

研究

Research and Development

電子デバイスでは、高速・不揮発性を兼ね備える高密度メモリ実現の可能性を示す新素子“PLEDM”を提案し、その動作原理を実証した。また、携帯情報機器などに用いる低電圧・高速システムLSIの待機電力を二けた以上低減する低電力回路技術や、SRAMで世界最高速級アクセス時間を実現する回路技術を開発した。

情報・マルチメディア分野では、WWW上で異種の空間情報の相互運用性を確保しつつ共有を可能にするコンテンツ流通システム、複数の投射映像をスクリーン上でシームレスに接続する高精細大画面プロジェクタアレー技術を開発した。

エネルギー・社会インフラストラクチャー分野では、経済性の高い原子燃料のリサイクル確立を目指した燃料サイクルシステムの開発に着手し、家庭用電力貯蔵システムとしての応用が可能な大容量のリチウム二次電池の開発を推進した。

医療・ライフサイエンス分野では、X線コーンビームを用いた高画質三次元X線撮像技術、光トポグラフィーを用いた新生児や乳幼児の早期診断への道を開く脳機能画像化技術、病態に関連して発現頻度が変動する遺伝子を自動的に分取するマルチキャピラリー遺伝子分取技術を開発した。

材料・基盤技術分野では、高温酸化物超電導マグネットでの超強磁場発生を実証し、また、複雑な形状の流路内の非定常的な流れを正確に把握できる高精度乱流解析技術や、地球環境に配慮した鉛フリーはんだ付け技術、冷媒として -5°C の冷水を発生する氷温吸収冷凍機を開発した。

そのほか、外村彰フェローが米国フランクリンインスティテュートからフランクリンメダルを受賞した。これは、「電子線ホログラフィーの開発、ならびに同装置を用いたアハラノフ・ボーム効果の検証と磁束量子の動的観察」の業績が評価されたことによる。

● 日立製作所の外村彰フェローがフランクリンメダルを受賞



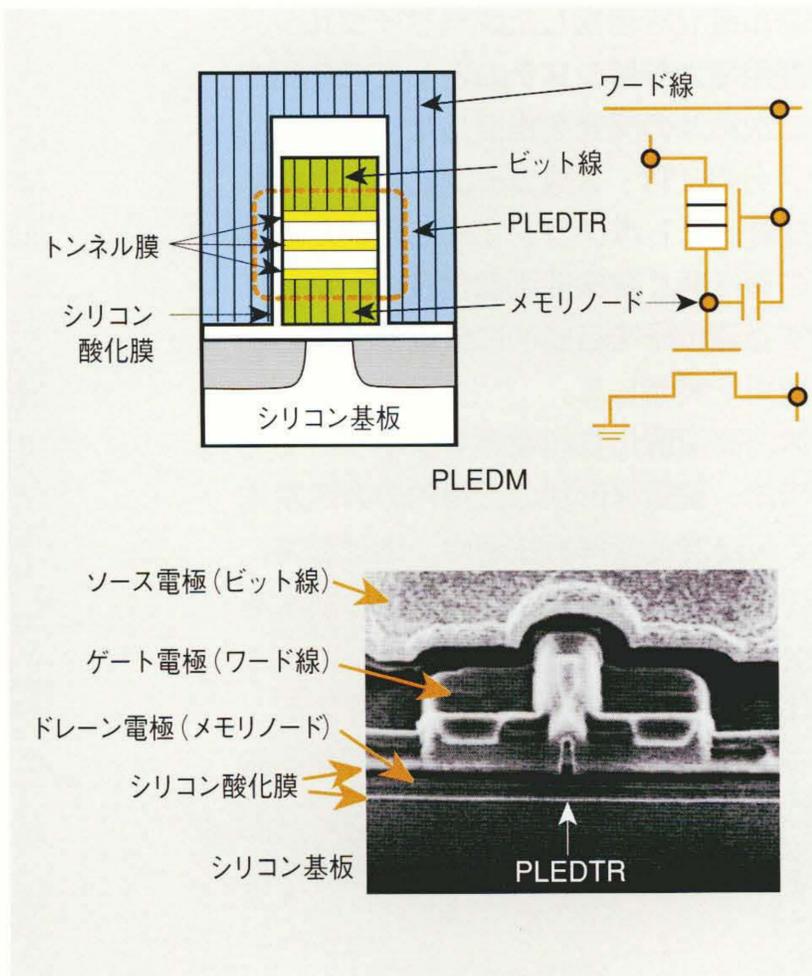
フランクリンメダルを授与される日立製作所の外村彰フェロー(左から二人目)

1999年4月29日、米国フィラデルフィアのフランクリンインスティテュートでフランクリンメダルの授与式が開催され、日立製作所の外村彰フェローに物理学賞が贈られた。この受賞は、「電子線ホログラフィーの開発、ならびに同装置を用いたアハラノフ・ボーム効果の検証と磁束量子の動的観察」の業績が高く評価されたもので、日本人としては、江崎玲於奈氏、有馬朗人氏に次いで3人目の受賞である。

雷が電磁現象であることを証明したベンジャミン・フランクリンにちなんで、優れた業績をあげた発明家や科学者に贈られるフランクリンメダルは、米国で最も権威ある賞とされ、これまで、エジソン、グラハム・ベルなどの発明家や、アインシュタイン、プランク、キュリー夫妻、ボーアなどの物理学者が受賞している。

