

# 自動縫製システムへの画像認識技術および 工程管理制御技術の適用

## Application of Image Recognition and Process Flow Technologies to Automated Sewing Systems

通商産業省工業技術院および中小企業事業団は、わが国の繊維・縫製業界の活性化を目的に、大型プロジェクト「自動縫製システムの研究開発」を昭和57年度から9年間にわたって行って来た。日立製作所は、画像応用技術、工程管理制御技術および生産管理エキスパート技術に関する研究開発で参画した。画像応用技術では、布地表面の検査や柄合わせのような視覚を必要とする工程を、濃淡画像処理技術を駆使して自動化を行った。また、工程管理制御技術では、縫製業界の特徴を反映した生産管理技術を開発するとともに、各種自動機を協調運転し、縫製ワークを加工するための設備制御技術の開発を行った。

これらの開発技術は、縫製業界の生産自動化に大きく寄与するとともに、その他の産業の自動化にも役立つものと期待される。

高木陽市\* Yōichi Takagi  
宇都 徹\* Tōru Utsu  
吉岡達夫\*\* Tatsuo Yoshioka  
高藤政雄\*\*\* Masao Takatō

### 1 はじめに

わが国の繊維産業は、消費者ニーズの多様化・短サイクル化などにより、高付加価値製品の生産に迫られており、多品種少量生産を効率的に行うために自動縫製システムの研究開発が計画され、昭和57年度から研究開発を開始した。最終年度の平成2年度には実験プラントをつくば研究支援センターに建設し、開発技術の検証実験を行った。研究開発の概略工程を図1に示す。本研究開発には、紡績・染色・縫製・アパレル・電機・機械などのメーカー28社が参画し、日立製作所は、画像応用技術、工程管理制御および生産管理エキスパート技術に関する技術開発に参画した。

今回の研究開発で、画像応用技術については、従来自動化の隘(あい)路となっていた布地表面の検査や柄合わせのような視覚を必要とする工程を、濃淡画像処理技術を駆使して自動化を図った。また、多品種少量生産を効率的に行うために、生産計画に基づいて、工程管理制御計算機からの指令で各自動機を協調運転するための技術開発を行い、実験プラントでは、フレキシブルソーイングサブシステムの大部分の自動機を、このような方式で協調運転を行い好結果を得た。以下、本稿では、2章で自動縫製システム全体の構成を述べ、3章から6章で今回開発した画像応用機器について述べる<sup>1), 3), 4)</sup>。

研究項目 \ 年度	1982年	1983年	1984年	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年
要素技術の研究	概念設計								
		基本設計・詳細設計・製作・運転研究							
実験プラントの建設							基本設計・詳細設計・製作		
									運転研究

図1 自動縫製システムの開発工程 自動縫製システムの開発工程を示す。最初の6年間は要素技術の開発を行い、最後の3年間は実験プラントの建設を行った。

\* 日立製作所 大みか工場 \*\* 日立製作所 システム事業部 \*\*\* 日立製作所 日立研究所

また、工程管理制御技術の研究開発内容については7章で述べる。

## 2 システムの開発目標と概要

### 2.1 自動縫製システムの開発目標

自動縫製システムの開発目標は、以下に述べるとおりである。

- (1) 現行生産方式の生産時間を50%以下とする。
- (2) 多品種少量生産衣料を対象とする。
- (3) 中小縫製業の実態に合ったシステムとする。

### 2.2 自動縫製システムの概要

自動縫製システムの実験プラントの全体構成を図2に示す。実験プラントは、以下に示す四つのサブシステムから構成されている。

#### (1) 高速レーザ裁断サブシステム

本サブシステムは、検反、裁断などの縫製準備工程のための自動機器群から構成されている。検反工程では、反物の表面の欠点を検査するための、濃淡画像処理技術を使用した二次元視覚欠点検知装置と柄ピッチ計測検査装置の開発を行った。裁断工程は、反物から縫製パーツを製造するための工程

で、柄合わせ裁断用柄認識装置の開発を行った。

#### (2) フレキシブルソーイングサブシステム

本サブシステムは、女性用ブレザーの前身ごろ、後身ごろ製造工程の各種芯(しん)地加工工程やパーツ縫製工程を、柔軟かつ自動的に行うための機器群から構成されている。各自動機は、工程管理制御計算機によって協調運転される。画像処理技術は、付与情報認識装置、ポケット位置決め装置、自動形状検査装置などに採用した。

