

# 工程，標準時間自動設定システム“HICAPP”

## Development of Computer Aided Process Planning System “HICAPP”

最近，CIMを指向した統合生産システムの開発が進められつつある。CIMを実現する重要な課題の一つに，製品や部品の製作手順を決める生産設計の自動化がある。

生産設計は製品や設備の知識と加工・組立技術に関する長年の経験が必要な仕事であり，自動化の難しい分野であった。その中でも，多品種を製作する非量産形態の工場で使用できるはん(汎)用的な生産設計自動化の技術は確立されていなかった。この生産設計のうち，工程とSTの自動設定を行う“HICAPP”システムを開発した。

このシステムは，グループテクノロジーとオンライン手法を用いた多種多様な部品と，広範囲な加工・組立技術に適用できるはん用的な工程・ST自動設定システムである。

山口正高\* Masataka Yamaguchi  
 木塚正弘\* Masahiro Kizuka  
 倉本廣信\* Hironobu Kuramoto  
 中島慎悦\*\* Shin'etsu Nakajima

### 1 緒言

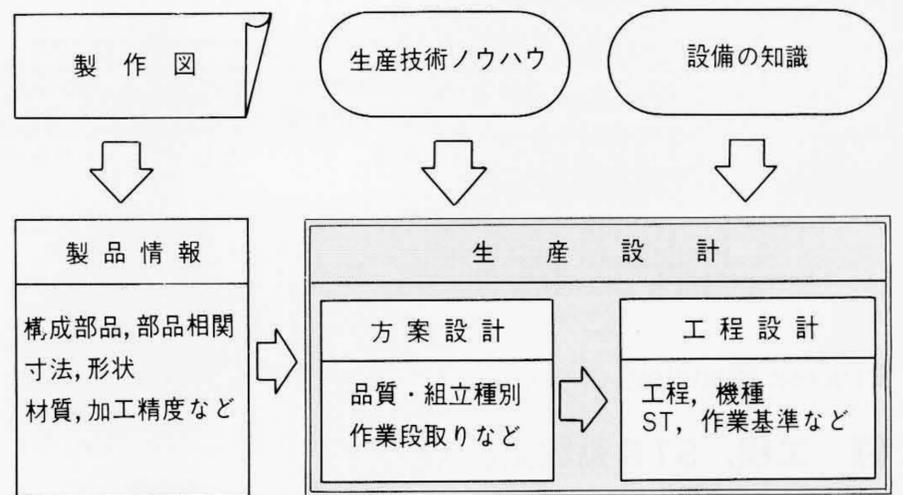
非量産形態の工場では，受注品ごとに個別に設計するものが大半であり，類似製品であっても顧客ニーズや原価低減などに対応するため，同一製品を繰り返し製作することは少ない。したがって，生産設計も受注品ごとに行う必要がある。

CIM(Computer Integrated Manufacturing)<sup>\*1)</sup>を進める上で，CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)一貫化の取り組みが理想的である。しかし，全製品に適用できるCAD/CAM一貫システムの開発にはまだ時間がかかる。このため，全製品に適用できるような生産設計自動化システムが必要である。生産設計は図1に示すように，作業方法を立案する方案設計と，これに基づいて具体的な工程，ST(Standard Time)<sup>\*2)</sup>を決める工程設計から成る。

本論文は後者の工程設計の自動化について報告するもので，自動化の考え方と工程，ST自動設定システムの概要及び実施事例について紹介する。

### 2 HICAPPの位置づけ

CIMを指向した統合生産システム(図2参照)の中で，製造システムの基本となる情報を作り出すのが生産設計システムである。生産設計システムでは，設計[CAE(Computer Aided Engineering)/CAD]の情報を受け取り，作業方法や品質管理・組立方式の種別などの基本要件を決め，製作に必要な工



注：略語説明 ST(Standard Time；本文脚注※2)参照)

図1 生産設計業務の概要 生産設計は長年の経験を要する仕事で，作業方法を決める方案設計と具体的な工程，ST(Standard Time)を決める工程設計から成る。

程，STなどの情報を作り出し加工・組立システムや作業グループに与える。

工程，ST情報は，以上のような直接作業に必要なだけでなく，生産計画や生産管理，見積，原価管理，更には内外作の判定，外注品のメーカーや価格の決定などで，購買にも必要な情報である(図3参照)。生産計画システムではスケジューリングや作業量山積みの基礎として，また生産管理システムでは作業負荷や進捗度，稼働率の評価データとしてST情報が使用される。

このように，CIMを進める上で生産設計の情報は必要不可欠であり，工程，ST自動設定システムの開発も重要な課題である。これらを背景に“HICAPP”(Hitachi Computer Aided

