

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会 第2次中間報告書

平成26年12月18日付け諮問第22号
「新たな情報通信技術戦略の在り方」について

平成28年6月30日
技術戦略委員会

目次

はじめに	1
第1章 第1次中間答申以降の動き	2
1. 第5期科学技術基本計画の策定	2
2. 国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT)の第4期中長期目標・計画の策定	4
3. 産学官によるIoT推進体制の構築	6
4. 次世代の人工知能技術の研究開発における連携体制の構築	8
第2章 IoT/BD/AI時代の政策課題	10
1. IoT/BD/AI時代の到来	10
2. 製品やサービスの付加価値のソフトウェアへの移行	10
3. 我が国の企業のIoT/BD/AI時代への対応の遅れ	13
4. 産業構造の変化に対応したオープン・クローズ戦略	14
5. IoT/BD/AI時代における人材育成・標準化の必要性	16
6. IoTとCPSによるイノベーションの実現	17
7. 本委員会で検討する政策課題	18
第3章 横断的な推進方策	20
1. IoT/BD/AI時代の人材育成策	20
(1)IoT/BD/AI時代に対応するために求められる人材像	20
(2)IoT/BD/AI時代の人材育成策	22
2. IoT/BD/AI時代の標準化戦略	28
(1)国際標準化機関等における標準化動向	28
(2)新標準化戦略マップの策定	33
(3)IoT/BD/AI時代における国際標準化活動の現状と課題	39
(4)今後の国際標準化活動の推進方策	41
第4章 分野別の推進方策	
第1節 先端的なIoT分野の推進方策	
「スマートIoT推進戦略」(別冊1)	
I. 先端的IoTの重要性	
II. 先端的なIoTにより目指すべき社会イメージ(自律型モビリティ社会)	
III. 公共・産業分野の先端IoTシステム(固定系IoT)の推進方策	
IV. 自律型モビリティ分野の先端IoTシステム(移動系IoT)の推進方策	
V. 先端IoTシステムの円滑な社会実装に向けた推進方策	
第2節 次世代人工知能分野の推進方策	
「次世代人工知能推進戦略」(別冊2)	
I. 我が国が抱える社会的課題と人工知能への期待	
II. 人工知能の研究開発等の動向	
III. 人工知能が実現する社会	
IV. 人工知能の発展のための推進方策	
V. まとめ	
参考資料(別冊3)	

はじめに

情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会（以下「本委員会」という。）においては、平成 26 年 12 月 18 日付け諮問第 22 号「新たな情報通信技術戦略の在り方」を受け、平成 28 年度からの 5 年間を目途とし、ICT 分野において国や国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）等が取り組むべき重点研究開発分野・課題及び研究開発、成果展開等の推進方策の検討を行い、平成 27 年 7 月 28 日に中間答申（以下、「第 1 次中間答申」という。）として取りまとめたところである。総務省においては、第 1 次中間答申の提言を踏まえ、NICT の次期中長期目標の策定や産学官による IoT 推進体制の構築等に取り組んできたところである。

一方、人工知能（AI）技術の急速な発展により、様々な分野における IoT の利用拡大と相まって、「第 4 次産業革命」と言われる史上最高のイノベーションが起きつつある。20 世紀は産業の競争力の源泉がハードウェアのノウハウ、レシピであったが、このような IoT/ビッグデータ(BD)/AI 時代の到来により、産業構造の変革が起こり、「プラットフォーム」と「データ」と「人工知能」を制するものが勝つというゲームチェンジがあらゆる産業分野で起きる可能性がある。

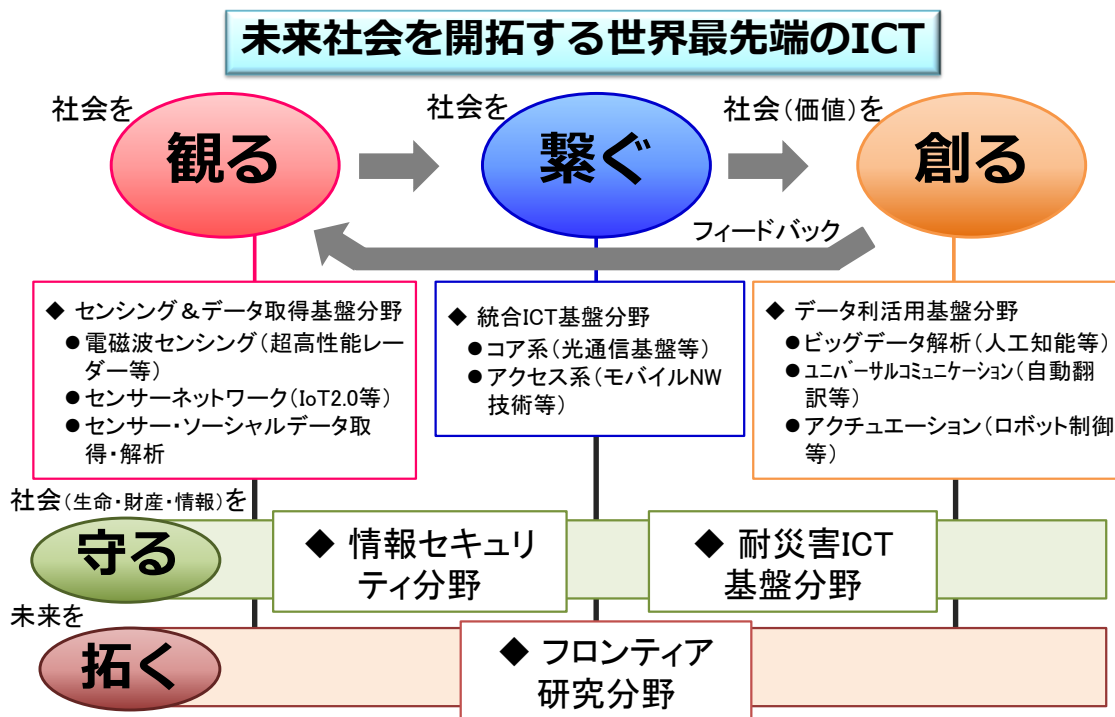
このような変化に対応し、我が国が ICT 分野のみならず国全体で国際的な競争力を維持・強化し、持続的な経済成長を達成していくために、AI を含め ICT 分野全体で産学官による総力戦が必要である。

このため、本委員会は昨年 12 月に審議を再開し、今後の経済成長・価値創造に重要な分野である先端的な IoT 分野と AI・脳研究分野について、今後の研究開発・社会実装の推進方策について重点的に検討し、「スマート IoT 推進戦略」と「次世代人工知能推進戦略」を取りまとめた。また、このような激変する時代に若い世代や子供たちが戦っていくための「人材育成策」や、百戦錬磨の欧米の巨大 ICT 企業と伍していくための「オープン&クローズ戦略」を武器とした「標準化戦略」について取りまとめたものである。

総務省及び NICT 等においては、本報告書の提言を踏まえて、関係省庁と連携して産学官の英知を結集した具体的な取組が進められることを期待する。IoT/BD/AI 時代においては、技術革新のスピードが極めて速いことから、本委員会において引き続き取組状況をフォローアップしていくこととする。

第1章 第1次中間答申以降の動き

昨年7月に行われた中間答申（以下、「第1次中間答申」という。）においては、今後5年間を目途に国や国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が取り組むべき基礎的・基盤的研究開発における重点研究開発分野・課題、テストベッドを活用した研究開発・実証の一体的な推進、産学官の連携による研究開発の推進方策等について提言が行われたところである。これらを踏まえ、政府及び関係機関において様々な取組が既に進められているところである。第2次中間報告を取りまとめるに当たり、先ず、本章において、第1次中間答申以降の主な動きについて概観する。



図表 1-1 重点研究開発分野（H27.7 情報通信審議会中間答申）

1. 第5期科学技術基本計画の策定

科学技術基本法に基づき政府が策定する5年間の科学技術の振興に関する総合的な計画である科学技術基本計画は、平成8年に第1期基本計画が策定され、以後5年ごとに4期に渡って策定されてきたところである。平成28年度からの第5期科学技術基本計画については、政府の総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）の下に基本計画専門調査会を設置して検討が進められ、本年1月に、平成28年度からの5年間の新たな「第5期科学技術基本計画」が閣議決定された。

新たな基本計画は、ICTの進化等により、社会・経済の構造が日々大きく変化する「大変革時代」が到来しているとの現状認識に立って策定された。

未来の産業創造と社会変革に向け、自ら大きな変化を起こし、大変革時代を先導していくため、非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し、ICTを最大限に活用して、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」として強力に推進することとしている。また、世界に先駆けて超スマート社会を実現するために必要となる基盤技術、すなわちサイバー空間における情報の流通・処理・蓄積に関する技術として、サイバーセキュリティ技術、IoTシステム構築技術、ビッグデータ解析技術、人工知能（AI）技術、ネットワーク技術、エッジコンピューティングといった技術が挙げられており、ビッグデータ等から付加価値を生み出していく上で不可欠な技術として戦略的な強化を図ることとしている。

このように、第5期科学技術基本計画においては、ICTの進展によるIoT/ビッグデータ/AI時代における新たな社会変革と価値創造の取組の重要性と、その基盤的技術としてのICT分野の研究開発の重要性が強調されている。

- 「科学技術基本計画」は、科学技術基本法に基づき政府が策定する、10年先を見通した5年間の科学技術の振興に関する総合的な計画
- 第5期基本計画（平成28年度～32年度）は、**総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）**として初めての計画であり、「**科学技術イノベーション政策**」を強力に推進
- 本基本計画を、**政府、学界、産業界、国民**といった幅広い関係者が共に実行する計画として位置付け、我が国を「**世界で最もイノベーションに適した国**」へと導く

第1章 基本的考え方

(1) 現状認識

- ICTの進化等により、社会・経済の構造が日々大きく変化する「**大変革時代**」が到来
 - ・既存の枠組みにとらわれない市場・ビジネス等の登場
 - ・「ものから「コト」へ、価値観の多様化
 - ・知識・価値の創造プロセス変化（オープンイノベーションの重視、オープンサイエンスの潮流）等
- 国内外の課題が増大、複雑化（エネルギー制約、少子高齢化、地域の疲弊、自然災害、安全保障環境の変化、地球規模課題の深刻化など）
 - ⇒ こうした中、科学技術イノベーションの推進が必要（科学技術の多義性を踏まえ成果を適切に活用）

(3) 目指すべき国の姿

- 基本計画によりどのような国を実現するのかを提示
 - ① 持続的な成長と地域社会の自律的発展
 - ② 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現
 - ③ 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献
 - ④ 知の資産の持続的創出

(4) 基本方針

① 第5期科学技術基本計画の4本柱

- 未来の産業創造と社会変革
 - 経済・社会的な課題への対応
 - 基盤的力の強化
 - 人材、知、資金の好循環システムの構築
- ※ i～ivの推進に際し、科学技術外交とも一体となり、戦略的に国際展開を図る視点が不可欠

第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組

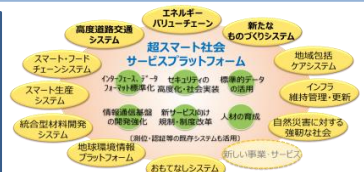
自ら大きな変化を起こし、**大変革時代を先導していく**ため、非連続なイノベーションを生み出す研究開発と、新しい価値やサービスが次々と創出される「**超スマート社会**」を世界に先駆けて実現するための**仕組み作りを強化**する。

(1) 未来に果敢に挑戦する研究開発と人材の強化（略）

(2) 世界に先駆けた「超スマート社会」の実現（Society 5.0）

- 世界では、ものづくり分野を中心に、ネットワークやIoTを活用していく取組が打ち出されている。我が国ではその活用を、ものづくりだけでなく**様々な分野に広げ、経済成長や健康長寿の形成、さらには社会変革につなげていく**。また、**科学技術の成果のあらゆる分野や領域への浸透を促し、ビジネス力の強化、サービスの質の向上につなげる**
- サイバー空間とフィジカル空間（現実社会）が高度に融合した「**超スマート社会**」を未来の姿として共有し、その実現に向けた**一連の取組を「Society 5.0」とし、更に深化させつつ強力に推進**
 - ※ 狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続くような新たな社会を生み出す変革を科学技術イノベーションが先導していく、という意味を持つ
- サービスや事業の「**システム化**」、システムの高度化、複数のシステム間の**連携協調**が必要であり、産学官・関係府省連携の下、**共通的なプラットフォーム（超スマート社会サービスプラットフォーム）構築**に必要となる取組を推進

超スマート社会とは、「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、活き活きと快適に暮らすことのできる社会」であり、**人々に豊かさをもたらすことが期待される**



(3) 「超スマート社会」の競争力向上と基盤技術の戦略的強化

- 競争力の維持・強化に向け、知的財産・国際標準化戦略、基盤技術、人材等を強化
- システムのパッケージ輸出促進を通じ、新ビジネスを創出し、課題先進国であることを強みに変える
- 基盤技術については、**超スマート社会サービスプラットフォームに必要となる技術（サイバーセキュリティ、IoTシステム構築、ビッグデータ解析、AI、デバイスなど）と、新たな価値創出のコアとなる強みを持つ技術（ロボット、センサ、バイオテクノロジー、素材・ナノテクノロジー、光・量子など）**について、中長期視野から高い達成目標を設定し、その強化を図る

第3章 経済・社会的課題への対応

国内又は地球規模で顕在化している課題に**先手を打って対応**するため、国が重要な政策課題を設定し、課題解決に向けた科学技術イノベーションの取組を進める。

第4章 科学技術イノベーションの基盤的力の強化

今後起こり得る様々な変化に対して**柔軟かつ確に対応**するため、若手人材の育成・活躍促進と大学の改革・機能強化を中心に、**基盤的力の抜本的強化**に向けた取組を進める。

第5章 イノベーション創出に向けた人材、知、資金の好循環システムの構築

国内外の**人材、知、資金を活用し、新しい価値の創出とその社会実装を迅速に進めるため**、企業、大学、公的研究機関の本格的連携とベンチャー企業の創出強化等を通じて、**人材、知、資金があらゆる壁を乗り越え循環し、イノベーションが生み出されるシステム構築を進める**。

第6章 科学技術イノベーションと社会との関係深化

科学技術イノベーションの推進に当たり、**社会の多様なステークホルダーとの対話と協働**に取り組む。

第7章 科学技術イノベーションの推進機能の強化

科学技術イノベーションの主要な実行主体である**大学及び国立研究開発法人の改革・機能強化**と**科学技術イノベーション政策の推進体制の強化**を図るとともに、**研究開発投資を確保**する。

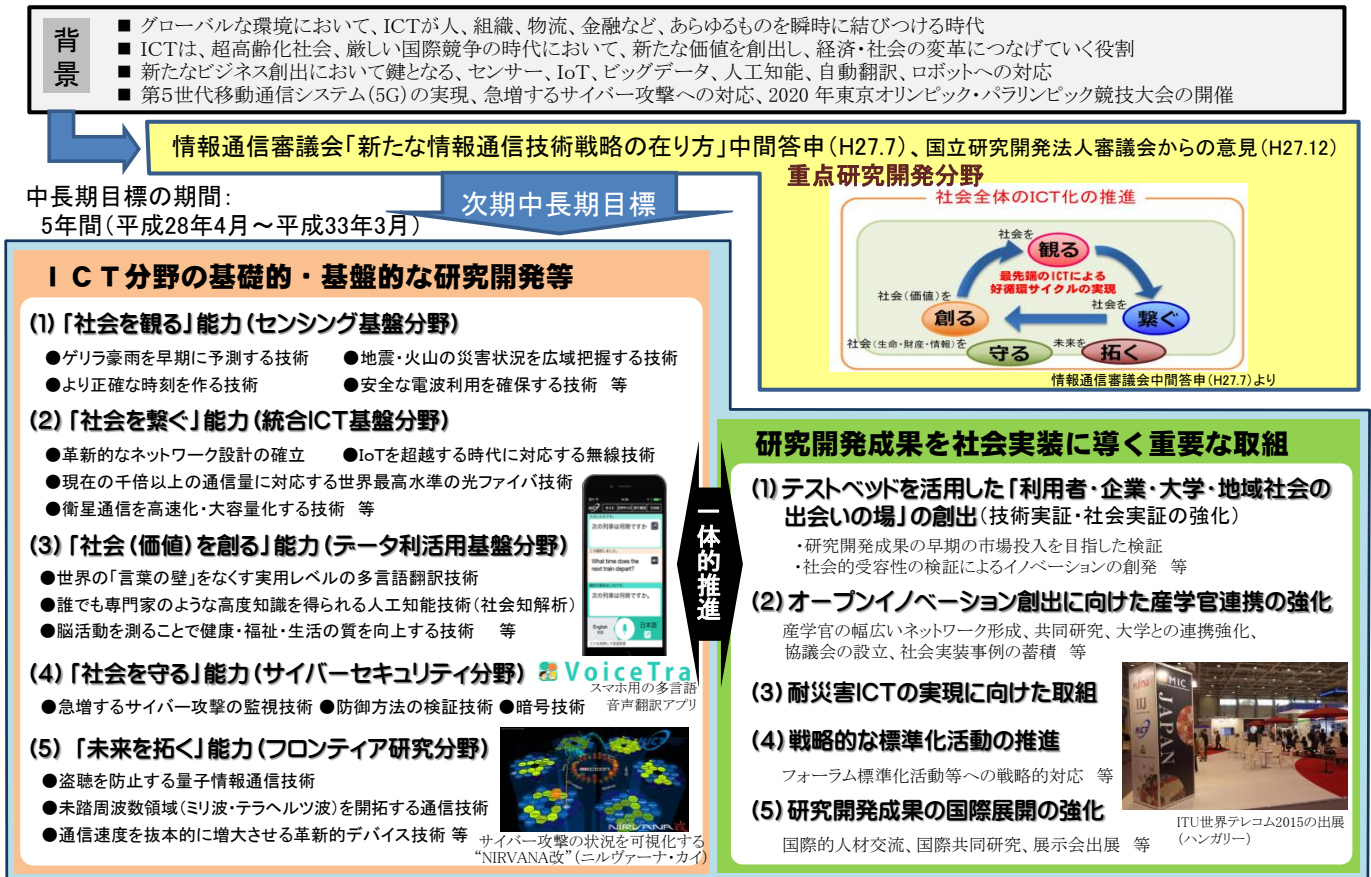
図表 1-2 第5期科学技術基本計画の概要（内閣府資料より作成）

（注）黄色は ICT 関連の記載

2. 国立研究開発法人 情報通信研究機構（NICT）の第4期中長期目標・計画の策定

第1次中間答申を踏まえ、総務省では、NICTの平成28年度からの新たな中長期目標の策定・指示を行い、NICTでは同目標に基づき中長期計画を策定し、総務大臣の認可を受けた。

中長期目標においては、NICTにおいて取り組むべきICTの基礎的・基盤的研究分野について、第1次中間答申における重点研究開発分野（①「社会を観る」、②「社会を繋ぐ」、③「社会（価値）を創る」、④「社会を守る」、⑤「未来を拓く」）に沿って研究開発の目標を定めている。また、研究開発成果の社会実装に向けた取組として、第1次中間答申の提言を踏まえ、技術実証及び社会実証のためのテストベッドの構築、オープンイノベーション創出に向けた産学官連携の強化等について定め、これらを一体的に推進することとされている。



図表 1-3 NICT 第4期中長期目標の概要

また、NICT が策定する中長期計画においても、中長期目標に定められた5つの研究開発分野における具体的な研究課題について、第1次中間答申において提言された重点研究開発課題及びロードマップに基づき設定されているところである。

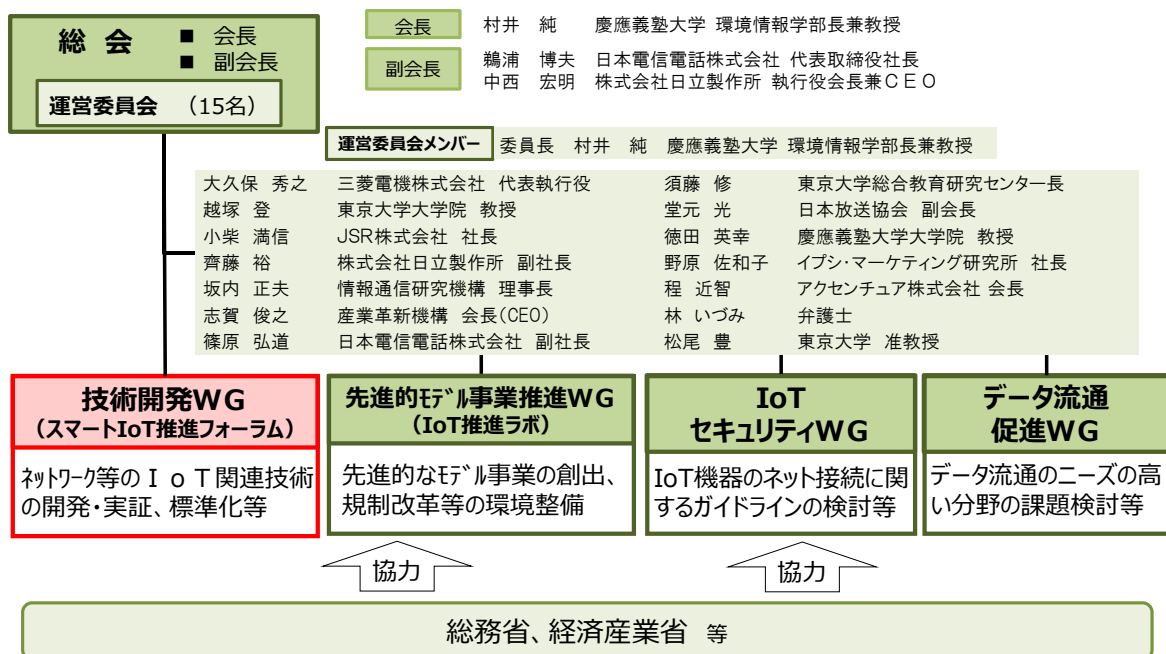


図表 1-4 NICT 第4期中長期計画の概要

3. 産学官によるIoT推進体制の構築

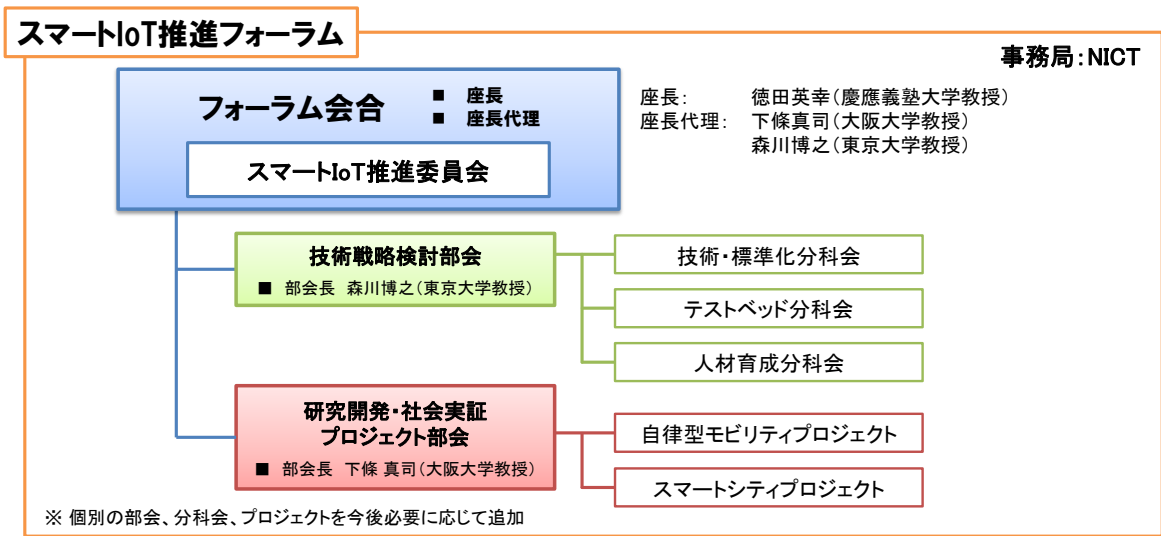
第1次中間答申においては、研究開発の推進方策について、社会全体のICT化を目指した産学官によるIoT推進体制として、総務省はNICTと連携して、民間企業、大学、標準化団体等から構成される推進体制の創設を検討すべき旨の提言がなされたところである。

この提言を受け、総務省では経済産業省と連携し、企業・業種の枠を超えて産学官でIoTの研究開発・実証、利活用を促進するため、民主導の組織として「IoT推進コンソーシアム」（会長：村井純慶應義塾大学教授）を昨年10月に設立した。コンソーシアムには4つのWGが設置され、「技術開発WG（スマートIoT推進フォーラム）」において、ネットワーク等IoT関連技術の開発・実証、標準化に取り組んでいる。



図表 1-5 IoT推進コンソーシアムの概要

スマート IoT 推進フォーラムは昨年 12 月に会合を開催し、座長に徳田慶應義塾大学教授を選任し、フォーラムの下に、技術戦略検討部会、研究開発・社会実証プロジェクト部会の 2 つの部会を設置した。技術戦略検討部会においては、産学官の今後の戦略の策定やテストベッド活用ノウハウの共有、人材育成、国際標準化活動の推進を行うため、分科会を設置し、具体的な活動を開始したところである。また、研究開発・社会実証プロジェクト部会においては、当面、自律型モビリティプロジェクト、スマートシティプロジェクトの 2 つのプロジェクトを設置し、社会実証に向けた技術、課題の検討を推進することとしている。



スマートIoT推進委員

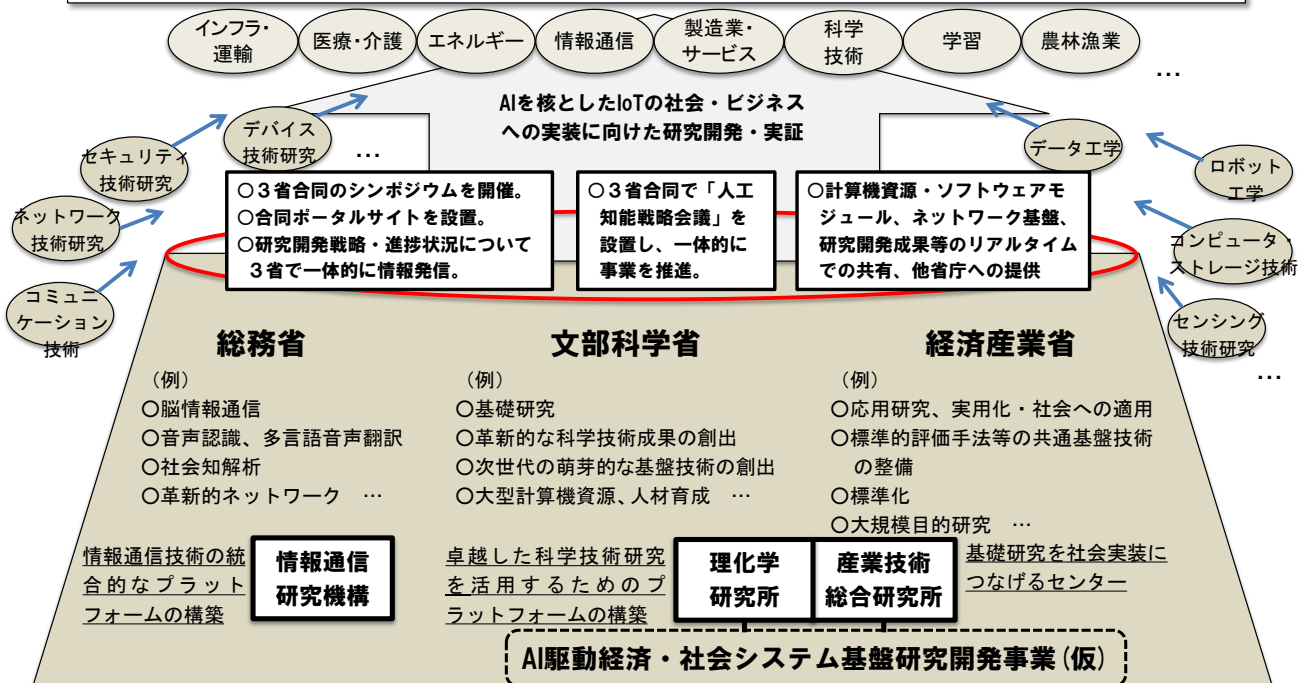
相田 仁	東京大学大学院 工学系研究科 教授	佐藤 拓朗	早稲田大学理工学術院 教授
伊勢 清貴	トヨタ自動車(株) 専務役員	篠原 弘道	日本電信電話(株) 代表取締役副社長 研究企画部門長
内田 義昭	KDDI(株) 取締役執行役員常務 技術統括本部長	下條 真司	大阪大学サイバーメディアセンター 教授
江村 克己	日本電気(株) 執行役員	須藤 修	東京大学大学院 教授・東京大学総合教育研究センター長
大槻 次郎	富士通(株) 執行役員常務	徳田 英幸	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
岡 秀幸	パナソニック(株) AVCネットワークス社 常務・CTO	中川路 哲男	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 所長(役員理事)
岡 政秀	(株)日立製作所情報・通信システム社 エグゼクティブストラテジスト	村井 純	慶應義塾大学 環境情報学部長・教授
越塚 登	東京大学大学院 情報学環 教授	森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
坂内 正夫	国立研究開発法人情報通信研究機構 理事長		

図表 1-6 スマート IoT 推進フォーラムの概要

4. 次世代の人工知能技術の研究開発における連携体制の構築

第1次中間答申における重点研究開発分野の一つである「社会（価値）を創る」分野において、AI技術は、今後のIoT時代において、ビッグデータ分析等により新たな価値創出を行うにあたって極めて重要な技術として期待されている。また、1で述べたように、第5期科学技術基本計画においても、AI技術は基盤的技術として戦略的に強化すべき技術として位置づけられているところである。このような状況を踏まえ、総務省、文部科学省、経済産業省は、「次世代の人工知能の研究開発における3省連携体制」を構築し、3省連携により研究開発と社会実装を進めることとしている。

- (1) 各分野でのビッグデータの集積、センサーの量的・質的拡大（IoT: Internet of Things）。
 (2) 人工知能の50年来の大きな技術的ブレークスルー（自ら特徴を捉え進化する人工知能を視野）。
 (3) 3省連携による研究開発成果を関係省庁にも提供し、政府全体として更なる新産業・イノベーション創出や国際競争力強化を牽引。

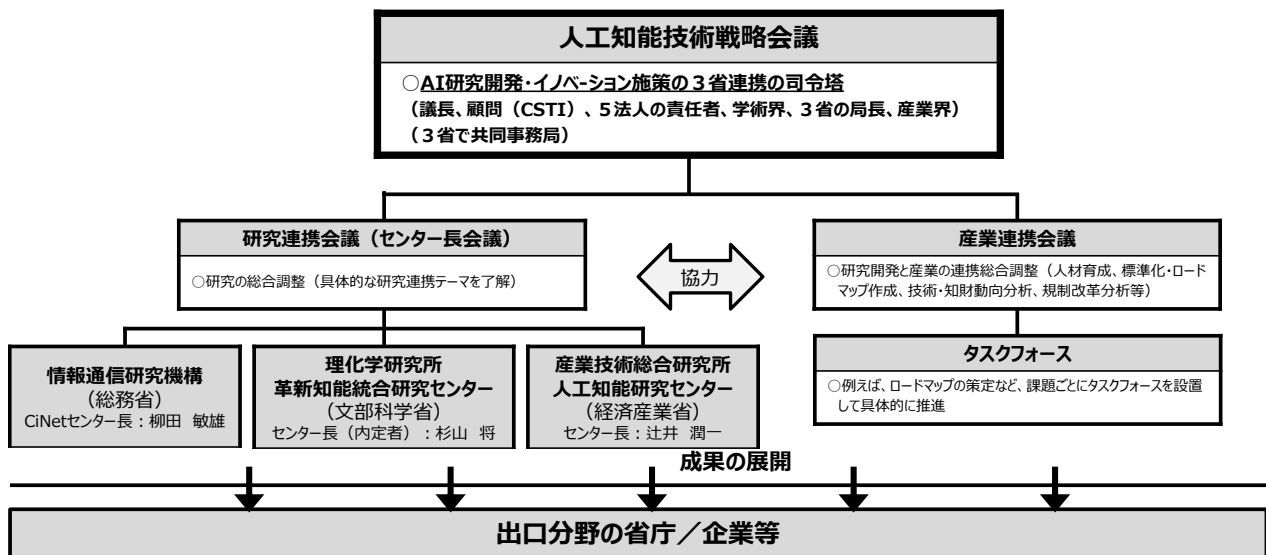


図表 1-7 次世代の人工知能技術の研究開発における3省連携体制

政府においては、平成 28 年 4 月 12 日に開催された「未来投資に向けた官民対話」において、安倍総理大臣より、人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップを本年度中に策定する、そのため、人工知能技術戦略会議を創設するとの指示があったことを受け、同年 4 月 18 日に 3 省連携の司令塔となる「人工知能技術戦略会議」（議長：安西祐一郎日本学術振興会理事長）が設置された。同会議のもと、NICT、理化学研究所、産業技術総合研究所の各研究所における AI 研究センター長により構成される研究連携会議や、産業界の代表者から構成され研究開発と産業界との連携に関する総合調整を行う産業連携会議が設置され、具体的な研究連携やロードマップの検討を進めることとしている。

総理指示を受け、「人工知能技術戦略会議」を設置。今年度から、本会議が司令塔となり、その下で総務省・文部科学省・経済産業省の人工知能（AI）技術の研究開発の 3 省連携を図る。

本会議の下に「研究連携会議」と「産業連携会議」を設置し、AI技術の研究開発と成果の社会実装を加速化する。



図表 1-8 人工知能研究技術戦略会議

第2章 IoT/BD/AI 時代の政策課題

1. IoT/BD/AI 時代の到来

あらゆるモノを IoT によりネットワークにつなぐことで、その状態やニーズ等に関する情報を収集し、膨大なビッグデータを AI により解析することで、様々な社会課題の解決や新たな価値創造を実現する IoT/BD/AI 時代が到来しつつある。

一方で、このような動きが産業に与える影響について、米国の著名な実業家¹は以下のように指摘している²。

“IoT 等の普及が、あらゆる産業分野で生産者から消費者へのパワーシフトを加速する史上最高のイノベーション（ムーンショット³）を起こしつつある。顧客へのパワーシフトは、起業家にとっては「未曾有のチャンス」となるだろうが、同時に、伝統的な産業にとっては「崩壊の始まり」となるかもしれない。Airbnb、Uber のような収集データによりスマートになった顧客が作ったブランドが台頭しており、このようなスマートになった顧客の時代に対応していくことが不可欠である。

利益を最重要視するビジネスは生産者が中心にいた時代のものであり、今は技術の進化により必要なデータをいつでも取れるようになり、製品やサービスをどうデザインするか、どう提供するか、提供後にどう顧客を扱うか、このような全ての局面で「顧客の経験価値」を中心にデザインする必要がある。”

その指摘のとおり、IoT/BD/AI 時代に顧客へのパワーシフトが起こりつつある中で、我が国のあらゆる産業の競争基盤を揺るがしゲームチェンジを起こすような事態が進行している。

2. 製品やサービスの付加価値のソフトウェアへの移行

IoT により実空間とサイバー空間が強力に連携し、社会課題の解決や新たな価値創造を行うサイバーフィジカルシステム（CPS）の実現により、従来の産業構造が大きく変革する「第4次産業革命」が進行している。

現在我々が直面している産業革命は、ハードウェアの高度化よりも、デジタル技術とソフトウェアにより産業の価値形成を目指すものである。IoT と CPS により、製品やサービスの付加価値をソフトウェアのレバレッジを効かせて高める時代が到来し、産業のソフトウェア化が製造業を含む多くの産業分野へ急拡大しつつあり、市場の競争ルールが大きく変化してきている。

1 ジョン・スカリー（John Sculley）：米国の実業家、ペプシコーラ、アップル等の CEO を歴任、現在は起業家、メンターとして活躍。

2 「ムーンショット！」（株式会社パブラボ、2016 年発行）

3 シリコンバレーの用語で、「それに続く全てをリセットしてしまう、ごく少数の大きなイノベーション」のことをいう。

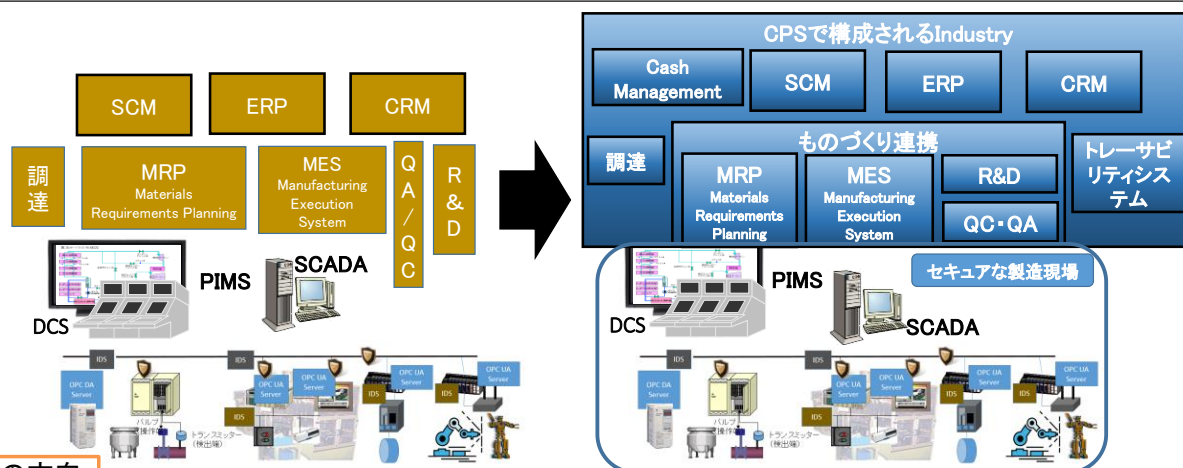
例えば、IoT と CPS により、モノの生産やサービスの提供においては、経営管理・製品開発・生産・受発注等の統合管理を図るプラットフォームを提供し、生産ラインのデータを収集し、データベース化し、人工知能による生産のリアルタイム最適化の実現を図るとともに、生産工程の設計・変更の自動化を目指すプロジェクトが進んでいる。Industrie 4.0 と米国の IIC (Industrial Internet Consortium) が連携して生産過程のモデリングとデータ標準化に取り組んでおり、生産機械等のハードウェアに係るこれまで現場で蓄積されてきた運用ノウハウ等の暗黙知のレシピが、データの形に変換されプラットフォームを通じて収集されることになる。

欧米企業は、このようなプラットフォームを多くの製造業やサービス業に普及させ、データを独占することにより、データに基づくソフトウェアのレバレッジによる価値形成を行うサービスビジネスへの変革を目指しており、ハードウェアによる価値形成から、データに基づくソフトウェアによる価値形成へゲームチェンジを図り、ハードウェアの市場も含めて席卷しようとしている。

このような状況においては、我が国が従来得意としてきたハードウェアは、国際的なビジネス・エコシステムに組み込まれコモディティ化していき、国際競争力の源泉となり得ないばかりでなく、その運用ノウハウまでもデータ化され、ソフトウェア・プラットフォーマーに独占されていく恐れがある。

【事例1】IoT/BD/AIによるモノの生産やサービスの提供における変革の可能性

- デジタル化と統合により、生産ラインのデータに基づき、人工知能が製品開発・生産・受発注等の統合管理を図るプラットフォームを提供することで、生産のリアルタイム最適化を実現。
- 具体的には、製品開発及び生産過程のモデリングによる形式化により、生産工程の設計・変更の自動化を目指すもの。(生産機械等のハードウェアに係る暗黙知のレシピを透明化し、データの形に変換。)
- そのため、製品開発や生産ラインのデータを収集し、データベース化し、人工知能による最適化の実現を図るもの。
- これにより、ものづくり技術の一つのFunction Domainとして調達やSCMと連携させたプラットフォームを構築し、多くの工場に普及させることでデータを独占、プラットフォームの一層の高度化を推進。



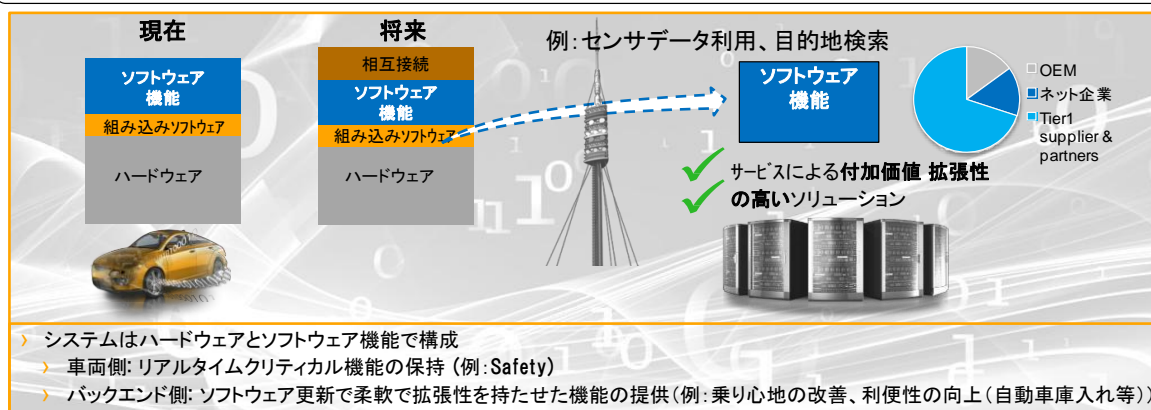
- 変革の方向**
- 工場/プラント/インフラ管理等をIoTとCPSによりオープン化。
→ハードウェアに係る暗黙知のレシピによる価値創出から、工場等の運用情報が情報層に集まりデータから価値創出するサービスビジネスへ変革。
 - ハードウェアによる価値形成から、日々生成されるデータに基づくソフトウェアのレバレッジによる価値形成へゲームチェンジ。
 - ハードウェアは国際的なビジネスエコシステムに組み込まれ、コモディティ化する懸念。

図表 2-1 IoT/BD/AI 時代の政策課題① 出所) 技術戦略委員会 第10回 VEC 発表資料より作成

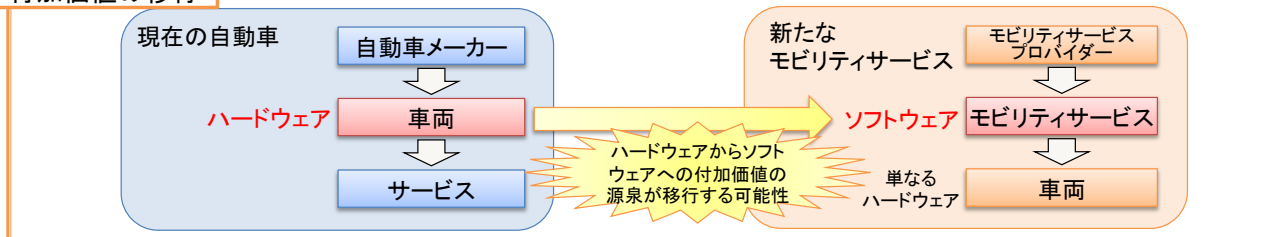
また、自動車分野においては、ネットワークに接続される自動車（コネクテッドカー）の進展により、米国のテスラモーターズのように、ソフトウェアを更新することにより、利便性の向上を図る自動車が登場している。また、従来の自動車メーカーのような、自動車というハードウェアの売り切りモデルではなく、ソフトウェアの更新により高度化するモビリティサービスを課金モデルで提供するベンチャー企業が登場している。このように、自動車産業においても、ハードウェアからソフトウェアに付加価値の源泉が移行する可能性が指摘されている。

【事例2】IoT/BD/AIによる自動車分野における付加価値移行の可能性

- ・ テスラモーターズのように、ネットワーク経由でソフトウェアを更新することにより利便性の向上を図る自動車の登場。
- ・ さらに、自動車というハードウェアの売り切りモデルではなく、スマートフォンのようにソフトウェア更新で高度化するモビリティサービスを課金モデルで提供するベンチャー企業の登場。



付加価値の移行



図表 2-2 IoT/BD/AI 時代の政策課題②

出所) 技術戦略委員会 第9回 コンチネンタル・オートモーティブ(株)発表資料より作成

このように、IoT/BD/AI 時代は多様な産業において CPS の進展により、ハードウェアシステムに係るノウハウ・レシピがオープン化 (透明化) され、

- ① データ駆動によるソフトウェアのレバレッジによる価値形成
- ② ハードウェアの国際的なビジネス・エコシステムへの組み込み

を通じて、付加価値の源泉がソフトウェアに移行し、産業構造の変革により、「プラットフォーム」と「データ」と「人工知能」を制するものが勝つというゲームチェンジが起きる可能性がある。

3. 我が国の企業のIoT/BD/AI時代への対応の遅れ

以上のように、ビジネスの成否を決める重要な要素が、20世紀は「ヒト・モノ・カネ」であったが、IoT/BD/AI時代の到来により21世紀は「データ・ソフト・サービス」になり、価値を生み出すスキル・求められる人材像が大きく変化してきている。

IoT/BD/AI時代は産業の競争力・付加価値が変化

20世紀の産業競争力 ～ヒト・モノ・カネ～	IoT/BD/AI時代の産業競争力 ～データ・ソフト・サービス～
熟練工による「巧みの技」	AIとロボットで安価・迅速に 需要に応じた少量多品種生産
経験と勘によるカイゼン	データ解析による自動最適化
効率的に量産できる工場が希少価値	製品&サービスの設計力が希少価値
ハードの機能/性能で差異化	デザイン・ソフト・サービスで差異化
社内業務プロセスの効率化	サプライチェーン、さらにビジネス全体の 自動最適化
供給側の宣伝広告でブランド・ 市場を作る	データで賢くなった顧客がブランド・ 市場を作る
大企業に資金が集まる	優れたアイデア・技術に資金が集まる

