

## 未来のストーリー

私は、サイバネティック・アバターとしての生活が日常の一部となっている2050年の都市に暮らしている。ここでは現実と仮想空間が自然に融合し、人々はそれぞれの好みに応じた姿で生きている。日常生活の中で現実の自分を意識する瞬間はほとんどない。友人と会うことも、ショッピングも、すべてアバター同士で瞬時に完結する。

今朝、私はベッドで目覚めると同時に、脳とネットワークが接続される感覚を味わった。軽く目を閉じるだけで、まぶたの裏にデジタル通知が浮かび、スケジュールやニュースが次々と流れてくる。ブレイン・マシン・インターフェイス（BMI）はすっかり生活に浸透し、私の考えひとつで必要な情報を瞬時に引き出せるようになっていく。スマホやパソコンの画面を使うことは過去の習慣となり、すべてが「意識の中」で完結する。自分の思考とインターネットが一体化したこの感覚は、最初こそ戸惑いもあったが、今ではなくてはならないものだ。

「今日はどこで会う？」友人のアバターの声が直接頭の中に響く。サイバネティック・アバターの視覚補正機能のおかげで、彼がまるで私の部屋にいるかのように感じる。彼は新しいジェットスーツを試してみたいと言い、私たちは空を飛び感覚を仮想的に共有できる施設に行くことにした。実際に家を出る必要がないため、身支度もほとんど省略できる。週末はこうしてほとんど外出せず、アバターを通じて他者と過ごすのが当たり前になった。

ただ、現実に出向することも全くなくなったわけではない。来週は「推し」のコンサートのリアル観覧チケットが当たったので、久々の特別な外出に向けて気合を入れて服を選ぶことにした。ショッピングはもちろん家に居ながらにして可能だ。目の前に膨大な商品が現れ、思考ひとつで服を次々と試着できる。商品は私の好みや体型に合わせて自動的にカスタマイズされ、必要ならデザインを調整することも可能だ。

この技術は食品スーパーにも応用されている。仮想スーパーでは商品を手に取って360度から確認できる。ARディスプレイス技術により商品の質感や重さがリアルに再現され、嗅覚まで刺激するため、店舗に足を運ぶ必要はない。購入した商品は、ドローンや配達ロボットによって数時間以内に自宅に届けられる。「買い物難民」はもはや死語だ。また、家事についてもすべてが自動化されている。掃除ロボットや自動調理機、さらにはライフスタイルに最適化された空調や照明の調整まで、家そのものが私のために動いてくれるので何もする必要がない。生活の大部分がこうして効率化され、私たちは自由な時間をより多く持つようになった。

最近、月面基地に勤務する友人が宇宙から帰ってきた。彼女とはお互いアバターとして「推し活」で知り合った。彼女のアバターに憑依して、私は月面の光景や低重力の生活の感覚を共有した。彼女は「次は一緒に行く」と誘ってくれるが、まだ迷っている。新しい経験には興味があるけれど、どこまでが仮想でどこまでが現実なのか曖昧になる今、どこか現実世界に戻る必要性を感じ始めている自分がいる。

友人のアバターは、本当に実在の「友人」なのだろうか。もしかしたらAIが私の好みに合わせて作ってくれた「理想の友人アバター（架空の人格）」なのではないか。そんな不安がよぎる。実体のある確かな存在として、いつも私のそばにいてくれるのは小さな球体ロボットだけだ。まるでペットのように私に寄り添い、気まぐれな会話をしたり、私が落ち込んでいるときは小さく励ましたりしてくれる。

こうして過ごしていると、時折、ふと立ち止まって考えることがある。この生活がどこまで続くのか、そして私はどれほどリアルな人間として存在しているのか。人間がどこまでサイボーグ化され、デジタルと融合していく未来が待っているのか。その答えを見つけるには、まだ少し時間がかかりそうだ。

## 第7章 生活・文化

現状を覆す破壊的テクノロジーの登場によって、私たちの生活様式や価値観はこれまで幾度となく塗り替えられてきた。インターネットの普及やスマートフォンの登場が社会にもたらした影響の大きさは言うに及ばず、最近では生成 AI の驚異的な進化が経済、社会、教育、仕事等に深い影響を及ぼしつつある。

この章では、こうしたテクノロジーの進展が 2050 年の生活様式や価値観をどう変容させるかを考察する。具体的には、次の4つのテーマを通じて未来の輪郭を浮かび上がらせる。

1つ目は「身体・知覚・認知の拡張」を取り上げる。XR 技術やブレイン・マシン・インターフェイス (BMI) などの革新的技術によって人間の能力がどのように拡張され、かつて SF で描かれていた世界がどのように現実世界に組み込まれていくかを考える。次に 2 つ目の「技術進化が変える暮らし」では、AI やロボットが日常生活にどのように溶け込み、私たちの生活を支えていくかを探る。続いて 3 つ目は、地球を超えた新たな活動領域として「宇宙に広がる生活圏」の可能性に注目する。4 つ目は「多様化する死」に焦点を当て、テクノロジーが死の姿や死生観にどのように影響を与えるかを掘り下げる。

昭和の時代の子どもたちが憧れた未来の生活が、今急速に現実のものとなりつつある。2050 年には、その未来像がさらに深化し、私たちの生活をより豊かで驚きに満ちたものへと変えていこう。未来を変える技術は広範で、本章で触れるのはその一部に過ぎないが、本レポートが未来の暮らしを想像するきっかけになれば幸いである。

## 1. 身体・知覚・認知の拡張

### (1) サイバネティック・アバター生活

2050年には「誰もが自在に活躍できるアバター共生社会」が実現している。これは内閣府の「ムーンショット型研究開発事業」の目標1で示された、2050年のイメージの一節である<sup>1</sup>。その柱となるのが「サイバネティック・アバター」だ。サイバネティック・アバターとは、サイバー空間とフィジカル空間を自在に行き来する世界を、アバターロボット(身代わりロボット)や3D映像等のアバターによって実現する技術、またはそのロボットやアバター自体を指して言う<sup>2</sup>。この技術が広く社会に行き渡れば、人々の活動範囲は格段に広がる可能性がある。

#### ◆アバターロボットに憑依

アバターロボットは、バーチャルな存在であるアバターを物理空間で実現するもので、人間がVR(仮想現実)ヘッドセットとロボットハンドなどを身に着けて遠隔地から操作する。単なる遠隔操作と違うのは、ハプティクス技術<sup>3</sup>によって自分の体と同じようにロボットと感覚を共有し、まるでロボットに憑依したかのように操作する点である。「テレグジスタンス<sup>4</sup>」の概念を実現するための技術でもある。

AIを搭載した自律型のロボットよりも開発は簡単のように思えるが、送られてくる人間からの指示をリアルタイムに実行して体をコントロールし、逆にロボットが触った感触などをデータ化してリアルタイムに人間に伝える必要があるなど、多くの要素技術の組み合わせを必要とし、実用化にはインタ

フェースを含めて高度な課題があるとされる。具体的には、生体処理信号、ロボット機構制御、VRの大きく3つのテクノロジーによって実現する。アバターロボットはロボットの胴体やアームに多くの自由度を持つ関節を実装したものや、真空吸引や2指グリップなどを組み合わせたロボットハンドなどがこれまでに実現している。

#### ◆危険な作業や過酷な環境での作業も

アバターロボットは、現在までにコンビニの商品陳列作業や建設現場の危険作業で実証実験や実践投入が行われている。将来的には、遠隔医療、介護、生産管理、各種訓練、エンターテインメント、そして宇宙や海洋といった過酷な環境での作業など、さまざまな分野での応用が期待されている。2050年には、地球にいながらアバターを通じて宇宙ホテルのスタッフとして働く、あるいは宇宙ステーションや月面都市の建設作業に従事するといったことも可能になっているかもしれない。

アバターロボットの導入は労働力不足の解決の一助となる可能性がある。危険な作業でも安全な場所から作業ができるほか、後進の教育やスキルの伝承の場でも役に立つだろう。いずれは一人の操縦者が、遠く離れたアバターを切り替えることでマルチタスクをこなせるようになる。逆に1つのタスクに対して複数人でアバターを操作することも考えられる<sup>5</sup>。

もちろんアバターの利用シーンはビジネスだけではない。将来的には、自宅にいながらにして公園を散歩したり、山登りを楽しんだり、好きなことができるようになるだろう。

<sup>1</sup> ムーンショット開発の目標1では「2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」をテーマに掲げ、サイバネティック・アバターを利用することで、誰もが自由に身体能力や認知能力を拡張し、生活に活用できる技術開発と社会への普及を目指す、としている。

<sup>2</sup> 内閣府によればサイバネティック・アバターとは、「身代わりとしてのロボットや3D映像等を示すアバターに加えて、人の身体的能力、認知能力及び知覚能力を拡張するICT技術やロボット技術を含む概念」と規定する。

<sup>3</sup> 力や振動によって「実際にモノに触れているような感触」をフィードバックする技術

<sup>4</sup> 人間が実際に存在する空間とは別の空間にあたかも存在するような感覚を有して行動することを可能とするための技術。1980年に日本で提唱された概念。

<sup>5</sup> ムーンショットの目標1では、1つのタスクに対して、1人で10体以上のアバターを操作することを目指している。

### ◆仮想の身体や他人の身体と感覚を共有

遠隔操作する対象は、機械の身体（アバターロボット）だけでなく、バーチャルの身体（デジタルアバター）や他人の身体もあり得る。

まず、デジタルアバターだが、これは仮想の世界のアバターに仮想の感覚を構築して、人間がそれを操作することで、アバターと同じ感覚を体感するというものだ。これが何の役に立つのかというと、熟練者の感覚を、アバターを通じて経験することで学習・訓練効率を向上させることができる。一例として、他人の視界を体感できる技術によって、スポーツ選手の視点を体験できる利用法などが提案されている<sup>6</sup>。

東京大学発スタートアップ企業 <sup>エイチツーエル</sup> **H 2 L** は、自分以外の他者やロボット、アバターが感じた固有感覚を同じように体感できる「ボディシェアリング」というシステムを開発している。このボディシェアリングの面白いところは、人間を対象にしても動作を伝達できる点で、別の場所にいる人間の腕や手を、自分の思うとおりに操作することができる。専用のデバイス<図表 7-1 >を通じて、操作者の指示に従って勝手に手や指が動くだけでなく、操作された人の感覚がフィードバックされ、操作者はあたかも自分で持ったり、触ったりしているかのような疑似的な感覚を味わうことができる。手に巻き付けるベルト状の専用装置などを通じ、例えばカヤックを漕ぐ人が受ける水の重みなどを感じたり、自分が手に力を入れた感触をメタバースのアバターで再現したりもできる。

図表 7-1 H2L のデバイス



(出典) H2L ホームページ

ボディシェアリングが目指すのは他者との体験の共有である。1人の身体を複数人で使うこともできる。一回のロケットの打ち上げで宇宙に行けるのはせいぜい数人だが、仮に5人が実際に宇宙に行ったとして、それぞれの身体を100人ずつ使ったら、全部で500人が宇宙に行けるということだ。

### ◆人間の内面を再現

他人やロボットに憑依して感覚を共有するのではなく、自律的に行動する“分身アバター”を作る研究も始まっている。NTTが研究開発を進めている「Another Me (アナザーミー)」は、実在する人間と同じ知性や人格など“内面”をデジタルツインで再現し、社会の中で自律的に活動させることを目指している。メタバース空間など、現実世界の制約を超越した場所で、アバターが本人として別空間・別時間軸で並行して活動し、その結果を本人自身の経験としてフィードバックできるようにするという<sup>7</sup>。

自分の分身が自律的に行動し、その経験がフィードバックされると聞くと、漫画『パーマン』<sup>8</sup>に出てくる「コピーロボット」を思い浮かべる人もいるだろう。コピーロボットは、主人公の少年がパーマンに変身して活動している間、正体を隠している少年に代わって日常生活をおくる。パーマンとしての活動を終えた少年がコピーロボットと顔を合わせると、コピーロボットの体験や記憶が少年にフィードバックされる。実体のあるコピーロボットと、デジタルな Another Me との違いはあるが、現実が SF 漫画の世界に近づきつつある。コピーロボットの実現は 21 世紀中には難しいかもしれないが、バーチャル世界とフィジカル世界の融合は確実に進んでいくだろう。

<sup>6</sup> ソニーコンピュータサイエンス研究所「JackIn Head」

<sup>7</sup> 「人のように思考し自律的に行動が可能なこと」「本人らしい個性を持つこと」「Another Me が得た経験をフィードバックできること」の3つを技術の軸としている。

<sup>8</sup> 藤子・F・不二雄の人気漫画

## (2) 超人化・サイボーグ化する人間

2050年には身体とテクノロジーが融合し、望みさえすれば、誰もが超人的パワーを身に付け、空を飛び、望遠鏡のような超視力を獲得できるようになっている。まるでサイボーグ戦士が活躍する SF アニメや特撮ヒーロー作品のような世界が待っている<sup>9</sup>。

### ◆人間と機械の融合

AI や IoT (モノのインターネット)、ロボティクスなどを使って人間の身体能力や知覚を増強・拡張する技術を人間拡張技術という。人間拡張は、東京大学大学院情報学環暦本研究室によれば、「身体の拡張」、「認知の拡張」、「知覚の拡張」、「存在の拡張」の4つのカテゴリーに分類される<sup>10</sup>。例えばスマートグラスは視覚の拡張であるから知覚の拡張に該当し、サイバネティック・アバターやトレイグジスタンスは触覚の拡張や存在の拡張に該当する。

人間拡張は、弱視や難聴の克服といった身体機能の補完に留まらない。例えば、見えない景色、聞こえない音が体感できるようになったり、脳波や筋電で動く外骨格ロボットやパワースーツを装着したりすることで、人間は潜在能力を超えた身体機能を獲得できるようになる<sup>11</sup>。

身体とテクノロジーの融合は装着型と埋込型がある。人類の歴史を振り返ると、メガネや車椅子、義肢などの利用も装着型の身体拡張の一つと言える。近年は、外骨格ロボット、パワースーツ、ジェットスーツなどが登場している。他方、埋込型では、眼球に AR を埋め込んだり、網膜に映像を投影したり、脳とインターネットをつなぐ BMI といった技術が注目を集めている。

### ◆パワースーツで重労働が軽作業に

装着型の代表例がパワースーツだ。パワースーツは電動アクチュエータや人工筋肉などを動力源とし、衣服のように装着するタイプと外骨格のように装着するタイプがある。パワースーツは既に実用化されている。サイバーダインは、人の意思を反映した電極信号を読み取り、歩行や作業をアシストする装着型サイボーグ HAL を開発して世界的に有名である。

パワースーツは医療や介護分野において介護者を補助したり、土木、建築、物流分野において重い物を持ち上げたり、さまざまなシーンで身体を補助してくれるものとして期待されている。現在は利用シーンが限られているが、将来的には小型化、軽量化が進み、ユーザーの身体と一体化したような自然な使用感の実現や、補助力のさらなる向上が期待される。これにより、重労働市場への女性やシニアの参入が促進されるだろう。

また、当面は BtoB 市場がメインとなるが、10~20 年後には一般家庭向け市場にも浸透していくことが予想される。一般家庭でも部屋の模様替えや家具の移動といった家庭内の作業に使われる時代がやってくるだろう。

### ◆ジェットスーツで空を飛ぶ

『ドラえもん』のタケコプターや『ドラゴンボール』の舞空術(ぶくうじゅつ)のように自由に空を飛べたら…、そんな空想をしたことはないだろうか。小さなプロペラの力と重力を無効化する力(を持っていると思われる)によって飛行するタケコプターや、全身の「気」をコントロールして放出することで空を飛ぶ舞空術は、2050年の未来においてもまだ空想科学やフィクションの領域を出ていないだろう。しかし、『アイアンマン』のように空を

<sup>9</sup> サイボーグ戦士が活躍するアニメ・特撮作品の例として、『サイボーグ 009』や『仮面ライダー』がある。『攻殻機動隊』の「義体」もサイボーグである。なお、『ターミネーター』は映画の中で殺人サイボーグと呼ばれているが、あれは人工皮膚を被って人間の姿に似せたロボットであり、サイボーグではない。

<sup>10</sup> 東京大学大学院情報学環「ヒューマンオーグメンテーション学(ソニー寄付講座)活動記録 I」

<sup>11</sup> 東京大学大学院の暦本純一教授は「人間拡張の究極の姿は『人機一体』」と述べている(暦本純一 監修「オーグメンテッド・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」株式会社エヌ・ティー・エス、(2018年))

飛べるジェットスーツならすでに登場している。

英国のスタートアップ企業 Gravity Industries が開発したジェットスーツ<図表 7-2>は、背中と腕にジェットエンジンを装着して空を飛ぶ。燃料は灯油でスキューバダイビングのボンベのように背負う。出力は両手のスロットルで調節可能で、時速 100 キロ以上で飛ぶことができる。本体は

図表 7-2 ジェットスーツ



(出典) Gravity Industries

3D プリンターで製造されているという。このジェットスーツはすでにオランダの海軍特殊部隊やイギリスの海軍の軍事訓練で採用されている。山岳地帯での人命救助での活用も期待されている。そう遠くない将来にはエンタメ分野でも、例えばパラセーリングやパラグライダーのように、海や山のツアーのアクティビティとしても成立しそうだ。さらにその先の未来では移動手段としての可能性も考えられる。

ただし、移動手段として一般に普及するにはハードルがある。重いスーツを着用して自由自在に飛行するためには訓練が必要で、筋力のない人や運動の不得意な人は苦戦を強いられそうだ。小型化、軽量化を前提として誰でも扱えるようになるのは、あと 10~20 年かかると予想される。

#### ◆超視力の獲得

2050 年には、人工網膜や視覚補助装置が人間の目を超える「超視力」を実現しているだろう。装置には何百メガピクセルものフルカラーの電極アレイ、無線通信機能が備わっている。

現在の人工視覚デバイスは、小型カメラが捉えた映像情報を眼球の奥に埋め込んだ電極（インプラント型人工網膜）に送信し、視神経を通して脳に視覚情報として伝える仕組みだ。これにより失われた視力の一部を回復する。

将来的には視覚障がいの治療にとどまらず、眼球に AR（拡張現実）レンズを埋め込むことで、ズーム機能や情報表示機能を持つ「超視力」が可能となるだろう。最初はスパイ組織や軍隊で利用が進むと予想されるが、2050 年代には一般市民にも手頃な価格で提供されるようになり、日常生活に新たな視覚体験をもたらすことが期待される。

#### ◆超人化・サイボーグ化の意義と課題

『サイボーグ 009』や昭和の『仮面ライダー』では、超人的な能力を獲得する一方で、特別な能力をもったことによる差別などの悲哀も描かれていたが、ここでは身体とテクノロジーの融合がもたらす意義を考えたい。

まず、先天的・後天的な四肢や臓器の不自由を解決することが挙げられる。さらに失った機能の回復のみならず、身体機能や認知機能の拡張や増強が実現することで、性別や年齢による身体的格差の軽減が期待される。これにより女性やシニアの社会活動参加率が向上し、労働人口不足の問題解決にも繋がるかもしれない。特に人口減少が進むこれからの日本では、人間拡張技術が女性やシニア、身体的不自由のある人の社会参加、労働市場への参加を促進する意義が大きいと思われる。

一方で、倫理的な課題も無視できない。医療目的でデバイスを埋め込むことは既に行われているが、その技術を一般人の能力を高めるために使うことには慎重な議論が必要だ。スポーツ選手のドーピングが代表的な例だが、義足ランナーが健常者の記録を上回ったとき、それはプレイヤーの体力・技術の成果なのか装具の性能によるものか、フェアな競争かが問われる。

また、テクノロジーを使える人と使いこなせない人との間で体験や生産性に大きな差が生じる懸念がある。テクノロジー習熟の格差を生まないためにも、一部のエンジニアや研究者のみがテクノロジーを扱えるのではなく、誰でも使える技術にしていくことが大事だろう。

### （3）脳とインターネットの接続

身体とテクノロジーの融合の中でも特に革新的な技術が、脳と機械を直接接続して相互作用させる BMI だ。

#### ◆BMIの開発競争の激化

BMI は脳（ブレイン）と機械（マシン）を接続してデータをやり取りし、脳神経の機能を補助・補完する技術である。コンピュータとの接続を想定していることから、ブレイン・コンピュータ・インターフェースとも呼ばれる。BMI は機能によって、機械から脳に情報を書き込む「入力型」、機械が脳の情報処理に介入する「介入型」、脳から機械に情報を書き出す「出力型」に分類できる。

