

# ロボット学の創成と 社会工学としてのロボット工学

浅田 稔 あさだ みのる

大阪国際工科専門職大学, 大阪大学

ロボティクスは「ロボット工学」と訳されているが、本来、工学に閉じた学問体系を超えて、さまざまな学問分野との連携や融合を推し進める学問分野であり、「ロボット学」と呼ぶのが相応しい。本稿では、ロボット学として「構成論的人間学」を提案し、その代表格である認知発達ロボティクスの思想的背景としての哲学史を振り返る。そして、認知発達ロボティクスを再訪し、最後に、社会に開かれた社会工学としてのロボット工学を再認する。

本稿は、筆者が考えるロボット学を本特集の総論として解説する。あえて旧字の「學」を用いた理由は、ロボット学の学理の再考を促すためである\*1。本稿では、まず、その意図を復習・再認し、「構成論的人間学」としてのロボット学の位置づけを試みる。次に、構成論的人間学の代表である「認知発達ロボティクス」を再訪し、その意義を掘り下げる。本特集の他の解説を引用しながら、「構成論的人間学」の多様なあり方を紹介する。最後に、未来共生社会の課題の観点から、社会工学としてのロボット工学のあり方を展望する。

## 1 構成論的人間学としてのロボット学

筆者の講演報告<sup>1</sup>では、ロボット学を以下のように説明していた(一部改変)。

ロボティクスは、

諸分野の融合であり、学際的研究分野と言われてきたが、真の融合には程遠いのが現状である。図1に示すように、multidisciplinaryは、多くの学問分野が共存している状態、interdisciplinaryは、各学問分野が少し重なり始めて、異なる分野間の協働が始まっている状態だが、より進めて、transdisciplinary、すなわち超越として新たな学問分野が構成されなければならない。それが、ロボット学である。

人工知能を含む関連する既存の工学分野に加え、

- ロボットの知能や認知能力設計の観点から、ヒトを始めとする生物の知能を参照する上での神経科学(生物学)、認知科学
- ヒトの赤ちゃん\*2が、どのようにして言語や種々の行動を獲得していくかの解明が、ロボット設計に及ぼす影響を考慮する上で必要な発達心理学(心理学)
- ロボットが人間社会に導入されつつある現状で、どのように共生社会を構築していくか、また、事故の責任をどのように問うかの観点から、社会学、経済学、倫理学、法学

などが入ってくる。さらには、根本的に、どのような思想にもとづきロボット研究を進めるべきかという哲学もある。ただし、これらの学問分野も相互にすでに融合しつつある。たとえば、認知神経科学、神経倫理学、法哲学などが挙げられ、図1では便宜上、隣接分野のみの重なりだが、それにとらわれない。これらの既存の学問分野から見れば、ロボティクスは、学際融合の橋渡し役であ

\*1—筆者が社団法人日本ロボット学会の会長時(2019-2020)にさまざまな改革を行った一つに学会誌のリニューアルがあり、学会誌の呼称を「ロボ學」とした。その名称に込めた思いを2020年10月9日から11日までオンライン開催となった日本ロボット学会学術講演会RSJ2020で、実行委員長特別講演「再考(最高?):ロボット學」<sup>1</sup>として語った。

\*2—いつを起点にするかも議論の余地があり、あとで示すように國吉氏らの胎児期からの考察<sup>2</sup>は重要である。



図1—multidisciplinary(左)から interdisciplinary(中)を経て transdisciplinary(右)へ(文献1の図1 改変)

り、リサーチビークルの役割が期待されている(図1の中央)。既存分野のアプローチは、説明原理にもとづくものが多く、設計原理にもとづくロボティクスの手法により実証・検証されるとみなされるが、これだけだと既存分野の補助的な役割で終わっているように見える。そうではなく、ロボット学がこれらの分野を内包し、新たな規範のもとに、再構築されなければならない。その核となるのは、「構成論的人間学」である(図1の右)。

