電子式柄出しシステムの開発

相坂　登　　（繊維高分子材料研究所）

（要旨）柄出し製布を自動化・システム化する背景として、衣生活の様式の変化、消費生活の変化が挙げられる。既存の技術、装置などのままではこれらの変化に対応できなくなってきた。そこで、織機・編機での柄出し方式に注目し、これらの問題を解決するために行った、電子機器を利用した新しい制御システムの研究を説明した。

１．はじめに

昭和 40 年代以降、ニット工業あるいはニット製品が急速に発展普及したうらには、ニット機械の画期的な進歩、各種の合成繊維や加工糸の誕生、外衣として着用可能な編地組織の開発などの原動力があったためであるが、同時に、衣生活様式の簡素化、合理化、多様化など、消費面での変化も大きな原動力になっているといわれている。いまや、近い将来に全衣料の半分以上をニット製品が占めるであろうとの予測がなされているほどである。

一口にニット機械といってもいろいろな種類があり、機械の形状、製布形態などそれぞれ異なっているが、その特徴を要約すれば、つぎのようになる。

(1) 生産速度が高く、それは織機の 10 倍以上に及ぶ。
(2) 準備工程が単純で、糸をそのまま機械にかけて布にすることができる。
(3) 他袋や靴下などのように、糸から直接成形された製品を作るといった成形（ファッショニング）機能をもっている。
(4) 比較的簡単な機構とかなり高い速度で、布表面にいろいろな柄や模様を出す機能をもっている。

これら 4 項目のうちでも、(2)と(3)は、よこ(緯)編機だけが持つ特異な機能であって、同じニット機械であってもたて(経)編機にはこの機能はない。この点から、たて編機は、生産速度が非常に高いという長所を持っているけれども、織機と同列において考えることができよう。

衣服材料として布を生産するという観点からは、製布機械のなかで最も豊かな将来を持っている機械は、よこ編機であるといっても過言ではなかろう。いわゆるヤードグッズを生産する製布機械の場合には、生産された布を衣服に変えるために、裁断・縫製工程という面倒で歩留りの悪い工程を通さねばならない。ところが、よこ編機では、すべての機械がそうであるとはいえないが、原糸メーカーから供給された糸から、直接的に 2 次元の、あるいは 3 次元の成形製品を作ることができるということは、非常に大きな特長である。さらに、整

経する必要がないことは、工程が短く、作業者数も工場面積も少なくてすむうえに、仕掛量が少ないことから品種切り替えが容易であるという利点も持っている。

また、衣服の多様性の面から、単純な構成の布だけでなく、異なる形の編目や異なる色の編目を組み合わせることによって、布表面にいろいろな変化をもたせることも大切であり、柄出し編成が容易にできることも１つの大きなメリットとなる。

2. 多品種少量生産と省力化

ニット工業に限らず、生産工程における省力化を考えるとき、2 通りの見方があろう。1つは、文字通り量的に作業者数を減らすこと（省人化）であり、他の１つは、質的に作業内容を減らす、つまり、熟練作業を排除し、技術を持たない作業者でも容易に生産に従事できるようにすることである。

従来のニット機械における成形製品あるいは柄編地の生産は、主に機械式機構と、熟練した技術によってなされてきた。しかし、周知のごとく、昨今の労働力は質的にも量的にも低下する傾向が強まる一方、消費者の嗜好を製品に反映しなければならないという需要構造の変化が生じており、生産の合理化、機械の革新化が強力に進められねばならなくなってきている。とくに、柄編地などは、消費者の好みに合うものであると同時に、同じものを多くの人が着用していたならばその価値が半減することから、その生産は多品種少量生産形態をとらざるを得ない。この傾向は、日を追ってますます強くなるものと考えられる。

