

自動負荷積による納期回答エキスパートシステム

—日本ガイシ株式会社—

Delivery Planning Expert System Using Automatic Function of Loading Burdens

—NGK Insulators, Ltd.—

日本ガイシ株式会社では、ガイシ事業部や知多工場で、生産管理システムの構築を行っている。そのサブシステムとして、納期回答を行うための負荷積システムがある。この業務は限られた熟練担当者によるノウハウに頼る面が多く、従来その自動化は困難とされてきた。

今回、知識処理技術を適用し、日立製作所のエンジニアリングワークステーション2050/32上のエキスパートシステム構築ツールES/KERNEL/W (Expert System/KERNEL/Workstation)で、自動負荷積による納期回答ESを構築した。

本サブシステムは1990年5月から並行本番稼動に入っており、最適な負荷積ノウハウをだれもが誤りなく利用することができ、担当者による結果のばらつきをなくすことができた。また、設備改造や人員割当の変更などによる資源変更が迅速に対応でき、納期回答に威力を発揮している。

林 英之* Hideyuki Hayashi
高味 隆** Takashi Takami
安藤守隆** Moritaka Andô
尾鍋佳昭*** Yoshiaki Onabe
足立誠治**** Seiji Adachi

1 緒 言

近年わが国の生産現場は円高好況を背景に、自動化率の向上、労働時間の短縮など新3K(きれい・気楽・休暇が多い)職場へと、目まぐるしく変化しつつある。また消費者ニーズとして、高品質・短納期の要求が高まっている。これらに対応するため、効率よく計画を立てるスケジューリング業務の必要性が大きくクローズアップされてきた。

最初スケジューリング業務は、オペレーションズリサーチの手法を用いてシステム化が試みられたが、

- (1) 設備の状態、勤務形態など複雑な制約の定義
- (2) 生産効率、在庫管理費用、作業の平準化などの総合評価
- (3) 特急品などの割込処理

などが定義できず、仮定が多くなり限られた範囲でだけ利用されている。

ところで、ここ数年、スケジューリング業務の自動化がES (Expert System)を用い、実用システムの開発が試みられている。これは、専門家が経験によって獲得した知識を抽出し、矛盾なく知識ベースが維持されている限りきわめて有効な手段である。この知識ベースを維持していく方法として、ES/KERNEL/W (ES/KERNEL/Workstation)を選定した。

この自動負荷積による納期回答ESの特徴は、ホストコンピュータHITAC M-630/30(以下、630/30と略す。)の受注データ、資源データをエンジニアリングワークステーション2050/32上に取り込み、希望納期も製造期間が最短となる工程週を設定し、最適解をホストコンピュータへ送るシステムAIとして開発した。

また、負荷積方法として工程間(組立・研磨・焼成・成形)のバックトラック制御を実現した計画形ESである。

2 システムAI

生産管理システムの生産計画を作成する手段として、少品種多量生産がいし生産計画は従来の手法で対応できた。しかし、今回は多品種少量生産がいしであり、顧客から受注するがいしが約3万品番にも達し、従来の手法では負荷積処理が困難なため、ESを採用した。

この生産管理システムは、受注から生産手配および出荷を管理する計画系、工場での日常の生産実績の把握と品質を管理する実績系および各種基準情報を管理する基準系の三つの系列で構成されている。今回開発したESは、計画系の1サブ

* 日本ガイシ株式会社 電力事業本部 企画部 ** 日本ガイシ株式会社 ガイシ事業部 管理部

*** 日本ガイシ株式会社 生産技術本部 生産技術部 **** 日立中部ソフトウェア株式会社 企画室

システムとして位置づけられる。そこで、ホストコンピュータの負荷、処理速度を考えエンジニアリングワークステーションで開発することとした。

本システムは、ホストコンピュータとしてM630/30を使用し、RDB(Relational Data Base)ですべてのデータを管理している。また、エンジニアリングワークステーション2050/32によってES構築ツールES/KERNEL/Wで、生産計画を実行することにした。そして、ホストコンピュータM630/30とエンジニアリングワークステーション2050/32のデータ授受は、ファイル転送で行うことにした。

このような方法で、従来の情報システムとESの統合(システムAI)を実現させることにした。

3 システム概要

3.1 がいしの製造工程

本システムが対象とするがいしの品種は、中実・がい管である。このがいし製造工程の概要を図1示す。また、品種別・製法別製品構成を図2に示す。

本製造工程は、成形・焼成・研磨・組立の4工程に大別される。成形工程は、土を円筒形に成形し、NC(数値制御)機を使い製品の形状に加工し、製品の強度を上げるためのうわ薬をかける。焼成工程は、窯(かま)で成品(成形工程を終了した仕掛品)を焼成し磁器(焼成工程を終了した中間製品)にする。研磨工程は、製品の寸法精度を得るための製品の上下を切断し研磨する。組立工程は、製品の上下に金具を取り付ける。

