ウィーナーの「サイバネティクス」構想の変遷

― 1942 年から 1945 年の状況―

杉本舞*

Abstract

Norbert Wiener suggested the interdisciplinary collaboration that was later called *cybernetics*. Throughout the several meetings he arranged from 1942 to 1945, Wiener gradually changed his views regarding what the key concept of cybernetics should be. In 1943, Wiener emphasized the negative feedback, drawing an analogy between a machine and a human brain. Then, during 1944, the interaction with his collaborator John von Neumann, who built a high-speed computer, led Wiener to focus on control mechanisms. Finally, at the meeting in 1945, Wiener proposed the concept of communication as a common subject of this interdisciplinary research, aiming to connect control engineering with computer engineering.

1. はじめに

ノーバート・ウィーナー (Norbert Wiener) が著書『サイバネティクス』[*1]で「動物と機械における通信と制御」の問題について考察し, 通信工学, 制御工学, 神経生理学, 心理学, 社会学を同じ俎上に載せることができると提案したのは 1948 年のことである. それ以来, 「サイバネティクス」は　通信工学, 制御工学, 神経生理学, 生体医工学, 心理学, 社会学といった非常に多様な領域を包含する学問領域を示す用語ととらえられ, 60 年近く経過した現在でもシステム論, 心理学, 制御工学などの分野に対応する言葉として用いられている. 『サイバネティクス』でウィーナーが提示したのは, 様々な分野の課題を情報とコミュニケーション（通信）, 制御という側面から分析できるのではないかという学際研究の可能性であった.

様々な先行研究が指摘し[*2], そしてウィーナー自身が『サイバネティクス』の序文で説明して

* 京都大学大学院文学研究科博士課程

*1 Wiener,N., *Cybernetics* (MIT Press, 1948). （邦訳：ウィーナー『サイバネティクス　動物と機械における制御と通信』, 池原, 彌永, 室賀, 戸田訳, 岩波書店, 1962）

*2 例えば, Wiener の共同研究者でもあった Masani による伝記, Masani,P., *Norbert Wiener, 1894-1964* (Birkhauser, 1990). また, Heims によるウィーナーの伝記および研究者グループの分析, Heims, S.J., *John von Neumann and Norbert Wiener* (MIT Press, 1982)(邦訳：ハイムズ『フォン・ノイマンとウィーナー』, 高井信勝訳, 工学社, 1985.); *The Cybernetics Group* (MIT Press, 1990)(邦訳：ハイムズ『サイバネティクス学者たち』, 忠平美幸訳, 朝日新聞社, 2001.). ジャーナリストによる伝記, Conway,F. & Siegelman,J., *Dark Hero of the Information Age* (Basic Books, 2006)（邦訳：コンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー　ノーバート・ウィーナー伝』, 松浦俊輔訳, 日経 BP 社, 2006.）. また, 制御工学の歴史に連なるものとしてのサイバネティクスについては, Mindell, D., *Between Human And Machine* (Johns Hopkins

いるように, この学際研究は, 1948 年に突然提示されたものではなく, 1940 年代初頭から既に何度か開かれていた学際会議を基礎としたものであった. 『サイバネティクス』が刊行された時点で, ジョン・フォン・ノイマン, ウォレン・マカロック, ローレンス・キュビー, ハインツ・フォン・フェルスター, グレゴリー・ベイトソンといった, 非常に多岐にわたる分野の研究者が会議に参加し, 意見を交換していたのである. その会議の契機を作り, 学際研究の計画を推し進める中心となっていたのがウィーナーであった.

本稿では, ウィーナーが学際研究の可能性を初めて示唆した論文 “Behavior, Purpose and Teleology”[*3]と, ウィーナーが参加した 1945 年の「目的論学会」をめぐる書簡, また同年に開かれた「第 1 回メイシー会議」議事録などを見直し, ウィーナーが呼びかけていた学際研究の目的や手法, 着目点の変遷について検討したい. 前述したように, ウィーナーとサイバネティクスについてはいくつもの先行研究が存在する. しかし, ウィーナー自身がどう考えていたのかについてはウィーナーの自伝に拠っているものが多く, 研究グループの形成についても研究グループの構成員に焦点をあてた Heims の研究[*4] を典拠とするものがほとんどである. 1940 年代前半の数年間に通信工学や計算機工学といった領域が勢力を拡大する中で, ウィーナーが試みようとした役割については, 未だ明らかでない部分があると言えよう. この時期のウィーナーを書簡や議事録も含めて改めて見直せば, サイバネティクスという学際領域をウィーナーがどのようにデザインしようとしたのか, そしてリーダー的存在であったウィーナーが研究者たちを実際どのような枠組みで一つにまとめようとしたのかを, より筋道立てて明らかにすることができるだろう. そこから, 現代でも定義の困難な「サイバネティクス」という言葉の多義性・多様性の背景を探ってみたい.

