

文部科学省委託事業
Society5.0社会を支える
エンジニア育成教育プログラム開発事業

「AI基礎」テキスト

文部科学省委託事業

『Society5.0社会を支えるエンジニア育成教育プログラム開発事業』

— 「AI基礎」テキスト —

はじめに

近年、インターネットやスマートフォンの普及が急速に進むとともに、IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットといった新技術の進展により、デジタル革新が急速に進み社会の前提が大きく変わろうとしています。

それは、①小型化・高性能化した計測機器が精密かつ膨大なデータを収集、②サイバー空間上でこの膨大な情報(ビッグデータ)を人工知能が解析、③識別、予測、実行するなど判断の高度化・最適化を図り、自動制御のためのルールを推測するなどにより、人間に様々な形のサービスを提供し、フィードバックするというサイバー・フィジカルシステムによる高度な社会、データ駆動型超スマート社会「Society5.0」の到来です。

しかし、これらのデータ駆動型超スマート社会を維持・発展させるには、人工知能やデータ分析に一定の知識を持った人材の育成が不可欠です。既に小・中・高等学校では、プログラミング教育やデータ活用領域の充実を図り、人工知能技術を支える理数・データサイエンスの基礎と、人工知能がデータから知識を獲得するアルゴリズムを理解する素地を育成する取組が始められています。

専修学校においても、これらのイノベーションに柔軟に対応すべく従来の専門分野の知識・技術に加え、データ駆動型超スマート社会に順応する新しい技術を使いこなせる人材を育成する教育を確立していかなければなりません。

そこで、当校では、文部科学省の委託を受け、企業、行政、学識経験者、専門学校等の協力を得て、Society5.0社会を支える建設・自動車エンジニア養成のための実践的教育カリキュラム(テキスト)作成に取り組みました。

その過程でSociety5.0社会を支える建設・自動車エンジニア養成のためには、技術革新の基盤となるIT・AIの基礎知識の理解が不可欠であることが明らかになり、ここに「AI基礎」テキストを作成しました。

工業系の専修学校様におかれましては、本書を活用いただきSociety5.0社会やIT・AIの基礎スキルを学ぶ際に、テキストとしてご活用いただけると幸いです。

令和3年2月

学校法人誠和学院
日本工科大学校

目 次

第1章 コンピュータ・ネットワーク概論

1. コンピュータと次世代エンジニアリングの概要	2
(1) Society5.0の概要	2
(2) Society5.0を実現する第4次産業革命	6
(3) コンピュータ概論	10
2. 基本入出力インターフェイス	15
(1) 入力インターフェイス	15
(2) 出力インターフェイス	23
(3) ユーザインターフェイス	29
3. ネットワーク概論	32
(1) インターネット原理	32
(2) インターネットアプリケーション	36
(3) 5Gの取組	38

第2章 AI基礎

1. AIの概要	44
(1) AIの概念と領域	44
(2) AIの進化と利用の拡大	44
(3) AIブームの変遷	44
2. AIインターフェイス	46
(1) 入力装置	46
(2) 出力装置	51
(3) ユーザインターフェイス	53
(4) インターフェイスの応用(各分野)	53
(5) AIとセンサ	57
3. 機械学習	62
(1) 教師あり学習	62
(2) 教師なし学習	64
(3) 強化学習	65
4. ディープラーニング(深層学習)	66
(1) ディープラーニングの誕生	66
(2) ディープラーニングとは	66
(3) ディープラーニングの仕組	67
5. 大人のAIと子供のAI	68
6. ディープラーニング技術の応用	69
(1) ディープラーニング技術の応用分野	69
(2) 画像認識	69
(3) 自然言語処理	70
(4) 自然言語処理例: 音声認識	70
(5) その他: ナチュラルインターフェイス	71
(6) ディープラーニング技術を応用したビジネス事例	71

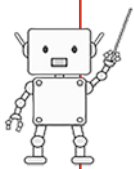
第1章

コンピュータ・ネットワーク概論

1. コンピュータと次世代エンジニアリングの概要

(1) Society 5.0の概要

－ポイント－



◇ Society 5.0社会

Society 5.0が目指しているのは、新しい価値を生み出すこと。新たな価値とは、利便性、生活の変化、医療の変化、産業の変化。

◇ Society 5.0社会の仕組

膨大なビッグデータをAIが解析し、その結果をロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまでは出来なかった新たな価値が産業や社会にもたらされる。

① Society 5.0とは

「Society 5.0」とは、日本政府による科学技術政策の基本指針の一つで、科学技術基本法に基づき2016年から5年ごとに改定されている「第5期科学技術基本計画」で登場したキャッチフレーズである。

内閣府によると「サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)」と定義されている。また、この高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会(Society)を目指したものである。これより内閣府の広報にて示された内容をベースに解説する。

Society 5.0は、狩猟社会(Society 1.0)、農耕社会(Society 2.0)、工業社会(Society 3.0)、情報社会(Society 4.0)に続く新たな社会を指すもので、我が国が目指すべき未来社会の姿として初めて提唱された。

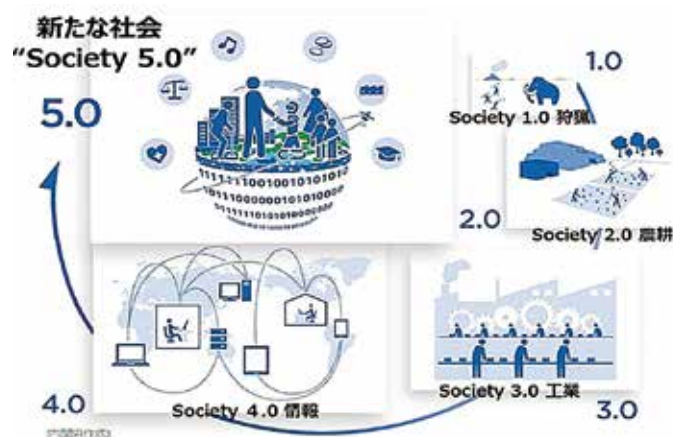


図1.1 Society 5.0に至るまでの流れ (出典:内閣府「Society 5.0」web site)

② Society 5.0で実現する社会

コンピュータの発展に伴い情報社会といわれて久しいが、これまでの情報社会では知識や情報が共有されず、分野横断的な連携が不十分であるという問題があった。

情報社会の実現によって社会全体の情報が膨大になり多様性が高まったが、あふれる情報から必要な情報を見つけて分析する作業が負担であったり、年齢や障害などによる労働や行動範囲に制約があった。

Society 5.0で実現する社会は、IoT (Internet of Things) で全ての「人とモノ」がつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服していく社会である。また人工知能(AI)により、必要な情報が必要な時に提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服される。

※注：以後の文章では、人工知能のことを「AI」と表す場合がある。

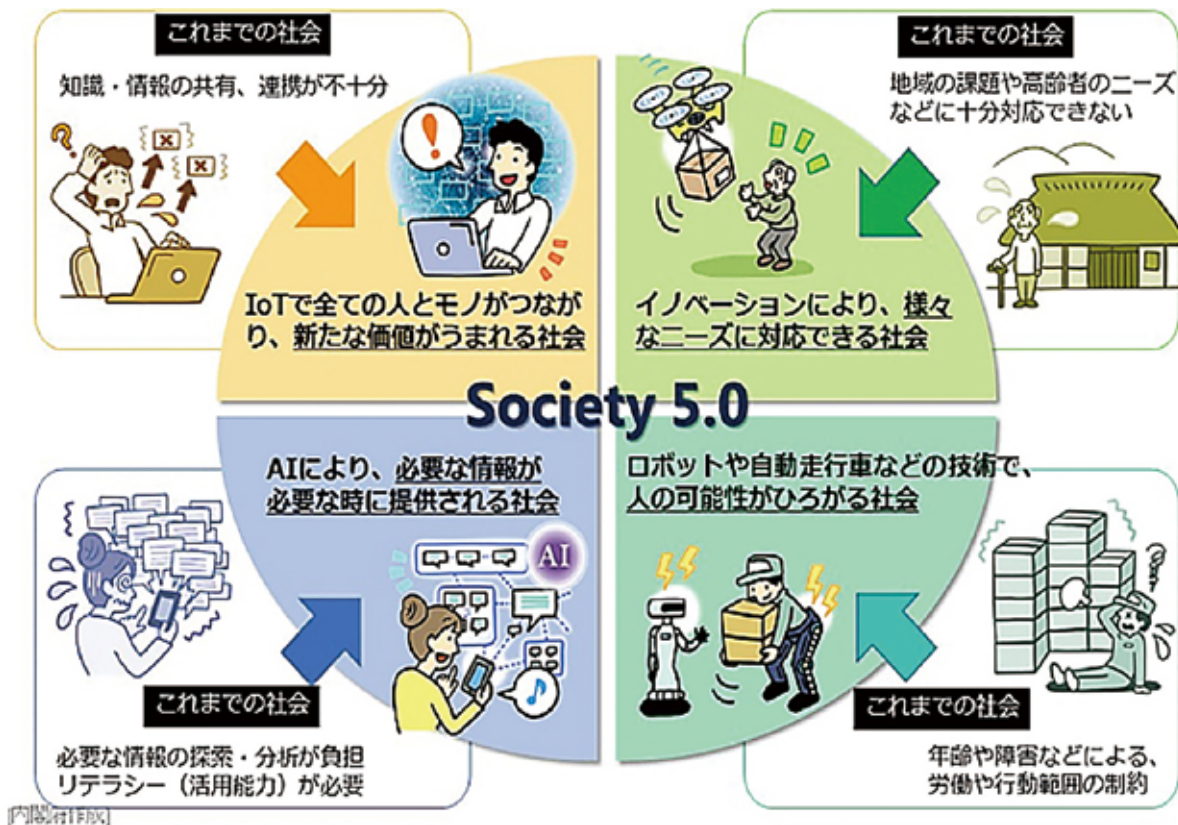


図1.2 Society 5.0で実現する社会 (出典:内閣府「Society 5.0」web site)

③ Society 5.0の仕組

これまでの情報社会の仕組では、人間がサイバー空間に存在するクラウドサービス(データベース)^{※1}にインターネットを経由してアクセスして、情報やデータを入手し分析を行ってきた。Society 5.0では、フィジカル空間の多様なセンサからの膨大な情報がサイバー空間に集積され、ビッグデータ^{※2}を「人工知能(AI)」が解析し、フィジカル空間の人間に様々な形でフィードバックされる。

※1:クラウドサービス

従来は利用者が手元のコンピュータで利用していたデータやソフトウェアを、ネットワーク経由でサービスとして利用者に提供するもの。

※2:ビッグデータ

データ規模や量的な側面だけでなく、どのようなデータから構成されるか、どのように利用されるかという質的側面において、「高解像(事象を構成する個々の要素に分解し、把握・対応することを可能とするデータ)」、「高頻度(リアルタイムデータ等、取得・生成頻度の時間的な解像度が高いデータ)」、「多様性(各種センサからのデータ等、非構造なものも含む多種多様なデータ)」の3つの特徴を持つ多量性に加え、「多源性(複数のデータソースにも対応可能)」、「高速度(ストリーミング処理が低いレイテンシーで対応可能)」、「多様性(構造化データに加え、非構造化データにも対応可能)」があり、特徴として多量性、多源性、リアルタイム性等のデータが生成・収集・蓄積等されることが可能・容易になってきており、異変の察知や近未来の予測等を通じ、利用者個々のニーズに即したサービスの提供や業務運営の効率化、新産業の創出等が可能となること。



今までの情報社会では人間が情報を解析することで価値が生まれてきたが、これからのSociety 5.0の仕組では膨大なビッグデータを人間の能力を超えたAIが解析し、支援することになる。その結果、ロボットなどを通して人間にフィードバックされることで、これまでは出来なかった新たな価値が産業や社会にもたらされることになる。

つまり、センサやクラウド環境に蓄積された詳細な情報を人間の能力を超えた処理能力を持ったシステムが高速に解析し、実環境に反映させるというのがこの仕組である。

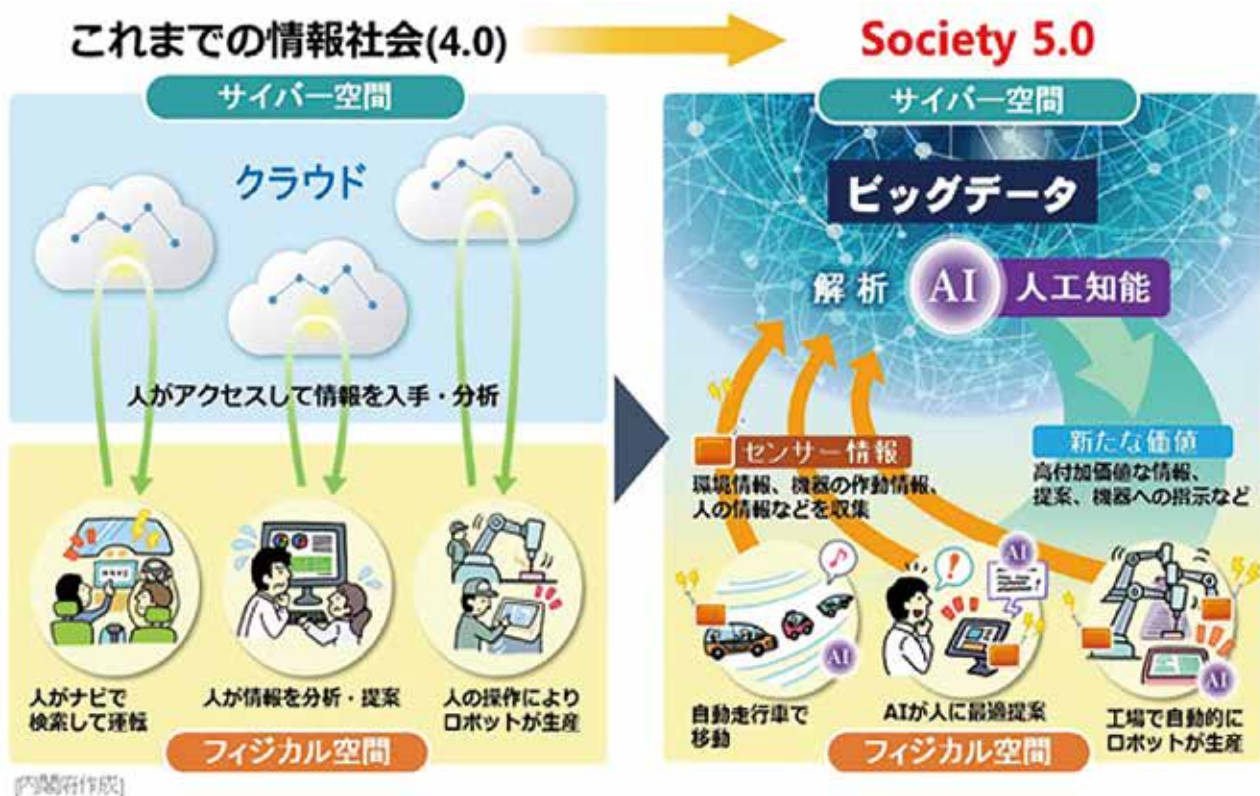
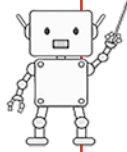


図1.4 Society 4.0とSociety 4.0の比較 (出典:内閣府「Society5.0」web site)

(2) Society 5.0を実現する第4次産業革命

ポイント



- ◇ Society 5.0社会と第4次産業革命
Society 5.0社会は、第4次産業革命の進展により実現する社会。
- ◇ 第4次産業革命
情報のネットワーク化によって、分散していた技術が相互作用的に繋がり、多くの産業で急速に新しい技術の開発と普及が進むこと。

ネットワーク化によって人やモノに留まらず今まで分散していたキー技術がつながり、今後お互いに影響を及ぼし合うことが予想される。具体的には、ロボティクス(ロボット)、ナノテクノロジー、3Dプリンタ、遺伝子工学、バイオ技術など、ネットワークを介すことで相互作用する技術的な進化が新たな産業革命を具現化する。このような点からも第4次産業革命は、単にICT^{※3}産業に関連するだけでなく様々な既存の産業に及ぶものである。

例えば自動運転技術の革新は、自動運転車の普及と交通事故の減少をもたらし、自動車産業の構造変革や保険の概念をも変革する可能性を秘めている。また、ドローン(無人航空機)の空撮による3次元計測データは、農林水産業や建設業、鉱業の生産性に飛躍的な向上をもたらす可能性を秘めている。さらに3Dプリンタの普及は製造業における生産管理だけではなく、設計思想や物流政策自体に再考を迫るものである。

(参考:総務省「つながる経済」)

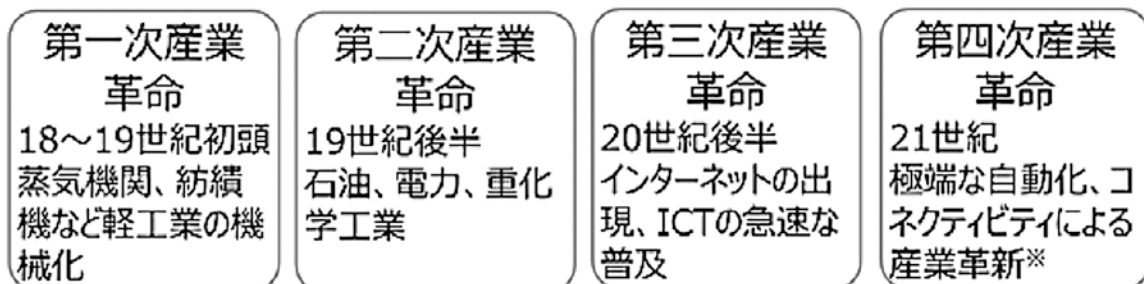


図1.5 各産業革命の特徴
(出典:総務省「平成29年度情報通信白書」各産業革命の特徴web site)

※3:ICT

「Information and Communication Technology(情報通信技術)」の略で、通信技術を活用したコミュニケーションを指す。情報処理だけではなく、インターネットのような通信技術を利用した産業やサービスなどの総称のこと。

① AIと雇用の未来

人口減少時代を迎え、AI(人工知能)による生産性の向上に大きな期待が集まっているが、実際にこれまで人間が担ってきた業務をAIに肩代わりさせる事例は枚挙にいとまがなく、その範囲は単純作業から判断業務にまで及びつつある。

しかしAIの進化は人間の「サポート」に留まらず、雇用を奪い、わずかに残った人間の仕事における主導権すら奪ってしまうのではと懸念を示す向きもある。

AI(人工知能)の研究を行っている米オックスフォード大学のマイケル・A・オズボーン博士が発表した論文「雇用の未来—コンピュータ化によって仕事は失われるのか」では、コンピュータによる自動化が進むことにより、20年後には47%の仕事がなくなるという結果が得られている。

だが、これまでの産業革命でもわかる通り、新しい技術が生まれると雇用が減少するとその都度言われてきたが、新しい技術が生まれる度に新たな職業が発生してきている。AIの検査などは、人が行う必要があるため、ただ単に仕事が減るということではなく、仕事に対する役割が変化していくと思われる。

② Society 5.0を支えるAI技術

Society 5.0を支えるAI技術とは、「設備や施設において人間の知覚をはるかに超えて高度化最適化されたセンサや計測器から得た環境情報や膨大かつ多様なビッグデータなどから収集したデータを高速に処理し、分類・判定を行い最適な反応を創出する技術を基にした人間への支援システム」であり、かつ継続的に分類・判定や反応・制御の学習を行う仕組である。

現在は情報技術があらゆるところに浸透したSociety 5.0に変貌を遂げようとしているが、これらの情報インフラは、巨大なクラウド環境と無数のエッジ端末から成ると考えられている。多くの場合、エッジ^{※4}端末にはセンサやアクチュエータ(作動機・駆動機あるいは実反応器)が接続され、情報を制御する超小型高性能コンピュータとネットワークインタフェースが備えられている。クラウドは物理的には分散された多数のデータベースとなるが、論理的にはさまざまなサービスの総合体として抽象化されている。

このためエッジ、クラウドのいずれにおいても、大量かつ多様なデータを扱うことになるため従来の情報処理技術の高度化などに加えて、人工知能(深層学習など)、量子計算などがキーテクノロジーとなる。現実の諸問題に対して一定の時間内で反応するリアルタイム技術も高度化させなければならない。

このため以下のような技術が「Society 5.0を支えるAI技術」として必要とされ、現在研究開発が進められている。

ア) 情報処理を質的に大転換させる新たなコンピューティング環境の創出

イ) アルゴリズム、アーキテクチャ等を連携・協調させ、高効率化された情報技術

これらを研究開発することによって、たとえば、高度な情報処理を活用した会話機能や翻訳機能、介護サポート機能や顧客案内機能が備わったスマートロボット、工作機械や生産ラインなどをインターネット接続し、生産性の向上や品質管理の向上を図ることを指すスマート工場、車載カメラの映像やセンサの情報を処理して実現する自動運転などの高性能化が実現できる。以下に自動車産業と建設業における例を述べる。

※4:エッジ

端末と端末側のネットワークで収集したデータを回線に送り出すポイント(ネットワークの端末)のこと。

③ 自動車産業の事例

人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い、道路交通が抱える事故や渋滞、環境対策などの様々な課題を解決するITS（高度道路交通システム）※5の開発が進められており、最先端の情報通信や制御技術を活用して、社会システムを大きく変える取組。

※5:ITS

「Intelligent Transport Systems」の略称で、高度道路交通システムと呼ばれている。最新のIT技術を用いて、道路と車両と人間をネットワークで結ぶことで、交通渋滞や事故、輸送効率や快適性など様々な問題を解決していくことを目的とするシステム。

