

# コンピュータは人間を越えるか

技術士（情報工学）

丑田俊二

E-mail Ushida@jp.ibm.com

## 1. はじめに

本誌 i-Net 第3号『新制度の高等学校「情報」の要点』によれば、学習指導要領では平成15年度から実施される普通教科「情報」の目標として、以下のように記述されています。「情報及び情報技術を活用するための知識と技能の習得を通して、情報に関する科学的な見方や考え方を養うと共に、社会の中で情報及び情報技術が果たしている役割や影響を理解させ、情報化の進展に主体的に対応できる能力と態度を育てる。」

普通科クラスの中の何人かは、将来、開発技術者、システムエンジニア、Webデザイナーなど、コンピュータの専門家になるかもしれません。それ以外の生徒は、生活や仕事の中でコンピュータやネットワークを利用する立場になるでしょう。普通科における「情報」の教科内容は、プログラミングや細かなコンピュータ技術ではなく、「21世紀の情報社会で、自ら学び自ら考える力=生きる力、を身に付ける」、コンピュータリテラシ<sup>1</sup>が重視されるべきです。このためには授業や実習を通して、生徒が自分から積極的にリテラシを身につける学習態度が必要です。本稿では、生徒がコンピュータに興味を持つきっかけになるような、テーマを取り上げてみました。

## 2. コンピュータの力は

天才科学者・天馬博士は、あらゆる科学の力を集め、7つの力を持った世界一のロボットを作り出しました。故手塚治虫氏の作品・鉄腕アトムです。7つの力には「十万馬力」のほか、「どんな難しい計算問題でもたった1秒で答えを出す」、「60か国語の言葉を話せる」、「良い人間と悪い人間の区別ができる」なども含まれています。現代のコンピュータは、知性と心を備えたロボットを越えたと言えるでしょうか？

## 第一部 羽生4冠王との対決

### チェス世界チャンピオン対コンピュータ

1997年5月、米国の研究所は熱気につつまれていました。技術の粋を集めたスーパーコンピュータ・ディープブルーと、無敵のチェス世界チャンピオン・カスパロフ氏が静かな戦いを繰り広げていました。ディープブルーは256台のRISCマシン<sup>2</sup>を並列に連結し、マシン毎にチェス用のアクセラレーター・ボード（加速機）を接続していません。ディープブルーがチェス対局で1秒間に計算できる手は約2億手にも及びます。

チェス対局の微妙な点をディープブルーに教えるため、グランド・マスター（チェス名人に相当）、ジョエル・ベンジャミン氏が開発チームに加わりました。ベンジャミン氏がディープブルーに「人間的なタッチ」を教えるために、数か月が費やされました。これに加えてディープブルーは、過去100年間のグランド・マスター戦（名人戦）の序盤戦データベースと、数十億の終盤戦シナリオが集められたデータベースを装備。序盤戦と終盤戦（盤上に駒が5つ以内になった時）では、これらのデータベースの手助けを受けます。ディープブルーの開発に要した期間は約7年間。実際にシステムとして動かせるようになったのは、試合の2週間前でした。

### チェス勝負の結末は

世界最高速級のディープブルーに対して、カスパロフ軍団は、トレーナー・作戦係・棋譜整理係など数々のスタッフを従えて戦いに臨みました。カスパロフ氏は、ディープブルーよりもはるかにチェスを知り尽くしています。カスパロフ氏の有利な点は、直感力、判断力、そして何よりも豊富な経験です。「私はどんな挑戦も受けて立つ。人間の独創力と創造力は常にコンピュータを超える

ものだ。数学でチェスは勝てない」カスパロフ氏は戦い前に語りました。

勝負は一進一退，1勝1敗3引き分けで迎えた最終第6戦，ディーブブルーは人間と違い疲労など感じず，気が散ることも，心理的プレッシャーもありません。これに対してカスパロフ氏には疲労の色が隠せません。

人々が固唾（かたず）を飲んで見守る中，両者合わせて37手，連日の戦いに人間の限界を超え憔悴（しょうすい）しきったカスパロフ氏が握手を求めてきました。この瞬間フラッシュがたかれ，ディーブブルーの勝利が決定しました。

### コンピュータは知性を持ったのか

コンピュータ対チェスは，AI（Artificial Intelligence：人工知能）実用化の初期から現在まで，優れた研究対象として取り上げられてきました。コンピュータは，ロボットのような知性を持ったのでしょうか。

