

コラム
1-2

1964×2020（カラーテレビ×競技空間まるごと伝送技術）

昭和39年（1964年）東京。新幹線や高速自動車道路等の整備が進み、東京は近代都市へと大きく変貌を遂げた。その起爆剤となったのは東京オリンピックである。敗戦で打ちひしがれた日本社会に光を与え、国民の自信を取り戻すとともに、戦後日本の目覚ましい復興・発展の姿を世界に示すことで、その後の日本経済発展につながる起爆剤となった。東京オリンピックから約半世紀が経過した2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会では、私たちの身の回りにどのような変化が起きるだろうか。本コラムでは、1964年当時の我が国の社会状況を振り返るとともに、2020年ではどのような変化が予想されるのか、科学技術の進展と併せて考察する。

1964年の東京オリンピックは、世界初の「テレビオリンピック」とも言われ、オリンピック初の衛星放送中継が開始される等の大きな変化があった。また、昭和35年（1960年）より放送が始まったカラー映像でのテレビ中継も同大会から行われ、世界に我が国の放送技術の高さを示すとともに、我が国でカラーテレビが急速に普及する契機になったことでも知られている¹。

2020年、あたかもその場にいるかのような超高臨場感な映像をリアルタイムに届ける時代の到来を目指した取組が行われている。

日本電信電話株式会社（NTT）では、イマーシブテレプレゼンス技術「Kirari!」の研究開発に取り組んでおり、あたかもその場にいるかのような超高臨場な体験をリアルタイムかつ遠隔で実現することを目指している。選手等を実物の大きさと伝送しつつ、それ以外は伝送先に合わせた情報に変えて伝送し再現するものである。その実現に向けて、NTTでは下記を技術課題とし、解決するための研究開発に取り組んでいる。

1. 競技会場における試合の様態からリアルタイムで選手の映像や競技の音声を切り出す技術の精度向上
2. 切り出された選手の映像や競技の音声に加え、リアルタイムに合成した試合全景の映像や音声情報など様々な情報の同期伝送と、遠隔地での臨場感の高い再現

NTTは2020年に向け、イマーシブテレプレゼンス技術「Kirari!」によって、遠隔の複数の会場において競技空間をまるごと伝送・再現することで、遠隔地にいる世界中の観戦者の目の前で、競技場等で繰り広げられる競技をリアルタイムに観戦することができ、「速い!」「高い!」といったスポーツの感動を共有することを目指している。また、地方の祭りなどの無形文化財や伝統芸能、遠隔ゆえにこれまで多くの方が鑑賞することが困難だったライブイベントなどに関しても、イマーシブテレプレゼンス技術「Kirari!」により超高臨場感視聴体験という新しい価値を提供できるよう検討を進めている。



イマーシブテレプレゼンス技術「Kirari!」のコンセプト
提供：NTT

第2節 超スマート社会の姿

本節では、第1節で構想した各分野の未来社会像から共通して浮かび上がってくる要素を踏まえ、超スマート社会の姿や、超スマート社会というビジョンを我が国全体で共有し、世界に先駆けて実現する必要性について考察する。

また、こうした変化がもたらす経済・社会等の大きな変化を考察するとともに、諸外国の政策や民間企業による取組状況等について、我が国の取組と併せて紹介する。

1 超スマート社会の実現に向けて

(1) 未来社会における共通項

今日の我が国が解決を迫られている社会的課題に即して構想した未来社会から導き出される共

1 平成27年版情報通信白書

通項を以下に明らかにすることを通じて、超スマート社会の輪郭を描出する。

1 節で見た7つの場面における未来社会に共通する要素は大きく以下の3点にまとめられる。

1 点目は、^{ばくだい}莫大な量のデータを背景に、従来は分野ごとに構築・運用されていたバリューチェーン（価値連鎖）が相互に作用し、あらゆる人に高度なサービスの提供が可能となっている点である。未来社会のあらゆる場面（生活空間、作業現場、農園、健康情報、走行距離等）でデータが収集され、サイバー空間を通じ、これまでにない付加価値をもたらす産業やサービスとなって、私たちへ次々と創出・提供される。こうしたサービスは、食料、医療、地域、インフラといった分野にとどまらず、それぞれのシステムが相互に作用することにより、自律化・自動化の範囲が広がり、社会の至る所でその恩恵を受けることを可能としている。

2 点目は、人工知能技術やロボット技術等の革新に伴い、従来は人間が行ってきた危険な場所での労働や肉体労働、知識集約型の専門的業務における作業支援等労働の一部代替による安全性向上や生産性向上等が進み、人間が創造的な仕事への注力等が可能となっている点である。また、こうした労働環境の変革のみならず、例えば、高齢のため外出困難だった人が、自らの脳波を感知して動くロボットを使って親族の結婚式に出席することが可能になったり、重症化して入院する前に予防医療が実現されることで通院や入院時間が不要になるなど、年齢や物理的距離等の様々な違いを乗り越え、有意義な時間を過ごすことが可能となっている。こうした変革は、創造的な仕事への注力や世代間交流の増加、文化・伝統の継承等を可能とし、^{いきいき}活き活きと豊かな生活を送ることを可能とする。

3 点目は、こうした未来社会を可能としている鍵となる科学技術として、IoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットなどが挙げられる点である。未来社会においてデータ化の対象となるものは、SNS等のインターネット空間での活動から生じるデータに加え、血圧や脈拍、脳波といったふだんの何げない生活から生ずるものや、老朽化した構造物の内部情報等多岐にわたる。そのため、こうしたあらゆるものから即座にデータ化して収集・蓄積するセンサ技術、あらゆるものがデータ化されたビッグデータを解析する技術、ビッグデータ等に基づき医師による治療の判断の必要性や過去の点検結果等との比較による効率的な修繕計画を提案する人工知能技術等が重要な役割を果たす。さらに、未来社会では、今よりも多くのロボット技術が登場する。例えば、お料理ロボットやお掃除ロボット、認知症等の予防として話し相手になってくれるロボット、動きを補助するロボット等多種多様である（ここで構想した未来社会を支えている科学技術は一部であり、詳細は2章1節で解説する）。

（2）超スマート社会に向けたビジョンの共有

超スマート社会は、大きな潮流をもたらす。

1 節で構想した未来社会では、多様なシステムが相互作用することで、あらゆる人に高度なサービスが提供されていた。これが意味することは、現在行われている生産・流通・販売、交通、健康・医療といった各分野の中で機能している製品やサービスが、分野を超えた連携・協調が可能となることで、あらゆる製品やサービス形態が創出され、現在の産業構造の変革がもたらされることを示唆している。また、産業構造の変革をはじめとした社会経済の在り方や労働の在り方等といったものまで覆す可能性を有するとともに、個人情報やサイバーセキュリティへの対策、規制改革等これまでの社会のルールの見直し等も求められる。

これまで全く想定されていなかった新たなアイデアや消費者のニーズに合わせた様々なサービスが一旦生み出されると、一気に世界規模で市場を獲得する。これは、サイバー空間では、地

理的・時間的制約を受けにくいためであり、産業競争力ひいては国自体の競争力が大きく変化し、ゲームチェンジが頻繁に起きることを示唆している。このような第4次産業革命とも言うべき大きな変革に対して、世界各国でも既に挑戦的な取組が行われている。具体的には、ドイツの「Industrie 4.0」、米国の「先進製造パートナーシップ」、中国の「中国製造2025」等が挙げられ、それぞれの国の強みを活かした形で、官民協力の下に進められている。

我が国は、様々な課題を世界に先駆けて抱えている。直面している経済・社会的課題は、少子化や超高齢化といった社会構造の大きな変化の中で顕在化しているため、従来のアプローチでは対応が難しい。それゆえ、製造業にとどまらず、様々な分野で超スマート社会としての先導的取組の萌芽^{ほうが}が見て取れる。このように、我が国の弱みに対して、我が国独自の最適な解決策を提示することは、結果として、経済・社会的課題に対する解決策を世界に先駆けて示すこととなり、今後の世界の有り様^{ようよう}を先導するものとなる。

超スマート社会を世界に先駆けて実現するためには、こうした未来社会の姿を国全体でビジョンとして共有し、必要な取組を進めていかなければならない。そのため、本節では、超スマート社会がもたらす経済・社会等の大きな変化を示すとともに、諸外国の政策状況や民間企業による取組、また、超スマート社会に向けた我が国の状況や課題について解説する。

2 超スマート社会がもたらす経済・社会等の大きな変化

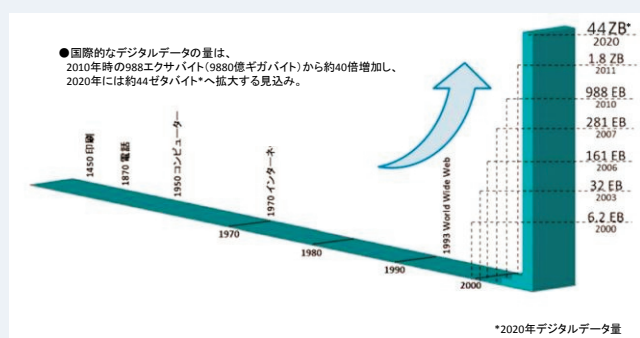
本項においては、超スマート社会がもたらすであろう経済・社会等の変化のうち、特にその影響が強いことが予想される産業構造と雇用環境の変革について記述する。

(1) 産業構造の変革

① データを基にした産業のサービス化

現在、国際的なデジタルデータ量が飛躍的に増大しており、2011年の約1.8ゼタ¹バイト（1.8兆ギガバイト）から2020年には約40ゼタバイトに達すると予想されている（第1-1-4図）。また、CPU²の速度、ストレージの容量、ネットワークの速度は指数関数的に進化している（第1-1-5図）。さらに、人工知能をはじめとした技術の革新的進展が予想されている。

