

計算機を使用した工作機械の群管理

日本国有鉄道 鷹取工場工場長 黒 岩 源 雄

1. まえがき

最近の目覚ましい経済社会の発展は、情報処理の電算化に始まるとさえ云われている。産業界においても市場調査或いは販売に Computer を活用し、また経理、資材、人事等社内業務の合理化を求めて Computer の導入が進められて来た。

通常「物」を生産する企業にあっては、(市場調査、受注)、(生産)、(販売)と云う三つの機能が要求されるが、前述のように販売、受注等には大いに活用された Computer も直接生産面では余り活用されていなかった。

しかし最近の強い経済的要求は、生産の Computer 化による合理化にまで進んで来た。

生産活動は大別して、設計、加工、組立、検査、貯蔵の各機能に分類されるが、これ等の業務の合理化をはかるため、Computer の持っている高度のデータ処理能力を活用し、自動設計システム、或いは自動加工、自動検査、自動倉庫等各システムの開発が進められた。

将来はこれ等各機能を有機的に結合し、さらに企業活動全体を包含した総合管理が推進されるようになるであろう。

日本国有鉄道 (JNR) においても座席の予約販売システムを始め、各種の統計、報告類、或いは人事、経理等の Computer 化を進めて来たが最近に至り生産過程の Computer 化に意をそそぎ、車両関係における総合回路試験装置の開発或いは主電動機検査業務の電算化等に成功した。

さらに、1968年には、建築、橋梁等を主な対象とした自動設計システムと、鉄道工場における機械加工の群管理システムの開発に成功した。

特に後者は今後の産業界における機械加工の動向を左右するものと考えられ斯界の注目をあびている処であり此処でその概要を紹介する事としたい。

2. 工作機械の変遷

機械機素を切削加工する所謂工作機械が発明されたのが何時の時代か詳かでないが、ウィルキンソンによる中グリ盤 (1775年) 或いはモズレーの旋盤 (1797年) 等

が近代工作機械のはじまりと云われている。

これ等初期の工作機械は当然の事ではあるが現在から見れば極めて単純な切削を行なうに過ぎず、特別の制御機構等を持つものではなかった。

その後、社会の発展につれ工作機械の技術的進歩に対する経済的要求は極めて強くなり、高速、高精度化と共に省力化、無人化を求めて自動化、トランスファー化されて来た。

これ等の変遷を図式化すると次のようになろう。

原始工作機械……→(動力の導入)→近代工作機械……→(動力の集中～動力の分散)→自動化……→(ならい化, NC 化)→トランスファー化……→(装置化)→適応制御化(完全自動化)

一方 JNR における工作機械の進歩の状況を旋盤を例にとり示すと次のようになる。

普通旋盤

- ならい旋盤(機械式ならい旋盤, 専用)
- 油圧ならい旋盤(汎用)
- 自動旋盤(自動着脱ならい車輪旋盤等)
- 群管理 NC 旋盤(Computer 制御)

3. 生産管理の変遷

所謂工作機械が産業界の一分野として形成されたと云われる18世紀の産業革命以来、宮々として努力して来た事は、必要な機械部品を「必要な量」だけ、「安価」に、しかも出来るだけ「早く」生産し、供給する事であった。此の目的を達成するため、当然の事ではあるが需要と供給両者の間に適切な情報伝達の機関が必要であり、初期においては「人」と「人」との情報交換が行なわれ、またこの変形としての符号化された通信形態……伝票或いは通告券等……が久しく採用されて来た。

20世紀に入り産業界全体の生産力が急激に増大し、加えて需要の多様化と高品質化が進むにつれ従前の方式では社会的要求に追随する事が出来なくなって来た。

此処で発明されたのが情報伝達の機械化であり、JNR に於ても1948年にパンチカードによるエンジンの履歴管理の研究が開始され、ついで1957年には UNIVAC の Punch Card System (P. C. S) を導入し生産管理の機

械化の時代を迎えた。

しかしその後の情報科学の進歩は目覚しく十数年を出ずして P. C. S. は既に時代の波に遅れをとり、現在では主要鉄道工場を親工場とし、近接する数工場を Branch とした Computer System による情報処理を実施するに至った。

4. 工作機械の群管理

第二次大戦後、社会構造の変革或いは異常とも見える程の技術の進歩に伴って産業界においては、

- 熟練労働力の不足
- 生産設備の陳腐化速度の上昇
- 新製品に対する設備の適応性
- 頻繁な製品のモデルチェンジによる圧迫

等の問題が非常な勢で高まって来た。

これ等の問題を解決するため企業における生産部門は、或いは流れ方式で採用し、或はタクトシステムを採り入れるなどして、量産化の効果をあげてきた。

然し最近のように製品が多様化し、また量産が適当でない場合にはこれ等の手法をとり入れる事が出来ない。

一方前述のように Computer の出現によって生産管理システムは大巾に変化し、また生産機械の目覚しい進歩によって複雑多様の製品を高精度に生産する事が出来るようになった産業界が、この問題をとらえて、1つの生産ライン、或は1つの工場を有機的に結合し合理化の実を挙げようとするのは当然の事であり、その一つの姿として、機械工場における多種少量生産の合理化と工程管理を同時に処理し究極の目的を「品質の向上」と「Total Cost の削減」においた電子計算機による数値制御工作機械群のオンラインコントロールシステムが生まれた。

4-1 群管理システムの歴史

群管理システムの歴史は極めて浅く、1965年 I. B. M. で実用化されたのが最初であるとされている。

此のシステムは、電算機用半導体論理回路を生産するための生産ラインを電算機により制御したもので、被制御機器は主として NC 検査装置、NC 組立装置である。

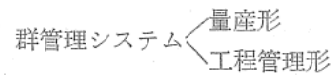
1967年に至り、Sundstrand 社その他において大型電算機による NC 工作機械の群管理システムが開発され、またオフラインで工程管理、見積り計算等を行なうようになった。

我が国に於ても群管理方式の開発について独自の研究が進められ、1968年3月国鉄大宮工場に於て本邦最初の電算機による NC レースの群管理システムが完成し、引続き翌1969年4月、同鷹取工場で2号機が稼働に入った。

4-2 群管理システムの分類

工作機械の群管理方式を使用目的によって分類すると

次の二方式に分類されよう。



前者は、多種少量生産の合理化を主目的としたもので機械類の新製等に相当であろう。本方式では予め設定された生産計画に合わせさえすれば工作機械群自体は他のシステムとは別個に独立して操業が可能である。

後者の場合は或る1つの生産システムの中の1分野として、親システムから工程管理を含めて総合的に制御される群管理方式で、その操業は常に親システムに match させる必要がある。即ち親システムの工程変更に対応するため緊急割り込み、或いは飛び越し等の機能を附加しなければならない。

猶、工程管理形群管理システムが直ちに量産形に移行出来るのは勿論である。

4-3 Computer と工作機械の結合方式

工作機械の群管理方式を制御機能の面から大別すると Tapeless-NC システムと、Integrated-NC システムにわけられる。前者は1台の Computer に、複数台の NC 工作機械を結合し、加工に必要なデーターを直接 Computer から送るようにしたもので、加工データーは総て Computer の持っている磁気ドラムに記憶されており通信線を介して数値制御装置に送られる。