外村フェローの受賞を祝う記念シンポジウムが、ノーベル賞受賞者のヤン教授や江崎教授などを招待講演者に迎えて、翌4月30日にペンシルバニア大学で開催された。

● 高速高密度メモリPLEDM



PLEDMの断面構造(左上)と等価回路図(右上)、および試作したPLEDTRの電子顕微鏡写真(下)

従来のDRAMよりも高速・高密度でスタンバイ時の消費電力を大幅に小さくできる新しいメモリ“PLEDM(Phase-state Low Electron-number Drive Memory)”を提案し、その動作原理の実証に成功した。

PLEDMは、MOSトランジスタのゲートの中にトンネル形トランジスタ(PLEDTR)を組み込む構造を持ち、1トランジスタの面積でメモリセルを実現できる。記憶情報は基板側のMOSトランジスタで増幅して読み出すことから、大きなキャパシタを設けなくても十分な信号が得られる。また、このメモリのキーデバイスとなるPLEDTRはチャンネル内にトンネル膜を持ち、その障壁高さを制御電圧で変調できるので、オフ時の電流を大幅に減らすことができる。

通常のシリコン製造ラインを用いてPLEDTRを試作し、オフ電流を測定限界の1 fA以下に抑えることができた。これは、記憶保持時間0.1秒以上に相当する。さらに、外部からの電力供給なしに10年間記憶を保持できる可能性も、シミュレーションで検証している。

(発表時期：1999年5月)

注：この技術はケンブリッジ大学との共同研究成果である。

地球環境に優しい鉛フリーはんだ付け技術

鉛入りはんだの廃止を含む規制法案がEUで審議中であり、また、通商産業省の研究開発プロジェクトが進行中である。

日立製作所は、自主行動計画として、新製品に対しては2001年度全廃を公表しており、日立グループの横断的委員会を結成して、他社に先行した実用化を推進している。この中で、生産技術研究所は、高・中・低温系の3系統の鉛フリーはんだを開発して、社内展開を図ってきた。3種類ものはんだを使用するのは、グループの製品構成が多岐にわたり、1種類では使い勝手と強度の両立が困難なため、これは、他社との大きな相違点になっている。

自動車用モジュール、半導体部品の一部、パソコン、8mmビデオカメラ、掃除機、洗濯機、大型計算機などで適用を開始している。テレビやエアコンその他の製品でも実用化が間近である。今後は、計画の完遂を図るとともに、国際的な標準化を積極的に働きかけていく。

| | 1999年度 | 2000年度 | 2001年度 |
|----------------|--|--------------|--------------------------|
| 行動計画 | 50%削減 ● | | 全廃 ● |
| リフロー (表面実装) | ● パソコン (一部) ● 8mmビデオカメラ (中温系) ● 大型計算機 (一部) (高温系+低温系) | ○ パソコン (中温系) | ○ テレビ・HDD・LCD ○ 産業用製品 |
| フロー (挿入実装) | ● 掃除機・洗濯機 (高温系) | ○ 冷蔵庫 | |

注：略語説明など
HDD (Hard Disc Drive), LCD (Liquid Crystal Display)
● (適用済), ○ (今後適用)