人間は，直感，経験，パターン認識など，極めて複雑な能力を駆使して思考を行います。しかしコンピュータは，人間の思考方法や知性を持ったわけではありません。自分で考えるのではなく，記憶された多数の手筋から最適な手を高速で選んでくるだけです。コンピュータのテクノロジーは，決して人間の知性に対する挑戦などではありません。複雑な問題を超高速の計算能力で解く試みで，コンピュータの処理能力を試す戦いでした。

コンピュータの世界では，ENIAC<sup>3</sup>の時代から，研究者や開発者は常に高速化の夢を描いてきました。現実にムーアの法則<sup>4</sup>を越えるほどの勢いで，高性能化，大容量化が進んでいます。チェス対決の派生効果により，「ディーブ・コンピューティング<sup>5</sup>」という分野が誕生しました。この技術はチェス対決をきっかけに，金融工学や原子核シミュレーションなどにも生かされています。

### 将棋対コンピュータ

コンピュータに敗れ去ったチェスは，局面が進むにつれ次の一手の範囲が狭まっていき，最後に詰みとなります。日本の将棋は，チェスより縦横1マスずつ多い81マスの上に，相手から奪った駒を，盤面の任意の場所で再使用できるという特異

なルールを持っています。このため終盤になるにつれ，次の一手はより複雑に限りない組み合わせになります。欧米の戦争は異民族や異教徒との生き残りを賭けた戦いだったのに対し，日本では同じ民族同士の領土拡大抗争にすぎず，相手を心服させれば禄（ろく，給与）を与え自軍に迎え入れるという戦国時代のルールを背負っています。

将棋はゲーム理論<sup>6</sup>に例えれば，典型的な「完全情報二人ゼロサムゲーム<sup>7</sup>」と言えます。

「柿木将棋」の開発者・柿木義一氏は『コンピュータ将棋の基礎』で，将棋のゲームプログラムは，図1に示すような「ゲーム木（ぼく）」として表現しながら局面を読んでいくと述べています。

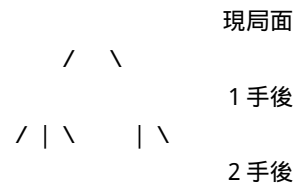


図1 ゲーム木

毎年開催されるコンピュータ将棋選手権は人気を呼び，「柿木将棋，東大将棋」など，使いやすさと強さ，スピードを追求したトーナメントの優勝ソフトは人気ソフトの仲間入りをします。しかしこれは個人の研究者があくまでパソコンの範囲で作成したプログラムに過ぎず，強さはアマチュア2-3段程度と言われています。これに対して大手メーカーや研究所が本気で技術力と資金を投入した場合はどうでしょうか。ディーブブルーを再びパワーアップさせて挑んできたら。

### 将棋界もコンピュータの時代

将棋はプロとアマの実力差が最も激しい競技です。アマのトップクラス4段と，プロに入門したての小中学生（プロ6級）の棋力が同等と言われていました。最近これに異変がおきています。瀬川アマがCSテレビ銀河戦でプロの4段-6段相手に7人抜き，全日本プロトーナメントでは山田アマが，中尾4段・大内9段・屋敷7段を連破して4回戦に進出するという快挙を成し遂げました。これを受けて全日本プロトーナメントは，アマチュ

ア参加の枠を10名に広げ、朝日オープン選手権として生まれ変わりました。

NHKによればアマの躍進は、コンピュータの進歩が大きく影響していると分析しています。将棋の強くなる秘訣は「定跡、棋譜研究、強い相手との対局」です。ここ数年プロ同士すべての対局の棋譜は、データベース化されています。これを攻撃陣形（居飛車・中飛車など）、守備陣形（美濃囲いなど）、局面毎に分類・整理し、過去の棋譜から同じ局面に遭遇した場合の、名人の最適の手筋を照会することも可能です。今まで将棋ファンは強い相手を求めて将棋道場まで出向いていました。現在、さまざまなネットワークに、将棋サイト（インターネット・ホームページ）が開設され、強豪の集るサイトは人気があります。深夜0時に対局しているアマは数千人以上、さらに多数の人がネット上で観戦しています。

プロでも若手棋士が、コンピュータを活用した研究で次々とタイトルを獲得しています。羽生（はぶ）善治4冠王<sup>8</sup>の将棋には新しい手がよく生まれます。調べてみると過去に下位棋士同士の実戦で指された手でした。コンピュータで研究した手をこころ一番という局面で迷わずに指せる4冠王は、情報処理・活用能力も優れています。コンピュータ活用により、年齢や経験、段位や実績といった旧来の秩序が崩れ去りつつある将棋界は、まるで現代社会の縮図を見るようです。

