

サイバネティックスと思想の系譜

サイバネティックス講演（第二回の会合）

一九五五年ウィーナー教授は、所長マハラノビス教授に招かれてインド統計研究所におられたが、米国へ帰られる途中、一九五六年五月日本にたち寄られた。これがウィーナー教授の第二回目の来日でありまた最後の来日ともなった。

このとき日本でウィーナー教授を招待したのは、電気学会その他の学会の協力によるものであった。一九三五年の第一回来日のとぎと違って、今回はサイバネティックスの創建者として、ウィーナー教授はジャーナリズムの歓迎の嵐のなかにまきこまれなければならなかった。

全国各地で一般大衆のための講演会が計画された。それらをいちいちきちようめに果たしてゆくうちに、たいへん疲れられたように私はうけたまわっていた。こうした世間的な多忙は、外見に似ず、人一倍敏感、小心らしいウィーナー教授にとっては、ずいぶん気疲れなことであつたらうし、正直なところ荷やかいかいなことであつたであらう。

それで博多駅に到着されたときは、各地の巡回大講演のあとでもあり、先生の疲労はその極に達していて、もう一目でそれがわかるほどであつた。一応駅長室に迎え入れて休息を願う間にも、入

れかわりたちかわり、出迎えの人たちがくる。それにいちいち挨拶するのはいいが、出迎えの方のなかには、かねてからの高名な教授を待ちかまえていて質問しようと思っていたせいもあるが、いきなりサイバネティックスとはなにか、というような質問をされる方がある。こうした質問の内容もたぶん各地で同じようなことがくり返されたのである。そばにいて教授の応答ぶりを見ていると、思わずふきだしたくなる。というのは人間が応答しているというよりは、自動機械が、記憶装置を用いて指令通りの反応をしているようで、正確らしいが味がなく、紋切り型である。

なにはともあれ、福岡では、ゆっくり休ませてあげなければならぬと思った。しかし、福岡市内電気ホールの講演会場は、一五〇〇〜一六〇〇人も入るかと思われる大講堂で、これが福岡市内の老若男女を集めて満員の盛況。東京工業大学教授池原止戈夫博士の通訳でなされた。これは先生としては、たいへんなサービスであろう。自分の所管外のこととは仕方ないが、せめて大学での講義だけは、ご自由にし、at home にしてあげたいと思った。そこで第一に、階段を上下することはやめる。第二に、大学のえらい人たちには会わせない。第三に聴講者は数学関係者に限る。そういう仕組みであるから、どうか九州大学では、気楽にしてくださいと、ウィーナー教授に申し入れておいた。そうして、午後はやめましょう、明日の日曜は私も伺いませんからと付言しておいた。

待望の講義は、午前十時から始まって、おわったのは十二時近かった。インド統計研究所滞在中の仕事を紹介するということで、多重予測のことである。これは、インド数学者マサニ博士との共

同労作の一部であった。黒板の板書は、その著書と同じように、ミスプリントが多い。話は、筋だけを追えばわかりやすいともいえるが、教授独特の記法が目立つ。ともかく二時間の講義であるから、疲れもでるだろう。初めの約束どおり、午後は講義はなく、これで大学から帰られると思ったところがたいへんご機嫌がよくなり、ホテルで一休みしたら午後にもくるから、午後は生理学者、工学者もきてくれないか、ということであった。そこでそうしかたがたにも集まってもらって、今度は学部長室で、十数名で脳波の実験のお話をうけたまわった。とくに、脳波の時系列の自己相関関数スペクトル解析に関することである。これは、遠路はるばるこられたウィーナー教授としては、ぜひ後進に紹介し、未開拓の分野として示唆していただきたいことであつたらうと、私もあとで悟った次第である。

離日に先立ちウィーナー教授をかこんで、サイバネティックスについて、いろいろお伺いする機会をもった。これは岩波の「科学」(一九五六年八月号)「準精密科学と確率過程」(四〇八—四一四ページ)に集録されている。ここで教授は、半精密科学 (semi-exact science) についていろいろ語られている。

