

工業用計算機におけるグラフィック・ディスプレイの応用

大原 彰 西出政司 辻 秀一

(三菱電機(株) コンピュータシステム製作所)

1. はじめに

工業用計算機システム(火カ・原子カ・電カ系統・ビル管理・水処理等のプロセスコントロール・システム)において、グラフィック・ディスプレイ装置は対象プラントと人間の全結手段として広く利用され、マンマシンコミュニケーションの中心的役割を果たしている。プラント監視制御のデジタル化・計算機化が進展するにつれて、グラフィック・ディスプレイ装置の重要性がますます増加している。また、グラフィック・ディスプレイ装置は、画面が柔軟に設計できる、H/Wが不要となり省スペースが計れる、入力装置が豊富であるなどの多種多様な性格を揃っているため、工業用計算機システムの中で欠くべからざる構成要素として、ディスプレイに寄せる期待も大きい。

本稿では、グラフィック・ディスプレイの一応用分野として、工業用計算機システム(プロセスコントロールシステム)を紹介するとともに、ディスプレイ装置の利形形態や応用方法を述べて、CAD/CAMに代表されるグラフィック・ディスプレイ装置の応用形態との相異点を紹介するとともに、工業用計算機システムにおける、グラフィック・ディスプレイ装置の持つハードウェアおよびソフトウェアの今後解決すべき問題点を整理する。

2. 工業用システムにおけるディスプレイ装置の位置付け

この分野で使用されるディスプレイ装置には、

- (1) 作業指示や簡単なデータ入力に使用される装置
- (2) プラント機器の集中監視や制御に使用される装置

の2種類に大別することが出来る。

(1)はデータ・エントリ端末 (2)はグラフィック・ディスプレイ装置が適用されている。

図1は、最も平均的なシステム構成例である。プロセス入出カユニットからは時々刻々と、プラント・データが入カされる。プラント・オペレータは、監視あるいは制御を行いたい領域を、オペレータ・コントロールやディスプレイのキーボードを使用してディスプレイ装置上に表示する。グラフィック・ディスプレイ装置には、数値や図形が時々刻々(1~10秒周期)と更新表示される。監視範囲の変更は、ファンクションキーや、オペレータコントロール上の

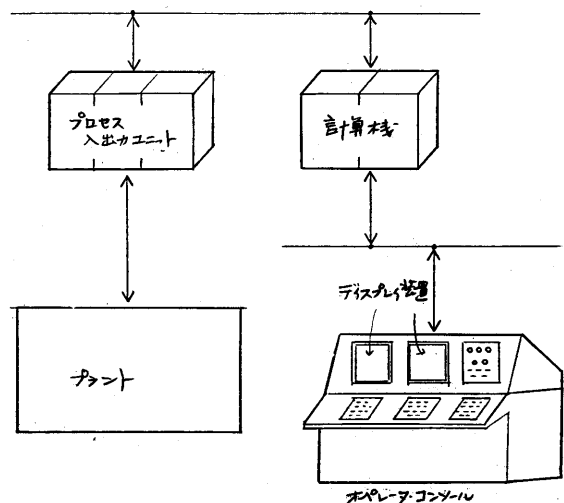


図1. システム構成例

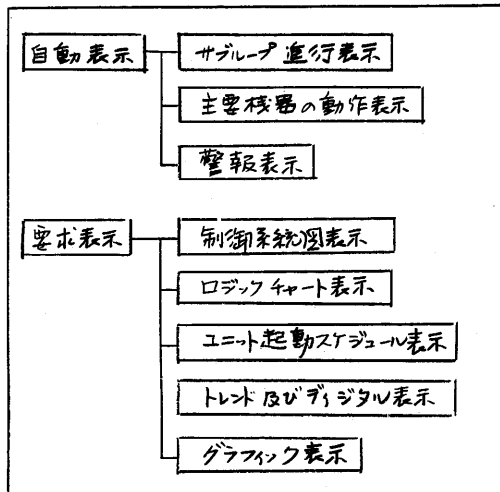


図2. 火力発電システムにおける
ディスプレイ機能の例

スイッチあるいは、ライトペン等により、操作回数をなるべく少なく行うことが必要である。また、プラントに対するオペレータの制御は、キーボード、オペレータ・コンソール上のデジタル・スイッチあるいはライトペン等の種々の入力機器を使用して行うことのできる構成となっている。

