



工学部電気工学第6講座

藤井研究室

1. まえがき

本講座は昭和40年に設置され、以来制御工学、システム工学および生体工学等に関する研究を行なってきたが、現在の研究対象は主として生体工学に向けられている。研究室のスタッフは、教官が藤井克彦教授、森田龍弥助教授、黒田英三助教授、赤沢堅造助手、田口英郎助手の5名、技術および事務職員各1名、大学院学生が後期課程4名、前期課程10名、そして他大学などからの研究生5名の計26名である。毎年6月頃より、これに学部学生5～6名が加わる。

2. 生体工学の目指すところ

近年科学技術の進歩には目覚ましいものがあり、長年人類の夢だったようなことがつぎつぎと実現されてきている。ところが一方では、今日の科学技術を駆使しても到底実現し得ないような巧妙さや精確さを、人間をはじめとする生物が全く自然に兼ね備えていることがある。身近な例を挙げると、騒音の中での会話や人の顔の識別などのパタン認識、球技のような巧妙な運動機能、あるいは熟練という機能や環境への適応性などである。また生体の構造についても、単位重量当りの発生力の大きさでは筋肉ほど秀れた動力機械は開発されていないし、今日計算機技術が進歩したとはいえ、人間の中枢神経系（脳など）ほど多機能でしかも小形の計算機は実現していない。

このように生体は、今日の科学技術がむしろ不得意とする分野で極めて秀れた機能をもつことが多い。そこで、このような生体のもつ秀れた機能を解明し、それをなんとか工業技術に導入できないだろうか、という発想が生まれてく

る。このような動機で始められたのが、いわゆる生体工学（bio-engineering）である。

生体が特に秀れた機能を持ち、そのために生体工学の興味を中心となっているのは、主として制御機能、パタン認識機能ならびに大脳をはじめとする中枢神経系の振舞である。したがって、生体工学の成果の応用が期待される技術分野は、音声認識、画像処理を含めた広義のパタン認識、ロボット、義肢、生産技術、加工技術、計算機設計、制御一般など、極めて広い範囲にわたっている。

すでに今までも、コウモリの飛行を参考にしたレーダ・システム、人間の眼にヒントを得たカメラなどの技術もあるが、未だその数は限られている。

3. 生体へのアプローチ

本研究室で興味の対象としているのは、生体（主として人間）の解剖学的構造（ハードウェア）よりも、むしろ制御機能や情報処理機能などの生理学的性質（ソフトウェア）である。これは、本研究室が発足当時制御理論を主たる研究対象としていたことから、当然の帰結である。

生体工学においては、先ず対象とする生体の部位の特性を十分把握することが最初のステップである。生体のしくみは従来より生理学の分野で研究されており、数多くの知見やデータが得られている。もちろんわれわれは、これらを可能な限り利用する。しかし、われわれの欲しいデータが必ずしも入手可能であるとは限らない。たとえばある系の動特性は、その系の制御機能の解析に不可欠な情報であるが、生理学の分野では必ずしもこれが重視されてきた訳ではない。したがって、系の振舞を深く洞察するた

めには、やはり自らの手で実験を行なってデータを収集する必要が生じてくる。

工学部の実験室において、動物実験を行なうことには種々の困難が伴うため、本研究室では室内の職員、学生が適宜被験者となって実験を行なっている。この場合、動物実験や病院などでの検査と異なり、諸量の計測にはいくつかの制約が伴う。すなわち、(i) 体内に薬物を注入したり、センサを埋め込んだりしない、いわゆる無侵襲的計測であること、(ii) 被験者に苦痛を与えず、実験終了後直ちに日常生活に復帰できること、などである。この制約のおかげで、本研究室では研究の副産物として、いくつかの無侵襲的計測装置が製作された。

生体系に限らず、複雑なシステムの解析には、モデリングおよびシミュレーションは極めて有効な手段である。本研究室でも、今までに非常に多くの数学モデルを開発してきている。

