

知覚におけるシステム論

Allport の知覚諸学説批判とその構造学説(12)

筑波大学心理学系 金子 隆芳

The system viewpoint in theories of perception

Takayoshi Kaneko (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan*)

This is a synoptic version of the chapter on cybernetic theories of perception in the celebrated volume of F. H. Allport entitled *Theories of perception and the concept of structure*. Since the book appeared as early as in 1955, the period of infancy of computer-models of the brain, the then renowned cybernetic theory of perception of McCulloch and Pitts has now become rather out of date. Notwithstanding, Allport's critical treatment of the problems still holds true with regard to its methodological and epistemological significance. The inside-outside paradox, which is Allport's paradigm of criticism, again plays a crucial role. He proposed the concept of structure to settle the problem. It seems to the writer, however, that the problem will not be solved as long as the man-made computer is self-paradoxically modeled after the man himself, the brain.

Key words : perception, theories, computer, cybernetics, structure.

二十世紀の知覚研究の流れを見ると、その初頭、伝統的内省主義が不毛となったときにゲシュタルト心理学が登場した。ディメンジョナリズムと動因力動説の危機に当たってはセットの意義が認識された。行動理論は現象学を否定したが、時間と試行の関数としての成長の次元を明らかにした。巨視的研究の過去20年間には行動の共変法則は高度に発達したが、それはまた新しい危機を生みつつある。

心理学的過程の背後にどのような有機体の内的事実があるのか、それがもっと明らかにならないうちは、もはや新たな発展は望めないという認識が、少なくとも一部において高まりつつある。

巨視的研究は客観性の基準の確立にはよい方法論であったが、現象学的報告と刺激・反応の観察的事実との橋渡しができない。どうしてもこの辺りでわれわれは What is going on inside に関するよりよい理論を持たねばならない。

この時、あたかもこの危機を承知していたかのように、一つのサインが地平線の、しかも思わぬ方向から現れた。それがどのような洞察を与えるものか、

まだ判らない。しかしその動きは進んでいる。そしてそれは明らかに思想的にも新しい方向を示している。

その発信源は心理学者ではなく数学者、生理学者、エンジニアであった。その最初のインパルスは有機体ではなく機械から来た。その新しい原理はサイバネチクスと言われる。

通信制御技術の驚くべき発達により、原理的にはいかなる知的課題も実行できるオートマトンが可能になった。人間が自らこの機械に組み込んだ原理によって、人間自身を説明しようというスリリングな計画、それがサイバネチクスである。

この仮説は奇怪であり不愉快でもあるが、少なくともこれまで正面きって問題とされることのなかった心理学理論の一つの重要かつ困難な側面に、われわれの注意を促すものであることは間違いない。

心理学者はかたくなことに神経系の神秘的領域には立ち入らないという原則にこだわって、これまでこの問題は全く神経生理学者に任せてしまっていた。しかるにいまや数学者とエンジニアが、ある冒

験的生理学者のグループとともに、この領域に勇敢に立ち入ってきたのである。

その共通の目的は、大脳皮質を中心とする神経系の通信制御メカニズムによって行動を解明しようとするところにある。

これが神経系の理解に対してどんなに貢献的であるかは疑いないところであり、神経生理学に大きな衝撃を与えるものであったが、心理学にどこまで寄与するかは今後の問題である。

この動向の最も幸先よいと言うべきことの一つは、各分野間の障壁を排して、これを統合していることにある。生理学者、エンジニア、数学者、生物学者だけでなく、統計学者、心理学者、精神病理学者、言語学者、社会学者も加わっている。

パイオニアはウィナー、フォン・ノイマン、ローゼンブリュッス、マッカロック、ピッツらである。1942年から彼らのコンフェレンスが始まった。知覚理論に対するサイバネチクスの寄与はまだ少ないが、知覚理論におけるその重要性を知る必要がある。まずそのために全体的レビューが必要である。

オープン・システム、非可逆性、定常状態、ネガティブ・エントロピー

行動を構成する要素やイベントの複合、これをこれまでアグリゲートと称して来た。他にもいろいろの呼び方がある。コンフィグレーション、パターン、体制的全体、場、アセンブリーおよびシステムなどである。

システムは例えば次のように定義できる。

「何らかの仕方で相互結合的、相互依存的な動的要素の有限のアグリゲートとして、一定の法則に従って動作し、一定の特徴的な全体的効果を生ずる。」

システムは相互依存的なサブシステムから成ることもある。

システムはゲシタルトとは異なる。ゲシタルトにおけるような超加算性や部分に対する全体の効果というような意味は無い。連続的媒質を考えないから、場の概念とも異なる。空間上の点の特性を、それにかかる力やその方向によって定義するというではない。

システムにはオープン・システムとクローズド・システムがある。クローズド・システムにはエネルギーの出入りがなく、そういうシステムは自然界にはおそらく存在しない。

有機体はオープン・システムである。ここにはインプットとアウト・プットがあり、システム構成要素の連続的な流れがある。インプットに多少の乱れ

は合っても、有機的システムは定常的であり、時間に非依的な特性は回復し、アウト・プットは安定する。

平衡状態と定常状態とは異なる。平衡状態は静的であり無動であるが、定常状態には絶えざる変化、絶えざる活動がある。オープン・システムの定常状態は水タンクに水が一定の割合で出入りしている状態に例えられる。

有機体のシステムは複雑な化学的反応ないし生理化学的原理によって定常性が維持される。身体的状態、例えば血液水素イオン濃度、血液容量、血糖量、体温などが、環境の変化に関係なく定常に保持される(ホメオスタシス)。

システムは「自らの存在を防衛する」のである(ルシャトリエールの原理)。クローズド・システムにおける例えば化学的平衡は、可逆的反応によるのであるが、オープン・システムにおける定常状態は非可逆的である。

有機体における定常状態は細胞内の分解過程が合成過程によって継続的に補償されることによる。それにはエネルギーが必要である。クローズド・システムの保持にエネルギーは不必要である。クローズド・システムからはエネルギーをとることもできない。それは外部から平衡を乱されない限り平衡であるにとどまる。

システムが平衡であっては仕事はできない。平衡に向かって変化している状態でなければならない。つまり定常状態である。したがって有機体が連続的に仕事をするには自由エネルギーをもったオープン・システムである必要がある。

このような自己維持特性とともにオープン・システムには等到達性(equifinality)がある。これは初期状態と関係なく、一定の定常状態に達することである。動植物の成長や成熟がこれである。

化学的な可逆反応や、もっと俗な例で言えば自動車がバックするのも可逆反応であるが、これらはいずれも時間の流れのなかで起こる。システム過程は逆反応といっても、そういう時間の流れの方向そのものが反転するというのではない。われわれは靴をプット・オンしたり、プット・オフしたりできるが、アンプットすることはできない。

もし時間が反転したら、落とした物が(地面に着かないうちに)手に跳ね返ってくるだろう。時間は運動を含む変化によって定義されるから、そのような運動の反転は、時間の正規の流れの中の現象の反転ではなくて、時間自身の反転に等しい。しかしそのような運動の反転は、自然現象では起こらない。

すべてこのことは自然がある一定の非可逆的な法

則によって働いていること、時間自身は常に過去から未来への方向性をもつものであることを意味している。時間自身がその法則の一部である。かくしてシステムはすべて非可逆的である。

熱力学においては確率や平均の概念が介入し、法則は粒子の最も有り得べき分布を表す。その分布への到達もまた時間軸上の非可逆的現象である。

沸騰したやかんの湯を冷ますとき、湯は熱を失うが周りの空気は暖かくなる。しかし周りの空気が湯より暖かくなることはない。熱力学の第二法則によれば、冷たい物から暖かい物に熱が移動するといったような自己維持的な過程はあり得ない。

確率的に言えばシステムは最も蓋然性の高い状態に向かう。その結果、二つの物体は最後には同じ温度になって、熱はもはや移動しない。そういう平衡状態のとき分子のランダムな運動は平均的に分布し、とくにエネルギーの集中した場所はない。

