

が、マイコンでも己れの考えをこつこつとやらせてみたいと思っている。

今後の学会の正常な発展を祈ってやまない。

(昭和56年8月29日受付)

## サイバネティクスに魅せられて

機械技術研究所 舘 暲

ウィーナーに魅せられてこの道に入ったなどと書く  
と、あたかも「エジソンのようになりたくて工学部に  
来ました」と自己紹介する新入生のような、まだ夢と  
現実とが分離しきれないアドレセンスを引きずった  
少年の面影と、30台も中ばを過ぎた分別盛りの中年  
のイメージとの何かとはないアンバランスからか、  
思わぬ失笑をかうであろう。しかし、計測自動制御学  
会の20年を機会に思い切って若き日の恋心を告白す  
ることにしよう。

私が計測自動制御学会を知り、学術講演会を通じて  
その新鮮なアクティビティを垣間見させていただいた  
のは、1966年の夏であった。夏休みのさなか、東京  
在住の計測の3年生のもとにT先生よりの手紙が届い  
た。それには第5回の学術講演会を大学で開催するの  
で、講演用ビラめくり(当時はスライドはまれであつ  
たと記憶している)や、時間係を手伝うようにと書い  
てあつた。

創成期の学会の学術講演会の熱気は夏の残暑のむし  
暑さにも増して息ぐるしく、直接肩を伝わり、鮮烈な  
印影が今も脳裏に焼きついて消えない。何もわからな  
いなりに憧憬の念をいできて講演を聞かせていただ  
いたY先生、K先生やM先生が当時は、現在の自分よ  
りも若かつたことを想うと、何か不思議な気がしてな  
らない。

サイバネティクスに幼な心に恋心を感じたのは、そ  
れより1年ほど前のことである。勉強に疲れて偶然ス  
イッチをひねったラジオから聞えてきたのは、ウィー  
ナーの「サイバネティクスはいかにして生れたか」  
の一節であつた。「ホメオスタシスとは、体温や血圧  
やその他生体の内部環境の多くの因子を、生きている  
ことが可能になるように保っていることである。これ  
は、われわれのいうネガティブ・フィードバックの性  
質をもつものである。……」

ラジオの朗読が終わり雷に打たれたような感覚が残  
った。しばらくして、いてもたってもいられない気持  
で、ノートの端に走り書きしたウィーナーの名前を持

って図書館に駆けつけ、本を探した。読みにくい本で  
はあつたが食い入るようにして読みふけた。多くの  
箇所がいまでも鋭い印象とともに蘇ってくる。

「チャールズ川の水面はいつ眺めても楽しかつた。  
数学者兼物理学者としての私には、それはまた別の意  
味をもっていた。絶えず移動するさざ波のかたまりを  
研究して、これを数学的に整理することはできないも  
のだろうか。そもそも数学の最高の使命は無秩序の中  
の秩序を発見することではないのか。」

当時はその一節を繰返しながら、よく三四郎池のま  
わりをまわっていた。水面にはアメンボウがきれいな  
同心円の波紋を描いていた。

I先生より卒業研究のテーマをいただいてそれにと  
りかかつたのは、1967年の秋ももう深まつたころだ  
つた。顕微鏡下の視野内にある単連結の細胞などの図  
形の数を実時間で数える装置を試作するのが課題であ  
つた。2つのビジコンカメラを一操作線分だけずらし  
ておき、それら2つの映像信号を比較して単連結図形  
の凸部と凹部を検出する。検出されたそれらのパター  
ンの総数の差として図形の数を計数するアルゴリズム  
であり、後に光学メーカーのK社が同様のアルゴリズム  
により製品を売り出しているものである。

ビジコンカメラといっても当時のこと、裸のチュー  
ブを買ってきて、偏向回路や映像回路、また2つのビジ  
コンのアライメントをとるためのハウジングなどすべ  
てM君とふたりで手作りで作った。それでも年内に映  
像信号らしきものが出てきて何とか新年を迎えること  
はできたが、年が明けてからの論理回路作りが、これま  
た一苦勞。山始めのICなど買えるはずもなく、すべ  
て古い基板からはずしてきたトランジスタで作った。  
そのころから終電車の常連となつたのはいうまでもな  
い。

まっ暗な6号館の地下から、いそぎ足で階段を上っ  
て手さぐりで玄関の扉をあけると外はすっかり雪が積  
って明るい。雪をいただく赤門を横目に、いつものよ  
うに学生会館の脇の扉を乗り越える。走り乗った山手

