

最近の計装システム

Recent Trends of Instrumentation Technology

近年の計装システムは、プロセス工業の量から質への移行、基盤技術の発達によって、大きな変化を遂げつつある。

市場の要求として、高精度、高信頼、制御機能の高級化、管理の集中化などがあり、半導体センサ技術、デジタル技術の発達により、これらのニーズが実現されるようになった。

計器としては、0.2級の精度をもつ半導体伝送器、マイクロコンピュータを組み込んだ検出器、1ループ1プロセッサの調節計、二重化構成の高信頼度シーケンサ、CRTによる集中化されたオペレータコンソールなどがある。

本論文は、これらの動向について述べ、これら機器による新しい計装システム、ユニトリール3Sシステムの基本的な考え方、制御の分散と管理の集中化を中心に論及する。

松家 敬* *Takashi Matsue*

小宮山茂雄* *Shigeo Komiya*

木下敏雄** *Toshio Kinoshita*

1 緒言

プロセス工業での計装システムと、それを構成するための工業計器は、プロセス技術自体の発展とそれに伴う新しい要求にこたえる形で発展してきた。特に1960年代のいわゆる高度成長経済下では、プロセス工業の高効率化、高生産性を目指して両者が両々あいまって多少力づくで発展してきた感があった。1970年代前半のオイルショックなどを契機として、工業計装に新しい要求が生まれるとともに、工業計装システム自体でも、在来の空気式、電子式の統一信号と、小形調節計のフィードバック制御によるアナログ技術を中心とした工業計器の技術は飽和期に達し、技術的革新が求められるようになった。本論文では、工業計器小特集の導入部として、最初に工業計装及び工業計器に対するプロセス工業からの新しいニーズ、並びにそのニーズに対応する工業計器開発の背景と概要について、次いで新たに開発された工業計器によって構成される日立製作所の新しい計装システム、ユニトリール3Sシステムの基本的な考え方について述べる。

なお、本論文は、本小特集の背景的部分を受け持ち、新しく開発された個々の工業計器の技術的根拠や、仕様の詳細については、本小特集の他の論文に譲る。

2 工業計器、計装システムへのニーズの動向

緒言でも述べたように、工業計器、計装システムへのニーズは、高度成長下経済でのプロセス工業の高効率化、高生産性を追求した自動化、省力化の推進と、プロセスの大形化、高温・高圧化への対応というニーズから、オイルショック以後の経済安定成長期に入って、省エネルギー、省資源形プロセスへの移行、更には高度成長経済下での種々の行き過ぎの是正など、全く新しい要求がでて来ている。本章では、これらの要求を工業計測の面、制御機能の面及びプロセス運転の面からとらえて述べる。

2.1 高精度、高安定計測への要求

工業計測を精度の面から見ると、在来は0.5級(計測精度がフルスケールの±0.5%以内)で、実際の運用は1級(指示計、記録計の読み取り)で行なわれてきた。高度成長経済下のプロ

セスでの高精度の要求は、原料、製品などの取引用以外には特になく、また取引用には秤量機が用いられるのが普通であった。工業計測の四大変量といわれる温度、流量、圧力、液位では、精度よりはむしろ高温・高圧化への対応など、計測範囲拡大への要求が主であった。それが経済の安定成長期に入ってから以後、プロセスの減量運転、省エネルギー、省資源などの要求は、これら工業計測にいつそう高い精度と再現性を求めるようになった。例えば、従来ともすれば大量生産を目指して設計されていたプロセスで、市況に合った生産量と製品間の生産バランスとを保つための減量、あるいは特定製品の選択的生産を図ることを目的に、設計限界値での運転が求められ、計測と制御に高い再現性が要求されるようになった。例えば、図1に示すような炉の空燃比制御でも、従来安全性あるいは環境保全の上から空気過剰率に余裕をもたせて運転されたものを、燃焼排ガス中の残存酸素量を計測して、必要最小限の空気量まで絞り、むだに空気を温めるようなエネルギーの節約を図ろうとする運転である。その効率の向上自身が数パーセントのところをねらったものであり、節約する空気量自体が精度良く計測制御できなければ省エネルギーの効果は期待できない。これと類似のことは、種々の冷却水などにもあり、従来ともすれば安全側をねらって、幾分多目に設定されていた流量を適正に絞る場合にも当てはまる。