「人間」とは、まず、他の種も含めた生物の代表としてのヒト、個体としての思考主体である人、そして社会的存在としての人間<sup>\*3</sup>を表す。「構成論的」とは、計算機シミュレーションやロボットなど機械の設計・製作・作動を通じて、仮説を検証し、新たな仮説の枠組みを提案するなどの特徴を示している。ただし、構成論的手法はロボティクスの専売特許ではない。たとえば、BMIなどは、ヒトの脳に刺激を与えて、その変化を見るなど、刺激に対する仮説検証とみなせるからだ。ただし、仮説検証の対象そのものが人工システムである点が異なる。仮説は、微視的レベルから巨視的レベルにわたり、各分野との相互浸透的な相互作用が必須である。

構成論的人間学としてのロボット学をより深めたのが、RSJ2020で特別講演をお願いした瀬名秀明氏の「ロボティクスと総合知」<sup>9</sup>の講演であった。超越としての存在意義が、単に知識の集積ではなく、集積した上で新たな総合知を発揮しな

ければいけないこと、さらに、より重要なのは、ロボット学が人間の(構成論的)研究ではなく、人間「らしさ」の研究という点である。直接引用すると、

2011年の東日本大震災時、公益社団法人ACジャパンが「「こころ」はだれにも見えないけれど「こころづかい」は見える「思い」は見えないけれど「思いやり」はだれにでも見える／宮澤章二[行為の意味]より」<sup>4</sup>と意見広告を放送し、国民に届けた。(中略)私はここで、「こづかい」「思いやり」の「遣い」「遣り」の部分が重要だと考えている。「遣い」「遣り」とは身体性を伴う「行為」「行動」であり、こうした目に見える行動を通じてこそ、私たちは社会に参画できる。他者の心を推測したうえで、その他者に対して自分は何ができるかと想像し、行動する、これこそが私たち人間の「人間らしさ」の核心であると考えている。

すなわち、ロボット学を人間の(構成論的)研究とすると、既存の人間研究と何が異なるのか、単に設計論を入れた「だけ」と捉えると差異が見えにくい、人間らしさの研究と位置づけることで、人工物による「らしさ」再現が設計論を明確にポップアップさせ、結果として、本来の目的としてきた人間自体の研究の深化を設計論の観点から促すからである。

以下では、筆者が長年提唱・推進してきた構成論的人間学である認知発達ロボティクスの思想的背景について説明し、次に、「らしさ」から認知発達ロボティクスの新たな課題を指摘する。関連分野とのつながりに関しては、本特集の他の解説

\*3—人間は、仏教語で「世の中」「世間」「人の世」を意味した言葉で、「人間」に「人」そのものの意味が加わったのは江戸時代以降である。https://gogen-yurajp.jp/ningen/

を参考に、どの程度まで融合や統合が進み、倫理や法制度の課題にアタックできるのかを展望する。最後に、他分野を含めた大きな学問分野の視点から、工学を位置づける。これは、社会全体を対象とした工学、すなわち、社会工学の視点から、ロボット工学のありようを検討するものである。

## 2 認知発達ロボティクスの思想的背景

認知発達ロボティクスは、人間の認知発達過程をロボット実験やシミュレーションなどの構成論的手法を通じて理解することを目的としている。ただし、この領域が認知とはどのようなものか、より包括的に言えば、人工物の心のようなものとしてのココロ<sup>\*4</sup>とは何であると了解しているか、という問いが向けられるだろう。

この領域における了解は、さまざまな哲学・思想から示唆を受けて成立しているが、核となるアイデアは、物理的埋め込み(身体性)と社会的相互作用、すなわち、他者を含め環境との相互作用を通じて情報は構造化されていく、という点にある<sup>6</sup>。このアイデアを軸にしたココロに関する了解を、近世哲学の礎を築いたとしばしば言われるデカルト(Descartes)の思想と対比させる形で、文献<sup>7,8</sup>なども参考に概説したい(図2)。

