

## 研 究

---

研究開発関係では、情報システム、半導体分野に主な成果が見られる。

情報システム分野では、システムを使用していただく人々を考えの中心に置いた、聴覚障害者向けヒューマンインタフェース技術などを開発した。また、マルチメディア化、適用分野の拡大に伴い、引き続き高速、高信頼性へのニーズが強く、超並列計算機システムへの期待が高い。

一方、半導体分野では、高速化、高集積化、低消費電力化が求められており、高集積半導体を実現する技術である微小寸法評価技術などを開発した。また、半導体の主流であるメモリに加え、ロジックへの展開が急務である。メモリで育てた半導体技術を活用し、マルチメディアの主要な要素である画像を抽出するLSIなどを開発した。

情報システム、半導体以外の分野についても、豊かな社会をもたらす期待の高い技術の研究開発に今後とも積極的に取り組んでいく。

## 聴覚障害者向けヒューマンインタフェース技術

聴覚障害者と難聴高齢者の情報機器へのアクセス、および健聴者とのコミュニケーションを可能とするために、手話通訳システムとポータブル話速変換装置を開発した。

1990年に「情報処理機器アクセシビリティ指針」が通商産業省から公表されて以来、企業での福祉機器の開発が期待されている。このたび日立製作所は、聴覚障害者と難聴高齢者が容易に健聴者とコミュニケーションができるように、以下の技術を開発した。

- (1) 手話通訳システム：実時間で手話を認識するために、手と指の多次元の位置情報を認識する技術を開発した。さらに、滑らかな手話のCG(Computer Graphics)アニメーションを自動作成し、手話通訳の可能性を実証した。
- (2) ポータブル話速変換装置：話者の声の質を変えずに実時間で「ゆっくり」したことばに変換する信号処理技術を考案し、携帯システムとして実現した。
- (3) 上記の技術により、トータルコミュニケーションへ向けた日立製作所独自の福祉システム実現への道を開いた。