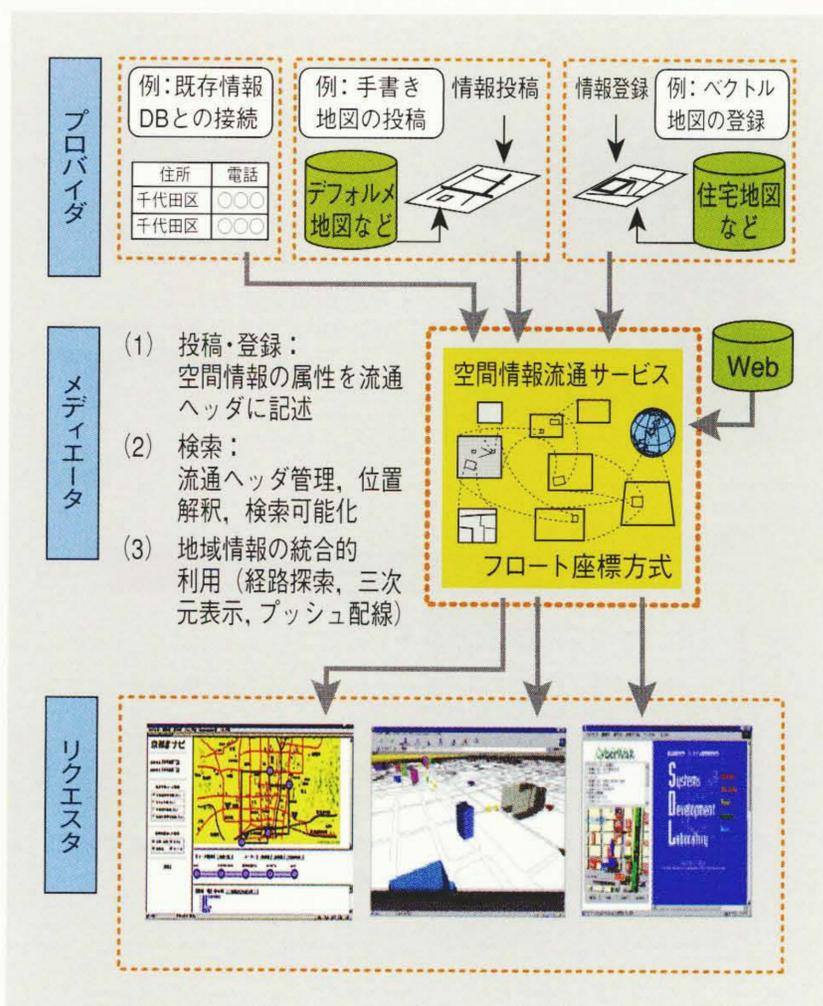
日立グループの鉛フリーはんだの実用化計画

空間情報を持つコンテンツ流通サービスシステム

ビジネスや日常生活で、GPS(全地球測位システム)やデジタル地図などの空間情報の活用が活発化してきている。異種の空間情報の統合的利用では、これまでベンダ独自仕様のデータ形式が乱立していたので、これらの相互変換に多大なコストがかかっていた。そのため、空間情報の相互運用性を確保しつつ、WWW上でこれらの共有を可能にする空間情報流通サービスシステムを開発した。

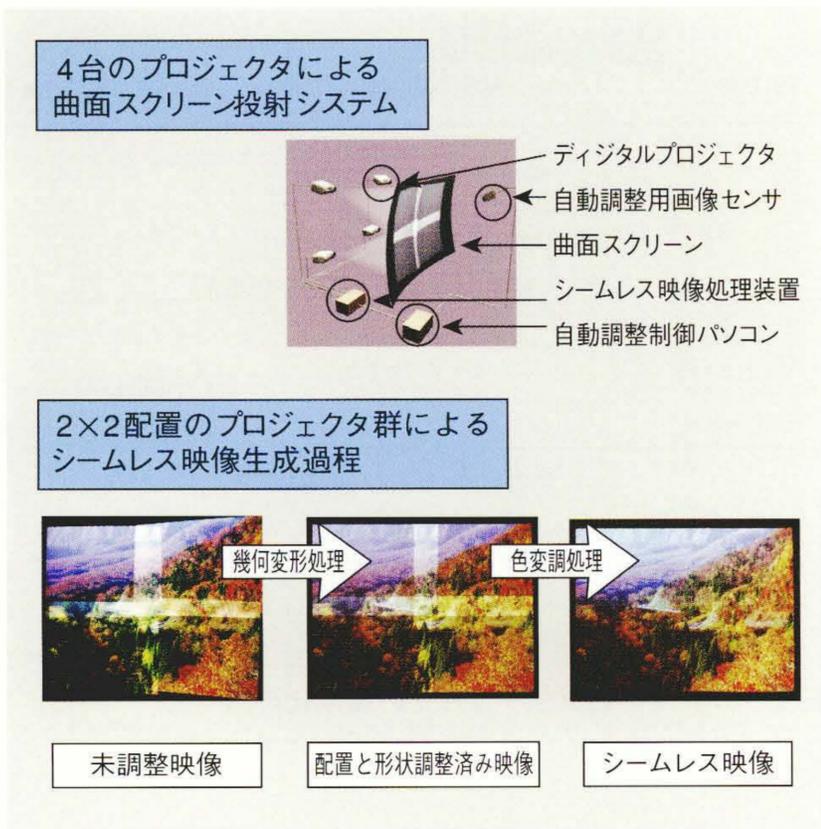
このシステムは、ADSS (Autonomous Decentralized Service System) アーキテクチャに基づいて、空間情報の登録者と利用者の仲介を行うメディエータとして設計、試作したものである。流通ヘッダと称するメタデータにコンテンツの位置属性などを記述することにより、メディエータがその登録を受け付け、図面や手書きの地図などの多様な空間情報コンテンツどうしの位置関係を分散ハイパー構造として統合的に管理する。この技術は、部門間情報共有や地域情報集配信などに適用できる。

(発売予定時期：2000年8月)



空間情報流通サービスシステムの概要

● スクリーン上でシームレスな一体化映像を可能とするプロジェクタアレー技術



4台のプロジェクタから成るプロジェクタアレーシステム(上)と、四つの投射映像をスクリーン上でシームレスに合成するプロセス(下)

マルチメディア技術の進展と映像コンテンツのデジタル化の流れの中で、映像表示装置には、解像度・フォーマット・インタラクティブ性などに関して多様な性能が求められるようになってきた。このため、超高精細・超高輝度・非平面スクリーン形状などの要求にこたえる、複数の投射映像をスクリーン上でシームレスに接続するプロジェクタアレー技術を開発した。