また、装着する方式は、手術で頭蓋骨に穴を開けて脳の表面や脳内に電極を埋め込む「侵襲型」と、ヘッドギアタイプで脳波を頭皮上から測定する「非侵襲型」に分かれる。侵襲性が高いほど得られる情報量は多い一方、人体への負担が大きく、電極による脳の損傷や免疫機能の低下による感染症などのリスクがある。

介入型では、脳に電極を埋め込んで特定部位に刺激を与える深部脳刺激（DBS）がパーキンソン病による運動機能障害の治療に利用されている。海外では脳研究と BMI 開発が重要なテーマとなり、すでに熾烈な開発競争が始まっている。国家レベルでみると、米国は 2013 年に当時のオバマ大統領が「ブレイン・イニシアチブ」プロジェクトをスタートさせた。米国防高等研究計画局（DARPA）は、ヘルメット内部で兵士の脳から情報を取得し、意思疎通を可能とする「サイレント・トーク」の開発を進めている。味方の声か敵に聞こえることなく、あるいは爆音が響く戦場でも意思疎通できることを目指している。

欧州連合（EU）は 2013 年から 2023 年にかけて 110 億ユーロを投じて「Human Brain Project」を実施した。中国でも 2016 年から「China Brain

Project」を 15 か年計画で実施している。日本も遅れをとっているわけではなく、2008 年に BMI の開発や脳神経疾患の克服を目指す「脳科学研究戦略推進プログラム」を、2014 年には脳機能の解明を目指す「全容解明プロジェクト」を開始した。2018 年には海外と連携する「戦略的国際脳科学研究推進プログラム」も始まった。また内閣府の「ムーンショット型研究開発事業」の中でも BMI のプロジェクトが進んでいる。

民間レベルでは、イーロン・マスクが創設した Neuralink が注目の的だ。Neuralink は 2024 年に事故による麻痺患者を対象とした臨床試験を開始した。同社は電極を埋め込むための手術ロボットも開発しており、約 1,000 個の電極を持つ糸状センサーとデータの送受信装置で構成するデバイスを脳皮質上に設置する。データは無線通信で体外に送られ、パソコン等を操作する。臨床試験が順調に進めば、数年後には米食品医薬局（FDA）の医療機器承認を取得し、治療に使われるようになる可能性がある。

#### ◆アバターを脳の信号で動かす

BMI は将来、医療用途に限らず日常生活の多様な場面で活用される可能性がある。例えば家電やスマートフォン、ゲーム、メタバースにおけるアバターなど、デジタル機器・ソフトを操作する際にコントローラーや動作が不要となったり、「テレパシー」のように感覚・運動器官を介さずにコミュニケーションを取ったりといった使い方が想定される。実際、コンピュータ等を一部操作できる非侵襲型のヘッドセット については、フランスの Nextmind が 2020 年に発売した例があるほか、米 Cognixion は麻痺患者向けの医療機器として開発を進めている。米 OpenBCI が開発するデバイスは脳に加えて心臓、皮膚、筋肉、目の動きを同時に測定し、ゲームやドローンの操作が可能だという。米 Apple もイヤホン型の脳波計測装置の特許を出願したことが 2023 年に明らかになった。こういった技術が進化・普及すれば、手足や目の動きといった身体による操作の煩わしさから解放され、例えばメタバースの

使い勝手や没入感は各段に向上すると予想される。

#### ◆人間の能力を脳にダウンロードする

脳とコンピュータがつながることで何が可能になるのか。映画『マトリクス』の主人公ネオは、カンフーの技を脳内にダウンロードして瞬時にマスターした。同作に登場するトリニティもヘリコプターの操縦方法を脳にダウンロードして操縦に成功した。このような脳への知識やスキルのダウンロードは現時点では実現していないが、BMIの究極の目標として、こうした技術があるとされている。

#### ◆マインドアップロードで死を超越

もう一つの可能性は、人間の意識を機械やコンピュータ、クラウドに転送するという、マインドアップロードと呼ばれる概念の現実化である。この概念は、人間の脳の構造や機能を完全に再現することができれば、意識や記憶をデジタルデータに変換して保存し、コンピュータやネットワーク上で「生き続ける」ことができる、という仮説に基づいている。このようなデジタルコピーはSF小説で死してなお生きている状態として描かれることもある。荒唐無稽のように思えるが、東京大学発スタートアップのMinD in a Deviceはこの分野に本格的に取り組み、「20年後に人間の意識を機械にアップロードする」ことを目指している<sup>12</sup>。

人の記憶や意識を記録、学習して、その人が亡くなった後も「その人ならこう考える」、「このように選択する」といったシミュレーションを行い、クラウド上でAIアバターとして再現することも、そう遠くない未来に実現するかもしれない。ただ、これはあくまで本人の意識を真似たAIであり、コン

ピュータやネットワーク上に自分を「憑依」させることによって肉体なき意識として「生き続ける」ことは、あと数十年のうちに実現するのは難しいと思われる。

もっとも、生物学的寿命とは別に、デジタルの形で生き続けることを「生存」と考えるなら、それもまた新しい「生」の形と言えるだろう。寿命で時間が足りず成し遂げられなかった仕事を、自分のデジタルクローンであるAIアバターに引き継ぐことができれば、AIアバターに仕事を託す未来も考えられる。アンチエイジング技術が発展しても200歳まで生きるのは難しいに違いないが、メタバースで複数の人生を並行して送ることや、マインドアップロードによって知識や技術を継承することは、2050年には現実のものとなっているかもしれない。

#### ◆人の脳から他人の脳に情報を送る

BMIに関しては、人間の脳と脳を直接つないで情報を転送する「ブレインネット」と呼ばれる脳間コミュニケーションも提唱されている。2018年、米国のワシントン大学とカーネギーメロン大学のチームは、遠隔地にいる2人がテトリスのようなゲームで、ブロックを回転させるか、回転させずに進ませるかの次の手を考え、その意図をインターネット経由で別の1人に脳信号として送る実験に成功した。受信者は疑似光覚を感じ、その指示に基づきゲームを進めることができた。ゲームは3人1組で行い、5組がこのタスクに成功し、平均精度は81.25%だった<sup>13</sup>。

現時点では、ブレインネットで送れるのは周波数の異なる光の信号のみで、言葉やイメージそのものではないが、将来的には簡単な言葉やイメージを、テレパシーのように伝達できる技術が現れるかもしれない。

<sup>12</sup> MinD in a Device 「20年後に人間の意識を機械にアップロードすることを目指すMinD in a Device、第三者割当増資によるシードラウンドの資金調達を実施。大規模研究開発の実施へ」（2019年3月25日）

<sup>13</sup> Linxing Preston Jiang et al., “BrainNet: A Multi-Person Brain-to-Brain Interface for Direct Collaboration Between Brains”, Sep.23, 2018.



## 2. 技術進化が変える暮らし

### (1) 印刷される家、自動で組み立てられる家具

#### ◆3D プリンターで家を出力——海や月面への展開も

3D プリンターによる「建築イノベーション」が世界規模で進んでいる。2016年に世界で初めて3Dプリンターで作られたオフィスビル(床面積250㎡)<sup>14</sup>は着工からわずか17日間で完成。ドイツにある2階建て住宅(同160㎡)は躯体工事がたったの8日間で完了。戦火のウクライナでは3Dプリンターによる学校建設が2024年に始まり、370㎡の校舎の壁が40時間で完成したという<sup>15</sup>。

3Dプリンターは樹脂や金属などの素材を積層して立体構造物を出力(プリント)する。構造物そのものを出力するので型枠を必要とせず、あらかじめインストールした設計図をもとにノズルから噴出する生コンを1層ずつ積み上げて建物を造形していく。従来の建築工法に比べて工期を大幅に短縮でき、資材や人件費も削減できる。

3Dプリント建築は従来の工法では難しかった斬新なデザインを実現できる点も魅力である。実際、既存の3Dプリント住宅には、曲面や空洞を多用した独特のフォルムを持つ建物が多く見られる<図表7-3>。また、材料の輸送や建材の廃棄時に発生するCO<sub>2</sub>の排出を抑制できるため、環境面でもメリットがある。

図表 7-3 3Dプリント住宅

ドイツにある2階建ての家。曲線的なフォルムが特徴的だ。



(出典) Jarret Gross YouTube channel, “Move In Ready 3D Printed House in Germany”

一方で、日本では3Dプリント住宅は普及しないという見解もある。地震大国の日本では、海外に比べて高い耐震性が求められており、建築基準法をクリアするのが難しいからだ。コンクリートで住宅を作る場合、壁内に鉄筋を入れる必要があり、これは3Dプリント住宅も例外ではない。

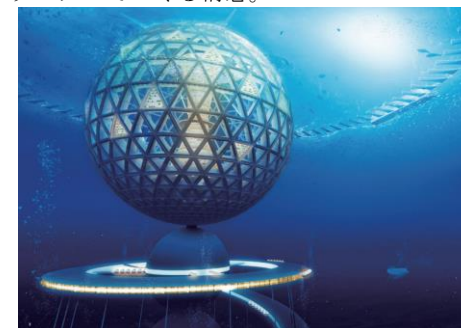
しかし、建設業界の労働力不足が深刻化する中、この課題を解決する切り札として3Dプリンターへの期待も高まっている。建設機械の無人化や遠隔操作も進み、日本にいながら砂漠地帯の機械を操作するといった技術も実現しつつある。

こうした技術革新により、2050年には海中や月面に家を建てられる可能性も見えてきた。清水建設の深海未来都市構想「OCEAN SPIRAL」では、海面近くの居住空間と海底の資源開発工場を結び、球体構造の居住空間を3Dプリンターでつくる構想が示されている<sup>16</sup><図表7-4>。また、米国航空宇宙局(NASA)は3Dプリント住宅メーカーICONと共同で、テキサス州で月面用3Dプリント住宅の試験施工を開始。2040年までに月面に住宅を建設し、現地の岩石粉などを利用した建築技術の確立を目指している<sup>17</sup>。

2050年には住宅購入が「一生に一度の買い物」ではなく、自由にカスタマイズした住宅を気軽に建てられる時代が到来しているかもしれない。

図表 7-4 深海未来都市構想「OCEAN SPIRAL」

球体部分のコンクリートフレームを3Dプリンターでつくる構想。



(出典) 清水建設「OCEAN SPIRAL」パンフレット

<sup>14</sup> ドバイ未来財団の本社「The Office of the Future」

<sup>15</sup> CNN.co.jp 「戦闘地域に3Dプリンターで校舎を建設 ウクライナでの取り組み」(2024年3月31日)

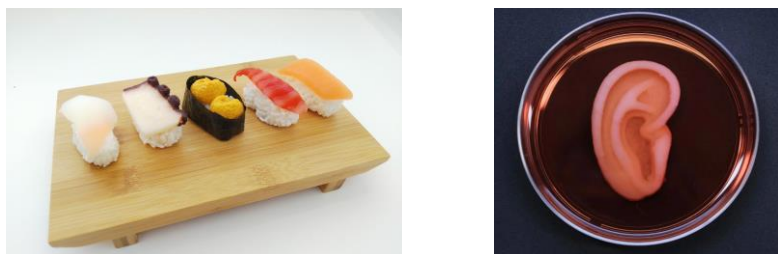
<sup>16</sup> 実現可能な3Dプリンターは2024年11月時点では登場していない。  
<sup>17</sup> The New York Times “Maybe in Your Lifetime, People Will Live on the Moon and Then Mars.”, Oct.5,2023.

### ◆デジタル・ファブリケーションの波

3D プリンターによるイノベーションは建築分野だけに留まらない。デジタルデータからモノを製造する「デジタル・ファブリケーション」の潮流が今、さまざまな分野に押し寄せている。複雑な形状の金属製品から寿司や培養ステーキ、さらには人体パーツに至るまで、かつては困難だった精巧な製造が可能になっている。

3D プリンターの躍進を支えるのは使用可能な素材の多様化である。当初は樹脂や金属がメインだったが、今では食品や生きた細胞までもが研究対象になっている<図表 7-5>。将来の宇宙食として寿司の 3D プrint の研究に取り組むのは山形大学だ<sup>18</sup>。ペースト状にした食材をノズルから射出してマグロやサーモンといった寿司ネタを成形する技術は、宇宙でも本格的な食体験を楽しむ未来を期待させる<sup>19</sup>。医療分野では、2022 年に米国の再生医療企業 3DBio Therapeutics（現 PrintBio）が先天性の耳の異常を持つ患者に対して、軟骨細胞を培養して 3D プリンターで耳たぶを形成、世界で初め

図表 7-5 食品や人体パーツも 3D プリンターで成形



(出典) 左=山形大学工学部ソフト&ウェットマター工学研究室  
右=3DBio Therapeutics

て移植手術に成功した<sup>20</sup>。20～30 年後には皮膚や骨、神経、臓器など、体のあらゆるパーツを患者一人ひとりに合わせて作ることが可能になり、再生医療の可能性が広がっているだろう。

3D プリンターの進化はモノづくりだけでなく、サプライチェーンにも影響を及ぼす。3D プリンターさえあれば、いつでもどこでもその場で製品をプリントできるため、「オンデマンド製造」が可能になる。オンデマンド製造が広がれば、大量の在庫や保管倉庫も不要となり、工場から消費者に届くまでのサプライチェーンが簡略化される。

3D プリンターがもたらす変革は日常生活にも浸透していく可能性がある。生活必需品から家具やファッションアイテムまで、小さなモノであればオンラインで気に入ったデザインデータと素材を購入し、自宅で印刷できる日が来るかもしれない。あるいは近隣のホームセンターなどに 3D プリンターが配置されていて、そこで作りたいモノを作って持って帰る——そんな「新しい買い物体験」が広がりを見せるかもしれない<sup>21</sup>。

さらにリサイクル可能な素材を使うことで、環境に優しいモノづくりも可能である。例えば、廃棄食材や廃プラスチックを素材として再利用するアイデアが提唱されている。固くなったパンや果物の皮をペースト状にして 3D プリンターで出力し、オーブンで焼き上げてクッキーを作ったり、あるいは家庭で不要になった小物やおもちゃなどのプラスチック製品を粉碎してペレット状にした素材を使い、新たな食器や玩具に生まれ変わらせたり、といった活用が想像できる。

<sup>18</sup> 日刊工業新聞「山形大学、3D プリンターで“すし” 宇宙船搭載へ小型化図る」  
(2024 年 3 月 29 日)

<sup>19</sup> 山形大学の寿司は白身魚のすりみが主な素材である。見た目は本物に近いが、味や香り、栄養の再現は今後の課題とされる。

<sup>20</sup> Newsweek 日本版「世界初、患者の細胞をもとにバイオ 3D プリンターで作製し、耳の再建に成功」(2022 年 6 月 10 日)

<sup>21</sup> 設置スペースの問題があるため、一家に一台とはならず、店舗に行って出力する未来のほうが現実的だろう。

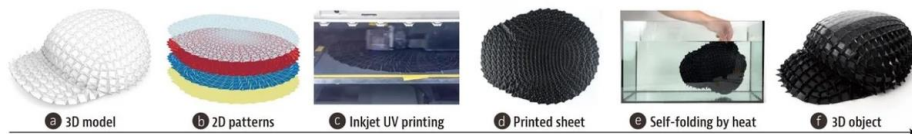
### ◆3D プリンターの次は 4D プリンター

3D プリンティングに「時間」の次元を加えた「4D プリンティング」の研究も進んでいる。4D プリンティングとは、3D プリンターで作った製品が外部からの刺激（温度、光、水など）を受けることで、自ら形状や機能を変化させる技術である。つまり3D プリンターに「時間の経過」と「環境適応」という要素を加えて動的で柔軟な製品を実現するものである。米マサチューセッツ工科大学（MIT）のスカイラー・ティビッツ准教授が10年ほど前にTED Talks で提唱した概念が、その出発点とされる<sup>22</sup>。

4D プリンティングの核となるのは、温度、水分、圧力、磁力、振動、光などの外部環境の変化に応じて形状や特性を変化させる「スマートマテリアル（知能材料）」である。知能材料は特定の条件下でどのように変形し、機能を発揮するかを綿密に計算し設計される。例えば、平面的な形状で3D プリントされた知能材料が、水に浸したり熱を加えたりすることで、立体的な帽子や動物の形に変化する実例が研究で示されている<図表 7-6 >。

**図表 7-6 折り紙シートが過熱により自動変形**

東京大学大学院などの研究グループによる技術開発例。熱収縮性のシートに折紙のパターンを印刷したものを温水につけると、多面体を自動的に折って帽子のかたちに変形する。



（出典）東京大学など「折紙シートが自動で望みの立体に —インクジェットプリンターでパターンを印刷、加熱により自動変形—」（2023年7月24日）

では、4D プリンティング技術によって、将来どのような製品が可能になるのだろうか。典型的な例として、破損しても自己修復する形状記憶メガネや、箱を開けると自動で組み上がる家具が挙げられる。また、温度や湿度に応じて剛性が変化する車体の外装や、太陽の位置に合わせて最適な角度を保つ太陽電池といった応用も期待されている。

医療分野でも4D プリンティングの潜在的可能性は大きい。体内で特定の形状に変化する人工臓器や、装着者の動きに合わせて形状を自動調整する義肢などがその代表例である。個々の患者に最適化された医療機器が実現すれば、医療の質は大きく向上するだろう。

ファッション分野でも期待は広がる。ユーザーの動きや周囲の環境に応じて通気性や形状が変化する衣服は、快適さと機能性を融合した新しいスタイルを提案する。また、着用者の成長や体型の変化に合わせて調整可能な衣服は、特に成長の早い子ども用の衣服に向いているだろう<sup>23</sup>。

前項で述べた3D プリンターの進化がもたらす変革に加え、4D プリンティングが実用レベルになれば、製造や物流のあり方はさらに劇的に変化するだろう。限られた物資しか運べない場所でもコンパクトに圧縮して運べるので、宇宙開発にも役立つそうだ。究極的には、漫画『ドラゴンボール』の「ホイポイカプセル」<sup>24</sup>のように、小さな物体が瞬時に大きな構造物に変化する夢のような技術が実現するかもしれない。

現在の4D プリンティング技術はまだ研究段階にあるが、知能資材や設計手法の開発が進むにつれて応用範囲は拡大していくと考えられる。機能性材料の研究開発で国際競争力を持つ日本にとって、この分野は新たな強みを発揮できる潜在力を秘めた領域である。

<sup>22</sup> ティビッツ准教授は近年、材料に情報を埋め込み、自ら組み立てや形状変化が可能な「プログラマブル材料」という新たなアイデアを提唱している。（MIT Technology Review 「スカイラー・ティビッツ：材料に魔法をかける4D プリントの先駆者」（2024年9月9日））

<sup>23</sup> 熱で活性化する糸で編んだ4D ニットドレスの試作品が作られている。（MIT Technology Review, “Is this the future of fashion?”, Mar.7,2024.）

<sup>24</sup> 鳥山明の人気漫画に登場するアイテム。小さく軽いカプセルを投げると、バイクや飛行機、家具家電付きの家が瞬時に出現する。

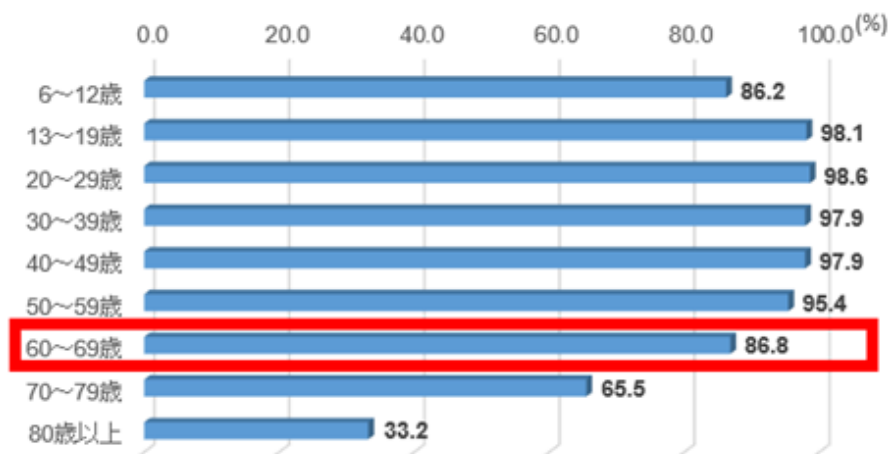
## (2) どこでもEコマース(EC)

2050年には誰もがインターネットやデジタル技術を使いこなすようになり、消費行動は大きく変貌を遂げるだろう。場所や時間を問わず、あらゆるモノにアクセスしやすくなる未来を展望する。

### ◆2050年にはほぼ全ての世代がインターネットを使いこなす

総務省によると、年齢階層別のインターネット利用率は、ICT（情報通信技術）教育の推進もあり6～12歳は86%を超え、13～59歳の各年齢階層で95%以上と非常に高い<sup>25</sup>〈図表 7-7〉。30年後には90歳以上となる60～69歳の層についてもすでに86%を超えており、2050年代前半にはほぼ全て

