

化学プラントの計算機制御についての考察

One Practical Study on Computer Control Systems of Chemical Plants

青 木 大 也*
Daiya Aoki

要 旨

化学プラントの大形化に伴う技術的問題に対処する一つの方策として計算機制御の適用を考え、その経済性の考察と計算機制御への期待とを述べ、さらに実際のプロセスへの適用に際して起こる問題点について考察し、その具体的な解決方法として中間変数を用いた間接制御方式の可能性について述べる。

1. 緒 言

化学プラントへの計算機制御の適用は過去 10 年間絶えず検討されてきた。しかし、現在の化学プラントにおいて使用されているデジタル計算機の大部分はデータ処理のものである。ごく最近になって DDC (Direct Digital Control), シーケンス・コントロールなどの目的での使用が始められたが、本格的なプロセスの計算機制御の実施例はきわめて少ない。このように化学プラントの制御面における計算機の利用はほかの装置産業、たとえば電力、鉄鋼、石油精製などと比べて、必ずしもじゅうぶんな進展をみせているとはいえない状態である。しかしながら、今後の化学プラントに求められている大きな技術的展開を想定するとき、計算機利用技術の積極的導入なしにはじゅうぶんな発展は望み得ないものと考えられる。

従来、化学プロセスに対してはその化学的反応が数値的にとらえにくいという理由で⁽¹⁾、プラントと計算機との接近がためられてきた。現状ではプロセス制御における計算機の導入はプラントの運転制御技術と計算機利用技術との境界を埋める作業であって、しかもそれはプラント設計の場において実現されるものである。したがって、これら三つの部門が同一の場において互に接近を図ることが新しい計算機制御技術の開発にとって不可欠の前提条件であろう。

幸い筆者らが最近担当したプロジェクトにおいて化学プラントへの計算機制御の導入を試みて一応の成果を収め、引き続き二、三のプロジェクトにも応用しつつあるので、その一連の作業に際して気づいたことをプラント設計の立場から述べ、相互の接近のためのご参考としたい。

なお、現在広い意味での計算機制御には大別して次の五つの段階があると考えられる。

- (I) データ処理による計測値の記録と監視および操作員への作業指示 (EDP)
- (II) 工業計器のアナログ動作部分のデジタル計算機による集中的置き換え (DDC)
- (III) 操作員の行なう順序動作の計算機による置き換え (シーケンス・コントロール)
- (IV) 操作員の行なうプロセス状況の判断と制御動作の計算機による置き換え (プロセス・コンピューティング・コントロール)
- (V) プラント管理者の行なう範囲の判断動作と生産計画の管理 (ハイアラキー・コンピュータ・コントロール)

これらの各段階はそれぞれ独立したものではなく、一つの段階を実施する場合には必ずそれ以前の段階の制御の全部または一部を含んでいる。プラントの計算機制御の最終目標は(V)の段階であり、そのためには(IV)の段階の開発が不可欠である。今回われわれが手がけたものも(IV)の段階に相当するものであるので、本稿において

は計算機制御の意味を狭義のプロセス・コンピューティング・コントロールとして用い、主として(IV)の段階のものについて考察を進めるものとする。

2. 化学プラントの動向

2.1 化学プラントの課題

化学プラントへの計算機制御の導入問題を考えるにあたって、まず現在の化学プラントに与えられた課題は何かを考えてみたい。

周知のとおり、わが国化学工業界の発展は誠に目ざましいものがあり、その生産量においてもほとんどの業種が世界有数の規模に達しつつある。このすう勢は今後ますます拡大のテンポを早めていくものと考えられる。現在の化学工業界のこの急速な膨張をささえているものは生産規模の拡大による製品のコストダウンであり、それによって得られるより高い経済性の追求である。すなわち、装置の大形化によってもたらされた製品のコストダウンは新たな需要を喚起し、その拡大された需要を背景としてさらに次の段階の大形化が可能となるという一つの循環的なパターンが定常化しつつある。

もちろん、装置産業における経済性追求の方策としては、全く新しい着想によって有利な製造方法(新しいプロセス)を開発してコストダウンを図ることや、製品の付加価値を高めて販売を有利にすることなどがあるが、いずれも研究開発に膨大な投資と期間を必要とする。この点、装置の大形化による方法は安全でしかも即効性が高く、加速度的拡大が可能となるので成長期の装置産業をささえる最も有効な手段と考えることができる。

図 1 はわが国における化学プラントの規模拡大の推移を示すもので、ほとんどの業種において過去 10 年間に 5~15 倍になっている。このため新設される化学プラントの設計に際して常に要求されることは、1 系列あたりのプラント処理能力の飛躍的大容量化であって、多くの場合既設プラントを基礎とするスケールアップの形となる。しかし、単なる機器サイズの比例的大形化ではたちまち技術的限界に達して、以後の大形化による経済性の追求が不可能になる。したがって現在の化学プラント設計に対し要求されていることは、単なる装置の大形化のみではなく、むしろ装置の性能改善による経済性の向上の要素を多分に含んでいると考えるべきであり、それによって将来にわたるいっそうの大形化を可能にしようとするものである。