〔主な特徴〕

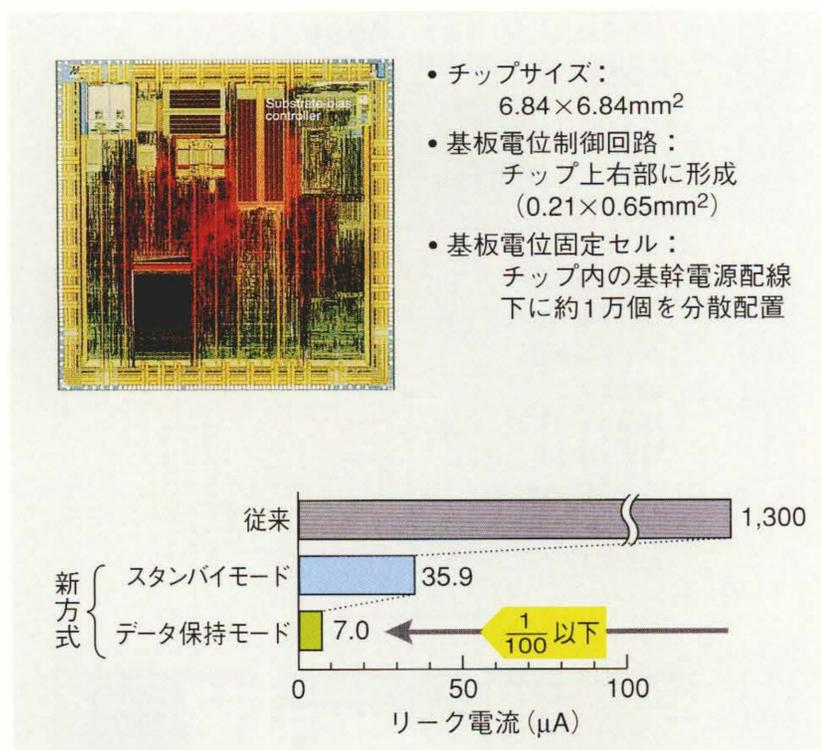
(1) 各プロジェクタの投射映像の幾何変形と色特性変換をリアルタイムに処理する映像処理装置の開発により、複数のプロジェクタ個々の映像を変調し、スクリーン上でシームレスな一体化映像を再生

(2) スクリーンの形状、背面や正面投射、プロジェクタの台数・配置などのシステム構成に柔軟に対応でき、一般に流通しているプロジェクタの利用も可能

(3) 画像認識技術により、シームレス接続に必要な画像処理パラメータの自動計測と自動保守機能の実現

(発売予定時期：2000年3月)

● 高速システムLSIの待機時電流を二けた以上低減する低電力回路技術



新回路技術を搭載した1.8 V、200 MHz SH-4マイコン(上)と従来製品との性能比較(下)

携帯情報機器の普及に伴い、低電圧・高速のシステムLSIが求められている。高速動作のためには低しきい値電圧のトランジスタを用いる必要があるが、これによるリーク電流によって携帯機器用途で重要な待機時電力が大きくなってしまおうという重大な課題があった。

今回、(1) スタンバイモード(LSIの比較的短期間の待機状態)でトランジスタの基板電位を制御し、しきい値電圧を高くしてリーク電流を低減する「基板制御方式」と、(2) データ保持モード(より長い待機状態)で電源電圧と基板電位を同時に制御し、残留するリーク電流をさらに低減する「電源+基板制御方式」を開発した。基板制御時の課題であった動作時の基板ノイズ増加とそれに伴う速度劣化については、LSI内に分散配置した基板電位固定用回路を用いて動作時の基板抵抗を十分低くすることで解決した。

これらの技術をSH-4マイコンに適用した結果、200 MHzという高速動作を維持したまま、待機時電流を当社従来機比で二けた以上低減することができた。

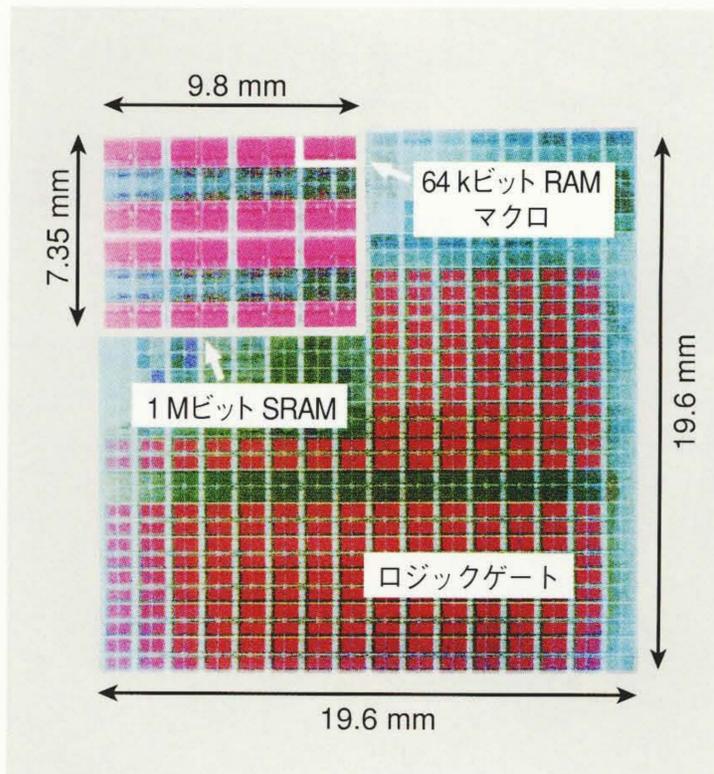
(発表時期：1999年2月)

世界最高速級のアクセス時間を実現する新型SRAMを試作

プロセッサの高性能化を目的に、キャッシュメモリとして使用されるSRAMの高速化、高集積化技術を開発した。

現行のSRAMでは、高速性が優先される「周辺回路」にバイポーラトランジスタを、小型化が必要な「メモリセル部」にMOSトランジスタをそれぞれ使い、高速性と高集積性を両立させている。しかし、このSRAMをさらに高集積化するためにMOSトランジスタを微細化すると、トランジスタの耐圧が低下するので、大きな電圧を発生するバイポーラトランジスタを周辺回路に使用できなくなる。

