

〔書 評〕

文献紹介 最近の並列分散システム理論の動向

A Current Stream of Parallel-Distributed System Theories

川 野 洋

Hiroshi Kawano

現在コンピュータ・システム批判のひとつは Neumann 型コンピュータのいわゆるポトルネットワークに関するものである。これを克服するため登場するのがプロセッサを多数連結した並列多重処理というアイデアであるが、この方式はデータフロー型関数計算やグラフィックスの分野で具体化されつつあるばかりでなく、AIを人間の心の創造的はたらきにより近づけるため、心の研究という面から新しい脚光をあびるようになる。つまり心のはたらきは本来並列多重の情報処理をなすという考えである。しかしこの思想のいまひとつの重要な含意は、我々の文化的社会が創造的活力とサヴァイヴァルをうるためシステムの脱中心化と新たな制御のアイデアが求められるとき、この人間的情報処理のための並列多重処理の仕組が社会政策的な役割を担うであろうということである。そして現在この人間-社会-AIをめぐる活発な議論が情報科学のなかでくりひろげられている。そこでそれらをめぐっていくつかの重要と思われる翻訳された海外の文献を紹介することにしたい。

Hofstadter, Douglas : Gödel, Escher, Bach, Basic Books, Inc., 1979 (野崎昭弘ほか訳 : ゲーデル, エッシャー, バッハ, 白揚社, 1985)

序論をふくめ全体は二つのパートに分れ20章からなっている。Gödelは不完全性定理で有名な数学者、Escherは再帰構造をもった逆説的画を描く現代の画家、そしてBachはフーガを得意とするバロックの音楽家である。ピューリツァー賞をえてアメリカでベストセラーになったと伝えられる本書のひとつの主題は心の情報処理の仕組の解明にある。それによれば心のはたらきは記号による対象表現とその操作であるが、このプログラムが世

界の全体描写として有意味であるためには、下位記号が集って上位記号を階層的に構成するとき、下位記号に上位記号の自己言及が介入せざるをえない。ここに部分と全体の間の階層差の消失による矛盾が生じるが、このプログラムの不完全性こそ世界を表現する心(知)の本性をなし、その後には、「蟻のフーガ」が描くような、心のなかにそれを支える下位記号としての小さな心のモジュールが多数独立にはたらき、その不完全綜合そのものが世界の全体像をつくるという並列主義の哲学が色濃くうちだされている。

Papert, Seymour : Mindstorms, Basic Books, Inc., 1980 (奥村貴世子訳 : マインドストーム, 未来社, 1982)

S. Papertは児童の創造的学習のためのプログラミング言語LOGOの創案者として高名で、長年、MITの人工知能研究所、ついでメディア研究所で人間の心の創造性解明のための計算モデルの研究をつづけてきている。本書はLOGO設計の背景をなすかれの哲学を分りやすく解説したもので、序章と終章の間に八つの章をもつ。その内容はコンピュータ文化とLOGOの役割、マイクロワールドと学習の理論そして心社会と美意識の理論をふくむが、その議論のもっとも重要な部分はマイクロワールドと心社会(the society of mind)である。マイクロワールドとは身体をベースにして認知される局所的世界の具象的イメージで、LOGOの手続きモジュールに当る。世界の複雑で抽象的な概念を理解するということは、このマイクロ具象イメージを連合することによって同化的に遂行されるとされ、その例証がLOGOのプログラムや数学の問題解決を通じて豊富に示される。

