

〈論 文〉

インターネットの歴史と技術の社会構成主義

——ジャネット・アバテ『インターネットをつくる』を中心に——

吉 田 晴 代

1980年代から今日に至るまで、技術史に対する社会学的研究、とりわけ技術の社会構成主義の影響には目覚ましいものがある⁽¹⁾。この小論で紹介するジャネット・アバテ著『インターネットをつくる』⁽²⁾もまた、この方法を積極的にとり入れる立場から書かれた実証的な歴史研究である。この小論では、技術の社会構成主義が実証的歴史研究にどこまで有効なのかという視点から、アバテの著書を検討することにした。技術の社会構成主義の基本的な考え方は、技術が外部から社会のあり方を規定するという技術決定論を否定し、技術もまた政治・経済・文化などとともに社会の本質的な構成要素の1つであるという立場から、技術変化をそれらの要素の相互作用において捉えようとするところにある。こうした考え方はアバテの著書にもはっきり反映している。序論における「技術は社会環境の産物」であるという言明や、インターネットの概念が社会変化の結果として大きく変化したという指摘、インターネット形成にとって重要な

社会的・文化的要因を軸とする本書の展開、コンピュータ通信の社会的形成という観点からの技術形成における利用者の役割を重視した考察、軍と科学者の関与が各々インターネットの設計にどのような社会的・文化的影響を及ぼしたのかという関心、情報通信メディアとしてのインターネットの独自性は技術由来ではなく社会が一連の選択を行なった結果であるという主張などから、アバテの方法論的立場は明確に読取れる。さらに、ノーマルテクノロジーについてE.W.Constant⁽³⁾、技術形成における利用者の役割についてR.S.Cowan, T.J.PinchとW.E.Bijker, J.Law⁽⁴⁾、それにコンピュータ通信の社会的形成を考察したP.N.Edwards⁽⁵⁾等の先行業績にもアバテは言及している。

技術の社会構成主義といっても、主張は研究者毎に様々で、全体としてまとまった方法や定義があるわけではないが、すでに20年近い膨大な研究の蓄積がある。こうした研究全体の展開については、すでに優れた解説や紹介があり、

(1)技術の社会構成主義の代表的論者であるW.E.BijkerやT.Pinchを編者として、アバテの著書も含め、誘導ミサイル、冷戦とコンピュータ、原子力、石油探査技術、技術標準、バイオテクノロジー、医療技術など幅広いテーマを扱ったInside Technologyという現代技術史のモノグラフのシリーズがMIT Pressから刊行されている。

(2)大森義行・吉田晴代訳、北海道大学図書刊行会、2002年。原著J.Abbate, *Inventing the Internet*, MIT Press, 1999.

(3)E.W.Constant, *The Origins of the Turbojet Revolution*, 1980, Johns Hopkins University Press.

(4)W.E.Bijker, T.P.Hughes, T.Pinch eds., *The Social Construction of Technological Systems*, 1987, MIT Press. 本書も注1のシリーズの1冊である。

(5)P.N.Edwards, *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, 1996, MIT Press. 本書も注1のシリーズの1冊である。

この小論で改めてとり上げるまでもない⁽⁶⁾。もちろん、雑誌*Technology and Culture*創刊以来アメリカを中心に目覚ましい成果を上げた技術史研究の分野全体で見れば、技術の社会構成主義は主流というわけでもないし、すんなりと受容されたわけではないことには、留意する必要がある⁽⁷⁾。

さて、アバテのインターネット史研究の成果は、従来の様々な諸見解⁽⁸⁾に対して、インターネット形成の全体像を実証的な歴史研究に基づいて明らかにした点にある。コンピュータ通信

の社会史⁽⁹⁾という視点に立ち、インターネット形成に与ったいくつかの社会的・文化的要因を軸に据え、軍、科学者、米国内外のネットワーク専門家、通信サービス事業者やネットワーク関連機器の販売者に国際標準団体といった利害者集団、全米科学財団、それに電子メールからWWWに至るアプリケーションを創り出した利用ユーザー、やはり数々の重要なコンテンツや利用ユーザー自体を生み出した草の根ネットワークや商用ネットワークなど、様々な個人と集団の利害・関心が複雑に交差し相互作用する中で形成されていくインターネットの波瀾に満ちたダイナミックな発展をみごとに描き出した。インターネットの要素技術の展開を追うだけの従来の技術史の手法では、こうした成果は得られなかっただろう。アバテが、技術の社会構成主義の方法論を積極的にとり入れた成果だといえる。

成果をとり入れたといっても、もちろんアバテなりに咀嚼し独自の方法として練り上げたものであり、既存の方法を図式的にあてはめるといった類のものでないことは言うまでもない。例えば、本書のもとになったアバテのインターネット史に関する学位論文は、アメリカ技術史の大家で技術システム論で有名なトマス・ヒューズの指導のもとで書かれたのだが、技術システム形成における利用者の役割については、両者の考え方はかなり異なる。ヒューズは主著『電力の歴史』⁽¹⁰⁾の「まえがき」で、「技術を消

(6)入門書として、D.MacKenzie and J.Wajcman eds., *The Social Shaping of Technology*, 2nd ed., 1999, Open University Press. 記念碑的著作として有名なのがW.E.Bijker, T.P.Hughes, T.Pinch編の前掲書、日本語の解説としては、中島秀人、「テクノロジーの社会的構成」、『科学論の現在』、2002年、勁草書房、および三宅苞「技術決定論を否定するSTSにおける技術論について—その研究プログラムと現代産業技術への問い—」、『年報科学・技術・社会』、VOL.5, 1996, 科学・技術と社会の会。だが、技術の社会構成主義に対しては、方法論的基礎や技術論としての有効性について批判もある。例えば、松本三和夫『知の失敗と社会—科学技術はなぜ社会にとって問題か』2002年、岩波書店、及び山崎正勝「技術の社会構成主義の批判的検討」、『技術史』、第2号、2001年、日本科学史学会技術史分科会などがある。

(7)*Technology and Culture*最近号 (Vol.43, No.2, April 2002) でも、技術の社会構成主義をめぐる論争が行なわれている。アメリカ技術史研究の概観について森果『アメリカ職人の仕事史』1996年、中公新書、終章を参照せよ。

(8)主なものとして、浜野保樹『極端に短いインターネットの歴史』、1997年、晶文社、N.Randall著、村井純監訳、田中りゅう、村井佳世子共訳『インターネットヒストリー:オープンソース革命の起源』、1999年、オライリー・ジャパン (原著は1997年)、K.Hafner, M.Lyon著、加地永都子、道田豪訳『インターネットの起源』、2000年、アスキー (原著1996年)がある。他にも、インターネットに関する文献や解説にインターネットの歴史について様々な記述がある。

(9)インターネットだけがコンピュータネットワークではない。この点およびアバテの視野にはほとんど入ってこない日本の問題も含めた、コンピュータネットワーク開発にも携わった著者によるコンピュータネットワーク史として、次の文献がある: 名和小太郎「コンピュータネットワークの社会史」、『変わりゆく情報基盤—走る技術・追う制度』、関西大学出版部、2000年。

(10)市場泰男訳、平凡社、1996年。原著、T.P.Hughes, *Networks of Power, Electrification in Western Society, 1880-1930*, Johns Hopkins University Press, 1983.

費する人々は、自分たちもシステムの機能やそれを先導した人たちの下した重要決定の本質を理解するならば、それだけ効果的に、技術システムが生み出す結果に影響を及ぼすことができる」と述べているのに対して、アバテは、後で見るように、システム構築のプロセスにも利用者の積極的役割を見出そうとした。そうはいつでも、ヒューズは『電力の歴史』で、電力システム形成の歴史研究を通じて、後に技術の社会構成主義の基礎となる社会-技術システム論のような優れたアイデアを展開した。アバテの研究もヒューズの恩恵を大いに被っていると思う。だが、第2次世界大戦以前の民間主体の電力システム開発と第2次世界大戦後の政府や軍主体のインターネット開発とでは、技術システムとして大きく性格が異なる。ヒューズもやはりインターネットの歴史研究に取組んだ⁽¹¹⁾が、『電力の歴史』のような体系的で緻密な記述は見られず、とても成功したとは言えない。逆に、そこがアバテに創意が要求された所だと思う。そこでこの小論では、技術の社会構成主義に強い影響を受けたアバテの研究方法が、インターネットの実証的歴史研究においてどこまで有効性を発揮しているのか、そしてそれにより、アーパネットが実現した理由、技術形成における利用者の役割、インターネットが世界規模に拡大した理由といった、インターネット史の重要な側面がどこまで解明されたのかについて、検討したい。

1. アーパネットはなぜ実現したのか？

アバテは、インターネットの主要な技術であるパケット交換を、技術が社会的に構成される事例として取り上げ、「優れた技術が成功するという単純な図式ではなく、実際にどういう技術として理解するかがパケット交換『成功』の

鍵となった」と述べている。アバテが依拠する技術の社会構成主義の基本的主張によれば、技術の歴史とは次のようなものだ。1つの技術には、様々な社会グループが関係し、グループ毎に技術の性格も含めその技術について様々な理解を持つ（技術の解釈柔軟性⁽¹²⁾）。それらのグループの相互作用を通じて技術は社会的に構成される。したがって、アバテによれば、技術の成功・不成功は、技術の優劣だけで説明されるべきではなく、いつどのように利用されるべきなのかという、「より広範な社会的見地から見た技術に関する理解に適合」したかどうかの問題になる。アバテは第1章で、米国のポール・バランと英国のドナルド・デイビスによるパケット交換の発明⁽¹³⁾をとりあげ、パケット交換がデータ通信の革新技術として社会的に形成された過程を跡付けると同時に、異なる社会環境のもとでどのように異なる「技術理解」が生じたかを示した。続いて第2章では、最初の大規模パケット交換ネットワークであるアーパネット建設をとりあげ、技術が社会的に構成される具体的なメカニズムを解明し、それによって何がアーパネット建設成功の鍵だったのかを明らかにした。インターネットの歴史において、技術の「解釈柔軟性」はどんな役割を果たすのか、技術が社会的に構成されるとはどういうことなのか、見ていこう。

パケット交換の発明者の一人はコンピュータ

(12) T.J. Pinch and W.E. Bijker, "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other," Bijker, Hughes, Pinch 編, 前掲書。

(13) レオナード・クラインロックの1961年のPh.D. 論文も実質的にパケット交換の理論を扱っているとして、クラインロックをパケット交換の発明者とする見解もある。クラインロックは、アーパネットプロジェクトを推進したARPAコンピュータ科学者グループの中心人物の一人であることに間違いないが、その役割に関する歴史的評価はまだ定まっていないようだ。

(11) T.P. Hughes, *Rescuing Prometheus*, Pantheon, 1998の第VI章 "Networking: ARPANET" .