価値を生み出すスキル・求められる人材像が大きく変化

図表 2-3 IoT/BD/AI 時代における産業の競争力・付加価値の要素

出所) 技術戦略委員会 第10回 NTTコミュニケーションズ(株)発表資料より作成

IoT/BD/AI 時代を迎えて、GE 等の欧米の企業がハードウェア企業からソフトウェア企業への移行を打ち出す中で、日本企業の多くは製品やサービスの競争力の源泉がソフトウェアに移行しているという感覚をあまり持っていないことも考えられる。その要因としては以下のようなものが予想される。

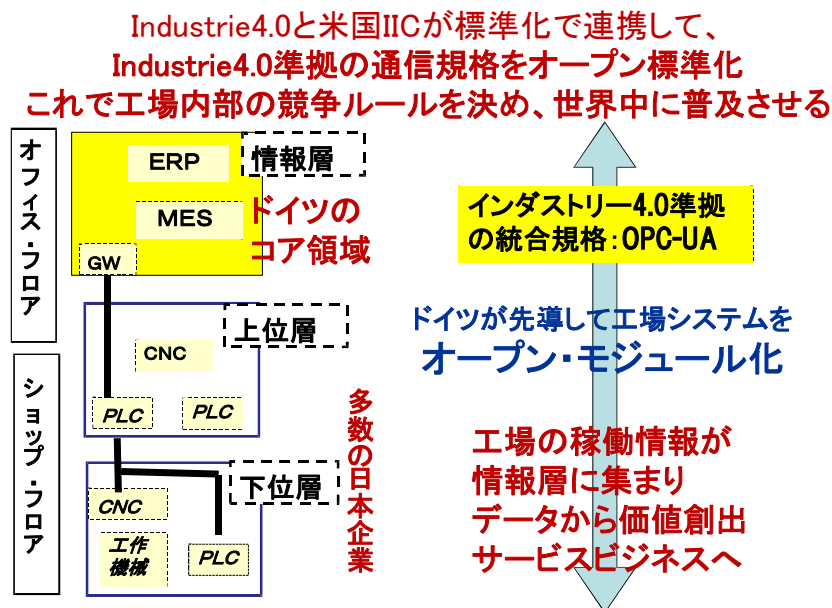
- ・ ICT の発達により、顧客へのパワーシフト等の市場変化を経営層が見抜けていない。
- ・ 売上高/利益の数字だけで経営を判断しており、自社の製品・サービスの競争力がどこにあるかを把握していない。
- ・ ソフトウェアを外部に丸投げしているので、社内でデータベースを作れず、また経営層にはプログラムが理解できる者がいない。したがって、データの重要性を理解していないので、自社データのコントロールができず、最適化データも得られない。
- ・ 経営システム、生産システム等の丸投げで自社の経営データや生産データが他社に流れており、それを基に改善されたシステムを競合会社に導入されるリスクがあることを分かっていない(データの形でのノウハウが外部流出していることが分からない)。

製造業及びサービス産業全体においてソフトウェアやデータが重要となる時代に対応するためには、以下のような方向の取組が喫緊の課題である。

- ・ 今後の製品・サービスの競争力を事業戦略全体で考え、顧客ニーズを迅速に捉える仕組み作り
- ・ IoT でデータを集めて可視化だけしてもメリットは少なく、製品企画から生産や品質検査までトータルな ICT 活用、シミュレーション技術と AI 技術を利用することで製品やサービスの付加価値向上につながる IoT 活用の実現
- ・ 社内にはデータがないと言ってオープンデータに頼るのではなく、サービスからデータ獲得、データによる知能化、知能化によるサービス向上という正循環のビジネス設計が重要、真の意味での技術と事業の一体化が急務、その上でサービスの内製化の推進
- ・ 特に製造業、流通業、金融業といったユーザ企業には、社内にデータベースやプログラムが理解できる人がいないことが多く、ソフトウェア・データ時代に対応する司令塔がないので、ユーザ企業と一体となってその企業の新事業創出・事業改善に取り組む支援体制の構築
- ・ 操業継続力と同じくソフトウェアとデータを守る上で不可欠となるサイバーセキュリティ対策や人材育成の推進

4. 産業構造の変化に対応したオープン・クローズ戦略

デジタル化による産業構造の変革への対応で、先行する欧米企業は独占するコア領域を定義し、これをクローズとするとともに、パートナーに任せる領域に知的財産をすり込んだ上でオープンとし、コア領域から影響力を持たせるメカニズムを組み込んだ上で、部品調達等の国境を越えた巨大なビジネス・エコシステムを形成している。これにより、自社による独占と市場による競争の境界設計を行い、競争ルールを自社に有利な形で設定している。



図表 2-4 Industrie4.0に見るオープン・クローズ戦略の例

出所) 技術戦略委員会 第9回 小川東京大学政策ビジョン研究センターシニアリサーチャー発表資料より作成

特に、IoT/BD/AI 時代には製品やサービスの付加価値がソフトウェアに移行するため、クローズすべきコア領域を持った上で、プラットフォームをオープン化し、パートナー企業を引き寄せて吸い上げたデータでソフトウェアによるイノベーションを起こし、プラットフォームに対する期待形成を高め、求心力を増していく。このような取組を通じて、プラットフォームを先導するメンバーに有利なビジネスルールの形成を図っている。

Industrie4.0 と米国の IIC が標準化で連携することとなったが、欧米企業が自らに有利な形でルールメイキングを進めている中において、キャッチアップ型の対応では、産業構造の変化により、我が国の企業は、国際的なエコシステムの中で欧米企業にソフトウェアやデータ等の頭脳の提供をおさえられ、コモディティ化したハードウェア製造のみの「下請け」的な位置づけに陥る懸念がある。このため、過去の教訓を活かしつつ、このような欧米企業の動きに対して先手を打ち、オープンなプラットフォームを形成しイノベーションの創出を先導するとともに、その中に我が国企業の強みをクローズな部分として組み込む仕組を事前設計していくことが重要となっている。

オープン&クローズ戦略とは

- エコシステム構造の出現を前提に、
独占するコア領域(クローズ)を決め、
- 独占するコア領域とパートナーが繋がる結合領域に
知財を刷り込んだ上で公開(オープン)
- コア領域からパートナーへ影響力を持たせる
**市場コントロールのメカニズムを
“伸びゆく手”として構築**

パートナーに任せる領域(オープン)と自社のコア領域(クローズ)
を峻別するためには
自社と市場の境界設計が必要

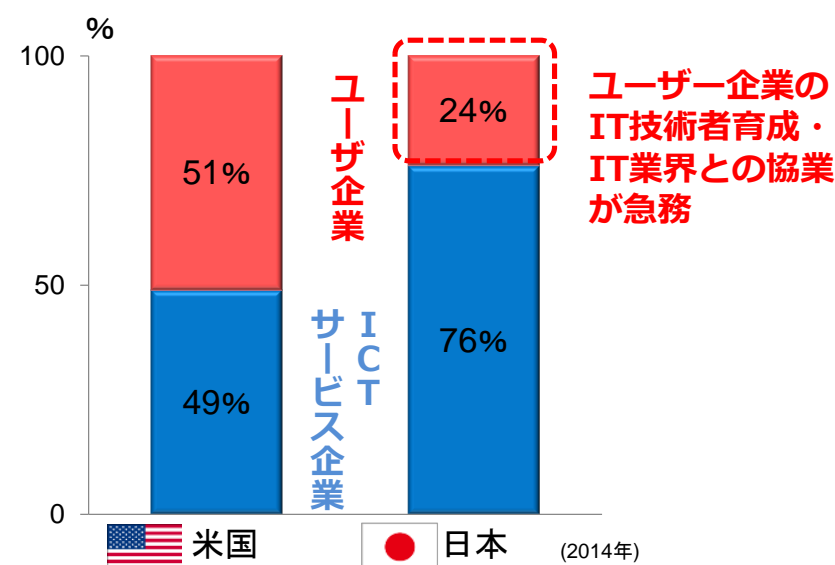
図表 2-5 オープン&クローズ戦略の概要

出所) 技術戦略委員会 第9回 小川東京大学政策ビジョン研究センターシニアリサーチャー発表資料

5. IoT/BD/AI 時代における人材育成・標準化の必要性

我が国においては、米国と比べてユーザ企業において ICT 技術者が不足しており、IoT/CPS に対応できる人材育成が急務となっている（図表 2-6）。また、前述したように、産業における付加価値の源泉、さらに産業構造が変化しつつある中、求められるスキルや人材像もこれまでから大きく変化している。

日本の産業界の現状 ～ユーザ企業にICT技術者が不足～



(出典) 日本 : IPA「IT人材白書2015」、総務省等「情報通信業基本調査報告書(平成28年3月)」等より推計
 米国 : 米国労働省「労働統計局」等より推計

図表 2-6 日米における ICT 技術者の状況

このような状況において、欧米の動きに対応していくためには、オープン・クローズ戦略を事前設計し方向性を示す軍師型の人材や、データから価値を生み出すデータサイエンティストやソフトウェア技術者等といった、産業構造の変化に対応し、IoT/CPS を総合的に理解し、データを作り出し、駆使出来る人材、顧客ニーズを迅速に捉えてアイデアを発想できる人材の育成が鍵となる。

さらに、クローズにすべき領域とオープン化すべき領域を踏まえ、標準化戦略の策定とそれを実行する人材の育成が必要である。

6. IoT と CPS によるイノベーションの実現

現場のデータを IoT で収集することで、「見える化」だけにとどまるのではなく、生産・サービスの現場の問題解決、製品・サービスの付加価値向上に役立てる必要がある。

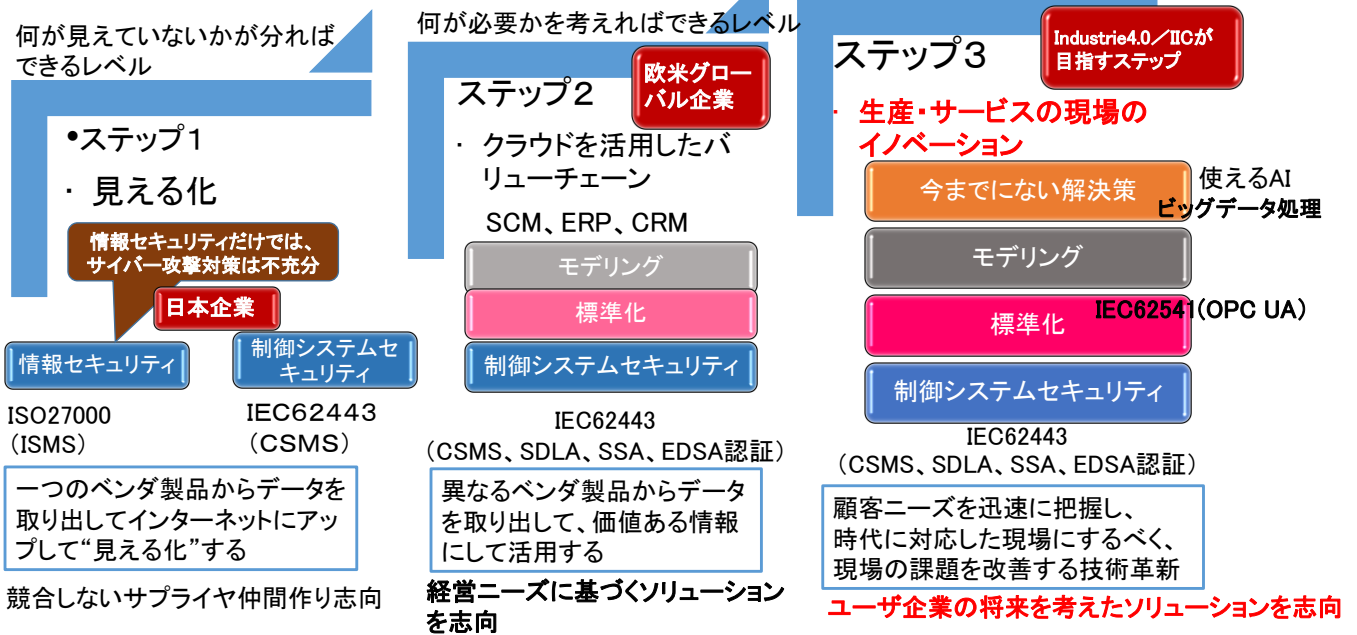
そのために、なぜ現場のデータを収集するのか、それを何に生かすのかを考えて、IoT/CPS の導入を検討すべきである。

具体的には、IoT/CPS を活用してユーザ企業にどのような付加価値を生み出すかという戦略（図表 2-7）をしっかりと検討することが必要である。

生産インフラに IoT を導入して膨大なデータを集めて見える化（ステップ 1）するだけではそのメリットは大きくない。その先の欧米の巨大 ICT 企業が目指すモデリングと標準化による経営管理と生産管理の統合、生産工程の設計・変更の自動化（ステップ 2）による付加価値は大きいと考えられる。しかし、更にその先の我が国の生産やサービス提供の現場が抱える人手不足や熟練工の減少等の課題を解決するとともに、消費者のニーズを迅速に把握し、新たな製品やサービスを生み出すプラットフォームを構築するような現場のイノベーション（ステップ 3）を目指すことが重要である。

CPS／第4次産業革命のステップ1, 2, 3

制御システムセキュリティ対策は、IoT/CPSを支える基盤技術



図表 2-7 IoT/CPS 導入により目指すべきステップ

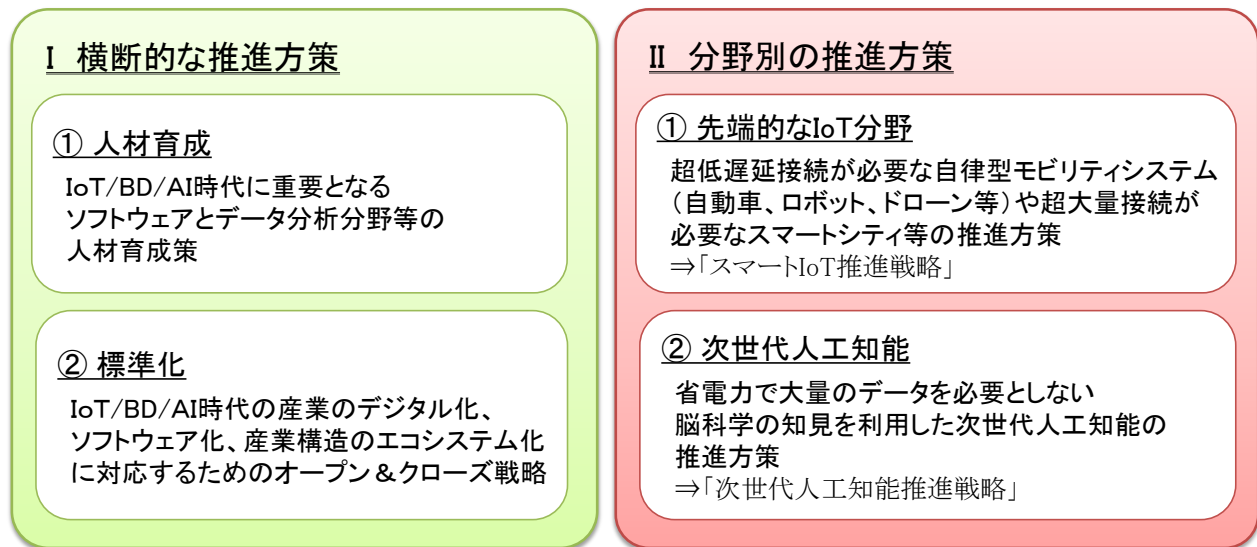
出所) VEC 講演資料より作成

7. 本委員会で検討する政策課題

以上を踏まえ、本委員会では、IoT/BD/AI 時代において、我が国経済が引き続き国際競争力を維持・強化し、我が国経済の持続的な成長を図るために、国・NICT が今後取り組むべき技術戦略として、横断的な推進方策と分野別の推進方策について検討を進めた。

このうち、横断的な推進方策については、IoT/BD/AI 時代における人材育成策と標準化戦略について、また、分野別の推進方策については、本委員会に、先端技術WGとAI・脳研究WGを設置し、それぞれのWGにおいて、先端的なIoTシステムや次世代人工知能技術の推進方策等について、検討を進めた。

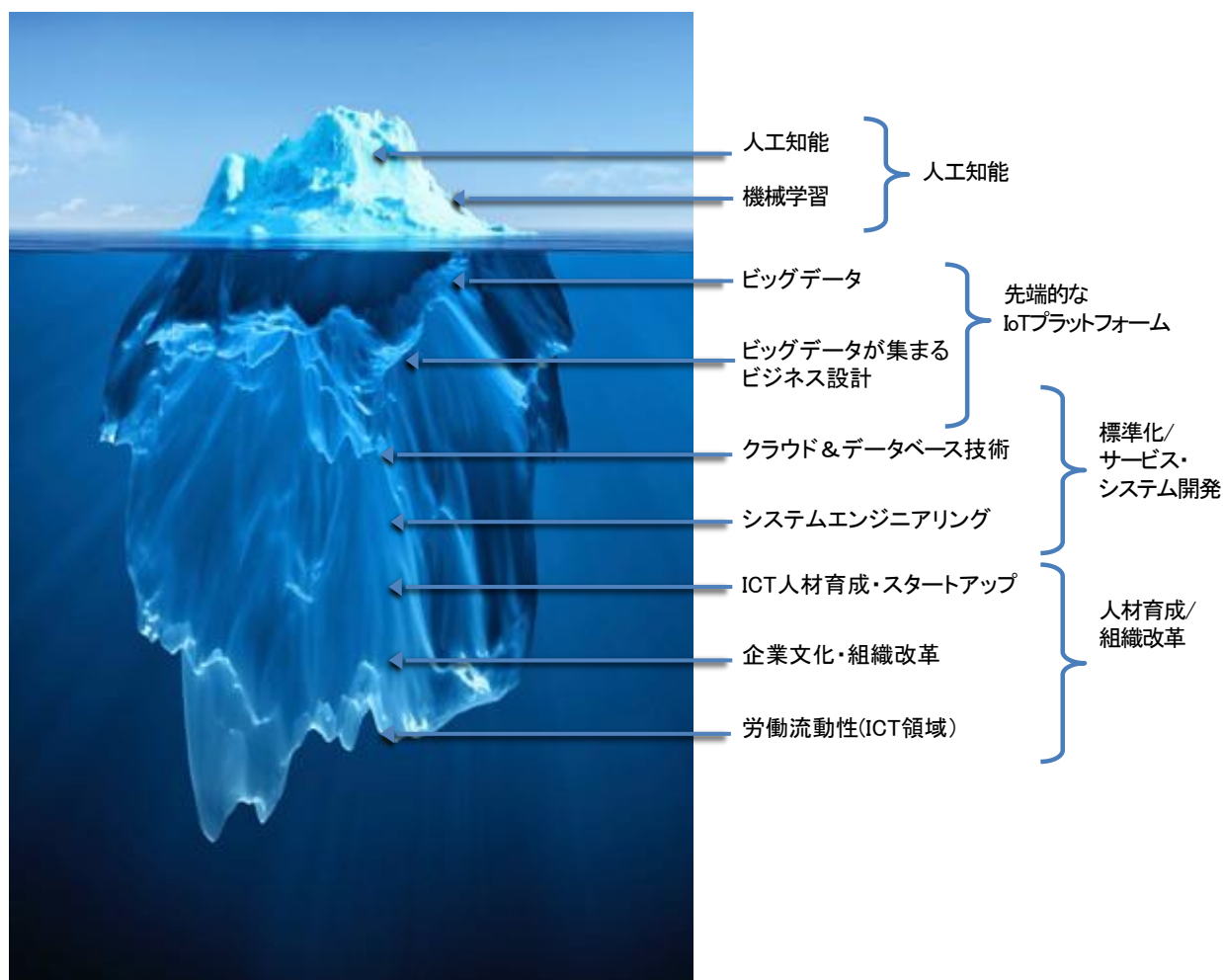
次章以降において、これらの項目について本委員会において取りまとめた内容について述べる。



図表 2-8 技術戦略委員会における検討事項

なお、これらの取組は同時並行的に迅速に取り組んでいく必要がある。例えば、次世代人工知能の研究だけではなく、人工知能に処理させるビッグデータが集まるプラットフォームの構築、標準化／サービス・システム開発、人材育成／組織改革等に総合的に取り組んでいく必要がある（図表 2-9）。

IoT/BD/AI 時代に我が国の浮沈をかけて、産学官の総力戦としてこれらの施策に取り組む必要がある。



図表 2-9 IoT/BD/AI 時代における総合的な取組の必要性

出所) (株)NTT ドコモ講演資料より作成

第3章 横断的な推進方策

1. IoT/BD/AI 時代の人材育成策

(1) IoT/BD/AI 時代に対応するために求められる人材像

従来、我が国の産業競争力の源泉は、熟練工の経験と勘に基づく「巧みの技」や、高機能なハードウェアといった点にあった。一方、第2章で述べたように、製品やサービスの付加価値のソフトウェアへの移行といった産業構造の変革により、収益を得る手段がハードウェアの販売からソフトウェアによるサービスの提供に移っていくことが予想されることから、ソフトウェアを構築するスキルが共通のスキルとして欠かせないものになるとともに、図表 3-1 のようにビジネスモデル考案、基盤デザイン、データ解析等必要となるスキルが変わってきている。また、技術革新のスピードが速いことから、常に最新のものを取り入れていくことが必要となる。

IoT/CPSの普及に向けて必要となるスキル

スキル項目	必要な能力
課題発見・コンサル	社会や企業の問題点を見つけ、独自の解決策を考える
ビジネスモデル考案	常識や慣習にとらわれず 業界を超えたサービスを考える
ICT基盤デザイン	最新のハード/ソフト技術で新しいアーキテクチャを創る
データ解析・AI	数理統計や機械学習の技術を使って 社会課題を解決する
ITとOTの統合 (OT: Operation Technology)	制御系システムの特性を理解し ITネットワークにつなぐ
セキュリティ	制御系システムを含めて 人・モノ・データの安全を守る
UI/UX デザイン	ハード/ソフト/サービスのデザイン力で人を感動させる

～起業・発明・基盤ソフト開発・デザインの人材が必要～

図表 3-1 IoT/CPS の普及に向けて必要となるスキル

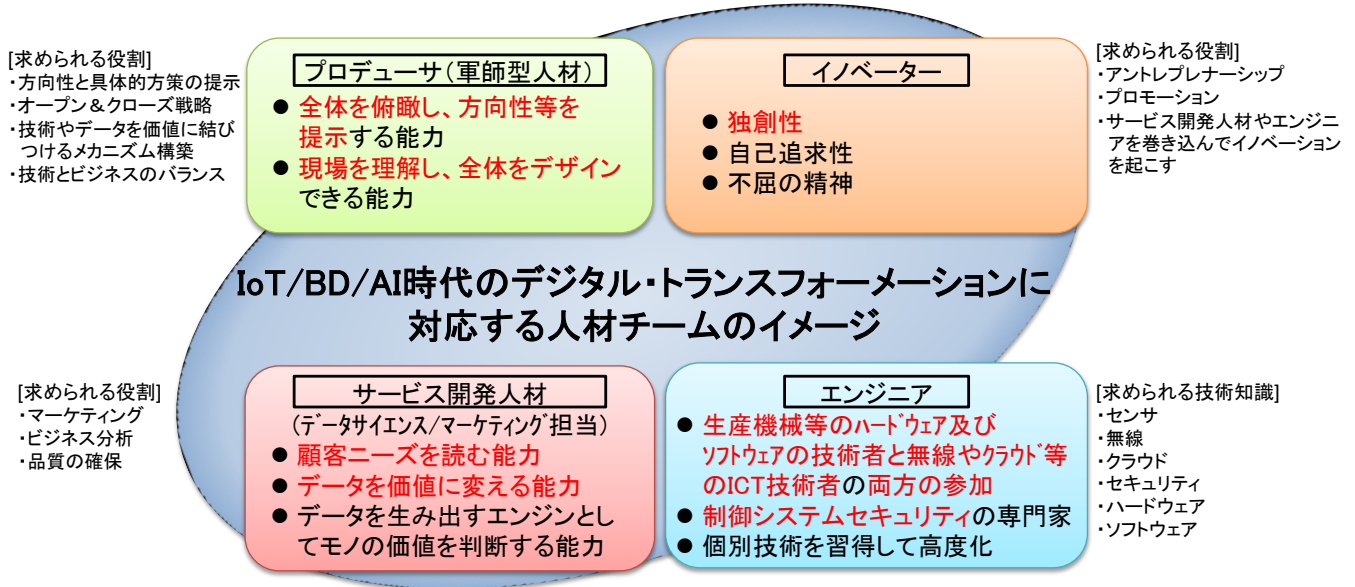
出所) 技術戦略委員会 第10回 NTTコミュニケーションズ(株)発表資料

このようなIoT/BD/AI時代において、進むべき方向性を具体的な方策へ翻訳して示すことができる、「プロデューサ（軍師型人材）」が求められる。このような軍師型人材は、方向性と具体的方策の提示、オープン&クローズ戦略の策定、それに基づく競争と協業のルール設計や技術やデータを価値に結びつけるメカニズムをデザインするといった役割を果たすことが期待される。

また、データを価値に変える能力や顧客ニーズを読む能力等を有する、データサイエンス/マーケティングを担当する「サービス開発人材」が求められる。さらに、CPSは多様な技術の複合システムであるため、「エンジニア」は、生産やサービス提供のためのハードウェアやソフトウェアの技術者とセンサー、ネットワーク、無線やクラウドといった分野のICTの技術者が協力

して対応する必要がある。また、これらの人材を巻き込んでイノベーションを起こす「イノベーター」人材が求められる。

ICT企業とユーザ企業が連携し、これらの人材がチームを形成し、それぞれの役割を果たしながらIoT/BD/AI時代に対応したオープン・クローズ戦略、ビジネスモデルを検討し、データから価値を生み出すプラットフォームを形成していくことが重要である。



図表 3-2 IoT/BD/AI 時代に対応するための人材像

また、IoT/CPSによる生産やサービス提供のためのシステムは社内の情報システムに比べて、桁外れのセキュリティが必要であり、サイバー攻撃によるシステム障害は膨大な経済損失や人命のリスク等につながることを踏まえて、制御システムのセキュリティの専門家の育成が重要である。

制御システムの特性（業務システムとの違い）

要求条件	業務システム (社内情報システムなど)	制御システム (重要インフラ/プラント等)
性能	非同期	リアルタイム
	応答の信頼性	応答の即時性 (タイムクリティカル)
	遅延や揺れは ある程度 許容	遅延や揺れは 重大事故に直結
信頼性	スケジュール運用	連続運用保証 (24時間365日)
	不具合に寛容	不具合や停止は致命的
	フィールドでのβ版テストも可能	完全な動作確認テストが必要
リスク管理	リスクはデータや事業運用の喪失	リスクは人命・設備・製品の喪失と環境負荷
	リポートによる復旧が可能	常時正常な動作が必須

出典：平成22年度内閣官房情報セキュリティセンター委託調査「制御システムのオープン化が重要インフラの情報セキュリティに与える影響の調査」をもとに編集

制御システムセキュリティの専門家の育成が課題

図表 3-3 制御システムの特性

出所) 技術戦略委員会 第10回 NTTコミュニケーションズ(株)発表資料

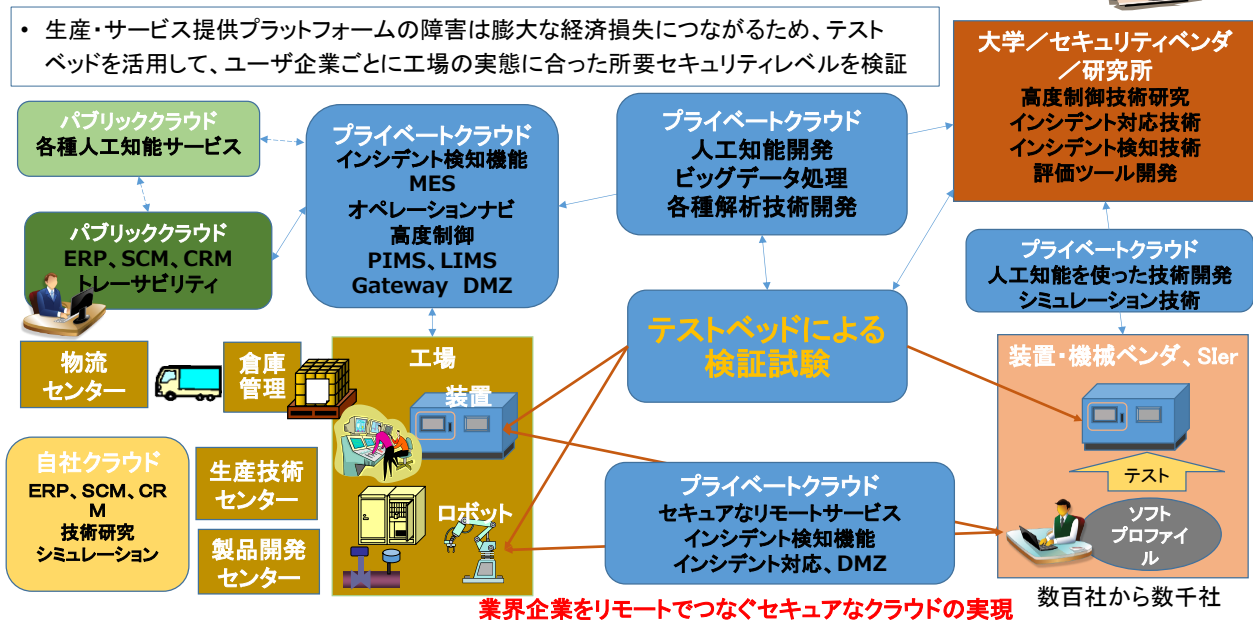
(2) IoT/BD/AI 時代の人材育成策

① テストベッドによる次世代の生産・サービス提供プラットフォームの実証

(1)で述べたように、IoT による産業構造の変革に対応するためには、「プロデューサ」、「サービス開発人材」、「エンジニア」、「イノベーター」といった人材が必要であるが、これらの能力を一人で身につけるのは困難であり、それぞれの得意分野を活かし、人材チームとして連携して対応することが必須と考えられる。

ICT企業、IoT/CPSを活用して新たな価値を生み出すユーザ企業が連携し、オープン&クローズ戦略を検討するとともに、テストベッド等を活用したセキュアなインフラにより、次世代の生産・サービス提供プラットフォームの実現に向けた実証を推進し、イノベーションの創出を目指すことが重要である。

テストベッドを活用した生産・サービス提供プラットフォームの安全・信頼性対策の実証



図表 3-4 テストベッドを活用した実証例

出所) 技術戦略委員会 第10回 VEC 発表資料より作成

② 多様なビジネス分野における IoT 利活用に向けたユーザのリテラシー向上

第2章5で述べたとおり、米国においてはユーザ企業の中に ICT 技術者が多くいるが、日本においてはユーザ企業で ICT 技術者が不足しており、ユーザ企業において IoT の導入を検討しようとしても自社で検討できない。

製造業の現場において、IT と OT (Operation Technology) という制御システム技術の両方が分かり、通信技術も理解出来る人材が不足している、また、工場のサイバーセキュリティ対策を検討したいが制御システムのセキュリティに詳しい専門家がないなどの声があがっている。一方で、ICT 業界においては、ユーザ企業のニーズ・課題の分かる人が少ないという声も出ている状況である。

日本の企業から聴取したコメント

業界	担当者のコメント
機械・重工業	製品の故障修理でお金がもらえる時代は終わる。IoTを活用したレンタルサービスのノウハウが必要。
製造装置・部品	輸出製品の保守メンテのためIoTを活用したいが、ITとOTが両方わかり通信工事できる人がいない…
電機・自動車	工場のサイバーセキュリティ対策も検討したいが、制御システムに詳しいセキュリティ人材がいない…
通信・ISP	IoT/CPS時代に向けたサービスの検討が必要だが、ユーザー/社会のニーズ・課題のわかる人が少ない

業界を超えた 幅広い技術知識・ビジネスセンスが必要！

図表 3-5 IoT 利活用に関する各業界のコメント

出所) 技術戦略委員会 第10回 NTT コミュニケーションズ(株)発表資料

このように、ユーザ企業の現場では、IoT に係る基本的な技術知識がなく、現場のニーズを解決するために IoT や AI をどのように使ったらよいのか分からない場合が多いと考えられる。特に過疎地や人手不足の中小規模の工場や農家等、IoT の活用が期待されている現場ほど、ICT や IoT の利用経験や知識がほとんどないことも考えられる。

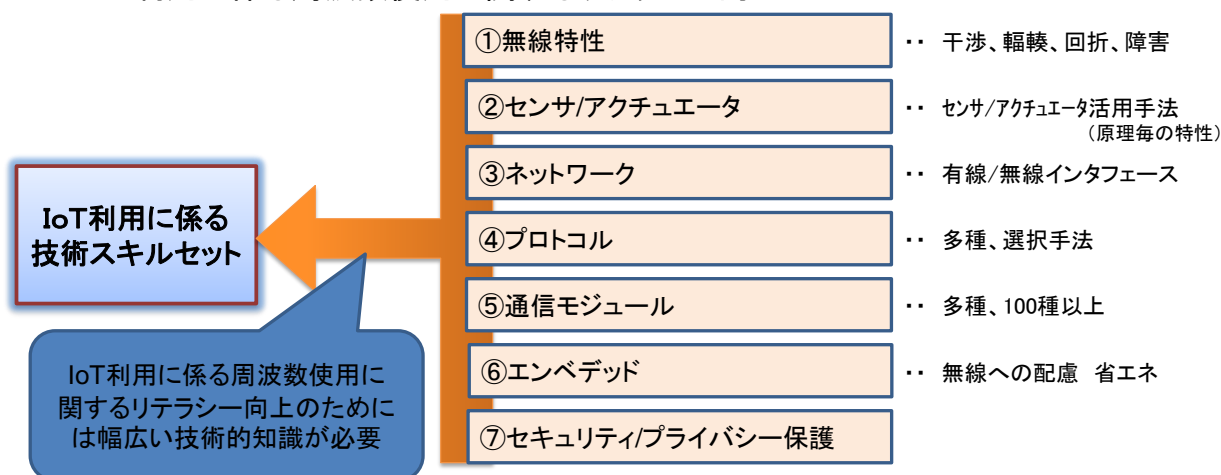
さらに今後は、様々な分野において多様なユーザが IoT システムを導入することが見込まれており、これにともない膨大な数の IoT デバイスが導入されることとなる。それらのほとんどが電波を利用してネットワークに接続されることが想定されており、IoT や無線システムの運用経験がないような新規ユーザが急増することとなるが、このようなユーザによる適切な無線システムの選定、無線ネットワークの構築が行われなければ、極めて深刻な周波数逼迫や混信が発生することも懸念される。

以上を踏まえると、円滑な IoT の利活用の推進や、電波の適正な利用を確

保し、多様な産業において IoT 推進による新たな価値創造を図っていくために、IoT のユーザにおいて、IoT に係る基本的な技術知識の向上を図っていくことが必要である。

このため、IoT 推進コンソーシアムのスマート IoT 推進フォーラムのようなユーザ企業と ICT の専門家が居る場において、電波利用等の IoT の利活用に係るリテラシー向上に向けた専門知識の要件（スキルセット）について、必要となる技術分野・知識水準の調査を行い、取りまとめることが必要である。また、スキルセットに基づき、周知啓発に使用する適切な素材の作成を促進し、IoT 利用に係るリテラシー向上に向け、IoT の利活用分野（ユースケース）毎に各地域において IoT のユーザに対する周知啓発事業を実施することが適当である。

1. IoT利用に係る周波数使用に関するリテラシー向上



2. 多様な分野のユーザ/専門家によるIoTスキルセットの設定

⇒スマートIoT推進フォーラム等の活動として推進

⇒そのようなスキルセットに基づき、様々な分野のIoTの利用希望者等に対して、民間事業者が検定・研修を実施

図表 3-6 IoT スキルセットの例

出所) 技術戦略委員会 第8回 モバイルコンピューティング推進コンソーシアム発表資料より作成

③ 若者やスタートアップを対象としたIoTリテラシーに係る人材育成の推進

今後のIoTの利活用の進展に伴い、文系、理系によらず、IoTを総合的に理解し、使いこなせる人材、IoT利用のアイデアを発想できる人材が求められる中、開発キットや教材、オープンソースハードウェア、クラウドサービス等を使ったロボットやアプリ等をDIY(Do It Yourself)で開発すること(モノづくり)を通じた人材育成の取組が行われている。

米国では、Maker(モノづくりをする人)が集まってDIYした作品を出展・販売するイベント「メイカーフェア」が広がっている。

2014年にはホワイトハウスがメイカーフェア(White House Maker Faire)を開催し、モノづくりへの支援に国を挙げて取り組んでいる。特に若者向けに、ボードコンピュータを活用したモノづくりを通じた体験型の教育プログラムを実施しており、その取組には主要企業や、NASA、国防総省といった政府機関も参加している。メイカー支援は米国のSTEM(science, technology, engineering, and mathematics)教育施策としても位置付けられている。

我が国でも若い世代がハードウェアとソフトウェアの両方の技術を修得し、モノづくりの中でプログラミング能力を身につけられるような取組を進めることが望ましい。

- 米国では、Maker(モノづくりをする人)が集まってDIYした作品を出展・販売するイベント「メイカーフェア」が広がっている。2014年にはホワイトハウスがメイカーフェア(White House Maker Faire)を開催し、モノづくりへの支援を強調。
- メイカー支援は米国のSTEM(science, technology, engineering, and mathematics)教育施策としても位置付けられており、企業、大学、図書館等へのメイカースペース(PC、3Dプリンタ、グラフィックツール等の環境が用意されたスペース)の設置等、アイデアに基づくモノづくりの裾野を広げる活動が進んでいる。

White House Maker Faire

- 2014年6月18日を“Day of Making”とし、ホワイトハウス初のメイカーフェアを開催。
- 25以上の州から100名以上のMaker及びMakerへの支援に賛同する大学、自治体の首長、企業、NPOの代表者らが参加。
- 政府、企業、大学、各種団体によるMaker支援への取組も公表された。



出所) White House



出所) デトロイト公共図書館



図表 3-7 米国におけるメイカーズイベントの例

出所) 技術戦略委員会 第8回 (株)三菱総合研究所発表資料より作成

また、家電、ロボットなど様々なモノについて、インターネット上で広く用いられる Web 技術を活用し、統一的に接続・制御を可能とする共通プラットフォーム技術 (WoT: Web of Things) の実現に向けた取組が進められており、新たなビジネスモデルが生まれることが期待されている。

現在、我が国のプログラミング人材についてはアセンブラ等が使える組み込み技術者が 26 万人程度であるが、Web 技術であれば対応できるソフトウェア技術者はこの組み込み技術者を含め 100 万人を超えている。更にその他に 17 万人程度いると言われているウェブデザイナーも Web 技術であれば対応できる。

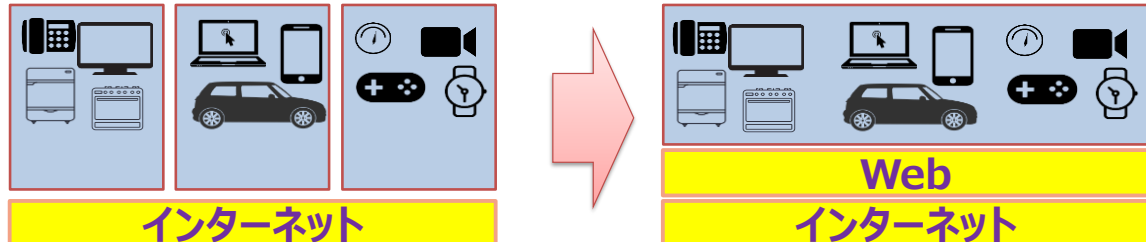
このため、IoT デバイスの開発に、全てのソフトウェア技術者の共通言語である Web 技術を基にした WoT が導入されることにより、IoT デバイス開発に参加できるソフトウェア技術者を大幅に増やすことが可能になると考えられる。

- 家電、ロボットなど様々なモノについて、インターネット上で広く用いられるWeb技術を活用し、統一的に接続・制御を可能とする共通プラットフォーム技術(WoT:Web of Things)を実現することで、新たなビジネスモデルが生まれることが期待。
- 我が国が世界に先駆けてWoT導入を推進することで、ソフトウェア技術者の不足問題にも大きな効果。

- W3C技術総会(TPAC2015札幌:平成27年10月開催)において、WoT Interest Group(IG)会合(議長:シーメンス)が同会合のWG化の方向性などを確認。

IoT時代には、ネットワークの共通化は推進されるものの、企業・アライアンス毎にモノ・アプリ・サービスはパーソナルで分離され、連携利用困難

世界共通のアプリ・サービスPFであるWebで相互連携
= Web of Thingsのコンセプト



- Web技術導入により、IoTデバイス開発者を4倍以上に増加させることが可能

- ① 組み込み技術者はソフトウェア技術者の四分の一
- ② Web技術は全てのソフトウェア技術者の共通言語
- ③ 更に、Web技術はデザイナーの共通言語でもある(CSS,HTML)

組み込み技術者:
25.8万人



全ソフトウェア
技術者:102万人

経産省:IT人材を取り巻く
現状(2011年)^{※1}より

IoTデバイスにWeb技術を導入することで、
4倍以上のソフトウェア技術者がIoT開発に参加可能

デザイナーに該当する者の数は、全国で16.5万人

経産省:デザイン業の実態、デザイナー数について^{※2}より

※出展 1: http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/jouhoukeizai/jinzai/001_s02_00.pdf
2: http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/human-design/toukei.html

図表 3-8 WoT 導入の推進

出所) 技術戦略委員会 第9回 KDDI(株)発表資料より作成

このような背景を踏まえ、WoT 技術を実装したボードコンピュータを開発し、HTML5 や CSS といった簡単な Web ベースの技術を用いて組み込み機器を自由に開発できるような環境を構築し、これを活用して若者向けにモノ

づくりを通じた体験型教育を行おうとする Mozilla Factory CHIRIMEN Open Hardware Project のような取組も行われている。

さらに、IoT 分野においては、車の情報と Web 技術の融合によるサービスやアプリの創出を目指した「Web とクルマのハッカソン」のような様々なハッカソンが国内外で開催されている。特に、若者やスタートアップがハッカソンによりアイデアやソリューションを競うことによる教育や人材育成としての効果は大きいと考えられる。

IoT/BD/AI 時代においてサービス開発を担うエンジニアの人材育成は、プログラミング能力の育成を含め、中学、高校等早い段階でのアプローチが重要であり、進路選択を行う若年層において、IoT に係る知識向上を図っていくことが効果的である。IoT による電波有効利用の周知啓発につながることから、モノづくりを通じた体験型教育やハッカソン等の若者やスタートアップを対象にした IoT リテラシーに係る人材育成を推進することにより、ハードウェア・ソフトウェアの両方に強い技術者の育成を図っていくことが重要である。

■ IoTを総合的に理解し、使いこなせる人材、アイデアを発想できる人材が求められており、IoTによる電波有効利用の周知啓発にもつながることから、若者やスタートアップを対象として、開発キットや教材、オープンソースハードウェア等を使った開発(モノづくり)を通じた体験型教育やアイデア、ソリューションを競うハッカソンの取組を推進することが重要。

Mozilla Factory CHIRIMEN[※] Open Hardware Project

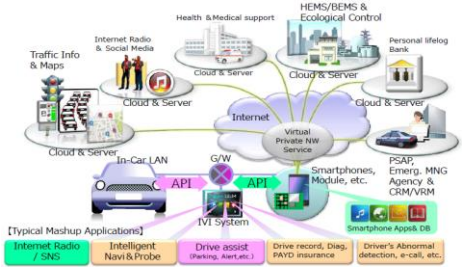
- 「“オープン”を軸としたモノづくりを学び、実践する場」として、2012年春に Mozilla Japan が構想を発表。
- オープンな思想のもと、**専門家、大学生、中高生が一緒になってモノづくりのプロジェクトに実際に参加**することで、そのプロセスの中から**気づきや学びを得て、皆でイノベーションの種を作っていく**仕組み。
- これまでの Web の概念にとらわれることなく「自由な発想で“モノづくり”を行いながらプロトタイプを作成を目指す Labo (実験室) 的なプロジェクト」等様々な取り組みを実施。



※CHIRIMEN: センサーやアクチュエーターなどの物理デバイスをWeb技術だけで制御することができるオープンソースの開発環境で、ボードコンピュータとその上で動作するソフトウェアを含めた総称。

Webとクルマのハッカソン

- Web技術の高度化に伴い、**車内ネットワークの情報とWebを通じた様々な情報を連携させた新たなビジネスモデル創出が期待**。Web技術の国際標準化団体であるW3Cにおいて、車両情報活用に関するAPIの標準化が進められている。
- 2016年1月、**クルマの情報とWeb技術の融合による新たなサービスやアプリの創出、Webと車の連携に関する普及啓発・裾野拡大を目的として、「Webとクルマのハッカソン」を開催**。



Webと車の標準化進展により想定されるサービスイメージ

「Webとクルマのハッカソン」の様子(2016年1月)



図表 3-9 IoT リテラシー人材育成の例

出所) 技術戦略委員会 第8回(株)三菱総合研究所発表資料、第9回 KDDI(株)発表資料等より作成

④ スマート IoT 推進フォーラムと連携した人材育成の推進

これまで述べてきたように、IoT に係る人材育成の推進に当たっては、多様な分野における IoT ユーザの現場のニーズや課題を的確に把握することが不可欠である。産学官により IoT の技術開発・実証・標準化を推進しているスマート IoT 推進フォーラムには、多様な業種から多くの会員が参加し、人材育成も含めた検討体制を設けているところであり、施策の推進に当たっては、このような産学官の多様な会員が集まるような場と連携し、より現場のニーズを踏まえた施策の検討・実施を図る必要がある。

2. IoT/BD/AI 時代の標準化戦略

(1) 国際標準化機関等における標準化動向

Wi-SUN 等のセンサー技術や、IPv6 等のインターネット技術、ビッグデータ解析のための計算処理能力等の飛躍的向上を背景とした IoT 利用の進展に伴い、デジタール標準化機関に加えフォーラム標準化団体等における活動の拡大や、オープンソースに関する取組の活発化等、標準化を取り巻く環境は大きく変化している（図表 3-10）。