#### (3) ハイテクアSEMBルサブシステム

本サブシステムは、合わせ縫い工程と三次元縫製工程などの各装置から構成されている。

#### (4) 三次元フレキシブルプレスサブシステム

本サブシステムは、女性用ブレザーをフレキシブルダミーと風袋プレスによって最終仕上げプレスするための機器から構成されている。

## 3 検反用画像処理技術

### 3.1 二次元視覚欠点検知装置<sup>6)</sup>

#### 3.1.1 二次元視覚欠点検知装置の概要

今回開発した二次元視覚欠点検知装置は、ITV(工業用テレ

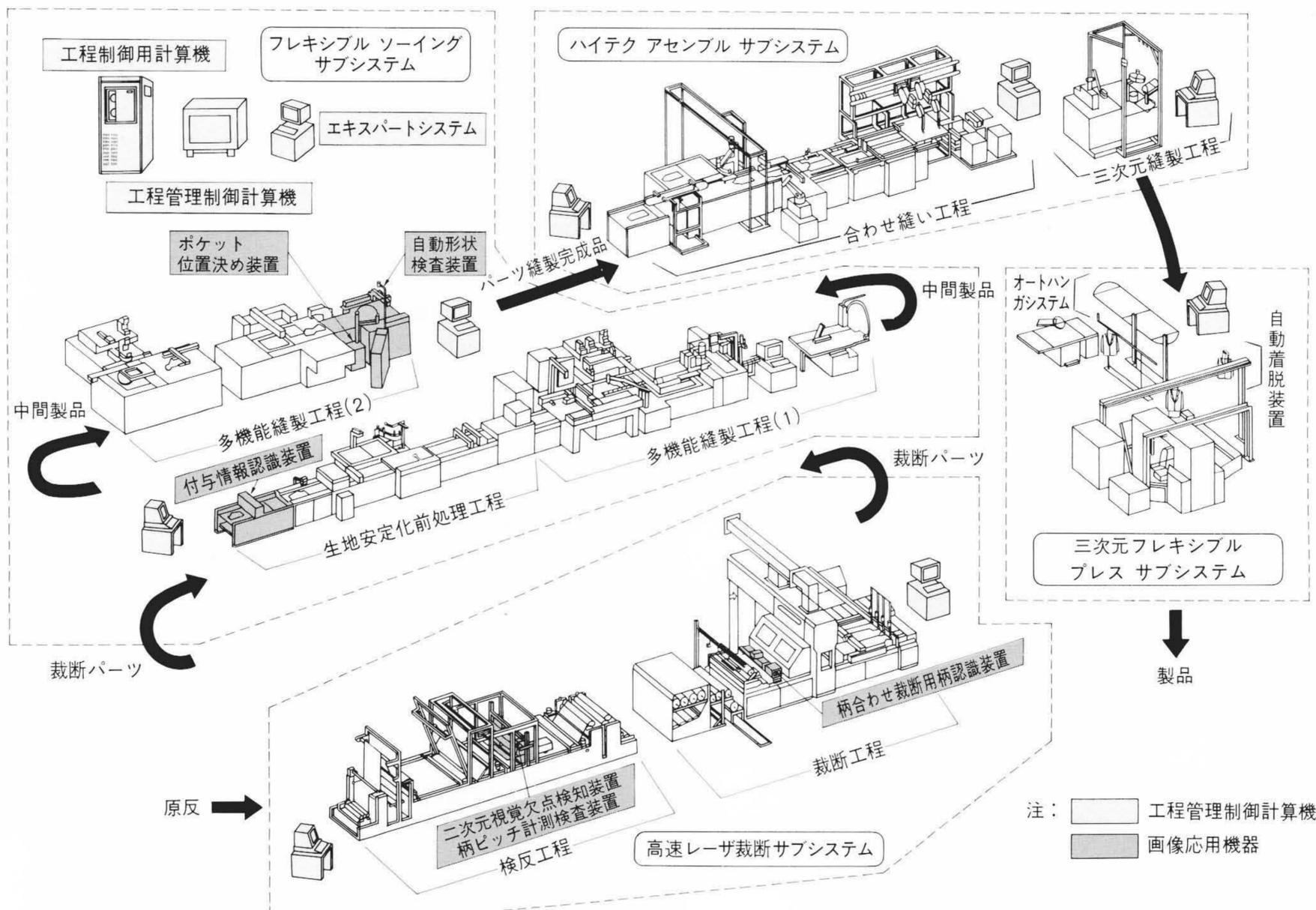


図2 自動縫製システム実験プラントの全体構成 自動縫製システム実験プラントは、四つのサブシステムから構成されている。画像応用技術は、高速レーザ裁断サブシステムとフレキシブルソーイングサブシステムに適用した。

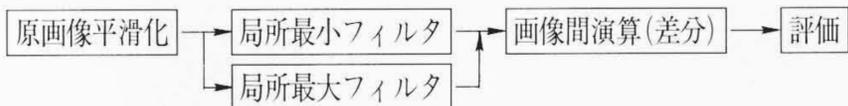
ビジョン)カメラからの画像を解析して、反物表面の欠点を自動的に検知する装置で、実験装置の全体構成を図3に示す。

本装置は、欠点検知装置本体、検反制御装置、ITVカメラ、分周器などから構成されている。欠点検知装置本体は、5台の画像処理装置(HIDIC-IP/5)を搭載し、画像解析により欠点を検知する機能を持っている。概略仕様は、以下のとおりである。

- (1) 画像処理装置……HIDIC-IP/5：5台
- (2) ITVカメラ……シャッターカメラ(KP-181)
- (3) 照明……直流電源，反射光，白熱灯
- (4) 検査可能生地幅……1,000 mm
- (5) 検査処理速度……無地：20 m/min  
柄物：4 m/min
- (6) 検査対象物……無地および柄(水玉，縞(しま)柄，格子柄の単純柄)

### 3.1.2 無地の欠点検知アルゴリズム

無地の反物上の汚れ，きず，しわなどの欠点の検知処理手順は，まず最初に布地画像上の織目を除くために，原画像を空間積和演算によって平滑化処理を行う。得られた平滑化処理画像に対して，局所最小フィルタ処理と局所最大フィルタ処理を行い，得られた二つの画像で画像間演算(減算)を行うことによって，濃度変化の多い部分を強調した画像を得る。得られた画像を評価することによって欠点部を検知する。

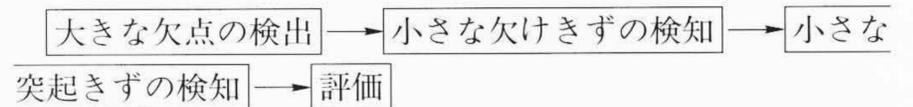


上記方式は，照明の変化に強い特徴があり，安定した無地の欠点検知が可能である。検知精度の目標値は，グレースケール3級，2mm角であるが，綿織物ブロード，合織織物タフタ，綿織物スムーズ，毛織物について評価実験を行い，いず

れも検知可能であった。本機能は，鉄板・皮革・紙などのような平らな一様な表面の汚れ，きずなどの欠点の検査に広く応用できる技術である。

### 3.1.3 柄物の欠点検知アルゴリズム

プリント柄(なせん)の単色柄・単純柄(水玉・縞柄・格子柄)を対象にして，なせんきず(インク汚れやかすれ)を検査する技術の開発を行った。水玉柄の例をとると，欠点検出は処理を3段階に分けて行った。大きな欠点の検出は，面積や形状係数などの特徴量を計算して不良な水玉を検知した。小さな切欠や突起きずなどの検知は，原画像を2値化処理したあと膨張収縮法で検知した。



水玉柄の欠点検知結果の例を図4に示す。縞柄の欠点検知は，原画像をX方向またはY方向に柄の境界部分が強調されない方向に微分し，欠点部を抽出した。

### 3.2 柄ピッチの計測検査装置

本装置は，反物の全長にわたってピッチ幅を計測する機能を持っている。今回開発した柄ピッチ計測検査装置は，検査装置本体，ITVカメラ，分周器，エンコーダなどから構成されている。柄ピッチ計測検査装置の外観を図5に示す。1台のカメラから別々のタイミングで取り込まれた2個の入力画像を使って，複数のピッチを挟む間隔を計測する。二つの画像の取り込みタイミングは，搬送ローラに直結したエンコーダの信号をカウントして得ている。本システムの概略仕様は以下のとおりである。

