

IoTの進展がビジネスにもたらす影響について

吉田 聡

- I はじめに
- II IoTの概要
- III IoTの基盤技術
- IV IoTの活用事例
- V 産業への影響
- VI 今後に向けた課題
- VII むすび

【要旨】

近年、IoTが大きな注目を集めている。IoTとは、モノのインターネット化のことであり、ありとあらゆるモノがインターネット接続して情報のやりとりを行う世界のことである。IoTの進展によって、従来からの業務の在り方も大きく変化するとともに、新たなビジネスモデルの構築も期待できる。また、ビジネスだけでなく社会の様々な分野でIoTの活用も期待されている。そこで本論文では、まずIoTの概要を述べたうえで、センサ、クラウドコンピューティング、人工知能などIoTを活用したシステムを構築するのに必要な基盤技術について述べる。そして、IoT活用の具体例として自動運転自動車、製造業、小売業、農業での活用事例を述べる。そのうえで、IoTの進展による産業への影響や、IoTを活用したシステムの構築や運用にあたって今後解決しなければならない課題について示す。

【キーワード】

IoT, ビジネスモデル, センサ, クラウドコンピューティング, 人工知能

Abstract

Recently, IoT (Internet of Things) has gained much attention. IoT is a technology for exchanging information by connecting everything on the Internet. With the progress of IoT, business will change drastically, and we can also expect to build a new business model. Furthermore, IoT is expected to be utilized not only in business but also in various fields of society.

In this paper, I will outline the IoT and describe the fundamental technologies necessary for constructing a system that utilizes IoT such as sensors, cloud computing, artificial intelligence and so on. Then, as a concrete example of utilizing IoT, I will

describe examples of utilization in automatic driving car, manufacturing industry, retailing industry and agriculture. In addition, the impact on the industry due to the development of IoT and the problems to be solved in the future in the construction and operation of the system utilizing IoT are shown.

I はじめに

近年、IoT (Internet of Things) が大きな注目を集めている。IoT とは、モノのインターネット化のことであり、ありとあらゆるモノがインターネット接続して情報のやりとりを行う世界のことである。インターネット接続されるモノ (IoT デバイス) は、接続機器の従来の代表格であるパソコンやスマートフォンだけでなく、自動車や家電製品、産業用設備などといった従来通信機能を備えていなかった機器も挙げることができる。そして、IHS 社の推定では 2013 年時点で IoT デバイスの数は約 158 億個であり、2020 年までに約 530 億個まで増大するとしている¹⁾。この背景には、センサの高性能化、人工知能技術の進展 (ディープラーニングの出現)、デバイスの小型化や高性能化、通信速度の高速化などが挙げられる。

IoT の進展によって、従来からの業務の在り方も大きく変化するとともに、新たなビジネスモデルの構築も期待できる。また、ビジネスだけでなく社会の様々な分野での IoT の活用も期待されている。特に、社会インフラの効率的な管理、工場における業務の効率化など、あらゆる産業での IoT の活用が期待される。そして、ドイツにおいては工場で IoT など IT を活用することで製造コスト削減や製造業の高度化を目指した取り組みとして、「インダストリ 4.0」(第 4 次産業革命) を提唱している²⁾。

そこで本論文では、まず IoT の概要を述べたうえで、センサ、クラウドコンピューティング、人工知能など IoT を活用したシステムを構築するのに必要な基盤技術を述べる。そして、IoT 活用の具体例として自動運転自動車、製造業、小売業、農業での活用事例を述べる。そのうえで、IoT の進展による産業への影響や、IoT を活用したシステムの構築や運用にあたって今後解決しなければならない課題について示す。

II IoT の概要

IoT (Internet of Things) とは、モノのインターネット化のことであり、ありとあらゆるモノがインターネット接続して情報のやりとりを行う技術である。従来は、インターネット接続される機器は、パソコンやスマートフォンなどのコンピュータが中心であったが、あらゆるモノにセンサを装着して情報の収集を行い、インターネット経由でクラウド上にデータを蓄積させ、蓄積された大量のデータ (ビッグデータ) をもとに人工知能などの処理によって結果をフィードバックすることで、様々なサービスを受けることができるようになる^{2,3)}。その結果、自動運転自動車のほか、ものづくり、小売業、農業など、産業にも変革をきたすことが期待されている。

III IoT の基盤技術

1. センサ

センサとは自然現象や人工物の様々な状態や情報について、科学的原理を応用することで人間や機械が扱いやすい信号に置き換える装置をいう⁴⁾。センサには、圧力や質量、位置、

速度、加速度、音波などを測定する機械量センサ、温度や熱量などを測定する熱センサ、電磁波の波長や強度、偏光などを測定する電磁波センサ、電流や電圧、電力、抵抗などを測定する電気センサ、磁気や磁束密度などを測定する磁気センサ、物質成分や濃度などを測定する化学センサなどがある。

