2018/02/19

[**「イノベーション＝技術革新」ではない**](http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/101800135/)

**未来の図書館、夢にとりつかれた男**

インターネットとイノベーション（その1）

[西村 吉雄](http://tech.nikkeibp.co.jp/search/?q=%E8%A5%BF%E6%9D%91%E5%90%89%E9%9B%84)＝技術ジャーナリスト

[日経テクノロジーオンライン](http://tech.nikkeibp.co.jp/)

この記事は日経 xTECH有料会員限定ですが、2018年2月21日23時まではどなたでもご覧いただけます。

　21世紀の現在、インターネットは社会基盤（インフラストラクチャー）として定着している。私たちの暮らしは、もはやインターネットなしには成り立たなくなってしまった。インターネットが特大のイノベーションであることは間違いない。インターネットが形成されたプロセス、それは大きなイノベーションが創出された過程にほかならない。

　けれども、インターネットの形成過程を述べることは、ことのほか難しい。例えば、イノベーションには「差異」の創出と、その差異の「市場への媒介」が不可欠だ（本連載[第2回](http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/101800135/102300002/)参照）。しかし、インターネットの場合「差異」がいくつもある。長い時間の間に、たくさんの重要な「差異」が寄り集まり積み重なってインターネットを作りあげた。

※ 連載第2回「[「安く買って高く売る」、この活動だけが利潤生む](http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/101800135/102300002/" \t "_blank)」は[こちら](http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/101800135/102300002/)

　もう1つの「市場への媒介」、これにもインターネットは間違いなく成功したのだ。なにしろインターネットというインフラストラクチャーの上で、数限りない経済活動が行われているのだから。しかし、何がどうなったときに「市場への媒介」が成ったとするか。

　インターネットの場合、たくさんの流れが合流したり分岐したりしながら、長い時間をかけて大河となった。この流れを誰がどう書いても、群盲象をなでることになる。それでもなお、私も群盲の１人として、象をなでることに挑んでみることにする。

　なお、インターネットの形成過程を、この連載の1回分で述べることは困難である。連載3回分を費やすことをお許しいただきたい。

**未来の図書館**

　『未来の図書館（Libraries of the Future）』と題する本がある。発行は1965年、著者はリックライダー（Joseph Carl Robnett Licklider）である［Licklider、1965］。その未来の図書館には、そこここに情報検索端末が置いてある。端末はネットワークにつながり、ネットワークには膨大な知識が貯蔵されている［喜多、2003、pp.103-106］。

　この未来の図書館は、ほとんどそのまま、現在のインターネット環境だ。私自身、インターネットを図書館として活用している。著者のリックライダーが想定した「未来」は2000年である。2000年時点でのインターネット環境を考えると、著者の未来構想は実現したといえよう。

　となると、『未来の図書館』を実現するプロセスとしてインターネットの形成過程を描く、という試みが可能になる。とりあえず私は、これを手がかりにインターネットについて書いていくことにする。

　『未来の図書館』の著者リックライダーは心理音響学者である。しかし、コンピューターの面白さにとりつかれてしまう。1960年には「人間とコンピューターの共生」という論文を書く［Licklider, 1960］。そして、インターネットの構築に大きな役割を果たす。

　未来の図書館の情報検索端末は一種の対話型コンピューターである。対話型コンピューターが巨大ネットワークにつながっている状態、これが1965年時点での未来の図書館であり、現在のインターネット環境だ。インターネットの源流の1つは対話型コンピューターから流れ出す。

#### 対話型コンピューターの発祥

　21世紀の私たちはコンピューターを使うとき、なにはともあれ、まず画面を見る。そして指やマウス、あるいはキーボードを用いて、コンピューターに何かさせるべく指示する。そうするとコンピューターは応答を画面に返してくる。これが人間とコンピューターの「対話（interaction）」である。画面を介して、コンピューターと人間は、やりとり（対話）を繰り返す。これが現代におけるコンピューターの標準的な使い方だ。

