

# コニカにおける電子写真技術の開発

## Electrophotography Today and Tomorrow

伊藤国雄

事務機器事業本部

事務機生産事業部設計部



### Abstract:

In this age of office automation, electrophotography is bringing ever-advancing reliability, speed, and image quality to plain paper copiers and laser printers. This in itself is enough to explain electrophotography's dominance of the office environment.

But when this constant progress in image reproduction technology joins the strides being made in digital technology, the impact is immense. Combined, the potentials for image processing and information network linkage offer advances in office efficiency that are nothing short of geometric.

This paper will review how electrophotography evolved into the vital and versatile technology it is today. It will examine the current state of the technology, outlining the challenges that will lead to tomorrow's progress. It will example how Konica is meeting just such challenges in the design of its copiers. Finally, it will bring into focus and detail two key aspects of electrophotographic technology: digitalization—the key to network integration—and image quality—the heart of image reproduction technology.

Itoh, Kunio

Copier Design Department

Business Machines Production

Division

Business Machines Headquarters

# 1

## はじめに

電子写真技術の成熟が言われ出したのは十年以上も前に遡る。しかしながら、この十年の間に、電子写真技術は三つの点で長足の進歩を遂げたのである。

その第一は電子写真エンジンの信頼性の大幅な改善である。感光体や現像剤などの材料技術の高度化と共に、周辺のプロセスに新しい素材、加工の技術が採用されたこと、複写機内での原稿やコピーの取扱いのための紙搬送技術が改良されたことなどがその根底にある。

第二は画質の改善である。機械加工技術の進歩によって、現像器周辺の加工精度が飛躍的に向上し、乾式現像方式であっても対向電極効果を生かした現像が可能になり、また、現像剤の工夫によって、潜像への擾乱を最低限に抑えるソフト現像が行きわたったからである。

そして第三は、デジタル化の萌芽の発生である。マイクロエレクトロニクスとそれを支えるデバイス技術の急展開によって、デジタル作像方式が次第にその地位を確かなものにしつつある。

本稿では、先ずこのデジタル化の波が原因となり結果となって巻き起こす電子写真の役割の変化を考察し、翻って電子写真技術全般の状況、当社におけるアナログ複写機開発の考え方、デジタル化への具体的対応としてのカラー電子写真エンジンの開発、そして電子写真技術の究極の課題とされる高画質化について論ずることとする。

# 2

## オフィスにおける電子写真の役割の変容

### 2.1 オフィスにおけるネットワーク化の進行

近年の情報処理技術の急速な発展には目をみはるものがあり、情報処理機器は生産活動の効率化のための製造プロセスの自動化や事務作業の能率向上という直接的、初歩的な利用をはるかに越えて、企業経営のための高度の意思決定にさえ活用されるにいたっている。今日では、企業の活動のうち、どの階層にまで情報処理機器の導入が進んでいるかによって、その企業の競争力が判断できるときえ言われている。

パーソナルコンピュータ、ワードプロセッサに代表される情報処理機器の導入によって事務作業の能率向上について大きな成果が生まれると同時に、それぞれの機器についての習熟が進み、膨大なデータベースが蓄積されてきた。このようなデータベースのスケールの拡大こそが、これら情報処理機器の適用対象となる企業活動の階層レベルを上げるものであることが次第に明らかになると同時に、データベースを共有化することによる情報処理機器の複合的な運用、即ちシステム化の動きが生まれ

てきた。特にメインフレームを中心とした集中型情報処理システムに対して、パーソナルコンピュータを中心とした複合的なシステム、いわゆる分散型情報処理システムは日常業務の遂行の中で使用される、情報のインプット、アウトプットや維持管理が必要不可欠であり、一旦システム化が行われると習熟につれて後退することなく活用のレベルが高められる特徴がある。そして分散されたシステムの間を通信手段で結び、更に使いやすい大きなシステムとしてのネットワークへと規模が拡大され、日常業務での直接的な利用を越えて、経営の意思決定のためのシステムへと発展することになる。

1985年4月に実施された電気通信事業法の規制緩和をきっかけとし、コンピュータとデジタル通信技術の革新をばねとして、ネットワーク化の流れは増々加速されている。このような動きに呼応して情報処理機器は益々巨大な市場を形成し、それに関わる産業には大きな発展が期待されている。(Fig.1)

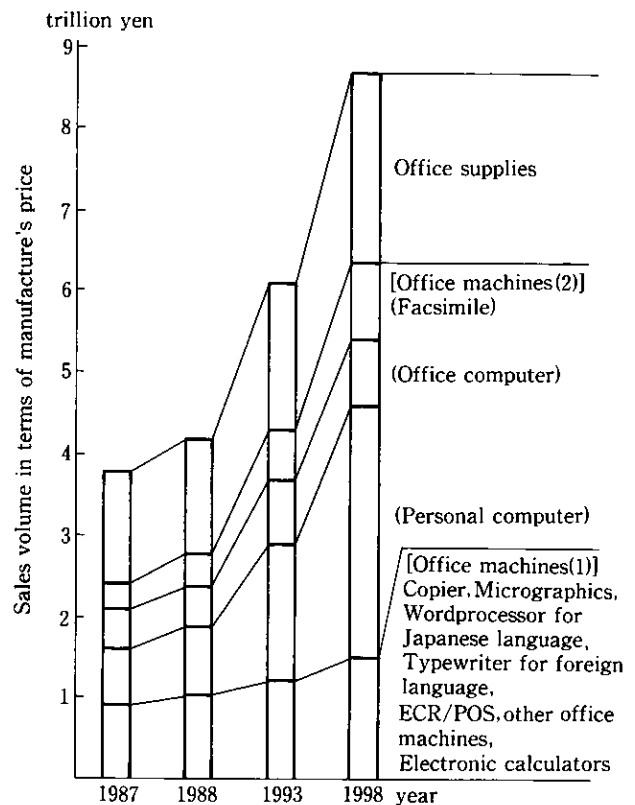


Fig. 1 Yen value of annual production of OA equipment and supplies in terms of manufacturer's price<sup>1)</sup>

### 2.2 情報処理システムにおける電子写真の役割

オフィスにおける日常業務はFig.2に示すように、文書作成、複写・伝達、蓄積・処理の三つの機能に大別できる。情報処理システムは、このような諸機能を複合的に実行することになる。

文書作成は、今日ではコンピュータの持つ処理・蓄積

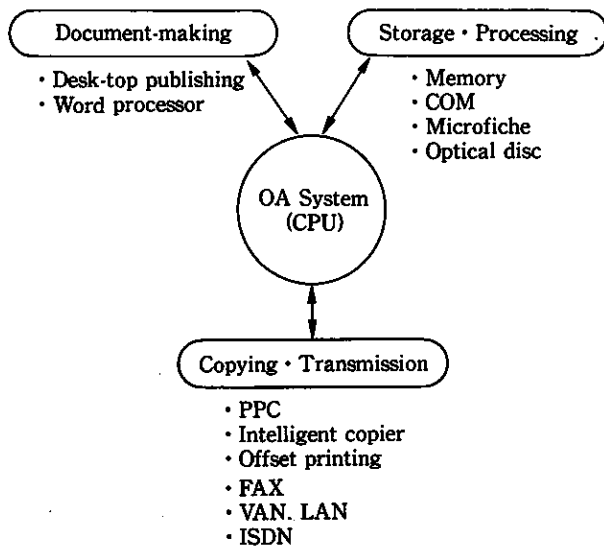


Fig.2 OA: Intra-office functions

機能と複合した機器によって行われており、データ処理をしつつ多種多様の文書を効率よく処理できるようになってきた。処理の結果は、初歩的な複写・伝達のレベルではその場にあるディスプレイやプリンタに出力される。しかしながら、処理された結果を通信手段を介して遠方に転送するファクシミリやプリンタの普及、更には、遠隔地に別々にある三機能を総合的に動かせることを可能とする、ISDN（サービス総合デジタル網）の展開により、複写・伝達の機能は大きく変わろうとしている。

電子写真複写機はこの10数年オフィスの生産性を向上させるスタンドアロン型機器の一つとして普及してきた

が、作像プロセスがレンズ光学系による原稿投影を中心としたアナログ方式であり、またその信頼性も他の情報機器に比べて不十分なため今後の複合システムには適さないと見做された時期もあった。しかしながら、複写機の高信頼性化が急速に進みメンテナンス性が改善されると同時に、マイクロエレクトロニクス発展によってデジタル的な画像読取、画像処理、高速書込など所謂「デジタル化」への展望が拓かれたことにより、複写・伝達のオフィス機能の中心機器として位置づけられて、あらゆる分野で複合システムの端末機としてとりいれられ発展していくものと確信されるにいたっている。情報処理システムの最少単位である各ワークステーションにおいては普及機レベルのイメージスキャナーやプリンターとしてのデジタル複写技術の利用が一層加速され、また Fig.3に示すような、ネットワーク化された大規模システムではプリントサーバーとして高速デジタル機が活用されることになる。

電子写真技術がその高速性や画質、カラー機能の点で発展すれば、このようなシステム全体の機能の高度化を先導できるのは勿論のこと、システムの適用対象を通常のオフィスの範囲から、ホームユース、印刷、医療、デザイン、エンジニアリングなど、ほとんどあらゆる分野におしひろげていく力になるのである。

### 2.3 電子写真の特徴

電子写真複写機のデジタル化が進めば今後の情報処理ネットワークシステムの中での複写・伝達のための中心機器になるとされる理由は

- (1)画像作成処理速度

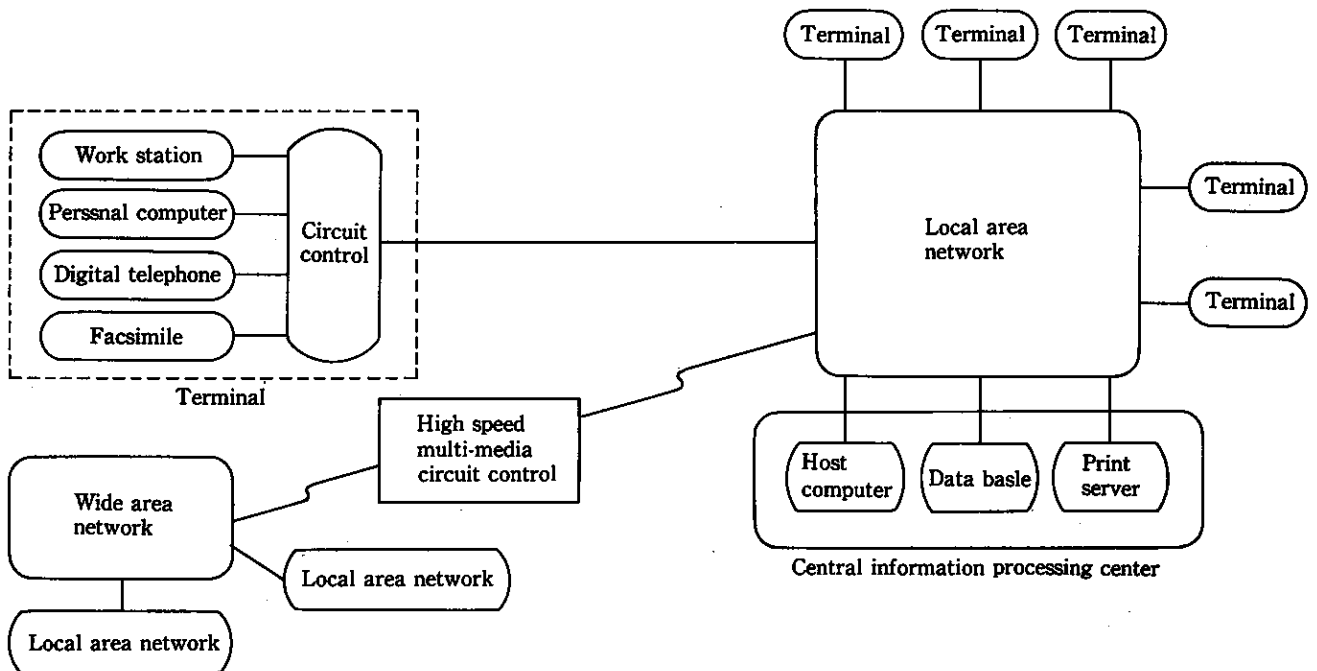


Fig.3 OA: Inter-office communication

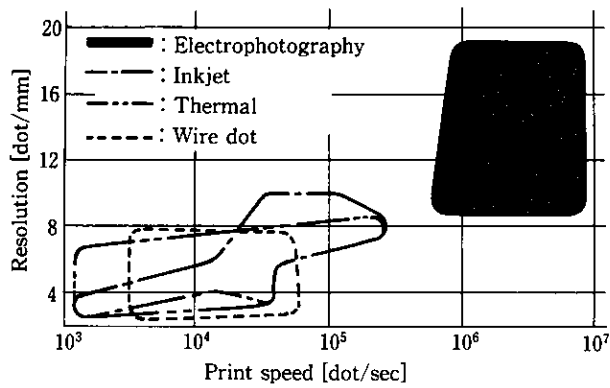


Fig. 4 Resolution/print speed capabilities of various printing methods

(2)画 質

(3)普通紙使用

の点で他の方式に比べて圧倒的に優れているからである。Fig.4にプリント出力速度と解像度の関係を各種記録技術と比較して示す。

デスクトップパブリッシングに代表されるようなワークステーションに用いるプリンタに要求される一般的な性能は

プリント速度：5 ppm (prints per minute)/A 4 以上

解像度：240dpi (dots per inch) 以上

(望ましくは400dpi)