もしそのような集中があるとき、それをシステムの体制とか秩序とか言う。システムが平衡に到った時には体制も秩序も無くなり、それが最も蓋然性の高い究極の状態である。その時、もはや放出されるべき潜在エネルギーの集中はない。完全な平衡状態を最大エントロピーという。

最大エントロピー、すなわち最大の無秩序は自然の普遍的法則である。ただしそれはシステムがクローズドであることを前提とするが、宇宙は全体としてみればクローズド・システムである。かくして宇宙には絶えざるエントロピー過程があり、体制は絶えず崩壊していく。複雑な体制は単純な体制に分解し、やがて宇宙全体がエントロピー死に到る。

時間に関するこの熱力学的概念は、過去から未来への時間の方向を決定するものである。エントロピーは時間のベクトルである。

これがエントロピーのすべてであるとしたら生物はやがて地球から消え去るであろう。クローズド・システムのエントロピーは非可逆的に進行し続けるが、オープン・システムには一時的ながらそれが止まるという特別な状態がある。この時のシステムのエントロピーはネガティブ・エントロピーである。ネガティブ・エントロピーは秩序と体制の尺度である。

シュレジンガーによれば、有機的システムの崩壊過程の停止の源泉は食物にある。すなわち有機的分子を取入れ、その体制的エネルギーを使用し、簡単な物質を外部に還元してネガティブ・エントロピーを獲得する。かくしてオープン・システムとしての有機体は平衡に到ることはなく、自由エネルギーの豊富な物質を摂取して定常状態を維持する。かくし

て有機体システムと環境とを合わせた全体は熱力学の第二法則が成り立つが、システム自体はネガティブになる。

オープン・システムとしての機械、 機械と有機体

機械と有機的システムとの違いといえば、機械はネガティブ・エントロピーを摂取することもないし、定常状態を維持することもない。内部エネルギーというものがなく、エネルギーはすべて外部から来る。損傷部分の再生とか自己再生も無い。

それにも関わらず次のような類似点がある。

どちらにも入力と出力がある。熱力学的統計的な非可逆的な時間の流れにおいて作動するのでも有機体と似ている。体制的パターンを将来的利用のために蓄積するメカニズムを有する。

機械にも追跡動作やホメオスタシスに似た動的制御がある。そして情報を処理する機械、コンピューターがある。コンピューターは入力情報をうることによって問題の解に到る確率的範囲が狭まり、選択肢の数が減少する。これがランダムネスと逆方向であることがネガティブ・エントロピーと似ている。情報とはコンピューターが摂取するところの秩序である。

有機体にとって入力とは刺激エネルギー、食物、水、空気などであり、出力は効果器による生産物あるいは仕事である。心理学では入力は感覚刺激であり、出力は行動である。両者の間にある内的機構とその動作が非巨視的心理学にとっての重要問題である。

機械にとっての入力は作業エネルギーと素材、出力は変換されたエネルギー、機械的なサービス、最終的生产物である。機械の入力にはさらに出力の速度を調整するための特別の入力がある。これは機械の計算機構サブシステムを操作するもので、情報入力といわれ、有機体でいえば感覚刺激に対応するものである。

ランダムな刺激は有機体の行動にとって無意味であるのと同時に、機械入力にはノイズがある。ノイズがエントロピーであるのに対して、情報はネガティブ・エントロピーである。そこで機械設計者の仕事はいかにしてノイズを小さくするかにある。同様に知覚、推理、学習によって、有機体が非協応的なでたらめな行動を排除していくことが有機体の適応である。

サイバネチクスは大エネルギーと大量生産の必然的結果である。かつては大エネルギーをいかにして得るかが問題であったが、それが得られると今度は

その大エネルギーを消費する機械をいかにコントロールするかが課題となった。人間のエネルギーより大きなエネルギーを使う機械は、人間よりも速く正確にコントロールしなければならない。

かくして例えばパワー・マシーンとしての織機は織物を織るという物的な仕事をし、情報マシンは織物のパターンをコントロールするのである。

すべてこの情報通信によって機械は一定の課題の要求するところにシンクロナイズされ、その運動は定常化され、その出力速度はコントロールされ、システムは一定の目的に向かって統合されるのである。

まさにこれと同じプロセスが有機体における情報、通信、制御のプロセスであるとサイバネチクスは考える。

アナログ・デジタル・コンピューター、 符号、記憶、情報

通信は時間的な出来事で、メッセージは時間上の離散的あるいは連続的な確率過程である。情報がいかにして符合化され、伝達され、機械の調整・制御を行うか、ということについては二つの種類のコンピューターがある。

一つはアナログ・マシーンで、ここでは入力データがその機械が解決すべき制御課題とおなじ形態にある。電圧、シャフトの回転角、スプリングの圧縮、といったような直接的物理量である。コンピューターではないがフライボール・ガバナーの入力は機械の回転速度で、出力はロッドの運動であり、それがスロットルに連動している。ガバナーの作動はエンジンの回転とアナログである。

もう一つはデジタル型あるいは数値型マシーンである。ここではデータや情報は物理量でなく数字といったような記号の形態で表わされる。オペレーターはデータを数字にして入力し、機械は論理規則によって情報を処理し、数字で出力する。

自動制御の観点からするとデジタル型には不利な点もある。物理的課題は一旦デジタルに変換し、計算の結果はまた機械に入る形に変換しなければならない。これが寸秒にして行われるにしてもミサイルの制御にはまだ遅い。アナログ型は機械の物理的過程と直結的に作動し、連続的に応答する。

それにも関わらず、デジタル型には大きな長所がある。遊びやノイズがないことと、問題の複雑度に制限がなく正確なことである。

サイバネチクスの基本的方略はデジタル・コンピューターにある。そのシステムと動作について見るに、情報の入力は二進法で行われ、ブール代数によってディジットが処理される。すなわちコン

ピューターはリレーによって0と1とのオペレーションを行うスイッチ機構である。機械の作動において生ずるすべての入力出力関係は単なる1と0の新しい関係の選択を要求するのみである。この選択は一定の論理規則にしたがう。

動作は中央の時計装置によって制御されており、一つ一つの過程が系列的順序で行われる。この系列的制御手続きの指令が情報と共に機械に入力される。機械は人間の介入なしに何千何万の論理的オペレーションを行い、効果機構に出力を出す。

人間が計算するときと同様に情報の保存が必要であり、そのために機械にも記憶機構がある。記憶のサブシステムには長期記憶と短期記憶があり、記憶された情報は機械の他の回路からの適切なタイミング・パルスによって検索される。

情報という用語がたびたび使われるが、ただの数字の並びがどうしてinformingなのであろうか。機械の動作をみてもそこにあるのはリレーのフリップ・フロップだけである。エネルギーの交錯はあるが、情報と呼ぶべき何があるのであろうか。それにも関わらず、リレーの動作パターンが決定に直結している。そのすべてのプロセスが人間活動の実際の問題に重要な関係を持つ計算を行っているのである。これらの動作に消費されるエネルギーは極めて少ない。情報はエネルギーではない。Information is just informationである。

サイバネチクスにおける情報の概念は一つの明確な定義を与えられている。それは情報量として量的に表すことができる。未知の科学的事実についての講義を聞くとき、どれだけの情報を得たかを議論することはできない。サイバネチクスの情報の概念をこれに適用することはできない。事実関係の限界のわからないいかなる内容についても同様である。

情報とはいくつかの既知の選択肢のどれを選ぶかがわからないときに、それを可能にするような何らかのメッセージに対して適用するのである。メッセージの情報量は、例えばそのメッセージによって選ぶべき選択肢の数がどれだけ減少するかによって測定される。半分に減ったときに1ビットの情報を得たという。

一例として16個の箱から賞品の入った1個の箱を選ぶに必要なメッセージの情報量は、そのメッセージが箱の数を半分ずつ指定するようなメッセージ・セグメントからなっているとすれば、1ビットの情報量のメッセージが四つ、計4ビットの情報量ということになる。オリジナル・メッセージにはかくして4ビットの情報量がある。