　しかし、コンピューターが世に登場してからしばらくの間は、こういうコンピューターの使い方は普通ではない。プログラムを穴の開いた紙テープかカードの形にして、オペレーターに託す。オペレーターは、それを順次コンピューターに読み込ませ処理させる。何時間か、ときには何日か後に、紙に印刷された結果を受け取る。これが「バッチ処理」である。長いことコンピューターの使い方の主流だった。

　しかし、対話的に使えるコンピューターも早い時期から開発されていた。1940年代から1950年代にかけ、米国のマサチューセッツ工科大学（MIT）では「ワールウィンド （Whirlwind＝つむじ風）」と呼ばれるプロジェクトが進行する。このプロジェクトの実質が、対話型コンピューターの開発だったのである［脇、2003、pp.25-27］。

　中心となったのはフォレスター（Jay Wright Forrester）である。フォレスターは1946年夏のムーアスクール・レクチャーを受講している。黎明期のコンピューターの常として、ワールウィンドもまた、ムーアスクール・レクチャーの影響下にある（本連載第6回参照）。

　ワールウィンド計画をサポートしたのは、当初は米海軍、後には米空軍である。おりから東西冷戦が激化していた。1949年8月29日、ソ連（ソビエト社会主義共和国連邦）が原爆開発に成功、米国は衝撃を受ける。1950年6月23日には朝鮮戦争が勃発する。

　こういう状況のなか、米空軍は「SAGE（Semi-Automatic Ground Environment）」と呼ぶプロジェクトを1949年に始める。半自動防空管制システムの構築が狙いである［脇、2003、p.32］。また空軍支援のもと、1951年8月、MITにリンカーン研究所が設立される。

　リンカーン研究所はワールウィンドの改良を進め、メモリーを磁気コアに置き換える。これでワールウィンドは世界最速のコンピューターとなった。SAGEに使える性能となり、米IBM社が量産機を製造する［脇、2003、p.33］。SAGEの技術は後に民間転用され、1960年代初めに航空機のオンライン予約システムを実現した［喜多、2003、p.83］。

　さらにリンカーン研究所は、トランジスタを採用したコンピューター「TX-0」と「TX-2」を開発する。ワールウィンドの伝統を引き継ぎ、対話型のコンピューターである。特にTX-2の大きな特徴は、画面上に情報を表示できることだった［ハフナーほか、2000、p.26］。

#### 大型コンピューターを大勢で時分割して対話的に使う──TSS

　TX-0やTX-2の使用経験を通じ、対話的にコンピューターを使う魅力を知った人たちが、MITには少なからず存在するようになる。そのうちの何人かは、コンピューターを個人で占有して対話的に使いたいという夢にとりつかれる。

　『未来の図書館』の著者、リックライダーも、その１人だった。1950年にMITの音響研究所に入所し、翌年リンカーン研究所に移る。そこでクラーク（Wesley Clark）がリックライダーにコンピューターの対話的使い方を見せる。リックライダーは夢中になる［喜多、2003、 p.59］。クラークは、MITの対話型トランジスタコンピューターTX-0とTX-2を設計・製作した当人である。

　コンピューターを占有して対話的に使いたい。この夢を実現しようとする道は、当時は2つに分かれる。1つは、コンピューターを安価・小型にすることである。これについては後に回す。もう1つは、大型コンピューターを時分割で分け合って使うことである。

　当時のコンピューターは大きくて高価だった。それを対話的に使うため、コンピューターを大勢で共有し、分け合う。すなわち大型コンピューターに多数の端末を接続し、それぞれのユーザーは端末からコンピューターを使う。時間を細かく分割し、各ユーザーに使用時間を割り振る。けれども個々のユーザーは、自分がコンピューターを占有しているようなつもりで対話的にコンピューターを使うことができる。これがTSS（Time Sharing System）である。商業的にも一時は隆盛だった。