ところが、消費者の好みに適した豊富な形あるいは柄の編地を小さなロットで生産するには、従来の機械的な成形・柄出し機構では十分に果たすことができない。たとえば、丸編機の柄出し装置についていえば、（イ）編成しうる柄の大きさ（幅×奥行き）に制約があって、任意の大きさの柄が編めない。（ロ）柄の変更に多くの労力と時間が必要である。（ハ）普通の（柄出し装置のない）丸編機に比べて、給糸口数が少なく、したがって、生産速度が低い。（ニ）柄出し機構が大掛かり過ぎて運転に支障が生じる。（ホ）柄組みないしは柄テープの作成が困難・高価につく、などの欠陥がある。

成形編成や柄出し編成機能の詳細は省くとし、それらの機能を個々の針の動作に注目して考えると、“編む”、“編まない”の２つの動作の組み合わせによってなされる。編む動作を信号“1”で表わし、編まない動作を“0”で表わせば、ニット機械で成形製品あるいは柄編地を作ることは、“1”か“0”の信号、つまりデジタル信号を扱うことによってなされ、この信号処理をどうするかによって、製品の形状あるいは布表面の柄の形状が決まる。

いうまでもなく、デジタル信号を処理する代表選手は各種の電子回路であり、すでに、いくつかの電子装置を用いた制御器がニット機械につけられ工業化されている。この電子式制御装置の採用によって成形編成柄出し編成は非常に容易になり、多様化がはかられつつある。しかし、ここで注意しなければならないのは、設備費、計装費の高騰によるコストアップの点である。この点を解決するために、専用の制御器を開発するよりは、汎用性のある制御器としてコンピューターを用い、多重制御方式を採用することが適当と考えることが

できよう。

3. 丸編機における柄出し編成

3.1　編地の柄

編成しようとする柄は組織図で与えられ、組織図上の各組織点は編地上の各編目に対応する。各色糸は、それぞれ別の給糸口を通って供給され、それぞれが独立して編目を形成するから、2 色柄の場合には 2 コースで、3 色柄の場合は 3 コースで、一般に n 色柄の場合は n コースで見掛け上の 1 コースを編成することになる。したがって給糸口の数は編成する柄色数の整数倍でなければ完全な柄を構成することはできない。

丸編機が 1 回転すると、各給糸口において 1 コースの編地が編成されるから、給糸口数 N の丸編機では 1 回転につき N コースの編地が編成される。n 色柄の編成の場合には、n コースが見掛け上の 1 コースに相当するから、編機 1 回転につき N/n コースの柄が編成されることになる。このために従来の柄出し法では編成しうる柄の奥行き、つまり、1 完全柄のコース数（組織図の縦座標の最大値）は N/n の整数倍でなければならないという制約を受ける。

組織図上の組織点が個々の編目に、したがって、各シリンダー針に対応することから、柄幅、つまり、1 完全柄のウエール数（組織図の横座標の最大値）はシリンダー針数 M に関連して定まり、最大 M となる。しかし、この柄幅は柄出し装置の形式によって大きく左右され、たとえば、パターンドラム方式では、パターンドラムの段数以下の柄幅となる。

3.2　従来の柄出し装置

現在用いられている丸編機の柄出し装置は、一般的には、a)ジャック方式、b)パターンホイール方式、c)パターンドラム方式、d)ペーパーロール方式、e)テープ・フィルム方式の 5 種類に分類されている。しかし、最近の柄出し装置の開発に、各種の電子式方式が採用されている動向から考えて、機能的な面から分類が必要のようである。

そこで、柄出し装置を、柄信号の記憶部、柄信号読取（処理）部、柄出し動作部の 3 要素に分けて調べると、次のようになる。

柄信号記憶部には、前記 a~c)のような、ピンの有無あるいは異なるバットを持ったジャックの配列によったもののような機械式のもの、d、e)のように紙、プラスチック、スチール製テープに穿孔したり印刷したりしたテープ式のものがあり、また、コンピューターに多く用いられている磁気コア、磁気テープなどの電子式のものが開発されると予想される。

柄信号読取（処理）部には、レバーやリンクなどによる機械式のもの、光電管やホトトランジスタなどによる光電式のものが採用されており、電子式の記憶部の開発と相俟って、磁気ヘッド、トランジスタ、IC などによる電子式のものが予想される。