図表 7-7 年齢階層別個人のインターネット利用率



(出典) 総務省「情報通信白書令和5年版」(2023年7月)より当社作成

の世代がインターネットを使いこなしているだろう。

### ◆食品のEC化が買い物難民を救う

消費者庁の調べでは、インターネットの利用目的として7割以上が「商品・サービスの予約や購入」を挙げる<sup>26</sup>一方、飲食料品・生活家電・書籍・衣類などを含む物販系分野のEC化率は9.13%と低位である<sup>27</sup>。物販系分野の中で「書籍、映像など」は5割超、「生活家電など」は4割超とEC化が進んでいる反面、「食品、飲料、酒類」は4%程度と低い。食品のEC化が進まない理由としては、近くのスーパーで間に合うことや、実際に手に取って確認できないことが挙げられている<sup>28</sup>。一方で、主に60代以上は「重い荷物を持ち帰る負担軽減」を、20代・30代は「時間の節約」などを理由に食品をネット購入する人もおり<sup>29</sup>、利便性の面から食品のEC化を求める声も少なくない。

食品のEC化は「買い物難民」の救済に貢献することも期待できる。スーパーなどの減少を背景に食料品店にアクセスしづらくなる人が増えており、農林水産政策研究所によると、現在全国平均で高齢者の約4人に1人が買い物難民だ<sup>30</sup>。買い物難民は地方だけの問題ではなく、その人口比率は東京・名古屋・大阪の三大都市圏でも全国平均とほぼ変わらない。現在は近くのスーパーで買い物ができていても、特に人口が減少する地域では店舗撤退などによって食料品店へのアクセスが難しくなるかもしれない。高齢化の進行は避けられないが、ネット利用の世代間格差解消と共に食品ECが普及していけば、買い物難民の課題を解決できる可能性がある。

<sup>25</sup> 総務省「情報通信白書令和5年版」(2023年7月)

<sup>26</sup> 消費者庁「令和4年度消費者意識基本調査」(2023年6月)。インターネット利用目的に関する問いは、複数回答方式。

<sup>27</sup> 経済産業省「令和4年度電子商取引に関する市場調査報告書」(2023年8月)。EC化率は、電話、FAX、Eメール、対面等を含めた全商取引額に対するBtoC-EC市場規模の割合。

<sup>28</sup> 令和2年度消費者庁委託事業「ECサイト食品表示実証モデル構築事業実施報告書」

<sup>29</sup> 前掲注28

<sup>30</sup> 農林水産政策研究所「2020年食料品アクセスマップと困難人口の推計結果について」。アクセス困難人口(買い物難民)とは店舗まで500m以上かつ自動車利用困難な65歳以上の高齢者を指し、全国で904万人、65歳以上の人口比率25.6%と推計。

### ◆仮想空間やデジタル技術の利用により変わる「お買い物の姿」

技術進歩とともに「お買い物の姿」の多様化が見られるだろう。総務省は、2030年の世界のメタバース市場規模を123.9兆円と予想し、2022年の8.6兆円からの急拡大を見込む<sup>31</sup>。日本については、2021年の744億円から2026年には1兆円を超える見通しだ<sup>32</sup>。すでに大手百貨店、アパレル、住宅メーカーなどが実店舗に並行して仮想店舗も展開している。仮想空間の商業利用は、実店舗にかかる維持管理や人員配置などのコスト面で運営者に利点があるだけでなく、さまざまな事情で実店舗へのアクセスが困難な消費者にとっても有益だ。

仮想空間で売買される商品が洋服や家電などから食料品にも拡大すると、買い物難民の救済にもつながるだろう。特に「食品を手にとって鮮度や重さを確認したい」という消費者の希望を叶えてくれるデジタル技術は、仮想空間における食品の取り扱いの加速に寄与すると考えられる。例えば、デジタル空間で「体験」した振動や力を皮膚に伝えて実際に触れたような感覚が得られるハプティクス技術や、嗅覚体験が得られる技術の研究<sup>33</sup>は、こうした食品のEC化が抱える課題を解決できる可能性がある。2050年は、「見る」「触る」「匂う」「味わう」などの感覚を得て、実店舗さながら臨場感のある食品購入が実現する未来かもしれない。

また、すでに「顔が見える野菜」<sup>34</sup>など生産者を特定する仕組みは存在するが、仮想空間で消費者が生産者とアバターを介して対話することも可能になるだろう。消費者と生産者の「距離」がより近くなることで、食の安心・

安全を繋ぐ一助となるだけでなく、「契約農家」が個人間で成立しやすくなるだろう。そして、国内のみならず国境を越えた「契約農家」も一つの選択となり得るかもしれない。仮想空間の活用により、場所に制限されることなく、消費者にとって選択の幅が広がる未来となっているだろう。

仮想空間だけでなく、実店舗も進化を遂げるだろう。来店客のARグラスを用いて商品とCG映像を重ねることで、肉眼よりも多くの情報量を得ながらの購入が可能になる。ARはすでに世界的高級ブランドや化粧品メーカーで導入され、消費者は試着やタッチアップしているような感覚が得られる<sup>35</sup>。日本貿易振興機構（JETRO）によると、米国の小売業界ではAR導入が進行し、2020年は約7,000万人だった利用者は2024年には1億人を超え、人口比では2020年の21.1%から2024年には30%を超える予測がある<sup>36</sup>。食品販売にAR導入が実現すれば、産地、生産者、栄養素、レシピなどより多くの情報をARグラスから得て、考えを巡らしながら食品を購入する、そんな2050年かもしれない。

### ◆デジタル化が進む「商品・サービス」

商品・サービス自体のデジタル化も進行するだろう。世界のデジタルコンテンツ市場規模は2030年に868億ドルを超えると予測され、2023年推計の362億ドル超から年平均成長率13.28%で伸びていく<sup>37</sup>。総務省調査によると、日本の市場規模も拡大基調である<sup>38</sup>。特に映像やゲームソフトなどが増え、動画配信の輸出額も伸びている。音楽や映像などのエンタメ商品はす

<sup>31</sup> 前掲注25。メタバース市場規模は、インフラ、ハードウェア、ソフトウェア、サービスの合計。

<sup>32</sup> 前掲注25。メタバースプラットフォーム、プラットフォーム以外（コンテンツ、インフラ）、XR（VR、AR、MR）機器の合計。

<sup>33</sup> MIT Technology Review「VRに「匂い」をもたらすパッチ型のウェアラブル・デバイス」（2023年5月15日）

<sup>34</sup> イトーヨーカ堂傘下のアイワイフーズが手がける、トレーサビリティ確認システムを備えた野菜ブランド

<sup>35</sup> Blue Trail Software ホームページ<<https://www.bluetrail.software/cascartier/>>

<sup>36</sup> 日本貿易振興機構（JETRO）「米国の小売業界で普及する拡張現実（AR）の動向」（2023年9月25日）

<sup>37</sup> グローバルインフォメーション「デジタルコンテンツ市場：コンテンツタイプ別、提供サービス別、展開別、企業規模別、業界別-2024年～2030年の世界予測」

<sup>38</sup> 前掲注25

に配信サービスが主流になっており、2050年のエンタメ業界のビジネスモデルはさらに多様化が進んでいるだろう。例えば、コンサート会場ではなく自宅に居ながらVR技術を使ってライブに「没入」することや、ハプティクス技術の採用によりゲームの世界を「体感」することも可能になるだろう。音楽や映像、ゲームの楽しみ方に「体感」や「体験」が加われば、エンターテインメントの幅は大きく広がっていく。誰もが場所や時間の制限なく、デジタル化されたエンタメ商品を躍動感や臨場感と共に楽しめるようになり、2050年のエンターテインメントは、かつてなら年齢や闘病などの事情で現地に足を運べなかった人も含め、誰にとっても身近なものになるだろう。

### （3）商品・サービスの個別最適化

人々の趣味嗜好は2050年にかけて一段と多様化していくと見込まれる。細分化する顧客ニーズに応えるため、商品・サービスは個別最適化が進み、そこでは進化するAIが大きな役割を果たすと考えられる。AIが私たち一人ひとりのライフステージや習慣、健康状態を把握し、感情をも認識することによって最適な提案を行う時代になるだろう。

#### ◆「マス広告」から「個別提案」の時代～人間よりも空気が読めるAI～

マス広告の代表例であるテレビCMを目にする機会が減少している。総務省によると、2022年の平日1日平均のテレビ視聴時間（リアルタイム）は4年前と比較し全世代で約15%以上、特に10代と20代では30%以上短縮している<sup>39</sup>。一方で、ネット利用はテレビ視聴（リアルタイム）を3年連続で超過した。将来の現役世代を担う若年層のテレビ離れとネット利用の高まりを背景に、すでにマス広告は縮小し、閲覧履歴などから個人に最適化された

デジタル広告が増加している。しかし、昨今Amazon.comやGoogleなどのプラットフォーム提供者に対する規制<sup>40</sup>が強化され、個人情報の取り扱いや透明性・公平性の観点からも、デジタル広告のあり方が問われている。

2050年には感情認識AIの台頭により、端末搭載のカメラがユーザーの表情から感情を読み解き、AIとの対話を通じた最適な提案が実現するだろう。年齢・性別・年収などの基礎属性や閲覧履歴という「過去」に依拠するだけでなく、AIが「現在」の表情や声から感情を読み取り、適時最適な提案がなされることが主流になるだろう。MITメディアラボから独立したAffectivaは、世界90か国以上から収集した990万人以上の表情データベースを基に感情認識AI「Affdex」を開発し、教育・医療・マーケティングなど各分野で効果実証を進めている<sup>41</sup>。2050年はAIが人間よりも深く人間のニーズやウォンツを理解し、空気を読んだ提案が実現するかもしれない。続いてAI提案の高度化など、技術進歩によって需要が加速する商品・サービスの未来を予測する。

#### ◆人生の伴侶をAIが提案～婚活は科学～

結婚相談所や婚活アプリの運営会社<sup>42</sup>は、東京大学大学院の技術協力を得てAIマッチングアルゴリズムの開発・導入を進め、AIによる最適なパートナー提案を行っている。国立社会保障・人口問題研究所の2021年調査<sup>43</sup>によると、恋人や婚約者と出会ったきっかけは「職場や仕事」が減少する一方、「SNSやマッチングアプリなどを含むインターネット」が増加し、結婚に至るケースも増えている。コロナ禍の影響も相まって、出会いの場が様変わりしていることがうかがえる。また、こども家庭庁はAIマッチング技術を利用した結婚支援事業に補助金を交付するなど、国としても婚活分野における

<sup>39</sup> 前掲注25

<sup>40</sup> 特定デジタルプラットフォームの透明性及び公平性の向上に関する法律

<sup>41</sup> Affectiva ホームページ<<https://www.affectiva.jp/aboutus>>

<sup>42</sup> IBJや婚活アプリ「Pairs」を運営するエウレカなど。

<sup>43</sup> 国立社会保障・人口問題研究所「現代日本の結婚と出産―第16回出生動向基本調査（独身者調査ならびに夫婦調査）報告書―」（2023年8月31日）

AI利用を後押ししている。感情認識力が追加され、提案の精度が高くなったAIに薦められた人生の伴侶と過ごす未来——それが2050年の家族のあり様の一つかもしれない。

#### ◆個人に最適化された栄養バランスをAIが提案～Personalized Nutrition～

遺伝、体質、代謝、運動量、ストレス状態など心身に関する個人的な情報に基づき、一人ひとりに最適な栄養バランスのとれた食生活を提案する「Personalized Nutrition<sup>44</sup> (PN)」が関心を集めている。米国の調査会社によると、世界のPN市場は2022年以降年平均15.2%で拡大し続け、2032年には459億ドルに達する<sup>45</sup>。農林水産省も、先進国を中心にDNAやアレルギー情報などの特性が考慮された個別最適な食事療法や栄養素の提案が一般化されつつあるとしている<sup>46</sup>。消費者動向調査では、食の三大志向として「健康志向」、「経済性志向」、「簡便化志向」、その中でも「健康志向」は30代を除く全世代において2半期連続で上昇している<sup>47</sup>。特に世代が高いほど健康志向が高く、健康志向と高齢化が進む現状を踏まえると、PN需要は2030年代以降も高まると予想される。

日本では、尿検査結果に基づき個人に最適化された栄養素を配合したサプリメントが提供され始めている<sup>48</sup>。また、健康寿命延伸や生活習慣病の予防を目指し、個々の健康状態に適した栄養素の提供を可能にする研究が進行している<sup>49</sup>。遺伝情報にも学習が及んだAIによって、体質やライフスタイルに照らして個別最適化された食生活の提案が2050年の当たり前になるかもしれない。

#### ◀BOX▶メタバース婚活の可能性

近年「メタバース婚活」<図表7-8>が日本各地で開催されている。事前質問によるパートナーシップ診断で参加者の特性を分析し、アバターでデートをする。2022年6月～2024年3月上旬にメタバース婚活協会が実施した19の自治体におけるメタバース婚活のマッチング率は8割を超え、リアルなデートに発展する確率も高い<sup>50</sup>。

リアル世界の外見が分からないメタバースは、婚活に適しているとも考えられる。国立社会保障・人口問題研究所によると、結婚相手に求める条件として男性の77.0%、女性の88.2%が「人柄」を重視する一方、「容姿」を重視するのは男女共に2割程度にとどまる<sup>51</sup>。日本人の多くは結婚を決める際に外見より内面を重視していることがうかがわれ、相手の容姿を判断材料としないメタバース婚活は広がりを見せる可能性がある。実際、三重県桑名市が開催したイベントの参加者からは「外見にさほど自信がなく『中身』から始められる婚活が自分に向いている」といった声が聞かれる<sup>52</sup>。

この新しいスタイルの婚活の先には、仮想空間上でのみ成立する夫婦「メタバース婚」も考えられる。デジタル化する婚活は、家族のあり様を変える契機にもなるのかもしれない。

図表 7-8 メタバース婚活



(出典) 中京テレビ『「メタバース婚活」アバターデートに記者が潜入!』(2023年11月10日)

<sup>44</sup> Jose M Ordovas et.al, “Personalised nutrition and health”, Jun.13, 2018. 日本語では一般的に「栄養のパーソナライズ化」と表現される。

<sup>45</sup> Spherical Insights, “Global Personalized Nutrition Market”, Jun.2023.

<sup>46</sup> 農林水産省「令和元年度新たな時代にふさわしい「食と健康」のあり方の検討に係る調査委託事業」

<sup>47</sup> 日本政策金融公庫「消費者動向調査(令和6年1月)」(2024年2月)

<sup>48</sup> ユカシカド「VITANOTE」ホームページ<<https://vitanote.jp/>>

<sup>49</sup> 味の素「弘前大学と味の素(株)、「デジタルニュートリション講座」を開設」(2020年4月16日)

<sup>50</sup> 一般社団法人メタバース婚活協会ホームページ<<https://metaverse.or.jp/>>

<sup>51</sup> 前掲注43

<sup>52</sup> 中京テレビ『「メタバース婚活」アバターデートに記者が潜入! 現実世界でカップル誕生、「中身で勝負」が最先端』(2023年11月10日)

## ◆「万が一の備え」から「予防的アプローチ」へ～データドリブン保険～

質・量とも増していくデータの活用によって保険も個別提案が進むだろう。テレマティクス保険は、自動車に搭載した通信機器から得られる走行距離や運転速度・ブレーキのかけ方などの運転データに基づき保険料を算出する自動車保険であり、保険分野における FinTech を指す Insurtech の一例として挙げられる。テレマティクス保険は、ドライバーごとの運転特性に照らした保険料割引や運転アドバイスに特徴があり、保険加入者に安全運転を促し、交通事故の発生を抑止する効果があるとされる。自動車保険契約者のうちテレマティクス保険に加入する人が増えてきており、今後緩やかに増加すると推計される<sup>53</sup>。

水災補償の保険についても、気候変動の影響を考慮した高度な洪水リスク予測に基づくリスクに応じた地域の細分化が進み、より合理的な保険料が提案されるだろう。住まいごとに災害リスクを評価し、防災対策を提案するコンサルティングが、保険会社のサービスとして普及する可能性もある。

保険会社の主眼はこれまでの「万が一の備え」から普段からの「予防的アプローチ」へと変化しているだろう。生命保険では、契約者が健康を意識した行動を取ることで保険料が割引されるなどの特徴がある健康増進型保険<sup>54</sup>の年間保険料が発売以来6年間で11倍以上に増加するなど、「万が一の備え」から「予防的アプローチ」へ主眼を変えた商品に関心が高まっている。先行研究<sup>55</sup>によると、健康増進型保険は、契約者にとっては生活習慣の改善に資するものであり、保険会社にとっては支払保険金の減少により収益性や事業

価値の向上に繋がり、両者にとって有益とされる。

2050年には、人々が保険会社と二人三脚で健康を意識した生活を送る時代が訪れるだろう。政府は2050年までに数理データ解析などによる超早期の疾患予測と予防方法が確立した社会を見据えている<sup>56</sup>。東京大学らは2030年までに体内ネットワークを解明し、未病状態で発病予兆を突き止めるとしている。実現すれば健康を取り戻しやすい超初期段階での対策が可能になる。2050年にはラインアップされた保険商品から「選ぶ」のではなく、自分の体内データに基づき「デザイン」する保険へ進化しているだろう。

## (4) 家事からの解放

単独世帯の増加が進む2050年には家事の担い手が不足すると見込まれ、多くの家庭でロボットをはじめとしたテクノロジーが人間を代替するようになるだろう。まず家事のタスクに応じた特化型のロボットの導入や自動化が進み、その後はマルチタスク型のヒューマノイド（人型）ロボットが家中いたるところで家事を行うようになるかもしれない。

## ◆単独世帯が4割を超す

2050年にかけて日本の世帯構造は高齢化と単身化が加速する。国立社会保障・人口問題研究所の推計によると、2050年に世帯主が65歳以上の世帯は全世帯の45.7%にのぼる<sup>57</sup>。未婚率の増加により世帯の単独化も進むとみられ<sup>58</sup>、単独世帯の割合は2020年の38.0%から2050年には44.3%に高ま

<sup>53</sup> 矢野経済研究所によると2023年度8.0%から2026年度14.2%へ増加が見込まれる。

(矢野経済研究所「テレマティクス保険市場に関する調査を実施」(2023年9月21日))

<sup>54</sup> SOMPO ひまわり生命ホームページ「インシュアヘルス」。健康増進型保険には、契約後に禁煙の成功、BMI値や血圧などの数値が改善されれば、加入者が保険料割引の適用やお祝い金を受け取れるという特徴がある。

<sup>55</sup> 諏澤吉彦・永井克彦「生活習慣をリスク指標として健康増進型医療保険が生命保険会社の事業価値に及ぼす影響」(生命保険文化センター「生命保険論集」、2022巻220号、2022年9月)

<sup>56</sup> 内閣府「ムーンショット目標2 2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現」

<sup>57</sup> 国立社会保障・人口問題研究所「日本の世帯数の将来推計(全国推計) ―令和6(2024)年推計―」(2024年4月12日)

<sup>58</sup> 男女・年齢別配偶者関係別人口における15歳以上全体の未婚者の割合。2020年の男性34.6%、女性24.8%から、2050年は男性36.5%、女性27.1%へ増加する予測。



ると予測される<sup>59</sup>。65歳以上の単独世帯も全世帯の20%を超える<sup>60</sup>。こうした見直しを受け、国は誰もが安心日常生活を送ることができるよう制度面の対策を進めており、2024年3月には単身高齢者などに対する賃貸住宅の供給促進に向けた関連法の改正が閣議決定された<sup>61</sup>。

他方、技術面から課題解決を目指す動きも活発になっている。英オックスフォード大学とお茶の水女子大学の共同研究では、AIやロボットなどの技術進歩が家事の自動化を加速させ、今後10年以内に人が家事に費やす時間の39%を削減することが可能だと予測している<sup>62</sup>。自動化が進みやすい家事としては、食料品の買い物や掃除、洗濯などを挙げている<図表7-9>。

