マイクロラインの歩み

末宗　俊郎　　手島　実
中村　正敏

マイクロラインは沖データのSIDM（シリアルインパクト ドットマトリクス）プリンタの商品名であり，現在も世界中で使用されている。ここではマイクロラインの誕生，その後の発展，今後の展開に付いて述べ，世界のブランドとして成功した経緯について技術開発の側面から纏めてみた。

マイクロライン誕生

1978年9月（昭和53年），米国のタンディー・ラジオシャック社から廉価プリンタの引き合いがあった。まだ産声を上げたばかりのパーソナルコンピュータに接続する出力装置の用途であった。これに応えて急遽，技術部では小型プリンタの設計と試作が始まった。技術者たちはその年の大晦日恒例の紅白歌合戦が始まる頃，ようやく作業を終了し，新型プリンタを作り上げた。正月早々，技術部の課長はでき上がった小型プリンタを箱型のバッグに詰め込み，手持ちで米国に飛んだ。このように開発された新型プリンタML（マイクロライン）80はSIDM方式で7ピンのワイヤドットヘッドを搭載し，従来のプリンタに比べ超小型軽量で，マイクロラインの最初のモデルとなった[1)]。

ML80の概略構成は以下の通り，非常にシンプルであった。

①メカトロ部
・プリントヘッド　　：1個
・パルスモータ　　：2個（主走査と副走査用）
②制御部　：片面基板1枚
（A5サイズ，トランス以外の電源部を含む）

これ以前は母型活字プリンタが当社の主力プリンタであって，シリンダ型，花弁型が製造されていた。これらの装置は，活字プリンタとして当時一流の性能を有していたが，現在のA3カラープリンタ並以上の重さがある装置であった。

ML80は1979年に発売開始され，そのエンジン部はパソコンif800 model120にも搭載された。民需市場にも展開し，ある程度の売上げが得られたが，これは次に続くオールドマイクロライン，ニューマイクロラインの登場を予測させるほどではなかった。

ML80以前のプリンタ生産台数に比べ，ML80では数百台，数千台と台数が多くなった。設計ミスがあると工場では大きな仕損が発生するため，技術部に対する工場の風当たりは強かった。しかし，3年後，次機種のオールドマイクロラインが売れ出した頃より，生産部門も技術部に協力してくれるようになった。

また，ユニークな思い出として，FCC（放射ノイズ規格）対策がある。現在のように電波暗室やオープンサイトは身近にはなかった。公式サイトを真似て広いスペースがとれる食堂で測定を行った。食堂のテーブルを片隅に寄せて測定し，食事時間が近づくと元に戻し，食事時間後，再セットするという忙しいものであった。 このような測定環境ではあったが，公式サイトの測定で，一度も不合格にならなかったのは今考えると不思議である。

オールドマイクロラインの成功

1981年（昭和56年）に，後にオールドマイクロライン（写真1）と言われるML82A（A4版）とML83A（A3版）が誕生した。このプリンタは造りが頑丈でタンクタフと言われた。この頃，パーソナルコンピュータの量産販売

写真1　オールドマイクロラインML92
（100万台製造の記念として金メッキされた）

時代が始まった。他社も海外で小型SIDMプリンタをパーソナルコンピュータ用プリンタとして売り始めていた。米国販売会社OKIDATAはこのタイミングを捕まえて，オールドマイクロラインの大量販売を始めた。これより，今までに経験した事の無い数量のプリンタが生産され，販売され始めた。

オールドマイクロラインでは技術的に大きなステップアップがなされた。それは信頼性の高いインパクトヘッドを作り上げた事である。当社のインパクトヘッドはバネ先端に溶接されたピン（ワイヤ）を，磁力で引き上げ，バネ力によってピンでインクリボンを叩く，バネチャージ方式を採用した。バネチャージ方式は他社のクラッパー方式（磁力でピンを叩く）に比べて，高速化，高印字力化，量産の面で有利であった。

