

## コロナ禍におけるサービスロボット分野の ビジネス・モデル変革

栗原 潤\*

### 1. はじめに：コロナ禍の中のイノベーション

2020年初頭から新型コロナウイルス危機が地球全体を覆い尽くし、悲惨な状況は未だ続く様相を示している。コロナ禍の最中、国際政治経済社会は、ヒト・モノ・カネ・情報の流れのうち、ヒトが動けなくなった状態で活動を続けている。

モノに関しては、大量の個人用防護具（Personal Protective Equipment (PPE)）やワクチンが中国や欧州の生産地から世界各地へ運搬され、カネと情報は、発達した情報通信技術（ICT）のおかげで新型コロナウイルス危機以前と同様、あるいはそれ以上に量的・質的に地球全体を巡っている。筆者自身も、海外に直接出かけて行き、様々な国際会議に出席することが不可能になる一方で、Zoomを利用することで国際的な会合に参加する機会が逆に増えた

ことを体感している。

我々は、ワクチンや、人工肺とポンプを用いた体外循環による治療であるエクモ（ECMO）といった物資の不足に悩まされる一方で、医療関係者や医療関連サービスに従事する労働力に著しい不足を感じている。こうした中、世界各地で懸命に働く医療関係者の負担を軽減すると同時に、感染防止策を講じるためにはどのような方法が存在するのか、我々は真剣に考える必要がある。

こうした状況を背景に、医療関連サービスにおけるロボットの役割に期待が一段と高まっていることは周知の事実である（表1）。換言すれば、新型コロナウイルス危機に直面した現在は、世界最先端を誇る日本のロボット産業の真価が問われているときであるともいえるのである。上記の状況認識に基づ

表1 医療従事者の感染回避、負担軽減のためのロボット活用例

医療分野における活動	必要とされるロボットの例
initial contact and assessment/初診	robot doctor/診断ロボット robot nurse/看護ロボット ambulance robot/救急運搬ロボット
indoor sterilization/屋内消毒・殺菌	sanitizer dispensing robot/殺菌ロボット
outdoor decontamination/屋外消毒	disinfectant spraying drone/殺菌ドローン
patient transport/感染者移動	self-driving ambulance robot/自動運転救急車
hospital management/病院	robot receptionist/受付ロボット tele-medicine robot/遠隔医療ロボット lifting-and-shifting robot/移乗介護ロボット medicine dispensing robot/配薬ロボット food serving robot/食事介護ロボット entertainment robot, patient monitoring robot/娯楽・見守りロボット cleaning robot, disinfection robot/清掃・除菌ロボット
management of the deceased/死亡者対応	lifting-and-shifting robot/移乗ロボット self-driving car for transportation/自動運転車
laboratory/研究機関	sample collecting robot/サンプル収集ロボット blood fractionation and aliquoting robot/血液分画・成分分離ロボット

\* キヤノングローバル戦略研究所 研究主幹

き、本稿では、コロナ禍で変革が期待されるサービスロボット分野でのビジネス・モデルについて、海外の議論を参考にしつつ論じてみたい。

我々にとって現下の最重要課題はイノベーションである。しかもそれは、我々日本人が得意とする伝統に基づくビジネス・モデルを継承した漸進的なイノベーションではない。現在求められているのは、新しい軌道を生み出す“破壊的”なイノベーションである。換言すると、コロナ禍に直面した我々は、これまでの既成概念の中から「残すモノ」、「棄てるモノ」を見極め、さらには、内外の多様な視点を参考にして新たに「創り出すモノ」を大胆に案出しなければならぬ<sup>注1</sup>。

こうして今、イノベーションに関し我々はステイブ・ジョブズの言葉を思い出さなくてはならない—「人々は彼らが欲しいものを目の前に見せてあげるまでは知らないのだ (People don't know what they want until you show it to them)」<sup>注2</sup>。すなわち、我々はコロナ禍の中で世界に向け、具体的な製品・サービス、抽象論を超えた、具体的なビジネス・モデルを創り出す必要に迫られているのである。

