「産官学共同プロジェクト」特集

自動縫製システムの研究開発

小 川 成 夫

1. はじめに

本研究開発は、1982年度より開始され、1990年度、正確には、1991年2月をもって終了する。

研究開発が開始されたのは10年前、アパレル製造業は次の諸要因より体質改善を迫られていた。

- (1) アパレルの需要構造の変化：国内需要の量的伸び悩みに加え、個性化、多様化、高級化、短サイクル化等の質的变化の進展により、多品種少量短サイクル生産を余儀なくされ、コスト上昇を招いていた。
- (2) 諸外国との競合の激化：近隣新興工業国では、賃金格差に加えて技術水準も向上し、定番品や中・下級品分野の我が国への輸出が増加していた。このような情勢に対処するためには、これら諸国との合理的な国際分業を図るとともに、高付加価値製品の実需直結型生産体制の確立が必要であった。
- (3) 労働力の確保難：アパレル製造業は、労働集約度が高く、熟練を必要とする割りには単純な繰り返し作業が多い。このため、労働力の確保が困難であった。

これ等の諸問題を技術面より解決し、繊維産業の活性化を図るため、実需に直結した多品種少量生産のできるアパレル生産工程の自動化・システム化技術の開発が望まれていた。

2. 大型プロジェクトの要件とアパレル製造業の特徴

大型プロジェクトの研究開発テーマ選定に際しては、次の要件が必要とされている。

- (1) 産業構造の高度化、国際競争力の強化等のため、極めて、緊急に必要である。

Research & Development of Automated Sewing System

筆者紹介 SHIGEO OGAWA

Technology Research Association of Automated Sewing System

自動縫製システム技術研究組合 技術部長

筆者は、東京大学理学部を卒業後、繊維工業試験所(現繊維高分子材料研究所)に入所され、最近の10年近くは研究管理分野を担当し、産学官共同研究である自動縫製システム研究開発のプロジェクト発足と同時に現職につかれた。趣味は読書(冒険スパイ小説)。

本稿では、産学官共同研究の制度的な面に若干重点を置いて紹介して頂いた。

- (2) 先導的又は波及的性格を持ち、鉦工業の技術向上に著しく寄与する。
- (3) 多額の資金と長期の研究開発期間が必要で、多大の危険負担を伴うため、産業界ではその研究開発を行えない。
- (4) 開発目標の設定が可能で、目標達成の技術的手法に見通しがある。
- (5) 国、産業界、学界等の研究開発能力の結集が必要である。

一方、我が国のアパレル製造業の特長よりして、技術開発上次の点に配慮する必要がある。

- (1) 企業規模が小さいため、技術者が少なく、企業自身での技術開発は期待できない。さらに、操作が容易で、低価格の機器を開発しないと、導入できない。
- (2) 加工工程が多岐にわたり、各種ミシンだけでなく、プレス、接着機等が、直列、並列に配置されており、個々の機器の信頼性ととともに、システム間のバランスが必要で、ハードウェアとともにソフトウェアも技術開発しなければならない。
- (3) 加工対象の材料が布等柔軟性に富むため、通常の固い材料を対象とした技術は適用できず、新たに柔軟材料のハンドリング技術の開発が必要である。

1. で述べた我が国のアパレル製造業を取り巻く情勢と必要な技術開発の特長を併せ考えて、自動縫製システムの研究開発が大型プロジェクトとして取りあげられた。

3. 研究開発の概要

3.1 研究開発基本計画

研究開発基本計画は、本プロジェクトの開始時に設定されたが、その後研究開発の進行状況やアパレル製造業

図1 研究開発体制

図2 研究開発スケジュール

の中小企業性を一層考慮して、一部変更され、次のようになっている。

(1) 研究開発期間：1982年度より9年間

(2) 研究開発費総額：約100億円

(3) 研究開発の目標と方式

① 消費者ニーズの多様化、短サイクル化等に対処するため、中小縫製業における多品種少量生産を効率的に行う「自動縫製システム」の開発に必要な技術を

確立することを目標とする。

② 基本的な開発目標：縫製準備加工技術、縫製組立技術、生地ハンドリング技術、システム管理・制御技術を確立し、これ等4つの要素技術を組合わせて、中小縫製業における多品種少量衣料の生産における1枚当たりの生産時間を、現行生産方式の50%以下で行う技術を確立する。