このような情勢を背景として最近の大形化学プラントの設計に際しては、次の三つの基本的問題に対する解答が常に要求される。

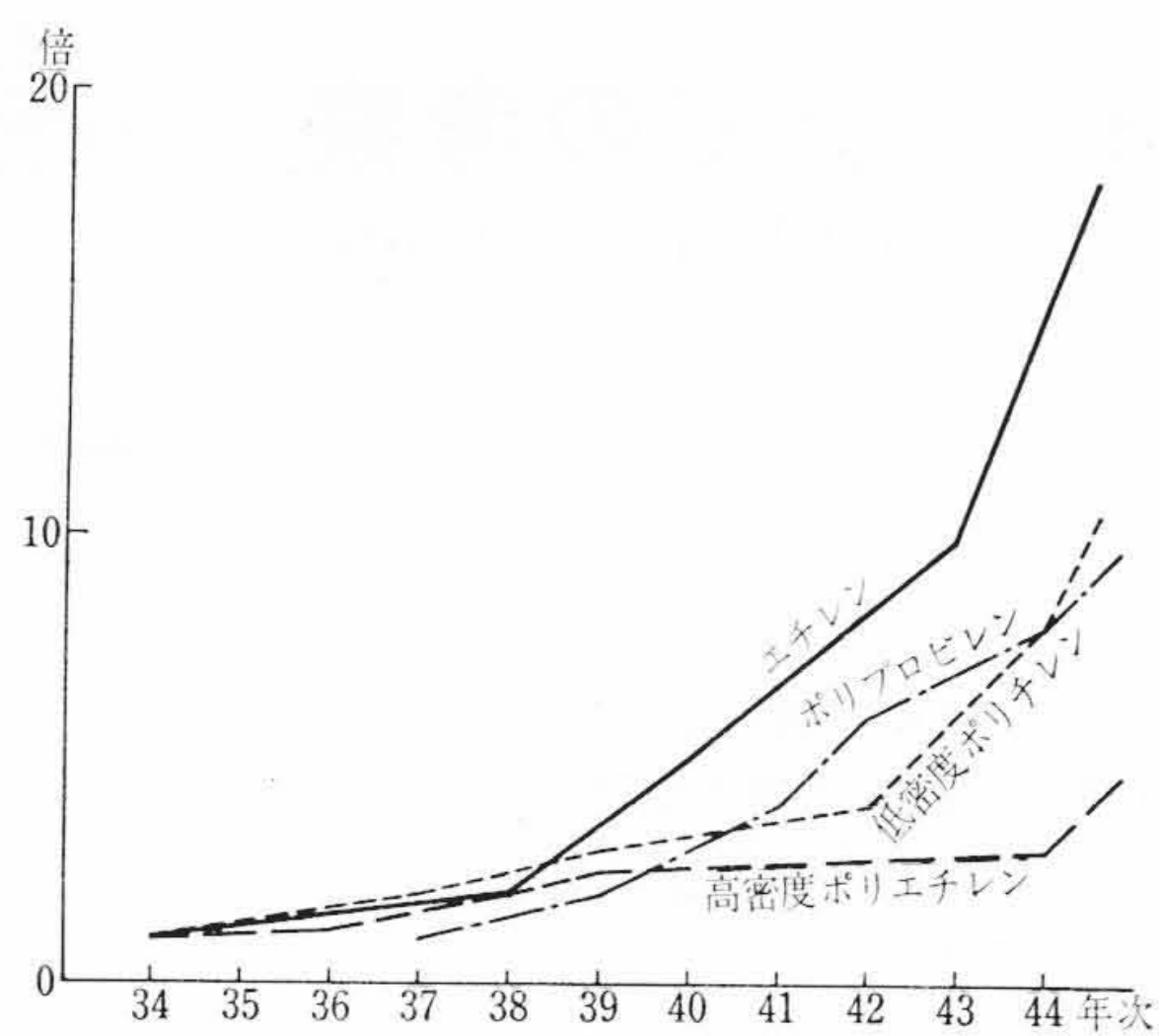
(1) 装置の高性能化

装置の設計にあたって経済的製作限界を越えることなくいっそうの大容量化を可能にするためには装置の性能改善が前提となり、そのため装置の限界の運転条件の探索とそれに基づくプロセスの改善がなされなければならない。