デカルトと言えば、「われ思う、ゆえにわれあり」や「心身二元論」が有名だろう。前者は、理性的に思考する「わたし」がいままさに理性的に思考していることに、知識の究極的な基盤をすえる。また、後者は、「わたし」すなわちココロと、見たり触れたりできる物体は、別々の存在者であり、一方が他方に還元されることがないと考える。そして、ココロは知識の基盤であり、物体はココロのその後に見えてくる以上、近代西洋哲学では次第に、ココロは「基に置かれたもの」(subiectum)、すなわち「主体」(subject)として、物体は「向こうに置かれたもの」(obiectum)、すなわち「客体」(ob-

ject)として、対比的に把握されていくことになる。

しかし、認知発達ロボティクスは、ココロを物体によって再現する以上、デカルト的な西洋近代哲学的発想からは距離を置かななくてはならない。ここで、ヘーゲル以降の哲学の展開によってもたらされた知見は、この領域にとって有益な示唆を与えてくれている。

たとえば、現象学の提唱者であるフッサール(Husserl)(たとえば文献9など)はデカルト的な「わたし」を知識の基盤とは考えない。のみならず、自分自身の意識から離れた、客観的な物理的対象が存在するという常識的で自然科学的な信念を一度「カッコに入れ」、その存在非存在については判断を留保することを求める(『現象学的還元』と呼ばれる)。ただし、この場合の意識とは「わたし」だけで成り立つものではありえない。我々は「客観的」な対象(たとえば目の前のコップ)に関して、共同して同じことを語りうるからである。ここに、主観単独ではなく、複数の主観が協働する「間主観性」(Intersubjektivität)を通じた人間の意識のあり方が立ち現れてくる。

このように、ココロは独立した存在者として客体に一方に働きかけるのではなく、何らかの形で相互作用性を有するものとして捉えるのが、認知発達ロボティクスにおける主要な立場の一つである。そして、この領域は、フッサールだけではなく、他の哲学・思想からもさまざまなアイデアを受け入れている。

たとえば、ハイデガーの「現存在」(Dasein)(『存在と時間』<sup>10</sup>)は、どちらかと言えば主体性や主観性が強い概念であるが、ここには不安や恐れといった気分や、歴史性や可能性も現存在の理解に本質的に含まれている。このような考え方をモデル化すれば、ココロのあり方は、過去と未来の出来事や様態によって常に作用され、作用し続けるものとして捉えることができるだろう。また、メルロー=ポンティ(Merleau-Ponty)は、「知覚の主体」と「知覚された世界」が同時に現れてくる場として身体に着目した(『知覚の現象学』<sup>11,12</sup>)。このような身体観は、認知発達ロボティクスにおける基本概念の一