加速度センサは慣性の法則を活用して、傾き、動き、振動、衝撃などの情報を取得することが可能である⁴⁾。加速度センサは、もともと質量のあるバネがつながった重りに加速度が加わったときの移動距離を測定することによって加速度データを取得していた。その後、加速度によって生じる位置の変化を光学的に測定して電気信号に変換する方法も開発された。しかしながら、これらの方式では、センサの製造や調整にコストがかかるだけでなく、小型化や軽量化にも向いていないため、最近では半導体を用いた加速度センサが開発されるようになった。特に、機械要素部品や電子回路を単一基板上に集積する MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術の発展により、超小型の加速度センサが実現されるようになってきた。MEMS 型半導体センサは、静電容量検出方式、ピエゾ抵抗方式、熱検知方式に分類することができる。静電容量検出方式は、重りをつけバネに支えられた可動部と固定電極から構成される。可動部の素子の位置変化による静電容量の変化によって加速度を計測する。ピエゾ抵抗方式は、バネの部分にピエゾ抵抗素子をつけた上で、素子に発生した歪みをもとに加速度を計測する。熱検知方式は、ガスを充填した空洞をヒーターで加熱し、位置変化によるガス分布の変動によって加速度を計測する。加速度センサによって、例えば地震の際の揺れなどを計測できるだけでなく、歩数計、スマートフォンの傾き検出、ゲームコントローラ、ロボットやドローンの姿勢制御などにも活用することができる。

熱センサは、温度変化による金属の抵抗値の変動を測定することにより、温度を数値化する。熱センサにはサーミスタなどが用いられる⁴⁾。サーミスタは、温度の変化により抵抗値が変化する電子部品である。サーミスタは、NTC サーミスタ、PTC サーミスタに分類することができる。NTC サーミスタは、温度が上昇すると抵抗値が対数的に減少するサーミスタである。PTC サーミスタは、ある温度まで抵抗値が一定で、ある温度を境に急激に抵抗値が増大するサーミスタである。

光センサは、物質に光を当てたときに電子の変化が起こる光電効果を利用して、光を数値化する⁴⁾。光電効果を利用する素子としてフォトダイオードやフォトトランジスタなどがある。フォトダイオードは、光を受けると電圧が発生して電流が流れる性質を利用して光量を数値化する。

センサは家電製品などにも多く用いられている⁴⁾。例えば、電子レンジにおいては食品の重さを計測して加熱時間を調整するための重量センサ、ドアの開閉により電磁波の出力を停止するための開閉センサ、内部の温度を検出して過度の加熱を防ぐための温度センサなどが搭載されている。洗濯機においては、蓋が閉まっていることを確認し、運転中に洗濯物が飛び出すことを防止する開閉センサ、給水時に水位を検出して適切な水位で自動的に給水を停止するための水位センサなどが搭載されている。

最近では人体の状態を計測するためのウェアラブルデバイスの開発も進んでいる。ウェアラブルデバイスは、腕や胸部、頭部など、身体に装着して利用することができる端末のことであり、リストバンド型、腕時計型、眼鏡型などが開発されている。リストバンド型においてはFitbit⁵⁾をはじめとして、完実電気製 Jawbone⁶⁾、ナイキ製フューエルバンドなどが販売されており、歩数、消費カロリー、睡眠記録、心拍数などを計測してスマートフォンなどでデータを確認することが可能になっている。腕時計型のウェアラブルデバイスの典型的なものとして Apple Watch⁷⁾があり、マイクやスピーカ、心拍・加速度センサなどが搭載されている。また、一部の自動車メーカーは、自動車のドア、窓、ライトなどを Apple Watch から遠隔操作可能なアプリケーションを提供してきた。眼鏡型ウェアラブルデバイスの典型的なものに Google Glass⁸⁾があり、AR 技術におけるヘッドマウントディスプレイとしても活用されてきた。この他に、下着メーカーのグンゼが NEC との協力により、着用するだけで姿勢や消費カロリー、心拍数を計測できるインナーを開発した⁹⁾。このインナーは、胸部に通信機能のついた NEC 製の活動量センサを搭載することで、センサから取得したデータを Bluetooth などスマートフォンへ転送することができるようになった。

2. クラウドコンピューティング

クラウドコンピューティング（クラウド）とは、コンピュータのソフトウェアやハードウェアの機能をインターネット上にある大容量のサーバに移行し、必要な時に必要な分を利用するというコンピュータの利用形態をいう¹⁰⁾。クラウドのユーザはクラウド内部を意識することなく、様々なサービスを受けることが可能となっている。

従来、クラウドに接続していた端末はパソコンや大型コンピュータのほか、携帯電話、スマートフォン、ゲーム機、タブレット PC などのコンピュータが主体であったが、IoT ではあらゆるモノをインターネット接続するという考え方から、モノの状態を計測して数値化するための様々なセンサ、処理結果をモノにフィードバックするための様々なデバイスも接続可能となっている。

クラウドのユーザは、クラウド上の様々なサービスを必要に応じて利用することができるようになるため、導入や運用のコストを削減することが可能になる。また、最近は通信技術の進歩により、大量のデータを高速で通信することも可能になった。特に、携帯電話等における通信速度も上がり、3G においては数 Mbps だったものが、4G (LTE) においては 75~100Mbps となった。このため、場所や環境を選ばないアクセスも容易にできるようになってきた。さらに、利用するデータはクラウド内にあるサーバに保存され、専門の事業者が厳重に管理するため、データの確実な保管が可能となり、データの破損や漏えいなどのリスクを最小限に抑えることが可能となる。

インターネット上でサービスを提供する事業者も、自社のサーバを用意しなくてもクラウド上の設備を必要な分だけ借りて利用することができるので、設備の構築や保守のコストも削減することが可能となる。また、サーバ仮想化と呼ばれる、1 台の物理的なサーバ上

