

# コンピュータの最新技術動向

技術士（情報工学）

丑田俊二

E-mail ushida@jp.ibm.com

## 1. はじめに

2003年4月より高等学校普通科で新教科「情報」が開始され、教科書・副読本を始め、さまざまな教材も出揃ってきました。ほとんどの教科書は、情報は初めてという生徒に対し、理解しやすく楽しく編集されています。しかし、情報に特に深い興味を持った高校生にとっては、コンピュータリテラシだけでなく、教科書に載っていない新しい技術に触れることも知的好奇心を刺激するでしょう。本稿では情報科の先生方に、授業の合間にぜひ生徒のみなさんへお話いただきたい最新の技術トピックをまとめました。

第二次世界大戦終了直後の1946年、電子式のENIAC<sup>\*1</sup>がペンシルバニア大学（アメリカ）のムーア工学研究室で完成し、これが世界初の商用コンピュータとなりました。これ以降、研究者や開発者は常に高速化の夢を描いてきました。57年経過した現在でも、ムーアの法則<sup>\*2</sup>に象徴されるように、時代の流れと共に、コンピュータシステムは高速化・高性能化・集積化の道を猛烈な勢いで走ってきました。

一口にコンピュータの高性能化と言っても、「回路をより集積させ高速演算を可能にする」ことだけでなく、「利用者を拡大し、誰でもいつでもどこでも簡単にコンピュータを使えるようにする」アプローチが進められています。本稿ではこの2方向の観点からコンピュータの最新技術動向を説明していきます。

\*1) ENIAC - Electrical Numerical Integrator And Calculator：大きさ160平方m、重さ30トン、真空管で稼動し、主に大砲の弾道計算などに活用。

\*2) ムーアの法則：ゴードン・ムーアが唱えた、半導体の性能と集積は18ヶ月毎に2倍になるという説。

## 2. ユビキタスコンピュータ

「誰でも簡単にコンピュータを使える方法」の代表が「ユビキタス (Ubiquitous) コンピュータ」です。これは別名「パーベイシブコンピューティング」と呼ばれることもあります。ユビキタスは「いつでも、どこでも」「あまねく普及する」という意味のラテン語が語源です。利用者がいつでも、どこでも、意識せずともコンピュータにアクセスできるような情報環境を目指しています。

さらに具体的には、産業用や家庭内にあるあらゆる機器を、世界中のネットワークに接続する技術システムを意味しています。この技術を応用すると、携帯電話機や家電製品、時計や衣服まで、すべての機器が固有のIPアドレス（ネットワークアドレス）を持ち、世界中の巨大なネットワークの端末装置として機能するようになります。

応用範囲は限りがありません。すでにカーナビを搭載した自動車は、走るネットワーク機器になっています。いずれは販売した自動車の部品一つ一つにIPアドレスが付けられ、部品が正常に稼動しているかどうかまで、自動車会社のコンピュータでモニターされていくでしょう。部品の劣化を感知すれば、ドライバーに部品を交換するように音声などで知らせ、万一事故が発生した場合は、最も近いサービスステーションから、事故現場へ救出に向かうこともできるようになるでしょう。



カーナビゲーションシステム

写真提供：本田技研工業

心臓ペースメーカーなどの医療機器に応用すれば、管理病院で健康データを常時モニターする高度な医療が実現できます。徘徊（はいかい）老人の身分証明書にGPS（地球位置探索システム）を組み込むことも可能です。

ユビキタスコンピュータに要求されるシステム要件は「軽くて障害に強いリアルタイムOS、そして小型・高性能のバッテリーを設計・搭載する技術」です。すでにアメリカでは、家電産業が空洞化しており、このようなきめの細かいサービスでは、高度な家電技術と自動車技術を合わせ持つ日本が最も有利な位置にいます。

経済産業省・情報処理技術者試験では旧マイコン応用システムエンジニア、現在「テクニカルエンジニア（エンベデッドシステム）」の分野が、この技術に相当します。

### 3. アクセシビリティ（バリアフリー）

コンピュータの利用技術が進み、体の不自由な方たちも、コンピュータの恩恵を受けられるようになってきました。今後は「障害者の仕事を軽減することではなく、ハンディを埋めて健常者と同じ土俵で戦えるようにすること」が求められます。テクノロジーと製品開発に「アクセシビリティ（バリアフリー）」すなわち「障害支援技術」を組み合わせることで、障害者の「機会均等」の実現を目指しています。アメリカでは政府主導で次のような措置が取られています。リハビリティ508法案では、連邦政府に納入する電子製品はすべて「障害支援技術」を導入し、「電子情報技術は、障害を持った人にもアクセスしやすくなければならない」と規定されています。