柄出し動作部には、カムやレバーによる機械式のもの、永久磁石や電磁石などによる電磁方式のものがあり、特に最近の特許公報によれば、電磁方式のものが多く見受けられる。その他に、空気流や油圧ポンプなどによる空圧・油圧式のものなどが考えられる。

3.3 従来の方式の欠陥の原因とその対策

既存の柄出し装置・方式には、それらに共通した、あるいは固有の欠陥があることは、すでに略述した。それらの諸欠陥の原因をまとめると、つぎのようになる。

(1) 柄信号が各給糸口に対し独立に与えられる。
(2) 編機の 1 回転によって編成される柄コース数は N/n であるのに対し、柄信号の切り替えは編機 1 回転につき 1 回である。
(3) 各選針位置におけるコース切り替え時期の関連性がうすい。
(4) 直接針を選択する機構と柄信号とが機械的に連絡されている。

ここから、それらの欠陥を除去するための方策として、つぎの 2 項が出てくる。すなわち

(イ) 柄出し動作部と柄信号処理部を分離する。
(ロ) 各給糸口部で編成する柄コースを統一する。

このうち(イ)項は、柄信号の処理部に電子技術を導入し、これを編機と分離することによって達成できる。すなわち、組織図で与えられる柄信号を電子的に処理し、編機の回転と同期して個々の針が選針位置を通過するたびに、柄信号を編機上に取り付けた柄出し動作部（選針装置）に送る。選針装置は各給糸位置に対置して取り付け、その機能は柄信号を受けて針をニット（編む）位置あるいはウエルト（編まない）位置に選択するものとする。その機構としては機械的なもの、電磁的なもの、あるいは流体を利用したものなどが考えられるが、そのいずれにせよ、小型であって動作速度が速く、長寿命のものが望ましい。

また、(ロ)項は、選針位置を等間隔にとることによって達成できる。つまり、編機 1 回転で編成される柄コース数は N/n であるから、選針位置間隔が等しければ、編機が n/N 回転したときに、すべての針が 1 回、編成動作位置に選択され、1 コースの柄を完成することになる。したがって、同一時刻においては、各選針位置が同一コースの柄を柄信号にしたがって動作できることになる。しかしながら、選針位置が等間隔でなければならないということは、想定上の条件であって、それに応じた柄信号の処理を行えば、実際上では選針位置が不等間隔であっても差し支えない。結局、より融通性の高い柄出し法を実現するためには、柄信号の処理方法、つまり柄信号と針との対応関係を明らかにし、それに応じた処理装置を開発することが必要となる。

4. 電子式自動柄出し丸編機

4.1 柄信号と針との対応関係

編もうとする柄が組織図で与えられたとし、組織図上の各組織点を $w_j(i=1,2,\cdots,l\ ;\ j=1,2,\cdots,m)$で表わすことにする。ただし i はウエール番号、j はコース番号であり、l は柄幅、m は柄の奥行きとする。この柄信号 w_j の値を色別あるいは組織別にコード化しておくと、多種類の信号処理において有利となる。

丸編機においては、編地は第 1 コース。第 2 コースの順で編成され、第 m コースの次にはふたたび第 1 コースへと、順次繰返して編成される。したがって柄信号と針の対応関係

を調べるにあたって、同一コース内における柄の横方向の繰返しの関係に注目すればよい。

いま、シリンダー針数 M の丸編機で幅 l の柄を編成する場合について考える。個々の針が編地の 1 ウエールを編成するから、シリンダー針数 M が編地の総ウエール数を与えることになる。柄幅 l と編地幅（総ウエール数）M との間には

