

昭和48年後半の石油危機をはじめとして、資源、労働、公害問題など、今まで高度成長を続けてきたわが国の経済はきわめてきびしい試練に立たされた。

このような情勢下で国際企業としての日立製作所が、さらに一段の飛躍をとげるには内外の環境変化に即応した新製品、新技術の開発が重要であることはいうまでもない。この推進にあたっては、日立製作所傘(さん)下の中央研究所をはじめとする各研究所の総力を結集し、プロジェクトの重点化と効率化、マーケットニーズの把(は)握、研究のスピードアップと成果の早期企業化などの施策を従来にも増して強力に進めるべく努力している。

また、深刻化した資源問題に関しては、政府の新しい大型プロジェクトである資源再生利用技術システムに参加した。その他、この種のプロジェクトには自動車総合管制技術、パターン情報処理システム、海水淡水化、電気自動車用サイリスタチョップ制御などに参加し、国家的な要請である自主技術の確立、資源利用技術、環境改善技術の開発に積極的な協力を行なっている。

官、公庁からの助成、研究委託などによるものには、液晶を用いた表示装置の研究試作、自動車の安全、公害機能の集

中制御システム、原子炉压力容器の異常検出法など十数件に及んでおり、広範囲なプロジェクトに積極的に参加している。

日立製作所の製品は多種多様であり、それらに対する研究開発の内容も非常に多方面にわたっている。すなわち、新技術、新製品をめざした先行開発から、現製品の改良、たとえば製品の性能、安全性、信頼性、取扱い性、価格低減のための設計および生産の省エネルギー化・自動化が盛り込まれている。

これらのうち、先行開発については、速記記号列の漢字かな交じり文への変換システム、Siインパットダイオード、多色発光素子、全固体走査化ファクシミリ送受信システムなどがあり、基盤技術では大容量変圧器における漂遊損の解析、構造物応力解析用汎用プログラム、石油パイプラインのサージ解析などがある。また、新材料としては高性能沸騰用新伝熱管、高耐熱性無溶剤ワニスなどがあげられる。

なお、本章に収録したものは研究成果のごく一部であり、成果の大部分は第2章以下の各製品に盛り込まれている。

日立製作所研究陣は常に創造力と開拓者精神をもって鋭意不断の研究を重ね、「技術の日立」をスローガンとして、その基盤作りの推進に日夜努力している。

コンピュータによる速記の漢字かな交じり文への変換システムを開発

本システムは、速記用の特殊タイプライタ「ソクタイプ」により連続的に入力される速記記号列を自然な漢字かな交じり日本語に反訳することを目的としている。区切りのない表音記号列から言葉を認定する方法として、言葉の語幹と語尾、自立語と付属語の形態上の接続関係を分析する形態素分析を採用した。この方式を採用することにより、名詞・形容動詞語幹音読み言葉の漢字表記化、外国語・外来語のかたかな表記化、助詞〈オ・エ・ワ〉の〈を・へ・は〉表記化および句読(とう)点(とう)入を自動的に行ない、読みやすい漢字かな交じり日本語の作成を可能にした。また表音表現の数字データについては、数詞

自動認定アルゴリズムを開発し、これにより漢数字表記化を可能にした。本システムは速記録および会議録などを非常に短時間に作ることを可能にした。またこの技術は、日本語ドキュメント検索など他の日本語処理にも利用可能である(図1)。

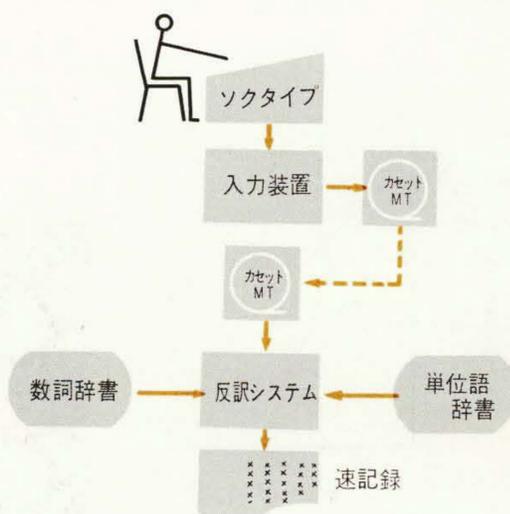


図1 速記反訳システム流れ図

50GHz帯Siダブルドリフト形インパットダイオードの開発

大容量データ通信システム装置の発振器や増幅器などに使われる新構造のミリメートル波帯Siインパットダイオードを開発した。

これはSi結晶にホウ素のイオン打込みを3段行なって作ったきわめて薄い均一なp層とn層を持つ p^+pnn^+ の4層構造のダブルドリフト形インパットダイオードで、電子および正孔の両キャリアが発振に寄与しているため、高出力、高効率という特徴がある。

50GHz帯における連続発振出力は最大1.13W(図2参照)、発振効率は最大12.6%を得、また平均出力500mW、平均効

率9~10%のダイオードを容易に得ることができた。これらは従来の p^+nn^+ 構造のシングルドリフト形インパットダイオードに比べて出力、効率ともほぼ2倍近い改良がなされている。

