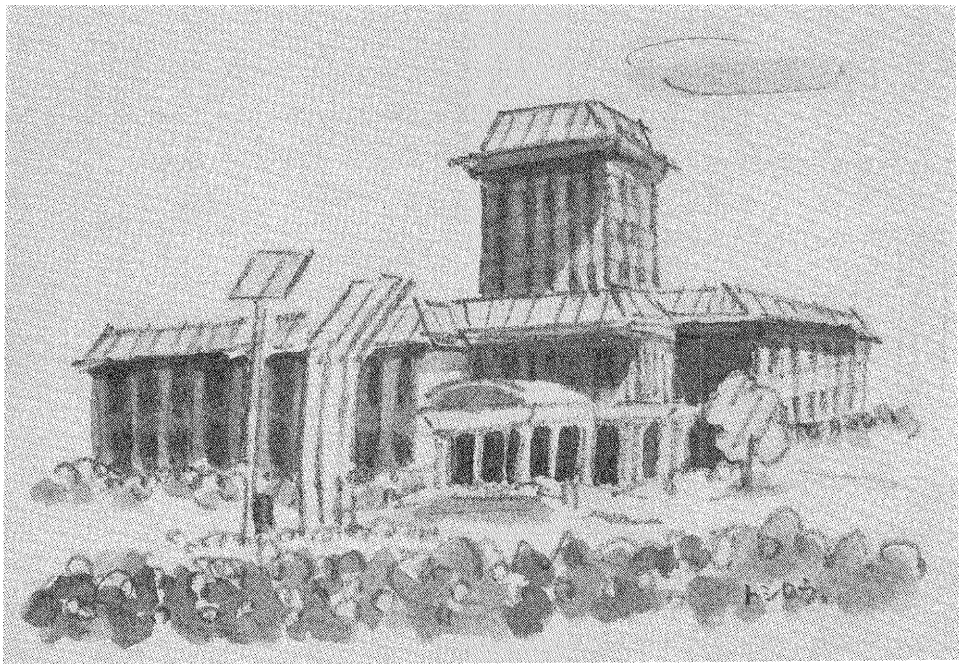


REPORTS
OF
THE
INDUSTRIAL
RESEARCH
CENTER
OF
SHIGA
PREFECTURE

1987 研究報告

滋賀県工業技術センター



新緑の工業技術センター

目 次

研究報告

1. カラー画像を用いたプリント基板検査の自動化に関する研究
桜井 淳..... 1
2. 会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの研究開発
池田 滋亜..... 7
3. ロボットシミュレータの研究開発
川崎 雅生..... 29
4. モーダル解析法の実用化研究
月瀬 寛二 河村安太郎 田尻 祥子 岡野 公..... 43
5. 赤外レーザーを用いた距離計測システムの試作
河村安太郎..... 57
6. 炭素繊維強化エポキシ樹脂 (CFRP) の“ぬれ性”に関する研究
山中 仁敏..... 67
7. セラミック溶射被膜の耐熱衝撃性向上に関する2・3の要因について
西内 廣志 今西 康博 種岡 一男..... 73
8. 高圧を利用した食品の新しい加工・保存技術の開発に関する基礎研究
松本 正..... 79
9. 食品加工工場からの高濃度糖廃液の処理に関する研究
矢田 稔..... 91

実験レポート

1. 高分子複合材料の非破壊による評価試験技術に関する研究
井上 栄一..... 99
2. ガラスクロス強化エポキシ樹脂のミズリングに関する研究
那須 喜一.....107
3. 県内産漬物の味に関する調査報告
矢田 稔.....111

技術開発ノート

1. 試験分析機器の利用状況統計分析システムの開発
システム開発チーム.....115
2. デザイン手法の高度化に関する研究
野上 雅彦.....121

研 究 報 告

1. カラー画像を用いたプリント基板検査の自動化に関する研究
桜井 淳
2. 会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの研究開発
池田 滋亜
3. ロボットシミュレータの研究開発
川崎 雅生
4. モーダル解析法の実用化研究
月瀬 寛二 河村安太郎 田尻 祥子 岡野 公
5. 赤外レーザを用いた距離計測システムの試作
河村安太郎
6. 炭素繊維強化エポキシ樹脂(CFRP)の“ぬれ性”に関する研究
山中 仁敏
7. セラミック溶射被膜の耐熱衝撃性向上に関する2・3の要因について
西内 廣志 今西 康博 種岡 一男
8. 高圧を利用した食品の新しい加工・保存技術の開発に関する基礎研究
松本 正
9. 食品加工工場からの高濃度糖廃液の処理に関する研究
矢田 稔

カラー画像を用いたプリント基板検査の 自動化に関する研究

技術第一科 桜井 淳

あらまし：製品が複雑、高度化し、生産速度が高まっている現在、製品の検査工程において、従事者の目視による検査では対応出来ない場合が多くなっている。目視検査の生理的、精神的負担も大きく、現実に視力低下の問題や精神的ストレスの増加の問題などを引き起こしている。そこで、目視検査の自動化を実現するための基礎的研究として、本研究では、カラー画像処理を応用して、プリント基板検査を自動化する方法を研究している。61年度の研究成果⁽¹⁾に基づいて、本年度は IC 部品等の領域の抽出と IC の実装方向の判別、コンデンサーや抵抗などの部品の画像抽出、さらに自動検査のための部品の基準情報（座標位置、形状、方向、色など）の登録法について検討した。

カラー画像を用いることにより、濃淡データを用いるより容易に IC 部品を抽出し、その方向を判別することが出来た。また、コンデンサーや抵抗のカラーコードを抽出することも可能であった。

1. ま え が き

生産工程における多くの作業がロボット導入などにより自動化されてきた中で、検査工程における自動化は、立ち遅れている現状である。この作業は、他に較べ、非常に高度な判断を要し、かつ、その判断は、品質管理上、厳しい正確さが要求されるためである。このため、検査工程においては、自動化が遅れ、多くの作業が依然人間の視覚に頼っている。

しかし、現在のように、製品が高度化し、生産速度が上昇する中で、人間の目視による検査では対応できなくなってきた。また、作業環境の面からも、人間に与える生理的、精神的負担は大きく、現実に、視力低下の問題や精神的ストレス増加の問題などを引き起こしている。

そこで、人間の目の代わりにカメラで行い、大脳の判断の代わりにコンピュータで行うといった処理システムの構築が必要である。

本研究では、この様な検査工程の自動化を実現する検討の第一段階として、プリント基板上の部品検査を取り上げた。前回の報告⁽¹⁾では、プリント基板画像から、目標の IC 部品領域を抽出する手法、すなわち、画素の抽出条件、フィルタ処理、IC 形状の復元アルゴリズムについて検討した。今回は、IC 部品の領域の抽出と IC の実装方向の判別法、コンデンサーや抵抗などの抽出法、さらに、自動検査のための部品の基準情報の登録法について検討を行っている。

2. カラー画像入力装置の構成

本研究に使用したカラー画像入力装置の構成図を図 2-1 に示し、その仕様を表 2-1 に示す。

(1) 画像入力装置

カラー画像入力装置は、ADS（製）PIP-4000を使用した。この装置は、CPUユニット、線画ユニット、AD/DAユニット、画像メモリユニットにより構成されており、各ユニットは、画像バスとシステムバスにより結合されている。また、カラーカメラより入力されるRGBのデータは、それぞれ8ビット（256階調）のデータとしてメモリに格納され、最大8画面のカラー画像の取り込みが可能である。

(2) カラーカメラ、レンズおよび照明装置

カラーカメラ部は、池上（製）カメラITC-350Mとキャノン（製）レンズJ15×9.5により構成されている。このカメラを、プリント基板の上部約50cmに固定し、約150×150mmのエリアを、512×512画素のRGBデータとして画像入力装置のメモリに取り込んでいる。カメラの絞りは自動、ピント調節は手動で行っている。

照明装置は、プリント基板の斜め上（垂直軸に対して）30°の角度4方向から、250Wランプ4灯により照射している。

(3) カラーTVモニタ

カラーTVモニタは、三菱電機（製）C-3419を用い、入力画像の調整用モニタ、あるいは、画像データの演算処理のモニタとして使用している。

(4) パーソナルコンピュータ

主な画像処理演算は、パソコンPC-9801で行っている。画像メモリに記憶されたRGBの各データをパソコンのメモリに取り込み、C言語によりデータ処理を行う。カラー画像入力装置の制御は、装置に付属のアセンブラーサブルーチンをコールして行っている。

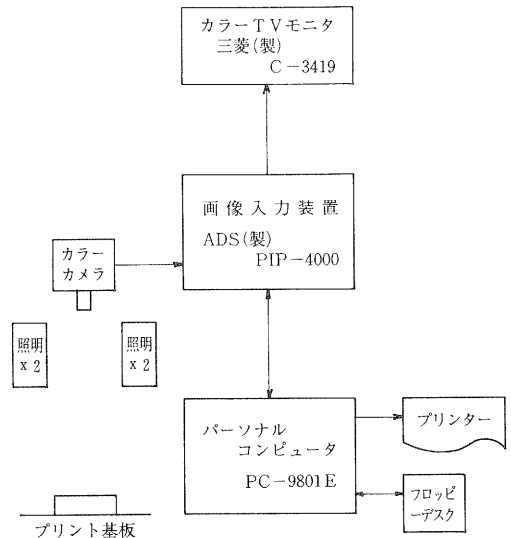


図2-1 カラー画像入力装置構成図

表2-1 カラー画像入力装置の仕様

| | |
|---------------------------------|---|
| (1)画像入力装置(A.D.S.(製) PIP-4000) | |
| CPU: Z80 | |
| プログラムメモリ: 32kバイト | |
| データメモリ: 16kバイト | |
| AD/DA変換器: 8ビット(12.5MHz) | |
| 画像メモリ: R画像 512V×512H×8ビット×8フレーム | |
| G画像 | 〃 |
| B画像 | 〃 |
| (2)カラーカメラ(池上(製) ITC-350M) | |
| 走査方式: 2: 1インターレス、512本、30フレーム/秒 | |
| 解像度: 中心部550本以上、周辺部450本以上 | |
| レンズ(Canon(製) J15×9.5) | |
| ズーム比: 15× | |
| 照明装置(株)エス・エフ・シー、コピーライトマスター) | |
| ライト: 250W 4灯 | |
| (3)カラーTVモニタ(三菱(製) C-3419) | |
| 水平周波数: 15.5~24kHz | |
| 垂直周波数: 40~70Hz | |
| (4)パーソナルコンピュータ(NEC(製) PC-9801E) | |
| CPU: 8086 | |
| メモリ: 640kバイト | |
| HDD: 20Mバイト | |
| FDD: 8"FD×1台 | |
| 言語: C, アセンブラー | |

3. 画素の抽出条件

プリント基板のカラー画像から目的の部品の色データを持つ画素を抽出するのに、次にあげる特徴量を使用している。まず、照明環境の変動にあまり影響を受けず、色の特徴を表せる変数として、R,G,Bの配合比を用いる。これをrgb色度座標値⁽²⁾と呼ぶ。また、R,G,Bの配合比では識別が困難な同一系統の濃淡色を識別するためR,G,Bの平均強度も特徴量として使用している。

$$\text{rgb 色度座標値} \quad r = R / (R + G + B) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$g = G / (R + G + B) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$b = B / (R + G + B) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{RGB 平均強度} \quad D = (R + G + B) / 3 \dots\dots\dots (3.4)$$

R,G,B : 各画素のRGBデータ値

次に、10×10画素の教示色データを使って事前に求めた色度座標値r,gと平均強度Dを用い、抽出エリア内の画素データの中から、次の3つの条件を同時に満たす画素を抽出する。ここで、 ϵ_1 、 ϵ_2 は、画素の抽出範囲を決める係数であり、通常は、 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 5\%$ としている。

$$\text{抽出条件} \quad | r_{ij} - r | \leq \epsilon_1 \dots\dots\dots (3.5)$$

$$| g_{ij} - g | \leq \epsilon_1 \dots\dots\dots (3.6)$$

$$| D_{ij} - D | \leq \epsilon_2 \dots\dots\dots (3.7)$$

r, g : 教示色データのrgb色度座標値

D : 教示色データのRGB平均強度

r_{ij} , g_{ij} : 抽出エリア内画素データのrgb色度座標値

D_{ij} : 抽出エリア内画素データのRGB平均強度

4. IC領域の抽出

150×150mmのプリント基板の画像を、512×512画素のカラーデータとして画像入力装置に取り込む。次に、ICの教示色データを用いて求めた色度座標値、および、平均強度を用い、モニター上に映し出されたICが複数個存在するウィンドウの中から、前章で述べた抽出条件に基づきIC部の画素を抽出する。そして、十字形フィルタにより雑音成分を除去し、復元アルゴリズムによりIC領域を復元する⁽¹⁾。図4-1に、その処理過程を示す。また、図4-2に、濃淡データを用いた場合、すなわち、式(3.7)の抽出条件のみを用いた場合の処理過程を示す。画素抽出画像で、IC部分内において大きく脱落しているところは、ICの品名を示す白い文字の部分である。

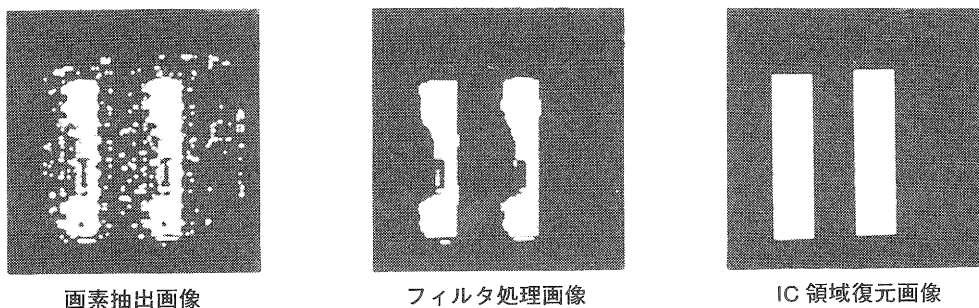


図 4-1 カラーデータを用いた場合の領域抽出の過程

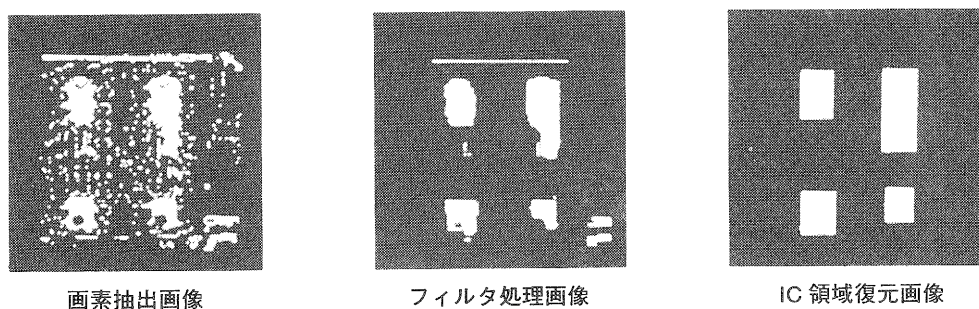


図 4-2 濃淡データを用いた場合の領域抽出の過程

図 4-1 と図 4-2 との比較から、カラーデータを用いると、濃淡データを用いる場合より画素抽出が容易になることが分かる。

5. IC の実装方向の判別

IC 実装方向の判別は、IC の両端付近のデータを微分し、キー溝の有無を検出することにより行う。図 5-1 に示す様に、式 (5.1) に従い IC の両端から短辺方向にデータを微分し、その絶対値を、式 (5.2) に従い加算する。微分を行う領域は、端から第 2、第 3、および第 4 ラインとし、また、各ラインの両端部分の微分値は加算しない。そして、加算結果が大きい側にキー溝があると判断する。図 5-2 は、各ラインにおける微分値の一例であり、キー溝の存在する側の方が微分値の変動が大きいことが明らかである。

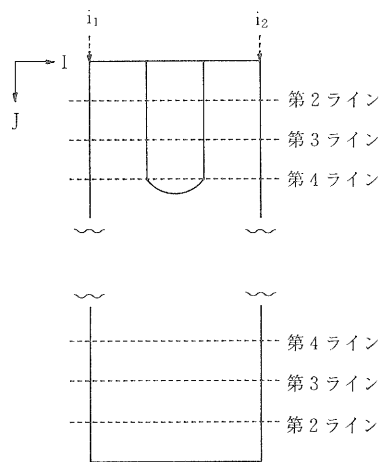


図 5-1 微分をとるライン

$$Z_{i,j} = (R_{i+1,j} - R_{i-1,j}) + (G_{i+1,j} - G_{i-1,j}) + (B_{i+1,j} - B_{i-1,j}) \dots\dots\dots (5.1)$$

$$S = \sum_{j=2}^4 \sum_{i=1}^{i2} |Z_{i,j}| \dots\dots\dots (5.2)$$

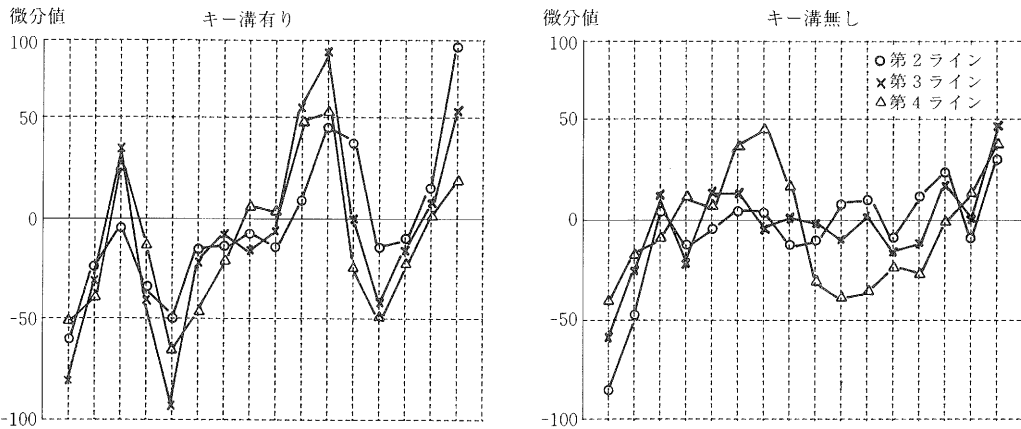


図 5-2 微分値の一例

図 5-3 は、方向判別をおこなった画像である。また、表 5-1 に、方向判別の成功率を示す。これは、今回試料として用いた基板上の一般的な 3 種類の IC、28 個について方向判別を行った結果である。間違いが生じた原因としては、部品の密集部分などに生じる光の影の影響が考えられる。

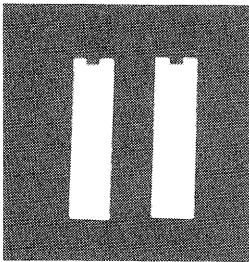


図 5-3 方向判別画像

| IC A | IC B | IC C |
|------|-------|------|
| 100% | 94.4% | 100% |

表 5-1 方向判別の成功率

6. コンデンサーと抵抗の抽出

コンデンサーと抵抗についても同様に、領域の抽出を行う。抵抗については、カラーコードとして登録されている色を抜き出す。その結果を図 6-1 と図 6-2 に示す。抵抗については、画像が小さく抽出困難なため、画像入力時に、カメラの倍率を変え分解能を上げている。

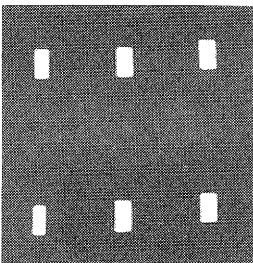


図 6-1 コンデンサーの抽出画像

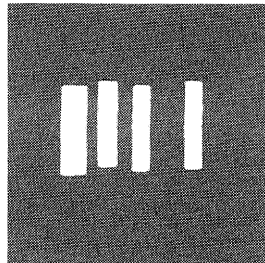


図 6-2 カラーコードの抽出画像

7. IC、コンデンサー、抵抗部品の基準情報の登録

正しく作られたプリント基板について上記の処理を行い、得られた情報を後の検査での基準情報として登録する。まず、モニターに映し出された入力画像上で、マウスによりカーソルを移動させ、IC、コンデンサー、抵抗のカラーコードの色の教示を行う。次に、上述の手法により部品の座標位置、形状、方向を調べる。プリント基板上の全てのIC、コンデンサー、抵抗についてこの処理を行い、各部品の座標位置、形状、方向、色等の情報をコンピュータに登録し、実際の検査時の基準データとする。基準情報の登録に要するメモリーは、部品1個当たり11バイトである。図7-1に、部品登録法、表7-1に、コンピュータ内での基準情報の登録イメージを示す。

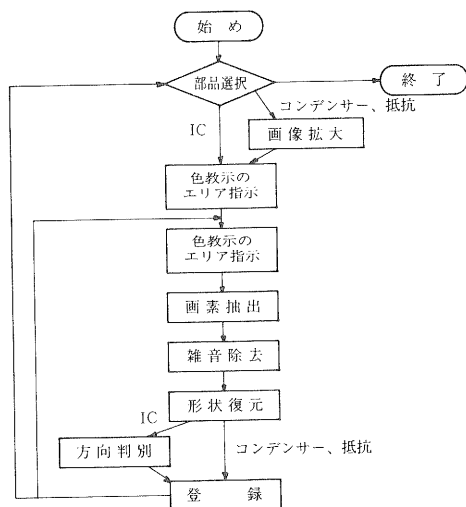


図7-1 IC、コンデンサー、抵抗部品の登録法

| 種類 | No. | 座標位置 | | 形状 (各辺長) | | 方向 (キ-溝座標) | | 色 | | |
|----|-----|------|---|-------------|---|---------------|---|---|---|---|
| | | X | Y | X | Y | X | Y | R | G | B |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

表7-1 基準情報登録イメージ

8. むすび

本文においては、カラー画像の特徴量を用いて抽出したIC部品について、その実装方向の判別法、コンデンサーと抵抗部品の抽出法、さらに、基板上の部品のコンピュータへの登録法について報告した。IC、コンデンサーについては、領域抽出、方向判別および部品の登録がほぼ確実に行った。しかし、抵抗については、入力倍率を変更しているため、IC、コンデンサーの基準情報とは区別しなければならない。今後は、実用化に向け、カメラのズームアップ機能を直接パソコンで制御すること、および、テーブルを、基準情報に従ってパソコンで制御することなどを行い、実際にプリント基板検査を試みている予定である。

謝辞 本研究について御指導頂いた渡部透研究参与(立命館大学工学部教授)と井上紘一研究参与(京都大学工学部教授)に感謝します。

参考文献

- (1) 桜井 淳:昭和61年度滋賀県工業技術センター業務報告、p.p. 135-149
- (2) 池田光男:色彩光学の基礎 朝倉書店

会話型オフライン・ロボット・ ティーチング・システムの研究開発

—— 中間報告 ——

技術第一科 池田 滋重

あらまし：産業用ロボットの表示法は、現在ティーチング・プレイバックが主流であるが、今後は、オフライン・ティーチングの重要性を増すと考えられる。本研究では、特にヒューマン・インターフェースを重視したオフライン・ティーチング・システムの開発を意図するものである。昨年度は、ロボットの軌道を容易に入力する手段として、多関節型の3次元入力装置（3次元マウス）を開発し、「会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システム」の概略設計をした。今年度は、概略設計に基づき、システム中核の詳細設計・コーディングを行い、さらに、教示の補助となる現場の風景（背景画面）の表示モジュール、教示の際必要なワーク、パレット等（要素）のワイヤー・フレームの表示モジュールをインプレメントし、そして、ロボットの動作を3次元空間の指示とメニューの選択で会話的に教示するモジュールの詳細設計をし、中核をインプレメントした。

1. まえがき

産業用ロボットは、大企業を中心に合理化、省力化の中核として急速に普及しているが、中小企業への普及を促進するには、多品種少量生産に対応でき、さらに、ロボットの教示が簡単であることが必要である。近年、多品種少量生産への対応策として、ロボットの腕を人間が直接動かして教示をするティーチング・プレイバック方式にかわって、現場のロボット、工程から無関係な状態でロボットの動作を教示するオフライン・ティーチング方式が研究されている。オフライン・ティーチングの一つの方法は、ロボット言語を用いて動作を教示する方法であるが、プログラム言語の知識が必要なため、容易な方法とは言い難い。

一方、パーソナル・コンピュータは、主記憶数 MB、外部記憶数十 MB をもち、処理速度は、サブ MIPS オーダーのマシンまで出現している。さらに、グラフィック性能は、専用機に迫る性能、機能をもち、立体視も可能となっている。

そこで、本研究では、この安価で高性能なパーソナル・コンピュータを用いて、ロボットの動作、軌道を直接的に教示する「会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システム」を設計・開発する。昨年度は、CRT 上の3次元位置を直接的に指示する「3次元入力装置（3次元マウス）」を開発し、本システムの概略設計をした。今年度は、概略設計に基づき、本システムの詳細設計を行い、背景画面、要素のワイヤーフレームの表示モジュールをインプレメントし、さらに、ロボットの動作を3次元空間の指示とメニューの選択で会話的に教示するモジュールの詳細設計をして、

中核をインプレメントした。

本報告では、「会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システム」の概要を述べた後、詳細設計とインプレメントの中間報告を行う。

2. 会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システム

2-1 これまでの経過

本研究は、昨年度からの3年計画で「会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システム」を設計・開発する。

昨年度は、現在の状況把握として、ロボット教示方法、および、ロボット言語の調査を行い、中小企業での自動化の促進を行う上での問題点を把握した後、システムの概略設計をした。

本システムは教示をオフラインで行って段取り替えの時間を最小にし、さらに、ティーチング・プレイバック方式のように直接的に指示できる方法として、CRTに現場の風景およびワーク、パレット等を立体視で表示して、3次元位置を直接的に入力できる装置を使用してロボット・ハンドの軌道を教示する方法を採用した。立体視表示は既に市販のパーソナル・コンピュータ上で実現されていたが、3次元入力装置は、まだ、研究試作段階で、本システムに適した装置は考案はされていなく、「3次元入力装置」を試作した⁽¹⁾。

今年度にはいり、3次元入力装置を発明名称「コンピュータへの3次元入力装置」としての特許出願をした（出願番号：特願昭62-252181）。さらに、第1回インテリジェント・F・A・シンポジウム⁽²⁾と第3回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム⁽³⁾で発表した。

2-2 システムの概要

本システムの概要を図1に示す。表1に示すように、多品種少量生産時に問題となる段取り替

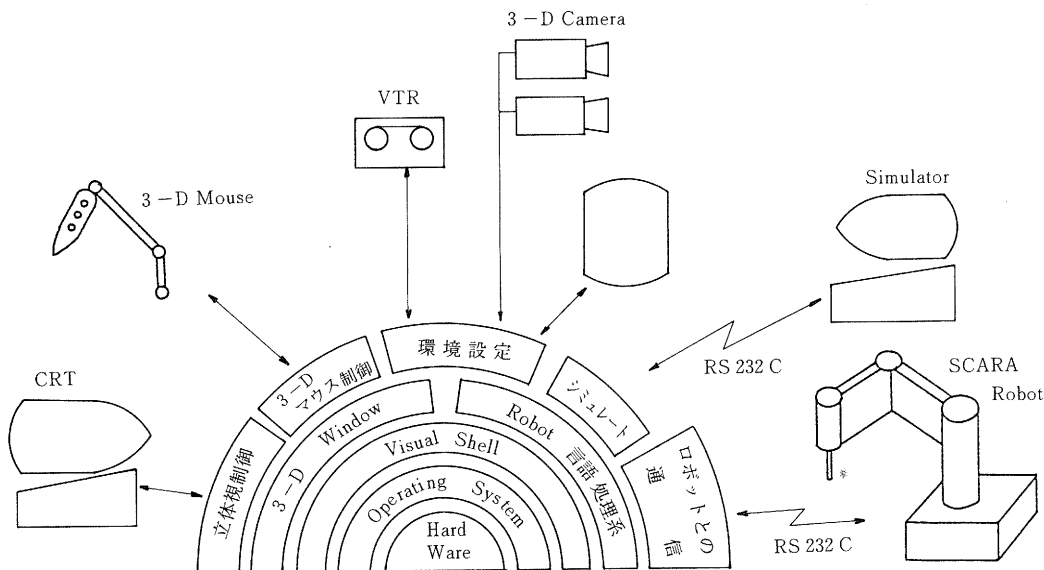


図1 会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの構成

表1 本システムの方式と効果

| | 方式 | 効果 |
|---|--------------|---|
| 1 | オフライン | (1) 段取換時間の短縮 (2) ロボットの動作の変更、他の工程への利用が容易 |
| 2 | 3次元入出力 | ロボットが動作する現場に近い雰囲気で作動できる |
| 3 | Visual Shell | 本システムに対する命令をアイコン等で指示をし、コマンド、言語を憶えなくても使用できる。 |

表2 本システムの機能

| | 名称 | 機能 |
|---|------------|--|
| 1 | 環境設定 | 立体カメラを使用してロボットの動作環境の立体的なレイアウトを入力する。その上に3次元CADの形式で登録されたCADの形式で登録されたロボットハンドワーク等の形状をワイヤーフレームで表示する |
| 2 | 動作入力 | 立体表示された動作環境の上に、ロボットハンドの動作軌跡を入力する。 |
| 3 | シミュレータとの通信 | ロボットハンドの動作データと環境データをシミュレータに送信する。 |
| 4 | ロボットとの通信 | シミュレータでロボットハンドの動作を確認した後、ロボット言語に変換し、ロボットに送信する。 |

えの時間を短くし、さらに、専門家の少ない中小企業でも容易に使用できるよう動作の指示をティーチング・プレイバック方式と同じ感覚で行えることを目標にしている。

本システムの機能は、環境設定、動作教示、シミュレート、ロボットとの通信で構成されている(表2)。

操作の手順は、始めに、動作教示する工程現場の風景をステレオ画面(背景画面)で撮影する。次に組み立て対象となる部品等(ワーク)、部品を供給するパレット、ベルト・コンベアを流れるパレット、また、ロボット、ハンド等教示に必要な要素の幾何学情報、および、その属性を既存の3次元CADで入力する。パーソナル・コンピュータ上で本システムを立ち上げ、メニューを選んで作業を進める。1番目に、背景画面、各要素の情報を本システムに入力し、画面上に配置して、生産時の工程現場の状況を立体視で生成する(環境入力)。2番目に、CRT画面上に立体視で表示された工程現場の3次元位置を昨年度試作した3次元マウスで3次元カーソルを駆動してロボットの軌道を入力し、その他の細かいロボットへの指示は動作の区切り毎にメニューを選んで教示をする。3番目に、ロボットの動作の確認を、背景、要素が表示されたCRT上でシミュレーションするか、別途開発中のシミュレータで行う(シミュレート)。ロボット上への教示が終わったら、最後に、システムの内部形式で表現された教示内容(ロボット中間言語)をターゲットのロボット言語に変換して、ロボットに送信する(ロボットとの通信)。

2-3 システムの特徴

本システムに採用した手法の特徴は次の通りである。

- (1) 立体視と3次元マウスを使った3次元ポインティングによるロボット軌道の教示
- (2) ロボット言語をポップアップ・メニューに展開し「言語レス」を実現
- (3) 現場のステレオ画面(背景画面、複数画面)をパーソナル・コンピュータに取り込み、

CRT 画面に表示することによる疑似ソリッド・モデリングの実現

- (4) ワーク、ライン、ロボット、ハンド等のロボットの動作教示に必要なデータの総合管理とワイヤ・フレームによる疑似ソリッド画面への重ね合わせ
- (5) ポップアップ・メニューを利用したイージー・オペレーションによる「コマンドレス」の実現

2-4 適応事例

本システムはどのようなロボット、工程にも適用できるよう概略設計をしたが、詳細設計・試作にあたり、次のような、ロボット、工程を対象とした(写真1)。

- (1) ロボット SCARA 型ロボット 松下電気産業株式会社製 NM-6652S (4 軸)
- (2) 工 程 フリー・フロー型ベルト・コンベア・システム
入力信号 位置決め解除信号、動作信号
出力信号、位置決め完了信号、動作状態信号、異常信号
- (3) ワーク 立体、直方体、円柱
- (4) パレット 移送パレット (ワーク 9 個搭載)、供給パレット (同 25 個搭載)
- (5) 作業内容 ロボット本体とベルト・コンベア・システムを制御して次の作業を行う。
 - ピック & プレスとパレタイジング (供給パレットから移送パレットへ積み替え、およびその逆)
 - 段積み (パレットからワークを取り出し、ワークを積み重ねる)。

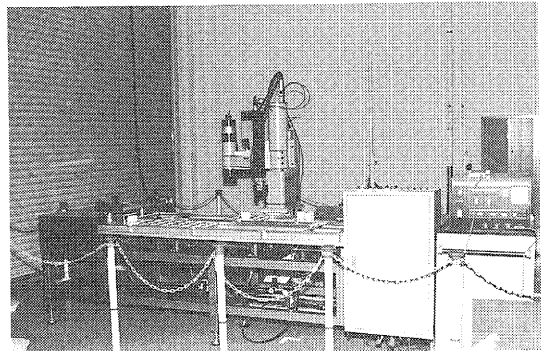


写真1 ベルト・コンベア・システム全景

3. システムの構造

3-1 メニューの構造

本システムの指示は、すべて 3 次元マウスによって行う。CRT 画面に現れるポップアップ・メニューを 3 次元マウスのグリップ部のダイヤルで選択し、A ボタンを押すことにより指示をする。選んだメニュー項目は指定されたウインドに追加され現在の状態が表示される。

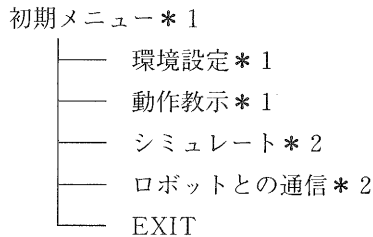
メニュー構造は次の通りである。

なお、* 1 印は 62 年度開発、* 2 印は 63 年度開発予定、* 3 印は本システムとは別にツール作成済みである。また、* 3、* 4 印は実用システムとしては、必要なオプションであるが、試作評価には直接必要としないので、現在は組み込んでいなく、必要に応じ順次組み込んでいくことにした (この印は次節以降でも使用)。

3-1-1 グローバル・メニューの構造

本システム立ち上げ時には次のようなメニューが表示される。

また、同時にシステム名を表示するシステム・ウインドと、選択したコマンドを表示するコマンド・ウインドが表示される。



環境設定では、ロボットの動作指示をする現場の風景（背景画面）の指定、動作の対象となるワーク、パレット等の要素を登録し、ワイヤー・フレームで表示する。

動作教示では、既に設定した環境上で、ロボットの動作を3次元マウスを使って教示する。

シミュレートでは、指示したロボットの動作をCRT上に想定する機能で、視線を固定した疑似ソリッド上表示の簡易シミュレーションと専用のシミュレータへのデータの送信の2種類がある。

ロボットとの通信では、教示・確認が終わったロボットへの教示内容を対象となるロボット言語に変換しRS232Cを介して送信する。

3-1-2 環境設定メニューの構造

環境を構成するデータは、現場の風景である背景画面と、教示に必要な要素の2種類である。

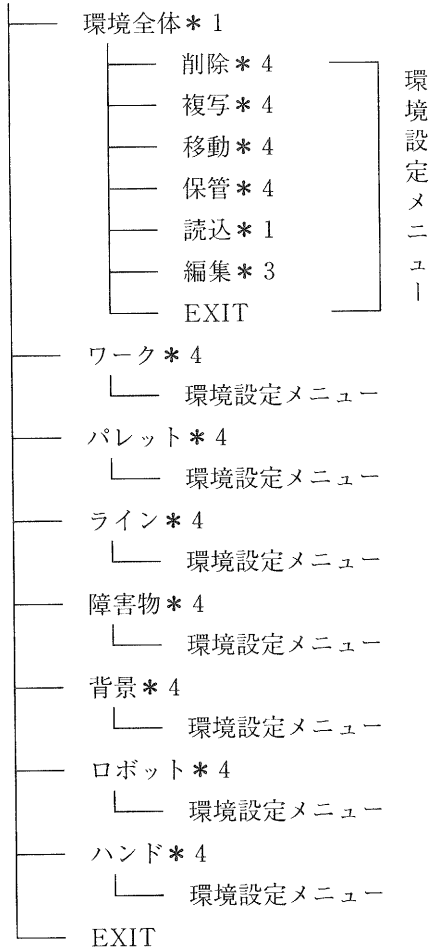
背景画面は、現場をステレオTVカメラ（2眼式カメラ）で見易いアングルから数画面撮影しパーソナル・コンピュータに入力して疑似ソリッド画面のデータとする。

教示に必要な要素はワーク、パレット、ライン、障害物、ロボット、ハンドの6種類であり、それぞれ、ワイヤー・フレーム・データ、および、ワークのつかみ位置、パレット上へのワーク置き位置、ロボットとラインの入出力等の情報を含んでいる。これらのデータは、既に3次元CADで入力されているものとし、本システムは、CRT画面上の配置のみ設定することにした。

環境全体、あるいは、それぞれの要素に対し、指定要素の削除（削除）、指定要素と同一属性の要素を作成し別の位置に置く（複写）、指定要素を本システムの形式で保管する（保管）、本システムの形式のファイルの読み込み、3次元CADデータの読み込み、ステレオ画面の入力（読込）、ロボットの軌道教示用補助線の長さ、表示等本システム固有属性の編集（編集）の5つの編集機能を設けた。

環境設定の具体的なメニューは次の通りである。

環境設定

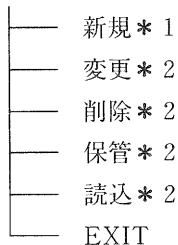


3-1-3 ロボットの動作教示メニューの構造

ロボットの軌道等の動作教示は、基本的に、NODE 属性を規定する機能を加えた 3 次元 CAD の ARC 入力と同様である。

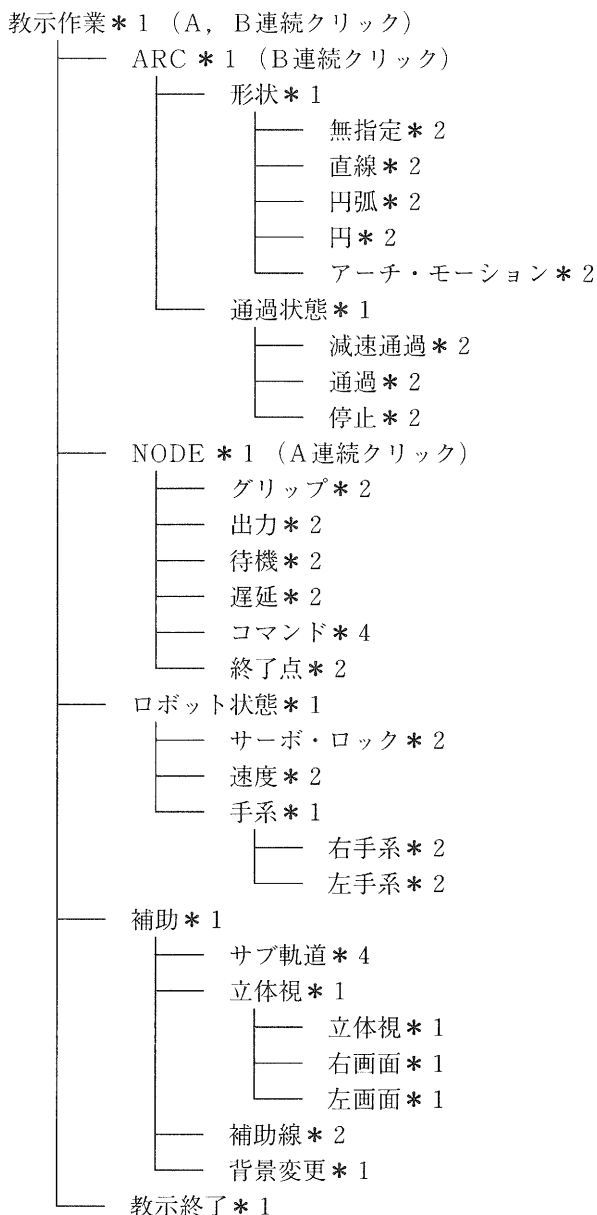
教示メニューとしては、最初から軌道を入れる（新規）、本システムに展開された軌道を修正する（変更）、軌道の全部あるいは 1 部を削除する（削除）、教示した軌道・動作を中間言語の形式で保管する（保管）、中間言語の形式または特定のロボット言語で記述された教示データを入力する（読込）の 5 種類がある。

動作表示* 1



このメニューを選択した後、例えば、新規を選択した場合、3次元マウスと3次元カーソルを使ってロボットの軌道を作業開始点から、終了点まで、一筆書のように入力する。通過点は、3次元マウスのボタンをクリックして指定する（NODE 指定）。ワークが位置決めされるのを待つ、ワークをつかむ、次の軌跡は円弧補間する、次の NODE は減速通過する等ロボットの動作指示、あるいは、背景変更、立体視指定等本システムへの指示は、指示作業メニュー、NODE メニュー、または、ARC メニューを出して選択する。さらに、選択したメニュー項目は、指示作業ウインドに表示される。

指示作業メニューは次の通りである。



3-1-4 その他のメニュー

今年度は、まだ詳細設計していないが、次のような、シミュレート、ロボットとの通信の機能がある。

シミュレート*2

- 簡易シミュレーション*2
- シミュレーターへ送信*2
- EXIT

ロボットとの通信*2

- ロボット言語へ変換*2
- ロボットへ送信*2
- EXIT

3-2 システムの座標系

本システムは、ロボットの軌道、環境構成要素、背景画面を立体視表示されたステレオ画面に表示している。さらに、その画面上で、3次元マウスを使って、教示をし、その結果をロボット言語に変換して送信している。このような多くの座標系を、次のように取り扱っている（図2）。

| | |
|---------------|--|
| World 座標系 | 中間言語の座標系 |
| Local 座標系 | 環境要素（ワーク、パレット、ライン、障害物、ロボット、ハンド）対象の ロボット座標系 |
| | 背景画面の3次元座標系 |
| Stereo 座標系 | 背景画面のStereo 座標系 |
| Graphic 座標系 | パーソナル・コンピュータのグラフィック座標系（背景画面サイズとグラフィック画面サイズは同一） |
| 3 D-Mouse 座標系 | 3次元マウスの座標系 |

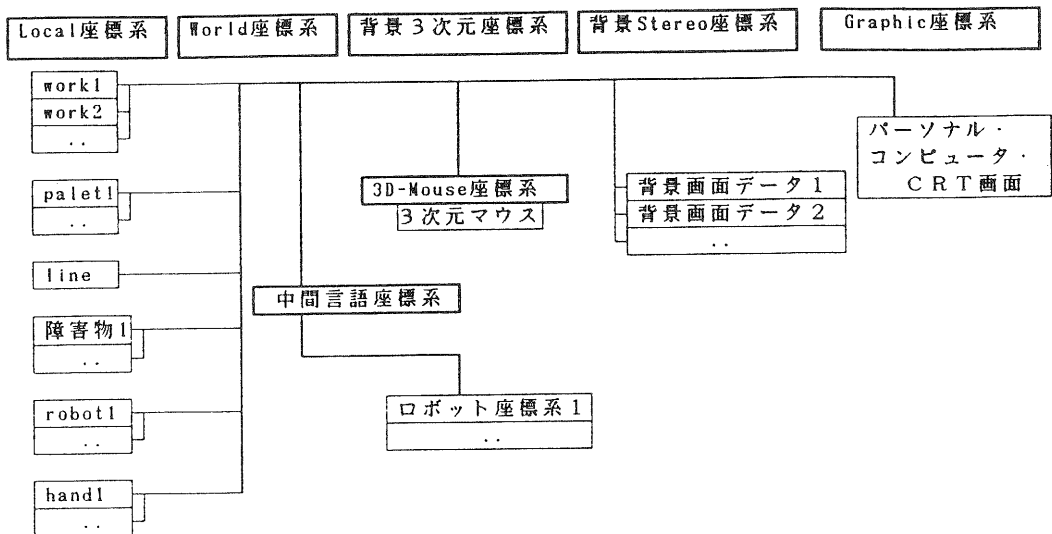


図2 会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの座標系

本システムは、以上のような座標系をmm単位で扱い、相互変換は次の通りである。

3-2-1 World 座標系と Local 座標系

Local 座標系は各要素の属性、ワイヤー・フレーム・データを記述した個々の要素別に独自の
もので、必要に応じ World 座標系に展開する。展開時の座標系の変換は、Local 座標系の
軸を World 座標系の軸に平行にした後 (X軸 θ_x 、Y軸 θ_y 、Z軸 θ_z の順)、原点を一致 ((X、
Y、Z) 方向に並行移動) させる。Local 座標系 (x_l, y_l, z_l) から World 座標系 ($x_w, y_w,$
 z_w) への変換行列は次の通りである。[参考文献 4]

$$\begin{aligned}
 [x_w, y_w, z_w, 1] &= [x_l, y_l, z_l, 1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & -\sin \theta_x & 0 \\ 0 & \sin \theta_x & \cos \theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & \sin \theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &\times \begin{bmatrix} \cos \theta_z & -\sin \theta_z & 0 & 0 \\ \sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ X & Y & Z & 1 \end{bmatrix} \dots\dots \text{(式 1)}
 \end{aligned}$$