　TSSでは、コンピューターが通信と出合う。中央の大型コンピューター（ホストコンピューター）とユーザーの端末は、通信回線で結ばれるからである。その意味ではネットワークへの1歩となる。リックライダーに対話型コンピューティングの面白さを教えたクラークはTSSに反対し、小型化に取り組む。一方、リックライダーはTSSに惹（ひ）かれた［喜多、2003、pp.107-120］。

#### ARPAでリックライダーがTSS研究を支援

　1958年2月、米国の国防総省（Department of Defense＝DOD）内に、高等研究プロジェクト局（Advanced Research Projects Agency＝ARPA）が設立される。ソ連による人工衛星打ち上げ成功（1957年10月4日）が設立のきっかけだという。ARPAは時期によってDARPAと呼ばれることもあるが、本稿ではARPAで通す。

　設立のいきさつではARPAは宇宙開発のための機関となるはずだった。ところが宇宙開発のあり方について、軍や議会で主導権争いなどが起こる。結局、宇宙開発では新設の米航空宇宙局（National Aeronautics Space Agency＝NASA）が徐々に中心になっていく。1959年9月、ARPAからは宇宙開発は引き上げられてしまう［喜多、2003、pp.123-126］。

　ARPAに残ったのは、核実験探知、弾道ミサイル、材料といった分野だった。しかし1960年代になると、指揮・統制（Command and Control）システムのための先端研究支援がARPAの役割として追加される。そしてそのための部局、指揮・統制システム関係の先端研究統括事務局がおかれた［喜多、2003、pp.126-129］。ここが実質的に、デジタルコンピューター関連の研究支援のための部局となる。

　この新しい部局の初代部長として、1962年10月、あのリックライダーが着任する。ほどなくリックライダーは組織名を、指揮・統制事務局から情報処理技術部 （Information Processing Techniques Office＝IPTO）に改める［喜多、2003、p.129］。このIPTOが後に、ARPAネット開発に大きな役割を果たすことになる。

　こうしてコンピューター関連の研究支援がARPAの役割の1つとなった。この役割でのARPAは研究機関ではなく、研究を資金的に支援する機関（Funding Agency）である。IPTOの予算は1963年の時点で年間1000万米ドルほどで、ARPA全体の0.5％にも満たない。ところがデジタルコンピューター関連の研究支援額に限って比較すると、他の政府機関の支援額の合計より大きかった。出来たばかりのIPTOはいきなり、コンピューター分野では最大の助成機関となる［喜多、2003、pp.130-131］。

　コンピューター研究への研究資金配分を担当したのはリックライダーである。彼はほとんど独断で配分したという［脇、2003、p.65］。その助成額は、通常の研究助成とは1桁違う規模だった。ごく限られた数の研究機関に重点配分したためである［喜多、2003、p.151］。

　リックライダーはTSSに惹かれた、と先に述べた。リックライダーはTSSを研究している機関に、ARPAの研究資金を集中的に配分する。

　TSSの効用として、高価・大型なハードウエアを共有し、一人ひとりにとっては安く対話的にコンピューターが使えること、これが普通は前面に出る。だがTSSには、プログラムやデータをホストコンピューターに蓄積しておき、それをユーザーで共有して活用するという効用もある。リックライダーは後者に関心が高く、それがTSS研究を支援した意図だった［喜多、2003、 pp.100-101］。いかにも『未来の図書館』の著者らしい。

　さらにリックライダーは、TSS同士をつないだネットワークを構築したいと考えていた［喜多、2003、pp.142-150］。各所に存在する情報資源を大勢で共有し、それをみなが活用する。すなわち『未来の図書館』、これを実現したいという思いがリックライダーには常にあったということだろう。この思いが後にARPAネットに発展する。リックライダーは1964年にARPAを去る。リックライダーの思いは後継者に引き継がれる。