本稿では刊行資料のほか, MIT Institute Archives & Special Collections 所蔵のウィーナー文書（MC22）, Harvard University Countway Library of Medicine 所蔵のフリモント＝スミス文書（MC295）, The Library of Congress 所蔵のフォン・ノイマン文書 (MSS44180) を資料として用いる.

2. “Behavior, Purpose and Teleology”

2.1 ウィーナーと戦時研究

ウィーナーが学際研究を提案するきっかけとなったのが, この “Behavior, Purpose and Teleology” という 1943 年の論文の発表である. この論文の内容を検討する前に, まずはこの論

Univ. Press, 2004) を参照のこと. また, ウィーナーの自伝には, *Ex-Prodigy* (MIT Press, 1953); *I am a Mathematician* (MIT Press, 1956) など.

[*3] Rosenblueth,A., Wiener,N., and Bigelow,J., “Behavior, Purpose and Teleology”, *Norbert Wiener: Collected Works* **4**(MIT Press, 1985):pp.180-195.

[*4] Heims, S.J., *The Cybernetics Group* (MIT Press, 1990). “Behavior, Purpose and Teleology” や, 研究者グループの初めての大きな会合であった第一回 Macy 会議について, 資料から直接検討を加えているのは Heims のみであると言ってよい.

文に至る経緯を整理しておこう.

ウィーナーは, 1920 年代にはブラウン運動を確率過程を用いて研究し, 1930 年代には一般調和解析について先駆的な業績を残すなど, 確率解析の専門家として業績を積んできた数学者であった. しかし, 1940 年代から戦時研究に加わることとなり, 1940 年末にアメリカ国防研究委員会 (NDRC) 主導の研究に加わることが正式に決定して, 1941 年から技術者のジュリアン・ビゲローと共に対空高射砲の射撃制御 (自動追随) 装置開発を始めた. 翌年 2 月には "Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications", 通称 "Yellow Peril" と呼ばれた論文に, その理論的成果をまとめた. この論文は「予測」「濾波」「平滑化」といわれる問題, すなわち, 既知の統計的性質から, ある時点での値を推定するという問題を扱ったものであった.

ウィーナーが, 後にサイバネティクスに直接繋がることになる発見をしたのは, このビゲローとの研究の中であった. ウィーナーは, 自動追随装置で実験するうちに, 装置が激しい振動に陥る場合があることを発見した. 装置はフィードバックの原理を応用したものであり, 振動が起こるのは装置の感度を上げすぎたときであった. この発見について, ウィーナーはハーヴァード大学の友人で医学博士のローゼンブルートと話し, 人体でも同様の現象が起こるという事実を知った. このことから, 装置と機械の双方で起こるこの現象について三人で話し合い, アイディアをまとめることとなり, それをローゼンブルートが代表して 1942 年 5 月に開催された会議で報告したのである. この会議は「脳抑制会議 (The cerebral Inhibition Meeting)」と呼ばれる会議であり, 参加者は神経生理学者のウォレン・マカロック, ロレンテ・デ・ノ, 神経学者のローレンス・キュビー, 人類学者のグレゴリー・ベイトソンとマーガレット・ミードをはじめとした神経生理学者や心理学者, 社会科学者が主であった. ウィーナーをはじめとした 3 人のアイディアは, その翌年に発表された論文 "Behavior, Purpose and Teleology" に見ることができる.

2.2 "Behavior, Purpose and Teleology"

"Behavior, Purpose and Teleology" は, 三人の著者が話し合い, ローゼンブルートが代表して会議で発表した内容をまとめたものといわれ[*5], *Philosophy of Science* 誌に投稿されたものである. この論文は, 機械と動物の特定の振る舞いを, フィードバックを用いたモデルで統一的に扱えるのではないかという仮説を提唱したもので, 数式は全く使用されず, 学際性を意識した, 平明な論文となっている. 「行動 (Behavior)」と「目的論 (Teleology)」という単語を冠した題名は非常に特徴的であるが, その定義は必ずしも哲学や心理学での伝統に則したものではない. 三人の著者は, 行動や目的といった用語を独特のやり方で定義し, その定義の中で彼ら自身のアイディアの特徴を示すという手法をとっているのである.

この論文では, まず行動は, 周囲に対するその物体 (対象) のあらゆる変化であると定義され[*6],

[*5] ハイムズ『サイバネティクス学者たち』p.28.