■ 第1-1-4図／世界のデジタルデータ量の増加予測



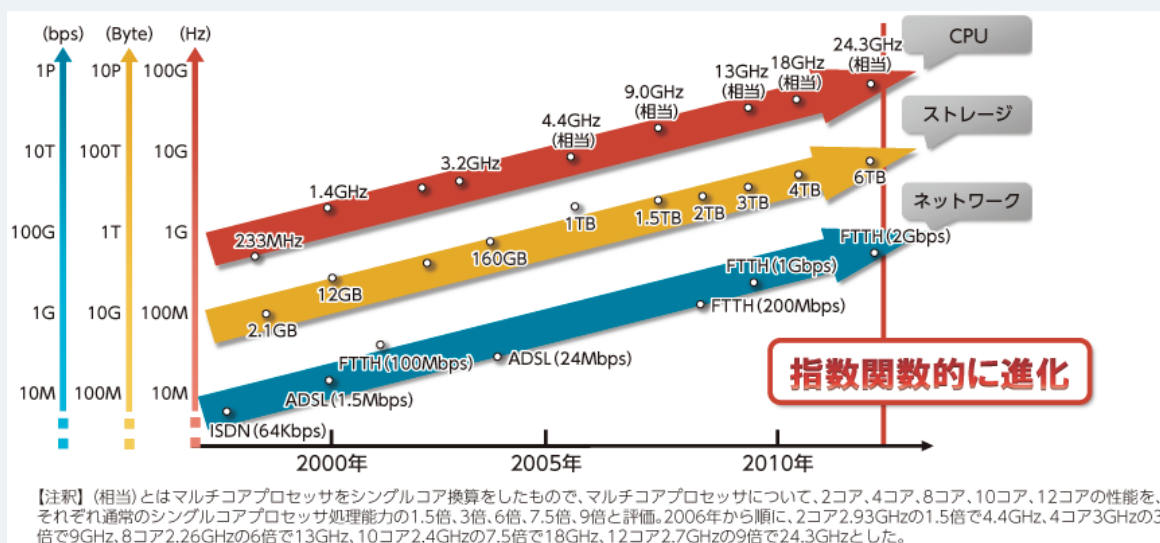
注1：1 EB（エクサバイト）は10億GB（ギガバイト）、1 ZB（ゼタバイト）は1兆GB

注2：総務省「ICTコトづくり検討会議」報告書

資料：「平成26年版情報通信白書」（総務省）

1 国際単位系（SI）における接頭辞の一つで、基礎となる単位の 10^{21} 倍の量
2 central processing unit

第1-1-5図／ハードウェアの進化



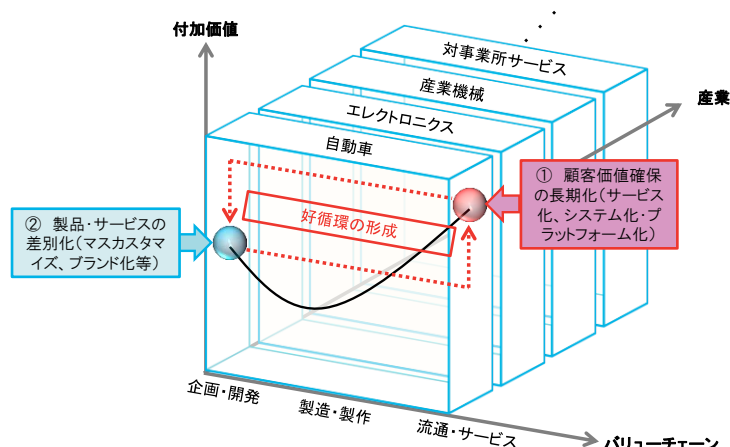
資料：「平成26年版情報通信白書」（総務省）

こうした技術の革新は、今後、産業構造にどのような変革をもたらすのだろうか。

産業構造に変革をもたらす要因の一つに、SNS等のサイバースペースでの活動から生じるバーチャルデータにとどまらない、データの収集・蓄積とその利用方法等が新たな付加価値の源泉となることが挙げられる。センサ技術の高度化とI o Tの台頭に伴い、健康情報や走行データ、製品の稼働状況等や個人・企業の実世界での活動に関するデータを取得することが可能となってきたことから、こうしたリアルデータの活用可能性が一層高まる。これに伴い、後述する各企業の取組に見られるように、工場等における効率性の飛躍的な向上や、消費者の個別要望にコストを増大させることなく応えるマスカスタマイゼーション等の加速が進むことが示唆される。そのため、こうしたリアルデータを取得し、自らの持つ強みと戦略的に結び付け、今まではつかむことができなかった顧客ニーズに基づく革新的なサービスや製品を生み出す者が、新たな競争優位を確立することが予想される。

競争優位を確立するための鍵は、リアルデータを生み出し続ける顧客との接点をいかにして獲得するかである。その理由は、顧客接点の獲得による

- (i) 消費者情報から細かな嗜好に至るまで、大量のリアルデータの取得、利活用、それを
 - (ii) 企画・開発にフィードバックし、「強み」を活かした製品・サービスの高付加価値化、その結果として更なる「リアルデータ」の取得という好循環
- といったビジネスモデルの構築が可能になるためである。

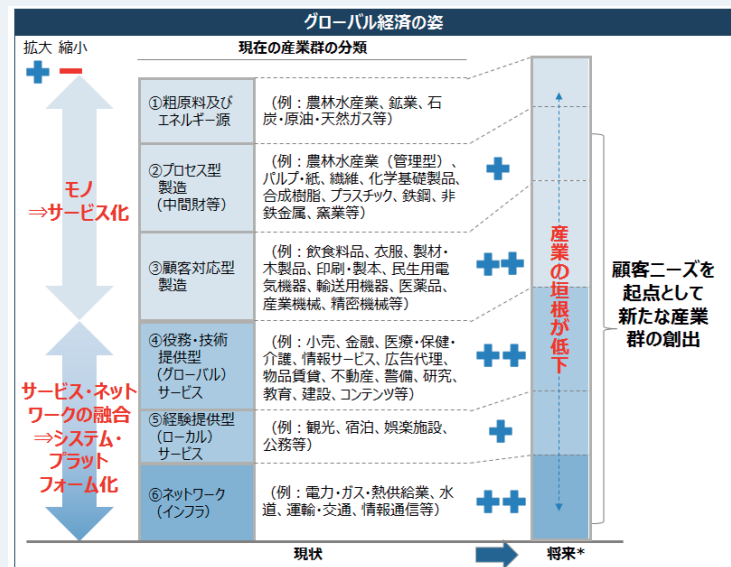


顧客接点の獲得による好循環ビジネスモデルの形成のイメージ図

資料：産業構造審議会新産業構造部会の資料を基に文部科学省作成

今後のグローバルな産業構造の変革の中では、こうした企業・産業が新たな顧客ニーズを顕在化させながら大きく成長する可能性がある。そのため、顧客接点に近く、顧客接点を活かした好循環の形成によるインパクトが大きいと期待される産業群(第1-1-6図における③、④、⑤、⑥)及びこれらの産業群との間で「顧客接点を有する事業者との戦略的連携等」を行う産業群(上記に加えて②)が成長していく可能性が示唆される。

■第1-1-6図／グローバルな産業構造の姿

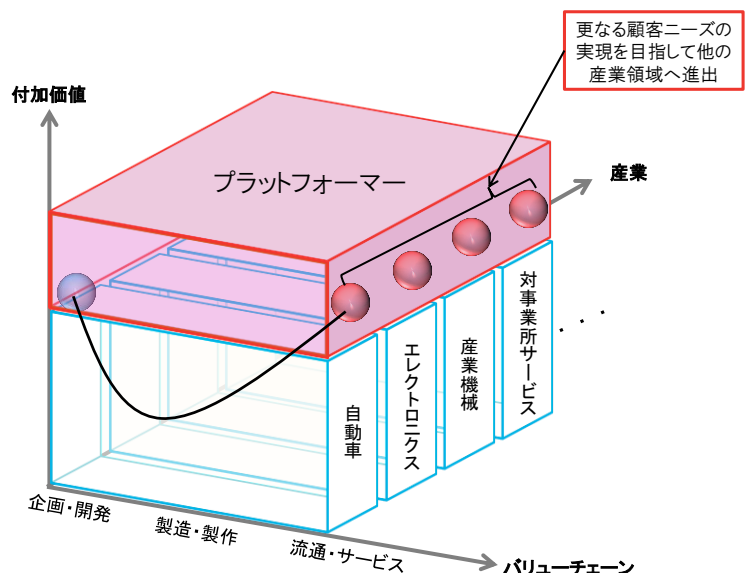


資料：産業構造審議会新産業構造部会（平成28年2月）

② プラットフォーマーの台頭

リアルデータを生み出し続ける顧客との接点を獲得する過程で、更なる産業構造の変革が予想される。例えば、これまで把握・対応しきれなかった顧客ニーズの実現を目指して、他の事業領域に進出し、新たな事業領域の組合わせによる事業展開を行う動きである。それに伴い、既存の産業間の垣根の低下が進展し、顧客ニーズを起点とした新たな市場・産業群へと再編性される可能性がある。このような産業構造の変革を起こす者はプラットフォーマーと呼ばれている。

こうしたプラットフォーマーは、各産業分野においては従来からその産業構造の中において存在してきた。しかしながら、インターネット検索を中核に成長した米国グーグル社が自動車の自動走行の分野に進出を始めていくように、既存の産業構造を超えてサービスを提供する動きが見てとれる。超スマート社会は、サイバー空間を介してあらゆる産業分野の壁を超えてつながる社会である。そのため、現在行われている自動車、エレクトロニクス、産業機械、対事業所サービスと



プラットフォーマーの台頭のイメージ図

資料：産業構造審議会新産業構造部会の資料を基に文部科学省作成

いった各分野の中で機能している製品やサービスといった産業分野の横串を刺す仕組みを構築し、消費者にサービスを提供した者が競争優位性を高めていくことが予想される。

プラットフォーマーの台頭の動きは、ドイツや米国における製造業の領域において見ることができる。以下に取組事例を紹介する。

＜ドイツにおけるプラットフォーム＞

ドイツを代表する大企業であるシーメンス社は、元々工場内の制御機器やそれを動かすための制御系ネットワークを有するが、より上位系である、工場での生産実行管理を行う領域へと進出し、当該ツールも含めた生産ラインのサプライヤーとして、一つひとつの工場内の情報を統合・デジタル化する部分に強みを有している。また、ソフトウェア企業であるSAP社は、製品のライフサイクルに関する情報と併せて、素材や部品の受発注ツールを担うトップベンダーの一つであるが、Industrie 4.0において、異なる工場間又は企業間の受発注等の情報のやりとりをベースとして、生産計画を指示する領域にもビジネスを拡大している。

このように、生産現場から上位系へと拡大してきたシーメンス社と、上位系から生産現場に関心を示してきたSAP社とがプラットフォームとしても競争することによって、ドイツ全体のIndustrie 4.0に向けた取組がより活性化している¹と見ることもできる。

＜米国におけるプラットフォーム＞

米国においては、ゼネラル・エレクトリック社（GE社）、インテル社、シスコシステムズ社、IBM社、AT&T社の5社により、インダストリアル・インターネット・コンソーシアム（IIC）が2014年3月に発足している（2015年において、米国を中心として250社以上が参画）。

インダストリアル・インターネットとは、製造業にかかわらずあらゆる産業用機器やコンピューターをネットワーク化することにより取得した膨大なデータを解析することで、産業を効率化し、利益を増大させる構想である。その標準化をGE社が提唱している。GE社はインフラ向けの産業機器を中心とした米国の複合企業であり、航空エンジンのような機器の製造販売等を通して成長した巨大企業である。しかし、GE社は近年、ソフトウェ



