

計測制御の発展と二、三の問題

Development and a Few Problems Concerning New Measuring and Control Technique

吉 山 博 吉*
Hirokichi Yoshiyama

内 容 梗 概

データーロガーやデジタル計算機が実用される時代となり、電子計算機を用いた計算機制御が世界的に注目されている。一般工業計測でも空気式に加うるに、電子式制御装置が発達し、さらにアナログ計算機も制御用として実用の段階にはいつてきた。これらの技術が一体となってオートメーションのループが完成され、自動化が大きく進みつつある。しかしながら、その発展は工程の理論的解析に負うところが大きく、適用範囲も広いので、数多くの分野の人々の協力が必要であり、今後に残された問題も多い。以下はこれらについての展望をこころみたものである。

1. 緒 言

最近オートメーションということが盛んにいわれ、あらゆる企業がオートメーション化の方向へ進みつつあるといつてよい。理想的にオートメーション化された機械あるいは装置は、変動するあらゆる外的、内的条件に対処して常に最適な動作を自動的にこなすものであるが、このためには各分野の技術の高度の発展と、それら各種技術の有機的結合が必要である。その代表的技術をあげるならばデジタル技術、一般計測技術、計算制御技術、総括制御技術などである。以下これらについての動向と二、三の問題について述べる。

2. デジタル技術とデーターロガー

デジタル技術はデーターロガーとデジタル計算機の形で表われてきている。データーロガーはアメリカではすでに1948年に発表されているが、実用に供されるようになったのは1958年から60年にかけてであって、第1表の例をはじめとして約40社が製作し、納入台数も総計1,500台に及んでいる。わが国でもその出発においては約10年の遅れがあったが現在ではほとんど同一レベルに達し、設置意欲も盛んである。

データーロガーには単に測定印字を行なうものと、各種計算を合わせ行なって、操業指針を与えるものがあるが、アメリカでは10年の間に順を追って進んできていて、現在では単なるロガーはなくなり、なんらかの形で計算機を含み、あとに述べる計算機制御への一段階とみられるものが大部分を占めている。わが国ではデーターロガーの出現と制御用のデジタル計算機の進歩とが時を同じくしたためもあって簡単なものから高度のものまでほとんど同時に開発使用されている。第2表は日立製作所が納入あるいは製作中の計算機を含むロガーの例で、その傾向の一端を示しているものと云えよう。一方デジタル計算機を制御ループに入れるところまで進めた例として本特集号記載の洪水に対するダムゲートの制御などがあり、さらに国産デジタル電子計算機の生産も急増してすでに百数十台に及び単にデーターロガーのみならず、オートメーションの一環としてのデジタル技術の実用化が歩一歩と進んでいる。

データーロガーあるいはデジタル計算機の構成部品は簡単なものでは機械的リレーを主としたものも散見されるが、規模が大きくなるとほとんどがトランジスタあるいはパラメトロンを主体として構成され、これら部品の数も膨大なものとなっている。第3表はその例である。このように多数の部品からなるデジタル計算機を制御用として使用するうえで、一番の問題点はこれらの部品に確率論的に発生する事故であって、これらの防止は各部品の信頼度向上以外

* 日立製作所取締役

第1表 アメリカデーターロガーメーカーおよび納入実績例

メーカ	台数	延チャンネル数	おもな用途
Austin Electronics	35	1,500	ミサイル, 航空, 研究
Electro Instruments	200	50,000	
Epsco	50	7,000	航空, ミサイル, 化学
Fischer & Porter	37	6,800	化学, 電力, 鉄鋼
Honeywell	40	7,000	精油, 化学, 発電所
Monroe Calculating Machine	300		
Panellit Information Systems, Inc.	75	39,400	精油, 化学, 原子力
Telecomputing Corporation	55	11,000	風洞, 化学, 原子力
Thermo Electric Co, Inc.	40	4,000	電力, 化学, 原子力

第2表 計算を含むデーターロガー例

対象プラント	処理点数	備 考
75 MW 火力プラント	100	デジタル計算機使用
75 MW 火力プラント	100	
125 MW 火力プラント	150	
125 MW 火力プラント	160	
125 MW 火力プラント	120	
125 MW 火力プラント	150	アナログによる計算を含む
175 MW 火力プラント	150	
変電所	60	デジタル計算機使用
変電所	40	
変電所	40	