[*6] Rosenblueth,A., Wiener,N., and Bigelow,J., "Behavior, Purpose and Teleology", *Norbert Wiener:*

行動主義的な (behavioristic) 研究[*7]とは, 対象の出力 (output), および出力と入力 (input) との関係を調べることとされる. ここでは内部の構造は無視すると宣言され, 対象はブラックボックスとして扱われる. ここで言う「内部の構造」とは, その物体がたんぱく質で出来ているか金属で出来ているか[*8]といったことであって, 機械と動物の振る舞いを統一的に扱うという枠組みを強調するものと理解するのが相当であろう.

行動について説明した後は, 物体, 機械, 動物の「行動」の分類が続く. 分類とはいっても, 階層性や厳密性に欠いており, むしろこれは, 分類という形式を借りて彼らが着目した事象の特徴を列挙したものと考えるべきである. 著者らが分類形式で挙げている着眼点は主に四つである. 第一に, 出力に必要なエネルギーは, 出力する対象そのものを源とすること. 投げられたボールなど, それ自身で出力を行わないものは, これで排除される. 第二に, 出力を行う対象が, 目的 (purpose) を持っていることである. 目的とは, 達成されるべき目標 (goal) であり, 「行動している物体が, 他の物体や事象に対して, 時間的もしくは空間的に一定の相関に至ったときの, 最終状態」[*9]とされる. しかも, その目的は, 対象が自発的 (voluntary) に選んだものであり, 対象が目的に至るまでの反応が自動的に続くものでなければならない. 著者らの要約によれば, ランダムでなく, 最終状態があり, 最終状態に向かう反応が対象に本来備わっているような行動が, 目的のある行動 (purposeful behavier) なのである. 第三に挙げられるのが, フィードバック, 特にネガティブ・フィードバックの存在である. フィードバックとは, 出力の一部分を循環させて再入力することであり, ネガティブ・フィードバックとは, 再入力の際, 値の正負を反転させることを指す. 著者らは, 目標が移動する場合におけるフィードバック制御の重要性を指摘し, 目的のある振る舞いはかならずネガティブ・フィードバックを必要とすると述べ, フィードバックが存在するということを目的論的 (teleological) という言葉で呼ぶ. 最後に挙げられるのは, 予測的 (predictive) であるということである. これは目標の移動経路を予測するという意味であり, 明らかに, ウィーナーとビゲローによる研究の成果を強く意識したものである. ここではフィードバック機構を伴った機械装置がしばしば振動状態に陥ることを指摘し, 人間でも同様の振動状態が起きるという事実から, 人間の小脳にもフィードバック性があるのだと主張する. しかし, この主張は, 著者ら自身の言うとおり「敢えて提唱」[*10]されているにすぎず, 事実として確証されてはいない.

著者らがこの論文で行ったことは, 機械の振る舞いの中でも目標に自動的に向かうようなものに注目し, それを支える機構としてネガティブ・フィードバックが存在するということを強調したこと, 加えて, 機械と動物における行動や現象の類似性を根拠として, 機械と動物がフィードバック機構という同じ機構を持つという仮説を提示したことである. いずれも, 予測理論で用いた確率論のような専門的な理論の詳細は省き, 発想の枠組みだけを示しているのが特徴である.

Collected Works **4**(MIT Press, 1985):p.180.

[*7] ここでの「行動主義」は, 心理学での行動主義の定義とは異なる.

[*8] ibid. pp.184-185.

[*9] ibid. p.180.

[*10] ibid. p.182.

結局, 著者たちはこの論文で, フィードバック性および機械と生物の類似性に着目した研究法を提唱することで, 学際領域を築ける可能性を提示しているのである.

Mindell が指摘しているように[*11], フィードバック機構に関する研究自体は, 何十年も前から行われており, この論文の発表当時には既に新しいものではなかった. フィードバック機構やフィードバック回路における発振自体は 1920 年代には知られていたし, 1942 年にはフィードバックを用いたサーボ機構も商用化されている[*12]. したがって, この論文で工学と生物学を繋ぐ役割を果たしたウィーナーの意図は, フィードバック機構を取り上げるということそのものだけでなく, フィードバックモデルを共通の土台とした, 生物学と工学の学際的領域を作り出すことにあったと考えられるのである.

この論文の最後で, 著者らは目的や目的論といった言葉が伝統的な哲学用語であることに留意し, ここで言う目的や目的論は因果性とは無関係であると注釈している. このことからも, 著者らが単に機械や動物の振る舞いとフィードバックにしか注目しておらず, 目的や目的論という単語も, 生物と機械の間をつなぐ役割を果たしている「目的に向かう行動」の存在を際立たせるための, 一種のレトリックとして用いているに過ぎないと言えよう.