かりに Computer と工作機械が距離的に遠く離れていたとしてもデーター通信線を利用すれば操業は可能であるが、一方現状では可成り高価となること及び加工以外の機能……工程管理或いはパートプログラムのデバッキング (Debugging) 等……を持たせる事が困難である。

後者は加工の機能だけでなく、オンラインの工程管理、オンラインのパートプログラムのデバッキングの機能を持たせたもので今後の群管理の主流になるであろうと云われている。

さらに Integrated-NC System は次の二種類にわけられる。即ち DNC (Direct Numerical Control) 方式と、CNC (Computer Numerical Control) 方式の二つである。

前者はシステム中に NC 工作機械を組み込み直接これを制御する方式で、我が国では富士通、沖電気等で研究開発が進められ、米国では GE 或いは Bendix 社等で開発されている。

後者は Computer と NC 制御装置を一緒にし、工作機械には MTC (Machine Tool Controller) と云うサーボ機構と操作盤から成る簡単な制御装置を取り付けたもので、日本においては富士通等で開発が進められており、米国では IBM と提携している Sundstrand 社等で研究が進んでいるようである。

JNR で現在稼動中の 群管理 システムは Integrated-NC System による DNC 方式に属する……実は CNC 方式の先行タイプであり、世界で最初の実用的「工作機械の群管理システム」であると云われている……ものでその構成は、NC 工作機械が RTC (Real Time Controller) を通して Computer に結合している。

図 1 は DNC 方式の構成図を示し、図 2 は CNC 方式、図 3 は両者の併用方式を示した。

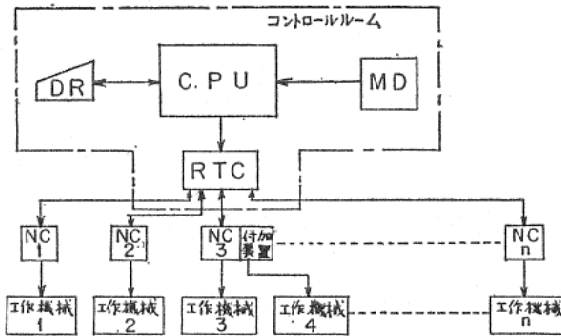


図 1 DNC 方式群管理システム

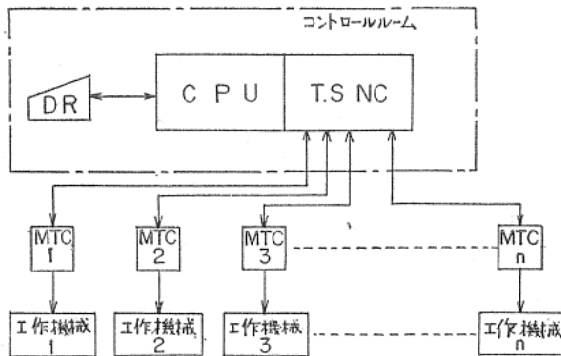


図 2 CNC 方式群管理システム

図で明らかなように、DNC 方式の場合には各工作機械には NC 制御装置が附加されており、NC 工作機械と Computer はインターフェース装置を介して結合している。

CNC 方式の場合には、個々の工作機械から NC 制御装置を除去し、集合 NC 装置を介して、MTC 付工作機械と Computer が結合している。

なお両者の長短を列記すると次のようになる。

a) DNC 方式

- i) 図 1 から明らかなように、若し Computer が故障しても個々の工作機械は NC テープを利用する事によって、単独運転が可能である。
- ii) 既設の NC 工作機械 (複数) がある場合、必要に

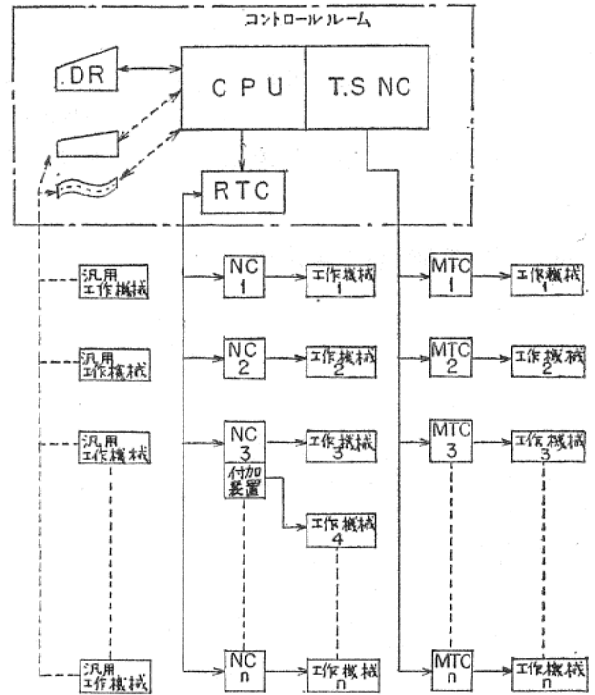


図 3 DNC-CNC 併用群管理システム

応じ何時でも Computer と結合する事によってシステム化する事が出来る。

b) CNC 方式

- i) 個々の工作機械に NC 制御装置がつかないので廉価である。
- ii) NC コントロールロジック部分は環境の良いスペースに設置出来るのでトラブルの発生が少ない。

4-4 群管理システムの機能

既に述べたように群管理システムの最大の目的は、機械工場における生産性の向上にあるが、単純な量産のみが目的であるならば恐らく NC 工作機械のみでよいであろう。

群管理システムのメリットは、NC 加工を行なうと共に、システム内で生産管理を同時処理し、更に必要によりパートプログラムの同時処理が可能なる点にある。

即ち、生産管理及びパートプログラムの同時処理機能は群管理システムの最少必要機能である。

また全自動工作機械を群管理しようとする場合、加工素材を自動的に供給しなければならないが、このため素材を自動搬送するコンベアのシーケンス制御、或は加工品のローディング及びアンローディング機構のシーケンス制御機能も必要となる。

一方生産ライン全体の工程管理上からの要請に基づき計画変更等に対応するため、スケジュールの変更……飛び越し、緊急割り込み等……機能が必要である。

さらに群管理システム内の工程管理上の機能として、決定工程表に対する完了工程表、遅延工程表の作成を行なわなければならない。

また工場或は企業全体の必要によっては、さらに上級の Computer と結合して生産管理を行ない、同時に NC 加工に必要なデータの自動プログラミングシステムを構成するようになる。

以上を要約して群管理システムの機能を示すと、表 1 及び図 4 のようになる。

表 1 群管理システムの機能

機 能	内 容
数値制御加工	1. NC 加工データの作成 2. 工作機械のシーケンスコントロール 3. 搬送装置のシーケンスコントロール 4. ローダー、アンローダー機構のシーケンスコントロール 5. 自動工具交換機構のシーケンスコントロール
生産管理の同時処理	1. スケジュールの作成 2. リスケジュールの作成 3. 素材の供給指令 4. 各種レポートのロギング
会話形パートプログラムの同時処理	1. 会話形パートプログラムのデバッグ 2. 会話形パートプログラムの修正、 附加