World 座標系から Local 座標系への逆変換も同様である。

3-2-2 背景画面と Graphic 座標系、Stereo 座標系

背景画面の 3 次元座標系は、Local 座標系の一つであるが、撮影した背景画面は右眼用画
面、左眼用画面の 2 枚が 1 組の Stereo 座標系で表現されている。

Stereo TV カメラのパラメータとして、カメラの高さ H_c 、左右のカメラ視線の交点の高さ
 H_z 、左右のカメラ間の距離の 1/2 を D_c 、カメラの水平距離 R_c とすると、Stereo 座標
{(x_r, y_r)、(x_l, y_l)} は、背景画面 Local 座標 (x, y, z) を用い次のように表される
[参考文献 5]。

$$R = (R_c^2 + (H_c - H_z)^2 + D_c^2)^{1/2} \dots\dots \text{(式 2)}$$

$$R_d = (R_c^2 + (H_c - H_z)^2)^{1/2} \dots\dots \text{(式 3)}$$

$$\cos \theta_1 = (H_c - H_z) / R_d \dots\dots \text{(式 4)}$$

$$\sin \theta_1 = R_c / R_d \dots\dots \text{(式 5)}$$

$$\cos \theta_2 = R_d / R \dots\dots \text{(式 6)}$$

$$\sin \theta_2 = D_c / R \dots\dots \text{(式 7)}$$

$$S_1^2 = 1 - (1/R) * (x \sin \theta_1 \cos \theta_2 \pm y \sin \theta_2 + z \cos \theta_1 \cos \theta_2 - H_z \cos \theta_1 \cos \theta_2) \dots\dots \text{(式 8)}$$

$$X_1^2 = \{ \pm x \sin \theta_1 \sin \theta_2 + y \cos \theta_2 \pm z \cos \theta_1 \sin \theta_2 \pm H_z \cos \theta_1 \sin \theta_2 \} / S_1^2 \dots\dots \text{(式 9)}$$

$$Y_1^2 = \{ -x \cos \theta_1 \quad + z \sin \theta_1 \quad - H_z \sin \theta_2 \quad \} / S_1^2 \dots\dots \text{(式 10)}$$

さらに、Graphic 座標 {(x_{gr}, y_{gr})、(x_{gl}, y_{gl})} は、背景画面の横幅 (左右のカメラの視
線が交差する点の間の水平面の画面にうつる長さ) を W_c とし、アスペクト比を 4 対 3、パー

ソナル・コンピュータのグラフィック画面の実画面サイズを g_x_max , g_y_max とし、TV カメラの画像の中心点とパーソナル・コンピュータのそれとの誤差を δ_x , δ_y とすると、次のようになる。

$$xg_1^f = x_1^f * g_x_max/Wc + g_x_mex/2 + \delta_x \quad \dots\dots (式11)$$

$$yg_1^f = -y_1^f * g_y_max/(Wc * 3.0/4.0) + g_y_mex/2 + \delta_y \quad \dots\dots (式12)$$

3-2-3 3次元マウスと3 D-Mouse 座標系

3次元マウスは、机の左に設置し、3次元マウスの設定が既定値の場合、机の左前を原点とし右へ x 軸、奥へ y 軸、上方へ z 軸となる座標 (x_m , y_m , z_m) とボタン A、B、ダイヤル d の値が送られてくる。

3次元マウスの座標値は3次元カーソルの駆動に利用するので、CRT 画面の表示に要する時間が最小となるよう背景座標系と同一とし、さらに、スキルを良くするため各軸毎に定数をかけるものとする (3 D-Mouse 座標系)。

3-3 立体視画面表示

本システムでは、3次元表示の方法として、液晶シャッターを用いた時分割法による立体視を採用した。つまり、右眼用画面、左眼用画面を交互に出すことにより立体的に表示する方法である。

3-3-1 3次元マウスと3次元カーソル

通常のマウス (以下2次元マウスと呼ぶ) で、通常のカーソル (以下、2次元カーソルと呼ぶ) を駆動するように、前後、左右、上下方向に3次元マウスを移動させることにより、それに連動して、立体視表示された3次元カーソルを駆動する。3次元カーソル用のスプライト画面はパーソナル・コンピュータには用意されていないので、直接グラフィック画面に書くか、汎用スプライト画面に書く。本システムでは、高速化を図るため、後者の方法を採用した。

3-3-2 背景画面表示

本システムでは、同期をとった2台の日米標準方式 (NTSC 方式) の TV カメラを用いて、現場を撮影する。立体 TV と同じ方式、つまり、1フレームの画像 (525本の走査線) のなかで、1フィールドに右眼用画像 (262.5本の走査線)、1フィールドに左眼用画像 (262.5本の走査線) する方式である。撮影した画像は、高画質 VTR に録画・再生するか、または、直接に画像入力装置により、パーソナル・コンピュータに入力する。さらに、右眼用画面、左眼用画面を分離して、2枚の画面を作り、カメラ・パラメータと World 座標系から背景座標系への変換パラメータを入力して、背景画面ファイルを作成する。このようにして、様々なアングルから撮影した背景画面上でロボットへの教示を行う。この複数の背景画面は、教示中、自由に選択できるようにする。

3-3-3 ワイヤーフレームと補助線表示

ワーク、パレット、ライン、障害物、ロボット、ハンドの各要素は、3次元 CAD からのワイヤー・フレーム・データ、あるいは、本システムの背景画面上3次元空間指示により生成したワイヤー・フレーム・データ (障害物) と、補助線等の属性で構成されている。

ワイヤー・フレーム・データは、要素種類別に指定された色で左右2枚の背景画面上に重ねて表示される。

補助線は、ロボットの動作教示の時、ハンドのワークへの近づく軌道とグリップ位置（ワーク属性）、パレットへワークを置く場合ハンドの接近方向と離す位置（パレット属性）等の幾何学情報を要素別に色分けをして左右2枚の背景画面上に重ねて表示する。さらに、必要に応じて、表示を消すこともできるようにする。

3-3-4 メニュー／ウインド画面

メニュー画面は、コマンド選択時、動作教示等いかなる時でも利用できる画面で、パーソナル・コンピュータのグラフィック画面上をオーバーラップして用いた。メニュー選択時は、見易くするため、立体視表示を一時的に、右眼画面のみとした。メニュー項目の選択は、3次元マウスのダイヤルの回転で行い、選択の決定は、Aボタンに統一した（この仕様は、外部的なもので、メニューマネージャは個々のメニュー毎に独立、動的なものとした。）

ウインド画面は、立体視、メニュー選択中等いかなる場合でも状態を表示できるテキスト画面を用いた。コマンド・メニューの場合、メニューを選び、階層が深くなる毎に、現在のモードを確認するために用いる。ロボットの動作教示の場合、ARC、NODEの現在値を表示するのに用いる。将来的には、ウインドの表示する・しない、表示位置等を2次元マウスで設定するとも考えている。

3-4 ロボット動作教示

3-4-1 3次元座標（NODE）指示と軌道の入力方法

ロボット動作教示は、動作教示モードにした後、3次元マウスを用いて、ロボット・ハンドの通過点を一筆書のように指示していく。通過点の位置の指定方法は、3次元カーソルが指している座標そのものを指示する（空間指示）、既に指示をした点、補助線の始点、または、3次元カーソルから最寄りの補助線に下ろした垂線の足を指示する（既知点指示）、一回前に指示をした点を通り、最寄りの補助線に垂直な平面に3次元カーソルが指す点から下ろした足を指示する（平面点指示）の3種類がある。

既知点指示、平面点指示については、複数点の候補があり3次元マウスのダイヤルを使い選択する。具体的な指示の方法は、表3に示すように3次元マウスのボタンのクリックにより行う。

表3 動作教示モードにおける3次元マウスへの指示

| 指示内容 | ボタンA | ボタンB | ダイヤル | |
|----------|----------|----------|-------|----|
| 教示作業メニュー | 連続クリック | 連続クリック | ----- | *1 |
| NODEメニュー | 連続クリック | off | ----- | *1 |
| ARCメニュー | off | 連続クリック | ----- | *1 |
| 空間指示 | ダブルクリック | off | ----- | *1 |
| 既知点指示 | シングル連続 | off | ----- | *2 |
| 平面点指示 | off | シングル連続 | ----- | *4 |
| 次候補 | off | シングルクリック | ----- | *2 |
| 取り消し | off | ダブルクリック | ----- | *2 |
| Enter | シングルクリック | off | ----- | *1 |
| 選択 | off | off | 回転 | *1 |

3-4-2 NODE におけるロボットへの指示

ロボットの動作以外の指示は、NODE 毎に行える。

ボタンAを連続クリックすると、NODE メニューが現れ、ハンドでワークをつかむ、離す（グリップ）、ライン要素で指定された出力ポートへ信号を出す（出力）、ライン要素で指定された入力ポートがアクティブになるのを待つ（待機）、指定時間だけロボットの動作を停止する（遅延）、1つのNODEで命令が、複数個ある場合、この項目で指示する（コマンド）、指示の終了点を指示する（終了点）の指定ができる。

また、サーボロックの設定、ハンドの先端速度の設定、ロボットの手系の設定、等頻繁に使わない機能は、ボタンA、Bを連続クリックして、指示メニューのなかのロボット状態によって指定する。

3-4-3 NODE 間（ARC）の通過方法、軌跡の指定

指定したNODE間をロボットが移動する場合の動作指定をARCメニューで行う。

ボタンBをシングル連続クリックすると、ARCメニューが現れ、ロボット・ハンドの動作軌跡の形状指定（無指定、直線、円弧、円、アーチ・モーション）、指定したNODEの通過状態指定（減速通過、通過、停止）ができる。

3-4-4 マクロ等の拡張機能

パレタイジング等マクロ化して使う機能は、補助メニューのサブ軌道項目であらかじめ指示済のデータを組み込むことが可能なようにしている。

その他拡張機能は、評価しながら検討していくことにした。

3-4-5 本システムへの指示

背面画面の変更、補助線の表示状態変更等、本システムへの指示は、指示作業メニューの補助項目を選択し、以前に指示したデータを利用（サブ軌道）、画面表示モードを、立体視、右画面、左画面から指定（立体視）、補助線の表示する・しない等を指定（補助線）、複数の背景画面があるとき現在背景画面の変更（背景画面）の指定ができる。

3-4-6 他のロボットへの対応

本システムは、松下電器産業株式会社製NM-6652Sを対象として動作指示メニューの構造を設計・試作したが、中間言語方式を採用しているため、ロボット言語・変換モジュールの作成だけで、他のSCARA型のロボットにも、簡単に適用できる。垂直多関節型等、他の型のロボットでは、指示データの構造体と指示作業メニューの一部変更が必要である。

4. インプリメンテーション

4-1 インプリメンテーション概要

本年度は、3年計画の2年目であり、本システムの詳細設計を行った後、次の部分をインプレメントした。なお、前章の*1印の部分が具体的な部分である。

- (1) 中核の作成（システム初期化、立体視、カーソル、マウス制御）
- (2) メニュー、ウインド制御モジュールの作成
- (3) メニュー構造の作成
- (4) 環境全体設定モジュールの作成

- (5) グラフィック画面描画モジュールの作成
- (6) 3次元空間指示モジュールの中核の作成
- (7) 環境設定データの作成

4-2 ハードウェア

本システムは、表4に示すように16ビット・パーソナル・コンピュータにインプレメントした。

このパーソナル・コンピュータは、ワーク・ステーションなみのグラフィック画面と主記憶を持つ機種である（写真2）。

4-3 ソフトウェア（データ構造及びアルゴリズム）

4-3-1 ソフトウェア設計方針

ソフトウェア設計方針は次の通りである。

- (1) C言語で記述
- (2) プログラム構造は、メニュー木と同一で、個々のメニュー項目毎に1つずつ関数を宣言し構造化を図る。
- (3) メニュー・マネージャ等の関数は、リエントラント化して、共用化を図った。

表4 パーソナル・コンピュータ・ハードウェア仕様

| | |
|------------------|-----------------------------|
| 型式. | シャープ株式会社製X68000 |
| CPU | MC68000 (10 MHz) MC68881 |
| MEM | 10MB |
| Graphic MEM | 512×256×65536色×2画面 (512KB) |
| Text MEM | 512×256×4色 |
| Sprit MEM | 16×16×128スプライト (32KB) |
| HDD | 10MB×2 |
| FDD | 1MB×2 |
| Color Image Unit | 512×256×65536色×2画面取り込み |
| その他 | Stereo Camera×1、S-VHS VTR×1 |

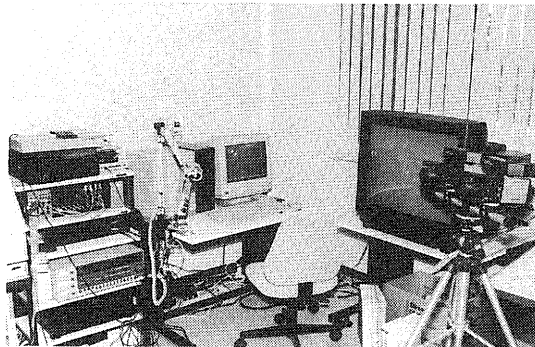


写真2 パーソナル・コンピュータ全景

- (4) データは、構造体をリンクでつないで管理し、データ数の増加、仕様の拡張に対応できるようにする。
- (5) 3次元CADのデータは、キャラクタ・ファイルとして、エディタで作成できるようにする。

4-3-2 画面制御

X68000の画面は、スプライト画面、テキスト画面、グラフィック画面の重ね合わせで構成されている。図3のように、3次元カーソルをスプライト画面、ウインドをテキスト画面、ワイヤー・フレームと補助線を書いた背景画面をグラフィック画面に表示する。

この3枚の画面の中で、スプライト画面とグラフィック画面は、右画面用、左画面用の2枚あり、CRTの垂直同期信号毎に、液晶シャッターとともに切り替えをしている。

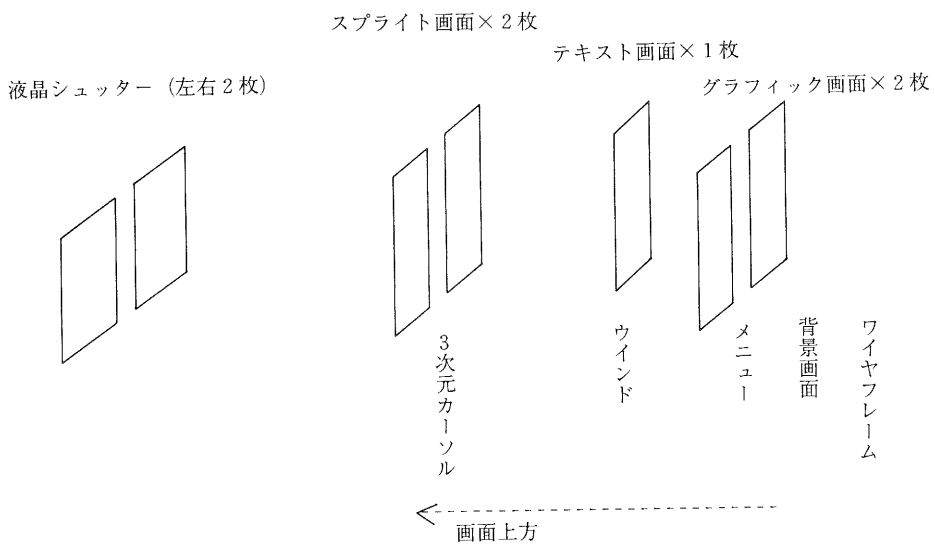


図3 画面構成

4-3-3 3次元カーソル・3次元マウス制御、及び、高速化技術

3次元カーソルを駆動する処理は、図4のように3次元マウスの座標値を読み、クリックの状態を調べ、指定の処理を実行する。

3次元カーソルは、16ドット×16ドットのスプライトシーンを4枚1組として扱い、それを片画面用のカーソルとして使用している。形状は、十字型をしている。

本システムを使い易くするための一つのポイントは、高速に3次元カーソルを表示することである。本システムは、次の高速化技術を用いることにより、3次元空間教示システム [参考文献5] より高速化をめざした。

- (1) 3次元カーソルをスプライト画面に表示する。
- (2) コンパイラ言語を用いる。
- (3) 浮動小数点演算プロセッサを用いる。

(4) 3次元マウスからのデータ受信待時間の短縮

3次元マウスにコマンドを送信してから、データを受信するまで約40 msecの時間を要するので、データを受信したらすぐに、3次元マウスに次のデータを送るコマンドを送信する。次のデータが必要な時にまだ受信していない場合最後に受信したデータを返す。

(5) クリックの状態検出後、指定の処理を実行するまでの時間の短縮

まず、指定の処理を関数単位で宣言しておきそのアドレスを配列に格納しておく、クリックの状態を配列の添字で返し、配列に格納された関数のアドレスを得て、指定された処理を実行する。

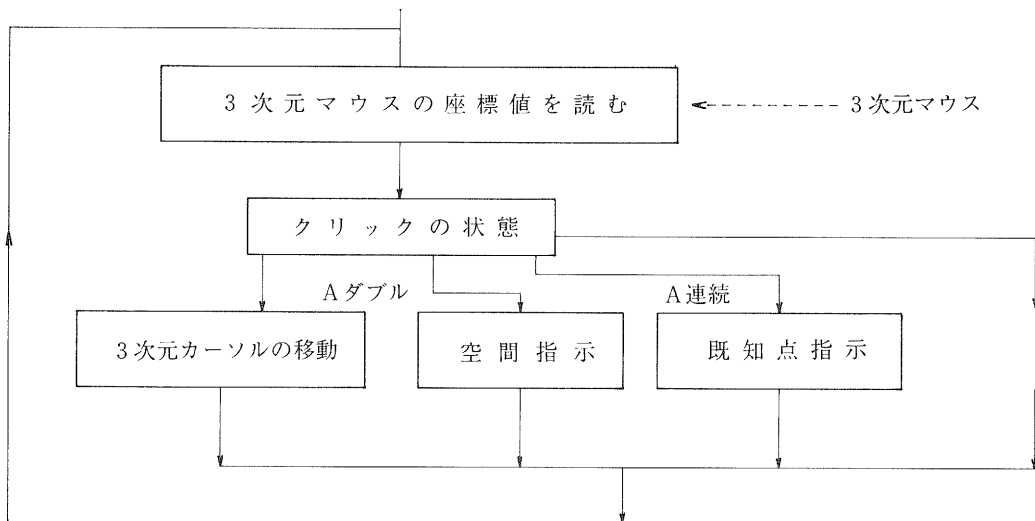


図4 3次元カーソルの駆動処理

4-3-4 メニュー制御、ウインド制御

メニュー制御は、それぞれのメニュー毎にプログラムするのではなく、メニュー項目を指定した構造体を、メニュー・マネージャに渡すことにより処理をしている。

例えば、本システム立ち上げ後のメニューは、main-menu-list という名前の構造体の配列に、「環境設定」、「動作指示」、「シミュレート」、「ロボットとの通信」と言うメニュー名と、それぞれのメニュー処理関数のアドレスを登録し、main-menu-driver という名前の構造体に、メニュー名、メニュー項目数、文字の色、背景色、メインメニューセレクト関数のアドレス、メインメニューカーソル移動関数のアドレス等の属性を設定し、

```
menu (10, 10, & main-menu-list, & main-menu driver);
```

のようにメニュー・マネージャを呼べば、CRT上にメニューを表示し選ばれたメニュー項目に対応する関数が実行される。EXITが選ばれた時は、menu関数を処理を終了する。

また、指示作業のように、1項目選んだら選択が終了のときは、selectorを使用する。

ウインド制御も同様に、ウインドの属性を構造体で宣言し利用する。例えば、コマンド・ウ

インドは、command-window という名前の構造体に、ウインド番号、ウインド名、左上位置、右下位置、コマンド内容、ストリング数等の属性を登録する。

ウインド・マネージャは、構造体をポインタでリンクして管理し（図5）、次の関数が呼ばれた時、ウインド制御をする。

- (1) create-window ウインド構造体の設定と全ウインドの書き直し
- (2) delete-window ウインド構造体の削除と全ウインドの書き直し
- (3) add-text-window 文字列の追加と全ウインドの書き直し
- (4) del-text-window 文字列の削除と全ウインドの書き直し
- (5) active-window 指定ウインドを実画面に書く
- (6) inactive-window 指定ウインドを実画面書かない
- (7) drew-window ウインドの描画

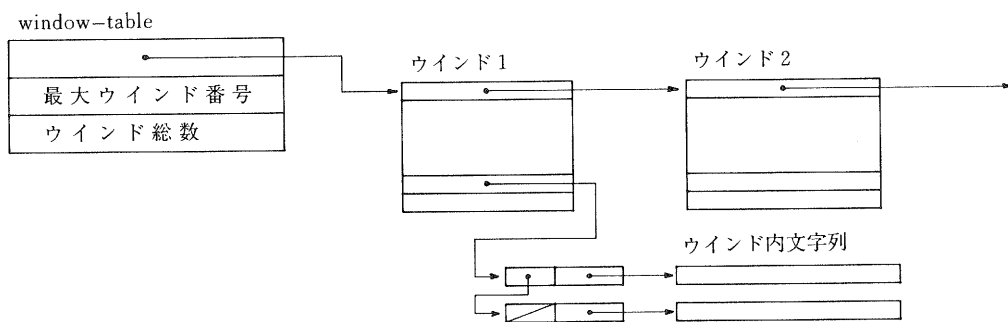


図5 ウインドのデータ構造

4-3-5 背景、要素のデータ管理

(1) 環境全体の設定

環境全体の構成は、拡張子が、 gbl のファイルに格納している。背景、要素の種類、個々のデータファイルへのパス名、ユーザが決めた名称と番号、そして、World 座標系への変換パラメータ（前から順に、並進方向 (x, y, z) 、軸回転 $(\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ ）を指定してある。

例えば、背景データの場合、

```
back b: / teach / data / front 正面 12 440.0 0.0 960.0 0.0 0.0 0.0
```

の様にファイルに入れておく。

(2) 背景画面の設定と管理

背景画面は、環境全体設定ファイルで指定されたパス名に拡張子 bak を付けたファイルにカメラ・パラメータが格納され、拡張子 bkg を付けたファイルにグラフィック画面データ (512 KB) が格納されている。

環境設定メニューで背景画面を読み込むと、Back-Array-Struct 構造体に、システム登録番号、ユーザ登録番号、背景画面名、ファイル名、world 座標系への変換パラメータ、カメラパラメータ、背景ステレオグラフィックデータ等の情報を格納し、図6のようにシス

テムに登録する。bk-array-ptr ポインタが一番に指している構造体が現在背景画面である。

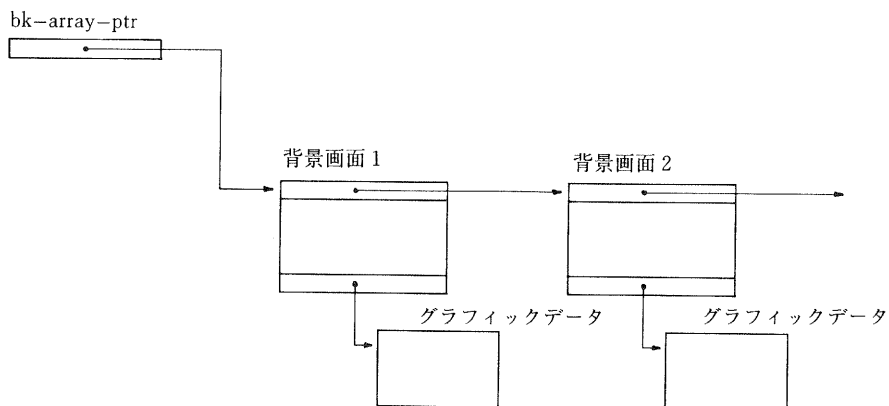


図 6 背景画面のデータ構造

(3) 要素データの設定と管理

要素画面は、環境全体設定ファイルで指定されたパス名に拡張子 . wrk (ワークの場合) を付けたファイルにワイヤー・フレーム・データ、属性データが格納されている。

まず、ワイヤー・フレーム・データは、例えば、

```
line -25.0 25.0 50.0 25.0 25.0 50.0
```

のように線種、始点 (x, y, z)、終点 (x, y, z) の順にファイルに格納されている。本年度は、直線のみインプレメントした。

また、補助線についても同様に、

```
support-line 0.0 0.0 50.0 0.0 0.0 1.0
```

のように線種、始点 (x, y, z)、方位ベクトル (x, y, z) の順に格納されている。

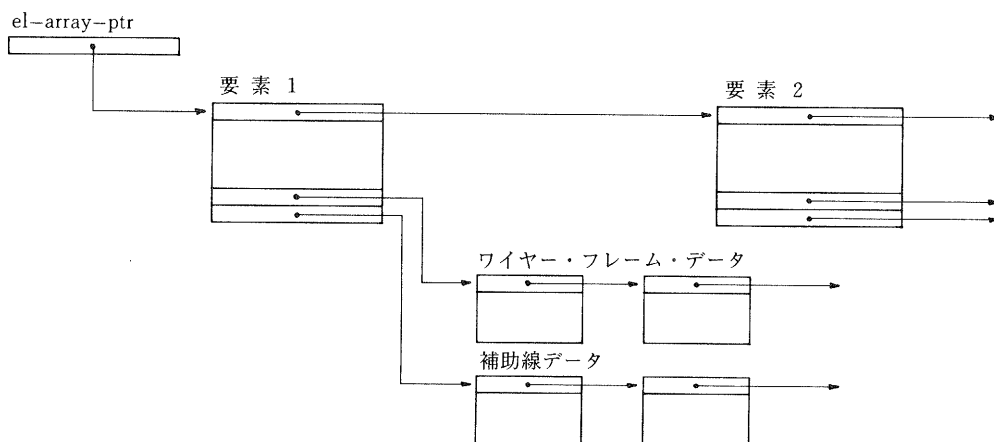


図 7 要素のデータ構造

環境設定で、要素を読み込むと、Element-Array-Struct 構造体に、要素型 (work、…)、システム登録番号、ユーザ登録番号、要素名、ファイル名、world 座標系への変換パラメータ、ワイヤー・フレーム・データへのポインタ (local 座標系)、補助線データへのポインタ (local 座標系) 等の情報を格納して、図 7 のように管理している。

(4) World 座標系での点、補助線の管理

以上のように背景、要素のデータを管理しているが、動作教示において迅速に、既知点、補助線を指示するために、背景、要素データとは別に、システム全体で一括して管理している。

点は、ファイルから読み込まれた時、各要素の構造体に格納すると同時に、World-point-Struct 構造体に、World 座標系点データ、システム登録番号、ユーザ登録番号等の情報を格納している。

また、補助線も同様に、World-Line-Struct 構造体に、補助線の開始点、補助線の方向、補助線の長さ、Stereo 座標系での始点、終点、システム登録番号、ユーザ登録番号等の情報を格納している。

本システムでは、このような構造体を点、補助線毎に、図 8 のように管理している。

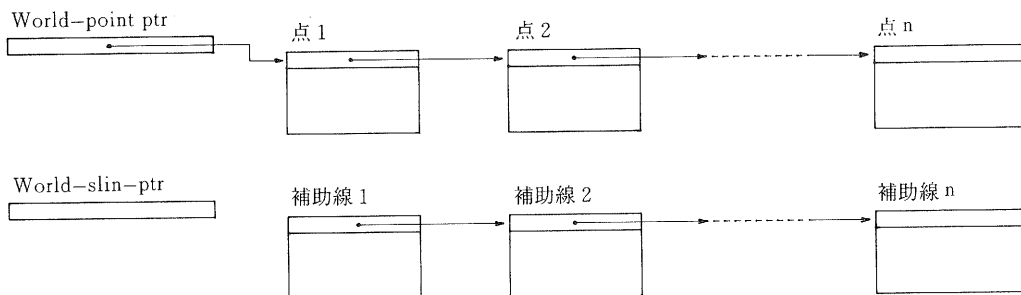


図 8 World 座標系での点、補助線の管理

5. 設計、試作中間段階における評価と今後の課題

5-1 試作結果

以上のように詳細設計をし、X68000にインプレメントした。

本システム立ち上げ直後の、CRT 画面は写真 3 のように、環境設定、動作教示、シミュレート、ロボットとの通信を選択する初期メニューが表示される。画面の上方には、システム名を表すシステム・ウインドと、右上には、選択したコマンドを表示するコマンド・ウインドがある。まだ環境設定されていないので、グラフィック画面には何も表示されていない。ここで、環境設定メニューを選ぶと写真 4 のようなメニューが現れ、コマンド・ウインドに今選んだ項目が表示される。更に、環境全体、読込を選ぶと、写真 5 のように背景画面が読み込まれ、各要素の輪郭のワイヤー・フレーム、3次元指示の補助となる補助線が描かれる。

ここで、再び、初期メニューに戻って、動作教示、新規を選べば、動作教示モードとなり、写真 6 の画面となる。画面右には、3次元カーソルが表示されている。立体視表示のため左右の画面が重なり、ブレて見えている。この画面で、3次元マウスのAボタンをダブル・クリックす

ると3次元カーソルの座標が指示されロボットの軌道が入力できる。動作教示中に3次元マウスのボタンが連続クリックすることにより指定のメニューが現れて指示ができる。例えば、NODE 通過状態を設定するには、写真7のようにする。

現在は、ここまでインプレメントしたが、中間試作結果は次の通りである。

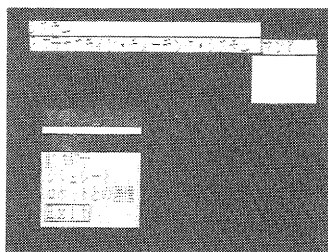


写真3 初期メニュー画面

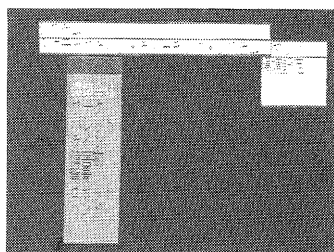


写真4 環境設定メニュー画面

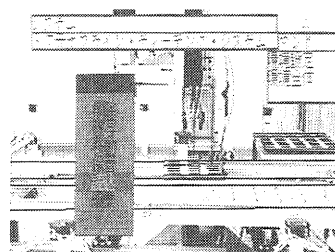


写真5 背景画面、要素が読み込まれた画面

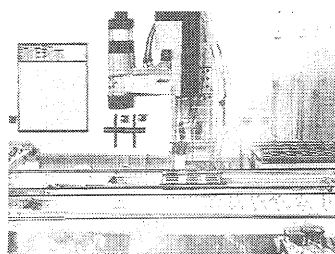


写真6 動作教示画面

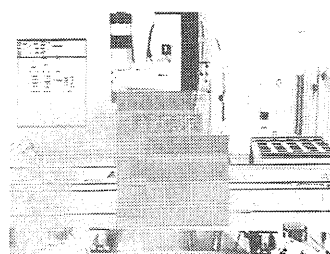


写真7 NODE 通過状態設定メニュー画面

5-2 立体視における3次元空間指示

本システムは、3次元空間教示システムに比べ3次元カーソルの書き換え周期が非常に短くなり、3次元カーソルの動きが非常に滑らかになったが、さらに、スキル等を良くするため、次の点の改良が必要である。

(1) 3次元マウスのスキルの改善

本システムは、3次元カーソルを駆動する場合、CRT画面の位置を考慮に入れていなく操作性が悪い時があるので、3次元マウスの操作量に対して、どれだけ3次元カーソルを移動させるかについて、画面位置に応じて、各軸毎の調整が必要である。

(2) 3次元マウスの高速化

3次元マウスを急激に移動した場合、3次元マウスの制御部での座標値の計算・送信に約100 msec かかってしまい、3次元カーソルが少し遅れて移動し、操作性が一時的に悪くなるので、3次元マウス制御部の高速化が更に必要である。

(3) 3次元マウスの機構部の改善

試作から既に1年が経過し、機構部の誤差が増え、更に累積誤差も悪くなってきているので

再調整が必要である。

5-3 背景画面のパラメータ指定

背景画面を本システムに登録する場合、撮影時のステレオ TV カメラのパラメータ、World 座標系への変換パラメータを設定する必要がある。中間評価のために、現場の風景を5枚パーソナル・コンピュータに取り込み背景画面として登録した。しかし、TV カメラの CCD 素子の詳細位置が判らないばかりか、現場における位置の測定も1cmの積度が得られない。ラフな値で背景データ・ファイルを作成し、CRT 画面に描かれた結果を見て手作業で修正した。

このシステムを実用化するには、これらのパラメータの自動調整が必要である。

自動調整の1方法として次の方法が考えられる。

1枚の背景画面上に、world 座標値 P_n が判っている点を複数撮影しておく。さらに、World 座標系への変換パラメータをラフに計測する。なお、カメラ・パラメータについては、三脚に固定した状態で正確に計測してあるととる。

背景画面設定時に、World 座標値 P_n に対応する CRT 画面上の位置 (グラフィック座標値 PS_n) を2次元マウスで指定する。そして、ラフに計測した World 座標系への変換パラメータを入力する。そこで、World 座標系から背景3次元座標系への変換行列を T_b 、Stereo 座標系への透視変換行列を T_s 、Stereo 座標系から Graphic 座標系への変換行列を T_g とする。

理論上、2次元マウスで指定した既知点の Stereo 座標値 PS_n と World 座標値 P_n から計算した Stereo 座標値 $P_n \cdot T_b \cdot T_s \cdot T_g$ は一致する。よって、

$$\sum_n | PS_n - P_n \cdot T_b \cdot T_s \cdot T_g |^2 \quad \dots\dots (式13)$$

を最小にするようにパラメータを求めればよい。

しかしこの方法は、計算量が多く、実験してみる必要がある。

5-4 ハードウェアの限界

本システムは、パーソナル・コンピュータ X68000 にインプレメントした。しかし、演算速度が遅くグラフィック処理専用プロセッサのない一般のパーソナル・コンピュータに専用のワーク・ステーション並のグラフィック処理を行わせたので、背景画面の書き換えに長い時間を要する。例えば、背景画面5枚、要素数4個、補助線約40本、点約400本をファイルから読み込むのに約1分、グラフィック画面に書くのに約20秒を必要とする。実用化するには、パーソナル・コンピュータのより一層の高速化が望まれる。また、背景画面の撮影に一般の TV カメラを用いているので、片画面の解像度が、水平三百数十本、垂直二百数十本と少なく、精度を上げるためには、さらなる高解像度化が必要である。

6. む す び

本研究では、会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの詳細設計をし、中核部分をインプレメントした。ハードウェアの限界はあるが、教示システムとして十分なシステムを設計できたと思われる。

今後、3次元マウスのスキルの改善、背景画面パラメータの自動設定方法を検討しながら、さらに本システムの開発を進め、総合評価をして行く予定である。

謝辞 本研究について御指導頂いた井上紘一研究参与（京都大学工学部教授）と渡部透研究参与（立命館大学理工学部教授）、本システム開発のため御協力頂いたシャープ株式会社電子機器事業本部の方々に感謝します。

参考文献

- [1] 池田 滋亜：「3次元入力装置の試作—会話型オフライン・ロボット・ティーチング・システムの開発のために—」、昭和61年度研究報告、(昭和62-9)
- [2] 池田 滋亜、井上 紘一 他：「3次元入力装置の試作—オフライン・ロボット・ティーチング・システムの開発のために—」、第1回インテリジェント・FA・シンポジウム講演論文集、(昭和62-7)
- [3] 笠原 民良、池田 滋亜、井上 紘一 他：「3次元空間教示における3次元入力装置の利用」第3回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、(昭和62-10)
- [4] W. M. Newman, R. F. Sproull：「対話型コンピュータ グラフィックス I I」、マグローヒルブック、PP 397~421、(昭和59-11)
- [5] 笠原 民良：「立体視を応用した3次元空間教示」、京都大学工学部航空工学科卒業研究、(昭和62-2)

ロボットシミュレータの研究開発

ー プログラミング教育用ロボットトレーナの開発 ー

技術第一科 川崎 雅生

あらまし：近年、ロボットがあらゆる産業分野で使用されるようになってきた。これに伴いロボットの動作教示の効率化が望まれているが、教示法として今後の主流となると考えられるのが、オフラインでのプログラミングである。

また、学校教育の場でも、ロボットのプログラミングに関する講義と実習が行われるようになってきたが、ロボット実機は、金額、スペースの問題等で多くは設置できないのが、現状である。

そこで、本研究では、パソコン上で動作するロボットのシミュレーションプログラムを製作し、ロボット言語の教育に使用できるようなロボットトレーナとしての有効性を検討した。

1. まえがき

近年、マイクロコンピュータの発達によって、ロボットも高級言語で制御可能となってきたため、動作教示のプログラム作成も、比較的楽になってきている。しかし、コンピューター上で動作するプログラムと違って、ロボットの場合にはプログラムミスが人命に係わる場合もあり、初心者にはロボット言語を教えるには、注意が必要である。ロボット教育に適したロボットシミュレータがあれば、実ロボットが無い場合や、台数が少ない場合でもロボットのプログラミング等を教えることが容易になり、また、ロボットの誤動作（プログラムミス）による危険も回避できると思われる。

本年度は、当所に設置されている4自由度のスカラロボット PanaRobo HZ を題材にロボットシミュレータを製作し、教育用のロボットトレーナとして必要な機能を検討した。

2. ロボットトレーナの開発方針

ロボット動作の教示作業を行ったことのない人を対象に、教示プログラムとはどんなものか、またそのプログラムによってロボットがどんな動作をするのかを理解できるようなロボットトレーナを開発する。そのためには、ロボット動作の教示（プログラミング）が容易であること、および教示動作の確認が容易であることが、必要となるので、インタプリタ方式にすることによって対話性、操作性を向上させることにする。

また、使用するコンピュータは、普及の度合、価格、性能及びハードウェア面での拡張性に富んでいる点を考慮して、パソコンを選ぶことにした。

3. システム構成

3-1 ハードウェア構成

図1にシステムのハードウェア構成を示す。パソコン本体はNECのPC 98 XL（メモリー640 KB + RAM ディスク 1 MB）で補助記憶装置とマウスを備えている。

また、後述のようにシミュレーションを立体的に表示する場合には、外付けのハードウェアドライバーを通して、200 Hz、±12 Vの信号を立体視用メガネに送る。図2にセントロニクス仕様のインターフェイスを通して立体視用メガネの液晶シャッターを駆動するドライバー回路の回路図を示す。

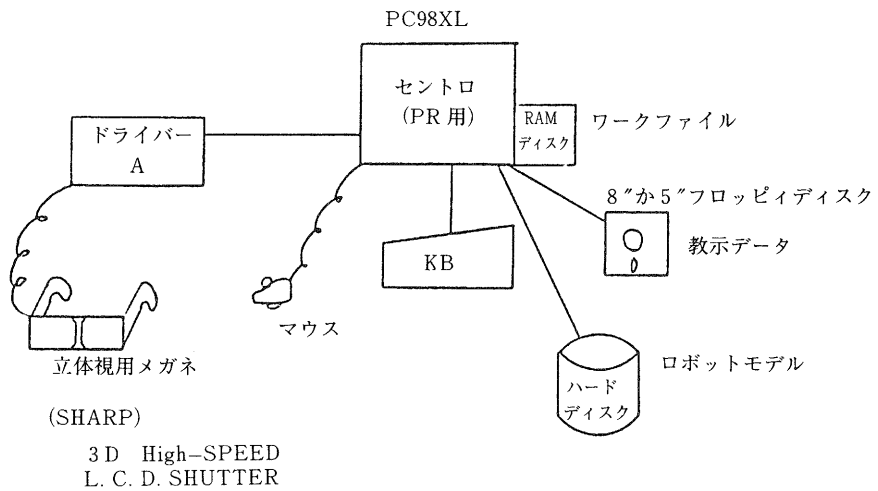


図1 システムのハードウェア構成

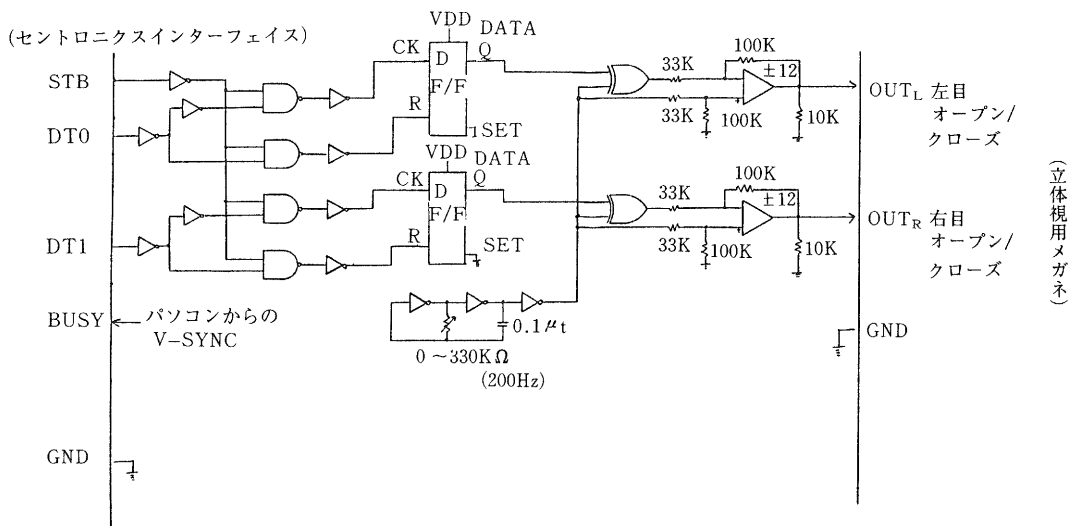


図2 立体視メガネ用ドライバーの論理回路図

3-2 ソフトウェア構成

図3にシステムのソフトウェア構成を示す。MS-FORTRAN を使って約3000ステップ程度で製作しているが、特殊な処理のために一部センブラを使用している部分がある（図3のドライバー部分）。

このドライバーは、約300ステップで、

- パソコンの V-sync と同期を取りながら描画/表示画面の切り換え（4-2(2)参照）
- マウスの移動量（x, y）およびボタン押下のチェック
- 画面切り換えと同期を取りながら立体視用メガネへのコマンド発行

などを、行っている。

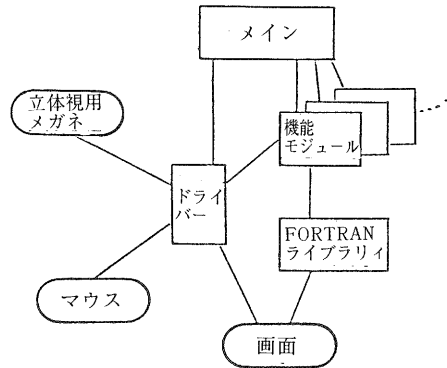


図3 ソフトウェア構成

4. 機能概要

本トレーナでは、メニューをマウスでピックすることによりコマンドを選択する。用意したコマンドの中で特徴的な機能について述べる。

4-1 プログラム入力

最近のロボットは、高級言語を使って動作教示できるものが増えており、当所のロボットも BASIC 言語に似た PARL-I がサポートされている。本年度は、この PARL-I の中でロボット動作に直接関係する MOVE 命令（ロボットアームの移動命令）を中心としたプログラム入力と解析について検討を行い、インタプリタ方式でプログラム入力や実行のシミュレーションができるようにした。