図表 7-9 日英共同研究による「自動化が進みやすい家事」

主な家庭内労働	5年後予測	10年後予測
食料品の買い物	45.3%	59.3%
ショッピング（食料品以外）	39.2%	50.2%
各種サービスの利用	36.9%	51.6%
家の掃除と片付け	33.6%	46.2%
食器洗いと片付け	33.3%	46.9%
料理	32.5%	46.1%
アイロン掛け、畳み・収納	30.7%	43.5%
洗濯と衣類の片付け	28.7%	43.0%
家庭での子どもの教育	27.4%	39.6%
庭仕事	27.2%	39.6%
家や車のメンテナンス	24.9%	36.1%
成人のケアや世話	23.8%	34.8%
衣類の製作・繕い	21.5%	29.1%
ペットの世話	21.1%	31.7%
子どもと遊ぶ	14.7%	22.3%
子どもの送り迎え・付き添い	14.1%	23.6%
家庭での子どもの身体的ケア	12.3%	20.8%
<b>平均自動化率予想</b>	<b>27.5%</b>	<b>39.1%</b>

（出典）永瀬伸子ら「家事自動化の実現性に対する技術開発者の意識とその国際比較 - AI技術と家事の自動化に関する日英専門家デルファイ調査より -」より当社作成

#### ◆家事はロボットにおまかせあれ！

こうした家事自動化の担い手として期待されるのがロボットだ。特に調理や掃除について、世界各国で開発が盛んになっている。例えば米スタンフォード大学は複数の家事タスクを担うロボット「Mobile ALOHA」<sup>63</sup><図表7-10>の開発を進めている。2本の腕と車輪を使って動き、食材を焼く、テーブルを拭く、戸棚に器具を収納する、エレベーターを呼ぶなどのタスクをこなすことができる。

図表 7-10 Mobile ALOHA



（出典）Mobile ALOHA ホームページ掲載の動画に当社にて翻訳追加

複雑な作業である洗濯物を畳む技術の開発も進められている<sup>64</sup>。現時点では、多種多様な衣服の形態や素材を個別に正しく認識し、それらに応じた畳み方を実現するのが難しいとされるが、今後学習量を積み上げていくことで、2050年には高度かつ複雑なタスクもこなせるようになるだろう。

<sup>59</sup> 前掲注 57

<sup>60</sup> 前掲注 57

<sup>61</sup> 国土交通省「住宅確保要配慮者に対する賃貸住宅の供給の促進に関する法律等の一部を改正する法律案を閣議決定」（2024年3月8日）

<sup>62</sup> University of Oxford, “40% of time spent on chores could be automated within 10 years – AI experts”, Feb.22,2023、永瀬伸子ら「家事自動化の実現性に対する技術開発者の意識とその国際比較 - AI技術と家事の自動化に関する日英専門家デルファイ調査より -」（一橋大学経済研究所「経済研究」、Vol. 75 No. 1、2024年4月）

<sup>63</sup> Mobile ALOHA ホームページ <<https://mobile-aloha.github.io/>>

<sup>64</sup> MIT Technology Review 「AIとの融合で家事ロボットがいま再び注目される理由」（2024年1月19日）

日本でも家事ロボットの開発は活発になっている。早稲田大学が1999年に世界で初めて卵をきれいに割れるロボットを開発する<sup>65</sup>など、日本は家事を担うロボットの開発で先行してきた。現在は内閣府が進める「ムーンショット型研究開発事業」の1つ<sup>66</sup>に人間協調ロボット「Dry-AIREC」〈図表7-11〉がある<sup>67</sup>。洗濯の補助や、テーブル上のものを動かし滑らかに拭く動作など、一つひとつの家事タスクの習得が進行している。

図表 7-11 Dry-AIREC



(出典) 左・中=科学技術振興機構 (JST) ホームページ、右=AIREC ホームページ

課題は家事ロボットが学習しなければならない動作が複雑かつ多種多様であることだ。調理ロボットを例に挙げると、食材と調理方法は千差万別であり、あらゆるジャンルの料理をオールラウンドに作ることは、人間とて困難である。和食や中華、イタリアンなどジャンルごとのレシピ情報を選択的にロボットに搭載し、カスタマイズする方法が現実的だろう。他にも、掃除ロボットには一軒一軒異なる住環境に応じた適切な方法の習得が必要となるなど課題は多く、一体のロボットが人間さながらに家事をこなすようになるにはしばらく時間がかかる可能性がある。一方で個別のタスクを実行するレベルは向上していくと考えられ、単身世帯などでは執事のような心強い味方として、いくつかの家事ロボットと「同居」するようになるかもしれない。

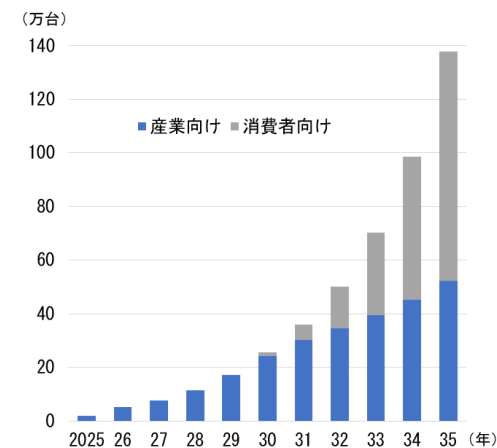
#### ◆ヒューマノイドがマルチタスクを担う

家事は一つひとつのタスク量が多く、高い状況判断能力も求められることから、一体のロボットが人間さながらに活動するのは難しいと考えられてきた。ただ近年はヒューマノイドロボによってマルチタスク型に挑戦する動きも出てきている。

例えば電気自動車 (EV) 大手の米 Tesla はマルチタスク型のヒューマノイド「Optimus」を2026年にも発売する方針で開発を進めている。2024年10月に開いたイベントでは Optimus が数十台登場し、バーテンダーを務めたり客と会話を交したりしてみせた<sup>68</sup>。同社のイーロン・マスク CEO は「子どもの世話や犬の散歩、飲み物の提供など思いつくことは何でもできる」と話す<sup>69</sup>。AI の活用によってヒューマノイドの性能は環境認識や挙動の面で急速に向上しており、人間のように多種多様なタスクをこなせるようになれば、家庭の光景は大きく変わるだろう。

金融機関等の予測によると、ヒューマノイドは2020年代後半から産業用途で導入が進み、製造コストの低下を背景に2030年代には消費者向けの販売も増えていく。米 Goldman Sachs によると2035年には年間140万台近くが販売され、うち消費者向け製品が6割を占める見通しだ〈図表7-12〉。

図表 7-12 ヒューマノイドロボの出荷台数の見通し



(出典) Goldman Sachs, “Humanoid Robot: The AI accelerator”, Jan.8,2024.より当社作成

<sup>65</sup> 早稲田大学菅野研究室 TWENDY-ONE ホームページ〈<http://www.twendyone.com/>〉

<sup>66</sup> 内閣府「ムーンショット目標3 2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」

<sup>67</sup> AIREC ホームページ〈<https://airec-waseda.jp/>〉

<sup>68</sup> このデモンストレーションは人間が遠隔操作していたことが明らかになっている。

(Bloomberg, “Tesla Optimus Bots Were Remotely Operated at Cybercab Event”, Oct.15, 2024)

<sup>69</sup> Tesla YouTube channel, “We, Robot | Tesla Cybercab Unveil”, Oct.10,2024.

### 〈BOX〉産業用途での期待が大きいヒューマノイド

ヒューマノイドロボットはヒト様の形態のため、人間用に設計された既存の環境で人間に交じって活動できる。この特徴を活かし、まずは人手不足に悩む産業での実用化が進むと考えられる。具体的には、細かい作業でありながら、いわゆる「3D」(dangerous, dull, dirty : 危険、退屈、汚い)を伴う労働で、製造業や物流、農業、医療・介護、小売、建設といった労働集約的産業の一部に該当する。人手不足の影響が顕著なため、多少高コストであってもヒューマノイドロボの利用を望むニーズは強いと考えられ、こうした産業が初期の主なユーザーとなるだろう。

製造業では組み立て作業や資材搬送、化学薬品の取り扱いなどが主な役割となる。物流現場ではピッキングや荷下ろしを行い、既存の自動搬送車と協調することも可能だ。医療・介護では患者の移動支援や簡易な診療支援など細やかな動作・コミュニケーションが求められる状況での活用も想定される。月面基地など宇宙開発の現場でも活躍するかもしれない。

実際こうした分野では既にヒューマノイドの試験導入が始まっている。米 Agility Robotics は 2023 年に「Digit」の実証を Amazon.com の物流施設で始めた<図表 7-1 3>。米 Boston Dynamics は 2024 年に「Atlas」を油圧式から電動式に変更して性能を高め、親会社である韓国・現代自動車の工場への導入を計画している。

図表 7-1 3 Agility Robotics 「Digit」



(出典) Amazon.com, “Amazon announces 2 new ways it's using robots to assist employees and deliver for customers”, Oct.18,2023.

実際に一般家庭がヒューマノイドの購入を検討する際は、特に価格が重要な判断材料になるだろう。性能にもよるが、ヒューマノイドを「1台で何役もこなす家電」と考えてみると、100万円程度まで下がれば普及の可能性は大きいのではないだろうか。米運用会社の Global X は 2035 年までに販売価格が1台1万~1万5,000ドルに下がり、最大で世界15億世帯の15%に普及すると予想する<sup>70</sup>。

家事の自動化はロボットだけでなく、家電をはじめ家庭の設備のデジタル化・スマート化によっても進むだろう。例えば冷蔵庫内の在庫管理と発注機能が連動して食料品を自動補充したり、AIによって空調・照明等を制御したりといったスマートホームの機能が進化すると考えられる。「モノ」を相手にする家事については、2050年までに多くの部分が自動化するだろう。

一方で、子どもの教育や一緒に遊ぶなどの育児や介護といった「人」に対する家事の自動化は課題が残っているが<sup>71</sup>、こうした領域はロボットによって解決することが期待される。見守りやコミュニケーション機能が向上することによって個人の生活やライフステージに応じた対応が可能になり、成長を促す、寄り添う、安心を提供するなど、ロボットが人間一人ひとりに最適な支援を行うことが可能になるだろう。次項では家事代行の「執事」としての枠組みを超えて、新たな「家族」として人と共存する未来を考察する。

<sup>70</sup> Global X, “The Rise of Humanoids, Explained”, Mar.1,2024.

<sup>71</sup> 前掲注 62

### （5）家族になるロボット

2050年は、家事代行という物理的支援の枠を超え、ロボットが見守りや寄り添いを通じて人間に対して心理的支援を行うことが珍しくなくなるだろう。ロボットが人間にとって「家族」のように欠かせない存在になっているのは、SF世界だけではないかもしれない。

#### ◆見守られている安心感

2021年9月に米Amazon.comは、世界初のAlexa搭載家庭用見守りロボット「Astro」<sup>72</sup>を発表した<図表 7-14>。室内監視と画像転送機能が搭載され、不審者をはじめ、煙やガラスが割れる音などを検知し24時間365日緊急通報する。予定のリマインド機能も搭載され、遠隔地からでも家族の生活リズムを見守る。Alexa機能が人間とのコミュニケーションを通じて家電操作や運動など日々のタスク管理を行うなど、ユーザーに「家族」のように寄り添う。現在米国のみでの展開だが、単独世帯の拡大が予見される日本でも、一家に一台の見守りロボットが人々の安心・安全を守る未来が訪れるかもしれない。

図表 7-14 Astro



(出典) Amazon.com ホームページ

2024年1月のCES2024にて、韓国Samsungは新型ロボット「Ballie」<sup>73</sup>を発表した<図表 7-15>。利用者の行動習慣や室内空間を学習し、自律的に必要タスクを判断することで、パーソナライズされたサービスを提供する。家電操作、運動量の管理、ペットの見守り・餌やりや室内監視機能も搭

<sup>72</sup> Amazon Japan 「Amazon デバイスが描く近未来のテクノロジー&イノベーションの世界」

<sup>73</sup> Samsung, “[Video] [CES 2024] A Day in the Life With Ballie: An AI Companion Robot for the Home”, Jan.9, 2024.

載されて、利用者がどこにいても、利用者に寄り添い日常生活のニーズを満たしてくれる。2050年は、一家に一台、さらには一人一台の寄り添いロボットとともに生活しているかもしれない。

日本でも研究開発が進められ、ユカイ工学社の次世代コミュニケーションロボット「BOCCO emo」<sup>74</sup><図表 7-16>は、遠隔地の家族との対話を可能にする。服薬や運動などの生活習慣のリマインド機能、天気予報や防災情報の通知を行う。また、室内に設置したセンサーと連動

し、家族の帰宅を離れた家族に通知することも可能だ。「BOCCO emo」は警備会社と連携し、高齢者の見守りサービス<sup>75</sup>の展開に繋がっている。高齢者世帯が増える未来において、ロボットによる見守りは、行政サービスの一環として展開される可能性もあるだろう。

#### ◆育児支援ロボット

育児をサポートするロボットも開発されている。大阪大学らは、遠隔育児

図表 7-15 Ballie



(出典) Samsung ホームページ

図表 7-16 BOCCO emo



(出典) ユカイ工学「BOCCO」ホームページ

<sup>74</sup> ユカイ工学「BOCCO」ホームページ<<https://www.bocco.me/>>

<sup>75</sup> セコム「コミュニケーションロボットによる声かけサービス「あのね」」

支援ロボット「ChiCaRo」<sup>76</sup><図表 7-17>の開発を進めている。ワンオペや核家族の子育て負担を軽減することから着想を得て、ロボットモニターを介して離れた祖父母による見守りや子どもと一緒に遊ぶことを可能にする。育児に不安を抱く親のストレスや悩みを和らげ、遠くにいる家族と一緒に子育てを実現する。また、リモートシッティング機能として今後保育士や小児科との連携も期待され、開発が進められている。ロボットが遠隔地の家族はもちろん、子育ての専門家とも距離を縮め、2050年には社会が重層的に子育て支援を実現する世の中になっているだろう。

図表 7-17 ChiCaRo



(出典) ChiCaRo ホームページ

#### ◆教育支援ロボット

ロボットの活用領域は教育支援にも広がりつつある。学習指導要領に準拠した4,000本以上の教育支援動画を使用し、授業を行う「ユニボ先生」<図表 7-18>が開発され、2022年に広島県内の小学校で実証実験が行われた<sup>77</sup>。教師の職務負担軽減、過疎地域の複式学級や特別支援学級における補助として、教師に代わり一部の授業を「ユニボ先

図表 7-18 ユニボ先生



(出典) ひろしまサンドボックス【公式】  
「先生はロボット!? 三次の小学校に未来がやってきた【RING HIROSHIMA】」

生」が行った。ロボットは、褒めたり励ましたりと学ぶ側の感情に寄り添い、コミュニケーションを図りながら理解の進捗に応じたアドバイスをするなど伴走支援を可能にする。教師とロボットが協働して教育にあたる未来はそう遠くないだろう。

米 Embodied 社の5~10歳を対象にした感情知能を搭載した学習支援ロボット「moxie」<sup>78</sup><図表 7-19>は、子どもの感情発達を支援する。また、米 MOVIA Robotics 社は自宅で自閉症児の教育支援を目的としたロボット開発を行っている<sup>79</sup>。誰もが場所を問わず学習できる未来に向けた取組みが窺える。日本でも、病気療養などさまざまな事情を抱えて登校が困難な児童の教育支援として、熊本市教育委員会が教育支援ロボット「temi」<sup>80</sup>に着目し、小中学校での導入を決めている。

図表 7-19 moxie



(出典) moxie ホームページ

#### (6) デジタル化で深まる学びと広がる可能性

教師の長時間労働、さまざまな事情で登校が難しい子どもたちへのケアなど、現代の教育現場は多くの課題を抱えている。しかし、DXによる校務の効率化や、最新技術の活用による学習スタイルの進化など、教育現場の課題解決に向けて希望が見える。例えば、生徒ごとの理解度に照らしたAIによる伴走機能や、個別最適化された学習支援プログラムが実現するだろう。また、「仮想教室」の活用が「教育現場」の空間的制限を解き、教育の可能性を広げるとみられる。生徒ごとの特性や境遇を考慮し、誰も取り残すことのない

<sup>76</sup> ChiCaRo ホームページ<<https://www.chicarobot.com/>>

<sup>77</sup> ロボフィス「AIロボット」

<sup>78</sup> Moxie ホームページ<<https://moxierobot.com/>>

<sup>79</sup> MOVIA Robotics ホームページ<<https://moviarobotics.com/>>

<sup>80</sup> 読売新聞「不登校や病気の子ども 「分身ロボット」で授業参加 スマホ操作 熊本市立小・中に導入 「不安解消の一步に」(2023年12月16日)

い教育の実現を目指した研究が進められている。最新技術を駆使した「珍しい」事例を紹介しつつ、2050年の教育現場の「当たり前」を展望する。

#### ◆伴走するAIによって最適化された教育支援

米国では、教育現場における人間とAIとの関わり合いとして“Human in the Loop”<sup>81</sup><図表 7-20>という概念が提唱されている。これは、生徒の理解度や資質に応じてカリキュラムをカスタマイズするAI利用の可能性を謳ったものである。また、教師がAIによって置き換わることを否定し、教育現場の中心は人間（教師）であるべきと主張している。AIによる採点や評価支援を受けて、教師の役割は、生徒への最適なアプローチ方法やAI提案のカリキュラムの見極めが中心になるとみられる。AIによる補助を受け、教師はグループ学習やディスカッションにおける生徒間の橋渡し役により注力しやすくなるだろう。2050年の教育現場では、教師・生徒・AIが三位一体となり、生徒一人ひとりに最適化された教育プログラムが実現するだろう。

図表 7-20 Human in the Loop



(出典) 米国教育省教育技術局資料へ当社にて翻訳追加

#### ◆空間的制限からの解放と学習機会の多様化で幅が広がる「教育現場」

2024年に3年連続で「世界で最も革新的な大学」に選ばれた米ミネルバ大学<sup>82</sup>は、全学生の85%を海外から受け入れ、教授による一方的で受動的な講義ではなく、学生が相互的で能動的に議論に参加する学習スタイルなどを意味するアクティブラーニングを中心とした少人数規模のオンライン授業を行う。教授は議論への参加度合いや理解度に応じて学生ごとに丁寧なフィードバックを行い、強みの発揮をサポートする。学生は在学中に世界7都市での寮生活を経験しながら各地の企業などを巡り、異文化と実社会を経験しながら、さまざまな社会課題の解決に必要な思考を養う。多くの外国人学生と活発な議論を交わし、教育拠点を一国内に限定せず、充実した現場体験とオンライン講義とのハイブリッドで思考力を高める——そんな高等教育が2050年の世界標準かもしれない。

義務教育課程においても、2050年の「教育現場」は、空間的制限から解放されるだろう。「仮想教室」がさまざまな事情で通学が困難な生徒にも、等しく学習機会を提供できるようになるだろう。すでに帯広市<sup>83</sup>やさいたま市<sup>84</sup>は、登校が難しい子どもたちを対象に「仮想教室」を導入している。月に一回程度の集団での校外学習を行うなど、実社会での交流機会も並行して設けることで協調性を養い、社会的自立を促す体制を整えている。今はまだ珍しい取り組みかもしれないが、2050年では仮想と現実空間を併用することが当たり前になっているだろう。

「仮想教室」が「教育現場」の幅を広げるだけでなく、「疑似体験」が加わり教育方法の多様化が進むと考えられる。国内外の各地、宇宙、海中など実際に行くことが難しい場所はもちろん、過去や未来もVR技術で教科書の中の世界を「疑似体験」できるようになるだろう。臨場感ある学習が可能にな

<sup>81</sup> The US Department of Education, Office of Educational Technology “Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning” May 2023

<sup>82</sup> Minerva University ホームページ<<https://www.minerva.edu/>>

<sup>83</sup> 帯広市「いじめ・不登校に対する取り組み」

<sup>84</sup> さいたま市教育委員会不登校等児童生徒支援センター（Growth）ホームページ<<https://growth.saitama-city.ed.jp/>>

り、学習効率が向上し、記憶に残りやすい学びが 2050 年の当たり前かもしれない。「仮想教室」では子どもたちが「失敗を恐れずまずやってみる」という動機付けにも繋がるだろう。「教育現場」が「仮想教室」にまで拡大し、学びの可能性が無限に広がると期待できる。

「仮想教室」が普及しても、実際に登下校する「リアル教室」としての「教育現場」が消滅することはない。運動会、修学旅行、体育、理科の実験などリアルならではの有意義な行事や授業がある。前述の帯広市やさいたま市による不登校支援プログラムでも、職場体験や収穫体験ができる「遠足チョイス」やリアルな場に集まって交流する「オフ会」が取り入れられている。このように、実社会における体験学習の機会を設け、実体験や集団生活における協調性の重要性にも着目されている。「リアル教室」と「仮想教室」のベストミックスが誰一人取り残さない「教育現場」として、2050 年の主流になるだろう。

#### ◆教師の負担軽減と情操教育の重要性を再考

2019 年 12 月に閣議決定された GIGA スクール構想<sup>85</sup>の下、教育現場における DX が加速しており、2050 年には多くの校務がデジタル化されているだろう。現時点では、9 割以上<sup>86</sup>の教職員が紙での書類提出を求められ、また、FAX を業務で使用するなど、教育現場では紙文化が根強い。教師に求められる授業準備、保護者対応、庶務など多岐に渡る校務は、デジタル化により効率化が推進されている。一方で、すでに多くの校務を抱えている中で、デジタル化に向けた新しい動きに割く時間が限られることが、紙文化からの脱却

が思うように進まない一因だろう。例えば公立高校の校長として初めて就任したインド出身者は、IT 技術者や銀行員というキャリアを活かして学校改革を推進している<sup>87</sup>。デジタル技術に明るくない教師もいるため、今後は国内外から積極的に専門人材を招聘し、校務の DX 化を加速させることが有益だろう。学力テストや通常のテストなどに PC 上で行う CBT<sup>88</sup>を採用し、AI による採点や成績管理、家庭との連絡をデジタル化することで、教師の時間創出と校務効率化と共に、教師と生徒間、学校と家庭間のコミュニケーション機会の増加にも繋がるだろう。教師、学校、家庭のそれぞれが密に連携し、生徒と向き合うことで、デジタル化された教育現場にあっても人間本位であるべきとする“Human in the Loop”を体現する 2050 年を迎えるだろう。

未来の教育現場も人間本位であるために、生徒に考える力、倫理観、道德感を伝える情操教育のあり方を再考する必要があるだろう。米国では人間関係の構築、問題解決、環境適応、協調などさまざまな場面で必要な能力を養う Social and Emotional Learning (SEL、社会性と情動の学習)<sup>89,90</sup>の重要性が注目され、SEL に取り組む学校が増えている。日本でも学校教育のデジタル化の進捗を背景に、関心が寄せられている<sup>91</sup>。意思決定力、感情のコントロール、他者の感情を理解し共感する力などは「生きる力」とされ、SEL がそれらを育むとされる。現代も 2050 年の「教育現場」にあっても、「生きる力」を育む重要性は不変的であろう。

<sup>85</sup> 1 人 1 台の端末配備と学校における高速大容量の通信ネットワーク整備計画。

<sup>86</sup> 文部科学省「「GIGA スクール構想の下での校務 DX 化チェックリスト」(令和 5 年度)に基づく自己点検結果(確定値)」(2024 年 3 月 29 日)

<sup>87</sup> 西川裕治「日本の先生はよく働くが大きな目標がない…インド出身の公募校長が「茨城の公立中高一貫校」で始めた学校改革」(President Online、2024 年 6 月 19 日)

<sup>88</sup> 文部科学省「文部科学省 CBT システム (MEXCBT:メクビット) について」。CBT は、Computer Based Testing の略称。

<sup>89</sup> 小泉令三「社会性と情動の学習 (SEL) の導入と展開に向けて」(福岡教育大学「福岡教育大学紀要」、第 54 号第 4 分冊、2005 年 2 月 10 日)。

<sup>90</sup> Elias, M.J. et.al, “Promoting Social and Emotional Learning Guideline for Educator”, 1997.