$$M = a \cdot l + b \quad (a,b \text{ は整数、} l \leqq M) \tag{1}$$

の関係が成り立ち、この編地には組織図に与えられた柄が編地幅方向に a 回繰り返され、b ウエールが不完全な柄となる。

給糸口数が N の場合には、N 個所の選針位置がある。第 1 の給糸口に対応する選針位置を A_1 とし、以下、編機の回転と逆方向順につけた給糸口番号と同じ数値を A_p の添字 p に用いて選針位置を示すことにする。各選位置間隔は必ずしも等しくはないが、選針位置 A_1 に針が対向している場合には、他の選針位置にもすべて針が対向しているものとする。すると、選針位置 A_1 にある針が組織図の第 i ウエール、つまり柄信号 w_i に対応しているとすれば、A_p にある針の対応ウエール番号 I_p は

$$\begin{aligned} I_p &= w_i + \sum_{q=1}^{p-1} M_q - a \cdot l \quad (p=2, 3, \cdots, N) \\ I_1 &= w_i \end{aligned} \tag{2}$$

となる。上式の右辺第 2 項は、選針位置 A_1 と A_p との間の針数であり、第 3 項はその間での柄の繰返し長さである。いま、選針位置間隔がすべて等しい場合には、各間隔にある針数は M/N となるから、(2)式は

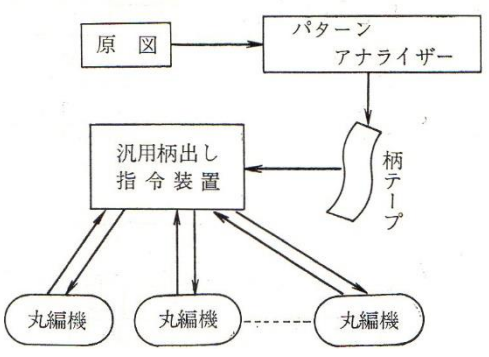
$$I_p = w_i + (p-1) \cdot M/N - a \cdot l \quad \begin{pmatrix} p=1, 2, \cdots, N \\ i=1, 2, \cdots, l \end{pmatrix} \tag{3}$$

となる。ただし、a の値は整数値で、I_p を整数値で最小とするような値である。

(3)式が柄信号と針との基本的な関係式である。右辺第 1 項の w_i は、編機の回転につれて針が選針位置を通過するたびに変化する値であり、第 2,3 項は、編機の機械的条件 M,N と選針位置 p（柄の色数と関連する）、柄幅 l によって決まる値である。

4.2　柄出し編成システム

前項で述べたように、丸編機で柄出し編成する場合の柄信号の処理方法は、対象とする丸編機の仕様が定まっていれば、柄の色数（あるいは組織の種類）と幅に応じて決めることができる。これに基づいて開発した柄出し法を柄出し自動信号処理法[1,2]と呼んでおり、その方法を採った丸編機が電子式自動柄出し丸編機[4]と呼ばれている。



第 1 図　柄出し編成システム

第 1 図は、柄信号処理部にコンピューターを利用した場合の柄出し編成システムを示すものである。この編成システムは、原図から柄テープを作るパターンアナライザー、柄信号を処理して柄出し編成を制御する汎用柄出し指令

装置（ミニコンピューター）、および、電気信号を受けて動作する選針機構をもった丸編機とで構成されている。

パターンアナライザーでは、原図（手描きでもよい）を回転ドラムに巻きつけておき、光学的に走査して色を判定するとともに、与えられた柄幅、奥行きと等しく分割し、各マス目（組織点）の色が何色かによって柄信号が作られてテープに書き込まれる。

この柄テープから、柄信号を指令装置の記憶部に転送する。記憶された柄信号は 1 コースごとの柄信号に分けて、柄の色数、幅、編機の給糸口数、針数に応じて処理され、編機上の選針機構の動作を制御する。このとき、個々の柄信号の送り出しは、編機の回転、つまり、針が選針位置を通過する周期と同期して行わねばならないから、編機上において針が通過する信号を取り出して、指令装置に入れる必要がある。柄出し自動信号処理法ならびに指令装置などの詳細については別報[1~7)]を参照されたい。