しかし，バネチャージのバネとピンが折れ易く，ヘッド工場では毎日スクリーニングし，ロット全てを廃棄することもあった。ヘッドの信頼性を高めるため，当時ではまだ珍しかったYAGレーザ溶接機をいち早く量産に導入し，溶接の信頼性を高めた。また，ピン折れの試験機としてワイヤの回転試験機を考案し，量産に導入した。これはワイヤを湾曲させた状態のままワイヤを回転する事によりワイヤ全体に応力を与えるようにしたもので，信頼性の高い試験を行えるようになった。特筆すべきは，ピン用に超硬ワイヤを開発したことである。価格はアップしたがピン折れを無くし，耐久性を得た。超硬ワイヤは印字力が強く，同時に高速印字も可能とした。さらに黒色顔料として最適なカーボンブラックのインクリボンを使用する事ができた。他社のヘッドはワイヤにハイス鋼を使用しているため，カーボンブラックのインクリボンを使用すると摩耗が激しく，耐候性の悪い染料系インクリボンを使わざるを得なかった。この信頼性の高いヘッドがマイクロラインへの評価を高くし，“買ったら壊れない”というユーザの信頼を勝ち取った。

一方，バネチャージ方式は電力を多く必要とするため，2～3年後に設計したホームユース向けワープロ用低価格24ピンプリンタには，不利であった。しかし，これらの市場は後年にはインクジェットプリンタに取って代わられた。ワイヤドットヘッドにバネチャージ方式と超硬ワイヤを採用した事が当社のSIDMプリンタを息長く販売し続けられる要因となった。

プリンタの信頼性が高かった背景には，長年に渡って電電公社や金融機関向けの製品を製造してきた技術的伝統があった。そこから，ヘッド以外にもジャムが発生しない，誤動作しないプリンタが生まれた。また，他社のプリンタを見て「ここまで割り切っているからコストが安い」と学んではいたが，容易に迎合せずに，当社の持っている技術の高信頼性を維持し続けた事が成功に結びついた。

ニューマイクロラインとロボット組立工場の登場

1984年（昭和59年）に，ニューマイクロライン（写真2）と言われたML182／192，ML183／193を開発[2]し，発売開始した。ニューマイクロラインは小型軽量化を進め，置き場所に困らないコンパクトサイズを達成した。新技術として自走型ヘッドキャリッジとリインキングを開発した。この技術は現在のマイクロラインにも継続して使用されている。また，部品点数を削減し，オールドマイクロラインに比較して約1／2にした。自走型ヘッドキャリッジのダイレクト駆動に使用したモータと副走査用モータは新規に開発し，社内で生産した。

ニューマイクロラインは設計スタートから生産技術者を加え，量産ロボット組立を考慮した設計を行った。その中でケーブルレス実装を実現した。これにあたっては，従来のコネクタを使用できず，カスタムコネクタの開発を行った。一部は現在の300シリーズにも使用されている。ケーブルレス化のため各ユニットの結合は圧接方式を採用した。このため，振動による問題が発生し，対策に非常に苦労したが，その対策の技術内容が以降の開発に対して良い勉強になった。

制御部は当時としては初めてカスタムLSI（沖製）を採用した。また，小型化を実現させるため初めて面実装方式を採用し，実装密度を上げることができた。ヘッドおよびモータのドライバーにも初めて集積ドライバーを採用した。

主走査方向の自走型ヘッドキャリッジのダイレクト駆動には，当社で初めて自社開発したブラシレスモータを採用し，デジタルサーボ駆動方式で制御を行った。これ以前にもデジタルサーボ駆動方式を使用した製品があったが，デジタル制御部の部品が多くなるために一長一短であったが，先に述べたLSIの開発でロジック制御部の肥

写真2　ニューマイクロラインML182

大化を防いだ優秀な制御方法を確立した。また，副走査方向においては従来と同じパルスモータを採用し，制御方法としては他社と共同開発した1チップモータドライバーの開発により，当時としては，新しいバイポーラ駆動方式を採用した。コストを含め理想的な制御方法を確立した。この後のSIDMプリンタは基本的に本制御方法を踏襲している。

