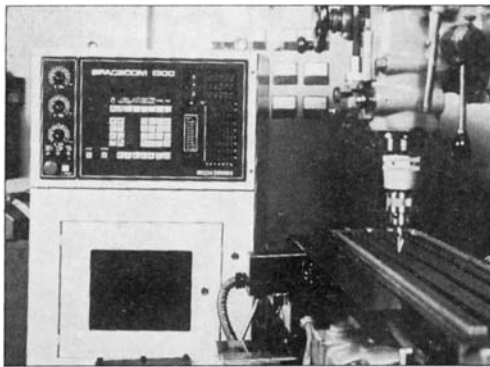
冒頭にも述べ、本文の開発事例でも述べたように交換レンズにおける結像性能の向上、価格の低減という相反した条件を満足させ、これに加えコンパクト化が要求され、実際その方向に進みつつある。

2群構成のズームはレンズ構成としてはもっとも簡略化されたものであり、もともと枚数も少ないが、さらに枚

数の低減か、又は同じ枚数ならば大口径比化が行われるであろう。又コンパクト化の今後については、本文のズームレンズの収差補正の項で述べた、バリエータの f とズームレンズの望遠比である T.R.Z. との曲線からも推測されるように、T.R.Z. は次第に小さくなっており、第1例に挙げた $f=35\text{ mm}\sim 70\text{ mm}$ の場合を例にとればやがて15を切るものも現れよう。ここで T.R.Z. が0.1小さくなることは f_{max} が70 mm の場合レンズ長が7 mm の短縮を示すものである。

又、第2例に挙げたポジティブリード型の4群構成のズームレンズは、最短焦点距離も標準レンズより長いためバックフォーカスが短かくてクイックリターンミラーがレンズに当たるといふ心配もないので、 $f=80\sim 200\text{ mm}$ クラスのズームレンズでは T.R.Z. も 1.0 ± 0.03 位のもものが多く、さらに長焦点のズームになると T.R.Z. の値も0.8~0.9と単焦点の望遠レンズ並みになっている。第2例に挙げた $f=70\sim 150\text{ mm}$ のレンズはこれより若干焦点距離が短いので T.R.Z. は1.0を僅かに上まわっているが、いずれ0.95、さらには0.9へと近づいて行くであろう。

コンパクト化への挑戦により、バリエータのパワーも強くなり、そのために収差補正が困難になったり、加工と組付の精度の向上が要求されるが、前者はコンピュータと設計技術との組合せである設計力の増強により、後者は工作機械の精度の向上により着実に解決されて行くであろう。



CNC SPACECOM シリーズ

CNC SPACECOM Series

細川正敏* 藤原昭雄*
Masatoshi Hosokawa Akio Fujiwara

要 旨

SPACECOM は、位置検出にデジタル測長器を使用し、制御部分には、マイクロプロセッサを内蔵し、駆動系には DC サーボモータを装着した完全クローズドループ方式の簡易 CNC 装置である。

制御の方式は DC サーボモータにより駆動された被駆動体（テーブル等）の動きを、デジタル測長器によって直接検出し、その検出信号を、制御装置に、フィード・バックし、最終位置決めを行う方式である。

このため、機械系のバックラッシュ、スクリューのピッチエラーや熱による伸縮等を完全に、無視することができ、汎用工作機械の NC 化、すなわち、最適なレトロフィットが可能となった。

操作面においては、人間性を重視し、MDI（マニュアル・データ・インプット）方式を採用し、同一作業を繰返し、行う場合のデータ入力の不便さをなくすため、CMOS RAM を使用し、バックアップ電源によるデータの揮発性を考慮した。

ABSTRACT

SPACECOM is an adaptable system that convert conventional machine to Numerical Control machine by retrofitting.

Its control is carried out as follows: Motion of the moving station such as a table, for example, driven by the servo motor is sensed by the digital position sensor, and a sensed information is sent to the μ -processor controller which feeds the relevant electric power to the servo motor in order to move the moving station to the specified position.

Such a control method enables the equipment unaffected by the back rush of the moving station, pitch error of screws and the dimensional variation by heat. It has, therefore, become very easy to combine this control system with a general purpose machine tool as a compromised retrofit.

Manual data input capability for the program correction and program storing capability for repeated works are also adopted to meet the convenience of operators.

1 はじめに

現在、各工作機械メーカーまたは、NC メーカーから販売されている各種 CNC 装置は、そのほとんどがマイクロコンピュータを内蔵したものであり、工作機械と一体となって、簡易型 CNC 工作機械として販売されてい

る。これとは発想を異にした方式で、汎用工作機械を NC 化するレトロフィットがあり、最近、欧米でも目ざましい普及をしている。

本 SPACECOM シリーズは、このレトロフィット機の NC 装置として開発され、レトロフィットによって生ずる弱点、すなわち、剛性の不足、バックラッシュの欠点等を補うために、完全クローズドループ方式を採用し、高精度位置決めを実現するために有段スローダウン方式を用いている。

★リコー電子機 技術部
Technology Department, Ricoh Denshi CO., LTD.

