

# ICT の新たな潮流に関する調査

## 報告書

平成30年3月

株式会社インプレス

# 目次

---

## 第1章 ICTの新たな潮流に関する調査の概要

1.1 背景と目的	2
1.1.1 背景	2
1.1.2 目的	2
1.2 調査手法	3
1.2.1 最新動向の把握と整理	3
1.2.2 実施体制	3
1.2.3 実施スケジュール	3

## 第2章 ICTの新たな潮流に関する調査の結果

2.1 IoT（モノのインターネット）	5
2.2 ビッグデータ	8
2.3 人工知能（AI）	12
2.4 クラウド	15
2.5 ドローン	19
2.6 AIスピーカー	22
2.7 ウェアラブルデバイス	25
2.8 VR/AR	28

## 図表の目次

図表 2-1 : リアルな社会をデータとしてサーバー空間に再現し、「デジタルツイン」として相互の融合を図る	6
図表 2-2 : ビッグデータが備える 3 つの「V」と、そこから生まれる「V (Value)」	8
図表 2-3 : ビッグデータは、センシングや AI (人工知能) によるデータ分析、VR/AR などによるフィードバックとの強く関わっている	11
図表 2-4 : ハードウェアによって加速処理される深層学習による被写体認識の例。ハードウェア化が進むことで多くの機器が AI 機能を内包するようになる	14
図表 2-5 : クラウドコンピューティングは、データセンターにあるコンピューターやソフトウェアの機能をネットワーク経由で“サービス”として提供する仕組みである	16
図表 2-6 : クラウドコンピューティングの 3 つのサービス内容と、3 つの利用形態	17
図表 2-7 : ドローンのタイプ別にみた主な機体の形状と主要メーカー	19
図表 2-8 : AI スピーカーの現在と“執事”機能を持つであろう未来	24
図表 2-9 : ウェアラブルデバイスのタイプと主な製品	27
図表 2-10 : VR (仮想現実) / AR (拡張現実) 用 HMD (Head Mounted Display) の例	28

# 第1章

## ICT の新たな潮流に関する調査の概要

---

1.1	背景と目的	2
1.1.1	背景	2
1.1.2	目的	2
1.2	調査手法	3
1.2.1	最新動向の把握と整理	3
1.2.2	実施体制	3
1.2.3	実施スケジュール	3

## 1.1 背景と目的

---

### 1.1.1 背景

我が国の総人口および生産年齢人口については、継続的な減少や少子高齢化が予想されている。人口減少社会の到来により、労働力の減少や国内需要の縮小に伴う経済成長の停滞が懸念される。

一方で近年の技術革新により、ビッグデータの利活用による生産性向上や新たな需要を開発し、経済成長とイノベーションの促進に資すると期待されている。デジタル化やネットワークの高度化、デバイスの小型化・低価格化による IoT の進展、それに伴う効率的なビッグデータ収集・共有環境、およびクラウドでの計算環境の進化や AI による分析技術の高度化の進展などである。

またネットワーク化により、ドローン等の主要技術が相互作用し新たなイノベーションにつながることや、PC やスマホ、タブレットといった従来型以外の新たな ICT 端末として AI スピーカー、ウェアラブルデバイス、VR/AR 技術によるサービスの立ち上がりもある。これらの相互作用により、サービスを基に派生的な新たなサービス創造が繰り返され、新市場が多層的に形成され、AI・IoT による人・モノの「つながり」の増大・深化による新たな価値を創造し、社会的課題の解決に資すると期待される。

そうした認識の下、政府は 2016 年 1 月に「第 5 期科学技術基本計画」を閣議決定し、「超スマート社会 (Society 5.0)」を掲げ、5 年間で 26 兆円の投資を見込んでいる。超スマート社会の定義は以下である。

「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のさまざまなニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」

2030 年をメドに具体化することが目標になっている。

### 1.1.2 目的

経済の縮小と社会構造の変化が見込まれる中で、超スマート社会 (Society 5.0) の実現に向けては、これまで概念が先行していた AI や IoT 関連の技術が社会に実装されていく。そこでは、テクノロジーの提供者はもとより、利用者である一般市民も、種々のテクノロジーについて包括的な理解が求められる。今後の官民における関連施策検討のための基礎資料とすることを主要な目的とし、社会経済にインパクトをもたらす新たな ICT 技術分野として「IoT (モノのインターネット)」「ビッグデータ」「人工知能 (AI)」「クラウド」「ドローン」「AI スピーカ」「ウェアラブルデバイス」「VR/AR」の 8 分野を対象に、国内外の先行文献調査を通じて、その概要を幅広い年齢層を想定し、説明する。

## 1.2 調査手法

---

### 1.2.1 最新動向の把握と整理

本調査では、「IoT (モノのインターネット)」「ビッグデータ」「人工知能 (AI)」「クラウド」「ドローン」「AI スピーカ」「ウェアラブルデバイス」「VR/AR 技術」の 8 分野を対象に、各分野の動向に詳しいものが、公知情報調査により最新動向を把握することで、過去の経緯から現状、これからのついて整理することとした。

整理の観点としては以下を定めた。

- (1) 対象技術の定義
- (2) 対象技術がビジネスや社会で、どのように使われているか
- (3) 対象技術の変遷／歴史
- (4) 対象技術分野における、これからの動き

上記を踏まえ、8 分野それぞれについて最新状況を整理した。

### 1.2.2 実施体制

本調査は、株式会社インプレスが実施した。

### 1.2.3 実施スケジュール

本調査は、平成 30 年 1 月 12 日～3 月 30 日までの約 3 カ月で実施した。

## 第2章

# ICT の新たな潮流に関する調査結果

---

2.1 IoT (モノのインターネット) .....	5
2.2 ビッグデータ.....	8
2.3 人工知能 (AI) .....	12
2.4 クラウド.....	15
2.5 ドローン.....	19
2.6 AI スピーカー.....	22
2.7 ウェアラブルデバイス.....	25
2.8 VR/AR.....	28

## 2.1 IoT（モノのインターネット）

---

### IoTは「モノをつなぐ」から「社会を最適にする」に大きく変化

IoTとは、「Internet of Things」の略で、「モノのインターネット」と訳されることが多い。電車やクルマ、工場やビル、製造機械や飛行機のエンジン、冷蔵庫や洗濯機、農地や牧場の牛などなど、あらゆるものをネットワークに接続することで、それぞれの最新状態を示すデータを集め、その分析から、より最適な状態に導くようにフィードバックを返すという、一連の流れを指している。

ネットにつながるクルマを「Connected Car」と呼ぶなど、「Connected（つながっている）」ことで、新たな価値を生み出そうとする概念や取り組みだとも言える。スマートフォンや携帯電話は「Connected な電話機」であり、内蔵するセンサーなどにより、私たち利用者の行動を把握できるIoTの一種である。最近では、スマートウォッチや活動量計といったウェアラブルデバイスの登場により、歩数や脈拍など私たちの身体の状態まで把握できるようになっている。

#### もはやインターネットを前提としない

IoTは1998年に、米マサチューセッツ工科大学（MIT）のDavid Brock氏とSanjay Sarma氏が提唱した用語である。もともとは、RFID（ICタグ）を使ってモノの個数や存在場所を1つひとつ正確に管理しようとする取り組みの中で、遠隔地にあるICタグを読み取るために発想された。ICタグを読み取る部分と結果を表示する部分を分け、両者をインターネットで結ぶという構想だったという。

この構想を起点に、「モノがインターネットにつながれば何が起こるか」が議論されるようになり、それを実現するための各種の技術が発展し、現在のIoTへとつながっている。現在のIoTは大きく、(1)モノの状態を把握するセンサー、(2)センサーで得たデータを集約するためのネットワーク、(3)集約したデータを蓄積・分析するためのサーバーあるいはデータセンター、(4)分析結果をモノにフィードバックするアクチュエーターで構成され、そのシステム全体を指すようになっている。

IoTと並列に使われる用語に「M2M（Machine to Machine）」がある。機器と機械の間の通信を意味し、機械同士が通信する状況を示している。厳密にはM2MはIoTの一要素であり、それ自体はIoTではない。IoTと呼ぶには、上記のように一連のシステムが成り立ち、状態の最適化を目指す必要がある。もっともM2Mを使ったアプリケーションは、この条件に当てはまるため、アプリケーションを含めたM2MがIoTと同義に



