

Title	生成AIロボットは暗黙的身体知を持つか：「ロボット発展段階説」の拡張を通じて、技術と技能を再考する
Author(s)	妹尾, 堅一郎; 村松, 竜弥
Citation	年次学術大会講演要旨集, 40: 21-26
Issue Date	2025-11-08
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="https://hdl.handle.net/10119/20129">https://hdl.handle.net/10119/20129</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

## 1 A 0 4

# 生成A I ロボットは暗黙的身体知を持つか ～「ロボット発展段階説」の拡張を通じて、技術と技能を再考する～

妹尾堅一郎（産学連携推進機構） 村松竜弥（産学連携推進機構）

kensenoh@senoh.institute

生成A I ロボット、ロボット発展段階説、技術と技能、技術継承、デュアルユース問題

### 1. はじめに

生成A I がロボットに実装され始めた。

生成A I に手足（駆動系）がついたのか、ロボットに頭脳（思考系）がついたのか。この議論は多くの示唆を持つものだが、今回は省かせていただく。いずれにせよ、ロボットの発展の歴史を俯瞰すると、新段階に入ったことは疑いないだろう。

では、生成A I ロボットが持つ産業的、ビジネス的な意味は何か。自律的に自学自習を行う生成A I ロボットは自ら技能的技術を開発・発展させ、それらを一気に他へ継承普及させてしまいかねない。特に、生産と解体に関わる技術と技能の関係を一気に変えてしまうに違いない。

そこで本論では、「ロボット発展段階説」を起点にして、生成A I ロボットの機能と意味を整理すると共に、技術と技能の関係性の観点から生成A I ロボットの功罪に関する問題提起と課題提案を行う。

なお、ロボットとロボティクスの意味は微妙に異なるが、ここでは一括「ロボット」と呼ぶ。また、この生成A I が実装されたロボットは「フィジカルA I」あるいは「エンボディードA I」と呼ばれることもあるが、ここでは総称的に「生成A I ロボット」と呼ぶこととする。

### 2. 「ロボットの発展段階説（妹尾）」の概要

15 年近く前に、筆者（妹尾）は、ロボット化と価値形成の循環構造化に関して「ロボット発展段階説」を提示した<sup>1</sup>。その議論で、「すべての機器とあらゆる装置設備がロボット化する」ようになること、またそれにより「ハードウェアからソフトウェア、データ、アナリティクスを経てサービスへと価値形成の重点が移行していく」ことを指摘した。本章では前説として、その概要を簡単にご紹介する。

#### ☆機械からロボットへ（ロボット発展段階説）

##### 【前機械世代：道具・用具の時代】

人類が、人の手先だけで作業する時代から、道具や用具を使う時代へ移行したのは太古の昔である。道具や用具は、人の手先（作業系）を外在化したものだ。例えば、ツメやコブシは石器、水をすくう手先や手のひらは土器といった道具にそれぞれ置き換えられた。狩猟の武器も、農栽培の用具も、それを使うヒトの作業をどれだけ効果的・効率的にするかが問われた。

##### 【第1世代：道具から機械へ＝作業系の時代】

古代から中世へ、人類は、手先のみならず、手足全体の作業を外在化させた。ヒトの手先の作業を担う「道具」から、その道具を使ってヒトが行う「作業」自体の代理代行を担うのが「機械」となったわけである（作業系機械）。

##### 【第2世代：動力系の機械化と道具・機械の併存時代】

18 世紀、人類は、作業系機械を緻密化・標準化・分業化して使うと共に、機械を動かす動力系を人力や牛馬から水車・風車といった機械に置き換えた。この作業系と動力系を組み合わせた「駆動系（アクチュエータ）」が進展し、道具と機械を使いこなす軽工業化により第一次産業革命を起こした。

##### 【第3世代：駆動系（作業系×動力系）飛躍の時代】

19 世紀、人類は、蒸気機関を発明して動力系を飛躍的に進歩させる一方で、鉄の精密加工を進展させ、作業用機械を強化・大型化した。「駆動系」として動力系も作業系も飛躍的に発達したことにより、一方で大量生産機械が、他方でそこで生まれた製品を運ぶ蒸気機関車や蒸気船が、進展した。結果、第二次産業革命により消費主導の経済社会が急成長した。