2 SPACECOM の概要

本 SPACECOM シリーズは次の機種群で構成されている。(表1)

2-1 ハードウェア体系

本 SPACECOM のハードウェアは、制御装置、駆動制御装置および工作機械のレトロフィット部より構成されている。(図1)

(1) 制御装置

SPACECOM の本体制御装置の構成を図2に示す。

各ユニットは同一筐体内に内蔵され、外部との接続は入出力コネクタと測長器から、接続されるコネクタで行われる。記録媒体としては、紙テープ、リーダパンチが接続可能である。

筐体の構造は、切削クズあるいは切削油等のミストが入らないよう考慮し、特に操作パネルは、プラスチック

表 1

| 機種 | 仕様 | 適用工作機械 |
|---------------|-------------|-------------------------|
| SPACECOM 1300 | 3 軸制御用 NC | フライス盤 プラノミラー ボール盤 |
| SPACECOM 1200 | 2 軸制御用 NC | 旋盤 X・Y テーブル |
| SPACECOM 1240 | 2 軸旋盤制御用 NC | 旋盤 |

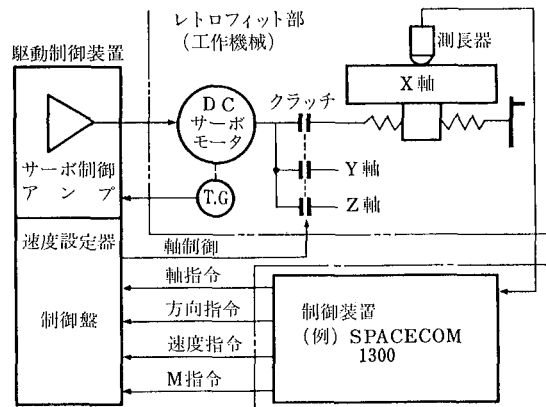


図 1 ハードウェア構成図

フィルムで覆い、完全密閉型とした。

(2) 駆動制御装置

工作機械を駆動するための DC サーボモータ制御アンプと制御装置からの制御指令及びフィードバック指令を制御する制御盤及び速度設定器より構成される。(図3)

(3) レトロフィット部

汎用工作機械を NC 化するために追加改造され、軸駆動用 DC サーボモータのモータ軸と被駆動体の送りネジを連結する電磁クラッチ及び被駆動体の動きを検出するデジタル測長器で構成されている。(図1レトロフィット部)

2-2 ソフトウェア体系

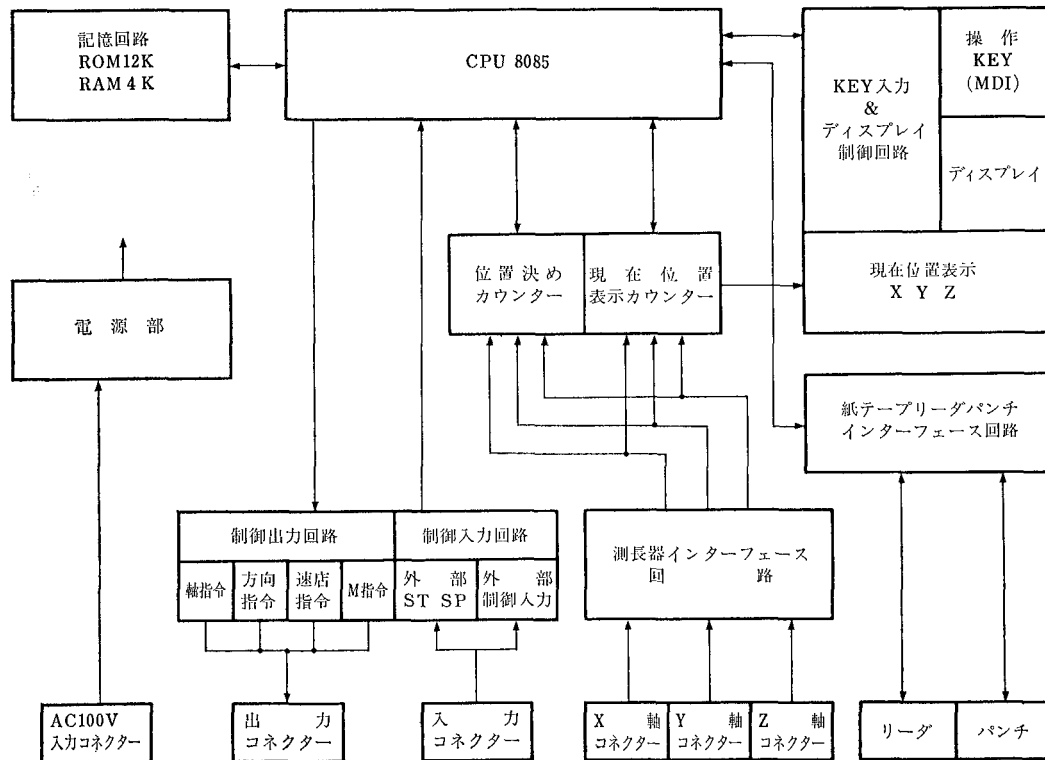


図 2 構成図

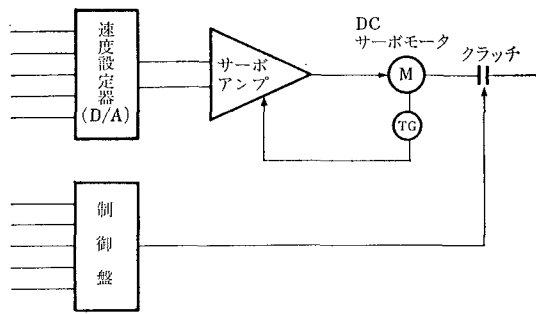


図3 駆動制御装置

本 SPACECOM のソフトウェアの構成を図4に示す。オペレーションプログラムと主制御プログラム、自己診断プログラム及びオプションとして、補助プログラムを準備している。

