

最近の化学プラントにおける計測制御技術

Recent Instrumentation Techniques in Chemical Plant

化学プラントの規模の大形化、コンビナートなどによる複合化に伴い、計測制御システムもまた大形化、複雑化の傾向にあり、計測制御機器の機能の向上と多様化が進んでいる。

この論文では、計測制御機器である最近の工業計器、及び制御用電子計算機並びに計測制御システム技術、及び安全化技術について論ずるものである。

小宮山茂雄* Shigeo Komiyama

宮添 束* Tsukasa Miyazoe

山田 哲也** Tetsuya Yamada

長谷川邦夫** Kunio Hasegawa

1 緒 言

電子管式自動平衡計器と空気式計器によるオートメーションから発展を始めた計測制御技術は、その後の石油精製、及び石油化学の発達、並びにプラントの大形化と集中管理の必要から、電子式計器の開発が進み、グラフィックパネルの採用により計器の小形化、偏差指示調節計、トレンド記録計へと移行してきた。

これらと相前後して開発され、最適化制御を指向して採用された制御用電子計算機は、コストパフォーマンスの高い制御用ミニコンピュータの出現により、広く普及し現在に至っている。

また、互いに連結し、巨大化した化学プラントの事故は、多大の損害を引き起こすため、その安全性についての関心が高まり、計測制御技術の面からの検討も活発に進められている。

以下、これらの項目を中心に、最近の計測制御技術の動向について述べる。

2 計測制御技術の動向

化学プラントは、その生産性の向上、収益の拡大をねらって、大形化・複雑化・高温高压化・高速化の方向に発達している。それに伴って計測制御システムには、自動化、集中化、あるいは計測点の増大や計測対象、範囲の拡大などの絶えざる要求がある。一方、単に生産性の向上だけでなく、安全や環境など、新しい社会要求も今日の問題としてクローズアップされてきている。化学プラントの発達と、計装の発展は表裏一体をなすもので、各種検出端の性能向上や計器の小形化・シリーズ化などが、プラントの発達を更に促すという形で進んできている。ハードウェア的には、現在制御用電子計算機の導入がようやく定着しつつあり、その強力なデータ処理性によって、制御性の向上や新しい安全性、環境、あるいは省力などの問題を解くものとして期待されている。計測制御システムは、これら対象プラントの発達やそれに伴うシステム構成の変化などに即して変化発達をとげてきている。

その一つは、伝送器、検出端の測定範囲、及び対象の拡大による多様化であり、また、電子計算機の導入は分析計による終点制御や品質制御の可能性も出て、工業用分析計の開発が要求されている。また中央制御室(CCR)機器については、代表的な調節計が種々特殊なコントロールに対応すべく多様化するとともに、電子計算機との有機的な結合が可能なように、計器ハードの開発が要求されている。また電子計算機自体も、計装レベルでの使用ということから、ソフトウェア面

で計装担当者が使いやすい各種制御パッケージの用意や、計装向けの言語体系の開発が要求される。またプラントの複雑化や省力化への要求は、シーケンサなど、新しいシーケンス制御機器の発達を促している。

これらの機器もまた電子計算機システムとの有機的な結合が必要である。更に制御用電子計算機では、コンビナートなど複数プラントのトータルシステム化などの計画に対処するため、複合計算機システム技術、通信制御技術などが要求される。

一方、これらが大規模にインテグレートされた計測制御システムの構成は、これら個々の機器の信頼性、及び保全性の改良進歩が強く要求されると同時に、万一の故障にもプラントが危険状態になることを防止するフェールセーフ技術や、運転員の誤操作に対しても危険を未然に防ぐフルブルーフ技術なども、個々の機器やその組合せのうえで実現することが必要となり、その技術の開発も重要である。

3 最近の計装技術

計装システムを構成する機器には多くのものがあるが、特に差圧伝送器、分析計、調節計及びシーケンサについて述べる。

3.1 差圧伝送器

差圧伝送器は、プロセス工業では最も汎用性の高い伝送器で、これなしには計装システムは成り立たない。絞り機構と組み合わせて流量測定に用いる例が最も多いが、ほかに、液面、圧力、差圧、密度などの測定に使用される。

従って、多様な用途に応じられるよう、プラント側からの要求も多く、例えば測定範囲、規格(接続規格、防爆規格)、温度などの周囲条件、禁油などの処理、材質など多岐にわたる。

ストレーンゲージ方式による電子式差圧伝送器EDRシリーズ、空気式差圧伝送器FPRシリーズも、隔膜置換器付きなど仕様の拡大を図り、要求仕様の多様化にこたえている。

表1に、その仕様の概略を示す。

3.2 分析計

プロセス産業においては、高純度の製品を効率良く連続的に製造することが要求され、そのために直接製品の品質を制御する終点制御が採用され始め、分析計の工業計器化が望まれている。日立製作所では、AN650形プロセスガスクロマトグラフ、AER-2形ジルコニア式酸素計に引き続き、吸光分析計を工業計器化した。これは、試料に一定波長の光を透過させると、試料の物性に依りて光が吸収される性質を利用