科学者のポール・バランだ。冷戦下における米国の核政策と核戦略に関わる民間研究者のセンターがランド研究所で、そのコンピュータ科学部に所属していた。1950年代末空軍の要請で、核攻撃に生き残る通信システムの研究を始めた。軍が望んだ通信システムは、敵の奇襲核攻撃に耐えて軍の指揮統制を維持するため、「生き残る能力や柔軟性、高性能」を兼ね備えたものだった。こうした要請に応えるために、バランがまず考えついたのは、分散型通信ネットワークだった。多数の交換ノードを多数の通信回線で接続することで冗長性をもたせ、交換機能をあらゆる交換ノードに分散させることで、攻撃で一部を破壊されてもネットワーク全体が無力化することはない。さらにシステムに柔軟性を持たせるため、郵便や電信で使われていたメッセージ交換システムに注目した。このシステムでは、メッセージは発信元と宛先のラベルをつけられ、ネットワークの中を交換ノード（郵便局や電信局）から交換ノードへと移動する。各交換ノードは次々に宛先の情報を利用してそこから先の経路を決める。交換ノード間の経路はあらかじめ決まっているわけではないので、状況の変化に応じて交換ノードは最良の経路を選択できる。敵の攻撃でネットワークの一部が破壊されても迂回して経路を選定しなおすことができる。軍の要請から生まれた、分散的な回路網と分散的な経路制御という際立った特徴をもつ通信ネットワークを実現させるために、コンピュータ技術を活用しようとバランは考えた。バランのコンピュータ科学者としての洞察力が働いたのだ。交換ノードはメッセージを迅速に伝え、柔軟な経路制御が行なえるだけの「知能」を備えたコンピュータでなければならない。コンピュータによる交換とデジタル方式による通信という完全なデジタル通信網では、メッセージはデジタル化された音声や画像からコンピュータのデータまで何でも扱える。そこからパケット交換という革新技術が生まれた。すべてのメッセージがデジタル形式つまり2進数の列で

送られるならば、多様なサイズのメッセージを一定の長さに分割して送れば良い。発信元で長いメッセージを短い一定サイズのブロックに分割して各ブロックに経路制御に必要な情報を載せたヘッダ部をつけ、交換ノードはヘッダ部の情報をもとに経路を決め、宛先に到着すると元通りの完全なメッセージにまとめらる。1つのメッセージを構成する各ブロックが別々の経路をたどっても良い。これがパケット交換というデータ通信技術で、パケットとはメッセージブロックのことだ。パケット交換には様々な利点があった。メッセージを一定サイズのパケットにして送ることで交換用コンピュータの構造は単純になり高速で低価格という条件を満たすことができた。それにパケットに分割して別々の経路で送ることで、敵の盗聴を防ぐ軍事的メリットもあった。なんと言っても「時分割多重化」という多重通信の方式と組合せることで回線を効率的に利用でき、しかもコンピュータのデータ送信には最適だった。また、ネットワーク内で異なるデータ伝送速度を持つ回線を容易に組合せることができ、異なるデータ伝送速度を持つ通信装置でも回線を共有できた。こうして軍の難しい要請を満たし、なおかつ経済的に見合うシステムとして、バランは、パケット交換を利用した分散型動的経路制御システムを考案した。バランの考えたシステムの建設に、スポンサーだった空軍は乗り気だったが、当時アナログ通信が主流だった通信専門家に理解が得られず、青写真のままだに終わった。バランのネットワークに不可欠な小型で高速のミニコンピュータが登場する直前だった⁽¹⁴⁾ことも、専門家の理解を得ることを難しくした。

ここで、パケット交換のような技術的発明に関するアバテの考察について指摘しておきたいことがある。技術の社会構成主義の考え方では、

(14)最初のミニコンピュータ、DECのPDP-8が登場したのが1965年だ。

「発明」とは天才のひらめきだという技術「発明」観は誤りである。発明とは、既存技術の入念で骨の折れる改良のプロセスであり、技術の適用範囲が既存の領域から新しい別の領域へ拡大されたり、新しい組合せが考え出されたりするところに、発明家の創意が働く⁽¹⁵⁾。アバテもこの考え方に沿って、分散型ネットワークやメッセージ交換といった既存の通信技術がコンピュータネットワークという新しい分野に移され、メッセージを同一サイズに分割するという些細なアイデアからパケット交換という革新技術が発明されたプロセスを詳しく考察している。さらに、当時の様々な文脈の中で、パケット交換の優れた技術としての特徴を詳しく検討していることから、「優れた技術が勝利する」という単純な図式は否定しても、BijkerとPinchほど完全な技術の相対主義の立場にはなっていないと言える。

ポール・バランとは独立に、英国でパケット交換を発明したのがドナルド・デイビスだ。国立物理学的研究所で第2次世界大戦後のコンピュータ開発に早くから加わり、コンピュータ科学部長も勤める、英国の指導的なコンピュータ科学者の一人だった。当時の英国はウィルソン労働党政権の科学技術振興による経済復興政策のもとにあり、英国コンピュータ産業に波及効果をもたらすような研究成果を国立物理学的研究所は求められた。デイビスの目標は、1960年代半ばに普及し始めた商業ベースの時分割処理による対話型コンピューティングの利用者に役立つネットワークを建設することだった。当時ダイヤルアップの電話回線とモデムを使って遠隔の端末からコンピュータに接続すると、通信コストが高くつき、対話型コンピューティングのメリットが活かせなかった。そこでコンピュータ科学者のデイビスは、コンピュータ技術の進歩をとりいれた新しい通信技術を考案した。メッ

セージを標準サイズの「パケット」に分割し、パケットのヘッダ部に納められた情報を利用して時分割処理コンピュータとパケットのやり取りをする、そういうコンピュータ化された交換ノードをもつネットワーク、つまりパケット交換ネットワークだ。デイビスにとって、パケット交換を回線の時分割多重化と組合せることで、データ通信の費用を低下させるだけでなく、商業システムにふさわしいネットワークの公平な利用を実現する助けにもなった。パケット交換は立派な商品として英国の経済復興に役立つ、パケット交換ネットワークがビジネス客などを引きつけ他の通信手段と競合できるようになれば、英国のコンピュータ産業が革新的なネットワーク製品を提供することで、コンピュータの国際市場で米国などとも競争できるはずだった。そこでデイビスは英国全体に低価格のデータ通信を提供するために国家規模のパケット交換ネットワークを建設するという構想を提案した。利用者としてビジネスとリクレーション目的の人々を想定し、遠隔データ処理、POSTランザクション、データベースクエリー、機械の遠隔操作、オンライン賭博等のサービスを提供することになっていた。英国の主要都市を大容量の電話回線で結び、バランのシステムほど冗長性はなかったものの交換ノードは多重接続され、分散的で動的な経路制御システムとして設計された。対話型コンピューティングに必要な迅速な応答を提供するためだった。このような大規模ネットワークを建設できるだけの力を持っていたのは、国家規模の郵便と電話のネットワークを運用していた郵便公社だったが、コンピュータ技術には理解も関心もなかった。そこでデイビスは国立物理学的研究所内に小規模の実験ネットワークを建設することにした。財政的・技術的制約からネットワークには交換ノードが1ヶ所しかなくネットワークの基礎研究としては大きなマイナスだった。さらに政府のコンピュータ産業政策が影を落とした。直ちに産業に役立つ技術が求められたので、利用者の使い易さ

(15)例えば、MacKenzie and Wajcman編,前掲書。

を重視してユーザーインターフェースの設計に工夫が凝らされたが、そのためシステムの柔軟性と適応性が犠牲になった。これは、変化の速いコンピュータ技術の分野では致命的欠陥であり、そのためデイビスのシステムは後のデータ通信システムにさほど影響を及ぼさなかった。また政府のコンピュータ産業合理化策で、交換ノードに予定していた国産ミニコンピュータが製造中止になり、ネットワークの建設は遅れた。こうして、デイビスの packets 交換ネットワーク構想は、国立物理学研究所内の小規模な実験にとどまり、米国防総省のアーパネットプロジェクトに追い越されてしまう。デイビスの構想が小規模な実験で終わり、ほとんど影響を及ぼさなかった理由は、技術に問題があったのではなく「当時の政策と英国特有の制度的土壌のせい」なのだ。

以上のように、packets 交換の発明者とされるバランとデイビス2人のネットワーク構想を比較してみると、packets 交換を利用した分散型動的経路制御システムという技術システムとしてはほぼ同じでありながら、その技術をどういう目的にどう利用するかでは大きく異なっていた。バランにとっては冷戦下の核攻撃に生き残る通信手段であり、他方デイビスにとってはビジネス用データ通信ネットワークとして、商業化により英国コンピュータ産業に国際競争力をつけ英国経済の復興に貢献するという目的があった。どちらの国でもコンピュータは重要な政治目標を実現する戦略技術とみなされた点は共通だが、政治的背景が大きく異なっていたため、バランとデイビスの技術は全く異なる意味を持つことになった。2人がほぼ同時期に同じような技術を独立に発明した理由として、ともにコンピュータ畑の出身で、既存の通信技術に束縛されずにコンピュータ技術の進歩をとり入れ革新技術を考え出せる立場にあったことは注目される。そのことがまた通信技術の専門家には理解されにくく、それが2人の構想実現を阻む原因ともなったのだが。

これに対して、最初に大規模な packets 交換ネットワークの建設に成功したのは、米国防総省の一部局、高等研究計画局 (ARPA) のアーパネットだった。アーパネットは、バランやデイビスと同じ packets 交換を利用したが、それによって達成すべき目標やそれを実現する環境は全く違っていた。これが、「技術の解釈柔軟性」に関わる所で、アバテにとって重要な点だ。だが、これら3つの packets 交換システムに関するアバテの考察には、ヒューズの『電力の歴史』における「技術はすべて同じ蓄積から引き出したものだったが、…地域の地理、文化、経営、技術、企業家の性格が異なるため、電力システムにもそれに応じて差異が生じた」という分析 (p.31) と相通じるところがあることを指摘しておきたい。

ARPAはスプートニクショックがきっかけとなって、高度で先端的な国防研究推進を目的に設立された。独自の研究所を持たず、研究プロジェクトを立案・監督し、実際の研究開発は大学や企業の契約研究者に委託した。新しい技術開発の優れた管理手法と迅速な開発手腕には定評があった。情報処理技術室 (IPTO) はARPAのプロジェクト推進室の一つだ。1962年に設立されると、米国におけるコンピュータ科学の基礎研究の主要な資金提供者となり、おかげで、まだ自立した学問分野とは言えなかったコンピュータ科学は急速に成長した。グラフィックス、人工知能、時分割オペレーティングシステム、ネットワークが重点分野とされ、大学を含め特定の研究拠点に並外れた研究資金を提供した⁽¹⁶⁾。背景に、政府資金を大学の基礎研究に提供し創造的研究拠点を確立するという、ジョンソン政権の科学技術政策があった。IPTOが支援するコンピュータ科学の研究拠点を接続することが、アーパネットのもともとの目的だった。ネットワークはコンピュータ科学では遅れた分野だったので、高度で先端的な革新技術を追求するというARPAの目的にもなっていた。同時にARPAは差し迫った問題を抱えていた。

コンピュータの先端研究を支援するため、どこ
の契約研究現場にも様々なタイプの高額のコン
ピュータを購入する資金を提供しなければなら
なかったからだ。全米に散らばる研究拠点のコン
ピュータをネットワークでつないで契約研究
者達の間でハードウェアやソフトウェア、デー
タといったコンピュータ資源を共有させれば、
ARPAのコンピュータ購入資金を節約できるわ
けだ。それに、通信技術のブレークスルーに成
功すれば、軍に最新式の通信システムを提供で
きる。これらの要請を満たすものとして、パケ
ット交換ネットワークの建設が計画された。英
国物理学研究所との決定的な違いは、リスクを
伴う最先端の技術開発を推進するだけの権限と
豊富な資金を、ARPAが持っていたことだ。