視覚障害者への最初の支援技術は点字で、日本には1880年頃、東京盲啞学校を通して紹介されました。現在では自動点訳システムの開発により点字化も簡単になりました。『社会福祉法人日本盲人社会福祉施設協議会 情報サービス部会』が運営する「ないぶネット」には、約2万点を超える点字図書が蓄積されています。ボランティアの協力で『ランダムハウス英和辞典（345,000語）』（小学館発行）点字版が完成しました。この辞典を印刷すると約800冊のバインダーが必要ですが、PCと点字ディスプレイの利用により瞬時

に検索することができます。

ALS（筋萎縮性側索硬化症：Amyotrophic Lateral Sclerosis）患者は、寝たきりになり話すことも困難になります。日立製作所のボランティア技術者は同僚のために余暇を活用して「伝の心（でんのしん）」を開発しました。「伝の心」は「以心伝心」を意味し、わずかに動く身体部位でスイッチを押すことにより、文字で自分の考えや気持ちを伝えます。カーソルがメニューや文字盤の上を動き、移動した時にスイッチを押す仕掛けになっています。文字入力カーソルが目的の文字にきた所でスイッチを押す、介護の方との簡単な会話から手紙・日記などの文章作成までできます。操作アイコン上を自動的に動くカーソルが「メール作成」や「メール開封」などの位置に来た時に、身体の一部を動かすことで電子メールも利用できます。



### 4. アクセシビリティ技術の展望

インターネットの普及にもかかわらず、視覚障害者は、情報を晴眼者に読み上げてもらわなければなりません。視覚障害者にとって音声だけでは一次元の情報（一方的に文字で理解できるだけの情報）にしかなりません。これを解決するため、視覚障害者仲間のエンジニアが「ホームページ・リーダー」を開発しました。これによりホームページを音声で読み上げることができ、自由にメールを送受信できるようになりました。初めてインターネットにアクセスした視覚障害者は「まるで背中に翼があるようだ」と表現しています。

最近のホームページは、より美しく楽しくビジュアルライズされていますが、Webデザイナー、Webマスターは、晴眼者しか考慮していない場

合があります。ホームページを視覚障害者や高齢者にもわかりやすくするためには、コンテンツを動的に変換し、一次元の情報から二次元の情報に展開する必要があります。文字の拡大と音声の組み合わせ、画面状況の音声による説明など、よりわかりやすくする技術を「トランス・コーディング・アプローチ」と呼びます。

「アノテーション・アプローチ」は、コンテンツ作成者や晴眼者が付加した注釈にもとづき、PCがトランス・コーディングする方法です。利用者に理解しやすいよう、テキストに付随する付加情報を表現し、あるいは動的にホームページを書き換える技術です。「認知特性アプローチ」は、人間の認知特性をさらに深く研究します。情報は視覚から80%、それ以外から20%程度入手されています。これに対して視覚以外からの情報獲得率を広げれば、健常者でも電車の中やドライブ中などの非視覚的な環境の中で、同様の情報獲得ができるようになります。ここまで技術が発展したにもかかわらず、現実にはまだまだデジタルデバイス（情報格差）は存在します。身体障害者や高齢者などは、パソコンから変なメッセージが出て止まってしまうばお手上げです。「全国視覚障害者インターネット接続支援連絡会」では、視覚障害者のインターネット利用の支援のため、アクセスサポート・ボランティアの協力を求めています。パソコン自慢の高校生のみなさんにご協力いただきたいと考えています。

## 5. ウェアラブルコンピュータ

モバイルコンピュータの出現は、コンピュータの小型化・軽量化をさらに進めました。さらにモバイル化を押し進め、体や衣服につけて使用する新しいコンピュータが、ウェアラブルコンピュータです。ウェアラブルコンピュータは、米国マサチューセッツ工科大学などを中心に開発が進められています。コンピュータを身につけることで携帯と操作を容易にし、コンピュータを利用できる場所と機会の制限を少なくするアプローチです。釣りに使うベストのように身につけて使ったり、メガネにコンピュータ機能を持たせり、腕時計や手袋、そしてヘッドマウント・ディスプレイを利用したものなどが出現してきました。その多彩な