- (1) 画像処理装置……HIDIC-IP/200：1台
- (2) ITVカメラ……シャッターカメラ(KP-181)：1台
- (3) 照明……高周波蛍光灯

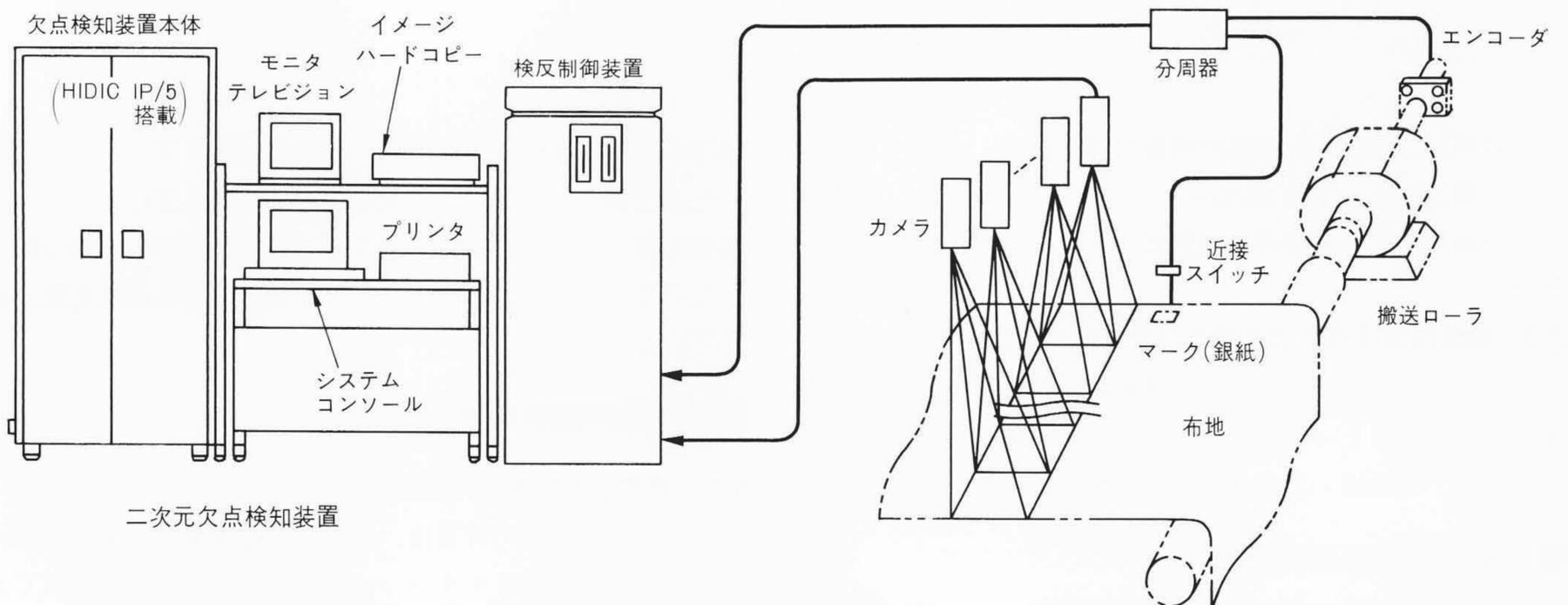
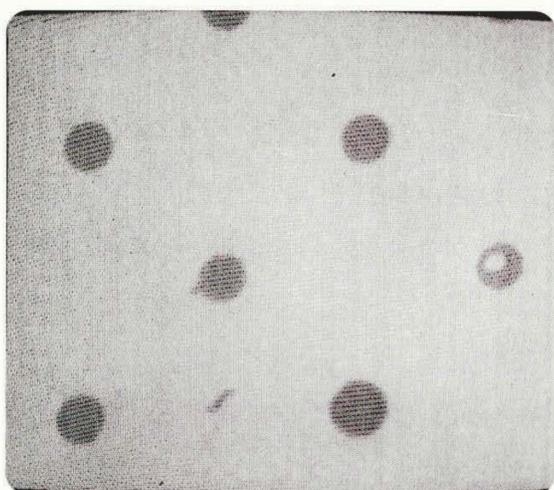
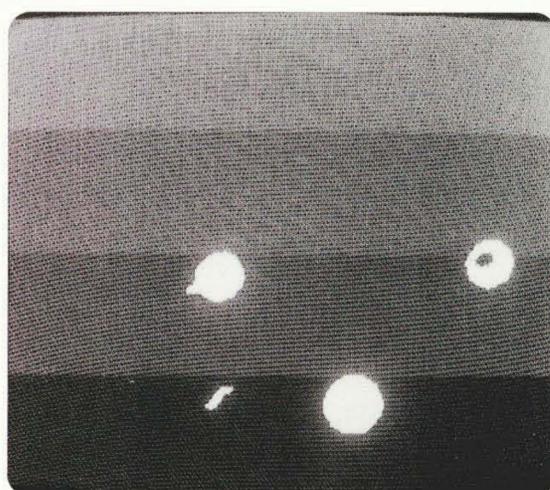


図3 二次元視覚欠点検知装置のハード構成 二次元視覚欠点検知装置のハード構成を示す。欠点検知装置本体，検反制御装置，カメラ，エンコーダ，分周器などから構成されている。1台の画像処理装置で，2台のカメラを駆動する。布幅1mに対して10台のカメラを使用している。