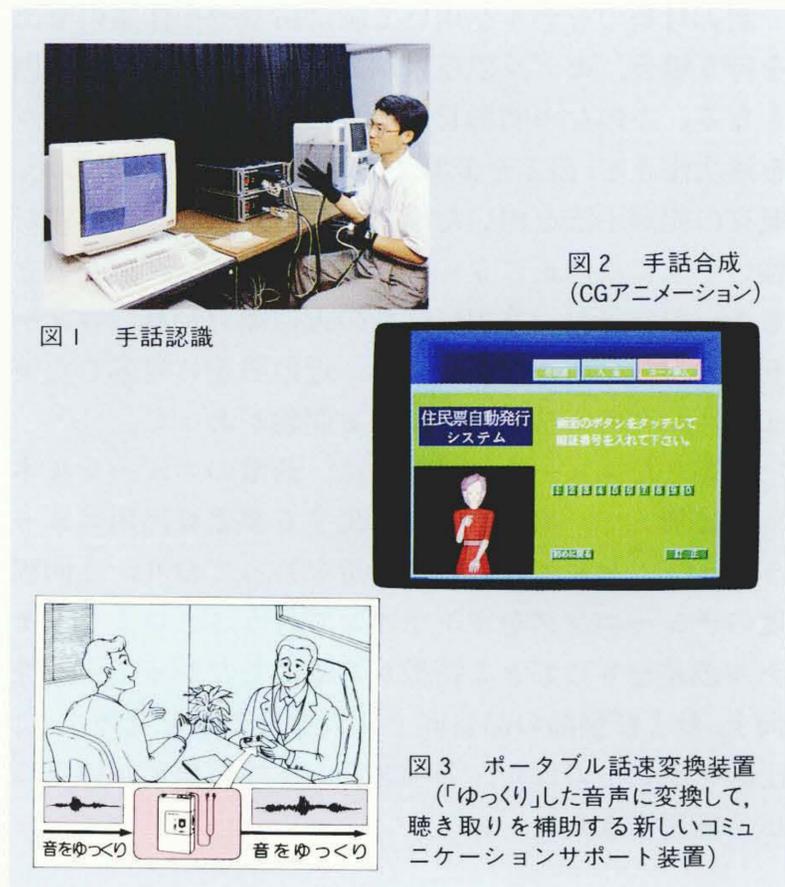


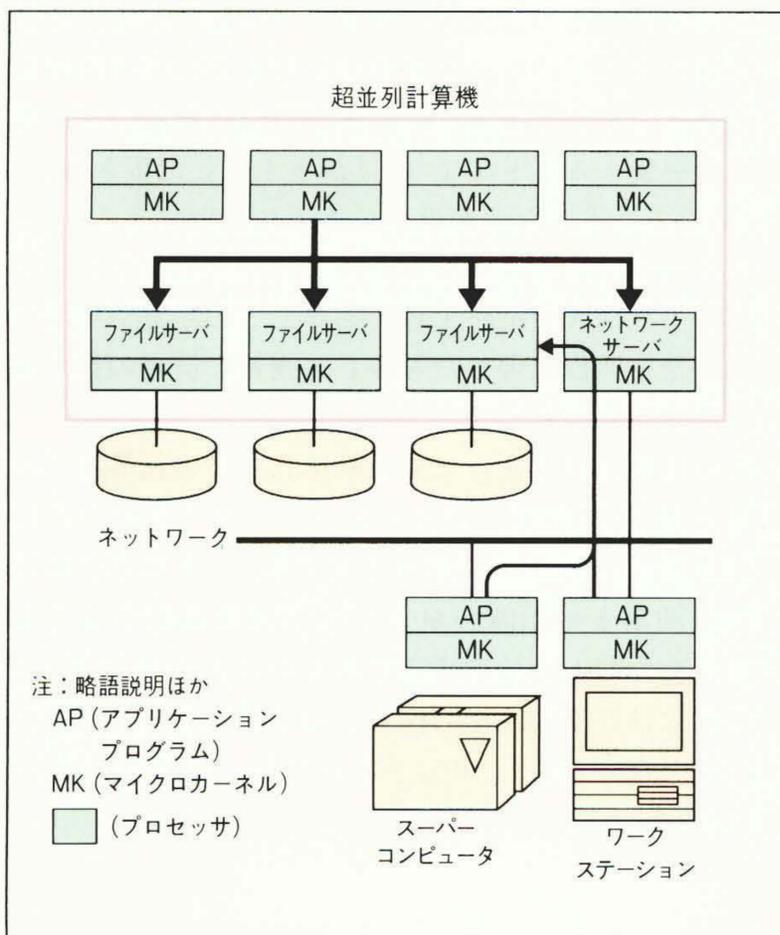
図1 手話認識

図2 手話合成  
(CGアニメーション)

図3 ポータブル話速変換装置  
(「ゆっくり」した音声に変換して、  
聴き取りを補助する新しいコミュニケーションサポート装置)

## マイクロカーネル方式OSによる超並列計算機制御技術

OSを複数の機能サーバの集合で実現するマイクロカーネル方式により、入出力要求を複数サーバで並列処理し、高い性能を実現する研究を行っている。



マイクロカーネル方式による超並列計算機制御

超並列計算機は、多数のPE(プロセッサ)と多数の入出力装置で構成されている。したがって、これらを同時に使用し、その数に応じた高い性能を出すことが課題である。

このような計算機を制御するにあたり、従来のOSと異なったマイクロカーネル方式を用い、OSを機能で分割したサーバとし、複数のサーバの集合でシステム全体を制御する研究を行っている。例えば、ディスクが接続されたPEにはファイルサーバを配置するなど、各PEの機能に応じて適切なサーバを配置し、PEやプログラム間でそれらを共用する。

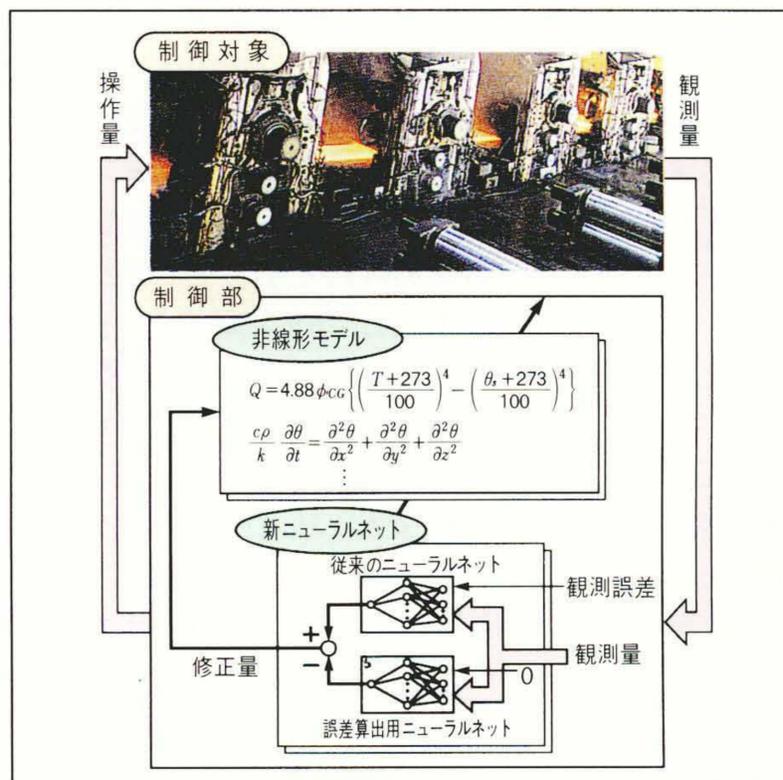
これにより、各PEからの入出力要求を複数サーバで並列に処理でき、スケーラブルで高い性能が実現できる。また新しい機能として、特定のサーバに負荷が集中したときの性能劣化を防止するために、同一サーバ間では自動的に負荷を分散する機能を備えている。将来は、さらに超並列計算機内だけでなく、外との間でもサーバを共用し、有機的な結合を行っていきたいと考えている。

## 制御モデル高速チューニング用ニューラルネット

非線形制御モデルのパラメータチューニングを高速・高精度に行う新しいニューラルネットを開発した。圧延プラントへの適用を目指して研究を進めている。

制御対象のモデルを用いて制御指令や操作量の算出を行う場合、モデル誤差は制御精度を低下させる原因となる。このため制御対象からの観測量を基にモデルを逐次修正し、誤差を低減する手法が一般的であるが、既存の線形手法を用いた場合、制御対象の非線形性が強いときには修正に5~10回のチューニングを必要としていた。また、非線形関数の近似能力が高いニューラルネットを用いた場合には、近似誤差に対応したチューニングの定常誤差が生じる問題があった。

