

コンパクトLEDヘッドの開発

中島 則夫

近年、各社から光書き込み光源としてLEDヘッドを採用している電子写真プリンターが発表されている。当社は、電子写真プリンターの開発当初からLEDヘッドを採用し、その特性を活かした、小型、高速、高品質なタンデム型のカラープリンターを数多く市場に供給してきた。本稿ではそこに使用されているコンパクトLEDヘッドの開発に関して、特にその構造の変遷、および高画質化に必須な光学測定・補正を解説する。

LEDヘッドの構造

LEDヘッドの基本的な構成要素は、図1に示すように発光部が1列に多数並んだLEDアレイ、LEDアレイから出る光を感光ドラム上に結像させるレンズ、LEDアレイを搭載する基板、それらを保持する筐体である。

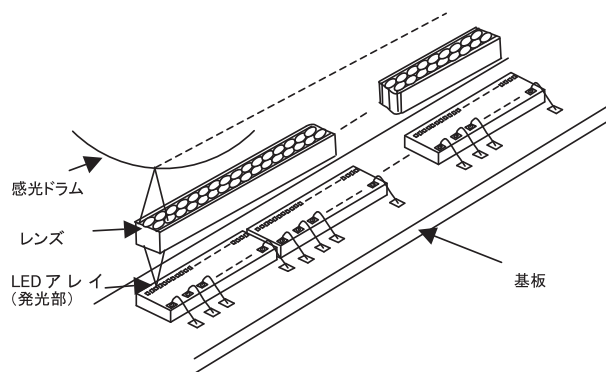


図1 LEDヘッドの基本構造

発光部がプリンターからの信号により光り、感光ドラム上にその像が結像し、光のあたった部分が除電され、現像器で除電された部分にトナーがつき、画像を形成する。プリンターの解像度はこのLEDの解像度で決まってくる。発光部であるLEDアレイは600 dpi(Dots Per Inch)の解像度(ドット間隔 $42.3\mu\text{m}$)または1200 dpiの解像度(ドット間隔 $21.2\mu\text{m}$)のものが主流となっている。

レンズはLEDアレイの発光部を正確に感光ドラム上に結像させるが、この結像の正確さがプリンターの画像のシャープさを決める。LEDヘッドに使用されているレンズは発光部から感光ドラム上の結像位置までが約9mm

と非常に短い。そのため、光の基本的な性質である回折広がりの影響をほとんど受けずシャープな像を作ることができる。また、この短さのため、感光ドラムの近くにコンパクトな露光源を配置することができるため、プリンター本体を小さく作ることができる。

ただし、現在使用のレンズは解像度の高い焦点範囲が狭いため、焦点方向の実装位置に高い精度が必要とされる。A4サイズの場合は約20cm、A3サイズの場合は約30cmの長さにはわたってマイクロメートル単位の位置精度を出す必要がある。すなわち、長いレンズおよびLEDアレイを曲がりなく固定しなければならない。ここにLEDヘッドの製造上の難しさがある。

筐体には、LEDアレイの長さにはわたって真直度を出すため剛性、および寸法精度が必要となる。また、レンズ、LEDアレイを搭載した基板の取り付け方法も工夫が必要である。

図2に1980年代後半に初めて本格量産が始まったLEDヘッドの断面構造を示す。当時は、アルミの引き抜き材とモールドの間にLEDアレイ搭載した基板を挟んだ構造であった。アルミの引き抜き材が基板の真直度の確保とヒートシンクの役割を果たしていた。レンズは、両端に設けられた位置決め用の突き当て面をモールドに設けられた突き当て面に突き当たることで位置を確保しつつ、容易な組み立てを実現した。当時は、プリンターの解像度も300 dpi(ドット間隔 $84.6\mu\text{m}$)と低く、文字の印刷が主であったため、アルミの引き抜き材の真直度やレンズの真直度にある程度の余裕があっても、印刷品質として十分であった。

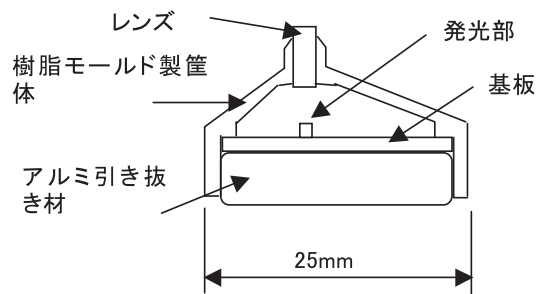


図2 量産初期のLEDヘッド

図3に初めてタンデムA3サイズ1200 dpiカラープリンターに採用されたLEDヘッドの断面構造を示す。コストを考慮して板金とモールドの間に基板を挟んだ構造でレンズは真直度の精度をだすために、治具に沿わせて真直度を出した状態で、筐体に接着剤で固定されている。また、図4に示すように、筐体の両端に、楔形の稼働部品を設け、これをスライドさせることにより、感光ドラム上にレンズの焦点位置が正確にくるように距離を調整できる機構とし、高精度実装を実現した。

