

マシンパーツショップにおけるFMS

FMS for Machining Parts Shop Using "SHOPCON"

多品種中・少量生産を必要とする市場ニーズの中で、生産効率向上を実現するために、FMSの導入が着目されている。これはFA化機運の中で、トータルシステム化への第一歩でもある。FMS化の先端を切っているのが、機械加工分野であり、本システムは、機械加工ショップ用FMSの一つのあるべき姿を、現場専用コンピュータ"SHOPCON"、超複合工作機械、自動倉庫、ロボットを用いてシステム化したものであり、中村留精密工業と日立製作所の共同開発によって実現している。小規模分散FAシステムとして、工場のショップレベルでの管理から無人運転制御機能までを一つのシステム機能の標準形にまとめており、省スペース、省人、工数低減を達成した。現在、マシンパーツ加工用に順調に稼動している。

北庄健志* *Kenshi Kitashô*
 山田進一** *Shin'ichi Yamada*
 佐藤純一*** *Jun'ichi Satô*
 山中邦夫**** *Kunio Yamanaka*
 早戸武志***** *Takeshi Hayato*

1 緒 言

近年の工作機械業界は、市場ニーズの多様化、シェア競争の激化などの対応に加え、従来のNC(数値制御)機械単体商品から、FA(Factory Automation)の視点でとらえたシステム商品販売への方角転換が求められている。産業界でのFAの波は、とりわけ工作機械業界に急接近しているといえる。

中村留精密工業株式会社は、FAシステム商品の販売を強力に推進するために、FA最先端技術の確立の実験場として、また、技術確立の証の場として、社内の加工工場に、FAの実験・モデル工場プラント、"NT-FMF"(Nakamura Tome-Flexible Manufacturing Factory)の建設に至った。

工作機械業界などで先行して建設されているFAは、大形プラントであるのに比べ、本開発プラントは、省スペース、省機械で高生産性を指向したコンパクトFAであり、1台のミニコンピュータが、工場全体の生産管理から設備制御までの統括管理を行ない、まさに中・小工場向けに設計されているのが大きな特長である。

本稿では、FA事例として、本開発プラント、マシンパーツショップでのFMS(Flexible Manufacturing System)について述べる。

2 FMS設備と計算機システムの概要

2.1 製品と製品工程

本システムは、実験・モデル工場プラントの役割のほか、実際の部品加工工場の役割をもつ。本システムの製品は、主として、NC機械の部品であり、年間約1万個を生産する。製品は273種類であり、典型的な多品種少量生産工場である。

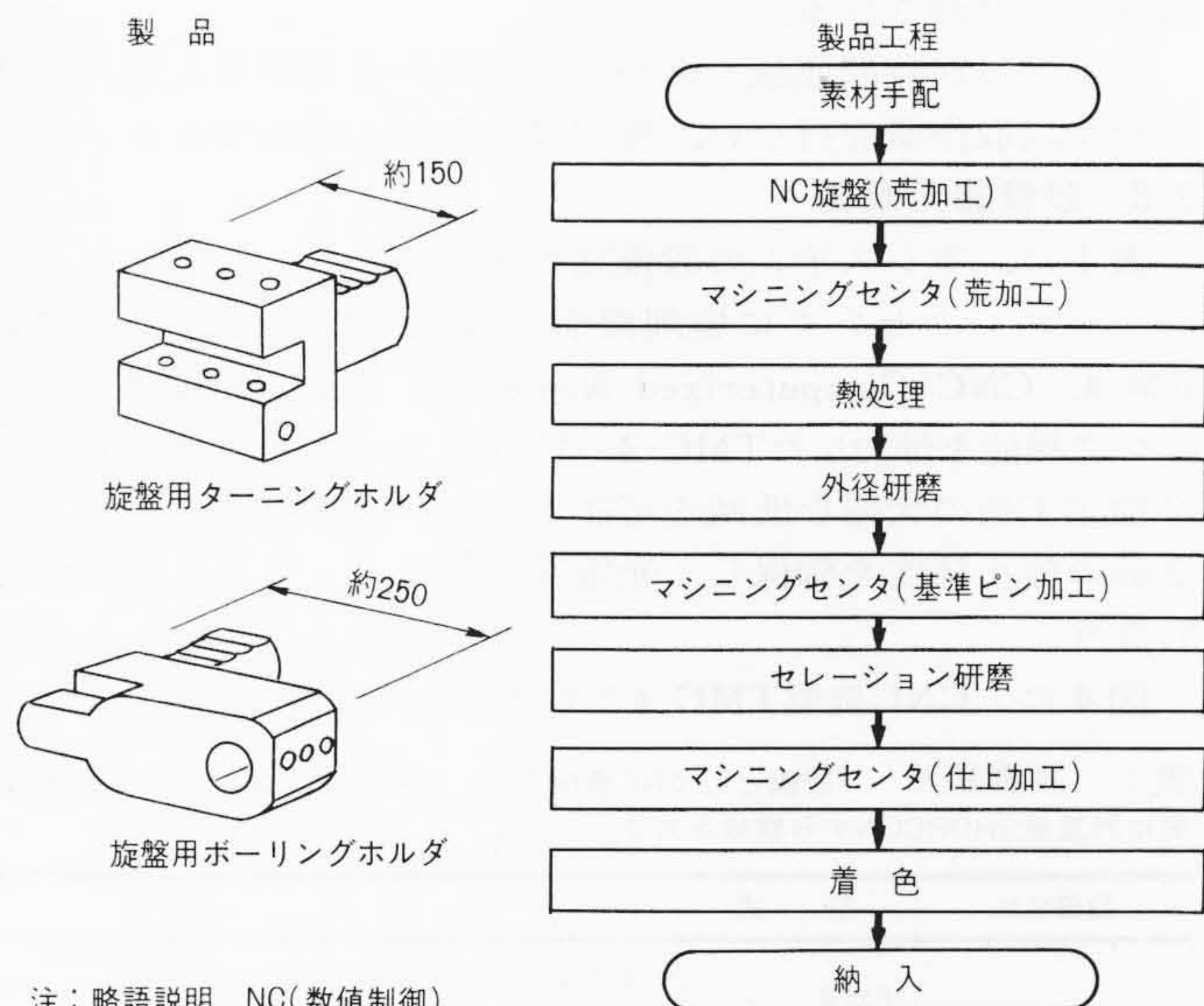
図1に製品の一部と、その製品工程を示す。一つの製品は、素材手配から納入までに、8工程を経て製作される。