GE社の工場で用いられているセンサによる現場の最適化
提供：GEジャパン株式会社

ア部門に重点を置くことでビジネスモデルを大きく転換し、インダストリアル・インターネットに対する取組のため、ソフトウェア事業を強化し、センサやソフトウェアにより様々な産業用機器の情報を共有・収集・解析することで設備の稼働率向上を主眼に置いている。GE社の最新航空エンジン「GE n x」は数十個のセンサから毎秒5,000種類の温度や油差圧といったデータを収集し、飛行機の状況を常に把握することができる。これはメンテナンスや燃費向上に有利に働き、大幅なコスト削減につながる。エネルギー分野においても、立地条件や風向きといった風力発電に関するデータを大量に収集することで効率良く稼働する方法を電力会社に提示しており、ドイツの電力会社エーオン社はGE社のソフトウェアにより風力発電所の発電量を年間4%向上させた。

このようにGE社はインダストリアル・インターネットによって、デジタル化の進んでいなかったインフラ機器運用の効率化に取り組んでおり、こうしたシステムを、直接の顧客以外にも広く提供し、各ユーザー企業の使用情報を束ねたビッグデータを持つことで、産業分野の資産管理という切り口からプラットフォームとなることを目指している。

¹ 製造基盤白書（ものづくり白書）2015年版

③ 経済的効果

これまで見てきた産業構造の変革を可能としている大きな要因の一つには、IoTによって、あらゆるモノがインターネットでつながり、^{ぼうだい}莫大な量のビッグデータの収集・蓄積が可能となることである。さらに、人工知能の発達により、こうしたビッグデータの効果的な解析が可能となるなど、ビジネスにとどまらず社会分野等の幅広い分野での活用の可能性が期待されるところである。

超スマート社会の実現による経済効果の全体像は、現時点においては把握することは難しい。しかしながら、民間のシンクタンクにおいて、人工知能、ビッグデータ、IoTがもたらす世界全体及び諸外国における経済効果について調査がなされており、(第1-1-7図)それぞれ経済効果は極めて大きいことがわかる。

■ 第1-1-7図／人工知能、ビッグデータ、IoTがもたらす経済価値見通し

人工知能、ビッグデータ、IoTがもたらす経済価値見通し	
Mckinsey ¹	2025年のAI、ビッグデータ等がもたらす経済的インパクト:5.2～6.7兆ドル ※人工知能やビッグデータ技術等による知識労働の自動化がもたらすインパクト
Mckinsey ²	2025年のIoTの経済価値(※):3.9～11.1兆ドル (内訳:主たる主要分野) スマートホーム、オフィス、小売、医療、スマート工場、スマートシティ、都市間の外部環境、自動車(メンテナンス・保険関連)
Cisco ³	2013→2022年のIoEにより創出される民間企業の経済価値(※):14.4兆ドル(公共サービスは4.6兆ドル) (内訳:価値創出のドライバー) 資産の有効利用:2.5兆ドル 従業員の生産性向上:2.5兆ドル サプライチェーン・ロジスティクスの効率化:2.7兆ドル 顧客エクスペリエンスの向上:3.7兆ドル イノベーションの加速:3兆ドル
Gartner ⁴	2020年のIoTによる経済価値(※):1.9兆ドル (内訳) 製造業:15%、ヘルスケア:15%、保険:11%、銀行&セキュリティ:10%
GE ⁵	Industrial Internet を通じた効率改善 (内訳:Industrial Internetで1%の効率改善が実現した場合) 航空業界:年間20 億ドル、電力:44 億ドル、医療:42 億ドル、鉄道:18 億ドル、石油とガス:60 億ドル
フラウンホーファー労働経済・組織研究所(IAO) ⁶	Indutrie 4.0 の取組を通じ、ドイツ国内の経済成長率が2025年までに年1.7%上昇

出所:

1; McKinsey 『Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy』

2; McKinsey 『THE INTERNET OF THINGS:MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE』(2015)

3; Cisco 『Internet of Everything』(2013)

4; Gartner 『The Internet of Things, Worldwide 』(2013)

5; 『GE社ホームページ(インダストリアル・インターネット) <http://www.ge.com/jp/industrial-internet> 』

6; 『Indutrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland (フラウンホーファーIAO/BITKOM) 』

【※経済価値】

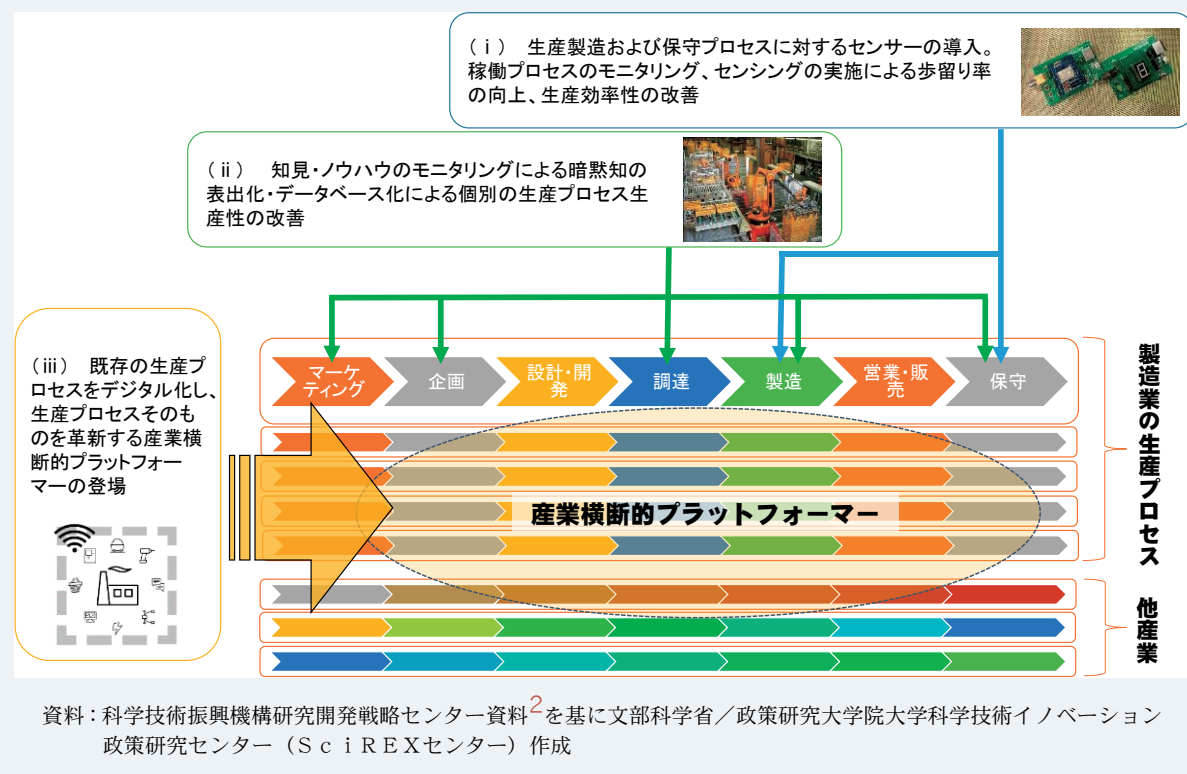
IoTサプライヤーの売上増加だけでなく、IoTを導入する企業において、オペレーション効率化等を通じて実現されるコスト削減効果やマーケティング高度化に伴う売上増加等のユーザー型の経済効果も含めた全体的な効果

資料:文部科学省作成

また、科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」推進事業(S c i R E X)では、IoT関連技術が、製造業の生産工程プロセスへの影響を通じて、我が国の経済に及ぼす波及効果の分析を行っている。当該分析では、(i)様々なセンサを活用することによる機械稼働状況等のリアルタイム把握・分析、(ii)工場内で働く熟練技術者の知見・ノウハウのモニタリング等による暗黙知のデータベース化、(iii)保守、営業・販売からマーケティングに至るまで一連の生産プロセスをデジタル化するプラットフォーム構築、の3つに分類し、投資規模に比した試算を行っている(第1-1-8図)。その結果、特に(iii)について、製造業内のみならず最終的には産業横断的なプラットフォームを構築することで、生産性が抜本的かつ長期的に向上すること

が期待されることから、投資額の増加率以上に大きな経済波及効果を示すことが分析された¹。

■ 第1-1-8図 / I o T / I C T 関連技術の進展と政策案による生産プロセスへの影響



(2) 雇用環境の変革

超スマート社会による産業構造の変革がもたらす経済的效果については、前項でも見たように、数兆～十数兆ドル単位で経済価値見通しとなっている一方、雇用環境に与える影響については、必ずしも定量的・包括的な見通しが得られているわけではなく、多様な影響や見方が予測されている。ここでは、諸外国の例なども用いつつ、超スマート社会において起きるであろう雇用環境の変革について考察する。

① I o T / ビッグデータ / 人工知能等による雇用構造の変化

超スマート社会においては、人工知能等の急速な発展に伴い、単純労働を中心に、現在ある多くの職業が影響を受け、労働者に求められる能力に変化が生じることが予測されている。

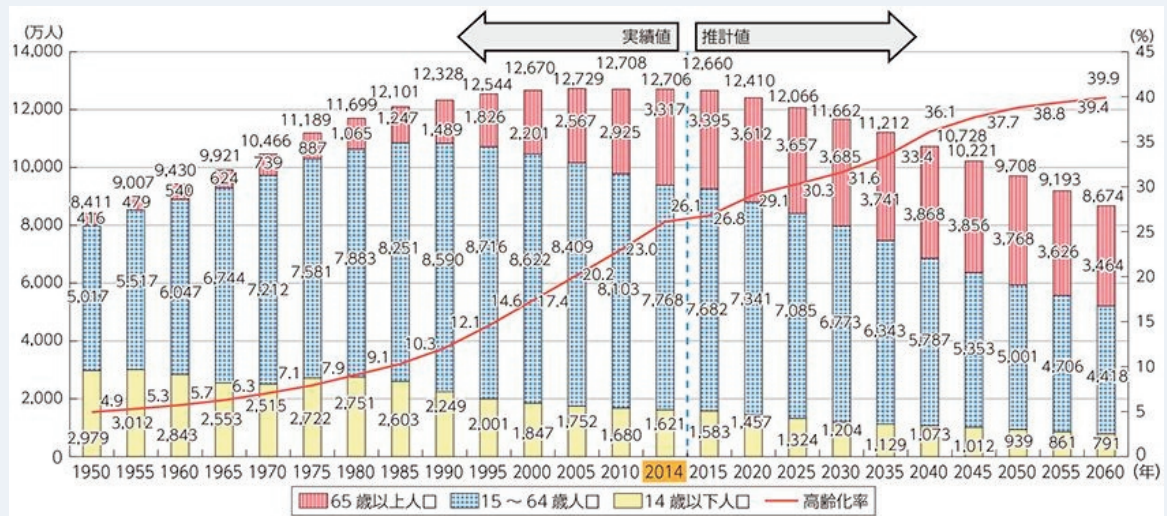
人工知能等の影響を受け得る職業の分析としては、野村総合研究所がマイケル A. オズボーン・オックスフォード大学准教授およびカール・ベネディクト・フレイ・同大学研究員との共同研究³が挙げられる。この共同研究は、『2030年』から日本を考える、『今』から2030年の日本に備える。』をテーマに行っている研究活動の一つであり、人口減少に伴い、労働力の減少が予測される我が国（第1-1-9図）において、人工知能やロボット等を活用して労働力を補完した場合の社会的影響に関する研究である。