#### コンピュータ対棋士

将棋の高段者ともなれば底知れぬ強さを発揮します。将棋祭りでは、目隠し将棋<sup>9</sup>や、百面指し<sup>10</sup>が、何事もないようにおこなわれます。棋士は初めての盤面を2秒見ただけで、すべての駒の位置を暗記することもできます。棋士は無限の記憶容量とプロセサスピード、メモリ・アクセス速度を持ち、ソフトウェアを内蔵した高性能コンピュータに例えられるでしょう。

一時は将棋の7冠<sup>11</sup>を総なめにし、チェスのグランド・マスターとも互角の戦いを繰り広げた、天才・羽生4冠王は「終盤戦は数学の計算問題と同じ、式を立てて解を探す作業。誰が解いても遅いか早いかだけのこと。」と割り切り、計算力を磨いています。正解のある「詰め将棋」では、既

にコンピュータは名人級になっています。4冠王の興味は、壮大な構想力・判断力を要する中盤戦をいかに制するかに移行しています。この視点を大局観と呼び、故木村義雄、大山康晴永世名人が最も得意としていました。これは正解のない問題を解くのに等しく、まだコンピュータでも解析できていない分野です。

#### コンピュータが、羽生4冠王を倒す日

陣取り合戦の囲碁は数学に例えれば幾何、精密な手筋で詰めに持ち込む将棋は代数と言えます。

ではコンピュータは、いつごろ羽生4冠王を負かすようになるのでしょうか。自身もプロ棋士で、静岡大学情報学部助教授の飯田弘之6段は、週刊将棋紙上で「2020年」と予測しました。アマ5段で『コンピュータ将棋の進歩 共立出版』始め多数の著書がある、公立はこだて未来大学システム情報科学部教授の松原仁氏は、「コンピュータが将棋で読める手数は、今のところ1秒間に数十万手、必勝法の解明に、総当たり力まかせ方式では500億年かかる。」「序盤は棋譜のデータベースを充実させることで十分対応できる。終盤における確実な読みは、コンピュータのもっとも得意とするところ。問題は中盤。形勢判断を行い、戦略を立てるのが苦手で、実力差もここに現われる」と語っています。松原氏は、コンピュータが4冠王を破る日を「2015年」と予測しています。

人間とコンピュータの発想は全く違います。砂浜でコンタクトレンズを落とした場合、人間なら自分の足跡をたどり、ありそうな場所から順番に探します。コンピュータは巨大なブルドーザーで砂浜を掘り起こし、粒子をひとつずつチェックします。

佐藤康光王将は「1分間に1億手を読む男」と言われており、人間は意味の無い読みを最初から捨て去る「エレガント」な知性と高度な判断力を持っています。これに対するコンピュータは、力任せの「エレファント」な解法が得意です。

羽生4冠王は「コンピュータが人間と互角に対局できる日を楽しみにしています」と、記者会見で淡々と語りました。数々のスタッフをそろえたチェスのカスパロフ軍団とは異なり、徒手空拳で敢然と挑む、われらが4冠王。全国の将棋ファン

は羽生さんの自信を持った語りに安心し、「コンピュータが人間を破る日など永久に来ないで欲しい」と祈り続けています。

---

#### 用語解説

- \*1 コンピュータリテラシ：コンピュータの基本的な活用能力，リテラシとは本来，読み書きを表す。
- \*2 256台のRISCマシン：Reduced Instruction Set Computer，命令数を絞り込み，高速数値演算に特化したコンピュータ。
- \*3 エニアック：1946年，米国で開発された世界初の商用電子計算機
- \*4 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ヶ月ごとに2倍になるという説。
- \*5 ディープ・コンピューティング：高速・大容量のコンピュータ能力をフルに活用し，今まで解析不能だった問題を解き，新しい事実を発見する。
- \*6 ゲーム理論：利害対立関係にある同士が定まったルールの下で合理性を尽くして戦う時，どのような作戦を採るべきかを研究する学問。
- \*7 完全情報二人ゼロサムゲーム：すべての情報が明らかになった条件で，片方を利すると一方が損をする，お互いの利得の総和が常にゼロになるゲーム。
- \*8 羽生善治4冠王：竜王，王位，王座，棋王。  
2002年4月1日現在
- \*9 目隠し将棋：将棋盤や駒を使わず，記憶だけで対局する試合。
- \*10 百面指し：一度に100面の将棋番を前にして対局する。羽生氏は富山県の小学校体育館に机と盤を並べ，100人の小学生と対局した。
- \*11 将棋の7冠：名人，竜王，王位，王座，王将，棋王，棋聖。

