

化学プラントにおける計算機制御システム

Computer Control System in Chemical Plant

制御用計算機の適用分野として古い歴史を持つ化学プラントは、初期のデータ ロガー システム、最適化制御システムから最近の DDC システム、シーケンス制御システムとその適用方法、及びソフトウェア アーキテクチャも比較的定形化してきている。したがって、最近のソフトウェア費用の増大に対する手段としての問題向き言語化も進んでいる。更に、CRT を利用したマン マシン インタフェースによるプラント運転の安全化、マイクロ コンピュータの利用による分散化制御システムなどが注目されている。

本稿は、主に上記のソフトウェア アーキテクチャ、問題向き言語を中心に具体例により解説するとともに、化学プラントの今後の動向について触れる。

長谷川邦夫* Hasegawa Kunio
四元 弘志* Yotsumoto Hiroshi
三井 善夫** Mitsui Yoshio

1 緒 言

1960年代の前半より実用化が始まった化学プラントでの制御用計算機は、当初、連続プロセスでのプロセス監視、データ ロギング、最適化制御など、主にスーパーバイザリ コントロールに用いられた。その後の半導体技術革新による計算機ハードウェアの性能向上とともに、その用途も広がり、DDC (Direct Digital Control)、シーケンス制御などダイレクトコントロールにも使われている。

一方、このような制御用計算機の応用が進む中で、ソフトウェアの製作に要する費用も年々増大し、最近では、計算機システムのコストに占めるソフトウェアの割合は、30~40% になってきている。このソフトウェア費用の増大に対する手段として、ソフトウェア作業の標準化、省力化を行ない、ソフトウェアの生産性向上を図ることが急務となってきている。

本稿は化学プラントでの計算機システムにつき、ソフトウェアを中心に述べる。なお、新電子式制御装置ΣシリーズとHIDIC 80のリンケージ及び化学プラントでの制御用計算機の役割については、本誌昭和51年3月号の小特集、新しい工業計測・制御の中で「計測制御における電子計算機の役割」と題し述べているので参照されたい。

2 化学プラントにおける計算機システム

制御用計算機の適用が歴史的に古い化学プラントでの計算機システムの構成は、比較的定形化しているといえる。図1に示すように、

- (1) 本社などで各工場からのプラント運転情報の収集や工場への生産指令をつかさどるMIS (Management Information System) レベルの事務用大形計算機システム
 - (2) MISからの生産指令により各工場でのDDCレベルの計算機群、あるいは計器群をスーパーバイザリ コントロールするSCC (Supervisory Computer Control) レベルの制御用計算機システム
 - (3) SCCからの指令によりプロセスをダイレクト コントロールするDDCレベルの制御用計算機
- の3レベルに階層化が行なわれ、各レベル間は種々のデータ通信方式により接続されるシステム構成が定着している。

SCC及びDDCがHIDIC 80の利用される分野である。

SCCはプロセス入出力装置のほかに磁気ドラムや磁気ディスク、ライン プリンタやカード リーダなどを備えた比較的大形システムとなる。DDCは高速処理性や高信頼度を要求されるため、コア オンリー システムとすることが多い。

最近では安価なマイクロ コンピュータを利用したデジタル計測制御システムが出現し、DDCの採用がますます多くなってきている。8ループから30ループ程度に危険分散を行ない、プラント全体のコントロール ループとしての危険分散を図り信頼性を向上させている。一方、HIDIC 80などの制御用計算機によるDDCシステムはCPU (Central Processor Unit)、コア メモリなどの二重化を図り信頼性を向上させている。前者の危険分散システムではシステムとして安価なものを期待できるが、分散化ループ数がプラント運転上の安全性を考慮して、効果的に決められるかどうか問題となり、後者はより高い信頼性を期待できるが、小規模のプラントでは従来のアナログ計装に比べてコスト的なメリットを出せるかどうか問題があり、現状では一長一短があるといえる。

HIDIC 80の適用例として、そのモジュール構成を生かしたDDCレベルのハードウェア構成例を図2に示す。同図では、対象プラントは大別して、プロセスA、Bに分かれ将来はプロセスCが増設される予定である。GM (Global Memory) は各CPUから共通的にアクセスできるコア メモリであり、二重化などの高信頼度化を図り、プロセスとの入出力情報、コントロール パラメータなどのほかに、後述するPOL (Problem Oriented Language: 問題向き言語) で記述するプログラムを収納しておく。PM (Private Memory) はCPUのシステム プログラムやパッケージ プログラムを収納し、各CPU間で同一のメモリ内容とすることにより、万一、CPUあるいはPMが故障した場合に、他のCPUによりバックアップすることが容易にできる。プロセスA、あるいはBの制御機能の変更のためには、GMの内容を修正することにより可能である。大規模な拡張としてのプロセスCの追加の場合には、破線で示す部分を追加することにより、実線で示す既に稼動している部分には影響のない形で拡張が可能となる。