1 黒田、池内、原「科学技術イノベーション政策における政策オプションの作成-政策シミュレーターの構築-」（モデル構築編）（2016）S c i R E X センターワーキングペーパー（<http://id.nii.ac.jp/1295/00001341/>）

2 科学技術イノベーション政策の科学における政策オプションの作成～I C T 分野の政策オプション作成プロセス～調査報告書 CRDS-FY2015-RR-07（平成26年3月 科学技術振興機構研究開発戦略センター）

3 「日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に～601種類の職業ごとに、コンピューター技術による代替確率を試算～」（平成27年12月 野村総合研究所）

■ 第1-1-9図／我が国の人口動態と将来推計



資料：2010年までは総務省「国勢調査」（年齢不詳人口を除く）、2014年は総務省「人口推計」（12月1日確定値）、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」（出生中位・死亡中位推計）

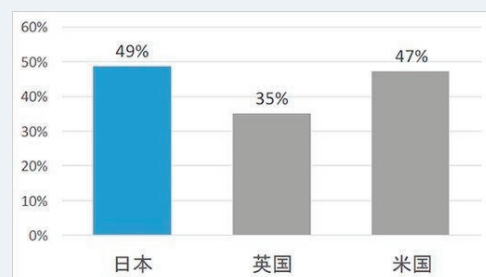
同研究によると、我が国における601種類の職業について、それぞれ人工知能やロボット等が代替できる確率を試算した結果、10～20年後に、我が国の労働人口の約49%が技術的には人工知能やロボット等で代替できるようになる可能性が高く、これは欧米と同様に高い水準であるとされている（第1-1-10図）。また、第1-1-11図に示すように、人工知能等での代替が難しい傾向がある職業と人工知能等で代替できる可能性が高い傾向にある職業について分析を行い、「創造性、協調性が必要な業務や非定型な業務は、将来においても人間が担う」としている。

また、2016年に開催されたダボス会議（World Economic Forum）2016でも、第4次産業革命とその影響について多角的な議論が行われ、経済学

者のエリック・ブリニョルフソン・マサチューセッツ工科大学教授とアンドリュー・マカフィー・同大学スローン経営大学院主任研究員は、

・第4次産業革命は労働市場を破壊し、大きな不平等をもたらす可能性があること

■ 第1-1-10図／人工知能やロボット等による代替可能性が高い労働人口の割合（日本、英国、米国の比較）



提供：野村総合研究所・オックスフォード大学

■ 第1-1-11図／人工知能等での代替が難しい傾向がある職業、人工知能等で代替できる可能性が高い傾向にある職業

✓人工知能等での代替は難しい傾向にある職業

芸術、歴史学・考古学、哲学・神学など抽象的な概念を整理・創出するための知識が要求される職業、他者との協調や、他者の理解、説得、ネゴシエーション、サービス志向性が求められる職業
例：エコノミスト、経営コンサルタント、医師、保育士、教員 等

✓人工知能等で代替できる可能性が高い傾向職業

必ずしも特別の知識・スキルが求められない職業に加え、データの分析や秩序的・体系的操作が求められる職業
例：一般事務員、スーパー店員、タクシー運転手、自動車組立工 等

資料：野村総合研究所・オックスフォード大学をもとに文部科学省作成

・自動化によって機械が雇用を奪うことが考えられる一方、労働者の安全が担保され、やりがいある仕事に集中できる環境が生まれるかもしれないこと
などと指摘している。

これらから示唆されるのは、

- ・人工知能等の急速な発展に伴い、単純労働を中心に、現在ある職業が失われる可能性も含め大きな影響を受けること
 - ・他方で、創造性、協調性が必要な業務や非定型な業務を行う重要性が高まること
 - ・労働の安全性の向上、やりがいある仕事に集中できる環境が生まれること
- 等雇用構造に大きな変化がもたらされることが予想されるということである。

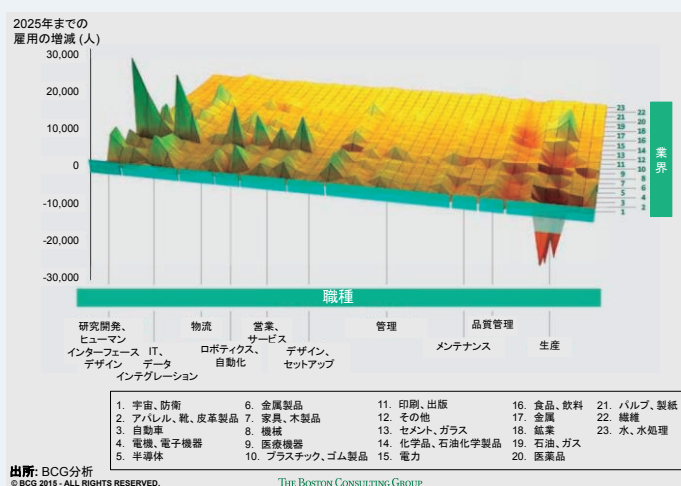
② I o T / ビッグデータ / 人工知能等による生産性向上と新たな雇用の創出

上述したとおり、雇用構造の変化の一つの予測・見方として、ロボット技術等の革新に伴い、従来は人間が行ってきた作業が代替されることによる労働の安全性向上等が予測されている。このことは、特に高齢化が進む我が国における人手不足の解消等に寄与するとともに、個々の人にとっても、年齢や性別による肉体的制約を超えて、自らが望む限り生き生きと働き続けることを可能とする。

また、やりがいのある仕事に集中できる環境が生まれることが予想される。人工知能やビッグデータ等の革新により、特に知識集約型の専門的な業務を行う産業において生産性向上が見込まれる。例えば、専門知識の知識データベース化やデータ駆動型研究等の科学技術イノベーション手法の革新が進み、判例検索や材料探索等の時間が短縮されることで、弁護士や研究者等の時間が確保され、専門的業務に集中することが可能になる。このことは、ある一つの仕事・職業が、代替される業務と代替されない業務に分かれていく変化が生じる中で、より創造的な業務へ専念することが進み、これまで以上に新たな付加価値の創出が可能になることを示唆している。

超スマート社会における雇用構造を定量的に予測・記述することは困難であるが、ボストン コンサルティング グループが行ったIndustrie 4.0による雇用の増減に関する調査（第1-1-12図）によると、ベースシナリオ（Industrie 4.0による売上げの年平均成長率1.0%、Industrie 4.0の技術の普及率が50%）で、2025年までにドイツ全体で35万人分（現在の全労働者数約700万人の約5%）の雇用が増加するといった予測がなされている。具体の内訳としては、組立て・生産分野を中心に61万人分の雇用が減少する一方、I T・データサイエンス領域を中心に96万人分の新たな雇用が創出されると見込まれている。増加する96万人分の雇用のうち、I T、データアナリティクス、研究開発領域における高度なスキルが求められる仕事は21万

■ 第1-1-12図 / Industrie 4.0による雇用の増減
(業種・産業別、2015年から2025年の変化)



提供：ボストン コンサルティング グループ

人分、Industrie 4.0による売り上げ成長によって生まれる雇用は76万人分と推測されている¹。

また、前述のS c i R E X事業による我が国製造業におけるIoT関連技術がもたらす経済波及効果に関する分析によると、一般機械や民生電子などの企業内情報処理部門の雇用が減少する一方で、インターネット関連産業、特に企業内研究部門での雇用が増加する。また、長期的な人口減少のトレンドに従いマクロ的な雇用数は総じて減少するものの、製造業と情報サービス産業を中心にしたサービス業等の間での雇用調整が見込まれること等が導き出されている²。

こうした分析からは、

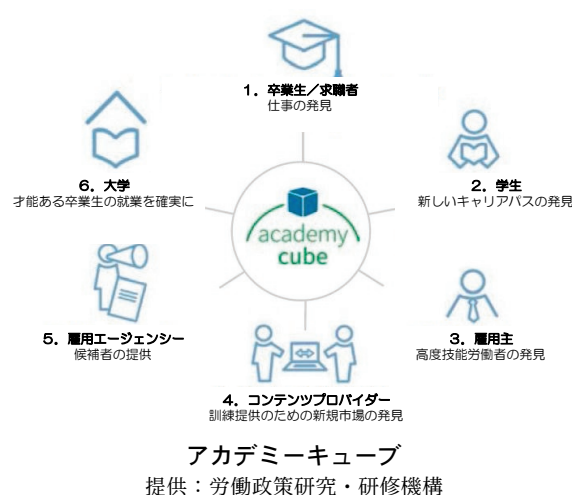
- ・製造業での雇用が単純労働を中心に減少すると同時に、情報サービス産業を中心にしたサービス業の雇用が増加すること
 - ・短期的な調整過程では雇用の不均衡が起きるものの、長期的には産業構造の調整が進み、情報サービス産業やサービス業が雇用の受け皿の役割を果たすこと
- 等が示唆される。

③ 雇用構造の変化への対応

このように、超スマート社会では、雇用構造が大きく変化することが想定されるが、我々はどうのように備えればよいだろうか。

1つ目は、人工知能等の急速な発展に伴い、単純労働を中心に現在ある職業が失われる可能性が予想されていることから、現在の就労者について、eラーニング等も活用した再教育訓練を促進し、新たに生まれる職業に転職できるための支援をはじめ、様々な支援策を講ずることが必要である。

特に、教育訓練の重要性については諸外国でも議論がなされている。例えば、Industrie 4.0のワーキンググループでは、「今後、スマート工場における労働者の役割は大きく変化する。そのための継続的な専門能力の開発が必要になり、生涯学習と継続教育訓練を有効に組み合わせて、推進すべきデジタル学習技術などを調査する必要がある³」とされている。また、ドイツの人材育成支援策の一つである「アカデミーキューブ」と呼ばれる人材マッチングと訓練のための総合支援サイトは、主にコンピューターサイエンスやIT、エンジ



ニアリング分野における求人のマッチングサイトとして機能している。また、求職者に一部不足している技能や知識を補うため、eラーニングによる教育訓練を実施するものでもある。さらに、2016年に開催されたダボス会議（World Economic Forum）2016においても、元S A P社幹部でインフォシス社の最高経営責任者であるヴィシヤル・シッカ氏は、『『デジタル革命は、人間的革命』であり、最大の課題は、最大急速なデジタル化に過去300年の教育システムは対応できな