このように、プロセスの計測と制御はより高い精度と安定性(再現性)が要求されるようになった。

2.2 制御機能への要求

前述のように、経済の安定成長下では再現性の高い制御が要求される。それは、単に計測と設定の高精度化だけでなく、プロセスの設計限界値近傍での運転を保持するためには、例えば、PID(比例・積分・微分)調節計のPIDパラメータを含むダイナミックな制御性の安定化が必要となる。更に、干渉系などでは、その制御性を広いレンジにまで安定化するためにフィードフォワード制御の採用などが必要となる。

すなわち、従来の制御用計算機やマイクロコンピュータを応用した分散形DDC(Direct Digital Control: 直接計算機

* 日立製作所那珂工場 ** 日立製作所計測器事業部

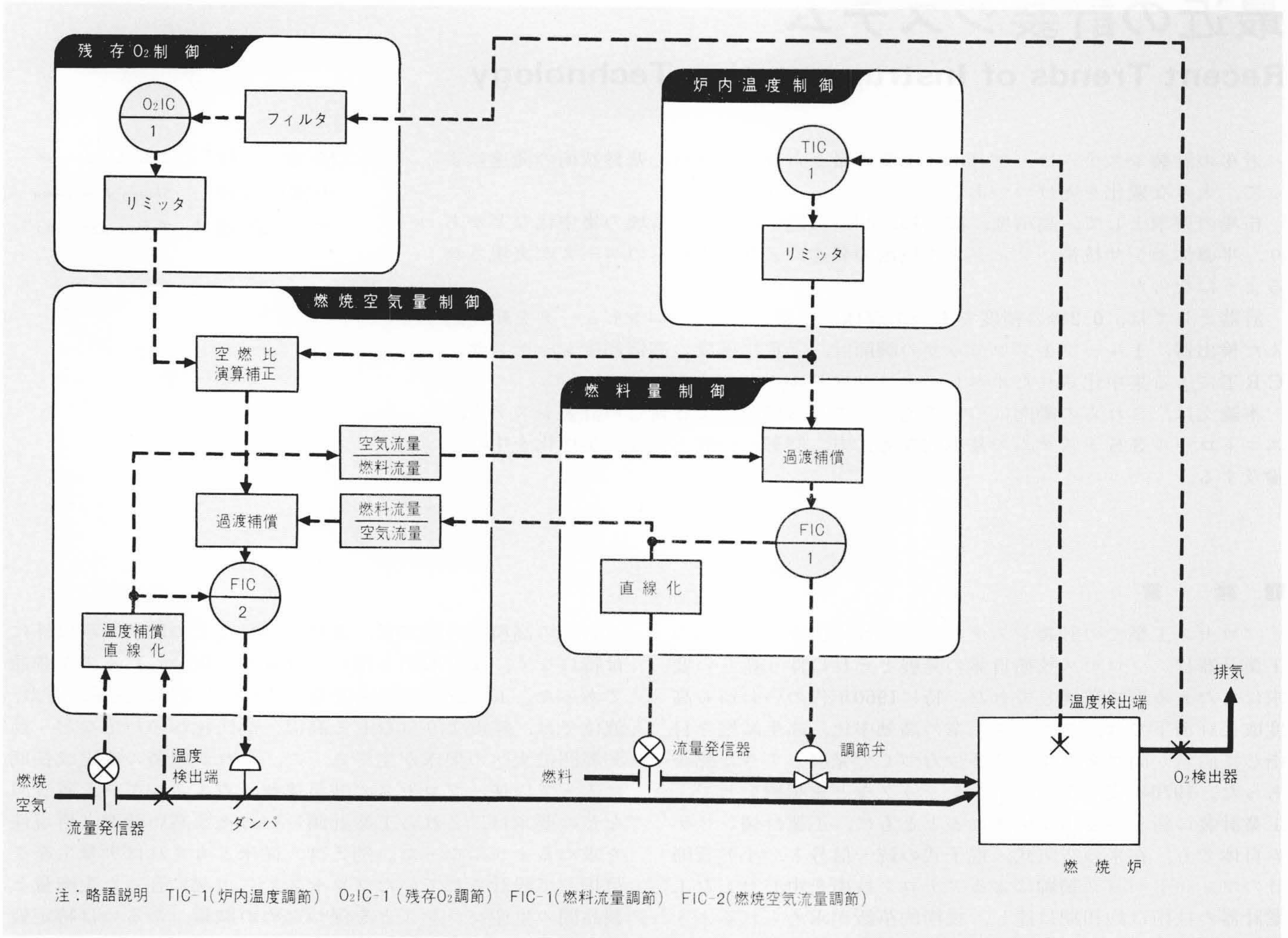


図1 燃焼炉の空燃比制御 高精度の測定と演算により、常に空気過剰率に余裕をもたせた状態を保持して、過剰空気を限界値まで減少させることができる。

制御)の実験のなかから、ユーザーでの着実なプロセスノウハウの蓄積により、従来のフィードバック調節だけでなく、より高度な制御の実現が要求されているのである¹⁾。

2.3 マンマシンインタフェースへの要求

従来のプロセス運転には、調節計、記録計、アナログデータ及び操作スイッチを配列したボード、いわゆる計装盤がマンマシンインタフェースとして使用されてきた。このボードも、プロセスの大形化、省力のための集中化の推進などにより巨大化の一途をたどった。現在では、安全性や環境保全など、新しい計測、監視の要求がこのボードの巨大化に拍車をかけ、実際に20m、30mなどの計装パネルも出現するようになった。そして、省力化の進んだ限られたオペレータでは、物理的に運転操作が困難となると同時に、集中された情報が、その管理能力を超える問題が生じつつあり、マンマシンインタフェースの改良が切実な問題となってきている。

3 ニーズに対処する計装システムの開発思想と実際

3.1 半導体ストレインゲージの開発

日立製作所では、工業計測の高精度化、高安定度化の要求に対応するため、四大変量のうち、圧力、流量、液位などの伝送器に使用されている差圧伝送器の開発を行なった²⁾。差圧の検出には、偏位平衡式と力平衡式があるが、日立製作所では、電子式伝送器の開発当初から金属ストレインゲージを

