

氏 名 石 川 千 草  
 学位の種類 博 士 (文 学)  
 学位記番号 文 博 第 211 号  
 学位授与の日付 平成 14 年 3 月 25 日  
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当  
 研究科・専攻 文 学 研 究 科 現 代 文 化 学 専 攻  
 学位論文題目 米 国 の コ ン ピ ュ ー タ 開 発 思 想 史  
 ——コンピュータを人々の生活に普及させた思想の一系譜——

論文調査委員 (主査) 教授 柏倉康夫 教授 紀平英作 教授 永井和

### 論 文 内 容 の 要 旨

米国では、1950年代半ばには、コンピュータ産業も徐々に育ち始め、用途別に開発の方向が分岐してきた。その中で、巨大防空網システムの SAGE に見られたように、情報処理ネットワークシステムの要としてのコンピュータを育成する方向を推進したのが、1962年に国防総省の ARPA (高等研究局) 内に創設された、指揮・統制システムのためのコンピュータの研究開発への援助を担当する IPTO (情報処理技術部) であった。本論文では、この IPTO の初代部長となったリックライダーの構想を、その形成過程と、IPTO の助成方針への反映、その受容といった諸相から分析することを通じて、1960年代から1970年代にかけて、時分割処理によって大型コンピュータを共有するシステムが、いかにして画像表示装置を備えた個人用のコンピュータを相互に接続した情報ネットワークシステムへと発展解消していったか、その過程を描く。

はじめに

ここでは、本論の展開に先立って、先行研究の近年の動向・傾向を総括し、本論文の位置づけをする。米国では、1980年代に入って、ハードウェアを中心としたコンピュータの歴史が整理されるようになったが、歴史学者が社会的文脈の中において、コンピューティングの歴史を論述するようになってきたのは、主に1990年代に入ってからのものである。近年では、インターネットの普及により、インターネットの社会的意味を論じる上で、その基幹技術としてのコンピュータの歴史が学際的な観点から注目されるようになってきている。本論文は、インターネット黎明期にあたる、1950年代後半から1970年代にかけての基礎資料を発掘し、既存の議論で抜け落ちていた論点を補いながら、IPTO のはたした役割を中心にコンピュータシステム開発思想の展開を多角的に論じ、それを軸に既存の歴史記述に新たな視点を与えようというものである。

#### 第1章 人間と機械～リックライダーの思想形成過程

本章では、リックライダーが、マンマシンシステム (機械と人間の混成系) 研究のための新学問分野創設に関わり、その理論的準備として1960年論文「人間とコンピュータの共生」を書くに至った背景と、その論文で表現された思想の形成過程とその同時代的意味を分析する。

聴覚研究を専門としていた実験心理学者のリックライダーは、第二次大戦中に戦時科学研究に動員されて、萌芽的なマンマシンシステム研究に従事したあと、1950年代初頭にデジタルコンピュータを使った半自動防空網計画 SAGE に関わることになる。この頃リックライダーは、MIT リンカーン研究所でリアルタイム処理ができ画像表示装置を持つ最先端のデジタルコンピュータの動作を実際に見聞しその思索を深めた。当時リックライダーを含む実験心理学者たちの間では、マンマシンシステムの中のヒューマンファクター研究を学問分野として独立させようとする動きが出ていた。こうした流れを受けて1960年に創刊された学術雑誌 *IRE Transactions on Human Factors in Electronics* の巻頭に、リックライダーは、「人間とコンピュータの共生」と題する論文を発表し、コンピュータを用いたマンマシンシステムを人間を排した完全自動化の方向へ進めるのではなく、人間の思考支援につかうという概念を新たに提示した。