図2は、火力・原子力発電システムにおける、ディスプレイ装置の機能例である。例のように、一台のディスプレイ装置が種々の異った目的で利用される。グラフィック・ディスプレイ装置は二のように、プラントから入力される種々の信号やデータを、人間が見易く理解し易い情報に加えることによって、オペレータのプラント運転に対する判断材料を迅速に提供するとともに、実際のプラント運転のための道具としても利用され、まさに人間から見られる場合は、システムの中核として位置づけられる。

3. 工業用グラフィック・ディスプレイ装置

従来より、工業用計算機システムの業界では、ディスプレイ装置に対して、

- (1) 画面制御機能 (タブ プロット 入力フィールド)
- (2) 簡単な図形を表示する機能 (線, 基本図形)
- (3) 操作性の良さ

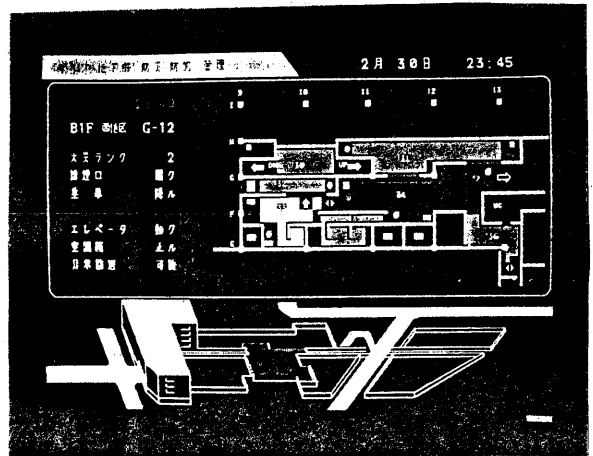


図3. 画面例1 (火力管理システム)

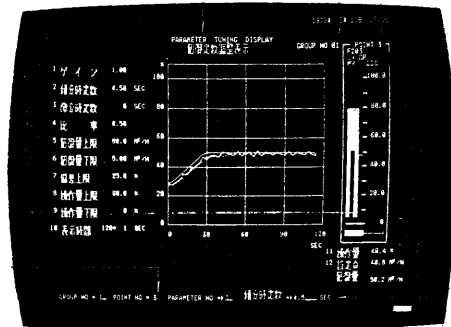


図4. 画面例2 (水処理プラント)

(4) 高応答性

(5) 経済性

などが要求され、簡易グラフィック形ディスプレイ装置（フォント・アドレスラベル・ディスプレイ）が多く用いられてきた。しかし、工業用計算機システムにみける対象プラントの高度化・多様化および、監視・制御の広域化等の理由により、簡易グラフィック・ディスプレイ装置に対して以下の諸要求が寄せられた。