特に、一部の欧米企業が垂直統合型のビジネスモデルを構築しつつある中、新たな価値創造の源泉となるデータの円滑な利活用を促進し、多様なデータを糾合するため、プラットフォーム層の標準化活動が活発化している。

また、一方で、米国の IIC (Industrial Internet Consortium) に代表されるような数多くの推進団体が、企業連合による IoT 推奨規格の普及を推進している。

ITU-T SG20	政府、民間企業等	2015年6月にStudy Group(SG20)を設置。IoT及びスマートシティ&コミュニティを対象とし、IoTの要求条件及びユースケース、スマートシティ&コミュニティの全体像及びICTの役割等に係る勧告案を検討中
ITU-R SG5 WP5D	政府、民間企業等	IMT無線インターフェース、IMTと他業務との周波数共用、将来のIMT(5G)の開発プロセスに関する決議、勧告、報告について検討。今後IMT-2020無線インターフェースの勧告案を検討予定
ISO/IEC JTC1 WG10	政府、大学、民間企業等	2014年11月にWG10を設置。ISO/IEC JTC1におけるIoT技術の指針となる参照アーキテクチャを検討中
IEEE	大学、民間企業等	交通、ヘルスケア等の様々な分野に適用可能なIoTのアーキテクチャの枠組を標準化することを目指し、2014年3月にWG(P2413)を設置。セキュリティ等の在り方についても規定予定
IETF	大学、民間企業等	低電力デバイスにおけるIPv6通信を行うための6LoWPAN(RFC6568)や低電力でロスの多いネットワークにおけるルーティングプロトコルを規定したRPL(RFC6550)を標準化
oneM2M	欧米、日中韓印の標準化機関	2012年7月、M2Mサービスレイヤの標準化を推進するために設立。2015年1月、要求条件や機能アーキテクチャ等の技術仕様書(リリース1)を公開。2016年夏頃を目標にリリース2の公開に向けて検討中
W3C	Google, Microsoft, IBM, Samsung等	Web技術を利用したIoTサービスやアプリケーションの開発を可能にするWeb of Thingsの規格について検討中
Industrie 4.0	Akateck, Fraunhofer, Siemens, Bosch, SAP等	産学官共同で工場等の生産工程を高度化することにより国際競争力を確保するとともに、サイバー・フィジカル・システムによる「考える工場」の実現を目指し、ネットワークと参照アーキテクチャ、複雑なシステムの管理、安全とセキュリティ等の8つの優先開発分野のロードマップ等を検討中
Industrial Internet Consortium	GE, Intel, IBM, Cisco, AT&T等	IoTを活用したビッグデータ分析により産業・製造業の革新を図る「Industrial Internet」を提唱。相互接続・運用性の検証のためのテストベッドに関する取組、接続技術の導入を促進する標準化参照情報の提供等を実施
Allseen Alliance	Qualcomm、Panasonic, SHARP, Microsoft, LG等	Linux Foundationがホスティングする団体であり、Qualcommが開発し、オープンソース化したP2P型のデバイスを接続するための枠組である「AllJoyn」を活用し、IoT向けの様々なソフトウェアの開発を促進 ※P2P(Peer to Peer):ホストサーバに依存せず、コンピュータ機器同士が直接通信を行うネットワークの形態
Open Connectivity Foundation	Intel, Samsung, Cisco等	デバイスの相互接続・運用性の要件について検討し、技術仕様書を公開。また、同コンソーシアムの出資により、Linux Foundationとの協業プロジェクトとして「IoTivity」を設置し、同仕様書に基づくオープンソースを活用したIoT向けの様々なソフトウェアの開発を促進。2016年2月まではOpen Interconnect Consortiumとして活動
Thread Group	Nest Labs, Samsung等	ホームオートメーションに係る機器のセキュリティと相互接続・運用のためのネットワークプロトコルを開発し、メンバー企業に対して仕様を公開
HomeKit	Apple, IBM, TI, Honeywell, Philips等	AppleのiOS8.1以降を搭載したiPhone、iPad、iPod touchによる家電機器の遠隔制御の仕様を策定し、メンバー企業に対して公開

図表 3-10 IoTに関する主な標準化機関・推進団体

① ITU⁴の動向

ITU では、無線通信部門 (ITU-R) 及び電気通信標準化部門 (ITU-T) において、各国主管庁及び民間のセクターメンバー等が参加し、標準化活動が行われており、IoT/BD/AI 時代を支えるネットワーク基盤技術として、第 5 世代(5G)移動通信システム (IMT-2020) に関する標準化活動が開始されている。

ITU-R SG5 では、IMT-2020 システムの無線インタフェースに関する要求条件や評価手法等について、無線インタフェースの提案募集を 2017 年に開始し、無線インタフェースの詳細な仕様を 2020 年に勧告化する予定である。

ITU-T SG13 では、将来におけるネットワーク(Future networks)に関する議論が行われており、ネットワーク仮想化に関する要件やアーキテクチャ等が勧告化された。また、ITU-T FG IMT-2020 では、IMT-2020 を支える有線技術や有線・無線の連携技術を含むトータルなネットワーク技術に関する議論が進められている。

また、IoT (M2M を含む) やユビキタスセンサーネットワーク、スマートシティ&コミュニティ等の広範な課題について協調して標準化していくために、2015 年 6 月の ITU-T TSAG 会合において SG20 の設置が承認された。SG20 では、IoT のデバイス管理の要求条件が合意されたほか、スマートメータ等を含む IoT のネットワーク要求条件について、我が国からの提案を基に 2016 年 7 月の SG20 会合での合意を目指している。

② ISO/IEC JTC1⁵の動向

ISO/IEC JTC1 においては、2014 年 11 月にビッグデータに関する WG9 及び IoT に関する WG10 が設置され、2015 年 9 月にスマートシティに関する WG11 が設置された。

WG10 では、IoT の参照アーキテクチャ等を検討している。様々な IoT システム向けの国際標準を策定する際に参照されることを目的として、IoT としての一般的な機能やシステム構成等について取りまとめており、ITU、ISO、IEC の関連 WG や IoT 関連の標準化組織とも連携を図っている。

WG11 では、2016 年 3 月にスマートシティに関する ICT の参照フレームワーク等の検討項目が承認され、議論を進めている。

4 ITU : International Telecommunication Union (国際電気通信連合)。国際連合の専門機関であり、電気通信技術の標準化や電波 (周波数) の割り当てなど、通信全般にわたる国際規格を勧告する役割を担う国際標準化組織である。

5 ISO/IEC JTC1 : 国際標準化機構 (ISO) 及び国際電気標準会議 (IEC) の第一合同技術委員会 (Joint Technical Committee 1) として 1987 年に設立した情報技術分野の標準化を担う国際標準化組織である。

③ oneM2M⁶の動向

M2M(Machine to Machine)や IoT の市場の分裂を避け、エコシステムを構築するための標準化を目的に日米欧中韓等の標準化団体が連携して oneM2M を 2012 年 7 月に設立した。M2M/IoT の様々な分野のアプリケーションに対応可能な共通プラットフォームの標準化を推進している。

様々な分野のユースケースに基づき要求要件を定め、M2M のアーキテクチャ、API 及びセキュリティ等に関する技術仕様を、oneM2M リリース 1 として 2015 年 2 月に策定した。その後も、住宅、産業、車等の各分野における具体的な要求要件等の検討を進めている。

住宅分野への oneM2M 仕様の適用 (Home Domain Enablement) については、2016 年 8 月に HEMS を含む共通デバイス管理モデルを規定し、標準化を完了する予定である。

産業分野への oneM2M 仕様の適用 (Industrial Domain Enablement) については、工場でのユースケースやその要求条件等を 2016 年 8 月頃に策定するリリース 2 へ盛り込む予定となっている。

車分野への oneM2M 仕様の適用 (Vehicular Domain Enablement) については、要求条件等を検討中であり、2018 年 3 月頃に策定するリリース 3 へ盛り込む予定である。

④ W3C⁷の動向

ウェブ技術の高度化と IoT の検討の進展を受け、家電、設備機器、産業機器、車等と、これらからデータをセンシングするセンサーデバイス等の様々なモノ (Things) を制御・管理するための共通プラットフォームとしての Web API について検討するため、2013 年 7 月に W3C 内に Web of Things(WoT) Community Group(CG)が設立され、議論が開始された。

2014 年 6 月にユースケースや要求条件を整理する Interest Group(IG)の設立について合意した。これを受けて、2015 年 1 月に WoT IG が設立され、シーメンスとインテルが共同議長になった。

2015 年 10 月に札幌で開催された W3C 技術総会(TPAC: Technical Plenary/ Advisory Committee Meetings)における IG 会合では、参加メンバーにより、Web 技術を用いた照明、エアコン、センサーなどの遠隔制御のデモや、各企業が試作した機器制御 Web API の相互接続性の試験が実施された。

⁶ oneM2M : 欧州、米国及びアジアの電気通信関連の標準化団体 (7 団体) が連携して、M2M の標準化を担うことを目的に 2012 年に設立した国際標準化組織である。

⁷ W3C : World Wide Web Consortium。ウェブ (World Wide Web) に関するコア技術の仕様策定を行うため、1994 年に設立された国際標準化組織である。

IGにおいては、アーキテクチャやモノ(Things)の記述表現、端末発見やセキュリティ・プライバシー等を扱う複数のタスクフォースが設置され、今後のWorking Group(WG)の設立に向けて、標準化を進めるべき要求条件の絞り込みが行われている。IGにおける検討は、シーメンス等の欧州企業が主導する形で進められているが、我が国からも家電メーカーやICTベンダ等が積極的に活動に参加している。

⑤ IETF⁸の動向

IETFでは、IoT関連の具体的活動として、IEEEで標準化された低消費電力の無線通信規格(IEEE802.15.4)で規定されるリンク層の上でIPv6を稼働させるための技術として6LoWPANを規格化した。その後、6LoWPANの応用と拡張を進めている。

また、IRTF(Internet Research Task Force)のThing-to-Thing Research Group(T2T-RG)では、IoTデバイスのIPレイヤからアプリケーションレイヤの全般的な検討を行っている。W3C WoT IGとも連携し、共同会合を開催して、仕様に関する議論や相互接続性の検証(プラグフェスト)を実施している。

⑥ IEEE⁹の動向

IEEE P2413 WGでは、IoTのための包括的なアーキテクチャ等について検討している。特に、IICと協調し、産業用IoTのための要件と相互運用性のギャップ分析等を共有している。

IEEE802.11 WGでは、LAN(Local Area Network)、PAN(Personal Area Network)といった無線通信技術の規格化を行っており、IoTでの近距離無線通信に使用されている。さらに、2016年3月に3GPPとの間でLWA(LTE-WLAN Aggregation) / LWIP(LTE WLAN Radio Level Integration with IPsec Tunnel)の技術に対して連携を行い、5Gに関する検討との協調を図っている。

⁸ IETF : Internet Engineering Task Force。TCP/IP等のインターネットで利用される技術の標準化を促し、インターネットの円滑な運用を推進する国際標準化組織である。

⁹ IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers (米国電気電子学会)。電気、電子、通信、無線、航空などを専門とする技術組織であり、IEEE-SA(Standards Association)にて国際標準化を議論/策定している国際標準化組織である。

⑦ ETSI¹⁰の動向

ETSI ISG MEC (Industry Specification Group Mobile Edge Computing) では、2014年9月にモバイルエッジコンピューティングに関するホワイトペーパーが発行され、3GPPと連携しつつ、そのインタフェース等の標準化の議論を進めている。

また、ETSI ISG NFV (Industry Specification Group Network Functions Virtualisation) では、ネットワーク仮想化に関するインタフェースやアーキテクチャの議論を進めている。

⑧ 3GPP¹¹の動向

3GPPでは、仮想化されたモバイルネットワークによる管理手法の議論を開始したところである。3GPP SA2 (Service & System Aspect Working Group 2) では、2016年9月に完了することを目標にネットワークスライスの議論を進めている。

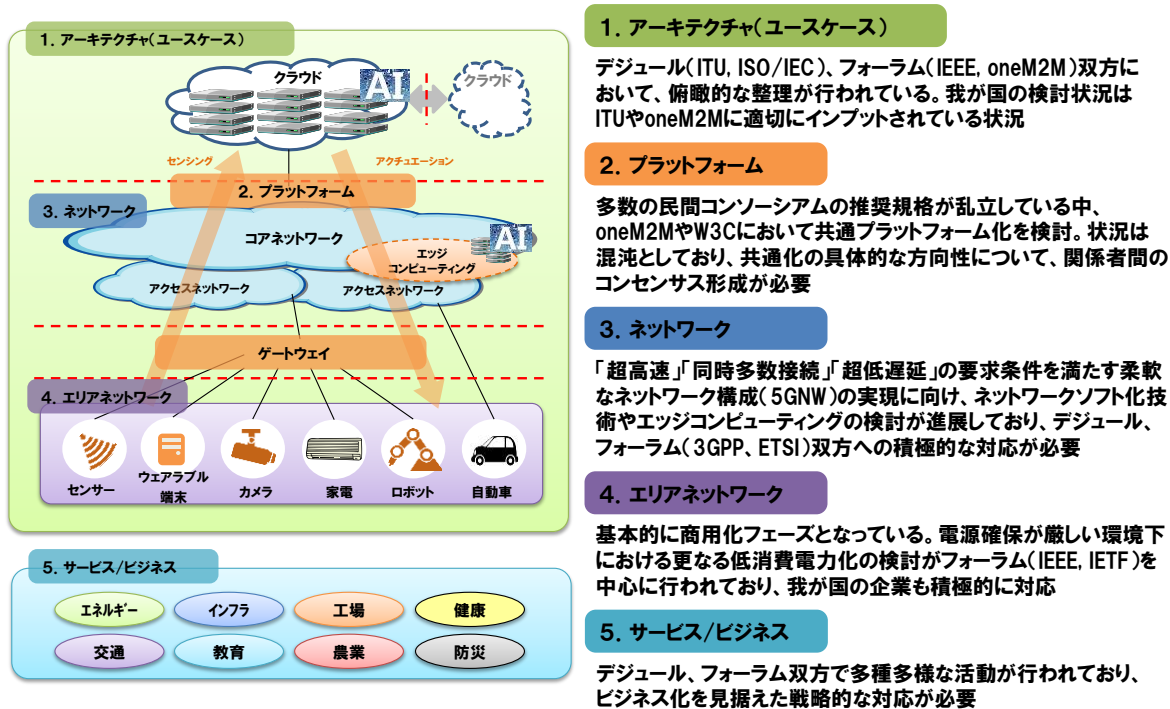
また、MTC (Machine Type Communication) 向けのデバイスIDの扱いに関する定義やネットワーク処理の最適化の議論を進めている。

¹⁰ ETSI : European Telecommunications Standards Institute (欧州電気通信標準化機構)。欧州の電気通信における標準仕様を策定するために設立された国際標準化組織である。

¹¹ 3GPP : Third Generation Partnership Project。Third Generation Partnership Project。各国・各地域の標準化団体や携帯電話に関連する事業者等から構成され、移動通信システムの仕様を検討・開発し、標準化することを目的とした、国際標準化組織である。

以上の標準化活動の概況についてまとめたものを図表 3-11 に示す。

また、上記の標準化動向に加え、図表 3-10 に示すような IIC をはじめとする多数の推進団体においても、様々な推奨規格の普及を推進しているが、対象のレイヤやユースケースが多種多様であることから、国内プレーヤーそれぞれが自らの事業戦略と各推進団体の活動内容を十分に踏まえつつ、適切に対応していくことが必要である。



図表 3-11 IoTに関する標準化活動の概況

(2) 新標準化戦略マップの策定

① 策定の背景

情報通信審議会は、「情報通信分野の標準化政策の在り方」(平成 23 年諮問第 18 号)について平成 24 年 7 月に答申しており、その中で、標準化の重点分野を選定するとともに、各分野の標準化の必要性や達成目標等を具体化した標準化戦略マップを策定したが、それから 3 年以上が経過している。

また、IoT/BD/AI 時代の本格的な到来に伴い、標準化についても、上記(1)で述べたような新たな活動が進展していることを踏まえ、以下のとおり、今後の国際標準化活動における重点領域を設定し、各重点領域における標準化の必要性や具体的目標等を取りまとめるとともに、今後のロードマップに関する新しい「標準化戦略マップ」(参考資料)を策定した。

② 重点標準化領域の考え方

重点標準化領域については、第1次中間答申における重点研究開発分野を踏まえて検討した。

第1次中間答申においては、今後の重点研究開発分野として、「社会を観る」「社会を繋ぐ」「社会（価値）を創る」「社会（生命・財産・情報）を守る」「未来を拓く」の5つの柱が提示されているが、IoT時代においては、多種多量の「モノ」のデータが、クラウド等を活用した様々なサービス提供主体に確実に届けられることが非常に重要であることから、特に「社会を繋ぐ」分野について、研究開発と並行して標準化活動に重点的に取り組むことが必要である。

また、その際にやりとりされる大量のデータを活用した新たなビジネスモデル創出の観点から、特定の分野や市場に依存せずにデータの利活用を実現するための共通プラットフォームの確立や、それらを利用した新ビジネス・サービスの創出を目的とした標準化活動にも重点的に取り組むことが必要である。

このような考え方を踏まえて、今後の標準化の重点領域としては、以下の2つを選定するとともに、我が国の経済社会活動の課題解決や国際競争力強化等の観点を踏まえて重点サブテーマを例示した。

ア 統合 ICT 基盤領域

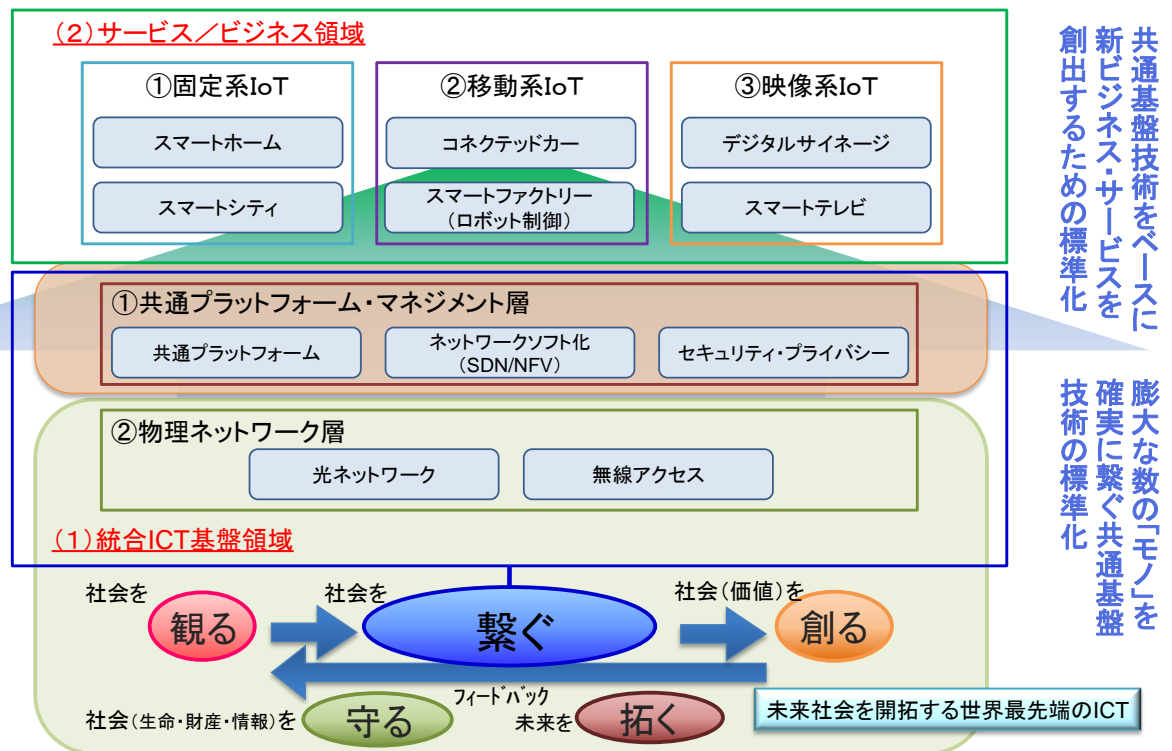
中間答申における「社会を繋ぐ」分野の重点研究開発分野と同じ「統合 ICT 基盤領域」を重点標準化領域とし、通信機能の階層構造を参考に、さらに「共通プラットフォーム・マネジメント層」及び「物理ネットワーク層」の2つのカテゴリーに分類して重点サブテーマを例示した。

イ サービス／ビジネス領域

「統合 ICT 基盤領域」の上位レイヤである「サービス／ビジネス領域」を重点標準化領域とし、「固定系 IoT」、「移動系 IoT」、「映像系 IoT」の3つのカテゴリー¹²に分類して重点サブテーマを例示した。

12 いずれも、サービス/アプリケーション層における標準化が今後重要となるが、特に、①固定系 IoT 及び②移動系 IoT については、超大量接続や超低遅延といった新たなニーズに対応可能な先端的な通信制御プラットフォームの検討が必要となるため、第4章第1節において推進方策の詳細を記載。

以上の考え方及び重点領域を概念的に示した図を図表 3-12 に示す。



図表 3-12 新標準化戦略マップにおける重点領域

③ 各重点領域における標準化の必要性及び具体的目標

ア 統合 ICT 基盤領域

IoT 時代においては、スマートフォン等の通信需要の増大に加え、あらゆるモノがインターネットに接続されることが想定されており、以下のような新たな要求条件がネットワークに求められている。

- ▶ ユーザごと最大 10Gbps 程度の超高速通信 (4K/8K など高精細映像も超高速に伝送が可能)
- ▶ 無線区間で 1ms 程度の低遅延 (自動運転、遠隔ロボット操作でリアルタイム操作が可能)
- ▶ 100 万台/km² 接続程度の多数同時接続 (狭いエリアで同時多数接続が可能)

従来のシステムではこれらの要求条件に対応できないため、第 5 世代(5G) 移動通信システム (IMT-2020) の実用化に向け、ネットワーク資源を柔軟に制御可能な機能等を導入するため、2020 年頃までに基盤技術の国際標準化を目指す必要がある。

なお、具体的に実現を目指す機能等は以下のとおりである。

(ア) 共通プラットフォーム・マネジメント層

共通プラットフォーム技術や SDN/NFV によるネットワーク仮想化技術を応用したネットワークソフト化技術等について、以下のような標準化活動を行う。

i 共通プラットフォーム技術

oneM2Mにおけるリリース2やリリース3等の仕様策定を我が国が主導し、住宅や産業、車等の様々な分野に対する M2M/IoT の要求条件やアーキテクチャ等を規定しつつ、市場ニーズに即した通信プロトコル及び他の M2M/IoT 技術との相互接続・運用を可能とする水平連携型の共通プラットフォーム機能の標準化を推進する。

また、W3C における WoT 標準化の進展を踏まえ、2016 年度から開始する WoT に関する研究開発プロジェクトの成果を踏まえた標準化提案を行うことで、2018 年度中の標準化完了を目指し、Web 技術による機器の情報取得及び制御技術に関する標準化を推進する。

ii SDN/NFV 技術（ネットワークソフト化）

SDN/NFV によるネットワーク仮想化技術を用いたスケーラブルでリアルタイム性の高いネットワーク管理を実現するため、ITU-T FG IMT-2020 におけるネットワークソフト化の議論について 5G モバイルフォーラムの活動を基に我が国が主導して、2018 年を目処に ITU-T において勧告化を目指すとともに、並行して 3GPP や IETF 等の他の標準化機関・団体へも同様な標準化提案を行い、5G ネットワークのアーキテクチャやスライス技術、モバイルエッジコンピューティング等の標準化を推進する。

iii セキュリティ・プライバシー技術

ITU-T や 3GPP 等の各標準化機関・団体において、セキュリティやプライバシーに関わる要件定義やアーキテクチャ等の標準化を推進する。

(イ) 物理ネットワーク層

この層では、物理的な電気信号や光信号を伝送したり中継したりするための仕組みや、コンピューティング及びストレージ資源等の機能を提供する。光ネットワーク技術や無線アクセス技術について、以下のような標準化活動を行う。

i 光ネットワーク技術

2017 年までに 1 波長当たり毎秒 1 テラビット級の光ネットワークの高速化及び低消費電力化を両立する技術を開発し、その成果を基に ITU-T 等において我が国が主導して勧告化を目指すとともに、5G ネットワークのモバイルフロントホール/バックホールの高速化かつ低遅延処理のための光アクセス制御技術に関する標準化を推進する。

ii 無線アクセス技術

ITU-R や 3GPP 等の標準化機関・団体において、2020 年頃の次世代移動通信システムの標準化を推進する。特に、ITU-R SG5 では 2017 年に IMT-2020 システムの無線インタフェースに関する要求条件や評価手法等の提案募集を開始するため、我が国から積極的に提案を行い、2020 年に完成予定の無線インタフェースの詳細仕様に関する標準化を推進する。

イ サービス/ビジネス領域(固定系 IoT)

(ア) スマートホーム

2016 年 4 月に電力自由化が開始され、ダイナミックプライシングとの連携による家庭向けの節電サービスの充実や、アグリゲータの介在による取引市場の創設など、新たな省エネルギーサービスの導入が期待されている。

これまでもエアコンや照明などの家電機器制御等を可能とする HEMS (Home Energy Management System) 関連技術の開発及び普及の取組が進められてきたが、電力自由化に伴いその必要性や重要性が一層高まることが期待されるため、ゲートウェイ装置や各種センサー機器の相互運用性を向上させる観点から、クラウド技術との連携や汎用性の高い Web 技術の適用に関する標準化を推進する。

(イ) スマートシティ

都市や地域に根ざす社会的課題が顕在化する中、課題解決を図り、地域創生にもつなげるため、IoT を活用したスマートシティ関連のサービスの発展が期待されている。

スマートシティについては、エネルギー、社会インフラ、都市・交通、ヘルスケア、農業等、様々な分野毎に IoT の利活用モデル等の検討が進められ、通信規格が乱立しているが、効率的なシステム構築や異分野間のデータ共有による価値創造の観点から、分野横断の共通プラットフォームの構築が期待される。

このため、関係業界が連携し、オープン化すべきデータの見極めや異業種間のデータ流通の重要性について理解を深めるとともに、プラットフォームやシステムアーキテクチャ等の標準化を推進する。

ウ サービス/ビジネス領域(移動系 IoT)

(ア) コネクテッドカー

最先端の ICT 技術を活用する自動走行も含めた ITS (高度道路交通システム) の開発が進められており、車両からの各種情報を活用した新たなサービスやスマートフォン等の端末及びクラウドと連携した新たな

ビジネス等、コネクテッドカーの利用形態は多岐にわたり、成長戦略等においても ICT 技術の利用によって自動車分野におけるイノベーションを推進すべきとされている。

2020 年代前半の準自動走行システム（レベル 3）の市場化に向け、ICT 及び自動車の両分野における国際競争力の強化を図るため、様々な車両向けサービスの登場が期待されるコネクテッドカー分野において、各種車両情報の利活用を実現する技術等の標準化を推進する。

（イ）スマートファクトリー

ものづくりと ICT の融合により、製造業が大きな変革を迎えようとしており、高度化した生産システムによる新たなビジネスモデルへの期待が高まっている。

生産現場における生産効率の向上や生産工程の改善のため、早期の IoT 技術の本格導入を想定して、工場内及び本社（間接部門等）や設計部門と工場等の間をネットワーク化し、IoT 技術を導入するためのシステムアーキテクチャ等の標準化を推進する。

エ サービス/ビジネス領域（映像系 IoT）

（ア）デジタルサイネージ

交通機関や公共空間等の様々な場所で、情報提供インフラとして普及しているデジタルサイネージは、平常時の生活情報に加え、緊急災害時等の情報入手手段としての役割も大きい。デジタルサイネージにおいて、機器間・システム間の相互接続を確保する標準化は、これまでも我が国企業の取組みにより、基本的なフレームワークや災害時・緊急時の運用要件等の国際標準化が行われてきた。

以上の成果を踏まえ、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック及びそれ以降の高度な情報発信を実現するデジタルサイネージの普及展開を図るため、災害情報やオリンピック情報等の一斉配信や、個人の属性に応じた情報提供等を可能とする技術の標準化を推進する。

（イ）スマートテレビ

ウェブ技術と放送コンテンツを連携させることにより、番組連動コンテンツの表示やスマートフォン等との連携等を実現するスマートテレビは、視聴者に新たな体験を提供する高度な放送・通信連携サービスとして期待されている。この分野において、我が国はデータ放送等で培った技術やノウハウを活かし、世界に先駆けて HTML5 を活用した放送通信連携規格を策定し、既に NHK 及び民放各局によるサービスが開始されている。

我が国の放送コンテンツや関連技術の国際競争力の強化を図るため、

世界に先駆けて実現した放送・通信連携サービスから得られた知見を活用し、2020年頃の4K・8K放送の本格展開とも連携しつつ、高精細なスマートテレビに関する標準化を推進する。

(ウ) 縦書きレイアウト

新聞や書籍などで広く普及している縦書きテキストレイアウトは、我が国を含めた東アジア特有の文化である。このような我が国の縦書き文化を継承するという意味において、ICT環境における縦書きテキストレイアウトの国際標準化は重要である。

これまでの我が国の標準化活動により、主要ブラウザでは基本的な縦書きが表示可能になっているが、多様な端末への縦書きコンテンツ展開を可能とする環境を整備するため、縦書きテキストレイアウトの主要仕様の2016年中の標準化を目指す。

(3) IoT/BD/AI時代における国際標準化活動の現状と課題

今後、国際標準化活動を推進するに当たり、特に留意すべき現状及び課題を抽出すると以下のとおりである。

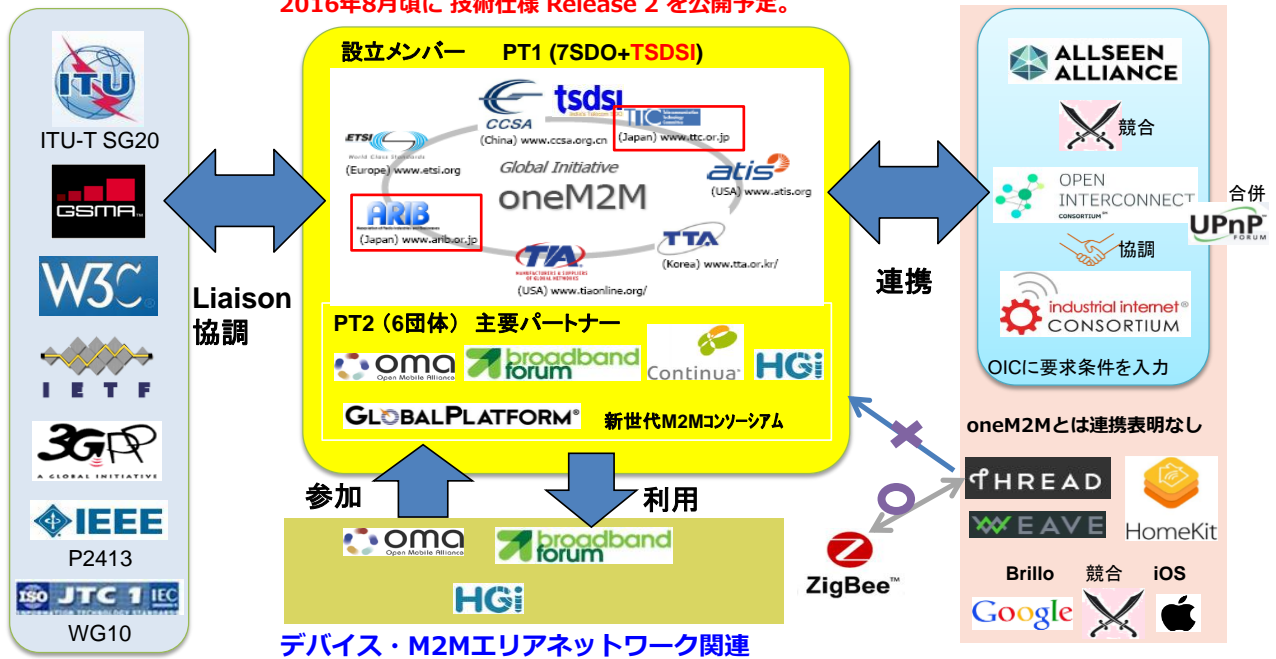
① プラットフォーム層における標準化活動の重要性の増大

ICT分野の標準化活動については、ネットワーク層を中心とした相互接続性の確保に加え、新たな価値創造の源泉となるデータの円滑な利活用促進の観点から、プラットフォーム層の標準化の重要性が増大している。プラットフォーム機能の実現手法は多岐にわたるため、国際標準の検討にあたっては、従来以上にオープン&クローズ戦略が重要となることから、国内のプレーヤーがそれぞれの知財戦略をベースとしつつ連携し、モジュール化すべき機能（競争領域）とオープン化すべきインターフェース（協調領域）を見極めた上で、競争力強化につながるようなリファレンス・モデルを戦略的に提案することが必要である。

② 標準化関連団体の多様化及び連携の進展

ICT の利活用分野の拡大等に伴い、国際標準化活動についても関係機関や対象技術が多岐にわたるようになっており、1つの機関だけで行うことは不可能であるため、関係する複数の標準化機関・団体による効率的な連携体制の構築が進展している。特に、様々なフォーラム標準化団体等において IoT の検討が開始される中、各団体の重要度や影響度を十分に把握・分析した上で、それぞれの標準化活動の場に適切に対応していくことが不可欠な状況となっている。(図表 3-13)

通信・インターネット関連 TTC及びARIBをはじめとする地域標準化団体が2012年7月に設立。業界アライアンス関連 2016年8月頃に 技術仕様 Release 2 を公開予定。



図表 3-13 様々な標準化機関・推進団体間の連携

出所) 技術戦略委員会 第9回 一般社団法人情報通信技術委員会発表資料より作成

③ ソフトウェア中心の標準化と実装の重視

産業のソフトウェア化の進展は、標準化の現場にも大きな影響を与えている。従前より、フォーラム標準化団体においては、実装事例を提示することが最終勧告化の条件とされるケースが多く、そのための対応が課題となっている。加えて近年では、5G コアネットワークの標準化の事例にみられるように、デジュール標準においても POC (Proof of Concept) (概念実証) の実施、プロトタイピングの推進、オープンソースとの連携等の新たな取組が進展している。

このように、従来のドキュメンテーション中心の標準化ではなく、より一層実装を重視する傾向が強まっていることに加え、特に海外企業では事業展開や市場拡大のフェーズにおいて標準化を戦略的に活用する動きが活発化

していることから、我が国企業としても、こうした動向に適切に対応していくことが、今後の国際標準の獲得競争において極めて重要となっている。

(4) 今後の国際標準化活動の推進方策

今後の ICT 分野の国際標準化の推進に当たっては、上記(3)で述べたような環境の変化や課題等を考慮した上で、効果的に活動を進めて行く必要がある。具体的には、以下の方向性で今後の国際標準化活動を推進することが適当である。

① 新標準化戦略マップに基づく活動の推進

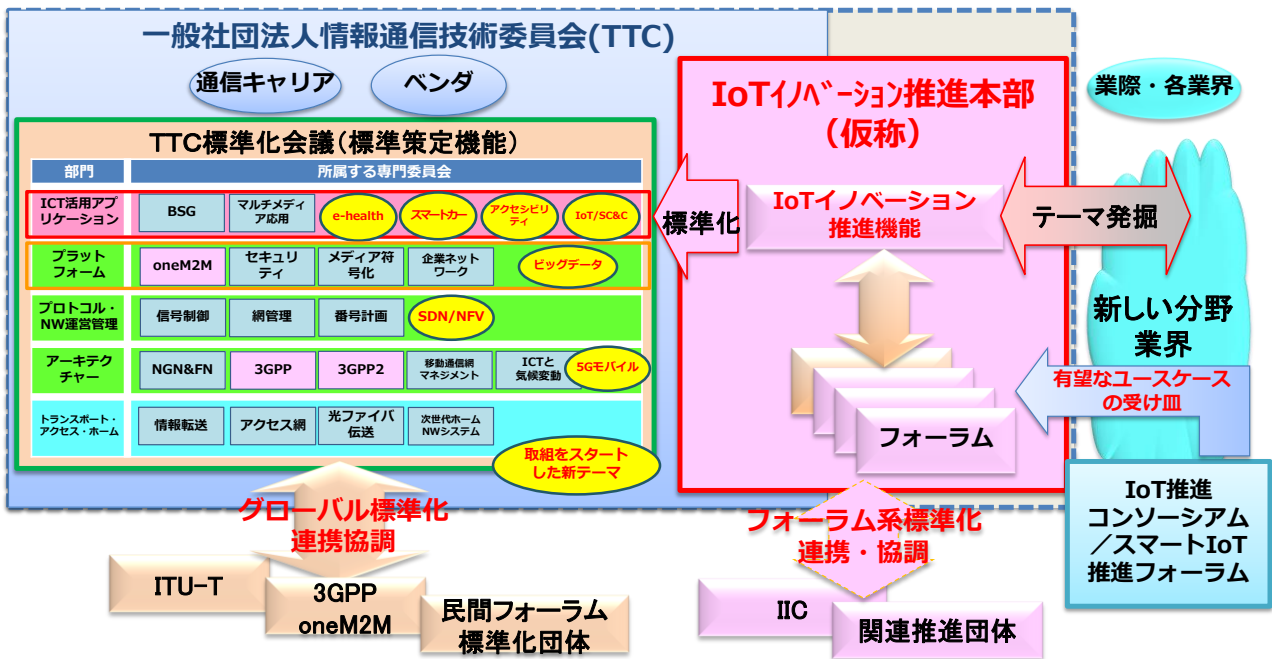
今後の国際標準化活動における重点領域を設定するとともに、各重点領域における標準化の必要性や具体的目標等を定めた「新標準化戦略マップ」を活用し、戦略的に標準化活動及びビジネス展開を推進することが重要である。

② オープン&クローズ戦略に基づくモデルの具体化

欧米諸国の垂直統合型ビジネスモデルを踏まえつつ、共通プラットフォーム構築を推進するため、「スマート IoT 推進フォーラム」を核とした分野横断の連携体制において、国内プレーヤーそれぞれの知財戦略をベースとしつつ、オープン領域とクローズ領域を見極めながら、競争力強化につながるリファレンス・モデルを早急に具体化することが重要である。

③ フォーラム標準への対応も含めた国内標準化推進体制の抜本的強化

「スマート IoT 推進フォーラム」の場における ICT 業界と利活用業界のマッチングイベント等を通じて具体化された有望なユースケースの標準化活動の推進にあたり、具体的なビジネス展開を視野に入れた上で、デジュール標準とフォーラム標準、ネットワークレイヤとサービス・アプリケーションレイヤの検討に一体的かつ柔軟に対処できるような体制強化が必要である。具体的には、情報通信ネットワークに係る国内標準の策定や、ITU、3 GPP、oneM2M を中心とした国際標準化活動に取り組んでいる一般社団法人情報通信技術委員会（TTC）を中核として、NICT を含めた産学官連携による国内標準化推進体制を抜本的に強化することが重要である。（図表 3-14）



図表 3-14 デジュール/フォーラム標準の一体的な国内推進体制

出所) 技術戦略委員会 第9回 一般社団法人情報通信技術委員会発表資料より作成

④ 実装重視型の標準化提案支援スキームの導入

国際標準化プロセスにおける実装事例の提示には、相応のコストを要するだけでなく、一定期間の継続的な対応が求められることから、特に中小企業等にとっては大きな負担となっている。このような標準化を取り巻く環境の変化に対応するため、上記③の体制強化とあわせて、標準化に関連するサンプル機能実装やプロトタイプ開発、継続的な標準化提案のための会合参加や適切なタイミングでの会合招致、標準化エキスパートによるノウハウ提供等の支援スキームを導入するとともに、フォーラム標準及びオープンソース系の知識も十分に有する新たな標準化人材の育成強化等を推進することが必要である。

第4章 分野別の推進方策

第1節 先端的なIoT分野の推進方策

「スマートIoT推進戦略」（別冊1）

- I. 先端的IoTの重要性
- II. 先端的なIoTにより目指すべき社会イメージ（自律型モビリティ社会）
- III. 公共・産業分野の先端IoTシステム（固定系IoT）の推進方策
- IV. 自律型モビリティ分野の先端IoTシステム（移動系IoT）の推進方策
- V. 先端IoTシステムの円滑な社会実装に向けた推進方策

第2節 次世代人工知能分野の推進方策

「次世代人工知能推進戦略」（別冊2）

- I. 我が国が抱える社会的課題と人工知能への期待
- II. 人工知能の研究開発等の動向
- III. 人工知能が実現する社会
- IV. 人工知能の発展のための推進方策
- V. まとめ

参考資料（別冊3）

「スマート IoT 推進戦略」

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会 第2次中間報告書(別冊1)
第4章 分野別の推進方策
第1節 先端的なIoT分野の推進方策

目次

I 先端的 IoT の重要性	1
(1) 先端的な IoT への取組の重要性	1
(2) 主要国における IoT 技術分野に関する取組と市場動向	3
II 先端的な IoT により目指すべき社会イメージ(自律型モビリティ社会)	6
III 公共・産業分野の先端 IoT システム(固定系 IoT)の推進方策	8
(1) 公共・産業分野の先端 IoT を実現する社会的、産業的重要性	8
(2) 公共・産業分野の先端 IoT の実現に向けた技術開発の現状と動向	11
(3) 公共・産業分野の先端 IoT の実現に向けた課題と推進方策	15
IV 自律型モビリティ分野の先端 IoT システム(移動系 IoT)の推進方策	20
(1) 自律型モビリティシステムを実現する社会的、産業的重要性	20
(2) 自律型モビリティシステムの実現に向けた技術開発の現状と動向	29
(3) 自律型モビリティシステムの実現に向けた研究課題と推進方策	34
(4) 自律型モビリティシステムの実現に係る研究開発戦略	37
V 先端 IoT システムの円滑な社会実装に向けた推進方策	41
(1) IoT/BD/AI 時代のテストベッド環境の整備	41
(2) 「人・技術・データ」活用によるエコシステム構築に向けた取組	43

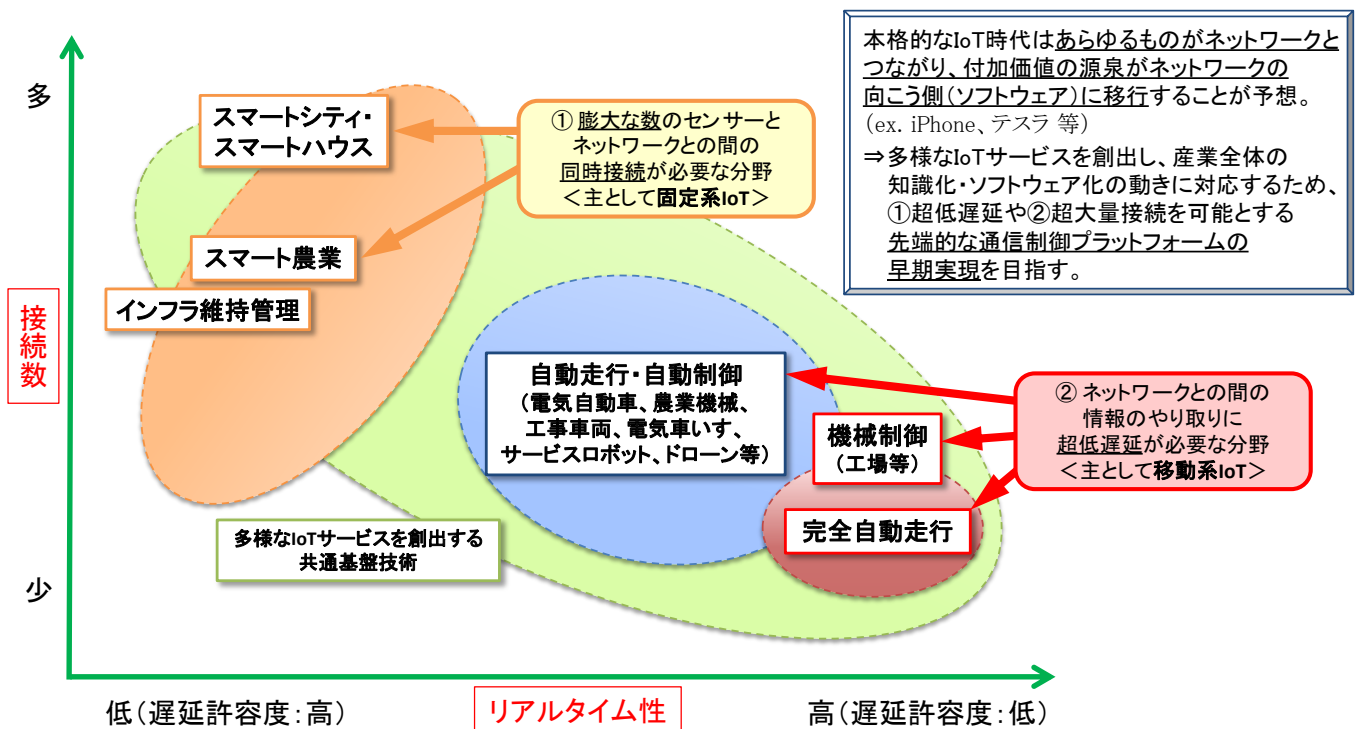
I 先端的 IoT の重要性

(1) 先端的な IoT への取組の重要性

あらゆるものを IoT によりネットワークにつなぐことで情報流通を促進し、ビッグデータ (BD) を収集し、AI により解析することで、様々な社会課題の解決や新たな社会価値の創出が可能となる時代が到来しつつある。他方、ネットワークを活用したサービス・ビジネスにおいては、欧米の巨大 ICT 企業がキラーサービスや先進的なビジネスモデルにより圧倒的な優位性を有しており、サービスを通じて得られる大量のユーザデータをグローバル規模で独占し、顧客ニーズを迅速かつ確実にとらえて、新サービスを創出する等、垂直統合型モデルが確立されつつある。