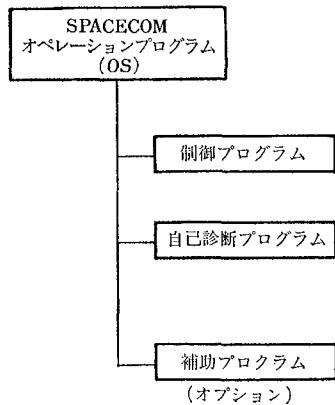


図4 ソフトウェア体系

2-3 仕様

本 SPACECOM の仕様の概略は表2に示す。また、

表2 概略仕様

| 項番 | 項目 | 仕様 |
|----|------------|----------------------------------|
| 1 | 制御軸数 | 最大3軸同時1軸制御 |
| 2 | 設定単位 | 0.01 mm |
| 3 | 最大指令値 | ±9999.99 mm |
| 4 | 最大移動距離 | 9999.99 mm |
| 5 | 最小指令値 | 0.01 mm |
| 6 | 指令方式 | インクリメンタル・アブソリュート併用 |
| 7 | 入力方式 | MDI |
| 8 | 現在位置表示 | 各軸独立でアブソリュートで6桁表示 |
| 9 | プログラムデータ表示 | 8ステップ表示 |
| 10 | H機能 | ±99.99 mm |
| 11 | M機能 | M ₀₀ ~M ₁₉ |
| 12 | 速度指令 | F ₀₁ ~F ₁₉ |
| 13 | 制御入力回路 | 接点信号 |
| 14 | 制御出力回路 | 接点信号 |
| 15 | 測長器 | トラックセンサー |
| 16 | データ記憶容量 | 254アドレス |
| 17 | 原点復帰 | 自動・手動 |
| 18 | 消費電力 | 350 W |

この仕様外にオプションとして次の仕様がある。

- (1) 外部位置表示装置 (大型機械用)
- (2) 機械原点検出装置
- (3) サブプログラム
- (4) 固定サイクル

3 SPACECOM の特長

3-1 完全クローズドループ方式

一般の NC 装置は図5(a)に示すセミクローズドループ方式である。これは、NC 装置によって軸駆動用モータ (DC サーボモータ、パルスモータ) を回転させ駆動軸に直結されているレゾルバパルス発生器からのフィードバック信号を NC 装置が受信することによって制御する方式である。

本 SPACECOM は、図5(b)に示す完全クローズドループ方式である。これは、NC 装置によって軸駆動用モータ (DC サーボモータ) を回転させ軸回転を送りネジに伝達し被駆動体の移動を直接測長器で検出し測長器が発生するフィードバック信号を NC 装置が受信することによって制御する方式である。

本 SPACECOM は、一般の NC 装置と異なる点は、フィードバック信号を発生させる場所にあり、図5で明らかなように、SPACECOM では、最終の動きである被駆動体の移動量を検出し制御しているため、最終精度は測長器の精度のみで決り、一般の NC 精度はモータ軸回りの精度即ち (レゾルバ、ボールスクリュー等) の精度の総合で最終精度が決定される。

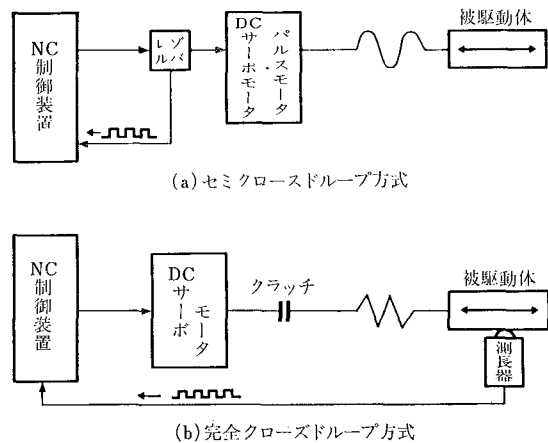


図5 各クローズドループ方式

3-2 有段スローダウン方式

- (1) 高精度の位置決め方式

本 SPACECOM が高精度の位置決めを実現しているのは、前述の完全クローズドループ方式と最終位置決め時点での有段スローダウン即ち、減速パターンからの軸駆動モータ制御を行っているからであり、図6にその原理を示す。位置決め時点においては軸駆動モータの減速

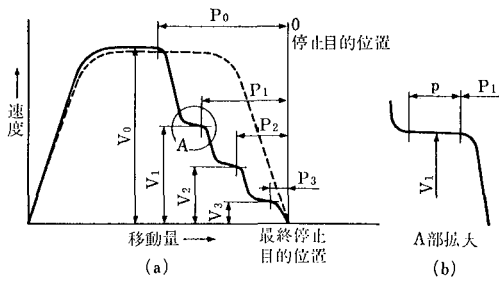


図6 有段スローダウン

は、図6の破線で示すカーブに従うのが、理想であるが、加速度が大きいと、機械の剛性上汎用工作機械ではスティックスリップが発生し、実用上支障をきたす。そこで本SPACECOMは、実線に示す有段スローダウンカーブに従って、モータを制御し、この欠点を除いている。

スローダウンは図6の $V_0 \sim V_3$ に示すように通常3段階に分けて行われる。この減速の考え方を図6の拡大図(b)で説明する。 V_0 で移動している被駆動体は、最初の減速点 P_0 で V_1 に減速され、次の減速点である P_1 に移動する。即ち P_0 から P_1 の間で V_1 に減速され微小距離 P を等速度 V_1 で移動することにより、被駆動体の速度が V_0 から V_1 に変化するまでに発生しようとしたスティックスリップ、およびスティックスリップに起因する機械摺動部の蛇行、歪を減少させることが可能となる。このような減速を最終停止目的位置まで、繰返し行うことにより高精度位置決めを実現している。

