

最近の上下水道監視制御システム

Recently Developed “AQUAMAX-80” Distributed Control Systems for Managing Water and Wastewater Plants

日立上下水道監視制御システム“AQUAMAX-80”シリーズは、上下水道プラントの特質からくるニーズを設計思想に十分反映し、開発以来多くの実績を積んできた。最近のシリーズでは、ワンチップCPUなどのエレクトロニクス製品の出現により、デジタル化の利点をいっそう生かした分散制御、集中監視形システムの構築が可能となった。すなわち、プラントの規模、自動化レベルに合致したシステムのメニュー化の拡大、ソフトウェア化に伴う目視性、マンマシンインタフェースの向上、分かりやすい、組みやすい標準ソフトウェア体系とツールの提供などである。

佐藤 文 俊*
石川真佐男**
土屋 直 知**
笠 井 武 郎**
末 広 哲 雄***

Fumitoshi Satô
Masao Ishikawa
Naonori Tsuchiya
Takeo Kasai
Tetsuo Suehiro

1 緒 言

上下水道プロセスは、都市人口の増加に伴い、大形化、広域化の傾向にあり、一方では居住環境改善、環境保全のニーズ、加えて最近のエネルギー事情の悪化から、量と質の両面にわたる整備、拡充が図られている。この上下水道プロセスの量的質的変化に対応できる監視制御システムとして、日立製作所では、近年のデジタル化、エレクトロニクス化技術の特長を十分に生かした分散制御、集中監視形システム“AQUAMAX-80”シリーズを開発し、実績を積んできた。特に最近では、ワンチップマイクロコンピュータの出現により、小規模のデジタル化製品が経済的に提供できるようになり、より下位のレベルの制御、より小規模プロセスへの適用が可

能となってきた。以下、“AQUAMAX-80”シリーズの最近のシステムメニューと、その構成要素について詳述する。

2 最近の監視制御システム

上下水道監視制御システムにデジタル化技術を導入する背景を図1に示す。従来システム、すなわちリレー、ランプ、工業計器、直接1対1信号伝送を主体としたワイヤードロジャックシステムでは、最近のプロセス動向への対応に限界があり、種々の問題点を生ずる。これらの問題点は、制御用計算機、マイクロコントローラなどのデジタル化機器の特質を十分に生かせば解決できる。しかし反面、デジタル化

動 向	問 題 点	解 決 策
大規模化、広域化に伴う 管理範囲の拡大	設備の分散化による保守性の低下	分散制御集中監視システム
	監視操作項目の増大による常時マンマシン方式では限界	随時マンマシン方式 CRT, T/Wの活用 管理データ自動作成
	グラフィックパネル、デスクの占有面積の増大	
	ケーブルの増大による保守性、増設性の低下	多重伝送方式 ハードウェアの統一
	建設期間、費用の増大	
拡張性、増設性への対応	ハードウェアロジックのため改造が困難	機能のソフトウェア化
	機械仕様が異なるたびに異なったハードウェアとなる。 (設計、製作及び保守性の低下)	ハードウェアの統一
環境保全、省エネルギー 省資源のための量から質 への転換	アナログ演算では限界発生(プロセスに非線形、むだ時間など多い。)	デジタル制御技術
	機械、検出端及び操作端が増大	監視、制御の自動化
	センサの特性不安定	デジタルフィルタリング技術
	ハードウェアロジックのため新技術導入困難	機能のソフトウェア化
労働条件の改善	単純作業、夜間労働の敬遠	監視制御の自動化 随時マンマシン方式

注：略語説明 CRT(Cathode Ray Tube), T/W(Type Writer)

図1 従来システムの問題点と解決策 従来システムでは、大規模化、広域化、質への転換などのプロセス動向への対応が困難であり、デジタル化技術の採用により解決できる。

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立製作所那珂工場

に伴い新たに発生する問題点もあり、下記の対策が特に必要である。

- (1) 規模、維持管理体制に合致した、コストと機能のバランスのとれたシステムの選定(システムのメニュー化)
- (2) ソフトウェア化に伴う動作の見えにくさへの対策(目視性の向上、マンマシンインタフェースの充実)
- (3) ソフトウェア化に伴う取り扱いにくさへの対策(従来イメージの標準ソフトウェアの充実)、(だれにでも容易に組めるソフトウェア体系、ツール)

2.1 システムのメニュー化

日立製作所はこれまで上下水道システムの多様化、高信頼化、拡張性に対応して、エレクトロニクス技術を駆使した“AQUAMAX-80”シリーズを開発してきた^{1), 2)}。上下水道プロセスの特質から“AQUAMAX-80”シリーズの設計思想は図2に示すとおりであるが、最近マイクロコンピュータの発