国際ロボット連盟 (IFR) の資料によると、2020年において、新型コロナウイルス危機下、清掃・消毒・除菌ロボットの急速な拡大が観察されている。さらに、配膳ロボットや服薬管理・支援ロボットなども、製品とサービスの開発・改良が進展している<sup>1)</sup>。同時に、感染回避策と広域医療サービスの拡大を目的とした、ICTの活用による遠隔医療 (telemedicine) とロボット技術の融合が提案されている<sup>注2</sup>。

コロナ禍でサービスロボット業界の様相が変化したのは、IFRも指摘しているとおり、消毒・除菌ロボットの急成長である。ウイルスという「見えない敵」に対して、病室をくまなく殺菌するという作業は時間と労力を要する骨の折れる作業である。従前は、専門の清掃スタッフが行っていた病室清掃の作業を、コロナ禍では清掃スタッフの感染が危険視さ

れたために、個人用防護具を着用した看護師が兼務する場合が少なくない。

こうした中で期待されるのが、消毒・除菌ロボットの活躍である。消毒・除菌時に危険な薬剤に対して注意を払う必要性が限定されること、また、人体に危険な紫外線に対しても問題がないことから、ロボットの活躍が2020年以降、注目されるようになってきている。

2020年3月13日、我が国の「新型インフルエンザ等対策特別措置法の一部を改正する法律」が成立したが、同法成立直前の3月11日、米国電気電子学会 (IEEE) 発行の雑誌 *IEEE Spectrum* は、「自律型ロボット、病院でのコロナウイルス殺菌の手助けに」という表題の記事を掲載した<sup>2)</sup>。

この自律型殺菌ロボットは、デンマークのUVD Robots社が開発したもので、看護師や専門の殺菌担当スタッフの力を借りることなく、短時間で病室を殺菌する能力を持っている。UVD Robots社によると、病室の各主要部分の殺菌に1~2分を要し、病室全体では10~15分で殺菌可能である。

同社社長にインタビューした業界誌 (*Business Wire*) の昨年2月20日付の記事によると、同社は中国の2千以上の病院に対し、この殺菌ロボットを納入する契約を結んだ。また、別の業界誌 (*Robot Report*) の2月21日付の記事によれば、中国からの頻繁な問合せは既に2019年からあったことを同社社長が語っている。

この自律型殺菌ロボットは、2018年に販売が開始され、2019年には、IEEEのロボティクス・オートメーション部門 (Robotics & Automation Society (RAS)) における名誉ある賞 (Innovation and Entrepreneurship Award in Robotics and Automation (IERA)) を受賞している。そして2020年には中国に加え、地元の欧州連合 (EU)、さらには米国でも多数の契約を記録した。

同種の紫外線光照射ロボットは、日本では、オムロン株式会社が自律走行可能なモバイルロボット「LDシリーズ」に、UVC光照射器を搭載したロボットを開発している。海外での主要なメーカーとしては、ドイツのMetraLabs (メトララブ)、スペインのPAL Robotics (パル・ロボティクス)、米国のAltoros (アルトロス)、中国の艾米机器人、インドのPBA Robotics (PBAロボティクス) の名が挙げられよう。

当然のこととして、新型コロナウイルス危機下で

注1 これに関しては、例えば立命館大学のポール・デュムシエル教授らによるロボットとの共生を綴った文献 (DuMouchel, Paul and Luisa Damiano, *Vivre avec les robots. Essai sur l'empathie artificielle*, Paris : Seuil, 2016 (英訳版は *Living with Robots*, Cambridge, MA : Harvard University Press, 2017)) を参考にされたい。

注2 例えば V. Chamola et al., "A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing Its Impact," *IEEE Access*, Vol. 8, May 2020 を参照。