(2) 有段スローダウン(減速パターン)の利点

有段スローダウンカーブで示されている、 $P_0 \sim P_3$ 及び $V_0 \sim V_3$ は、調整可能であり、その最大限の値を表3に示す。但し本SPACECOMの実用に供し得られた

表3 P-V条件

| 速 さ | 減速設定位置 (max) |
|----------------------------------|-------------------------|
| V_0 | $P_0 : 99 \text{ mm}$ |
| V_1 : 切削送り (1) | $P_1 : 9.9 \text{ mm}$ |
| V_2 : 切削送り (2) | $P_2 : 0.99 \text{ mm}$ |
| V_3 : 位置決め速度 = 20~30 mm/min | $P_3 : 0.09 \text{ mm}$ |

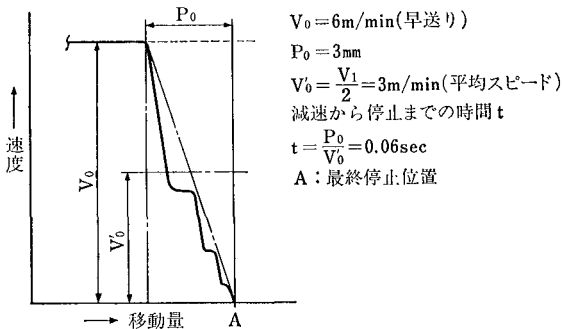


図7 停止時間の事例

実験的データより、速度と移動量の関係は次の範囲を守ることが望ましい。

$$P_2 = 0.15 \sim 0.25 \text{ mm} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_3 = 20 \sim 30 \text{ mm/min} \dots\dots\dots (2)$$

$$P_2 = 0.02 \sim 0.04 \text{ mm} \dots\dots\dots (3)$$

上記(1), (2), (3)の条件が揃えば P_3 において0.01mm以下の精度が保証できる。工作機械の大小、種類に関係なくこの一事例を図7に示す。

4 SPACECOMによるレトロフィット

従来のNC化はプログラムテープによる制御方式であり、汎用工作機械においてはオペレータの技能が精度を確保していたにもかかわらず、このオペレータの技能を活用できない構造へと変えてしまった。工作機械本体の精密度を上げ、高剛性化を計り、ボールスクリュなどを利用するなど、いずれも大幅なコストアップにつながる改造を行い、ユーザーへの負担を増大させていた。SPACECOMによるレトロフィットにおいては、これらのコストアップ要因を取り除き

- (1) 剛性を上げない。
- (2) 工作機械本体を精密化しない。
- (3) ボールスクリュを使用しない。

の条件を満足し、かつ、汎用工作機械においてオペレータが馴れている加工方法でプログラムが作られ、精度も向上出来る利点を有している。

以下、SPACECOMの実施例を紹介する。

(1) 実施例

図8(a)はSPACECOM 1240を用い汎用旋盤をレトロ

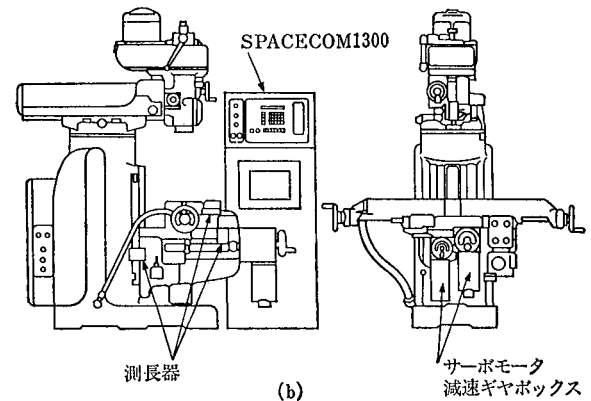
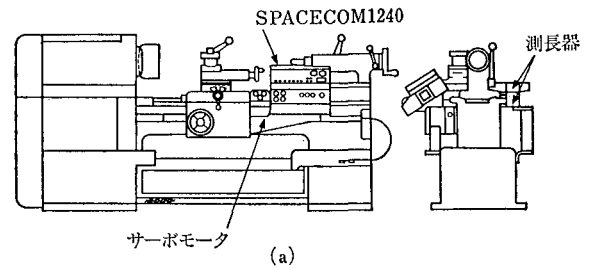


図8 レトロフィット事例

表 4 切 削 条 件

| 切削工程 | 外径端面(仕) | 面取り | 内径(仕) | | | 備考 |
|-------|-----------|----------|-------|------|----------|----------------------------|
| 工 具 | | | | 工具材質 | 超 硬 (GZ) | 加工機 東北リコー HB500LNC-1 |
| 主軸回転数 | 1000r.p.m | | | | | |
| 送 り | 192mm/min | 75mm/min | | | | |
| 切 込 量 | | | | | | |