3. 計算機科学の合流

3.1 フォン・ノイマンとの協力

フィードバックを接点とした生物学と工学の学際研究という提案に, 計算機科学という新しい流れが加わったのが 1943 年から 44 年の間である. ウィーナーの宣伝する新しい学際領域の展望にひかれてこの時期に合流したのが, 当時プリンストンの高等研究所にいたジョン・フォン・ノイマンであった. フォン・ノイマンとウィーナーは, フォン・ノイマンが渡米してきた当時からの, 既知の間柄であった. 1930 年代にはエルゴード理論などについての専門的な内容の手紙を多数やりとりしている[*13].

合流のきっかけは, ウォレン・マカロックとウォルター・ピッツによる論文 “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity(神経系に内在する論理計算)”[*14]をフォン・ノイマンが読んだことであった[*15]. “Behavior, Purpose and Teleology” が発表されたのと同じ 1943 年, やはり脳抑制会議に出席していたマカロックが, *Bulletin of Mathematical Biophysics* に発表したのが, “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity” である[*16]. この論文は, 人間の脳とその数学的体系化に関するものであり, 神経網と論理を扱う

[*11] Mindell, D., *Between Human And Machine* (Johns Hopkins Univ. Press, 2004)
[*12] コンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー ノーバート・ウィーナー伝』 p.212.
[*13] MIT Special Collection, Papers of Wiener(MC22), Box4, Folder60, 61 など
[*14] McCulloch, W.S., and W. Pitts, “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”, *Bullettin of Mathematical Biophysics*, 5(1943):pp.115-133.
[*15] フォン・ノイマンは, ウィーナーとビゲローの勧めで, それを読んだとされる. アスプレイ『ノイマンとコンピュータの起源』杉山・吉田訳 産業図書, 1995. p.194.
[*16] ibid. p.319.

回路を類似的に扱っていたため, ちょうど 1943 年頃から高速計算機の設計に関わるようになったフォン・ノイマンの興味をひいたのであった. また, ウィーナーも, この当時の計算機開発には直接関わっていなかったとはいえ, 高速計算機の理論に暗かったわけではなかった. ウィーナーは, 1920 年代半ば以来, MIT の同僚ヴァネバー・ブッシュから計算機に関する相談を受けていた. 手紙も多数やりとりし, ブッシュに対して様々な提案を行っている. アメリカ数学会とアメリカ数学協会の合同戦時委員会では, 計算機に関する筆頭顧問への指名も受けている[*17].

このような共通の素養をもとに, ウィーナーは, 当時計算機開発に関わっていた主要な研究者であるフォン・ノイマンとハーバード大学のハワード・エイケンの二人と親交を深め, 学際会議を主催するに至ったのである. エイケンは当時, ハーバード大学で Automatic Sequence Controlled Calculator（自動逐次制御計算機　Harvard Mark I）の開発に取り組んでいた[*18]. 脳抑制会議前後から提案されていた電気工学と神経生理学の協同という計画に, この時点から計算機分野が加わることになった.

3.2 目的論学会

ウィーナー, フォン・ノイマン, エイケンの三人を主催者とし, 1945 年 1 月に開催されたこの会議の会議録は残っていない. しかし, 書簡からその内容を読み取ることができる. 「計算機, 通信工学, 予測理論, 制御工学に関する問題について議論しよう」という 1944 年 10 月のウィーナーの提案に基づき[*19], 三人はその年の 12 月に会議の案内を送り, 「通信工学, 計算機工学, 制御工学, 統計学における時系列の数学, 神経系における通信と制御の側面」の関係が密接になりつつあるので「これらに興味のある人々で会議をするのが非常に望ましい」と各分野の研究者たちに呼びかけた. 特に, 陸軍の所属でフォン・ノイマンとともに高速計算機開発に深く関わっていたヘルマン・ゴールドスタインには「制御機構, 時系列, 計算機に関する会議」への案内の後, 次のように述べている.

> ウィーナーとエイケンは, 目的論学会 (the Teleological Society) として知られるグループを仮に提案している. 目的論とは, 行為の目的 (conduct of purpose) の研究であり, 我々の興味の大部分は, 一方で目的が人間と動物の行為においてどのように実現されるのか, 他方で目的が機械的そして電気的手段によってどのように模倣されるのかを研究することに割かれると思われる[*20].

会議は 1 月 6 日と 7 日にプリンストンで開催され, 計算機関係者からは L. カニンガム, W.E. デミング, ゴールドスタイン, E.H. ヴェスティン, S.S. ウィルクス, フォン・ノイマンが出席, そ

[*17] コンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー』 p.229.
[*18] エイケンとウィーナーは, これからの計算機に関して議論も行っている. “Letter from Wiener to von Neumann, Oct. 17, 1944”, Box4, Foler66, MC22, MIT Special Collection.
[*19] ibid.
[*20] “Letter from Aiken, von Neumann and Wiener to Goldstein, Dec. 28, 1944”, Box4, Foler66, MC22, MIT Special Collection.