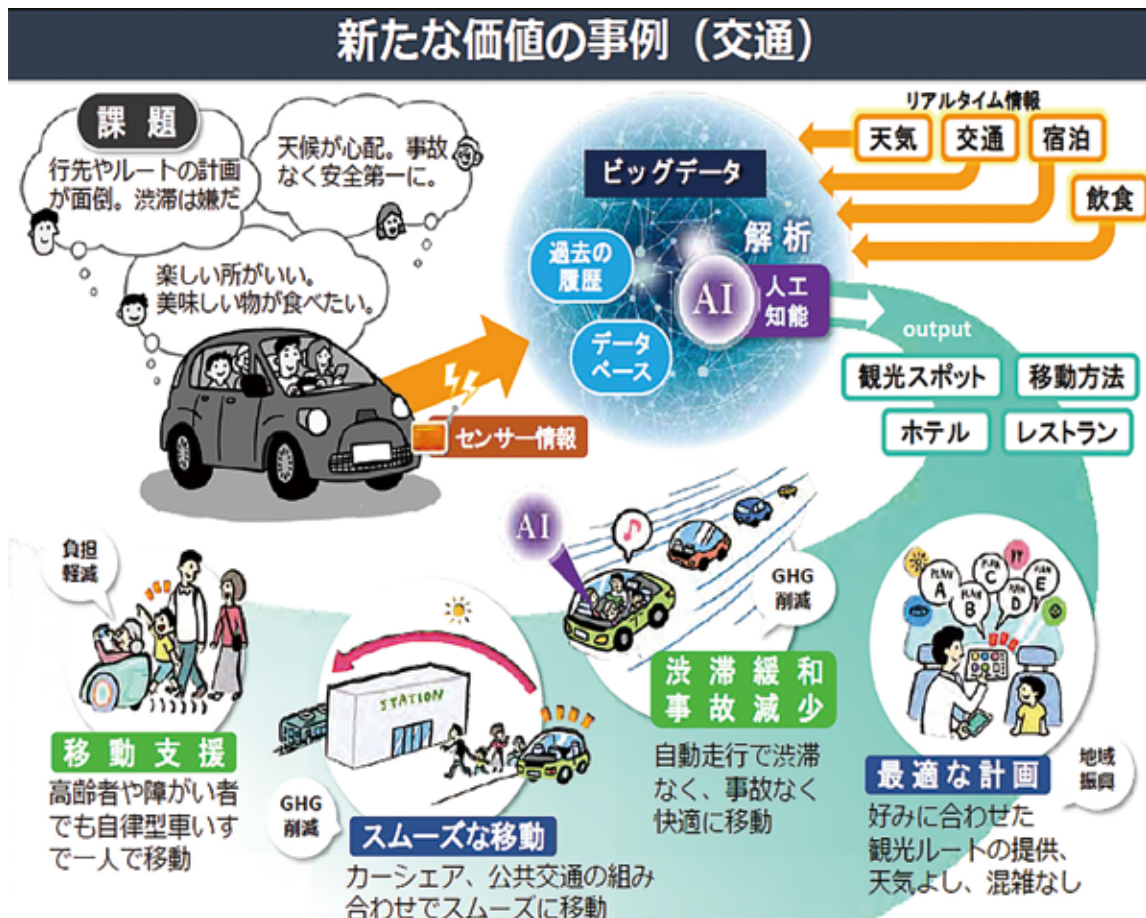


図1.6 自動車産業界におけるAI技術の活用 (出典:内閣府「Society 5.0」web site)

④ 建設業の事例

i-Construction ～建設業の生産性向上～^{※6}が進められており、現在の建設業が置かれている状況から建設産業界と取り組まなければならない課題を解決し、生産性の向上を図ろうとする取組がある。

※6:i-Construction

「ICTの全面的な活用（ICT土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、より魅力ある建設現場を目指す取組のことや建設現場に携わる人の賃金の水準向上を図る建設現場となること、建設現場での死亡事故ゼロにすること、3K「きつい、危険、きたない」から新3K「給与、休暇、希望」を目指した取組のこと。

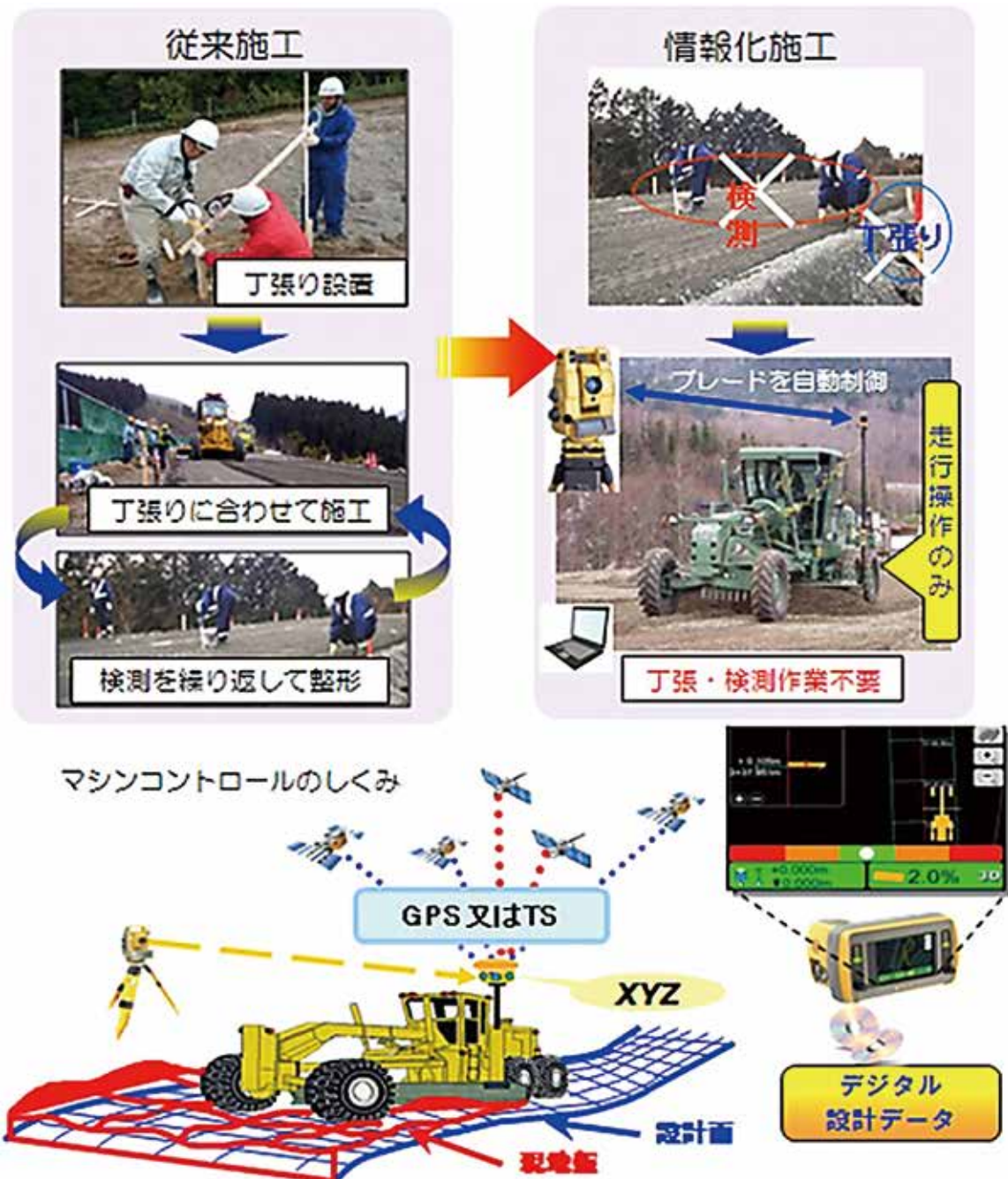
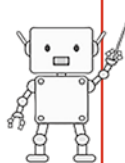


図1.7 建設産業界におけるAI技術の活用事例（出典：国土交通省web site）

(3) コンピュータ概論

ポイント



- ◇コンピュータの歴史
コンピュータは、真空管からトランジスタによって小さくなり、集積回路により基盤による総合回路ができ、その後、大規模集積回路式と発達してきた。
- ◇ハードウェアの構成
入力装置、演算装置、制御装置、記憶装置、出力装置により構成される。
- ◇パソコンの構成
第1層「ハードウェア層」、第2層「オペレーティングシステム」、第3層「アプリケーションソフトウェア」の3層構造である。
- ◇マルチメディア技術
音声や映像などをデジタルデータとして扱うための技術で、AIに関するコンピュータ技術では、人間の知覚処理のような音声や映像といったマルチメディアデータの認知・分類・判定を行っている。

① コンピュータの歴史

表1.1 コンピュータの歴史と各世代の特徴

年代	特徴	使用者
第一世代 (1945年頃)	コンピュータは、戦争をするために作られ、具体的にはミサイルの弾道の計算をする目的で作られた。当時のコンピュータは、とても巨大で消費電力が大きく、計算速度が低かった。そのうえ信頼性もあまり高くなかった。 このときの代表的なコンピュータとして「ENIAC」というアメリカ軍のコンピュータがあるが、これには真空管という部品が使われており、18,000本も使われていた。また、体積は80立方メートル(25メートルのプール半分くらい)、重量は27トン、消費電力は140キロワットだった。	軍隊を中心にした限られた専門家が科学技術計算のために用いた。
第二世代 (1965年頃)	真空管の代わりにトランジスタが使われるようになり、真空管に比べて扱いやすく、小型化・省電力化が進み、信頼性も向上した。 トランジスタを使った家庭用のラジオが普及したのも、この頃からである。	科学技術者や専門のコンピュータ技師から、一般の技術者にも使用範囲が広がり、大企業や大学にも普及した。
第三世代 (1975年頃)	IC(集積回路)により、さらに小型化・信頼性の向上・計算の高速化が進んだ。このため、「メカトロニクス」という言葉も生まれた。メカトロニクスとは、機械と電気がドッキングしてできた新しい機械装置のことである。これまでのコンピュータは基本的に人間が機械を扱っていたが、第三世代からは電子が機械を扱うようになった。	専門分野で限定されていたものが、一般家庭にも広がりはじめた。
第四世代 (1985年頃)	ICの集積率が高くなったLSI(大規模集積回路)が登場し、ワープロや自動車、エアコン、炊飯器、ビデオカメラなど、身近なありとあらゆる家電製品にLSIが組み込まれるようになった。	どの家庭でも、コンピュータを使った製品があるようになった。
第五世代 (1995年以降)	マルチメディアの時代と呼ばれ、電子によって文字、音、映像を統合的に扱うことができるようになった。情報を文字、音声、絵、写真、映像、ビデオなどのメディアを複数用いて構成するメディアをマルチメディアという。 また、パソコンを中心に、インターネットも爆発的に増加した。インターネットとは、世界的な規模で複数のコンピュータネットワークが接続されたひとつの大きなネットワークである。これにより情報が共有され、世界で起きている事が瞬時にわかるようになった。 これからは、人工知能(AI)やファジィ、ニューロ理論を使って新しいコンピュータが模索されている。	日常生活をしていく上で、なくてはならないものとなった。

(出典:兵庫教育大学web site)

② ハードウェアの構成とコンピュータの形態

現在実用化されている計算機システムは、1945年にフォン・ノイマンの考案したプログラム記憶方式であり、計算機の記憶装置内に記憶されたプログラムを逐次読み出し、解析し、実行する過程を繰り返すものである。

コンピュータの基本構成を図1.7に示す。この構成は五大要素と呼ばれ、計算機の規模にかかわらず本質的には変わらない。算術、論理計算を行う演算装置、プログラムやデータを記憶する記憶装置（メモリ）、外部から情報を受け取る入力装置、外部へ情報を伝える出力装置、及び、これらの装置間の信号の制御を行う制御装置がある。演算装置と制御装置はコンピュータのいわば心臓部で、両者をまとめて中央処理装置（CPU）と呼んでいる。

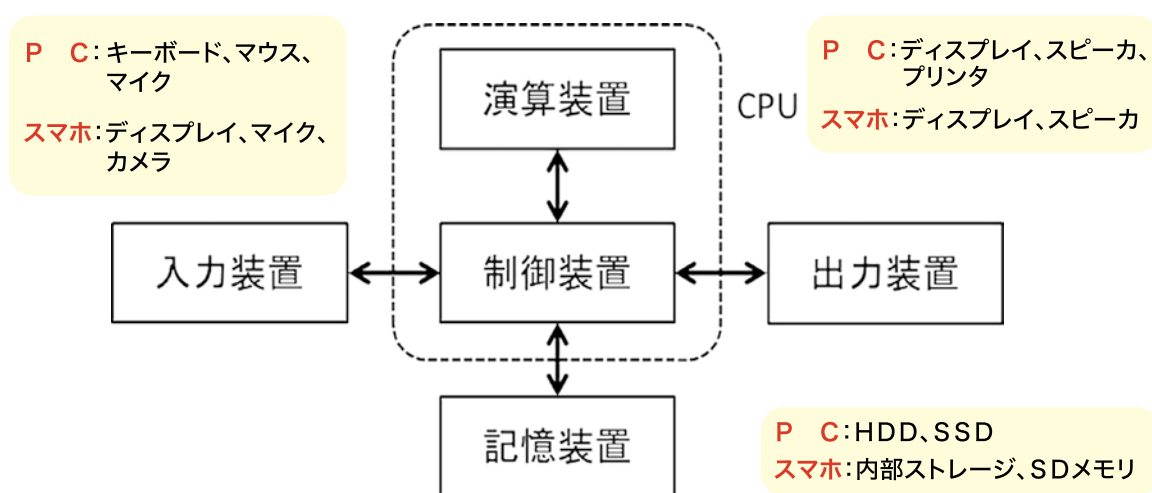


図1.7 コンピュータの五大要素

通常のPCでは、本体は演算、制御、記憶装置までを含むケースに収納され、キーボード、マウス等の入力装置、及びディスプレイ、プリンタ等の出力装置を用いる。ハードディスクやDVDなどは外部記憶装置の一種である。スマートフォンでは、キーボードに代わる入力装置として、ディスプレイに表示される文字盤で入力を行う。

入出力が単純で複雑な制御を要しない仕事にはマイクロコンピュータが適しており、多くの製品に組み込まれている。マイクロコンピュータにも様々な形態があり、代表的なマイクロコンピュータではCPU単独のLSIや、記憶装置、入出力装置とのインターフェイス^{※7}までを持った図1.8に示すようなワンチップマイコン^{※8}がある。これらはCPUボードとして産業機械に組み込まれたり、家電製品の操作性向上のために部品として組み込まれたり、用途に応じて使い分けられている。

ワンチップ構成のマイコンとして最も一般的なのは、CPU、メモリ、I/Oを1個のLSIに統合した1チップ構成のものである。電源とクロック、リセット回路、必要に応じてスイッチや表示器、インターフェイスなどを付けるだけで使用できる。バス^{※9}が外部に出ていないので、パッケージもコンパクトでプリント基板上の配線も削減できる。

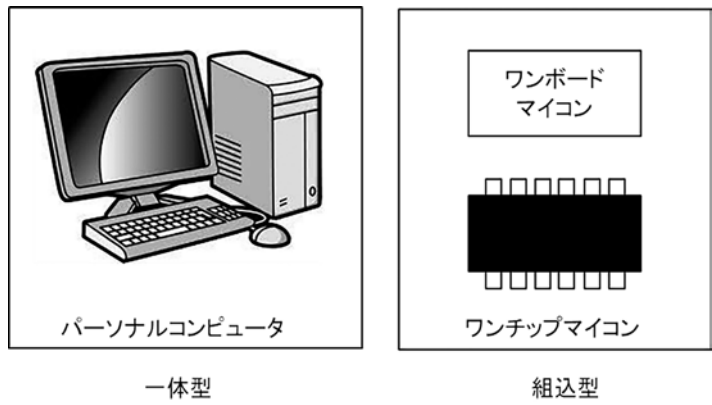


図1.8 一体型コンピュータと組込型コンピュータの構成

※7:インターフェイス
 コンピュータ本体と各種周辺装置やコンピュータどうしを接続し、電気信号の大きさの調整やデータの形式を変換したりして、両者間のデータのやりとりを仲介する回路や装置のこと。

※8:ワンチップマイコン
 マイコン(マイクロコンピュータ)の一種で、ひとつのICチップ上にCPUからRAM、ROM、各種入出力装置などを搭載した処理装置のこと。

※9:バス
 コンピュータの内外、各回路がデータを交換するための共通の経路のこと。

③ ソフトウェアの構成と仕組

コンピュータを動かす仕組みには前述までの「ハードウェア」に伴って「ソフトウェア」が必要である。ソフトウェアはコンピュータ分野でハードウェア(物理的な機械)と対比される用語で、何らかの処理を行うコンピュータプログラムや、更には関連する文書などを指す。

ソフトウェアは一般的にはワープロソフトなど特定の作業や業務を目的としたアプリケーションソフトウェア(応用ソフトウェア、アプリ)と、ハードウェアの管理や基本的な処理をアプリケーションソフトウェアやユーザーに提供するオペレーティングシステム(OS)などのシステムソフトウェアに分類される。

つまりソフトウェアには大まかに2種類あって、オペレーティングシステムとアプリケーションソフトウェア(応用ソフト)となる。また、ソフトウェアを開発するには「言語」と呼ばれるプログラム言語の環境が必要である。この構成はスマートフォンでも同様である。

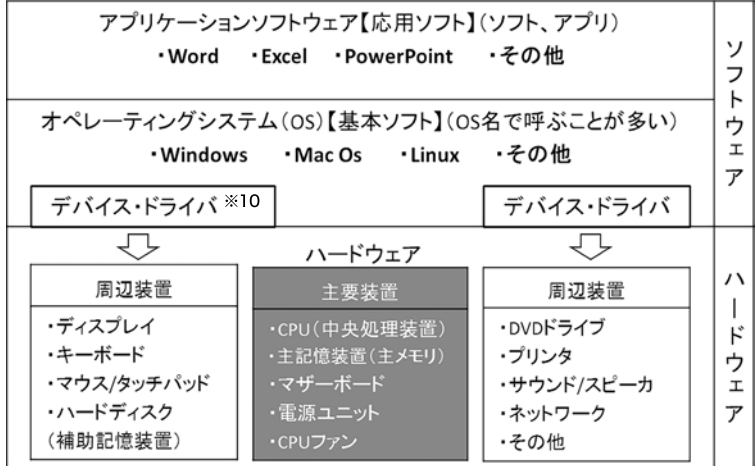


図1.9 ハードウェアとソフトウェアの関係

※10:デバイス・ドライバ

パソコンに接続されている周辺装置(device)をオペレーティングシステム(OS)によって制御するために用意されたプログラムのこと。

「パソコンの構成」としては上図に示すように、「ハードウェア」と2種類の「ソフトウェア」の3層構造と理解すればよい。

第1層:「主要装置」および「周辺装置」からなる「ハードウェア」層

第2層:「オペレーティングシステム」という「ソフトウェア」層

第3層:「アプリケーションソフトウェア」という「ソフトウェア」層

オペレーティングシステム(OS)は、パソコン用としてはWindows、MacOS、Linuxなどがあり、モバイル用としてはAndroid、iOSなどがある。その他にも組み込み用のOSなど、様々な種類のOSがある。

④ マルチメディア技術

マルチメディアとは文字情報に加えて音声や映像などさまざまなデータを扱うことであり、これらをデジタルデータとして扱うための技術をマルチメディア技術という。

AI(人工知能)に関するコンピュータ技術では、それまでの文字・数値情報の計算、分類、仕分、記録などの業務管理・情報処理に使われる手法だけではなく、人間の知覚処理のような音声や映像といったマルチメディアデータの認知・分類・判定などを行うことが多い。

マルチメディアの利用目的は、言うまでもなく「コンテンツ」(情報の意味内容)を人から人へ伝達することである。情報伝達の手段としてのマルチメディアを考えたとき、各メディアの特質を十分に理解し伝えたい意味内容を効率よく伝えるために、誰を対象に伝えるのか、どのようなメディアを関連させ組み合わせて利用するのが重要なポイントとなる。

現代は一人1台スマホを持ち、一家に1台はパソコンを持つ時代である。こうした機器の主要目的はインターネットの利用だが、インターネットもマルチメディア通信の一つといえる。

マルチメディア情報を具体的に扱う上で、には以下のような技術が必要である。

ア) 情報のデジタル化

文字、音声、静止画、動画などの順に情報量は次第に大きくなっていく。さらに、音声と動画は時間的な変化を伴うため、長い時間のコンテンツでの情報量は膨大である。これらのデータを劣化なく処理し一元的に管理するためマルチメディア情報を2進数に変換する。

イ) 情報圧縮技術

マルチメディア情報をデジタルデータとして効率よく蓄積・伝送するため、品質の劣化を抑えた情報圧縮技術が必要となる。

これらの圧縮技術によって、インターネットの画像、動画コンテンツなどが容易に利用できるようになった。

静止画データの圧縮では、同じような色の画素はひとまとめにするという考え方で行なわれる。これを店での注文に例えると図1.10のように、大勢の客の全員に一人ずつ確認するよりも、同じ商品が何個というように省略することによって情報を少なくすることと同様である。

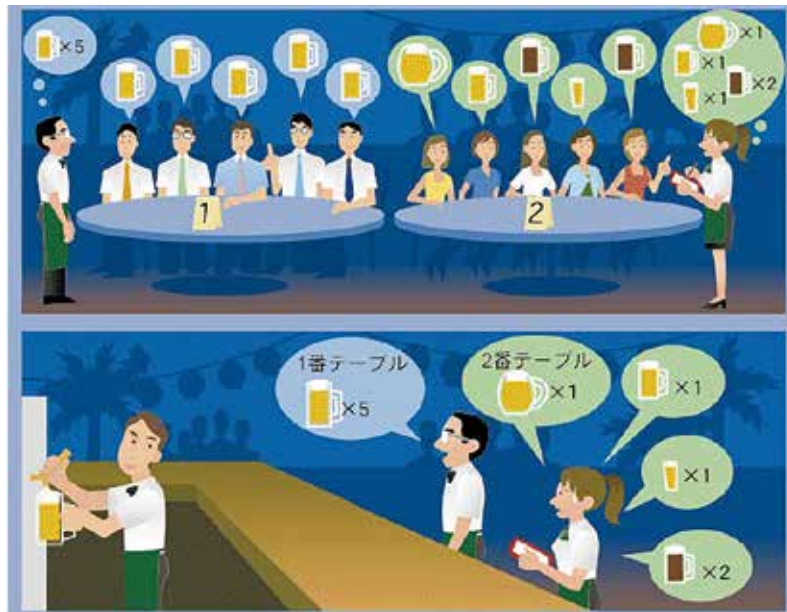


図1.10 情報圧縮のイメージ

(出典:<https://xtech.nikkei.com/it/pc/article/NPC/20070719/277851/1.gif>)