※1) CIM：米国機械学会などで提唱している企業活動のコンピュータによる支援方式の概念を言う。  
 ※2) ST：本論文では，加工や組立作業の工程ごとの標準作業時間を表す。

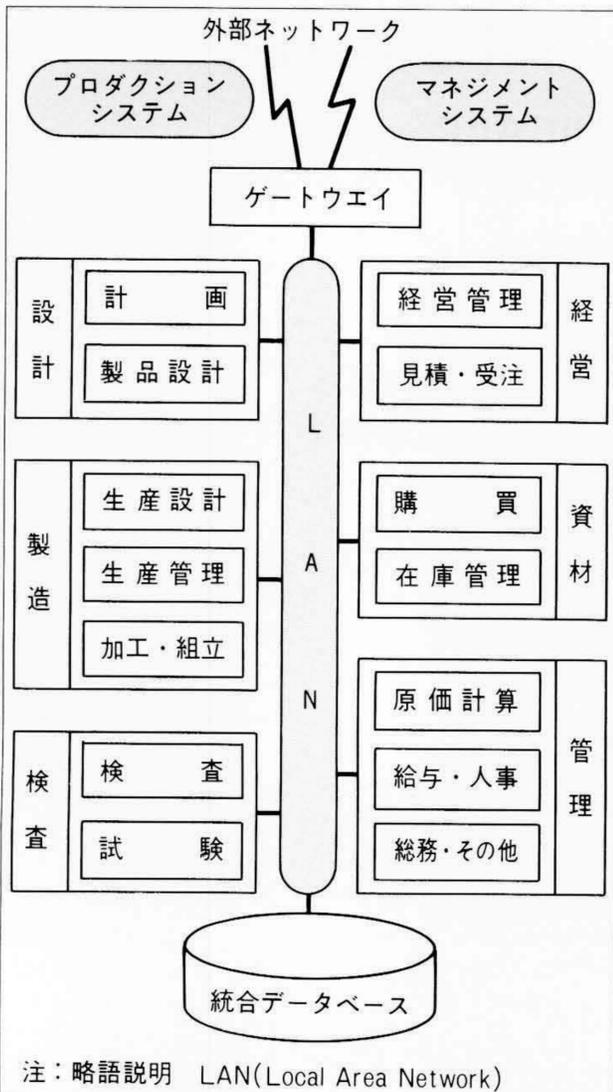


図2 CIMのシステム構成 CIM(Computer Integrated Manufacturing)は米国機械学会などが提唱している統合生産システム概念である。

