米国におけるミシン自動化の動向に関連して*

会 員 内 山 生**

1. 米国縫製業界の一般的背景

1.1 米国縫製業界の位置づけ

米国の製造工業全体に占める縫製工業の位置づけを出荷額、就労者比率、消費支出占有率の3点から検討する。

1965年の商務省統計によれば、米国全製造工業の出荷額合計は4896億ドルである。このうち187億ドルが縫製工業で全体に対しては3.8%で決して大きい数字ではない。

つぎに就労者数については、1965年のAnnual Survey of Manufacturesの示すところでは、全製造工業の約8%が縫製工業への就労者で占められている。この数字は実に業種別比率では第1位であって、出荷額比率と著しい対照をなす。第3点の国民消費支出のなかで、衣料品への支出額が全体に占める比率については、USA, Organoによれば9%である。この9%という数字は数年来ほとんど変わっていない。この事実は衣料品への支出比率は次第に低下傾向を示すであろうといわれていた予測と反する。その理由として、衣料品は決して必需品のカテゴリーに止まるものでなく、多様化と高級化とによって嗜好対象として無限の需要を喚起し得る要素を持つことが挙げられている。

さて、上述のように米国における縫製工業は就労者比率と消費支出占有率に、きわめて大きいウエートを占めている。この2つの事柄は縫製工業の消長が単にそれ自体の問題に止まらず、米国全体の雇用構造と消費経済に大きい影響を及ぼすことを示唆している。

1.2 発展産業としての縫製業

つぎに注目すべき点は米国衣料産業の近年の急速な成長ぶりである。市場における消費レベルの高度化と、メ

ーカークの付加価値増大化意欲とはブランド時代を招来した。消費者は単なる物では満足せずブランドに象徴される社会的評価を商品に期待する。他方、メーカーもブランドの持つ付加価値に注目し、糸や布の原料依存から脱して、ブランドを持つ最終2次製品の領域に進出し始めた。これが米国において衣料産業が大きくクローズアップされ始めた一つの理由と考えられる。フォーチュン誌の調査によれば、製造業22種の上位500社を業種別に分けて売上と利益との対前年増加率と順位とを指標とすると、衣服製造業は1965年以来つねに上位にあり、特に1967年から68年にかけては売上額増加率1位利益増加率2位を示している。これらの事実を背景に米国繊維業界は60年代の合織メーカー主導型から、70年代は2次製品メーカー主導型へと大きく旋回しつつあるといわれる¹⁾。

1.3 米国縫製業界の悩みと危機感

上述のように米国の衣料製造業は米国経済に枢要な地位を占め、しかも発展途上にある有望産業であるが他面きわめて困難な問題もかかえている。それは縫製業が非常に労働生産性が低いことに起因するもろもろの問題である。縫製業の労働生産性について具体例をあげると、たとえば生産額1億円当たりの就業者数は27.0人で、米国全産業の平均16.6人をはるかに上廻っている。(ちなみに日本の縫製業は更に米国のそれを大きく上廻り実に105.5人に達する)この理由は縫製業が典型的労働集約産業であることに求められる。ワイシャツを例として具体的数字で示すと、5400着(約1ton)のワイシャツを作るとき、糸から縫製までの各加工段階で必要とされる人員は、紡績30人、織布55人、晒加工17人、縫製120人で縫製加工がいかに労働集約型であるかが如実に

* Recent Development on Automation of Sewing Process in America.

** S. Uchiyama, Member. 東洋紡績 加工技術研究所

示される。しかも米国にあって縫製業には良質の労働力が得にくくなりつつあり、それにもかかわらず逐年の賃金上昇は避けたい実情である。さらにこれに追討ちをかけるかのように、日本・香港などからの衣服輸入量は急激に増大しつつある。これらの事情は米国業界の危機感と警戒心とをあおり、徹底的省力化による抜本策がなくては米国縫製業の今後の存立があやういと叫ばれている。