#### TSS同士をつなぐネットワーク構想に各研究機関は抵抗

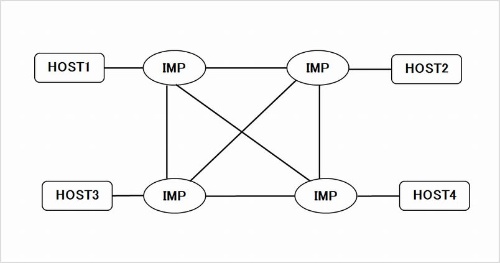
　ARPAから助成を受けている研究グループの代表者を集めた会合が1967年4月に開かれた。そこでARPAのロバーツ（Lawrence Roberts）は、TSS同士をつなぐネットワーク構想を発表する。

　この構想は代表者たちの不興をかう。各研究機関が欲しいのはコンピューターであり、ネットワークではなかった。ネットワーク接続のためにコンピューターを改造するのもいやだ。そんな思いだったらしい［脇、2003、p.109］。

　リンカーン研究所で対話型コンピューターを設計・製作したクラークはTSSには消極的だった。だがそのクラークが、TSSをつなぐためのアイデアを出す。ホストコンピューターとネットワークの間に小型コンピューターをおき、この小型機同士をつないでネットワークを形成する。そういうアイデアだ。この小型機を同じ機種にして通信を担当させれば、同種の小型コンピューターのサブネットワークができる。このクラークの提案がARPAネット構築の突破口となる［喜多、2003、p.220］。

　クラークのアイデアは典型的なモジュール化設計である。それぞれのシステムにモジュールを1つ追加する。このモジュールの連結ルール（インタフェース）を標準化し、モジュール同士をつなぐ。システム本体が他のシステムから見える必要はない。「見える」情報と「隠された」情報に分けるというモジュール化設計の基本［ボールドウィンほか、2004、pp.251-252］が、ここにある（連載第8回参照）。

　クラークからアイデアを得たロバーツは、小型コンピューターを「IMP（Interface Message Processor）」と名付ける。IMPはルーターの前身である（**図1**）。

[](http://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/column/15/101800135/020900011/?SS=imgview&FD=-1223684422)

**図1 小型コンピューター（IMP＝Interface Message Processor）でサブネットを形成**

（図：筆者）

[画像のクリックで拡大表示]

#### ARPAネットはパケット交換を採用

　IMPによって、ARPAのTSSネットワーク計画は前進した。1967年10月、ACM（米国計算機学会）のシンポジウムでロバーツはARPAネット計画を発表する。その同じシンポジウムで偶然、英国の「パケット交換」についての発表があった。

　パケット交換による通信方式は、米ランド研究所のバラン（Paul Baran）とイギリス国立物理学研究所のデービス（Donald Watts Davies）が、1960年代に独立に考案した。ACMシンポジウムではデービスのグループが、英国のパケット交換ネットワークについて発表したのである。

　ロバーツはこの発表でデービスのパケット交換を知り、バランの研究も知ることになる。これがきっかけで、ARPAネットはパケット交換を採用する［脇、2003、pp.117-118］。そして、パケット交換は現在のインターネットにも引き継がれている。

　パケット交換の採用は、ARPAネットにとって、さらにインターネットにとっても、大きな「差異」の創出である。最大の「差異」かも知れない。けれども、パケット交換という概念が生まれた過程やその内容については、連載の次回で述べることにしたい。今はARPAネットが出来ていく過程を先に追うことにしよう。

　ロバーツはバランとデービスのパケット交換を調べ、IMPの仕様に反映させ、IMPの製作会社を公募する。落札したのは米BBN（Bolt Beranek and Newman）社という会社である。ここにはかつて、リックライダーが在籍していたことがある。

　BBN社が落札したのはIMPであり、IMP同士の通信方式だ。それはパケット交換の設計でもあった。しかし問題は、まだ残っていた。IMPとホストコンピューター（結果的にはホスト同士）の接続をどうするか、である。この問題を考えたのはBBN社ではなく、大学院生たちだった。

