



LEDプリンタ開発—確信に基づく執念の軌跡



1 挑戦と成功—沖のLEDプリンタ事業—

グローバルブランドに成長した MICROLINE - ルーツはNTT研究所との共同研究 -

プロローグ

2004年9月29日、東京・高輪のホテルパシフィック東京において「(株)沖データ設立10周年記念の新商品発表会」が開催された。沖データは、1994年10月1日、沖電気工業(以下、沖電気)のプリンタ・ファクシミリの営業・技術・生産部門が分社・独立してできた会社だ。

挨拶に立った(株)沖データの前野幹彦社長は、ディラー約200人と報道関係者を前に、沖電気のプリンタ事業の礎から始まり、約4半世紀にも及ぶLED(Light Emitting Diode)プリンタ(高密度発光ダイオードアレイを光源とする電子写真プリンタ)開発の歴史を振り返った後、「この10周年を機に、沖データは、

プリンタ市場におけるグローバルメジャープレーヤーへと確実な一歩を踏み出すこととなる。」と語った。

NIP(ノンインパクトプリンタ)市場、特にLEDプリンタでは独自の技術で確固たる地位を築き、世界をリードする沖データだが、ここに至るまでには多くの試練と困難の歴史があった。

挑戦の始まりは、電信電話公社(現NTT)横須賀電気通信研究所の若き研究者の革新的アイデアに基づく共同研究に端を発していた。

困難への挑戦の始まり

1978年に、「端末装置の沖」といわれ、とりわけドットインパクトプリンタ市場では確固たる地位を築いていた沖電気に、LEDを光源とする次世代光プリンタ(電子写真プリンタ)の共同研究の話が持ち込まれた。

当時、光プリンタといえば、ヘリウムネオンガスレーザー、回転鏡、レーザー光投影レンズ



「沖データ設立10周年記念新商品発表会」で挨拶する前野 幹彦社長

で構成されるレーザープリンタと相場が決まっていた。

光源に、LEDアレイを使うという破天荒なアイデアは、当時の横須賀電気通信研究所宅内機器研究部プリンタ研究室の研究員だった、立石和義/現・NTT常務理事・情報流通基盤総合研究所所長によって提案された。

沖電気では、当時の仲矢茂長研究所長(故人)を総指揮者に、材料部門の佐久田昌明/現・(株)沖デジタルイメージング技師長、デバイス開発者の安孫子一松/現・(株)沖デジタルイメージング技術顧問、機構部門の山本幹夫/現・(株)沖データ上席執行役員・経営戦略室長を中心としたプロジェクトチームを発足、固体化によるLEDプリントヘッドの開発をはじめ、数々の試練と苦難に続く成



(株)沖デジタルイメージング技術顧問 安孫子 一松氏



(株)沖データ 上席執行役員 経営戦略室長 山本 幹夫氏

功への途を歩み始めた。

当時は、LEDカラーページプリンタの月間販売台数21,000台（2004年12月）LEDプリントヘッド月産10万本を超える規模にまで事業が拡大することを誰も予想だにできなかった。

「沖電気のLEDとの関わりは、1965年にLED技術習得のため一人の研究者（佐久田さん）が東北大学電気通信研究所の西澤潤一教授のもとに派遣されたときから始まりました。当時、それまでの真空管・マグネトロンに代わって、デバイスの固体化を進めようというのが、仲矢茂長さんの狙いでした。私は当時西澤研究室の学生で、1969年に入社しましたが、まさかこの研究者と同じ会社でLEDヘッドを永きにわたって開発するとは思いませんでした。」（株沖デジタルイメージング 安孫子一松 技術顧問）

LEDヘッドのもう一つの基礎技術は、感熱プリンタの記録ヘッド技術にあった。沖電気は感熱式ファクシミリを世界に先駆けて開発しており、LEDヘッドはこれらの技術の融合体ともいえる。

当時のデバイス技術者としての夢は、光源の固体化、光走査機構の固体化、そしてヘッド全体の固体化であった。「レーザプリンタは、回転鏡と投影レンズによる光学走査系が小型化の障壁となり、とても卓上型になるとは思いませんでした。これに対し、LEDアレイの1ライン一斉発光方式は、全固体化の夢をかなえてくれる格好のデバイスでした。」（安孫子一松氏）