れからデ・ノ, マカロック, ピッツといった脳抑制会議に出席した神経生理学者を中心としたグループ, そしてウィーナーが参加した. この会議は, 学際研究を軌道にのせることを目標にしたもので, フォン・ノイマンやウィーナーといった主要な参加者が研究内容と学際研究の可能性について講演をするというスタイルであった[*21]. 会議後の 1 月 12 日にフォン・ノイマンが会議参加者に出した手紙では, 会議内容をふまえたうえで, 今後進められるべき四つの研究計画が, 参加者の関心と連動して示されている. ウィーナーが長年取り組んできた「濾波と予測の問題」, ウィルクスやフォン・ノイマンが取り組んでいる「高速計算の統計的問題への適用」, フォン・ノイマンやゴールドスタインの戦時研究のテーマであった「高速計算の微分方程式への応用」, そしてデ・ノとマカロックの専門である「神経学」である[*22]. このように, 「目的論学会」は当時の最先端であった高速計算機の問題を核に動き出す手はずになっていた.

ウィーナーはこの会議を「大成功だった」「工学と神経学の両側面を含む主題は本質的に一つであって, こういうアイディアを恒久的な計画的研究にまとめるよう進めるべきだと皆が確信した.」[*23]とローゼンブルートに書き送っている. しかし, 動き出そうとしている学際研究の中で, ウィーナーとローゼンブルートの二人が取り組んできた予測理論と神経生理学をつなぐ一連の流れを, どのように位置づけてゆくかを, 同時にウィーナーは意識していた. 「この体制 (scheme) が本当に動き出せば, 君とビゲローがそこに参加しない限り私は満足できない.」[*24]とローゼンブルートへの手紙に書いた同じ日, ウィーナーはフォン・ノイマンへの手紙で以下のように述べている.

> 私は君のトピックの割り当てでひとつ足りないものを見つけた. すなわち, 計算機から制御機械への移行という問題が議論されている箇所がひとつもないということだ. 私が思うに, これは我々のプロジェクトの最も重要な側面のひとつだ. それに, この問題は予測と濾波の問題に深く関わっているので, 報告書のための分科会の方へ行くのだと私はずっと思っていた. ここでの問題は, 連続的なデータを数えられる (counted) データに移行する問題であり, 数えられるデータから効果器のシャフトの動きへと最終的に変換する問題であり, フィードバックもしくは擬似自己受容体 (quasi-propriocepter) 装置によって, 効果器の動きを検出するという問題である. [*25]

この手紙からわかるのは, ウィーナーが, 自分の研究領域であった予測理論や制御理論と, 合流した計算機理論との接点をつくろうとしているということである. フォン・ノイマンが高速計算機を設計する際に注目したマカロックとピッツによる論文は, ニューロンを数理的にモデル化し, 神経回路網における論理計算について論じたもので, 結果的に脳と計算機とのアナロジーをフォン・ノイマンらに強く示唆した. ニューロンをブラックボックスとみなし, 入出力に注目

[*21] "Letter from Wiener to Rosenbluth, Jan. 24, 1945", Box4, Foler67, MC22, MIT Special Collection.
[*22] "Letter from von Neumann to everyone, Jan. 12, 1945", Box4, Foler67, MC22, MIT Special Collection.
[*23] "Letter from Wiener to Rosenbluth, Jan. 24, 1945", Box4, Foler67, MC22, MIT Special Collection.
[*24] ibid.
[*25] "Letter from Wiener to von Neumann, Jan. 24, 1945", Box4, Foler67, MC22, MIT Special Collection.

してモデル化するという, このマカロックとピッツの手法は, 確かに “Behavior, Purpose and Teleology” でウィーナーらが提示した手法と共通する点がある. 加えて, 神経学と工学とのアナロジーという点に注目すれば, 両者は同じ類の学際研究であると言えよう. しかし, マカロックとピッツの手法は論理計算を背景にしたものであり, だからこそ計算機理論に親和性があったのだが, それは予測理論や広義のフィードバックを前提とするウィーナーやローゼンブルートの元々の提案とは, 流れの異なるものであった. そこで, ウィーナーが行ったのが, 制御機構の重要性の強調なのである. フォン・ノイマンが設計していた計算機には, 演算・記憶・制御をつかさどる中央処理装置が予定され, なかでも演算が正しく行われるよう個々の装置が協同して作動するよう制御するための中央制御装置が備え付けられることになっていた. 制御は計算機設計においても重要な問題であった. ウィーナーは, 計画中の学際研究における制御機構の重要性をフォン・ノイマンらにも認めさせることで[*26], ウィーナーとローゼンブルートらがもともと取り組んでいた予測やフィードバックという問題と, 当時新鋭の計算機理論という大きな問題とを関連させようと試みているのである.

