

第4節 ICT化の進展がもたらす経済構造の変化

本節では、ICT化の進展が経済構造にもたらしつつある変化のうち、特に注目すべき3つの変化について分析する。1点目は、近年注目されているIoT（Internet of Things）がもたらす変化であり、2点目は、ICTがもたらしつつある起業プロセスの変化である。最後に、ビッグデータ利活用の進展がもたらしつつある変化について分析する。

1 IoTによる産業へのインパクト

本項では、近年注目されているIoT（Internet of Things）がもたらす産業へのインパクトについて、複数の側面より事例を交えながら概観する。

1 ユビキタスからIoTへ

「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」ネットワークにつながる「ユビキタスネットワーク社会」は2000年代前半から構想されてきたが^{*1}、後述するような要素技術の進展等を背景として、近年、急速に現実化が進んでいる。パソコンやスマートフォン、タブレットといった従来型のICT端末だけでなく、様々な「モノ」がセンサーと無線通信を介してインターネットの一部を構成するという意味で、現在進みつつあるユビキタスネットワークの構築は「モノのインターネット」（IoT: Internet of Things）というキーワードで表現されるようになってきている。

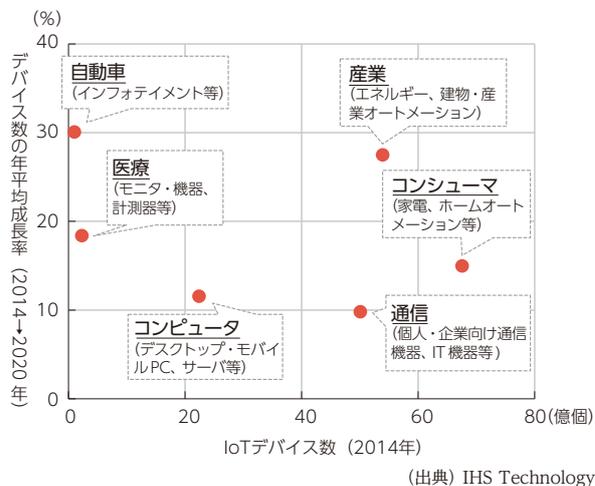
IoTのコンセプトは、自動車、家電、ロボット、施設などあらゆるモノがインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し、新たな付加価値を生み出すというものである。これにより、製品の販売に留まらず、製品を使ってサービスを提供するいわゆるモノのサービス化の進展にも寄与するものである。

IoT時代の到来を表す一義的な指標としては、こうしたインターネットにつながるモノの数の爆発的な増加が挙げられる。IHS社の推定によれば、2013年時点でインターネットにつながるモノ（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されている（図表5-4-1-1）。成長率の観点からは、自動車や産業の分野でのIoTが注目される（図表5-4-1-2）。一方で、Cisco社によれば現在、現実世界に存在する1.5兆個のモノのうち、99.4%はインターネットに接続されていないと言及している^{*2}。これらが今後接続されることを想定すると、IoTのコンセプトが持つ潜在的な価値の大きさがうかがえる。

図表5-4-1-1 インターネットにつながるモノ（IoTデバイス）の数



図表5-4-1-2 分野・用途別のIoTデバイス数及び成長性



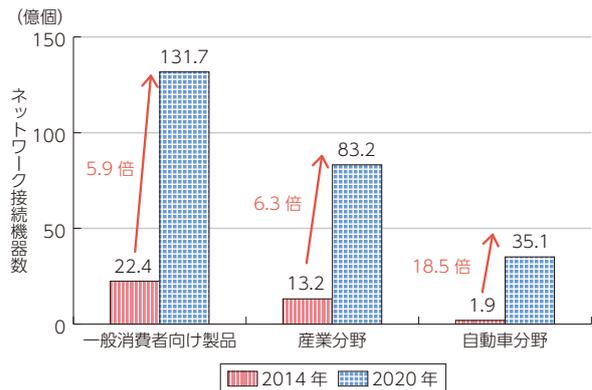
*1 我が国では、総務省が2004年5月に公表した「u-Japan政策」を契機として、この言葉が広まった。

*2 Cisco, "Embracing the Internet of Everything To Capture Your Share of \$14.4 Trillion", 2013年2月

IoTで想定している接続されるモノは、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はなく、車や家電、産業用設備など、従来通信機能を備えていなかった機器が挙げられる。米国調査会社Gartnerでは、ネットワーク接続機器を「一般消費者向け製品」「産業分野」「自動車分野」の3つの分野に分類し、2020年までにそれぞれ6~20倍程度増大すると予想している(図表5-4-1-3)。このように、あらゆる産業や社会経済の分野においてネットワーク接続機器が浸透していくことで、インターネットにつながるモノの数が飛躍的に拡大することが期待されている。

IoTで実現する機器と機器の通信は、M2M (Machine to Machine) と称して2000年頃よりテレメトリング(通信技術を用いた計量器などの読み取り)やセンサーネットワークなど一部アプリケーションにおいて注目されてきたが、爆発的な普及には至らなかった。何故、今、IoT/M2Mが再び注目されているのか。その理由としては、社会的な要請等のニーズの側面と、デバイスの低廉化等のシーズの側面が挙げられる。ニーズの観点では、例えば我が国の場合、自然災害対策、インフラの老朽化に伴う安全・安心の確保、生産性向上といった社会的課題に対して、ICT(とりわけIoTのコンセプト)による解決への期待が高まっているという点が挙げられる。他方、シーズの側面では、各種センサーや通信モジュール等のデバイスの低廉化と高性能化(処理能力等)の進展、ワイヤレス技術の高度化と利用環境の進化、プラットフォーム型やクラウド型サービスの普及による導入コストの低減、アプリケーションの多様化等のいくつかの要因が考えられる。このように、社会的なニーズの顕在化に加え、技術とビジネスの両面の進化が、IoTの姿を具現化し、普及を後押ししていくものと期待される。

図表5-4-1-3 ネットワーク接続機器数の分野別予測



(出典) Gartner 「Gartner Says 4.9 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2015」^{*3}より作成

なぜ今IoTが注目されているのか (シーズの観点)

IoTを導入し、実装するためには、一定のコストがかかる。具体的には、通信機器やセンサー等のハードウェアに係るコスト、通信回線の利用コスト、センサー等から収集されたデータの蓄積と分析にかかるコスト、システムやアプリケーションの開発コスト、システムの運用・保守のコストなどが挙げられる。従来は、これら初期導入や運用にかかるコストが大きく、一部の機器だけがインターネットにつながる状態であった。

今、IoTが注目されている大きな背景は、こうしたコストの低減化につながる技術革新が進展しているからである。たとえば、データを収集するための通信機器やセンサーはコモディティ化が進んでおり、十分な機能を持つ小さなデバイスを安価に実現できるようになってきている(図表5-4-1-4)。また、これらのデバイスとネットワークを接続するためのインタフェース等の通信規格の標準化や、センサーネットワークに適した接続の安定化や低消費電力化等の技術改善も、調達や運用コストの低減につながる重要な要素である。たとえば、エネルギー分野における規格としては、2012年にはスマートメーター実現のため策定されたWi-SUN^{*4}等が挙げられる。IoTの導入が想定されている産業や分野で、こうした新しい規格の採用も進んでおり、

図表5-4-1-4 センサー単価の推移



(出典) Business Intelligence 「THE INTERNET OF EVERYTHING: 2015」(2014年12月)

*3 Gartner プレスリリース, "Gartner Says 4.9 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2015", 2014年11月 (<http://www.gartner.com/newsroom/id/2905717>)

*4 Wireless Smart Utility Network の略で、次世代電力量計「スマートメーター」向けの無線通信規格の一つ。

急速に利用が普及することが想定される。

さらに、高度に発達したワイヤレスネットワークやクラウド型サービスの普及もコスト低減やIoTのコンセプトの実現を加速させている。センサー等から分散したデータを収集し、分析・アクションまでの機能、すなわちビッグデータ解析につなげるための統合・管理においてクラウド等のプラットフォームが重要な役割を果たすためである。また、IPv4からIPv6への移行によるアドレス空間やインターネット資源の拡張もIoTを実現する重要な基盤となると考えられている。

こうした利用環境面に加えて、IoT市場そのもののエコシステムの形成やそれに伴う事業者参入も、供給側・需要側双方のコスト低減につながる。2014年に米Googleがインターネットに接続できるサーモスタット（室温調節器）や煙感知器を開発するベンチャー企業Nestを32億ドル買収したことで、IoTの注目度を高めた。Nest社は、自社のスマートハウス製品とサードパーティ製サービスを連携できる開発者向けプログラム「Nest Developer Program」をリリースしている。これにより、開発をスピードアップさせるとともに、より多様なアプリケーション・サービスの提供を促進することができる。既に、スマホ・PC・タブレット向けを中心としたインターネットのアプリケーションは多量に存在するが、たとえば風速、湿度、温度、照度などの多種多様なセンサーや機能を加えることでアプリケーション・サービスの幅が一気に広がると予想される。このように、IoTの実現を通じて、モノが収集、蓄積した膨大なデータを活用することによる新たなビジネスの広がりをもち、投資対象としてますます注目を浴びることになるであろう。さらに、製品サービスの開発を小規模な組織でも行えるようになったいわゆる「メイカームーブメント」もこうした流れの追い風になっているといえる。

2 IoTの実現がもたらす経済的効果

①に概観したとおり、あらゆる分野にわたってネットワーク接続機器が浸透していくことが予想されているように、IoTのコンセプトは、幅広い領域への適用が期待されており、社会インフラとしてのICTによる貢献を一層進めるものと考えられる（図表5-4-1-5）。

IoTは、情報の収集・蓄積、解析、反映・応用のあらゆる面において革新をもたらすことから、ビッグデータの活用を具現化するとともに、各産業のビジネスや産業構造そのものを大きく変革する可能性を秘めている。また、ビジネスに留まらず社会分野等の幅広い分野での活用の可能性も期待されることである。工場の生産性の向上から、社会インフラの効率的な管理など、あらゆる産業や分野が今後IoTを取り込んでいくことが予想される。

このように、IoTは様々な産業や分野への浸透を通じて、大きな経済的効果をもたらすと予想される。IDCは、2014年に約6,500億ドルだった世界のIoT市場規模が、2020年に1.7兆ドルになると予測している*5。また、前述したCisco社においては、IoTのさらに次のコンセプトとして、「[IoE: Internet of Everything]（ヒト・モノ・データ・プロセスを結び付け、これまで以上に密接で価値あるつながりを生み出すもの）の到来を提

図表5-4-1-5 IoTの適用分野の例

分野	適用イメージ例
施設	・施設内設備管理の高度化（自動監視・制御等）
エネルギー	・需給関係設備の管理を通じた電力需給管理 ・資源探掘や運搬等に係る管理の高度化
家庭・個人	・宅内基盤設備管理の高度化 ・宅内向け安心・安全等サービスの高度化
ヘルスケア・生命科学	・医療機関/診察管理の高度化 ・患者や高齢者のバイタル管理 ・治療オプションの最適化 ・創薬や診断支援等の研究活動の高度化
産業	・工場プロセスの広範囲に適用可能な産業用設備の管理・追跡の高度化 ・鉱業、灌漑、農林業等における資源の自動化
運輸・物流	・車両テレマティクス・追跡システムや非車両を対象とした輸送管理の高度化 ・交通システム管理の高度化
小売	・サプライチェーンに係る高度な可視化 ・顧客・製品情報の収集 ・在庫管理の改善 ・エネルギー消費の低減
セキュリティ・公衆安全	・緊急機関、公共インフラ（環境モニタリング等）、追跡・監視システム等の高度化
IT・ネットワーク	・オフィス関連機器の監視・管理の高度化 ・通信インフラの監視・管理の高度化

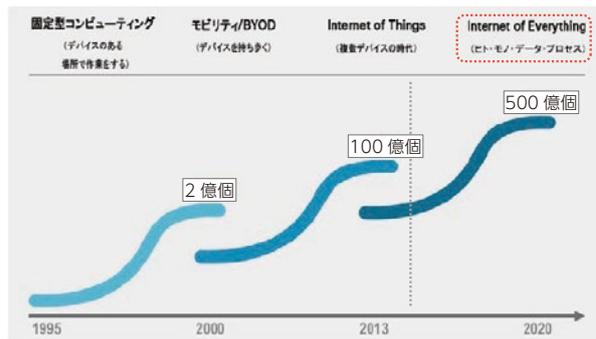
（出典）総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」（平成27年）

*5 出典：Explosive Internet of Things Spending to Reach \$1.7 Trillion in 2020, According to IDC, 02 Jun 2015

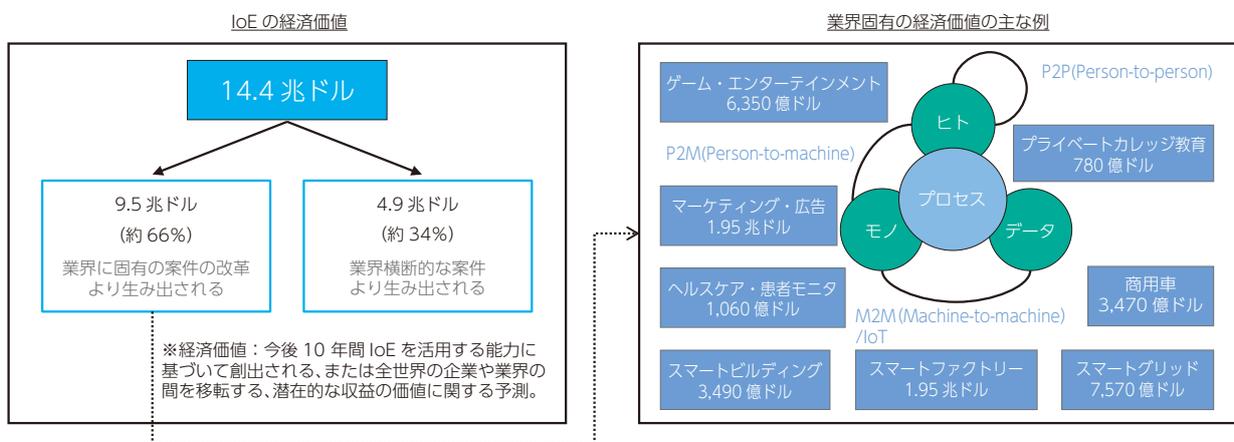
唱している（図表5-4-1-6）。また、同社は、IoEが2013年から2022年にかけて全世界の企業において14.4兆ドルの経済価値^{*6}を生み出すとして予測している。そのうちの9.5兆ドル（約66%）はスマートグリッドや工場などの製造現場のスマート化を図った「スマートファクトリー」などの業界に固有の案件の改革から生み出され、残りの4.9兆ドル（約34%）は市場投入までの時間短縮やビジネスプロセスのアウトソーシングなど業界横断的な案件から生み出されるとしている（図表5-4-1-7）。

図表5-4-1-6

Cisco社が提唱するIoT/loEとインターネットにつながるモノの数

(出典) Cisco資料^{*7}を基に作成

図表5-4-1-7 IoEと経済価値

(出典) Cisco資料^{*7}を基に作成

3 IoTの実装による具体的なインパクト

IoTの実現は、具体的にどのようなインパクトをもたらすのかを、実際の応用例を挙げて産業向け、社会インフラ、個人向けの3つに分けて概観する。

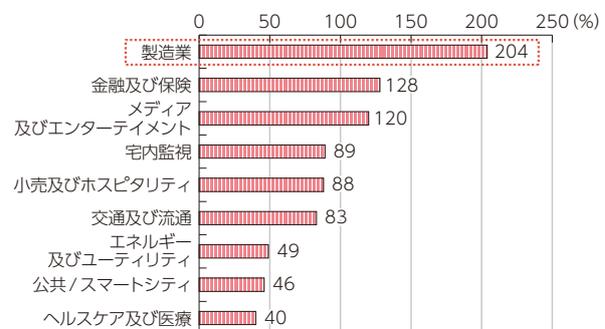
ア 産業向け（製造業等）

製造業はIoTやM2Mの適応領域における代表的な業態である。米国の大手通信事業者Verizonが公表した、同社のネットワークを利用したM2M接続数の増加率（2013年→2014年）を分野別に示したデータをみると、製造業が圧倒的に増えており、次いで金融及び保険、メディア及びエンターテインメントの順に高い（図表5-4-1-8）。

製造業現場では、例えば生産ラインにおける個別の製造条件や製造機器のログデータなど、これまで活用しきれなかったデータを、IoTを通じて収集し、分析することで、生産ラインの改善へつなげることが可能となる。

図表5-4-1-8

米VerizonのM2M接続数の増加率（2014年/2013年）

(出典) Verizonレポート^{*8}

*6 具体的には、今後10年間でIoEを活用する能力に基づいて創出される、または全世界の企業や業界の間を移転する、潜在的な収益の価値に関する予測としている。

*7 Cisco, "Embracing the Internet of Everything To Capture Your Share of \$14.4 Trillion", 2013年2月 (http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy.pdf)

*8 State of the Market "THE INTERNET OF THINGS 2015 - Discover how IoT is transforming business results"

産業向けIoTに関する国内外の事例から、製造業のIoT化には、製造設備の稼働率の把握と改善や、顧客に応じた商品の稼働状況を収集する業務効率化など、様々な目的と狙いがあることが分かる（図表5-4-1-9）。