* 日立製作所那珂工場

** 日立製作所大みか工場

表1 EDR, FPR形差圧伝送器概略仕様 測定範囲, 温度材質など各種準備し, 多様化にこたえてい
る。

伝送署名		微差圧	低差圧	差圧	高耐圧差圧	置換器付 低差圧	置換器付 差圧	フランジ形	置換器付 フランジ形	低絶対圧力	絶対圧力	フランジ形 絶対圧
形式	*1 電子式	EDR-IIIM (22M)	EDR-IIIL (22L)	EDR-II (22)	EDR-IIH (22H)	EDR-IIISL (22SL)	EDR-IIIS (22S)	EDR-IIIF (22F)	EDR-IIIFS (22FS)	EDR-IIIAL (22AL)	EDR-IIA (22A)	EDR-IIAF (22AF)
	空気式	—	FPR-7L	FPR-7	FPR-7H	FPR-7SL	FPR-7S	FPR-7F	FPR-7FS	FPR-7AL	FPR-7A	FPR-7AF
差圧, あるいは絶対圧力範囲		0-5から 0-50 mmH ₂ O	0-50から 0-600 mmH ₂ O (EDRは 0-500まで)	0-250から 0-50,000 mmH ₂ O	0-250から 0-50,000 mmH ₂ O (EDRは 0-80から)	0-65から 0-800 mmH ₂ O (EDRは 0-80から)	0-300から 0-50,000 mmH ₂ O	0-250から 0-50,000 mmH ₂ O	0-250から 0-50,000 mmH ₂ O	0-4から 0-45 mmHg. abs. (EDRは 0-35まで)	0-20から 0-3,600 mmHg. abs.	0-20から 0-3,600 mmHg. abs.
最高使用圧		2 kg/cm ²	50kg/cm ²	100kg/cm ²	360kg/cm ²	フランジ 規格	フランジ 規格	フランジ 規格	フランジ 規格	—	—	—
*2 最低使用圧		-0.5 kg/cm ²	0.1 mmHg. abs.	0.1 mmHg. abs.	0.1 mmHg. abs.	10 mmHg. abs.	10 mmHg. abs.	0.1 mmHg. abs.	10 mmHg. abs.	—	—	—
*2 液体温度		-20~ 80°C	-30~ 120°C (EDRは -20~80°C)	-30~ 120°C (EDRは -20~80°C)	-30~ 120°C (EDRは -20~80°C)	-80~ 300°C	-80~ 300°C	-30~ 250°C	-30~ 250°C	-30~ 120°C (EDRは -20~80°C)	-30~ 120°C (EDRは -20~80°C)	-30~ 250°C
材質	ダイアフラム	ニトリルゴム フッ素ゴム	SUS316L ハステロイC タンタル モネル チタン	同 左	SUS316L	SUS316L ハステロイC タンタル モネル チタン	同 左	同 左	同 左	SUS316L ハステロイC タンタル	同 左	同 左
	接液部	アルミ合金	SUS316 SUS316L ハステロイC タンタル モネル チタン 塩化ビニル	同 左	SUS316	SUS316 SUS316L ハステロイC タンタル モネル チタン 塩化ビニル	同 左	同 左	同 左	SUS316 SUS316L ハステロイC タンタル	同 左	同 左

注：*1のIIは4線式, 22は2線式, *2の最低使用圧は流体温度に関係する。

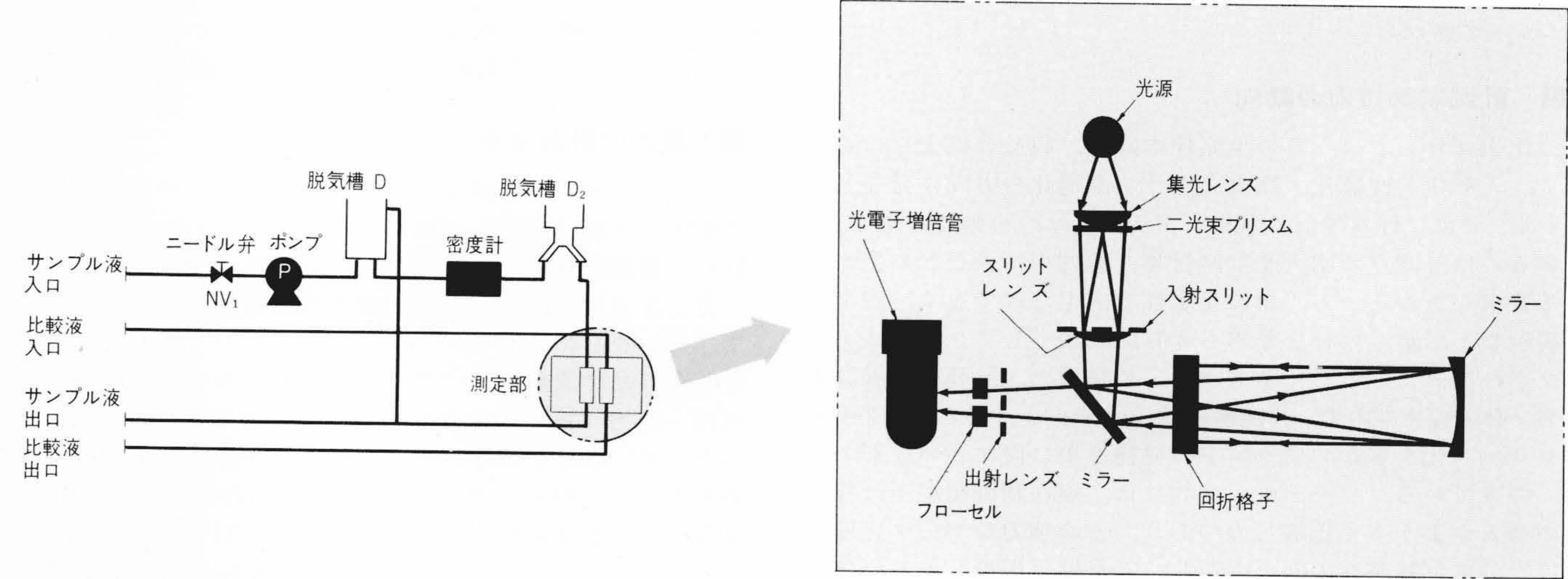


図1 AN200形プロセス吸光分析計のシステム構成例 サンプル液は脱気槽で脱気され密度を測定
する。測定部のフローセルにサンプル液を引き込み, 回折格子で単色光にされた光をあて吸光度を測定する。更
に吸光度は密度にて補正される。