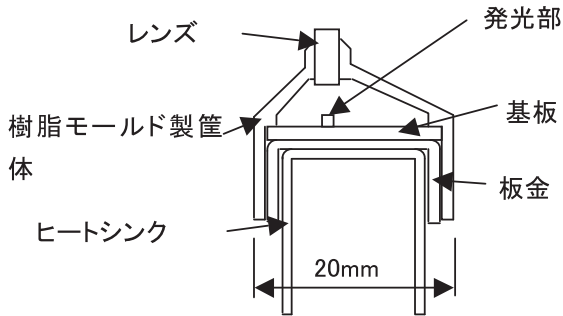


図3 A3 1200 dpi プリントヘッド

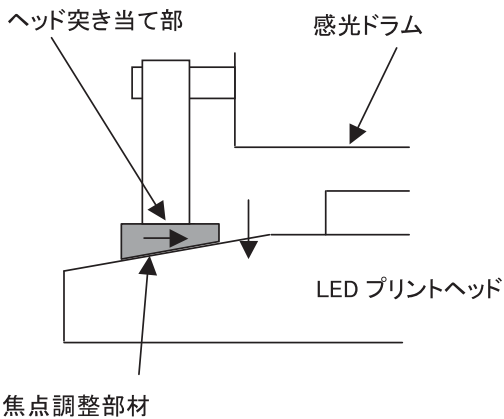


図4 楔形焦点調整機構

発光部であるLEDには1ドットあたりミリアンペア単位の電流が流れる。1200 dpiでA3サイズの場合総ドット数は約14,000ドットになり、全体ではアンペアオーダーの電流が流れることになる。この電流を流すため、電源パターン幅も必要となり、ある程度の基板幅が必要であった。さらに、放熱のため板金部品にはヒートシングが追加されている。

この構造ではレンズは治具の精度で真直度が確保されるがLEDアレイの焦点方向の真直度は板金の平面度で決まる。板金の平面度は通常の加工では要求精度を満たせないため、特別な修正工程を追加し、確保していた。

LEDアレイの開発が進み、発光効率の大幅な向上とLEDとそれを駆動するドライバーICが一体化されるといふエピフィルムボンディング(EFB)技術¹⁾が(株)沖デジタルイメージングで開発され大幅な小型化が達成された。図5にそのEFB技術を採用したA3サイズ1200 dpi LEDヘッドの断面を示す。この構造では、筐体はアルミダイキャストで構成されている。基板の平面度をだすため、真直度が必要な基板突き当て部は切削加工をしているので、高精度な平面度を確保できる。筐体の両側には図6に示す、偏芯カムを設け焦点位置を調整している。

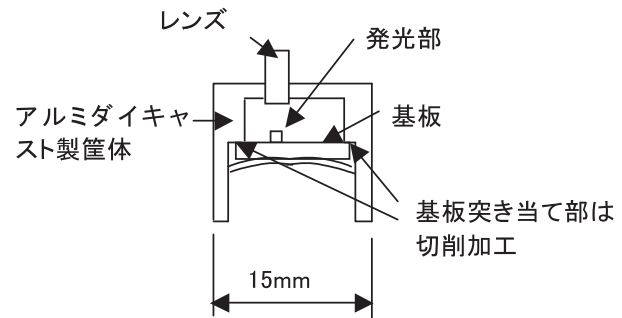


図5 アルミダイキャスト製LEDヘッド

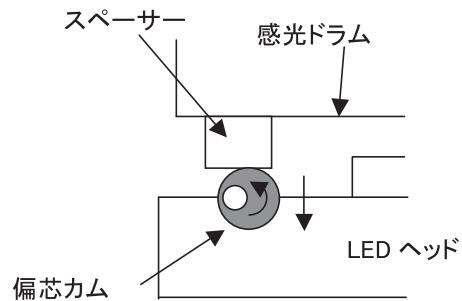


図6 偏芯カムによる焦点調整

さらに、プリンターの感光ドラム上にスペーサーを直接のせ、LEDヘッドの偏芯カムの突き当て部とすることにより、LEDヘッドと感光ドラムの距離を精度良く一定に保つことができ、焦点精度の大幅な向上が達成できた。また、発光効率の向上は駆動電流を低減させ、狭い基板幅の実現やヒートシンクの削減に寄与した。