程度であって、解像度については従来のアナログ複写機の技術の極く一般的な水準、プリント速度についてはむしろその最低級の水準と同じである。そして後述するようにプリント出力に対しては印刷に近い解像度の要求が次第に強くなり、また、その為の技術的な準備も着々と進んでいる。更に、デジタル画像処理技術によって、カラー情報を出力に加えること、あるいは原稿をフルカラーで複写することが極めて簡易に高速でできるようになってきた。

これらの事情を総合して考えるに、電子写真複写技術は情報処理ネットワークの総合機能の向上に極めて大きな役割を果たしつつ、その出力機器の主力方式の座を占めるものと確信される。

### 3

## 電子写真技術の状況

### 3.1 電子写真プロセス

電子写真プロセスは普通次の様なカールソンプロセスから構成されている。(Fig.5)

(1)帯電：光導電体である感光体表面に均一に電荷を与える。(2)露光：像露光を行い、光照射部の電荷を消去し静電荷像を形成する。(3)現像：帯電した粉体(トナー)を付着させ、静電荷像をトナー像に変換する。(4)転写：紙の上にトナー像を電気的に移しとる。(5)定着：トナー

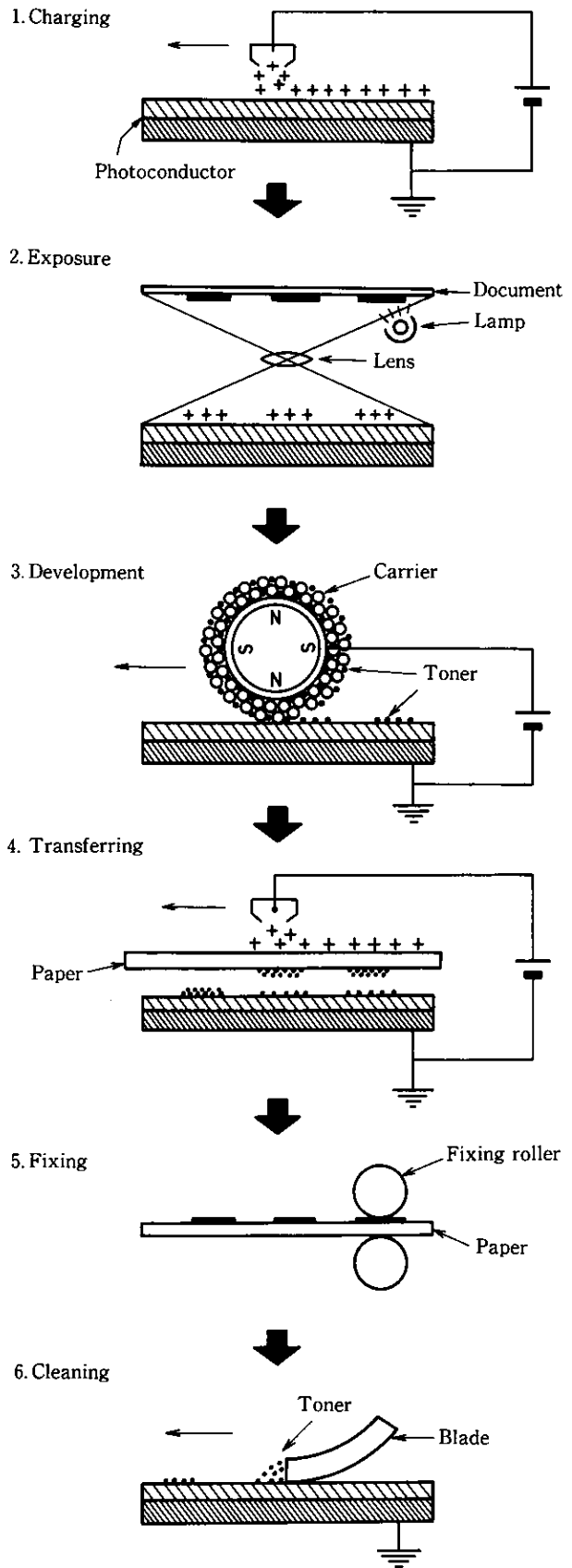


Fig. 5 Carlson process

像を紙の上に固着する。(6)クリーニング：感光体表面が清掃され、再使用に備える。上記プロセスは、実際には回転する感光体を中心に進行する。帯電は細い導電ワイヤ（ $\sim 60\mu\text{m}\phi$ ）に高電圧（ $\sim 6\text{KV}$ ）を印加した時に発生するコロナ放電により、コロナイオンを感光体上に均一に付与して行く。帯電の後原稿からの反射光がレンズ系を通して帯電した感光体上に結像する。感光体上では、光の照射された部分の静電荷が消失し、光の照射を受けなかった部分では電荷が残る。消失する電荷量は、光の照射量とともに増えるので、感光体上には原稿濃度に応じた静電像が形成される。レーザービームプリンタ（LBP）では、電気信号に応じて、レーザー光による露光のON/OFFを行い、同様に電荷を消失させる。

現像プロセスでは、この様にして形成された静電荷像にトナーを付着させる。この現像技術がコピーの画質を第一義的に左右する。複写機では、静電像と逆極性のトナーを静電的に付着させる。一方LBPでは、露光により電荷が消去された部分にトナーを付着させる反転現像方式が多く採用されている。

紙へのトナー像の転写、感光体と紙との分離にもコロナ放電が用いられる。前者にはトナーと逆極性のコロナ放電が、後者には除電のための交流コロナ放電が用いられる。定着方法としては、熱ロール定着（熱と圧力でトナーを紙に固着させるもの）や圧力定着が主として用いられている。一方、感光体は、必要に応じて交流コロナ放電によって除電されたあと、クリーニング装置によって未転写トナーを除去される。

### 3.2 カールソンプロセスへの収斂

電子写真プロセスの長所は、コロナ放電と感光体およびトナーを用いることにより高速なドライブプロセスを実現していることである。しかし、その実用化のためには、コロナ放電という極めて過激な帯電法に耐え得る感光体や、静電像を安定に良好に可視化する現像法と現像剤の開発がなされる一方、不安定な画像形成プロセスを制御し、安定した信頼性のある商品として成立させる工夫がなされている。

電子写真の歴史は、1938年、C.F. Carlsonの<sup>2)</sup>発明と共に始まる。特許弁理士であった彼が、書類や図面の複写を思いついたのは興味深い。彼の最初の実験では、感光体として金属板上に硫黄をつけたものを用い、表面をラシャで摩擦帯電した後、密着露光を行って静電像を形成した。トナーとしてはリコボジウム（花粉）を用いている。この段階では、技術的な問題が多く、とても汎用の複写機を実現できるレベルではなかったが、その後バテル研究所において、電子写真複写機を実現するための重要な技術の開発が行われた。（例：コロナ帯電による均一電荷の付与方法、<sup>3)</sup>セレン感光体の開発、<sup>4)</sup>各種の二成分現像方法、<sup>5)</sup>静電転写法、そして、1946年、ハロイド社（現ゼ

ロックス社）が、特許実施権を獲得し、1959年全自動複写機の商品化を行った。

ゼロックス社に続いて、RCA社は、光導電材料として酸化亜鉛粉体をバインダーと共に塗布した感光紙を用い、<sup>7)</sup>この上に直接トナー像を形成して定着するエレクトロファクス法を開発した。この時、今日の主流となっている磁気ブラシ現像法が開発された。一方、乾式現像法に代り、<sup>8)</sup>絶縁性液体中にトナーを分散した液体现像法がK.A. Metcalfeによって<sup>9)</sup>発明された。この方法は、転写紙として特殊なコーテッドペーパーを用いてはいたが、当時としては極めて高画質で低コストの複写法であった。

感光体については、その長寿命化の目的から、感光体表面を絶縁層で被覆したものを<sup>10)</sup>用いたKIP、NPプロセス、スクリーン状にした感光体にコロナイオンの制御性をもたせることにより、<sup>11)</sup>網状の感光体上の静電荷像から誘電体上に静電荷像を形成するEPI法など、<sup>12)</sup>カールソン法と異なる静電像形成方式が考え出された。

これらの諸技術は1960～1970年代において広く複写機に採用され、その普及に貢献した。しかし、1970年代後半になり、実用技術の多くはカールソンプロセスへと統一されていく。

特殊紙を用いるプロセスとしてのエレクトロファクス法は、普通紙への強いユーザーの要求により使用されなくなる。又液体现像法は臭いや、液体の取り扱いの不便さから乾式法に移行していく、そして磁気ブラシ現像法が、現像性の向上、コンパクト化、画像濃度制御技術の向上、高耐久性現像剤の開発によって、主流技術となっていく。感光体の耐久性の向上の為に考案された諸々の静電荷像形成プロセスは高耐久感光材料の開発に伴って不要となり、感光層だけの単純な構成の感光体だけが生き延びる。このようにして、電子写真プロセスは初期のカールソン法へ<sup>13)</sup>回帰し、それに収斂してゆく。

### 3.3 電子写真材料技術

前項で述べたように、カールソンプロセスでは「感光体」上に作られた潜像を「現像剤」によって可視化し、このトナー像がコピー紙上に定着して出力される。従って、電子写真を構成する材料技術のうち、最も重要なものは感光体と現像剤に関するものである。以下、各々についてその状況を概説する。

#### 3.3.1 感光体

Table 1に工業的に採用されてきた種々の電子写真感光体についてその特徴をまとめて示した。この表では感光体を概ね歴史の長いものから順に配列してあるが、これから明らかな通り、感光体の基本技術はほぼ無機結晶一樹脂分散型から蒸着カルコゲナイドへ、そしてOPCへと推移して来た。更にa-Si系感光体が特定分野の電子写真エンジンに採用され始めている。蒸着カルコゲナイドの採用は無機結晶分散型にありがちな、電気性能の環境依存性

Table 1 Photoconductor characteristics

Classification in terms of material	Production method	Structure	Charge carrier	Layer thickness	Sensitivity	Charge acceptance	Productivity	Cost/pc	Hardness	Durability	Safety
Inorganic crystal-dispersed in resin ZnO (dye)-resin CdS-resin	Dispersion→ Coating→ Drying	Single layer	Electron	~20μm (ZnO) ~40μm (CdS)	△~○	△	○ (but performance fluctuates)	◎	×	×~○	○ (ZnO) × (CdS)
Amorphous chalcogenide a-Se, a-Se-Te, a-As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	Vacuum evaporation	Single layer Function-separated	Hole	60~70μm	○~◎	○	△	○	△	○ Depends on temperature and duration	×
Organic photoconductor (OPC) Single layer type CT-complex type Dispersed aggregation type Function-separated type	Dispersion→ Coating→ Drying	Single layer Function-separated	Hole	10~25μm	△~○	○	◎	◎	×	○	○
Amorphous silicon a-Si:H	Glow discharge decomposition	Single layer Function-separated	Electron Hole	20~30μm	◎	△	×	×	◎	◎	○

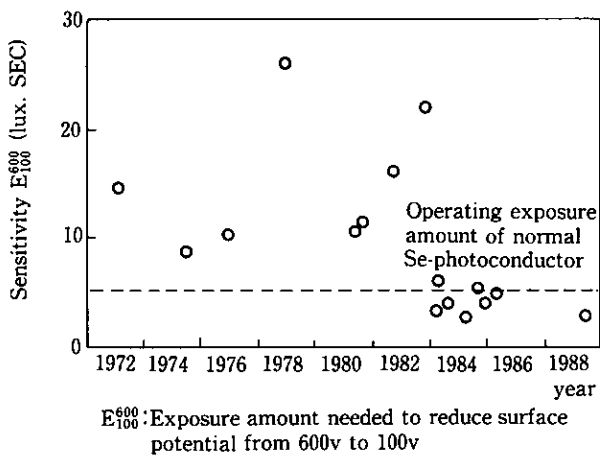


Fig. 6-1 Increasing OPC sensitivity

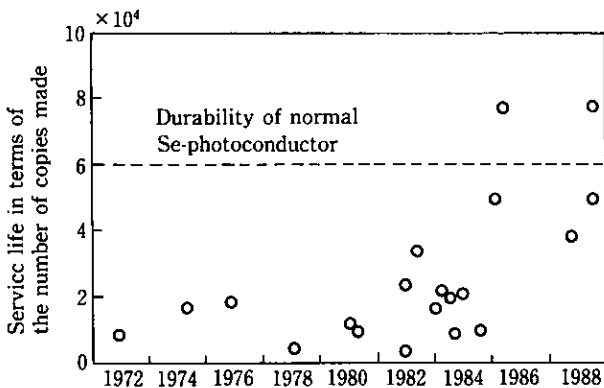


Fig. 6-2 Increasing OPC durability

を解消して電子写真エンジンの信頼性を一挙に一桁以上向上したと言われている。それに対して、OPCの採用は、普及機に搭載するための低コストな感光体への要請に発したものであって、初期のものでは電気的性能、耐久性とも極めて不十分であった。しかしながら、Fig.6に示すように、OPCの感度、耐久性はその後急速に改善されて1984年頃には一般的なセレン系感光体（例えば最大テルル含量14%のSe-Te系感光体）のそれらを凌駕するようになり、中級機以下ではOPCがセレン系感光体に代わって主流感光体の座を占めつつある。つまり、通常の複写機に限って言えば、中級機以下にはOPCの採用、高速機にはハードセレン（As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>）感光体の採用が一般化している。Se-Te系感光体が感光層分子構造内に架橋結合を持たず、その結果、感光体として動作するアモルファス状態が室温でも容易に結晶状態に転移してしまうことを考えれば、低速機になる程、Se-Te系感光体に替えてOPCを採用するのが有利になることが理解されよう。一方、LBPについては、書き込み光源として定着したレーザダイオードの発光波長は780nmより長波長側にあり、赤外部に十分な感度を持たないセレン系感光体に代わってOPCの独壇場となっている。