コンセプトはアクセシビリティ面でも有効です。

ウェアラブルコンピュータは目や体のちょっとした動きに反応して、人間の指令をコンピュータが実行していきます。装着者の記憶を補助する研究もあります。拡張記憶能力として、限りある人間の記憶能力を増強させるため、コンピュータのメモリを活用しようというアプローチもあります。「視覚を補助する、判断を補助する、力を補助する、行動を補助する」など、人間の能力をパワーアップするのにも役立ちます。

ウェアラブルコンピュータの出現によって、衣服とコンピュータが融合し、ファッション性やデザイン性、快適性、機能美という面も注目されるようになってきました。文化服装学院では、ウェアラブルファッションショーの研究も進んでいます。和服の帯にコンピュータを装着する実験もその一例です。今後はさまざまな用途が工夫されていくでしょう。

## 6. 量子コンピュータ

第二次世界大戦中、アインシュタインを始めとする理論物理学者たちは、ルーズベルト大統領への手紙で、ナチスドイツより先に「量子論を応用して原子爆弾を開発すること」を進言しました。

これとは異なり、量子論を平和的に活用するのが量子コンピュータです。「回路をより集積させ、高速演算を可能にする」アプローチです。量子コンピュータの概念は1970年代に生まれ、日本の大学でもさまざまな研究がなされています。適用分野として、「暗号、通信、人工知能、宇宙船運行制御、原子核シミュレーション、数学的問題の解法、デリバティブ(金融派生商品)設計」などが期待されています。

2000年8月、米国IBMアルマデン研究所が5 qubits量子コンピュータの開発に成功しました。スタンフォード・カルガリー大学のチームを指揮したのが「アイザック・L・チュアン教授」です。量子コンピュータは、原子または原子核の特定の量子物理学的特性を利用することにより、その機能を得るものです。特性により原子は「量子ビット、すなわち qubits」として一体となって働き、コンピュータのプロセッサとメモリの役割を果たします。qubitsが外部環境から隔離されたまま相

互に作用し合うことにより、計算を従来のコンピュータより飛躍的に高速で実行できると予測されてきました。

チュアン教授は、スタンフォード大学での会議で量子コンピュータの最新成果を発表しました。量子アルゴリズムを物理的に実現するためには、量子論理回路が必要です。近年、位相回転を行う論理回路の組み合わせで、任意の量子アルゴリズムが実現できることが証明されました。量子コンピュータは高周波パルスによりプログラミングされます。従来のコンピュータでは何サイクルも繰り返す必要のあった数学上の問題を1ステップで解決しました。その問題は「順序の発見」と呼ばれており、暗号などの重要なアプリケーションに関連したものです。

理論物理学者たちの研究した量子論から生まれた原子爆弾は、日本の広島・長崎に投下されてしまいました。過去の悪夢はもう沢山です。量子コンピュータはぜひ平和的に利用したいものです。

## 7. 遺伝子コンピュータ

情報技術の後押しにより、バイオ技術はこの10年で革命的な進歩を遂げてきました。これとは逆に、バイオ技術が情報技術の進歩をさらに加速させようとしています。

現在主流となっている第4世代までのコンピュータに使われている半導体回路は、半導体の電流に対する性質を利用し、電流をOFF (0) やON (1) の2進数をもとに高速演算をしていました。

これに対して、生物のDNA分子<sup>1)</sup>そのものの化学反応を演算素子とし、分子の持つ大規模な超並列性を利用する遺伝子コンピュータの実用化が進められています。遺伝子コンピュータは、半導体回路の2進数に比べ、4つの塩基<sup>2)</sup> (DNAの文字情報) を用い、計算速度は格段に速くなることが予測されています。この研究がさらに進めば、プロセッサ技術にも大きな影響を与え、高速大容量のバイオメモリも実用化されると考えられます。

遺伝子コンピュータは、数グラムのDNA分子を入れた試験管の中で、計算を一瞬で行う可能性を持っています。試験管のそちら中で反応(計算)が起き、そのスピードは格段にはやいとされています。

ます。L.M.エイドルマンは実際にDNAを使った実験を行い、ハミルトン経路問題という一筆書きの問題を解きました。エイドルマンは7日間にわたる実験で、最後に試験管に残ったDNA分子が正解の経路を表す分子であることを実証しました。計算は一瞬でも、解を実証するために時間を要しました。

\*1) DNA分子：デオキシリボ核酸、生物の細胞内にあり、遺伝をつかさどる物質

\*2) 4つの塩基：A (アデニン)、G (グアニン)、C (シトシン)、T (チミン)