一方、このハードウェアを駆動するソフトウェアは、図3に示すように標準化された標準パッケージと、この標準パッ

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所計算制御技術本部

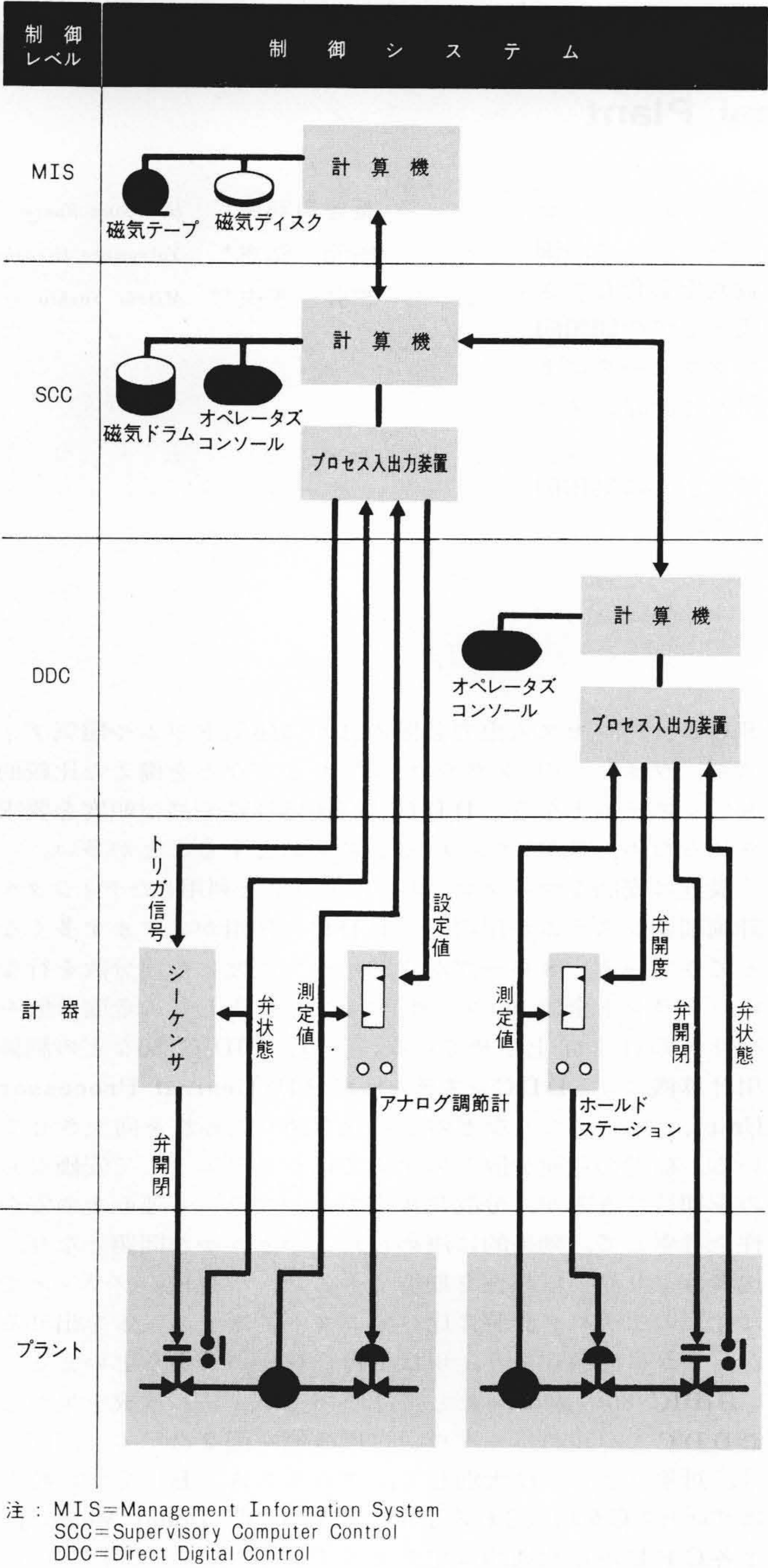


図1 化学プラントにおけるハイラーキ計算機制御システム
プラントでの検出器やバルブから、計器、更にDDC、SCC、MIS用の計算機が有機的に接続され、ハイラーキ構成をなしている。