今回、MOSトランジスタに加わる電圧を低減できる「レベルシフト付きワード線放電回路」などの回路技術を開発した。この技術と0.2 μm のプロセス技術を用いて試作した1MビットのSRAMは、世界最高速級のアクセス時間550 ps(当社従来品比で $\frac{1}{2}$ 以下)を達成するとともに、セル面積12 μm^2 (同 $\frac{1}{2}$ 以下)を実現した。



世界最高速級の試作SRAMチップ

高経済性燃料サイクルシステム



フッ化物揮発プロセスの試験設備

原子燃料のリサイクルには、使用済燃料からFP(核分裂生成物)を除いてU(ウラン)とPu(プルトニウム)を回収、精製する再処理技術が必要である。青森県で現在建設中の再処理施設では、UとPuのハンドリングと燃料製造を容易にするため、精製率(処理前放射能に対する処理後放射能)が非常に高い方法をとる。一方、次世代の再処理方法では、核不拡散性を強めるためにPuにはFPを残し、精製率を低くしたいという要望がある。また、Uは、保管や廃棄、再利用といったさまざまな取り扱いを受ける可能性があり、精製率は、Pu同等から現行処理程度まで柔軟に変えられることが望ましい。

現在検討されている各種の次世代再処理法には、U精製率の可変性ニーズに対応できる手法が見当たらない。このため、日立製作所は、採鉱したUの精製処理で実績のあるフッ化物揮発法を再処理に応用して、Uの柔軟な精製率を実現する高経済性燃料サイクルシステムの開発に着手した。

現在までに、このシステムが、PuとUの精製率可変性のニーズを満たすと同時に、設置規模を現行再処理施設の $\frac{1}{3}$ 程度に縮小できる高経済性の再処理法である見通しを得ている。

● -5℃の冷水を発生する氷温吸収冷凍機



氷温吸収冷凍機の試作機(冷凍能力：90 kW)の外観

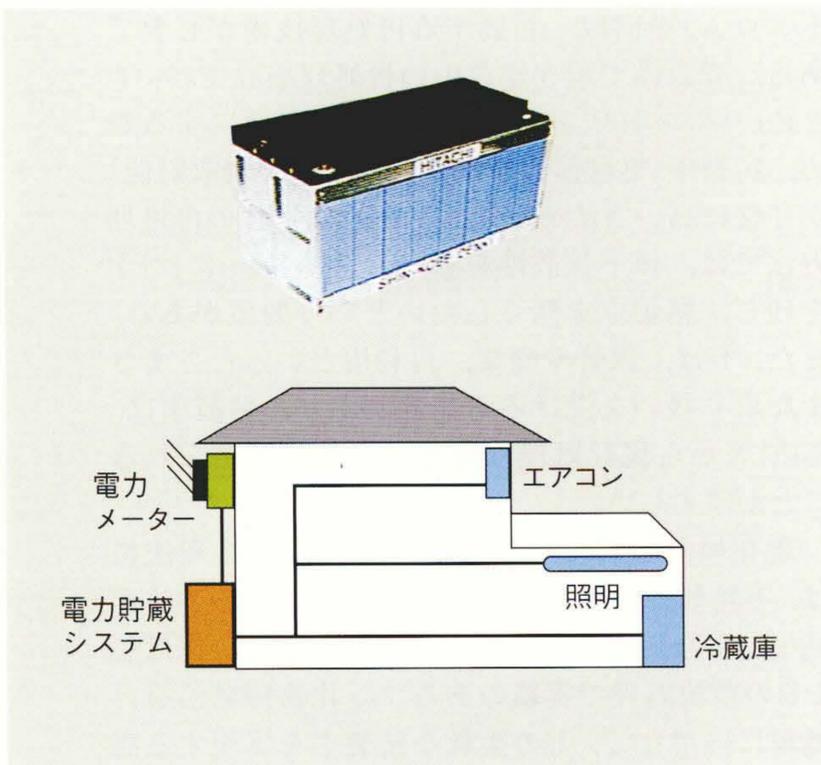
自然冷媒である水に臭化リチウムを加えることにより、-5℃の冷水を発生する氷温吸収冷凍機を世界で初めて開発した。

吸収冷凍機は非フロン媒体を作動流体とし、排熱による冷凍機の駆動ができることから、環境負荷の小さな冷凍システムとして期待されている。しかし、冷媒として水を用いているので、5℃以下の冷水の発生は難しく、空調用が主な用途であった。

今回、水冷媒に少量の臭化リチウムを混ぜることにより、冷媒凍結を防止するとともに、2段階で熱を汲み上げる2段吸収サイクルの技術を開発し、-5℃の冷水を発生する冷凍機の試作機を完成させた。これにより、これまでよりも低温の冷水を供給して冷水搬送動力を削減する大温度差空調システムや食品貯蔵、製造プロセスなどに吸収冷凍機を用いることができるようになる。なお、この氷温吸収冷凍機は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)と財団法人省エネルギーセンターからの委託研究の成果を基に開発したものである。

(発売予定時期：2000年1月)