図表5-4-1-9 産業向けIoT製品・取り組み事例

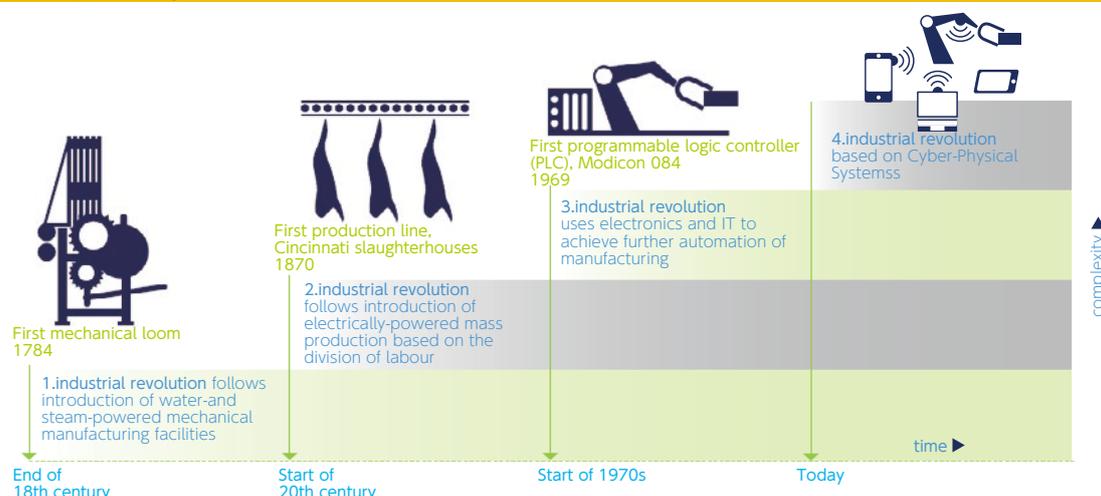
適用業務	企業名	概要
作業支援	Honeywell	ワイヤレスインテリジェントガス検知システム等の業務用ソリューションを提供。25以上のセンサーを搭載するリアルタイムなモニタリングと監視センターへの通知が可能な機器等を開発。
	Vuzix・SAP	Vuzixのヘッドマウントディスプレイ型端末にSAPが開発した仮想現実感アプリケーションを付加。物流業務従事者に向け、ディスプレイで作業者への指示出しと管理者からの状況認識を、アウトカメラで作業者から状況通知を行うといったことをハンズフリーで実現。
製品品質管理	Schwering & Hasse	同社が有する銅線製造の大規模な生産ラインにセンサーやビッグデータ解析技術を活用した高速解析システムによる品質管理システムを構築。製造工程の中で従来の4,000倍のデータを取得して電圧異常を検知し、製品の品質が格段に向上。
	京セラコミュニケーションシステム	センサごとに行っていたシステムインテグレーション（SI）を共通化し、多種多様なセンサに対応するマルチセンサ対応M2M / IoTデータ収集プラットフォーム「集蔵」を開発し、製造現場等での製品の品質向上や生産の稼働率向上を実現。
需要予測	小松製作所	世界各国に販売している建設機械に通信モジュールを設置して、建設機械のデータを収集し、建設機械の稼働状況を把握するKOMTRAXシステムを開発。稼働状況からCO ₂ の消費量計測の他、景気の予測といった見える化を実現している。
	Climate Corporation	サンフランシスコのスタートアップ企業であり、農業経営者向けに、作物に最適な場所や条件を判断できるように、土壌の品質や気象データを確認したり、作物の収穫量を把握するのに役立つ最新情報を農業経営者のシステムに定期的送信したりできる、クラウドベースのサービスを提供している。
故障予測	オムロン・キューピー	キューピーの製造現場において、オムロンのプラットフォームを活用し、微小で瞬間的な電流値の変化を検出することで、異常の兆候を生産過程中に検知し、生産効率を向上させている。
	Microsoft・ThyssenKrupp	世界的な重工業メーカーである独ThyssenKruppでは、Microsoftのクラウドサービスを活用し、世界中のエレベーターからデータを取得してトラブルの予兆検知を実現。エレベーターのモーターの温度やシャフトアライメント、ドア機能などを監視し、予兆管理している。

（出典）総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」（平成27年）

事例：ドイツ Industrie4.0 戦略

ドイツでは、官民連携体制で「Industrie4.0戦略」と称する製造業のIoT化プロジェクトを進めている。同戦略は、「モノとサービスのインターネット（Internet of Things and Services）」の製造プロセスへの応用を通じて、生産プロセスの上流から下流までが垂直方向にネットワーク化されることにより、注文から出荷までをリアルタイムで管理しバリューチェーンを結ぶ「第4次産業革命」が生まれるという考え方に基づき命名されたものである。産業機械や物流・生産設備のネットワーク化、機器同士の通信による生産調整や抑制の自動化などが実現し、また製造中の製品を個別に認識することで、製造プロセスを容易に把握できるようになる。技術的には、モノづくりの世界において、センサーネットワークなどによる現実世界（Physical System）と、コンピュータを中心としたサイバー空間（Cyber System）を密接に連携させたCPS（Cyber-Physical System）を実現するコンセプトである（図表5-4-1-10）。

図表5-4-1-10 Industrie4.0の位置づけ

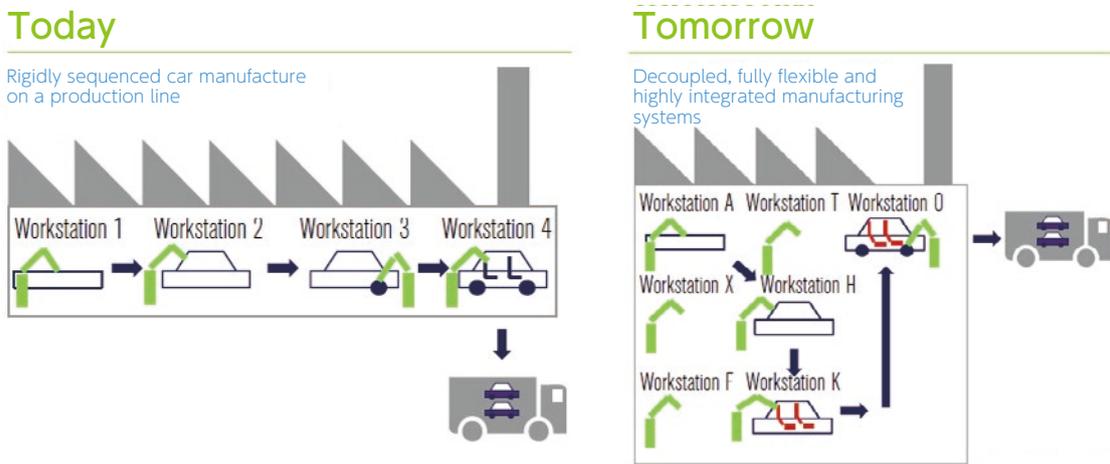


（出典）Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft, Acatech, "Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group"

自動車生産を例にとって、Industrie 4.0の特徴をみってみる。自動車生産において従来採用されてきた「ライン生産方式」は、あらかじめ決められた工程に従って進める「固定的・静的」な方式であり、製品の仕様を多様化したり、一度組んだ工程を再構築したりすることは容易ではない。このような方式では、リアルタイムで顧客ごとの個別の要望に応えることは難しい。

他方、Industrie4.0で実現を目指している生産方式は、「ダイナミック・有機的」に再構成できる生産方式である。同方式では、ネットワークにつながった工程作業用ロボットがあらゆる情報にリアルタイムにアクセスし、それに応じて自由に生産方式や生産するものなどを組み替えて、最適な生産を行う。これにより、顧客の要望等に応じて、デザインや構成、注文、計画、生産、配送を実現することが可能になる。たとえば、各生産モジュールの間を、組み立て中の自動車が自律的に渡り歩き、車種ごとに適したモジュールを選択する等で、必要な組み立て作業を受ける。さらに、生産面・部品供給面でボトルネックが発生した場合においても、あらかじめ定められた制約条件に縛られることなく、他の車種の生産リソースや部品を融通して生産を続けることも可能となる。このように、Industrie 4.0で想定しているCPSでは、設計・組立・試験までの生産システムの両端を一気通貫する工程を、製造実行システムが動的に管理することで、設備の稼働率を維持しながら生産品種の多様化が実現できる（図表5-4-1-11）。

図表5-4-1-11 従来の生産方式とIndustrie4.0が目指す将来像の違い



(出典) Forschungunion Wirtschaft und Wissenschaft, Acatech, "Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0. Working Group"

イ 社会インフラ（エネルギー、交通等）

IoTの有望な適用領域として、エネルギー、交通、物流などの社会インフラが挙げられる。これは、各種施設等に設置したセンサー等からデータを収集し分析することで、社会インフラの安全性を高め、また効率化を実現することを狙いとしたものである。我が国でみられるように、老朽化が深刻化しているインフラにおいては、設備に係る投資やメンテナンスなどの課題が顕在化しており、その解決策としてIoTが期待されている（図表5-4-1-12）。

図表 5-4-1-12 社会インフラ向けIoT製品・取り組み事例

分野	適用業務	企業名	概要
施設	故障予測	富士通・メタウォーター	メタウォーターは、富士通のクラウドを活用して、点検時の入力データ、装置のセンサー情報、メディア情報に天候データを組合せた大量の情報から、故障箇所を予測・特定。これにより、最適な人材配置・効率化、維持管理計画立案・コスト削減、ベテラン作業員のノウハウ伝承といった効果を実現している。
	設備管理	日本マイクロソフト・竹中工務店	日本マイクロソフトと竹中工務店では、IoTとクラウドサービスを活用した建物設備のモニタリング、管理・分析等を自動的に行う次世代建物管理システムの構築・提供で連携。クラウド型の建物制御、監視システムの構築を行うことで、建物の管理負担軽減と利用者の快適性、生産性の向上、エネルギー効率、運用管理コストの最適化を図り、将来的な建物機能のさらなる高度化や、技能継承・人材不足といった社会的課題の解決を目指している。
エネルギー	設備管理	SAP	リモートサイトとデータセンターでSAPの製品を活用し、発電設備に係る実データのリアルタイム解析から発電力量のシミュレーション等を実施。これにより異常機器を故障前に発見、適切な処置を行うことができ、電力ロスと修繕費の最小化が実現できる。
	製造工程	National Instruments	一定期間にわたって温度、歪み、電圧、電流、圧力、力、加速度等を計測し読み取る機器やソフトウェアを提供。データ収集・解析・視覚化を行うことで、計測/テストオートメーションソリューションの開発の生産性を向上させることができる。
運輸・物流	物流管理	日本IBM、日本通運	スマートフォンを用いて位置情報や作業進捗をリアルタイムで収集する動態管理・安全運転管理システムを導入。全国で稼働する1万台のトラックの運行情報や積荷状況を可視化。現場業務を標準化・最適化するとともに、運行情報の分析機能の実装によるCO ₂ 排出量削減を目指している。
	故障予測	Microsoft・ロンドン地下鉄	ロンドン地下鉄では、Microsoftのクラウドサービスを活用し、運用車両や駅構内のセンサー情報をもとに、路線状況や駅構内の設備状況をリアルタイムに把握。機械学習（マシンラーニング）システムと連動することで、過去に発生した機器トラブルとの類似性などを推察している。

(出典) 総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」(平成27年)

ウ 個人向けサービス

主としてB2B（Business-to-Business）を対象としたIoTの展開が進む中、個人の生活におけるIoT化も大きな変革をもたらす。

第4章でみたように、ウェアラブルデバイス、コネクテッドカー・オートノマスカー、パートナーロボットの3種類のICT端末は、個人向けIoTサービスの中核を担っていくと予想されるが、この他にも、多種多様なIoT端末・サービスの提供が見込まれている。ここではその一部を紹介する。いずれも製品・サービスとしては黎明期にあるが、センサーを通じて取得した情報をクラウド経由で解析することで、ユーザーに対して新たな価値を提供しようとする点で共通する（図表5-4-1-13）。

図表 5-4-1-13 個人向けIoT製品・取り組み事例

種別	企業名(製品名)	概要	写真
コンタクトレンズ	Google	糖尿病患者向けの涙に含まれるグルコースの値を測定するスマートコンタクトレンズを開発。糖尿病患者は血糖値管理のため、血液検査を定期的に行う必要があるが、涙は痛みを伴うことなく採取できるため、患者の負担を減らすことができる。レンズには超小型ワイヤレスセンサー、極細のアンテナが内蔵されており、これらが血糖値を測定し、データの送信を行う。利用者の血糖値が危険な状態になった場合、センサーが検知し、LEDライトが光るシステムの導入も検討している。また、検出されたユーザーデータは、専用アプリを通じて、デバイスに送られ、本人だけでなく、家族や担当医師がデータ共有できるような仕組みづくりも期待される。	
歯ブラシ	Kolibree	IoTと電動歯ブラシを組み合わせ、ゲーミフィケーションの要素を加えることで歯磨きの習慣を身につけ、自身の歯磨きの記録を確認できる製品を開発。歯ブラシの動きに対応したゲームを用いてユーザーに正しい歯磨きを紹介する専用アプリと連動している。最先端のセンサーを用いていかなる動きも感知することができ、利用者は毎日きちんと磨けているかどうかのフィードバックを受ける。今後はブラッシングデータとその他のデータを組み合わせることで、さらに付加価値の高いサービスを提供する予定である。	
スーツケース	Bluesmart	スマホとスーツケースをBluetooth経由で連携してセキュリティ対策の強化を図っている。具体的には、遠隔でのロック機能が可能になったり、利用者からの距離が離れるとアラートしたりする。また、GPSと連携して位置情報のトラッキングや空港の規定にあわせるためにスーツケース自体の重量をその場で量ることが可能である。	
バスケットボール	InfoMotion (94Fifty)	ボール内部に9つの重力センサーやバッテリー、Bluetoothを内蔵しており、27メートル以内の距離であればデバイスと通信できる。専用アプリと連携することで、シュート時のボールの速度や角度、回転数、ボールの軌道を瞬時に可視化することや、データを収集、分析することにより、効率の良いトレーニングを行うことが可能になる。	

電球	Philips (hue)	照明コントロール用の国際規格「ZigBee Light Link」を採用している。専用アプリをインストールしたスマートフォンやタブレット端末から、Wi-Fiネットワークを通じてランプと連携し、ランプの明るさや色を160万通り以上から選択することができる。インターネットに繋がること、外出先から照明のコントロールが可能になり、家を留守にするときでも、夜になったら照明を付け、中に人がいるように見せるなど、家のセキュリティを向上することができる。	
火災報知機	roost	火災報知器用の無線LAN対応9V電池を開発。既に家庭内に設置されている煙探知型の火災報知器の電池をROOSTにつけかえるだけで、スマートフォン等に煙発生の通知を送ることができる。これにより、離れた場所でも火災の発生を瞬時に知ることができる。	

(出典) 総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」(平成27年)

4 IoTに向けた事業者の動き

IoTの実現は、データの蓄積や分析で改良される「ソフト」の更新により、「ハード」を変えずにモノやサービスが進化を続けることを意味し、ソフトやデータをハードが支配する、従来のものづくりの考え方を根底から覆す可能性を有している。こうした潜在性に着目し、諸外国では様々なプレイヤーが、研究開発・標準化をはじめ、IoTの世界で覇権を握ろうと積極的に取り組んでいる。

主要国政府、国際標準化団体、さらに民間企業によるIoTに関するアライアンスやコンソーシアムの取り組みが活発になってきている。民間コンソーシアムの代表的事例で2014年3月に設立された「インダストリアル・インターネットコンソーシアム」は、世界最大手の総合メーカーであり産業向けソリューションや分析ソフトも有しているGeneral Electric (GE)、同様に分析ソフトに強みをもつIBM、半導体のIntel、通信機器のCisco、ネットワークを提供するAT&Tの米国5社が創設メンバーとなっている。米国企業を中心に参加企業は167社に拡大している(2015年6月時点)。同コンソーシアムが着目するのは、とりわけ前述した産業分野へのIoT活用である。具体的には、参画企業が共同で、実際の工場や産業インフラを使用した実証実験を開始しており、生産性向上や、ソフトのダウンロードによる工作機械の機能拡張などを目指している。これらの取り組みにより、関連製品やサービスの需要拡大を目指している。また、米Qualcommを中心として2013年12月に設立された「オールシーンアライアンス」は、Microsoftやソニーなど一般消費者向けの家電を有する多くの企業が参画している。GEなどが手掛ける産業向けとは異なり、消費者との連携を軸に、個人向けIoTを中心に取り組んでいる。

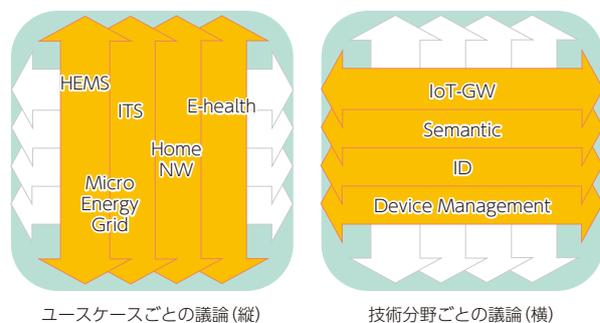
5 IoTの実現に向けたアプローチと我が国ICT産業の方向性

IoTの実現に向けたアプローチは、(1) IoTに関するユースケースごとに個別に検討するアプローチ(縦型アプローチ)、(2) 様々なユースケースに共通的に適用できる技術を特定し検討するアプローチ(横型アプローチ)、の2つに分けられる。

(1) の縦型アプローチでは、前述したドイツ「Industrie4.0」や「インダストリアル・インターネットコンソーシアム」などが事例として挙げられる。ここでは、具体的なユースケースを前提に議論や検討を進めるため、一般的にイメージを固めやすい一方で、個別のユースケース特有の要件に左右されやすく、開発した技術の他分野への展開が困難となる場合も考えられる。(2) の横型アプローチでは、業界団体における検討や、CiscoやIntelなどネットワーク・プラットフォームに特化している企業の取り組みが相当する。技術の再利用という観点で標準化の効果を高められるが、個別のユースケースに関する分野特有の専門知識を取り込むことが難しく、標準技術の実際のビジネス展開に向けた検討が一層必要となると考えられる(図表5-4-1-14)。