③ 研究開発方式：上記4つの要素技術開発を行うと

もに、縫製自動化システムの設計研究を行う。更に、これらの成果を評価のうえ、服種を特定した実験プラントの詳細設計、製作を行い、総合運転によりその機能を評価し、中小縫製業の実態に合った実用化システムに必要な技術を開発する。

3.2 研究開発体制と研究分担

前節2で述べた大型プロジェクト選定の要件よりして、本研究開発は、通商産業省工業技術院が中心となり、産・学・官の研究開発能力を結集して進められている。

対象プロジェクトの選定、研究開発基本計画及び毎年度の実施計画については、通商産業大臣の諮問機関である産業技術審議会大型技術開発部会自動縫製システム分科会に審問されている。また、研究開発の評価については、中間時点と終了時点で上記部会の評価分科会に担当小委員会が設置され、研究開発体制等を含めて、幅広い評価が行われる。

研究開発推進の行政組織としては、工業技術院長のもとに、技術審議官、総括研究開発官、担当研究開発官が設けられ、管理業務等を行うほか、関係学識経験者、研究開発担当者等より成る研究開発連絡会議が設置され、総合的な推進が図られている。

実際の研究開発は、工業技術院傘下の国立試験研究所と、工業技術院より研究開発を委託された自動縫製システム技術研究組合が実施している。

即ち、3.1で述べた4つの要素は、4.1で述べるように、それぞれ3～4のサブ要素技術より構成されているが、図1に示すように、主要要素技術の基礎的研究を工業技術院傘下の3研究所が担当し、その結果を反映、応用しつつ要素機器等の試作研究と全体を統合するトータルシステムの研究を研究組合が担当している。

3.3 研究開発スケジュール

研究開発方式に示されているように、本プロジェクトは、大きく2つの期間に区分される。

図2に示すように、第1期は、1982～1987年度の要素技術の開発段階で、自動縫製システムを構成する主要技術・装置を開発した。第2期は、1988～1990年度の実験プラントの開発段階で、第1段階の開発成果に基づいて、実験プラントを設計、製作し、総合運転により、その有効性を検証する予定である。

以下に、この順に従って、研究開発の経過、成果を述べる。

4. 研究開発の経緯

4.1 第1期(要素技術段階)

最初に、トータルシステム及び各要素技術について、

その機能や性能等の概念設計を行い、研究開発の全体像を描いた。次に、開発装置、システムの基本設計を経て、詳細設計、製作を行ない、機能確認テストを実施し、開発成果の中間評価を受けた。また、一部の技術、装置については、公開を行った。

4.1.1 トータルシステム

衣服を5服種(トップ、ボトム、ドレス、スポーツウェア、ナイティ)に類型化し、縫製自動化の観点から現行縫製工程を検討した。次に、開発機器を考慮しながら、生産システムの自動化研究を行った。

4.1.2 縫製準備加工技術

後工程に反映させるため、生地の種類特性を評価するとともに、柔軟生地の安定化を行い、自動延反・裁断するため、次の技術開発を行った。

- (1) 生地特性評価技術：布に対する縫製・加工条件の管理に必要な生地特性を計測・評価する各種技術・装置を開発した。
- (2) 生地安定化技術：布のハンドリング面、製品の品質面で不適切な物性を持つ生地に対する寸法・形態の安定化のため、恒久的安定化と一時硬化の技術・装置を開発した。
- (3) 高機能パターン作成技術：現行パターンを、自動縫製の容易な易加工性パターンへ変換するルールを決定し、これを組み込んだ計算機システムを開発した。
- (4) 検反・延反・裁断技術：生地の各種欠点を自動的に検知・記録出来る自動検反装置と2種類の自動裁断装置を開発した。

4.1.3 縫製組立技術

裁断片を自動的に縫製・加工してパーツを製作し、これらを自動組立するため、次の技術開発を行った。

- (1) 縫製前処理技術：組立縫製を効率よく実施するため、しん地代替用接着剤塗布装置、ジェット縫合装置等の前処理用技術・装置を開発した。
- (2) 高機能縫製技術：既存の縫製原理・機構にとらわれず、自動縫製システムに適合した、三次元縫製システム、スーパ縫合技術、多機能技術、及びこれ等の共通技術を開発した。
- (3) 高機能プレス加工技術：縫製工程中の主要加工機であるプレス機を自動化、高機能化するため、フレキシブルダミー方式立体仕上プレス装置と縫い目割り・くせ取り自動成形加工機を開発した。

