

〔上野 真〕

結論

通信のフル IP 化は、「通信網自体が情報処理システムとなる」ことを意味する。

課題

メタコンピュータと化した通信網の運営事業に関し、インフラ構築事業者に関しては設備乗合や共同出資など産業育成面からの法整備が必要。利用者に関してはアクセス権売買の雛型づくり、法的保護のあり方考察、不正利用に対する罰則規定の考察などが必要となりましょう。

陥りやすい間違い

通信網の IP 化を単に電話のバックボーンが TCP/IP になると考え、技術的な課題や、既存通信事業者を念頭に置いた事業構造の転換のみを考察するのは間違い。フル IP 化により、通信網そのものがメタコンピュータとなり、通信事業者はコンピュータパワーおよびコンテンツ・アプリケーション提供・仲介事業者となります。また、通信事業者が競争に負け、メタコンピュータの運用者が、ソニーやマイクロソフト、IBM となる可能性が高いと考えます。

コンピュータの通信網との融合によるメタコンピュータ化は、添付資料「DIR レポート特集抜粋」を参照のこと。

(添付資料)

.特集 ~ 輪郭が見え始めた未来コンピューティング環境

ユビキタス・コンピューティングという言葉が流行している。これは 1980 年代に提唱された「ネットワークで接続された情報家電・コンピュータ環境」を意味する。本稿では次の 20 年を睨み、現在の技術の果てに到来するコンピュータ環境を予測・披露する。

「ユビキタス」 ~ 最新流行の古い概念

ユビキタス、パロアルトで生まれる

ユビキタス・コンピューティングという言葉は、コンピュータ技術の神託所「ゼロックス・パロアルト研究所」が発祥の地と言われる。パロアルトは過去、マウスや GUI、ウィンドウ等の現在 PC を支える技術を次々と生み出した伝説の研究所。この研究所で 1980 年代に「ユビキタス・コンピューティング・プロジェクト」の名の元に世界中どこからでも、どこのコンピュータにでもアクセスを可能にする技術の基礎研究が行われていた。

日本では国産初のPCが発売

1980年といえば我が国では、初の国産パソコン NEC PC-8001 が発売された翌年である。当時、インターネットはおろか LAN(ローカルエリアネットワーク)ですら未来技術で、コンピュータ同士が通信を行う世界は夢の世界であった。

ユビキタス・コンピューティングを提唱していたマーク・ワイザー (Mark Weiser) 氏はすでに故人となっている。しかし氏の提唱した、全てのコンピュータがネットワークで繋がれ、データを交換することで実現する便利な社会は、インターネットや i モードという形で到来を見た。コンピュータ業界では時間が7倍の速度で進む「ドックイヤー」という言葉がある。ワイザー氏は通常世界で言うならば 140 年後を的確に見とおしただけでなく、その世界を実現するための技術・概念を築いた偉大なる預言者と言えよう。

投資の世界では「陳腐なユビキタス」

街の本屋では、最近になってユビキタスという言葉が目立つようになった。ワイザー氏の御神託がやっと民衆レベルまで降りてきたわけである。しかし、コンピュータ技術の世界ではユビキタスは時代遅れのアイデアで、先端技術ではなく陳腐な大衆向け商品キャッチフレーズになった。世界中のコンピュータにアクセスできるネットワークも、持ち歩ける無線端末もコモディティ化しており、ケータイからのレストラン予約や家庭でのネットショッピングと決済も、目新しくはない。

ユビキタス・コンピューティングは、投資家の興味を引かない。「全てがネットワークに繋がり便利になる」とか「ネット経済を制するものが世界を制する」、「ネット財閥が形成される」と言ったセリフは、既に投資家の過去の記憶になっている。

では、これからの 20 年、コンピュータ技術は何処に向かうのだろうか。DIR ではその一端ではあるが、コンピュータ世界は 2 つのパラダイムシフトによる新しい時代を迎えると予想する。その 2 つのパラダイムシフトは、

- コンピュータの概念が機器単体を指すものから集合体を指すものへ転換する**
- コンピュータを買わずコンピュータパワーを買う時代が来る**

というものである。そして到来する時代は「テラコンピューティング」時代と呼ばれよう。現在のユビキタス時代が 1980 年代には無かった業態や投資先を生んだように、2020 年のテラコンピューティング時代では、現在からみれば荒唐無稽なサービスや投資先が生まれるだろう。

