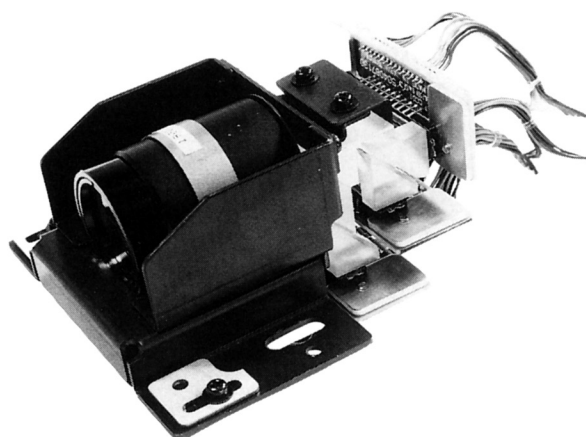


# フルカラー複写機読取ユニットの 自動調整技術開発

The Technology for the Automatic Adjustment of  
the Scanner Unit of the Full-color Copy Machine

小田昭彦  
横井 学  
近藤正博  
情報機器事業本部  
生産技術研究センター



Oda, Akihiko  
Yokoi, Manabu  
Kondo, Masahiko  
Production Engineering  
Research Center  
Business Machines Headquarters

## Abstract:

In December 1990 Konica Corporation began marketing its first digital full-color copier, the Konica DC 9028. It is a high speed, compact size and low-price machine using an unique image scanning system. A color separating prism and 3 linear CCD sensors composite the image scanning system.

The positioning accuracy between the prism and the linear sensors is higher than 2 micro meters. This report discuss the following manufacturing techniques.

- (1) a high precision positioning technique
- (2) a precise adhesion technique
- (3) an adjustment technique of the image surface by a scanner lenses

# 1

## まえがき

1990年は各社のフルカラー複写機が出揃い、本格的なカラーコピー時代に入りました。その中で、電子写真記録の画像読取方式には密着センサー等の各種の方式が採用されており、最近では、カラーセンサー方式も新規方式として注目されている。

当社のデジタルフルカラー複写機DC-9028は、画像の入力に独自のプリズム色分解と3本のCCD読取方式を採用している。この方式は、他の方式と比較して高速性、低コストの面で有利であるが、CCDのサブミクロンの位置精度の確保が生産上の技術課題であった。

その課題を、高精度自動位置決め技術と精密接着技術の開発により実現したので、その内容を本稿にて報告する。

# 2

## 読取系の仕様と構成

Table 1に読取系の基本仕様と、画像入力の主要部品であるCCDユニットの構成をFig.1に示す。

Table 1 DC9028 Scanner specification

1. Constitution	Reducing optical system Magnification $M=0.11$
2. Visual field	A3 Angle $w=15.5^\circ$
3. Scanning speed	140mm/sec
4. Resolution limit	400DPI
5. Color decomposition	Blue-green-red
6. CCD	5,000 pixels $\times$ 7 $\mu$ m

CCDユニットは主に、縮小光学結像用の読取レンズ、色分解用のダイクロイックプリズム、及びBGR用の3本のCCDより構成される。

Fig.2に示すように、3個のCCDは、それぞれ5軸（直交系3軸：X、Y、Z、回転系2軸： $\theta Y$ 、 $\theta Z$ ）、計15軸の位置調整が必要であり、さらにその精度は0.1~0.2 $\mu$ mと非常に高精度が要求される。また読取レンズの像面湾曲、色

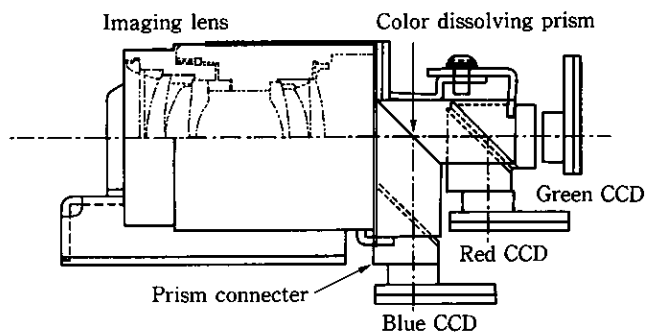


Fig. 1 Construction of CCD-unit

収差の量は位置決めの大いなる要因であり、高解像力と共にレンズの精度確保が重要である。位置決め後、CCDとプリズムはガラス部材を介して紫外線硬化型接着剤で固着されるが、この接着時の固着精度は0.5 $\mu$ m以下であることが要求され、さらにCCDの自己発熱による熱膨張に対しても位置ズレ量0.5 $\mu$ m以下の精度が要求される。