使われている。

現在のIoTは、ICタグの読み取りといった固定的な情報の伝達を目指してはいない。世の中に存在する、さまざまな情報を集め、それを処理することで最適化を図るというシステム的な発想が組み込まれている。無線の通信環境の普及や、サーバーやデータセンターも昨今はクラウドに変わり、IoTに特化したサービスの提供も始まっている。センサーの多様化も進む。「インターネット」の名前が冠されるが、もはやIoTというシステムとしては、いわゆるインターネットを使う必要もない。

### リアル世界を写し取った「デジタルな双子」をAIで分析

モノの管理から、データに基づきさまざまな事象の最適化を図るというシステム思考に発展したIoTは、「CPS (Cyber Physical System)」とも呼ばれる。リアル世界の状況を、種々のデータによってネット上(サイバー空間)に再構築し、そのデータを分析することで、まずはサイバー空間上で解決策をシミュレーションし、最適なものをリアルな世界に反映させるという概念である。

このとき、リアル世界とサイバー空間に構成されるビッグデータとを「デジタルツイン(デジタルな双子)」と呼ぶ。それぞれで起こっていることが相互に反映されることで、両者は常に“双子”のように存在し、影響し合い、さらには両者の融合が始まり、その境界線はあいまいになっていくと考えられている(図表2-1)。VR(仮想現実)/AR(拡張現実)などは、こうした考えを視覚面で実現した仕組みだと言える。



図表 2-1: リアルな社会をデータとしてサーバー空間に再現し、「デジタルツイン」として相互の融合を図る

デジタルツインの構築・活用において、研究開発が盛んになっているのが、データ収集のためのセンサーと、データを分析するためのAI(人工知能)である。センサーは、測定したい対象の広がりやほしいデータが明確になってくるのに合わせ、新たなセンサ

一や、複数のセンサーを組み合わせた複合的な測定装置などが登場してきている。

一方の AI は、IoT の考えに沿って、より多くのデータが集まり保存されるようになったことから、機械学習／深層学習の精度が高まっている。機械類の故障を事前に感知する予測機能や、将来の需要予測などが主な用途である。

なかでも急速に適用例を増やしているのが画像認識の AI である。カメラで撮影した静止画や動画を分析することで、個々人を判別したり、一定エリアにいる人の数をカウントしたり、あるいは小売店で商品を手にとったのかどうか、何をバッグに入れたのかといったことの判定にも利用されている。これらの認識機能を使って、商品だけが並び店員が一人もいない「無人店舗」も登場している。

### デバイス／センサーの増加を支えるネットワークが課題に

加えて IoT で注目されているのがネットワークである。工場内などであれば無線 LAN を使えば一応の通信はできる。しかし今後、IoT が発展していくと、これまでの無線 LAN では足りなくなる。数の問題と距離の問題が発生するためである。

数の問題とは、接続すべき IoT デバイスやセンサーが増えること。デジタルツインをより精密にしようとするれば、各種センサーが至るところに設置されることになる。現行の無線 LAN は、一定エリアに数千ものデバイスやセンサーが置かれることは想定されておらず、円滑な情報伝達が維持できないかもしれない。

一方の距離の問題とは、製品の生産から物流、販売、客先での利用と保守までのライフサイクル全体をカバーしようとするれば、長距離な通信が必要になる。長距離通信では、無線 LAN ではなく、携帯電話用の無線方式が使われている。だが第 4 世代 (LTE/LTE-Advanced) までの携帯電話は、地域によって採用されている方式が異なり、それぞれへの対応が必要である。

対策は進んでいる。数の問題では、2017 年 7 月に規格化された「IEEE 802.11ah (Wi-Fi HaLow)」のように、8000 台もの端末が利用できる無線 LAN が登場する。携帯電話も第 5 世代 (5G) では 1 キロ平方メートル内で 100 万端末の運用を目指す。

距離の問題は、携帯電話方式の中では、「NB-IoT」や「LTE Cat-M1」など IoT に最適化した方式が登場している。これまでのように高速化を指向するのではなく、数への対応や通信距離の拡大、および低消費電力化を図っている。1 日 1 回、数百バイトのデータを送るだけでなら、単 3 乾電池 2 本で 10 年間、通信できるように設計されている。

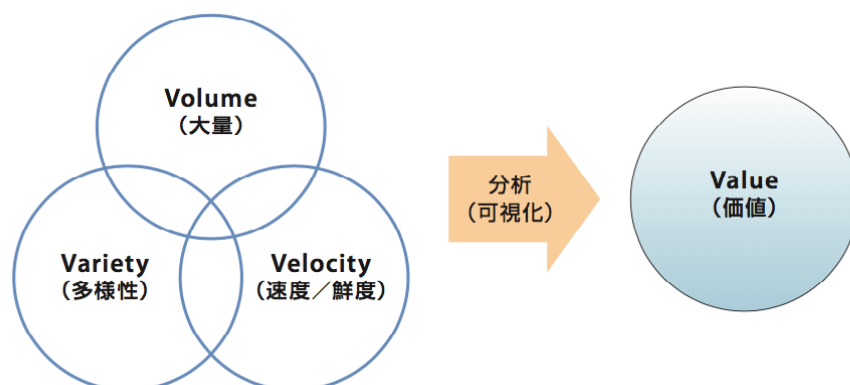
長距離 (数キロから数十キロメートル)、低消費電力に的を絞った IoT 用の通信方式も広がり出している。LPWA (Low Power Wide Area : 低消費電力型長距離無線通信) あるいは非セルラー型 LPWA と呼ばれる方式で、フランス発の「Sigfox」や、業界団体が推す「LoRaWAN」がある。いずれも免許が不要な無線帯域を使う。ただし、データ通信速度は、数十ビット／秒から 100k ビット／秒である。

## 2.2 ビッグデータ

### 「21世紀の石油／ダイヤモンド」になったビッグデータ

「ビッグデータ (BigData)」とは一般に、「大量のデータ」という意味で使われている。10 ケタ、20 ケタといった「大きなデータ」という意味ではない。個人が利用する PC やスマートフォンも最近では、256GB (ギガバイト。2 の 30 乗) や 512GB といったデータを記録できるが、世界中にあるデータ量は 2017 年末時点で 20 ゼッタ (2 の 70 乗) ~30 ゼッタバイトあるとされる。うち日本企業が持つデータ量は約 10 エクサ (2 の 60 乗) バイトである。

しかしビッグデータは、単に量的に大きいというだけではなく、次の 3 つの「V」の要素のいずれか 1 つを備えるデータのことである (図表 2-2)。



図表 2-2 : ビッグデータが備える 3 つの「V」と、そこから生まれる「V (Value)」

◆**Volume** (ボリューム、大量) : データのファイルサイズが大きいことであり、最も一般的な要素である。数ペタ (2 の 50 乗) バイトや数テラ (2 の 40 乗) バイト以上をビッグデータの条件に挙げるケースもある。一方で、一部のサンプルではなく、全体を表すデータという解釈もある。そこでは、企業間取引や個人の行動など複雑な関係を示すデータは、容量にかかわらずビッグデータだとされる。

◆**Variety** (バリエイティ、多様性) : データの種類が多種多様であること。文字 (テキスト) データだけでなく、画像や音声、動画など、ネット上でやり取りされている各種のデータを扱うという意味である。

◆**Velocity** (ベロシティ、速度/鮮度) : データの更新や追加の頻度が高いこと。そうしたデータは、リアルタイムに処理しようとするのが難しくなるため、大量のデータ

でなくともビッグデータだとされる。

## データそのものではなく分析により得られる知見に価値がある

上記の3つの「V」は、ビッグデータが持つ特性に着目したものである。しかしビッグデータが大きく注目されているのは、ビッグデータを分析することで、新たな知見（Insight）、すなわち第4の「V」になる「Value（価値）」を得られるからである。

◆**Value（価値）**：ビッグデータ分析で得られる価値は、大きく（1）今をあぶり出す、（2）異変を察知する、（3）近未来を予測する、の3つに分けられる。

（1）今をあぶり出すとは、いわゆる可視化／見える化の価値である。棒グラフや円グラフなどとして表示するだけでなく、複数のデータを組み合わせることで、関係性がないと思われてきたことの中に新たな関係性を見いだせることがある。