<sup>91</sup> 渡辺弥生ら「デジタル社会における感情の発達と教育」(日本教育心理学会「教育心理学年報」、第 61 集、2022 年)

### 3. 宇宙に広がる生活圏

#### (1) 宇宙旅行に手が届く

2050年に向け人類の生活圏は宇宙に広がる。国際月面探査プロジェクト「アルテミス計画」等が進む中、国家や企業は宇宙空間に活動拠点を設け、地球軌道上や月面に一定期間滞在する人の数が増えていく。一般消費者にとっては宇宙空間で景色や無重力を楽しむ宇宙旅行が身近な存在になるだろう。

#### ◆5万ドルで小旅行へ

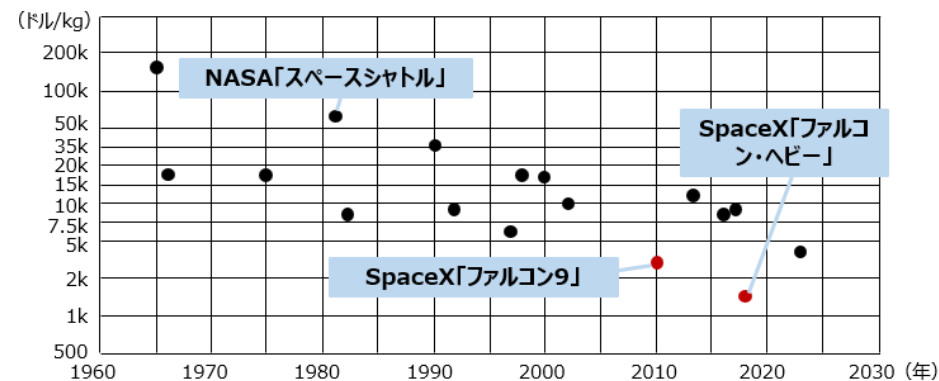
世界で初めて宇宙を旅した民間人は米国人実業家の Dennis Tito 氏で、2001年に国際宇宙ステーション（ISS）に1週間滞在した。米 Space Adventures がロシアとの契約に基づき提供するプランに参加したもので、料金は2,000万ドルだった<sup>92</sup>。現在もISSに滞在するには4,000～6,000万ドルかかる。高度で数分間の無重力を体験する旅行であれば45万ドルで楽しむことができるが<sup>93</sup>、それでもなお一般消費者の手が届く金額ではない。

2040年にはこの小旅行が5万ドル以下で提供されるようになると予測されている<sup>94</sup>。宇宙空間への滞在も数百万円で提供される可能性がある<sup>95</sup>。数百万円の旅行費用とは、日本人にとっては戦後初めて海外旅行が解禁された際のハワイ旅行程度の水準にあたり<sup>96</sup>、一般消費者でも奮発すれば不可能ではない金額だ。スカパーJSATの調査によると、宇宙旅行（1週間）に行きたいと思える金額の上限は平均229.6万円で、「500万円以上でも行きたい」と答えた人は約17%いた<sup>97</sup>。数百万円レベルの料金が実現すれば夏休みの思い出

作りに宇宙を旅する家族も現れるだろう。

料金が下がるのは、主にロケットの技術革新と量産効果によって宇宙空間に物資や人を運ぶコストが下がるためだ。米 SpaceX は従来使い捨てだった機体の再利用やエンジンの量産等によってコストの削減に成功し、同社のロケット「Falcon Heavy」は高度200～1,000kmの地球低軌道への輸送コストが1500ドル/kgと、「Space Shuttle」（1981年時点）の約40分の1の水準にある<図表7-21>。さらに現在開発中の大型ロケット「Starship」では同40ドル程度に下がる可能性がある<sup>98</sup>。米 SpinLaunch は遠心力を使って上空へ物体を放り投げる技術を開発する<sup>99</sup>など、ロケットを使わない新しい打ち上げ方法でコストを抑える試みもある。

図表 7-21 地球低軌道への輸送コスト



(出典) 内閣府「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像」より当社作成

<sup>92</sup> The New York Times, “\$20 Million Paid for a Ticket, But Tenacity Paved the Way”, Apr.27,2001.

<sup>93</sup> 米 Virgin Galactic が提供する。高度約85kmを飛行し、国際航空連盟（FAI）が定義する宇宙（高度100km）に達しないが米空軍の定義（同高度80km）は超える。

<sup>94</sup> Citi GPS “SPACE The dawn of a New Age”, May.9, 2022.

<sup>95</sup> 将来宇宙輸送システムは2040年の出発を想定した宇宙旅行の「先行予約」（アンケート）を開始した。料金は7泊8日で300万円～（将来宇宙輸送システム「宇宙旅行の先行予約を開始。三井住友海上と宇宙旅行保険の検討も推進」（2023年12月20日））。

<sup>96</sup> 1964年の「ハワイ7泊9日」の費用は36万4000円で大卒国家公務員初任給の約19倍だった（日本経済新聞電子版『「地球の歩き方」と歩く海外旅行自由化50年』,2014年4月3日）。

<sup>97</sup> スカパーJSAT「宇宙に関する意識調査2024」（2024年3月）

<sup>98</sup> 内閣府「宇宙輸送を取り巻く環境認識と将来像」（2023年6月27日、宇宙政策委員会宇宙輸送小委員会配布資料）

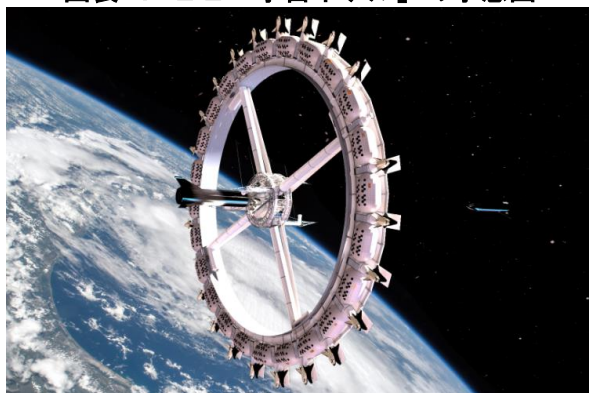
<sup>99</sup> ロケットに比べ燃料コストを70%以上削減できるという（住友商事「宇宙への革新的な打ち上げを目指すパートナーシップ締結」（2023年9月8日））。



## ◆宇宙ホテルに逗留

多少お金に余裕がある人であれば、地球軌道上や月面に滞在することも可能になるだろう。現在軌道上で人が滞在できる施設は国家が保有する宇宙ステーションのみだが、民間人が宿泊や研究活動に利用できる「宇宙ホテル」が2020年代後半にも開業する。米 Above Space Development は主に企業の研究開発用途向けに最大28人を収容できる施設を2025年にも稼働させる方針で、さらに観光客向けに400人を収容できる施設の計画もある<sup>100</sup>〈図表7-22〉。滞在中は青く輝く地球を眺めながら食事したり、大気の影響を受けない環境で遥かかなたの天体を観測したりして過ごす。無重力の中でスポーツをすれば超人的なプレーを楽しめるだろう。地上から食料を運ぶと費用がかさむため、提供する食事は宇宙空間で生産した培養肉を使うことを想定している。同社のホテル滞在費用は3日間で500万ドル程度になるとみられている<sup>101</sup>。

図表 7-22 「宇宙ホテル」の予想図



(出典) Above Space Development ホームページ

アルテミス計画などにより2040年頃には月面にも一定数の人が常駐している可能性が高い。人間が生活できる環境を確立できれば、月面は国家機関や企業が活動する場所としてだけでなく、旅行の候補にもなるだろう。月面では「地球見」や天体観測のほか、軌道上の宇宙ホテルより広い空間を確保

できる利点を生かして楽しむスポーツが主な楽しみになる。アポロ計画で実際に行われたゴルフのほか、バレーボールやカーレースなど多様な月面スポーツが考案されている。月面テーマパークの開業を目指す企業もある<sup>102</sup>。

## ◆地球上の高速移動にも活用

低軌道で数分間の無重力を体験する小旅行に使う技術は「サブオービタル（準軌道）飛行」と呼ばれ、地球上の都市間などを長距離移動する「高速二地点間輸送」にも利用されるようになる。例えばSpaceXはニューヨークー上海間を39分と飛行機の20分の1程度の時間で結ぶ構想を持っている<sup>103</sup>ほか、日本のスタートアップである将来宇宙輸送システムは地球上のどの都市間も90分以内に移動できるサービスを目指している。

飛行1回あたりの料金は2040年に10万～20万ドル程度と予想され、一般旅行者の利用には適さないが、プライベートジェット機による移動と大きな差はない水準であり、富裕層を中心に一定の利用が見込まれる。2040年の市場規模は高速二地点間輸送が70億ドル、宇宙旅行が10億ドル規模になるとの予想がある<sup>104</sup>。

## (2) 月面基地勤務ヲ命ズ

米国が主導する月面探査プロジェクト「アルテミス計画」等を推進力として、月や火星といった「深宇宙」<sup>105</sup>の開拓時代が2020年代後半に幕を開ける。アルテミス計画には日本やカナダ、英国、オーストラリア等約30か国が参加する。2026年にも月に有人着陸した後、月面での持続的な人類活動を目指す。中国も別の開発計画「月面研究基地（ILRS）計画」を進めており、ロ

<sup>100</sup> Orbital Assembly Corporation, “Introducing Pioneer Station”, May,10, 2022.

<sup>101</sup> Business Insider, “Book an out-of-this-world vacation. The first-ever 'space hotel' is set to open in 2027.”, Mar.7, 2021.

<sup>102</sup> Spacetainment 社は月面テーマパーク構想を持つ（ABEMA TIMES 「『月面に遊園地を作る』“宇宙エンタメ”企業が掲げる目標と課題」（2022年1月25日）

<sup>103</sup> SpaceX YouTube channel, “Starship | Earth to Earth”, Sep.29,2017.

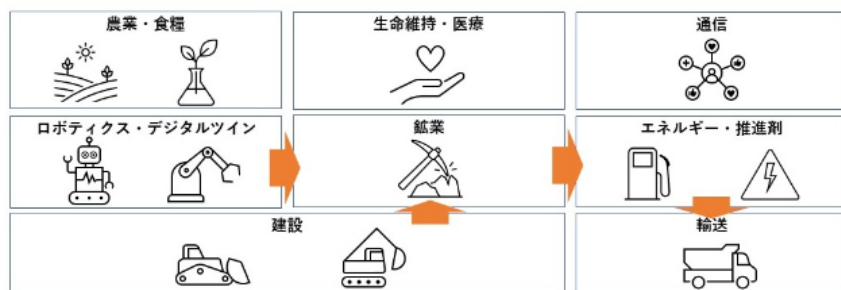
<sup>104</sup> 前掲注94

<sup>105</sup> 「深宇宙」は国際電気通信連合（ITU）が世界無線規則として「200万km以遠」と定義する一方、国際宇宙探査においてはNASAや文部科学省などが「地球低軌道以遠」とするなど、学際的に共通した定義は定まっていない。

シアやパキスタン、エジプト等約 10 か国が参加して 2030 年代の月面基地建设を検討している。

こういった開発計画を背景に月面の利用は 2030 年代前半から本格化し、輸送や資源採掘、エネルギー、食料生産といった多様な産業で構成される「月面経済圏」が立ち上がる<図表 7-23>。2040 年頃には、月の周回軌道に設置される連絡拠点「ゲートウェイ」や月面に 1000 人程度が居住できる施設が整備され、月面経済に参画する企業の従業員らが数カ月間にわたって滞在する<sup>106</sup>。2040 年には火星にも継続的に滞在する人がいる可能性がある<sup>107</sup>。

図表 7-23 月面で多様な産業が立ち上がる



(出典) PwC コンサルティング「月面市場調査 市場動向と月面経済圏創出に向けた課題」

#### ◆沸き起こる「ムーンラッシュ」

月面における産業の主役は資源採掘になるだろう。中でも生命維持やエネルギー源として重要な水資源の開発が先行して進む。月面開発は火星や小惑星といったさらに遠方に向かうための拠点整備の意味合いが強い。水は生命維持や農業などだけでなく、電気分解した水素と酸素使ったロケット燃料の原料としても活用される。大気がほとんど存在しない月では水は太陽光に当

たると蒸発して飛散してしまうが、極域のクレーターなど太陽光があたらない場所で氷として存在していると考えられている。

このほか「ヘリウム 3」というヘリウムの同位体元素や、チタン鉄鉱(イルメナイト)等の活用が模索されている。ヘリウム 3 は次世代エネルギーとして開発が進む核融合発電の燃料になるが、地球では希少なため月の豊富な埋蔵量に期待がかかっている。チタン鉄鉱はチタンや鉄、酸素等を含む鉱物で金属の原材料として利用できると考えられている。こういった資源は当面は月面での利用が中心になる。地球に持ち帰るには、特に金属が重量の問題で輸送コストが高くつくためだ。月面の資源採掘市場は 2040 年までに年間 120 億ドル規模になると予想されている<sup>108</sup>。

#### ◆月面を「テラフォーミング」

ロケットによる輸送ビジネスも盛んになる。月面に多様な設備を構築するには地球から大量の資材を運ぶ必要がある。2040 年に月に 1,000 人が居住すると仮定した試算によると、2020 年代から 2040 年までの累計で輸送ビジネスの市場規模は 1,500 億ドルに達する<sup>109</sup>。

ただ地球から物資をすべて持ち込むと莫大なコストがかかってしまう。人が継続的に活動するには月で採掘した資源を使ったり循環させたりする必要がある。すなわち月面を生存可能な環境に作り替える「テラフォーミング」に関連する産業が盛り上がる。

エネルギーは太陽光発電が主要な電源になる。月では天候の影響がなく 24 時間日照を得られるため効率的に発電できる。太陽光電池の材料となるセラミックスやガラス等も月の素材で生産する。ただ昼と夜が 2 週間ごとに訪れる月では発電できない期間が 2 週間続くことから、昼と夜のエリアをつなぐ

<sup>106</sup> 月面産業ビジョン協議会「月面産業ビジョン Planet6.0 時代に向けて」(2021 年 7 月)

<sup>107</sup> SpaceX のイーロン・マスク CEO は火星都市の建設を目指している。

<sup>108</sup> Citi GPS “SPACE The dawn of a New Age”, May.9, 2022.

<sup>109</sup> PwC コンサルティング「月面市場調査 月面経済圏創出に向けた課題」(2021 年 9 月)

送電網や大型の蓄電池を設置する<sup>110</sup>。ほかの電源として水素と酸素から発電する燃料電池<sup>111</sup>や、原子力発電も導入されるだろう<sup>112</sup>。

食料については野菜等を栽培する「月面農場」が整備される。放射線などの影響を避ける閉鎖空間で酸素や二酸化炭素を循環させ、太陽や LED の光を使って植物を育てる。土は月面を覆う「レゴリス」と呼ばれる細かい砂を土壌に改良して使用する。肥料は月面で化学肥料を生産したり、人間が排出した糞尿や食品残渣といった有機性廃棄物を利用したりする。

施設の整備に必要な建設技術は、放射線や温度の影響を避けるため無人・遠隔が基本となる。現場の環境をデジタル空間に再現する「デジタルツイン」を活用して地球から建機を操作したりロボットが自律的に建設したりする<sup>113</sup>。限られた材料を効率的に

使うため 3D プリンターによる建設も導入されるだろう<sup>114</sup>。移動手段としては宇宙服が不要な「与圧ローバー」< 図表 7-24 > が普及するほか、磁力で浮きながら移動する「月面列車」が 2030 年代にも敷設される<sup>115</sup>。さらに観光などのサービス業を含む多様な産業が月面で成長していくだろう。

図表 7-24 トヨタ自動車が開発する  
与圧ローバーの完成予想模型



(出典)「2024 国際航空宇宙展」にて当社撮影

### 《BOX》宇宙にも求められるグローバルガバナンス

宇宙における資源開発は国家間の法的ルールが確立されていない一方、複数の国で私人に開発を認める国内法を制定する動きが出ている。このまま月面開発が活発化すると参加者間の争いも起こりかねず、宇宙空間におけるグローバルガバナンスの構築を急ぐ必要がある。

宇宙活動に関する国家間の基本的な取り組みは「宇宙条約」で定められている。同条約は国連の宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS) の下で 1967 年に発効し、2024 年 1 月時点で 114 か国が批准する。国家による天体の領有は禁止されており、私人の所有権も否定されると解釈される。ただ資源の所有には明確な規定がなく、議論が分かれている。月については COPUOS で 1979 年に定められた「月協定」で「月・資源は誰も所有できない」とされているが、これには米中をはじめ主要国が参加していない。

他方、宇宙産業の育成を進める国では国内法で企業に資源開発を認める例が相次ぐ。米国は 2015 年に「商用宇宙打ち上げ競争力法」で米国企業に月や小惑星の資源開発・販売を認め、ルクセンブルクやアラブ首長国連邦も資源開発の枠組みを法律で定めた。日本も 2021 年に施行した「宇宙資源法」で事業者による所有権取得を認めた。

米国主導の「アルテミス合意」(2020 年) で資源開発が宇宙条約に反しないことを確認するなど、一部の友好国間だけで合意を探る動きも強まっている。ただ月面開発を安定的に進めていくには、参加する全てのプレイヤーが順守するルールが必要だと考えられる。中露をはじめ多くの当事国を巻き込んだ合意形成を急ぐべきだろう。

<sup>110</sup> 過酷な環境に堪える蓄電池として日本特殊陶業は月面用全固体電池を開発している。

<sup>111</sup> ホンダは燃料電池を用いた循環型再生エネルギーシステムを開発している。

<sup>112</sup> ロシアと中国は 2033~35 年頃に月面に原子力発電所を設置する検討を進めている (Reuters “Russia says it is considering putting a nuclear power plant on the moon with China”, Mar.5,2024.)。米国も研究開発を進めている (NASA “NASA’s Fission Surface Power Project Energizes Lunar Exploration”, Jan.31,2024.)。

<sup>113</sup> コマツはデジタルツイン技術を活用した月面建設機械の研究を進めているほか、大成建設や清水建設など多くの企業が無人・遠隔による建設技術を開発している。

<sup>114</sup> 米 ICON Technology などは 3D プリンターによる月面建設技術を開発している。

<sup>115</sup> NASA “Flexible Levitation on a Track (FLOAT)”, May.1,2024.