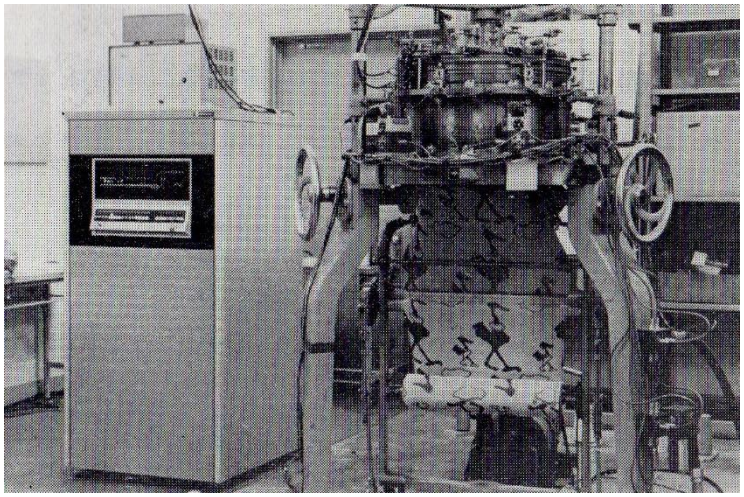


写真１　試作電子式自動柄出し丸編機

写真 1 に、試作した実験用電子式自動柄出し丸編機を示す。実験条件での丸編機の仕様は給糸口 6 口、シリンダー直径 20 インチ、針数 756 本（ゲージ 12）である。

この柄出し編成システムの特徴は、任意の形状の柄が編機の給糸口数や針数に関係なく自由に編成できるうえ、編機の機構が標準機と比べてあまり複雑でなく、そのために運転速度を高め、給糸口数を増やすことが可能である。ただし、後半の事項は、どのような選針機構を用いるかにかかっており、より小型で、より高速に動作するものが必要になる。

柄の変更は、柄テープあるいは原図を取り換え、柄幅や色数を設定するだけで、簡単かつ迅速に行える。さらに、編成しうる柄の大きさは、指令装置（ミニコン）の記憶容量によって制約されるが、それは容易に増設することが可能である。

コンピューターの演算の高速性により、1 台の指令装置によって数台の丸編機を対象として柄出し編成の群制御を行うことができる。この場合、各編機がまったく同じ柄を編むとか、色糸の組み合わせを変えていわゆる色違いの柄編地を作るとか、それぞれがすべて異なる柄を編むことも可能である。さらに、給糸口数、針数（シリンダー直径とゲージ）、あるいは回転数が異なっていてもよい。

この柄出し編成システムでは、従来の柄出し法では不可能な、新しい形式の柄編地を作ることが出来ることも判明している。つまり、編地の特定の区域において、編成中の柄は作ら

ず、その部分を無地にしてしまうことができる。この方法を応用すれば、極端には与えられた柄の 1 完全だけを編地上にだし、その他はすべて無地にしてしまえば、わずかの柄信号で実質的には総柄、つまり編地幅と等しい柄幅の編地を作ることができる。また、柄消し部分を格子状にとったり、その部分に別の柄を出したり、あるいは基本柄を横転、逆転したりできる。

5. 製織工程への展開…紋紙自動作成システムとオンライン柄出し製織システム[10～12)]

