

# AI が作る世界と私たちのこれから

鈴木 孝尚、塩川 小夜子、島田 倫巳  
放送大学静岡学習センター  
静岡県 三島市文教町 1-3-93

## 1. はじめに

約60年前の集積回路の発明と、それに続くマイクロプロセッサの開発は、コンピュータの高性能化・小型化に大きく寄与した。この技術開発の成果を取り込み、世界初のパーソナルコンピュータ Apple II が発売されてから40年余りが経過したにすぎないが、この間にコンピュータの計算能力は飛躍的に向上し、今なお高速化のための技術開発が行われている。現在では、パーソナルコンピュータをはじめとする OA 機器、スマートフォンなどの携帯端末、家電製品、自動車など多くの機械器具にコンピュータが組み込まれ、私たちを取り巻いている。現在の私たちの生活は、好むと好まざるとにかかわらず、コンピュータ無しでは成り立たないコンピュータ社会の中にあるといえる。

さらに最近では、コンピュータに人間の知的能力を代替えさせるべく Artificial Intelligence(以降 AI,人工知能)の開発が盛んに行われ、実用化も始まっている。コンピュータの能力向上に伴って AI も高度化し、AI がやがては人間の仕事を奪い、人類にとって代わって文明の進歩の主役に躍り出るとまで、言われ始めている。

AI が文明の進歩の主役になる社会について、果たして本当にそうなるのか、何が問題か、私たちは AI とどう付き合っていくべきかについて、特に西垣(2016年)が紹介する内容をベースに、他の文献や例を参考にして考える。

## 2. 計算機発展の歴史

### 2. 1. 計算機の歴史

最近のインターネット上の情報によると、計算機の歴史は古く、紀元前2~3000年ごろにはメソポタミア地方でそろばんが使われていたとされる。その後、天文時計や計算尺などのアナログ型計算機、歯車やパンチカードを用いた機械式計算機が発明され、利用されてきた。20世紀になると、電気機械式のアナログコンピュータが、米国で発明された。

現代に続く汎用コンピュータの歴史は、1936年にイギリスで万能計算機の定義が明確にされたことで始まる。1945年には初の電子式汎用コンピュータが米国で製作された。これは真空管18,000本が使用され、その重量は30トンであったと言われる。

1958年の米国における集積回路の発明、それに続くマイクロプロセッサの開発は、コンピュータの高速化と小型化、省電力化を加速させ、その適用範囲を大きく拡大した(3, 4)。

## 2. 2. 計算能力の向上

最近のインターネット上の情報によると、集積回路の適用と集積度の向上は、コンピュータの計算能力向上に大きく寄与してきた。例えば、1951年に発売された初の量産型商用コンピュータUNIVAC(レミントンランド社)は、真空管5,200本が使用されたと言われる。これに対して、1977年に発売された初のパーソナルコンピュータApple II(アップル社)は、集積回路を組みこんだマイクロプロセッサが使用され、UNIVACの約10,000倍の計算能力を持つとされる。2007年に発売されたiPhone(アップル社)はさらに約10,000倍の計算能力を持つと言われる。現在私たちが手にするスマートフォンは、さらに計算能力が向上している。

コンピュータの性能を向上させるべく、集積回路の集積度向上が進められてきたが、技術的な限界に達しつつあると言われている。これは集積回路上のトランジスタの大きさが、原子サイズに近づいたためである。一方で、情報化社会の進展により、扱わなければならない情報量は増え続けており、コンピュータの高速化への要求は高まり続けている(5, 6, 7)。

このような、コンピュータの高速化への要求と技術的な限界とのギャップがとりざたされる現在、注目を集めているのが量子コンピュータ(注記1)である。その計算能力は、従来式のコンピュータ(量子コンピュータでない現在のコンピュータ)では何百年、何千年を要するような計算が、現実的な時間で解けるようになる、と期待されている。Google社は2019年に同社が独自開発した量子コンピュータを用いて、世界最速のスーパーコンピュータでも1万年かかると思われる処理を200秒で実行した、と発表している(8)。