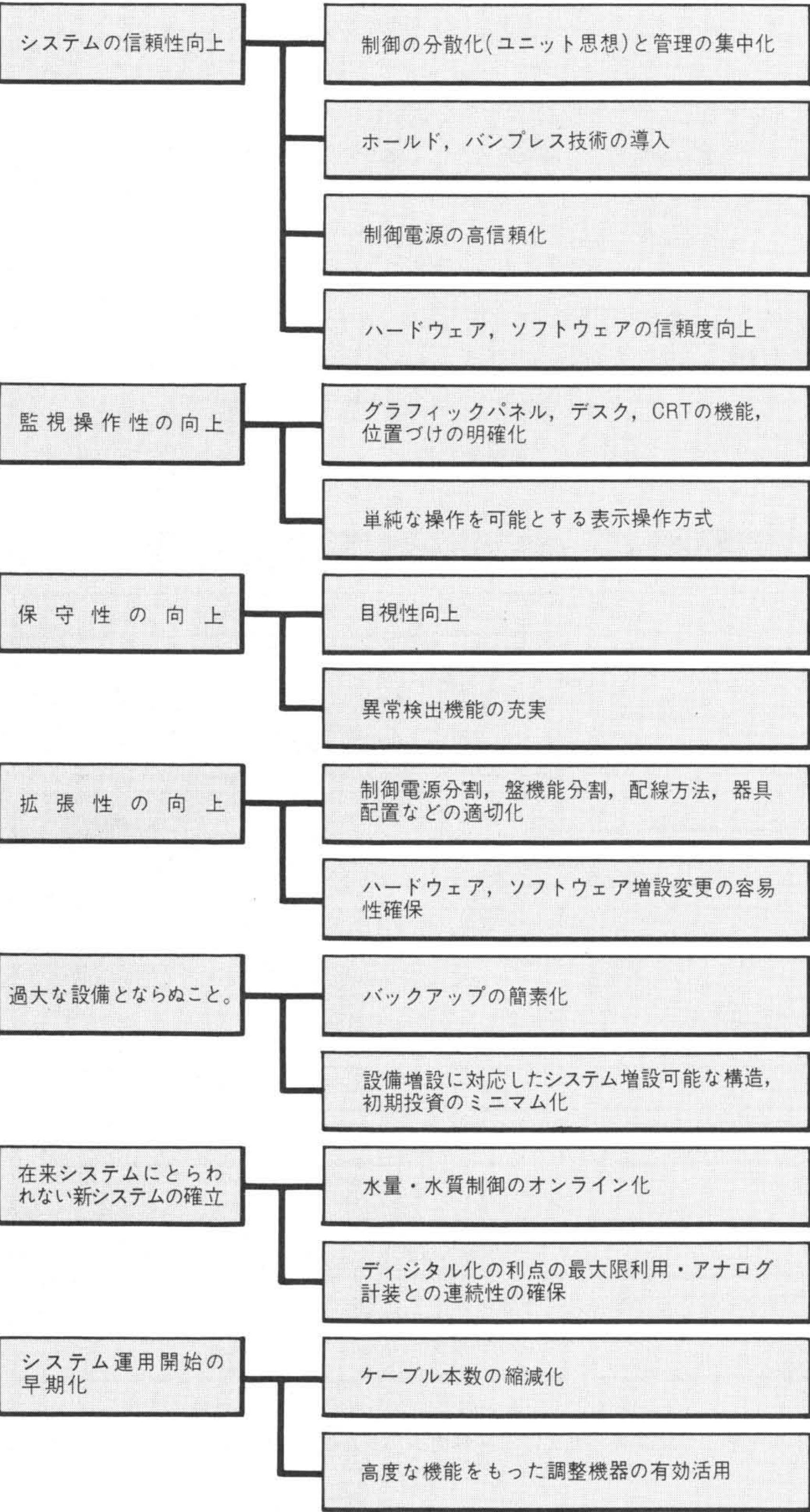


図2 “AQUAMAX-80”シリーズの設計思想 “AQUAMAX-80”シリーズシステムは、上下水道プロセスの特質からくるニーズを設計思想に十分反映させ、具体化している。