\*4—筆者は健常者の大人の「心」、子供や発達障害者の「ココロ」、そして人工物の「ココロ」と使い分けている(文献5のまえがき参照)。

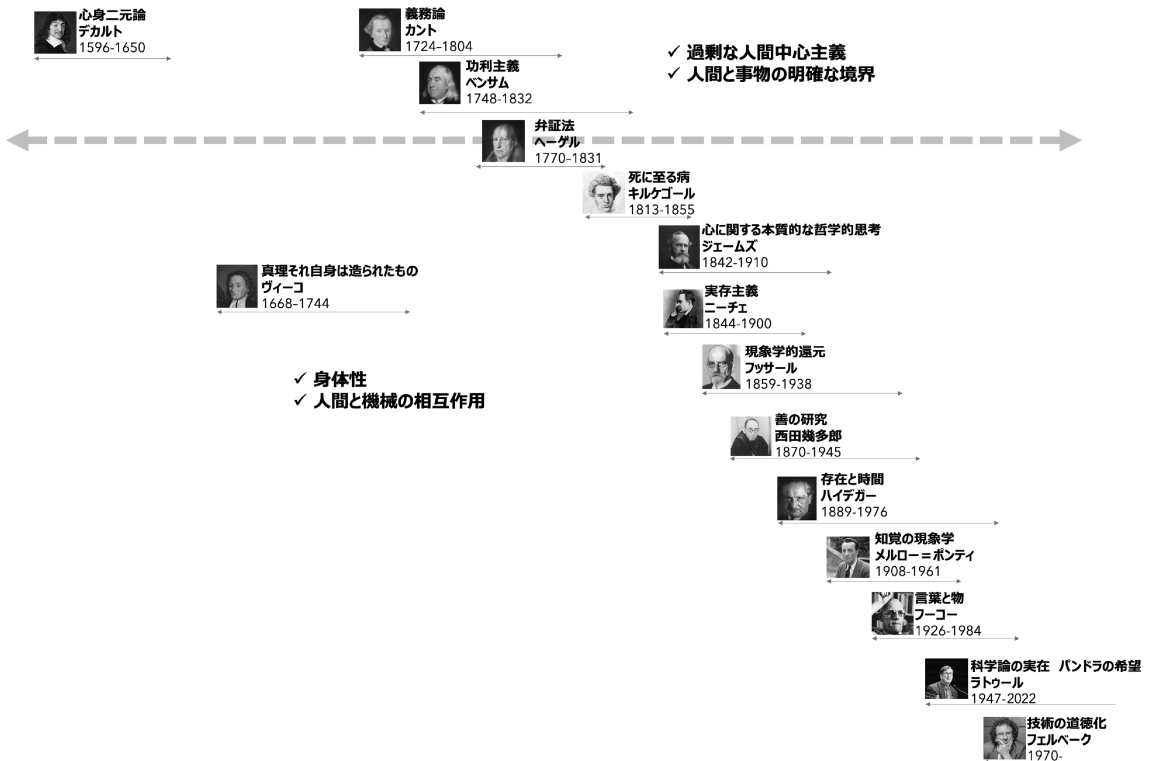


図2—認知発達ロボティクスの思想的背景の概略

つである「身体性」の根幹である。さらに、ウィリアム・ジェームズや、彼に影響を受けた西田幾多郎が唱える「純粹経験」<sup>13</sup>は、主体と客体、主観と客観の二元論の克服のために提唱された概念であるが、いかなる判断も反省も加わっていない単純で純粹な経験は主観的でも客観的でもあるという視座を提供している。

このように、ヘーゲル以降の哲学が認知発達ロボティクスにもたらす第一のものは、主体と客体の区別を超えたココロのモデルであるが、さらに、この種のロボティクスの社会実装が直面しつつある諸問題を扱うための社会的・倫理的視点も提供する。

西洋哲学史上、人間のココロや本質を理性におくことはデカルトに始まったものではなく、その根源をたどると、おそらくソクラテス以前の哲学者に遡ることができる。ただし、デカルトに連なる倫理思想や政治思想は人間を理性的な存在者として捉える傾向が強い。たとえば、カントの定言命法に代表される義務論<sup>14</sup>は、道徳的であるため

には理性的であることを求めているし、ベンサムらが展開した功利主義は、行為選択の基盤に功利計算がある以上、十全な計算能力を有する理性的存在者を想定している。

しかし、人間のココロや本質は理性であるという考えは、ヘーゲル以降はさまざまな形で攻撃されている。『死に至る病』<sup>15</sup>などで実存思想を展開したことで有名なキルケゴールが反対したのは、理性だけによっては汲み尽くせない人間のあり方であったし、ヌーチエが『善悪の彼岸』<sup>16</sup>で対決している思想家の一人はカントであった。

のみならず、西洋近代哲学が半ば無自覚に前提としていた人間中心主義は、自然科学的観点からも思想的観点からも否定的な立場が形成されつつある。人間中心主義は、存在者を主観と客観、主体と客体に区分し、人間の理性を主観・主体側に配置することで、(実践)理性に従いつつも自由意志をもつ人間に因果関係の起点となる資格を与えた。他方で、物体は物理法則と自由意志に従属する存在ではあっても、因果関係の起点にはなりえ



ない。しかし、そもそも自由意志なるものが仮に存在したとしても、人間の振舞いや行動に自由意志はどこまで参与しているのだろうか。むしろ、神経科学・生理学・認知科学などの発展は、因果関係から無縁の自由意志を認めないだろう。また、深層学習に代表される機械学習が示唆していることは、人間は常に主体的に行動を判断しているというよりも、周囲にある事物や技術が人間に判断を促し、人間の意思決定にもコミットしていることである。ピーター=ポール・フェルベーク(Peter-Paul Verbeek)が主張するように<sup>17</sup>、「技術は、我々の行為や世界経験を形成し、そうすることによって、我々の生活の仕方に能動的に関わっている」。つまり、本来、人間を利するために設計された人工物は、人間の行動や倫理規範を支配しているのである。