2.2 工場レイアウト

図2に本工場の内観を、図3に工場レイアウトを示す。

立体自動倉庫を中心に、左右近傍にNC機械、ロボットを配置し、既存FMSにみられるような無人搬送車などの搬送設備を省いて、シンプルなレイアウトとしている。

自動倉庫に蓄えられた素材又は半製品は、加工時に、自動倉庫内のワークステーションに出庫される。加工品のワークステーションからNC機械へのハンドリング、及びNC機械に



注：略語説明 NC(数値制御)

図1 製品と製品工程 主製品は、NC機械の部品であるターニングホルダであり、その種類は273種ある。製品は、素材手配から納入までに8工程を経て製作される。

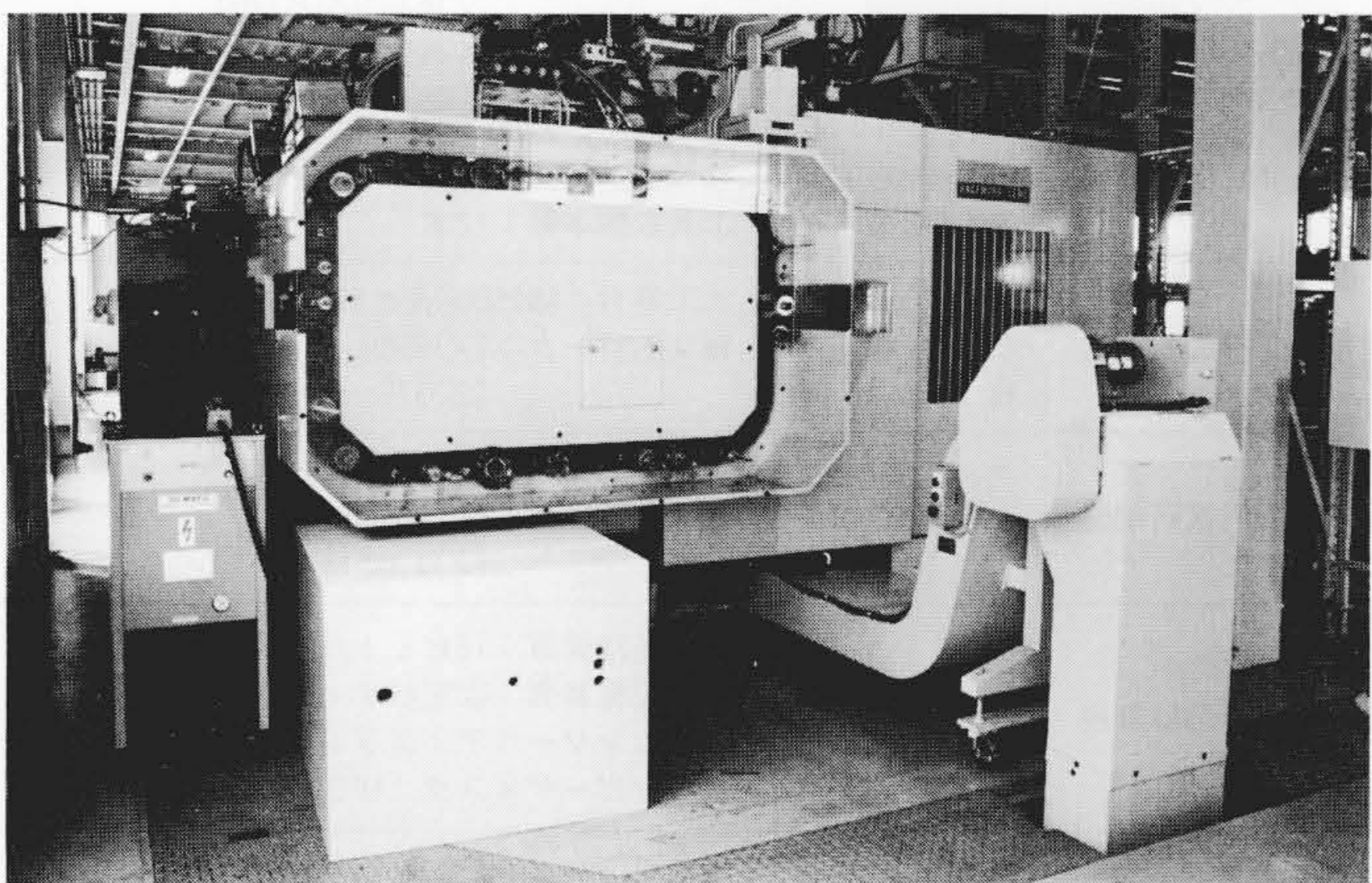


図2 加工工場の内観 実験・モデル工場プラントの役割のほか、実際の部品加工工場の役割をもつ。左端は超複合工作機FM-4のツールマガジンである。

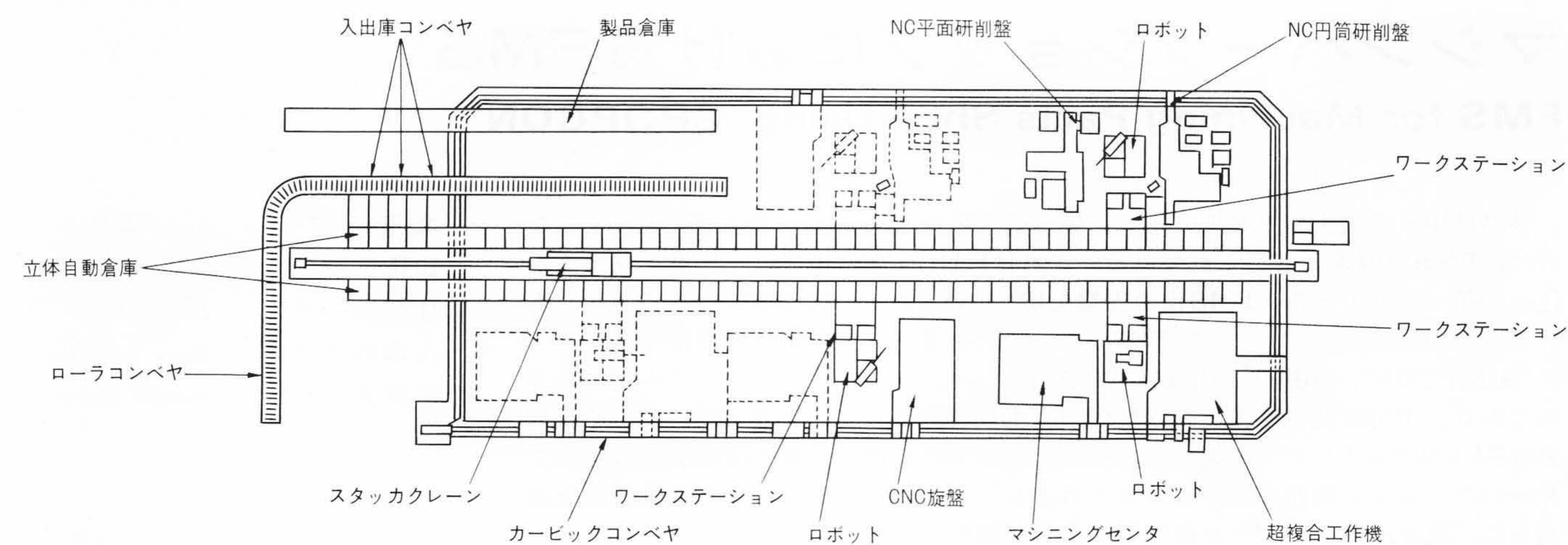
* 中村留精密工業株式会社生産本部生産一課

** 日立製作所システム事業部

*** 日立エンジニアリング株式会社

**** 日立製作所大みか工場

***** 日立製作所金沢営業所



注：略語説明など CNC(Computerized Numerical Control)、点線は、次計画を示す。

図3 工場レイアウト 立体自動倉庫を中心に、左右にNC機械、ロボットを配置し、搬送設備を省いている点が特長である。

対する着脱は、ロボットが行なう。加工終了後、加工品は自動倉庫へ返却される。

本工場は24時間運転であり、昼間は担当者が3人で、工具交換や段取作業を行ない、夜間は完全無人運転である。

2.3 設備諸元概要

表1に、本システムの設備諸元を示す。

マシニングセンタに旋削機能を付加した超複合工作機械FM-4、CNC(Computerized Numerical Control)旋盤にミールリング機能を付加したTMC-4の採用によって、多目的加工及び加工工数の大幅な低減を可能とした。立体自動倉庫は、±2mmの停止精度を確保し、光電送制御によって入出庫動作を行なう。