(a) 入力画像



(b) 検出結果画像

図4 水玉柄の欠点検知結果例 水玉柄の欠点検知結果例を示す。突起きず，欠けきず(穴きず)，標準と大きさの異なる水玉や単独きずなどをすべて検知している。

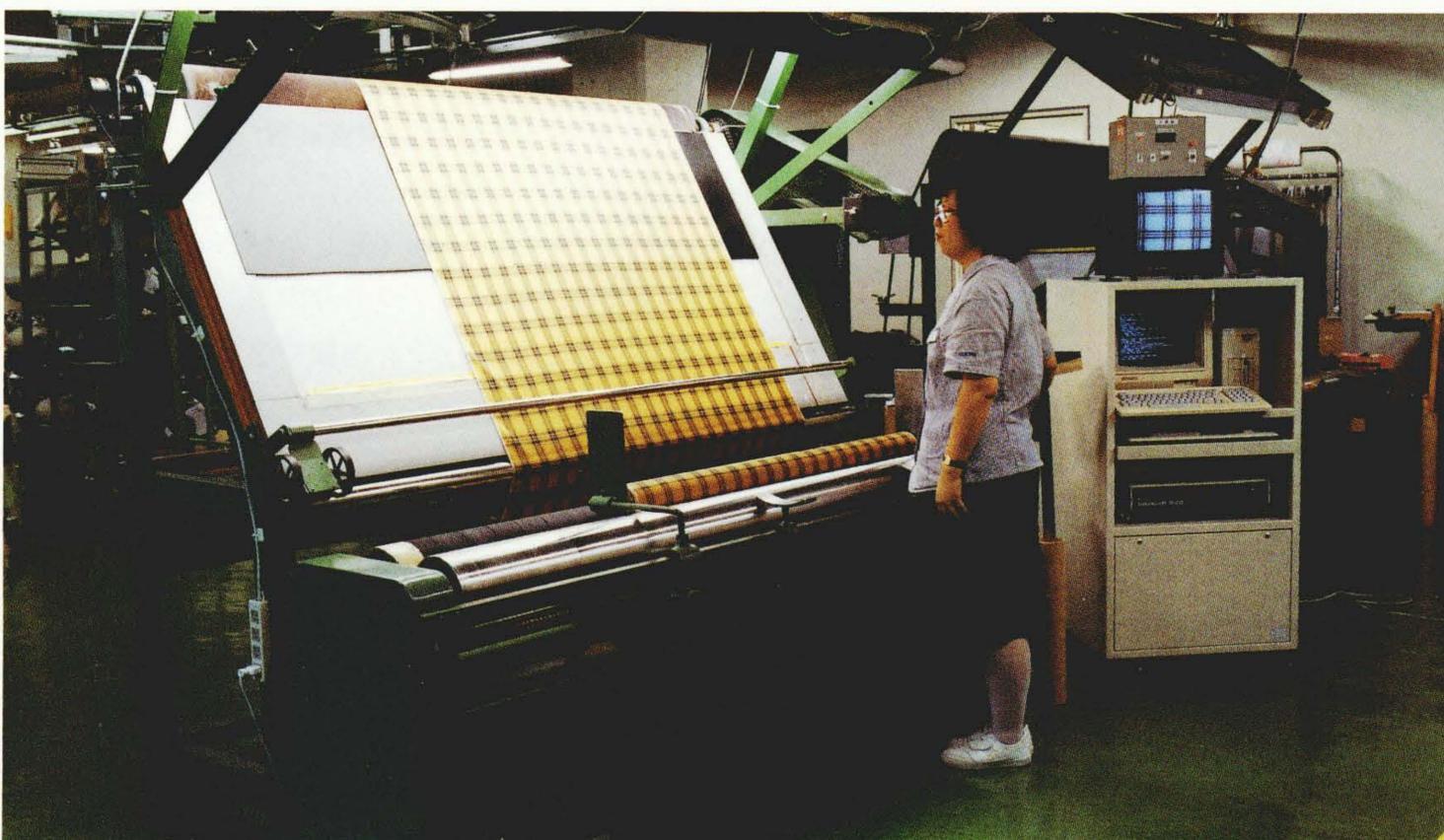


図5 柄ピッチの計測検査装置の外観 柄ピッチの計測検査装置のあるアパレル工場での評価実験状況を示す。布搬送台は，既存の検反機を使用した。

(4) 処理対象………柄模様の明確な柄物

(5) 処理速度………20 m/min

入力画像中での柄模様の位置は，ヒストグラム法によって得た。

### 3.3 検反用画像技術の位置づけと今後の課題

検反画像技術の開発状況を，横軸に開発年度を，縦軸に技術的な困難さをとって図6に示した。未開発技術としては，先染め柄・複雑柄・欠点の分類など難しい課題が残っている。

## 4 裁断用画像処理技術<sup>2), 5)</sup>

柄合わせを必要とするパーツを裁断する際に，柄を考慮して裁断位置を決定する必要があるが，柄認識装置は，裁断直

前に反物上の柄位置を計測し，計測した柄位置を裁断機に知らせる役割を持っている。裁断用の柄認識装置は，すでに製品化を行っており，本誌平成3年3月号で内容を詳細に紹介したので，ここでは実験プラントでの公開運転状況を図7に示すにとどめる。

## 5 縫製用画像処理技術

### 5.1 ポケット位置決め装置

ポケット位置決め装置は，身ごろ上にポケットを位置決めして，ポケット付けステーションに供給するための装置である。縫製パーツは布地でできており，温度や湿度などの環境条件や取り扱い方によって伸縮するので，自動機に供給する