その意味では、たとえばフーコーが指摘するような<sup>18</sup>、あるべき人間像にもとづく道徳的評価は、結局標準的な人間になることを求める以上の意味をもちえず、摩擦なき、しかし個人の自律も創造性もない「透明なコミュニケーション」という倫理観的を射ているし<sup>9</sup>、ブルーノ・ラトゥール(Bruno Latour)<sup>19</sup>が警告するように、高度な科学技術の進展により、主体と客体が入り混じったハイブリッドな世界となっている現代社会において、人間中心主義および主体と客体の二分法から距離を置く姿勢が求められるであろう。

このような現代社会の捉え方から認知発達ロボティクスが着目するのは、17~18世紀の哲学者ジャンバッティスタ・ヴィーコ(Vico)である。彼の格言「真理それ自身は造られたものである」(Verum esse ipsum factum)<sup>\*5</sup>は、従来の説明原理にもとづく科学ではなく、設計原理を内包した構成論的手法の思想的原点であると見なしうる。この構成論的手法によって、人間のさまざまなミステリーが解明されると同時に、共生社会における人工システムの新たな位置づけも明らかになっていくと筆者は期待している。

### 3 再訪:認知発達ロボティクス

認知発達ロボティクスの核である、物理的埋め込み(身体性)と社会的相互作用について、新たな課題

を摘出する。当初は便宜的に分けて説明してきたが、最近では境界が曖昧になりつつある。

#### 3.1 身体性

従来のロボティクスでは、設計者が意図したタスク遂行のためのロボットの運動軌道制御を安定化させるために、環境との相互作用によって生じたズレを解消することで、環境との相互作用の豊かなダイナミクスを踏み潰してきた。これは、ロボットと環境を区別し、対峙する二元論の関係である。それに対し、ここでの身体性はメルロー=ポンティの言うところの外界と主体を結ぶメディアとしての位置づけであり、代表格は受動的動歩行(passive dynamic walk)<sup>20</sup>であろう。センサーもモーターも頭脳もない状況で環境(坂道)を下る2足歩行ロボットである。重力などの環境拘束条件と機構との美しい調和である。本特集の尾形氏の解説「ロボットの身体と深層予測学習」<sup>21</sup>でも、身体—環境—神経系のダイナミクスの重要性、すなわち閉じた世界の最適性(理性)ではなく、開かれた世界での創発性が重要であることが指摘され、國吉氏の解説「胎児身体・脳シミュレーションで知能の根源と発達障害の発生要因に迫る」<sup>2</sup>とも通じる。

平坦な床に対して、ほんの少しのエネルギーを付加するのみで歩行を実現する一連の空気圧ロボット群は細田氏らが開発してきており、本特集の氏の解説「柔らかいロボットと体性感覚」<sup>22</sup>では、柔らかさの本質が何かの説明がなされている。従来柔らかさは排除すべき対象であったが、多様な環境の中にヒトが存在することで、環境とのリッチな相互作用をどのように活かすかがより重要である。現在、ソフトロボティクスとして、各種センサーやアクチュエータの開発が進められている<sup>\*6</sup>。

\*5—<https://iep.utm.edu/vico/>

ウェットタイプのロボットでは、油圧人工筋、エネルギー源としての液体水素、全身をカバーするゾル、自己修復のための循環系流路など液体系の構造設計が考えられ<sup>\*7</sup>、これらの素材の変遷は発達の観点からは成長する身体や朽ちていく身体とも関係してくるだろう。これは、最近の話題の内受容感覚とも関連する。これまで筋骨格系を主体とした固有感覚や視覚・聴覚・触覚などの外受容感覚が中心であったが、ヒトを始めとする動物には身体内部にさまざまな臓器があり、これらが、感情に関係すること、さらに臓器の振動信号が脳の自発的なネットワークの振動にも影響を与えていると大平は述べている<sup>23</sup>。ロボットの内部構造として、どのように設計論を展開するかが課題である。モーターのオーバーヒート、電源チャージ不足などに加え、先のウェットタイプのロボットのように、体内のさまざまな状態が情動や感情を創発するかもしれない。