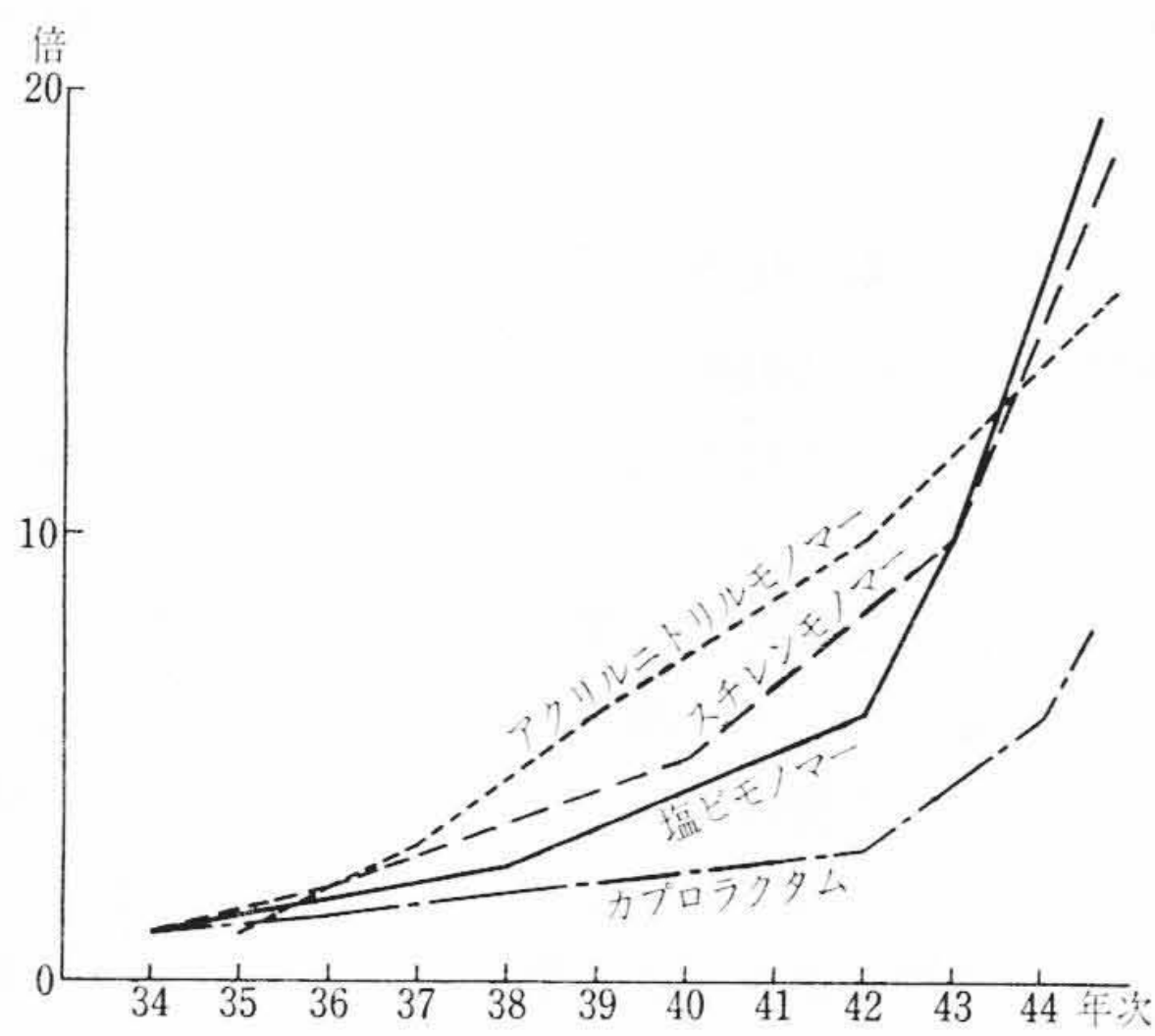
(2) 計測制御法の改善

装置が大形化した場合、それに伴って計測および制御の困難性

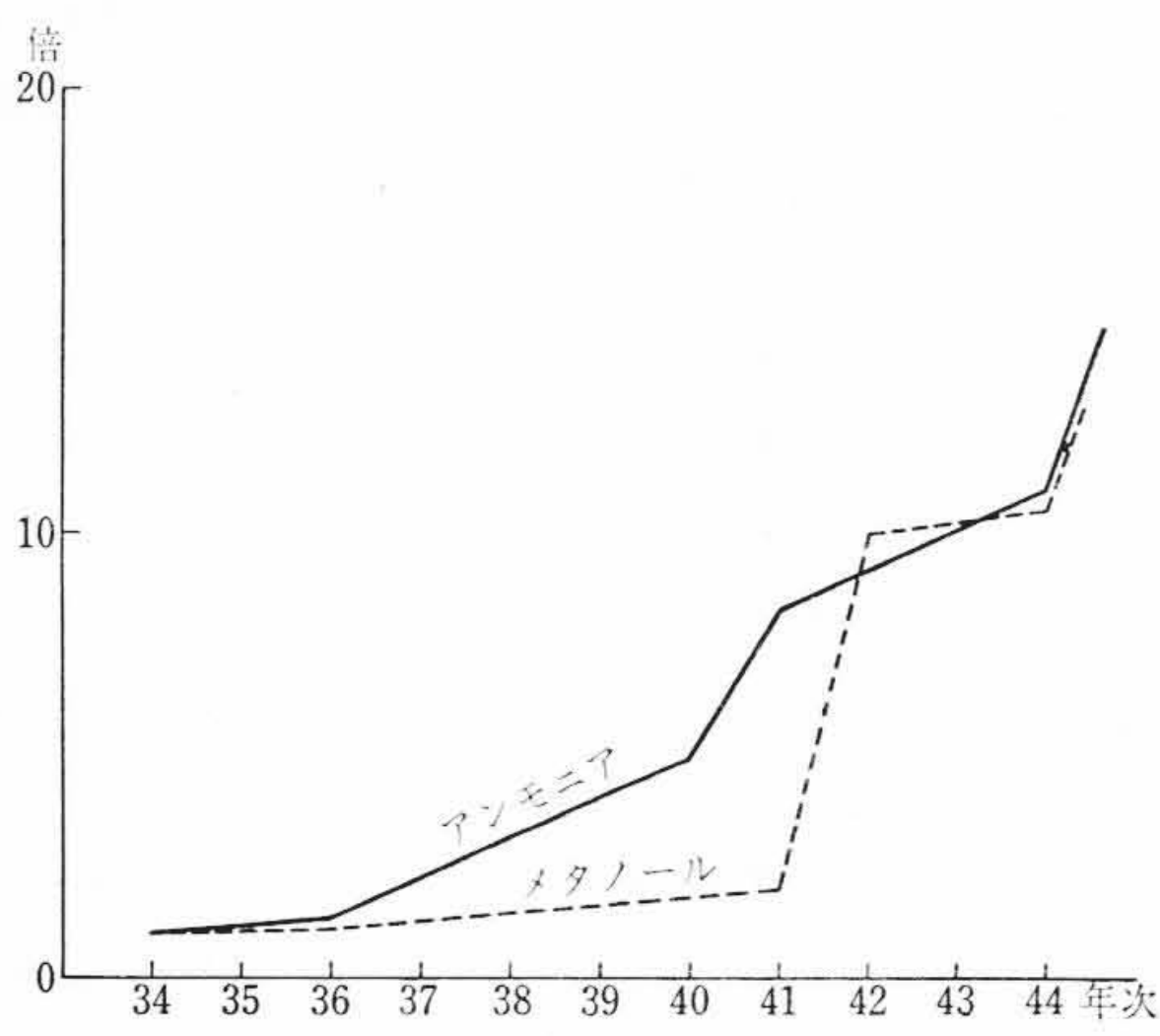
* 日立製作所化学プラント技術本部



(1) エチレンおよび誘導品ポリマープラント



(2) 高分子原料モノマープラント



(3) 無機合成プラント

図1 化学プラント1系列規模の推移

(昭和34年基準)

も増大する。化学プラントにおいては、制御性の低下は直ちに製品収率および品質の低下に結びつくので、装置の大形化に際しては常に可能な限りの計測および制御法の改善を行なうことが必要である。

(3) 信頼性の向上

装置の大容量化に伴って稼働率低下による損失の絶対値が比例的に増大する。このため装置の信頼性についてはいっそう向上が必要である。また、これは運転操作の信頼性についても同じで、誤操作による不良品の発生はより多くの損失を招く。したがって誤操作を防ぎ、安定した運転を持続させるため、最大限の努力が払われなければならない。

すなわち、最近の大形化された化学プラントにおいては常に限界に近い過酷な操作条件のもとで運転が行なわれているので、より高度の制御性とより高い信頼性が絶えず求められている。したがっ

