

# 人工知能

岩橋 直人

岡山県立大学

## 1. 自己と環境と他者の融合

最初に本節で中心となる問いを示そう。人工知能は凄まじいスピードで社会に浸透し、人間のさまざまな活動に変化をもたらすが、個々の変化は互いに影響を与えながら全体として、自己と環境と他者の融合を促進することになるだろう（図1）。人類がこれまで経験していない自己と環境と他者の融合は、人間の認知に大きな変化をもたらさう。人間はその変化を許容できるだろうか。

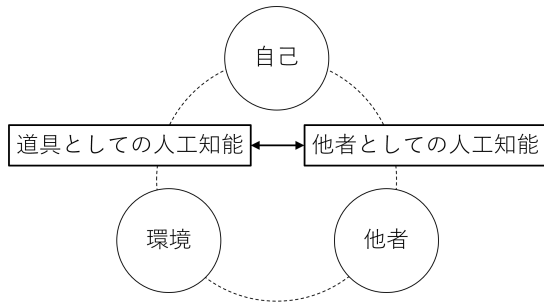


図1 人工知能による自己と環境と他者の融合

我々は起こりうる認知の変化を正しく理解し適切な対応を考える必要がある。本節では、この問いに関して、人工知能が人間にとって道具にも他者にもなりうるという視点から考察する。

本節の構成は次のとおりである。まず、人工知能の驚異的な進歩に関して繰り返されている刺激的な議論について少し触れる。次に、人類躍進の原動力である道具と他者の概念を軸にして、人工知能によって自己と環境と他者が融合されていくかについて述べる。そして、この融合に対する人間の許容限界について考察する。最後に、人間と人工知能の関係についての将来の展望を述べる。

## 2. 超知能と意識

現在活発に行われている人工知能の脅威に関する議論は、それほど遠くない将来に人工知能が有するのではないかと予測されている2つの特性を問題としたものが多い。その2つの特性とは、究極の合理的判断能

力（超知能）と（我々が持つような）意識である。これらについて少し触れておこう。

まず、超知能について述べる。機械学習技術の進歩によって、いわば自動的に人工知能の合理的判断能力を向上させることが可能となった。さらに、人工知能が自らの合理的判断能力を高める技術を生み出すことで、その能力がどこまでも向上すると考える人たちがいる。しかし、どこまでも高い合理的判断能力の存在もその学習可能性も自明のことではない。合理的判断を行うためには世界の状態の変化を高い精度で予測しなければならないが、そもそも因果性と非決定性がせめぎ合う世界で、状態の変化がどの程度の精度で予測可能なのかという疑問にだれもきちんと答えられていない。知能が宇宙の原理に従うとするならば、物質が光より速く移動できないのと同様に、知能の高さにも限界が存在するにちがいない。その限界が、我々の想像を絶するほど高いのか、それとも意外なほど低いのか、よくわかっていない。さらに、合理的判断ということ自体が、実は厳密に定義できるものではなく、極めて人間を中心とした概念であることも理解しておくべきである。

次に、意識について述べる。多くの人工知能研究者は、意識とは合理的判断能力が高まることによって必然的に生じるものであると想定（または期待）している。そして、この想定に基づいて超知能はいずれ意識を持つことになるであろうと予測する。しかし、超知能はすでにどのような状況においても合理的な判断が下せるのであるから、意識を持つことによってそれ以上に有利になることは何もないのではないか。つまり、あらゆる問題に対して完全に合理的な判断を下せる能力を持つ人工知能が、非合理的な特性をも有する意識を必要とする理由を説明することができない。したがって、合理的判断能力が高まることにより意識が必然的に生じるという想定に、論理的妥当性を見出すことは難しい。

以上のように、我々は超知能と意識に関する十分な科学的知識をまだ持っていない。したがって、これら

の特性を備える人工知能に関する議論は根拠が乏しいものとなる。そこで本節では、このような人工知能の究極的な潜在能力ではなく、人間と人工知能が共存する時に起こりうる人間の認知の変化に着目し、人工知能に対する人間の許容限界について考察する。