(1) 漢字表示

英数字・カナ文字表示が従来一般的であったが、やはり認識のしやすい漢字表示が要求された。

(2) 高密度表示

監視範囲が広域化していることや、ディスプレイを応用する業務が複雑化するに伴い、ディスプレイ装置の高密度化が要求された。

(3) 高速化・高速応答性

プラント監視においては、迅速にプラントの諸情報をオペレータに伝達し、オペレータの判断を得る必要があるため、特にこの要求がクローズ・アップされている。

(4) グラフィック表示

人間が絵から得る情報としては、文章よりも図の方がはるかに理解しやすいものである。人間が直感的に理解できる形に情報を加互する高度なグラフィック機能が要求された。

我々は、このような諸要求を踏まえて、1979年にM2398シリーズのディスプレイ装置を開発した。その内容を図5と図6に示す。

M2398シリーズは従来の

項目	形名				
	M 2398-10	M 2398-20	M 2398-30	M 2398-40	
表示方式	フラスコキャン方式				
C R T	20形高解像度カラーブラウン管、カラー7色表示				
文字	表示文字数 (横×縦)	4,800字	7,200字	4,600字	7,200字
	大きさ (横×縦)	2.3×4.4mm	1.9×3.5mm	2.3×4.4mm	1.9×3.5mm
文字・簡易図形の種別	文字	2.3×4.4mm	1.9×3.5mm	2.3×4.4mm	1.9×3.5mm
	図形	3.2×5.0mm	2.7×4.0mm	3.5×5.0mm	2.7×4.0mm
表示特長	文字・記号	128種			
	固定図形	64種			
機能	任意図形	320種 (重ね合わせ表示機構実装時は640種)			
	重ね合わせ	基本表示と同じフォーマットで重ね合わせて表示される			
グラフィック表示機能	ドット×16ドットのパターンを1画面当り128種表示可能				
	倍サイズ (縦×横)	1,200字 (50字×24行)	1,800字 (60字×30行)	1,200字 (50字×24行)	1,800字 (60字×30行)
機能	トレンドグラフ	本数制限なし			
	分解能(縦×横)	700×384	840×480	700×384	840×480
画面移動機能	装置側に4画面相当のリフレッシュメモリを備え、計算機、キーボード、ジョイスティックからの指示により表示内容を連続的に移動する				
グラフィック表示機能	表示画面範囲	0 ≤ X ≤ 699 0 ≤ Y ≤ 383		0 ≤ X ≤ 639 0 ≤ Y ≤ 479	
	有効画面範囲	0 ≤ X ≤ 2,047 0 ≤ Y ≤ 1,023		0 ≤ X ≤ 2,047 0 ≤ Y ≤ 1,023	
表示の種類	グラフィック文字	126種 (おのおの1~8倍のサイズ可)			
	ベクトル	3種 (実線、破線、1点線)			
機能	円、弧	円、弧を指定角度で補間			
	その他	3点で囲まれたエリア内のぬりつぶし可能			
機能	総ブロック数	512ブロック：約5,000ベクトル相当			
	図形サブルーチン総数	128サブルーチン：約1,000ベクトル相当			
特長	ブロック表示色変更	画面拡大・縮小 (8倍・1/8倍)			
	WINDOW機能				
接続機器	キーボード、ライトペン、ジョイスティック、ハードコピー				
計算機インタフェース (エラーチェック)	・半2重並列伝送(パリティチェック) ・RS-232 C		・全2重並列伝送(CRCチェック)		

図5. 当社ディスプレイ(M2398)の性能一覧

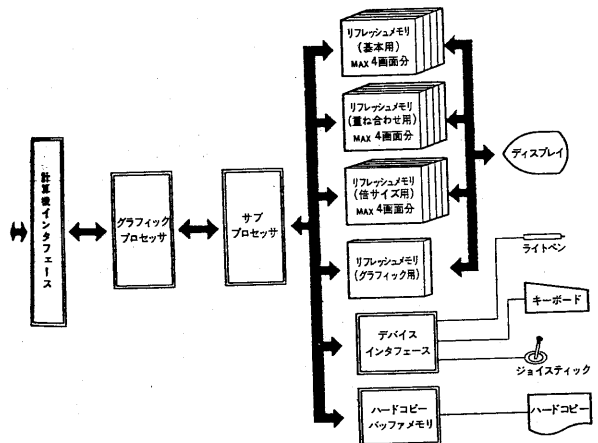


図6. M2398-30/40構成図

当社のディスプレイ装置に加えて、

(a) 17200文字の高密度表示
(480×840ドット相当)

(b) ハードウェアによる画面移動(仮想大画面)

(c) 倍サイズ表示機構による漢字表示

(d) グラフィック表示機構

などを実現し、現在に至っている。また、これらの機能を実現するためには非常に大量のメモリを必要とするが、LSI技術の採用により、コンパクトにこれらの機能を実現している。

