

# ワークステーション周辺装置の動向

## Technical Trends of Peripheral Systems for Workstation

最近、開発が活発化している多機能ワークステーションは、入力、出力、ファイル、通信、処理機能が有機的に一体化した分散処理システムと考えてよく、使いやすさを志向した各種の技術を導入する傾向にある。本論文では、ワークステーション周辺装置に関する最近の技術動向を概観するとともに、入力技術については、紙と鉛筆と消しゴムによる従来の文書作成、編集業務を全電子化するための手書き認識付き入力表示一体化平面ディスプレイ、またファイル、出力装置については、次世代技術として期待の高い垂直磁気記録、光磁気ディスク、高精細液晶ディスプレイなど、日立製作所で最近開発した最新技術の概要について紹介する。

西原元久\* *Motohisa Nishihara*  
 平沢宏太郎\*\* *Kōtarō Hirasawa*  
 浜田長晴\*\* *Nagaharu Hamada*  
 川上英昭\* *Hideaki Kawakami*  
 田村 喬\*\*\* *Takashi Tamura*

### 1 緒 言

分散処理システムの中核である多機能ワークステーションは、マイクロプロセッサ、メモリ、周辺装置を有機的に接続した計算機システムであり、特に最近、ユーザーにとって使いやすいシステムにするための各種の技術開発が活発に行なわれる傾向にある。本論文では、入力、出力、ファイル、通信に関するワークステーション周辺システムについて、最近の技術動向と日立製作所が開発した最新の技術について述べる。

入力技術については、使いやすさを向上するため、認識技術を多用する方向にあり、手書きの文字や図形の認識、音声の認識などを実用化し、マンマシンインタフェースを高度化する研究が活発である。

出力技術については、複写機の技術をベースにして開発したレーザビームプリンタが、最近、小形化が可能になったため、電子ファイリングシステム、ワードプロセッサ、パーソナルコンピュータなどの出力装置として期待されている。一方、次世代LCD(Liquid Crystal Display)技術の開発も盛んであり、高精細化、高速化、カラー化などの開発が加速されつつある。またファイルについては、記録面に垂直な方向の磁化でデータを記録する垂直磁気記録方式、高SN比(信号対雑音比)を確保するため、光ヘッド、記録媒体に工夫を凝らした光磁気ディスクの実用化が間近である。

### 2 入力技術

ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなど、主として文字を扱う機器では入力の主体はキーボードであったが、近年CRT(Cathode Ray Tube)などの表示画面とマウスやタブレットなどのポインティング機器とを組み合わせた絵文字によるメニュー選択方式が一般化してきている<sup>1)</sup>。しかし、OA(Office Automation)の進展のためには、更に簡便な入力技術の確立が不可欠であり、日立製作所では、紙と鉛筆による文書作成のイメージを具体化した新しい入力一体化ディスプレイのプロトタイプを完成した<sup>2)</sup>。この入力一体化ディスプレイは、図1に示すように座標入力のためのタブレットと入力結果を表示するための液晶ディスプレイが重なった構造になっており、使用者は、あたかも紙の上で作業しているかのような簡便な操作で文章や図形を入力することができる。

また、文書の編集やファイルなどの操作に対しても簡単な図形によるシンボリックコマンドで入力指示できると同時に、音声認識によるデータやコマンドの入力も試みている。

一方、既に作成された文書や図面に対しては自動入力が必要であり、OCR(Optical Character Reader)やファクシミリ

表1 高精細カラーキャナの仕様 プロトタイプとして開発を終了した高精細カラーキャナの主な仕様を示す。

項 目	内容及び仕様
読 取 り 方 式	3色同時線順次
読 取 り セ ン サ	3色一体形CCDセンサ
読取り分解能・階調	16画素/mm, 16階調
読 取 り 速 度	3ms/line・3色(15秒/A4)
信 号 処 理 L S I	ひずみ補正用(FVP), カラー演算用(ISP)

注：略語説明 FVP(Facsimile Video Processor)  
 ISP(Image Signal Processor)  
 CCD(Charge Coupled Device)