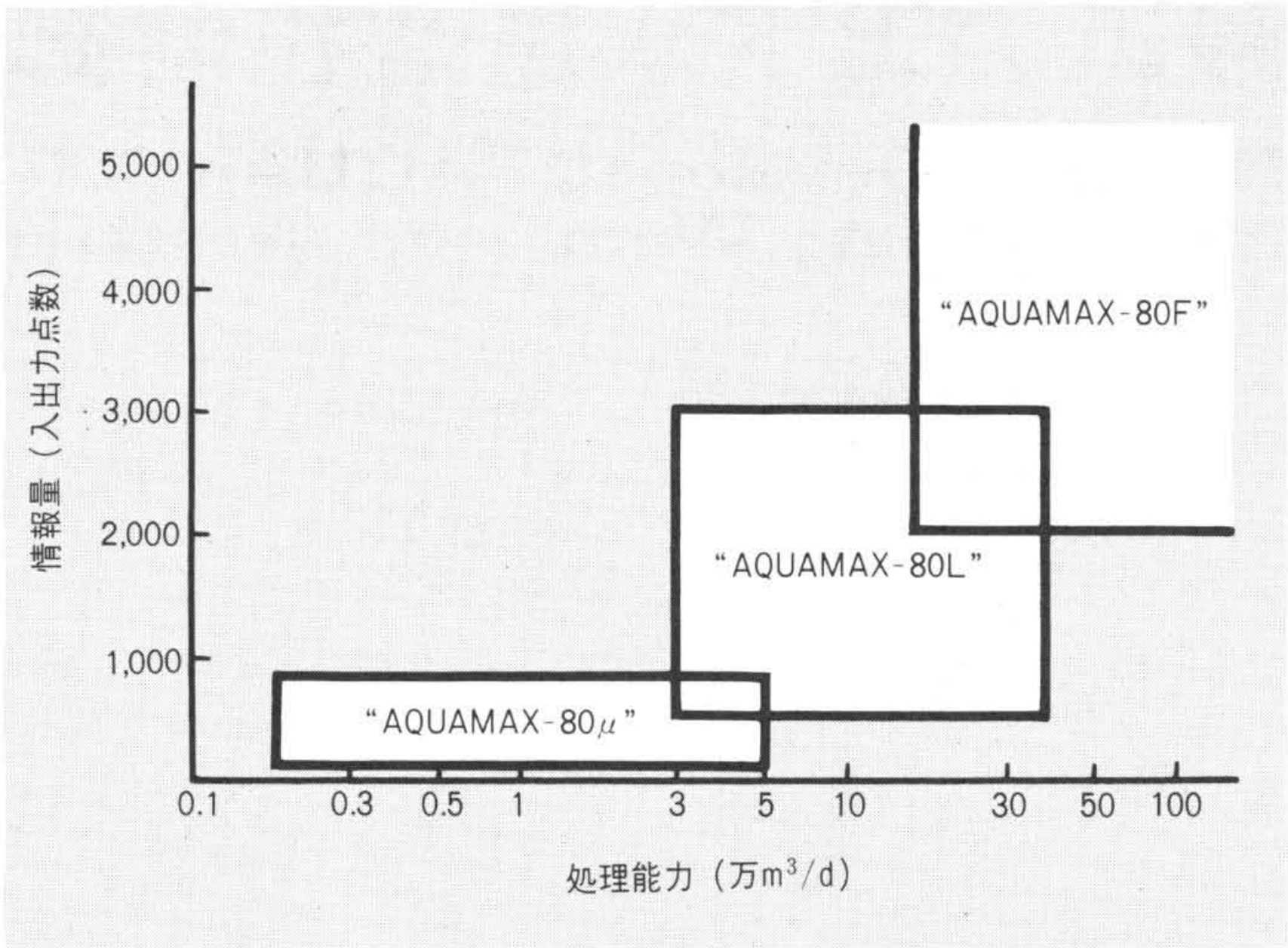


図3 設備規模に対する“AQUAMAX-80μ, 80L, 80F”の適用範囲 プロセスの処理能力、情報量に基づく設備規模が、コストと機能のバランスを考えた一つのシステム選定基準となる。

達は、更にデジタル化を進めユーザーの要求にきめ細かく対応できるようになった。表1に示す“AQUAMAX-80μ, 80L, 80F”各システムは、マイクロコンピュータの応用を徹底化し、機能のメニューを拡大し、“AQUAMAX-80”シリーズを充実したものである。“AQUAMAX-80μ, 80L, 80F”の適用範囲は図3に示すように、対象プラント規模に応じて利用される。

いずれのシステムも、中央での監視操作はマンマシンインタフェースに優れたCRT(Cathode Ray Tube)を主体にしており、従来の監視盤、操作デスクによる常時監視操作方式から、必要時だけ適切なコミュニケーションが可能な随時監視操作方式を採用している。またローカル側では、日立マイクロコントローラHIDIC 08-LC、日立マイクロコントローラHIDIC 08-LS、日立シーケンスコントローラHISEC-01, 04及びワンループコントローラOLCなど、制御対象の規模に合ったコントローラを選択でき、徹底したデジタル制御化、分散化が可能である。中央とローカル間の信号伝送は、いずれも多重伝送方式を用いており、建設期間の短縮、保守性及び増設性の向上を図っている。

2.2 “AQUAMAX-80μ”の特長

- (1) コンパクトなデジタル化システムであり、小規模向きとして、コストパフォーマンスの高いシステムが構築できる。
- (2) ローカル側のコントローラは、すべて耐環境性の高い構造であり、高信頼性・高寿命を確保できる。
- (3) ソフトウェアは、中央、ローカル共、豊富な標準ソフトウェアパッケージ群により、FIF(Fill In the Form)式で容易に作成できる。
- (4) 特にローカルコントローラのプログラミングは、従来のリレーシーケンス、工業計器の知識があれば、だれでも容易にプログラムの修正、追加ができる(Do it yourself形)。

2.3 “AQUAMAX-80L”の特長

- (1) 中規模向きデジタル化システムであり、マルチドロップ式多重伝送路により、1対のツイストシールドケーブル1本で8ステーション、最大32ステーションとの情報伝送ができる。
- (2)~(4) 前記2.2で述べた“AQUAMAX-80μ”の(2)~(4)と同じである。

表1 システムの構成比較 いずれのシステムも中央からローカルまで、デジタル化機器、エレクトロニクス化製品を採用し、制御の分散化と管理の集中化を実現できる。

システム名		"AQUAMAX-80μ"	"AQUAMAX-80L"	"AQUAMAX-80F"
項目				
1. システム構成	中 央			
	ロ ー カ ル			
2. 代 表 機 能	中 央	(1) CRT監視操作 (2) データロギング (3) SPCリモート設定	(1)～(3) 同左 (4) 定数リモート設定	(1)～(4) 同左 (5) ステーション管理 (6) リモートプログラムロード、リードバック (7) 最適化制御
	ロ ー カ ル	(1) 1ループDDC制御(OLC) (4) 小規模シーケンス制御(HISEC-01)	(2) 小規模DDC制御(HIDIC 08-LC) (5) 中大規模シーケンス制御(HISEC-04)	(3) 中大規模DDC制御(HIDIC 08-LS)