第3表 複雑なロガーの使用部品数の例

部品名	対象プラント名	火 力	鉄 鋼
トランジスタ		3,359	1,750
ダイオード		4,716	2,200
コンデンサ		5,836	3,150
抵抗		13,428	6,000
リレー		300	100
その他		580	280

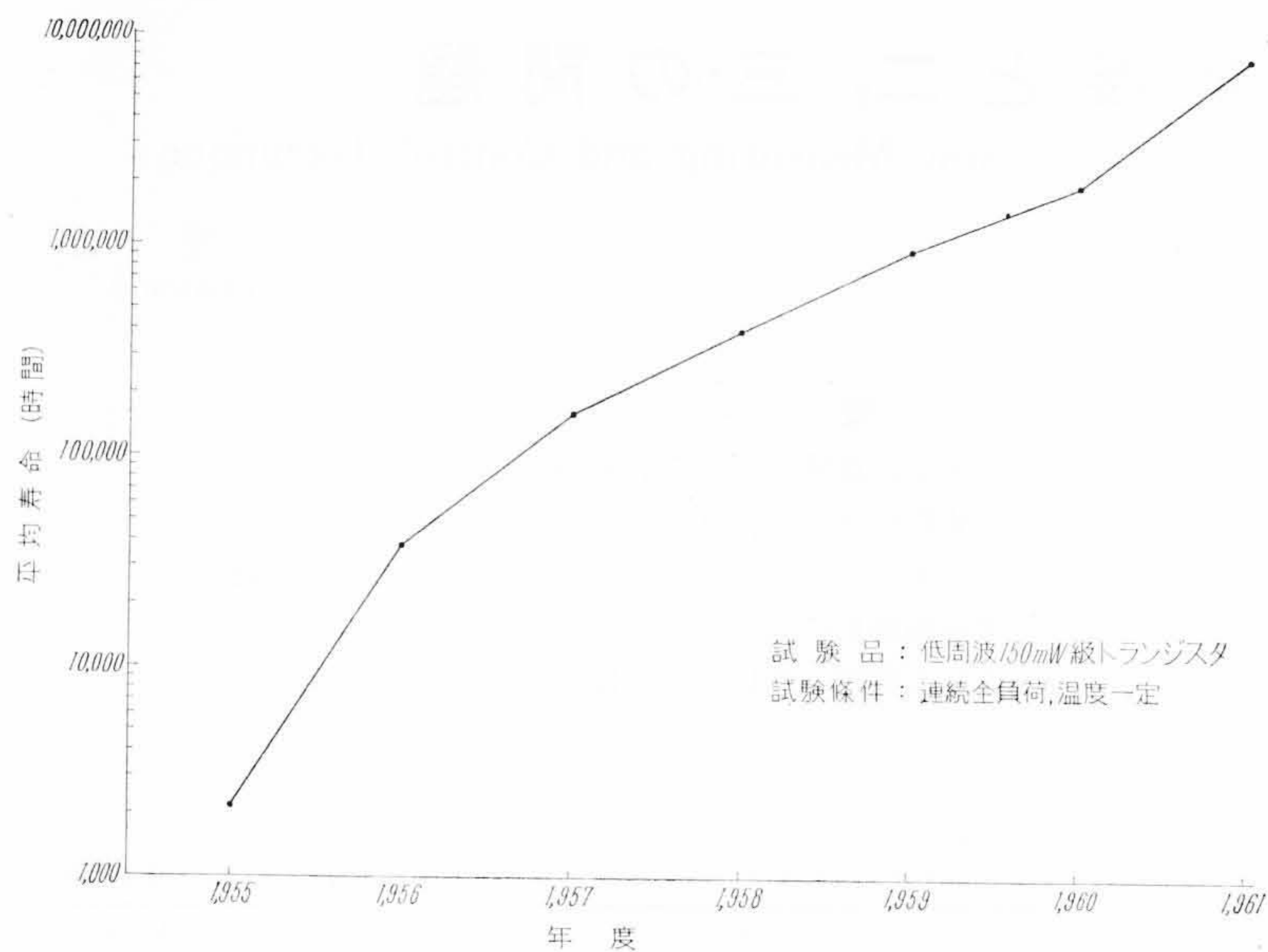
にはない。