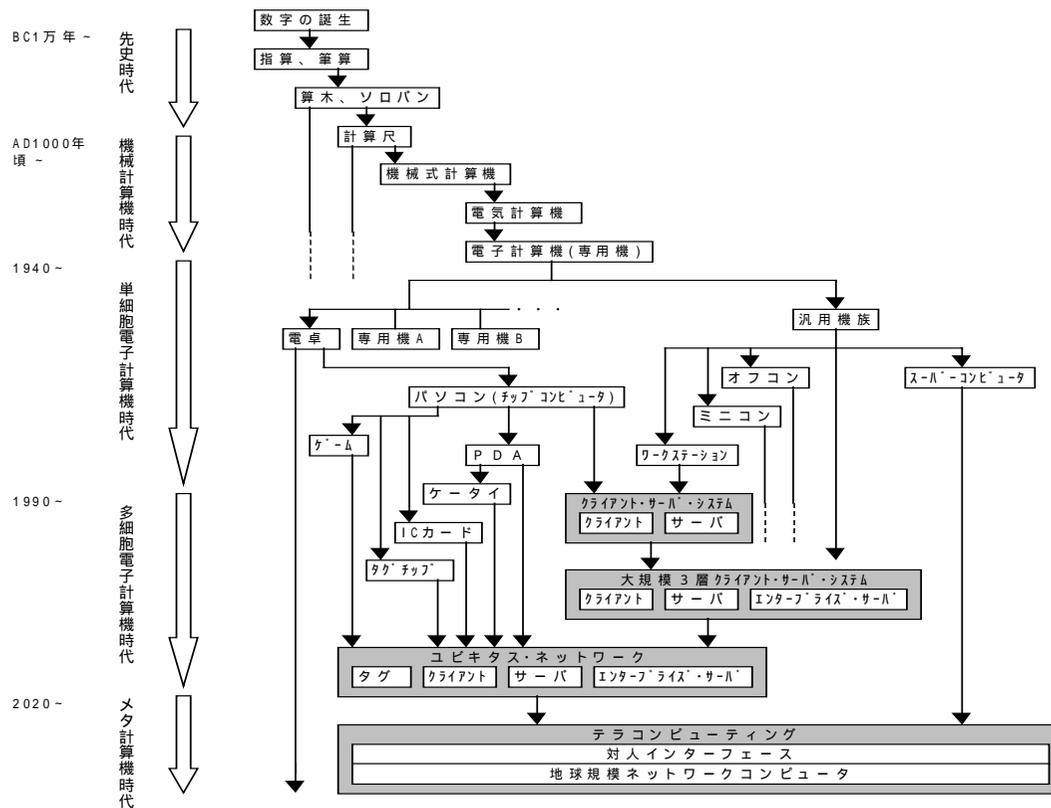
計算機の系統進化 ~ 将来を知るためのおさらい ~

コンピュータは生物的に進化をたどる

コンピュータの歴史は生物と同様の系統的進化を辿ってきた。系統進化とは生物学用語で「ある生物種が進化の過程で経てきた継続的な形質変化」をいい、ある新種は必ず先祖を持ち、子孫は先祖の形質を引き継いでいることを意味する。

図表 20 は計算機の進化を図示したものである。最新のコンピュータもその基本原理は有史来ある算木やソロバンにおける 0 と 1 のビット・シフト演算に、自動計算の機構はパスカルの機械式計算機にまで遡る。その後、理論面の強化と技術の洗練が進んだものの、現在のコンピュータは正しく計算機の進化を辿っている。

図表 20. 計算機の進化系統樹



コンピュータ進化史における注目される変化点は、パスカル・バベジによる機械計算機の発展、電子素子の計算機への

応用、写真製版技術によるワンチップコンピュータ製法の発明、である。これらはコンピュータの機能を飛躍的に高めた。もちろん、フォンノイマンやブル、チューリング、シャノンの理論面での貢献も見逃せないが、コンピュータの生物的進化においては、工学的進歩の貢献が大きい。

近年、個々のコンピュータが密接続に転換

近年コンピュータの進化史において、それまでに無い大きな転換があった。それはネットワークによる多コンピュータの結合である。それまでのコンピュータは個々が独立して活動していた。連携する場合でも、磁気媒体や人間を通して間接的にデータを交換していた。これが、ネットワークにより、個々のコンピュータがリアルタイムで情報を交換できる密接続に転換した。

単細胞生物から多細胞生物の発生に匹敵する大事件

ネットワークの誕生は生物の進化史における多細胞生物の誕生に相当する大事件である。生物史では単細胞生物が機能強化のため巨大化する一方で、同等の機能を実現するために多数の細胞が集合し機能分担をする多細胞生物が誕生した。コンピュータでもメインフレームが機能強化のため巨大化した一方、対抗馬として分散系システムが誕生・進化している。