注：略語説明 H-80(日立制御用計算機 HIDIC 80) DFW(ループ式多重信号伝送路) MDW(マルチドロップ式多重信号伝送路)
H08-LS(日立マイクロコントローラ HIDIC 08-LS) ST(DFW用ステーション)
H08-LC(日立マイクロコントローラ HIDIC 08-LC) STC(現場形信号集配器)
H-01,04(日立シーケンスコントローラ HISEC-01,04) DP I/O(分散形プロセス入出力装置)
OLC(ワンループコントローラ) RP I/O(リモートプロセス入出力装置)
CE(リンケージカード) M C/C(モータコントロールセンタ)

(5) HIDIC 08-LSマイクロコントローラにより、大規模なDDC(直接計算制御)、現場監視監制御のサポートが可能である。

2.4 “AQUAMAX-80F”の特長

- (1) 大規模向きデジタル化システムであり、光伝送路又は同軸ケーブル1ループにより、最大255ステーションとの情報高速伝送ができる。中央計算機の二重化、伝送路、ステーションの二重化も可能であり、広域かつ高信頼度システムが構築できる。
- (2)～(5) 前記2.3で述べた“AQUAMAX-80L”システムの(2)～(5)と同じである。
- (6) ローカルステーション管理、マイクロコントローラの中央でのリモートデバッグなど、ネットワークシステムの中央一元管理ができる。
- (7) 中央計算機により、データ解析、予測最適化制御などの高度な運転制御が可能である。