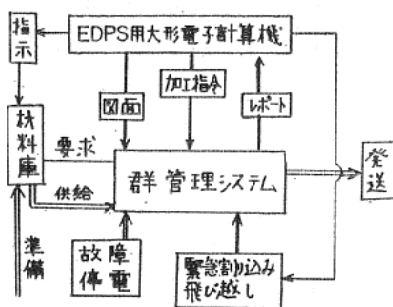


図 4 群管理システムの機能

5. 群管理システムの稼働例

JNR に於て現在稼働中の 鉄道車両は、全車種合せて約 20 万両に達する。これ等車両の定期修繕は全国 26 の鉄道工場で行われているが、この修繕の為鉄道工場における機械加工工事は、最近近代車両の急増、労働力の不足或いは経費の節減等諸情勢を背景として機械加工の自動化、省力化に積極的な努力を重

ねて来た。此の結果は内燃機関部品或いは車輪、車軸等の自動加工機、トランスファーマシンとして開発導入され目覚ましい活躍をしている。

しかしこれ等は鉄道工場における機械加工の一部に過ぎず、大部分の作業は従来の汎用工作機械による多種少量生産によってまかなわれていた。

この汎用工作機械による多種少量生産を如何に合理化するかは単に機械加工の進歩、発展上不可欠の命題であるだけでなく、企業全体の合理化にもつながるものである。

このような意味で国鉄のみでなく各企業においてこれ等多種少量生産の合理化に関する研究が進められ、或いは類形的加工法のグループテクノロジーとなり、また数値制御複合工作機等となって開発が進められて来た。

鉄道工場に於ては、これ等技術進歩の動向に注目しつつ、その利害、得失について検討を進め、さらに車両修繕作業の特異性を考慮して鉄道工場独自の方法として開発したのが、ここに紹介しようとする数値制御工作機械群の計算機による制御システムである。

5-1 鉄道工場における機械加工の状況

鉄道工場では車両の定期的に検査し、修繕を実施しているが、これ等の車両には電気機関車、ディーゼル機関車を始め、電車、客車、貨車と多くの車種と形式があり、これを構成する部品もそれぞれ異なったものとなっている。従って車両修繕に伴って要請される加工部品は膨大な数にのぼりさらに、車種或いは形式によって要求する精度も大巾に差異のあるものとなっている。例えばディーゼル機関車で要求する部品の精度は通常 0.005mm~0.01mm であるのに対し客車、貨車にあっては 0.1mm のオーダーである。

またディーゼル機関車の構成部品は約 10,000 点の多きを数えている。

これ等部品の点数がいくら多くても、定常的に或る纏った数量の加工が要請されるならば、機械加工上の問題は比較的簡単に解決する事が出来よう。

しかし鉄道工場は修繕工場であるため、その部品の摩耗や損傷程度によってその取替数が常に変動し、さらに加修部品の場合には、同一部品であっても部分的に指示寸法が異なるものが可成り発生する。

また修繕車の種別も、修繕級別も車両の運用面の制約からグループ化し難いと云う事情がある。

又一方、部品の製作（又は加修）工程は車両修繕工程にマッチさせる為極端に圧迫され、現車工程に組み込む場合には、発注時より数時間~十数時間内に完了するよう要求されるものが大部分である。

以上のような事情から鉄道工場における加工（加修）

部品の生産実態は、その約70%が1ロット1～5個で且つ極めて短時間内に作業を完了しなければならない非効率なハンドリングの多い作業になっている。

この事は修繕工場の宿命とも考えられるが、一般の企業で云われている多種少量生産と鉄道工場におけるそれは若干、趣を異にしたものである。

5-2 システムデザイン

JNRにおける群管理システムは大宮工場（埼玉県）と鷹取工場（神戸市）に夫々1セットずつ設置されている。基本的システムは全く同一であるが、その内容は若干異っている。

1台の電子計算機によって大宮工場では7台の、また鷹取工場では5台の工作機械の作業内容を掌握し、夫々の機械が必要とする制御指令を、加工物の種類に合せて指示し部品の製作と工程管理を行なっている。

5-2-1 システム設計に当たっての基本的考え方

JNRにおいて工作機械の群管理システムを設計するに当たっての基本的考え方は次のとおりである。

- i) システムの目的は非効率な多種少量生産である部品の製作加修を合理化し、低コストの量産形とする。
- ii) 本計画は試行段階であるので当面の対象作業は旋盤作業に限定する。
- iii) マテリアルハンドリングを極力削減する。
- iv) 加工作業の工程管理及び材料管理の出来るシステムとする。
- v) 親システムに合わせるため緊急割り込み、ワークの飛び越しが可能なシステムとする。
- vi) 親システムにマッチさせるため（現車作業の要求に基づく元図面とは異った寸法指定……例 車軸

のジャーナル部直径或いは同長さの指定）コントロールルームの制御を受けながら、独立して一部ワークの変更が可能なシステムとする。

- vii) 現行の入場検査様式や記入方法を変更することなくシステムを導入する。

5-2-2 対象ワークの選択

前述のように本システムは将来の機械工場の在るべき姿を求めての試行であり、此処では鉄道工場において既に量産化され、合理化されている部品を除き、他の総ての旋削加工品について、i) 品質形状 ii) 材料 iii) 仕上精度 iv) 加工人工 v) 1両当り使用数 vi) 年間使用数 vii) 1回当り消費数 viii) 受注から完成までの要求時間 等の実態調査を行ない、大宮工場では約550品目、年間6000人工（約32名分の作業量）、鷹取工場では約370品目、年間4900人工（約25名分）相当の部品が検討された。これをさらにグループテクノロジーの手法を用いてA、B、C、D、Eの5グループに分類し、極端に形状や寸法の異なるものを除き、両工場について夫々約500品目、5600人工、約290品目、3700人工相当の部品を対象ワークとして選び出した。

なおA～E5グループの分類、水準は、表2、表3のとおりである。

5-2-3 必要機械台数の算定

必要機械台数は、前述の対象ワーク製作所要時間によって決定される。しかし対象ワークの総てについて群管理方式に関する基礎データを集める事は余り意味がないので、本システム導入に当たっては代表的数品目を抽出して試験切削を行ない、此のデータに計画した群管理システムの特異性——例えば半自動NCレース2台の同時運転等——を考慮して全対象ワークを消化するための

表2 グループ別性格表

グループ	素 材	チャッキング方法	ネジ切り 勾配削り	加工機	加工部品例
A	棒 材	チャックワーク	無	全自動	ピン、ブッシュ、 軸
B	〃	センターワーク	有	〃	ネジ切り テーパシャフト
C	鋳、鍛造品	チャック及びセンターワーク	無	半自動	ピン、ブッシュ、 軸
D	〃	〃	有	〃	ボルト、 テーパシャフト
E	鍛造品	チャック及びセンターワーク (3爪、後退、油圧式)	〃	〃	車輪・車軸

