



3 1号機までの苦難の道と、里子に出す決心

1号機に込められた研究者の執念と成長を見守る親の心



各人が異なる方式のNIP研究に取り組んだ“ノンインパクト”グループ

1970年代初期、当時のNTT研究所は、インパクト方式に代わる革新的なNIP(ノンインパクトプリンタ)の研究開発に着手した。10人にも満たない少数精鋭の“ノンインパクト”グループを率いた高野陸男氏(現・知創出工学研究所 代表)は、当時を振り返り、次のように語っている。

「今でこそ、カラー化や高精細な印字が可能なることからNIPが主流になっていますが、当時は複写を行うために、インパクト(衝撃型)プリンタが主流でした。私自身、記録方式の将来像を取りまとめたいと考えていましたし、複写ができなくても衝撃音のない静かなほうが良いと思っていましたので、可能性のある方式を洗い出しました。サーマル、インクジェット、電子写真、粉体、イオ



知創出工学研究所 代表
工学博士 高野 陸男氏



日本工業大学 システム工学科
教授・工学博士 星野 坦之氏

ンフローといった記録方式のシーズをグループのメンバーに示し、各メンバーがそれぞれ別々の方式のノンインパクトプリンタの研究開発に取り組みました。取り組んだ方式が異なるために、研究開発過程の課題はすべて自己解決するしかなかったですね。私はサーマルとインクジェットの2つの記録方式について研究を行いましたが、例えばサーマルヘッドについては熱構造を簡単にして高速化すると同時に、解像度の高さも証明した結果、NTTの“ミニファクス”に搭載されました。インクジェットは、徹との戦いで非常に大変でした。当時、各人が伸び伸びと信念をもって時代を先取りする研究開発に没頭できたのは良き時代であったと思いますし、今思うと間違いなく日本の産業界を牽引したといえます。」

また、グループの一員であった星野坦之氏(現・日本工業大学システム工学科教授)は次のように語っている。

「当時の高野研究主任がノンインパクトプリンタへの適応性について、様々な物理現象や化学現象を整理し、光、熱、静電気、化学反応などの応

用の可能性を分類して示してくれましたが、これは私達にとってのバイブルでした。私は、紙に直接記録するコントログラフィに関する研究を行い、その後は立石さんと一緒に感光体の研究開発を行いました。コントログラフィは、当時、湿式(液体)現像剤によって、記録紙に直接像を形成することを試みましたが、なかなか思い通りにいかずに大変苦労しました。現在もそれに近い粉体型で、トナーで直接記録する研究を学生と一緒にしています。」

前回述べたように、立石和義氏は電子写真式プリンタとして、一貫してLED方式にこだわり続けた。電子写真式プリンタは、1938年米国のC.F.カールソンによって発明された電子写真プロセスの原理を用いている。つまり、感光体を帯電器により帯電させた後、この感光体に印字データに従い書き込み用光源を発光させ、感光体表面に静電潜像を形成し、この静電潜像をトナーで可視化する方式である。この電子写真式の書き込み用光源として、レーザに代わってLEDを用いるというのが立石氏の着想であった。立石氏は、LEDアレイによりすべて固体化できるLED方式こそが究極の電子写真式プリンタであるという確信に基

づき、開発に邁進した。「A4用紙に印刷するプリンタで、装置サイズもA4+ α くらいの大きさにしたかった。」(立石和義氏)

着想から4年、1980年秋に研究者の執念が結実したLEDプリンタの1号機が完成した。“究極”の電子写真式プリンタを追求し続けた4年間は、文字通り茨の道、苦難の連続であった。

多くの時間を割いた感光体の研究 - Se・Te₃層構成の感光体を開発 -

高解像度で高速印字のLEDプリンタを実現するための最大の課題は、LEDと感光体の波長整合性にあった。LEDは長波長域ほど大きな出力が得られるが、当時の感光体は高出力LEDが入手できる600nm以上の長波長域では急激に感度が低下した。

立石氏は、LEDプリンタの主要構成部品であるLEDアレイ、光伝達光学系、感光体のパラメータ(出力、光伝達効率、感度)と印字速度との関係式を導き出した。つまりLEDプリンタの印字速度は、LEDの発光出力と光伝達光学系の伝達効率、感光体の波長感度との積に依存することを数式として定量化したのである。この結果、LEDプリンタの実現には、LED光源の高出力発光化と、LEDの高出力発光波長帯(長波長領域)にあわせて感光体を高感度化することが不可欠であった。