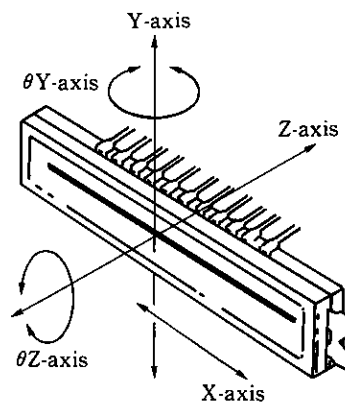


Fig. 2 Orientation axis of CCD

# 3

## 高精度自動位置決め

### 3.1 CCD自動位置決め装置

Fig.3に装置の概略図を示す。装置は計測用チャートとハロゲン光源よりなる投光部と、15軸のステージよりなる位置決め部で構成される。各CCDはこの精密自動調整ステージに取り付けられる。ステージは高精度の要求から自社開発を行い、送り分解能0.02 $\mu$ m、ロストモーション0.1 $\mu$ m以下を達成した。位置調整は、CCDの位置情報をステージのDCサーボモーターにフィードバック制御することにより全自動化した。

自動調整は大きく2つのフェーズに分かれ、はじめに粗調整を行い、続けて微調整を行う。粗調整では3つのCCDを独立に原稿位置に対する光学的絶対位置への調整

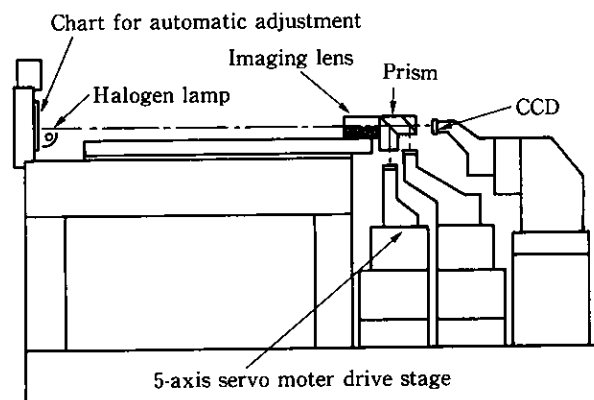


Fig. 3 Construction of the equipment to position CCD sensors automatically

を行い、微調整では3本のCCD間相互の位置関係、及び解像力の調整を行うこととした。

### 3.2 粗調整アルゴリズム

粗調整は全ての調整に先だつて行われるため、部品精度等の仕様により各軸に対してかなり広い範囲からの合わせ込みが必要とされるとともに、高速処理の必要性から以下の条件が要求される。

- (1) 位置検出可能範囲が十分に広いこと。
- (2) 目的の軸以外の軸の影響を極力無視できること。
- (3) CCDを移動せずに絶対位置検出が可能なこと。

これらの条件を満たすために自動調整用チャートの開発を行った。チャートは7種類のもを目的の軸・精度に合わせて順次切り換えながら使用し、最終的に0.1画素(0.7 $\mu$ m)までの調整を行う。実際の粗調整は11の手順に分けて順番に行われるが、本稿ではそのうちの副走査方向の粗調整について述べる。

### 3.3 副走査方向粗調整

副走査方向の調整はY軸と $\theta_z$ 軸を用いて行われる。Fig.4に粗調整用のチャート図を示す。このチャートは直角三角形のパターンを原稿幅中央部に1ヶ所、両端に2ヶ所配置したものである。

このチャートの傾斜部分がCCDラインセンサー上を横切る位置を検出する事により副走査方向の位置ズレを検出するものである。チャートの勾配は機械部品のバラツキと調整の必要分解能より決定し、勾配部を斜線ではなくブロックパターンにする事によりZ軸方向の検出可能範囲を十分に確保できるようにしている。また位置検出には信号の立上がり部を用い、検出のスライスレベルを出力波形の変曲点と光量レベルから決定しているため、光学系のデフォーカスや光量変動の影響が無視できる。

Fig.5にZ軸方向のデフォーカスが大きい場合の波形とインフォーカス時の波形を示す。

副走査方向の調整量は次の式で求められる。

$$\begin{aligned} \cdot Y \text{ 軸調整量 } (\Delta Y) &= a \cdot h(S_2 - P_c) / b \\ \cdot \theta_z \quad \text{ " } \quad (\Delta \theta_z) &= \tan^{-1} \{ (S_1 - S_3) \cdot h / L \} \end{aligned}$$