した吸光分析法に基づくもので, 吸光度を測定することにより製品の濃度, 品質などを知ることができる。この装置は, サンプルから各種演算までのすべての処理を, オンラインシステムで自動的に行なうことができる。図1にAN200形プロセス吸光分析計のシステム構成の一例を示す。

3.3 調節計

調節計は, CCRにおける主要な計器であるが, バッチプロセス制御, フィードフォワード制御, 電子計算機制御などの発達により多様化している。バッチプロセスは起動, 停止, 工程歩進などが多く生じ, 調節動作のオーバーシュート防止, 調節計の切換え, 外部指令による自動-手動の切換え, 偏差

信号の取出しなど, 表2に示すように各種の調節計が必要である。更にニューユニコントロールシリーズには, フィードフォワード用調節計や電子計算機からのパルス列信号で設定値を変化させるSet Point Control (SPC)用調節計, 更にPIDバックアップ付きPVトラッキング(PV: Process Valueが通常は設定値に等しいことを利用して, それを電子計算機故障時の設定値としてバックアップする方法)SPトラッキング(電子計算機からバックアップ時の設定値を指示する方法)用DDCバックアップステーションなどがある。

3.4 シーケンサ

バッチプロセスにおけるシーケンス制御は, 従来, 有接点

表2 VI₈₆形調節計オプション ニュー ユニtrolシリーズは、標準仕様として各種オプションを準備しており、要求の多様化に応じている。

仕 様	コード	動 作	備 考
AUTO-MAN 接 点 出 力	Z ₁	AUTO-MAN切換えにより外部に接点出力 AUTO-出力接点ON MAN-出力接点OFF	—
AUTO-MAN リモート切換	Z ₂	外部接点切換えによりAUTO-MAN自動切換え 外部接点 ON -AUTO 外部接点 OFF-MAN	計器MAN優先
DIRECT-REVERSE リモート切換	Z ₃	外部接点切換えにより DIRECT-REVERSE 自動切換え 外部接点 ON -REVERSE 外部接点 OFF-DIRECT	—
偏差出力-1	Z ₄	0 ~ ± 4 V, 0 ~ ± 100%偏差	受電端入力低抗100kΩ 以上
偏差出力-2	Z ₅	0 ~ ± 20mV, 0 ~ ± 20%偏差	受電端入力抵抗10kΩ 以上
出力飽和点可変	Z ₆	出力電流を40~105%の間で飽和させる。	—
積 分 分 離	Z ₇	外部よりの指令で積分分離, そのときの出力は計器内部で決定。 外部接点 ON -積分分離 外部接点 OFF-NORMAL	MAN優先
〃	Z ₈	外部よりの指令で積分分離し, そのときの出力は外部リセット信号(電流)により決定。	MAN優先
LOCAL-COMP モード接点出力	Z ₉	LOCAL-COMP切換えにより外部に接点出力 LOCAL-出力接点 OFF COMP-出力接点 ON	VI ₈₆ -E-Cのみ
LOCAL-CASCADE 自 動 切 換	Z ₁₀	外部接点切換えにより LOCAL-CASCADE自動切換え 外部接点 ON -CASCADE 外部接点 OFF-LOCAL	VI ₈₆ -E-Sのみ