製法は、中実が一体製品と複合製品の2区分、がい管が一体製品・釉(ちゅう)継製品・G継製品・G釉継製品の4区分が

ある。中実の複合製品とは、一体製品を幾つか集めた製品である。がい管の釉継製品とは、成形工程終了後の成品を集め、積み重ね焼成する製品である。G継製品とは、一度焼成した磁器を集め、積み重ねてもう一度焼成する製品である。G釉継製品とは、成形工程終了後の成品を集め、積み重ね焼成する磁器と、1個の成品を焼成した磁器を集め、積み重ねてもう一度焼成する製品である。

3.2 知識ベース

本ESの主な知識には、ロット分割知識・コード変換・生産期間知識・生産歩留り知識・設備選択知識・負荷積知識・カレンダー対応知識・金具対応知識がある。

(1) ロット分割知識

生産設備の能力限界から、節(週)で生産できる限界が生じる。そのため、注文数量全部を一度に生産することができないことがあるので、注文数量をロット分割する処理を行う。

(2) コード変換

ルール記述が簡単に行えるように、負荷積処理を行う前に、各制約コードを数値から日本語に変換しておく。また負荷積処理を行った後に、各制約コードを日本語から数値に変換する。

(3) 生産期間知識

各工程の生産期間を製品特性から求める。

(4) 生産歩留り知識

各工程の歩留りから、各工程の生産数量を決定する。

(5) 設備選択知識

生産効率のよい設備の優先順位を、製品特性から決定する。

(6) 負荷積知識

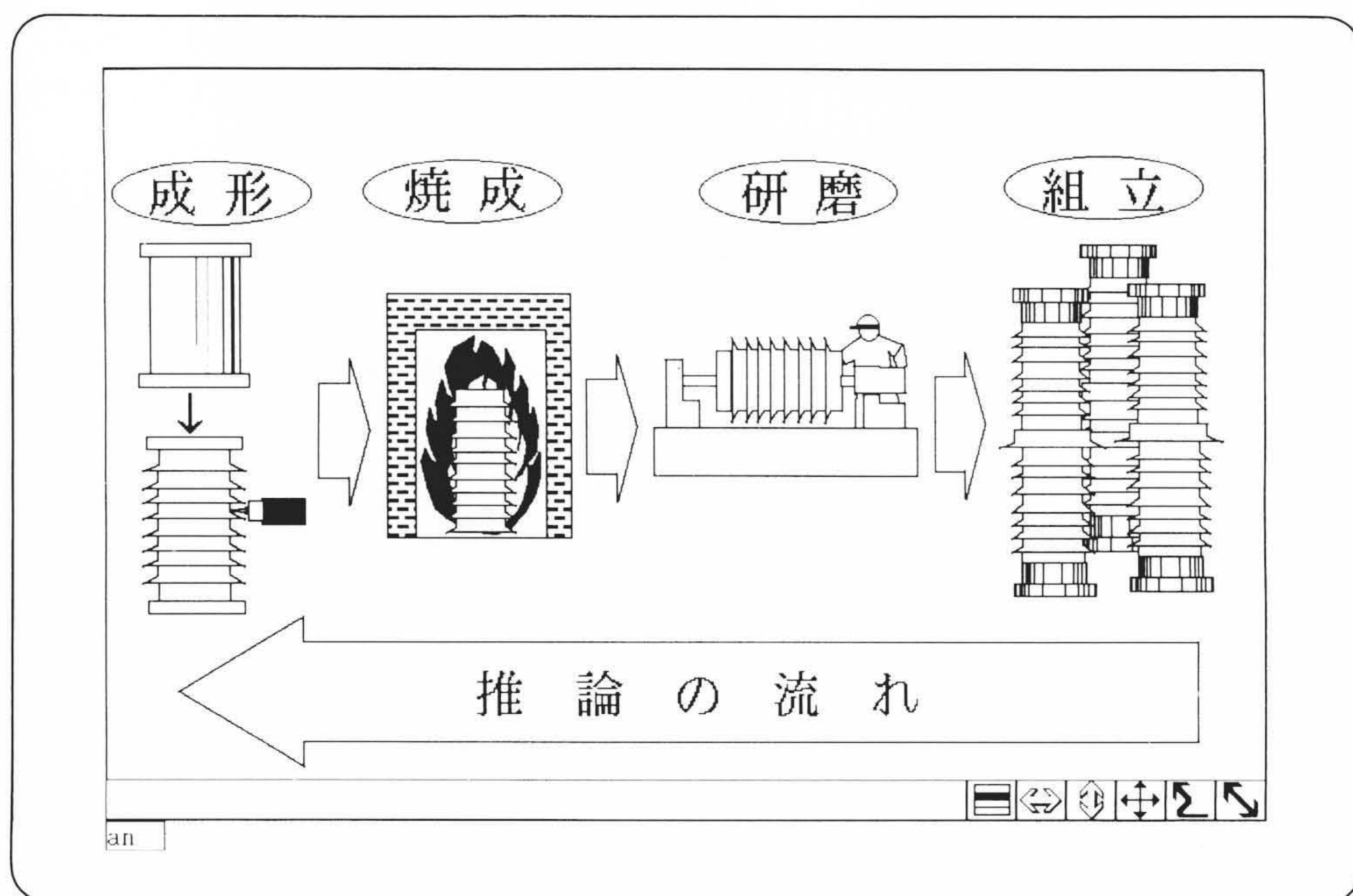


図1 がいしの製造工程 がいし製造工程は、成形・焼成・研磨・組立の4工程に大別される。

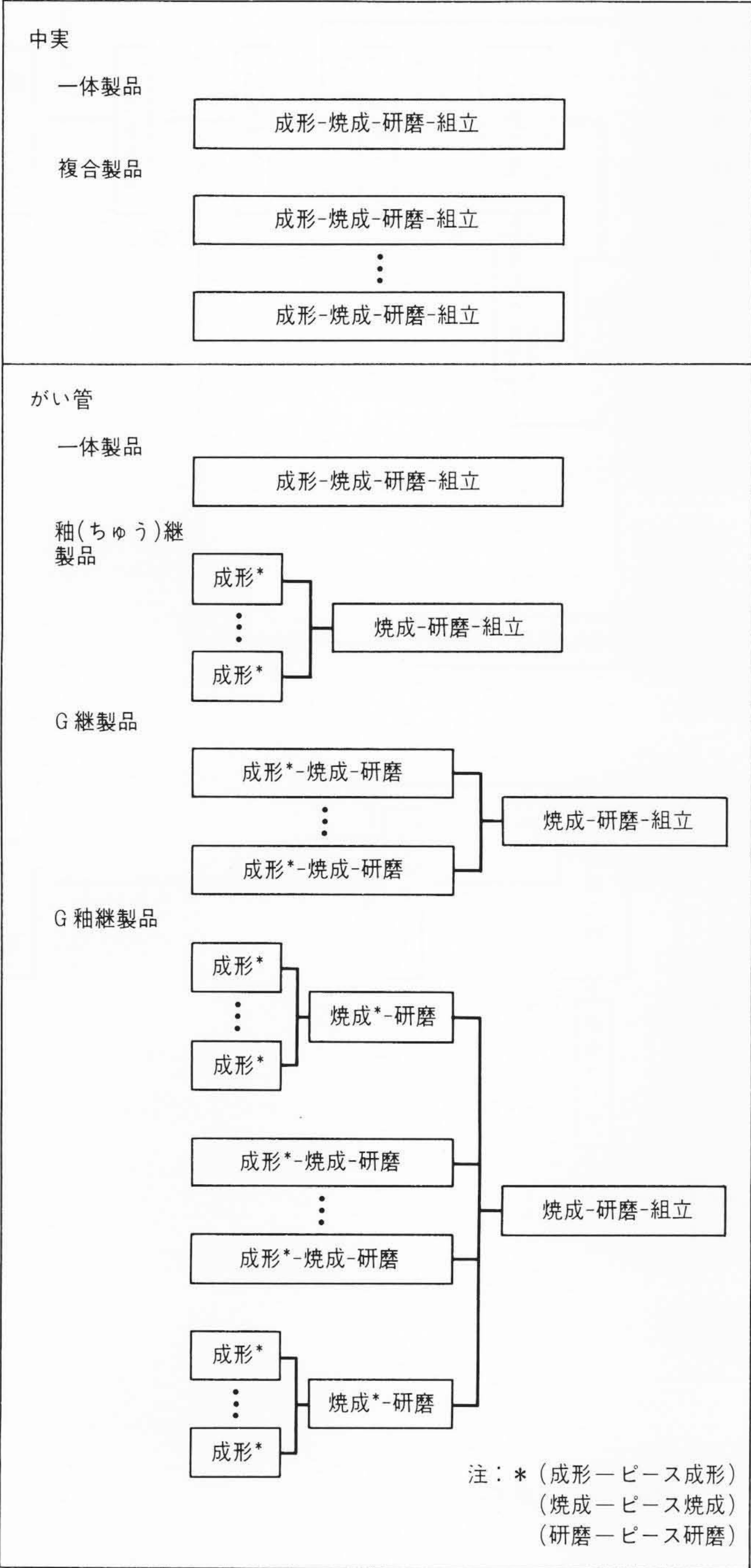


図2 品種別・製法別製品構成図 各製品は品種別に流れる工程が違い、製法によって分類したものである。

負荷積とは、該当する資源の該当する節(週)で生産可能か、資源の基準と負荷から余力を算出し、生産すべき負荷が余力内で生産できるならば、現在の資源の負荷に生産すべき負荷を加えることを言う(図3)。

