

# LED を用いたデジタルカラープリンターの露光方式

Digital Color Printer for Photographic Paper Using LED Arrays.

井内 正行\*      太田 佳孝\*      茜部 祐一\*  
Inai, Masayuki      Ohta, Yoshitaka      Akanabe, Yuichi

We have developed a very stable, high quality and cost competitive digital color printer using LED arrays. All LEDs are simultaneously driven by constant current drivers and modulated by digital pulse-width. There are 128 PWM steps for each element, and the pixel on the photographic paper is exposed 24 times.

## 1 はじめに

カラー銀塩感材への高画質記録をねらいとして、B、G、R 3色の発光ダイオードアレイ (LEDアレイ) を用いた、プリンタを開発した。多重記録により、各種のムラの低減を図り、高画質の記録を可能にした。

## 2 LEDアレイの構造

Fig.1に、LEDアレイの構造を示す。LEDチップは、副走査方向に1画素おきに配置しており、さらに主走査方向にも1画素おきの千鳥配列としている。

G及びRについては総計96個、Bについては、4列中外側のみの48個の構成としている。

これらのLEDの発光像は、レンズで光学的に約 $\frac{1}{4}$ に縮小して、感材上で画素密度360 DPIに投影される。

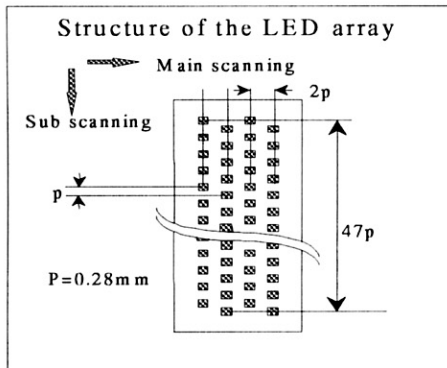


Fig.1 Layout of the LED elements

## 3 記録機構概略

Fig.2に記録機構の概略を示す。感材は供給マガジンから所定の長さを引き出され、カッターで切断後、記録ドラム上に巻き付けられる。

主走査は、PLL制御をかけたDCモータを動力源として、ベルト駆動でドラムを約600RPMで回転させる事で行っている。副走査は、5層のステッピングモータの

回転ををプリーで2段階減速して、ヘッドキャリッジを移動することで行っている。このようにして記録された感材は、ドラムから剥離され現像部に搬送される。

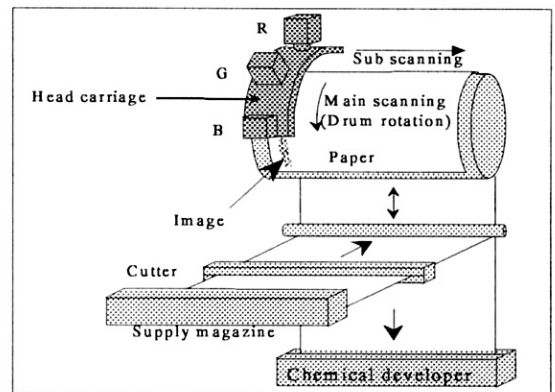


Fig.2 Recording mechanism

## 4 システム構成

Fig.3に全体のブロックダイアグラムを示す。画像データは、ホストコンピュータからSCSI経由で転送され、画像メモリに蓄えられる。

1ページ分の画像データの転送終了後、記録時に、空間周波数処理、色変換、階調処理が順次行われ、パルス幅に変換され、LEDが定電流で駆動される。

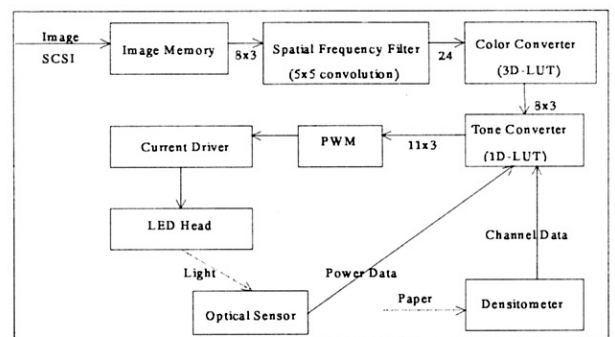