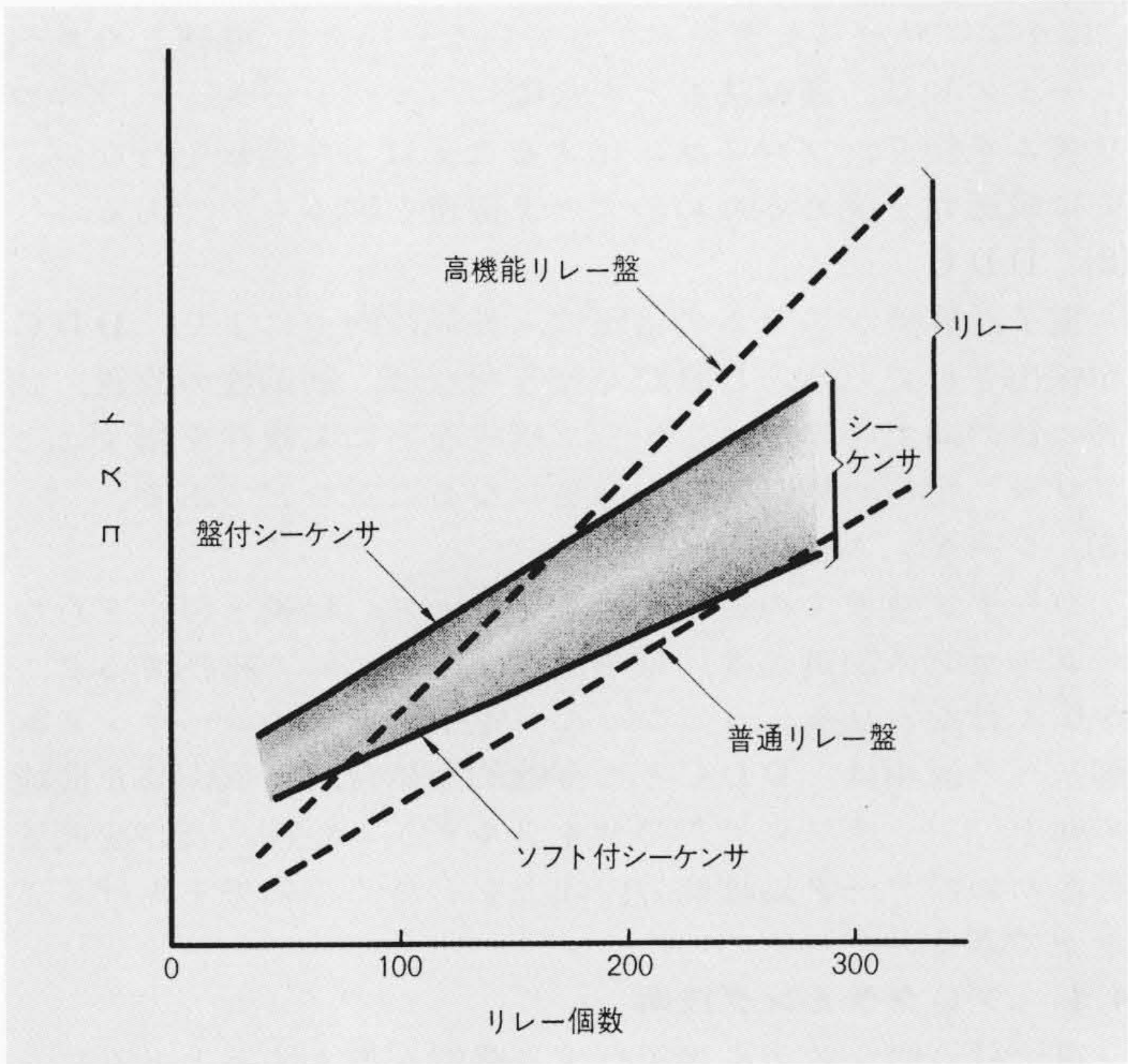


図2 シーケンサとリレーのコスト比較 シーケンサが複雑高級になると、シーケンサはリレーと比較して、無接点化フレキシビリティなどの長所に加えて経済的にも対抗できる。

リレー、タイマ、無接点リレーなどを配線して制御盤を組み上げるにより行なってきたが、フレキシビリティに対する要求と、無接点化に対する要求とが強まってきた。DSC-5形シーケンサはこれにこたえるもので、必要とされる論理はすべて、プログラムで処理する。プログラムは、ブール代数方式であり容易に作成することができる。なお経済的な面からも、図2に示すようにリレー回路と置き換わる可能性があり、更に人件費の高騰などにより、そのブレイクポイント

は下がるものと思われる。

4 最近の制御用電子計算機技術

制御用電子計算機に関して開発された技術は多岐にわたるが、データ伝送技術など主要な点について述べる。

4.1 データ伝送技術

制御用電子計算機システムの大規模化、広域化に伴い、遠隔端末と電子計算機、また、電子計算機間のデータ伝送技術は不可欠のものとなった。データ伝送器としては次の装置がある。

(1) データ回線用通信制御装置(CLC-M, CLC-S)

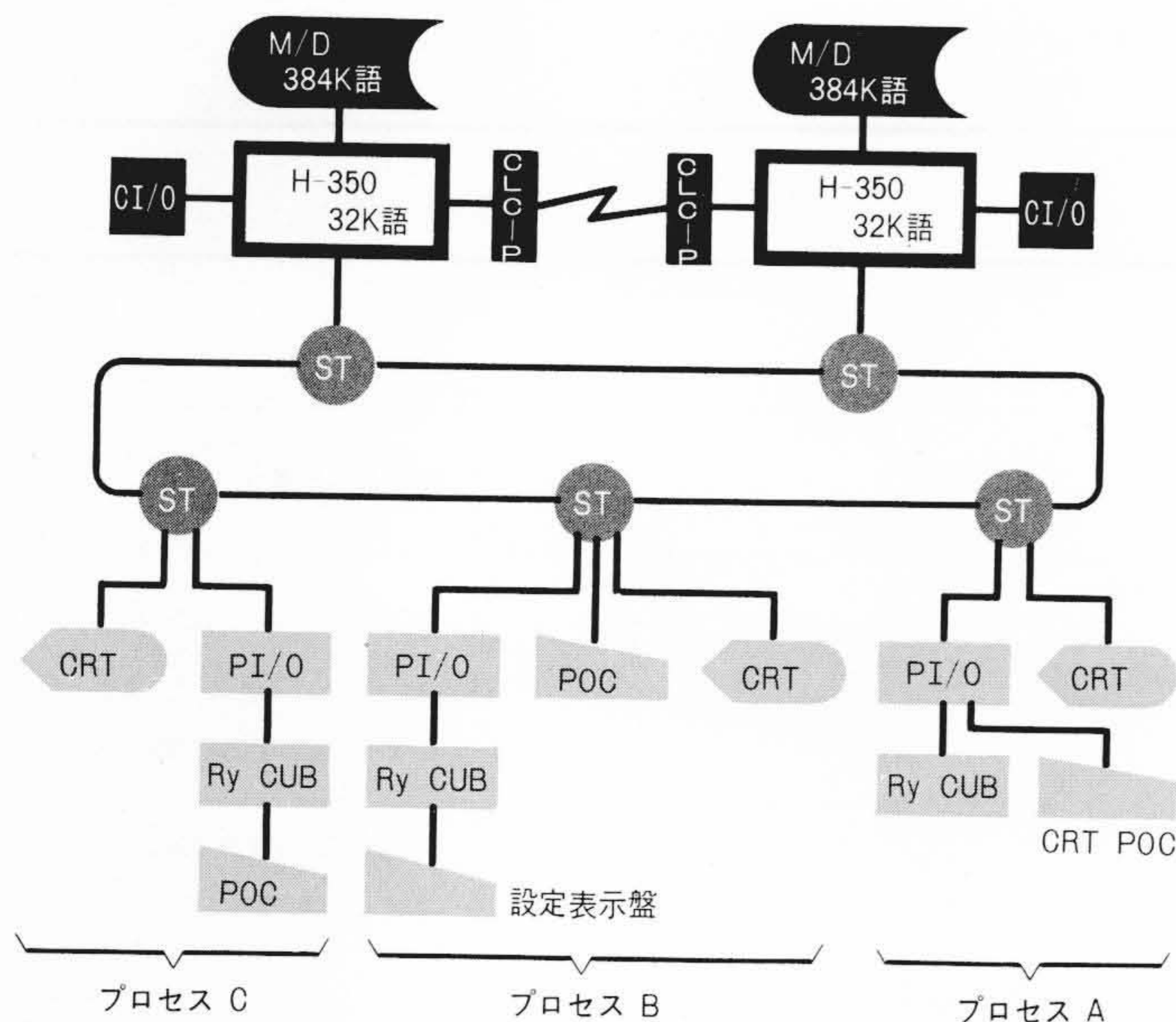
通信方式が世界的に統一された規格に基づいているので、異なる機種 of 電子計算機、端末間の結合が比較的容易で、本社の事務用電子計算機と工場の制御用電子計算機間のデータ伝送などに用いられる。HIDICシリーズには、多数回線用として、CLC-M、単一回線用としてCLC-Sの通信制御装置が用意されている。