ニューマイクロライン製造のためロボット組立ラインが福島（海外向け）と高崎（国内向け）に設置された。

300シリーズの完成

1987年（昭和62年）にML320／ML321，ML390／ML391を開発し，出荷開始した（写真3）。この300シリーズは頑丈な構造とし，さらに高速，高印字品位の実現を目指した。技術は100シリーズで開発されていたとは言え，極めて短期間で商品化された。ML320／ML321は9ピンヘッドの低価格版であり，ML390／ML391は24ピンヘッドの高印刷品質版であった。この300シリーズはタンクタフのイメージを復活して売り上げを伸ばした。OKIDATA社では当初9ピンより24ピンタイプの売上げ伸張を予測していたが，実際には9ピンタイプのML320／ML321が売上げを伸ばした。24ピンタイプも出遅れたがVAR（付加価値市場）に好評を得て売上げを伸ばした。

300シリーズにおいて技術的にはフルモールドを完成した。フルモールドとは装置筐体に板金を使用せずに，ロアカバーとシャーシをモールドで一体的に構成したものである。同時にモールド部品を嵌め込みで抜けない構造としてネジの本数を6本までに減らし，実質的にネジレスとした。

媒体回りも強化した。媒体搬送はプッシュトラクタを標準として，さらに，従来のプルトラクタを選択できるようにして2種類のペーパパスのルートを設けた。

300シリーズは制御基板実装を垂直にしたこと，筐体がフルモールド化されたことから，FCC対策に非常に苦労した。また，9ピン/24ピン同時開発のため，当初は電波暗室で交互に対策を行っていたが間に合わず，体育館に測定器をもう1セット備え，徹夜の連続で何とかスケジュールを達成した。

100シリーズはローエンド市場に，300シリーズはVARやミドルエンド市場に並売された。また，ハイエンド市場にはベースマークと言われた高速機が販売された。マイクロラインは“買ったら壊れない”という高い信頼性から競合他社より同じ装置仕様でも高いストリートプライスで売る事ができた。

マイクロラインにおけるエミュレーション（コマンド

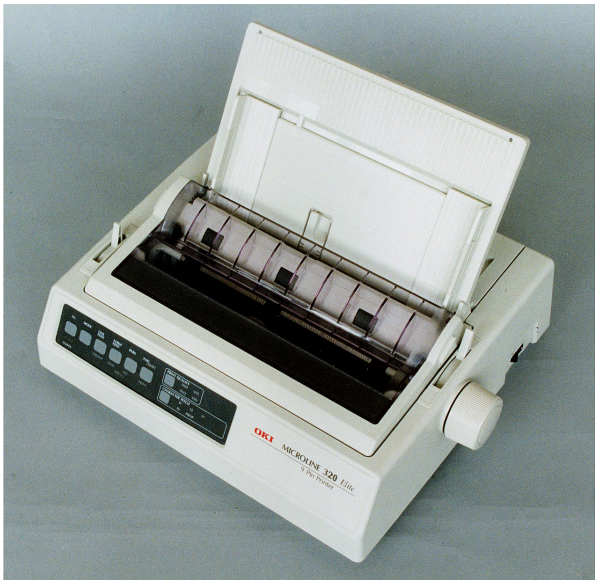

写真3　マイクロライン 320

形態）は，他社コンパチブルのエミュレーションが多く売れた。このため，当時ファームウェア開発部門は，他社コンパチブルエミュレーションを作成するに当たり，他社機を十分に調査し他社機のバグまで真似る程，コンパチビリティの確保に努力していた。実際他社機のバグであって当社が正しく動作していても，他社と動きが違うと言うクレームが来たのは一度や二度ではなかった。

この機種の前にML200シリーズというカラーの18ピンプリンタの開発を行った。この機種の開発に当たり，24ピンでなく18ピンを選んだ。その理由はエミュレーションのコンパチビリティの確保を優先したためであった。24ピンをセレクトすると，従来の9ピンプリンタ（ML82A等）とコンパチビリティが無くなるが，18ピンであれば整数倍のためコンパチビリティの確保が容易であった。結果的にはこれが間違いで，その後他社より出された24ピンプリンタが多ピン市場では主流となった。結果的には印刷品質を重視した24ピンがユーザの支持を得た。この教訓として，コンパチビリティ等も当然大事だが，何よりも大事なことはユーザから見て本当に良いものを作ることだと身を持って知らされた。

500シリーズの完成

1992年（平成4年）にインテリジェントヘッドを搭載した500シリーズ（ML520／ML521，ML590／ML591）を開発し，販売を開始した（写真4）。500シリーズは種々の媒体に安定に印字できる媒体対応力向上を目指した。インテリジェントヘッドとはワイヤの動きを静電容量の変化として検出することにより，ワイヤ駆動にフィードバッ