コンピューターの2進法システムは二つの選択肢

の選択のシステムであり、リレーの一回の動作は1ビットの情報を操作している。情報の伝達とはあらゆる可能なメッセージの全体から、伝達しようとする一つのメッセージに到るまで、これを限定していくプロセスである。

情報とはつねにより低いランダムネスにおける選択を可能ならしめるわけであるからネガティブ・エントロピーである。それは純粋に偶然的には発生することのない何物かを伝えるものである。

ネガティブ・フィードバック、 変換とインバリアント、スキャンニング

通信制御機械におけるいくつかの原理のうちで知覚と関連のあるものについて考察を続けよう。話題はフィードバック、変換、インバリアント、スキャンニングということになる。

まずフィードバックについて。

これはすべてのシステムの基本的な特性の一つで、各部分の相互作用のことである。一つの部分の動作が変化すると他の部分が動的に連動して変化し、それがまたもとの部分に作用するのである。

フィードバックにはポジティブとネガティブがあるが、システムの安定にとって重要なのはネガティブ・フィードバックである。出力の一部が機械にフィードバックされ、それが機械を制御する命令としての特殊な機能を持つ。

フィードバック情報は機械の動作の目標値からの誤差である。フィードバック機構はバッファー・システムであり、それ自身の入力-出力をもっているが、機械の生産活動のメイン・ラインに対する作用は純粋に制御的である。

フィードバックの一つの重要な特徴はその合目的性にある。機械は人間オペレーターの設定した目標値に、自らを自動調整してこれを維持するのでサーボメカニズムとも呼ばれる。しかし自動調整的メカニズムは自然や社会現象にもあり、有機体は多くのフィードバック作用を現す。

例えば動物のある種が他の種を餌食にするようなとき、動物の人口がまさにフィードバックの原理に基づいて一定の値に増減を保つ。もしフィードバックが自然におけるこの普遍的原理と同等のものであるなら、これにサーボメカニズムといったごとき目的的用語をあてはめるのは適当ではない。

フィードバックの重要な特性にオシレーション、つまり振動がある。一つのクローズド・システムとして、ネガティブ・フィードバックは自己刺激作用を起こしやすい。システムには慣性がある、目標に達しても行き過ぎてしまい、またスイング・バツ

クする。

インプットが振動するとアウトプットも一定の遅れをもって振動するが、条件によっては振動はいつまでも止まらない。これを止めるにはアウトプットの位相を変化させてフィードバックのサイクルの位相を進めてやる方法がある。

振動はフィードバック・メカニズムには「つきもの」である。有機体にもあるが、あまりそれが大きければ病的であり、それはフィードバック・メカニズムの欠陥である。

フィードバックはシステムのメイン・オペレーションの構造にタンジェントな循環的構造であり、循環性はサイバネチクスのカージナルな原理である。サイバネチクスは情報量について語ると同時に、このような構造原理にも基づいている。

つぎは変換とインバリアントの問題について。

コンピューターは外部環境の事象について、その内的写像を与えるものである。一定の時間と場所における事象の各種の量的情報が与えられ、コンピューターはその事象の特性としての各種の量を計算する。このことと有機体の知覚過程との類似性はあきらかである。そして知覚において有機体は外的事象に関して、かなりの程度ベリディカルな表象を構成している。

コンピューターのリレーは実際の外的事象そのものではない。事象に関する情報を与える数的符号によって動作する。事象が起こる起こらないはリレーのオン・オフによって表象される。同様に神経活動の発火・非発火が外的事象にかわる一つの符号である。図形、動的場面、対象がコンピューターや大脳皮質に表象されるとき、その刺激場面に存在する関係の本質的特性を保持する何かが起こっていなければならない。

この問題の鍵は、コンピューターや有機体のプロセスにおける変換とインバリアントの論理である。一つの対象のパターン表象は一組の変換群を通過すると考えられる。例えば変換とは空間座標上で木のブロックを直線的に移動するとか、ゴム風船を膨らませるときに正方形が歪むなどである。ゴム風船の場合は形の計量的恒常性は失われる。

パターンには平行移動や回転などの変換を受けても変化しない一定の関係がある。ブロックが移動しても回転しても長さという次元は変わらない。レンズで物を拡大して見てもスケールの比率は変わらない。ゴム膜上の図形は形は歪んでも位相的關係は変わらない。円のなかの円はいかなる場合も円の中にある。

一定の変換群によって変換される対象における何

らかの量に変換によって不変であるならば、それをその変換のインバリエントという。ここに異なる状況における知覚の等価性の問題の糸口がある。

物はどの方向から見てもそのアイデンティティがつくこと、調子が違ってもメロディーは変わらないこと、大きさが変わっても形は変わらないことなどに知覚の等価性がある。すべてこれらの場合、インバリエントな何らかの特性量がある。

このインバリエントが、マッカロック・ピッツをして、刺激の洪水の中の知覚や表象におけるコンスタントを「アイディア」ないしは「ユニバース」と言わしめているのである。

同じことはマシーン・オペレーションにおいても言うことができる。マッカロックによればコンピュータのインプットにおけるいかなる図形についても、変換群にインバリエントなアウトプットを計算することができる。

We calculate a set of averages, for all members of the group, of numerical values assigned by an arbitrary functional to each transform of the information conceived as the distribution of excitation at all points and times in an appropriate manifold.

つぎにスキャンニングについて。

一つの図形的パターンに対して一定の変換群を適用することにより、変換パターンのマニフォールドが形成される。スキャンニングはこの変換パターンのマニフォールド空間を、あたかも電子ビームで走査するように走査して、つぎつぎに変換パターンをサンプリングする手続きである。この種のスキャンニングが脳皮質において行われており、そのようにしてサンプリングされたパターンについてインバリエントが計算されているというのが、マッカロック・ピッツの形の知覚理論である。そのインバリエントな量がピッチに不変なコード、サイズに不変なフォームの値の謎を解くことができる。問題はどのようなメカニズムを、いかに脳に特定するかということである。

スキャンニングは空間における事象の分布と時間における事象の分布とが等価であることを示すものである。空間的情景は走査ビームによってポイント・バイ・ポイントで情報収集され、時間上の信号の流れとして伝送される。受信側においては情報のパターンが再び空間上に展開される。時間空間的事象パターンは、かくして時間空間的ハビタートのなかに生きて保存されるのである。

ユニバーサルについては記憶との関係も指摘することができる。映像記憶管を走査して情報を取り出

し利用するのと同じく、有機体におけるユニバーサルとしてのアイディアもまた、それが起こった時点に拘束されない。それは記憶の再生、想像、思考に使用するために保存される。

通信制御メカニズムにおける動作原理は概ね以上のおりである。ここではシステムをブラック・ボックスとして見る単純な見方に大いに改革が起こりつつある。リレー、情報ユニット、ネットワーク、反響回路、保存機構、フィードバック、オシレーション、変換群、スキャンニングといったような内的機構が新しいインサイトをもつに到った。いまや有機体においてかかる装置があるのかどうか、それがいかにして知覚や行動を説明するかを考えるべきハイ・タイムである。

コンピュータと有機体の平行性、 目的メカニズム、反復回路、記憶

コンピュータと有機体には共通点が多い。どちらもインプットとアウトプットがあり、有機体の中枢神経系はコンピュータの中央処理装置である。インプットとアウトプットの間で情報の統合、保存、転送が行われる。有機体にも記憶の再生、再認がある。効果器からのメッセージ、運動感覚、自己受容感覚はフィードバック情報である。

神経系もコンピュータもパワー・マシーンではなくコミュニケーション・システムである。いずれも著しい構造的特性を有し、特に循環的構造が大きな特徴である。

ニューロンの悉無率は、神経系がデジタル・メカニズムであることを予想させるに十分誘惑的である。真空管のグリッド・バイアスが動作のタイミングをコントロールするように、ニューロンの後電位はシナプスの興奮性を制御してインパルスの通過をコントロールするのに重要である。

