# 自動制御の研究について

## 研究の目標—手段—生研における研究の紹介

高　橋　安　人

**自動制御の研究にはどんな方向があるか。これらを進める基本方針は？　その実施手段としての理論と中間試験の意義，これに関する当所の施設若干の紹介。**

世界各国で昔からいわれてきたことであるが，自動制御では制御装置が制御対象に作用して得る綜合成果を問題とするものである。したがって自動制御の研究としては，自動制御装置の改良進歩を図ることばかりでなく，制御装置と制御対象とを一括したシステム全体の検討がより大きい問題として登場してくる。このことを生産工業の自動制御——いわゆるプロセス制御——についていうと，つぎの三つの研究方向がそれぞれ必要である；

(a)　自動調節器および附属部分（検出系，操作系統）の進歩を図る。

(b)　制御対象すなわちプラントの特性を調査，検討しまた改良を図る。

(c)　システム全体の配列——制御回路網——の研究

このうち(a)については多言を要しないだろう。調節器本体の周波数特性をさらに良いものにすること，空気式にしても油圧や電子式またはこれらの組合せ式にしても構造をなるべく簡単かつ安価なものとし取扱易くすることは絶えることのない要求である。また調節器本体に劣らず重要なのが検出および調節の系統であり，材料，製作，計測工学の発達を背景として自動制御工学で扱うべき極めて重要な分野の一つをなす。

つぎに(b)は時として見逃される場合もなくはないが，実はこの方向の進歩なしには自動制御の効果をフルに発揮することはできないだろう。アイロンのような簡単なものでさへサーモスタット装備に伴って設計が一変した。複雑な実在のプラントが自動制御の導入によって変貌するのは当然といえよう。これまで実施できなかった操作——たとえば高速化学反応を伴うもの——の工業化まで可能になってくる。これらは自動制御を前提とし，それに最適のプラント設計という新らしい立場の現われてきたことを示すものである。この立場から，多くのプラントにあてはまる手近な設計方針の若干を拾うとたとえばつぎのようになる：　(1)所定の高負荷から低負荷まで制御で支配可能の範囲に入り，しかもこの支配が上下両方向へ同じ強さで行われること，　(2)制御装置のゲインをなるべく高くできるような周波数特性をもち，固有振動周期ができるだけ短くなること，たとえば長いデドタイムの存在を極力さけること，　(3)外乱が加る点は検出点からなるべく遠くし，しかもこの点から検出点までの時間おくれを少くするように設計すること。

以上のように制御性に注目したプラント設計法の発達とならんで必要なのは制御性に関する実在のデータの集積であろう。特にプロセス制御には伝熱，拡散，反応などの現象を伴うので電気系や力学系のように正確な算定が困難なことが少くない。堅実なデータはコントロールエンジニヤの円満な経験と共にこの困難への何よりの対抗手段になるだろう。

これらは(c)に対しても欠くことのできないものである。この(c)は恰も人体に神経系の回路網がはりめぐらされているような具合に，複雑なプラントへ信号伝達系と自動制御系を組織的に綜合配備する将来の高度の自動化に連る問題である。この段階では十分な実際のデータと周到な学問的手段とが共に活用されなければ一歩の前進も困難になるのではなかろうか？

さて以上a，b，cの3者は何れもシンセシスの立場が必要であることを物語っている。シンセシスとは，どちらかというと受動的なアナリシス——制御装置とかプラントとかを与えられてそれの特性などを解析する立場——に対比されるもので，ある要求を与えられてそれをみたす実施系を計画設計することをいう。自動制御理論によって制御装置に望みたい特性とかプラントに必要な制御性を求め，これを実現する制御装置やプラントの諸元を具体的に決定するのは一種のシンセシスである。これはもう一歩進めるとプラントと制御装置の両者を一括して最適性能を与えるように綜合計画するものとなる。上記の(c)はこのように建設的なシンセシスの未開発分野が限りなくひろがっていることを暗示している。

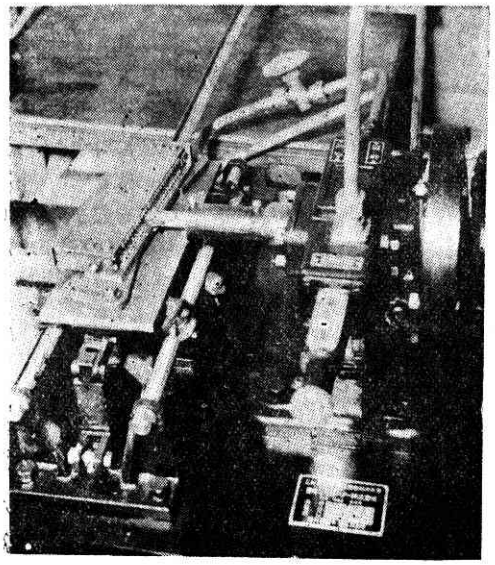
このシンセシスの発達を推進する一つの要素は自動制御理論の発展にある。そもそもシンセシスの理論は約10年前に基本的なサーボ機構を対象としてまず発達したものであるが，最近の数年はすでにプロセス制御の方へも着々実用化されつつある。だがまだ理論自体に関しても，それの実用化に関しても今後の解決や発展にまつべき問題が山積している。たとえば線型理論でも箇々の具体的対象について一歩進もうとしたり，単一でない回路