しかし, この「目的論学会」はその後, 開催されることはなかった. フォン・ノイマンが MIT への招聘を断ったためである[*27]. しかし, 学際会議は翌年から形を変えて開催され, ウィーナーは予測, フィードバック, 計算機, そして制御を繋げる, より適用範囲の広い接点として, 通信 (communication) の問題を前面に出すようになる.

4. 学際会議の開催

4.1 第 1 回メイシー会議

「生物学と社会科学におけるフィードバック機構と循環因果律システムに関する会議 (The Feedback Mechanisms and Circular Causal Systems in Biology and the Social Sciences Meeting)」, 通称「メイシー会議」の第一回会議が開催されたのは, 1945 年 3 月 8 日 9 日の 2 日間, 目的論学会の 2 ヵ月後であった. 1942 年の脳抑制会議を主催したジョサイア・メイシー二世財団の理事, フリモント＝スミスは, マカロックとベイトソンの勧めを受け, 脳抑制会議でローゼンブルートが提起した学際的議論を発展させるために, 数学, 工学, 神経生理学, 精神病理学, 行動科学, 社会科学の専門家を集めたのである. フリモント＝スミスによれば, 会議は「数学, 工学, 生物学, 社会科学をつらぬくフィードバックシステムの概念という有用な関係」を追い求める研究者たちの「親交を築くための会」[*28]であり, 実際, 1942 年の脳抑制会議でローゼンブルートに同意した神経生理学者と, 1944 年の目的論学会に出席した数学者, 工学者は, この会議ではじめて公式に引き合わされた. ウィーナーはここでもやはり中心的な役割を果たし, 第一回会議

[*26] “Letter from von Neumann to Wiener, Feb. 1, 1945”, Box4, Foler67, MC22, MIT Special Collection.
[*27] コンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー』 p.239.
[*28] “Macy Conference Manuscript, 1946”, MC295, Countway Library of Medicine, Harvard University. p.1.

ではフォン・ノイマン, 神経生理学者のデ・ノ, ローゼンブルートとともに, 発表を受け持った.

会議録によれば[*29], 第一日目の午前中は, まずフォン・ノイマンが, 電子計算機の機能についての講演を行っている. フォン・ノイマンは, この年の 6 月に配布することになる「EDVAC に関する報告書第一稿」を執筆中だったと考えられ, 発表はおおむね「報告書」を下敷きにしたものと言える. フォン・ノイマンは, 神経系と計算機との比較に時間を割き, ニューロンと真空管との類似[*30], 乗算器の特徴, リレー機構の機能と特徴, 脳と計算機の比較について順に説明している. 発表の初めで「非常に込み入った, 目的のある (purposive) 機構がある (中略) というのが我々の関心ではないかと思う」[*31]と注釈した以外は, 目的やフィードバックにはまったく言及せず, 質疑応答では計算機の入出力とその速さの問題, メモリの問題, ニューロンの複雑性の問題について論じるのみである. 続くデ・ノの発表では, 神経細胞の電気的性質という研究成果が取りあげられ, ニューロンが発するインパルスの性質について論じられた. この日の午前の発表が前年の「目的論学会」の流れを汲んだものであることが読み取れる.

では, ウィーナーはどのような発表をしたのか. 同じ日の午後に発表したウィーナーは, オートマトンとフィードバックという二つのテーマを設定して講演している. ウィーナーはオートマトンの明確な定義は行わず「フィードバックに関係しており」「自己制御を行う」[*32]ものとだけ説明し, 18 世紀の時計仕掛け (clockwork) 以来の歴史があるとする. しかし, 現在我々が用いている新しいオートマトン, すなわち「対空火気制御装置」や「飛行機の制御」のための装置には, 古いオートマトンにはない「感覚器官 (sense organ)」[*33]を持つ特徴があると言う. そして, その感覚器官と中枢とを結ぶのが「通信路 (communication channel)」なのだと述べる.

そして, ウィーナーは, 自動機械 (automatic machine) は入出力のある計算機であると一言注釈してから, 自動制御 (automatic control) とフィードバックについての議論を展開させる. ウィーナーは,「自分自身で制御行動を行うような機械」[*34]を取り上げ, 自動制御とフィードバックの関連を指摘し,「目標を達成するための周期的過程」を伴うような制御について説明している. また, フィードバックには, 機械を定常に保つようなフィードバック, 動的に目的を達成するためのフィードバックがあると指摘し, ウィーナーは後者の存在を強調する. 生物と機械の振る舞いにみられるフィードバックだからである.