生物を例に取ろう。単細胞生物は機能をたった一つの細胞に盛り込む。たとえばミジンコは単細胞ながら体長が1ミリ弱に達し、肉眼で見ることが出来るほど大きい。しかし大型の単細胞微生物はそれ以上に大きくなることはない。細胞単体は循環器が無いいため体格の限界は拡散作用による物質交換が可能な距離で決まる。また細胞の入れ替わりや脱皮が出来ないため、継続的な成長も出来ない。小さな単独の細胞では盛り込める機能に限界もある。

生物界では規模と機能の限界を多細胞生物への進化で拡大した。動植物は多細胞化により単細胞ではコンマミリが上限であったサイズを、体長で100万倍、重量では100京倍まで拡大することに成功し、強靱な皮膚や鋭い歯、学習能力をもつ脳など専門的な機能を発達させてきた。

コンピュータ進化の現状

コンピュータも進化の大転換期にある

いま、コンピュータも従来の単細胞生物から多細胞生物へと進化しつつある。クライアントサーバシステムは多細胞型コンピュータシステムの原始的な姿であった。機能的には個々のPCと全体のデータ交換の面倒をみるサーバがあるだけで、生物にたとえるならば珪藻や線虫程度の単純な生き物である。機能の分化も進んでいない。しかし、最近現れた3層クライアントサーバでは、データのみを蓄え操作する機能、アプリケーションの処理を行う機能、ユーザーに対してプレゼンテーションを行う機能が分化している(分化させたほうが便利という設計概念をもつ)。

コンピュータの多細胞化を進めるソフトも登場

数千、数万台のコンピュータを協調して動作させるための、ソフトウェア製品が誕生している。IBMでは既に「グリッドコンピュータ環境」構築ソフトの商品一步手前の製品を発表している。これを利用すれば、オフィスに分散したコンピュータをあたかも一台のコンピュータのように利用できる。また民間でもインターネットで接続された個人が

個々に協調作業用ソフトをダウンロードして、宇宙からの電波解析やたんぱく質の構造解析を共同で行うプロジェクトが進行している。

このような全体が一体のコンピュータとして活動するコンピューティング環境を、従来の分散環境と区別して協調分散環境と呼ぶ。この環境では仕事をしているのは目の前のコンピュータ単体ではなく、背景のネットワークに接続されたコンピュータ群である。現在のネットワークに接続されたコンピュータが、他のコンピュータとデータの交換しにくいことに比べて、協調分散コンピューティング環境ではプログラムや、処理能力やインターフェースも共有する。ソニーの研究によるとプログラムは単体コンピュータのメモリ上で動作するのではなく、計算機群の一部で形成された可変流動的な「計算場」で稼動するようになるという。

未来広告「高速 10 T f l o p s が月 1,980 円！」

2020年のコンピュータ
ユーザ

「へええ、やすくなったなあ」とM氏は声をあげた。M氏は金融関係の会社に勤める40代の管理職。最近扱うデータが増えたため、コンピュータをグレードアップしたくなった。それで、自宅のコンピュータに(音声かつあいまいな概念で)探させてプリントさせておいた紙(何度でも再利用可能な電子)に目を通していた時のことだ。声につられて、別室にいる娘が(回線に)割り込んできた。

「お父さん、コンピュータ強化するの?」。娘は紙媒体では無くダウンロード履歴にあったデータを網膜投射ディスプレイで見ているようだ。「ああ、最近は推奨ポータフォリオの作成も総当り順列組合せシミュレーションが当り前になってね、昔の気象予測くらいのパワーがいるんだ」とわたし。と娘が何かに気が付いたようだ「ふうん、あれこの写真はなあに、ディスプレイにスロットのついた箱が写ってるよう」。

みると2010年代を最後に見かけなくなったPCの写真がまぎれていた。娘に、若い頃は自分の手元にコンピュータ自体があった話をしてやる。「へええ、それって発電機や通信機を自宅に備えてる、おじいちゃんのとことイッショだね」。なるほど、私の父は証券業界でコンピュータ関連調査の仕事をしていたが、余りに目まぐるしい進歩に発狂寸前となり、今では長野の嫌電脳コミュニティで隠遁生活を送っている。世界中(衛星軌道まで)が電網脳に頭まで浸かった現代では、意図的にコンピュータを遠ざけなければならない。

