

## LEDプリンタの開発

山本 幹夫

今日、オフィスには当然のようにプリンタが存在し、自分の作った資料を自由に印刷してくれる。プリンタと言えば、誰もがインクジェット方式か電子写真方式のプリンタを思い浮かべると思う。電子写真方式プリンタは普通名詞としてレーザープリンタと呼ばれることが多いが、最近ではLEDを光源とするLEDプリンタが注目されてきている。我々は、LEDプリンタと言えばOKIデータと言っても過言でないと自負する実績を積み上げてきた。今から三十数年前、機械式プリンタが主流だった時代、LEDプリンタの開発を始めた頃の話である。

## OKIのプリンタ

1958年、高崎事業所（以下高崎と言う）が完成し、当時、テレタイプなど、機械式プリンタ（印刷電信機）の主力製造工場として繁忙を極めていた。当時のプリンタは高価で、大きくて重い機械（カラクリ）のかたまりそのものであった<sup>1)</sup>。

プリンタは現在に至るまで、より高速に、より小型に、そしてより美しい印刷を求めて進化してきた。機械式プリンタの最大の欠点は、活字を使うため文字数が制限されること。漢字タイプライタのように多段シフトを活用した装置もあったが、高価で大きな装置で、専門のオペレータが必要であった。

文字数の制約を解除するため、マイクロプロセッサの発明とともに、活字ではなく、ドットマトリックスで文字を表現する方式が採用され始めたのが1970年代初めであった。ドットをワイヤピンの衝撃力で印刷する方式が、インパクトドット（Impact Dot Matrix）方式で、1970年代の後半にはこの方式を用いて、一文字ずつ印字するプリンタ（Serial Impact Dot Matrix 以下SIDMと言う）が、OKIのプリンタ事業の主力製品になっていった。

更に早く、美しく印字するために、SIDMのような機械的な動作を伴わない方式のプリンタ、すなわちNon Impact Printer（以下NIPと言う）が提案され、解像度と印刷速度の両方を同時に改善する競争も始まった。

OKIとしての最初のNIPには沖エレクトロプリンタELP-  
\*1)OKIFAXは、沖電気工業株式会社の登録商標です。

8000（以下ELPと言う 写真1）が挙げられる。1974年、東京の科学技術館で行われた展示会で発表された。仕様は、英数カナモードで8000LPM（Lines Per Minute）（約564mm/秒）。プリンタ本体から飛ぶように流れ出てくる用紙は壮観であった。

解像度は100DPI（Dots Per Inch）、漢字モードで4000LPM。インクミスト（霧状のインク）に選択的に電荷を与え、電界で印刷用紙に誘導して記録する方式で、世界最高速の装置であった。



写真1 沖エレクトロプリンタELP-8000

次いで、Laser Beam Printer（以下LBPと言う）が開発された。外部から導入した技術を元に、たった1年でまともな装置を、1976年の展示会で発表した。電子写真や光学系技術者が居ないなか、連続紙仕様のLBPを世界で3番目に発表できたのは、「端末の沖」の高崎の底力だったと思う。解像度は240DPIとなりELPに比べ、文字品質は大幅に改良された。印刷速度は2700LPM（190mm/秒。今風に言えば、A4横、50PPM（Pages Per Minute）機相当）。コントローラにはOKIのミニコンを採用していた。

もうひとつのNIPは感熱紙を使うサーマルプリンタでOKIFAX<sup>®\*1)</sup>用に開発され、一時はワープロ用として一世を風靡したが、保存性の関係で用途が限定され、広くは普及しなかった。

ELP、LBP共に当時のホストコンピュータの周辺装置として位置付けられた、高価で大きな装置であった。市

場も限定されており、OKIがOKITAC-5090\*2) から撤退した後、これらの装置は順次他社のプリンタに置き換えられて行き、市場から消えてしまった。

### 小型化NIPへの想い

1970年代後半、景気が低迷し、プリンタ事業の見直しが話題になる中、プリンタはSIDM中心にシフトし、ELPやLBP開発チームはすでに解散し、高崎のNIPの技術者は数名になっていた。しかしプリンタの将来を考え、わずかながらも担当を残し、研究は継続していた。

初代LBPは、CdS感光体+液体现像方式で、定着工程での臭気が問題で、複雑なプロセスが高速化、小型化の制約となっており、脱CdSと現像方式の乾式化が研究されていた。

海外からLBPのOEMの引き合いがあり、NC (Numerical Control) で培ったサーボ制御給紙機構を組み込んだばかりの本体に、乾式現像器とセレン系感光体を載せた装置でデモを行ったが、結局は失注。NIPはいよいよ完全撤退の瀬戸際に追い込まれていった。