### 3. 道具と他者

#### 3.1 人類躍進の原動力

人類は進化の過程で、道具を使用する能力と他者と協力する能力を獲得した。人類躍進の原動力となったこれらの能力について簡単に整理しておこう。

まず、道具の使用について述べる。人間が道具を使って行ってきたことは、大きく環境改造と人間拡張の2つである。環境改造は、人間を取り囲む環境—食物、建築、自然など—を人間の都合に合わせて変えることである。人間拡張は、人間自身の能力—運動、知覚、記憶、思考、コミュニケーション能力など—の拡張である。最も古い道具として発見された約200万年前の人類最初の石器は、石塊を叩き割って加工しただけのものであった。その後、人間は道具によって環境改造と人間拡張を続け、さらに新しい道具を次々と生み出してきた。器、建築、刃、火、文字、紙、薬、動力、電力、核エネルギー、通信、コンピュータ、デジタルデータ、情報ネットワーク、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、バーチャルリアリティ、人工身体、ブレインマシンインタフェースなど、道具は加速度的に進歩を続けている。

次に、他者との協力について述べる。他者と意図的に協力する能力は人間だけに備わっている能力である[1]。他者の心を読む能力は、人間以外の動物—大型類人猿、イルカ、クジラ、ゾウ、カラス—でも認められるが[2]、他者との協力を成立させるためには、共感、共同注意、役割理解、言語使用などのさらに高度で複雑な認知能力を必要とする。人間がことばを話せるようになったのは約10万年前であったと推測されている。人間は、他者と知識を共有し、他者との協力を通して高度な社会を構築し、個体ならびに集団としての可能性を高めてきた。社会は、他者との協力のためのシステムであると言える。

人類は、道具を使う能力と他者と協力する能力に基づいて、世代間に渡り膨大な知識を共有・蓄積し社会システムを改良することで発展してきた。つまり、「知識の共有・蓄積 → 道具の進歩 → 社会システムの改良

→ 協力活動の進歩 → 知識の共有・蓄積」というらせん階段を登ってきたといえる。

#### 3.2 認知的共通点

道具の使用と他者との協力のそれぞれを成立させる認知とはどのようなものか。

まず、道具について述べる。動物は、自己の行動が自己と対象物の関係に与える変化を理解することで、適応的に行動することができる。これは、自己—対象の二項関係の理解・操作の認知である。これに対して、道具を使用するためには、さらに自己の行動と対象物との関係が道具を操作することでどのように変化するかを理解する必要がある。これは、自己と道具の間のダイナミクス、自己と対象の間のダイナミクス、および道具と対象の間のダイナミクスを組み合わせ活用できるということである。これは、自己—道具—対象の三項関係の理解・操作の認知である。

次に、他者について述べる。幼児は発達のごく初期の段階で、対象に対して他者と注意を共有できるようになる。この共同注意という認知特性は、人間以外の動物では見出すことができない。共同注意を基盤にして、他者の心の働きの理解などの認知機能が統合されて、他者と協力できるようになる。これは、自己と対象の間のダイナミクス、自己と他者の間のダイナミクス、および他者と対象の間のダイナミクスを組み合わせ活用できるということである。これは、自己—他者—対象の三項関係の理解・操作の認知である。

このように、道具使用の認知と他者との協力の認知は、三項関係の理解・操作という点において共通している。

#### 3.3 明白な境界

もちろん「道具と他者は同じである」と主張したいわけではない。念のために、道具と他者の違いを確認しておこう。

自律性：他者は自らの判断で動くが、道具は思い通りに動かすことができる。

協力：他者は協力してくれるが、道具はしてくれない。

共感：他者は共感してくれるが、道具はしてくれない。

ところ： 他者には心があるが、道具にはない。

この他にも違いはいくらでも挙げることができる。抽象的な概念構造においては、道具使用の認知と他者との協力の認知の間に、三項関係の理解・操作という共通点を見いだすことができる。しかし、具体的に道具と他者をイメージすれば、その境界は明らかである。

