

会長就任あいさつ*

(通信工学における今後の研究問題について)

会長 熊谷三郎

このたび各位のご推挙により、わが国における最も有力な学会の1つである本会の会長に就任しましたことは、まことに光栄に存じますと同時に、その責任の重いことを感ずるものであります。各位のご支援をお願いします。

私はこの機会に、通信工学の分野における今後の研究問題を中心に所見を申し述べてごあいさつにかえたいと思います。

1. 回路網理論

まず、グラフ理論とその応用(回路網トポロジー)について述べると、グラフ理論応用の歴史は古いが、近年これが非常に盛んになってきた。最近の研究の主なものの一つは相互誘導を用いない多端子対回路網の構成問題で、 $(n+1)$ 節点 n 端子対回路網の構成問題が解決され、計算機によるプログラムもできるようになった。これにつづいて、 $(n+m)$ 節点 ($m>1$) n 端子対回路網の構成問題の研究が現在すすめられているが、この種の問題は狭義の回路網理論のみならず、論理回路網の構成問題にも応用できるので重要な課題といえる。グラフ理論はこのほか、通信網、交通網、情報網などの構成問題をはじめ線形計画法、パターン認識その他の多くの問題に応用されようとしている。

多変数正実関数は、はじめ可変回路網の問題から導入されたものであるが、その後、分布定数回路と集中定数回路の混在する回路網の問題への応用が進められ、最近、2変数リアクタンス関数の実現問題が解決された。

回路網設計問題については、実用上未解決の問題がたくさん残されていたが、計算機という有力な武器を得てから新しい展開を示すようになった。たとえば、濾波器についていえば、素子偏差の全体の特性に及ぼ

す影響、通過域における位相特性の改良などが研究されている。

システム理論は電気回路理論の拡張といわれているが現在のところ、まだ確立した一分野を形成してはいない。強いて定義するとすれば「回路網理論、自動制御理論、オートマトン理論などからシステムとしての共通の問題を抽出して抽象的なレベルで考究する理論」ということができる。システム理論の対象になるシステムとしては、たとえば通信システム、制御システム、計算機システムなどが考えられるが、これらの物理的な差異を超越してシステムとしての共通な問題を一般的に考察するもので、電気回路という小規模システムに対して回路理論が解析、構成の理論を与えているのと同様に、工学的に十分価値のある理論を確立しようというのがシステム理論の目標である。

2. 計 算 機

高速度化、小形化、大容量化の問題がある。高速化は近年驚異的な進歩を示し、数年前 clock pulse で 200 Kc 程度であったのが最近では 10 Mc 以上になった。部品間を伝送線で接続する構造のものでは伝送線の分布インピーダンスから 30 Mc 位がその限界と考えられているので、現状はほぼ限界に近づいたものといえる。しかし、小型固体化による伝送線の短縮とか、光を伝送線に使い、レーザを論理回路に利用するなど研究が進められ、上記の限界を越えて、さらに高速化の飛躍が期待されるようになった。小形化は固体回路の実用化によって実現されるであろう。

つぎに大容量化については、小規模の計算機を多数使用するよりも、大規模のものを1つ使用する方が有利であることや、ALGOL や COBOL などのプログラム・システムを利用する方向に進んでいることなどから、主記憶装置に access time の短い記憶素子を数万語持たせ、補助記憶装置に磁気ディスクや磁気テープを多量に具備した大規模計算機が実用されるように

* The President's Inaugural Address. By SABURO KUMAGAI. [論文番号 3866]

* 昭和 40 年 5 月 15 日の本会通常総会における講演

なっている。今後とも、高速化、部品の小形化と相まって大容量高性能で形の小さい計算機の製作に関する研究が進められるであろう。

パターン認識は現在の計算機が動物の頭脳に比べて最も劣っている点の1つであるが、それだけに多くの研究問題を残している。現在は文字読取りと音声の認識に関する研究が特に盛んであり、実用もされている。