L : 画像中心からチャートまでの距離  
S1, S2, S3 : チャート検出位置

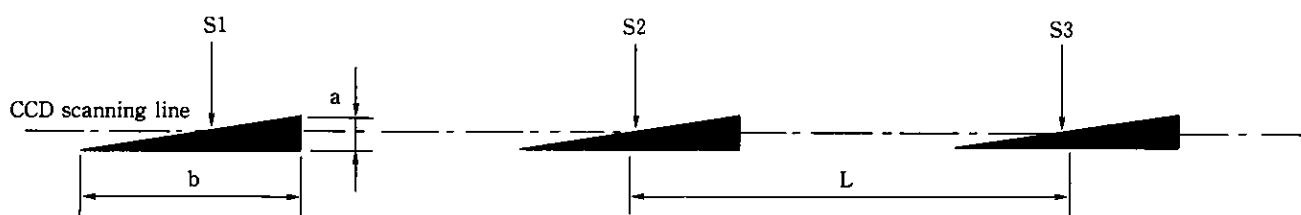


Fig.4 Etching pattern for positioning in secondary scanning direction

$P_c$  : CCD中心画素位置

$h$  : CCDの画素ピッチ

$a, b$  : 白黒パターンの縦長、横長

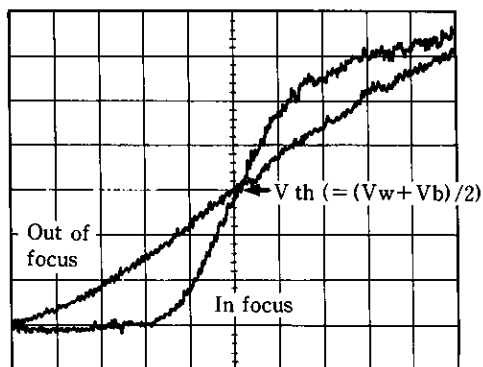


Fig.5 Difference between waveform of CCD output by focusing condition

### 3.4 微調整アルゴリズム

微調整は3つのCCDの主走査方向の画素位置を一致させる画素合わせ調整と光学系の解像力(MTF)の調整を目的とする。以下にその概要を述べる。

カラー画像の入力系で、CCDへの画像入力位置とCCD素子の受光画素位置が3色の全てで完全に一致していないと、細線や像のエッジ部分で色情報の誤検出が発生する。また、MTFの値が低すぎたり、3色のCCDのMTF値に大きな差がある場合にも同じ現象が起こる。

微調整においては次のことが必要とされる。

- (1) 像の倍率を全像高にわたって完全に一致させる。
- (2) 色収差や像面湾曲によるMTF値の変化を考慮してそれらのバランスを取りながら位置決めを行う。

これらの条件を満たすためには、通常はFig.6に示すように各像高のMTF値と光学系のデフォーカス量の関係から最適像面を決定する方法が用いられる。しかし、この方法では(1)の条件により全てのCCDの入力像の倍率が一致している事が前提となり、3つの独立したCCDを使用する本ユニット構成には適さない。

そこで、入力像の横倍率を基準にしたMTF特性(Fig.7)を指標としてZ軸、 $\theta_y$ 軸の調整を行う方式を新規に採用した。この方式では、CCDの画素合わせを行いながら3本のCCDを独立に位置調整できるといった利点を得られる。