### 注記1 量子コンピュータ

量子の物理的性質(重ね合わせ、量子もつれ)を利用した新しい概念のコンピュータで、2010年代に入って実用化に向けた開発が進められている。問題に最適化した量子回路を都度プログラムすることで、従来型コンピュータで大量の計算を行うのと同様の計算を、一気に行うことができる。

現在は実用化の兆しが見えてきた段階であり、技術的な問題による制約も多い。量子の高速性を利用できる計算のみに有効であり、どのような計算でも高速化出来るわけではない(2)。

表1. 計算機の歴史と計算能力の向上 \*

西暦	和暦	生活とのかかわり	計算機	計算能力
紀元前2～ 3000年頃			そろばん(メソポタミア地方)	* 計算能力は、1951年の UNIVAC の能力への倍数(概算値)
1206年	建永1		アナログコンピュータ“城時計”(天文時計、トルコ) ・昼夜の時間をプログラム可能、水車で駆動	
1620年	元和6		計算尺(イギリス) ・～関数電卓の普及(1980年代)まで	
1642年	嘉永19		機械式計算機(パスカル)、歯車式	
1801年	享和1		パンチカード機械(フランス) ・自動織機 → 汎用の解析機	
1927年	昭和2		アナログコンピュータ(米国) ・電気機械式、微分解析機、射撃管制装置	
1936年	昭和11	軍事への適用開始 第二次世界大戦前～ ・射撃管制装置 ・核兵器開発	チューリングマシン(万能計算機の定義)(イギリス) → ノイマン型コンピュータ(米国)	
1945年	昭和20		ENIAC(電子式汎用コンピュータ)(米国) ・真空管18,000本、重量30t	
1951年	昭和26		UNIVAC(量産型商用コンピュータ)(米国) ・真空管5,200本、磁気テープ	
1958年	昭和33		集積回路の発明(米国)	
1960年	昭和35	電卓 1964年	IBM1400(トランジスタ式汎用コンピュータ) ・電話回線によるコンピュータネットワーク ・10万台を販売	X100(トランジスタ式)
1969年	昭和44		LSI 電卓(シャープ)	X10,000(集積回路式)
1971年	昭和46		マイクロプロセッサの開発(米国・インテル) → マイクロプロセッサ搭載の電卓(日本計算機販売)	
1977年	昭和52	日本語ワープロ 1978年	Apple II 販売(パーソナルコンピュータ)	
1980年	昭和55		量子コンピュータの概念発表(Paul Benioff)	
1988年	昭和63		商用インターネット開始(米国)	
1990年頃	平成2頃	(ファジィ)洗濯機 1990年	無線呼び出し(ポケベル)普及	
1993年	平成5	携帯電話1993年	デジタル方式携帯電話開始(NTTドコモ)	
1995年	平成7	Yahoo!JAPAN 1996年 Google(検索エンジン) 1998年	民生向けデジタルカメラ QV-10発売(カシオ)	
2007年	平成19	Amazon.co.jp(電子商取引) 2000年 (AI)ロボット掃除機 2003年 スマートフォン 2007年	iPhone 発売開始(アップル)	
2010年	平成22		量子コンピュータの実用化(カナダD-Wave)	

\* 文献(3, 4, 5, 6, 7)をもとに作成。

## 2. 3. 適用分野の拡大

コンピュータは、スーパーコンピュータやパーソナルコンピュータのような一般的な「計算機」の形をしたものから、携帯電話やデジタル情報家電など、外見は計算機には見えない多くの情報機器にも組み込まれている。年々その応用分野は拡張・多様化している。表2に一例を示す。

表2. コンピュータの応用分野の例\*

分野	機器・機能
OA、家電	パソコン、電話機、FAX、テレビ、ビデオカメラ、エアコン、洗濯機、……
コミュニケーション、娯楽	携帯電話、スマートフォン、インターネット、ゲーム機、……
自動車、工場自動化	カーナビ、エンジン制御、自動運転、産業機械、ロボット、LAN、……
インフラ	ATM、自販機、電車、監視カメラ、……
データベース、大規模計算	データサーバ、情報検索、科学技術計算、気象予報、……