主な機能としては、

- ライン番号指定によるステートメントの入力、更新と削除
- ライン番号指定によるステートメントの解析とシミュレーション
- ポイント番号指定による移動点座標の入力、更新と削除
- ステートメント/ポイントの任意ファイルに対するセーブ/ロード

等であり、プログラム全体は、ポイントの定義部（P 1～Pn）とステートメント部（MOVE 命令、GO TO 命令等）で記述される。

4-2 動作表示

(1) プログラム入力と更新時点での動作表示

ライン番号指定でステートメントを入力（更新）した時点で、そのステートメントを解析し、動作表示を行うので各ステートメント単位での動作確認が自動的に可能となる（図4）。また、ポイントの入力（更新）時には、既に定義されているポイントが図5のように表示されるので定義もれのポイント等の確認が容易に行える。

(2) アニメーション表示と立体表示

ロボットの動きをわかりやすく表示するために、アニメーション表示と立体表示の機能を組み入れた。アニメーション表示は、PC 98のグラフィック画面が同一アドレスに、2系統あるの

```

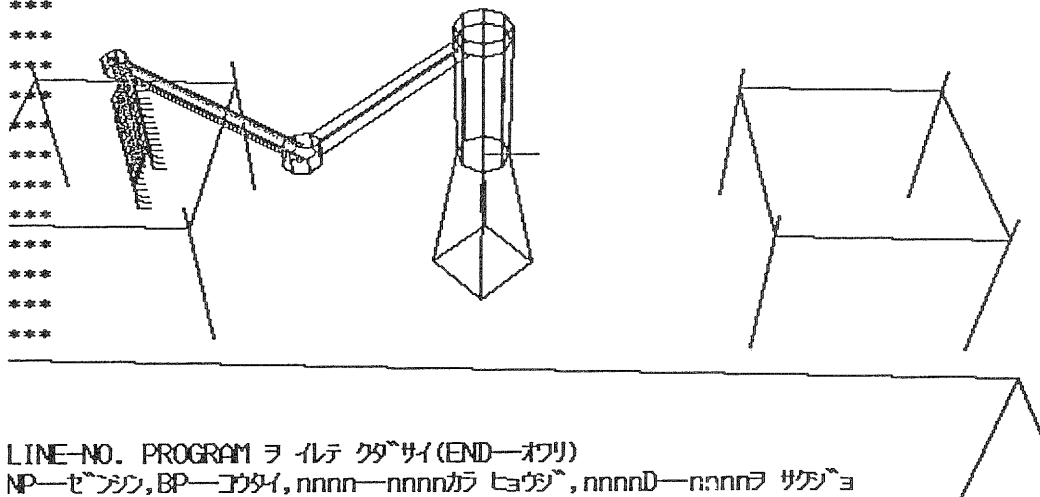
LN LABEL PROGRAM
 1 MOUE P1
 2 MOUE P7

```

```

***
***
***
***
***
***
***
***
***
***
***
***

```



LINE-NO. PROGRAM ヲ イレテ クタサイ (END—オフリ)
 NP—ゼンブツ, BP—アタイ, nnnn—nnnnカラ ヒョウジ, nnnnD—nnnnヲ サカジヨ
 █

図4 2ライン目を入力した時点でアームがP1からP7へ移動。

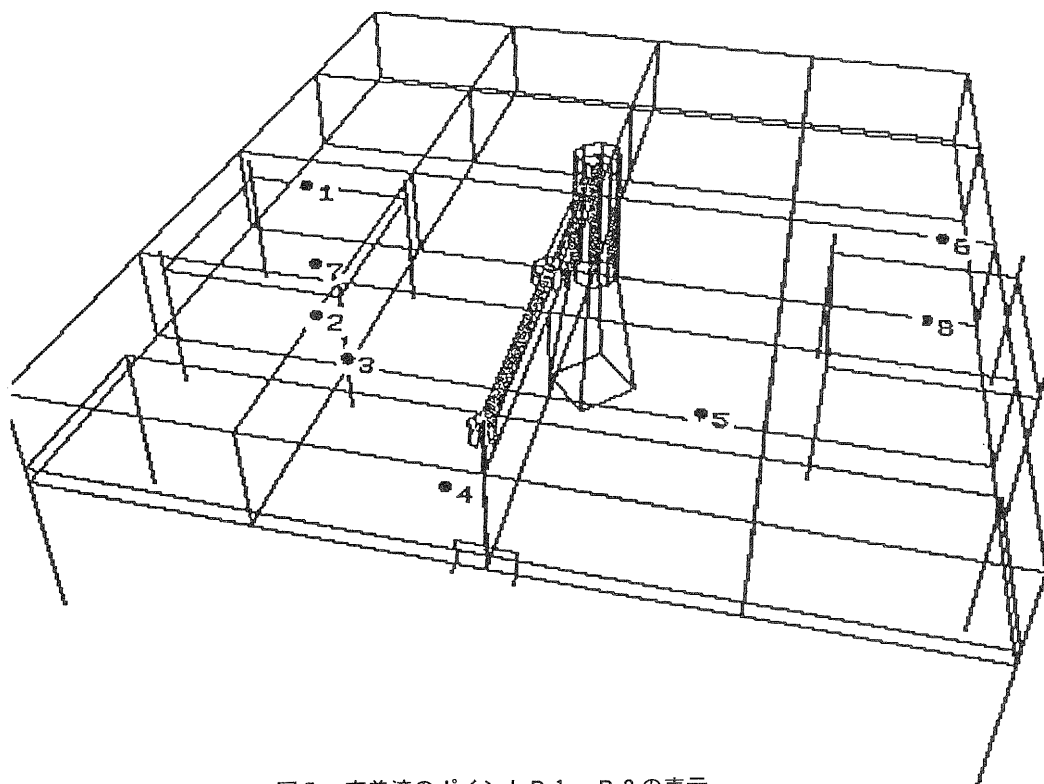


図5 定義済のポイントP1～P8の表示

を利用し、画面の切り換え（表示ポートを交互に切り換えること）により実現している（図6-1と図6-2）。

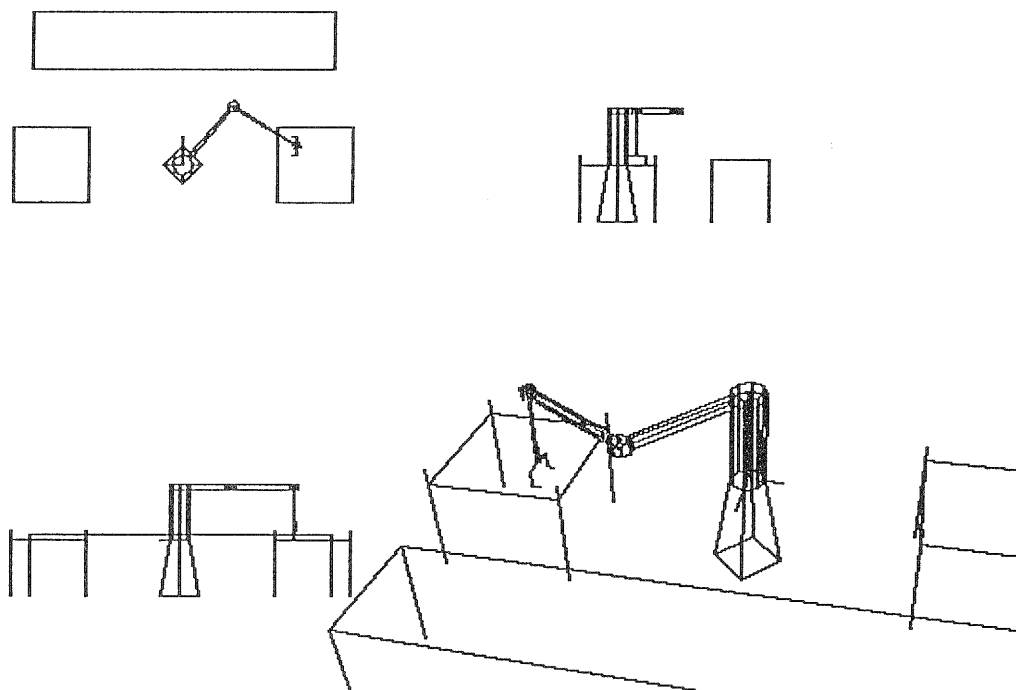


図6-1 アニメーション表示の1カット

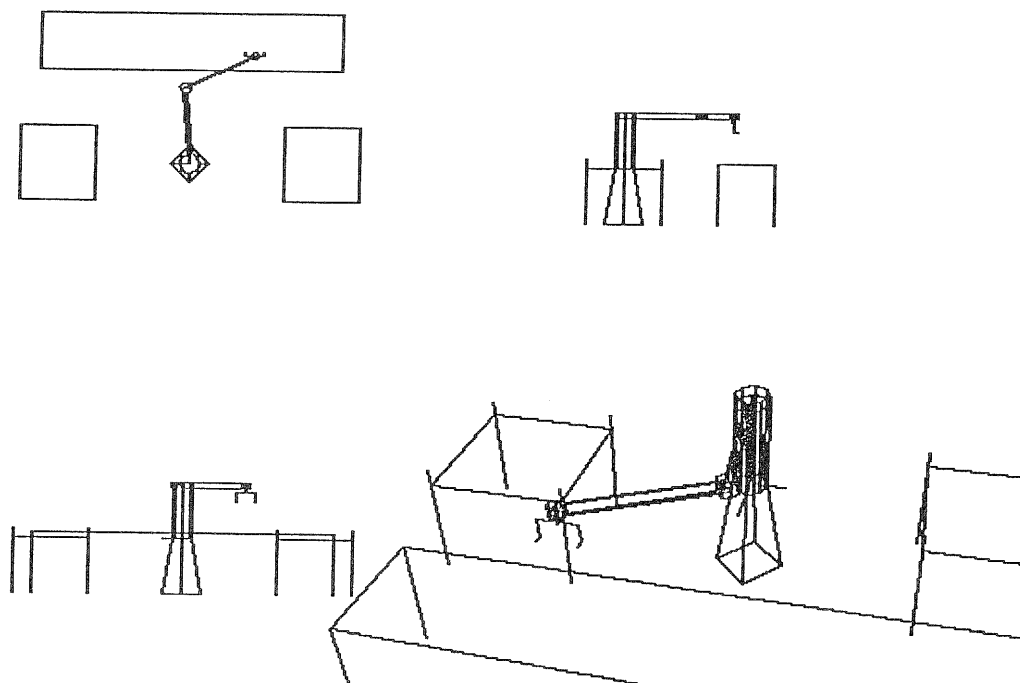


図6-2 アニメーション表示の1カット

また、立体表示については、上の2系統の同一アドレスを右目用と左目用に分けて描画し、パソコンから出る CRT 用の V-sync に同期させて画面切り換えと立体視用メガネの左右切り換えを行うことにより実現している (図7)。

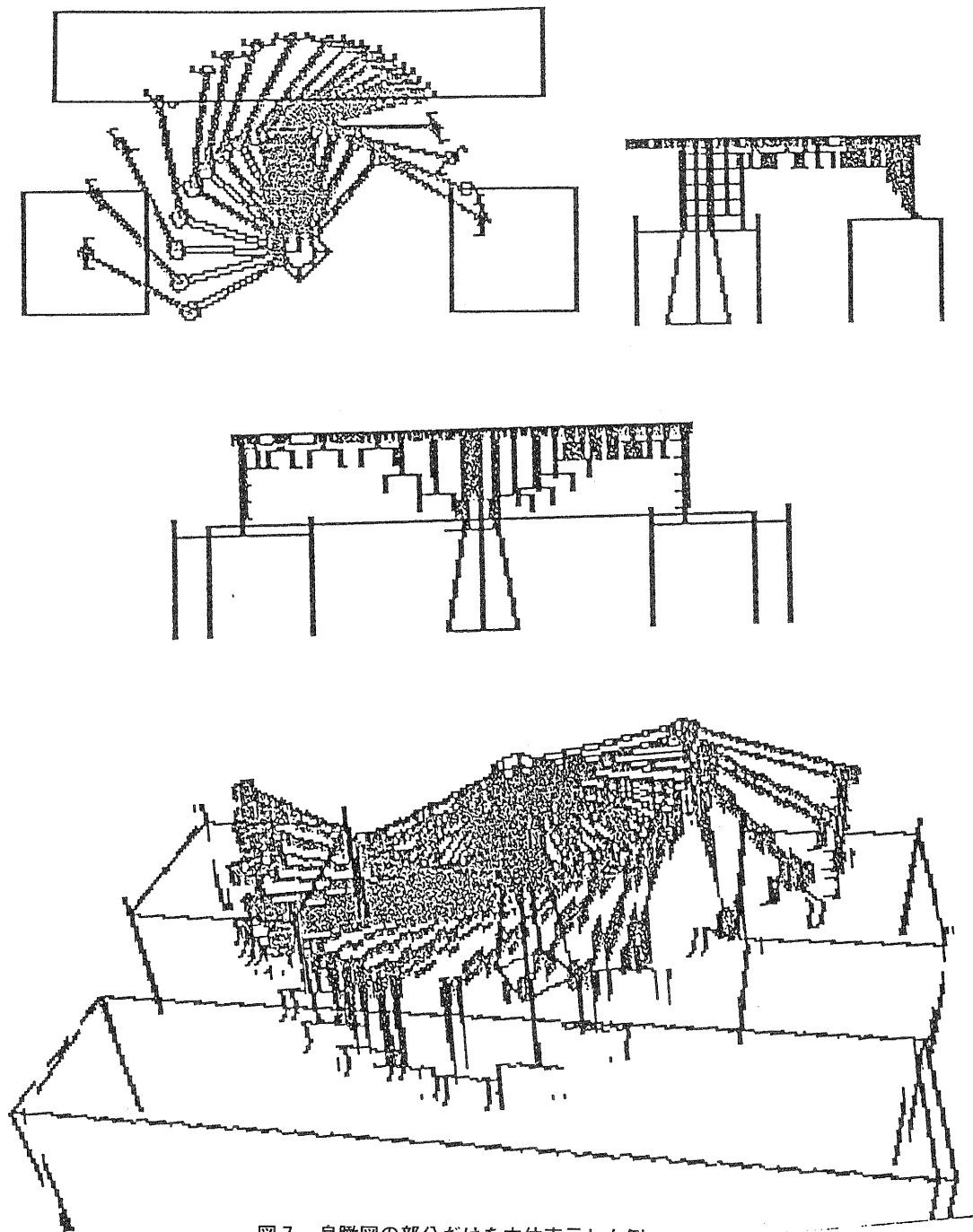


図7 鳥瞰図の部分だけを立体表示した例

(3) その他

ロボットの動きを任意の視点から任意の大きさで表示することや、図8-1と図8-2のように手先だけや軌跡の表示をすることも、メニュー選択で可能とした。

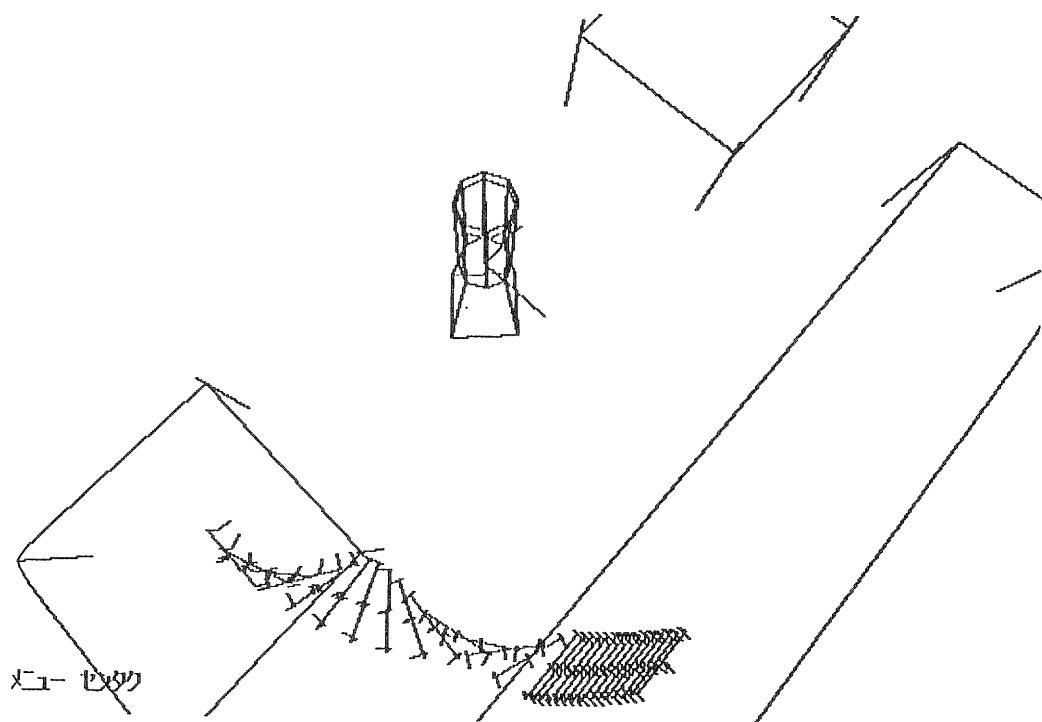


図8-1 ロボットの手先の動きだけの表示

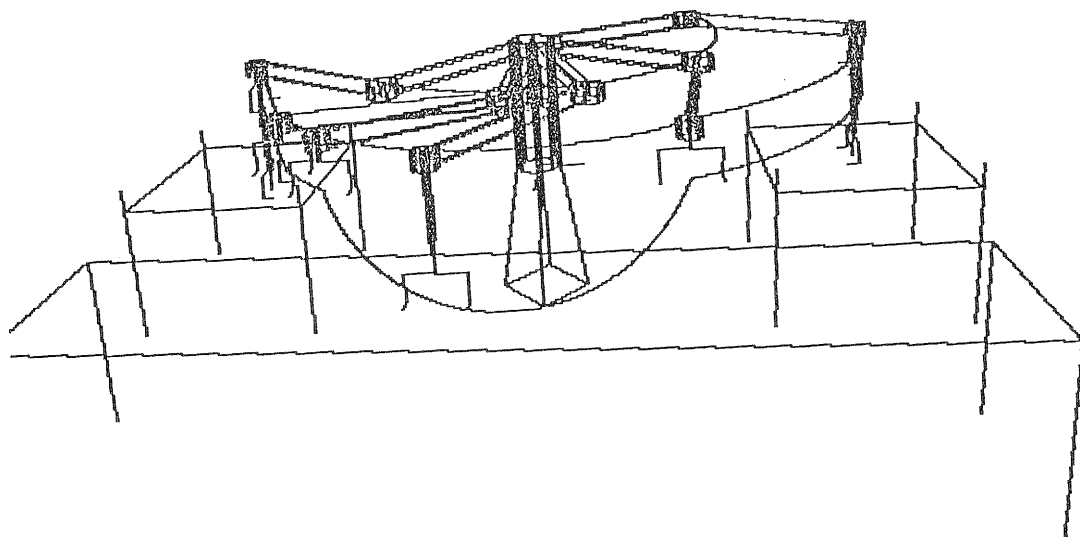


図8-2 ロボットアームの軌跡の表示

4-3 タイムチャート

当所のロボットの場合、図9に示すような4自由度を持っており、J1、J2、J3の回転およびZ軸の伸びでロボットの姿勢が決まる。本トレーナーでは、各軸の動作の時間経過をタイムチャートの形で表示する機能も持っている（図15と図16など）。また、各動作に必要な時間計算も行っており、各軸が最大速度で動いた場合の所要時間も表示している。当所のロボットの仕様を表1に示す。

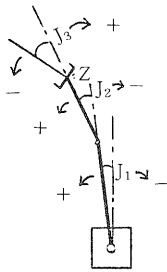


図9 ロボットを上から見た各軸と向き
(ロボット座標系)

表1 当所のロボットの仕様

| 項目 | Pana Robo Hz |
|-------------|---|
| アームの長さ | J1 : 405mm, J2 : 395mm |
| 動作角度及びストローク | J1 : ±125°, J2 : ±127° Z : 200mm, J3 : ±180° |
| 最大速度 | アーム先端: 4350mm/SEC Z : 500mm/SEC J3 : 540°/SEC |

5. プログラム例とシミュレーション結果

5-1 ポイントの入力例

図10のように設定されたx, y, zの各座標値と手先のxy平面に対するねじれ θ をポイント番号とともに与える。ポイントの座標値が入力された段階で、ロボットのアームが移動できる位置かどうかチェックしているので、エラーの場合には再入力できる。図5に示したP1～P8の座標値は、表2のようになる。ロボット動作のシミュレーション時には、このx, y, z, θ 、右/左手系(*)をもとに各軸の値(J1, J2, Z, J3)を計算しながら表示するので、ポイントを変更すればその影響もすぐ確認ができる。

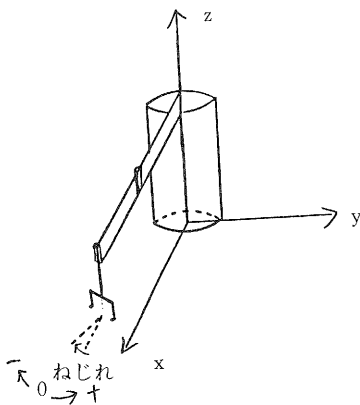


図10 絶対座標系

表2 図5の座標値

| 位置 | x (mm) | y (mm) | z (mm) | 0 (度) | 右手・左手 |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| リセット状態 | 800.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 左手 |
| P 1 | 100.0 | -600.0 | 200.0 | 90.0 | 〃 |
| P 2 | 500.0 | -400.0 | 200.0 | 0.0 | 〃 |
| P 3 | 600.0 | -300.0 | 200.0 | 0.0 | 〃 |
| P 4 | 700.0 | -100.0 | 50.0 | 0.0 | 〃 |
| P 5 | 600.0 | 300.0 | 200.0 | 0.0 | 〃 |
| P 6 | 0.0 | 700.0 | 200.0 | -90.0 | 〃 |
| P 7 | 100.0 | -600.0 | 0.0 | 90.0 | 〃 |
| P 8 | 0.0 | 700.0 | 0.0 | -90.0 | 〃 |

*図6のようにロボットを上から見て左手が動いているように解を求める場合を、左手系、そうでない場合を右手系と呼んで区別している。

1 番目の点 P 1 の入力方法は、

1 △100△200△90△< cr >

のようにキーインすれば良い。

(△は、1 個以上の空白、< cr >は、リターンを意味する。)

5-2 ステートメントの入力例

表 2 のポイントが定義されている状態で、図11のステートメントを順次入力していくと例えば図12-1と図12-2のように表示される。図11のステートメントは、リセット状態から P 1 へ移動したのち、ハンドを下げ (P 1 → P 7)、(仮想的に) 部品を持ち上げた後 (P 7 → P 1)、直接的に P 2 まで移動した後、P 4 で部品を他の (仮想的な) 部品へ組み込んで P 8 まで持っていく作業を表現している。

各ステートメントの意味は、

| | | | |
|--------------|--|--------------|---------------------------------------|
| MOVE P1 | | MOVE Pn | 現在位置より Pn まで移動 |
| MOVE P7 | | MOVE L Pn | 現在位置より Pn まで直線補間をしながら移動 |
| MOVE P1 | | MOVE A Pn Pm | 現在位置より三次元空間で円弧補間をしながら Pn を通って Pm まで移動 |
| MOVE L P2 | | | |
| MOVE P3 | | | |
| MOVE A P4 P5 | | | |
| MOVE P6 | | | |
| MOVE P8 | | | |

図11 ステートメントの例

となっている。

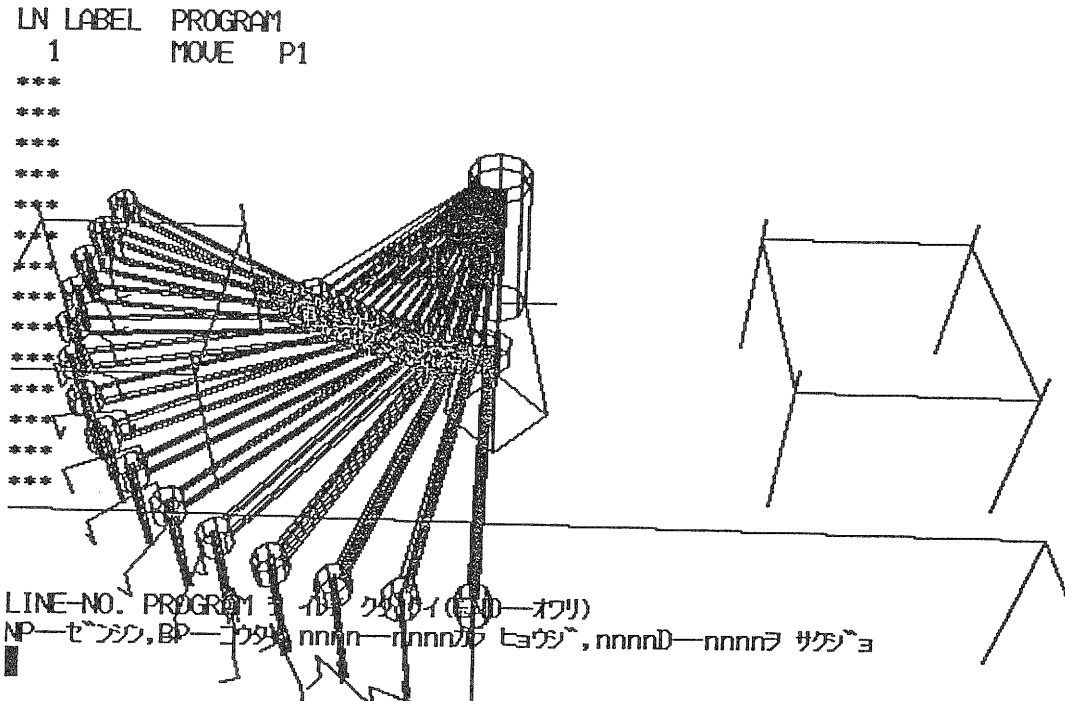


図12-1 ステートメントの入力例

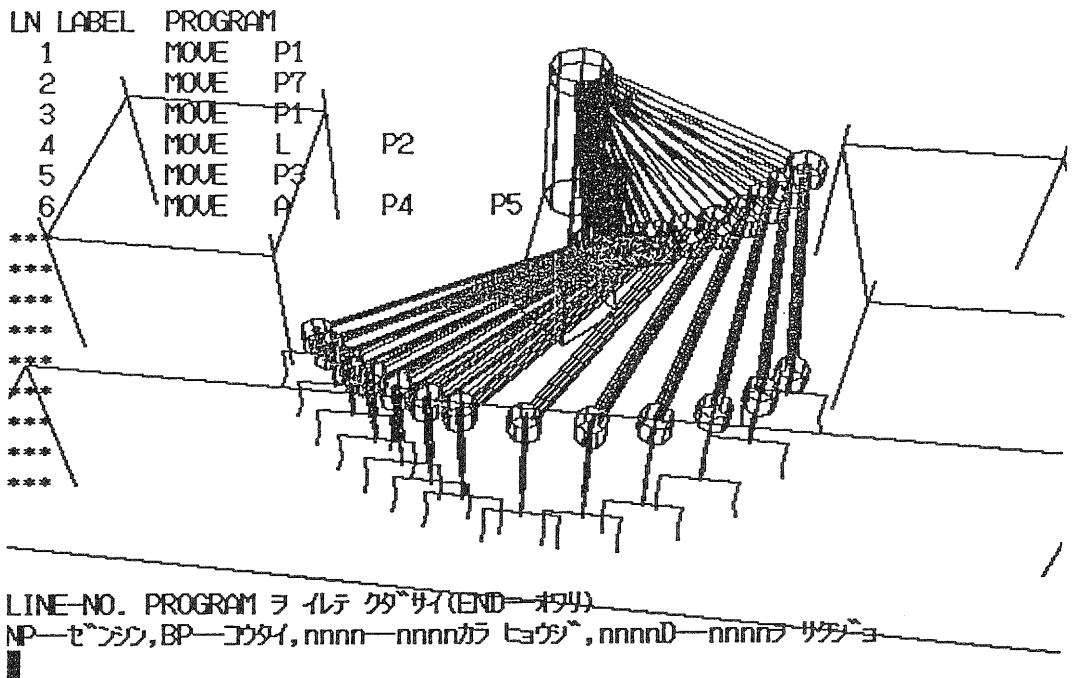


図12-2 ステートメントの入力例

2ライン目や6ライン目の入力方法は、

2 Δ MOVE Δ P 7 < cr >

6 Δ MOVE Δ A Δ P 4 Δ P 5 < cr >

のようにキーインすれば良い。

5-3 シミュレーション結果

(1) 動作シミュレーション

図13は、2ライン目から8ライン目までを、また図14-1と図14-2は、6ライン目のみをシミュレーションした結果である。図13は、表2の各ポイントを使って図11のステートメントがエラー無く全動作が実行可能なことを示している。シミュレーション中に、エラーを発見すると、その時点でエラーを表示してシミュレーションを中止するので、なぜどこがエラーなのか、すぐ判断できる。

動作シミュレーションに要する時間は、図13で約20秒程度かかる。

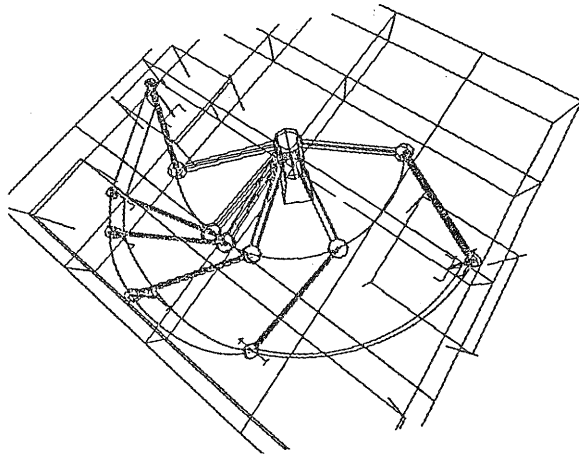


図13 シミュレーションの一例

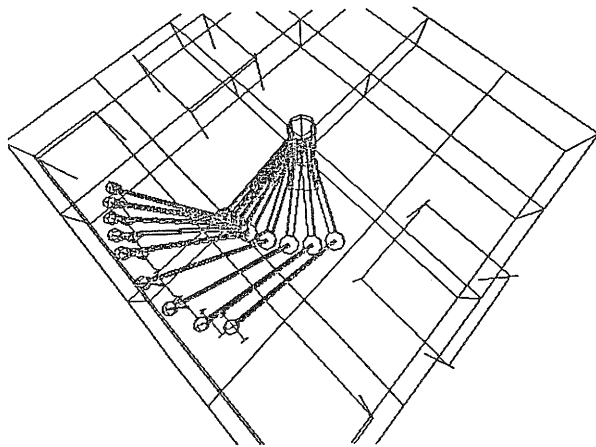


図14-1 シミュレーションの一例 (上から見た場合)

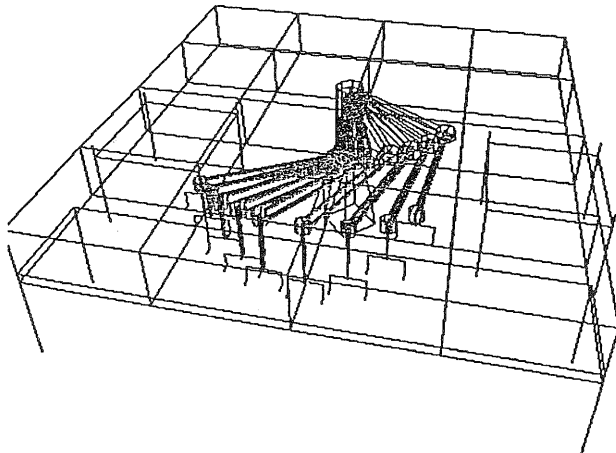


図14-2 シミュレーションの一例 (前方ななめより見た場合)

(2) 時間シミュレーション

図15および図16は、それぞれ図13と図14のタイムチャート表示である。図15の上部に示した数字 ①～⑧が、各ステートメントに対応しており、その幅が無負荷での実行時間を示している。ロボットが実作業する場合には、この時間より早くは作業ができない。

時間シミュレーションに要する時間は、図15で約1分程度かかる。

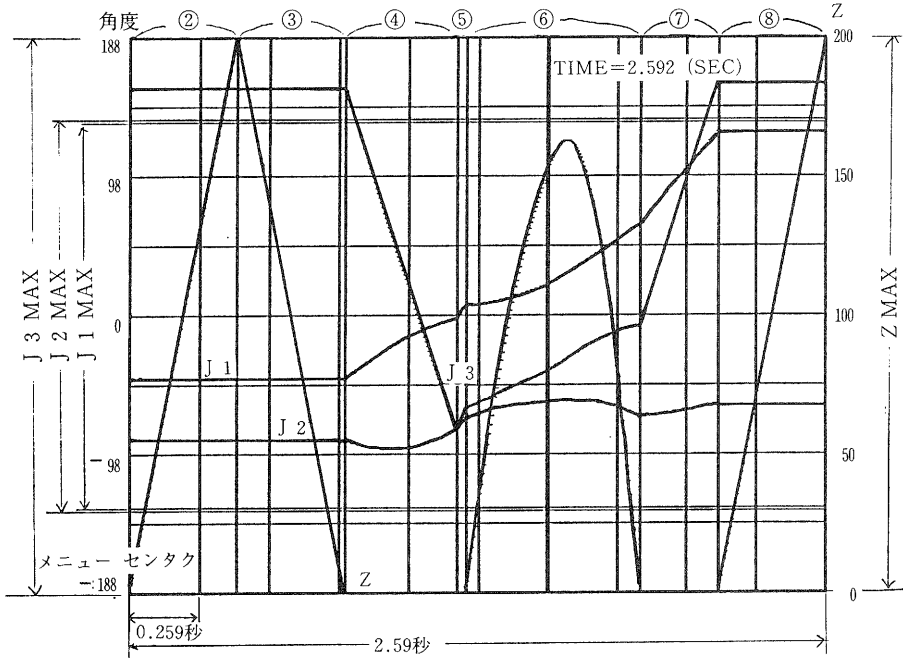


図15 タイムチャート表示の例 (2ライン目から8ライン目まで)

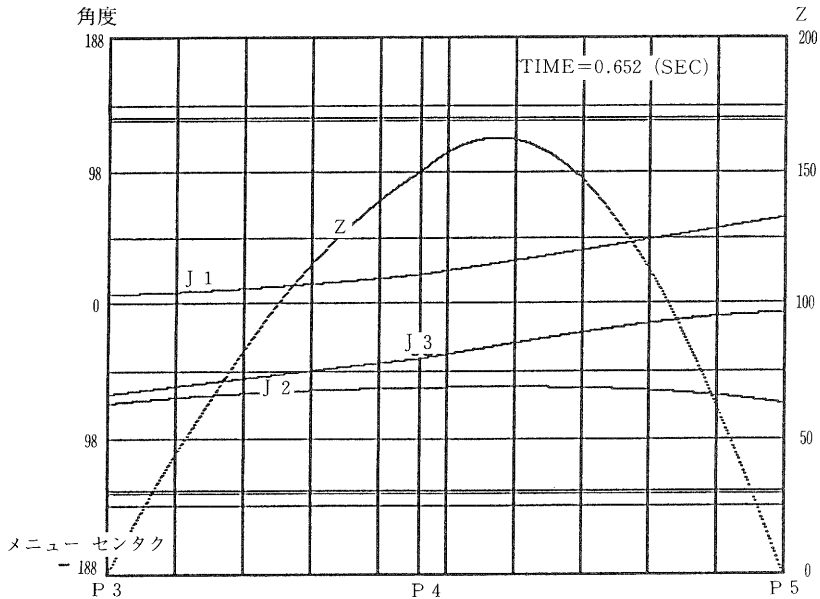


図16 タイムチャート表示の例 (6ライン目のみ)

6. む す び

インタープリタ方式のロボットトレーナは、プログラムの入力やその動作確認が容易で、パソコンでも十分にその機能を実現できることがわかった。教育の場で使えるロボットトレーナにするためには、多機種、多言語に対応できるシミュレーションプログラムにする必要がある。また汎用性のあるロボットトレーナとするためには、CADによるロボットモデルの入力方法やロボット言語の標準化についての検討がなされなければならない。

今後の予定としては、衝突チェックを高速で行うためにハードウェアを増設し、その応用方法について研究する予定である。

謝辞 本研究について御指導頂いた井上絢一研究参与（京都大学工学部教授）と渡辺透研究参与（立命館大学理工学部教授）に感謝します。

参考文献

- (1) Richard P. paul 原著、吉川 恒夫訳：
“ロボット・マニピュレータ”、コロナ社（昭61-7）
- (2) 井上俊男ほか：“動作シミュレータ付ロボット言語システム”、
神戸製鋼技報、Vo 1 . 37、No. 2（1987）
- (3) 清水勝彦ほか：“パーソナルコンピュータをもちいたロボットオフライン教示システム”、
同上

モーダル解析法の実用化研究

振動機械における応力挙動シミュレーションの研究

技術第一科 月瀬 寛二 河村安太郎
株式会社 石田衡器製作所 田尻 祥子 岡野 公

あらまし：機械構造物の最適化設計の一手段として、実験的な面からはモーダル解析が、数値計算の面からは有限要素法による構造解析が研究され、進展しつつある。これら手法を中小企業へも広く普及させることが今後重要になると考えられる。そこで、機械構造物の動特性を設計段階で把握する方策を確立するため、リニア型フィーダを事例として取り上げた。本年度は、(1)トラフの割れ現象の原因の検討、(2)トラフの改良構造である補強棒の効果についての検討、(3)モーダル解析モデル（実構造物）と有限要素法理論モデルとの固有振動数、振動形状が一致するための検討を実施したので報告する。

1. ま え が き

最近の傾向として、製品の軽量化・高速化・低騒音化・高精度化などが求められる一方、製品の開発サイクルが短縮化し試作改良を何度も繰り返すことはできなくなって来ている。軽量化・高速化と低騒音化・高精度化は、相矛盾する面があり、従来からの勘と経験に頼る設計法では、これらを共に満足する製品を短期間に開発することは難しい。

そこで注目されているのが、有限要素法解析のような計算機シミュレーションによって、製品の強度や動作時の特性を予め算出・推定しながら、設計を進める方法である。計算機シミュレーションにより、構成材料に必要な箇所に効果的に使用して軽量化と高速化を図り、また動作時の特性を事前に把握することにより、低騒音化と高精度化をも達成するやり方である。

析しも、リニア型フィーダ（オシレティングコンベア）のトラフ（ステンレス板製のワーク供給部、写真2-1参照）の底面板が実稼働中に割れる現象があった。割れは、スポット溶接のコロナ・ボンド部（スポット溶接により圧着された部分）を通る形で亀裂が縦（ワークの進行方向）に生じていた。実稼働時の割れ等の現象は、従来からの設計計算方法では予測できない面があり、もし、動特性等が設計段階で的確に把握できれば、製品の信頼性が増すのみならず、クレームなどによる手直し等が無くなり経済面でのメリットも大きい。

このリニア型フィーダは、平板に近い形状で振動が伴う構造物のモデルとして適当なプロトタイプになり得ると考えられる。そこで、これを事例として取り上げ、モーダル解析法（実験的手法）と有限要素法解析（計算機シミュレーション）を併用しながら、最終的には設計段階で実稼働時の応力分布などが把握できる手法の確立を目指して、研究に着手することにした。62年度は、その第一段階として、(1)トラフ底面板の割れ現象の原因の検討、(2)改良の為にトラフに取り付けられた補

強棒の効果の検討、更に(3)モーダル解析の結果（実物による固有振動数と振動形状などの測定結果）と有限要素法解析の結果（計算機シミュレーションによる同上の計算結果）が一致するための、有限要素法におけるモデリングの手法の検討などを行ったので、ここに報告する。

2. 研究対象のリニア型フィーダについて

2-1 構造および励振方式

本研究対象のリニア型フィーダは、秤の上にワークを搬送する用途で、主として食品を扱うためトラフ部はステンレス製である。(写真2-1) 力学的にはベースをコイルばねで支持した半浮動型構造で、トラフおよびベースの等価質量を m_1 、 m_2 とし、フィーダとベース間の板ばねおよびベース下部の防振用のコイルばねの常数を k_1 、 k_2 としてモデル化したのが図2-1である。ここで、 α を防振用のばね常数 k_2 と板ばねのばね常数 k_1 の比 ($\alpha = k_2/k_1$) とし、 β をベースの等価質量 m_2 とトラフの等価質量 m_1 の比 ($\beta = m_2/m_1$) とすれば、共振点は近似的に

$$f/f_0 = \sqrt{1 + \beta + \alpha \cdot \beta} \quad (2.1)$$

f : 系の振動数

f_0 : 系の固有振動数 (減衰無し)

で与えられる。一般的に半浮動型では、 $\alpha \cdot \beta \ll 1$ となるように設計されるので、

式(2.1)は、

$$f/f_0 = \sqrt{1 + \beta} \quad (2.2)$$

と表される。

加振方式は電磁石の吸引力を利用しており、加振力の調整は、ダイオードに対して直列に挿入した可変抵抗器による電流制御である。

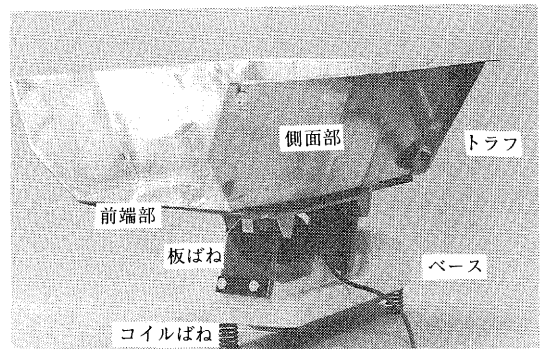


写真2-1 リニア型フィーダ
(オシレティングコンベア)

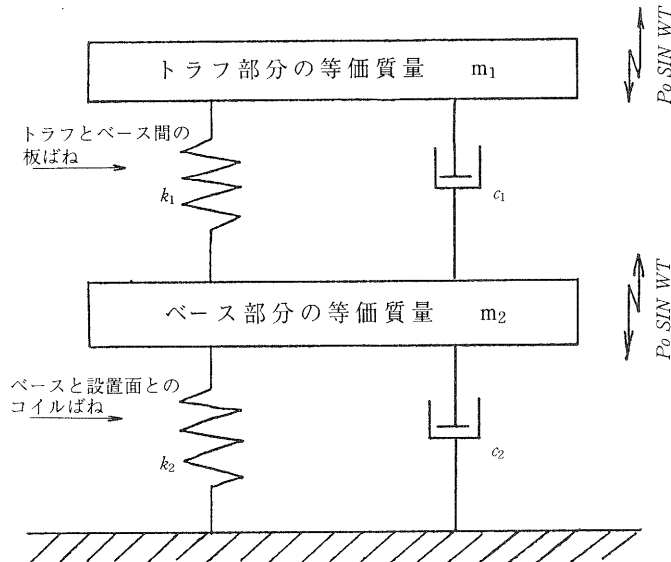


図2-1 半浮動型フィーダの力学的モデル

2-2 板ばねの振動に及ぼす影響

平行ばねのばね定数 k は、次式で与えられる。

$$k = knEbh^3 / \ell^3 \quad (2.3)$$

k : ばねの端の拘束条件により決まる係数

n : 板ばねの枚数 ℓ : 板ばねの長さ b : 巾

h : 厚さ E : 縦弾性係数

式(2.3)より、板ばねの厚さ及び長さは3乗の形で含まれるためその影響は非常に大きい。つまり、板ばねの枚数などによりフィードが適正な振幅を得るための調整作業は、試行錯誤的に行っていれば難しい事がわかる。

2-3 ワークの振動に及ぼす影響

トラフにワークを供給すると、単純に考えて、振動に関係する質量はトラフ自身の質量とワークの質量を合わせたものとなり、系の固有振動数は、無負荷の時より低下する。実際には、トラフ中のワークは、『滑り』・『とまり』・『跳躍』の3運動形態を含む複雑な挙動を示すことになる。とまり状態では、負荷質量として作用するが、跳躍中は無負荷となり、滑り状態では固体摩擦による減衰効果が現われてくる。