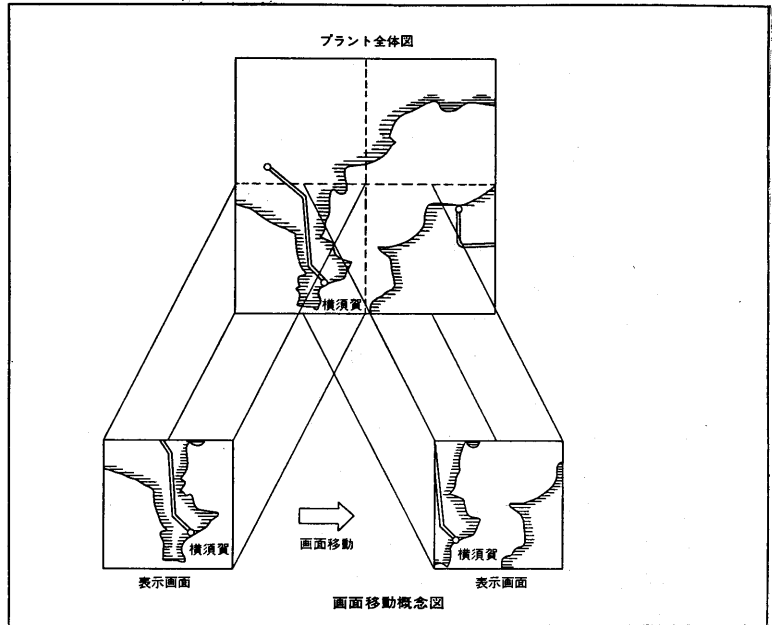


図12 画面移動概念図

4. 工業用グラフィックス・ソフトウェア・パッケージ

4.1 要求される機能

工業用計算機システムにおけるグラフィックス・パッケージに対する要求は以下の事があげられる。

(1) 高速なパッケージ

H/Wと同様に、S/Wにも高速性が求められている。ユーザサイドのメーカーに対して最も厳しい要求は、初期画面表示(キーを押してから、画面表示が完了するまで)1秒かつ、毎0.5秒に1回の更新表示が可能であることである。一般に1台のコンピュータには、グラフィックス・ディスプレイ装置が4~8台接続される事が多いので、この数字は非常に厳しい条件である。

(2) わかりやすくコンパクトなパッケージ

グラフィックス・パッケージを直接使用し、画面表示プログラムをユーザサイドで開発するユーザは、全ユーザの半数程度である。工業用グラフィックス・パッケージは、メーカー間で標準化されていないので、特にOEM顧客に対しては、パッケージのわかり易さと、コンパクト性が重視される。

(3) 画面データ作成における生産性の向上

工業用計算機で使用する画面は、対象プラントの計器や機器の中から、監視に必要な関連のあるものをピックアップし、抽象化しそれを1つの画面の中に収容するといった設計段階の作業に始まり、種々の段階を経て、プラントの監視・制御に必要な画面が作成される。さらに、最近では1システム当たり数百画面といった例も多く、いかに効率よく画面データを作成するかということが重要な課題となっている。

(4) 画面データとプログラムの分離

表示するためのプログラムと、ディスプレイ装置に表示するための図形情報は、所有する画面データ・ベースを分離して管理することが必要である。これは、物理的にも論理的にも分離して管理することにより、両者のインタフェースを明確にし、修正・変更の簡便性もあげる事が狙いである。

4.2 グラフィックス・ポツタージ (VIPPS)

以上のような要求を踏まえて開発されたソフトウェア・システムが「VIPPS」である。VIPPSは、図8に示すように、2つのサブ・システムから構成されている。

1つは、バッチ処理および会話処理で画面データ作成をサポートする画面作成システム (VIPGNR; VIPPS Generator) であり、もう1つは、画面管理用サブ・システム (VIPMNR; VIPPS Manager) である。