て、これらの問題に対して積極的に取り組み、可能な限りの効果的解決策を案出することが現在のプラント設計に与えられた最大の技術的課題である。

2.2 計算機制御への期待

前述の課題にこたえる手段の一つとして化学プラントへの計算機制御の導入を考えると、制御性の改善と安定運転の自動的持続という点で大きな効果が期待される。しかし、これらの効果を達成するためには計算制御によって処理しなければならない制御の目標は下記のような広がりを持たねばならない。

- (1) 生産量の最大化
- (2) 品質の一定化
- (3) プロセス状態の異常防止

従来の計算機制御はプロセス条件の最適化計算による収率最大のみを制御の目標とするものが主体であった。しかしながら、この方法のみでは一般の化学プラントにおいては、あとに述べる理由により、計算機制御の効果は必ずしも大きく期待できない。

化学プラントに計算機制御を導入してじゅうぶんな成果をあげるためには、制御の目標を品質の一定化とプロセス状態の異常防止にまで広げる必要があり、これによってプラントの安定運転が長期間持続されるならば、稼働率の上昇と製品不良率の低下とから生産量最大化の目標もあわせて達成できると考えるべきであろう。特に最近発展の著しい高分子重合のプラントのようにプロセス状態の変動が製品の物性に大きく影響を及ぼすような場合には計算機制御による品質の一定化制御には大きな効果が期待できる。

また、計算機制御導入の結果として副次的にプラント運転操作員の削減の効果も期待でき、さらに将来の問題としてはプラントの自動起動および停止の実施による工場無人化にまでつながる可能性も含んでいる。

しかし、いずれにしても計算制御の導入がプラントの大形化を可能とするための一手段として行なわれる場合には、それが既設プラントのスケールアップの形であったとしても、プロセス特性が未確認のままプラントの建設と並行して短期間で新しい計算機制御技術の開発を行なわねばならぬという非常に困難な問題に当面するので、これを克服する方策が考えられなければならない。

3. 計算機制御の経済性

3.1 経済性を見通し

化学プラントに限らず計算機制御の導入計画にあたってまず第一に通らねばならぬ関門は計画実施による期待利益の評価であろう。化学プラントにおいてもこれまで幾つかのプロセスについて試験的な計算機制御が導入され、技術的には効果の高いものであることが証明されているが、いまだ一般に普及するに至っていない一つの理由は経済的効果が必ずしも高くなかったためと考えられる。確かに過去における制御用計算機の価格はきわめて高価なものであったため、その導入による経済的メリットを追求する場合、過大な期待利益が必要となりそれに見合うじゅうぶんな制御効果が達成し得なかったものと考えられる。

しかるに、最近の飛躍的な機能改善によって性能のよい制御用計算機が比較的安価に入手可能となってきたこと、およびプラントの生産規模が急速に拡大したことによって期待利益の絶対額も比例的に増大しているの、現在化学プラントの計算機制御導入による収支のバランスは急激に改善されつつあるといえよう。たとえば日立製作所 HIDIC シリーズの制御用計算機によるプロセス制御を考えると、導入に要する経費はソフトウェアの開発も含めておおむね $10^7 \sim 10^8$ 円の範囲である。これに対して大形化された最近の化学プラント1系列あたりの年間生産高は表1に示すとおりほぼ $10^9 \sim$

表1 最近の大形化学プラントの年間生産額

製 品 名	プラント規模 (t/y)	製 品 単 価 (円/t)	年間生産額 (円)
エ チ レ ン	300,000	25,000	7.5×10^9
高密度ポリエチレン	40,000	130,000	5.2×10^9
低密度ポリエチレン	40,000	90,000	3.6×10^9
ポリプロピレン	40,000	130,000	5.2×10^9
塩 ビ モ ノ マ ー	200,000	40,000	8.0×10^9
スチレンモノマー	100,000	60,000	6.0×10^9
アクリルニトリル	80,000	100,000	8.0×10^9
カプロラクタム	60,000	150,000	9.0×10^9
ア ン モ ニ ア	300,000	30,000	9.0×10^9
メ タ ノ ー ル	150,000	30,000	4.5×10^9

10^{10} 円に達している。この比率は計算機制御の導入によって生産量が1%増加したとすれば、一年間の増収分によって導入経費がまかない得るものであることを意味している。もちろんこれは導入経費の償却が1年間で可能であるということではないが、同一設備を用いての増収分は原材料費の負担のみとみてよいから利益率はきわめて高く(通常30~40%)償却年数としては2~3年を見込めばよいこととなる。

一方、プロセス制御の面から考えても1%の生産量増加に見合う制御効果を上げることは決して過大な期待ではない。したがって、大形化学プラントにおいては計算機制御の導入は一般的にはすでにじゅうぶんな経済性を発揮し得る段階に立ったと考えてよいであろう。

3.2 予備検討と経済効果の判定

計算機制御の導入経費の目安をプラント年産額の1%とすれば、導入の経済性がじゅうぶんに成り立ちうることは前述のとおりであるが、実際に一つのプラントに対して計算機制御を導入するにあたっては、最初にそのプロセスについての計算機制御適用の技術的可能性とそれによる経済効果とが明確に示されなければならない。

このため導入に先だって通常図2に示すような一連の作業が行なわれる。すなわちこれが予備検討作業であって、その内容はプロセスのスタディに始まり、各種のデータ解析を経て制御モデルの組み立てに至る技術的検討と、この作業の過程で推定される制御の効果と所要計算機規模とから具体的な経済効果の算定が行なわれる。

予備検討において最も重要なことは、この作業によって実現可能な計算機制御システムの基本構想が決定されることであって、このためプラントの設計技術と運転制御技術と計算機利用技術とが密接に結びつけられなければならない。したがって、予備検討の作業を完結させるためには長期間にわたる上記三者の共同作業が必要であり、新しい制御システムの案出のためには通常6ヶ月から1ケ年の検討期間が必要とされる。

この作業の問題点は、計算機制御導入の可否を決定する経済効果の判定がこの作業の最終段階においてしか行ない得ないので、導入の可否の決定以前に計算機制御システム開発の最も高度な技術的検討を終わらせておかねばならないということである。したがって、予備検討は一つの独立した作業であって、完全なコンサルティング業務とみなすべきであろう。