一方、機構部担当のメカ技術者として参加した山本幹夫室長は当時は振り返り、次のように語る。

「私は、プリンタの開発がしくて1972年に沖電気に入社しました。学生時代にFORTRANの演習プログラムをプリントアウトしたのがプリンタに興味を抱いたきっかけでした。入社してすぐに活字式プリンタの開発に携わった後、ガスLaser方式の大型電子写真プリンタの開発チームに参加しました。これは数年で撤退することになり、この後、装置小型化に向けた小さな実験室を与えられて、2つ上の先輩と後輩の3人で大学の研究室の延長みたいなことをやらせていただいていた。沖電気・高崎工場の技術者数百名の中から、この3名が研究所様との共同研究に参加しました。当時、立石様のお話をうかがい、考え方は正しいものの、目先には高いハードルがいくつもあるとすぐに思いました。しかし、レーザプリンタに代わる卓上の電子写真プリンタの時代が絶対にくると思ったことを鮮明に憶えています。」

夢を実現したLEDプリントヘッド

こうして、LEDを光源とする電子写真プリンタの共同研究がスタートした。当時のLEDのアレイ化技術は揺籃期にあり未熟だった。特に問題となったのが、LEDアレイの光量のバラツキと歩留まりだった。1チップの発光出力バラツキを±15%以内に収めようとすると、チップ製造歩留まりはわずか1%であ

ったという。安孫子一松氏は、当時のことをこう語る。「このチップをプリンタの光源として128素子/チップに拡張し、チップ製造歩留まりを30%以上確保しようとするれば、桁違いの改善が必要であり、遠い世界の夢物語のように思えました。」

結晶品質の均質化に成功

しかしそれは2年後、ある程度の欠陥があっても均一に散らばっていれば、発光バラツキの少ないLEDアレイができるはずという逆転の発想で解決された。

LEDアレイのパワーがいくら大きくともバラツキが大きければプリンタの光源として使えないが、パワーがある程度小さくても均一であれば可能性はあるということだ。光量のバラツキは、ガリウム砒素燐（GaAsP）層に形成される結晶欠陥密度の差にあった。つまり、1枚のウェハー内で結晶欠陥の多いところと少ないところが混在していたのである。理想はウェハー全面で欠陥をなくすことだが、それは不可能だった。そのため、多少パワーは落ちて、均一にしようと考えたのである。

「試行錯誤の末、GaAsP結晶の新しい構造とそれを可能にする結晶成長プログラムを考案し、欠陥をウェハー全面均一に生成。この結果、欠陥密度は100倍に増えパワーは10分の1に減少したものの、パワー均一度が±15%以内に収まるLEDチップの歩留まりが30%以上実現でき、欠陥によるパワー劣化現象もなく十分な信頼性も確保できました。この時点で、LEDのアレイ化技術方針

