

# ヒトとコンピューターの対比を基調にした情報教育Ⅱ

## ーWeb・AIの進化を考えるー

### Information Education Based on the Comparison between Human and Computer II: Consideration about Evolution of Web and AI

渡辺 卓也\*

Takuya WATANABE

#### 抄 録

ヒトとコンピューターの対比という視点は、情報教育において有効な基準を提供する。本論文では、Web や AI 技術の進化を題材として、この視点の有効性を考察する。

#### I. 前論文の要旨、および前提

筆者は前論文(文献 1 2021)において、ヒトとコンピューターの対比という視点に立った情報教育の実践について報告し、この視点が、情報技術の進化、ヒトの知覚のしくみ、マルチメディア技術の原理等の理解に対して有効であることを確認した。また、仮想現実や人工知能技術等、今後の発展によっては、ヒトとコンピューターの融合が新たな基調となる可能性はあるが、ヒトとコンピューターの対比の重要性も考慮されるべきであると主張した。

本論文では、その後の情勢をふまえ、ヒトとコンピューターの対比という視点が今後の情報教育にとってどのように有効であるかを検討し、教育への活用方法を提言するものである。

また、以下の文章において、「ヒト」という用語は生物種としての人間を指し、「人間」という用語は社会に存在する人間を特定するときに使用するものとする。「コンピューター」という用語は基本的には計算機として用いるが、スマートフォンやAI、その他のデバイス等も含むことを注記しておく。

#### II. ヒトとコンピューターの対比図について

前論文の冒頭に掲げた「ヒトとコンピューターの対比図」は、本論文でも基本的な役割を担うので、図1に再掲し、その意味を解説しておく。筆者がこの図を考案したのは、2006年、神戸山手短期大学で担当した科目「情報のかたち」においてであった。当時はインターネットの利用者数が顕著に増加し、コンピューターの性能向上によって、いわゆるマルチメディアとしての用途が期待されていたこともあり、情報教育の内容にも、コンピューターの動作原理やマルチメディアの仕組み、

---

\* 関西国際大学社会学部 教育総合研究所学内研究員

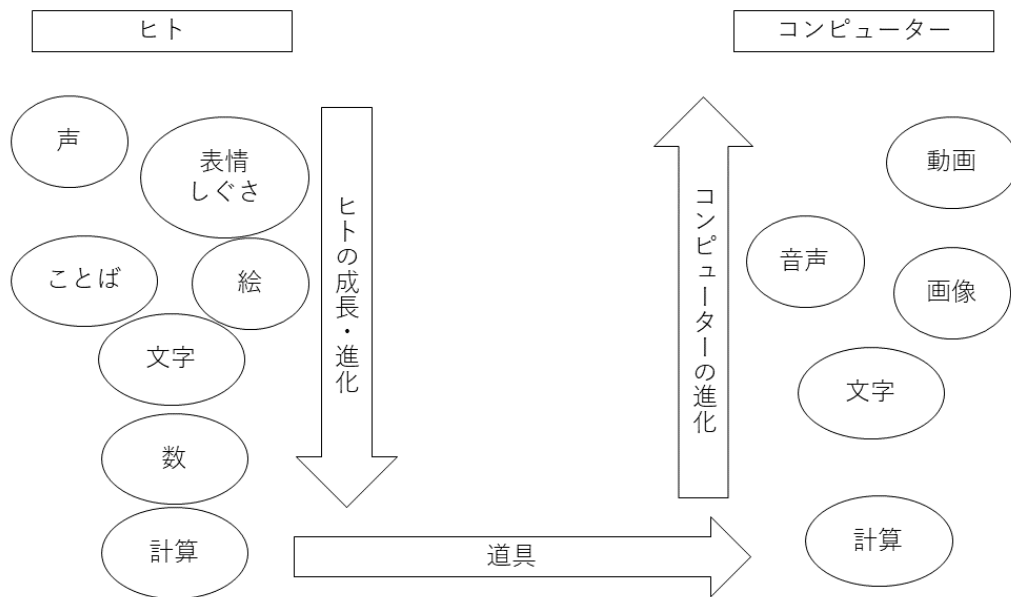


図1 ヒトとコンピューターの対比図(文献1から再掲)