##### 【第4世代：記憶・計算系外在化の時代】

20 世紀、人類は、多くの機械の動力源を電気に替えた（電動化）。加えて 20 世紀も半ばになると、頭

脳の計算・記憶系を外在化させた「コンピュータ」を登場させた。それが組み込まれた機械の自律性が高まり、生産性は飛躍的に向上した。

### 【第5世代：感覚系外在化とロボット誕生の時代】

21世紀、人類は、「センサー」というヒトの感覚系（五感）を外在化させ始めている。センサーを通して大量のデータを集め、その解析結果を活用して機械の能力は飛躍的に向上中である。

本説では、アクチュエータ（駆動系＝作業系＋動力系）、コンピュータ（計算・記憶の頭脳系）、センサー（感覚系）が一体化したとき、それを「ロボット」と呼ぶ。すなわち、機械は「ロボット」化を始めたのである。

例えば、東京・秋葉原の量販店で売られている家電製品の大半は、今や「ロボット」だ。お掃除ロボットのみならず、白物家電もロボットである。例えばエアコンは、センサーで部屋の温度・湿度や室内の人の位置すら感知して（感覚系）、そのデータに基づきコンピュータが最適化をはかり（計算系）、羽根を巧みに動かして風量や風向等を調整（駆動系）して、最適空調環境を整える。もちろん新幹線もロボットとみなせるだろう<sup>ii</sup>。

産業生態系の観点から言えば、ロボットのどこを押さえれば主導権を握れるのか、が重要な問いになる。日本企業の大部分は、つつい駆動系、中でも作業系のモノ（部品や部材）の品質と性能を訴える。スペックや歩留まりが良ければ勝てると言う。確かにそれに超したことはない。だが、（鉄人28号の昔から）ロボットにおいて重要なのは「操縦機（と操縦者）」のはずだ。つまり、ロボットのシステム全体の「制御系」を押さえることが、産業やビジネスで主導権を握る肝なのである。

（このことを踏まえれば、ロボット化によって「ハードウェア→ソフトウェア→IoT→ビックデータ→AIアナリティクス→人工知能→ロボットを経てサービスへ」と価値形成の重点が螺旋循環的に移行していく、という議論を紹介したいが、字数の関係で今回は省くことをお許し願いたい）。

なお、10年ほど前には、AIがロボットを左右することについて、筆者（妹尾）は座長として、関係有識者と共に「ロボット政策に関する霞が関宣言」を出して問題提起を行ったことがある<sup>iii</sup>。

また、ほぼ同じ時期に、「コンピュータを利用したヒトの学習教育」から「AIを利用したAI育成」への転換が始まることを、以前会長を拝命していた学会で論じたこともある<sup>iv</sup>。

これらの議論に通底するのは、コンピュータがAIになっていくと、「知」の生成から活用まで、その基本が大きく進展し、その産業への影響は衝撃的だというものであった。

## 3. 道具から機械を経てロボットへ：コンテンツで発展段階を辿る

道具から機械を経てロボットへ向かう発展段階を身近に感じてもらうために、筆者（妹尾）は企業人向けの研修や講演等で、あえて映画・TV番組・漫画等を俯瞰的に解説することがある。以下、概略を示す。

### 3-1. 過去「モダンタイムス」

『モダン・タイムス』(Modern Times) は、1936年チャールズ・チャップリンが監督・製作・脚本・作曲を担当した米国の喜劇映画である。チャップリンは、資本主義社会や機械文明が労働者の個人の尊厳を失わせるというメッセージを喜劇で見せた。巨大な工場で働く主人公が、ベルトコンベアーを流れる部品のナットをスパナで締める単純作業を繰り返しているうちに歯車に巻き込まれるシーン、あるいは食事時間を節約する自動給食マシンの実験台にされるシーンなど、散々な目に遭わされるドタバタシーンが有名である。主人公は単純作業の連続とテレビモニターの監視に耐えられず精神的に破綻して病院送りになってしまう。映画はその悲喜劇と復活を描き、チャップリンの代表作の一つと言われている。

