

自動制御を実施するための心構え

沢井善三郎 ・ 森 政 弘

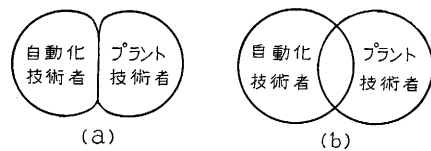
1. はじめに 自動制御の必要性が叫ばれ、その実施が緒についてからもう 10 年以上にもなり、各種の大規模な連続プロセスを用い、工場では、今日自動制御の実施は一通りでき上がったとみられている。したがって、表題にかかげたことは、すでに常識化されたことで、一見いまさら声を大にして述べる必要もなさそうに思われる。だが、ここで筆者らが述べようとしているのは、それとは異なった、むしろ今後のわが国での——とくにバッチプロセスの連続プロセスへの切換えが困難な工業での——自動化の実施に対する、より高い立場からの心構えであると信じている。

たしかに、ひと頃までの自動制御——フィードバック制御——実施への第一の心構えであった動特性に重点を置くことは、現在ではほとんど常識化してしまっているので、ここではその点とはとくに強調しない。それよりも、フィードバックだ、動特性だ、というだけのことにとらわれるのではなく、もっとすなおに、虚心に、プロセスの自動化というものを見つめ、広く融通自在に活用可能な技術を動員することが、自動制御の真の意義を具現するためにぜひ必要であることを示し、そのための心構えや諸注意を筆者らのいくつかの体験を通して述べようと思う。

2. 目的の明確化と共同作業 何ごとに限らず、目的が不明では手の出しようがないことはいうまでもない。目的が定まって、初めてその目的達成の方法の検討が可能になる。したがって目的の明確化は当然すぎることで、これをことさらに上げること自体が不思議に思われるだろうが、いざ実際問題となると、枝葉末節の複雑な技術の問題にとらわれていて、目的の不明あいまいな場合が非常に多いことは、笑ってすまされない事実である。

たとえば、ここの流量を、制御してくれ、という形で自動化の要求が出る場合がある。ここでその要求された流量をフィードバック制御することは、規格化され市販されている PID 調節計を持ち出せば、たいていの場合簡単にでき、実際、これで「自動化を行なった」、「うまく制御できた」、とされていることがかなり多い。だがそれで真に自動化の目的* が達せられたかどうかは、あるいはその目的にちょっとでも近づきえたかどうかさえ

も、疑問な場合が多い。計器をずらりと並べ、計装費をこんなにつぎ込んだのに、この程度の成果しか上がっていない、というのはこのような安直な行き方——皮相的な要求だけを満たせば足れりとする。第 1 図 (a) のように自動制御技術者とプラント技術者とが境を接しているだけでオーバーラップしない行き方——の集積の結果であることが多い。



自動化技術者とプラント技術者とが、(a) のように境を接しているだけの態度ではよい自動化の実施は困難である。(b) のように互にオーバーラップした共同が必要。

第 1 図

筆者らの経験では、上記のように安易に市販の規格調節計だけを持ち出す前に、その制御量は果たして、そのプラントを自動化することによって達成しようとしている目的にかなったものかどうか、もっと別の制御量の方がより適してはいないかを一つ込んで調べてみると、案外自動制御という手段によって達成しようとしている目的が大いにあいまいで、したがって要求の制御量は目的達成に適切なかどうかを科学的に検討せずに制御の実施を急いでいる場合が多い。当然のことだがこれでは自動制御の成果が上がるはずはない。目的をはっきりさせる努力をしたおかげで、はじめの要求以外に最適制御量を見出すことができたことがある。“何のためにこの流量を制御するのか、流量よりも圧力を制御する方が目的達成へのより近い道ではなからうか” というたぐいの重要事項の検討は、目的が明確にされていてこそできるものである。この種の検討は場合によっては予想外の効力を発揮することがある。