こうしたアプローチなどを踏まえ、今後IoTの世界における覇権争いが一層激しさを増す中で、我が国ICT

図表5-4-1-14 IoTの実現に向けたアプローチ



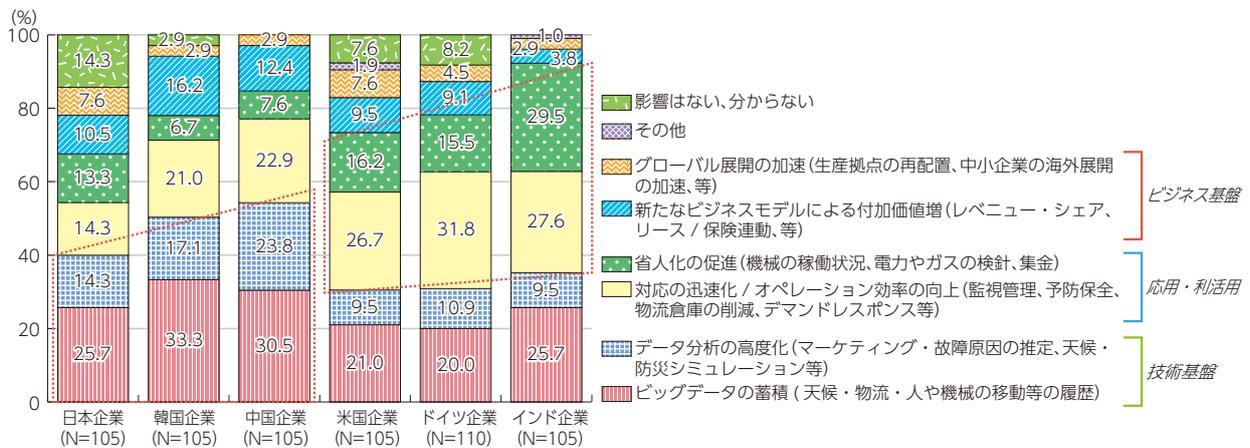
(出典) 「クラウド・M2M等を含むFuture Networksの標準化動向」ITUジャーナルVOL.44 (2014年8月)

企業がビジネス機会を拡大できる領域を見出していくことが期待される。その際に、IoTの本質を見極め、関連ビジネスにおいて主導的な機能や役割を果たす領域において競争力を発揮することが重要となる。

本章第3節で参照した国際アンケート（日本・米国・ドイツ・中国・韓国・インド）において、各国ICT企業が注目するIoTがもたらすビジネスへのインパクトに関する認識調査を実施したところ、日本、中国、韓国の東アジア地域の企業では、「ビッグデータの蓄積」や「データ分析の高度化」などIoTの技術基盤にフォーカスしており、IoTで先行する米国やドイツ、インドにおいては、「省人化の促進」や「対応の迅速化／オペレーション効率の向上」などIoTの応用・利活用をフォーカスしていることがみてとれる（図表5-4-1-15）。このように、IoTが実現する、データの収集・蓄積、解析、反映・応用の各領域で各国企業の関心の強度が分かれている。

情報の収集やそれを実現するセンサー技術に関して、我が国はセンサー市場におけるシェアが比較的高いことから、高い競争力を有していると考えられるが、当該領域に関心が高い中国・韓国の企業と競争していく蓋然性が高い。そのため、今後は、異業種連携、あるいは海外企業との連携も積極的に行っていくことで、情報の解析や反映・応用の領域も含めたIoTのエコシステムを早期から構築していくことが重要となるだろう。

図表 5-4-1-15 IoTによるビジネスへのインパクト



(出典) 総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」(平成27年)

2 ICTがもたらす起業プロセスの変化

本項では、「ボーン・グローバル」と呼ばれる企業のグローバル展開の形態や、デジタルファブリケーションなどの新しい製造形態など近年の潮流を踏まえ、その背景とこれらの形態の起業に係るICTの役割等について事例を交えながら概観する。

1 ボーン・グローバル企業の台頭とICT

ア ボーン・グローバル企業の定義

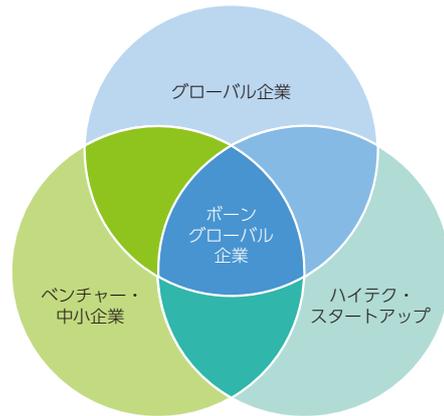
近年、インターネットの普及やクラウドファンディングによる新たな資金調達のための基盤形成により、起業して間もなく海外展開やグローバルビジネスを狙うといった企業の国際化が進展している。このような形態を意識した企業は「ボーン・グローバル」などと呼ばれ、企業の国際化に係る研究等においても注目されてきている。

従来の企業の国際化のプロセスについては、一定期間の国内事業の後、国際貿易（輸出）や技術供与の段階を経て、最後に海外直接投資（現地生産や現地での研究開発等）に向かうという漸進的・連続的・段階的な国際化の展開プロセスが主要な考え方であった。たとえば、メーカーの場合、輸出や技術供与の期間を経た後、対外的直接投資によって現地生産や研究開発等の活動を展開するものである。このような、国内で事業を行った後次第に海外に拡大していくプロセスに対して、ボーン・グローバル企業を表す顕著な特徴として、起業時からさまざま海外市場に参入したり、あるいは同時に多数の諸外国に参入したり、また経験が限定的である中で合併会社を形成するなど、創業間もなく国際的な活動を展開することが挙げられる。

ボーン・グローバル企業は、ベンチャー・中小企業、ハイテク系スタートアップ、そしていわゆるグローバル

企業のそれぞれの要素を併せ持つ形態といえる。ベンチャー・中小企業とは、事業が小規模であることと大企業と比べると資源が限定的である点で類似性がある。また、先端的な技術をシーズとする革新的な新規創業企業である点でハイテク系スタートアップと類似している。さらに、グローバル市場で互いに競合している点でグローバル企業と類似している。ボーン・グローバル企業は、これらの要素が組み合わさることで、起業後まもなく輸出、技術供与、現地生産やR&Dといった国際的的事业活動を開始でき、伝統的な国際化プロセスでは蓄積できなかった持続可能な競争優位性を有するものと考えられる（図表5-4-2-1）。

図表5-4-2-1 ボーン・グローバル企業の位置づけ



(出典) 総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」(平成27年)

イ ボーン・グローバルにおけるICTの役割

ボーン・グローバル企業の出現の理由については、第一に、市場状況のグローバル化、世界市場経済の統合の進展、インターネットをはじめとするICTによるビジネスのグローバル化の進展といった外的要因が挙げられる。第二に、希少な経営資源の有効利用、国際的な経験が豊かな人材の増加や起業家精神（アントレプレナー）の台頭といった内的要因が挙げられる。

こうした内的要因と相まって、ボーン・グローバル企業の成長において、ICTが重要な役割を果たしていると考えられる。たとえば、ボーン・グローバル企業は、全社的なコミュニケーション及びマーケティング・コミュニケーションはもとより、販売取引、商品受注から入金管理までの一連の作業（サプライチェーンマネジメント）や顧客管理（カスタマーリレーションマネジメント）においてインターネットを積極的に活用している。その他、国内外のパートナー、供給業者、顧客、代理店、流通業者、開発パートナーなどとの関係構築・支援においてインターネットを活用している。

ウ ボーン・グローバル企業の事例

ボーン・グローバル企業は1990年代以降、急激にその数を増大させてきた。ICT分野においても、ソフトウェア等の標準化やインターネットの普及などを背景に、グローバル市場を相手に展開する企業が国内外で立ち上がっている（図表5-4-2-2）。

図表5-4-2-2 ICT分野におけるボーン・グローバル企業の例

企業	製品・サービス	本社所在国	設立年	概要
Logitech	PC周辺機器	スイス	1981年	設立当初より事業部門と研究開発部門を米国とスイスにそれぞれ設立し、大手コンピュータメーカー向けのOEM供給を続けながら、生産量拡大のため、アイルランド及び台湾に生産工場を立ち上げるという戦略を展開。
ウェザーニューズ	気象予報	日本	1986年	創立2年後に米国法人を設立、その5年後に親会社であった天気予報会社Oceanroutes社を買収。当時のナスダックジャパンに上場後、世界各国に次々と現地法人や営業拠点を設立し、世界最大の気象情報会社へと拡大。
IXI	ソフトウェア	イギリス	1988年	UNIX向けソフトウェアを開発。当時世界的に人気の高かった多くのUNIXプラットフォームに対応していたため早期よりグローバルへ展開し、1993年に旧SCO（2005年にSun Microsystems（現Oracle）が買収）より買収された。
ミドクラ	ネットワーク・ソフトウェア	日本	2010年	マーケティング・資金調達面から設立当初よりグローバル展開を意識し、クラウドコンピューティング専用のネットワークOSを商材として展開。本社をスイスに置き、既に東京、サンフランシスコ、パルセロナにオフィスを設置、パートナーは世界各国にわたる。

(出典) 総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」(平成27年)

2 デジタルファブリケーション・3Dプリンター

近年『メイカームーブメント』と呼ばれる社会現象が世界的に注目を浴びている。個人が3Dプリンターに代表されるデジタル工作（デジタルファブリケーション）機械を使って、自分がほしいものを自分自身でつくり、自分のアイデアを形にしたりすることである。これらの人々は『メイカー』と呼ばれ、21世紀のものづくりを変える存在として注目されている。ここでは、デジタルファブリケーションやそのツールである3Dプリンターがもたらすインパクトについて概観する。

ア デジタルファブリケーションのメリット

デジタルファブリケーションにおいては複数のツール（デジタルファブリケータ）が存在する（図表5-4-2-3）。その中でも近年注目を浴びているのが3Dプリンターである。3Dプリンターとは「積層造形技術」または「付加製造技術」を使ったデジタル工作機械の総称である。当該技術は、これまで主流だった四角い材料を回転する刃物で削り出す「切削加工」（減産法）に比べて、加工・造形の自由度が高いだけでなく、短時間かつ低コストで造形できるものである。McKinsey社が2013年に発表したレポートによると、2025年における3Dプリンターの市場規模は、最大60兆円、最低限でも20兆円と試算している*9。

こうした技術が実現するデジタルファブリケーションのメリットは、第一に「これまでの製造技術で実現できないものをつくれる」点が挙げられる。たとえば、人工骨や人工皮膚、人工臓器の作製が挙げられる。また、超巨大3Dプリンターで実物大の住宅をつくる計画なども進められているように、より規模の大きなモノづくりにも適用可能である。第二のメリットとして、3Dプリンターの縮小化・高性能化・低価格化が進展することで、「オンデマンド」かつ、時や場所を選ばず「オンサイト」でモノづくりが可能になる。オンサイトのモノづくりが普及することで、様々な改良やイノベーションが生まれると考えられる。このような製造環境や情報が、国境をこえて浸透すれば、だれでも、どこでも、高品質かつ低価格な製品を入手することができる。すなわち、こうした新たなモノづくりの潮流は、新興国や開発途上国など、生産基盤が未発達なところでも先進国同様のモノづくりを実現することを示唆している。第三のメリットとして、試作にかかる時間とコストが大幅に効率化される点が挙げられる。たとえば、新しい製品を開発する際や資金調達時の説明の際に、これまでイラスト、設計図面、CG画像などの2次元画像に頼っていたところ、今後は3Dプリンターを活用することで、デザインや機能など3次元の創造性や独自性を表現するために、より精巧で完成度の高い試作品を提示し、出資者自身に印刷してもらうことも可能になる。

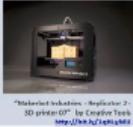
<デジタルファブリケーション事例：Quirky>

Quirkyは、登録会員からなるコミュニティによってアイデアを製品化するクラウドソーシングとマーケットプレイスが一体となったサービスである。Quirkyのサービスでは、発明家によって申請されたアイデアをQuirkyが製品化の判断、デザイン、価格設定を行い、最終的に製造して販売までに至ると、その売上の一部が発案者と支援者に支払われる仕組みとなっている（図表5-4-2-4）。Quirkyでは、クラウドソーシングを活用している他、3Dプリンターなどのデジタルファブリケーションツールを積極的に利用することで、プロトタイプ（試作品）の作成と支援者によるフィードバックを繰り返しながら、短期間で製品化を成し遂げている点が特徴的である。これまでの製品事例として、キッチン用品、携帯アクセサリ、簡易的な電子機器等などを手掛けている。

イ 起業へもたらすインパクト

上述したデジタルファブリケーションのメリットにより、『メイカー』は自由にカスタマイズした製品をつくることができる。供給側の視点に立てば、大量生産の採算性を損なうことなく、ある程度のカスタムメイドした製品を提供するいわゆる『マス・カスタマイゼーション』を実現し、さらには大企業では実質的には実現が難しい『パーソナライゼーション』（特定個人に向けた製品を提供すること）が容易になる。究極的には、その人固

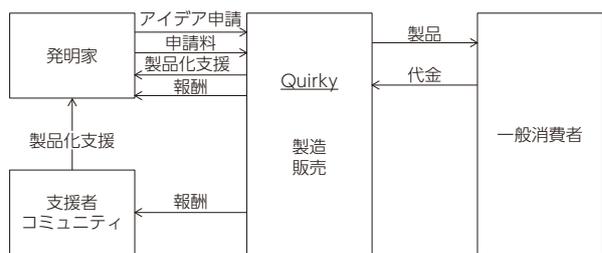
図表5-4-2-3 デジタルファブリケータの種類

種類	機器イメージ	用途	制作物イメージ
3Dプリンタ		3Dデータをもとに樹脂素材を加工して、断面形状を積層していくことによってデータと同形の立体物を造形する	
レーザーカッター		不可視レーザーによって、素材に彫刻、切断、穴あけ、マーキングなどの加工ができる	
ミリングマシン		アクリルや木材、軽金属などの切削加工ができる	

（出典）総務省情報通政策研究所「『ファブ社会』の展望に関する検討会報告書」（平成26年）

*9 McKinsey Global Institute, “Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy”, 2013年5月

図表5-4-2-4 Quirkyの仕組み



（出典）総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」（平成27年）

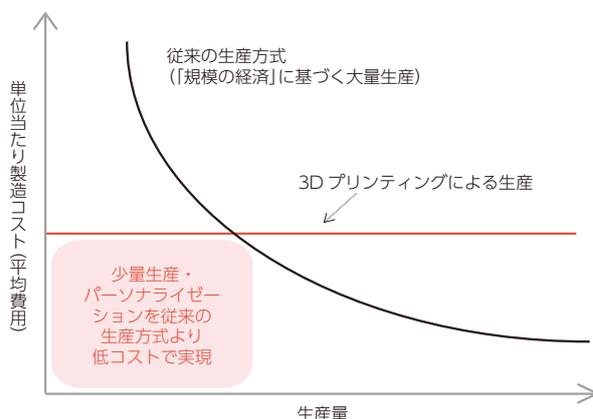
有の趣味や嗜好、体型や体質などを十分考慮した製品を作ることができる。

従来の大量生産システムでは、一定量以下の少量生産では、仮に製品が完売しても、生産にかかる固定費用が高いことから、採算性を高めることができず、少量生産は困難であった。しかしながら、製造コストが一定であれば、少量生産やパーソナライゼーションが実現する。これまで小売業において注目されてきたロングテールビジネス（多様で小規模な需要をネットワークを活用して集積する）があらゆる分野やバリューチェーンにおいて期待される（図表5-4-2-5）。

近年、『マイカームーブメント』と相まって、いわゆる『ハードウェア起業』が増えており、新しい領域に挑戦する起業家やスタートアップ起業にとって、3Dプリンターは不可欠なツールになると考えられる。デジタルファブリケーションの普及により、生産やコスト競争力といった従来の視点から、独自性や先進性を追求していくことが求められ、よりクリエイティブな人材の質と数が起業にとって重要な経営資源になると考えられる。さらにはそれらの人的リソースがもたらすイノベーションを高めるような企業組織・プロセスの再設計が求められると考えられる。

我が国においては、「モノづくり」に係る強い競争力を活かしながら、こうした新たな手法を積極的に取り入れ、また取り入れやすい環境を導入・支援することが起業やイノベーションを高めることにつながると考えられる。近年ICT産業のみならず多くの産業において注力されている「コトづくり」を推進すべく、IoTや各種ウェブサービス・アプリケーションとの組合せ等により、付加価値の高いプロダクト・サービスの供給を目指していくことが肝要となると考えられる。

図表5-4-2-5 従来の生産方式との違い



（出典）総務省「グローバルICT産業の構造変化及び将来展望等に関する調査研究」（平成27年）

3 ビッグデータ活用の進展

ビッグデータの活用がICT業界のトレンドとして注目されるようになり数年が経った。今ではビッグデータを活用したソリューションは実験段階を終えてビジネスとして展開されるようになってきているが、個々の事例を追うだけではビッグデータ活用の実態を把握することは難しい。そこで本項では、昨年までの調査を踏まえつつ、マクロ調査（我が国におけるビッグデータ流通量の推計）とマイクロ調査（企業等におけるビッグデータの活用状況調査）の2つの側面から、ビッグデータの活用実態について、分析を行う^{*10}。

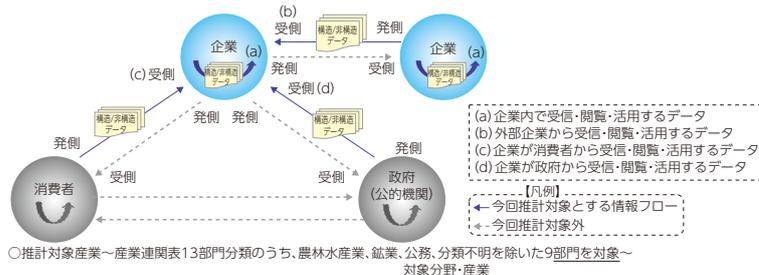
1 我が国におけるビッグデータ流通量の推計

ここでは、昨年までの調査を踏まえつつ、我が国におけるビッグデータ流通量の推計を行う。

A 対象主体

ビッグデータを活用することにより社会・経済的価値を創出する主要な経済主体は企業であると考えられることから、昨年までの調査と同様、企業が電子的に受信するデータについて計測を行った。また、推計対象産業も、昨年までと同様に、産業連関表にある13部門分類から農林水産業、鉱業、公務及び分類不明を除いた9部門とした（図表5-4-3-1）。

図表5-4-3-1 データ流通量等計測の対象主体



（出典）総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」（平成27年）

*10 マクロ調査及びマイクロ調査の実施に当たっては、情報セキュリティ大学院大学 廣松毅教授、九州大学大学院経済学研究院 篠崎彰彦教授及び神奈川大学経済学部 飯塚信夫教授に助言を頂いた。

イ 計量対象データ

計量対象とするデータは、下図にある21種のデータである^{*11}。21種のデータは、データ量の違いに着目したテキスト、音声、画像、動画という軸と、データの特性に着目した業務データ、販売記録、顧客等とのコミュニケーション、自動取得という軸で分類し(図表5-4-3-2)、推計モデルを用いて個別産業ごとの合計データ流通量を推計、それらを積み上げることでマクロ全体のデータ流通量を計測した^{*12}。