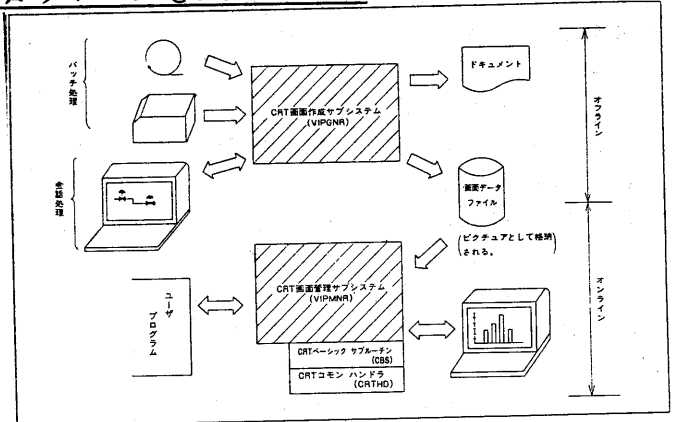


図8. VIPPS構成図

サブシステム名称	機能	補 足
VIPMNR (CRT 画面管理 サブ システム)	(1) 固定面表示機能	(1) 固定面表示 (2) 任意メモリパターン設定
	(2) 可変面表示機能	(1) ビクチュアブロック管理 (2) フォーマット変換付数値出力 (3) グラフ表示(トレンドグラフ、棒グラフ)
	(3) 入力機能	(1) フォーマット変換付数値入力 (2) 文字入力 (3) ライトペン ヒット位置検出 (4) 能動入力/受動入力
	(4) 仮想大画面機能	(M2398のみ)
	(5) 画面移動機能	(M2398のみ)
	(6) フルグラフィック機能	(1) ベクトル、円、円弧表示 (2) シェーディング(塗りつぶし) (3) 拡大・縮小など (M2398-30/40のみ)
VIPGNR (CRT 画面作成 サブ システム)	(1) 画面生成機能	会話処理/バッチ処理
	(2) 画面修正機能	会話処理/バッチ処理
	(3) 画面確認機能	(1) CRTによる確認 (2) ハードコピーによる確認
	(4) 画面生成補助機能	(1) マクロブロック図形 (2) 画面表示 (3) ブロック表示消去
	(5) ファイルメンテナンス機能	(1) 登録/削除 (2) 圧縮・拡張転送

図9. VIPPSの機能

4.2.1 VIPMNR

VIPPSのオンライン画面管理サブ・システム (VIPMNR) は、FORTRAN callableなサブルーチン・パッケージである。高速応答性を主眼としたサポート機能を用意している。図9がVIPPSの機能であり、これの簡単な説明を行なう。固定面表示機能とは、プロセスの状態変化によらず変更されない部分の表示を行なう。更新表示を高速に行なうために、一度表示されたら不変の部分(固定画面あるいはバック・グラウンド画面と呼ぶ)と、更新の都度変更される部分(可変画面あるいはフォア・グラウンド画面と呼ぶ)とを分離させることは、工業用グラフィックスの一般的なテクニックである。可変画面表示機能では、図形セグメント (VIPPSではブロックと呼ぶ) の表示色の変更、ブリンク(更新)の制御、表示位置の移動や図形の置換による図形変更などが簡単なリクエストで可能である。また種々のフォーマット変換行

テキスト出力や、簡単なグラフィック・サブルーチン(トレンド・グラフ、棒グラフ)も用意されている。

さらに、キーボードからのテキスト入力や、ライトペンのピンキックに対するサポートも行っている。

このほか、VIPMNRの特徴的な機能として次のことをサポートしている。

(1) 大画面サポート

VIPPSは、ハードウェアの大画面メモリ機構を効果的にサポートし、広域監視・制御の一助を担っている。

(2) フル・グラフィック機能

ベクトル表示や円弧表示、塗りつぶしなどの、ドット・アドレスابل・ディスプレイ装置に対するサポートを行っている。プロセス情報を視覚的に見易い形に加える事に役立つ機能である。

サブルーチン名	機 能
VPOPEN	CRTの占有
VPCLS	CRTの占有解除
VPWIND	固定面表示
VPDSP	可変面表示
VPCHG	ライトブロックのカラー・ブリンク変更要求
VPDEL	ライトブロックの消去要求
VPMOV	ライトブロックの移動要求
VPUPDT	ライトブロックの置換要求
VPFMT	数値データの出力要求
VPBLK	ライト・フォーマット・リード各ブロックの全体出力要求
VPMSG	任意メッセージの出力
VPTGT	画面移動
VPGRPH	グラフ出力
VPREAD	リードブロック全体の入力
VPBRD	リードブロック単一の入力
VPLPRD	ライトペン位置入力
VPFKRD	ファンクションナンバ入力
VPGNP	ピクチャナンバ抽出