案出された新規ロボット及びそのサービスは、消毒・除菌ロボットだけではない。筆者が興味を惹かれたロボットに、下水管の中に潜むウイルスを感知して特定地域の感染の危険性を診断するロボットがある。米国のBiobot（バイオボット）社は、特定地域における感染の危険性が低下・終息するのを下水の検査によって判断する製品・サービスを発表した。新型コロナウイルスという「見えない敵」に対する確認方法としては魅力的なロボットである<sup>3)</sup>。

## 2. 変貌するグローバリゼーション

世界各地の被害状況は異なるものの、コロナ禍という共通した危機に見舞われ、ウイルスに対する人類の戦いが地球規模で展開している。換言すればコロナ禍は、我々に世界の人々は誰もが宇宙船地球号という単一の乗り物の同乗者であるという現実を悟らせているのである。この点について、地球規模の危機に関し洞察力の高いドイツの社会学者ウルリッヒ・ベック氏は、遺稿となった「未完の本」である『変態する社会』の中で次のような意見を述べている。

「地球上を移動しない人たちでさえも、グローバリゼーションを通じてコスモポリタン化する。飛行機に乗ったことの無い人たちはおろか、自分の村から出たことの無い人たちも、避けられない程に外の世界と当然のように密接に繋がっているのだ<sup>4)</sup>。」

ベック氏は、グローバリゼーションの深化が起こるまでは、宇宙論で言えば、静止した自分の周囲を宇宙全体が回っている自己中心的な「天動説」で森羅万象を捉えることができたとして述べている。

だがグローバリゼーションが深化した現在、人間社会の置かれている位置が「変態化」し、新型コロナウイルス危機を含む森羅万象の周囲を我々人類自体が回っているように変わったのだと述べている。すなわち、「地動説」で物事を考えなくてはならない、と語ったのである。

したがって、地球全体を覆い尽くしたコロナ禍に関し、国家・組織・個人の周囲をウイルスが漂っていると考えるのではなく、ウイルスの周囲を国家・組織・個人が回っているという形で問題解決の糸口を見つける必要に迫られている。すなわち、コロナ禍に対して、個々の国家・組織・個人が個別・独自に対応するのではなく、国家・組織・個人が人類全体として連携的・体系的に対応する必要に迫られているのである。

コロナ禍を克服するためには、殺菌・防菌をはじ

めとする予防手段の発達とその普及、罹患者に対する治療方法の改良や医療体制の再編、そして集団免疫獲得のためのワクチン開発といった様々な対応策が地球全体で必要となる。しかも、人類全体で智慧を結集して対応しなくてはならなくなったのである。

人類全体で智慧を結集するとき、注意しなくてはならないのは、個別の産業・企業のビジネス・モデルを「短期的」な視野で論じるのではなく、「長期的」な視野で、しかも広い視野で論じなくてはならない点である。カメラで写真を撮る行為に例えるならば、普通の標準レンズではなく、望遠レンズで、また広角レンズで、サービスロボットの将来像を撮ることを試みなくてはならないのである。換言すると、我々は一旦特定の専門的な視野を離れ、遠くて広い視野から、高度技術の潜在能力を新しいビジネス・モデルの中で生かす道を探求しなくてはならないのである<sup>注3)</sup>。

これに関して、マサチューセッツ工科大学(MIT)メディアラボの研究者で、ロボットと社会の関係を研究しているケイト・ダーリング氏は、2021年4月に新たに示唆的な意見に満ちた書籍(*The New Breed*)を発表した。同書の中で、彼女は米国の天才的な科学者の一人であるロイ・アマラ博士の言葉を引用している—「我々は技術の短期的影響を過大評価しがちであり、同時に長期的効果を過小評価しがちだ(We tend to overestimate the effect of a technology in the short run and underestimate the effect in the long run)」<sup>5)</sup>。

繰返しになるが、我々は将来のサービスロボットにおけるビジネス・モデルを考えると、コロナ禍であっても中長期的な視点に立たなくてはならない。ここで議論すべき中長期的視点とは、グローバリゼーションの深化の中で変態化する三つの潮流、すなわち、(1)人口の世界的な高齢化現象、(2)ロボット技術を巡る米中間の競争、そして(3)ロボット技術を巡る法律・倫理問題である。