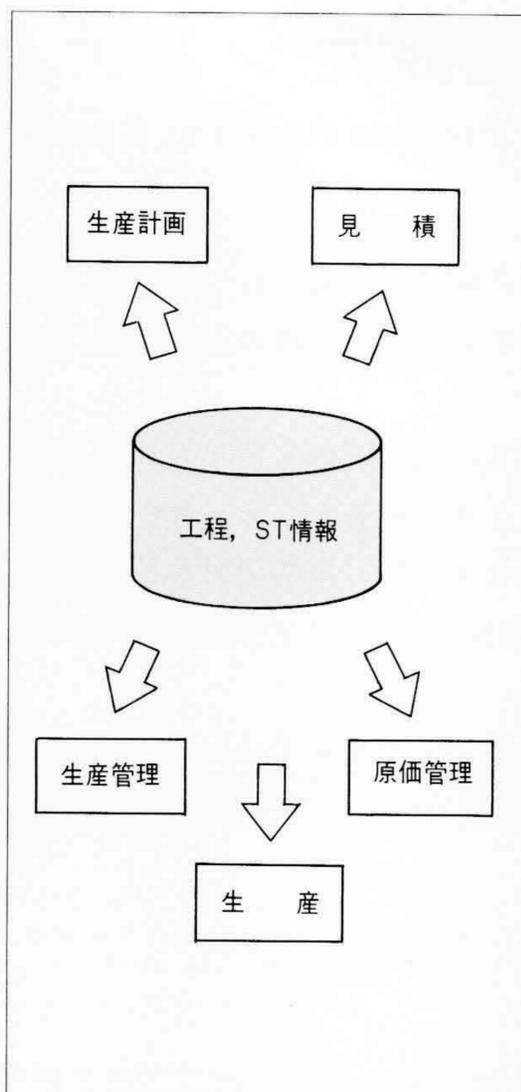


図3 工程, ST情報の用途 工程, ST情報は, 工程長や加工費算定の基礎データとして不可欠のものである。

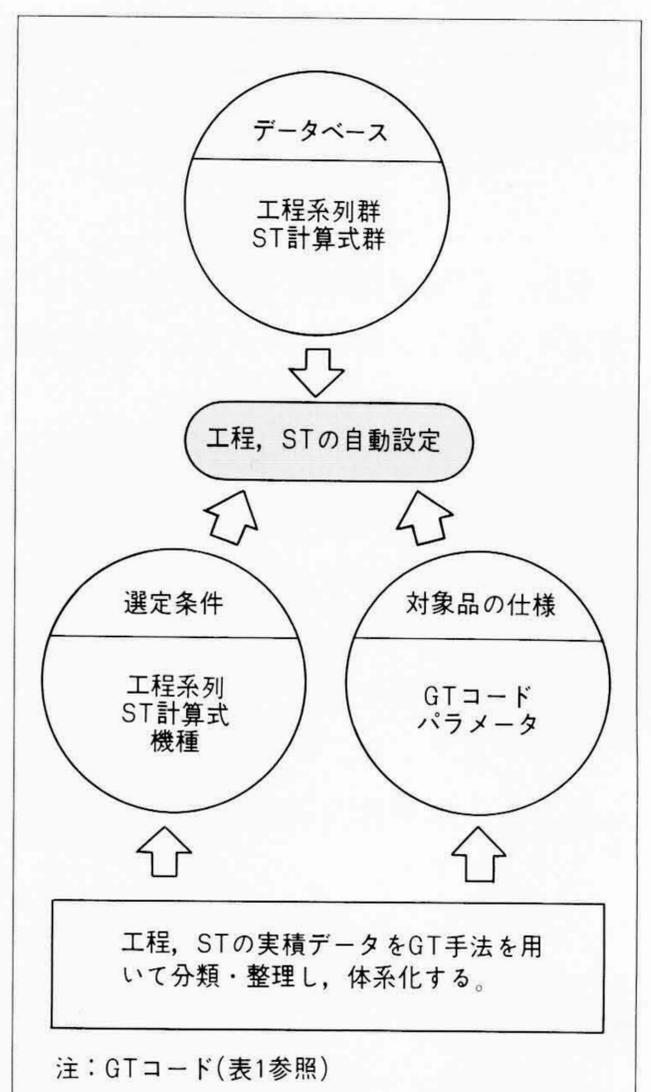


図4 GT手法による工程, ST自動設定の基本構想 実績の工程, STを体系化し, 製作部品の仕様をもとに工程, STを自動設定する。

Process Planning)の開発を行った。

### 3 工程, ST自動設定の考え方

#### 3.1 方式の種類と特徴

工程, ST自動設定の方式は, 対象部品が類似設計部品か旧設計部品か, 加工・組立方法に類似性があるかなどにより異なり, 以下に述べる3方式を開発し, これに対応した。

##### (1) IR(Information Retrieval)方式

製作実績が少ない, 生産技術の革新が激しいなど, 工程やST情報の体系化が難しい製品, 部品について適用する方式である。過去の実績工程, STを図面ごとに蓄積し, これをオンライン対話形式で検索し, 修正して対象部品の工程, STを設定する方式である。

##### (2) GT(Group Technology)方式

製作実績があり, 部品の形状, 寸法の類似性があるも標準化レベルの低い製品, 部品に適用する方式である。グループテクノロジーにより, 設計, 生産技術ノウハウをグルーピングし, 基準データとして整理しておく。設計から図面が発行された時点で寸法, 形状などの設計データを入力し, 工程, STの自動設定を行う方式である。

##### (3) TT(Type Technology)方式

製作実績が多く, 標準化レベルの高い製品, 部品に適用する方式である。対象製品の標準工程, STを基準データとし設

計から該当する製品や部品が手配された時点で, この基準データを引き出し, 工程, STを自動設定する方式である。

以上, 3方式の中から, 工程, ST自動設定方式の代表例として, GT方式について述べる。

#### 3.2 GT方式の考え方と特徴

グループテクノロジーによる工程, ST自動設定の方式は, 図4に示すような基本構想により開発したものである。

- (1) 類似形状の製品, 部品をグルーピングすると, 各グループごとに加工・組立箇所や作業順序(工程系列)が決まってくる。これを「トータル工程系列」と呼んでいる(図5参照)。
- (2) 各工程の加工, 組立に使用する最適な機械は, 製作する部品の形状と寸法, 材質で決まる。これを「機種選定条件」と呼んでいる。
- (3) 最適な機種が決まると, STを算出する計算式が定まる。
- (4) 実際に製作する部品の特徴, すなわち形状・材質を表すコードや寸法・孔の数などを入力し, 上述の基準と照合しながら工程, STを設定する。前者を「GTコード」(表1参照), 後者を「パラメータ」と呼んでいる。