などになると意外の困難に逢着することがある。結果を本質的に支配したり，実施構造を簡単化したりする可能性があるときは，線型ばかりでなく非線型の諸問題を扱わなければならない。これについては今後に残された分野は一層広い。さらに統計理論の実際的応用が次第に本格化するのも今後のことだろう。

自動制御理論の複雑な計算を助ける手段としては，それ自体が自動制御と密接に関連している計算機がある。たとえば周波数応答法——線型問題のシンセシスに最適の手段——を実際に使うときには別稿（126頁）に紹介するフーリエ合成器が便利である。もっと本格的なものには電子式アナログ計算機があり，これも当所の野村助教授により試作研究されている(第5巻第5号参照)。

一般に自動制御の研究は他の工学問題と同じく，理論だけで終るものではない。理論と表裏一体をなして必要なのはモデル回路からパイロットプラントにいたる一連の中間規模の実験的研究である。工業プロセス関係ではこの段階の研究は制御対象だけを実物よりも時間座標や寸法座標を縮小したモデルまたは等価回路とし，制御装置およびその付属品関係の多くは実際の工業用のものをつけて行うと便利である。これによって制御装置の研究や試験，弁や操作機構など制御用付属装置の研究，制御対象の検討，単一制御回路および制御回路網の実験を行うことができる。

この目的に使う制御装置としては実際に広く用いられている空気式，油圧式（第1図）は何れも融通のきくものである。たとえば蒸気封入の温度検出端をもつ空気式比例積分自動調節器は各種の熱プロセスに取付けてモデル実験を行うことができる。同形式の自動調節器で

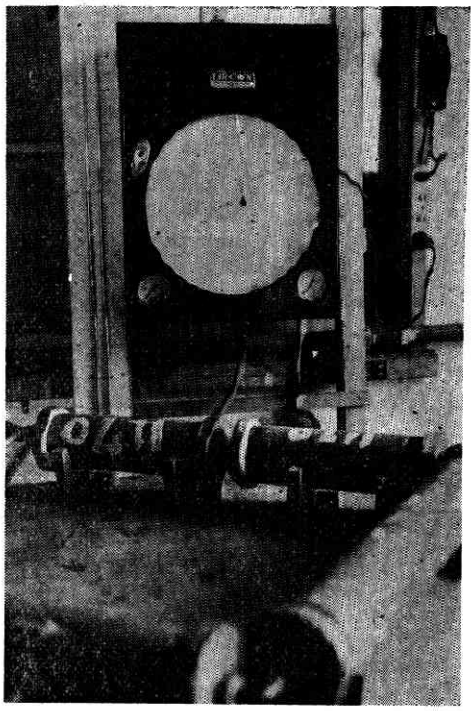


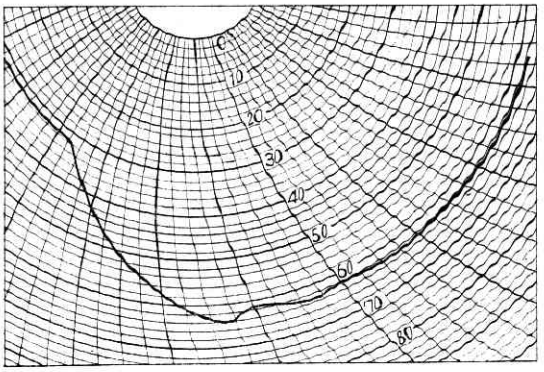
第 1 図

実験用噴射管式自動制御装置

（日本レギユレータ）

0～15psi 位の圧力検出系をそなえたものは，出力空気圧力をそのまま空気モデル回路（一種のC—R回路系)へ送って等価回路試験に使われる（第2図参照)。この空気回路途中で圧力を動きに変換し，二つの並列要素の応答