図4に、CNC旋盤TMC-4とロボットを示す。

表1 設備諸元 設備としてNC機械5台、ロボット3台、立体自動倉庫、更に計算機SHOPCONから構成される。

設備名称	型 式	諸 元
超 複 合 工 作 機	FM-4 中村留精密工業株式会社製	加工能力：φ300×300mm 軸ストローク：(X)850mm(Y)400mm (Z)730mm(C)90° 工具収納本数：80本
マシニングセンタ	MU-5 中村留精密工業株式会社製	加工能力：幅500×長さ500×高さ500(mm) 軸ストローク：(X)680mm(Y)500mm (Z)630mm(B)360° 工具収納本数：44本
C N C 旋 盤	TMC-4 中村留精密工業株式会社製	加工能力：φ400×530mm 軸ストローク：(X)240mm(Z)530mm 工具収納本数：12本
N C 平面研削盤	GHL-NB309 日 立 精 工 株 式 会 社 製	加工能力：幅250×長さ875×高さ375mm 軸ストローク：(X)950mm(Y)380mm (Z)375mm
N C 円筒研削盤	T-CGA1000N	加工能力：φ150×1,000mm 軸ストローク：(X)200mm (Z)1,000mm
現場専用計算機	SHOPCON × 2 台 日立製作所製	中央処理装置：16ビット/語、128k語 補助記憶装置：固定板ディスク34.6M語 漢字コンソールディスプレイ、漢字プリンタ フロッピーディスク、HIDIC-LC 4 台付
立体自動倉庫	自立シングル タ イ プ 日立製作所製	棚数：2列×6段×46行 ワークステーション：6基 入出庫ステーション：3基
ロ ボ ッ ト	MODEL M-I × 3 台	手首可搬重量：20kg 軸ストローク：(Z)550mm(θ)300° (R)500mm(α)300°(β)190° 同時制御軸数：5軸 ティーチインプレイバック制御

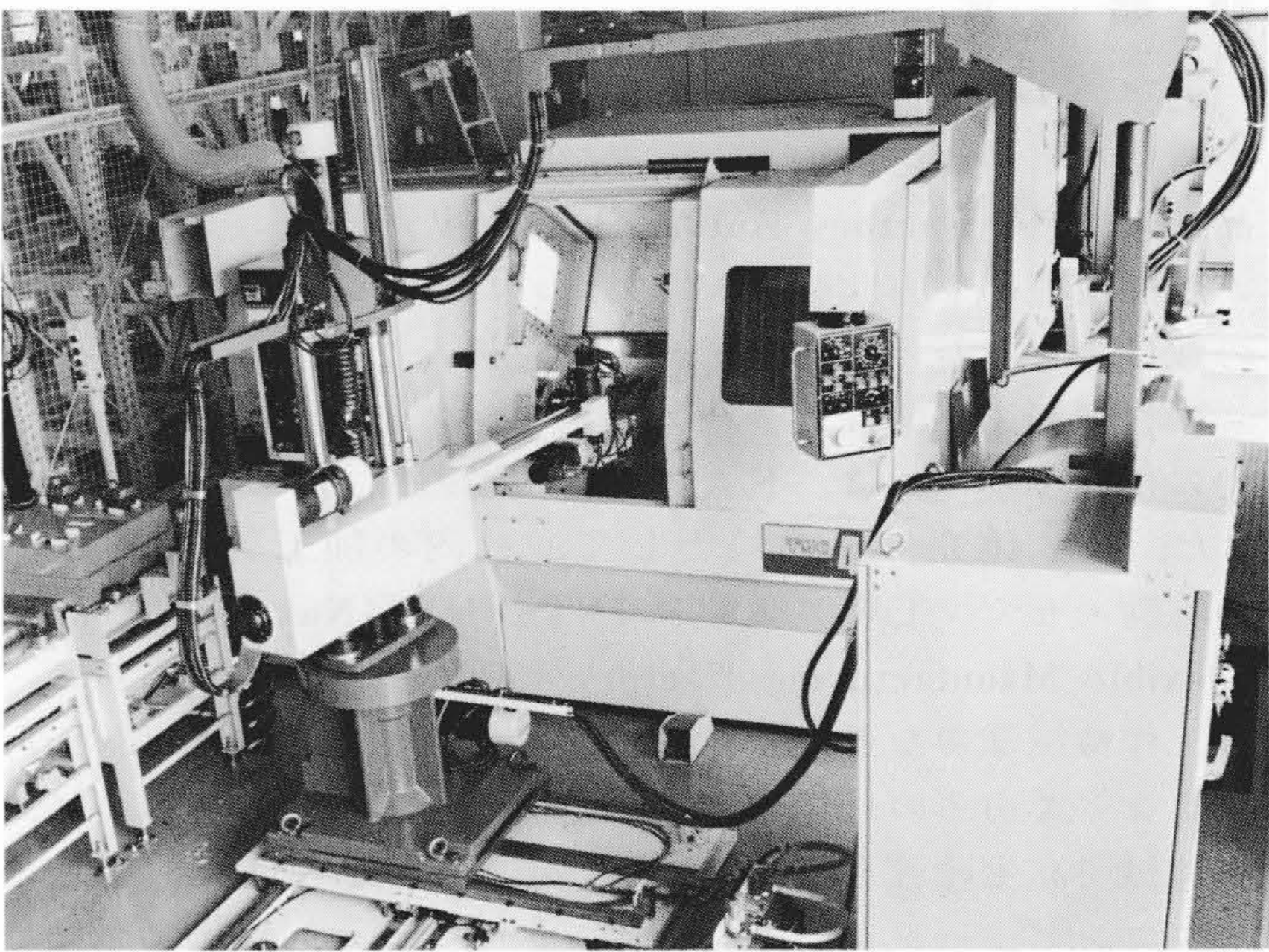


図4 CNC旋盤TMC-4とロボット CNC旋盤とワークを供給するロボットを示す。

2.4 計算機システム構成

図5に、計算機システム構成を示す。

本システムは、SHOPCON 2台とHIDIC-LC 4台から構成される。SHOPCON 2台はコントロール室に設置され、1台は工場統括管理用としてオンラインで用いられ、1台はソフトウェア開発用となっている。HIDIC-LCは、加工現場に配置し、1台当たりNC機械2台とロボット1台を直結し、FMC(Flexible Manufacturing Cell)の制御用としている。図6は、コントロール室内のSHOPCONと集中監視盤を示す。