3. トラフ底面部の割れ現象に対する検討

3-1 スポット溶接部に発生している応力の推定計算

亀裂が縦方向(ワーク進行方向)にコロナ・ボンド部を通る形で生じているので、上下方向の振動に起因しスポット溶接が関係していると考えられる。そこで、スポット溶接接合部の断面形状を顕微鏡写真により観察したところ、二枚の板の間には、板の浮き上がり(シート・セパレーション)である隙間が約0.043mm認められた。観察された断面形状を簡易的に表現したのが図3-1で、シート・セパレーションによる二枚の板の間とコロナ・ボンド部との境界は、応力が集中しやすい鋭角の形状であった。

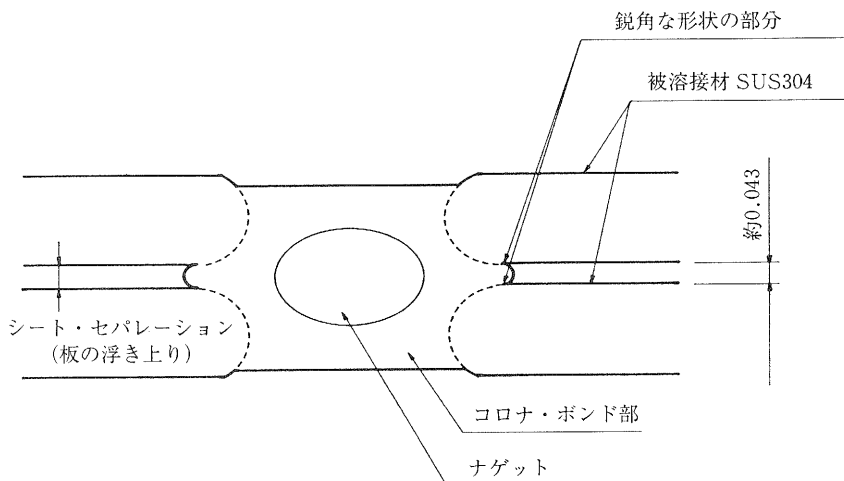


図3-1 スポット溶接接合部の断面形状

この鋭角部分に発生する応力を有限要素法で推定計算する為に、次のモデル化を行った。図3-1に基づき、50mm角の二枚の板の中央に直径5mmのスポット溶接がなされている場合を、有限要素法の理論モデル化したのが図3-2である。シート・セパレーションの間隔は $50\mu\text{m}$ で、スポット溶接による接合は直径5mmの円柱を定義する事で表現し、モデルが線対象なので1/2をモデル化した。なお、図3-1の鋭角部分を、理論モデル上では直角としてモデル化した。荷重点には剛体を定義しそこに 1 kg f (1/2のモデル化なので本来は 2 kg f) 加え、対面は固定端として計算した結果、FACE 2, 3 (二枚の板の内面) のスポット溶接近辺に $5.\text{kg f}/\text{mm}^2$ 程度の応力が求められた。

3-2 スポット溶接がない場合の曲げモーメントによる応力

スポット溶接がない場合、3-1と同様の50mm角の板に曲げモーメントが作用した時の表面応力を計算する。そこで、曲げモーメントによる表面応力は、

$$\sigma = M / Z \quad (3.1)$$

M : 曲げモーメント

Z : 断面係数 ($bh^2/6$)

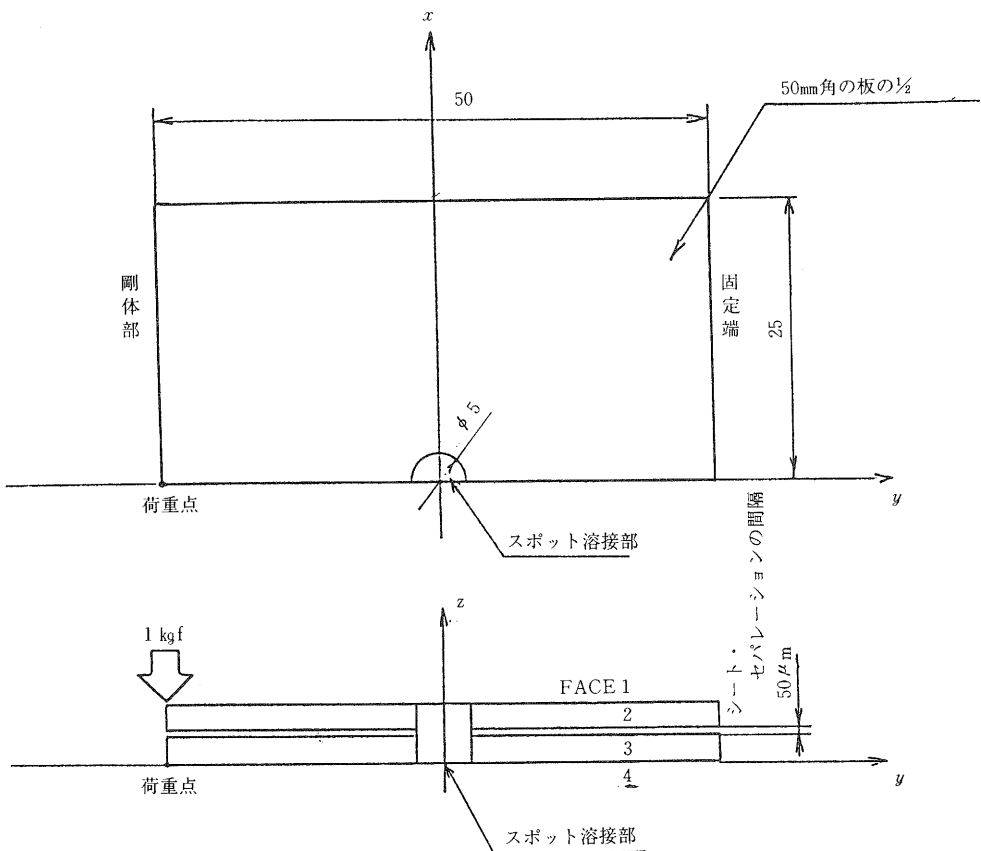


図3-2 スポット溶接部・有限要素法モデル

で表されるから、図3-2でモデル化した一枚の板を、断面50mm×2mm（断面係数 $Z_{t=2}=50 \times 2^2/6$ で全長50mmの梁として考え、曲げモーメントとして荷重端に2kgfを加えると、 $\ell/2$ の位置での表面応力は、

$$\sigma_{\ell/2, h/2} = 1.5 \text{ kg f/mm}^2 \quad (3.2)$$

となる。図3-2の場合では板が二枚あるが、荷重端に剛体を定義し2mm程度の板厚では単純に4mmの板一枚として考えられるので、スポット溶接がない場合の曲げモーメントによる表面応力は式(3.2)より、

$$\sigma_{\ell/2, h/2*2} = 1.5 \times Z_{t=2}/Z_{t=4} = 0.375 \text{ kg f/mm}^2 \quad (3.3)$$

となる。

3-3 応力集中係数

従って、スポット溶接を行う事により応力がこの部分に集中する度合、つまり応力集中係数は、3-1および式(3.3)より、

$$\alpha = 5/0.375 = 13.3 \quad (3.4)$$

となる。

3-4 実作動状態での表面応力

トラフに歪ゲージを15箇所貼り、励振加速度が板ばね上部（トラフ下部）で $28 G_{p-p}$ の実作動状態での表面応力を計測した。計測された表面応力は、0.9~9.6kgf/mm²で、割れの発生したスポット溶接近辺の表面応力は2.7kgf/mm²であった。

3-5 割れについての考察

SUS 304の引張強さ（ σ_b ）を53kgf/mm²として、材料の疲労許容応力を引張強さの40%とすれば、疲労許容応力（ σ_d ）は21.2kgf/mm²となる。実作動状態でスポット溶接部に作用していると考えられる応力は、2.7kgf/mm²× α = 35.91kgf/mm²である。従って、35.91kgf/mm² > σ_d であるから、トラフ底面部でのスポット溶接部からの割れは計算上起こりうる。

また、スポット溶接により、中心部に降状応力に近い引張り残留応力が、中心部と周辺部との中間部分に圧縮残留応力が発生する。残留応力の弛緩は繰り返し応力下で材料内に塑性変形を生じうる状態であれば、幾分の残留応力の除去が期待できる。従って、リニア型フィードでは、振動が残留応力の弛緩の方向に作用するので、割れの直接の原因とは考えにくい。

4. モーダル・パラメータの測定と補強棒の効果の検討

4-1 計測条件

リニア型フィード（実構造物）に対して、図4-1のNo.47を加振点（Z軸方向）とし、No.1~No.54を応答（X, Y, Z三軸方向）計測箇所として伝達関数を測定した。補強棒は、図4-1のA点とB点とを直径10mmの剛性の高い棒で固定する構造で、ワークがトラフ上で円滑に移動しない場合に取付けられる物である。加振はインパクト・ハンマで行い、データを5回平均して収集した。最初、解析周波数範囲を0~512Hzとしたが、結果の精度に問題があったので、

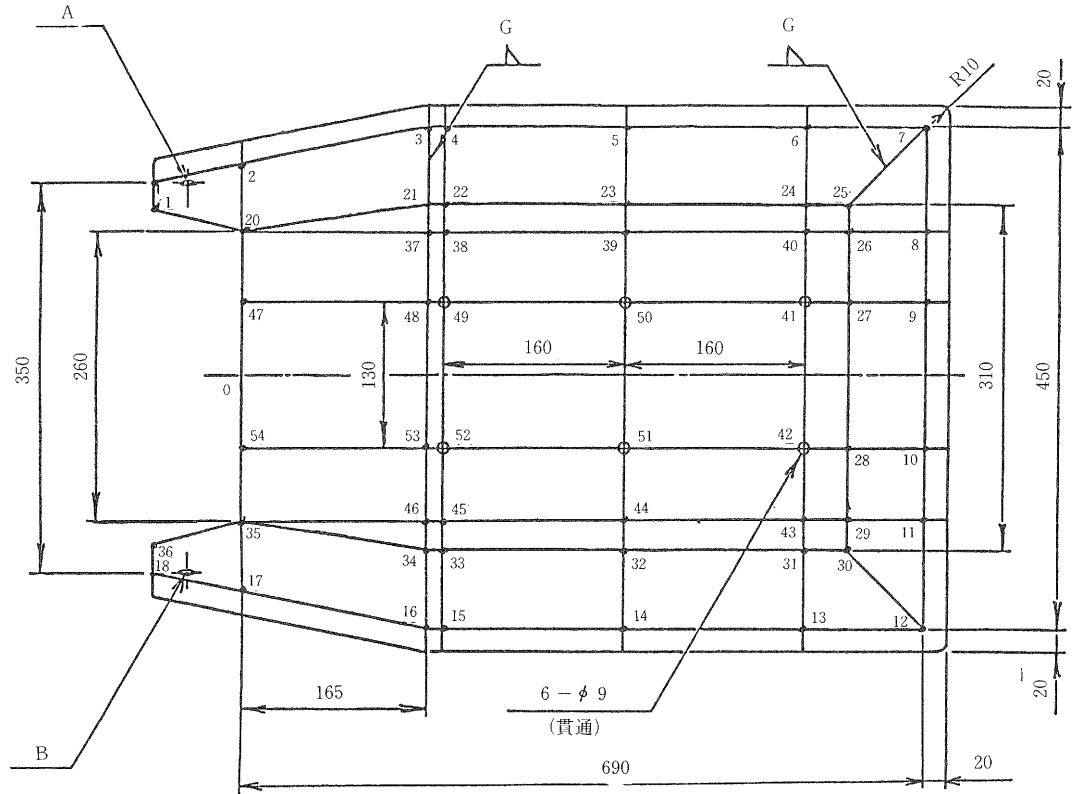


図 4-1 モーダル解析におけるデータ計測箇所

最終的には解析周波数範囲を 0～256 Hz とした。支持方法は、ゴムチューブを輪状にしトラフを吊り下げた。また、トラフ側面部は X、Y、Z 軸方向に直交した面でないので、各面の傾きに合わせたアルミブロックを介して 3 軸方向の応答を計測した。

4-2 計測結果

補強棒が無い場合の伝達関係を図 4-2、補強棒を取り付けた場合の伝達関係を図 4-3 に示す。実線が計測により得られた伝達関係で、“+”でプロットされているのがモーダルパラメータ抽出のための合成された伝達関係である。また、9 次までの抽出した固有振動数・減衰常数を表 4-1 に示す。

4-3 補強棒の効果についての考察

図 4-2 の補強棒のない場合、178.8 Hz に大きな伝達関数のピークがあり、この振動形状は底面中央から後部にかけての上下振動である (図 4-4)。このフィードは 60 Hz で加振されるため、実稼働時には共振し、ワークの流れの障害やトラフの割れの原因となると考えられる。

しかし、図 4-3 の補強棒を取り付けた場合では、180 Hz 付近のピークは無くなり、伝達関数の値は 1/10 以下に減少している。(表 4-1 では 182.9 Hz に振動モードがあるが、図 4-3 からは特定できない。) 従って、実稼働時に問題となる共振・振動は、ほとんど除去できており、補強棒の効果が理論的に裏付けられた。

なお、同様に共振が懸念される60 Hz、120 Hz 付近については、補強棒を入れた方が伝達関数値は大きくなっているが、何れも1を越えない値でピークもなく問題ないと考えられる。

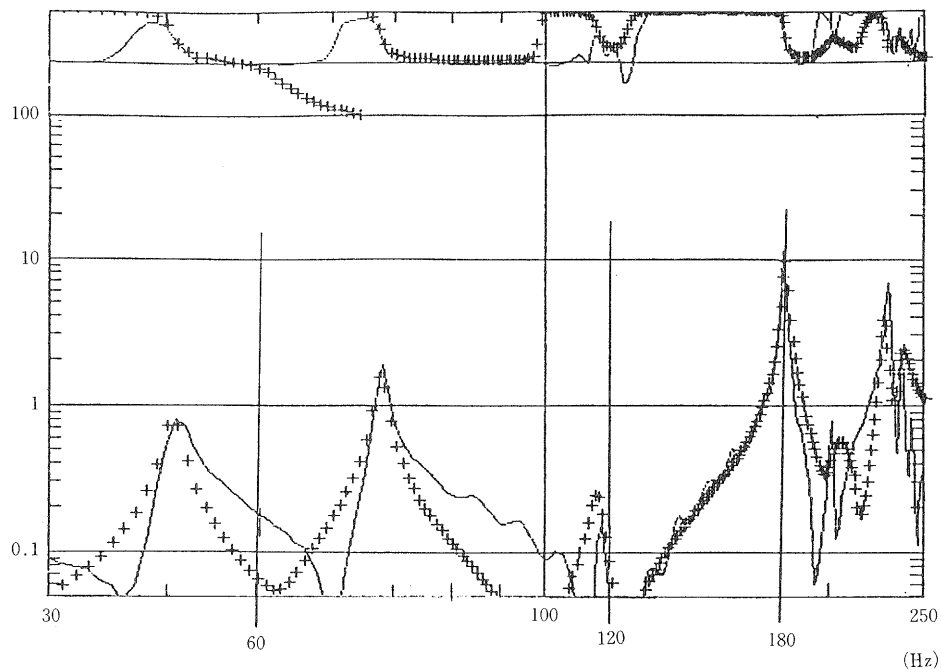


図 4-2 補強棒のない場合の伝達関数

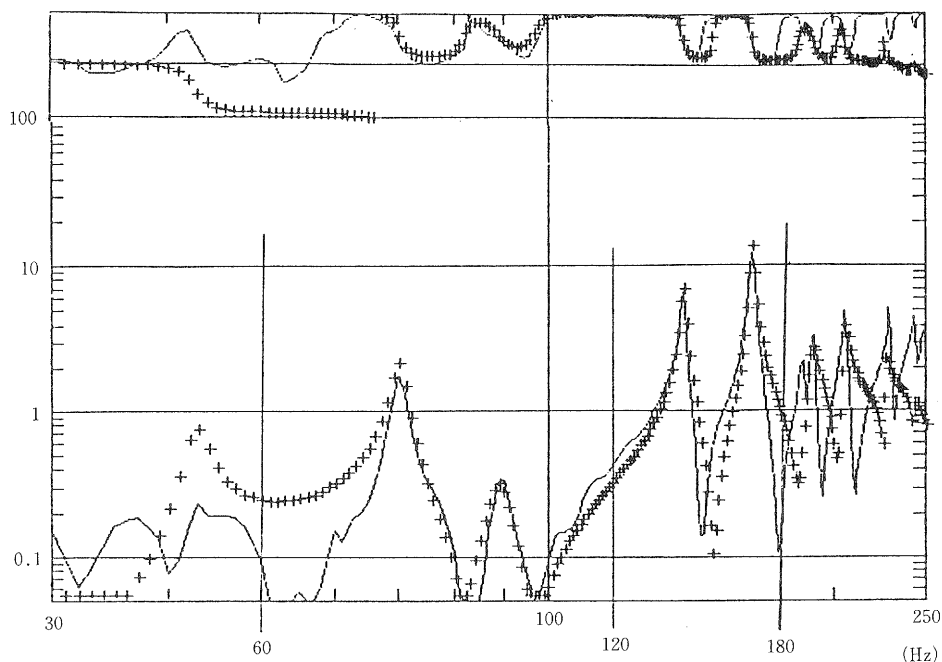


図 4-3 補強棒を取り付けた場合の伝達関数

表4-1 モーダル解析におけるパラメータ抽出結果

| 実験対象物 次数 | 項目 | 補強棒無し | | 補強棒有り | |
|-------------|----|---------|-------|---------|-------|
| | | 固有振動数 | 減衰常数 | 固有振動数 | 減衰常数 |
| 1 | | 40.5Hz | 0.020 | 42.6Hz | 0.025 |
| 2 | | 55.2Hz | 0.120 | 70.0Hz | 0.015 |
| 3 | | 67.3Hz | 0.013 | 89.0Hz | 0.026 |
| 4 | | 113.5Hz | 0.017 | 134.5Hz | 0.011 |
| 5 | | 178.8Hz | 0.005 | 138.8Hz | 0.007 |
| 6 | | 203.3Hz | 0.031 | 164.0Hz | 0.005 |
| 7 | | 212.7Hz | 0.008 | 182.9Hz | 0.007 |
| 8 | | 227.2Hz | 0.006 | 189.7Hz | 0.011 |
| 9 | | 236.8Hz | 0.013 | 205.4Hz | 0.006 |

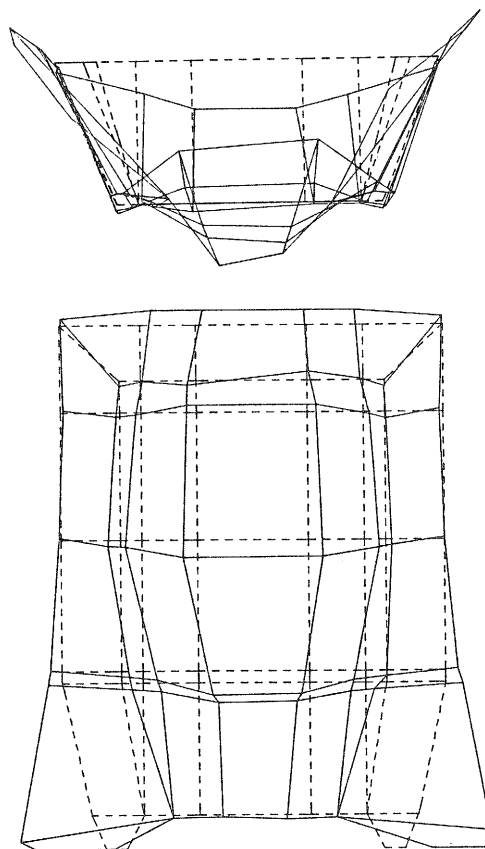


図4-4 補強棒のない場合の178.8Hzの振動形状
(破線; 静止状態での形状, 実線; 最大変位状態での形状)

5、有限要素法解析における固有振動数・振動形状に影響する要因

5-1 基本理論モデル

固有振動数・振動形状に関する要因を検討する基本理論モデルを、図5-1に示す。スポット溶接で二枚の板が合わされた部分（図5-1の斜線で示すA部）を一枚の板で板厚3.8mmとし、その他の部分は板厚1.8mmとしてモデル化した。また、トラフ底面では、スポット溶接された二枚の板の下部の板の端（図5-1のB部）が、トラフ底面に対して垂直に折り曲げられている。これは、トラフ全体から見れば底面に取り付けられた梁としての効果が見込まれるので、図5-1のB部には縦17mm・横18mmの断面の梁を定義した。各解析条件での計算結果を、表5-1に示す。

なお、材料常数（ステンレス・SUS 304）は、次の値を用いた。

縦弾性係数 $E = 19700 \text{ kg/mm}^2$

ポアソン比 $\nu = 0.25$

密度 $\rho = 8.179 \times 10^{-10} \text{ kg fs}^2/\text{mm}^4$

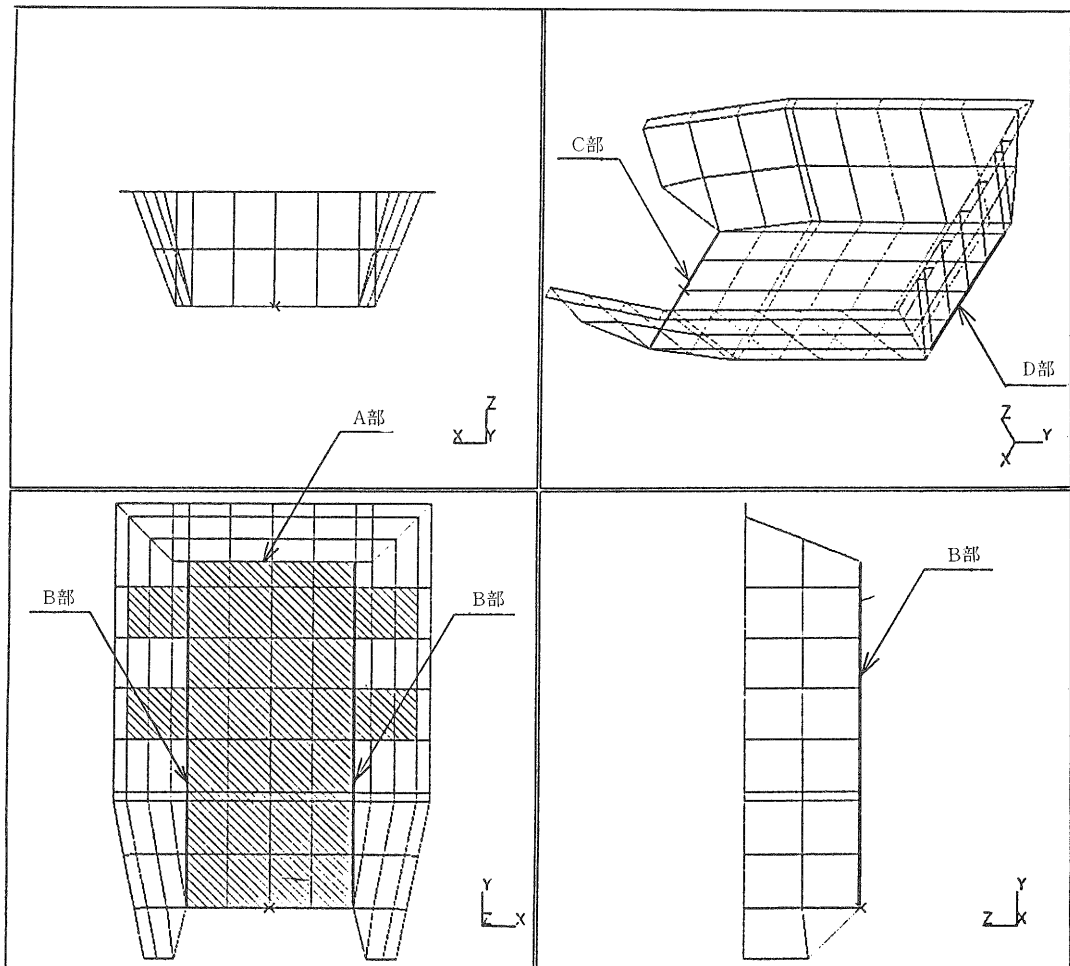


図5-1 有限要素法基本理論モデル

表 5-1 有限要素法解析における固有振動数に及ぼす各要因の影響

| 解析条件 | | 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------|------|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 基本理論モデル | | f_0 (Hz) | 39.6 | 40.7 | 66.6 | 126.1 | 162.8 | 213.5 | 259.0 | 290.7 |
| 縦弾性係数の変更 | 20%大 | f/f_0 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| | 20%小 | f/f_0 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 |
| ポアソン比の変更 | 20%大 | f/f_0 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.00 |
| | 20%小 | f/f_0 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 |
| 密度の変更 | 20%大 | f/f_0 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 |
| | 20%小 | f/f_0 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 |
| スポット部の板厚変更 | 20%厚 | f/f_0 | 1.12 | 1.11 | 1.08 | 1.01 | 1.01 | 1.12 | 1.02 | 1.00 |
| | 20%薄 | f/f_0 | 0.88 | 0.90 | 0.93 | 0.99 | 0.99 | 0.88 | 1.00 | 1.00 |
| 一枚板部の板厚変更 | 20%厚 | f/f_0 | 1.03 | 1.00 | 1.08 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.10 | 1.11 |
| | 20%薄 | f/f_0 | 0.97 | 1.01 | 0.92 | 0.94 | 0.93 | 0.96 | 0.87 | 0.87 |
| フィード底面の梁無し | | f/f_0 | 1.02 | 1.03 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |

5-2 材料常数の影響

理論式上からも結果は予測されるが、確認の意味で影響を調べた。

- (1) 縦弾性係数： 縦弾性係数を20%大きく（材料の剛性を強く）すれば、固有振動数は一様に約10%上昇し、逆に20%小さくすれば、約10%低下した。材料の剛性は、個々のモードでなく全体に一様に影響する。
- (2) ポアソン比： 全体として固有振動数の1%程度の変化であった。ポアソン比は、動解析上ほとんど影響を及ぼさないと考えられる。
- (3) 密度： 密度を20%大きくすれば固有振動数は約10%低下し、逆に20%小さくすれば約10%上昇した。材料の密度も縦弾性係数と同じく、全体に一様に影響する。

5-3 板厚の影響

- (1) スポット溶接部（図5-1，A部）の板厚変更：スポット溶接部の板厚を20%厚くすると、1, 2, 3, 6次で固有振動数が10%程度上昇し、逆に20%薄くすると、同様に10%程度低下した。スポット溶接による二枚の板の接合部分は、これらのモードに特に関係していると思われる。
- (2) 一枚板部分（図5-1，A部以外）の板厚変更：低次では固有振動数への影響は少なく、7, 8次の高次では、約10%程度変化した。一枚板部分は、高次モードの振動に特に関係していると思われる。

5-4 トラフ底面の両側の梁（図5-1のB部）の高さの影響

実際のトラフの形状から底面両側の梁（図5-1のB部）を定義したが、この固有振動数・振動形状に及ぼす効果について検討した。梁の高さを実形状の17mmから梁を全く定義しない状態まで、11段階について計算した。結果として、固有振動数・振動形状への梁の影響はほとんど認

められず、高さ17mmの梁がある場合と全く無い場合との比較で、固有振動数は0.5 Hz 程度の変化であった。

6. モーダル解析と有限要素法解析結果の関係

6-1 比較検討する有限要素法理論モデル

材料常数（縦弾性係数、ポアソン比、密度）とか板厚は、何れも対象とする構造物が決まれば一義的に決まるものであるが、図5-1のB部に定義した梁とか溶接構造などの形状は、通常ある程度のモデル化を行うので一義的な形状とは成り得ない。そこで、モーダル解析結果と有限要素法解析結果の固有振動数と振動形状が一致するため、実トラフ形状に対して理論モデルへのどの面でのモデル化が過不足か検討した。

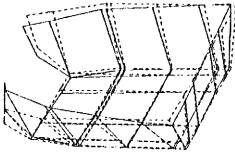
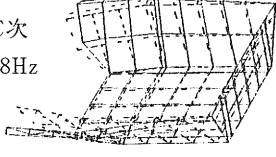
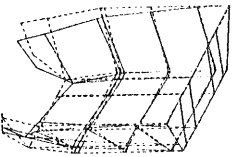
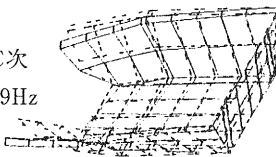
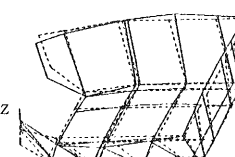
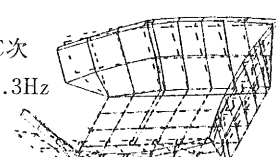
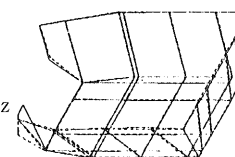
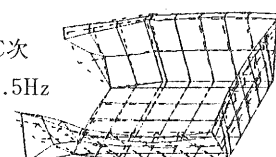
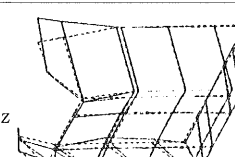
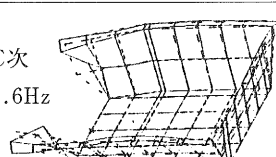
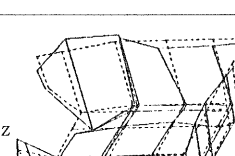
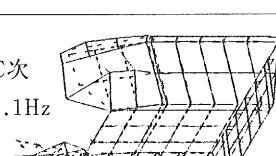
まず、有限要素法基本理論モデル（図5-1）の解析結果と、モーダル解析結果の振動形状を比較検討したところ、トラフ底面前端および後端で特に振動形状が一致していなかった。実形状では、トラフ底面のスポット溶接で二枚の板が接合された前端部（図5-1のC部、D部）は、端面が溶接により連続的（C部）あるいは断続的（D部）に接合されている。そこで、この溶接構造をモデル化することを基本として検討した。

表6-1に、モーダル解析による実際のリニア型フィーダの計測結果と有限要素法による理論モデルの計算結果の固有振動数と振動形状を示す。表6-1の中で、1M次とか1C次などは、それぞれモーダル解析結果の1次（1M次）、有限要素法による解析結果1次（1C次）を表す。

6-2 B部と同様の梁を底面前後端部に定義（図5-1C、D部）

- (1) 基本モデルの6次（213.5 Hz、表5-1）は、底面前端部の上下振動であったが、梁を定義したので8C次までには見受けられない。
- (2) 有限要素法での8C次は、同様の振動形状と見なされるモーダル解析結果と比較して固有振動数が40 Hz程高く計算され、モーダル解析での両側面中央部の振動が見受けられない。
- (3) モーダル解析による2M次（55.2 Hz）は、有限要素法によるモデルでは計算されなかったが、2M次の減衰常数が0.120と他のモードよりオーダ的に大きいため支障ないと考えられる。
- (4) モーダル解析による5M次（178.8 Hz）及び6M次（203.3 Hz）は、共にトラフ底面の上下振動で、有限要素法によるモデルでは計算されなかった。これは実物が二枚の板をスポット溶接してあり、かつ後端部が連続的に溶接されていないことの影響で、後端部付近のモーダル計測点は、加速度ピックアップを取り付けた上部の板のみの局部的振動の影響を受けたものと考えられる。ところが、割れの原因として考えられるトラフ底面の上下振動ではあるが、割れがトラフ底面前端部で生じていることから、一枚板としてモデル化した理論モデルで、後端部の上下振動が計算されなくても現時点では、問題ないと考えられる。
- (5) 有限要素法解析による2C次（40.9 Hz）及び5C次（151.4 Hz）は、減衰が高くモーダル解析では測定されなかったと考えられる。

表 6-1 モーダル解析と有限要素法解析の関係

| 形状の特徴 | 解析手段 | 有 限 要 素 法 解 析 | | | | |
|----------------------------|-----------------|---|-------------------------|--|---------|---------|
| | 解析条件 | リニア型フィーダの計測 | (1) | (2) | (3) | |
| 側面逆位相振動 | 1 M次 40.5Hz |  | 1 C次 39.8Hz |  | 39.6Hz | 42.0Hz |
| 底面ねじれ | | | 2 C次 40.9Hz | 40.7Hz | 40.7Hz | |
| | 2 M次 55.2Hz | | | | | |
| 両側面同位相振動 | 3 M次 67.3 |  | 3 C次 61.9Hz |  | 66.5Hz | 68.7Hz |
| 両側面逆位相振動 側面前端部と中央部逆位相振動 | 4 M次 113.5Hz |  | 4 C次 119.3Hz |  | 126.2Hz | 127.1Hz |
| 両側面同位相振動 側面前端部と中央部は同位相 | | | 5 C次 151.4Hz | 162.8Hz | 163.9Hz | |
| 底面中央から後部振動 | 5 M次 178.8Hz | | | | | |
| 底面後部振動 | 6 M次 203.3Hz | | | | | |
| 底面前端部振動 | | | (基本理論モデル 表5-1では213.5Hz) | | | |
| 両側面前端部 逆位相振動 | 7 M次 212.7Hz |  | 6 C次 223.5Hz |  | 210.5Hz | 254.5Hz |
| 両側面前端部 同位相振動 | 8 M次 227.2Hz |  | 7 C次 254.6Hz |  | 259.6Hz | 291.6Hz |
| 両側面前端から 中央同位相振動 | 9 M次 236.8Hz |  | 8 C次 278.1Hz |  | 291.1Hz | 383.9Hz |

解析条件：(1)フィーダ底面側部の梁と同様の梁を、底面前後端部に定義

(2)フィーダ底面側部の梁と同様の梁を、底面前端部に定義、後端部には2×5mm断面の梁を定義

(3)フィーダ底面側部の梁と同様の梁を、底面前端部に定義

6-3 B部と同様の梁を底面前端部に定義（図5-1，C部）し後端部は別断面形状の梁を定義（図5-1，D部）

二枚の板が前端部は連続的に溶接されているが、後端部は部分的にしか溶接されていないので、梁としての効果が薄いと考えられるので、高さを6-2の17mmから5mmに低く設定した。6-2の結果に対して固有振動数・振動形状とも特に変化は認められなかった。

6-4 B部と同様の梁を底面前端部のみに定義（図5-1，C部）

6-2の結果と比較して、6次以降は固有振動数が高い方向に計算された。6-3でD部に高さが低いながらも梁を定義すれば、6-2の結果と特に変わらない事を考えれば、底面後端部に梁を定義することは、実トラフ形状のモデル化の上でその効果があると言える。

7. む す び

本年度の研究の結果、次の事が明らかとなった。

- (1) スポット溶接は応力集中を招き、スポット溶接されたリニア型フィーダの底面部での割れは計算上起こり得る。
- (2) 補強棒は現状での構造改良点であるが、モーダル解析によりその効果が理論的に裏付けられた。
- (3) リニア型フィーダの有限要素法上での理論モデルは、図5-1のモデルに、B部と同じ断面形状の梁をC部とD部にも定義した形状が、固有振動数および振動形状とも一致した。
(但し、この理論モデルは、モーダル解析結果と比較して8C次で振動形状が一部一致せず、これを解決するモデリングの要因が見い出せなかった。これが今後の表面応力解析にいかに影響するかは、研究課題として残る。)

本研究により動特性が設計段階で把握できれば、最終的に次の効果が期待される。

- (1) 製品開発サイクルの短縮
- (2) 製品の信頼性向上および性能改善
- (3) 最小材料費による効果的設計
- (4) 最小励振力による最大適正振幅
- (5) 板ばねの枚数・厚さによる調整作業の省力化

謝辞 本研究について御指導頂いた井上紘一研究参与（京都大学工学部教授）と渡部透研究参与（立命館大学理工学部教授）及び割れに対する理論計算面で御指導頂いた神沢一吉滋賀県技術アドバイザーに感謝します。

参考文献

- (1) 日本機械学会：技術資料 金属材料の弾性係数
- (2) 大久保信行著：機械のモーダル・アナリシス、(昭61) 中央大学出版部
- (3) 加川幸雄、石川正臣共著：モーダル解析入門、(昭62)、オーム社
- (4) 川井忠彦、岸正彦共編：機械のための有限要素入門、(昭58)、オーム社

- (5) 最新部品供給技術総覧編集委員会：最新部品供給技術総覧、(昭61)、産業技術サービスセンター
- (6) 日本機械学会編：機械工学便覧、(昭60)、日本機械学会
- (7) 中村孝、小林徳夫、森本一共著：現代溶接技術大系 8 抵抗溶接、(昭55)、産報出版

赤外レーザを用いた距離計測システムの試作

技術第一科 河村安太郎

あらまし：無人搬送車等の知能化には積載型の距離計測システムが必要であるが、数メートルから数十メートルの範囲を正確に測定できるものがない。そこで、三角測量方式による距離計測において、計測可能な距離をのばす方策を探るため、赤外レーザと PSD（半導体位置検出素子）を用いた距離計測システムの試作を行った。距離の延長や精度向上は今後検討せねばならないが、数メートルまでの距離における計測精度、技術上の問題点とその対策方法を検討したので報告する。

1. ま え が き

無人搬送車などは教示された通りに動くだけでは不十分であり、周囲環境の変化に対応して進路や速度を変える機能を持たせたり、さらには周囲環境の理解と経路の自律的な決定を行う機能など、いわゆる機械の知能化が求められている。

知能化を実現する第一歩は、機械（無人搬送車、移動ロボットなど）が自分自身と周囲の物体との距離を認識できることである。このための距離計測センサーシステムとして、超音波を用いる方法・画像処理を用いる方法など色々研究されている。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

その1つの方法がレーザ光を用いる距離計測システムである。この方法は、画像処理法のような間接的な方法と異なり、1点測定ではあるが直接的で正確な距離が求められる。また、レーザ光を走査させることにより三次元的形状や配置も正確な距離感覚をもって把握できる。

これらの用途に用いられるセンサーシステムの計測範囲は、数メートルから数十メートル必要となるが、この範囲のものは、市販されていない。

その理由として、PSD（POSITION SENSITIVE DEVICE）への入射光のパワーは距離の2乗に反比例して少なくなるため PSD の検出限界を越えているか、または、入射光が弱いためバックグラウンド光等の影響で精度が出ないなどが考えられる。

そこで、61年度「PSD 素子の特性に関する基礎実験」を行いその結果、レンズ有効径の拡大・レーザ光の容量アップ⁽⁵⁾・自然光に少ない赤外線の利用⁽⁶⁾・変調照射やバンドパスフィルターによるバックグラウンド光の除去を行えば、十メートル以上の範囲が計測できる可能性を得た。これを踏まえて、今回、赤外レーザを用いた距離計測システムの試作を行ったので、ここに報告する。

2. 距離計測システムの原理

2-1 PSD⁽⁴⁾

シリコンダイオードを応用した光スポットの位置検出用素子で図1の様になっている。スポット光がxの位置に照射されるとき、2つの電極端子から流出する電流値を I_1 、 I_2 とすると、

$$x = 1 \times (I_2 - I_1) / (I_1 + I_2) \quad (1)$$

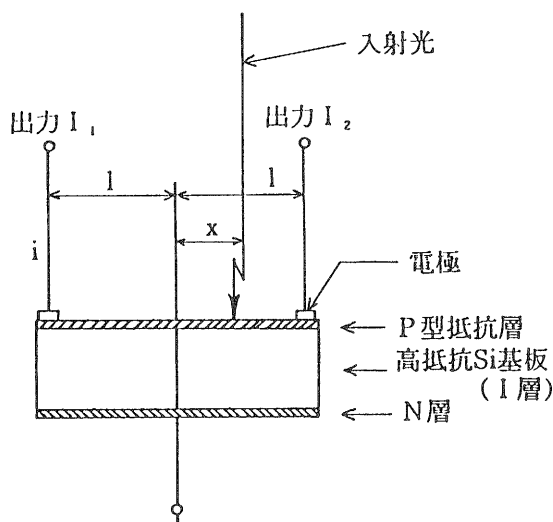


図1 PSD断面構造

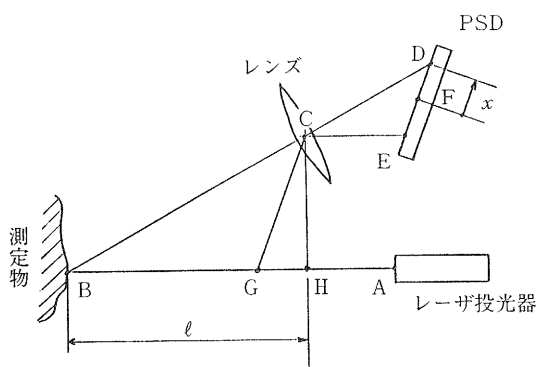


図2 測定原理図

よりスポット光の当たった位置が求まる。

2-2 測定原理

図2に原理図を示す。図に於て、レーザー投光器より測定物に向かって照射された平行ビームは測定物に当たり乱反射する。これをレンズを用いて集光さす。この時、測定物を投光器に向かって前後に動かすと集光点はレンズの後方の斜め直線上を移動する。この線上にPSDをセットする。この様に構成された状態では、測定物のレーザー投光器からの位置とPSDに当たるスポット光の位置とが一義的にきまる。よって、PSDの出力より測定物までの位置が求まる事になる。

2-3 距離算出式

距離の算出を図2により考える。

レーザー投光器をA、測定物上の平行ビーム光の照射点をB、レンズの光心をC、PSD面上の集光点をD、PSD面の中心をFとする。また、点Cを通り線ABに平行な線がPSD面と交わる点をE、点Cより線ABに下ろした垂線の交点をH、点Cを通りPSD面(線DE)に平行な線が線ABと交わる点をGとする。なお、PSDにより求まる集光点の位置の出力xは線FD(±がある)であり、求める距離Lは線BHである。

$$\begin{aligned} \triangle BCG \text{の} \triangle CDE \text{より} & \quad BG : CE = CG : DE \\ \text{すなわち} & \quad BG = CE \cdot CG / DE \\ \text{しかし、} & \quad CG = CH / \cos(\angle GCH), \quad DE = EF + x \\ \text{よって} & \quad BG = CE \cdot CH / (\cos(\angle GCH) \cdot (EF + x)) \end{aligned}$$

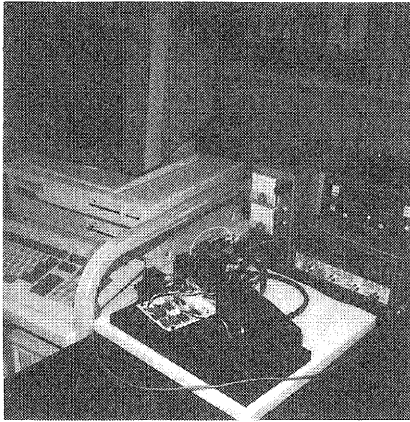
ここで、CE、CH、EF、 $\angle GCH$ は試作機固有の定数である。

距離Lは

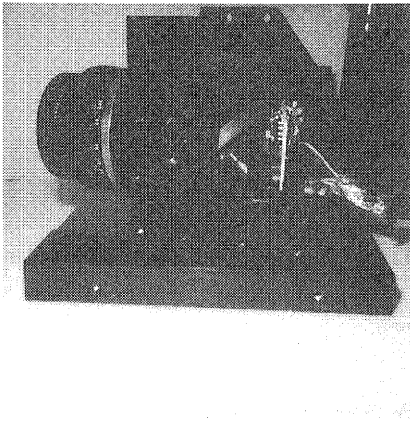
$$\begin{aligned} L &= BG + GH = BG + CH \cdot \tan(\angle GCH) \\ &= \alpha / (\beta + x) + \gamma \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} \text{ただし} \quad \alpha &= CE \cdot CH / \cos(\angle GCH), \quad \beta = EF, \\ \gamma &= CH \cdot \tan(\angle GCH) \end{aligned}$$