注：全自動 材料供給、加工、送り出しまでを自動化
半自動 材料の着脱は手動、他は全自動に同じ

表3 分類・水準表

水準	才1	才2	才3	才4	才5	才6	才7	才8	才9	才10
	L/D=λ	材質	素材外径	素材長	外面形状	加工寸法	内面形状	ネジ寸法	端部加工	ツカミ代
1	λ ≤ 0.5	一次素材 SS SC	D < 16 ^φ	L ≤ 100	端面加工のみ	0 ^φ (穴なし)	穴加工なし	ねじなし	片端面のみ	10 ^{mm} 以下
2	0.5 < λ ≤ 2.5	BC BS	16 ^φ ≤ D = 20 ^φ	100 < L ≤ 170		16 ^φ ≤ D ≤ 21 ^φ		ISO外ねじ	両端切落し可	10 ^{mm}
3	2.5 < λ ≤ 5	その他	20 ^φ < D ≤ 38 ^φ	170 < L ≤ 695		21 ^φ < D ≤ 30 ^φ		ISO内ねじ	両端トボ加工可	15 ^{mm}
4	5 < λ ≤ 8	二次素材 SS鍛造 SC	38 ^φ < D ≤ 70 ^φ			30 ^φ < D ≤ 45 ^φ		インチ外ねじ	両端切落し、トボ不可	20 ^{mm}
5	8 < λ ≤ 10	STY鍛造	70 ^φ < D ≤ 120 ^φ			45 ^φ < D		インチ内ねじ	2ヶ取り	
6	10 < λ	BC BS	120 ^φ < D ≤ 145 ^φ	695LL		16 ^φ ≤ D ≤ 21 ^φ		台形外ねじ		
7		FC	145 ^φ < D			21 ^φ < D ≤ 30 ^φ		ISOとISOの組合せ		
8		ステンレス				30 ^φ < D ≤ 45 ^φ		ISOと台形の組合せ		
9		STYステンレス				45 ^φ < D ≤ 85 ^φ				
10		その他				85 ^φ < D				

所要総運転時間から必要台数を求めた。

此の試算の結果、大宮工場では全自動旋盤、半自動旋盤共に夫々5台を必要とすることが判った。

然し対象品目総てを群管理旋盤にのせる事は必ずしも有利であるとは云えず、その成績は1回当りの発注数量によって左右される……限界ロットサイズがある……のでこれ等を併せ検討の結果、最終的には、大宮工場は全自動機3台、半自動機4台、鷹取工場の場合には半自動機4台、車軸用半自動機1台に決定した。

5-2-4 切削工具

切削工具選択の良否は直ちに機械加工能力を左右する。本システムの設計に当っては特に此の点を重視し、工具の材質、形状、耐久性、チップブレイカー等について試作実験し、装置用専用工具17種を決定した。

その特色は切削工具の保守管理を容易にするため国産標準品(超硬)に準じたものとしたが、一部輸入品の使用も止むを得なかった。また、特殊工具として車軸ジャーナル仕上用ローラーの開発も併せ行なった。

また本システムは有機的な運転を特色とするので工具の交換を0.5日単位に制約し、その耐久時間は120分を一応の限度とした。

5-2-5 材料供給装置

対象ワークのうち棒鋼材など単純な素材を使用するワークについてローディング装置を設け全自動機に設置した。

ローディング装置の設置に当っては既に実用化されている主軸内送り出し装置を計画したが、多種少量生産の制約からこれを実施する事が困難となり、専用の円筒回転マガジン付ローダーを開発した。

5-3 装置の機能と概要

本システムの構成を、図5(大宮工場)及び図6(鷹取工場)に示した。此の装置にはオフライン(Off line)業務とオンライン(On line)業務とがありオフライン業務では、入場検査調書や予備品請求調書によって要請された部品を指令テープに置き替えると共に、データライター(Data Writer)にインプットしてC.P.U.にメッセージする。メッセージを受けたC.P.U.は、それぞれの部品の納期(緊急度)に合わせて製作工程を整理し、その結果をデータライター(Data Writer)に逆送して決定工程表をプリントアウトする。また作業完了後、完了工程表或は遅延工程表等をプリントアウトしオペレーターに提供する。

一方オンライン業務では、決定工程表の順序に従って予め磁気ドラムに記憶されている加工物のプロセス指令を呼び出し、リアルタイム制御装置(R.T.C.)に一時ストックして此処から各工作機械の要求指令を数値制御装置(NC)に送信する。NCは此の指令を方向別に選択の上、各工作機械に取り付けられた電気油圧パルスモーター(E.H.P.M—Electro-Hydraulic Pulse Motor)に送信し刃物台が位置決めされ切削加工が行なわれる。

5-3-1 入出力データ及び決定工程表の作成

本システムの入力データは、工作番号、部品番号、所要数、納期、緊急度種別であり図7、表4に示した。これに対してC.P.U.は前回までに要求されていて製作の完了していない部品をあわせて、最も緊急度の高い部品から製作工程を整理決定する。これが決定工程表であり図8はこの作成手順を示した。また出力データの1例として完了工程表を表5に示した。

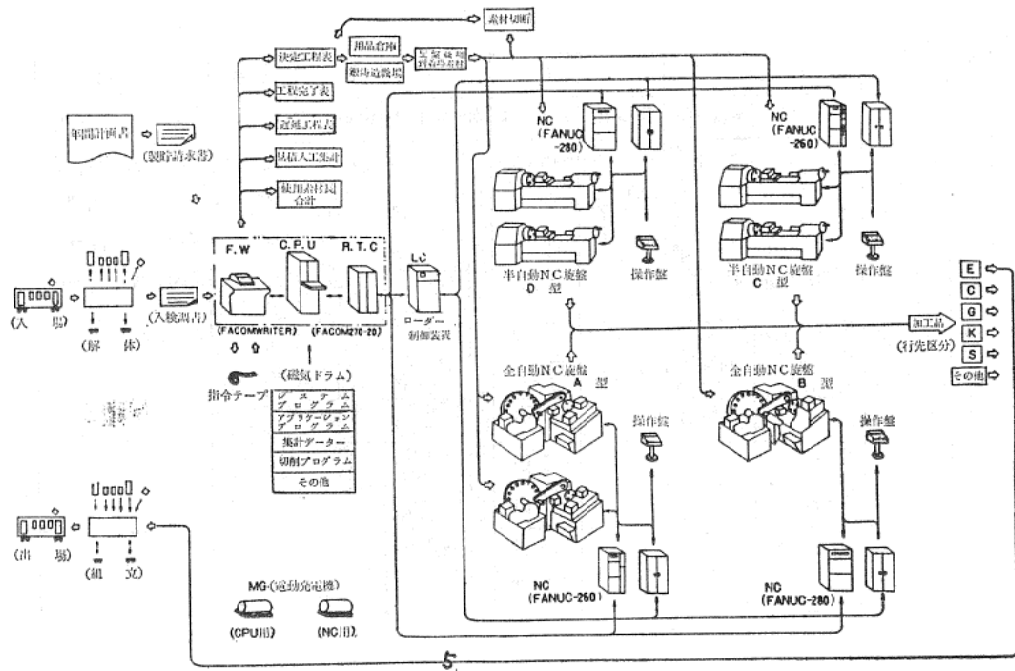


図5 群管理システム (大宮工場)