高速の複写プロセスにOPCが採用されていない理由の一つは、これと組合せるべき現像剤に十分な耐久性、信頼性のものが得られていないこと（後述）と、もう一つはOPCは静的な感度では十分な改善を見たものの、高速プロセスに適用したときの感度が不十分であることである。

OPCが高速プロセス適合性の点で改良されれば高速機分野でもハードセレン感光体を駆逐することは必至の勢いであって、キャリア輸送物質についての新たな知見にもとづいた分子設計<sup>13)</sup>によってOPCの高速化を計ることが感光体開発の第一順位の課題となっている。

ところでOPCの主流技術は所謂二層構成機能分離型である。そして帯電、現像、転写、クリーニング等の行われる表面層（キャリア輸送層）は、アクリル樹脂、ポリカーボネート樹脂などの高分子結着剤中に低分子のキャリア輸送物質を固溶して形成される。この時、キャリア輸送物質は、結着剤に対して可塑剤として働くので、OPCの表面硬度は結着剤単独の値に比べて相当に低下してしまう。事実OPCの表面硬度（ピッカース硬度）は18前後が普通であって、Se-Te系感光体の40、ハードセレン感光体の120に比して決定的に小さい。このことがOPCの機械的耐久性と表面に付着したトナーのクリーニング性を甚だしく損なっているのである。電子写真エンジンがLBPを構成する場合にはDTP (desktop publishing) などの印刷用途への適合性が無視できないので、この場合には近い将来伝統的な印刷に近い解像度が要求されるようになる。後述するように、高い解像度は感光体からのクリーニングが更に困難な微粒径のトナーを用いなければ得られない。従って、LBPの将来はその意味で高い表面硬度のOPCの開発という第二の課題の成否如何にかかっていると見て過言ではない。これについては、自己製膜性のある高分子キャリア輸送物質の開発がkey technologyとなろう。高分子キャリア輸送物質を3次元架橋できれば、表面硬度、機械的強度の点で更に有利になることは言うまでもない。

OPCに関連する第三の課題はON/OFF動作の感光体処方の開発である。電子写真感光体では荷電キャリアの発生、層間の注入、輸送のいずれの過程もが、正の電界依存性をもつ。従って感光体表面電位の減衰は、照射光量の増大と共にその速度を減ずる性質があり、一般には

$$\sqrt{V} = -aE + b$$

(V: 感光体表面電位、E: 照射光量、a, b: 正の定数) が実験式として成立する。このような感光体を用いれば、照射光量と共に漸減する表面電位が得られ、こうして得られる表面電位の高低を現像剤付着量の多寡に置きかえる方法が、広く階調再現の手段として用いられている。しかしながらLBPではパルス幅変調方式(PWM, pulse width modulation)が階調再現と解像度の相反関係を解く手段として重視され始めており、これを用いる場合には中間的な感光体表面電位は中間調再現の手段としては不要となるばかりでなく、画像出力を安定化の上でむしろ有害となる<sup>15)</sup>。このような中間電位を発生することなく、ある照射光量までは初期帯電電位を保持し、閾値光量を越えた時に急激にゼロ電位近くまで放電してしまうON/OFF

型感光体が必要となる所以である。従来、単層構成の無機分散型感光体について知られた放電特性がこれに近いので、単層構成の分散型感光体の分散相界面での電位保持能依存の処方がこの分野での主流技術となる可能性を持っている。単層構成のOPCはまた、帯電極からのオゾン発生と画像ノイズの点で優れている正帯電型OPCをp型キャリア輸送物質を用いてdipping塗布法などの安定な方法で生産することのできる唯一の処方でもある。また高い解像度が要求されるにつれて、従来のようなキャリア発生が感光体の深部で高密度で起こる二層構成機能分離型OPCでは、キャリアの拡散による潜像のボケが問題になる事態が予測され、この点でも単層構成が有利になると思われる。

### 3.3.2 現像剤

Carlson法と組合せて採用される乾式現像法の代表例をTable 2に掲げた。これらの内、現在では一成分および二成分磁気ブラシ法以外はほとんど全く用いられなくなっている。その理由の一つは、磁気ブラシを形成する現像スリートを導体で構成することによって、対向電極効果が生じ、良好なベタ画像が得られるからであり、もう一つの理由は磁性現像剤を磁力によって潜像上へ搬送するプロセスが他のどのプロセスよりもその搬送性が安定であることである。磁気ブラシがかなりの厚みを持つので、潜像一現像剤間の接触時間が稼げることも大きなメリットである。

Table 2 Classification of developing methods

Dual-component developing method	Magnetic brush method	Non-coated carrier method Coated carrier method Micro-carrier method
	Cascade method	
Mono-component developing method	Magnetic brush method	Conductive magnetic toner method
	Fur brush method	BMT method
	Impression method	Fine magnetic particle mixing method
	Touch-down method	Jumping method
	Powder cloud method	FEED method

ところで、現像剤の基本特性のうち、最も重要なものは帯電量である。良く知られている通り、帯電量は潜像への現像剤の付着量と転写プロセスの効率を直接支配するからである。一成分磁性現像剤は磁性体分散物を粉碎して作ることから、水親和性の磁性体が現像剤表面に露出することが避けられず、環境湿度と共に帯電量が変化する。また、一成分磁性現像剤は、自己相互摩擦、現像器部材との摩擦によって帯電を獲得するが、このようなプロセスは元来不安定である。一成分現像剤に近い現像剤処方をを用いながら磁性体、乃至磁性体含有量の多い微粒成分を加えて一成分現像法を二成分現像法的にモデ

ィファイすることが広く行われるのは、現像剤の帯電表面積を増加して帯電過程の不安定さをなくすのがねらいであると理解される。これに対して、キャリア被覆によって環境変動を抑えた二成分現像剤は、十分な接触摩擦のチャンスを保証されて居り、帯電プロセスは極めて安定である。

二成分現像法の重大な欠点とされてきたキャリア寿命の短さと、それに伴うメンテナンス負荷の問題は、セレン系感光体に用いる負帯電現像剤ではそのキャリア寿命が感光体寿命に近いところまで改善されることによって解消されたのであるが、OPCに用いる正帯電現像剤については、OPC自体の寿命が10万コピーになんなんとする耐久性をもつに至った反面で、不十分な寿命のままである。その技術的理由としては

- (1)キャリア被覆材料として用いられる樹脂の磁性体芯に対する接着性、被覆材料自体のタフネスが不充分。
- (2)従来、負帯電現像剤に用いてその帯電立上り速度を維持していた負帯電性コロイダルシリカに相当する正帯電性流動化剤が実用化されていない。
- (3)材料選択の自由度が狭くトナーバインダー、流動化剤、キャリア被覆材料の三者の帯電列上の位置を負帯電現像剤同様に理想的な関係に設定できていないことが挙げられ、これらの急速な解決が望まれている。

電子写真技術の重要な開発要素にその高画質化の問題がある。画質要素のうち最も重要なものが階調性と解像度である。前述したように、特に高画質化が要請されるLBP分野では、解像度と階調再現の相反を解くための画像書込みの技術が急進展して居り、現像プロセスの解像度を向上してこの動きをサポートすることが必要となっている。Fig.7にはトナー粒径をパラメータとして空間周波数とMTFの関係を示した。この図から明らかなように、

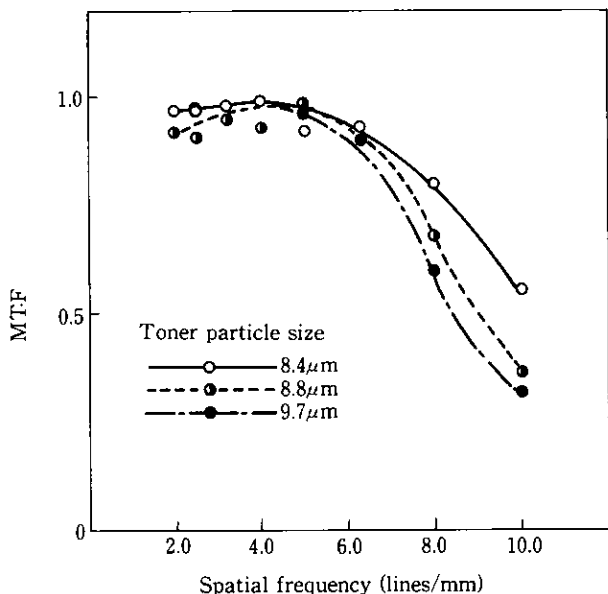


Fig. 7 Effect of toner size on resolution

トナー粒径が解像度を支配する非常に大きな要因であり、PWM (pulse width modulation) のような高い解像度の書込み方式では、解像度の極限性能をトナー粒径が決定してしまうことになる。現在一般に用いられている乾式現像剤トナーの粒径は10~15 $\mu\text{m}$ であるが、5~6 $\mu\text{m}$ の微粒子トナーが極く近い将来に実用化されると思われる。この場合に、粉砕法によるトナー生産手段では原理的に10 $\mu\text{m}$ 以下の粒径を得ることが困難であって粉砕法以外の生産手段、たとえば造粒重合など新たな生産手段を伴った現像剤の開発が必要である。

### 3.4 設計技術

国産電子写真複写機の出荷は1970年に始まったが、当時の複写機は性能の割に大型で高価であった。以来今日に至るまで複写機は高速、高機能化すると共に小型、軽量、低価格化する道のりを歩んできた。ほぼ同等のコピー速度の機種について当社の例で比較して見るとコピー速度当り価格で1/4~1/5、重量で1/8、体積で1/6~1/7と様変わりした。Fig.8、Fig.9に示した通り、業界全体を見てもこの傾向は同様である。メーカー各社が発表している

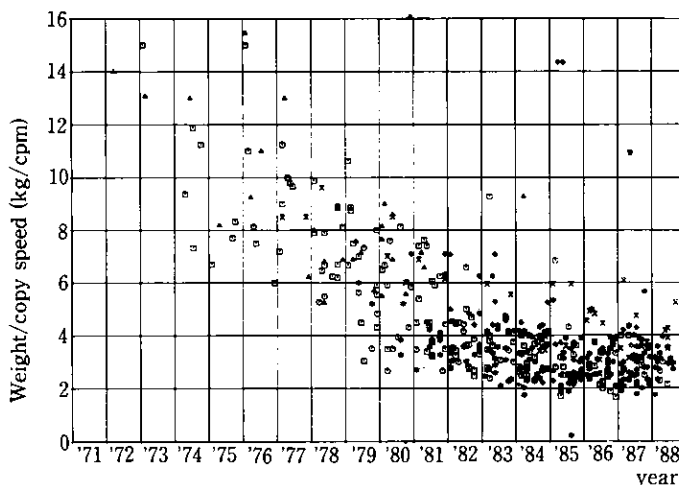


Fig. 8 Decreasing copier weight/copy speed

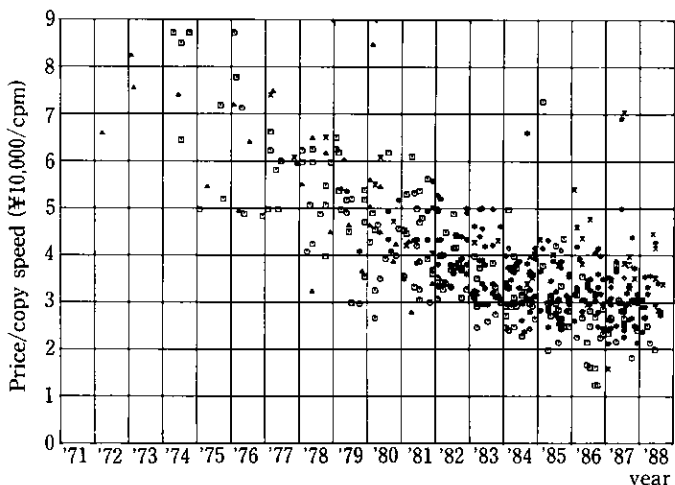


Fig. 9 Decreasing copier price/copy speed



カタログデータからこの間の動きを振り返って見ると次の通りである。

(1)1970年～1977年

発売機種数は少なく、殆ど20cpm (copies per minute)以下で価格50～100万円、重量150kg以上のコンソールタイプと価格40～80万円、重量70kg以上の卓上型原稿台移動タイプの2系統が主流であった。

(2)1978年～1980年

発売機種数が増加、特にコンソールタイプの20～40cpm機が急増し、これらは価格100～260万円、重量200kg以上の大型が主であったが、卓上型の30cpm機も現われた。15～20cpmの中級機は殆ど卓上型となり重量は50～120kg、価格も80万円台から60万円台へ下がりこのセグメントでの小型、軽量、低価格化競争が始まった。

(3)1981年～1983年

価格競争が20～40cpm機へと移り、100万円以下の32cpm機も登場した。1982年にはパーソナル複写機が登場(8cpm、24.8万円、重量34kg、体積34ℓ)、普及機の小型、軽量、低価格化に拍車がかかった。30cpm機まで卓上型が普通となり、144万円で卓上型の46cpm機も登場した。