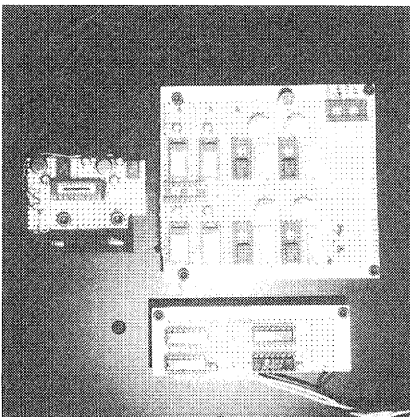
で求められる。



(a) 装置全景



(b) 集光ユニット部



(c) 試作基板

写真3 試作装置

3. 試作機の構成

3-1 試作した距離計測システムの概要

写真3(a)は、試作距離計測システムの装置全景である。

写真3(b)は、PSD基板が納まっている集光ユニット部である。

写真3(c)は、ここで用いた試作基板である。

また図4は、今回試作した距離計測システム及びその中のトリガー信号発生基板回路を示す。

図5は、同じくPSD処理基板回路と演算処理基板回路及びデータ処理システムを示す。

図6は、距離測定結果を表示する出力結果のCRT画面である。

3-2 レンズ系について

集光部に単一レンズを用いるとレンズの光軸上以外の集光点はこま収差によりぼけるため、スポット位置の精度が悪くなると言われている。これは、レンズ選定のため作成したレンズ・シュミレーション・プログラムでも確かめられた。

こま収差を取除く方策として、レンズを組み合わせて除く方法や非球面レンズが考えられるが、今回は収差補正がなされているカメラ用の交換レンズを用いた。

また、バンドパスフィルターはその取付部から外界の光が入らないようにするためカメラレンズに直接装着できるタイプを用いた。バンドパスフィルターの特性は、中心波長が780 nmで、半値巾21 nmが透過率81パーセントである。

3-3 PSDについて

測定範囲を大きく取るため、近距離用と遠距離用に分けた2個のPSDを用いることにした。なお、コンパクトにまとめるためレンズは1個とし、ハーフミラーで光を分けて、各々の集光点にPSDを配置した。

3-4 投光源

投光源としては、一般にハロゲンランプ・LED・He-Neレーザー・半導体レーザーなどが考えられる。

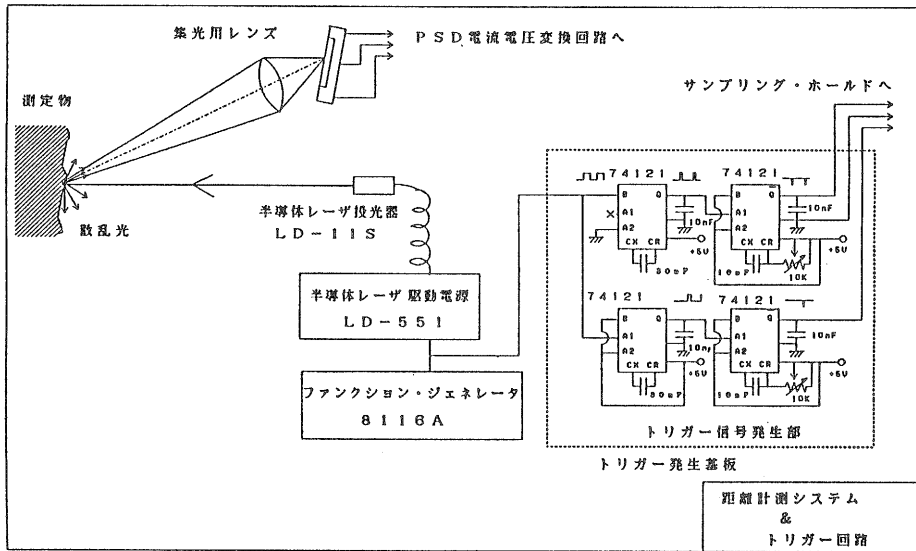


図4 距離計測システムおよびトリガー信号発生回路

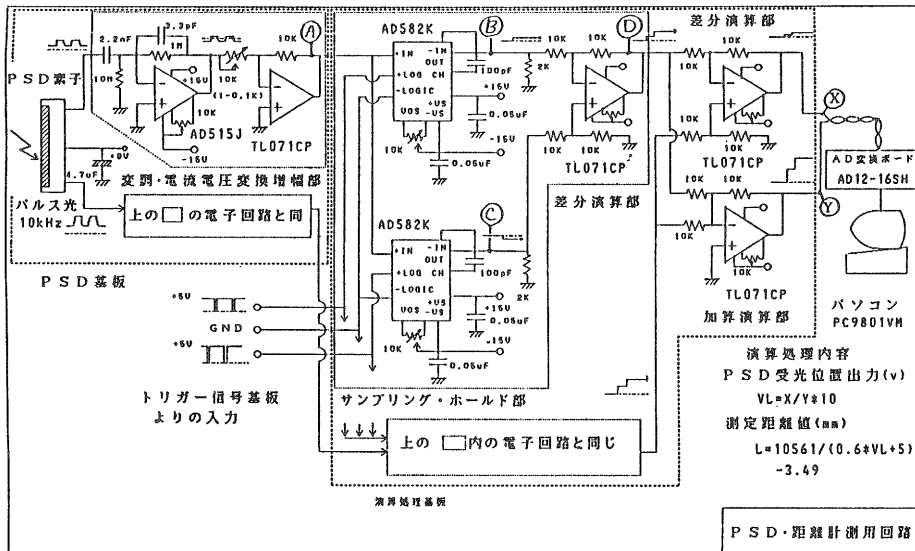


図5 PSD処理基板回路と演算処理基板回路及びデータ処理システム

ただ今の 距離は

0.605 m

図6 結果のCRT出力画面

しかし、ハロゲンランプやLED（発光ダイオード）は出てくる波長が単一波長でないため、バックグラウンド光の影響を除く為のバンドパス・フィルターを用いると光量が大きく落ちてしまう欠点がある。

He - Ne レーザは単一波長ではあるが連続発光タイプであり、バックグラウンド光の影響を除くためのパルス変調光を投光させるために、レーザの前に回転シャッターや音響式変調器を取り付ける必要がある。そのため、大掛かりになると共に大きなスペースをとる。

この点、半導体レーザは応答が非常に早くパルス変調に向いている。また、非常に小さく平行ビーム用レンズと一体で $20\phi \times 50\text{mm}$ の大きさで市販されている。

また、自然光や蛍光灯の光の影響を少なくするため、これらにあまり含まれていない赤外光を投光源とすると良い。

よって、今回は、10 kHz のパルス変調した半導体赤外レーザ光を用いた。

3-5 データ処理部

PSD からは数百ピコ～数百ナノアンペアーの非常に微弱な電流が発生する。これを電流電圧変換しさらに増幅して数ミリ～数ボルトの電圧として取り出し、電圧比より PSD の受光位置を求め、三角法の原理より距離を算出する。

この微小電流を扱うため PSD とオペアンプ間の線が長いとノイズが乗り易い。そのため、オペアンプは PSD のある受光部に組み込み線を出来るだけ短くした。

パルス変調された電圧の復調は、サンプル・ホールド用 OP アンプを用いてパルスの高さ分だけを取り出すことにより行った。

電圧比を求めるときの式(1)の除算部分からは、アナログ回路を減らすし精度をあげるため市販の AD インターフェースを用いてパソコンに取り込んでから行うことにし、パソコンで式(1)の除算と式(2)の距離算出を行った。また、計測結果の表示は見やすさを考え、CRT に大文字で表示するようにした。

4. 試作機の作動状況

4-1 試作機の PSD 出力状況

写真7は、ファンクション・ジェネレータで作られた10 kHz のパルス信号波形である。この信号が半導体レーザ駆動電源に送られ半導体レーザをパルス発光さす。この光が測定物に当たった後レンズで集められた PSD の両端より発生電流として出てくる。そして、電流を電圧に変換して、微分回路で直流分を取り除きアナログ処理をしていく訳である。写真7の信号が幾多のセンサー・OP アンプ・電子部品を通りノイズに曝され、変形していくために、始めの波形がきれいでないと大きな誤差を伴う

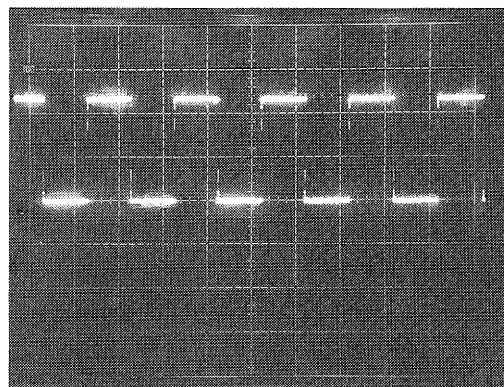


写真7 ファンクション・ジェネレータの
パルス信号波形
(横軸 $50\mu\text{sec/div}$ 縦軸 50mv/div)

ことになる。

写真8の波形のうちパルス形状波形は、計測時にPSDの一端に発生した電流を直流分を取り除き、電流電圧変換し増幅したもので、図5の④部の波形である。なお、この時の、レーザ出力は2 mW、計測距離1.7mである。

パルス波形に±10 mVの三角波状のノイズが乗っているが、これは後述するサンプルホールド用OPアンプでサンプリングを行っている時だけ発生しており、これがノイズ源と思われる。また、全体に小さなノイズがみられるが、上記のサンプル時の影響か、別のノイズを拾っているのか不明である。なおパルスの少し立ち上がりが寝ているが実用上は問題ない。

写真8の二本の直線波形のうちの上方の波形は、前記のパルス波形の上方をホールドしたもので、図5の⑤部の波形である。下方の波形は、パルス波形の下方をホールドしたもので、図5の⑥部の波形である。

サンプル・ホールド用OPアンプは、サンプリング信号で相手の電圧波形をそのまま取り込みホールド信号でサンプリング時の最後の電圧レベルを保持する。このため、サンプリング時はパルス波形の三角波ノイズを取り込み大きく変動し、この写真では波形の一番下がったところの電圧を保持しており、ホールド波形は一定の電圧になっていない。また、サンプリング間は当然三角波ノイズが出ている。

写真9の直線波形は、写真8の二本の直線波形の差、すなわちパルス波形の上・下の電圧のホールド値の差をOPアンプで求めたものである。写真9のパルス波形は、写真8と同じものであり、このパルスの電圧変化分を求めたものが、写真9の直線波形ということになる。

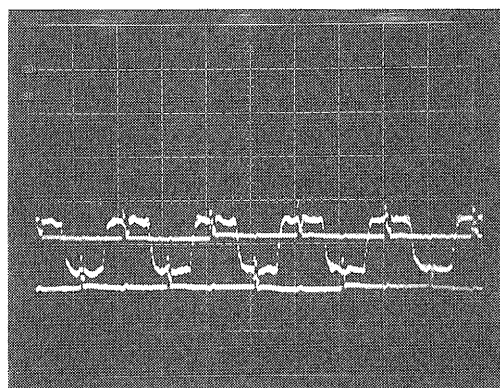


写真8 PSDの1端側の測定端子④のパルス波形および測定端子⑤と⑥のホールド波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

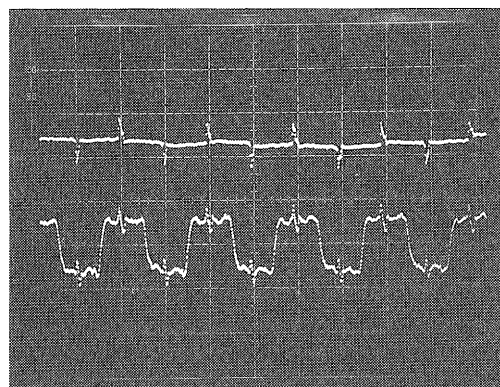


写真9 PSDの1端側の測定端子④のパルス波形および測定端子⑦の差分波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

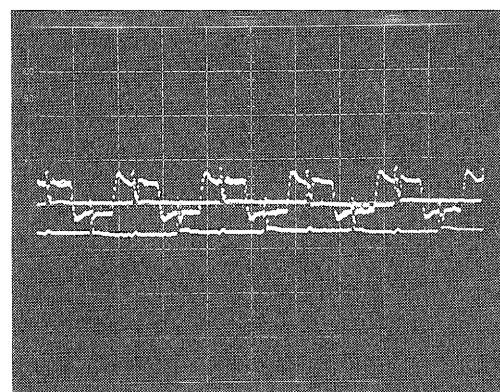


写真10 PSDの他端側の測定端子④のパルス波形および測定端子⑤と⑥のホールド波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

パルスの電圧変化は写真9のパルス波形から60 mV ぐらいであり、直線波形の電圧も変動はすこしあるがサンプル時の乱れを除けばほぼその値になっている。なお、電圧の緩やかな変動は、サンプリング時のノイズ形状の変化とホールド信号のタイミング差により発生したものと思われる。なおこの値は、パルス変調されたレーザー光により PSD に発生した出力を、復調しなおした値である。これにより、暗電流やバックグラウンド光による影響が取り除かれたことになる。

写真10および写真11は、写真8および写真9で示した PSD 端子の他の端子から取り出した電流の処理を、同じ要領で示している。

写真10のパルス波形は、オーバ・シュートが少し見られるがサンプリング・ホールド信号のタイミングをずらせば問題はない。写真10のホールド値も写真8と同様サンプリング時の三角ノイズのためパルス波形から下方にある。

写真11のパルスの電圧変化は写真11のパルス波形から30 mV 強で、写真11の直線波形の電圧もほぼ同じとなっており、写真8および写真9で述べたことと同様のことが言える。

なお、写真12は、写真9及び写真11に示された、各々の PSD 端子から出た電流の復調された出力を一つにまとめて示したものである。

写真13は、写真12に示す PSD 端子の2つの出力を OP アンプにより加算および減算したものである。なお、反転増幅回路を用いたため出力値はマイナスとなっている。写真12から両端子出力の差は30 mV 強、両端子出力の合計は100 mV と読み取れるが、写真13においても同じ値が示されている。

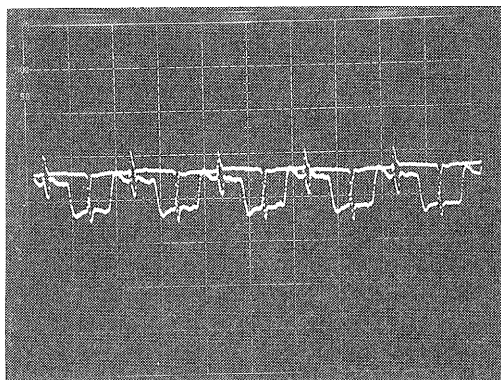


写真11 PSD の他端側の測定端子①のパルス波形
および測定端子②の差分波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

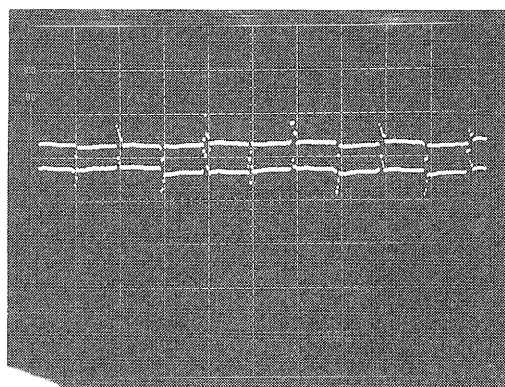


写真12 PSD の両端の測定端子③の差分波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

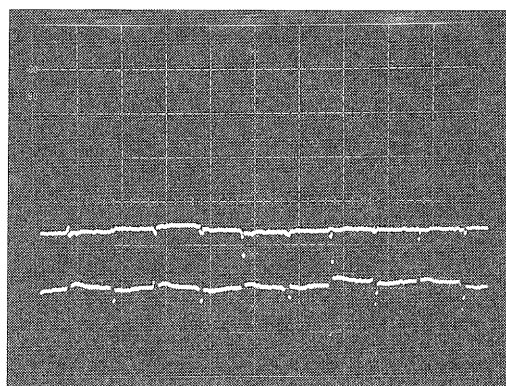


写真13 PSD の両端より求まる測定端子④の差分
波形および測定端子⑤の加算波形
(横軸50 μ sec/div 縦軸50 mv/div)

4-2 パソコンでの処理状況

4-1項で述べた PSD 出力の加算及び減算結果の電圧値は、AD 変換器を介してパソコン上に式(1)の分子および分母として吸い上げられる。そして、式(1)にもとずいて除算を行い、式(2)にもとずいて距離 L が算出される。

図14は、実距離1.7mの所におかれた白い紙板までを本試作システムを使って距離測定した結果で、時間的な変化を見るため横軸に時間をとり、縦軸に距離測定値をとって、5秒間に500点をサンプリングさせてグラフにしたものである。

測定値は図14よりほぼ1.7mを示しており、理論どおり測定されていることがわかる。しかし、ノイズが多くみられる。この原因として単純な原因2点と本システムの限界に関する微弱電流に対するノイズの影響が考えられる。

まず1点目は、4-1項で述べたようにサンプリング・ホールド時にでるノイズによるホールド電圧の変動である。これは、OP アンプ電源のノイズ対策等を行えば消えると思われる。

2点目は、同時に取り込むべき2つの電圧値のサンプリング時期がAD変換時に10 msec ずれていることにより起こるもので、レーザ光源のゆらぎや低周波ノイズにより大きく出てくる。これも、式(1)の除算までをアナログ回路で行えば消えると思われる。

最後の、微弱電流に対するノイズの影響については、今後、前記2点の対策した上で詳しく検討していく予定である。

図15と図16は、実距離2.7mと5.0mの所の白紙板を図14と同様に距離測定を行った結果である。図15の場合は、平均化すれば2.5m近辺になるが、ノイズが図14より大きくのっている。図16の場合は、縦軸を1/4倍に縮小してもはみ出すほど大きなノイズが乗っており、判別不能となっている。

しかし、今後、対策を行って行いけば改善されるものと考ええる。

距離計測値 サンプリング 表

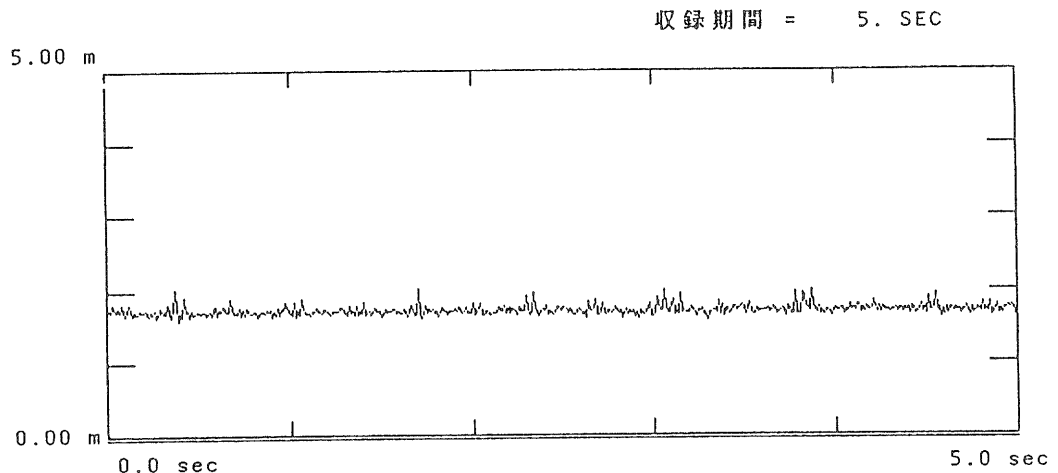


図14 距離1.7mの計測結果

距離計測値 サンプルング 表

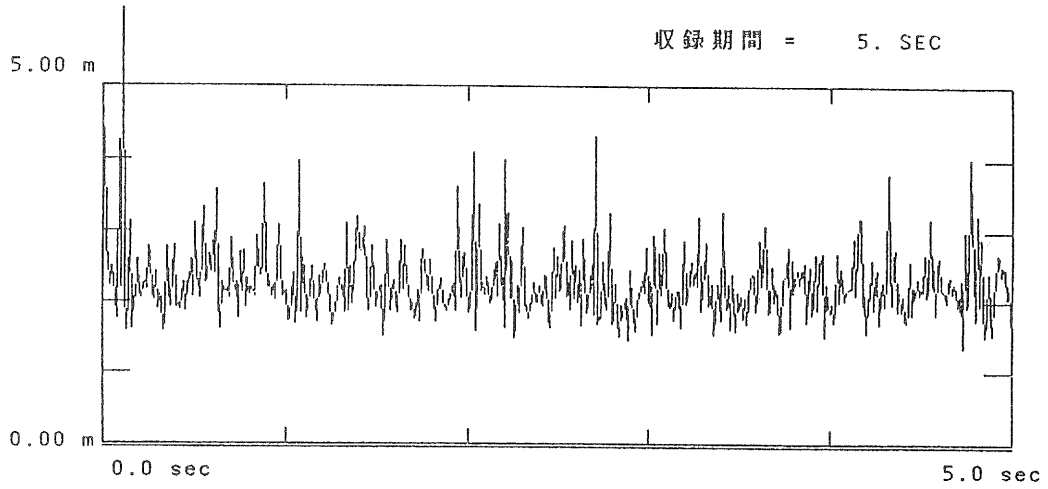


図15 距離2.7mの計測結果

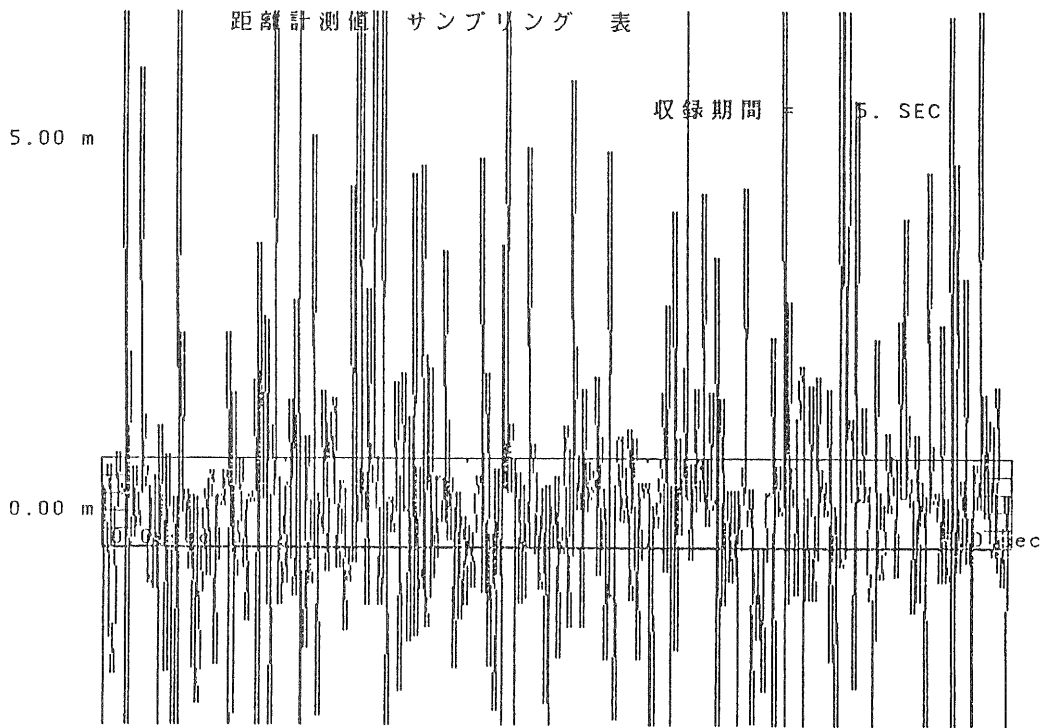


図16 距離5.0mの計測結果

5. 試作機の計測精度

図17は、この様にして、距離計測値のサンプリング・グラフより値を読み取り、ノイズの少ない実距離 1 m から 1.7 m までについてプロットしたものである。横軸に実際の距離を、縦軸にサンプリング・グラフより読み取った距離計測値を示している。

図より、実距離と測定値はほとんど 1 直線の比例関係にあり、十分に距離計測に耐えることが分かる。なお、実距離 1.0 m の測定値が大きく外れているが、光スポットが PSD から外れたためとみられる。

なお、図17の比例直線は、理論値より少し上方に上がっているが、これは PSD やレンズ等装置の組み付け精度によるものと思われる。これらのずれ量は測定器の個体毎に異なるもので補正すればよい。

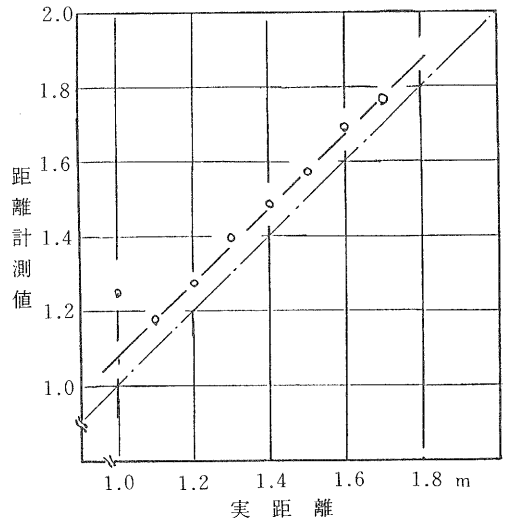


図17 実距離と距離計測値との関係

6. む す び

これらより、次のことが把握出来た。

- 1) 1.1メートルから1.7メートルまでの距離は正確に測れることが確認できた。
- 2) 2.7メートル程度までは、サンプリング・ホールド用 OP アンプのノイズ対策およびアナログ回路による除算等を行えば計測できるものと思われる。

今後、上記の対策を行い計測距離を延ばすと共に、このシステムの多次元化をはかり移動体の自律的移動システムを構築して行きたい。

謝辞：本研究について御指導頂いた井上絢一研究参与（京都大学工学部教授）と渡部透研究参与（立命館大学理工学部教授）に感謝します。

参考文献

- (1) 吉田健一：“移動ロボット用視覚”日本ロボット学会誌 1巻4号 P58-62 12月 (1983)
- (2) 佐藤宏介・井口征士：“画像入力による三次元形状計測”映像情報(1)12月号 (1984)
- (3) 遠藤・高増・大園：“移動ロボット用光学式センサの改良”昭和62年度精機工学会春期大会学術講演論文集 P207-208
- (4) 山本晃永：“入射光の位置検出”センサ技術 Vol 4 No 8 P27 8月号 (1984)
- (5) 安田博彦：“レーザ変形による形状測定技術”センサ技術 Vol 7 No 2 P26-29 2月号 (1987)
- (6) 倉沢一男：“位置測定における PSD の応用”精密機械 Vol 51 No 4 P68-75 (1985)

炭素繊維強化エポキシ樹脂 (CFRP) の “ぬれ性” に関する研究

— ピッチ系炭素繊維の酸化表面処理および サイジング処理が CFRP におよぼす影響について —

技術第二科 山中 仁敏

あらまし：現在使用されている炭素繊維強化エポキシ樹脂 (CFRP) の強化材である PAN 系炭素繊維の替りとしてピッチ系炭素繊維が使用されようとしているが、このピッチ系炭素繊維とマトリックス樹脂との接着性 (ぬれ性) が、どのように CFRP に影響するかについてはほとんど解明されていない。そこで“ぬれ性”の向上を目的として行われる酸化表面処理およびサイジング処理が、ピッチ系炭素繊維で強化した CFRP の力学的性質におよぼす影響について調べた。すなわち引張弾性率の異なる 3 系列のピッチ系炭素繊維について、(1)無処理の糸 (以後、無処理糸)、(2)酸化表面処理を行った糸 (以後、表面処理糸)、(3)酸化表面処理を行ったのちサイジング処理を行った糸 (以後、サイジング糸) の 3 種類の処理を施し、計 9 種類の繊維を強化材として一方向 CFRP を作成し、それらについて層間せん断試験 (ILLS) と曲げ試験を行った。

その結果、層間せん断強さ、曲げ強さとも 3 系列の繊維ではほぼ同様に、表面処理糸は無処理糸に比べ明らかに強さの増加が認められたが、サイジング糸は表面処理糸に比べ明確な変化が認められなかった。

1. ま え が き

CFRP は軽量かつ高強度な構造材料として、航空機材関連を中心として広く利用されてきている。現在使用されている CFRP の強化用炭素繊維はほとんどが PAN 系炭素繊維であるが、最近石油ピッチや石炭ピッチを原料としたピッチ系の炭素繊維が市販されようとしてきた。しかし、このピッチ系炭素繊維で強化した CFRP の物性、特に繊維と樹脂との“ぬれ性”が CFRP の力学的性能にどのように影響するかについては、ほとんど解明されていない。そこで弾性率の異なる 3 系列のピッチ系炭素繊維について、それぞれ無処理糸、表面処理糸、サイジング糸の処理を行った計 9 種類の炭素繊維で強化した一方向 CFRP について層間せん断試験及び曲げ試験を行いピッチ系炭素繊維の酸化表面処理やサイジング処理が CFRP の性能におよぼす影響について調べた。

2. 実験方法

2-1 ピッチ系炭素繊維とマトリックス樹脂

強化用の 9 種類のピッチ系炭素繊維は、(株)ベトカ製で 1 ヤーン当り 6,000 フィラメントを用い

た。表1に繊維の密度、樹脂含浸ストランド法で測定した引張強さと引張弾性率、およびESCAで調べた繊維表面酸素量を示す。(同じ系列の繊維での引張強さと引張弾性率の違いは、酸化表面処理やサイジング処理による炭素繊維自体の劣化が主な原因だと考えられる。また引張強さ、引張弾性率についてはメーカー測定値である。)

表1 強化用ピッチ系炭素繊維の性質

| 系列 | 種類 | 密度 | 引張強さ | 引張弾性率 | 表面酸素量 |
|-------|--------|----------------------|-----------------------|--|----------------|
| | | (g/cm ³) | (kg/mm ²) | (X10 ³ kg/mm ²) | O/C byESCA (%) |
| MH 25 | 無処理糸 | 2.073 | 248 | 25 | 11.1 |
| | 表面処理糸 | 2.070 | 249 | 25 | 12.9 |
| | サイジング糸 | 2.069 | 207 | 23 | — |
| MH 50 | 無処理糸 | 2.156 | 286 | 51 | 6.3 |
| | 表面処理糸 | 2.154 | 282 | 51 | 9.0 |
| | サイジング糸 | 2.146 | 268 | 51 | — |
| MH 60 | 無処理糸 | 2.181 | 297 | 63 | 3.6 |
| | 表面処理糸 | 2.178 | 296 | 61 | 6.5 |
| | サイジング糸 | 2.175 | 286 | 60 | — |

マトリックスのエポキシ樹脂は、油化シェルエポキシ(株)製エポコート828を使用し、硬化剤として3 phrの三フッ化ほう素モノエチルアミン錯塩を使用した。

2-2 CFRPの成形

炭素繊維を金枠に巻き取り、アセトン(エポキシ樹脂の190~210 wt%)に樹脂と硬化剤を溶解した溶液に浸漬した。それを常温で約15時間放置し、その後95℃で2時間加熱してプリプレグを作った。このプリプレグを長さ250mm幅9mmに切り出し8枚積して金型に入れ100℃で10分間予備加熱後、徐々に加圧しながら40分間で170℃まで昇温を行い、170℃で1時間硬化させた。さらに、金型から取り出し200℃で2時間加熱して後硬化を行った。

2-3 CFRPの密度(dc)、体積繊維含有率(Vf)、空孔率(Vv)の測定

密度(dc)の測定は、夜中ひょう量法で20℃の蒸留水で密度を測定したアルミ片を基準として、液中ひょう量法でメタノールを用いて、長さ10mm、幅10mm、厚さ2.2~2.4mmの試料で測定した。体積繊維含有率(Vf)は、ガスパーナーの酸化炎中で2分間樹脂を分解除去し、水で急冷する測定法で重量繊維含有率(Wf)を測定し、更に式①により算出した。

$$V_f = \frac{dcW_f}{df} \dots\dots ①$$

dc : 繊維密度

また、空孔率は式②により算出した。

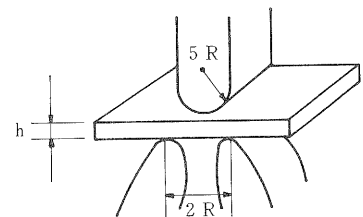
$$V_v = 100 - dc \left(\frac{W_f}{df} + \frac{100 - W_f}{dm} \right) \dots\dots ②$$

dm : マトリックス樹脂密度

2-4 層間せん断試験

長さ20mm、幅10mm、厚さ2.2~2.4mmの試料をショートビーム法でスパン長さ(L)と

図1 ショートビーム層間せん断試験方法



L/h=4.2~4.5

厚さ（h）の比L/h=4.2~4.5で行った。

2-5 曲げ試験

幅10mm、長さ105mm、厚さ2.2~2.4mmの試料を、スパン長さ80mmで3点曲げ方式で測定した。

3. 結果と考察

試料の密度（dc）、体積繊維含有率（Vf）、空孔率（Vv）、層間せん断強さ、曲げ強さの測定値を表2に示す。空孔率が、MH 25系列の無処理系でマイナスの値を示しているのは、重量繊維含有率（Wf）の測定時に炭素繊維自体が酸化されたり、樹脂中に含まれていた無機成分が炭素繊維に付着したための誤差や、あるいは樹脂密度（dm）が成形条件の少しの違いにより変化するために起った誤差などが併さったためだと考えられる。

表2 試料CFRPの物性測定値

| 使用繊維 | | | 密度 (g/cm ³) | 体積繊維 含有率 (%) | 空孔率 (%) | 曲げ強さ (kg/mm ²) | 層間せん断強さ (kg/mm ²) |
|-------|--------|----|----------------------------|--------------------|------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 系列 | 種類 | 符号 | | | | | |
| MH 25 | 無処理系 | 1 | 1.74 | 61.2 | -0.2 | 53.3 51.6 | 2.7 |
| | | 2 | 1.76 | 62.8 | -0.5 | 53.0 | 2.8 2.8 2.9 2.8 3.0 2.8 |
| | 表面処理系 | 1 | 1.73 | 62.8 | 1.8 | 80.8 73.2 | 7.1 |
| | | 2 | 1.72 | 61.5 | 1.8 | 62.0 | 6.3 5.3 5.3 6.3 5.9 6.2 |
| | サイジング系 | 1 | 1.73 | 63.1 | 1.8 | 68.4 65.6 | 6.4 |
| | | 2 | 1.71 | 59.9 | 1.7 | 62.5 | 5.7 6.0 6.6 6.1 5.9 |
| MH 50 | 無処理系 | 1 | 1.73 | 57.6 | 2.5 | 54.6 53.1 | 3.0 |
| | | 2 | 1.72 | 56.7 | 2.3 | 43.7 | 2.7 2.7 2.6 2.9 2.7 |
| | 表面処理系 | 1 | 1.70 | 54.4 | 2.3 | 60.4 59.8 | 5.5 |
| | | 2 | 1.69 | 53.7 | 2.5 | 57.6 | 5.5 5.5 5.6 5.3 5.8 |
| | サイジング系 | 1 | 1.73 | 58.1 | 2.2 | 75.2 72.7 | 6.4 |
| | | 2 | 1.70 | 54.9 | 2.0 | 72.0 | 6.9 6.2 6.4 6.7 6.7 6.2 |
| MH 60 | 無処理系 | 1 | 1.78 | 61.0 | 1.9 | 47.5 72.7 | 2.6 |
| | | 2 | 1.76 | 59.0 | 2.0 | 49.1 | 2.4 2.5 2.4 2.4 2.4 2.3 |
| | 表面処理系 | 1 | 1.76 | 59.3 | 2.3 | 55.1 56.7 | 6.3 |
| | | 2 | 1.77 | 60.1 | 2.3 | 56.1 | 5.9 6.5 6.2 6.4 5.6 5.8 |
| | サイジング系 | 1 | 1.78 | 61.5 | 2.0 | 56.7 58.1 | 7.1 |
| | | 2 | 1.80 | 62.5 | 1.9 | 60.2 | 7.2 7.0 7.1 6.9 7.0 |

3-1 層間せん断試験

図2のように、層間せん断強さは、どの系列においても表面処理することにより、無処理の繊維に比べて約2~2.5倍に増加したが、サイジング処理した場合の層間せん断強さの増加は少ないものであった。これはサイジング処理に使用されているサイジング剤には、繊維と樹脂との接着性をよくするためのカップリング剤の他に繊維の集束性や平滑性をよくするための各種界面活性剤や高級脂肪酸などが入っているためだと考えられる。またMH 25系列の層間せん断強さが表面処理系とサイジング系とで変わらないのは、MH系列のサイジング剤だけが他の系列と違うものを使用されたためだと考えられる。

次に、表面酸素量と層間せん断強さの関係を図3に示す。表面処理による表面酸素量の増加率は、MH系列で16%、MH 50系列で42%、MH 60系列で85%であったが、層間せん断強さの増加率は100~150%とほぼ同じであった。これは、繊維表面上の酸素は大部分がアルコール型の

図2 試料 CFRP の層間せん断強さ

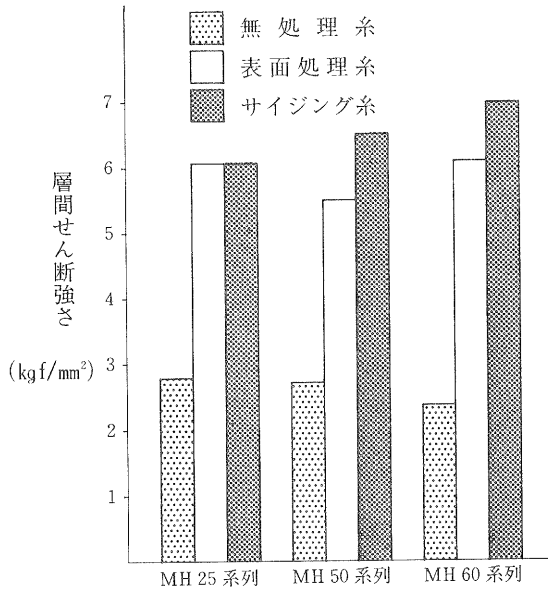
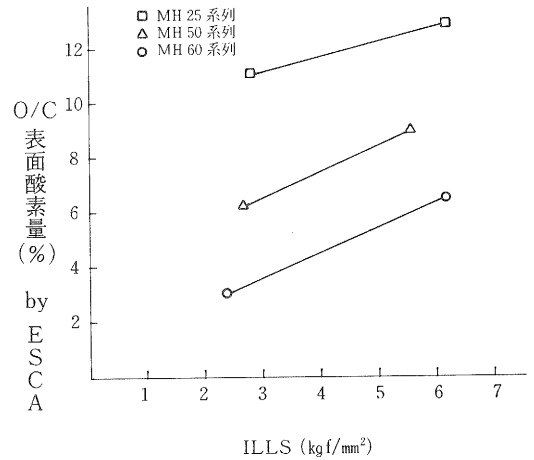


図3 表面酸素量と層間せん断強さとの関係



OHで存在しているが、酸化表面処理により、エポキシ樹脂と反応しやすいカルボニル基が増加し繊維と樹脂との化学結合が強くなったこと、及び酸化表面処理により、炭素繊維表面が粗くなったことが考えられ、それによるアンカー効果が増大したことが考えられる。

3-2 曲げ試験

各系列繊維の無処理系、表面処理系、サイジング系を使用して作った CFRP の曲げ強さを図4に示す。(図4に示した曲げ強さは複合則により体積繊維含有率を60%になるように補正した。) 曲げ強さはサイジング系で、引張強さ(ストランド法測定)に比べ約50%の値しか示さず、PAN系炭素繊維で強化した CFRP よりも小さいものであった。

図4 試料 CFRP の曲げ強さ

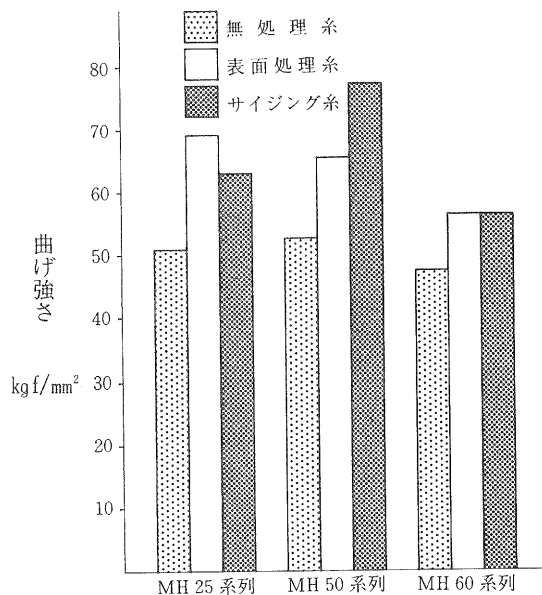
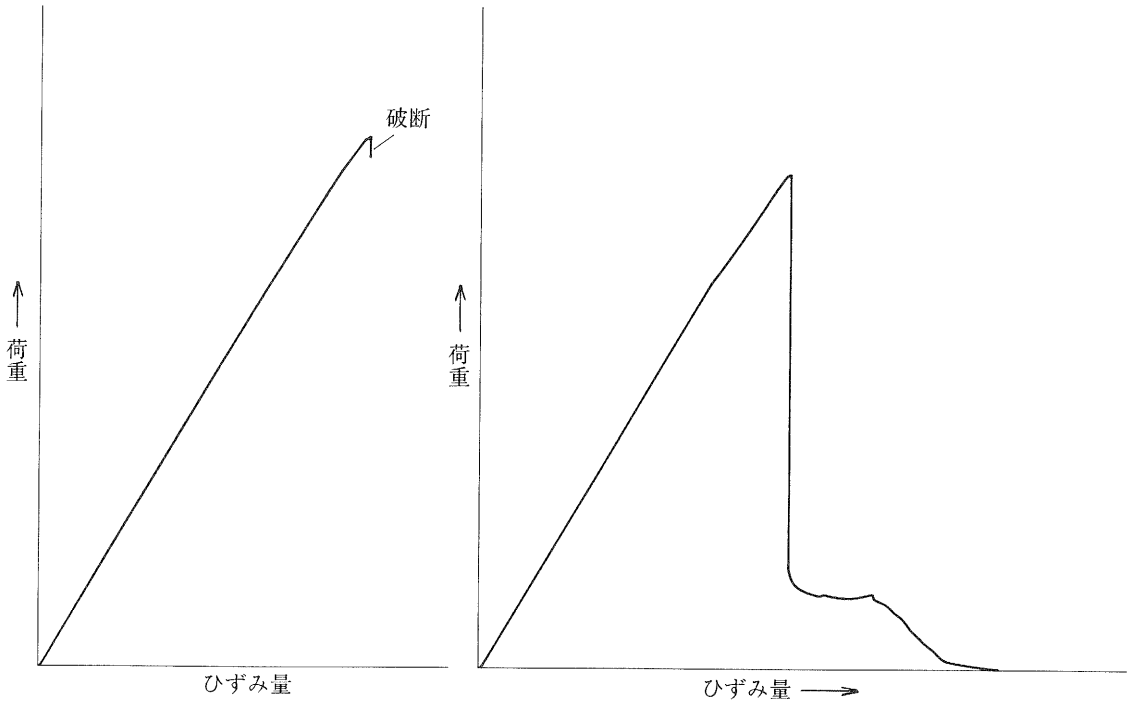


図5 曲げ試験の荷重—ひずみ曲線



酸化表面処理の効果は、曲げ強さの増加率で無処理系に比べ20～30%であった。またサイジング処理の効果はあまり表われなかった。図5に曲げ荷重—ひずみ曲線を示す。最大荷重まで直線状に荷重が増加し、その後 MH 25系列の表面処理系、サイジング系と MH 50系列のサイジング系では写真1のように2つに破断した。一方それ以外の試料では、写真2のように圧縮応力の生じる表面側からクラックが生じほとんど荷重をうけもたずクラックが進行し破壊に至った。