1 「Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025」（2015）The Boston Consulting Group

2 黒田、池内、原「科学技術イノベーション政策における政策オプションの作成－政策シミュレーターの構築－（モデル構築編）（2016）S c i R E Xセンターワーキングペーパー（<http://id.nii.ac.jp/1295/00001341/>）

3 「インダストリー4.0と労働の未来」（平成27年 労働政策研究・研修機構）

いだろう。それ故、Infosysは世界最大の企業内大学を構築、最大1万5,000人がデジタル教育を受講可能である。」と報告するなど、取組が進められている。

2つ目は、人工知能等の革新に伴い、各産業のサービス化やプラットフォームの台頭等が予想されることから、これからの時代を担う人材の育成が必要である。なお、こうした人材育成や生涯学習の必要性については、第2章第3節で詳説する。

我が国における超スマート社会における雇用環境の変革への対応については、誰もが活躍できる社会の実現により個人の豊かさや幸せを向上させるとともに、生産性・企業価値の向上を通じた持続的で豊かな経済成長を可能とすることが求められていることを踏まえ、一人ひとりの事情に応じた多様な働き方が可能となるような社会への変革を目指して、官民挙げて検討を進めていくことが重要である。

3 超スマート社会に関連する諸外国の動向

本項では、超スマート社会を巡る各国政府の政策状況や、諸外国の民間企業による取組等について記述する。

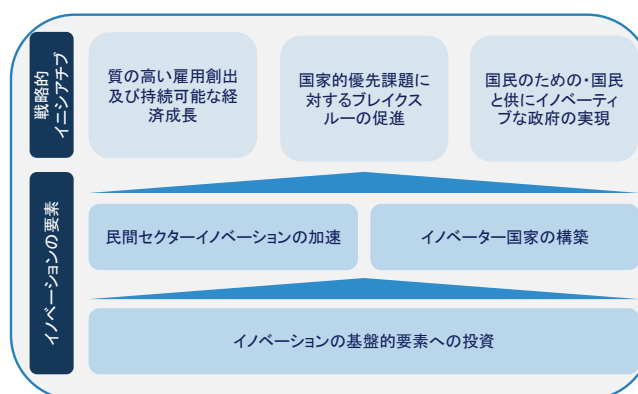
（1）諸外国の政策動向

① 米国

2011年に、産学官を結び付ける国家的枠組みである「先進製造パートナーシップ（AMP：Advanced Manufacturing Partnership）」を新設し、AMP運営委員会において重点的に研究開発を行うべき技術の特定や実施すべきシステム改革の内容を特定している。これに基づき、関係府省の下、産学のコンソーシアム組織（製造革新機構：IMI）を設置したうえで、先進複合材料やパワーエレクトロニクス、3Dプリンタなど多岐にわたる研究開発を推進している。中でも、デジタル製造・設計分野に関しては、国防総省が主導官庁となり、DMDII（Digital Manufacturing and Design Innovation Institute）というIMIを設置し、CPS¹を用いて製造を高度化し、コスト削減や生産性向上を図っている。

なお、2017年度予算では、AMPの中核をなすプログラムである「米国製造イノベーションネットワーク」に義務的予算として19億ドルが計上されている。

さらに、2015年10月には基本戦略「米国イノベーション戦略2015」が公表され、基礎研究や人材育成をはじめとする「イノベーションの基盤的要素への投資」に加え、「国家的優先課題に対するブレイクスルーの促進」として先進製造技術の研究開発の推進やスマートシティの建設等が位置付けられている。



米国イノベーション戦略2015の構成要素

資料：A Strategy for American Innovation 2015を基に
科学技術振興機構研究開発戦略センター作成

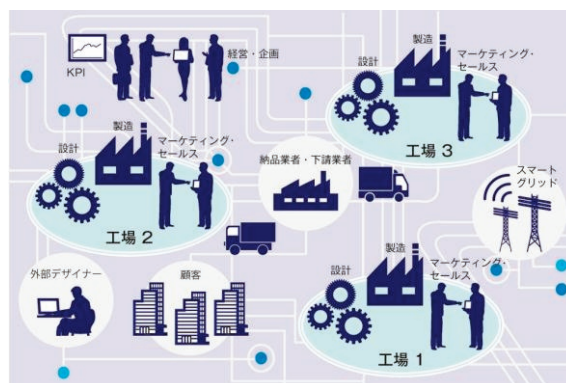
¹ Cyber Physical System

② 欧州

ドイツでは、2011年11月に、包括的なものづくりのデジタル化イニシアティブである「Industrie 4.0」が提案された。Industrie 4.0は、ドイツ政府の科学技術イノベーション基本政策である「ハイテク戦略」のアクションプラン、「未来志向プロジェクト」の一つとして位置付けられている。Industrie 4.0ではIoTや生産の自動化技術を駆使し、単なるスマート工場の実現ではなく、工場内外のモノやサービスと連携することで、新たな価値やビジネスを創出することが期待されている。これは、IoTや生産の自動化(Factory Automation)技術を駆使し、スマート工場同士をつなぎ、ドイツの製造業全体があたかも一つの大きなスマート工場であるかのように機能する姿を描いている。このような取組が進められた結果として、高付加価値製品を大量生産品並みの低価格で顧客ごとに受注、提供するマスカスタマイゼーションへの対応が可能となる。

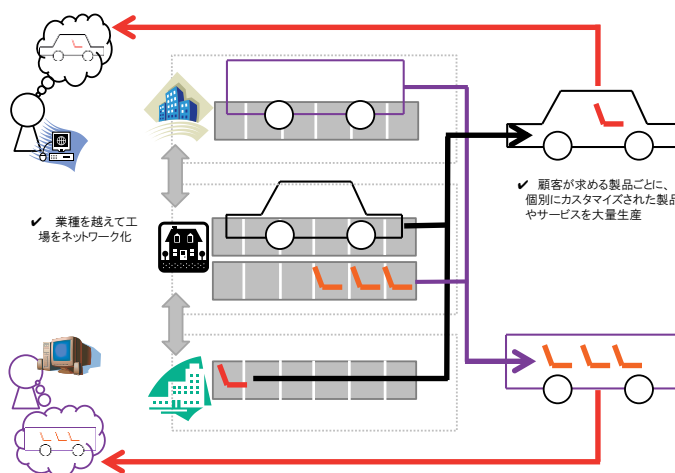
この実現のためには、製品、生産設備設計、生産、メンテナンスに至るバリューチェーン全体を網羅した、多種多様な基盤が必要である。そのため、2025年頃を目標に設定し、M2M(Machine to Machine)やセンサ、アクチュエータを含むCPS、機器のインターフェースの高度化、ビッグデータ技術やクラウドコンピューティング、通信ネットワークやサイバーセキュリティに関する研究開発を推進している。

Industrie 4.0では、プロセス自動化と工場自動化では標準が業界ごとに異なり、ICTやロボット技術などの各種テクノロジーについても多くの産業団体、規格・標準化団体が関与している。つながる工場実現のため、統一したアーキテクチャモデルを緩やかな標準¹⁾の定義が急がれている。



つながる工場のイメージ図

資料：Final report of the Industrie 4.0 Working Group
を基に科学技術振興機構研究開発戦略センター作成



マスカスタマイゼーションのイメージ

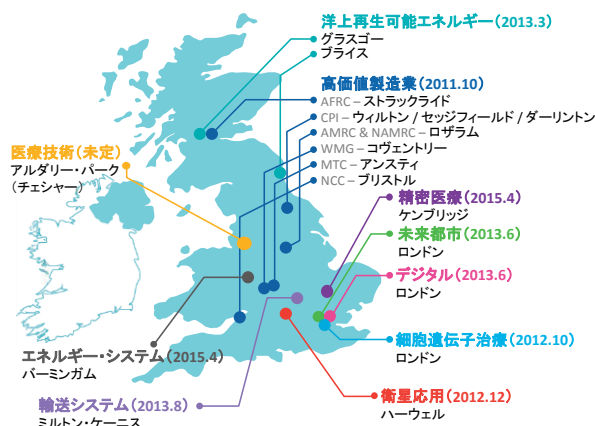
資料：文部科学省作成

英国では、研究開発のいわゆる「死の谷」を克服するための産学連携の場として、特定の技術分野において世界をリードする技術・イノベーションの拠点（カタパルト・センター）を構築する「カタパルト・プログラム」が実施されてきた。2011年に設立された高価値製造業（High Value Manufacturing）カタパルト・センターを通じて、ICTを用いた製造業の自動化を含む関連プロジェクトが実施されている。さらに、2014年12月に発表された基本戦略「成長プラン：サイエンスとイノベーション」においては、この高価値製造業カタパルト・センターに対して、2016

¹⁾ インダストリ4.0リファレンスアーキテクチャモデル（RAMI 4.0）

～2021年の5年間で6,100万ポンド投資することが明記されるなど、英国において製造業への支援が高い優先度で実施されていることが分かる。加えて、同戦略においては、重点的に進めるべき8大技術に、「ビッグデータ」、「ロボティクスと自律的システム」等が挙げられている。

フランスにおいては、2012年の政権交代を契機とし、2013年に高等教育・研究法が施行され、Horizon 2020との整合性を重視した基本戦略「France Europe 2020」が策定された。同戦略は、2015年3月に更新され、製造業の高度化やI o T、ビッグデータの利用に関する研究開発が重要事項として位置付けられている。



英国におけるカタパルト・センターの所在
提供：科学技術振興機構研究開発戦略センター

③ アジア

中国では、2015年5月、I C Tの発展を受けた製造業の高度化に向けた先進諸国の動向や中国国内労働コストの上昇など、国内経済をめぐる状況等を背景として、今後35年間を見据えた最初10年間の製造業発展のロードマップを示した「中国製造2025」が打ち出された。同戦略では、中国を、2025年に製造大国から製造強国にするために、イノベーション環境の整備による製造業のデジタル化、ネットワーク化、スマート化を促すとともに、品質の向上やサービス型の製造業への構造転換を図ることとしている。

2015年7月には、大手I T企業（バイドゥ社、アリババ社、テンセント社）が所有する技術によって、従来の製造業の情報化を促進することを目指した「インターネット・プラス・アクションプラン」が打ち出された。このプランにおいて、2018年までにインターネットをベースにしたサービスの充実や実体経済とのリンクを更に密にさせる上で、2025年までに、インターネットを中心に、ネットワーク化、スマート化、サービス化、連動型の新しい産業エコシステムの構築を図ることとしている。

韓国においては、5年間の計画となる科学技術基本計画が定められている。現行では、第3次科学技術基本計画（2013～2017年）となっている。同基本計画の下位計画となる「第6次産業革新5か年計画」においては、ウェアラブル・スマートデバイス、自動走行車等のシステム産業等が未来産業のエンジンとして重点化されている。さらに、政策をシームレスにつなげるため、科学技術、I C T、中小企業、知財や研究開発に関する予算編成などの機能を一元化した「未来創造科学省」を創設し、省庁間の壁を排している。