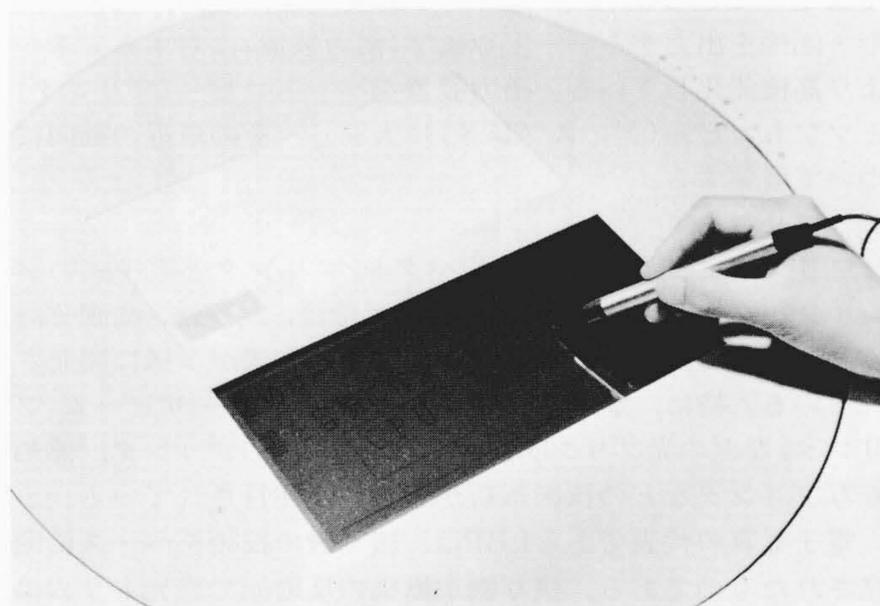


図1 入力一体化平面ディスプレイ 表示画面上から直接ペンで座標を入力できる入力一体化平面ディスプレイの外観を示す。

\* 日立製作所日立研究所 \*\* 日立製作所日立研究所 工学博士 \*\*\* 日立製作所中央研究所



図2 高速カラーファクシミリ 高精細カラスキャナを使用した高速カラーファクシミリの外観を示す。

を介しての入力が実用化されている<sup>3)</sup>。しかし、従来のこのような機器は、白黒2値又はモノクロームの図形や画像に限定されており、カラー化が強く望まれていた。このため、表1に示すような高精細カラスキャナを開発し、図2に示す高速カラーファクシミリのプロトタイプを完成した<sup>4)</sup>。更に、入力された図面の内容を認識し、設計用のデータベースに自動的に展開できるオートディジタイザも完成している<sup>5)</sup>。

以上述べたように、入力技術の動向としては、使いやすさの追求が急務であり、認識や理解といったより高度な情報処理技術をいかにコストパフォーマンスよく具体化するかが大きな課題となってきた。日立製作所は半導体技術からシステム技術まで幅広い分野の技術を結集し、ヒューマンフレンドリな機器及びシステムの開発に注力している。

### 3 出力技術

事務作業の機械化がいっそう進み、人間がより高度な判断や決定のできるOAシステムへと進展するに伴い、文書・図形・画像を出力するハードウェア(出力装置)に対する要求がより高機能化している。出力装置をハードコピー(プリンタ)とソフトコピー(ディスプレイ)に大別し、その最近の動向について展望する。

#### (1) プリンタ

プリンタには機械式のインパクトプリンタと電子式のノンインパクトプリンタがある。近年では、高速性、高画質、カラー化が可能なことなどから、後者の方式が多様に開発されている。特に、電子写真方式であるLBP(レーザビームプリンタ)などの光プリンタ、インクジェットプリンタ、感熱転写プリンタなどの技術革新が著しく、注目されている。

電子写真の代表であるLBPは、複写機の技術をベースに開発されたものである。複写機が原稿の反射光で感光ドラムに感光させるのに対し、LBPではレーザ光を走査して感光させる。そのため、イメージ情報を高速で出力するのに適している。これまでは、コンピュータの出力装置であるラインプリンタとして開発されたものが多い。

最近では、これを小形化し、電子ファイリングシステム、

ワードプロセッサ、パーソナルコンピュータなどの出力装置として、小形LBPが出現した。これは、高速性に加えて、ドット密度が高く画質が良いこと、比較的価格が安いことなどの優れた性能の機種が開発されたためである。日立グループでは、最近SL-1000とLB01の2機種の卓上形レーザプリンタを開発した。いずれも半導体レーザを光源とする小形機である。後者のLB01では長波長感度をもつ長寿命有機半導体を感光ドラムに採用した機種である(表2)。

一方、カラー画像の出力装置としてカラープリンタの開発が盛んであり、感熱転写方式、インクジェット方式の応用例が多い。後者の例として、日立製作所では独自のマイクロドット方式を開発し、高精細カラープリンタを実現した。その出力画像の例を図3に示す。

#### (2) ディスプレイ

ディスプレイの代表はやはりCRTであり、情報分野へのニーズが高いディスプレイ管の伸長が著しい。ニューメディアのソフトコピーとして技術開発が活発化しており、特に高精細化への要求が高い。日立製作所では、先の「1984日立技術展」で公開したように、高品位テレビジョン用カラーディスプレイとして24形直視ディスプレイを開発した。これは、蛍光面ドットピッチ0.31mmの高輝度高解像度100度偏向インライン細ネックカラーブラウン管を用いたものであり、水平解像度1,000TV本の高精細画像を表示できる。今後、情報用へと広い応用が期待される。

