

イノベーション再考(その4) インターネット外史

2017年5月27日

西村 吉雄

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

3

未来の図書館



- 未来の図書館と題する本がある[Licklider, *Libraries of the Future*, The MIT Press, 1965]. 著者はリックライダー (Joseph Carl Robnett Licklider, 1915 ~ 1990) である
- 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, 『インターネットの思想史』, 青土社, 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. 著者が想定した「未来」は2000年である. 未来構想は当たったと言いきらるう

2

対話型コンピュータ

- 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である. 対話型コンピュータが巨大な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
- 21世紀の私たちはコンピュータを使うとき, なにはともあれ, まずディスプレイ画面を見る. そして指やマウスなどのポインティング・デバイスか, キーボードを用いて, コンピュータに何かさせるべく指示する. そうするとコンピュータは応答を画面に返してくる. これが人間とコンピュータの「対話」(interaction) である

4

対話型コンピュータは 最初は主流ではなかった

- コンピュータが世に登場してからしばらくの間は、対話的なコンピュータ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またはカードの形にして、オペレータに託す。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。すなわち「バッチ処理」。長いこと、コンピュータの使い方の主流だった
- ただし早い時期から、対話的に使えるコンピュータも開発されており、コンピュータの小型化(ダウンサイジング)やインターネットの形成に大きな影響を与える

5

対話型コンピュータの起源

- 第二次世界大戦末期の1944年12月、MITがフライト・シミュレータの研究を海軍から受託する。研究は戦時中には完了せず、1946年初頭にワールウィンド(Whirlwind = つむじ風)計画として再出発する [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, pp.25-27]
- この計画によるコンピュータ(ワールウィンド)は1951年4月に動作する(支援は空軍に代わる)。高速性と対話機能を重視した設計だった。プロセッサには真空管、メモリーにはCRTを用いている

6

対話型コンピュータを MITは次々に開発

- 1951年8月にMITは、軍との関係を意識し、学部とは独立したリンカーン研究所を設立する。同研究所はワールウィンドを開発した。メモリーを磁気コアに置き換えたワールウィンドは世界最速となる。これを米空軍は防空警戒管制システム(SAGE)に採用し、量産機をIBMが製造した(量産開始は1957年)
- MITリンカーン研究所はさらに、トランジスタ式コンピュータ、TX-0とTX-2を開発する。いずれも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である

7

コンピュータを対話的に使う面白さ

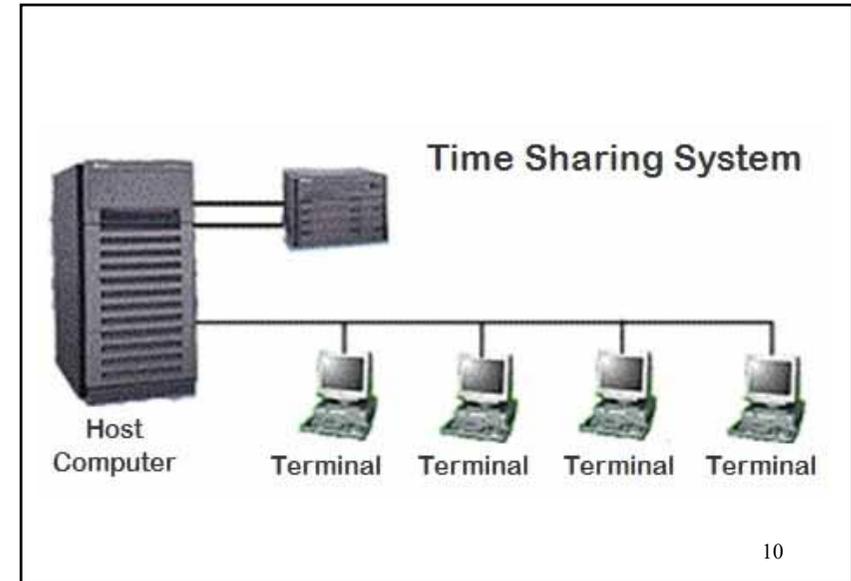
- TX-0やTX-2の使用経験を通じ、対話的にコンピュータを使う魅力を知った人たちが、MITには少なからず存在するようになる。そのなかの一人が、『未来の図書館』の著者、リックライダーだった
- リックライダーは1950年にMITの音響研究所に入所し、リンカーン研にも関与。そこでクラーク(Wesley Clark: TX-0とTX-2を設計・製作)が、コンピュータの対話的使い方を見せる。リックライダーは夢中になる [喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, p.59]