シンガポールにおいては、スマートネーション（Smart Nation）プログラムが2014年から政府によって推進されている。人々が安全で暮らしやすい街をつくるための、人材育成、産業集積、I C Tの具体的な活用を描いている。情報通信開発庁（I D A）が所掌してSmart Nation Platform（S N P）というデータ基盤を構築、収集した様々なセンサデータを公共交通、エネルギー供給、ヘルスケアなどのサービスに反映する試みとなっている。

こうした諸外国の政策動向をまとめると、(第1-1-13図) のようになる。

■ 第1-1-13図／諸外国の政策動向のまとめ

地域/国		概 要
米国		✓ 2011年に「先進製造パートナーシップ(AMP)」を立ち上げ。産学のコンソーシアム組織を設置、先進複合材料やパワーエレクトロニクス、3Dプリンタなど多岐にわたる研究開発を推進。 ✓ デジタル製造・設計分野は、国防総省主導によりCPSを用いて製造を高度化、コスト削減や生産性の向上を図っている。
	ドイツ	✓ 基本戦略「ハイクテック戦略」のアクションプランである「未来志向プロジェクト」の一つとして、2011年「Industrie 4.0」を提案。 ✓ Industrie 4.0ではIoTや生産の自動化技術を駆使し、単なるスマート工場の実現ではなく、工場内外のものやサービスと連携することで、新たな価値やビジネスの創出を図っている。 ✓ 2025年頃を目標に、M2Mやセンサ・アクチュエータを含むCPS、インターフェースの高度化、ビッグデータ技術やクラウドコンピューティング、通信ネットワークやサイバーセキュリティに関する研究開発を推進。
欧州	英国	✓ 2014年に発表された「成長プラン：サイエンスとイノベーション」が基本戦略。重点8大技術に、「ビッグデータ」、「ロボティクスと自律的システム」等が挙げられている。 ✓ 研究開発の「死の谷」克服のための産学連携の場として、特定の技術分野において世界をリードする技術・イノベーションの拠点(カタパルト・センター)を構築する「カタパルト・プログラム」を2011年から実施。 ✓ 「高価値製造業(High Value Manufacturing)カタパルト・センター」を通じて多くの製造業関連プロジェクトを実施。
	フランス	✓ 2015年にアップデートされた「France Europe2020」が基本戦略。 ✓ 製造業の高度化やIoT、ビッグデータの利用に関する研究開発を重要事項として位置付け。
	EU	✓ 産学官連携型組織「欧州「未来の工場」研究協会」によって、製造プロセスの改善やデジタル技術を用いた工場間の接続といった課題を含むロードマップに基づき、EU枠組みによるプログラムのファンディングを実施。
	中国	✓ 2025年に中国を「製造大国」から「製造強国」にするため、10年間の製造業発展のロードマップを示した「中国製造2025」を2015年に打ち出し。 ✓ イノベーション環境の整備による製造業のデジタル化、ネットワーク化、スマート化を促すとともに、品質の向上やサービス型の製造業への構造転換を図ることとしている。
アジア	韓国	✓ 「第3次科学技術基本計画」(2013～2017)が基本戦略。下位計画となる「第6次産業革新5か年計画」では、ウェアラブル・スマートデバイス、自動走行車等のシステム産業等を未来産業のエンジンとして重点化。 ✓ 政策をシームレスにつなげるため、科学技術、ICT、中小企業、知財や研究開発に関する予算編成などの機能を一元化した「未来創造科学省」を創設。
	シンガポール	✓ データ基盤を構築、収集した様々なセンサーデータを公共交通、エネルギー供給、ヘルスケアなどのサービスに反映する試みとして「スマートネーション(Smart Nation)プログラム」が2014年から推進。

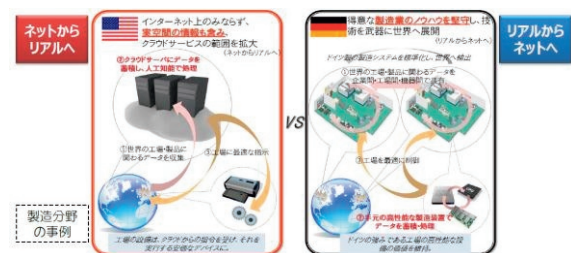
資料：科学技術振興機構研究開発戦略センター資料を基に文部科学省作成

(2) 欧米企業の動向

欧米企業の戦略は、大きく2つに分けて見ることができる。

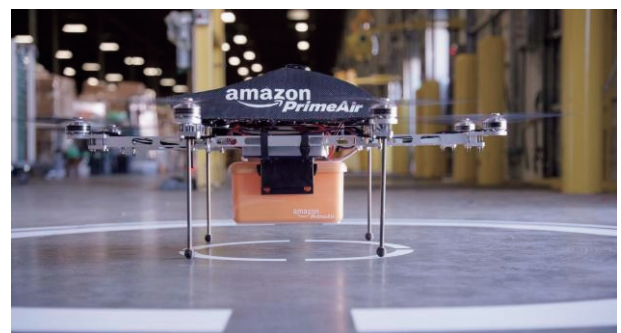
一つは「ネットからリアル型」である。これは、米国を中心にIT企業のもづくりへの進出が見られるように、検索・広告や商取引等の様々なサービスで培ったサイバー空間上の強みを基に、現実空間における事業分野(ロボット・自動車等)へ拡大するものである。

インターネットからリアルに進出している企業業種の一つに、モビリティ・物流分野が挙げられる。この分野においては、グーグル社が自動運転車による公道テストに次々と着手していることに加え、ドローンといった新規デバイスの活用やシェアリングといった新たなビジネスモデルの構築等大きな革新が起



欧米企業の動向
(ネットからリアルvsリアルからネット)

資料：平成26年度ものづくり基盤技術の振興施策



米アマゾン社によるドローン商品配達
提供：アマゾン ジャパン株式会社

こっている。また、アマゾン社では、ドローンを活用した商品配達を行うことで、注文から配達までの時間を30分以内とすることを目指している。

また、シェアリングエコノミーの例として、個人が所有する自動車とドライバーの空き時間を活用し、移動手段が必要な人とマッチングする「Uber¹」という配車サービスが台頭している。Uberは、スマートフォンアプリからボタンを押すと、安価かつ安全、簡単に車を呼ぶことができるサービスである。また、Uberを通してドライバーは自家用車を利用し空き時間で収入を得ることができる。

もう一つは「リアルからネット型」である。これは、例えばドイツを中心に、ものづくり企業のソフトウェア産業化の動向が見られるように、現場の生産設備やロボット等の現実空間上の強みをもとに、現場データのネットワーク化をサイバー空間へ拡大するものである。



スマートフォンアプリUberで車を呼ぶ
提供：Uberジャパン株式会社

シーメンス社は、製造業の生産工程を包括的に管理するシステムを企業に提供している。この

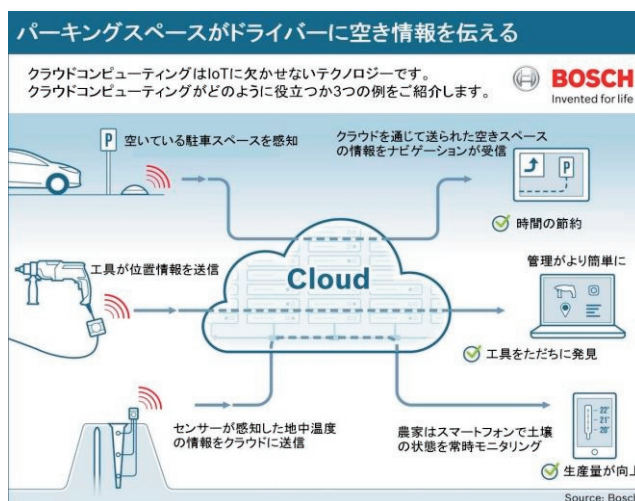


ハノーバ・メッセ2015シーメンス社のブースで
展示されたマセラティ社の車
提供：マセラティ ジャパン株式会社

システムにより、企画や設計、生産、出荷後のサポートといった製品工程の管理や、部品や人といった現場情報の管理が最適化される。イタリアにあるマセラティ社の工場では、シーメンス社のシステムを導入し、製造現場のデジタル化を通じて生産性の向上が行われている。

また、ボッシュ社では、世界265か所の自社生産施設を全てネットワーク化するIoTプラットフォーム「IoTスイート」を開発、導入し、生産性の向上を目指している。また、同プラットフォームにとって必要なビッグデータを格納・分

析するクラウド「Bosch IoT Cloud」等を開発、導入し、センサにより、駐車スペースを知らせてくれるサービスや地中温度の情報をスマートフォンで常時モニタリングできるスマートアグリサービス等が挙げられている。



「Bosch IoT Cloud」による運用事例
提供：ボッシュ株式会社

¹ 東京では、ハイヤーやタクシーの会社と提携をしたサービスを展開しており、個人の自家用車を活用した配車サービスは行われていない。

4 超スマート社会に向けた我が国の状況と課題

諸外国では、第4次産業革命とも言うべき大きな変革を先導し経済競争に打ち勝つという観点から、それぞれの国の強みを活かした挑戦的な取組が官民協力の下で進められている。本項では、我が国における政府の検討の状況や民間企業による取組を紹介する。

(1) 政府における検討の状況

第5期基本計画は、平成28年1月22日に閣議決定され、同年4月からの5か年計画として同計画に基づいて科学技術の振興を図っていくこととなる。

第5期基本計画で位置付けられた「Society 5.0」は、ドイツの「Industrie 4.0」や米国の「先進製造パートナーシップ」がものづくりへの取組であるのに対して、ものづくり等の産業分野のみならず、社会の様々な分野に広げ、社会変革につなげていく取組であり、我が国が課題先進国であることを強みに変える取組であることが特徴である（第1-1-14図）。

■ 第1-1-14図／第5期基本計画と米国・ドイツの取組との比較

	Society 5.0（日）	先進製造（米）	Industrie 4.0（独）
背景	サイバー空間と現実空間の高度な融合		
対象分野	社会のあらゆる分野（ものづくり分野含む） （システム間連携等を通じた我が国が抱える様々な課題の解決と新たな価値の創出）	ものづくり分野 （3Dプリンティング、パワーエレクトロニクス、軽量金属材料、デジタル製造・設計、先進複合材料製造）	ものづくり分野 （情報通信技術と生産技術の統合を通じた設計・生産から小売・保守までの全体効率化、生産性向上）
目指すもの	超スマート社会 （産業、暮らし、生き方が変わり、あらゆる人が活き活きと快適に暮らすことのできる社会）	雇用の創出と国際競争力強化 （製造業の国内回帰とそれによる雇用の創出、新技術の開発による国際競争力）	製造業の競争力強化 （多品種少量生産、異常の早期発見等によるドイツの生産技術で世界の工場を席巻）