これまで、脳に対比させて身体性の議論を重ねてきたが、身体としての脳が意味をもつ。一つには、脳内の神経ネットワークの可塑性として軸索重みの学習だけではなく、脳組織自体の変化(発達・加齢)が考えられる。解説<sup>24</sup>と関連するが、急性痛から慢性疼痛への変遷が記憶過程の原型ともいわれており<sup>25</sup>、その過程では、神経新生が生じて、脳の機能的、形態的变化を起こしている<sup>26</sup>。ロボットとしては、ソフト的にエミュレートすることも考えられるが、身体性の観点からはネットワーク自体を構成するデバイスの可能性を問いたい。近年、細胞レベルの代謝を模擬した臓器のオルガノイドが開発されており、脳オルガノイドも存在する<sup>27</sup>。これらが神経系も模擬できるようになれば、成長(衰退)するロボットブレインとして期待したい。これにより、國吉氏が指摘する<sup>2</sup>発達シミュレーションの限界を超えることができるかもしれない。

\*6—<https://softrobot.jp> 参照。

\*7—<https://airec-waseda.jp/structure/> や [https://www.rsj.or.jp/content/files/event/openforum/2021/OF12/RSJ2021\\_OF12\\_01.pdf](https://www.rsj.or.jp/content/files/event/openforum/2021/OF12/RSJ2021_OF12_01.pdf)

もう一つの課題として、脳は最もエネルギー消費の大きい臓器であり、同様に深層学習を代表とする最近のAIチップも大量のエネルギーを消費する。脳型コンピュータとして期待されているニューロモルフィックチップデバイスの開発では、省エネの数値目標のみではなく、システム全体のパフォーマンスを狙って開発が進められており、長寿命のロボットシステムが期待される<sup>\*8</sup>。

身体性の新たな課題として、拡張する身体であるアバターがある。本特集の石黒氏の解説「アバターによる仮想化実世界の実現」<sup>28</sup>でも述べられているように、アバターの身体は、ユーザーの負担を軽減するために、できるかぎり自律性が求められ、その意味では、従来の自律ロボット技術が使われるが、課題は、アバターを利用する人間側の身体感や身体観の変化である。これがロボット身体設計論に及ぼす影響に加え、さまざまな倫理的・社会的課題が指摘されており、課題解決に向けた議論の活性化が望まれる。

### 3.2 社会的相互作用

社会的相互作用とは、「個人(やグループ)間の動的に変化する一連の社会的行為であり、その個人は相互作用のパートナーの行為への反応として自らの行為を変化させる。すなわち社会的相互作用とは、人々が状況に意味を持たせ、他者が意味しているものを解釈し、それに応じて反応する事象である」とされている<sup>\*9</sup>。よって、社会的相互作用が成立するためには、相互作用の主体が自他認知可能であることが条件と考えられ、「自己の概念」の発達がキーとなる。

ウルリック・ナイサー(Ulric Neisser)<sup>29</sup>は、自己知識の5つの視点を提唱した。生態学的自己、対人的自己、想起的自己、私的自己、概念的自己のうち、最初の2つをそのまま借用し、残り3つを社会的自己としてまとめたのが図3である。生態学的自己では、主体感(sense of agency)、運動

\*8—<http://www.ams.eng.osaka-u.ac.jp/nedo-nmd/>

\*9—<https://ja.wikipedia.org/wiki/社会的相互作用>

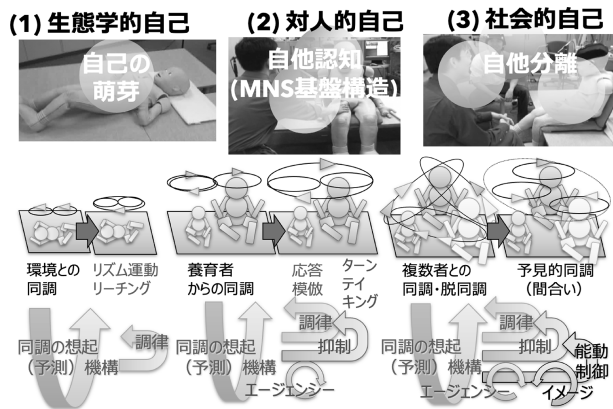


図3—自己の概念の発達(文献5の図3.2を改変)