● リチウム二次電池



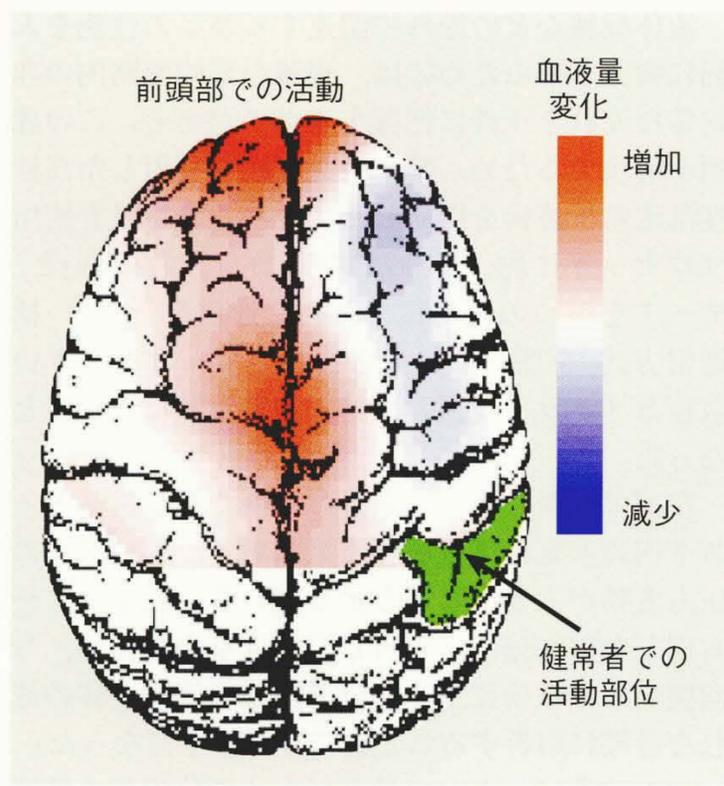
開発中の2 kW・hモジュール(上)と家庭用の電力貯蔵システムの設置イメージ(下)

通商産業省工業技術院のニューサンシャイン計画の一環として、リチウム電池電力貯蔵技術研究組合(LIBES)に参画し、家庭用電力貯蔵システムとして応用が可能な大容量のリチウム二次電池を、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて、新神戸電機株式会社と共同開発中である。

開発したリチウム二次電池の特徴は、(1)資源量が豊富で安価なMn系酸化物を正極に用い、結晶構造の安定化によって長寿命化したこと、(2)黒鉛に銀の超微粒子を分散させた銀担持黒鉛を負極として開発し、長寿命でかつ高容量としたことである。

上記のほか、250 W・hの単電池を8直列化した制御回路付き2 kW・hモジュールを開発中である。また、早期実用化計画として、家庭用電力貯蔵システム(2 kW・h級、左図参照)を開発中である。さらに、委託研究の一部を適用して開発中の電気自動車用電源が、2000年初頭に電気自動車に搭載され、実用化される見通しである。

● 光トポグラフィーを用いた乳幼児の脳機能画像化



手のひらの刺激に対する反応

光トポグラフィーは、微弱な光を頭皮上から照射し、脳の活動を画像化する新しい脳機能計測法である。この計測方法では、計測時の頭部固定が不要であり、そのため乳幼児の脳機能の計測が保護者に抱きかかえられた状態で可能になるなど、従来にない特徴を持つ。この光トポグラフィーを用いて、脳機能検診センタ小暮医院と共同で、乳幼児の脳機能を画像化した。

乳幼児の脳は柔軟性(可塑性)が非常に高いので、障害を早期に発見して機能訓練を始めれば、障害をある程度克服できる可能性がある。感覚刺激を感じたり身体を動かしたりする頭頂部の中枢が損傷を受けている子どもに対し、手のひらの感覚刺激に対する反応を計測した。その結果、前頭部での血液量増加が顕著であり、感覚機能が前頭部で代償されていることが明らかになった。

この成果は、機能発達を促すための保育に活用されはじめている。また、今後、新生児や乳幼児に対する新しい脳機能検査方法の道を開くものとして期待できる。

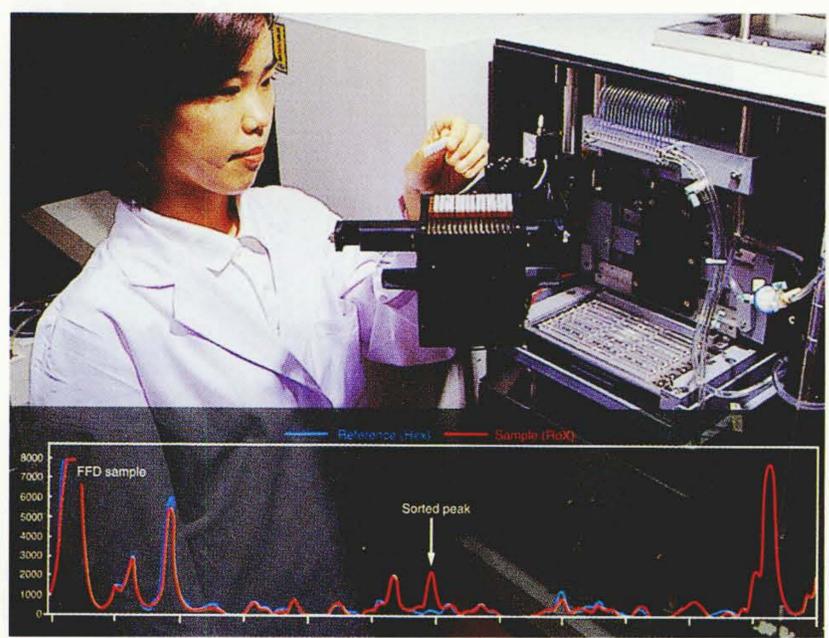
(発表時期：1999年6月)