8

コンピュータを占有したくなる

- コンピュータを対話的に使う面白さを知った人たちはコンピュータを個人で占有して使いたくなる。この夢を実現しようとする道は、当時は二つに分かれる
- 一つは大型コンピュータを時分割で分け合って使う TSS (Time Sharing System) への道である。もう一つはコンピュータを安価・小型にする方向だ。リックライダーはTSSに惹かれ、クラークは小型化に身を投じる
- ただし後に二つの道は合流する。いま私たちはパソコンやスマホなどの小型コンピュータをインターネットにつなぎ、様々なリソースを共有している

9



10

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

11

ARPAの設立

- 1958年2月、米国の国防総省 (DOD = Department of Defense) 内に、高等研究プロジェクト局 (ARPA = Advanced Research Projects Agency) が設立され、事務局として情報処理技術部 (IPTO = Information Processing Techniques Office) がおかれた[喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, pp.123-129]
- 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。なおARPAは後に時期によってDARPAと呼ばれることもある

12

リックライダーがARPAで コンピュータ研究資金配分を担当

- 1962年, リックライダーがARPAに着任, IPTOの部長としてコンピュータ研究への研究資金配分を担当する. リックライダーは, ほとんど独断で配分した [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, p.65]
- ごく限られた数の研究機関に重点的に配分したため, その助成額は, 通常の研究助成額とは一桁違う規模だったという [喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, p.151]

13

リックライダーの研究助成金は 特定の軍事的目的を指定せず

- リックライダーの分配した研究助成金は, 特定の軍事的目的のためのものではなかった。彼はこう言う
- 軍の目的とするものは「私たちが新しくできてくる設備を上手に使おうとすれば自然と出てくる問題とほぼ同じ」だから, 結果として軍のための技術開発になる
- もし, はっきりと軍の必要が出てきたときには, 臨時にそれに対応することにしよう

[喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, pp.142-150]

14

1969年には国防総省による 研究支援は国防目的に限定

- 少し先回りする. 軍事目的に限定しないリックライダーの姿勢は, 1960年代前半だから可能だった
- 1960年代後半になると, ベトナム戦争は泥沼化し, 世界各地で大学紛争が激化する. なかで「軍産学連合」の批判は, 米国学生運動の焦点の一つとなる
- 1969年には, 国防総省の研究助成は国防目的の研究に限定され, 基礎研究の支援は禁止される [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, p.177]

15

リックライダーはTSSに重点配分

- リックライダーはTSSの研究機関に, ARPAの研究資金を重点配分する. リックライダーはTSSに惹かれていたからである (前述). TSSの効用として, 高価・大型なハードウェアを共有, 一人ひとり安く対話的にコンピュータを使えること, これが普通は前面に出る. しかし
- プログラムやデータをホスト・コンピュータに蓄積しておき, ユーザーで共有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という [喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, pp.142-150]

16

リックライダーはTSS同士をネットワークするという方向を示す

- リックライダーは1963年4月25日付で、ARPAから助成を受けている研究者にメモを送る。そこには、TSS同士を将来はネットワークしたいという姿勢が示されていた [喜多, 『インターネットの思想史』, 青土社, 2003, pp.142-144]
- 『未来の図書館』の著者は、手元の端末から見られる共有リソースを強化したかったのだろう
- リックライダーは1964年にARPAを去る。リックライダーの関心は後継者に引き継がれる