$$\text{稼働率} = \left(1 - \frac{T_m}{\text{MTBF}}\right) \times 100 (\%)$$

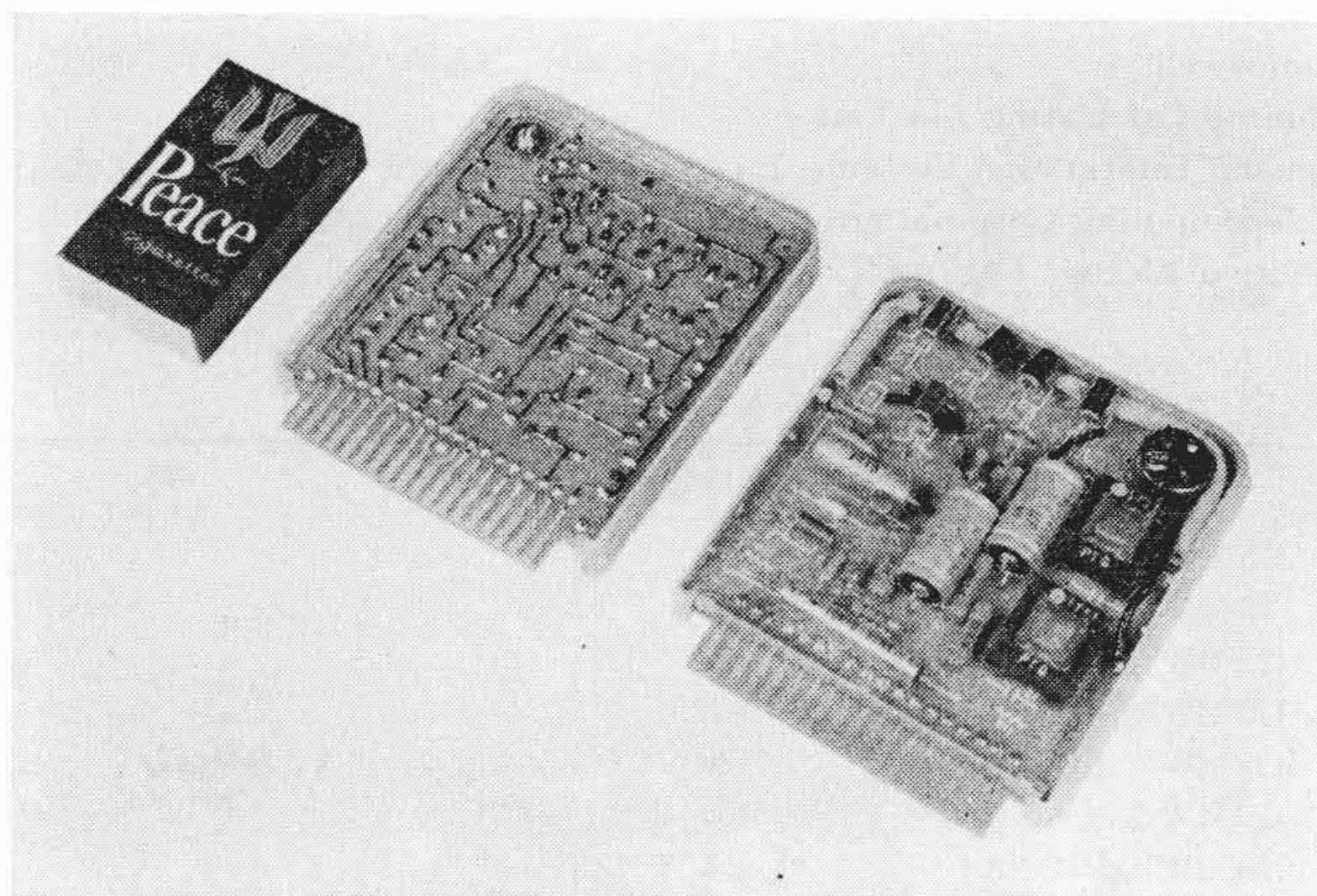
MTBF: 平均事故発生間隔

T_m : 平均修理時間

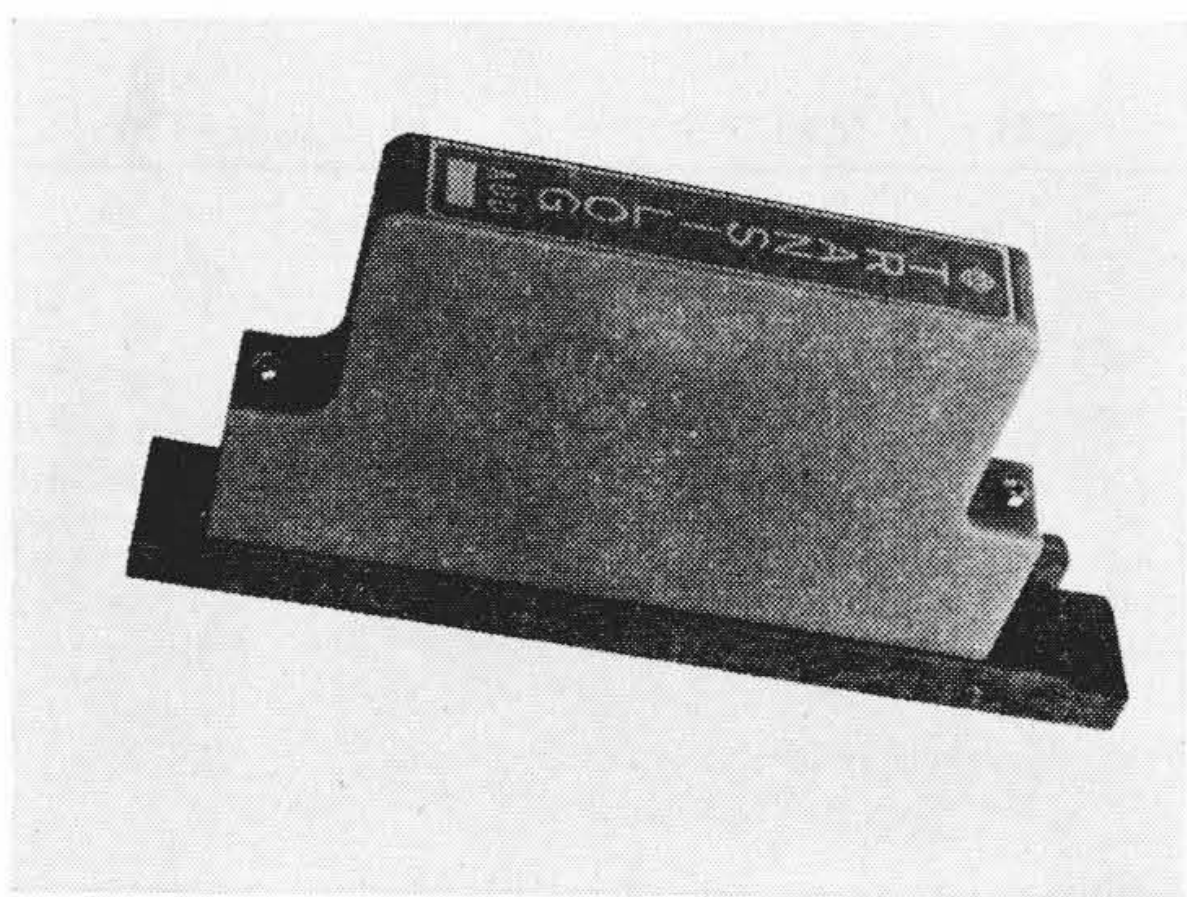
稼働率を上式で定義した場合、GEが計算したものをみると、ある鉄鋼プラントのものでは99.6%であり、別の火力プラント向けのものでは99.0%となっている。しかし第1図のトランジスタの寿命試験結果からわかるように、トランジスタをはじめ各部品の信頼度は年々目覚ましい向上を示しているもので、稼働率の向上も大いに期待できるものと思う。また比較的規模の小さい、使用条件の過酷なものに対しては普通使用される第2図(a)のようなパッケージに代えて(b)のようなモールド化したものを使って信頼度をあげるなど、その対策も着々実行に移されつつある。しかし現状では規模が