---

#### 参考文献および出典

1. i-Net 第3号「新制度の高等学校「情報」の要点」数研出版
2. コンピュータ将棋の基礎 柿木 義一  
<http://www02.so-net.ne.jp/~kakinoki/kiso.htm>
3. 週刊将棋 2002年1月2日号 日本将棋連盟

## 第二部 コンピュータの歴史

### アバクスからそろばんへ

世界最初の計算機はそろばんでした。バビロニヤ<sup>1</sup>で「アバクス(abacus)」と呼ばれる「そろばん」が使われていたという記録が残っています。ギリシアでもアバクスが使われました。アバクスは，大理石の板の溝に小石を並べて計算します。ローマでは，大理石又は金属の平盤に溝を彫り，珠をのせていました。中国では，アバクスが伝わる前は易者のぜい竹で計算していました。やがて，アバクスの小石がこぼれる欠点を串刺し式に改良し，携帯に便利なそろばんとなりました。現在のようそろばんが発明されたのは8世紀頃唐の時代で，広く普及したのは11世紀末の時代以降です。そろばんが日本に導入された時期は，室町時代中期とされています。その後は様々な形に改造され，現在は4つ玉が使われています。

### パスカル式加算機

コンピュータの発展には，数学者の考察・研究・試行が欠かせませんでした。数学者パスカル(Blaise Pascal フランス1623-1662)が，1642年に10年の歳月をかけて考案した歯車式加算機「パスカリーヌ」が，現存する最古の機械式計算機とされています。できるのは加算のみで，掛け算・割り算は考慮されていません。引算は現在のコンピュータと同じく，補数を作って足し算をする方式です。パスカルの計算機は歯車がいくつか組みあわさっており，歯車には0から9までの数字が書いてあります。各々の歯車が10進法の桁をあらわしており，下位の歯車が1回転すると上位の歯車が1目盛動きます。補数とは，減算を加算するために考えだされたマイナス表記法です。例えば8-6を計算するとしましょう。10進法での6の補数は(10-6=4)です。8-6を加算で処理するためには，8+4=12，12-10=2と計算します。10を減じる操作は，10の位の歯車を逆回転します。残念ながらパスカリーヌは1台も売れませんでした。

### ライブニッツ式計算機

同じく17世紀にライブニッツ(Gottfried Wilhelm Leibniz ドイツの数学者1646-1716)も歯

車式計算機を設計しました。掛け算は、足し算を繰り返し、割り算は引き算を繰り返すという、これも現在のコンピュータと同じ方法です。

残念ながらパスカル、ライブニッツの計算機は、ともに実用化に至りませんでした。当時ヨーロッパでは精密な歯車を実装する技術がなかったためです。もし和算家関孝和（1642頃～1708）か、日本のレオナルド・ダビンチと言われている平賀源内（1728-1779）が設計していたら、精巧な江戸の職人の鑄造技術で、世界初のコンピュータが実現していたかも知れません。

### コンピュータの父バベッジ

1823年にはチャールズ・バベッジ（Charles Babbage イギリスの数学者1791-1871）が計算機の設計を引き継ぎました。バベッジは錘（おもり）を動力源とした、階差機関（ディファレンス・エンジン）と呼ぶ機械を考えました。計算速度は人間のスピードと変わらず、疲れを知らない点が利点でした。階差機関は、構造があまりにも複雑すぎてバベッジ本人しか操作できませんでした。

続いて考案した解析機関（アナリティカル・エンジン）は、パンチカードによるプログラミング入力、記憶装置、演算装置、入出力装置などを備えた、現在のコンピュータと同じ仕組みでした。現在の2進法ではなく、10進法を採用していた点だけが異なります。残念ながらバベッジの計算機も実現には至らず「バベッジの馬鹿」と言われていました。

ロンドン科学博物館は、残っていたバベッジの設計図をもとに1991年、この計算機を作成しました。何箇所かの設計上のミスはあったものの、完成した計算機は正しく作動しました。