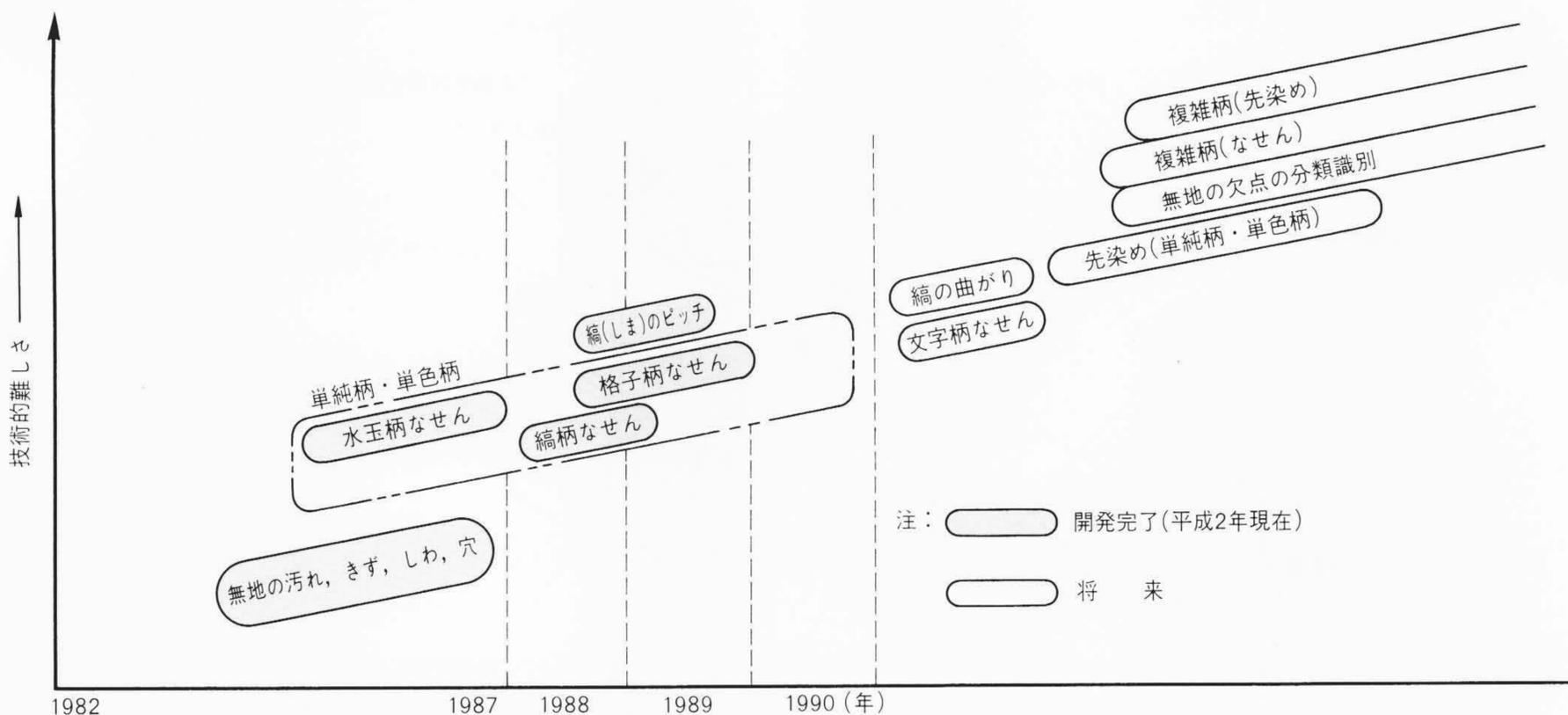


図6 検反用画像技術の開発状況 検反用画像技術の開発状況を示す。斜線部は、今回開発した技術を示す。

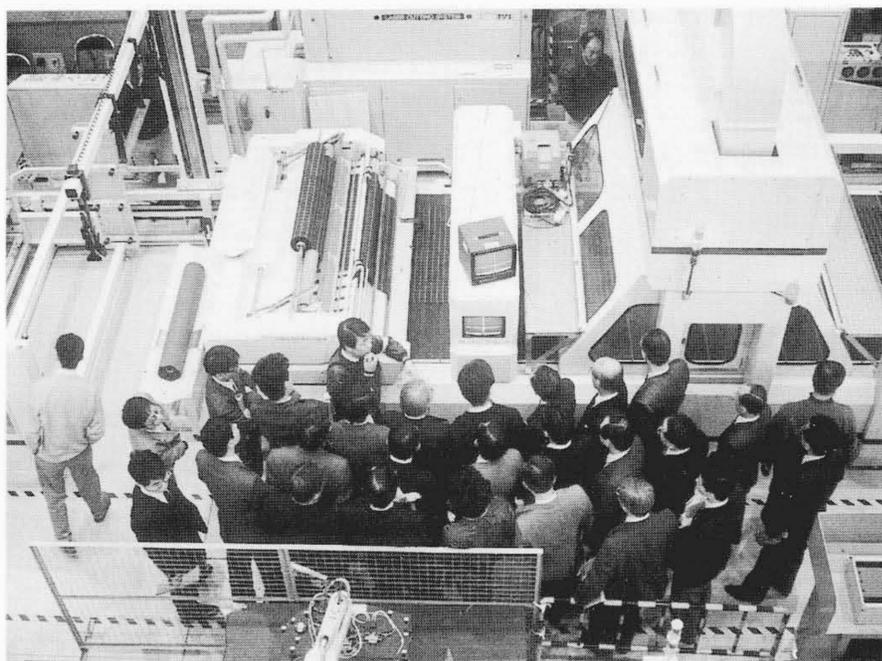


図7 裁断用柄認識装置の公開運転状況 つくば研究支援センターで、高速レーザ裁断機と組み合わせて公開運転中の柄認識装置を示す。

直前で視覚で確認して位置合わせする必要がある。今回開発したポケット位置決め装置は、画像認識技術を使って位置決めを行う。ポケット位置決め装置は、図8に示すようにポケット位置決め用多関節ロボット、把持装置、移動カメラ、ポケット搬送台などから構成されている。無地のポケットの位置決めは、ポケットおよび身ごろ上に付与された位置決め用のマークをITVカメラで読み取り、身ごろ上にポケットを位置決めする。位置決めを使用するマークは、自然光下では見えない媒体で描画されており、特殊な波長の照明下で画像を取り込み、付与マークを認識しポケットの位置決めを行う。柄物のポケットの位置決めは、ポケットと身ごろの柄合わせ

によって行う。柄合わせは、ヒストグラム法により行った。

## 5.2 付与情報認識装置

### 5.2.1 概要

ここでは、自動運転のトラッキングに必要な各縫製パーツ上に付与された制御情報(IDコード)の読取り装置について記述する。本装置は、先の図2に示すように、生地安定化前処理工程の先頭(フレキシブルソーイングサブシステムの先頭にもなる。)に配置され、本サブシステムに投入される各パーツの制御情報を読み取り、読取り結果を工程管理制御計算機に伝送する。この情報は以下に続く各自動機に転送され、治具の自動選定、加工手順の決定などに使用する。製品となったときのことを考え、付与情報は可視光下では見えない媒体で付与してある。また、次段工程の作業を容易にするため、付与情報認識後、反転してからパーツを送出する。装置の概略仕様は以下のとおりである。

- (1) パーツ搬送と反転機構……… 2台のベルトコンベヤを使用
- (2) 読取りステーション………暗室内に照明とカメラを設置
- (3) 照明………紫外線(波長256nm)
- (4) カメラ………カラーカメラ
- (5) 画像処理装置………高速濃淡画像処理装置: 1台(HIDIC-IP/21E)
- (6) 付与媒体………通常光下では不可視で、特殊波長の光源下では画像入力可
- (7) 付与文字………専用の7セグメント文字, 5桁(けた)の数字