\* 文献(9)をもとに作成。

近年、ネットワーク上に存在する種々の膨大なデータの中から、たとえば個人の嗜好に関するデータを採掘し、AI を用いて個人の好みに応じた消費需要を推論する、ということが行われようとしている。これはマーケティング分野への応用例であるが、同様の試みが、農業や工業、セキュリティ等々の分野でも行われている(1)。

## 2. 4. AI(人工知能)

AI とは、人間の知的能力をコンピュータ上で実現する様々な技術・ソフトウェア・コンピュータシステムとされる。広い意味では、家庭用電気機械器具の制御システムや情報検索エンジン、ゲームソフトの思考ルーチンも AI と呼ばれることがある。これまで人間にしかできなかった知的な行為(認識、推論、言語運用、創造など)を、どのような手順(アルゴリズム)とどのようなデータ(事前情報や知識)を準備すれば、それを機械的に実行できるかを研究し、コンピュータに実装する分野である。

1980年代に目新しい言葉として日本で流行したファジイ(あいまいな)制御も、AI の一分野とされる。この時期にファジイ制御は多くの家庭用電気機械器具に適用され、現在に至っている。

2010年代以降、ビッグデータ(注記2)の収集環境の整備、コンピュータの高速化、深層学習(注記3)への量子コンピュータ適用の期待などから、AI が再び注目を集め、研究開発も活発に行われている。

指数関数的に高度化するAIが人類にとって代わって、文明の進歩の主役に躍り出るシンギュラリティ(注記4)が、2045年ごろに到来するとの仮説もある(18)。

#### 注記2 ビッグデータ

情報社会における様々なデジタルデータ。大量で、多様で、生成速度が極めて速い。発信源はブログやSNSなどと共に、携帯端末の位置情報、インターネットで統合されたコンピュータ組み込み機器のデータなど、無意識的に発信されるデータが爆発的に増えると予想される(1)。

#### 注記3 深層学習(ディープラーニング)

人間の脳神経回路をモデルにしたニューラルネットワークを用い、AIが自動学習すること。精度を高めるには大量のデータが必要。囲碁AI「AlphaGo(アルファ碁)」がこれに該当する(10)。

深層学習は、人間の脳の働きのごく一部を模倣したに過ぎず、パターン認識など、特定の問題には能力を発揮するが、脳全体の働きを置き換えるものではない(1)。

#### 注記4 シングュラリティ(技術的特異点)

指数関数的に高度化するAIが、人類にとって代わって、文明の進歩の主役に躍り出る時点のこと。2045年ごろに到来するとの仮説が、レイ・カーツワイル(米国、未来学者)らにより主張されている(11)。

### 3. 私たちの生活の中のAI

#### 3.1. AIの適用分野

AIと外部の種々のデータを組み合わせて、様々な応用技術の開発が行われている。現在普及しているAI応用技術の代表的なものとして家庭用電気機械器具の制御があるが、この他にも、情報検索、画像認識、監視、言語処理、予測、診断など、応用技術は多岐にわたる(12)。

これらの応用技術が活用されるべき具体的な分野について、いくつかの例を表3に示す。

表3. AI(人工知能)の利活用が見込まれる分野\*

分野	事例
医療	生体情報や生活習慣、病歴、遺伝等と連動した、健康状態や病気発症の予兆の診断
交通	路線バスやタクシー等の高度な自動運転
	渋滞情報や患者受入可能な診療科情報等と連動した、緊急車両の最適搬送ルートの設定
犯罪抑止	監視カメラ映像や不審者目撃情報等と連動した、犯罪発生の予兆の分析

サプライチェーン	高度かつリアルタイムの需要予測や製造管理等によるサプライチェーンの最適化
機械との対話	高度な意味理解や感情認識等によるコンピュータと人間の対話の高度化

\*文献(12)をもとに作成.