3 システムの特長

次に本システムの特長を述べる。

- (1) 省スペース・省エネルギー形システム
立体倉庫の近傍に、NC機械、ロボットを配置して、搬送設備を不要とし、小スペースで多機械の配置を可能とした。また、加工対象品がない間は、自動で設備電源を遮断し、省エネルギーを図っている。
- (2) 多目的加工・工程数の大幅低減を実現
旋盤、マシニングセンタ、平面研削盤、円筒研削盤の多種の工作機械を群制御し、また超複合工作機械の採用により、あらゆる加工及び工程数の大幅低減を可能とした。
- (3) 工場全体の管理

現場専用計算機SHOPCON 1台で、加工設備の制御、監視だけでなく、生産管理、工程管理、収支管理、品質管理、在庫管理など工場全体の統括管理を図った。

(4) 無人加工を可能とした豊富な設備監視機能

設備監視機能として、主軸動力監視による異常切削検出、工具寿命監視及び自動予備工具交換、更に自動計測機能と自動工具補正機能をもち、また、設備電源の入切、機械原点復帰及びならし運転をすべて自動で行なうことによって、完全無人運転を可能とした。

4 システム機能とソフトウェア

4.1 システム機能

表2に、本システムの機能を示す。

生産管理、工程管理、収支管理、データ管理、運転進行管理、品質管理などの管理レベルをSHOPCONが受け持ち、NC機械などの運転制御、ロボット制御、クレーン制御、設備監