なお、負荷積は各工程の先頭節にだけ行う。例えば、組立工程が工程順に組立A・組立B・組立C・組立D・組立E・組立Fから構成されるならば、すべての負荷積は組立工程先頭の組立Aで生産を行う節に負荷積する。

(a) 負荷積順序

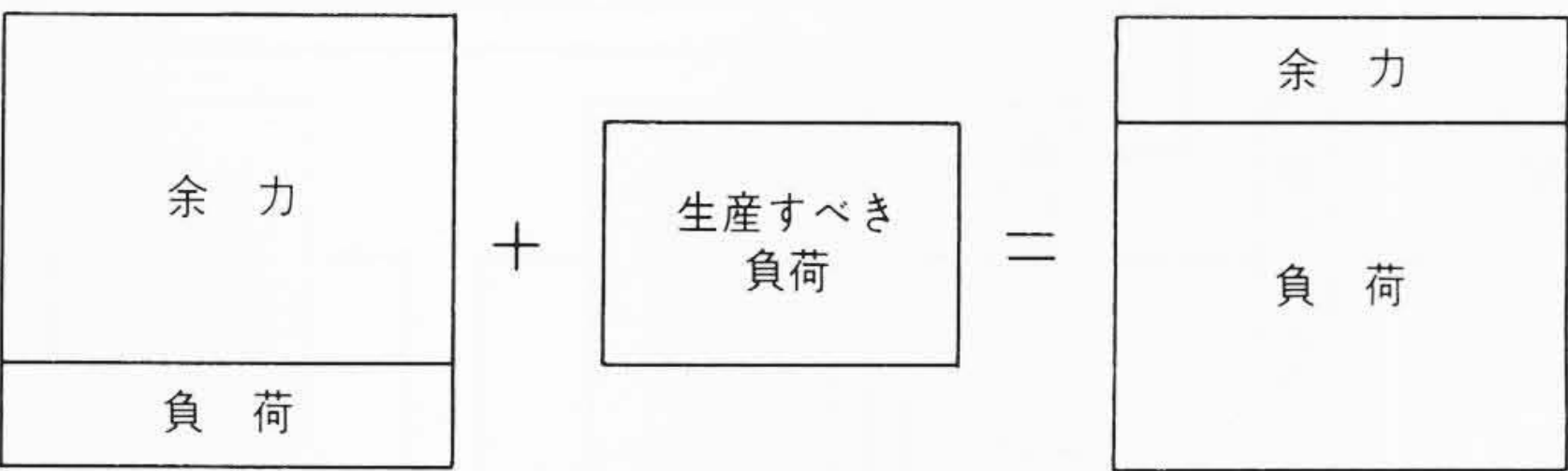


図3 負荷積 工程単位ごとの設備能力による、負荷バランスを算出する。

負荷の順序は、希望出荷日を基準に製品特性と設備能力(資源)を工程単位ごとに、後工程から順番(組立-研磨-焼成-成形)に行う。

(品種別、工程別の負荷積を先の図2に示す。)

(b) 負荷積単位

負荷積の区切り単位は、節(1週間)であり、負荷積範囲は、27節(約半年)である。

(c) クリア処理

負荷積を試みて基準よりも負荷が大きくなったならば、クリアして次の負荷積工程節を捜す。

(d) 納期変更処理

希望納期内にすべての工程が負荷積できなければ、希望納期を1週間遅延させ負荷積を試み、負荷積が行えるまで繰り返す。

(e) 負荷積工程節設定処理

負荷積工程節は各工程の生産期間を確保し、できる限り工程と工程の期間を短くする。

これを実現するフローチャートを図4に示す。

(7) カレンダー対応知識

製造現場の休み節(週)の処理を考えると、例えば組立が実工数3週間かかる場合、始まりが1990年4節ならば終わりは1990年6節である。しかし、始まりが1990年5節ならば、終わりは1990年7節でなく1990年8節である。この計算を行うために、休みの節を除いた連番を用いた(図5)。