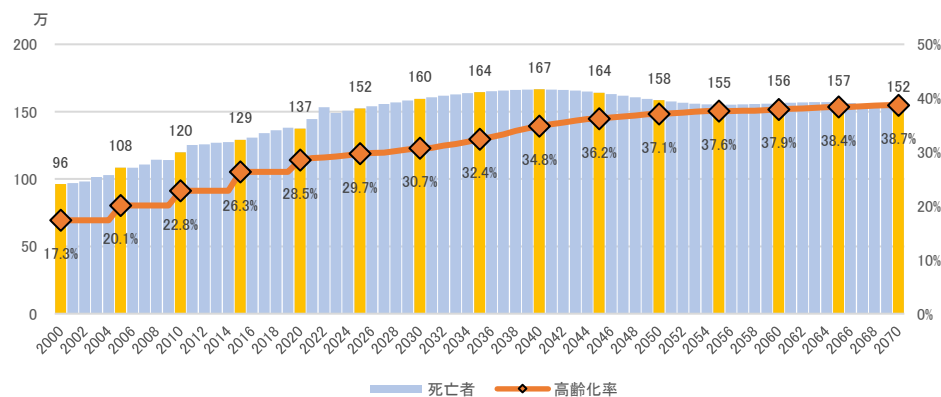
#### 4. 多様化する「生」と「死」

医療技術やデジタル技術の発展、価値観の多様化により、私たちには現実世界だけでなく、デジタルの世界でも様々な死の問題に直面するようになる。本項では、これからの社会における「死」の姿を考察する。

##### (1) 多死社会の火葬行列

日本は既に多死社会に突入している<図表 7-2 5>。死亡者数のピークは2040年の166.5万人で、その後はゆるやかに減少に転じるが、2050年の158.5万人から2070年の152.1万人まで150万人超で推移する<sup>116</sup>。多死の問題は地方部よりも、今後も人口集中の続く都市部で特に深刻になる。大量の死者の処理に向き合わなければならないためだ。

図表 7-2 5 日本の死亡者数の推移



(注) 日本人人口の出生中位・死亡中位推計に基づく

(出典) 2020年までは国勢調査、2021年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(令和5年推計)」(2023年4月)より当社作成

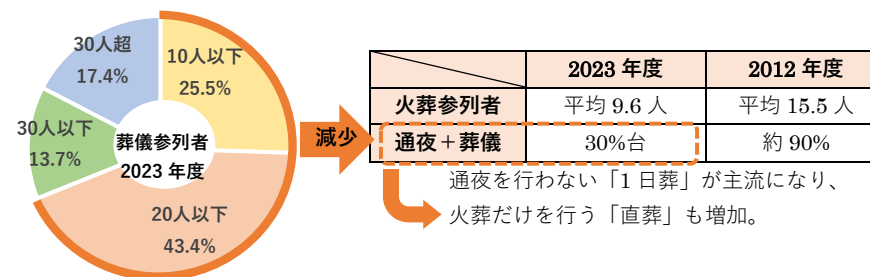
#### ◆葬儀の縮小と斎場とのミスマッチ

都内の港、品川、目黒、世田谷、大田の5区が共同で運営する臨海斎場では、大規模な増築工事と改装工事を行う。増築により、火葬炉を既存の10基から20基に倍増させる<sup>117</sup>。都心の5区の死亡者数は2060年代前半にピークを迎え、日本全体の推計よりも長く増加が続く。火葬件数は2022年の9,841人から、2060~2064年には年間平均1万4,444人にのぼると推計されている。現在でも平均6日程度の火葬待ちが発生しているが、死亡者が増える冬季(11~2月)には火葬需要はさらに増える<sup>118</sup>。

斎場の逼迫は文化的な要因も大きい。例えば、友引の日は避けられるため稼働率が落ちる。また、一般的には葬儀のあとに火葬が行われるため、朝の時間帯は火葬場が空いていることが多く、一方で遅い時間帯に葬儀を行う人は少ないため、利用希望者は12時台~14時台に集中している<sup>119</sup>。

既存設備の改装の目的には、増加する死亡者への対応だけでなく、葬儀のトレンドの変化への対応も含まれる。核家族化や近所付き合い、職場付き合いの希薄化などにより葬儀の規模は縮小している<図表 7-2 6>。臨海斎

図表 7-2 6 縮小する都会の葬儀



(出典) 品川区地域振興部戸籍住民課「臨海部広域斎場組合施設整備基本方針(案)について」(2024年2月26日)より当社作成

<sup>116</sup> 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(令和5年推計)」(2023年4月)。日本人人口の出生中位・死亡中位推計に基づく。

<sup>117</sup> 品川区地域振興部戸籍住民課「臨海部広域斎場組合施設整備基本方針(案)について」(2024年2月26日)

<sup>118</sup> 前掲注117。火葬待ちの日数は、式場の予約とセットの場合の日数。直葬(火葬のみ)の場合は、利用者の時間的制約が少ないため、待機日数は短縮される。

<sup>119</sup> 前掲注117

場では既存の部屋を細分化し、多目的室を増やす改装を行うことで、従前よりも収容人数を減らして部屋数を増やし、将来に向けた地域の需要に応える。

#### ◆建て替え・新設も困難に

同じ東京都でも、多摩地区や市町村になると様相は異なる。

現代の都市計画制度では、火葬場は都市施設の一つである。そのため、敷地が都市計画区域内の場合には、都市計画決定のために周辺住民の同意を得る必要がある。この点が老朽化や容量不足の斎場の建て替えや新設を困難にしている。例えば、日野市営火葬場は、周囲が宅地化される以前の大正11年から現在の敷地にあった。現在の建物は昭和39年に開業し、火葬炉は3基しかない<sup>120</sup>。昭和に入って周囲が宅地開発されたが、火葬場の存在が都市計画決定されていないために建替えが困難な状況にある。また、民営の多磨葬祭場も昭和6年の建設で、大規模改修や耐震補強などは行われているが、都市計画決定がされておらず、規模の拡大や建替えが難しい状況にある<sup>121</sup>。

縁起を重視する日本人にとって、火葬場は忌避されがちな施設であるため、周辺住民の理解を得ることが難しく、一般的に竣工までに10年以上かかることとされる。府中の森市民聖苑では地域住民のための公園と一体整備することにしたものの、計画から完成まで21年を要した<sup>122</sup>。過去に計画がありながら、建設自体を断念した自治体も存在する。

多死社会のインフラ整備は、このように一筋縄ではいかない事例も多々ある。臨海斎場でも基本方針を策定したのは2018年だが、増築部分の供用開始は2030年となっており、12年を要する見込みである。一方で、人口動態に基づく自地域の死亡者数のピーク時期はほぼ正確に見込める。そのため、

各種調整に時間を要したことで着工が遅延し、ピーク期までの使用期間が短くなるのであれば、現行設備で凌ぎ、新設や増築を諦める自治体も多く発生する可能性がある。

1週間以上の火葬待ちが発生し、友引の日の夕方に茶毘に付されるような、そんな状況もやむを得ないのが、これからの日本の姿である。

#### (2) 埋葬の多様化～変わる価値観と流入する新たな価値観～

##### ◆先進国の埋葬は、負荷軽減がキーワード

葬送と埋葬の問題は、今後、急速に高齢化が進む日本以外のアジア諸国においても社会問題となっていく。札幌市とほぼ同じ面積<sup>123</sup>に3.5倍の750万人が住む香港では、高齢者の数が145万人(2021年)から274万人(2046年)と25年間でほぼ倍増すると予想されている<sup>124</sup>。2010年代後期から既に墓や納骨堂の確保が難しくなっているが<sup>125</sup>、現地では「落叶归根(落ち葉は根に帰る)」「入土为安(土に埋められ安らくなる)」という2つのことわざに集約される価値観があり、人は故郷に戻って埋葬されることで極楽往生できるという考えが根強い。こうした中、香港特別区政府は、古来の風習を捨て、グリーン葬への移行を市民に積極的に働きかけている<図表7-27>。

グリーン葬の手法としては、指定された海域に散骨を行う海洋葬、指定の墓地に遺

図表 7-27 グリーン葬のプロモーションサイト



(出典) 香港特別区 食品環境衛生局  
Green Burial ホームページ

<sup>120</sup> 東京市町村自治調査会「多摩・島しょ地域における火葬場の需給及び運営に関する調査研究報告書」(2015年3月)

<sup>121</sup> 前掲注120

<sup>122</sup> 前掲注120

<sup>123</sup> 香港特別区センサス統計局ホームページ。約1,100 km<sup>2</sup>

<sup>124</sup> 香港特別区センサス統計局“Hong Kong population projections for 2022-2046”, Aug.15, 2023。外国人家事労働者を除く65歳以上の高齢者の数。

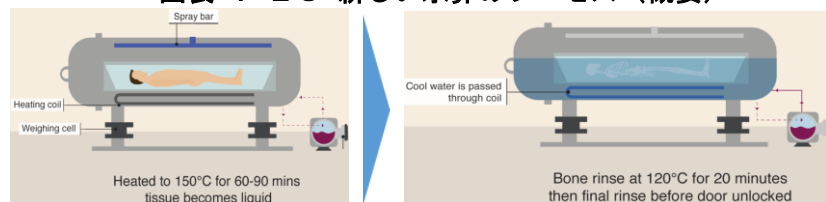
<sup>125</sup> BBC“香港一墓难求 海上墓园能否改变“入土为安”?”, 2018年4月5日

骨を撒き、墓石の代わりに樹木や芝生、花などを植える樹木葬が代表的である。

物理的な制約からだけでなく、価値観の変化から選択される埋葬方法も変わってきている。かつては土葬が主流であった北米や英国でも、土葬墓地のスペース不足に悩む地域が出てきているが、それだけでなく、棺に遺体を収める際のエンバーミング（防腐処理）に多くの化学物質が使われること、棺にも多くの金属パーツが含まれることから<sup>126</sup>、土葬は土壤汚染に繋がるという意識が広まり、火葬やグリーン葬を選択する人が増えている。

さらに、環境負荷の低い新たな埋葬方法として合法化が進むのが、新しい水葬（Aquamation）である<sup>127</sup>。アルカリ加水分解により、皮膚や筋肉は溶かして液体化し、骨だけを取り出す手法で<図表 7-28>、化石燃料を燃やすことが無く火葬に比べてエネルギー消費が少ないこと、温室効果ガスを排出しないことなどがメリットである<sup>128</sup>。

図表 7-28 新しい水葬のプロセス（概要）



（出典）BBC, “Dissolving the dead A radical alternative to burial and cremation”, May.22, 2017.

少子高齢化が進む日本においても、単身世帯や跡継ぎのいない家庭が増加している。また、子孫がいる場合も墓の管理という負担を残さないよう墓じ

まいを始める人が増えている。代わって、台頭してきているのがグリーン葬で、故人の好みを反映できる選択肢が多い点も魅力となっている。

先進国におけるグリーン葬は、物理的な側面と市民の内面の変化の両面から、これからも支持を得て拡大していきそうである。

#### ◆多文化共生と埋葬文化の問題

2024年8月、大分県日出町で新たな町長が誕生した。町民の支持を惹きつけた新町長の政策の1つが、前職が承認したムスリム向けの大規模土葬墓地のための土地の売却を撤回させることである<sup>129</sup>。

日本における在留外国人の中では少数派ではあるが、ムスリムの割合の高いインドネシア、バングラディッシュ、パキスタンからの在留外国人だけで既にその人口は20万人を超えている。

ムスリムが亡くなった場合、棺に入れるのではなく、イスラム教の戒律に従い、聖水で清めた遺体に布を巻き、顔をメッカの方角に向けて埋葬することとなっている<sup>130</sup>。日本では、ごく一部に土葬の風習が残る地域があるものの火葬が99.97%を占めており<sup>131</sup>、土葬に適した墓地は極めて限られている。

日出町では、反対派の人々あいだで、水源の汚染に対する懸念が強く残っていた<sup>132</sup>。これについては実際には汚染が確認されなかったとの指摘もあるが<sup>133</sup>、火葬場と同様、死に関連する施設の新設は忌避されがちで、地元住民の合意を得ることが困難な中、さらに異文化の埋葬施設とあって、地域住民の理解が進まなかった事例の1つである。

<sup>126</sup> GREEN BURIAL COUNCI, “Green Burial Defined”.

<sup>127</sup> BBC, “Dissolving the dead A radical alternative to burial and cremation”, May.22, 2017

<sup>128</sup> 前掲注 127

<sup>129</sup> 読売新聞「大分県日出町の新町長、イスラム教徒の土葬墓地に反対…町有地売却は「許可しない方向で考える」」（2024年8月27日）

<sup>130</sup> 小谷みどり「増加する在日モスリムとどう共生するか」（2018年7月）

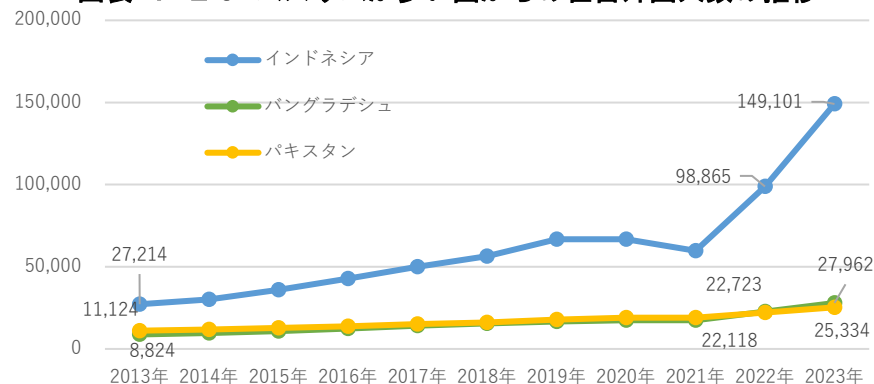
<sup>131</sup> 厚生労働省「令和4年度衛生行政報告例の概況」（2023年10月）。2022年度の死体・死胎総数の火葬と埋葬の割合。

<sup>132</sup> 安部てつや「日出町に建設が計画されている大規模土葬墓地について」（2024年6月16日）

<sup>133</sup> 梅津天馬ら「ムスリムの土葬墓地受け入れ問題について」（全日本自治団体労働組合第39回地方自治研究全国集会（静岡自治研、2022年）。なお、前町長が半ば独断で土地の売却手続きを進めた点については違法性が指摘されている。

東南アジアや南アジアから日本へ移るムスリムの人口は増加の一途を辿っている<図表 7-29>。多文化共生社会の実現が叫ばれるようになったが、共生の行きつく先では、地域に暮らす様々な人々の多様な死の風習にも向き合わなければならない。日本人の死後のイベントは簡略化や縮小が進んでいるが、一方で、宗教上の理由から妥協できない新しい住民たちとの軋轢が、今後、日本の各地で社会課題となることが予想される。

図表 7-29 ムスリムが多い国からの在留外国人数の推移



(出典) 出入国在留管理庁より当社作成

### (3) 死なない自由

#### ◆蘇りへの期待

科学は死をも克服するか——将来の医療や科学技術の発展と蘇生を期待して、現世で一度死を迎えたあと、液体窒素によって代謝や老化を止めたまま、身体や脳、神経細胞などを長期冷凍保存している人々がいる。クライオニクス(Cryonics)と総称されるこのサービスは、SFのようなアイデアだが、決して新しいものではない。

クライオニクスは、Robert C.W. Ettinger の著書「不死の展望(The

Prospect of Immortality、1962年)」で広く知られるようになり、米国ではEttingerが立ち上げたCRYONICS INSTITUTE(1976年創設)とアルコール延命財団(1972年創設)の2つの民間施設が、ロシアでも民間のKrioRus(2006年創設)が世界中からクライオニクスの希望者を受け入れている。この3施設で584人以上が保管されている<sup>134</sup><図表7-30>。日本からも、少なくともCRYONICS INSTITUTEに5名が会員登録をしており、KrioRusでは女性1名を保管中である。

図表 7-30 クライオニクスの冷凍保管装置



その後もクライオニクス(出典) Yinfeng Life Continuation Plan ホームページ 実用化への挑戦は、世界的な広がりを見せている。中国のバイオテクノロジー企業 Yinfeng Biological グループは、前述の米国施設から研究者を招聘し、銀豊生命科学研究所を立ち上げた。2017年に肺がんで亡くなった女性を冷凍保存したのが最初の事例となったが、既に600人超の検体ボランティアの登録があるという<sup>135</sup>。精華大学など複数の名門大学のほか、中国科学院や人民解放軍病院など政府機関や軍とも協力して研究を進めている点で米露の3施設とは性質が異なる。

2024年には、南半球初のクライオニクス企業 Southern Cryonics も始動した。5月12日に死亡が確認された初のユーザーは、即日で同社に搬送され、5月17日には全身を長期保存するための処置が完了された<sup>136</sup>。

未だ、蘇った人はいない。しかし、歴史の長い米国では、蘇りに向けた金融サービスも充実している。生命保険の分野では、クライオニクス施設を保

<sup>134</sup> 各社ホームページ。全身のほか神経組織や脳のみを保管者も含まれた数値だが、CRYONICS INSTITUTEが254人(2024年4月時点)、アルコール延命財団が233人(2024年5月時点)、KrioRusが97人(2024年7月時点)となっている。

<sup>135</sup> 銀豊生命科学研究所ホームページ<<https://www.yinfenglife.org.cn/>>

<sup>136</sup> Southern Cryonics “Southern Cryonics/CryoPath first suspension”, May.21, 2024.