およびヒトの知覚のはたらきを盛り込むように見直しを行う過程で、授業の流れを俯瞰する目的で考案したものである。

この図の左半分では、ヒトが生まれてから成長によって獲得する情報伝達の手段を上から下に列挙している。乳児は声や表情・しぐさしか伝達手段を持たないが、成長するにつれて、ことば、絵、文字といった伝達手段を順次獲得していき、就学してから、数の数え方や計算方法を学ぶ。また、これらの伝達手段はホモ・サピエンスの進化過程や、社会の変革過程においてもほぼ同様の順序で発生してきたことが示唆される。一方、図の右半分では、計算の道具として作られたコンピューターが、技術的進化によって実現した文字、画像、音声、動画といったさまざまな表現方法を下から上に列挙している。

この図からわかることは、ヒトの情報伝達手段の獲得と、コンピューターによる表現方法の実現の順序が、ほぼ対称的であることである。ヒトが獲得する伝達手段は、文字、数、計算のように、後になるほど抽象度が高くなる。このことが修得に訓練を必要とし、筆記具や計算機などの道具の介在へとつながる。太古の計算機は骨に傷をつけたり、石を並べたりした単純なものだったと考えられるが、その後アバカスのような専用の計算機に進化する。また、位取り記数法や筆算術の発明を契機として、さまざまな計算術が発達したことが近代科学の誕生へとつながり、計算機も複雑な計算を自動で行うように機構を進化させていく。そして、20世紀半ばに、2進法と電磁気学の融合によって、高速論理演算装置としてのコンピューターが出現する。コンピューターの計算素子は、真空管、トランジスタ、LSIへと小型化と集積化を続け、計算能力を指数関数的に増加させていき、デジタル表現によって文字、画像、音声、動画といった表現方法を順次実現していった。

コンピュータによる表現方法の実現の順序が、計算、文字、画像、音声、動画となっているのは、デジタル表現において処理すべき情報量がこの順に増大し、実現するために相当の性能向上が必要だったためである。そのことはとりもなおさず、ヒトが情報伝達を行う方法と、コンピュータが情報を表現する方法に根本的な相違があることを示している。ヒトが身ぶりや表情で情報を伝えようとするとき、身体そのものを動かして表現するのであって、大量の動画を必要とはしない。ことばを発するとき、声帯や口唇等の運動によって行うのであって、音波を計算によって合成したりはしない。しかし、絵、文字、計算と表現の抽象度が上がるにつれて、身体だけではなく道具を利用するようになる。計算の道具として出現したコンピュータが、性能の進化とともに、道具としての用途を拡張させてきたことが見て取れる。

よく知られているように、これらの表現方法には、コンピュータが発達する前から、それぞれ独自の技術が使われていた。文字は手書きから木版、活版印刷術へと発展し、文書の大量増殖は社会変革をもたらした。19 世紀には写真技術、蓄音機や電話機、映画が発明され、20 世紀に無線通信や放送技術が実用化され、文字、画像、音声、動画は世界規模で共有されるようになった。21 世紀に、コンピュータのデジタル表現によってこれらの表現方法を統一的に扱うことが可能となり、現在ではヒトの情報伝達手段のほとんどを担う段階に至っていると言える。