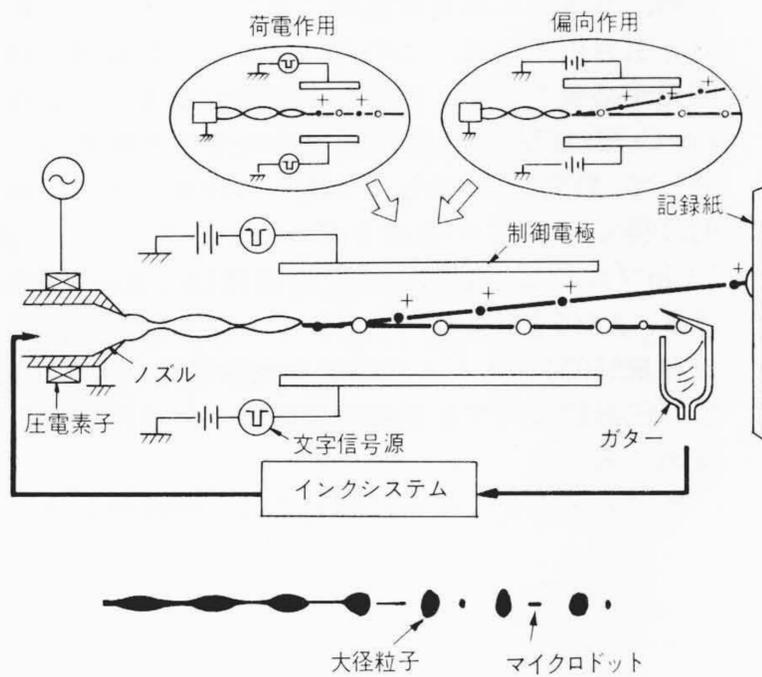
一方では、平面化の要求にこたえてフラットディスプレイの研究開発が盛んである。液晶、プラズマパネル、蛍光表示管、エレクトロルミネセンスディスプレイなど多種多様なものが出現してきた。

この中で比較的大きな市場を獲得し、進歩が著しいのは液晶ディスプレイである。最近では、1画面に128×480ドット、200×640ドットあるいは256×640ドットをもち、半ページから1ページの情報を表示できるLCDが製品化され、ポータブルパーソナルコンピュータなどに応用される状況にある。

一方、次世代LCD技術の開発が盛んであり、ねらいは高精細化、高速化、カラー化などである。高精細LCDの動向としてスメクチック液晶が注目される<sup>6)</sup>。日立製作所では、熱書込

表2 卓上形レーザビームプリンタの製品仕様 卓上形レーザビームプリンタの例を示す。半導体レーザビーム方式に特徴がある。

項目	機種	SL-1000	LB01
タイプ		卓上形	卓上形
方式		半導体レーザビーム方式	半導体レーザビーム方式
感光体		セレン(Se)	有機光導電体
印刷速度		12ページ/min	15ページ/min
ドット密度		300ドット/in	240ドット/in
用紙		普通カット紙	普通カット紙
用紙サイズ		A3(縦), B4, A4, B5	A3(縦), B4, A4, B5, A5
寸法		幅680×奥行500×高さ350(mm)	幅750×奥行570×高さ450(mm)
インタフェース		ビデオインタフェース	ビデオインタフェース
オプション		コピー機能 シリアルRS-232Cインタフェース パラレル8ビットインタフェース 日立製フォント用キャラクタゼネレータ	300ドット/inダブルカセット機構 コンソールベース(スタンドアロンタイプ用) ページそろえ(フリッパー)機構 用紙連量拡張機構



(a) マイクロドットインクジェット記録方式の原理図



(b) 高精細フルカラープリンタ試作機による記録 (16ドット/mm) をカラー写真で縮小したもの(画面サイズ180×230mm<sup>2</sup>, 記録時間1分25秒)

図3 マイクロドット方式高精細フルカラープリンタ マイクロドット方式を用いたインクジェットプリンタの原理図と出力画像例を示す。

ミスメチック液晶を用いた500×720ドット(4ドット/mm)のLCDを開発した。更に、TFT(Thin Film Transistor: 薄膜トランジスタ)マトリクスと液晶とを積層し、カラーフィルタを組み合わせた大面積カラーLCDの実現も近く、今後のフラットディスプレイの動向に期待が寄せられている(図4)。

#### 4 ファイル技術

情報処理装置の急速な用途拡大や多様化に対応して、ファイル記憶装置も大容量化、高速化に代表される性能の向上を果たすと同時に、記憶容量、価格、外形寸法など、各々のシステムに適合したものを開発し提供してきている。図5は、記憶容量と価格に着目して各種ファイル記憶装置の位置付けと今後の展開方向を示したものである。同図に示すように、

