

プロセス分野向け多品種管理・制御パッケージ MSCRの開発

Development of Data Aquisition and Control Software Package for Multi-grade-production Plant Application

プロセス分野での多品種・変量生産形態を実現するソフトウェアパッケージMSCR(Master Sequence Controller)を開発した。バッチプロセスの運転手順である「工程」の並びを「ボックス」の並びに対応させ、処方管理・定義と運転監視を行う画期的なパッケージである。設備制御と処方管理の分離、バッチスケジュールからバッチ実績に至る一貫サポートなど、バッチプロセス制御に有効な機能を具備したパッケージとした。多品種少量生産形態を実現するバッチプロセスに対するニーズ、すなわち、制御システムの導入による高度な自動運転を行うことにより、オペレーターの負担を低減させながら、多品種・変量生産形態で、製品品質および生産性の向上を同時に実現するニーズにこたえるものである。

川口幸一* *Kôichi Kawaguchi*
佐藤哲夫* *Tetsuo Satô*
榎本実* *Minoru Enomoto*
後藤多喜雄** *Takio Gotô*

1 はじめに

化学産業を中心とした装置産業では、高付加価値製品への転換を実現するものとして、柔軟性・経済性の面からバッチプロセスの果たす役割がますます重要なものとなっている。バッチプロセスによる多品種少量生産形態は、品種によって設備の運用方式およびプロセスの制御方式を変えることにより、設備を多目的に活用できるという特徴がある。特に近年のニーズの多様化の流れは、処方ごとの違いとして薬剤の仕込量にとどまらず、品種ごとにまったく異なる制御手順を要求する傾向にある。このような多様な生産形態のため、従来、バッチプロセスの自動化、システム化はあまり進んでいなかった。分散形デジタル計装制御システムでは、処方として制御パラメータを与えるだけであり十分なものとは言えなかった。また、プロセス計算機システムを用いたシステム¹⁾では、分散形デジタル制御システムの持つ計装制御機能に改善の余地があった。しかし、近年のオペレーターの高齢化、労働力不足はバッチプロセスの自動運転を強く求める傾向にある。また、ソフトウェア技術の進歩により、フレキシブルなパッケージの開発が可能となってきている。

このような背景のもとに開発されたソフトウェアパッケージがMSCR(Master Sequence Controller)である。以下、

MSCRの開発の背景、機能概要とともにシステム事例について述べる。

2 開発目標

MSCRの開発に際しては、図1に示すように、下記の目標とそれを実現するための具体策を設定した。

(1) フレキシブル生産形態のサポート

バッチプロセスの多様な生産形態に柔軟に対応できるソフトウェアパッケージであることを第一の開発目標とした。処方パラメータだけでなく、制御手順も品種ごとにフレキシブルに与えられることを目標とした。具体的には、品種ごとの制御手順は、工程または制御単位をボックスの組み合わせで定義し、処方パラメータはボックスのパラメータとして与える方式とした。このため、品種ごとに処方パラメータだけでなく、制御手順をボックスの並びで与えられるため、フレキシブルな生産形態を実現できた。

(2) オペレーターの負担低減

運転に際しては、高度な機能を実現していても運転員の負担増加にならないこと、さらには、品種の追加はシステムエンジニアではなく、運転員みずから対応ができるものである

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立エンジニアリング株式会社

開発目標	具 体 策
フレキシブル生産形態	ボックスの並びによる制御手順定義 ボックスパラメータによる処方データ定義
オペレーターの負担低減	処方定義画面と運転監視画面の統一
従来財産の有効活用	EIC統合システムの採用 プロコン実績の有効活用
CIMシステムの実現	バッチスケジュール、バッチ実績管理機能の具備 バッチプロセスを含めたCIM化

注：略語説明 E・I・C [E(電気制御)・I(計装制御)・C(計算機制御)]
プロコン(プロセスコンピュータ)
CIM(Computer Integrated Manufacturing)

図1 MSCR(Master Sequence Controller)の開発目標と具体策
開発目標は多品種生産形態のサポートだけでなく、オペレーターの負担低減、トータルシステムの実現など広範囲なものとした。

ことを、第二の開発目標とした。このため、ボックスの並びは画面で定義し、運転状態の監視もこのボックス表示色などによって可能とし、処方定義と同一の画面で行えるようにして、運転員の負担低減を実現した。

(3) 従来財産の有効活用

I(計装制御)機能だけでなく、C(計算機制御)機能およびE(電気制御)機能を統合したトータルシステムであること、特に、制御用計算機としてのHIDICの長年の歴史の中で培われた制御技術を生かし、なおかつ優れた計装制御システムであることを第三の開発目標とした。このため、HIDIC V90シリーズで実績のあるMSCRをエンハンスし、EIC統合形新デジタル制御システムであるHIDIC-AZ^{2),3)}に搭載することにより、制御用計算機の財産の有効活用を図った。これにより、本格的な計装制御システムであると同時に、計算機制御システムの高度な制御機能を持ったシステムとすることができた。