使用して直接変換する偏位平衡方式を採用し、安定度の高い伝送器類を提供してきた。

高精度計測の要求に対して、従来の0.5級よりも0.2級を目指し、更に従来の受信系をも含めて1級の運用であったものを、受信系にデジタル計器を採用したこともあって、完全な0.2級での運用と長期の安定性を目指す必要がある。このために、ベースのシリコンを直接受圧して偏位を生ずるダイアフラムとし、これに拡散でストレインゲージを形成する検出端を開発した。

完全な0.2級とするため、温度影響やその他の誤差要因を最少とする半導体ゲージの拡散や長期安定性を得るため、伝送器を構成する上で有機材料を排除するなどにより、その目的を達している。

3.2 マイクロコンピュータの導入

従来の受信計器では、増幅器を中心としたアナログ技術が中心であったが、演算増幅器のリニアIC導入以後は技術的な飽和期に入ったといえる。これに対して、計算機に代表されるデジタル技術は、それを支援する半導体技術の進展とともに技術発展はとどまることを知らない。工業計器の分野でもデジタル技術の導入は必然であり、技術的にも急速な進展を見ている。代表的なのがマイクロコンピュータの導入である。マイクロコンピュータの発売は昭和45年であるが、昭和47年半ばごろからワイヤードロジックの置換えやデータ

ロガーなどに使用され始めた。昭和50年には一斉に、いわゆる分散形DDCと呼ばれる総合計装システムが発売されている。日立製作所でも「ユニtrolΣシリーズ」としてマイクロコンピュータの32ループのDDCを中核とした、アナログ、デジタル両技術による総合計装システムを発売している。その後、日立制御用計算機HIDIC 80とソフトウェアでファミリーのマイクロコンピュータDSC-23として、32ループ規模のDDC、あるいはDDCとシーケンス制御を組み合わせたバッチプロセス用として販売してきたが、DDC専用機の場合は、32ループではプロセッサのダウン時には、32ループを手動運転で継続することが困難なプロセスも多く、計画時にバックアップの問題が生じ、コスト的に導入の障害となることがあった。昭和52年には同じシリーズでDSC-18として1マイクロプロセッサ当たり8ループのDDC装置も発売した。これらΣシリーズでは、8ループといえども集中化したコントローラのバックアップの問題と従来のアナログ計器との比較などの点から、応用上は、シーケンス制御と組み合わせたバッチプロセスへの導入が圧倒的に多い。