### 3-2. 現在「探検ファクトリー」「解体キングダム」「ウルトラ重機」

現在を端的に表しているのは、NHK-TVの『探検ファクトリー』『ウルトラ重機』『解体キングダム』の三番組ではなかろうか。

『探検ファクトリー』は、生活周りのモノづくりをする工場を、芸人・中川家とすっちーが“探検”する工場見学のバラエティー番組である。高度な技術や職人技を紹介して、“日本のもの作りの底力”“働く人の情熱”を紹介する、と謳っている。

『ウルトラ重機』は、世界の超大型で先端的な作業を行うユニークな重機（巨大なコンバインからガントリークレーン、新幹線のメンテナンス用ハイテク重機等）を俳優・田辺誠一が案内する番組である。特筆すべきは、いずれの重機にもミリ単位の繊細さで操る高度技能を持つ驚異的操縦者がいることだ。

『解体キングダム』は、超重要・貴重な建築物を繊細な技術を用いて解体するドキュメンタリー番組。巨大なオフィスビル、ガスタンク、煙突、風車、鉄塔、超高層ビル、百貨店、首都高、あるいは巨大変

圧器から漁船取締船や特急列車等の解体作業に密着し、日本の解体技術を紹介する。

### 3-3. 未来『2001 年宇宙の旅』

『2001 年宇宙の旅』は、1968 年にスタンリー・キューブリックの製作・監督、キューブリックとアーサー・C・クラーク脚本の映画史上最高傑作の一つと言われる S F 映画である。ここに登場する HAL 9000 は人工知能コンピュータで、HAL とは Heuristically Programmed Algorithmic Computer 9000 の略であるとされるが、実は HAL は IBM を 1 文字ずつ前にずらした命名だとする説も根強い。この HAL より、むしろ宇宙船ディスカバリー号自体が生成 A I 実装ロボットだと言えるのではなかろうか。

### 3-4. 未来『攻殻機動隊』

『攻殻機動隊』は、士郎正宗により、1989 年から 1990 年にかけて『ヤングマガジン海賊版』で連載された S F 漫画である。アニメ作品化された後、ハリウッド製の実写版も作成されている。現在も他の漫画家が再三リメイク版を描いている。21 世紀、第 3 次核大戦とアジアが勝利した第 4 次非核大戦を経て、科学技術が飛躍的に高度化した日本が舞台。マイクロマシン技術を使用して脳の神経ネットに素子（デバイス）を直接接続する電脳化技術や、義手・義足・義体化サイボーグ技術が発達し、多くの人間が電脳によってインターネットに直接アクセスできる時代が到来した。生身の人間、電脳化した人間、サイボーグ、アンドロイド等が混在する社会の公安を担う、内務省直属の攻性公安警察組織「公安 9 課」（攻殻機動隊）の活動を描いた物語である。

『2001 年宇宙の旅』も『攻殻機動隊』も、現在も多くの工学者の想像力を刺激しているという。

## 4. 考察①：自律的自学自習に行う「生成 A I ロボット」の持つ意味：技能と技術とは何か

さて、ここでロボット発展段階説のポイントを再確認してみよう。

第 1、すべての機器とあらゆる装置設備はロボット化する。

第 2、ロボットとは、アクチュエータ（駆動系＝作業系＋動力系）、コンピュータ（計算・記憶の頭脳系）、センサー（感覚系）が一体化したものを指すこと。つまり、IoT と A I とロボットは別々ではなく、「三位一体」なのである。

第 3、ロボットは電子的制御を前提にするので、制御系に価値が集中すること。

### 4-1. C P S と生成 A I

以上を踏まえて、次の二点を思い起こしたい。

一つ目は、人類は、C P S（サイバーフィジカルシステム）の時代に突入していることである<sup>v</sup>。C P S の観点に立つと、生成 A I ロボットとは「生成 A I がサイバー世界を飛び出してフィジカル側と組み合わせた典型的 C P S である」と理解できるだろう。