（2）異変を察知するとは、通常の状態から“外れた”データを見つけ出すことである。データが多ければ多いほど、通常の状態をより正確に把握できるようになり、異常値を見いだしやすい。

さらに、異常値の発見だけでなく、通常の状態から外れていくきっかけを察知できるようになれば、「機械がもうすぐ壊れそうだ」といったことが分かる。すなわち、（3）の近未来を予測することになる。

ビッグデータがもたらす Value を元に、新たなビジネスやサービスが、さまざまな領域で誕生あるいは、そこに向けた開発が進められている。

●**医療分野**：患者の血圧や心拍数といったビッグデータから、病状の悪化を事前に察知したり、DNA を分析することで新たな治療方法や薬を開発したり、患者一人ひとりに最適化した治療の研究が進んでいる。

●**交通分野**：クルマがどこを走っているのかという位置情報などから、渋滞を引き起こさないようにしたり、あるいは必要なときに必要な場所にタクシーを呼び出したりができるようになってきた。

●**セキュリティ分野**：クレジットカードの決済時に、これまでの購入パターンを分析することで不正な利用を瞬時に発見できるようになっている。

●**マーケティング分野**：SNS（ソーシャルネットワーキングサービス）への書き込みや Web サイトの検索結果などから、消費者がほしい商品の傾向を導き出しお薦め商品を提案できる。

このようにビッグデータは、これからのビジネスや社会サービスを成り立たせるためには不可欠になった。“社会を動かすための燃料”といった意味で「21世紀の石油」とも「21世紀のダイヤモンド」とも呼ばれる。

### テクノロジーの進化がビッグデータの収集・蓄積・分析を容易に

ビッグデータの考え方自体は、決して新しくはない。「ビッグデータ」という言葉が初めて登場したのは2007年であるが、それ以前の1980年代後半には「データウェアハウス (Data Warehouse) : データの倉庫」や「データマイニング (Data Mining) : データからの知見の取り出し」といったキーワードと共に、大量データを分析することの重要性が指摘され、企業における取り組みが始まっていた。

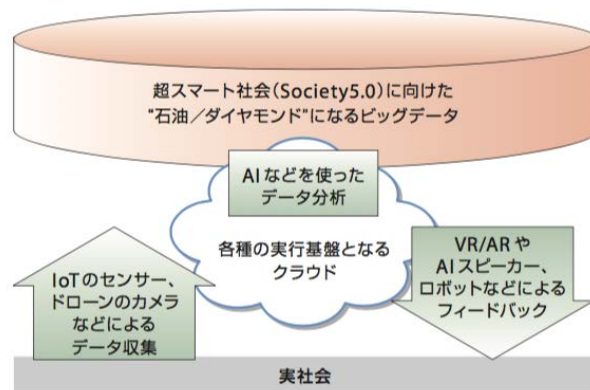
また気象予報や各種シミュレーションといった科学技術領域では、ビッグデータとは呼ばないまでも、大量データを扱う仕組みが早くから構築されてきた。

大量データの分析から得られる Value に対する期待は、コンピューターの進化の歴史と大きく関係している。ビッグデータを扱うためには、高速処理ができるコンピューターや大量データを補完できるストレージなどが必要になるためである。

テクノロジーの進化に伴いデータの入力方法も変化した。キーボードやタッチパネルを使った手入力のほかに、最近は音声での入力も可能になってきている。さらに、IoT (モノのインターネット) の広がりにより、各種センサービデオカメラなどにより、人が関与しないデータの入力も広がっている。

### 増え続けるデータ、オープン化とプライバシーが課題に

こうした傾向は、IoT の普及に伴って、さらに強まっていく。超スマート社会 (Society5.0) の実現に向けては、リアルな社会の状況を正しく反映できるデータをどれだけ取得できるかが重要になるだけに、「データ取得」に向けた取り組みが弱まることはないためである。データが増えることで、それを分析するための手法や技術も発展する。AI は、その最有力技術だといえる (図表 2-3)。



図表 2-3：ビッグデータは、センシングやAI（人工知能）によるデータ分析、VR/AR などによるフィードバックとの強く関わっている

一方で、ビッグデータの取得・分析の目的が、より社会や個人の行動把握や行動予測に向かっていくことで、データ流通やプライバシーの課題が浮上してくる。

現状、多くのビッグデータは個々の企業が独自の仕組みで取得していることが多い。そのため似通ったデータを複数社が競って取得したり、すでに他社や他事業部が取得しているデータを新たに取得したりという事態が起こっている。データのオープン化が進めば、データ取得のコストを抑えながら、分析や、その結果に基づく新サービスの開発に専念できるようになる。

ビッグデータのオープン化は同時に、セキュリティやプライバシーへの取り組みを求める。各種のセンサー類が今後、家庭や社会へと浸透し、日常の行動を含む個人情報が、本人も気付かぬ間に取得されるようになる。そうしたデータは、より良いサービスを開発するための基礎データではあるが、そのために個人の生活が脅かされてはならない。

## 2.3 AI(人工知能)

---

### 特定の分野では人間以上の“判断”が可能になった AI (人工知能)

AIとは、「Artificial Intelligence」の略で、日本では「人工知能」と訳される。一般的なイメージとしては、「人間に代わって計算したり判断したりできる高性能なコンピューターまたは、そのためのソフトウェア」や「知能があるかのように振る舞える人工物」といったものが広がっている。だが実は、AIの明確な定義はない。「知能」の定義が難しい現状では、それを人工的に実現することの定義も難しい。

にもかかわらず最近では、さまざまな分野で「AI」のキーワードが目立つ。しかし実際には、そのいずれもが人に備わる機能の、ごく一部分を実行しているに過ぎない。AIスピーカー（スマートスピーカー）で使われている音声認識や、スマートフォンのロック解除にも搭載された顔認識などは、AIの一部ではあるが、すべてではない。

またAIスピーカー（スマートスピーカー）では音声認識だけでなく自然言語処理技術も不可欠である。特定の単語を認識できるだけでも音声認識と呼べるが、私たちが日常的に話している文章をコンピューターに認識させるためには、音で得られた文章の構造や文脈を理解できなければならない。逆にテキストデータなどを読み上げる際も、より流ちょうに聞こえるようにするには文脈などの理解が必要になる。こうした自然言語をコンピューターに理解させるための技術が自然言語処理である。

音声認識や顔認識など、特定の分野でのAIはすでに人間以上の認識率を実現している。そうした現象をみて「AIは万能だ」と感じている人々が多いし、「AIが人間の仕事を奪ってしまう」といった論調も少なくはない。こうした人間を置き換えるほどに万能なAIを「強いAI」あるいは「汎用AI」と呼ぶ。だが、この領域に至るには、まだまだ研究すべきことが多く、その実現手法を探っているのが実状である。

これに対し、音声認識や画像認識など特定の機能をこなすAIは「弱いAI」あるいは「専門AI」と呼ぶ。現時点でAIと称している仕組みは、この弱いAIであり、各種研究の進展に伴って実用化が始まっている段階である。

#### 機械が学習することで“判断”を実現

その意味で、現在「AI技術を使って実現」と表現されていることの多くは、実際には「機械学習による“判断”の実現」を指している。専門的には、分類や、回帰、クラスタリングなどの実現と呼ばれるが、これらに共通する概念は“線引き”であり、ここでは、これらをまとめて“判断”と表現しよう。

機械学習で実現する判断とは、データを機械、実際にはソフトウェアに読み込ませ、その属性を自動的にふるい分けられるようにすることである。学習したソフトウェアは、未知の入力に対しても適切にふるい分けられるようになる。もちろん、未知の入力に対して誤った結果を出すこともある。その場合は、新たなデータを使って学習を進めることで、ふるい分けの精度を高めていく。

学習の手法には、「教師あり学習」や「教師なし学習」「強化学習」などがある。教師あり学習とは、入力するデータと、結果に対する正解を与える手法だ。教師なし学習は入力だけを与える手法であり強化学習は、判断の結果によって与えられる“報酬”が、より高くなるように学習していく手法である。