(4) CIMシステムの実現

プロセス分野でも、単に制御の自動化だけでなく、工場全体のFA化、さらには本社と直結したコンピュータによる統合生産CIM(Computer Integrated Manufacturing)システムの実現が求められている。MSCRの開発に際しては、バッチプロセスも含めたCIMシステムの実現を第四の開発目標とした。MSCRに処方管理、運転制御だけでなく、バッチスケジュールからバッチ実績管理機能を具備させ、これを核として、生産管理・設備保全管理・エンジニアリング支援などをサポートすることにより、バッチプロセスを含めたCIMの実現を可能とするものである。

3 MSCR概要

3.1 MSCRの概念

MSCRでは、フレキシブルな生産形態をサポートするため品種に関する情報と設備に関する情報は、明確に分離して管理する。すなわち、品種ごとに管理する処方や制御手順などは、MS(マスタシーケンス)で管理し、品種に関係せず設備だけに対応した情報は、US(ユニットシーケンス)の2種類に分けて管理する(図2)。

MSは、処方パラメータ、工程・設備制御の実行順番を品種ごとに与えるものである。ボックスの並びとして制御手順を与えるため、特殊な知識は不要であり、処方データはボックスのパラメータとして与えられるためオペレーターによる処方の追加、修正を可能としている。

一方、USは設備を効率よく稼働させるための基本的な制御手順を与えるものであり、設備の変更がない限り修正する必要はない。USでは、ポンプの起動・停止、バルブの開・閉など対象設備と目的が決まれば、おのずと決まる制御手順を与える。仕込み工程での仕込み量、温度制御での温度目標値など、品種にかかわる情報は、MSがUS起動時のパラメータとして与えるようにしている。

以上の構成とすることで、MSCRはオペレーターによる処方管理を可能とし、なおかつ、ユニットシーケンスによってきめ細かな設備制御を実現しており、オペレーターの負担低減とフレキシブルな操業を同時に実現している。

3.2 メインMSとサブMS

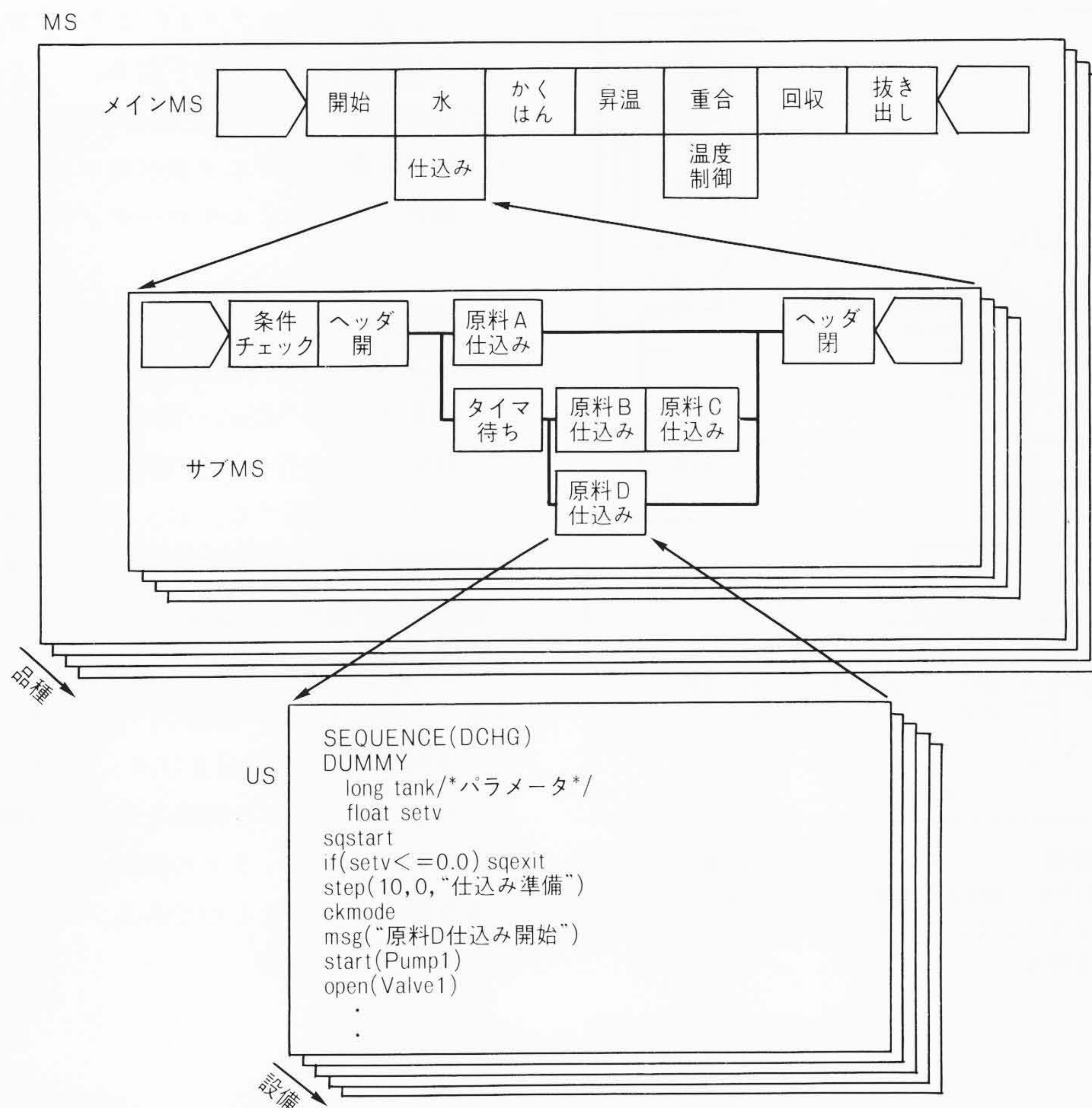
MSはメインMSとサブMSから成り、トップダウンでボックスを組み合わせて制御手順を定義可能としている。