図5 計算機システム構成 SHOPCONとHIDIC-LCから構成される。HIDIC-LCにNC機械とロボットを直結し、FMCを構成している。

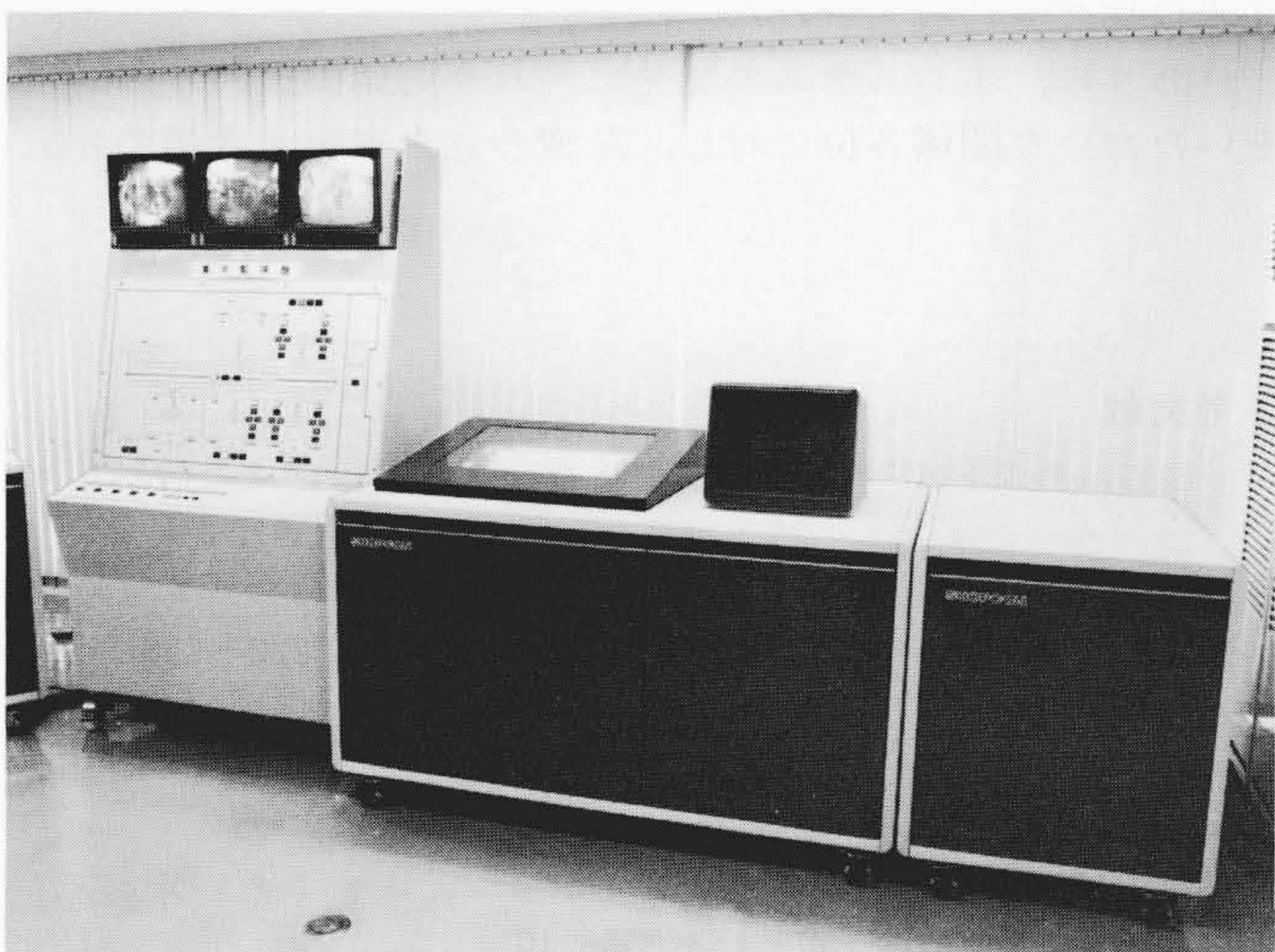


図6 コントロール室 コントロール室にSHOPCONと集中監視盤を設置し、工場全体の管理、監視を行なっている。

視などの設備に直結した制御レベルをHIDIC-LCが受け持つ、機能階層化構造をとっている。

4.2 ソフトウェア構造の特色

次に、本システムのソフトウェア構築上の特色について述べる。

- (1) 機能階層化構造をとることによって、工場の機能、規模に応じて、最適規模のシステム構築を可能としている。
- (2) 設備の制御、監視などの機能について、機能別モジュール(1機能1モジュール)と、それらモジュールを統括する管理モジュールとの構成によって、機能の拡張、修正などを容易に可能としている。
- (3) ソフトウェア構造の画一化、その構成モジュールの標準化を図ることによって、設備、加工対象の異なったFMSについても適用可能としている。

5 運転スケジュール

FMSでは、設備及び製品加工のスケジューリングが最も重要である。次に、本システムでのスケジュール機能について述べる。

5.1 設備スケジュール

図7に、設備スケジュールとして、設備電源自動投入・遮

表2 システム機能一覧表 生産管理などの管理レベルをSHOPCONが、運転制御などの設備に直結した制御レベルをHIDIC-LCが受け持つ機能階層化構造をとっている。

No.	項 目	機 能
1	生 産 管 理	(1) 部品所要量展開 オーダー入力(受注品登録)により、作業又は発注の手順と時期及び、部品所要量を求める。 (2) 機械別スケジュール立案 オーダーの納期と自動倉庫の在庫状況により機械別の加工スケジュールを立案する。
2	工 程 管 理	(1) 工程管理、発注書、納品書の出力 オーダーごとの工程を管理し、適時に発注書、納品書を出力する。 (2) 発注先別山積書 加工工程以外の工程(熱処理、着色など)は外注に依頼をしているのでその外注発注状況を管理する。
3	収 支 管 理	(1) 工場内在庫管理 工場内の素材、仕掛品、完成品の在庫数を金額で管理する。 (2) 間接費管理 工場内諸費用、人件費などの間接費を管理する。
4	デ ー タ 管 理	(1) NCデータ、ロボットデータの管理 (2) 工具情報、段取情報の管理 (3) 加工品(部品)ごとの加工情報の管理