## 3. グローバリゼーションにおける三つの潮流

### 3.1 人口の高齢化

2021年5月11日に中国国家统计局が発表した第7次国勢調査(普查)によると、中国も世界の潮流である人口の高齢化を免れないことを明示した結果に

注3 これを我々は「*déformation professionnelle*ないし *professional deformation*からの脱却」と呼んでいる。



なった。記者会見に臨んだ寧吉喆国家統計局長は、中国の人口の平均年齢が米国とほとんど変わらない38歳であると語り、米国と中国は高齢化という点でほぼ同じであると主張する口調であった。だが14億人という中国の人口規模を考慮すると、高齢者の人口規模もすさまじい数であることは明白である。

ただ、通常65歳以上の人を高齢者と呼ぶ慣例は、現在の一般的な老人の健康状態を勘案すると、より高齢になって初めて「高齢者」と呼んで差支えないと考えられる。例えば75歳以上を改めて「高齢者」と考えたとき、高齢化問題は若干ながら深刻さが薄まるかもしれない。国連の最も新しい人口推計（World Population Prospects 2019）によれば、2020年における75歳以上の高齢者は、日本が1,840万人、米国が2,290万人であるのに対し、中国は5,320万人である（表2）。

注意しなくてはならないのは、近い将来、高齢化に苦しむのは日本や欧米先進諸国、そしてシンガポールや韓国などのアジアの高所得国だけではない点である。中国だけでなく、インドを含むアジア諸国も高齢化問題がひたひたと近づいてくることを銘記しなくてはならない。したがって、日本を含め先進諸国が高齢者介護のためのヘルパーを発展途上国に頼る手段は、中長期的に難しくなると考えられる。

かくして高齢化の進展に伴ってサービスロボットは、多様な用途を満たす自立支援・介護ロボットが求められることが想定され、それを開発する組織作りが課題となってくるであろう。

### 3.2 軍民両用技術を中心とした米中競争

冒頭で触れたように、新型コロナウイルス危機勃発の前後でグローバルゼーションの様相は大きく変化した。ヒト・モノ・カネ・情報の流れが変化し、それとともに人々の価値観・人生観も変わったのである。

我々はみな宇宙船地球号の乗員であるということに改めて悟ったにもかかわらず、歴史的課題に直面している。ウイルスは人類が生み出した「国境」を完全に無視するが、我々人類は未だ「国境」を忘れることはできない。「国境」の内側で権力を行使する国家と権利を有する国民は、今もなお世界各地でその能力と価値観が異なり、その結果、著しい格差と激しい摩擦が絶え間なく発生している。

このためウイルスと戦う技術は、人類同士で戦う技術にもなり得るわけである。ここに軍民両用技術（DUTs）の開発競争という難題が発生する。ロボットは、新型コロナウイルス危機勃発前から軍民両分野での活用が活発化していた。その理由は、人工知能（AI）やICTに加えて、使用される素材の開発が進展したからである。

軍事ロボットの発達はまさしく日進月歩である。2021年3月26日、英国公共放送BBCはラジオ番組（“The Inquiry”）で、最新ロボット技術の専門家に対するインタビューを基にしたプログラム「キラー・ロボット：将来の戦争の実相か？」を放送した<sup>6)</sup>。また米国空軍は、4月にAIを搭載した自律飛行戦闘機（Skyborg）の実験に成功したことを公表した<sup>註4)</sup>。