機械学習の実現方法もさまざまである。それらの中で近年、最も利用されているのが、「ニューラルネットワーク」である。ニューラルネットワークは、1958年に発表された「パーセプトロン」を源流とする。パーセプトロンは、神経の動作を真似る素子で、学習することができる。これを何層にも重ねて接続し、人の神経網を真似たのがニューラルネットワークである。

ニューラルネットワークは、1980年代末から1990年代前半に2度、ブームを迎えており、現在は3度目のブームにあると言える。1990年代と現在の違いは、多層化の度合いである。かつては数層だったものが、現在では200層を超えることもある。

多層化が進んだ機械学習を「深層学習 (Deep Learning : ディープラーニング)」と呼ぶ。深層学習にも複数の接続方法や学習方法があり、深層学習という1つの方式があるわけではない。

## ディープラーニングにより音声認識と画像認識が劇的に改善

深層学習は、2011年に音声認識の分野で、2012年には画像認識の分野で、それぞれの認識率に劇的な改善を見せた。それまでの機械学習では、入力情報のモデルを作り、見つけるべき特徴を抽出させ、そこから得る特徴量を人間が設計していた。この設計に従ってプログラムを開発する。

これに対し深層学習では、データを与えるだけでよく、判断用のモデルやプログラムを組む必要がない。ただし、「判断した結果は分かるが、情報のモデルがないため、その結果を導いた理由が分からない」という課題がある。そのため判断理由を提示するための研究も行われている。

深層学習を中心としてAIは、その仕組みから、人で言う“経験と勘”を置き換えているに過ぎない。データによる機械学習が“経験”であり、経験の蓄積による判断が“勘”である。その意味では、これまで“経験と勘”に頼ってきた作業は、AIに置き換えられると考えられる。ただし、記憶をたどり新たな発想を展開する作業は、現在のAIには実行できない。



## AIの精度を高めるには、良いデータとハードウェアが必要

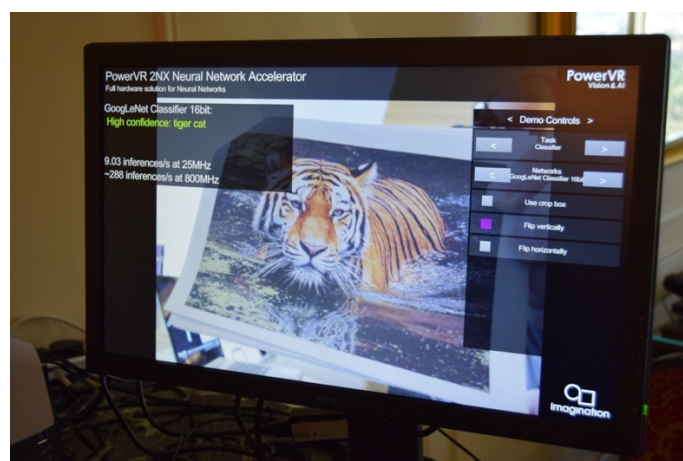
深層学習によるAIは現在、認識率が高まった画像認識や音声認識などのアプリケーションとしての利用が広がっている。画像認識のAIは、顔の認識だけでなく、表情の認識や身体の動きの認識などにも使える。これを医療分野に応用し、X線画像から病変を発見するといった用途にも利用されている。

深層学習に限らず、機械学習で注意しなければならないことは、学習に使うデータの質である。典型的なデータのみを集めていては、よい判断ができないし、不適切なデータからは不適切な判断を下すことになる。学習データの質が、深層学習の成果を左右する。

また深層学習の学習と実行には、コンピューターの強力な処理能力が必要になる。ソフトウェアによる処理では時間がかかるため、ハードウェアによる高速化支援が欠かせない。

これまでのハードウェア支援策としては、画像処理用に設計されたGPU（Graphics Processing Unit）による加速が一般的だった。深層学習における計算は行列計算であり、これを並列に実行する。一方のGPUも、数式で表された画像（行列など）に対する計算を並列実行することに最適化されている。両者のアーキテクチャーの合致により、深層学習の実行速度はGPUにより高速に実行できている。

それが最近では、深層学習の加速機能をシステムLSI（SoC：System on a Chip）に組み込む動きが始まっている（図表2-4）。スマートフォン用のシステムLSIにも、深層学習の加速機能を搭載したものが登場している。機械学習による判断が半導体に組み込まれていくことで、AIは、より多くの場面で利用できるようになる。



図表 2-4：ハードウェアによって加速処理される深層学習による被写体認識の例。ハードウェア化が進むことで多くの機器がAI機能を内包するようになる（出所：英Imagination Technologies 記者説明会、2018年1月）

## 2.4 クラウド

---

### ビジネスや社会の新たな基盤になったクラウド

クラウドとは、「クラウドコンピューティング (Cloud Computing)」を略した呼び方で、コンピューターをネットワーク経由で利用する仕組みのことである。同じクラウドでも、「クラウドソーシング (Crowd Sourcing)」の意味で使われている場合がある。クラウドソーシングは、不特定多数 (群衆) がもつノウハウや資金などを広く調達する仕組みのことだ。カタカナ表記では同じなので、紛らわしい。

クラウド (Cloud Computing) という呼び方が広まったのは 2000 年以降のことである。ただ、それ以前から、ネットワーク環境やインターネット環境、あるいはネットワークで結ばれたコンピューター環境を図示するときに「雲 (Cloud)」の形が使われてきた。ネットワークを経由してコンピューターを利用するという考え方自体は、決して目新しいわけではない。

今やスマートフォンや携帯電話を使って、メールをやり取りしたりゲームをしたりすることは当たり前になっている。しかし、これらのアプリケーションは、スマホや携帯電話上だけで動作しているのではない。ネットワークでつながるデータセンターと呼ぶ大規模施設に置かれたサーバーやストレージ、各種のソフトウェアなどと連携することで、メールやゲームといった“サービス”が実現されている。ネットワークにつながった PC やスマートフォン、携帯電話などにサービスを提供しているコンピューター環境がクラウドである。

### コンピューターを“所有”せずに“利用”するだけが可能に

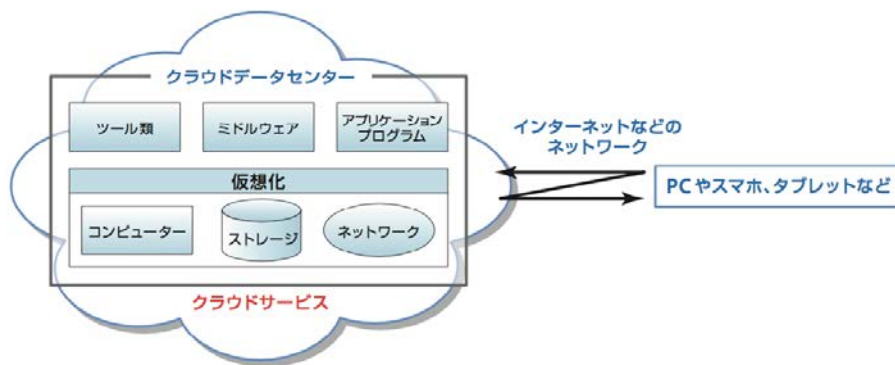
クラウドがもたらす最大の価値は、ハードウェアやソフトウェアを利用者自らが“所有”しなくても、必要な機能を“サービス”の形で“利用”できるようにしたことにある。この変革によりクラウドは、ビジネスや社会、個人の生活に向けた各種サービスを次々と生み出しており、第 4 次産業革命や超スマート社会 (Society5.0) を実現するための社会インフラとしての期待が高まっている。

個人でも PC やスマホを購入 (所有) すると、ソフトウェアをアップデートしたり、セキュリティ対策として各種設定を変更したりと、使い続けるためには、購入目的とは直接関係がない操作を日常的に強いられる。このことは企業が利用するコンピューターにおいても同じである。会計処理や人事管理、生産管理や物流管理、あるいはネットビジネスなどの実施が目的にもかかわらず、サーバーやソフトウェアを購入すると、それ

らを使い続けるための仕事が発生する。

これに対しクラウドでは、コンピューターが持つ機能を、必要な時に必要なだけ使え、その使用量に応じて課金される。間接的な業務から開放され、本来やりたかったことに、より集中できることになる。