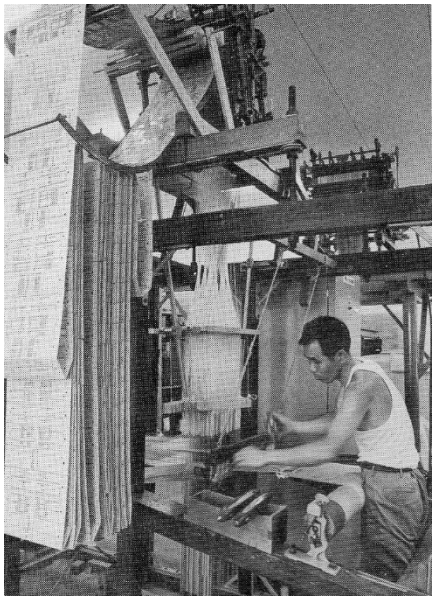


写真 2　ジャカード織機

西陣織などのような豪華な着尺地や帯、あるいは、ネクタイ地やカーテン地などの紋（ジャカード）織物を作るためには、従来、紋紙（パンチカード）を用いている（写真 2)。この紋紙を作るためには、1~2 週間という長い時間と困難な熟練作業とに頼っていた。そこで、ジャカード織機におけるたて糸開口とよこ糸選択の関係を整理し、多色図案で与えられるデザインを色別にコード化する色柄情報と、それぞれの色で表現された紋組織情報とを用いて、これらを織柄信号に変換するプログラムを開発するとともに、従来、熟練技術者のノウハウとして個人的に蓄積されていた製織上の複雑な諸条件の処理をプログラム化して意匠図作成工程を省略し、紋紙を自動的に作成するシステム（写真 3）を開発した。　≪第 15 回(1972)十大新製品賞　日刊工業新聞社　受賞》

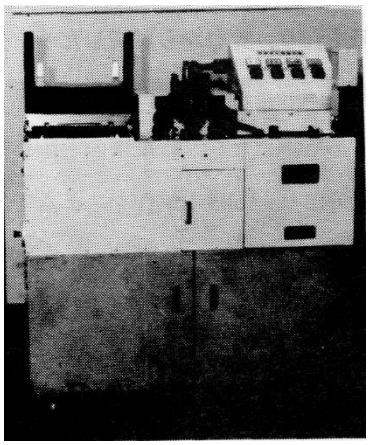
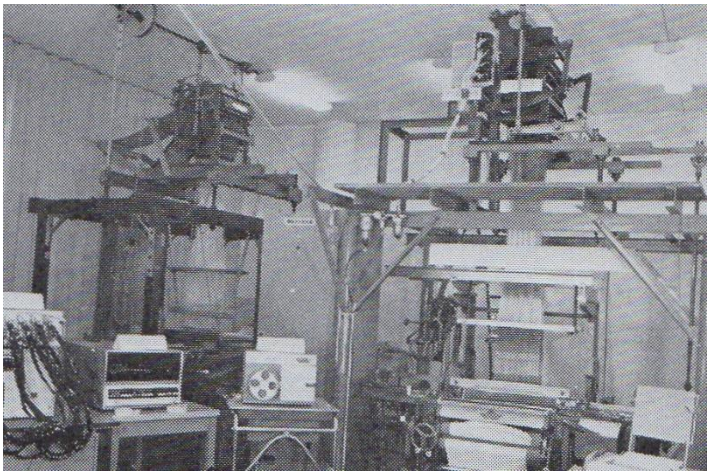


写真 3　自動紋紙穿孔機

さらに、ジャカード装置のよこ針の動作選択を行う小型電磁アクチュエータを開発し、紋紙を使用せずにコンピューターで直接ジャカード織機の柄出し制御を行うシステムを開発し、ともに工業化に成功した。写真 14 に、オンライン柄出し製織システムを示す。特に、オンライン柄出し製織システムにおいては、入力信号の記憶高密度化が必要なことと、その繰り返し読出しの必要性から、2 つのカセット型磁気テープの交互使用形式を採用した。また、コンピューターの有効利用の面から、群制御システムを構成することが必須となるため、群制御可能台数を織機台数とコンピューターのサイクルタイムとの関数として与えるとともに、各柄信号等のファイル化と補助記憶装置の収容能力についても検討した。