1977年、電信電話公社(現NTT)様の横須賀通信研究所から小型電子写真装置の光源として、LEDを使う記録方式の開発が提案された。当時の電電ファミリー各社は、メインフレームの周辺装置としてのLBPを開発しており、OKI以外はどこも新しい方式の研究に手を挙げなかった。また、OKI基盤技術研究所にはLEDの研究者がおり、応用の研究を進めていたことも、このテーマを受託した理由だったと聞いている。

さらに、光学設計技術が無いこともその理由であった。複写機系メーカーの多くは、カメラ部門を持っており、光学設計技術により、LBPのレンズ設計が可能であった。当時、光学設計には高速計算機が必要で、非常に参入障壁の高い技術であった。この技術を持たないメーカーは液晶シャッター方式や、Optical Fiber Tube (以下OFTと言う)方式などの光源を採用していた。

以上のように、OKIが光書き込み系にLEDを使うと決めたことには必然性があったのである。

なんとか電子写真プリンタを小型な卓上型にまとめ、NIPで「端末の沖」を復活したい、と意気込んでいた私達に、LEDヘッドは希望を与えてくれた。

### 最初のLEDヘッド

横須賀通信研究所とOKI基盤技術研究所が、感光体の感度特性、LEDの波長・光量の関係など理論的な検討を開

\*2) OKITACは、沖電気工業株式会社の登録商標です。

始した。高崎からは検討が進んだ段階から参加し、全体構造と給紙、転写、定着、制御系の設計を担当した。現像方式は乾式LBP用に開発していた磁性一成分を提案し、その検証用試験装置の設計、製造も高崎の担当となり、試験機を設計するなかで、電子写真の原理を学んでいった。方式特許の検討の中で、LEDを光源とする記録方式そのものは、すでに公知となっており基本特許にならないことも判明した。

LEDヘッドの研究は、横須賀通信研究所とOKI基盤技術研究所の佐久田、安孫子を中心としたチームが、LEDチップをウェハから作り出すところから始まった。

解像度をミリ系かインチ系のどちらにするかの議論も、OKIのLBPで採用していた240DPIを採用することになった。ミリ系はその後Fax用として採用されることになる。横須賀通信研究所の要求は、当初16本/mm (1200DPI相当)で、その趣旨はFax系とPrinter系の両方に使いたかったためとか。1200DPIは実現されるまでその後10年以上の期間がかかった。

初めて128ドット分のLEDが搭載されたLEDチップを入手した時、このLEDヘッドによる文字の印字は電子写真プロセスではなく銀塩写真フィルム上であった。

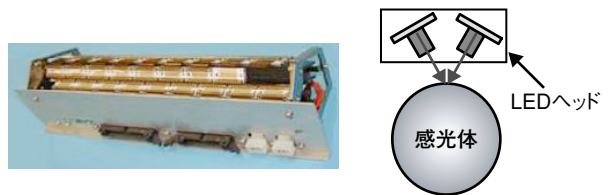


写真2、図1 第1世代LEDヘッド

量産第1世代のLEDヘッド(写真2、図1)は、LEDチップ(128ドット分)を千鳥状に2列に並べ、感光体上で光の像が1列に並ぶよう、立体的に配置した構造であった。組み立てが難しく、光の像が直線にならず、一日に数台しか組めないこともしばしば。生産予定が立たない、また非常に高価なユニットであった。八王子の研究者が本庄の厚膜事業の工場、後には秩父工場、残業して調整作業を行い、必要な台数を出荷してくれた。

LEDヘッドの光学系として、当初はガラスファイバを検討したが、感光体に対向した端面があっという間にトナーで汚れ、使い物にならない。1950年代の特許の実施例ではガラスファイバやOFTが当然のように使われていたのであるが・・・。

丁度その頃普及し始めた、小型卓上複写機の中で使われていたのがSelf-focus Lenz Array (以下SLAと言う)

で、これを見たときは直感的に「これだ!」と思った。非常に調子が良くて、解像度や、寸法精度などの改良は行ったが、いまだにSLAを使っている。SLAの代表的な商品としてはセルフォック®レンズアレイ\*3)がある。

LEDヘッドの研究は、発光量のばらつきとの戦いが最大の課題であった。ばらつきは結晶格子の欠陥が原因と分かっているが、欠陥を皆無にはできず、最後には逆転の発想で、欠陥を分布させることで均一性を確保する方向に進み、量産で使えるレベルになった。とは言っても、チップごとに光量をクラス分けし、発光させながらレーザーで補正抵抗をトリミングすることなどの併用で、出力ばらつきを圧縮し、使用可能とした。この光量ムラが画像には縦筋となって現れ、LEDの最大の欠点と言われた。その後も光量均一化の改良をすすめ、カラー機用の仕様を達成するまでに20年以上かかった。