ARFやシンガー社が採算を無視してまでも強気に、しかも使命感を持って縫製自動化の研究・開発に取り組む理由をここに見出すことができる。

2. ミシン縫い作業自動化へのアプローチ

2.1 作業のパターンと自動化へのステップ

縫製工程の流れは個々のパーツを縫製し、ついでこれらのパーツを順次組み立てて行く方式である。パーツ縫製では素材の取り扱いが平面的処理が多く、後工程の組立段階になると立体的取り扱い操作が入ってくる。したがって縫製作業の自動化はマテリアルハンドリングの面から後工程ほど困難になる。しかし平面的操作のパーツ縫製も、立体的操作の組立縫製も作業の基本パターンそのもの（単位作業の内容とその構成順序）はほとんど同じである。第1表は縫製作業基本パターンであるが、

(第1表) 縫製作業の基本パターン

大分類	順序	単位作業
移送	(1)	布地を取りあげる
	(2)	運ぶ
	(3)	定められた場所に重ねる
前処理	(4)	布を1枚だけ分離する
	(5)	分離した布を取り出す
	(6)	方向、位置を決める
	(7)	重ね合わせる
	(8)	ミシンに仕掛ける
ミシながけ	(9)	押え金をおろす
	(10)	スタート
	(11)	決まったコースにみちびく
	(12)	速度調節
	(13)	ストップ
	(14)	針をあげる
	(15)	押え金をあげる
後処理	(16)	布を引き出す
	(17)	糸を切る
	(18)	布を定められた場所におく

ここに示される単位動作の内容と順序はパーツ縫製、組立縫製のいかに問わず同じであることがわかる。ただ前処理において、第1表の順序(6),(7)に示される単位動作が平面素材を対象とするか立体素材を対象とするかが異なってくる。

つぎに第1表を参考としながら、ここに示される動作内容を自動化する場合のステップについて考える。

(a) 第1表に示される単位動作は、すべて手または足で行なわれている。これらの単位動作のうち(14)の針をあげる、(17)の糸を切るなどの操作はニードルポジショナー、スレッドトリマーとして半自動化されている。しかしその他の大部分の操作はまだ人力に頼っており、これらを独立な単位動作として機械化することが自動化への第1ステップである。この段階がいわゆるメカナイゼーションといわれる

(b) つぎの段階は機械化プラス制御機能である。単なる機械化は変換装置に一定入力をも、Inputし所要の応答動作をOutputする。これで十分な場合もあるが、制御機能の要求される場合もある。たとえば第1表の(11)に示されるような縫目を布はじから一定距離に保持しなければならない単位作業においては定価制御が必要になる。すなわち目標値が時間経過に対して一定の場合で第1図に示されるような制御装置が要求される

(第1図) 定値制御ブロック線図

(C) 第3番目の段階では単位作業が二つ以上、最終的には単一パーツの全体にわたっての連結化が要請される。たとえばポケット付けパーツ作業においては、縫目方向と縫目数と二つの変量を目標値(既知量)として、始動・方向転換・停止を含む一連の縫製作業が連結化されプログラム制御で自動化されねばならない

ARFやシンガーの自動化研究の一つの焦点がここに絞られている

(d) 個々のパーツ縫製作業が自動化されると、これらをサブシステムとして、パーツを組み立てて完成品とするトータルシステムの自動化段階となる。この場合の設計は各パーツの生産速

度に応じて全体のバランスが取れるようにし、シーケンスなプログラムが組まれることになろう。ロケットの位置修正やある種の反応機構に見られるような追値制御は、この場合必要でなく、そのプログラミングは比較的容易と考えられる。ただしロット数の変更とか仕掛銘柄の変化など入力変化に対しての追従性を良くし、最適のバランスを保持させるためにシステムのあり方に対しては十分な吟味が必要である

2.2 自動化要素

縫製の自動化では第1表に示す単位動作、さらにそれらの適当な組み合わせによって行なわれる えりや そでなどの単位部分品のパーツ縫製、各パーツの総合組立縫製の各段階を通じて、制御目標は位置、張力、速度などの力学量が多く特に位置制御が主体をなす。したがって制御機構もサーボ機構が主流となろう。この場合布の重ね合わせや折り曲げ操作では **Point to Point Control**, ミシンがけ操作では **Contouring Control** が必要である。ここではそれらの検出要素と操作部について一、二の例を紹介する。機械的検出要素の一つに空気圧リレーがある。第2図は空気圧変化を利用する検出ノズルと特性図である。第2図の特性曲線に見られるようにノズルと抵抗体との距離間隔 x が変化すると、流量とノズル背圧が初期領域では直線的に急傾斜で変化する。この方法によると 1μ の精度まで感知できるといわれ、布地1枚の有無はきわめて容易にキャッチされ、検出結果はたとえば油圧サーボのような操作部に指令として伝達される。