に複数の仮想的なサーバを構築する技術を導入することで、サーバの処理効率を上げることも可能になる。これによって、複数のサーバで行っていた処理を1台のサーバに集約することができるので、ハードウェア設備の拡張が容易になるだけでなく、処理能力の増減も柔軟にできるようになる。

クラウドには、次の①～③に示すような代表的なサービスモデルがある。

① SaaS (Software as a Service)

アプリケーションなどのソフトウェアをパッケージとして購入するのではなく、インターネット経由に必要な機能を必要な分だけサービスとして利用できる形態で、「Gmail」、「Google ドキュメント」、「Google カレンダー」、「Flickr」、「Windows Live」などが、これに該当する。

② PaaS (Platform as a Service)

アプリケーションの開発環境や実行を行うためのプラットフォームを自社サーバ内に構築するのではなく、インターネット経由でサービスとして利用できる形態で、「Google App Engine」、「Force.com」、「Microsoft Azure Platform Service」、「Facebook」、「mixi」などがこれに該当する。

③ IaaS (Infrastructure as a Service)

サーバやデータベース、ネットワークなどのインフラ設備を、インターネット経由でサービスとして利用できる形態で、「Amazon Web Service (AWS)」や「ニフティクラウド」などが、これに該当する。

最近では、クラウドサービスを提供するベンダーは IoT に対応したプラットフォームを提供するようになってきた。例えば、Amazon は様々なデバイスを AWS の各種サービスや他のデバイスに接続して、データと通信を保護し、デバイスデータに対する処理の実行を可能にした AWS IoT を提供している¹¹⁾。これによって、デバイスがオフラインの状態でもデバイスとのやり取りが可能となる。また、Amazon はハードウェアやアプリケーションを容易にするための SDK である AWS IoT デバイス SDK を提供している。これにより、AWS IoT との間で MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)、HTTP、または WebSockets プロトコルによる接続、認証、メッセージ交換が可能になる。さらに、デバイスと AWS IoT との間の安全で効率的な通信を可能にしたデバイスゲートウェイも提供している。デバイスゲートウェイでは、1対1だけでなく1対多の通信が可能となり、接続された1つのデバイスから複数のデバイスにデータを送信することが可能になる。

IBM 社は「Internet of Things Foundation」を開発し、IoT デバイスの登録、デバイスやアプリケーションの接続、安全にデータを受け取ってデバイスにコマンドを送信する機能、過去のデバイスのデータを保管してそのデータにアクセスする機能などを提供している¹²⁾。

ニフティ株式会社は「ニフティクラウド IoT プラットフォーム」を開発し、デバイスのクラウド接続を容易にするデバイスハブ、IoT 向けの軽量なメッセージ配信プロトコル MQTT

を提供するニフティクラウド MQTT、機械学習におけるデータの前処理・モデル構築・APIを用いたアプリ適用を容易に行うことができる Machine Learning、IoT デバイスや業務システムなどから生み出されるビッグデータを可視化してアクションの自動化につなげる Data Visualizer などの機能を提供している¹³⁾。

3. 人工知能

人工知能 (AI : Artificial Intelligence) についての研究は 1950 年代より行われているが、人工知能そのものについては様々な解釈があるため、明確な定義がなされていない。一般的には人間が行う知的処理をコンピュータによって処理を行う技術と考えることができる¹⁴⁾。人工知能によって、人間の感性に近い処理も行えるようになりつつあるほか、大量のデータ (ビッグデータ) の処理を短時間で行うことも可能になりつつある。表 1 に、人工知能の研究分野¹⁴⁾を示す。

表 1 人工知能の研究分野

研究分野	手法
遺伝アルゴリズム	二つの親の特徴が子に混ざり合って遺伝する原理を利用して問題を解決する
エキスパートシステム	専門家の知見をルールとして蓄積して推論の手法で問題を解決する
音声認識	マイクなどで取得した音声情報をコンピュータに理解させる
画像認識	カメラで撮影した画像情報や映像情報をコンピュータに理解させる
感性処理	人間が持つ感覚をコンピュータ上で実現する
機械学習	センサなどで収集されたデータの中から特徴のある規則を見つける
自然言語処理	文章に書かれている意味や内容をコンピュータに理解させる
情報検索	蓄積されたデータの中から人間が必要とするものを見つけ出す
推論	複数のルールを統合して矛盾のない答えを導き出す
探索	データの集合から条件に合うものを見つけ出す
データマイニング	整理されていない大量のデータから役に立つと思われる情報を見つけ出す
ニューラルネット	生物の神経を元にしたもので機械学習の有力な手法として利用される
ヒューマンインターフェース	人間がコンピュータなどの装置をより簡単に操作できるようにする
プランニング	目的のために物事をどのような順序で行えば良いかを定める
マルチエージェント	簡単な問題を解決できるエージェントがたくさん集まって複雑な問題を解決する

IoTにおいては機械学習をより発展させたディープラーニング (深層学習) がよく用いられている。機械学習はセンサなどの入力デバイスから様々な特徴を、知識や経験の豊富な

人間が入力する必要があった。これに対し、ディープラーニングは特徴をコンピュータ自ら探し出すことが可能となり、予測精度も上昇するようになった。

IV IoT の活用事例

1. 自動運転自動車への活用

IoT の技術を活用した代表的な応用例として、自動車にインターネット接続したコネクテッド・カーがある。コネクテッド・カーは自動車とデータセンターとの間でインターネット接続し、多数の自動車から様々な情報の取得および分析を行って、それぞれの自動車に情報をフィードバックするといった活用が可能である。この技術を活用して、自動車の自動運転も実用化が進められている¹⁵⁾。

