

連載講座

(第一回)

サイバネティクスと教育学

長谷川 淳

はじめに

サイバネティクスが教育学研究者の注目をひくようになったのは、「ソビエト教育科学」第八号に訳載されたカイーロフの論文、「ソビエト教育学は、今何をめざしているか」以来のことであろう。つづいて同誌第九号に駒林邦男氏がランダの論文を紹介し、同じく第一四号に、無署名論文「ソビエト教育学の立ち後れを克服せよ」が訳出され、教育学はいまや経験主義と手を切り、教育学の研究に数学、記号論理学、サイバネティクスの方法を適用して、教育学の理論的水準と実践的意義を高めることが必要であることが強調されている。

これまでサイバネティクスと教育学との関連について書かれたものは、筆者の知るかぎり、ロシア文とドイツ文のものしかない。プログラム学習について書かれたものは、アメリカからの輸入も含めて数多く出版されているが、そのサイバネティカルな基礎については全くふれていない。そこで、筆者らは、ソビエトの諸雑誌から

論文を選び、ほん訳し、「サイバネティクスと教育学」と題して刊行した。しかしここに選ばれた、ランダとヤグロムの論文は、それほどやさしいものではなかった。これについて多くの読者から、批判や助言や苦情をよせられた。

この批判・助言・苦情にこたえ、いくらかでもわかりやすくサイバネティクスを解説し、教育学の研究にいくらかでも役立つことを念願して、この講座をはじめた。しかしこれは、サイバネティクス学者でない筆者にとって荷の重すぎる問題である。幸にも、この二、三年の間に、ソビエトや東ドイツで、いく冊かの解説書が刊行されているので、それらの訳述を主として解説を試みたい。はじめの数は、ロヴェンスキー他著「機械と思考——サイバネティクスについての哲学的概説」をもとにしたものである。

一、サイバネティクスの誕生

サイバネティクスの技術的前提である自動機械、電子計算機、その科学的前提である数学、論理学、言語学、生理学、心理学その他の科学は、ある時期までは、それぞれ独自の発達をとげた。一分

野の専門家は、他の分野で起っていることについての知識をもたなくとも十分であった。産業の発達が労働の分割と結びついていると同様に、科学の発達は、その専門化と結びついている。

かつては、当時知られていなかった殆んどすべての知識を所有していたアリステレス、レオナルド・ダ・ヴィンチ、ロモノソフのような学者がいたが、現在では、一人の人が、物理学者であって同時に論理学者であり、数学者であって同時に心理学者であることが不可能であるばかりでなく、これらの科学の一つにさえも精通することが困難であるほど、その内容が大きくなっている。科学は個々の分野に専門化され、それはすでに、物理学や数学という分野ではなく、光学、力学、あるいは代数学、位相幾何学という分野に専門化している。科学の各分科が、それぞれの固有の課題と研究方法をもっている以上、研究者は、他の分野で何がおこなわれているかを知らずに、それぞれの専門に没頭している。

しかし各分野の科学の研究対象がそれぞれの特殊性をもっているほかに、それらに共通した一般的な法則性がある。一つの分野に適用される方法が、他の分野にも適用することができる。科学の発達とともに、この一般的・共通的なものの役割は、減少するどころか反対にますます増大する。大規模な科学的開発は、これらの諸科学の連合・統一の結果、その成果をあげ、かくして境界領域の科学が出現した。

物理学、化学、生物学のような科学は、その内容と研究対象が似ているために、相互に近接している。物理学現象と化学的現象、化学的現象と生物学的現象は、相互に緊密にからみ合っている。反対