コンピュータを保有し
ない時代に

2020年のこの世界ではコンピュータを目にする人はいない。いや、目の前にコンピュータの一端は見る事ができる。しかし、水道の蛇口が水道網でなく、コンセントが電力網でないように、2020年の人々が目にしているのはディスプレイやスピーカーや携帯端末やメガネや腕時計などの、コンピュータのほんの一角でしかない。コンピュータ本体は各々の端末の他に、家の壁や電柱の上、接続局のラック、各地の処理事業者や各種サービス事業者、中央の政府が保有している。

この時代、ユーザーはコンピュータネットワークへのアクセス権を買う。アクセス権を販売している会社は、水道会社や電力会社にちなんで「算力会社」と呼ばれている。多くの算力会社は、元は通信事業者やISP事業者、ネット関連サービス会社だった。少数だが、業態転換に成功した旧コンピュータ・ハード・メーカーもある。

この時代、ハードはすっかり売れなくなっていた。旧型の携帯電話しか持っていなくとも、世界中のコンピュータの処理能力を利用することができるからだ。携帯電話は単なる音声端末として利用するが、携帯に話し掛けると電柱上のパワフルなCPUが音声・意味解析を行い、さらにデータセンタのデータベースマシンがユーザーのニーズを処理し、レストランの予約も道案内も天気予報もしてくれる。自宅でも10年前に買った42インチのQUXGAのディスプレイがまだ現役だ。

「うーん、これにするか」。結局、M氏はコンピュータの提案のうちから、娘が入っている算力会社との契約を選んだ。家族割引が充実しているし、娘とネット使用時間帯が重ならないため、オフピーク割引が使えるからだ。コンピュータに契約を指示すると、特に問題なく処理された事と、まもなく夕食の時間であること、そして使用済みの電子ペーパーをカートリッジに戻すよう警告がディスプレイに表示された。

手にとった電子ペーパーの一枚に不恰好なコンピュータの写真が写っていた。よく見るとその広告写真にはこう添えられていた。「2010年代に作られた最後のPC、100台限定復刻生産、休日の趣味に最適」。興味を引かれたがとても手の出る値段ではなかった。

テラコンピューティング時代の到来

20年後にはテラコンピュータと呼ばれる、一体のメタコンピュータを利用することとなろう。テラには10億(テラ)台、テラビット通信、地球規模と言う意味が込められている。

協調分散コンピューティング環境を運営する企業は、現在の通信事業者同様に世界規模のネットワークコンピュータ群を保有することになる。ユーザーはコンピュータを保有することなく、世界中のインターフェースから情報処理を行うことが可能になる。出張先のホテルでも移動中の飛行機の中でもオフィスと変わらないコンピューティング環境と、自前のデータやプログラムを保有することができる。

この時代のユーザーから見たコンピュータは、空気のようにどこにでもあり、どこからアクセスしても同じ一台のコンピュータとなる。また、他人も同じインフラを利用することになる。概念上は世界で一台の「テラコンピュータ」を共有することになる。ただし、テラコンピュータは全体で一台とはいえ、数十億のコンピュータを細胞として構成されている。協調分散OSの機能として、一部のコンピュータが破損・停止してもデータは保全され、プログラムの処理も中断されないため、テラコンピュータは常に新陳代謝を続けながら、成長進化して行くだろう。

2020年には地球規模コンピュータを利用

世界で一台のコンピュータ

テラコンピュータは電気羊の夢を見るか

プログラムは移動する

協調分散型のコンピュータの中ではプログラムが移動・変形しながら情報処理を行う。個々のプログラムはOSからの指示の元で、空いている計算機群のメモリとCPUを利用するため、例えば東京午前9時の繁忙時間帯の情報処理を、深夜で閑散時間帯のヨーロッパに割り当てることが可能になる。

プログラムは増殖する

このようなコンピュータは一種の生態系を形成する。プログラムから見るとコンピュータは情報処理パワーの海のようなもので、プログラムはパワーの隙間を探して活動する生物である。プログラムがOSの管理下にあるうちは必要に応じて、停止、削除が行われる。しかし、OSの管理を受けないウイルスソフトや、バグ等で管理下から外れてしまったプログラムは、孤立して活動を続けるだろう。中でも自己増殖機能を有するプログラムが繁栄するだろう。