(2) データ ハイウェイ制御装置

構内に散在する検出端、操作端、表示器などに対する工事配線費を低減するため、各端末の近くに小規模なPI/Oを分散設置し、その間を同軸線によるシリアル転送バスで結合し、回線を時分割使用できるようにしたものである。回線には、PI/Oだけでなく、各種のI/O機器、CPU(中央処理装置)が接続可能で、構内においてコンピュータネットワークを構成するのに適している。HIDICシリーズではデータフリーウェイ(DFW)と称しており、図3にその適用例を示す。

(3) 計算機リンケージ制御装置(CLC-P)

信頼性、処理性の向上を目的として、複数の電子計算機を結合して、デュアル、デュプレックスなどのシステムを構成する場合、短距離ではあるが高速の計算機リンケージ装置が



注：M/D=磁気ドラム記憶装置
CI/O=コンソール入出力装置
CLC-P=コンピュータ リンケージ コントローラ
ST=ステーション
POC=プロセス オペレータズ コンソール
Ry CUB=リレー盤
CRT=ブラウン管ディスプレイ

図3 DFWシステムの適用例 2台のロードシェアで動かしているCPUを、データ フリーウェイを利用して互いにバックアップできるようにしている。

必要であり、HIDICシリーズではCLC-Pが用意されている。

4.2 マン マシン インタフェース機器

データロギングからプロセスの監視、更にシーケンス制御、DDCへと電子計算機の利用形態が進んでいくに伴い、押しボタン、ランプ、ニクシ管などで構成されていたオペレータズ コンソールも、カラー Cathode Ray Tube (CRT) ディスプレイを組み込んだコンソールに移行している。カラーCRTディスプレイは対象プラントの図形表示、プロセス状態のグラフ表示、あるいは図形による操作指示など、操作員の直感力に訴える図形のカラー表示機能を備えている。このような機能を生かして、けん盤 (Keyboard)、ライトペンによる操作部とカラーCRTディスプレイにより対話しながらプラントの運転を行なう方法が採用されつつある。

HIDICシリーズにはカラーCRTディスプレイ装置として、H-7833、H-7834、H-7836の3機種がある。

H-7836は18万ドット/画面、H-7833は6万ドット/画面、の分解能により、画面表示が可能であり、H-7834は文字専用で640文字/画面の表示が可能である。各機種ともデータ入力用の標準けん盤を用意しており、H-7836はライトペンの利用が可能である。図4にCRT表示例を示す。

4.3 プロセス制御技術

制御用電子計算機のプラント運転への最大の利用目的は、より高度なプロセスの制御を直接行なわせることである。

(1) 最適化制御

生産量の最大化、品質の向上、運転効率の向上などを目的として最適化制御が行なわれる。具体的手法は、2種に大別できる。その一つは、プロセス解析が済みプロセスモデルができていて、最適化アルゴリズム プログラムを利用し



図4 カラーCRTディスプレイの表示例 従来、数表示器により1ループ分のTag No. とData程度を表示していたが、CRTの利用により同時に十数ループ分のTag No. とData及びパラメータなどを表示できる。

て、プロセスモデルを解き、プロセス出力を決定する。

HIDICシリーズでは、最適化アルゴリズムとして、計算時間の短縮化、メモリ利用効率の向上を図った高速Linear Programming (LP)、非線形モデル用のReal Time Optimization Program (RETOP)などを用意している。

ほかはプロセスモデルのできていない場合で、熟練したオペレータの知見、運転法などを基礎に、オペレーション アルゴリズムを作り、プログラム化することにより運転を行ない、更に最適化を進めるためのデータ蓄積を図るものである。

(2) DDC

電子計算機システムの信頼性、性能の向上により、DDCが採用されている。DDCを使う利点は、制御性の改善、制御の質の向上のほかに、ループ構成などに柔軟性を増すこと、プロセス情報の集中管理が容易になることなどである。

(3) シーケンス制御

バッチプロセスの運転と連続プロセスの起動・停止を行なうシーケンス制御装置、電子計算機システムで統括することが広く行なわれるようになった。電子計算機のシーケンス制御系への適用は、DDCとの有機的な結合、誤操作防止機能の向上、バッチプロセスのサイクルタイム短縮、及び生産管理のためのデータ処理能力の向上など多くの効果をあげることができる。

4.4 プログラミング技術

電子計算機システムの実行する機能が增大するとともに、1台の電子計算機のプログラム量も飛躍的に増大している。一方、プログラム作成のための人件費は年々上昇の機運にある。このような情勢から、アセンブラ言語に代わり、高級な制御用言語を利用して、生産性の高いプログラムを作成するようになってきている。HIDICシリーズではこの目的のために、Process Control Language (PCL)と名づける効率の高い制御用言語が開発され実用化されている。

更にプログラムの生産性を向上させるために、それぞれの機能ごとに問題向け言語 (POL) を作り、使用することが必要となる。化学プラントの電子計算機制御という利用分野に限定すれば、電子計算機処理機能は数種類の基本的プログ

ラム アーキテクチャに分類でき、これらアーキテクチャをプログラム化するためのPOLをFill in the Form(FIF)形式、あるいはマクロ命令記述形式などの形で提供することができる。