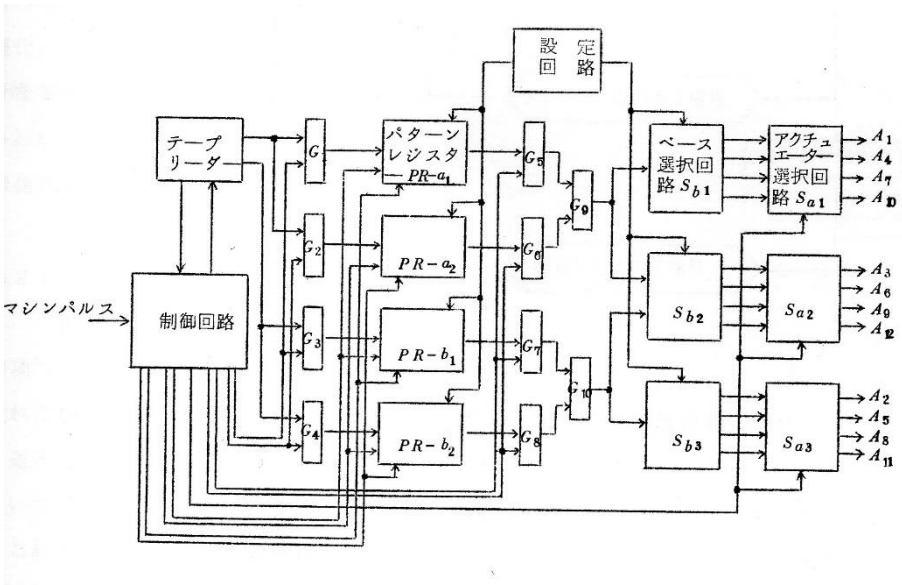


オンライン柄出し製織システム

6. 本研究開発余話

繊維生産工程の自動化、省力化、多品種少量生産を図りたいとの想いはあっても、なかなか対象を絞ることができなかった。2 章で述べた背景等から、研究対象を丸編機の柄出し方法に絞ってからは、比較的順当に研究は進んだ。いわゆる経常研究の段階である。非常に基礎的な事項で学会誌に論文を書いてから、その内容を実証するためには実用の機械を用いた実験が欠かせない。幸いに柄出しができる丸編機は所内に 1 台あった。しかし、かなりの改造や試作が必要になる。研究費が欲しい。

本来、この研究は、指令装置にコンピューターを使うには、余りに高価であることから、独自に指令装置を設計・試作する考えだった。論理素子やリレー素子などを用いて書いた回路設計試案（第 2 図）を持って、試作してもらえそうな会社を訪ねまわった。多くの会社が「無理」との返事であった。が、ある会社で「これならコンピューターでやったら」との返事をうけた。ここではすでに「1 万ドルコンピューター」つまり「ミニコン」を作っていたのだ。それ以



第 2 図　論理演算装置ブロック図の例

来、柄出し指令装置にはミニコンを使うことに決めた。

この時期、幸いなことに、工業技術院特別研究に新しい大項目が追加された。〈中小企業対策技術〉である。早速、「繊維生産工程の自動管理に関する研究」を研究グループで提案し、採択された。さらに次年度には、本研究に研究促進費が配分され、指令装置として欲しかったミニコンを設置することができた。とはいえ、研究は思うようには進まず、徹夜実験の日々も続いた。それらの山を越せば、狙いとした多様な柄が出せること、それに、制御装置としてミニコンを使っていることなどからか、ＮＨＫテレビで放送されたりした。

この特別研究は昭和 42~44 年度であったが、ここで更に幸運が待ち構えていた。財団法人機械振興協会　新機械システムセンターが新機械普及促進事業　昭和 44 年事業に「電子式自動柄出し丸編機」を選定し、本格的な実用化開発が始まった。設計、試作、据付、試用に 2 年ほど、その後は実機販売が始まったようである。それを写真 5 に示す