● マルチキャピラリー遺伝子分取技術

病態に関連して働き方(発現頻度)が変動する遺伝子を自動的に分取(単離)する技術を開発した。

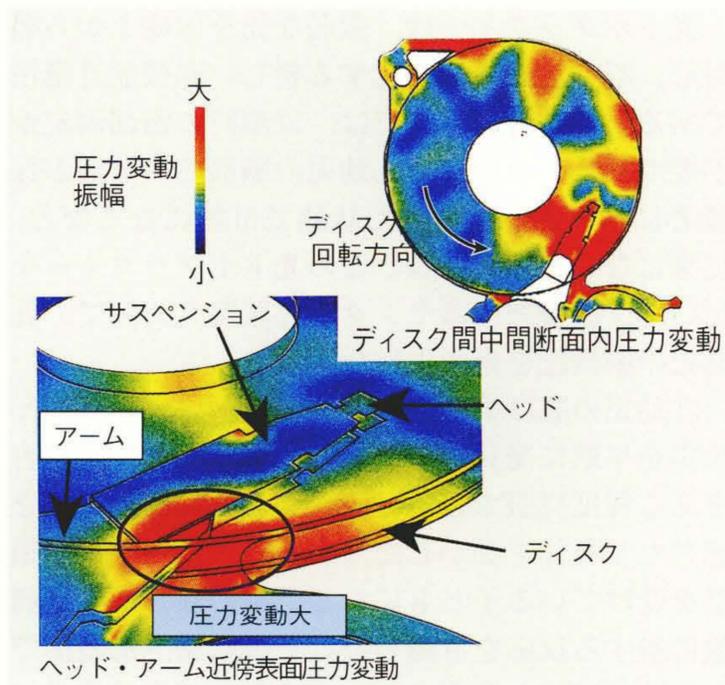
正常検体と病気検体から抽出した遺伝子(DNA断片)を異なる蛍光色素で標識をし、マルチキャピラリーゲル電気泳動で分析する。病態関連遺伝子は、蛍光量の差分の大きいピークとして自動的に検出され、その検出信号に同期して駆動されるフラクションコレクタに格納される。日立製作所独自のシースフロー技術により、複数のキャピラリーゲルで分離したDNAを独立に検出、分取できた。試作機では16試料を3時間(600塩基長以下)で分析し、しかも、分取したDNAを精製しないで増幅反応と配列決定反応に利用できる。従来の人手による分取作業(～1昼夜)を大幅に簡略化できる。分取したDNAの塩基配列情報は、病態関連遺伝子の同定や機能の推定に利用される。

この技術は、株式会社ジェノックス創薬研究所との共同開発の成果であり、遺伝子診断マーカーや新薬候補物質の探索の効率化に役立つものとして期待できる。



マルチキャピラリー遺伝子分取装置(上)と測定結果(下)

超並列計算機を利用した高精度乱流解析技術



磁気ディスク内非定常気流解析結果
(圧力変動振幅分布)

流体機械などの流れに関連する製品の性能を大幅に向上させるためには、複雑な形の流路内の非定常な流れを正確に把握する必要がある。この課題を解決するため、超並列計算機を利用した高精度乱流解析技術を開発した。今回、演算量を使用プロセッサに均一に分散する「負荷分散技術」と、データを一つの配列にまとめて通信を行う「一括通信方式」を開発し、従来に比べて一けた大きい数百万メッシュ規模の高精度非定常計算が可能となった。

左図は、新しい適用分野の一つである磁気ディスク内の非定常気流解析結果であり、赤い部分の圧力変動が大きいことを示している。従来はアーム周りなど部分的な解析しかできなかったが、今回開発した技術により、装置内部の流路全体の流れを詳細に解析することができるようになった。

この技術は、上記のほかにも、流体機械の低流量域特性予測、タービン発電機の通風冷却、新幹線車両の低騒音化などに活用されており、電子機器・自動車機器など、さらに幅広い分野の製品開発への貢献が期待できる。

(発表時期：1999年3月)

高温酸化物超電導マグネット



世界最高磁場を発生した二つのビスマス系高温酸化物超電導マグネット
(左が外径160mm、高さ220mm、右が外径50mm、高さ65mm)

ビスマス系高温酸化物超電導体は、20 Tをはるかに超える超強磁場を発生できる可能性があり、たんぱく質の構造解明に必須な磁場強度を発生できる唯一の超電導材料として、次世代の超強磁場NMR(核磁気共鳴)装置などへの応用が期待されている。

今回、日立製作所が、科学技術庁金属材料技術研究所および日立電線株式会社と共同で開発した酸化物超電導マグネットは、外径160 mm、高さ220 mmと、外径50 mm、高さ65 mmの二つのマグネットを組み合わせたもので、100 MPaにも達する強大な電磁力に対抗するために、超電導線材を銀マグネシウム合金で補強した。