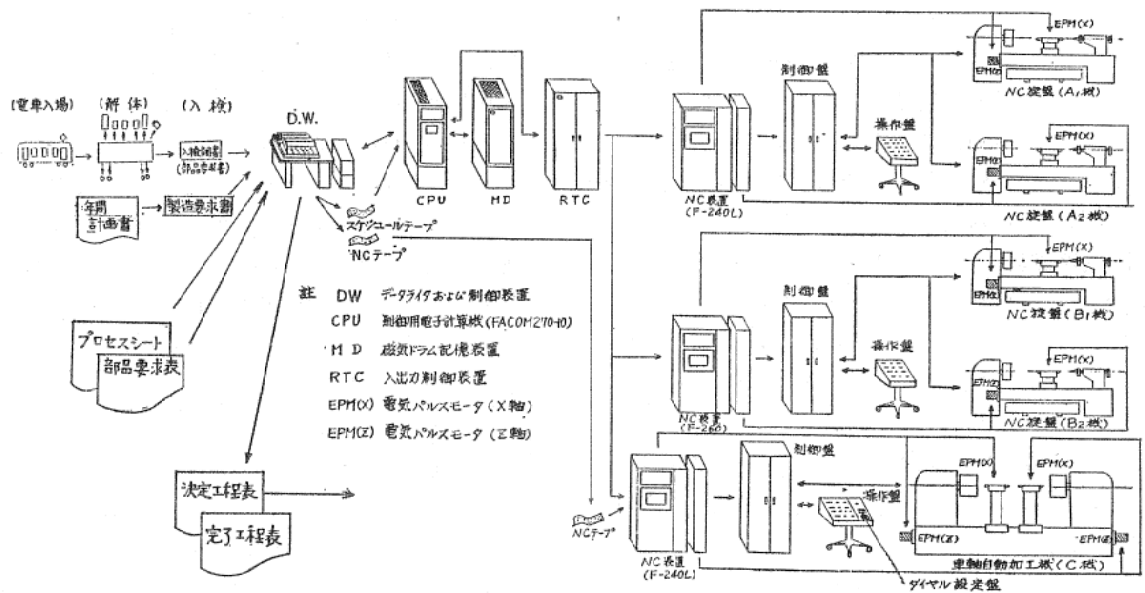


図6 数値制御工作機械群の総括制御システム構成図

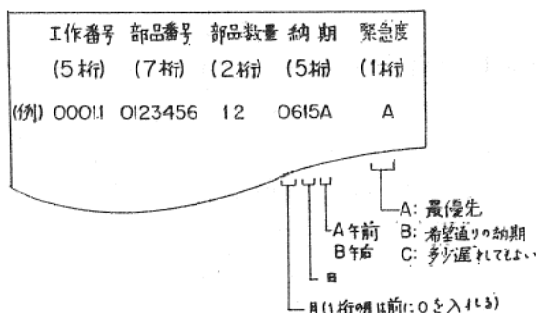


図7 入力データの1例 (検査表より)

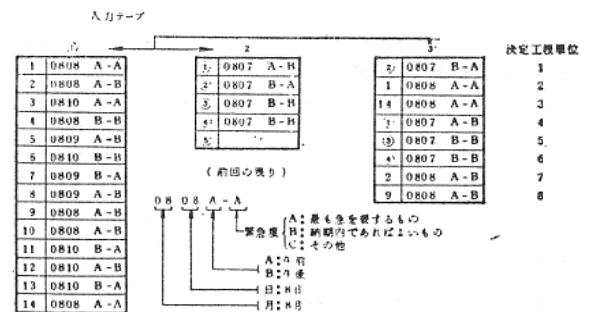


図8 決定工程表作成手順

表4 入力データの1例

部品要求表			決定工程表							
製品No	部品No	数量	工程No	製作No	部品No	数量	材質	素材寸法	素材数量	見積加工 累計時間
1050	1452	02	01	1050	1452	02	S S 41	022-0096	02	010.0
1050	1158	04	02	1050	1153	04	S S 41	110-0125	02	030.0
1050	1154	02	03	1050	1154	02	S 20 C	227-0069	02	065.0
1050	1155	02	04	1050	1155	02	S 20 C	227-0069	02	094.4

表5 出力データの1例

完了工程表					
工程No	製作No	部品No	数量	不足数量	見積加工 累計時間
01	1050	1452	02	00	000.0
02	1050	1453	04	00	000.0
03	1050	1454	02	00	000.0
04	1050	1455	01	01	014.7

5-3-2 制御機器

a) データライター (Data Writer)

C.P.U. への情報の指令及び C.P.U. からのメッセージをタイプアウトする。主な機能は次のとおりである。

活字数	アルファベット	A~Z, a~z, (A~Z)
数字		0~9 (0~9)
記号		22種 (15種)

速度 15字毎秒 (8字毎秒)

印字数 130字/行 (50字/行)

但し () は鷹取工場設置を示す。

b) 制御用電子計算機 (C.P.U.)

決定工程表の順序に従って NC 情報を RTC→NC→EHPM に転送し工作機械を制御する。指令の送り出し方法は C.P.U. から 1 word 毎に情報を RTC に送信

表6 CPUの機能

	大宮工場	鷹取工場
語長	16ビットチバリティビット	16ビットナバツティビット
アドレス方式	ストアードプログラム方式	ストアードプログラム方式
インデックスレジ	3個, 磁心メモリ	3個, 磁心メモリ
データチャンネル	3(1チャンネルはドラム用)	3(1チャンネルはドラム用)
演算速度	2.4~39 μ s	加減算 120 μ s (1語命令)
主記憶	32 k-words	4 k-words
メモリサイクルタイム	2.4 μ s	2.0 μ s
磁気ドラム	131 k-words	32 k-words
転送速度	12.5 μ sec	37.5 μ sec

し, RTC はこれを 1 character (1 word=2 character) 毎に変換して NC へ転送する。

なお C.P.U. の主な機能を表 6 に示した。

c) リアルタイム制御装置 (R.T.C.)

C.P.U. と工作機械は直接接続する事は出来ない。即ち両者間の信号変換或いは信号の整理を行なう為の附加装置として R.T.C を設けた。本機は両工場共、同一機種で構造は 10KC ロジック回路により組まれている。

d) 数値制御装置 (N.C.)

本装置に使用した NC は、大宮工場では FANUC 260, 280 を用い、鷹取工場では FANUC 260 及び FANUC 240L を使用している。また此のシステムでは 2 台の NC 旋盤を 1 セットの NC で制御するため二軸附加装置を併設し設備コストの低減を図っている。

i) FANUC 260

RTC からの信号を方向別のパルス信号に変え、迅速に EHPM に送信する。制御は直線切削と位置決めを行ない比較的単純な加工を行なう。なお機能は次のとおりである。

制御軸……………X 軸・Z 軸

同時制御軸数……1 軸

設定単位……………X 軸 0.005mm/パルス

Z 軸 0.01 mm/パルス

ii) FANUC 280

テーパ切削, 曲面切削, ネジ切りを目的として連続同時 2 軸制御が可能である。その他については FANUC 260 と同じである。

iii) FANUC 240L

制御機能は FANUC 280 と全く同じであるが、切削に当ってバイト補正が任意に行なえるよう刃物補正装置

(範囲 0~±9.999mm) を設け、又単独 NC レースとして運転出来るようテープリーダーを設けてある。

e) 加工機

i) 全自動加工機

従来の全自動加工機に見られるような刃物台を傾けた切粉はけのよい構造で、刃物台は傾斜ベッドに上下 2 組設けてある。本機のサーボ機構に用いるパルスモーターは半自動機と異り電気パルスモーター (E.P.M) である。

ii) 半自動加工機——(1)

本機は汎用工作機械に数値制御装置を取り付けた一般的なもので特に変わった点は見当らない。しかし群管理システムをとり、電算機により有機的に制御されていることから、ワークに誤りの起こらないようチャッキングの都度加工指令と照合されるようになっている。

iii) 半自動加工機——(2)