付与情報認識装置の外観を図9に示す。

### 5.2.2 情報読取りアルゴリズム

布地上に付与された情報の読み取りは、最も高度な技術を

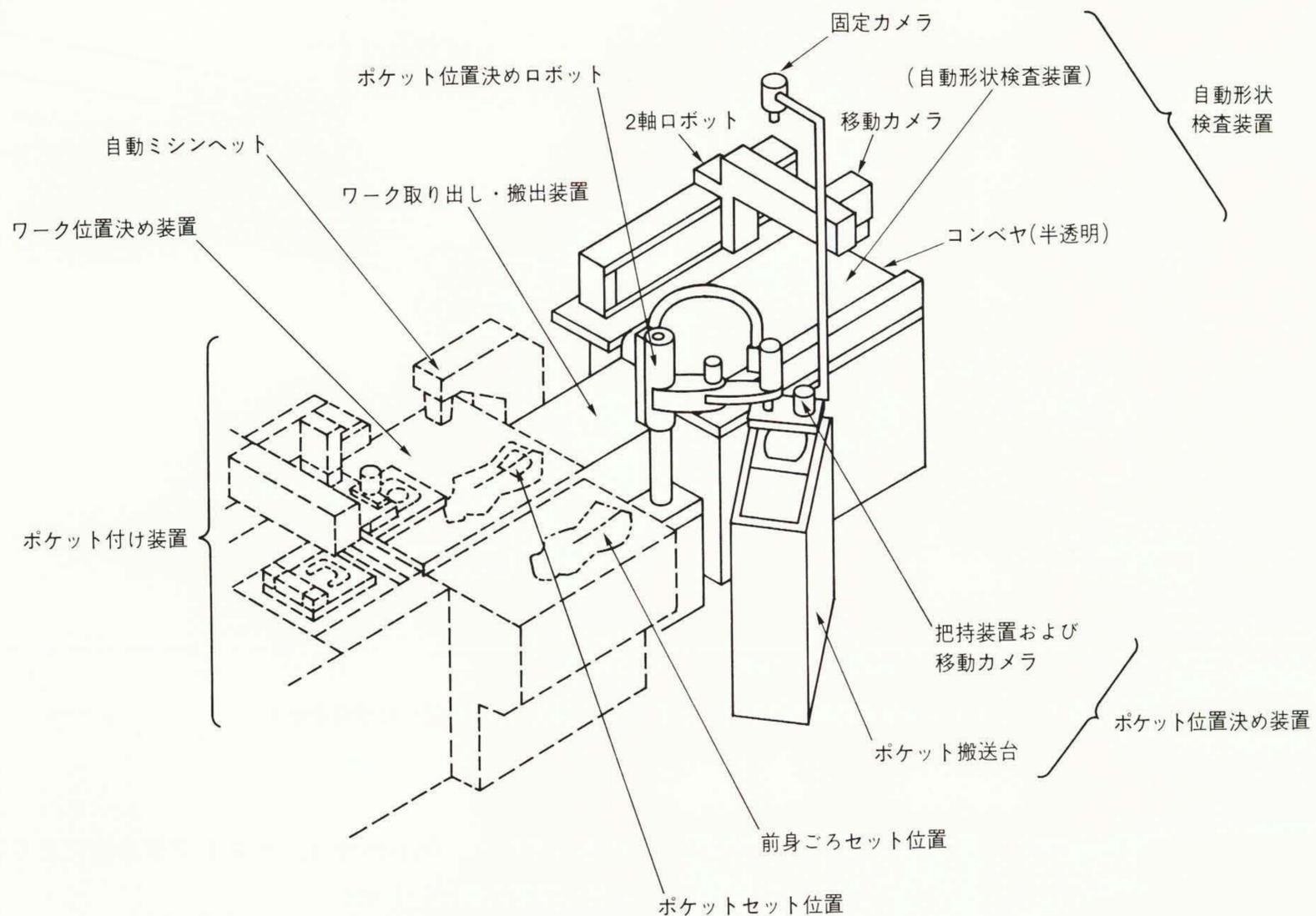


図8 ポケット位置決め装置および自動形状検査装置 ポケット位置決め装置は、ポケット付け装置との共同作業で、身ごろ上にポケット付けを行う。ポケット付け完了後、後方の自動形状検査装置で、正常にポケット付けが行われたか否かを検査する。



図9 付与情報認識装置の外観 付与情報認識装置の外観を示す。パーツを右方から投入し、中央部の暗室内でパーツID(Identification)を読み取り、パーツを表裏反転し左方から送出する。

し処理と切り出した後の文字判読の二つの処理がある。文字判読処理は、ノイズ・情報の欠落に強い7セグメント文字と、その読取りのために判定ウインド方式を採用した。また、文字の切り出しと位置決めを確実にを行うため、付与情報にアンダーラインとサイドラインを付加した。ノイズ発生や情報欠落による誤認識や不認識を防止するため、7セグメント文字のパターン配置は人による判読を考慮しながら、各文字間の相違が最大となるように定義した。読み取り手順は、以下のとおりである。

画像取込 → 2値化 → 文字部切り出し → 文字向き位置決定 → 判定パターン重ね合わせ → 判定

判定パターンは各種準備し、ノイズの発生状況や画像の変形に対応できるようにした。画像上のノイズの中で、柄模様の除去は最も困難な課題であった。付与媒体が、通常光下では発光しない特性を生かして、特殊光源下での画像と通常光下での画像の差分をとり、背景の柄模様を除去する方式はたいの布地には有効であったが、柄の色相によっては発光のレベルが足りなく有効でなかった。一方、付与媒体を適当に選択することにより、特殊光源下で付与媒体からの放射光に可視光を含まず、特定の波長帯だけを含むようにすることが可能となり、その波長帯に感度の良いカメラを使用するこ