(第2図) 空気圧検出ノズル

電気的要素としては光電装置や低電圧回路の **On-off** 接点方式などが用いられる。

つぎに操作部についてアイデアの面白い方法を紹介する。積重ねた布地から1枚の布地を分離する目的に用いられるトルクセパレーターがその例である。原理は第3図に示すように、図示のシャフトを回転させると表層

(第3図) トルクセパレーター

の布地1枚だけがトルクを受けシャフト先端部にまといついて2層目以下の布地から分離される。

本方法は布地の特長である局部的変形のしやすさ、剪断変形のしやすさを巧みに利用している。この他操作部にはバキュームやブローアなど空気力を利用する布の移送や変形方法もある。

2.3 縫い方法の合理化

縫製の自動化を進める場合、縫合部の形成方式を簡易化することも無視できない大きい効果のあることに留意すべきであろう。なぜならばそれによって布地操作が著しく容易になり自動化が促進されと考えられるからである。以下に紹介する一、二の例は米国では一部ですでに用いられている。もっとも、それらは自動化と関連づけられて採用されている訳ではないが、日本に比べて米国の縫製能率がすぐれていることの有力な一原因と考えることができる。

例1はワイシャツのカラーである。日本では一般に台とえりと別々の布地を用いて1枚に縫合するが、これを1枚地ですませると、工程数を4以上省略することができる。

例2はワイシャツそで口の剣ぼろ作りで、第4図の日本式のようにすると工程数は最低4で、しかも複雑な立体的布さばきが要求される。これに対して第4図の米国のタイプのよう、1枚の布地を連続的に縫い付けることにすればただの1工程で終了する。この他、カフス付、ポケット付、肩合わせなどにも検討余地があろう。同じ着眼点はワイシャツだけでなく、他の衣服についても適用できるものと思われる。

(第4図) 剣ボロ縫合方式の合理化

3. シンガー社システム 2000

縫製自動化への道は単位動作，パーツ縫製と進んで最終的にパーツの総合組立作業の自動化へと進むが，この中のパーツ縫製の自動化は **Clinton Industries, Jacobs Machine, Union Special** などでも開発を進め，**Pocket Stitcher, Button Holer, Sleeve Setter, Necktie Liner** などが販売され，米国の大手有力縫製企業ではかなり採用しつつある。しかしパーツを組み合わせた全体の縫製を連結自動化することを目指して開発を進めている例としてはシンガー社のシステム 2000 をあげることができる。すでに報ぜられているように⁶⁾，システム 2000 は 4 個の標準ユニットからなり，これらの

でカラーの上布と下布とを，これに加えて位置ぎめしつぎのミシンに送る。順次このような操作を加えてカラーが完成すると，**Transport** で次工程に移送される。第 5 図では **Turn Press** (裏がえしアイロンがけ) のみは手作業の標示になっている。しかし **Top Stitch** のように自動化の困難なものは人手に置き換えても良く，技術の進展度合いに応じて段階的に自動化の程度が高くなる。第 5 図に示す例は米国での実際例という訳ではなく，シンガー社のカタログを参考として **Module** 組み合わせの一例として筆者が描いたものである。**Module** 利用による自動化のこころみはカラー縫製のみでなく，ハンドタオルのラベル付けとか，ワイシャツのポケット付けにも適用が試みられつつある。

(第 5 図) シンガー モジュールの応用工程例

ユニットを目的に応じて適当に組み合わせ配置して縫製工程の連結化，自動化を考えようとしている。4 個のユニットは **Supply** (供給)，**Separator** (分離)，**Transport** (移送)，**Registration** (調整保管) の各 **Module** (単位) から成っている。すなわちこれらの **Module** は縫い作業そのものの自動化を目指すものではなく，縫製前処理と後処理とを自動化し，工程間の連結化を目的としている。したがって縫い作業の自動化には自動単能マシンが別途に必要な。シンガー社によれば **Module** の特長は，必要箇所から漸進的に工程内に組み込むこと，汎用性の大きいことが特長といわれる。