開発したニューラルネットは、通常のニューラルネットに加えて、出力誤差を算出する誤差算出用ニューラルネットを並列に設けた構造を持っており、2回程度のチューニングをオンラインで行うことにより、モデル誤差を0にできる特徴がある。したがって生産性向上、および製品の品質向上に大きな効果を発揮する。圧延プラントのほか、各種プラントでのモデル同定に広く適用できる。



新ニューラルネット

## 群衆行動のコンピュータグラフィックス

個々が多様に行動する群衆の行動パターンを、小数個のパラメータで自由に作りだすことのできるコンピュータグラフィックス技術を開発した。



オープニングタイトルに使用されるコンピュータグラフィックス

この技術は二つに大別できる。一つは動作による個々の感情の表現である。ひざやひじなどの関節の角度を周波数成分として抽出し感情と関連づけたもので、感情成分を変えることにより、「がっくりした歩き方」、「元気な走り方」などが思いのままに表現できる。

もう一つの技術は、群衆心理学や群衆行動学にヒントを得て、他人や道路・障害物などとの距離や空間のおきかたを関数表現したもので、複雑な群衆の動きを自在に表現できる。

この技術は日本テレビ放送網株式会社の新番組「ふるさと発 電波劇場」のオープニングタイトル作成に採用された。200体のロボットが登場し、それぞれに好みの電波塔との距離のおきかたを関数表現することにより、あたかも自分の意志であるかのように集まり、最終的には日本列島を形作るものである。それぞれのロボットは、「走ったり」、「歩いたり」一つ一つが違う行動を再現する。

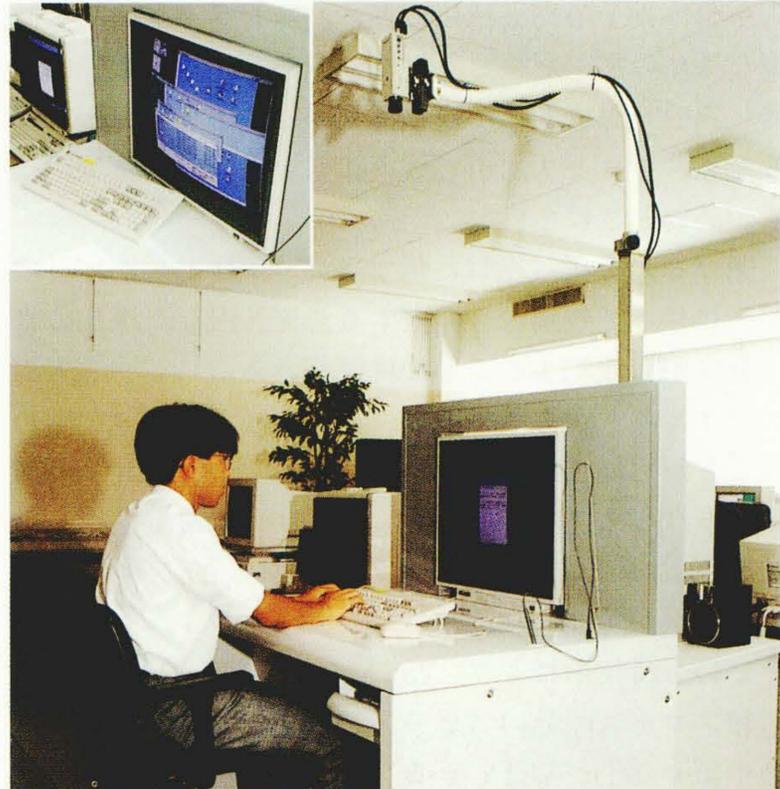
## インタラクティブデスク

パーティションや机上がディスプレイになった未来型デスクを直感的に使いこなすためのユーザーインターフェース基本技術を開発した。

未来型デスクでは、机上がパーティションがディスプレイとなり、机上のどこにでもペン入力できるなど、机全体がコンピュータの入出力に使用されるようになると思われる。そのような環境で、より直感的にコンピュータを使いこなすためのユーザーインターフェース基本技術を開発した。

このデスクは、ユーザーがどの入力手段を使用するかを推定し、適切なディスプレイを自動的に選択することで、画面や入力手段を使い分ける負荷を軽減する。例えば、キーボード入力しようとする時、それに応じて文書などの表示がパーティション面に自動的に移動し、ペン入力しようとする時机上面に移動する。