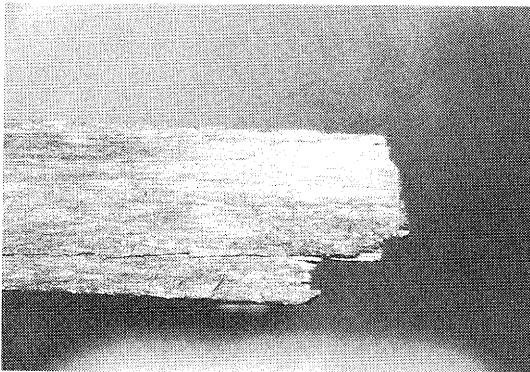


写真1 曲げ破壊状況

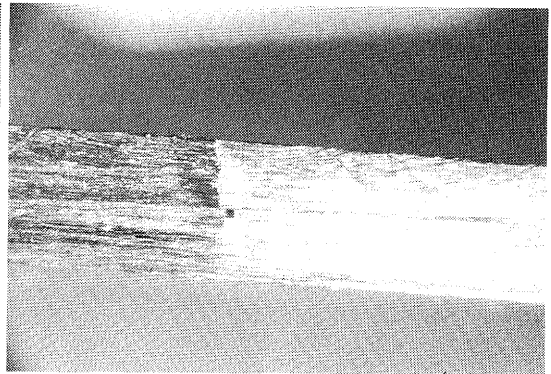


写真2 曲げ破壊状況

このように酸化表面処理による樹脂と繊維の接着力の向上が、曲げ破壊における、圧縮表面側のクラック発生を起しづらくすることにより、曲げ強さの増加に効果があったと考えられる。

4. む す び

層間せん断試験では、酸化表面処理の効果が大きく100～150%の増加率を示し、サイジング処理については、層間せん断強さの増加率はあまり大きくなかった。曲げ試験については、引張強さに比べ曲げ強さは約50%の値であった。また、酸化表面処理などによる樹脂と繊維との接着力の向上が曲げ試験時に、圧縮側からのクラックの発生を起しづらくすることにより、圧縮強さを増加することがわかった。

5. 謝 辞

本研究について御指導を頂いた大阪工業試験所、沢田吉裕先生ならびに、御助言を頂いた京都工芸繊維大学、木村良晴助教授に深く感謝します。

〈参考文献〉

- 1) Y. SAWADA、A. SHINDO "Technom: C. Publishing Co, Inc." 1981
- 2) JIS. Z 8807
- 3) 植村：強化プラスチック，19. 489 (1973)
- 4) 炭素繊維複合材料研究委員会“炭素繊維複合材料試験方法規格集”
- 5) 大谷杉郎“炭素繊維”211～217. 近代編集社（昭58. 7）

セラミック溶射被膜の耐熱衝撃性向上に 関する 2・3 の要因について

技術第二科 西内 廣志 今西 康博
カオス・ハイテク協同組合 種岡 一男

あらまし：最近、金属材料の表面にセラミックを溶射し耐熱性、耐摩耗性を向上させる複合化技術が進展している。しかし、金属とセラミックの接合は、熱衝撃によってセラミック層が剥離するという問題がある。

そこで、本研究ではセラミック溶射被膜の耐熱衝撃性を向上させるため、基材（冷間圧延鋼板）とセラミック溶射層との間に、下地溶射（溶射材として Ni - Cr 系、Ni - Mo - Al 系の 2 種）を施し、熱衝撃試験を行ってその効果を検討した。

その結果、下地溶射を施すことによってセラミック溶射被膜の耐熱衝撃性が向上した。なかでも、Ni - Cr 系の下地溶射はセラミック溶射被膜の耐熱衝撃性をより一層向上させることがわかった。

1. ま え が き

近年、産業用機械部品、プラント部品等の使用状況が多様化し、高温、摩耗、腐食等の過酷な使用条件にも耐え得る素材の開発が急務となってきた。このような状況のもとで、最近特に注目されるのは金属材料の持っている特性（延性、靱性等）とセラミック材料の持っている特性（耐熱性、耐摩耗性等）を複合化した素材の開発である。以上のことを考慮して、金属材料とセラミック材料の接合方法の 1 つであるプラズマ溶射により、金属表面へのセラミックコーティングを行った。

セラミック溶射の特徴は、他の表面処理に比べコーティング膜厚、コーティング層の材質を容易に変えることができる。また、素材の形状にかかわらず表面処理を施すことができる。このため、耐熱性・耐摩耗性コーティング処理として多方面に利用されつつある。しかし、金属とセラミックの接合は、素材間の熱膨張係数が大きく異なるため、熱衝撃によってセラミック層が剥離するという問題がある。

そこで、本研究では上述の熱膨張係数の差を少なくし、素材間に働く熱応力を緩和することにより耐熱衝撃性を向上させる目的で、基材とセラミック層の間に下地溶射（中間層）を施した。これらの試料について熱衝撃試験を行いその効果を検討した。

2. 実験方法

2-1 試料作成に用いた材料

基材は 45×45×2 mm の SPCC（冷間圧延鋼板）を使用した。溶射用粉末は、下地溶射材とし

て Ni-Mo-Al 系（粒度 88~45 μm ）と Ni-Cr 系（粒度 45~25 μm ）、また、表面溶射材としてホワイトアルミナ（ Al_2O_3 、粒度 44~10 μm ）とグレイアルミナ（ $\text{Al}_2\text{O}_3+2.5\% \text{TiO}_2$ 、粒度 45~5 μm ）を使用した。

2-2 基材のブラスト処理

ブラスト材として粒度 28 メッシュ（0.6mm 前後）のアルミナグリッドを用い、アセトンで脱脂した基材（SPCC）の表面をブラスト処理した。

2-3 熱衝撃試験用供試材の作成

基材表面のブラスト処理後、直ちに、プラズマ溶射装置を用いて下記のように下地溶射、表面溶射を行い、表 1 に示す熱衝撃試験用供試材を作成した。

- (1) ブラスト処理後の基材に直接表面溶射材（ホワイトアルミナおよびグレイアルミナ）を溶射する。
- (2) ブラスト処理後の基材に下地溶射材（Ni-Mo-Al 系と Ni-Cr 系）をそれぞれ別々に溶射し、その上にホワイトアルミナおよびグレイアルミナを表面溶射する。なお、この時下地溶射層の厚みを約 0.1mm と 0.3mm の 2 種類とした。

表 1 熱衝撃用供試材

| 表面溶射 | 下地溶射の有無 |
|---|-----------------------|
| ホワイトアルミナ Al_2O_3 (膜厚 0.3mm) | 下地溶射無し |
| | Ni-Mo-Al 系 (膜厚 0.1mm) |
| | Ni-Mo-Al 系 (膜厚 0.3mm) |
| | Ni-Cr 系 (膜厚 0.1mm) |
| | Ni-Cr 系 (膜厚 0.3mm) |
| グレイアルミナ $\text{Al}_2\text{O}_3+2.5\% \text{TiO}_2$ (膜厚 0.3mm) | 下地溶射無し |
| | Ni-Mo-Al 系 (膜厚 0.1mm) |
| | Ni-Mo-Al 系 (膜厚 0.3mm) |
| | Ni-Cr 系 (膜厚 0.1mm) |
| | Ni-Cr 系 (膜厚 0.3mm) |

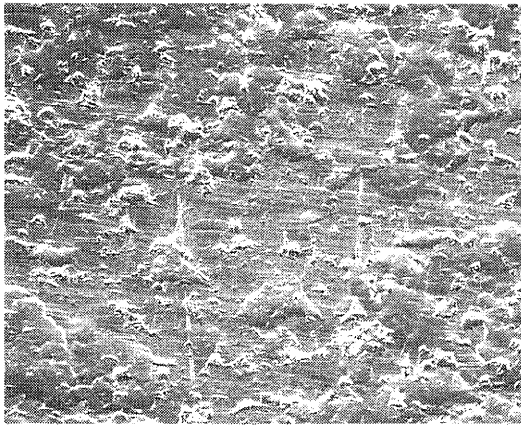
2-4 熱衝撃試験

ホワイトアルミナおよびグレイアルミナの表面溶射における耐熱衝撃性について下地溶射の効果調べるため、表 1 に示す供試材 10 種類について熱衝撃試験を行った。熱衝撃試験の方法は試料間および操作上の影響をなくすため、供試材すべてをステンレス製金網で作ったカゴの中に無作為に並べ、JIS H-8666 セラミック溶射試験方法に準じ、加熱温度 800℃ で 30 分間保持後水冷する操作を 3 回繰り返した。

3. 実験結果および考察

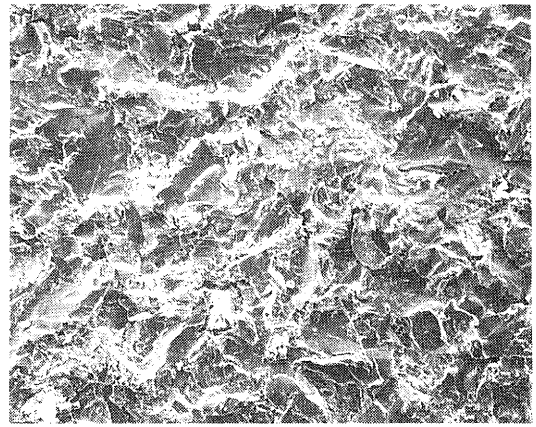
3-1 ブラスト処理基材の表面性状

セラミック被膜と金属素材との接合機構については殆んど明らかにされておらず、もっぱら機械的かみつきによるアンカー効果といわれている。そこで、ブラスト処理後の基材表面の顕微鏡



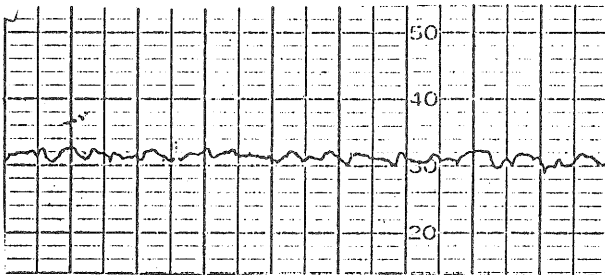
SPCC 表面

300 μm

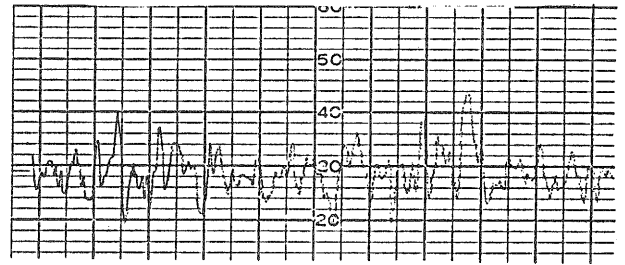


アルミナブラスト処理

300 μm



$\times 500$
Ra (中心線平均表面粗度) $1.3 \mu\text{m}$
 $\times 20$



$\times 500$
Ra (中心線平均表面粗度) $6.4 \mu\text{m}$
 $\times 20$

写真1 ブラスト処理と表面粗度

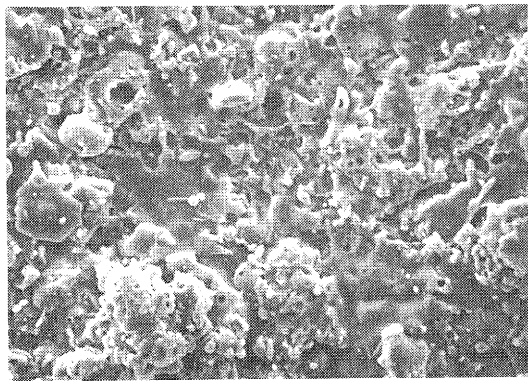
観察および表面粗度を調べた。

その結果、写真1に示すとおりアルミナグリッドによるブラスト処理は基材表面をRa（中心線平均表面粗度） $6.4 \mu\text{m}$ と粗にし、セラミック溶射（基材に直接セラミックを溶射する場合）および下地溶射の接合に十分寄与するものと推察される。

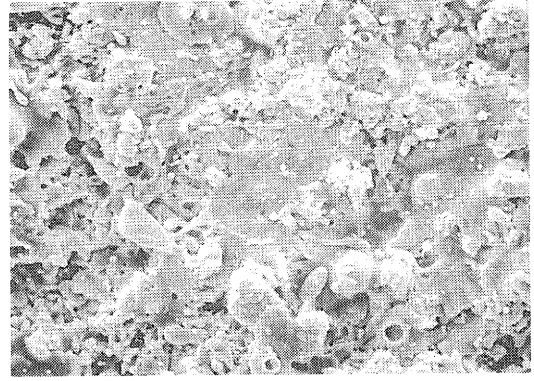
3-2 溶射被膜の組織

ホワイトアルミナとグレイアルミナの溶射被膜について、その表面および断面の組織の代表例を写真2に示す。

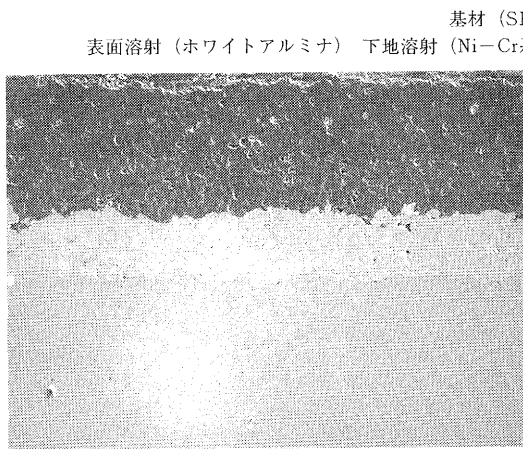
表面被膜の状態は、写真2-1、2-2から明らかなように、溶射粒子が扁平状に熔融変形して積層されている。また、写真2-3、2-4の断面組織の状態から、基材—下地溶射層—表面溶射層の間の接合は前述のアンカー効果による接合のように推察される。



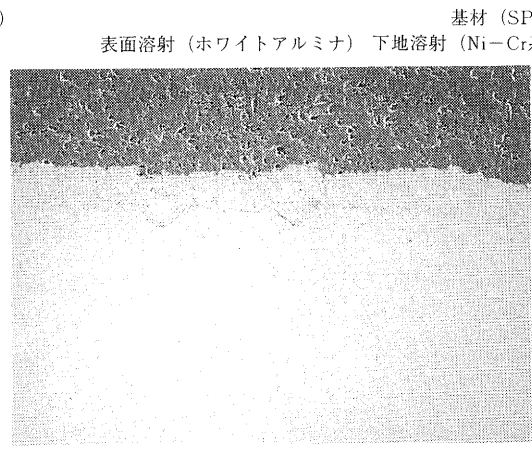
2-1 ホワイトアルミナ表面溶射 60 μm



2-2 グレイアルミナ表面溶射 60 μm



2-1 ホワイトアルミナ断面組織 300 μm



2-2 グレイアルミナ断面組織 300 μm

基材 (SPCC)
表面溶射 (ホワイトアルミナ) 下地溶射 (Ni-Cr系)

基材 (SPCC)
表面溶射 (ホワイトアルミナ) 下地溶射 (Ni-Cr系)

写真2 溶射皮膜組織

3-3 熱衝撃試験の結果

下地溶射層の厚みと材質をそれぞれ2種類に変化させ、各溶射層(下地溶射、表面溶射)の耐熱衝撃性を調べた。その結果を表2に示す。また、剥離の形態について図1に示す。

下地溶射を施さなかったホワイトアルミナとグレイアルミナの表面溶射は1回の熱衝撃試験で全面的に剥離した。

次に、下地溶射材の材質による耐熱衝撃性については、Ni-Mo-Al系よりもNi-Cr系の方がホワイトアルミナ、グレイアルミナの両表面溶射に有効であった。

また、下地溶射の厚みによる耐熱衝撃性については、Ni-Mo-Al系は薄い方が良

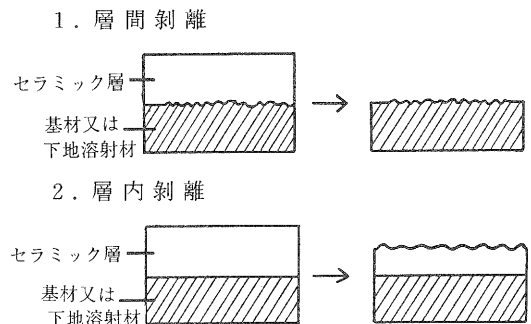


図1 剥離の形態

表 2 熱衝撃試験結果

| 表面溶射 | 下地溶射 | | Ni-Mo-Al系 | Ni-Mo-Al系 | Ni-Cr系 | Ni-Cr系 |
|---|--------|--------|-----------|-----------|---------|---------|
| | 基材のみ | | 膜厚0.1mm | 膜厚0.3mm | 膜厚0.1mm | 膜厚0.3mm |
| ホワイトアルミナ (Al ₂ O ₃) 膜厚0.3mm | × | × | × | ☒ | ○ | □ |
| | (第1回目) | (第3回目) | (第3回目) | (第2回目) | | |
| | × | ○ | ○ | ☒ | □ | □ |
| | (第1回目) | | | (第2回目) | | |
| | × | △ | △ | ☒ | □ | ○ |
| | (第1回目) | (第3回目) | (第3回目) | (第2回目) | | |
| グレイアルミナ (Al ₂ O ₃ +2.5%TiO ₂) 膜厚0.3mm | × | ○ | ○ | ○ | □ | □ |
| | (第1回目) | | | | | |
| | × | ○ | ○ | ○ | □ | □ |
| | (第1回目) | | | | | |
| | × | ○ | ○ | ☒ | □ | □ |
| | (第1回目) | | | (第3回目) | | |

- ：異状なし
- ×
- ☒
- △
-

好であったが、Ni - Cr系では大きな差は認められなかった。

これらのことから、熱衝撃によるセラミック溶射層の剥離現象は、基材との熱膨張の差や密着性に起因すると考えられる。特に、基材との熱膨張の差による影響は大きく、その差を緩和するために下地溶射は有効である。

4. ま と め

以上の結果より、耐熱衝撃性向上を目的とした SPCC（冷間圧延鋼板）へのアルミナの溶射では次のことがいえる。

- (1) 耐熱衝撃性向上には下地溶射が必要である。
- (2) 下地溶射材は、Ni - Mo - Al系よりも Ni - Cr系の方が有効である。
- (3) 下地溶射層の厚みは、Ni - Mo - Al系では薄い方が良い。また、Ni - Cr系では厚みによる影響はほとんど認められない。

5. 今後の検討課題

- (1) 下地溶射層と表面溶射層の熱膨張率の測定について
- (2) 耐熱衝撃性と剥離強度との相関について
- (3) 基材（材質）の違いによる耐熱衝撃性と密着度について

6. 参考文献

- (1) JIS H - 8666 セラミック溶射試験方法
- (2) セラミックコーティング技術（株）総合技術センター

高圧を利用した食品の新しい 加工・保存技術の開発に関する基礎研究

技術第二科 松本 正

あらまし：高圧を食品の加工・保存技術として応用する目的で、微生物や牛乳、しょうゆ、鶏卵、ブラックバス等各種食品を、高圧で処理し、生菌数、色の変化、生成ゲルの物性等を検討した。

微生物、牛乳、しょうゆにおいて、圧力の増加とともに、生菌類は減少した。しかし、その割合は菌の種類や食品によっても異なった。

加圧により生成するゲルは、加熱により生成するゲルと比べると、やわらかいが、弾力性があり、しなやかであることから、この性質を生かした新製品の開発が、期待できそうである。

1. ま え が き

我々は、古く有史以前より、食品の調理・加工・保存には、「焼く」、「煮る」、「蒸す」等、熱（火）を利用してきた。現在、熱を利用していない食品などは、ほとんどないのではないだろうか。熱は、食品中のタンパク質を変性し、デンプンを α 化し、我々が消化しやすい形に変える。また、熱は食品に独特の味をつけたり、内部に潜む良い味を引っ張り出したり、好ましい色に変えたりする。さらに、熱はカビやバクテリア等の微生物を殺菌し、寄生虫を殺し、我々が食べても安全なように、また長く保存できるようにもする。このように、熱は我々の食生活の成立のために重要な役割を果たしてきたし、今後も我々の食生活の向上のために貢献してくれるであろう。

しかし、熱は必ずしもすべて、我々に都合のいい面だけ働くとは限らない。それでは、熱のマイナス面についてみてみると、熱はビタミン等の我々の「からだ」にとって有用な成分を分解する。また、我々にとっていい臭いばかりでなく、悪い臭いすなわち異臭を発生させる原因にもなるし、「生」特有のいい香りや、味を消滅させることもある。我々の好まない色に変化させることもある。これは、まるで熱が両刃の剣のように、我々にとって、都合のいい面と、悪い面を併せもつように思える。さらに悪いことに、熱は発ガン性物質を生成することも知られている。現在の加工食品のように、加工過程に極端な熱が利用されている点は、熱利用の長所はさておき、食品の健全性からは考えなおさなければならないものであろう。

現代の消費者のニーズは、経済性の要請もさることながら、高級志向、本物志向の傾向が進み、また健康と安全性に対する関心も一層強まっている。したがって、加工食品も、以前のようなマスプロ・マスセールの時代から、差別化、個性化、高級化を志向し、特に健康と安全性を考慮した新製品の開発が必須の時代に移行している。

これに対応するためにも、永く我々の食生活に貢献してくれた熱であるけれども、食品の加工と
言えば、ただばく然と、「熱を使うもの」と言う考えから脱却し、全く新しい発想のもとで、画期

的な新製品の開発を試みればどうなるであろうか。

最近になり、3,000気圧以上の高圧を与えると、タンパク質は変性凝固し、デンプンは α 化することが判明した。また、高圧は、微生物や寄生虫を死滅させることもわかった。どうやら、高圧は、熱の代わりに食品の加工・保存に利用できそうである。さらに、高圧は、ビタミン類を分解しない、異臭を発生させない、発ガン性物質をつくらない等、熱の長所はそのまま、短所をカバーした優れた食品の加工、保存技術となり得ることがわかっている。

そこで、本研究では、理想的とも言える食品の加工・保存技術となり得る高圧を、実際の食品加工・保存に応用するための基礎的な事項を検討した。

2. 高圧による食品の加工・保存の原理

食品に高圧を与えると、体積が減少しようとして、食品中の分子に変化がおこる。その主なものは、水素結合、イオン結合、疎水結合等の非共有結合の生成や破壊である。したがって、タンパク質、多糖類、核酸や脂質等、これらの非共有結合により、構造を保っている物質は影響を受ける。

タンパク質の場合、立体構造（三次構造）を形成しているこれらの非共有結合が破壊されるため立体構造がくずれ、変性、凝固する。これは、加熱により、分子運動が激しくなり、非共有結合がひきちぎられ、変性・凝固するのと似ている。ただし、加熱が、分子運動の激しさのために、非共有結合をひきちぎり、しばしば共有結合までも分解してしまうのに対し、加圧の場合は、体積減少のため、やむなく、非共有結合が破壊する（さらに言えば、結合していた基同志の位置が、少し変わるだけ）のであって、静かな変性であると言える。しかし、いづれにせよ、食品構成分子に変化を与えるため食品の加工に利用できる。

また、生体を構成するタンパク質が変性したり酵素タンパク質が変性失活することは、生命現象の停止を意味し、高圧で殺菌や殺虫が可能である。これは、食品の保存技術としても利用できる。

3. 実験材料

3-1 微生物菌株

本研究には、次の微生物菌株を使用した。

- ① Aspergillus niger IFO 6341
- ② Penicillium citrinum IFO 6352
- ③ Trichoderma T-1 ATCC 9645 (Gliocladium virens)
- ④ Paecilomyces sp.
- ⑤ Rhizopus oryzae IFO 31005
- ⑥ Cladosporium cladosporioides IFO 6348
- ⑦ Saccharomyces rouxii IAM 4962
- ⑧ Saccharomyces cerevisiae IFO 0304
- ⑨ Candida utilis IFO 1086

3-2 各種食品・原料

- ① 鶏卵 ：市販品を購入

- ② 牛 乳 : 酪農家より提供を受ける
- ③ ブラックバス 身 : 県漁連より冷凍品を購入
- ④ 生しょう油 : 県経済連食品工場および県醤油工業協同組合より提供を受ける
- ⑤ 山芋 : 市販品を購入

4. 実験方法

4-1 高圧処理装置と使用方法

高圧処理装置は、光高圧機器(株)製の小型のものを使用した。本装置は、圧力発生部分と耐高圧容器から構成されており、液体の油圧媒体（本研究ではヘキサンを使用）を手押しポンプ式の圧力発生部分で高圧に圧縮し、耐高圧容器にこの高圧流体を送り込み、高圧を得る仕組みになっている。耐高圧容器の容量は、約20mlである。

ヘキサン中に、直接実験試料を入れるわけにはいかないで、試料を、ポリエチレン製のチューブに封入し、耐高圧容器に入れ、高圧処理を実施した。

4-2 カビの検出および生菌数の測定方法

① カビの検出

ジャガイモ・ブドウ糖・寒天（PDA）平面培地に、高圧処理した試料1mlをたらし、コンラージ棒で均一にのばした後、28℃で3～4日間培養し、カビの生育の有無を観察した。

② 酵母の生菌数測定

高圧処理した試料を希釈し、混釈法により生菌数を測定した。培地は酵母の場合、ジャガイモ・ブドウ糖・寒天培地に酵母エキスを添加（1ℓあたり2.5g）したものを用いた。細菌の場合は標準寒天培地を用いた。

4-3 ゲルの物性測定方法

(株)全研製テクスチュロメーター GTX 2-IN 型を用い、次の方法で、ゲルの物性を多角的に測定した。

① 剪断応力の測定

試料をφ11mm×8mmに調整し、V型プランジャーを用い、クリアランス0.5mmで1回そしゃくし、この時に要した力を剪断応力とした。

② 圧縮応力の測定

試料をφ11mm×6mmに調整し、50mmφプランジャーを用い、クリアランス15mmで2回連続そしゃくし、測定した。

この時の、テクスチャープロファイルは、図1のようになり、Hkgを圧縮応力、 A_2/A_1 を凝集性(復元力)、 $H \times A_2/A_1 \times 100$ をガム性とした。

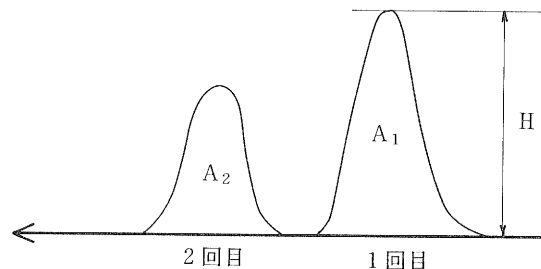


図1

③ 足とへたれの測定

試料を $\phi 11\text{mm} \times 8\text{mm}$ に調整し、 $50\text{mm} \phi$ プランジャーを用い、同一試料をクリアランス $6\text{mm} \rightarrow 3\text{mm} \rightarrow 6\text{mm}$ と変化させ、3回しゃくし、測定した。

この時のテクスチャープロファイルは、図2のようになり、 A_2/A_1 を 〃 足 〃 、 A_3/A_1 を 〃 へたれ 〃 とした。なお、この 〃 足 〃 、 〃 へたれ 〃 と言う用語は、かまぼこの物性評価でよく使われる用語であるが、ここでも準用した。

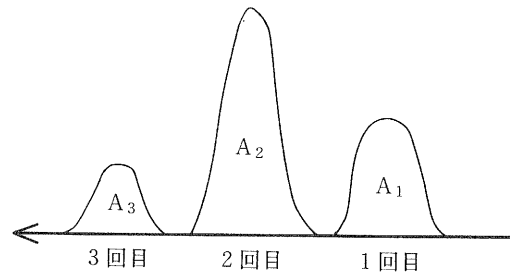


図2

4-4 色の測定

日本電色工業(株)製、測色色差計 SZ-Σ80型を用い、反射法で測定した。表示は、L a b法で行った。

4-5 粘度の測定

芝浦システム(株)製、回転粘度計ビスメトロン VD-A型を用い、測定した。

4-6 保存性の観察

高圧処理した試料を、ポリエチレン製チューブに封入したまま、 35°C に2~4週間保存し、腐敗等の変化の有無を観察した。

5. 実験結果および考察

5-1 高圧による微生物の殺菌

カビおよび酵母9種を $1,000\sim 5,000$ 気圧で30分間高圧処理し、各微生物の検出(カビ)および生菌数を測定(酵母)した結果を表1および表2に示す。本実験は、カビの場合、孢子を滅菌水に懸濁し、酵母の場合、栄養細胞を滅菌水に懸濁し、試料とした。

微生物の属種の違いにより、死滅する圧力がかなり異なることがわかる。しかし、どの種も、圧力の増加につれ、生存する割合は減少しており、条件を選べば、高圧を都合よく食品の殺菌に使用できそうである。そのためには、食品の腐敗に関与する微生物について、圧力、処理時間、温度等を変化させ、その効果を詳細に検討する必要がある。特に今回基礎的研究ということでカビ、酵母のみ、しかも、極く少数の種についてのみ検討しており、食品の腐敗原因の大部分をしめる細菌について検討していないので、今後検討を進める予定である。

また、実際の食品に応用する場合、完全に滅菌できなくても、菌数を腐敗しないレベルまで減じる 〃 滅菌処理 〃 でも実用になるものと思われる。

表1 カビに対する高圧の影響

| 菌 株 \ 圧 力 (気圧) | 無処理 | 1,000 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 5,000 |
|-------------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Aspergillus niger</i> | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ |
| <i>Penicillium citrinum</i> | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| <i>Rhizopus oryzae</i> | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| <i>Trichoderma T-1</i> | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| <i>Paecilomyces sp.</i> | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |

- ：微生物（カビ）が旺盛に繁殖した。
 △：微生物（カビ）が少し生育した。
 ×：微生物（カビ）が全く生育しなかった。

表2 酵母に対する高圧の影響

(コ/ml)

| 菌 株 \ 圧 力 (気圧) | 無処理 | 1,000 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 5,000 |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| <i>Saccharomyces rouxii</i> | 2.0×10^5 (1.0) | 4.0×10^4 (0.2) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 5.0×10^6 (1.0) | 2.8×10^6 (0.56) | 5×10^4 (0.01) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |
| <i>Candida utilis</i> | 1.7×10^8 (1.0) | 1.6×10^8 (0.94) | 1.4×10^5 (0.01) | 0 (0) | 0 (0) | 0 (0) |

() 内は無処理を1.0とした時の比率

5-2 牛乳への高圧利用についての検討

牛乳は、成分調整されたのち、殺菌、充填され販売される。牛乳の殺菌方法としては、加熱による方法、放射線による方法、紫外線による方法、超音波による方法等が考えられるが、現在我国では、安全性の点から、加熱による方法がとられている。牛乳は、加熱により、味や風味が変化するというので、加熱による殺菌においても、低温長時間殺菌法（61～65℃30分または、72～75℃10～15分）や高温短時間殺菌法（70～75℃15～16秒）、高温瞬間殺菌法（80～95℃瞬間）、超高温殺菌法（80～83℃、2～6分の予備加熱の後130～150℃0.5～4秒）等最良方法の開発のために種々研究されてきた。しかし、熱を加える以上、味や香の変化やビタミン類の破壊を階無にすることは不可能なものと思われる。生の風味や味を保ったまま、牛乳を殺菌できれば、生、をうたいもくにした、画期的な新製品の開発が期待できる。

ここでは、高圧の殺菌作用に着目し、高圧を牛乳の殺菌に利用できないか、検討した。

5-2-1 高圧処理による生菌数の変化

生牛乳（前日にしぼって無処理のもの）を、1,000～5,000気圧で処理し、生菌数の変化を検討した。また、同時に加熱処理による効果とも比較した。その結果を表3に示す。なお、生菌数は、標準平板培養法で測定した。

表3 牛乳の高圧処理による生菌数の変化

| 処 理 法 | 生 菌 数 (コ/ml) | 比 率 |
|-------------|--------------------|----------------------|
| 無 処 理 | 1.96×10^5 | 1.0 |
| 1,000気圧、30分 | 1.49×10^5 | 0.76 |
| 2,000気圧、30分 | 1.45×10^5 | 0.74 |
| 3,000気圧、30分 | 1.41×10^5 | 0.71 |
| 4,000気圧、30分 | 1.58×10^4 | 0.08 |
| 5,000気圧、30分 | 5.2×10^1 | 2.7×10^{-4} |
| 100℃、5 min | 0 | 0 |
| 70℃、30 min. | 0 | 0 |

標準寒天培地35℃ 2日間培養、比率は無処理を1.0とした

4,000気圧、30分処理で、1 ml当りの生菌数が16,000コ弱と、牛乳の規格である1 ml当り50,000コ以下をクリアーしているのも、長期保存を要しないような製品には応用が可能と思われる。また、5,000気圧、30分処理では、1 ml当り52コと、ほとんど無菌状態になる。ここで、わずかであるが菌が残存したのは、耐熱性菌や耐熱性胞子のようなものは、また圧力処理にも抵抗性があり、これらが残存したものと考えられる。これらの、高圧にも耐え得る菌や胞子を死滅させ、完全な無菌牛乳を得るには、さらに高圧を加えることや、間断滅菌のように間かけつ的に圧力処理を実施することを考えねばならない。

5-2-2 高圧処理による色の変化

牛乳を高圧処理 (5,000気圧、30分) した時の色の変化を、加熱処理した場合と比較検討した結果を、表4に示す。

処理量が少ないこともあり、加圧、加熱両処理法とも目視では、全く色の変化はわからなかった。しかし、色差計での測定結果は、表のように、加圧処理では明度が減少し、加熱処理では、色相が若干黄色みがあった。反射スペ

表4 高圧処理による牛乳の色の変化

| | L (ΔL) | a (Δa) | b (Δb) |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 無 処 理 | 81.73 (0) | -2.51 (0) | 2.52 (0) |
| 5,000気圧、30分 | 77.03 (-4.70) | -2.26 (0.25) | 2.61 (0.09) |
| 100℃、5分 | 82.30 (0.57) | -2.70 (-0.19) | 1.38 (-1.14) |
| 70℃、30分 | 82.55 (0.82) | -2.78 (-0.27) | 1.66 (-0.86) |

クトルを取ってみると、加圧処理の場合、生の牛乳に対して、400~700 nmの反射率が全体に低下していた。また、加熱処理では、400~600 nmの反射率が少し増加していた。原因としては、タンパク質等の構造の変化によるものと思われるが、詳細については不明である。

5-2-3 今後の検討事項

今回は、圧力処理時間を30分と限定して、実験を実施したが、実際に応用する場合、時間と圧力相互の関係やこれに温度も加えた3次元的な関係について検討しなければならないと思われる。

また、牛乳タンパク質の変化の解析やビタミン類の測定、味、香り等の官能検査も実施しなくてはならない点であろう。

5-3 生しょうゆへの高圧の利用についての検討

しょうゆは、「火入れ」と言う加熱処理（60～85℃）を行うことにより、微生物を死滅させ、製品の品質保持を図るとともに、香味の付与、色の調製を行っている。もろみを、圧搾して得られる生しょうゆ（火入れ前のしょうゆ）は、火入れしたものにないマイルドな風味を持っているが、殺菌が行えていないため、保存中、流通中にカビが生えやすく、このままの状態では市販品とすることはできない。

そこで生しょうゆの殺菌に高圧が利用できないか検討を加えた。

5-3-1 高圧処理による生菌数の変化

生しょうゆを、1,000～5,000気圧で30分間高圧処理し、生菌数の変化を検討した結果を表5に示す。

生しょうゆの場合、5,000気圧で30分間処理しても、生菌数は無処理のもの1/3までにしか減じられず、高圧を生しょうゆの殺菌に利用する場合、さらに圧力を上げることや、熱も併用することを検討していかねばならない。これは、しょうゆの性質上、耐熱性菌のような、外部からの刺激に強い菌が多数存在するためと思われる。

表5 生しょうゆの高圧処理による生菌数の変化

| 処 理 法 | 生 菌 数(コ/ml) | 比 率 |
|-------------|-------------------|------|
| 無 処 理 | 1.5×10^4 | 1.0 |
| 1,000気圧、30分 | 1.4×10^4 | 0.93 |
| 2,000気圧、30分 | 1.1×10^4 | 0.73 |
| 3,000気圧、30分 | 1.1×10^4 | 0.73 |
| 4,000気圧、30分 | 6.0×10^3 | 0.40 |
| 5,000気圧、30分 | 4.8×10^3 | 0.32 |
| 100℃、15分 | 0 | 0 |

5-3-2 高圧処理による色の変化

表6に結果を示す。高圧処理では色に変化はなかった。また、加熱処理では、少し赤味がかかることが確認できた。

表6 高圧処理によるしょうゆの色の変化

| | L (ΔL) | a (Δa) | b (Δb) |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 無 処 理 | 4.58 (0) | 0.32 (0) | -1.18 (0) |
| 5,000気圧、30分 | 4.79 (0.21) | 1.65 (0.33) | -0.84 (0.34) |
| 100℃、5分 | 5.91 (1.33) | 1.71 (0.39) | -0.16 (1.02) |
| 85℃、10分 | 6.32 (1.74) | 1.63 (0.31) | 0.12 (1.30) |

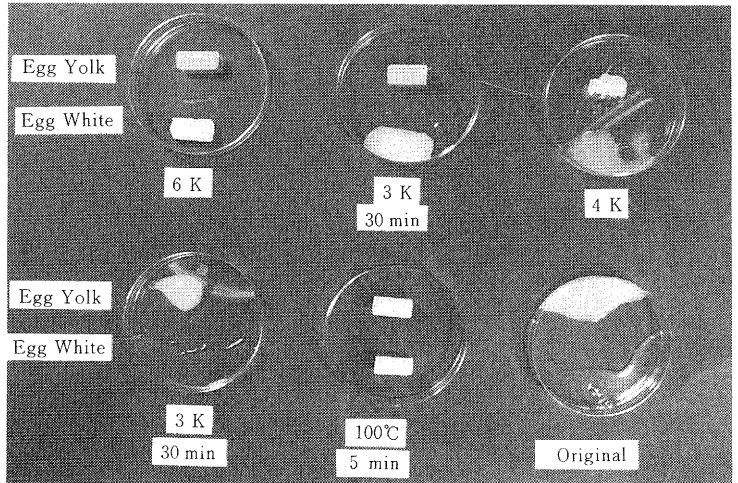
5-4 タンパク質性食品の加工への高圧の利用についての検討 (1)

—卵黄、卵白を使つての実験—

高圧には、タンパク質を変性・凝固させる作用があるので、これを食品の加工に応用するための基礎として、鶏卵を試料として、生成ゲルの物性や色の変化等を加熱生成ゲルと比較検討した。

5-4-1 圧力処理とゲルの生成

卵黄、および卵白を3,000～6,000気圧で、30分間高圧処理した場合の状態を写真1に示す。卵黄は、3,000気圧で半ゲル状になり、4,000気圧以上ではしっかりしたゲルを形成している。一方、卵白においては、3,000気圧では変化なく、4,000気圧で半ゲル状になり、5,000気圧ではゲル化するが形は保てない。そして、6,000気圧になってはじめて、自重に耐えて立つ、しっかりしたゲルが生成する。



このように、加圧処理では卵黄の方が卵白よりゲル化しやすく、これは加熱処理の場合と同じであり、卵白の方がタンパク質として、安定であるためと思われる。

5-4-2 生成ゲルの物性の評価

加圧生成ゲル（6,000気圧、30分）と加熱生成ゲル（100℃、5分）との物性を比較した結果を表7に示す。

表7より、加圧ゲルと加熱ゲルの物性の違いを記述すると次のようになる。

表7 卵黄、卵白における加圧生成ゲルと加熱生成ゲルの物性比較

| 物 性 | 種 別 | | 種 別 | |
|-------------|---------|----------------|---------|----------------|
| | 卵 | 黄 | 卵 | 白 |
| 処 理 法 | 100℃、5分 | 6,000気圧 30分 | 100℃、5分 | 6,000気圧 30分 |
| 剪断応力 (kg・w) | 0.74 | 0.91 | 0.22 | 0.21 |
| 圧縮応力 (kg・w) | 2.9 | 1.3 | 1.0 | 0.42 |
| 足 の 強 さ | 3.80 | 3.94 | 5.23 | 10.4 |
| へ た れ | 0.41 | 0.14 | 0.47 | 0.66 |
| 凝集性 (復元力) | 0.72 | 0.77 | 0.60 | 0.89 |
| ガ ム 性 | 206 | 97 | 60 | 34 |

卵黄の場合

加圧ゲルは加熱ゲルに比べ、やわらかいが粘着性があり、へたれが大きいので、一度変形すると元の形にもどりにくく、粘土のような物性である。加圧ゲルは、固くてもろいと言える。そしゃくするのに要するエネルギーは、ガム性で表わされ、加熱ゲルがはるかに大きい。

卵白の場合

加圧ゲルは加熱ゲルに比べ、やわらかいが、足が強く（すなわちしなやか）、へたれも少く、凝集性も高い。やわらかいが、くずれにくいゲルだと言える。

5-4-3 生成ゲルの色の評価

加圧生成ゲル（6,000気圧、30分）と加熱生成ゲル（100℃ 5分）との色を比較した結果を表8に示す。

表8 高圧処理による卵黄、卵白の色変化

| | 卵黄 | | | 卵白 | | |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | L (ΔL) | a (Δa) | b (Δb) | L (ΔL) | a (Δa) | b (Δb) |
| 無処理 | 50.6 (0) | 4.94 (0) | 33.68 (0) | 13.89 (0) | -0.4 (0) | -0.24 (0) |
| 6,000気圧、30分 | 45.28 (-4.78) | 3.34 (-1.60) | 28.66 (-5.02) | 80.04 (66.15) | -2.57 (-2.16) | 2.98 (3.22) |
| 100℃、5分 | 73.16 (23.10) | -0.34 (-5.28) | 38.77 (5.09) | 76.15 (62.26) | -3.22 (-2.81) | -0.47 (-0.23) |

卵白に関しては、ゲル化にともない、透明から白濁してしまうので、無処理のものとは全く異なるが、卵黄については、加圧生成ゲルは、無処理（生卵）とほとんど色に変化していない。これに対し、加熱ゲルは、明度が大きく上り、色相も黄色の方へシフトしている。

卵黄については、色が生のものと、ほとんど変らないゲルが生成するところが興味深い。

物性ととも、加圧ゲルの持長を生かせば、今までにない新製品が開発できるものと期待できる。

5-4-4 保存性の検討

加圧処理物（5,000気圧、30分）と無処理物の、保存性を検討するため、ポリエチレンチューブに封入したまま、35℃に2週間、保存した。

卵黄の場合、無処理物は、腐敗したが、加圧処理物はほとんど変化しなかった。加圧処理により滅菌されたためと考えられる。

一方卵白は、無処理物は外見上変化が認められず、加圧処理分は、腐敗していないが、ゲルから離水がおこった。無処理物に変化がなかったのは、卵白中に含まれるリゾチームのためではないかと思われる。

5-5 タンパク質性食品の加工への高圧の利用についての検討 (2)

——ブラックバスの身を使つての実験——

ブラックバスは、近年、琵琶湖や河川等に多く繁殖している。ブラックバスは、さしみが旨いと一般に言われているので、生の風味を生かした加工法として、高圧を利用することが考えられる。

本研究では、基礎的事項として、ブラックバスの身で、すり身を作り（食塩3%添加）、加熱により生成するゲルと、加圧（5,000気圧、30分）により生成するゲルの物性を比較した。（カマボコ類似のものを作った。

結果を表9に示す

加圧処理によれば、加熱処理に比べ、やわらかく、しなやかで、断力性があり、しかも、食べる時に、力を要しないゲルが得られることがわかる。

これにより、さしみとカマボコの中間の性質をもつ、新製品の開発が、大いに期待できる。

表9 ブラックバスすり身における加圧生成ゲルと加熱生成ゲルの物性比較

| 物 性 \ 処理法 | 100℃、5分 | 5,000気圧、30分 |
|---------------|---------|-------------|
| 剪断応力 (kg · w) | 1.23 | 0.80 |
| 圧縮応力 (kg · w) | 3.44 | 1.90 |
| 足 の 強 さ | 3.44 | 6.22 |
| へ た れ | 0.42 | 0.62 |
| 凝 集 性 | 0.72 | 0.73 |
| ガ ム 性 | 247 | 137 |

5-6 山の芋の利用についての検討

山の芋は、ジネンジョと言われる、超高粘度のものと、ナガイモと言われる、粘度の低いもの等種々の種類がある。そして、高粘度のものほど値段が高い。もし、高圧を利用し、低粘度のものを高粘度に改質できれば、付加価値が大きくなるものと期待できる。

しかし、結果は圧力処理によっても、全く粘度に変化はなかった。これは、実験に際して、すりおろしたイモを、小さな容器に詰めなければならないが、密に詰っていなかったことが原因かも知れない。今後、もっと容量の大きい実験装置の導入後、再度検討を進めたい。