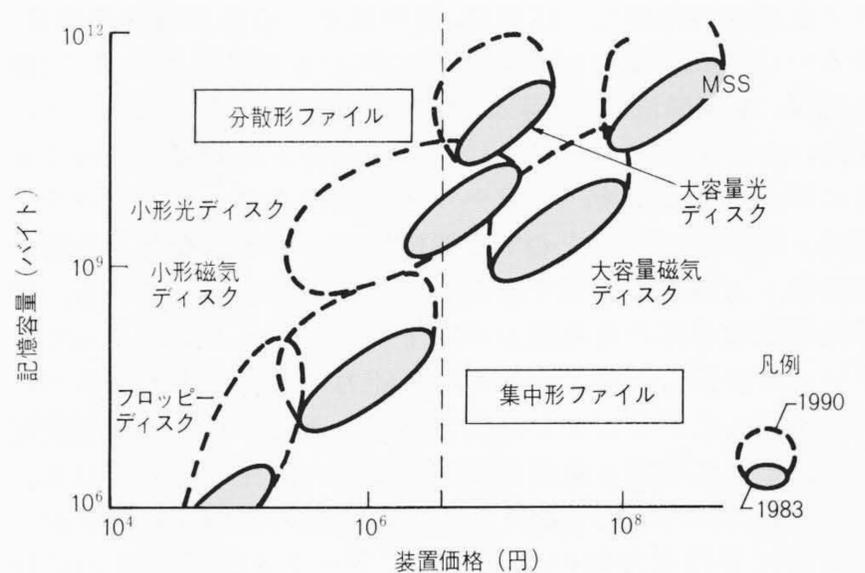
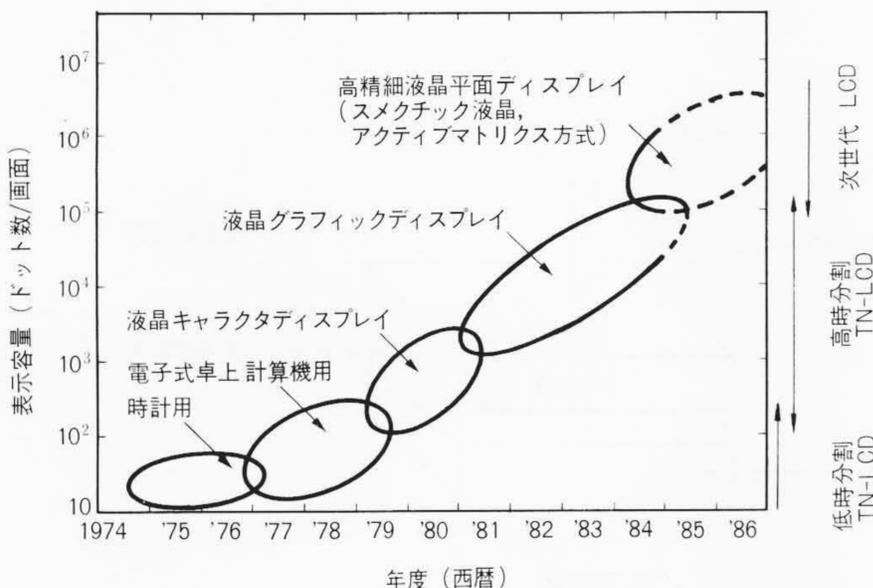


図5 各種ファイルメモリの位置付けと展開 各種ファイルメモリの記憶容量、価格の観点からの位置付けと展開方向(点線)を示す。集中形と分散形に大別できる。



注: 略語説明 TN-LCD(Twisted Nematic Liquid Crystal Display)

図4 液晶ディスプレイにおける表示容量の推移 液晶ディスプレイの表示容量の増加傾向を示した。最近では、200×640ドット、256×640ドットで約2,000文字表示能力をもつ液晶ディスプレイモジュールが製品化されている。

ファイルは大形計算機システム向けの集中形ファイルと、ワークステーションやミニコンピュータ、パーソナルコンピュータなどの小形情報処理システムのファイルとしての分散形ファイルに大別できる<sup>7)</sup>。記憶装置としては、磁気記録技術に応用した磁気ファイルが主流であり、特に分散形小形ファイルの分野では、8inあるいは5¼in径のディスクを用いた小形磁気ディスク装置及びフロッピーディスク装置が主に用いられる。最近実用段階に入った追記形光ディスクファイル<sup>8)</sup>は、現在では文書、画像などを含む大量データを蓄積できる集中形ファイルとして位置付けているが、今後の方向として小形低価格の分散形ファイルとしての発展も図りつつある。これら磁気ファイル及び光ファイルの性能、技術の現状と将来動向について以下に展望する。

表3に最新の小形磁気ファイルの代表例として5¼in径ディスクを用いたDK511形磁気ディスク装置と5¼inフロッピーディスク装置FD541の主要性能を示す。いずれもこの分野

表3 代表的小形磁気ファイルの性能 最新の小形ハードディスク装置及びフロッピーディスク装置の性能を示す。いずれもその分野で最高性能の製品である。

項目	形式 DK511-3~5 (5¼inハードディスク)	FDD-541 (5¼inフロッピーディスク)
記憶容量 (アンフォーマット)	36.4~51.0Mバイト	6.5Mバイト
アクセスタイム(平均)	30ms	100ms
回転数	3,600rpm	720rpm
データ転送速度	625kバイト/秒	375kバイト/秒
線記録密度	9,340bpi	29,560bpi
トラック密度	784tpi	125tpi
記録変調方式	MFM	2~7

注：略語説明 MFM(Modified Frequency Modulation)