4. 化学プラント運転制御の原理

4.1 プラント設計の立場と運転制御の手法

計算機制御技術開発のための前記三者の接近を図るため、まずプラント設計の立場から運転制御の手法について原理的説明を行なってみたい。すなわち、本来化学プラント設計の手法は多くの場合プロセスの静定状態における運転条件を基本設計の条件とし、それに起動停止などの非静定時に最大最小となる限界の運転条件を経験的に加味して、装置構成要素の能力を決定するという巨視的方法が採られている。通常のプラント設計においては、この方法によってほ

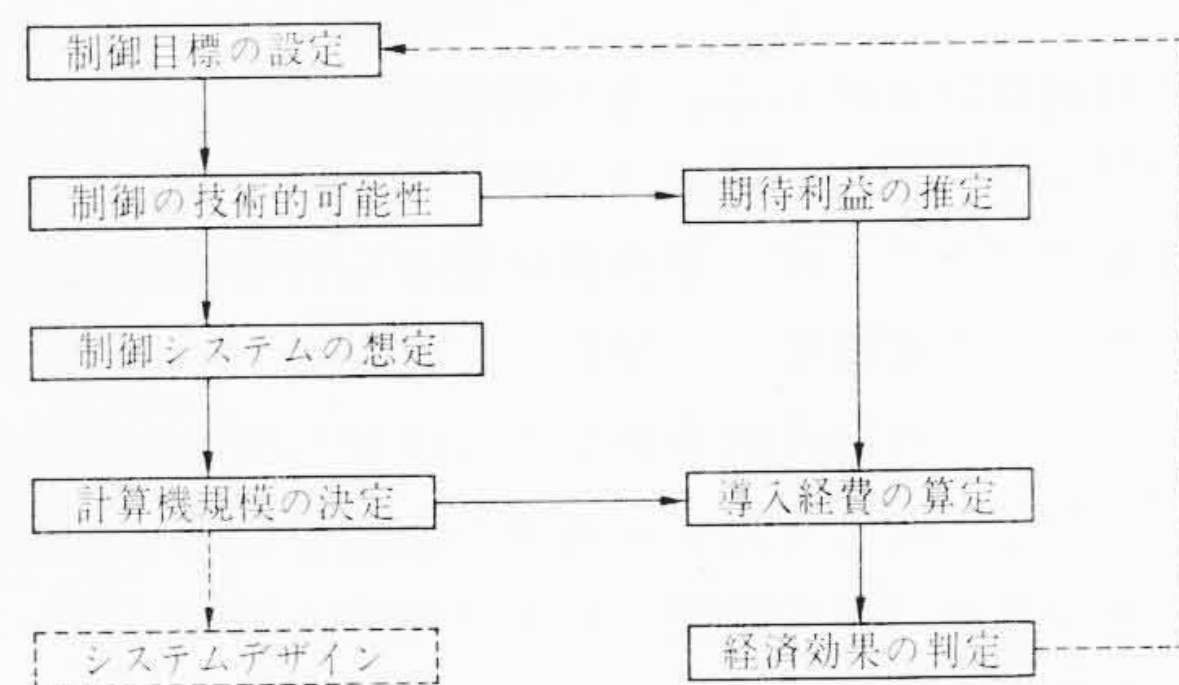


図2 予備検討の作業手順

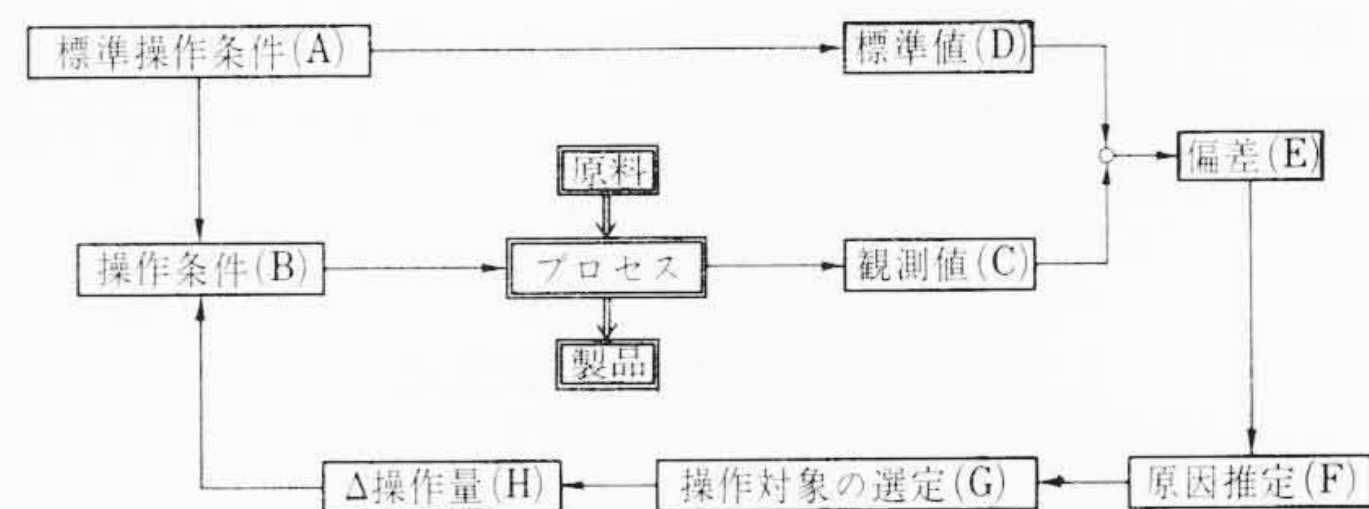


図3 運転制御の原理

とんどすべての必要にしてじゅうぶんな条件が満たされ得るのは、連続プロセスの場合静定状態の維持がプロセス成立の前提条件となっているからである。したがって静定状態を保つためのプロセス条件の制御は通常ローカルループごとの一定値制御であり、プラントの静定状態は初期の運転によっては握された各操作量の最も好ましい組合せをそれぞれ単独に維持すれば容易に達成できるのである。そして、好ましい静定状態を持続させるための微少範囲での操作量の設定値変更は、多くの場合運転操作員の体験によって会得された判断にゆだねられている。もちろん、この経験的判断の基準は試運転中の許された範囲内での試行によって定量化され体系化されて「運転指針」として以後の運転操作の規範とされるが、実際には設定値変更の最終的決定は操作員の判断にまかされている。したがって、現実の運転制御に際しては操作員の個人差がはいり込む余地がある。