自動運転を行うためには、歩行者や車両、障害物などを検出して自動車の周囲の状況を理解する「認識」、経路や軌道および加速や減速・停止などを計画する「判断」、実際に加減速や操舵などの制御を行う「操作」について、コンピュータにて処理を行わせる必要がある。

「認識」においてはセンサが用いられるが、自動車ではカメラなどの環境センサによる物体検出や GPS などの位置センサによる位置の検出が行われるほか、ミリ波レーダやレーザーなどによるセンシングも組み合わせながら、自動車の現在位置、現在走行中の車線の位置、走行車線上での障害物の有無、交通信号の内容、周りの車両の位置や衝突の危険性などの認識が行われる¹⁶⁾。「判断」においては、多数の自動車から取得した様々な情報や運転中の自動車を持つセンサの情報などを分析し、自動車が走行する経路や軌道および加減速や停止を計画するとともに、交差点の右左折、信号機に応じた交差点の進入、障害物の回避や歩行者の配慮などの判断が行われる¹⁷⁾。このとき、取得した様々な情報はクラウド上にて人工知能などの技術によって処理が行われる。「操作」においては、自律運転知能を活用して、モデル化された熟練運転手の運転行動に基づいて、基本走行、潜在リスク予測、緊急回避といった制御が行われる¹⁸⁾。

現時点で、NHTSA（米国運輸省道路交通安全局）が定義した自動運転の「レベル 2」の自動車が市販されている。レベル 2 においては、操舵、制動、加速の制御が 2 つ以上同時に自動化された自動車であり、自動運転モードが起動すると、運転手がハンドルから手を離すことと、ペダルから足を離すことを同時に行うことが可能になるが、安全操作の責任は運転手にあり、すぐに自動車を安全に制御する用意が常に必要とされている¹⁵⁾。

自動車メーカー各社は自動車向け IoT (Vehicle IoT) を活用した自動運転システムの研究開発に力を入れており、政府においても 2020 年頃を目途に広く普及させることを目標に掲げている。現在、自動運転技術の開発には、BMW、GM、Daimler、Audi などのほか、トヨタ、日産、ホンダ、富士重などの国内メーカーも参入している。BMW 社は、2020 年以降に市街地で自動走行可能な自動車の発売を目指している。GM 社は、2017 年にアメリカおよび中国にて高速道路での自動運転機能を搭載した自動車の発売を予定している。Daimler 社は、

2020年までの発売を目指して開発を進めている。VM傘下のAudi社は、2017年に高速道路の単一車線で60Km/h以下で動作可能な自動運転技術を市販車に搭載する予定である。トヨタおよびホンダは、2020年を目途に高速道路で車線変更が可能な自動車の発売を目指している。富士重は、2017年に高速道路で同一車線上を自動追従する機能を搭載した自動車の発売を予定し、2020年には車線変更なども可能な車両を発売する予定である。日産においては、2016年中に高速道路同一車線上の自動運転技術を搭載したミニバン「セレナ」を発売し、2018年に車線変更可能な自動車を投入したうえで、2020年には市街走行可能な自動車の発売を目指している。

自動車メーカー以外ではGoogle、Apple、DeNAなどのIT企業も開発に算入している。Google社はハンドルやブレーキのない試作車で公道走行実験を実施し、2017年の出荷を予定している。DeNA社はロボット開発のZMP社と共同で「ロボットタクシー(株)」を設立して神奈川県内において自動運転タクシーの実験を行い、2020年までの事業化を目指していると発表した¹。また、Apple社においても自動運転技術の開発に着手している。

2. 製造業における活用

製造業においては、工場内の機器や設備を相互にネットワーク接続することで、生産の可視化や効率化を実現するスマート工場が開発されつつある。IoTを活用することにより、製品を生産する段階で需要や生産量を予測したり、必要となる部品の量を予測したりすることが可能になる。また、工場における現場作業を効率的に行うための最適な計画も行うことも可能になる。さらに、製品そのものにセンサを装着してネットワーク接続することで、製品の状態を遠隔でモニタリングすることが可能になり、製品の不具合をあらかじめ防ぐことができるようになるほか、不具合があった場合も原因を分析して品質向上を図ることが可能になる。

製造業においてIoTが活用されている事例として、航空業界がある。航空機メーカーであるエアバス社は、LabVIEWとNIの開発プラットフォームを用いて、ネジ締め作業用のスマートツールを開発・試作した¹⁹⁾。航空機を製造する際、ネジによる締め付けが必要な箇所は40万に達しているだけでなく、締め付けに必要な工具は1100種類以上必要となっている。また、締め付け箇所によって締め付けトルク（締め付けの強さ）が異なるため、締め付けの際のミス防止や品質管理に多大なコストがかかっている。特に、航空機は高度数千メートル上空を時速800～900Kmで飛行するため、作業者のミスが重大な事故につながるようになる。このため、作業者の負担も大きくなり、作業効率の低下や人員不足の原因にもなってしまう。

そこで、作業者にスマートグラスを装着させて、スマートグラスにあるカメラによって作業者の目線でネジを撮影し、その画像を認識したうえでsbRIO-9651²⁰⁾にてトルクを算出して締め付け工具にその情報を送信する。締め付け工具は、受信した情報にしたがって制