その後年々倍々といわれるデジタル半導体技術のコストパフォーマンスの向上は、ついに昭和55年に1マイクロプロセッサ1ループのVI87M-E形ワンループコントローラの出現を見ている³⁾。ワンループコントローラは図2に示すように、従来のアナログPID調節計と極めて類似の外観のなかにマイクロプロセッサによるDDC機能が収納されており、機能的には、演算を含む制御ループがそのまま1台の調節計でまかなえるものとなっている。

DDCやシーケンス制御などの直接制御への応用のほか、マイクロコンピュータの導入は、放射線応用計器や分析計、あるいは非直線性の検出器などの検出データを処理して、計装システムでそのまま計測データとして使用できるようにするデータ処理装置への応用がある。

3.3 カラーCRTによるマンマシンインタフェース

制御用計算機のマンマシンインタフェース端末として使用されてきたカラーCRT(Cathode Ray Tube)が、前述の分散形DDCのプロセス運転用マンマシンインタフェースとしても導入されている。当初のCRT表示器では、標準画面として従来のアナログ調節計のパネルフェース部分のアナログ的表示、トレンド記録の表示など、計器表示部の置換えであり、

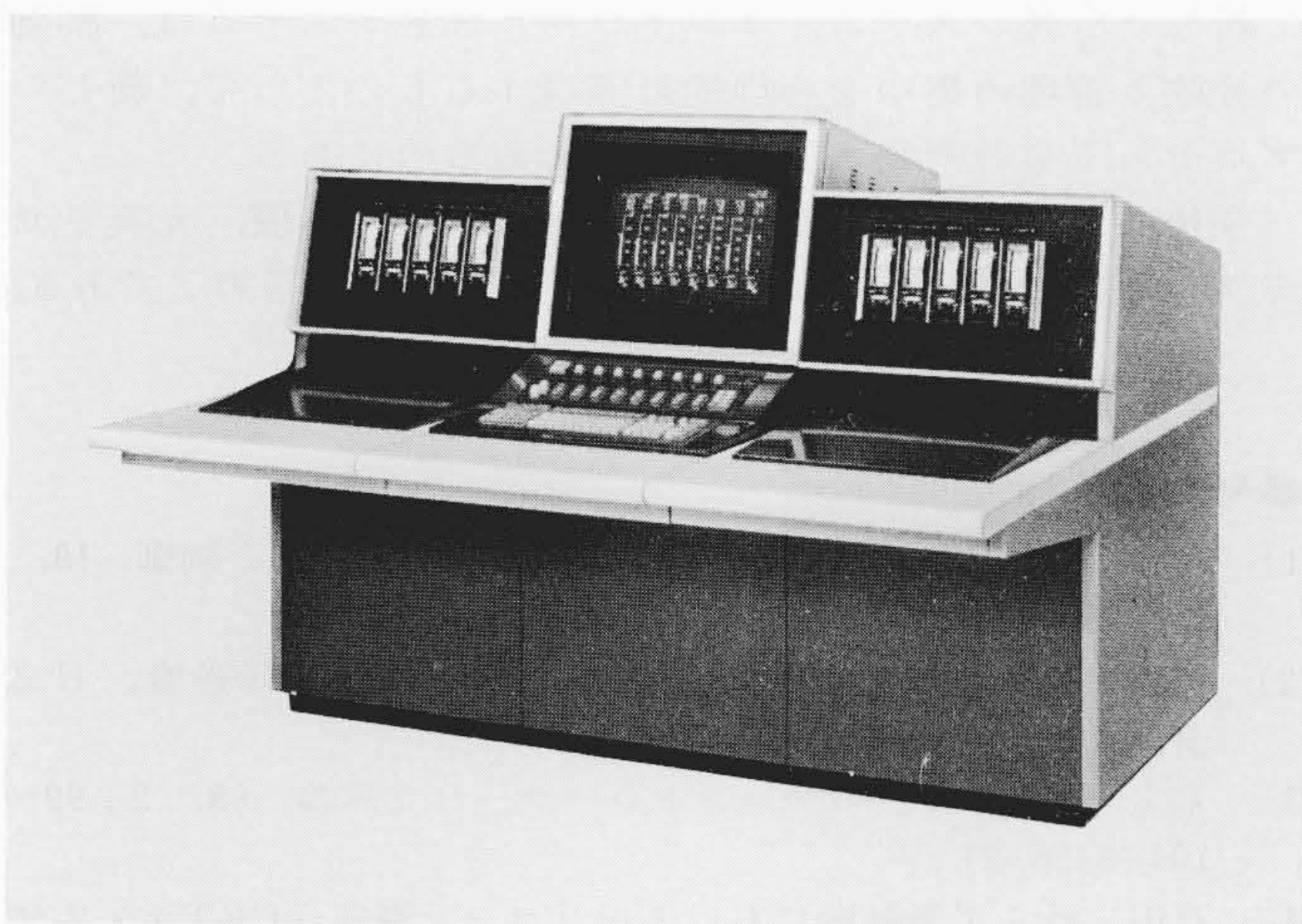


図2 VI87M-E形ワンループコントローラ デスク盤に取り付けたワンループコントローラを示す。マイクロプロセッサを使用した調節計で、従来の調節計と同様方法で操作できる。0.2級の精度、高い演算・制御機能をもっている。

実際の運転用インタフェースとしては必ずしも満足されなかった。しかし、その後シーケンス制御の運転やメンテナンスなど画面で従来よりも便利に行なえる機能や、ある程度ユーザーで自由に画面作成ができる機能などが付加され、着実にCRT運転が普及しつつある。日立製作所でも現在これらの機能を十分に備えたPOC-D形オペレータコンソールを発売しており⁴⁾、プロセスの運転監視用マンマシンインタフェースとしてますます多用される傾向にある。

4 日立計装システム構築の基本思想

4.1 「制御は分散、管理は集中」の概念