#### 3.3 工程, ST自動設定の手順

工程, ST設定は次の6ステップで行う。

- (1) 製作する部品のGTコードとパラメータを入力する。
- (2) トータル工程系列から, 工程系列選定条件により製作する部品に適合した工程系列を作り出す。

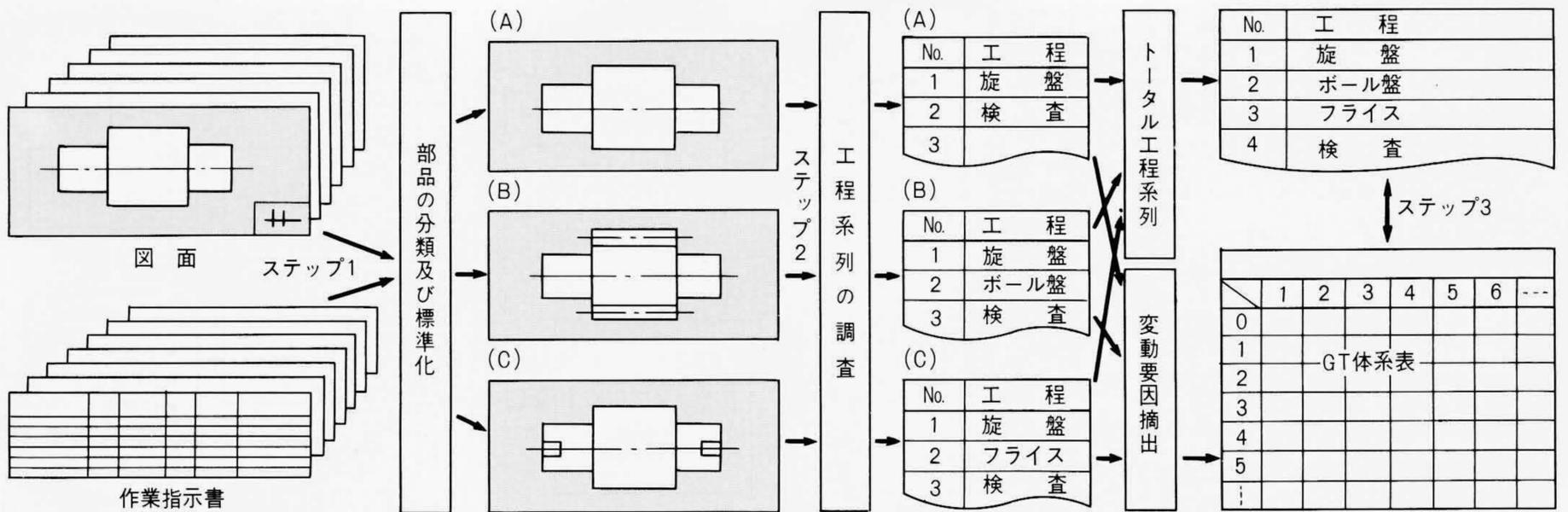


図5 トータル工程系列作成の考え方 一群の類似部品の工程系列を統合して、トータル工程系列を作る。

表1 GTコード体系の定義と事例 上段がGTコード体系の種類と定義, 特徴などを示したもので, 下段に共通品GTコード体系の例を示す。

(a) HICAPP/GT 類別コード体系の定義及び目的

GTコード体系	定義	特徴	目的	GTコードから得る情報
特有品GT体系	主として構造が特異な部品に付けるGT体系を言う。特異とは、他機種に存在しないもの又は他機種に存在しても形状が大幅に異なる場合を言う。	製品, 部品名ごとにGTコード体系を作成するため, 詳細な特徴が表現できるが, 他機種, 他部品との比較やロット集約はできない。	(1) 標準化 (2) 図面検索 (3) 見積, 大日程 (4) 手順合理化	(1) 材質, 重量, 主要形状, 寸法 (2) 重量計算式決定 (3) 工程系列決定 (4) ST算定式, 工程コード決定 (5) 作業条件 (6) 使用治工具の種類決定
共通品GT体系	構造に特異性のない部品で, 型番に所属しない部品に付けられるGT体系を言う。	部品名に無関係にGTコードを作成するため, 詳細な特徴が表現できないが, 部品名に無関係に図面検索, ロット集約ができる。	(1) 図面検索 (2) 標準化 (3) ロット集約 (4) 作業ブロック化, レイアウト改善, 専用機化 (5) 外注適格	(1) 主要形状, 寸法, 材質 (2) 類形加工形状