LEDプリンタ開発—確信に基づく執念の軌跡

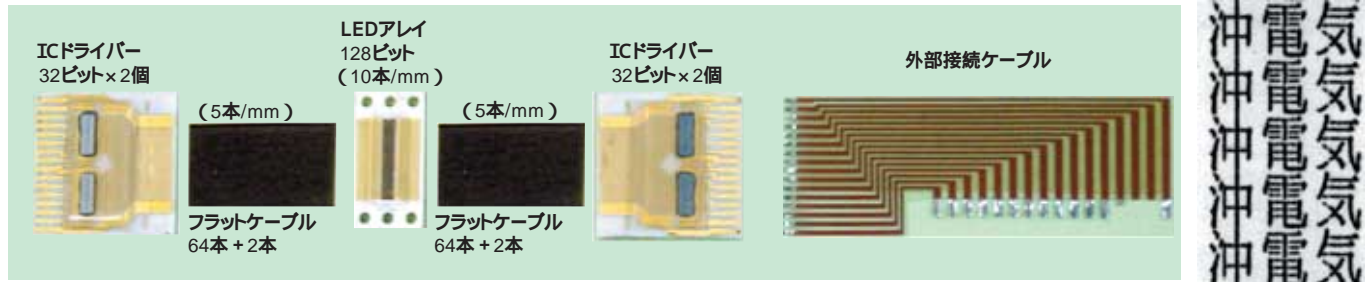


図1 初期LEDアレイ光プリントヘッド構成品（128素子LEDとICドライバーセット）と、印字サンプル

と、LEDアレイを光プリンタの光源に使うことの妥当性が確信できました。」（安孫子一松氏）

図1に、128素子/チップ、素子間隔100 μ m（10素子/mm）のLEDアレイの両側にICドライバーがフラットケーブルで接続された初期LEDアレイ光プリントヘッド構成品と、光ファイバプレートを用いて初めて印字したサンプルを示す。

ロッドレンズアレイに着目

LEDアレイの光量バラツキと歩留まりの問題に加え、LEDアレイによる光源と感光ドラムの間どんな光学系を使うかという問題があった。

LED像を感光ドラムに写しこむ方法として、まず当時ブームとなっていた最先端の光ファイバ技術を活用した光ファイバプレート光学系の開発に着手した。光ファイバプレートの片方の端にLEDアレイを近接して配置し、もう一方の端を感光ドラムに配置してLEDの像を写しこむという方法であった。

「この光学系には問題がありました。光ファイバプレートと感光ドラムとの距離は近いほど像は鮮明になりますが、感光ドラムは回転するので接触しない程度の際間が必要です。しかし隙間が狭いため、静電気

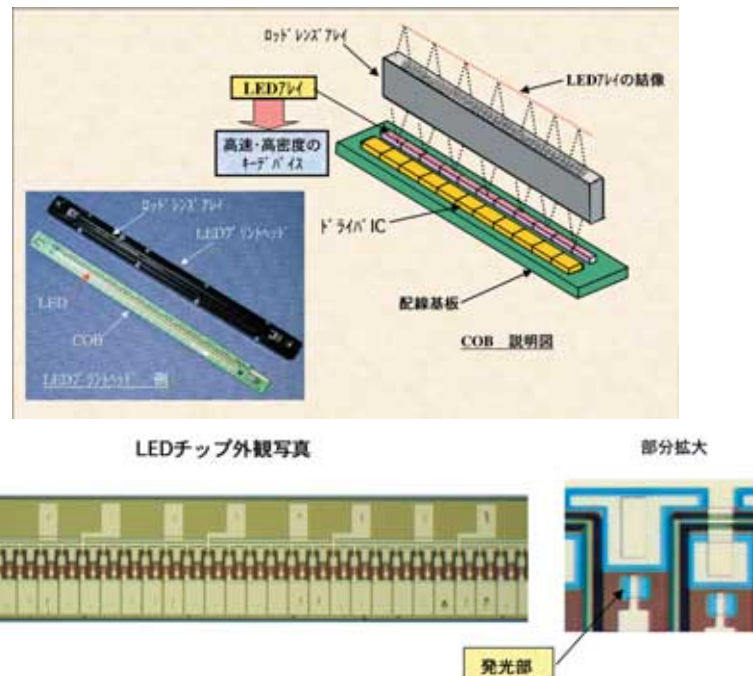


図2 LEDプリントヘッドの外観(上)と、LEDチップの外観写真(下)

によりトナーが光ファイバプレート面に付着したまま離れず、アツというまにレンズの前が真っ黒になり、光が遮られて印刷不可能になるという問題に直面しました。隙間を少し離すなど、様々な対策を講じましたが、結局この方法は断念せざるを得ませんでした。」（山本幹夫氏）

この課題を解決したのが、結像機能を持つロッドレンズアレイ（日本板硝子㈱の商品名は「セルフオック・レンズ・アレイ」）であった。このレンズは、光ファイバプレート

のように端面にLEDの像を結ぶのではなく、カメラレンズのように空間に像を結ぶ。このため、レンズとLED間及びレンズと感光ドラム間とも数ミリ離して配置できるので、前述のトナー付着問題は解消された。「奇しくも、立石様、安孫子様、私の3人とも、当時一斉に市場投入された卓上型複写機に使われていたロッドレンズアレイに着目しました。」（山本幹夫氏）