6. む す び

本研究結果において、特に興味深いのは、加圧により生成するゲルの物性であろう。今回は、卵黄、卵白、ブラックバスすり身についてしか検討できなかったが、いずれも、加圧ゲルは、やわらかいが、弾力があり、しなやかで、口あたりは非常に良さそうである。本性質を利用すれば、全く新しいテクスチャーをもった新製品が開発されるものと期待できる。殺菌効果も、その応用が期待できる。

このように、高圧は食品加工、保存に無限の可能性を秘めた技術になり得り、今後、もう少し容量の大きな高圧発生装置の導入に伴い、生酒、漬物、ふなずし、しょうゆ、みそ等滋賀県の食品業界に関連の深いものから、高圧の利用について検討を進めていく予定である。

また、加圧処理物の評価としても、ビタミン類等の定量や、味、風味等の官能検査等実際の食品に即した評価を行っていきたいと考えている。

（謝 辞）

本研究について、御指導頂いた林力丸研究参与（京都大学食糧科学研究所助教授）と物性の測定について御指導頂いた岡部元雄氏（㈱全研社長）に厚く感謝します。

7. 参考文献

- (1) 林力丸、食品と開発、22, 55-62 (1987)
- (2) 林力丸、化学と生物、25, 703-705 (1987)
- (3) 林力丸、食品機械装置、25, No. 2, 53-59 (1988)
- (4) 中江利幸著、牛乳、乳製品、養賢堂
- (5) 藤原耕三、古我可一、鹿山光著、食品加工貯蔵、朝倉書店
- (6) 日本電色工業(株)著 色彩管理と色差計の活用

食品加工工場からの高濃度糖廃液の処理に関する研究

技術第二科 矢田 稔

あらまし：琵琶湖産の佃煮加工工場から排出される糖廃液（調味液）は、糖濃度が高い（400 g / l）ばかりでなく、数パーセントの食塩を含み、加工工場でもその処理に苦慮している。そこで、その高濃度糖廃液の処理および利用方法を確立するため、酵母による処理試験と限外ろ過膜によるろ過試験を行った。

その結果、酵母による処理では、Saccharomyces uvarum（I F O -0565）による連続処理で、大部分の糖の消費とC O D除去率約70%が認められた。また、ろ過試験では、色素除去率86%（分画分子量10,000の膜）、97%（同1,000）という結果であり、再利用可能なろ液が得られた。

1. まえがき

糖廃液は、季節的なものであるため均質な試料を得ることが困難であるので、前報⁽¹⁾で調査した糖排液の組成に基づいたモデル廃液を調製した。この廃液を用いて今回は、数種の酵母について培養試験を行い、糖の消費速度を調べた。また、前回と今回の結果から糖の処理能力の良好であった S. uvarum（I F O -0565）を用いて、槽容量600mlの酵母槽での連続処理の試験を行い、C O D除去率等を調べた。

糖廃液の清浄に限外ろ過を用いるには、(a)糖の値段が安いいため、高価な設備に投資できない。(b)高濃度糖廃液は高粘度であるのでろ過速度が遅い。(c)糖液が微生物に汚染されやすく膜の劣化や膜孔の閉そくを起し易い。等の問題があり、現在のところ実用化は難しい。⁽²⁾しかし、近年の高機能分離膜の開発には目覚ましいものがあり、今後利用可能な膜の開発の可能性はある。そこで、実用化の基礎資料とするため市販限外ろ過膜2種（分画分子量10,000、1,000）について、糖廃液のろ過試験を行い、色素、糖の除去率（透過率）や透過流束について調べた。

2. 実験方法

2-1 酵母による処理試験

(1) モデル廃水の調整

表1に示すような組成のモデル廃水を調整し原液とした。これを適宜希釈し、酵母エキス末（白水製薬^(株)製）、 KH_2PO_4 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ をそれぞれ0.1、0.05、0.2w/v%添加した後、水酸化ナトリウムと塩酸でPHを6.0に調整したものを試験に用いた。

(2) 培養試験

① 振とう培養

上記希釈廃水100mlをオートクレーブ（121℃）で20分間滅菌して、各酵母を無菌的に一白金耳量植菌し、28℃の条件で振とう培養を行い、糖成分の変化を調べた。

表1 モデル糖廃液の成分

| 成分項目 | 11中の重量 | 備考 |
|--------|--------|---------------------------------|
| シュクロース | 230 g | |
| マルトース | 130 g | |
| グルタミン酸 | 1.4 g | |
| アラニン | 0.2 g | |
| グリシン | 0.2 g | |
| NaCl | 60 g | |
| リン | 20 mg | KH ₂ PO ₄ |
| マグネシウム | 35 mg | MgSO ₄ |

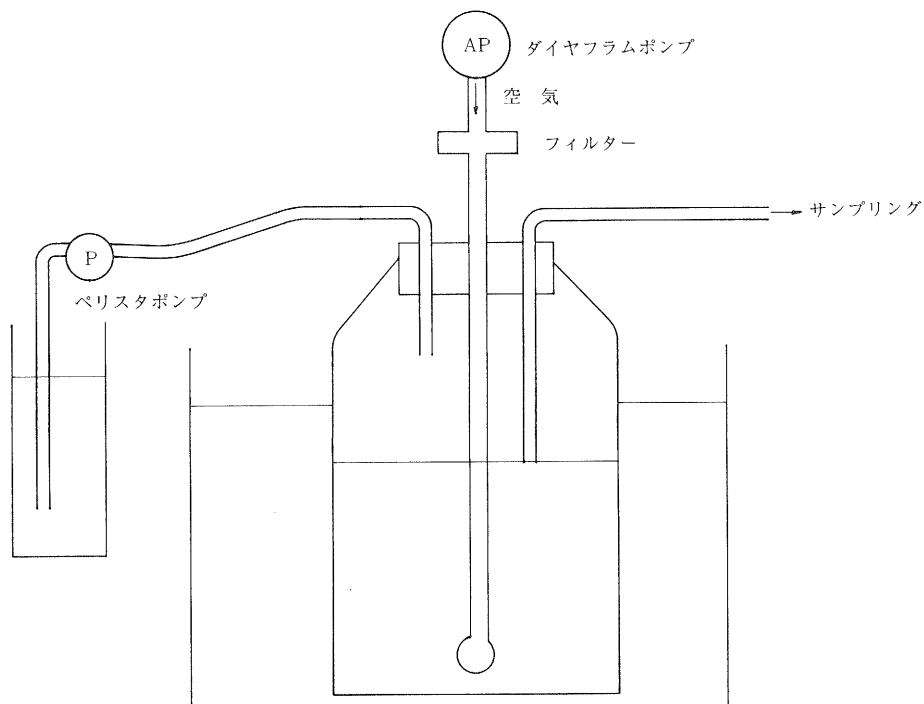


図1 連続処理装置

② 連続処理試験

図1に示すような装置により、酵母単独を用いる連続処理試験を行った。槽の有効容積は、約600mlで、ガラス多孔質の散気管により通気を行い（通気量2.3 vvm）、温度は、恒温水槽により28℃とした。これに、モデル廃水（20倍希釈、13.2g COD/l）600mlを入れ酵母を植菌した後2日間馴養し、そこに同じ廃水を1日当り100~200ml（COD 負荷約2.2~4.4g/l日）を送入し、溢流水について、酵母菌体を遠心分離した上澄水の成分等を分析した。

(3) 糖成分等の測定

① 糖 糖

試験液をメンブランフィルター (0.45 μm) でクリーンアップし、液体クロマトグラフ (カラム: 島津 PNH₂-10、移動相: アセトニトリル/水=74/26、検出器: 示差屈折計、カラム温度: 40℃、流量 1 ml/min) により、シュクロース、マルトース、グルコース、フラクトースの4成分について定量した。

② pH

pH 計を用いて測定した。

③ COD

JISK 0102 の方法により 100℃ における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量 (COD_{Mn}) を求めた。

2-2 限外ろ過膜によるろ過試験

アルバックサービス(株)ろ過試験器 (RO-3 型) に東洋濾紙(株)製の限外ろ過膜 2 種 (O 0010 : 分画分子量 1,000、Q 0100 : 同 10,000、直径 76mm) をセットし窒素ガスで 4 kg f/cm² で加圧して、ろ過試験を行った試験液には、保存していた糖廃液 (調味液) を使用し、その 2、5、10 倍の希釈液 50ml を透過液が 20ml になるまでろ過して、透過流束を求めた。また、ろ過液とろ過前の糖液について、色価 (460 nm での吸光度) とアッペ屈折計による °Bx を測定した。

3. 試験結果および考察

3-1 利用菌の選択

Hansenula anomala (IFO-0146)、Debaryomyces hansenii (IFO-0885)、Pichia nakazawae (IFO-1669)、Pichia acaciae (IFO-1681) の 4 種の酵母について、5 倍希釈の濃度でも培養試験を行ったが、図 2 に示すとおりで、どの酵母も糖の消費があまりなされず、その中では H. anomala がシュクロースを約 65% 消費したのが目立程度であった。

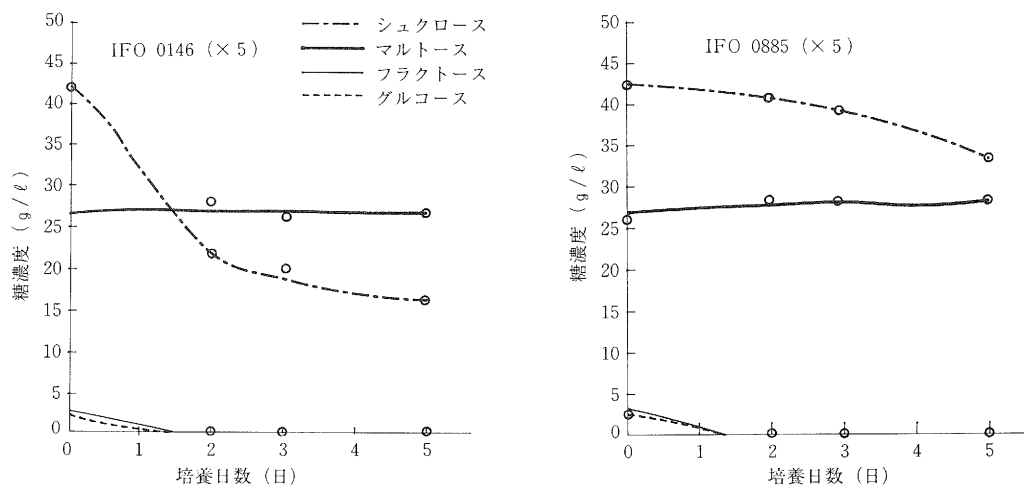


図 2 振とう培養における糖濃の変化 I

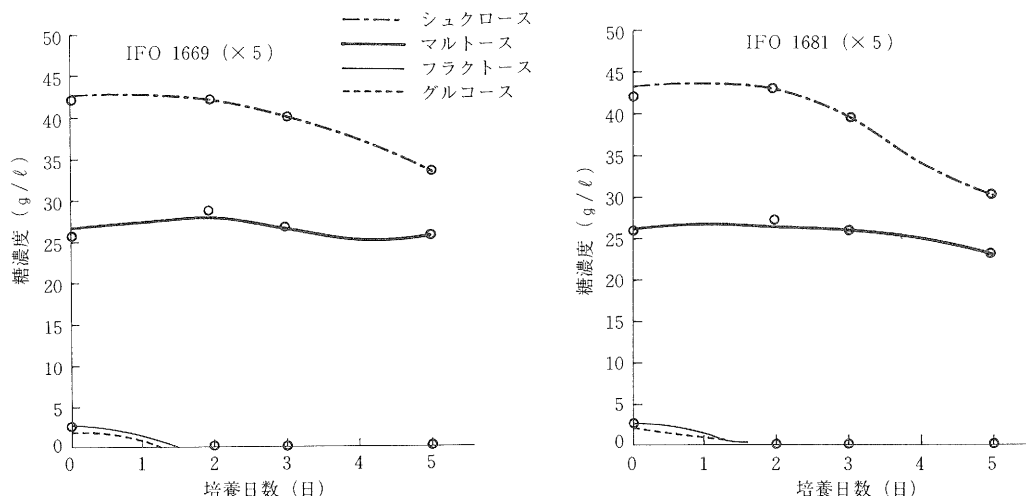


図2 振とう培養における糖濃の変化 I

3-2 培養試験

前報と前述の結果から、*Saccharomyces uvarum* (IFO-0565) と *H. anomala* (IFO-0146) についてさらに詳細な試験を行った。なお、糖の消費速度が遅いので、希釈倍率を10倍、20倍にして培養を行ったが図3に示すとおり結果となった。*H. anomala* は20倍希釈でシュクロースを3日でほぼ消費したが、マルトースは残存した。*S. uvarum* は20倍希釈でシュクロースを1日で消費し、次にマルトースを2日でほぼ消費した。また、両酵母を混合培養したが、*S. uvarum* 単独の結果と顕著な差は認められなかった。以上のことから連続処理試験には *S. uvarum* を用いることとした。

3-3 連続処理試験

S. uvarum (IFO-0565) について連続処理試験を行ったが、表2、図4、5に示すとおり結果となった。糖類については、少量のマルトースを除き大部分の糖を処理できた。COD除去率は最高で70%程度であったが、COD負荷を44 g/l日(送入力200ml/日)にした5日目以後CODの上昇が認められた。

pHについては、処理開始後すぐに約3という低い値となった。そのことは、酵母が一般細菌に比べて低いpHで生育できるので、雑菌の汚染防止に効果を上げうると考えられる。しかし、*H. anomala* を用いた含デンプン排水のCOD除去試験ではpHに比べpH3での除去率は大きく低下するという報告⁽³⁾もあるので、pHを調整することによりCOD除去率が向上する可能性があるものと思われる。

3-4 限外ろ過膜によるろ過試験

ろ過試験の結果は、表3と図6に示すとおりであり、分画分子1,000のろ過膜では色素はほぼ完全に除去できるが、ろ過流速が小さく、かつ糖のロスが大きという欠点があった。分画分子量10,000のろ過膜では、ろ過流速は前者の3倍強となったが、色素除去率は多少低下した。色素の除去率から考えるともう少し分画分子の大きな(~30,000)ろ過膜も利用できるものと思われる。

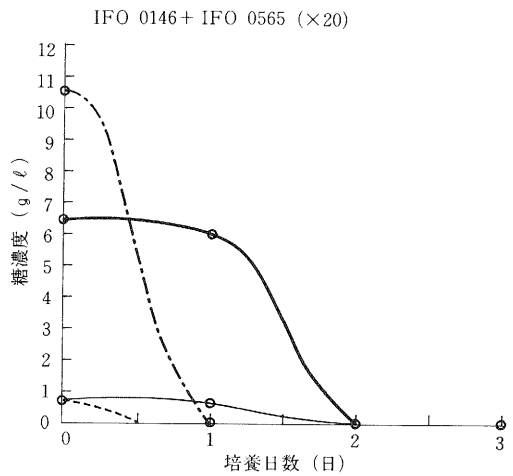
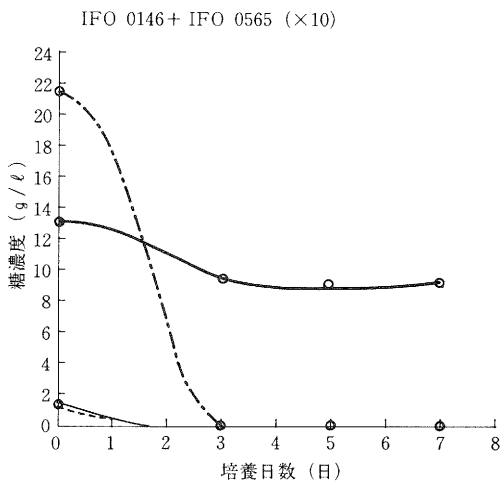
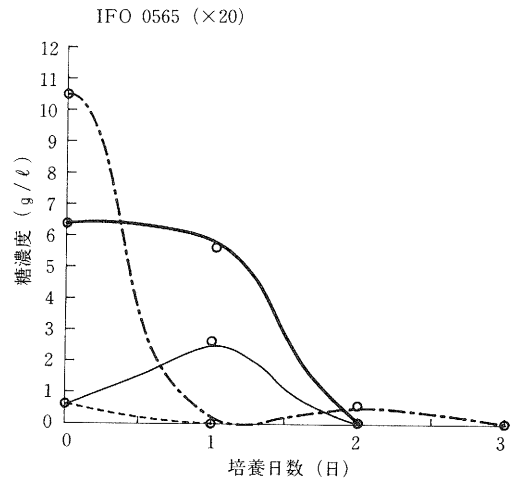
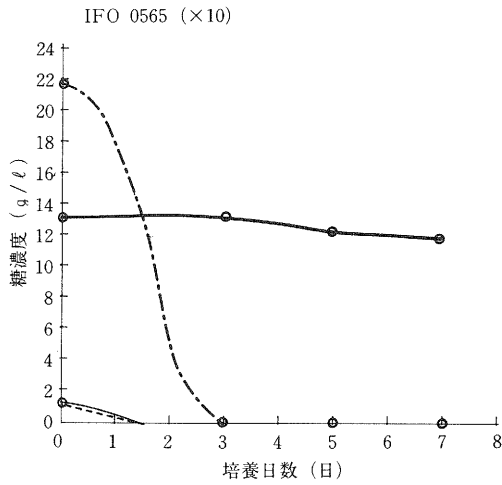
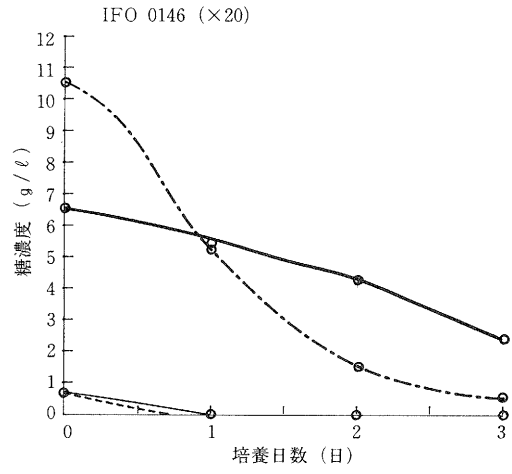
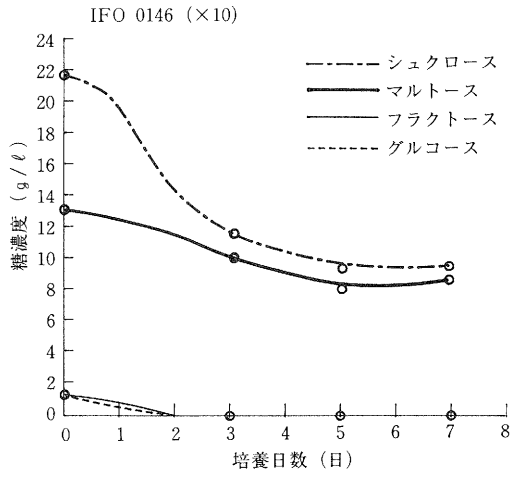


図3 振とう培養における糖濃の変化Ⅱ

表2 連続処理結果

| 日数 | COD (mg/l) | P H | フラクトース (g/l) | グルコース (g/l) | シュクロース (g/l) | マルトース (g/l) |
|----|---------------|------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 0 | 13,200 | 5.96 | 0.67 | 0.72 | 10.59 | 6.56 |
| 1 | 8,020 | 3.10 | 2.4 | 0.58 | 0.88 | 6.08 |
| 2 | 6,620 | 3.00 | 0.77 | 0.29 | 0 | 5.81 |
| 3 | 5,980 | 2.81 | 0.60 | 0.37 | 0 | 2.10 |
| 4 | 4,080 | 2.73 | 0.32 | 0 | 0 | 0.98 |
| 5 | 3,680 | 2.73 | 0 | 0 | 0 | 0.57 |
| 6 | 4,480 | 2.81 | 0 | 0 | 0 | 1.64 |
| 7 | 4,840 | 2.81 | 0.39 | 0 | 0 | 2.22 |
| 8 | 5,200 | 2.79 | 0.40 | 0 | 0 | 1.50 |

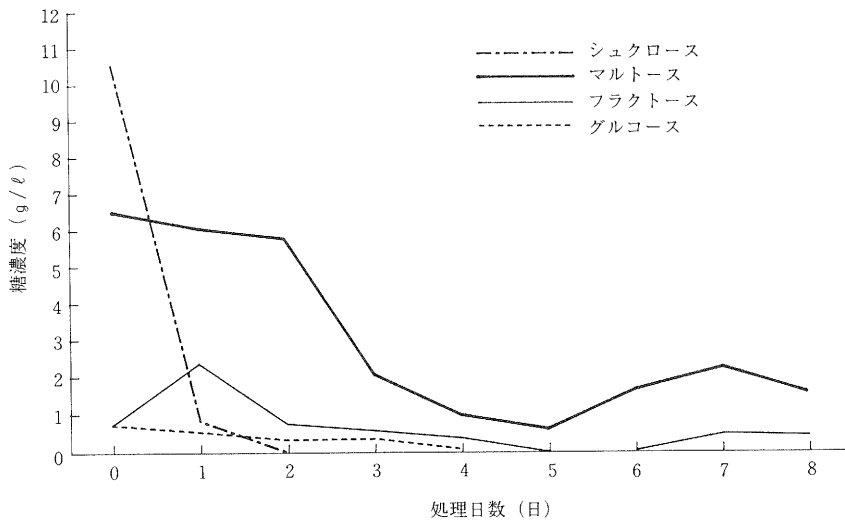


図4 連続処理による糖濃度の変化

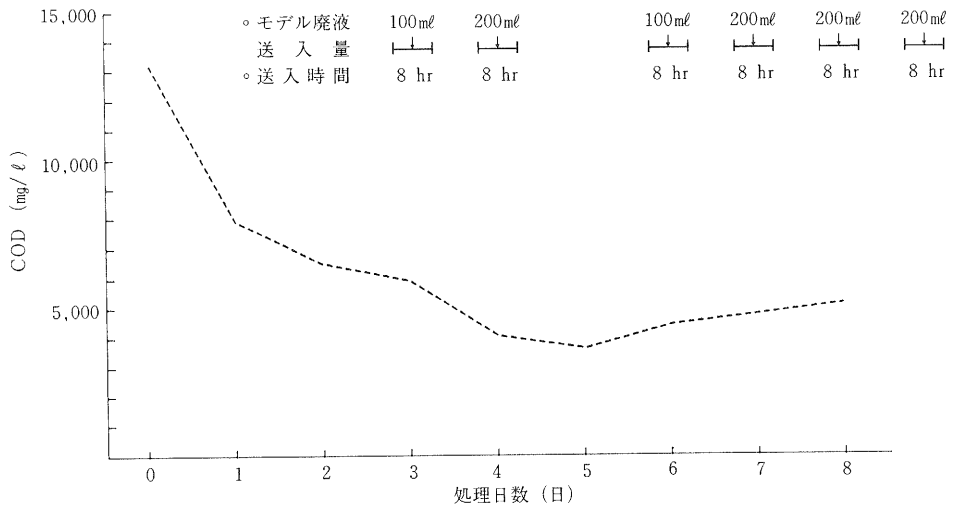


図5 CODの変化

表3 ろ過試験結果

| 分画分子量 | | 1,000 | | | 10,000 | | |
|-------------------------------|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 希釈倍率 | | 2 | 5 | 10 | 2 | 5 | 10 |
| 透過流速 (ml/cm ² min) | | 0.0012 | 0.0043 | 0.0093 | 0.0047 | 0.025 | 0.037 |
| 色 価 | ろ液 | 0.022 | 0.0044 | 0.0024 | 0.078 | 0.021 | 0.013 |
| | 原液 | 0.441 | 0.203 | 0.103 | 0.441 | 0.203 | 0.103 |
| 糖 度 °Bx | ろ液 | 14.2 | 5.6 | 2.9 | 18.2 | 8.0 | 4.2 |
| | 原液 | 29.6 | 12.3 | 6.1 | 29.6 | 12.3 | 6.1 |

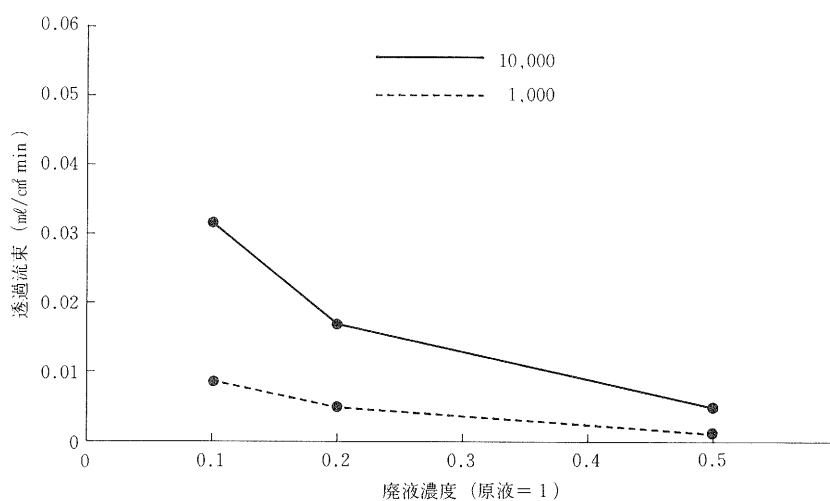


図6 廃液濃度と透過流束

4. む す び

以上述べたように酵母を用いた連続処理によりCODは13,200mg/lが3,700mg/l (除去率約70%)となり、酵母単独処理では放流するには不十分であり、活性汚泥法等の生物処理と、組み合わせる必要があるものと考えられる。

限外ろ過による処理においても、不純物除去には効果があり、佃煮に再利用できる処理液が得られるが、現在のろ過膜の効果では大きな設備を必要としてコスト的に実用化できず、今後の新しい高機能の開発が待たれる。

その他高濃度糖廃液の利用方法として、エタノール発酵、乳酸発酵などの方法があり、糖みつ利用に関して報告⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾がなされているが、この廃液については量的な問題もあり、そのような利用方法は難かしいものと思われる。

参考交 献

- (1) 矢田 稔：当所事務報告、1986

- (2) 大矢 晴彦編：膜利用技術ハンドブック、1987、幸書房
- (3) 秋山 裕一編：酵母の利用開発、講談社
- (4) Z.Aksu et al：Biotechnology Letters Vol8、NO3、1986
- (5) C.N.Robinson et al：Bioenergy、84、Vol3、1985
- (6) 桐村光太郎他：早稲田大学工学研究所報告、110、1985

実験レポート

1. 高分子複合材料の非破壊による評価試験技術に関する研究

井上 栄一

2. ガラスクロス強化エポキシ樹脂のミズリングに関する研究

那須 喜一

3. 県内産漬物の味に関する調査報告

矢田 稔

高分子複合材料の非破壊による 評価試験技術に関する研究

促進耐候試験及び冷熱サイクル試験をした ABS 射出成形板 劣化具合の超音波探傷装置による評価について

技術第二科 井上 栄一

あらまし：高分子複合材料の非破壊評価技術が確立できれば、より多様な分野で材料が利用されるようになり製造メーカーにとって有益であると考えられる。そのなかでも超音波によるものは応用範囲も広いといわれ、早期の技術的確立が望まれている。本研究では物質変化の伴う場合の力学特性値変動の指針として一般的な超音波特性値が使用できるかを明らかにするため、射出成形板（ABS・HIPS）の促進耐候試験、冷熱サイクル試験を実施し、これら劣化履歴を与えた供試体に対し、超音波探傷装置（直接接触探傷法を用いた）ならびに超音波厚さ計を用い、超音波減衰量と超音波伝播速度を測定した。以上の結果と引張特性などとの関係により超音波による評価法の有効性を検討した。今回はその内の ABS 射出成形板に関する部分について報告する。

1. ま え が き

超音波探傷装置による欠陥測定は、試験体中に空孔など音響インピーダンスが異なるものが存在すると送信された音波のいくらかが反射される原理を応用したものであり、ブラウン管画面上に出力されるエコー波形の時間軸から位置情報を、また欠陥の大きさについてはピーク高さを電圧軸から読み取る方法を用いている。超音波を利用した非破壊評価試験は、他の試験法と比較して安全である。また、現場に於ける検査では、試験機自体を持ち運びその場で測定できるという長所があるが、複合材料のような異なる音響インピーダンスを持つ場合、欠陥エコーと複合材料中の補強材と母材からのエコーの分離が困難である。⁽²⁾

さて、耐候劣化などのように物質自体に変化が伴う場合ももとの材料の音響インピーダンスから異なった音響インピーダンスに変化することが考えられる。

そこで筆者は、このような場合エコーの分離をせずとも、第1回低面エコーと第2回低面エコーのピーク高さの差（超音波減衰量）や音速を測定することで評価ができるのではないかと考え、まず複合材料よりも耐候劣化しやすい材料で指標になりうるかの検討を試みた。測定は一般に使用されている探傷装置と厚さ計ならびに繊維や薄片の音速測定可能な超音波弾性率測定装置を用いて行い、材質変化の伴わない冷熱サイクル試験も同時に実施した。

使用した材料は、射出成形品スタイラック ABS 101（以下 ABS と記す）である。ABS は、ブタジエン成分を有するため激しい劣化を引き起こし強度や靱性が著しく低下することが報告されて

いる。¹³⁴⁴⁾そこで、引張試験、衝撃試験（アイゾット）と硬度試験（デュロメータ）を行いこれら力学特性値の変動と超音波特性値との関係を調べた。

2. 実験方法

2-1 耐候試験

サンシャインキセノンウエザーマータでロングライフカーボンアークを使用し、120時間、240時間、360時間、480時間、および600時間ウエザリングした。試験終了後、純水を浸み込ませた柔らかい布で軽く洗浄し恒温恒湿室（23℃・50%RH）で88時間以上調整した。

(1) 試験片

試験片は、射出成形板（152×152×2）から超鋼チップにより潤滑油無しで切削加工して作成したものである。試験片形状は、引張試験、衝撃試験（アイゾット）ともJISに準じた。また、その他の試験片については、150×70×2（硬さ試験と測色試験）、150×12×2（超音波特性試験）の大きさに切り出し試験機のホルダーにセットした。

(2) 耐候試験条件

ブラックパネル温度計63±3℃、清水噴射時間60分間中に12分噴射、噴霧圧0.8から1.3 kgf/cm²

(3) 力学試験

引張試験は、秤量500 kgf、引張速度5 mm/min、衝撃試験は秤量2 J、硬度試験はデュロメータD型を使用した。これらはいずれも恒温恒湿室（23℃・50%RH）で実施した。

(4) 超音波特性試験

探傷装置を図2-1の様に接続し減衰量と音速測定を試みた。また、弾性率測定装置により音速の測定を試みた。

(5) 測色試験

色差は測色色素計で反射測定法によりLabを測定し、光沢度は光沢計で60度鏡面光沢度測定法にて測定した。

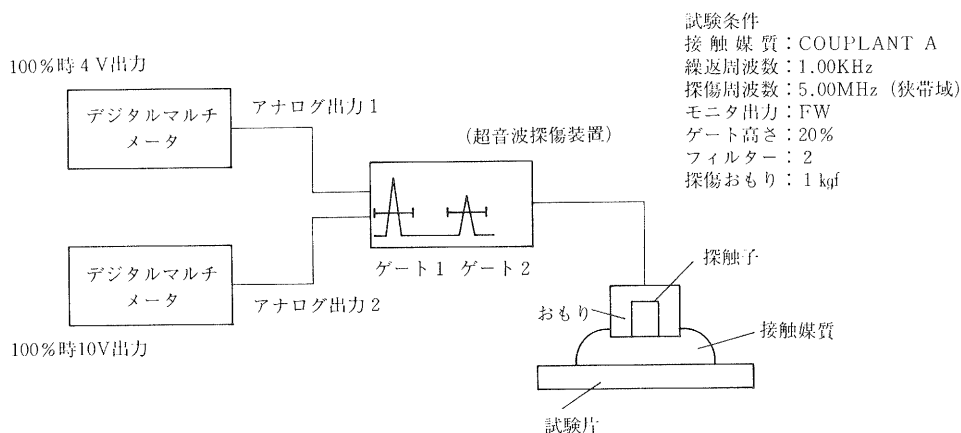


図2-1 試験装置の概要と条件

2-2 冷熱サイクル試験

低温恒温恒湿槽にて図2-2のようなサイクル条件を設定し耐候試験同様に測定した。

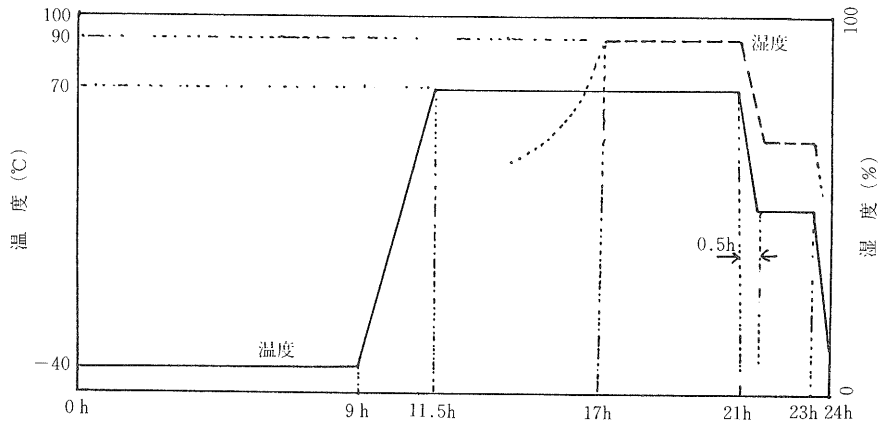


図2-2 冷熱サイクル試験設定条件

3. 実験結果および考察

実験結果の一部を図3-1から図3-8および写真1から写真3に示す。



写真1 ABS基準片

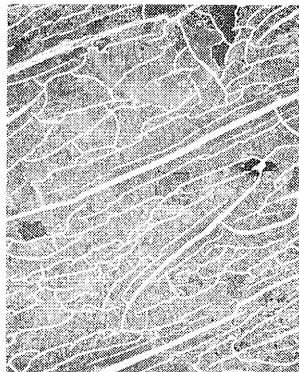


写真2 ABS耐候試験600時間

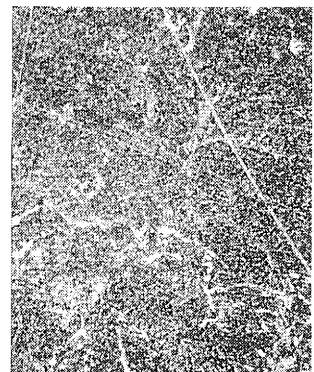


写真3 ABS冷熱試験600時間

3-1 耐候試験および冷熱サイクル試験と超音波特性値

減衰量は式3-1から算出したものである。

$$\text{減衰量} = \{80 - V / 10 \times 100\} / t \quad (\text{式3-1})$$

ただしVはアナログ出力1を3.2ボルトにした時のアナログ出力2の電圧

図3-1と図3-2から明らかなように減衰量、音速ともに耐候試験を実施したものに変化が認められる。しかし、注意すべき点は、測定値の変化量であり基準試験片と600時間耐候させたものでも1.5%しかみられずこの差を実際の測定で判別することは困難であろうと思われる。なおここで示した超音波速度は厚さ計で測定したものであり、超音波弾性率測定装置は、試料が厚すぎて測定不可能だった。

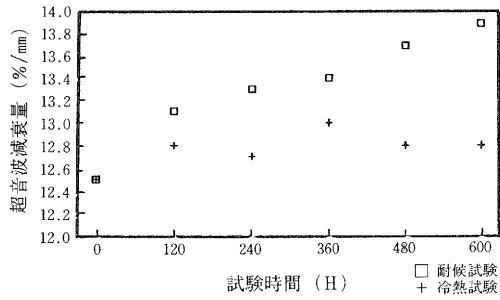


図 3-1 超音波減衰量

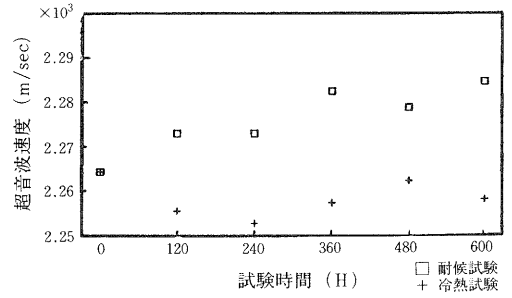


図 3-2 超音波速度

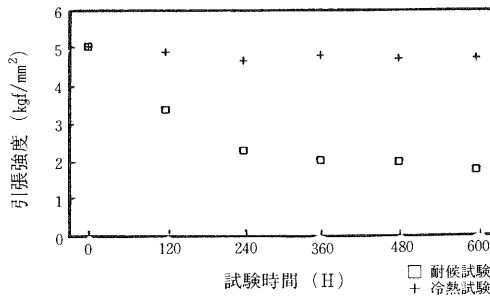


図 3-3 引張強度

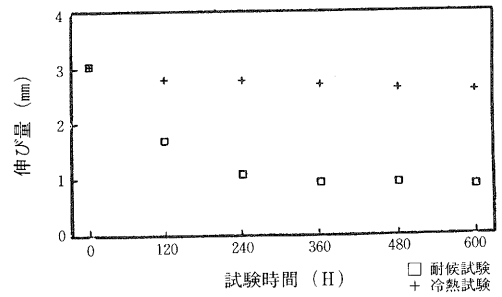


図 3-4 見かけの伸び

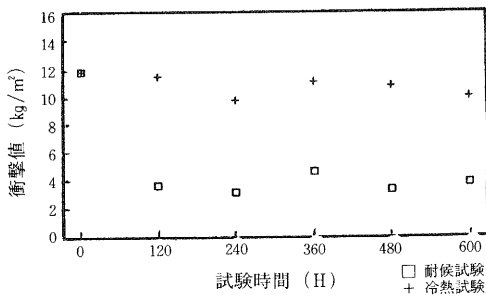


図 3-5 衝撃試験

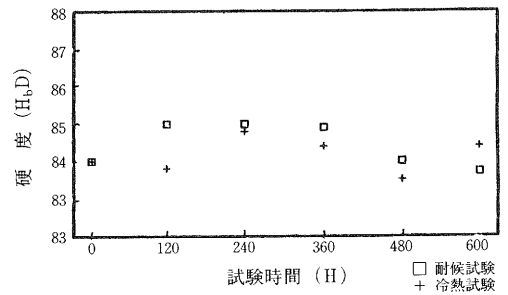


図 3-6 硬度試験
(デュロメータ)

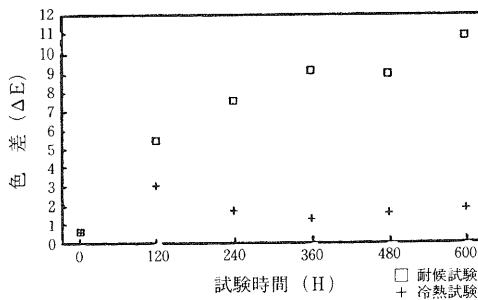


図 3-7 色 差

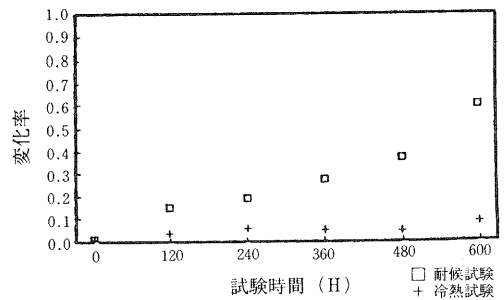


図 3-8 光沢変化率

3-2 耐候試験および冷熱サイクル試験と力学特性値

耐候試験を実施した試験片に著しい強度低下が認められる。特に、衝撃試験では、最初の120時間ウエザリングした時の衝撃値が600時間のものと同位低い値を示している。

また、試験片の変質状態を確認するため赤外吸収スペクトルを測定した。その結果を図3-9、図3-10に示す。試験は、試料表面をクロロホルムに溶解してKBr板上にフィルム状に塗布しFT-IR装置で行った。

これにより、冷熱サイクル試験の方は、余り変化がみられないが耐候試験の方はやはりポリブタジェン成分の変化が確認された。

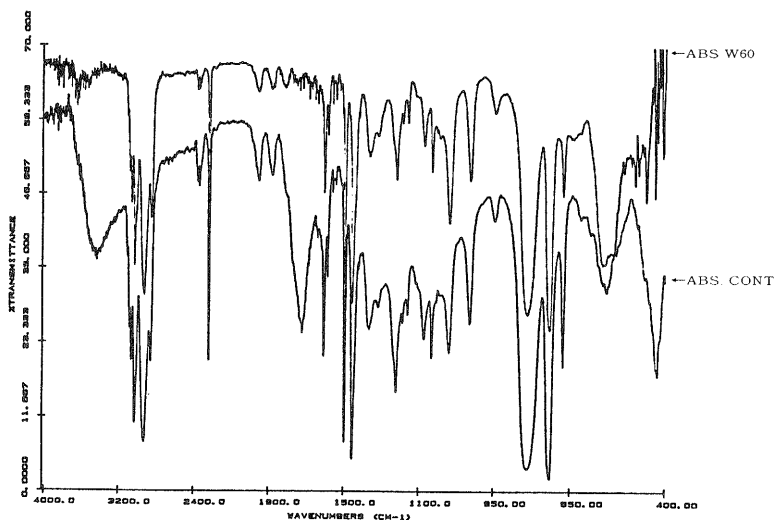


図3-9 ABS 基準試験片と600時間耐候させた試験片の赤外吸収スペクトル

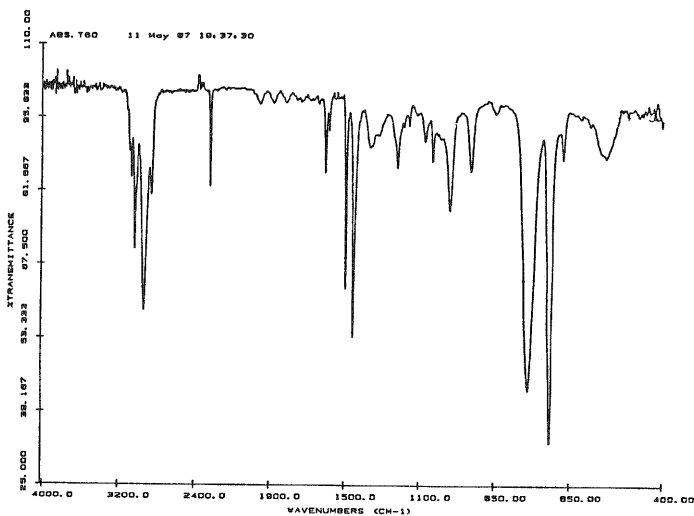


図3-10 600時間冷熱サイクル試験した試料の赤外吸収スペクトル

3-3 超音波特性値と力学特性値の相関

超音波特性値と引張応力の散布図を図3-11から図3-14に示す。

また、標本の相関係数を表3-1および表3-2に示す。点の数が24個と少ないが耐候試験を実施した試験片の減衰量との間にやや相関があると考えられる。

3-4 耐候試験および冷熱サイクル試験と色差および光沢変化率

色差は式3-2によりまた、光沢変化率は式3-3により求めた。耐候試験で色差は急激な変化を示し、光沢変化率は時間が経過するにつれ変化率が大きくなる。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (\text{式 3-2})$$

$$\Delta C_s(60)/C_{s0}(60) = (C_{s0}(60) - C_{s1}(60)) / C_{s0}(60) \quad (\text{式 3-3})$$

3-5 色素および光沢変化率と力学特性値の相関

色素および光沢変化率と引張応力の散布図を図3-15、図3-16に示す。耐候試験を行ったほうに若干の相関がみられる。

| | |
|-------|-------|
| 減衰量 | -0.90 |
| 超音波速度 | -0.64 |
| 光沢変化率 | -0.79 |
| 色差 | -0.90 |

表3-1 引張応力との相関係数(耐候試験)

| | |
|-------|-------|
| 減衰量 | -0.15 |
| 超音波速度 | -0.31 |
| 光沢変化率 | -0.51 |
| 色差 | -0.12 |

表3-2 引張応力との相関係数(冷熱試験)