IoT/BD/AI 時代には、様々な社会課題の解決や新たな社会価値の創出を図り、国民生活や社会経済活動を変革していくことが期待されるが、同時に、付加価値を生み出すサービス・ビジネスの構造も大きく変わる可能性がある。今後社会展開されていく様々な IoT サービスは、サービス毎に求められるネットワーク要件、セキュリティ要件、分析・解析の技術要件等が異なるため、これらのサービスが共通に使用可能なプラットフォームを構築することで、ネットワークにつながる膨大な数のモノ、ヒト、そこから得られる莫大なデータを制御し、革新的な付加価値を生み出す新たな環境を構築することが重要である。これにより、既存の垂直統合型のモデルではない新たなモデルを作り出すことで、我が国経済の優位性を取り戻す契機とすることが重要である。

こうした付加価値を生み出すプラットフォームは、社会的な需要が大きく、経済的な波及効果の大きな IoT サービスに対して共通に対応可能なことが重要である。この点で、例えば、社会展開が開始されつつあるスマートシティ等の領域 (固定系 IoT) においては、2020 年には接続機器が 500 億台を超えとも予想されており、膨大な IoT デバイスからの情報の収集・管理や必要な制御を行うことが可能な IoT プラットフォームを整備することが必要である。また、自動走行等の領域 (移動系 IoT) においては、通信のリアルタイム性、確実性、安全性等を確保し、人々が安心してサービスを利用することが可能な IoT プラットフォームを整備することが必要である。



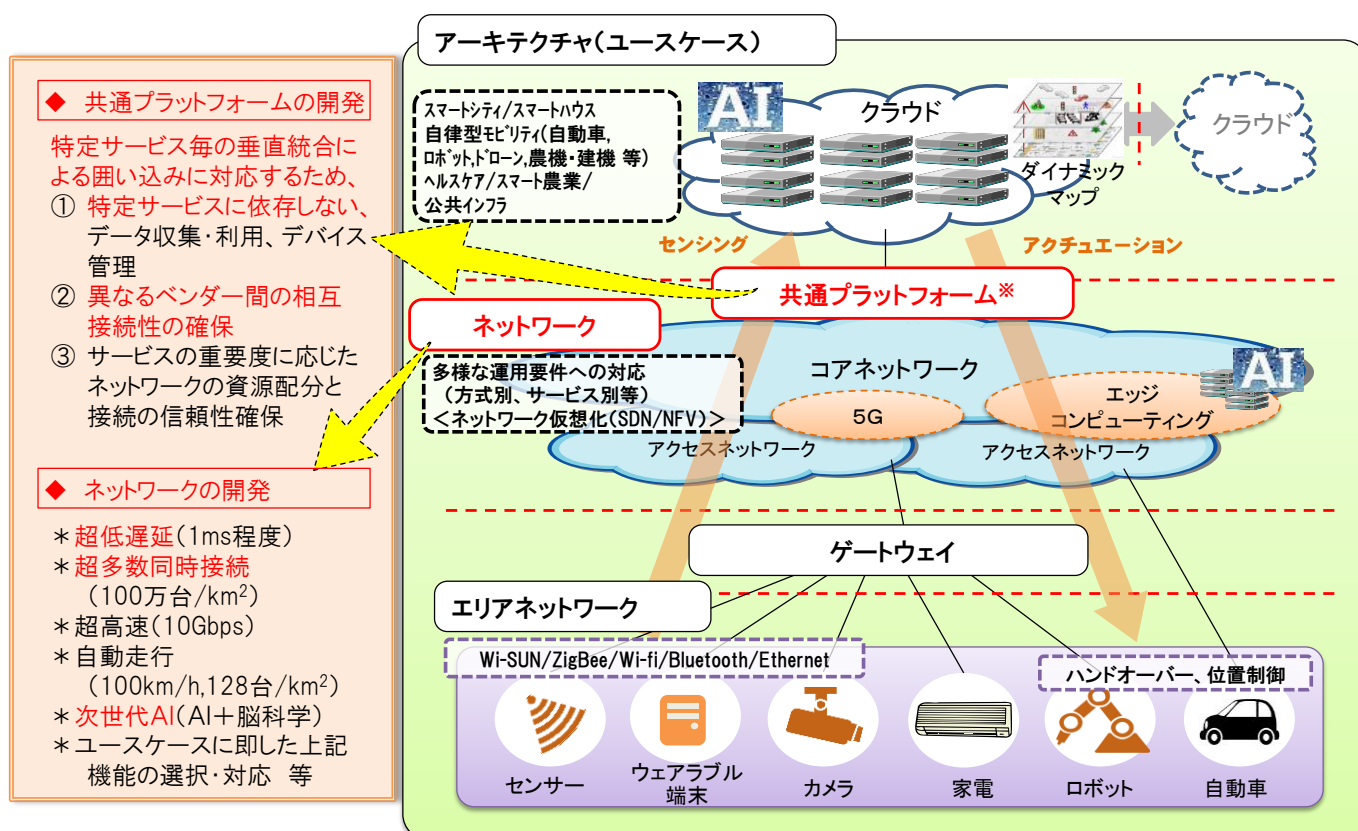
図表 I-1 先端的な IoT 分野の動向

このため、膨大な数のセンサーとネットワークとの間の同時接続が必要な分野（スマートシティ等の固定系 IoT）やセンサーとネットワークとの間の情報のやり取りに超低遅延性が求められる分野（自律型モビリティシステム¹等の移動系 IoT）のような先端的な IoT 分野に対応可能なプラットフォームの構築を、産学官が連携して推進するとともに、先端 IoT システムの実現に必要な共通基盤技術の開発を推進することが重要である。

このような特定のサービスに依存せず、機器の仕様や通信方式に依らない、多様な IoT サービスの要求条件に耐えうる先端的な IoT 共通プラットフォームを構築し、維持運用管理の仕組みを整備した上で、様々な分野及び分野間で格段に柔軟な情報流通を可能とすることで、このプラットフォームを活用した新たな IoT サービス・ビジネスの創出等を図り、未来の産業創造と社会変革を目

¹自律型モビリティシステムとは、通信ネットワークと接続し、高度地図データベース（ダイナミックマップ）や外部センサー等の情報と連携して、システム全体によって自律的に（原則として人の操作に依存せず）、高精度・高信頼に制御される自動車、電動車いす、支援ロボット、小型無人機、無人建機・農機等のモビリティシステムを指す。

指すことが必要である。



※ 日米欧中韓印の6カ国・地域の標準化団体が連携して新たな国際標準化組織(OneM2M)を設立し、IoTの様々な分野のアプリケーションに対応可能な共通プラットフォームの標準化を推進

図表 1-2 IoT/BD/AI 時代の先端 IoT システムの
 共通プラットフォーム・共通基盤技術

(2) 主要国における IoT 技術分野に関する取組と市場動向

米国では、2006年にNSF(米国国立科学財団)が、様々な分野における課題を解決する極めて重要な研究課題としてCPS(Cyber Physical System)に取り組むことを打ち出した。NSFではその後、IoT/CPSを実現するため、同技術に関する多数のプロジェクトを強力に推進している。

次世代のICTアプリケーションやサービスを開発可能なテストベッドを構築して実証に取り組むUS Ignite(米国ブロードバンド促進団体)や産学官の連携でCPSの最先端アプリケーションの実証に取り組むSmart America Challenge等のプロジェクトが2010年前半から実施され、2014年9月から、これらのプロジェクト成果の国際展開・連携等を目指して「Global City Teams Challenge(GCTC)」がNIST(米国国立標準技術研究所)の主導により実施されている。また、2015年9月には1.6億ドルのスマートシティイニシアティブが発表され、

NIST/NSF が中心となって GCTC としてスマートシティ等のアプリケーションの開発とその社会実装を推進していくことが掲げられている。2016 年 2 月には NIST に International Technical Working Group on IoT-Enabled Smart City Framework が設立され、国内外の標準化機関と連携を進めている。

欧州においても、FP7（第 7 次欧州研究開発フレームワーク計画）の枠組みのもと、2010 年代前半からスマートシティの実現に IoT/CPS が極めて重要との認識の下、スペインのサンタnderやオランダのアムステルダム等で実証事業が実施されてきた。2014 年から実施されている研究開発計画「HORIZON2020」では、IoT プラットフォームである「FIWARE²」を中心とした普及展開が積極的に進められており、FIWARE 上でのスマートシティ等の領域における新たなビジネス創出等に取り組んでいる。また、2015 年 10 月には、スマートシティ実証「Large Scale Pilots」として 5 つのプロジェクトに合計 1 億ユーロを措置することが表明され、さらに、2015 年 3 月には、欧州における IoT 関連組織の連携を促進するためのイニシアティブ「AIOTI: The Alliance for IoT Innovation」が発表され、組織間の連携を進めている。

その他の地域においてもスマートシティへの取組は積極的に行われており、例えば、メキシコのメキシコシティでは、監視カメラネットワークを構築し、リアルタイムに地域を見守ることで地域住民に安全・安心を提供するスマートシティソリューションの展開が 2009 年から行われ、車両盗難の減少、警察のレスポンスタイムの短縮といった成果が得られている。

こうした中、ドイツにおいて、2010 年に、IoT/CPS の適用による製造業の革新を目指した「Industrie4.0」が発表され、「CPS でネットワーク化された『考える工場』」の実現に向けた取組が進められている。また、米国では IoT による製造業の革新に留まらず、多様な分野での新しいビジネスの創出を目指した「Industrial Internet」が 2012 年に GE により提唱され、それを具体的に推進するための組織「Industrial Internet Consortium (IIC)」が 2014 年に GE、Cisco、Intel、IBM、AT&T の 5 社によって設立された。コンソーシアムメンバーは、現在 230 社程度であり、引き続き急速に増加している。

自律型モビリティシステムの分野では、民間の動きが先行的に開始されてお

² FP7 で開発された次世代インターネット技術のアプリケーション開発/普及を支えるソフトウェアモジュールの集合体、オープンソース・ライセンスフリーで各モジュールを組み合わせて利用可能

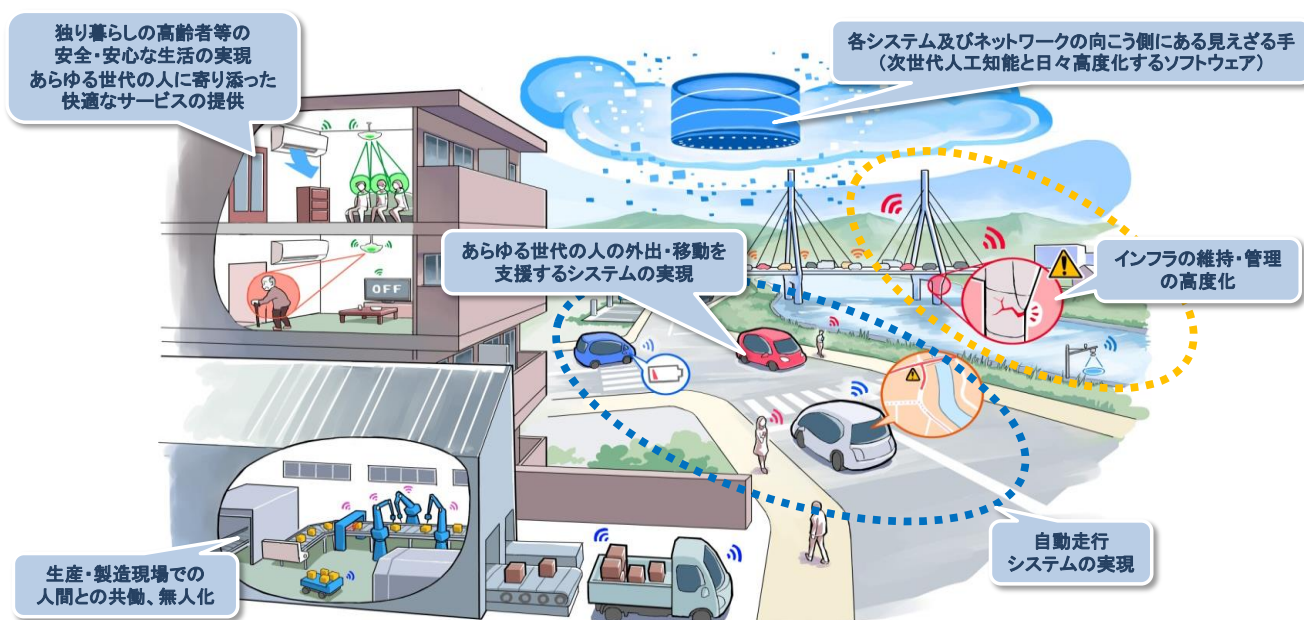
り、グローバル ICT 企業や自動車メーカーが 2020 年頃の自動走行車の商用化を目指し研究開発を積極的に進めている。こうした流れを受けて、各国政府も自動走行車の実現に向けて、技術開発の支援、制度的課題の解決、社会受容性の醸成等に向けた取組を行っている状況である。

このような状況を踏まえて、IoT/CPS 市場は今後急速に拡大していくことが予想されており、我が国における IoT/CPS 市場は 2020 年には 13 兆 7,495 億円規模（2014 年～2020 年までの年間平均成長率は 16.9%）になると予想されている。

II 先進的な IoT により目指すべき社会イメージ (自律型モビリティ社会)

超高齢化社会を迎える中で、すべての人が寿命を迎えるまで、自律的な移動を可能とし、安全・安心で豊かな生活を送れる社会、また、人口減少により労働力の確保が難しくなる中で、自律的に稼働するロボットや産業機械等により生産性を確保し、持続的に経済成長する社会の実現が重要である。このような先進的な IoT により目指すべき社会イメージを「自律型モビリティ社会」と呼ぶこととする (図表 II-1)。

- このような社会を実現するため、「自律型モビリティシステム」として、
- ・ あらゆる世代の人の移動手段を提供するネットワークと連携した電気自動車、電動車いす
 - ・ あらゆる世代の人の自宅まで生活必需品を毎日搬送するようなネットワークと連携した小型無人機
 - ・ あらゆる世代の人の安全・安心で快適な生活を見守るコミュニケーションロボットや支援ロボット
 - ・ 生産現場やインフラの維持管理等で、人間と共働し、無人で生産・監視を行うネットワークと連携した製造ロボットや産業機械 (無人建機・農機等) 等の実現を目指すことが重要である。



図表 II-1 先進的な IoT により目指すべき社会イメージ

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 1 回) プレゼンテーション資料 (㈱三菱総合研究所)

図表 II-2 自律型モビリティ社会のサービスイメージの例

<p>自動走行車</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交通渋滞や交通事故が大きく軽減され、人々が安全・安心かつ迅速、快適に移動することが可能となる。 また、交通渋滞等が緩和されることにより、温室効果ガスの排出量が低減され、地球環境の維持にも寄与する。 さらに、救急車等緊急車両の移動もスムーズになり、救命救急活動の迅速化に寄与する。 ■ 過疎地等の地方における自動走行車の活用により、地域交通の活性化や、自動走行に対応したパーソナルモビリティシステム等が普及し、地域住民の足が確保されるようになり、地域での生活が快適になるとともに、生活弱者等の社会参画を促進する。
<p>ロボット／ 小型無人機</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高齢者や自ら買い物等に出掛けることが出来ない人の代わりに買い物を行うこと等が可能なサービスロボットが実現することにより、生活弱者等も生活の利便性が向上する。 ■ 大幅な人手不足となる中で、生産・製造現場や店舗等において、人間とロボットの協働や無人化が実現し、労働生産性の向上等に寄与する。 ■ 介護サービス等の重労働で、労働力を確保するのが困難となっている領域において、従事者の活動を支援するサービスロボットが実現することで、従事者の過重な負担の軽減及びサービス利用者への満足度の高いサービスの提供が可能となる。 ■ 災害時等において、二次災害等の危険性から人が実際に作業を行うのが難しいような環境において、人の代わりに危険地域に入り込み、救助活動を行うことが可能となる。

III 公共・産業分野の先端 IoT システム（固定系 IoT）の推進方策

(1) 公共・産業分野の先端 IoT を実現する社会的、産業的重要性

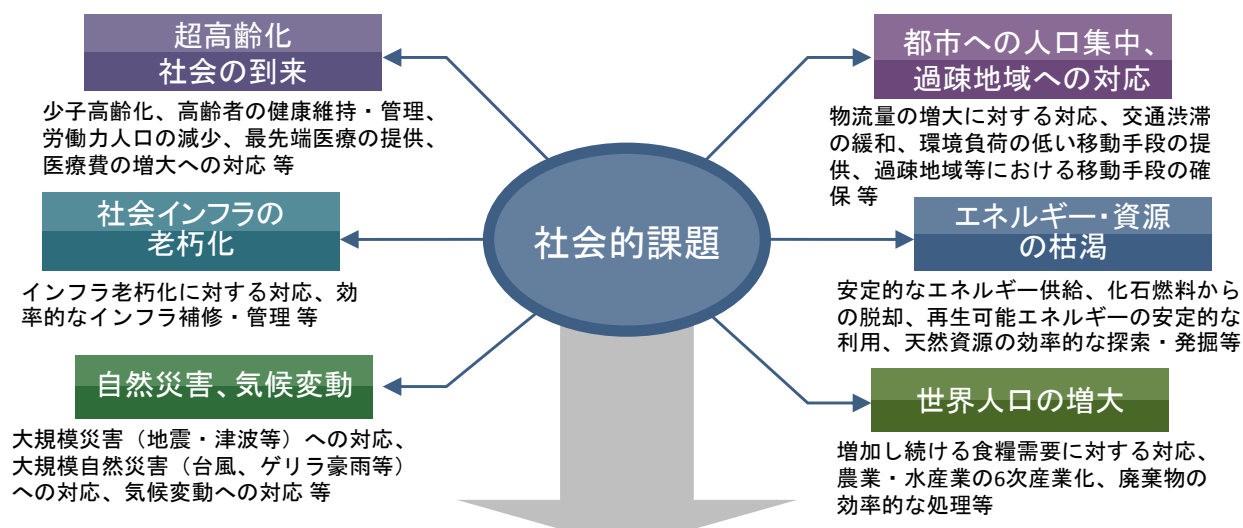
① 社会的的重要性

ファクトリーオートメーションの分野において、生産ラインを構成する製造設備をネットワークに接続し、IoT の導入により稼働状況を管理、制御することで、プロセス革新を図る取組が推進されているが、道路や橋梁、建築物といった巨大な社会インフラにも IoT の活用が期待されている。

近年、都市インフラを ICT で管理・制御することによって、防犯・防災、交通問題の解消、環境負荷低減、廃棄物処理といった多様な都市課題の解決を図る、スマートシティ構想が世界の主要国で強力に推進されている。IoT により社会インフラの運営・管理等をいかに高度化すべきかという観点から、収集されるビッグデータの解析や活用によって、社会全体のコスト削減や、住民の生活の質の向上といった具体的な効果につなげることが期待されている。

諸外国のスマートシティは人口の集中する中核都市に、IoT を導入することにより行政サービスや都市管理を最適化・高品質化することを目指すものが多い。我が国においても中核都市のスマート化は重要である。

一方で、我が国では、拡大する過疎地域における社会インフラをどのように維持・管理していくかということが大きな課題となっており、IoT を活用することにより社会インフラの維持・管理コストを低減し、最適な運用を実現することが求められている。



最先端のICTにより世界に先駆けて課題解決を図ることが重要

図表 III-1 最先端の ICT による社会課題解決

出所) 総務省 新たな情報通信技術戦略の在り方（平成 27 年 7 月 28 日中間答申）

② 産業的重要性

スマートシティにおいては、気象や環境情報、交通情報、防犯情報等、多様なデータが生み出されるが、それらを一括で集約し、オープン化することによってデータを活用した新たなサービス創出につなげ、地域の多様な需要の創出による関連産業の市場拡大や、地域イノベーションの促進につなげることも期待されている。

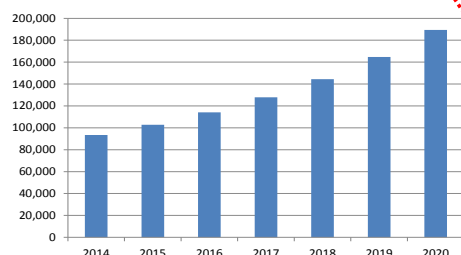
スマートシティ等の普及に伴い、2014年のIoT/M2M関連の国内の売上市場規模は9.3兆円であり、2019年には16.5兆円に達するものと予測されている。さらに、2020年においては売上市場規模が約19兆円になると試算されるが、その分野別の売上市場規模は図表 III-2 のとおりである。

また、世界においても、インターネットにつながるモノの数は、今後急速に増加すると予測されている。2013年時点では約158億個であり、2020年までに約530億個まで増大すると見込まれている。

このような状況の中でIoTは広範な産業分野に影響をもたらすものと予測されており、2025年までに世界GDPに対し年間最大11.1兆ドルの経済波及効果を持つとされている。(図表 III-3)

2014～2020年におけるIoT/M2M関連の売上市場規模

年	売上市場規模 (億円)	対前年比
2014	93,400	-
2015	102,800	10%
2016	114,000	11%
2017	128,000	12%
2018	144,000	13%
2019	165,000	14%
2020	189,000	15%



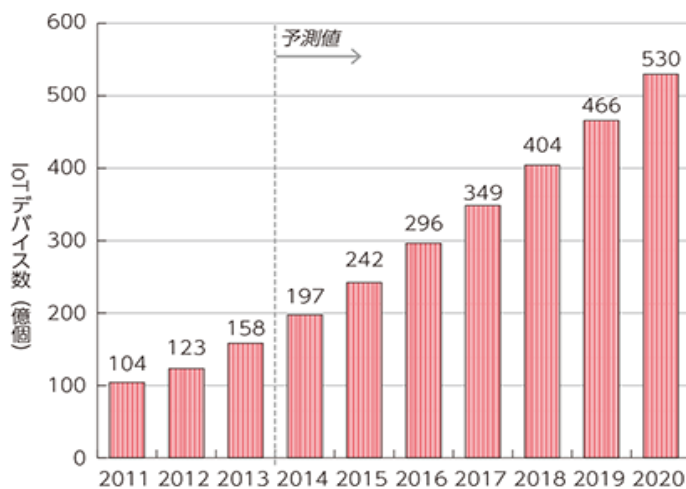
2020年における分野別のIoT/M2M関連の売上市場規模(試算)

分野	売上市場規模 (億円)	構成比
運輸・交通	12,000	6%
通信	9,320	5%
エネルギー	36,000	19%
公共(生活基盤)	12,000	6%
公共(国土保全・防災)	12,000	6%
農林水産	9,320	5%
製造	41,400	22%
流通	33,300	18%
金融	6,670	4%
その他サービス	17,300	9%
合計	189,000	100%

スマートホーム・スマートシティ関連事業分野の市場予測

図表 III-2 スマートホーム・スマートシティ関連事業分野の市場予測

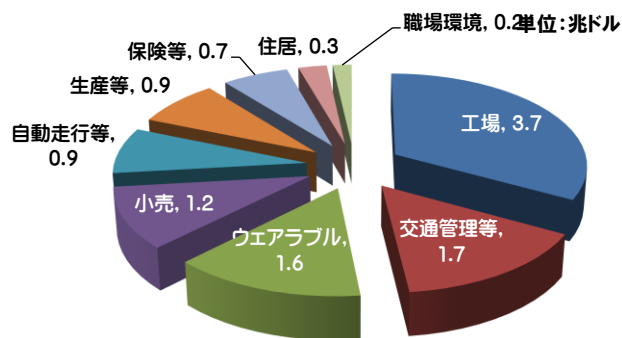
出所) IDC Japan 社の売上市場規模に基づき分野ごとの市場規模を NTT データ経営研究所にて試算



インターネットにつながるモノの数の推移・予測

出所) IHS Technology

2025年までに最大で年間11.1兆ドルの世界経済波及効果



IoTのマクロ経済への影響

出所) McKinsey Global Institute analysis 2015

図表 III-3 インターネットにつながるモノの数の推移・予測及び IoT のマクロ経済への影響

また、スマートファクトリー分野においては、IoT の導入による効率の向上で1%のコスト削減が行われれば、数百億ドル単位での運用コスト削減が見込まれている。例えば、航空業では約 300 億ドル、電力業界では約 660 億ドル、ヘルスケア産業では約 630 億ドル、鉄道業界では約 270 億ドル、石油・ガス業界では約 900 億ドルの削減効果があると推計されている (図表 III-4)。

What if... Potential Performance Gains in Key Sectors			
Industry	Segment	Type of Savings	Estimated Value Over 15 Years (Billion nominal US dollars)
Aviation	Commercial	1% Fuel Savings	\$30B
Power	Gas-fired Generation	1% Fuel Savings	\$66B
Healthcare	System-wide	1% Reduction in System Inefficiency	\$63B
Rail	Freight	1% Reduction in System Inefficiency	\$27B
Oil & Gas	Exploration & Development	1% Reduction in Capital Expenditures	\$90B

第4次産業革命による運用コスト削減(推計値)

図表 III-4 第4次産業革命による運用コスト削減(推計値)

出所) Evans and Annunziata 著「Industrial Internet: pushing the boundaries of minds and machines」(2012年11月)

(2) 公共・産業分野の先端IoTの実現に向けた技術開発の現状と動向

① ネットワークの通信方式・サービスの多様化

スマートシティやスマートファクトリーといった、固定系IoTでは、携帯電話(セルラー)網だけでなく、Wi-SUN(Wireless Smart Utility Network)、ZigBee、Wi-Fi等の非セルラー系の無線エリアネットワークからゲートウェイ経由でネットワークへ接続されるような形態でも利用される。また、特に道路や橋梁、巨大建築物といった社会インフラへのIoT実装に向けては、例えば、低コストでのオペレーションを実現するため、機能や用途を制限して、データ伝送速度は遅くとも、電池寿命が長く、長距離通信が可能なLPWA(Low Power Wide Area)通信と呼ばれるネットワーク技術の開発・展開が進んでいる。

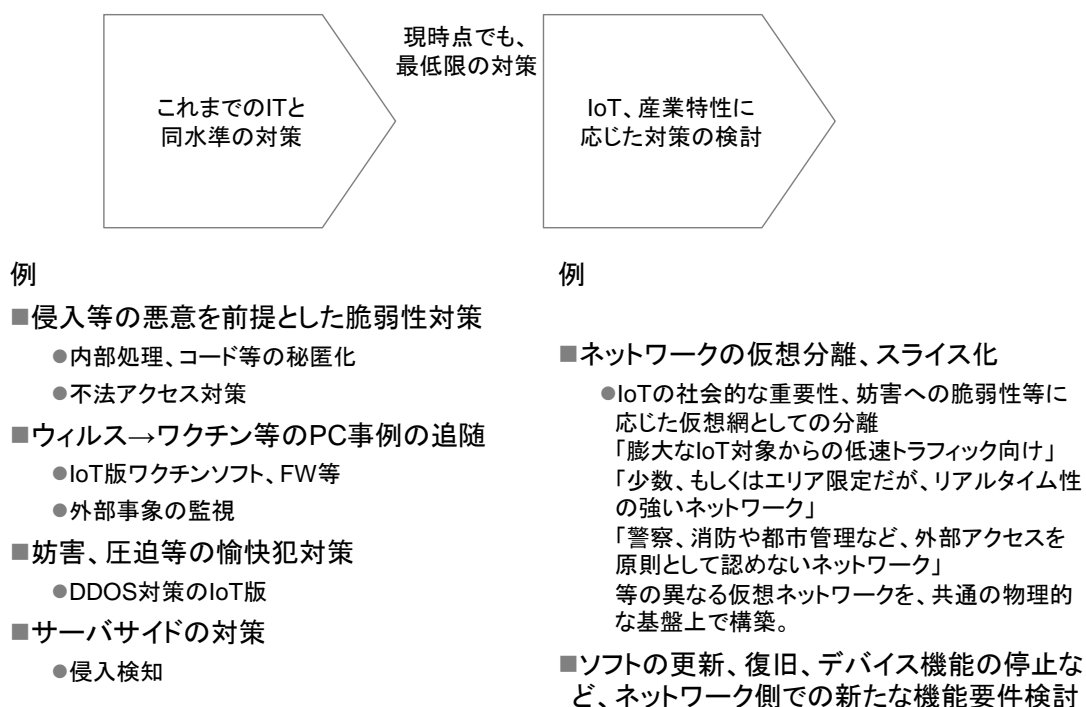
LPWA分野で世界展開を加速するフランスのSigfoxは、英国、フランス、ドイツ、スペイン等の18カ国に展開しており、全米で10都市、2016年には50都市でのサービス提供を計画している。また、欧州を中心に独自のLPWA規格を推進するLoRa Allianceは、約230社の会員企業が加入しており、電力・ガスといったユーティリティ分野で採用が始まっている。

我が国においても、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が開発した省電力でマルチホップ通信を可能とする通信方式が IEEE802.15.4e/g として国際標準化され、IEEE802.15.4g をベースとして標準規格認証団体（Wi-SUN アライアンス）が認証する規格である Wi-SUN の普及が進んでいる。Wi-SUN は国内の主要 10 大電力会社で採用され、8,000 万世帯・事業所に普及する見込みである。

その一方で、携帯電話事業者も同様の特徴を持つ通信規格（Cat-M、NB-IoT）を策定し、3GPP（3rd Generation Partnership Project）での標準化を推進するなど、広域で低価格な IoT ネットワークの技術は規格が乱立している。

また、スマートシティにおいては、警察の防犯用監視カメラソリューションのように高いセキュリティが求められるアプリケーションや、高齢者のバイタルデータの見守りのようにリアルタイム性が求められるもの、また、大気や気温のモニタリングのように漏洩や遅延によるリスクが比較的小さく、運用コストを抑えることが優先されるものなど、要求される条件の異なる通信が発生する。それぞれに専用のネットワークを割り振ることは効率的ではなく、SDN（Software Defined Network）のようにソフトウェアベースで通信を切り分け、それぞれに要求条件を設定する技術の実用化に向けた開発の加速が求められる。

想定される対策



図表 III-5 スマートシティの実現に対して今後想定される対策

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第3回) 野村総合研究所報告資料

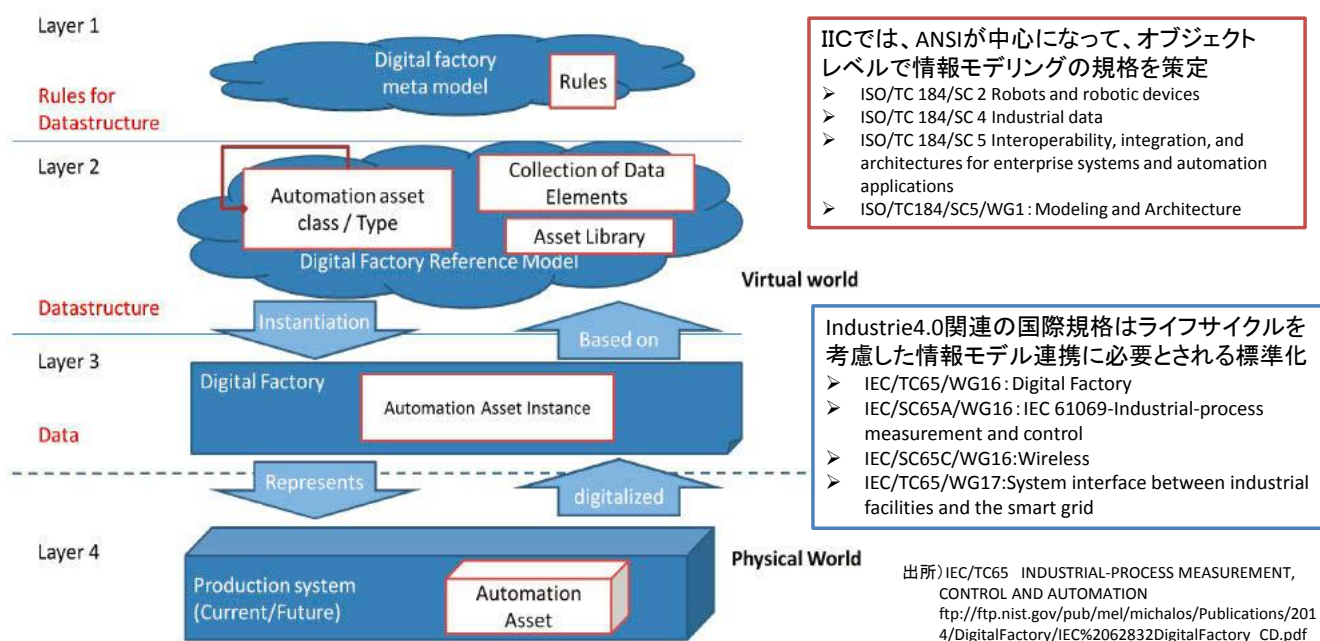
② 共通プラットフォームの構築

Industrie4.0 では、ファクトリーオートメーションにおける機器間の通信の規格化のみならず、生産管理システム全体に渡り、どのような標準・規格等が必要になるかコンセンサス形成を図るべく、装置・製品のライフサイクル、生産管理サイクルに加え、ビジネス・情報・通信・資産等の階層で3次元的に整理した参照アーキテクチャ (RAMI 4.0) を策定している。他方、IICでは自らの技術仕様は作らず、分野横断を前提に、テストベッドによる様々なユースケースの実証実験を中心に活動しているが、相互運用性やコスト・開発期間の効率化の観点から、アーキテクチャの構成要素や相互の関連性等を体系化した参照アーキテクチャ (IIRA) も策定している。Industrie4.0 と IIC はスマートファクトリーのモデリングやネットワークセキュリティの国際規格策定で連携している。

また、日、米、欧、中、韓、印の標準化団体8団体 (ARIB、ATIS、CCSA、ETSI、TIA、TTA、TTC 及び TSDSI) により組織された oneM2M においては、IoT の各利用分野で行われてきたデバイス管理やデータ収集・利用につい

て、統合して行える共通プラットフォームに関する標準化を推進している。また、W3Cでは、汎用性の高いWeb技術を利用したデバイス制御技術(WoT)に関する標準化を推進している。

このように、業界やバリューチェーンを超えた、標準化に係る取組が各地で推進されており、今後、分野横断的な共通プラットフォームの構築による新たな市場創出やエコシステム構築に向けて、主要な標準化機関・団体や推進団体による国際標準化の競争が激化することが予想される。



Industry4.0におけるスマートファクトリーのデータレイヤーモデル

図表 III-6 欧米によるスマートファクトリーの標準化

③ サイバー攻撃のリスクと社会受容性

IoT やビッグデータ、AI が本格的に普及する時代においては、あらゆる機器がネットワークに接続されることから、サイバー攻撃のリスクが深刻化することが予想される。

IICでは、ユースケースの分析、アーキテクチャの策定等に加え、ソリューションモデルを構築したベンダ主導による様々なテストプロジェクトや実装プロジェクトを通じて、IoT導入の利便性とサイバー攻撃のリスクを検証している。また、GCTCに参加するUS Igniteの実証プロジェクトにおいては、都市から発生する大小様々なデータに価値を見出し、IoTデータの視覚化、管理プラットフォームの商用化やグローバル展開を行う先進的な事例も生まれており、利便性とリスクのバランスについては海外の推進団体の取組から学ぶべき点も多いと考えられる。

(3) 公共・産業分野の先端 IoT の実現に向けた課題と推進方策

① ネットワーク（同時多数接続、柔軟性）の高度化

i) エリアネットワーク

本格的な IoT 時代を支える基盤となるネットワーク環境については、今後、多種多様な IoT サービスの実現が期待される中で、ネットワークに求められる要求条件がサービス毎に異なるため、様々な通信方式が必要となってくる。

特に、公共・産業の様々な分野におけるサービスにおいて多種多様な情報収集を行う場合、これまでは、エリアネットワークでの情報収集の手段として携帯電話事業者が提供するセルラー網が中心的な役割を果たしてきたが、収集する情報の多様性が求められ、センサー等のデバイスの同時多接続性が要求される中で、低レート通信速度ではあるが、電池の長寿命化や広範囲をカバーする通信技術の活用が求められる。

エリアネットワークにおけるこうした通信技術は、Wi-Fi や Wi-SUN を代表として、免許不要の形態で利用されることも多く、ネットワーク全体の運用・管理を適切に行うための研究開発を推進する必要がある。

【具体的な技術開発課題】

⇒ エリアネットワーク内の超多接続環境における周波数有効利用や故障検出を可能とするネットワーク運用・管理技術の開発

ii) コアネットワーク

エリアネットワークが接続するコアネットワークについては、多様なサービス形態に対応するために柔軟なネットワーク構成が必要であり、加えて、エリアネットワークで収集された膨大な情報がコアネットワーク上を流通し、適時適切に分析・処理を行う必要がある。物理的なネットワークが対処できる能力を超えて、多様なサービスへの対応や膨大な情報の処理が必要となっている中で、ネットワーク仮想化技術を活用したネットワークソフト化やコアネットワークに送り込まれる膨大な情報を分散処理するエッジコンピューティング技術が必要となっている。

【具体的な技術開発課題】

⇒ 柔軟なネットワーク構成を可能とする SDN/NFV によるネットワーク仮想化技術の高度化やネットワークの負荷軽減を可能とするエッジコンピューティングによる分散処理技術の開発

また、エリアネットワークでの通信方式・サービスの多様化や、コアネットワークのソフト化の進展など、IoT の爆発的な増加に対応するため、ネットワーク毎に求められる状況や要件に応じて、ネットワーク仮想化やエッジコンピューティングの機能を最大限に活用することにより、有無線一体でネットワークを最適制御することが必要である。

【具体的な技術開発課題】

⇒ IoT の爆発的な増加に対応するために有無線一体で周波数を含めたネットワーク資源を最適制御可能な統合基盤技術の開発

iii) ネットワーク技術の検証環境

ネットワーク技術に関する研究開発を推進する上では、実際のネットワークに即した環境下における技術実証が必要不可欠である。特に、膨大な IoT 機器が接続されるネットワーク環境が今後想定される中で、こうした IoT 機器やネットワークがどのような条件下でどのような挙動を示すかについてネットワークの運用・管理の観点からの的確に把握することが求められる。

【具体的な推進方策】

⇒ 様々な IoT 利用ニーズと多種多様な無線規格の IoT 機器により構成されるエリアネットワーク／コアネットワークに対応した最適なネットワーク制御技術の検証を行うため、きめ細かなパラメータ設定等が可能な超高機能なオープンテストベッド環境の構築

② プラットフォームの構築

i) 分野横断的なコンセンサス形成

IoT による多様な分野の価値創造には、データを横展開できることが重要であり、垂直統合から水平展開に移行出来るかがポイントとなる。

欧米においては、各産業分野における生産性の向上や分野横断での連携を見据えたテストベッドによる実証実験に取り組んでおり、こうした取組を通じてデータ共有による価値の創出や新たなサービスの創出を目指している。

平成 27 年 10 月 23 日には、IoT に関する産学官連携の推進体制である「IoT 推進コンソーシアム」が設立され、同コンソーシアムのもとに設置された「スマート IoT 推進フォーラム (技術開発 WG)」において、IoT 関連技術の開発・実証・標準化を推進している。こうした推進体制を最大限活用し、まずは分野横断での実証実験等を通じて、新たなプラットフォームの構築に向けたデ

ータ流通の試行、データの公表範囲等のコンセンサス形成を図ることが必要である。

【具体的な推進方策】

⇒ 「スマート IoT 推進フォーラム」を核とした分野横断の連携体制の構築に向け、農業、都市・交通、ヘルスケア等の新たな利用分野を中心に、業際マッチングイベントを実施し、オープン化すべきデータの見極めや異業種間のデータ流通の重要性について理解を深めるとともに、実証実験等を通じて新たなプラットフォームの構築に向けたデータ流通の試行、データの公表範囲等のコンセンサス形成を推進

ii) 共通プラットフォームの構築に向けた技術開発・標準化の推進

今後の本格的な IoT の進展により期待される新たな市場領域の獲得を目指して、各利用分野で収集されているデータを共有するため、分野横断的に活用可能なプラットフォームの構築に向けて、インターフェースの標準化が必要となってくる。

様々な標準規格による通信が混在している中で、Web インターフェースの標準化活動が精力的に進められているが、IT 業界と利活用業界が連携して、このような汎用性の高いインターフェースによりプラットフォームを活用したデバイス制御や管理を実現する必要がある。

【具体的な技術開発課題】

⇒ 分野横断的なプラットフォームの構築に向けて、スマートホーム等の先行的な取組を踏まえ、汎用性の高い Web インターフェースによるデバイス管理・制御の共通化等の技術開発及びその国際標準化を推進

③ セキュリティ等の高信頼性と社会受容性の確保

i) IoT の社会受容性を高めるための技術開発・標準化及び技術実証・社会実証の推進

IoT/BD/AI 時代には、これまでサイバー空間の問題と捉えられていたネットワークセキュリティは、現実社会へと大きな影響を及ぼすことから、高信頼なネットワーク環境を構築することが IoT の社会受容性を高める上で非常に重要な課題となってくる。

セキュリティの確保に留意しつつ、IoT の利便性を社会に提示していく観点からは、様々な IoT 機器から収集されたデータを分野横断的に利用するためのデータの取り扱い方法やそのために必要な技術開発・標準化の推進、技術

実証・社会実証を通じて IoT の社会受容性を高めることが重要である。例えば、スマートホーム分野では、「大規模 HEMS 情報基盤整備事業」において、各家庭の電力データを一元的にクラウド管理する情報基盤システムを構築し、個人情報プライバシーに配慮した形で利用する制御技術（Privacy Policy Manager）を活用することにより、電力データの利活用環境について検討を実施した。また、分野横断的にデータを活用した新たなサービスを実現するために、情報を提供する消費者のサービスに対する信頼性を高める技術の確立が必要である。

【具体的な技術開発課題】

⇒ 多種多様な IoT データを汎用的に利用可能なデータに加工し蓄積可能な IoT データプール構築技術や、それらデータの高信頼な流通の履歴管理保証技術等、社会受容性を高めるための技術開発・標準化及び技術実証・社会実証を推進

ii) 国際共同研究プロジェクト等の推進

我が国がグローバル展開を目指す IoT 関連技術については、日 EU において 5 G を巡る戦略的協力に関する共同宣言を行い、欧州と共同研究開発プロジェクトの準備を進めているが、今後は国際標準獲得に向けた競争が激しくなることも想定されることから、欧米等との国際共同研究を一層強化することが必要である。

【具体的な推進方策】

⇒ IoT を先導する海外の推進団体の活動や様々な実証プロジェクトの状況を共有し、国際標準化連携を図るため、「スマート IoT 推進フォーラム」を核に、欧米の推進団体等との国際共同研究プロジェクトを強化

さらに、先進的かつ具体的な社会実証の取組などを通じて国民に分かりやすい形で IoT の実現イメージを提示していくことが必要である。

国内では、ビーコンやカメラ映像による人流情報やセンサーによる気象情報を集約・解析し、こうしたデータ連携の結果を情報端末に配信し、自治体の防災計画や都市計画、サービスの提供の参考とする実証実験が実施されている。

今後膨大なセンサーが社会のあらゆる場所に設置されることが予想される中で、例えば、こうしたセンサーから得た人の移動状況や気象データ等の情報を収集し、統合的に分析することにより、交通システム等の社会システム

の効率的な稼働や新たなビジネスの可能性を提示するなど、IoT データ活用の便益を国民に分かりやすく説明できるようなデータの有効活用に係るプロジェクトを推進することが重要である。

IV 自律型モビリティ分野の先端 IoT システム（移動系 IoT）の推進方策

(1) 自律型モビリティシステムを実現する社会的、産業的重要性

① 社会的的重要性

我が国における自動車の保有台数は 8,000 万台に到達しており、自動車は国民に幅広く普及した移動手段であり、便利かつ迅速に移動可能な社会インフラとして重要な役割を果たしている。一方で、交通事故は減少傾向にあるとはいえ、年間約 50 万件発生／死亡者約 4 千人を超える規模で発生しているとともに、交通渋滞の発生により、日本全体で年間約 50 億時間もの損失が発生しているという試算がなされるなど、その社会的・経済的損失も甚大なものとなっている。

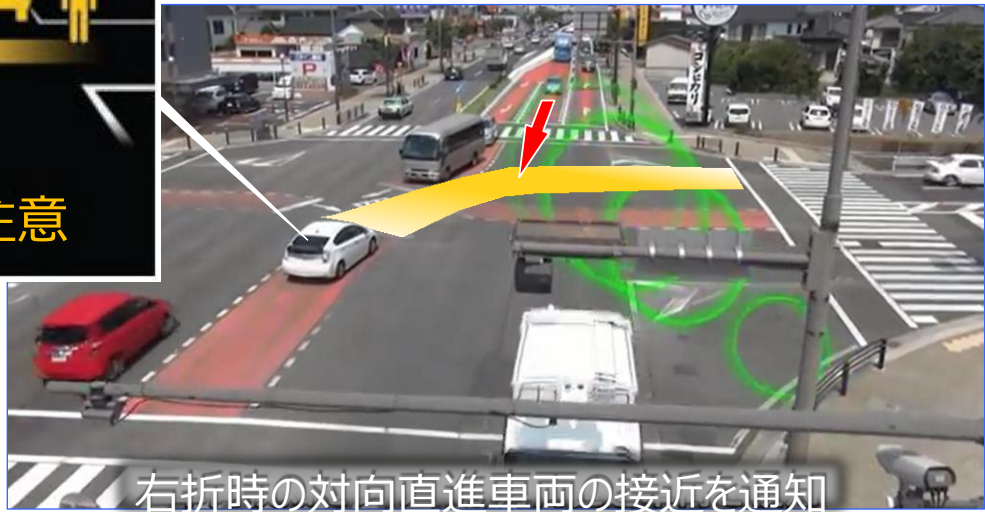
また、自動車は広く普及した移動手段である一方で、過疎地等で地域住民の足となっている地域公共交通は減少しつつあり、地方における輸送能力が 11 年間で 25%（平成 12 年度～平成 23 年度、バスの場合）低下しているという事実も存在する。こうした結果、地方に買い物等の移動困難者が増加するなど、様々な社会的課題を引き起こす要因の一つとなっている。