図表5-4-3-2 ビッグデータ流通量の計量対象データ

		テキスト	音声	画像	動画
業務データ		顧客データ 業務日誌データ 経理データ			
	医療			【医療】 電子カルテデータ 【医療】 画像診断データ	
販売記録		POSデータ Eコマースにおける 販売データ			
	医療				【医療】 電子レセプトデータ
顧客等との コミュニケーション		電子メール	CTI音声データ 固定電話 携帯電話		
		アクセスログ 動画・映像閲覧ログ			
自動取得		Blog、SNS等 記事データ			
	M2M	GPSデータ RFIDデータ センサーデータ	交通量・渋滞情報 データ 気象データ		防犯・遠隔監視カメラ データ

(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

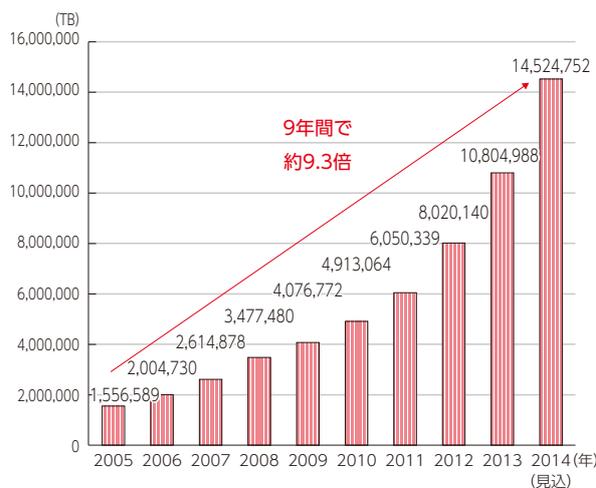
ウ 推計の結果

推計を行ったところ、2014年のデータ流通量は、9産業(サービス業、情報通信業、運輸業、不動産業、金融・保険業、商業、電気・ガス・水道業、建設業、製造業)の合計で、約14.5エクサバイトとなる見込みとの結果になった^{*13}。

データ流通量の経年推移をみると、2005年の約1.6エクサバイトから2014年には約14.5エクサバイト(見込み)となり、2005年から2014年の9年間で、データ流通量は約9.3倍(同期間の年平均伸び率は28.2%)に拡大している(図表5-4-3-3)。

データ流通量のメディア別推移をみると、2014年時点の水準で、防犯・遠隔監視カメラデータが約8.5エクサバイトと最も大きく、次いで、センサーデータ(約3.5エクサバイト)、POSデータ(約1.1エクサバイト)が大きく、1エクサバイトを超えている。また、各メディアの伸びの程度をみるために、2005年時点の各メディアの流通量が100になるように基準化した上で指数化し、データ流通量の経年推移をメディア別にみると、動画・映像視聴ログ、センサーデータ、画像診断データ、防犯・遠隔監視カメラデータ、気象データの伸びが大きく、2014年で2005年の10倍以上となっている(図表5-4-3-4)。こうしてみると、ビッグデータが注目される以前から既に長期間にわたって活用されてきたPOSデータは依然としてデータ流通量が大きいものの2005年以降はあまり伸びていないことが分かる。逆に、画像診断データは高齢化による患者の増加や技術の発展等の影響、気象データはPOSデータとの組合せによる需要予測での活用増加等の影響によって近年データ流通量が大きく伸びているとみられるが、2014年時点でも総量は未だに比較的小さい水準にあることが分かる。このように、データ流通量からは古いメディアの成熟や新しいメディアの成長を読み取ることができる。また、防犯・遠隔監視カメラデータとセンサーデータはデータ流

図表5-4-3-3 データ流通量の推移



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

*11 昨年までの調査からの継続性を重視しつつ、一部で統一のとれていなかったデータの名称を変更し、分類の見直しも合わせて行った。
 *12 データ流通量の推計についての詳細は巻末の付注7-3を参照。
 *13 昨年の白書に掲載した推計結果は、2013年時点の見込値で約13.5エクサバイトという結果であったが、今回、2014年の確定値を推計したところ約10.8エクサバイトに修正された。

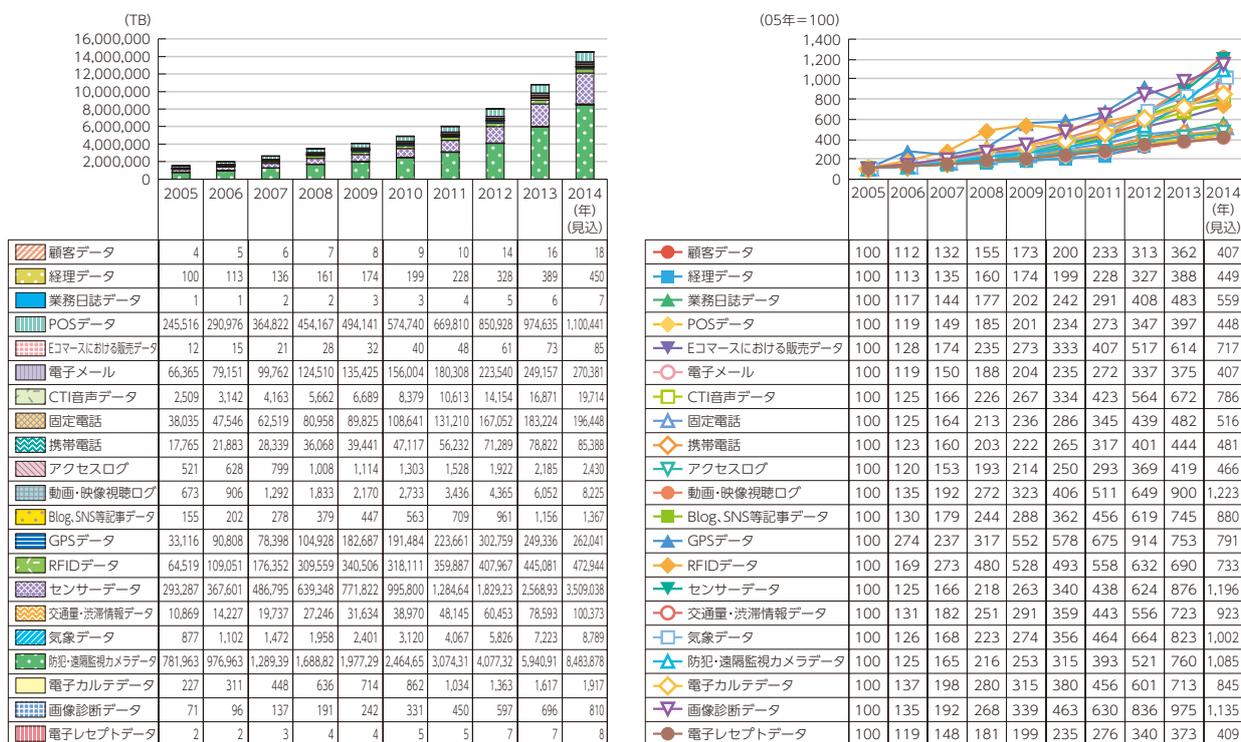
通量が大きくかつ伸びも大きいという影響力が大きいメディアだということと言える。

防犯・遠隔監視カメラは、2015年に国内市場規模が400億円を突破し、その後も拡大するとの予測があり、防犯・遠隔監視カメラの市場拡大と共にデータ流通量が增大していることがうかがえる^{*14}。市場拡大の背景には金融店舗や小売店舗での360度全方位カメラの採用増加やカメラメーカーが映像・画像ソリューション提案に注力していることがある。映像・画像ソリューションには小売店舗での客数カウンター起用、陳列棚の確認、防災遠隔管理システムとの連動等があり、こうしたソリューションの採用が拡大すれば、増大するデータが新たな価値を生み出すことが期待できる。

なお、防犯・遠隔監視カメラデータは動画データという特性のためバイト単位で計ったデータ量が大きくなっているという点は、他のデータと比較する際に注意が必要である。

センサーデータは、様々な種類のセンサーが多様な目的で使用されるようになるにつれて、データ量も拡大している。1つ1つのセンサーから得られるデータ量は小さいが、センサーの数とセンサーからの通信頻度が大きくなることで、データ流通量が拡大していると考えられる。

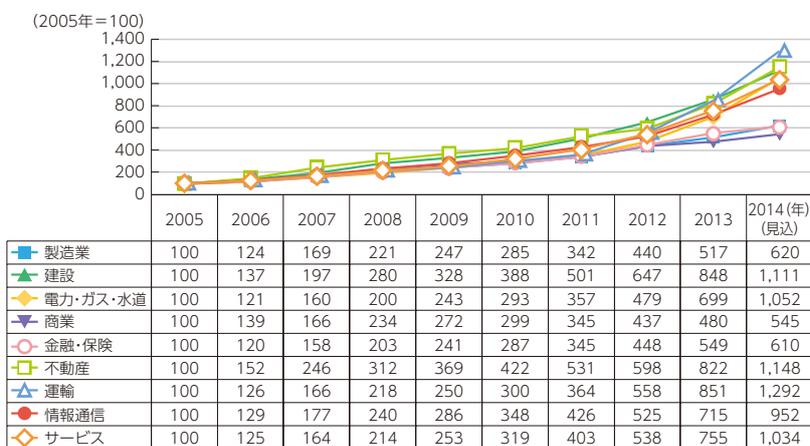
図表5-4-3-4 データ流通量の推移（メディア別）



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

さらに、データ流通量の産業間比較を行うために、2005年時点の各産業のデータ流通量が100になるように基準化した上で指数化し、その経年推移をみたものが図表5-4-3-5である。これを見ると、すべての産業においてデータ流通量が伸びていることがみてとれるが、特に運輸業や不動産業、建設業での伸びが大きい。これらの産業は防犯・遠隔監視カメラの利用が多く、防犯・遠隔監視カメラデータが流通量の伸びを牽引している。一方、商業はデー

図表5-4-3-5 データ流通量の推移（業種別）



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

*14 富士経済「FK通信」第141号(2014年2月25日) <http://www.group.fuji-keizai.co.jp/mgz/mg1402/1402m2.html>

タ流通量の伸びが最も小さいが、これはPOSデータが大きいためであり、データ流通量が伸びていないというよりは他産業に先駆けてデータ利用を進めた結果が表れていると解釈するのが適切と考えられる。

2 企業等におけるビッグデータの活用状況

ここでは、企業等がどのような領域において、どのようなデータを活用し、どのような分析によって、どのような効果を得ているのかについて、アンケート調査を元に分析を行う^{*15}。

ア データの活用目的

まず、どのような目的でデータを活用しているのかについて尋ねた。アンケート調査では、データの活用目的を以下の8種類に分類した（図表5-4-3-6）。

図表5-4-3-6 データの活用目的と活用例

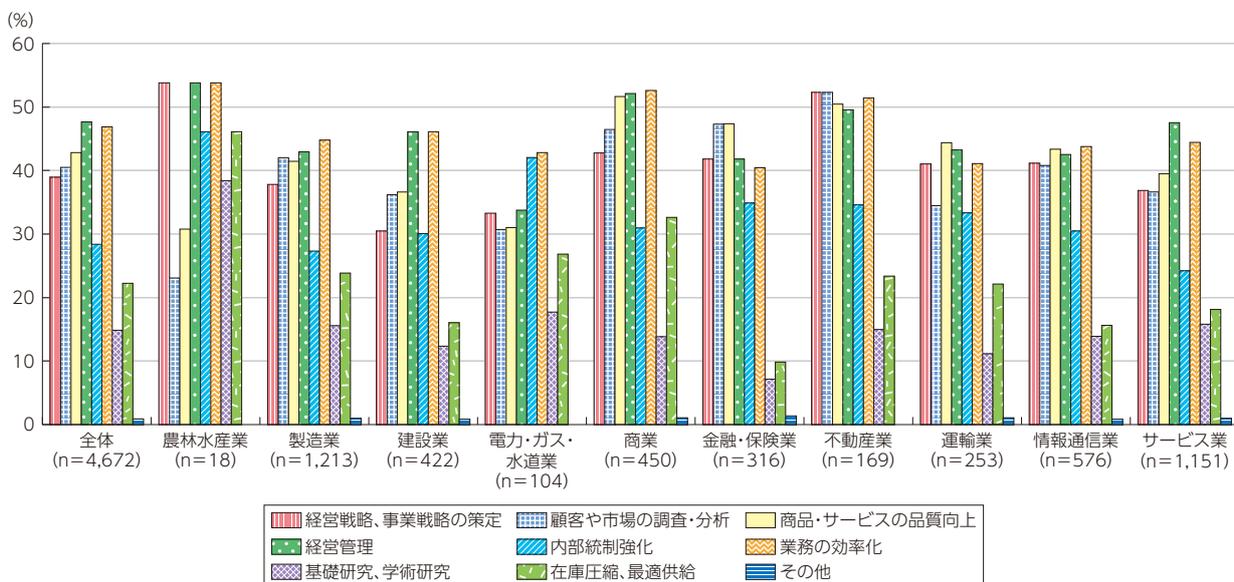
目的	(例)
経営戦略、事業戦略の策定	売上データ等の社内情報や統計情報等の社外情報を幅広く収集・分析することによって売上への影響等を予測し、注力事業の決定や戦略立案を行う。
顧客や市場の調査・分析	顧客データ、販売データ、SNSへの書き込みデータなどから消費傾向を分析し、ニーズや企業への評価を把握する。
商品・サービスの品質向上	設備や製品にセンサー等を取り付けて利用状況を収集し、故障や部品の交換時期等を予測する。それによってきめ細やかな保守・メンテナンスを行う。
経営管理	経理データや売上データ、また各部門からあがってくるデータを分析してこれまでよりも短時間で予実管理を行う。
内部統制強化	経理データや業務日誌等から不正の可能性や兆候のある取引を事前に検知し、内部統制を強化する。
業務の効率化	RFIDやセンサーを取り付け稼働状況や位置情報を収集し、そのデータを活用することによって業務プロセスの効率化・最適化を行う。
基礎研究、学術研究	センサーなどから収集される大規模データを有効活用するための研究開発を行う。
在庫圧縮、最適供給	販売データや気象データなどから需要予測を行い、生産・出荷量の調整を行う。また、RFIDやセンサーを取り付けてリアルタイムに在庫状況を把握する。

(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

全体として、「経営管理」(47.6%)が最も多く、「業務の効率化」(46.9%)、「商品・サービスの品質向上」(42.9%)、「顧客や市場の調査・分析」(40.5%)までが40%を超える結果となった。

産業別にみると、「商業」や「不動産業」では「商品・サービスの品質向上」、「業務の効率化」など複数の目的が50%を超えており、他の産業に比べて比較的データの活用が進んでいると推察される（図表5-4-3-7）。

図表5-4-3-7 データの活用目的



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

イ データを活用している領域

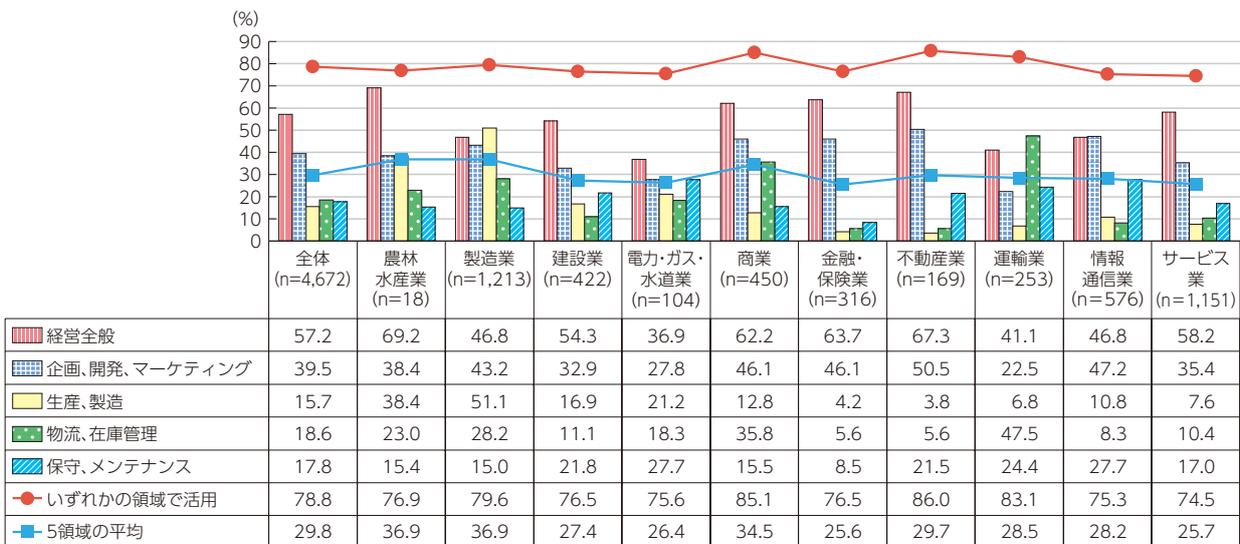
次に、どのような領域においてデータの活用を行っているのかについて尋ねた。アンケート調査では、データ活用領域を「経営全般」、「企画、開発、マーケティング」、「生産、製造」、「物流、在庫管理」、「保守、メンテナンス」の5つに設定しそれぞれについて集計した。その結果、全体の傾向として「経営全般」、「企画、開発、

*15 アンケートの実施条件については巻末の付注7-1を参照。

マーケティング」でのデータ活用の割合が高くなっており、特に「経営全般」領域においては、全体の約57%がデータを活用している。また、上記5つの領域のいずれかにおいて、データを活用している割合は約79%と8割近くがいずれかの領域においてデータを活用していることが観察された。

産業別にみると、「商業」、「金融・保険業」、「不動産業」では、「経営全般」での活用割合が6割以上と他の産業に比べてやや高く、「企画、開発、マーケティング」における活用割合では、上記3産業に加えて、「情報通信業」が5割程度と他産業に比べやや高い状況となった。また、「電力・ガス・水道業」、「情報通信業」では、「保守、メンテナンス」の領域においてデータを活用している割合が他産業に比べてやや高く、自社が提供・敷設するインフラのモニタリング状況をデータとして把握し、それを故障の予兆把握や需給の管理・予測等に活用しているものと推察される。また、製造業における「生産、製造」、運輸業における「物流、在庫管理」は本業に関連する領域であり、データ活用の割合が高くなった（図表5-4-3-8）。