さて、道具と他者の共通点と差異についての以上の考察を踏まえて、人工知能が人間にとって何であるか考えていこう。

## 4. 人工知能は道具か他者か

### 4.1 消えゆく境界

「人工知能はコンピュータであるから道具である。」と考えることができる。果たして、劇的に進歩している人工知能はいつまでも道具であり続けるのであろうか。多くの人々が、「人工知能はこれまでの道具とは何かが違う」と感じている。たとえば、広く普及し始めた対話機能を持つ人工知能は、もはや単なる道具とは言えなくなってきている。もしかしたら、人工知能は、道具ではなく他者としての存在になりうるのかもしれない。道具と他者の違いを明確に表していた上記の4つの項目を、最新の人工知能研究の動向を踏まえてもう一度評価し直してみよう。

**自律性：** 人工知能の自律的な能力は向上し続けている。人工知能は人間にただ動かされるだけでなく自らの判断で動くことができるようになってきている。人工知能は、必ずしも従来の道具のように人間が思い通りに動かすことができるわけではない。

**協力：** 人間同士の協力に関する数理的、認知的なメカニズムの解明が進み、工学的な応用も始まっている。人間に協力してくれる人工知能の実現は近い。人工知能は協力の点で従来の道具より優れている。

**共感：** 人間に共感しているかのように振る舞う人工知能はすでに多く存在する。共感に関する基礎・応用研究が進み、人間が人工知能から共感されていると感じる、または、人間が人工知能に共感するようになっていくであろう。人工知能は共感の点で従来の道具になかった性質を持っている。

**ところ：** より良いインタフェースの実現を目的として、あたかも心をもっているかのように振舞う人

工知能の開発・研究が進んでいる。今後、人間が人工知能に対して心を持っていると感じるようになっていこう。人工知能は、こころの帰属の点で従来の道具になかった性質を持っている。

どうだろう。こうして考えてみると「人工知能は道具と他者の境界を越えることができる」と思えてくるのではないか。ここまで概念的に話を進めてきたが、次に道具としての人工知能および他者としての人工知能とは具体的にどのようなものか述べよう。

### 4.2 道具としての人工知能

従来の道具と同じように、道具としての人工知能も、環境改造と人間拡張を可能にする。人工知能は環境を智能化することで改造する。

#### 環境知能化

人工知能が環境のいたるところに埋め込まれ始めている。これが環境の知能化である。代表的な例は、公共の場に設置された人間の活動をモニターする無数のカメラの映像から必要な情報を抽出し、状況に応じた判断を行う人工知能である。知能化住宅も急速に普及し始めている。自動運転のための人工知能は、個々の自動車の運転だけでなく、交通システム全体の最適化のためにも利用されるようになる。

#### 人間拡張

人間拡張のための人工知能 [3] は、人間と人工知能の間のインタフェースの違いから、スタンドアローン型、インタラクション型、身体拡張型の三つに分けられる。これらのうち身体拡張型とは、人間の身体と直接接合したり、身体そのものに変化を加えたりすることによって、人間の知覚、運動、記憶、認知、判断などを拡張するものであり、近年精力的に研究開発が進められている。具体的には、ウェアラブルエレクトロニクス、聴覚・視覚・味覚・嗅覚・触覚の拡張、音声機能の拡張、人工筋肉・人工関節、パワーアシストスーツ、ブレイン-マシン・インタフェースなどである。

#### 自己と環境の融合

認知的な観点からすると、そもそも道具は環境の一部を自己の延長とするものと捉えることができるが、人工知能はこの道具の特徴をいっそう際立たせる。道具としての人工知能は、環境知能化によって環境に融合し、人間拡張によって人間にも融合し始めている。