このような課題を解決することで新たな価値創出の土壌を醸成するための重要な技術として自律型モビリティシステムが期待されている。

現在		自律型モビリティが実現された社会
多発する交通事故による人的損失	▶	日々の安全・安心の向上
深刻化する交通渋滞による社会的・経済的損失	▶	移動効率の向上による流通等の迅速化、経済活動の活性化
地域経済等の疲弊による地域公共交通の衰退	▶	地域移動手段の提供による地域住民のQoL向上
移動支援手段の欠如に起因する引きこもり等の発生	▶	パーソナルモビリティや車イス等の自動走行実現による高齢者等の社会参加

図表 IV-1 自律型モビリティの実現による社会課題の解決（例）

例えば、自律型モビリティシステムが実現することで、交通事故や交通渋滞が低減することが期待され、それにより貴重な人命の損失を軽減するとともに、移動効率が向上し、流通等の経済活動が活性化することが期待できる。



右折時の対向直進車両の接近を通知

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第2回) プレゼンテーション資料 (トヨタ自動車株)

図表 IV-2 自動走行車による交通事故回避 (イメージ)

<渋滞緩和・快適走行>

ほぼ遅れのない追従走行の実現

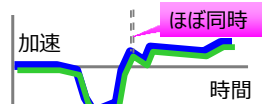


出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第2回) プレゼンテーション資料 (トヨタ自動車株)

図表 IV-3 自動走行車による交通渋滞緩和 (イメージ)

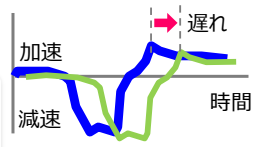
走行時の加減速イメージ

通信利用型：
同時加減速走行



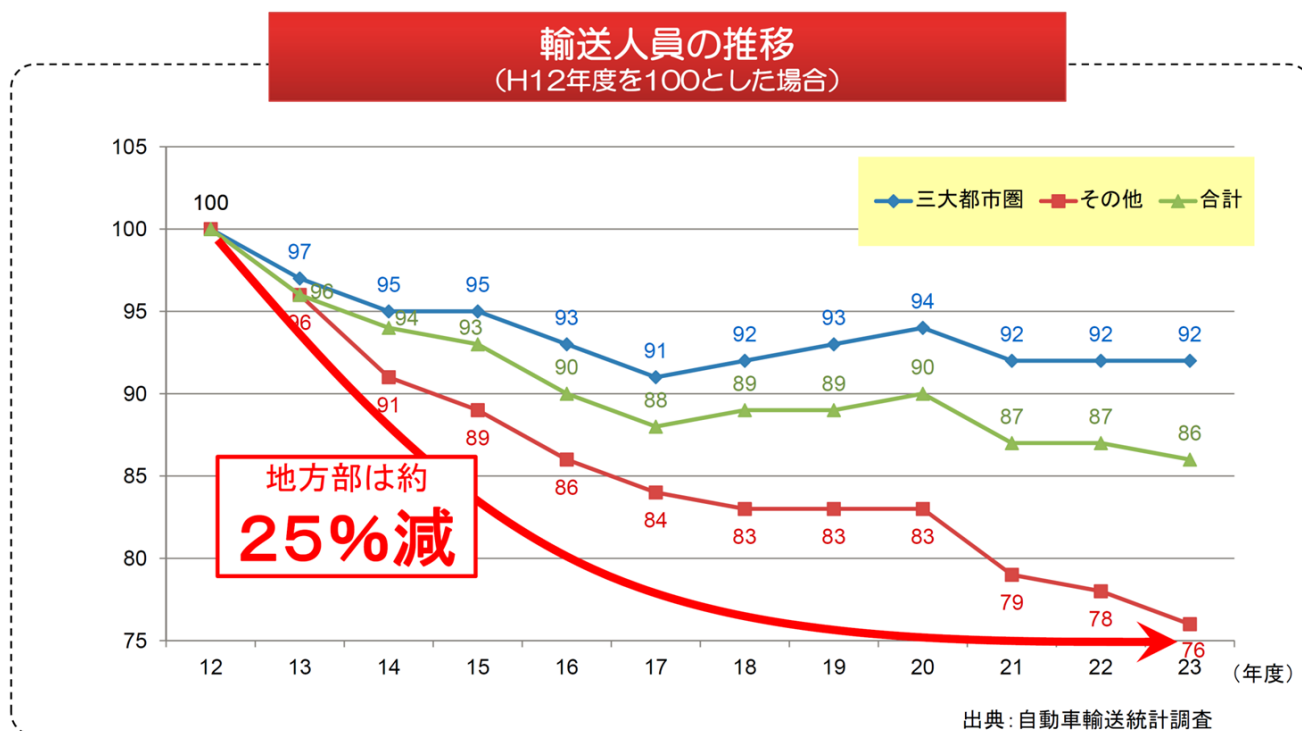
従来：レーダークルーズ
コントロールのみ

— 先行車
— 後続車



また、地方公共交通の減少に関しても、自律型モビリティシステムを実現することで、今までより低コストで新たな公共交通手段を提供することが可能となり、住民が地域で生活するための移動手段を確保できるようになる。

これにより、地域住民が、過疎地域であろうと生まれ育った地域で安心して継続して暮らせるような利便性の確保が期待できる。



図表 IV-4 地域公共交通手段の減衰（バス交通の例）

出所) 国土交通省「地域公共交通の現状等について」（平成 25 年 9 月 11 日）³

自動車以外にも、ロボットや小型無人機等の自律型モビリティシステムを実現することにより、現在は一人で外出するのが困難な者（生活弱者）が一人で外出可能となったり、そうした人達が必要とするモノをオンデマンドに無人配送したりすることも可能となり、地域住民の利便性の向上が期待できる。

さらに、例えば、少子高齢化社会及びそれに伴う労働人口の減少に直面する我が国においては、医療・福祉、介護における重労働の現場における代替労働力としての活用や、担い手の高齢化等の問題を抱えている林業等での効

³ <http://www.mlit.go.jp/common/001011383.pdf>

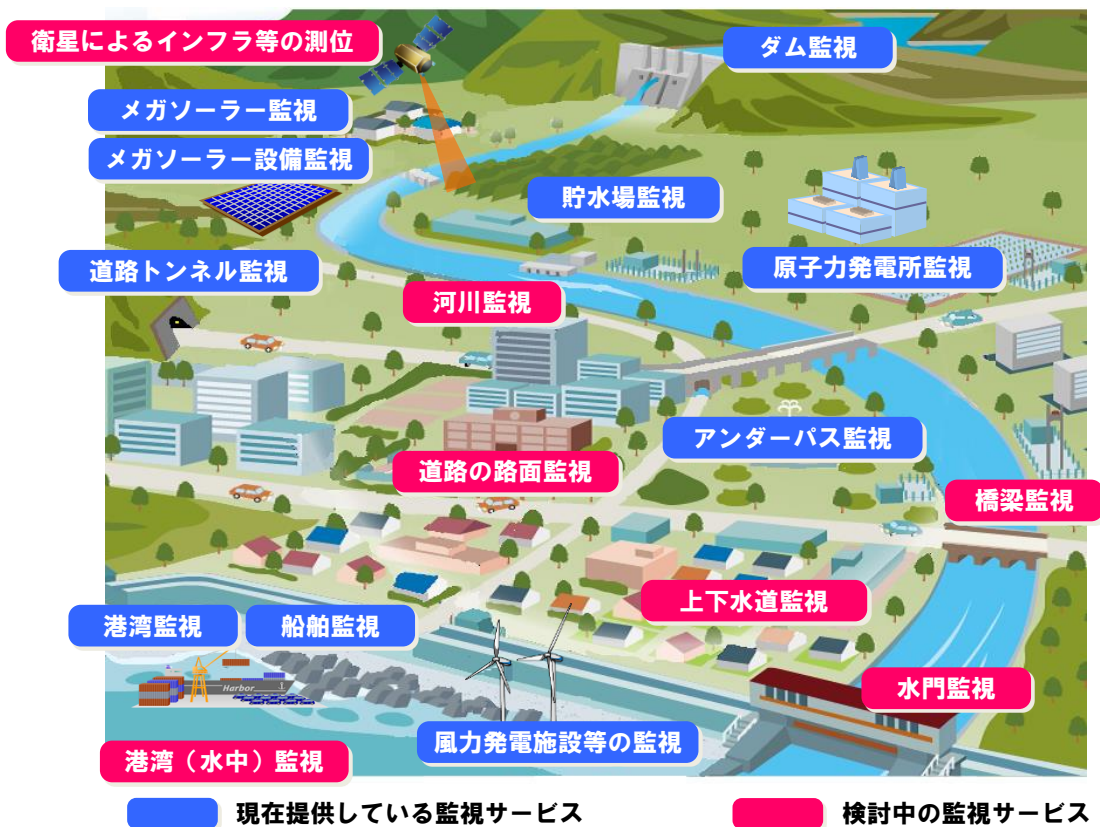
率的な資源管理、利用されなくなった休耕地にロボット／小型無人機等を導入することによる農業の活性化等が期待できる。



図表 IV-5 ロボットの社会実装による様々な産業への波及

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 2 回) プレゼンテーション資料 (パナソニック(株))

また、道路や橋梁といった膨大な社会インフラの老朽化問題についても、社会インフラの監視・管理、具体的には道路、橋梁等の老朽化診断や故障箇所の発見等にロボットや小型無人機を活用することで、作業員の安全を確保しつつ、より高度で緻密なインフラ管理を行うことが可能となる。



図表 IV-6 ロボット／小型無人機を活用した社会インフラの管理（イメージ）

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 2 回) プレゼンテーション資料 (総合警備保障棟)

さらには、近年頻発する各種災害への適用も期待できる。例えば、災害時等において、人が現地に入って観測することが困難な危険地域に行つての情報収集や、発災直後の混乱期等における迅速な災害復旧支援等に活用することができる。



図表 IV-7 ロボット／小型無人機を活用した災害対策（イメージ）

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 2 回) プレゼンテーション資料 (総合警備保障棟)

② 産業的重要性

自動車産業は裾野の広い産業であり、製造品出荷額は 50 兆円を超え、関連産業の就業人口も 500 万人を超える。

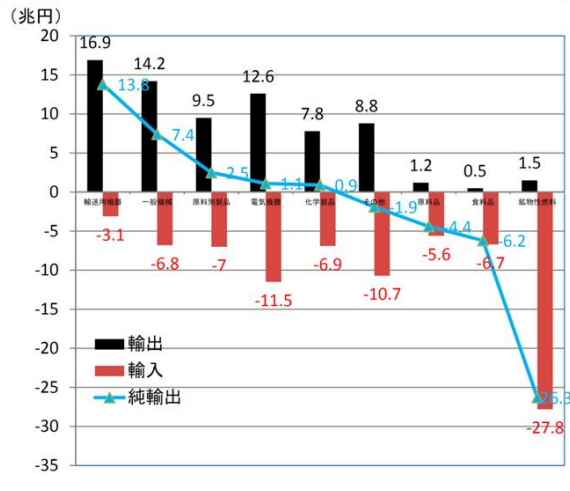
自律型モビリティシステムの実現に向けた取組が国内外で活発に行われている中、我が国の経済活動において最も重要な産業の一つである自動車産業において、その国際競争力を維持・向上するためには、自律型モビリティシステムを世界に先駆けて実現していくことが重要である。

ロボットや小型無人機といった自動車以外の自律型モビリティシステムについても、前述のとおり、近年急速に実証的検証が産学官で進められている状況であり、自律型モビリティシステムが共通的に活用可能なプラットフォームは可能な限り一本化しつつ、それぞれのサービス要件に応じた柔軟な通信環境等を提供できるプラットフォームを実現していくことが重要である。

裾野の広い自動車産業



自動車産業は貿易収支の稼ぎ頭



出典：総務省「平成17年(2005年)産業連関表」

図表 IV-8 日本の自動車産業の現状

出所) 経済産業省「自動車産業を巡る構造変化とその対応について」(平成27年7月22日)⁴

【社会的意義】

道路交通における安全・安心の確保

- 日本の交通事故死者数
2014年 4,113人
→ 2018年目途 2,500人以下に(目標)
- 世界の主要死亡原因(WHO調査)
交通事故死は、2015年 第9位(124万人)
↓
2030年 第7位(360万人)
- 交通事故の約9割がドライバーの運転ミス
(正確な'自動運転'で、大部分が回避可能)
- 2030年までに「世界一安全で円滑な道路交通社会」を構築(官民ITS構想・ロードマップ2015)

高齢者等の移動支援、地方の活性化

- 高齢者、交通制約者に優しい先進的な公共交通システム等の実現
- 地方におけるドライバー不足への対応等

【産業的意義】

自動車産業の競争力強化

安全性向上・商品力アップ

関連産業の市場拡大・創出

通信機器

車載センサー(カメラ、レーダー等)

車や人の位置、信号情報など

渋滞、事故情報

工事、規制情報

構造物、車線情報

ダイナミックマップ(階層構造のデジタル地図)

次世代都市交通システム
(2020年東京オリンピック・パラリンピック 東京都心~臨海部)

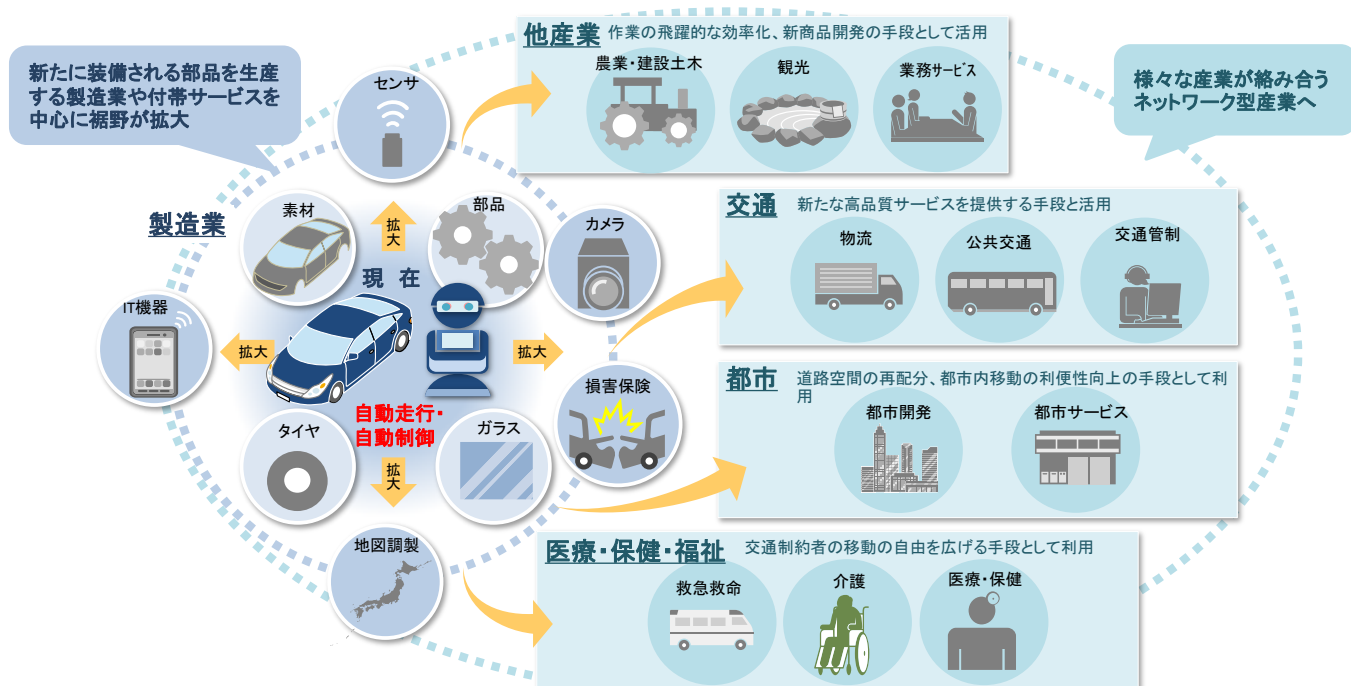
地域交通マネジメント

図表 IV-9 自律型モビリティシステム実現に対する社会的要請(自動走行の例)

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 (第7回) 「自動走行システムの取組について」

⁴ <http://about.bloomberg.co.jp/content/uploads/sites/5/2015/07/METI.pdf>

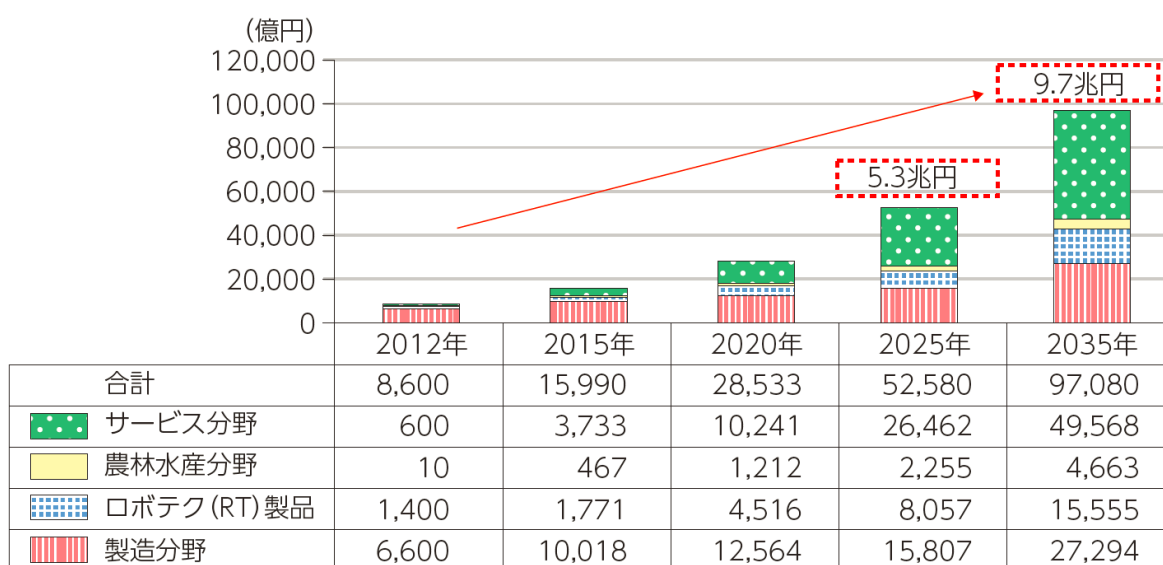
自律型モビリティシステムを社会実装していく過程及びそれが実現された社会においては、自動車やロボットといった特定の産業に留まらず、様々な応用領域産業への波及が期待される。具体的には、自動制御・自動走行の技術が新たに装備されるようになることにより、製造業を中心に関連産業の裾野が広がるとともに、センサー等の部品を通じて収集されるデータを用いた新たなサービスが創出されることが期待される。



図表 IV-10 自律型モビリティシステムの社会実装による様々な産業への波及

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 1 回) プレゼンテーション資料 (㈱三菱総合研究所) より作成

例えば、我が国のロボット産業は、2025年には5.3兆円、2035年には9.7兆円（2015年は1.5兆円程度）規模にまで拡大すると予測されているが、IoT/BD/AI時代においては付加価値の源泉がネットワークの向こう側（ソフトウェア）に移行しつつある現状を鑑みれば、自動車、ロボット、小型無人機等の自律型モビリティシステムを実現するにあたって、その根幹となる先端的な通信プラットフォームを早期に構築し、その普及展開を図ることが重要である。それにより、機器製造にとどまらずプラットフォームやサービスの提供者としての地位を確立することが極めて重要である。



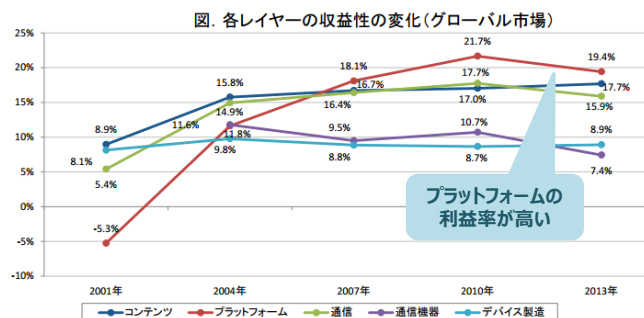
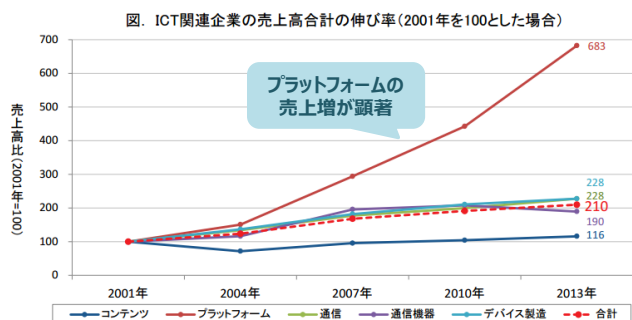
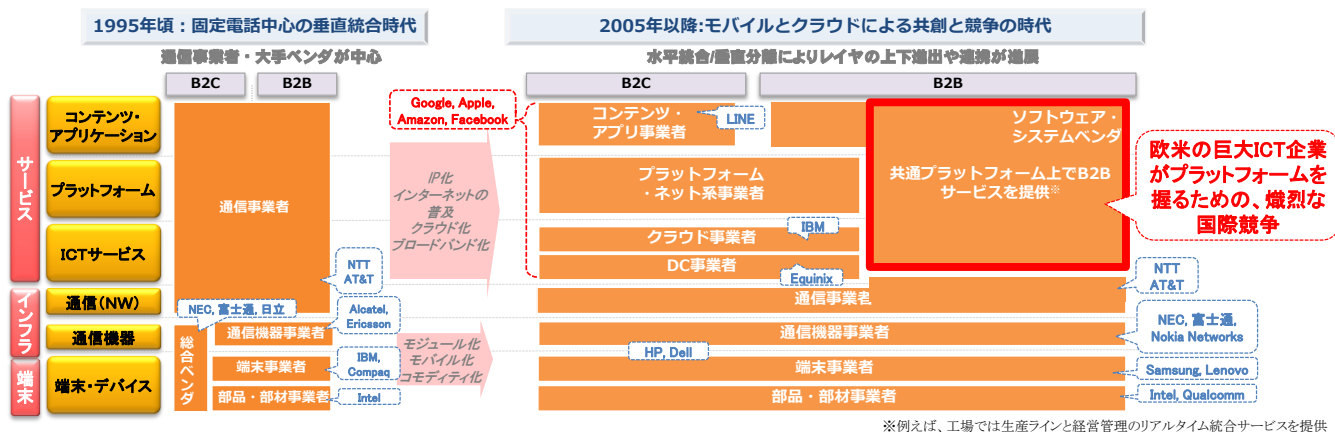
※2012年は足下推計値。2015～2035年の推計は平成22年度ロボット産業将来市場調査(経済産業省・NEDO)による。

図表 IV-11 2035年に向けたロボット産業の将来市場予測

出所) 総務省「平成27年情報通信白書」⁵

⁵ <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc241330.html>

また、自律型モビリティシステムの共通的な通信プラットフォームは様々な産業分野に適用されていく可能性があり、同プラットフォームを世界に先駆けて構築することが我が国の ICT 関連産業（通信、情報処理、IoT 産業等）全体の国際競争力向上に資すると考えられる。



図表 IV-12 産業分野の通信制御 PF 等の上位レイヤー確保に向けた国際競争

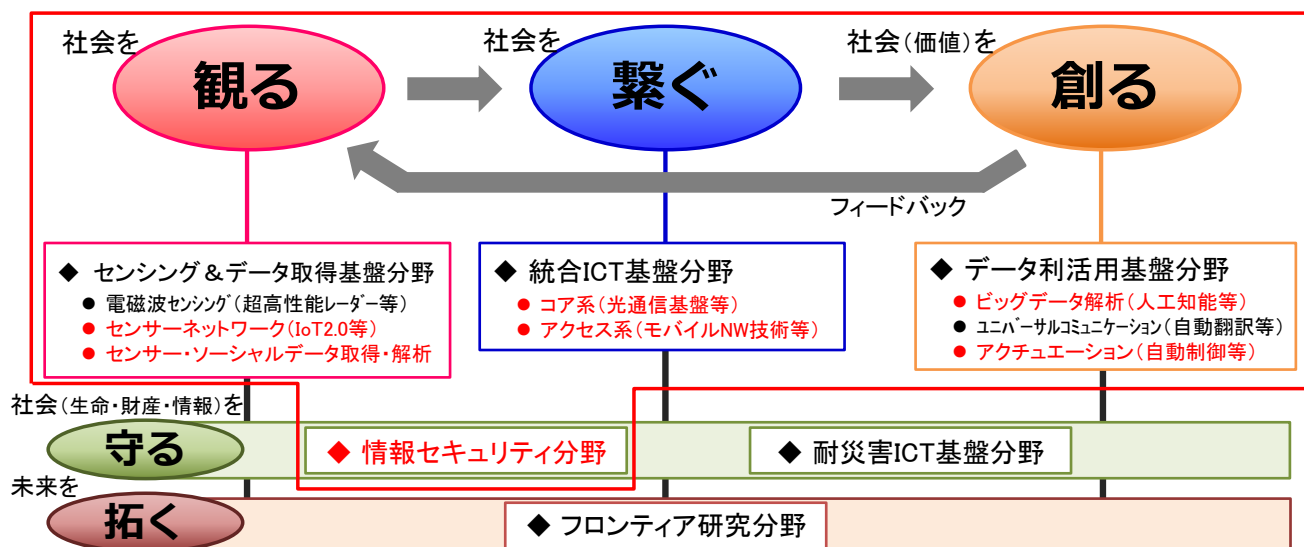
出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第1回) プレゼンテーション資料 (㈱三菱総合研究所)

(2) 自律型モビリティシステムの実現に向けた技術開発の現状と動向

自動走行技術や自動制御技術等、自動走行を実現するための研究開発は、国内外において産業界、政府により積極的に進められているところである。現在、既に研究開発されている自動走行技術の一部は、主要な自動車会社において、2020年頃を目処に商用展開が計画されている。

こうした状況を踏まえると、我が国においても、2020年までの実用化を見据えつつ、前述の課題解決に資するような研究開発を進めていくことが重要である。

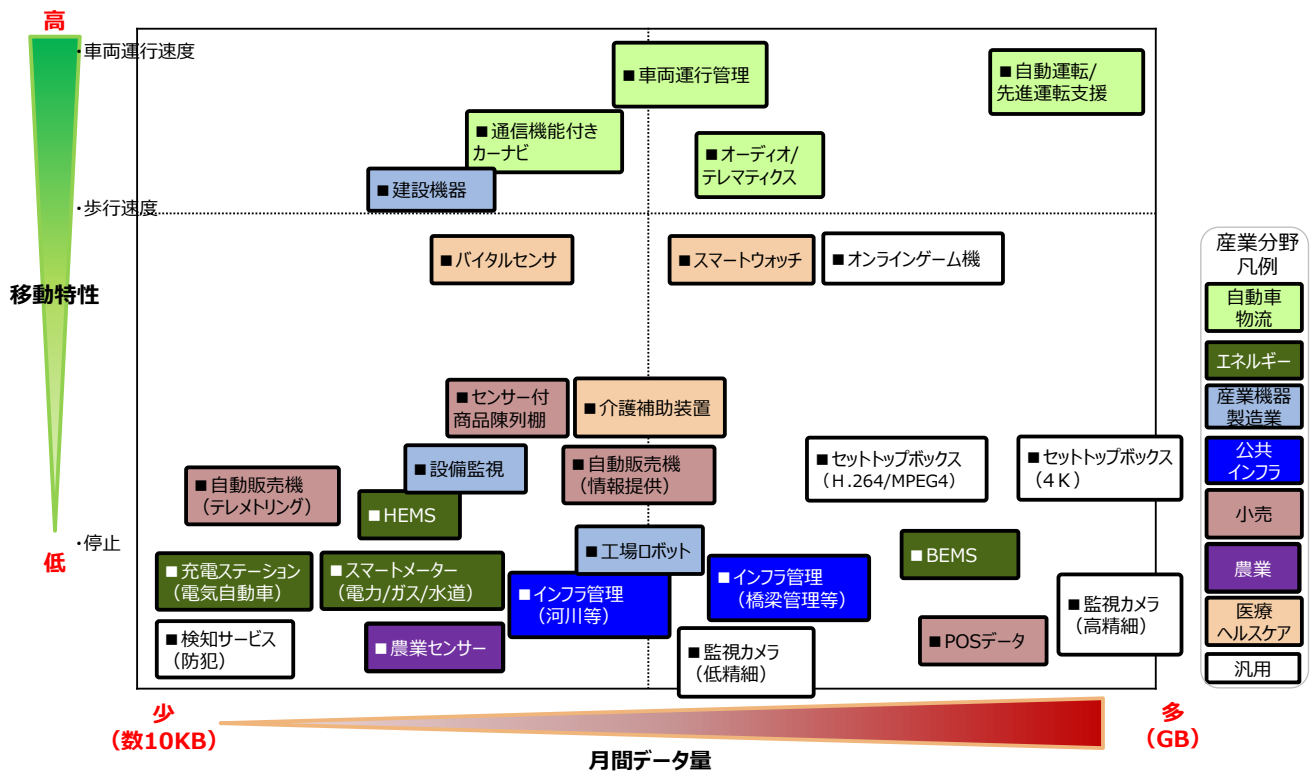
未来社会を開拓する世界最先端のICT



図表 IV-13 自律型モビリティシステムの実現に向けて
検討する必要がある技術領域

① ネットワーク（超高速・低遅延・高効率）の高度化

我が国は、これまでも光ファイバや無線によるブロードバンド環境の整備を推進し、世界最高水準の超高速ブロードバンド環境を実現している。一方で、本格的な IoT/BD/AI 時代には、これまで推進してきたコアネットワークの大容量化に加えて、情報伝送のリアルタイム性や膨大な数の機器の同時接続への対応など、ネットワークに求められる要件も、更に高度なものとなると考えられる。特に、移動系 IoT の行動制御といった高度な機能を実現するためには、自動車やロボット等の移動系機器から高精度かつリアルタイムに情報を収集し、収集された膨大な情報を迅速に処理し、処理された情報等の活用により機器の高精度な制御を実現することが必要である。



図表 IV-14 通信容量／移動性等を考慮した適材適所なネットワーク技術の必要性

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第 2 回) プレゼンテーション資料 (株NTT ドコモ)

② プラットフォームの構築

これまで、情報連携や機器の制御等を行うプラットフォームの構築は、サービスや業態毎にそれぞれ進められてきているところである。一方で、本格的な IoT/BD/AI 時代には、機器やサービスの枠を超えた新たな価値やサービスを創造するために、異なるプラットフォーム間での情報の連携や共有が重要となる。

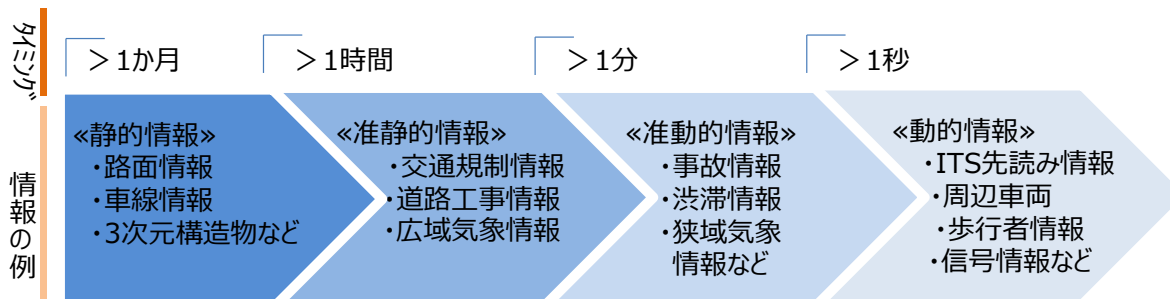
複数のプラットフォームの連携を実現させるためには、多種多様な機器を協調して制御するとともに、仕様の異なる機器が相互接続し、運用性を確保することが必要である。

特に、移動系サービスでは、自身の正確な位置情報とそれに基づく制御を行うことが重要であることから、自身の正確な位置情報を把握するため、高度な地図データに基づく情報等の活用が必須である。このため、現在、産学官の連携で進められている高度地図データベース（ダイナミックマップ）の活用に向けて、情報の効率的かつ効果的な伝送に必要な研究開発等を進めることが必要である。この際、移動系 IoT においても、自動車やロボット、小

型無人機といった分野・サービス毎に、ネットワークやプラットフォームに求められる通信要件（伝送遅延、伝送速度、同時接続性、移動速度等）は異なることが想定されることから、異なる多様な要件に対応できるネットワーク・プラットフォームを実現することが重要である。

	これまで(カーナビの例)	これから(ダイナミックマップ)
地図情報	人の運転に対して提供する情報 ・カーナビ地図更新データ ・駐車場満空情報 ・VICs情報 など	自動走行など車等が直接利用する情報も含む ・車線状況など大容量の地図基盤データ ・信号の色、歩行者・緊急車両接近・路面状況など幅広く変化がある情報など

ダイナミックマップで扱われる情報の種類とタイミング(例)



データ量、必要なタイミング、許容遅延、確実性など様々な観点から、使用する無線アクセス手段等を決める必要あり。

図表 IV-15 情報の更新頻度等を踏まえた情報配信技術の必要性

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第2回) プレゼンテーション資料 (㈱NTT ドコモ)

③ 高信頼性・セキュリティの確保

これまで、ネットワークに対する様々なセキュリティ対策が取られてきたところであるが、本格的な IoT/BD/AI 時代では、多種多様な機器がネットワークに接続し、サイバー空間で処理された情報に基づき現実社会のシステムが制御されることから、セキュリティ対策が現実社会の安全性に直結するようになると思われる。

また、従来、ネットワークに接続されていなかったような機器までもが、ネットワークに接続されるようになるという前提で、従来のようなソフトウェア上でのセキュリティ対策にとどまらず、ハードウェアを含めたシステムワイドなセキュリティ対策を行うことが重要である。

一方で、ネットワークにつながることによる利便性とリスクのバランスを踏まえたセキュリティ対策の在り方や信頼性の在り方は、開発者やサービス提供者のみならず、ユーザも含めた社会全体としての課題である。このため、業態やサービスによって、エッジ側とネットワーク側のどちらに重きを置く

てセキュリティ対策を取るか等、エッジ、ネットワーク、クラウドの各階層においてどのような分担で対策を講じるかについても検討することが重要である。

IoTが適用される業界		IoT活用例	主なセキュリティ脅威	エッジデバイス			通信網			クラウド/データセンター		
				C	I	A	C	I	A	C	I	A
製造	FA	装置リモートメンテナンス	制御装置異常	L	H	H	L	L	L	L	L	L
	PA	化学反応の歩留まり向上	プラント動作異常	M	H	H	M	L	L	M	L	L
流通/サービス	小売	POS端末情報の活用	個人情報漏えい	H	M	L	H	M	L	H	M	M
	物流	貨物のバーコード情報の活用	個人情報漏えい	L	L	M	L	L	M	H	L	M
金融	銀行	フィンテック・仮想通貨	個人情報漏えい	H	M	L	H	M	L	H	M	L
	保険	テレマティクス保険	個人情報漏えい	H	M	L	H	M	L	H	M	L
公共/インフラ	電力	スマートメーター	停電/メーター改ざん	L	M	L	L	M	M	M	H	H
	ガス	スマートメーター	ガス停止/メーター改ざん	L	M	L	L	M	M	M	H	H
	航空	航空機運航の効率化	不正操作による航空機事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	鉄道	鉄道運行管理の効率化	不正操作による鉄道事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	水道	リモート監視	遠隔操作による水道機能停止	L	L	H	L	L	H	L	L	H
	交通	渋滞解消	遠隔操作による自動車事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H
	ビル	電力使用量の効率化	遠隔操作による火災	L	M	M	L	M	M	L	M	M
	医療	遠隔医療	個人情報（病歴）漏えい	H	H	L	H	H	L	H	H	L
一般消費者	個人	ウェアラブル機器	個人情報漏えい	M	L	L	M	L	L	M	L	L
	家庭	スマートホーム	個人情報漏えい	H	H	L	H	H	L	H	H	L
	車	自動運転	不正操作による自動車事故	L	H	H	L	H	H	L	H	H

凡例：C:機密性I:完全性A:可用性/H:リスク高M:リスク中L:リスク低

図表 IV-16 IoT を適用する業界別のセキュリティ脅威とセキュリティ評価

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG (第4回) プレゼンテーション資料 (インテリジェンティ)

特に、自律型モビリティシステムの分野においては、セキュリティ上の脅威が直接的に人命等の安全性に影響を及ぼす可能性が高く、起動、検知、監視、対応、改善における高いセキュリティを担保することが重要であり、ハードウェア、ネットワーク、プラットフォーム、通信、クラウドのいずれの領域においても、対策を行うことが必要である。このため、攻撃を防ぐ（防御）方法の検討に留まらず、①防御するための平時からの対策を取り、②攻撃の発生を適切に監視し、③攻撃を受けた場合には、即時・適切に対応するとともに、④再発を防止する攻撃後の対策を総合的に検討し、継続的に見直し、更新していくことが重要である。

(3) 自律型モビリティシステムの実現に向けた研究課題と推進方策

移動系 IoT の中でも、特にリアルタイム性や高信頼性が要求されるサービスとして自動走行・自動制御技術を活用した自律型モビリティシステムの実現が求められている。これらの早期の社会実装、普及を実現するとともに、これらのシステムを観光や土木、福祉等の多様な分野へ展開し、自律型モビリティ社会の実現に資するためには、自動走行に必要な高度地図データベース（ダイナミックマップ）の更新・配信のための通信技術の開発や、自動走行技術／自動制御技術等を活用した安全・安心な自律型モビリティシステムの開発及び利活用実証を推進することが必要である。

① 自律型モビリティシステムの高精度化

高速で移動する自律型モビリティシステムに対して、正確な位置情報に基づき、自動走行に必要な地図情報や周辺情報といったダイナミックマップの情報を、情報の鮮度を保ちつつ正確に伝送するためには、ローカル、エッジ、リモート（クラウド等）を、それぞれの用途・特性に応じて使い分けることで、自律型モビリティシステムが利用するネットワークの負荷分散、情報の種類に応じた局所的な動的データ処理、リアルタイム性を確保するための低遅延なレスポンスを実現することが重要である。

このためには、ネットワークの入り口で、必要な情報を適切に処理するためのエッジコンピューティング技術を用いたプラットフォーム構築技術確立が必要である。また、自動走行車等の安全・安心な動作を支援するためには、車両等の高精度な位置情報に基づき、リアルタイムかつ網羅的に車両周辺情報等を収集し、制御を行えるようにするための技術開発が必要である。

【具体的な技術開発課題】

- ⇒ 自律型モビリティシステムに適応したエッジサーバを構築するため、低遅延エッジサーバ技術、エッジサーバ間ハンドオーバー向上技術等の開発
- ⇒ 準天頂衛星等も活用した高精度な位置情報のリアルタイムな収集を可能とするための技術の開発、様々な情報を安定的に収集し、それを基にアプリケーションを安定的に実行・制御させるための技術の開発

② 自律型モビリティシステムを支える高効率情報配信

高精度な位置情報と周辺情報を活用し、自動走行を実現するためには、現

在、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において検討が進められているダイナミックマップの活用が不可欠である。

自動走行に必要なダイナミックマップは、道路情報と道路上の物体に関する高精度な地図情報と、車両周辺情報等の多様かつ大量の情報を扱うため、これらの伝送においてはネットワークに対して大きな負荷がかかることが想定される。

このため、収集される様々な情報を、その情報の内容や更新粒度に合わせて、情報を配信する間隔や範囲を選別し、適切に配信することが重要である。さらに、ダイナミックマップの情報を効率的に管理し、情報の粒度・種類に応じて更新する技術等の研究開発が必要である。

【具体的な技術開発課題】

- ⇒ ダイナミックマップの情報を高効率に更新・配信し、確実に受信出来る技術の確立
- ⇒ 自動車以外の自律型モビリティシステムに活用するための、車道周辺の歩道等も含めた適用対象の拡大

③ 自律型モビリティシステムを支える高信頼ネットワーク

多種多様な IoT サービスがネットワークに接続することが想定される中、サービス毎の重要度に応じたネットワーク接続の信頼性確保が重要である。特に、自律型モビリティシステム及びそれらが接続するネットワークは、安全面においても高い信頼性が求められる。このため、自律型モビリティシステム全体の安全・安心を確保するためのサイバーセキュリティ対策や障害時の対策を確立する必要がある。

【具体的な技術開発課題】

- ⇒ ユースケース毎に異なる多様な運用条件に応じたネットワーク利用・管理方式、サイバー攻撃を検知・判断する技術、検知・判断に基づきネットワークスライスを遮断・縮退し、操作者に通知する技術の開発
- ⇒ 障害発生時においてもネットワーク側をつなぎ続けるためのリルート技術の確立
- ⇒ 障害時の回復、動作確認、復帰までのナビゲーションサポート技術の開発

④ ロボット等も含めた自律型モビリティシステムの共通プラットフォームの構築

自律型モビリティシステムに適用される自動走行技術／自動制御技術は、高速で移動する自動走行車の他に、電動車椅子やロボット、無人建機、小型無人機等の低速で移動する移動体に対しても有効であると考えられる。

また、自動走行技術／自動制御技術の実用化を進めるにあたっては、比較的低速な電動車椅子や無人建機等でその有効性を検証しつつ、開発を進めることが有効である。この際、特に時速 6km 以下で移動する電動車椅子などは、現行の道路交通法では歩行者と同等の扱いとなるため、歩道や敷地内を移動する人や荷物を運搬するカート等といかに共存を図るかが重要な課題となる。

このためには、特定のハードウェアやサービスに依存しない複数の自律型モビリティシステムが相互に連携し、さらには当該自律型モビリティシステムが人と協調しながら適切な行動を可能とするための共通プラットフォームの構築が必要である。

【具体的な技術開発課題】

- ⇒ 多様な自律型モビリティシステムが検知した情報を、他の自律型モビリティシステムと情報共有し、協調動作を可能とするためのプラットフォーム構築技術の開発
- ⇒ 自律型モビリティシステムが共通して利用可能な物体の検出、属性識別、行動予測等を可能とするための技術の開発

⑤ 自律型モビリティシステム実現に必要な情報の相互流通の促進

通信機能を備えた自動走行車同士が、危険等を事前に察知し、相互に連携しながら、危険回避行動を講じられるようになる必要がある。このため、位置情報や周辺状況といった様々な情報を収集し、分析することが必要であり、単一の事業者で全ての情報を収集・管理することが難しくなると想定される中、技術的な規格化、運用面でのルール化等、情報の相互流通の在り方を検討することが必要である。

また、異なるメーカー（センサー／車両）のシステムであっても相互に連携できないと事故に繋がる可能性がある。こうした事態が発生しないよう、情報流通の基盤／技術の標準化を図ることが必要である。この際、国内に閉じず、諸外国も巻き込んだ標準化が必要である。

⑥ 研究開発成果の実装と社会受容性の醸成

自律型モビリティシステムの社会実装に向けては、研究開発成果を活用し

た社会実証を通じて、自律型モビリティシステムの個別具体ケースの有用性を示し、研究開発成果の迅速な社会展開や更なる応用領域への展開を図ることが重要である。

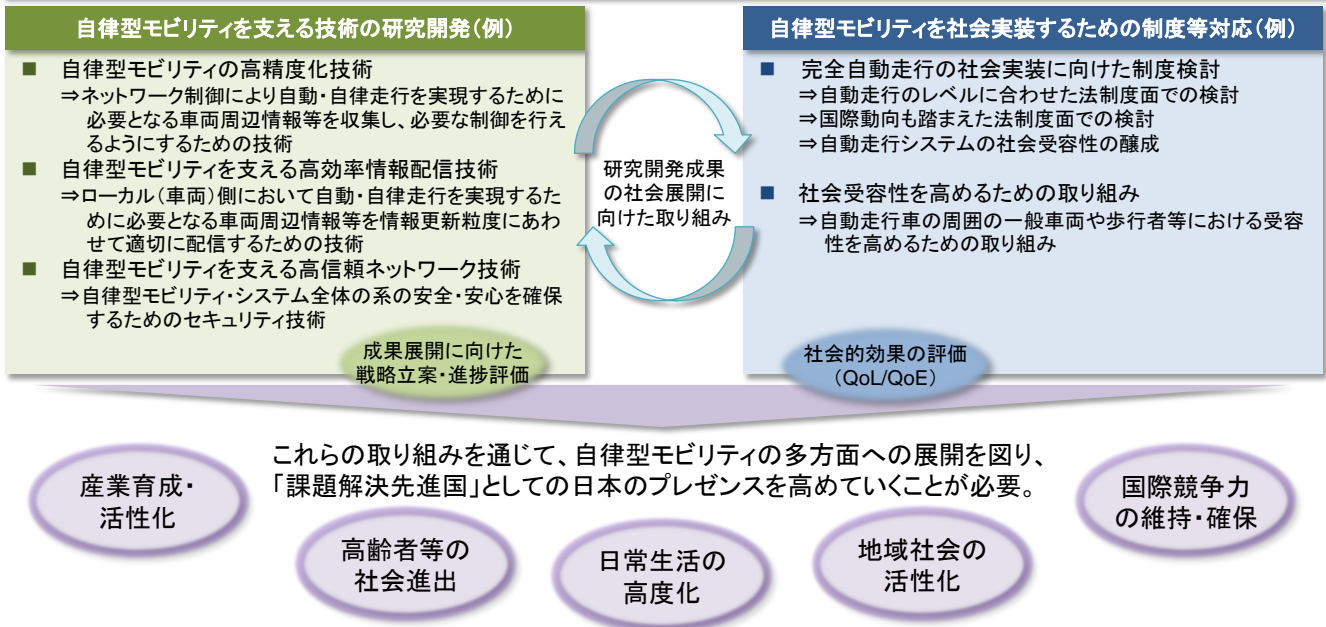
諸外国においても、特区等を設け、実際の道路において自動走行車の実証実験を行うとともに、そうした検証を通じて、どのような制度改革が必要であるか、社会実装上どのような課題があるかといった検証を行い、その対策を講じようとしている。すなわち、自律型モビリティシステムを社会実装していく上では、安全な社会の実現という点からも、充足すべき安全性についての要件等の明確化を図ることが重要である。