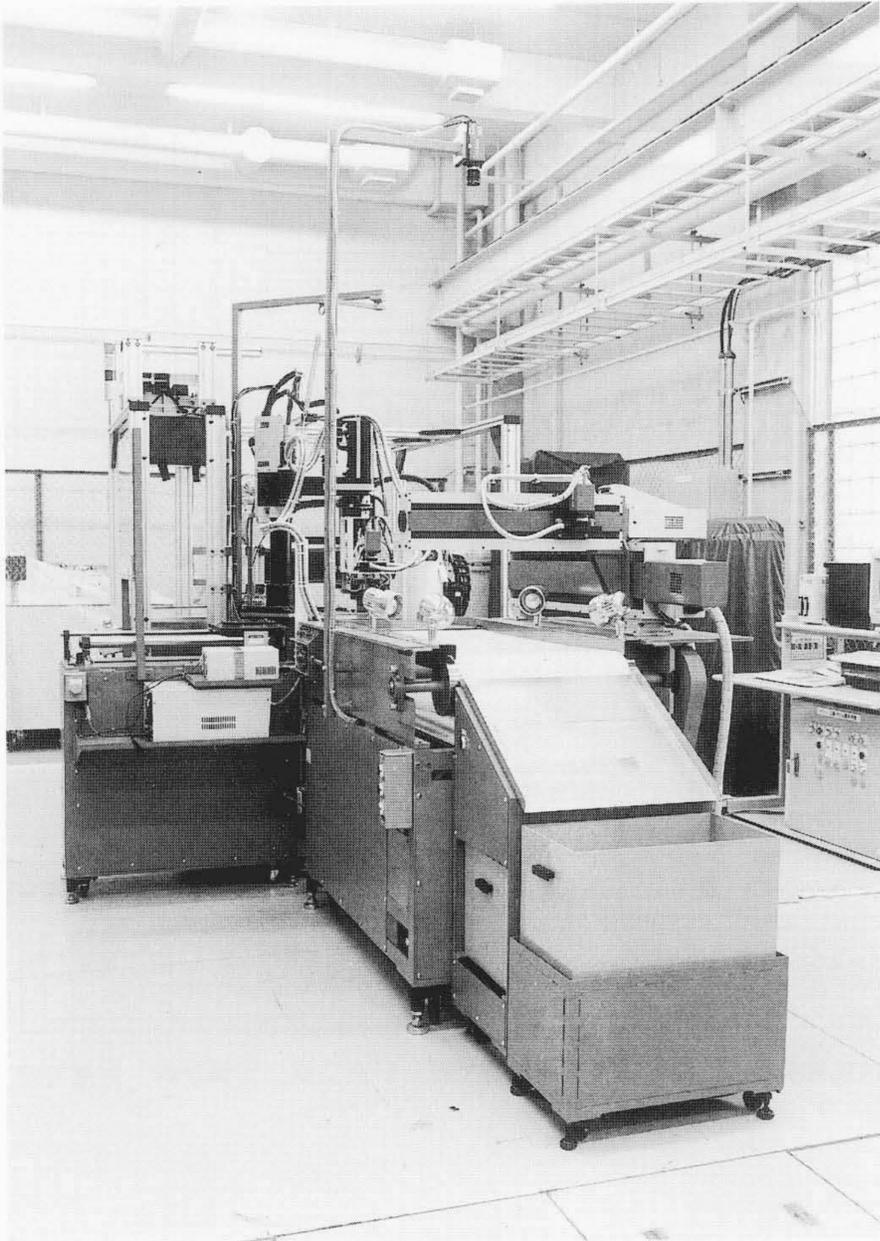


図10 自動形状検査装置の外観 自動形状検査装置の外観を示す。親子2台のカメラで、大きなサイズの身ごろを精度よく検査できる。

とによって無地化した画像が得られるようになり、柄模様のノイズの問題を解決した。

## 6 中間検査用画像処理技術

自動形状検査装置は、自動化された縫製機器の前後に配置し、入力素材や加工結果が正常かどうかを検査するために欠かせない装置である。今回開発した検査装置は、図8に示すようにポケット付け工程の直後に設置し外観を図10に示す。以下に概略仕様を示す。

- (1) 画像処理装置……HIDIC-IP/200：1台
- (2) 2台カメラ方式……2台のカメラを使用して大きなパーツでも精度よく検査できる構成とした。
- (3) 半透明コンベヤ……コンベヤを半透明とし、下方から照明を行うことにより、パーツの生地や色相に関係なく、パーツの輪郭を確実に抽出できるようにした。
- (4) 照 明……照明をくふうすることにより、ポケットの影を利用して身ごろ上のポケット位置を認識可能とした。
- (5) 検査項目……ポケットの取付位置、アームホルの縫合部曲線長、その他

## 7 工程管理制御技術

縫製工場にCIM(Computer Integrated Manufacturing)を導入する際のシステム化の研究目的から、縫製工場レベルでの総合生産管理・設備制御技術を開発した。本技術は、制御用計算機HIDIC-V90/25を中核に、各種の縫製自動機コントローラ、オペレータ用端末から構成され、新規開発の自動機器群とともに、縫製工程の大幅な自動化を実現するものである。

### 7.1 工程管理制御用計算機の構成

工程制御用計算機は、プラントオペレーションをサポートする最上位機種であり、高速レーザ裁断、フレキシブルソーイング、ハイテクアSEMBル、三次元フレキシブルプレスの各サブシステム内の自動機は、トークンリングLANを介し、直接工程管理制御用計算機と接続されている。工程管理制御用計算機は、個々の自動機の状態管理・設備制御をつかさどり、パーツごとのトラッキング制御を実施し、ラインを構成する自動機間の協調運転を可能としている。また、本システムでは裁断パーツストック、縫製パーツストック、半製品ストックを設置し、サブシステム単位の運転、全サブシステムの一貫運転を可能とする機構になっている。

### 7.2 工程管理制御用計算機の機能と特徴

工程管理制御用計算機の機能構成を図11に示す。その特徴は以下のとおりである。

#### (1) 縫製業界の特徴を反映した生産管理技術の開発

加工対象が柔軟素材である場合、例えば検反・裁断工程では、素地の伸び率が加工精度に大きく影響し、またプレス工程では、熱に対する変形率を反映したプレス条件を求めなければ、製品品質の点で問題となる。そこで本工程管理制御用計算機では、生地物理特性データを詳細に管理し、必要とする縫製自動機にリアルタイムで送信する方法を実現した。また、縫製品の場合、サイズ、色、左身ごろと右身ごろの対称性などから、パーツ構成情報にも特徴がある。柄合わせを意識して裁断されたパーツ群は、ソーイングアSEMBル工程でも一括管理する必要がある。自動縫製システムは、バッチ的にパーツを裁断するまでの加工工程と、複数ラインから成る組立工程から成るが、アパレルの特徴を反映したデータベースの開発と、原反から完成品までの現品管理手法を具現し、プラントオペレーションを全面的にサポートする柔軟性の高い生産管理技術を開発した。

#### (2) 設備制御技術の開発

本システムの制御対象である縫製自動機は、すべて新規に開発されたものであるが、実験プラントでは、自動機間で人を介さない全自動運転を可能とする設備制御技術を開発した。特に、フレキシブルソーイングサブシステムでは、上流工程の加工終了タイミングで下流工程の加工開始指令を与え、