この対比図では、情報伝達手段と表現方法という枠組みでヒトとコンピュータの対比を行った。また、コンピュータの側は主としてコンピュータ単体の進化に着目していた。しかし、その後のコンピュータの進化は、こうした枠組みを超えてヒトとの関係を急速に変化させている。具体的には、スマートフォンをはじめとする端末の小型化・高性能化により、ヒトと端末の近接化が進んでいる。そうした端末を通じたインターネット利用の爆発的な増大により、その存在は情報インフラとなっている。一方、スマートフォンや IoT によってインターネットに蓄積されたビッグデータを学習データとして活用することにより、深層学習等の AI 技術の実用化が加速度的に進んでいる。また、コロナ禍を契機としてさまざまな分野でオンライン化が進み、ドローン、VR 等、入出力や運搬技術の拡張により、仕事や生活に劇的な変化が始まっている。こうした変化は、もはやヒトとコンピュータの対比という枠組みには収まりきらないようにも見える。コンピュータは、ヒトとヒトをつなぐメディアであり、ヒトの身体の拡張であり、ヒトの認知や思考を代替するものとなりつつある。我々はすでに、コンピュータは単なる道具ではなく、社会のインフラであり、生活の必需品であることを認めざるを得ないのかもしれない。以下では、ヒトとコンピュータの対比という視点が、近年の技術的变化に対してもつ意味を、Web の進化、コロナ禍、AI 技術という具体的側面に沿って考察してみる。

### III. Web の進化

インターネットの前身は、1969 年にアメリカ国防省が設置した ARPAnet とされている。ソ連との宇宙開発競争に後れをとった危機感から、宇宙からの攻撃に耐えられる分散型のネットワークとして誕生した。その後、1985 年に NSFnet へと改組され、学術利用への道が開かれたが、通信に利用

できたのは文字のみであった。端末の計算速度や通信経路の伝送速度によるものだが、軍事的・学術的な用途に限られていたことも背景にある。利用できた機能は、遠隔によるコンピューター操作（コマンド送信）、ファイル転送、メール等に限られていた。

インターネットの利用者が激増する端緒は、ネットが一般ビジネス用に公開された 1990 年代、欧州原子核研究機構のティム・バーナーズ・リーが WWW (World Wide Web) を構想して HTML 言語を創出したときである。HTML は、文書の中に文書構造や書式を表すタグと呼ばれる標識を埋め込んで記述する言語であるが、当初は学術的なデータベースを効率的に参照することが企図されていたため、文書の構造を表すタグと、外部へのリンク機能を表すハイパーリンクのタグが中心であった。その後、文書を表示するブラウザ「モザイク」の登場によって、画像の参照タグが追加され、画像の表示が可能になった。折しも、デジタルカメラやスキャナーといったデジタル画像生成デバイスがこの頃に市販化され、インターネットでの画像活用が注目されることになった。さらに、文書のレイアウトに関するタグの追加、レイアウトを詳細に記述する CSS などが採用され、コンテンツのデザイン性が高まるとともに、WWW のコンテンツ数が増大する。2000 年代に Google 等の検索サービスが登場したことは WWW の利便性を高めた。2000 年代後半には携帯電話とインターネット通信機能を融合したスマートフォンが登場し、無線通信と有線通信の高速化によってその実用性が顕著となり、急激に普及している。スマートフォン普及とともに WWW コンテンツの主流となったのは、SNS と動画サイトである。スマートフォンは、コミュニケーションツールとしての携帯電話の用途を継承していたが、文字や画像を広範囲に発信できる SNS は、通話やメールに代わる新たなコミュニケーションツールとなっていった。また、2005 年に創業した YouTube をはじめとする動画サイトも、スマートフォンによって市場を急激に拡大した。スマートフォンは動画を視聴するだけでなく、標準搭載されたカメラやマイクによって撮影された動画を配信することが可能であり、動画サイトのコンテンツ増大に大きく寄与している。

一方、音声のデジタル化は画像や動画のデジタル化に先行して、1980 年代初頭に CD が発売されている。CD はその後音楽流通の主流なメディアとなったが、2000 年代に Apple が携帯音楽プレーヤー iPod を発売して以降、音楽を携帯端末にコピーして利用するスタイルが普及した。現在ではスマートフォンが携帯端末の役を担い、インターネットから楽曲をダウンロードして利用するスタイルが主流となっている。