この「人間とコンピュータの共生」論文には、従来知られていなかった二つのプロトタイプが存在する。いずれも空軍へ

の報告書として書かれたもので、現在はMIT所蔵のリックライダー文書に保存されている。その一つ、1957年の「本当に賢い(SAGE)システム」では、時分割処理を技術的な基礎とした思考センターのネットワーク構想が論じられている。このプロトタイプの見出しにより、1960年論文ではごく簡単に思いつきのように触れられていたこのネットワーク構想こそが、SAGEを民生応用するという発想から生まれたリックライダーの思想の原点をなすものであったことが確認された。

また、もう一方のプロトタイプである1958年版「人間とコンピュータの共生」は、「人間とコンピュータの共生」という用語が、どういう背景で生まれたかをよく示している。当時空軍では、半自動システムの中で人間が担っていた判断機能をコンピュータに行わせ、システムを完全自動化することが求められており、1950年代半ばに生まれた「人工知能」に注目が及び始めていた。この論文で、リックライダーは「人工知能」の早期実現性に疑問を呈し、代わりに半自動的な状態にあるマンマシンシステムならばそれを人間の思考支援目的に活用できるとして、それを「人間とコンピュータの共生」と表現したのであった。

つまり、SAGEをつくった空軍の防空システムの将来構想研究という文脈の中で、1957年頃から思考センターのネットワーク構想を持っていたリックライダーが、完全自動化指向の風潮を批判し、半自動システムへの注目を喚起するために提示した概念が「人間とコンピュータの共生」だったのである。

## 第2章 ARPA/IPTOのコンピュータ研究開発助成

本章では、第1章で検討したリックライダーの思想が、1960年代初頭のデジタルコンピューティングをめぐる状況の中でどのような位置をしめていたのかをまず整理し、リックライダーが国防総省内に設置されたIPTOの初代部長になったことで、IPTOの豊富な研究資金力を背景に、その思想が先進的なデジタルコンピュータ研究開発にどのように反映していったのか、また、彼の後継者としてIPTOを担った歴代部長の援助方針を分析することで、1960年代のリックライダー思想の伝播と変容について検討する。

デジタルコンピュータの研究開発状況は、1950年代を通じて発展拡大し、1960年初頭には用途別に分化してゆく傾向が見られた。リックライダーが指向したのは、大型汎用コンピュータの時分割処理によって、多数のユーザがオンラインで対話型処理を享受できるシステムであり、彼の思考支援システムとそのネットワーク構想の具現化もその延長線上にあると考えられていた。この方向は、多様化し始めたコンピューティングのスタイルとしては先端的傍流とでも言うべきものであった。

ARPAは1957年のソ連のスパイ打ち上げへの対抗措置として国防総省内につくられたのだが、1962年にはその内部に指揮・統制システムのためのコンピュータ研究開発支援を担当する事務局が設置され、初代部長にリックライダーが選ばれた。SAGEから発想を得たリックライダーの情報ネットワークシステム構想が要求する基礎技術の大半は、指揮・統制システムの向上に必要とされていたものとほぼ共通していたが、時分割処理について言えば、処理速度の制約(リアルタイムでの反応の遅さ)と完全自動化を指向していた指揮・統制システムには不向きであったうえ、当時の技術水準では、画像表示装置を使うのに大きな限界があった。にもかかわらず、IPTOはコンピュータ資源の有効利用という経済的な理由をあげて、むしろ重点的にこれを援助したのであった。また、助成先を結ぶネットワーク構想は実現には至らなかった。

2代目部長サザランドは、リックライダーが時分割処理の推進のため犠牲にせざるをえなかった、画像表示装置を駆使した高度なオンライン対話型処理の研究への援助を強化した。サザランドは、コンピュータネットワークの分野ではリックライダーの意図を汲んで助成先のUCLAでネットワークの実験を試みたが芳しい成果はあがらなかった。

3代目部長のテイラーは、IPTOの目標を対話型コンピューティングの推進と整理し、矛盾をはらんでいた時分割処理の推進については、端末利用者間のコミュニティが生じるという利点を強調し、それらのコミュニティを相互にネットワークすることに新たな価値を見いだそうとした。この構想は、リックライダーの思考センターのネットワーク構想とは独立して起こったものであったが、リックライダーが敷いた路線の上にとびついたり乗ることになり、実現の方向へ向かった。