で最高性能の製品である。

大形大容量磁気ディスク装置の例では、約4倍/5年の割合で高密度化が進んでいる。小形ディスクの場合、この傾向はさほど明確ではないが、小形ディスクは大形ディスクの技術を取り入れて進歩することを考えれば、同程度の割合で高密度・大容量化を実現できると考えてよいであろう。磁気ディスク記録膜の薄膜化と抗磁力、角形比などの磁気特性の改良、あるいは現在の塗布形ディスクに代わる連続膜ディスク(酸化鉄膜、金属磁性膜)の導入、高効率微細形状の磁気ヘッドの開発、ヘッドをディスク上にサブミクロンの間隔を保って安定に浮上させる技術、磁気ヘッドを目的のデータトラックに高速・高精度に位置決めする機構やサーボ方式など、今後の高密度・大容量を達成するための技術開発を図っている。情報処理装置本体の処理能力の向上及び小形化とあいまって、ファイル装置も大量データの貯蔵能力に加えて小形省スペース化を図っていくことも必要である。更に、将来の高密度記録方式として有望な垂直磁気記録技術の研究も進めている。垂直記録方式の原理を図6に示す。現在の面内記録方式が、記録膜に平行な方向の磁化としてデータを記憶するのにに対し、垂直記録方式では面に垂直な方向の磁化としてデータを蓄える。面内記録では互いに向き合う磁化の間に減磁作用が

働き、高密度になるほど磁化が弱まり高密度化を妨げる。これに対し垂直記録では、隣り合う磁化が強め合うように働くため、基本的に高密度記録に適している。この垂直記録の利点を引き出すには、この方式に適した記録膜、磁気ヘッドの開発が必要であり、結晶配向制御の工夫による高垂直配向のCo-Cr記録膜や強い垂直磁界を発生する磁気ヘッドなどを開発して、最高23万bpiという現在の10倍以上の記録密度を実験的に得ている。この技術をフロッピーディスクに適用すると、5¼inフロッピー装置で線記録密度10万bpi、記憶容量34Mバイト、また5¼in小形ハードディスクでは記録密度6万bpi、記憶容量250Mバイトと飛躍的な大容量化が実現可能である。新しい記録膜に対する信頼性の確保が、実用化へのかぎとなる課題である。

光ディスクファイルに関しては、前述のように追記形光デ

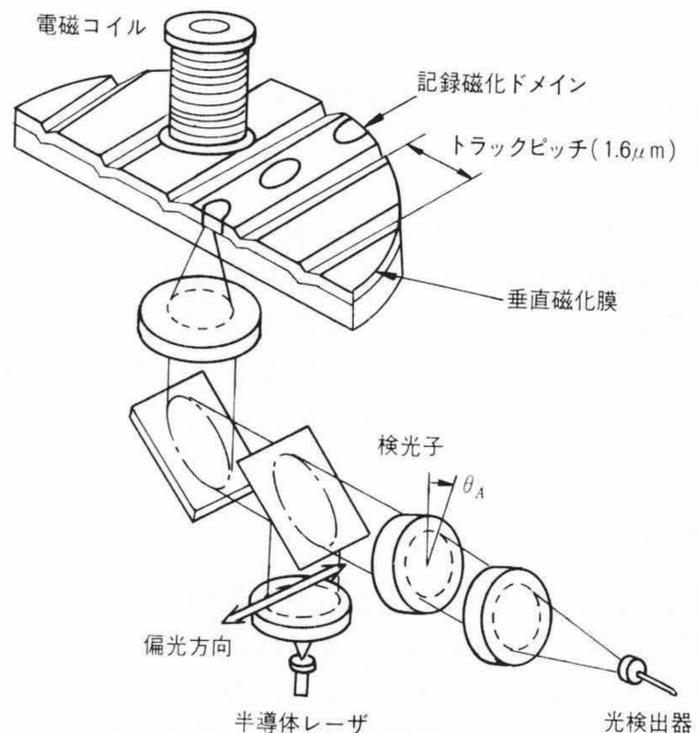


図7 光磁気ディスク装置の基本構成 データの消去及び記録は、磁化膜を光パルスで熱した状態で外部磁場を印加して行なう。再生はカー効果を利用し、磁化ドメインからの反射光の偏光を検出する。