もちろん、サーバーやソフトウェアを動作させるのに必要な作業自体がなくなったわけではない。クラウドサービスを提供する事業者が、データセンターと呼ぶ専用の大規模施設にサーバーなどを集約し、彼らの技術者が運用している（図表 2-5）。



図表 2-5：クラウドコンピューティングは、データセンターにあるコンピューターやソフトウェアの機能をネットワーク経由で“サービス”として提供する仕組みである

ただしデータセンターでは、運用方法を工夫することで、より少ない人数で、より多くのサーバーやソフトウェアなどを稼働させている。大規模なデータセンターでは、100万台を越えるコンピューターを収容しているところもある。そうしたデータセンターでは1人の技術者が1万台前後のサーバーの面倒をみているとされる。

### クラウドのサービス形態には3種類がある

クラウドが提供するサービスは、その構成要素から大きく3種類がある。(1) IaaS (Infrastructure as a Service)、(2) PaaS (Platform as a Service)、(3) SaaS (Software as a Service) である。

IaaS は、コンピューターや、ストレージ、ネットワークなどのハードウェアが提供する機能を提供するサービスである。これを可能にしているのが、物理的なコンピューター機器を疑似的に分割したり統合したりする「仮想化」の技術である。仮想化によって、利用者の要求に対し、利用するコンピューター資源を自動的に増減できるほか、サービスの提供者にとっても、運用の自動化や効率化を図れる。

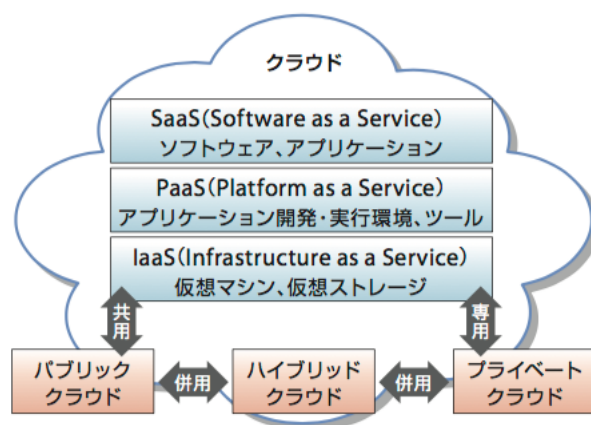
PaaS は、アプリケーションプログラムを開発・実行するためのツールや環境を提供

するサービスである。プログラミング環境やデータベースなどの機能をネットワーク経由で利用できるようにする。近年の PaaS には、データ分析や AI（人工知能）などの最新技術が組み込まれるようになっており、新しいビジネスの開発や、少子高齢化に伴う人手不足を解消するための自動化の仕組みの開発などに利用されている。

SaaS は、アプリケーションプログラムが持つ機能を提供するサービスである。業種／業務別アプリケーションから、SNS（Social Networking Service）やメールのようなコミュニケーションツールなどが用意されている。スマホ用アプリケーションは、この SaaS と連携しながら種々のサービスを実現しており、多くのスマホユーザーは SaaS を意識することなく利用していることになる。

### パブリックとプライベートを統合するハイブリッドが主流に

クラウドはまた、その利用形態によって、(1) パブリッククラウド、(2) プライベートクラウド、(3) ハイブリッドクラウドの 3 つに分けられる（図表 2-6）。



図表 2-6 : クラウドコンピューティングの 3 つのサービス内容と、3 つの利用形態

パブリッククラウドは、クラウドの標準的なサービスを不特定多数が共同で利用する形態である。米 Amazon.com の「AWS (Amazon Web Services)」や米マイクロソフトの「Microsoft Azure」、米 Google の「Google Cloud Platform」などはパブリッククラウドの代表例だ。これら 3 社を筆頭に価格面でも機能面でも激しい競争が繰り広げられている。

プライベートクラウドは、利用企業に専用のクラウド環境を指す。パブリッククラウドは標準的なサービスしか提供しないため、独自のコンピューティング環境やセキュリティ基準の実現が難しいことがある。パブリッククラウドを従量課金で利用するよりも、自社専用のコンピューティング環境を構築したほうが柔軟に利用でき、かつ安価になる

ケースもあり、このような場合にプライベートクラウドが選択される。

パブリッククラウドとプライベートクラウドには、それぞれのメリット／デメリットがある。そのため実際には、両者を統合して利用するケースが増えている。これが「ハイブリッドクラウド」である。

ハイブリッドクラウドとして、パブリックとプライベートそれぞれのメリットを生かすためには、両者を使い分けるための方針や、統合して管理できる仕組み、プログラムやデータをクラウド間で移動させる“可搬性”などが必要になる。IoT（モノのインターネット）の普及に伴い、システムは分散されていくため、分散環境を含めたハイブリッドクラウドの統合に向けた技術開発が進むことだろう。










## 2.5 ドローン

### 人の眼に代わりドローンが社会の安心・安全を支える

ドローンとは、遠隔操縦もしくは自律航行が可能な「無人の航空機」のことである。「UAV (Unmanned Aerial Vehicle または Unmanned Air Vehicle)」とも表記される。無線操縦 (ラジコン) の飛行機やヘリコプターといったホビー用の模型はドローンには含まれない。ラジコン機が、それを飛ばすことを楽しむためにあるのに対し、ドローンは、それを使った撮影など何らかの目的をもって飛行するためにある。

ドローンの機体形状としては一般に、複数のローター (回転翼) を持つ「マルチコプター」のイメージが強い。マルチコプターが多用されているのは、空中をゆっくりと飛んだり静止したりするのが容易なためである。ローターの数が増えるにつれ、積載できる荷物の量 (ペイロード) や、飛行の安定性、一部が壊れても飛び続けるための冗長性も高くなる。大型のカメラやセンサーを搭載する業務向けドローンほど、ローター数が増える傾向がある。ローターの数によって、「クワッドコプター」(4ローター)、「ヘキサコプター」(6ローター)、「オクトコプター」(8ローター) と呼ぶ。

ドローンの形態はマルチコプターに限らない。シングルローターに分類できるヘリコプター型もあれば、より長距離や広範囲の移動に向く固定翼型 (いわゆる飛行機型) や、マルチコプターと固定翼の長所を組み合わせた VTOL (垂直離着陸) 型などがある (図表 2-7)。

	タイプ別	シングルローター	マルチローター			固定翼、VTOL※など
主なメーカー	世界	該当なし	 中国 DJI	 仏 Parrot	 米 3D Robotics	 スイス Sensfly
	日本	 ヤマハ発動機	 エンルート	 プロドローン	 自律制御システム研究所	 エアロセンス

※VTOL=垂直離着陸

図表 2-7: ドローンのタイプ別にみた主な機体の形状と主要メーカー

最近はさらに、空中を飛行する UAV だけでなく、水中を進む「水中ドローン: UUV (Unmanned Underwater Vehicle)」や、地上を移動する「陸上ドローン: UGV

(Unmanned Ground Vehicle)」の開発も進んでいる。

## 画像のデジタル化とコンピューター処理がドローンの用途を拡大

ドローンの開発はもともと、演習用の標的機や偵察機など軍事用途の無人航空機として始まった。それが2010年ごろから、その存在が広く知られるようになり、民間分野への利用が広がってきた。

民間分野でのドローンの利用方法は、空からの写真や動画の撮影（空撮）が中心だ。特に、地上からクレーンなどを使った撮影よりも高い視点で、逆に人が操縦する航空機による撮影よりは低い視点での映像は、多くの人に新鮮な印象を与えている。

撮影位置や高さを簡単に変えられるドローンは、さまざまな業務分野で活用が広がりつつある。たとえば農業分野では、1990年代に始まった産業用無人ヘリに代わりドローンによる農薬散布が広がっている。産業用無人ヘリよりも小型・軽量で容易に扱えることから、従来は専門業者が請け負っていた農薬散布も、生産者が自ら作業できるようになった。無人のために危険な場所にも接近できる特徴を活かし、火災現場や火山の噴火口の撮影などにも利用されている。

しかし、ドローンの活用範囲を拓けているのは、ドローンで撮影した画像がデジタルデータであり、それをコンピューターで解析すれば、人間の眼では確認できないことまで感知できることが大きい。具体的には、平面地図との位置情報が合致している「オルソ画像」や地形の3D（3次元）モデルなどの作成である。