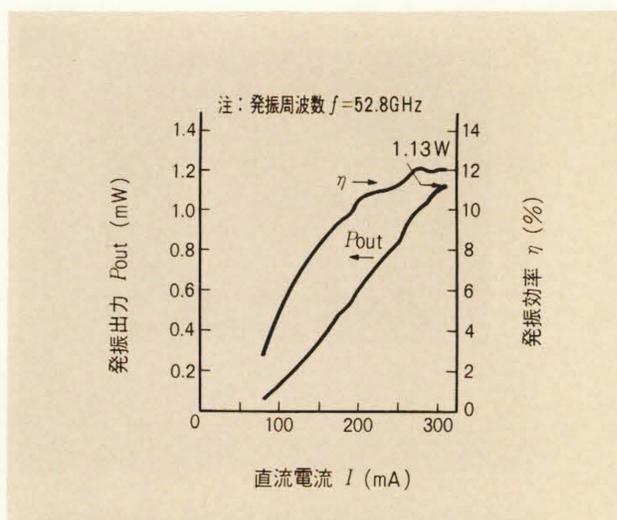


図2 50GHz帯Siダブルドリフト形インパットダイオードの発振特性

液晶を用いた平面表示装置

日立製作所は、液晶表示装置の開発研究について、通商産業省の重要技術研究開発費補助金（中核技術）の交付を受け、昭和47年4月より3年計画で大日本塗料株式会社および旭硝子株式会社との共同研究によりスタートした。本研究の最終目標は表1に示すように液晶表示装置としては表示画面および表示文字数ともに前例をみない規模のものである。今回、3社の協力によってその第一次目標を達成することができた。

今回試作した表示パネルは、1mmピッチの透明ネサ電極をコーティングした2枚のガラス基板を互いに直交するようにはり合わせ、その間隙(げき)(約10 μ m)にネマチック液晶を封入し、動的散乱効果によって表示を行なうもので、表示画面10 \times 15cm²の透過形マトリックスパネルである。文字の表示はキーボードによって行ない、目下は英数字の表示が可能である。

液晶材料は大日本塗料株式会社および日立製作所が各種の液晶化合物のなかから特性のすぐれたものを選出し、少量のイオン性添加物を加え応答性を改善したものを用いた。表示パネルの試作は主として旭硝子株式会社が行なったが、上述のガラス基板の表面処理技術の向上によって応答性および表示画質の良いものができるようになった。同パネルの駆動法については日立製作所が液晶の電気光学的特性の基礎検討に基づいて特殊な時分割駆動法を開発した。この結果、表1に示すように、第一次目標の表示文字数40字に対して約120字の表示が可能となり、最終目標達成のための大画面表示技術を確立しつつある。図3は試作装置で20字、6行の表示を行なっている状態を示すものである。現在、さらに電算機端末としての機能についても基礎検討を進めており、グラフィック表示も可能である。

表1 目標仕様および現状

項目	第一次目標	最終目標	現状
表示方式	マトリックス	同左	同左
表示画面	10 \times 15cm ²	50 \times 50cm ²	10 \times 15cm ²
表示内容	英、数字	英、数、かな	英、数字
表示文字数	40字	600字	120字
1文字の構成	5 \times 7ドット	7 \times 9ドット	5 \times 7ドット
コントラスト	20:1	20:1以上	20:1
応答速度	表示、消去1秒	同左	1秒以内
期間	昭47/4~昭48/8	昭47/4~昭50/3	昭48/8

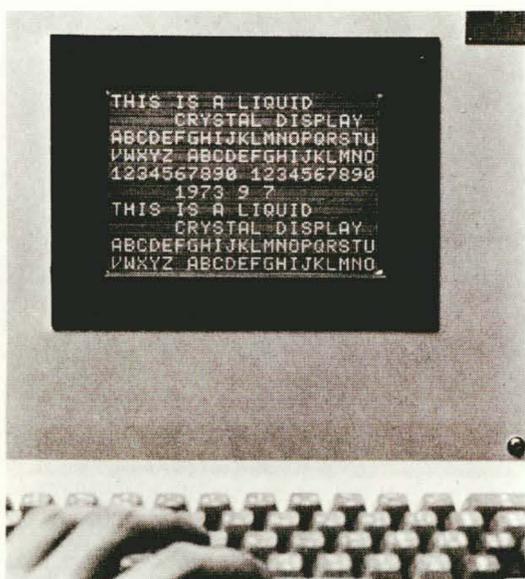


図3 液晶平面表示装置の試作装置

赤外可視変換形多色発光素子

発光色を制御できる発光素子を次の方法により試作した。赤色発光GaAsPと赤外発光GaAs; Siとを同一システムに近接して並置し、赤外光を緑色光に変換するけい光体、NaYF₄, Yb, Erを被覆する(図4)。通電する素子を選択することにより、見かけ上同一の場所の発光色を緑色または赤色に制御することができる。ダブルジャンクション形発光素子(図5)においても、同様の機能が実現され、さらに素子の電流比を制御することにより、赤と緑の中間の色調をも連続的に得ることができた。これらの発光素子により、従来の単色発光素子では、ON・OFFにより表示していた情報を、赤・緑の発光色によって明確に伝えることができ、またプラスマイナスなどの多様な情報を表示することも可能になった。

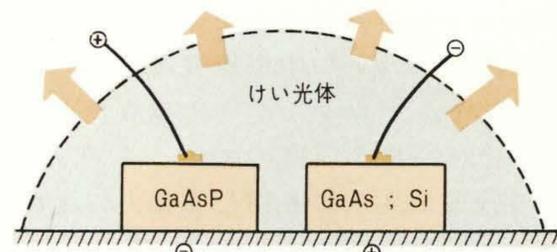


図4 並置形2色発光素子の構造

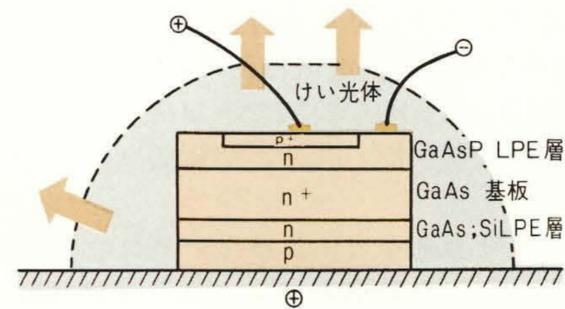


図5 ダブルジャンクション形多色発光素子の構造

カラーブラウン管製作用新規ホトレジスト

シャドーマスクの再加工なしに、カラーブラウン管のブラックマトリックスを製作する場合、使用するホトレジストとしては、一定強度以下の光に対して極端に感度が低下する、いわゆる相反則不軌形のホトレジストが望ましい。ホトレジストの原料として各種高分子と光架橋剤の光化学反応を検討した結果、所望の特性を有するホトレジストを開発することができた。