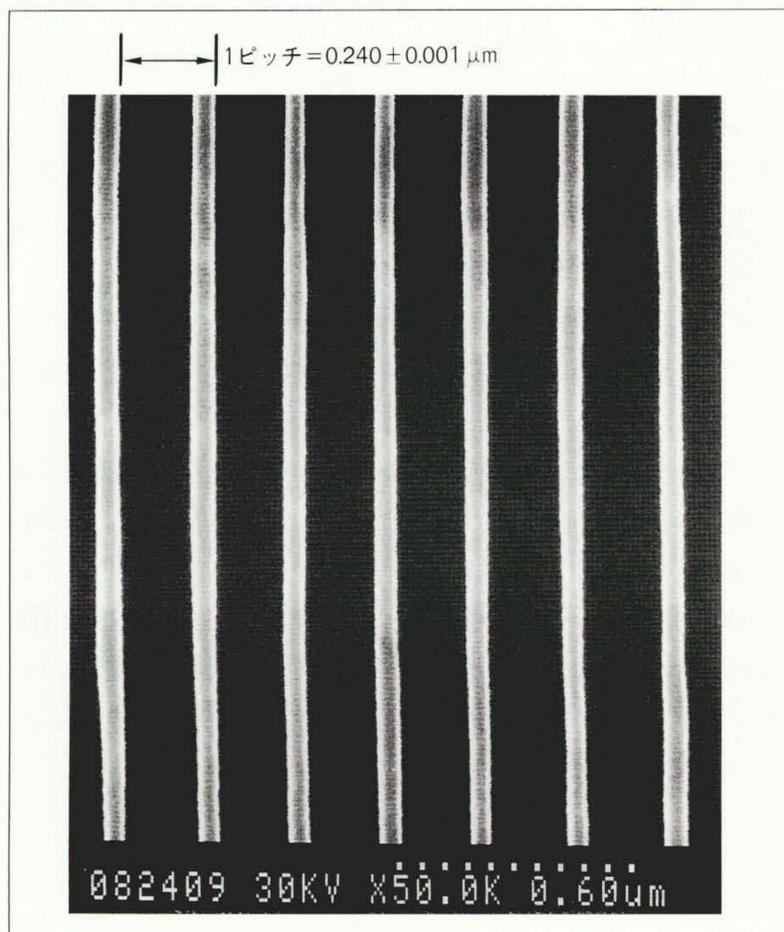
また、机上の現実物もコンピュータとの対話に利用でき、より直感的な操作が可能となる。例えば、手のジェスチャで表示物を直接移動したり、スクラップブックなどの現実物を提示することで、それに関連する情報を簡単に引き出したりすることができる。



インタラクティブデスクのプロトタイプ

## 世界最小の物差し「マイクロスケール」

サブミクロン領域の微小寸法を校正できる世界最小の物差しを開発し、半導体メモリなどの微細加工寸法の高精度評価を可能にした。



「マイクロスケール」のSEM写真

半導体素子の最小加工寸法はすでに  $1\ \mu\text{m}$  以下の領域に入ってきており、特に、メモリでは最先端の256 Mビット級LSIの最小加工寸法が、 $0.2\sim 0.25\ \mu\text{m}$  という微細寸法となる。この微小寸法を高精度に測定するためには、絶対的尺度で測定装置を校正できる寸法標準試料が不可欠である。

日立製作所は、工業技術院計量研究所の協力を受け、 $0.2\ \mu\text{m}$  の微小寸法を校正できる世界最小の物差し「マイクロスケール」の開発に成功した。「マイクロスケール」は、レーザ干渉露光法とシリコン単結晶の異方性エッチングの技術によって刻まれた回折格子で、ピッチ寸法が  $0.24\ \mu\text{m}$  であり、その絶対値はレーザ光を用いた回折角の測定により、 $0.001\ \mu\text{m}$  の正確さで校正されている。

この試料は、現在半導体微細加工評価に威力を発揮している測長SEM (Scanning Electron Microscope) 校正用寸法標準試料として最適である。

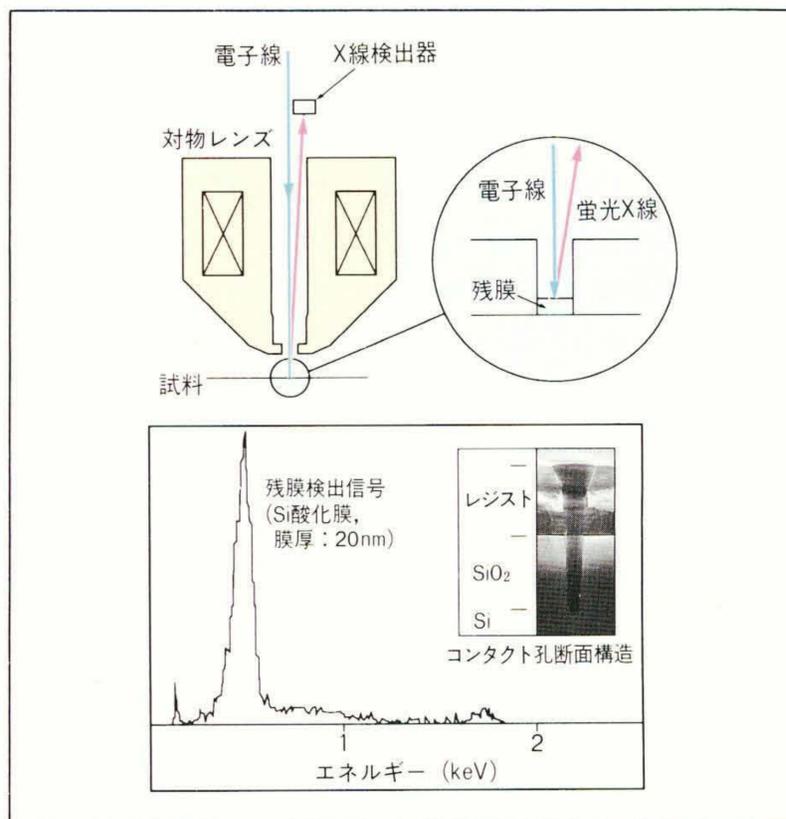
## 微細深孔底面の残膜分析技術

ディープサブミクロン半導体プロセスでのコンタクト孔の非開口不良を判定できる、微細深孔底面の残留膜(残膜)分析技術を開発した。

半導体素子の高集積化に伴い、コンタクト孔など微細な深孔の加工が難しくなりつつある。深孔の底面に酸化膜やレジスト膜が残ればデバイス不良の原因となるため、プロセス途中で残膜状態を評価できる分析技術が必要とされていた。