ページを使用するための仕様とに分離し、前者はPMに、後者はPOLで記述し、対象プラントとの入出力情報などのデータと同一の考え方でGMに収納する。

このように、HIDIC 80の特長を生かしたハードウェア及びソフトウェア構成により、信頼性、拡張性及び保守性に優れたDDCシステムを作りあげることができる。

3 ソフトウェア アーキテクチャ

3.1 アーキテクチャ

SCCとDDCを対象としたソフトウェア アーキテクチャにつき述べる。

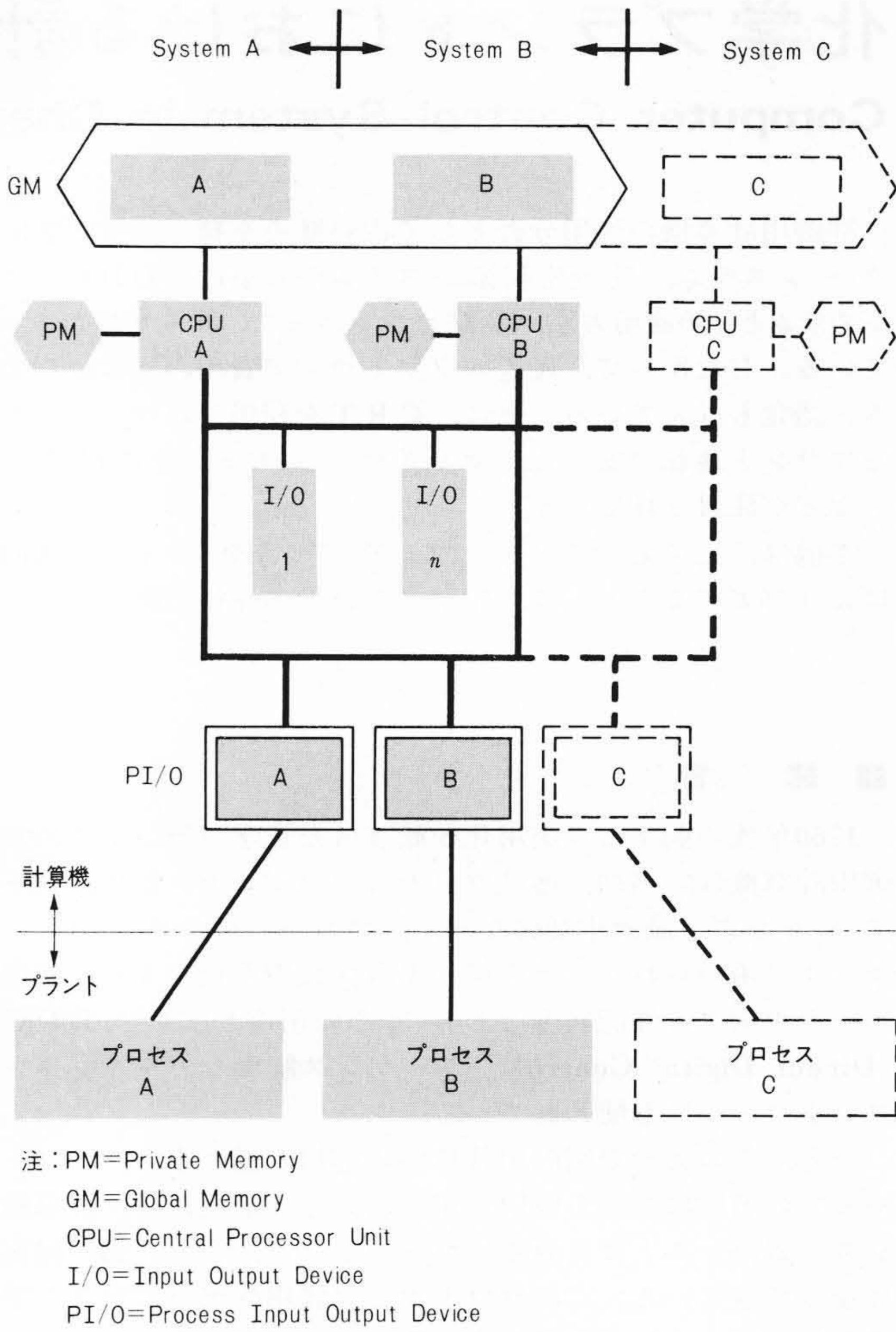


図2 DDCレベルのハードウェア構成例 GMを中心としたマルチコンピュータ構成により、信頼性、拡張性に優れたシステムとなっている。

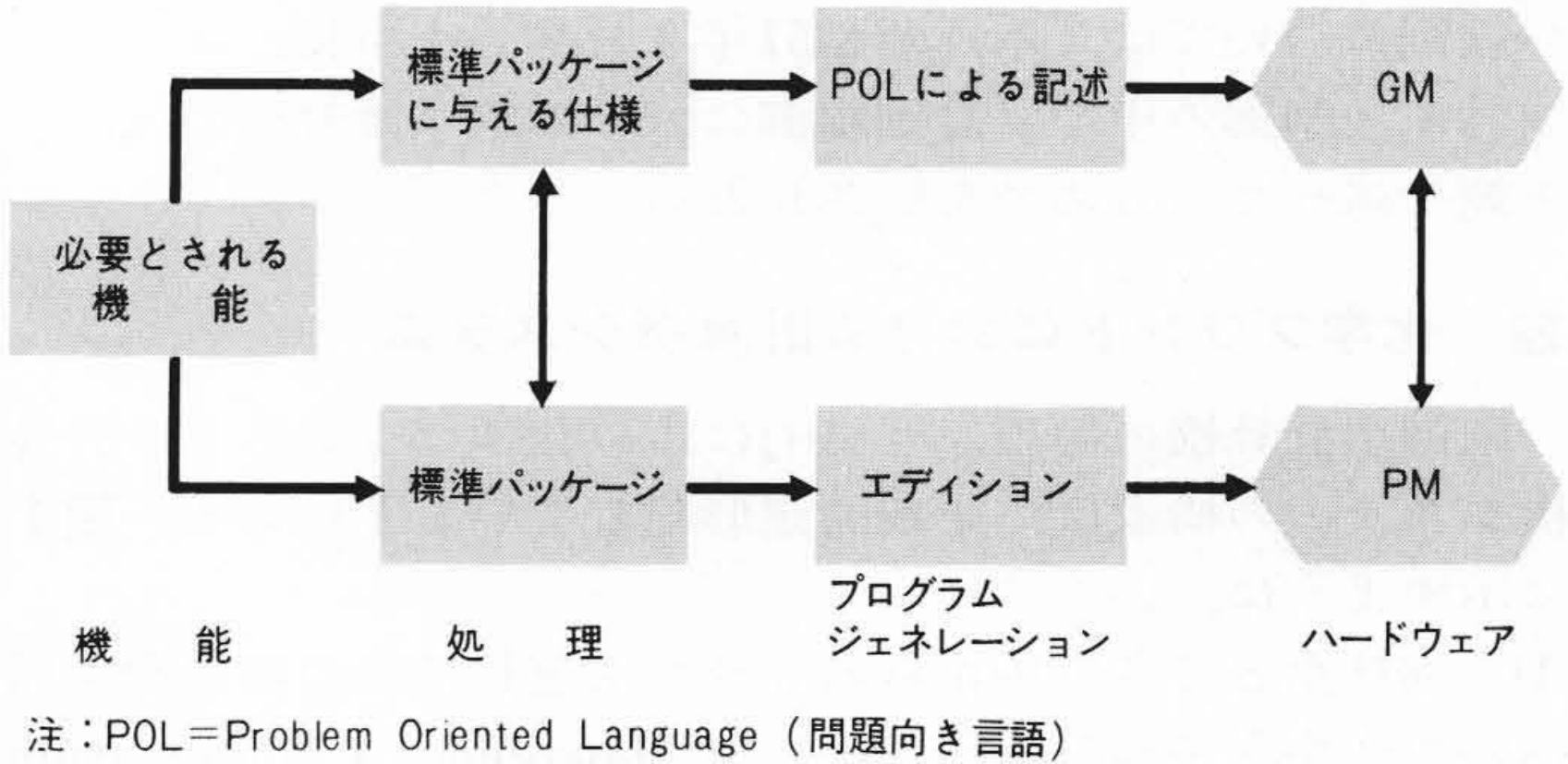


図3 DDCのソフトウェア構成例 図2で示したハードウェア構成を有効に活用し、信頼性、拡張性及び保守性に優れたシステムとするためのソフトウェア構成を示す。

制御用計算機システムの機能は、一般的に次の五つの機能に分類することができる。

- (1) 入出力処理機能
- (2) データ処理機能
- (3) コントロール処理機能
- (4) ファイル処理機能
- (5) マンマシンインタフェース機能

一方、プラント全体の情報管理とプロセス制御のスーパーバイズ

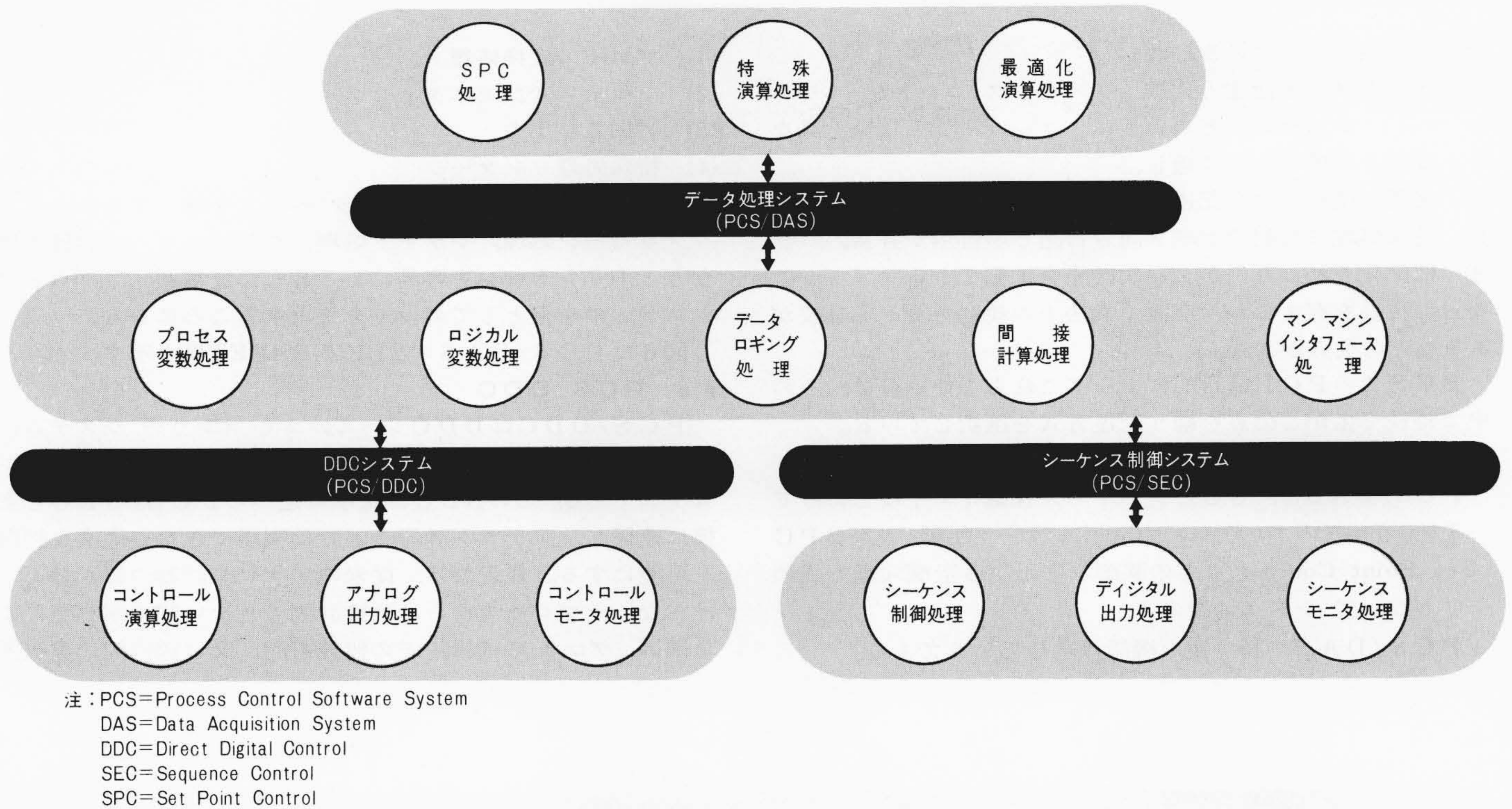


図4 化学プラントにおけるソフトウェアアーキテクチャ DAS, DDC, SECの三つのシステムを中心として、化学プラント用計算機制御システムのソフトウェアアーキテクチャが構成されている。

を目的としたSCC用計算機は次のような特徴を持っている。

- (1) 工場あるいはプラント全体の情報を扱うため、比較的システム規模が大きい。