AIをどのような分野でどのように利用するか、実用化が期待されるそれぞれの分野において目標をどこに置くか、これらを適切に定めることは私たち人間の役割である。計算機やAIが登場して私たちの生活はどうなったのか、例えば私たちの多様性は損なわれなかったのかなど、過渡期を生きてきた私たちの経験を踏まえて、AIに何をやらせるかを考えることが必要である。

次に、AIの利用について報告されているいくつかのトピックスを紹介する。

### 3. 1. 1. 自律型致死性兵器システム

AI兵器は、米中露のほかイスラエル、韓国、英国など10か国あまりの国が開発に取り組んでいる。これらの国々は自律型致死性兵器(人間の判断を介さないで自律的に攻撃する兵器)の国際的規制案に反対している(13)。

### 3. 1. 2. 社会信用システム

中国政府が2020年までに実現を目指す企業や個人を対象にした格付けシステム。地方レベルでは試験的な運用が開始されているとのこと。企業や個人がどの程度信用できるか(誠実か)を査定し、統治に利用する。評価は、年齢、学歴、職業、支払能力、信用履歴、SNSなどの交流関係、閲覧履歴、趣味、嗜好、行動により行われる。

- ・個人データを分析し得点化する、行動を予測する
- ・高得点者は様々なサービスを優先的に受けられる
- ・行動の予測は、場合によってはテロ・反政府活動の抑止に使われる

欧米からは個人の権利の侵害、格差の固定、差別の助長に繋がりがかねないとの批判がある(14)。

### 3. 1. 3. 自動ハッキング

米国防高等研究計画局(DARPA)は、2016年に自律型のシステム同士を戦わせ、相手方のコードで脆弱な部分を自動で見つけ出して攻撃し合う競技会を主催した。

AIは標的とする相手に合わせて内容を調整する作業、および特に攻撃しやすいような標的を見つけ出す作業を自動化する。

現実でも同様のことがすでに行われているとみるのが妥当とされる(15)。

### 3. 1. 4. アルファ碁

英国の Google DeepMind 社が開発したコンピュータ囲碁の AI で、中国囲碁協会の柯潔(コ・ジェ)に3戦3勝し、人類を追い越したといわれる。

ボードゲームの世界で AI は、チェスでは1990年代、将棋では2010年代前半にプロを追い越したと言われている(16)。

## 3. 2. AI適用が進む社会への懸念

AI をどのような分野でどのように利用するかを決め、有効かつ安全に運用するのは、人間の役割である。この視点で AI の適用が急速に進んでいくと予想される近未来を見てみると、いくつかの懸念事項が浮かび上がってくる。

### 3. 2. 1. 軍事、犯罪行為への利用

AI を搭載した兵器は、既にいくつかの国々で開発が進められている。米国では、核ミサイルを搭載可能な無人潜水艦の研究も行われていると言われている。無人の AI 兵器ならば、自軍の兵士が戦死するリスクが軽減され、政治指導者にとって、戦争に踏み切るハードルは明らかに下がる、との指摘もある(13)。それどころか、自律型致死性兵器が登場すれば、知らない間に戦争が始まっていた、ということも有りうる。また、AI 兵器がテロ集団に拡散するリスクも考えなければいけない。

私たちは既に AI を悪用した自動ハッキングの脅威に晒されているかもしれない。AI は使う人を選ぶことができないので、犯罪者から思いもよらない攻撃を受けるリスクがある。

### 3. 2. 2. 故障、誤作動のリスク

AI にプラットフォームを提供しているコンピュータシステムはモノであるから、壊れたり、故障したり、誤作動することが有りうる。また、プログラムの不備により、間違った解答を出すリスクもある。限界近くまで集積が進んだコンピュータの内部回路、増大するプログラムの量など、現代のコンピュータシステムは、外力に対する脆弱性が高くなっていると言える。自然災害や攻撃など外力による破壊・電源喪失による停止、電磁波による誤作動などのリスクが想定される。また、太陽からの放射線、太陽風の影響も無視できない。

AI が停止したり誤作動した場合に、人間が別の手段を用いて AI が果たしていた機能を代替できない、というリスクもある。AI は自ら学習し、そのプログラムを自ら書き換えて進化していくと見込まれていることから、AI がどうやって解を導き出していたのか人間には分からない、という事態が発生する可能性がある(19)。