(4)1984年～1986年

普及機の低価格化、小型、軽量化が一段と進み、最小値を集めると(価格：9.8万円、重量：12kg、体積21ℓ)となった。中級機の低価格化、軽量化も進む半面、多機能化が始まった。一方、高機能の高速機が出始め240万円の70cpm機が登場した。

(5)1987年～

低価格化、小型、軽量化が進む中で、多機能化、コピー生産性向上による価格維持、高速の高効率機、カラー化、デジタル化、等多様化が進行しつつある。このような小型化、低価格化、高性能化は他の工業製品の動きと軌を一にするものであって、これを支えた基本技術は第一義的には感光体サイズを小さくすることを可能にした

プロセス技術であるが、それを実用複写機に具体化するためには数々の新しい構造材料を駆使した構造設計技術があった。そしてこのような小型化、高性能化があったからこそ、電子写真方式が急速に発展しようとしている情報処理システムの出力機器に大々的に応用される道が拓かれたのである。

3.5 制御技術について

カムとリレーによって行われていた複写機の制御には、マイクロコンピュータが制御用のシーケンサとして採用されるに至り、現在では複写機の機能、性能を実現するのに不可欠な要素となっている。マイクロコンピュータが複写機に始めて採用された時から現在迄をいくつかの時期に区分し、その時々マイクロコンピュータの採用の具体的な目的と対応するコニカの複写機の主要なものをTable 3にまとめて示した。先ず最初はカムとリレーに頼っていたシーケンサをこれで置き換えることが直接の目的であり複写機を小型化、高信頼化し、低コスト化する効果があった。マイクロコンピュータの性能が低かった為もあり、複写機に新しい機能は付加されなかった。次の時期にはマイクロコンピュータの性能が向上し、より複雑で精密なシーケンス制御が可能になった。それにより拡大、縮小コピー機能の実現、オプションの追加取付けとその制御、プロセス量(例えばトナー補給量)のきめ細かな制御などが可能となった。しかしマイクロコンピュータとしての賢さは外部には表れなかった。更に時期を下って制御用のマイクロコンピュータに大きな性能向上があった。即ちA/Dコンバータ、タイマ、カウンタ、シリアル通信、乗除算命令の実現や不揮発メモリや大容量PROM等の出現である。このような高性能マイクロコンピュータの機能とそれを活用して得られる複写機の性能をTable 4に示す。更に1986年以降は既製のマイクロコンピュータやLSIを応用して、これらの機能を実現するのではなく、必要な機能を実現する為にASICを設計して使用する

Table 3 マイクロコンピュータの応用の進歩と代表機種

応用の形態	実現された機能・性能	代表的な機種
単純なシーケンサ (4bit ROM2Kバイト)	小型、高信頼、低コスト	U-Bix V
複雑で精密なシーケンサ (8bit ROM8Kバイト、A/D等不含)	拡大、縮小、ADF/ソータの一般化プロセスの細かな制御	U-Bix 3300MR 4500MR 1600MR
高性能マイクロコンピュータの機能を活用(A/D、タイマ、シリアル通信、不揮発メモリ)	ズーム、APS、AESの一般化、メッセージ表示、自己診断、電子キーカウンタ、材料の特性の補正、マスク・トリム	U-Bix 2500MR 5000MR 1800MR 4012MR
既成電子部品の活用に加えて機能に応じたHICやASIC採用。マルチマイクロプロセッサによる高機能化。	I/O+タイマ内蔵LSI PLL用ゲートアレイ専用マイクロコンピュータによるモータ制御 画像処理ゲートアレイ	U-Bix 5500MR コニカ 5070 5170 DC8010

Advances in CPU technology and their applications in copiers

Table 4 マイクロコンピュータの機能と複写機の機能の対比

マイクロコンピュータの機能	応用の形態	複写機の機能
A/Dコンバータ	光量の読込 温度の検出	APS, AES 材料の特性の補正
タイマ・カウンタ	ステップモータ、PLLモータの 制御 PWMによるバイアス可変	ズーム機能  ミラー汚れの補正 材料の特性補正
シリアル通信	マイクロコンピュータ間のデー タ通信 LEDアレイへのデータ転送	マルチマイクロプロセッサによ る分散処理 マスク・トリム
記憶	コピー履歴の記憶 暗証番号入力とコピー枚数の記 憶 調整値の記憶	材料の特性の補正 電子キーカウンタ  トナー濃度、タイミング、給紙ル ープ量等の微調

How copier technology builds on CPU technology

る方向に進んでいる。この段階に至ってようやく複写機は「インテリジェント化」し、各種の自動化が進んでオフィスの能率向上に大なる貢献ができるようになり、一方で、他の情報処理機器との共同的な動作が可能となって情報処理システム、そのネットワークの中に確かな位置を占められるようになったのである。

## 4 複写機市場へのコニカの対応

カールソン方式の複写技術のメリットは、他の記録技術に比較して信頼性が高いこと、メンテナンス性が良いこと、画質が良好であること、オフィスでの作業負荷に対するアウトプット（コピー生産性）が高いこと、更にはそれらの総合性能に比べてコストが低いことである。カールソン方式が複写技術の主流となった理由はこれらのメリットに対する市場の評価の結果にほかならないが、逆に市場からはカールソン方式複写機に対して、これらのメリットをより一層確実なものとするよう強い要請がある。Table 5には複写機ユーザーが複写機に何を求めているかについてのBLIの調査結果を示したが、ここにもこのことがよく反映されている。当然のことながら、我々の複写機開発の命題は、このような市場の要請に沿って、如何に低コストの複写機を提供するかである。即ち

(1)高信頼性化のためにはOPCの高耐久化に合わせての現像プロセスの高信頼性化<sup>17)</sup>や50cpm以上の高速複写機の一般化やADF、RDH、コピーフィニッシングなどの付加機能に対応するための原稿やコピーの複雑で高速の取り扱い技術(高信頼性紙搬送技術)<sup>18)</sup>などが最近の重要課題であるが、実際の複写機の開発においては種々のkey partsのうち、直接性能向上に影響をもたないものはできるだけ標準化し、各機種間で共通化して用いることに腐心している。無用の開発負荷を省き、量産メリットを生かしてコストを引下げ効果があるが、何よりも市場の評価を経

Table 5 Copier features most desired in the U.S.A. (by BLI<sup>16)</sup>)

Feature	Percentage of respondents considering it Among the most desired features
Copy quality	96%
Machine reliability	95%
Dealer service	88%
Price	65%
Copy speed	61%
Enlargement/reduction	56%
Sorter	47%
Document handler	46%
Duplexing	46%
Paper capacity	41%
Large document copying	27%
Zoom	19%
Small document copying	8%
Desktop size	7%
Editing	3%
Color	3%

た信頼性の高い部品を用いる事が可能になるからである。

(2)メンテナンス性改善の為には前項の高信頼性化の推進が第一義的な課題であるが、更に、ユーザによるエンジンメンテナンスを可能にするためのカートリッジ化エンジンの採用がある。

(3)高画質化の具体的内容は階調再現、細線再現、一様性の確保であるが、これらのためには現在のところ現像剤と現像プロセスの改良に力点を置いている。

(4)コピー生産性向上の課題は、多様で複雑な機能が複写機に要請されている状況にあって、複雑な操作がユーザに過度の負担を強いたり、これらの機能を用いることが反って単位時間当りのコピー能力を低下させてしまうことのないように対処することである。各種の自動調整、自動選択、トラブル発生時のauto job recoveryなどの自動化の拡大とLCT、多段カセットの採用による用紙供給

の負担軽減、高速度のADF、RDHの開発による原稿取り扱いの負担軽減、フィニッシング機能の付加によるコピー処理の能率向上などによって対応してきたところである。

(5)市場からはある場合には単一用紙サイズのコピー機能をしてできるだけ安価に入手したいという要求がある反面、考えられるあらゆる機能をもった複写機を要求される場合もある。このような要求のバラエティーに対しては、単能の基本仕様機を購入しさえすれば、他の機能ユニットを別に購入してこの基本仕様機に追加することによって、市場で簡単に必要な機能を追加できるようにするadd-onモジュールの考え方を取り入れて対処している。これによってユーザーが必要十分な機能を低い価格で購入することを可能にすると同時に、複写機をモデルチェンジする際には、基本性能の進歩に関係のない機能ユニット(モジュール)をモデルチェンジする必要をなくして、標準化、共通化をやり易くする効果が生まれる。

以上のような命題のもとに、種々のセグメントの複写機をどのように開発してきたか、以下に具体的に述べることにする。

#### 4.1 普及機

Konica U-Bix1012は、月間コピー数が2000コピー程度以下を想定した普及型複写機として開発された。その外観図をFig.10に示す。この複写機では、サービス性、メンテナンス性の向上をねらって、感光体ドラム周辺のプロセスを一体化したカートリッジ方式を採用している。カートリッジ自体に現像器、あるいはクリーナーの構造材を兼ねさせることで、部品点数を減らし、サービス性の向上がコストアップとひきかえにならない設計となっている。普及機としての性格上、本体のみならずカートリッジの小型化は必須であり、現像スリーブはφ20の比較的小径のものを採用した。そのために、現像性、特に最高画像濃度Dmaxを安定に得ることに難しさが予見された。Fig.11はこの現像器で、現像スリーブと感光体ドラムの間隙Dを横軸に、穂立規制板の間隙Hを縦軸にとった時、



Fig.10 Konica U-Bix 1012

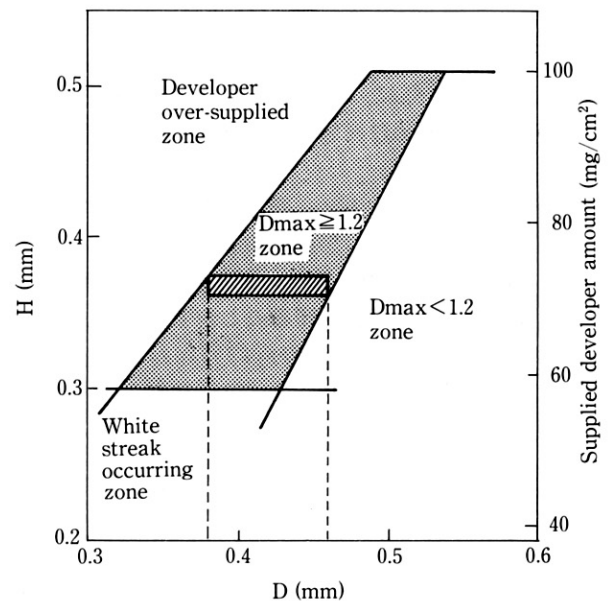


Fig.11 Conventional drum/doctor blade gap tolerance relationship

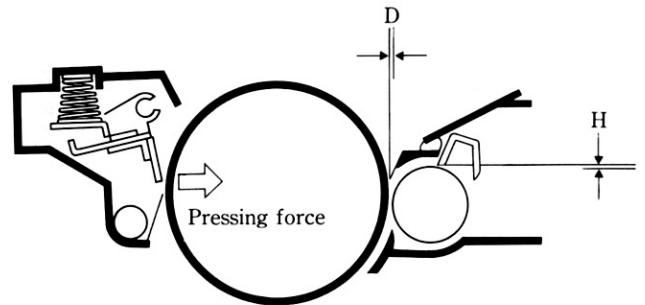


Fig.12 The balance-development method

Dmaxが1.2以上になる領域を示している。これによると、Dの組立精度(例えば突当てコロを用いて間隙を設定する方式を用いれば、その組立精度)による変動の全範囲についてDmax $\geq$ 1.2を得るべくHを十分狭い公差内(図の斜線の範囲)に設定するか、Dの変動に応じて最適のHを1台1台調整しなければ、Dmax $\geq$ 1.2を確保できないことになり、いずれにしてもコストアップを招いてしまう。そこで、穂立規制板の間隙Hをある幅の中に調整しさえすれば、スリーブとドラムの間隙Dが自動的に最適値に設定される「バランス現像方式」を新たに開発した。Fig.12にその概念図を示す。穂立規制板の間隙Hによって現像スリーブ上に引き出されて潜像上に搬送される現像剤層の厚み、従って現像剤量が決められる。この現像剤層の厚さに応じ、現像スリーブと感光体ドラムの間には、両者の間隙Dを押し広げようとする力が働く。この時、逆にDを挟める押圧力を与えれば、両者のバランス点で、Dは自動調心する。押圧力の値を適当に選ぶことにより、バランス点が好適な現像条件となるように設

計することが可能である。具体的なメカニズムとしては従来、現像スリーブあるいは現像ユニットを動かす方式が知られているが、ここではカートリッジの構造を少しでも簡単にするために、感光体ドラムを動かす方式を採用した。

現像剤層を押圧する力としては、クリーニングブレードが感光体を押す力が、丁度適切な大きさであった。その結果Fig.13に示す通り、Hの変動に応じて、Dが自動調心し、安定した現像条件を得ることができた。また、クリーニングブレードの押圧力のバラツキがDに与える影響は、 $30\mu\text{m}$ 程度に抑えることができ、実用上無視することができた。