4.1.4 生地ハンドリング技術

柔軟材料である生地を確実に把持・搬送するとともに、縫製・加工機械に対して高精度の位置決めを行うため、次の技術開発を行った。

- (1) 生地把持技術：作業者に類似した操作を行う、垂直把持型モジュールと補助装置、平行把持型モジュール、生地把持機構等の柔軟布把持装置を開発した。
- (2) 高機能位置決め技術：縫製・加工機械の所定位置への柔軟布の高精度位置決めや複数枚の生地の重ね合わせのため、2本の7軸軽量化モジュールハンドラの協調制御動作を行う、高機能位置決めセルを開発した。
- (3) 柔軟布搬送技術：加工パーツの工程間受け渡しを確実にを行うため、合流モジュールとストックモジュールを開発した。

4.1.5 システム管理・制御技術

多品種少量生産を効率的に行うため、次の技術開発を行った。

- (1) システム総合管理技術：品種切り換えに伴う最適生産ラインの設定など、生産ライン全般を総合管理するため、最適工程編成技術、負荷バランス制御技術等を開発した。
- (2) 検査・故障診断技術：生産ラインにおける不良加工品の工程別検査・処理及び機械・装置の故障診断・処理を行うため、画像処理による中間製品の形状・寸法検査や故障診断システムのソフトウェアを開発した。
- (3) 制御情報付与技術：縫製・加工制御情報を生地が付与するため、非可視性の特殊インクとそれを生地に付与する媒体付与試験機を開発した。

- (4) 情報認識技術：生地の形状・表面状態を認識したり、上記の縫製・加工制御情報を読み取るため、画像処理技術を利用した、柄合わせ認識技術や付与情報読み取り技術を開発した。また、接触型高機能センサを開発した。

4.2 第2期(実験プラント段階)

上記要素技術の研究開発成果について、1988年3月に中間評価を受け、その結果に基づいて、1988年度より3ヶ年計画で、実験プラントの研究開発を実施している。

4.2.1 服種別生産システムの研究

要素技術で研究開発された各種自動化技術・装置を取り込んで、主要5服種別に生産システムの設計研究を行うとともに、可能な自動機については、実証運転研究を行う。また、次節で述べる婦人プレザ用実験プラントについて、その運転研究の結果に基づいて、構築されたシステムの評価を行う。

4.2.2 実験プラントにおけるシステム化の研究

要素技術で開発した技術・装置を集約し、具体化した婦人プレザ用実験プラントを構築して運転研究を行い、システムの有効性を検証する(図3参照)。

さらに、実用化システムに必要な技術データの収集と運転方法の習得等を行う。

運転研究に用いられるデザインは2種類、サイズは3種類、表生地は織物2種類(無地、格子柄)、編物1種類である。

実験プラントは、次の4つのサブシステムより構成さ

図3 自動縫製システム 実験プラント レイアウト

れている。

(1) 高速レーザ裁断サブシステム(縫製準備工程)

布の欠点を検知し、これを避けて必要なパターンを裁断し、工程制御情報を付与後、次工程へ供給する。裁断は、柄合わせ裁断ができる。

次の2つの機械より構成されている。

①インテリジェント検反機

サブシステムの前半を構成し、要素技術で開発した自動検反装置の機能を向上させた機械である。ロール状原反を自動延反・検反し、検反情報として欠点の位置座標データ等を出力する。

②高速レーザ裁断装置

サブシステムの後半を構成し、次の主要技術・装置より成る。

- ・マーキング：無地ものについては、検反情報に基づいて、高機能パターンの傷回避マーキングを行う。
- ・柄合わせ認識装置：布地の模様を画像処理により認識し、設計上の柄位置よりのずれ量を算出し、裁断時に位置補正を行う。
- ・高速レーザ裁断装置(本体)：ミラー揺動方式を用いて、直線速度70m/分で、レーザ裁断を行う。
- ・工程制御情報付与装置：パーツID等の後工程で必要とする工程別制御情報を、非可視性インクにより、裁断パーツに付与する。
- ・パーツピックアップ装置：情報付与されたパーツを裁断コンベアより取り上げ、一着分づつまとめて容器に入れる。

(2) フレキシブルソーイングサブシステム(パーツ縫製工程)