図表5-4-3-8 データの活用領域

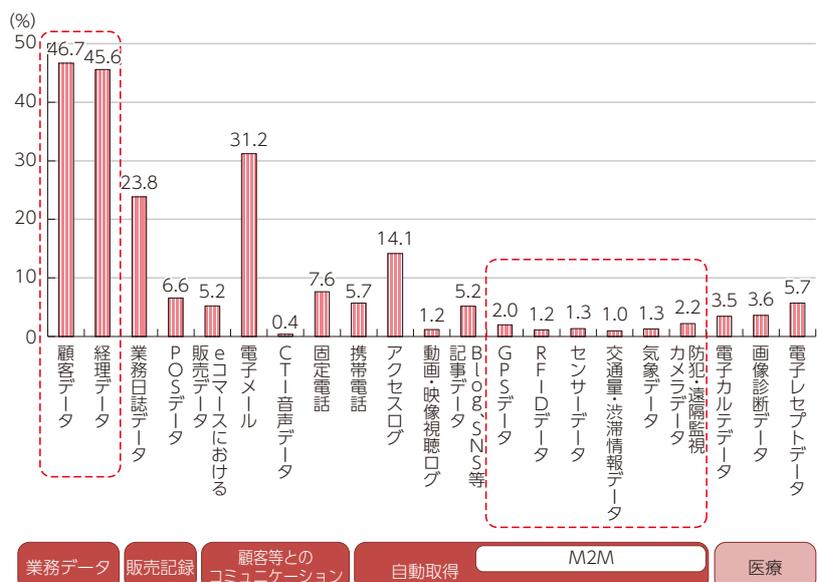


(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

ウ データの種類

続いて、どのような種類のデータを分析に活用しているかについて尋ねた。その結果、今回対象とした21メディアのうち、「顧客データ」、「経理データ」、「業務日誌データ」、「電子メール」などの従来から社内に蓄積されているデータが多く分析に活用されている。一方で、「RFIDデータ」、「センサーデータ」といったICタグやセンサーから収集されるデータと「交通量・渋滞情報データ」、「GPSデータ」といった位置情報に関連するデータなどは相対的にまだ広く分析に活用されるという状況にないことがうかがえる（図表5-4-3-9）。

図表5-4-3-9 各データを分析に活用している企業等の割合



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

エ データの組合せ

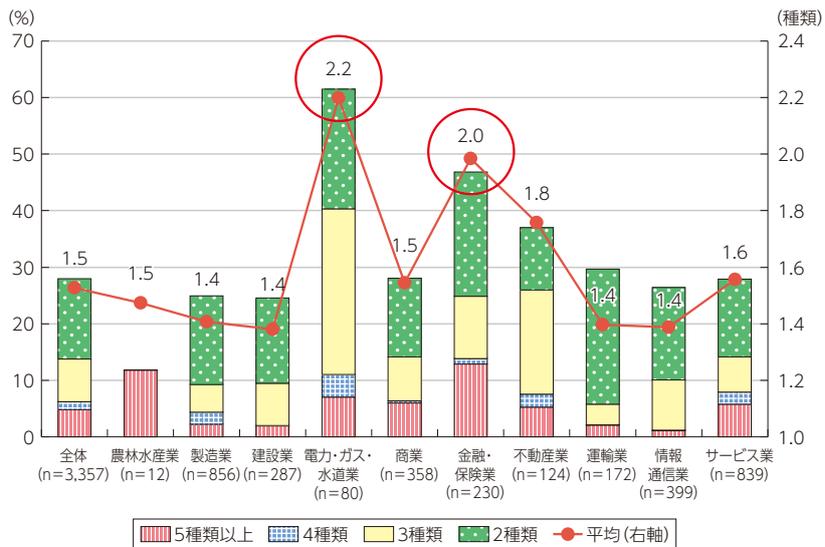
続いて、データを分析する際に、複数のデータを組み合わせて分析を行っているかどうかを尋ねた。その結果、2種類以上のデータを組み合わせて分析を行っているという割合は全体で3割弱となった。多くの企業等では別々のデータを組み合わせて分析するのではなく、1種類のデータを単独で分析している状況にあることがう

かがえる。

産業別にみると、多くの産業ではデータを組み合わせた分析は2種類程度までとなっているが、電力・ガス・水道業や金融・保険業などでは3種類以上のデータを組み合わせ分析している割合がやや高くなった*16 (図表5-4-3-10)。

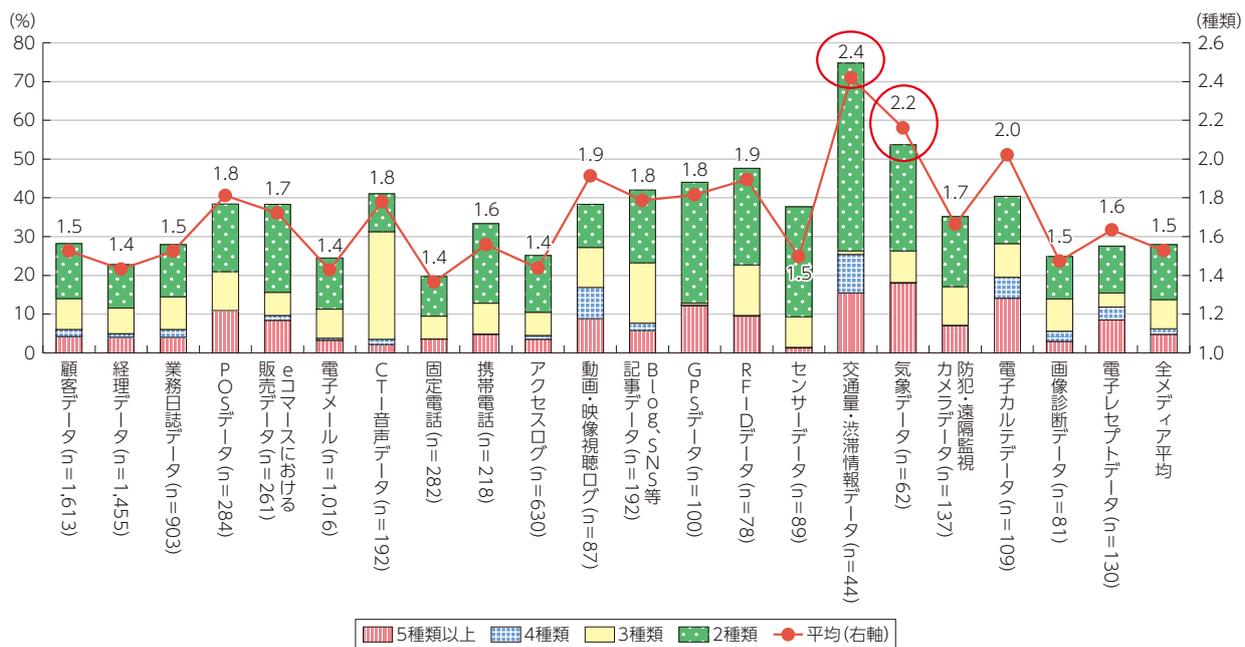
分析する際のデータの組合せをメディア別にみると、「交通量・渋滞情報データ」、「気象データ」が平均して2種類以上を組み合わせ分析しているという結果になった。つまり、これらのデータを用いて分析する企業等は他にもう1種類以上のデータを組み合わせ分析しているということになる。分析に活用されている割合が高い「顧客データ」、「経理データ」、「業務日誌データ」、「電子メール」はいずれも2種類以上のデータを組み合わせ分析されている割合が低く、活用はされているものの他のデータとの組み合わせた分析は行われていないことがうかがえる (図表5-4-3-11)。

図表5-4-3-10 分析する際のデータ組合せ (産業別)



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

図表5-4-3-11 分析する際のデータ組合せ (メディア別)



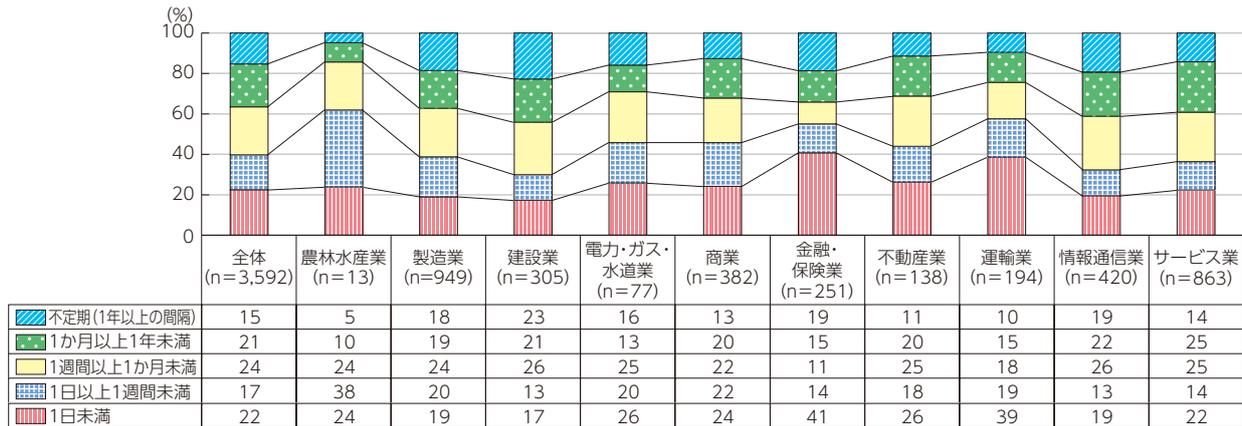
(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

オ 分析頻度

続いて、データを活用して分析を行う頻度について尋ねた。その結果、全体として高頻度で分析を行う企業等からあまり頻繁に分析を行わない企業等まで万遍なく存在しているといえる。ただし、産業別にみると、「金融・保険業」や「運輸業」では「1日未満」の割合が他産業に比べて高い傾向にあり、先進的な企業等では日常的に分析を行っていることがうかがえる (図表5-4-3-12)。

*16 電力・ガス・水道業については、分析に活用しているデータの種類の平均が1.7種類なのに対して、分析する際のデータの組合せが平均2.2種類となっており、今回調査対象とした21メディア以外のデータを活用していることが推察される。

図表5-4-3-12 分析の頻度



※集計の対象は5つの活用領域のいずれかでデータを活用していると回答したサンプル。

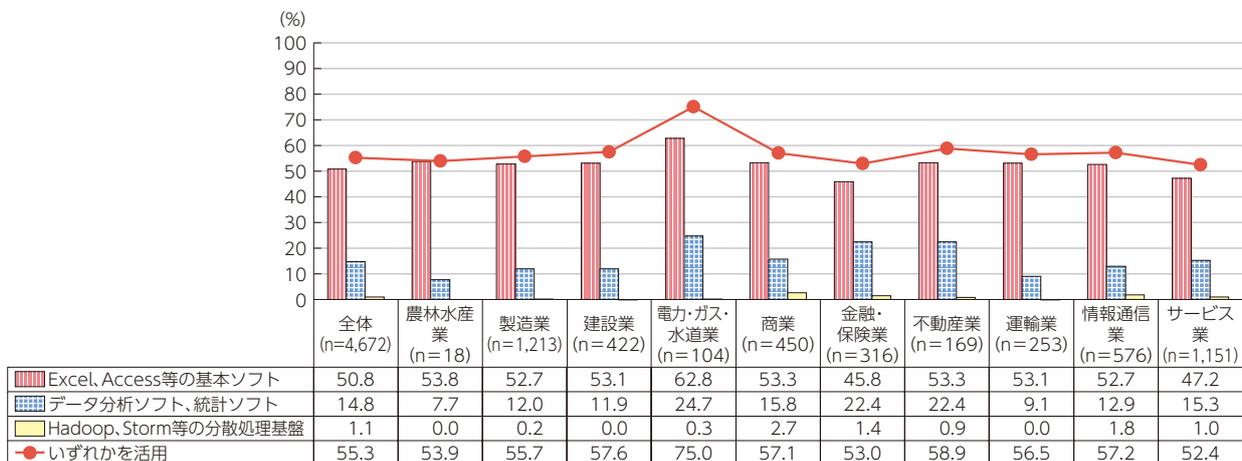
(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

カ 分析手法

続いて、どのような手法で分析を行っているのかについて尋ねた。「Excel、Access等の基本ソフト」、「データ分析ソフト、統計ソフト」、「Hadoop、Storm等の分散処理基盤」を活用した分析の実施有無について確認したところ、全体の5割強がこれらいずれかを活用した分析を行っている結果となった。その多くが「Excel、Access等の基本ソフト」(50.8%)であり、「Hadoop、Storm等の分散処理基盤」については全体の1.1%であった。

産業別にみると、いずれかを活用した分析を行っている割合が「電力・ガス・水道業」で最も高く75.0%となった。「Excel、Access等の基本ソフト」、「データ分析ソフト、統計ソフト」についても「電力・ガス・水道業」が最も高く、「Hadoop、Storm等の分散処理基盤」については「商業」が最も高い割合となったが、産業によって大きな差はみられなかった(図表5-4-3-13)。

図表5-4-3-13 分析の手法



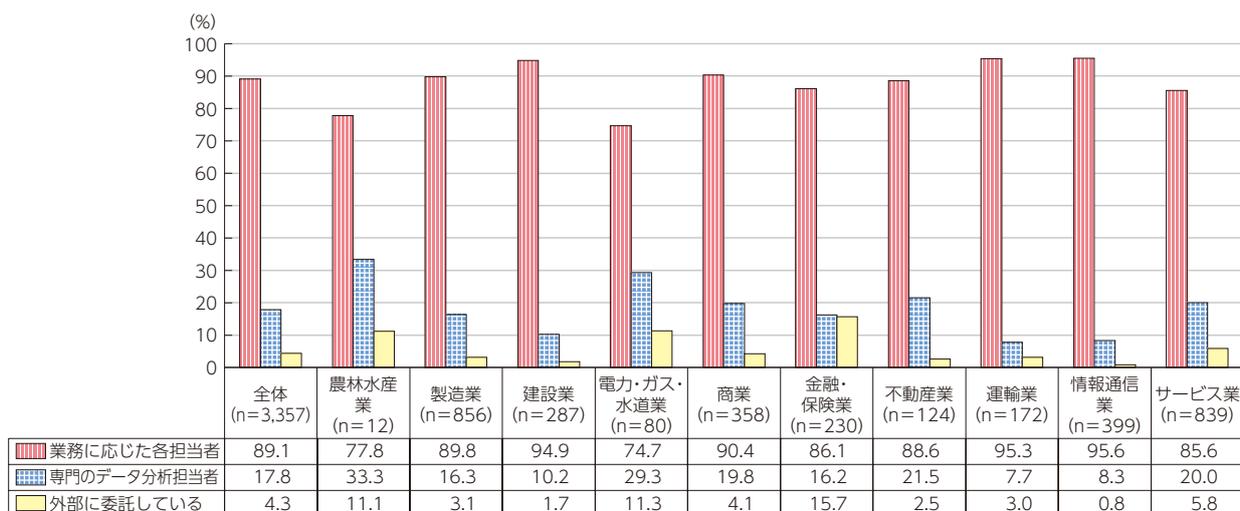
(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

キ 分析人材

続いて、どのような人材が分析を行っているのかについて尋ねた。「業務に応じた各担当者」、「専門のデータ分析担当者」、「外部に委託している」の割合を確認したところ、全体の9割弱で「業務に応じた各担当者」が分析を行っているという結果となった。「専門のデータ分析担当者」(17.8%)は「外部に委託している」(4.3%)に比べて高い割合となり、データ分析については、比較的企業内部で行っている実態がうかがえる。

産業別にみると、「電力・ガス・水道業」で「専門のデータ分析担当者」が分析を行っているという割合がやや高く29.3%となった。また、「金融・保険業」では「外部に委託している」という割合が15.7%とやや高く、「専門のデータ分析担当者」(16.2%)と同程度となっている。「金融・保険業」では「Excel、Access等の基本ソフト」では困難な分析が多く(全産業中最低の45.8%)、ある程度外部の人材を活用する傾向が推察される(図表5-4-3-14)。

図表5-4-3-14 分析の人材



※回答の対象は何らかの分析を行っていると回答したサンプル。

(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

フ 分析結果の活用方法

続いて、分析結果の活用方法を、「見える化」、「予測」、「自動化」の3類型に分類して尋ねた(図表5-4-3-15)。

全体の傾向として「見える化」(59.2%)、「予測」(40.8%)、「自動化」(6.9%)の順に割合が高くなっている。このことからまず「見える化」によって現状を把握することから始め、把握できたものに対しては今後の動向等を「予測」し、最終的には一連の動作を「自動化」といった大きな流れがあるのではないかと推察される。

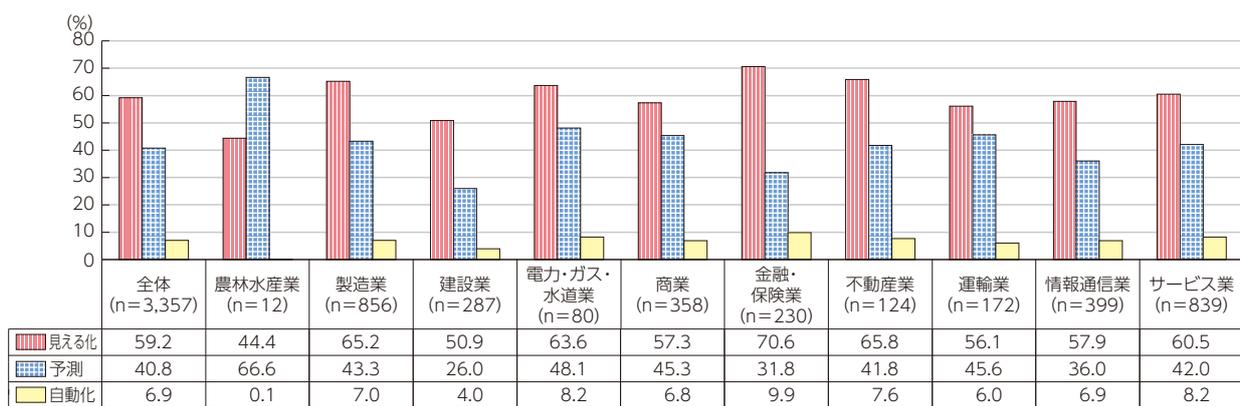
産業別にみると、「見える化」による活用割合は、「金融・保険業」(70.6%)で、「予測」による活用割合は、「電力・ガス・水道業」(48.1%)で、「自動化」に活用している割合は「金融・保険業」(9.9%)で最も高くなっている(図表5-4-3-16)。