HIDICシリーズにおいては、化学プラント用の電子計算機制御プログラム アーキテクチャを、データロギング、DDC、シーケンス制御、それぞれにもち、これをProcess Control Software(DCS)と称して体系化している。

5 安全性向上のための計測制御技術

近年、化学プラントの安全性への要求はますます強まっている。安全性に関しては、プラントの問題、管理の問題など多くの問題点があるが、ここでは計測制御分野での二、三の考え方について述べる。

5.1 計装機器のフェールセーフ

計装機器は、機器単品の信頼性向上とともに、フェールセーフを考慮する必要がある。例えば計器では、調節計における手動バックアップや、入出力絶縁、電源絶縁などのシステム間の故障波及防止、検出端断線時に信号を安全側へ振らせる温度伝送器のバーンアウトなどがある。また制御ループにおいては、操作端や警報設定器の接点の動作方向を、空気源・電源断時に安全側へ移行するように選択するなどの電源システムとの協調、あるいはループの多重化などがあるが、計装機器の特性をよく熟知し、これに適合するフェールセーフや合理的な機器の位置付けを考慮することが肝要である。

5.2 電子計算機システムのフェールセーフ⁽²⁾

電子計算機システムにおいても、エージング、ディレーティングなど構成素子の高信頼化とともに、次のような方法でシステムとしての信頼性の向上を図っている。

(1) システム構成による高信頼化

デュアル システム、デュプレックス システム、ネットワーク システムによる多重化と危険分散による信頼性の向上

(2) 情報の誤り制御

入出力信号の妥当性チェック、自己診断プログラムによる故障検出と処理

(3) システム設計管理

設計手順の管理、信頼性検討書の作成など、Process Control(PC)手法の実施によるシステム設計の管理

5.3 計器と電子計算機の協調によるフェールセーフ

5.3.1 DDCインタフェース

DDCシステムにおいては、A/Mステーションで各種のバックアップを、更にHIDICシリーズでは、図5に示すようにフェールセーフを考慮している。

(1) 出力の変化率チェック

A/Mステーションに保持されている前回出力値と、今回出力値とを比較して、異常に偏差が大きい場合、D/A変換器の出力をカットする。

(2) 共通部分の二重化

D/A変換部のような共通回路は、二重系にして万一の故障時には迅速な切換えが可能である。

などの対策を行なっている。

5.3.2 シーケンス制御システム

シーケンス制御においても、DDCの場合と同様、各種のバックアップを考慮する必要がある。図6にシーケンスと制御用電子計算機よりなるシステムを紹介する。この制御システムはリレー、シーケンサ、電子計算機に各機能を分担させ、ハイアラキ構成としている。電子計算機は、各系列間のイン

ターロックや、シーケンス全体の管理などを行なう。シーケンスは各系列ごとに設けてあり、1台がなんらかの都合で運転不能の場合も、他系に影響を及ぼさない。また、半自動スイッチ⁽³⁾を設けておくことにより、任意に人間が介入しバックアップすることができる。末端部は手動操作部であり、各操作端に対応する操作スイッチを設け、最小限のインターロックをとることにより、保守時や緊急事態に対応できるようになっている。この方式によれば、無接点化により信頼性を