ウ) コンピュータ処理技術

膨大なマルチメディア情報を、コンピュータを利用して高速に処理・蓄積・伝送するためのソフトウェアおよびハードウェア技術。

エ) ヒューマンインターフェイス技術

各種のマルチメディアシステムを、あらゆる利用者にとって使いやすく便利にするための利用技術。

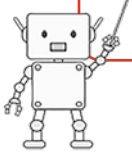
なお、音とは、空気の密度の高い部分と低い部分が交互に繰り返して伝播していく波(粗密波あるいは縦波)である。

2. 基本入出カインターフェイス

(1) 入カインターフェイス

ポイント

◇入カインターフェイスとは、コンピュータシステムに情報を入力するために使用する仕組の総称で、キーボード、マウス、タッチパネルなどがある。



入カインターフェイスとは、パソコンをはじめとするコンピュータシステムに情報を入力するために使用される仕組の総称である。入力装置(デバイス)の種類や操作の方式など、システムの構成要素を広く含む。

人間が機器を操作する仕組としての入カインターフェイスにはキーボード、マウス、タッチパネルなどがある。タッチパネルを利用する入カインターフェイスはタッチインターフェイスと呼ばれるが、マルチタッチインターフェイス、タッチレスインターフェイス、背面入カインターフェイスなど、現在も多種多様な入力方式が研究・開発されている。

入カインターフェイスは出力の方式や方法とともに扱われ、「入出カインターフェイス」と総称されることが多い。特に機器同士の接続方法としての入出カインターフェイスを指す際には「接続インターフェイス」と呼ばれる。

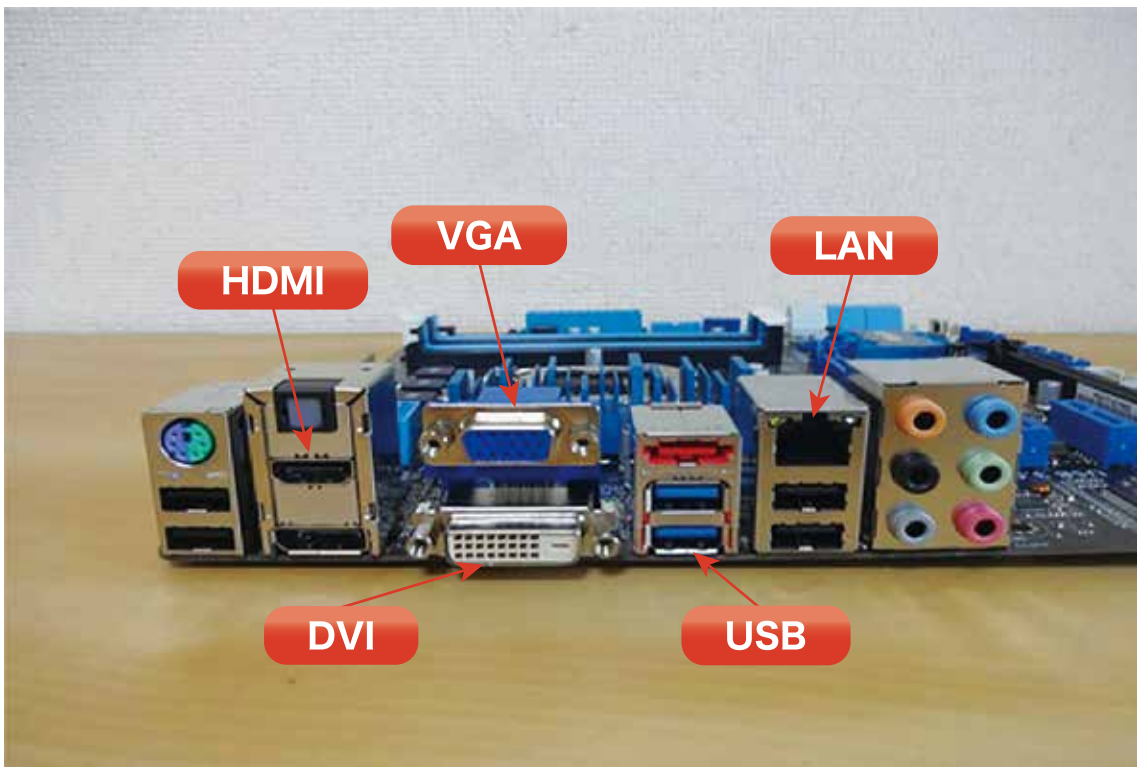


図1.11 PCのマザーボードを例にした入出カインターフェイスの例

① USB

パソコンや周辺機器によく使われており、マウス、キーボード、プリンタ、外付けHDD、USBメモリ、外付けTVチューナなどがある。USB2.0とUSB3.0があり、転送速度は異なるが互換性はある。データの送受信だけでなく、バスパワーとして機器の給電・充電用に使われることもある。



図1.12 USB端子の構造と種類

(出典: <https://tspace-prod.s3.amazonaws.com/articles/f625528157408d3369b286e1642412bf.jpg>, https://www.tekwind.co.jp/resources/column/243_60dee8bdd250269d956c36d27da1e1d292d6f1eb.jpg)

② Micro-USB

USBの小型規格で、スマートフォンやタブレットでデータ通信・充電用として使われている。デジタルカメラでも使われていることがある。



図1.13 Micro-USB端子の構造 (出典: https://direct.sanwa.co.jp/images/goods/KU-RMCB05_MX.JPG)

③ HDMI

パソコンと液晶ディスプレイを接続する規格。またパソコンとテレビを接続したりすることもある。一つのケーブルで映像と音声データを送ることが可能。ハイビジョンテレビや家庭用ゲーム機にもよく使われている。



図1.14 HDMI 端子の構造

(出典: <https://img1.kakaku.k-img.com/images/maga/icv/pc715/11714/3.jpg>)

④ DVI

HDMIと同じく、パソコンと液晶ディスプレイを接続する規格である。DVI-I、DVI-Dなど種類がある



図1.15 DVI 端子の構造 (出典: https://www.elecom.co.jp/photo/p01/CAC-DVDL20BK_01.jpg)

⑤ Bluetooth

無線でパソコンと周辺機器を接続する規格。ノートパソコンのほか、iPhoneやAndroidと接続する小型無線ヘッドホンなどに使われている。



図1.16 Bluetoothと接続機器の例
(出典:<https://www.tjsys.co.jp/focuson/clme-bluetooth/images/bluetooth-ov.png>)

⑥ SATA

シリアルATAという。パソコンに内蔵されているハードディスクや光学ドライブをマザーボードと接続する規格で、現在のPCで一般的に広く使用されている規格である。



図1.17 SATAケーブルとコネクタの形状
(出典:https://paso-parts.com/upload/save_image/12121105_50c7e66690128.jpg)

⑦ PCI-Express

転送速度が高速で、ビデオカード増設などで使われているインターフェイスである。パソコンの内部にあるため拡張スロットともいう。

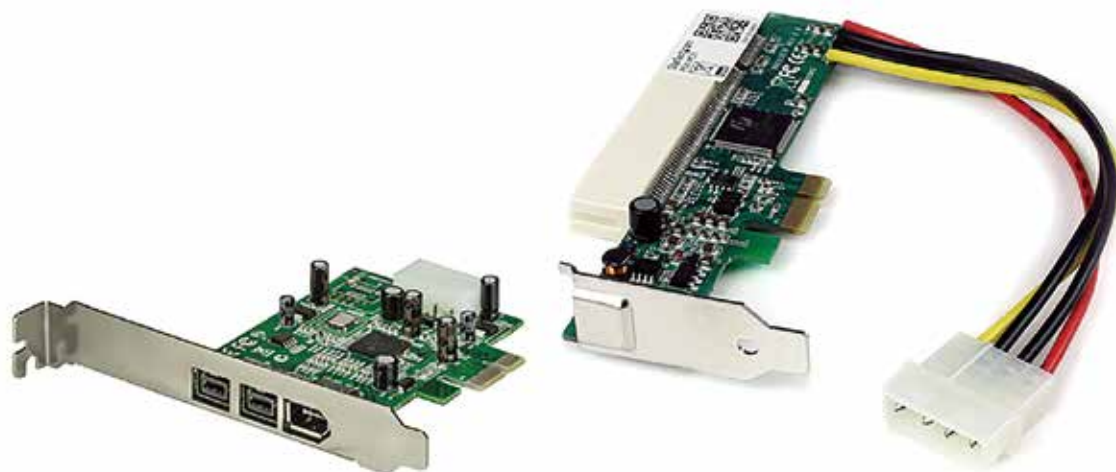


図1.18 PCI-Expressの形状

(出典:https://media.startech.com/cms/products/gallery_large/pex1394b3.main.jpg, <https://media.startech.com/cms/products/main/pex1pci1.main.jpg>)

⑧ キーボード

コンピュータの操作全般に用いられる入力機器の一つであり、入力したい文字の書かれたボタン(キー)を指で押すことでコンピュータへ文字信号などを送信するもの。



図1.19 キーボードの外観

(出典:https://direct.sanwa.co.jp/images/goods/SKB-BT22BK_MX.JPG)

⑨ マウス

コンピュータの操作全般に用いられる入力機器の一つであり、画面上に表示された物の場所を指し示して選択するための装置(ポインティングデバイス)の一種である。以下のように様々な方式がある。

- **ボール式**:裏面のボールで座標を読み取る。
- **光学式**:裏面の光の反射光で座標を読み取る。
- **トラックボール式**:ボール式が反対になったようなもの。このボールを直接指で動かすため本体は固定して使う。
- **タッチパッド**:ノートパソコンのキーボード手前にあることが多く、指でなぞって操作する。



図1.20 マウスの構造との外観

(出典:https://www.elecom.co.jp/photo/p01/M-BT12BRBK_01.jpg,
https://pc.watch.impress.co.jp/img/pcw/docs/1182/185/01_o.jpg,
http://www.pasonisan.com/z_im/pc/z13-01-mouse-optical.jpg,
<https://ゲームpcバンク.com/wp-content/uploads/2017/04/touchpad-top.jpg>)

⑩ タッチスクリーン

指やペンなどをポインティングデバイスとして、ディスプレイなどに触れることで操作することができる。アイコンやボタンといった画面上の操作対象を指差して直接操作(直感的な操作)ができる特徴をもつ。

複数の指で同時に触れて操作できるユーザインターフェイスは、特にマルチタッチインターフェイスと呼ばれる。最近では、タブレットやスマートフォンに実装されており、一般に普及している。



図1.21 タッチスクリーンの外観

(出典:https://admin21.ocnk.net/data/plclab/product/WaveShare/5inch_LCD_H/5inch-hdmi-lcd-h-6.jpg?1527835343496, <https://www.digitalavmagazine.com/wp-content/uploads/2018/02/Multiclass-touch-screen-605x306.jpg>)

⑪ 特殊入力(カメラ)

デジタルカメラが登場してから、一般のユーザでも気軽に映像の記録とコンピュータへの取り込みが可能になり、映像系のマルチメディア処理が普及した。デジタルカメラで撮影した画像(写真)は、デジタルカメラとパソコンを接続するか、デジタルカメラのフラッシュメモリ(SDカードやメモリスティック)をパソコンにセットして取り込む。

デジタルカメラとは銀塩フィルムの代わりに撮像素子で撮影した画像をデジタルデータとして記録するカメラであり、世界で初めてコダックが開発した。

一般に「デジタルカメラ」といえば静止画を撮影する「デジタルスチルカメラ」を指し、動画を撮影録画する「デジタルカムコーダ(ビデオカメラ)」は含めない。

現在では静止画撮影が可能なデジタルカムコーダや、動画撮影が可能なデジタルスチルカメラが一般的になっており、双方の性能の向上もあってその境界線が徐々になくなりつつあるが、デジタルカメラは中でも静止画の撮影に重点を置いたモデルを指す。

デジタルカメラの全体的な構成は大きく分けて光学系と電子系に分類できる。光学系はレンズと絞り機構であり、一眼レフでは光学式ファインダー用のレフレックスミラーとプリズムがこれらに加わる。

その他に、機械式のシャッター機構を備えるものもある。電子系は受光素子とメモリを含む画像演算回路、記録装置、液晶表示器、ストロボ、操作スイッチ、電池などである。

デジタルカメラはレンズ、固体撮像素子、デジタル画像処理装置で構成される。使用される固体撮像素子にはCCD(Charge Coupled Device:電荷結合素子)またはCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor:相補型金属酸化膜半導体)がある。

前者は、光情報を電子に変換するフォトダイオードと、その電荷を一時蓄積してバケツリレーのように転送するCCDの配列とを組み合わせた回路で二次元の画像信号を取り出し、後者は、フォトダイオードからの電荷を、CMOS回路を利用して増幅処理し伝送して二次元の画像信号をつくりだす集積回路で構成される。

いずれもフォトダイオードはシリコンを用いて基板内につくり込まれており、カラー化には、集積されている個々のフォトダイオードにRGB(赤・緑・青)三原色カラーフィルタのいずれかを配置してそれぞれの色を読み取り、これらを組み合わせることで画素を構成する。

CCD撮像素子は1970年、アメリカのベル研究所により発表されたもので、高解像・高集積化、高感度、低消費電力、焼き付けがないなどの特徴があり、現在多くの静止画用カメラや動画用カメラに搭載されている。

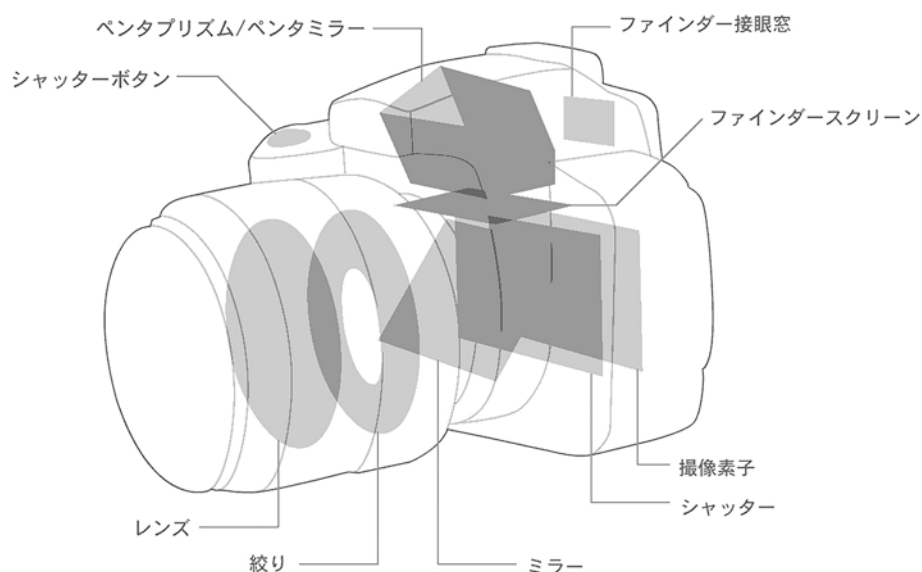


図1.22 タッチスクリーンの外観
(出典: <https://www.nikon-image.com/enjoy/phototech/manual/01/01.html>)

⑫ センサ

センサは、自然現象や人工物の機械的・電磁氣的・熱的・音響的・化学的性質あるいはそれらで示される空間情報・時間情報を、何らかの科学的原理を応用して人間や機械が扱い易い別媒体の信号に置き換える装置のことをいい、センサを利用した計測・判別を行うことを「センシング」という。検知器とも呼ばれる。

Society 5.0では、このセンサ類は不可欠なものとして考えられている。また、高速なコンピュータによる情報処理が可能になったことでセンサの意義は増している。

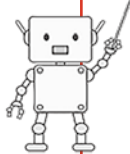
表1.2 入力インターフェイスに用いられるセンサの種類

【原理による分類】	
機械量	加速度センサ カセンサ 振動センサ 音波センサ 超音波センサなど
熱	温度センサ
光・放射線	光センサ 赤外線センサ 放射線センサなど
電気	電場センサ 電流センサ 電圧センサ 電力センサ
磁気	磁気センサ
化学	においセンサ イオン濃度センサ ガス濃度センサ

【時空間による分類】	
時間	時計
位置	GNSS
距離	超音波距離計 静電容量変位計 光学式測距 電磁波測距
変位	差動トランス リニアエンコーダ
速度	レーザドップラー振動速度計 レーザドップラー流速計
回転角	ポテンショメータ 回転角センサ
回転数	タコジェネレータ ロータリエンコーダ
角速度	ジャイロセンサ
一次元画像	リニアイメージセンサ
二次元画像	CCDイメージセンサ CMOSイメージセンサ
【用途による分類】	
漏液センサ(リークセンサ) 液面検知センサ(レベルセンサ) 硬度センサ 湿度センサ 流量センサ 傾斜地震センサ	

(2) 出力インターフェイス

ポイント



- ◇標準出力
コンピュータ上で実施されるプログラムの出力先。
- ◇出力装置
コンピュータからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置。

① 標準出力

標準出力とはコンピュータ上で実行されているプログラムが特に何も指定されていない場合に標準的に利用するデータ出力先であり、コンピュータの出力装置やオペレーションシステム(OS)が提供するデータ出力機能・経路などを指し、多くのシステムではディスプレイ装置による利用者への文字表示が標準出力に設定されている。

コンピュータの出力機器の一つであり、画像を表示する方法には以下のようなものがある。

- ブラウン管(CRT)
- 液晶ディスプレイ(LCD)
- プラズマディスプレイ(PDP)
- 有機ELディスプレイ(OLED)
- マイクロLEDディスプレイMicro LED(mLED)
- ビデオプロジェクタ

このうちビデオプロジェクタは、ブラウン管または液晶の表示をレンズで拡大表示するものが多いが、デジタルミラーデバイス(DMD)を使ったものもある。有機ELディスプレイは、液晶ディスプレイに必要なバックライト、プラズマディスプレイに必要な放電スペースが不要なため、非常に薄く作ることができる。現在の液晶ディスプレイの薄さは約5～7cmだが、有機ELはその約1/10程度となる5mmという薄さで作ることができる。ディスプレイの性能を決定するには、解像度、リフレッシュレート、アスペクト比がある。



図1.23 CRTの外観
(出典:<https://yahoo.jp/k-wnql>)



図1.24 LCDの外観
(出典:<https://www.eizo.co.jp/products/lcd/ev2795/>)



図1.25 ビデオプロジェクタの外観
(出典:<https://japan.cnet.com/article/20382384/>)

ア) 解像度※11

最近のCRT表示器は非常に柔軟性に富んでおり、概ね640×480(通称VGA)から1920×1080(Full-HD)で32ビットカラーまでの範囲で、様々な表示周波数に対応が可能である。特殊な用途では、さらに情報量の多い2048×1536(QXGA)や3940×2160(4K)にも対応できるものもある。

画素数※12が固定されている液晶ディスプレイの場合は、パネル自体と異なる解像度を表示するために拡大または縮小処理する必要が生じ、文字がぼやけて見づらくなる現象が発生する。液晶パネル自体と同じ解像度を用いるのが望ましい。



図1.26 解像度の比較
(出典: <https://yahoo.jp/plhH3l>)

※11: 解像度

データの詰め込み具合(画素数の密度)のこと。

※12: 画素数

データの量の多い・少ないということ。写真などで小さな点の集まりの数によって、大きくしたときのきれいさが変わるようなもの。ボケたようなものだと画素数が少ない。

イ) リフレッシュレート※13

CRTモニターで使用できるリフレッシュレートの上限は解像度を上げるほど低くなる。液晶ディスプレイのリフレッシュレートはWindows等では便宜上60Hzと表示されることが多いが、原理上は気にする必要はない。

※13: リフレッシュレート

ディスプレイのちらつき具合の他、動画やゲームでの滑らかな動きを計るための値のこと。1秒間にディスプレイがどれくらい書き換わったかを示す。

ウ) アスペクト比※14

ブラウン管ディスプレイは4:3が主流だった。液晶ディスプレイは普及期には4:3や5:4(1280×1024ドットのパネル)が中心だったものの、2000年代半ばから16:10のワイド画面が特に家庭向けで多くを占めるようになった。さらに2008～2009年以降は、デジタルハイビジョン放送・薄型テレビと同じアスペクト比である16:9の製品が主流になりつつある。現在ではディスプレイも用途によって多様化し、コンピュータの小型化に伴って展示ディスプレイ(デジタルサイネージ)のような機器も使われている。

※14:アスペクト比

画面や画像の縦と横の長さ(ピクセル数)の比のこと。

② 出力装置

出力装置とは、コンピュータまたは実行中のプログラムからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置のことである。光の像を投影して画面を映し出すディスプレイ(モニタ)やプロジェクタ、紙などに印字・印刷を行うプリンタやプロッタ、音声を発するスピーカやイヤホンなどがこれに該当する。

主に人間の視覚や聴覚に働きかける原理の機器が多いが、振動で情報を知らせるバイブレータや、ゲームコントローラなどで操作感(押しやすさ、回しやすさなど)を状況に応じて変化させるフォースフィードバック機構※15など、触覚を利用する装置もある。映画館や体験型アミューズメント施設などに見られる映像に合わせて霧や風を吹き出す装置なども広義には含まれる。

まだ研究段階ながら、香り(触覚)や味(味覚)を動的に合成してコンピュータからの出力とする装置も構想されている。これに対し人間や環境、外部の機器から情報を取り込んでデータとしてコンピュータに伝える装置を入力装置(Input Device)といい、キーボードやマウス、タッチパネル、ゲームコントローラ、マイク、イメージスキャナ、各種センサなどが含まれる。出力装置と合わせて入出力装置(I/O device)と総称することもある。イヤホンマイクやプリンタ複合機など、入出力の両方の機能を一体的に提供する装置もある。