(b) HICAPP/GT 共通品GT体系表

コード	1	2	3	4	5	6	7
	形状	補足形状(1)	補足形状(2)	材質	最大検査 (A)又は(C)	最大径(D) 又は 最大幅(B)	回転加工形状 外面形状
0	丸 (1)	0 補足なし	0 分割なし 単体	軟鋼 鋼板, SS, SM, SB, SGP, SPC, STP	0 50 ≥ 0	0 50 ≥ 0	0 加工なし
1	丸 (2)	1 段凸	1 分割なし 構造物	中硬鋼硬鋼 SF, SK, S10C~S550, SR	1 100 ≥ 1	1 100 ≥ 1	1 平滑
2	四角 (1) A/C > 4	2 外 溝切込み おねじ	2 分割あり 単体	2 鋳鋼 SC, SCPH, SCA	2 200 ≥ 2	2 200 ≥ 2	2 段あり 一方向に直径増大
3	四角 (1) A/C ≤ 4	3 面 斜面, 曲面, 球面	3 分割あり 構造物	3 鋳鋼 FC, FCD	3 300 ≥ 3	3 300 ≥ 3	3 あり 多様に直径変化
4	四角 (2) A/C > 4	4 座 フランジ	4 —	4 低合金減 SNC, SCM, SCA, SNCM	4 450 ≥ 4	4 450 ≥ 4	4 溝あり 平滑又は一方向に直径増大
5	四角 (2) A/C ≤ 4	5 内 段, 凸 溝, 切込み めねじ	5 —	5 高合金減 SUS, SUP, SKH, SCS, SKD	5 600 ≥ 5	5 600 ≥ 5	5 あり 多様に直径変化
6	L.T.H.U.形	6 面 斜面, 曲面, 球面 座 フランジ	6 —	6 Al・Al合金 AC, AIP, AIE, A2P	6 800 ≥ 6	6 800 ≥ 6	6 ねじあり 平滑又は一方向に直径増大
7	扇形 円弧 円	7 内・外 段, 凸 溝, 切込み おねじ, めねじ	7 —	7 Cu・Cu合金 BC, CBC, QIPS, IBM, SIP, PBC	7 1,000 ≥ 7	7 1,000 ≥ 7	7 あり 多様に直径変化
8	長円 J形	8 外 斜面, 曲面, 球面 座 フランジ	8 —	8 合成樹脂 LP, LG, TP, CP, FRP	8 1,300 ≥ 8	8 1,300 ≥ 8	8 その他 平滑又は一方向に直径増大
9	その他	9 9 その他	9 —	9 その他 木材, ゴム, 紙, はんだ, バビット	9 3,000 ≥ 9	9 3,000 ≥ 9	9 他 多様に直径変化

注: 1. 主要形状四角は長さ(A) ≥ 幅(B) ≥ 厚さ(C)とする。 2. 同一けた内で2コード以上に該当する場合は, コード番号の大きいコードを優先させる。

- (3) 作成された工程系列の各工程ごとに機種を選定する。
- (4) 各機種ごとにST計算式を選定する。
- (5) ST計算式にパラメータを代入しSTを求める。
- (6) 以上のようにして求めた工程系列、機種、STをデータベースに蓄え、関連システムへ提供したり、生産手配に必要な帳票のアウトプットを行う。

#### 4 HICAPPの構成と機能

HICAPPは、図6に示すような構成のオンライン対話方式のシステムである。システムは同図中の①～③で示すように三つの機能から成る。この3機能は独立したサブシステムとして作られており、データベースを介して総合的な工程、ST自動設定システムを構成している。

##### 4.1 HICAPPの各サブシステムの機能

図6で①の技術情報管理システムは、新たに工程系列やST設定基準などをデータベースに登録したり、技術革新などに対応して既登録の情報の改廃を行うものである。

図6で②の工程、ST自動設定システムがHICAPPの中心となる機能を持つサブシステムで、前章でも述べた三つの方式をサポートしている。この3方式を対象とする製品、部品の種類ごとに使い分けることにより、全くの新製品以外は自動設定が可能である。

図6で③の出力編集システムが、②と独立しているのも、HICAPPの特徴の一つである。この目的は、

- (1) 設定された工程、STの確認の容易化。
  - (2) 3方式の使い分け、作業中断などへの対応。
- などであり、柔軟な業務運用を可能にしたものである。

##### 4.2 工程、ST自動設定システム

HICAPPシステムの中心となる工程、ST自動設定システムの内容について紹介する。

###### 4.2.1 HICAPP/IRの概要

工程、STを設定する製品、部品の類似図面の実績工程、ST情報を検索する方法として、類似図番を直接指定する方法と、「カタログ」と呼んでいる類似部品索引情報から類似図番を検索し、この図番により類似設計品の実績工程、STを検索する方法の2種類がある。検索された工程、ST情報を対話形式で修正し、該当する製品、部品の工程、STを決定していく方式である。