メインMSは開始ボックス、工程ボックスおよび終了ボックスによって構成する。ここで工程ボックスが、バッチを構成する原料仕込み、温度制御、反応などの工程に対応する。メインMSは左から右に実行し、縦方向に複数工程ある場合は、それらを同時に実行する。工程の実行順序をシリーズだけでなく、平行に動作できるようにしているのはMSCRの大きな特長である。重合工程での助剤の仕込みなど、単純にシリーズに動作しない工程の存在をフレキシブルにサポートするものである。

各工程の処理内容は、サブMSとして別に作成する。サブMSを構成するボックスは、条件判定、USの起動、バルブの開閉などのコマンドから成る。品種の処方データはUS起動ボックスの起動するUS名称および仕込み量、設定温度などのUSに渡すデータなどのパラメータが相当する。

3.3 US

USは、サブMSのUS起動ボックスから起動される設備制御用シーケンスプログラムである。MSと異なり品種に関する情報は持たない。設備を制御するプログラムとして、対象とす



注：略語説明 MS (マスタシーケンス), US (ユニットシーケンス)

図2 MSCRの基本構成 MSCRは品種管理を行うためのMSと設備制御を行うUSによって構成される。MSはさらに工程の実行順序を管理するメインMSと、工程の詳細を管理するサブMSによって構成される。

る設備に応じた制御、実績データ收拾を行う。仕込み量などの品種に関する情報はMSからの起動パラメータにて与えられる。図2に示すように、USはC言語をベースとし専用のマクロコマンドを用いた記述式言語である。専用のマクロコマンドには、ステップ定義、異常処理、条件判定、DDC (Direct Digital Control) ループ制御など六十数種類が用意されている。汎(はん)用言語機能の演算、条件判定などとシーケンス制御用マクロコマンドにより、きめ細かな設備制御を実現する。

3.4 理論設備と物理設備

バッチプロセスでは、通常図3に示すように、反応器などのプロセス構成機器は同一のものが複数存在することが多い。このような系列を構成する設備を効率よく運用するため、MSCRでは論理設備の概念を採用している。すなわち、制御仕様は論理設備名称で定義、作成するものとし、実行時に物理設備との対応づけを行う。後述のMSCR画面では、エディタでは論理名称を、モニタ画面では実際の物理名称を表示し、運転員の負担を低減している。

3.5 MSCRマンマシン

MSCRマンマシンでは、オペレーターの負担低減のため処方定義画面であるMSCRエディタと運転監視画面であるMSCRモニタとを同一フォーマットとしている点に大きな特長がある。

(1) MSCRエディタ

MSCRエディタは、メインMSおよびサブMSを、ボックスの並びと、ボックス間の実行順序、実行タイミングを示す線であるアークを組み合わせて処方を定義する会話形エディタである。MSの作成は、原則として次の操作の繰り返しによって行われる。MSCRエディタの画面例を図4(a)に示す。

- 対象範囲をポインティングにより、サブMS詳細ウインドウに呼び出す。
- 配置したい位置をポインティングする。
- ボックス機能メニューにより、必要とする機能を選択する。
- パラメータ入力ウインドウが表示されるので、必要な情報を入力する。