資料：科学技術振興機構研究開発戦略センター資料等を基に文部科学省作成

総合科学技術・イノベーション会議においては、超スマート社会の実現に必要な技術的課題、社会実装に向けた課題と留意事項等について検討を行うべく、同会議に「システム基盤技術検討会」を設置し、同計画の第2章及び第3章に提示された取組について調査・検討等を実施している。

さらに、第5期基本計画で位置付けられた方向性を踏まえ、各年度に特に重点を置くべき施策を科学技術イノベーション総合戦略において位置付けることとしている。科学技術イノベーション総合戦略2016については、総合科学技術・イノベーション会議に設置された科学技術イノベーション政策推進専門調査会において検討が進められ、第5期基本計画で掲げたSociety 5.0を初年度から強力に推進し、我が国の競争力を維持・強化していくため、Society 5.0の特徴を整理するとともに、共通プラットフォームの構築、各分野のシステムの高度化等を具体化し、重点的取組として位置付けている。

さらに、政府においては様々な分野にまたがる計画や戦略等で、超スマート社会の実現に関連した政策や施策を位置付けている。以下に、主なものを紹介する。

- ・「日本再興戦略」改訂2015（平成27年6月30日閣議決定）

未来投資による生産性革命として、I o T、ビッグデータ、人工知能時代における産業構造・就業構造変革の検討や、サイバーセキュリティの確保に向けた基盤の強化やI T利活用の推進等を掲げている。また、平成28年1月に示された成長戦略の進化に向けては、『「超スマート社会」への取組（Society 5.0）が求められている」とした上で、I o T／ビッグデータ／人工知能に係る研究開発の一体的推進やI o Tに対応したモバイル、ワイヤレス分野の環境整備を行うこととしている。

- ・「世界最先端I T国家創造宣言」（平成27年6月30日閣議決定）

成長戦略の柱としてI Tを経済成長のエンジンと位置付け、閉塞感を打破して再生する我が国を牽引^{けんいん}するため、政府のI T戦略として策定している。同宣言は、平成27年6月に改訂され、I o Tや人工知能等の技術を用いて世界でも類を見ない「課題解決型I T利活用モデル」を構築し、国民が実感できる真の豊かさを実現することとしている。

- ・「サイバーセキュリティ戦略」（平成27年9月4日閣議決定）

安全なI o Tシステムの創出をはじめとする経済社会の活力向上や国民の安全・安心、国際社会の平和・安定等に向けて、横断的施策として、攻撃検知・防御力向上のための研究開発や人材の育成・確保を実施することとしている。

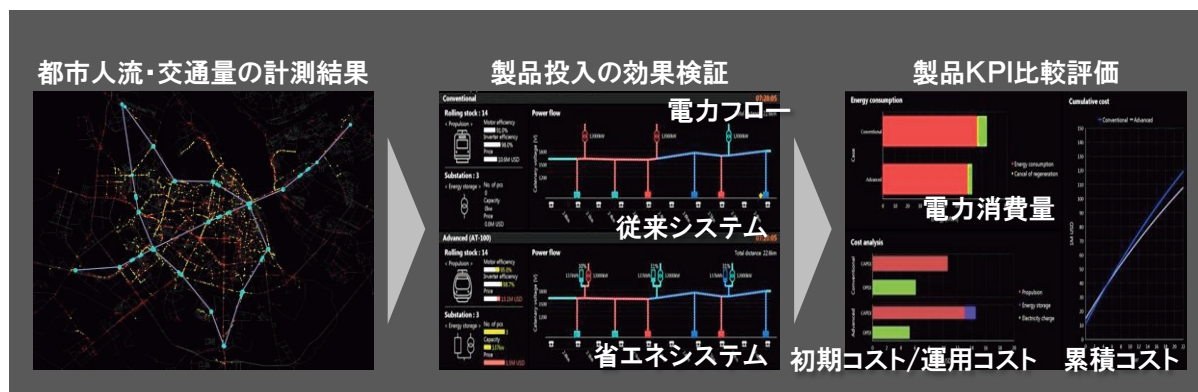
（2）我が国企業等の取組

超スマート社会の実現に向けては、我が国の企業等においても取組が進められている。以下、「システム基盤技術検討会」で報告された、超スマート社会の実現に向けた我が国の企業等の取組のうち、主なものについて紹介する。

① 人工知能技術による社会課題の解決

株式会社日立製作所では、製造業における高齢化に伴う世代交代等によるベテラン作業員の不足や活気ある社会の実現といった社会課題に対して、人工知能等の技術でその解決を図る取組を進めている。

その一つに、同社が開発した人工知能「Hitachi AI Technology／H」が挙げられる。例えば、経営データや業務データ、現場の人間行動や現場の製品の動きといった大量かつ複雑なデータをコンピュータに読み込ませる。そうすると、人工知能「H」が売上げやメンテナンスコスト、生産効率等ビジネスにとって重要な経営指標（K P I）との相関性が強い要素を発見し、改善施策の仮説を効率的に導き出してくれる。この技術により、従来はK P Iとの関係が薄いと考えられ、分析や仮説の立案に使用されていなかったデータであっても、重要な要素が発見され、改善施策が立案される。



Cyber-PoCによる価値の検証
提供：株式会社日立製作所

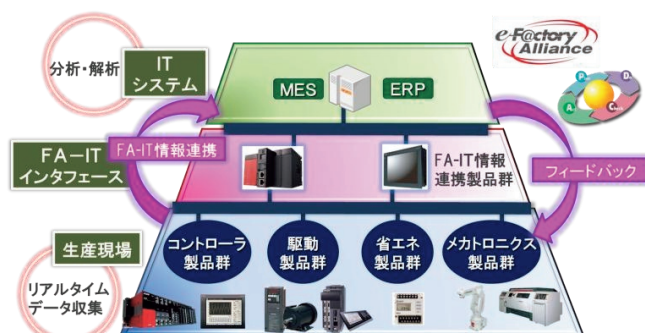
また、新たな改善施策を実際に検証するのが「Cyber-PoC」である。これは、顧客の持つデータを用いて導き出された改善施策が真に正しいかどうか検証するプログラムである。例えば、鉄道の敷設場所を検証する場合、過去のインフラ構築を通じて同社が得た鉄道利用者数や初期・運用コスト等の予測値を算出し、想定している運賃に応じた投資額の回収年数等の試算を可能としている。

② 次世代ものづくりを目指した「e-F@ctory」

「Industrie 4.0」がドイツ政府から提案されたのは2011年であるが、三菱電機株式会社は、それより以前の平成15年（2003年）から、「人・機械・ITの協調」をキーワードにFA（Factory Automation）技術とICT技術を活用したFA統合ソリューション「e-F@ctory」を提唱している。

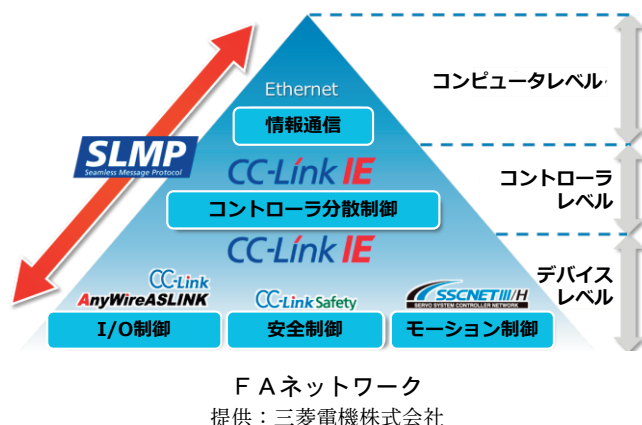
e-F@ctoryの基本コンセプトは工場の最適化によって、開発・生産・保守の全般にわたるTCO（Total Cost Ownership）削減を行うことである。生産現場には生産、品質等に関する様々なデータが存在する。これらのデータをリアルタイムに収集して、そのデータを分析・解析し、結果を生産現場にフィードバックする。このように生産現場とITシステムを連携させることで、生産現場のデータを生産情報、品質情報、環境関連情報、安全関連情報として活用し、生産性、品質、環境性、安全性、セキュリティを向上させる。

情報連携のために、これらをシームレスに接続する通信プロトコルは、ネットワークの階層や境界を意識せずに通信することを目的としたSLMP（Seamless Message Protocol）である。これによって、統一した方法で機器のパラメータ設定や保全情報の収集等を行うことができる。



FA-IT情報連携
提供：三菱電機株式会社

I o T技術の進化により、生産現場から得られるデータが増大する。これまでのように全てのデータをI Tシステムに渡して処理する方法では、生産現場からI Tシステム間の通信帯域がひっ迫する。これを解決するのが、小規模なコンピューティング能力を分散配置するエッジコンピューティングと言われている。エッジコンピューティングを生産現場のデータ分析・解析を行うプラットフォームとして活用することに加えて、将来的には故障予測や作業者の行動分析に基づく事故の削減の可能性も期待できる。



③ 社会インフラのスマート化による国際競争力向上

2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会や地方創生に向けた日本電信電話株式会社 (N T T) の取組「2020×地域創生」を紹介する。

N T Tと福岡市では、福岡市無料公衆無線L A Nサービス「Fukuoka City Wi-Fi」により、訪日外国人向けサービスや、福岡の観光モデルルートの提案サービスに取り組んでいる。また、訪日外国人が多数訪れる「博多どんたく港まつり」や「博多祇園山笠」で観光情報を発信する拠点としてW i - F i機能付きの飲料の自動販売機を設置している。この自動販売機は、災害時には無料で飲料水を取り出せる機能を有しており、防災ステーションとしての活用も可能である。

また、羽田空港国際線・国内線旅客ターミナルにおいて、画像解析技術やビッグデータ分析技



福岡市とN T Tの包括提携による新サービス
提供：N T T

術等の最先端技術を使った「おもてなしU I・U X (ユーザインタフェース・ユーザエクスペリエンス)」の実現に向け、以下の研究開発及び実証実験に取り組んでいる。

- (i) 空港では多くの看板等が日英等の主要言語に限られ、交通移動手段や見慣れない日本食の原料等を調べる手段が即座に思い付かないことが課題として挙げられる。そのため、到着ロビーの看板・案内板や料理サンプル・商品にスマートフォンのカメラを向けるだけで有用な情報を得られる取組を進めている。