線に、番傘を持った黄色のかすりの着物を着た女が小走りに入ってきた。素足に履いた下駄のはなおが、何とも粋で艶やかであった。

I研究室では土曜日に昼食会を行うのが常であった。大学院に通んだある日、人の耳は雑踏の中でも特定の人のお話を聞き、またオーケストラの中の特定の楽器の旋律を聞きわける、いわゆるカクテルパーティ効果のことが話題にのぼった。それに関連して、人はいったい音の音色をどの程度聞き分けられるのかを、まず調べてみたくなった。

まず定常な音から始めて、いろいろな調和音を発生させて、それらのスペクトル成分がどのような効果をもつのかを調べることから始めよう。当時の教科書には「定常な調和音に関しては、その調和成分の比のみが関係して、それらの相互の位相は影響を及ぼさない」と書かれていた。しかし、実験装置の設計に際して、念のため位相の効果も調べてみようと思い、正弦波と余弦波の組合せで自由な波形が合成できる波形発生器を作ることにした。その当時でもやはり、いわゆるラボラトリーコンピュータは利用できず、装置はフリップフロップを使って同期のとれた倍音関係を作り出し、それをローパスフィルタを通して調和音を作成せざるをえなかった。

装置ができあがり、同一の振幅成分をもち成分音の位相のみが異なる調和音を切りかえてヘッドホンで聞いたとき、かすかではあるが明らかに違うとわかる音色の差を聞いた。いくら調べ直しても、位相以外には、その差の要因となる違いは存在しなかった。

その後、JASAの論文に同一の話題を別の方法で扱った論文が掲載され、その論文からすでにヘルムホルツの時代から調和音の音色に与える位相の影響について議論がなされていたことがわかった。精神物理学的な測定法を利用して、成分音の位相の影響を定量化する実験を行い位相の影響を自分なりに整理できた。そのころは、ベケシーの *Experiments in Hearing* にすっかり魅了され、明けても暮れてもそれを眺めていたことを思い出す。

バイスペクトルという高次のスペクトルは、雑音の中のある特定の成分間の位相に関する情報を含んでいる。ある日、図書館で何げなく雑誌をめくっていると、フーバーのバイスペクトルに関する論文が目についた。統計的に信号の位相の情報が調べられるという点に、何か大きく引きつけられる力を感じた。

その論文を手がかりにして過去の論文を集められるだけ集め、数学書を片手に何ヵ月もそればかり考えていた。そのうち、バイスペクトルのもつ物理的な意味が

おぼろげながらも掴みはじめてきた。つまり、ランダムとはいっても、不規則ながらもある波形のくせをもった雑音がある。そういった雑音の波形のくせを統計的に記述しているのがバイスペクトルなのであった。

それならば、逆に規則的な調和音もともと存在し、それが正規雑音で汚されているというモデルを作ればどうかと考えた。そのような信号をバイスペクトル分析すれば、その波形の調和成分に関する情報を再現できるはずである。

そのモデルを使ってみると、昔から興味をもっていたカクテルパーティ効果のある部分が機械でも模擬できることがわかったときは、正直いってうれしかった。また、このモデルは系の特性の推定法としても、利用できるものであることもわかってきた。

脳波の $\alpha$ 波の分析にも応用できた。左右後頭部から導出した脳波のバイスペクトルは通常左右対称であるが、それが偏頭痛時には、その頭頂側での位相がずれてきて非対称性を示す。この発見は当時がんセンターの医長であったT先生と小生のふたりともがたまたま偏頭痛もちであったことから偶然見つかったものであった。機械研に移って「人間能力の補綴と拡張」を謳い文句として研究をすすめている。機械を人間の手足のように、あるいは目や耳のように自由に操って、人の力を拡張しよう、失われた機能を補おうというもので、テレオペレータあるいはテレグジスタンスとも呼んでいる。特に人間から機械への情報伝達チャンネルの1つとして、電気刺激による経皮情報伝達をとりあげ、かなり系統的に調べた。昔の音色の研究のときの手法がそのまま利用できた。しかし、今度はラボラトリーコンピュータが最大限に利用でき、能率はオーダーが2つも3つも違っていた。

昔からの目標の1つであった人間の機能を機械で実現する研究に関しては、人間より一步譲って動物の機能を機械で実現しようと、盲導犬をひとつのモデルとした歩行誘導機械の研究を始めている。

1979年から1980年にかけてMITに客員研究員として滞在する機会を得た。学生時代にハワイでベケシー先生に会って研究室をすっかりみせていただいた感激もさることながら、サイバネティクスに魅せられた小生にとって、この1年間のMITでの研究生活は何にもかえがたい経験であった。毎日眺めたチャールズ川の「波はあるときは高くうねって泡のまだらなをのせ、またあるときはほとんど目に見えぬさざ波になる。ときどき波の波長はインチで測れるぐらいになったかと思うと、再びいくヤードにもなるのであった。」

(昭和56年8月31日受付)