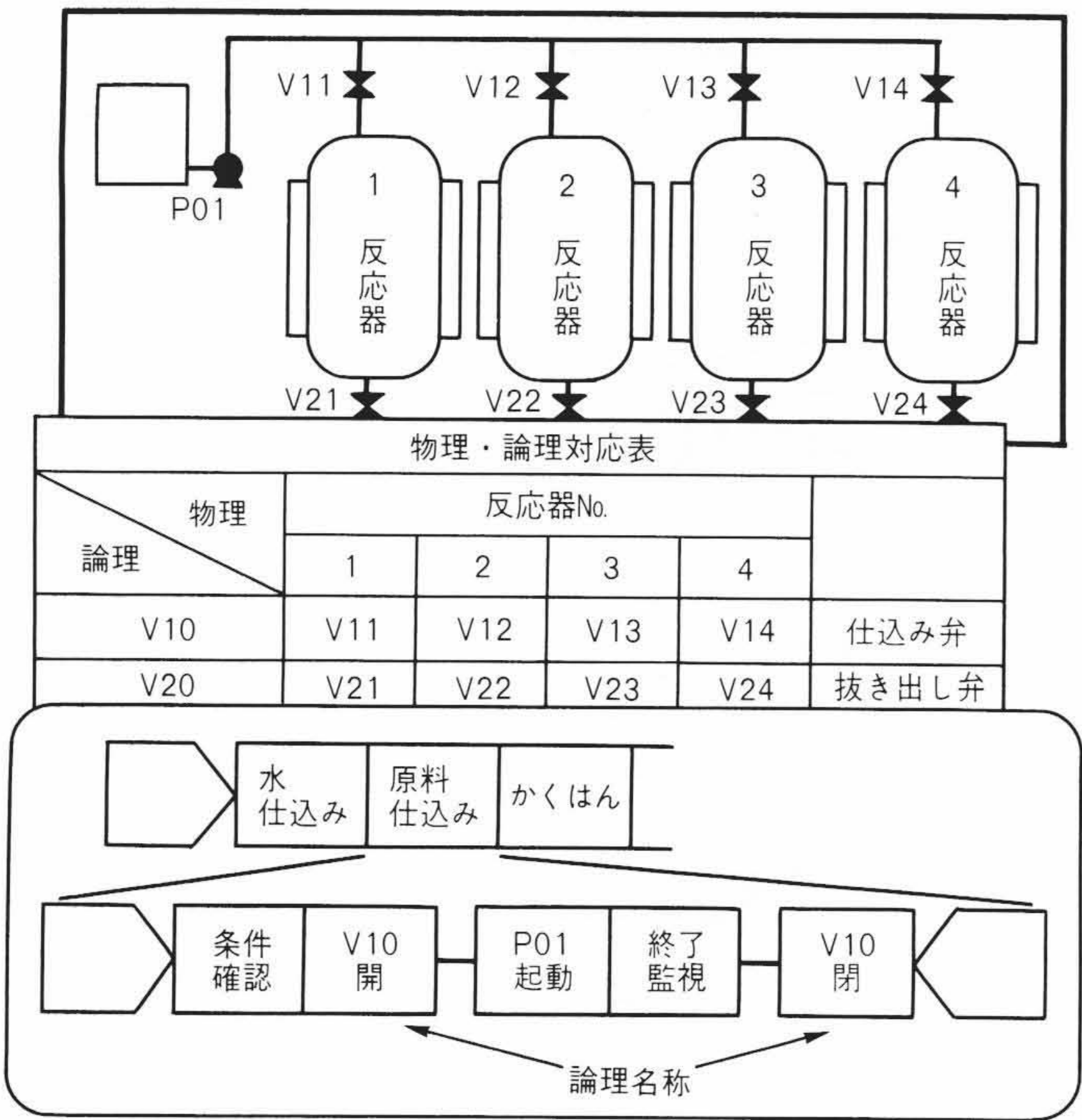


図3 物理設備と論理設備 バッチプロセスは同一設備が複数系列存在することが多い。このため、MSCRでは論理名称を管理し、仕様記述ではこの論理名称で行うようにしている。実行に際しては、実行中設備の物理設備を用いて制御を行う。