カラーCRTを用いたマンマシンインタフェースによるプロセス運転の普及と、絶えざる制御システムに対する高信頼度化への要求に応ずるための、システム構築の基本となる考え方は、「制御は分散、管理は集中」の概念である。

このような概念を実現するための日立製作所の計装システムの基本構成は図3に示すもので、日立ユニtrol 3 Sシステムと呼んでいる。運転管理を行なうオペレータコンソール、フィードバック制御を受け持つワンループコントローラ、シーケンス制御を受け持つシーケンサとを、それぞれ専用の通信機能で接続し、「制御は分散、管理は集中」の概念を実現するものである。すなわち、3 Sシステムは、Simpleな構成で、完全な分散制御によるSaftyな制御システムを、計算機言語を使わずにSoftlessに構築できるものである。日立ユニtrol 3 Sシステムの特長は次に述べるとおりである。

- (1) フィードバック制御については、マイクロコンピュータを応用し、1プロセッサ1ループの分散の極に達しているため、故障時には、従来のアナログ調節計と全く同様に、その影響をその1ループに局限化でき、手動操作による運転継続を図るなど、バックアップに対する投資問題を解消している。更に、計器ハードウェアは単一化しているため予備品の数も節約でき、もちろん機能的にはマイクロコンピュータ応用の高機能を発揮することができる。
- (2) シーケンス制御については、その機能上要素を分散することは不可能であるが^{*1)}、分散制御の信頼性に見合った二重化構成を可能とするシーケンサが用意されている。
- (3) これらの制御専用機器とCRTを中核とする運転管理用端末を専用の通信機能で接続することで、CRTによる運転管理が実現できる。また、制御ループは1台のコントローラに、シーケンス制御はシーケンサに収まり、専用通信路で接続することで全体の計装配線が完結する。
- (4) CRT運転が可能とともに、調節計として従来のアナログ調節計と類似の構成となっているため、従来のボード運転も可能であり、例えば緊急時運転などの際に、従来と飛躍することのない運転方法もとることができる。
- (5) 機能が分散していることにより、各構成機器がハードウェア、ソフトウェア両面で構造が単純となり、システム構築上の計画設計が容易になるとともに保守も容易になる。