ここでも統計学的な接近を強調している。

先生との第三回会合ともいべきものは、米國マサチューセツツ州ケンブリッヅ郊外の先生のご自宅およびマサチューセツツ工科大学の研究室でなされた。一九五八年三月末のことである。私は当時、ロックフェラー財団の基金で、プリンストン大学に客員研究員として滞在していた。せっかくの訪米であり、先生の大学マサチューセツツ工科大学(MIT)のあるケンブリッヅ市もそう遠くないのだから、一度お伺いし、ぜひお話をうけたまわりたいと申し送ったところ、早速おりかえしご返事があり、自分は君にお話しておきたい統計理論をもっているから、ぜひきてくれ、きたら自分の家に泊ってくれということであった。

ニュージャージー州にあるプリンストンを早朝立ち、マサチューセツツ州のケンブリッヅについては、午後のことである。南ステーションで汽車からおりて、タクシーでウィーナー家の玄関にたどりつくまで、まことに手ぎわよくやった。ノックしたら出てきたのが、マーガレット夫人である。主人に会わなかったのかと、不審顔である。なにはともあれ、二階の客室に入れていただき、旅装を解いて一休みするためベッドに入る。一休みののち階下におりたら、ちょうど大きなポストン・バッグをもって、ウィーナー教授が自動車からおりてくる。大きな顔をほころばせながら、うれしうであるし、ポカンとしたような顔をしている。どこかの大学への出張講義へゆかれて、その旅行の帰りに駅へいって私を出迎えて連れて帰るつもりであったという。迎えにいった当の客人はずでに主人よりさきに安着しているので間が悪いらしい。私はたいへんに恐縮した。しかし、駅での会合

を逸した二人は、今は疲れていると、マーガレット夫人はみたのであろう。そこで指令が、まず夫ノ
ーバートの方へおりた。「あなたは早くやすみなさい」ウィーナー教授はニヤリ笑って、なにかわけ
のわからぬことを私にいう。思わず「なんですか」と聞きかえすと、「いや中国語でね、——私はよ
い子でしょう」なるほど夫人の命令をきくよい子である。たちまち階上にあがられる。つぎは私の
番である。このものすぐよく切れるセクレタリー兼マネジャー夫人は、細ごまと明日および明後
日のスケジュールをつくってくれ、夕食はマサチュセツ工科大学の食堂へゆくときめられた。こ
うなると、私もよい子の真似をするほかはないと思った。二階へいって、夕食まで一睡りの用意を
していると、隣室からはもう大きなイビキが聞えてくる。いい子はもう本当に寝てしまったらしい。
さて時刻がくると、二人は起きて、夫人の運転する自動車でマサセツ工科大学の食堂へ運ばれ
る。エレベーターのなかでウィーナー教授はマツチをする。目がわるくて見えないのである。食堂
では食事の選択がまたたいへんである。というのは、教授は厳格な菜食主義者だからである。給仕
はよく知っているともみえて、先生にだけは、大きなナプキンをもって首からそれをかける。こ
こでも大きな子供扱いである。

翌日、朝早く大学へゆく。夫人のスケジュールに従って、午前は勉強時間である。マサセツ工
科大学は大きな一つの建物であった。いくつもの廊下を通り、あるブロックにきた。先生のお部屋
には、大きな黒板がある。この黒板をつかって先生は、私一人のために、講義をされるのであった。

「自分はいま、MITで、確率理論における非線型諸問題というのを講義している。そのプリントは全部はできていないし、これはまた著書にも論文にも書いてない。その大綱はつぎのとおりだ」という話なのである。このようにして、約二時間近く私は椅子に腰かけ、先生は立ったまま重要な式はほとんどもなく黒板にかきながら、お話しくださった。そのときは、こちらも夢中であったが、あとで考えると、これはたいへんな労働である。仕事に熱中すると、土曜日の午前余人のいない研究室でこういう勉強が始まる。マネジャーのコントロールがいるはずである。先生はまだまだ語りつきないようであったが、夫人指定の時間がきた。いろいろの論文別刷をファイルからとりだしてくれた。そうしてふと思いだしたように、自分は帰らねばならぬからといいだした。君はどうするかという。せっかくだからマサチューセツ工科大学の他の研究室もみて、あとでひとりで帰ります、ということ別れた。