表2 老年人口の国際比較（100万人）

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Population Aged 65 and Over/65歳以上老年人口															
World	128.7	139.8	151.2	168.9	196.2	227.6	262.5	289.2	328.2	374.7	422.2	474.9	526.7	607.5	727.6
Japan	4.1	4.7	5.3	6.1	7.2	8.7	10.5	12.3	14.8	18.1	21.7	25.2	28.9	33.3	35.9
United States	13.0	15.1	17.0	18.9	21.1	23.5	26.5	29.2	31.8	33.6	34.7	36.3	40.1	47.0	55.0
China	24.6	24.8	24.4	24.8	31.0	37.8	46.7	57.1	66.3	76.0	87.9	99.6	110.5	131.3	172.3
India	11.8	12.9	13.7	16.1	18.3	21.7	25.2	29.1	33.2	38.9	46.1	54.4	62.7	73.6	90.7
South-Eastern Asia	6.2	6.8	7.6	8.7	10.2	11.6	13.6	15.7	18.2	21.4	25.6	28.9	32.6	38.1	47.6
Africa	7.4	7.9	8.8	10.1	11.5	13.2	15.2	17.5	20.4	23.7	27.2	30.4	34.3	39.7	47.1
Northern Europe	8.1	8.6	9.2	10.0	11.0	12.1	13.0	13.3	14.1	14.4	14.7	15.2	16.5	18.7	20.1
Western Europe	14.4	15.8	17.3	19.4	21.6	23.6	24.9	23.6	25.3	27.3	29.2	32.2	34.6	37.8	40.9
Population Aged 75 and Over/75歳以上老年人口															
World	36.2	39.8	43.9	50.5	58.4	69.0	83.3	99.5	117.2	129.7	150.5	176.4	204.9	238.0	269.3
Japan	1.0	1.4	1.6	1.8	2.2	2.7	3.5	4.5	5.8	7.1	8.8	11.3	13.8	16.0	18.4
United States	4.0	4.8	5.9	6.9	7.9	9.0	10.5	12.1	13.6	14.9	16.5	17.5	18.5	20.1	22.9
China	5.1	5.1	4.9	5.2	7.2	9.1	12.0	15.2	19.6	24.6	28.2	32.7	38.9	45.6	53.2
India	3.4	3.4	3.3	4.1	4.5	5.6	6.6	8.0	9.3	11.0	13.4	16.3	19.8	24.1	28.4
South-Eastern Asia	1.6	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.9	4.8	5.8	6.7	8.0	9.5	11.6	13.8	16.0
Africa	1.8	1.9	2.1	2.4	2.8	3.3	4.0	4.6	5.5	6.5	7.6	8.8	10.3	11.9	13.9
Northern Europe	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.4	5.0	5.6	6.2	6.3	6.8	7.2	7.7	8.4	9.3
Western Europe	4.4	5.2	5.9	6.7	7.3	8.3	9.7	11.0	12.0	11.2	12.9	14.6	16.3	18.7	20.0

Source: United Nations, “World Population Prospects 2019,” June 2019.

注4 例えば、Defense News (Valerie Insinna), “The Air Force’s First Skyborg Autonomous Drone Prototype Made Its First Flight,” May 5, 2021を参照。

急速に発達を遂げるAIを搭載したロボットを、軍事利用しようとしているのは米英両国だけではない。国力強化に専心する中国、かつての栄光を取り戻したいロシアなどが、高度な知能を備えた軍事ロボットの研究に注力している。

こうした中、グーグルの元CEOであるエリック・シュミット氏を委員長とする、AIに関する米国国家安全保障委員会（NSCAI）は、3月1日に700ページを超える最終報告書を発表し、中国に対する露骨な競争意識をむき出しにした見解を示している<sup>7)</sup>。公開情報は極めて限られているが、中国のAI研究は目覚ましい勢いで進んでいる模様で、これまで圧倒的に優位にあった米国を脅かす状況に移ってきている（図1）。

3.3 ロボット・AIを巡る法律・倫理問題

新型コロナウイルス危機は、上述したとおり人類に世界の変態とグローバリゼーションの本質を理解させたが、同時に「国境」を意識するがゆえに、人類同士が対立する様相が変態化していないことを明

らかにした。

こうした中、多くの行政官や研究者が、人類同士、すなわち国家や非国家組織の間で、高度なロボットを武器として使用した場合の法律・倫理問題をいかに捉えるか、またいかに解決すべきかを検討している<sup>註5)</sup>。