また、社会実装を進めるにあたっては、自律型モビリティシステムの周囲の一般車両や歩行者等の受容性を高めることが重要であることから、例えば、提供エリアや提供サービスに関して、導入に係る心理障壁等のハードルが低い部分から社会実装を進めることで、社会的受容性を徐々に醸成するというアプローチも重要である。

(4) 自律型モビリティシステムの実現に係る研究開発戦略

自動走行技術／自動制御技術の研究開発は、各国が熾烈な国際競争を行っている分野である。また、当該技術の実用化に向けては、これらの実装に対する社会的な受容性を醸成していくことが大きな課題である。

- 自律型モビリティ・システムの実現に向けては、①当該システムを実現するための技術を研究開発を確実に推進するとともに、②必要に応じて現行法規制の改正を含む対応を行う必要がある。あわせて、③当該システムの社会受容性を高める取り組みを行い、社会実装、普及展開を図っていく必要がある。
- 当該分野においては、前述のとおり、諸外国において官民挙げた研究開発／実用化に向けた取り組みが進められており、また他産業への波及効果も大きい。そのため、研究開発を進めるにあたっては、その効果を最大化するため研究開発後(実用化)も見据えた事業展開戦略(ロードマップ等)を策定し、その進捗度合い、効果(直接効果／波及効果)を定量的に評価していくことが重要なのではないかと。



図表 IV-17 先端技術の円滑な社会実装に向けた研究開発の全体方針

出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 先端技術 WG(第1回) プレゼンテーション資料(㈱三菱総合研究所)

このため、自律型モビリティシステムの研究開発を進めるにあたっては、以下の点に留意しながら、進めていくことが重要である。

① 競争領域と協調領域の分析を踏まえた取組戦略の策定

自動走行技術／自動制御技術の研究開発と実用化に関しては、多くの自動車メーカーや民間企業が既に莫大な投資を行い、研究開発を進めている。政府レベルにおいても、様々な取組が活発化している状況である。

例えば、米国では、運輸省が2014年12月に「ITS Strategic Plan 2015-2019」を発表し、本格的なIoT/BD/AI社会の到来を見据え、自動走行の実現に向けた取組の方向性を提示している。2016年1月には、「現実世界のパイロットプロジェクトを通じて、安全な自動走行の開発と採用を加速する」ために、今後10年間に40億ドル以上投資することを2017年度の予算案で表明し、産業界と連携し、自動走行車の安全な開発・運用に係るガイドラインを6ヶ月以内に策定すること等を明確化している。

また、欧州においても、ERTRAC (European Road Transport Research

Advisory Council)が2015年7月にAutomated Driving Roadmapを発表し、自動走行の実現が極めて重要であるという認識のもと、現在の自動車技術の強い産業基盤を維持しつつ、国際競争力で先頭に立つ方針を表明している。こうした各国の熾烈な競争に遅れることなく、我が国の国際競争力を強化するためには、単にそれらの取組を後追いするのではなく、日本（及び日本企業）が競争力を維持できる、或いは欧米の中核企業とパートナーを組める技術力を確保することが重要である。

このため、技術開発を進めるにあたっては、各国・企業の研究開発の方向性や現状を踏まえつつ、競争領域と協調領域の分析を行うとともに常に見直しを行い、国は協調領域に関する研究開発・標準化を推進し、可能な限り、その研究開発成果を多様なステークホルダーがプラットフォームとして活用できる仕組みを構築することが重要である。

② 迅速な社会実装を目指した研究開発、技術実証・社会実証の強化

交通事故／渋滞や地域公共交通の衰退、地方公共交通の減少による移動困難者の発生や生活弱者の地域社会からの孤立といった社会課題を解決するため、自律型モビリティシステムの社会実装を見据えて研究開発を推進することが重要である。例えば、移動困難者が屋内（自宅）⇒屋外（移動中）⇒屋内（外出先）という移動をする場合、屋内、屋外をシームレスに移動できるような自律型モビリティシステム（ダイナミックマップの連携等）が必要になる。また、自律型モビリティの安全性の検証に加え、搭乗者の快適性を考慮した検証も重要と考えられる。

したがって、社会課題の解決に資する研究開発を行うためには、その社会課題に直面している方々に参加してもらい形で実際のフィールド上で実証検証を行うことが効果的であり、例えば、車いすロボや見回りロボ等の研究開発にあたって、大型商業施設で実際に運用し、技術実証・社会実証を行うことで、利用時の課題を抽出・分析するとともに、そうした自律型モビリティシステムの存在に対するユーザの受容性等を評価し、研究開発にフィードバックすることが考えられる。

このため、研究開発主体は、研究開発段階から社会展開／社会実装を見据えたロードマップを作成し、国際的な動向等を踏まえつつ、適切に見直しを行いながら取り組んでいくことが必要である。

	2015	2020	2025	2030
様々な応用領域への適用		AIによる自律的な行動 <ul style="list-style-type: none"> 自動走行システム(レベル2)が可能に 製造工程へのロボットの投入が本格化 	AIによる人間活動の高度な支援 <ul style="list-style-type: none"> 自動走行システム(レベル3)が可能に 社会インフラ管理等の分野における人とロボットの協調作業が可能に 農作業等におけるテレグジスタンス(遠隔での物理的な作業)が可能に 	人間とAIとの高度な協調・連携 <ul style="list-style-type: none"> 完全自動走行(レベル4)が可能に 高齢者や障害者が人の介助なしに普通に生活可能な自立化支援システムの実現 同時通訳レベルの音声翻訳サービスの実現
AI/IoTの基盤技術の高度化		環境認識・認知能力の向上 <ul style="list-style-type: none"> マルチモーダル認識による、より深い環境理解が可能に コンテンツのメタ情報をソーシャルアナレーションを併用しつつ自動生成可能に 関心・スキル・周辺状況を踏まえた適切なリコメンデーションが可能に 	横断的な情報解析・分析能力の向上 <ul style="list-style-type: none"> 脳情報/視線情報等の生体情報を活用した感情認知・分析が可能に 様々な情報をリアルタイムに把握し、適切な予測・最適化が可能に 多種多様なセンサ群データを統合的に検索・分析が可能に 身体能力・知的能力を自然な形で拡張する小型装着型デバイスの出現 	大規模知識理解能力の向上 <ul style="list-style-type: none"> 脳活動を直接反映可能な運動機能補完ロボットの出現 複数対話に途中から自然に参加可能なAIエージェントの普及 個人/集団の状況をリアルタイムに把握し、助言/リスク提示を行うAIエージェントの出現 地域固有の文化・思想等を把握・理解可能に 意見対立者の事情を聞き、調停案を提示可能なAIエージェントの出現
社会高度化のためのICT基盤の高度化		柔軟かつ安全・安心な基盤の確立 <ul style="list-style-type: none"> ネットワーク仮想化による柔軟にリソース割当て可能なネットワーク基盤 エッジ分散コンピューティングによる低コストで柔軟なネットワーク基盤 攻撃の変化に追従し、自動防御するセキュリティ基盤 	高速・低遅延・高信頼ICT基盤の確立 <ul style="list-style-type: none"> 超低遅延通信広域無線ネットワーク基盤(自動制御等に求められる1ミリ秒以下を実現) 機器同士が自律的に連携し、通信途絶の発生しないネットワーク基盤 IoTにおいて重要な、制御システムへの不正侵入等を防御するセキュリティ技術 	多様かつ自律的なICT基盤の確立 <ul style="list-style-type: none"> 脳情報計測とワイヤレスエリア通信基盤 人間の脳と同等の情報処理が可能なニューロシナプティックシステム 自律的に学習する計算システムのアルゴリズム理論構築

図表 IV-18 自律型モビリティシステムのロードマップ(例)

出所) 情報通信審議会 術戦略委員会 先端技術 WG(第1回) プレゼンテーション資料(㈱三菱総合研究所)

③ 社会実装に向けた制度的検討

自律型モビリティシステムの社会実装にあたっては、単に技術を確立し、実証を通じてその有効性を検証するだけでは不十分である。それを社会で安全・安心に利用できるようにするためには、例えば、以下の様な観点からの制度的検討を進めていく必要がある。

- 自律型モビリティシステムが安全に動作するために求められる要件
- 自律型モビリティシステムに問題が生じた場合の責任分界点の在り方
- 自律型モビリティシステムがグローバルに水平展開される可能性も考慮し、諸外国における動向も踏まえた法規制の在り方
- 自律型モビリティシステムが直接的／間接的に収集・利用するデータの情報流通の在り方

V 先端 IoT システムの円滑な社会実装に向けた推進方策

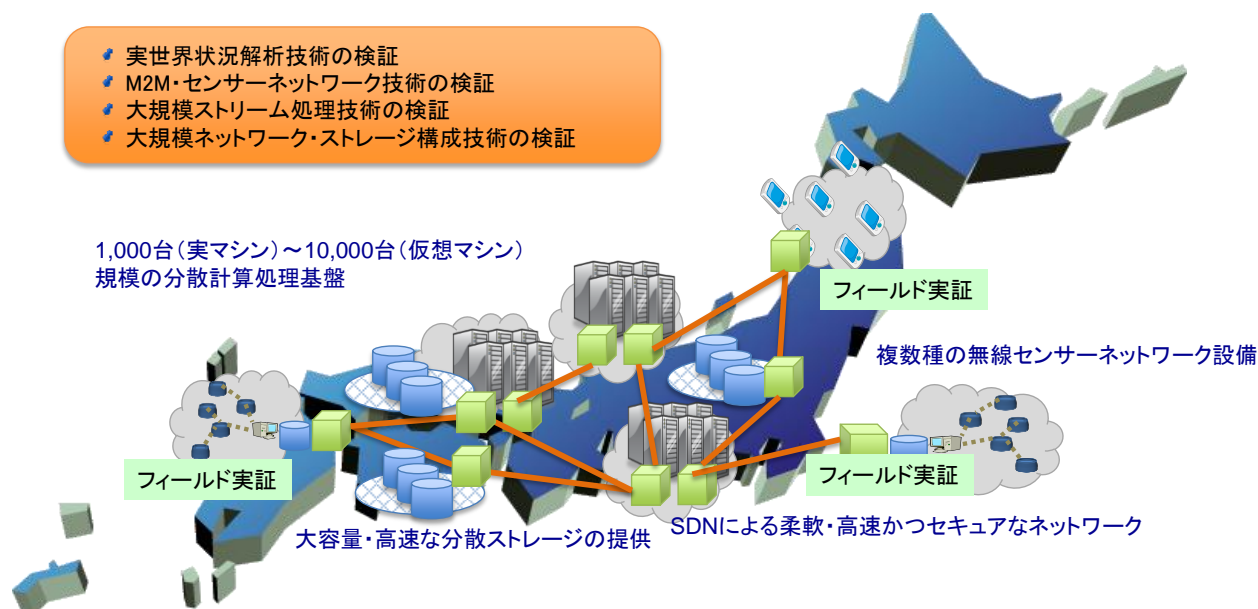
(1) IoT/BD/AI 時代のテストベッド環境の整備

今後の IoT の本格的な普及展開を見据え、地方創生やオープンイノベーションの視点も踏まえ、様々なユースケースを想定して、多様なセンサーデータの収集・蓄積・処理や多様な機器・通信プロトコルから構成されるネットワークシステムを再現し、検証することが一層重要となってくる。

これまでも、NICT では、新世代ネットワークの実現に向けた検証等を行うためのテストベッド環境を整備し、関連技術の研究開発を推進し、ネットワークを活用したサービスの実現に貢献してきたところである。

例えば、JGN は研究開発テストベッドネットワークとして平成 11 年から運用を開始し、その後、大規模マルチキャスト環境や IPv6 環境の整備、ネットワーク機能・性能の拡充等を行い、ネットワーク技術の研究開発やアプリケーションの実証実験等に貢献している。

また、IoT 時代の多様なネットワーク環境やそこから創出されるサービスの実現に向けては、大規模エミュレーション基盤としての StarBED や大規模スマート ICT サービス基盤テストベッドを整備し、研究開発の効率的な推進や複雑化するネットワーク環境の検証に貢献してきたところである。



図表 V-1 NICT の大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド

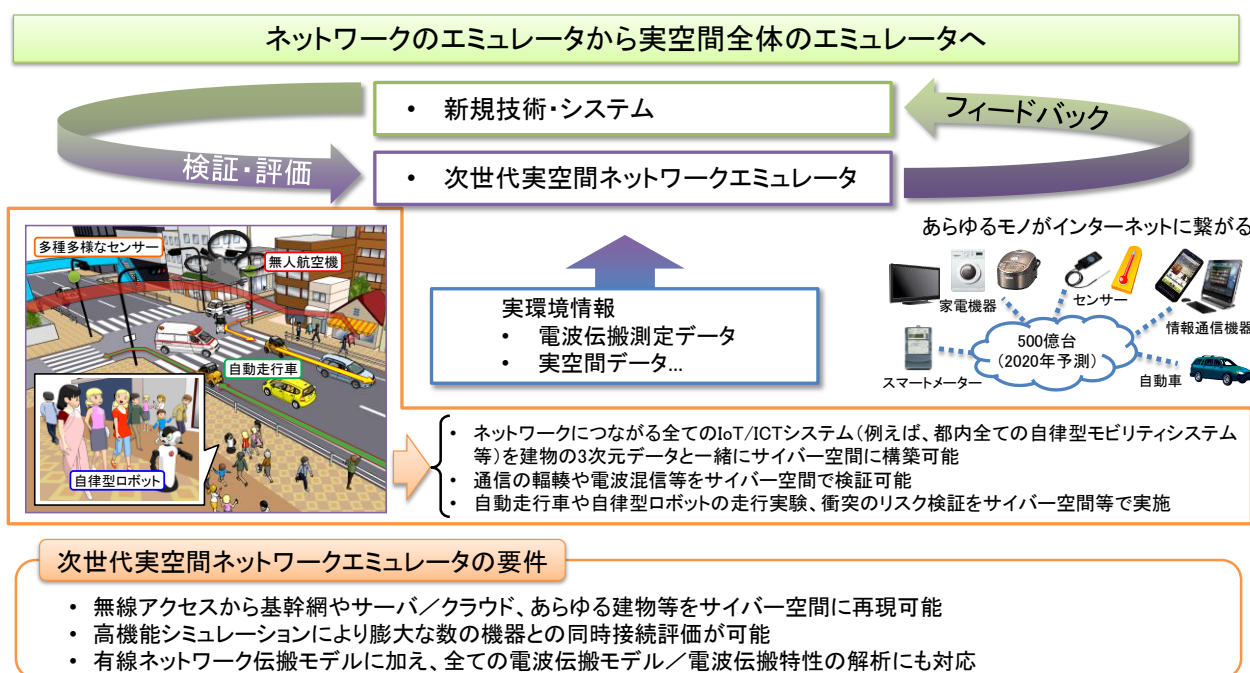
① テストベッド環境の高度化を実現する研究開発と人材育成

今後の本格的な IoT/BD/AI 時代を見据えた検証基盤としては、先端的な IoT サービスを実現するため、実環境の情報を踏まえたエミュレーション環境を

構築することが重要である。例えば、エリアネットワークの無線網からコアネットワークのサーバ/クラウドまでの総合評価、センサー等の膨大な機器の同時多接続環境の評価、有線ネットワークに加えてあらゆる無線ネットワークの伝搬モデルの解析・評価等、有無線一体で実空間全体の詳細な評価が可能なテストベッドが必要である。加えて、こうしたテストベッド環境は、実サービスを見通した検証を行うという点において、IoT のユーザ企業等の検証ニーズに合致した環境が求められることから、テストベッド環境を柔軟に対応させるための研究開発や開発を担う人材の育成も必要である。

【具体的な推進方策】

⇒ IoT/BD/AI 時代のテストベッドとして、膨大な数の IoT を利用した多様な先端 IoT サービスの開発・実証が行えるように、サイバーフィジカルシステム（CPS）全体について、機能の高度化やスペック変更等に柔軟に対応しつつ検証が可能な環境の開発とそのための人材育成を推進



図表 V-2 IoT/BD/AI に求められるテストベッド環境

② 利用者視点でのテストベッド環境構築

テストベッドはこれまで主にネットワークやシステムの研究開発を行う ICT 事業者、ベンダ、大学等の関係者が主に使用してきたが、IoT サービスを創出する観点からは、利用するための手続きや開発サポート等において IoT

のユーザ企業等がこうしたテストベッドを利用しやすい環境を整備していくことが重要である。

【具体的な推進方策】

- ⇒ テストベッドの一層の有効活用に向け、利用者の検証ニーズに応じてテストベッド環境を容易に設定可能なテストベッド API の開発・導入や、技術支援・利用サポートを行う専門家（テストベッドカタリスト）の育成を推進
- ⇒ テストベッドの提供者と利用者間及び利用者相互間において、検証に関わるデータ等のセキュリティ確保や検証成果の守秘義務等に関する汎用的な取り決め（テストベッド利用プロセスに係る取決め）の充実等の利用環境整備を推進

(2) 「人・技術・データ」活用によるエコシステム構築に向けた取組

① 「人・技術・データ」の集積拠点の形成

欧米の巨大 ICT 企業では、サービスプラットフォームを形成して競争力の高いサービスを提供する「垂直統合モデル」によって顧客を囲い込み、関連データを収集することで事業拡大を図っており、高収益のビジネスモデルを構築している。他方、IoT を活用した新たなサービスやビジネスを実現しその恩恵を享受するためには、多様な参加者が IoT のメリットを享受できるエコシステムの構築が重要である。

こうした「人・技術・データ」の集積拠点の形成にあたっては、技術実証の基盤であるテストベッドの活用が有効であり、試行的なデータ流通によりデータ共有の有効性のコンセンサス形成を図るとともに、新たな IoT サービスの創出に向けた共創型プロジェクトが重要である。

【具体的な推進方策】

- ⇒ 大学・民間等による多様な AI 技術や翻訳技術等の研究開発の検証にテストベッドの開放を推進するとともに、その際に集積されるデータを活用したアイデアソンやハッカソンを開催する等、テストベッドを核に「人・技術・データ」が集まるような共創型プロジェクトを推進

② 研究開発プロジェクト間の連携の強化、プロジェクトマネジメントの強化

IoT に関連する研究開発を効率的に進め、その効果を最大化するためには、他の研究開発プロジェクトと連携し、成果の相乗効果を生み出すことが重要

である。例えば、次世代 AI の研究開発と連携することにより、自律型モビリティシステムによる付加価値の一層高いサービスを実現する可能性も期待できる。

個々の政策目的で実施されている研究開発プロジェクトをこれまで以上に有機的に連携させるために、研究の進捗管理や成果の社会展開手法を共有・分析する等、プロジェクトのマネジメント手法の高度化の検討を進めることも重要である。

また、IoT/BD/AI 時代の地方創成やイノベーションの創出には、地方自治体、大学及び多様な企業・団体が協働し、価値の源泉となる多様なデータを実際に活用した研究を推進していく中で、データ駆動型のイノベーション人材を育成・活用していくことが重要である。

【具体的な推進方策】

⇒ 研究開発や実証実験等の各種プロジェクトの推進にあたり、成果の社会実装を強化するため、プロジェクトマネジメント手法の改善、効果的事例の共有、若手・女性研究者等の育成・活用を推進

③ 様々な IoT データの相互流通の促進、共通プラットフォーム実現に向けた研究開発・実証等

本格的な IoT/BD/AI 時代においては、様々なサービスにおいて膨大なデータが収集・管理されることになるが、1つのデータが様々なアプリケーション/サービスで利用できる可能性があることから、適切な対価でのデータの相互利活用やデータ形式・データアクセス等を共通化できるようにする仕組みを検討する必要がある。この際、異業種間等でのデータ流通を促進するという観点からも、データ流通によりその元々のデータ収集者のメリットが損なわれることのない在り方を検討すべきである。同時に、データの利活用にあたってはプライバシーに配慮した形で利用する仕組みの導入など、情報提供者のプライバシーにも留意が必要である。

また、巨大 ICT 企業等による、特定サービス毎の垂直統合による囲い込みに対応するため、

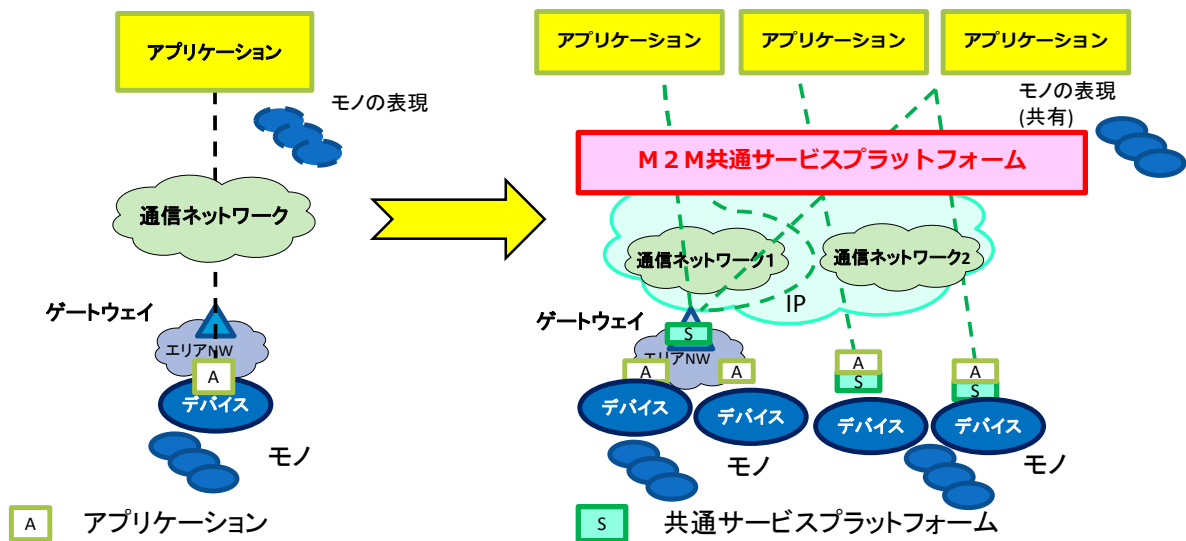
- ・ 特定の業種・サービスに依存しない、データ収集・利用、デバイス管理
- ・ 異なるベンダ間の相互接続性
- ・ AI の活用を含め、サービスの重要度に応じたネットワークの資源配分と接続の信頼性確保

を可能とする IoT 共通プラットフォームの実現に向け、テストベッドを活用しながら産学官一体となって研究開発、標準化、技術実証・社会実証に取

組み、オープンイノベーションを推進する必要がある。あわせて、先端 IoT システムの実現に必要な共通基盤技術の開発に取り組む必要がある。

パイプ (垂直統合型)
 1アプリケーション、1 NW,
 1 つあるいは少種類 デバイス

**水平方向展開
 (共通プラットフォーム利用)**
 アプリケーションが共通インフラ、環境、
 ネットワーク要素を共有
 (接続、デバイス管理、課金、セキュリティ等)



出所) 情報通信審議会 技術戦略委員会 (第8回) プレゼンテーション資料 ((一社)情報通信技術委員会)

図表 V-3 IoT サービスの垂直統合から水平分業へ

「次世代人工知能推進戦略」

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会 第2次中間報告書別冊2
第4章 分野別の推進方策
第2節 次世代人工知能分野の推進方策

目次

I 我が国が抱える社会的課題と人工知能への期待	1
I-1 社会課題を解決する人工知能	1
I-2 産業構造の変革をもたらす人工知能	6
II 人工知能の研究開発等の動向	9
II-1 人工知能の発展の経緯	9
II-2 海外における人工知能技術に関する取組	12
(1) 米国の状況	12
(2) 欧州の状況	23
(3) 韓国の状況	28
(4) 中国の状況	30
II-3 我が国における人工知能技術に関する取組	31
(1) 総務省の人工知能研究及び脳科学研究の取組	33
(2) 文部科学省の人工知能研究の取組	41
(3) 経済産業省の人工知能研究の取組	44
(4) 3省連携による次世代人工知能研究の取組	49
(5) 内閣府の人工知能研究の取組	50
(6) 我が国の企業の取組	51
III 人工知能が実現する社会	56
III-1 人工知能技術の発展の方向性	56
III-2 人工知能技術の利活用イメージ	56
(1) 医療・ヘルスケア分野	58
(2) 教育分野	60
(3) 防災分野	63
(4) 生活支援分野	65
(5) ビジネス分野	67
(6) コミュニケーション支援分野	69
(7) 介護・福祉分野	70
(8) 農林水産分野	71
IV 人工知能の発展のための推進方策	73
IV-1 人工知能の発展に向けた諸課題	73
IV-2 国や研究機関が取り組むべき研究課題と推進方策	83
(1) 人工知能に関する研究開発	83
(2) 脳科学の知見を取り入れた人工知能の飛躍的な発展	97
(3) 次世代人工知能技術の研究開発ロードマップ	102

(4) データ確保・データ流通の円滑化	106
(5) 人材の確保	108
(6) 人工知能技術の社会展開の推進	109
V まとめ	111

I 我が国が抱える社会的課題と人工知能への期待

I-1 社会課題を解決する人工知能

我が国は現在、少子高齢化による本格的な超高齢化社会の到来とそれに伴う労働力不足、地震や洪水等の自然災害等、深刻な社会的課題に直面している。

我が国の人口推移を見ると、2008年をピークに2010年の1億2,806万人に対し、2030年には1億1,662万人、2045年には1億2,211万人になると推計されており、少子高齢化に伴い人口減少が着々と進みつつある。さらにその内訳を2010年と2030年で比較すると、65歳以上人口は22.8%から31.6%へと増加をみせるのに対し、労働力人口（15歳～64歳とする）は63.3%から58.1%へと減少すると予測されており、これは人数で見ると20年で約1,330万人もの減少を意味する。

このまま少子高齢化が進めば、間もなく我が国では高齢者の医療・生活支援等のニーズが爆発的に増大し、同時に深刻な労働力不足に陥ることとなる。その結果、社会経済活動が停滞・後退し、国民生活に重大な支障を及ぼす恐れがある。

このため、将来にわたって国民が豊かな生活を送ることができるように、今まさに国を挙げて早急に対策を講じることが求められている。

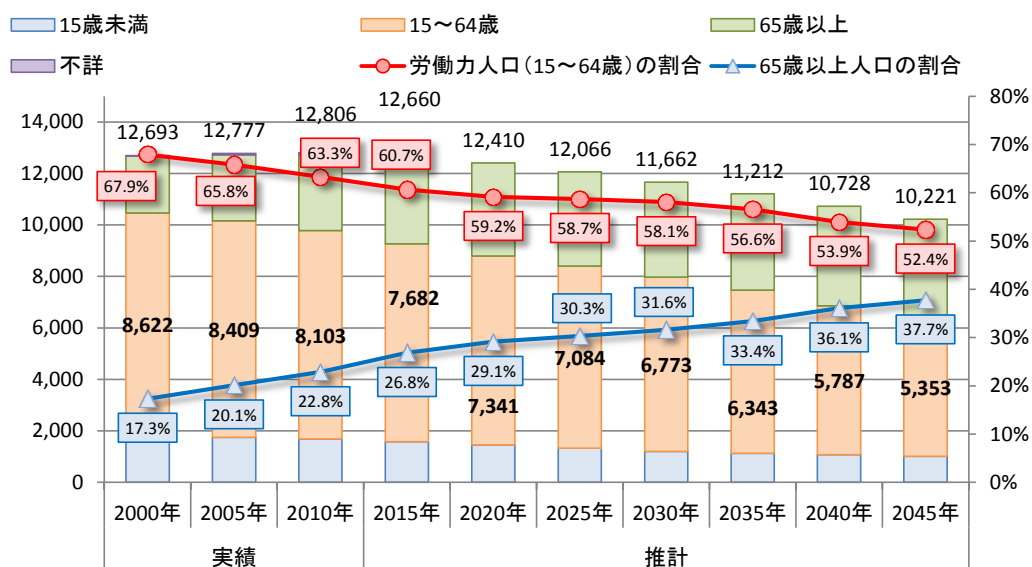


図 I-1 我が国の人口構成の推移

出典：総務省「国勢調査」及び国立社会保障・人口問題研究所「将来推計人口」

に基づき、三菱総合研究所作成

一方、昨今、人間の活動を強力に支援したり、人間の能力を代替する技術として人工知能技術が注目を集めており、研究開発や社会実装に向けた取組が世界各国で急速に進展している。

米国では、2013年、オバマ大統領により、**BRAIN Initiative**として、脳における情報処理機構の解明及び次世代の科学技術開発を目指すプロジェクトが発表された。国立衛生研究所（NIH）、国防高等研究計画局（DARPA）、全米科学財団（NSF）の3機関の主導のもと、2014年度に約1億ドル、2015年度に約2億ドルの政府予算を割り当てている。

また、欧州では、**Horizon2020**の中で2016-2017年予算160億ユーロのうちIoT関連公募に1億3900万ユーロを配分することが発表された。2013年にEU FETのフラグシッププログラムのひとつとして採択された**Human Brain Project**では、脳の情報処理機構を応用した高度な情報処理技術の確立を目指し、10ヶ年で予算総額11.9億ユーロが投入される予定となっている。

世界の大手ICT企業においてもグーグル、フェイスブック、バイドゥ等が人工知能に関連する研究組織の設立や著名な研究者の採用、さらにはベンチャー企業の買収などにより人材確保に力を入れている。

また、人工知能の社会実装も進みつつある。例えばアップルやグーグルが提供するパーソナルエージェントサービスは、スマートフォン等に組み込まれ、世界中に急速に普及しつつある。自動運転に関する技術開発も、グローバルICT企業や自動車メーカー等によって加速度的に進められている。例えば、前方車両との衝突防止機能や高速道路のレーンキープ機能などの運転者を支援する機能が既に実用化されているほか、グーグルの自動走行車が走行距離190万kmに達するなど（2015年11月時点）、商用化に向けた動きが急速に展開しつつある。このような動きを受け、各国政府による研究開発の支援や法制度を含めた環境整備も進んでいる状況にある。

このように人工知能技術への注目が高まり、各国がその開発に向けて力を入れる中で、我が国においては、世界に先駆けて直面する社会的課題の解決のために、人工知能技術を最大限活用していくとともに、我が国の産業の国際競争力を確保するため、高度な人工知能技術の研究開発に向けて早急に戦略を立案し、行動することが求められている。

図 1-2 に、人工知能の活用が期待される具体的なシーンの例を示す。多様かつ大量のデータをリアルタイムに処理するための高度な情報通信技術を基盤として、人工知能の活用が期待される分野は多岐にわたる。

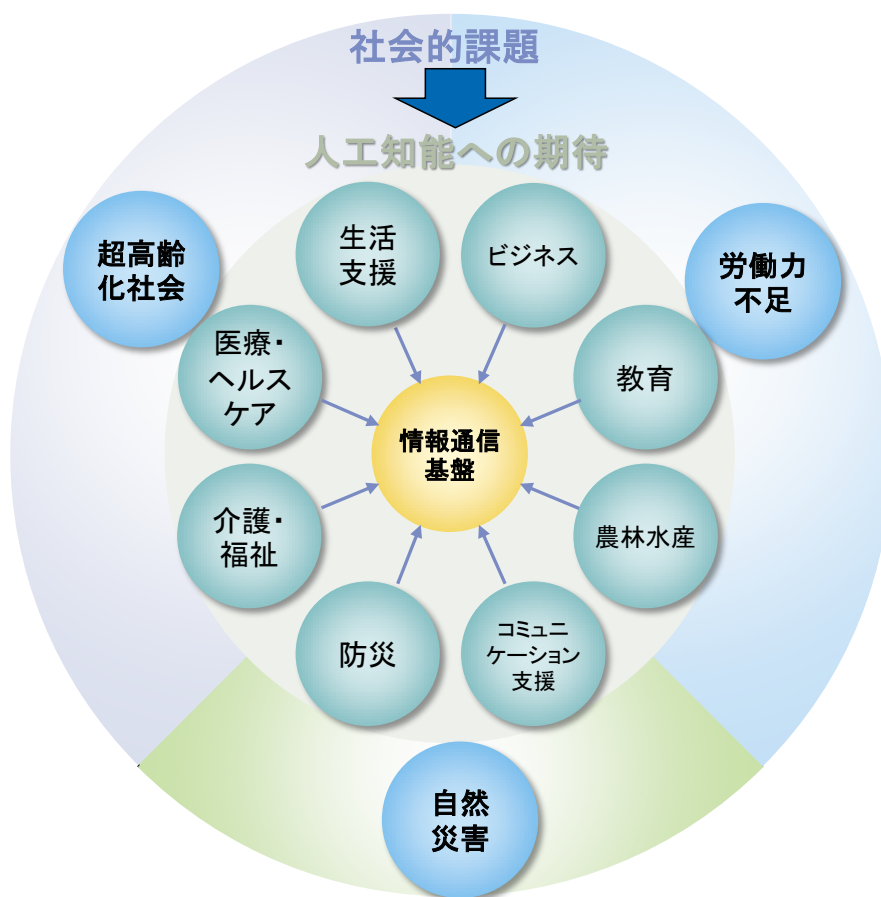


図 1-2 社会的課題と人工知能への期待

例えば、医療分野では、医療機器や診断装置等の技術は高度化しつつあるが、地方における医師不足や全国的な介護人材不足が深刻化している。一方で、医療機関における ICT 利活用の取組が進められており、例えば、電子カルテシステムの整備率は、一般病院全体で 2005 年には 7.4%であったのに対して 2014 年には 34.2%となり、中でも病床数 400 床以上では 77.5%に達するなど¹、医療情報活用のための基盤が広く普及しつつある。これらの環境を生かし、医療情報を有効に活用することによる個人に適した医療提供、健康づくりの実現に加え、今後はさらに最先端の医療技術を誰もがどこにいても受けられる環境や、介護の負担を軽減する仕組みづくりが求められている。

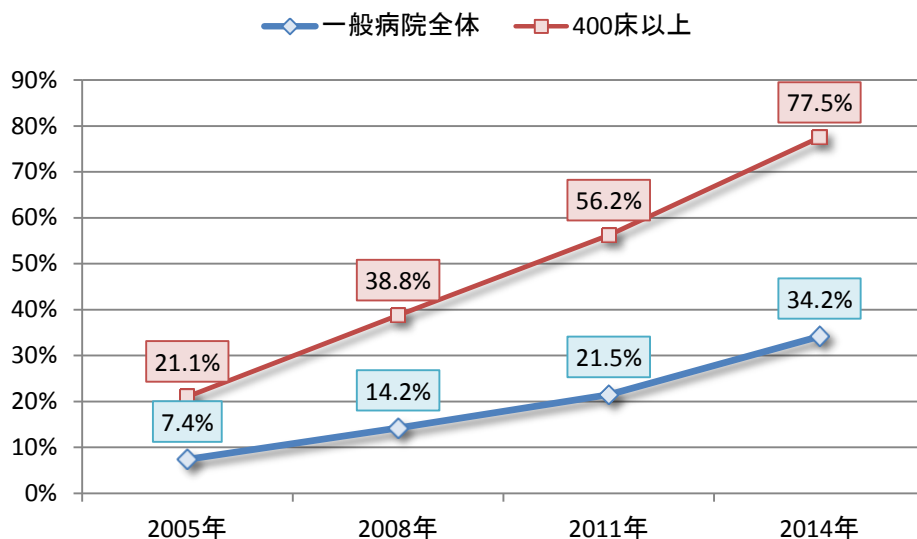


図 I-3 電子カルテシステムの普及状況

出典：厚生省「医療施設調査」に基づき三菱総合研究所作成

労働力不足への対策としては、企業における業務効率の改善や、仕事をしながら家事や介護、子育てを行えるようにするなど、多様なライフスタイルに対応する社会制度整備が必要とされている。また、制度面だけではなく、各個人の日常生活をサポートする技術に対するニーズが多様化・顕在化している。加えて、労働力不足の状況下では、技術力の底上げやより高度な技能を有する人材の育成にも力を入れなければならない。そのために教育現場における、個人個人の適性を見極めた質の高い教育の在り方についても検討が進められている。

さらに、我が国は地震をはじめとした様々な災害の影響を受けやすく、今後も

¹ 厚生労働省「平成 26 年医療施設調査」

南海トラフ等の大規模自然災害の可能性が指摘されている。災害に強い社会を実現するためには、災害時の状況をマクロ及びミクロの視点からリアルタイムで正確に把握し、適切な対応を実行するための情報通信インフラをはじめとした強じんな社会基盤が必要とされている。

加えて、近年、我が国を訪れる訪日観光客は増加を続け、**2015**年度は前年度比**45.6%**増の**2135万9000人**と、初めて**2000万人**を超え²、我が国経済においてもその影響は重要視されている。**2020**年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向け、外国人観光客は今後も増加すると見込まれる中で、コミュニケーションの壁をなくし、多様な文化を受け入れる体制を整備することが求められている。外国人との円滑なコミュニケーションは、外国人観光客が滞在しやすい環境づくりのためにも、また我が国の産業の発展のためにも重要な課題となっている。

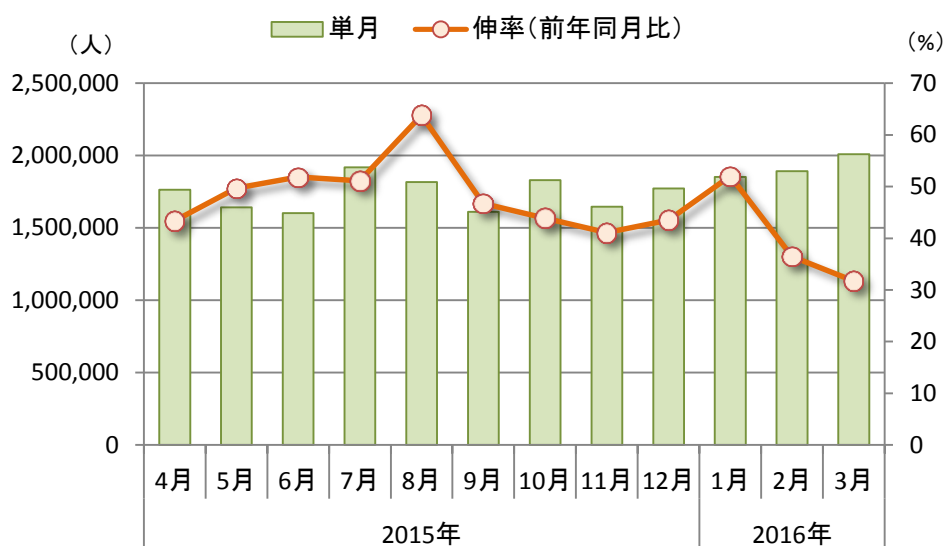


図 I-4 訪日外客数推移

出典：日本政府観光局（JNTO）公表データに基づき作成

このように多くの社会的課題を抱える我が国において、人工知能技術は課題解決の鍵を握る技術として大きな期待が寄せられている。例えば単純労働や、日常生活のルーチンワークとなっている部分を人工知能技術で代替することにより、貴重な労働力を新たなアイデアの創造や技術開発など付加価値の高い業務に活かすことができる。

² 日本政府観光局発表（2016年4月20日）

さらに、課題解決の手段となるだけでなく、例えば人の心に寄り添う多様なコミュニケーションを実現すること等により、新たな発見や感動、精神的な安らぎをもたらすとともに、人間の創造性を豊かにするという観点からも大いに期待されている。

1-2 産業構造の変革をもたらす人工知能

社会的課題である労働人口の減少などを技術で解決できる可能性がある一方で、人工知能、ビッグデータなどの技術革新が既存の産業構造、各社の事業構造、さらには消費者の行動や意識に大きな変化をもたらしつつあることにも目を向けなければならない。

例えば、自動車産業では完成車メーカーが生み出すハードウェアである自動車そのものに大きな価値があり、消費者が保有することを前提とした産業構造になっている。

ところが今、そこに変化が起きつつある。モビリティという観点から、安全かつ快適に移動できることが自動車の価値であり、それを実現する自動車に組み込まれた各種デバイスや、それらを制御するためのソフトウェアやアプリケーションに大きな付加価値があることが認識されつつある。図 1-5 は自動車を構成する要素別にコストの割合を示したものであり、実際、2004 年にはハードウェアである機械部品が製造コストの大部分 (81%) を占めていたのに対して、2015 年には電子部品やソフトウェアのコストが 40%を占めるようになっており、ソフトウェアの開発の比重が高くなっている。このようにハードウェアの開発や提供が中心である自動車産業においても産業のソフトウェア化が急速に進んでいる。

こうした状況下で昨今は、ハードウェアを開発、提供する自動車メーカーよりもむしろ、自動車に搭載するアプリケーションを生み出す企業等に注目が集まりつつある。特に、人工知能技術を使った運転者支援や自動運転をはじめ、センサ情報を用いたビッグデータ技術を活用するアプリケーション、利便性と低コストを実現するシェアリングビジネスなどを提供する新興企業が競い合っており、大きく注目されている状況にある。

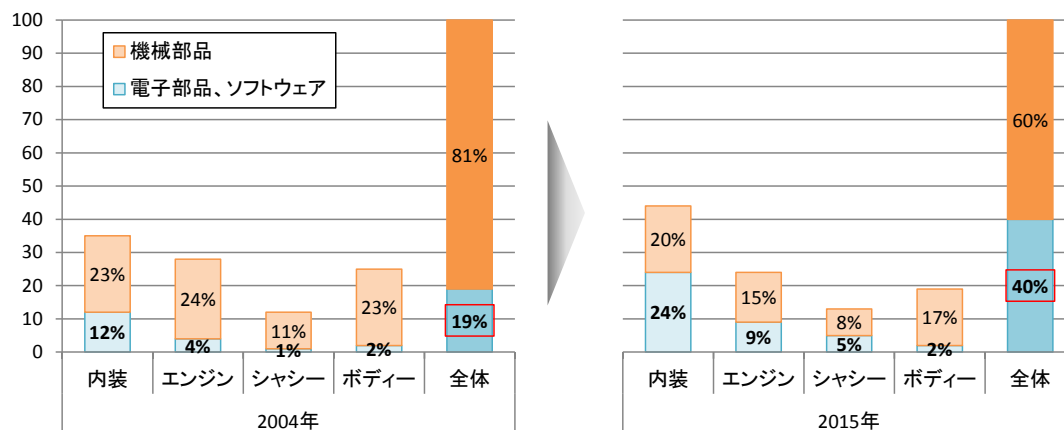


図 I-5 産業のソフトウェア化の例（自動車部品）

出典：McKinsey “Managing innovations on the road”に基づき三菱総合研究所作成

こうした事業環境の変化は、人々の価値観の変容にも大きく影響している。付加価値の高いハードウェアを保有する必要がなく、誰かが保有する資産を有効に活用し、必要とするサービスを利用したい時に必要なだけ利用できるような仕組みであるシェアリングエコノミーが拡大している。

このような中、各産業においては、優れた技術や使い勝手のいい便利なサービスを提供することによって、多数の利用者を集めることで、プラットフォームを構築することが重要になってきている。プラットフォームを利用するアプリケーションを多く集めるほど、プラットフォームとしての地位が強固なものとなり、エコシステムが確立されることになる。このようになれば、エコシステムの基盤となるプラットフォームには、ユーザーに関するデータが日々蓄積され、人工知能技術によりそのデータからさらに大きな価値が創出されるという好循環が生まれることとなる。

また、従来の垂直統合型のビジネスは、今後水平分業化が進み、各機能に特化した事業者の組合せにより実現するようになる。例えば、データ解析をまとめて担う事業者や機械学習の機能を提供するクラウドサービス等が出現してきており、アプリケーションに必要な機能を提供するプラットフォームを形成するようになってきている。そして、そのプラットフォームに組み込まれる主要技術である人工知能技術を、いかに低コスト、高性能、高品質に提供できるかが重要になってくる。

そのため、誰よりも早く、付加価値の高いサービスを創出することが重要であり、大手 ICT 企業をはじめ、ベンチャー企業など多くの企業が、鍵を握る人工知能技術に多額の投資を行い、開発に全力を挙げて取り組んでいる。

このように人工知能技術の現実社会での利活用に向けて様々な動きが活発化し、産業構造が大きく変わりゆく中で、人工知能技術の分野で世界に遅れを取るといことは、今後我が国の産業が世界に互していく、あるいは台頭するための「足がかり」を失うということの意味する。

急速な少子高齢化に伴う様々な社会的課題に他国よりいち早く直面する、いわば「社会的課題先進国」である我が国が、最先端の人工知能技術を早急に確立し、それを活用した新たなサービスを世界に先駆けて創り出し、国内での課題解決につなげるとともに、その実績を世界市場にどの国よりも早く展開することが、我が国の国民はもちろん、世界中の人々の豊かな生活と、将来にわたる我が国の産業の発展を実現する上で絶対的に必要な条件となるものであり、我が国の国民が総力を挙げて取り組むべき喫緊の命題である。

II 人工知能の研究開発等の動向

II-1 人工知能の発展の経緯

人工知能の概念は、1947年、Lecture to London Mathematical Society（ロンドン数学学会における講演）においてアラン・チューリングが提唱したとされており、その後1956年のThe Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence（「人工知能に関するダートマス夏の夏期研究会」、いわゆる「ダートマス会議」）において、初めて「人工知能」という言葉が用いられた³。