シミュレーション・ランにはもちろんのこと、実験結果のデータ処理には計算機の使用が不可欠である。特に生体から得たデータにはノイズが多いため、統計処理を含む高度のデータ処理技術が要求される。本研究室では、ミニコン3台(MELCOM 70/25, HITAC-10 および PDP 11/23) および大阪大学計算機センターの TSS 端末(オキスコープ)を用いて、データ処理やシミュレーションを行なっている。

4. 本研究室における研究テーマ

本研究室で行なっている研究テーマを以下にあげる。これらの他に、大規模システムの最適化手法など、システム理論の分野に属する研究も二、三あるが、それらについては誌面の都合で省略する。

(i) 視覚情報処理に関する研究

眼は人体の中で最も精巧な機構をもつ感覚器であり、なかでも網膜は、得た情報を大脳に伝達する前に、実に巧妙な前処理を行なっている。本研究では、この網膜の働きを側抑制機構モデルでうまく記述できることを明らかにし、このモデルを用いて種々の眼の働きを説明した。また、眼の注視点を測るアイマークカメラを開発して、パターン認識や視線移動のメカニズムを明

らかにし、これらの成果を総合して文字認識装置を作成した。現在パターン認識と視標探索の機能を備えた“人工の眼”を製作中で、互いに類似した多数の図形の中から特定のものを選び出す作業、あるいは移動図形を追跡して認識する作業などを自動的にこなさせている(図1)。この装置では、ミニコンがオンラインで画像処理を行なうとともに、眼を動かすサーボ機構の駆動信号を発生している。

(ii) 眼球運動に関する研究

眼球運動の中には、頭部が動くとその動きを補償するように反射的に眼が動く、前庭動眼反

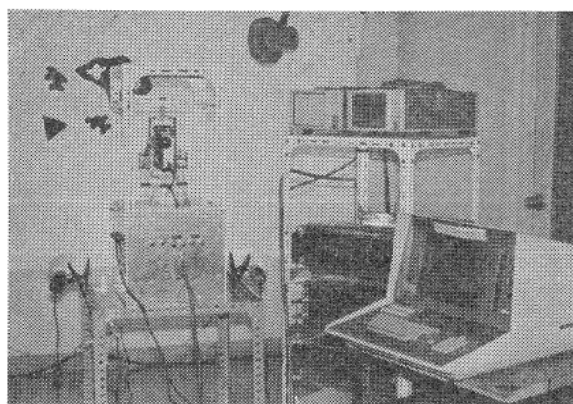


図1 人工の眼による図形認識。

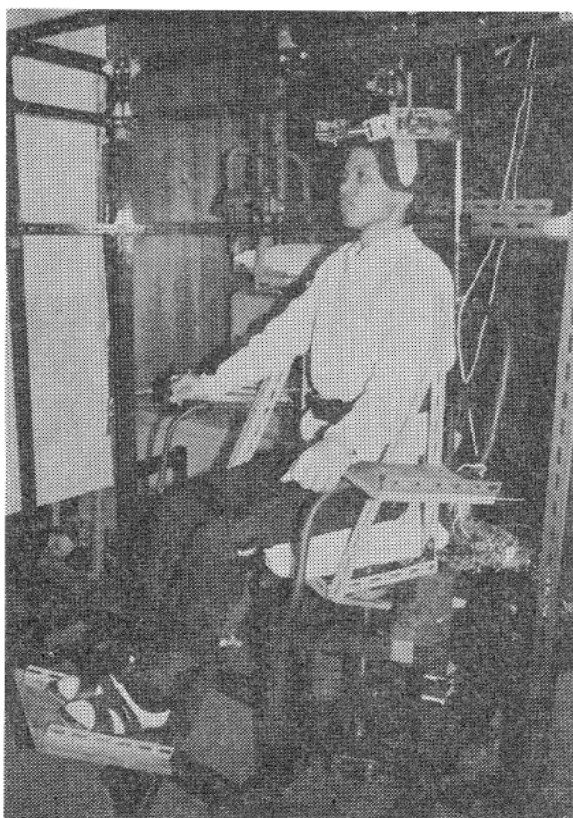


図2 頭部回転刺激に対する眼球運動の計測。

射と呼ばれるものがある。この反射は、三半器官、小脳、動眼筋などの協調によりなされるものである。本研究では、頭部回転刺激に対する眼球運動を観察することにより、小脳の機能の解析を試みている(図2)。