¹ DeNA社は無人運転自動車の実用化を目指して日産と提携することになり、ZMP社との提携関係を解消する方針を2017年1月に発表した。

御を行う。これによって、作業者は締め付け箇所やネジの種類によるトルクを考慮することなく、ネジを締める作業にのみ集中することが可能になる。また、それぞれの締め付け箇所において適切なトルクで固定されたかどうかを一括して管理することも可能になる。さらに、作業者の作業時間の管理などにも活用することもできるようになる。

ボーイング社製航空機の 787 は、複数の部品をインターネット接続したうえで部品の状態を取得し、大量のデータを生成している²¹⁾。ビッグデータを分析することにより、各部品のメンテナンスを行う時期の予測が行えるだけでなく、フライトの際の燃費の向上にも役立てることができるようになる。また、ボーイング 787 は、操縦などの制御をソフトウェアの処理によって行われている²²⁾。航空機をインターネット接続して、ソフトウェアを改良することにより、操作性の改善や燃費の向上が可能になるだけでなく、遠隔での保守点検なども可能になる。また、ビッグデータを活用することにより、保守点検作業の自動化もできるようになる。

航空機のジェットエンジンを製造している GE (General Electric) 社は、ジェットエンジンをインターネット接続し、リアルタイムにモニタリングすることによってエンジンに不具合が起ころうなときに航空会社へ対応策を提供している²³⁾。これによって、ジェットエンジンの不具合を事前に防ぐことが可能になるだけでなく、効率的なメンテナンスも可能となる。

工場での IoT 化やデジタル化により、製造コスト削減や製造業の高度化を目指した取り組みとして、ドイツ政府が「インダストリ 4.0」(第 4 次産業革命)を提唱した²⁾。

3. 小売業における活用

Amazon 社は、Dash Button という日用品を注文することができるボタンを発表した²⁴⁾。Dash Button は特定の商品に関連づけられていて、ボタンを押すことによって該当する商品の注文ができるものである。利用にあたっては、iPhone または Android 対応のスマートフォンに専用のソフトウェアをダウンロードしてから、ボタンを Wi-Fi に接続することでボタンに対応する商品、配送先住所、支払い方法などを設定することになる。設定が完了し、ボタンを押すことによって指定の商品が指定の住所に配達される。注文後は、その商品の配達完了するまでボタンは無効となり、注文が既に完了している通知が送信されるので、二重注文などを防ぐことも可能になっている。ただし、設定によりこの機能を無効にすることも可能である。また、Amazon 社はプログラミング可能な AWS IoT button も発表した²⁵⁾。AWS IoT button では、現時点ではアメリカのみで利用可能なデバイスであるが、ボタンを押した際の処理をクラウド内部にてプログラムで設定することにより、自動車のロック解除や始動、駐車場の開閉、タクシーの配車、家庭における日用品などの使用量の監視、家電の遠隔操作などができるようになる。さらに、Amazon 社はセンサが自動で商品の残量を計測して商品を自動的に注文する Dash Replenishment Service (DRS) を発表した²⁶⁾。このデバイスは、ブラザー工業のプリンタや、GE 社の洗濯機などが対応している。これによって、カラープリンタのインクカートリッジ、レーザープリンタのトナーカートリッジ、洗濯

機で利用する洗剤などが自動注文できるようになる。

ハイアール社は、扉が液晶ディスプレイとなっている AQUA DIGI という冷蔵庫を発表した²⁷⁾。AQUA DIGI には液晶ディスプレイやWi-Fi 通信機能のほか、腕や指の行動を検知し操作するモーションセンサ、カメラ、マイクを搭載し、音声やジェスチャーで操作を行うことができる。冷蔵庫にカメラを搭載することにより、冷蔵庫内にある食品などの在庫状況や消費期限がディスプレイで確認することができるほか、在庫が少なくなった商品をインターネット経由で注文できるようことが期待される。また、インターネット接続することにより、クックパッドのレシピの表示や、冷蔵庫内の材料で料理可能な食品の表示や補充が必要な材料の表示なども検討されている。

モバイル A ブリッジ社は、センサを設置することにより店舗における来客者の行動傾向を把握できるサービスである WALKINSIGHT を発表した²⁸⁾。WALKINSIGHT は、スマートフォンが Wi-Fi の電波信号を受信するしくみを活用して来店者数を把握することができる。スマートフォンには端末ごとの識別番号が付加されているため、センサを活用することで、どのスマートフォンを所持している顧客が来店したのか、店舗内での顧客の流れ、商品棚やフロアごとの滞在時間や移動状況、外国人客の比率、プロモーション期間や前後の来客数の変化などの分析が可能となる。また、モバイル A ブリッジ社は、周囲を行き交う訪日外国人の国籍ごとの割合や人数、また国籍ごとの人の移動などを分析することができるサービスである WALK INSIGHTS INBOUND も発表した²⁹⁾。WALK INSIGHTS INBOUND は、任意の場所にセンサを設置することにより、その場所の訪日外国人の国別の割合と人数、国別の割合と人数、センサの設置場所間での月次での国籍別の移動の分析が可能になる。