このように、インターネットの発展史を見てみると、そこには文字→画像・音声→動画という、コンピューターの進化と同様の位相を見ることができる。インターネットはコンピューターの結合体であり、その用途がコンピューターの技術水準に追随することは自明の理ではある。しかし、それが社会に受容され、社会自体が変革していく流れを見ると、そこにはヒトの知覚が深く関与しており、ヒトとコンピューターの対比という視点が重要であることがわかる。

#### IV. コロナ禍がもたらしたもの

2020 年、コロナ禍によって、世界的に人流が制限される事態となり、インターネットの利用に拍

車がかかった。中でも、対面による交流が不可欠とされていたビジネスや教育機関においては、代替手段としてのオンライン通信が相次いで導入された。Zoom や Microsoft Teams 等の遠隔会議システムは、一般ユーザーがアプリケーションを無料で利用できることもあり、利用者数は急激に拡大した。著者が所属する関西国際大学においても、学生の BYOD (Bring Your Own Device 個人が自分の端末を所有すること) がほぼ完了しており、これらのアプリケーションを利用してオンライン授業を行うことができた。

授業のオンライン化は、学びの継続という点で一定の成果を上げたが、様々な課題も浮き彫りにした。学生は主に自宅から Wi-Fi を通じて教員のミーティングルームに接続して受講する方式であったが、Wi-Fi の帯域が十分でなかったり、教員側も同時接続に耐える環境が万全ではなかったりと、授業の円滑な進行ができないケースもあった。また、当初オンライン授業は一对多、つまり教員側から一方的に情報提供する場合がほとんどで、学生対教員、学生同士のコミュニケーションが活発に行える授業は少なかった。

情報教育においては、特有の課題もあった。従来、多くの情報関係科目では、教員が教室のプロジェクターや中間モニター等にコンピューターの画面を提示しながら説明する方式が取られていた。学生は教員の画面を参照しながら各自の端末で操作することができ、また教員や実習助手が教室を巡回して学生の画面を確認しながら操作を補助することで、学生の理解度に合わせた授業進行が可能であった。しかし、オンライン授業では、教員の画面は Zoom の共有画面として学生の画面に大きく表示され、学生はそれを見ながら自分の端末のアプリケーションソフトを操作することになり、操作に不慣れな学生にとってはかなりの困難を強いることになった。また、操作に問題が生じた学生の画面を教員が直接確認することも容易ではなく、結果として学生の理解度に合わせた授業進行が行えない状況が発生した。

一方で、オンライン授業を契機として、様々な試行が行われ、そのいくつかは有効であることが実証されている。授業への動画活用はその最たる例であろう。遠隔会議システムには会議を動画としてレコーディングする機能が付属しており、教員はオンライン授業を録画して配信することにより、学生に復習を促し、今後の授業進行の検討材料として活用することができる。また、動画教材を活用して、非同期のオンデマンド授業を実施する動きも広がっている。

仮想現実 (Virtual Reality VR)、拡張現実 (Augmented Reality AR) に関する技術も注目を浴びている。2021 年 10 月、SNS 大手の Facebook が社名を「Meta」に変更し、メタバースによる仮想空間の実現を目標に掲げたことで、VR 技術を表す「メタバース」という言葉が大きな注目を浴びるようになった。この言葉自体は、1990 年代、コンピューターの画像処理技術の進歩を受けて、仮想空間サービスが構想されたときに存在していたが、その後さまざまなサービスの盛衰を経て、2010 年代以降のオンラインゲームの普及によって、しだいに現実味を帯びることとなった。現状のメタバースは、VR ヘッドセットを装着することで立体的な映像を体感し、仮想空間内でさまざまな体験ができる。また、現実の風景に CG を合成して投影する AR 技術も活用範囲を広げている。これらの技術が注目されているのは、コロナ禍に始まった遠隔コミュニケーションの手段としてだけでなく、