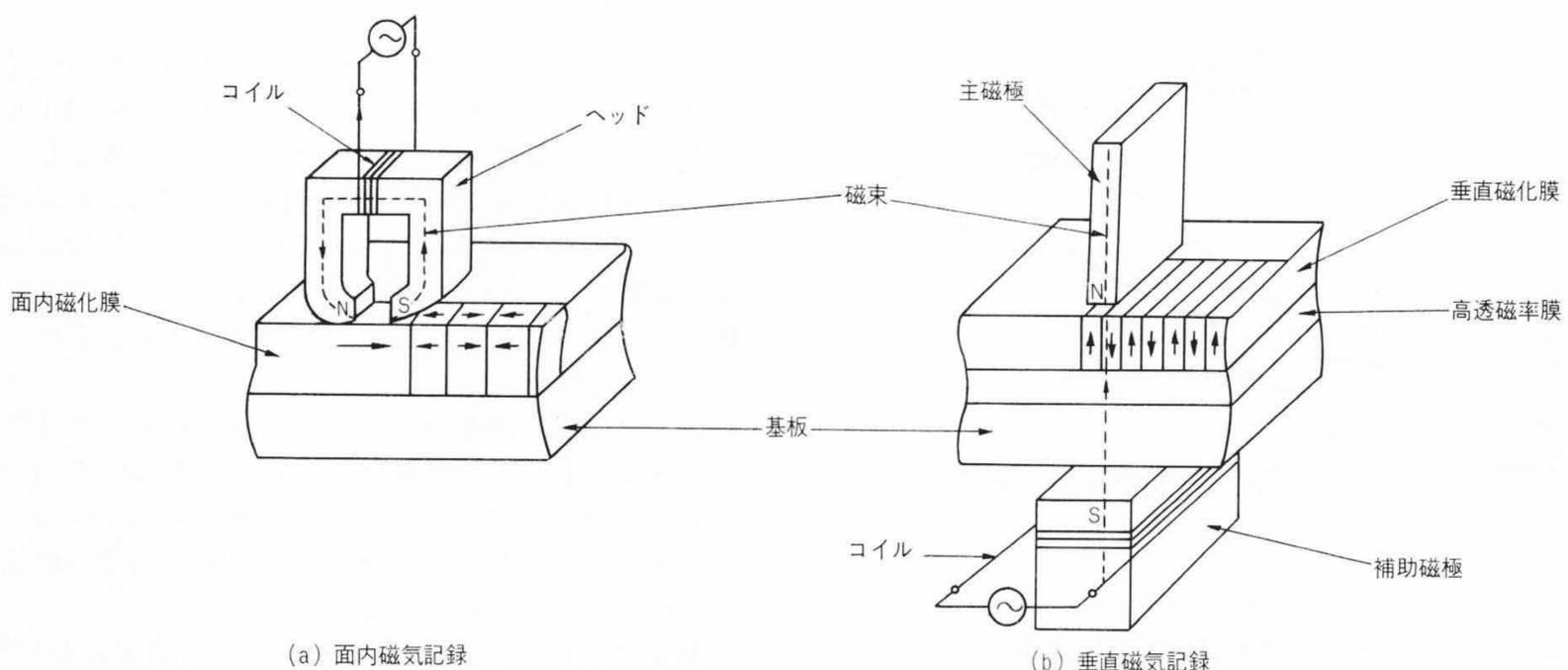


図6 垂直磁気記録の原理 垂直記録では記録面に垂直な方向の磁化としてデータを蓄える。隣り合う磁化が強め合うため、本質的に高密度記録に適している。

ディスクが実用段階に入っている。追記形はPb-Te-Se系記録膜にレーザー光で熱的に形成したピット列の形で情報を記録し、再生はピットからの光の反射の有無を検出して行なう。0.8 $\mu$ m径の微小なピットの記録再生のできることから、極めて大容量の記憶が可能であり、12in径の光ディスク1枚当たり2.6Gバイトの記憶容量をもつ装置を商用化している。更にデータ消去及び書替え可能な光ディスクとして光磁気ディスクへの発展も図りつつある。光磁気ファイルの基本構成を図7に示す。垂直磁化膜の磁化の上下の向きを“1”、“0”データに対応させ、データの記録及び消去は、磁化膜(TbFeCo膜)を光パルスで熱した状態で外部磁場を印加することで行ない、再生は反射光の偏光面が磁化によって回転する現象を利用して行なう。偏光面の回転が1度以下と小さいためSN比が低いのが従来難点とされていたが、高SN比の光ヘッド、記録媒体などの一連の基本技術を開発し試作装置により、追記形と同程度の記録密度実現の見通しを得ている。試作装置は約5in径のディスク1枚に550Mバイトのデータが記録でき、小形で大容量のファイル装置としての応用が期待できる。

以上述べたように、ワークステーションの高機能化、高処理能力化に呼応して、磁気ファイル、光ファイルのなかから用途に適合した高性能小形ファイルを提供していきたい。

### 5 通信技術

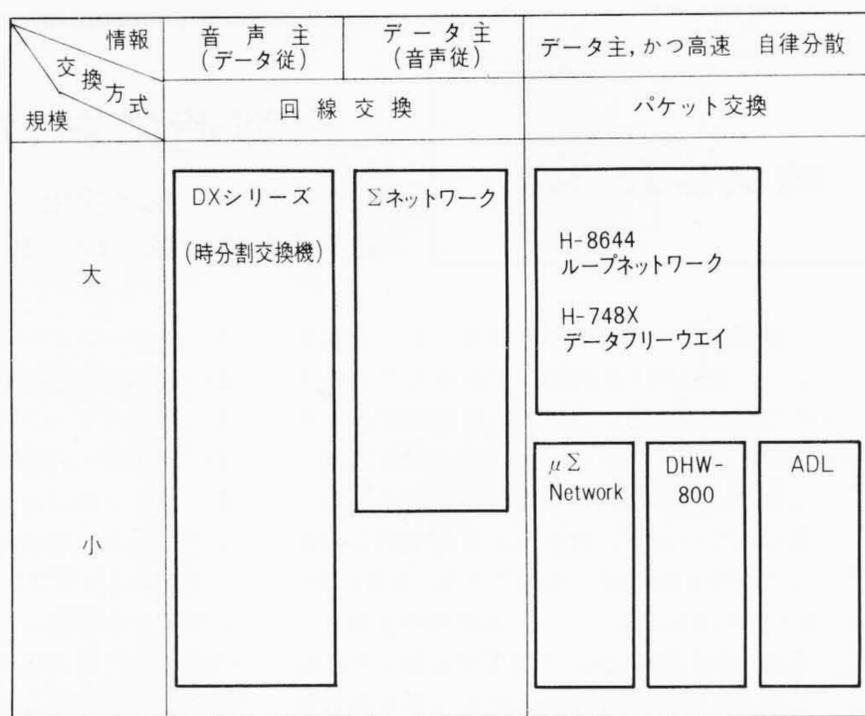
ワークステーションの普及に伴い、高速プリンタやデータベースなど高価なりソースを共有したり、より高度な情報処理を大形計算機に実行させたりするため、高速でしかも信頼性の高い通信手段が求められている。特にOAの場合は同一事務室、同一フロア、同一建屋、同一事業所といった比較的小さな領域内での通信手段が重要であり、日立製作所は図8のようなLANを用意している<sup>9)</sup>。