私が計算機研究のかたがたを訪ねて、いろいろ話を伺ったあとで、なんとかしてウィーナー家にたどりついて帰ってみると、玄関の戸はあくが、夫人はいない。二階にはウィーナー教授は寝ているのだろう。ところで昼食はまだすましていない。仕方がないから、自分でウィーナー家のキッチン冷蔵庫をあけて材料をそろえインスタント食事をする。それがすむとこの家では用のないときは、主人の真似をして寝るに限る。私も休む。そうしているうちに、四時近くなり、賢夫人ご帰館となり、二人は散歩にいったよいいことになった。ウィーナー教授と私は土曜日の午後、あまり人通りも

なく車の往来もまばらなポストン郊外の住宅地の少し起伏のある街路を、下町の方へ向かって散歩したのである。

このとき、教授は午前中の話でまだ語りのこしたと思われたのであろうか、いっさいほかのことはいわれず、ただ、確率理論における非線型問題⁽⁴⁾について語られた。とくにその応用という面について、いろいろの予想を語られたように記憶している。自分は量子力学の数学的な形式化にヒルベルト空間をもちいるのは、十分でないと思うということ、自分の理論を用いるべきだと思うということを、くりかえしお話しになった。先生一家は、ここにながらく住み慣れたことであらう。この辺の住人の誰かれとなく、親しげに話をかわされる。たち止ってなにかの話をされる。そうした一方で、私に向かつては、ただ一刻も惜しまれるように、散歩しながら非線型確率理論の講義をされる。先生は生涯を通じてみると、じつに数多くの協力者を、いろいろな方面でもった。それはおそらく、こうして親切に自分の思想や方法を、説明し、理解者をつくり、その結果として、協力者を得たのであろう。

ウィーナーと私の歩みし道

私の推測過程論は、一九五〇年以來当時までに十篇以上の論文になっていた。この道をたどって来た私は期せずして、ある地点にきていた。一九五七年十二月、インド統計研究所二十五周年の当

時、私は「推測過程論と制御過程論の論理的様相」を発表したとき、サイバネティックスと統計学との関係にふれないわけにはゆかなかった。その当時、それが私の研究生活の出発点であったところへの再帰というような意識は、少しもなかった。そうして翌一九五八年三月には、上にのべたように、ウィーナー理論の最近の発展を、ウィーナー自身から教えられた。しかし私も、どうやら自分の考え方というものが、できかける年輩にもなっていた。もう竹に木をつなぐように、急に研究関心の変換をはかるわけにもゆかなかつた。ウィーナー教授の理論が、自分のもつ問題のなかで、中核的な関心事として意味をもつようになったのは、ここ二、三年のことである。自動情報処理方式とか相互規定の相對論理とか、期せずして推測過程論の導く諸問題に關してである。

それは、情報科学とはなにかという問題に關連している。どういう目標をもち、どういう範圍をふくみ、どういう方法で發展させるべきかを、私たちの仲間で論議したりした。そのとき当然ながら、ウィーナーのサイバネティックスとの比較が大きな問題であった。一九六四年五月私は、情報科学への道を、東北大学電気通信研究所で講演したとき、私もある考え方に落ちつきかけていた。しかしその二カ月前、一九六四年三月十八日ウィーナー教授は享年七十歳、旅行先ストックホルムで逝かれていた。

ウィーナー教授の全著書を取りそろえて、改めて通読し直してみたのは、昨年一九六五年夏から秋にかけてである。この間あるときアメリカのパークレイにあるカリフォルニア州立大学の宿舎で、