アルミダイキャスト製の筐体は切削加工をすることにより寸法精度は出せるが、その追加加工分だけコストアップとなる。そこで、次の構造は、板金で強度を確保し、突き当て面の平面度の確保は板金を樹脂成形型の中に入れて一体樹脂成形することにより確保した²⁾。この方法では、コストのかかる切削加工という工程がなくなるため、筐体のコストダウンが達成された。

今まで説明した方式では、レンズの真直度は治具によって確保されているもののLEDアレイの真直度は基板を突き当てて固定しているため突き当て面精度の影響を受ける組み立て方式であった。図7に示す最新の方式では基板の真直度も治具によって確保し、さらに、焦点位置の調整も、レンズの接着位置、および筐体である板金への基板の接着位置を治具によって調整することにより高精度組み立てを実現した。

この方法では製造治具に工夫と精度を要求されるが、特別な精度を要求しない安価な板金を使用できるため、部品コストは最も安くなる。剛性も高さ方向の寸法を確保することにより十分な強度が得られ、さらに、組み立て時にプリンター搭載時と同じ押さえ力を加えることで、プリンター搭載時の押さえ力による変形の影響も吸収することができる。このため、A3サイズでも10mm幅のLEDヘッドが実現できた。さらに、組み立て時に焦点を調整しているため、偏芯カム等の焦点調整用の部品も削除できた。

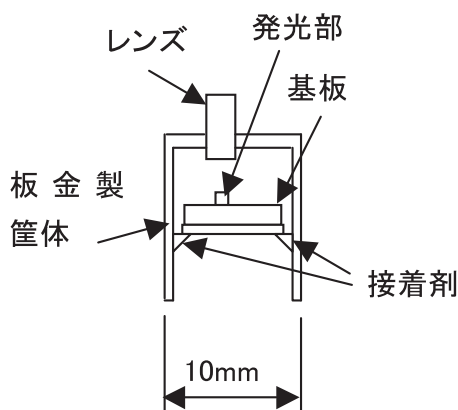


図7 最新のA3サイズLEDヘッド

プリンター側の焦点位置決め用の突き当て部は、感光ドラムからLEDヘッドまでの距離を正確に出す必要があるため、感光ドラムの軸から寸法を出したものや、感光ドラムの上にスペーサーを置いたものがある。感光ドラム上のスペーサーの位置も感光ドラムの長さや、その周りの部材の影響により、プリンターによって突き当て部を設けることができる位置は限られてくる。そのため、LEDヘッド側の突き当て部もそれに対応する必要がある。偏芯カム等の焦点調整機構を特定のプリンターにあう位置に設けると、他のプリンターには使用できない。しかし、偏芯カム等の調整機構をなくすことによって、レンズの両端の一定の範囲（図8赤点線範囲）であれば、突き当て部を自由に選択することが

でき、同じ筐体を使用したLEDヘッドを異なる種類のプリンターに実装させることができるようになる。さらに、LEDヘッド組み立て時に使用する治具の突き当て部をそれぞれのプリンターの突き当て部と同じにすることにより、同じ筐体を使用しても、異なったプリンターに対して、精度良く焦点位置を調整し組み立てることができる。



図8 偏芯カムの有り無しでの突き当て部の違い

このように最新のヘッド構造では、部品の精度に影響されない組み立て方法とすることで部材のコストダウンを実現した。さらに種類の異なるプリンター向けのLEDヘッドにも同じ筐体を使用できるようにし、部品の共通化によってもコストダウンを図っている。

LEDヘッドの測定および補正技術

LEDヘッドは多数のLEDがチップ上に並んでおり、そのばらつきの制御が必要である。また、結像光学系としているレンズも複数のレンズが集まって形成されているため、どうしてもそれらのばらつきが課題となる。

本格量産が始まった1980年代後半当初は、化合物半導体上に作られるLED自体の発光効率のばらつきが大きく、また、補正技術も進歩していなかったため、光量を1ドットずつ測定しそのばらつきを計算し選別して品質を確保していた。今では、化合物半導体の製造技術も発達し、また、1ドット単位で1%の精度で補正できるドライバーICを開発し、LED自体の発光効率のばらつきを高精度に補正することができる。光量の測定は受光センサーを1ドットずつ発光させた発光部の結像位置においてそのセンサー出力を観測する。開発当初は光量の測定も1本のLEDヘッドで数十分かかっていたが、測定方法や、データ処理方法の改良により、今ではA3サイズ1200 dpi LEDヘッド約14000ドットの光量も数秒で測定できるようになっている。