二つ目は、コンピュータは単に計算・記憶系のみならず、生成 A I という（疑似的な）頭脳系に進出しつつあること。これを少し詳しくみてみよう。

生成 A I は良質で適確なビッグデータを必要とする。そのビッグデータが外部から提供され、それを基に生成 A I の性能は高度化する。つまり従来は、外部でヒトが、それまでに蓄積されたビッグデータを基に A I を使ってソフトを開発し、それがロボットに注入されていたのである。これは、従来型のロボットでも、全体そして各パーツのログデータ（稼働記録）を蓄積・活用すれば、制御系のソフトやアプリソフトの開発や改善、あるいは機械自体の改良に活用されていたということを意味する。そして、どのようにロボットを使えば、顧客の個別具体的な状況にとって最適なロボットの動かし方がわかるようになっていた、ということだ。つまり現在までのロボットは基本的に、まずヒトがつくった最適なソフトウェアによって制御され、その上でデータの生成や蓄積を担っていたのだ。

だが、生成 A I ロボットになると、それが様変わりする。生成 A I が実装されたロボットでは、初期の制御ソフトウェアさえ組み込まれれば、それによってアクチュエータが動き、その動きに関するデータを自らのセンサーが得られるようになる。得られた稼働データを基にして、そのロボットに実装された生成 A I 自らが制御ソフトウェアを改善できるようになる。つまり「試行錯誤」を通じた「自律的学習」が進められるようになってきた、ということなのだ。

結果、「生成 A I ロボットは、自らが動くことを通じて、自ら効果的・効率的な動き自体を効果的・効率的に律するソフトウェア自体を学習的に開発する」ことができるのである。生成 A I ロボットの最重要点は、このように「自ら動いて・自ら学ぶ」「自律的・即時的自学自習」することなのだ。

システム論的に言えば、従来は 1 次のフィードバックループだったものが、生成 A I では一気に 3 次のフィードバックループまで高次化したと言えるのではないだろうか。

では、この進展は何を意味し、それはどのような影響をビジネスに与えるのだろうか。



#### 4-2. 生成A Iは何の代替を始めたか

生成A Iの活用は既に始まっている。現在、例えばオフィスで作業的業務を担う人々やプログラマー、あるいは工場や販売店におけるショップワーカー等が一気に代替されはじめていると聞く。

筆者（妹尾）は、2012年の時点で「15年後の仕事の2/3は、これから生まれる」という説で次のような指摘を行ったことがある<sup>vi</sup>。

「サイバーセキュリティの専門家、モバイル機器のアプリソフトの開発者、ソーシャルメディアの管理者、幹細胞研究者、ロボティクス技術者、そしてシミュレーション技術者…、この調査は、現在、最も活躍が期待される職業が一昔前には存在していたわけではないことを指摘している。ビッグデータのアナリストやビジネスモデルのデザイナーも昔はなかった。逆に多くの職業が消滅あるいは絶滅危惧化する。かなりの驚きである。デジタルネットワーク技術の開発が加速し、グローバル経済が急拡大する大変革期では、職業生態系も新陳代謝を加速せざるをえないのだ」

生成A Iロボットの登場で、この指摘がまさに現実化しているのである。

#### 4-3. 「技術」とは何か

今回論点として取り上げたいのは、技術と技能の関係および技能承継に関する生成A Iロボットの衝撃である。そこで、そもそも「技術」とは何かを確認しよう。

技術という「知見」とはどのように生まれ、どのようにして「技術」と認識されるのだろうか。端的に言えば、技術とは「a set of interrelated “If then” statements」である、というのが筆者（妹尾）の主張である<sup>vii</sup>。すなわち「もしxxすればyyになる」あるいは「もしxxすればyyにできる」という因果関係に関する言明の集合体である。

この定義を前提にすれば、事象をよく観察して、そこに因果関係に関する知見を見出すことが「発見」（理学的あるいは科学的知見の獲得）となる。また逆に、ある創発性をもたらす因果関係化をもたらす知見を見出せば「発明」（工学的あるいは技術的知見の獲得）と呼ばれることになる。この因果関係は、決定論的な因果のみならず、確率論的な因果（もしXXすれば、ある確率でYYが生じる）も含まれる。

そして、そのような発見や発明を因果関係という形式を通じて知見として表現できれば、それは特許明細の要点あるいはクレーム（主張点）になる。つまりこれら因果関係化による「発見」「発明」が特許対象（すなわち技術思想）として認められるということだ。