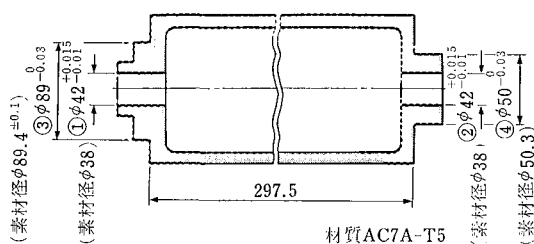


図 9 ワ ー ク 形 状

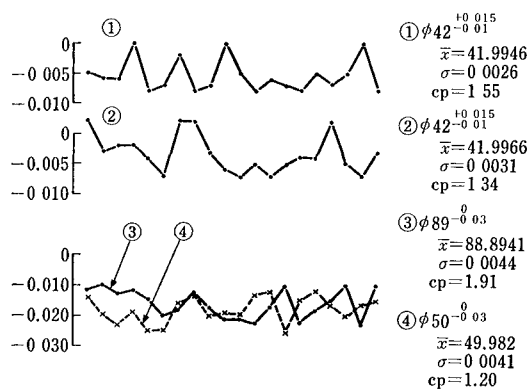


図 10 測 定 デ ー タ

フィットし、同時1軸、X、Z 2軸制御のNC旋盤化した事例である。図8(b)はSPACECOM 1300を用い汎用フライス盤をレトロフィットし、同時1軸、X、Y、Z 3軸制御のNCフライス盤化した事例である。

(2) 加工事例

図9、図10および表4は、SPACECOM 1240を導入された東北リコー株式会社の実績データであり、図9は、ワークの形状、図10は加工精度の実測データ、表4は切削条件を示す。

5 お わ り に

以上のように、SPACECOM シリーズは、レトロフィット、即ち汎用工作機械のNC化、および産業機械の自動化、ユーザーニーズの多様化に対応出来る機種として、第一段階を完了した。

ファクトリーオートメーションをめざす当社としては今後とも、NC装置のコストパフォーマンスの向上をめざし、SPACECOMのシリーズを充実させる方針である。

おわりに、本開発に御協力いただいた関係各位、ならびに貴重なデータを提供された東北リコー株式会社の方々に感謝の意を表します。

リコー工業所有権紹介

1 特許 (昭和55年1月～6月登録分)

| 登録番号 | 発明の名称 | 発明者 | 公告番号 |
|--------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|
| 983352 | 密封筐体 | 真野 弘司 | 昭54-16274 |
| 983359 | 放電記録材料 | 鈴木 明, 久保 敬司, 国武 英, 伊藤 謙二 | 昭54-16864 |
| 984167 | 電子写真における加熱定着方法 | 並木 良一, 有山 賢三, 村松 繁, 渡辺 陸夫 | 昭54-29654 |
| 984619 | ステッピングモータの駆動制御方式 | 洲崎 正幸, 荒木 繁幸 | 昭54-14727 |
| 985199 | 圧力定着性トナー粉末 | 島田 征人, 金子 義一 | 昭54-19344 |
| 985396 | データ写し込み装置 | 宮川 文宏 | 昭54-19173 |
| 986269 | 平版印刷方法及び装置 | 新井 文明, 田中 哲夫, 碓井 則之, 篠崎 守一 | 昭54-21738 |
| 986831 | 給紙装置 | 鈴木 稔 | 昭54-19660 |
| 986842 | マイクロフィルム用電子写真装置 | 山田 寛 | 昭54-13786 |
| 986843 | 電子写真方法およびその装置 | 白井 幸雄 | 昭54-13787 |
| 986844 | 電子写真装置の長尺フィルム挿入装置 | 安宅 久憲 | 昭54-13788 |
| 986845 | 長尺フィルム送り装置 | 安宅 久憲 | 昭54-13983 |
| 986846 | 電子写真装置におけるフィルム装填装置 | 安宅 久憲 | 昭54-13984 |
| 986847 | マイクロフィルム用電子写真装置 | 山田 寛, 安宅 久憲, 白井 幸雄 | 昭54-13985 |
| 986848 | 集団応答装置における個別応答時間記憶方式 | 山内 佐敏 | 昭54-23300 |
| 986938 | 感光体のクリーニング方法およびその装置 | 赤松 啓行 | 昭54-16742 |
| 986939 | 吸引式給紙装置 | 藤本 栄 | 昭54-16306 |
| 987408 | 電子複写機の定着装置 | 岡本 豊雄, 鈴木 隆, 丸田 恵一 | 昭54-23256 |
| 987413 | 移動物体の送り機構 | 藤本 栄 | 昭54-22846 |
| 988953 | 熱定着装置 | 長谷川 徹, 橋本 憲治 | 昭54-19786 |
| 989770 | 給紙台上昇装置 | 荒巻 和男 | 昭54-22662 |
| 990357 | 鏡胴沈胴式カメラ | 宮川 文宏 | 昭54-26168 |
| 990654 | 電気記録謄写原紙 | 久保 敬司, 伊藤 謙二, 山口 友行 | 昭54-25811 |
| 991269 | 乾式電子写真複写機の加熱定着装置 | 並木 良一, 坂巻 資敏, 岡本 豊雄 | 昭54- 2853 |
| 991496 | マイクロフィルム用リーダープリンターにおける原画像の向き変換装置 | 奥山 進 | 昭54-21298 |
| 992722 | ジアゾ湿式複写機の現像部の洗浄装置 | 金田 徳蔵 | 昭54-29260 |
| 993256 | フィルムの正逆給送機構 | 山田 寛 | 昭54- 6891 |
| 993528 | ジアゾ複写機の現像装置 | 小林祐五郎 | 昭54-27732 |
| 993532 | 視聴覚学習装置 | 矢野 隆志 | 昭54-27775 |
| 993589 | 静電写真用湿式現像剤の製造方法 | 川西 敏之, 宗宮 徳昌 | 昭54-14503 |
| 993590 | 新規な複写方法 | 水野 明徳 | 昭54-28741 |
| 993931 | ステップモータの駆動制御方式 | 洲崎 正幸, 荒木 繁幸 | 昭54-25609 |
| 995044 | 放電記録材料 | 鈴木 明, 久保 敬司, 国武 英, 伊藤 謙二 | 昭54-32579 |