アーパネットの建設は困難なプロジェクトだ
った。まだ実現したことのないパケット交換を
利用してネットワークを実現するには様々な革
新技术が必要だった。中でも最大の問題はネッ
トワークを構成する多様なコンピュータに互換
性がないことだった。ARPAの契約研究現場に
は、最先端研究をカバーするため、市販のミニ
コンピュータから特注のスーパーコンピュータ
まで様々なコンピュータがあった。これはとて
も厄介な問題だったが、アーパネットプロジェ
クトを指揮したIPTOの管理者ローレンス・
ロバーツは、コンピュータ科学でもネットワー

ク研究の先駆者の一人として、独自の哲学を持
っていた。コンピュータの多様性をマイナスと
見るのではなく、多様なシステムを結ぶネット
ワークは利用者に幅広い資源を提供できるとい
う点で、ネットワークの強みと考えたのだ。そ
うはいつでも、多様なコンピュータ同士を交信
させるには、ハードウェアとソフトウェアの設
計全体にわたって膨大な取組みが必要であり、
接続される契約研究現場の研究者の協力が必須
だった。ところが、契約研究者達は、アーパネ
ットの建設にも接続にも非協力的だった。自分
達の研究現場にあるコンピュータの支配権を他
の研究現場に開放したくなかったし、自分達の
プロジェクトが最優先でネットワーク建設に必
要な膨大な仕事にも気が進まなかったからだ。
最先端のコンピュータ科学者でもネットワーク
の有望な将来を見抜けなかったことは興味深く
はある。そうではあっても、アーパネットの設
計・建設を担当し、利用者にもなる契約研究
者の積極的な協力を引き出すことがもう1つの
重要な課題となった。そこでARPAの管理者と
契約者が一緒になってARPAの並外れたシステ
ム構築戦略をつくりあげたのだ。1つは階層化
という、複雑なネットワーキングの仕事を組立
て可能な基本構成要素に分割する、どちらか
と云えば技術的戦略であり、もう1つは、メンバ
ー全員が平等に責任を持つ形式張らない分散
的な管理手法だった。

階層化の手法は、もともとアーパネットプロ
ジェクトでシステム構築の技術戦略として考え
出されたが、現在ではインターネットはもちろ
んネットワークの国際標準であるOSIモデルや
ネットワーク理論の基礎になっている。最初の
狙いは、ホストコンピュータと交換ノード
(IMP) サブネットとでネットワークの仕事を
分業させることによって、システムを単純にし、
ホストコンピュータ現場の負担を減らすことに
あった。ネットワークの機能を、ホストコンピ
ュータ間の相互作用と利用者にサービスを提供
するホスト層、パケット交換を処理する通信層

(16) Charles Babbage Instituteは、1980年代末から
1990年代初めにかけて、ARPAと研究契約を結び、
1962-1986年の期間におけるIPTOが支援したプロ
グラムと管理手法について研究プロジェクトを行
なった。ARPAの膨大な文書を利用した研究成果
は、A.L.Norberg and J.E.O'Neill, *Transforming
Computer Technology: Information Processing
for the Pentagon, 1962-1986*, 1996, Johns
Hopkins University Pressとして出版され、研究
の一環として進められたARPAおよびアーパネッ
ト関係者に対するオーラル・ヒストリーのプロジ
ェクトの成果もオンラインで公開されている。ち
ょうどこの時期、アバテはCharles Babbage
Instituteに大学院生向け奨学生として滞在研究し
ていたので、この研究プロジェクトの成果を十分
活用できたわけだ。

の2層に分割した。階層化は単なる技術ではなく社会的側面を持っていた。システムの技術的複雑さを管理し易くするだけでなく、システムを分散的な方法で設計・建設することを可能にするからだ。ホストコンピュータ間の通信を制御するプロトコルをつくる段階で、ネットワークの機能はさらに3層に分けられた。それまでのホスト層を2層に分け、新しいホスト層にはホストコンピュータ間の接続を開始し維持する機能だけを持たせ、新たに設けたアプリケーション層に遠隔ログインやファイル転送のような利用者の活動を処理する機能を持たせたのだ。ホスト層とアプリケーション層の分離により、一方でホスト層が単純になってホストコンピュータのプログラムの負担が軽減された。同時に、アプリケーションプログラムの作成も容易になったため、利用者でも作成に参加しやすい環境が整い、そのことがネットワーク資源の拡充に貢献した。ホストプロトコルの設計には、アーパネット内部の社会関係および力関係が反映した。ホストプロトコルを現場のコンピュータに実装するのはホストコンピュータ現場の仕事だったが、多くの現場はネットワーク開発に消極的だったので、ホストプロトコルは現場に負担をかけない単純な設計になるよう配慮された。階層化の手法は、アーパネットプロジェクト内部の様々なグループにより異なる意味を持った。例えば、BBN社は、パケット交換ノード（IMP）サブネットのハードウェアとソフトウェアをつくるというプロジェクトの中でも最も困難な仕事を担当した。そこで、信頼性あるネットワークを建設し管理運用する立場から階層性、とくにサブネットの独立性を追及するようになった。パケットの確実な送受信を保証するため仮想回線方式を採用するだけでなく、ホストコンピュータとその現場の介入を必要としない（というより許さない）遠隔診断や修理の手段をサブネットの設計に組み込み、さらにネットワークの管理運用に責任を持つためネットワークコントロールセンターを設立し、利用者の苦情に対応し

た。だが、サブネットを独占的に管理しようとするBBN社の態度は時には利用者の反発を招いた。重要なことは、階層化の手法が、単なる技術の問題ではなく、プロジェクトに関わる様々なグループ（ARPA管理者、利用者兼生産者である契約現場の研究者・プログラマ・大学院生、サブネット建設担当のBBN社等）の利害関心を反映し調整する技術設計を、グループ間の相互作用により形成するのに役立ったことだ。

アーパネットの組織管理の手法は、研究者グループの協力をとりつけ共同体をつくりあげingことを目標に、分散的でメンバー各自が平等に責任を持ち形式張らないものだった。これは、アーパネット建設の中心になった大学の研究者のカルチャーを尊重したもので、対等で協力的な議論が大切にされ、技術的決定も合意に基づいてなされた。おかげでアーパネットは、コンピュータ科学者達の分散的な活動を連携させる手段となり、交流の場となった。この管理手法は、1960年代のIPTOではあたりまえのものだった。室長もプロジェクト管理者も研究者出身だったからだ。初代室長のリックライダーは、「人間とコンピュータの共生」という論文で有名なコンピュータ科学者で、コンピューティングの将来とIPTOの役割について信念を持っていた。後継の室長も、アーパネット建設を指揮監督したロバーツに至るまで、コンピュータ科学者の共同体に属し、リックライダーの信念を引き継いで、米国のコンピュータ科学の発展に大きく貢献した。IPTOの黄金時代と言って良いだろう⁽¹⁷⁾。IPTOのプロジェクト管理手法は独特で、少数の研究グループと公式の手続きを経ずに契約して仕事を進めるやり方を好んだので、IPTOと契約研究者は、コンピュータ科学の共同体全体から見ればほんの一握りのエリート研究集団に過ぎなかった。契約先の研究現場の大学院生に対する支援にも配慮したのは、ARPAの次世代研究者の養成を強く意識したからだ。事実、アーパネットのホストプロトコル設計を担当した大学院生達がやがてインターネ

ット開発の中心になった。契約研究者達の大部分はIPTOの管理者にとって顔馴染だったから、同僚としての関係を基礎とする管理手法は自然だった。それに同じ研究者として基礎研究で成果を上げるコツをわきまえていた。アーパネットプロジェクトの場合も、IMPサブネットの開発を担当したBBN社以外は非公式の契約で、UCLAにネットワーク解析、ネットワークアナリシス社（NCA）にトポロジー、スタンフォード研究所にネットワーク情報センター、ネットワークワーキンググループ（NWG）にホストプロトコルの仕事といずれも顔馴染の研究グループに分担された。BBN社とてリックライダーと関係の深い会社だった。理論指向のUCLAやNCAの研究グループやエンジニア中心のBBN社の開発チーム、それにホストプロトコル開発を担当したNWGの間には仕事の分担による優先事項の違いから緊張関係も生じたが、こうした様々なグループ間の緊張関係を調整し、協力関係を促進するのがARPAの管理者の重要な仕事だった。アーパネットを完成させるためARPAの管理者は「システムを社会的および技術的に統合する」必要があったのだ。このアバテの指摘は、ヒューズの『電力の歴史』における「技術を実際に現実化するためには、政治、経済、技術を統合することのできる、技術に通じた経営者が必要だった」という考察（p.589）に相通じるものがある。

アーパネットの管理手法で最も成功した成果

(17)Norberg, O'Neill, 前掲書, p.34. 同書によれば、1970年代に入ると、一方でベトナム戦争の泥沼化による国民の軍に対する不信感の高まりを背景に連邦議会から国防総省の基礎研究支援に対する締めつけが強まり、他方で、コンピュータ科学が学問分野として成熟すると、IPTOとコンピュータ科学者の共同体との関係は疎遠になった。そうはいっても、コンピュータ自体、原爆や水爆開発と強く結びつき、またコンピュータネットワークの1つの起源がSAGEという米軍の防空システムにあることなど、初期のコンピュータ科学は国防研究としての性格が濃厚だった。こうした背景については、浜野保樹、前掲書でも説明されている。

の1つが、NWGによるホストプロトコルの開発だ。ホストプロトコルの開発を通じて、全米に散らばるアーパネットの研究現場間で研究成果を蓄積し合意を形成する手法RFCが確立されたからだ。開発の仕事を担当したNWGの主力は、研究者としては未熟な大学院生だった。最新の未開拓の分野で、定評ある専門家はいなかったので、NWGのメンバーは自分達で技術的問題を定式化し、なおかつ問題を解決していかなければならなかった。ホストプロトコル開発という仕事の性質から多数の研究現場との協調も重要だった。大学院生というプロジェクト内部では社会的に弱い立場にあり、またしっかりした青写真を持たなかったことが幸いして柔軟性が生まれた。任された仕事に何とかして取組もうとして、独自の新しい社会制度としてRFCを生み出した。RFCとは、「コメント募集」の略で、非公式の情報交換、つまり技術的に確実でなかったり公式に承認されていないアイデアの提供を促進するため、技術的提案やNWGの会合の議事録を文書にして配布するやり方だ。RFCはアーパネットを通じてオンラインで利用され、RFCに提供された議論をとりまとめ磨きをかけては新しいRFCを公表することで議論を発展させ、最終的に合意が形成されるとARPAの正式の方針として承認された。NWGはアーパネットのホストプロトコルが完成すると解散したが、RFC自体は技術的問題に関するオープンで柔軟な合意形成の手法として定着し、現在のインターネットにまで引き継がれている。RFC誕生の背景から、ホストプロトコル開発が単なる技術の問題ではなく、そのための社会関係や社会システムをつくりだす必要があったことがわかる。

ARPAの管理者には、以上の仕事に加えて、プロジェクト開発の政治的環境を整えるというもう1つ重要な仕事があった。プロジェクトに対する政治の干渉を最小限に抑えながら、同時に潤沢な開発資金を継続して獲得することが、アーパネット成功の重要な鍵だったからだ。ベ