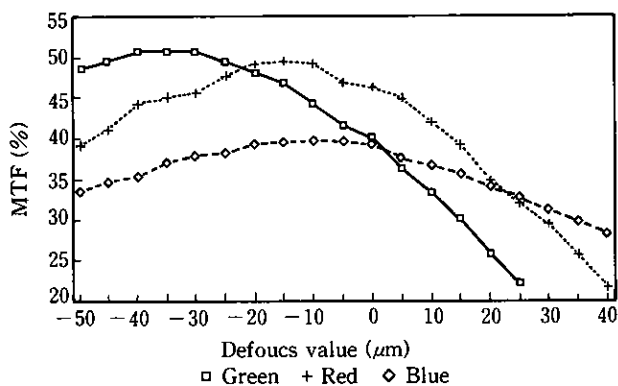


Fig. 6 MTF value vs. distance from paraxial image point

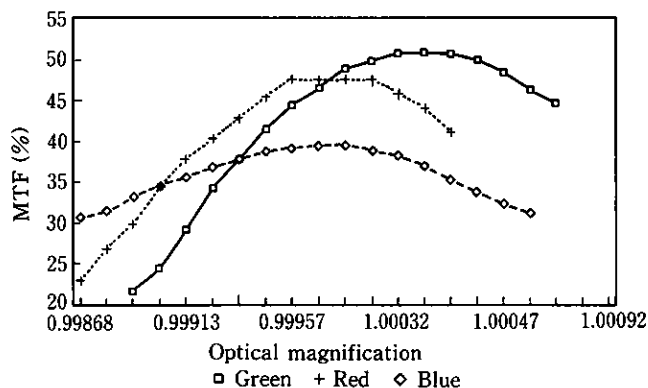


Fig. 7 MTF value vs. optical magnification

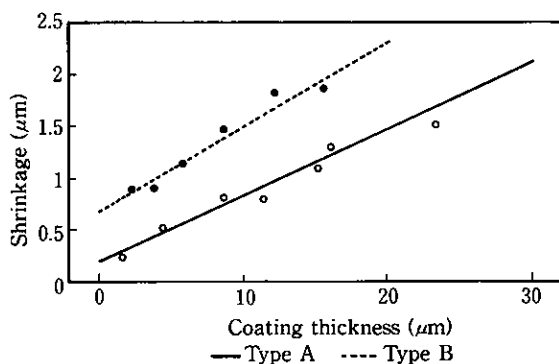


Fig. 8 Shrinkage quantities vs. coating thickness of UV-adhesive

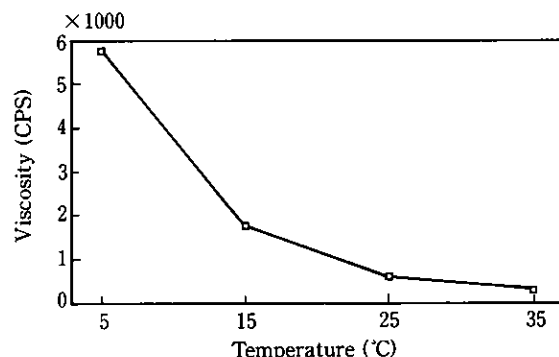


Fig. 9 Characteristic of viscosity against temperature

その実現には以下の技術開発が要求された。

- (1)横倍率を0.01画素の分解能で測定する技術。
- (2)CCDの受光部のソリや曲がり等の影響をキャンセルし、全像高における倍率を一致させる技術。

上記(1)については特殊な高分解能チャートを用い、得られた位置情報を数値近似することにより実現し、(2)については、CCD単体の形状特性を測定し組立へフィードバックすることにより解決している。

これらの方式により像の倍率調整とMTFの調整が同時に行えるようになり、高速かつ正確に最適像面の検出と調整が可能となった。

### 3.5 高精度接着技術

位置決めを完了したCCDとプリズムは、位置精度を維持した状態のまま接続部材であるガラス部材を介して接着される。このような高精度の締結方式としては機械的方式は困難であり、一般に接着方式が選択されが、その適用条件には接着剤の収縮量、接着強度、耐湿性、及び硬化時間等がある。これらの条件より、接着場所の物理特性を考慮し、粘度を異にした、2種のウレタンアクリレート系の紫外線硬化型接着剤を採用した。また上記のガラス部材は、ユニット通電時の温度上昇の影響をおさえるため、CCDとプリズムの熱膨張係数と同等の材質を使用している。

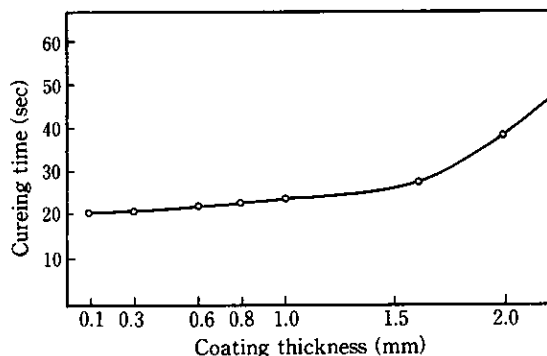


Fig. 10 Solidifying time vs. coating thickness of UV adhesive

Fig.8に、採用した接着剤の常温における膜厚に対する収縮量を示す。本接着剤は接着強度、耐湿性には優れるが $\mu\text{m}$ オーダーの位置決めには収縮量が8~9%と割合が高く、またFig.9,10に示すように環境や膜厚による硬化時間の変化、硬化時間による接着精度の影響にも十分な考慮が必要である。