- (2) 最適化計算、特殊演算などの高級演算機能を必要とする。
- (3) 情報制御が主体となるため、大容量ファイルが必要であり、ファイル処理機能が充実している必要がある。

また、ユニットプロセス単位のプロセス制御を目的としたDDC用計算機は次のような特徴を持っている。

- (1) ユニットプロセス単位のプロセス制御を扱うため、比較的システム規模が小さい。
- (2) DDC、シーケンス制御などの直接プロセスを制御する機能を必要とする。
- (3) プロセス制御が主体となるため、信頼性向上のためのソフトウェアを持っている必要がある。

このような背景のもとに、HIDIC 80では図4に示すように、SCCを対象とするPCS/DAS(Process Control Software System/Data Acquisition System)とDDCを対象とするPCS/DDC(Process Control Software System/Direct Digital Control), PCS/SEC(Process Control Software System/Sequence Control)の三つのシステムを中心に化学プラント用計算機制御システムのソフトウェアアーキテクチャを構成している。

3.2 プログラミング言語

以上に述べたソフトウェアアーキテクチャを実現する手段としては、大別して手続向き言語とPOLの二つがある。POLは、個々の問題ごとの処理のために開発される言語であり、図5に示すように容易にシステムをジェネレーションする手段として利用される。一方、手続向き言語は、容易にプログラミングする手段であり、システムをジェネレーションする手段ではない。したがって、ソフトウェアの生産性を向上するためには、PCL(Process Control Language)などの高級手続向き言語により標準化されたパッケージをPOL