※15フォースフィードバック

入力装置における機能の一種で、入力操作や画面内のアクションに呼応して入力装置に振動や衝撃を伝える機能のこと。

フォースフィードバックによってコンピュータ操作の反応を、触覚を通じて感じることができ、より現実世界の感覚に近い、バーチャルリアリティを体験することができる。

ア)GPIO(汎用IO)

GPIOは汎用I/Oポートとも言われるが、GPIOはI/Oのうちデジタル信号に関するピンのことであり、GPIOはユーザ側で制御でき、入力でも出力でも使用できることから汎用の名前がついている。

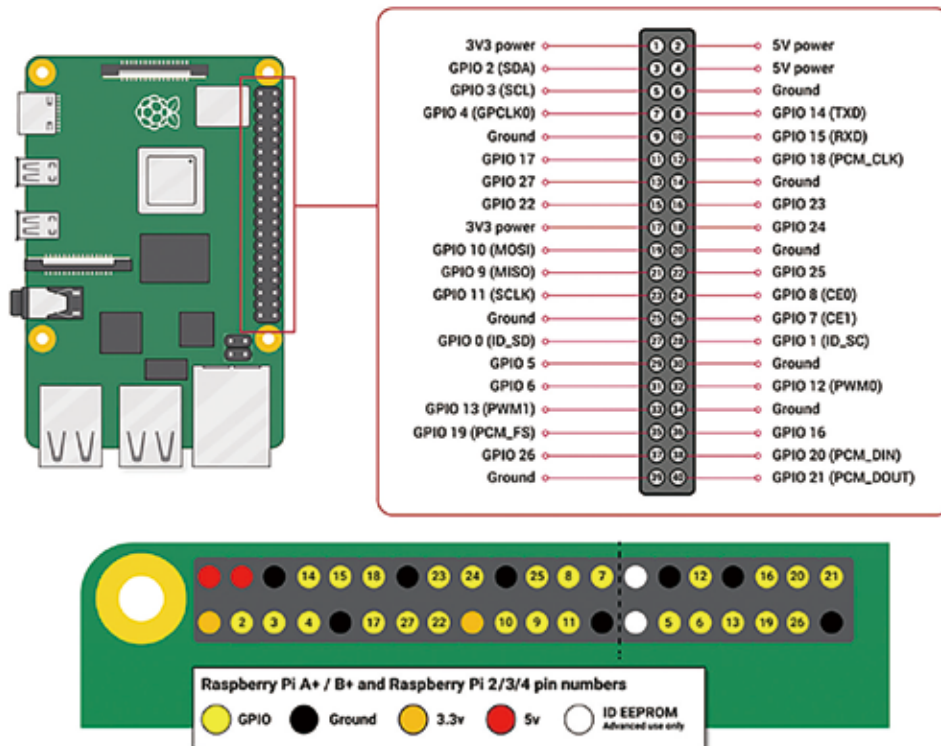


図1.27 GPIOを使用した小型コンピュータの模式図
(出典: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>)

イ)コンピュータ、マイクロコンピュータに活用されるGPIO

GPIOはピンが少ない集積回路、ビデオカードなどの多機能なチップ、ビデオや液晶ディスプレイなどの組み込み式アプリケーションに活用されている。つまりテレビや洗濯機、スマートフォン、おもちゃなど、コンピュータ機器に限らず、マイクロコンピュータが使用されているさまざまな機器に使用されているということである。

GPIOを使用することによって、スイッチのON、OFFなどのデジタル信号がマイクロコンピュータに送られ処理が行われる。

出力の場合も同様で、単にLEDなどの出力装置を設置しただけではコンピュータの指示は出力装置にまで届かないが、GPIOを活用することによって指示がデジタル信号で届き、処理が実行される。

コンピュータでは、64ピンなどのように複数のGPIOが使用されている。たとえば、62ピンが存在するとして、この62ピンはユーザの設定によって自由に入力用、出力用と組み替えることが可能である。ユーザの設定次第では、入力用を多くしたり、出力用を多くしたり、カスタマイズすることができる。

また、GPIOは、有効・無効の設定が可能である。たとえば、CPUを管理するのにあたって、不要な部分は時と場合に応じて無効にすることができる。必要であればユーザの設定で有効にもできる。

なお、GPIOを使用した入力値は、割り込みが可能である。GPIOコントローラの一部においては両エッジの信号で割り込みをすることができる。こうした割り込み機能は、ボタンイベントなどの機能でよく活用されるものである。

その他、GPIOは出力値で読み書きが可能のほか、入力値においては読み出しが可能となっている。入力、出力と汎用性の高いGPIO。ラズベリーパイ(Raspberry Pi)など、自身でマイクロコンピュータを動かしたい場合の組み込み式プログラミングを作る際にもよく使用される。

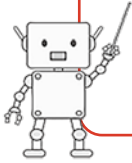


図1.28 GPIOを搭載した小型コンピュータ(ラズベリーパイ)
(出典: <https://time-space.kddi.com/ict-keywords/20190718/2699>)

(3) ユーザーインターフェイス

ポイント

- ◇ユーザーインターフェイス
利用者が対象を操作するために接する部分。
- ◇ヒューマンユーザーインターフェイス
人間が使用するのに必要な安全性、信頼性、利便性などをもった機械システム。



① ユーザーインターフェイス(UI)

ユーザーインターフェイスとは利用者が対象を操作するために接する部分のことである。パソコンの場合、マウスやキーボード、ディスプレイといった機械的な要素、どのように操作するかという手順、画面に表示されるメニューやアイコン、ウインドウといった視覚的要素、警告音や文字の読み上げといった聴覚的要素などを指す。

機械の性能だけでなく、ユーザーインターフェイスの出来不出来も対象の使い勝手に大きく影響する。Windowsのように文字以外の視覚的要素を操作対象として利用するものを、グラフィカル・ユーザーインターフェイス(GUI)と呼ぶ。

② ヒューマンユーザーインターフェイス

人間が使用するのに必要な安全性、信頼性、利便性などをもった機械システムを人間の知覚、認知、行動を熟知したうえで利用者と機械を含んだ系をシステム的にとらえて構築したものである。インターフェイスを人間と外界との相互作用と考え、機械と人間だけでなく、日常の生活空間の設計などあらゆる分野に使用できると考えられる。

なお、ヒューマンインターフェイスには、ハードウェア技術とソフトウェア技術の二つが存在するが、これらの技術を分離して考えることは不可能である。コンピュータとユーザとの良好なインターフェイスを保つためのソフトウェア技術をユーズウェアと呼ぶ。

ア) グラフィカルユーザーインターフェイス (GUI)

入力としてキーボードやマウスといったデバイスを用い、ディスプレイ上にグラフィカルな出力を提示する方式のことである。

マウスを使った入力方式はWindowsやMac OSのものが一般的だが、他にも境界線と交差するマウスポインタの動作で何らかの情報を入力する方式 (Crossing Based Interface)、マウスジェスチャで制御する方式などもある。



図1.29 GUIの例

(出典: http://www.thg.ru/software/windows_7/windows_7_screenshots_0_1.html)

イ)ウェブユーザインターフェイス (WUI)

ウェブページ生成によって入出力を行い、それをインターネット上で転送し、ウェブブラウザでユーザがそれを表示する。既存のHTMLベースのウェブブラウザを使うことができ、制御はJava・Ajax・Adobe Flash・Microsoft.NETといった比較的新しい技術で実装される。

ウ)キャラクタユーザインターフェイス (CUI)

ユーザがキーボードからコマンドを入力し、ディスプレイ上に文字を表示することで出力とする方式。マウスなどポインティングデバイスを使用しないシステム管理作業などで使われる。

```
CentOS Linux 7 (Core)
Kernel 3.10.0-229.el7.x86_64 on an x86_64

localhost login: study
Password:
Last login: Wed Dec 9 04:09:57 on tty1
[study@localhost ~]$
[study@localhost ~]$ df -h
Filesystem                Size      Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/centos-root    42G       3.7G   38G    9% /
devtmpfs                   911M         0   911M    0% /dev
tmpfs                       921M       84K   921M    1% /dev/shm
tmpfs                       921M       8.7M   912M    1% /run
tmpfs                       921M         0   921M    0% /sys/fs/cgroup
/dev/mapper/centos-home    21G        65M   21G    1% /home
/dev/sda1                   497M      124M   374M   25% /boot
[study@localhost ~]$
```

図1.30 CUIの例

(出典: https://image.itmedia.co.jp/ait/articles/1602/19/l_nyumon_02-01.png)

エ)触覚インターフェイス

補助的な出力として触覚フィードバックを用いる方式。コンピュータシミュレーションやバーチャルリアリティで使われる。

オ)タッチインターフェイス

タッチパネルとGUIを入出力に使う方式。工業機械やセルフサービス型機械(ATMなど)またはタブレットなどでよく使われる。



図1.31 タッチインターフェイスの実用例
(出典:<https://zytronic.jp/in-use/banking/>)

調べてみよう



みなさんが普段使用しているコンピュータやスマートフォン、実習で使用する機材には、どのような入力インターフェイスがあるだろうか。書き出してみましょう。



3. ネットワーク概論

(1) インターネット原理

ポイント

- ◇インターネット原理
インターネットの基礎になっているのはデータ通信で、デジタルデータを音声、電気、光などの信号に変換して別のコンピュータに送信している。
- ◇IPアドレス
インターネット上で通信端末に割り振られているアドレス(住所)で、ネットワーク機器は、そのIPアドレスを手がかりに、目的の端末までデータを届ける。

① インターネット通信を支えるIPアドレス

インターネット上で通信する端末は必ずIPアドレスというインターネット上の住所を示すものを持ち、インターネットで使われているネットワーク機器(以後、NW機器という)は、そのIPアドレスを手がかりに、目的のIPアドレスを持つ端末までデータを届ける。

例えば、PC-A(IPアドレス=1.1.1.1)がサーバB(IPアドレス=2.2.2.2)に通信するときは、PC-Aが、送りたいデータの先頭に「送信元IPアドレス=1.1.1.1」「宛先IPアドレス=2.2.2.2」という情報を付ける。

間のNW機器は宛先の2.2.2.2というIPアドレスがどこに存在するかを知っているので、適したNW機器に転送する。次のNW機器でも同様の所作を行う。これをルーティングと言う。このルーティングにより、サーバBに届く。

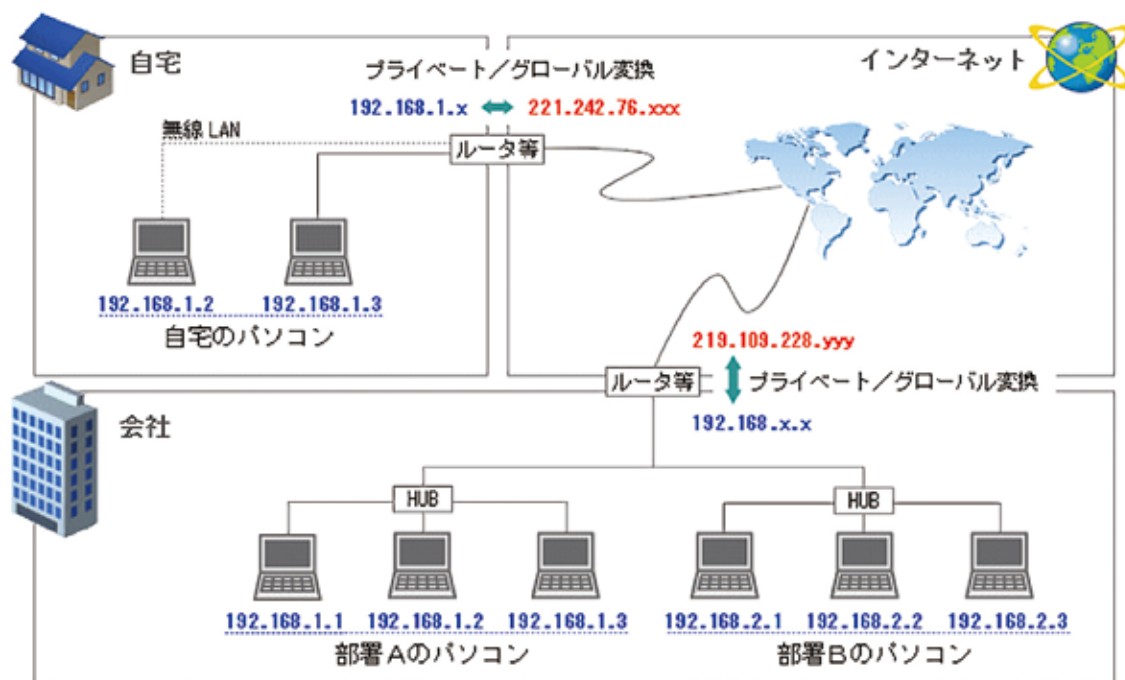


図1.32 IPアドレスの概念図 (出典: <https://www.cman.jp/network/term/ip/>)

② IPアドレス

IPアドレスは、32bitで表現され8bit(0~255)毎にドットで4箇所に区切られ、端末やルータは0.0.0.0~255.255.255.255の間のどれか適した値をIPアドレスとして割り振ることができる。適したと表現したのは、この中でも一般的には使えないものが混在しているためである。

IPアドレスはグローバルIPアドレスとプライベートIPアドレスに分けることができる。IPアドレスが誕生したときは、このような区分は無く、全てがグローバルIPアドレスの位置づけであったが、インターネット利用者が予想を超えて莫大に増えIPアドレスが枯渇してきたため、このような区分ができた。

③ グローバルIPアドレス

グローバルIPアドレスはインターネットに接続するために必須のもので、好き勝手に設定してしまっても通信ができない。このグローバルIPアドレスが重複しないように管理をしているのがIANAという組織で、その下位組織としてアジア圏であればAPNIC、そのさらに下位組織として日本であればJPNICがいる。

日本のISP事業者はJPNICからIPアドレスを割り当ててもらい、それを再販する形でインターネットサービスを運営している。

④ プライベートIPアドレス

一方インターネットを使わないようなNW、たとえば組織内だけで使うNWであれば、自分たちの好きなIPアドレスを付与してしまっても問題がない。そのためのIPアドレスが、プライベートIPアドレスである。

⑤ プロトコル

通信での送受信の手順を定めた規格のことである。異なるメーカーのソフトウェアやハードウェア同士でも共通のプロトコルに従うことによって、正しい通信が可能になる。

インターネットでは通信相手とのデータの送受信をTCP/IP(TCPとIP)と呼ばれる基本プロトコルで行い、そこで送受信されるデータ内容の表記を別のプロトコルで定めることによって、各種のサービスを実現している。たとえば、ウェブではHTTP、ファイル転送ではFTP、メール転送ではSMTPである。

⑥ OSI参照モデルと階層化

OSI参照モデルとは国際標準化機構(ISO)によって策定された、コンピュータの持つべき通信機能を階層構造に分割したモデルである。通信機能(通信プロトコル)を以下の7つの階層に分けて定義している。

- 第7層「アプリケーション層」:具体的な通信サービス(ファイルやメールの転送、遠隔データベースアクセスなど)を提供、HTTPやFTP等
- 第6層「プレゼンテーション層」:データの表現方法(たとえば、EBCDICコードのテキストファイルをASCIIコードのファイルへ変換)
- 第5層「セッション層」:通信プログラム間の通信の開始から終了までの手順(接続が途切れた場合、接続の回復を試みる)
- 第4層「トランスポート層」:ネットワークの端から端までの通信管理(エラー訂正、再送制御等)
- 第3層「ネットワーク層」:ネットワークにおける通信経路の選択(ルーティング)、データ中継
- 第2層「データリンク層」:直接的(隣接的)に接続されている通信機器間の信号の受け渡し
- 第1層「物理層」:物理的な接続。コネクタのピンの数やコネクタ形状の規定等

⑦ インターネットが社会にもたらした恩恵、メリット

- 情報の流れが非常にスムーズになりどんな情報も比較的簡単に入手できる。
- メールやメッセージ(業界ではIMと呼んでいる)の普及により、簡単に人とコミュニケーションできる。
- さまざまなサービスがインターネットに対応することにより、飛行機やホテルの予約、銀行の取引、保険の購入をはじめとしてさまざまな取引をインターネットのみで行える。

⑧ デメリット

- 情報やサービスがインターネットで利用できる反面、利用しない人、できない人に対する差は広がっていく。
- コミュニケーションが簡単になることにより、より深く人と交わることが少なくなる。
- インターネットはグローバル化を強制する。

(参考資料 2020 SEの道標「【図解】初心者にも分かるインターネット IPネットワークの仕組み ~IPアドレスとルーティングについて~」)

調べてみよう

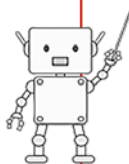


授業や自宅のネットワーク環境で使用するコンピュータやスマートフォンには、どのようなIPアドレスが割り振られていますか？ 調べて書き出してみましょう。



(2) インターネットアプリケーション (RIA:リッチインターネットアプリケーション)

ポイント



- ◇リッチインターネットアプリケーション
Webブラウザで単純なWebページを表示する方式を超える表現力や操作性を備えたWebアプリケーションのこと。
- ◇クライアントサーバシステム
コンピュータをサーバとクライアントに分け役割分担をして運用する仕組みのことで、スマートフォンのアプリケーションで多く採用されている。

リッチインターネットアプリケーション(RIA)とは、柔軟で優れた表現力や操作性を持ったWebアプリケーションの総称である。RIAはWebブラウザ上で動作し、DHTMLやJavaアプレット、Flash、Ajaxなどの機能を使用して動的・双方向的なWebページを表現する。

従来のHTMLやCSSのみで表現されたWebアプリケーションは、もっぱら静的なページをページ遷移によって切り替えていく方法だったが、RIAを導入することによって「動き」や「流れの良さ」があるユーザビリティの高いサイト構築が可能になった。

RIAの表現を完全に再現するには、閲覧する側(Webブラウザ)がRIAの提供する機能に対応している必要がある。ただしRIAに必要な機能の多くは、主要なWebブラウザによってサポートされているか、あるいはWeb上に無償で配布されている。

① クライアントサーバシステム

クライアントサーバシステムとは、コンピュータをサーバとクライアントに分け役割分担をして運用する仕組みのことである。LANにおける典型的なクライアントサーバシステムとしては、全員が共有しておきたいデータがおいてある「サーバ」があり、そこに一般のユーザが使う「クライアント」が複数接続されている状態である。

クライアントはサーバに対して「このデータを送ってほしい」という要求をし、それに対してサーバは要求されたデータを送る、といったことを行う。

② インターネットで使われている技術TCP/IP

インターネットで使われている標準のプロトコルである。プロトコルとは相互にデータをやり取りするための決まりごとである。現在のオペレーティングシステムでは標準でTCP/IPの機能が組み込まれている。

また、標準で組み込まれているため、インターネット以外のネットワーク、たとえば、LANを構築するときなどにも使われている。

③ IPアドレス

インターネットに接続されたコンピュータを識別するための番号。通常のインターネット接続では自動的に割り振られる。

しかし、LANを構築するときなどには、自動的に割り振るよりも、固定して使ったほうが便利な場合が多いため、固定して使うこともある。

④ HTTP

ハイパーテキスト・トランスファ・プロトコルの略で、ホームページのデータを転送するために必要な決まりのひとつである。たとえば、当校のWebサイトを例にすると、<https://www.seigaku.ac.jp>のように表す。

⑤ FTP

ファイル・トランスファ・プロトコルの略で、インターネットを通じてファイルをやり取りするための決まりごとである。インターネットの初期(ホームページもない時代)から使われてきたプロトコルで、HTTPなどに比べてサーバへの負荷が少ないのが特徴である。

現在ではファイルのダウンロードをするときに使われるほか、自分で作ったホームページをサーバへ転送して公開するときによく使われる。

⑥ P2P

peer-two-peerの略。インターネットにおいて一般的に用いられるクライアント・サーバ型モデルでは、データを保持し提供するサーバとそれに対してデータを要求・アクセスするクライアントという二つの立場が固定されているのに対し、P2Pは各ピアがデータを保持し、他のピアに対して対等にデータの提供および要求・アクセスを行う自律分散型のネットワークモデルであり、サーバまたはクライアントのそれぞれの立場に固定されることがない。

⑦ DNS

Domain Name Systemの略で、その名前が示すようにインターネット上でドメイン名を管理・運用するために開発されたシステムである。

DNSはインターネットを利用するうえでなくてはならない存在であり、現在のインターネットにとって必要不可欠なシステムの一つとなっている。当校のWebサイトを例にすると、<https://www.seigaku.ac.jp>のseigaku.ac.jpがDNSを表す。

⑧ SMTP、POP

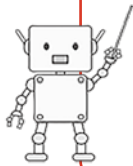
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol(シンプル・メール・トランスファ・プロトコル))とは、「メールを送信する仕組み」のことで、あえて訳すと「簡単なメールの送信の手順」である。

POP (Post Office Protocol(ポスト・オフィス・プロトコル))とは、「メールを受信する仕組み」のことで、あえて訳すと「郵便局の手順」である。

なお、「SMTP」サーバと「POP」サーバは同じ名前であることが多い。つまり、一台二役しているということが多い

(3) 5Gの取組

ーポイントー



◇ 5G

4Gを発展させた「超高速通信」に加え、多数の機器が同時にネットワークに繋がる「多数接続通信」、遠隔地でもロボット等の操作がスムーズに行える「超低遅延通信」を可能とするもの。

① 5G(5th Generation、第5世代通信)への期待

無線通信技術の急速な進展と人々のワイヤレスサービスに対する利用ニーズの高度化、多様化に伴い、携帯電話・スマートフォンについては、3.9 世代移動通信システム(LTE)や第4世代移動通信システム(4G)の導入による通信速度の高速化と情報量の大容量化が進んでいる。

最近、4Gの次の移動通信システムとして、5Gの実現が世界的に期待されている。5Gによって、4Gを発展させた「超高速通信」だけでなく、多数の機器が同時にネットワークに繋がる「多数接続通信」、遠隔地でもロボット等の操作をスムーズに行える「超低遅延通信」が可能になる予定である。