これらの画像やモデルは、測量や点検・保守などの分野で利用されている。日本の高度成長期に建設された道路や橋、トンネルなどの土木インフラは老朽化が進んでいる。自治体をはじめとした管理者にすれば、それらの点検は急務だが、高所作業を伴い危険といった課題も多い。そうした土木インフラをドローンで撮影すれば、作業効率が高まるほか、作業者は危険な場所に近づかなくてすむ。高圧送電線などの鉄塔、風力発電施設など応用範囲は広い。

一方の3Dモデルは、土木工事の自動化・高精度化に利用され始めている。国土交通省が「i-Construction」と呼んで普及促進を図っているもので、3Dモデルに対応した建設機械が、自身の位置情報を把握しながら、3Dモデルに沿って掘削量や盛り土の量を自動的に計算して作業する。建設機械のオペレーターにかかる負担を軽減し、人手不足も解消できると期待されている。

ドローンに搭載するカメラを赤外線センサーに切り替えれば、上空からの撮影で、作物の生育状況を把握したり、災害によって倒壊した建物の中に閉じ込められた人を探したり、山間部での遭難者や雪崩に巻き込まれた人を見つけたりも可能になっている。

## スマートフォンの普及がドローンの構成要素を下支え

ドローンが、誰でも手軽に利用できるようになった背景には、携帯電話やスマートフォン、タブレットといったモバイル機器の普及がある。モバイル機器の副産物として、ドローンの主要構成要素であるフライトコントローラーやリチウムイオン二次電池などが高機能になり小型・軽量化が進んだためである。

フライトコントローラーは、ジャイロや加速度センサーの情報に基づいてモーターを制御するための仕組みである。リチウムイオン二次電池は、小型・軽量になると同時に大容量・高出力になってきている。そこにブラシレスモーターを組み合わせることで、現在のドローンが誕生したといえる。ブラシレスモーターは、モーターを回転させるために必要な電流の切り替えを電子回路で制御することで回転速度を安定的にコントロールできるモーターである。

これら航空機としての基本的な技術に加え、GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）と各種センサー技術の発達もドローンの普及に大きく寄与している。GNSSは、衛星を使って位置を図るシステムの総称で、カーナビゲーションなどに使われているGPS（全地球測位システム）が良く知られる。GNSSは、ドローンの位置を正確に把握し、その安定性を高めるだけでなく、これから求められるドローンの自動航行には必要不可欠である。

GNSSの位置情報は、操縦のための無線通信が途切れたりバッテリー残量が少なくなったりした場合に、ドローンが自律的に離陸地点まで帰還できるようにするために欠かせない。気圧や超音波、赤外線などのセンサーは、高度を維持するために必要になる。

## デジタル地図や管制システムの整備が必要に

現状のドローンは、無人飛行とはいいいながら、人間が操縦する部分が残っている点では、ラジコン模型機の延長線上にある。それも今後は、長距離の物資輸送や宅配といった用途に利用しようとするならば、より自律的な無人航行の機能が求められる。

ドローンが安全に飛行するためには、地形や構造物など高さ方向の情報を含んだデジタル地図が必要になる。複数のドローンが近接して飛行するエリアでは、衝突などを避けるための「ドローン運行管理システム（UTM（Unmanned Traffic Management）」の整備が不可欠だ。一般の飛行機が航空管制システムを必要とするように、ドローンにも管制システムが必要になる。

さらに、長距離の飛行を地上で監視するためには、現在の携帯電話網である4Gよりも高速で大容量な5Gを通信手段として利用するための研究が進められている。



## 2.6 AI スピーカー

---

### クラウドと人のインタフェースとして広がる AI スピーカー

「AI（人工知能）スピーカー」は、音声による指示に従って動作するスピーカーである。米国などでは一般的に「Smart Speaker（スマートスピーカー）」と呼ばれる。AI スピーカーが単独で動作しているわけではなく、ネットワークによって接続されているクラウドが各種の認識や、それに応じたサービスを提供している。

多くの AI スピーカーは、円筒形のきょう体を持つ。その円周に沿って複数のマイクが配置され、常に周囲の音を拾っている。一部の AI スピーカーを除き、拾い上げた音は AI スピーカー内で前処理されたのち、サービス提供事業者のクラウドに送られる。クラウド側では音声認識によって「起動語」を常に探している。

起動語とは、AI スピーカーを音声で操作する際にスピーカーに話しかける“合い言葉”である。スマートフォンの音声認識機能を利用する際の「Hey, Siri」や「OK, Google」といったものだ。

起動語は AI スピーカーが認識し、それ以後の音声をクラウドに送る AI スピーカーもある。起動語をどちらで処理するかは、セキュリティの考え方の違いによるものである。

#### 刻一刻と学習が進む音声認識機能

AI スピーカーの利用者が最初に使うアプリケーションは、音声による検索だろう。質問に対して AI スピーカーが検索の結果を音声で答える。望ましい回答が得られるかどうかは、質問の仕方や、事前の設定（AI スピーカーを設置した場所を設定してあるかどうかなど）、クラウド側の質問内容の理解能力などに左右される。

たとえば「今日、雨？」と尋ねても理解されないのに「いま、雨？」と尋ねると的確な答えが返ってくる場合がある。「今日、傘いる？」との質問に、天気予報の結果を読み上げるだけか、「いいえ、今日はいいえ」と答えるかといった違いもある。クラウド側では刻一刻と質問内容の学習が進んでいるため、よりの確な返答が返ってくる可能性はある。機能を随時高められるのは、クラウド型サービスの特長である。

一方で AI スピーカーは、映像や音楽のストリーミングサービスと連携し、コンテンツを選択するためのデバイスとしても利用できる。音楽ストリーミングの場合は、選択した曲を AI スピーカーから流す。映像コンテンツの場合には、AI スピーカーがネットに接続可能な機器に命令を送り、その機器が指定したコンテンツを受信する。

サービスによっては、第 3 者が開発した拡張機能を、利用者が選択して取り込める。スマートフォン用のアプリケーションに相当する、これらコンテンツ配信などの拡張機能は、各 AI スピーカーと、その背後にある音声認識サービスの魅力を高めるものになる。

### クラウド接続の安定とともに進化する AI スピーカーの動作モデル

拡張機能を含む AI スピーカーのエコシステム（生態系）は、スマートフォンのエコシステムとよく似ている。クラウド側での音声認識サービスの提供者がスマートフォンでは OS の開発会社に相当する。AI スピーカーというハードウェアを製造するのが、スマートフォンの製造会社だ。そして、AI スピーカーの拡張機能を提供する企業は、スマートフォンのアプリケーション開発者に相当する。

スマートフォンの登場で既存のアプリケーションの開発・流通の仕組みが大きく変化したように、AI スピーカーでも新たな生態系が育ちつつある。ここで重要なことは、スマートフォン同様に AI スピーカーも、それを実現するための要素技術は以前からそろっていたということである。

AI スピーカーが登場する前から、音声認識は一般的に使われていた。スマートフォンの音声認識機能、特に音声認識によって検索したり指示したりする機能は 2011 年から搭載が始まっている。家庭用電化製品にも音声認識は使われていた。

ただし、スマートフォンや家電の音声認識機能と AI スピーカーが異なるのは、周辺にある機器を制御できる“指令塔”として機能するかどうかである。指令塔としての AI スピーカーが登場するのは 2014 年のことである。そこから生態系の広がりにより、多くのビジネスを巻き込む要素になってきた。

特に AI スピーカーの主要機能である音声認識や質問内容を理解する機能は、クラウドサービスとして他社からの提供が認められている。これまで音声認識や意味の理解には、処理能力が高いコンピューターが必要で、スピーカーなどには搭載できないと考えられてきた。それがクラウドからのサービスとして提供できるようになったことから、それを使った多種多様な製品が登場してきている。