レンズのばらつきにより、感光ドラム上の発光部の像（光強度分布）にばらつきが生じ、結果的にトナーの濃度むら、印字品質低下の原因となる。この光強度分布

のばらつきは受光センサーを結像位置で走査することにより、測定することができる。LEDアレイの並び方向に走査して得られた光強度分布の例を図9に示す。この図は1ドットON 7ドットOFFの繰り返しで発光したLEDヘッドの結像位置での主走査方向の光強度分布を表している。ひとつの山がONしたひとつのLEDに対応する。1ドットずつの光量とはこのひとつの山の面積に相当する。プリンターの感光ドラム上に、この光強度分布で露光され、それにしたがってトナーが付着し、印刷画像が形成される。1ドットずつの光量はドライバーICから供給する電流を補正することで、制御できる。すなわち、ひとつひとつの山の面積は補正することができる。面積は同じでも山の形が違ってくれば、トナーの付き方が違ってくる。プリンターに使用されている電子写真プロセスの一般的な考え方で、ある閾値以上の光強度分布の箇所にはトナーが付くと考えると、閾値の部分の幅が狭いとトナーの付く場所が狭くなり印刷濃度が低く、閾値の部分の幅が広いと印刷濃度が高くなる。

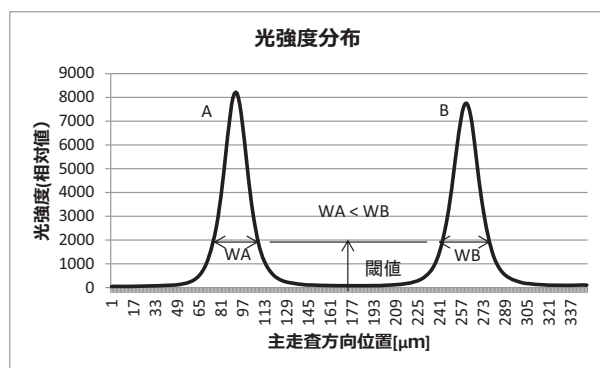


図9 LEDヘッドの光強度分布

Aの形の山とBの形の山では面積は同じでも閾値の高さでの山の幅が $WA < WB$ の関係にあるためAの方がトナーの付き方は少なく、Bの方が多くなる。すなわち、光量を補正により一定にしてもトナーの付き方は一定にならず、印刷濃度のばらつきを抑えることはできない。山の形を同じにすることができれば、トナーの付き方は同じになるが、山の形はレンズの特性、発光部との位置関係によって決まってしまうので、1ドットごとに補正することはできない。1ドットごとに補正できるのは光量（山の面積）だけである。

そこで、山の形からトナーの付き方を予測して、光量を調整する。Aの形の山ではトナーの付き方が少ないと予想されるので、対応するドットの光量を大きめに補正しトナーの付着量を増やす。Bの形の山ではトナーの

付き方が多いと予想されるので、対応するドットの光量を小さめに補正しトナーの付着量を減らす。このように、山の形（光強度分布）からトナーの付着量を予想し、それに応じて光量を上げ下げすることにより、トナーの付着量を均一になるように補正し、濃度むらのない、印刷品質を得ることができる。

また、トナーの付き方はプリンターの種類によっても異なる。その為、同じLEDヘッドでも補正方法を変えてそれぞれのプリンターにあった補正を実施し、高い印刷品質のLEDヘッドを実現している。

以上、述べたように最新のLEDヘッドでは、低コストの部材を使用しながら、高い焦点精度を確保し、さらにはさまざまな種類のプリンターにヘッド本体の変更なしに対応できる構造となっている。また、補正技術の進歩により高品質な階調カラープリンターの露光源としても十分使用できる品質を確保できるようになっている。



参考文献

- 1) M.Ogihara, et al., "LED array integrated with Si driving circuit for LED-printer printhead", Electron, Lett., 42 (15), pp.881-883, 2006
- 2) 相澤浩一郎, 中島則夫:、LEDプリントヘッドの開発 OKIテクニカルレビュー第217号Vol.77 No.2, pp.42-45, 2010年10月

筆者紹介

中島則夫: Norio Nakajima. 株式会社OKIデータ コンポーネント事業部