3. 制御理論

自動制御技術の対象が近年ますます複雑多様化する一方、高度の制御技術が要求されてきたため、制御工学はいま転換期に直面しているといえる。すなわち、より多くの情報をじん速に処理し、精度の高い制御を行なうには、従来の単純なフィード・バック制御方式では不十分で、電子計算機による計算機制御が要請される。

計算機制御方式は、制御対象の特性を時々刻々検知 (identification) し、これを最適制御 (optimization) する2つの本質的な機能をもっている。したがって、最近の制御理論は制御対象の特性検知と最適制御の研究を中心課題としている。

特性検知は静特性の決定と動特性の決定に大別されるが、そのいずれにも共通する重要な問題は (i) 特性を記述する数学方程式の構造や統計的性質が未知の場合、得られたデータからそれらを決定する問題 (classification)。 (ii) 検知に利用できるデータの量が限定されている場合、最適な特性表現形式 (微分方程式、差分方程式、確率的な有限状態モデルなど) を決定する問題。 (iii) 特性を記述する数式の構造は既知であるが、パラメータの値が未知の場合、これをシステムの稼動中に推定する問題。などである。このうち、線形システムの動特性を対象にした (iii) の問題のみが現在ある程度研究されているが、その他の問題はほとんど未解決のまま残されている。実際には、上記のように分離した形で検知問題が提起されることはまれで、多くの場合、同時に考慮しなければならないので研究は一層難しくなる。

最適制御の問題は静的最適化と動的最適化とに大別される。前者はプロセスなどの効率や利益などの評価関数を最大に保つような状態を求め、定常状態を常にこの値に保持する制御で、本質的には数値計画法の問題に帰着する。したがって、多変数化系において能率のいい計算方式 (誤差を最小に保ちつつじん速に計算

する方式) の確立が今後の課題になる。

一方動的最適化は、制御対象の状態が上記の最適定常状態から外乱その他の原因により偏差をうけた場合、操作時間、操作エネルギーあるいは誤判断による損失などの評価関数を最小に保ちつつ最適値に復元させる制御を意味するものである。動特性がある程度定式化されている制御対象の動的最適化の解法に適用される代表的な手法には、現在 R. Bellman の動的計画法と L. S. Pontryagin の最大原理および非線形計画法、線形計画法などの一般数値計画法がある。

動的計画法を用いると多段決定過程 (multistage decision process) の問題や、非線形偏微分方程式の初期値問題などが現われ、いずれも解析的に解を求めることが一般に困難で数値解法においても現在利用できる計算機の記憶容量、演算速度により取り扱う問題の次元が著しく制限をうけるとともに最大の問題点がある。

最大原理を用いると系の状態変数と補助変数に関する2点境界値問題を生じ、それを解くには一般に計算機による繰返し計算によるほかはないのが現状である。また2点境界値問題が解ける場合でも、最適操作信号が一般に時間関数として求まる点に問題が残されている。

数値計画法を用いる場合の問題点は、(i) 多変数系に対して計算機の記憶容量を増大し、じん速な計算方式を考案確立する必要のあること、(ii) 最大原理の場合と同様、最適操作信号が時間関数として求まることなどである。

以上は特性が比較的良好にわかっている対象の場合であるが、特性が十分定式化されていない対象の最適化には上述の手法を用いることができず、現在はわずかに統計的決定論や学習機能が適用されているが、今後の研究に待つところがきわめて多い。

ここで付記すべきことは、特性検知と最適制御の機能を組み合わせて1つの適応制御系を構成する際に、系全体としての安定性を考慮しなければならない点である。これに関連して非線形制御系の安定問題がさらに研究されなければならない。

4. デジタル通信

わが国におけるデータ伝送は50ポアの低速度から出発して現在すでに200~1,200ポアの高速度回線が実用される段階に達している。データ伝送は電信、電話と並んで今後大いに発展し、利用度の増大が予想され