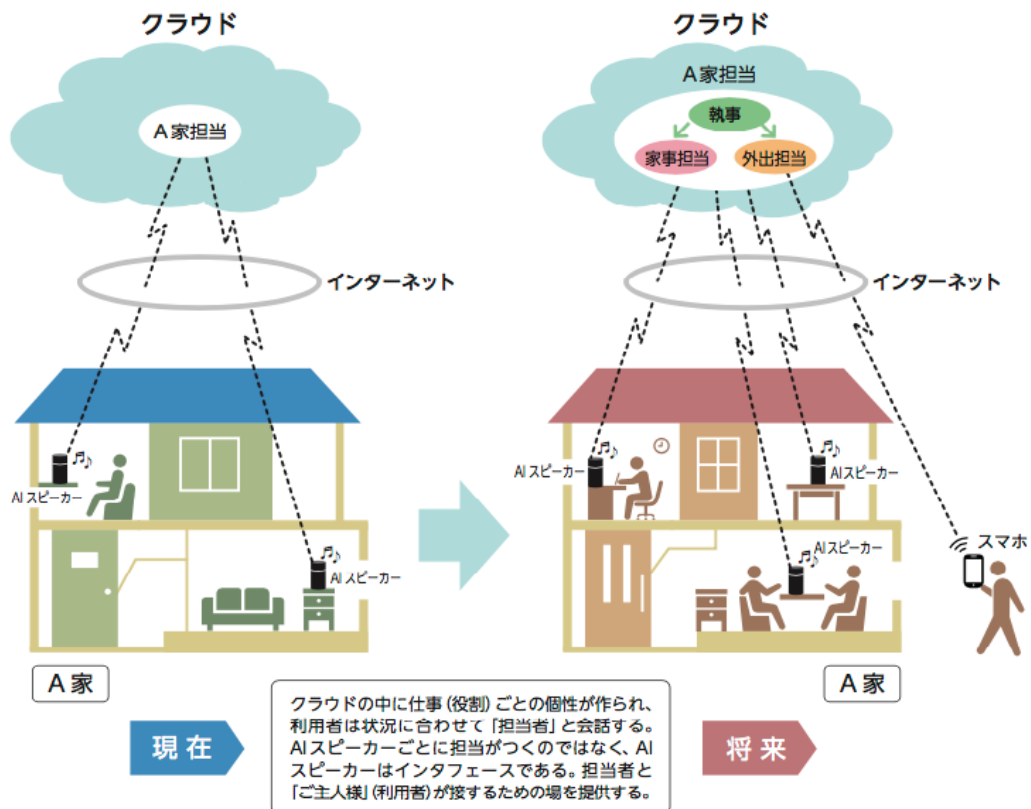
AI スピーカーと情報をやり取りすることも、一定のライセンス条件のもとで可能になっている。AI スピーカーの音声認識機能によって発せられる指示にそって動作する家電機器なども今後は増えていくだろう。

### 家庭に多数存在する AI スピーカーを束ねる AI スピーカーも

AI スピーカーでは今後、AI スピーカー同士による“会話”が実現されるだろう。家庭内などに複数の AI スピーカーが置かれるようになれば、それらを束ねる“執事”の

ような機能が必要になると考えられるからである。

執事は、あくまでもクラウド側で実現される機能だが、利用者が特定の AI スピーカー上で動作しているようにみせることもできる。たとえば、利用者が出掛けている際も、スマートフォンから自宅の AI スピーカーを呼び出すことで、外出先でも執事が同行しているような環境を創り出せる（図表 2-8）。



図表 2-8 : AI スピーカーの現在と“執事”機能を持つであろう未来

また現在の AI スピーカーは、音を全方向から感知するために円筒形になっている。それも今後は、音声信号処理技術の発達に伴い、箱形などのきょう体の実現できるようになる。冷蔵庫や電子レンジ、洗濯機といった家電自体が AI スピーカーの機能を持つことも考えられる。

ただし、家電機器でかつて見られた利用者の特定サービスへの“囲い込み”による利便性の低下を、AI スピーカーの生態系では繰り返してはならない。AI スピーカーの各種機能を提供するクラウドサービス間で情報を交換する方式が遠からず規定されていくだろう。

## 2.7 ウェアラブルデバイス

---

### 人とコンピューターの距離を縮めるウェアラブルデバイス

「ウェアラブル (Wearable) デバイス」とは、身体に直接的に装着できる電子機器の総称である。通常のメガネや時計と同じように、電子機器を身に付けられるようにすることで、両手が自由に使える状態でコンピューターの操作や画像の確認を可能にしたり、装着していることを意識させることなく歩数や心拍数といった人が生成するデータの取得を可能にしたりする。つまり、人に最も近い位置で利用できるコンピューターのユーザーインターフェースである。

### コンピューターの利用範囲を広げビッグデータを生成する

ハンズフリーな状態でコンピューターの操作や画像の確認ができることは、コンピューターを利用できる場所の自由度を高める。たとえば、機械の点検・整備現場であれば、手には点検のための尺度やドリルなどの工具を持ちながら、点検・整備のためのマニュアルや作業指示書を読んだり、遠くにいるベテランから音声で助言を受けたりが可能になる。

この種のウェアラブルデバイスは、ハンズフリーを可能にするための、音声認識機能やタッチセンサーによる操作機能が強化されている。近年話題の VR (仮想現実) や AR (拡張現実) のためのゴーグルは、コンピューター画像を確認するためのウェアラブルデバイスに分類できる。

一方、歩数や心拍数といったデータを取得できるセンサー型のウェアラブルデバイスは、これからの超スマート社会 (Society 5.0) の実現に向けた期待が高まっている。身体データや運動データを長時間に渡って計測できるほか、搭載するセンサーの種類によっては、これまで取得が難しかった身体データも継続して取得できるようになるからである。

身体データを継続して取得できることは、医療の考え方そのものを変える可能性がある。たとえば、現在の治療は病気や怪我の状態を見て判断するに留まっている。継続的なデータ、すなわち身体に対するビッグデータが取得できれば、病気になる前に予防に向けた健康支援策を提供したり、従来は分からなかった病気の発生原因や治療方法が発見できたりするとの期待が高まっている。そうなれば、高齢化に伴う社会保障費の削減にもつながっていく。

## スマートフォンの浸透がウェアラブルデバイスの普及を促進

ウェアラブルデバイスの歴史自体は古い。1968年には世界初のヘッドマウントディスプレイだとされる「The Sword of Damocles」が米マサチューセッツ工科大学などの研究所によって開発されている。

コンピューターの発展の歴史は、より高速な処理の実現と並行して、より小さくなる方向にも発展してきた。一台の大型コンピューターを複数人が共有する形が、PC（パーソナルコンピューター）の登場で一人一台の世界が始まり、ノートPCは屋外や移動しながらの利用を可能にした。そして、携帯電話やスマートフォンは、ポケットや鞆に入れて持ち運べるようになり、一人で複数台を使い分けることも珍しくなくなっている。

そうした発展過程のなかでウェアラブルデバイスは、より自然で、コンピューターを操作していることを意識させない端末としての研究・開発が続いている。そのウェアラブルデバイスが、再び脚光を浴びるようになったのは2010年代に入ってからである。2012年に米グーグルが眼鏡型端末「Google Glass」の試作品を発表したことで、「スマートグラス」という製品ジャンルが一気に知られるようになった。2015年には、米アップルが時計型の「Apple Watch」を発表し「スマートウォッチ」の市場が形成された。

きっかけを作ったのがグーグルとアップルであることから想像できるように、2010年代と、それ以前とで大きく異なるのは、ウェアラブルデバイスのネットワークへの接続が、より容易になったことである。スマートフォンおよびWi-FiやBluetoothといった無線通信の仕組みが普及したためである。画像の参照やセンサーデータの取得のいずれにおいても、使い勝手を高めるためには、サーバーやクラウドに接続するためのネットワーク環境が不可欠である。

スマートフォンの激しい開発競争により、GPS（全地球測位システム）センサーやモーションセンサーといった部品が安価かつ性能が高くなり、それらがウェアラブルデバイスに転用されていることも、より身に付けやすい端末の開発を可能にしている。

2018年時点で市販されているウェアラブルデバイスは大きく(1)眼鏡型コンピューターであるスマートグラス、(2)腕時計型コンピューターであるスマートウォッチ、(3)心拍数・歩数などを計測する活動量計に大別できる。