法律・倫理問題は、決して国際政治や軍事といった国家レベルの問題に限定されない。ICTの発達に伴って多くの機器が電子的につながるようになった現在、悪意に満ちたハッカーが暗躍して、公的・私的双方の分野で情報ネットワークを混乱させる事例が増えてきている。このため、人を助けるはずのサービスロボットが、誤作動により人を傷つける事態を引き起こす危険性が出てきているのである。

こう考えると、AI・ロボットの新たなビジネス・モデルを中長期的に展望する際、法律・倫理問題を議論する必要性は、公的部門のみならず民間部門においても要求されるのである<sup>註6)</sup>。

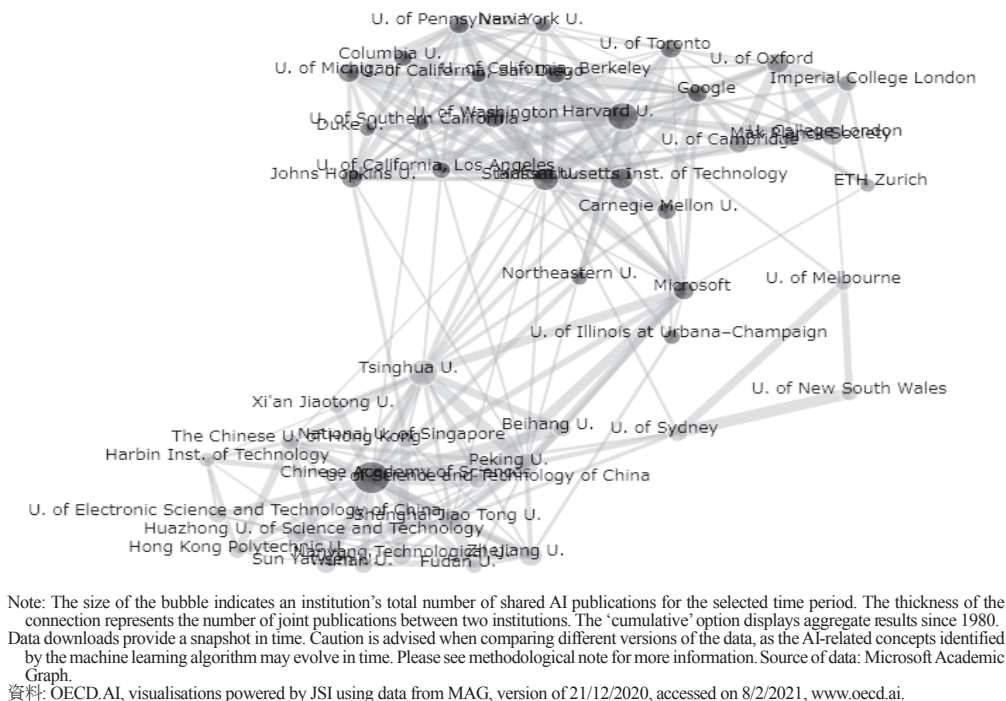


図1 AI研究ネットワーク（全出版物，2020年）

注5 これに関しては、自律型致死兵器システム（LAWS）の国際的な取り決めの動きが進められている。そしてWasillow, Shelly and Joelle B. Thrope, “Artificial Intelligence, Robotics, Ethics, and the Military, A Canadian Perspective,” *Artificial Intelligence Magazine*, 40 (1), March 2019をはじめ多数の文献資料が存在するが、最近のマスメディアの資料の中では、例えば *Washington Post* (Zachary Fryer-Biggs), “Can Computer Algorithms Learn to Fight Wars Ethically?” February 17, 2021を参照されたい。