所有感(sense of ownership)が環境との相互作用から生じるが、これは前項の身体性が大きくクローズアップされる場面である。それに対し、対人的自己の発達は対人的相互反応の始まりである乳幼児と養育者の相互作用が大きな役割を果たす。明和<sup>30)</sup>によれば、ヒトの赤ちゃんは生後すぐから顔や目の識別および好みがあり、新生児模倣に見られる行動応用が見られる。周産期(胎児期～新生児期)に見られるこのような特徴は他の霊長類にも見られるが、ヒト特有の社会性が顕著になるのは9カ月あたりで、反射的・自動的応答から、視線追従、社会的参照、共同注意などの自他認知の明確な発達および他者と心的状態や行動を共有する知覚的な社会的行動が観察される。認知発達ロボティクスで主張している社会的相互作用の原型は、まさに赤ちゃんとお母さん(養育者)の関係を表している。これは、先に述べた間主観性の始まりでもあり、対人的自己が対象となる。これまで課題ごとに、音声模倣(文献5の第11章)、共同注意(文献5の第8章)、共感(たとえば文献24)、語彙獲得(文献5の第12章)などを扱ってきたが、学習がメインであり発達の視点に欠けており、國吉氏の解説<sup>2)</sup>でも指摘されているように、発達視点のメカニズムが必要である。長井氏や尾形氏の解説<sup>31, 21)</sup>で触れられている予測符号化手法が、発達の視点から、どのようにアプローチ可能かがキーであろう。特に長井氏の解説では、発達の視点が明記され、パラメータフィッティングによる現象再現に成功して

いるが、感覚信号や予測信号の精度の変化がどのようなメカニズムによって生じるかの課題解決を期待したい。遺伝的な埋め込みによる発達か、環境因子を含んだ変化か、もしくはその両方か？

社会的自己の観点からは、人間と人工物間の信頼関係の構築が課題となっている。これは、最新AIを駆使した人工システムは複雑化し、専門家でもそのメカニズムのすべてを理解し、説明することが困難であり、まして一般ユーザーにそれを期待できないからである。このような状況下では、人間が安心して人工物を利用できるように、人工物への信頼感を醸成することが喫緊の課題となっている。人間に信頼されるための人工物の設計を論じているものが多いが、逆にロボットが人間を信頼するための計算モデルや測度として認知負荷を用いた研究がある<sup>32)</sup>。計算モデル自身は人間の信頼の新たな理解を促す可能性があり、倫理学者や法学者も含めた議論の重要性は稲谷氏も指摘している<sup>33)</sup>。

#### 4 社会工学としてのロボット工学

ロボット学の創成に向けて、構成論的人間学を核とした超域としてのロボット学を思想的背景から説明し、

認知発達ロボティクスを再訪して、身体性や社会的相互作用の新たな課題を列挙した。間主観性に代表される主観と客観が入り混じった状況は、フェルバーク<sup>17)</sup>やラトゥール<sup>19)</sup>が指摘してい

るように、高度な最新技術の進展により加速・複雑化している。このような状況下で、工学としてのロボット工学が機能性や利便性のみを追求するのではなく、それらが社会にどのような影響を及ぼすかを設計の段階から思考し、工学者だけでなく、関連するすべてのステークホルダーを巻き込んで、議論する必要がある。このような形で進められる工学は社会工学と呼ばれており、ロボット工学は、社会工学としてのロボット工学の新たな姿を提示する必要がある。特に倫理や法制度は、最新技術の進展の速度に比して、かなり遅れており、ギャップを埋めるだけでなく、社会工学の観点からの技術的課題の抽出などを柔軟に行う必要があり、アジャイルガバナンス<sup>\*10</sup>の必要性が叫ばれている。