一方、プロセスの計算機制御システムを考える場合、通常まず第一に必要とされるものは、プラントの静定状態と非静定状態との間の過渡的特性であり、さらに静定状態を維持するための微視的プロセス動特性の数値的には握である。しかし現実のプラント運転において、これらプラントの動特性が系統的には握されていることはほとんどない。

この立場の相違が化学プラントと計算機制御の結びつきを困難なものとしている理由の一つであろうと考えられる。

4.2 運転制御の原理

連続プロセスの運転制御において操作員の行なう各種操作の中からプラントの静定状態を保持するための制御動作を取り出して、その動作原理を図式化すると図3に示すものとなる。これは比較動作と判断動作との結合動作である。

すなわち、標準操作条件(A)は前述の「運転指針」であり、それに基づいて決定された当初の操作条件の組合せ(B)がプロセスに与えられ、その結果プロセスがある状態で静定し観測値の組合せ(C)と、「運転指針」から与えられた標準値の組合せ(D)とを比較して偏差(E)がなければ、それによって操作員はそのプロセス状態が好ましいものであると判断する。もしここでなんらかの原因により観測値(C)が変動し、標準値(D)との間の偏差(E)が生じたとすると、操作員はそれによって原因推定(F)を行ない、修正に必要な操作対象の選定(G)とΔ操作量(H)とを決定して、操作条件(B)の設

定値変更を行なう。この操作によって観測値(C)が元に戻ったことを確認して制御動作を終わる。万一観測値の復旧が不じゅうぶんで標準値との間になお偏差が残れば、同様の制御動作が繰り返される。

ここで注視すべきことは、操作員に課せられた制御動作は直接的に制御の目標——生産量最大、品質一定化など——を達成することではなく、プラントの物理的条件にのみ注目してこれを一定許容範囲内に押えこむことによってプロセスの状態を好ましい静定状態に保持することであり、その結果として間接的に制御目標を達成していることである。

このことは、プロセスの計算機制御を行なう場合、必ずしも制御目標を直接的に制御することを考える必要はなく、「運転指針」によって基準化された操作員の判断動作と同一の手法を用いることにより間接的に制御の目標を達成することができることを意味している。

5. 制御方式の組み立て

5.1 基本的考え方

計算機制御システムの基本構想を決定するに際して、まず最初に制御の目標が設定されると、それを実行するための制御方式の組み立てが行なわれる。

制御方式組み立ての基本的な考え方は前述の運転制御の原理図3を出発点とすることができるが、限られた計算機能力の範囲内で処理するためには多くのくふうと簡略化のための考慮が必要である。特に、偏差(E)が検出されてからΔ操作量の決定(H)に至る一連の判断動作についての処理が重要で、その間の因果関係のは握のし方と程度によって制御方式組み立ての基本的考え方が方向づけられる。すなわち、この因果関係が明確な数値モデルの形をとりうるか否かによって、次の二つの方向にわかれる。

5.2 直接制御方式

プロセスの動特性が確実に握され、幾つかの要素の組み合わせから成る操作条件(原因)と観測値(結果)との関係が数値モデル(シミュレーションモデル)として表わされる場合、制御方式は図4の形をとることができる。すなわち、制御目標に対応する観測値に偏差を生じた場合、シミュレーションによって原因を追求し、修正すべき操作対象と最適Δ操作量を決定して操作条件の修正を行なわせることは可能である。

しかし、現実のプラントにおいてプロセス動特性を明確には握して数値モデルの形とすることは困難な場合が多い。特に化学反応を含む系におけるプロセス動特性のモデル化は非常にむずかしく、さらにそれが製品の品質(物性値)の制御をも含む場合には現状ではほとんど不可能と考えるべきで、品質モデルの開発にはきわめて基礎的なことから積み上げが必要である。

したがって、この制御方式が現実適用可能な範囲としては、化学反応を含まないプロセス(たとえば蒸留プラントなど)、および化学反応を含むものにあっては制御の目標が量的最大化のみで品質(物性値)の制御を必要としないプロセス(たとえば無機化学プラントなど)と考えるべきであろう。これらのプロセスの範囲内においては、この制御方式は直接的に制御目標の最適化制御が行なわれるので計算機制御の方式としては最も好ましく、制御の効果も大きく期待できる。しかし、この場合においても、実際のプラントにあっては測定不能の外乱や内部要因の変化が存在するので、これらの変動に対する制御モデル上での対策が考慮されなければじゅうぶんな制御効果は期待できない。