第1図 トランジスタの平均寿命の変遷



第2図(a) トランジスタパッケージ



第2図(b) モールド化されたトランジスタパッケージ

大きくなると、どうしてもある程度の環境の整備と保守が必要であり、この点われわれの最も重点をおいて考えているところである。

3. 工業計測

工業計測技術の進歩は電子式計器と品質測定器の開発の二つによって特徴づけることができる。

従来の計測制御では信号伝達媒体として空気を使用したいわゆる空気式計器が主として開発され、優秀な性能をもつものが製作されているが、さらにデジタル技術や計算機制御などとの結合によって高度のオートメーション化への道を開くことのできる電気信号を

伝達媒体とする電子式計器の開発が急速に行なわれつつある。これらの計器も当初の電子管を使用したものから、トランジスタ、磁気増幅器などのソリッドステート化へと進み、現在ではモールド化へと進む傾向にあって、信頼度の向上とともに、現在全計装の数%にすぎない使用率も数年のうちには30%前後を占めるようになるものと思われる。電子式計器はこのような高度自動化への可能性をもつほか数々の特徴をもっているが、停電時の保安対策、防爆に対する考慮など、なお今後に残された問題も相当にある。

また従来実験室的にしか使えなかったガスクロマトグラフ、赤外線分析、質量分析などが次々と工業分析計として開発され、さらにこれに部分的に計算機能も加えられ、判断資料となる結果を示すものへと進みつつあることは、検出の遅れが大きいとか、測定時間が長いとかの問題は残るが、オートメーションの閉ループを完成するもう一つの重要な要素の進展として見逃すことのできないものである。

4. 計算制御

従来のアナログによる計測制御においてもある程度の計算制御といえるものであり、計算機を使用しての計算制御との区別は非常につけにくいものではあるが、ここでは独立したアナログあるいはデジタル計算機による計算制御についてふれることとする。

計算機制御は、電子計算機を用いて、プラントの諸変数の間の数学的関係式をとかせ、諸変数の変動に応じて、工程の目的に沿うよう最高値を算出、制御しようというもので、高度自動化の最終の形といえるものである。特にデジタル技術を中心とした場合には、多重使用が可能であるので経済的にも成り立つし、任意伝達関数をもった制御動作を行なわせることができるなどの特長があって注目を集めているが、電気制御、工業計測などとの総合的な結びつきであるなど幾多の困難な問題があり、アメリカでも実施例はそれほど多くはなく、わが国でも本格的に実施している所は数少ない。しかし計算制御は今後電力、化学、鉄鋼などのあらゆる分野に適用されてゆくものと思われるし、各分野で事情に多少の差もあるので以下概要を述べる。

4.1 電力関係

現在、この分野では電力系統を対象とした経済負荷配分に関するものと、今まで複雑であるために自動化にいきづまりをきたしている火力発電所の自動化および経済運転という二つのものがクローズアップしている。いずれにしても電力関係は比較的技術に機密を必要とするものが少なく、制御の技術も相当の進歩をしているので計算機導入が行ないやすいという事情もあってアメリカではすでに相当の実施例がある。

4.1.1 経済負荷配分装置

アメリカでは1954年ころより電力系統の負荷配分方法の計算が実施され、多数の実例があるが大部分は火力のみより成る系統を対象としている。わが国では水力発電所を数多く含む系統が多いので、最近水力、火力併用を考えに入れて、より経済的な負荷配分を行なうことが究明され、火力系の計算はアナログ計算機で、複雑な水力系の計算はデジタル計算機で行なういわゆるハイブリッド式の経済負荷配分装置が開発され、注目を集めている。

この装置の今後の問題は系統の自動周波数調整装置、発電所の自動負荷調整装置などとの協調、連絡により、また各負荷端より集積されるデータとの連結により自動給電へ進むことであり、さらに広域運用における経済融通方式、無効電力制御への進展であ

第4表 アメリカにおける火力発電所計算制御適用例

発 電 所 名	対象容量および台数	使 用 計 算 機	稼 動 (予定)
Huntington	210MWユニット×2	GE: GE 312	1961
Little Gypsy	230MWユニット×1	Daystrom	1961
Alamitos	310MWユニット×2	GE: GE 312	1961
Sewaren	342MWユニット×1	WH: Produc	1962
Riverside	420MWユニット×2	RCA: RCA 110	1962
Goldsboro	240MWユニット×1	Daystrom	1963
Etiwanda	310MWユニット×2	GE: GE 412	1963
Paradise	650MWユニット×1	T & R: TRW330	1963
Hudson	400MWユニット×1	WH: Produc	1965