特に表4に示した $\mu$  $\Sigma$ ネットワークあるいは $\Sigma$ ネット、8644システムなどは、高速かつ高効率の企業内ネットワーク構築を目的としたループ状のネットワークであり、国際標準への対応を考慮してある。

今後、これらのネットワークは速度、規模など更に進展し、標準化動向とあいまってよりフレキシブルで信頼性の高い通信をサポートするため技術開発が進むものと思われる。このような技術としては、ネットワークの構成変更を自動的に把握し、異常の検出及び回復を可能にするネットワーク管理技術や、公衆網などの広域のネットワークとの接続技術などが重要な課題となってくる。日立製作所は、これらの課題に対し、豊富なシステムノウハウを生かしながら最適な解を提供するため、努力を続けてゆく考えである。

### 6 結 言

多機能ワークステーションは、個人が専有する計算機であり、したがって、小形安価で使いやすきことが必要である。このためには、ワークステーション周辺システム、特に、入力、出力、ファイルの技術革新が必要不可欠である。本論文では、知識を活用した高度な認識あるいは理解の技術、大画面のフラットディスプレイ、光技術を駆使した記録技術、大容量・小形磁気ファイル、光ファイルなどについて、最近の技術動向と日立製作所の開発した最新の成果を紹介した。今後とも、多くのユーザーにとって使いやすいヒューマンフレンドリーなワークステーションシステムの開発を目指して鋭意努力する考えである。



注：略語説明 ADL(Autonomous Decentralized Loop)

図8 日立製作所の主要LAN パケット交換と回線交換に大分類し、主要LANの位置付けを示す。

表4  $\mu$  $\Sigma$  ネットワークの仕様 伝送路には耐ノイズ性、中継間隔が大である光ファイバと、低コストで保守が容易なペア線を選択できる。

項 目	仕 様
シ ス テ ム 規 模	最大32ステーション(ループ当たり)
伝 送 速 度	1Mビット/秒
伝 送 路	光ファイバ又はペア線
ステーション間距離	最大1km(光ファイバ)
	最大100m(ペア線)
通 信 方 式	パケット交換
伝 送 形 態	N:M転送
伝 送 符 号	マンチェスタ符号
デ ー タ 長	最大512バイト(可変)
シ ス テ ム R A S	1. 伝送誤り制御 2. ループバック 3. トレース

注：略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability)

### 参考文献

- 1) 斎藤, 外: 簡易図形処理システム“GMM”日立評論, 65, 11, 773~776(昭58-11)
- 2) 葛貫, 外: ワークステーションにおける手書認識技術, 日立評論, 67, 3, 243~246(昭60-3)
- 3) 上林, 外: 画像処理機能をもつT-560/20マルチ・ワークステーション, 日立評論, 65, 11, 777~782(昭58-11)
- 4) 高速カラーファクシミリの開発, 日立評論, 67, 1, 73(昭60-1)
- 5) カラー図面用オートディジタイザの開発, 日立評論, 66, 1, 54(昭59-1)
- 6) 長江, 外: 熱書き込みスメックチック液晶ディスプレイにおけるライトペン及び情報読出し機能, テレビジョン学会誌, 38, 4, 362~365(昭59-4)
- 7) 西村, 外: 小形磁気ディスク装置の開発, 日立評論, 66, 8, 567~570(昭59-8)
- 8) 角田, 外: 大容量光ディスクファイル, 日立評論, 65, 10, 691~696(昭58-10)
- 9) 榎尾, 外: ローカルエリアネットワークとその応用, 日立評論, 66, 5, 349~354(昭59-5)



## LSI製造における自動化

日立製作所 牧本次生

電子通信学会誌 67-9, 988~990 (昭59-9)

集積回路での技術革新はまことに目覚ましく、LSIの代表的製品であるモスメモリについてみると、3年ごとに集積度が4倍に向上するというペースが過去10年間続いており、当分このような勢いが続くものと見られている。これを支える基本的な技術はいわゆる微細加工技術であり、今日の256kメモリは約2 $\mu$ レベル、次世代の1Mメモリでは約1.3 $\mu$ レベルの加工が必要とされる。このような集積度の向上によってもたらされる最大の効果は「機能当たりのコスト低減」であり、メモリの場合はコスト/ビットの低減である。それを実現するには、「高い歩留まり」と「高いスループット」が不可欠の要因であり、ここにLSI製造での自動化のニーズがある。