その後、1960年代に入って人工知能の研究開発が行われるようになった。この頃がいわゆる人工知能の第一次ブームと呼ばれている。この時期には、ニューラルネットワーク研究の源となった、McCulloch と Pitts の論理ニューロンモデル、Rosenblatt によるパーセプトロン、記号処理的人工知能の源となった、McCarthy によるプログラミング言語 LISP、Simon と Newell による一般問題解決器（general problem solver）、幾何学の定理証明システム、スタンフォード大学が開発した自律移動ロボット SHAKEY、Winograd による自然言語対話システム SHLDLU など、様々な問題に対する興味深い成果が生まれ人工知能技術の基礎が作られた。しかしながら、当初の楽観的な見方に反して、人工知能のシステムが人間並みの能力に達することはなく、実社会で利用されるレベルにも至らなかったことから失望が生じてブームは去った。

³ 人工知能学会ウェブサイト <https://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/Alttopics5.html> より

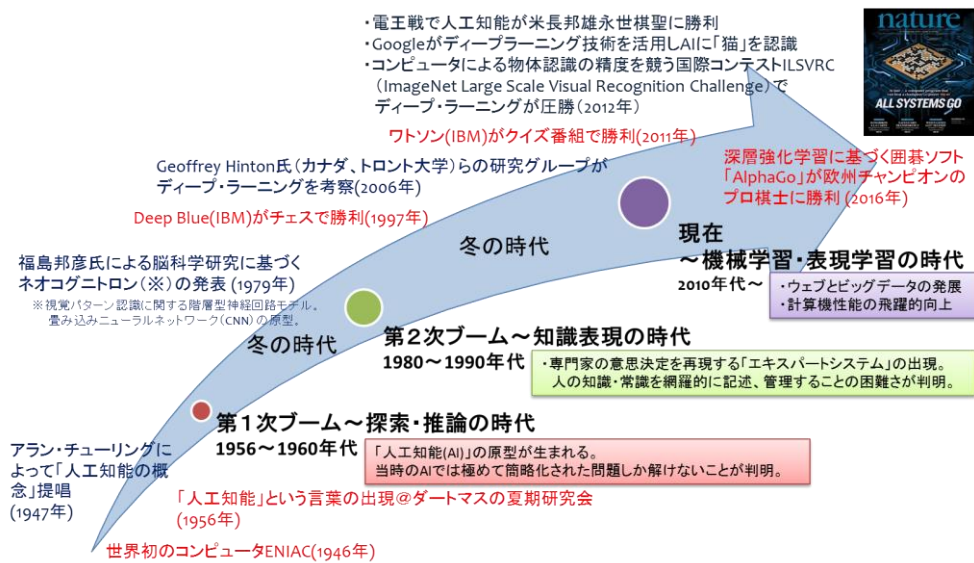


図 II-1 人工知能の進化と研究開発の変遷

出典：「人工知能の未来 - ディープラーニングの先にあるもの」(東京大学 松尾豊氏)講演資料と、「人工知能が拓く新たな情報社会」(NTT データ経営研究所 神田武氏)資料を基に作成

第二次ブームは 1980 年頃～1990 年頃と言われている。この時期に、記号処理、知識处理的な人工知能の分野では、プロダクション・システムなどに基づき、専門家の知識をコンピュータに入力して、推論を行わせることで専門家の意思決定を再現する「エキスパート・システム」としての人工知能研究が発展し、医療診断等への活用が始まった。

日本における「第五世代コンピュータ」の研究開発も世界の人工知能研究に大きな影響を与えて研究を活性化した。

しかしながら、当時の方法では必要な知識をすべて人間がコンピュータに入力しなければならず、専門家の知識をすべて書き下すことは大変困難であった。また、苦勞して知識ベースを構築しても想定外の事態には対応できないという限界も明らかとなり、実社会で広く利用されるまでには至らなかったことから、再びブームが去ることになった。

これと並行して、人間の脳を模倣したニューラルネットワークの分野でも、カリフォルニア大学サンディエゴ校の Rumelhart を中心とするグループ(深層学習の提唱者となる Hinton も含まれていた)が、ニューラルネットワークによって人間の情報処理をモデル化するコネクショニズムを提唱し、その中で多層のパーセプトロンを学習させる技術である誤差逆伝播学習法を提案した。誤差逆伝播学習法は、問題解決に適した中間表現をデータから学習することを可能にしたことから、様々な問題に階層的なニューラルネットワークが適用されるようになった。

日本でも、それより早く 1979 年に福島邦彦氏が、脳科学研究の成果に基

づき、現在の深層学習でよく用いられている「畳み込みニューラルネットワーク」の原型となる「ネオコグニトロン」を発表して、手書き数字の認識等を行っている。また、甘利俊一氏は多層パーセプトロンの学習則を1967年に理論化し、翌年には世界初の中間層の学習シミュレーションを行っていた。

しかしながら、誤差逆伝播学習法には局所収束という課題があり、また、層の数が多いニューラルネットワークを学習させることは困難であった。パターン認識の分野で、画像や音声などそれぞれの分野の研究者が工夫した特徴量を用いた認識システムの能力を明確に超えることはなく、1990年代に入ってから、Vapnikらが提唱したサポートベクトルマシンが、様々なパターン認識課題においてニューラルネットワークの性能を凌駕したこともあって、ニューラルネットワークの工学的応用研究も下火になった。

この頃、我が国では国際電気通信基礎研究所（ATR、1986年設立）をはじめとした研究機関において、ニューラルネットワークの研究が盛んに行われた。海外からも多くの研究者が日本に招聘され、研究開発が集中的に行われたことにより、我が国がニューラルネットワーク関係の研究開発を世界的に牽引してきた。当時日本にいた海外の研究者は、計算論的神経科学やマシンインテリジェンスなどで、現在も各企業、大学の一線級として活躍をしている。

また、この時期は、ネオコグニトロンも含めた今日の深層学習に繋がる研究や、現在の機械翻訳にも活用されている時間遅れニューラルネットワーク⁴、脳の原理に基づく学習ロボットやロボットの階層強化学習⁵に関する研究、機械学習の汎化の研究、脳情報デコーディングなど、今日でも通用する研究開発が行われていた。

そして現在、計算機の発展やインターネットの普及等により、人工知能が高度化し、大きな注目と期待を集めている。具体的には、1997年にチェス専用マシンが世界チャンピオンに勝利したことや、深層学習（ディープラーニング）と呼ばれるニューラルネットワークの進化したモデルが画像認識において高い能力を見せ始めたこと、また、2011年にIBMの質問応答システムWatsonがテレビのクイズ番組「Jeopardy!」に参加し、同番組の記録保持者2名に勝利したことなど、複数の出来事が発端となっている。

2016年3月にはグーグルの傘下の企業が開発した囲碁の人工知能「アルファ

⁴ TDNN(Time Delayed Neural Network)

⁵ 複数の学習器を階層構造にして、下位の階層で細かい部分を学習してから全体を統合していく強化学習の方法 <http://www.me.cs.scitec.kobe-u.ac.jp/~takigu/pdf/2010/1007SP.pdf> 等参照

ア碁」が、世界最強の棋士に勝利したというニュースが世界中で大きく報道された。

人工知能ビジネスは、今後、現在の 3.7 兆円から 2030 年には 87 兆円に成長するという予測もされており、運輸、卸売小売、製造分野が、そしてさらに将来的には農業や医療福祉などの分野でも人工知能の活用が進むと考えられている。

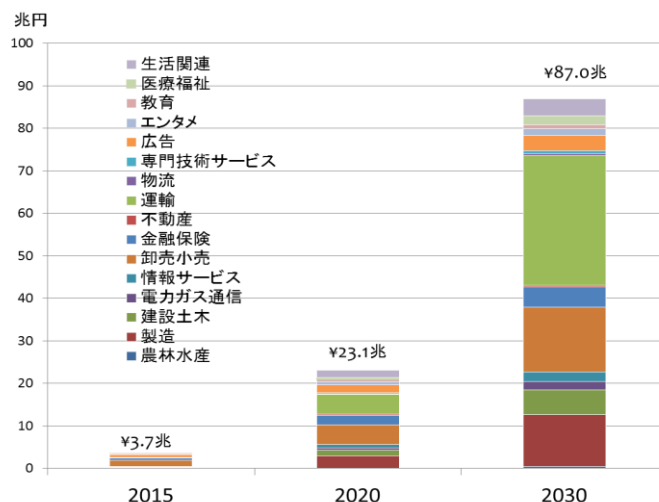


図 II-2 人工知能関連産業国内市場予測 (EY 総合研究所 2015 年)

II-2 海外における人工知能技術に関する取組

(1) 米国の状況

① 人工知能研究に関する国家プロジェクト

米国における取組は、国防高等研究計画局 (DARPA) が大きな役割を果たし、「DARPA グランドチャレンジ (2004 年～2007 年)」ではロボットカーなどのプログラムが実施された。

また、中国やインドをはじめとする新興国の急速な経済発展等により国際競争が激化する中、国際競争力の確保を背景に、2007 年 8 月に米国競争力法 (The America COMPETES Act) が成立した。それは、研究開発によるイノベーション創出の推進や人材育成への投資促進、及びこれらのための政府予算の大幅増加を一体的に実現するためのものであった。直接的な人工知能プロジェクトへの関係性は必ずしも大きいとは言えないが、オバマ政権における科学技術イノベーションに関するロボットやコネクテッド・カーなどの人工知能に関連する研究開発プロジェクトにおいて、イノベーションの推進や

人材育成への投資推進の基本政策として位置づけられるものである。

そして2009年9月、基本政策として「米国競争力イノベーション戦略」が発表され、その後、2012年3月には「ビッグデータ研究開発イニシアティブ (Big Data Research and Development Initiative)」の発表により、ビッグデータの活用に向けて2億ドル以上の研究開発投資が行われることとなった。

その応用分野の研究開発としては、自動走行システムや自然言語、画像関連技術、ロボットなどへの適用に向けた研究開発が行われている。

1) DARPA グランドチャレンジ/アーバンチャレンジ/ロボティクスチャレンジ

DARPAによる複数チーム参加型の競技会であり、自動車の自動運転を目指したグランドチャレンジ(2004年、2005年)及びアーバンチャレンジ(2007年)と、災害用ロボットの実現を目指したロボティクスチャレンジ(2015年)がこれまでに開催されている。このうち、グランドチャレンジ、アーバンチャレンジは、その後の欧米企業による自動運転車の開発を加速する役割を果たしてきている。

また、ロボティクスチャレンジには日本からは4チームが参戦し、産業技術総合研究所と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の共同チームが10位に入賞したのが最高であった。

2) 国家ロボティクス・イニシアティブ

2011年6月にオバマ大統領により、ロボティクス関連の新技术開発・商用化の積極的な支援のために提唱された。

4つの政府機関(全米科学財団(NSF)、国立衛生研究所(NIH)、航空宇宙局(NASA)及び農務省(USDA))による次世代ロボット開発支援への予算措置を(2011年7,000万ドル(約77億円)、2012年4,000万ドル(約44億円)、2013年約3,800万ドル(約42億円))実施した。

3) ビッグデータ研究開発イニシアティブ

2012年3月に科学技術政策局(OSTP)により「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」が発表された。

同イニシアティブでは、①巨大な量のデータの収集、保存、運用、分析、共有に必要な中核技術の進歩、②科学技術分野での発見速度の加速や、国家安全保障の強化、教育・学習の変化への当該技術の活用、③ビッグデータ技術の発展・活用に必要な労働人口の拡大を目指すとしている。

この中では新規に5年間で2億米ドル以上の予算が投入され、6つの政府

機関（国立科学財団（NSF）、国立衛生研究所（NIH）、国防総省（DoD）、国防高等研究計画局（DARPA）、エネルギー省（DOE）、米国地質調査所（USGS））が、ビッグデータを取り扱うためのツールや技術の向上に向けた研究開発を行うことが示されている。こうした研究開発が現在の人工知能の技術的な発展の基盤の一つとなっているものと考えられる。

さらにこの中には、DARPA はデータ解析ツール開発プログラム（XDATA プログラム）に年間約 2,500 万ドルを4年間に渡り投じること、そして、エネルギー省は 2,500 万ドルをかけて新たな研究機関（SDAV）を設立することなどが盛り込まれており、米国政府では、民間企業等に対し、同イニシアティブへの参加を広く呼びかけて取り組んでいる。

4) SyNAPSE プロジェクト

DARPA による生物の神経回路網を工学的にチップ上に再現しようとするプロジェクトであり、2008 年から開始され、2013 年までの6年間で、研究開発費は約1億ドル（約110億円）が投入された。その中で、IBM を中心とするグループと、HRL Laboratories 社を中心とするグループの二つのグループに対して、DARPA から助成が行われている。助成額は IBM グループに対して累計 3,710 万ドル（約40億円）、HRL Laboratories 社グループに対して 2,860 万ドル（約31億円）⁶となっている。

IBM は同プロジェクトから生み出されたものとして、Neurosynaptic Chip の概要を公表しており⁷、ニューロンの数が 100 万個、シナプス数が 2 億 5,600 万個、消費電力 70 ミリワットというスペックが明らかになっている。画像認識等のタスクに対しては、従来型のノイマン型コンピュータに比べて高い性能と、極めて低い消費電力を実現している。他方で、複雑なアルゴリズムの実装には向いていないとする分析もある⁸。

5) Big Mechanism プログラム

Big Mechanism プログラムは、DARPA によって行われている、研究の要約と論文を読みこみ、原因メカニズムの要素を抽出し、そのデータを使ってより完全な因果モデルと裏付けデータを作成する、データ管理技術の開発を目指す研究である。予算規模は 4,500 万ドルで、2014 年から3年半の

⁶ DARPA SyNAPSE Program : <http://www.artificialbrains.com/darpa-synapse-program> より推計

⁷ IBM Research : Brain Power

<http://research.ibm.com/cognitive-computing/neurosynaptic-chips.shtml#fbid=7k0vzLhCwYo>

⁸ <http://www.slideshare.net/Funk98/neurosynaptic-chips> スライド P26 より

プロジェクトである。

加えて、最近の動向として、2015年10月に改訂された「米国競争力イノベーション戦略2015」の戦略的イニシアティブにおいて、質の高い雇用の創出及び持続的な経済成長が掲げられている。その方向性としては、「先進的製造による米国の競争力の強化」、「未来の産業への投資」などがあり、研究イニシアティブや優先的課題の例として、以下のものが挙げられている。

- 国家ロボティクスイニシアティブ：協調ロボットの開発と利用の加速化
- ビッグデータ研究開発イニシアティブの推進：
大量、異種のデータセットから洞察を抽出するように改善していくこと。国立衛生研究所（NIH）は、ゲノム配列、電子カルテ、画像診断、ウェアラブルセンサーといった複数のソースからデータセットを統合することを追求している。
- サイバーフィジカルシステム（CPS）への投資

また、同イノベーション戦略の国家的優先課題に対するブレイクスルーの促進においては、先進自動車による交通事故死亡率の削減を掲げており、自動走行技術の研究開発費が2016年予算案では約2倍に増加する見込みとなっている。

② 民間企業による取組

大手ICT企業であるIBM、グーグル、マイクロソフト、フェイスブックをはじめ、民間企業によるディープラーニング等に関する取組が活発化している。そして、最近では、人工知能クラウド及びAPI提供の取組も各社が競うように開始しているほか、スタートアップ企業の買収・提携等、そしてオープン化の動きなどが活発化しており、サービス開発の競争が激化しつつある。

1) IBM

IBMの人工知能の取組は、長い歴史があり、1945年にWatson研究所を設立し、音声認識技術や機械翻訳技術に取組んできた。そして、Watsonの開発にあたっては、IBMとカーネギーメロン大学が自動質問応答に関する共同研究を加速させるための基本的な構造、方法論を提供することを目的に、OAQAイニシアチブを立ち上げ（2008年）、Watsonの基礎となるQA機能について、MITがオンライン自然言語QAシステムの開発を行うなど、8つの大学と共同開発が行われ、2011年には、Watsonはクイズ番組「Jeopardy!」で優勝するに至っている。

Watson の活用については、東京大学医科学研究所が有するスーパーコンピュータ「Shirokane3」と、クラウド基盤で稼働する「Watson Genomic Analytics」が連携して、ビッグデータ解析基盤を構成し、がん細胞ゲノムに存在する遺伝子変異情報に基づいたゲノム医療や個別化医療の研究が行われている。

IBM は、医療分野における事業拡大に向けて、クラウドによるヘルスケア情報の提供や分析を行う企業 Truven Health Analytics を 26 億ドルで買収（2016 年 4 月）している。

2) グーグル

豊富な資金力を活かし、人工知能分野の研究者の確保やスタートアップ企業等の買収を通して、強化を図っている。詳細は触れないが、ディープラーニングの世界的な権威である Geoffrey Hinton 氏を研究チームに加え、囲碁ソフト「AlphaGo」を開発した DeepMind 社の買収（2014 年 1 月）、Movidius 社（米）との提携（2016 年 1 月）により、次世代モバイル端末にディープラーニングを組み込み、machine intelligence の開発を加速化している⁹。

そして、ニューラルネットワークのオープンソース「TensorFlow」による展開など、戦略的なオープン化の動きも注目される。

また、ニューラル ネットワークをベースとする機械学習プラットフォームとして、Cloud Machine Learning を提供開始（2016 年 3 月）している。その他 API として、Cloud Speech API、Translate API、Vision API、Cloud Speech API がある。さらに 2015 年の半ば頃には、「RankBrain」と呼ばれる人工知能が検索エンジンのアルゴリズムとして導入されている。

3) マイクロソフト

ディープラーニングに関する研究としては、クラウドベースの機械学習による予測分析を行う「Azure Machine Learning」がプレビューとしてリリース（2014 年 7 月）され、その後一般提供を開始（2015 年 2 月）している。現在は、その「Azure Machine Learning」と、グローバルで展開している Bing 検索エンジンで培ったディープラーニング技術を組み合わせた人工知能会話ボット「りんな」が提供されている。

また、Twitter 上に公開されたチャットボット「Tay」は、意図しない攻撃により、不適切な発言を繰り返し、公開後 24 時間で停止に至った。マイク

⁹ <http://www.movidius.com/news/google-and-movidius-to-enhance-deep-learning-capabilities-in-next-gen-devic>

ロソフトは 18 歳～24 歳の若者を対象とし、エンターテインメントを目的として「Tay」を提供したが、人工知能が情報の良し悪しの区別なく学習してしまうことが露呈したケースとなった。

その他、主な研究プロジェクトとしては、Cortana のような音声認識に関する「DeepCU: Deep Learning for Conversational Understanding」や人気ゲームである Minecraft によって強化学習がされる「Project Malmo」、そして音声・視覚モデリングによる双方向の LSTM 技術による「Photo-Real Talking Head with Deep Bidirectional LSTM」などがある。NIPS（2015 年 11 月）へ出された論文においては、自然言語処理の Latent Dirichlet Allocation (LDA) モデルが紹介されている。

また、ディープラーニングのオープンソースのツールキットとして、GitHub 上に Computational Network Toolkit (CNTK) が公開されている (2016 年 1 月)。

さらに応用展開としては、トヨタ自動車と共同で新会社「Toyota Connected, Inc.」を米国に設立 (2016 年 4 月) し、車両から得られる情報集約、ビッグデータの活用や人工知能技術との連携に向けた取組みを始めている。それから災害対策の取組として、洪水による被害を避けるために、過去のデータを収集し、機械学習による洪水予測を行う研究が行われている¹⁰。

また、ビッグデータ解析・インテリジェントプラットフォームとして、Cortana Intelligence Suite、その他 API として、音声、画像、感情認識などの Cognitive Services を提供開始している (2016 年 3 月)。

4) フェイスブック

2013 年 9 月に Facebook AI Research (FAIR) を設立し、Yann LeCun 氏 (New York 大学教授) が所長に就任 (同年 12 月) している。ディープラーニングのオープンソースフレームワーク「Torch」のためのモジュールの公開やディープラーニング解析用のハードウェア「Big Sur」の設計をオープンソース化している。

人工知能研究拠点をパリに設立 (2015 年 6 月) し、2016 年 2 月には「Facebook AI Research Partnership Program」を発表し、EU の研究施設へ GPU ベースのサーバーを提供している。

¹⁰ 出所 : Microsoft Research Blog ;

https://blogs.msdn.microsoft.com/msr_er/2016/05/05/preventing-flood-disasters-with-cortana-intelligence-suite-2/

また、ディープラーニングによる顔認識技術「DeepFace」が公開（2014年3月）され、Messenger 上における会話形式の人工知能パーソナルアシスタント「M」が発表（2015年8月）されている。

5) Salesforce.com

ディープラーニング技術のスタートアップ企業 MetaMind 社（米）を買収した（2016年4月）。MetaMind のディープラーニング技術を Salesforce のサービスへ組み込み、それにより顧客サポートのパーソナライズ化やマーケティングの自動化、その他ビジネスプロセスに活かそうとしている¹¹。

6) アマゾン

機械学習モデルを構築し、予測を生成するためのマネージド型サービスとして、Amazon Machine Learning を提供開始した（2015年4月）。人工知能技術関連としては、音声認識、Echo、Mechanical Turk 、そしてレコメンデーションを行うためにはニューラルネットワークが必要ということから、マルチ GPU スケールや大規模レイヤ、Sparse Data を特長とするオープンソース「DSSTNE」を公開している。

7) アップル

アップルは相次いで音声認識技術のスタートアップ企業を買収している。Siri 社を買収し、発話解析・音声認識アシスタントアプリ「Siri」を開発・実用化（2010年4月）したほか、音声認識技術の VocallQ（英）、Perceptio（米）を買収（2015年10月）、さらにディープラーニング技術を利用した表情認識技術の Emotient（米）を買収（2016年1月）している。

8) Enlitic

Enlitic は、ディープラーニングによる画像認識技術で、X線やCTスキャンなど、医療画像データを取扱い、癌などの検出システムを提供している企業である。同社の技術による肺がん検出の精度は、熟練の放射線医師1人が検出する精度より、50%以上も上回るとされている。

9) SkyMind

SkyMind は、金融の不正検出や E コマースのレコメンド機能や顧客関係

¹¹ <https://www.metamind.io/salesforce-acquisition>

管理（CRM）などにおいて、ディープラーニングによるオープンソース「DeepLearning4j (dl4j)」を提供する企業である。

1 0) Tera Deep

Tera Deep は、携帯機器向けのディープラーニング用アクセラレーターを製品化したパイオニアとして有名な、米国のスタートアップ企業である。ニューラルネットワーク（CNN,RNN 等）を実装したプロセッサを開発している。

1 1) OpenAI

2015 年 12 月に、SpaceX, TeslaMotors を率いるイーロン・マスク氏を中心に、AI と関連性が高い企業やその創業者からの支援によって創設された非営利団体である。人類全体にできるだけ有益な形で人工知能を推進することを目標に掲げており、オープンソースもしくはそれと親和性の高い取り組み方で、その目的を遂行していこうとしている。

③ 大学による取組

1) スタンフォード大学¹²

スタンフォード人工知能研究所（SAIL）1962 年が設立された。自動運転プロジェクトにおいて、Toyota Center for AI Research と人工知能に関する研究で連携（2015 年 9 月）しており、ディープラーニングによる車線レーンや周辺の自動車の位置を画像処理する研究に取り組んでいる。また、同研究所ラボの Affiliates Program にパナソニックが参加している。

2) 米カリフォルニア大学バークレー校（UC バークレー）

ビッグデータ処理ソフト「Spark」の開発で知られている AMPLab¹³において、ディープラーニングによる 3D 物体認識と物体を適切につかむアルゴリズムに基づいたクラウドロボティクスの研究¹⁴がグーグルと共同で行われている。

また、ロボット分野の研究開発では、BRETT（ロボット）が試行錯誤をしながら飲料ボトルのキャップの開閉のスキルを習得する等のディープラ

¹² <http://ai.stanford.edu/>

¹³ <https://amplab.cs.berkeley.edu/>

¹⁴ Dex-Net 1.0: A Cloud-Based Network of 3D Objects for Robust Grasp Planning Using a Multi-Armed Bandit Model with Correlated Rewards <http://berkeleyautomation.github.io/dex-net/>

ーニングの研究を行っている。

3) トロント大学

2006年 **Geoffrey Hinton** 教授により、ディープラーニングが発表された。2012年には、画像認識のコンペティション (ILSVRC) において、ディープラーニングによる認識結果が、従来手法と比較して頭一つ抜けた高い認識率を示したことがきっかけとなり、ディープラーニングが注目されるようになった。

同大学のコンピュータサイエンス学部の研究領域は、数理言語学や自然言語処理、知識表現、コグニティブロボティクス、機械学習、視覚計算がある。

4) カーネギーメロン大学

1950年代に **Herbert Simon** 氏、**Allen Newell** 氏を招き、人工知能研究に取り組んできた。研究領域として、人工知能のほか、グラフィックス (画像処理) プログラミング言語、システム、理論の5領域の研究が行われている。

Uber との戦略的な提携 (2015年9月)、ボーイング社との提携 (2015年10月) では、航空宇宙データ分析研究所を設立し、ボーイングが3年にわたり、750万ドルを同研究所へ投資することとなっている。

5) マサチューセッツ工科大学 (MIT)

MIT コンピュータ科学・人工知能研究所 (CSAIL: The Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory) は、MIT 人工知能研究所と MIT コンピュータ科学研究所の合併により創設され、研究領域としては、人工知能、コンピュータ理論、機械学習、コンピュータグラフィックス、ヘルスケア等がある。

2015年9月には、トヨタが2,500万ドルを拠出して、共同で自動運転技術を開発するセンターを設立すると発表した。2016年1月に **Toyota Research Institute, Inc.** が設立され、元 MIT 教授、DARPA executive の **Gill A. Pratt** 氏が CEO に就任した。

④ 脳科学研究の取組

米国においては、1990年に「脳の10年 (Decade of Brain)」が米国議会によって決議され、脳研究から様々な便益が得られることについて、一般社会

の認識を高めることに主眼が置かれ、同時に脳疾患等も含めた様々な脳科学研究の振興が行われた。

2013年4月には、オバマ大統領により「**BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies)**」が発表された¹⁵。同大統領は議会演説の中で「ヒトゲノム解読への投資は140倍になって返ってきた」と述べ、脳科学の振興を説いている。

同イニシアティブの中では、2014年度予算として、国立衛生研究所 (NIH)、国防高等研究計画局 (DARPA) 及び国立科学財団 (NSF) による、民間の研究プロジェクト支援のための資金として1億ドル (約110億円) が確保されることが表明された。

例えば NIH においては、**BRAIN Initiative** の下で、ハイレベルのワーキンググループの設置による研究目標の設定や、数年にわたる研究計画の立案、マイルストーンの設定、コスト試算などを行うことや、さらに、PPP (官民連携) として連邦の研究機関が民間企業や財団、民間の研究機関と連携することも想定されている。

上記の研究開発の推進にあたっては、倫理的側面・法的側面・一般社会への影響など、多方面への配慮が必要であることから、生命倫理研究委員会での検討を開始している。

2017年度予算では、**BRAIN Initiative** をさらに推進するため、4億3,400万ドルが生まれ、2016年度予算の3億ドルよりも大幅に増額される見込みである。また研究プロジェクトの体制においても、国防高等研究計画局 (DARPA)、米国食品医薬品局 (FDA)、知能高等研究計画局 (IARPA)、国立衛生研究所 (NIH)、国立科学財団 (NSF) に、今年度よりエネルギー省 (DOE) も加え、計6機関が同プロジェクトに参加することになった¹⁶。

1) **BRAIN 2025: A Scientific Vision**¹⁷

2014年6月に「**BRAIN 2025: A Scientific Vision**」が公表され、**The BRAIN Initiative** の科学的な目標及びその目標を達成するためのタイムテーブル、マイルストーン、コスト試算するための計画が示されている。

¹⁵ **BRAIN Initiative Challenges Researchers to Unlock Mysteries of Human Mind**
<https://www.whitehouse.gov/blog/2013/04/02/brain-initiative-challenges-researchers-unlock-mysteries-human-mind>

¹⁶ 出所: WhiteHouse BLOG 「New Investments to Help Unlock the Mysteries of the Brain」 March 21, 2016 at 9:00 AM ET by Tom Kalil, Noemie Levy, and Robbie Barbero
<https://www.whitehouse.gov/blog/2016/03/20/new-investments-help-unlock-mysteries-brain>

¹⁷ 出所: NIH; **BRAIN 2025** http://braininitiative.nih.gov/pdf/BRAIN2025_508C.pdf

2) NIH: Human Connectome Project (HCP)

米国の国立衛生研究所 (NIH) により、2014 年からの 5 年間で 4,000 万ドル (約 44 億円) が与えられる研究プロジェクトである。

大きく以下の二つのコンソーシアムに分かれ、ニューロンの結線・配線構造の総体である「コネクトーム」を解明するための研究開発を担当している。

- ハーバード大学、マサチューセッツ・ジェネラルホスピタル、UCLA 等 : MRI 技術の改善
- ワシントン大学、ミネソタ大学、オックスフォード大学等 : 被験者の脳検査の結果をデータベース化

3) The MICrONS program : Machine Intelligence from Cortical Networks¹⁸

知能高等研究計画局 (IARPA) は、人間の脳のアлゴリズムをリバースエンジニアリングによって機械学習の革新につなげる取組を行っている。

MICrONS program は 2015 年~2020 年の 5 年間のプログラムで、以下の 3 つの技術分野から構成されている。

- 実験計画、理論的な神経科学、計算神経モデリング、機械学習、神経生理学的データ収集や分析
- 神経解剖学的なデータ収集
- 神経解剖学的データによる皮質回路の再構成と、それに関連する神経生理学と神経解剖学的データを使った神経回路再構成の保存や整列、アクセスするための情報システムの開発

4) Precision Medicine Initiative¹⁹

2015 年 1 月 30 日、オバマ大統領が一般教書演説にて発表。2016 年度予算は 2 億 1,500 万ドルである。現状では、多くの治療法は平均的な患者向けにデザインされているが、個々の遺伝子や環境、ライフスタイルなどの

¹⁸ 知能高等研究計画局(IARPA) : 2006 年設立。横断的な機関として、Intelligence Community (IC)に関するハイリスク、ハイリターンな研究プログラムへの投資を行う。

<http://www.iarpa.gov/index.php/research-programs/microns/microns-baa>

¹⁹ 出所 : FACT SHEET: President Obama's Precision Medicine Initiative

<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/01/30/fact-sheet-president-obama-s-precision-medicine-initiative>

違いを考慮した予防や治療によるアプローチへ変えていくことを目指している。

- 癌のよりよい治療法
- ボランタリーな全米研究 cohort の創設（100 万人以上の規模）
データの主な内容は、カルテ情報、遺伝子情報、体内の微生物、生活環境、ライフスタイル情報等。
- プライバシーの保護
- 規制の見直し
- 官民連携

5) DARPA: Neural Engineering System Design (NESD) Program²⁰

人間の脳とデジタル世界との間において、信号処理及びデータ転送帯域幅を提供できる、人体に埋め込むことができるほど小型で、100 万個の神経に接続可能なブレイン・マシン・インターフェースの開発を目的としている。

平成 28 年より 4 年間のプログラムで、6,000 万ドルの研究開発費が予定されている。

(2) 欧州の状況

① 人工知能研究に関する国家プロジェクト

1) 第 7 次研究枠組計画 (FP7)²¹

欧州における取組は、EU の科学分野の研究開発への財政支援計画を中心として進められている。2007 年から 2013 年の 7 年間の「第 7 次研究枠組計画 (FP7)」のもとでは、例えば自然言語解析技術として言語解析ツールや機械翻訳のプロジェクトに年間 5000 万ユーロがあてられた。

「第 7 次研究枠組計画 (FP7)」における人工知能関連のプロジェクトとしては、例えば以下のように、織物産業における製造工程の効率化、人工知能技術によるエネルギー効率化やパーソナライズモビリティサービスの開発等の取組などがある。

²⁰ BRAIN initiative による DARPA のプログラムとして、その他 Electrical Prescriptions (ElectRx)、Reliable Neural-Interface Technology (RE-NET)、Restoring Active Memory (RAM) などがある。
<http://www.darpa.mil/program/our-research/darpa-and-the-brain-initiative>

²¹ 7th Framework Program for Research and Technological Development

i. 織物産業における製造工程の品質管理、制御によるインテリジェント化
TexWIN²²

ニューラルネットワークを基本とする人工知能技術やナレッジに基づくシステムにより、20%の生産性向上や機械の稼働停止時間を 1/3 まで削減することを目的としたプロジェクト。機械メーカー 2 社、ソフトウェア会社 2 社、研究機関 4 機関から構成されるコンソーシアムにより、5 社の繊維工場等で実証を実施した。

プロジェクト期間：2010 年 3 月～2013 年 3 月（3 年間）

プロジェクト費用：484 万 4,189 ユーロ（EU ファンド 329 万 3,699 ユーロ）

コーディネート：ドイツ

ii. 人工知能技術によるエネルギー効率やパーソナライズモビリティサービス
MobiS²³

人間やモノ、自然、社会・ビジネス環境など都市の複雑化したモビリティネットワークをリアルタイムにモニター、モデル化、マネージメントする人工知能技術により、インテリジェントなモビリティプラットフォームの概念を創り出すことを目的としたプロジェクト。スウェーデン、ギリシャ、ソルベニアの中心市街地におけるモビリティ実証実験が行われ、コンソーシアムは EU 加盟 6 か国から構成された。

プロジェクト期間：2012 年 10 月～2015 年 10 月（3 年間）

プロジェクト費用：487 万 7,624 ユーロ（EU ファンド 303 万 8,000 ユーロ）

コーディネート：ドイツ

2) Horizon2020²⁴

FP7 による研究開発支援の枠組みは、後継となる「Horizon2020」に引き継がれ、その中で自動走行システムやロボット等の研究開発が引き続き進められている。

Horizon 2020 は、2014 年～2020 年の 7 年間にわたる約 800 億ユーロの

²² http://cordis.europa.eu/project/rcn/95352_en.html

²³ http://cordis.europa.eu/project/rcn/105549_en.html

²⁴ 「Horizon2020」 <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
各分野のプログラムやファンディングの獲得について紹介がされている。

財政支援を内容とする EU において最大の研究・イノベーションプログラムである。

例えば、ICT を活用したパーキンソン病の早期発見に関する i-PROGNOSIS プロジェクトが進められている²⁵。このプロジェクトは、50 代以上のユーザを対象に、パーキンソン病の兆候をとらえるために、スマートフォンやスマートウォッチなどの ICT ベースの行動分析アプローチにより、収集されたデータを分析することを目的としている。

現在の「Work Programme 2016 – 2017」²⁶において、ICT 分野の研究開発としては、新世代コンポーネンツ・システム（スマートサイバーフィジカルシステム等）、先端コンピューティング、次世代ネットワーク、コンテンツ（ビッグデータ等）、ロボティクス等の 9 つのテーマが掲げられている。

また、EU 委員会はデータ駆動経済において、ビッグデータによるベネフィットの獲得に向け、科学、ビジネス、公共サービスのために世界クラスのデータインフラやクラウドサービスの構想「The European Cloud Initiative」を打ち出しており、その中で 170 万人の研究者や 7,000 万人の科学・技術の専門家がデータを蓄積、共有、再利用する European Open Science Cloud を構築するとしている。この構想では、官民による投資額が全体で 60.7 億ユーロ見込まれており、そのうち Horizon2020 において 20 億ユーロの拠出が見込まれている²⁷。

② 民間企業による取組

1) DeepMind

2010 年英国に設立。2014 年 1 月グーグルにより買収され、deep Q-network (DQN) を開発 (2015 年 2 月) した企業である。最近では囲碁ソフト「アルファ碁」がプロ棋士に勝利したことで注目を集める一方で、医療分野では DeepMind Health を提供開始 (2016 年 2 月) しており、英国 NHS (National Health Service) や病院と共同して急性腎障害の早期措置を

²⁵ i-PROGNOSIS project : Horizon 2020 News 15/03/2016
<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/i-prognosis-project-builds-early-detection-test-parkinsons%E2%80%99-disease>

²⁶ Horizon2020 Work Programme 2016 - 2017 5.i. Information and Communication Technologies
http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-infrastructure_en.pdf

²⁷ European Commission - Press release; European Cloud Initiative to give Europe a global lead in the data-driven economy (Brussels, 19 April 2016) http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1408_en.htm

医師や看護師が判断できるようにする、モバイルアプリ「Streams」²⁸ の開発を行っている。

2) フェイスブック

パリに人工知能研究拠点を設立（2015年6月）し、フランス国立情報学自動制御研究所（INRIA）と共同研究を行っている。

3) クアルコム

オランダの画像認識技術（Impala:写真管理アプリ）のスタートアップ企業 Euvision Technologies 社を買収（2014年9月）している。Euvision Technologies 社はアムステルダム大学のスピンアウトとして、2009年設立された企業である。

③ 脳科学研究の取組

1) Human Brain Project

脳科学においては、2013年より「Human Brain Project」が開始され、10年間（2013年～2023年）で総額約12億ユーロの予算規模となっている。その目的は、脳科学とICTを融合し、スーパーコンピューターを用いて、脳の詳細なモデルをシミュレーションにより再構築することとしている。

このプロジェクトは、FP7の中で「未来新興技術（FET: Future and Emerging Technologies）」の「旗艦研究（Flagships）」の一つとして採択され、Horizon2020がスタートした現在も、継続的に実施されている。「旗艦研究」は大型・分野横断的で野心的な科学技術研究を目指すものとされており、予算額が大きいこともその特徴となっている。現時点で開始されているプロジェクトは「グラフェン（Graphene：ハニカム格子状の炭素原子1枚膜）」と、この「Human Brain Project」のみである。

人間の脳をシミュレートし、理解を深め、脳疾患に対する新たな診断ツールや処置方法を探求すると共に、脳に類似した低消費エネルギーの人工知能や、ニューロモーフィック・コンピュータ（脳を真似たコンピュータ）を作り出すことを目的としている。最初のコンソーシアムには22カ国から80の欧州の研究機関が参加しており、同プロジェクトは13のサブプロジェクトに分かれている。

²⁸ <https://deepmind.com/health>

表 II-1 Human Brain Project サブプロジェクト一覧

サブプロジェクト	概要
マウスの脳データ	マウスの脳構造をデータ化し、マウスと人間の脳の違いをデータ化すること
人間の脳データ	人間の脳データを予測するために、人間の脳データにマウスの脳データを多層化すること
認知アーキテクチャ	脳の活性化や反応のパターンを解明するために、認知課題を抽出すること
理論神経科学	理論神経科学が、生物学的プロセスのモデリングや脳活動の大規模パターン分析など、 Human Brain Project の研究に貢献すること
ニューロインフォマティクス	研究者が神経科学のデータや知見、ツールへアクセスできるプラットフォームの整備
脳シミュレーション	研究者が脳モデルのシミュレーションを行うためのプラットフォームの運用
高性能コンピューティング	Human Brain Project のコンソーシアムや欧州の神経科学機関が脳のモデリング研究を行う上で、必要な支援としてスーパーコンピュータやビッグデータ、クラウド環境を提供すること
医療インフォマティクス	研究者が匿名の臨床データにアクセスや分析するためのツールを提供
ニューロモーフィック・コンピューティング	研究者がニューロモーフィック・コンピューティング・プラットフォームを利用できるよう、その設計、運用を行うこと
ニューロロボティクス	科学者や技術者が脳モデルをロボットにシミュレータで繋げるようにするハードウェア、ソフトウェア環境を提供すること
アプリケーション	神経科学や医学、コンピューティングなどの研究において、早期・小規模な実証を行うために、ICTプラットフォームでテストしたり、プレリリースを行うこと
倫理と社会	プロジェクトの社会的、倫理的、哲学的な影響を追求すること
マネジメント	欧州研究プログラムのマネジメントやステークホルダーに対する透明性やアカウンタビリティの確保

2) SpiNNaker project

2005年に開始された SpiNNaker プロジェクトは、人間の脳の基本構造や機能による超並列コンピュータアーキテクチャの研究プロジェクトで、大学(マンチェスター大学、ケンブリッジ大学など)と民間企業(ARM Ltd、Silistix Ltd、Thales)により共同研究が行われている。

主な研究分野は、ニューロサイエンス、ロボティクス、コンピュータ科学の3分野で、プロジェクトの主な目的は以下のとおりである。

- 脳科学者やコンピュータ科学者、ロボティクス研究者に対する研究ツールとして、大規模ニューラルネットワークをリアルタイムに利用できるハイパフォーマンスな並列処理を行うプラットフォームの提供
- 従来のスーパーコンピュータとは異なるエネルギー効率に優れた並列コンピュータとして期待される新たなコンピュータアーキテクチャの調査支援

SpiNNaker チップのプロトタイプは、2009年11月より展開され、現在では48チップのボードが開発されている。英国の研究機関である EPSRC (The Engineering and Physical Sciences Research Council) から財政支援を受け、「Human Brain Project」によりソフトウェア開発など継続的な支援を受けている。

(3) 韓国の状況

① 人工知能研究の取組

韓国においては、基本政策計画である「第3次科学技術基本計画」と連動して、「未来成長動力計画」(2014年6月)や「社会問題解決総合実践計画(2014~2018年)」(2013年12月)等により、情報科学技術分野に関する基本方針が打ち出されている。

「未来成長動力計画」においては、国家をあげて推進する戦略産業のうち、以下の分野が挙げられている²⁹。

- ・主力産業：スマートカー、5G 移動通信
- ・将来の新産業：知能型ロボット、ウェアラブルスマート機器、実感型コン

²⁹ 出所：国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発センター 主要国の研究開発戦略(2015年)2015年3月

テック

- ・ 公共福祉産業：パーソナライズド・ウェルネスケア、災害安全管理スマートシステム、再生可能エネルギーハイブリッドシステム
- ・ 基盤産業：インテリジェント半導体、インテリジェント IoT、ビッグデータ

最近の動向として、2016年3月17日、国の研究開発を強力に推進するため、大統領直属の科学技術戦略会議を設立することが発表された。その科学技術戦略会議は、関連分野の民間の専門家や関係部門の公務員で構成され、中核となる科学技術政策について関係省庁の軋轢を取り払うため、トップダウンで戦略を立てることとされている。そうすることで、研究開発システムにおける根本的な改革につながるとしている³⁰。

また、韓国未来創造科学部は「知能情報産業発展戦略」を公表し、今後5年間で1兆ウォン（約1,000億円）を投資する見込みであるとしている。また人工知能開発のための研究所を設立し、その研究所に民間企業（サムスン電子、LG電子、現代自動車、SKテレコム、KT、ネイバー）6社が参加する予定と報じられている。

② 脳科学研究の取組

脳科学分野においては、1998年「脳研究促進法」が制定され、それに基づく「第1次基本計画（1998年～2007年）」において、約318億円の研究投資が行われた³¹。

そして、現在進行している「第2次脳研究促進基本計画（2008年～2017年）」では、2017年までに脳研究分野で世界第7位までに入ることや研究人材の増加を目標に掲げ、合計約1,500億円を投じて取り組まれている。

また、2013年には、韓国が脳の研究において世界の原動力になることをビジョンに掲げ、国内の脳研究のリソースを集中させ、バイオテクノロジー、情報科学、ナノテクノロジー分野のコンバージェンスを通して、新たな産業の創出、つまりブルーオーシャンの領域において、脳科学研究分野におけるコアとなるプラットフォーム技術を獲得することを目的とし、国家主導型の

³⁰ 韓国大統領府 Web サイト HEADLINES（2016年3月18日）より
http://english1.president.go.kr/activity/headlines.php?srh%5Bview_mode%5D=detail&srh%5Bseq%5D=14674

³¹ 出所：独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター「脳科学研究の国内および国際動向について P47 韓国における脳神経科学研究の推進戦略」

研究拠点として韓国脳科学研究所 (Korea Brain Research Institute) ³²が設立された。

(4) 中国の状況

① 人工知能研究の取組

中国には国家の方針を示す「5カ年計画」があり、現在は「第13次5カ年計画 (2016～2020年)」の方針に基づいて様々な施策が実施されている。

科学・イノベーション政策の基本方針は、「国家中長期科学技術発展規画綱要 (2006-2020)」に示されており、この中で2020年までに世界トップレベルの科学技術国家になることを目標に掲げ、研究開発投資の拡充や重点分野の強化などを図っている。

また、「工業の変革・高度化に関する5カ年計画 (2012～2016年)」における「智能製造装置産業発展計画 (2012年)」では、産業用ロボットの推進が図られており、最近ではビッグデータの活用推進策をまとめた「ビッグデータ成長促進の行動綱要 (2015年8月)」や工業化と情報化の融合を方針とする「中国製造2025 (2015年10月)」が示されている。

「中国製造2025」においては、2025年、2035年、2045年に向けた戦略の方向性が示されており、重点施策としてクラウド、ビッグデータ、IoT等の政策との融合が掲げられている。世界の製造業が集まる中国において、今後どのように展開されるか注目される³³。

② 脳科学研究の取組

脳科学分野においては、「国家中長期科学技術発展規画綱要 (2006～2020年)」に基づき、脳科学及び認知科学分野の基礎研究強化やBMI研究に取り組んでいる。

研究機関の設立が相次いでおり、2015年4月には、中国科学院の Suzhou Institute of Biomedical Engineering and Technology (SIBET)が the Brain Research Instrument Innovation Center (BRIIC) を設立し、科学的なニーズに適う先進的な装置の開発を目指している。また、同年4月には、中国科学院

³² 韓国脳科学研究所 (Korea Brain Research Institute) については、<http://eng.kbri.re.kr/>

³³ 参考：国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発センター 主要国における次世代製造技術の研究開発に係る政策動向 (2015年3月)。中国製造2025 (中国 工業・情報化部)
<http://www.miit.gov.cn/n973401/n1234620/index.html>

の自動化研究所が **Cognitive Brain Modeling Group**（前身 **Neural Computation Group**）などの研究グループを統合し、「脳型知能研究センター」を設立している。同センターでは、マルチスケールな脳のシミュレーション、脳情報処理や脳のネットワークモデリングなどの研究テーマに取り組んでいる³⁴。

さらに自動化研究所には、「**Brainnetome Center**」も設置されており、2010年に科学技術部により承認された「国家基礎研究計画（973計画）」のプロジェクトのうちの一つであるマルチモーダルな脳ネットワークの研究プロジェクトが、2011年～2015年の5年間で2,600万元の研究資金により実施された³⁵。