### 3. 2. 3. プライバシーの侵害

“Cookie”という仕組みが、パーソナルコンピュータやスマートフォンのシステムに組み込まれ、wwwサイトの閲覧者個人の特定や閲覧履歴の管理に利用されている。wwwサイトに個人名や住所、クレジットカードの番号などを登録すれば、不正に利用されるかどうかは別にして、これらの情報はwwwサイト側に筒抜けである。他にも、たとえば年齢、職業、病歴、決済履歴、SNSなどの交流関係、顔認証システムにより追跡された行動履歴などが、データとしてどこかに存在しているとする。3. 1. 2. で述べたように、実際に中国では、これらの個人データを関連付け、個人がどの程度信用できるかをAIによって査定し、得点化しランク付けすることが行われようとしている。個人ごとの得点は、様々な社会サービスを受けるための優先度付けに反映される。また、AIによる分析で個人の人種の特長や行動予測をし、テロや反政府活動の抑止にも使われるという(社会信用システム)。これは、プライバシーの侵害どころか、個人の権利の侵害、格差の固定、差別の助長につながりかねない。

社会信用システムは中国での話題であるが、程度の違いはあっても同様のランク付けが、わたしたちの社会で行われる可能性は、どう楽観的に考えてもゼロではない。

### 3. 2. 4. 多様性の喪失

“アルファ碁”と称するAIが、最高位のプロ棋士に勝利し、人類を追い越したといわれる。しかしこれは、囲碁というボードゲームの限られた論理空間で人間に勝ったに過ぎない。人間である現実のプロ棋士は、碁を打つだけでなく、日常生活の中で自動車を運転したり、後進を指導したり、子供を育てたりする。西垣(2016)は、人間がかかわる日常生活の論理空間は無限大で、個々人によって全て異なる。人間は(動物も含めて)、時間の経過の中で状況に対処しつつ、自分を変えながら生きる動的な存在である、と述べている(1)。AIが高度化し、やがてシンギュラリティ(注記4)が到来するとしても、個々人によって全て状況は異なり、なお且つ動的な存在である人間の多様性をAIが凌駕する、ということが起こるだろうか。とてもそうは考えられない。

AIはプログラムで動く。プログラムは(AI自身によるプログラムの変更の仕方を含めて)、事前に極少数の設計者とプログラマにより作成される。近い将来に、AIが汎用人工知能として実用化されたとして、わたしたちが抱える問題を、AIに丸投げしてよいだろうか。AIから得られる解答は、極めて多様性に乏しいものになると思われる。

## 4. AIと私たちのこれから

### 4. 1. AIと私たちはどうあるべきか

AIをどのような分野でどのように利用するか、あるいは利用しないのかは、人間が設定するも



のである。したがって、実用化が期待されるそれぞれの分野において、目標を適切に定めることは人間の役割である。西垣(2016)は目標設定について、目標設定のためには価値基準がなくはない。ところが、価値観というのは生物に特有のもので、もともと機械とは無縁である。幸福度にせよ、基本的人権にせよ、すべて『人間が生きる』ことが根拠になっている、と述べている(1)。

筆者らは、生活の中でコンピュータとの直接のかかわりが無い時代に生まれた。その後、コンピュータの急激な普及の時代を経験し、現在ではコンピュータ無しでは成り立たない社会の中にいる。さらに近い将来には、高度化したAIが人類にとって代わって文明の進歩の主役に躍り出るというシンギュラリティ仮説(注記4)まで言われ始め、私たちを不安にさせる。そういう時代だからこそ、私たちは『生きている』ということを根本に置いて、AIでは決して持ちえない価値観というものを明確にしていく必要がある。この価値観に基づいて目標を定め、解答を求めていく。そのための人間の知能を補強する手段として、AIを有効活用すべきではないか。