17

TSS同士をつなぐARPA構想は各研究機関の不興をかう

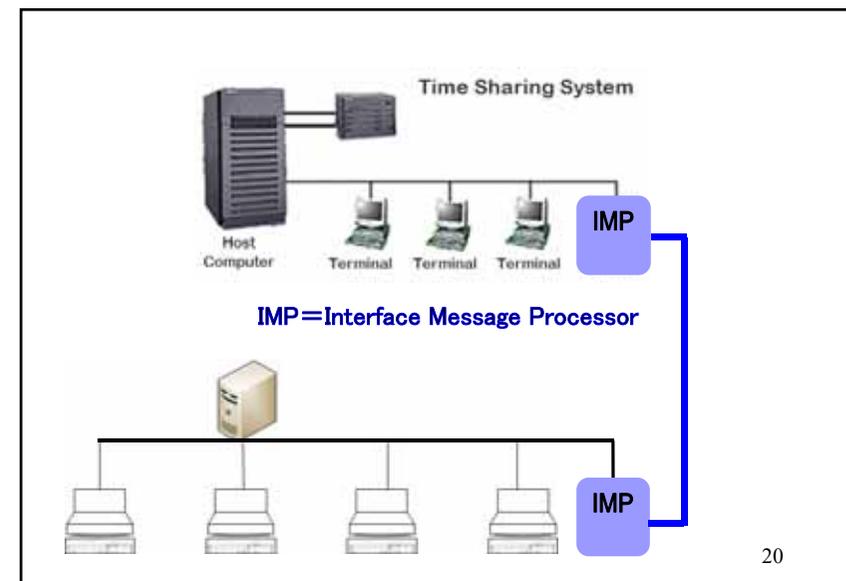
- ラリー・ロバーツ (Larry Roberts) は1966年にMITからARPAに移る。そして1967年4月、ARPAから助成を受けている研究機関の会合で、TSSをつないだネットワーク構想を発表する
- この構想は各研究機関の不興をかう。ネットワーク経由で他から利用が割り込んでくるなんて困る。接続のためにコンピュータを改造するのいや。そんな思いだったらしい [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, pp.109-110]

18

ホストには手を加えず追加した小型機同士をつなぐ

- リックライダーに対話型コンピュータの面白さを教えたクラーク (TSSには消極的: 前述) が、TSSをつなぐためのアイデアを出す。ホスト・コンピュータには手を加えず、TSS端末の一つとして小型コンピュータを追加し、この小型機同士をつないでサブネットワークをつくる。これでネットワークへの反感は薄らいたという [Hafnerほか『インターネットの起源』, (株)アスキー, 2000年, pp.65-68]
- クラークからアイデアを得たロバーツは、小型コンピュータをIMP (Interface Message Processor) と名付ける

19



20

コンピュータ同士をどう接続するか、 この問題は解決されていなかった

- 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のネット計画を発表する. しかしコンピュータ同士の接続には悩んでいた
- 実はロバーツには, MITにいた1965年に, 異機種コンピュータの接続実験を監督した経験があった. 接続はできたが, 信頼性と応答時間は散々だったという [Hafner ほか「インターネットの起源」, (株)アスキー, 2000年, pp.61-62]
- この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. これが「渡りに船」となる

21

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

22

米国のバランと英国のデービスが 1960年代にパケット交換を提案



Paul Baran



Donald W. Davies

- パケット交換による通信方式は, 米国ランド研究所のバラン (Paul Baran) と英国・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
- 「パケット」という言葉を用いたのはデービスである. その意味で「パケット交換」の名付け親はデービスだ

23

デジタル化した信号を パケットに小分けする

- パケット交換では, たとえば電話の音声信号をデジタル化し, そのビットの連なりを決まったビット数のパケット (小包) に小分けする
- パケットには宛先 (電話なら受信者の電話番号に相当) と, 分けたときの順番を付けておく. これらのパケットは, 空いている伝送路に順次, 送り出される
- 宛先 (受信端) では, 違う経路を通過して次々に到着するパケットを, 発信時と同じ順番に並べ直し, 電話なら音声信号にして再生する