得られた新規ホトレジストは水溶性高分子とビスアジド化合物から成り、その感光特性は図6に示すとおりである。比較のために従来の相反則形ホトレジスト(PVA-重クロム酸塩)の感光特性も合わせて示した。また、このホトレジストを使用して製作したブラックマトリックスを図7に示す。このホトレジストの開発により、シャドーマスクの再加工工程を省くことが可能となった。

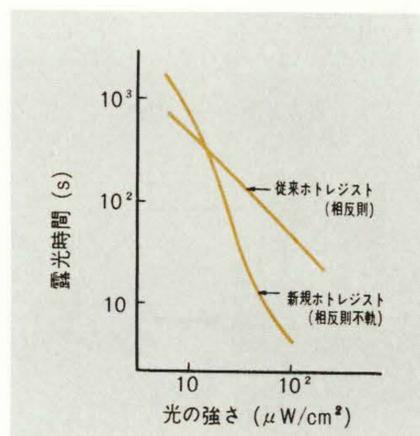


図6 新規ホトレジストと従来ホトレジストの感光特性の比較

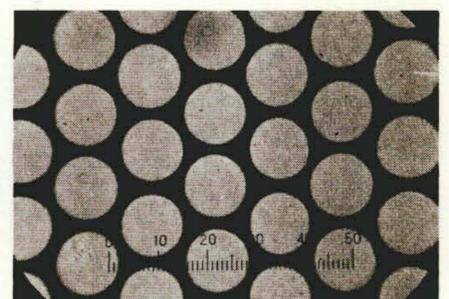


図7 新規ホトレジストを用いて製作したブラックマトリックス

縦続形アダマール変換によるテレビジョン信号の符号化

テレビジョン信号をデジタル符号化することは、将来のテレビジョン電話やビデオ機器にとって重要になる。しかし、たとえば帯域1MHzのテレビ電話信号をそのまま符号化すると約15Mb/s程度になってしまうため、これを低減することが望ましい。アダマール変換はその一つの方法として広く研究されてきているが、装置の経済性に難点があった。今回、これを従来の数分の一以下の素子で実現する方法を新たに提案し、開発した。

アダマール変換は、図8(a)のようにテレビジョン信号を 2^n 個(図は8個)の絵素(サンプル値)ごとにブロックに分け、これをアダマール行列と呼ばれる+1と-1からのみなる行列で変換するもので、テレビジョン信号に相関性があるため $y_2 \sim y_8$ の成分が小さく少数のビット数を割り当てるだけで済む。このため絵素あたり7ビット相当の画質を平均3ビット程度で実現することができる。同図(c)はこれを実現するため新たに開発した方法(縦続形アダマール変換)のブロック図であり、適当なタイミング信号で制御することにより上述の変換を行なう。同図(b)に示す従来方式で $2^n \times n$ 個の加算器を要したものが、 n 個で済むため n が大きいときには特に効果が大きい。

アダマール変換は二次元化(二次元アダマール)すると符号化効率は向上するが、簡単な二次元一次元変換回路と上記の縦続形アダマール変換を組み合わせる方法を新たに提案し、実験によって画質がさらに向上することを確認した。

この結果、符号化効率はよいが経済的に他方式(D-PCMなど)に劣ったアダマール変換を容易に実現することができるようになった。図9は、符号化の画像を合わせて示すものである。