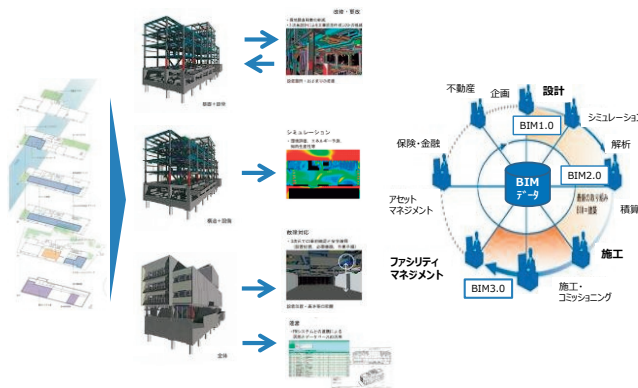


画像解析技術を用いたかざすUIによる情報提供

提供：NTT

- (ii) 空港における混雑解決に向けて、混雑状況を先読みし、動的に案内サインを変化させることで施設内での混雑を回避し、最適な人の流れの誘導の実現に取り組んでいる。また、従来は音声アナウンスで対応しているシーン（緊急案内等）に示す情報を視覚化することで、聴覚障がい者などへの情報提示手法としての有効性の確認を行っている。
- (iii) 視覚障がい者の移動を支援するため、トイレ等で音声案内を行う「音サイン」があるが、周囲の雑音等で必ずしも十分に活用されないことから、整備が進んでいない。そのため、雑音があっても聞き取りやすい音声案内を行うことや音サインが騒音とならない「インテリジェント音サイン」の実用化に取り組んでいる。

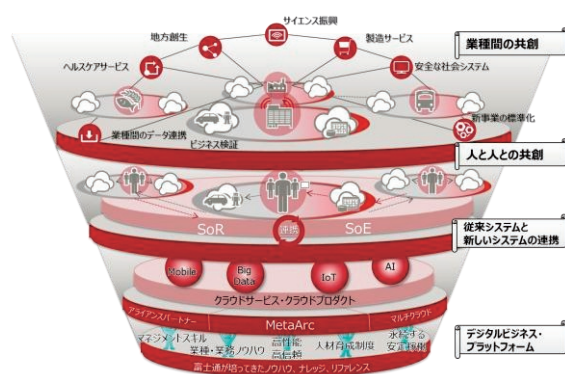
NTTは、羽田空港に加え、東京駅やその周辺においても、国土交通省と連携し、屋内外シームレス測位サービスの実証実験を通じた屋内外シームレス地図の整備・流通に向けた検討を行っている。また、ビル設計～施工～ファシリティマネジメントに至る膨大な情報を一元管理するBIM（ビルインフォメーションモデリング）の仕組みを社会インフラに応用し、地域全体をスマート化する取り組みを進めている。



BIMの活用による情報マネジメント

提供：NTT

④ 「Human Centric Intelligent Society」で実現する豊かな未来



業種間の連携による価値創造に向けて

提供：富士通株式会社

富士通株式会社では、業界・企業を超えた共創、人と人との共創を支えるICT基盤として最新の技術とノウハウを結集したビジネス・プラットフォーム「MetaArc（メタアーク）」を提供している。MetaArcの特長は、モバイル、ビッグデータ、IoT、人工知能等を活用するとともに、人やモノをつないで新たな価値を生み出すシステム「SoE（Systems of Engagement）」と従来の企業内のデータを記録し業務処理を行う情報システム「SoR（Systems of Record）」の連携を可能としてい

る点である。

富士通株式会社では、こうした基盤を用いた業種間の共創による価値創出を進めており、取組の一つに、高齢化社会への対応が挙げられる。我が国を含む世界の各国で進行する高齢化社会において、健康寿命を伸ばし自立した生活を支援する仕組みが望まれる。現在、電子カルテシステムや地域医療連携ネットワークなどを通じて、地域の効率的な医療の提供に向けた取組を行っている。加えて今後は、モバイルやセンサーネットワーク等を活用することで、高齢者あるいは慢性疾患を抱える人が自宅で安心して自立した生活を送れる社会や、個人に最適な薬の処方、個人に応じた予防など健康・生活面のアドバイスが受けられる社会を目指す。このような社会の実現には、病院・介護施設や研究機関、関連産業が共創し、画像を含む診療情報やゲノム情報といったビックデータの解析が不可欠である。また、必要なものを必要な時に届ける物流の革新等、人々の生活の利便性を向上させる仕組みが合わせて進展していくものと考えられる。このように、富士通株式会社では、様々な業種の知と知をつなぎ、社会の課題解決や新たなイノベーション創出に向けた活動に取り組んでいる。



高齢化社会への対応
提供：富士通株式会社

（3）超スマート社会をビジョンとして共有するために～科学技術イノベーションと社会との関係深化～

超スマート社会においては、私たちの生活を豊かなものとなるのみならず、経済・社会にも従来の延長上だけでは対応が困難な大きな影響が及ぼされることが予想される。そのため、こうした社会においては、これまで以上に科学技術イノベーションと社会との関係を一層深化させる必要がある。

本項では、科学技術と社会とを相対するものとして位置付けてきた従来型の関係を、研究者、国民、産業界、政策形成者等といった様々なステークホルダーによる対話・協働、すなわち「共創」を推進するための関係に深化させるために必要な取組について以下に記述する。

① 超スマート社会における倫理的・法制度的・社会的取組

超スマート社会の進展に伴い、個人情報等プライバシー保護の問題や人工知能等による事故等に係る責任関係等、倫理的・法制度的な様々な課題について、社会としての意思決定が必要になる事例の増加が予想される（第2章第2節参照）。また、超スマート社会の核となる人工知能技術等の研究開発を行うに際しては、その高度な機能が人や社会が良くなるためという、基本原則のもとに進められる必要がある。

そのため、超スマート社会が適切に社会実装されるためには、多様なステークホルダー間のコミュニケーションの場を設けつつ、倫理的・法制度的・社会的課題について、人文社会科学及び自然科学の様々な分野が参画する研究を進めることが必要である。また、社会における科学技術の利用促進の観点から、科学技術の及ぼす影響を多面的に俯瞰するテクノロジー・アセスメントや、規制等の策定・実施において科学的根拠に基づき的確に予測、評価、判断を行う科学に関する研究、社会制度等の移行管理に関する研究の促進が必要である。

人工知能等の先端研究の進展に伴い、必要に応じて倫理ガイドライン等の策定を行うことも有用である。総務省情報通信政策研究所が平成27年6月に公表したインテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書2015」では、ICTインテリジェント化¹の進展段階を展望²した上で、インテリジェントICT³に係る高度な機能は、人や社会が良くなるためという基本原則の下に進められる必要があり、そのためには、研究開発に係る原則を明らかにするとともに、発生し得る負の側面を限りなく小さくする仕組みを構築しなければならないとしている。同報告書では、研究開発に係る原則として、ロボットはどのようにあるべきかを示すことで、その研究開発の原則を示したアイザック・アシモフのロボット3原則⁴が参考になるとし、インテリジェントICT、とりわけ高度な認知、判断、創造を行う力をもった人工的な知性についても同様の原則を打ち立てることが必要となっていると考えられているとしている。

さらに、総務省情報通信政策研究所では、「報告書2015」を踏まえ、2040年代に向け、ICTインテリジェント化の中心を成すAIネットワーク化⁵の進展を見据え、目指すべき社会像及びその基本理念を検討するとともに、AIネットワーク化が社会・経済にもたらすインパクト及びリスクの評価を行い、当面の課題⁶及び今後中長期的に注視し又は検討すべき事項を整理することを目的として、平成28年2月から、AIネットワーク化検討会議（座長：須藤 修 東京大学大学院情報学環教授）を開催している。

② ステークホルダーによる対話・協働

サイエンスカフェ等研究者が自ら参画して行うアウトリーチ活動の取組が広がっているが、今後は、アウトリーチ活動の充実のみならず、科学技術イノベーションと社会との問題について、研究者自身が社会に向き合うとともに、多様なステークホルダーが双方向で対話・協働し、政策形成や知識創造に結び付ける「共創」を推進することが重要である。

このため、多様なステークホルダーを巻き込んだ円卓会議や科学技術に係る市民参画型会議など対話・協働の場を設け、得られた意見等を国の政策形成の際に考慮することが必要である。また、シチズンサイエンスの推進を図り、研究者が国民等と共に研究計画を策定し、研究実施や成果普及を進めるような方法論の創出と環境整備等を促進することが必要である。

③ 共創に向けた各ステークホルダーの取組

ステークホルダー間の共創を進めるためには、社会側のステークホルダーである国民の科学技術リテラシーの向上と研究者の社会リテラシーの向上が重要である。

そのため、初等中等教育の段階から、科学技術の限界や不確実性、論理的な議論の方法等に対

1 「ICTインテリジェント化」とは、ICTと呼ばれるコンピュータや通信ネットワーク、それらの上で動く人工知能や活用される多様なデータ、これら技術と人間との間のインターフェース技術の高度化等によってもたらされる変化をいう。

2 ICTインテリジェント化については、次のような進展段階を経るものと展望されている。

① インテリジェントICTが、他のインテリジェントICTとは連携せずに、インターネットを介するなどして独立して機能し、人間を支援

② インテリジェントICT相互間のネットワークが形成され、社会の各分野における自動調整・自動調和が進展

③ 人間の潜在的能力がインテリジェントICTによって引き出され、身体的にも頭腦的にも発展

④ 人間とインテリジェントICTとが共存

3 「インテリジェントICT」とは、ICTインテリジェント化を支える技術やシステムの総体をいう。

4 アシモフ博士のロボット工学3原則

第一法則：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。

第二法則：ロボットは人間から与えられた命令に服従しなくてはならない。ただし、与えられた命令が第一法則に反する場合はこの限りではない。

第三法則：ロボットは前掲の第一法則、第二法則に反するおそれのない限り、自己を守らなければならない。

5 「AIネットワーク化」とは、AIを構成要素とする情報通信ネットワークシステムの構築及び高度化をいう。

6 AIネットワークに関する研究開発の原則の策定、イノベティブかつ競争的なエコシステムの確保、利用者の保護、社会の基本ルールに関する検討、AIネットワーク化をめぐる諸課題に関する継続的な議論のための枠組みの整備等

する理解を深めることが肝要である。また、社会教育施設において、科学コミュニケーター等の活用により、双方向の対話・協働が促進されることが期待される。

他方、研究者は、分野を超えた知識・視点を駆使して研究内容等を分かりやすく説明することが求められる。また、自らの研究と社会との関わりの重要性について認識を深める観点から、人文社会科学及び自然科学の連携等が望まれる。

④ 超スマート社会における政策形成への科学的助言

超スマート社会においては、サイバーセキュリティの確保など、政策形成において科学技術が果たす役割はこれまで以上に大きくなることが予想される。

このため、研究者は科学的助言の質の確保に努めるとともに、不確実性や異なる科学的見解が有り得ることなどについて、社会の多様なステークホルダーに対して明確に説明することが求められる。一方、各ステークホルダーは研究者は独立の立場から科学的な見解を提供できることを認識することが期待される。また、科学的助言は政策形成過程において尊重されるべきものであるが、それが政策決定の唯一の判断根拠ではないことを認識することも重要である。