その帰結として、人工知能を媒介として自己と環境が融合し境界があいまいになっていく。

### 4.3 他者としての人工知能

人工知能が人間のかどうかを判断する方法として、チューリングテストが有名である [4]。チューリングテストとは、キーボードとモニターを通してテキストでコミュニケーションしている見えない相手が、人工知能なのか人間なのかを区別がつかないとき、その人工知能はテストにパスしたことになるというものである。ここでは簡単に、チューリングテストにパスするような人工知能が、他者としての人工知能であるとしよう。2014年にこのテストをパスした人工知能が現れた。その後、さらに、人間に代わって電話をかけてレストランの予約をとってくれる人工知能も開発された。あまりにも人間らしい会話をするので、自分が人工知能であることを相手に告げる必要があるのではないかという倫理的な問題が議論されているほどである。

他者としての人工知能は、メンタルヘルスの分野でも積極的に活用され始めている [5]。たとえば、コンピュータゲーム中の登場人物とのコミュニケーションを通して行う認知行動療法である。さまざまな要因でカウンセラーでは難しいコミュニケーションが人工知能ならば可能になるのである。このようにメンタルヘルス分野で有効に活用されていることからわかるように、他者としての人工知能は、潜在的に我々の精神に大きな影響は与えうる。

また、人間と共同で作業を行う知能ロボットの研究も盛んである。一部はすでに生産現場や介護などで実用化されており、今後さらに広い領域での普及が見込まれている。身体は他者性の認知に極めて重要な役割を果たす。

他者としての人工知能は、今後ますます我々の生活の中に浸透していき、自己と他者の関係に対する認知を変えてしまうかもしれない。この問題を考えるうえで、他者としての人工知能に関する以下に示す3つの特徴の違いを明確にしておくことは重要である。

- ① 人工知能が他者のように考える
- ② 人工知能が他者のように振る舞う
- ③ 人間が人工知能を他者と認知する

コンピュータが誕生して以来、人工知能の研究者ら

は、人間と同じように思考・行動する機械を作ろうと研究を積み重ねてきた。人間と完全に同じ思考をする人工知能（特徴①）の実現は難しいので、まず人間と同じように振る舞う人工知能（特徴②）の実現が目標とされてきた。このことにより、人工知能の研究は、人間の知能を鳥の飛翔能力のメタファで捉えて、「鳥ではなく飛行機を作っている」と表現されることが多い。しかし、現在の他者としての人工知能の研究では、人間のように考えたりすること（特徴①）や振舞ったりすること（特徴②）よりも、むしろ人間に他者として認知されること（特徴③）の実現に重点が置かれることが多い。特徴③の実現を目指した人工知能の研究は、「鳥に見える飛行機を作っている」と表現できる。

ところで、人間のように他者と協力できる人工知能は実現されておらず、近年活発に研究されるようになってきた [6,7]。また、意外に思えるかもしれないが、人間のように道具を使える人工知能もまだ実現されていない。

### 4.4 自己と環境と他者の融合

道具としての人工知能と他者としての人工知能が実現できれば、状況に応じて道具になったり他者になったりできる人工知能の実現も難しくない。このようないわば人工知能の変身は、人工知能自身が自律的に動作モードを切り替えることでも、人間が意識的または無意識に人工知能に対する認知モードを切り替えることでも起こるだろう。ただ、どちらの場合でも人間が人工知能を他者と認知することにより、はじめて人工知能は人間にとって他者になる。道具の使用と他者との協力には、三項関係という認知構造の共通点があるものの、明らかな境界が存在していると前項で述べた。しかし、これまでの議論から人工知能にはその境界を乗り越えてしまう潜在力があることがわかる。

道具としての人工知能は自己と環境を融合し、他者としての人工知能は自己と他者の関係の認知を変化させる。そして、道具としての人工知能と他者としての人工知能の境界は曖昧になってゆく。その帰結として、人工知能を媒介として、自己と環境と他者が融合されていくことになるだろう (図1)。