トナム戦争のために大学内に緊張が生じたものの、ネットワーク技術は兵器ではなく、ARPAは基礎研究を支援しているという弁明のもとで、研究者はARPAのプロジェクトに自主的に参加した。だが、連邦議会の側では、国防予算は軍事目的に直結したプロジェクトにのみ投入されるべきだと言う主張が強まった。大学の基礎研究に対する米国政府の資金援助の中で、国防総省の突出振りが目立ったからだろう。ARPAは、議会に対して、コンピュータの基礎研究であっても実用的な安全保障上の名目を与え、アーパネットにもコンピュータ科学の実験ではなく軍の管理手段という名目を与えて、あくまで基礎研究への関与を否定して見せた。だが、ARPAは大学関係者には基礎研究と大学院教育の支援を約束していたのだから、大学と議会を相手にいわば二枚舌を使ったことになる。ARPAの提供する研究資金は、時代により軍事目的との関係でかなりルーズなところがあり、また研究者により受け止め方が様々だったとしても、名目はあくまで国防研究だった。それでもアーパネットが建設された1970年代初めまでの、いわばIPTOの黄金時代、コンピュータ科学者はARPAが基礎研究に比較的自由的な資金を提供すると考え、ARPAのプロジェクトに積極的に参加した。ARPAの管理者も議会が容認できるようなプロジェクトのイメージを構築するのに手腕を発揮した。このようにARPAが、プロジェクトへの自由的な資金を継続させながら、外部からの干渉を最小限に抑え、政治家と研究者双方から支持をとりつけたことも、アーパネット成功の大きな要因だった。

アーパネットプロジェクトを、ランド研究所におけるポール・バランのプロジェクトや英国国立物理学研究所におけるドナルド・デイビスのプロジェクトと比較してみると、ARPAが最初の大規模パケット交換ネットワーク建設に成功した理由として、3点が明らかになる。第1に、ARPAがリスクを伴う最先端の技術開発を推進するだけの権限と豊富な資金を持っていた

こと、第2に、契約研究者と協力して技術と組織管理両面で並外れたネットワーク構築戦略をつくりあげたこと、第3に、政治手腕を発揮して外部からの干渉を抑えつつ潤沢な資金獲得に成功したことだ。まさに「冷戦下におけるコンピュータ研究のための豊富な経済的および技術的資源を支配する国防総省の手腕が、インターネット開始の鍵となった」のだ。

国防総省と軍が決定的な役割を果たしたのは、これまで見たような初期のアーパネットだけではない。1980年代末にインターネットの管理運用が全米科学財団に移り完全な文民統制が実現するまで、アーパネットとインターネットの管理運用者として、アーパネットからインターネットへの発展においていくつもの重要な出来事に深く関与した。例えば、最初にインターネットが構想されたのは、ARPAが軍事的応用を考えて開発した無線パケット交換や衛星パケット交換ネットワークをアーパネットと接続しなければならなかったからだ。ARPAのインターネット開発の中心になったのは、軍ではなくARPAの研究者であり、ネットワーキングを専門とする世界中のコンピュータ科学者も参加した。だが、実際にインターネットを建設したのは米国軍であり、インターネットが様々なタイプのネットワークに適合することで様々な作戦環境のもとで運用されねばならない軍用通信システムに好都合だし、単純で適応力あるネットワークプロトコルは生き残る通信という軍の関心に応えるものなので、軍はインターネットに大いに注目した。さらに、パケット交換のメリットを認めた国防総省と軍が、現実の必要に迫られて、アーパネットを軍事用ネットワークの基盤に据え、国防総省の様々なネットワークを統合して運用することになったとき、標準のプロトコルとしてインターネットのために開発されたTCP/IPを全面採用した。TCP/IPを研究現場のコンピュータに実装することは難しく骨の折れることであり、ネットワーキングに関心のない大部分の研究者には新しいプロトコルに

切り替える動機はなかったが、軍に強制されてアーパネット全体でTCP/IPを採用することになった。同時に軍もARPAもインターネットの技術を商業化することに熱心に取り組み、製品にTCP/IPを組込もうとするコンピュータメーカーに補助金を出した。これらのことは、TCP/IPがネットワークキングの事実上の標準となり、インターネットが世界規模に拡大するのを助けた。さらに軍はアーパネットを軍の日常の作戦と国防研究という二重の目的をもつネットワークとして運用した結果、安全保障上の理由から軍用ネットワークと研究用ネットワークに分離した。これによりアーパネットは初期の頃と同じように大学中心の研究専用ネットワークとなり、インターネットを文民統制へ移行させる道が開けた。こうしたアバテの指摘から、米国防総省と軍が「インターネット技術を軍に役立つように方向付け推進することによって、多くの人々が考えているよりはるかにインターネットの建設に重要な役割を果たした」ことがよくわかる。

アバテは、パケット交換とアーパネットを、技術の社会的構成の立場から分析することで、どのような社会グループが技術の形成に関わり、そのことが、形成された技術システムの性格をどう規定したのかを明らかにした。米国と英国という異なる社会条件のもとで発明されたパケット交換がもとになって、米国防総省のイニシアチブにより、一方で、軍の「生き残る能力や柔軟性、高性能」という目標を反映し、他方で建設にあたった大学の研究者の「協力、権限の分散化、オープンな情報交換」というカルチャーをとり込んで、アーパネットという技術システムが実現したのだ。とりわけ技術と基盤の確立という点で国防総省と軍の役割は無視し難い。

2. 利用者の役割

近年の技術史研究、とりわけ技術の社会構成主義の立場に立つ研究者の間では、利用者が技術の性格や成功をも左右するという点で、利用

者の役割を重視するようになった。これは、従来の発明家や技術者・生産者中心の技術史とは異なる新しい視点を提供するものであり、現代の科学技術をめぐる諸問題を考える立場からも不可欠の視点と思われる。アバテは、その代表的論者として、Cowan, PinchとBijker, Lawを挙げている⁽¹⁸⁾。例えばBijkerとPinchは、自転車のタイプがオーディナリー型からセーフティー型へと変遷する過程に、スポーツサイクリストや旅行サイクリスト、それに女性サイクリストなど様々な利用者グループの利害関心が深く関与したことを示している。これまで無視されがちだった利用者に焦点を当てることで、技術の進化や技術開発のあり方に対する理解が前進することが期待される。だが、これら大部分の研究で利用者に与えられた役割とは、市場で消費者として製品やサービスを選択するとか市民として安全のための規制を働きかけるなど、「利用者が関与するのは開発後の技術だけ」なのだ。これに対してアバテは一歩進めて、「利用者は技術の単なる『消費者』ではなく、技術の性格を規定する積極的な役割をも担う」ことができる」と主張し、「技術形成におけるネットワーク利用者の重要性を強調」する。

アーパネットの初期の頃（1971年頃）、「生産者と利用者の区別はなかった」。ARPAが国防関連研究に従事するごく一部のエリートコンピュータ科学者のために建設を決めた特殊なネットワークであり、コンピュータ専門家は自分達が利用するためのシステムを構築していたからだ。だが、まだ実験段階の革新技術を用い、それまでにない規模で新しいタイプのコンピュータネットワークを建設することは容易ではなかった。それにアーパネット建設自体はARPAの方針に沿って計画されたプロジェクトであり、利用者であるコンピュータ科学者の創意から生まれたものではなかった。それでもARPAのコ

⁽¹⁸⁾Bijker, Hughes, Pinch編, 前掲書。

ンピュータ科学者兼生産者としてネットワーク建設に協力せざるを得なかった。そこで自分達の目的にかなうシステムをつくらうとして、システム開発の新しい管理手法を考え出し、それに基づいて「少数のネットワーク管理者に権限を集中させるようにシステムを設計するのではなく、必要な技術と関心をもつ利用者なら誰でも新しい工夫を提案できるようなシステムをつくりだした」。そういうアーパネットのカルチャーの中で、階層化の技術的手法やRFCのような独自の合意形成の手法が生まれ、現在のインターネットにまで引き継がれるアーパネットの遺産となった。アーパネットを利用できるのは、原則としてARPAの契約研究者本人だけだった。だが実際には、ネットワークの基本設計を担当したBBN社がシステムの完成を急ぐあまり、利用者管理のルーズな設計を選んだ。そのため接続されたコンピュータの研究現場の誰もが、研究者であれ学生であれ、操作手順さえ知っていれば、アーパネットを利用できた。それでも、ARPAと契約関係にある十数ヶ所の大学や研究所のコンピュータサイトを接続しただけであり、主な利用者はほんの一握りのコンピュータ科学者に過ぎなかった。

1972年の公開実験成功によりアーパネット運用に目途が立つと、ARPAはアーパネット利用の拡大を積極的に推進し、ときには研究現場に利用を強制さえした。他方で、空想科学小説愛好家向けメーリングリストのような非公式の利用さえ黙認した。ネットワークの性能を試験するのに、ネットワークの通信量を増やす必要があったからだ。さらに、端末IMPを開発して、ホストコンピュータを持たないARPAの研究現場でもアーパネットを利用できるようにし、利用者の範囲の拡大を図った。そうした努力にもかかわらず、ARPAの思惑通りにアーパネットは活発に利用されるようにはならなかった。最大の原因は、新しい利用者のためにネットワーク利用の環境が整えられていなかったことにある。ネットワーク利用のための情報資源は貧困で、

操作方法はもちろんソフトウェアやデータベースなどコンピュータ資源の所在を知る上で利用者の支援体制はないも同然だった。電子メールが普及する以前には、利用したいコンピュータ資源を持つ遠隔のコンピュータ現場と直接連絡をとるのも面倒だった。コンピュータ間に互換性がないことに対処するのも利用者に任された。専門家ではない新しい利用者にとってアーパネットを通じて遠隔のコンピュータ資源を入手するのは大変なことだった。アーパネットがあまりに利用しにくかったので、たまりかねた利用者は状況を何とか変えようと、ARPAに要請するだけでなく、自分達の手でネットワークのハードウェアやソフトウェアを改良したり、新しい利用法を考え出すようになった。例えば、対話型コンピュータ専用につくられた端末IMPの欠点を克服するため、一括処理用コンピュータに適した端末やリアルタイム処理のデータ送信に適した端末などが利用者の手で開発された。ARPAもこうした利用者の活動を支援した。また、MITでは、アーパネットを、遠隔のコンピュータ同士ではなく、同一構内にあるコンピュータ間の通信に利用するようになった。ARPAの管理者にとって、アーパネットのこのような利用法は思いもよらないものだったが、ローカルエリアネットワーク（LAN）が1980年代に使えるようになるはるか以前、LANの代用という新しい利用法をアーパネットを実際に使ってみることで、利用者は考え出したのだ。ARPAの強制であれ、利用者個人の選択であれ、「みんながアーパネットを使うようになり、どう使えばアーパネットが自分達に役立つのかを発見していった」のだ。

こうしてアーパネットの利用は序々に拡大し、遠隔のコンピュータ資源の活用というARPAの初期の構想どおり目覚ましい成果も生まれた。優れたハードウェアやソフトウェアをもつ一部の時分割処理コンピュータシステム、例えばMITのMULTICS、BBN社と南カリフォルニア大学情報科学研究所のTENEX、カリフォルニア大