24

ネットワークの一部が壊れても パケット交換は機能し続ける

- パケット交換では、パケットの受け渡し作業はコンピュータが行う。通話中であっても、電話機同士が電氣的に接続されることはない。したがって通話中に通信線を専用しない。どこかが故障しても、迂回して空いている伝送路を探せばいい。だから災害などでネットワークの一部が壊れても、全体は機能し続ける
- これに対して伝統的交換機網は、中央の交換機が破壊されると、全体が機能しなくなる。ただし通話品質は高い。通話中は電氣的に接続されるからである。

25

バランは一部が壊れても機能し続けるネットワークとして提案

- 核攻撃によって一部が破壊されても、全体としては機能するような軍用通信ネットワーク、この研究を1960年ごろ、米空軍がランド研究所に委託する[脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, p.124]
- パケット交換を用いる分散型ネットワークが、バランの回答だった。これは一部が破壊されても全体としては機能する。1965年、ランド研究所は米空軍にパケット交換ネットワークの構築を提案する。しかし実現しなかった。AT&Tが反対したという [脇, 前掲, p.130]

26

データ通信の品質改善が デービスの目的

- デービスの研究のきっかけは、TSSと電話網のミスマッチについての話を聞いたことだという[脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, p.113]。データ通信の品質改善がデービスの研究目的だった。
- 目的は違っていたが、デービスとバランは、ほとんど同じ考えに到達する。英国では、小規模ながらパケット交換ネットワークが構築される。AT&Tがバランに示した態度とは違い、ブリティッシュ・テレコムは、デービスに実験資金を提供した[脇, 前掲, p.131]

27

ARPAのロバーツはIMPの仕様に パケット交換を採り入れる

- 1967年10月のACMのシンポジウムで、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。ロバーツはこの発表で初めてデービスのパケット交換を知り、その後にバランの研究も知ることになる [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, pp.117-118]
- ロバーツはバランとデービスのパケット交換を精力的に調べてIMPの仕様に反映させ、IMPの製作会社を公募した。落札したのはBBNという小さな会社である

28

IMP作成を落札したBBNという会社

- 1969年の年初から、BBN(Bolt Beranek and Newman)はIMPの作成を始める。主に担当したのはIMP同士の通信機能だ。これはパケット交換の設計でもあった
- BBNは1948年創立の会社で、音響設計を専門としていた。所在地はMITやハーヴァード大学と同じくマサチューセッツ州ケンブリッジである
- 1957年、あのリックライダーが、MITを辞してBBNに入社する。BBNはコンピュータに傾斜していく。ただしIMP落札時にはリックライダーはBBNにはいない [Hafnerほか『インターネットの起源』、(株)アスキー、2000年、pp.77-100]

29

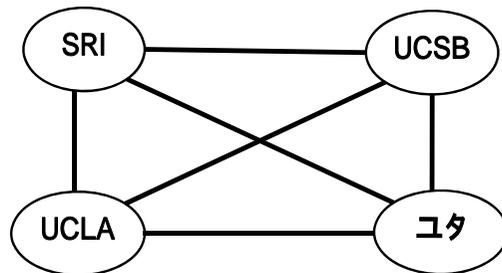
大学院生グループがネットワーク文化を育む

- IMPとホスト(結果的にホスト同士)をどう接続するかを考えたのは、BBNではなく大学院生たちだった
- ARPAは最初、四つの研究機関を選ぶ。カリフォルニア大学ロスアンゼルス校(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。この四つの研究機関の大学院生たちが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 [Hafnerほか『インターネットの起源』、(株)アスキー、2000年、pp.139-145]

30

1969年の年末にARPAネットが稼働

- BBNは1969年の年初からIMPを作り始める。基礎はHoneywell 516だった。四つの研究機関にIMPが納入され、ネットワークが完成したのは、1969年12月である
- [Hafnerほか『インターネットの起源』、(株)アスキー、2000年、pp.147-154]



31

ARPAネットは軍用ネットだったか(1)