の記述によりシステムとして構成することが有効である。

このような考え方から、PCSはPOLにより利用することを前提としている。

4 POLとその応用

これまで述べたように、PCSはPOLにより容易に、かつ高度なシステムを構成できることを目的とする。

次にPOLとその応用例を紹介する。

4.1 記述方式

POLの記述方式は、目的によって「空欄穴埋方式」と「ステートメント記述方式」に使い分けられる。

空欄穴埋方式は、記入すべき必要情報が、記入シートに網羅されているので極めて安易に記述できるなどの特長を持っているが、反面、

- (1) 不必要な情報が多すぎることになりやすい。
- (2) 特殊処理の追加がやりにくい。
- (3) 完全に標準化されないと記入シートの設計ができない。

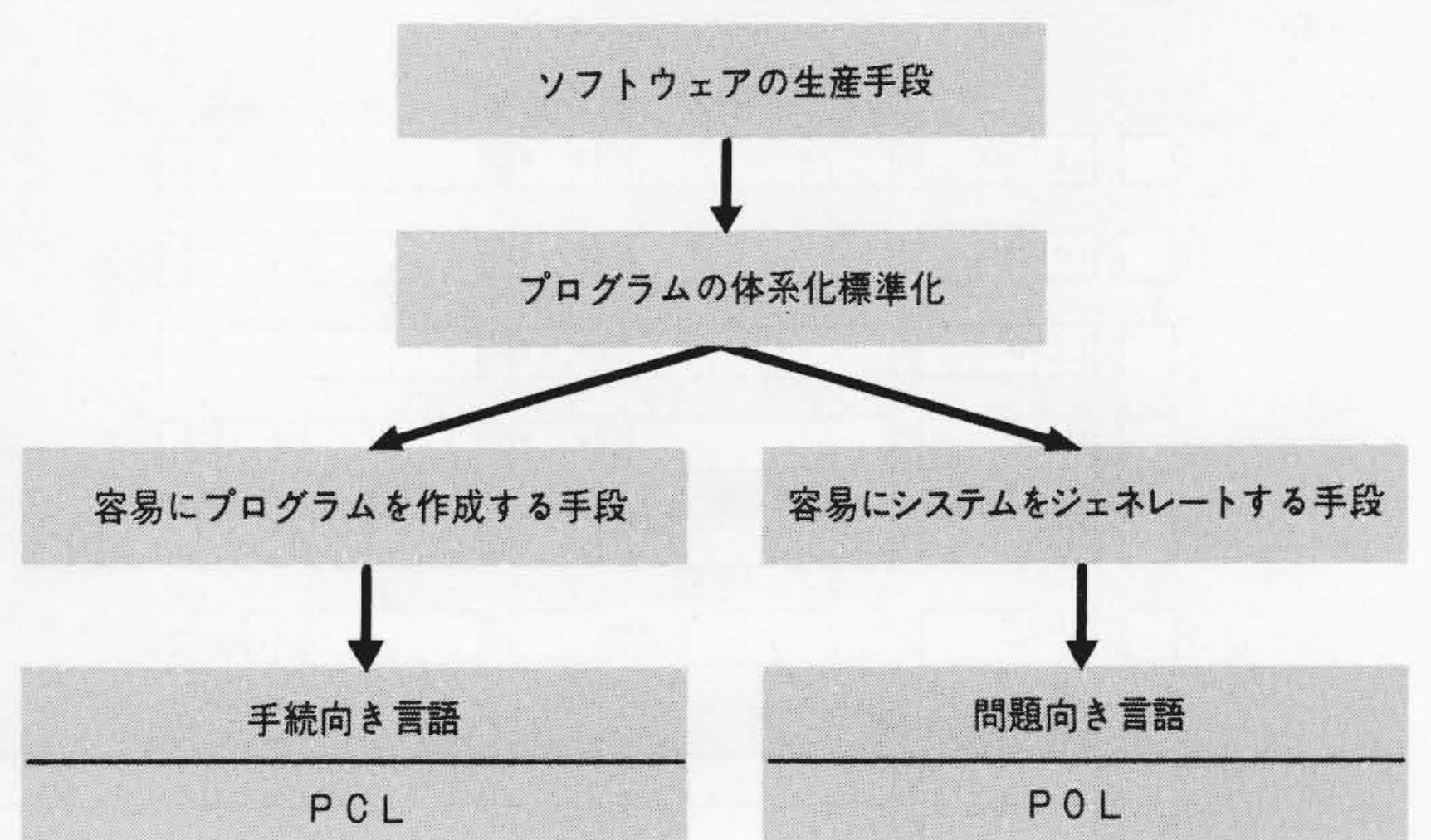


図5 工業用計算機における言語体系 ソフトウェアの生産手段としての手続向き言語と問題向き言語の位置づけを明確にしている。

などの欠点を持っている。

ステートメント記述方式は、シーケンス コントロールやマシン システムなどのように、ユーザーごとに全く異なった問題を処理するのに適し、

- (1) 必要な情報だけを記述すればよい。
 - (2) 特殊処理に有利で手続き向き言語との併用が容易。
 - (3) 標準化されたものから順次機能を拡張できる。
- などの特長を有するが、反面、文法上の規則を覚える必要があるなどの欠点がある。

PCSでのPOLは目的によってこれらを使い分け、その中で特長を生かし欠点を補う記述方式を選択している。

4.2 PCS/DAS

PCS/DASは、SCCレベルの大容量ファイルを持っているシステムでのオンライン プロセス データ処理、及びSPC (Set Point Control)などの制御に応用する空欄穴埋方式のソフトウェア システムである。

PCS/DASの持つ主な機能は次のとおりである。

- (1) プロセス変換処理
- (2) プロセス変数モニタリング
- (3) 制御及び出力
- (4) 特殊処理リンケージ

PCS/DASの特長は、データ ベースを統一することによりメッセージ処理、レポート処理、及びユーザーの各種処理などとのリンケージを容易にし、SCC計算機ソフトウェア システムの中核としての役割を果たすところにある。

図6にPCS/DASのSPEC SHEET例を示す。

4.3 PCS/DDC

PCS/DDCはDDCレベルのコア オンリー システムに適用するDDC用ステートメント記述方式のソフトウェア システムである。このDDCは次項に述べるPCS/SECと密接に連係し、アナログ計器などでは実現できない高度な制御を可能にする。最近では、従来のアナログ計器の置き替えだけでなく、プロセスからは直接計測できない間接演算値による制御、プログラム制御、その他技術的、又は経済的に実現困