学サンタバーバラ校や同ロサンゼルス校の大型一括処理コンピュータなどは遠隔の利用者を相当数集め、一定の成功を収めた。他方イリノイ大学高等計算センターのように、自前のコンピュータを持たずに遠隔のコンピュータ利用で大いに成果を上げる大学も現れた。イリノイ大学は、ARPAの支援でスーパーコンピュータILLIACを建設中だったが、ベトナム戦争中の大学紛争でILLIACを手放さざるを得なくなった。なんと言っても、アーパネットから真っ先に利益を受けたのは、コンピュータ科学者（とくにネットワークを研究テーマとする研究者）だった。アーパネットはコンピュータ科学者の研究方法を革新し、地理的に離れた多数のグループ間でプログラム言語開発のような共同研究を促進した。人工知能を医学に応用する目的で多数の研究グループが参加した大規模プロジェクトでは、教訓としてコンピュータ資源の共有だけでなく情報の共有が重要なことが明らかになった。重要なことは、アーパネットの利用者がコンピュータ科学者の範囲を超えて、コンピュータを研究対象ではなく研究手段とする一般の研究者にまで広がったことだ。ARPAの研究者は国防関連の気候学や地震学の研究にアーパネットを積極的に活用した。アーパネットが文民の研究者によって建設されたといっても、最初から軍の要請に応じた研究を行っていたことを忘れてはならないと、アバテは指摘している。ARPAの気候研究計画は、気候モデルをつくるために、全米に散らばる大学や研究所にある気象学のシミュレーションができる超高速コンピュータや高性能の画像処理用出力装置をアーパネットを通じて駆使した。ARPAの地震研究計画は、米ソ核実験禁止条約を支援するための核実験探知技術開発を目的とし、モンタナやノルウェーの観測現場とバージニアの地震データ解析センターを衛星回線とアーパネットで接続してデータをリアルタイムで解析したり、大量のデータを蓄積するのにアーパネット上のデータベース専用システムDatacomputerを利用した。だが、

こうした利用事例はARPAの科学者の中でもごく一部であり、アーパネットの能力の大部分は利用されないままだった。コンピュータ科学者といえども、遠隔のコンピュータを本格的に活用できたのはごく一部であり、遠隔のコンピュータ資源共有というARPAの最初の構想はほとんど実現しなかった。ARPAの最初の構想が期待外れに終わった最大の原因は、コンピュータ利用をめぐる環境が1970年代に大きく変化したことだ。コンピュータ産業が成熟し、高性能で多様なコンピュータが安価に提供されるようになった。小型コンピュータが普及して、研究者達はコンピュータ全体を研究室で管理し、自分達の要求に適合させ易くなった。それに、その方が大型コンピュータを時間借りするより安上がりだった。高価で大規模なコンピュータを前提とした、ARPAのコンピュータ資源共有の構想には経済的メリットがなくなってしまったのだ。これはアーパネットにとって危機だった。アーパネットがコンピュータ資源共有の手段以上のものでなかったとしたら、失敗プロジェクトに終わった可能性は大きい。アーパネットを失敗プロジェクトの運命から救い出したのは、「アーパネットを実際に利用することで、ネットワークとは何かについて新しい考え方を発展させた」利用者だった。

初期のアーパネット利用者は、アーパネットのために自分達に役立つアプリケーションをつくらうと苦闘した結果、遂に電子メールという「大ヒット」をつくりだしたのだ。電子メール自体は、時分割処理コンピュータでも同一コンピュータ内でのメッセージ交換に使われていて、技術として決して目新しいものではなかった。それがアーパネットで使われるようになるとたちまち成長し、他のネットワーク利用全体の通信量を凌駕して、アーパネットでも最も普及し影響力を持つサービスになった。電子メールには、郵便や電話のような他の通信手段にないメリットがある。電子メールはほぼ瞬時に届き、送り手と受け手は時間を共有する必要がない。

それに電子メールプログラムは、他のアーパネットのアプリケーションと違って初心者にも簡単に扱えた。だが、電子メールが驚異的成功を収めた理由はもっと深いところにある。電子メールは、ネットワーク利用について一種のパラダイム転換をもたらしたからだ。ARPAの管理者が最初考えていたネットワークの効用はコンピュータ同士の交流だったが、現実求められたのは利用者同士の交流だった。大型のコンピュータを共有する代わりに、小型のコンピュータをばらばらに所有するようになると、かえってコンピュータ利用者同士の通信手段としてネットワークが重要になったのだ。もともとの構想では、膨大で高価なハードウェアや巨大なデータベースこそ資源であり、「人々こそがネットワークの一番価値ある資源になるとは思ってもしなかった。利用者がこの最初の前提を覆した。大量の電子メールを送り出す一方で、遠隔のハードウェアやソフトウェアをほとんど利用しないという意志表示を通じてだ」。電子メールが普及するにつれて、ARPAの管理者は電子メールの普及を積極的に推進し、コンピュータ専門家以外の利用者也自分達の必要に応じてプログラムの改良に参加するようになり、これがまた電子メールの普及を助けた。重要なことは、アーパネットの基本構想が利用者の草の根の行動によって大きく方向転換したことだ。というのも、ARPAは、利用者によるシステムの改良を歓迎したが、プロジェクトの構想や資金投入の優先順位といった問題に利用者が組織的に介入することを断固拒否したからだ。そのためアーパネット利用者は技術開発や情報共有という中立的活動にとどまらざるを得なかった。だから、資源共有という古い考えが誤りであるとARPAの管理者に理解させ、新しい通信手段としてのネットワークという考え方を形成するために、幾千もの利用者が個々の判断で行動することで影響力を行使せざるを得なかったのだ。プロジェクト立案者の構想が誤っていてアーパネットが失敗プロジェクトに終わるのを、利用

者が技術の利用の仕方を変えることで成功へと導いたのだ。そして新しい技術利用は、ネットワーク利用の理論と実践にも影響を与えた。

以上のようにアーパネットの発展過程の考察を通じてアバテは、「新技術を創造する上で、利用者がどのような重要な役割を発揮するか、利用者がどのようなみごとな技術的成果を生み出しうるか」を明らかにした。だが、アーパネット建設において示された利用者のみごとで多面的な働きぶりは、国防研究に従事する一握りのエリート研究者のネットワークという初期のアーパネットの特殊性によるのではないか、そういう疑問がわいてくる。そこで、アーパネットがインターネットへと進化すると並行して、インターネット外部で発展した様々なネットワークにも目を向けてみることにしよう。すると、アーパネットに起源をもつ利用者主体の伝統は、それらのネットワーク発展の原動力ともなって、やがてそれらのネットワークが合流したインターネットにも引き継がれ、今日のインターネット文化の一部になっていることがわかる。

1970年代末と1980年代に、ARPAによるアーパネットからインターネットへの発展と並行して、インターネット外部でも次々と多様なネットワークが建設され、ネットワーク利用者は飛躍的に増大し、多様化した。先頭を切ったのは、全米の大学のコンピュータ科学科を結ぶCSNETだ。1970年代末になってもアーパネットはARPAと契約を結んだ10数ヶ所のコンピュータ科学科を結ぶに過ぎず、一握りのエリート研究者だけがアーパネットを利用した情報交換や研究協力を独占していた。それを目の当たりにした大部分のコンピュータ科学者達は、研究者として不利な立場にあると考え、自分達が利用できるネットワークを全米科学財団の支援で創設した。CSNETは、一方でARPAが開発した技術TCP/IPを利用してアーパネットと接続しながら、他方でPhoneNetというダイヤルアップ接続を基礎とする低コストのシステムを自分達で開発し、どこの大学でも参加できるネットワ

ークを建設するのに成功した。CSNETも初期のアーパネット同様、利用者兼生産者のネットワークだったのだ。大学や企業によるLAN建設とインターネットへの接続はよりいっそう利用者主体の分散的な展開を示した。1975年にイーサネットが発明され商業化されると、LAN建設の低コストの手段を提供したため、当時普及し始めた小型コンピュータを結ぶLANが、利用者である大学や企業によって次々に建設された。当時インターネットを管理していたARPAは契約を結んだ研究現場のLANをインターネットに接続することを歓迎した。ARPAはインターネット拡大を推進していたし、それにインターネットは最初からイーサネットなど全く異なる技術設計のネットワークでも容易に接続できる特徴を備えていて、他のネットワークを接続してもARPAの負担にはならなかったからだ。だが、インターネットに参加するかどうかの決定はあくまで個々の研究現場に任された、1980年代後半インターネットの管理が全米科学財団に引き継がれると、インターネットの爆発的拡大にLANはさらに大きく貢献したが、それはあくまで個々の現場の判断による分散的なものであり、決して特定の政府機関などによって計画された発展ではなかった。

ARPAや全米科学財団のような軍とも政府機関とも無関係な人々も、各々の目的、技術手法に応じて様々な独自のネットワークを構築し始めた。多くのネットワークは、経済的余裕のない利用者のためにコストがかからないよう設計され、集中管理を排したボランティアの協同組合方式で運営され、利用者中心の草の根ネットワークだった。大部分は、外部からほとんど支援を受けない独立のネットワークだった。中には、コンピュータ資源に恵まれた一部の利用者が、別の業務のために提供されたオペレーティングシステムのソフトウェアを利用して、自分達の手で電子通信サービスを間に合わせでつくり、特徴のあるサービスを提供することで、大きく発展したネットワークもあった。UNIX時

分割処理システム付属のUNIX-to-UNIX Copyプログラムを利用した電子メールネットワークのUUCPネットワークとニュースグループのUSENET、IBMのRJEプロトコルを利用した電子メールネットワークBITNET、それに電子掲示板のFidoNetなどだ。これらのネットワークは、アーパネットと同様、計算用につくられた道具であるコンピュータを、ネットワーク利用者が自分達の目的に合わせてつくり変え、通信手段としてうまく活用したことを示す格好の事例だった。1980年代末にインターネットの管理運営がARPAから全米科学財団に引き継がれ、完全な文民統制が実現すると、商業利用禁止という制約はあったものの、米国内はもちろん世界中からますます多くのネットワークがインターネットに接続するようになり、利用者は爆発的に増加するとともに多様化した。ネットワーク全体に権限を分散させた管理方式、開発中の技術標準をとりこむオープンで柔軟なシステム、そして何よりも利用者の積極的な行動の伝統に助けられ、新しい利用者のグループがネットワークの拡大や改良に参加するようになった。そのとびきりの成功事例がワールドワイドウェブだ。利用者の手で非公式に開発され、特定の政府機関の計画や大企業のマーケティングの結果ではなく、「何千もの個々の利用者の自主的判断により普及した」点では、電子メールと共通だ。

こうしてアーパネットとインターネットを通じて、利用者の範囲が一握りのコンピュータ科学者のグループを超えて大きく広がるにつれて、専門知識をもつ利用者がシステムの改良に積極的に取り組むだけでなく、専門家ではない利用者であってもネットワークの新しい利用法を考え出したり、アプリケーションの適否を判断することで、ネットワークの形成発展に重要な役割を果たしたことがわかる。なるほど、アバテの指摘どおり、「インターネットの成功の大部分は、自分達の目的に合うようにネットワークをつくりあげた利用者の能力のおかげなのだ」。

それでも、技術システム形成に利用者がかくも重要な役割を果たしうるといえるのは、インターネットに限られたことなのか、それとも現代技術一般の特徴なのか、という疑問は残る。一般にコンピュータ技術ではとくにアプリケーション開発に利用者は重要な役割を果たすものだし、インターネットを含めて情報通信メディア一般が利用者の意向に左右されやすいという特徴を持つ。そうであっても、「インターネット文化は、生産者と利用者という区別に挑戦する」とか、インターネットを「20世紀末ポストモダン文化にふさわしい技術的象徴」⁽¹⁹⁾と言いきる以前に、インターネットを含め現代技術一般について豊富な事例をとりあげ慎重な検討を行なうこと⁽²⁰⁾が、技術形成における利用者の役割という技術史の一大問題について実りある成果を生み出す道だと考える。

3. インターネットが世界規模に拡大した理由

インターネットは米国防総省が構想を立案し、米国軍が建設したシステムだ。なぜそれが民生技術となって、世界規模の通信ネットワークに成長したのか?その理由を考える鍵は、インターネットが単に優れた技術システムだからなのではなく、社会的に形成された、その形成のされ方にある。この点をアバテは、本書第4章お

よび第5章における、「インターネットとそれ以外の米国や他国のプロジェクトとの間の相互作用」に関する詳細で多面的な考察を通じて明らかにした。これを典型的に示す事例として、ARPAのインターネット計画(第4章)およびネットワークの国際標準をめぐる争い(第5章)に焦点をあて、世界規模にまで拡大し得たインターネットの技術システムとしての特徴が社会的にどのように形成されたのか、そのプロセスを見ていくことにしよう。

ARPAのインターネット計画

ネットワーク間接続システムをつくるという技術目標は、一方で多様な作戦環境のもとで通信システムを運用する軍の要請を反映し、他方、世界各地で研究用コンピュータネットワークを建設中だったコンピュータ科学者の自分達のネットワークを相互接続したいという要請を反映していた。これら軍民の社会的要請にうまく折合いをつけようとして、ARPAが「軍事的関心ばかりでなく、世界のネットワーク専門家の考え方も」とり入れてインターネットの設計を進めるうちに、インターネットの設計にはアーパネットと比べて重要な点で大きな変更が加えられ、様々なタイプのネットワークに適合するという、「よりいっそう柔軟で分散的な性格」を備えたシステムになった。どのようなネットワークプロジェクトや専門家のどのようなアイデアがインターネットにどう影響を及ぼしたのだろうか?