開発した分析技術は、低加速電子線(2~3 kV)の照射に伴って残膜から発生する蛍光X線を、深孔の真上方向から観測することに特徴がある。この蛍光X線のエネルギーから残膜種を、発生強度から膜厚を求めることが可能である。直径0.2 $\mu\text{m}$  $\phi$ 、深さ2 $\mu\text{m}$ (256 MビットDRAM対応)の深孔にこの分析技術を適用した結果、最小膜厚20 nmの酸化膜を識別でき、プロセス良否の判定が可能になった。

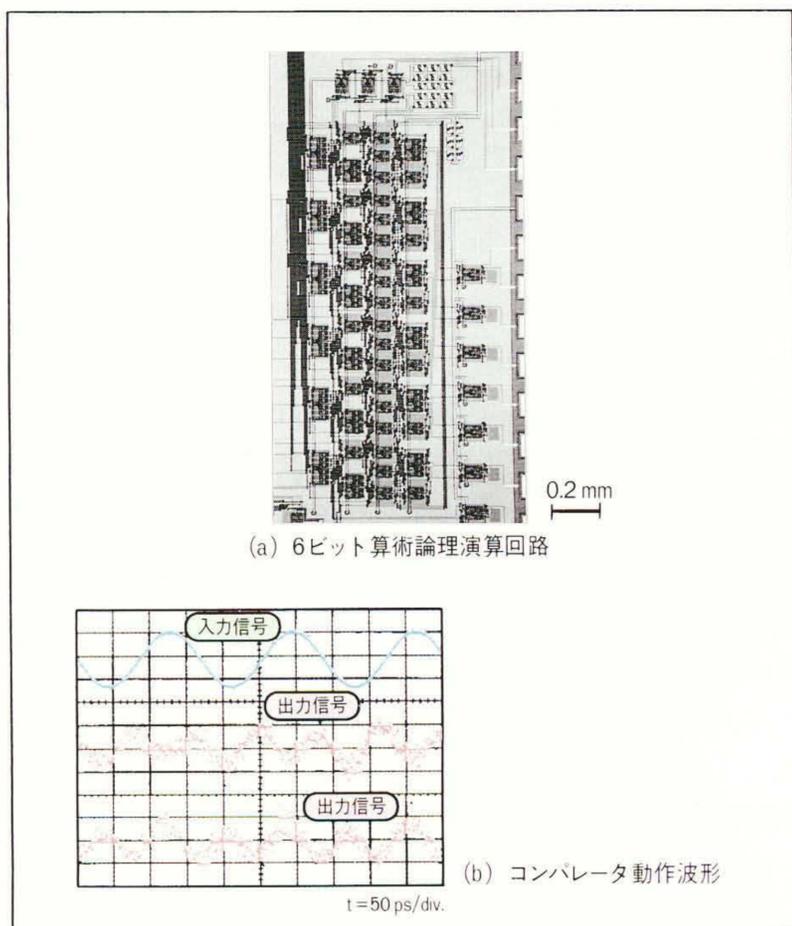
この分析技術により、256 MビットDRAMなどの高信頼プロセス開発のスピードアップや、量産プロセスの歩留り向上が期待できる。



残膜計測の原理(上)と0.2  $\mu\text{m}$  $\phi$ コンタクト孔に対する計測例(下)

## 直流電源駆動ジョセフソン集積回路

超高速集積回路の実現を目指して、雑音の小さい直流電源駆動方式のジョセフソン論理ゲートを開発し、12 GHzの高速動作を確認した。



直流電源駆動ジョセフソン回路

ジョセフソン素子は高速低消費電力動作を特徴とする次世代の高速論理用回路素子である。ジョセフソン素子は論理振幅が半導体の約千分の一と小さいため、これまでの駆動方式の論理ゲートやデータ入出力方式では大きな雑音が生じ、これが高速動作を行う際の障害となっていた。

そのため、新たに直流電源で駆動できる回路方式を検討し、これによって雑音の小さい論理ゲートを開発した。この論理ゲートを用いて、集積回路を構成するために必要な要素回路である6ビット算術論理演算回路、6ビットバイナリーカウンタを作製し、その動作を確認するとともに、論理ゲートの一つであるコンパレータについて12 GHzまで高速動作を確認した(図参照)。さらに入出力データに光信号を用い、雑音の小さい入出力方式を開発したことにより、超高速ジョセフソン集積回路を実現できる見通しを得た。