そのため、5Gは、あらゆる「モノ」がインターネットにつながるIoT社会を実現する上で不可欠なインフラとして大きな期待が寄せられている。総務省をはじめとする行政や各企業・業界など、国を挙げてプロジェクトが進められており、経済効果は30兆円以上と予測されている。映像機器や自動運転車、産業ロボット、建設機械、医療機器など、5Gに対応した新しい技術の発展が期待される。

参考資料(https://www.soldi.jp/articles/about_5g)

② 移動通信システムの歴史

移動通信システムの歴史およびそれぞれの機能、特徴を表1.2に示す。

表1.2 移動通信システムの歴史

システム	年代	機能等
1G	1980年～	<ul style="list-style-type: none"> 初めて「携帯電話」が登場した。 音声を電波に乗る信号に変換して通信するアナログ方式である。 そのため、機能は音声通話のみ。
2G	1990年～	<ul style="list-style-type: none"> 通信方式はアナログからデジタルへと変わった。 データ通信が容易になったことで、メールの利用やインターネット回線への接続が可能になった。 モバイルユーザーに対するビジネスも拡大。NTTドコモに続き、KDDIの前身にあたるDDIセルラーグループは「EZweb」を、ソフトバンクの前身にあたるJ-フォンは「J-スカイ」を開始した。 データ通信の利用が日常的になったことで、徐々に高速通信へのニーズが高まった。
3G	2000年～	<ul style="list-style-type: none"> 通信速度が大幅に向上し、より大容量のコンテンツを楽しめるようになり、「着うた」などのプラットフォーム上のサービスが一気に増加した。 初の国際標準の移動通信システムが開始され、日本の携帯電話を海外でも使えるようになった。 快適にインターネットに接続できるようになり、高速大容量通信へのニーズが高まった。
4G	2010年～	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォンの利用者数が激増した。 通信速度が飛躍的に向上したことで、スムーズなインターネット利用のほか、モバイルゲームや動画など大容量コンテンツを楽しめるようになった。
5G	2020年～	<ul style="list-style-type: none"> 「高速大容量」「高信頼・低遅延通信」「多数同時接続」という3つが特徴である。 4Gと比べて通信速度は20倍、遅延は10分の1、同時接続台数は10倍の進化が見込まれる。 4Gが「スマートフォンのためのモバイルネットワーク技術」とするならば、5Gは「社会を支えるモバイルネットワーク技術」といわれている。

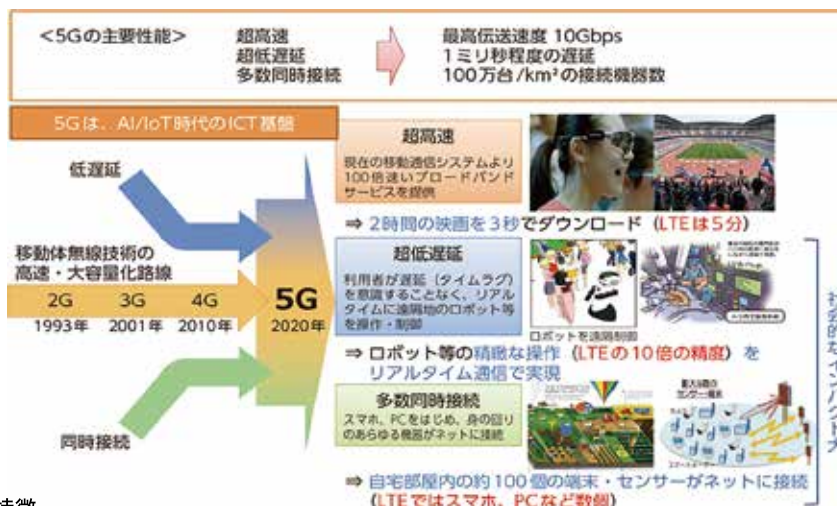


図1.33 5Gの特徴

(出典:2019年通信白書、<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd243330.html>)

③ 5Gの実現に向けて

総務省は、5Gの2020年(令和2年)までの実現に向けて、①研究開発・総合実証試験の推進、②国際連携・協調の強化、③5G用周波数の具体化と技術的条件の策定といった取組を推進している。

5Gの実現に不可欠な要素技術の研究開発に2015年度(平成27年度)から取り組んでいる。また、2017年度(平成29年度)からは、新たな市場の創出に向けて、実利用を想定した試験環境を構築し、様々な利活用分野の関係者が参加する5Gの総合的な実証試験を実施している。

5Gは経済や社会の世界共通基盤になるとの認識のもと、国際電気通信連合(ITU)における5Gの国際標準化活動に積極的に貢献するとともに、欧米やアジア諸国との国際連携の強化を進めている。

総務省としても、できる限り多くの携帯電話用周波数帯を確保できるよう、既存無線システムとの共用検討等を積極的に推進している。

さらに、5Gに使用する周波数を速やかに確保するため、国際的な動向等を踏まえつつ、情報通信審議会において、5G周波数確保に向けた考え方、既存無線システムとの周波数の共用、5Gの技術的条件の策定等に関する検討を進め、2019年(平成31年)4月に申請のあった携帯電話事業者に対して5G用周波数を割り当てた。

周波数の割当てに際しては、2年以内に全都道府県で5Gサービスを開始することを条件としており、今後順次、全国的に5Gが展開されていくこととなっている。

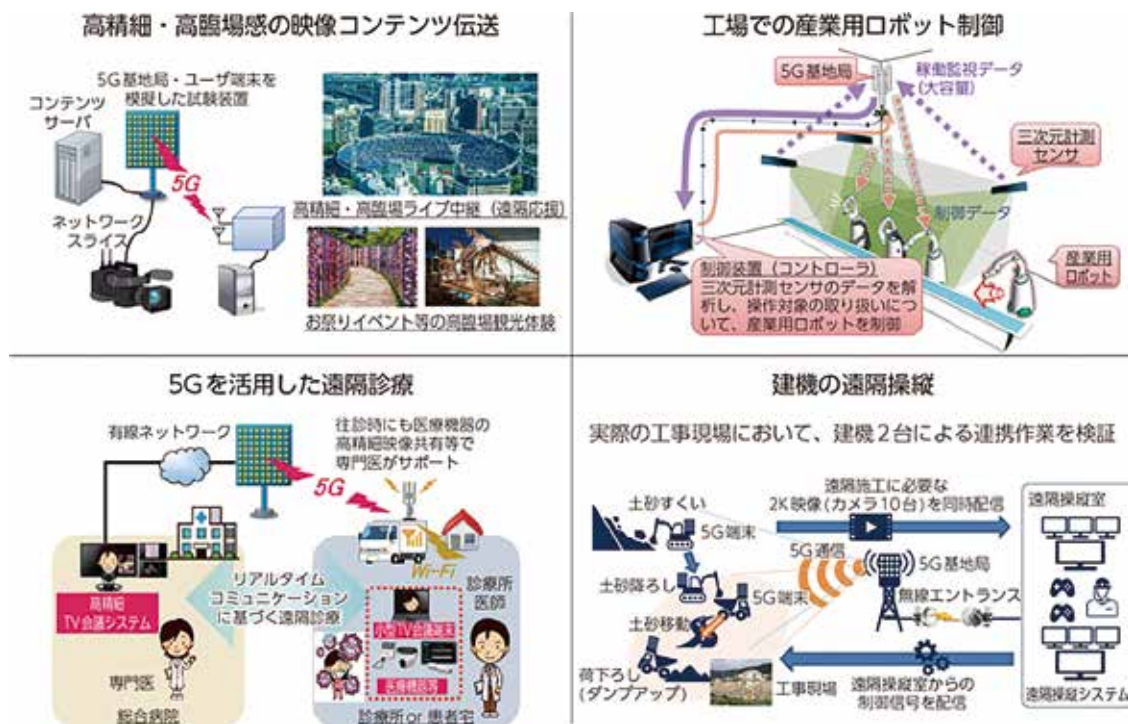


図1.34 5G総合実証試験の例

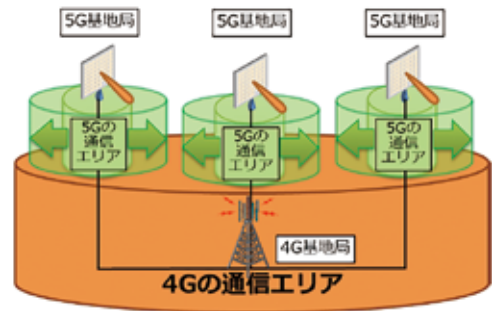
(出典:2019年通信白書、<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd243330.html>)

現在、IoTの普及に代表されるように通信ニーズの多様化が進んでおり、5G時代においては、より一層の多様化が進むと想定されている。

そのため、総務省では携帯電話事業者による日本全国でのサービス提供に加え、地域ニーズや個別ニーズに応じて、工場やスタジアムなどの様々な主体が5Gを活用したシステム(ローカル5G)を導入できる制度の検討を進めている。

5G全国サービス

- 4Gのインフラをベースにエリアを確保しつつ必要な場所に5G基地局を設置。ニーズに応じてエリアを拡大。



ローカル5G

- 全国サービスと同様に、自営BWA(4G)でエリアを構築しつつ、必要な場所にローカル5G基地局を設置。



図1.35 4Gのインフラをベースとしたローカル5Gシステムの構築
(出典:総務省総合通信基盤局「第5世代移動通信システム(5G)の今と将来展望」
http://www.soumu.go.jp/main_content/000633132.pdf)

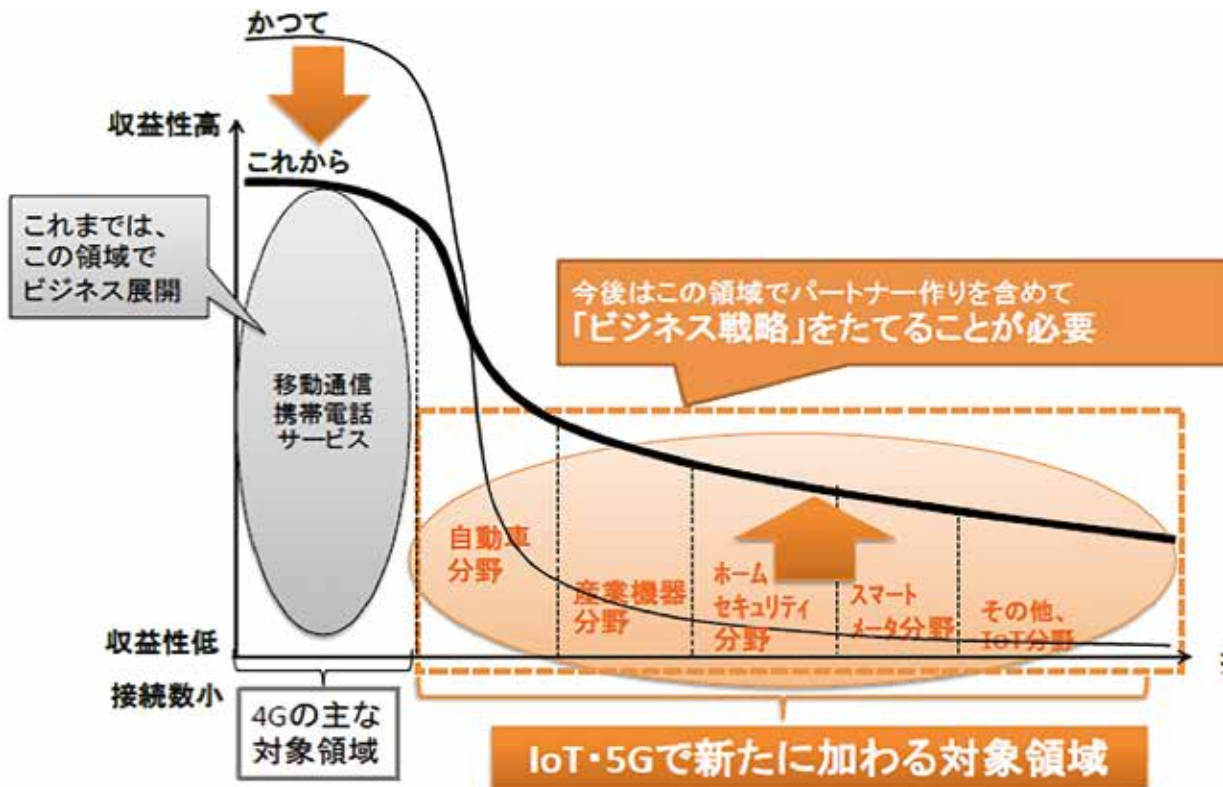


図1.36 IoT時代の構造の変化
(出典:総務省総合通信基盤局「第5世代移動通信システム(5G)の今と将来展望」
http://www.soumu.go.jp/main_content/000633132.pdf)

④ 5Gを支える光ファイバの整備

このような5Gが地方を含む全国各地で早期に利用されるためには、中継回線としても利用される光ファイバなどの整備を促進する必要がある。

これまで我が国の光ファイバは固定系ブロードバンドとして整備が進められ、現在、整備率(世帯カバー率)は2018年(平成30年)3月末で98.3%となっている。しかし、過疎地域や離島などの地理的に条件不利な地域では整備が遅れている。

今後、2020年(令和2年)の5Gの商用化を控え、中継回線としてのニーズも高まることが想定され、光ファイバの全国的な整備は、ますます重要になっている。

このような背景を踏まえ、総務省は2019年度(令和元年度)から、電気通信事業者等が5G等の高速・大容量無線局の前提となる光ファイバを整備する場合に、その事業費の一部を補助する「高度無線環境整備推進事業」を実施し、本事業によって光ファイバの整備を促進し、5Gの速やかな全国展開を実現する。

— 総務省:2019年度通信白書抜粋 —

考えてみよう



5Gは「高速大容量」「高信頼・低遅延通信」「多数同時接続」という3点が特徴である。みなさんは、将来の仕事に5Gをどのように活かせるだろうか。これまで学科内で学んだ内容や、調査した内容を踏まえて書き出してみましょう。

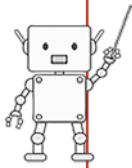


第2章

AI基礎

1. AIの概要

—ポイント—



◇AI

- ・計算という概念とコンピュータという道具を用いて知能を研究する計算機科学。
- ・言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピュータに行わせる技術。
- ・特に、人間の知能が持つ様々な側面のうち、「過去の経験から学習すること」「大局的な状況把握を行うこと」といった面がクローズアップされている。

(1) AIの概念と領域

AI(人工知能)とは、『計算(computation)』という概念と、『コンピュータ(computer)』という道具を用いて『知能』を研究する計算機科学(computer science)の一分野」を指すが、「言語の理解や推論、問題解決などの知的行動を人間に代わってコンピュータに行わせる技術」や、「計算機(コンピュータ)による知的な情報処理システムの設計や実現に関する研究分野」ともいわれる。

(2) AIの進化と利用の拡大

AI(人工知能)は、技術水準が向上しつつあるのみならず、既に様々な商品・サービスに組み込まれて利活用が始まっている。

身近なところでは、インターネットの検索エンジンやスマートフォンの音声応答アプリケーションである米Appleの「Siri」、Googleの音声検索や音声入力機能、各社の掃除ロボットなどが例として挙げられる。また、ソフトバンクロボティクスの人型ロボット「Pepper(ペッパー)」のように、AIを搭載した人型ロボットも実用化されている。

(3) AIブームの変遷

AIの研究は1950年代から続いているが、その過程ではブームと冬の時代が交互に訪れてきたとされ、現在は第三次のブームとして脚光を浴びている。開発された年から実際に使いだすのは10年後である。

表2.1 AIブームの変遷

<p>第一次人工知能(AI)ブーム</p>	<p>1950年代後半～1960年代である。コンピュータによる「推論」や「探索」が可能となり、特定の問題に対して解を提示できるようになったことがブームの要因である。冷戦下の米国では、自然言語処理による機械翻訳が特に注力された。</p> <p>しかし当時の人工知能(AI)では、迷路の解き方や定理の証明のような単純な仮説の問題を扱うことはできても、様々な要因が絡み合っているような現実社会の課題を解くことはできないことが明らかになり、一転して冬の時代を迎えた。</p>
<p>第二次人工知能(AI)ブーム</p>	<p>第二次人工知能(AI)ブームは、1980年代である。「知識」(コンピュータが推論するために必要な様々な情報を、コンピュータが認識できる形で記述したものを与えることで人工知能(AI)が実用可能な水準に達し、多数のエキスパートシステム(専門分野の知識を取り込んだ上で推論することで、その分野の専門家のように振る舞うプログラム)が生み出された。</p> <p>日本では、政府による「第五世代コンピュータ」と名付けられた大型プロジェクトが推進された。</p> <p>しかし、当時はコンピュータが必要な情報を自ら収集して蓄積することはできなかつたため、必要となる全ての情報について、人がコンピュータにとって理解可能なように内容を記述する必要がある。</p> <p>世にある膨大な情報全てを、コンピュータが理解できるように記述して用意することは困難なため、実際に活用可能な知識量は特定の領域の情報などに限定する必要がある。こうした限界から、1995年頃から再び冬の時代を迎えた。</p>
<p>第三次人工知能(AI)ブーム</p>	<p>2000年代から現在まで続いているブームであり、現在「ビッグデータ」と呼ばれているような大量のデータを用いることで人工知能(AI)自身が知識を獲得する「機械学習」が実用化された。</p> <p>次いで、知識を定義する要素を人工知能(AI)が自ら習得するディープラーニング(深層学習や特徴表現学習とも呼ばれる)が登場したことがブームの背景にある。</p>

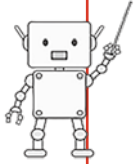
第一次、第二次ブームでは、人工知能(AI)が実現できる技術的な限界よりも、社会が人工知能(AI)に対して期待する水準が上回っており、その乖離が明らかになることでブームが終わったと評価されている。

このため、現在の第三次ブームに対しても、AIの技術開発や実用化が最も成功した場合に到達できる潜在的な可能性と、実現することが確実に可能と見込まれる領域には隔たりがあることを認識する必要がある、との指摘がある。

たとえば、ディープラーニングによる技術革新はすでに起きているものの、実際の商品・サービスとして社会に浸透するためには、実用化のための開発であったり社会環境の整備であったりという取組が必要である。実用化のための地道な取組が盛んになるほど、AIが社会にもたらすインパクトも大きくなり、その潜在的な可能性と実現性の隔たりも解消されると考えられる。

2. AIインターフェイス

ポイント



- ◇入力装置
プログラムやデータを入力し、電気信号に変換する装置が入力装置。
- ◇出力装置
コンピュータからデータを受け取って、人間に認識できる形で外部に物理的に提示する装置。
- ◇ユーザインターフェイス
ユーザとコンピュータの間で、情報をやり取りするための仕組み。人と機械との間に介在し、人への情報提供、機械への指令などをやり取りする部分で、機械を使いやすくするためのソフトウェアやハードウェア全般を指す。

AI技術を様々な分野に応用していくためには、人間の目、耳、手のように五感に相当するもの(インターフェイス)が必要である。1章でもインターフェイスについて説明したが、この節では、特にAIで必要となるインターフェイスについて概説する。

(1) 入力装置

まず、パソコンを例にとると、入力装置としてキーボードが使われており、さらに座標を入力するマウスや、音声を入力するマイクロホンとサウンドボード、画像を入力するカメラとビデオボードなどが備わっている。このほか、AI分野ではパソコンと連携して使用することが可能な入力装置として、イメージスキャナ、デジタルカメラなどがある。

① デジタルカメラ

人間では目に相当するインターフェイスである。デジタルカメラとイメージスキャナのほとんどは、画像入力デバイスとしてのセンサにはCMOSセンサやCCD(電荷結合素子)を使っている。

これらは代表的なイメージセンサであり、その表面には、小さな受光素子であるフォトダイオードが数十万個から数百万個以上並んでいる。そして、それぞれの受光素子は入射された光の強さに応じた信号電荷を発生し蓄えることができる。

CMOSセンサでは、各画素のフォトダイオードに付属したスイッチを次々に切り替えて、信号電荷を高速に読み出す仕組みである。

一方、CCDでは、受光部の端には、電極が並べられた転送部があり、ここにある転送信号を与えると、全受光素子が蓄えている電荷が順次となる電極に移動し、電荷を外部に出力する仕組みである。

受光素子の前には、R(赤)、G(緑)、B(青)の3色のカラーフィルタがあり、各色に対応して送り出された電荷は、A-D変換器によってそれぞれ8ビットのデジタル情報に変換される。すなわち、1画素につき24ビットの信号として出力される。

画像センサー(撮像素子)

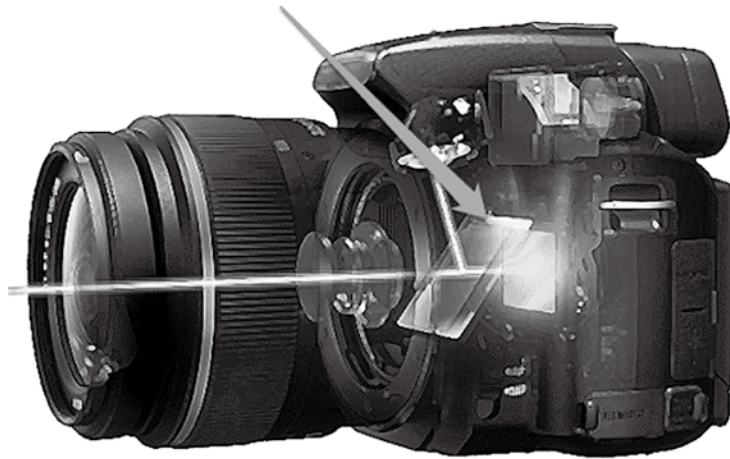


図2.1 デジタルカメラと内部構造
(出典: <https://c-camera.com/camera/page236.html>)

② イメージスキャナ

イメージスキャナは、紙に書いたり印刷したりした文書や図面を光学的にスキャン(走査)して、このデータをA-D変換して画像としてコンピュータで取り込む装置である。単に、「スキャナ」とも呼ばれる。イメージスキャナは、出版物や広告デザインの制作やWebページなどのマルチメディア制作に欠かせない機器である。