アロハネットは、アーパネットとは異なるタイプの最初のパケット無線ネットワークであり、インターネットにとって2つの重要な発展のものになった。1つは、ローカルエリアネットワーク(LAN)の基礎技術としてのイーサネットへの発展であり、もう1つは、ARPAのインターネット計画への発展だ。ハワイ大学の7ヶ所のキャンパスや多数の研究所とホノルル近郊のコンピュータセンターを、アーパネットと同じパケット交換を利用して、ハワイの雑音の多

(19) T.P. Hughes, *Rescuing Prometheus*, Pantheon, 1998の第VI章 “Networking: ARPANET”

(20) 田島恵美「科学技術の形成とユーザー——太陽光発電システムを事例として——」『年報科学・技術・社会』Vol.10 (2001) ではユーザーの側からの技術開発について考察している。これによると、太陽発電システムの開発のような政府主導のプロジェクトの場合でも、技術開発の初期において、とくに専門知識を持つユーザーが技術開発に参加し得るし、反原発など利用者の意向が技術の動向を左右し得る。それゆえ、アバテが利用者の役割として指摘したことはアーパネットやインターネットの技術開発に限られるわけではない。

い電話回線ではなく無線通信で接続するプロジェクトだった。軍事的応用を期待した海軍とARPAが研究資金を提供した。パケット無線特有の問題を解決しようとした取組みから、同報通信システムのための革新技術ランダムアクセスが生まれた。ロバート・メトカーフはこの技術にさらに改良を加え、もっと影響力のあるイーサネットという革新技術を発明した。イーサネットは、ランダムアクセスによる有線の同報通信システムで、短距離でパケットを速く効率的に低コストで送ることができるというメリットがあった。同時に、アーパネットとは異なる方式のパケット交換システムとして、以下で見るように、インターネットの設計に決定的な影響を与えた。メトカーフはイーサネットの商業的将来性を悟り、3Comという企業を設立してワークステーション向けやパーソナルコンピュータ向けイーサネット製品を次々に売り出した。イーサネットは、小型コンピュータの持ち主が手頃な価格でネットワークを利用する手段として、LANの分野でたちまち標準技術となった。軍事的応用を期待したARPAのパケット無線への投資が、回りまわって「LANシステムの巨大な市場が生まれるのを助ける」ことになった。

アロハネットからのもう1つの重要な発展がARPAのインターネット計画だ。計画の発端は、ARPAがアロハネットプロジェクトを発展させ、サンフランシスコ湾岸地域に独自に建設したパケット無線ネットワークのPRNETだ。無線は軍の野外の指揮統制にすでに使われていたので、PRNETはアーパネットに比べ直接軍事技術として利用できそうに思われた。PRNETの設計には、無指向性アンテナの使用や戦闘地帯で無人でも運転できるよう単純かつ強固で小電力で済むような仕組み、不正なアクセスを防ぐセキュリティ技術など、実戦で利用するという目的が色濃く反映していた。PRNETをアーパネットに接続しようとしたことで、ネットワーク間接続という新たな問題が生じた。PRNETはスタンフォード研究所のコンピュータセンターと

複数の移動無線端末から構成されていて、PRNETをもっと有用なものにするためもっと別の現場のホストコンピュータを多数利用できるようにするにはアーパネットに接続するしかなかった。PRNETとアーパネットは、同じパケット交換ネットワークであっても、技術的には互換性がなく相互接続は難しい。アーパネットは一对一の通信システムで信頼性のある通信を保証するシステムだったが、PRNETは同報通信システムで信頼性は低く、パケットのサイズも伝送速度も違っていた。また別の技術を用いたパケット衛星無線ネットワークのSATNETもやはりアーパネットに接続する必要があった。こうして異なるタイプのネットワークを相互接続するという独自の要請が生じ、ARPAのインターネット計画が始まった。インターネット計画の中心になったのは、各々BBN社とUCLAでアーパネット開発に参加し、ARPA情報処理技術室の計画管理者になったコンピュータ科学者ロバート・カーンとヴィントン・サーフだ。2人はまずネットワーク間相互接続における基本問題を定式化した。第1に、パケット無線ネットワークとホストコンピュータの間に信頼性ある接続を実現させるには、パケット無線ネットワークの信頼性の低さを補うホストプロトコルが必要であり、そのためのホストプロトコルはどのようなものになるのか?という問題であり、第2に、PRNETとアーパネットのような2つの異なるネットワーク間のインターフェースはどんな仕組みになるか?という問題だ。ARPAの管理者はこれらの基本問題を、仲間である世界のネットワーク専門家の協力なしに解決することはできなかった。

インターネット計画の中心になったARPAの管理者カーンとサーフにとって、急成長中の国際的なネットワーキングの専門家集団である国際ネットワーキンググループが強力な援軍になった。アーパネットの公開実験が成功した1972年のコンピュータ通信国際会議で結成された、世界中のあちこちで独自にパケット交換ネット

ワーク建設を目指すネットワーク専門家のグループだ。ワーキンググループには、アーパネット、英国国立物理学研究所のネットワーク、フランスの研究用ネットワークのシクラドなど世界の主要なパケット交換プロジェクトの代表者、およびアーパネット成功に触発されデータ通信ネットワークの建設を真剣に考えるようになった各国の公共通信事業者、米国内のアロハネットやゼロックス・パロアルト研究所でイーサネット関連技術を開発中の研究者も参加した。国際ネットワークワーキンググループには、ネットワーク技術の標準をつくる公式の権限はなかったが、自分達の多様なシステムを相互接続し自分達のネットワークの範囲を拡大できるようなネットワーク接続の標準をつくろうと考えた。ARPAの管理者の側でも、ワーキンググループの経験と専門知識を結集して、ARPAのネットワークだけでなく、世界中で建設中の様々なタイプのパケット交換ネットワークをもとり込めるような、ネットワーク間相互接続システムを開発しようと考えた。それとは別に、ARPAの管理者として、米国軍の要請を満たすという目標もあった。インターネットが様々なタイプのネットワークに適合することは、軍用通信システムを様々な作戦環境のもとで運用しなければならない軍にとっても重要だったからだ。

国際ネットワークワーキンググループの中で、インターネットの設計原理に最も強い影響を与えたのは、フランスの研究用ネットワークプロジェクトのシクラド開発グループだった。シクラドの設計には、アーパネットとは違って、ネットワーク間接続を容易にするという設計者の明快な哲学が反映していた。相互接続されたネットワークをうまく連動させるには、ネットワークの機能を最小限に抑え、信頼できる通信を維持するのはホストコンピュータの仕事にすべきだ、そうシクラドの設計者達は強力に主張した。これは、当時の他のネットワークシステムとは全く異なる哲学だった。BBN社がアーパネットを設計した方法とも、フランスを始め各国

の通信事業者が考えた公共データ通信ネットワークの構想ともまるで違っていた。シクラドグループがこれほど特異な哲学を持ったのは、端末にごく限られた機能しか持たせない電話型ネットワークMinitelシステムの建設を進めようとしたフランステレコム（フランスの公共通信事業者）と直接対決しなければならなかったからだ。シクラドと同じような考え方は、イーサネット方式のLANを接続するPupシステムを開発中のゼロックス・パロアルト研究所のグループからも提案された。グループの一人でイーサネット発明者のメトカーフは、「簡単なネットワークと強力なホストプロトコル」という特徴を持つPupシステムをインターネットのモデルにすべきだと主張した。この提案はシクラドの哲学によく似ていたが、それとは別にネットワーク内部にアーパネットの交換ノードのような「知能」（コンピュータのこと）を持たないというイーサネットの技術的制約から生まれた。英国国立物理学研究所のグループは、別の側面からインターネットの設計に寄与した。研究所独自の実験ネットワークだけでなく欧州情報ネットワークや英国郵便公社のパケット交換実験サービスの開発にも関係していたので、それらのネットワークを相互接続した実験を行ない重要な成果を得た。ネットワーク接続の方式として、両方のネットワークに共通のホストプロトコルを確立する方が望ましいという実験結果だ。だが、全ネットワークで共通のホストプロトコルを採用するには既存のネットワークシステムをつくり直さねばならない、ネットワーク接続の「根本的ジレンマ」という問題があった。

国際ネットワークワーキンググループとの協力を通じて、様々な国やプロジェクトのネットワーク専門家の意見を取り入れることで、ARPAのインターネットの基本設計は1973年頃までにほぼ完成した⁽²¹⁾。第1に、ホストプロトコルはシクラドとイーサネットの「簡単なネットワークと強力なホストプロトコル」という設計哲学を反映し、アーパネットの方式とは全く

違うものになった。アーパネットでは信頼できる通信を維持するのは通信サブネットの仕事だった。それに対して新しいホストプロトコルTCPには、信頼性ある通信を維持するための様々な機能を持たせることで、信頼性の低いネットワークでも信頼できる通信を提供できるようにしたのだ。その結果様々な能力をもつネットワークも適合させることができるようになった。さらに、ネットワークの接続方式に関する英国国立物理学研究所の実験を考慮して、旧式のシステムの変更を厭わずに、共通のプロトコルを採用することにした。インターネットの規模拡大を容易にするためだ。第2に、ネットワーク間を物理的に接続するインターフェースとして、「ゲートウェイ」という専用のホストコンピュータを導入し、ゲートウェイが処理するネットワーク間プロトコルIPをホストプロトコルTCPから独立させた。ネットワーク間プロトコルを独立させるというアイデアは、ゼロックスのPupシステムをモデルにしていた。ゲートウェイはネットワーク間のパケットのやりとりにだけ責任をもち、ネットワーク内部の運用には一切関係しないため、IPもそれに応じて最小限の機能しか特たない。その結果、加入ネットワークへの要請もはるかに少なくなり、どんなタイプのネットワークにもますます適合しやすくなった。こうして様々なネットワーク専門家グループの意見をとり入れることで、堅強でありながら柔軟かつ効率的で様々なネットワークに適