以下に、日立ユニtrol 3 Sシステム適用上の要点につき記述する。

4.2 高精度計測、高機能制御への対応

前述したように、省エネルギー、省資源などからの高精度計測と高機能の制御への対応は、0.2級の半導体ストレイン

※1) シーケンス制御の要素はオンオフ素子(例えば、リレー)であり、分散の極は、計算機の論理素子となってしまう。

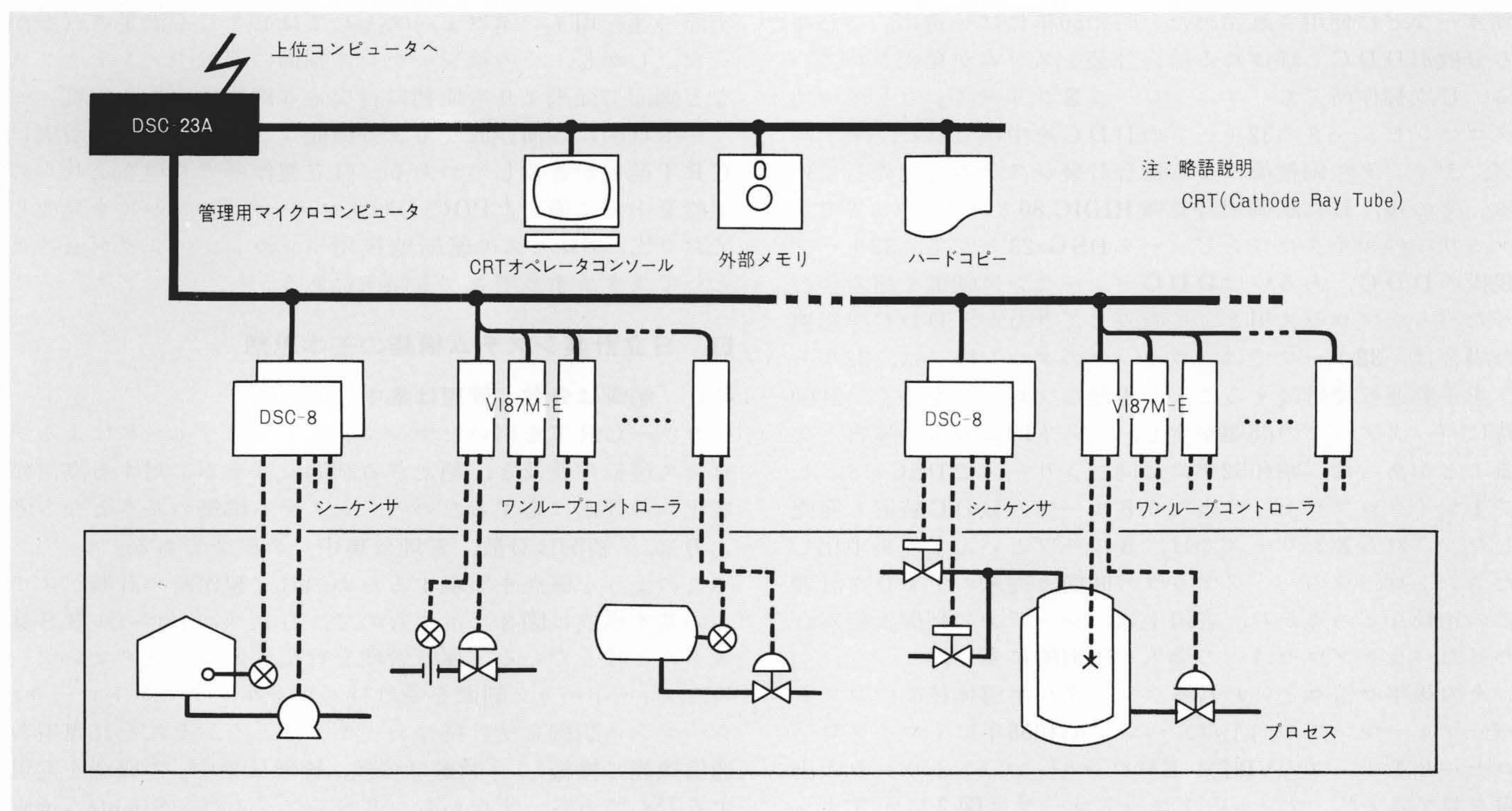


図3 分散形プロセス制御システム(日立ユニトリール3Sシステム)
CRTオペレータコンソールによる集中管理、ワンループコントローラとシーケンサにより、制御機能を完全分散したプロセス制御システムの構成例を示す。