5.3 間接制御方式

プロセス特性の詳細が明確には握できず、したがって制御用数値モデルを作り得ない場合には前述の運転制御の原理に基づいて制御

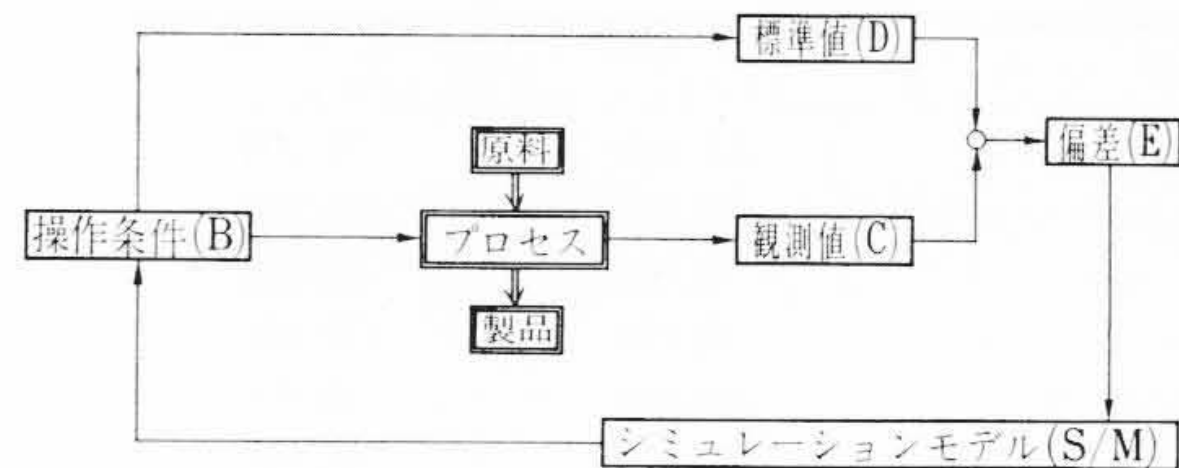


図4 直接制御方式のブロックダイアグラム

方式の組み立てを行なうことができる。すなわち、制御値に偏差が認められてから原因を推定して操作対象を選定し操作条件の変更動作を行なうまでの作業過程において操作員の行なう判断動作を追求し、これによって計算機の処理可能な制御用ロジックを組み立てることにより一つの計算機制御の方式を作成することができる。

これは前章に述べたように、プラントの物理的条件にのみ注目してプロセスの状態を最も好ましい状況に保持することによって、間接的に制御の目標を達成する手法である。この手法において操作員の行なう判断動作の解析と制御ロジックの組み立ての方法としては次の三つの方向からの追求が必要である。

5.3.1 運転データの解析

過去の運転データからまず観測値に変動を与える要因の分析を行ない、相関関係を明確には握することにより、変動除去のための最も効果的な操作条件の修正法を見いだすことができる。しかし、この作業によって変動の要因が分離され、その効果が定量化されても、多くの場合それは単独の効果であって、幾つかの要因が組み合わさって起こる変動についての明確化は困難である。

したがって、データ解析のみによる因果関係のは握のみでは、制御目標が非常に簡単な機作によって制御可能な場合にしか適用できないが、この作業を行なうことによって全体的プロセス特性の理解には非常に役だつとともに、変動要因の中から操作因子と外乱因子とが分離できるので、以後の制御制改善にはきわめて有効である。

5.3.2 運転指針の利用

現実にかかるプロセス状態の変動は通常複数の観測値の変動として現われる。したがって、制御目標に相当する観測値に変動が起こった場合、それ以外の観測値の変動の様相により原因を判断することができる。この判断の手順は多くの場合運転指針として示されているので、これに基づいての制御用ロジックの組み立てが可能である。

しかし、この運転指針の利用にあたっては、必ず操作員の作業を実際に観察し、さらに面接調査をも行なって操作の実状を詳細には握すべきである。これは運転指針が標準的操作を示すものであって、優秀な操作員ほどこの標準操作に追加または省略すべき操作を知っているからである。また、運転指針は操作員の高度の判断を基準として成り立っているものであるから、これをそのまま忠実に計算機に実行させることは計算機にはきわめて大きな負担となるので、制御用ロジックの組み立てに際しては多くの簡略化が必要であるが、それと同時に簡略化によって起こる制御性の低下を補うことがじゅうぶん考慮されなければならない。

5.3.3 中間変数の想定

熟練した操作員は多くの観測値変動の中から直ちに原因を推定して的確にプロセス状態を一定に保つための制御動作を行なうことができる。これは多くの観測値の中にプロセス状態の変動を特長的に示す少数の特殊な観測値が存在することを経験的に知っており、それらの観測値の変動の様相からプロセス変動の原因を正確に判断し得るからである。

したがって、制御用ロジックを組み立てるにあたっては、その

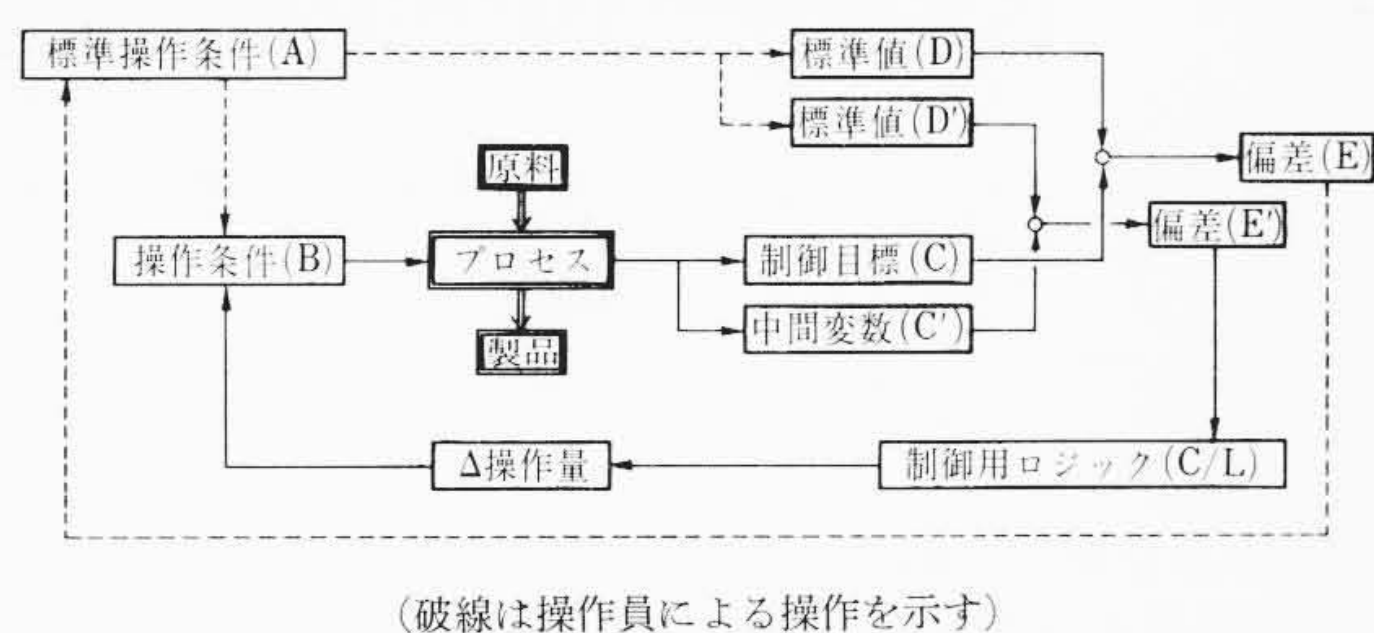


図5 間接制御方式のブロックダイアグラム

ような特性を持つ観測値が操作条件と最終的制御目標との間に存在するものと想定してデータ解析を行なうべきである。もし、多くの観測値の中からこのような特性を示す中間変数(観測値)を見いだすことができ、その挙動を意味づけることができれば、制御用ロジックが著しく簡略化されるばかりでなく、効果の高い確実な計算機制御が可能となるので、この手法は実用的計算機制御方式の作成にあたって一つの重要な要素と考えられる。