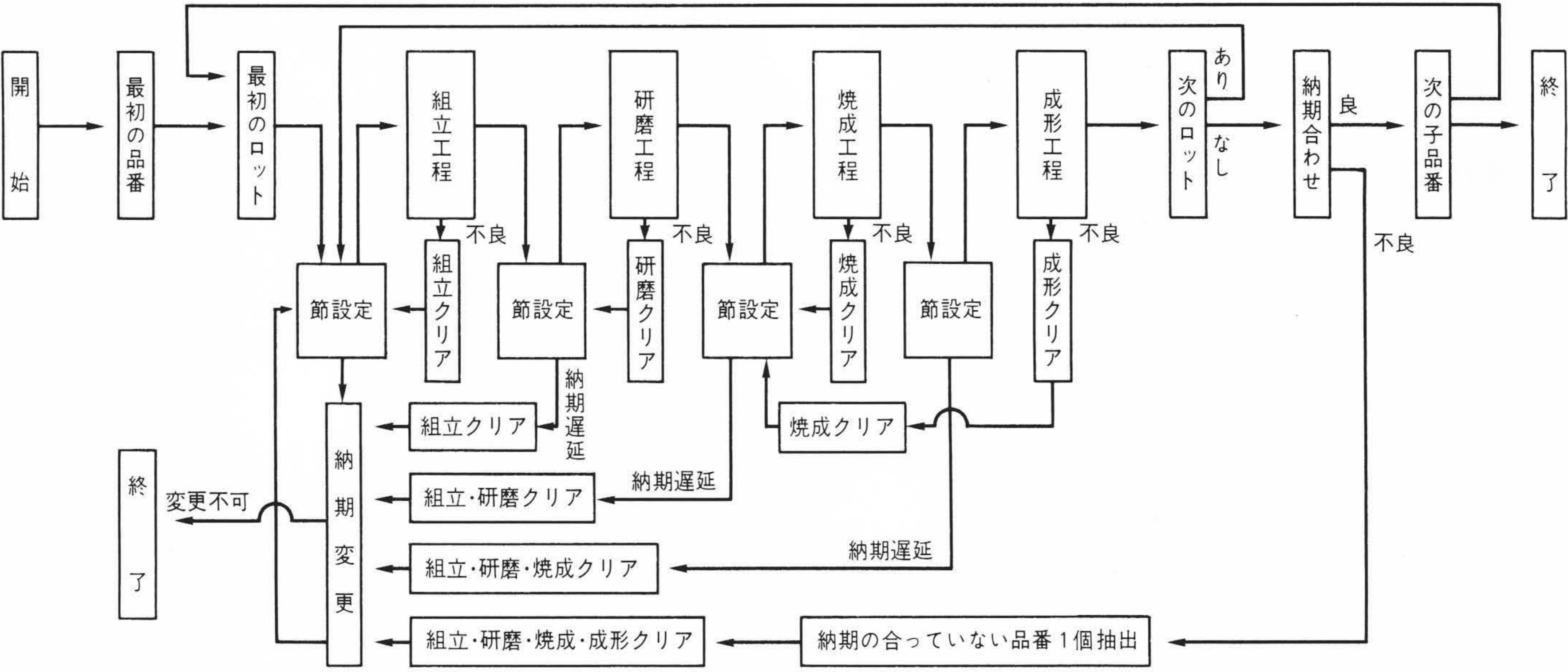
また、年度をまたがった計算を行うにも連番がいる。これは、1年度が53節・年度と54節・年度の二とおりあるためである。

(8) 金具対応知識

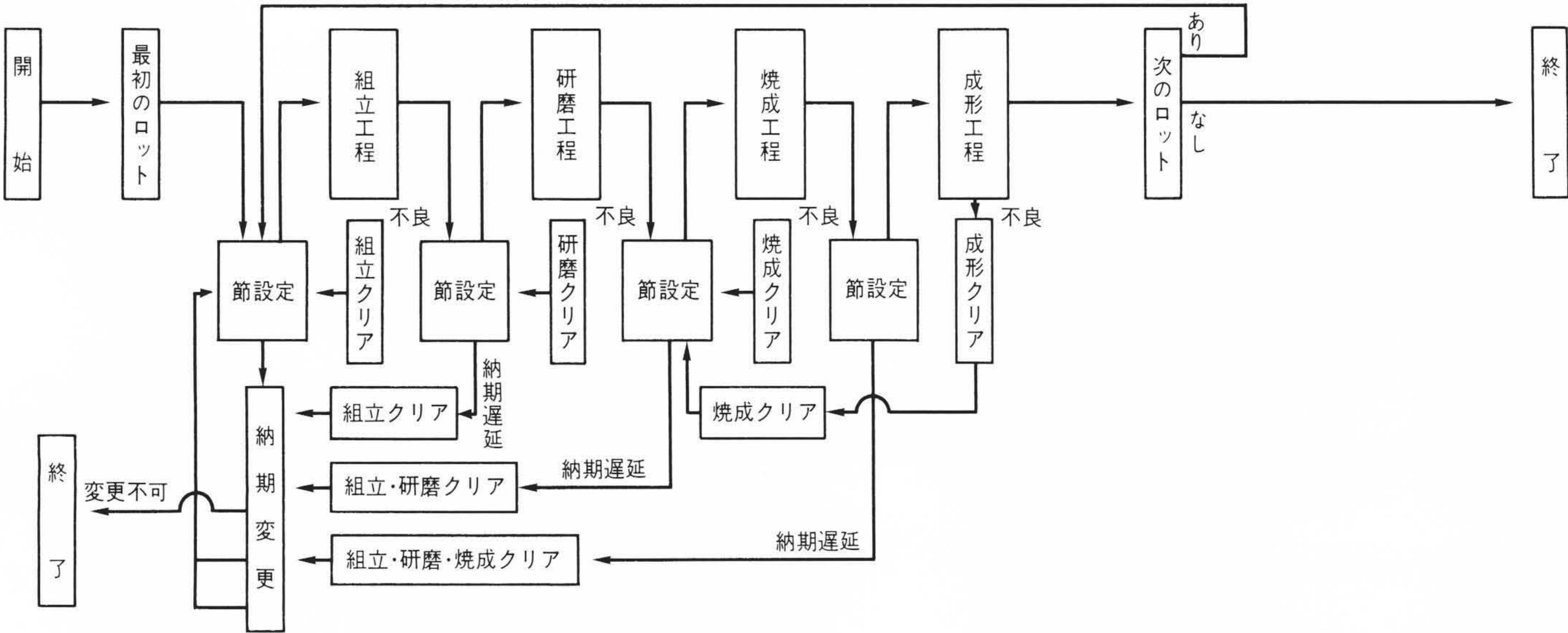
金具は外注しており、生産期間が各金具ごとに決まっている。この金具が組立工程に必要となるため、金具生作基準日数を考慮し負荷積工程節を決定する。