またあるときは、東京のホテルで、その間数カ月間「ウィーナー」が身边を離れない日が続いた。三十年前の昔のようであった。その結果として「サイバネティックスの創建—ウィーナーのたどりし道」という解説文をまとめて、自分の理解を一応まとめることができたのは、一九六六年二月のことである。また一九六五年七月パークレイ第五回確率論および数理統計学シンポジウムで発表した「情報科学ならびにその統計学との関連」のなかでもサイバネティックスにふれている。

三つの鍵と系譜

私は近年、自分のウィーナー理解がある安定点にたどりついたというような気がする。安定点と自称しているけれども、あるいは将来遷移しなければならぬことが起こるかも知れない。しかしともかくこの安定点に身をおいたとき、ウィーナー理解の内容はどうかであるか、近く刊行される上述の解説および論文で、それをのべている。

大多数の読者のため、この小文では、むしろ、この安定点に到達するのに役立ったいくつかの鍵になったものを楽屋ばなしとしてのおこう。これはあくまでも、私にとっての鍵でしかないかも知れないが、ともかくウィーナーの理解のオメガ (ω) を一応つくっておきたいのである。アルファからオメガにいたるまで、まさに三十年間の年月が自分には必要であった。ギリシャ字はアルファ α に始まりオメガ ω におわる。しかしこの ω は、集合論では、可付番無限大であら

わす順序数だから、集合論では $\omega + 1$ もある。2 ω もある。そのように、私の理解にしても、後年また伸長するかも知れないと断っておくのが無難であろう。そうした留保のうえであるがウィーナーの理解のための三つの鍵①、②、③とウィーナーの数学理論の特徴(一)、(二)、(三)の三つをのべよう。

① 第一の鍵 サイバネティックスは、情報科学の一つの原型としてみることである。これによって、それがどういう特徴をもち、どういう点で欠けたものがあるかがわかるように思われる。(上述のバークレー発表の論文参照)

② 第二の鍵はサイバネティックスの構造とウィーナーの数学的な業績の連関にスポットをあてることである。サイバネティックスの全体の構造を考えたうえで、ウィーナーの数学上のいろいろの業績をみてゆくと、じつにそれらが互いに緊密に連結していることがよくわかる。と同時にサイバネティックスの全体の構造を理解するには、ウィーナーの数学上の業績が骨格を形成しているのだから、この数理面を切り離しては、サイバネティックスの特徴が理解できない。サイバネティックスの理解に、ウィーナーの数学を知ることが不可欠である。(後述の数学理論の特徴参照)

③ 第三の鍵は、ウィーナーが研究を推進してゆくうえにとった研究推進のコツを見きわめることである。サイバネティックスの創建された機縁は、ウィーナー自身の数多くの著述に明らかである。こうした機縁を活かし、小さい流れをまとめて大河をつくるゆき方については、ウィーナーの研究のコツというものがある。(拙編「情報科学への道」情報科学講座A・1・1共立出版、拙編「情

報科学の動向Ⅰ」第1章情報科学の構想（拙著）情報科学講座A・1・2共立出版参照）

鍵というのは、それを手にすれば部屋のなかに入れるということである。この小文では、鍵のあり場所をいつているだけである。つぎに、ウィーナーの理論だって、突然地上にわき起こったものでなく、思想でも方法でも、ウィーナーにつながっている系譜というものがあるだろう。この想定のもとで、ウィーナーの学者としての血統をみておくとどうなるだろうか。私見をつぎにのべてみよう。

(イ) 思想的背景 ライプニッツ——ラッセル——ウィーナーの系譜

ウィーナーのサイバネティクスを特徴づけるものの一つはライプニッツからラッセルへつながる記号論理学の系譜である。ウィーナーも若いころ、認識論、数学基礎論に興味をもち、英国ケンブリッジ大学でラッセルのもとに一年学んでいる。その影響は、非常に深いものであったと思われる。オートメイションの基礎学理をあたえるものとしてサイバネティクスをみると、サイバネティクスの論ずる機能を金物として具現する計算機、やわものとして表現する論理数学、いずれも近世における源泉はライプニッツに見い出すことができる。ウィーナーがサイバネティクスと社会というような問題を論じるとき、人間の学習性および創造性の強調、個人の尊重、自由主義等々、多くの点において哲学者であり恩師であるラッセル卿の意見と、パターンを同じくしているという感じを私たちはもたないわけにゆかない。