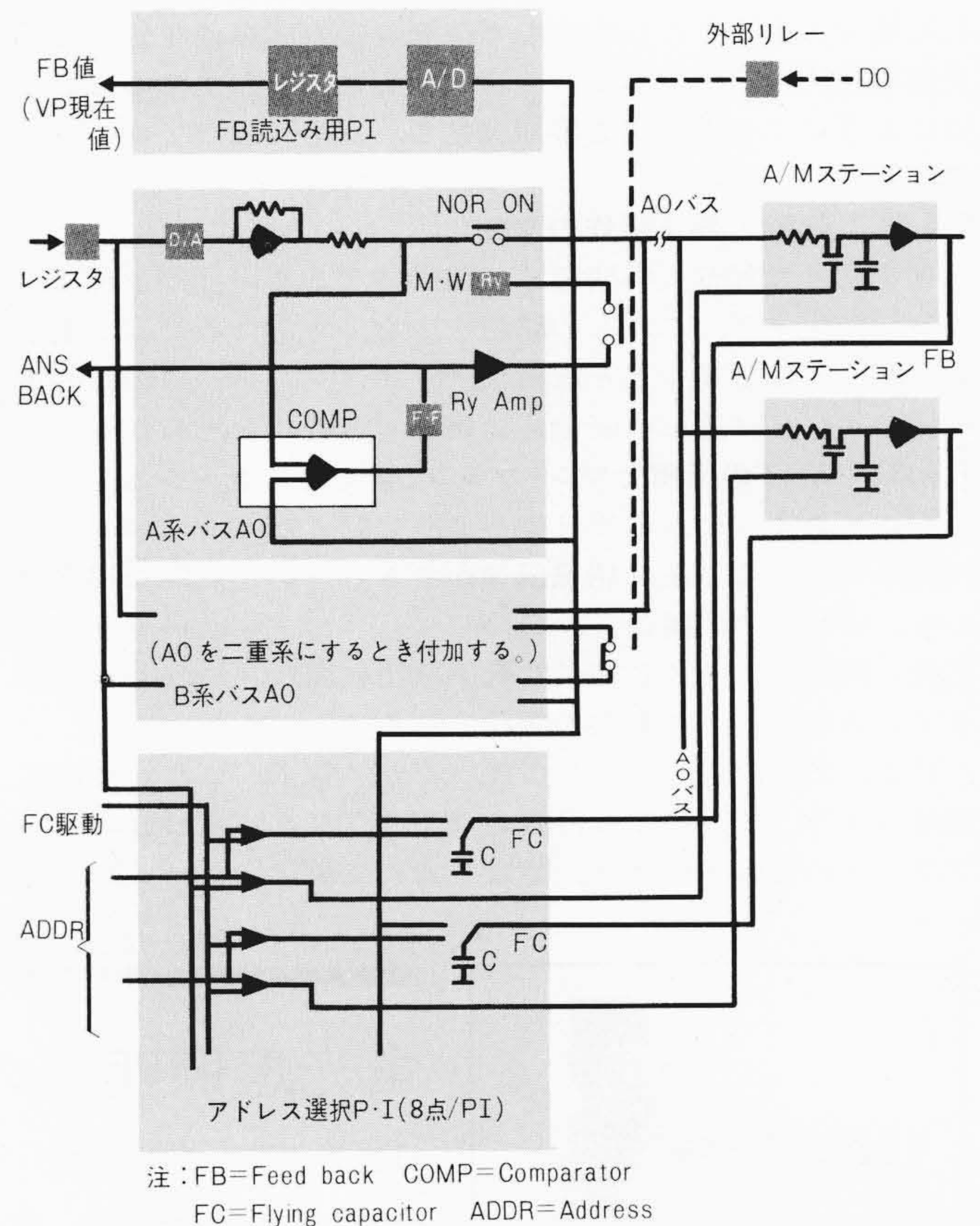


図5 DDCにおける電子計算機出力用PI/Oブロック図 A/Mステーションと一体化して考えられているDDC用PI/O(バスA0)の回路ブロック図である。出力のための比較回路(COMP)のほか、バルブ開度を読み取るAIスキャナも組み込まれている。

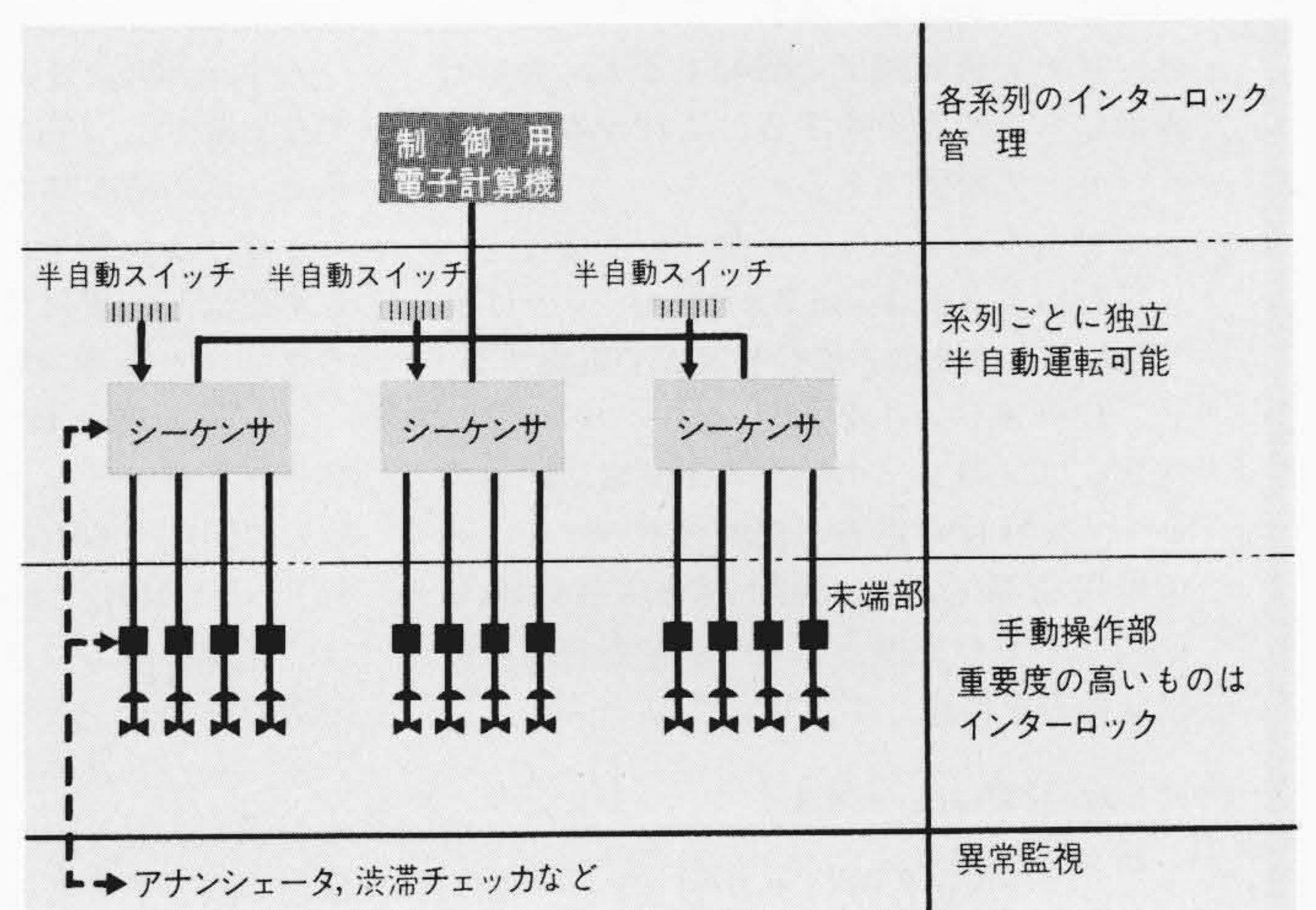


図6 シーケンサと電子計算機のハイアラキシステム リレー、シーケンサ電子計算機が各機能を分担し、安全性の向上が図られている。

上げ、同時に危険分散を図り、またバックアップ可能なシステムとすることができる。

5.4 プラント安全化への制御用電子計算機の活用

プラントの安全性向上のために、電子計算機を活用することに関して二、三の例を述べる。

5.4.1 プロセス異常の早期検出

プラントの大形化、複雑化により、プロセス量そのものの監視では不十分となりつつあるが、電子計算機を活用して蒸留塔の温度・圧力・組成分布など、個々のプロセス変量をパターンとして監視することにより、異常反応を検出することも可能である。また反応率など演算による間接測定値の監視変数相互間の関係、あるいは時間的变化率を監視することなどによりプロセス異常を早期発見し、安全に役立てることができる。