(e) 作成したボックスまたはアークが、MS詳細ウインドウおよび基本画面に表示される。

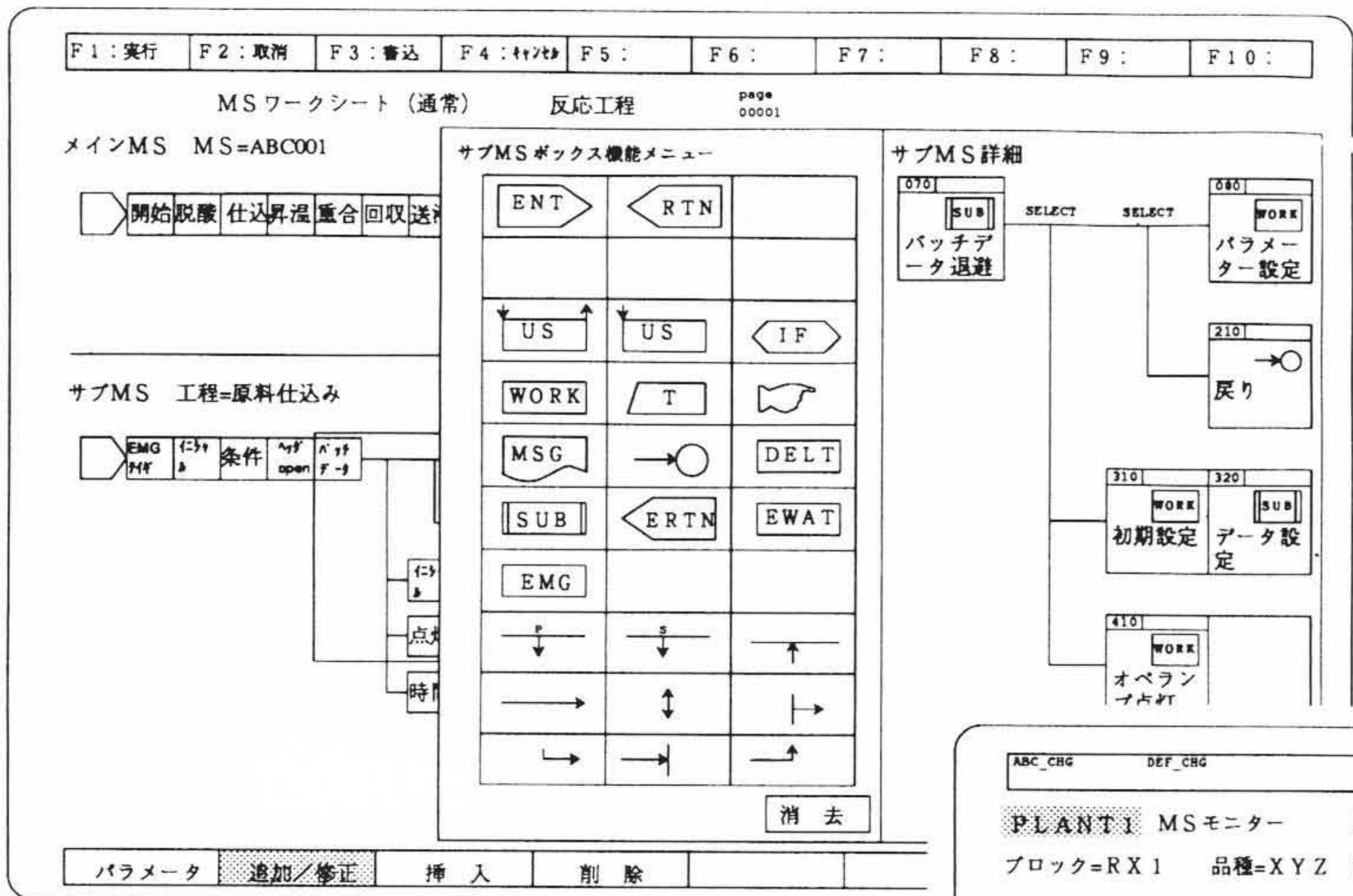
会話形MSエディタは上記基本機能のほかに、ボックスの追加・挿入・削除、モニタ表示用のレイアウト設定、処方の複写、修正、コンパイルやローディングなどの機能を持っている。