| 登録番号 | 発明の名称 | 発明者 | 公告番号 |
|---------|----------------------------|--------------------------------------|-----------|
| 995053 | 水性液体を含有するマイクロカプセル並びにその製造法 | 藤井 唯士 | 昭54-31994 |
| 995548 | 仕分け装置 | 小泉 豊, 広川 浩一 | 昭54-29791 |
| 995557 | 自動復帰カウンター | 村田 圭佑 | 昭54-28709 |
| 995569 | マーク検出方法 | 阿部 剛 | 昭54-29098 |
| 995607 | クラッチ機構 | 藤本 栄 | 昭54-27500 |
| 995981 | パターンの濃淡正規化装置 | 河 龍一 | 昭54-28051 |
| 997184 | 複数枚複写方法 | 平倉 浩治, 太田和三郎, 大堀 民夫, 野村 正明 | 昭53-26131 |
| 997424 | 自動複写機の原因位置自動補正装置 | 小林祐五郎, 山上 勉 | 昭54-35094 |
| 997453 | 情報カード検索方法及び装置 | 柳川 信之 | 昭54-33698 |
| 997803 | ジアゾ複写機の現像装置 | 高橋 靖弘 | 昭53-41529 |
| 997814 | シート搬送装置におけるシートストッパーの復帰装置 | 小泉 豊 | 昭54-30182 |
| 997827 | 乾式電子写真複写機における加熱定着用ロールの駆動装置 | 檜ヶ谷敏明, 永原 康守 | 昭53-30503 |
| 997828 | 電子写真現像方法 | 木村 嗣男, 江本 正美, 山本 史朗, 黒石 昇治 | 昭54-32574 |
| 997832 | シート搬送装置 | 駒田 健弥, 近藤 吉明 | 昭54-30184 |
| 997837 | シート分離装置 | 有山 賢三 | 昭54-32577 |
| 997854 | 加熱定着装置における安全装置 | 山中 正徳, 田宮 義弓 | 昭54-31899 |
| 999477 | データ伝送方式 | 阿部 剛 | 昭54-35097 |
| 999483 | カウンタの駆動方式 | 阿部 剛 | 昭54-34344 |
| 999545 | 集団応答分析装置における個別応答状況検出方法 | 山内 佐敏 | 昭54-35141 |
| 1001156 | 乾式静電複写機における挿入原稿選別指示装置 | 梅田 新 | 昭54-35497 |
| 1001185 | 連続用送り装置 | 相沢 正博, 坂東 俊郎, 椎名 敏雄, 佐々木信二, 大沼 輝信 | 昭54-37826 |
| 1001562 | 用紙剝離部材の引きし装置 | 鈴木 茂, 西川 達雄, 小見 恭治 | 昭54-33536 |
| 1001565 | 定着装置における搬送機構 | 山中 正徳 | 昭54-34543 |
| 1002876 | メモリ装置 | 山内 佐敏, 馬庭 芳夫 | 昭54-41376 |
| 1002882 | 集団学習システム | 山内 佐敏, 山崎 茂 | 昭54-39774 |
| 1003506 | 湿式静電写真用現像剤 | 町田 元 | 昭54-35492 |
| 1003539 | 平版印刷用処理液 | 町田 元, 葛綿 正行, 田村 宏 | 昭54-41923 |
| 1003540 | 平版印刷版用処理液 | 葛綿 正行, 町田 元, 田村 宏 | 昭54-41924 |
| 1003893 | 入力装置 | 飯田 勝彦, 小出 博, 飯塚 皓 | 昭54-37942 |
| 1003996 | ジアゾ複写機のローラ塗布式現像装置 | 小林祐五郎 | 昭54-39737 |
| 1004058 | 活字ホイール | 鈴木 高美, 岩田 信夫 | 昭54-32371 |

2 実用新案 (昭和55年1月～6月登録分)