るので、電話伝送帯域以上の高速回線を開発し、通信容量を増し、トラヒック需用に応じ得る態勢をととのえる必要がある。

データ伝送における重要な問題の1つは伝送符号の信頼度の向上である。現在、この目的で種々の誤り訂正方式、符号化方式が考案されているが、さらに、高信頼度の方式が研究されなければならない。データ伝送に対する需要の増大に応ずるための方式として、既設の電話回線をデータ伝送回線として用いることが考えられている。この場合、信号パルスが雑音の多い交換機内部を通るため現状では通信の品質が低下するので、交換方式の研究と相まって改善を進めなければならない。

さらに今後の問題として、通信の動的整合方式 (dynamic matching) が考えられる。これは電話、電信、データ伝送などの信号形態の異なる情報を同一回線で送ることができるようにする demand matching, 1本の回線が故障または塞っている場合に他の迂回路を用いる link matching など、発呼者の要求に応じて動的に回路状態を変動させて円滑な通信を行なわせようとするものである。

ディジタル通信の他の重要な問題は PCM 通信である。これは、すでに実用の段階に入っているが、さらに遠距離、超多重化の方向へ進めなければならぬ。

5. 交 換

stored program 方式による電子交換機の開発が進められているが、これは内部記憶装置に蓄えられた制御信号によって交換制御を行なわせようとするもので、交換速度を上げ、大容量、多機能の交換が可能になるのであるが、この方式のいま1つの意義は、従来の継電器、トランジスタなどのハードウェアをソフトウェア (プログラム) に置換して装置の小形化と価格低減を可能にすることである。それには、ハードウェアとプログラムの互換性をオートマトン理論などによって究明し、ハードウェアとソフトウェアの最適割合を決めなければならない。

6. 情 報 処 理

データ伝送の高速度化を支配する重要な問題の1つは高速入出力装置の開発であるが、現在この方面の研究の一部は情報認識の問題に向けられている。

情報処理の1つとして情報検索の問題がある。これは情報を一定の方式で記憶させ、必要に応じて読み取

ることができるような装置の開発を意味するものである。これには、(i) 有限の記憶容量に無限の情報をいかにして蓄積させるか(情報の変換、忘却の問題)、(ii) ぼう大な記憶情報の中から所望の情報をいかにして早く読みとるか (access time の問題) などの問題を解決しなければならない。これが実用化されるならば、電話による各種情報提供の自動化サービスが可能になり、さらにぼう大な情報の整理と検索に迫られている現代人の生活は大いに合理化されるであろう。

7. マイクロ波、ミリ波および光波

マイクロ波およびミリ波の分野 (電子管、部品、回路、伝送、伝ばん) では工学体系がほぼでき上がったと見てよかろう。マイクロ波通信回線はすでに実用されて久しく、ミリ波通信回線も必要があれば実施可能の段階に達している。したがって、この分野での研究問題は比較的少ない。たとえば、マイクロ波関係の研究報告の数を調べてみると、1955年のIREのNational Convention では Session 数 9, Paper 数 47 であったのが、1965年のIEEEのNational Convention では Session 数 2, Paper 数 10 と激減している。

さきにマイクロ波、ミリ波の分野で活躍した研究者グループの研究対象はおよそつぎのように変わってきたように思われる。すなわち、管球関係のグループはプラズマおよびメーザ、レーザなどの量子エレクトロニクス装置の分野へ、また回路、部品、伝送、伝ばん関係のグループはレーザとその応用、準光学問題、宇宙通信などの分野へとそれぞれ研究対象が移ってきたようである。

マイクロ波、ミリ波の分野でのこれからの研究問題としてはつぎのようなものが考えられる。すなわち、電磁波関係では leaky mode が論議の対象になってきたこと、成層圏や電離層内の伝ばんの問題、プラズマや非線形媒質との相互作用の問題などがあり、さらに光の領域に進んで光通信が新しい立場から検討されるようになったが、それには optical waveguide や optical な回路、部品の研究が進められなければならない。