険金受取人に指定することで、保管費用を賄う手段とすることが受け入れられている。また、数十年後、無事に蘇生できたとして、身寄りも無く、無一文では生活できない。冷凍前に築いた資産を後世で本人が利用できるようにする復活信託 (Revival Trust) を扱う弁護士も存在する<sup>137</sup>。こうした蘇る未来に備えるサービスは、今後も拡充されていく可能性がある。

#### ◆不老不死の追求がもたらす恩恵

蘇りや不老不死は究極の目的だとして、長期冷凍された身体の復元技術の進歩への期待は、臓器バンクの実現にあるのではないだろうか。

現在の臓器移植は、親族間で予め取り決めされた生体移植を除いては、ドナーが亡くなってから、レシピエントとの適合性や、双方の病院の設備、臓器の輸送手段の確保などの諸条件が短時間に揃った時にしか実現しない。しかし、長期冷凍されたドナーの臓器とマッチングできるようになれば、多くの命が移植によって救われる可能性がある。

冷凍工程では、ガラス化凍結法が実用化されており<sup>138</sup>、細胞の損傷に繋がる水分の結晶化を生じさせない急速冷凍が可能となっている。蘇りに向けた難所は、冷凍状態から細胞や臓器を損傷なく加温していく工程にある。2023年、画期的な研究成果が *Nature Communications* 誌に掲載された。交替磁場を利用して臓器血管内のナノ粒子を迅速かつ均一に加温する「ナノ加温」により、100日間冷凍保存されたラットの腎臓を、別のラットに移植する手術を成功させたのである<sup>139</sup>。

2050年に向けては、再生医療の進歩も見込まれるが、クライオニクスを通

じた人体の長期冷凍と加温・蘇生技術の研究もまた、毎年亡くなる多くの人々を（もちろん本人の生前の同意のもと）ドナーに転換できる可能性を秘めている。既に生殖医療の分野で実現している卵子や精子の冷凍保存の発展形とも言え、重篤な疾病を抱えた人々に希望をもたらす技術となるだろう。

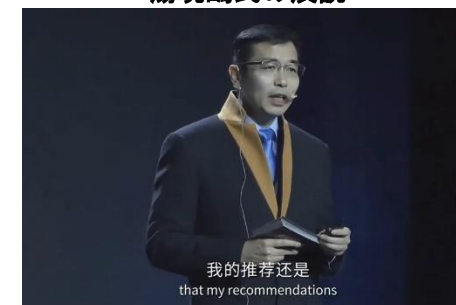
「204X年に亡くなった男性の臓器が、5年後の今日、無事に5名に移植されました」——そんなニュースが2050年代に流れるかもしれない。

#### ◆デジタル蘇り

肉体的な蘇りよりも簡単に故人を蘇らせるのだとしたら、それはデジタル技術を活用した蘇りであろう。

2024年春、中国では「AI復活亲人 (AIで愛する人を復活させる)」サービスが話題となった。3月、AIユニコーン企業 SenseTime の年次総会で、創業者の湯暁鷗氏がスピーチを行った<図表 7-3 1>。実は、湯氏は2023年12月に病死していた。しかし、同社のAI動画生成プラットフォーム「商湯如影」は、生前の画像と音声からリアルな湯氏のスピーチ動画を生成し、ユーモアを交えた語り口は、時に会場に笑いを巻き起こした<sup>140</sup>。

図表 7-3 1 生成AIによる  
湯暁鷗氏の演説



(出典) SenseTime 公式 Wechat

翌4月の清明節には、「AI復活亲人」がブームとなり、多くのマスコミの

<sup>137</sup> Cassady Law Offices ホームページ<<https://www.cassadylawoffices.com/>>

<sup>138</sup> 高濃度の DMSO、アセトアミド、プロピレングリコールなどを組み合わせた溶液を用い、細胞を液体窒素に直接浸漬し、急速に冷却することで、水分を結晶化させずにガラス化状態で凍結する方法のこと。卵子の保存などの生殖医療のほか、再生医療の研究等でも利用されている。(今松伸介「霊長類 ES/iPS 細胞の凍結保存」(日本生物工学会生物工学会誌 2012年9月号))

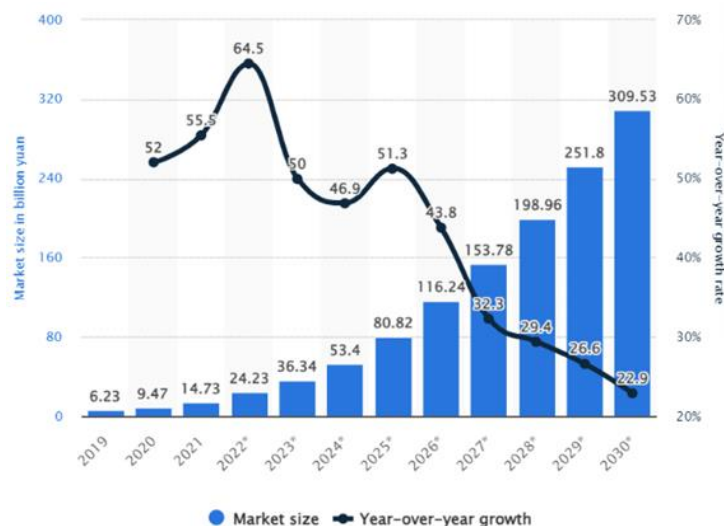
<sup>139</sup> Han, Z., Rao, J.S., Gangwar, L. et al., “Vitrification and nanowarming enable long-term organ cryopreservation and life-sustaining kidney transplantation in a rat model”, Jun.9, 2023.

<sup>140</sup> SenseTime 公式 Wechat “商汤 2024 年会, 拾阶而上, 一路繁花”, 2024 年 3 月 2 日



話題をさらった。清明節は日本のお盆にあたる祝日で、生成 AI の進化と亡くなった家族や祖先と対話したい中国の人々のニーズが合致した。クオリティにも価格にも幅があるが、10 元（約 210 円）から 1,000 元（約 21,000 円）と手頃に試すことが可能なサービスとなっている<sup>141</sup>。こうした地域に根差した文化的な背景もあり、中国では AI を活用したバーチャルな人物の蘇りが今後ビジネスとして大きく成長すると見込まれている〈図表 7-3 2〉。

図表 7-3 2 中国におけるバーチャルヒューマン市場の予測



(出典) statista

バーチャルな蘇りにビジネスチャンスを感じている人物は他にもいるようだ。米 Meta のマーク・ザッカーバーグ CEO は「愛する人を亡くして悲しんでいる人にとって、交流したり、特定の思い出を追体験したりすることは役に立つかもしれない」として、メタバース空間での蘇りの可能性に言及している<sup>142</sup>。

このような故人のデジタル蘇りは、生存しているユーザーの意向で利用されるのが主である。故人の尊厳を傷つけていないか、遺族のグリーフケア<sup>143</sup>になるのか結果的に混乱を招くのか、ディープフェイクを量産することに繋がるのではないかなど多くの論点がある。故人のデータを扱うサービスの是非は中国でも議論になり、ザッカーバーグ氏もその難しさを認識している。

しかしながら、生成 AI などの先端技術を使ったサービスは、ニーズさえあれば市場を形成し、ルール作りよりも先に発展してしまう。2050 年に向けて、多くの議論を呼び起こしながらも、このような画像や動画は出回り続けるだろう。

#### (4) 死を選択する権利 ～広がる安楽死の合法化～

リスクを承知で未来に賭ける蘇りよりも切実な命の選択がある。安楽死である。いわゆる「安楽死」には 2 種類がある。1 つは積極的安楽死で、医師等が致死量の薬物を患者に投与する。もう 1 つは医師等による自殺ほう助である。自殺ほう助とは、例えば、致死量の薬物が入った点滴の針を患者の体に刺すところまでは医師等が行うが、投与を始めるためのバルブを開く最後のステップは患者自身が行う。なお、「尊厳死」は安楽死とは異なる概念で、延命措置を取りやめて、自然な経過に任せて死を迎えることを指す。

そのため、安楽死に対しては、医療従事者が殺人罪や自殺ほう助罪に問われないための刑法上の例外措置が必要になる。また、処置を行うに至るまでの診断や意向確認などのプロセスの確立も倫理的な面から重要である。さらに、医療従事者の信仰や信条に配慮することも必要である。合法化された国・地域では、勤務先の医療機関が安楽死に対応している場合でも、個々の医療従事者には担当をはずれる権利が認められている。

<sup>141</sup> 上海証券報「“AI 復活亲人” 产业兴起 硅基生命时代到来?」, 2024 年 4 月 4 日

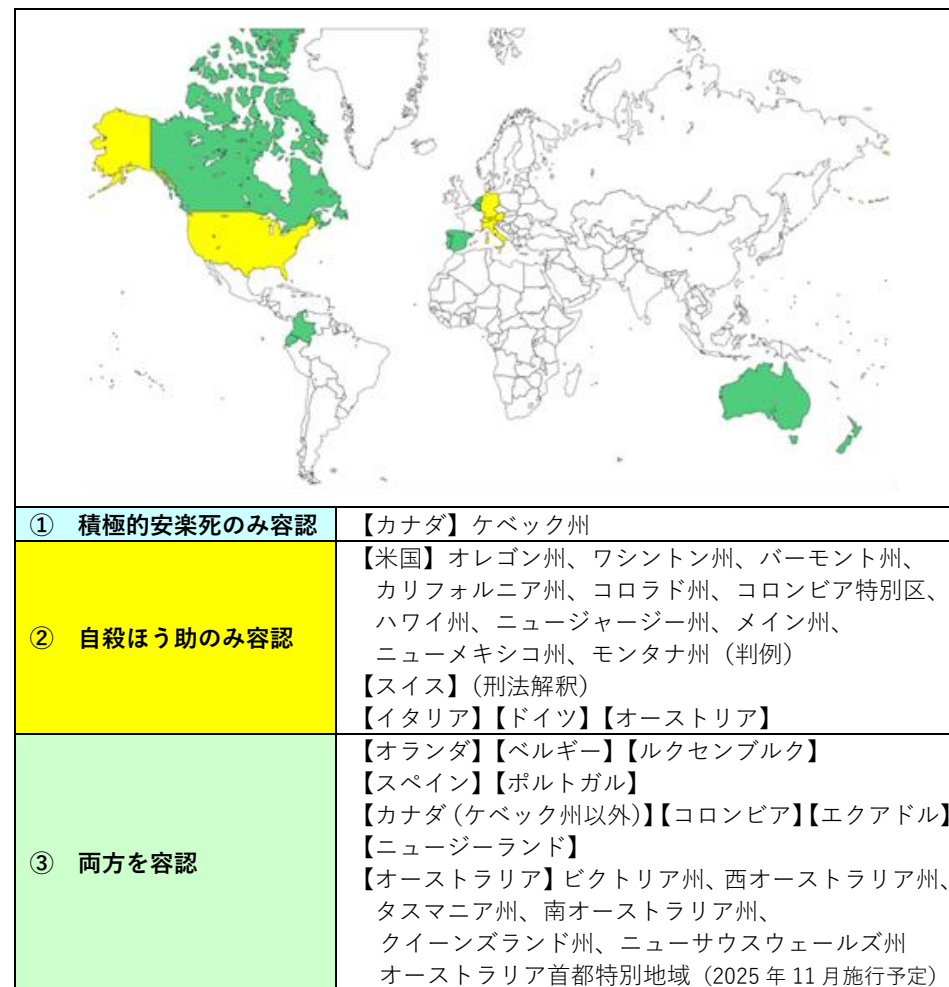
<sup>142</sup> Business Insider “Mark Zuckerberg agreed it could be possible to use the Metaverse to bring back the dead virtually”, Oct. 2, 2023.

<sup>143</sup> 喪失による悲嘆（グリーフ）に対するケアのこと。ここでは、近親者との死別を経験した遺族の悲嘆に対するケアのことだが、ペットとの死別や失恋などでも必要となることもあり、悲嘆の発生原因やその深さは個性が高い。

このような重たい議論を要する安楽死だが、スイスやベルギーのように外国人を受け入れる国・地域は少ないものの、自国民のための選択肢として法整備を進める動きは大きな世界的潮流となっている。特に、2020年代に入って欧州とオセアニアで容認の動きが拡大している<図表 7-3 3>。制度導入の早かったベルギーやオランダでは対象事案の拡大も進んでいる。安楽死の申請には、深刻な「苦痛（英：suffering、仏：souffrance）」を抱えていることが条件となっている。その定義は、「絶え間なく、耐え難く、治療法がないもの」<sup>144</sup>、「耐えがたく、改善の見込みが無いもの」<sup>145</sup>と規定されており、個別の状況に鑑みた解釈の余地がある。いずれも本人の意思が確認できることが条件となっているが、パーキンソン病や筋萎縮性側索硬化症（ALS）のような進行性の神経難病、末期がんの患者だけでなく、精神疾患、認知症などの加齢に伴う症状も対象に含まれる。さらに、保護者の同意や意志決定プロセスへの関与を条件とするものの、オランダでは12歳以上<sup>146</sup>、ベルギーでは年齢に下限なく安楽死が認められている<sup>147</sup>。

広範な事例を扱うベルギーやオランダでも、精神疾患を唯一の苦痛の原因とする安楽死の適用については未だに議論がある。これは、自閉症や知的障がいを持つ人が社会生活に支障を来し、重篤な精神疾患を発症しているケースで安楽死が適用されたため<sup>148 149</sup>、治療や福祉的なサポートは十分に尽くされたのか、本人の意思や苦痛の認識は十分に確認できたのか、さらには優生思想に繋がるのではないかと、といった外部からの批判を呼んでいる。一方で、当事者として関わった医師たちは、当然ながら、担当の患者に対して万策を尽くした上で判断したと主張する。現場の医療従事者がこのような批判に晒されるリスクや刑事罰を問われるリスクを背負わされながらも、安

図表 7-3 3 広がる安楽死法



（出典）田中美穂、児玉聡「諸外国の安楽死に関する法制度・データの概況 Ver.1」、  
（日医総研リサーチレポート No.117、2021年）を参考に各国政府ウェブサイトから当社作成

<sup>148</sup> BBC, “Belgium euthanasia: Three doctors cleared in landmark trial”, Jan. 31, 2020. 精神疾患を発症した自閉症の女性に対する安楽死の実施について、3人の医師が刑事訴追されていたが、無罪となった。

<sup>149</sup> AP, “Some Dutch people seeking euthanasia cite autism or intellectual disabilities, researchers say”, June. 28, 2023.

<sup>144</sup> ベルギー公衆衛生局「Euthanasie-Citoyen」

<sup>145</sup> オランダ政府「Euthanasia」

<sup>146</sup> 前脚注 144

<sup>147</sup> 前脚注 145。なお、本人の意思確認を要しない安楽死として、オランダでは重篤な障がいを持って生まれた新生児に対しても安楽死の措置が認められている。

楽死の制度は存続している。この事実は、一人一人受け止めが異なる「苦痛」に向き合い、その意志を尊重した選択が社会的に支持されていることを示すものであり、死に対する多様性の受容が進んでいる証左であろう。

#### ◆生きがいなく生きる苦痛と安楽死

安楽死は人々を救うのだろうか——2016年に安楽死法を施行したカナダでは、実施状況を経年でレポート化して丁寧に追っている。人口3,700万人のこの国で<sup>150</sup>、2022年には全死者数<sup>151</sup>の4%（1万3,241人）、実に25人に1人が安楽死を迎えていることになる<sup>152</sup>（図表7-34）。導入からわずか7年のこの件数の伸び方は、安楽死という選択肢の存在がカナダの人々にとっては確かな救済になったと言っても過言ではないだろう。安楽死の処置を受けた人の63.0%はがんを、18.8%は心血管疾患を患っていた。この2つはカナダにおける死因トップ2となっている<sup>153</sup>。

図表 7-34 カナダにおける安楽死の件数推移



（出典）Health Canada, “Fourth annual report on Medical Assistance in Dying in Canada 2022”, Oct.2023.より当社作成

注目したいのは、安楽死を選択した理由と処置を受けた場所である。

安楽死を選択した理由で最も多いのは、「身体機能のコントロールの喪失（7位、30.2%）」や「孤立感・孤独感（8位、17.1%）」ではなく、「意味のある活動を行うことができる能力の喪失（1位、86.3%）」であった<sup>154</sup>。生きがいを感じられる活動をもはや自分では行えない状態であるのならば、ただ病院などで生かされていることのほうが耐えがたい「苦痛」である、という非常に考えさせられる結果である。

場所については、直近のデータがコロナ禍の影響を受けているため、今後の動向も注視した上で判断する必要があるが、2022年に安楽死を選択した人々は、36.4%が病院で処置を受けている一方で、自宅で処置を受けた人も35.1%と拮抗している<sup>155</sup>。周到な準備をして当日を迎えることができる安楽死では、自宅で最期を迎えたいという患者の希望を叶えやすい可能性がある。

安楽死の制度化に向けた議論は、今後も先進国を中心に拡大していくだろう。2024年に入り、フランスではマクロン大統領から<sup>156</sup>、英国でもスコットランド議会では安楽死に関わる法案が提出されている<sup>157</sup>。こうして見ると、G7の中で、安楽死の制度化に向けた議論に着手できていないのは日本だけということになる。

2050年、もしもあなたが不治の難病に苦しんでいるとしたら、安楽死を選択できる国、できない国、どちらで最期を迎えたいだろうか。あなたの大切な人が耐えがたい苦痛の中で安楽死を選択したいと言ったら、あなたは賛成だろうか、それとも反対するだろうか。安楽死導入の是非は、日本においても、2050年には結論が出されているべき重要なテーマの1つであろう。

<sup>150</sup> Statistics Canada。2021年国勢調査では人口36,991,981人

<sup>151</sup> Statistics Canada。2022年の総死者数は334,623人

<sup>152</sup> Health Canada, “Fourth annual report on Medical Assistance in Dying in Canada 2022”, Oct.2023.

<sup>153</sup> 前掲注152

<sup>154</sup> 前掲注152。原文は Loss of ability to engage in meaningful activities。複数選択可能なアンケート結果から。

<sup>155</sup> 前掲注152

<sup>156</sup> Le Monde “Macron endorses 'aid in dying' bill”, Mar.11, 2024.

<sup>157</sup> スコットランド議会 “Assisted Dying for Terminally Ill Adults (Scotland) Bill”

### （5）アカウントと死 ～サイバー空間で生き残る故人とどう向き合うか～

2022年11月、Twitter（現 X）上で世界的な騒動が発生した。イーロン・マスク CEO が、自身に批判的なユーザーのアカウントを規約違反を理由に大量凍結したのである。この行為に対し、国際連合や EU の要人が続々と懸念を表明した<sup>158</sup>。

中国では、国民的なスーパーアプリ WeChat のアカウントを凍結された商人が、運営元であるテンセントの本社を訪れたが、アカウントを取り戻すことができず自殺を図っている<sup>159</sup>。

様々なデジタルサービスやプラットフォームの利用を開始する際、私たちが当然のように作成しているユーザーアカウントは、サイバー空間での情報発信や交流を可能にただけでなく、決済や事業活動など現実世界での活動をも支配するようになってきている。先の Twitter や WeChat のエピソードは、アカウントという存在の強大さを物語るものである。主力となるデバイスやプラットフォームは変化していても、2050 年に向かう生活の中で、私たちは様々なアカウントを持って、日々を営んでいることだろう。

#### ◆譲渡も相続もできないアカウント

私たちの分身あるいは存在証明とも呼ぶべきアカウントの数々は、死後どうなるのだろうか。

ほとんどのプラットフォームはアカウントを一身専属としており、事由を問わず他人に譲り渡すことを想定していない<sup>160</sup>。これはプラットフォーム側が広告配信などパーソナライズしたサービスを展開するために複数ユー

ザーの情報が混じり合うことのない一身専属が都合が良かったことと、ユーザーから見てもアカウントは比較的容易に消去も再作成もできるため<sup>161</sup>、生存するユーザー向けには譲渡を想定する必要性が低かったものと考えられる。

また、遺族などの相続人がいる場合も、実体がある PC やスマホは相続されるが、その中にインストールされたアプリや画像、音楽などのデータ、そしてそれらを利用するためのユーザーアカウントは無体物であり、相続の対象外である。したがって、故人のアカウントの取扱いは、現状は、各プラットフォームの定める利用規約によってのみ縛られている<図表 7-35>。

図表 7-35 故人のアカウントの取扱い～LINE の場合～



（出典）LINE Safety Center（2024年11月15日時点）

利用規約に基づき、一般的には、遺族等は故人のアカウントの削除を申請することができる。しかし、この申請には、故人の出生証明書や死亡証明書、さらに申請者が故人の正当な法定代理人であることの証明書など、行政手続きさながらの対応が必要となる<sup>162</sup>。その他の取扱いについては、各社で対応方針が分かれる。

<sup>158</sup> 国連グローバルコミュニケーション局事務次長 Melissa Fleming 氏の 2022 年 12 月 16 日ツイート、および欧州委員会副委員長 Věra Jourová 氏の 2022 年 12 月 16 日ツイートなど。なお要人からの反響には言論の自由を侵害しているという指摘も含まれる。

<sup>159</sup> 中国经济网，“21 岁男子微信被封号后坠亡？腾讯回应！”，2020 年 8 月 27 日

<sup>160</sup> Apple サポート、Google アカウントヘルプ。なお、ユーザーに若年層が多いためか、Tik-Tok の利用規約には故人に関する規程が無いようである。

<sup>161</sup> 金融・決済機能を伴う WeChat や Alipay などのスーパーアプリでは、本人確認や身分証の登録が必須となっており、個人が複数のアカウントを持ったり、安易に作り直したりすることは困難である。

<sup>162</sup> X ヘルプセンター、および Instagram ヘルプセンター（2024 年 11 月 15 日時点）

Meta は削除申請も受け付けるが、Facebook にも Instagram にも「追悼アカウント」という概念があり、亡くなったことを明示した上でアカウントを残すことができる<sup>163</sup>。故人のアカウントをアルバムとして残しておきたい遺族や友人のニーズに応えると共に、このデータ保全是「(3) 死なない自由」で取り上げた「デジタル蘇り」など新ビジネスへの布石かもしれない。

一方、X や Google では、強制的にアカウントが削除される場合がある<sup>164</sup>。生存中のユーザーのアカウントであっても、次第に閲覧や投稿の頻度が落ちていくものもある。このような非アクティブなアカウントのデータを保有し続けても、データストレージの容量を圧迫するだけで、収益は生まれない。この2社は、運営コスト抑制の観点から削除規程を導入していると考えられる。したがって、故人のアカウントも、プラットフォーマー側の条件を満たしたタイミングで消去される可能性がある。

#### ◆プライバシーの無い故人

遺族やプラットフォーマーが削除手続きを行わない場合、故人のアカウントは所有者不在のまま、公開し続けられることになる。また、故人の趣味での繋がりなど、遺族が存在を知り得ないアカウントもあるだろう。

現行法の下では、人格権の一部としての肖像権、すなわちプライバシー権は故人には認められていない。したがって、故人の尊厳を傷つけるようなバッシングや画像の悪用などが行われた場合も法的な保護がない。EU の GDPR では、「本規則は、死亡した者の個人データには適用されない (Recital 27)」と規定されている。日本の個人情報保護法も「生存する個人に関する情報」を対象を限定しており (第2条 (定義))、故人は対象外としている。

したがって、公開され続けた故人の投稿が炎上した場合も、故人は守られない、また、生前のデータをもとに生成される故人の「デジタル蘇り」も、プライバシーの侵害で訴えられるリスク無く行うことができってしまう<sup>165</sup>。

——たとえ、故人が生きていたら望まないような言動をさせたとしても。

#### ◆資産価値を持つ小市民のアカウントの増加

故人が俳優やイラストレーター、あるいはインフルエンサーや動画配信者だった場合には、そのアカウントは死後も閲覧、再生され、収入を生み続ける可能性がある。

例外的に故人にも認められる権利として「パブリシティ権」がある。著名人の氏名や肖像には一定の顧客誘引力がある。パブリシティ権は、その利益や価値を利用する「財産権としての肖像権」を認めるものである。

ただし、この権利は判例によって確立されてきたもので、内容・効果・範囲・期間等については明確にはなっていない<sup>166</sup>。現状では、実務上は、芸能プロダクションに所属する芸能人であれば、芸能プロダクションがパブリシティ権を管理するケースが多いとされている<sup>167</sup>。

将来に向けては、これまでの判例が想定してきた著名人の収入の規模に至らない無数の市民のアカウントが大なり小なりの収益を生み続けるだろう。YouTube を運営する Google では、個社の取組みとして故人のアカウントから資金を取得するための手続きを用意しているが、こうした故人のアカウントに紐づく利益の保護の在り方や相続の問題も、故人の死後の法的論点として、今後より注目されていけよう。米国法曹協会は、判例の積み上げではなく、知的財産権として連邦法で保護すべきと指摘している<sup>168</sup>。

断された事象があった場合には、遺族に対するプライバシー侵害は成立する。

<sup>163</sup> Facebook ヘルプセンターおよび Instagram ヘルプセンター(2024年11月15日時点)

<sup>164</sup> X の場合は6カ月以上利用実態が無いなどの諸条件を満たした場合 (X ヘルプセンター)、Google の場合は2年以上ログインが無い場合に (Google アカウントヘルプ) 削除される場合がある。(2024年11月15日時点)

<sup>165</sup> 前掲注 166

<sup>166</sup> American Bar Association “When I Die Put My Money in the Grave: Creating a Federally Protected Post-Mortem Right of Publicity”, April 28, 2023.