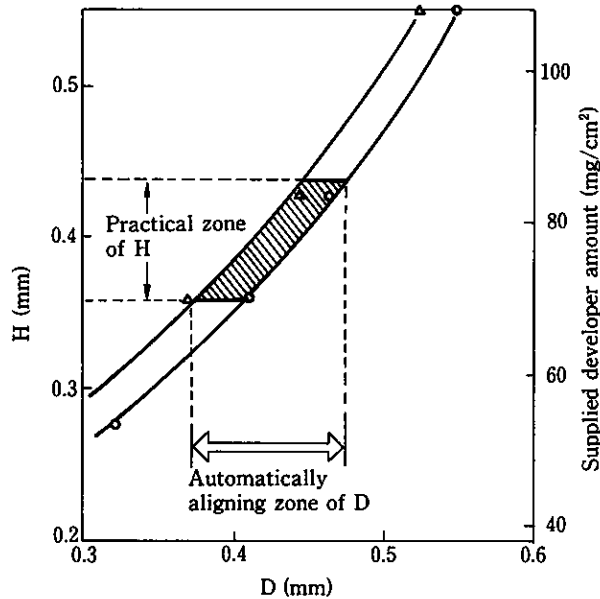


Fig. 13 Drum/doctor blade gap tolerance in the balance-development method

この外にも、上方一方組立の構造としたことや、本体基板を樹脂一体成型とし、内部はユニット組付けの基体とすると同時に、外部は、外装を兼ねた構造としたこと、更に操作面では省スペースの考えを貫き給紙にフロントローディング方式を採用したことなどKonica U-Bix1012は普及型複写機への市場要請に対する当社の解答の集大成である。

#### 4.2 中級機

中級機セグメントへのOPCの採用が進んでいるが、それでも今までのところそれは比較的低速の分野に限られている。OPCでは感光体コストが安いこと、セレン系感光体にあるような結晶化の問題がないこと等の長所の反面、耐刷性がセレン系感光体に比べて劣るため、結果としてコピー当りの感光体単価が高くなってしまいうからである。我々はOPCの高耐刷化を図ると共にトナーリサイクル方式を採用入れることによってコピーコストを低減させ、OPCエンジンを広く中高速分野に適用すべく努力

を重ねてきた。その最初の成果がKonica U-Bix1017である。(Fig.14)

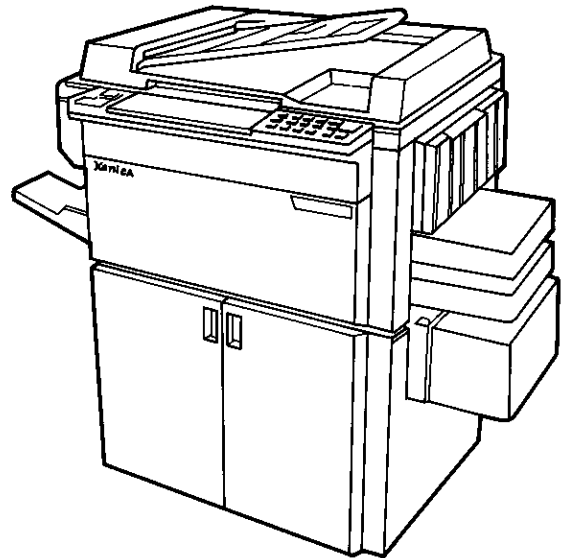


Fig. 14 Konica U-Bix 1017

OPCの高耐刷化には、対オゾン性、耐傷性の高いOPC素材を開発することと共に、常に安定した画像を得るためのプロセス技術の開発が重要である。即ち、

(1)コピー履歴の増大に伴ってOPCには白紙電位の上昇が現われるのが普通である。また、温度変化に伴って感度に変化するが、この変化の度合はOPCの劣化と共に大きくなる。Konica U-Bix1017では、感光体への露光量を①積算コピー数 ②ドラム温度に応じて変化させることによって、これらへ補償を行った。

(2)OPCはオゾン暴露による酸化的劣化と転写紙に含まれるタルク等の付着により、高湿雰囲気下で画像ボケを発生することが知られており、それらに対する様々な対策の提案もなされている。我々は従来のクリーニングトナー受けのスポンジローラーに替えて、スポンジに炭化硅素の研磨粒子を分散させた研磨ローラーを設け、ドラム面上に生成または付着したオゾン生成物や付着物を削り取る手段とした。感光体の減耗量をその電気特性に影響が出ない程度に抑えるべく研磨粒子の粒径、含有量、ローラーの押圧力を選択した。実際の減耗量はFig.15に示す通りである。

(3)感光体電位を安定化するために帯電器をスコロトロン方式とした。一方帯電器バックプレートを高耐圧ツエナゲイオードを介して接地することにより放電電流を抑制しオゾン発生量の低減を図った。放電電流は、Konica U-Bix1550MRの $650\mu\text{A}$ に対し、15%減の $550\mu\text{A}$ となっている。

このような技術手段の総合により、Konica U-Bix1017ではOPCの耐刷を6万コピーとすることができた。(Konica U-Bix1550MRでは2万コピー)Konica U-Bix1017ではト

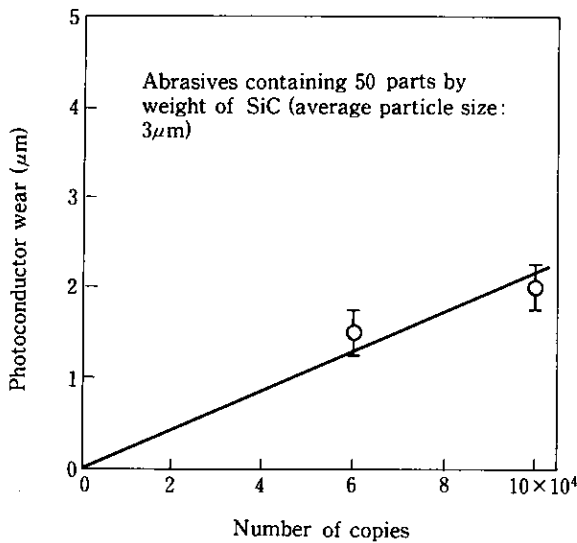


Fig. 15 Konica U-Bix 1017 photoconductor wear

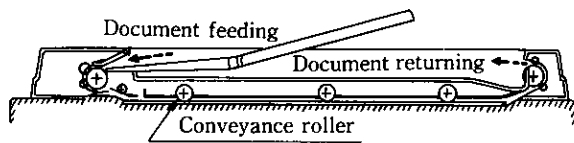


Fig. 16 DF-201 document feeder

ナーリサイクル方式を採用し、OPCの高耐久化と併せてコピーコストを低減すると同時に廃トナーの回収を不要としてサービス性向上を図った。

中級機のフィーチャーの眼目はコピーの生産性の向上である。Konica U-Bix1017には原稿交換操作の負担を軽くし、しかも単位時間当りのコピー生産量の大きいADF (DF-201) (Fig.16) を新たに開発して搭載した。専有面積をプラテンカバー並とするため、反転給紙方式を採用し同時に原稿面を上向きに装填可能とした。そして簡易ソーターとの整合性を得るため底送り給紙とし、小型、軽量化のため、原稿ガラス面上の原稿搬送手段を従来のベルト式からローラー式とした。更に操作性を向上するため前面開閉方式とした。高速紙送りによってADF使用時のコピー速度低下は小さく、不使用時の70%速を維持している。

複写機の多様化は中速機セグメントで最も進んでいる。Konica U-Bix6040 (Fig.17) はこのような中級機セグメントに対して、「最大のコピー生産性」を標榜して導入されたバニラマシン (バニラアイスクリームに因んで、単能、高効率の複写機をこう呼ぶ) である。従来欧米市場では、レターサイズあるいはA4サイズのコピーが大多数である実情に即して、このような単一サイズのみのコピーが可能なる「単能高速複写機」が屢々高い評価を受けてきた。しかしながら、このような小さな用紙サイズだけをを用いる複写機は

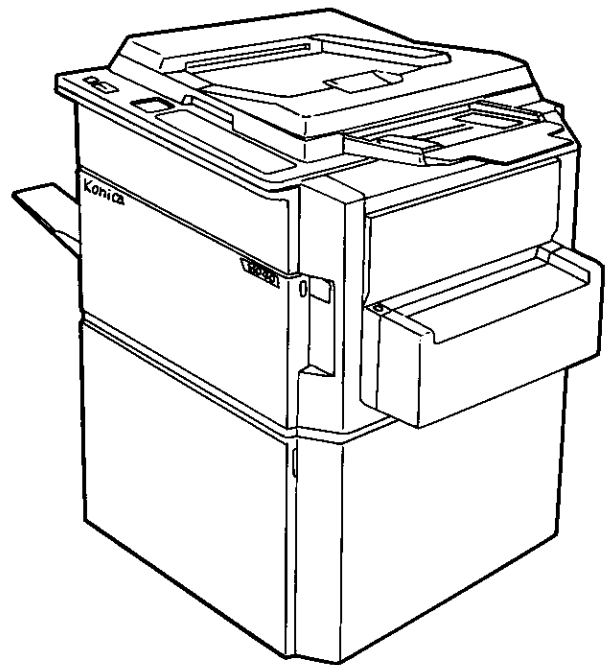


Fig. 17 Konica U-Bix 6040

(1)機械サイズがコンパクトになり、コストも低く抑えることができる

(2)単一の大容量トレイを採用して用紙カセットを廃することで紙補給の負担を軽減し、コピー作業の能率を上げられる

など、中速セグメントにも適応する大きなメリットを持っている。Konica U-Bix6040は、このようなメリットをねらって、中速複写機をA4単能エンジンで構成したものである。ここではまた、原稿枚数に対してコピー数が小さい場合のコピー生産性を大きく支配することになるFCOT (ファーストコピーアウトタイム) の大幅短縮が計られている。Konica U-Bix6040のFCOT 4秒は従来的高速機並の値である。Konica U-Bix6040には、原稿搬送速度800 mm/secの高速ADF (DF-202) がオプション装備されている。これは30原稿/分の原稿置換速度を実現していて、コピー能率を大いに向上するものであるが、見逃してならないのはこのADFの装着によって「単能複写機の多機能化」が可能になっていることである。即ち、読取光学系を原稿台の特定位置で止めておき、ADFを用いて原稿台上で原稿を感光体に同期して移動させるLDH (large document handler) 機能によって最大A3サイズ of 原稿の複写が可能になるし、この時、感光体線速度と原稿搬送速度を違えることによって拡大、あるいは縮小コピーが可能になる。add-onモジュールの思想が多様化する市場への対応手段として極めて有効であることを示す好例である。

#### 4.3 高速機

コピー生産性向上の要請は高速機セグメントに対して

最も強く表われる。ここでは、Konica U-Bix5000 (1984年9月発売)以降の当社の高速複写機について、コピー生産性向上のための自動処理技術について概説する。

Konica U-Bix5000の第一の特色はLDH (large document handler)機能を持ったADFをオプション装備していることである。(Fig.18 (A))これによって原稿台を原稿サイズに対して小さいもので済ますことが可能となるが、Konica U-Bix5000では汎用のA3縦置き原稿台でA2原稿のコピーを可能としている。

Konica U-Bix5000では当初からadd-onモジュールの考えを取り入れた設計をしている。これによって自動両面コピーを可能にするADU (automatic duplexing unit)を市場オプションに設定し、ユーザーニーズにきめ細かい対応をしている。U-Bix5000の出現によって自動両面コピーが高速機の標準仕様と見られるようになったと言っても過言ではない。

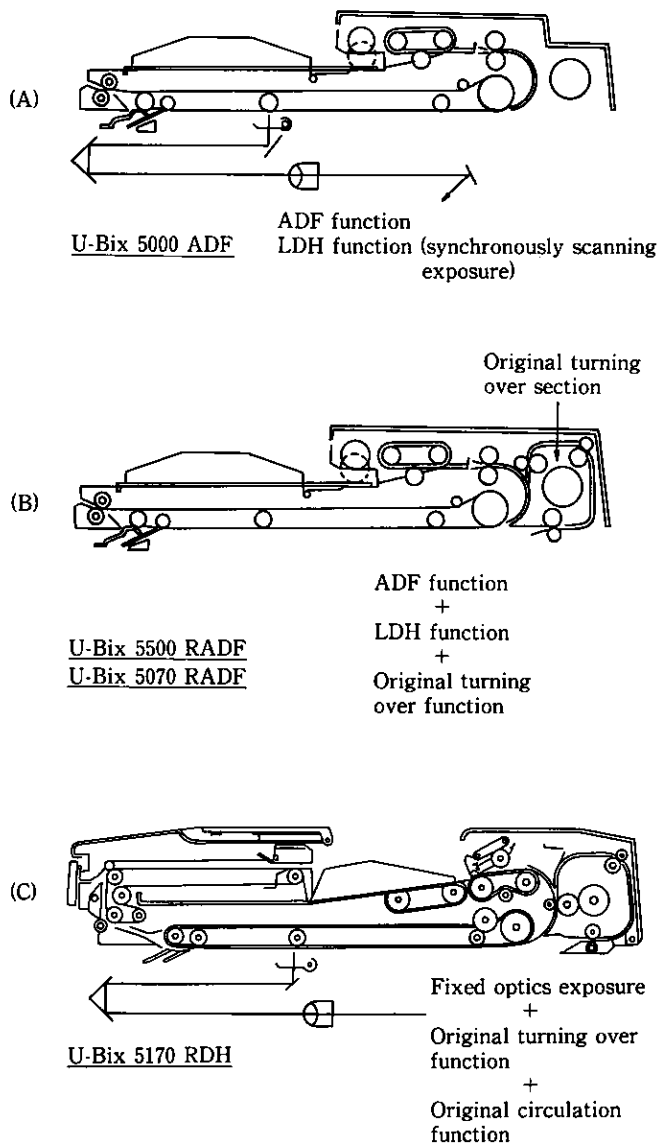


Fig. 18 Document feeder mechanisms

ADUが文書の両面化を普及すると、勢い両面原稿が多くなる。自動的に両面原稿を順次反転して原稿台へ送り込むRADF (reversible ADF) (Fig.18 (B))はKonica U-Bix 5500 (1986年3月発売)に取り入れられた。ここで用いたRADFは上述のADFの基本構造を全く変えることなく、駆動モータを圍繞するかたちでUターン搬送路を設けたものである。紙搬送路を切替えるための開閉ゲートを用いないシンプルな構造として信頼性を確保している。このRADFはそのままKonica U-Bix5070 (Fig.19 (A))へ適用され、この70cpm機の<sup>18)</sup>コピー生産性の改善に寄与している。