(2) MSCRモニタ

MSCRモニタは、実行中MSの監視画面である。監視画面には、動作中メインMSの一覧を表示するプロセスサマリ画面と、サブMSを含む実行中MSの詳細を表示するMSモニタ画面がある。いずれの画面でも、ボックス表示色は、実行中は緑、異常処理中は赤、実行完了は黄色など、実行状態を表す。

MSモニタ画面は、図4(d)に示すように、メインMS全体表示、サブMS全体表示および詳細ウインドウの3階層画面から成る。このMSモニタ画面は、画面を呼び出した時点で、自動的に実行中のサブMSおよびボックスが該当エリアの中央に表示されることを大きな特徴とする。本機能により、全体の実行状態と実行中ボックスの詳細を同時に監視できるという、大きな効果が得られるのである。

(3) MSCR管理画面



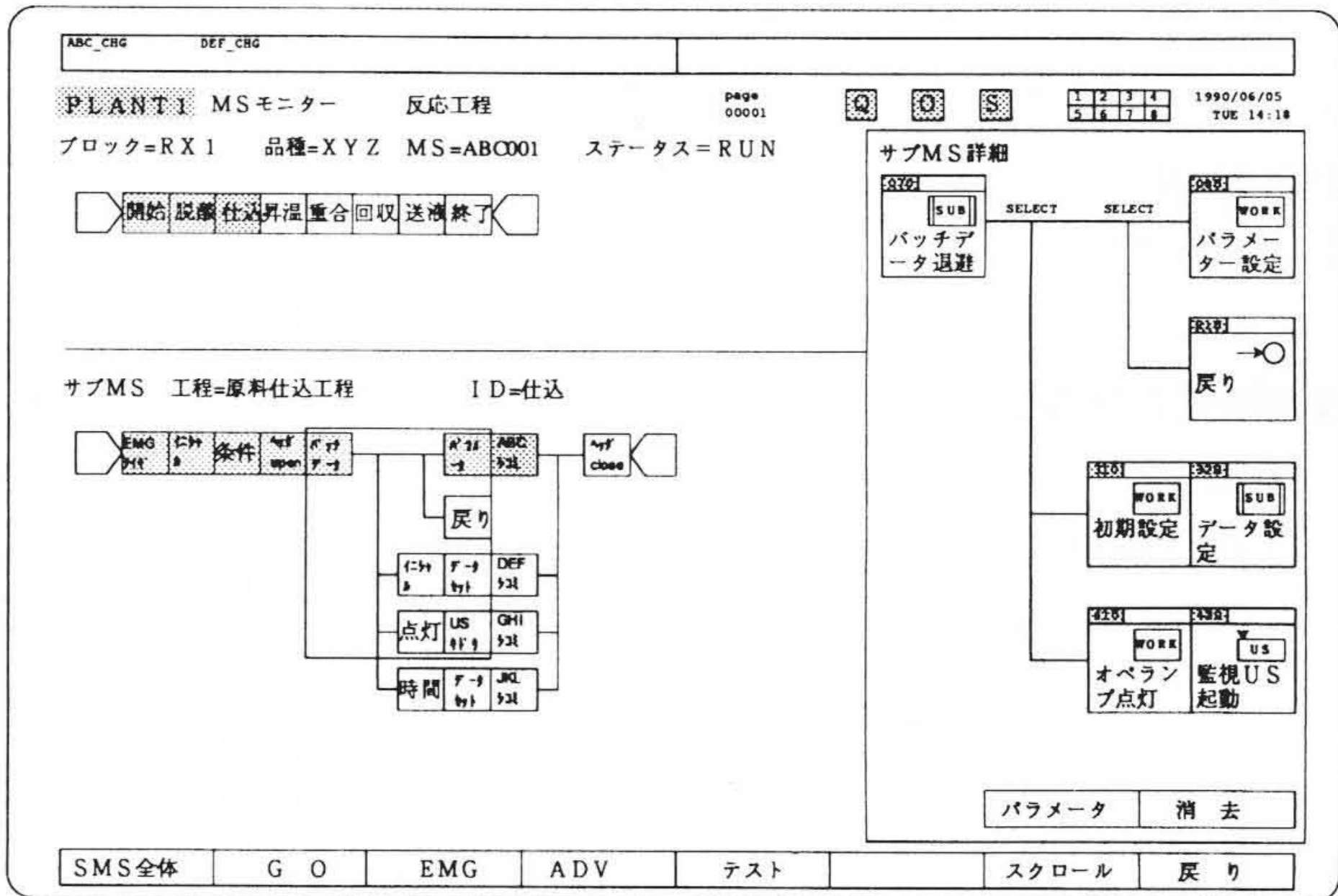
(a) MSCRエディタ画面例

PLANT1 バッチ予約									
NO	品種	BATCH	開始時刻	設備1	設備2	設備3	品種名	品種	品種名
01	ABCD	100100	06/05 14:20	R11	R12	R13	ABCD	A	A
02	品種1	100101	06/05 15:20	R12	R13	R2	品種1	品	品
03	BACD	100102	06/05 16:20	R11	R14	R35	A反応		
04	AACD	100103	06/05 17:20	R12	R15	R4	X製品		

(b) MSCRバッチ予約画面例

PLANT1 実行中バッチデータ 反応工程									
バッチNO=100100 品種=ABCD 設備=R11 MS=ABC									
工程01(001)									
1	工程01開始時刻	17:23:33	21	工程01					
2	所要時間	00:05:48	22	仕込値					
3	仕込設定値	100.00 Kg	23	仕込値					
4	仕込実績値	100.02 Kg	24	仕込値					
5	仕込時間	00:02:32	25	仕込値					
6	タンクレベル	89.45 %	26	タンク					
7	温度	43.51 °C	27	温度					
8	密度		28	密度					
9	濃度		29	濃度					
10	洗浄時間	00:00:49	30	洗浄					
11			31	洗浄					

(c) MSCRバッチ実績画面例



(d) MSCRモニタ画面例

図4 MSCR画面 MSCRでは、処方定義を行うエディタと運転監視を行うモニタ画面を違和感なく使えるよう配慮している。このため、運転員による処方メンテナンスを可能としている。また、MSCR管理画面として、バッチスケジュール、バッチ実績画面などを用意している。

MSCRでは、エディタ、モニタ画面のほか、バッチスケジュールを管理するバッチ予約画面、共通工程のバッチ間の重複をチェックするスケジュール確認画面、複数のプロセスで一つの製品を造る場合のプロセスとMSの対応づけを行う品種定義画面、MSパラメータのうち処方上重要なデータだけを取り出して表示する処方パラメータ画面、バッチ実績を管理するバッチ実績画面などを用意している。これらの豊富なマンマシン機能により、処方管理、運転監視だけでなく生産計画、実績管理まで幅広いシステム化を比較的容易に実現できるようにしている。バッチ予約画面とバッチ実績画面の例を図4(b), (c)に示す。