本機は車軸加工専用設計、製作した両軸駆動数値制御旋盤で、切削に当って刃物台は C.P.U. と NC の両者によって同時に制御される (図 6 参照)。

車軸切削に当っては、ジャーナル部直径、同部厚さ、或いは車輪圧入部の直径等各部寸法を車両の修繕基準にマッチする範囲で任意に変更する必要があり……修繕の特性……此のため設計図面寸法を基準とした NC 情報による切削は行なえない事になる。

此のため車軸加工機の場合にはレースに附属する操作盤上のダイヤル設定盤を操作し、設計寸法と異なる寸法を与えたい部分の寸法を指定して此の情報を C.P.U. に伝送する。メッセージを受けた C.P.U. は、予め設計図面をもとに作成された NC テープで作動するレースに対し指定部分のみ刃物台の位置をプラス (+) 又はマイナス (-) するよう数値制御装置をコントロールする。

即ち本数の場合は、Computer による NC レースの直接制御……Tapelless NC の機能を与えてある。なおレース自体についても二、三の特徴を持っているので紹介すると次のとおりである。

- ア. 2組の刃物台を持ち、両者は夫々独立して FA 制御の NUC 240L で制御される。
- イ. 両軸駆動方式旋盤である。
- ウ. チャッキングは、両駆動軸端の油圧チャック装置の設置で行なわれるが、何れか一方が駆動軸となつた場合、反対側の油圧チャック爪は後退してセンター支持となる。
- エ. ジャーナル部及び車輪圧入部はローラー仕上げ装置を行なう。
- フ. ローディング装置
ローディング装置は全自動加工機に設けられたもので、マガジンとローダーアームから成っている。素材は予めマガジンに装填され待期しており、RTC から必要素材の選択信号を受けて回転し、指定位置でロックされる。ここからローダーアームは素材を引き出し、必要に応じて心立てを行なって加工機に取り付けられる。
- グ. 操作盤
操作盤はレースの稼動を制御するが、盤面には、工程 No, 製作数量を表示する。またオプションストップ、工程番号、製作数量などの変更……飛び越し、緊急割り込み等の操作を行なう。
- ハ. その他
以上の他に、強電盤、油圧ユニット、制御用電源等必要な機器を設けてある。

6. 群管理方式の経済性について

設備投資に対する経済性の評価は、一般にその設備による製造原価と、投資額によって決まるものである。

次に汎用工作機械を使用した一般機械工場、数値制御工作機械を専用した数値制御機械工場並びに群管理方式工作機械を使用した機械工場について経済比較を試算してみよう。なお此の試算に当って汎用旋盤を使用した場合と、群管理方式による場合は JNR 鷹取工場の実際について計算したものであり、NC 工作機械に関する値は前記を参考に推定した値である。

- 今、部品 1 コ当りの加工時間……… T_i
 - 段取り所要時間……… T_e
 - 総製作個数 …… N
 - 加工部品 1 ロット当り個数……… n
 - 単位時間当り全経費……… K_i
 - 製品製造原価……… Y
- とすると

$$Y = K_i \left\{ \left(\frac{T_i}{n} \right) + T_e \right\}$$

此処で示した単位時間当り工費 K_i は各企業により或いは同一企業内に於ても生産設備等の内容により変化するもので一般に K_i の内容としては次が計上される。

- (1) 製造固定費……… $(K_i + K_m)$
 - i) 直接部門……… (K_i)
製造固定費の中の直接部門費としては、a) 減価償却費 b) 利子 c) 諸税 d) 旧設備の減価償却未済額 e) 修繕費 (固定配賦額) f) 中間職人件費及び同附帯人件費 等がある。
 - ii) 間接部門費……… (K_m)
間接部門費としては a) 関与資本費 b) 管理部門人件費がある。
- (2) 製造変動費……… (K_n)
製造変動費としては a) 動力費 b) 人件費 c) 物件費 (消耗材料、機具費、役務費等) がある。

即ち $K_i = (K_i + K_m + K_n)$ で表わす事が出来る。次表は鷹取工場に於ける各方式に対する K の値である。

表 7 K 値の比較

	K_i	K_m	K_n	K_i	記号
群管理 NC 方式	1.792	330	655	2.777	g
NC 方式	1.290	280	654	2.224	N
汎用工作機械	315	214	651	1.180	P

単位 円/hr

本表でも明らかなように製造固定費は群管理方式→NC 方式→汎用工作機械の順に廉価になるが、製造変動費は殆んど同一である。これは三方式を評価する為人件費のとり方を 1 人・1 時間当り人件費としたためで実働状態に於ける total 人件費は汎用工作機械が遥かに高く、群管理方式の約 3 倍となる。

一方製品 1 コ当りの生産所要時間 x は、 $x = \{ (T_i/n) + T_e \}$ で示されるが、各方式の K_i を比較すれば、群管理方式では

$$x \leq \text{NC の方式の } 1/1.24$$

$$x \leq \text{汎用工作機械の } 1/2.35$$

でなければならないことになる。即ち群管理方式を採用する場合、少なく共汎用工作機械の 2.35 倍以上、生産性が挙がると云う事が絶対の条件となる。

一方、 x を低下させるためには T_i , T_e を、減少させ n を増大させる必要があるが n については発注側からの要請で或るロット数に固定される。

群管理システムは此処で始めてその能力を発揮する事になる。即ち適切にスケジュールテープをタイプアウトする事によって、 n の小さい生産計画に対し汎用工作機械に比し大巾に T_e を減少する事が可能であり、また通常の NC 工作機械よりも T_i を縮減する事が出来るからである。

然し総ての部品について x を小さくする事が出来る訳ではなく、対象部品の形状、材質等に対応し、 n をパラメーターとして決めるものである。

今、群管理システム、汎用工作機械夫々の場合について、

部品切削所要時間…… t_q, t_p

最初の段取時間 …… T_q, T_p

単位時間当り経費…… K_q, K_p とすると

群管理システムが有利となる限界ロットサイズ n は

$$n \geq (K_q/K_p) \cdot T_q - T_p/t_p - (K_q/K_p) \cdot t_q \\ = K \cdot T_q - T_p/t_p - K \cdot t_q$$

で示される。

第8表は鷹取工場で群管理システムに移行する事の可否を検討した二、三の例を示したものである。

以上群管理方式の経済性について簡単に述べたが、最終的に本方式の経済性を決めるものは i) 多種少量生産が繰り返される。ii) 形状が複雑で、高精度を求められる部品が多い。iii) 工程管理上の要求が強い。と云う点にあると考えられる。

7. 群管理システムの事故に対する許容度

設備上のトラブルは常に0であることが望ましい。しかし現実の問題としてこれが不可能であるならばユーザーとしては、投資に当ってはトラブルの発生率を予測して経済性を吟味し、またトラブルの発生率を考慮してメンテナンスを計画し、システム全体としての生産計画を樹てなければならない。