さらに制御の方式に関しても同様のことがいえる。目的が明確に把握できれば、フィードバック制御で行くべきか、フィードバックなしの開ループの方が適当なのか、またプログラム制御にしても、希望のプログラム曲線に精密に制御量を追従させるのが重要なことなのか、それよりもプログラム曲線に対する追従精度はある程度低くても、プログラムの起動、停止、切換えを自動化すること（現在の市販プログラム調節計はこれに対する考慮はまったく払われていない）の方を第 1 とした方が合目的なのか、などということがおのずから決定できる。方

* 自動化の目的は、(1) 作業の高速精密化、(2) 製品の均一化と質の向上、(3) 人件費の節減、(4) 危険な場所、人手のとどかぬ場所での作業、(5) 装置建設の合理化、(6) その他 に分けられることは周知のとおりである。

式の検討に際しては、とくに目的を十分理解するか否かで自動制御実施の成果が大きく左右される。

また皮肉なことには、自動化の要求が出て、それを上記のように合目的的な実施をするよう検討を始めたところ、こんとんとしていた目的が明確になり、忘れられ、錯誤されていたファクタが明るみに出されて、自動化を行わなくてもそれらを整理するだけでプロセスの合理化ができる場合さえある**。

要するに、まず何を目ざし、何のために自動制御という手段を採用するのかという目的を明確に制御技術者もプラント担当者も把握することである。それには第1図(b)のようにこの両者が互いにオーバーラップして、制御屋は一時制御を忘れてプラント自体を理解することに、またプラント技術者は一時は制御技術者にさせられた覚悟で共同作業を進めることが必要で、それによってこそ合目的で有効な自動化が実施できると考える。

3. 系の全体的検討 自動制御実施のためには動特性にとくに注意を払うべきことはすでに常識化しているが、上記のような合目的的な自動化を行なうには、さらに広く深くプロセスの諸特性を知る必要がある。

これまで叫ばれてきた自動制御は単に制御量を目標値どおりに一定に保ったり、あるいは、ある曲線に従って変化させたりというような、いわば保持ないし追従の自動化であった。だが工員の作業中でこの保持・追従作業は(石油精製工業などではこれが占める比率がかなり大きかったとは考えるが)一部分でしかない。とくにバッチプロセスの連続プロセスへの切換えが、本質的に不可能な多様な製品を扱う工業や、経済的に困難な中小企業では、保持・追従作業以外の作業が非常に多い。たとえばバッチごとの仕込みでのバルブの切換え作業、加工品の掛け外し、工程結合、人間の目という極めて大量の情報量(4,300,000ビット/秒)を処理できる検出装置に頼った検査作業など、いわゆる市販の調節計によるフィードバック制御では自動化の手がかりさえも得られない種類の作業が多い。より合目的な自動化の実施には、これら保持・追従作業以外の作業の自動化を達成せねばならない。そのためには下記の点に留意することが必要である。

(1) プロセス特性——従来重要視されていた動特性ばかりでなく、さらに広い範囲にわたってのパラメータ変化も含めての過渡特性や、プラントの起動停止時や故

障時の諸注意などを、これまでの経験を参考にすると同時にその理論的な裏付けも考えつつ把握することが大切である。プロセス特性を明らかにしておけばおぼほど、よい成果がえられることはいうまでもない。

(2) 操作する人間も含めてのプロセス操業の分析——一見人間の動作は簡単なように思われても、その動作を解析してみると極めて複雑多様な動作をしていることに気付く(このことを社長、重役、その他の幹部はもっと認識することが大切だと考える)。ほとんどの場合上述の起動、切換え、保持・追従、検査、工程結合、掛け外し、停止、故障対策などの動作が有機的に結合している。これらの諸動作を残さず分析把握すること(できれば時間を横軸として表示すること)が必要である。

このように、人間(工員)の動作を分析し、その結果を自動化する、という考えからすれば、プロセス制御と呼ばれている従来のフィードバック自動制御はこれら諸動作のうちのほんの数分の1の追従や保持の自動化に過ぎないといえる。起動、切換え、故障対策などはフィードバック制御ではなくてタイミングと切換えと論理判断とが融合した、いわゆる Sequence 制御という形で自動化が実現される種類の動作である。またそれらの動作と追従動作とが結合すれば、Sequence 制御の中の一段階としてフィードバック自動制御が組み込まれることになり、これまで自動制御の主要装置として扱われてきた調節計は単なる一部分品としての座に格下げになることも多い。