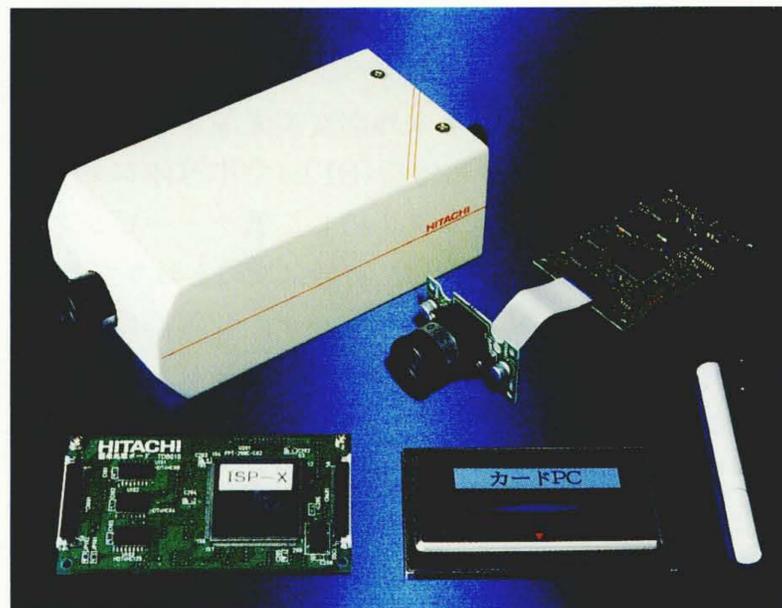
## ワンチップ画像処理LSIとその応用技術

幅広い分野への適用を目指して、画像認識に必要な機能と映像入出力機能を1チップに統合した画像処理LSIを開発するとともに、超小型画像認識装置を試作した。

画像認識システムはFA分野だけでなく、道路交通やセキュリティなどの分野で広く求められてきている。しかし、従来装置では価格、性能、設置スペースの点で十分でなく、より小型で高性能な画像処理装置が望まれていた。

そのため、下記の特徴を持つワンチップ画像処理LSIを開発するとともに、このLSIとマイコンを一体搭載したインテリジェントカメラのプロトタイプを試作した(図参照)。今後、駅のホームやプラント異常監視、道路交通流計測などにインテリジェントカメラの応用展開を図ることができる。

- (1) 超小型化：デジタル画像処理部を名刺サイズ大で実現可能(従来比 $\frac{1}{10}$ )
- (2) 高速化：(a) 25 MHz/画素(従来比4倍)  
(b) 画像処理と特徴抽出のパイプライン処理  
(c) 映像入出力と画像処理の並列処理

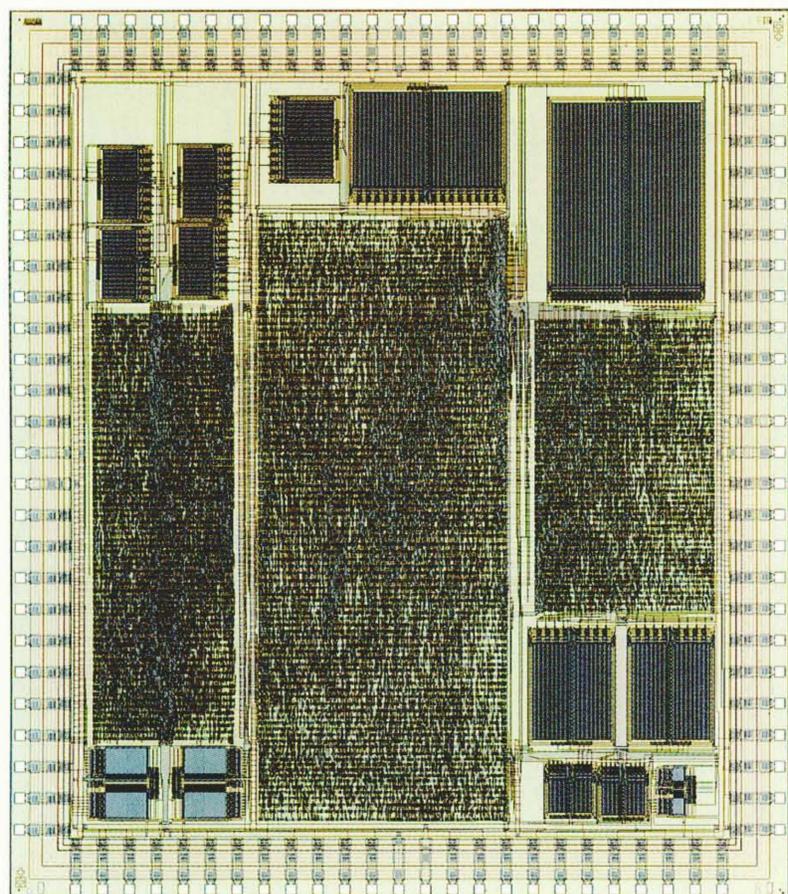


インテリジェントカメラのプロトタイプ

- (3) 高機能化：画像認識に必要な空間フィルタや正規化相関などの機能を網羅

## 画像抽出処理LSI

動画像から特定の被写体をリアルタイムで抽出し、位置、大きさ、形状などの特徴量計算を行う画像抽出処理LSIを開発した。



画像抽出処理LSIのチップ

色と輝度の情報を用いて画面上の特定の被写体を抽出し、被写体の位置、大きさ、形状などの特徴量計算をリアルタイムに行うことができる画像抽出処理LSIを開発した。画像抽出処理は自動追尾、背景消去といったビデオカメラの新機能を実現するために欠かせない技術である。

この画像抽出処理LSIは、独自に開発した専用のCPUを内蔵することにより、抽出物体のラベル付けや特徴量計算のリアルタイム処理が実現できる。チップサイズは7.86 mm×8.98 mm、総ゲート数は約7万4,000ゲートである。