こうして、リックライダーの当初の意図からはやや変移した形ではあったものの、1960年代半ばには、IPTOでは時分割処理システムを相互に接続させることをめざして、コンピュータネットワーク構築へと向かい、ARPAnetが誕生することとなった。

## 第3章 ゼロックス社PARCにおける先進的ネットワーク環境開発

1960年代半ばになると、一般企業や学校がコンピュータを導入する場合、時分割処理されたコンピュータを、端末のタイ

プライターから電話線を介してオンラインで利用する方式が普及した。しかし一方で、コンピュータ自体の小型化も進み、時分割処理サービスの契約か小型コンピュータ購入か、という選択が取りざたされるようになってきていた。そのような流れの中で、時分割処理が抱えていた矛盾を解消するものとして、個人が占有する小型コンピュータをネットワークでつないだシステムが生み出された。本章では、1970年代にゼロックス社 PARC で史上初の個人用コンピュータのネットワークシステム Alto が生まれるに至った過程を描く。

PARC のコンピュータ科学研究部門 CSL は、IPTO の 3 代目部長だったティラーに率いられていた。集められたのは IPTO 助成先で最新鋭の時分割処理システムを構築していた若手研究者たちだった。このグループでは、未来のオフィスに情報処理ネットワークは不可欠であるとの共通の見通しのもとに、発足後まもなくから、時分割処理を基本とした中央制御型のネットワークか、計算能力をもつ端末をつないだ分散型ネットワークか、という議論をしていた。やがて1972年になり、分散型システムが採用されることになり、時分割処理を分散型ネットワークへと進化させることで、高度な対話型処理とネットワークが併存可能となった。こうして、1970年代を通じて構築された Alto システムは、高い能力の画像表示装置をもった個人用コンピュータ Alto を端末として、新たに開発したイーサネットをつなぎ、これもまた新たに開発したレーザー・プリンターなどをクライアント・サーバー方式で共同利用するという、画期的な研究成果が満載されたローカルエリアネットワーク (LAN) システムであった。さらに PARC では、Alto システムを ARPAnet や研究所に初期に導入された別機種間のネットワークともつなげるために、階層的なネットワークプロトコルが開発されていった。

Alto にはマウスが繋がれ、ワードプロセッサを初めとする種々のソフトウェアが搭載されており、そのため研究開発用としてはもちろんのこと、研究所にいる秘書たちでも使いこなせる事務用の実用的なシステムとしても利用されていた。システム研究部門 SSL のケイのグループは Alto を「暫定版ダイナブック」と呼び、パーソナルコンピューティングの研究を進めた。

やがて、この Alto システムの構想は商業用コンピュータ開発の世界に受け継がれ、誰もがコンピュータネットワークを利用する時代のコンピューティングの技術的な基礎を担うことになった。

#### 結論

1960年代に IPTO 助成で育成された時分割処理システムは、リックライダーの構想ではネットワーク実現の基礎技術として位置づけられていたが、端末での高度な対話型コンピューティングを支えることができないという技術的な制約を持っていた。1960年代後半になると、時分割処理システムをつなぐ ARPAnet も生まれたが、1970年代には、時分割処理システムは過渡期的なものとして、分散型の個人用コンピュータのネットワークによって乗り越えられていった。つまり、この時期の IPTO を中心に進められたコンピュータ研究開発は、時分割処理と高度な対話型処理とが併立する矛盾を克服するものとして、コンピュータネットワークが生み出されてくる過程として描くことができるのである。