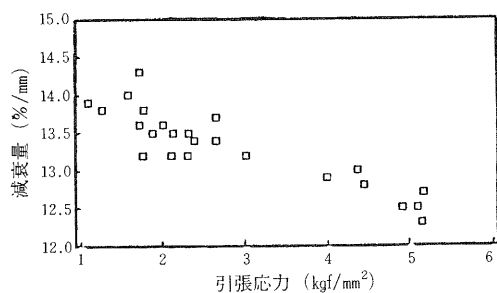


図3-11 引張応力と減衰量の相関
耐候試験

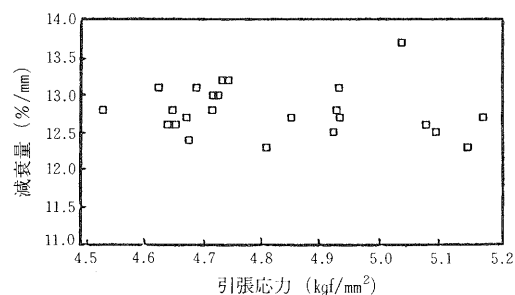


図3-12 引張応力と減衰量の相関
冷熱試験

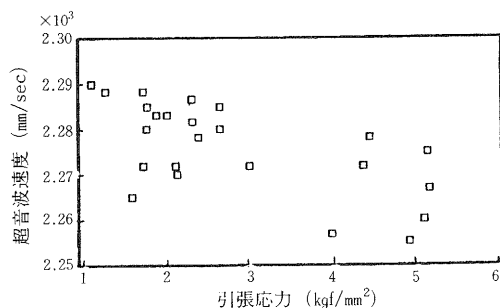


図3-13 引張応力と超音波速度の相関
耐候試験

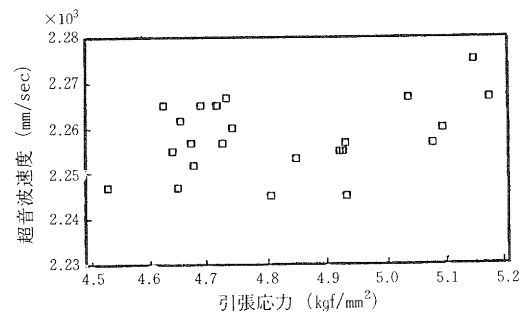


図3-14 引張応力と超音波速度の相関
冷熱試験

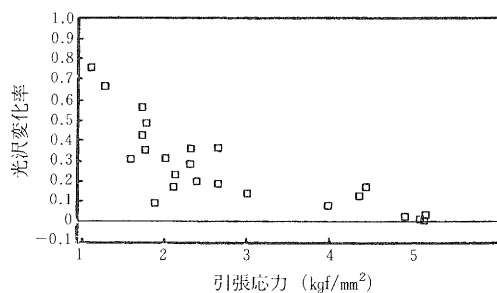


図 3-15 引張応力と光沢変化率の相関
耐候試験

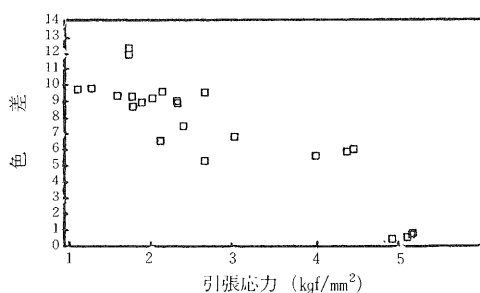


図 3-16 引張応力と色差の相関
耐候試験

4. む す び

一般の超音波探傷装置や厚さ計では力学特性値の低下を示すような材質変化があったのにもかかわらず超音波特性値として測定できた変化量が極僅かであり評価の指標として使用することは困難である。したがって今後エコーの分離も含め周波数分析法などなんらかの方法を考えることが必要と思われる。

また、今回測定不可能であった弾性率測定装置については、今回の試料より薄いものに対して適用できるのかについても考えてみる必要がある。また表面劣化のあるような場合は、色による判断も役立つのではないかと考えられる。

謝辞：本研究を行うのにあたり御高配賜った旭化成工業(株)樹脂技術センター甲藤清氏ならびに松下電気産業(株)太田雅春氏、また力学特性測定に関して御指導くださった大工試の近藤春樹先生に謝意を表します。

- 参考文献：(1)先進複合材料の開発と評価技術 金原 勳 他著 CMC 発行
 (2)超音波探傷試験 A, B (社)日本非破壊検査協会 編 発行
 (3)表面に異質層を持つ A C S 樹脂の衝撃の強さ 倉内外 2 材料学会誌 No. 9
 (4)耐候光と色彩 須賀 長市 著 スガ試験機(株) 発行
 (5)第 8 回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム 講演予稿集
 (6)測定値の統計的処理 電気学会通信教育会著 (社) 電気学会 発行

ガラスクロス強化エポキシ樹脂の ミズリングに関する研究

一 ガラスクロス強化エポキシ樹脂の 急激な加熱によるふくれ現象の発生原因の究明 一

技術第二科 那須 喜一

あらまし：電子部品の組立て基板などに用いられるガラスクロス強化エポキシ樹脂はハンダ付けなどの急激な加熱によりふくれ現象を起こす事がある。これはミズリングあるいはプリスターと呼ばれ、その発生原因の一つには外部からの水の侵入があると考えられている。前回の報告では、煮沸による促進試験により力学的強度が著しく低下する事を述べた。そこで今回は水の侵入過程を解明するため、煮沸する水に種々の物質を添加してその侵入状態を調べた。

1. ま え が き

基板に使用されるガラスクロス強化エポキシ樹脂(FRP)がハンダ付けなどの際に急激に加熱される事により内部にあった水などが気化、膨張して層間に空孔を生じることがある。この原因の一つに成形時に発生する水やガスが内部に含まれたままになっている事が考えられる。もう一つに外部から水が侵入することが考えられる。そこで先ず、後者の影響について調べることにした。

前回の報告では、煮沸時間が長くなるとFRP板への浸水率も大きくなり、層間せん断強さは低下するというデータが出ている。このことから、FRPは煮沸により内部へ浸入した水が、樹脂とガラスクロスとの接着力を低下させていることは明かである。

今回は、煮沸によって浸入する水の浸入状態について調べた。

2. 実験方法

2-1 トリチウム水を用いた煮沸試験

放射性元素であるトリチウム(^3H)でラベルされたトリチウム水を含む水($2\ \mu\text{Ci/g}$)中で、二層積層板(3 cm×3 cm)を煮沸する。このFRP試験片に放射線を受けて光る蛍光剤を吹き付け、それをフィルムに押し当てて感光させた後、現像する。

これにより、トリチウム水が浸入すると考えられるガラスクロスと樹脂の界面、すなわち繊維にそった場所が蛍光すると予想し、試験を行った。

2-2 塩化ナトリウム溶液を用いた煮沸試験

NaCl溶液(34 wt%)中で二層積層板を7時間煮沸した後、二層を剥離しNaClの侵入状態を見るため、Cl元素の分布をX線マイクロアナライザーで観察した。

2-3 硝酸銀溶液を用いた煮沸試験

AgNO₃ 溶液(1/10N) 中で二層と八層の積層板を5、10、15、20時間煮沸を行い、剥離面をX線マイクロアナライザーと光学顕微鏡で観察した。

2-4 塩化コバルト配合 FRP による煮沸試験

結晶水の量によって色が変化する CoCl₂ をエポキシ樹脂中に配合した FRP を作成する。その色の变化から水の浸入を観察するため、この試料を煮沸した。

2-5 カバーガラス、エポキシ樹脂の煮沸試験

カバーガラスにカップリング処理を行ったものをエポキシ樹脂に漬け硬化させる。これを試料として煮沸し、水の侵入を観察した。これは、水がガラスと樹脂の界面から浸入すると仮定すると、一面に塗られたエポキシ樹脂では、その端面から水が浸入し、剥離が進んで行くことと予想される。

3. 結果と考察

3-1 トリチウム水の浸入

トリチウム水で煮沸した結果では全面に薄い影がある程度にしか写っていないため、浸入経路、その他は全く分からなかった。これは当初トリチウム水の量が軽水に対して薄いためであると思われたが、濃いものでも変わらない結果であった。トリチウムはβ線を出すのがこれはエネルギーが弱いのでフィルムを感光させるには至らなかったのではないかと考えられる。このため今後は、よりエネルギーの強いγ線をだす³²P、¹²⁸Iなどを水に溶解して用いる予定である。

3-2 塩化ナトリウムの侵入

Cl 元素の分布は、その表面に若干ある程度で、剥離した内側は殆どその存在が分からなかった。この試験は NaCl の飽和状態で行ったため、これ以上 Cl が浸入することは考えられない。この方法では、Na 又は Cl のより敏感な確認方法を考える必要がある。

3-3 硝酸銀の浸入

AgNO₃ 溶液では Ag が樹脂によって還元され析出した。その Ag により外見は茶色に染まってみえた。しかし、断面を見ると表面だけが着色しているだけで内部までは浸透していなかった。

これは、AgNO₃ が樹脂と出会ったところで還元されてしまうためであると考えられる。これに対し、H₂O はその分子が小さいことを考えると、より深部まで浸入する可能性があるためこの結果では水が浸入しているかどうかは、判断できなかった。

3-4 塩化コバルト配合 FRP による煮沸試験

CoCl₂ をエポキシ樹脂に配合した段階では、ブルーでありガラスクロスに含浸させ樹脂相から取り出すと薄いピンクに変わった、これを170度で硬化させると薄い複色になった。こうして出来た FRP は、水が触れても色が変わることはなかった。

CoCl₂ がエポキシ樹脂と反応してしまったものと考えられる。この方法では、今後エポキシと反応しないもので、水と反応して色を変える他の物質を用いる必要がある。

3-5 カバーガラス上のエポキシ樹脂への水の浸入

一時間煮沸したものでは特に変化は見られなかったが、二時間以上煮沸したものは薄くコーティングされたエポキシ樹脂とガラスカバーとの間に点々とふくれが発生した。この結果を見る限

りでは、水が樹脂を通して浸入している可能性がある。

以上の結果をまとめると、ミズリングが外部からの水の浸入で発生すると仮定した場合、水がカップリング剤を加水分解しながら繊維にそって浸入する経路と、樹脂に浸透してガラス繊維と出会ったときその表面に結合しているカップリング剤を加水分解し、ガラスと樹脂の結合を断ち切ってしまうという二つの経路の両方が可能性を含んでいる。

4. む す び

煮沸による試験では、樹脂自体に水が浸透して層間の剥離が起こる原因になったとも考えられ、この問題はまだ研究を重ねることが必要なようである。これまでの実験は、おもにFRPの沸騰水中の劣化や水の浸入過程についてのみ研究を行ってきたが、今後は、FRPのミズリングおよびブリスターと呼ばれる現象自体の発生原因として考えられる種々の要因についても研究を進める必要があると思われる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、御助言とご協力をいただいた京都工芸繊維大学木村良晴助教授に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 山中仁敏：業務報告 Vol.1 (1986)
- (2) D. ハル：“複合材料入門” 培風館

県内産漬物の味に関する調査報告

技術第二科 矢田 稔

あらまし：重要な農産加工品である県内産漬物の品質向上を図るため、県内産袋詰め漬物について呈味成分を主に分析を行った。

その結果、pHは3.79～4.61、塩化ナトリウムは1.7～7.1(平均4.4)%であった。また、有機酸は、乳酸(～1000mg%)、酢酸(～1000mg%)、リンゴ酸(～450mg%)、クエン酸(～350mg%)等が検出された。

1. ま え が き

近年、漬物は伝統食品としての高塩の保存食品から、いわゆる「新つけもの⁽¹⁾」といわれる低塩の嗜好食品へと転換してきている。

伝統的技法による漬物は、発酵により生じた有機酸、遊離アミノ酸等により好ましい味を造ってきた。しかし現在では、塩漬け野菜を脱塩、脱水したものに調味料、酸味料等を加えて漬け込んだものが主体であり、製造時点で最適な味の状態にあり、それ以後の変化(乳酸菌等微生物の増殖)は酸敗を意味する。低塩化により低下した保存性を、プラスチック包装、加熱殺菌、冷蔵流通等により補っている。また、漬物の低塩化により素材の品質に影響することとなり、素材そのものの味や特徴を生かした製品が求められるようになってきた。

そこで、表1に示す県内産漬物について、品質向上を目的として味に関与するものと思われる成分を分析し、その実態を調査した。

表1 調査した包装漬物

| 番号 | 品名・名称 | 名 柄 | 製造者 | 原 料 | 添 加 物 |
|----|-------|-------|-----|-----------------|-------|
| 1 | 浅 漬 | こぶ大根 | A | 青くびダイコン、昆布 | |
| 2 | 酢 漬 | 千枚漬 | A | 聖護院カブ、昆布 | 保存 |
| 3 | しょう油漬 | しば漬 | A | キュウリ、ナス、ミョウガ、シソ | 保存・着色 |
| 4 | 酢 漬 | さくら漬 | A | 日野菜カブ | 保存・着色 |
| 5 | 酢 漬 | 刻みすぐき | A | すぐきカブ | 保存 |
| 6 | 酢 漬 | 日野菜漬 | B | 日野菜カブ | 保存・着色 |
| 7 | しょう油漬 | しば漬 | B | キュウリ、ナス、ミョウガ、シソ | |
| 8 | しょう油漬 | しば漬 | B | キュウリ、ナス、ミョウガ、シソ | 保存・着色 |
| 9 | しょう油漬 | かっぱ漬 | B | キュウリ、ショウガ | |

保存：合成保存料、着色：合成着色料

採取日：A=S62. 11. 26 B=S62. 11. 27

2. 実験方法

2-1 pH

漬け込み液について、pH計を用いて測定した。

2-2 塩分

試料をプラスチック製ざるに取って漬け液を除去し、プラスチックまな板上で約5mm角に切り、調整試料とした。その中から10gを採取し、蒸留水20gを加えホモジナイザーを用いて磨砕して、1%硝塩で250mlのメスフラスコに洗い移し定容とした。これをかく拌した後静置し、その上澄みに電位差滴定装置により0.01N硝酸銀溶液で塩素イオン量を定量し、その値を塩化ナトリウムに換算した。

2-3 有機酸

上記調整試料10gに蒸留水10gを加えホモジナイザーを用いて磨砕し、これを蒸留水で50mlのメスフラスコに洗い移し定容とし、約80℃の温湯で30分加熱した後、3000rpmで遠心分離した上澄水をメンブランフィルター(0.45μm)でクリーンアップし、液体クロマトグラフ(カラム：島津SCR-101H、移動相、過塩素酸にてpH2.1にした水、検出器：UV210nm)を用いて定量した。

3. 結果および考察

分析した結果を表2に示した。

表2 漬物の分析結果

(有機酸：mg/100g)

| 番号 | pH | NaCl (%) | クエン酸 | 酒石酸 | リンゴ酸 | 乳酸 | 酢酸 |
|----|------|----------|------|-----|------|-------|-----|
| 1 | 4.48 | 2.1 | — | — | 256 | 39 | 20 |
| 2 | 4.26 | 1.7 | — | — | 438 | 26 | 606 |
| 3 | 4.02 | 5.0 | 348 | 42 | 324 | 235 | 315 |
| 4 | 4.18 | 5.0 | 170 | — | 271 | 76 | 422 |
| 5 | 3.79 | 3.2 | 172 | 14 | 105 | 1,030 | 360 |
| 6 | 4.46 | 4.3 | 184 | — | 323 | 246 | 265 |
| 7 | 3.93 | 5.1 | 173 | — | 35 | 713 | 935 |
| 8 | 3.91 | 7.1 | 181 | 15 | 36 | 566 | 776 |
| 9 | 4.61 | 6.4 | 99 | — | 257 | 757 | 666 |

3-1 pH

酢漬4品目の平均は4.17であり、その他のものの平均4.19とあまり差がなかった。これは、酢漬以外のものにも酢、酸味料等が添加されていることが原因となっていると思われる。

3-2 塩分

しょう油漬の平均は5.9%で、酢漬の平均3.6%より約2%高かった。また全体の平均は4.4%で、サンプル数が少ないものの、年々減塩化が進んでいること(20年前約10%、10年前約7%、現在約5%)と合致した。

3-3 有機酸

pH のところで述べたように、全試料に有機酸が検出され、今回調査した5種類の酸の合計は、どの試料も約1.5 g / 100 g となりこの程度の酸味が漬物では好まれるものと思われる。

試料2は千枚漬であるが、酢酸が主成分であり乳酸は少量しか検出されず、本来乳酸発酵により酸味を得ていたものが酢漬け法で製造されているものと考えられる。

すぐき、しば漬に乳酸が多量に検出され、特にすぐきでは1030mg/100 g であった。

4. おわりに

今回は、有機酸のみの報告となったが、現在アミノ酸の分析と成分の経時変化を調査中である。今後、素材の持つ味を生かした良質の漬物を開発するため、呈味成分の発酵による変化や低化や低塩分での発酵の制御方法等について調査、研究を行いたい。

参考文献

- (1) 前田安彦 ：新つけもの考、岩波書店、1987
- (2) 食品工業学会編：食品分析法、光琳、1982
- (3) 小川敏男 ：食品工業、2上、1985
- (4) 上田工 他 ：東京衛研年報、36、1985

技術開発ノート

1. 試験分析機器の利用状況統計分析システムの開発

システム開発チーム

2. デザイン手法の高度化に関する研究

野上 雅彦

試験分析機器の 利用状況統計分析システムの開発

システム開発チーム

1. システム開発目的

当所に設置されている日本アイ・ピー・エム(株)4361型コンピュータの多目的利用の一環として、試験分析機器類の利用状況統計分析システムを開発した。当所の試験分析機器の利用のされ方は、企業技術者自身による開放使用（設備機器使用：当所設備機器は全面的に開放利用できる）と、依頼試験による職員の使用に大別されるが、あわせて当所設置機器の利用状況を統計分析することにより、今後の技術指導、研究、設置機器導入などのための基本的データを得ようと言うのが本システムの主な開発目的である。

もう一つの目的は、文書発送業務の効率化である。当所の広報誌（テクノネットワーク）、技術研修や科学技術セミナーの案内など、一回に数百通～千数百通の文書を発送するが、内容に応じて適切な事業所への発送を行えるようにすることである。

2. システム開発方針

システムの開発に当たっては、システムの拡張性を考慮し、またプログラム作成本数を減らすために、リレーショナルデータベースを利用することにした。リレーショナルデータベースには簡易言語がサービスされているので、簡易言語ではできない処理のみを、プログラムとして作成すれば良いことになる。

コンピュータ化するのに必要な作業については、コンピュータ利用に関する職員資質の向上もねらいとして、各自が作業分担を行ない、必要なデータのパンチだけを外注することにした。プログラム言語（COBOL）を知らない職員は、企画部情報統計課で行っている COBOL の研修に参加することにした。

3. システム構成

3-1 プログラム構成

図1にプログラム構成を示す。データの入力、画面制御の都合上 PL/I にて作成しているが、統計情報等の出力用プログラムは、COBOL にて作成している。プログラム本数は、メンテナンス用も含めておよそ40本となっている。

3-2 データベースの概要

図2にシステムのデータベース構成を示す。主なデータとしては、事業所情報(約4000件)、機器情報(約400件)、手数料一覧(約100件)等であり、データベース全体で約10000件(昭和62年度末)となっている。

滋賀県工業技術センターコンピュータ多目的利用システム

設備機器使用・依頼試験処理システム

| | |
|---------------------------|----------|
| 設備機器使用 受付 | (SIYOUE) |
| 設備機器使用 簡易検索 (= > 詳細検索 削除) | (SIYOUR) |

| | |
|--------------------------------|---------|
| 依頼試験 受付 | (IRAIE) |
| 依頼試験 簡易検索 (= > 詳細検索 起案日等記入 削除) | (IRAIR) |

| | |
|-----------------|--------|
| JOIS.PATOLIS 受付 | (JOIS) |
|-----------------|--------|

| | | |
|-------------|-----------------------------|-----------|
| 事業所名簿処理システム | 事業所名簿 (検索・登録・更新・削除) | (KIGYOU3) |
| | タックシール印刷 | (KIGYOU2) |
| | 事業所一覧 (連続用紙、全件リスト) | (KIGYOU1) |
| | 事業所一覧 (連続用紙、業種・地域・規模別選択リスト) | (KIGYOU5) |
| | 登録事業所数のカウント (業種別地域別) | (KIGYOU4) |
| | 事業所名簿の重複チェック (電話番号) | (SOUJ1) |
| | 事業所名簿の重複削除 (電話番号の重複) | (SOUJ12) |
| | 市町村コードの印刷 | (TIKU1) |

| | | |
|-------------------------|---------------------------|----------|
| 設備機器使用・依頼試験関係統計処理サブシステム | * 機器 (項目) 別利用状況 | |
| | 設備使用依頼試験 (日報) (件数、時間、使用料) | (STOK04) |
| | 依頼試験の件数、単位数 | (STOK08) |
| | 目的別設備使用件数 | (STOK05) |
| | 事業所別設備使用件数 | (STOK14) |

| | | |
|-------------------------|-------------------------|----------|
| 設備機器使用・依頼試験関係統計処理サブシステム | * 月別利用状況 | |
| | 設備使用・依頼試験 (件数、時間、金額) | (STOK01) |
| | JOIS.PATOLIS (件数、時間、金額) | (STOK02) |
| | 科・係別設備使用件数 | (STOK09) |
| | 目的別設備使用件数 | (STOK11) |

| | | |
|-------------------------|----------------|----------|
| 設備機器使用・依頼試験関係統計処理サブシステム | * 事業所別利用状況 | |
| | 利用履歴一覧 (申請書枚数) | (STOK10) |
| | 機器別設備使用件数 | (STOK15) |

| | | |
|-------------------------|-----------|----------|
| 設備機器使用・依頼試験関係統計処理サブシステム | * 業種別利用状況 | |
| | 地域別実事業所数 | (STOK13) |
| | 地域別利用件数 | (STOK03) |
| | 目的別設備使用件数 | (STOK12) |

| | | |
|-------------------------|------------------|----------|
| 設備機器使用・依頼試験関係統計処理サブシステム | * 監査調書形式 | |
| | 設備使用 (件数、時間、使用料) | (STOK07) |
| | 依頼試験 (件数、手数料) | (STOK06) |

相談・指導記録システム

| | |
|--------------|----------|
| 相談・指導記録の入力 | (SIDOU) |
| 相談・指導記録の入力確認 | (SIDOU2) |

図1 システムのプログラム構成

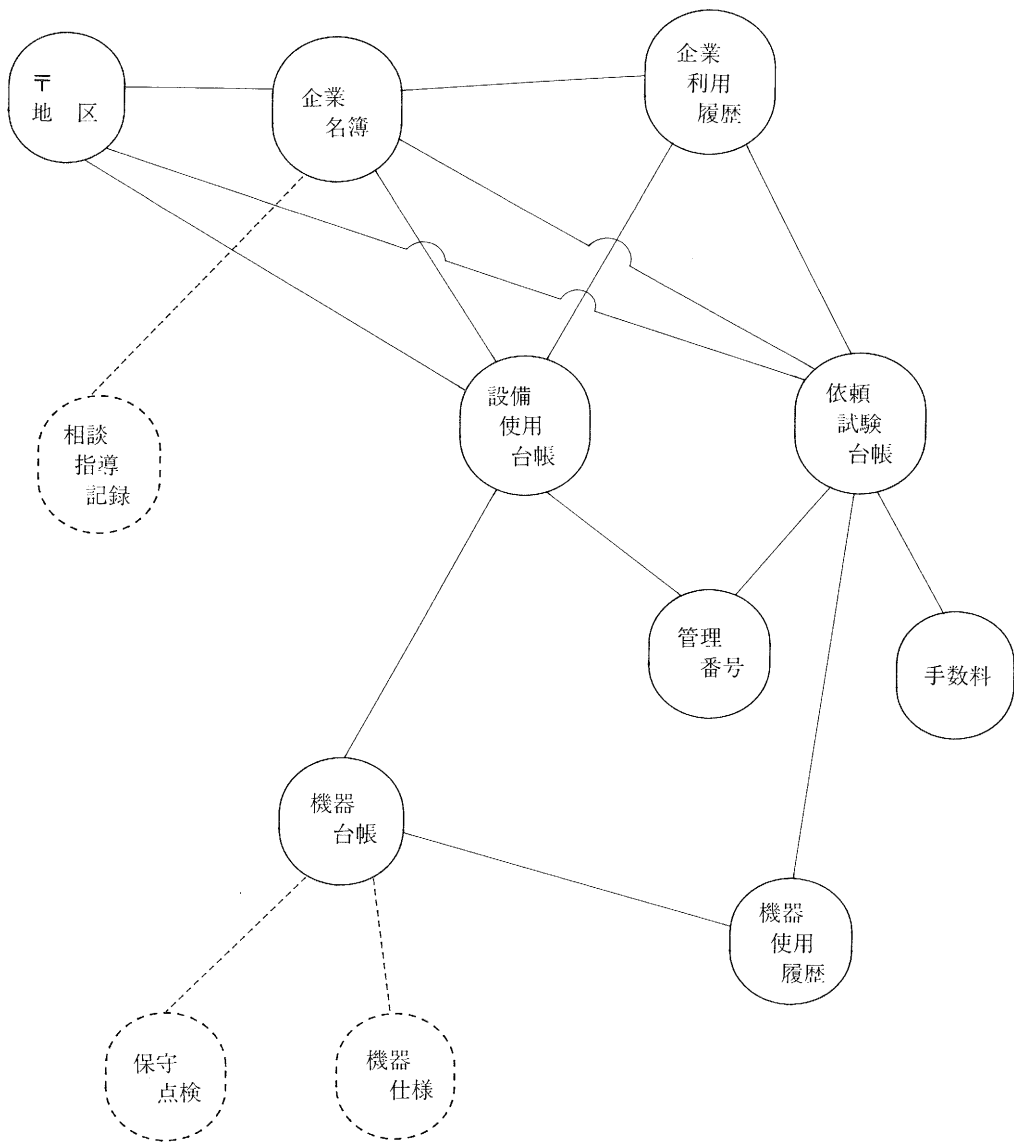


図2 システムのデータベース構成図

4. 情報の入出力

4-1 入力

統計処理に必要な情報は、主として設備機器使用の受付け入力(図3-1)と、依頼試験の受付け及び進捗状況入力(図3-2)により、システムに蓄えられる。

入力する項目は、図3-1と図3-2の罫線枠内のみで良い。

設備機器使用台帳 整理番号 _____

電話番号 又は 企業コード

企業名 _____
住所 _____

使用期間 ~ 使用目的

| 枝番 | 設備番号 | 設備名称 | 時間 | 単価 | 金額 |
|----|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|
| 1 | <input type="text"/> | | <input type="text"/> | | |
| 2 | <input type="text"/> | | <input type="text"/> | | |
| 3 | <input type="text"/> | | <input type="text"/> | | |
| 4 | <input type="text"/> | | <input type="text"/> | | |
| 5 | <input type="text"/> | | <input type="text"/> | | |
| | | | | 合計金額 | <input type="text"/> |

PF3: 終了 PF5: 実行

図3-1 設備機器使用受付け画面

依頼試験台帳 整理番号 _____

電話番号 企業コード

企業名 _____
住所 _____

受付年月日 担当

| 枝番 | 試験番号 | 試験項目 | 単価 | 単位 | 金額 |
|----|----------------------|------|------|-----|----------------------|
| 1 | <input type="text"/> | | | | |
| 2 | <input type="text"/> | | | | |
| 3 | <input type="text"/> | | | | |
| 4 | <input type="text"/> | | | | |
| 5 | <input type="text"/> | | | | |
| | | | 和文複本 | 350 | |
| | | | 欧文複本 | 450 | |
| | | | | 合計 | <input type="text"/> |

依頼試験受付の時には、以下の項目は、入力できません。 受取年月日

起案年月日 発行年月日

| 設備番号 | 設備名称 | 時間 |
|----------------------|------|----------------------|
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |
| <input type="text"/> | | <input type="text"/> |

PF3 終了

PF5 実行

図3-2 依頼試験受付け画面

4-2 出力

(1) 各種統計情報

設備使用・依頼試験などの統計情報は、機器、年月日、事業所、業種、地域、設備、使用目的および従業員数などをパラメータとして、検索処理が可能である。たとえば設備機器使用に関してセンターを活用した企業の延事業所数を調べる場合、図4-1で条件を入力すれば良い。その統計結果を、図4-2に示す。

業種別利用件数（地域別）の統計

このプログラムは、次の条件により選択されたセンター利用件数を、業種・地域別にカウントしプリンタに印刷します。

統計開始年月
 統計終了年月
 統計の種類 (2) 依頼試験
 (1) 設備使用 (4) P A T O L I S
 (3) J O I S
 最小従業員規模
 最大従業員規模

規模範囲（人）
 (01) 1 - 4 (02) 5 - 9 (03) 10 - 19 (04) 20 - 29 (05) 30 - 49
 (06) 50-99 (07) 100-299 (08) 300-999 (09) 1000-1999 (10) 2000-4999
 (11) 5000- (99) 不明

中断する時は、どれかを0にして下さい。

図4-1 統計条件入力画面例（地域別・業種別・設備機器使用延事業所件数）

| 業 種 名 称 | 業種別・地域別 利用件数 | | ***** 設備使用 ***** | | | | | | | 不明 | 人 |
|-----------------------|--------------|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|---|
| | 昭和62年4月 | 昭和63年3月 | 利用企業の従業員規模 | | | | | | | | |
| | 大 津 | 湖 南 (華 津 ・ 栗 東) | 甲 賀 (石 部 ・ 甲 西 ・ 水 口) | 中 部 | 湖 東 | 湖 北 | 湖 西 | 其 他 | 合 計 | | |
| 1 農 林 漁 業 | 0 | 0 (0) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 2 建 設 業 | 0 | 0 (0) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 3 食 料 飲 料 ・ 燃 料 製 造 業 | 1 | 9 (9) | 2 (0) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | | |
| 4 織 織 ・ 皮 ・ 衣 料 製 造 業 | 5 | 32 (16) | 3 (3) | 8 | 5 | 0 | 0 | 0 | 51 | | |
| 5 木 ・ 紙 ・ 家 具 製 造 業 | 0 | 1 (1) | 6 (6) | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 39 | | |
| 6 出 版 ・ 印 刷 ・ 関 連 産 業 | 0 | 0 (0) | 2 (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 7 化 学 工 業 | 20 | 206 (163) | 106 (104) | 54 | 5 | 0 | 0 | 0 | 391 | | |
| 8 石 油 ・ 石 炭 製 品 製 造 業 | 0 | 5 (5) | 9 (9) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | | |
| 9 プラスチック製品製造業 | 9 | 132 (103) | 35 (35) | 9 | 9 | 8 | 0 | 0 | 202 | | |
| 10 コム製品製造業 | 0 | 1 (1) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| 11 窯業・土石製品製造業 | 0 | 38 (12) | 46 (37) | 36 | 0 | 8 | 0 | 0 | 128 | | |
| 12 鉄鋼・非鉄金属製造業 | 0 | 26 (24) | 19 (19) | 19 | 1 | 0 | 82 | 0 | 147 | | |
| 13 金属製品製造業 | 3 | 37 (28) | 26 (26) | 42 | 0 | 4 | 0 | 0 | 112 | | |
| 14 一般機械器具製造業 | 14 | 102 (69) | 26 (24) | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 153 | | |
| 15 電気機械器具製造業 | 23 | 131 (176) | 12 (12) | 18 | 5 | 5 | 0 | 0 | 244 | | |
| 16 輸送用機械器具製造業 | 0 | 20 (19) | 1 (0) | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 22 | | |
| 17 精密機械器具製造業 | 13 | 6 (6) | 12 (12) | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 85 | | |
| 18 その他製造業 | 0 | 8 (8) | 0 (0) | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 26 | | |
| 19 運輸・通信業 | 0 | 0 (0) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 20 卸売・小売・飲食店 | 0 | 2 (2) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | | |
| 21 研究機関 | 0 | 0 (0) | 0 (0) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 22 その他 | 1 | 0 (0) | 0 (0) | 0 | 0 | 2 | 0 | 51 | 54 | | |
| 合 計 | 87 | 806 (642) | 305 (289) | 190 | 137 | 26 | 82 | 51 | 1,686 | | |

図4-2 統計結果出力例（図4-1の統計条件の結果）

(2) 事業所名簿の各種印刷

研修・セミナー等の案内用のタックシール(宛名)印刷や、業種別の事業所名簿の印刷等も容易に行える。特に、宛名印刷では、地域、業種、従業員数やセンター利用の有無をパラメータとして、きめ細かな選択が可能であり、発送業務の効率化に役立っている。

5. む す び

62年11月にシステム開発は一応終了したが、その後も必要に応じて拡張を続けている。設備使用、依頼試験のデータは、62年4月1日にさかのぼって入力しているので、62年度の試験分析機器類の利用状況は統計分析が可能である。63年度以降も本システムを有効に運用する予定である。

本システムの開発によって当所のハード面の利用状況が判るようになったが、技術相談・技術指導などのソフト面の利用状況の分析が次の課題であって、63年度にこのためのシステム開発を行うつもりである。

デザイン手法の高度化に関する研究

— デザインソフトに関する考察 —

技術第二科 野上 雅彦

1. ま え が き

今日、CADの普及には著しいものがあり、デザインの世界に於ても様々な分野での利用が拡大されつつある。消費者ニーズの多用化により多品種小量生産が要求される今、デザイン作業の合理化の為のみならず、コンピューターの利用により初めて可能となる創造や表現こそ、これから押し進めて行くべき課題であろう。ここで、当センターでもCADを積極的に取り入れていくことにより、デザイン手法の高度化をはかっていき、県内企業のデザイン指導への応用と共に、中小企業自身へのCADの指導及び、導入を促進して行く。

そのために本年度では、当センター設備のホストコンピューターとCAEソフトを用いてCADの実践を行うことで、コンピューターのデザインへの利用時における特性を把握し、これから当研究をすすめて行くに当たっての指針を得んとした。

2. 写楽の浮世絵の3次元モデル化

先ず第一に、当センター設備のCAEソフトを利用して、3次元モデルの試作を行うこととした。ここで何をモデリングするかという問題にあたり、世の中に2次元でしか存在しない絵画の世界を3次元化してみた時に、面白い効果が得られるのではないかと思惟した。また、その絵画の中に於ても特に平坦な表現である浮世絵に目を付け、写楽の中でも有名な「大谷鬼次」をモチーフにすることにした。(2-1)

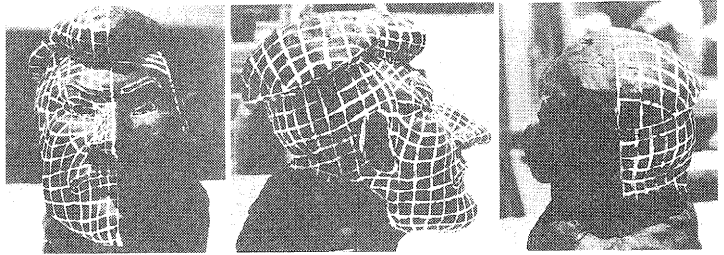
制作手順

- (1) 浮世絵をもとに粘土により立体化し、その粘土モデルにブリットを引きポイントを決める。
- (2) 粘土モデルを撮影し、各ポイントのX・Y・Z座標を求める。(2-2、3、4)
- (3) コンピューターに、ポイントをインプットする。(2-5)
- (4) ポイントを結んでいき、面を形成していく。(2-6)
- (5) 色を指定して、シェイディング(陰影処理)をする。(2-7、8、9)

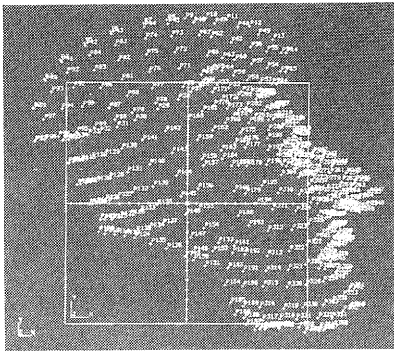
こうして出来た3次元モデルを効果的にプレゼンテーションするには、やはり様々な角度からのディスプレイが有効である。しかし現在の所、3次元モデルをシェイディングしたままりアルタイムで動かすことは不可能なため、その現実的な方法としてアニメーション化が必要となる。ここでこの写楽の頭だけを用いて、アニメーションを試みた。(2-10)



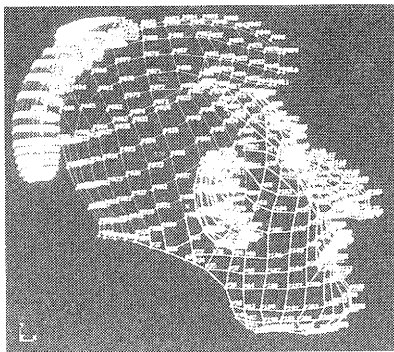
2-1



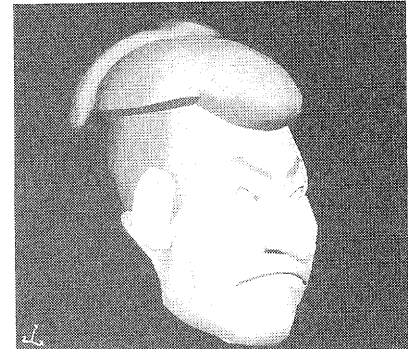
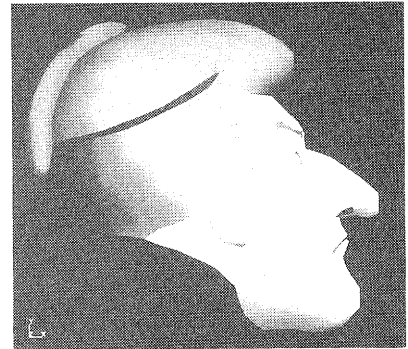
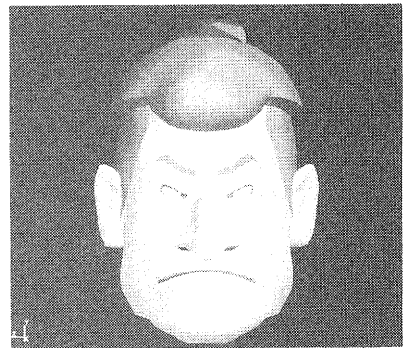
2-2、3、4



2-5



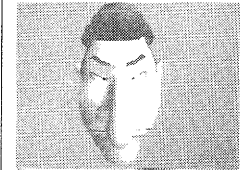
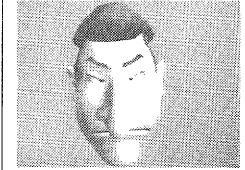
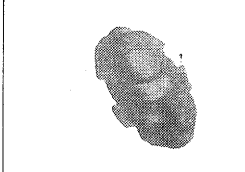
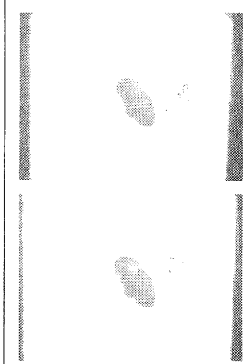
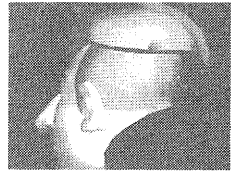
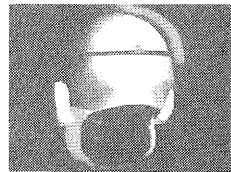
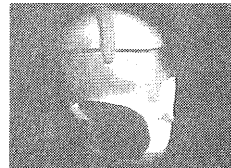
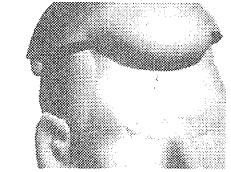
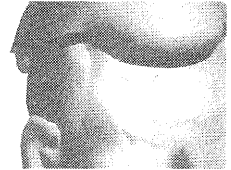
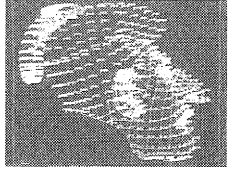
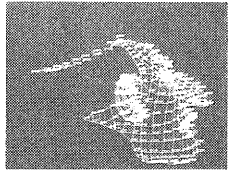
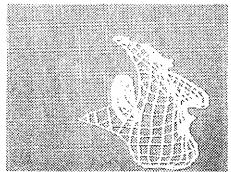
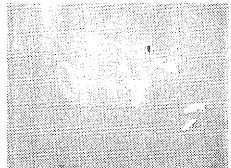
2-6



2-7、8、9

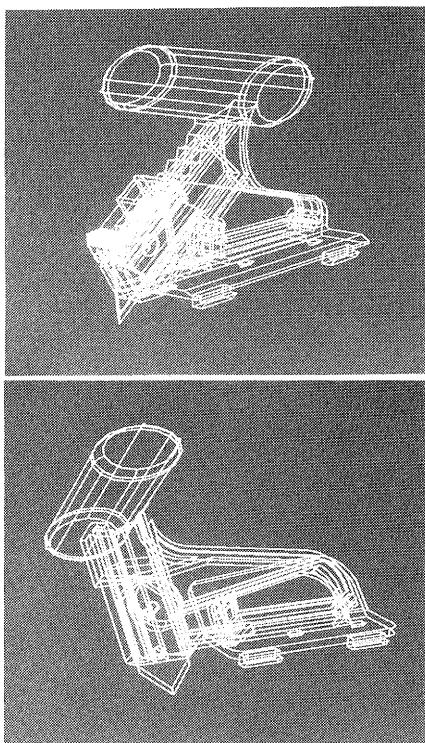
SHARAKU
IN
COMPUTER
GRAPHICS

SHARAKU
IN
COMPUTER
GRAPHICS

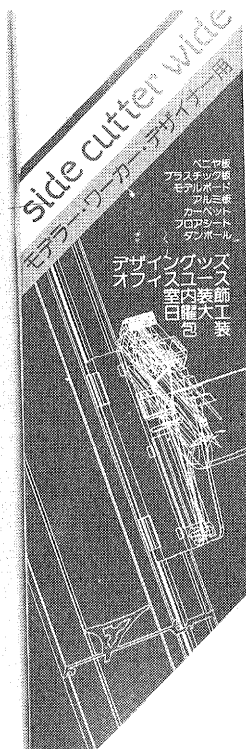


3. カッターナイフの3次元モデル化

県内企業からの依頼によりデザイン指導をしたカッターナイフの3次元モデル化を行った。このカッターは、専用のスケールにセットすることにより、厚みのあるものを $90^{\circ} \cdot 45^{\circ}$ の角度で正確にカットすることが出来るものである。(3-1) このコンピューターグラフィクスをパッケージに使用することで、この製品のイメージである「新しさ」「正確さ」を表現しようとした。(3-2) また、使用説明に必要なイラストも、コンピューターグラフィクスの利用で簡単に描くことが可能となった。



3-1



3-2

4. 考 察

写楽については、現時点では頭部しか完成していないが、かなりの成果が得られた。現実には存在しないもの、見ることの出来ないものが、あたかも目の前に存在するかの様に見せかけることが可能であり、その効果はアニメーション化によって一段と拡大される。そのアニメーションについても、動きや色だけではなく、これからの課題として、その物のおかれる環境や、音響効果の有効な活用が、更に必要となってくるであろう。

そしてカッターについては、今回はコンピューターグラフィクスの利用が目的の3次元モデル化であり、その意味に於ては有効であった。しかしこれからの展望として、その設計段階からのCADの活用という問題が残されており、これからはそこに重点を置き、研究を進めていく必要がある。

5. ま と め

まず、CAD の一つの大きな目的である合理化についてであるが、本研究においてはその効果はあまり感じられず、デザインにおいてはもっと目的を絞ったエキスパートシステムとして、初めてその価値を発揮できるものと思われる。そしてCAD のもう一つの大きな目的である、コンピューターの利用で初めて可能となる想像や表現を求めて行くことの方に大きな可能性を見出し、そこにこそ、これからの本研究の指針を置くべきであると確信した。

使用機器 : IBM 4361 ホストコンピューター
IBM 5080 グラフィックシステム
使用ソフト : CAEDS ソリッドモデリング

工業技術センター研究報告

第 2 号

昭和63年9月印刷発行

発行 滋賀県工業技術センター
滋賀県栗太郡栗東町上砥山232
0775 (58) 1500

印刷 大津紙業写真印刷株式会社
大津市月輪一丁目9番33号