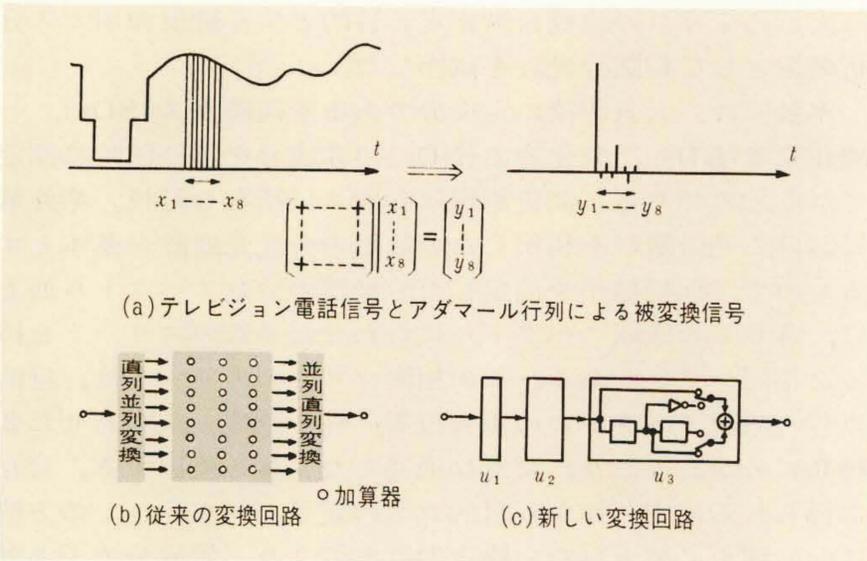


図8 アダマール変換による符号化と変換回路の構成



図9 アダマール変換成分の全部あるいは一部を用いて再生した画像

マイクロ波増幅器用低雑音GaAs 電界効果トランジスタ

日立製作所ではマイクロ波、ミリ波の微弱な電波を感度よく受信するのに有効な低雑音GaAs 電界効果トランジスタ(FET:Field Effect Transistor)を開発した。GaAs FETは半導体材料にGaAsを用い、トランジスタ構造を接合ゲートFETとするため、高周波で低雑音が期待され内外各社で研究されている。しかし、その実用化には多くの困難があり、本研究では最適設計、低抵抗オーム接触、損失の少ないパッケージをはじめとする諸技術の開発により従来の障害を克服した。この結果、日立製作所は郵政省電波研究所納めミリ波中継器受信部のマイクロ波増幅器に組み込んで所定の性能実現に成功した。GaAs FETの最高性能はしゃ断周波数50GHz、4GHzの雑音指数2.6dBで国際水準にあり、特に通信機への実装に成功したのは世界で初めてのことである(図10)。



図10 低雑音GaAs FET

複雑なパターンの中から傷を認識する装置を開発

傷の検査は生産工程に不可欠のものであるが、これまでは高度な働きを持つ人間の目と頭脳の判断にたよらざるを得なかった。しかも、複雑な物体中から傷を見つけ出す作業には緊張の持続が必要であり、熟練した検査員でも見落としを皆無にすることができないむずかしさがあった。

本装置はこのような実状を解決するために開発された視覚パターン認識技術応用の智能機械で、プリント基板のような込み入ったパターンの中から傷を自動的に発見することができる。複雑な形状の情報をういなきユニークな手法によっているため、装置規模が小さく、品種ごとの設定変更を要しない利点を持つ。本装置は電子回路化された専用装置により、人間にまさる検査精度を高速処理で実現している(図11)。

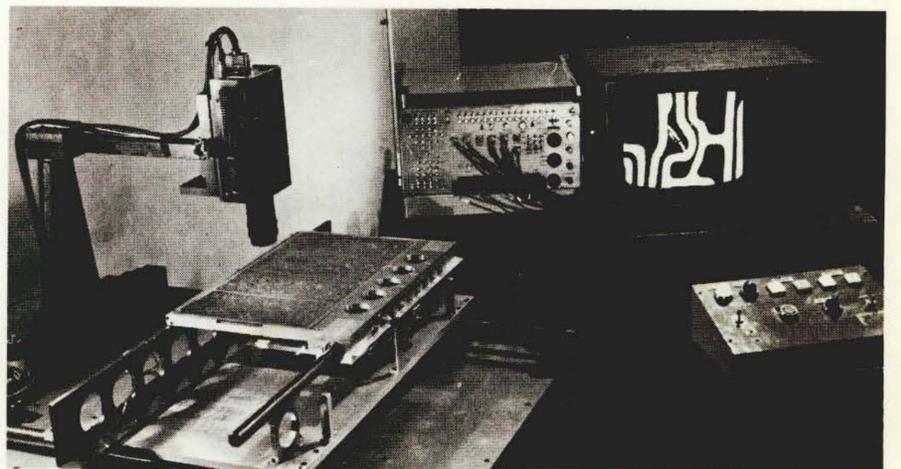


図11 プリント基板用傷検査装置

全固体走査高速ファクシミリ

従来からあるファクシミリは、伝送速度が遅く、保守に手数がかかるなどの欠点があり、その便利さが認められながら普及に時間がかかっていた。これは、従来のものが機械走査を主体としたため可変走査のような任意の走査ができず、帯域圧縮などの技術の導入に不向きな面を持っているためである。

今回開発した全固体走査ファクシミリは、送信機にホトダイオードアレイを用い、受信機に電子走査マルチスタイス放電記録を採用し、さらにその特徴を生かした帯域圧縮装置を付加した全く新しいタイプのファクシミリである(図12)。副走査には可変走査方式を採用し、情報の内容によって伝送時間が可変となり、これにより帯域圧縮装置のメモリは大幅に簡略化された。

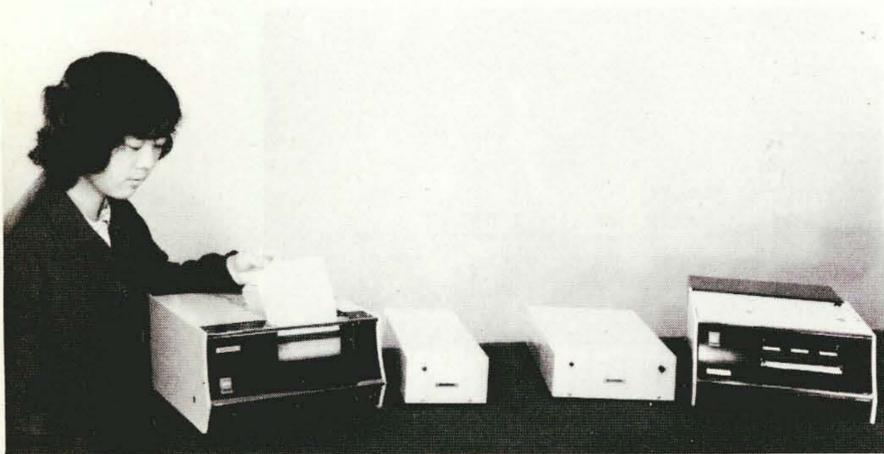


図12 全固体走査高速ファクシミリ

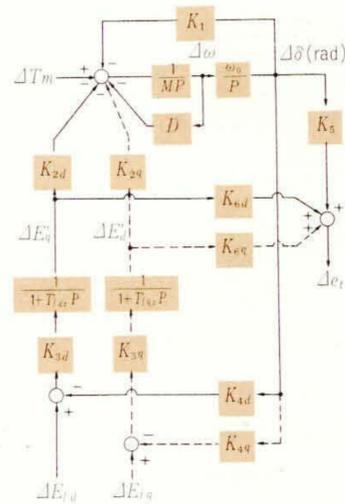
2軸励磁同期機の線形化近似モデル

2軸励磁同期機の動態安定度を解析するため、線形化近似モデルを導出した。図14において、破線で示したループは横軸励磁成分のため生じたループである。2軸励磁同期機の二つの界磁巻線は巻線の利用率の面から通常は直交配置されない。