表1　マイクロラインの型名と出荷開始年

	海外市場						国内及び中国(漢字プリンター)					
	9ピンプリンター		24ピンプリンター		高速機(A3)		24ピンプリンター		24ピン水平プリンター		高速機(A3)	その他
	A4機	A3機	A4機	A3機	9ピン	24ピン	A4機	A3機	A4機	A3機	24ピン	TTP,18pin
1979(S54)	ML80											if800-model-10
1980(S55)	ML82	ML83									ET8530	
1981(S56)	ML82A	ML83A					ET5300	ET8300				if800-model-20
1982(S57)	ML92	ML93			PM2410							
1984(S59)	ML182/192	ML183/193					ET5320		ET5320S	ET8550S	ET8550	Oki-Mate
												ML292/3/4
1987(S62)	ML320	ML321	ML390	ML391		ML393	ET5330				ET8560	if800-model-30
			ML380									
1989(H1)						ML395				ET8560S		
1990(H2)									ET5320S II			
1991(H3)					PM3140							
1992(H4)	ML520	ML521	ML590	ML591			ET5350	ET8350				
1993(H5)	ML320VE	ML321VE								ET8370S	ET8570	
1994(H6)			Pass-Book						ET5330S	ET8350S		
1995(H7)	ML320R	ML321R	ML390R	ML391R								

クを掛け，印刷媒体の凹凸に合わせて印字力を制御する技術である。インテリジェントヘッドを使うと印刷媒体の厚さや印刷媒体とのギャップを検知して一定に印字する事が可能になった。

500シリーズは媒体搬送において300シリーズより更に強化し，連続紙やカット紙に対して3種類のペーパパスのルートを設けた。

300Rシリーズの完成

1995年（平成7年）に300Rシリーズ（ML320R/ML321R，ML390R/ML391R）を開発し，出荷開始した。300Rシリーズは300シリーズの後継機として速度アップし，コストダウン（VE）を行った。海外生産を進め，UK工場とタイ工場で生産を立ち上げた。

写真4　マイクロライン 520

市場ではレーザプリンタやインクジェットプリンタが立ち上がり，一般のユーザはSIDMから離れていった。しかし，VARを含む信頼性を要求するユーザはSIDMの使用を減らさなかったので，当社のマイクロラインの販売数量は比較的影響を受けずに推移した。

当時の不思議な話として，9ピンプリンタの方が24ピンプリンタより高い値段で売ることができた。9ピンプリンタについては当時の海外販社マーケッティング部門から，「何も変更しないで現状通りのものを作り続けてくれ。稀に他社で新機種が出た時だけ速度を他社並にしてくれ。」と言われた。しかし，会社の収益をさらに上げるために，300Rの開発を行うことにした。一方，24ピンプリンタについては，通常のビジネスユースでは9ピンプリンタで十分なため，インクジェットに近いコストを要求された。しかし，24ピンプリンタは漢字圏である日本，中国で収益に貢献した。特に水平プリンターは当社が世界最初に製品化し，中国を始め大きな売上を記録した。欧米においては24ピンプリンタは9ピンプリンタのように大ヒットしなかったが，収益に貢献した息の長い優良製品であった。

海外出張に行くと，ホテルやDuty-Freeにおける伝票印刷，スーパーの事務所，レンタカー会社の近郊地図出力で当社のマイクロラインを見る事ができた。

表1にマイクロラインの型名と出荷開始年を示す。

ワイヤドットヘッドの歴史

マイクロラインの歴史はワイヤドットヘッドの歴史そのものと言える。昭和53年頃，プリンタ市場は母型活字プリンタが全盛であったが，他社から小型・軽量・低価格なSIDMプリンタが商品化され，急速に市場を広げ始めた。当社でもSIDMプリンタを開発・商品化していたが，

当時のワイヤドットヘッドは重厚壮大なものでプリンタも専用テーブルに載せるほどの大きなプリンタであった。プリンタを小型・軽量・低価格化するためにはワイヤドットヘッドの小型・軽量化無くして達成なし！との強い方針のもとでヘッドの開発が昭和53年9月からスタートした。