| 登録番号 | 考案の名称 | 考案者 | 公告番号 |
|---------|--------------------------------------|--------------------|-----------|
| 1313262 | ジアゾ湿式複写機の現像装置 | 神田 聡 | 昭54-13963 |
| 1313432 | 複写機用原稿自動供給装置 | 椎名 敏雄 | 昭54-15635 |
| 1313435 | ジアゾ湿式複写機の現像液浄化装置 | 神田 聡 | 昭54-13960 |
| 1313437 | ジアゾ湿式複写機 | 橋本 秀夫 | 昭54-13961 |
| 1313439 | 複写機 | 池田須那夫, 吉原 久雄 | 昭54-18917 |
| 1313442 | シート送り装置 | 佐藤 充弘 | 昭54-14006 |
| 1313463 | 遠隔指示流量計 | 岩田 征一 | 昭54-19179 |
| 1313594 | フィルム過度巻上げ防止装置 | 堀米 博文 | 昭54-13081 |
| 1313595 | 一眼レフのミラーアップ時の絞りタイミング機構 | 堀米 博文, 前田 正洋 | 昭54-13946 |
| 1315241 | 複写機の前稿押え板 | 鈴木 茂 | 昭54- 6429 |
| 1317940 | 摺動接点式リード・アウト・カウンター | 岩田 征一, 鎌田 健志 | 昭54-18197 |
| 1318027 | オフセット原版の粉像定着およびエッチング装置 | 小泉 豊 | 昭54-12353 |
| 1318031 | 用紙案内部材の移動装置 | 岩永 芳春, 新藤 雄吉 | 昭54-17259 |
| 1318038 | 液体現像装置 | 高橋 靖弘 | 昭54-13091 |
| 1318053 | 給紙台の下降安全装置 | 奥沢 次男 | 昭54-15421 |
| 1318059 | 微粉体の除去装置 | 橋本 秀夫, 山本 要, 斉田 修 | 昭54-18193 |
| 1318110 | 自動給紙装置におけるシートの波打ち防止装置 | 野村 稔, 今城 肇, 伊藤 涉次 | 昭54-15419 |
| 1319055 | ランプソケット | 坂巻 資敏, 出縄 弘行 | 昭54- 7673 |
| 1319060 | シートカセット | 鈴木 茂, 小見 恭治, 西川 達雄 | 昭54-20775 |
| 1319069 | シートカセット | 鈴木 茂 | 昭54-20777 |
| 1319353 | ファインダー内表示装置 | 荒木 那彦, 堀米 博文 | 昭53-16349 |
| 1319424 | オートクラッチ機構 | 堀米 博文 | 昭54-23307 |
| 1319428 | 一眼レフカメラにおけるプレビュー及びミラーアップ機構 | 堀米 博文, 前田 正洋 | 昭54-22022 |
| 1319674 | ジアゾ湿式複写機の現像装置 | 池田須那夫, 高須 一彦 | 昭54-23314 |
| 1319968 | ジアゾ複写機のアンモニヤタンク用スリーブに於ける感光紙のピックアップ装置 | 小林祐五郎 | 昭54-22030 |
| 1319990 | 計算機等の記録紙巻取装置 | 村吉 靖司 | 昭54-23380 |
| 1320004 | ロール紙の巻取装置 | 岩田 征一, 加藤 正好 | 昭54-23897 |
| 1320314 | 乾式ジアゾ現像装置用アンモニア水蒸気発生装置 | 松井 猛 | 昭54-22432 |
| 1323958 | 液体現像機に於ける現像ローラー加圧制御装置 | 山下 正, 高須 一彦 | 昭54-27966 |
| 1324370 | 輪転複写機におけるマスターのクランプ装置 | 鈴木 稔, 村田 圭佑 | 昭54-23369 |
| 1324372 | 被搬送体検知装置 | 野口 浩一 | 昭54-23316 |
| 1324376 | 停止位置調整回路 | 阿部 剛 | 昭54-24679 |
| 1324378 | カール付け給版装置 | 岩永 芳春 | 昭54-23364 |
| 1324386 | 原稿照明装置 | 原 和幸 | 昭54-22349 |
| 1324420 | 吸引式自動給紙装置 | 藤本 栄 | 昭54-26610 |
| 1324456 | 粉像定着装置 | 太田和二郎 | 昭54-22443 |
| 1324502 | フィルム等挿入用支持体 | 相沢 秀雄, 中村 高 | 昭54-30148 |
| 1325167 | 警報用信号発生器 | 馬庭 芳夫 | 昭54-30148 |
| 1325182 | ケーシングープリントコネクター端子部分間のシール構造 | 掛布 定雄 | 昭54-27596 |
| 1327811 | 簡易教育器における解答組合せ選択回路 | 馬庭 芳夫 | 昭54-28047 |

| 登録番号 | 考案の名称 | 考案者 | 公告番号 |
|---------|--------------------------------|---|-----------|
| 1327813 | 複写機の原稿位置決め装置 | ルイス シー テイヤー, マーセル ピー ドウグラージェ, 白井 幸雄, 榎原 敏之 大湊 満 | 昭54-27970 |
| 1328154 | 小型映写機等のリール駆動装置 | 安藤 昭 | 昭54-10936 |
| 1328269 | 遠隔指示メータのカウント駆動回路 | 山内 佐敏 | 昭54-31006 |
| 1329656 | 湿式複写機の乾燥部の温度制御装置 | 神田 聡 | 昭54-32915 |
| 1329657 | 湿式複写機の乾燥部の温度制御装置 | 神田 聡 | 昭54-32916 |
| 1329704 | 金銭登録機の印字装置 | 松本 重世, 伊藤 実, 石川 忠二, 橋本 芳男 | 昭54-34650 |
| 1331943 | カード検索装置用蓋付カードカセット | 柳川 信之 | 昭54-35633 |
| 1331962 | 複写機に於ける湿式現像装置 | 高橋 靖弘 | 昭54-35082 |
| 1331963 | 複写機に於ける湿式現像装置 | 高橋 靖弘 | 昭54-35083 |
| 1331996 | 給紙装置 | 水摩 健一 | 昭54-38700 |
| 1332170 | 放電記録回路 | 河本 考史 | 昭54-32918 |
| 1332183 | 転写方式複写機におけるシート分離装置 | 藤井 裕 | 昭54-34594 |
| 1333739 | カメラにおけるフィルム巻胴のフィルム端掛着位置保持装置 | 池末 真澄, 今井 忠幸 | 昭54-38912 |
| 1333740 | カメラにおけるフィルム巻胴の定位置停止装置 | 池末 真澄, 今井 忠幸 | 昭54-38913 |
| 1333852 | ジアゾコピー臭気の除去装置 | 小島 勝衛 | 昭54-38218 |
| 1334812 | 複写機の現像装置における加圧着脱装置 | 高橋 靖弘 | 昭53-34919 |
| 1334828 | 電子写真方式のプロセッサカメラに於ける現像液および空気循環路 | ルイス シー テイヤー, マーセル ピー ドウグラージェ, 白井 幸雄, 榎原 敏之 大湊 満 | 昭54-35722 |
| 1334844 | シート分離装置 | 鈴木 茂, 西川 達雄 | 昭54-35085 |
| 1334931 | 複写機の移動光学系の早戻り装置 | 管野 忠明, 鈴木 茂 | 昭54-35717 |