Fig.3 System block diagram

\* 中央研究所

## 5 画像メモリー

画像メモリーは、プリンターが記録中でもホストコンピュータがアイドル時間を利用して、次の画像データを転送できるように、リング状に使用できる構成としている。

また、画像データの転送速度が記録速度より遅い場合に、プリンターが画像データの転送を待つために副走査を一時中断しなくて良いように、1画面分以上のサイズを確保している。(記録中にヘッドを一時停止させた場合、感材の相反則不軌特性やMTF特性の影響のため、その場所に筋むらが発生する事をさせている。)

さらに、90度単位の回転と2倍拡大処理を行える用にメモリーを構成した事により、画像データの向きや大きさの違いをホストコンピュータで処理する負荷を低減している。メモリーの容量は、標準で96MByteであり、オプションで192MByteとしている。

## 6 画像処理

空間周波数処理は、LEDの配置された基板上での光の広がりや乱反射の補正を行うと共に、画像の高周波成分を適度に強調することで、劣化を補正するだけでなく鮮鋭性をも向上させている。この処理は、5x5の畳み込み処理で実現している。

カラーマッチングは、入出力がそれぞれ3次元のルックアップテーブル(3D-LUT)で実現している。その後段で、1次元のルックアップテーブルを通して階調補正を行っている。これら一連の処理は、すべてパイプライン化したハードウェアで記録時に行っている。

画像データは、一連の処理後、パルス幅変調回路(PWM回路)で露光時間に変換される。定電流駆動回路は、このパルス幅に従って、LEDを駆動する。

## 7 光量階調補正

装置内部には、各色の光源を光量測定するための光強度センサーを設けている。現像装置内の現像液の温度を上昇させている間に、ヘッドをセンサーの位置に移動し、LEDを発光させて図4に示すグループ毎に光量を測定する。(この各グループが同一の副走査ラインを多重露光する)

システムコントローラーは、各グループ毎の測光値に基づいて記録用のLUTの設定を行い、グループ間の光量誤差を補正している。このLUTは、多重露光を行うことで入力が8ビットで出力が約11.5bitの変換テーブルとして動作する。(Fig.5)

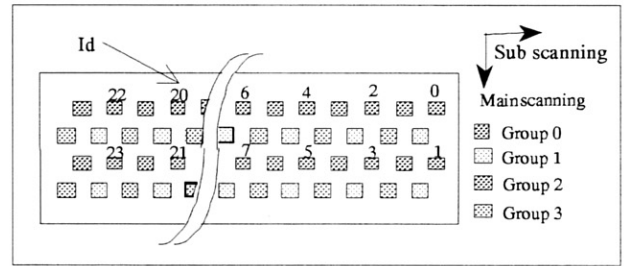


Fig.4 The group definition of each element

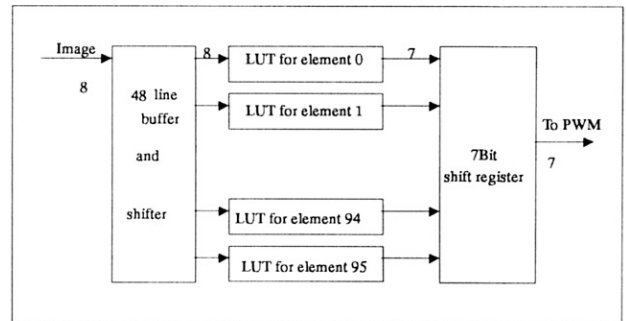


Fig.5 Structure of the 1D-LUT

このとき、多重露光を各チップがなるべく均等に受け持ち、かつ総露光量として階調を表現できるようにそれぞれの露光時間を決定する。

個々のLEDのLUTは、以下のように決定している。

$$L = D/Q$$

$$R = D\%Q$$

$$C = 0 \quad \text{if } R \leq Id$$

$$1 \quad \text{if } R > Id$$

$$O = L + C$$

ここで、

Q : エレメント数 (24)