ここまでは, ウィーナーが従来繰り返してきたフィードバックの説明と変わらない. ウィーナーは, これまで継続して主張してきたフィードバック機構の重要性について, 具体的かつ平易に解説し, しかも, オートマトンについて言及することで, 午前に発表したフォン・ノイマンの発表内容との関連性を持たせている. しかし, ここで注目すべきは, ウィーナーがディスカッショ

[*29] ibid.
[*30] ibid. p.6.
[*31] ibid. p.4.
[*32] ibid. p.52.
[*33] ibid. p.52.
[*34] ibid. p.56.

ンの後[*35], 通信 (communication) の問題に言及し　通信と制御を関連付ける発言をしている点である. ウィーナーによれば, 制御工学は「本質的に通信工学」[*36]である. なぜなら, 制御に必要なフィードバックには大きな力や電力は必要ないからである. したがって, 電力工学は通信工学とは異なる. また, 通信工学と増幅器 (amplifier) は深く関連しており, 生物は増幅を利用して制御を行っているに違いないと述べる. このように, ウィーナーはこれまで公式にはあまり取り上げてこなかった「通信の問題」について述べ, 通信工学における基本的な概念は「メッセージ」である[*37], といった抽象的なアイディアにまで言及しているのである. その後, 予測理論についてふれた後[*38], 「情報のフィードバック (informative feedback)」[*39]という言葉に簡単に言及して, ウィーナーは発表を終え, 引き継いだローゼンブルートが, ウィーナーのフィードバックの定義を神経生理学の事例に適用し, 眼振など色々な病気の例を紹介し, 午後のセッションが終わる.

実は, ウィーナーがコミュニケーションの問題について述べたのは, これが初めてというわけではない. 1942 年にビゲローとの共著で出した “Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications”, 通称 “Yellow Peril” の冒頭の部分で, どんな制御装置でも, それを制御するために使う信号は「メッセージ」であり, それは通信工学の分野に属すると論じている[*40]. しかし, この論文は NDRC に提出された報告書であり, 当時はまだ機密扱いで, 許可された戦時研究関係者数十名しか目にしていなかった. ウィーナーの「通信」に関する発想は, この会議で発表されたことで, 初めて様々な領域の研究者に示されたのである.

4.2 “Time, Communication, and the Nervous System”

この後, ウィーナーは「フィードバック」よりも「通信の問題」の方をより強調するようになってゆく. 第一回メイシー会議の後, 数ヶ月たってから議長のマカロックが会議の参加者に送付したウィーナーの論文 “Time, Communication, and the Nervous System”[*41]でも, その傾向を顕著に読み取ることができる. この論文では, 通信, 計算機, 機械と神経系のアナロジーが大きなテーマとして取り上げられているが, フィードバックやフィードバックに関連した病気などについての記述はごく限られていて, 背景に退いている. ウィーナーは, 時間概念と力学という漠然とした哲学的議論から論文を開始し, マクスウェルやボルツマン, ギブスによる熱力学や統計力学の理論, そしてアンサンブルやエルゴード理論といったウィーナーのかつての研究分野に関連

[*35] このディスカッションの内容は, 会議録には記されていない.
[*36] ibid. p.62.
[*37] ibid. p.62.
[*38] ibid. p.66.
[*39] ibid. p.67.
[*40] コンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー』 p.189.
[*41] Wiener, N., “Time, Communication, and the Nervous System”, *Norbert Wiener: Collected Works* **4**(MIT Press, 1985):pp.220-242. これは 10 月に開催されたニューヨーク科学アカデミーの基調講演で発表されたものでもある.

したテーマを概論した後, 「ギブスの統計力学に属するアイディアを通信の理論に導入」[*42]することを提案する. ここで言う「通信の理論」とは「電話の理論」「計算機理論」「制御理論」などである. また, 動物や人間の神経と筋肉に関する機構は通信の「手段 (instrument)」であるし, 基本的に「社会科学」も「人と人との通信の手段」の研究なのだとウィーナーは述べる. こういった様々な分野を統一するアイディアが「メッセージ」で, メッセージは情報, 確率, そしてアンサンブルに関連付けられ, 情報を送るということが時系列に関連付けられる. 結果, 情報は負のエントロピーであると宣言され[*43], 熱力学の第二法則と情報との関連が示唆される. その後, 脳と計算機, アナログ計算機とデジタル計算機, 自動制御, フィードバックと振動, 関連する病気, 社会科学における通信の問題, ゲシュタルトの問題などのテーマが, 特に「脳と計算機の類似」の問題に重点を置きながら論じられる[*44].