### 初期のLEDプリンタ

第1世代のLEDヘッドを使って、最初のLEDプリンタ、OKI PHOTO PRINTER (以下OPPと言う) 6100を製品化した。A4縦送り、10PPMの装置。小型、卓上にこだわり、用紙カセットが本体上部に飛び出しているユニークな形にまとめた。

現像方式は磁性一成分、圧力定着用トナーを使って、石油ショック直後の当時、究極の省エネ装置の仕様にとまとめた。この時、初めてトナーの評価の大変さを痛感した。圧力定着用トナーは、まだ誰も実用化していないトナーで、日立金属の熊谷工場の技術者と、夜遅くまで実験と議論を重ねた。

LEDヘッドも、トナーによる光源やレンズの汚れを防止する工夫、空冷フィン形状、組み立て性の改善などを実施し、やっと量産試作が開始された。本庄工場から高崎に届いたLEDヘッドを徹夜作業でプリンタに搭載し、横須賀のデモ会場までタクシーで運んだこともあった。このデモのあと、電信電話公社からLEDプリンタに関する技術発表を行うことの許可が下り、日経エレクトロニクス誌に発表した。残念ながら、解説記事で他社から消費電力や、光量バラツキで、時期尚早ではないかとの疑問を投げかけられた<sup>2)</sup>。

1982年、OPP6100は出荷が開始されたが、台数も数十台で、コンセプト機のようなレベルで終わった。しかし、この実績で外販許可があり、OKIとしての独自仕様のプリンタ設計が可能となった。並行して開発していた圧力定着器を搭載し、OPP6300としてまとめ、A3用紙対応のシステムプリンタとして出荷した。

\*3)セルフォックは、日本板ガラス株式会社の登録商標です。

### LEDプリンタの量産

1983年、後継機として、台数の期待できる、卓上型で高速な国内市場向けシステムプリンタOPP6220 (B4サイズ 20PPM@A4縦 写真3)の開発を開始し、これが実質的に、世界初の量産されたLEDプリンタと言える。

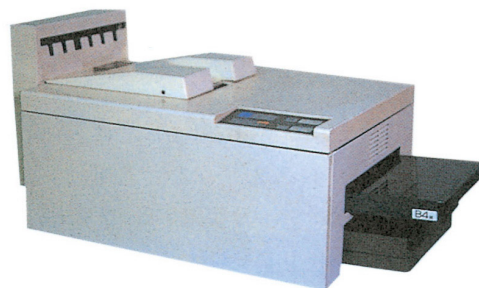


写真3 OKI PHOTO PRINTER6220

当時プリンタと言えば連続紙が普通で、カット紙と言えば複写機(青焼き:ジアソ式)用途が常識であった。ページ単位で印刷、制御を行うページプリンタとはどうあるべきか、などの検討を根本から行い、やっと製品品質の作り込みの段階にきた。

翌年、この製品を外資系システムメーカー様へOEM提案。当時20PPMの高速印刷が可能なプリンタをシステムに構築できるメーカーは限られていた。日本の子会社は製品開発に米国本社の許可が必要で、プロジェクトリーダーが渡米し、本社役員会で社長の決意を取り、開発が正式に開始された。この時米国本社の技術部門にはすでにレーザーを推薦するグループが存在し、LEDを推すグループとの間に激しい技術論争があった。そして、この技術討議で負けていたら、役員会にも掛らず、LEDプリンタは日の目を見なかった。と、20年後にお聞きした。

我々にとってこのOEM先は先生で、安全性や信頼性に関する考え方は、本当に有益であった。信頼性試験は東北沖電気のフロアで、30万枚以上の実印刷試験を複数台に対して行い、用紙走行安定性を中心に、印刷品質、消耗品や装置の耐久性確認をした。現在のNIPの評価手法の基礎がここで構築された。当時高崎の環境試験室は、温度は可変だが湿度が制御できず、印刷品質評価は日米のOEM先の環境試験室で行い、アメリカ本国での評価対応のため長期出張し評価手法などを学んだ。現在のテストパターンの原型はこの時の経験をもとに作成されたもので、規約として運用可能なパターンの完成は1985年頃までかかった。

このOEMビジネスで、本当の意味の商品に磨き上げる



機会を与えてもらい感謝している。この時のOEM先とOKIの関係を、私は以下のように解釈していた。

彼らはOKIの開発速度を利用し(彼らの想定開発期間の1/2以下で開発する我々を、脅威と言ってくれた)、開発費用を削減した。ただし、開発の質(設計品質)を向上させるため、OKIに知識を与え、教育し、フェアに扱い、パートナーとしてレベルアップを図ってくれたと。