コンピュータにも有機体にも内的時計機構がある。その他インパルスのシスプスにおける加重と増幅、抑制性インパルスとダンピング・オシレーションとの類似性等等。

一方、有機体とコンピュータの違いもまた指摘することができる。

神経系通信制御はデジタル的であると同時にアナログ的要素もある。たとえば血圧制御機構には神経的なデジタル機構とともにフューモラルなアナログ機構がある。すなわち血管内圧の連続的な水力学的変化があり、この情報が求心系インパルスとなって中枢神経系を経て、再び遠心的に血管にバックされるのである。このようなデジタルとアナログの結合は有機体と機械との著しい違いである。

ネガティブ・フィードバックには現代の制御機械と有機体との著しい類似がある。知覚における構えや運動的調節にフィードバックの循環的サイクルを既に見ている。すべてのホメオスタティックなプロセスはネガティブ・フィードバックである。血流や血液成分、体温、心拍、血管運動反応、呼吸、歩行における拮抗筋の交代抑制、姿勢の維持など、みなフィードバック制御である。

ネガティブ・フィードバックはもちろんこのような反射機構ばかりではない。筋や関節からの自己受容感覚なくして協応運動は不可能である。目標随意運動は一つの速い試行錯誤である。目標からの逸脱が自己受容的にフィードバックされ、誤差に比例した運動インパルスが発せられて運動を修正する。このフィードバックには視覚求心系が加わっているが、筋感覚的受容だけのこともある。

ペンを取ろうとするような目的遂行のフィードバック・メカニズムを、サイバネチクスは目的メカニズムというが、ここには目的機能主義におけるがときエイジェントの幻はない。ここには目的論的アイディアリストと石頭の実証的行動主義者のドッキングがある。これによってヘルムホルツから指向状態説にいたる擬人的説明が追放されるなら喜ぶべきことである。

オシレーションの研究は行動的フィードバックにとって重要な意味があった。ローゼンブリュッスとウィーナーは、ネコの脚の筋肉の伸張刺激による間代性痙攣の周期を、フィードバック・メカニズムの原理から理論的に予測した。オシレーションはフィードバックの存在の根拠になるものである。

オシレーションは病理的状态で顕著になる。たとえば目標性トレマーがそうである。強迫神経症はフィードバックの異常ないしはポジティブ・フィードバックによるものと考えられる。そのために反応過剰となって他の大脳機能を巻き込むという悪循環になるのである。

エンジニアがこれを制御する方法は、インプットに対してアウトプットの位相を進めることで、似たようなことは神経系にも見られる。すなわちある種の運動神経興奮に非常に速いリズムがある。

更にサイバネチクスの精神病理学的解釈がある。例えば過負荷によるシステムの破綻である。コンピューターも過負荷になると循環回路の記憶が破壊してしまう。コンピューターの記憶は要らなくなればクリアできるが、人間の生理学的記憶はなかなかクリアされない。

モチベーションや感情情緒のサイバネチクス・モデルはまだよくできていない。ウィーナーは感情を

無目標のコミュニケーションと考えた。to whom it may concern 型のメッセージである。

コンピューターの記憶における反響回路モデルに対応するものとして、ローレンテ・デ・ノは中枢神経系における循環回路の存在を証明した。これには求心性・遠心性の繊維が結合し、インパルスの再生成ループとなっている。

大脳皮質の等能性を説明するために、ラシュレイは多重的な局所回路を仮定した。それによって皮質にはこれらのパターンがオール・オーバーに複製され、大脳の一部が損傷しても他の部分がこれを補償する。

循環回路というのはインプットとアウトプットを有する単なる「あるもの」ではなくて、ひとつの動的な構造ユニットである。ここには開回路的な線形刺激反応モデルにはない理論的長所がある。すなわちハビットは外界の特定の刺激に依存するものであったが、循環回路モデルによればもはや受容器-効果器結合とは独立な自律性を獲得する。それは時間に無関係に作動し、空間にも拘束されない。さらに他の回路と、より包含的アグリゲイトを形成し、構造的統合の中で作動する。線形結合は単なる一つのリンクにすぎない。

このように循環モデルは時間に関して自律的であり、特定の刺激と反応に拘束されないという意味で、時間空間に独立な抽象あるいはユニバーサルやアイデアの生理学的基礎とすることができる。マッカロックによれば、循環性反復インパルスは感覚的体験の特定のモーメントと無関係に事実の形を保存することができる。形態質はそのようなユニバーサルの一つであり、それはあるモーメントの刺激対象の与える特定の刺激パターンを超越している。

セット理論でも論じたが、知覚と観念の対立と葛藤は、この回路の対立葛藤に他ならない。かくして選択と決定の神経網の理論の可能性が暗示される。

コンピューターの記憶はクリアできるが、大脳はそれができない。人間の生涯はあたかもコンピューターのシングル・ランに似ているが、そうすると反響回路以外の長期記憶のメカニズムが必要である。ユニバーサルやアイデア、知覚のインバリエントは睡眠によっても失われない。これらの記憶はより深いファイルに保存されているに違いない。そのためには神経細胞自体の物質的永久変化が必要である。

人間の生涯にどの位の情報があるか。そのためには中枢神経の10の10乗はまだ足りないであろう。もし13ないし15乗が必要とすればタンパク質分子にまで入り込む必要がある。

知覚のサイバネクス理論, ピッツ・マッカロックのモデル

知覚のサイバネクスの説明としての変換群, インバリエント, スキャンニングおよびその大脳モデルについてはマッカロックとピッツに負うところが大きい。彼らには三つのモデルがある。第一は刺激パターンが初めに網膜の何処に落ちてても眼球運動によって正しい形態視が保証されること。第二に音のピッチにかかわらず一定のコード感覚があること, 第三に図形の大きさに関わらず形が知覚されることについてである。

第一は眼球反射運動に関するものである。眼球反射運動にはレンズの調節, 視線のコンバージェンス, 光量の調節などがある。いずれもネガティブ・フィードバックによりはたらく。マッカロックらの場合, 対象が網膜周辺にあるとき, これを中心くぼみにもってくる機構である

まず関連する生理学的事実について。網膜からは中脳の上丘に到る求心性伝達路があり, これから眼球中枢へリレーがある。上丘の表面には網膜の各点が投射されて地図を作っている。投射点は眼球運動と協応している。

網膜に中心くぼみを原点として水平垂直の座標軸を仮定する。対象の網膜上の位置について, 上丘は二重積分によって対象の網膜像の明るさの分布の重心を計算する。その位置情報は眼球運動中枢を経て適当な眼筋に作用し, もしその重心が中心をはずれていれば, その座標距離をゼロにする方向に眼球を回転させる。こうして視軸が対象の明るさの中心に指向したとき運動はとまる。

この過程は平行移動変換であるが, この変換によって変わらないのは形である。四角はやはり四角である。ここに一つのインバリエント・ユニバーサルがある。つまりイメージが場所という特定性から解放された。

他の眼球反射運動もそうであるが, 反射はインプットの変数を一定値にもってくる作用である。それによってインプットの偶然的特異性が除外される。インプットのとりうる多くの変数の値から, ある最終値が選ばれる。この最終値をマッカロックはカノニカル・ポジションと呼んだ。

カノニカル・ポジションを与えるところの積分過程あるいは平均処理のメカニズムは, ヘルソンの順応水準説の神経生理学的基礎でもある。順応水準は刺激インプットの重みづけられた平均として計算される。重さについて軽い, 中間, 重いといったような判断は個々の刺激によるのではなく, カノニカルな値, あるいは標準(グループの平均)との対照によ

るものである。

神経系は感覚インパルスの系列の時間平均を計算している。それが感覚刺激の強さとなる(タルボットの法則), あるいは刺激の空間的分布の空間平均を計算している(パイパーの法則)。

刺激系列の一定範囲にわたって形成され, 時間に関して独立に保持される標準値として順応水準は一つのユニバーサルである。マッカロックのモデルは変換群のすべてのメンバーにわたって積分し, 平均値としてのインバリエントを計算する。サイバネクス知覚理論は必ずしも特異なものではなく, ヘルソンの順応水準説と並ぶものである。