また、設定された工程、STは自動的に蓄積され、直ちに工程、ST自動設定の情報として使えるようになっている。

###### 4.2.2 HICAPP/GTの概要

この方式のシステム構成を図7に示す。前章で述べたように、GT方式の特徴は工程系列や機種、ST計算式を自動選定することである。この選定条件は対象部品により異なるため、すべての選定ロジックをプログラムに組み込むことは、プログラムが膨大になる、システムのはん用性が欠如するなど得策ではない。本システムでは選定条件を同図に示したような論理式としてデータベースに登録し、論理式を解析しながら工程系列などを決定するアルゴリズムを開発し、システムをはん用化した。したがって、新しい部品もデータベースに論理式を登録することにより、直ちに工程、STの自動設定が可

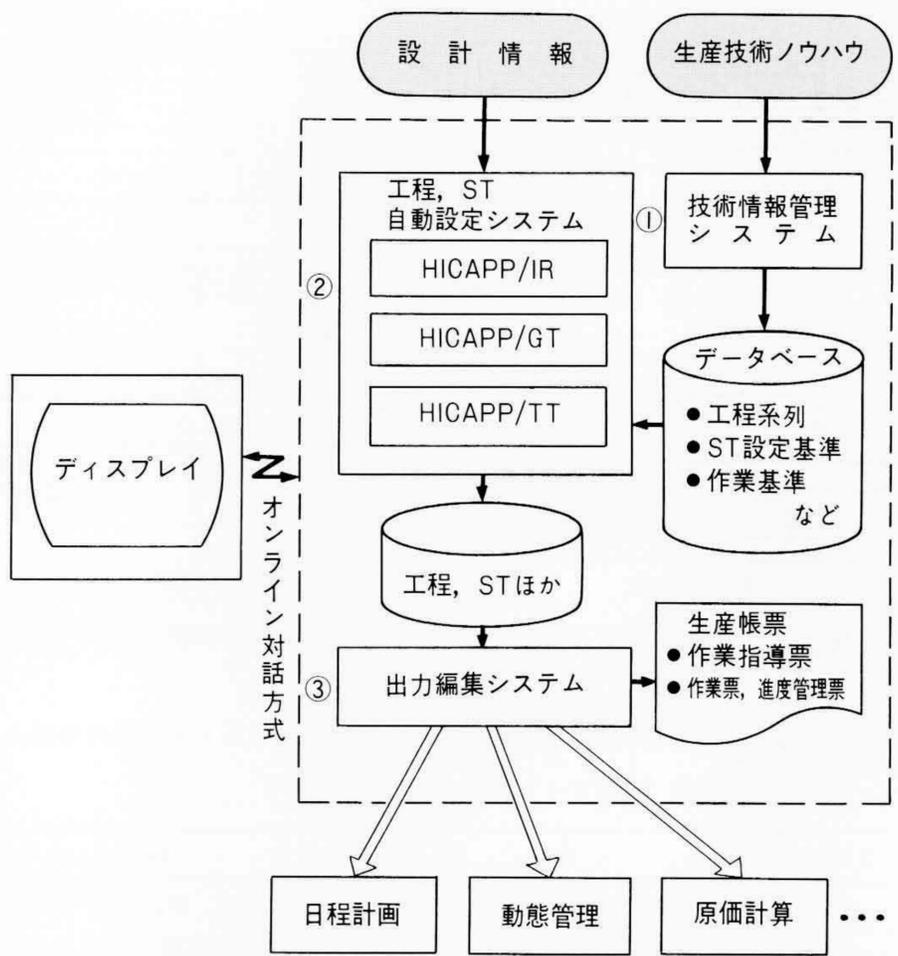
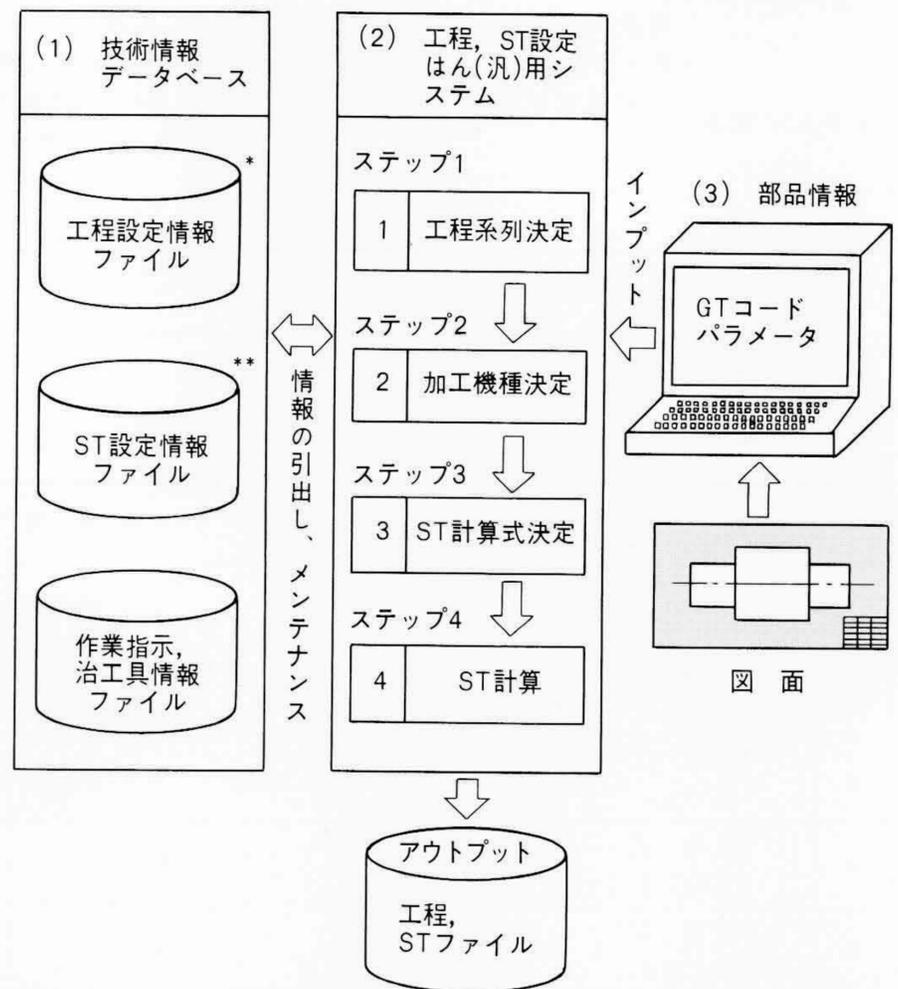