3 システム構成要素

3.1 中央計算機システム

3.1.1 マンマシンインタフェース

プロセスの監視、操作はCRT中心となっている。CRTマンマシンの機能を図4に示す。

監視機能としてのプロセス表示、故障表示には高密度CRTの効果を最大限に活用したトレンド表示、棒グラフ表示及び

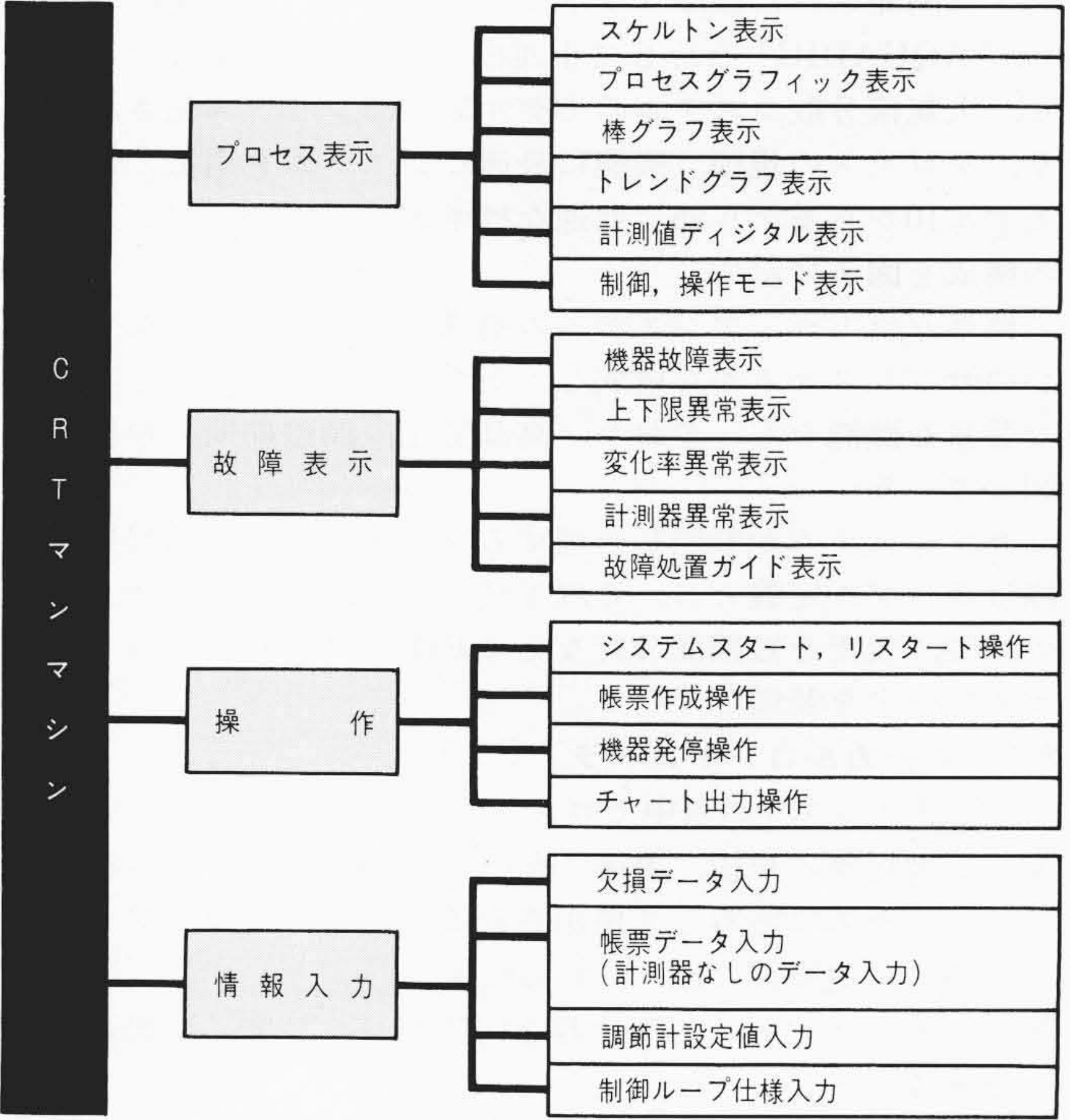


図4 CRTマンマシン機能 監視、操作はマンマシン性に優れたCRTが中心となっている。豊富なマンマシン機能のメニュー化により、高い集中管理性能が得られる。

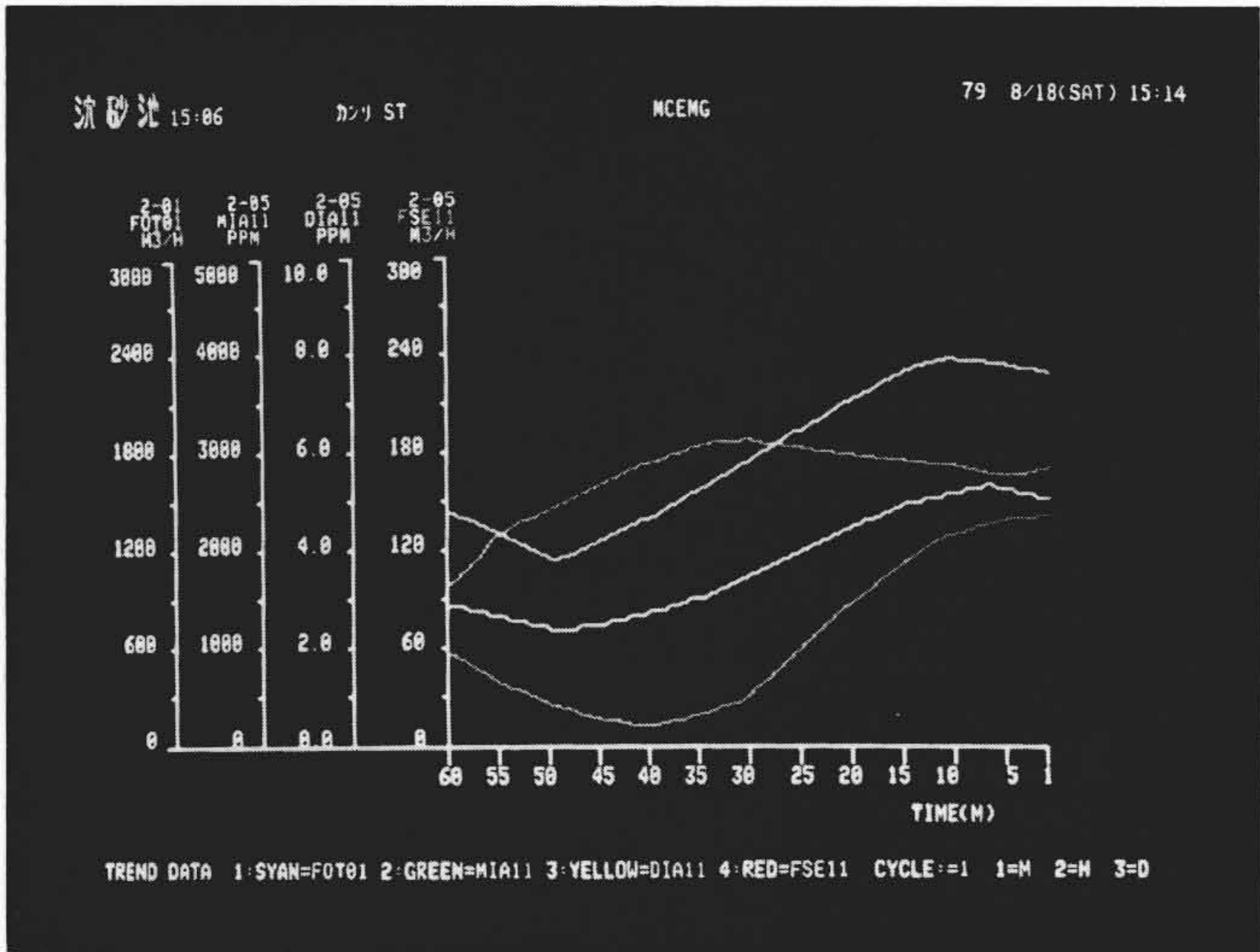


図5 トレンドグラフ表示 1画面に4量をシアン、緑、黄、赤の4色で表示する。時間軸(横軸)は、分、時、日の3種類が設定可能である。

漢字表示を行ない、従来のアナログ計装との違和感の解消及び常用語による直観的な監視を可能としている。トレンドグラフの例を図5に示す。

操作については機器個別の入切、開閉などをガイド表示に従い、ライトペンにより操作可能とし、簡便化、誤操作防止を図っている(図6参照)。

情報入力についてはガイド、合理性検定の徹底を図るとともに、制御ループでの目標値、定数の変更にあたっては該当ループの状態表示とともに、機器の運転状態や制御仕様を表示し、操作員が制御仕様変更に伴うプロセスの動きを確認可能とし、確実性と安全性の向上を図っている。

3.1.2 標準ソフトウェアパッケージ

中央計算機システムのソフトウェアは、上下水道システム向きに開発された標準ソフトウェアパッケージを完備しており、“AQUADIC”と称して小規模データロガー用モデル10から、大規模分散システムのモデル55までシリーズ化されており、プロセスの規模、機能に最適なシステムを選択できる。モデル10からモデル55に共通な標準のソフトウェアシステムの構成を図7に示す。

標準ソフトウェアシステムの構成は処理手続きの部分をつ七つのサブシステムから構成し、かつユーザーニーズを吸収した豊富な機能をもっており、高品質化、調整期間の短縮化を図っている。