ABEJA 社は、カメラ映像から顧客の顔画像を認識し、顧客の行動を把握するサービスである ABEJA Dashboard を発表した³⁰⁾。ABEJA Dashboard は、カメラ映像から来店者数を計測することが可能であるため、時間ごとの来店者数、チラシ広告等の集客効率、来店者あたりの購入者の比率などの分析や来客数に応じたスタッフのシフトの最適化が可能になる。また、撮影した顔画像をもとにディープラーニングにて画像解析を行い、年齢や性別を判別することも可能であるため、店舗ごとのターゲット層の把握、売り逃している潜在顧客の発掘、客層に沿った店舗カスタマイズなども可能になる。さらに、顧客の通行量や滞在時間を可視化することが可能であるため、顧客がどの通路を通っているか、どの棚に立ち止まっているかを把握することができ、人気のある棚の場所の分析、店舗におけるデッドスペースの発見、店舗レイアウトの最適化も可能となる。以上のことから、来店客が店舗に入ってからどのような商品が手に取られているか、手に取ったものが棚に戻されがちな商品なども含めて、来客者が商品を購入するまでの行動も分析することが可能になる。

4. 農業における活用

農業においては、従来よりセンサネットワークによる ICT 化が進められてきた。センサネットワークとは、複数のセンサをネットワーク接続して各地点の情報を収集するためのシステムである³¹⁾。農場での生産では、気温、風速、湿度、日射、雨量、CO₂濃度などの情

報が必要となる。このため、農場では温度センサ、湿度センサ、ガスセンサ、風速計などを内蔵したセンサネットワークにてこれらの情報を計測するようになってきた。農場が遠隔地にある場合は、農作物の盗難や害虫などに対して常に監視することが困難なため、フィールドサーバが活用されている。フィールドサーバは、農場での生産に必要な情報を取得するためのセンサを搭載しているほか、カメラにて農作物や農場の画像を撮影することも可能である。また、照明用 LED や Web サーバも内蔵して Wi-Fi 接続も行っているため、画像も含めた農場での様々な情報を Web ブラウザで閲覧することもできるだけでなく、遠隔地にあるコンピュータやクラウド上に情報を蓄積することも可能となる。クラウド上に情報を蓄積し、人工知能による分析を行うことで、例えば最適な水分レベルに達するタイミングを予測したり、収穫に最適な時期を予測したりすることができるようになり、農作業の効率化も可能となる。また、フィールドサーバに Wi-Fi のためのルータを搭載することで、ホットスポットとしての活用も可能となり、屋外からのインターネット接続なども可能となる。

クボタ社は、農業経営を可視化することで農作業の効率を上げ、生産性の向上をめざすサービスである KSAS を提供した³²⁾。KSAS では、まず専用サイトにログインして、面積、土質、耕運や田植えなどの作業内容、使用する農薬や肥料、使用する機会など農地の情報を登録する。そして、実際に農作業を始める前に、栽培を行う圃場、使用する種子の量、育苗の情報、農薬や肥料の量、売上目標を入力し、クラウドに情報を蓄積することで、コストの自動算出が可能となる。さらに、作業場所、作業時間、作業内容、使用した農薬や肥料の量など日々の作業を記録し、クラウドに情報を蓄積することで、その情報を分析することが可能となり、次年度以降の作業の効率化や適切な肥料や農薬の量の算出ができるようになる。クボタ社はさらに、食味・収量センサ搭載の KSAS 対応コンバインで農場ごとの食味、水分、収量データを自動収集して分析するサービスを提供した³²⁾。このサービスは、収穫時に食味、水分、収量などを計測して、そのデータをクラウド上に蓄積する。そして、蓄積されたデータをもとに次年度以降の最適な肥料の量を算出することができるようになるため、肥料に対するコストの低減も可能となる。また、これらのサービスはスマートフォンにも対応しているため、現場にいながら作業内容や進捗状況を把握することができるだけでなく、他の作業者の進捗状況のリアルタイムな把握や作業指示の確認もできるため、管理者にとっても効率的な管理ができるようになる。

V 産業への影響

IoT はビジネスモデルの構造を変化させる可能性を持っている。特に、センサ技術や画像認識技術が向上することにより、あらゆるものにセンサを組み込んで情報収集し、分析した内容をもとに新たなサービスを提供するといったビジネスも今後は普及すると考えられる。

例えば、リストバンド型、時計型、メガネ型、肌着型などのウェアラブルデバイスの人

間に装着させることにより、人間の健康状態を計測して分析することができるようになるため、ウェアラブルデバイスを活用した健康管理やフィットネス、教育、介護などに活用するといったビジネスも期待できる。したがって、人間にとって利用しやすいハードウェアの開発や、人間が必要とする情報を提供するソフトウェアの開発などのビジネスが今後とも進展すると考えられる。

同様に、住宅においても HEMS (Home Energy Management System) やスマートメータを活用することにより電力消費の情報を取得できるだけでなく、住人にとって快適な温度や湿度、部屋の明るさなどもコントロールするようなサービスを提供するビジネスも期待できる。また、スマートフォンでドアの開閉が可能なスマートロックについても、鍵の共有(合鍵の作成)や遠隔操作などをソフトウェアで提供するようなビジネスも期待できると考えられる。

これら以外にも、医療、エンタテインメント、防犯や防災、モビリティ、公共施設など、様々な領域で IoT を活用したビジネスの普及が期待できる。

これらのサービスを提供するためには、性能や機能の優れた製品を開発するだけでなく、製品の状態を常に最適にして顧客に使い続けてもらうことを目指す必要がある。つまり、単に自社製品を製造するだけでなく、センサ技術や画像認識技術などを活用してクラウド上に情報を蓄積させ、蓄積された情報を分析して製品を保守・改良したり新たなソリューションを提供したりするといった、継続したサービスを実現するビジネスを展開することも重要となる。