第5表 アメリカ化学関係計算制御例

メーカ・計算機	ユーザ・装置	実施期日
Thompson-Ramo-Wooldridge Product Co. RW-300	Texas Co. 接触重合プラント	1959-3
Thompson-Ramo-Wooldridge Product Co. RW-300	B. F. Goodrich Chemical Co. 塩ビ、アクリルプラント	1960-初
Thompson-Ramo-Wooldridge Product Co. RW-300	Monsanto Chemical Co. アンモニアプラント	1960-中
Thompson-Ramo-Wooldridge Product Co. RW-300	Gulf Oil Corporation 接触分解プラント	1961-初
Thompson-Ramo-Wooldridge Product Co. RW-300	Union Carbide Olefins Co. 酸化エチレンプラント	不明
Daystrom Systems Incorporated Information System	Universal Oil Product Co. 精油テストプラント	1958-末
Royal Mc Bee LGP-30	Esso Standard Oil Co. 接触分解プラント	1959-中
International Business Machines Co. IBM 704	Standard Oil Co. バイパスチル	不明
Autonetics Div. N. American Aviation Recomp. II	Phillips Petroleum Co. 炭化水素分解	不明
Westinghouse Electric Co. OPCON	Dow-Chemical Co. スチレンプラント	1958-中
Westinghouse Electric Co. OPCON	Sun Oil Co. 蒸溜塔	不明

ろう。

4.1.2 火力発電所制御

火力発電所の計算制御は複雑な起動停止を各ステップごとに確認しながらプログラムを進める自動起動の部分、起動完了後高効率運転を保持させる部分と給電指令に速応して負荷をとらせる部分とからなっている。これらを実際に行なわせるためにはプラントの起動停止のステップの解析はもちろん、運転中の種々の特性の確実な把握、これをいかなるプログラムに組みあげるかということ、また建設の当初からプラント自体としても自動化計画をおりこんでおく必要があるなど、問題は多いが、すでにアメリカでは数箇所の発電所が設置を決定していて近く稼動にはいるものもある。第4表はその二、三の例である。