この場合、各界磁巻線の磁束方向と直、横軸方向が一致しなくなるが、界磁巻線に関する諸量の座標変換を行なうことにより、 $d-q$ 座標系で表わした図14のブロック図および各係数を定義することができる。

このモデルより励磁制御と回転子に作用するトルクとの関係は直軸励磁成分は負荷角 δ の正弦 $\sin \delta$ に比例して作用するのに対し、横軸励磁成分は余弦 $\cos \delta$ に比例して作用することがわかる。

大容量タービン発電機などにおいて近い将来、2軸励磁方式が採用される場合にはその第一の利点である動態安定領域の拡大の判定に本モデルが適用でき、また、2軸励磁系の応答特性の解析用にも不可欠である。



- 注：K=同期機特性定数
- M=単位慣性定数
- ΔT_m =入力トルク変化
- $\Delta \omega$ =変角変化
- D=制動係数
- E_q' =過渡リアクタンス背後電圧横軸成分
- E_d' =過渡リアクタンス背後電圧直軸成分
- ΔE_{fd} =直軸界磁電圧制御量
- ΔE_{fq} =横軸界磁電圧制御量
- Δe_t =端子電圧変化分
- T_{fdz} =横軸界磁時定数
- T_{fdz} =直軸界磁時定数

図14 2軸励磁同期機の線形化近似ブロック図

大容量変圧器における漂遊損の解析

1,000MVA級の超高压大容量変圧器の開発に際し、重量低減、信頼性向上の面から、漂遊損の低減と構造材の局部過熱防止は一つのキーポイントである。これらには従来経験しなかった現象を含んでおり、従来技術の延長だけでは不十分であるので、日立製作所は所管工場、研究所共同で図13に示すような研究専用の国内最大規模の大形変圧器を製作した。本変圧器には構造に特別な考慮が払われ、実製品では測定困難な部分の測定が可能であるほか、材質、構造による影響も検討できる。また、3,000点以上の各種測定素子も取り付けられている。本変圧器を用いて漂遊損、局部過熱に関する総合的な解析を行ない、その発生機構、防止対策を明らかにし、1,000MVA級大容量変圧器の開発に対する基礎技術を確立することができた。

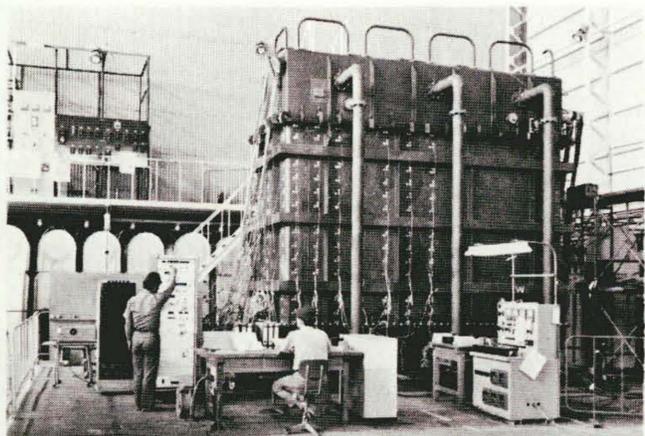


図13 漂遊損研究用大形変圧器

相関分光法による排出源用大気汚染ガス3成分測定器の開発

大気汚染ガスの連続自動測定を目的とする排出源用ガス分析装置として相関分光計を試作した。

本装置は、大気汚染の主成分である亜硫酸ガス(SO₂)、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO₂)の3成分を連続同時に測定できるものである。測定原理は各ガスに特有な可視、紫外域における光の吸収を利用した分散形の分光光度計を基本とするもので、回折格子を固定した分光器の分散スペクトル面上に、各ガスの吸収スペクトルに合わせた多数のスリットを持った相関マスクがある。この相関マスクのスリットは、目的ガスの吸収スペクトルの極大位置と極小位置とに合わせた2種類に分かれており、交互に通過した光量を検出する。交互に得られる出力の比から目的ガスの定量を行なう。この方法は前処理を必要としない物理的計測であり、他成分の干渉効果が少なく、多数の共存成分の中から目的ガスのみを感度よく定量できる。また各ガスの使用する波長域がNO 200~230nm, SO₂ 280~310nm, NO₂ 420~450nmと異なることに着目し、3種類の相関マスクを使用して、3成分同時測定を可能にしている。

試作装置の性能は、実験室での標準ガスによる検定で、3成分ともに2ppm以下(測定セル長250mm,積分時間1分)の測定感度が得られている。また実験炉、燃焼炉などの排ガスへの実装試験では、化学分析方法の測定値とのよい一致が得られた。

なお本測定方法は、日本工業規格JIS-K0104「排ガス中の窒素酸化物分析方法」の改正案にも採用された。

機械、構造物応力解析用汎用プログラム

日立製作所は有限要素法を利用して、題記プログラム9種類を開発した(総称HISTRAN)。これらのうちの一つは、種類の構造形式に適用しうる最も汎用的なものである。他の8種類は骨組構造物用、中実体用、補強薄板構造物用など、それぞれの適用構造形式を限定したものである。これらのプログラムは精度面と利用しやすさの面において種々検討を加えたものであり、静的、弾性範囲内の応力解析に広く適用できる。計算の省力化を図るため、要素の自動分割や、応力、変形など出力の図示を行なうサブプログラムも、いくつか作成した。図15は自動分割サブプログラムの一つを圧力容器に適用した例である。構造物(a)の三面図(b)をもとにして、これから立体(c)を組み立て分割する方法を新しく考案し、このサブプログラムを作成した。