第二のモデルは音のコードの知覚である。これはゲスタルト心理学で言う移調効果, エーレンフェルスの形態質の問題である。コードを聴くというのは, 個々の音だけでなく, それらの間隔を知覚することである。このとき, 間隔が同じならば個々の音が変わっても, つねにコードは不変なものとして知覚される。その神経的なモデルについてマッカロックは次のように考える。

大脳の聴覚領域の皮質構造は感覚受容細胞の多重層である。ここに聴覚インパルスが上向求心性繊維によりやってくる。求心性上向繊維の配列は音のピッチと対応している。求心性上向繊維に関する重要な仮定は, 感覚受容細胞の各層をその配列のまま斜めにクロスしながら上昇していくことである。

感覚受容細胞層には求心性上向繊維のほか非特異的な求心性連合繊維が来ていて, 受容細胞層を絶えず上下にスイープし, スキャンニング・メカニズムを果している。スキャンニング・スイープはつぎつぎに受容細胞層を順番に活性化していく。

受容細胞層に特異的な感覚性インパルスが来ても, それだけでは受容細胞を発火させることはできない。非特異性興奮と一致した時に発火する。各層の受容細胞は皮質下の基礎モザイク細胞層に下向繊維を送っている。かくして発火した受容細胞からのインパルスは下向繊維を経て基礎モザイク層に投射されるのである。

さて, ある特定の二つの音の求心性上向インパルスは, 一定のコード間隔を保持しながら斜向繊維を上がっていく。斜向繊維は平行であるから, その間隔は変わらない。こうして求心性インパルスは上向しながら水平受容細胞の各層に一定間隔の興奮パターンを写像する。そのパターンは求心性パルスの斜行性のゆえに受容細胞層を斜行している。そこでスキャンニング・メカニズムによって上下にこれをサンプルし, 下向繊維によって基礎細胞層に投射すれば, 投射された興奮パターンは基礎細胞層のピッ

チ連続体上を左右に運動する。ここにコードの平行移動変換がある。

かくしてコンスタントなコード・パターンが基礎細胞層を、スキヤニング周期をもって周期的に動き続ける。この周期は約10分の1秒と考えられ、いわゆる脳波のアルファ波がこれではないかと考えられている。かくして基礎細胞層の上にピッチと独立なインバリエントなパターンが形成される。それがコードである。

大脳コンピューターは基礎細胞層上のパターンについて時間軸上の加算を行う神経回路である。これが平行移動の変換群上の量に関して平均値を計算する。これがピッチに関係のないコードのインバリエントとなり、その結果は連合領域のしかるべき神経ユニットに表象されてコードの知覚体験となる。

アルファ波をこのスキヤニング・メカニズムと考える根拠はその10分の1秒の周期にある。これは知覚にとって臨界的時間であり、時間体験の最小の量子である。知覚の心理的瞬間ともいわれる。

感覚受容細胞層に外的刺激インパルスが来ていないときはスキヤニング・スイープは規則的なアルファ波を呈する。求心性インパルスがくると、スイープは、ちょうど搬送波が変調をうけるように、刺激の *twinkle of details* によって乱されるということがあるかもしれない。実際、これは人間が刺激に注意したときに見られるアルファ波に関する観察的事実である。

しかしアルファ波の周期は知覚に著しい変化なしにも変化するものである。もし知覚や反響回路にとって正確な同期が不可欠であるとすれば、この事実はアルファ・スキヤニング説には都合が悪い。全般的にアルファ・スキヤニング説に対する反論は有力で、そういうことになるとピッツ・マッカロックの巧みな理論も重要なリンクを失うことになる。

第三の問題は視覚における形の認知である。なぜ大きさに関係なく形を見ることができるのか、この場合の変換群は拡大と収縮である。コードの知覚において変換が行われた連続体を、今度は放射状に展開するのである。

大脳視覚第一次中枢に、聴覚のときと同様に感覚受容細胞の多重層を考える。この各層を上向する求心性繊維は、今度は斜行拡大する上向繊維であり、したがって一つの刺激パターンはあらゆる可能な大きさに拡大縮小されて各層に写像される。

そこで再びアルファ波による感覚受容細胞層の周期的スキヤニングを考えれば、つぎつぎに活性化された各層から、下向繊維を経て図形のイメージが拡大縮小の周期的運動として基礎細胞層に投射され

る。このパターンはもはや大きさに関係のないインバリエントをもっている。

多分、第二次視覚中枢の大脳コンピューターにおいて、変換されたすべての図形にわたって平均計算が行われる。その平均値はサイズ・インバリエントである。このインバリエントは高次神経系のある一点に表象されている。もし開頭時にそれを刺激すれば、その図形のイメージを体験するであろう。それには位置も大きさも無い。

以上がマッカロック・ピッツにおける知覚の三つのサイバネチクス・モデルである。これは知覚に限らず、広範囲の抽象作用に適用されるもので、ユニバーサル抽出神経系の一般的手続きとみることができ。まさしくサイバネチクス知覚理論の主要な貢献であり、重要な洞察であることは間違い無い。

形の知覚の中枢神経系モデルとして過去に見るべきものといえ、ゲシュタルト理論において他にないが、サイバネチクスとゲシュタルト説はおおいに異なるところがある。ゲシュタルトは場の力学であり、マクロスコピックである。サイバネチクスは高度に特異的であり、要素論的である。反響回路、フィードバック、変換群、スキヤニング、図形のユニット表象はマイクロスコピックかつ神経的である。

マッカロックには同型性とかコンフィギュレーションの概念がない。これらは現象的体験の世界において要求される用語で、知覚メカニズムの物理的研究のとらないところである。

マッカロックによれば神経系ネットは空間的ないかなる図形(任意の数のニューロンのアンサンブル)をも相手とし、これを究極には一つのニューロンのインパルスに変換するのである。大脳が一つのアイデアを有するというとき、大脳の中にかなる種類の「もの」(thing)があるというのでもない。言えるのは、それはインバリエントな何かである。

サイバネチクスは、正方形がなぜ正方形という体験を与えるのか *Why it looks like a square?* ということを問わない。正方形刺激が与えられたとき、その皮質パターンが大きさに関せず一つの生理学的図形特性を持つことだけを説明しようとする。

インバリエント知覚はいわゆる知覚恒常性のことではない。広義に言えばそれも知覚恒常性でないとは言えないが、さしあたってはその様な心理学中の心理学的問題には関心が無い。変換群上のインバリエントの方法が知覚恒常性に拡張されないものでもないが、まだそこまで議論が進んでいない。

一つの対象のサイズ・インバリエントな性質が形である、というのがサイバネチクスの命題である。それに対して、心理学の命題としての形の恒常は、

網膜像に対してインバリエントな性質、すなわち形そのもののことである。サイバネチクスのいうのは形の数学的側面、数学的変換にたいして不変な性質のことである。これをマッカロックらはユニバーサルとよんだ。

サイバネチクス批判

機械と有機体の対比、非定量的な意味の失敗

繰り返すようであるが、コンピューターと有機体には類似と同時に大きな違いがある。中枢神経系の10の10乗のニューロンに対して、コンピューターのリレーは10の4乗にすぎない。マッカロックによると10の9乗の真空管のコンピューターを動かすにはナイヤガラ滝のエネルギーと、冷却水としてそれだけの水が必要である。

コンピューターは非常に動作速度が速く、神経の1000倍、かつエラーが少ない。有機体は受容器から効果器までの間に多くの情報のロスがある。マッカロックによれば、それは10の8乗対1にもなる。そんな機械をエンジニアは真似しようとは思わないだろうが、有機体がどんな状況変化にも正しく適応する能力は機械の真似できないことである。

有機体のパワー・サプライは内的新陳代謝によるが、コンピューターは外部から与えられる。有機体もコンピューターもエントロピー・プロセスであるが、有機体はネガティブ・エントロピーを作り出し、ときには自己増殖する。