PCS/DAS SPEC SHEET

概要

1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	73	75	80
タグナンバー													
☐	TAG		LOW		HIGH		単位		☐	☐	☐		01
☐	RANGE								☐	☐	☐		02
☐	AI		入力レベル		アドレス		断線		☐	☐	☐		03
☐	PC		パルス レート		アドレス				☐	☐	☐		03
☐	TAGIN		タグナンバー						☐	☐	☐		03
☐	FILEIN		ファイル名		レコード				☐	☐	☐		03
☐	INSPEC		スケーリング		スキャン周期		カット値 No.		☐	☐	☐		04
☐	HOSEI		補正タイプ		温度タグ		設計温度		☐	☐	☐		05
☐	SELECT		H/L		タグナンバー				☐	☐	☐		06
☐	SUM		小数点		積算エリア		A		☐	☐	☐		07
☐	COPY		エレメント名		レコード		エレメント名		☐	☐	☐		08
☐	CONNECT		タグナンバー		SW. No.				☐	☐	☐		09
リミット値 絶対値/% 引数 不感帯													
☐	LLCHK								☐	☐	☐		11
☐	HHCHK								☐	☐	☐		12
☐	LCHK								☐	☐	☐		13
☐	HCHK								☐	☐	☐		14
☐	DEV		設定値		リミット		引数		☐	☐	☐		15
☐	GRAD		チェック周期		リミット		引数		☐	☐	☐		16
OPTION処理													
☐									☐	☐	☐		30
☐									☐	☐	☐		31
☐									☐	☐	☐		32
☐									☐	☐	☐		33

図6 PCS/DAS SPEC SHEET例 空欄穴埋方式により、プロセス変数ごとにSPEC SHEETに記入する。

FORMAT EXAMPLE																											
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	16	20	30	40														
COMMENT																											
TYPE				TAG				(TAGNO				SCALL				SCALH				DP				UNIT)			
				IND				(CONV				INPUTADR				GAIN				FC)							
				ALM				(H				G				O)											
				CTL				(MODE				CAS)															
				OUT				(OPE				OUT ADDR				DI BNO				PL)							

図7 PCS/DDC SPEC SHEET例 ステートメント記述方式であるが、大半のものが本例を参考にして記述できる。

難であった各種の高級制御方式の実現に広く利用されるようになってきており、POLによる自由な記述が効果を挙げている。

また、PCS/DDCはモジュール方式で計器イメージを実現しているため、調節計の機能を付加しなければ一般のデータ処理のためのプロセス変数処理、モニタリング処理、特殊演算処理などにも適し、データロガーとしても大いに利用価値がある。

図7にPCS/DDCのSPEC SHEET例を示す。

4.4 PCS/SEC

PCS/SECは、DDCレベルのコアオンリーシステムに適用するシーケンス制御用ステートメント記述方式のソフトウェアシステムである。このSECは、先に述べたようにPCS/DDCとの関係により、ユーザーのエンジニアが容易に、かつフレキシブルな制御システムを構成することを可能にしたソフトウェアシステムである。

図8はON-OFF弁の操作のためのVALVE命令の機能をリレーシーケンスで表現した例である。同図のようにSECのマクロ命令は、あるまとまった単位のシーケンス動作を日常言語で表現し、これをつなぎ合わせることによって一連のシーケンス制御を可能にする。バッチプロセスや連続プロセスでのスタートアップ、シャットダウンのシーケンス処理にDDCと組み合わせて、より効果的に利用することができる。

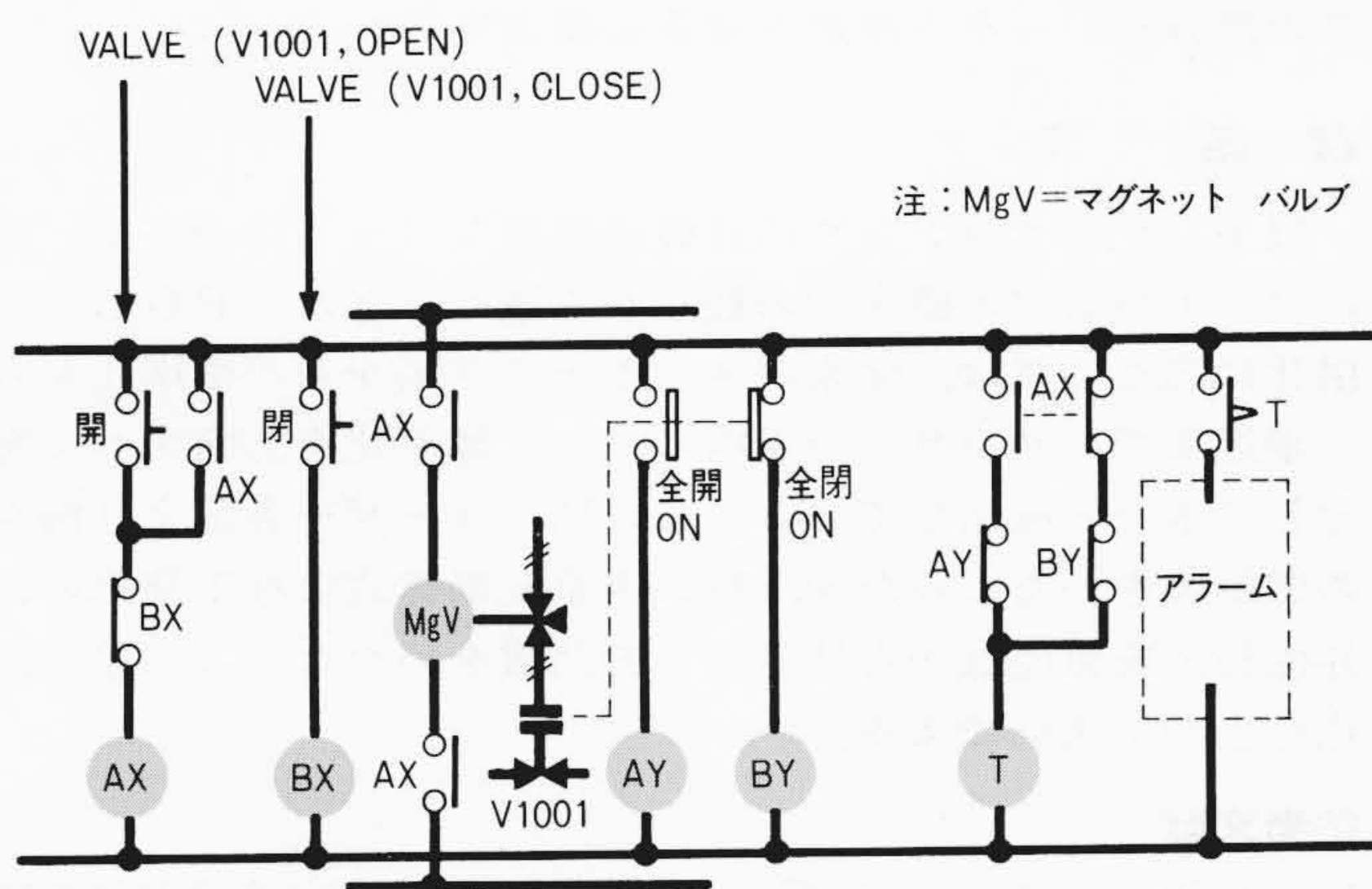


図8 PCS/SECの機能例 リレー回路によるユニットシーケンスが駆動され、バルブの開閉が行なわれるがプログラミングとしては、簡単なマクロ命令の記述でよいことを示している。