謝辞 本研究の一部はJST戦略的創造研究推進事業(RISTEX)「マルチ・スピーシーズ社会における法的責任分配原理」(令和2-5年度, 研究代表者: 稲谷龍彦)およびJST戦略的創造研究推進事業(CREST)「脳領域/個体/集団間のインタラクション創発原理の解明と適用」(平成29-令和4年度, 研究代表者: 津田一郎), 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)の支援によって行われた。本研究の参画メンバーおよび研究室メンバーに感謝する。なお, 第2節の認知発達ロボティクスの思想的背景に関しては, 哲学史の観点から, 正確を期するために, 東洋大学文学部松浦和也教授にご協力をいただいた。ここに感謝する。

## 文献

- 1—浅田稔: 日本ロボット学会誌, **39**(1), 45(2021)
- 2—國吉康夫: 科学, **93**(1), 26(2023)
- 3—瀬名秀明: 日本ロボット学会誌, **39**(1), 56(2021)
- 4—宮澤章二: 行為の意味——青春前期のきみたちに。ごま書房新社(2010)
- 5—浅田稔: 浅田稔のAI研究道。近代科学社(2020)
- 6—M. Asada et al.: IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, **1**(1), 12(2009)
- 7—J. Tani: *Exploring Robotic Minds: Actions, Symbols, and Consciousness as Self-Organizing Dynamic Phenomena*. Oxford University Press(2016)
- 8—稲谷龍彦: 『アーキテクチャと法』所収, 松尾陽編, 弘文堂(2017)第4章, pp. 93-128
- 9—フッサール(浜渦辰二訳): デカルト的省察。岩波文庫(2001)
- 10—マルティン・ハイデッガー(細谷真雄訳): 存在と時間(上・

- 下)。ちくま学芸文庫(1994)
- 11—M.メルロー=ポンティ(竹内芳郎・小木貞孝訳): 知覚の現象学1。みすず書房(1967)
- 12—M.メルロー=ポンティ(竹内芳郎・木田元・宮本忠雄訳): 知覚の現象学2。みすず書房(1974)
- 13—西田幾多郎: 善の研究。岩波文庫(1979)
- 14—牧野英二編: 新・カント読本。法政大学出版局(2018)
- 15—ケルケゴール(斎藤信治訳): 死に至る病。岩波文庫(1957)
- 16—ニーチェ(木場深定訳): 善悪の彼岸。岩波文庫(1970)
- 17—ピーター=ポール・フェルベーク(鈴木俊洋訳): 技術の道德化: 事物の道德性を理解し設計する。法政大学出版局(2015)
- 18—ミシェル・フーコー(渡辺一民・佐々木明訳): 言葉と物: 人文科学の考古学。新潮社(1974)
- 19—ブルーノ・ラトゥール(川崎勝・平川秀幸訳): 科学論の実在: パンドラの希望。産業図書(2007)
- 20—T. McGeer: in *Proc. of 1990 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*.(1990)
- 21—尾形哲也: 科学, **93**(1), 48(2023)
- 22—細田耕: 科学, **93**(1), 32(2023)
- 23—大平英樹: 日本ロボット学会誌, **40**(1), 10(2022)
- 24—浅田稔: 科学, **93**(1), 54(2023)
- 25—T. J. Price & K. E. Inyang: in *Molecular and Cell Biology of Pain*, T. J. Price & G. Dussor(eds.), *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, vol. 131, Academic Press(2015) pp. 409-434
- 26—J. Barroso et al.: *Translational Research*, **238**, 76(2021)
- 27—大崎達哉・他: 生産研究, **72**(3), 251(2020)
- 28—石黒浩: 科学, **93**(1), 36(2023)
- 29—U. Neisser: in *The Perceived Self*, U. Neisser(ed.), *Emory Symposia in Cognition*. Cambridge University Press(1994) pp. 3-22
- 30—明和政子: 日本ロボット学会誌, **40**(1), 14(2022)
- 31—長井志江: 科学, **93**(1), 41(2023)
- 32—浅田稔・他: 認知負荷に基づくロボットの信頼モデル構築とその拡張。第40回日本ロボット学会学術講演会予稿集(2022)
- 33—稲谷龍彦: 科学, **93**(1), 47(2023)

\*10—<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220303003/20220303003-1.pdf>