サイバネチクス知覚論がゲシュタルトの移調問題を説明する仕方はいま述べた通りであるが、これ以上知覚や心理学の一般理論になりうるかどうか、わからない。論理的思考と記憶のある側面には馴染むところがあるが、それも非常に狭義のものである。基本的なところで情報の概念が対数的であるのはウェーバー・フェヒナーの法則に似ているが、創造的思考や科学的好奇心、有機体のフレキシビリティなどに何処まで対応できるか疑問である。知覚の恒常、意味、セット、コンフィギュレーションも難しいところである。

とくにこの知覚の意味において、サイバネチクス知覚論の最も重大な限界があるように思われる。量的な意味、大きさや位置などのインバリエント、を論じることはできた。しかし対象の性格や状況を表す非定量的な意味は、デジタルな符合化やアナログ的な伝達ができない。コンピューターで処理される情報はすべて this とか not this あるいは how much of this についてである。this が何を指すのかについては何も語らない。

例えばコンピューターのオペレーターが椅子につ

いての何らかの事実を計算するとき、椅子に関する量的意味が数字としてコンピューターにインプットされる。コンピューターは椅子については何も知らない。それは単に計算を行いオペレーターに数字を返す。オペレーターは数字を椅子の概念ないし意味にリ・アタッチするのである。オペレーターはコンピューターに限界があるのを知っているから、初めから椅子の意味を分離しているのである。

それに反して有機体が対象と接する時にはあらゆる種類の意味があり、それを使用する。サイバネチクスの処理する情報は情報の片鱗に過ぎないが、有機体はそれについて何らかの意味を加えながらその対象性を発展させることができる。

勿論、科学は量に限定すべきだと科学論はいう。量のみが科学に必要な客観性と正確性を与える。自然の法則とは量的法則であるべきだ。量的方法が不可能なときは、非定量的に考えざるを得ないが、それでも意味といったような主観的な質であるべきではないというのである。

意味に対するこの第一の疑問は自然科学の常套的な主張であるが、心理学としてはもっと慎重である必要がある。例えばお客の椅子が4つ足りないというとき、ホステスは何を考えているであろうか。

彼女は確かに4という数を考えるけれども、同時に彼女は「四つの椅子」を考えている。このときの椅子の意味は腰をかけたリ、踏台にしたりする「椅子」という四つの物体である。それが椅子というものの定義や意味の本質的側面である。そのような椅子の意味は、量とか大きさとかナンバーだけでは完全かつ一義的に表現されないものである。もし量がそれだけで使用されるならば、いかなる事象が事実おこっているのか、わからないであろう。

第二に腰を掛けるといったような椅子の意味は、客観的かつ正確でありうるかという反論があるかもしれない。しかしわれわれがデノウタブルな対象や物理的事象に絶えず接するとき、これより客観的であり正確な何があるであろうか。それは数と同様に正確であり、客観的であるばかりでなく、デノウティブな可能性において単なるナンバー以上である。さらにここでは質について何も言っていないことも注意すべきである。単に必要な非量的表示によって事実を記述しただけである。

第三にここに述べたような椅子の意味は、変換や抽象の意味やユニバーサルの発展にとって十分フレキシブルであろうかという疑問がある。これについてもいま述べた様な意味は有効である。実際それはすべての椅子に適用されるし、椅子の本質的性格を明確かつ適切に表現する。それは椅子に関するいか

なる量的言明とも同様に法則的である。

上記の命題はコンタクトあるいはエンカウンター
の構造である。動的進行とイベントの構造である。
構造は質ではない。構造とはおそらく量に対する最
適な反対語であり、意味の骨格である。それなくし
て数量は成り立たない。

量が椅子の構造的意味と関係ないとか存在しない
と言っているのではない。それも必要である。大き
さ、重さ、数量、色の波長、その他、椅子に腰掛け
る人やその動作エネルギーにも関係ある。何事によ
らず存在するものは、ある量において存在する。し
かしもし椅子の非量的なイベント構造について言明
がなかったら、椅子に関するすべての量は純粋に数
学的抽象になる。それは経験科学ではない。そのた
めにはコンタクトとイベントの構造的フォーマット
がなくてはならない。

この例は科学のいかなる個別的自己限定的現象に
ついて云えることである。イベントのパターンは
つねに現象の中にある。あるいはその現象を定義す
る操作的オペレーションにある。

構造を扱うところの思考機械、すなわちこの意味
において「意味」を意味することができる機械は、
もっと多くの自由度が必要である。しかも「度」で
は表せない自由度である。そのためには構造の中の
量的オペレーションや共変法則だけでなく、構造自
体の一つの機会を与え得るセッティングが必要であ
る。

サイバネクス批判（続）

デジタル・コンピューターとしての脳

サイバネクスは抽象概念や記憶、知覚について
説明するが、感情情緒、動機、学習についてはまだ
論じられない。しかしサイバネクス理論の説明体
系を評価するには各論ではなく、より一般的に方法
論としての評価が必要である。実際、サイバネクス
における大脳コンピューター・モデルの方法論的
側面について考えてみるなら、直ちにまたインサイ
ド・アウトサイドの問題に逢着することが判るであ
ろう。

一体、大脳コンピューターにおいて計算をする
ところの主体は何か。有機体であろうか、有機体の大
脳であろうか。サイバネクスはもちろんそれは後
者であるというが、これは大脳をインサイド・シ
ステムとして見ている。このような「インサイド化」
をエンカプスレーションあるいはカプセル化という。
有機体全体はアウトサイドであり、大脳コンピュー
ターすなわち中枢皮質エイジェンシーによってコン
トロールされている。しかし大脳を自らの一部とし

てふくむ有機体が、自らの一部である大脳によって
コントロールされるというのはどういうことであ
ろうか。

空間知覚において大脳は空間の解析をしているは
ずであるが、そうだとするとこれは大脳が大学でや
るような高次の解析学を、生まれて間もなくから
やっていることになる。大脳はわれわれが教育をう
けた以上に教育されているわけである。それは遺伝
してきたものであろうが、われわれの知識はあらた
めて学習されねばならない。しかし学習によってわ
れわれが解析学を理解できるのは、すでにわれわれ
が所有している解析の能力によるものであろう。

ここにはエンド解析とミーンズ解析の二つの解析
がある。これは機械の生産物とそれを生産する機械
との関係に似ている。解析の問題を解くときに大脳
が働き、同時にその問題の詳細な要素を表す皮質の
解析的イベントがある。モーラー・オーガンとして
の大脳の作用は、より詳細な要素的オペレイショ
ンをそのまま複製しているかのごとくである。

ここにステファン・リーコックの次のようなナン
センスがある。

The clock struck ten, then it struck ten thirty,
then it struck ten forty-five, then it struck ten fifty
five, then it struck striking.

もしも数学的計算に於てわれわれが、われわれ自
身を複製し、計算機のなかに計算機をもつという次
第になったならば、リーコックの時計と同じ矛盾に
陥らざるを得ない。大脳が何たるかをわれわれが
知ったとき、われわれ自身は果たして何ぞやと問わ
なければならない。

われわれは、われわれの大脳ではないが、そうで
ないともいえない。大脳なくして計算はできないが、
大脳といえどもわれわれなくして計算はできない。
エンジニアの作るコンピューターはすべてこれ大脳
であるから、このような問題はおきない。しかしエ
ンジニアがコンピューター・アナロジーを人間の思
考に持ち込もうとすると問題が起こるのである。

この二重エイジェントを放棄し、ひとつの統合的
有機体をとることによって、この混乱から抜け出る
ことを考えなくてはならない。

数学的オペレーションを学習するのは有機体全体
であり、少なくとも有機体は一つの高度に包含的な
構造である。大脳はそれを援助するところの全体的
構造系の一部である。大脳はより大きいシステムの
統合的部分として作用する。それはコンピューター
が他の機械と結合して、そのシステムの外のオペ
レイターの目的にしたがって制御されるといったもの
よりもっと統合的であり、相互依存的である。

数学とは極めて巧妙な手続きであり、それはわれわれの長い文化的遺産として、環境との数限りない具体的なエンカウンターを経て獲得されたものである。このようなオペレーションが完全な形で、しかも生まれつきから脳に備わっているというのは随分と安上りな話である。それにも関わらず、脳は確かにそのために必要な複雑な機構と作動を所有していると考えられている。脳は数学的機械である。