LEDチップを千鳥足状に配列

LEDアレイと駆動ICの実装形態

にも、課題が残った。A4判LEDプリンタには、基板の上に約20チップを一直線状に正確に整列する必要があった。発光素子の間隔を印字ピッチに合わせるためには、発光セルぎりぎりの位置で切断（ダイシング）し、しかもチップ内部に亀裂などの欠陥を入れてはならない。さらにLEDチップを数ミクロンの位置精度で接合（ダイスポンド）する必要があったが当時はこのような技術はなかった。

「そこで、LEDアレイを千鳥足状に2列に配置し、ロッドレンズアレイを各列に対置させる構成としました。これにより、LED像は感光ドラム上で連続かつ一直線状に投影できました。その後、LEDチップに破損を与えないダイシング技術と高精度位置ダイスポンド技術の開発によって、LEDアレイは一列配置された現在の形態になっています（図2参照）」（安孫子一松氏）

1979年、NTT研究所との共同開発によるLEDアレイ光源の電子写真プリンタとして、印字密度10ドット/mm、A4判で毎分20枚の卓上プリンタが完成した。

「研究所内でのデモに間に合わせるために、高崎工場から1台抱え、タクシーを飛ばして立石様の所に届けたことを今でも憶えています。」（山本幹夫氏）

国内より先に、欧米で極めて高い評価を得た沖のLEDプリンタ

沖電気では、当時の電電公社から外販許可を取得し、1981年からLEDプリンタ事業を本格開始した。



写真1 OPP6100



写真2 OP8c/ML8c



写真3 C5200n



写真4 C3100

1983年に世界初のLEDプリンタ「OPP6100」を商品化したのを皮切りに、今日に至るまでLED方式の特徴・強みを活かした小型・高精細・高画質のプリンタ開発を進めている。この間、1990年にはポストスクリプト搭載の「ML801PS」¹⁾、1994年には印刷時に余白(クワエ)を確保できるA3ノビロングサイズに対応した「ML803PS +F」²⁾、1996年には世界最小ページプリンタ「OKIPAGE4W」³⁾、1997年にはTrue1200DPIのLEDヘッド搭載の「ML905PS」⁴⁾、1998年には世界初のタンデム方式によるフルカラーページプリンタ「OP8c / ML8c」を開発するなど、時代に応じて画期的な製品を世に送りだしてきた。

沖のLEDプリンタは、レーザプリンタ陣営に押されてシェアがなかなか伸びない国内市場より先に、欧米市場では極めて高い評価を得た。その結果、「10年くらい前、欧米の政府系入札案件に当社が参加しそうだとかると、RFPに“光源はレーザであること”という条件をつけられるなど、嫌がらせとも思える仕打ちを幾度となく受けました。」（山本幹夫氏）

現在では、レーザ方式に対して圧倒的な強みを持つLED方式の特徴を活かし、沖のMICROLINEはグローバルブランドを確立し、世界中

から高い評価を受けている。

MICROLINEに加え、本年1月には、フルカラー毎分30枚で20万円を切るA3カラープリンタなど、ビジネスドキュメントの出力に最適化した新たなカラーページプリンタシリーズ「OKI C series」3機種（C9150dn / C5200n / C3100）を発表した。新シリーズの市場投入について、山本幹夫氏は、「この戦略商品により、今後ビジネス市場での飛躍的な拡販に挑戦していきます。現在は、解像度の高さを要求するまで市場が成熟していませんが、近い将来カラープリンタの市場で、小型・高速・高信頼・高解像の特徴を持つLEDプリンタは絶対に勝ちます。」と自信のほどをうかがわせた。

また、「LEDヘッド技術は未だ発展途上にあり、さらなる可能性を追求していきます。」（安孫子一松氏）と、次世代LEDヘッドの開発にも取り組んでいる。

沖データのLEDプリンタの今後の進化に期待したい。

<参考文献>

- 1) 安孫子：「LEDプリントヘッド開発の話」⁵⁾、沖テクニカルレビュー、2003年4月、pp.86-89
- 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」⁶⁾、日経エレクトロニクス、1981年5月25日号、pp.114-128