　ロバーツは、最初に4つの機関を選ぶ。カリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）、スタンフォード研究所（SRI）、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、ユタ州立大学である。この4つの研究機関の大学院生が、1968年の夏、サンタバーバラに集められる。このグループの活動のなかから、ネットワークに関する文化や専門家が育っていく。彼らは後年のインターネット時代に、大きな役割を果たすことになる［ハフナーほか、2000、pp. 139-145］。

　1969年の年初からBBN社はIMPの作成を始める。IMPが4研究機関に納入され、4機関相互がネットワークでつながったのは1969年12月5日である。ARPAネットが始まった。

#### 小型で安価なコンピューターを求める流れ

　ここで一度1950年代に戻る。対話型コンピューターを占有して使うための、TSSとは別のもう1つの流れを見よう。コンピューターを小型・安価にし、それを独り占めしようという流れである。前記クラークはTSSに反対し、この流れに身を投じる。クラークと一緒にMITの小型トランジスタコンピューターを製作したオールセン（Kenneth Harry Olsen）は米DEC（Digital Equipment Corporation）社を起こし、ミニコンピューター（ミニコン）を実用化した。

　この流れ、すなわちダウンサイジングは、ミニコンに加え、オフィスコンピューターやワークステーションなど、様々な種類の小型コンピューターを生み出した。さらに1970年代に「UNIX」と結びつき、コンピューター研究者の共通文化を形成する。

　UNIXは1960年代末から1970年代初頭にベル研究所で開発されたOSである。UNIXの「Uni」は「Multi」 の反意語として採用された。トンプソン（Kenneth Lane Thompson）をはじめとするUNIXの開発者たちは、かつて「Multics」開発プロジェクトに加わっていた。Multicsは、米国のMIT、ゼネラル・エレクトリック（GE）社、ベル研究所による共同研究プロジェクトである。1000人ものユーザーが共同利用する大規模OSを目指す。けれども結果的には失敗だった［ボールドウィン、2004、p.387］。

　このMulticsの失敗経験から、Multi-csではなくUni-cs、「複雑」ではなく「単純」、これがトンプソンたちの基本方針となる。こうして開発されたUNIXはモジュール化設計を徹底している。中心となるカーネルと多数のユーティリティーから構成され、追加や改変が容易だ。C言語で書かれてからは様々なハードウエアへの移植も容易になる。

　UNIX開発当時の米AT&T社（ベル研究所の親会社）は、独占禁止法によりコンピューター産業への進出を禁止されていた。このためUNIXはソースコードと共に、コピー代だけで配布された。これがUNIXの普及を後押しする。特に大学や公共機関に広く普及した。またその過程で、改良や機能追加などが各所で行われ、数多くのUNIXファミリーが生まれる。

　UNIXは先にも触れたようにワークステーションのOSとして広く普及する。UNIX/ワークステーションは、パソコンとは違い、専門家指向のコンピューター文化圏を形成する。インターネットが最初に普及したのは、このUNIX/ワークステーション文化圏である。

　私たちが現在使っているパソコンは、上のダウンサイジングの流れから出てきたものではない。1970年代初頭に登場したマイクロプロセッサー、これに衝撃を受けた若者たちが、自分たちで手作りした小型コンピューター、これが現在のパソコンの源流である。若者たちはコンピューター研究者ではなかった。UNIXとも縁が薄い。

　コンピューター研究の本流とは無縁のパソコンやスマホ（スマートフォン）が、現在インターネットにつながっているコンピューターの大多数である。産業としてのインターネットを考えるうえで、これは大事なポイントだと私は思う。インターネットがコンピューター研究者のためのネットワークであり続けたら、インターネットのインパクトは、産業的には微々たるものだったろう。コンピューター研究とは無縁の、いわば大衆が、大挙してパソコンをインターネットに接続する。だからこそインターネットの産業的インパクトは、ここまで巨大になった。

#### TSSを小型コンピューターネットワークで置き換える

　先走り過ぎた。1970年ごろに戻る。パソコンはまだ出来ていない。TSSをつなぐネットワークとして、ARPAネットは1969年の年末に出発する。TSSはかつては、コンピューターを対話的に使うための数少ない方法の一つだった。しかし1970年代ともなると、小型コンピューターを占有して対話的に使うことが、現実に可能になりつつあった。この時期、小型機の複数導入と大型機のTSSは比較の対象である。