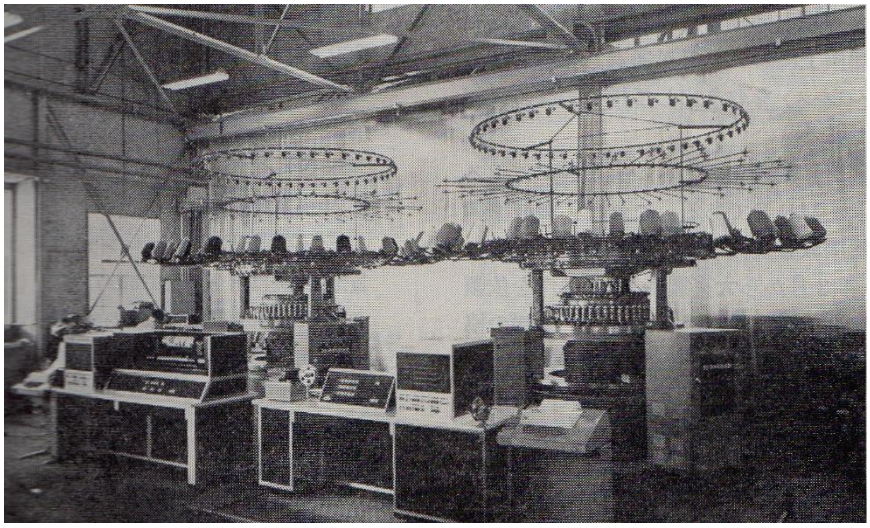


写真 5　システムニット　MDE[8)]　前列左からパターンアナライザー、柄出し指令装置、後列は 2 台の丸編機（シリンダー径 30in、給糸口 48 口、ゲージ 18~22,回転数 12~18rpm）および端末制御器

昭和 49 年度の工業技術院の発明考案にかかわる工業所有権実施状況一覧[13)]によれば、6,480 千円の実施料が国庫に納入されており、ベストファイブの位置を占めていた。

この間、前述の特別研究は「ジャカード織機の電子式群管理に関する研究」（昭和 45~47 年度）が実施され、実用化の成果を得たのも前述の通りである。

いつの時点であったか不明であるが、本研究に関連して技術移転の仕方で議論があったらしい。アメリカの会社から本研究で取得した国有特許の使用許可を申請してきた。これに対して、申請通りに許可すべきだという意見と、国内で製品化してから編機システムあるいは生産した編地などを輸出すべきだという意見が対立したそうである。さらに、この議論が通産研修所（東村山）で開かれた研究所の中堅研究者の研修の場で、成果管理の進め方のコ好個の例として討論された、と聞いている。

本稿は、「電子式柄出し技術」繊維と工業、**4**,268(19971)の一部に追加補筆したものである。

7. 参考文献

1) **相坂登、川上達也；繊学誌、22,**224(1966)
2) **相坂登、川上達也；繊学誌、22,**336(1966)
3) **相坂登、川上達也；繊学誌、23,**316(1967)
4) **相坂登、川上達也；繊工試研究報告、86,**35(1969**)**
5) **相坂登、川上達也；繊維工学、22**,P514(1969)
6) **相坂登、新藤忠、川上達也；繊学誌、25,**494(1969)
7) **相坂登、渋谷淳夫、川上達也；選高研研究報告、100,**25(1973)
8) **相坂登；工業技術、14**,72(1973)
9) **繊高研ニュース、創立 60 周年記念特集号**(1978-5)
10) **西川茂、赤見仁、川上達也；繊機誌、27**,P492(1974)
11) **西川茂、赤見仁、川上達也；繊機誌、27**,P543(1974)
12) **西川茂、赤見仁；繊高研研究報告、105**,5(1974)
13) **工業技術；データ・ファイル、16**,47(1975)

8. 関連特許

丸編機関連

536219,716041,722513,722514,737481

1310719(イギリス),4036034(アメリカ)

ジャカード織機関連

815631,822507,116364,1171612

7135107(フランス),3786987(アメリカ),3920053(アメリカ),1021565(イタリア)

著者略歴

1961 年　工業技術院繊維工業試験所（繊高研の全身）に入所。主として繊維関連工程の自動化、省力化の研究に従事。1975 年　日本繊維機械学会賞（記念賞）、1976 年　科学技術庁長官賞（技術功労者）「電子式自動柄出し丸編機の開発」を受賞。

受理日：２０１６年３月１６日