●著者紹介

野村 正明 (のむら まさあき)

技術本部 材料技術部
昭和24年1月4日生
昭和46年大阪大学基礎工学部物性物理工学科卒
昭和46年(株)リコー入社 電子写真プロセス, 磁気記録材料,
磁気印刷プロセスの開発を経て, 現在レーザー記録材料の
研究開発に従事

富田 悟 (とみた さとる)

技術本部 K-P T
昭和24年5月7日生
昭和49年富山大学工学部化学工学科修士課程修了
昭和49年(株)リコー入社 電子写真プロセス, 静電記録プ
ロセスの開発を経て, 現在レーザープリンターの研究開発に
従事

小出 博 (こいで ひろし)

技術本部 電子技術部
昭和21年12月2日生
昭和45年上智大学理工学部電気電子工学科卒
昭和45年(株)リコー入社 電子機器, 複写機等の要素技術開
発に従事

筒井 恭治 (つつい きょうじ)

技術本部 材料技術部
昭和26年7月6日生
昭和50年千葉大学工学部写真工学科卒
昭和50年(株)リコー入社 有機半導体材料開発に従事

橋本 充 (はしもと みつる)

技術本部 材料技術部
昭和21年9月26日生
昭和40年東京都立中野工業高校工業化学科卒
昭和45年(株)リコー入社 有機半導体材料開発に従事

吉田 純一 (よしだ じゅんいち)

リコー時計(株) 開発部
昭和25年2月23日生
昭和48年東京工業大学工学部電気工学科卒
昭和48年リコー時計(株)入社 水晶振動子の研究開発を経て,
LSI設計を担当

村上 尚志 (むらかみ たかし)

複写機事業部 第2技術部
昭和14年5月8日生
昭和37年日本大学理工学部機械工学科卒
昭和43年(株)リコー入社 電卓, プリンターの開発を経て,
現在, 複写関連機器の開発に従事

山崎 秀夫 (やまざき ひでお)

複写機事業部 第2技術部
昭和23年5月17日生
昭和47年千葉大学工学部機械工学科卒
昭和47年(株)リコー入社 マイクロ機器, 複写機, 複写関連
機器の開発に従事

堤 隆 (つつみ たかし)

複写機事業部 第2技術部
昭和25年8月12日生
昭和48年北見工業大学工学部電気工学科卒
昭和48年(株)リコー入社 複写機, 複写関連機器の開発に従
事

荒木 繁幸 (あらき しげゆき)

電子技術事業部 技術部
昭和21年2月10日生
昭和43年電気通信大学電気通信学部通信機械工学科卒
昭和43年(株)リコー入社 電子機器の開発・設計に従事

今村 友厚 (いまむら ともあつ)

電子技術事業部 技術部
昭和22年9月28日生
昭和45年九州工業大学工学部電気工学科卒
昭和45年(株)リコー入社 電子機器の開発, 設計に従事

洲崎 正幸 (すざき まさゆき)

電子技術事業部 設計部
昭和19年5月2日生
昭和43年東北大学工学部精密工学科卒
昭和43年(株)リコー入社 電子機器の開発・設計に従事

藤陵 嚴達 (ふじおか よしさと)

光学事業部 光学設計部
大正14年7月15日生
昭和26年東京理科大学理学部物理学科卒
昭和50年リコー光学(株)入社
昭和51年(株)リコー入社 主として写真関係の光学系の開発
に従事

川村 篤 (かわむら あつし)

光学事業部 光学設計部
昭和22年6月6日生
昭和45年北海道大学理学部応用物理学卒
昭和45年(株)リコー入社 複写機光学系の開発, 設計を経て,
現在写真関係の光学系の開発, 設計に従事

矢澤 純一 (やざわ じゅんいち)

光学事業部 光学設計部
昭和24年5月17日生
昭和48年東京理科大学理学部物理学科卒
昭和48年(株)リコー入社 複写機光学系の開発, 設計を経て,
現在写真関係の光学系の開発, 設計に従事

細川 正敏 (ほそかわ まさとし)

リコー電子工業(株) 技術部
昭和22年2月8日生
昭和44年東海大学工学部電気工学科卒
昭和44年リコー電子工業(株)入社 電子機器, 開発, 設計に
従事

藤原 昭雄 (ふじわら あきお)

リコー電子工業(株) 製造部
昭和12年3月31日生
昭和35年武蔵工業大学工学部電気通信工学科卒
昭和35年リコー電子工業(株)入社 電子機器, 開発, 設計に
従事

RICOH TECHNICAL REPORT NO.4

昭和55年11月25日発行(年2回発行)

編集責任者/浅川俊文 発行責任者/桜井正光 | 発行所/株式会社リコー技術本部
事務局/TEL03(777)8199(直通)担当 矢口 | 印刷所/株式会社細川活版所 東京都中央区銀座6-4-1

© 株式会社リコー 技術本部

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

RICOH COMPANY, LTD.

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