図6 HICAPPシステムの構成 ADM(Adaptable Data Manager)を使用したオンライン対話形のシステムで、ホストコンピュータとしてHITAC M-200Hを使用している。



データベースへの登録形式

- \* 判別式の形式： $(GT(1) > a \text{ AND } GT(3) < b) \text{ AND } (P1 = c \text{ OR } d) \dots$
- \*\* ST計算式の形式： $ST = a(P1 + P3) \div b(P2 \times P4) - c + \sqrt{P1} \dots$

略語説明：GT(n)はGTコードのnけた目の数値、Piはパラメータの種別Piの数値、a, b...は定数を表す。

図7 HICAPP/GTシステムの構成 各種の決定条件を、判別式と呼ぶ論理式で表している。



テムも単一の方式だけでは対応が難しく、前述の3方式を製品や製作技術の特性に合わせて併用し、総合的な自動化を進めている。以下、その活用事例を紹介する。

(1) IR方式の活用事例

類似形状部品のグルーピングが難しい角物部品類を主体にIR方式を使用している。日立工場で作成される工程、ST情報をデータベースに自動登録するようになっており、この情報をオンライン対話形式で編集し、工程設計を行っている。工程設計時のディスプレイ画面を図8に示す。

(2) GT方式の活用事例

設計では対象品(GTコード体系が作成されている部品)の図面にGTコードを記載する。生産設計担当者はGTコードとパラメータを図9のような様式で入力する(CAD化されている図面は自動入力方式)。この方式のポイントは技術情報データベースの作成と維持であり、このために生産設計部門に保守担当者を置いている。

(3) TT方式の活用事例

設計情報の中の製品コード(製品単位)、まとめ表図番(装置単位)、部品図番によりTT方式の標準工程、STマスタ(技術情報データベース)から該当するものを自動的に引き出す。自動設定されたものは部品表上にマークが付けられ、生産設計担当者がチェックできるようにしている。

以上の三つの方式を併用しているが、出力される生産帳票は同一の様式である。例を図10に示す。

6 市場ニーズへの対応

今後、製造業ではCIMへの取組みが一段と強くなることが予想される。生産設計自動化システムへの関心も増えつつあり、HICAPPへのニーズは根強いものがある。

日立製作所では前述のHICAPPシステムをベースとした製品化を展開中である。

(1) 生産設計自動化の動向

近年、CAD/CAM一貫化が進展してきているが、特定の製品、部品を対象にした専用製作ラインに限定した専用システムがほとんどである。最近ではAIの応用分野であるエキスパートシステムの対象としての研究も進められつつあり、はん用システムへの取組みが始まりつつある<sup>1)</sup>。