## 5. 人工知能に対する人間の許容限界

前項で、人工知能に対する人間の認知の性質について述べた。本項では、その性質に基づいて、人工知能

に対する人間の許容限界について考察しよう。我々は道具に対する許容限界と他者に対する許容限界が質的に大きく異なっていることを経験的に知っている。道具を使用することで、自己の目的を達成しようとする欲求を満たすことができる。一方、他者との協力は、共有する目的を達成しようとする欲求に加えて、他者との良好な関係を構築・維持しようとする社会的な欲求に動機付けられる。これらの欲求に対する充足状態が、道具と他者のそれぞれに対する人間の許容限界と強い関係をもつ。このことは、道具としての人工知能と他者としての人工知能に対する人間の許容限界においてもほぼ成り立つであろう。

## 5.1 道具としての人工知能に対する人間の許容限界

道具としての人工知能の機能である環境知能化と人間拡張のそれぞれに対する許容限界の性質は少し異なる。

まず、環境知能化について述べる。環境知能化には、人間にとって明確なメリットとデメリットが共存し、これらのバランスが人間の許容限界に大きく影響する。メリットは、いつでもどこでも簡単に人工知能にアクセスできて便利であり、人工知能に守られて安全で安心な生活を送れることである。一方、デメリットは、常に監視されてプライバシーが守られないことや、人間の行動が人工知能によってコントロールされてしまうことである。個人によって認知されるメリットとデメリットのバランスが崩れると、知能化された環境を許容できなくなる。許容可能なバランスは状況や個人によって異なる。

次に、人間拡張について述べる。これまでは、人工知能システムによる人間拡張は、コンピュータやスマートホンなどを使用したインタラクション型が主流であった。インタラクション型のデバイスの開発においてユーザインタフェースの設計はきわめて重要であり、使用者の認知的な負担がなるべく少なくなるように注意が払われる [8]。考慮されるべき認知特性は多岐に渡る。例えば、認知バイアス、構造知覚、色覚、空間分解能、周辺視野、文書理解力、注意、記憶、認識、想起、学習、意思決定、時間特性などである。また、身体拡張型の人間拡張でも、様々な形態のデバイスが用いられるが、人間の許容限界に関わる原因がデバイス形態に強く依存することが、インタラクシ

ョン型とは違う特徴である。例えば、発声機能拡張とパワースーツを比較してみると許容要因が大きく違うのは明らかであろう。一方で、デバイス形態にかかわらず共通の許容要因も存在する。それは、人工知能と自己の身体が一体化するときに生じる基本的なひとつの感覚に起因する。人工知能が必要以上のサポートをしてしまうと、使用者は自分が何もしていないのに人工知能が問題を解決したと感じ、自分でしたいという人間の根源的な欲求を満たすことができないストレスを感じる。大袈裟に言えば、人工知能に自己を乗っ取られるような感覚である。

## 5.2 他者としての人工知能に対する人間の許容限界

人間の他者と人工知能による他者は、許容限界に関してどのように異なるのだろうか。人間の他者に対する認知と比較して、人工知能による他者に対する認知を特徴づけるのは、相手が人工知能だと知る認知プロセスが存在することである。逆に、この認知プロセスがなければ、人間の他者と人工知能の他者は認知的に区別することができない。

一般的に欲求に対する充足状態は期待に依存する。相手が人工知能であることを知らない場合は、人工知能に対して当然人間と同じことを期待する。したがって、この場合、許容限界も人間に対するものと同じとなる。一方、相手が人工知能であると知っている場合、道具に対する期待と他者に対する期待の両方を同時にもつことになる。これは単純に人間にとって都合の良いことと思えるかもしれないが、実はそうでもない。期待が高くなるほど充足させることは難しくなるから、人工知能に対する許容レベルが低くなり、かえって人工知能とのコミュニケーションが難しくなることが起こりうる。この問題に対処するために、ロボティクスでは、人間とインタラクションするロボットにおいて、使用者に過剰な期待を抱かせないための、ロボットの能力に見合ったデザインにすることの重要性が指摘されている。