3.3 ホストとのファイル転送

今回採用したハード・ソフト構成の概略を図6に示す。ホストRDBで管理する主なものは、受注データ・資源データ(おのおのの装置に対して、節ごとに能力・負荷・余力を入れてある。)である。これをホストのプログラムであるACE3(Available Command Language for End users 3)を利用し



(a) 中実(一体製と複合品)



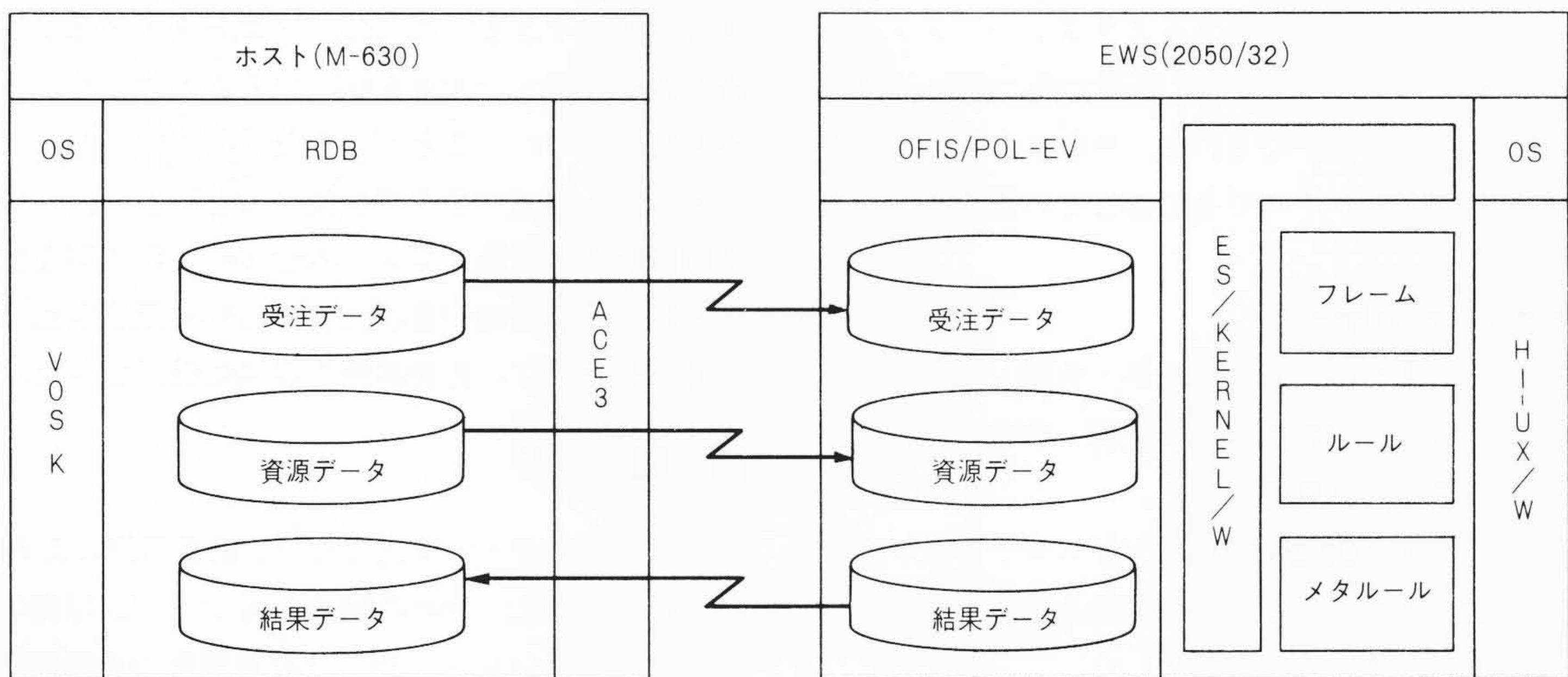
(b) がい管(一体製)