さらに筆者らは、つぎのような経験をいくつか味わったことがある。工場の計測課(ないしは制御課)より、あるプロセスの自動化の計画を相談されたので、上記のようにプロセス特性、起動・停止時の諸注意、故障・停電時の応急処置法を初め、現在の手動による正常運転方法をつぶさに聞いた上で自動化を実施した。ところが装置をすえつけていざ自動運転開始という時にきて、現場の運転員から、計測課より初めわれわれに示された運転方法と実際の現場での運転方法(当然これは一致しているべきなのに)との相異を指摘されて驚いたことがある。このような現象の生ずる原因はつぎのように考えられる。(a)プロセス特性が複雑なため、その運転指針を与えるべき立場にある会社幹部(たとえば技術課)がプロセス特性を十分詳細に解析できぬ状態にあり、したがって実際の運転に必要な十分な指針を与えていない。

(b) 技術課から与えられただけの大まかな指針では不足なため、実際の運転者はその不足を補うように適当に気をきかして行なっている。(c) その状態がある年数経って、現場運転員の腕がものをいうようになり(もちろん運転員はただ昔流の**かん**に頼って操業しているのではなく、パネルにずらりと並んだ諸計器に頼ってはいるのだが)、その周囲に一つの殻が形成されてしまう。こ

** 1959年12月開かれた自動制御研究会の計算制御特別討論会で、電気試験所乗松氏より“大規模な系を対象とする計算機制御では、「もっとも合理化を効果的に行なうには、制御用の計算機を注文し、その受入れ態勢を整えた後、計算機の注文をとり消すことである」とさえいわれる”との発言があった。自動化の準備を真剣に行なうことの効果がどんなに大きいかかわかる。

うしてできた殻は容易には打破できない。計測課の係が、自動化の準備のために実際の運転の詳細を運転者から聞き出そうとしても、この殻がひどく邪魔をして十分情報が得られない。この殻の中に一步でも入ろうとすると、“お前たちに何がわかるか”という顔をされてしまうのである。こんなわけで実際とはいくぶんくいちがった運転方法が計測・制御担当者からわれわれのところへ示されることはまれではない。以上の点を、とくにユーザの計測・制御の担当者にまたコンサルタントの立場にある自動化技術者にも注意していただきたいと思う。

また、この殻のため、自然に監督不行届となり、理想的運転状態からのずれや時間・原料・燃料などのむだ、運転員の怠慢なども、予想以上に大きいことがしばしばである。よい自動化を実施すると、このような点が目に見えて改善されることもあることは銘記すべきであろう。

4. 新装置計画のための注意事項 目的が明確化され、系の検討が終わって、自動化計画の準備が整うと、いよいよ具体的な方式や装置の計画となる。この段階で注意すべき点を筆者らの体験を通して述べれば、

(1) 先入観を除き、虚心に自動化本来の立場に立つこと——一例として、“フィードバック制御にとらわれるな”ということがあげられよう。ひところ、フィードバックがなければ自動制御ではないといった風潮があった。しかしそれは前記のように追従・保持の自動化が、未完成であった過去の話である。むだ時間が大で外乱の小さい時にはフィードバックではかえって系を不安定化する。それよりも、開ループの Feed-forward を採用した方がずっとスマートに解決できることもある。また外乱が非常に多種でその振幅も大きい場合には、終点制御の概念にとらわれて困難な制御を行なうよりも、着実に一つ一つ外乱を退治してゆく方が効果が上がり、実施も容易なことが多い。また制御といえば、すぐ市販の調節計(あの黒い箱や茶筒を)買い込んで使うというたぐいの態度はつつしむべきである。下記の(2)にも関係があるが、ちょっとした工夫をすれば、自力制御で簡単に目的が達成できることもある。また自己制御性を巧妙に利用することは信頼度の高い制御系を作り上げるための一つの定石であろう。たとえば回転数の変動しやすい整流子モータを設備した上に、その回転数を一定に保つよう制御装置を付加するなどというよりも、初めから回転数に対して自己制御性の大きい誘導電動機を用いる方が安価・確実・長寿命である。