図10. VIPMNRのサブルーチン群

4.2.2 VIPGNR

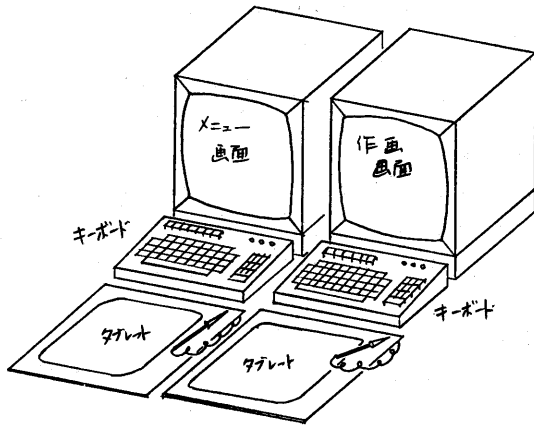
画面作成は、従来からメーカーにとっても、ユーザにとっても手間のかかる作業であった。VIPPSでは、画面作成サブシステム(VIPGNR)を提供し、画面作成の効率化を図った。VIPGNRでは、画面データ作成記述言語を使って、バッケ処理で原画を作成することができる。また、この原画を会話処理により簡単に修正することが可能である。VIPGNRの機能を挙げると、

- (1) 画面データ作成記述言語による画面生成。
- (2) 会話処理機能を使用することによる画面変更・修正が可能。
- (3) 画面データをドキュメントとして、ハードコピーに出力できる。
- (4) 画面データ内の図形セグメント単位での追加・変更・削除ができる。
- (5) マクロ図形機能を使用することにより、コーディング量の減少および会話処理における操作の容易性が計れる。
- (6) 会話処理機能による画面確認が可能である。
- (7) 補助記憶を効率よく使用するため、画面データの圧縮を行なう。

4.2.3 画面設計作成システム「ピカソ」

VIPGNRでは、バッケ処理中心の作業で画面データの作成を行っていたが、机上でのコーディング、VIPGNRによるコンパイル、実機での表示テストという手順を繰り返さなければならない、長いターン・アラウンド時間を余儀なくしていた。

今回、開発した工業用画面設計システム「ピカソ」(PICTURE ASSEMBLE Operating System)は、これらの作業を全く必要とせず、ディスプレイ装置と会話しながら画面を直接、生成して行くことができる。



画面数	4000 7200	作成ファイル	1. マクロ
操作対象画面		2. 設定メニュー	3. 設定メニュー
1. 設定画面	only	4. 設定	5. 設定メニュー
2. 可変画面	only	6. 設定メニュー	7. 設定メニュー
3. Xメニュー	only		
4. 作画画面	only		
5. 設定メニュー	only		
6. フォント	only		
7. 設定メニュー	only		
操作対象メニュー		画面の一部	
1. 設定メニュー	only	1. 設定メニュー	
2. 可変画面	only	2. 設定メニュー	
3. Xメニュー	only	3. 設定メニュー	
4. 作画画面	only	4. 設定メニュー	
5. 設定メニュー	only	5. 設定	
6. フォント	only	6. 設定メニュー	
7. 設定メニュー	only		
対象部分以外	画面の一部		
設定メニュー	表示		
2			
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100
			PICASSO 終了

図12. ピカソシステムのメニュー

図11. ピカソシステムの概観

以下にピカソ・システムの特徴と効果をまとめる。

(1) 作画時間が短縮される。

Xメニュー画面と作画画面の分離や、タブレットを採用して操作性の追求を実施した。

(2) 実行による表示テストが不要である。

(3) 設計作業が簡易化された。

(4) 画面流用が容易

作成した画面や図形要素を保存できるので、いつでも流用できる。

(5) 操作が容易である

ピカソの操作は、Xメニュー選択方式であり非連続的である。また細かい操作は、その都度画面に表示されるインストラクションに従えばよくコマンドや操作シーケンスを習得する必要がない。

このように、画面データ作成作業を多面的に省力化・簡略化したため、従来の画面生成労力の1/2~1/5で、画面データ生成が可能となっている。

5. 工業用グラフィックスとCAD/CAM用グラフィックスの相異点

コンピュータ・グラフィックスの応用分野には、機械設計やエレクトロニクスの設計を初めとする、CAD/CAMの分野、フライトシミュレータなどのシミュレーション用、リモートセンシングや医学用に用いられる画像処理、さらに、コンピュータ・アニメーションなどを扱う娯楽用と種々のものがある。ここでは、工業用グラフィックスとCAD/CAM用の相異点を明確にする。