CRTオペレータコンソールによる集中管理、ワンループコントローラとシーケンサにより、制御機能を完全分散したプロセス制御システムの構成例を示す。

ゲージ応用伝送器と、マイクロコンピュータ応用のワンループコントローラをはじめとするデジタル技術で実現する。ワンループコントローラの指示部は、図2に示すとおり、運転での感覚的なアナログ表示と高精度を得るデジタル表示のハイブリッド形を採用している。デジタル化により、誤差を累積することなく多くの演算を行なうことができるので、高精度な間接測定や、フィードフォワード制御などアドバンス制御が容易に実現可能となり、また、PIDパラメータなども精度高く設定できるので、クリチカルチューニングにより、制御ダイナミックスの改善を図ることができる。

4.3 シーケンス制御の対応

前述したように、分散することで信頼性を高めているフィードバック制御に対し、シーケンサは、二重化によって等価な信頼性を得ている⁵⁾。更に、専用通信機能により1ループコントローラと接続するとともに、1ループコントローラ側にも論理演算機能をもっており、両者は密接な結合が可能で、バッチプロセスの自動化などに効果を発揮する。このために、バッチカウンタなどのアクセサリもシーケンサに用意されている。

4.4 オペレーションとマンマシンインタフェース

「制御は分散、管理は集中」という考え方の上で、スーパーバイザと制御部の機能分担及び分離では、制御部の信頼性を上げて、できるだけプロセスの運転を継続させることを目的としている。特にこの場合、1ループコントローラが、従来の調節計と類似の指示操作部をもっていることが、マンマシン部のバックアップにもなる。現状では、実際の運転でも、CRTによるマンマシンインタフェースによるものは定常運転で、緊急時などの例外処理運転では、複数のオペレータが同時操作を行なう上での問題、緊急時にCRTの必要な画面を誤りなく選択する問題などから、従来のボードによるオペレーションがしばらくは併用されると思われる。そのために

も1ループコントローラの現在の構成は、ニーズにマッチしている。CRTマンマシン部では、オペレーションのほかに、管理機能としてバッチプロセスなどの製品品種の管理プログラムを支援できる。すなわち、品種によって異なる材料の仕込量や反応プロセス量(温度、圧力など)をデータとして記憶し、製造品種のスタートとともに必要なデータをワンループコントローラとシーケンサにセットして運転するプログラムであり、ますます増大する多品種生産に対応するものである。

5 結 言

以上、最近の計装システムと題して、プロセス工業からのニーズ、それに対応して開発された工業計器、及びこれら計器により構成される新しい計装システムの基本的な考え方について述べた。

新しい計装システム、ユニトリール3Sシステムは、制御の分散と管理の集中を合理的に実現するものとして、新しいプロセス工業の市場の要求にこたえるものである。

今後共、この基本的な考え方を基に、より発展、充実させてプロセスの計測と制御技術の開発を進めてゆく考えである。

参考文献

- 1) 佐藤：マイクロコンピュータによるDDC、計測と制御、18, 9, 730~737(昭54-9)
- 2) 松岡, 外：拡散形半導体ストレインゲージ応用伝送器、日立評論、63, 2, 85~90(昭56-2)
- 3) 末広, 外：ワンループコントローラ、日立評論、63, 2, 99~104(昭56-2)
- 4) 石田, 外：工業計装におけるマンマシン機器-CRTディスプレイの適用一、日立評論、63, 2, 95~98(昭56-2)
- 5) 大櫃, 外：高信頼性シーケンサ、日立評論、63, 2, 105~108(昭56-2)