立石氏は、LEDアレイの開発に先駆けて感光体に関する研究に多くの時間を割いている。

できれば毒性がなくて長波長に感じる有機感光体を開発したいということで、当初、2つの成分を感光体材料に使えないかと考えた。一つは、動物の網膜上にある光を感じるレチナールという物質で、このレチナールに似た分子構造

を持つのがβ-カロチンである。もう一つは、植物の光合成を行うクロロフィルという光受容体で、これに似た物質がフタロシアニンである。研究としてはβ-カロチンからスタートしたが、熱耐性やLEDとの波長整合性からフタロシアニン系に研究の中心を移し、そこでLEDプリンタ用感光体としての可能性を見出した。LEDアレイ光源の開発に踏み切った背景にはこのフタロシアニン系材料に可能性を見出したことがあった。LED(後に開発したLEDアレイではない)を使って最初に書き込み実験をしたのもフタロシアニン系感光体という。

ところが、フタロシアニン系感光体はまだ絶対と言えるレベルにはなかった。しかし、LEDプリンタ開発をスタートさせた手前、感光体が出来なかったとは言えない状況になっており、フタロシアニン系感光体が間に合わないときのためにどうしても代替の感光体を用意しておく必要があった。

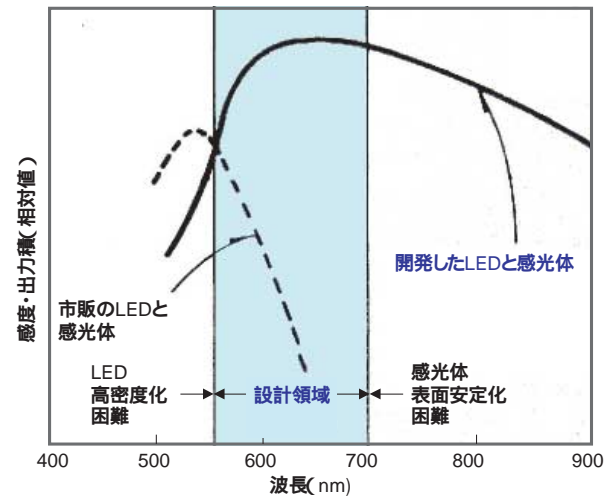


図1 感光体とLEDとの感度・出力積スペクトル

そこで、フタロシアニン系有機感光体の開発は研究所の材料部門に託し、自らは当時He-Neレーザープリンタで実績のあった、しかし一度は自らが候補から外したSe・Te(セレン・テルル)系感光体の改良開発に取り組むこととした。

Se・Te系感光体は、Teの濃度を増加させることにより長波長領域での光感度が向上することは知られていたが、高濃度化に伴い受容電位が低下し印字品質劣化の要因となる暗減衰が速くなったり、表面が結晶化しやすくなるなど、感光体としての機能がなくなるという不安定現象の解決が課題であった。そこで、感光体材料の物性特性、製造方法、製造条件、構成等様々な角度から検討を行い、図2に示すような3層構成のSe・Te感光体を開発したのである。

この感光体は、表面に近い方からSe(表面保護層)、Se・Te(キャリア発生層)、Se(キャリア移動層)の3層からなり、当時の他社製品と比べても最も高感度であると同時に

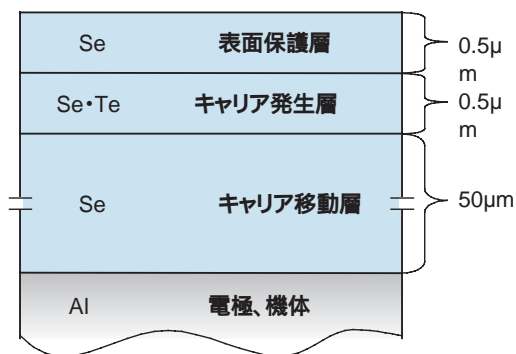


図2 3層構成の感光体

に、極めて長波長帯まで感度があるという特長があった。

フタロシアニン系有機感光体はLEDプリンタ1号機に間に合わせることができなかったが、このSe-Te3層構成感光体の開発でLEDプリンタはなんとか日の目を見ることができた。