5	運転進行管理	(1) スケジュール運転 機械別スケジュールに従って、加工品の自動搬送及び自動加工を行なう。 (2) 呼び出し運転 CRT設定による特急品の加工及びテスト加工
6	運 転 制 御	(1) 設備電源、自動入・切 (2) 機械原点復帰及びならし運転 (3) NC機械制御 (4) 製造番号の自動刻印指示
7	ロボット制御	ロボット制御(ワークの自動着脱)
8	クレーン制御	クレーン及びコンベヤの制御
9	設 備 監 視	(1) 主軸動力監視 (2) 加工サイクルタイム監視 (3) 工具寿命及び予備工具の自動交換
10	品 質 管 理	(1) 自動計測及び計測値収集 (2) 品質管理情報の収集及び検査票の出力
11	在 庫 管 理	自動倉庫内の在庫及び工場内の在庫、並びに外注への出庫中のワークを管理
12	そ の 他	(1) 実績管理(加工実績、機械稼働実績) (2) 機械故障履歴の収集

断のロジックを示す。

本システムは、コントロール室内の集中監視盤に設けられた「運転開始」ボタンの設定によって開始され、電源遮断状態にあるNC機械、ロボットの電源投入、機械原点復帰、更に機械ならし運転を自動的に行なう。次に、機械別の加工スケジュールに従って加工を行ない、加工終了後、該当NC機械の加工品(加工スケジュール)がなくなったとき、該当NC機械、ロボットの電源を遮断する。前工程機械での加工完了などによって、該当機械の加工品が発生すると、自動的に加工スケジュールを立案し、電源投入、加工を再開する。該当NC機械の加工品がなくなっても、数時間以内に前工程が終了し該当NC機械の加工品が発生すると予測される場合は、電源遮断をせず、加工品をもち続ける。これは、電源投入後設備準備完了状態に移行するまでに、30分程度かかることを考慮している。

5.2 加工スケジュール

本システムでは、オーダ(受注)ごとに、製品コードと納入数量、指定納入日だけを入力するものとして、製品ごとの工程展開、及び機械別の加工スケジュール立案は自動的に行なう。

図8に、機械別加工スケジュールの立案要因である「余裕」の定義を示す。一つの製品は、 n 工程を経過して、完成、納品されるが、いま第 i 工程が終了し、第 $(i+1)$ 工程の加工待ち状態にあるものとする。第 i 工程の終了月日(時刻)に第 $(i+1)$ から第 n 工程までの標準加工時間を加算して、標準納入日を求める。この標準納入日と指定納入日の差を第 $(i+1)$ 工程での「余裕」と定義する。