注6 これに関しても多数の文献資料が存在するが、例えばマーク・クーケルバーク『AIの倫理学』丸善出版 2020年（原書は Mark Coeckelbergh, *AI Ethics*, Cambridge, MA : MIT Press, 2020）を参照。また、医療分野におけるサービスロボットの役割と課題について、例えば欧州議会の見解をまとめた資料 European Parliament, “Robots in Healthcare : A Solution or A Problem?” Strasbourg, 2019を参照されたい。

#### 4. 結語：問われる日本のロボット産業の真価

日本のサービスロボットは、長年にわたり内外のマスメディアで注目されてきたといえるものの、残念ながら収益性と成長性の点で極めて厳しい環境にさらされてきた。これに関して、約10年前に経済協力開発機構（OECD）が発表した報告書（“The Robotics Innovation Challenge”）の中で下された日本のロボット業界に対する厳しい評価は、現在でも当てはまる状態である。

すなわち、素晴らしい要素技術を持ちながらも、価格、供給量、そして規格の面で世界市場をリードする立場には立っていない、ということである<sup>8)</sup>。したがって厳しい言い方をすれば、我が日本のサービスロボットにおけるビジネス・モデルは、優れた技術資源を抱えていながら生かすことができず、長年にわたって伝統的なスタイルに固執してきたともいえよう。

そう考えると現下の新型コロナウイルス危機は、試行錯誤は避け得ないとしても、破壊的イノベーションを通じて、日本のサービスロボット産業を飛躍的に発展させる機会となるかもしれない。このことを信じ、内外の優れた人々、それは優秀な技術者や経営者だけでなく、ロボット技術に関心を持った倫理学者や法律家、さらには病院を含む事業所や家庭でロボットを利用したいと考える情熱的な先導的消費者とともに、ビジネス・モデルを洗練していきたいと考えている。

内外のロボット関係の行事には参加しているものの、筆者自身は、間もなく到来する自らの老後生活を楽しむため、必要な自立支援・介護ロボットを希求する潜在的な素人的消費者の一人だと考えている。このため、新たなサービスロボットの開発体制と必要な技術に関して、日本を代表するロボット工学の研究者の一人で、東京大学大学院工学系研究科人工物工学研究センター（RACE）の特任研究員である

本田幸夫氏のアドバイスをいただき、内外の最新技術情報を評価している毎日である。

また、本田氏に加えて、人類全体に役立つ技術と医療の関わりについて、大局的な視点から助言をいただくために、日本学術会議の元議長で東京大学名誉教授の黒川清先生と新たな日本のサービスロボットに関して議論している。

現在我々はビジネス・モデルの変革に臨んで、日本を代表する研究者の一人、金出武雄先生のご著書のタイトルの精神で、イノベーションに向かっていこうとしている。すなわち、「素人のように考え、玄人として実行する」ことこそ肝要である、と。そして近い将来、慧眼の読書諸兄弟から我々の提案に対して建設的批判を数多くいただき、それに応えていくことが我々の夢となっている。

#### 参考文献

- 1) C. Müller et al.: *World Robotics 2020 — Service Robots*, Frankfurt am Main: IFR Statistical Department (2020).
- 2) *IEEE Spectrum* (Evan Ackerman): *Autonomous Robots Are Helping Kill Coronavirus in Hospitals* (March 11, 2020).
- 3) *Biobot: Covid-19 Pro-Bon Campaign*, MA: Biobot (2020).
- 4) ウルリッヒ・ベック: *変態する世界*, 岩波書店 (2017) (原書は Ulrich Beck, *The Metamorphosis of the World*, Cambridge: Polity, 2016).
- 5) K. Darling: *The New Breed: What Our History with Animals Reveals about Our Future with Robots*, New York: Henry Holt & Co. (2021).
- 6) British Broadcasting Corporation (Podcast, *The inquiry*) (Suzanne Kianpour): *Are 'Killer Robots' the Future of Warfare?* (March 26, 2021).
- 7) National Security Commission on Artificial Intelligence (NSCAI): "Final Report," Arlington, VA (March, 2021).
- 8) Organisation for Economic Co-operation and Development: *The Robotics Innovation Challenge*, Paris, (2012).