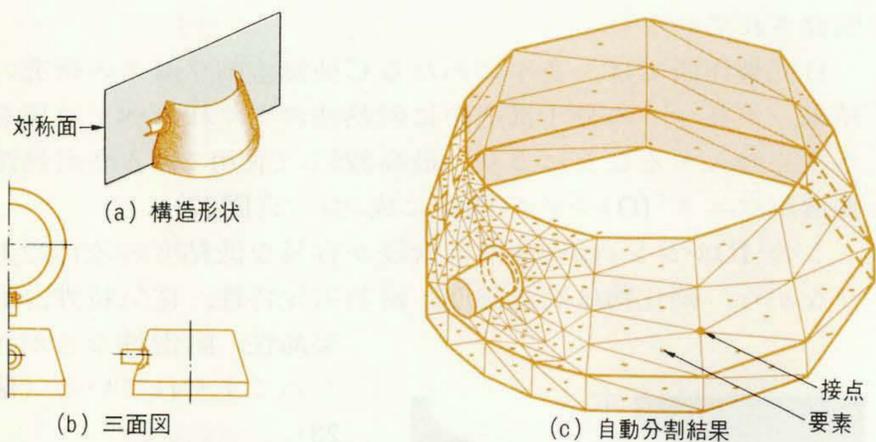


図15 一般構造物用自動分割サブプログラムの適用例

羽根車応力計算プログラム“STAR”の開発

水車、ポンプ、圧縮機などに代表されるターボ機械の羽根車の応力や変形の計算に共通して使うことのできるプログラム“STAR”を開発した。

このプログラムは羽根車を立体的な板構造物として解析するもので、解法としては有限要素法を用いている。一般に有限要素法プログラムは、計算時間が長くなることと入力データの作成に人手がかかることが難点とされているが、“STAR”では羽根車の構造的な周期性を考慮した解法を採用することにより大幅な計算時間の短縮と計算精度の向上を図るとともに、入力データの自動作成ルーチンを組み込むことによってデータ作成の省力化を実現した。

図16は、“STAR”を用いて遠心ファンの羽根車の応力解析を行なう場合の要素分割の一例を示すものである。

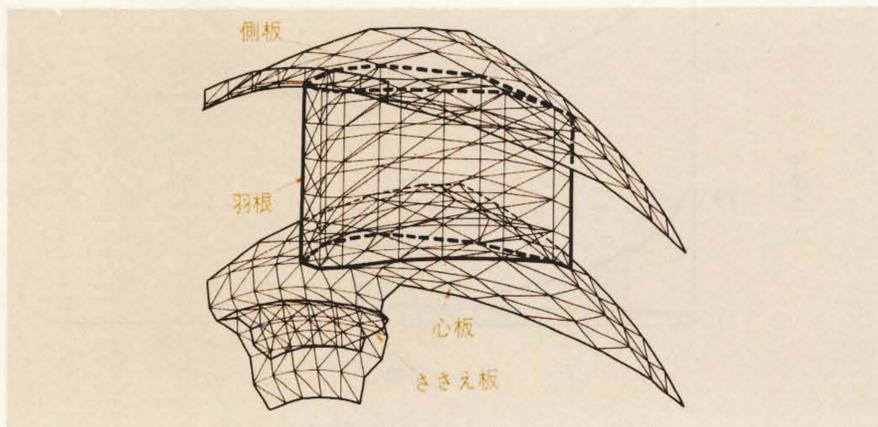


図16 “STAR”における要素分割の一例

高性能沸騰用新伝熱管「サーモエクセル」の開発

サーモエクセルと名づけられたこの伝熱管は、小さな温度差のもとでも有効に熱を伝えることができる高性能沸騰伝熱管である。従来の高性能伝熱管は、たとえば冷凍機用蒸発器に用いられているローフィンチューブのようにフィンにより伝熱面積を増したものが多い。「サーモエクセル」はこれらと異なり、独特な加工により人工気泡(ほう)発生核を管表面に作り沸騰熱伝達率を飛躍的に向上させたものである。

図17は「サーモエクセル」1^B管の概観を、図18(a)、(b)は断面および表面の顕微鏡写真を示すものである。素管表面に①のようなみぞがらせん状に走り、このみぞには規則的な間隔をもって蓋(ふた)②がされている。このような構造をもった面を液体に浸せし加熱すると、みぞ①の内側で気泡が発生しやすくなり、発生した気泡は穴③から管外へ放出され伝熱を促進する。このため、人工的な気泡発生核は沸騰熱伝達率を大きく向上させる働きを持っている。

空気調和機に用いられているフロン系冷媒および有機液体などを沸騰させると、なめらかな面より5~10倍も高い沸騰熱伝達率が得られる。一例として図19には沸騰液R-11を用いた場合の沸騰伝熱性能を他の伝熱管の性能と比較して示してある。

また実際の冷凍機に用いた場合、循環冷媒中に冷凍機油が数パーセント混入することは避けられないが、「サーモエクセル」はみぞ①、穴③の寸法が適当に大きいため、油による目詰まりを起こすことがなくすぐれた性能を保っている。

沸騰現象を利用した冷却方法は熱交換器ばかりでなく、各種電気機器の冷却にも広く応用されており、「サーモエクセル」の用途はきわめて広いといえる。この新伝熱管は日立電線株式会社と共同で開発したものである。