合するというインターネットの技術的基盤が確立した。インターネットの開発は、特定の目的達成がすべてでコストは問題外という軍事技術開発の性格とともに、実験的関心と技術的洗練を重視する大学の基礎研究の性格を併せ持ち、一般の商業的な技術開発のイメージには程遠かった。後にインターネットが商業的に成功した理由が開発の過程にあるとすればそれは「様々な関心を持つグループの代表者を集め、設計の問題で議論させることで市場の競争力をプロジェクト内部にとり込んだ」ことだろう。そうアバタは指摘しているが、今やインターネットの代名詞となったワールドワイドウェブもやはり、商業的な技術開発に起源をもつわけではなく、最初から商業利用に適した特徴を備えていたというわけではない。従って、インターネットとワールドワイドウェブが現在のように商業的に成功した理由については、開発のプロセスも含めさらに検討が必要であるように思われる。

ネットワークの国際標準をめぐる争い

ARPAが開発したインターネットのプロトコルTCP/IPをアーパネット全体に強制的に採用させ、インターネット技術の商業化を推進することで、米国軍はインターネットの普及に貢献した。おかげでTCP/IPは米国の政府や大学のネットワークで広く使われ、ヨーロッパの一部の研究用ネットワークにも採用され、多数の業者から購入することもできた。そうはいっても、TCP/IPの利用は米国防総省とその周辺に限られていて、インターネットが世界規模の通信システムにまで拡大するには、TCP/IPが米国内はもちろん国際社会から広く支持される必要があった。そのためには、インターネットの拡大に伴って新たに生まれたインターネット利用者のグループが、TCP/IPのメリットを広く社会に訴え、事実上の国際標準として認められるよう、戦わねばならなかった。インターネットの開発が進められた1970年代から1980年代にかけ

(21) 自分達の発明でなくても、評価の定まっていない技術や他国の技術で自分達の技術とは異質なものであっても、積極的かつ機敏にとり入れ同化して、普遍的なシステムとして統合してしまう技術開発の手法は、単なる技術にとどまらないアメリカ特有の行動様式と理解することができる。従って、こうした点でインターネットの成功を「アメリカの世界化」の1つの現れと見ることもできると思う。「アメリカの世界化」については、古谷旬、『アメリカニズム：「普遍国家」のナショナリズム』、『6-1、『アメリカの世界化』—普遍文化の形成』、東京大学出版会、2002年を参照。

て、他でもコンピュータネットワークが次々建設されるようになったため、国際標準機関が公的な標準を提案しようとしたのだ。コンピュータ利用者、コンピュータ製造業者、公共通信事業者、政府機関など関係グループが各々の利害関心に基づいて、どのようなネットワーク標準を採用すべきかをめぐって、激論を交わした。中でも鋭く対立した公共通信事業者とコンピュータ利用者の論争の焦点はネットワークプロトコルであり、単なる技術とみなされがちなネットワークプロトコルの問題の裏に、実はコンピュータネットワークをどう利用すべきか？誰が運用すべきか？をめぐって鋭い見解の対立が隠されていた。この論争を見ると、ネットワークプロトコルの国際標準は、ネットワークに対する様々な利益集団の相互作用の中で社会的に構成されたことが良くわかる⁽²²⁾。

最初にネットワークの国際標準をつくったのは、カナダ、フランス、イギリスなど先進工業国の公共通信事業者であり、それが国際電信電話諮問委員会（CCITT）の制定したネットワークプロトコルX.25だ。1960年代と1970年代のコンピュータ利用の普及に伴いデータ通信市場が成長し始めると、電話ネットワークに劣らず大規模に成長すると考えた先進工業国の公共通信事業者は、米国以外は郵便や電話事業も独占的に経営していたので、各国毎に公共データ通信網を建設し、相互接続して最終的には国際データ通信網形成を目指した。そこで各国のシステムを相互接続できるような互換性のあるシステムをつくるため、ネットワークの国際標準が必

要になった。それだけでなく通信事業者独自の標準をつくろうとしたのは、コンピュータ製造業者の特定私有標準を受容れば、その業者からネットワーク関連製品を購入しなければならないからだ。中でも問題だったのが、世界のコンピュータ市場に巨大なシェアを持つIBMのネットワークシステムSNAであり、案の定、各国で公共ネットワーク開発が始まると、IBMとの紛争が生じた。そこで、公共通信事業者の代表から構成され電信電話の国際技術標準を研究開発する権限を持つ、国際電気通信連合の国際電信電話諮問委員会（CCITT）はネットワークプロトコルX.25開発し、国際標準とした。1978年に米国のテレネットとカナダのデータパックがX.25を採用してネットワーク間接続に成功し、仏・日・英など各国の公共データ通信網や多国間のユーロネットが建設された。公共通信事業者は一致してコンピュータ製造業者に対しX.25関連製品を供給するよう圧力をかけることができるようになり、製造業者も表面は従った。ところが、思いがけないところで新たな問題が生じた。インターネット関係者が、自分達のプロトコルTCP/IPに真向から対立するものとして、X.25に異議申立てしたのだ。X.25は様々なコンピュータ関連製品と互換性をもつ公共性のあるネットワークプロトコルとして開発されたのだが、インターネットの軍や大学関係のコンピュータ利用者の必要や利害までは考慮されなかった。X.25もTCP/IPも、「ネットワークを設計し利用する人々の信念、価値観、何をなすべきかということ」を、「標準として具体化された技術的決定」に反映していたのだ。

公共ネットワークのうち、通信用サブネットを所有する公共通信事業者とホストコンピュータ所有者との間に主要な論争点は2つあった。第1の論争点は、サブネットが信頼できる通信を保証するX.25の仮想回線方式と、データグラムを送るだけのTCP/IPのデータグラム方式のいずれを採用すべきかという技術的問題だった。公共通信事業者がX.25の仮想回線方式を

(22)技術標準一般の形成について、もっと長い歴史的射程から考察した研究として、橋本毅彦『〈標準〉の哲学—スタンダード・テクノロジーの300年』、2002年、講談社選書メチエ、を参照せよ。技術の社会構成主義の立場から標準技術の問題を考察した研究に、注1で紹介したシリーズの1冊として、Susanne K. Schmidt, Raymund Werle, *Coordinating Technology, Studies in the International Standardization of Telecommunications*, 1998, MIT Pressがある。

支持したのは、顧客のホストコンピュータに負担をかけずに、ネットワーク内部でネットワーク運用を集中的に管理することで、信頼性のあるサービスを提供できると考えたからだ。それに対し、インターネット関係者がTCP/IPのデータグラム方式を支持したのは、信頼性ある通信を確保するのをホストコンピュータの仕事とすることで、パケット無線のように、信頼性を欠いても簡素で低コストで機動性に富むといったメリットを持つネットワークも併せて運用したかったからだ。いずれの方式を採用するかが争点となったのは、ネットワークの性能を左右する問題と考えられたからだ。インターネット関係者のような高度な専門知識を持つコンピュータ所有者から見れば、仮想回線方式はコンピュータの交換ノードを必要とするなど高度なサービスを提供するため高コストになり、しかもサブネットが通信の誤りを制御するため伝送の遅れが生じる恐れがあったが、これは音声や画像の実時間処理の障害となった。同じ性能を、低コストのデータグラム方式でも、TCPによって自分達の所有するホストコンピュータ間で実現できるのだ。それに仮想回線方式ではネットワークの運用は公共通信事業者に集中管理され、コンピュータ所有者に介入の余地はない。TCP/IPのデータグラム方式であれば、ネットワークの性能を管理するのはホストコンピュータの仕事なので、コンピュータを所有する組織の必要に応じてネットワークの性能を調整できるメリットがあった。他方、公共通信事業者から見れば、顧客がすべて高度な専門知識を持つとは限らず、データグラム方式ではコンピュータ所有者が自分のマシンにTCPのような複雑なプロトコルを組まねばならないという難点があった。それに、IPの設計にも欠陥があり、ネットワーク間で利用を管理したり使用料金を決済したりする仕組みがなかった。ARPAが通信料金もコンピュータ利用料金もすべて支払っていて、ネットワークサービスの利用者から料金を徴収することなど全く念頭になかったからだ。TCP

/IPは一般の公共事業向けシステムとして設計されてはいなかった。公共通信事業者には、データ通信にも電話システムと同じような信頼性が必要であり、高額のコストがとれる仮想回線方式は魅力的だった。論争点は、単なる技術的なものではなく、「公共ネットワークの供給者と民間のコンピュータ所有者との間で、管理と説明責任をどう分担するか」という社会的問題だった。

第2の論争点はネットワーク間接続のモデルだ。インターネットモデルでは、ネットワークは相互接続されても独立性を保ち、内部では独自のプロトコルを使い続けることもできた。公共通信事業者の接続モデルでは、X.25が全ネットワーク共通の形式を提供し、接続されたネットワークの全体が単一で同質のネットワークのように働く。インターネットの設計者が多様なネットワークに適合することを目指したのに対し、通信事業者は、電話網をモデルに、各国毎に単一で同質な公共データ通信網を建設し相互接続して同質な世界規模のデータシステムを建設しようと考えた。そうすれば相互接続が容易で事業者には有利だけでなく、顧客に対してもどこの国でも利用できるネットワークインターフェースを簡単に提供できる。だから、ネットワークの多様さは効率的なネットワーク間相互接続システムの建設に障害になると考えた。これに対してインターネットの設計者はネットワークの多様さを積極的にシステムのメリットと考えた。システムを特殊な軍事環境に適合させることができるだけでなく、米国の大学や政府、商用ネットワークで使われるイーサネットなど様々なネットワーク技術を適合させることができるからだ。インターネットの設計の基本は、どんな種類のネットワークでも、いかに能力の低いネットワークでも、TCP/IPを基礎としたネットワークに加わるようにすることだった。ところが、X.25によるネットワーク間接続では、信頼性のある通信を提供するという高水準のサービスを通信サブネットに要求するので、そう

いう能力のないイーサネットやトークンリング、トークンバスのような単純で低コストのLANを接続することは難しい。そのため、公共通信事業者は、イーサネット方式を含め私設のLANが通信網に接続することに消極的であり、私設ネットワークはネットワーク間接続システムの完全で平等な構成員ではないという考え方がゲートウェイやアドレス指定体系などネットワークの設計にはっきりと現れた。第1と第2の論争点に共通して、X.25とTCP/IPのいずれを採用するかという技術的論争は、実は、データ通信網をどう利用し、誰が運用すべきかという経済的・政治的様相を帯びていた。通信事業者は、集中的で同質のネットワーク間接続システムをつくり、私設ネットワークの公共システムへの接続を難しくして通信事業を独占し、「高品質のデータ通信サービスの巨大な高収益の市場」を確保したいと考えた。これに対して、コンピュータ所有者は、公共ネットワークから購入するサービスの水準を選択する自由、様々な技術を使用して専用ネットワークを建設する自由を求めた。そうはいっても、事業者の集まりであるCCITには利用者の声は反映しづらく、しかもインターネットはまだ実験段階にあって利用者といってもごく限られた一部のコンピュータ科学者が専門誌や業界誌を通じて反論を展開する程度だったろう。だが、インターネットの発展とともに、インターネット利用者グループが拡大すると、以下に見る次の段階で、もっと影響力を発揮するようになる。このインターネット利用者グループの形成は、技術の社会構成主義のもう1つ有力な見解であるラトゥール等のアクターネットワーク理論における、「技術と社会は相互に構成的」（つまり技術と社会関係を独立なものとはみなすのは誤り）だという主張の1つの事例と見ることもできる。インターネットという新しい通信手段によって、平均的とは言えない個性や関心を持つ地理的に離れた人々が結びつけられ新しい社会グループが形成されると、この新しい技術によって生み出された社