身体の運動を伴った表現の可能性があることである。デジタル技術を利用した学習やコミュニケーションでは、どうしても視覚や聴覚といった遠隔的な知覚が主体となり、触覚、嗅覚、味覚や身体運動といった近接的な知覚がおろそかになる。ヒトとコンピューターの対比図においても、遠隔的な知覚に関する伝達手段に主眼が置かれていた。VR や AR 技術は、完全とは言えないにしても、活用方法によってはそうした知覚を動員した学習を促すことが期待される。また、ドローンやロボットスーツ等の技術も、ヒトの身体性を拡張する用途として今後の活用が期待される。これらの技術は臨場感を満喫できる一方で、過度の没入性には注意を要する。

このように、コロナ禍は、ヒトとヒトとのコミュニケーションにコンピューターが介在した新たな手段が加わる契機となった。その一方で、そこで見いだされた課題を通して、ヒトのコミュニケーションとは何かを再考する機会ともなった。ヒトとコンピューターの対比においては、とりわけ身体性の再発見という画期的な出来事をもたらしたことを注記しておきたい。

## V. AI 技術

AI(Artificial Intelligence 人工知能)は、ヒトのように思考する機械を目指す技術で、近年になって目覚ましい進歩を遂げているが、その端緒はコンピューターの黎明期にまでさかのぼることができる。AI 技術はこれまでに2度の隆盛期と衰退期を経て、現在は3度目の、そして過去最高の隆盛期にあるといわれる。

第1の隆盛期には、迷路や三目並べのような単純なゲームをコンピューターに解かせるような試みが行われた。こうしたゲームの行程は場合分けの積み重ねによって表現でき、元々論理演算装置として開発されたコンピューターになじむ問題であった。ただ、場合分けの積み重ねが増えるにつれ、場合分けの総数が指数関数的に増大するため、当時の計算機の性能では実用レベルに達することができなかった。

第2の隆盛期は、コンピューターで文書処理が可能になった時代で、専門知識の文書データベースを構築して、医師や法律家のような専門職の業務を代替させる「エキスパートマシン」の構築が目指されたが、いわゆる「フレーム問題」が大きな障壁となった。フレームとは枠組みのことである。ある問題を解決するとき、外部からもたらされる情報が問題解決と関連するか否かを峻別するのに用いられるのが枠組みであるが、これを機械的に実行しようとすると、無限ループに陥って判断が停止してしまうというのがフレーム問題である。また、問題を言語で表現するとき、言語が意味しているものが何かを厳密に特定できない問題(シンボルグラウンディング問題)も障壁となった。これらの問題により、第2期の隆盛期にも現実的なシステムを構築することは断念された。

現在の隆盛期は、深層学習に代表されるニューラルネットワークとインターネットで生成されたビッグデータを活用した技術によってもたらされた。ニューラルネットワークは、ヒトの脳内の神経細胞のネットワークを模倣したソフトウェアで、ソフトウェア上の神経細胞間の結合係数を動的に変化させることで学習機能を持たせた点に特徴があり、入力されたデータの特徴量を抽出する能力を持つ。深層学習は、ニューラルネットワークを何層にも重ねて、ヒトの高度な認知機能の代替

を目指した技術である。この技術は予想外に実用性を発揮した。2012 年、ILSVRC という画像認識コンテストにおいて、トロント大学のチームは深層学習技術によって、画像認識のエラー率 16% という驚異的な好成績で優勝した。この出来事を契機に、深層学習技術の応用に拍車がかかり、2016 年、Google が YouTube の膨大な画像データから猫の画像を自動抽出することに成功した。また、同じく Google が開発した囲碁の深層学習プログラム AlphaGo によって、世界チャンピオンに勝利するという歴史的な快挙が報告されている。近年では、深層学習を反転させた技術を用いて、文章や画像を自動生成する AI も実用化されている。生成器としての AI と、識別器としての AI を対抗させて、学習によって相互の性能を高めることも可能になっており、生成された画像は実物と区別がつかないレベルにまで達している。

このように AI 技術の進化の過程をたどってみると、3つの隆盛期には、それぞれ、論理演算(計算)、文章(文字)、画像や動画という手法やデータ形式がかかわっており、対比図におけるコンピューターの進化と並立していることが見て取れる。これは、それぞれの時代において、コンピューターで利用できる手段を活用した AI を構想している以上、当然の帰結ではある。ただ、時代にともなつて、コンピューターの性能向上とデータ形式の拡大が起これ、それが実用的な AI の登場につながったことはこの対比図からも理解できる。