表1 PCS/MMCの機能例 POC, CRT及びタイプライタのフォーマット作成をサポートするシステムである。

言語名	目的
POC/POL	標準ハードウェアと種々に異なるユーザーズオペレーションとを結びつけ、オペレーターズコンソールの機能を自由に構成させるための言語
CFT/POL	カラーCRTディスプレイによる文字表示、図形表示ソフトウェアを、容易に作成できるようにしたCRTのためのフォーマットトランスレータ これにより、バーチャルパネル、バーチャルプラントなどの新しい発想が現実化される。
TFT/POL	メッセージ印字やロギングなどの印字ソフトウェアを、自由に作成できるようにしたタイプライタのためのフォーマットトランスレータ

4.5 PCS/MMC

PCS/MMC(Process Control Software System/Man Machine Communication)はカラーCRTディスプレイを使用するPOC(Process Operator's Console)を中心としたマンマシンコミュニケーションのためのソフトウェア群で、これには表1に示すような各種のバリエーションがある。最近のマンマシンコミュニケーションシステムは、安全制御という面からもその果たす役割は極めて重要で、分かりやすい表現、簡単なオペレーション、誤操作の防止、オペレーションガイドなど、オペレータと直接会話する部分については、人間工学的な考察により違和感のない使いやすいシステムを構成する必要がある。これらの中心となるカラーCRTディスプレイは、より高密度化するにつれてそのソフトウェアも複雑、かつ大量になる方向にあり、より使いやすいPOLが必要とされている。

かつて、日本電子工業振興協会でPOCのハードウェアの設計基準を定めたが、今まさに、カラーCRTを含んだソフトウェアシステムの標準化が急務となっており、種々改善されつつ発展するものと考えている。

4.6 プロセス制御における応用例

以上述べてきたPOLの応用例として、図9に加熱炉の制御システム例を示す。この加熱炉のスタートアップを行なうためのPCS/DDC, PCS/SECによる記述例を図10に示す。