CAD/CAMのグラフィックスのH/WおよびS/Wとの相違点は以下である。

(1) 高速性・高応答性が最も重視される。

H/Wにも、S/Wにも高速性が求められる。CAD/CAMでも対応のスピードが求められるが、工業用の場合の最近のニーズは、要求してから画面表示完了まで1秒程度と非常に厳しいものである。(通常の工業用計算機システムでは、1台のコンピュータに4~8百のディスプレイが接続され、プロ

入出力等のデータ処理やモデル計算等の業務も行われている。このような厳しい条件下で高速性を以下のような技法で満足させている。

- (a) ディスプレイ装置とコンピュータは、パラレル・インタフェースで接続され、その転送スピードは、10KB/s ~ 100KB/s程度である。
- (b) フォント、アドレスゲル、ディスプレイが中心である。
- (c) 固定画面と可変画面を分離する。
- (d) 画面データ(通常は補助記憶にあがれる)は、極力変換なしで、ディスプレイ装置に出カできる形態になっている。
- (e) S/Wは、極力ディスプレイ・アクセスを行わないような手法を採っている。

(2) 画面作成システムが必須である。

CADやCAMと異なり、ディスプレイ装置に表示されるものが、物を作るための手段ではなく、画面自体が「商品」であり「製品」である。また、作成必要の画面は近年増加の一途をたどっている。こうした状況の中で、画面作成システムが必須であり、会話処理とバッカ処理を補完的に使用できるものが必要である。また、その機能は、初心者にはシンプルで使い易いもの、経験者には、機能が豊富なものが望まれる。

(3) ラスタ・スキャン型ディスプレイが中心である。

プロセス・コントロールにおいては、プラントの異常や警報を迅速にオペレータに伝えることが、ディスプレイの重要な役割である。このため、色が採用できることやブリンク機能が使用できるため、ラスタ・スキャン型中心である。CAD/CAMの分野でも、半導体技術の進歩に恩恵を得てメモリ価格が安くなったことで、ラスタ・スキャンタイプが多用されているので、少しづつ相異点ではなくなっている。

(4) ディスプレイ装置の耐環境性が厳しい。

CAD/CAMで使用されるディスプレイ装置は、通常オフィスなどの比較的環境のよい場所に設置されるが、工業用ではかならずしも、環境の良い場所には設置されない。また、通常の工業用計算機システムでは24時間運転が当然の形態である。したがって、耐温度・耐湿度・耐震をはじめとする使用条件が非常に厳しい。さらに、ディスプレイ装置の故障はプラント運転が不能となるため、計算機のダウンと同程度の重故障となり得るため、十分なRAS機能が必要とされる。

(5) ディスプレイ装置がオペレータ・コンソールに組み込まれる。

ディスプレイ装置は、装置単体をデスクの上に棄てて使用するのではなく、オペレータ・コンソールと呼ばれる操作卓の中に組み込まれて使用されることが多い。操作卓には、通常のキーボードではなく、プラント運転や監視・制御に最適な押釦やキーが配列されている。入力機器としては、押釦、キーボード、ライトペンが一般的であり、CAD/CAMで使用される、タブレットやコントロール・ダイヤルはほとんど使用されない。最近では、ジョイスティックを画面移動のための操作棒として採用することも多い。

(6) 更新表示(リアルタイム性)