(ロ) 統計学的接近 ギブス——ウィーナーの系譜

ウィーナーのサイバネティクスを理解するのになくはならない必要なことは、すでにのべたように統計的接近である。アメリカの生んだ独創的な物理学者のギブスの統計力学への傾倒、そしてW・ルベীগ積分の導入によって、たて直す必要を早くも観破したウィーナーの頭のなかには、早くからニュートン力学からの別離があったというべきである。この「別れの時」をはっきり意識させないで、微分積分学から一方は複素関数論へ、他方は実変数関数論へと分極化をすらすらと通ってゆくのが、私たちが受けた日本の数学解析の教育であった。今から思うと、背後にある実物の存在をさぐろうともせず、影絵を楽しんでいたようなものであった。これが「ウィーナーの数学」の本質理解をさまたげたと思われる。他面、つぎにのべるが、ウィーナーの仕事の進め方のなかにも、統計学的な接近という本質をかくすような仕組みもなかった。むしろその本質を、ウィーナー自身が改めてハッキリ表面に立てたのは、すでにのべたようにサイバネティクスを提唱しただしからである。時系列の予測および濾波問題において、統計的接近をいわざるをえなかった。サイバネティクスは、半精密科学であるというとき、決定論的型式に対して、確率的型式もちださざるをえなかった。さらに晩年、生物サイバネティクスに主力をそそいだとき、その数学的骨格は非線型理論であるが、同時に統計的接近でなければならぬことを強調しなければならなかった。アムステルダム脳の研究所に研究しようとしていたウィーナー教授の最後の二、三の論文では、このことをとくにくり返し強調している。そうして、ここでダーウィンの進化論、核酸二重

ラセン模型にもふれている。

(ハ) 厳密と基盤の確立　ハーデイ(英)、ヒルベルト(独)を結ぶもの

数学者ウィーナーを形成するまでの教育過程において、ウィーナーがイギリスのケンブリッジ大学でハーデイ教授に厳格な数学解析を学んだこと、ドイツのゲッチンゲン大学でヒルベルト教授に物理数学の真髄を学んだことは、決定的な意味をもっている。前者については、ウィーナーによれば、ニュートン学派とライプニッツ学派の対立とが、イギリス数学界にもたらした悪影響をたちきって、集合論と欧州大陸の近代解析学をとり入れ、英国伝統の数学を、世界の数学界のなかに組み入れうるようにしたのは、二十世紀初めのことであるが、ハーデイ教授はこの運動の大立物である。他方ヒルベルト教授は、数学のなかでも多方面の仕事をのこしたが、数学解析においては、いつでも物理学の問題設定が、そのバックにあったといえる。これはウィーナーが、おそらくたえず、私淑しようとしたことであつたらう。この両者の影響の結合が、数学者ウィーナーにみられるように思われるのである。

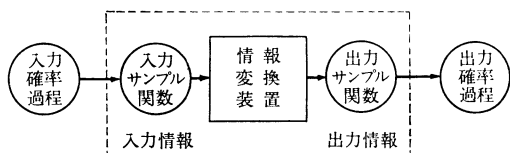
では最後に、ウィーナーの数学理論の特徴といふべきものは、なんであらうか。

(一) 一九二〇年代から、関数解析学がさかになりかけた。ボルテラの汎関数論、フレシェーの抽象空間論、バナッハ空間論などがあるわけだが、初期のウィーナーは、そのいづれにも相当の関心をもちながら、深入りは避けたようである。測度論の適用できる関数空間を求めたからである。そ