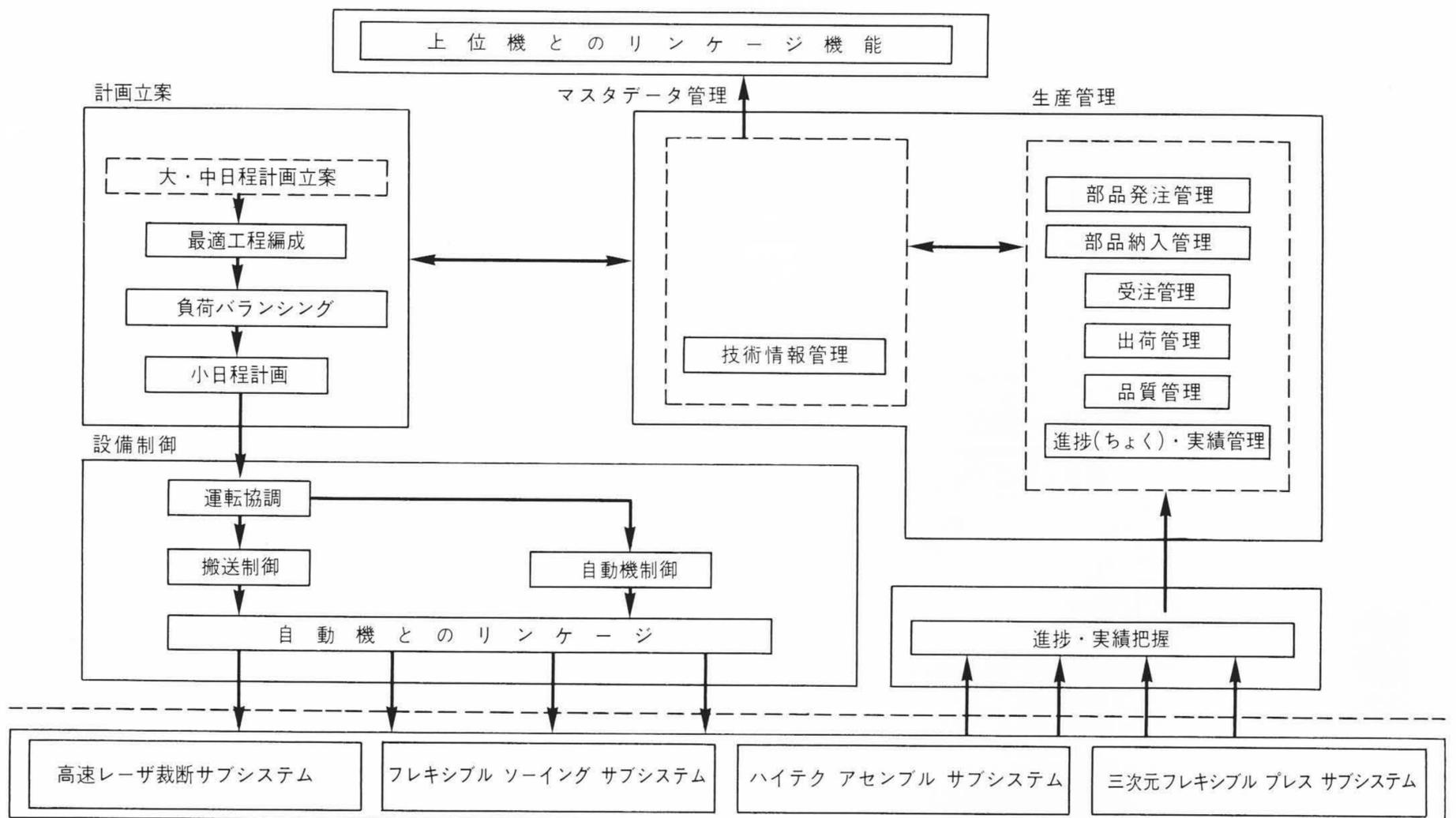


図11 工程管理制御用計算機の機能構成 工程管理制御用計算機の機能構成を示す。工程管理制御用計算機は、計画立案、設備制御、生産管理などの機能を持っている。

事前に治具の準備をすることで段取り替えロスの極小化を図っている。

### (3) システムインテグレーション技術の研究

自動縫製システムでは、裁断パターン作成技術、同パターンを原反のどこにレイアウトするかを支援するマーカレイアウト技術、従来の縫製指示書の情報作成を支援する工程設計エキスパート技術、生産計画技術、最適工程編成技術など種々の技術が研究された。工程管理制御技術は、これらの各技術に密接に関係するが、縫製業界でのCIM化のためのシステムインテグレーション方法を提案し、また実験プラントで実証することができた。

## 8 おわりに

以上、自動縫製システムへの画像応用技術および工程管理制御技術の適用例について述べた。布地を対象とした画像応用技術は、高度の技術を要求され、国内外での技術開発の発表例も少ない。今回の技術開発では、布地に対する表面検査・寸法形状検査・ロボットの位置決め・文字読取りなどについてロボットなどマテリアルハンドリングを含む広範な画像応用技術の開発を行った。これらの技術は、紙、フィルム、金属など布地以外の対象物にも広く応用でき、一般の製造ラインの自動化への画像技術の適用拡大に役立つものと思われる。一方、工程管理制御技術では、世界に先駆けて多数の縫製自

動機器を全自動で運転する技術を確立した意義は大きい。布地の特性から搬送や位置決め技術に問題があり、他分野に比較して縫製ラインの全自動化は遅れていたが、今回の技術開発により、従来主流であったハンガーシステムに代わる全自動化方式への転機となることが期待される。

終わりに、本研究開発にあたりご指導いただいた通商産業省工業技術院、中小企業事業団、自動縫製技術研究組合および大型プロジェクト参加企業の各位に対し、感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 高木, 外: 自動縫製システムにおける画像技術の応用例について, 第5回産業における画像センシング技術シンポジウム, 4-3, p.141~146, (1990-6)
- 2) 若杉: 画像認識による生地自動裁断システム, 映像情報 I (1990-9)
- 3) 森, 外: 2次元画像処理による布地の検反, 寸法計測, 柄合わせの自動化, 加工技術, Vol.24, No.9, 576(1989)
- 4) 高木, 外: 自動縫製システムにおける画像技術, 画像ラボ, Vol.1, No.11, p.30~32(1990~11)
- 5) 高木, 外: 生地の自動柄合わせ裁断システム, 日立評論, 73, 3, 325~330(平3-3)
- 6) M.Takato, et al.: Automated Fabric Inspection System Using Image Processing Technique, SPIE Vol.1004 pp.151~158(1988)