ここで興味ふかい議論がマイクロワールドを連合する心社会のアイデアである。心社会はマイクロワールドを代表する多数の局所的認知エージェントからなり、これらのエージェントは連合において社会的相互作用をいとむ。その際かれは中間管理エージェントDを導入してA, B, Cの3エージェントが対立して結論がでないばあい、AとBのうえにDをもってきてDC関係をつくり、そこからあらたな結論に向う、という量保存則学習での、エージェント間のある種の社会的仕組を示す。このようなエージェントの組替えは経験的環境に依存する社会的調整 (Levi Straussのいわゆる bricolage)により、したがって心社会はエージェント達は民主社会をつくる。そこでは「各々独自の単純な考え方をするモジュールとしてのエージェントがあって、その多くは相互に矛盾し合っている。この矛盾は単純なことではこれに劣ることのない特別なエージェントの介入によって調整されるが解決はされない。この相違を調整する方法は、システムを一貫性のある論理的な型にあてはめようとするものではない。この過程は素人の繕い仕事を思わせる。…恐らくその中心となることは、ありあわせのものを使って仕事をするという点であろう。…」(200~201頁)ここには、心の創造的はたらきがそのなかの数多くの独立した小さなエージェント達の社会的協調であるという興味ふかい並列主義のアイデアが姿をあらわしている。

Turkle, Sherry : The Second Self, Simon & Schuster, Inc., 1984(西和彦訳: インティメイトマシン, 講談社, 1984)

著者S. TurkleはS. Papertと同じ哲学にたつて、LOGOを中心とするコンピュータ文化の精神的構造の研究にたずさわってきたMIT社会心理学の助教授である。本書の第1部は子供の成長とコンピュータとのかゝわりについて、第2部はコンピュータ社会におけるハッカー達の新しい人間-コンピュータ関係論とコンピュータ比喩の哲学的含意について論じるが、とくに面白いのは第3部の人間の思考をコンピュータ・プログラムとしてとらえ、そのようなシステムとして構成員(サ

プログラム)達が相互に作用しあい、筋書のきまっていないドラマを演じる社会モデルを呈示する箇所である。彼女によれば知は心の分散断片が対立し競いあう、プログラムなき相互作用から発現する。たとえばプロダクション・システムはプロダクション群の社会をなし、局所的解決能力しかない各プロダクションは管理プログラムによってではなく、システム全体がおかれている環境に依存してad hocにはたらく。しかしこれらの愚鈍なエージェント達が協調的に賢い行動をとることによって問題の全体が解決される。そしてそのためには並列処理能力をもつ多重プロセッサのコンピュータ・システムが要請されるとし、この並列コンピュータの比喩をつかって人間の心の新しいモデルを提案している。

Minsky, Marvin : The Society of Mind, Simon & Schuster, Inc., 1985(安西佑一郎訳: 心の社会, 産業図書, 1990)

並列分散的に情報を処理するシステムの仕組を人間の心のはたらきの内省からとらえ、その創造的可能性を解明しようとM. MinskyはS. Papertと1970年代から研究をはじめ、このようなシステム・モデルを「心社会」とよび、本書においてその全貌を提示するにいたった。ここでかれは、心がそれ自身は心をもたない数多くの小さなパーツ(エージェント)から組立てられると考える。これらのエージェントは個々にはまったく心を必要としない簡単な局所的仕事しかしなが、それらが特別な仕方が社会を構成すると、そこに全体としての心のはたらき。心のはたらきは、心を構成する小さいエージェント達が密接に関係しあうことによって生じるが、そのためには(1)エージェントはそれぞれがレディーメイドとして局所的に固有な縄張りをもって独立であること、および(2)それらエージェント間に相互作用のためのコミュニケーションが保証されること、そしてさらに(3)コミュニケーションを媒介するものとしてエージェント間にコントロール用の中間エージェントが設定されねばならない。例えば、積木をつかむエージェントは、下位に積木を探すエージェント、積木を移すエージェント、積木をおくエー

エージェントを順次活性化するという管理的はたらきだけをもつ。そのうち、下位の積木を移すエージェントは、さらに下位のつかむエージェント、(目標を) みつけるエージェント、そしてはこぶエージェントに go! 命令をだす。そして物理的終端エージェント達は命令された自分の小さい仕事だけを実行する。こうして積木が全体としてつまれてゆくと、積木積み社会内部のエージェント達一人一人は小さな仕事をしているにすぎない。