例えば、ある物質を発見して、その機能を特定できたならば、それは科学的・理学的発見である。他方、ある機能を担う物質を人工的に合成できたら、その処方や製法は工学的・技術的発明になるということだ。そして新規物質を発見したり・発明できたりすれば、それは物質特許になりうるのである。

また、因果関係が直截的に成立する場合もあれば、ある確率として生じるという確率論的特定ができるならば、それは「パラメータ特許」の対象となるだろう。ただし、いずれの場合においても裏側にある前提は「再現性」である。

ただし、因果関係と再現性だけでは発明とは呼べない場合もある。新規性・進歩性が問われるからだ。技術的知見のどの側面が新規性としてとらえられ、それがどの程度の進歩性を持つと言えるのか、それによって技術の価値（特にビジネス的側面）は変わるだろう。

いずれにせよ、このように得られた知見は“if then” statements化を通じて「技術化」、そして「発明化」される。逆を言えば、「因果関係化によって技術は技術として認識される」のである。

#### 4-4. 「技能」とは何か

他方、「技能」とは何か。本論では、「言語知（形式知）化された技」を技術と呼ぶならば、身体知として暗黙知のままである技を「技能」と呼ぶ。つまり、暗黙的に身体知化された技術を技能と呼ぶ方が適切だろう。例えば、大谷翔平の打撃技術と呼ばれている技は、彼に暗黙知的に身体知化されているので、移転し難い属人的な（超のつく）技能だと言うべきだろう。

ただし、日本語の「技術」という言葉には、文脈によってエンジニアリング（産み出す技術）、テクノロジー（産み出された技術）、スキル（技法・技能・技芸）等が混在しているようである。例えば、「ものづくり日本」という言葉で表現されているのは、どれもが含意されているのではないだろうか。

なお、暗黙知を属人的に保有する人を「職人」と呼ぶ。先人の編み出した技能（技巧・技芸等）は、まさに職人芸だ。修行や模倣により伝承されるものの、特に個性的・独創的な身体知・暗黙知を継承することは極めて難しい。そこで、もし職人の技能が生成A I等を駆使して機械に移植されれば、それは暗黙知から形式知化された技であり、また属人化を離れるわけだから「技術化」と呼ばれうるだろう。

ちなみに、技術をtechnologyとして、工学的にそれを生成することをengineeringと呼ぶとすれば、技能（技・技巧・技芸）でありtechniqueあるいはskill、さらにはartである。

#### 4-5. 秘伝の技能習得からコピー的技能継承へ

さて、前述した現在をあらわすTVドキュメントの3作品を振り返って見よう。

『探検ファクトリー』で訪問する先の工場は、町工場で道具による技能生産をウリにするところでも、必ず機械生産の工程を持つ。他方、先端的な機械生産を行っている大工場でも必ず最終的な仕上げには技能加工部分を持つ。『ウルトラ重機』では、モノづくり先端技術の粋と言える機械（しかも巨大なロボット）を操縦するのは成熟した技能を持つ職人である。逆に、「モノばらし」である『解体キングダム』でも同様に、最先端のロボットを操縦するのは、極めて高度に習熟した職人である。

つまり、日本のモノづくりとモノばらしは、技術と技能の両者によって成立しているということなのである。そして、習熟した操縦技能あるいは仕上げといった「技能」が求められているのだ。

では、その継承はどうするのか。多くのモノづくり現場で、技能継承が問題となっている。

従来、職人A氏が体得している暗黙知・身体知を職人候補B氏へ継承する、というものだった。現在は、職人Aの技能をいったんAIに吸い上げさせて、それを介して職人候補B氏へ継承させるという流れが広まっている。だが近時、職人A氏の技能をAIに吸い上げさせ、それをロボットXへ継承することも始まっている。ロボットXに継承された技能は、アッという間にロボットYに移転（あるいはシェア）をすることが可能だ。

では、通常のAIではなく、生成AIロボットに職人技を自律的自学自習をさせたらどうなるか。例えば、操縦のようなスキル／テクニックも、効果的・効率的な操縦を自ら試行錯誤で学習することも可能になるということだ。ちなみに、この時に我々がすべき設問は「そんなことできるのか」ではなく、「そのようにさせるには、どのような初期値を設定し、その後どのようなプロンプト（指示と評価）を与えるのか」であるだろう。