特にウェーハプロセスでの自動化については、単なる省人化よりは、自動化によってもたらされる歩留まりの向上と品質の均一化の効果のほうに大きな意義がある。したがって、ここで考慮すべきことは、

- (1) クリーンオートメーション
  - (2) 設備の高精度化
  - (3) 複数ステップの直結化
  - (4) 新技術への適応性
  - (5) ラインのコンピュータコントロール
- などである。筆者らはLSIメモリの量産化で上記のようなコンセプトを基本とした自動化ラインを構築し、歩留まりの向上、品質の均一化、省力化の効果を確認することができた。筆者はこの成果によって、1982年のIEDM(International Electron Devices Meeting)で半導体製造での自動化についての招待講演を依頼された。この論文はその講演内容をまとめたものである。

さて、組立工程での自動化は、ウェーハプロセスでの自動化とかなり様相を異にする。1960年代、半導体製造には多くの若い女性作業者が従事しており、「トランジスタガール」ということばが一般社会でも使われていた時代がある。今日ではトランジスタガールを見ることもなくなって久しいが、

これはまさに組立工程での自動化の成果である。組立工程を含むいわゆる後工程では、取り扱う数量の大きいところに基本的な問題がある。すなわち、1枚のウェーハは後工程で、100~2,000のチップに分割されて取り扱われ、また、各々のチップは20~200箇所のボンディングを必要とする。したがって、1枚のウェーハについて約2万箇所のボンディングが必要となる。今日でも前工程に比べて約3倍の作業者を必要としており、省力化とともに品質の均一化が後工程自動化の大きなねらいである。最新の一貫自動化システムでは、自動フレーム供給からモールドイングまでの作業が直結・自動化されており、1970年代初頭の手動機に比べて100倍以上の生産性向上を達成している。

今後、ロボット技術の幅広い導入が進めば無人化工場の実現も夢ではない。

## ミアンダライン形回路を用いたディファレンシャル90度移相器

日立製作所 濱口昌和・電気通信大学 岩倉 博・東北学院大学 佐藤利三郎

電子通信学会論文誌(B) 59-10, 1088~1094 (昭59-10)

ディファレンシャル移相器は、電気長異なる二つの全域通過回路を組み合わせ、二つの回路の位相特性の差により定位相差を得るものである。従来の移相器では、2線条結合線路及び均一線路を基本構成回路としており、一方の回路に均一線路を用いるため、形状が大形になるという問題点をもっている。また、二つの回路の入力端を並列に接続し、定位相差分波器として用いる場合、入力側に整合回路が必要となり、全体の形状は更に大形になる。

本論文は、形状の小形なマイクロ波帯伝送回路として知られているミアンダライン(以下、MLと略す。)形回路を基本構成回路とすることで、移相器の形状を小形にする二つの構成法について述べたものである。

第1の構成法は、形状が大形となる均一線路を用いず、二つのML形全域通過回路を用いて移相器の形状を小形化する方法である。

直線位相特性をもつ均一線路の代わりに

MLを用いると、その位相特性は非直線特性となる。比較を行なう他方のMLの位相特性のひずみをより大きくし、二つのML間に $\lambda_0/4$ ( $\lambda_0$ は中心周波数 $f_0$ に相当する波長)の電気長差を設けると、 $f_0$ 近傍で位相差が $90 \pm \epsilon$ 度となる定位相差帯域 $\Delta f$ が生じ、この帯域内で90度移相器として用いることができ、従来の移相器と比べ $\Delta f$ は狭くなるが、ML形全域通過回路を用いて形状の小形な移相器を実現することが可能であるという結果を得た。

第2の構成法は、ML形整合回路(変成器と称する。)を用いて、移相器の形状を小形化する方法である。

従来の移相器では、二つの回路の入力端を並列に接続し、単一信号源から入力信号を供給する場合、回路の入力インピーダンスはポート抵抗 $R$ の $1/2$ となるため、整合をとるために変成器を必要とする。

二つの回路の一方を $n$ 次の変成器、他方を特性インピーダンス $2R$ なる単位素子と

$n$ 次の変成器とを縦続に接続した回路で構成すると、二つの回路間には単位素子分( $\lambda_0/4$ )の電気長差があるので、 $f_0$ では位相差は90度となる。インピーダンス変成比を2:1とすると、二つの回路の入力インピーダンスは $f_0$ で $2R$ となるので、移相器の入力インピーダンスは $R$ となり入力側の整合がとれる。また、変成器の整合域は $f_0$ 近傍であり、整合域では位相特性も全域通過回路のそれとほぼ同等となるため、定位相差帯域 $\Delta f$ はML形全域通過回路を用いた場合と同程度であり、入力端に変成器を接続する必要がなく、形状の小形な移相器を実現することが可能であるという結果を得た。

また、設計帯域 $\Delta f$ 内では二つの回路の出力比はほぼ1となり、定位相差を与える分波器として使用できるという結果を得た。

以上により、本移相器はSSB送受信機など、位相シフト操作を含む回路の小形化を可能にするものである。