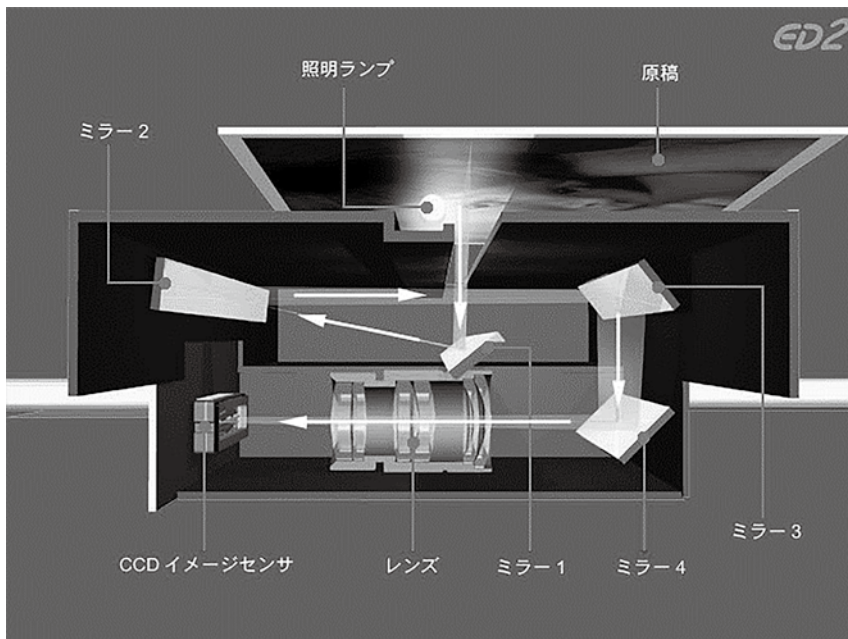


図2.2 イメージスキャナの内部構造
(出典: <http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/1307/>)

③ 入出インターフェイス

コンピュータと外部との間のデータを入出力するための入出インターフェイスには、バス、ビデオポート、ネットワークアダプタなどがある。

◇バス

バスは、パラレル信号線でコンピュータのボードに直接接続されており、いくつかの規格がある。ハードディスクドライブ(HDD)を接続するためのIDEバスは、フラットケーブルで増設のHDDやCD-ROMドライブを接続する。ISAバス、PCIバスは、拡張ボードのための規格で、もともとはISAバスが標準だったが、32ビットのデータ幅など仕様が改善されたPCIバスが、今では広く使われている。

また、キーボード、マウスなどのインターフェイスを1本にまとめ、新しい機器も接続できるようにしたUSBや、マルチメディアデータの高速通信が可能なIEEE 1394バスも装備されている。

◇ビデオボード

ディスプレイの表示サイズや表示色数を拡張したり、動画データを取り込んだりする基板を、ビデオボードやビデオキャプチャボードという。

ビデオボードは、パソコンの拡張スロットに差し込んで使用するが、すでに装備されているパソコンが一般的である。

さらに、カメラを内蔵したパソコンも増えている。ビデオキャプチャボードには、テレビチューナを内蔵したものや、動画圧縮チップを搭載したボードもある。

◇ネットワークアダプタ

コンピュータをLANに接続するためのハードウェアを、ネットワークアダプタと言う。ほとんどのLANは、国際標準化された「イーサネット」という規格である。「イーサネット」には、使用するケーブルによって最大通信速度が決まり、10BASE-2、10BASE-T、100BASE-TXなどが規格化されている。

◇サウンドカード

オーディオ信号を入出力するための基板が、サウンドカードまたはサウンドボードである。拡張スロットに差し込んで使用する場合もあるが、最初からパソコンのボードに搭載されている場合がほとんどである。

④ 各種センサ

センサは私たちの日常生活の至るところに存在している。例えば部屋の中にあるエアコンには温度や湿度を計測する温度センサや湿度センサがある。

玄関に設置されているインターホンにはカメラやマイクがあり、イメージセンサや音センサを備えている。夜になると自動的に点灯する外灯は、日照の明るさを光センサで検知している。また、スマートフォンでは、現在地を確認するためのGPSや手ぶれ防止のためのジャイロセンサがある。



(a) 温湿度センサモジュール



(b) GNSSモジュール

図2.3 各種センサの外観

(出典: <https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-15491/>
<https://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-09991/>)

表2.2 IoTで使用されるセンサの種類とその用途の一部

センサ名	用途
温度センサ	温度を測定するセンサ エアコン、空調機器関連
湿度センサ	湿度(空気中の水蒸気の割合)を測定するセンサ 自動換気扇、空調機器関連
圧力センサ	気体や液体などの圧力を測定するセンサ 血圧計、洗濯機や風呂の水位測定
光センサ	光の強弱や断続を測定するセンサ 受光部だけのものと、発光部と受光部を両方持つものがある 外灯、人やモノの有無検出
地磁気センサ	方角を知るため地磁気を検知するセンサ カーナビ、スマートフォン
GNSS	人工衛星を利用した位置情報計測システム カーナビ、スマートフォン
加速度センサ	物体の移動に伴う速度の変化を検知するセンサ カーナビ、エアバッグ(自動車)

センサ名	用途
ジャイロセンサ	物体の回転を検出するセンサ カーナビ、スマートフォン、デジカメ
CMOS イメージセンサ	画像を二次元の受光面に結像させ、電気信号に変換するセンサ デジカメ、Webカメラ、車載カメラ
音センサ	音の振動を計測するセンサ マイクロフォン、携帯電話、録音機器
距離センサ	測定対象物との距離を測定するセンサ。TOF式等がある 自動運転、自律移動型ロボット

⑤ データグローブ

データグローブとは、コンピュータと人間とのインターフェイス用装置の一つであり、人間の手の単純な動作から情報入力を直感的に行なえるセンシング装置として考案された電気仕掛けの高価な手袋である。

指の曲がり具合のような物理データの取得に多様なセンサ技術が用いられ各種形式が存在するが、一般への普及は限られている。

限定的ながらコンピュータからの反応出力も行なえるものもある。片手だけものが多いが、両手で使用するものもある。

比較的低価格のものは指の曲がりだけが計られるが、価格に応じて、指同士の角度や手首の動き、外部装置と組み合わせられるなどして手の絶対位置や姿勢まで読み取れるものもある。

指の曲がり具合は光ファイバや抵抗素子などで測定され、手の絶対位置や姿勢データは磁気センサや慣性センサといったモーション・トラッカーにより計測される。

これらの動きは直ちに専用のソフトウェアによって解釈され、一つの動作から多数のデータが生じる。ソフトウェアによっては、手の特別な動きはジェスチャーとして判別されてコンピュータへは命令として伝えられる。

高機能なデータグローブは、グローブ内の指先を押すことで手が触った感覚を再現する、触覚フィードバック機能まで備え、情報入力だけでなく出力装置としても使用できるものがある。



図2.4 データグローブの外観 (出典:https://www.tegakari.net/2017/08/manus_vr/
<http://www.nihonbinary.co.jp/Products/VR/PositionTracking/CyberGlove.html>)

(2) 出力装置

コンピュータのマルチメディア情報の出力装置として代表的なものに、ディスプレイとプリンタがある。このほか、オーディオの出力装置として、スピーカやヘッドホン端子を備えたコンピュータが多くなっている。

① ディスプレイ

コンピュータのディスプレイ上の文字や図形は、小さな点(画素、ピクセル)の集合体であり、この点が1インチあたり何個表示されるかで表示の密度が決まる。現在実用化されているディスプレイを、表示方式で分類したものを表2.3に示す。

ディスプレイは、自身で光を出す「自発光型」と、他の光源を利用する「受光型」に分類できる。CRT (Cathode Ray Tube : ブラウン管) やプラズマディスプレイパネル (PDP: Plasma Display Panel)、有機EL (Electro-Luminescence) 現象を利用した有機ELディスプレイなどは自発光型であり、液晶ディスプレイ (LCD) は受光型である。

表2.3 ディスプレイの種類

分類	表示方式
受光型	透過型液晶(バックライト付き) 反射型液晶
自発光型	有機ELディスプレイ、プラズマディスプレイ、CRTディスプレイ

◇CRTディスプレイ

CRTディスプレイは、テレビのブラウン管と同じで、管面の内側に塗られた赤(R)、緑(G)、青(B)の蛍光体に、細く絞った電子ビームを当て、これを順にスキャンして管面全体に文字や図形を描いている。

画面は、精細で明るく優れているが、奥行きが大きく重いことが欠点で、消費電力も大きくなる。CRTディスプレイは最近では使用されず、液晶ディスプレイに置き換わってきている。

◇液晶ディスプレイ

液晶 (LCD: Liquid Crystal Display) という言葉は、「液体でも結晶でもない中間の状態にある物質」をさしている。液晶の分子は、その並び方が電界によって変化する性質を持ち、電圧をかけて電界を与えることにより光の透過率が大きく変わる。

液晶ディスプレイは、この「電圧で透過光の量を調節できる性質」を利用し、電極をつけた液晶をひとつの表示画素として多数並べておき、RGBのカラーフィルタと組み合わせて、フルカラー表示を可能としている。

◇有機ELディスプレイ

携帯電話やPDAなどの小型ディスプレイや、大型テレビのディスプレイで実用化されている有機EL (Electro-Luminescence) 機能を用いたものが有機ELディスプレイである。有機化合物に電圧をかけて発光させる発光ダイオードの一種で、薄型で軽量なメリットがあり、高いコントラストが実現でき視野角も広いという特徴がある。

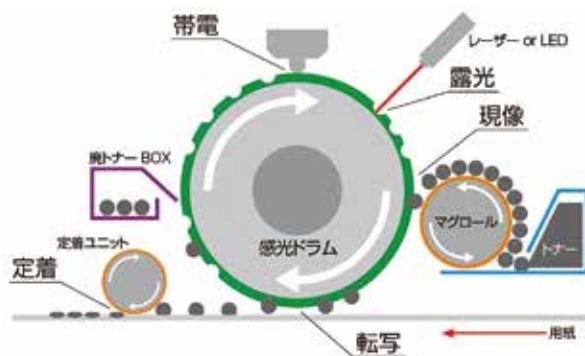
② プリンタ

現在、コンピュータのプリンタとして広く使われているものには、レーザープリンタとインクジェットプリンタがある。

レーザープリンタは、静電気を帯びた回転するドラムに、コンピュータからのプリントイメージ情報に従って、レーザー光を当てて不要な部分の電荷を中和する。

次に、静電気が残っているところにトナー（顔料の粉）を付着させ、できたトナーの画像を紙に転写し、最後にトナーが取れないように熱を加えて定着させる。従来のタイプライタやインパクトプリンタのように、物理的に文字の型とインキを紙に押し付けて転写するわけではないので、音が静かで高品位で高速な印刷が可能である。

しかし、価格が高く、消費電力が大きいことが欠点である。一方、インクジェットプリンタは、ノズルからのインクを紙に吹き付けて印字する方式である。



(a)レーザープリンタの原理



(b)インクジェットプリンタの原理

図2.5 各種プリンタの印刷のしくみ

(出典：<http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/1607>/<https://shanimu.com/2016/09/10/post-1831/2/>)

③ 特殊出力

◇VRゴーグル

最近よく言われているVR (Virtual Reality (バーチャル リアリティ))とは、VRヘッドセット・VRゴーグルを使うことで、仮想空間にいるような体験ができるもののことを言う。

仮想空間にいるような体験とは、360度見渡せるコンテンツの中に入り込んだような体験や、自分の動作が仮想空間に反映される体験のことを言う。

ももとは高度な処理ができるPCが必要で高価な機器を使わないと体験できないものだったが、最近ではスマートフォンとレンズ付きVRゴーグルを使った体験が可能である。独立型のVRヘッドセットも安くなってきており、日本でも普及の兆しをみせている。



図2.6 VRゴーグルの外観

(出典：<https://moov.ooo/article/5c71f34d67b7530be72f38f3>)

◇3Dプリンタ

3Dプリンタは現在製造業で注目されており、あらゆる場面で活用されている。その理由の一つとして、柔らかいゴム素材からアルミなど強度のある金属素材まで、様々な材料で造形物を出力できることが挙げられる。3Dプリンタの造形方式には数種類の方式があり、方式ごとに使える材料や造形物の特性は異なる。

日本のものづくり現場では、市場の個々のニーズに合わせるため、多品種小ロットの高付加価値製品へのシフトがますます加速している。

そのような中、ものづくりの各工程において、3Dプリンタが活躍する領域がますます広がってきていることから、製造業での3Dプリンタの活用が急速に進み、ものづくりを支える重要な役割を担っている。

- 開発期間の短縮
- コストの削減
- 作業効率／品質のアップ

(3) ユーザーインターフェイス

ユーザーインターフェイスとは、人と機械の間に介在し、人への情報提供、機械への指令などをやりとりする部分を指す。簡単にいえば、人と機器をつなぐ部分、つまり機器の表示やユーザの操作を受け付ける部分のこと。

情報というものは、文字や映像によって表現されたものだけを指すのでない。人間が、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚という「五感」などを通じて外界から受け取ったり、自分の身体や声を通じて外界に伝えたりするもの、それらもまた情報である。

これらの情報をやりとりして人間と外界の間をつなぐものを、「ヒューマン・インターフェイス」と呼ぶ。

身近にある例では、自動車の各種のスイッチ、ハンドル、レバー、ディスプレイ、カーナビ、パソコンのディスプレイ画面やキーボード、マウスなども、典型的なヒューマン・インターフェイスである。

(4) インターフェイスの応用(各分野)

① 自動運転

「認知」「判断」「操作」の3つの処理を連動して行う、というのが自動運転の基本的な仕組みである。

まず、「認知」とは周囲の状況を検知することである。ミリ波レーダセンサと呼ばれる技術は進歩がめざましく、現在すでに衝突予防システム、先行車両との車間を調整するシステム、車線からの逸脱を防止するシステムにも採用されている。

「判断」は、検知によって得た情報から、どう車を動かすか意思決定を行うことである。この判断は人工知能(AI)技術の活用が待たれるところだが、今のところは「ルールベースシステム」という手法が使われている。これは交通ルールとも重なる明確なルールを数多く用意し、それらに基づくアルゴリズムによって判断を下すというものである。

「制御」は、認知と判断の結果を基に、自動で車の運転操作を行うことを指す。現在は、ある程度までの運転走行を制御する「半自動運転」が実現しているが、今後、実現すると考えられる完全自動運転では、車に乗る人はほとんど運転について関与せず、自動運転システムが車を動かすことになると予測されている。

◇自動運転を実現する主な技術

•ダイナミックマップ

高精度の三次元空間情報を持つデジタルマップのことある。カーナビなどに使用される3D地図だけでなく、交通事故、渋滞、周辺車両の進行状況、天候といった時間の経過によってリアルタイムに更新される情報を組み込んだマップデータである。

•高度道路交通システム(ITS)

人と道路と自動車という三者間で情報をやり取りして分析・処理を行うことで、事故や渋滞を解消し、さらに省エネや環境対策も実現しようというシステムである。自動運転との関連では、ITSとの相互連携によって道路交通の最適化が行われる。

•人工知能(AI)

自動車メーカー、IT企業など世界中の多くの企業が急ピッチで開発を進めている技術である。自動運転システムにおいては、AIはまさにシステムを司る頭脳として機能する。中でも注目されているのは、「ディープラーニング」と呼ばれる技術であり、これはAIが自らネットワークなどから情報を取得し、学習することで判断の精度を高めていくというもので、自動運転システムにもこの技術が活用される可能性がある。

•ワイヤ化

ワイヤ化(by wire)とは、ワイヤは電線のことを意味し、自動車における機械式制御を電気信号に置き換えて制御する技術を指す。もし、車を電気信号で制御できるようになれば、AIが自動運転における「操作」を行いやすくなる。

つまり、ワイヤ化は「認知」「判断」「操作」の間をつなぐ「伝達」をスムーズに実現するために必要な技術である。

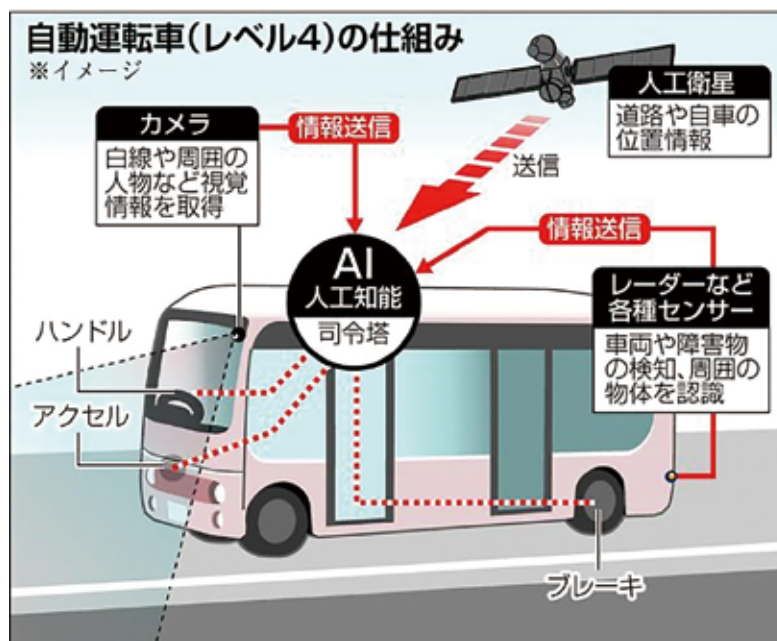


図2.7 自動運転車とこれに必要な要素

(出典:<https://www.sankei.com/west/photos/161218/wst1612180019-p1.html>)

② ロボットアーム

人間とロボットには、ある共通点がある。機械のロボットと人間は遠い存在のように感じるが、実は骨と関節の構造が一緒である。主にロボットアームで構成される産業用ロボットは、リンク(骨)とジョイント(関節)の組み合わせが基本的な構造で、人間の体で言えば、肘や肩など自由に曲がる部分がジョイント、その間を繋ぐ骨の部分がリンクということになる。ジョイントを動かしてリンクで力を伝えるという原理は、人間もロボットも同じである。

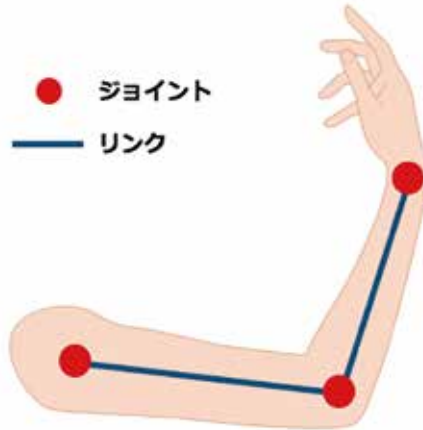


図2.8 人間の肘や肩を例にしたジョイントとリンク

③ チャットボット

「チャットボット(Chatbot)」とは、チャット(会話)とボット(ロボット)を組み合わせた言葉で、人工知能(AI)を活用した「自動会話プログラム」のことである。LINE(ライン)、Facebookなどでこのチャットボットを応用したサービスが提供されており、ユーザはまるで人間と会話するような感覚でAIとの会話を通じて情報収集を行える。

◇チャットボットの仕組み

基本的にはアプリケーションとBot(ボット)といわれるシステムをAPIで連携し、ボットシステム内で問いかけの解釈・返答生成を行い、API経由でアプリケーションに戻される、という仕組みになっている。

◇チャットボットの種類

アルゴリズムによって表2.3のように4種類に分けられる。

表2.3 チャットボットの種類

1. 選択肢タイプ	データベースに蓄積されたシナリオや、設定された回答を選択して会話するタイプで、設定されていない受け答えはできない。
2. ログタイプ	会話を行った記録をログとして蓄積し、これを利用して人間に近づけた会話を行うタイプで、ログが蓄積されることによって、より自然な会話ができるようになるため、ログが少ない場合は会話が続かなくなる。近年では、ログ解析にAIを活用し、より人間の会話に近づける試みがされている。

<p>3. ハッシュタイプ</p>	<p>辞書に登録されたテンプレートを基に会話を行うタイプで、そのため辞書タイプと呼ばれることもあるが、範囲の限定された利用方法であれば、受け答えには問題はない。</p>
<p>4. Elizaタイプ</p>	<p>「Yes」「No」や相づちで返答しつつ、相手の言葉を要約したり聞き返したりすることによって会話するタイプで、チャットボットの原型ともいわれるElizaから名付けられており、基本的には聞き役に徹するチャットボットといえる。</p> <p>そのため辞書タイプと呼ばれることもあるが、範囲の限定された利用方法であれば、受け答えには問題はない。</p>

④ 物流ロボットによるピッキング

物流ロボットによるピッキングが自動化されている。近年、AIの発達により、物流業界にも大きな波が押し寄せている。今まで人の手によって行って来た倉庫内仕分け作業は、ロボットが肩代わり。早く、正確に、さらに丁寧に商品を吸い取る。

物流の自動化、荷主のいる宅配便の仕分け、某巨大物流センターでは都内や航空貨物などで集められた荷物を全国70か所にあるターミナルに送るため、自動化による仕分けを行っている。

物流ロボットの自動化、ネット通販の物流倉庫では、ここ数年で増加を見せているeコマース(ネットショッピング)の宅配も急速にロボットによる自動化が発達している。



図2.9 物流ロボットによる荷物のピッキング

⑤ 認識系(画像解析)

X線、CT、MRIなどの人体画像に基づく、重大な症状の診断は、専門医である放射線科の医師が行うことが一般的だが、画像は多い場合1人600枚ほどになり、診断に時間を要している。また、放射線科医が不足し、一人でも多くの患者を診断するために、効率よく診断できることが重要になってきており、AI(人工知能)技術の活用が注目を集めている。