　小型コンピューターを複数導入し、それぞれをつないでネットワークを形成する。この小型コンピューターネットワークでTSSを置き換える。これにはTSSの発展的解消という意味があった［喜多、2005、pp.14-15］。小型コンピューターネットワークをARPAネットにつなげば、ネット間（inter-net）接続になる。こうして「ネットワークのネットワーク」というインターネットの本質に導かれる。

　小型コンピューターのローカルネットワーク（LAN＝Local Area Network）、これが「アルトシステム」である。開発したのは米ゼロックス（Xerox）社のパロアルト研究所（Palo Alto Research Center＝PARC）だ。PARCは1970年に設立された。PARCにはARPAネット構築に関係した研究者がかなり加わる。

　アルトでは同軸ケーブルをエーテル（ether）のように使い、ネットワークを構成する。そのネットワーク規格がイーサネット（ethernet）であり、そこに出てきたエーテルがイーサネットの名の由来である。

　真空中を光が伝わるのは、エーテルのような媒質が真空中を満たしているからだ。19世紀までは、そう考えられていた。そのエーテルのように研究所内に同軸ケーブルを張り、どこでもネットワークにつなげるようにする。ここからイーサネット（エーテルのようなネット）の名称が生まれた。

#### ハワイのアロハネットを研究、ベストエフォートの考えを導入

　イーサネットの開発には、「アロハネット（ALOHAnet）」が参照されている。アロハネットはハワイ大学を中心とするTSSである。端末が離島に分散しているところから、無線によるパケット交換ネットワークが1970年に開発された。

　同じ周波数の電波に複数の端末がパケットを乗せて同時に送信しようとすると、パケットは衝突して破壊される。このときは「しばらく」経ってから再送する。この「しばらく」を決めるのに、アロハネットでは乱数を用いた。同時に再送したら、また衝突してしまうからである。

　有線通信でも、複数のパケットが同じ伝送路を同時に使おうとすれば、やはり衝突が起こる。アルトシステムでは、同軸ケーブルを枝分かれさせて各アルトをつないでいる。そのうえ搬送波は使わず、ベースバンドで通信した［Thacker、1986］。だから伝送路は1本しかないようなものだ。

　イーサネット開発を主導したメトカーフ（Robert Metcalfe）はアロハネットを調べ、「パケットの衝突をいかに回避して通信効率を上げるか」という課題に取り組む。そして博士論文のなかで、ベストエフォートという言葉を用い、「通信の失敗を前提として最大限の効率を引き出す」考えを提唱する［喜多、2005、pp.176-185］。

　イーサネットは1973～1974年にかけ、PARC所内に張り巡らされていく。多くの人がアルトを使うようになり、それぞれのアルトはイーサネットでつながれる。

#### プリントサーバーの成功とクライアント・サーバー・モデルの形成

　次に必要になったのがサーバーだ。最初のサーバーは「EARS」と名付けられたプリントサーバーである。各アルトはこのプリントサーバーを共有し、自分のディスプレーに表示された文書を、そのイメージ通りに印刷できた。WYSIWIG（What You See Is What You Get）の実現である。アルトのディスプレーは縦型で、文書用紙を意識している。

　サーバーの重要性を、開発者たちは最初は過小評価していた［Thacker、1986］。アルトを何台か用意すれば十分だろうと考える。ところがシステムとして、目的ごとにサーバーを設計しなければならないことが分かる。こうしてクライアント・サーバー・モデルが形成された。

　リックライダーがTSSを重視した理由は、TSSの大型ホストコンピューターに大量の情報資産を蓄積することができ、それを共有して使えることだった。TSSを小型コンピューターのネットワークで置き換えたとき、情報資産の蓄積と共有に不安はないか。この懸念に対して、クライアント・サーバー・モデルは有効な解答になる。例えば、ファイルサーバーの外部記憶装置を拡大強化すれば、そこに蓄積される情報資産を、小型クライアントコンピューターで共有し利用できる。