サブシステムが参照し処理するプロセス仕様、情報処理仕様はテーブル定義とし、処理手続きから分離独立させ、仕様の追加、変更を短期間で行なえるFIF方式で行なえるデータゼネレータを装備している。

3.2 ローカルコントローラ

上下水道システムの中でコントローラの具備すべき条件は、
(1) 制御対象の規模、用途に適したコントローラが選べること。
(2) プロセスに密着して使用されるためハードウェアの信頼性、特に耐環境性に優れていること。
(3) 従来のリレー、工業計器と同等なレベルで、手軽に使いこなせること。
(4) 上位との情報伝送方法が合理的に行なえること。
の4点である。“AQUAMAX-80”シリーズでは、特にこの4点を重視し製品化を行なっている。



図6 ライトペンによる機器発停操作 CRT画面に表示されているプロセスの機器をライトペンにより直接、起動及び停止操作を可能とし、かつ操作手順はガイダンスされる。

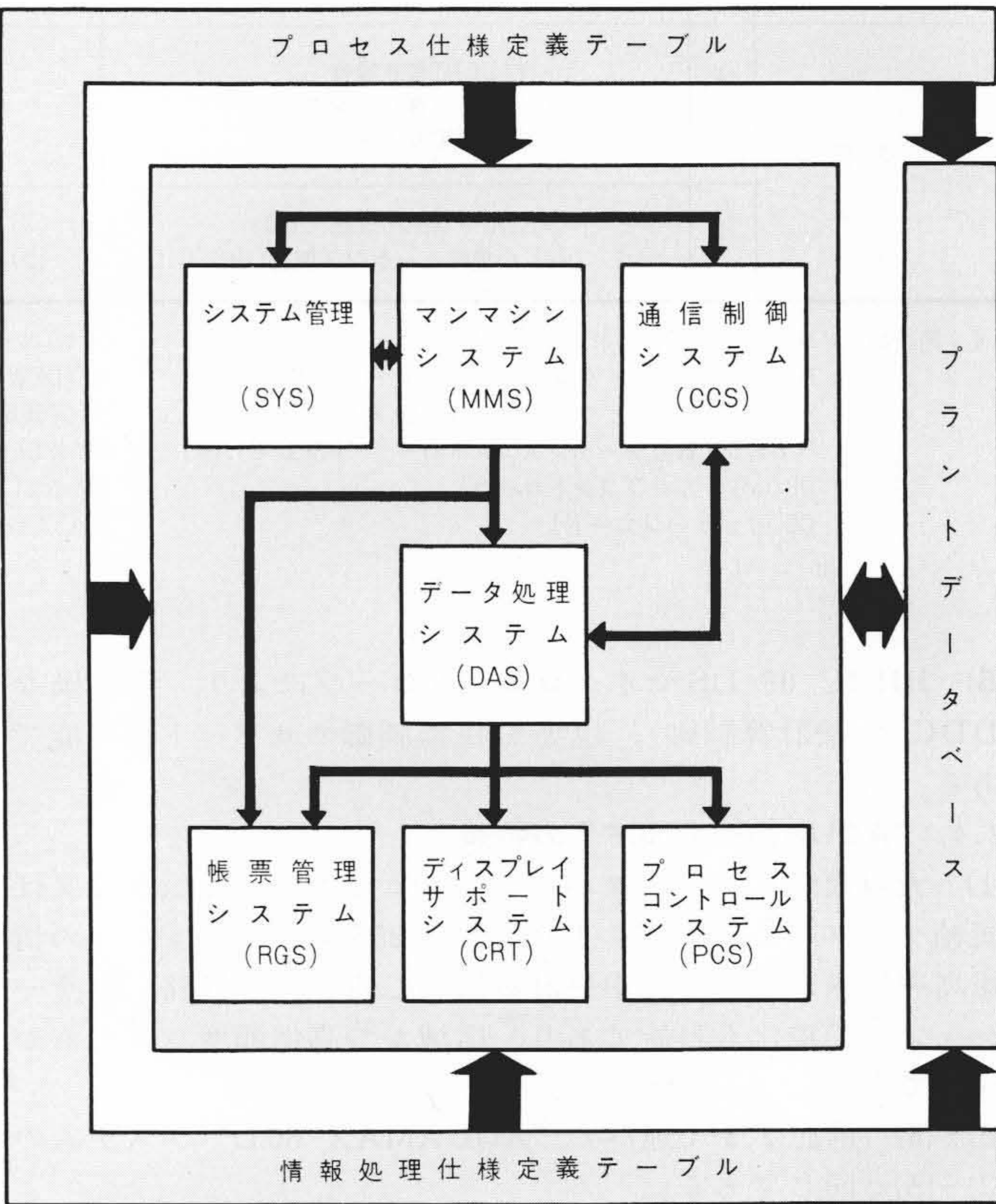


図7 標準ソフトウェア構成図 標準化されたサブシステムとシステムごとに異なる仕様定義部を切り離して処理しているので、標準化が徹底できる。

3.2.1 シーケンスコントローラ

上下水道のプロセス制御のうち、かなりの部分が機器のON-OFFを行なうシーケンス制御である。シーケンスコントローラは、このシーケンス制御専用のコントローラであり、リレー動作時間レベルの高速繰返し演算を行なうので、従来リレーで組んでいたほとんどの回路が置き換えできる。