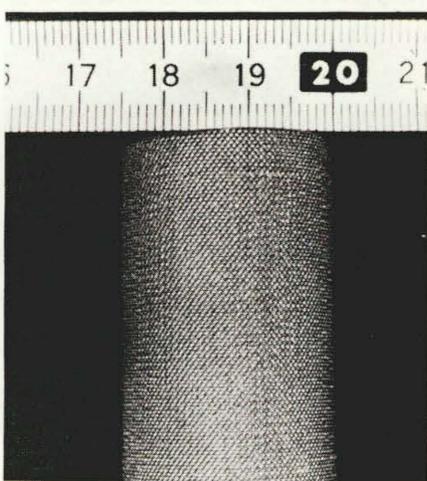


図17 「サーモエクセル」1^B管の概観

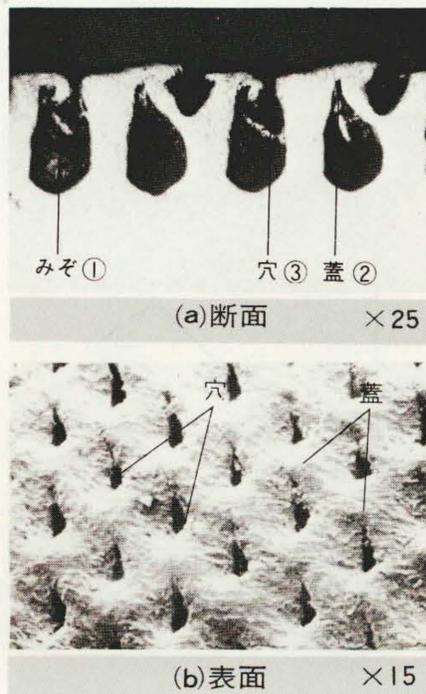


図18 「サーモエクセル」顕微鏡写真

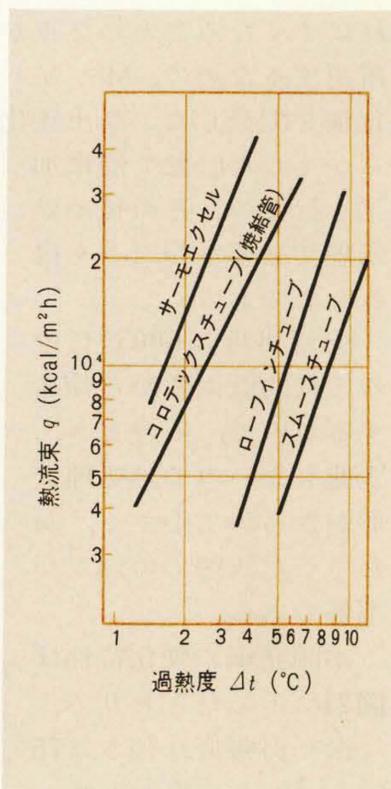


図19 性能曲線の比較

石油パイプラインのサージ解析

石油輸送パイプラインにおいて、輸送状態を変化させるかあるいは運転状態に異常が起こると、管内に圧力変動（サージ）が生ずる。サージ現象は、パイプラインの安全確保という観点から検討しておくべき主要な課題の一つである。

このサージ現象を模擬するために、現象を解析し、計算プログラムを作成した。このプログラムを用いて、パイプラインを計画する段階で、過度の圧力変動防止策をたてることができる。図20は、対策の一例を示すものである。停電により全ポンプが急停止すると、加圧ポンプより下流において油柱分離が生じ、かつ分離後の油柱再結合時の異常圧力上昇などが考えられ望ましくない。対策として、停電を検出して着ターミナルの弁を閉鎖すれば、同図に示すように、負のサージ圧と正のサージ圧は互いに相殺され、過度の圧力上昇・降下が防止され安全が確保できる。

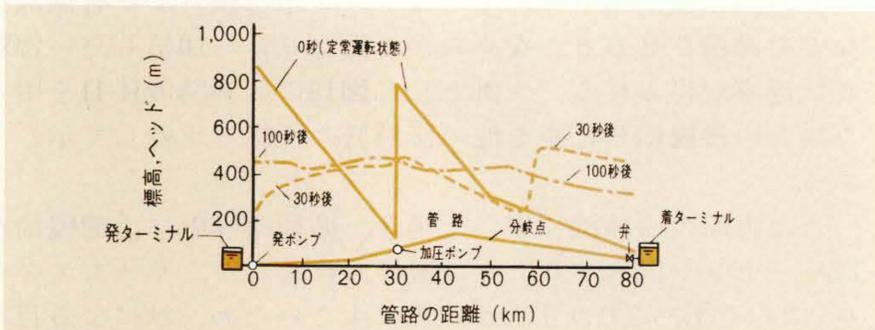


図20 全ポンプ急停止時に着ターミナルの弁を閉鎖した場合の管内の圧力変化

機械構造用としての新しい析出硬化鋼の開発

歯車、軸などに用いられる機械構造用鋼としては中炭素鋼、低合金鋼などがあり、これらに高周波焼入れ、焼入れ焼もどしなどを施して完成部品とされるのが普通である。このような場合の問題点としては、焼入れによって生じた変形を所要の寸法精度に仕上げるための加工工数が大きくなることおよび大形品では焼入れの質量効果によって必要なかたさが得られにくくなることの2点があげられる。このような問題点を解決するために、Mo、Vを含有した新しい機械構造用析出硬化鋼を開発した。析出硬化鋼は、固溶化熱処理によってやわらかくした状態で機械加工を行ない、その後時効処理で必要なかたさを得るものである。