Id : グループ内で付与したエレメントの番号 (0・・・Q-1)

D : 24個のLUTの出力値 (0・・・3071)

O : Dによって決まる露光レベル (0・・・127)

この方法の長所は、たとえいくつかのチップが劣化や破壊を起こしても、他の正常なチップが代わりにその分の露光量を担うため、若干の階調飛びは、発生するものの、致命的な画像欠陥にならないことと、さらに、システムとしては、どのチップが劣化しているかをいちいち測光することなく、グループとして補正を行うことができることである。

この様にグループ単位で補正を行うことによって、光源の補正にかかる時間を全チップの測光補正するよりも、

遙かに短時間で測光補正を行うことができる。また、装置内に濃度計を設けており、出力した感材の濃度を測定する事で、階調性の異なる各種感材のカーブへの対応や感材の感度変動やばらつきに対応する事ができる。

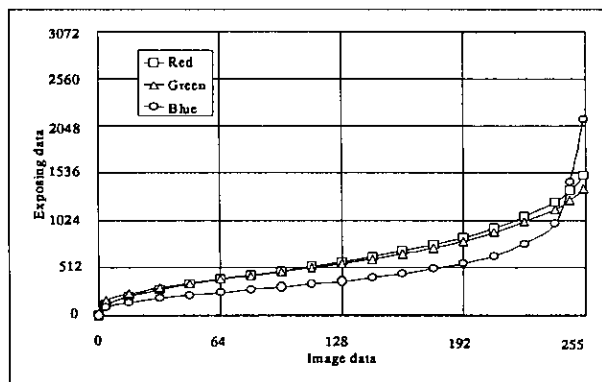


Fig.6 An example of normal 1D-LUT curve

Fig.6 にコニカのカラー印画紙、QAA7 の露光カーブの例を示す。

出荷初期の最大露光量は、光源の劣化や現像機の変動、感度の低い感材などに対応できるように、光源の最大出力露光量のはぼ2/3に設定している。光源の劣化は、発光時間と駆動電流に比例するが、通常に使用する電流の2倍の電流で駆動した場合でも、2000時間で50%程度の劣化であった。

画像処理部の内部には、3種類の論理的な補正チャンネルを備えている。ペーパーチャンネルとマスターチャンネル、及びユーザーチャンネルである。Fig.7にその構成を示す。

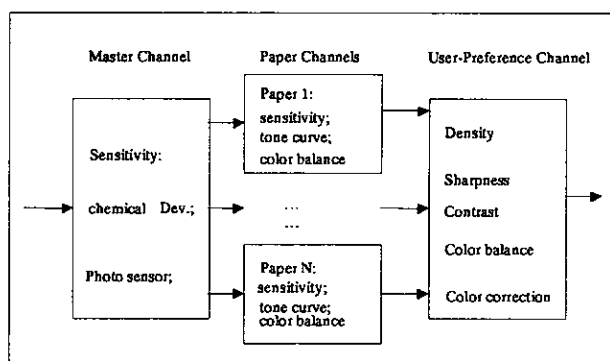


Fig.7 The theoretical channels

マスターチャンネルは、現像機の経時変化及び光量センサーの若干の変動に対応するためのチャンネルであり、プリンターシステム全体の感度を補正している。

ペーパーチャンネルは、各種ペーパーの階調特性、感度

と発色特性に関する情報を管理している。

ユーザーチャンネルは、個別のユーザーの好みを設定するためのものであり、鮮鋭性、濃度、ガンマ、色合い、彩度などを管理、設定することができる。

## 8 回転変動補正

主走査モーターは、単独でのPLL(phase locked loop)制御を行っているが、若干の回転変動が発生する。この回転変動の影響を低減するために、ドラム回転信号から記録タイミングを生成するPLLモジュールを用いている。また、このPLLの通倍数を設定することより、主走査方向の記録長さを精密に調整する事ができる。

## 9 多重露光

光源をアレイ化して記録光源として用いる場合に、最も大きな問題になるのが、主走査方向に発生する筋むらである。この筋むらは、各光源の光強度、位置、大きさ、波長等のばらつきに加え、温度分布から引き起こされる光強度、波長分布、さらに劣化特性のばらつきなどにより発生する。