このマグネットを金属系超電導マグネットと組み合わせることにより、18 Tのバックアップ磁場中で5.4 Tを発生し、23.4 Tの磁場を定常的に発生した。これにより、酸化物超電導マグネットによる超強磁場の発生を実証するとともに、1 GHz級NMRマグネット(23.5 T)開発の見通しを得た。

(1999年9月の国際マグネット技術会議で発表)

● X線コーンビームを用いた三次元X線撮像技術

一辺0.4 mm画素の高い解像力を持つ三次元X線撮像技術を開発した。これは、被写体に円錐(コーン)状のX線ビームを照射して回転撮影を行い、計算機を用いて一辺が512画素の立方体の三次元像(総画素数:1億3,000万個)を生成する技術である。X線センサを面上に配置した二次元検出器を用いることにより、人体の縦方向にも断面方向と同等の高い連続性を持つ三次元像を短時間で作成することができる。

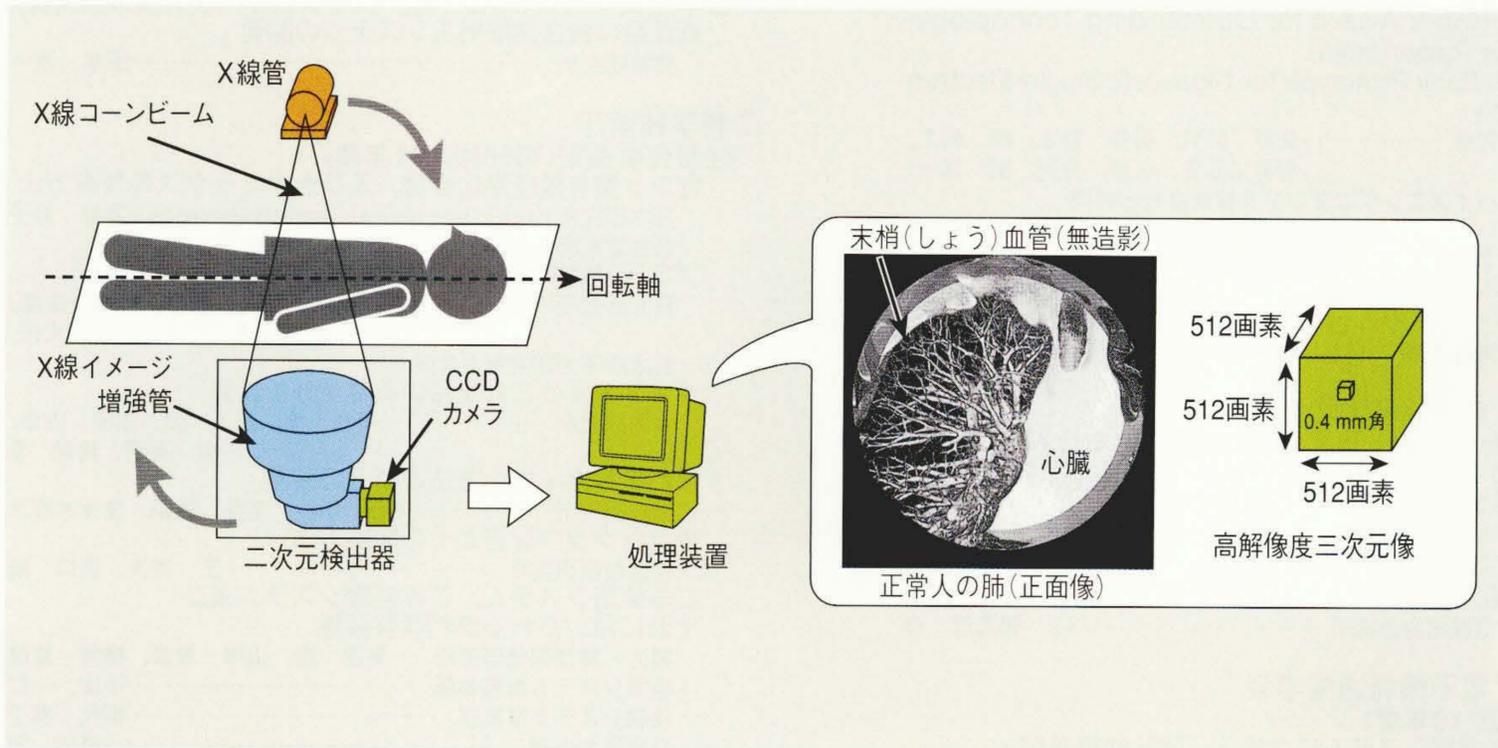
今回、二次元検出器として高精細のX線イメージインテンシファイアと高解像度のCCDカメラを用い、最適撮影条件制御技術と散乱X線補正技術

を搭載することにより、少ないX線被ばくで高画質の三次元X線像の撮影を実現した。現在、試作システムを医師と共同で評価しており、肺や関節の微細な構造を、さまざまな方向からの断面像や立体像として描出することに成功している。

今後、いっそうの高画質化と高速化を進めることにより、さまざまな部位への適用や、IVR(Interventional Radiology:経皮的治療)との組み合わせなどの展開が可能になる見通しである。

参考文献

- 1) R. Baba, et al.: High-S/N Cone-beam CT with Exposure- and Camera-input-level Control, Radiology (RSNA '98 Program), Vol.209(P), p.284(Nov. 1998)



コーンビーム三次元X線撮像システムの概要と撮影例