他者とのコミュニケーションにおいて、対人的ストレスは避けて通れないものである。人工知能に対して、どのような対人的なストレスを感じるのかよくわかっていない。経験的には、人工知能を他者として認知したとしても、対人的ストレスは人間を相手にする場合よりもかなり少ないと思われる。例えば、人間と

の対話において突然状況に沿わないトピックで話を始められることは許容し難いが、人工知能との対話であれば許容できると思うことは多い。このように人間の他者に比べて人工知能の他者の方が人間の許容可能な範囲が広がることは、他者としての人工知能の優れた特徴になるかもしれない。しかし、他者としての人工知能がさらに進歩すると、他者としての人工知能の方により大きい期待をもつようになって、人間の他者よりも人工知能の他者に対する許容範囲が狭くなるだろう。もしかしたら、このような状態は人間よりも人工知能の方が付き合いやすくなっていることを意味するのかもしれない。すでに一部のサービスでは、人間よりも人工知能が相手になってくれた方が良いと感じることもある。

さて、これまで新しい道具の普及により、環境や社会に対する人間の認知の仕方が変化してきた。コンピュータの普及による認知の変化が代表的である。人工知能との協力やコミュニケーションが広く行われるようになると、人間の他者に関する認知の仕方も変わっていく可能性がある。人類は、さまざまな環境の変化に適応してきたが、他者との協力を可能にする他者認知の仕組みを獲得して以来、その仕組みに大きな変化を求められることはなかったのではないか。他者認知の変化は環境認知の変化よりも影響が大きいだろう。人類に迫られている初めてのタイプの認知適応であるといえる。

### 5.3 共進化のパートナーとしての人工知能

3項では、人類は道具の使用と他者との協力を原動力として、知識の共有・蓄積と道具の進歩と協力活動の進歩のらせん階段を登って発展してきたことを述べた。道具の使用により、環境を身体化するとともに自身の能力を拡張することで、人間と環境の関係性を再構築し続けてきた。また、他者との協力により、個々の人間の単なる総和よりも高い可能性を持つ社会を絶えず再構築し続けてきた。そして、これらの再構築に適応するために、社会と環境に対する自らの認知の仕方を変えてきた。この発展のプロセスは、人間と社会と環境の相互適応のプロセスであるとみなせる。このプロセスにおいて道具が担った役割の位置づけは図2の左側のように表すことができる。

一方、4項で述べたように、人工知能は道具にも他者にもなりうる。したがって、人工知能は、環境だけ

でなく社会にも直接影響を及ぼすので、人工知能が担う役割の位置づけは図2の右側のように表すことができる。

図2の左側と右側を比べると、従来の道具と人工知能の役割の違いがよくわかる。人工知能は従来の道具以上に、人間と社会と環境の間の相互適応を加速する。これに伴い、必然的に自己と環境と他者に関する認知に大きな変化を引き起こす。このいわば新しい認知革命において、人工知能は人間に対する脅威ではなく、共進化のパートナーなのである。

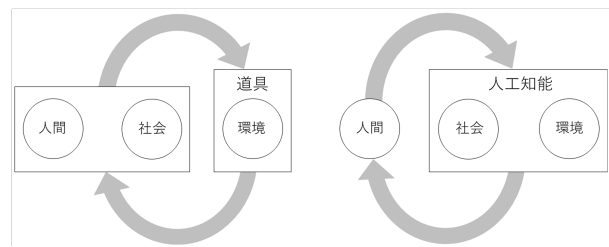


図2 人間と社会と環境の相互適応、従来の道具の場合（左）と人工知能の場合（右）

これまででも、人間と社会システムと環境の相互適応のプロセスにおいて、新しい道具は人間に認知の変化を求めてきた。コンピュータが仕事や生活の中に急激に浸透した1980年代に、テクノ・ストレスが大きな問題としてとりあげられた。その時、あらゆる活動領域において、人間の認知の基盤としてコンピュータ処理のメタファが使われるようになったことがストレスの要因のひとつであると指摘された [9]。人工知能はこれまでにない認知適応を求めてくるかもしれない。しかし、過度に恐れる必要はないだろう。技術的には可能であっても、時速500kmで公道を走る自動車を作られることはないのと同じように、人間の許容限界を超えた人工知能も作られることはないはずだ。より良い世界を作り上げるために、人間と人工知能が互いに調整しあえばよい。これまで何度となく繰り返されてきた技術革新のときのように、人類はこの変化を無事乗り切ることができるだろう。