Fig.8に何ら対策を行わず、単一の露光で記録したときのノイズの空間周波数特性を示す。人間の視覚特性に検出可能なノイズが0.5~数lp/mmの空間周波数の場所が発生していることがわかる。このノイズは、前述のように多くの要因で引き起こされているため、単純に光強度を補正しただけでは、解消は困難である。我々の系では、強度補正のみでは、30%程度の改善しか見られなかった。

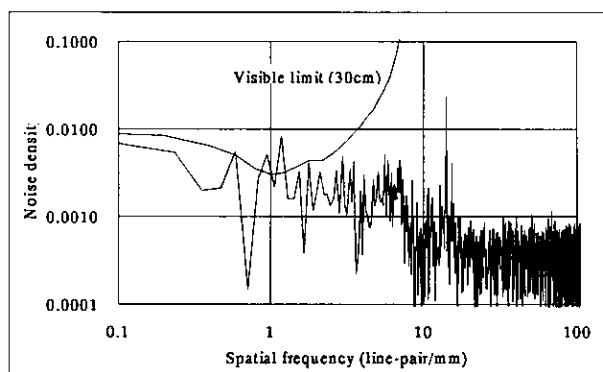


Fig.8 The spatial frequency characteristics of the non-multi-exposed image

我々は、すべての要因から生ずるノイズを低減するために、使用するチップを前述のように4つのグループに分けて、グループ毎に多重露光を行う系とした。すべてのチップで多重露光する事も可能であるが、その場合には、同一の記録時間を達成するために、ドラム回転速度

をあげ、LEDの変調速度を上げることが必要である。

我々は、デジタル処理の基本クロックがあがることや、ペーパーの保持機構等のコスト、速度、画質のバランスから通常記録の多重度を24にしている。さらに、記録モードを選択することで、さらに48、96多重度の露光が可能な構成としている。

24回多重では、各種ばらつきは、ほぼ1/5とすることができ、また、ノイズのピーク空間周波数を12倍程度引き上げることができる。

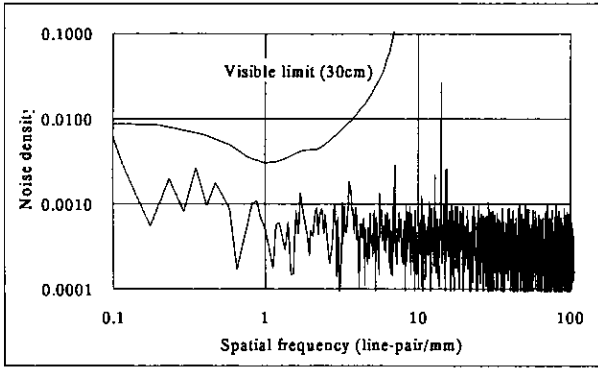


Fig.9 The spatial frequency characteristics of the multi-exposed image

Fig.9に24回多重露光時のノイズの空間周波数分布を示す。Fig.8と比較するとノイズの強度は、低減され、ピークの空間周波数も高域に移動しており、視覚特性に対して十分良好な画質が得られていることがわかる。

## 10 まとめ

アレイ光源を用いて多重露光記録を行い、新たなチャネルの概念を取り入れることで、コストを押さえた銀塩カラープリンターの開発を行った。

これらの技術を用いたことで、安定で使い勝手がよく、プロの要求にも応えられる高画質なシステムとすることができた。

### ●参考文献

- 1) Wodlief Thomas, Jr. Editor "SPSE HANBOOK of PHOTOGRAPHIC SCIENCE and ENGINEERING"
- 2) Masanobu Miyoshi "Development of Konica QA paper Type A7", Konica Tech. Rep. Vol11(Jan 1998)
- 3) Akiko Suzuki, noboru Takekoshi "IMAGE RECORDING APPARATUS WITH TONE CORRECTION FOR INDIVIDUAL RECORDING HEADS", Unite State Patent 5,285,220 (Feb 8 1994)