時効処理は600℃付近の比較的低温から徐冷するもので、そのとき、変態もないので熱処理変形がきわめて小さく、かたくした状態での加工が不要である。

本開発鋼の硬化特性は図21に示したとおりで、片振り引張疲れ強さは75 kg/mm²以上が得られた。

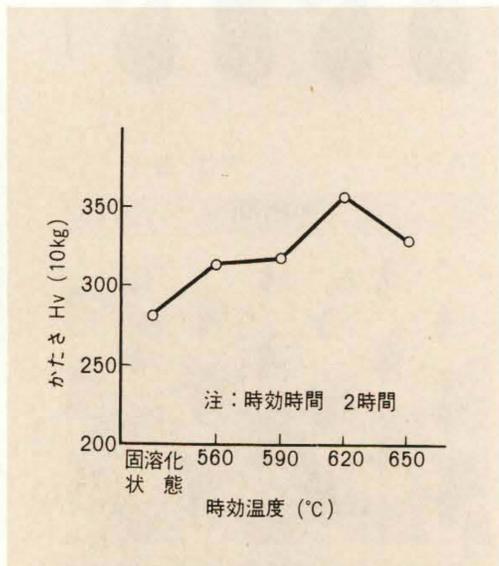


図21 新しく開発した機械構造用析出硬化鋼の硬化特性

高耐熱性無溶剤ワニス「IOレジン」

近年、電気機器の小形軽量化、使用条件の過酷化などの傾向が一段と強くなり、これに伴って絶縁材料もC種（最高使用温度180℃以上）として使用可能なものを要求する声が高まっている。

従来、C種の耐熱性材料は、主として溶剤形ワニスの分野で研究が進み、ポリイミド、ポリジフェニルエーテル、シリコンなどのすぐれた材料が開発されている。しかし、含浸や注型に適した無溶剤ワニスはまだ満足すべきものがない。現在比較的耐熱性のよい無溶剤ワニスとして、エポキシレジンは広く用いられている。しかし、その最高使用温度は180℃が限度である。

そのため、200℃の壁を破る高耐熱性無溶剤ワニスの研究が世界各国で盛んに行なわれているが、ワニスの低粘度化と耐熱性の両立がきわめて困難なため、まだ実用化できるものは開発されていない。

日立製作所では、多年にわたるC種無溶剤ワニスの研究の結果、ポリマーの分子構造中に耐熱性のすぐれたヘテロ環をうまく導入することにより、最高225℃で使用できる高耐熱性無溶剤ワニス「IOレジ」の開発に成功した(図22)。

この「IOレジ」は硬化前は含浸が容易な低粘度の液体でありながら、硬化物は高温強度、耐熱劣化特性、電気特性、耐薬品性、耐湿性などがきわめてすぐれている(図23)。

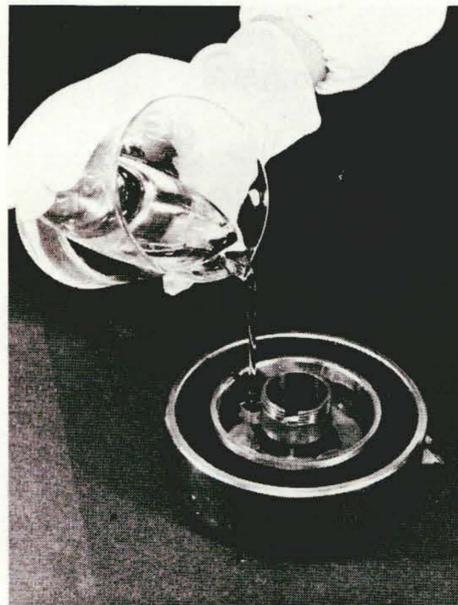


図22 高耐熱性無溶剤ワニス「IOレジ」

この「IOレジ」は車両用モータ、電動工具などの電気機器および電子部品の含浸、注型用として使用できるのみならずその組成を変えることにより、成形材料、積層材料、溶剤形ワニス、接着剤、フォームなどへの幅広い用途が期待できる。

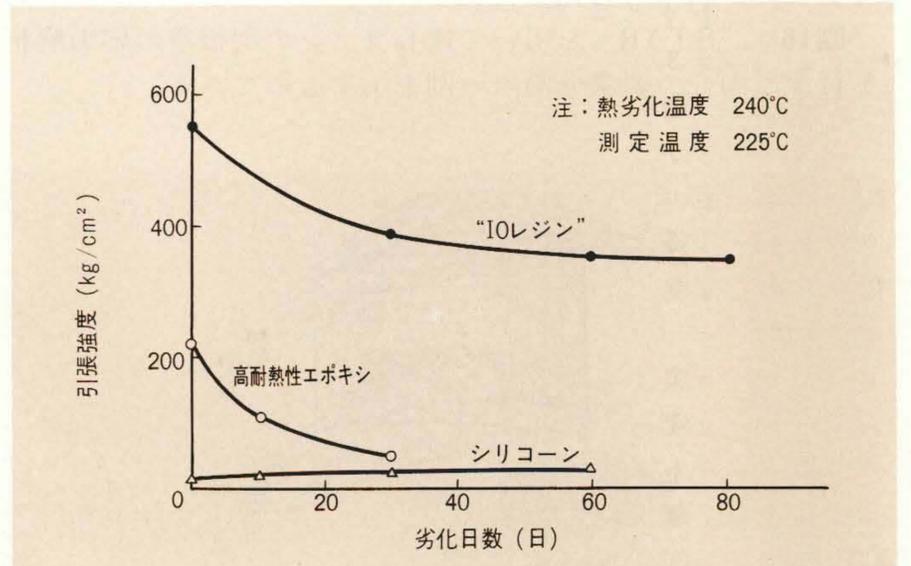


図23 「IOレジ」の熱劣化による引張強度の変化