#### ARPAネットはTCP/IPを標準プロトコルとして採用

　アルトシステム、すなわちイーサネットによるLANは、ARPAネットへの接続を意識して設計されている。ローカルなネットワークを幹線的なネットワークにつなげば、ネットワークは階層構造になる。ARPAネットが出来た段階ですでに、IMPによるサブネットワークと、大型コンピューター本体のネットワークという2層は認識されていた。コンピューター上のアプリケーションの層（ユーザー層）を加えれば3層である。ネットワークは階層構造になり、層状になったプロトコル（通信規約）が必要になる注1）。

　ネットワークの階層構造はモジュール化設計の表れといえる。各階層の界面（インタフェース）さえ整合性があれば、それぞれの層（モジュール）は独立して作業できる。

　ただし、水平分業におけるインタフェース、ネットワークであればプロトコル、の標準化争いは熾烈になる。途中をすべて省くと、ARPAネットでは、そしてインターネットでも、TCP/IPが事実上の標準となる。TCPは「Transmission Control Protocol」、IPは「Internet Protocol」の略である。

　1983年、国防総省は米軍関係の部分をMILNETとし、ARPAネットから分離した。同じ1983年、TCP/IPが米軍のネットワーク標準と決まり、ARPAネットもTCP/IPを全面的に採用する。同時に米軍はTCP/IPを産業界に公開し、それに準拠したネットワーク関連製品を民間から調達できるようにした。またTCP/IPを搭載するよう、コンピューター関連企業に奨励する。TCP/IP関連産業が、こうして米国では盛んになる［喜多、2005、pp.238-239］。

　また、米軍はTCP/IPをUNIXに載せるよう促す。この結果、TCP/IPに対応したUNIXが1983年3月に発表される。このUNIXが大学関係者に広まり、TCP/IPが普及していく［喜多、2005、p.256］。

　これらのTCP/IP普及活動を主導したのは米軍である。それは米国の国家的産業政策であり、標準化推進活動でもあった。

（敬称略）

**【脚注】**

**注1**　「プロトコル（protocol）」の命名者はマリル（Tom Marill）だという。異機種コンピューター間の通信実験を1965年に行った際、情報をやりとりするための手続きをマリルは「プロトコル」と名付けた。「なぜそんな用語を使うんだ。てっきり外交の話かと思った」と同僚は文句を言った［ハフナー、2000、p.62］。プロトコルは元々、外交儀礼上のしきたりという意味である。

**【参考文献】**

和文文献は、著者の姓の五十音順に配列する。欧文文献は和文文献の後に記載している。配列は著者の姓のアルファベット順である。   
  
**［喜多、2003］**喜多千草、『インターネットの思想史』、青土社、2003年.  
**［喜多、2005］**喜多千草、『起源のインターネット』、青土社、2005年.  
**［ハフナーほか、2000］**Katie Hafner and Matthew Lyon、『インターネットの起源』、アスキー、2000年.  
**［ボールドウィンほか、2004］**カーリス・Ｙ・ボールドウィン、キム・B・クラーク（安藤晴彦訳）、『デザイン・ルール』、東洋経済新報社、2004年.  
**［脇、2003］**脇英世、『インターネットを創った人たち』、青土社、2003年.  
**［Licklider，1960］**J.C.R. Licklider,“Man-Computer Symbiosis,” *IRE Trans. on Human Factors in Electronics*, vol. HFE-1, pp.4-11, March 1960.  
**［Licklider，1965］**J.C.R. Licklider, *Libraries of the Future*, The MIT Press, 1965.  
**［Thacker，1986］**Chuck Thacker, “Personal Distributed Computing: the Alto and Ethernet Hardware,” *1986 Proceedings of the ACM Conference on the History of Personal Workstations*, pp.87-100, 1986.