に、心理学と数学、数学と言語学、生理学と論理学などは、相互にいちじるしく離れ、互に他から独立している。しかしここにも、多くの共通したものがあつた。

互に相異なつた学問の研究分野でさえも、各分野の間の結合をはかることが、科学の将来の発展のための出発点でなければならぬことを、学者は漸次に確信するようになった。第二次世界大戦の少し前に、アメリカにおいて、いろいろな専門の学者のグループが編成され、その中に、物理学者、数学者、心理学者、生理学者、および医者が入っていた。このサークルのメンバーは、各科学分野に共通した一般的諸問題の研究、境界領域の科学の開発をその目標とした。この基礎の上に立って、各分野の学問的関心を交叉させることができた。このサークル連合のオルガナイザーは、メキシコの生理学者、アルトゥーロ・ローゼンブリュートであった。この仕事に、アメリカの有名な数学者、ノーバート・ウィーナーが参加した。戦争はこの仕事を一時中断したが、全く停止してしまつたのではなかつた。この仕事は、サークルの参加者たちが創造しようとした共通の科学の出現を可能ならしめた。

第二次世界大戦中、ドイツの飛行機が、ロンドンその他イギリスの都市に爆弾を投下したとき、高射砲の改良が必要になつた。高射砲をよく制御する装置が必要であつた。それによって飛行機に砲弾を命中させる瞬間を予報することができる。このような問題を解くことは、それほど簡単なことではない。それは、飛行機はたえず自分の運動方向を変え、いつも直線方向に飛ぶとはかぎらないからである。もし飛行の方向が瞬間的に変わるとするならば、砲弾が飛行

機に命中する時間を、正確に計算することは、全く不可能なことであらう。しかしある瞬間における方向の変換は、人間と機械の能力によって制限される。すなわち、あまりに急激な回転の場合には、操縦士は意識を失ひ、飛行機は破かいする。このような危険があるため、操縦士は回転の速度を緩めざるを得ない。そのために、飛行機に砲弾が命中する瞬間における飛行機の位置を計算することができ

る可能性が生じる。これは人間の能力をはるかに超えた非常な速度でおこなわれなければならない。この目的のために、超高速の計算機がつくられた。計算が砲火の制御の手段になつた。しかしこの場合、機械ではなく、人間に照準手である計算者の指示に応じて、火砲が調整され、方向を定めた。それと同時に、飛行機の運動は同様に人間によって制御される。このようにして、人間と機械は、与えられた瞬間に、一つの制御系を構成する。この系を記述するため、あれこれの特性を知らなければならない。

これと関連して、機械と人間に共通した一般的法則性に関する諸問題の集合体とも言うべき総合的な問題が生じた。これを解決するために、エレクトロニクス、数学、記号論理学、生理学および心理学の導入が必要になり、そして後になって言語学の導入が必要になつた。これらの科学のデータをその中に包含し、しかもそのいずれかの科学に包含されてしまうことのない新しい研究分野が、サイバネティクスと名づけられた。これは「舵手」を意味するギリシヤ語のキューベルネテスからつくられたものである。サイバネティクスという言葉は、以前にも(一九四七年以前)使われていたが、もっと狭い他の意味に使われていた。ギリシヤの哲学者プラト

ンは、船を操る術をサイバネティクスと名づけ、それから転化し、比喩的な意味で、人民の制御の術に名づけた。これと同じ意味にフランスの物理学者アンペールが用い(一八三四年)、国家を統治する術をサイバネティクスと名づけた。

新しい科学の創始者、ノーバート・ウィーナー^{*}は、サイバネティクスを「動物と機械における制御と通信の理論」として定義した。しかし生きた有機体は、機械にはないような制御の特殊性をもち、この特殊性はサイバネティクスの対象ではなく、サイバネティクスは、あれこれのものにとつて特徴的な、制御のモメントだけに関心をもちものである。

サイバネティクスは、種々な系に共通な、一般的な制御の法則性についての科学である。物理学、生物学、生理学が、多かれ少なかれ同種類の、物質的に相互に類似な対象と現象を、いろいろな側面から研究するものであるならば、サイバネティクスは、一つの特定の側面から、種々の対象を研究するものである。これらの対象は、物理学、数学、エレクトロニクス、生理学、社会学の分野に属することができ、サイバネティクスは、物理学でも、数学でも、エレクトロニクスでも、生理学でも、社会学でもないし、そのデータを利用する具体的な諸科学の一つでもない。サイバネティクスが利用するこれらのデータは、個々の科学を相互に他から区別するものに関連するものではなく、それらを統一するものに関連する。サイバネティクスは、このような統一を、各個別科学のモメントに共通なものを分離・識別する方法によって実現し、またい