このLSIは、ビデオカメラの新機能だけでなく、テレビ電話での符号化効率を高める背景消去など、マルチメディア機器への応用が期待できるものである。

## 光変調器をモノリシック集積した長距離伝送用送信光源

次世代の大容量光通信システムの送信光源として、分布帰還型半導体レーザと半導体光変調器をモノリシック集積化した変調器集積化光源を開発した。

次世代の光通信システムの大容量化、長距離化のためには、変調に伴う光源のスペクトル広がり、チャープニングが大幅に低減できる外部変調光源が必要不可欠である。そのため、分布帰還(DFB)型半導体レーザと外部変調器をモノリシック集積した低チャープニングな変調器集積化光源を開発した。特徴は次のとおりである。

- (1) 選択気相成長法を用いてレーザ、変調器に最適な量子井戸構造を一括成長する技術を開発し、高品質な素子間光結合を実現した。
- (2) 集積素子間の電氣的、光学的相互作用を抑制し、変調時のチャープニング量を60 pm(従来比 $\frac{1}{7}$ )に低減した。
- (3) 本素子を用いて2.4 Gビット/sの伝送速度で通常分散ファイバ200 km(従来比約4倍)の伝送実験を行い、良好な伝送特性を確認した。さらに、10 Gビット/s、500 km(従来比約5倍)の伝送実験にも成功した。

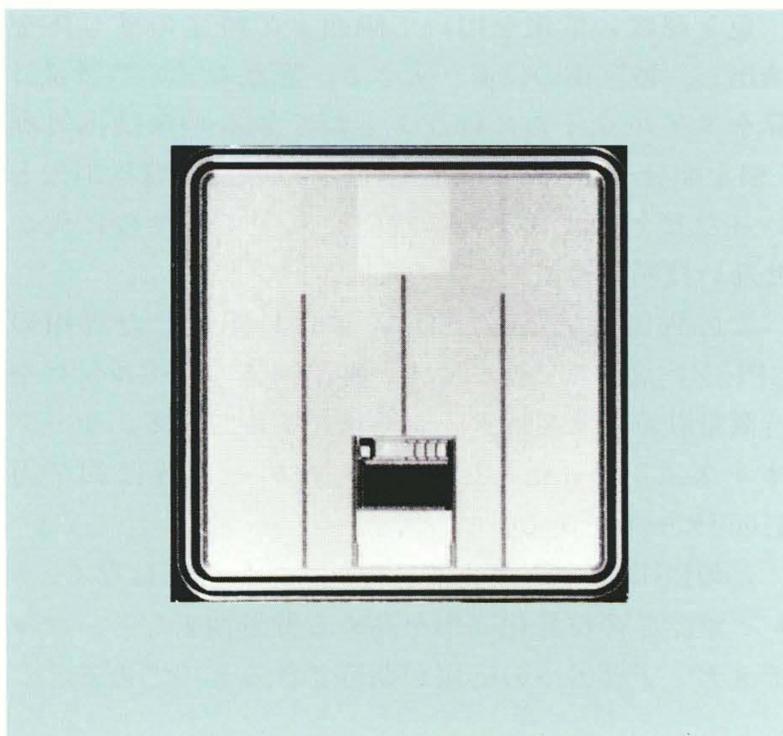
この技術は光ICの基本作製技術として、今後いっそうの応用が期待できる。



大容量・長距離伝送用変調器集積化光源

## 高速・低損失特性と高信頼性を併せ持つ新型IGBT

負荷が事故によって短絡したときの過電流を検知し、抑制する保護機能をチップ内に内蔵し、高信頼性確保によって極限まで低損失化した新型IGBTを開発した。



短絡保護機能内蔵型IGBTチップ

近年、MOSFETの電圧制御型ゲートドライブと、バイポーラトランジスタ並みの低オン電圧特性を併せ持つIGBTが、汎用スイッチング素子として広く使われている。現在、さらにセルの微細化や浅接合化によっていっそうの低損失化を図っている。この場合、負荷が短絡したときの耐量が低下するという問題が生じるが、短絡保護機能を内蔵することで解決した。保護動作はIGBT本体に内蔵されたセンスIGBTによって過電流を検出し、この検出信号でIGBTのゲート電圧を所定の値にクランプして電流を抑制する。

開発したIGBTは、保護機能を内蔵した600 V、30 A級であり、低オン電圧化を実現するため、保護機能内蔵による素子面積の増加を5%に抑えている。この素子の性能は、オン電圧1.5 V、ターンオフ下降時間0.28  $\mu\text{s}$ と最高レベルを達成している。