#### 4. 2. AIを有用に活用していくために

AIについての理解を深める必要がある。万能の存在と捉えるのも間違っているし、すでに日常生活の多くの分野に浸透している以上、毛嫌いしてもはじまらない。私たちの価値観に照らして、どのように有効に活用されていくのか、について常に関心を持って視ていく必要がある。どのような技術開発が行われたか、どの分野に新しく適用されたか、どんな成果があがったかなどについて、外部の情報に注意を払う必要がある。また、軍事、テロ、犯罪への適用、故障や誤作動、人権侵害の可能性などのネガティブな情報への注意も重要である。

軍事利用に関しては、Googleが「軍事利用のAIは開発しない」と宣言した一方、Microsoftは「引き続き軍と連携する」と表明した、とのニュースがある(17)。AIに関連する有力企業の情報、国や諸外国、国連など国際機関の規制の動向についても、注意する必要がある。

軍事利用に限らず、テロや犯罪への利用、人権侵害の可能性などについては、社会全体のコンセンサスにより一定の利用規範を作り、抑止に努める必要がある。

故障や誤作動については、AIシステムの物理的な強靱化や多重化、代替システムの確保が必要である。しかし、AIはモノ(機械)であるから、故障したり、誤作動したりする可能性がゼロではない。AIが故障、誤作動した場合は、人間が介在しAIの判断を代替える必要がある。西垣(2016)は、AIが誤判断した場合に最終的にそれを正せるのは人間の体験に基づく直感以外にない、と述べている(1)。私たちはこのことを自覚する必要がある。

AIの判断の多様性を人間並みにするために、設計者やプログラマを増員し、AIのバリエーションを増やしても、何の足しにもならない。西垣(2016)は、人間の脳の論理的機能の基盤には身体諸器官の作動が有り、人間も含めた生物の情報処理の圧倒的大部分は、論理というより生理的な反応に他ならない、と述べている(1)。この論理的機能の基盤はすべての個人で異なっ

ているはずであり、これが個性や多様性につながっていると考えられる。私たちは個々の専門分野の問題についてAIに解を出させ、その解を参考にして私たち人間が最終的に判断する。AIを個別の専門分野に関する知能の補強のみに使うこと、これが私たちの判断の多様性を確保することになるのではないか。

3. 1. で述べたように、AIを用いた応用技術は私たちの身の回りに多く浸透してきているし、これから応用が期待される分野も数多くある。一方で、軍事やプライバシーの侵害にかかわるシステムへの応用など、懸念事項も少なくない。私たちは、今後急速に社会への適用が進んでいくと予想されるAIについて、有用な側面だけでなく、私たちを脅かす可能性のある負の側面も併せ持つことを承知しておくことが重要だ。そのうえで私たちは、それぞれの個性や多様性に基づいた想像力や創造力を働かせ、知恵を出し合って、AIとうまく付き合い、有用に使いこなすことが必要と考える。これについては筆者らの間で次のような考えも主張された(付記)。

AIは有用であるから、今後も技術を進歩させていく必要がある。このためには計算機科学者、コンピュータ設計者、プログラマなどの高度な技術者の養成が必要である。しかし、AIを私たちの価値観に基づいて有効に活用するためには、技術者とは別の人材が必要である。個別の実用テーマについては、技術だけではなく社会や人間性の観点から検討を加えなければならないからである。未来を担う若者たちの中にもこれに呼応する活動が出始めている。金城学院高等学校の生徒たちは、身近なAIであるスマートフォンとの関わりについて自ら考え、『ケータイ・スマホの賢い管理者』になるためにはどうしたらよいか生徒自身の目線から幅広く検討し、望ましいあり方を、小冊子にまとめ出版している(20)。

冒頭で、AIについて理解を深める必要があると述べたが、私たち一般人にとってはハードルの低い話ではない。クルマの自動運転、介護ロボット、医療などの差し迫った重要テーマを実用化するためには、技術だけでなく、倫理や法的責任、プライバシー、セキュリティなど多方面の問題を考慮しなくてはならない。文系と理系の知恵を併せ持った高度の人材、またはチームの助けが必要である。

付記:

『想像力…imagination』やそれに基づく『創造力…creativity』は個性を生み、その個々の個性が多様性へとつながっていくと考えられる。

これからの社会を担う子どもたちが『想像力』を育み『創造力』を養うためには、子どもが安心して育つ環境が必要である。子どもをとりまく環境や人との関係の中で、自分は受け入れられている、ここに存在していいのだ、という安心感によって、承認欲求が満たされ、自己肯定感や自尊感情を持ち、自己決定能力を身に付けていく。そのような生育環境で、子どもの内側から湧きあがってくる『想像力』や『創造力』を周りの大人たちが温かく見守ることが大切であり、その中からこそ豊かな発想力に支えられた社会が形成されるのではないだろうか。

## 5. 謝辞

本テーマの考察を進めるに当たり、静岡大学名誉教授・放送大学静岡学習センター客員教授の加藤憲二博士から多大な指導と助言を賜りました。厚く感謝を申し上げます。また議論に参加され、貴重な意見をいただいた放送大学静岡学習センター・百年ゼミの皆さまにも感謝の意を表します。

## 6. 文献

- ・ (1): 西垣 通著 「ビッグデータと人工知能」, 中央公論新社, 219p, 2016
- ・ (2): 湊 雄一郎著 「いちばんやさしい量子コンピューターの教本」, インプレス, 190p, 2019
- ・ (3): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, 計算機の歴史  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/計算機の歴史>, 2019/10/7
- ・ (4): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, ENIAC  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ENIAC>, 2019/12/30
- ・ (5): Moore's Law The Fifth Paradigm  
<http://www.singularity.com/charts/page67.html>
- ・ (6): 集積回路工学第1 講義資料 1. 1LSIと現代社会, 金沢大学  
<http://jaco.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/kitagawa/edu/micro1/pdf/1.1.pdf>, 2002-2013
- ・ (7): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, UNIVAC I  
[https://ja.wikipedia.org/wiki/UNIVAC I](https://ja.wikipedia.org/wiki/UNIVAC_I), 2019/10/12
- ・ (8): CNET, Japanニュース, グーグルの「量子超越性」は革命の始まりにすぎない  
<https://japan.cnet.com/article/35144549/>, 2019/10/30
- ・ (9): 甲南大学 教育学習支援センター, e-Learning コンテンツ, コンピュータの利用分野  
[http://kccn.konan-u.ac.jp/information/cs/common/cs\\_tpfr.htm](http://kccn.konan-u.ac.jp/information/cs/common/cs_tpfr.htm), 2005
- ・ (10): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, 深層学習  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ディープラーニング>, 2020/2/14
- ・ (11): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, 技術的特異点  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/技術的特異点>, 2020/1/29
- ・ (12): AIの現状と未来(平成28年版情報通信白書)/総務省
- ・ (13): 読売新聞オンライン, AI兵器が「一線」を越えると……  
<https://www.yomiuri.co.jp/feature/quarterly/20190424-OYT8T50091/>, 2019/5/1
- ・ (14): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, 社会信用システム  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/社会信用システム>, 2019/12/3

- ・ (15): computerworld, 攻撃者も AI を活用する時代に  
<https://project.nikkeibp.co.jp/idg/atcl/idg/17/021500013/021500001/?ST=idg-cm-software&P=1>, 2017/2/21
- ・ (16): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, AlphaGo  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/AlphaGo>, 2020/2/14
- ・ (17): Ledge.ai, Google,Microsoft も真逆の姿勢。AI の軍事利用規制の行方は?  
<https://ledge.ai/ai-for-military/>, 2019/2/6
- ・ (18): フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』, 人工知能  
<https://ja.wikipedia.org/wiki/人工知能>, 2020/2/5
- ・ (19): AI について-何が懸念されているのか-, 富士通総研  
<https://www.fujitsu.com/jp/group/fri/report/newsletter/2015/no15-008.html>,  
2015/8/7
- ・ (20): 今津孝次郎 監修,金城学院中学校 高等学校 編著, 「中高生のためのケータイ・スマホ ハンドブック」, 学事出版, 95p, 2015

2020年2月26日作成

2020年3月23日字句の若干の修正

以上