3.6 MSCR全体構成

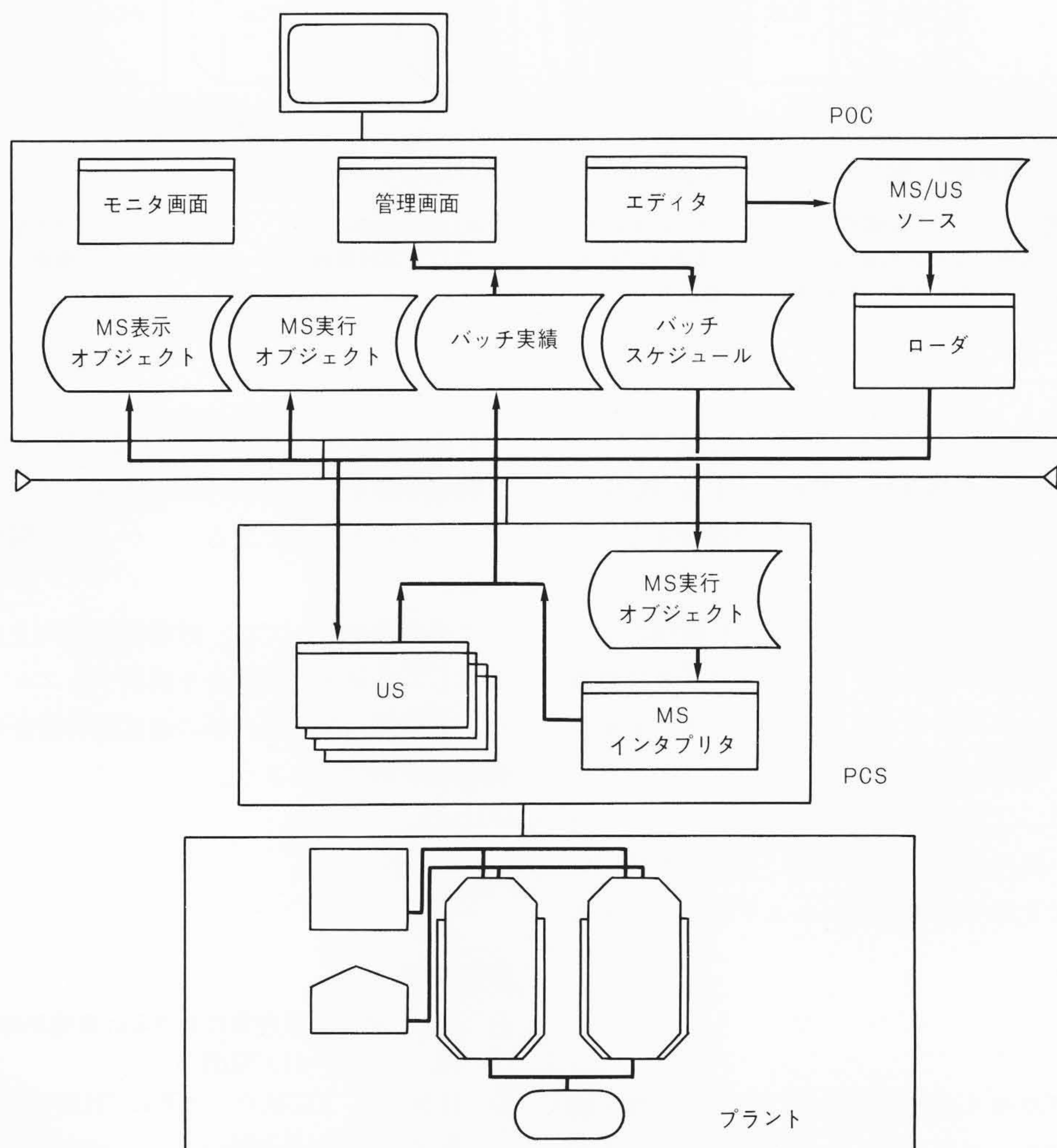
MSCRのシステム全体構成図を図5に示す。MSCRは、従来のソフトウェア財産を有効に活用するため、HIDIC-AZのマンマシン用CPUであるPOC(Process Operator Console)と制御用CPUであるPCS(Process Control Station)を基本構成とする。エディタで作成されたMS/USのソースはDISK上の

ファイルとして保存されるが、それらはローダによって実行形態に変換された上で、実行オブジェクトとしてローディングされる。バッチスケジュールに従いMSが起動されると、該当MSの実行オブジェクトがPCSにダウンロードされ、制御が開始される。PCSではMSインタプリタが実行オブジェクトに従い、必要に応じてUSを起動しながらプラントの制御を行う。実行中MSのモニタは、MSモニタ画面で行う。バッチの進捗(ちやく)に伴って発生する実績データは、バッチデータ画面で参照でき、必要に応じて修正することもできる。