最近では、活動量計として、導電性の素材を採用した衣服型も登場し始めた。また、AI（人工知能）スピーカーの登場で音声によるコンピューター／スマホの操作が一般的になってきたことから、イヤホンに各種センサーや認識機能、スマホとの連携機能を組み込み、音声とゼスチャーで操作できる「ヒアラブル」デバイスも登場している（図表2-9）。

タイプ	スマートグラス	スマートウォッチ	活動量計
主要な外観			
代表的な製品 (メーカー名)	MOVERIO(エプソン) HoloLens(米マイクロソフト) Vuzix(米ビュージックス)	Apple Watch(米アップル) Android Wear(米グーグル) HUAWEI WATCH 2 (中国ファーウェイ) Gear S3(韓国サムスン) PROTREK Smart(カシオ計算機)	Fitbit(米フィットビット) JINS MEME(ジンス) VIVOFIT(米ガーミン) Polar A370 (フィンランドのポラール) PULSENSE(エプソン)

図表 2-9：ウェアラブルデバイスのタイプと主な製品

## IoT との強い関係性の中で発展が続く

これからのウェアラブルデバイスは、IoT（モノのインターネット）との関係を強めながら進化することになるだろう。IoT デバイス向けに開発されている低消費電力な LPWA（Low Power Wide Area）ネットワークといった通信機能がウェアラブルデバイスに搭載される可能性は高い。

ウェアラブルデバイスが、より普及するためには、さらなるハードウェア性能の向上や機能の洗練が求められる。連続稼働時間の延長や堅牢性の向上、コストパフォーマンスの劇的な改善などが不可欠だろう。

一方で、社会課題の解決に向けた IoT システムの実現に向けては、身体データなどが、より自然に取得できるウェアラブルデバイスの登場が期待される。導電性の素材を使った衣服などが、その先行例である。服を着るだけで健康状態を把握できるようになれば、熱中症や運転中の眠気の感知など、着用者自身が気付かない状態を把握できるようになる。

健康支援にとどまらず、安全への寄与、病気の予防や新しい治療法の発見、それによる社会保障費の削減など、IoT によって我々の生活は大きく変わる。その前提は、多種多様なビッグデータの存在である。ウェアラブルデバイスは、そうしたデータを収集するためのセンサーとして、またデータ分析の結果としてのフィードバックを我々に伝えるデバイスとして発展を続けることだろう。

## 2.8 VR／AR

---

### 似ているようで用途が異なる VR (仮想現実感) と AR (拡張現実感)

VRは「Virtual Reality：仮想現実感」の、ARは「Augmented Reality：拡張現実感」の、それぞれ略である。いずれも利用者に画像を表示することで、特別な感覚を与えたり、その場面に必要な情報を提供したりする仕組みとして利用されている。だがVRとARでは画像の利用方法は全く異なっている。

#### VRでは完全に人工的に生成された情報を提供

まずVRでは、すべての画像をCG（コンピューターグラフィックス）で生成する。それを3D表示が可能なゴーグル型デバイスのHMD（Head Mounted Display）に表示することで、利用者を視覚的には実世界から完全に遮断する（図表2-10）。



図表2-10：VR（仮想現実）／AR（拡張現実）用HMD（Head Mounted Display）の例。これはスマートフォン用半導体を使ってHMDを開発するためのリファレンスモデル（出所 米Qualcomm 記者説明会、2017年7月）

HMDには姿勢や動きを検出するセンサー（加速度および角速度センサーなど）が搭載されており、姿勢の変化に合わせて画像も変化する。たとえば、利用者が顔を右に向ければ、表示されている画像も右方向のものが表示される。利用者によれば、CGで描かれた空間に存在しているような感覚が得られる。

一方のARは、基本的に肉眼が見ている景色に、情報を幾重にも重ねて表示する。表

示デバイスには、現実世界の景色は透過しつつ、コンピューターからの出力を重ねて表示できるものを使う。VRとは異なる機能だが、これも形状からHMDと呼ぶことが多い。

たとえばARでは、電池を見れば、その残り容量が電池に重なるように表示される。この時、顔を動かしたり視線を動かすと、見えている範囲が変わるが、それに応じて表示される情報が変化する。そのためAR用のHMDにも、VR同様に各種センサーが搭載され、利用者の位置や姿勢などを検出している。

このように、VRが周囲の景色とは関係なく完全に人工的に生成された情報を届ける仕組みであるに対し、ARは、現在見ている自然な景色に情報を付加する仕組みである。

このVRとARの中間に「MR (Mixed Reality)」がある。現在見ている景色に、コンピューターで生成した画像を重ね合わせて表示する仕組みである。たとえばARの例として挙げた電池の場合、ARでは残り容量という情報が重なって表示されるが、MRでは、その電池が収められている装置、たとえばロボットのCGが表示され、電池しかないその場所にロボットが存在しているように見える。

VRやARは本来、視覚に限らず、触覚や聴覚など、すべての感覚に適用できる考え方である。しかし現時点では、視覚に訴える仕組みをVR/ARと読んでいる。触覚に訴える仕組みは研究が進んでいるが、VR/ARと呼ばれるケースは少ない。

## コンピューター能力の向上と画像認識技術で発展

VRの実験は1960年代には始まっている。だが最初のブームが訪れたのは1990年代初頭である。HMDのほか、手や指の位置、姿勢、状態を検出できる専用の手袋（データグローブと呼ぶ）付けて、CGを見るが多かった。現在のアミューズメント施設で見られる、飛行や、遊泳、モーションライド（ジェットコースターなど動くものに搭乗する）は、この頃に提案されている。

2010年代に入ると、HMDの価格が劇的に安くなった。同時にコンピューターの能力が向上し、より高品質なCG画像を生成できるようになったことで、VRが普及し始めた。

VRでは、姿勢の変化に合わせてCG画像がリアルタイムに動かないと利用者に不快感を利用者に与えることがある。これを「VR酔い」と呼ぶ。3D（次元）になると、最低でも両眼のそれぞれに毎秒90枚の画像を表示できなければならない、高いグラフィックス処理性能が必要になる。この点は、画像処理に特化したGPU (Graphics Processing Unit) が発達したことで軽減されつつある。

一方のARでは、今見ているものを認識し、それに合致した情報を表示するため、対象物を認識する機能が必要になる。認識の負担を軽減するため、ARで情報を表示したい対象物、たとえば機械の操作ハンドルなどにQRコードや専用のシンボル



マークを貼り付けるといった手法が利用されている。

あるいは微小なコードを使ったり、画像認識によって対象を認識したりする方法も増えている。雑誌の写真に人間の眼では認識できないような微小なコードを印刷しておき、それをスマートフォンの専用アプリケーションを使って眺めると、写真の付加情報が現れたりする。

## スマートフォンの発達とともに普及する VR / AR

VR/AR の普及には、スマートフォンの発達も関係している。スマートフォンへの姿勢センサーなどの内蔵やディスプレイの高精細化である。これらの機能を前提に、スマートフォンを厚紙で覆って HMD とする用法が 2014 年ごろから拡がり始めている。

それ以前のスマートフォンの画像解像度は、400ppi (pixels per inch) 程度で高品質とされてきた。それが、目の前にディスプレイを置き、間に拡大鏡を挟む HMD では、より高い解像度が必要になる。現在、「VR 対応」をうたうスマートフォンの解像度は 500ppi 以上が主流である。

VR/AR のための画像も、ゲームエンジンと呼ばれる対話型の CG 生成システムの発展により、比較的容易に制作できるようになった。入出力のための多くの処理をゲームエンジンがこなしてくれるため、制作者はコンテンツの開発に集中できる。スマートフォンでも、OS レベルで VR/AR への対応が始まり、アプリケーション開発の負担を軽減している。

ゲームエンジンと HMD を接続するための標準化も進んでいる。現在は、HMD のそれぞれに対し、ゲームエンジンが駆動用のソフトウェアを持たなければならなかった。業界標準が定まれば、駆動用ソフトウェアの開発負荷が軽減され、さまざまな HMD への接続が容易になる。

このように VR/AR は、それを実現するためのハードウェアからソフトウェア、コンテンツの制作環境が整備されてきている。それだけに、VR/AR のサービス提供者は、どんな用途に、どんなコンテンツを提供するかという創造力を競う段階を迎えている。