会グループが今度はインターネットの技術発展に影響を及ぼすようになる、といった具合にだ⁽²³⁾。

もう1つの国際標準機関である国際標準化機構（ISO）が新たにネットワークの国際標準の開発に取り組んだことで、公共通信事業者とコンピュータ所有者の論争の枠組みは大きく変化した。ISOは産業全般の国際標準を調整する組織で、標準制定作業は政府代表や大学・研究機関、利用者団体、製造業者などすべての利害関係者に公開され、世界の多様な技術の利用者に奉仕しようとした点で影響力は大きかった。1978年から開始された開発の方針は、「開放型」という考え方をもとに、製造業者に互換性のあるコンピュータ製品をつくらせることで消費者に技術利用の決定権を持たせること、そしてまだ成長中のコンピュータネットワークの分野の足かせとならないよう特殊な仕様の標準ではなく、将来の標準開発の一般的枠組みを提案することだった。この方針に沿って提案されたOSIモデルは、ネットワークをつくるのにどんなプロトコルをいかに組合せるかを示すモデルであり、ネットワークの機能を7層のプロトコルとして体系立てた。ひとたびこの一般的枠組みが決まれば、あとはモデルに適合する個別の標準をつくればよいという点でOSIモデルはメタ標準だった。OSIの枠組みはネットワーク研究に圧倒的な影響を及ぼしただけでなく、各国の政府に歓迎され、コンピュータ製造業者も利用者と政府機関からの圧力もあって従った。OSIモデルに沿って具体的な国際標準をつくる段階に、公共通信事業者とコンピュータ所有者の争いが持ち込まれた。ISOはネットワーク標準の下位層については公共通信事業者の考え方を支持し、X.25をOSIモデルのネットワーク層の公式標準にした。だが、上位層についてはインターネット利用者の考え方に近かった。インターネットのプロトコルは、私有ではなく無料で使え、多

(23) MacKenzie, Wajcman編、前掲書、p.24.

様なネットワークに適合するようにつくられた「開放型」プロトコルだったが、国際標準として正式に採用されることは政治的に不可能だった。開発に公式の標準機関が関与していなかったし、米国の製造業者に不当な利益をもたらすと米国以外の加盟国が恐れたからだ。インターネット関係者はOSIモデルに何とか自分達の考えを取り入れてもらおうとして、国際標準の制定作業に参加するようになった。TCPをOSIのトランスポートプロトコルに受入れることは拒否されたが、代わりに提案された新しい1組のトランスポートプロトコルの中でTP4プロトコルの設計はアメリカ人委員に任せられTCPの特徴の大部分を取り込んだ。イーサネット、トークンリング、トークンバスの3大LAN標準も米国立標準局の尽力で、リンク層の正式のOSI標準になった。さらにISOはネットワーク間接続についてはTCP/IP利用者の考え方を支持し、OSIモデルにインターネット層を組み込み、インターネット関係者が設計したISO-IPを公式の標準として採用した。インターネット利用者は自分達の重要なプロトコルを実質的に国際標準として承認させるのに成功したのだ。それだけでなくARPAは、CCITTの標準プロトコルにISOの標準プロトコル、コンピュータ製造業者の私有プロトコルといった調子でプロトコルの種類が増えていくのに対処するための技術戦略を発展させた。インターネットゲートウェイの機能を拡張して異なるネットワークプロトコル間の中継を行なわせるようにし、TCP/IPと他のOSIプロトコルの間を中継するゲートウェイをはじめ様々なタイプのゲートウェイを開発した。TCP/IPを採用するインターネットとX.25を採用する商業用のテレネットを中継するためのゲートウェイは、テレネットのホストコンピュータにもTCP/IPをX.25に優先させて走らせ、データの経路を設定するX.25の仕事をTCPに行なわせることで、もともとはインターネットのプロトコルと競合するプロトコルX.25を無力化してしまった。

国際標準化機構によるOSIの取組みを通じて、ネットワーク標準をめぐる論争の枠組みは変化した。TCP/IPとX.25の対立は解消に向かった。国際標準化機構がOSIに複数の標準を認めることで、意図に反してネットワークの多様化を促進した結果、多様なネットワークに適合するように設計されたインターネットは競争優位に立った。OSIの具体的な標準制定作業が遅れがちな中で、TCP/IPは軍のバックアップを受けて早くから開発され、商業的に利用可能になっていたばかりでなく、コンピュータ科学者の専門知識と経験に裏付けられコンピュータ利用者に支持され易かった。こうしたことを背景にインターネット利用者とARPAの管理者が現実的な戦略を立て積極的に活動した結果、TCP/IPは1980年代末までにネットワークの事実上の標準として国際社会に広く認められ、1990年代にインターネットが世界規模に拡大する環境が整えられた。だが、以上見てきたようなインターネットの開発と普及に注がれたARPAとインターネット利用者の取組みがすべてではない。米国軍と米国政府が、アーパネットの時代から一貫して、国防総省の支配下にあった時代も全米科学財団⁽²⁴⁾の文民統制下にあった時代も、コンピュータネットワークの利用に関心を持ち発展方向を規定する一方で、技術開発と基盤整備に膨大な資金を投入し続けることなしに、今日のインターネットはあり得なかったことを忘れては

(24)全米科学財団は、1980年代以降、全米各地で大学間の地域ネットワーク創設を強力にバックアップすると同時に、財団で創設した全米のスーパーコンピュータセンターを接続するため、独自のバックボーンとして全米学術ネットワークを建設した。もともとは、一部のエリート大学にコンピュータ資源を独占させないことを目的にしていたが、1980年代末にARPAのインターネットを引継ぐときには、技術水準でも規模の点でも、ARPA時代のインターネットをはるかに凌ぐまでに成長し、その後のインターネットの発展に大きく貢献した。全米科学財団が果たした役割については、本書第6章で考察されている。

ならない。これと関連して忘れてならないことが、もう1つある。それは、インターネットが無政府的なシステムであるとか、全体を支配する管理者がいまいとされるのは、インターネット民営化以後のことだということだ。インターネットやその前身のアーパネット開発の当初からそうであったとするのは、誤った歴史理解だ。米国の実業界にも影響を及ぼしたこうした誤解をアバテも、「現状の過去への投影」として批判している。現状および将来を考える上で、正しい歴史理解が大前提となることは言うまでもない。

結論に代えて

アバテがインターネットの歴史を通じていちばん伝えたかったメッセージとは何だろう。それは、「建設者達の創意と利用者の活動が、コンピュータや電話回線に劣らず、インターネットの構造と目的を規定する上で決定的な役割を果たした」ことであり、一度きりの発明としてではなく「インターネットの技術と同時に存在意義が（絶えず）考え出されなければならなかった」ことだ。MacKenzieとWajcman（編集の前掲書）は、技術の社会形成（彼等は構成ではなくこういう）主義における技術史観を次のように説明した。技術変化が自立したファクターとして社会外部から社会に影響を及ぼすという考えは間違っている。なぜならば、こういう考え方は、技術変化に対する受動的態度を促進するからだ。つまり技術変化にいかに対応するかを考えることに重点が置かれ、技術変化をいかにつくりだすかとは考えなくなるからだ。そうではなくて、技術変化とは、人間社会が積極的に形成すべきものなのだ。これは、インターネットを含めた情報技術の動向を考える上でも、重要だ。一時期、インターネットを使いこなせなければ社会に取り残されるとか、ビジネスを含め人生でとてつもなく不利益を被るかのような論調がまかり通った。MacKenzie達が批判する技術の受け止め方とはこういうものではない

か。技術の社会構成主義は、人間と技術の関係を考える上で重要な視点を提供する。

ごく最近、知合いのアメリカ人がPCを携えて日本に観光にやってきた。数日の滞在なのに、インターネットに接続できる場所を躍起になって探し、電子メールのチェックや対応に毎日半日近くをつぶしていた。初めて訪れた日本の風物にも人々にもほとんど関心がないようだ。電子メールによる家族とのとりとめない通信内容など自慢げに話すのを聞いていると、緊急の要件とも思われない。PCのディスプレイの前に座りキーボードを叩き続けることが生活の最優先事項のようだった。インターネットがいちばん早く広範に普及しているアメリカでさえ、インターネットの弊害や誤った利用を指摘する声はある⁽²⁵⁾ものの、インターネットをうまく使いこなせないで振回されている人々もいるのだと思い、印象深かった。ひるがえって我国の現状を見ると、インターネットの快適な利用のための基盤整備がなかなか進まないのは残念なことだ。だが、最近の携帯電話によるインターネット利用の普及には目覚ましいものがある。利用の普及に伴って、弊害も見られるものの、電話というものの役割を変えてしまった。中には、PCではなく携帯電話でインターネットを利用することを軽薄な風潮であるかのように嘆く声もあるが、現在のようなPCによるインターネット利用が適切かどうか、少なくとも現在のようなマンマシンインターフェースが普遍的に優れているかどうかは問題だ。そう考えると、先のアメリカ人に比べれば、携帯電話で手軽にインターネットを利用する日本人の若者の方が、自分

(25) ジョン・シーリー・ブラウン、ポール・ドゥグッド著、宮本喜一訳『なぜITは社会を変えないのか』2002年、日本経済新聞社（原著2000年）、ヒューバート・L・ドレイファス著、石原孝二訳『インターネットについて—哲学的考察』、2002年、産業図書（原著2001年）、それにクリフォード・ストール著、倉骨彰訳『インターネットはからっぽの洞窟』、1997年、草思社（原著1995年）などだ。

達の環境に合わせて技術を適切に使いこなしているのではないかと思える。もともと初期のインターネットの形成に日本人はさほど関与してこなかったし、それにアバテの著書から明らかなように、初期のインターネットの技術や基盤は日本とは驚くほど異なる社会的・文化的環境のもとで発展してきた。それにもかかわらず、日本人は自分達の手でインターネットの技術を取り入れ、自分達の環境にふさわしい技術のあり方、利用の仕方を模索してきたのだ⁽²⁶⁾。インターネットは国境を超える通信手段であっても、国や地域により異なる社会的・文化的環境までそうやすやすと変えてしまうだろうか？もし日本人が、MacKenzie達の言うように、技術に自分達を適合させるという受動的態度ではなく、自分達の社会、自分達の暮らしに合わせてインターネットの技術をつくり上げていこうとすれば、他国の物真似ではなく独自の発展があるだろう⁽²⁷⁾。ここに、インターネットはまだ完成した技術ではなく、インターネットの技術と存在意義はインターネットに関与する専門家と利用者の双方によって絶えず考えられなければならない、というアバテのメッセージが大きな意味を持つ。

(26) 日本へのインターネットの導入については、村井純『インターネット』、1995年、岩波新書、及び古瀬幸広、廣瀬克哉『インターネットが変える世界』、1996年、岩波新書が参考になる。

(27) 坂村健『情報文明の日本モデル—TRONが拓く次世代IT戦略』、2001年、PHP新書は、情報技術をめぐる日米の環境の違いを踏まえた上でインターネットを含め今後の日本の情報技術の発展方向について著者独自の見解を提示している。