画像から必要な情報を抽出し、統計的なデータを得る「画像解析」。1990年代にPCが普及してきた頃から取り組みが本格化し、多種多様な分野において活用されてきた。

たとえば、天文写真からの新天体発見、航空写真や衛星写真を用いた観測情報の統計化、医療画像による診断、事件・事故に関する調査および証拠、身近なところでは画像から文字を読み取る「OCR(Optical Character Recognition: 光学的文字認識)」、指紋・虹彩・顔認証をはじめとする各種生体認証システムなども、画像解析の活用例といえる。

AIを用いた画像解析では、人間が事前にアルゴリズムを設定しておくだけで、「機械学習」によってAIが前処理から最終的な解析までの各工程を一貫して処理できるようになる。

たとえば、顔を認識させる場合、目／鼻／口の位置や形など“特徴点”となる部分が抽出できるように設定しておけば、あとはPC側で背景と顔の判断を行う。

ア) 認識系(音声合成・音声認識)

音声合成とは、機械の声を人の声に似せてつくる技術のことである。一方、音声認識は、テキスト(文字)を音声にしたり、音声をテキストにしたりすることをいう。音声合成と音声認識は全然別の技術ではないが、異なる点が多い。

イ) 通訳

AI通訳とは、「人工知能によって稼働する通訳・翻訳プログラム」である。記憶や学習を司る人間の脳神経(ニューロン)の働きを機械で再現した「ニューラルネットワーク」によって、機械自体が人間と同じように事象を学習するという仕組みになっている。さらにAI通訳は常に学習するため、何度も翻訳を繰り返すことで、より翻訳の精度が上がっていく。

ウ) コンシェルジュ

宿泊施設に代わって客からの問い合わせに答えるのがコンシェルジュサービスである。AIが問い合わせ内容を判別し、チャット形式で24時間、即時に自動で応答する。宿泊施設は、客からの質問が集中するフロント業務を軽減し、その分、目の前のお客様に接する密度を高めることができるようになる。

(5) AIとセンサ

① 温度センサ

温度センサとは、文字通り物や空気の温度を計測することができる機械である。主に接触式と非接触式の二種類のものがある。接触式温度センサには、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ測温体、バイメタル式温度計、液体充満式温度計および水銀温度計等があり、広く使われている。対して非接触式温度センサは、物体から発せられる赤外線を計測することで温度を測定する。

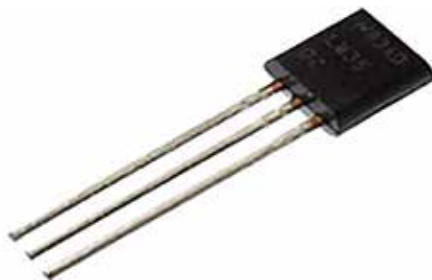


図2.10 温度センサ

② 超音波センサ

超音波の反射時間を利用して非接触で測距するモジュールである。外部からトリガパルスを入力すると超音波パルス(8波)が送信され、出力された反射時間信号をマイコン(Arduino等)で計算することによって距離を測ることができる。

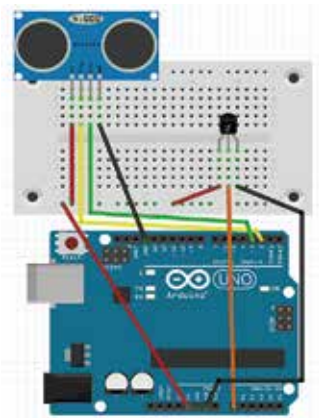


図2.11 超音波センサ

③ 加速度センサ

加速度センサは文字通り、1秒における速度変化(加速度)を測定するセンサのことである。

測定するものの中には重力加速度も含まれるため、人の動きや振動、衝撃まで検知できる。3軸方向(X軸・Y軸・Z軸)に適応するセンサであれば水平状態を検出でき、カメラの横方向による「手ぶれ補正」などにも加速度センサの機能が応用されている。加速度センサを用いる家電製品では、スマホやタブレット、ゲーム機のコントローラ、パソコンのHDDなどがある。

加速度センサの一般的な測定方式は、バネと重りが一体化した部品に対して、加速度が発生した時の位置を測定するといったものである。それぞれの方向に取り付けた重りが、外部からの衝撃により移動することで、その位置変化をセンサ内部で測定する。その後は、ばね剛性などを考慮した力学の方程式(フックの法則)に数値を入力することで、加速度を導き出すことができるのである。

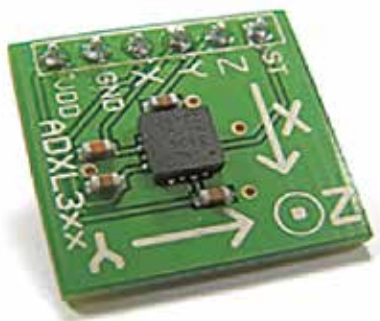


図2.12 加速度センサ

④ ジャイロセンサ

ジャイロセンサとは、基準軸に対して1秒間に角度が何度変化しているかを検知するセンサのことである。体の回転運動を知ることができるため、加速度センサでは検知できない「回転の動き」を測定することが可能である。

スマホやタブレットなどで画面を傾けると、自動で見やすい方向に位置が切り替わるのも、ジャイロセンサの機能が応用されているからである。ジャイロセンサはつい最近登場した技術というわけではなく、19世紀頃から人工衛星や飛行機などに用いられていた。近年ではナノレベルで部品の小型化が進み、先にも述べたスマホやタブレット、カーナビ、腕時計などへ搭載されるようになってきている。

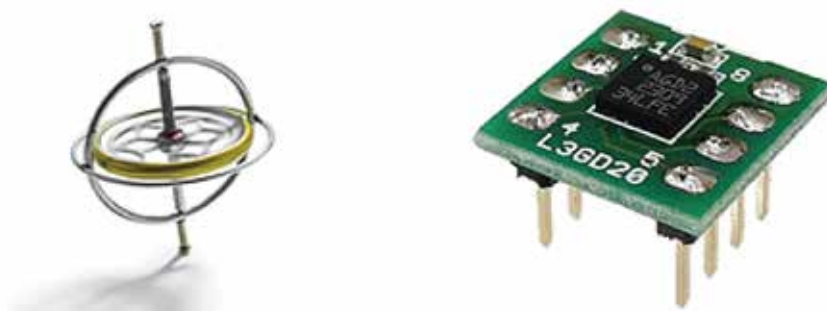


図2.13 ジャイロセンサ

⑤ GPSモジュール

GPSの仕組みは簡単に説明すると、上記図のように、地球上にたくさん回っているGPSで利用できる衛星からの電波を利用して、その衛星からの距離をもとに自分自身の位置情報を取得することができるしくみである。

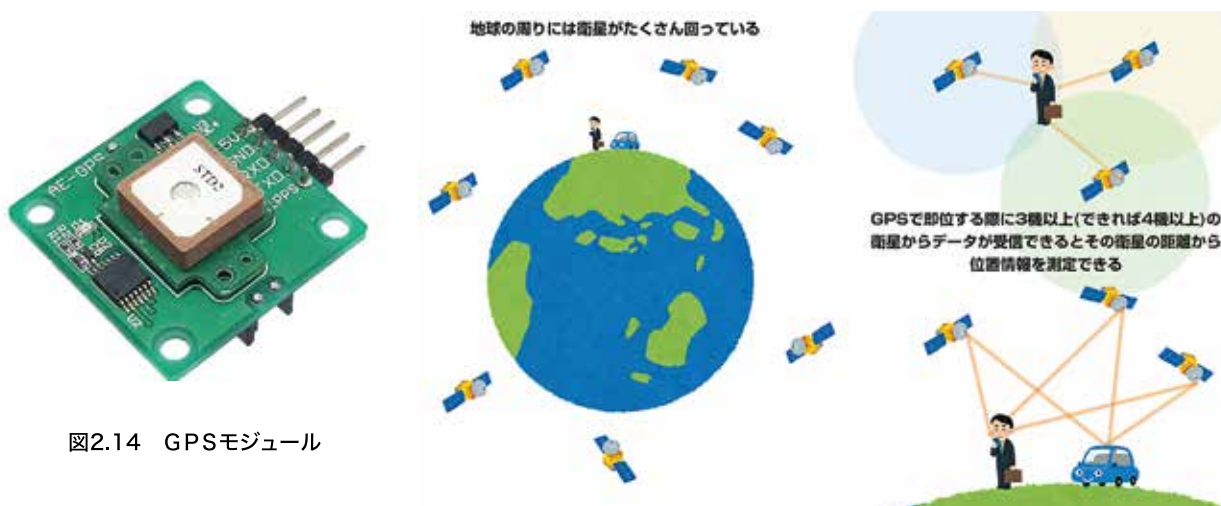


図2.14 GPSモジュール

図2.15 GPSによる測位のしくみ
(出典:<https://deviceplus.jp/hobby/entry060/>)

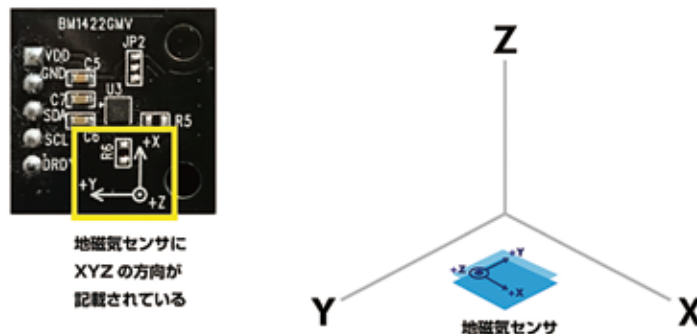
⑥ 磁気センサ

磁気センサは、磁場(磁界)の大きさ・方向を計測することを目的としたセンサ。測定対象磁場の強さ、交流・直流の別や測定環境等、目的に応じて多種多様な磁気センサが存在する。用途は、純粋な磁場計測のみならず、電流センサ、磁気ヘッド、移動体探知器等、電気・電子系をはじめとして、ありとあらゆる工学分野にわたっている。

地磁気センサの種類は一般的に、地磁気センサは2軸のもの、3軸のものがある。2軸の地磁気センサは、センサが地面に水平であることを仮定することで、方位を計算することができる。

つまり、センサそのものがrollやpitch方向に傾くと、上下方向の地磁気の影響で方位の精度が低下するという問題がある。

一方、3軸の地磁気センサは、rollやpitchの情報が分かる場合は、その姿勢情報を利用して地磁気情報を補正することにより、センサの姿勢が変化した場合にも、方位を推定することができる。



北の方角に向かってXYZ軸それぞれの向きを合わせるととき
センサの値(=地磁気の強さ)が最大値になる

図2.16 地磁気センサモジュール
(出典: <https://deviceplus.jp/hobby/entry041/>)

⑦ 物体センサ

• フォトマイクロセンサ(透過形)

光を利用して物体の有無や位置を検出する小型のセンサである。コの字になって向かい合っているセンサ間の空間を物体が通過して光をさえぎることで感知するセンサ。

• フォトマイクロセンサ(反射形)

センサが発した光が検出物体にあたり反射した光の量を感知する。

• エリアセンサ

何本かの光の軸を出す光電センサで一本でも光がさえぎられると物体の有無や位置を感知するセンサで、広いエリアを検出するのに適している。

• 光電センサ(透過型)

光を発する側と受ける側の間の空間を物体が通過して光をさえぎることで変わる光の量を感知するセンサで、検出距離が長く、不透明体であれば、材質・色・形状に関係なく検出が可能である。

•近接センサ

センサが発生させる磁界によって金属の接近を検知することができる。磁石につくものしか反応しないので動画では鉄板を使っている。

•ファイバセンサ

ファイバセンサをアンプに連結して物体の有無や位置を検出する。センサヘッドが小型化されているため狭い場所などへ自由に入り込んで検出できるようにしたもの。

•レーザセンサ

レーザ光によって物体の有無や位置を検出する小型のセンサ。レーザ光とはエネルギーを光とした極めて純度の高い光である。動画では1.5mmのアルミ板と2mmのアルミ板の厚みを感知して2mmでは反すが、1.5mmでは反応しないようになっている。

•光電センサ

光電センサは、光線により物体が存在するかどうかを検出する。このテクノロジーは、検知距離を長くする必要がある場合や、検知対象が金属でない場合に、誘導型近接センサにかわる最適な選択肢となる。

•誘導型近接センサ

誘導型近接センサは、金属製の物体を、触れることなく検出できる。このテクノロジーは、検出対象の金属製の物体がセンサ面から1～2インチ以内にあるようなアプリケーションで使用される。負荷の軽い梱包アプリケーションでも、自動車溶接機器での苛酷な環境や、食品加工工場における洗浄工程のような厳しい条件下においても使用することができる。

⑧ LIDAR(ライダー)

光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルス状に発光するレーザ照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析するものである。

この技法はレーダに類似しており、レーダの電波を光に置き換えたものである。対象までの距離は、発光後反射光を受光するまでの時間から求められる。

ライダーとレーダの最も基本的な相違は、ライダーはレーダよりも遥かに短い波長の電磁波を用いることである。典型的には紫外線、可視光線、近赤外線である。

一般的に、検出できる物体や物体の特徴のサイズは、波長を下回ることができない。従って、ライダーはレーダよりもエアロゾルや雲の粒子の検出に向いており、大気の研究や気象学にとっても有用である。

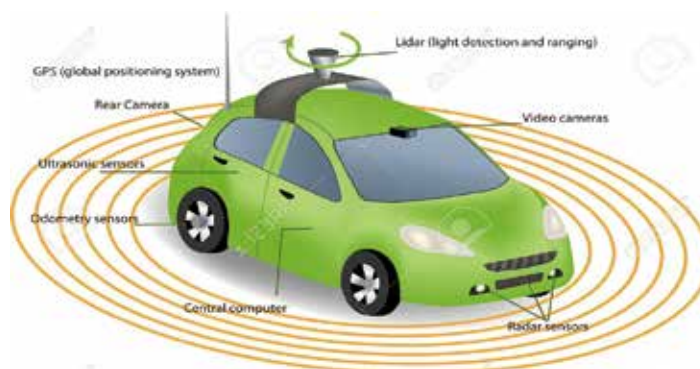


図2.17 LIDARの概念
(出典: <https://jp.123rf.com>)

3. 機械学習

ーポイントー

◇機械学習

コンピュータが学習することで、予測や分類などのタスク(課題)を遂行するアルゴリズム(問題解決の手順・方法)やモデル(データ解析の方法)を学習データから構築する手法。教師あり学習、教師なし学習、強化学習の3種類がある。

◇教師あり学習

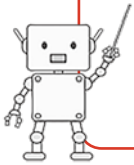
学習データとして、入力値とともに正解が与えられる。正解として与えられたクラスに識別・分類する。

◇教師なし学習

正解となる出力データを与えられることなく、入力データから、そのデータの構造、特性、新たな知見を学習するアルゴリズム。

◇強化学習

よいことをしたら報酬を与えていくという学習方法で、試行錯誤を繰り返しながら、効率的な方法を学び賢くなっていく。



AIを実用するためには画像、音声などさまざまな情報を分析する必要がある。この分析技術として「機械学習」があり、機械学習の一つの技術として「ディープラーニング(深層学習)」がある。この節では機械学習について概説する。

機械学習とは予測や分類などのタスクを遂行するアルゴリズムやモデルを学習データから構築する手法である。機械学習は大きく分けて3種類がある。

(1) 教師あり学習

- 「教師あり学習」は、学習データとして入力とその正解が与えられる。代表的なタスクは「識別」と「回帰」である。
- 「識別」とは画像を入力し、正解としてあらかじめ定められたいくつかのクラスに部類するもの。
- 「回帰」とは気温を入力しアイスクリームの販売額を予測するといったタスクである。
- 「識別」とは画像を入力し、正解としてあらかじめ定められたいくつかのクラスに部類するものである。
- 「回帰」とは気温を入力しアイスクリームの販売額を予測するといったタスクである。

◇機械学習における教師あり学習は回帰問題と分類問題に分けられる。

【回帰問題】

- データ群から線を求めるのが回帰問題というもので、株価の予測や明日の気象の予測などに使われている。

【識別問題】

- データのおおよその境目に線を引き、新しいデータがどちらに属するかで識別する。スパムメールの分類などに使われている。



図2.18 回帰と識別の概念
(出典: <https://codezine.jp/article/detail/11130>)

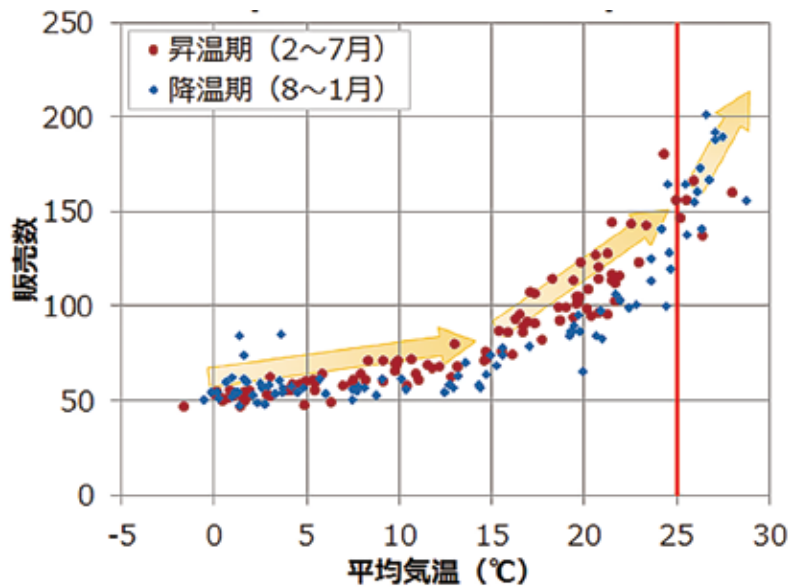


図2.19 回帰に使用するアイスクリームの販売予測
(出典: https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/taio_pos.html)

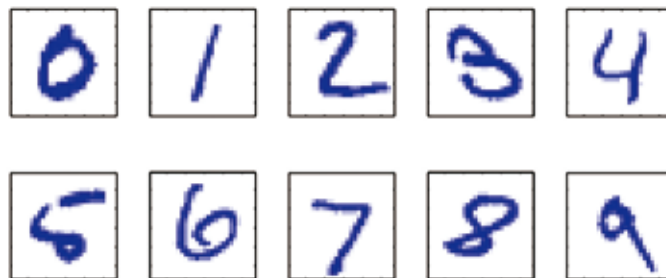


図2.20 識別に使用する文字のパターン例
(出典: <https://lp-tech.net/articles/lyKGr>)

(2) 教師なし学習

- 「教師なし」というのは、正解不正解のデータがないことである。そのままのデータを使用する学習方法である。
- 「教師なし学習」の学習データは入力データのみで正解がない方法で、代表的なタスクとしては「クラスタリング」がある。
- 「クラスタリング」は似た特徴を有するものを同じグループに分けるやり方である。たとえば身長や体重などのデータを使用し、体系をいくつかのグループに分類するような処理が該当する。
- 外れ値が出る。外れ値を処理しないと過学習となり判断を誤る。データを100%採用すると過学習となる。とくに自然現象が該当する。このため、新たな軸を採用し、別な切り口を採用して情報の損失を防ぐ。

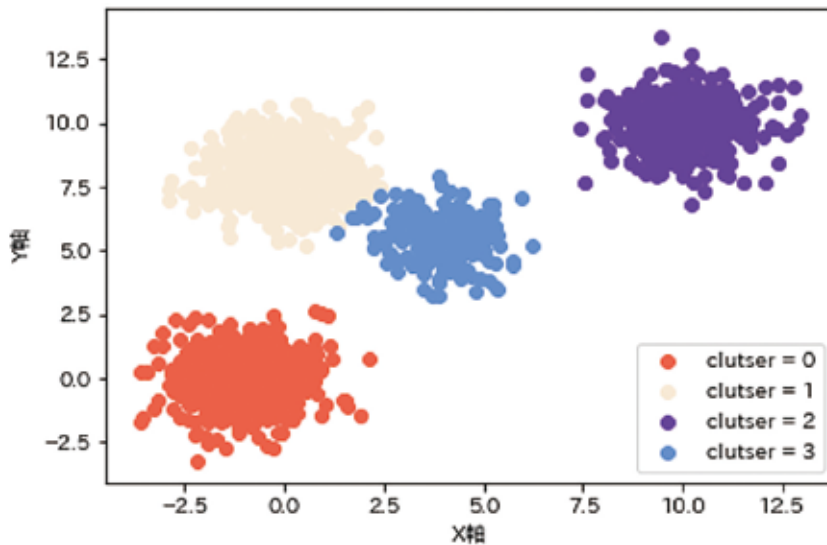


図2.21 クラスタリングの一例

(出典: <https://newtechnologylifestyle.net/wp-content/uploads/2018/05/3%E3%82%AF%E3%83%A9%E3%82%B9%E3%82%BF.png>)

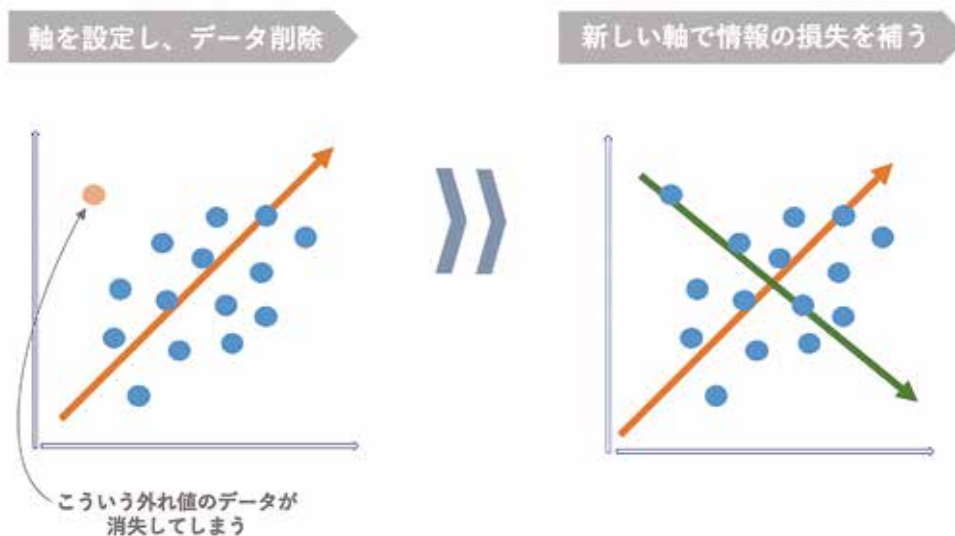


図2.22 外れ値と情報の補足

(出典: <https://ainow.ai/2019/11/26/180809/>)