コピー作業の最終成果はステープルとじによる製本、またはバインダーファイルした小冊子である場合が多い。このような最終成果に至る全作業を省力化するには複写機にフィニッシング機能とそれを補足するための特別の原稿取り扱い機能を取り入れる必要がある。Konica U-Bix

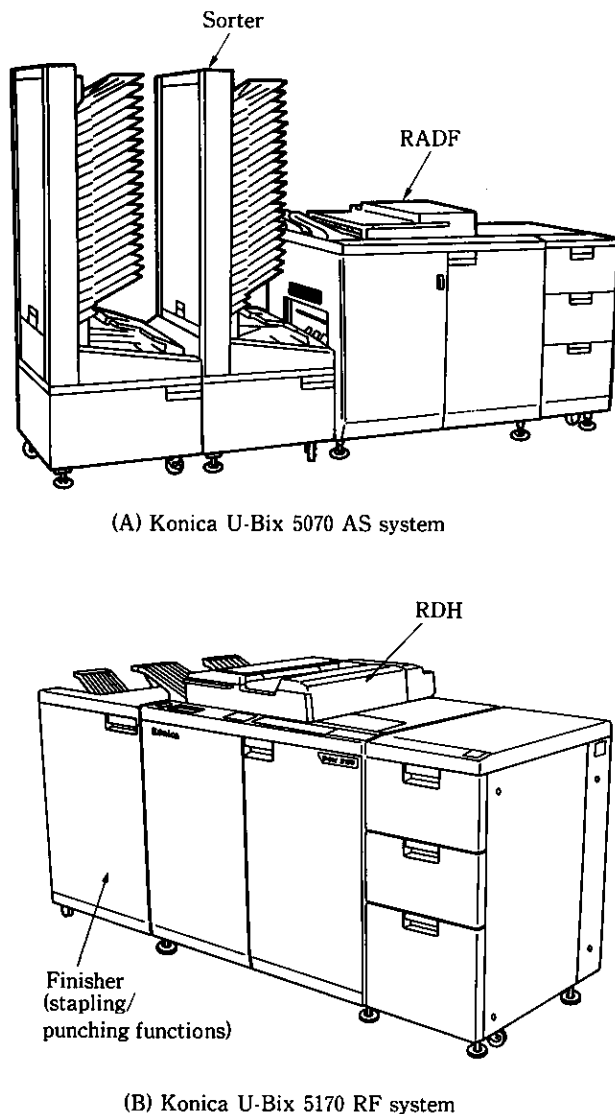


Fig. 19 Advanced paper handling system copiers

5000ADFのLDH機能で用いた原稿同期移動方式露光と、U-Bix5500RADFで用いた両面原稿の自動処理技術を結合し、原稿ファイルの底から送り出した原稿をその上に戻す機構をつくれれば、両面原稿対応の高速RDH (recirculating document handler)を構成することができる。(Fig. 18 (C) ) Konica U-Bix5170 (1988年4月発売Fig.19 (B) )は本体をU-Bix5070と共通にする70cpmの高速RDH/フィニッシュシステムであって、このようにして開発したRDHとパンチング、ステープリング機構を装備している。これによって、丁合、両面原稿/両面複写対応、自動製本を一つのマシンで簡易に実行することができ、オフィスの生産性向上の大きな力となっている。Fig.20には、当社の高速機のコピー生産性向上の歩みを示した。

## 5 デジタル化への対応

複写機のデジタル化の進展が予測され、メーカー各社はデジタル複写機の開発に取り組んでいる。日本事務機械工業会の調査 (Fig.21) によれば1995年には中級複写機の約40%がデジタル化されると予測されている。

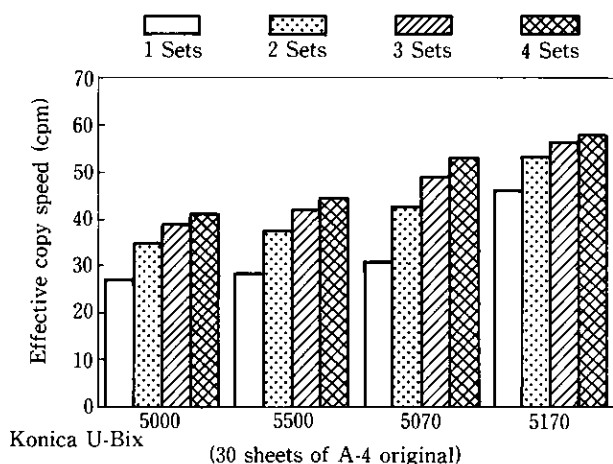


Fig. 20 Advances in effective copy speeds of high speed copiers

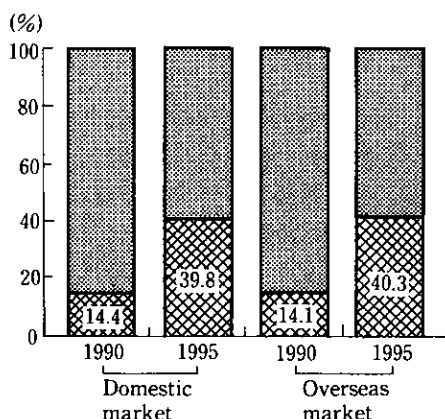


Fig. 21 Mid-segment digital copier market shares for domestic and export markets

デジタル化が指向される主な理由は次の二つである。一つは情報処理ネットワークに組込むための通信機能の要請であり、もう一つは多機能、高機能の要請である。

我々はこの両面の要請を踏まえ、特にオフィスにおけるカラーハードコピーの潜在ニーズを満たすべく、デジタルカラー複写機コニカ8010を開発した。以下にその商品化コンセプトと採用技術の特徴について述べる。

### 5.1 オフィスにおけるカラー化

オフィス業務のカラー化は急速に進んでいる。最近のPPCでは約70%の機種が何らかのカラーコピー機能を持っている。(Fig.22) また、パソコンやワークステーションのモニターディスプレイ (CRT) を見ても、1988年にはカラーが白黒を上回っている。(Fig.23) プリンターのカラー化も同様に急激な伸長が予測されている。(Fig.24) また、これらに対応してカラーハードコピーの市場も急伸が期待される。(Fig.25)

しかしながら現実にはカラー文書がオフィス内で急増しているかということ、現在までの所、非常に普及が遅れているのが実状である。オフィス内に適当なカラー複写機が無いことがその原因と考えられる。例えば色付けした文書を作成しても白黒複写機でコピーすればカラー情報は消滅してしまう。

印字速度の遅い現在のカラープリンターでは配布用に多数部のプリントをすることは無理である。ではオフィスにおけるカラー化を促進し、益々増大する情報にメリ

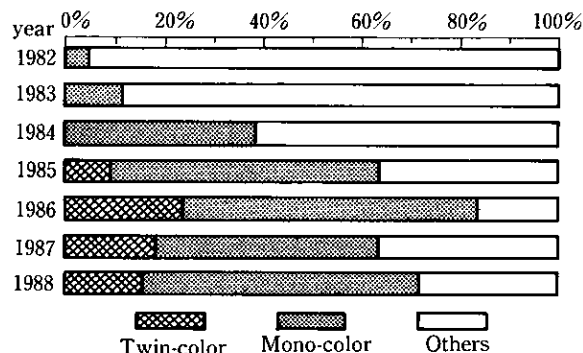


Fig. 22 Percentage of color models introduced by type and year

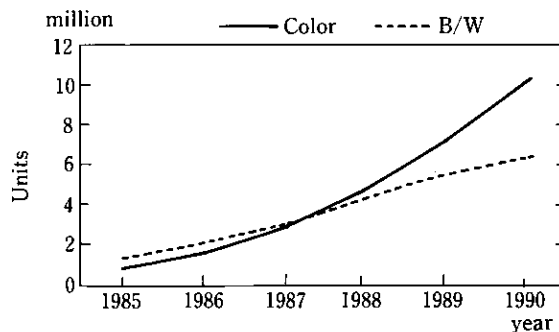


Fig. 23 Monitor sales

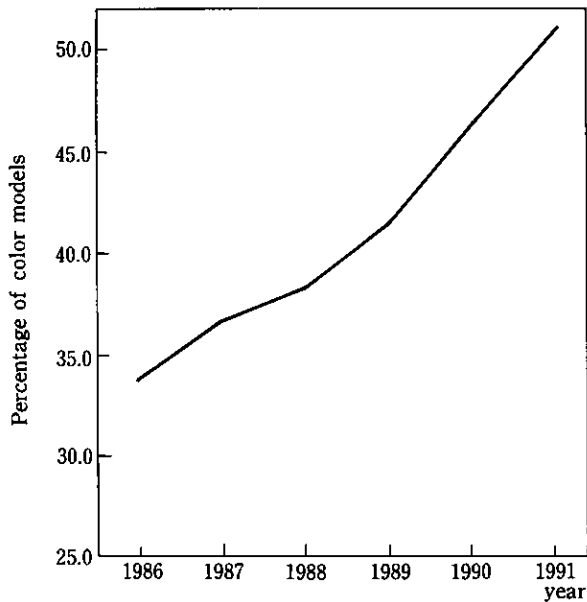


Fig. 24 Domestic color printer production

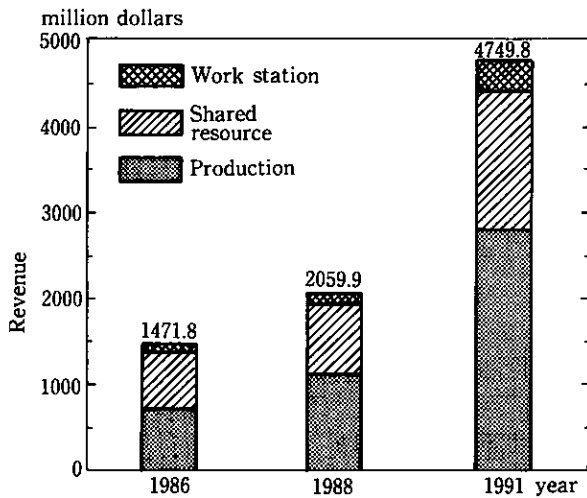


Fig. 25 Color hard copy / U.S. market estimates

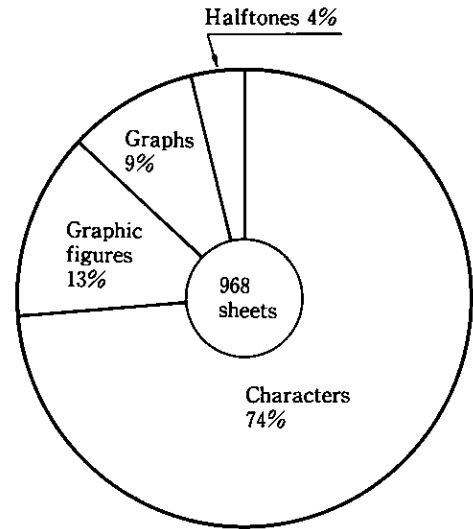


Fig. 26 Graphical classification of copies in a typical office

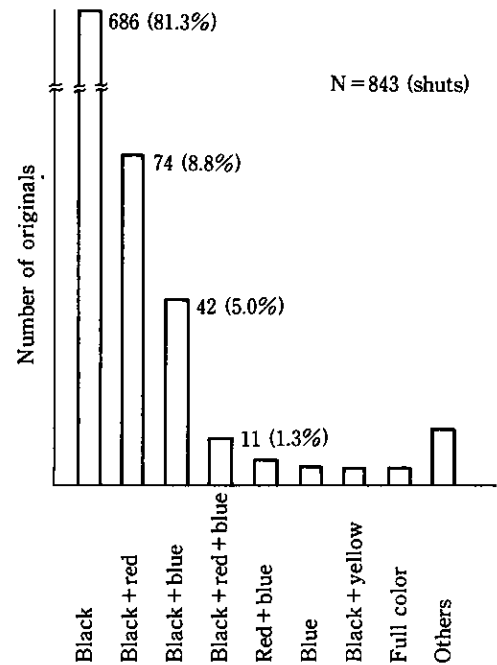


Fig. 27 Color combinations in copy originals at a typical office

ハリを付け、人間の色識別能力との自然なマッチングを図れるカラーハードコピーとはどんなものであろうか。

## 5.2 コニカの考えるカラー化

我々は「オフィスワーカーの身近に置ける使い易い複写機を提供し、オフィスカラー市場を創設する」という命題のもとに開発をスタートした。

目標性能を明確にする為に社内でのコピー原稿の実態調査を行った結果をFig.26, 27 に示す。これから分かることは、

- (1)文字、グラフ等の線画が全体の95%以上を占めており、黒文字と線画をきれいに再現することが必須の条件である。
- (2)現在オフィスで使われているカラー原稿の色は黒、赤、青の3色で殆どカバーされる。