#### 論文審査の結果の要旨

十九世紀の産業革命を主導したのがモーターだったとすれば、二十世紀後半の情報革命をもたらしたのはコンピュータであった。初期のコンピュータは真空管を用いた大型の計算機で、人間が計算をするよりも、はるかに早いスピードで計算を行ったが、それがそのまま今日のパーソナル・コンピュータにつながるものではなかった。本論文は対話型小型コンピュータがアメリカで開発される過程で、いかなる先見的思想 (vision) が研究の方向を先導したのかを、参照できる限りの史料から確認した意欲作である。

論者も述べている通り、この分野で歴史学者が成果を発表するようになったのは、ようやく1990年代になってからである。そこにはインターネットの急速な普及により、従来のハードウェア偏重のコンピュータ開発史から、コンピュータ・コミュニケーション重視へと視点が大きく変換するなかで、技術的思想の連続と断絶・飛躍を明らかにする必要性が存在した。

本論文は「はじめに」と「結論」の他に三章からなっている。以下、論文の論旨にそって、新知見を中心に評価をこころみる。

大型コンピュータの開発で、イギリスと共に世界をリードしていたアメリカは、ソビエトが1957年8月に大陸間弾道弾 (ICBM) の実験に成功し、さらに同年10月に人工衛星スプートニク1号を打ち上げるに及んで危機感を募らせた。このス

ブートニク・ショックから、アメリカは宇宙開発とそれを支えるコンピュータ技術の開発・発展に総力を結集し、国防総省は高等研究局（ARPA）を創設して宇宙開発を統括させようとした。だが結局は ARPA からこの分野が引き上げられ、代ってデジタル・コンピュータの研究開発を助成する目的で情報処理技術部門（IPTO）が設けられて、リックライダー（J. C. R. Licklider）が初代の責任者に就任した。リックライダーはもともと音響心理学が専門であったが、リンカーン研究所で SAGE（半自動警戒管制組織）の開発に携わり、その経験からコンピュータを情報処理装置とみなし、これを人間の知的作業を助けるものへ発展させる構想を抱くようになった。

彼は1960年に発表した「人間とコンピュータの共生（Man-computer Symbiosis）」と題する論文において、人工知能の研究が進展して、機械が人に代わって思考する時代がくることは否定しないが、それにはなお膨大な時間がかかる、それよりも人間とコンピュータが共生して行く道を選ぶべきだとした。彼がいう共生の目的は、論理的な問題について定式化できる部分をコンピュータにやらせ、さらにリアルタイムの思考にコンピュータを使うというものであった。つまりコンピュータを人間の論理的思考を支援するのに活用するという思想（vision）である。そしてリックライダーは画像表示装置をそなえた対話型のコンピュータこそが、人間とコンピュータの共生を可能にする方法であるとして、これを IPTO の助成の中心に据えた。

本論文はリックライダーによるこの1960年の論文「人間とコンピュータの共生」に先行する二つの論文の存在を初めて明らかにし、その検討を通して、「人間とコンピュータの共生」という言説が、「人工知能」による人間と機械の混成系（man-machine system）の完全自動化という路線を批判するなかで生まれたことを明らかにしている。従来の研究は、1960年代初めの時点で、大型コンピュータを数人が同時に利用しながら使う時分割処理（time sharing）では、軍事目的の情報処理システムには必須のものと考えられる、高速のリアルタイム処理、高度な画像処理は実現不可能とされていたにもかかわらず、なぜリックライダー率いる IPTO が時分割処理を優先して助成したかについて、説得力のある説明を提示してこなかった。本論文はその理由をリックライダーが抱いた思考センターのネットワーク構想に求め、これを実現する基礎技術として時分割処理を重要視した結果であるとの説を、新資料の発掘を通して展開している。先行研究が見落としていた点であり高く評価できる。

リックライダーの仕事は、その後アイヴァン・サザランド（Ivan Sutherland）、ロバート・テイラー（Robert Taylor）へと引き継がれた。とくにテイラーはコンピュータを単なる計算機としてではなく、コミュニケーションの道具として開発すべきだという点でリックライダーの考えに共鳴していた。テイラーは時分割処理の研究が進むにしたがって、同じコンピュータを利用する者同士の間ネットワークができ、データやソフト・ウェアを共有して使う技術が育っていることに気づいた。情報とリソースを共有する時分割処理コンピュータはもともとネットワークというシステムを内蔵しているともいえ、これは将来のコンピュータの姿を考える上で大変重要な点であった。