プラントの状態を監視するため、プロセスの値や状態を1秒~10秒周期で更新することがプロセス・コントロールでは必要である。この更新表示を行な

う処理を高速に行なう
ため、更新部分のみを表
示するなどの数々の互
夫がなされている。

(7) 広域監視に対す
るツールが必要。

監視範囲が、工場内
や、県とか市とかの広
範な地域に渡るため、
広域監視に対する、ワ
ンタフ。オペレーシ
ョンや画面移動といっ
た種々のツールが必要
とされる。

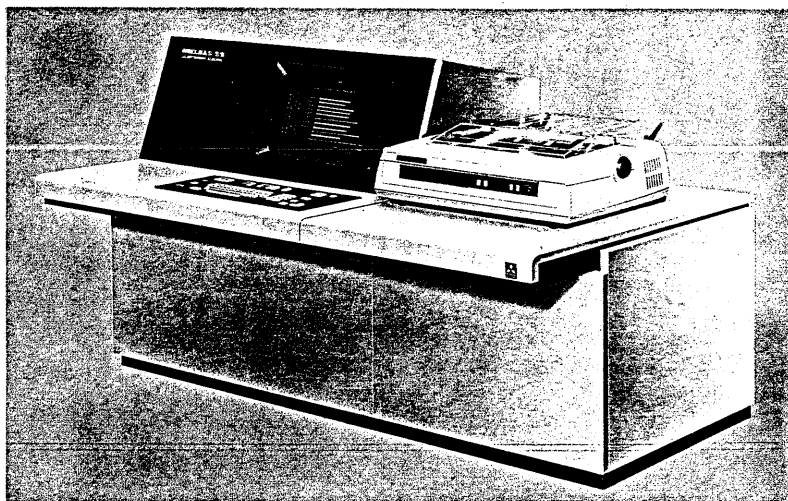


図13. オペレ-7. コン-IVの例

6. 工業用グラフィックスに対する今後の課題

工業用グラフィックスを紹介してきたが、本章では工業用グラフィックスに対
して、技術状況とニーズを踏まえた今後の課題と展望をまとめる。

(1) 工業用グラフィックス・インタフェースの標準化

工業用に限らず、グラフィックス・パッケージは日本において標準化に対す
る努力が行われていない。米国や欧州では、ACMの「CORE」システム
やISOのGKS (Graphic Kernel System)などで規格化に対する動きが激しい。
工業用においても、これらの規格案のフル・セットあるいは、サブ・セットを
標準化して行く努力が必要であろう。ユーザにとってもメーカーにとっても、一
日も早い標準化が望まれる。

(2) 高速インテリジェント・ディスプレイの開発

ウィンドウ・ビューポート変換やセグメント機能などのインテリジェント機
能をもった、高速なドット・アドレサブル・ディスプレイの開発が望まれる。
現状は、フォント・アドレサブル・ディスプレイが主体であるが、ドット・
アドレサブル・ディスプレイの方がより画面設計の自由度が高いので、工業
用においても、いわゆるフル・グラフィック・ディスプレイが普及するであ
ろう。また、画面作成の効率化を促進するようなインテリジェント機能を付加す
ることが望まれる。

(3) 大画面化

ディスプレイ装置は、複数のオペレータが討論しながら見ることが多
く、現在のCRTでは、20インチが26インチが限界でこの要求には答えら
れない。投影型ではない、50～100インチ程度のディスプレイ装置が開発
できれば、より多くのユーザ、ニーズに答えることができる。

(4) 音声処理との複合型ディスプレイ装置

音声認識や合成を入出力機器として複合化したディスプレイ装置が商品化さ
れば、工業用システムの監視・制御オペレーションも数々の英で改良・改善
されるであろう。

(5) 低価格カラー・ハード・コピー

ディスプレイに表示された貴重な情報をドキュメントとして残すため、白黒ハード・コピーが使用されているが、色が重要な意味をもつ工業用システムでは、低価格のカラー・ハード・コピーが商品化されることが望まれる。

7. おわりに

グラフィック・ディスプレイは、以上のように工業用計算機システムにおいて重要な役割を果たしている。我々は、よりよいマン・マシン・インタフェースの確立を目指して、市場の動向を敏感に促えるとともに、より一層の技術力の向上を計って行く所存である。各方面からの貴重な意見が寄せられることを期待するものである。

[参考文献]

- 1) 西出・渡部 「カラーグラフィック表示を実現した工業分野向けディスプレイ装置」
三菱電機技報 Vol.54. No.4 (1980)
- 2) 加藤・逆藤ほか、「火力・原子力発電における工業用計算機システムの動向」三菱電機技報 Vol.55 No.11 (1981)
- 3) 香取ほか 「分散処理システムにおける CRTマンマシンインタフェース」
三菱電機技報 Vol.55 No.11 (1981)
- 4) 大原ほか 「工業用画面設計システム「ピカソ」」
第24回情報処理全大 (57年前期)