第 5 図は 4 個の **Module** をドレス シャツのカラー縫製に適用した工程例である。図に示されるように芯地とステータが **Separator** によって 1 枚ずつ取り出され，**Registrar** で重ね合わされてミシンに送られる。つい

第 6 図は **Module** の組み合わせ例を示し，図(I)は素材を分離して方向位置を決めて供給する場合，図(II)は 2 枚の布地を位置決めして重ね合わせ一時的に保管する場合である。

これらの装置はまだ実用化されている訳ではなく，現在米国の縫製メーカーで一部実験的に検討が加えられつつあるといわれる。参考品として筆者がシンガー社で入手した試作品のできればは決して十分なものではない。たとえば縫目の ゆがみ，布地の合わせ目のずれ，縫目による布地自体のバイアスひずみ，縫い終わりの糸はじの長いことなどなど，従来の観念から見れば

(第 6 図) モジュールの組み合わせ例

ばかり改善すべき余地が多い。このように製品のできばえから察しても、システム 2000 はまだ開発途上で、完成までにはまだ時間がかかるものと思われる。しかしシンガー社ではパイオニア精神を持ってその達成に全力を傾倒する意気込みがうかがえる。

4. 縫製自動化の問題点

縫製は工作機械が歩んだ自動化への道を同じように歩みつつあるといわれる³⁾。しかし縫製には縫製特有の問題もあると思われるので、当然また工作機の場合とは異なった観点と配慮とが必要かとも考えられる。ここにそれらの主要な項目をあげ筆者の考えをまとめてみた。

4.1 経済的背景

たとえばワイシャツに例をとると、その工程数は 50 以上に達する。この各工程が自動化されるためには工程ごとに検出部、増幅部、操作部が必要である。また更にこれら全体を一括制御する集中制御機能も必要になる。ワイシャツの小売価格を 1 着 1400 円として、工作機で生産される 1 個 1400 円程度の品物の加工工程数をワイシャツのそれと比較するならば恐らく問題にならないくらい少ないと考えられる。すなわちワイシャツの場合には 1 工程当たりの加工費が工作機に比べ非常に低くせざるを得ない。さらに一般的に縫製業の従業員の給与水準は工作機械を利用する企業の従業員にくらべてかなり低い。このことは自動化による省力化投資の回収率が縫製業の場合には悪くなることを意味する。単位工程数あたりの付加価値が小さく、しかも省力投資による人件費低減効果が小さいという二つの事情は必然的に、それにふさわしい低廉な自動化手法を要請せざるを得ないと思われる。

4.2 加工精度の問題

縫製品の精度は出来上がり寸法で 10 mm 以内、カッティングで ± 3 mm、ステイッチの曲がり幅で ± 1 mm 程度である。この水準は工作機の少なくとも 100 倍以上の粗さである。工作機では位置制御に精度の高い NC 制御方式が用いられているが、縫製の場合にはその要求精度（あらさ）に見合った方式が開発適用されるべきであろう。たとえばカムとホロー方式などであるが、この問題については異なる仕様についての装置の追従性も検討されねばならず、個々のケースについての比較吟味が必要になる。

4.3 工具と被工作物との運動位置関係

切削用工作機械ではカッター、ミシンでは針に相当す

る工具と被工作物との運動位置関係に注目すると、工作機械とミシンとは異なっている。工作機械では切削を中止するときにはカッターを切削面から離すだけでカッターの回転運動を止める必要はない、すなわち工具と被工作物とは切削停止のタイミングに同調させて片方の回転運動を停止させる必要はない。しかしミシンの場合は縫製中止と針の往復運動停止とは完全に同調させる必要がある。この条件が満たされないときは、針が折れるか布地が破れることになる。針の運動は 100 ステイッチ/sec に近い高速であるから縫目をかりに 0.5 ステイッチ以内に収めるように縫製を停止させたいならば、停止指令に対する応答は 0.005 sec 以内でなければならない。これは技術的に相当困難な問題になると思われ、ミシン自動化に当たって特殊な工夫が要求される 1 要素となっている。実際には縫製停止の数ステイッチ前に針の回転数を低くして、停止位置の精度を向上させている。