機械別スケジュールは、余裕の評価と、段取回数最小化を考慮して求められる。

オペレータによる段取作業が期待できる運転形態を有人モード、期待できない運転形態を無人モードと呼び、有人モードと無人モードとではスケジュール立案の方法が異なる。

(1) 有人モード

いま、スケジュール立案する機械について、次加工工程がその機械に指定されている加工品を抽出し、それらを余裕の小さい順に並べた表 T_1 を作成する。表 T_1 での先頭の加工品の余裕を D 日としたとき、現在から D 日以内に、その先頭加工品の加工に着手すれば納期が保障される。表 T_1 の先頭の加工

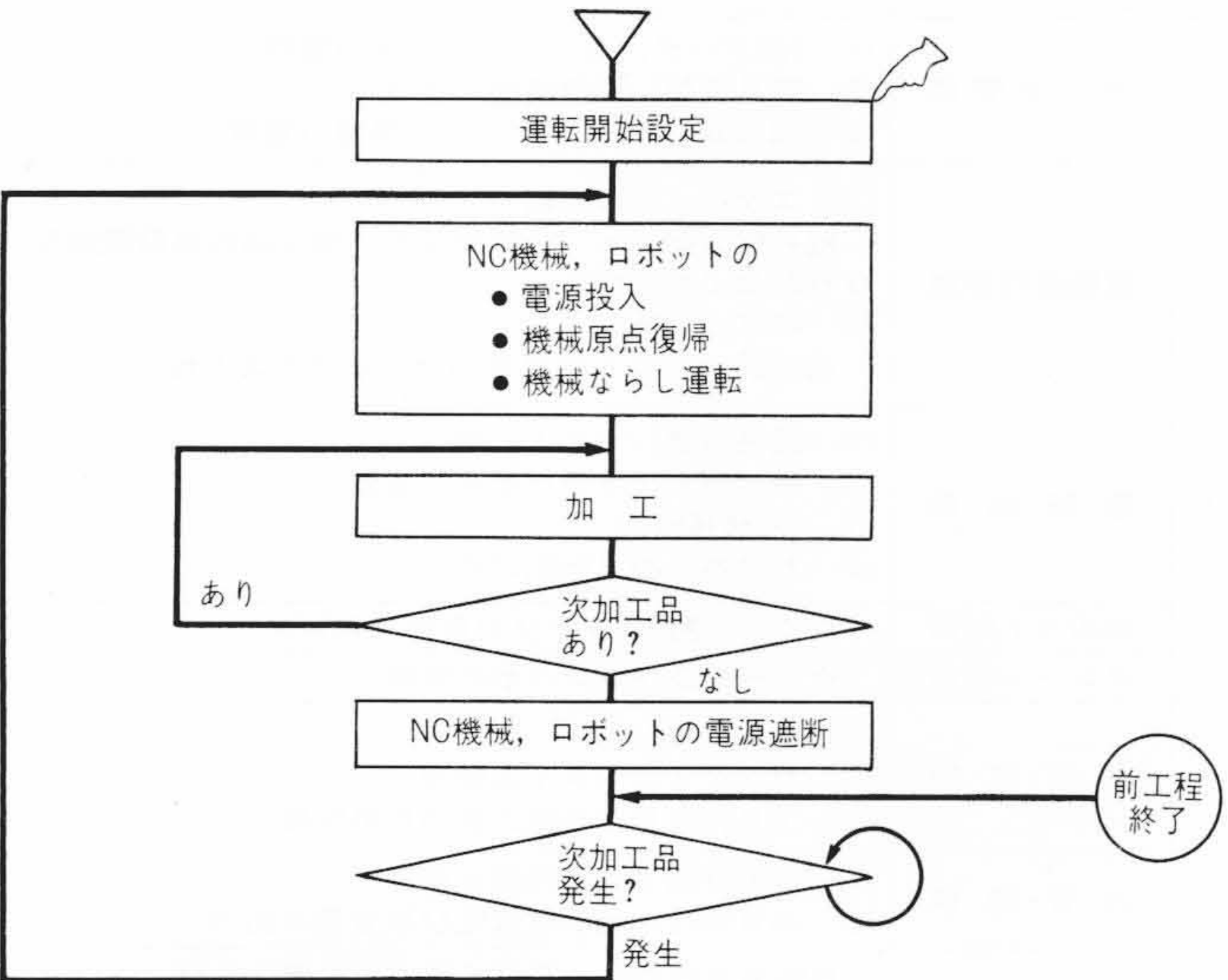


図7 設備電源自動投入・遮断 設備電源の管理、電源投入後の機械ならし運転(アイドリング運転)は、すべて自動で行なわれ、オペレータはシステム運転開始時にボタンを押すだけである。