(2) 計測屋になるな、制御屋になれ、——ここで強調したいのは、必要以上に精度を上げるための徒労が案外多いということである。必要以上の精度の要求が無駄であることは、もちろんいうまでもない。だが実は予想せぬ妙なからくりで知らず知らずにこれを行なっている

ことがある。プロセス工業では自動制御の一步前の段階は計測であった。各種の調節計も記録計から進歩したものとみなすことができるし、この両者がまったく同一ケースに収めてある場合の多いことや、本来ならば調節装置というべきものを調節計と計の字を付けて計器の中に含めてしまっている事実からしても、メーカーではあの「黒い箱」には制御装置というより計測器としての香が今日なお強いと思われる。こと計測器となれば、しかも“あてがい扶持”式に同一の計器を生産して、「これで間に合う方はお使い下さい」という形でそれが売り出される場合には、広い需要にこたえるために、どうしても高精度の計器にしておかなければならなくなる。またユーザの方からは、注文に当たっては多少安全度をみて、より高精度が強く要求されるのが常であった。このためであろうか、プロセス自動制御の実施に当たって測定(検出)精度ばかりを必要以上に問題にする傾向が残っている。周知のように必要以上の精度の要求は、装置のひ弱さや高価をまねく上に、ほかにもっと気を使わねばならない重大点が見落とされる危険がある。この点を見落とすと全装置の一部の精度だけが向上しても、故障がひん発、全体として役立たぬ自動化装置ができ上がり、1%の精度にとらわれたために無限大のエラーをまねくことになることは心すべきと思う。制御(保持・追従)動作をPIDで行なうより、それは2位置動作で行なって、弁の切換えや、始動・停止、プログラムの切換えなどのそれ以外の動作の自動化に予算や労力をふり向けた方がはるかに効果的なことが多い。

(3) 電気、空気、油圧各方式の長所を生かした組合せ——周知のように自動化の操作部にはこのように三つの主要な方式がある。しかし、この3方式を最適の形で組み合わせ使用されている例は極めて少ない。電気出身の技術者が設計すれば何でも電気式でやっつけるというたぐいのことは無理からぬことではあるが、できるだけ脱皮して、この3者を十分に生かして使うことが、よい自動化への道である。また、現在はエレクトロニクスブームでエレクトロニクス万能の感を抱かせるけれども、決してそうではなく、むしろ地味な空気式などに案外すっきりした解決の方法が見出せることもある。

(4) 最新式で将来性のある方式の採用——現代は、技術の進歩変遷が極めて急である。したがって装置実現のための方式には最新式のものを採用しておかなければ二、三年足らずで旧式となり、性能も、他の新装置より大いに劣る結果となる。また自動化したプラントで製造する製品自体も急激な変動をよぎなくされる可能性は十分に存在する。その時に装置が無用の長物とならぬよう、改造その他のための融通性を持たせて設計しておくことが望ましい。

(5) 部品の開発とそれに対する知識の必要性——こ

れまでのプロセス制御は、大メーカーが規格化した調節計や検出装置を作り、ユーザは「そういうものがあるのなら使いましょう」という、いわば“あてがい扶持”のやり方でほとんど進んできたといってもよからう。そしてユーザの側から「こういうことがしたいから、これこれのものを作ってくれ」という場合は種々の理由でうまく進行してこなかった。その原因の一つとして、部品の種類の不足とその部品に対する知識の貧弱があげられる。

読者の中には、米国製の相当な大きさの機械を調べてみると、実に多くの種々のメーカーの製作になる部品が自由に組み合わされているのを見て、教えられる何ものかを感じられた方も多いと思う。また米国の各種の技術雑誌中の広告欄を見ても、そこに現われている多様な部品を背景とする技術の底力を感じないではいられない。ここに述べたような、広い意味での自動化実施の手法は、当然場合場合によって異なる性質のもので、黒い箱の調節計とダイヤフラム弁や検出端だけで解決できるような単純なものではない。それは自由自在に仕様に応じて、各種の部品を有機的に結合してこそ初めて達せられると思う。それには、どうしても米国でのように優良で多様な調節計や、ポンプ、電源などの大物部品から押ボタンや電線、ビスなどの小物部品に及ぶまでの部品が容易に供給される必要がある。