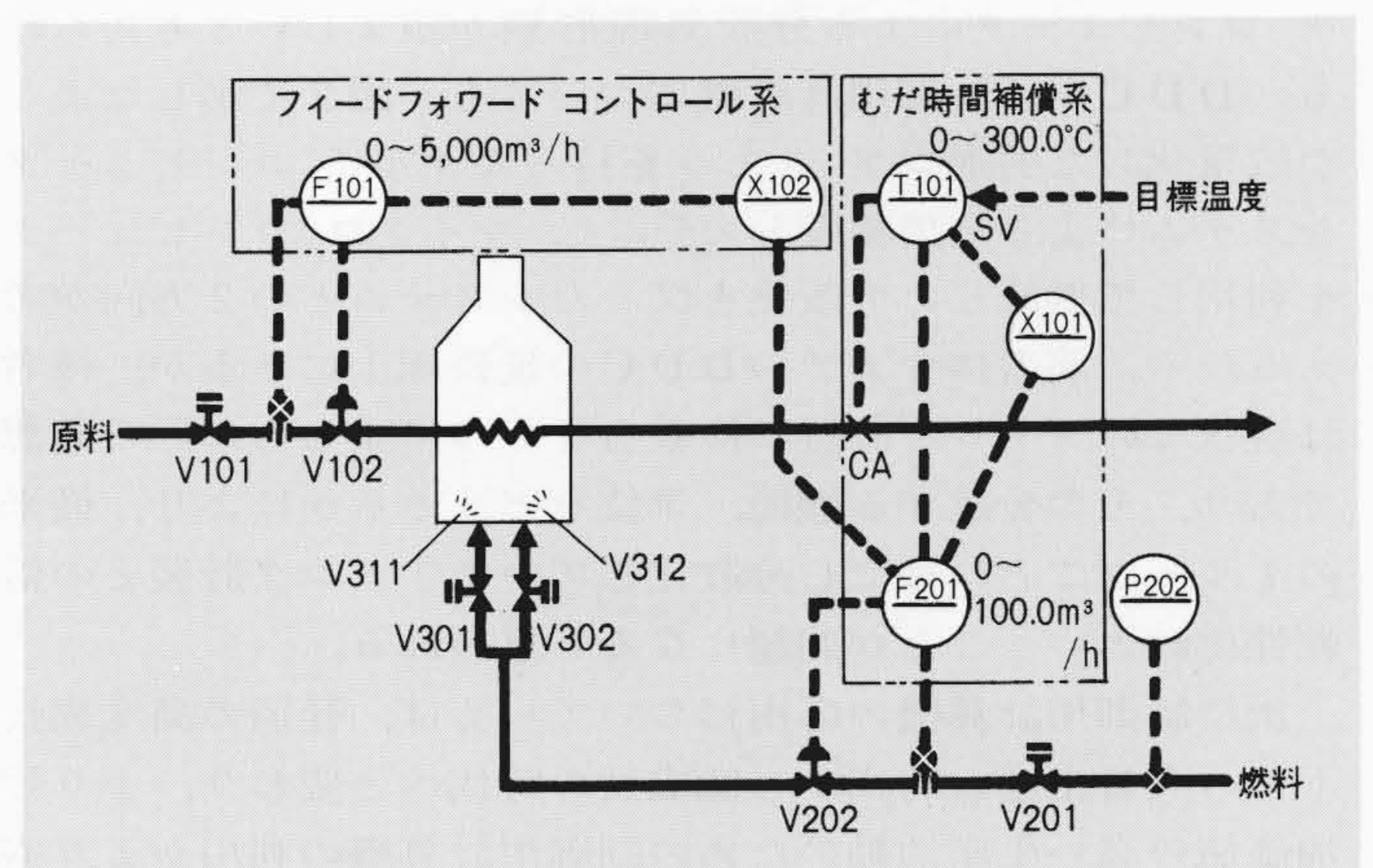


図9 加熱炉の制御フロー例 計算機によるDDC及びシーケンス制御を行ない、スタートアップなども自動化する例である。

STP1	DEFS	(US500)	US500115
	DIF	(DIT+0,XXX0101010101,STP6)	US500120
	IF	(P202+MS,GE,5000,STP6)	US500125
	DSET	(F101+SV,EQ,500)	US500130
	DSET	(F201+SV,EQ,50)	US500135
	DSET	(T101+SV,EQ,500)	US500145
	DDCOF	(F101;POUT,2,WAIT)	US500155
	DDCOF	(F201,POUT,2,WAIT)	US500160
	VALVE	(V101,OPEN)	US500165
STP2	DDCON	(F101,S=S,WAIT)	US500200
	IF	(F101+MS,GE,450,STP2)	US500205
STP3	VALVE	(V201,OPEN)	US500300
	VALVE	(V301,OPEN)	US500305
	VALVE	(V302,OPEN)	US500310
	DDCON	(F201,S=S,WAIT)	US500315

(a) PCS/SEC記述例

C			FEED FLOW CONTROL	*****	F1010000
AIAC	TAG	(F101,0,5000,DP0,M3/H)			F1010010
	IND	(ROOT,AI00+/1D0,V5,FC8)			F1010020
	ALM	(H1,G2,D5)			F1010030
	CTL	(GAP2)			F1010040
	OUT	(VREV,A000+/1F0,DPL1,END)			F1010050
0			FURNACE OUTLET TEMP CONTROL	*****	T1010000
AIAC	TAG	(T101,0,3000,DP1,DEGC)			T1010010
	IND	(CA50,AI00+/1D8,M50)			T1010020
	ALM	(H1,G2,D5)			T1010030
	CTL	(ICMP)			T1010040
	OUT	(VREV,F201,SV,END)			T1010050
C			LAG TIME COMPENSATION	*****	X1010000
AIAC	TAG	(X101,0,10000,DP2,PCNT)			X1010010
	IND	(STOMS,T101+PN)			X1010020
	ALM				X1010030
	CTL	(LAGCP)			X1010040

(b) PCS/DDC記述例

図10 POL記述例 図9に示した加熱炉のスタートアップを、計算機により実施する場合のPCS/DDC、PCS/SECによる記述例の一部を示す。

5 今後の動向

化学プラントでの制御システムでは、かなり早い時期からアナログ技術が確立しており、制御システムの全デジタル化は進んでいないのが現状である。しかし、最近マイクロコンピュータの出現により、従来、アナログベースであったループコントローラをデジタル化して行なおうとする気運があり、各計器メーカーが製品化を始めている。このような背景の下で、化学プラントの制御システムでの制御用計算機の果たす役割は大きくなっていくことは疑いない。

システム構成について言えば、SCC用の計算機は処理すべきデータ量も多くなり、より高信頼度の大型制御用計算機のニーズが大きくなると思われるが、これを大型の計算機1台で処理するのではなく、小さなマイクロコンピュータ、あるいはミニコンピュータ複合体によるマルチコンピュータにより処理する方向に向かうものと思われる。制御用計算機の最大の眼目である応答性、信頼性という観点からは、マルチコンピュータによる分散処理形態が望ましいと考えられる。DDC用の制御用計算機についても、図2で示したような二重化した共通コアメモリを持ったマルチコンピュータシステムによる高信頼度システムと、マイクロコンピュータを利用して徹底した分散化を図ったシステムとの2方向が考えられる。前者は今までのDDCの延長線上にあるが、後者は現状でのアナログ計器の複数台を一つにまとめた形の発想であり、その分散する機能、単位をどうとるかににより、従来の1ループごとに独立し分散化していたアナログ計装との信頼性比較ということが問題になると思われる。

次に制御用計算機の応用についていえば、経済の高度成長下での大量生産の時代から低成長の時代へと変わり、より付加価値の高い生産活動のための制御用計算機の利用がより盛んになると考えられる。各種分析計の進歩と相まって、オンラインでの成分分析をクローズドループ化した製品品質の計算機制御や、多品種小量生産でのバッチシーケンス制御

の計算機制御などの応用が増えるであろう。プラント運転の安全確保のための制御用計算機応用という面では、まだ模索中の段階であるとはいえ、プラントの異常の早期検知、カラーCRTディスプレイを駆使したマンマシンインタフェースによる安全運転のサポートなどが実現しつつあるが、今後はこの方面への応用が盛んになることは疑いないものと考えられる。

最後にソフトウェアの生産手段についていえば、今後はより高級な言語の開発が進められなければならない。本稿でも述べてきたように、より使いやすいPOLが開発されていくことになり、更には、ユーザーが容易に自分自身のシステムに合ったPOLを作成できる言語が必要とされることになろう。現在までにPOL化が進んでいる部分は、プロセスと計算機のインタフェースに関する部分であり、最近の計算機制御システムのプログラム量の大半を占めている運転員と計算機のインタフェース、すなわちマンマシンインタフェースに関する部分はPOL化が進んでいない現状にあり、今後はこの部分をいっそう推進させる必要がある。

6 結 言

以上、化学プラントでの計算機制御システムについて、特にソフトウェアの標準化の観点から述べてきた。POLの実用化に当たっては、従来のメーカーの立場からの標準化から一歩進んで、ユーザーの立場に立った標準化を志向すべく努力してきたと確信している。この間、ユーザー各位より種々の御指導をいただいたが、特に東京瓦斯株式会社工務部の温井係長、田苗係長からは適切な御助言をいただいた。厚く謝意を表わす次第である。

参考文献

1) 小宮山、山田ほか：「最近の化学プラントにおける計測制御技術」、日立評論、57、217 (昭50-3)
2) 長谷川ほか：「計測制御における電子計算機の役割」、日立評論、58、185 (昭51-3)