## 8. グリッドコンピューティング

グリッドコンピューティングは、分散したコンピュータを高速ネットワークでリンクし、共有資源とすることで、巨大な仮想スーパーコンピュータ構築を可能にするコンピュータ技術です。分散したコンピュータ資源を組み合わせることで、コンピュータパワーを、好きな時に好きなだけ使うことができます。サーバーやパソコン1台の能力は限られています。主に研究開発活動では常時一定のコンピュータ能力が必要なわけではなく、突然大規模シミュレーションなどの需要が発生します。

これに対応するため、企業や家庭にある複数のコンピュータをインターネットで結び、夜間など個々のコンピュータを使わない時間帯に、その能力を集めて大量の計算を実行します。個々のコンピュータの余剰能力を低コストで使えるのが最大の利点です。今までは遺伝子解析や宇宙観測など、大規模なシミュレーション計算が必要な研究分野での応用が主に想定されてきました。近年になって、常に一定の応答時間を要求される情報システムなど、商業利用にも期待されています。これまでも、ネットワークで結んだコンピュータパワーを有効に活用しようとする技術は各種研究されてきましたが、21世紀はグリッドコンピューティングが本命になりそうです。

「グリッド」は「格子」や「網」を意味し、「電力配電網」の意味でも使われていましたが、最近情報通信分野の言葉として普及し始めてきました。コンピュータ資源が、電気や水道と同じよ

うに、スイッチや蛇口を入れれば好きなだけ使用でき、使っただけの料金を支払うようになる時代が近づいています。セキュリティの問題が解決すれば、さらに使いやすくなるでしょう。

## 9. オートノミックコンピューティング

最後に、オートノミックコンピューティング(自律型コンピューティング)の動向を説明します。

人間は無意識のうちに、気温が高くなると汗をかき、運動をすれば心臓の鼓動が早くなり、明るくなれば瞳孔が小さくなるなど、周りの環境に適應することができます。これと同じように、コンピュータでも外部に適應できる自律神経系を持つシステムが、大学を中心に研究されています。オートノミックコンピューティングでは、生物の自律神経系の仕組みを情報システムに導入し、システムが自分で障害を修復するなど、さまざまな変化に適應できるようになります。

オートノミックコンピューティングは、システムの自己構成、自己修復、自己最適化、自己防御という4つの機能を持ちます。これまで、知性を持ち、自律的に動くコンピューティングシステムは、SFの世界の話であるとされてきました。

オートノミックコンピューティングの環境では、人の介在なく自己の操作を管理したり改善したりする技術を開発しています。このためにはハードウェアやソフトウェアは、よりスマートで信頼のおけるものでなければなりません。

オートノミックコンピューティング技術は、夢や空想ではありません。現在、情報システムを始め、あらゆるビジネスや産業、教育・医療などにおいて、この技術は欠かすことのできないものとなりました。

現在の情報システムは、より複雑で維持が難しくなり、安定運用に膨大なコストがかかっています。オートノミックコンピューティングは、エンドユーザーやスタッフの作業の煩雑さを軽減し、コンピューティングの生産性向上を実現し、コンピュータシステムを所有したり運用したりするトータルコストを軽減する役割が期待されています。

## 10. 人間の頭脳あってこそそのコンピュータ

以上、最近のコンピュータ技術動向について概説してきました。コンピュータが実用化されてまだ57年、ハードウェア/ソフトウェア技術ともに、まだまだ発展を続けていく可能性を持っています。コンピュータは今後も、学問や科学技術、そして生活のさまざまなステージに活用されていきます。

しかし、何よりも人間の頭脳、そして良識があってこそそのコンピュータです。情報を学習する高校生は、人間が間違っても機械に支配されることのないよう、そして情報技術が戦争などに活用されることのないよう、注意深く見守っていかねばなりません。

今後、現在の高中生の中から、まだ誰も考えたことのない新技術が生まれてくるかも知れません。拙文がそのきっかけの一つになってくれれば、望外の楽しみです。

---

### 参考文献

1. i-Net 2002年第5号 「コンピュータは人間を超えるか」 丑田俊二
2. 月刊技術士2001年11月号 「生物情報学の動向」 丑田俊二
3. 月刊技術士2002年2月号 「アクセシビリティの扉を開く」 丑田俊二
4. 論文誌ProVISION 2002年7月号 「量子コンピュータの最新動向」 丑田俊二