以上の事実から、オフィスカラー創出機コニカ8010は黒、赤、青の3色のトナーを持ち、CCDスキャナー部で読み取った原稿の色情報は、この3色に分離し、夫々別々のトナーで現像する方式を採用することにした。こうすることによって従来のカラー複写機の問題点である、色トナーを重ね合わせることによるコピー画像の滲みを解消し、鮮明な線画（特に黒文字）の再現性を実現した。

また「身近な複写機」の重要な要件として次の点が挙げられる。

- (3)低価格である。



- (4)信頼性が高く紙搬送に関するトラブルが無いこと。
- (5)操作が簡単で使い易いこと。

上記(3)、(4)を実現する為に開発したのがKNC (Konica New Color) プロセスである。

従来のカラー複写プロセスでは感光体上で1色毎に両像の書き込みと現像、転写を繰り返し、そのプロセスを3回ないし4回行って1枚のカラー画像を作成するのが普通である。この場合、各色の画像を重ねる際のレジストレーションは困難な技術であり、又その精度維持を達成したとしても、比較的複雑かつ高価な装置を必要とする。繰り返し転写の為に用紙を何度も転写部へ精度良く搬送する装置が必要となるからである。

KNCプロセスでは各色のトナー像を感光体ドラム上に作成し用紙への転写を一回で行っている。Fig.28は本プロセスを採用したコニカ8010の概念図であり、プリンタ部は通常の白黒複写機とほぼ同等のシンプルな構成であることが分る。特に用紙の搬送経路は直線的であり信頼性の確保と低価格化に寄与している。本プロセスでは感光体上に先に現像されているトナー像を乱さずに、次の色のトナーを現像する必要がある。鮮明な色トナーによるこの様な現像プロセスは二成分非接触現像法の開発によ

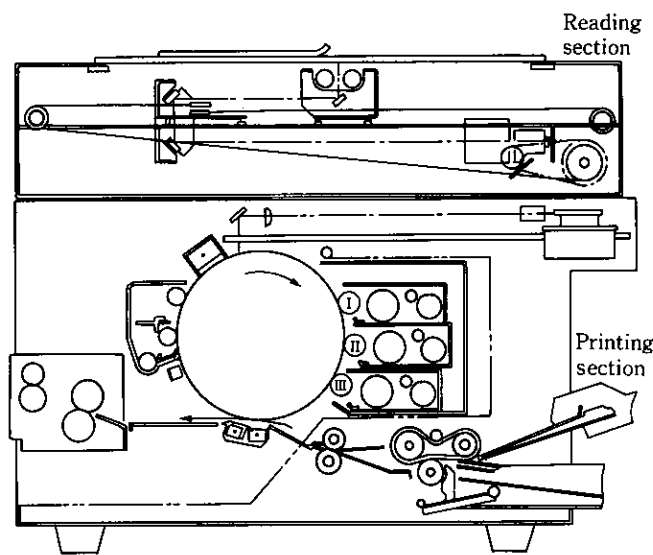


Fig.28 Schematic of Konica 8010

り達成された。磁性体キャリアとカラートナーからなる二成分現像剤を用いて、感光体と現像剤を非接触状態にかつ200 $\mu$ m以下の間隔に安定に保持する為の材料と現像器の開発は本プロセスのキーポイントの一つである。

コニカ8010は、低価格で使い易いオフィスの実態にマッチしたデジタルカラー複写機として、オフィスカラー市場を創出することが期待されている。

コニカのデジタル機シリーズは、以上のコンセプトを踏襲しつつ更に高速化、高機能化および他のOA機器とのシステム化へと発展し、オフィスのカラー化に貢献するものと期待している。

### 5.3 カラー化の展開

コニカ8010を例にとって、コニカにおけるカラー化技術とその展望を紹介する。

#### 5.3.1 コニカ8010の主な仕様 (Table 6)

コニカ8010はカラー原稿を赤・青・黒の3色に色分けして、普通紙上にこの3色で記録する機能を有する。撮像にあたってはプリズムによって原稿画像から入射する光を、Red光とCyan光に2色分解しこれを2個のCCDイメージセンサーにより別々に光電変換する方式を採用している。また記録にあたっては、感光体上に直接多色カラー像を形成するKNCプロセスを採用している。以下、ここに採用した画像処理技術を中心として具体的に説明する。Fig.29に画像処理回路の概略を示す。

Table 6 Konica 8010 specifications

Type	Desk-top
Platen	Fixed
Copying method	Laser electrophotography
Photoconductor type	OPC
Image reading	CCD scanning
Resolution	16 dots/mm
Color reproduction	Black, red and blue
Color conversion	Color conversion in black area by marker designation
Copy magnification	Fixed 5 steps
Copy size	B4, A4, B5, B6 and post card size
WUT	Approx. 60 sec
FCOT	Mono-color:15 sec/A4, 3-color:30 sec/A4
Copy speed	Mono-color:11 cpm(A4) 3-color:3 cpm (A4) cpm

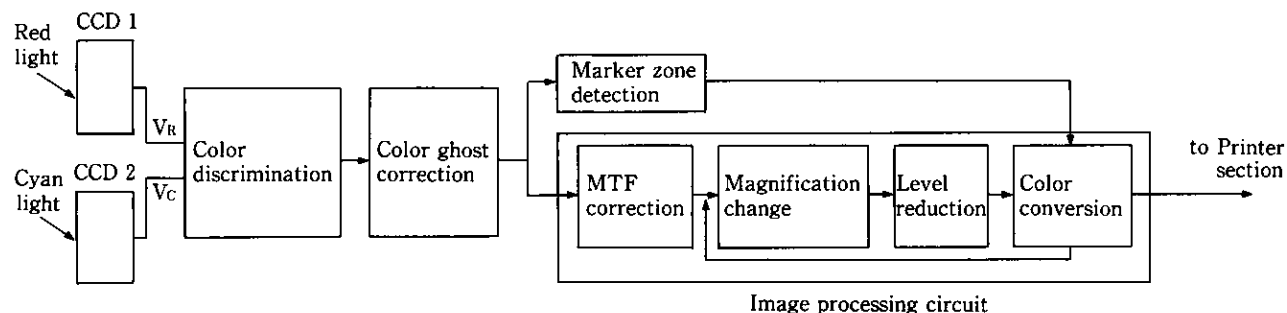


Fig.29 Block diagram of konica 8010 image processing circuits

### 5.3.2 色分離

カラー像の再現の為には、撮像に際して色分解を行う必要がある。色分解の方式としては、(1)色フィルタを用いて3色分解する、(2)色分解プリズムを用いる、(3)カラーイメージセンサーを用いる、の三つの方式が知られている。ここでは、高速撮像が可能であること、取り扱いが容易であることからプリズムを用いた2色分解方式を採用した。

原稿からの反射光は、ダイクロミックプリズムによりRed光とCyan光に分解される。色分解後の夫々の光は、別個のCCDイメージセンサーで光電変換され、2つの信号 ( $V_R$ と $V_C$ ) が得られる。この2つの信号によって、赤・青・黒の3色を分離するためにFig.30の色分離マップを用いる。実際には、ルックアップテーブル (LUT) 方式で色分離が行われる。色分離するためには他の座標軸、例えば明度対応軸として  $V_R+V_C$  色相対応軸として  $V_C/(V_R+V_C)$  等を用いることも可能である。

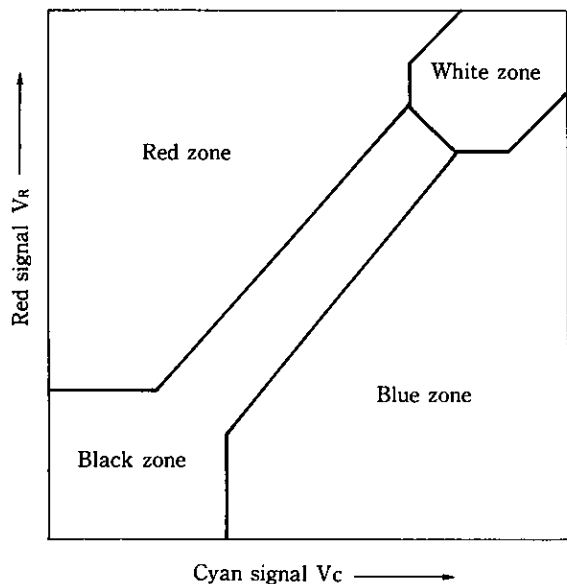


Fig. 30 Color discrimination map for Konica 8010

Fig.27では、 $V_R=V_C$ の領域は無彩色 (BKまたはW)  $V_R>V_C$ の領域は赤色、 $V_C>V_R$ 領域が青色として色が割当てられている。

### 5.3.3 カラーゴースト補正

以上に述べた色分離方式では、各センサーの画素位置精度、レンズの色収差等に起因して、“カラーゴースト”が出現する。例としてセンサー間に1/2画素の位置ズレが生じた時のカラーゴーストの出現例をFig.31に示す。

この現象は、位置ズレにより画像の端縁部で $V_R$ 、 $V_C$ のレベルが変化し、色分離マップ上での色境界を越えてしまうことが原因である。この現象を防止するためには、

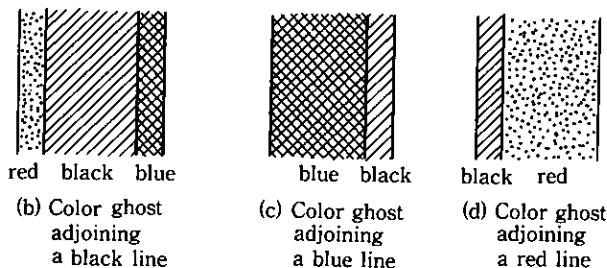
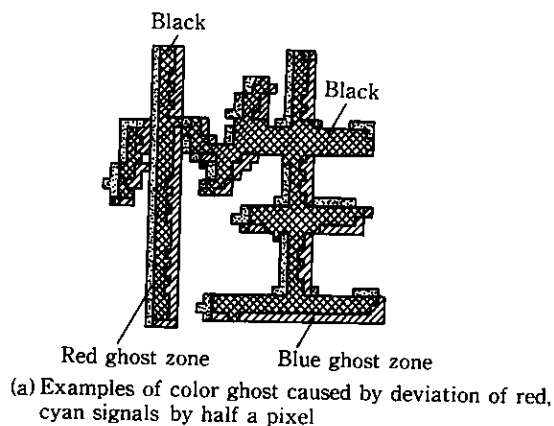


Fig. 31 Examples of Konica 8010 color ghost

レンズの色収差等を低減し二つのイメージセンサーの画素位置を精度良く合わせる事が重要である。ここでは出現したカラーゴーストを電氣的に補正 (除去) する方法を紹介する。

Fig.31 (b), (c), (d) に示すように、カラーゴーストは黒線端部では赤又は青の色として、青又は赤線端部では黒色として出現する。従って着目画素とその周辺の色の出方 (カラーパターン) を調べる事によりカラーゴーストの有無が明らかとなり補正が可能となる。色の数 (白を含む) をN、調べる画素数をMとすると、この画素数について現れる可能性のあるカラーパターンの数は

$$N^M$$

となる。このカラーパターンの全数についてカラーパターンと補正結果をあらかじめ決定しておき、テーブルルックアップ方式によってカラーゴースト補正をすれば良い。Fig.32には着目画素とその周囲3画素ずつのカラーパ

Number	Color pattern	Change of aimed pixel
1	white white blue blue black black black	blue black
2	white white blue blue blue white white	blue blue
3	white white white red black black black	red black
4	white white red red red white white	red red

Examples of color ghost correction

Fig. 32 Correction table for Konica 8010 color ghost

ターン（即ちN=4、M=7の場合に相当）に対してのカラーゴースト補正例を示す。

#### 5.3.4 マーカー色変換

コニカ8010ではこの他にカラーの蛍光ペンを用いて、白黒原稿上で位置指定を行い、指定領域内の情報に色付けを行う機能が備っている。通常、位置指定方式としては、デジタイザーを用いる例が多い。しかしこの方式では、領域形状が矩形に限定されること、デジタイザーと本体との相対的位置精度、又原稿の置き方により位置合わせの精度に限界がある。コニカ8010のマーカー指定方式では矩形に限定されず位置精度が高く、領域数が制限されないで色付け領域の指定ができる。これを用いると白黒原稿上で、マーカー（蛍光ペンの赤（橙）、青）で囲まれた黒文字が、マーカー色と同じ色に変換される。また色の異なるマーカーで二重に囲まれた黒文字も、内側のマーカー色が優先されて色変換される。殆ど黒色で構成されているオフィス文書（Fig.27）からカラー文書を創り出す機能として重要である。

#### 5.3.5 今後の発展

以上、マルチカラー複写機コニカ8010を例としてデジタル化、カラー化について述べた。今後に残された課題としては①4色以上への多色化、②高速化、③I/Fの問題があり、これらについて夫々以下のような対応が必要となると考える。

(1)多色化：赤・青・黒の3色だけのマルチカラーでなく、イエロー・マゼンタ・シアン・ブラックの4色のトナーを重ね合わせてのフルカラー表現もまた重要である。この場合にも4色画像の位置合わせ精度、機械構造の単純さの点でKNCプロセスを用いてゆくことが有利であると考えている。

(2)高速化：コニカ8010の3色3枚/分(A4)を越える高速カラー出力を実現する為には、イメージセンサの高感度化、光源光の有効利用を検討するとともに、画像処理回路の高速化、低消費電力化のためのハイスピードCMOSの利用、ASIC化等を進めてゆく必要がある。