なお、フタロシアニン系顔料は、現在の有機感光体（OPC：Organic Photoconductor）材料の主流となっている。現在、沖データが販売するLEDプリンタにも、フタロシアニン系の感光体が使われており、これを供給しているのは、LEDプリンタ1号機のSe-Te感光体とそれに続くフ

タロシアニン系有機感光体の研究開発を支え続けた功労者、山梨電子工業(株)（山梨県甲府市）である。

高密度化と発光量のばらつき
の課題を解決

NTTは、製造部門を持たないため、試作機の開発はメーカーに依頼するしかない。ところが、LEDアレイの開発を引き受けてくれたのは、当時の電電ファミリーといわれるメーカーの中で唯一、沖電気だけであった。

「当時は、本当にそんなことができるのかというのが一般の反応でした。高密度LEDアレイチップの開発は、研究所内部のLSI研究チームからも、“狂気の沙汰”と言われて拒否されたくらいですから、各社とも真剣に検討してくれなかったのだと思います。そのような中、LEDの研究も行っていた沖電気さんに引き受けていただき、本当に有り難かったですね。」(立石和義氏)

開発したLEDプリントヘッドの

主な仕様を表1に、概略構成を図3に示す。複数のLEDアレイチップで印字幅全域をカバーする方法として、チップの端面を切断したものを同士を接続して長尺のアレイにする、チップを千鳥状に並べ、発光のタイミングを電氣的に制御することにより印字上の連続性を保つ、チップを千鳥状に並べ、結像素子により感光体上での光像を一直線にする方法があったが、その当時の製造技術などを考慮して第1号機ではこの方式を採用し、16個のLEDアレイチップ（128bit/チップ）を千鳥状に2列に配列して、これを2本の収束性ロッドレンズアレイで感光ドラム面上に一直線上に光を結像させる方式をとった。

なお、収束性ロッドレンズアレイは、市販製品（商品名セルフオックレンズアレイ）を採用した。“ノンインパクト”グループの中で、立石氏の直接の指導者であった斎藤珠喜氏は光学系には非常に強かった。斎藤氏は途中でグループを代わったが、その際に立石氏はロッドレンズ

表1 LEDプリントヘッドの主な仕様

項目	主な仕様
光源	GaAs _{0.35} P _{0.65} LEDアレイ
発光波長	630 ± 10nm
有効印字幅	204.8mm(2048ビット)
素子数/チップ	128素子/チップ
使用チップ数	16チップ(A4判)
分解能	10ドット/mm
光伝達方式	集束性ロッドレンズアレイによる結像方式
データ転送/発光方式	シリアルデータ入力/1ライン同時発光
外形寸法	280W×90D×90H(mm)
重量	2kg

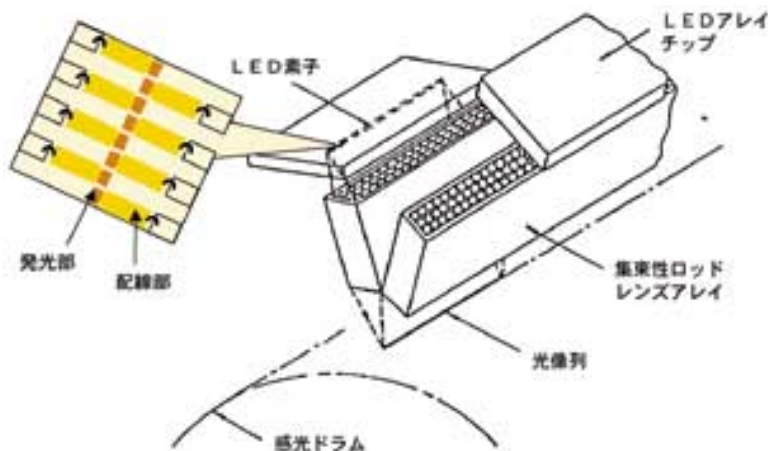
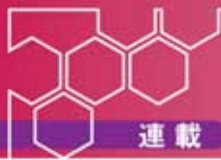


図3 LEDプリントヘッドの概略構成



までいわれた同社にとって、ノンインパクトプリンタとしてLEDプリンタ製品を市場投入した後の大きな課題は、インクジェットプリンタであった。

パソコンの個人ユースが増大するに伴い、インクジェットプリンタの市場は急拡大の兆しを見せ始めており、沖電気もインクジェットプリンタの開発を行うことを余儀なくされた。しかし、試作開発は行ったものの、商品として市場投入することは断念した。