従ってトラブル発生率の高いシステムは特殊な例を除いては経済的立場から企業として採用出来ない事になる。

この為ユーザーの立場からはトラブルに対する許容度を厳密にチェックしておく必要があり、メーカーとしてはトラブルが最少になるよう保証しなければならない。

次に群管理システムについてのトラブルに関する許容度について検討し併せて当工場の運転実績について簡単に紹介しよう。

7-1 群管理システムにおけるトラブルの性格

群管理システムで故障が発生した場合、その故障の発生個所によって全システムが操業不能となったり或いは

一部の機械が停止する。又その発生状況によっては特定の作業が遂行不能となるが、その部分をカットすればシステム全体の操業は可能であると云うように従来の機械工場のトラブルとは全く異った様相を呈する。

又群管理システムの方案の差によってトラブルに対する機械工場全体の受ける影響も全く異ったものとなる。

従って群管理システムに於ては、トラブルの発生割合とか、トラブルに対する復旧経費の寡多のみによって、その許容度を決定する事は出来ない。また或る群管理システムで許容されるトラブルと同種類のトラブルであっても別の群管理システムでは全く許容出来ないと云う事になる。

7-2 群管理システムのトラブルに対する許容度

許容度で設定する場合、製品の納入時期の遅れ等による企業の損失を当然考慮しなければならない。しかし此処では、単純に生産額に与える影響とシステムの復旧に要する経費の面から在来の汎用工作機械と対比しながら事故に対する許容度について述べる。

i) 生産額から見た許容度

今群管理工作機械及び汎用工作機械の夫々について

事故による休止時間……… t, t'

単位時間当り生産額……… K_{iq}, K_{ip}

損失額 …… Q_q, Q_p とすると

$$Q_q = t \cdot K_{iq} \leq t' \cdot K_{ip} = Q_p$$

第7表より

$$K_{iq}/K_{ip} \geq 2.35$$

従って

$$\frac{Q_q}{Q_p} = \frac{t \cdot K_{iq}}{t' \cdot K_{ip}} = \frac{2.35t}{t'} \leq 1$$

即ち

$$t \leq \frac{t'}{2.35}$$

でなければならない。

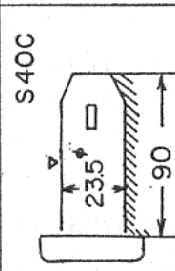
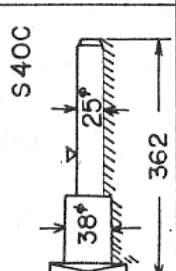
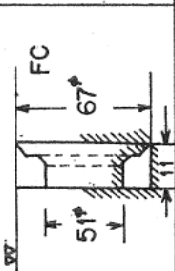
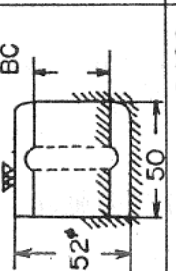
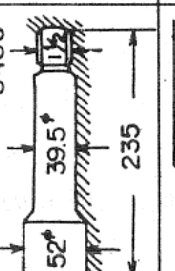
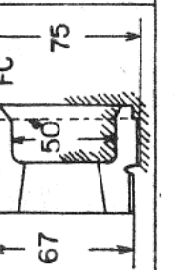
一方汎用工作機械の場合 t' の発生割合は0.1~0.25%であり、特殊な工作機械でも通常0.5%を越える事があるとはならないとされている。即ち群管理工作機械では汎用普通旋盤との置き替えを目的とした場合その休止時間は0.05~0.1%以下でなければならない。

ii) 復旧費の面からみた許容量

工作機械等の年間保守費は通常資産額の4~5%と云われている。

保守は定期修繕と臨時修繕……事故復旧費……の合計であるが、群管理システム等の修繕には、特殊な専門技術と設備を必要とするので一般工作機械に比し保守費は大きな額になると考えられる。従って4~5%の保守費

表8 限界ロットサイズ

NO	部 品	1ヶ月前所要時間		段 取 時 間		バ 仕 本 数	工 程 数	限 界 ロ ッ ト サ イ ズ n
		システム tg	汎用機 tp	システム tg	汎用機 Tp			
1	ピ ン (台車用) 	1.3	2.7	1.7	0.5	1	2	—
2	ノズボルト (モーター用) 	4.0	9.6	1.7	0.5	1	2	16
3	バルブサポート (エンジン用) 	1.2	13.5	9.3	2.3	4	7	2
4	連棒ブッシュ (エンジン用) 	3.5	13.0	7.3	1.7	2	5	4
5	端 金 (電車用) (除ネジ切り) 	4.0	7.3	6.5	2.0	3	4	—
6	スリーブ (配管用) (除ネジ切り) 	2.5	4.2	7.0	2.5	3	5	—

(注) 限界ロットサイズは次により求める。

- i) 群管理システム, 汎用工作機械それぞれ
の部品着脱, 切削所要時間.....
 $T_0, T_p,$
- ii) 同上の最初に行なうバイセッチング,
段取り等所要時間.....
 $T_0, T_p,$
限界ロットサイズ.....n

$$n = \frac{2.35 T_0 - T_p}{t_p - 2.35 t_0}$$

は大部分が定期修繕に消費されるであろう事を想定すると此の面からも事故の発生は強く制約する努力が必要であろう。

iii) コントロール室内各機器の許容度

第 i) 項では、工作機械単独の事故に対する許容度を述べたが、群管理システムの場合制御装置にトラブルが発生すればシステム全体が操業不能となる。特に CNC 方式による場合、或は大規模群管理システムではその影響が大きいためコントロールルーム内各機器に対するトラブルは許容出来ない事になる。

8. 群管理システムの保守管理について

群管理システムを採用した場合には、既に述べたようにコントロールルームのトラブルはシステム全体の操業を困難にし、またその他機器の事故も大きな損失をまねく。従って機器の管理に当っては常に最良の状態を維持するよう努力が必要である。

此の為、運用並びに保守要員の徹底した教育が必要である。また保守に当っては当然 PM (Preventive Maintenance) 方式を採用し機器の履歴台帳を基礎に専門技術員による保守が必要である。

JNR においては戦前より PM 方式に近い機械保守体制がとられていたが、1952年以降は完全な PM 方式に移行した。

此の JNR における PM 方式では、個々の機械について必要な履歴を整備し、此の履歴台帳を基礎に機械の重要度に応じて定められた検査周期及び検査の種類に従って点検、整備を行なう。

また機械の取り扱いの良否は直ちにその機械の性能及び精度に影響を与えるので此の面からも制約を加え、機械の取り扱いに関する規程を設け、さらに機械の新製から廃棄までの経緯を明らかにするため、運用に関する基準を定めている。

このように新設、取り扱い、保守、運用と一貫した管理体制をしいて始めてその機械は十分な能力を発揮する事が出来るものである。

9. 群管理システムの今後の動向

群管理システムが今後どのように進歩して行くかも亦興味のある問題である。

単に工作機械の群管理に限らず今後は生産過程のあらゆる分野に此のシステムは応用されて行くであろう。特に加工部分以外で進歩すると考えられるのは、検査業務及び組立作業の群管理システム化であろう。

一方機械加工の分野では、此処当分は前述の CNC 方

式が最も発展するものと考えられる。それはより経済的で且つ小規模の群管理から、可成り大規模の群管理まで比較的容易にコントロール出来るからである。

また技術的な面では、数値制御のソフトウェア (Soft Ware) の進歩により群管理システムを稼働させながら、Computer の同時並行処理機能によってパートプログラムのデバックをオンラインで行ない、その結果をプロッターで書かしながら修正を行なうようになるであろう。