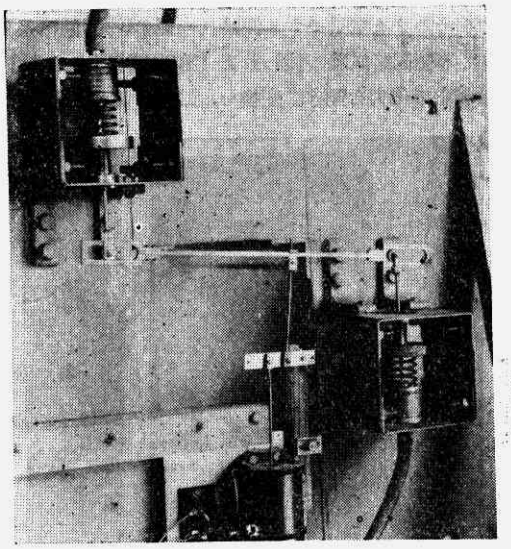



第 2 図

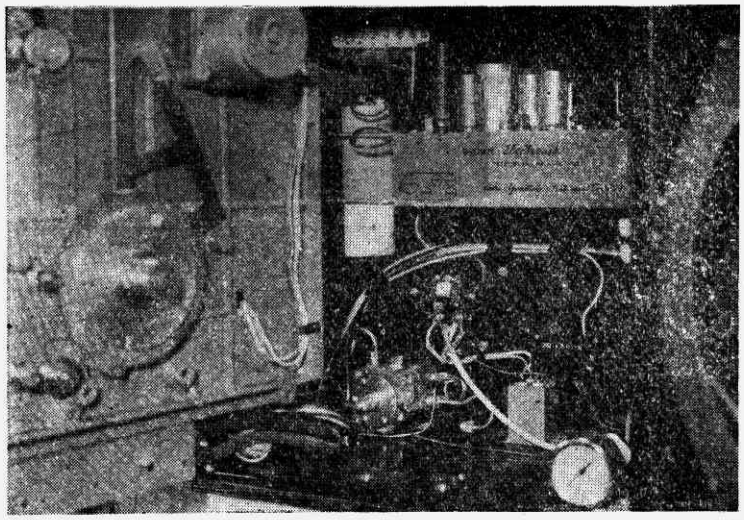
自動調節計（山武）と空気モデル回路および応答例

をてこで合成すればいわゆる並列結合によってかなり複雑な制御対象特性をモデル化することも可能になる（第3図)。

さらに実験室用としても最も有力で用途の広いのは電子管式自動平衡空気作動自動調節計（第4図）であろう。これは数ミリボルトの電気量をもって検出される多くの変数（温度，湿り，光，歪，PHなど)に対し，時には記録計，時には空気圧力への変換器，また時には自動調節器として多くの中間試験に重要な役割を果す。以上の諸装置による空気圧信号を第1図の油圧機構に作用さ



第 3 図
逆応答プロセス用の並列要素



第 4 図
電子空気式自動調節計（山武）

せると，時には多段制御系，時には強力な操作機構として役立ち，また以上の各種制御装置を組織的に結合動作させると上記 (c) の領域へ進むことができる。現在当研究所のプロセス制御実験室は以上の設備と，各種記録装置および信号発生装置とによってプロセス制御問題の中間試験を行うことができるようになった。

自動制御はまだ若い分野である。しかも普及徹底する速さより進歩の速さの方が大きいと思われる位活ぱつな分野である。こんなことも原因になって時には困難が不当に過大視されるかと思うと，時には増幅器の一応用に過ぎないとまで過小評価されたりするようだ。何れの分野でもそうであるようにプロセス制御もまたこれら両極端の中間にあり，専門的経験を積むにつれて全貌が次第に見えてくるものと筆者は考えるのであるが，いまふれたような現状は上記の中間試験研究室の果すべき使命を一層重くするものと思う次第である。

また自動制御理論は抽象理論としても非常に魅力があるもののようだ。特に戦後に大学を卒業した優秀な人たちのなかには明日の自動制御界をリードするものと期待される多くの熱心家が見られる。しかし理論に熱中するの余り実在の現象を第二義にする傾向がもしあるとしたら，そうでなくてさへこの国では遊離しがちな理論と実際の間柄を一層冷くすることを筆者はひそかにおそれている。この点から考えて自動制御実験室に課せられる教育的使命もまた重要であると思う。

幸に本所では昨年度の特別研究費の援助を得て上に概説したような設備を行うことができた。そして同じ分野をサーボ機構，電気機器の面から追及する所内研究者たちと密接に協力して研究を進めつつある。筆をおくに当りこの研究に対する研究所内外からの御援助に厚く感謝すると共に，今後の御鞭撻を乞う次第である。

(1953. 5. 9)

## 噴射管式自動調整装置の周波数特性

高 橋 安 人 ・ 目 片 康 男

### 自動制御装置の特性の一例としての油圧噴射管式装置の試験結果

圧力制御，流量制御その他動作操作部としてもよく使われる噴射管式油圧自動調整装置の静特性と周波数特性を求めた。

装置の作用原理は第1図に示すように噴射管を挟んで左右より作用する力のバランスが破れて空気圧力が大(小)となると噴射管が左(右)方に偏倚するから，受流孔の左(右)側の孔に多量の圧力油が衝撃して右(左)側の受流孔にあたる油量は減少する。その結果ピストンの両側