- ARPAネットは、そして現在のインターネットも、パケット交換を採用している。そのパケット交換のルーツの一つは、核攻撃にも耐える軍用ネットワークとして、ランド研究所のバランが提案したものだ
- だからARPAネットは(そしてインターネットも)、核攻撃にも耐える軍用ネットワークとして構築されたとする説がある。これは事実ではない
- バランの提案は、AT&Tの反対によって実現しなかった [脇、『インターネットを創った人たち』、青土社、2003、p.130]

32

ARPAネットは軍用ネットだったか(2)

- ARPAはデービスの研究を先に知り、次いでバランの研究を知って、検討のうえ、ARPAネットにパケット交換を採用した。採用の理由に軍事的関心はない[脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, p.117-118]
- けれどもARPAネットの構築費用が国防予算から出ていたのは事実だ。国防総省やARPAの幹部が、ARPAネットの軍事的意味を考えなかったはずはない[脇, 同上, p.132-133]。パケット通信の国防上の価値も認識していたらう

33

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

34

ハードウェアの進歩による コンピュータの大型化と小型化

- ここで時代を遡り、コンピュータの占有使用のためのもう一つの道、小型化・低価格化の軌跡をたどろう
- 1950年代後半から半導体の進歩が加速する。磁気メモリーも発展する。これらのハードウェアの進歩を、コンピュータは二つの方向に活かした
- 一つは汎用コンピュータを大型化・高性能化する方向である。もう一つが小型化・低価格化の方向だった。前者はバッチ処理が主体で、後者は対話型に向かう

35

小型化の流れは、まずミニコンを生む

- 大型で高速だがバッチ処理のIBMの汎用機より、小さくて遅いけれど対話型のTX-0を使いたくて、MITの学生たちは行列をつくる。これを見てケン・オールセン(Kenneth Harry Olsen)は、対話型の小型マシンの市場を確信、DEC (Digital Equipment Corporation) を1957年に設立する
- DECはミニコンピュータ(ミニコン)というジャンルを確立する。ミニコンは専門家が対話的に使うことを前提にしていた。また他の機器の制御にプログラム内蔵方式を導入する道(組み込み型の応用)を開く

36

各種の小型コンピュータ

- 小型化の流れは、ミニコンに加え、オフィス・コンピュータやワークステーションなど、様々な種類のコンピュータを生み出す
- オフィス・コンピュータ (オフコン) は日本独特の製品群である。会計処理のための小型コンピュータで、主に中小企業が導入した
- ワークステーションは種類が多く、厳密な定義は難しい。特定用途向けの製品も少なくない。サイズ・規模としては、ミニコンより小さく、パソコンよりは大きい、といったあたりが一般的か

37

UNIX/ワークステーション文化圏

- ワークステーションはOSとしてUNIXを用いることが多かった。UNIXを開発したベル研究所(AT&T)は当時、独占禁止法の関係で情報処理分野への事業展開を禁止されていた。AT&Tは、コピー代だけでUNIXのソースコードを配付する。このためUNIXは大学に普及する
- 結果的にUNIX/ワークステーションは、後のパソコンと違って、研究者指向のコンピュータ文化圏を形成する。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

38

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

39

TSSをLANで代替

- ARPAネットはTSSをつなぐネットとして出発する。しかし1970年代ともなると、小型コンピュータ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
- 小型コンピュータを複数導入し、それぞれをつないでネットワーク (LAN = Local Area Network) を形成する。このLANでTSSを置き換える。これはTSSの発展的解消とも言える [喜多, 『起源のインターネット』, 青土社, 2005, pp.14-15]
- このLANをARPAネットにつなげば、ネット間 (internet) 接続だ。「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

40

エーテルのようなイーサネット

- 小型コンピュータのLAN,これが「アルト・システム」だった。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) である。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
- アルトのネット規格がイーサネット (ethernet) である。真空中を満たすエーテル (ether: 19世紀までは電磁波を伝える媒体と考えられていた) のように研究所内に同軸ケーブルを張り, どこでもネットにつなげるようにする。ここからイーサネットの名称が生まれた