表2に日立シーケンスコントローラHISEC-01, 04の仕様を示す。HISEC-01は現場設置用小規模シーケンスコントローラで、直接強電レベル(AC/DC, 100/200V)とインタフェ

表2 日立シーケンスコントローラの仕様 日立シーケンスコントローラ HISEC-01は小規模現場形、HISEC-04は大規模シーケンスまで拡張できる。いずれもSTU多重伝送方式により、容易に他の制御装置とリンケージできる。

形名など		HISEC-01	HISEC-04	備 考
項 目				
1. メ	モ リ	コア 4k語	コア 8k語 max. (4k語単位)	—
2. 演 算 方 式		繰返し演算 2 μ s/STEP 命令：15種		—
3. タ イ マ		オンディレー タイマ (max. 9.999秒) カ ウ ン タ ワンショット	合計 64点 オンディレー タイマ : 28点 (max. 9.999秒) カ ウ ン タ : 64点 ワンショット : 64点	—
4. 入 出 力 部	入 カ カ ー ド	AC/DC 100V 無電圧 16点/カード	DC 48V 無電圧 32点/カード	カード単位に 状態表示, 故障表示付
	出 カ カ ー ド	AC/DC 200V 無電圧 a/b接点 16点/カード	DC 48V 無電圧 a接点 32点/カード	
	入 出 力 最大点数	80点	基本ユニット 384点 拡張ユニット 512点	
5. リモート入出力		128点/カード 1枚 STU多重伝送方式	128点/カード 8枚 STU多重伝送方式	同 上
(上位、下位との リンケージ用, パワー形PI/Oの 拡張用として使用)				
6. プログラミング		ラダーシーケンス入力方式 専用プログラマによる。		プログラマは 共用可能

ースでき、例えば、ポンプの一人制御シーケンスなど1台の機器制御に1台のコントローラといった徹底した制御の分散化ができる。HISEC-04は、拡張ユニットの追加により、大規模なシーケンス制御まで適用できる。

いずれも、同一のプログラミング手法となっており、ラダーシーケンス方式の専用プログラマにより、プログラムの追加、修正が容易にできる。他装置との信号伝送は、日立多重伝送装置STU(Signal Transmission Unit)と同一の多重伝送方式を採用したリモート入出力部をもっており、他のいずれの制御装置ともリンケージできる。

3.2.2 マイクロコントローラ

プロセス制御にはシーケンス制御のほか、従来工業計器で組んでいたループ制御、更に台数+速度制御のように、ループ制御とシーケンス制御が一体となった複合制御がある。最近では、自動化の拡大、制御の高度化すなわち単なる量的な制御から化学反応、生物反応などを取り扱う非線形制御が必要となり、従来の工業計器では対応困難となりつつある。日立マイクロコントローラは、単なるループ制御はもちろん、シーケンスモードをもつ複合制御、各種非線形制御などの高度な制御を容易に実現でき、デジタル化のメリットを十分生かすことができる。表3に日立マイクロコントローラHIDIC 08-LC、HIDIC 08-LSの仕様を示す。

HIDIC 08-LCは、現場設置を考えた小規模のループコントローラで、最大12ループ程度の制御ができ、またHIDIC 08-LSは、最大32ループ程度まで拡張できる。プログラミン

グはいずれも専用のモニタビュア(白黒テレビジョン)付のプログラマで容易に可能である。プログラマにあらかじめ標準のプログラムパッケージ(ファンクション)を登録しておき、ページ式のファンクションキーを操作することにより、ラダーシーケンスイメージで対話式にプログラミングができる。

3.2.3 ワンループコントローラ

ループ制御は、しばしば二重三重のカスケードループを構成することがある。通常下位のレベルほど比較的固定されたルーチンであるが、高速性が要求される。ワンループコントローラは、もちろん単独で1ループだけの制御も可能であるが、最下位のカスケードループを担当させる使い方が有効である。

日立ワンループコントローラの特長は、

(1) 高性能かつプログラマブル

各種の制御、演算機能を1台に実装しており、それらの機能を電子式卓上計算機並みの簡単なプログラムにより組み合わせ、プロセスに最適な機能を実現できる。

(2) 制御の分散化

1ループごとに1コントローラの分散形デジタル計装が実現できる。

(3) デジタル、アナログ融合の高精度計器

プロセスの動きはアナログバーグラフ指示でとらえ、微細な読み取りと設定は、デジタル指示で行ない、高精度かつ監視操作性に優れている。

(4) システムの拡張性

データ多重伝送機能により、上位コントローラと結合が容易であるため、合理的なシステム構成ができる。

表3 マイクロコントローラの仕様 日立マイクロコントローラHIDIC 08-LC、LSは、HIDICシリーズ統一思想の基に設計されたマイクロコントローラであり、ソフトウェアの互換性をもっている。他制御装置と各種リンケージ方法がとれるので、合理的なシステム構成が可能である。

形名 項目	HIDIC 08-LC	HIDIC 08-LS
1. 主メモリ	RAM(IC) 32k語 max. バッテリーバックアップ付	コア 64k語 max. 又はRAM(IC)
2. 命令数	基本：47	基本：54
3. 制御機能	シーケンス制御 ループ制御	シーケンス制御 ループ制御
4. プロセス入出力	HIDICシリーズ 各種 DI, DO, AI, AO PI, PO, ILSW	HIDICシリーズ 各種 DI, DO, AI, AO PI, PO, ILSW
5. プログラミング	ラダー入力方式 (専用プログラマによる。)	FIFテーブル方式 ラダー入力方式 (専用プログラマによる。)
6. 上位リンケージ	・MDW方式 (1:N) 総延長2 km max. ほか	・MDW方式 (1:N) 総延長2 km max. ・DFW方式 (N:M) ステーション間1 km max.
7. 下位リンケージ	・STU方式	・STU方式 ・MDW方式 ・OLCリンケージ