一方わが国でも火力プラント本体との緊密な協同のもとに、これの具体的な方式について鋭意研究中であるので、国産技術で実現されるのも遠くないものと思う。

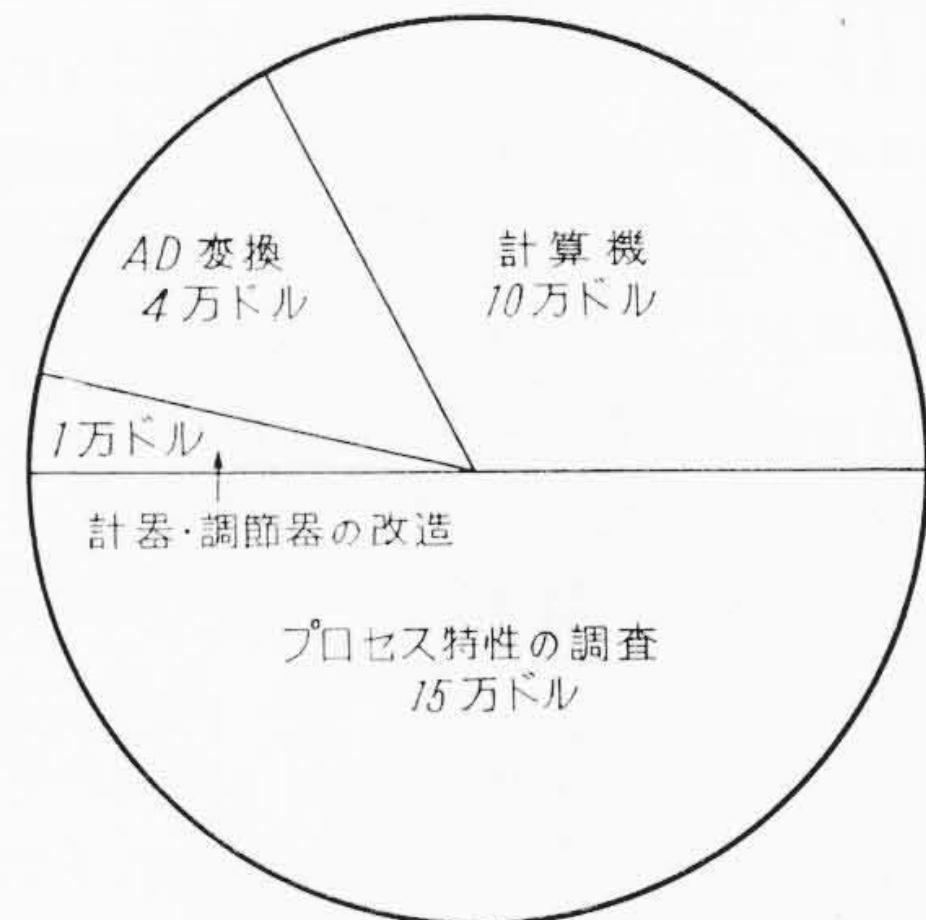
4.2 化学関係

この分野では電力関係とは比較にならないほど、企業の機密度が高く、また技術に共通性が乏しく、かつ数学的解析が困難であるなどの理由から実施に対する困難度はさらに大きい。しかし第5表のようにアメリカでの実施例あるいは計画決定例から発表されている利得は相当大きい。たとえばモンサント社のアンモニア反応塔は計算制御によってアダプティブコントロールを行なってアンモニア生産量にして1日500トンに近い利益をあげていると報告されている。またこれらの計画にはプラントの解析、データの集積を相当に突進んで行なう必要があるため、今まで不明とされていた諸種の解析が行なわれ計算制御以外にも非常に役立つ副次的収穫も大きく評価されている。

わが国では企業の機密その他の関係から、まだ本格的実施に踏み切っているところは少ないようであるが、近い将来、特に石油化学ではクローズアップされてくることは疑いのないところであろう。

第6表 計算制御の段階と所要マンパワー

段階	項 目	所要人・日
1	可能性調査	90
2	詳細検討 (1) データ収集、解析 (2) 数学的取り扱いによる数式決定	600
3	機器仕様決定	100
4	プログラム	800
5	据え付け	180
6	開回路および閉回路試験	120
計	63人・月	1,890



第3図 計算制御費用配分の一例

4.3 産業プラント関係

産業プラントには鉄鋼、セメントをはじめ、各種の産業があって、それぞれ計算制御の適用が考えられていることは電力、化学の分野におけると同様であるが、この中で最も早く広範囲に実施されると思われるのは鉄鋼の分野である。

鉄鋼では分塊、圧延以降の工程に対してはパンチカードによる圧延機のパログラム制御、連続圧延の自動厚み制御、温度や圧延圧力などの全自動連続測定、監視、警報、再計算、設定値変更などを行ない、ストリップ処理ラインではコイルごとに仕様表を作り、プリントアウトするなど、新しく建設される設備は多かれ少なかれ計算制御を適用しつつあり、総合的適用への空気がかもし出されている。また分塊、圧延以前の工程である高炉、均熱炉、転炉、焼結などの工程は比較的バッチの性格をもち化学関係にある程度の類似性があり、相当程度の計装が進んでいるが、計算制御に進むための内部解析、諸特性解析など未解決の部分が残されている。しかしそれだけに計算機制御による利益も大きく評価されており、熔鉱炉にあっては30%の生産量向上が見込まれるといわれているほどである。

このほかセメント関係でもアメリカリバサイドセメントですでに計算制御を実施しており、わが国でもこれの導入が考えられているなど、諸方面で実施の気運が高まっている。

4.4 計算制御二、三の問題

以上の各分野に共通な特殊性としては、本格的な計画の場合、設置に至るまでのエンジニアリングの段階において、メーカー、ユーザーともに膨大なマンパワーをかけなければならないことである。第3図はアメリカテキサコの石油プラントに設置した場合に発表された費用の割合を示すものであって、エンジニアリング費がほとんど半分を占めている。また第6表は複雑なプラントに対して計算制御のエンジニアリングを行なう場合に、手順としてふまなければならない重要な項目とそれぞれの段階に要するマンパワーの一例である。ここで二つの大きな問題がある。その一つは、このエンジニアリングはユーザー、メーカーが一体となってそのおのおのの専門的知識を交換しつつ進めることによって始めて完成しうるものであり、特にその専門的知識が企業の機密に属するものである場合が多く、しかも共同研究のような方法をとることが非常に有効であると