41

ベスト・エフォート

できるだけことはするが保証はしない

- 同じ伝送路を複数のパケットが同時に使おうとすると衝突が起こる。そういうときは, 「しばらく」してから送り直す。この「しばらく」を決めるのに乱数を用いる。同時に再送したら, また衝突してしまうからだ
- イーサネットを主導したメトカーフ (Robert Metcalfe) は「パケットの衝突を回避して通信効率を上げる」という課題に対して, ベスト・エフォートという言葉を用い, 「通信の失敗を前提に最大限の効率を引き出す」考えを提唱 [喜多, 『起源のインターネット』, 青土社, 2005, pp.176-185]

42

クライアント・サーバー・モデルの形成

- リックライダーがTSSを重視した理由は, ホスト・コンピュータに情報資産を蓄積でき, それを共有して使えることだった。「未来の図書館」には不可欠の機能だ
- TSSを小型コンピュータ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。この懸念への回答がクライアント・サーバー・モデルである
- たとえばファイル・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・コンピュータで共有し利用できる

43

ARPAネットはTCP/IPを標準プロトコルとして採用

- イーサネットによるLAN (アルト・システム) は, ARPA ネットへの接続を意識して設計された。ローカル・ネットを幹線的ネットにつなげば, ネットは階層構造になり, 層状になったプロトコル (通信規約) が必要になる
- TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) とOSI (Open System Interconnection) の間のプロトコル標準争いは熾烈になった。結果的に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

44

国家的な産業政策としてのTCP/IP

- 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, 関連製品を民間から調達する. またTCP/IPを搭載するよう, コンピュータ関連企業に奨励する
- 米軍はTCP/IPをUNIXに載せるよう促す. TCP/IPに対応したUNIXが1983年3月に発表され, TCP/IPが大学関係者に普及していく
- これらは米国の国家的な産業政策とみることができる

[喜多, 『起源のインターネット』, 青土社, 2005, pp.238-256]

45

主な話題

- 未来の図書館と対話型コンピュータ
- ARPAはTSSネットワークを目指す
- パケット交換
- コンピュータを小型・安価に
- TSSからLANへ
- ARPAネットからインターネットへ

46

ARPAネットの拡大と普及

- また少し時代を戻る. 1970年の早春, BBNがARPAネットの5番目のノードとなる. BBNはARPAネットを保守し診断した. 電話回線の障害さえ遠隔地から検知し, 電話会社の修理担当者を驚かせたという [Hafnerほか 『インターネットの起源』, (株)アスキー, 2000年, pp.158-159]
- 1970年のうちに, ARPAネットはMITを筆頭に東海岸につながっていく. 1972年の夏にはノードは21に増える
- その1972年には, 第1回のInternational Conference on Computer Communication (ICCC) でARPAネットのデモンストレーションが行われた

47

1979年, ユーズネットが始まる

- ARPAネットは急速に普及する. しかしARPAネットへの接続は, ARPAと縁のあるところに限られる. その結果, 自分たちでネットワークをつくってしまおうという気運が生じる. たとえば1979年, 米デューク大学の大学院生たちがユーズネット (USENET) を構築する
- ユーズネットはダイヤルアップ・システムと, UNIXに付加されたUUCP (UNIX to UNIX Copy) を利用. このUUCPによって電子メールやファイル転送などが可能になる. 一時は1万台以上のホスト・コンピュータが参加していたという

48

ユーズネットとARPAネットの交流

- やがてユーズネットにカリフォルニア大学系の人々が参加する。カリフォルニア大学はARPAネットにも加わっていた。だからユーズネットとARPAネットの接点ができる。1983年にはUNIXにもTCP/IPが搭載される
- ユーズネットとARPAネットの出会いは、インターネットにUNIX文化をもたらす。ARPAネットとユーズネットで情報交換をおこなった若手研究者の間には、ネットワーク上の様々な習慣が育つ。これが今日のインターネットを支えるオープンで共有主義的な文化をつくったという [喜多, 『起源のインターネット』, 青土社, 2005, p.259]