5.4 中間変数を用いた間接制御方式

中間変数を用いた場合の制御方式を図5に示す。観測値は制御目標に対応するものと、中間変数とに分離されて制御用ロジックが組み立てられる。制御目標が複数である場合には、それぞれに対応する複数の中間変数の使用が必要である。

この方式は制御動作がプロセス状態に密着した中間変数を基準として行なわれるので、もし制御目標に対応する観測値に測定が遅れがあっても制御がじゅうぶん可能であるという大きな利点がある。したがって、中間変数による間接制御方式は高分子重合反応の制御のように、反応生成物の物性(製品の品質)の制御を必要とする場合には不可欠の要素である。すなわち、通常高分子重合物の物性値の測定には種々の前処理が必要で測定にかなりの時間遅れが生じるので、多くの場合直接制御方式を採り得ないからである。

6. 制御システムの構成

制御方式の決定とともに、計算機制御システムの基本構想を決めるための大きな構成要素は最適化の手法と計算機バックアップシステムとである。

6.1 最適化の手法

プロセスの計算機制御システムの中に最適化の手法を取り入れることは制御の効果を高めるものとしてきわめて好ましいが、これを直接オンライン処理に結びつけることは計算機の負担を著しく大きくするので、実際の制御システムの構成に当たってはその効果をじゅうぶんに見きわめておくことが必要である。このためプロセス制御における最適化の意味は次の二つに分けて考えらるべきである。

6.1.1 運転条件の最適化

連続プロセスは本質的にプロセスの静定性の上に成り立つものであり、そのため外乱の因子は制御以前において可能な限り排除されている。したがって、一つの最適結果を与える操作条件はほとんど一つの組み合わせに限定されるので、運転条件の最適化は当初行なえばそれ以後随時繰り返して行なうことは必ずしも必要でない。すなわちこの場合の最適化はむしろ装置の能力を最大限に発揮させるための限界の運転条件の探索の意味と考えるべきである。このため、計算機制御システムの中で運転条件の最適化をオンラインで行なわせることは計算機の負担を大きくする割には効果が少ない。ただし、長期的にはプラントの機能には変化がある——たとえば、充てん式触媒の劣化、伝熱管内外面のスケールの堆積など——ので、このような内部的状況の変化に対する操作条件の組合せ変更の処置は、上記オンライン処理とは区別して

考慮すべきである。

6.1.2 制御動作の最適化

この場合の最適化の意味は、具体的には一つの制御目標を達成するために選ばれた1操作量が果たして好ましい結果を与えるであろうかの予測と、その1操作量がほかの制御目標またはプロセスの安定性に有害な影響を与えないかの予知とである。したがって、プロセスシミュレーションを使用しない間接制御方式においては、制御ロジックの妥当性の問題であり、あらかじめなんらかの方法によってロジックの正しさが証明されていればよく、この場合にもオンライン処理の必要はない。ただし、複数の制御目標に対する制御動作の相互干渉の除去方式については制御ロジック内での別の処理が必要である。

6.2 バックアップシステム

計算機制御を行なう場合、計算機の故障時対策は制御システムの経済効果を左右する大きな問題である。特に化学プロセスにおいては制御系の故障は直ちにプラント停止につながり、装置の稼働率を低下させるばかりでなく、起動停止に伴う製品ロスを増加させるので極力避けるべきである。このため計算機故障に対する自動バックアップシステムの採用が考慮されなければならない。現在システム構成にあたり考えられているバックアップシステムとしては次の三つの段階がある。

(1) 完全デジタルバックアップ

同型の計算機を2台使用し、内1台を予備機とする。

(2) 部分的デジタルバックアップ

常時2台の計算機を使用し、1台が故障の場合はほかの1台に緊急操作のみを行なわせる。

(3) 工業計器によるアナログバックアップ

計算機は常時1台使用とし、故障時は工業計器による制御に自動的に切り換える。

(1)および(2)のデジタルバックアップはいずれも計算機を2台必要とするため現状では化学プラントの制御用としては経済的負担が大きすぎる。(3)のアナログバックアップ方式は計算機としては必要最小限のもの1台のみでよいので経済性は高い。また、従来の工業計器による制御機能をそのまま存続させることは、実際の運転管理面では便利である。ただし、この場合工業計器のDDC化はできないので、セットポイントステーションによる間接的設定値変更の機構と、計算故障の場合の制御信号のホールド機構とが必要である。

7. 結 言

以上、化学プラントにおける計算機制御の実施に際して気付いた大きな問題について述べた。

今後の大形化する化学プラントに与えられた課題に対処する技術的方策として、プロセスの計算機制御の導入はきわめて有効であり、その経済性についてもじゅうぶんな可能性を持つに至ったものと考えられるので、今後はこの方向での化学プラントの技術的改善が急速に進むものと期待される。

また、従来プロセス特性のは握が困難なため本格的な計算機制御の採用がはばまれてきた化学プロセスについても、中間変数による間接制御方式が実用上じゅうぶんな制御性を持ち経済効果もきわめて高いことが実績的にも証明されているので、今後は直接制御方式のみによらずこの方式がじゅうぶん検討され、数値モデル化の困難なほかのプロセスにおいても積極的な計算機制御の導入が図られるべきであろうと考える。

参 考 文 献

- (1) 日本電子工業振興協会編：工業用コンピュータの利用に関する調査報告書 115 (昭 44-6) 日本電子工業振興協会