この積木積み社会は top-down な管理システムを思わせるが、Minsky の考える心社会は実は環境依存型の bottom-up システムをなしている。そこで具体的に仕事を分担パフォーマンスする終端エージェントは局所的ではあるが固有の学習経験の長期記憶をもち、課せられた仕事を全体として遂行するには、中間管理エージェントがレディーメイドな終端エージェント達をうまく問題環境にあわせて選び取り編成してゆかねばならない。ここに、レディーメイドなエージェントが選択されてしかるべき管理エージェントに連結され、管理エージェント間がさらに上下に連結される「Kライン」とよばれるコミュニケーションが登場する。それは問題を解決しようとするとき活性化される必要なエージェント群を接続する記憶線であつた心の構造で、ひとはこのようなKラインの多層な連結によって記憶し考え事をすゝめる。Minsky はKライン構造をさらに、マイクロニーム、ポリニーム等によって特徴づけ、それらの間のコミュニケーションにプロノームやトランスフレームといった独特な仕組を導入して、記憶における連想やことばによるひらめき、また記憶や学習の概念的構成、人間のイメージングの自由な変容性などを論じる。

いまひとつ心社会理論の含意は、Turkle もふれたように、それが、近代哲学がもたらしたユニークな人格による統一的主体としての自我観を打破し、無意識のうえにうかぶ進化論的産物としてのマルチ型人間観を示したところにある。それは人間の心の非決定性、不完全性にもとづいてその真なる自由と創造の神秘的仕組に解明の光を投げかけるもので、本書の終りの部分では美意識、ユーモアや哲学的な心身問題が以上の観点から論じられている。本書の議論は哲学的認識論とふかくかゝ

わるが、AI 研究の必然的發展として生れてたもので、コンピュータによる情報処理の本質に迫っているところに Minsky ならではの特色が躍如としているといえる。

Hillis, Daniel : The Connection Machine, MIT Press, 1985 (喜連川優訳著: コネクションマシン, パーソナルメディア, 1990)

MIT における Minsky-Papert の弟子である Hillis は、師の心社会の理論を具体化するコンピュータ・システムを connection machine として実現した。それは数千からときには数百万におよぶ小さなプロセッサの超並列構造をとり、各プロセッサは固有の局所的情報処理をしながら、互いに交信しあうことによって莫大な量の複雑な情報を Neumann 型コンピュータは不可能な短かい実時間で処理しようとするものである。かれは本書で Neumann 型コンピュータの非効率を批判し、その原因をプロセッサとメモリの分離にもとめて、両者の関係を対等化して、処理情報の多様さにみあったプロセッサの並列構築を考察する。例えば、画像処理でピクセルごとにひとつのプロセッサを割当て、エキスパート・システムではプロダクションごとに独立プロセッサをあてがうということになる。このように問題のアルゴリズムの構造にあわせてプロセッサは多重に結合されるが、そのためひとつひとつのプロセッサはできるだけ小さくする。さらにこのマシンは実行中に結合のパターンを動的に変更する必要があるので、プロセッサはその間の結合をメッセージ交信で選択できる小さな固有プログラムをもつ。こうして(1)超並列プロセッサのハードウェアと(2)それを隠蔽するソフトウェアの結合の両者が、Hillis の connection machine の設計論をなす(この点、PDP ニューロ・コンピュータと異なる)。以上の設計哲学について、さらに掘りさげて、本書では connection machine の具体化、プログラミング上の諸問題が論じられている。

Winograd, Terry & Flores, Fernando : Understanding Computers and Cognition, Ablex Publishing Co., 1986(平賀譲訳: コンピュー

タと認知を理解する, 産業図書, 1989)

Winograd はかつて積木の世界で積木をつむロボット の自然言語理解システム SHRDLU を MIT で創作し、AI 研究の新しい波をおこしたが、その後 AI 理論の合理主義指向にあきたらず AI から転向し、本書において社会論的アプローチをとる新しい計算モデルを提唱するにいたる。かれはまず Heidegger の実存哲学に立脚し、人間が世界内存在として状況に関心づけられたコミットメントをもつこと、しかもこのコミットメントは運命的に挫折するものであるという。しかしコミットメントの挫折は実存を目覚めさせる。そこで挫折のなかで活性化した実存は他者との交渉と協調の相互作用をはたらかせながら、そのなかで共有される世界のある課題が達成される。この実存の相互コミュニケーションを支えるのは Searle の言語行為であり、この会話ネットワークによって人は相互にはたらきかけ応答し影響しあい、そこにひとつの世界の社会的形成が出現する。