いう問題である。第二は、このエンジニアリングという無形な作業の費用を誰がどのように評価して負担すべきかということである。アメリカでは計算制御がやや軌道に乗りつつあるために、この問題が取りあげられ、論議されているがまだ十分な結論は得られていないようである。わが国でもいずれはこれが問題となってくるものと思われる。

さらにもう一つの問題は計算機制御の実施計画に当って適用計算機をアナログ式とすべきかデジタル式とすべきかということである。計算機制御の着目されはじめたのはデジタル技術の進展に伴いデジタル計算機がクローズアップされ、これの多重性に基づくメリットによるものではあるが、さきに述べたように多重性を高度に利用するがために、その信頼性という意味から再度アナログ式の有利性が認識されつつある。アナログ計算機は小形で簡単であり、従来とかく on-line 用として難点のあった真空管式に代わり最近は磁気増幅器式のアナログ計算機が完成し、on-line 用として十分な信頼性が期待されるようになったので、サンプル値制御、フィードバックあるいはフィードフォワード制御などに対して安心して存分に駆使できる点は大きな魅力である。しかし一面、簡単ではあるが単能であるので多重使用ができず大規模のプラントに対しては何個も使用しなければならないし、データロガーとの併用にも二重設備とせねばならないなどの欠点も持っている。一方デジタル計算機ではこれらの点はすべて解決されるが、計算機自体が相当高価なものであるため、大規模の適用を考えなければ経済的に成り立たず、大規模の

ものとなると、現在ではプラント自体がまだ十分計算制御に適した設計となっていなかったり、特性の未解決な部分が多かったりしてエンジニアリングが困難であることが多い。上記のような事情のために、現在の実施例では両者相半ばしており、当分は両者がそれぞれの特長をいかしつつ併存していくものと思われるが、デジタル適用の問題点が解決されるにつれて、デジタル形の適用が多くなっていくのではないと思われる。

5. 結 言

オートメーションの発展のすう勢と問題を述べたが、このすう勢をさらに一段と進展させるには、デジタル技術、計器計装技術の確立、信頼度の向上、各種プラントの解析など個々の技術の向上が重要であるとともに、さらにこれらの融合的結合を可能とする応用技術として広い視野、広い知識をもって対処することがきわめて重要である。このような観点からわれわれとしては万全の態勢を整えると同時に各方面のご協力によりわが国産業のより高度のオートメーション化への貢献を期するものである。

以上純工業面からみたオートメーションについて述べたのであるが、一方事務のオートメーション化がデジタル計算機を中心として進展し、経営面に参画しつつあることも注意を要することである。この両者がその頂点において結合することによってこそさらに大きな意味でのオートメーションの完成があることも忘れてはならない。

Vol. 44

日 立 評 論

No. 6

目 次

- ・タービンケーシングの経年破損について
- ・鋼管式給水加熱器
- ・回転機における電動機ファンベンの応力
- ・ウラン濃度のサンプリング測定
- ・プラズマジェットの電気的特性と Al 板の切断条件について
- ・指針静止時間
- ・高圧オートクレープ軸封装置のしゅう動面
- ・日立 SC-AT 全自動洗濯機
- ・客電車外板下地塗装の研究
- ・12 通話路ケーブル搬送システム
- ・二要素観測用ブラウソ管
- ・ゲルマニウム単結晶の加工層
- ・ケーブル鉛被用鉛合金の耐食性

- ・非ニュートンスクリュウ・エクストルーダーによる押し出し
- ・各種炭素鋼の冷間衝撃押出法における押出力および許容限界圧力について

気体機特集

- ・気体機製品の動向
- ・石油化学工業用ガス圧縮機の要点
- ・往復動圧縮機における弁抵抗の解析
- ・異径管を有する圧縮機吐出管の圧力脈動
- ・ターボ圧縮機の高速度大容量化
- ・軸流圧縮機の段特性とそのマッチング
- ・日立 75 mm HMC 冷凍機
- ・工業用ガス脱湿装置について

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座 東京 71824 番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座 東京 20018 番