同時に、自動化装置ないし自動システムの設計者は、それら部品について詳細に、つまりその規格、性能はもちろんのこと、価格から販売店に関するまでも速座に返答ができる程度に知っておく必要がある。さらに、自社製の部品を使うことにとらわれていると最高の性能を発揮させえなくなることがあることも心得おくべきである。他社製の部品でも優良なものは、ちゅうちょなく使用することが技術的良心であろう。

またすでに市販され使用されている部品の多くは、一見簡単に見うけられても、初めの試作品以来、使用経験を経て改良を重ねられているものであるゆえ、できるだけ現在完成している部品を使用すべきである。「これくらいのものはちょっと作ってくつければ」——というあたりに思わぬ故障の原因があるのではなからうか。

5. 新装置製作に当たったメーカーの選定に関して
すでに述べたように、今後の自動化のゆき方は、メーカーが計画を立て、規格化された製品を売り出し、ユーザはその製品のうちで自分の所に使えそうなものだけを使う、というあてがい扶持の行き方ではなく、ユーザから出た「こういうことがしたいから、これこれのものを作ってくれ」という Case by Case の要求をかなえられるようなふうに体制を持ってゆかねばならない。また自動化もく

り返しとなえたように、追従や定値保持の自動化一本だけでなく、切換え、工程結合、掛け外し、などからそれらの総合にまでも乗り出すべきと考えられる。このように変化の多い自動化を実施しようとする、とにかく、あるひとりの責任者がいて、ほとんど自動化全部のことを自分の頭でやっていくというやり方がないとなかなか困難である。販売だの外渉だの窓口から設計→製造と係がつぎつぎに移ってゆくようなシステムで、そのうえ、第1回目のユーザとの話し合いと第2回目のそれとに出席するメンバが変わることもありうるようなシステムでは、細部にわたっての複雑なユーザ側の要求が、ノイズが入ったり不感帯にはまったりして、かゆい所へ手がとどくようにはとてもゆかない。そればかりか、ユーザ側は同じことを詳細に何度も何度もはじめから説明し直さなければならず、その時間的、労力的なむだは相当なものだと筆者らは痛切に感じている。

いまの大メーカーのシステムにはこのような欠点が多くなかなか思うようにスムーズに事が進まないのが実情である。このあたりに中小メーカーの働く場所があるのではないかと考えている。つまり、少なくとも現状では、大メーカーに大きな装置によって優良な部品を大量に供給してもらい、中小メーカーはそういう部品を組み合わせ、目的に合ったいいものを作る、というふうにゆくと、割合に自動化はうまく進んでゆくとと思う。もちろん、大メーカーが細かい個々の自動化を行なうべきでないというのでは決してない。そういうことができる体制を整える必要は十分あるが、現在の段階ではとても困難だと思うのである。

6. おわりに 以上には筆者らの勝手な意見や観察の不足もあると思うが、わが国の今後の自動化の実施に關しての注意事項や要望を、これまでの経験を通して述べた次第である。日本の工業技術は現在非常な発展を遂げ、外国を凌駕するという状態のものもあり、今後も日に次ぐ発達を期待されている。しかし何といっても日本は後進国で、外国の模倣がその前提となっている。もっとも模倣があつたればこそ今日の進展をみたわけではあるが、模倣があまりにも多過ぎると思う。

貿易の自由化が実施されれば、これまで政策によって保護を受けてきた模倣技術は、裸一貫できびしい世界の技術競走に伍さねばならなくなり、これまでの安易な行き方では企業は成立し難くなってくる。実際の必要に基づいて自分の考えで築き上げてゆく態度こそ今後のオートメーションの発展に不可欠であると信ずる。

(1960. 3. 16)