Winograd はその例としてマネジメントにおける意思決定問題をとりあげ、古典的な Simon 型の合理主義をつぎのように批判する。「Simon は意思決定を、可能な行動を列挙した問題空間のなかから、望ましい結果をもたらすものを選択する発見的探索として特徴づけた」(234頁)。しかし推論や証明モデルにもづくこの合理的方法は実際の状況とあわない。意思決定をするマネジャーは不定の曖昧な文脈的背景でのコミットメントを担い挫折にさらされている。そこでのかれの仕事は、会話を通じて組織内に新しいコミットメントを創造すること、そのため発話内行為としての意図の交信、その会話ネットワークを形成することである。このような考えから Winograd-Flores は大規模な分散電子交信システムのうえで会話ネットワークを構築し制御するための「調整者」というソフトウェア設計を提案する。このようなシステムの特徴としては(1)アルゴリズムなしで動作すること、(2)挫折を織りこんでエラーでダウンしないこと、そのため(3)コミットメントの相互作用を保証する会話ネットワークをもつことなどがあげられているが、この新コンピュータの設計理念は、心社会とは異なるが、社会としてのシステムをいき

いきと活力あらしめ、かつこれを自然淘汰のなかで生きのびさせるための複数コミットメントの協調の思想を反映しており、今後創造的計算システムにもとめられる並列分散主義を同様に主張するものといえる。

Hewitt, Carl : Open Information Systems Semantics for Distributed Artificial Intelligence, Artificial Intelligence, Vol.47, No.1-3, 1991, pp. 79-106

Hewitt は SHRDLU で使われた AI 言語 Planner を創案した後、Actor 理論を考案して今日のオブジェクト指向言語流行の先駆者となったが、さらに最近本論文で示されるオープン情報システム (OIS) 意味論を提唱して分散型脱 AI をめざす。かれによれば OIS は予期されない事象に対処し、随時多発する外界の情報を非同期処理する大規模な開放された計算システムであり、コミットメント、葛藤、交渉、協調、分散型問題解決といった基本機能を装着し、その結果、社会学と並列システムを統合した新しい機能と構造の仕組をもつ。それは現場に即応する局所的権威をもち相互に独立並列する小さな処理が非同期に活性化しながら多重にはたらき、問題はつねにアルゴリズムによってでなく、最近の ad hoc な情報を利用する処理間の交渉によって解決がさぐられることになる。したがってこの OIS は伸縮自在な柔軟性をもち、葛藤や挫折にあつてタフであり、その高い生産性の保持が真に達成されるのだとされる。

以上、最近の並列分散システム理論の動向を紹介してきた。これらの理論は MIT の AI 研究のなかから生れてきたとあってよい。そこでは Minsky-Papert を中心とする人間らしい情報処理の新しいモデルが、脳と社会の動態理論をくみこんで作りだされている。脳のアナロジーは MIT での AI 研究の伝統であるが、ここに社会の аспекトが導入されるにおよび、革命的な脱 AI 研究の火蓋が切っておとされたといつてよい。並列分散理論ではいまひとつ神経回路網の動態をシミュレートする PDP コネクションリスト・モデルがあるが、ソフトウェアの記号処理の仕組みを欠如する、ハードウェア依存のニューロ計算のモデル

は、これまで紹介した理論とはアプローチを異にするもので、ここでは触れないことにした。最近、AI 研究で集团的に問題解決をもとめる分散型 AI (D (=Distrivuted) AI) の研究やヒューマン・インタフェース論で協調モデルの研究が盛んになりつつあるが、この方向は明らかにここど述べられた並列分散理論の発展線上にあるといえる。

最後の C.Hewitt の論文はまだ翻訳されていないが、興味ぶかく、かつ重要と思われるので本紹介に加えた。

(かわの ひろし 教授)

(1991. 4. 4 受理)