表4 ワンループコントローラの主な仕様 従来のアナログ計器にはない各種アドバンスド制御用演算機能を1台でもつことができる。

項 目	仕 様
ア ナ ロ グ 入 力	1 ～ 5 VDC：5 点
デ ィ ジ タ ル 入 力	無電圧接点：2 点
ア ナ ロ グ 出 力	操作出力 4 ～20mADC / 1 ～ 5 VDC：1 点 補助出力 1 ～ 5 VDC：1 点
デ ィ ジ タ ル 出 力	接点出力：6 点
計 器 異 常 出 力	接点出力：1 点
ア ナ ロ グ 指 示 計	LEDバーグラフ表示 (測定値，設定値，操作出力値)
デ ィ ジ タ ル 指 示 計	極性付 4 桁数字 (測定値，設定値，操作出力値 選択切換)
電 源	24 VDC
外 形 寸 法	幅70×高さ170×奥行570 (mm)

注：略語説明 LED(発光ダイオード)

(5) 高信頼性

自己診断機能により，計器の故障を知ることができる。また，指示部ほかすべてソリッドステート化し，機械的可動部を排除して高寿命，高信頼化を図っている。

表4 に日立ワンループコントローラの主な仕様を示す。

3.3 信号伝送

従来の場内信号伝送は1信号1チャンネル専用伝送，すなわち直送方式であったが，設備の広域化，大規模化に伴い，膨大な量の信号伝送を生じ，建設期間，コスト及び改造も含めた維持管理等々の面で重大なネックとなりつつあった。そこで，デジタル化制御装置の採用とあいまって，信号伝送の近代化も同時に行なわれつつある。その第1段階は，ケーブルルートの単一化，多心化及びコネクタ化である。第2段階は，デジタル化のメリットを十分生かした装置間の信号多重伝送である。“AQUAMAX-80”シリーズでは，徹底した

信号伝送の近代化を行なっており，システムの規模，信号の用途に適した伝送方式をとっている。表5 に“AQUAMAX-80”シリーズで使用している代表的な信号多重伝送装置の仕様を示す。STUシリーズは，ソフトウェアレスの高速伝送方式であり，小規模システムの中央ローカル間伝送，及び各システムでのローカル側の伝送に用いられる。また，STUシリーズには，マイクロコントローラ，シーケンスコントローラのパワー形リモート入出力装置であるSTC(Signal Terminal Collector)ももち，ローカル側での徹底した信号伝送の近代化，電磁リレーレス化が図れる。MDW(Multi-dropped Data Way)及びDFW(Data Free Way)，光DFWは，それぞれ小～超大規模システムでの中央ローカル間の信号伝送に使用し，1対のツイスト線又は同軸ケーブル，光ファイバケーブルにより，すべての情報が高速伝送できる。いずれの信号多重伝送装置も，誤り制御，障害対策には万全を期しており，極めて信頼性の高い伝送方式を採用している。

4 結 言

“AQUAMAX-80”シリーズは，上下水道プロセスの特質からくるニーズを設計思想に反映させ，デジタル化の利点を十分に生かしたシリーズであり，プラントの規模，自動化レベルに応じて適切な監視制御システムを選定できるようにメニュー化を図ったものである。本シリーズが今後ますます多様化，複雑化するであろう上下水道プラントの運転管理に役立つことを念願する次第である。

本シリーズの開発に当たり，多数のユーザー各位から，御意見や御助言を，また多数の社内の関係各位からも御協力をいただいた。ここに深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 岩城，外：日立上下水道監視制御システム“AQUAMAX-80”シリーズ，日立評論，59，667～672 (昭52-8)
- 2) 土屋，外：大規模下水処理場監視制御システム，計測技術，70～76 (昭54-7)

表5 信号多重伝送装置の仕様 STUシリーズは小規模システムの中央ローカル間伝送のほか，各システムのローカル側のコントローラ間の伝送も行なう。システムの規模，信号の用途に適した伝送方式を採用できる。

装 置 項 目	STU シ リ ー ズ	MDW	DFW	光DFW
用 途	コントローラ用 (小規模向き)	計算機システム用 (中規模向き)	計算機システム用 (大規模向き)	計算機システム用 (超大規模向き)
規 模	(32点/回線)× N回線	ステーション数 8×最大4=32	ステーション数 255	ステーション数 255
最大ステーション間距離	送信～受信装置間 2 km	最大延線長 2 km	1 km (1台バイパス時2 km)	1 km (1台バイパス時2 km)
伝 送 速 度	50k bps	250k bps	2 M bps	10M bps
伝 送 デ ー タ 長	32ビット 固 定	最大254バイト 可 変	最大255バイト 可 変	最大512バイト 可 変
情 報 伝 送 速 度 (実 効 速 度)	2.4ms/32点	10k語/s	100k語/s	400k語/s
転 送 形 態	1：1	1：N	N：M (ステーション間任意)	N：M (ステーション間任意)
伝 送 路	ツイストシールドケーブル 1対/32点	ツイストシールドケーブル 1 対	同軸ケーブル 1 本	光ファイバケーブル 1 本