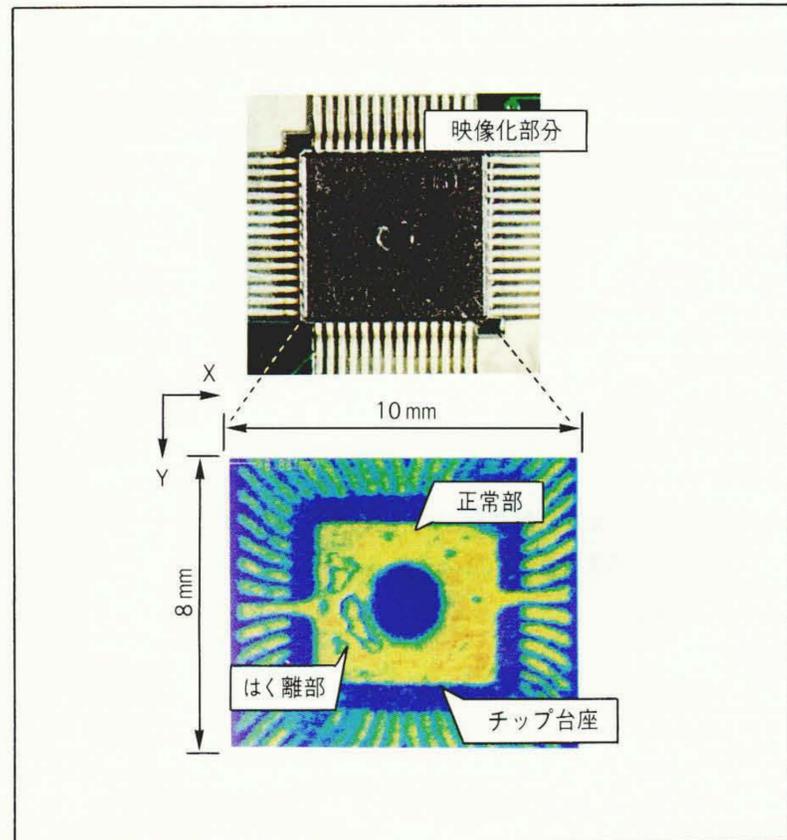
## 50 MHz電子走査式超音波検査技術

50 MHzの超音波を用いて、IC内部の詳細な構造を高速・高分解能で映像化できる電子走査式超音波検査技術を開発した。

IC実装の高密度化に伴い、IC内部の詳細な構造を非破壊で検査するには、高速で分解能の高い検査法が必要になっている。電子走査式超音波検査法は、アレー状に並べた超音波素子の送受信タイミングを電子制御することにより、超音波ビームを高速走査する。走査速度は、単一の超音波素子を機械的に走査する方式に比べて10倍以上の速さが期待できるが、アレーの微細加工と送受信タイミングの精度向上が課題である。また、分解能の向上には、超音波の周波数を上げる必要がある。受信系の周波数帯域を高くする必要がある。

これらの課題に対して、(1)素子ピッチ0.1 mmのアレーを作る微細加工技術、(2)タイミング時間誤差を5 ns以内にする、回路内伝送時間の均一化技術、(3)50 MHzの高周波信号処理技術を開発した。

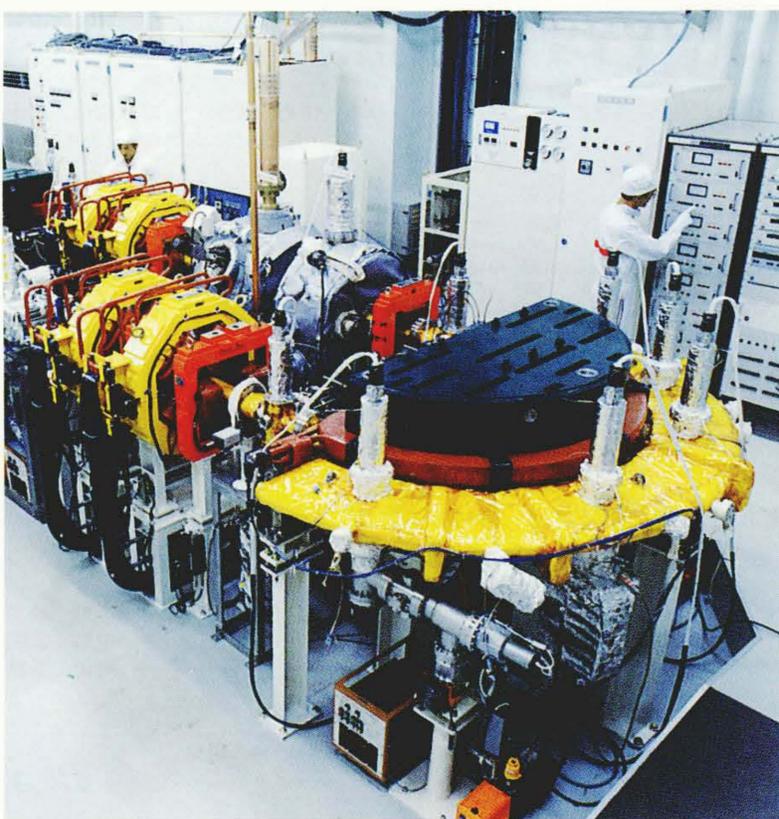
これらの技術開発により、分解能0.2 mm以下、IC一個の検査時間1秒以内を可能にした。



IC内部の超音波映像

## 粒子加速器からのビーム出射技術

高周波を加えるだけの極めて簡単な方法により、基礎物理研究用や医療用の粒子加速器から小径の荷電粒子ビームを出射する方法を開発した。



出射法の基本原理を確認した加速器(日立製SOR)

基礎物理研究用や医療用の粒子加速器では、径が小さな荷電粒子ビームを一定の位置へ出射する必要がある。従来、ビームの出射では、電磁石を制御してビーム振動の安定限界を変化させることにより、共鳴を発生させてきた。しかし、ビームの径を小さく抑え、位置を一定に保つためには、複雑な運転・制御が必要であった。

そのため、ビーム振動の安定限界を一定に保ち、高周波によってビーム振動を増加させて共鳴を発生させる出射法を開発した。加速器(日立製SOR)を用い、本出射法の基本原理である、高周波によるビーム振動の増加を実験的に確認した。この方法は、安定限界を一定に保つ効果により、径が小さな荷電粒子ビームを一定の位置に出射できる。また、電磁石などの機器強度を一定にでき、従来法に比べて運転・制御が極めて簡単になるため、今後の加速器の有力なビーム出射法になると期待できる。