(イ) 心臓循環系に関する研究

心臓血管系および体液調節系の過渡応答を観測して、中枢神経系や体内の受容器(センサ)の動作特性を解析している。本研究において、体表面に現われる電気的なアドミタンス変化を測るだけで、心臓の一拍動で拍出される血液量が無侵襲的に推定できる計測装置を開発した。その結果、健康な被験者においても、種々の刺激に対する心臓血管系の過渡応答を、安全にしかも容易に実測することが可能になっている(図3)。

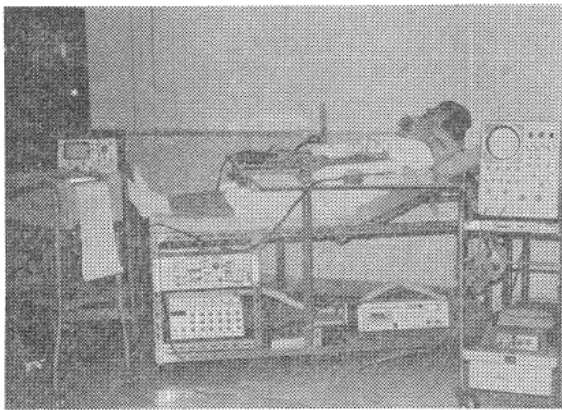


図3 心臓血管系の過渡応答の測定。

(ロ) 筋運動に関する研究

生体の筋・骨格系は、巧妙でかつ適応性をもった働きができる。本研究では、骨格筋および心筋などの筋自体の機械的特性のモデル化を行なった。つぎにこの結果に基づいて、膝蓋反射などで知られた伸張反射の解明を行なった。一方、筋をさらにミクロに見る立場として、筋収縮を起こす神経インパルスを直接検出し、収縮力を増減させるメカニズムを知る試みもなされている。従来は、この検出のために電極を体内

に刺し込んでいたが、現在これを無侵襲的に行なう微小電極を試作している。以上の基礎的な知見に基づいて、6自由度をもつ人工の手の動きを制御するアルゴリズムを現在開発中である

(ハ) 脳の学習機能に関する研究

本研究は、学習、熟練あるいは適応性など、生体固有の特長の根源を探ろうとするものである。アナコンで模擬した制御対象を被験者に操縦させ、操縦の熟練の度合や、対象の特性が急変した場合の対処の仕方を観察して数学モデル化し、これらの特長が脳内のいくつかの部位のパラメータ変化によってもたらされていると推定している。本研究で得られた、人間を模倣した制御アルゴリズムは、クレーン走行あるいは前項の人工の手の制御に適用され、その有効性が実証されている(図4)。

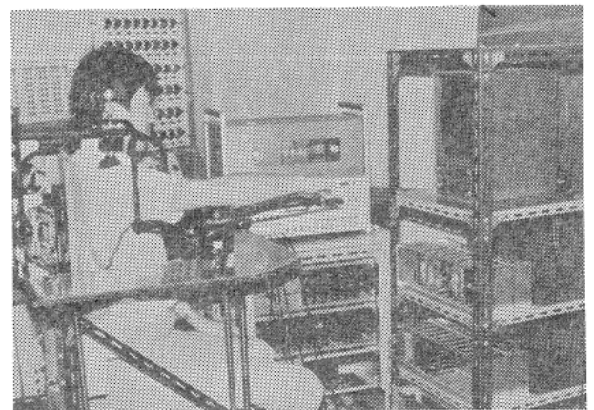


図4 視覚に基づく上肢運動制御実験。

5. むすび

本研究室の生体に関する研究内容を概説した。生体は興味ある研究対象であるが、その機能はあまりにも複雑であり、また特性の把握も容易でない。したがって、生体工学本来の目的である、生体を模擬した技術開発への道は遠く、未だ生体の機能の解明に精力が注がれている段階である。今後とも、この研究分野の発展のために、一層の精進をする所存である。