この論文で, 様々な学際的主題を貫いているモデルは「フィードバック」ではなく「通信」である. ウィーナーは, “Behavior, Purpose and Teleology” で提示したフィードバックという問題と, マカロックとピッツの論文に基づいて進行していた計算機にまつわる諸問題を, 同じ学際領域に収めるための旗印として, その双方を包含できる「通信」を持ち出したのである. フィードバックに代わるこの新たな概念は非常に強力であり, フィードバック, 自動制御, 神経系に関する病理学, 計算機, オートマトン, 通信理論, 社会科学の理論など, 多くの領域をカバーすることのできるものであった. このウィーナーの着想のもとに (そして, 1948 年の『サイバネティクス』出版後は「サイバネティクス」の名のもとに), メイシー会議に集まった研究者たちは, 「制御」や, その上位に位置する「通信」というモデルを自らの研究に合うように都合よく変形させながら, それぞれ源流の異なる多岐にわたる研究を, 共通の学際研究の領域のものとして続けていくのである.

『サイバネティクス』の出版は非常にセンセーショナルに迎えられ, メイシー会議の出席者たちは自分の専門分野の観点からみた「サイバネティクス」の解説を様々な場所で行い, 「サイバネティクス」という言葉を世間に広めるのに一役買うことになった. ウィーナーも, 手足を失った人のための補綴装置に関する研究をローゼンブルートと継続し, マカロックとピッツとの共同研究も計画していたが, 後者はウィーナーの個人的事情を初めとする様々な理由から頓挫してしまった[*45]. メイシー会議も 7 年間継続されたが, フォン・ノイマンやウィーナーといった主要メンバーが抜け, 徐々に規模は縮小されていた. 1970 年代には, 政治的背景もあり, 「サイバネティクス」をめぐる大きな流行は終息することになる. ただ「通信と制御に関するサイバネティクス」という広い枠組みだけが残され, かつてそこに属していた分野, すなわち, 自動制御, システム理論, 生体医工学などが, 「サイバネティクス」的と呼ばれるようになってゆくのである.

[*42] ibid. p.225.
[*43] ibid. p.226.
[*44] これらのテーマや議論の展開は 1948 年に出版される『サイバネティクス』に非常によく似ている.
[*45] この経緯についてはコンウェイ, シーゲルマン『情報時代の見えないヒーロー』2006 に詳しい.

5. 結論

ここまで, 後にサイバネティクスと呼ばれることになる学際領域を, ウィーナーがどのように作り出そうとしてきたのかについて検討してきた. 発端は, 戦時研究をきっかけとして, 機械と動物の双方にネガティブ・フィードバック機構があるのではないかという着想をウィーナーが得たことであった. この着想を支えたのは, 動く目標を追いかけるという行動や一定の条件下での発振が, 制御装置と動物に共通するということであり, ウィーナーと共同研究者のローゼンブルートは, 神経生理学と工学の共通項として, 目的のある行動と, その背景にあるフィードバック機構を強調した.

ウィーナーが本格的に学際研究を軌道に乗せようと試みたのが, 1945 年の目的論学会であった. この計画には, フォン・ノイマンをはじめとして, 高速計算機の開発に従事していた研究者が多数加わった. ウィーナー自身が計算機の問題にある程度明るかったこと, 加えて, 神経網と論理回路のアナロジーを示唆するマカロックとピッツの論文から, フォン・ノイマンが影響を受けていたことが, この状況を可能にしたのである. この計算機科学との協同という動きを受け, ウィーナーはその後, 当初強調していた「目的行動」よりも, フィードバック機構に基づいた「制御」の問題, そして制御機構と計算機を包含できる「通信」の問題を, 学際研究を束ねる共通課題として提示していくようになる. そして, この傾向は同年の第一回メイシー会議や, その直後の論文にもみることができる.

ウィーナーの提示した「通信」という課題は, 計算機と通信技術の発展という時宜を得て, 非常に魅力的で多義的なものと捉えられ, それは「学際領域」の扱える分野を, 病理学から社会学に至るまで多様化した. このことが, ウィーナーの著書『サイバネティクス』に見られる一種の雑駁さ, また「サイバネティクス」という言葉が現在に至るまで含んでいる多義性に繋がっているのだと考えられよう.

結局, 1945 年に形成された「機械と生物とのアナロジー」に注目する研究者集団のうち, 特に工学に関わる研究者には, 大きく二つの流派があったと言えよう. 伝統的な通信工学や戦時中の予測理論研究に連なる, 連続的でアナログなデータを扱う工学を専門とするグループと, 電子デジタル計算機の研究や, 神経網における論理回路の研究に連なる, 離散的でデジタルなデータを扱うグループである. 前者はウィーナーに代表され, 後者はフォン・ノイマンに代表されると言えよう. ウィーナーが学際研究の必要性の名のもとに当時の主要な研究者を集めたこれらの会議には, この異なる二つの流儀が同居していたのであり, これは当時の情報工学の状況を反映したものと考えられる.