プログラムは進化する

リセット出来ないコンピュータパワーの海でプログラムコードは自力で進化するかもしれない。コンピュータ管理者はウイルスなどのプログラムを、無駄にコンピュータパワーを食う邪魔者として処理しようとするだろう。ネットワーク上を移動するウイルス・プログラムの処理には、同様にネットワーク上を自立的に警邏するエージェントソフトが利用される。コンピュータパワーの海に捕食者が放たれることで、生存競争が始まり、逃げ足の速いプログラムや、捕食者の接近を察知するプログラム、強力な対抗手段をもつプログラムが生き残るだろう。食うか食われるかの環境でプログラム・コードは生物の如く適者生存による進化を始める。テラコンピュータは文字通り、コンピュータによる第二の地球を実現するかもしれない。

人類の新天地になるかもしれない

テラコンピュータ内の、情報化世界は現実以上にダイナミックに変化し、最新の情報やビジネスで満ちた魅力的な世界となる。ビジネス、生活の場として現実世界より重要性が増すことにより、新天地として人々の移住にもなろう。あと、ほんの少し未来の話である。

項目名	主な意見
	<p>結論 通信のフル IP 化は、「通信網自体が情報処理システムとなる」ことを意味する。</p> <p>課題 メタコンピュータと化した通信網の運営事業に関し、インフラ構築事業者に関しては設備乗合や共同出資など産業育成面からの法整備が必要。利用者に関してはアクセス権売買の雛型づくり、法的保護のあり方考察、不正利用に対する罰則規定の考察などが必要となりましょう。</p> <p>陥りやすい間違い 通信網の IP 化を単に電話のバックボーンが TCP/IP になると考え、技術的な課題や、既存通信事業者を念頭に置いた事業構造の転換のみを考察するのは間違い。フル IP 化により、通信網そのものがメタコンピュータとなり、通信事業者はコンピュータパワーおよびコンテンツ・アプリケーション提供・仲介事業者となります。また、通信事業者が競争に負け、メタコンピュータの運用者が、ソニーやマイクロソフト、IBM となる可能性が高いと考えます。</p> <p>コンピュータの通信網との融合によるメタコンピュータ化は、添付資料「DIR レポート特集抜粋」を参照のこと。</p>

2 IP化の進展がネットワーク形態に与える影響

項目名	主な意見
IP化の進展は、ネットワーク形態に影響を与えられ るが、PSTNとIP網の並存が 相当期間継続するものと思 えるか、それともIP網への 移行が加速的に進展する 可能性があるか。	

項目名	主な意見
<p>また、物理的なネットワーク構造（バックボーン系、アクセス系）は、例えば、P2P（Peer to Peer）通信等の新たな通信形態の登場に伴って影響を受けると考えられるか（例えば、ネットワークの統合化の進展の可能性、地域アクセス網のボトルネック性に与える影響、片方向（下り）から双方向（上り・下り）へのブロードバンド化の進展等）</p>	

項目名	主な意見
その他、IP化の進展がネットワーク形態に与える影響として、どのような事項が考えられるか。	

3 IP化の進展が電気通信市場構造に与える影響

項目名	主な意見
<p>IP化が進展し、音声、データ、映像を統合した多様なサービス提供を可能とし、またP2P通信の登場など新たな通信形態が登場することにより、電気通信市場構造にどのような影響があると考えられるか（例えば、通信市場への参入の容易化がプレイヤー間競争に与える影響、レイヤー縦断型のビジネスモデルに与える影響、固定・移動サービスを統合した新たなビジネスモデルの登場の可能性、通信サービスの単位当たり収入の減少が電気通信事業者の収益構造に与える影響等）。</p>	

項目名	主な意見
その他、IP化の進展が電気通信市場構造に与える影響として、どのような事項が考えられるか。	

4 IP化の進展が競争環境整備の在り方に与える影響

項目名	主な意見
電気通信事業分野における競争促進策として、引き続き、設備競争とサービス競争を同時に促進していくという方針で対処していくことでよいか。	

項目名	主な意見
I P 化の進展に伴い新規性のある技術が多数登場し、多様なサービス提供が実現していくことが期待される中、競争政策として、競争中立性・技術中立性を確保する観点からどのような点に留意していくことが必要と考えられるか。	

項目名	主な意見
<p>現行の競争の枠組みについて、IP化の進展により見直しが必要となる事項としてどのような事項が考えられるか（例えば、支配的事業者の指定に係る市場の画定の在り方、料金規制・接続ルールに与える影響、技術基準の在り方、消費者保護の観点から留意すべき事項等）。</p>	

項目名	主な意見
その他、IP化の進展が競争環境整備の在り方に与える影響として、どのような事項が考えられるか。	

5 その他検討すべき事項

項目名	主な意見
その他、IP化（又はブロードバンド化）の進展に伴って検討が必要となる事項として、どのような事項が挙げられるか。	