(3) 強化学習

- 「強化学習」は学習データとして用意するものは「教師なし学習」と同様に入力だけで、出力の良し悪しに応じた報酬が与えられる。
- 将来報酬が最大になるようにアルゴリズムやモデルを最適化する。ロボットの制御や「AlphaGo」のようなゲームに利用されており、囲碁であれば、勝つための可能性が高い(ポイントが高い)手を選択していくことになる。
- 強化学習というのはつまり、いいことをしたら報酬を与えていくという学習方法で、効率的な方法を学んで賢くなっていく。このためには試行錯誤を繰り返す必要がある。
- 最近ではロボット分野でも強化学習が行われており、実験では、ロボットが穴の開いた部品に棒を通すために試行錯誤する様子がこれに該当する。
- 学習対象のデータの正解がわからないが良さそうか悪そうかの報酬がわかる場合に、選択による報酬を手掛かりに学習する方法である。

◇ 統計学と機械学習の違い

AIを実用するためのデータ分析にはデータサイエンスと呼ばれる領域の中にある統計学と機械学習を使用する。データサイエンスの利活用分野としては、インターネットサービスに留まらず、小売・広告・自動車・物流・エネルギー・医療・金融・教育・エンターテインメントと、ありとあらゆる分野の細部に渡る。

【具体的な事例としては】

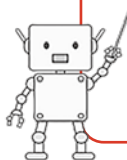
- 会員の行動を予測し、売上の向上が期待できるクーポンを発行する。
- サイト上のログイン履歴のデータを分析し、イベントチケットの価格を変更して販売する。
- 機器の故障を予測し、設備の稼働ロスを防ぐ。
- 画像診断技術を用いて、医師(人間)が感知できなかった腫瘍を発見する。

数理的な背景はかなり似ているものがあるが、上記のような実際のデータに使おうと思ったとき、「機械学習を使う」という場合と「統計学を使う」という場合では、次のような違いがある。

- 統計は、すでにデータがあった場合に、それがどういう傾向にあるかを表すものである。
- 機械学習は、データから異常値を見分けるものである。

4. ディープラーニング(深層学習)

—ポイント—



◇ディープラーニング

ニューラルネットワークの層を深くし、人間の脳が行っている知的な作業をコンピュータで模倣する機械学習の手法の一つ。

(1)ディープラーニングの誕生

- 近年のAIブームは、2つのテクノロジーの研究が大幅に進んだことで起こった。それが「機械学習」と「ディープラーニング」である。機械学習に欠かせないものは、学習のために必要なデータである。
- これまでとは比べ物にならない量のデータ収集・解析することで、人工知能は活躍の場を広げるようになる。
- 一方のディープラーニングとはこれまで人間が与えていたデータの特徴をAI自身が見つけ出す仕組みを指す。これにより、AIは自ら新たな概念を理解し、例外に対処できたりするようになった。
- またこれらのテクノロジーを支える環境=高性能のコンピュータを気軽に利用出来るようになったことも、今のAIブームを支える大きな要因である。

(2)ディープラーニングとは

- ディープラーニングとは、人間の脳が行っている知的な作業をコンピュータで模倣したソフトウェアやシステム。具体的には、人間の使う自然言語を理解したり、論理的な推論を行ったり、経験から学習したりするコンピュータプログラムなどのことをいう。
- 人工知能を目指したシステムの開発は、コンピュータの高度な発達を背景に、学習、推論、認識、判断など、人間の脳の役割を機械に代替させようという研究分野、あるいはそのコンピュータシステムを云う。単純なデータの処理だけではなく、ビッグデータなど膨大な情報を繰り返し経験し、学習を続けていく仕組みのものである。
- ディープラーニングは中間層を多層にすることで情報伝達と処理を増やし、特徴量の精度や汎用性をあげたり、予測精度を向上させたりすることが可能になる。
- コンピュータがネコの画像をネコであると認識する場合、画像から何らかの特徴を抽出し、あらかじめ記憶させたネコの基準となる特徴と照らし合わせる必要がある。
- ディープラーニングの登場以前には、研究者や技術者がネコの基準となる特徴をあらかじめ数量化した特徴量を設定したが、ディープラーニングにおいてはネコの属性をもつさまざまなものを大量に機械学習させることで、人が直接関与することなく、ネコの特徴をコンピュータが自動的に学んでいく。

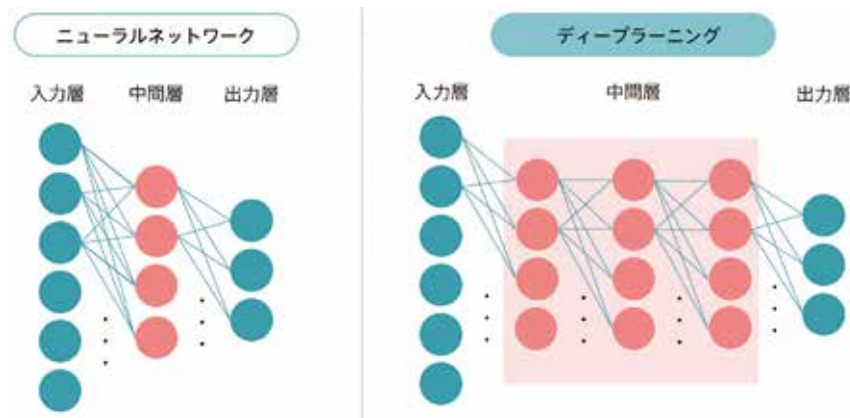


図2.23 ディープラーニングの概念
 (出典: <https://storage.googleapis.com/static.leapmind.io/blog/2017/06/bdc93d33df3826ed40e029cd8893466f-768x430.png>)

(3) ディープラーニングの仕組み

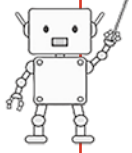
- ディープラーニング(深層学習とは、大量のデータを見てデータに含まれる「特徴を段階的により深く(深層で)学習する機械学習である。
- ニューラルネットワークの構造を深く(狭義には4層以上の多層に)することで実現する。
- 層の深いニューラルネットを特に深層ニューラルネットワークという。
- 近年、多層ニューラルネットワークの学習の研究や、学習に必要な計算機の能力向上、および、Webの発達による訓練データ調達の容易化によって、十分学習させられるようになった。その結果、音声・画像・自然言語を対象とする問題に対し、他の手法を圧倒する高い性能を示し、2010年代にさらに普及した。
- バックプロパゲーション※16により推論結果が正しいか見つめ直して、アルゴリズムでどこが悪くどこを修正したらよかったかを学習する。
- 複雑な問題を高い精度で解くことができ、画像認識、文字認識、音声認識などで成果が出ている。深層学習が人間以上の能力を発揮するようになってきたことから、深層学習あるいは機械学習をAIということもある。
- 深層学習は、教師あり学習、教師なし学習に加えて、強化学習、そして転移学習(さらに高度なディープラーニングのこと)の進展が注目されている。

※16: バックプロパゲーション

誤差逆伝播法と呼ばれる。機械学習においてニューラルネットワークを学習させる際に用いられるアルゴリズムである。各出力ニューロンについて誤差を計算し、それぞれの誤差が小さくなるよう調整する

5. 大人のAIと子供のAI

—ポイント—



- ◇大人のAI
ビッグデータから一定のパターンを発見するもので、判断基準を人間が予め設定する。人間が裏で作り込みをしており、特徴量の設計が必要となる。
- ◇子供のAI
背景知識のない状態から、AI自身が試行錯誤を繰り返して性能を向上させるもの。

AI研究の松尾豊氏(東京大学准教授)により指摘されている、AIの2つの分け方である。「大人のAI」は、すでに存在しているビッグデータから一定のパターンを発見するもので、発見にあたっての判断基準を人間が予め設定するタイプのものである。

特徴量の設計が必要で、ビッグデータやIoTに基づく判断、IBMのワトソン、Siri、Pepperなどは、「大人のAI」に対応している。機械学習と言われる。現状、販売やマーケティングなどに応用されており、今後は医療、金融、教育などへの応用が考えられている。

一方、「子供のAI」は、背景知識のほとんどない状態から、AI自身が試行錯誤を繰り返して性能を向上させるタイプとのことである。AIの研究の歴史において50年もの間、実現が難しいとされてきたが、ディープラーニング(深層学習)という、特徴量を自動で抽出できる技術の開発がブレークスルーとなって、今後への期待が高まってきている。2015年には画像の認識において人間の精度を超えるプログラムが米マイクロソフトや米グーグルで開発され、現実味を帯びてきた。

「子供のAI」は、認識技術の向上、運動能力の向上、言語の意味理解というように、人間と同じように技術進化していく。認識機能を持った「子供のAI」とロボットを組み合わせることで、これまでにない新しいビジネスの創出ができると期待されている。

2つの人工知能: 子どもの人工知能に投資すべき

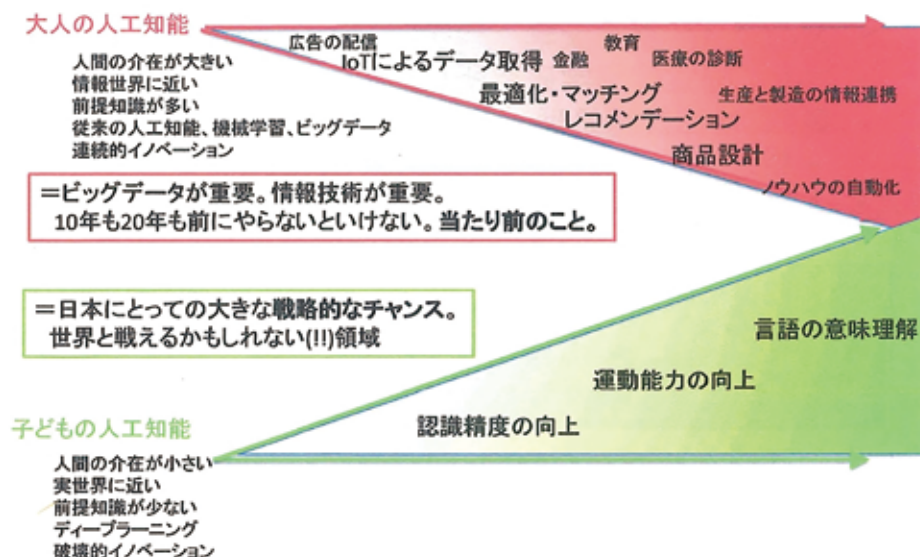
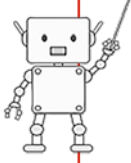


図2.26 大人の人工知能と子供の人工知能の特徴

6. ディープラーニング技術の応用

ポイント



◇ディープラーニング技術の応用分野

機械学習は、特徴を数値化する特徴量設計が必要となる。しかし、画像や自然言語などの複雑で数値化されていないデータでは、特徴量設計が困難である。その困難を解決できるのがディープラーニング技術であり、データそのものを学習することで、特徴量の設計から選択まで、人の手を借りずに行うことができる。

(1) ディープラーニング技術の応用分野

深層学習の本質は、特徴学習あるいは表現学習とされている。画像や音声、自然言語などの特徴量と呼ばれる数値を抽出し学習する方法で、対象ごとに以下の分野に分かれる。

- ① 画像認識
- ② 映像認識文字認識
- ③ 音声認識
- ④ 自然言語処理および自然言語理解
- ⑤ その他

(2) 画像認識

- 画像認識とは、画像や動画から特徴をつかみ、対象物を識別するパターン認識技術の一つである。
- 人間は、画像に写っているものが何であるか、これまでの経験から「理解」して判断することができる。しかし、コンピュータは画像に何が写っているかを「理解」することができない。その代わりに、膨大な画像データから、対象物の特徴を学習させることで、未知の画像を与えた時に、対象物が何であるかを「確率」として表現することができるようになる。
- 画像認識の歴史は古く、1960年頃から研究されてきた。昔はコンピュータの性能が低く、価格も高価であったため、大学の研究機関などの限られた分野での利用が主だったが、現在ではパーソナルコンピュータはもちろん、デジタルカメラやスマートフォンなど、多くの電子機器に画像認識機能が取り入れられている。
- 人間は画像から対象物を視覚として判断できるが、コンピュータにとっては、画像はピクセルごとの情報(色、明るさ)の集合体でしかない。
- コンピュータに対象物を認識させるためには、おびただしい量の画像データとラベル(画像データが何を表すか)を与え、対象物を学習させる必要がある。

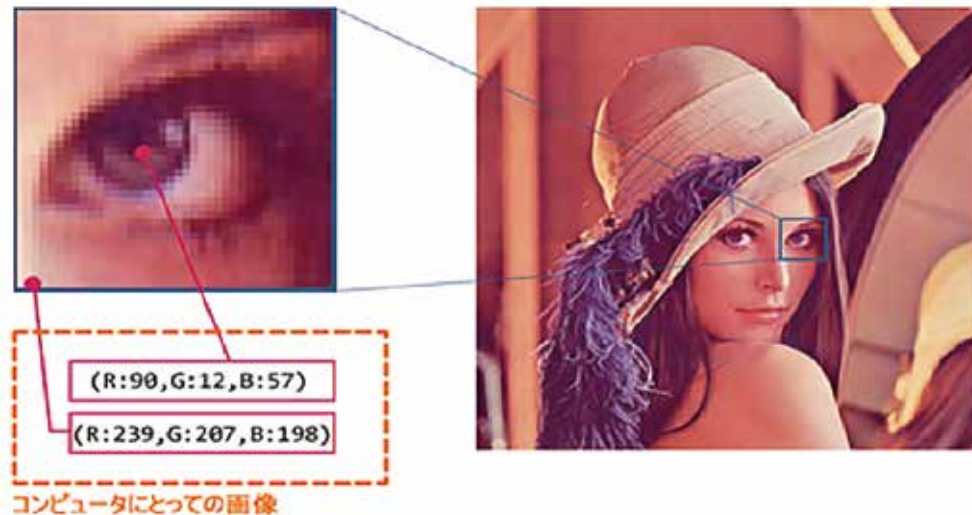


図2.27 画像認識の例 (出典: <https://gihyo.jp/dev/feature/01/opencv/0001>)

(3) 自然言語処理

自然言語処理とは、日常的に使っている「ことば」をコンピュータに処理させる一連の技術のことで、人間がお互いにコミュニケーションを行うために自然発生した。

そのため、プログラミング言語と違い、曖昧さを含む。また文化的な背景、時代や地域によって変化するため、ルール化が難しく扱いづらいという特性がある。

自然言語処理は、「形態素解析 → 構文解析 → 意味解析 → 文脈解析」の順で行われる。形態素解析と構文解析は、コンピュータにとって比較的行いやすい作業だが、意味解析や文脈解析を行うには、大量のデータでコンピュータに学習させることが必要であり、「機械学習」が必要となる。

自然言語処理が使われている例は、日本語入力(かな漢字文字変換)、機械翻訳、対話システムなどがある。

(4) 自然言語処理例: 音声認識

- 音声認識は、人間の会話の音声を認識して、それをテキストに変換する技術のことである。
- Siriに向かって何か話しかけると、それが認識されてテキストに変換されている様子が確認できる。それが、まさに音声認識である。
- 一般にコンピュータにより音声からテキストを生成する技術であり、キーボードなどに代わる入力手段で、音声をコンピュータの扱いやすいデータに変換する。
- 発生された音声は、見えないが音波として表現される。
- 音声認識技術では、この音波から、音の最小構成単位である「音素」を特定し、それを手がかりにしてテキストに変換する技術である。
- 「音素」は、「母音 アイウエオ」、「撥音 ン」、「子音 23種類」の単位から構成される。
- 音声認識技術は、その音素を認識して、テキストに変換していく技術で、その後、音素の繋がりからパターンマッチング(辞書)の探索が行われ、テキストに変換される。

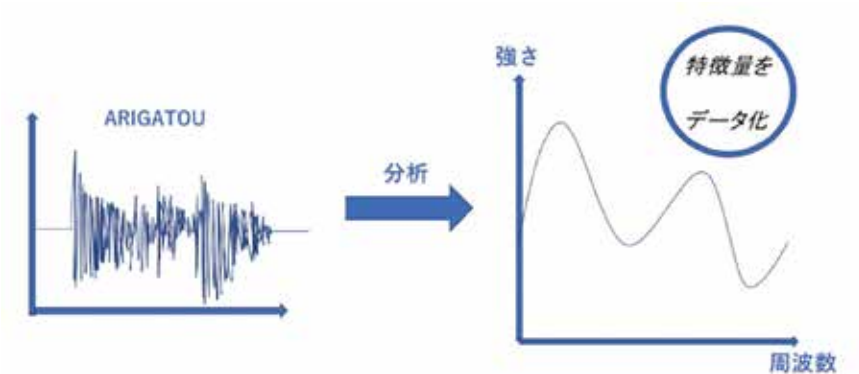


図2.28 音声データの変換例 (出典: <https://ledge.ai/speech-recognition/>)

(5) その他: ナチュラルインターフェイス

ナチュラルインターフェイスとは、タッチパネルなど人間が直感的に操作できる方法や、音声、表情、身振り手振りなど人間同士が意思疎通に用いる手段にコンピュータを介在させる技術である。

現在では、スマートフォンのタッチパネルがナチュラルインターフェイスに相当する。音声認識や画像認識、自然言語処理などの技術を活用したインターフェイスで、相手に合わせて柔軟に対応できる特性を持つ。「対話処理」や「マルチモーダル」などがモデル化されている。



図2.29 ナチュラルインターフェイスの概念
(出典: Microsoft HoloLensより)

(6) ディープラーニング技術に応用したビジネス事例

① AIスピーカー(音声認識×自然言語処理)

AIスピーカーとは、話し手の命令を音声認識により抽出して自然言語処理によって指示を理解し実行する機能を有するスピーカーである。AIスピーカーはハンズフリーで調べ物や翻訳など、生活の手助けになる機能が搭載されている。その他にも、音楽の再生やゲームアプリなど様々なエンターテインメントを楽しむことができる。



図2.30 AIスピーカーの外観

② 映像解析ソフトウェア(映像解析)

ディープラーニング(深層学習)を用いて、ネットワークカメラで撮影した映像から、数千人規模の群衆人数をリアルタイムにカウントする映像解析技術を搭載した映像解析ソフトウェアである。映像から人の頭部を検出することで、人が密集している状況でも人数をカウントでき、また、指定した領域のなかにいる人数の表示や推移のグラフ表示も可能である。そのため、混雑状況の把握や分析に活用できる。

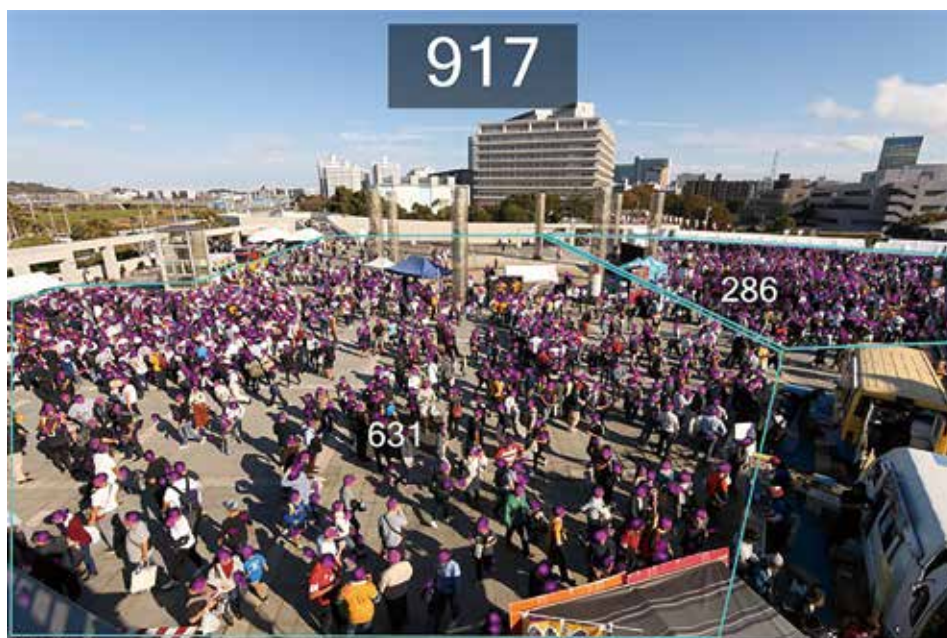


図2.31 ソフトウェアによる映像解析の例
(参考URL:<https://ledge.ai/deep-learning/>)

考えてみよう



AI技術を様々な分野に応用していくためには、人間の目、耳、手のように五感に相当するインターフェイスが必要である。また、大量のデータ(ビッグデータ)を使用して画像や音声などを分析し、適切な答えを導くことが必要になる。みなさんが所属している分野ではAIを今後どのように活用できるだろうか。このテキストで学んだ内容や、友人と議論した結果について書き出してみましょう。



本成果物は、文部科学省の教育政策推進事業委託費による委託事業として、《学校法人誠和学院 専門学校日本工科大学校》が実施した令和2年度「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」の成果をとりまとめたものです。

令和2年度文部科学省委託事業「専修学校による地域産業中核的人材養成事業」
～ Society5.0等対応カリキュラム開発・実証 ～

Society5.0社会を支えるエンジニア育成事業「AI基礎」テキスト

令和3年 2月発行

発行所・連絡先

学校法人誠和学院 専門学校日本工科大学校
〒672-8001 兵庫県姫路市兼田383-22
TEL 079-246-5888 FAX 079-246-5889
<http://www.seigaku.ac.jp/>

本書の内容を無断で転記、転載することを禁じます。