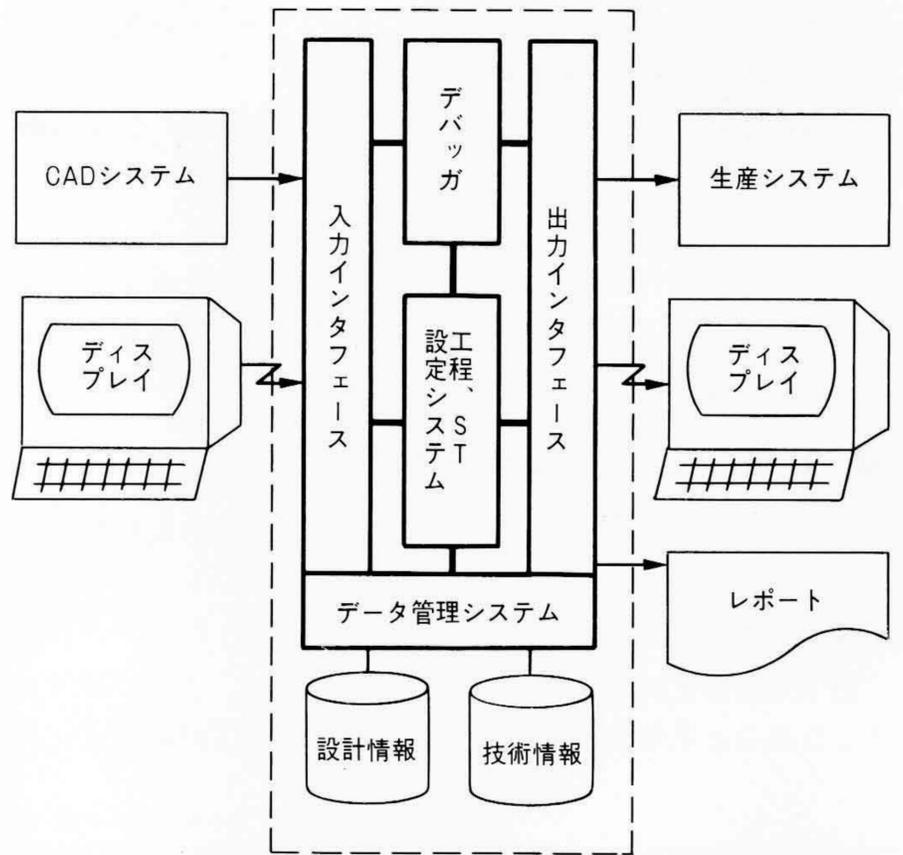


図11 はん(汎)用形HICAPPシステムの構成 システム構成の概念を示したものである。

前章で紹介したシステムは、大形コンピュータ(HITAC M-200H)を使用したものであるが、一般的な工程設計の環境条件から言えば、スタンドアロンとして使用できるシステムのほうが手軽で使用しやすい。このため、日立製作所ではワークステーション上で動くシステムの開発を進めている<sup>2)</sup>。

(2) ワークステーション用HICAPPの構成

本システムは現行HICAPPの考え方、機能をベースとして、ユーザーインタフェースを充実させたはん用システムである。システムの構成は図11に示すとおりであり、五つのサブシステムから成る。

7 結 言

以上、工程設計の自動化について述べてきた。日立工場では工程、STの70%が本システムにより設定されている。残り30%は新製品や新技術の適用品など、製作経験のない製品、部品であり、現在の手法では自動化は難しい。

CIMを進める上では、新製品も対象にした自動化を検討していく必要がある。近年、AI、特にエキスパートシステムが注目されている。生産設計の分野は物理的な条件で解が得られる部分が多く、情報も定量化しやすいなど、マネジメントシステムに比べエキスパートシステムが適用しやすい分野の一つと考えている。今後の技術動向を見極めながら生産設計自動化の新たな分野に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 松本：AI利用戦略第2部「機械への活用」、日経メカニカル、1986年6月16日号
- 2) 秋田：高機能ワークステーション「日立クリエイティブワークステーション2050」の開発、日立評論、68、2、116~122(昭61-2)

作業指導票												発行日 86年09月01日		頁001							
区分	作	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名	品	名
R255074																					
010	99902																				
01	組立段取	54100																			図面検討ファイル
02	組立段取	54100																			組立場所整理
03	組立段取	54100																			部品チェック
04	組立段取	54100																			ブロック段取、締め付け
05	組合せ	54200																			ベース設定
06	組立調整	54400																			ヨーク設定、ARM挿入

図10 HICAPPの出力例 工程、ST自動設定による生産帳票の出力例を示す。