この14年後、カラー機のOEMで再度付き合った時も全く同じ思いを持った。

1970年代、SIDMの海外事業が立ち上がっていったが、NIPはまだ日本国内のみであった。海外での反応を確認する意味で、1984年この装置をNational Computer Conference(以下NCCショーと言う。アメリカ、テキサス州、ヒューストン市)に出展(個室展示)した。

展示した部屋が、プロ野球球場のアストロドームの最上階で、早朝はエアコンが効かないため、制御基板が結露して放電破壊、現像器内のトナーも湿って画質は最悪、吸湿した用紙は破れ、現像器の分解清掃、再調整を行って、何とかデモを再開する、のくり返しであった。

1984年のNCCショーには、半導体レーザ方式、液晶シャッター方式、それと我がLED方式の、全方式が揃っていたのである。

最初のOEMビジネスは1984年から1988年まで継続し、その後の日本国内での労働省様などのシステム受注につながり、合計3000台以上の成果となった。2001年に圧力定着用紙の製造中止への対応で、代替用紙の選定のための社内会議が召集されたことがあり、かなり長期間、使っていただいたものと推測している。新聞社の出荷ラベル印刷用では装置寿命(公称値100万枚)の3倍以上も丁寧に使っていただいた。

圧力定着方式の限界(用紙の制約)から、熱定着方式の装置(OPP6250)を開発し、1985年から東京電力様などに出荷した。また、1985年の筑波科学万国博覧会に、横須賀通信研究所とOKIのFax開発部隊がG4-Faxとして共同開発し、出展したBHF(Broad band High speed Fax)のエンジンにも採用された。

1986年、他社が10PPMのLBPを出した頃、LEDの高速性を活かすべくOPP6024(24PPM)の開発を開始した。OPC(有機感光体)を使うために波長も変更した第3世代のLEDヘッドは、ダイキャストのケースにコンパクトにまとめられ、ドライバICも小型になり、初めてアレイと呼ぶにふさわしい形となった。

OL400/800(1988年から開発、1990年発売開始)でフルモールドのモノクロ機が完成し、量産化も順調に進み、LEDプリンタ事業が軌道に乗り始めた。ここでLED

\*4)MICROLINEは、株式会社沖データの商標です。 \*5)OKITYPERは、沖電気工業株式会社の登録商標です。その他、本文に記載されている会社名、商品名は一般に各社の商標または登録商標です。

ヘッドは第4世代となり、現在とほぼ同じ形状になった。

MICROLINE(以下MLと言う)801PS<sup>\*4)</sup>で、高解像度化を進め、文字の美しさをアピールし、国内DTP市場向けプリンタの基礎を作った。

ML4wでは、個人で買えるプリンタを目指し、世界最小サイズのプリンタを設計し、タイ生産を立ち上げた。

その後も独自でLEDの改良を進め、1990年代後半のカラー機用へと進化する基礎を築いていった。

レーザ光学系はレンズ、モータ、ミラーなどの専門メーカーが、それぞれ改良を進め価格も下がっていくが、LEDは自社で開発する必要があった。また、LEDはレーザより劣った技術と言われたり、LBPでないと入札ができないこともあった。

しかし、LED方式に特化することで、特許交渉で方式の違いを明確に主張できたことや、製品としても他社との違いをアピールできたことで、競争優位が保てたのだと思う。

2009年、LEDプリンタの提案者である、元横須賀通信研究所の立石和義さんから次のお言葉を頂戴した。「今、LEDプリンタの良さが広く認知され、非常に嬉しい。LEDプリンタを世に出したいと言う夢は、沖電気のみなさんが事業として継続してくれたから実現できたのであり、その努力は発明の何十倍も大変なことであり、心からお礼を申し上げたい。」

途中、何度も開発チームや事業体解散の瀬戸際まで追い込まれながらも、色々な方々の努力と、夢を実現したいとの熱い想いから、事業が継続できた。LEDは今後もますます主流技術になると信じている。

最後に、20年以上事業を維持するための経費を負担してくれたSIDM部門をはじめ、多くの皆さまの後押しを受けて、今があることを心より感謝している。 ◆◆

## 参考文献

- 1) 前野幹彦：情報処理技術遺産登録 OKITYPER -2000<sup>\*5)</sup>の開発、沖テクニカルレビュー216号, Vol.77 No.1, pp.76-81, 2010年4月
- 2) 「第3の光プリンタとして登場する発光ダイオード・プリンタ」、日経エレクトロニクス 1981年5月21日号

## 筆者紹介

山本幹夫：Mikio Yamamoto, 株式会社沖データ 前理事