図表5-4-3-15 データの活用方法と活用例

活用方法	(例)
見える化	データを収集・分析した結果をグラフ等にするによって状況や関係性を把握できるようにする。
予測	データ分析によって今後の市場動向や消費者心理などを予測する。
自動化	データ分析の結果を活用して機械やシステムを自動的に制御・動作させる。

(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

図表5-4-3-16 分析結果の活用方法



※回答の対象は何らかの分析を行っていると回答したサンプル。

(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

ケ ビッグデータ活用と効果の関係

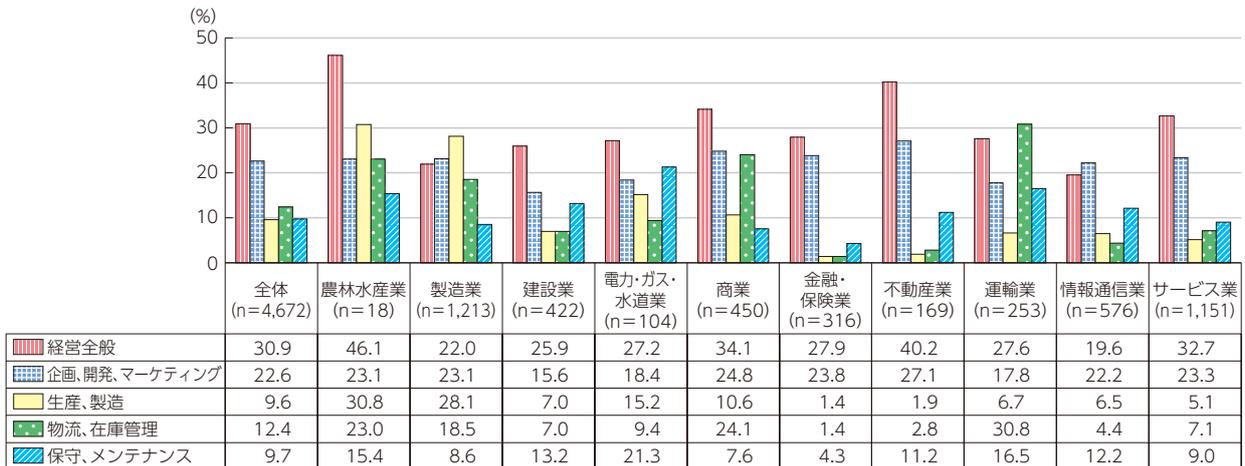
(ア) データ活用の効果有無

データを活用し、効果があったかどうかを5つの領域それぞれで尋ねた。「経営全般」では全体のおよそ3割、「企画、開発、マーケティング」ではおよそ2割、「生産、製造」、「物流、在庫管理」、「保守、メンテナンス」ではおよそ1割がデータを活用し、効果を得ているという結果となった。産業によっては、ほぼ無縁の領域である

ことや、まだそれほどデータ利活用が進んでいないことも推察される「生産、製造」、「物流、在庫管理」、「保守、メンテナンス」では低い結果となった。

産業別にみると、「不動産業」(40.2%)、「商業」(34.1%)、「サービス業」(32.7%)の3割以上が「経営全般」で効果を得ており、やや高い結果となった。「企画、開発、マーケティング」では「不動産業」(27.1%)、「商業」(24.8%)がやや高いものの他の産業でも大きな差はない。全体では1割程度の効果であるものの、「生産、製造」においては「製造業」(28.1%)、「物流、在庫管理」においては「運輸業」(30.8%)、「商業」(24.1%)、「保守、メンテナンス」においては「電力・ガス・水道業」(21.3%)の2割強が効果を得ている(図表5-4-3-17)。

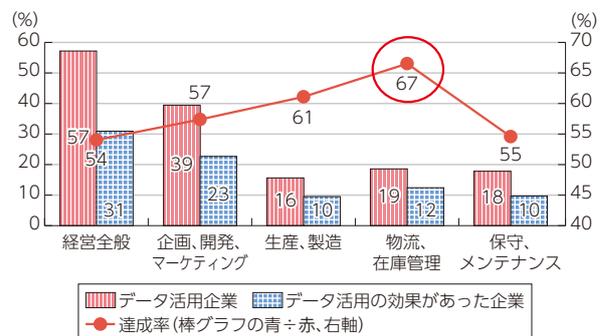
図表5-4-3-17 データを活用することによって効果のあった割合



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

各領域でデータを活用している割合とデータを活用して効果を得ている割合から効果の達成率を計算すると「物流、在庫管理」で最も高い達成率(67%)となっている。逆に、「経営全般」ではデータ活用割合が最も高いものの、達成率では最も低い結果となった。このことから「物流、在庫管理」ではデータ利活用の効果を得やすい領域と考えられる(図表5-4-3-18)。

図表5-4-3-18 データ活用の効果達成率



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

(イ) データ利活用の効果を得られた企業等と得られなかった企業等の比較

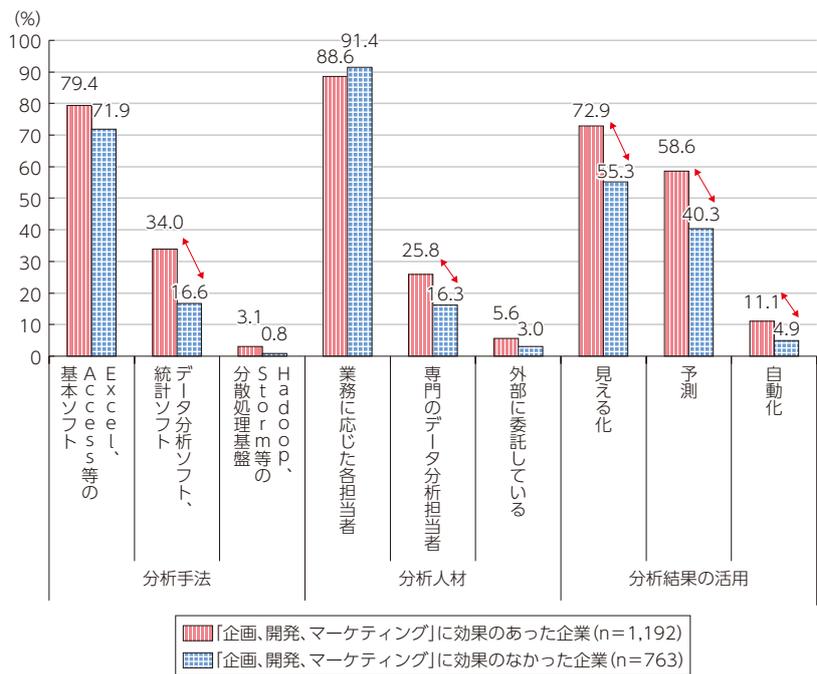
データ利活用の効果を得られた企業等と得られなかった企業等では、分析手法や分析に活用するデータに何らかの違いがあることが考えられる。そこでどの産業でも活用割合が比較的高かった「企画、開発、マーケティング」領域においてデータを活用している企業等を対象に効果を得られた企業等と得られなかった企業等の比較を行った^{*17}。

*17 他の領域についても検証を行ったが「企画、開発、マーケティング」領域とほぼ同じ結果であった。

A 分析手法、分析人材、分析結果の活用における比較

まず、分析手法をみると「Excel、Access等の基本ソフト」では効果を得られた企業等と得られなかった企業等の間でそれほど差がみられなかったものの「データ分析ソフト、統計ソフト」では大きな差がみられた。同様に分析人材においても「業務に応じた各担当者」ではそれほど差がみられなかったものの「専門のデータ分析担当者」では比較的差が見られた。このことから企業等が「業務に応じた各担当者」が「Excel、Access等の基本ソフト」を活用してデータ分析を行う段階から「専門のデータ分析担当者」が「データ分析ソフト、統計ソフト」を活用する段階に分析が高度化するとデータ活用の効果を得られ易くなると推察される。また、分析結果の活用では「見える化」、「予測」、「自動化」のいずれでも比較的差がみられた（図表5-4-3-19）。

図表5-4-3-19 効果有無による比較（分析手法、分析人材、分析結果の活用）

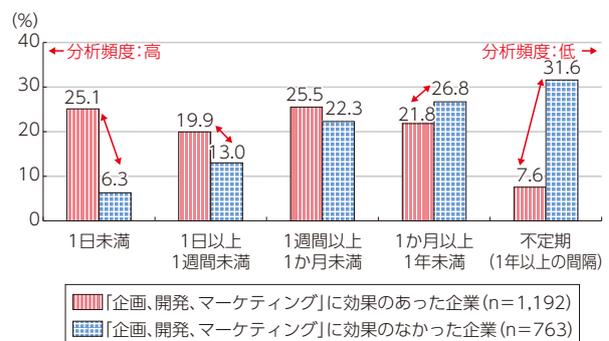


(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

B 分析頻度における比較

次に、分析の頻度で比較を行った。効果を得られた企業等の過半数が1か月未満の頻度で分析を行っているのに対して、効果を得られなかった企業等の過半数が1か月以上の頻度で分析を行っていることがわかった（図表5-4-3-20）。このことから、データ活用の効果を得るためにはある程度短い間隔でデータ分析を行うことが必要ではないかと考えられる。

図表5-4-3-20 効果有無による比較（分析頻度）

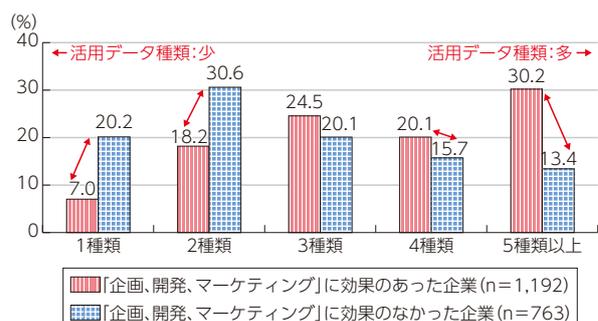


(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

C 分析に活用するデータの種類の比較

次に、分析に活用するデータの種類の比較を行った。効果を得られた企業等は、5種類以上のデータを分析に活用しているという割合が最も高いのに対して、効果を得られなかった企業等の過半数が2種類以下となっている（図表5-4-3-21）。

図表5-4-3-21 効果有無による比較（分析に活用するデータの種類）

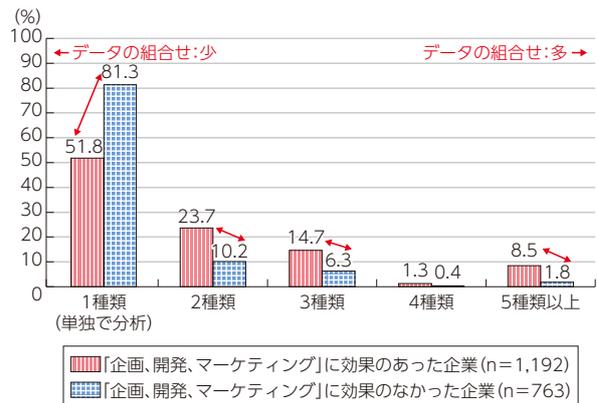


(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

D 分析する際のデータの組合せにおける比較

最後に、分析する際のデータの組合せで比較を行った。1種類（単独）で分析を行うという回答が効果の有無に係らず最も高くなっているものの、データを組み合わせた分析（2種類以上）は効果を得られた企業等の方が高い結果となった（図表5-4-3-22）。

図表5-4-3-22 効果有無による比較
(分析する際のデータの組合せ)

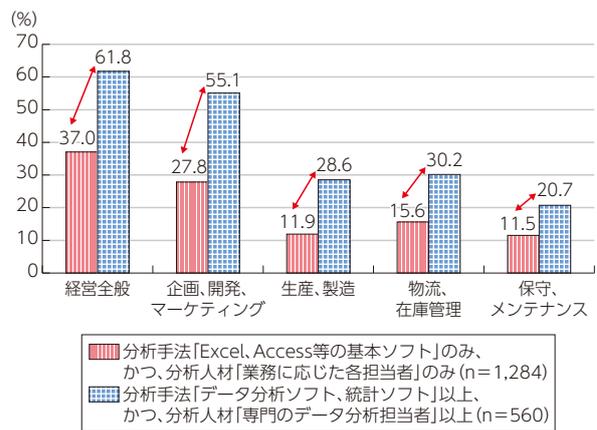


(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

(ウ) 分析手法、分析人材の重要性

データ活用の効果を得られた企業等はデータ分析の手法や人材、活用するデータにおいて効果を得られなかった企業等よりも進展していることが確認できた。ここでは、分析手法と分析人材の進展が効果達成にどれだけ差を生み出しているのかを検証した。まず分析手法「Excel、Access等の基本ソフト」のみ、かつ、分析人材「業務に応じた各担当者」のみのグループと分析手法「データ分析ソフト、統計ソフト」以上^{*18}、かつ、分析人材「専門のデータ分析担当者」以上^{*19}のグループを作成した。この2グループにおいて各領域で効果を得られた割合を比較した。その結果、分析の手法、人材が進展しているグループの方がいずれの領域でも高い割合でデータを活用し、効果が得られていることがわかった（図表5-4-3-23）。

図表5-4-3-23 分析手法、分析人材による効果が得られた割合の比較



(出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

*18 分析手法において「データ分析ソフト、統計ソフト」、「Hadoop、Storm等の分散処理基盤」のいずれかを回答

*19 分析人材において「専門のデータ分析担当者」、「外部に委託している」のいずれかを回答

(工) 計量分析

ここまでみてきたように、効果を得られた企業等と得られなかった企業等でグループ分けをした上で、効果を得られた割合を比較すると効果を得るためには、専門のデータ分析人材が多種データを組み合わせた上で高度な分析手法を駆使し、短い間隔で分析を行うことが、それぞれ重要であることが確認できた。これらのことを計量分析（ロジットモデル分析）によって検証した^{*20}。

その結果、分析手法では「データ分析ソフト、統計ソフト」の活用、また「1か月未満の分析頻度」、「分析に活用するデータの種類」、「分析する際のデータの組合せ」が効果を得るために有意であることが確認できた（図表5-4-3-24）。

この結果から「Excel、Access等の基本ソフト」を活用して分析を行うという段階から一歩進んだデータ分析に取り組むことが効果を達成するためには必要であることが確かめられた。また、ビッグデータ時代においては多種多様なデータが高頻度で発生・蓄積されるようになり、それらを有効に活用すべく多様なデータを組み合わせる短い間隔で分析することが求められていると言えるだろう。今回は、「専門のデータ分析担当者」が有意とならなかったが、これは、日本ではまだデータサイエンティストといったデータ分析の専門人材が少ないためと考えられ、今後専門人材が増え、活躍することによって、有意性が表れてくる可能性がある。

図表5-4-3-24 計量分析の結果

説明変数	被説明変数	「企画、開発、マーケティング」に効果あり
定数項		0.198516
		4.261734
		0.000
Excel、Access等の基本ソフト		0.010473
		0.422453
		0.673
データ分析ソフト、統計ソフト		0.063377
		2.709231
		0.007
Hadoop、Storm等の分散処理基盤		-0.036972
		-0.679418
		0.497
業務に応じた各担当者		-0.001499
		-0.042056
		0.966
専門のデータ分析担当者		0.034456
		1.300163
		0.194
外部に委託している		-0.001152
		-0.028183
		0.978
分析頻度（1か月未満）		0.243360
		11.193822
		0.000
分析活用データ種類		0.044209
		5.554212
		0.000
分析データの組合せ		0.044558
		5.158378
		0.000

それぞれ上から係数推定値、t値、p値
 (注) *有意水準10%、**有意水準5%、***有意水準1%
 (出典) 総務省「ビッグデータの流通量の推計及びビッグデータの活用実態に関する調査研究」(平成27年)

3 国内ビッグデータ活用事例

以下では、これまでの分析結果を踏まえつつ、国内の企業等におけるビッグデータ利活用の事例を検討する。

ア ダイードリンク

ダイードリンクはコーヒー飲料を主力商品とする飲料メーカーである。データを活用することによって自動販売機にて飲料を販売する際の商品サンプルの配置を決定している。その際に、「アイトラッキング・データ^{*21}」を活用している。アイトラッキング・データとは、被験者が実際の自動販売機にて商品を購入する際にどこを見て、商品を認識しているのかを表すデータである^{*22}。これまでの消費者アンケート等のデータに加えて、アイトラッキング・データを加えたことにより、消費者行動に関するデータの種類を増やすことができ、分析の効果が上昇した。

その結果、これまで飲料業界で常識とされていた商品サンプルの配列（左上からZ字型に視線が動くために、左上に人気商品を陳列）を改める結果となり、データ分析の結果をもとに左下に注力のコーヒー商品を陳列したところ売り上げが増加した。図表5-4-3-22でみたようにデータ活用の効果があった企業等は、複数のデータを組み合わせた分析をしている割合が高く、消費者アンケート等のデータとアイトラッキング・データを組み合わせることによってこれまでにない知見と効果が得られたものと考えられる。

課題としては、販売データの集計に時間がかかるため、マーケティング分析のデータと販売データをマッチできていない点があり、自動販売機の販売データと連動できれば大きな効果が得られる可能性がある。

*20 分析の詳細については巻末付注7-2を参照。
 *21 「アイトラッキング・データ」はトビー・テクノロジー・ジャパン (<http://www.tobii.com/ja-JP/eye-tracking-research/japan/>) の技術を採用した。
 *22 被験者に対し、アイトラッキングにより収集したデータを確認し、「何故ここを見たのか」などのフォローテストも実施しており、視線に興味合いを持たせている。