レーザとその応用に関する研究は最近大いに進んだが、レーザの本質的な性質の究明や新しいレーザ材料の開発は量子論ないし物性論、電磁波論などのいわゆる物理学的な考察と手法によって進められる。しかしレーザおよびそれによって発生されるコヒーレントな赤外線や可視光線を通信工学の対象として取り上げる

場合には、適当な工的手法を導入するのが有効である。たとえば、レーザ装置をすべて等価回路に変換し、電気回路学的に取り扱うことができれば、レーザ装置の設計をはじめ工学的取扱いが非常に容易になる。このことは、たとえば、電磁波論的に解析されていた導波管、空洞共振器や物性論的に研究されていたトランジスタを含む固体電子装置の工学的取扱いや設計に適当な等価回路の導入がきわめて有効であることから明らかである。このような試みは、ひとりレーザに限らず、他の新しい量子エレクトロニクス効果に対しても拡張適用できるものと思われる。過去において、電磁気現象の利用を目的とする電気工学の進歩が回路理論の導入によって大いに促進されたことは周知の通りである。

8. 研究について

最後に研究について一言する。研究にはその目的、内容によってつぎのような種別がある。

(i) 基礎研究 (Basic Research)

これは、さらに2種類に分けることができる。その1つは、自然現象や社会現象を支配する一般原理に関する知見を広めることを目的として行なわれる探究、解析および実験で、これを Fundamental Research という。いま1つは、すでに知られている原理に従って、いろいろな事実の系統的な観察、蒐集、整理、体系づくりを行なうもので、その目的は今後の研究に対し便宜と規準的データを提供することにある。普通わが国では基礎研究といえば前者を指すものと理解されているが、後者も重要な仕事であることを忘れてはならない。

(ii) 応用研究 (Applied Research)

新しい機器、装置、プロセス、技法などの発明、考案のために、実際的な応用を目的として基礎研究の結果を整理し、不足な点があれば補足研究し、実用的な原理をつくり上げるのが応用研究である。

(iii) 開発研究 (Developmental Research)

実際のものをつくるために、試作や実験を行なって、応用研究の結果を修正するのが開発研究である。応用研究が発明への過程であるのに対し、開発研究はすでに発明されたものに対して行なわれるもので、これが応用研究と異なる点である。

以上のことを電子顕微鏡を例にとり説明すると、まず、電子の波動性の発見、実証のための研究は基礎研究である。つぎに電子顕微鏡の製作を考えて電子幾何工学をつくり上げるのは応用研究である。そして、実際に電子顕微鏡を製作するために行なう研究は開発研究ということになる。

近代研究の特徴は、基礎・応用・開発の各研究が緊密に関連していることと、研究経路にフィード・バックの現象があることである。図はこれらの関係を示したシステム図である。

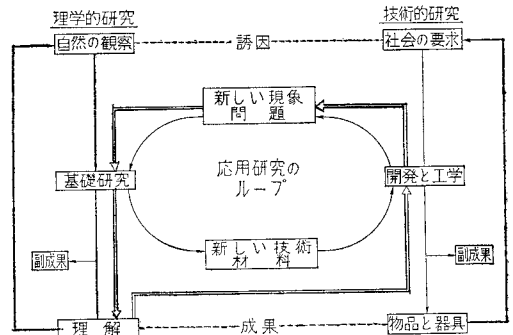


図1 研究のシステム

世間には基礎研究が最も創造力を必要とし、応用研究、開発研究の順にその程度が下がりでもするように考える人もあるが、これは大変な誤りである。開発研究には基礎研究に劣らない創造力が必要で、しかもその労苦は基礎研究以上である場合がすくなくない。わが国で遅れているのは、基礎研究よりもむしろ開発研究であろう。