前身頃等をフレキシブルに自動製作するシステムで、パーツの認識からパーツ完了後の中間製品の検査までを行う。この間、縁折り加工されたポケットを、前身頃に自動縫合する。

次の2つのシステムより構成されている。

①安定化・前処理システム(パーツ縫製前処理工程)

投入パーツを認識し、しん地処理を行う。主要構成機器は次の通りである。

- ・付与信息認識装置：サブシステムのトラッキング情報として利用するため、裁断パーツに付与されたID情報を認識する。
- ・しん地代替装置：パーツに接着剤粉末をパターン塗布し、しん地効果を出す。
- ・高周波誘導加熱装置：金属被覆粉末接着剤を用い、高周波誘導加熱により接着剤だけを加熱、溶融し、接着しん地を固着させる。

②多機能縫製システム(パーツ縫製本工程)

パーツの各種縫製・加工と中間製品の検査を行う。主要構成機器は次の通りである。

- ・多機能縫製ステーション：4種類の加工ヘッドとジグを短時間で交換することにより、パーツの縁かがり縫い、伸び止めステッチ、伸び止めテープ付け、パイピングを行う。
- ・自動ダーツ縫いステーション：パーツを折り曲げ、ジグ装置によりミシン針位置に搬送し、設定されたダーツ縫いを行う。
- ・自動パイピングステーション：パイピング専用の多機能縫製ステーションで、2台の加工ヘッドを搭載している。
- ・自動ポケット付けステーション：予め縁折り加工されたポケットを、前身頃に自動位置決めし、縫合する。柄合わせができる。
- ・自動形状検査装置：縫製終了後のパーツの仕上がり寸法・形状を平面状で検査する。

(3) ハイテクアSEMBルサブシステム(組立縫製工程)

身頃の組立とそで付けを自動的に行う。次の2つのシステムと装置より構成されている。

①合わせ縫いシステム

身頃のわき合わせ縫いから縫い目割り、くせ取り、背中心縫いまでを自動的に行う。主要構成機器は次の通りである。

- ・自動合わせ縫い装置：前、後の身頃を重ね合わせ、わき合わせ縫いを行う。
- ・オープニングシームプレス：わき合わせ縫い後の縫い目割り加工と縫い目部周辺のくせ取り加工を行う。
- ・複腕協調制御型組立縫製装置：左、右の身頃を重ね合わせ、背中心縫いを行う。

②三次元縫製装置

多関節腕機構に取り付けた小型本縫いミシンの空間移動制御縫製により、身頃にそでを取り付ける。

(4) 三次元フレキシブルプレスサブシステム(仕上げプレス工程)

縫製が完了した婦人ブレザの最終仕上げプレス加工を自動的に行う。主要構成機器は次の通りである。

- ・フレキシブルプレス(本体)：サイズ、体形に応じて形状可変のフレキシブルダミーと、これに対応した風袋方式部位別加圧板により、仕上げプレスをを行う。
- ・自動着脱装置：縫製品をハンガに掛けたまま、オートハンガシステムからフレキシブルダミーへ自

図4 実験プラント外観

動的に着脱する。

4. 研究開発の現状と今後の予定

実験プラント用の建物としては、図4に示す(株)つくば研究支援センターの共同利用実験施設を使用し、必要な改修工事を行った。

また、実験プラント用の各種機械・装置については、主要部分は要素技術で開発したものを改良して使用し、不足部分は新たに製作し、1989年度中にはほぼ製作完了した。

実験プラントへの機器の搬入は、1990年3月より開始し、9月には終了した。各機器は、撤入次第、据付け、組立、調整、試運転後、前後の装置及び工程制御用コンピュータと連結し、サブシステム運転を実施している。この間、各段階で必要なデータを収集して来た(図5参照)。

図5 実験プラント内部

今後、4つのサブシステムを総合した運転研究を行って、実用化に必要なデータを収集する。また、婦人ブレザ以外の5服種の設計研究については、可能な機器を用いて実証運転研究を実施する。

さらに、1991年1月末には、公開運転を行い、成果の普及を図るとともに、識者の御批判を仰ぐ計画である。

アパレル製造業を取り巻く諸情勢は、労働力不足等一段と厳しくなって来ている。本研究開発の成果が、直接的にも、また、間接的にも、関係各方面の技術向上に役立ち、局面打開の一助と成ることを期待している。

(平成2年11月13日受理)