4.4 布地物性の特殊性

第 7 図は綿ブロード布地の剪断変形—モーメント曲線図である。第 7 図によれば、綿ブロード布地の一端から 10 cm の距離にある線上に 3 g の剪断力が作用すると、作用線上で布地は 1 mm ずれる。布地はたて、よこ糸に平行な方向の力に対してはかなり安定であるが、剪断力に対しては上述のように不安定で変形しやすい。またよく知られているように布地は薄いので曲げの力に対しても非常に変形しやすい。このような布地の外力に対する不安定性は縫製自動化に際しての布地の取り扱いを困難にする一つの大きい要因となる。もっともこのような変形しやすいが逆に利用されて自動化を有利にする面もないではないが、工作機械には見られない素材の特殊な条件ということではできよう。

(図 7 図) 布地の剪断変形—モーメント曲線

4.5 衣料品のファッション性

縫製品の大部分は衣料である。そして衣料は多少ともファッションと無縁ではあり得ない。周知のようにファッションは規格化、標準化とは無縁の存在であり、しかもそれはきわめて短サイクルである。ファッションの変化はカッティングや縫合法の変化をもたらすから、縫製の自動化を考える場合には、できるだけ汎用性が大きく追随性の良いものでなければならない。ここにも縫製自動化に当たっての一つのポイントがあり、それはJISなどで規制できない多様性の克服ということができるかも知れない。

5. お わ り に

最後に縫製自動化に関連して二つの事柄を述べて締めくくりする。

5.1 ミシンがけ自動化の重要性

縫製の全工程には、パターン マーカー、裁断、プレス仕上などミシンがけ作業以外にも自動化の必要な工程は存在する。しかしミシンがけ以外のこれらの作業が縫製全プロセスに占める比率は所要人員で見るときわずかに12～15%に過ぎない。ミシンがけ工程の自動化を最優先させねばならない理由がここにある。ミシンがけの自動化なくして縫製の省力化はあり得ない。

5.2 自動化と工程管理

電算機を導入してシステム化された縫製工程を最適状態に管理しようとする考え方がある。しかし、現状のよ

うに高度に人力依存型の体質では、管理指針としてのInputと管理結果としてのOutputとの対応関係づけがきわめて不確定にならざるを得ない。人力が機械力に置き換えられ、工程におけるInputとOutputとが精度の高い再現性のある関数関係を把握できるようになるとき、はじめてコンピューターシステムの効果が発揮できる。システム化と自動化とは別個の概念であるが、システム化の効果は自動化によってより完全になると思われる。

米国におけるミシン自動化の動向という名を借りて、紹介かたがたこの問題に関する所信の一端を述べた。縫製のみならず自動化技術についても素人に近い筆者のこととて、盲蛇におじずの感がなくもない。諸賢のご叱正を乞う次第である。

本報告は45年2月10日、本会関東支部主催になる「縫製自動化シンポジウム」において講演したものを補筆した。資料蒐集にご協力いただいた研究室の斎藤景一郎氏、大石昌義氏に謝意を表する。

文 献

- 1) 飯塚；繊維機械学会講演会別刷，1969，12
- 2) 労働白書 43 年版
- 3) たとえば，田中；縫製自動化の現状と将来，繊維工学，22，7（1969）
- 4) たとえば，Amer. Apparel Manuf. Assoc. Rep.
- 5) 河内；縫製技術講座，繊維科学，11，11
- 6) Singer Catalogue, System 2 000
- 7) たとえば，機械加工の自動制御（共立出版）

▶ 会 費 ・ 購 読 料 な の 納 入 に つ い て ◀

■ 会 費 について

昭和45年度上半期（昭和45年4月～45年9月）の会費のご請求をいたしました。
会費は前納願うことになっておりますので未納の方は至急お納め下さい。

■ 送 金 方 法

- i) 請求書に同封の払込用紙（郵便局・銀行）を利用されるのがもっとも便利です。
その他現金など（小切手・為替）の場合は、ご面倒でも書留でお送り下さい。
送金の場合 氏名、勤務先、担当業務、送金の明細を明記して下さい。

特に正会員は会員の登録が個人となっておりますので会社からお払い込みの場合は必ず個人名を明記願います。

	1 か 年	半 か 年
正 会 費	2 400 円	1 200 円
学 生 会 費	1 200 円	600 円
海外資料研究部会費(A)	6 000 円	3 000 円
〃 (B)	3 000 円	1 500 円