しかしそのように見えるのは、もしかするとわれわれの教育的背景によるのかもしれない。それが有機体としての、単に脳だけではない有機体としてのわれわれが、問題の解を得るときのいつものやり方であるからに他ならない。われわれは問題解決の手段として数学をツールとするので、脳もまたそうであるものと考えるように教育されている。

しかし脳を数学的に設計すること、その設計がそれを設計した脳と合致するかどうかは別問題である。あるいは設計者によって使用された数学的原理が、思考や知覚が行われるときにもそのまま働いているかどうかは別問題である。

計算尺はスライドが動いて計算するが、スライドは単に動いた量だけ何か物を押すということもできる。計算尺の数学的計算はそのような物理的事実に依存しているが、その物理的事実が数学的規則に基づいているわけではない。計算尺という物体の作動の形式が、われわれの数学的概念と一致していたのである。

同じ理論を神経系の物理的事実に持ち込むならば、神経系の純粋に物理的關係は、脳におけるわれわれの精巧な数学的推論の生理的基礎となりうるものである。脳も本来物理的關係によって働いている。換言すれば自然は物理的事実とその関係を与える。われわれはその事実を概念化するために数学的構成概念を使用するのである。われわれもまた自然の一部である。数学が、脳の生物学的進化において自然の原初的作用として起こったものか、あるいは脳をもった人間が（それ自身が自然法則によって働いている）あとで作り上げたものか、それが問題である。

ここでもまた観察者関与の方法論的問題に直面する。脳は確かにデノウタブルであるから、通常われわれは脳の研究を非常に客観的であると考え。しかし観察者が、脳といったような彼にとって自身と不可分の問題を扱う時、しかもその方略たるや、まさに彼自身が作ったコンピューターからリフレクト・バックさせたものに他ならないとき、彼は真に客観的でありうるであろうか。ここには困難な論理的認識論の問題がある。

マッカロック・ピッツはこの問題には柔軟な態度をとっている。すなわち脳には多くの未知があり、神経系には時間空間的な相互転換的な多くの可能性があり、その要請に適合する神経ネット・ダイアグラムにも多くの設計図があり、脳にはもっと探求されなければならないことがある。とすれば計算過程についてのわれわれの認識と同じことが、実際に脳で行われている可能性も否定はできないといったところである。

現在望まれるのはより大きな客観性と、問題を科学的理解の全体に結合する試みである。そこでは情報はただ just information ではなくて、エネルギーでもある。エネルギーはたとえ閾エネルギーの小さいものでも、構造を通してその役割を果たしている。情報のデジタル化とエネルギー量子の信号変換だけが、神経系ネットワークの代表的作動形式であるかのごとく特別にいうのは疑わしい。アナログ原理も有機体の回路にあり、それは物理法則に従った構造部分の量的側面である。リレーやその悉無率も、そのような生理的構造の水準アップのための閾エネルギーの役割のなかくみこまれている。

悉無率は筋繊維でも起っている。閾の概念をもつほとんどの器官でそれがあがる。筋の反応は有機体においてすでに内的に存在する構造が、顕現的レベルに突然上昇することである。悉無率や情報量子は閾下でありながらも、なお構造的なマニフォールドを一つの自己完結的作動にひきあげる最後のエネルギー増分である。換言すれば情報量子インプットが、単一神経繊維だけでなく生理的イベントの全体的力動構造を活動させるということである。

神経系リレー・モデルは、神経の悉無的な閾概念にのみ注意を奪われ、一般的な事実が無視されがちである。たとえばもし神経リレーが線形連鎖でしかなかったら、「それはどこにいくのか」を問わなければならない。

循環連鎖的な自己充足的イベント構造は最終的な受容エイジェントを必要としないので、コミュニケーションやリレーの概念はもはや当たらない。閾としてのリレーはより大きな意味を有する構造に組み込まれる。サイバネチクスの主たる概念はこの自己充足的イベント系であるが、そのことをもつと視点をかえて強調すべきであろうと思われる。

もし情報エネルギーと情報処理機械エネルギーとが等しくエネルギーの要素的ユニットに還元されるならば、デジタルとアナログの物理的概念は一致するであろう。情報エネルギー量子はプランクの定数のようなものとなり、そのレベルでは不連続であっても極めて微小で、変数はアナログの連続変数

となる。

サイバネクス批判（続）

means vs end の問題、

フィードバックの概念の一般化、

循環原理の評価

ネガティブ・フィードバック・メカニズムが目的行動をするという事実が果たして目的論対機械論の哲学的問題を解決するものであろうか。

サイバネクスの注目すべき点は機械システムに二つの流れを区別するところにある。生産のメイン・ラインと、それに付随するものとしてのネガティブ・フィードバック・ループである。メイン・ラインが作動しているときにフィードバックがはたらく。そうでなければ feed-back to するものがない。

目的メカニズムはフィードバック・サブシステムの制御的側面についていうのであるが、当然ながらメイン・ラインもシステムの重要な側面である。ペンをとりあげる手をガイドする自己受容ループは、それだけで作動するわけではない。それはペンをとろうとする要求によって発動された主たる行動アグリゲイトないしサイクルに常にタンジェントである。

フィードバック・サブシステムと目的との関係については多く論じられるが、メイン・ラインの目的についてはサイバネクスも哲学者もあまりいわない。メイン・ラインの最終的かつ現実の目的こそがフィードバックにとって必要であるにもかかわらず、である。

理由は簡単である。その目的はフィードバック・サブシステムのなかには見出せない。機械のどの部分にもない。それはその機械を発明したりオペレートする有機体にあるものである。ネガティブ・フィードバックはミーンズ目的を意味する。それに対してオペレーターにはエンド目的すなわち有機体の適応目的がある。それが機械におけるフィードバックの存在理由である。それがなければ機械は永久に生産を続けるだろう。開始もありえないだろう。しかしフィードバック・サブシステムにもメイン・ラインにもエンド目的を示唆するものはなにもない。

エンド目的は有機体の本質であり、機械にはない。たとえ一定の生産量で機械が停止するように仕掛けられていても、この事実の完全な説明は機械自体のなかにはない。機械をそのように調節した有機体にある。この理由で目的機械の概念は哲学的問題の核心に言及するものではないし、有機体の行動における目的について適切な説明をするものでもない。

ノースロップはマッカロック・ピッツのいうユニバーサルをエンド目的または動機の源泉と仮定して、

そのサイバネクス・モデルとした。しかしユニバーサルが受容器インプットからの環境情報と完全には無関係でないとか、あるいは有機体のアウトプットによっても循環的に影響を受けるとするならば、この説明には問題がある。

エンド目的または動機ユニバーサルは有機体行動のより大きいシステムの一部であるが、これをすでに進行しているエンド目的実現の過程に奉仕するものとしている限り、その過程の原因ないし説明になりえない。フィードバック・メカニズムもまた、まず feed-back to すべき何ものかがないと成り立たない。

ネガティブ・フィードバックを有機体に適用するとき、この区別が見逃されているように思われる。有機体のフィードバックは feed-back to すべきメイン・ラインとの関係でなくて、それだけが適応の全過程であるかのごとく議論される。こうして問題の半分は投げやりにされる。これではフィードバックないしミーンズ目的は、いわば「機械の中の目的」として、それだけで成り立っていることになる。

もし心拍制御のホメオスタシスをフィードバックだけで扱うとすると、血流のサイクル、心臓の筋壁と血球との接触、筋の自動的収縮など、心臓をして拍動を可能ならしめるすべてのものが見逃されてしまうことになる。心拍制御は実際には、循環的イベントのより大きな構造の中に統合された拍動構造と見なければならぬ。

かくして血流量のホメオスタシスにとって多くのアグリゲイトが関係している。有機体のネガティブ・フィードバックにとって feed-back to すべき何物かを与えるのはこのイベント構造である。有機体におけるエンド目的のアイデアの源泉がここにある。それは有機体の中に閉じられた構造ではあるが、目的の意義を与えるに十分であり、アウトサイド・エイジェントを要請しない。