当時，ワイヤドットヘッドの方式は電磁石で可動子の先端でワイヤを押出すクラッパー方式と，永久磁石の吸引力を電磁石で打ち消す事によりバネを開放してバネ先端のワイヤを押出すバネチャージ方式の2種類があった。クラッパー方式は競合他社が先行していたこと，また印字速度には不利との判断から採用を避けた。バネチャージ方式は当時，高速印字プリンタ用ワイヤドットヘッドとして使用されていたが，形状が複雑で大きく，かつ高価なものであった。しかし，我々はこのバネチャージ方式を採用し，打撃の中心の原理を応用して小型・軽量・高速・高印字力・低価格の可能性を追求した[3)]。

小型化・低価格化・軽量化の方法は，部品点数の削減，加工工数の削減，組立の簡略化であり，これらを徹底的に検討して開発されたのがリング状マグネットに部材を積層したワイヤドットヘッド（写真5）であった．稼働部は1枚の円形バネ鋼に中央に向かう7枚の舌片を形成し，その先端部にドットワイヤを取り付けたもので，構造的

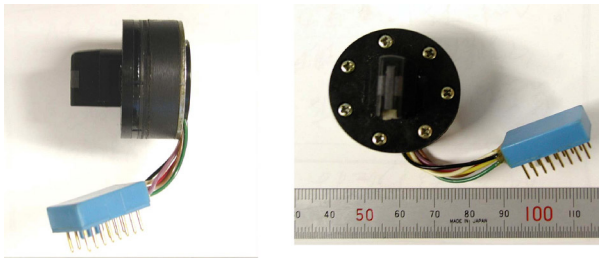

写真5　小型ワイヤドットヘッド

にシンプルであった。ドットワイヤには，ステンレス鋼，ステンレス鋼のタフトライド処理，タングステン鋼，ピアノ線等考えられることはほとんど試作し，現在の超硬ワイヤを選んだ．

当初，このバネチャージ方式ヘッドは板ばねの吸引・解放部に円筒状のアーマチャアを接続し，バネ先端にドットワイヤをロー付け溶接するものであったが，印字力が得られなかった。そこで，アーマチャアを先端まで伸ばし，このアーマチャア先端にドットワイヤを接続することで印字力を得ることができるようにした。しかし，ここで大きな問題が発生した．アーマチャアと板バネの接続はレーザ溶接による接続としたが，この溶接部分から板バネが折れるという事故が発生した。レーザ溶接部は金属組織が変質するので，これが大きな原因であろうと，溶接エネルギーを色々振って溶接してみたがバネ折れは改善しなかった。また，溶接面積が一部に集中していることによる原因であろうと，溶接点を1点から数十点にしたがやはりバネは折れた。色々試してみたが何をやってもバネは折れるの連続であった。すでに量産は始まっており，この溶接の信頼性はロット評価で決めていた。しかし，根本的解決策となったのが不合格となった大量の溶接バネを片づけながらの生産技術担当者が言った

「溶接部のそばに穴をあけよう。」

の一言からであった。穴をあけた製品は以後全く折れることなく信頼性試験をクリヤした。バネ折れの原因は，溶接部に剪断応力や引張応力が働いているのではなく，剥離力が働いていたものであった。現在ではコンピュータによる解析が簡単にできるので，すぐに判明するような事故であった。

この問題の解決後，マイクロラインプリンタは7ピンヘッドから9ピンヘッドになり，快調に売り上げを伸ばして行った。ワイヤドットヘッドの高信頼性がマイクロラインの売り上げに大きく貢献した。

ワイヤドットヘッド（9ピン）の今までの生産数量の推移を図1のグラフに示すが，当初は高崎工場で生産，次に富岡工場へ移管され，その後福島工場へ移管され，さらに現在はタイのチェンマイ工場で大量に生産されている。