この頃アメリカの政治状況は大きく変わりつつあった。1965年2月にはジョンソン政権のもとでベトナムにおける北爆が開始され、ベトナム介入が本格化した。これは巨大科学プロジェクトにも影響を与えずにはおかなかった。1969年に提出されたマンズフィールド修正法案によって、1970年度の国家予算からは軍事関係の研究費は直接的な軍事開発に限るとされ、ARPA のコンピュータ開発支援に影を落とした。

コンピュータ開発に対する国の予算が減ったこの時期、民間では新たなコンピュータの開発競争が繰り広げられていた。巨大企業 IBM が先頭を走っていたが、これに対抗しようと、事務機器メーカーのゼロックス社が名乗りをあげ、カリフォルニア州パロアルトに新しい研究所（PARC）をつくった。研究所ではテイラーを招き、さらに全米から若手の優秀なコンピュータの研究者を集めて、新しいコンピュータの開発に乗りだした。

1968年に、テイラーはリックライダーと共著で、「通信機器としてのコンピュータ（The Computer as a Communication Device）」という論文を発表し、コンピュータ・ネットワークの社会的意義を論じた。テイラーは IPTO で時分割処理システムの開発を担ったが、端末での処理速度が不十分であるなどの欠点を乗り越えるべく、時分割処理が生んだネットワーク・システムを残しつつ、端末にコンピュータの処理能力を持たせることが次の段階であると考えられるようになった。

PARC では議論の末に若手の研究者たちがこの方向に同調し、やがて「アルト（Alto）」という画期的な個人用コンピュータのネットワークを生み出した。このアルトは今日のパーソナル・コンピュータの技術的特徴の多くを備えていたために、

従来の研究では単体としてのアルトが論じられることが殆どであった。しかし本論文はアルトが単体のコンピュータとして開発されたという以上に、アルト・システムというネットワークのために開発されたという新たな視点を提示し、先行研究の偏りを修正している。

論者は以上のような経緯を未公開のテイラー文書やゼロックス社の研究所（PARC）の内部資料から明らかにしたが、現にこれらの成果をコンピュータ史を研究するアメリカの学者やジャーナリストが高く評価している。

本論文の成果として史料の問題に触れておきたい。リックライダーが残した文書は公表された論文の他に、マサチューセッツ工科大学の資料室に所蔵される文書（MC499）があり、これは1997年になって公開されたが、論者はこのすべてを精査し、リックライダーの思想の発展段階を史料の上で明確に跡づけることに成功した。さらにテイラー文書に関しては、テイラー自身の閲覧許可を得て、これを整理・調査しカタログ化した。テイラー文書を参照し得たのは論者が最初であり、論者の研究に対してテイラーが寄せる期待と信頼をうかがうことができる。史料の点でもう一つ特筆すべきは、ゼロックス社の内部資料の一部を参照するのに成功し、それによって「アルト」の開発がいかなる組織によって行われたかを明らかにし、その上で個々の研究者の寄与を具体的に確認したことである。論者によって繰り返し行われた関係者への聞き取り調査とあいまって、論文を史料面で支える大きな柱となっている。

その上で本論文には望みたい点が幾つかある。コンピュータの開発思想と戦後アメリカの科学開発をめぐる時代状況との関係が十分に分析されているとは言いがたく、また若干の技術用語の曖昧な使用を含めて、叙述に明確さを欠くところが見られる。本研究から生まれた次の課題として、論者の今後の努力に期待したい。

以上審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。なお、2002年3月1日、調査委員3名が論文内容とそれに関連した事柄らについて口頭試問を行った結果、合格と認めた。