その結果、近未来には、ロボットXが自学自修して自律的に各種技能を開発し、それをロボットXからロボットYへ瞬時に継承（シェア）するという形をとる可能性が高まってきているのではないかと。つまり、基本は「人手作業を自律型AI搭載ロボットに代理・代行させる」ということだろう。そして、既に確立した人手技能の代理・代行だけに留まらず、人手相当の「技能」を自ら開発する生成AIロボットの「技術」の開発が産業競争力の要諦になるということではなかろうか。

### 5. 考察②：生成AIロボットの功罪

#### 5-1. 生成AIロボットの活躍の場と機会

生成AIロボットが活躍する場と機会には、どのような分野であろうか。当然、モノづくりの現場はその代表分野だろう。だが我々は、むしろ「モノばらし」に注目している。この分野はサーキュラーエコノミー（資源循環経済）に向かい、未開拓のブルーオーシャンであり、かつ多くの場合、安全担保が未確立の分野だからだ。つまり、サーキュラーエコノミーにおける「モノもどし」がイノベーションターゲットとなる。具体的には、以下の3領域だ。

- ①モノくずし・はがし・はずし・ほぐし・ばらし・つぶし
- ②モノ選び・モノ分け・モノ集め・モノ貯め
- ③モノ運び

これについては、別途議論をしているので、それを参照いただきたい<sup>viii</sup>。

#### 5-2. 生成AIロボットの倫理的側面とアジャイルガバナンスの適用

他方、生成AIロボットの倫理的な側面を見れば、問題と懸念も同時に指摘しなければなるまい。

問題は、モノばらしの最たること、すなわち破壊である。つまり、戦闘兵器の自学自習が始まっているのだ。特にドローンが戦闘機化する中、非操縦型の自律学習攻撃型の開発が加速していると推測される。

懸念は、医療手術を生成AIロボットが代理・代行する場合である。手術用のロボットは、例えば、米国のダビンチ（インテュイティヴ・サージカル社）や日本の「hinotori」（メディカロイド社）等の努力で高度医療が進展している。この場合、操縦は医師の手によるものであり、その意味では高度医療機器（道具）の範疇だろう。だが、今後、生成AIロボットによる「準代理・代行」に進展したらどうなるか。生成AIロボットが、勝手に患者を学習材料にして切り刻むことがないと、誰が保証できるのだろうか。それこそ、「人体実験」の悪夢が復活しうるリスクはないのか。すなわち、「技術のデュアルユース問題」である。

これらの問題と懸念を踏まえると、SF作家アイザック・アシモフが提唱した有名な「ロボット工学三原則：Three Laws of Robotics」<sup>ix</sup>が、現実的に深い意味を持つことが分かる。

第一条 (人間への安全性): ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。

第二条 (命令への服従): ロボットは人間にあたえられた命令に服従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りでない。

第三条 (自己防衛): ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

この原則のようなガバナンスの必要性が現実化していると言わざるを得ないのではないか。

日本をはじめ先進諸国では、生成A Iに関するアジャイルガバナンスの必要性が既に議論されている。筆者(妹尾)は経産省委員会、アジャイルガバナンスの適応領域の拡充を訴えた<sup>x</sup>。今回、その対象は、サーキュラーエコノミーのみならず生成A Iロボットまで適応拡張をすべきことと考える。

## 6. むすび

本論では、「ロボット発展段階説」の拡張を通じて、技術と技能を再考した。

ロボットに生成A Iが実装されると「即時的自学自習」が自律的に始まり、従来ヒトが行っていた暗黙知・身体知の生成が代替される可能性が出てきた。それは、技術・技能の関係性と技能の生成・習得・継承を変容させることになりうるだろう。この生成A Iロボットの技術自体は、今後我が国の「モノづくり」と「モノばらし」産業の今後を担うことは間違いない。だが同時に、この技術は功罪の両面を持つ(技術のデュアルユース問題)。ガバナンスを間違えると人類への厄禍を呼び込むのではないか(フランケンシュタイン・コンプレックス)。その懸念を強く感じざるを得ない。