1890年にホレリス（アメリカ）は、バベッジの考えを統計機として実現しました。これにより人口調査など大量の数値やデータを、機械で取り扱うことができるようになりました。

### ノイマン型コンピュータ

やがてフォン・ノイマン（John von Neumann ハンガリー出身の数学者1903-1957）が出現します。ノイマンは、プリンストン大学高等研究所を経て、第2次大戦中は米国の軍事顧問として、原子爆

弾・水素爆弾計画に参加しています。1945年ノイマンは、計算機械の自動化を電子回路によって実現し、「プログラム内蔵」と「逐次処理」という概念を提唱しました。この概念は現在のコンピュータの基準となり、これを満たす計算機をノイマン型コンピュータと呼ぶようになりました。

### 第1世代から第4世代へ

1944年にはアメリカで電気仕掛けの「マークI」ができあがっていました。

1946年には電子式のENIAC<sup>2</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、これが第1世代のコンピュータ、世界初の商用コンピュータとなりました。

1948年にはベル研究所（アメリカ）でトランジスタが発明され、第2世代になりました。1960年に発明された第3世代のIC<sup>3</sup>、1970年代からは第4世代のLSI<sup>4</sup>、超LSIが実用化され現在に至っています。

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て、電流をOFF（0）やON（1）にして、高速演算をしています。2進数が計算の単位です。

### 遺伝子コンピュータ

生物のDNA分子<sup>5</sup>そのものの化学反応を演算素子とした、遺伝子コンピュータの実用化が進められています。半導体回路の2進法に比べて、4つの塩基<sup>6</sup>（DNAの文字情報）を用い一度に多くの情報を処理できます。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。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。

### 量子コンピュータ

2000年8月米国アルマデン研究所が、量子コンピュータ開発に成功しました。スタンフォード大学、カルガリー大学の科学者たちから構成される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量子物理学的特性を利用しています。この特性

により、原子は量子ビットとして働き、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。量子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ます。

### パーベシブコンピューティング

ほとんどの先生方にとっては、なじみがない名前でしょう。わかりやすく言うと、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、時計や場合によっては衣服まで、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として機能するようになります。このような環境ではパソコンがなくても、家庭のテレビや冷蔵庫・洗濯機など身近な機器がネットワークへの入り口となります。

応用範囲は限りがありません。カーナビを搭載した自動車は、すでに走るネットワーク機器となっています。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、部品が正常に稼働しているかまで、自動車会社のコンピュータでモニターされていきます。部品の劣化を検知すればドライバーに、部品を交換するように音声で知らせ、万一事故が発生した場合は、事故現場から最も近いサービス・ステーションから救援に出発することもできます。

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。

米国では家電産業は空洞化しており、このような、きめの細かいサービスでは、家電技術と自動車技術を持つ日本が最も有利な位置にいます。将来はどんなコンピュータが出現するのでしょうか。

### 利用技術が最も重要

コンピュータが実用化してまだ60年ですが、今後はハードウェアよりもソフトウェア、利用技術が最も重要になっています。初期の計算機ではハードウェアの設計に力を注いできました。現在ではコンピュータをどのように活用して技術の発展や、人間に役立てるかという面で、まだまだ発展する余地があります。コンピュータは今後も生活の様々なステージに活用されてきます。しかし人間の頭脳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、人間が機械に支配されるようなことがないように見守っていかねばなりません。コンピュータが知性と心をそなえたロボットを超えるのはまだ先、人間を超えるのはいつになるのでしょうか。

---

#### 用語解説

- \*1バビロニア：紀元前2000年頃、チグリス・ユーフラテス川流域に作られた古代国家
- \*2 ENIAC：Electrical Numerical Integrator And Calculator，大きさ160平方m，重さ30トン真空管1万8千本。真空管がよく切れ交換の手間がかかるのと、大量の発熱により強力な冷房が必要だった。主に大砲の弾道計算などに活用。
- \*3 IC：Integrated Circuit，1cm四方に数十個のトランジスタを搭載。
- \*4 LSI：Large Scale Integration，半導体集積回路。
- \*5 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。
- \*6 4つの塩基：A（アデニン）・G（グアニン）・C（シトシン）・T（チミン）

---

#### 参考文献および出典

1. コンピュータについて  
<http://www5b.biglobe.ne.jp/~onajimi/pasocon.html>
2. 量子コンピュータの原理  
<http://www.oishi.info.waseda.ac.jp/~oishi/phy/qc2.htm>