図4 品種別、製法別フローチャート 品種別、製法別に各工程の節(1週間)設定の流れを示す。

連番	年度	節		
1	1989	53		
2	1990	1		
3	1990	2		
4	1990	3		
5	1990	4	組立始め	
6	1990	5	•	組立始め
7	1990	6	組立終わり	•
	1990	7	休み	•
8	1990	8		組立終わり
9	1990	9		

図5 カレンダー対応 年度またがり節や休み節に対応したカレンダー知識である。

エンジニアリングワークステーション上のOFIS/POL-EV (Office Automation and Intelligence Support Software/ Problem Oriented Language-Excellent View)へと伝送し、ハードディスクに格納する。エンジニアリングワークステーション上のES構築ツールであるES/KERNEL/Wは、この送られてきたOFIS/POL-EVを入力ファイルとして推論時に取り込み、フレームに展開する。結果はこの逆で、推論結果の入ったフレームをOFIS/POL-EVとしてハードディスクに格納する。これを先のACE3を利用しホストのRDBへ伝送する。以上の操作により、AI処理部をホストから完全に切り離し、エンジニアリングワークステーションで分散処理が実現した。ホストとワークステーションとのやり取りを図7に示す。



注: 略語説明

RDB (Relational Data Base), VOS K (Virtual-storage Operating System Kindness)

EWS (Engineering Workstation), ACE3 (Available Command language for End users 3)

OFIS/POL-EV (Office Automation and Intelligence Support Software/Problem Oriented Language-Excellent View)

ES/KERNEL/W (Expert System/KERNEL/Workstation), HI-UX/W (Hitachi UNIX[®]) Workstation)