生成A Iロボットの進展は日進月歩であると共に、本論の基盤もまだ十分というわけではない。多くの方々からのご指摘・ご助言・ご示唆がいただければ望外の喜びである。

## 【参考文献と注】

- [1] 妹尾堅一郎「妹尾教授のビジネス探訪～新潮流の Business 航海術～」、月刊時局、連載第1回(2017.04月号)～第101回(2025年10月号)、2017～2025.10(継続中)、時局社。
- [2] 妹尾堅一郎「講壇:オピニオン」『日刊工業新聞』、2021/10/04～2024/3/04、日刊工業新聞社。
- [3] 妹尾堅一郎「生活産業ビジネス塾」『日刊工業新聞』、第1回～第67回、2024/05/31～(継続中)。日刊工業新聞社。
- [4] 妹尾堅一郎「「買い換え」から「使い続け」へ～循環経済の概要・本質・基本を知り、対応を検討・実行する～」、連載「事業と知的財産、その関係を問う」第1回～第4回、『知財管理』Vol. 74 No.7, 2024、(一社)日本知的財産協会(2024)
- [5] 妹尾堅一郎「循環経済というビジネスモデル大乱世をどう生き抜くか(前編)～買い替えから「使い続け」へ。モノづくりと価値モデルのイノベーション」、TALKING POINTS、『ダイヤモンドクォーターリー』、2024 夏号:「同(後編)～日本企業の宿題「イノベーション」を後略せよ」、2024 秋号、ダイヤモンド社
- <sup>i</sup> 妹尾堅一郎「ロボット機械としての電気自動車～機械世代論から見た次世代自動車の価値形成」in 渡部俊也編『東京大学知的資産経営総括寄附講座シリーズ』第1巻、白桃書房、2011。妹尾堅一郎「「ロボット」としての電気自動車～電気自動車のビジネスモデルの可能性を探る」、『中小商工業研究』107号、(全国商工団体連合会 中小商工業研究所)、2011。
- <sup>ii</sup> 立花隆、妹尾堅一郎、早川浩「ロボット研究の総合プラットフォームを求めて」、『SF マガジン』48(2)、90-97、2007-02 早川書房、2007。
- <sup>iii</sup> 妹尾堅一郎「すべての機械とあらゆる設備・装置はロボット化する～次世代産業生態系の動向と「ロボット」産業の行方～」、「ロボット政策に関する霞が関提言」座長講演、2015.02.25「EYAシンポジウム」
- <sup>iv</sup> 妹尾堅一郎「コンピュータ自体を教育する」時代の到来～教育とコンピュータの関係に関する一考察～CIEC-PCC2016。
- <sup>v</sup> 妹尾堅一郎「CPS、SDGs、SSC～技術・制度・文化の相互関係による産業パラダイム転換に関する俯瞰的一考察～」、1B09、研究・イノベーション学会、2018。
- <sup>vi</sup> 妹尾堅一郎「15年後の仕事の2/3は、これから生まれる」、連載「新ビジネス発想塾」第21回、『週刊 東洋経済』、2012.10.06号、東洋経済新報社。
- <sup>vii</sup> 最近では、妹尾堅一郎「新概念「発明開発」の可能性と「発明倍增計画」—知的創造サイクル再考を通じた論点—」、連載「事業と知的財産、その関係を問う」第4回、『知財管理』Vol.75 No.4 pp.393～405、(一社)日本知的財産協会(2025)
- <sup>viii</sup> 村松竜弥・妹尾堅一郎「モノばらし」の必要性和可能性～サーキュラーエコノミーにおける新産業化に向けて～、2B08、研究・イノベーション学会、2025(予定)。
- <sup>ix</sup> 「2058年の「ロボット工学ハンドブック」第56版」、アイザック・アシモフ『われはロボット』、早川書房(ハヤカワ文庫)、1983年(原著1963年)
- <sup>x</sup> 妹尾堅一郎「イノベーション、活かすも殺すも、制度次第～サーキュラーエコノミーがアジャイルガバナンスを必要とする理由～」1B06、研究・イノベーション学会、2023。