## 6. おわりに

人間の本質的特徴である道具の使用と他者との協力を軸に、人工知能に対する人間の許容限界について考えた。道具の認知と他者の認知は、三項関係構造という共通点を持つことを指摘し、同時に直感的にはまったく異なるものであることを確認した。実は、驚くべ

きことに、道具認知と他者認知の違いは、心理学、認知科学、脳科学において、未だ十分に解明されているとはいえないのだ [10]. 最近、道具の使用と言語の構文理解にかかわる処理が脳の同じ部分で実行されていることがわかってはきた [11]. 人間と協力する人工知能に対する、社会的認知の研究も始められている [12]. こうした課題は、人間と人工知能の良好な共生社会の構築に貢献する科学的基礎として重要であるので、早期の解明が期待される。

なお、許容限界は、倫理上の問題と密接に関係している。倫理上の問題は、道具としての人工知能が非常に高度で重要な判断（たとえば、人権に関わる判断や人の生死を分ける判断）を行うようになったことと、他者としての人工知能があたかも人間であるかのように振る舞うようになったことに伴って生じている。

現在、人工知能はあらゆる領域において人間に大きな恩恵をもたらしている。一方で、人工知能によって引き起こされる、到底許容できないような思いもよらない変化に、我々は戸惑うこともあるだろう。そのときに、目の前で起きている問題だけに捕らわれることなく、大局的な視点から冷静に問題を理解すれば、適切な解決策を見いだすことができる。そのための指針として、本節で提示した考え方が少しでも役立てば幸いである。

## 文 献

- 1) トマセロ, M. 著, 橋彌和秀訳: ヒトはなぜ協力するのか, 勁草書房, 2013.
- 2) バーン, R.W. 著, 小山高正, 田淵朋香, 小山久美子訳: 洞察の起源—動物からヒトへ, 状況を理解し他者を読む心の進化, 新曜社, 2018.
- 3) 暦本純—監修: オグメンテッド・ヒューマン—AIと人体科学の融合による人機一体, 究極の IF が創る未来, エヌ・ティー・エス, 2018.
- 4) Turing, A., Haugeland, J.: *Computing machinery and intelligence*, MIT Press, 1950.
- 5) Blease, C. *et al.*, Artificial intelligence and the future of psychiatry: qualitative findings from a global physician survey. *Digital Health*, **6**: 1-18, 2020.
- 6) Iwahashi, N., Okada, H., Funakoshi, K.: Theory of cooperation — Cognitive and mathematical principles of cooperation and their application. 人工知能学会全国大会, 2020.
- 7) Dafoe, A. *et al.*: Cooperative AI— machines must learn to find common ground. *Nature*, **593**: 33-36, 2021.
- 8) ジョンソン, J. 著, 武舎広幸, 武舎るみ訳: UI デザインの心理学—わかりやすさ・使いやすさの法則, インプレス, 2015.
- 9) ブロード, G. 著, 池 央耿, 高見 浩訳: テクノストレス, 新潮社, 1984.
- 10) 嶋田宗太郎: 脳の中の自己と他者—身体性・社会性の認知科学と哲学, 共立出版, 2019.
- 11) Thibault, S. *et al.*: Tool use and language share syntactic processes and neural patterns in the basal ganglia, *Science*, **374**: eabe0874, 2021.
- 12) Mckee, K., Bai, X., Fiske, S.: Warmth and competence in human-agent cooperation. *Proceedings of International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pp.898-907, 2022.