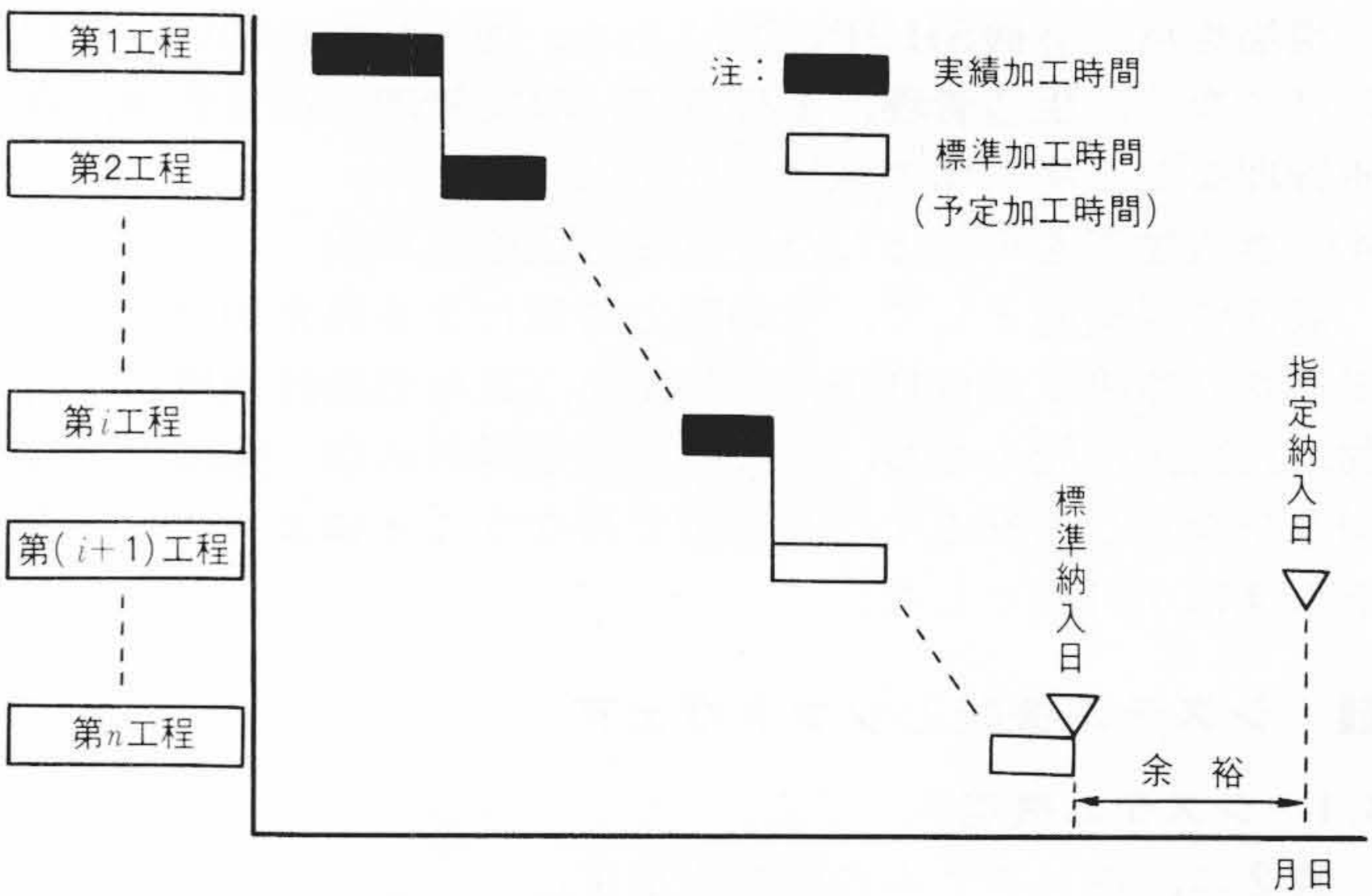


図8 機械別加工スケジュールでの余裕 各工程終了時、実績加工時間をもとに、標準納入日が再計算される。指定納入日と標準納入日の差を余裕とする。第1工程から最終工程まで約1箇月を要する。

品から順次、各々の標準加工時間を加算し、 D 日で加工可能な表 T_1 の範囲を T_2 とする。次に表 T_2 の加工品を、段取回数最小となるように順序替えを行ない、 D 日分の加工スケジュールを立案する。このうち先頭から1日分のスケジュールを決定スケジュールとし、2日以降の分は参考スケジュールとして扱う。本方法により、指定納期を保障する範囲で、段取回数最小化を図った加工スケジュールが立案される。

(2) 無人モード

表 T_1 の加工品から、現在の段取と同一の加工品だけ残して他は削除する。この結果が、無人モードの加工スケジュールとなり、無段取でかつ指定納期を考慮した立案となる。

6 結 言

以上、FA事例として、中村留精密工業株式会社と日立製作所と共同で開発したマシンパーツショップでのFMSの概要について述べた。本システムによって、中小規模FAでのシステム構築のあるべき姿を追求、実現し、かつ機械加工FMSの標準形を構築したと考える。本システムの主な導入効果を次に述べる。

- (1) 多種の工作機械の群制御、超複合工作機械の採用によって、従来方式と比べて、機械台数で $\frac{1}{2}$ 、工程数で $\frac{1}{2}$ に縮減された。
- (2) 生産管理、工程管理の自動化及び無人運転操業によって、従来に比べ $\frac{1}{2}$ に省人された。

終わりに、本システムの開発に当たり終始御援助、御助言をいただいた関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 池谷, 外: FMSにおけるソフトウェア体系・構成と設計, オートメーション, 第28巻, 第2号, 29~38(昭58-2)
- 2) 山中, 外: 製造現場のための新しいコンピュータ「ショップコンピュータシステム」, 日立評論, 64, 3, 222~228(昭57-3)
- 3) 山中, 外: ショップコンピュータの応用, 日立評論, 64, 6, 441~446(昭57-6)
- 4) 山中, 外: ショップオートメーション, オートメーション, 第26巻, 第12号, 150~153(昭56-10)
- 5) 山中, 外: FAシステムにおける制御用コンピュータ, OHM, '83/5, 37~43(昭58-5)