「インクジェットプリンタの商品化をストップしたのは私です。私は、そのリソースをLEDプリンタに集中するように方向転換し、NIP事業の将来をLEDプリンタに賭けました。」(小西博氏)

1998年には世界初のLED方式による4本のドラムで4色分を同時に印刷するタンデム方式によるフルカラーページプリンタ「OP8c/ML8c」を市場投入した。その後もレーザ方式に対して圧倒的な強みを持つLED方式の特徴を生かしたカラーページプリンタを続々と投入している。

沖のLEDプリンタ出荷台数は、2004年度末までの累計で600万台、2004年度だけでも55万台(モノクロ35万台、カラー20万台)、年間1,000億円を超える規模にまで拡大している。特に、ここにきてカラーNIPの需要が急速に拡大してきており、今年度はカラーNIPだけでも年間30万台の出荷を目標にしているという。本年5月には、DTP用途や企業内の高品位オンデマンド出

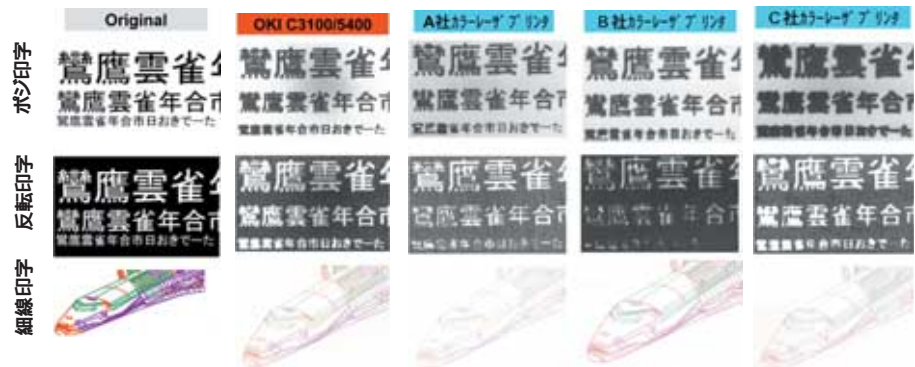


図4 他社製カラーレーザープリンタとの印字品質比較(文字、線の鮮明度)

力に最適なカラーNIPの新製品「9800シリーズ」及び「9600PS」を発表した。新製品は、多階調を実現する多値制御技術“VDC (Variable Dot Control)”を実装した新型LEDヘッドの採用により、従来2値(ON/OFF)だけでしか表現できなかった1ドット当たりの階調表現を、最大32階調(1200DPI/16階調、600DPI/32階調)まで高められるようにした画期的な製品だ。また、欧米市場向けにカラーMFP (Multi Functional Peripheral)」製品の販売を開始しており、いよいよ複合機市場にも本格参入している。

沖のLEDプリンタ事業(NIP事業)は、年間1,000億円を超える規模にまで拡大したが、ここまで成長させるのは並大抵の苦労ではなかったといえる。

おわりに

通信の分野は当然のことながら、NTT研究所のアクティビティが、日本の産業界を先導した事例はいくつもある。1979年からNTT研究所主導で行われた大型汎用コンピュー

タ「DIPS」の共同開発は、間違いなく国産メインフレームメーカーの育成・強化に貢献したし、NTT研究所のCODEC技術もいろんなところで使用されている。また、NTT研究所が発明した「SIMOX (Separation by Implanted Oxygen)」は、高速・低消費電力のLSIを実現する基板形成技術として、電子デバイス技術の進展に寄与している。本連載で紹介したLEDプリンタも、間違いなくDTP (Desk Top Publishing) の市場、さらにはカラーNIP市場の拡大に寄与し、産業界を先導しているといえる。

LEDプリンタ開発のキーマンであった立石和義氏の研究者に対するメッセージを最後に紹介し、連載の結びとしたい。

「謙虚さと信念と勇気を持って研究開発に従事して欲しい。考えに考え抜いて抱いた信念は簡単に崩れるものであってはいけぬ。腹を決めたら勇気を持ってチャレンジせよ。」

<参考文献>

- 1) 立石：「発光ダイオードアレイを光源とする光プリンタの研究」、1985年12月、学位論文(東京工業大学)
- 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25日号、pp.114-128