(3)I/Fの問題：コニカ8010はとりあえずスタンドアロン複写機として上市されたものであるがデジタルエンジンは本来他の情報処理機器とシステムを構成してその出力装置として用いられることが最大の存在理由である。そのような応用の為にはホストマシンとのI/Fに工夫を凝らすことが必要になる。特に複写機とプリンターでの記録方式（多値、2値）、記録密度（400DPI、300DPI）の差が問題となってくる。前者については今後とも検討が必要と考えるが、後者に関しては、ポストスクリプト等のPDL（ページ記述言語）を用い、device independentな系を構成することにより解決がはかられる筈である。

以上の諸々の問題については、1988年1月のKONICA TECH '88において、DC-7012、DC-9015とそれらを用い

たシステムを提示し我々なりの解決手段を提案した積りである。いずれにせよ我々は、デジタルエンジンの真骨頂はカラー情報の効果的な付加と、高度な編集を簡便に実行できることにありと捉え、更にユーザーフレンドリーな機能を充実させてゆくことが今後とも重要な課題であると信じている。

## 6

### 電子写真の高画質化への道

電子写真は当初「文字」で構成される「文書」の複写を目的として開発されたこともあって、写真や印刷なみの、あるいはそれらを忠実に複製するのに十分な「高画質」の要請は元来強くはなかった。しかしながら本稿の冒頭に述べたように、電子写真技術全体がそれを構成する材料技術、機械加工技術、エレクトロニクスの進歩にともなって成熟度を増してくるに従って、電子写真という簡便な作像方法に、写真や印刷のような良好な画質を求める声が高まり、そのような需要をある程度満たすべく、画質、特に再現画像の一様性の改善が進んでいる。

一方、電子写真方式のレーザビームプリンタが情報処理システムの出力手段として次第にその座が確かなものになりつつあり、またそのシステムの適用対象が一般化して従来の単なる複写の機能をはるかに越えた機能を発揮することが期待されている。（2.参照）そのようなシステムの中で用いられるデジタル画像処理、デジタル書込みの技術では、階調補正、MTF補正などによって原稿からの入力信号を更に改善して出力することができ、またPWMによって、解像度を損なうことなく階調画像の信号をレーザ光信号に変換することができる。更にまたカラーの情報に付加することが極めて容易になる。電子写真エンジンを取り巻くこのような状況の変化は、とりもなおさず電子写真が従来のレベルをはるかに越えて高画質化することを強く要請しているのである。

#### 6.1 高画質化技術の歩み

初期の電子写真法においては、エッジ効果が強く現れるカスケード現像法が主流であって文字再現性は良いもののベタ画像は全く再現できなかった。これに対して、ベタ画像再現を重視した液体现像法、磁気ブラシ現像法が開発された。前者は液体中に分散したサブミクロンのトナーを用いることから極めて高い画質を与えるものであったが、安全性や取扱い上の欠点を有していることから今日では採用されていない。磁気ブラシ現像では100~200 $\mu$ m径の導電性の不定形鉄粉をキャリアとして用いていたが、ブラシの擦過による画像面の掃き目をなくし、中間調の再現性を向上させるために、キャリアのマイクロ化、軽量化、球形化、非接触化などの工夫がなされてきている。一方トナーに関しては、粉砕法で得られる10 $\mu$ m径程度のものが長年使われており、高画質を得る上での

特別の進展は現在までなかったと言える。最終コピーに影響を与える他の要因についても同様であって定着プロセスをソフト化して画像への擾乱を小さくする試みもあるが高画質を目的とした本格的な検討は進んでいない。複写機だけを問題とする限り、解像力の点では初期からほぼ満たされた状態にあり、文字から写真までの過不足のないレベルの揃った画像再現だけが要求されてきた。しかしながら対応をせまられつつあるデジタル作像システムにあっては原稿をより忠実に出力すること、ある意味では原稿より良い画像出力を得ることができるようになりつつある。このような画像出力を忠実に再現してハードコピーを得るためにはレーザ露光によって感光体上に書込まれる微細なドットをどこまで忠実に再現できるかがポイントとなる。デジタル作像方式では画像出力は微小ドットを単位とした2値表現として得られるのであってどれだけ小さなドットサイズまでを再現できるかが最終画像の解像度、一様性、階調再現性を決定することになる。更にカラー再現が必要な場合においても微細ドットの再現性が基本的な課題であるが、多色の表現が安定して得られるためには、現像、転写、定着の全プロセスを経たあとの各色の階調性（レーザ露光の変化に対する濃度の変化）が常に安定していることがもう一つの要件になる。

## 6.2 現状のレベルと目標

電子写真技術に限らずプリント技術一般の画質的な目標レベルは人間の目の知覚特性との相関で決定される。ここでデジタル画像出力装置としての電子写真エンジンに要求される画質を考察してみる。Fig.33の黒塗りした部分は解像度-階調数平面での知覚的な高画質領域を示し

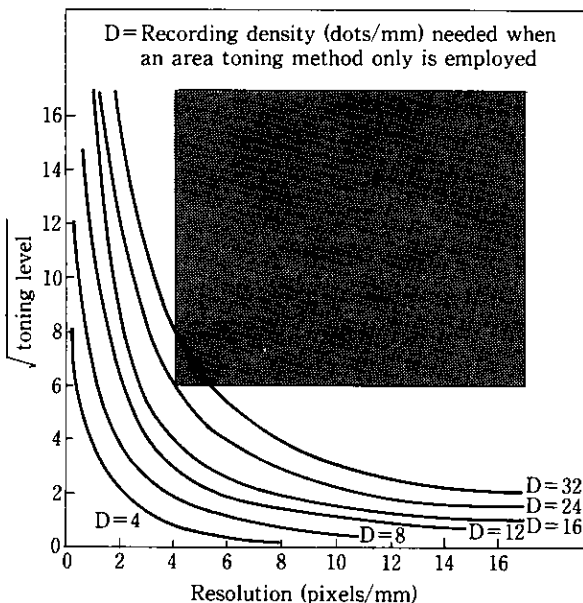


Fig. 33 High quality area of resolution and toning level

ている。一方各実線は面積階調法に依って得られる階調数と解像度の逆比例の関係を記録密度をパラメータとして示したものである。知覚的な高画質を得るためには少なくとも32dots/mmの記録密度が必要とされることが分かる。一方現状の電子写真技術では12~16dots/mm程度のドット再現が限界であることはよく知られた事実である。Fig.34には電子写真における画質の劣化の様子をドットの面積率のゆらぎの変化によって示した。プロセスの進行と共にこのゆらぎが次第に大きくなって居り、電子写真の全プロセスにわたって画質劣化要因が存在することが理解されよう。

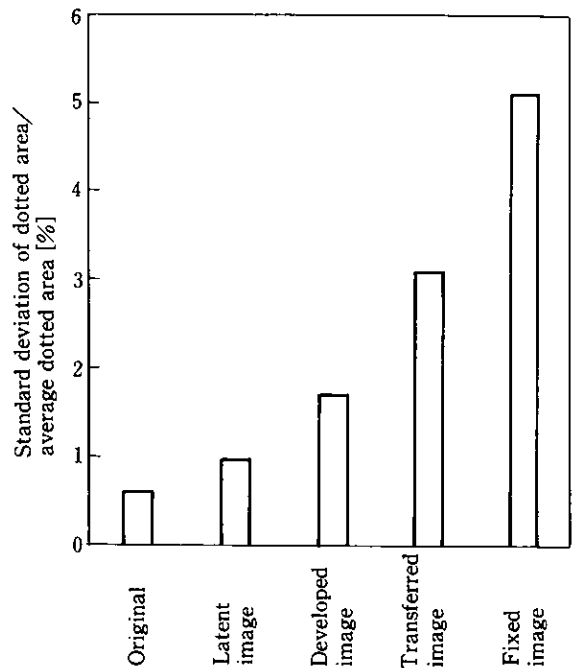


Fig. 34 Additive deterioration of image at carlson process stages (contact exposure)

## 6.3 高画質化へのアプローチ

電子写真の高画質化を計るにはFig.34のような各プロセス毎に表れる画質劣化の要因を一つずつ低減していくことが必要である。

(1)潜像形成：アナログ複写機にあっては解像力の高いレンズ光学系を採用して感光体面の解像力を8lines/mmから61lines/mm程度に向上させる。デジタルエンジンでは原稿読取りのためのCCDの読み取り密度を16dots/mmから32dots/mm程度に向上させる。更に書込みプロセスにおいては広がり小さいレーザスポットで32dots/mm以上の高密度の潜像形成を行う。

(2)現像：現在使用されているキャリアの粒径は約100 $\mu$ m、トナー粒径は10 $\mu$ mである。これらをノイズ源としてとらえると相乗ノイズとして30~50 $\mu$ mのノイズ成分が存在す

る。それ故 32dots/mmの解像度で現像するには現像ノイズを半減する必要がありキャリアやトナーのマイクロ化が必要となる。(キャリア径30~50 $\mu$ m、トナー径3~5 $\mu$ mが目標となる。)これに伴ってマイクロ現像剤に適した現像法の開発が必要となる。

(3)転写：粘着転写などが画質維持に好適であるが静電転写の簡便性は捨て難く、この方式の改良が精力的になされるだろう。

(4)定着：広く用いられる熱ロール定着においては、トナーの変形による画質劣化の存在が明らかになっておりソフトロール化によってこれをある程度防止することができる。

(5)カラー：色再現においては、現像、転写、定着を通しての4色(イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック)の階調再現特性を安定化することが必要となる。

電子写真方式を用いながら200~1000lines/mmの解像度を得た例が報告されて居り、その究極の再現能力は決して低くない。しかしながら現実的なシステムとしての複写機やプリンタにあっては多くの画像劣化要因を含んでいる。画質向上の為に上記の様な全プロセス工程の再設計が必要となる。

## 7

## あとがき

ME (micro electronics) 革命により業種間の垣根が完全に取払われ、技術の地平は茫漠として見通しがきかなくなっている。そのような状況の中でお、世界に通用する技術を持たない限り、企業の存立が危うくなっていることだけは確かである。

電子写真技術は、素材、機構、エレクトロニクスの高度の混成技術であることを考えればこれこそ現在の当社の最重要な戦略技術といえよう。

このようなオフィスにおけるシステム化の時代に永年培われた感材にかかわる画像情報のノウハウをはじめ、化学、光学、メカトロニクス技術等のすべてを有機的に活用して、この分野でのリーディングカンパニーたりうような新商品の開発に邁進したい。今後とも関係各部門の一層の御指導御鞭撻をお願いする次第である。

最後に本稿作成にあつて絶大な尽力を賜った複写機生産本部長室野守部長をはじめ設計部、サプライ事業部技術部の関係者に紙面をかりて、厚く感謝する。

## ●参考文献

- 1) 「事務機械のビジョン」, 日本事務機械工業会(1988)
- 2) C.F.Carlson : U.S.P.2, 221, 776(1938)
- 3) C.D.Oughton : U.S.P.2, 543, 051(1948)
- 4) W.E.Bixby : 特公昭28-873(1948)
- 5) L.E.Walkup : U.S.P.2, 618, 552(1947)
- 6) H.E.Copley : U.S.P.2, 637, 651(1948)
- 7) C.J.Young and H.G.Greig : RCA Rev., 15 476(1954)
- 8) C.J.Young and H.G.Greig : RCA Rev., 15 471(1954)
- 9) K.A.Metcalf : J.Sci.Instrum., 32 74(1955)
- 10) 渡辺, 木下 : 特公昭43-2627
- 11) 田中, 他 : 特公昭42-23910
- 12) G.L.Pressman : SPSE 2'nd Int.Conf.on Electrophotography 37(1974)
- 13) 野守 : 「プリンタ入出力デバイスと記録材料」, §4.3, 電子写真学会(1988)
- 14) C.J.Mastrangelo : Photo.Sci.Eng., 26(4)194(1982)
- 15) 小林, 安西 : 画像電子学会誌, 17(1)10(1988)
- 16) The table has been reprinted here with the written permission of Buyer's Laboratory Inc. (20 Railroad Ave., Hackensack, N.J.) from Copier Review, May1988, published by BLI.
- 17) 池内 : コニカテクニカルレポート, 150(1988)
- 18) 平林 : ibid., 156(1988)  
山田 : ibid., 228(1989)
- 19) 田川, 他 : 特公昭61-28989
- 20) 藤村 : 「シンポジウム電子写真用有機感光体の現状」, 41(85.12.10)
- 21) 古録, 宮前 : 特開昭61-120180, 同61-120181, 同61-223874, 同61-226774, 同61-239278
- 22) 川本 : 電子写真学会誌, 27(2)320(1988)
- 23) 「複写機技術の将来展望と長期需要予測」, 日本事務機械工業会(1986.3)
- 24) '87 CAP SEMINAR, CAP International Inc., (1987.1)
- 25) カラーハードコピーと消耗部材の用途別将来性, ㈱データ・サブライ(1988.6)
- 26) Color Hard Copy Market Requirement Service, CAP International Inc., 1987.12
- 27) 岡, 田中 : 特開昭54-36726
- 28) J.M.Hardennrook and P.G.Andrus : U.S.P.3, 866, 574  
神辺, 他 : 特開昭55-18656
- 29) 日経エレクトロニクス, 155(1984.5.21)
- 30) 堀江, 丸山 : 電子写真学会誌, 26(1)48(1987)
- 31) 安藤 : 日本写真学会誌, 48(6)433(1985)