もしメインの生産サブシステムがないとしても、われわれはそれ自身にフィードバックするフィードバック・ループをもつことができる。しかしそれは単にセルフ・フィーダーであり、それ自身で成立する反響回路である。しかしこれはサイバネクスの普通の意味におけるフィードバックの概念ではない。そしていかなる有機体のメカニズムも、その様な完全な有機的真空の中でオペレートしてはいない。

サイバネクスの重要な貢献の一つは明らかに循環性の概念の洞察にあり、反響回路やフィードバックはその代表的方略であった。機械のメイン生産ラインは線形開回路であるようにみえるが、ここには人間オペレーターが入って一つのサイクルをつくつ

ている。有機体の行動も刺激と媒介変数と反応の線形的進行のように見える。しかし知覚においても知覚アグリゲイトに確実に循環性がある。セットと自己受容的運動要素、知覚仮定のコンファメーションの試行錯誤的の反復、場理論の平衡・非平衡のサイクルなど既に論じたものである。

行動システムを目的的にあるいは機能的エイジェンシーに依存することなく、デノウタブル・イベントのアグリゲイトとして記述するとき、そこにはつねに自己限定的、自己閉回路の循環性があり、それはまたサブアグリゲイトにおいても然りである。

このイベントのフォーマットはすべての集合的社会的アグリゲイトにも同様に存在する。これはイベントの動的構造とよんだものであり、知覚理論の分析において問題としたものに他ならない。

そのようなイベント進行の概念的オペレイションを、最も一般化した図式において考えて見よう。これまではメインの生産システムをインプット・アウトプットの線形で、それがフィードバックで制御されると考えたが、いまやここには二つのサイクルがあるとす。すなわちメイン・ラインも開回路でなく反復的である。たとえばある商品に対する消費者の欲求があり、生産者活動があり、機械の生産ライン、商品の提供、を経て消費者の欲求に戻る。

ネガティブ・フィードバックがもう一つのサイクルである。かくしてメイン生産ラインとフィードバックの二つのサイクルがあり、それが互いにタンジェントである。それは二つの環がクロスしているのに似ている。この完全な相互依存性には二つの循環構造のダブル・コンタクトがある。

この図式においてはフィードバックもメイン・ラインも、いまや新しい相貌を呈する。システムに関係あるものはすべてサイクリカルであり、自己閉路的である。すべてが相互構造的関係にあり、相互依存的かつ共変的である。すべてはすべてにフィードしているから、フィードバックもいまや特別なものではなく、適切な用語でもない。相互にエネルギーの交換があり、抑制がある。フィードという語からしてもはや特殊であり、比喩的である。

ここにはコンタクトとエンカウンターと相互否定のエネルギー的イベントがある。線形エイジェンシーと機能主義の出る余地はない。説明のレベルとしてのモーラーとモレキュラーも適当ではない。新しい法則として動的構造の非目的、デノウティショナルなパラダイムが現れる。タンジェンシーのイベントが情報に、タンジェント構造の相互オペレイションが抑制の概念にとってかわる。すべての構造が反響的であり、その意味で時間に独立である。

すべての工場のオペレイションと、消費者ニードから消費者のニード解消にいたるイベント系列はサイクリカルであり、真に反復的である。それは機械におけるフィードバック・オペレイションや神経系における反響ループに劣らない。これらの準自律的な連合構造的マニフォールドの本質を、改めて体制とすることができる。ミーンズ目的にしてもエンド目的にしても、目的はもはや不必要な用語である。

しかもこの考えは機械的、あるいは決定論的な概念にわれわれを委ねるものではない。機械を仮定しているのではなく有機体、社会、機械に共通な一つの広範な原理を考えているのである。構造的過程としての因果性として量的法則を拒否している。構造的確率概念が因果性を包含することであろう。ここにはフレキシビリティとランダムネスがある。それはつねに構造化の法則である。

循環性は古くからの概念である。ヘーゲルは循環論的な意味で原因と結果の同一性を認めた。ベルは反射活動の循環性を主張した。ロツェの局所徴験は活動の循環パターンに基づいている。デューイの反射の概念、ホルトの循環反射と反射的循環の概念もある。現代知覚論もこれを言い、現代神経学の貢献もある。

しかしながらこの問題は一時的にせよ連合主義的行動理論の線形モデルによって覆いかくされてしまっていた。刺激から仲介変数を経て反応にいたる開回路連鎖、そしてこれを数学的な方程式で表そうとするあまり、イベントの循環としての行動の本質が見失われていた。しかしいまやまたシステム論の中にそれが登場してきた。もしそれが機械によって与えられたものなら機械もまたよきかなである。

しかしながらミーンズ目的論と機能主義を第一の問題とする制御機械の設計には、実際のアド・ホックな指向がある。そのような指向はエンジニアにとっては適切かつ不可欠であるが、あまりそれに依存すると危険がある。

自然の法則はネズミであろうと人間であろうと、その個人的な図式に関係ないという態度をとるならば、発見できるものも発見できない。フィードバックと反響回路がこの過ちをおかしていないとはいえない。これを短兵急に応用し、もっぱら機能的側面の解釈だけでごまかしていると、そこに潜在するもっと高度な科学的原理の可能性というものについて、考えなくなってしまうのである。

行動と知覚理論に対するサイバネチクスの貢献は、機械から得た洞察にいかにも到達するか、それに成功するか否かによって計られるものではあるが、それもより一般的な科学の目的を忘れることなく、とい

う条件つきである。

あとがき

本稿は標記のオルポートの知覚論からの当該の一章の紹介である。オルポートの知覚論は1955年であったから、現在これを読み返してみると、まさに30年の開きを痛感させられる。当時はサイバネチクスの登場間もなく、ちょうど本稿の書き出しにも伺われるような新たな機運が漲っていたのであったが、その後サイバネチクスの思想であるコンピューター・モデル論はそれぞれの領域で着実な発展をし、現在は方法論としてのサイバネチクスという用語は当然のこととして聞かれることもなくなった。

オルポートの知覚論批判のパラダイムの一つは本稿にも見られる「インサイド・アウトサイド問題」であるが、その後的大脑のコンピューター・モデル論において、おそらくこの問題はまだ解決を見ていない。その意味では本稿に今日的意義を認めることもできよう。この問題は多分に認識論的であるが、オルポートはこれを構造概念によって解決しようとしている。本稿の後半にその試論が垣間見られるが、彼の議論は抽象的かつ晦渋難解で、果してその一端でも伝え得たかどうか、甚だ心許ない。

引用文献

Allport, F. H. 1955 *Theories of perception and the concept of structure*. New York; Wiley.

金子隆芳 1970 Allportの知覚諸学説批判とその構造学説 東京教育大学教育学部紀要, 16,

63-69.

金子隆芳 1972 知覚論における形態主義—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(統) 東京教育大学教育学部紀要, 18, 91-98.

金子隆芳 1974 知覚論における要素連合主義—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(統) 東京教育大学教育学部紀要, 22, 61-66.

金子隆芳 1976 知覚論における機能主義—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(統) 東京教育大学教育学部紀要, 22, 101-108.

金子隆芳 1979 知覚における運動的要素—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(5) 筑波大学心理学研究, 1, 3-10.

金子隆芳 1980 知覚における意味の問題—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(6) 筑波大学心理学研究, 2, 1-11.

金子隆芳 1983 知覚の指向状態説—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(7) 筑波大学心理学研究, 5, 1-10.

金子隆芳 1984 知覚の仮説理論—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(8) 筑波大学心理学研究, 6, 1-8.

金子隆芳 1985 知覚のセット・ダイナミクス—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(9) 筑波大学心理学研究, 7, 1-6.

金子隆芳 1986 知覚と行動主義学習理論—Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(10) 筑波大学心理学研究, 8, 1-7.

金子隆芳：知覚論における動因作用説の周辺…… Allportの知覚諸学説批判とその構造学説(11) 筑波大学心理学研究, 9, 1-7.