また、センサから取得した情報を分析したうえで製品に組み込まれたソフトウェアを更新して機能や性能、操作性を改善する必要があることから、製品を開発するにあたっては、これ考慮したハードウェア設計やソフトウェア設計も必要となる。そして、製造メーカーは製品開発の部門と運用管理の部門との連携や、ビッグデータを管理する能力や活用する能力も一層重要となる。

その結果、これまで製造メーカーは製品を開発・製造した対価を収入としていたが、今後は製品の開発や製造に加えて出荷後のサービス収入も得ることができるようになる。つまり、製品に対して製品そのものの収入だけでなく、サブスクリプションやリカーリングといった一定間隔での収入も期待することができる。

VI 今後に向けた課題

IoT は様々なものがインターネット接続され、センサによって収集した情報をクラウド上に蓄積されることから、多大な脆弱性も考えられるためセキュリティ対策が重要となる。

IoT におけるデバイス、ネットワーク、サーバなどが攻撃されると、ハードウェアの故障、個人情報や行動記録の漏洩、システムの誤動作、遠隔での乗っ取りによる事故、停電といった被害が考えられる。

しかしながら、IoT においてはパソコンやスマートフォン以外のこれまで考慮していなか

った機器を大量にインターネット接続すること、生命に関わる機器やシステムが接続されること、長期間利用する機器や停止させられない機器が存在すること、製品同士が無線等で自動的に接続されること、製品のコスト削減のためにセキュリティ対策が省かれること、収集する情報が製品側で制御困難なためクラウド側で管理しなければならないこと、製品同士の通信プロトコルや認証技術が不可欠であることなどから、セキュリティへの対応が困難となっている³³⁾。

一般的なネットワークにおけるリスクに対しては、データの暗号化、アンチウイルス、ユーザ認証、DoS 対策、遠隔ロックや遠隔消去、デジタル署名などが考えられる。IoT 製品の開発段階においては、脆弱性を持った製品を出荷しないよう、上記対策に加えて新たに脆弱性を作り込まないこと、既知の脆弱性を解消すること、残留している脆弱性を検出・解消すること、製品出荷後の脆弱性の新たな発見に備えることといったことを実施する必要がある³³⁾。IoT 製品においては、製品出荷後もサービスを継続することが考えられるため、運用段階においても継続的な脆弱性対策情報の収集、更新ソフトウェアも含む脆弱性対策情報の作成、脆弱性対策情報の利用者への通知、更新ソフトウェアの製品への適用などを行う必要がある。運用時において、これらの対策が困難な場合はリコールを実施し、製品をいったん回収してアップデートや改修作業を実施する可能性についても考慮する必要があると考えられる³³⁾。

また、IoT 製品はこれまで想定していなかった情報の収集も可能になる。このため、時系列で収集した情報をもとに個人の行動も特定できる可能性がある。このため、取得した情報の厳重な管理が重要となる。現時点では、プライバシー権における肖像権（パブリシティ権）は芸能人やスポーツ選手などの有名人のみに認められているが、マーケティング活動に顔画像を用いたり、情報の共有を行ったりすることも考えられるため、プライバシー権そのものの見直しも検討する必要がある。

プライバシー権以外にも、IoT 製品の開発にあたっては人に危険や被害を与える電気製品の販売を防止する電気用品安全法、電波を出す機器の技術基準である電波法、家電製品の品質を消費者が正しく認識できるための法律である家庭用品品質表示法、製品の欠陥により人の生命や財産などに被害が生じた場合に製造業者に責任を求める法律である製造物責任者法などの法律対策も必要となる。

IoT 製品は日本だけでなく海外でも多く製造されている。このため、産業向け IoT の国際標準化も進められている³⁴⁾。2016年3月にドイツとアメリカが連携して、国際規格の策定に取り組む合意を発表した。日本においては、ISO（国際標準化機構）と IEC（国際電気標準会議）での「IoT の産業応用のための委員会」に参加し、2016年4月に「IoT/インダストリー 4.0 協力に係わる共同声明」への署名をドイツとともに行った³⁵⁾。標準化を行うことによって全世界で展開できる IoT 製品の製造ができるようになるが、これまで製造した製品の規格を変更しなければならない可能性もある。このため、標準化に対して大きな影響を受けないような日本政府の対応が期待される。

社会のIoT化による人材育成も重要な課題となる。IoTで新たな事業や新たなサービスを生み出す人材に必要なのは、各分野における専門分野やその周辺分野だけでなく、ビジネスアイデアを構想して、事業全体の技術を俯瞰したうえで全体を設計する能力であることが、企業でも認識されている³⁶⁾。IoT機器を開発する技術者として、組込み技術者、ネットワーク技術者、データ活用人材などが存在するが、必要な技術力として「顧客（業務）分析力、企画力」がそれぞれの技術者共通で最も重要と考えられている³⁶⁾。人材育成については、大学での情報系学科だけでなく、機械系、電気・電子系、建築・環境系、社会・経営工学系、経済・経営系などの学科からも、IT利活用が喫緊の課題となっている産業分野へ人材輩出が期待されている。今後は情報系以外の学科での技術力の育成も重要であると考えられる。