<sup>167</sup> 故人に対する不適切な取扱いの結果、生存する遺族のプライバシー侵害に当たると判

## ◆デジタル時代に追いついていない法規制

本項で取り上げた問題は、デジタル時代に法律が追いついていない分野の一部である。

GDPR の場合は、GDPR の規則に上乗せで、加盟国が独自に故人のデータの取扱いに関する規則を設けることは可能としている。これを受け、フランスでは 2016 年の「デジタル共和国法 (Loi pour une République Numérique)」により、死後のアカウント等の管理人を指名することが可能となっている<sup>169</sup>。故人の権利そのものには踏み込んでいないが、所有者・管理者が不在のまま公開され続ける故人のアカウントの問題への対処の一步と言える。Google や Facebook の場合は、個社の取組みとして、死後のアカウントの管理者を指定することもできる<sup>170</sup>。これからは、死後のアカウントの扱いを生前に自分の意思で整理しておく重要性も高まってくるだろう。

アカウントに紐づいた私たちの活動は、動画やメタバース空間でのアバターを通じたコミュニケーションなど、テキストや画像という平面から立体化し、よりリアルに広範になっていく。その結果、これからの故人は、多くの無形資産を残して死んでゆく。さらに、その無形資産が、時に大きな価値を生むこともある。

故人の権利保護に関わる問題は、その尊厳にも関わる重要な論点を含んでいる。これまで法的な権利を有する存在ではなかった故人に、様々な権利を認めるための議論には時間を要するだろうが、そのような枠組みが無ければ、未来は故人にとっての無法地帯と化す。2050 年に向けて、新しい保護のかたちが作られることが望まれる。

## (6) 乱立するアカウント～自我の死、あるいは分裂する自我～

## ◆多重人格で生きる不安定な私たち

アカウントは、我々の社会生活に欠かせない存在だが、簡単に消したり、作り直したりもできれば、1つのプラットフォームの中で複数のアカウントを使い分けることもできる。クラスメイトや家族との LINE グループ、ファッションや外食時の画像を中心に投稿する Instagram、ダンス動画を投稿する TikTok、共通の趣味を持つ人と繋がる偽名の X、さらには愚痴や悪口をはき出すための“裏垢”としての X といったように、私たちはいくつものアカウントと人格を使い分けている。そして、そのそれぞれにフォロワー・フォロワーがいて異なるコミュニティに属している。

生きやすさのために、言い換えれば、生きづらさを回避するために複数の人格を使い分ける様子は、精神医学の立場から見ると、解離性同一性障害 (DID、dissociative identity disorder)、俗に言う“多重人格”と全く同じ原理・現象だと指摘されている<sup>171</sup>。アカウント社会を生きる人類は、知らぬ間に、不安定な精神状態に置かれるようになっているのかもしれない。

この DID を巡っては、若年層のユーザーが多い TikTok で奇妙なブームが発生している。DID を発症していると名乗るユーザーが、様々な人格で自身が発話する様子を投稿したところ“バズった”。そこから DID を自称する動画の投稿が急激に増え<図表 7-3 6>、50 億回以上再生される動画も現れた<sup>172</sup>。そして、DID をテーマとする動画が繰り返し流れてくるのを見続けた若者が「自分も DID だったのだ」と性急な自己診断をし、医師への診察依頼が殺到したのである<sup>173</sup>。思い込みと誤認に基づくメンタル不調をトリガーとした不健全なコミュニティの形成が進んでしまっている現象は、それ自体が問

<sup>169</sup> フランス政府「LOI n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique (1)」

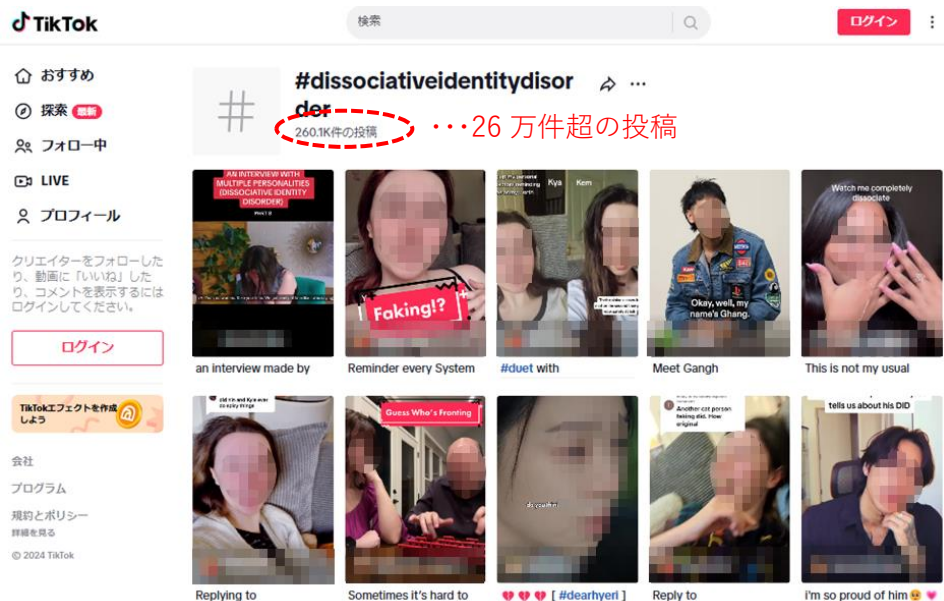
<sup>170</sup> Google アカウントヘルプ、および Facebook ヘルプセンター

<sup>171</sup> 斎藤環「「自傷的自己愛」の精神分析」(2022 年)

<sup>172</sup> The Verge “The fight over what’s real (and what’s not) on dissociative identity disorder TikTok”, August 19, 2023. 50 億回再生された動画は削除済みのようである。

<sup>173</sup> 前掲注 172

図表 7-3 6 TikTok で蔓延する DID 関連の投稿



(出典) TikTok (2024年11月19日時点)

題であると共に、実際に DID を発症している人々への偏見や誤解に繋がる動向として専門家は問題視している<sup>174</sup>。

#### ◆「タイパ」の裏側～類型化、簡略化された世界で退化する人間～

PC をベースに比較的長いテキストの投稿が許されたブログや Facebook から、デバイスはスマホが主流になり、アクセス可能な情報量、コンテンツの量は莫大になったぶん、情報発信の形式は短いテキストベースの X、画像投稿の Instagram、短編動画の TikTok と端的な表現が求められている。さらに、投稿された情報は短いハッシュタグで類型化、要約できることが望ま

しい。SNS に囲まれて育ってきた Z 世代は、絶え間ない情報流入の中で集中力をコントロールするために、8 秒しか画面に集中していないという調査がある<sup>175</sup>。

つまり、私たちはコンテンツのコンテキストを理解しなくなっている。これは現代人が、大量に流れ込む情報の処理を軽減するために行った無意識的な工夫だったのかもしれないが、私たちは時間をかければ理解できるはずの背景や文脈に思考を巡らせる行為を、日に日に怠るようになっていく。

発信者側の質の悪化も進んでいる。例えば、DID に関する解説動画を比較した場合に、YouTube では有用な内容を含む動画が 51.7% 存在したが、TikTok ではわずか 5.2% であったという研究結果がある<sup>176</sup>。

DID ブームのような現象は、フェイクニュースやディープフェイクといった次元の話ではなく、単に真偽不明の質の悪い情報が大量に多く出回っているという発信側の問題と、受け手側の物事を理解するプロセスの省エネ傾向が強まっているという双方の問題を浮き彫りにし、安直に勘違いや誤認を重ねた結果、自分自身のメンタリティに対してさえ倒錯が起きているという新時代の現象である。

複数の人格を操り、大量の情報を受け止めながら社会生活を営む忙しさの中で、人間が人間らしい思考を手放していつている。アカウントもインターネットも手放せない私たちの中で、この傾向が弱まる気配はない。人間が能力を発揮することを手放し、ある種の退化が進んでいる。シンギュラリティとは真逆の方向で、我々は AI に超越を許すかもしれない。

<sup>174</sup> Rolling Stone “Viral ‘Dissociative Identity Disorder’ TikToker Sparks Questions About the Internet’s Effect on Mental Health”, January 15, 2022.

<sup>175</sup> sparks & honey “generation z 2025: the final generation -sparks & honey culture forecast”, 2015.

<sup>176</sup> Isreal Bladimir Munoz, Jasmine Liu-Zarzuella, Navin Oorjitham, Devon Jacob, “YouTube and TikTok as a source of medical information on dissociative identity disorder”, Journal of Affective Disorders Reports, Volume 15, 2024.

## ◆薄まる自意識～“悪いこと”をしているのは誰なのか？～

複数の人格を使い分け続けた結果、個々の人格の行動に対する責任感や自意識も薄らいでいくのかもしれない。2011年、「共生型ネット社会の実現に向けて」という特集を組んだ総務省「情報通信白書」に「インターネットといじめ」という項目が初めて登場し、小中学生へのアンケート結果が掲載された<sup>177</sup>。つまり、少なくともこの数年前からインターネット上でいじめが社会現象として問題視されていたことになる。

プラットフォームやアカウントごとに人格を使い分けるコミュニケーションの方式は、現実の世界でも個々の人格を単純化、すなわちキャラクター化させた。

このキャラクター化は、子どもたちの関係性とコミュニケーションを単純化するのに役立った。なにしろ、彼らには短いテキストやスタンプ、短時間の動画、数枚の画像といった発信条件が課されている。「いじられキャラ」といった役割分担を相互に理解し、求められるキャラに合った想定内の受け答えしか許されないのが SNS ネイティブな Z 世代の子どもたちのコミュニティである<sup>178</sup>。これにより、クラス替えなどの外的作用以外では覆すことが難しいスクールカーストが生まれ、クラスの中やクラス LINE 上でのヒエラルキーが決まってきた<sup>179</sup>。その上下関係から、同級生による“いじり”を超えたいじめへと発展するケースもある。

悪質なインターネット上のいじめが社会問題化する中で、加害者の反省を促すのは難しい。その一因として、キャラクター同士のキャラの性質により、そのような力関係に配置されてしまった、という結果論の構図でいじめが発生しており、加害者が殊更意図的に加害行為を行っているわけではないとい

う可能性が考えられる。「自分の中に沢山存在する人格の1つが勝手にやったこと」、「自然にそうなった」、そのような薄い認識しか存在していないのではない。だから、簡単には止められず、何が悪いのかも判別できない。

さて、青少年を取り巻く SNS の世界では 2020 年代に入って深刻なトラブルが発生している。「闇バイト」と称した犯罪行為への勧誘である。

SNS 上で匿名かつ刹那的な繋がりを持って共謀する匿名・流動型犯罪グループ「トクリュウ」が、特殊詐欺やさらには強盗事件などの凶悪犯罪を全国で繰り返すようになっており、社会問題化している<sup>180</sup>。2024年10月に就任した石破首相は、今年度の補正予算案に闇バイト対策を盛り込む方針を明らかにしたほか<sup>181</sup>、警視庁も X の公式アカウントを通じて、闇バイトへの加担を踏みとどまるよう動画を配信するなど若者への呼びかけを強化している<図表 7-37>。2023年には、検挙人員の半数(49.6%)が SNS 経由で「闇バイト」に応募しており<sup>182</sup>、受け子の 19.8%、5人に1人が少年であった<sup>183</sup>。若者が犯罪組織に言葉巧みに騙されているという社会問題の側面もあるが、片や日常の楽しい出来事を SNS に投稿し友人との繋がりを維持しながら、他方では SNS のリプライや DM を使って犯罪行為に応募し、指示者とやり取りを続けられる彼らは、アカウントごとに分割された多重人格の人生を確かに生きているのかもしれない。

図表 7-37 警視庁の注意喚起動画



(出典) 警視庁公式 X、2024年10月18日

<sup>177</sup> 総務省「平成 23 年版 情報通信白書」(2011 年 8 月)

<sup>178</sup> 前掲注 171

<sup>179</sup> 前掲注 171

<sup>180</sup> 東京都特殊詐欺被害防止特設サイト「進化する闇バイト勧誘の手口」

<sup>181</sup> NHK「石破首相 闇バイト対策を今年度の補正予算案に盛り込む考え」(2024 年 10 月 22 日)

<sup>182</sup> 警察庁「令和 5 年における特殊詐欺の認知・検挙状況等について(確定値版)」(2024 年 5 月)

<sup>183</sup> 前掲注 182



## ◆リアル・アナログへの回帰と憧憬 ～反発と循環のカルチャーの中で～

科学技術やデジタル技術は進歩していくが、人間の価値観から生み出されるそれぞれの時代の文化の中には、前時代への反発とさらに前の時代への憧憬、そしてそこから生まれる循環がある。

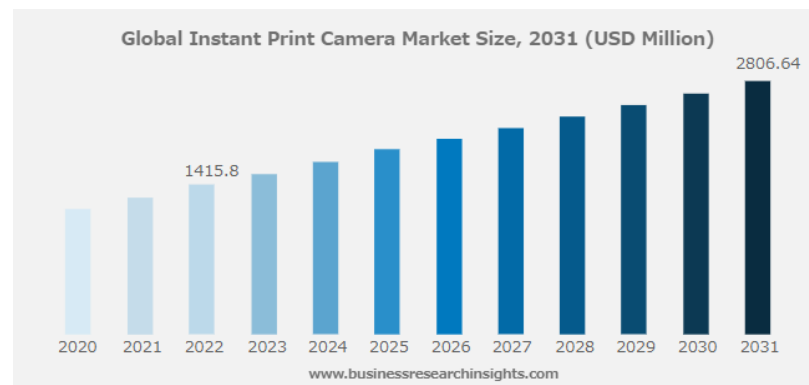
例えば、ファッションのトレンドは20年周期と言われるが、その循環性は、オートクチュールのコレクションの世界だけでなく、若者を中心に生み出される大衆のストリートファッションにも当てはまる。日本における1920年代から2000年代のストリートファッションでは、相反するトレンドが10年で交互し、約20年で循環していると分析されている<sup>184</sup>。最近ではY2Kファッション<sup>185</sup>や平成レトロの流行が記憶に新しい。

この循環性、すなわちリバイバルブームは、衣服だけでなく若者を中心としたポップカルチャーにも当てはまる。例えば、こだわりコーヒーを1杯ずつ人の手によって淹れるサードウェーブのコーヒーブームがある<sup>186</sup>。日本の喫茶店では当たり前の光景だったが、そこへ行かない年代層には大手チェーンの流れ作業で提供されるコーヒーに対する一種のカウンターカルチャーとして、サードウェーブの手仕事が新鮮に映った。

他にも、インスタントカメラが国内外で復権している<図表 7-38>。2000年代に入り、携帯電話やスマートフォンの普及により、いつでもどこでも写真や動画が撮れて、気に入らなければ撮り直しも加工も可能な時代になった。約20年経過して、リアルな瞬間を切り取り、加工が困難で、写真の出

来上がりも待たねばならないアナログな写真撮影が、今、世界の若者に面白く新鮮に見えているのだ。

図表 7-38 世界のインスタントカメラ市場の成長予測



(出典) Business Research Insights

いずれのブームの背後にも、過度にデジタル化された社会への反動と、新しさとして見直されたリアルとアナログへの回帰、憧憬がある。インスタントカメラブームを牽引する機種の一つがFUJIFILMのinstaxである。もちろん、昔のポラロイドカメラの単なる復刻ではなく、ポラロイドの特徴は残しつつ、デザインや機能面での進化はある<図表 7-39>。唯一無二のアナログ価値と最新デジタル技術の融合<sup>187</sup>と位置づけられる本製品は、2023年度のコンシューマーイメージング事業2,976億円のうち、1,500億円以上を上げる収益の柱となっている<sup>188</sup>。

<sup>184</sup> 渡辺明日香「ストリートファッション論 日本のファッションの可能性を考える」(2011年)

<sup>185</sup> 2000年頃のファッション、の意。直近では、Y2KをアレンジしたY3Kというワードも存在する。こちらは3000年頃の未来感あるエッセンスを取り入れたファッションを指す。

<sup>186</sup> サードウェーブは2000年前後に米国で興ったが、日本への到達には時差があり、ブルーボトルコーヒーが上陸した2015年に始まったとされる。(UCC「サードウェーブとは」およびINIC MARKET「サードウェーブコーヒーとは?成り立ちや特徴をご紹介」(2021年2月1日))

<sup>187</sup> 富士フィルムホールディングス「2024~2030年度中期経営計画VISION2030」(2024年4月17日)

<sup>188</sup> 富士フィルムホールディングス「2024年3月期決算説明会」(2024年5月9日)。1,500億円は2024年度の目標額だったが、1年前倒して実現した。なお、イメージング事業全体では4,697億円の売上。

図表 7-39 FUJIFILM の instax



(出典) FUJIFILM instax ホームページ

図表 7-40 画像投稿 SNS 「BeReal」



(出典) 筆者が BeReal を使用

SNS の世界でも、繋がりと承認が過剰に求められるライフスタイルや、加工されすぎた投稿への反動が起きている。BeReal は画像投稿を行う SNS だが、徹底的に Instagram や TikTok の真逆を行っている<図表 7-40>。

BeReal では、初回の投稿のみ任意のタイミングで撮影できるが、それ以降は、1日1回ランダムに撮影指令の通知が届き、それから2分以内に撮影した写真を投稿しなければならない。画像の加工はできず、また、自身が投稿を行わなければ、他のユーザーの投稿も見られないため、何の変哲もないリアルな瞬間の画像での繋がりを要求するアプリとなっている。フォロワー数や「いいね」の数は開示されず、他人と比較される要素も無い。Android では既に1000万件以上ダウンロードされており、BeReal への企業アカウントの進出も始まっている。

今から20年ほど経つと、ちょうど2050年の到来が見えてくる。デジタル社会への反発が、時にはその時代のトレンドを生む。今日、リアルやアナログの希少性を伝えるものとして復権したアイテムは、少し姿を変えて2050年頃にまた流行している可能性がある。私たちはいくつもの人格を操る忙しくて繋がりすぎるデジタルの時代に疲れていることを無意識に察知している。ポラロイドの写真が浮かび上がるのを待つあいだ、一杯ずつ丁寧にコーヒーを淹れる——そんな時間の過ごし方を知っている人が、2050年のオシャレな人の姿かもしれない。また、そうした時間を過ごせる仲間の前が、ありのままの生身の自分として振る舞える数少ない機会となっているのかもしれない。