以上の技術課題を

- (1)接着条件(膜厚、時間、環境)の最適化
- (2)紫外線照射時の長波長成分カットによる被着物の温度管理
- (3)接着後の経時変化の影響分のオフセットなどの適用により、接着精度 $1\mu\text{m}$ を達成した。

## 4

### レンズ像面調整

画像入力ユニットとしての性能を大きく左右するものにはCCDの他に光学系があり、それは読取レンズの特性に大きく依存する。フルカラーとしての高性能の要求から、新規に高精度な像面湾曲量調整の技術を開発し、その自動化を行った。以下にその概要を示す。

#### 4.1 レンズ性能

フルカラー画像入力用としても、アクロマートレンズは部品コスト、量産性の面から読取レンズとして一般的に使用されている。そのため色分解時の色収差の大きさと、レンズ組立において発生する像面湾曲量のバラツキの極小化が重要な技術課題となる。画像入力ユニットの性能には、色分解された各色に対して、MTFの深度が十分に得られる事、各色のMTFの絶対値の差が少ない事等が要求される。

像面湾曲量はレンズユニットを構成するレンズ間の距離によって調整が可能である。この湾曲量を正確に計測し調整量を把握することにより高精度調整を可能とし、湾曲量のバラツキの極小化を実現した。さらに色収差による深度の低下を相殺する方向へ像面湾曲特性を調整する事により、総合的な深度を増やし、色収差の影響を極小化する方式を採用した。Fig.11に適用したレンズ間の調整距離と像面湾曲量の関係を示す。

以上の技術により、フルカラーに要求される仕様を満たすとともに、高性能なレンズ特性を得る事ができた。

#### 4.2 像面湾曲調整装置

装置構成はFig.3に示したCCD調整機とほぼ同じであり、基準の光学系と物理形状誤差の影響が無視できるマスターCCD、及び測定精度を高めるための特殊なカラーフィルターにより構成される。像面湾曲量の測定はCCDを光軸方向にスキャンし、それぞれのデフォーカス量に対するMTFを計測する事により行う。測定結果は像面湾曲の方向と絶対量が得られ、その結果により最適調整量を演算により決定する。

本装置の適用により像面湾曲量のバラツキ、 $\pm 10\mu\text{m}$ 以下を実現した。

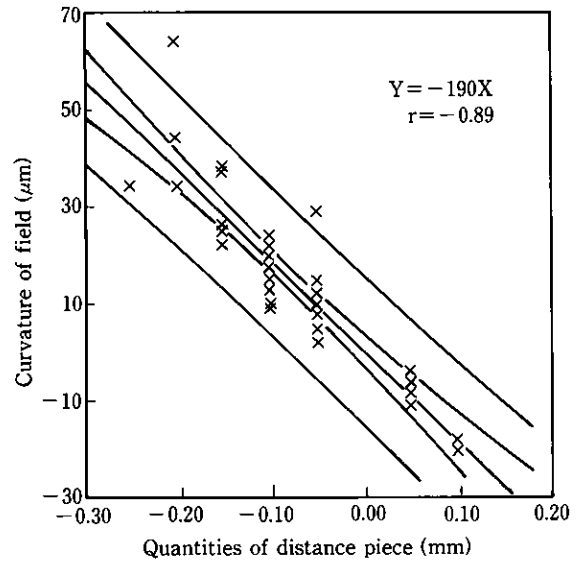


Fig.11 Curvature of field vs. quantities of distance piece

## 5

### おすび

フルカラー複写機読取ユニットの画像入力部であるCCDユニットは、当社独自の方式であり高精度位置決め自動化技術により量産化を実現した。この技術のベースとなるものは、高度な光学応用計測技術と精密機構技術であり今後の精密部品組立へ応用が期待できる。

また、フルカラーの画像入力方式は業界ではまだ開発途上の段階にあり、さらに進歩し続けることが予測される。この画像入力技術とともに、画像処理技術や電子写真技術の総合力によりフルカラーコピーは高画質化、忠実な色再現に向け今後さらに発展していくと考える。

#### ●参考文献

- 1) 神本芳明：電子写真学会誌,30,61(1991)
- 2) 山崎 徹：電子写真学会誌,29,293(1990)