VII むすび

本論文では、まずIoTの概要を示したうえで、その基盤技術である光センサ、熱センサ、加速度センサやウェアラブルデバイスなどのセンシングデバイスについて示した。そして、コンピュータのソフトウェアやハードウェアの機能をインターネット上にある大容量のサーバに移行し、必要な時に必要な分を利用するというコンピュータの利用形態であるクラウドコンピューティングについて示した。また、人間が行う知的処理をコンピュータによって処理を行うことができ、ビッグデータの処理を短時間で行うことも可能となる人工知能について示した。

IoTの活用事例として、自動運転自動車、製造業、小売業、農業での具体的な活用について示した。製造業においてはエアバス社やボーイング社などの航空業界を例にIoTの活用を示した。小売業においてはAmazon社のDash Button、ハイアール社のAQUA DIGI、モバイルAブリッジ社のWALKINSIGHT、ABEJA社のABEJA Dashboardを例にIoTの活用を示した。農業においてはセンサネットワークやフィールドサーバのほか、クボタ社のKSASを例にIoTの活用を示した。

IoTの進展による産業への影響として、今後さらに普及すると考えられるビジネスの形態や、それに伴う企業のあり方などを示した。そして、IoTを活用したシステムの構築や運用にあたって今後解決しなければならない課題として、セキュリティ対策、人材育成、標準化および法整備の問題などを示した。

今後は、より進展していくと考えられるIoTでの新たな活用方法について検討していくとともに、IoT普及による経済効果や政策などについても調査していく予定である。

参考文献

- 1) 総務省『平成27年版 情報通信白書』
- 2) 荻原裕, 白井和康『IoTビジネス入門&実践講座』ソシム (2016)
- 3) 三菱総合研究所『IoT入門』日本経済新聞出版社 (2016)

- 4) I/O 編集部『IoTがわかる本』工学社 (2015)
- 5) Fitbit <https://www.fitbit.com/jp>
- 6) 完実電気 JAWBONE <http://kanjitsu.com/jawbone>
- 7) Apple Watch <http://www.apple.com/jp/>
- 8) Google Glass <http://www.google.com/glass/start/>
- 9) グンゼ株式会社
http://www.gunze.co.jp/corporate/news/assets_o/20160106001_a.pdf
- 10) 杉山貴章『図解クラウド 仕事で使える基本の知識』技術評論社 (2011)
- 11) AWS IoT プラットフォームの仕組み <https://aws.amazon.com/jp/iot/how-it-works/>
- 12) IBM Internet of Things Foundation <https://internetofthings.ibmcloud.com/#/>
- 13) ニフティクラウド IoTプラットフォーム <http://iot.nifty.com/iot-platform/>
- 14) 人工知能学会監修『人工知能とは』近代科学社 (2016)
- 15) 野村継男 “自動運転の開発動向”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp436-440 (2016)
- 16) 竹内栄二郎 “環境認識 (認知) 技術”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp441-445 (2016)
- 17) 菅沼直樹, 米陀佳佐 “自動運転自動車のパスプランニング”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp446-450 (2016)
- 18) ポンサトーン・ラクシンチャランサク “安全安心な走行を実現する自律運転知能システムの運動計画と制御”, 情報処理, Vol. 57, No. 5, pp451-455 (2016)
- 19) 日本ナショナルインスツルメンツ株式会社
<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-16269>
- 20) 日本ナショナルインスツルメンツ株式会社
<http://www.ni.com/newsroom/release/ni-system-on-module-helps-engineers-develop-embedded-systems-faster-with-less-risk/ja/>
- 21) Boeing 787s to create half a terabyte of data per flight, says Virgin Atlantic
<http://www.computerworlduk.com/data/boeing-787s-create-half-terabyte-of-data-per-flight-says-virgin-atlantic-3433595/>
- 22) 斎藤昌義, 大越 章司, 洪屋 隆一『図解コレ1枚でわかる最新 IT トレンド』技術評論社 (2015)
- 23) 八山幸司 “米国における IoT (モノのインターネット) に関する取り組みの現状”
<http://www.ipa.go.jp/files/000047543.pdf>
- 24) Amazon Dash Button <https://www.amazon.co.jp/b?node=4752863051>
- 25) AWS IoT ボタン <https://aws.amazon.com/jp/iot/button/>
- 26) Dash Replenishment Service
<https://developer.amazon.com/dash-replenishment-service>
- 27) 『AQUA DIGI』前面全部が液晶パネル! 冷蔵庫の未来はどこへ向かうのか?!
<http://www.shin-shouhin.com/2016/01/08/digi-type1/>

- 28) ウォークインサイト (WALK INSIGHTS) <https://walkinsights.jp/>
- 29) WALK INSIGHTS INBOUND
<https://walkinsights.jp/2016/05/13/2016-5-10-inbound/>
- 30) ABEJA Dashboard <https://service.abeja.asia/>
- 31) 瀧寛和, 堀聡『ユビキタスコンピューティングと応用—社会や家庭に広がる情報技術』
電気学会 (2008)
- 32) KSAS (クボタ スマートアグリシステム) <https://ksas.kubota.co.jp/>
- 33) IPA『IoT 開発におけるセキュリティ設計の手引き』(2016)
- 34) IoT/M2M の技術標準化・業界アライアンス最新動向 (総務省)
http://www.soumu.go.jp/main_content/000415663.pdf
- 35) 経済産業省 <http://www.meti.go.jp/press/2016/04/20160428011/20160428011.html>
- 36) IPA『IT 人材の今と現在』(2016)

受理日 平成 29 年 1 月 10 日