図6 システムの概要 ホストデータと2050/32EWSデータとのやり取りは、ACE3とOFIS/POL-EVを利用している。

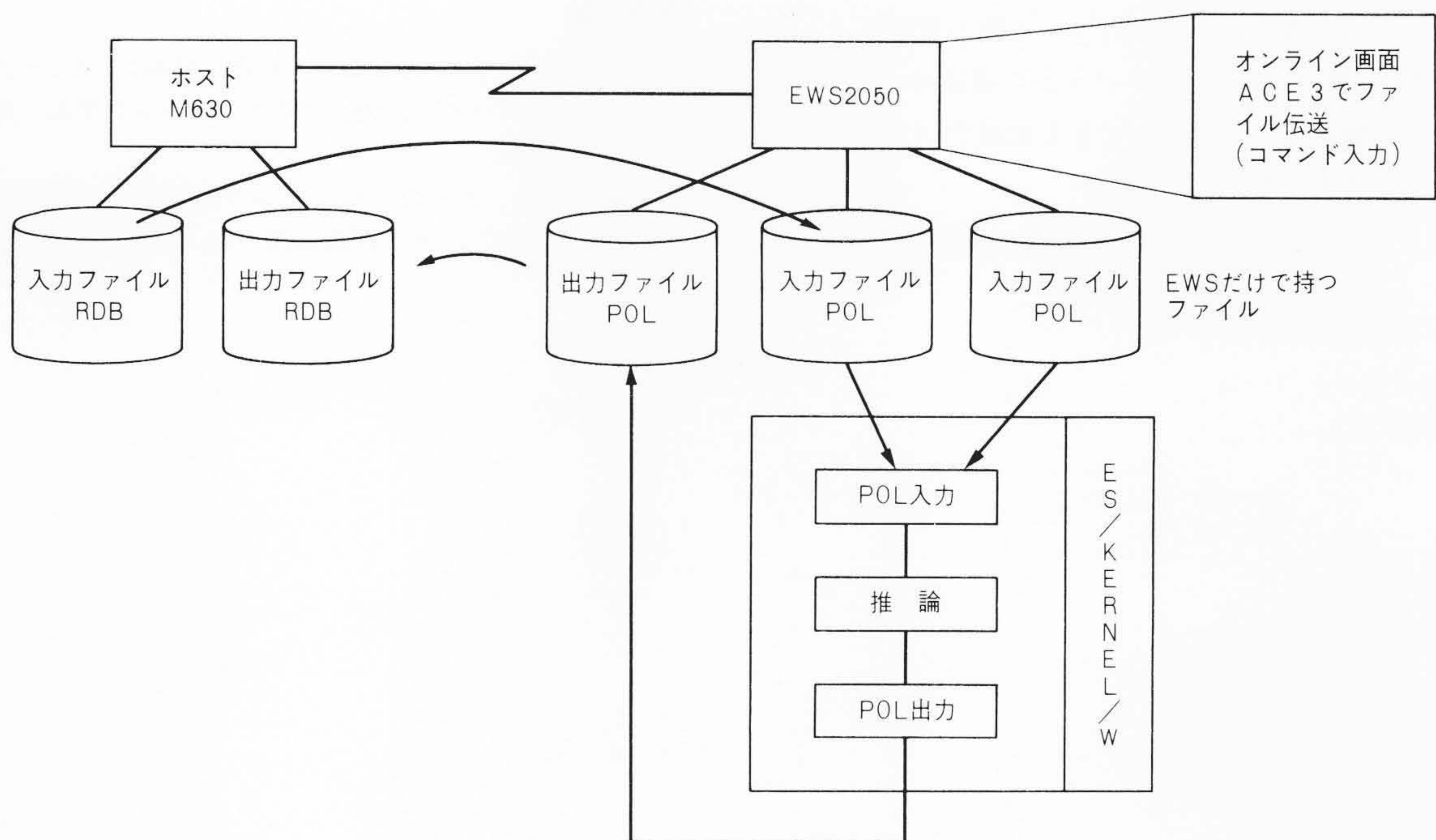


図7 運用イメージ ホストデータとワークステーション2050上のデータのやり取りを行い、AI処理部はホストと切り離しシステムAIを実現した。

本方式ではOFIS/POL-EVの制約上、資源データなど999行を超えるファイルは、複数のPOLファイルに分離する必要がある。今回は、資源データを組立・研磨・焼成・成形の工程別に分離して送ることによって解決した。

※) UNIX: 米国AT&T社ベル研究所が開発したソフトウェアであり、AT&T社がライセンスしている。

4 評価

4.1 解の評価

本システムの稼動により、従来熟練担当者が1件当たり15分かかっていた業務が、現在では約1分以内で行うことができるようになった。

また、負荷積結果も熟練担当者を越え誤りがないという評

価を得た。これは、熟練担当者によるスケジューリング方法が、特に重要と思われる管理項目について、負荷台帳に請番・品番・数量を記入することとしていたものを、今回は、管理すべき項目すべてを負荷マトリックスで各工程ごとに管理することとしたからである。

4.2 メンテナンス性の評価

ホストコンピュータから、資源の基準・負荷・余力をデータ伝送することにより、資源の基準・負荷・余力の更新は、ホストコンピュータで一元管理できた。

ES/KERNEL/Wは、OFIS/POL-EVからデータをフレームとして読み込むことができる。この機能を使い、ロット分割処理ルールのメンテナンスを容易にした。

また、ES/KERNEL/Wは日本語記述が容易であることから、コード変換処理を行い、熟練担当者でも容易に理解できるルールで記述できた。

これにより、熟練担当者自身が資源の基準変更・ルール変更を容易にした。

4.3 知識処理システムとしての評価

推論実行中の一時停止や知識の構造、実行条件の変更、実行されたトレースの表示および実行ルール数の制御によって、正しく知識処理が行われているかどうかの確認や、フレーム内容の一時的変更によって実行ができる知識デバッグにより、デバッグが容易であった。

また、UI(User Interface)ビルダを使い画面を簡易に作成

することができる。これは、プロトタイプ作成時、熟練担当者がわかりやすい画面を作成することにより、システムの評価を短時間で行うことができた。

そして、知識ブラウザを使うことにより、フレームとルールの相互参照関係・フレームやルールの内容などを表示することにより、知識が意図したとおりに記述されているかどうかや、知識修正の影響範囲を容易に確認できた。

5 結 言

以上、日本ガイシ株式会社の自動負荷積による納期回答ESについて述べた。今回の開発を通して、(1)知識の体系化、(2)ワークステーション2050でのAI処理部の分散処理方式など、システムAIとしての今後の取り組みへの方向づけがみえてきた。本システムは、生産管理システムの計画系のサブシステムとして開発されたシステムであるので、他のサブシステムとの調和を考え、今後の知識追加、工程管理の適用など新しい分野へシステム拡大ができるものと確信している。

参考文献

- 1) 白井良明，外：人工知能の原理，日本コンピュータ協会(1985)
- 2) F. ヘイザーロス，外：エキスパートシステム，産業図書株式会社(1985)
- 3) 安信，外：エキスパートシステム構築標準手順“HIPACE-ESGUIDE”，日立評論，70，11，1105～1110(昭63-11)