5.4.2 起動・停止操作の自動化

プラントの運転上の問題は、起動時、あるいは停止時などに多く発生する。これらの問題を少なくするためには、電子計算機に運転手順などを記憶させ、オペレータへの情報の集約化が図れれば運転の安全化に寄与するものと思われる。

5.4.3 CRTの活用とマンマシンコミュニケーション

前述したように、CTRはパターン認識など、オペレータの直感に訴える方法で情報伝達ができるという大きな利点がある。安全化の問題は、マンマシンコミュニケーションと密接に関連し、その意味でCRT活用技術は、これからのシステムの安全化への有益な手段となろう。

以上、安全性向上について述べたが、将来、これら技術の進展により、より高度な自動化が実施された時点においてもプラントの運転・保守は、建設も含めて最終的には人間によ

って行なわれることに変わりはなく、従って、人間に起因する問題、すなわちヒューマンファクタは、今後の重要な検討事項となるであろう。

6 結 言

以上、最近の計測制御技術について述べた。今後とも種々の計測制御用機器は、それぞれの計測制御システムの目的に適したものが用いられるが、多様化する計測制御システムに対する要望に応じ、柔軟性があり、エンジニアリング費の節減に有効なシーケンサ、高い機能をもつ制御用電子計算機などが広く普及するものと考ええる。また、大規模な計測制御システムは、上位の管理用電子計算機、下位の制御用電子計算機と工業計器がハイアラキ的に結合された構成となり、これらの機能のうち小規模、定形的な個所には、マイクロコンピュータが進出するであろう。

ますます集中化する中央制御室については、マンマシンコミュニケーションが問題となり、計器の小形化と高い機能をもつCRTディスプレイ、また、省力化と安全性の向上を目的にプラントの異常処理、起動・停止、運転条件の変更などの自動化が強力に推進されるものと考ええる。

参考文献

- (1) 森田ほか：「日立制御用計算機HIDICシリーズ」日立評論 55, 509 (昭49-5)
- (2) 宅間ほか：「最近の制御用計算機の応用」日立評論 55, 501 (昭49-5)
- (3) 武城ほか：「塩化ビニル重合プラントの計算機制御」日立評論 54, 849 (昭47-10)

論文抄録

蛍光燈照明下のビジコンのフリッカ雑音

日立製作所 芦川幹雄・竹本一八男

テレビジョン学会誌 28-1 (昭49-1)

最近のCATV、テレビ電話などの発展により、テレビカメラがけい光燈照明下で使用される機会が増している。けい光燈は一般に交流点燈されており、その輝度は電源の2倍の周波数で変動している。このため、けい光燈照明下で撮影すると、テレビ画面にちらつきを生ずる。これが本稿で扱うフリッカ雑音である。

まず基本式として、光源の輝度変化を

$$I(t) = B + A |\sin 2\pi ft| \dots\dots\dots (1)$$

で近似し、ちらつき度Cを次式で定義する。

$$C = A / (A + 2B) \dots\dots\dots (2)$$

ビジコンのターゲットの1画素に注目すると、n回目の走査の直前のターゲットの信号電荷量 Q_n は、前回走査の残留電荷 $Q_{R(n-1)}$ 、及び光源とフレーム走査の間の位相定数Dを考慮して、次式で与えられる。

$$Q_n = Q_{R(n-1)} + \eta A \int_{(n-1)/f_R}^{n/f_R} \left\{ \frac{1-C}{2C} + |\sin 2\pi f(t+D)| \right\} dt \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 f_R はフレーム周波数、 η はター

ゲットの光電変換効率である。

走査によって取り出される電荷量 Q_{dn} はターゲットの放電の時定数 τ_B に対し、

$$Q_{dn} = Q_n \{1 - \exp(-\Delta T / \tau_B)\} \dots\dots\dots (4)$$

で得られ、出力電流 i_{sn} は

$$i_{sn} = Q_{dn} / \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

で与えられる。 ΔT は、1画素当たりの走査電子ビームの滞在時間である。 i_{sn} の数値計算により、 $n > 30$ ではほぼ定常状態に達することを確認し、更に安全を見込んで、 $n \geq 50$ でフリッカ雑音の解析を行なった。

フレーム周波数 f_R として25Hz、30Hz及びそれぞれのインタレース方式の場合を考慮して50Hzと60Hzをとり、光源の電源周波数 f として50Hzと60Hz、パラメータとしては、光源のちらつき度C、時定数 τ_B 、位相定数Dを取り上げた。

(3)、(4)、(5)式を用いた数値計算の結果、 τ_B が強く影響し、 $\tau_B > 10^{-2}$ で i_{sn} の変動が著しく減少することが示された。また f と f_R の組み合わせに従い、5、10、20、25Hz

の i_{sn} の変動、すなわちフリッカの周期が明確に得られ、位相定数によっても10%程度の幅で変動することが示された。画素によって位相定数Dが変わるため、後者は画面上に縞が現われることを示す。

光ダイオードによる測定で、けい光燈のちらつき度Cとして0.5~0.6を得、この値をもとに、残像値の異なるシリコンターゲットビジコンを用いて実験を行なった。

ラインセレクト法による出力電流の測定の結果、残像とフリッカの関係は解析と比較的良好一致を示し、フリッカ雑音を1%以下にするためには32%以上の残像が必要であることが分かった。また出力電流に20Hzの変動周期がみられ、 $f=50\text{Hz}$ 、 $f_R=30\text{Hz}$ でインタレース方式の解析と一致し、画面上には数本の縞が観測された。

このような実験との比較は解析の妥当性を示し、この解析によりけい光燈照明下のフリッカ雑音の性質を、定量的に把握することができた。