る。アイソモルフイズムという言葉は、ギリシヤ語のイゾス「相等しい、同一の」とモルフェ「形、形象」から由来し、すなわち文字通り形の同一性を意味する。それは、内容や材料には関係しない。たとえば、地図は、地図が表現する土地・地形の同型である。これらの土地は、当然その物質的な性質において共通性は極めて少ないが、形式的関係は、そこそこで同じである。すなわち、いかなる具体的な系に關係しているかにかかわらず、この種の關係、制御の一般的・共通的な法則性が、サイバネティックスの研究対象である。

サイバネティックスの方法の特質の一つは、種々な対象の間のアナロジーの利用である。類推や相似關係を利用することによって、自然においてすでに与えられている關係を、他の新たな分野に應用することができる。すでによく研究された現象と共通した一般的特点をもつ新たな現象の研究分野を開発するさいに、アナロジーの役割は極めて大きい。動物の何らかの機能を遂行させる新たな機械をつくるさいに、アナロジーは広く利用される。このようにして、たとえば、潜水艦のもつとも目的に適った形は、魚の形とのアナロジーによってきめられた。ジュコフスキーは、飛行機をつくるさいに、飛行機と鳥との間のアナロジーを利用した。われわれの感覚器官の作用を拡大強化する装置の多くは、相応する器官の外形と相似である。たとえば、音波探知器の部分品は、ある程度人間の耳殻の模写であり、拡大装置のレンズは、われわれの眼の水晶体によく似ている。

感覚の器官そのものの作用のメカニズム、そして全体として神経

系統の作用のメカニズムがよく知られていなかったために、アナロジーの適用による新しい科学の開発が妨げられていただけである。バヴロフによって達成された高次神経活動の研究の進歩によって、何らかの神経系の機能を遂行する機構をつくるさいに、神経系とのアナロジーをもつと完全に利用する可能性が開かれた。

サイバネティックスのもう一つの特徴は、数学的方法の広範な利用である。サイバネティックスは、アナロジーを導入して、質的のみならず、量的な、共通した一般的法則性を確立しつつ、数学的に研究することをめざしている。この關係においては、サイバネティックスは、物理学に接近している。しかしこのことは、複雑な数学的手法を知らなければサイバネティックスを全く理解できないということの意味するものではない。サイバネティックスの基本的な思想は、現代の物理学の理論と同様に、特別な数学的準備なしにも、十分理解できる。^{**}

*マサチューセッツ工科大学教授、ノーバート・ウィーナーは、本年三月一八日に旅行中ストックホルムで死去した。その死去の場に居合わせたスウェーデン王立工科大学に留学中の藤村靖氏（電機大助教授）から朝日新聞社に送られた記事が、三月二八日付同夕刊にのっている。その中につきのように述べられている。

「ファント所長のへやで熱弁をふるっていたのは、まぎれもないノーバート・ウィーナーだった。……彼は超音波を使う補聴器から、産児制限の新方式にいたるまで、あらゆる種類の問題を取りあげては、独得の能弁をふるった。」

「翌日……最近作られた大がかりな音声分析装置を見たあと、

ウィーナー博士は、彼のもつとも得意とする理論の一つ、相関関数と周波数スペクトルの問題について論じながら、階段を降りていた。そのとき、突然、死が彼を襲ったのである。転倒した彼は、その場ですでにこの世を去っていた。

功なり名とげたこの天才の最後としては、それは、あまりにあっつけなかった。だが、うらやましいほど、きれいな最期でもあった。」

* * サイバネティックスとは何かを、最少限の数学的予備知識の上に解説した本としては、ピアース著「サイバネティックスへの認識」白揚社刊、昭和三八年がある。情報理論の解説から、その物理学・心理学・芸術への適用まで、わかりやすく、しかも正確に解説され、教育学研究者にとつても、まことに適切な解説書である。
(東京工業大学助教授)