では現在の AI はヒトの思考を模倣するという、本来の目的に到達していると言えるであろうか。AI の思考能力を測定する手段としては、アラン・チューリングが 1950 年に提唱したチューリング・テストが有名である。このテストは、被験者としての AI と人間が隔離された状態で判定者と会話をを行い、判定者が AI と人間を区別できなければ、AI はテストに合格したと見なされるというものである。チューリングのこの提言についてはさまざまな議論がある。たとえば哲学者のジョン・サールは以下のような批判を展開した：ある部屋に、中国語をまったく理解していない人間が隔離されている。この部屋に中国語の質問を書いた紙を投入すると、いつでも適切な答えを中国語で書いた紙が返される。外部から見ると、部屋の中にいる人間は中国語を完全に理解しているように見える。しかし、部屋の中にいる人間がやっていることは、あらかじめ与えられたマニュアルに従って中国語の記号(漢字)を置き換えているにすぎない。このように、ヒトの思考というものは機械的な手続きで表面上は模倣できることがあり、チューリング・テストに合格したからといって、その機械がヒトと同様に思考していることの証明にはならないという批判である。この議論から、ヒトと同様に思考している AI を「強い AI」、見かけ上思考しているように見える AI を「弱い AI」という概念が生まれた。現時点で、ヒトのように自ら思考できる強い AI は実現していない。また、AI 研究者の間でも、強い AI の実現は当分先であるという意見が根強い。しかし、弱い AI は部分的に実現し、その適用範囲を着実に広げている。皮肉な見方をすれば、多くの知的労働はサールの「中国語の部屋」のようなものであり、弱い AI によるヒトの知的労働の代替はすでに始まっていると言える。

## VI. 今後の情報教育に求められること

上記で見たように、AI 技術は、ヒトとコンピューターの対比という視点において、きわめて根源

的な問題を提起する。ヒトの思考を支援する計算道具として誕生したコンピューターが、計算能力を増大させた結果、ヒトの情報伝達手段、認知機能や身体機能、さらには思考機能をも代替しようとしている現状において、ヒトとコンピューターの望ましい関係とはいかなるものかという問題である。情報教育は、この問題に主体的に向き合う態度を育成することを目指すべきである。

第一に、現状を正しく理解することである。コンピューターが動作する仕組みや、社会でどのようにコンピューターが活用されているのかを理解すること。その背景には、コンピューターが人間の機能を代替する道具として設計された思想がある。

第二に、知識・技術を適切に活用することである。2020年に策定された「数理・データサイエンス・AI（リテラシーレベル）モデルカリキュラム」においても、学修目標に、「学修した数理・データサイエンス・AIに関する知識・技能をもとに、これらを扱う際には、人間中心の適切な判断ができ、不安なく自らの意志でAI等の恩恵を享受し、これらを説明し、活用できるようになること。」と謳われている。人間中心の適切な判断を行うためにも、ヒトとコンピューターの対比を基盤とした活用が求められる。

最後に、望ましい未来への展望をもつことである。将来、AIがヒトの多くの機能を代替するとしても、どんな機能が代替され、その理由が何なのかを理解しておくことは、人間中心の社会を構想する上では不可欠な要素である。実現性のある展望をもつためにも、ヒトとコンピューターの対比という視点は今後も重要であると考ええる。

## 参考文献

- 1) 渡辺卓也「ヒトとコンピューターの対比を基調にした情報教育」『教育総合研究叢書』第14号, 153-164頁, 2021
- 2) 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム「数理・データサイエンス・AI（リテラシーレベル）モデルカリキュラム～データ思考の涵養～」, 2020

## Abstract

The viewpoint of human-computer comparison provides an effective reference in information education. In this paper, we examine the effectiveness of this viewpoint, using the evolution of Web and AI technology as the theme.