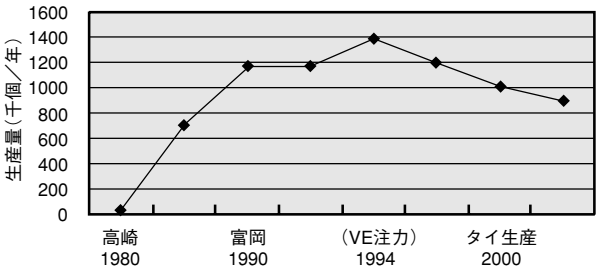

図1　マイクロラインヘッド（9ピン）の生産数量推移

今後のマイクロラインの展望

マイクロラインシリーズは，十数年前に開発されたML320／321（9ピン），ET-5320（24ピン）が現在継続販売されていることからも解るように，全世界で多くのユーザに可愛がられ，継続して愛用されている。特に海外におけるマイクロラインのブランドアウェアネスは極めて高いものがある。

SIDM市場は年々縮小する傾向であり，その多くはノンインパクトページプリンタへのシフトによるもので，取り巻く環境は厳しさを増している。しかし，北米におい

て高いシェアを取っているなど，世界的に見ればマイクロライン製品の存在感はまだまだ大きい。

特に製品別に見ると，ミッドレンジ以上の製品シェアは世界の各国でトップレベルのポジションにあり，高品質，高信頼性を裏付けるものと確信している。このような高信頼性の具体的な話として，販社から「カタログに記載されているMTBF（Means time of failure）値は実力値より低い，どうしてもっと上げないのか？」との要望を良く受けている。外観だけでなく，品質面を踏まえてタンクタフと言われる由縁である。

SIDM成長期は，高速化を追求した性能重視，スケールメリット重視の開発コンセプトで行われてきた。しかし，プリンタ市場動向がカラー化含めたノンインパクトページプリンタへシフトしている現状での市場要求は，ネットワークの接続性へ，単なる印字速度だけでなくトータル処理能力としてのハイパフォーマンスへ，あるいは媒体セット操作性へと変化してきている。さらに，地域によってはランニングコスト，消耗品を含めたコストパフォーマンスも強く要求されている。このため，これまでの基本性能重視の製品ではなく，それぞれのビジネス，それぞれの地域に合ったプロダクトが必要であり，具体的には北米，欧州，および日本含めたアジアに対してどのような性能仕様を提供できるかを明確にしていくことが重要となっている。

確かにSIDM市場はシュリンクしてきているが，裏を返せばSIDMでなければならない，SIDMのメリットを生かせる市場に限定されてきたとも考えられる。その視点から見ればターゲット市場がより鮮明になってきており，確実な市場が残ってきたとも言え，いかにこれらを意識した製品開発を行えるかが重要な課題である。

これを実行するために，これまでマイクロラインで培った技術の継承，特に信頼性の高いヘッドを機軸に，汎用プリンタもさることながら，水平プリンタ含めた製品の開発およびローカライズによるきめ細かな展開を図っていくことが重要である。

世界的にSIDM市場がシュリンクする中で，唯一市場維持が見込まれる中国は今後非常に魅力ある市場であり，これまでも製品を市場へ投入しているが，これからはますますこの市場を意識した製品開発が要求される。中国では色々な紙質の媒体があり，より媒体対応力が求められている。

最近は特に地球環境保護への取り組みがクローズアップされてきているが，リボン長の短い小型化を図ったリインキング方式を採用する等，廃棄物の抑制に取り組んできた。

ま と め

SIDMプリンタの世界的ブランドであるマイクロラインの誕生から今後の展望まで，技術の側面からまとめた。今回記載したものは一部であり，この他にも数多くの努力が積み重ねられてマイクロラインが創られてきた。また，今回多くは記載できなかった製造，販売の立場からも多くの人々が今日までマイクロラインを支えてきたことは言うまでもなく，ここに深謝する。 ◆◆

■参考文献

1）磯部，他：小型，低価格ワイヤドットヘッドの開発，沖電気研究開発，Vol.46 No.2，pp.67-72，1980年
2）菊地，田沼，太田：プリンタのメカトロ技術，沖電気研究開発第126号，Vol.52 No.2，pp.11-20，1985年
3）大森，安藤：ワイヤドットヘッド技術，沖電気研究開発第126号，Vol.52 No.2，pp.21-30，1985年

●筆者紹介

末宗俊郎：Toshiro Suemune.ネットワークシステムカンパニー CTI営業本部プリンタプロジェクト マネージャ
手島実：Minoru Teshima.株式会社沖デジタルイメージング技術第2部 部長
中村正敏：Masatoshi Nakamura.株式会社沖データシステムズ SIDM技術統括 GM