れはすべての連続関数の集合のつくる空間で、ここにウィーナー測度を導入したのである。

(二) ウィーナーの数学理論が根本的には統計学的接近であるにもかかわらず、いわゆる数学解析のわくのなかで見すごされたのは、わけがある。第一にはエルゴード定理の成り立つ場合であるために、確率空間において確率変数としての期望値、すなわち位相空間平均を用いる代りに、位相空間平均 \parallel 時間平均、という公式によって、実測の対象にあらわれる個々のサンプル関数の長期間にわたる時間平均をもっておきかえることが確率1でできる、サンプル関数だけを相手にするとよいというので、そのもとにある位相空間、すなわちこの場合、確率空間を忘れやすい。これが第一の原因である。第二の原因は、このエルゴード定理における時間平均は、じつは永却の過去から現時点 t まで、すなわち $-\infty < t < \infty$ 、という観測についての平均なのであって、もっと現実的に考えれば、実際の観察は有限時間ではないか、じつはサンプル時点だけの観測ではないか、そのうえ各観察には誤差があるではないか、いろいろの統計学者の問題があるのをいっさい無視している。この二点が原因となって、ウィーナーの方法が統計学的接近であるにもかかわらず、一見そうでないというような印象を他人にあたえがちである。

(三) 調和解析を適用しなければならぬ必然性は、上述のサンプル関数のもつ性質から起こってくるのである。それは連続である。しかし微分可能性を仮定してよいかというとき、改めてこのサンプル関数の素性にたち帰ってみる必要がある。ほとんどすべてのサンプル関数 $\xi(t)$ は、ほとんど



いたるところ微分ができないのである。してみるといままでの微積分のようには、進められない。 $s(t)$ は容易ならぬ代物であるということになるのだが、

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t+c)\overline{x(t)} dt = \varphi(c)$$

という $-\infty < t < \infty$ で定義される φ の関数 $s(t)$ (自己相関関数) は、もとの $s(t)$ よりはずっと素直になり、これを解析するのに、一般調和解析が適用できるのである。確率過程から抽出されたサンプル関数、このサンプル関数からつくられた自己相関関数、それを解析するための用具としての一般調和解析、この三つの連結がハッキリとえられなければならない。

(四) ウィーナーの予測および濾波の理論ははじめ線型作用素に制限されていたが、のちには非線型作用素におよぶようになった。ただ両者を通じて共通していることは、(a) 移動可能性 (b) 実現可能性という二点である。ウィーナーのサイバネティクスで、機械というのは、入力情報を出力情報へ変換する装置のことである。

それは数学的にいえば、上述の (a) および (b) の条件をもつ作用素のことなのである。これを図式的にかけば上図のようになるわけである。点線で囲まれた箱の中だけみると、統計的接近が消えてみえなくなってしまう。

私が、どうやら鍵はここにあり、系譜はさぐりあてたと考え、そうしてウィナーの数学理論の道筋をつきとめたとと思うようになったのは、一九六四年から一九六五年ごろのことである。それは情報科学の一つのプロタイプとしてウィナーのサイバネティクスをみるという立場にたどりついてからである。ケンブリッジ郊外の散歩、あるときあれだけ熱心に説明してくれた先生に、自分の論文の別刷を送ってみてもらおうと思ったときには、先生はすでに、十六月以前にあの世の人であった。いま私は多くの有志とともに基幹科学として位置づけられるべき情報科学を毎日のように論じ合っている。東京、福岡そうしてケンブリッジ、お会いし教えを受けた過ぎし日をしのび、故人を想う念は、日に新たなものがある。なに α から ω にゆくはつきりした道、そうして ω からまた $\omega+1$, $\omega+2$, ... と無限に続く道が漠然としていく本もいま心に描かれる。

文 献

- (1) Wiener, N.: *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, The Technology Press and John Wiley and Sons, (1948).
- (2) Wiener, N.: *Extrapolation and interpolation and smoothing of stationary time series with engineering applications*, The Technology Press and John Wiley and Sons, (1949).
- (3) Wiener, N.: *The Human Use of Human Beings, Cybernetics and Society*, Houghton Mifflin Company, (1950).
- (4) Wiener, N.: *Nonlinear Problems in Random Theory*, M. I. T. Press, (1958).