なお、MSCRがサポートする品種数は、DISKメモリが許される範囲であれば、その数に制限はなく、多品種生産要求に十分こたえるものとなっている。

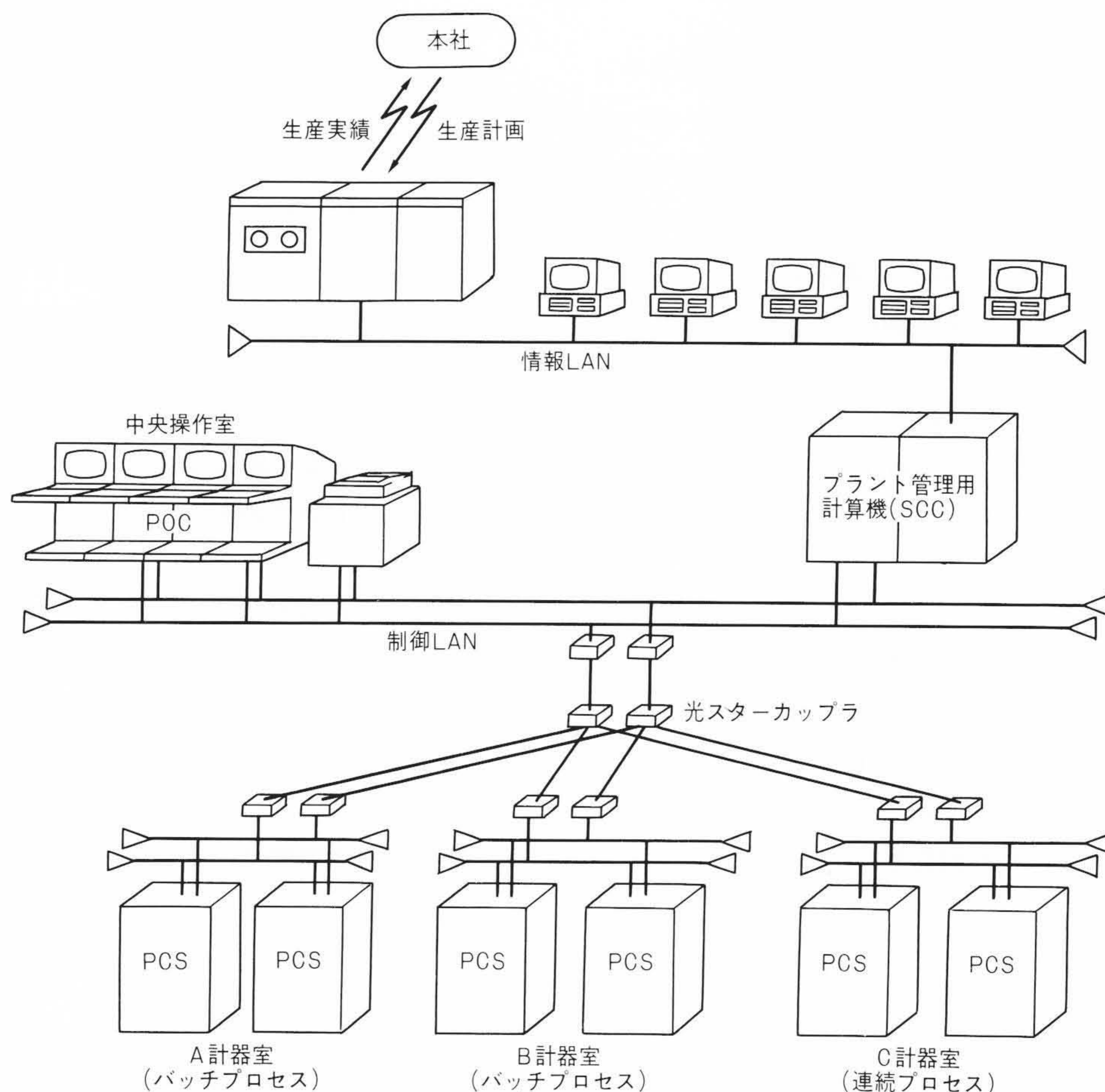
4 システム事例

MSCRは前述のようにHIDIC-AZに搭載するソフトウェアパッケージである。したがって、前記3.5節で述べたように、システムの最小構成は、1台のPOCと1台のPCSによるもの



注：略語説明 POC (Process Operator Console)

図5 MSCRシステム全体構成図 制御はすべてPCSで実行される。実行状態はモニタ画面、管理画面で監視管理される。品種管理はエディタにより、品種数が実質無制限の多品種管理を実現している。



注：略語説明 SCC (Supervisory Computer Control), PCS (Process Control Station)

図6 システム構成例 光ファイバを応用した制御用LANの活用により、バッチプロセスだけでなく連続プロセスも統合したシステムとしている。また、プロセス計算機を使って情報LANへの接続により、CIMシステムを実現している。

である。

比較的大規模なシステムの構成事例を図6に示す⁴⁾。PCS(コントローラ)は現場計器室に分散配置され、中央操作室とは光ファイバを用いた10 Mビット/sの制御用LANで接続される。本配置により、制御の分散と監視・管理の集中を物理的にもシステム構成上にも実現している。さらに、プロセス計算機HIDICで、バッチプロセスだけでなく連続プロセスの生産管理、最適制御を行い、情報LANに接続してプラントデータベースのサービスを行う。工場内のワークステーション、パーソナルコンピュータ、汎用計算機を接続し、さらに本社システムとの接続によって化学分野でのCIMシステムを構築するものである。

5 おわりに

ここでは、バッチプロセス向けに開発した多品種管理・制御パッケージMSCRについて述べた。ボックスの並びによる処方定義によるフレキシブルな多品種生産サポート、オペレーターの負担低減のための、処方定義(エディタ)と運転監視(モニタ)を同一画面とするなどの豊富な画面機能、バッチス

ケジュールからバッチ実績に至る一貫したサポート機能、CIMを実現するトータルシステム機能など、多品種変量生産形態のニーズに十分こたえるパッケージが開発できたものと確信する。

今後の課題としては、設備稼働率向上のための知識処理を応用した共通工程の競合を解消するスケジューリングエキスパート機能、反応器内部の温度制御性を改善する高度制御機能などがあげられよう。

参考文献

- 1) 川口、外：装置産業における計算機制御システム、日立評論、70, 5, 513~519(昭63-5)
- 2) 佐藤、外：EIC統合システム“HIDIC-AZ”、日立評論、73, 8, 807~814(平3-8)
- 3) 佐藤：EIC統合システム「HIDIC-AZシリーズ」の概要とシステムコンセプト、計装、Vol.33, No.4, 55~62(1990-4)
- 4) 倉恒：バッチプロセスにおける多品種化制御、ファインケミカルプラントFA化技術(1991-2)