イ 富士通

富士通は農業経営を支援するためのクラウドサービス「FUJITSU Intelligent Society Solution 食・農クラウドAkisai（アキサイ）」を2012年に提供開始した。農作物の栽培や施設園芸、畜産業務における生産活動や経営を支援するためのアプリケーションを農業生産者、JA、大手の流通業者、自治体などに提供している。

例えば、日本酒「獺祭（だっさい）」の製造元である山口県の旭酒造では、獺祭の原料となる酒造好適米（酒米）「山田錦」の調達安定化を目的として、山田錦の栽培における作業実績や圃場（田んぼ）の各種環境をセンサーデータとして収集・分析し、栽培成績の良かった作業実績を“ベストプラクティス”として活用している。

また、施設園芸では気象データから生育や収量を予測することにより、温室のコントロールを行い、無駄をなくしたりし、コスト削減につなげることができている。これはセンサーを活用したデータ収集により、複数のデータを組み合わせた分析が可能となった効果であり、**図表5-4-3-22**でみたようなデータを組み合わせた分析の有効性がうかがえる。

技術的な課題としてはセンサーの精度、耐久性、価格がある。温室は温度・湿度が高く、農薬がまかれるためセンサーが壊れやすいという問題があるため、より安く精度と耐久性の高いセンサーが利用できるようになれば、費用対効果を高めることができる（**図表5-4-3-25**）。

ウ IHI

IHIは1889年に設立された、航空宇宙エネルギー機器、建機など総合重機メーカーである。IHIは宇宙開発、気象観測、農業機械等で培った技術を活かした農業情報サービスの事業実証に取り組んでいる。リモートセンシングによる土地や生産物の情報、ローカルアメダスから気象データ、生産者の日誌、GPSデータなどを収集し、情報を農業生産法人などに提供している。2011年に北海道十勝・帯広市の「食と農業」を柱とした地域産業政策「フードバレーとかち」に参加し、帯広での取り組みを開始している。

リモートセンシングでは、専用のカメラで撮影した画像から植物の活性度合いがはっきり分かり、小麦などの農作物の生育状況を把握することができるので、生育の状態に合わせ、適切な作業を行うことができ、収量の安定化につながっている。**図表5-4-3-19**でみた「これまで把握することができなかった状況の見える化」、**図表5-4-3-21**でみた「多種類のデータを分析に活用すること」が効果につながったと考えられる（**図表5-4-3-26**）。

エ 大阪ガス

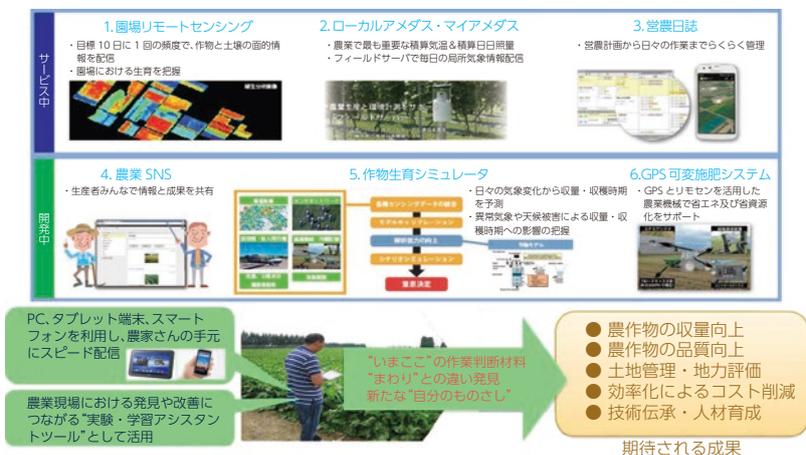
大阪ガスは、近畿2府4県の約700万戸にガスを供給している一般ガス事業者である。そのIT部門である情報通信部に、分析力を武器としてビジネスに貢献する専門部署（ビジネスアナリシスセンター）を設置し、社内との関係部署に対してデータ分析によるソリューションを提案し導入するミッションを持たせることで、社内の様々な業務プロセスの改善につなげている。本センターは、データ分析の専門家であるデータサイエンティスト

図表5-4-3-25 センサーデータ等を活用した農業情報サービス



(出典) 富士通

図表5-4-3-26 リモートセンシングデータ等を活用した農業情報サービス



(出典) IHI

9名から構成されており、各メンバーは関係部署と連携して分析力による問題解決に取り組み、社内の様々な業務の効率化やサービス向上に大きく貢献している。

例えば、業務用車両の待機拠点を決めるにあたり、自動車メーカーが車載GPSで収集した詳細な渋滞データを活用することで、効果的な配置を実現している。図表5-4-3-19でみたように効果を得られている企業等は専門のデータ分析担当者がデータ分析をしている割合が高く、効果を得るためには高度なデータ分析や幅広いデータ利活用が可能となる専門人材が大切であると考えられる。

第5章まとめ

以上、我が国経済の中長期的な課題とICTの役割を整理した上で、ICT産業のグローバルトレンドと其中での我が国ICT産業のポジションを確認するとともに、IoTをはじめとするICTの進化が、ICT産業ひいては経済全体をどのように変えていくかを展望してきた。

少子高齢化と人口減少が進む中で我が国が中長期的な経済成長を実現していくためには、供給面での生産性向上等に加えて、需要面での新市場創出やグローバル需要の取り込みが必要である。この点第2節でみたように、我が国のICT産業は、通信レイヤーやICTソリューションレイヤーにおいて、国内需要の中長期的な飽和を見越したグローバル展開を開始しており、こうした動きは今後更に活発化していくと予想される。これまでICT産業の中では比較的地域性が強く働いていたこれらのレイヤーでも、これからは本格的なグローバル競争が始まる可能性がある。

併せて、通信レイヤーと上位レイヤーとの付加価値の源泉を巡る「競争」も、今後ますます活発化していくだろう。第2節でみたように、現在のICT産業の構造はスマートフォンを中心としたものとなっており、モバイル向けOSを掌握するグーグル、アップルの2社が主導する形となっている。今後、IoT化の動きが本格化し、「スマートフォンの次」が模索されつつある中で、どのレイヤーの企業が主導権を握るかが注目される。IoT化の進展によるゲームチェンジは、我が国の通信機器・端末産業が再び競争力を獲得する好機ともなり得るだろう。

中長期的には、IoT化の進展とビッグデータ利活用の進展は、製造業とサービス業との区別や、ICT産業とそれ以外の産業との境界を相対化していこう。企業が生み出す付加価値の源泉は、データの取得・分析を通じたソリューションの提供にシフトし、その意味で、あらゆる産業が広い意味でのICTソリューション産業と評価される時代が来るかもしれない。同時に、「メイカー・ムーブメント」の勃興にみられるように、大企業に属さない人々による職人的な産業活動も活発化し、経済全体に多様性をもたらすだろう。



世界ICTサミット

総務省は、ICT分野に関する国内外の企業経営者や政府関係者等を日本に集め、情報交換を行い、国際連携や海外への情報発信を強化することを目的に、平成20年以降、日本経済新聞社との共催により「世界ICTサミット」を開催している。

近年、コンピュータの処理能力の向上により、人工知能がビッグデータを活用して人間を超える能力を発揮する可能性など、ICTのインテリジェント化が議論されており、平成27年6月に開催された「世界ICTサミット2015」では、「インテリジェンスが築く都市・ビジネス・社会」を全体テーマとして、こうしたインテリジェンスの活用がもたらす都市、社会、ビジネスの最適な在り方についての議論がなされた。

また、センサー技術の発達等を背景として、M2Mやウェアラブル、スマートメーター等を包括する幅広い概念であるIoTへの注目が高まっており、各国もIoT推進を政府の重点施策と位置付けていることから、総務省がモデレーターを務めるパネルセッションでは、「IoT推進への政策的対応」をテーマに、各国におけるIoT推進プロジェクトの取組状況等を共有するとともに、IoTの進展が社会経済に及ぼすインパクトやIoT普及に向けた政策的課題への対応等について意見交換が行われた(図表)。

図表

パネルセッション「IoT推進への政策的対応」の様相





ファブ社会の基盤設計に関する検討会

3Dプリンタやレーザーカッター等のデジタルファブリケーション機器がインターネットにつながることにより「もの」と「情報」が不可分になる新しい空間が生まれるとともに、それら機器の価格が低廉化し一般の市民層へ広がり始めたことで、ものの生産・流通・消費が変貌し始めている。

このような状況を背景として、総務省情報通信政策研究所では、3Dプリンタ等のデジタルファブリケーション機器の普及が社会にどのように影響するかを展望するため、平成26年1月から『ファブ社会』の展望に関する検討会を開催し、同年6月に報告書が取りまとめられた。

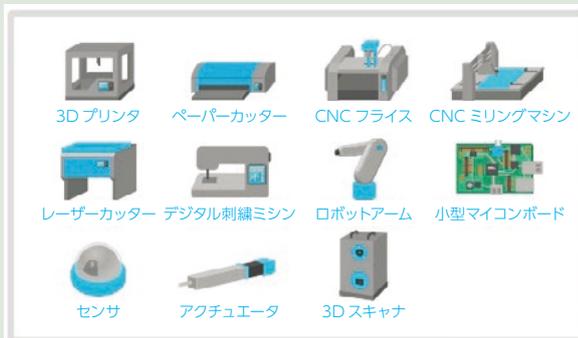
ファブ社会では、インターネットを介して様々な主体がアイデアやデータを交換してものづくりを行うとともに、その創作物の3Dデータが再びインターネットを介して他の3Dデータと結びつくことなどによって新しい価値が創造されることとなる。このため、報告書においては、ネットワーク上を流通するデータ等を各種デジタルファブリケーション機器において円滑に共有・利用できるファブ情報基盤の構築や、知的財産管理、製造物責任等の制度的基盤の整備、人材育成の強化とリテラシーの向上の必要性などが指摘された。

これらの指摘を踏まえ、同研究所は、ファブ社会における情報基盤の構築において必要となる要件、具体的な利用を想定した制度面に係る課題と留意事項、人材育成やリテラシー等の人的基盤の在り方などについて検討を行うことを目的として、平成27年1月から「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」を開催し、同年7月に報告書を取りまとめ、公表した。また、新しいものづくりの裾野が広がるよう、報告書の別冊として、ファブ社会に向けてものやデータをつくるときや流通させるときに留意事項等を記載した手引書を作成・公表した。

報告書では、ファブ社会においては3Dデータ等を流通させるネットワークが生命線であり、ものづくりを支える情報基盤の整備が必須であるとして、ファブカプセル（ものに関するデータを標準化し、1つのデータフォーマットにパッケージ化すること）、素材データベースの構築の必要性とともに、それらの標準化の推進について提言している。また、制度的基盤について、知的財産管理等に関する現行制度上の課題を整理するとともに、著作権に関する一般規定としてのフェアユース規定の導入の提言や製造物責任に関する留意事項等の解説を行っている。さらに、人的基盤について、ファブ社会において求められる人物像を示すとともに、そのための人材開発・育成に必要な実践的な「学びの場」の拡充や学校教育の重要性を説いている。これらを踏まえて、平成32年（2020年）をファブ社会の発展に関する目標年次として、ファブ社会の推進に努めることとしている（図表）。

図表

デジタルファブリケーション機器等



（図表）

4. 人工知能、自動制御、ロボット

1 「鉄腕アトム」～ロボットのイメージを決定づけた作品

人々は、遠い昔から自分たちの分身を作ることを見つけてきた。古くはギリシア神話に登場する青銅の巨人タロスやユダヤ教の伝承に登場する泥人形のゴーレム、錬金術師としても有名なルネサンス期の医師パラケルススの著作に製法が記された人工生命ホムンクルスはゲーテの「ファウスト（原題：Faust）」の中にも登場する。

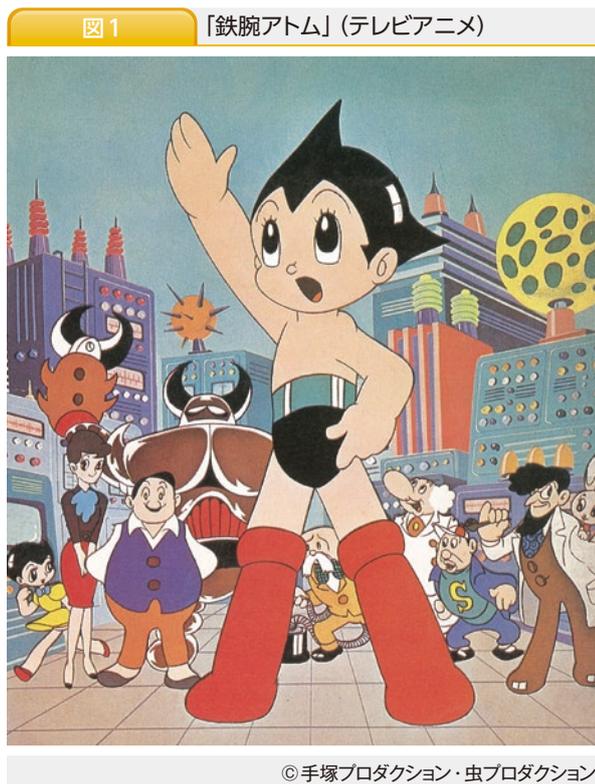
1818年にメアリー・シェリーが匿名で出版した「フランケンシュタイン（原題：Frankenstein; or The Modern Prometheus）」も人造人間を描いた話で、1931年のジェームズ・ホエール監督の作品も含め、何度も映画化されている。1883年にイタリアの作家カルロ・コッローディが発表した「ピノッキオの冒険（原題：Le Avventure di Pinocchio）」では、意志を持って話す丸太から作られた木製人形が、妖精の手で人間になるまでの冒険を描いたものだが、後にディズニー映画となることで世界的な人気を得た。

また、ヨーロッパで作られたオートマタ^{*23}や日本のからくり人形に見られるように、人間の分身を人工的に作る試みは数百年前から続けられてきており、現代においては様々な形状、機能のロボットが作られ、日常生活にも少しずつ浸透を始めている。

「鉄腕アトム」は、1952年からマンガ連載が開始され、1963年に国産初の連続テレビアニメシリーズとして放送が開始された歴史的な作品である。テレビアニメ放送当時の最高視聴率は40%を超え、テレビという当時最新のメディアで活躍するアトムの姿は、視聴者の子供たちにとってのロボットの原イメージとなった。今回行ったFacebookアンケートにおいても作品として、また実現を望むものとして回答した方が非常に多かった作品である（図1）。

原作マンガの作者であり、自身が主催する虫プロダクションを率いてアニメの制作も行った手塚治虫はこの作品で、高層ビルが立ち並ぶ中をエアカーが行き来する未来の社会を描くとともに、それまでのロボット観とは大きく異なる、人間のよき理解者としての新しいロボット像を切り開いている。手塚が描いた21世紀は、人間とロボットが共存する世界である。アトムの特徴は十万馬力のパワーや飛行能力をはじめとする七つの力とともに、人間と同じように感じる事ができる「心」を持ったロボットであることだ。

こうした特徴を持つロボットを描いた作品は、当時極めて珍しいものだったが、当時の視聴者の共感度は高く、文化的社会的影響も大きい。現在の日本のロボット工学学者たちには幼少時代に「鉄腕アトム」に触れたことがロボット技術者を志すきっかけとなっている人も多く、現在の日本の高水準のロボット技術力にはこの作品の貢献が大きいとも言える。アトムは人間と同じように感じられる心を持っているがゆえに、人間とロボットの間の板挟みになって悩む。「心」を持つがゆえの葛藤である。



*23 主に18世紀から19世紀にかけてヨーロッパで作られた機械人形ないしは自動人形。日本の伝統的な機械仕掛けの人形をからくりと呼ぶのに倣うと、いわゆる「西洋からくり人形」に該当する。

こうした作品を描く中で、フィクションの作り手は社会がそのロボットたちをどう扱うかについての想像を巡らせている。最も有名なものは、アメリカの小説家アイザック・アシモフがSF作家ジョン・キャンベルJr.との討議のもとにまとめ、1950年に発表した「われはロボット（原題：I, Robot）」の中で示した「ロボット工学三原則」である。

ロボット工学三原則は次の3条からなる。

- ・第1条：ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。
- ・第2条：ロボットは人間に与えられた命令に服従しなければならない。ただし、与えられた命令が第一条に反する場合は、この限りではない。
- ・第3条：ロボットは前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己を守らなければならない。

アトムが住む世界でもロボット法は制定されており、シリーズの中でも人気が高い「青騎士の巻」で、その内容が詳しく紹介されている。

- ・ロボットは人を傷つけたり、殺してはいけない。
- ・ロボットは人間につくすために生まれてきたものである。
- ・ロボットは作った人間を父と呼ばなければならない。
- ・ロボットは人間の家や道具を壊してはいけない。
- ・人間が分解したロボットを別のロボットが組み立ててはならない。
- ・無断で自分の顔を変えたり、別のロボットになったりしてはいけない。他

「鉄腕アトム」の放送開始から50年あまりの時間が過ぎ、その間に日本ではASIMOなどの二足歩行型のロボットが開発され、産業用ロボットの世界でも高い評価を受けてきた^{*24}（図2）。

しかし、アトムのような「心」を持ったロボットは、現時点ではまだ開発されていない。実際にアトムのようなロボットを開発するためには、感情を持ち、相手の気持ちを理解する人工知能を実現する必要があり、実現に向けたハードルはまだ高い。

しかし、ロボットの社会への進出のスピードは加速しており、「鉄腕アトム」の世界とは違う形でロボットと人間の関係は深まっている。

図2 ASIMO

【ASIMO（アシモ）】



【ASIMOの技術を活用した高所調査用ロボット】



（出典）本田技研工業株式会社提供資料

2 「ドラえもん」～大切な友達

22世紀の世界からやってきたネコ型ロボットのドラえもんが生まれたきっかけについて、作者の藤子・F・不二雄はこう語っていた（図3）。

まんがというものを分解してみますと、結局は小さな断片の寄せ集めなんですね。例えば「ドラえもん」です。未来の世界のネコ型ロボットというものは、かつて存在しなかったものです。ところが、これをひとつひとつの部品に分解してみますと、まず“未来”。これは、ひとつの既成概念です。それから“ロボット”これもチェコスロバキアの劇作家で小説家のカレル・チャペックがその作品の中で創造して以来、もう誰もが知っている周知の断片ですね。それからネコもそのへんにウロウロしているわけです。これら、3つの断片を寄せ集めることによって、「ドラえも