49

1981年, NSFがCSネットを支援

- 1981年にはCSネット (Computer Science Network) が運用を始める。ARPAネットに接続できない研究機関に、ネットワーク環境を提供することが目的である。最初の3年間はNSF (National Science Foundation = 全米科学財団) が資金的にサポートした
- 軍の豊富な予算のもとで発展したARPAネットに対し、ユーズネット CSネットの系列は、ボランティア的でオープンなUNIXコミュニティのなかでネットワークを形成した。この系列こそ実際のインターネット発展史だという主張がある [村井, 『インターネット「宣言」』, 講談社, 1995, p.101]

50

NSFネットの誕生とARPAネットの終焉

- NSFは1986年にCSネットを再構成して他のネットワークも接続できるようにする。これがNSFネットである
- 1987年になると、インターネットのバックボーンをNSFが受け持つことになり、1990年2月、ARPAネットは運用を停止する
- NSFは米国政府の科学研究支援機関である。ARPAと違い、軍との直接の関係はない。軍が支援して構築されたARPAネットのうち、軍に直接関係する部分は軍の管理に移され、公共的な部分はNSFネットが引き継ぐ形となった

51

商用利用へ

- 1992年には「教育・研究活動の増進」という条件付きながら、NSFネットの商用利用が解禁される [脇, 『インターネットを創った人たち』, 青土社, 2003, pp.274-285]
- 一方、商用ネットワークはNSFネットには接続できないまま、独自のサービスを始める。NSFネットというバックボーンを経由しなくても、ネットワーク間通信が可能になっていく [喜多, 『起源のインターネット』, 青土社, 2005, p.265]
- 1995年には、NSFネットはバックボーン機能を停止する。バックボーンがなくてもインターネット活動が可能になったということだろう

52

WWW, 検索, ブロードバンド

- 1990年代に入ると, WWW (World Wide Web) やブラウザが次々に開発され, インターネットを閲覧することが容易になる. 検索エンジンも私たちのインターネットへの接し方を変えた. おかげでインターネットは, 一般人が仕事や楽しみのために使えるものになった
- 1990年代には, 多くの個人ユーザーは電話回線をダイヤルアップ方式でパソコンをインターネットに接続していた. それから10年も経たないうちに, ブロードバンド回線に常時接続したまま利用するという現在の環境になる

53

パソコンの登場と発展

- 少し時代を遡る. 1970年代初頭にマイクロプロセッサが登場する. もともとは電卓向けの半導体チップであって, コンピュータ向けではない. ところがマイクロプロセッサに衝撃を受けた若者たちが, 自分たちでコンピュータをつくってしまう. これがパソコンの源流である
- 1980年代までのインターネットはコンピュータ研究者のものだった. ところが同じ1980年代にパソコンが大いに発展する. パソコン・ユーザーの主体はコンピュータ研究者ではない. けれどもパソコン・ユーザーもネットワークにつながり始める

54

パソコン通信からインターネットへ

- 1980年代後半から1990年代前半には「パソコン通信」という名称のネットワーク活動が盛んになる. 電子メールと電子掲示板 (BBS = Bulletin Board Service) が主なサービスである. パソコン通信はホスト・コンピュータに, ダイヤルアップでパソコンをつないでいた
- パソコン通信は営利企業が運営した. そのうちの大手は後にインターネット接続サービス提供者 (Internet Service Provider) となる. パソコン通信内の閉じた接続が, インターネットのオープンな接続に変わっていく過程で, 個人がインターネットを利用するようになる

55

パソコンやスマホが インターネット接続の主役へ

- 1990年代後半になると, インターネットに接続するコンピュータとして, パソコンが最大となる. さらに2000年代後半以後は, 携帯電話から発展したスマホ (スマートフォン) が大挙してインターネットに接続する
- 対話型の小型コンピュータが巨大なネットワークにつながっている状態, すなわち「未来の図書館」が実現したと言えよう

56