以上はシステムの構成について考えたものであるが一方システムを構成する機器についても大巾な進歩を期待しなければならない問題がある。

例えば数値制御旋盤におけるチップ処理機構である。

群管理システムの高い生産性もチップ処理能力の制約から或る水準から抜け出す事が出来ないのが現状である。また自動ローディング装置の進歩……例えば不定形素材の自動着脱等……も本システムを飛躍させる鍵を握るのである。

此のように群管理システムは、制御工学の一分野として今後益々発展するであろうと考えられるが、主要機器の進歩は勿論、その周辺機器の開発進歩によって始めて本格的なシステムに発展するものと考えられる。

10. 結 び

以上述べた群管理システムは、数々の長所を持っているがなお発展途上の新しいシステムであり、その将来は更に輝かしい飛躍を遂げるであろう。

従って個々の企業がどのようなシステムを取り入れるか、或いは此の群管理システムが今後どう進歩して行くか極めて興味のある問題である。

しかし此の問題に結論を出させるものは当然の事ではあるがそのシステムの「能力」と「投資規模」と「信頼度」であろう。

個々の工作機械或いは電子機器産業そのものは、諸外国に比し必ずしも優れているとは云い難い我が国の技術が「計算機による工作機械の群管理」と云う面では世界のトップレベルにある事は疑のない事のように思える。

此処で紹介した JNR における群管理システムは我が国における最初の実用機であり斯界の注目をあびたが、これを基礎として約50台の工作機械群を制御する大形のシステムが近く稼働にはいと聞いている。

我々としても更に研鑽して機械工業の発展に微力を尽したいと考えている次第である。

(注) 写真1~3は国鉄鷹取工場の群管理システムの機器を示す。

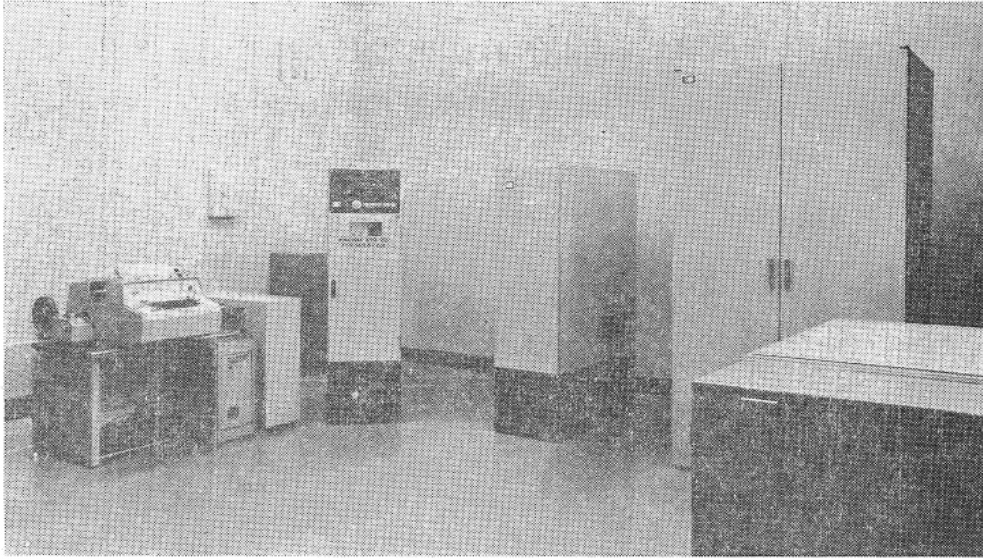


写真1 コントロールルーム

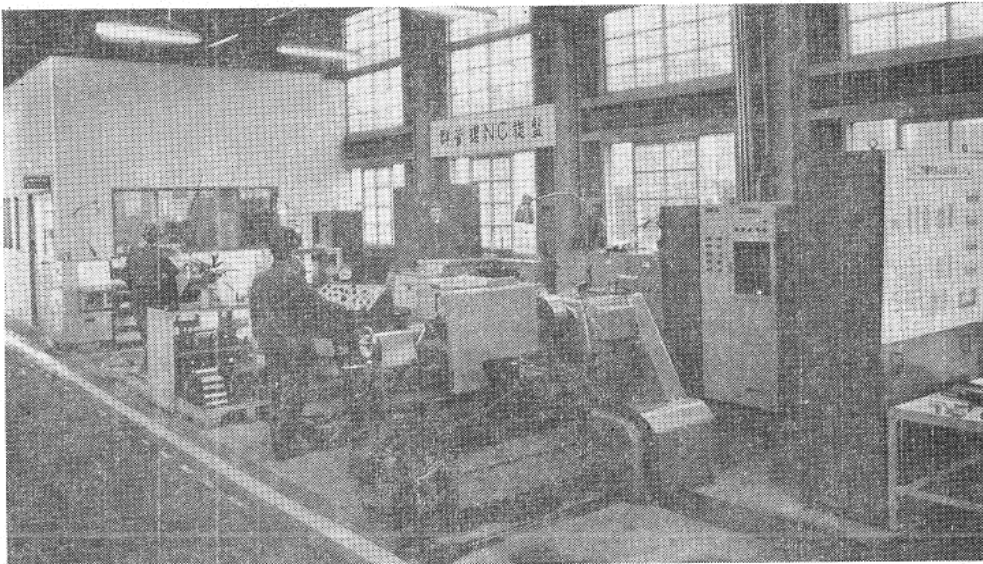


写真2 半自動機(4台)

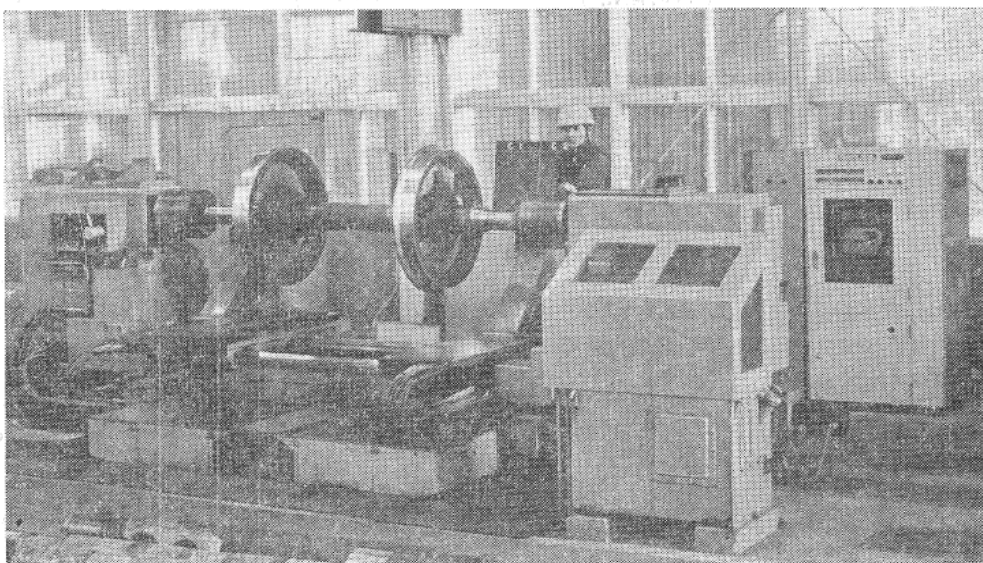


写真3 車軸加工機