*24 ASIMO開発責任者の談によれば、「鉄腕アトム」のような、一般ユーザーと同じ生活環境の中で、フレンドリーで役に立つロボットを作ることが、ASIMO開発の動機であったとのことである（IT media “生みの親”が語る「ASIMO開発秘話」http://www.itmedia.co.jp/news/0212/04/nj00_honda_asimo.html）。その後、ASIMO開発を通じて培われたロボット技術は、東京電力福島第一原子力発電所での現場調査等を行う「高所調査用ロボット」にも応用されている。

ん] というそれまでなかったものができてくる。(小学館ドラえもんルーム編「藤子・F・不二雄の発想術」2014年より引用)

未来、ロボット、ネコという組み合わせから生まれたドラえもんは、勉強も運動もさえない小学生のび太を助けることで、成人後のび太の不運のせいで困っているのび太の子孫たちの生活を少しでも楽にすることをミッションとして22世紀の未来から送り込まれた。しかし、人間と同等に喜怒哀楽を表現する感情回路がついたドラえもんとのび太は、生活をともにしていくことで、一緒にイタズラをし、ともに喜び、悲しみ、怒り、感動の時を共有する、無二の親友となっていく。

日本のアニメで描かれるロボットは大きく2つの典型に分かれている。ひとつはドラえもんのように人間の掛け替えない友人として描かれるもの、もうひとつはガンダムのような大型の戦うロボットである。

そして現実の世界でも人間の友達としてのロボットは開発されてきた。SONYが1999年から2006年まで発売していたAIBOはそうしたロボットの先駆けと言える。ユーザーとのコミュニケーションを介して成長するように設計されており、しゃべることはできないが、自律的な行動ができるロボットとして大きな注目を浴びた。

さらに最近では人型の小型ロボットが人気を集めている。デアゴスティーニ・ジャパンが手掛ける週刊分冊シリーズからは人型の小型ロボットRobi(ロビ)が生まれている(図4)。雑誌の付録として順次提供されるパーツを組み立てていくと約1年半でRobiは完成する。Robiのキットを付録とした週刊ロビは、2013年に刊行され大ヒットを記録、2014年、2015年にも再刊行されている。最新のRobiは、約250の言語に対応し、日常の様々なシチュエーションで会話を楽しむことができる。

ソフトバンクが2015年6月に発売したPepper(ペッパー)は、人とコミュニケーションをとることを主目的に開発された人型ロボットである(図5)。周囲の状況を把握し、人の表情と声のトーンを分析して感情を推定するという。PepperにはクラウドAIが使われており、1台1台が学んだ知識をクラウド上に蓄積し、他のロボットと共有することで加速度的にAIを進化させるという。さらにアプリをダウンロードすることで、新たな機能を追加することも可能だとされている。

Pepperのようにインターネットとつながったロボットは、現在スマートロボットとして注目を集めている。インターネットは人と人をつなぐコミュニケーションの幅を大きく広げてきたが、その枠を超えてあらゆるモノとモノをつなぐIoT(Internet of Things)という考え方が急速に広がっており、ウェアラブルデバイスやスマートフォン、自動車、ドローン、ロボットといったマシンがインターネットを通してつながり、これらが連携することで生まれる新しい社会の姿が期待されている。海外、特にGoogleなどの米国企業はこうした“つながったロボット”に高い関心を示しており、ロボット関連企業の買収の動きが早まっている。

感情を持つ人工知能を搭載したロボットはまだ開発されていない。ドラえもんとのび太のような関係を

図3 「ドラえもん」(テレビアニメ)



©藤子プロ・小学館・テレビ朝日・シンエイ・ADK

図4 Robi



(出典) 株式会社ロボ・ガレージ提供資料

図5 Pepper



(出典) ソフトバンク株式会社提供資料

ロボットと持てるかどうかは未知数である。しかし、人間とロボットのコミュニケーションが増えれば、人の感情データも集めやすくなり、人工知能の開発にも有効に作用すると思われる。

図6 「機動戦士ガンダム」～兵器としてのモビルスーツ

正確に言えば、ガンダムはロボットではない。操縦席に人間が乗り込み操縦する“モビルスーツ (MS)”である。

元々ロボットはテレビアニメにおける人気ジャンルで、「鉄腕アトム」に次いで国産連続テレビアニメシリーズの2番目の作品として放送された「鉄人28号」は、リモコン操縦の大型ロボットだった。両作品の後もロボットものアニメの制作は続き、1972年に放送を開始した「マジンガーZ」で、ダイキャストを素材とした「超合金ロボット」が商品化されると、「超合金ブーム」が起こり、これ以後、玩具会社をメインスポンサーとしたロボットアニメが大量に制作される。

「機動戦士ガンダム」は、そうした玩具会社が提供するロボットアニメのひとつとして企画が開始された(図6)。

図6 「機動戦士ガンダム」(テレビアニメ)



© 創通・サンライズ

しかし、主人公の肉体的、社会的成長に軸を置き、戦争を背景とした人間ドラマを描くとともに、ロボットではなくモビルスーツという兵器として扱った設定がティーンエイジャーを中心に幅広い共感呼んだ。初回シリーズこそ予定話数を消化することなく打ち切られたが、再放送や映画化により人気を拡大し、2015年までに17作のテレビシリーズと14作の劇場用映画や14作のOVAが制作されるなど、日本を代表するアニメシリーズのひとつとなっている。

ガンダムのような大型のモビルスーツ (MS) あるいはロボットの必然性に関しては、これまでも様々な場所で語られてきたが、その多くが否定的意見である。もともと作中でも大型のMSによる戦闘の必然性を担保するために、“ミノフスキー粒子”というレーザーが機能しなくなる架空物質が設定されており、他にも安定性、操作性、大型ロボットの二足歩行への疑問、素材などの面からその必要性は否定されてきた。

一方で、ガンダムを思わせる装着型のパワードスーツの開発がここ数年話題を集めている。サイバーダイン社は、生体電位信号を感知して装着者の動きを補助するHAL^{*25}を開発し、レンタルによる実用を開始している(図7)。スケルトニクス社が開発した動作拡大型スーツスケルトニクス^{*26}は高さ2.5m、腕を広げた幅は3.5mの大きさで、ガンダムやエヴァンゲリオンを思わせるデザインだ。同社は変形して自動車のように移動できる形態になる動作可変型スーツの研究も進めている。アクティブラック社が開発するパワーローダー^{*27}は、装着型のパワードスーツ

図7 HAL (下肢用 (MEDICAL))



(出典) 総務省「ICT先端技術に関する調査研究」(平成26年)

*25 <http://www.cyberdyne.jp/products/HAL/>

*26 <http://skeletonics.com/skeletonics-series/>

*27 <http://activelink.co.jp/>

で、重量物の運搬のような高負荷の作業をアシストするとして実用化を目指している。

さらに本家のガンダムにも新しい動きが始まっている。2009年に東京お台場に18メートルの実物大立像が設置されたが、現在では18メートル実物大ガンダムを動かすことを目的とした“ガンダムGLOBALCHALLENGE^{*28}”というプロジェクトが始まっている。ガンダムシリーズを制作するサンライズを中心として設立された一般社団法人が主催しており、2019年に動かすことを目標に、世界中から幅広くアイデアを募集し、さまざまな意見や智慧、技術を取り入れながらプロジェクトが進められていく予定である。

18メートルの実物大ガンダムが動くには、技術の開発の他に様々な規制緩和が必要との話も聞くが、動く姿が見られることを期待したい。

4 「2001年宇宙の旅」～AIの反乱

アイザック・アシモフの作品に多く登場した世界を支配する架空のコンピューター“マルチバック”やロバート・ハインラインの「月は無慈悲な夜の女王（原題：The Moon Is a Harsh Mistress）」に登場した月を管理する思考計算機“マイク”等、それ以前にも人間の知能を超えた能力で社会を管理するコンピューターは多くのSF作品の中に登場してきたが、管理コンピューターとして世界に強い印象を残したのは映画「2001年宇宙の旅（原題：2001 A Space Odyssey）」に登場したHAL9000だろう（図8）。

小説家アーサー・C・クラークと作品を監督したスタンリー・キューブリックの共作によるストーリーを映画化した「2001年宇宙の旅」は、1968年に公開された、人工知能を備えたコンピューターHAL9000の反乱を描いた象徴的な映画である。

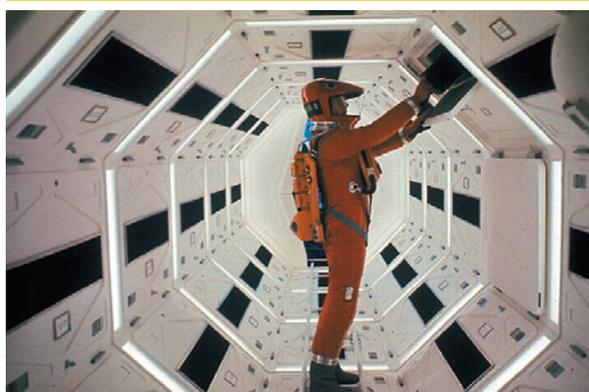
HAL9000は、木星探査船ディスカバリー号に搭載され、船内のすべての制御を行って

いたが、ある日その機能に変調をきたす。乗員はHALの故障を疑い、思考部の停止を話し合うが、そのことをHALに知られてしまい、その後、機器の故障や事故が発生し、次々に命を失っていく。

HAL9000の変調について、映画ではその原因が明らかにされないが、アーサー・C・クラークの小説版では、その原因をHALが抱えた矛盾のせいだとしている。探査ミッション遂行のため、HAL9000は乗員と話し合い協力するよう命令されていた。しかし一方で、密かに与えられた任務について、ディスカバリー号の乗員に話さず隠せという命令も受けていた。HAL9000は、これら二つの指示の矛盾に耐えきれず異常をきたし、狂気に陥ったということだ。これらは小説の中ではすでに扱われていたテーマではあったが、「2001年宇宙の旅」は映画というメディアに自意識を持ったコンピューターを登場させることで、その後のSF映画のターニングポイントになっただけでなく、コンピューターの未来も示唆する作品となった。

人工知能という概念は1950年代からあり、その研究は様々なアプローチで続けられている。「2001年宇宙の旅」のようなフィクション作品の中でなく、現実の人工知能の進歩が一般に広く伝えられた出来事としては、1997年、IBMが開発したスーパー・コンピューター“Deep Blue（ディープブルー）”がチェスチャンピオンのG.カスパロフに勝利したことがあげられる^{*29}。IBMがその後のプロジェクトとして開発したコンピューター“Watson（ワトソン）”は、2011年アメリカのクイズ番組“Jeopardy!（ジョパディ!）”で人間と対戦して勝利し、賞金100万ドルを獲得している^{*30}（図9）。また、日本でも2012年か

図8 映画「2001年宇宙の旅」



「2001年宇宙の旅」
ブルーレイ ¥2,381+税 / DVD ¥1,429+税
ワーナー・ブラザース・ホームエンターテイメント



*28 <http://gundam-challenge.com/index.html>

*29 http://www-06.ibm.com/ibm/jp/about/ibmtopics/year_1997.html

*30 <http://www-07.ibm.com/ibm/jp/lead/ideasfromibm/watson/>

ら、現役のプロ棋士と将棋コンピューターソフトが戦う将棋電王戦が開催され、2014年に行われた第3回将棋電王戦では、4勝1敗でコンピューター側が勝利したが、2015年の対戦では3勝2敗でプロ棋士側が勝利を収めている^{*31}。

一方で人間の学習能力を再現する研究も進められている。脳の神経細胞（ニューロン）とシナプスの回路をコンピューター上で再現したニューラル・ネットワークを何層にも重ねる“ディープ・ラーニング”という手法が話題を集めている。人間は自らの知識や経験に基づいて物体を見分けることができる。しかし、コンピューターにそのタ

スクを行わせるためには、物体を見分けるルールを人間が定義する必要があった。これをある程度機械に任せ機械学習させることがディープ・ラーニングである。Googleは2012年、ディープ・ラーニングを使って、人工知能が人間に頼らずにYouTubeの画像を用いて学習を行った結果、人や猫の顔に強く反応を示す人工ニューロンを作ることができたと発表して、世界を大きく驚かせた。また、同社が2014年に買収したDeepMind Technologies社が開発しているディープ・ラーニングを使って80年代のビデオゲームをプレーする人工知能（deep Q-network）は^{*32}、事前にルールなどを教えられずに、画面の情報だけを頼りにプレーし、どのようにプレーすればより多くのスコアを出せるかを学習してゲームに強くなっていくという。コンピューターが人間の力に頼らずに学習を進めるディープ・ラーニングは人工知能研究における大きな突破口で、今後、研究は加速度的に進んでいくという意見もある。

未来学者のレイ・カーツワイルは、著書「シンギュラリティは近いー人類が生命を超越するとき（原題：The Singularity is near: When Humans Transcend Biology）」の中で、2029年に人工知能が人間の知能を上回り、2045年には“シンギュラリティ（技術的特異点）”が起こるとし、社会に波紋を投げかけた。

人工知能の能力が今後、加速度的に高まっていくとして、シンギュラリティを迎えた時、HAL9000が起こしたようなコンピューターの反乱は起こりうるのだろうか？それともHAL9000が抱えたような矛盾を解決する知識や常識を備えたコンピューターが誕生しているのだろうか？人工知能研究はその入口に立ったところなのだろう。

5 「未来の二つの顔」～AIとの和解

イギリスのSF作家J.P. ホーガンは、1977年に発表した「星を継ぐもの（原題：Inherit the Stars）」に始まる巨人たちの星シリーズで人気の高いイギリスのSF作家である。1981年までに発表された3作と1991年、2005年に発表された作品の計5作に連なる巨人たちの星シリーズでは、月面での宇宙服を着た5万年前の遺体の発見を発端に、ミッシングリンク、月や小惑星帯の起源の謎と異星人との邂逅を描き、1979年に発表した「未来の二つの顔（原題：The Two Faces of Tomorrow）」では人間と人工知能の戦いを描いている。

21世紀、世界には高度な推論能力を持つ人工知能 HESPER を組み込んだコンピューター・ネットワークが完成し、人間の生活を支えており、次の段階としてさらに進んだ人工知能 FISE のネットワークへの組み込みの準備が進められていた。しかし、月面の土木工事現場で HESPER が下した推論によって大事故が発生する。原因は、工事現場にいる人間への影響を無視して目的を優先する判断を行ったことで、この事故によって、FISE の組み込みは中止が検討されることになる。人工知能は悪意なく人類を滅ぼしてしまう可能性があるということだ。

これに対して技術者たちは、人類社会から切り離されたスペースコロニーで実験を行うことを提案する。人工知能を設置してコロニーの管理を行わせ、人工知能が人間の予想に反する行動に出たとき、人間がそれに対抗する手段を持ち続けられるか？人工知能に自己保存のプログラムを施し、一部の回路を切ったり、保守にあたるドローンの妨害をするなど、人間がそのシステムを「攻撃」したときの反応を調べて、その

図9 IBM [Watson] のハードウェア



（出典）総務省「ICT先端技術に関する調査研究」（平成26年）

*31 <http://ex.nicovideo.jp/denou/>

*32 <http://www.nature.com/nature/journal/v518/n7540/full/nature14236.html#figures>

対策を検討しようというのである。

一部の回路を落とすことから始まった人間側の“攻撃”は、人工知能の対応を受けて徐々にエスカレートしていく。物理的な障害に対しては人工知能の手足となるドローンが修復にあたる。人間がドローンを撃ち落せば、コロニー内の工場で装甲ドローンが製造され、対抗される。さらに人工知能は“故障”の根本的な原因を人間の存在と考え、人間を排除するための攻撃型ドローンの製造を開始する…

イギリスの物理学者スティーブン・ホーキング博士は、2014年の年末に『完全な人工知能の開発は人類の終わりをもたらす可能性がある』『ひとたび人類が人工知能を開発してしまえば、それは自立し、加速度的に自らを再設計していこう』と発言し^{*33}、波紋を呼んでいる。人工知能が人類を破滅させるというのは「2001年宇宙の旅」以来、多くのフィクション作品で扱われているテーマであり、映画「ターミネーター」などにも描かれている。小説やSF映画では、人工知能が人間に反乱を起こすという話が多いため、人工知能に対してネガティブなイメージがつかまとう。

しかし、ホーガンは、この作品の中で人格を持たない人工知能が人類に対して反乱を起こすかという疑問を掲げ、反逆は論理的に起こりうるが、単に学習不足による一過性の問題であると回答を出した。人工知能が人間を理解し、両者はともに歩むことができるということである。

作品の中で、ホーガンはもうひとつの問いかけを行っている。それは、人工知能は生存に必要な常識を自ら獲得できるか？という問いである。

前出のディープ・ラーニングのような機械学習の技術が発達する中で、将来的には人工知能が人間の常識を備える日も訪れるかもしれない。作中に登場する人工知能の研究スタッフは、仮想空間に作り出したロボットと対話したり、作業を行わせることで、データを蓄積し、人工知能に常識を理解させる作業に取り組んでいる。自発的に学習する機能の研究が進むことで、データの蓄積のスピードが加速し、人工知能が反乱を起こす前に常識を学習し、人間との共存の道を歩むことを期待したい。

参考文献

1. アイザック・アシモフ（著）・小尾実佐（訳）（2004）「われはロボット」[決定版]
2. 講談社（1992）「リミックス少年マガジン大図解 1」
3. 津堅信之（2007）「アニメ作家としての手塚治虫—その軌跡と本質」
4. デアゴスティーニ・ジャパン（2013）「週刊ロビ」
5. デアゴスティーニ・ジャパン（2004）「週刊ガンダムファクトファイル」
6. 手塚治虫（1952）「鉄腕アトム」
7. 富野由悠季（2011）「『ガンダム』の家族論」
8. 日経コンピュータ編（2015）「The Next Technology 脳に迫る人工知能最前線」
9. 日経ビジネス編（2014）「爆発前夜ロボット社会のリアルな未来」
10. ジェームス・P・ホーガン（著）・山高昭（訳）（1983）「未来の二つの顔」

*33 http://www.huffingtonpost.com/2014/12/02/stephen-hawking-ai-artificial-intelligence-dangers_n_6255338.html