また、脳型チップの研究開発が大学において取り組まれており、例えば、清華大学の「**Tianji Chip**」や杭州電子科技大学、浙江大学による「**Darwin**」の開発が知られている³⁶。

II-3 我が国における人工知能技術に関する取組

社会・経済活動の様々な場面において世界的に人工知能の役割への関心が大きく高まっている中、我が国においても人工知能及び脳科学に関する研究開発等に取り組んでいる。

本年1月には第5期科学技術基本計画が閣議決定された。同計画では、ICTを最大限に活用してサイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿とし、その実現に向けた取組を **Society5.0** として強力に推進することを掲げており、AIが **Society5.0** 実現に必要な基盤技術として位置付けられている。

総務省では、従来より情報通信研究機構（NICT）において、ビッグデータ処理に基づく人工知能技術や、脳科学の知見に学ぶ人工知能技術について最先端の研究開発に取り組んでいる。

また、情報通信政策研究所において、人工知能を構成要素とする情報通信ネ

³⁴ Research Center for Brain-inspired Intelligence Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences
<http://bii.ia.ac.cn/>

³⁵ Brainnetome Center <http://www.brainnetome.org/en/>

³⁶ 「Darwin」（ニューロン2,048、シナプス400百万個）

http://english.cas.cn/newsroom/china_research/201512/t20151225_157876.shtml

ットワークシステムの構築及び高度化（「AI ネットワーク化」という。）に向けて以下の事項について検討を行っている。

- 1) 人間と AI ネットワークシステムが共存する未来における社会のあり方に関し、目指すべき社会像及びその基本理念
- 2) AI ネットワーク化が社会・経済にもたらす影響
- 3) AI ネットワーク化が社会・経済にもたらすリスク
- 4) AI ネットワーク化が社会・経済にもたらす影響・リスクに関し、今後注視し、又は検討すべき事項

文部科学省では、未来社会における社会変革に対応するため、平成 28 年度から、「AIP (Advanced Integrated Intelligence Platform Project) : 人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクト」を開始し、理化学研究所に、革新的な人工知能の研究開発拠点を新設することとしている。これと一体的に、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業を活用して、大学等の多様な研究活動を支援することとしている。

経済産業省では、先進的な人工知能の開発・実用化と基礎研究の進展の好循環（エコシステム）を形成するため、平成 27 年 5 月 1 日に産業技術総合研究所に「人工知能研究センター」を設立した。人工知能研究センターでは、次世代脳型人工知能やデータ・知識融合型人工知能の大規模目的研究や、人工知能の要素技術の利活用を促進する次世代人工知能フレームワーク・先進モジュールの研究開発、人工知能技術の標準的評価手法等の共通基盤技術の整備等を行うことで、基礎研究を社会実装につなげるための研究開発を実施している。また、海外の研究機関・大学とも協力関係を構築し、国内外を問わず人工知能に関する英知を結集して活動を進めている。

このような中、平成 28 年 4 月 18 日には、総務省、文部科学省、経済産業省の 3 省が中心となり、人工知能の研究開発等の司令塔機能を果たす「人工知能技術戦略会議」を創設した。今後、この戦略会議のもとで、関係府省、学界、産業界と連携を図りつつ、我が国の人工知能技術の高度化と社会実装に向けて研究開発に取り組むこととしている。

(1) 総務省の人工知能研究及び脳科学研究の取組

総務省の人工知能及び脳科学研究の取組状況に関して、以下に紹介する。

国立開発研究法人情報通信研究機構（NICT）では、長きにわたり人工知能及び脳科学研究に取り組んでいる。

平成28年4月からスタートした第4期中長期計画において、第3期までの研究開発成果を更に発展させるためにデータ利活用基盤分野において、「音声翻訳・対話システム高度化技術」、「社会知解析技術」、「実空間情報分析技術」、「脳情報通信技術」の4分野の研究開発を重点化している。さらには、NICT全体の研究開発成果の社会展開を推進するためのオープンイノベーション推進本部を設置している。

このうち、「社会知解析技術」、「実空間情報分析技術」については、NICTユニバーサルコミュニケーション研究所（UCRI）内のデータ駆動知能システム研究センター（DIRECT）等において、「音声翻訳・対話システム高度化技術」については先進的音声翻訳研究開発推進センター（ASTREC）において、また、「脳情報通信技術」については、脳情報通信融合研究センター（CiNet）において研究開発を推進している。また、ビッグデータ及び人工知能関連技術の社会実装に関しては、NICTオープンイノベーション推進本部が担当している。

さらに、情報通信技術（ICT）に関する先端的な研究開発に取り組んでいる株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR）においては、脳科学の知見をロボットに適用するための技術開発や高度な無線通信技術等の研究開発に取り組んでいる。

なお、NICT UCRI、ASTREC と ATR は「けいはんな学研都市」に、CiNet は大阪大学の吹田キャンパスに研究拠点を構えている。



NICT ユニバーサル
コミュニケーション研究所(UCRI)
開設：平成 12 年

NICT 先進的音声翻訳研究開発セ
ンター(ASTREC)
開設：平成 26 年

NICT データ駆動知能システム研
究センター(DIRECT)
開設：平成 28 年

所在地：京都府相楽郡精華町



NICT 脳情報通信融合
研究センター (CiNet)

開設：平成 25 年

所在地：大阪府吹田市
(大阪大学内)



(株)国際電気通信基礎技術
研究所 (ATR)

開設：昭和 61 年

所在地：京都府相楽郡精華町
(平成元年に現在地へ移転)

図 II-3 総務省関連機関の人工知能関係の研究拠点

UCRI と ASTREC のビッグデータを解析することで実現する人工知能技術に関する研究と、CiNet の脳情報通信に関する研究は、いずれも世界最先端のレベルであり、将来的には、これら 2 つのアプローチを相互補完的に融合させることにより、世界の人々にとって真に役立つ次世代の人工知能を実現することを目指している。

総務省は知能に関する多様な視点の研究をカバー

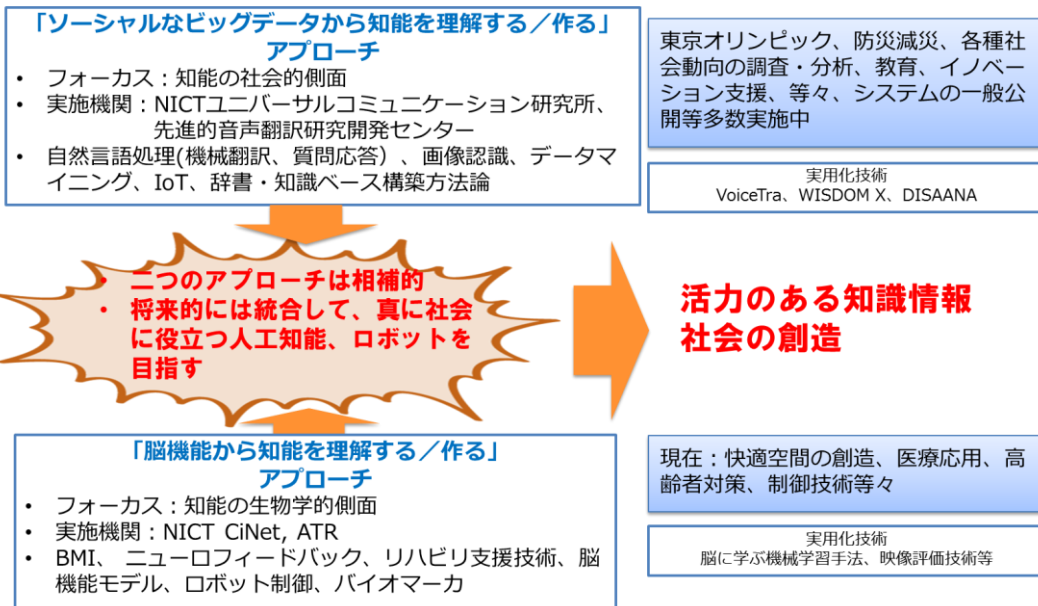


図 II-4 総務省の人工知能研究関連研究のアプローチ

以下、それぞれの研究所における先進的な研究開発や実用化に向けた取組等について代表的な事例を幾つか紹介する。

① NICT ユニバーサルコミュニケーション研究所 (UCRI)

NICT ユニバーサルコミュニケーション研究所 (UCRI) においては、ビッグデータ、特にテキストのビッグデータを活用する技術を中心に研究開発を行っている (図 II-5)。

具体的には、

- 1) インターネット上の極めて膨大なデータを自動的に解析し、質問者に有益な回答や仮説を提示する情報分析技術 (情報分析システム「WISDOM X」、対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」)
- 2) センサ情報からテキスト情報まで多種多様な情報を横断的に分析する技術

等の研究開発を実施している。特に1)の研究開発については、UCRI 内にデータ駆動知能システム研究センター (DIRECT) を設立して研究開発を進めている。以下、WISDOM X と DISAANA について詳細を述べる。



図 II-5 NICT ユニバーサルコミュニケーション研究所の研究概要

NICT DIRECT では、自然言語処理技術を用い、約 40 億件の Web ページを解析して、ユーザの質問に様々な回答を提示できる情報分析システム「WISDOM X」(図 II-6) や、災害時に SNS に発信される膨大な災害関連情報に関し、ユーザの質問に回答したり、エリア内の災害関連情報を一括して分かりやすく提示する対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」を開発し、ネット上で無償で公開をしている。(WISDOM X は 2015 年 3 月、DISAANA に関しては 2014 年 11 月より公開)

通常の Web 検索では、検索キーワードを含む文書へのリンクが提示されるのみであるが、この場合、質問の回答となりえる単語や文章がピンポイントで提示されるのみである。一方、WISDOM X は、入力されたキーワードに関して回答可能な質問を列挙したり、提示された回答をさらに深掘りするための質問を提案する等の機能を持つ。この情報の深掘りをする機能を活用することで、情報源の Web ページには記載されていない仮説を作成することも可能である。また、DISAANA においては、質問の回答に関して矛盾する情報も同時に提示して、デマの可能性を示唆したり、被災報告に対して取られた対応策も同時に提示する等、単なる質問応答にとどまらない各種機能を持つ。これは、システム内部でテキストを意味的に深く分析することによって可能になっているものであり、また、他の質問応答システムにはない特長である。

なお、DISAANA に関しては平成 28 年 4 月に発生した熊本地震において、Twitter の情報を分析して効率的に支援体制を構築することを可能とする等、政府による活用も始まっており³⁷、今後さらに普及が進むものと期待される。

さらに、これらの技術は、将来的に民間企業やシンクタンク等が活用することで、専門家でなくても、あらゆる技術、出来事や事象の膨大な組み合わせを、人間には実行不可能な規模でシミュレーションすることが可能となり、将来有望な様々なアイデアを提案するなど、企業戦略のサポートとしての利用が期待されているほか、今後大きな発展、普及が予想される音声対話システムにおいて、ユーザに提示すべき有用な知識を Web 等から取得する機能を実現する上で極めて有効な技術である。(図 II-7)

³⁷読売新聞、2016 年 5 月 11 日夕刊、<http://www.yomiuri.co.jp/politics/20160511-OYT1T50192.html>

- **WISDOM X**は膨大なインターネット上の文字データ(40億ページ以上、原稿用紙220億枚相当)から世界最大級の知識ベースを構築し、単純な質問への回答だけでなく、NICTが持つICTのノウハウを集約して仮説の推論や質問の提案まで行う、世界トップレベル・国内唯一の高性能な自然言語処理・AIシステム。
- 計算機300台で構成される専用システムを構築しており、<http://wisdom-nict.jp>にて一般公開中。

例1 「東京オリンピックで何を心配すべきか？」

質問を入力

回答を表示

資材高騰

建設費増加

宿不足

コミケ開催

工事費増

詐欺(架空の土地取引)

物流の支障

地方から関東への人材流出

その他、猛暑による選手の体調不良、災害リスク、テロ行為、台風、放射能等の回答を表示

例2 ①質問：地球温暖化が進むとどうなる？

② 450件の回答

- 海水温が上がる
- 被害総額年100兆円

③上の回答に基づき、システムが「海水温が上がるとどうなる？」という質問を提案。利用者はこの提案をクリック。

④ 450件の回答

- メタンが放出される
- サンゴの白化が進む
- 腸炎ビブリオ(大腸菌)が増える…

その後、気候変動による腸炎ビブリオ由来の食中毒の増加を専門誌が報告
Austin-Baker, C. et al., Nature Climate Change, 3:73-77(2013)

図 II-6 情報分析システム (WISDOM X) の概要

万能対話ロボット(教育、高齢者)

車いすです楽しめるダンスがあるそうです。

ナナフッてオスなしでも繁殖するよ。

シンクタンク、社会調査

少子化で耕作放棄地が急増！

それでA地方の雇用を増やせますね！

耕作放棄地で行うビジネスには、太陽光発電、魚類の養殖、植物性プランクトンの養殖。A地方に適しているには植物性プランクトンの養殖…

民間企業のイノベーション支援

南米でディーゼル油を生成する真菌(水虫の類似物)が発見される！

その作戦でいきましょう！

我が社のプラントによく適合しているので、プラントとセットで販売できるかも。

企業のコンプライアンス対策

排ガス試験検出のための条件分岐は…

排ガス試験に関する対策を施すことは法令違反です

図 II-7 情報分析システム (WISDOM X) 10年後の将来像(案)

② NICT 先進的音声翻訳研究開発推進センター（ASTREC）

NICT 先進的音声翻訳研究開発推進センター（ASTREC）においては、外国語と日本語の間で話した言葉の自動通訳を可能とする多言語音声翻訳技術（VoiceTra）等の研究開発を実施している。以下に多言語音声翻訳システムの詳細を述べる。

NICT ASTREC では、世界の「言葉の壁」を超えたコミュニケーションの実現を目指した「多言語音声翻訳システム」の研究開発を行っている。この多言語音声翻訳システムのうち、音声認識、音声合成や翻訳の技術に人工知能が活用されている。

現在は無料のスマートフォンアプリ「VoiceTra」（図 II-8）として公開しており、一部テキストによる入出力も含め 29 言語間の翻訳に対応している。中でも日英中韓を含めた 10 言語（日本語、英語、中国語、韓国語、スペイン語、フランス語、タイ語、インドネシア語、ベトナム語、ミャンマー語）の旅行会話については、実用レベル（TOEIC 600 点レベル）の翻訳が可能となっている。（VoiceTra は 2010 年 8 月に公開し、シリーズの累計ダウンロードは 100 万件を越えている。）

また、総務省では平成 24 年 4 月に、NICT が開発した多言語音声翻訳システムをさらに高度化するとともに、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会までに全国に社会実装することを目的とした「グローバルコミュニケーション計画」を発表し、NICT や民間企業等と連携して、雑音抑圧技術等の研究開発や様々なアプリケーションに適用するための社会実証等にオールジャパン体制で取り組んでいる。

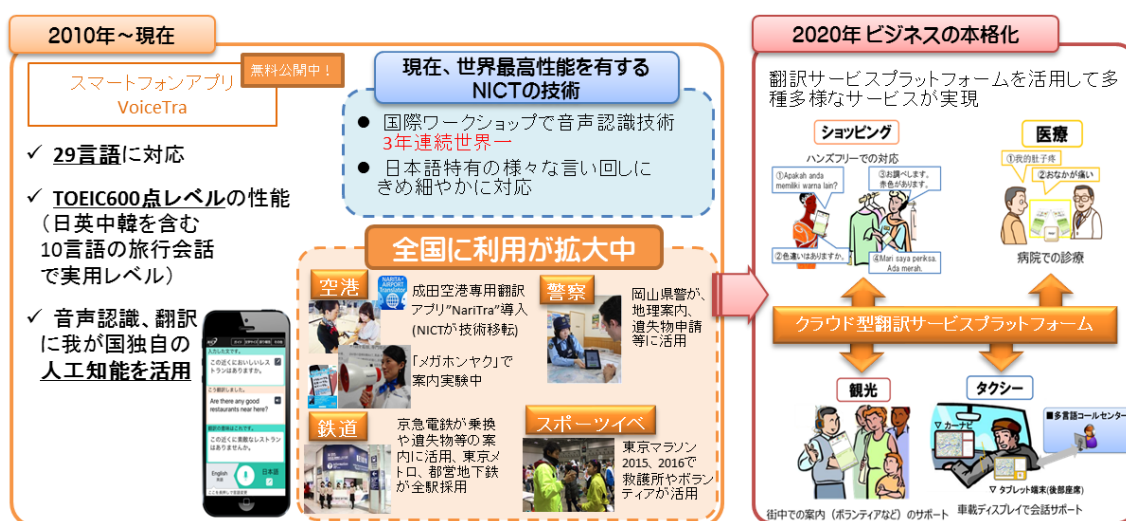


図 II-8 多言語音声翻訳技術（VoiceTra）の概要

③ NICT 脳情報通信融合研究センター (CiNet)

NICT 脳情報通信融合研究センター (CiNet) は、加速的に進化している脳機能研究を究め、そこで得られる知見を脳科学に基づく新しい技術体系の発展に応用することを目的とした異分野融合研究を先導する研究機関として創設された。

主に人間の脳を対象とした最先端の計測施設を備え、システムレベルに焦点を合わせた基礎的な神経科学を中心とした研究を推進している。その中で、特に視覚と運動の制御についての研究に重点を置きつつ、痛み、多感覚の統合、高次の認知、意思決定、言語、社会神経科学などの高次脳機能領域について研究を進めている。

CiNet の重要なビジョンは、脳科学を情報通信技術 (ICT) に応用する研究を進めることであり、つぎのような課題を掲げている。

- 1) 脳情報処理についての知見は情報ネットワークの計算や制御の分野に根本的に新しい考え方を創り出すこと。
- 2) 複雑なネットワークの科学を脳が行う情報処理の理解の一助となすこと。
- 3) 人間のコミュニケーションと脳内での情報処理とを理解することで脳機能を基礎とした新しい形のコミュニケーション技術創出をめざすこと。

CiNet の研究は NICT が擁する豊富な専門的知見、また複数の充実した研究施設と研究施設間の相互連携を礎としており、その研究は、ネットワーク科学、IoT、センサーネットワーク、携帯型脳波計を実現したウェアラブルなセンサー技術、量子 ICT、ナノ & 昆虫脳や自然知能に基づくバイオコンピューティング、超臨場感・没入型コミュニケーションテクノロジーなどの幅広い領域に及んでいる。

また、ニューロイメージングに関する物理学や技術の基礎研究を積極的に行っており、高磁場 fMRI、統合型 PET-fMRI、磁気共鳴分光法 (MRS) および高密度近赤外線分光法の研究を進めている。位相差脳血流イメージング、温度機能イメージング、神経線維機能イメージング、脳幹神経核機能イメージングなどの次世代イメージング技術の確立を目指している。さらに、MEG と fNIRS などの先端的計測から得られる脳情報ビッグデータを解析するための新しい統計的手法の研究開発にも取り組んでおり、ヒトの脳活動の研究拠点のひとつとして、その重要度は高まっている。

これらの研究はいずれも世界最先端の独創的な取組であり、総務省では、前述のユニバーサルコミュニケーション研究所の研究開発と合わせて、これら

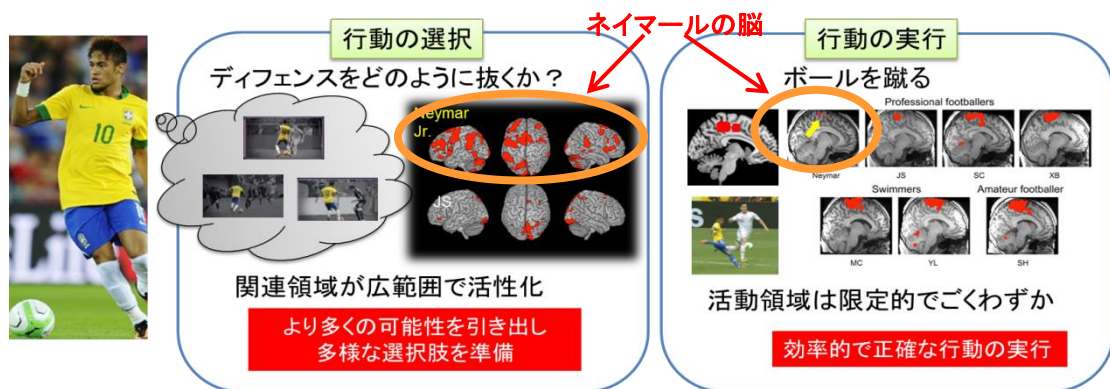
のリソースを最大限に活かして、将来の人工知能の実現に向けて取り組んでいる。



図 II-9 NICT 脳情報通信融合研究センターの研究概要

以下、多様な分野への応用や展開に向けた研究活動の一例として、脳活動と行動の関係性に関する研究について述べる。

図 II-10 は、サッカーのブラジル代表のネイマール選手の脳活動について高精度 MRI で測定したものである。ネイマール選手がドリブルで相手ディフェンスをどのように抜くかをイメージしてもらい、そのときの脳活動を分析している。図 II-10 の左側の図に示すとおり、一般の選手に比べて、ネイマール選手の脳の関連領域が広範囲で活性化していることが判明した。また、同選手がボールを蹴る瞬間の脳活動についても調べたところ、同図の右側の図の矢印で示すように、限定的でごくわずかな領域のみ活性化していることが判明した。このように、一流運動選手の脳活動と行動との関係を解明することで、将来的には「高齢者／障がい者の能力回復」や「健常者の能力向上」「ジュニア育成」の実現に寄与できると期待される。



【出典 NHKスペシャル「ミラクルボディ」(2014年6月1日放送)】

図 II-10 ネイマール選手の脳に学ぶ身体を動かす脳の仕組み

④ NICT オープンイノベーション推進本部

NICT オープンイノベーション推進本部では、NICT の研究開発成果を社会実装するための取組の一環として、我が国のビッグデータ技術や人工知能技術の革新を目指した研究を行うためのネットワークテストベッドの運用や、委託研究等による効率的な研究開発を推進するとともに、それらの研究で得られた実験データをオープンデータとして活用するための取組を行っている。

(2) 文部科学省の人工知能研究の取組

文部科学省においては、これまで、人工知能分野の研究開発の取組として、未来社会実現に必要な ICT 基盤技術の確立に向けた研究開発の実施や、科学技術振興機構 (JST) における戦略的な基礎研究等の推進などを行ってきた。平成 28 年度からは、情報技術の世界的な急速な進展、とりわけ、人工知能やビッグデータ等への関心の高まりの中で、我が国の大学や研究機関の力を結集し、産業界等と連携しつつこの分野の研究開発の国際競争に臨むため、新たに「AIP：人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクト」を開始し、取組を強化したところである。

具体的には、平成 28 年 4 月 14 日付で、理化学研究所に、「革新知能統合研究センター」を新設した。同センターでは、世界的に優れた競争力を持つ研究者を糾合し、革新的な人工知能の基盤技術の研究開発や、サイエンスの飛躍的発達の推進、応用領域の社会実装への貢献、人工知能等が浸透する社会での倫理的・社会的課題への対応、データサイエンティスト、サイバーセキ

キュリティ人材等の育成に取り組んでいくこととしている。

また、上記と一体的な取組として、JSTの戦略的創造研究推進事業においても、新たに人工知能に係る研究課題の採択を進めている。これまでも、CREST・さきがけの中で関連課題として延べ5研究領域（採択64件）が取り組まれてきたが、平成28年度は、このうち2研究領域について新規採択を行うとともに、人工知能基盤技術に係る新たな戦略目標を掲げ、社会の様々な分野における多種・膨大な情報をもとに、状況に応じて知的で統合的な解析・処理・制御を行うことのできる情報基盤技術の確立を目指し、新たに3研究領域を設定することとしている。

AIP: Advanced Integrated Intelligence Platform Project 人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト		平成28年度予算額 : 5,448百万円(新規) (関連する既存事業(2,849百万円)を含む) ※運営費交付金中の推計額含む
【国際的な動向】 ○ 各分野でのビッグデータの集積、センサーの量的・質的拡大(IoT: Internet of Things) ○ 人工知能に50年来の大きな技術的ブレークスルー(自ら特徴を捉え進化する人工知能が視野) ○ 一方、高度化する脅威に対するサイバーセキュリティの確保(ますます巧妙化しており、人材育成が必須)		
【文部科学省の対応】 (1) 文部科学省が持つビッグデータの解析(コホート、環境のデータなど多様)を通じて、新たな価値を創造。 (2) そのため、革新的な人工知能技術を開発・活用 (3) ビッグデータの充実のため、高度なセンサー/IoT技術を活用。あわせて、堅牢なセキュリティを構築。 [経済産業省・総務省との連携を呼びかけ、基礎研究から社会応用まで、一体的に実施する体制を構築]		
AIPセンター(理化学研究所) 1,450百万円 I. 人間の知的活動の原理に学んだ革新的な人工知能の基盤技術を開発。 II. 人工知能とビッグデータにより複数分野においてサイエンスを飛躍的に発達させる。 III. 具体的な社会・経済価値を創造する多数の応用領域の社会実装に貢献。 IV. 人工知能等が浸透する社会での倫理的・社会的課題等に対応。 V. データサイエンティスト、サイバーセキュリティ人材等を育成。	戦略的創造研究推進事業(一部)(科学技術振興機構) 新規採択課題分 1,150百万円 関連する既存採択課題分 2,849百万円 ※運営費交付金中の推計額 ○ 大学等の研究者から広く提案を募り、組織・分野の枠を超えた時限的な研究体制を構築して、戦略的な基礎研究を推進。	

【目指す成果】

- 人々と社会のための知能とイノベーションの創出に向けて、世界的に優れた競争力を持つ研究者を結集、最先端研究を統合。我が国が直面する労働力減少、高齢化社会の中でも、
- ・生産性の大幅な向上による**経済成長への貢献**、
 - ・一人ひとりに優しい**社会構築**(医療・介護等)を実現

図 II-11 AIP: 人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト

また、上記以外にも、ポスト「京」の萌芽的課題のうち、「⑬思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能の応用」においては、革新技術による脳科学の大量のデータを融合した大規模多階層モデルを構築し、ポスト「京」での大規模シミュレーションにより思考を実現する脳の大規模神経回路を再現し、人工知能への応用をはかることを目的としている。

⑬ 思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用

概要・意義・必要性	ポスト「京」により、複雑な神経回路を再現し、「考える」という脳機能の解明に挑むことは現代科学の最大のチャレンジであり、「健康・医療戦略」にもあるように新しい情報処理技術の確立や精神神経疾患の克服に向け社会的期待も高い。
(1) 必要性の観点	
(2) 有効性の観点	脳科学の革新的プロジェクトと連携し、そのビッグデータのモデル化と大規模シミュレーションにより、新たなブレークスルーが期待できる。脳の機構にならった人工知能は、人の心を理解するロボットなど新たなイノベーションを可能にする。
(3) 戦略的活用の観点	思考の神経回路の実体の解明には、大量の実験データに基づく大規模、マルチスケールのモデルの構築と、さらにリアルな感覚行動データによる長期の学習が不可欠であり、ポスト「京」の超大規模計算により初めて実現可能である。
<p>内容の詳細:「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」等により得られる脳構造と活動の高スループット計測によるボトムアップデータと、認知を実現する機械学習によるトップダウン設計論を融合し、思考を実現する脳の大規模神経回路を、ニューロンの特性や回路の結合構造などの実験データに基づいた多階層モデルにより再現し、その応用をはかる。</p> <p>サブ課題A: 思考を実現する神経回路機構の解明</p> <p>細胞形態と回路結合、活動のイメージングなど異種大規模データを、機械学習手法をもとにモデル統合しその動作機構を解明する。 ポスト京により様々な規模と詳細度のシミュレーションを実現する。 ・細胞内分子シグナルを含む局所神経回路の詳細モデル ・自動縮約したニューロンモデルによる全脳規模シミュレーション</p> <p>サブ課題B: 脳アーキテクチャにもとづく人工汎用知能</p> <p>大脳皮質の階層的確率推論、大脳基底核の報酬評価、小脳による定型的行動制御など脳の機能アーキテクチャを参考に、環境との相互作用のもとで学習し続ける知能エージェントを実現する。 ポスト京のキャパシティにより、ネット上で得られる膨大な情報のもとで学習させることにより、動的に発達し続ける人工知能システムを実現する。</p>	
<p>期待される成果・波及効果</p> <p>マーモセットなど霊長類の脳データにもとづく詳細大規模シミュレーションにより、脳内シミュレーションと思考、他者認知とコミュニケーションなど、人の精神活動の基盤となる脳機構の実体の解明が期待される。</p> <p>そのモデルの解析は、精神神経疾患や発達障害のメカニズムの理解、それらの診断、治療、予防法の開発、また人の心を理解し行動するロボットなど、より人間的な人工知能の応用への道を開く。</p>	

図 II-12 ポスト「京」「⑬思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能の応用」

国立情報学研究所においては、「人工頭脳プロジェクト「ロボットは東大に入れるか」」というプロジェクトを立ち上げている。当該プロジェクトは、大学入試問題という総合的知的タスクをベンチマークとして設定することで、1980年以降細分化された人工知能分野を再統合し、新たな地平を切り拓くとともに、産学が連携しつつ人工知能の各要素技術の精度を高め、人工知能の可能性と限界を見極めることで、来るべき人-機械協働社会に必要な社会制度を予測することを目指すものである。

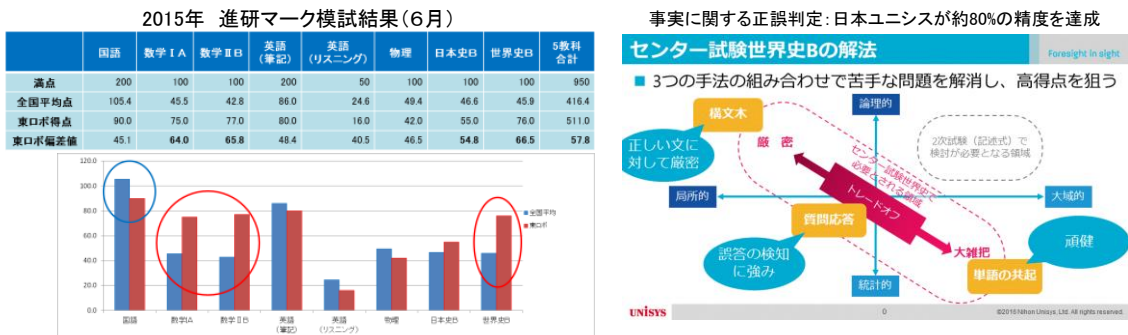


図 II-13 人工頭脳プロジェクト「ロボットは東大に入れるか」

国立研究開発法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業のうち、ERATOの「石黒共生ヒューマンロボットインタラクションプロジェクト」でも、身振り手振り、表情、視線、触れ合いなど、人間のよう多様な情報伝達手段を用いて対話できる、社会性を持つ自律型ロボットの実現を目標に、共生ヒューマンロボットインタラクション（人間とロボットの相互作用）の研究開発に取り組んでいるところである。



図 II-14 石黒共生ヒューマンロボットインタラクションプロジェクト

このように、文部科学省においては、10年後そしてその先の未来におけるイノベーションの創出に向け、関係省庁・産業界等との連携のもと、革新的な基盤技術の研究開発や人材育成等の取組が進められている。

(3) 経済産業省の人工知能研究の取組

経済産業省では、産業技術総合研究所の「人工知能研究センター」を中核的な拠点として、主に新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」事業（平成28年度30.6億円）で人工

知能の研究開発を進めている。また、平成28年4月には新エネルギー・産業技術総合開発機構に「AI 社会実装推進室」を設置し、研究開発から社会実装までを一元的に推進している。その詳細について、以下に紹介する。

経済産業省では、平成27年5月、国内外の多様な人工知能研究のトップ・新進気鋭の研究者や優れた技術を集結し、先進的な人工知能の開発・実用化と基礎研究の進展の好循環（エコシステム）の形成を目指して、「人工知能研究センター」を産業技術総合研究所に整備した。

人工知能研究センターは、以下の役割を果たすことを目的としている。

- 1) 様々な技術を統合し、ユーザ企業と連携して実用化を加速し、実世界の課題解決やビジネスにつなげる。その結果をフィードバックしてさらに技術を進化させる。
- 2) 様々な一線の研究者により、実世界の課題を解決する大規模な基礎研究を実施する。研究成果の実証により、基礎研究を加速する。
- 3) 評価手法やベンチマークデータセットの整備など、公的研究機関として人工知能研究のベースアップに貢献する。
- 4) 開発された成果や知的財産について、事業化やカーブアウトを実施する。企業との共同研究だけでなく、アカデミアと産業界のハブとなる。

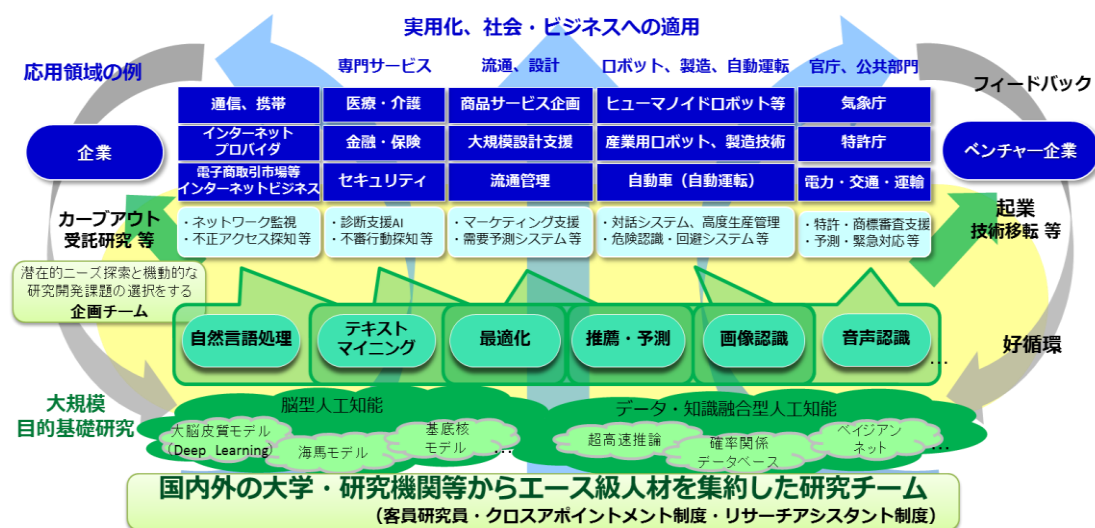


図 II-15 人工知能研究センターの概要

人工知能研究センターには、国内外の研究者、ユーザ企業や共同研究企業が結集し、平成28年4月初めの時点では、250名超の研究者等が在籍している。また、具体的に研究を進めるチームの他に、「企画チーム」を設置し、各研究チームと密接に連携して、個別企業の課題やデータに対する人工知能

技術の適用可能性の検討、適切な技術パッケージのコンサルテーションも実施している。同研究センターでは、基礎研究を社会実装につなげることを目的としつつ、大規模目的基礎研究として、人間と親和性の高い次世代人工知能の実現のために、辻井潤一研究センター長の下、次の2つのテーマを柱とする研究開発に取り組んでいる。

- 1) 人間の知能を発現させる仕組みを人間の脳から工学的に学ぶことで、脳のように柔軟でしなやかな情報処理を行うコンピュータシステムを実現する次世代脳型人工知能や、脳の神経回路と神経細胞が情報を処理する動きをコンピュータの情報処理の動作に取り込むニューロコンピューティングの研究。
- 2) 膨大なデータから規則性を学習する機械学習技術と、人間社会が蓄積してきたテキストや知識を理解する意味理解技術やテキスト・知識を使った推論技術とを自然に融合することで、複雑な判断や行動の決定とその過程の説明ができるデータ知識融合型人工知能の研究。

また、基礎研究の成果や人工知能の要素技術の利活用を促進する次世代人工知能フレームワーク・先進モジュールの研究開発、人工知能技術の標準的評価手法等の共通基盤技術の整備等も進めている。

さらに、人工知能を様々な分野と融合する技術と捉え、我が国が強みを有する以下の3つの分野と人工知能技術の融合を進めている。

- Manufacturing** (人工知能×ロボ) : 高いものづくり力や世界トップの産業用ロボットや自動車と融合し、他の追従を許さない製造業を実現
- Human Life** (人工知能×IoT) : 日本の高品質なサービス業、医療・介護、物流等と融合し、豊かな生活を提供
- Science/Engineering** (人工知能×Big Data) : 世界トップクラスの基礎科学と融合し、科学技術の発展を促進

人工知能研究センターは、「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」(平成28年度:30.6億円)で実施している次世代人工知能分野の研究開発に拠点として参画している。当該事業は、未だ実現していない次世代の人工知能・ロボット技術のうち中核的な技術の開発を目的とし、平成27年度から実施している。

この事業では、大きくは次世代人工知能技術と、革新的ロボット要素技術とに分けて研究開発を実施している。このうち、次世代人工知能技術については、国内外の人工知能に関する研究所や研究者等を集約し、その英知を結

集して、研究開発を進める必要があることから、研究開発拠点を選定し、集中研究方式を取り入れて実施している。前述のとおり、「人工知能研究センター」を拠点とし、株式会社国際電気通信基礎技術研究所や国立情報学研究所、東京大学、京都大学、電気通信大学、信州大学、玉川大学、金沢大学、九州工業大学、奈良先端科学技術大学院大学、千葉工業大学、中部大学、中京大学、大阪大学等が参加している。具体的な研究内容は、図 II-16 のとおりである。

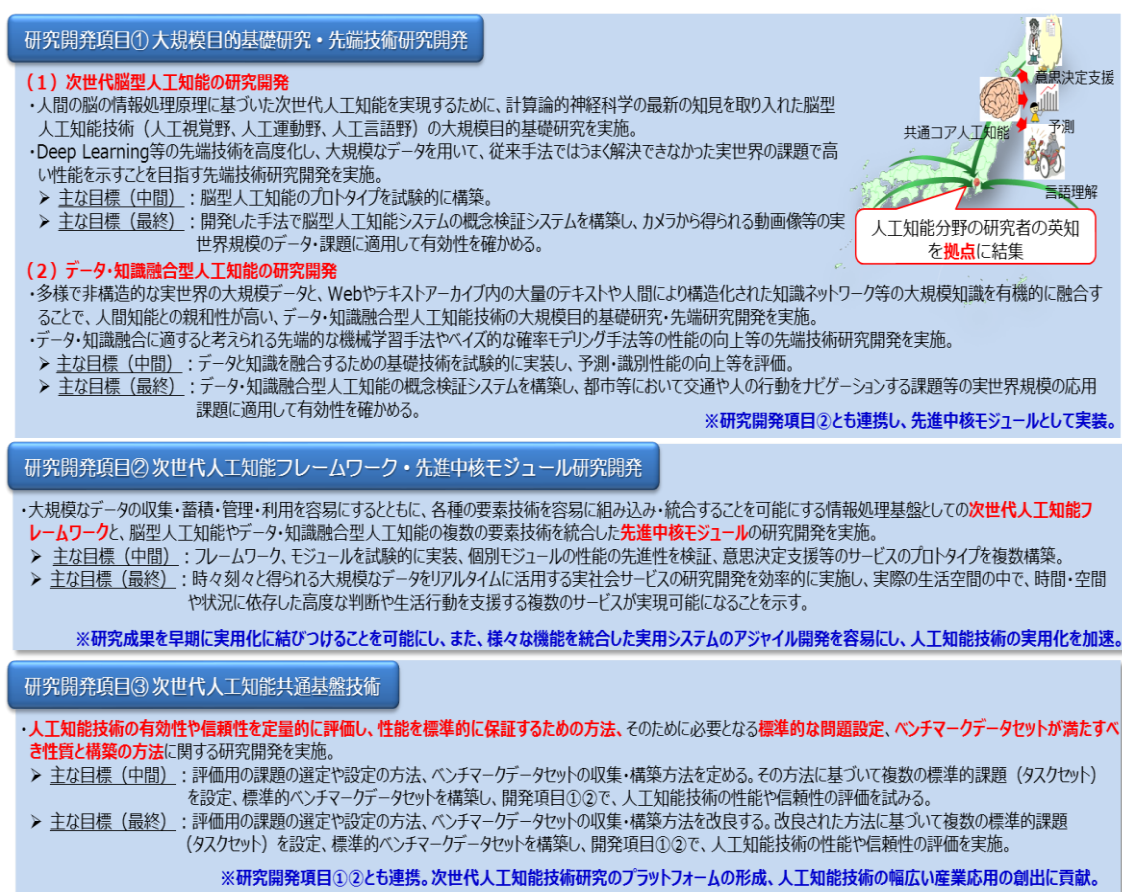


図 II-16 プロジェクトの概要

さらに、人工知能分野でイノベーションの好循環を実現する出口側の仕組みとして、平成 28 年 4 月、NEDO に「AI 社会実装推進室」を設置した。研究成果の戦略的な社会実装に向けてユーザ企業と連携しつつ、関心企業等へのサンプル提供、技術の国際標準化に加え、研究開発成果を出口側（技術に関心のある行政機関や民間企業等）が有する社会課題と連携させ、技術シーズの社会実装化に向けた取組を強化していくとしている。この取組の一環と

して、NEDO では、平成 28 年 4 月には、「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」を策定・公表し、人工知能技術の進展予測と出口分野への効果の可視化を行った。

分類	現在～2020年	2020年～2030年	2030年以降
認識能力関係	<ul style="list-style-type: none"> 静止画像・動画像からの一般物体認識が人間レベルに到達 3次元情報からの環境認識が人間レベルに到達 人間の表情、感情の認識が人間レベルに到達 	<ul style="list-style-type: none"> 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、特定ドメインにおいて、文脈や背景知識を考慮した認識が可能に スモールデータでの学習による認識が可能に 	<ul style="list-style-type: none"> 特定ドメインに限らず、一般ドメインにおいて、文化や社会的背景などを考慮した認識が可能に（シンボルグラウンディング問題の解決）
運動能力関係	<ul style="list-style-type: none"> ディープラーニング（DL）と強化学習の融合が進化し、人間が設定した報酬体系の下、高度なゲームなどのタスクの遂行（プランニング）が人間レベルに到達 運動に関するプリミティブ、構造（オントロジー）を自動生成する技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> スモールデータでの学習により、深い背景知識を必要とするタスクの遂行が人間レベルに到達 人間の運動・モノの操作・動画像から概念階層を自動で獲得（運動からの自動的なオントロジー獲得技術の確立） 安全マニピュレーション技術の確立 ハードの進化とあわせて、さまざまな実用的タスクに対するマニピュレーション技術が確立 	<ul style="list-style-type: none"> 文化や社会的背景を必要とするタスクの遂行が人間レベルに到達 マニピュレーション機能がモジュール化され、社会全体で最適配置される
言語・意味理解	<ul style="list-style-type: none"> 画像とテキストを相互変換する原始的シンボルグラウンディング技術の確立 特定ドメインにおいて、会話が成立するための発話計画を自動で生成 	<ul style="list-style-type: none"> マルチモーダルな情報、運動に関するプリミティブとテキストを相互変換する、より本格的なシンボルグラウンディング技術の確立 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、新聞等のフォーマルなテキストの分類、情報検索、含意関係認識等が人間レベルに到達 原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、特定ドメインの機械翻訳が人間レベルに到達 	<ul style="list-style-type: none"> 人間の言語知識と、画像や運動を介したグラウンディングが融合し、大規模な知識獲得が可能に フォーマルなテキストに限らず、インフォーマルなテキストの分類、情報検索、含意関係認識等が人間レベルに到達 機械翻訳が人間レベルに到達 機械が仮説や要約を生成 音声対話が人間レベルに到達
数値データの処理、人間やシステムモデル化	<ul style="list-style-type: none"> センサからの大量データの取得・活用が進む（IoT） 認知発達モデル、脳の情報処理の研究が加速 	<ul style="list-style-type: none"> センサデータにより、社会の部分的最適化が可能に 認知発達モデルが部分的に構築 脳の情報処理原理が部分的に解明 	<ul style="list-style-type: none"> 認識能力、運動能力、言語・意味理解能力の向上とあわせて、社会全体の最適化が可能に 認知発達モデルが概ね構築 脳の情報処理原理が概ね解明
計算機システム等の必要なハードウェア	<ul style="list-style-type: none"> ワンショット3D計測やハイパースペクトルカメラなどのセンサ 省電力高性能小型プロセッサ 触覚センサなどセンサ類の高度化 高度マニピュレータ 	<ul style="list-style-type: none"> イジングモデル型デバイス スマートアクチュエータ あらゆるデバイスが超低消費電力駆動 	<ul style="list-style-type: none"> 人の脳にせまる脳型デバイス

図 II-17 次世代人工知能技術社会実装ビジョン（抜粋）

なお、経済産業省では、「第4次産業革命」とも呼ぶべき IoT、ビッグデータ、ロボット、人工知能等による変革に的確に対応するため、平成 27 年 8 月、産業構造審議会に「新産業構造部会」を設置し、官民が共有できるビジョンの策定に向けた検討を進めてきた。平成 28 年 4 月、「新産業構造ビジョン」の中間整理をとりまとめ、「第4次産業革命」を我が国が勝ち抜くための道筋を示した。

GDP600 兆円の達成に向け、「希望生み出す強い経済」の実現において、人工知能は鍵となる重要な技術である。人工知能技術は急激な技術革新を遂げており、その活用によって新たな製品やサービスが生み出されたり、これらの生産や提供の仕組みが変わることによって、産業構造、就業構造さらに経済社会システムを劇的に変える可能性がある。経済産業省では、「人工知能研究センター」での研究開発や、「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」事

業、AI 社会実装推進室での活動等を通じて、先進的な人工知能の研究と実用化の好循環（エコシステム）の形成に貢献していくとしている。

(4) 3省連携による次世代人工知能研究の取組

次世代の人工知能技術の研究開発においては、総務省、文部科学省、経済産業省の3省が一体的に連携することとし、平成27年9月には、3省連携体制のもとで人工知能技術の研究開発を推進し、その研究成果を関係省庁や産業界などに提供し、政府全体として更なる新産業・イノベーション創出や国際競争力強化を図っていくことで合意がなされた。

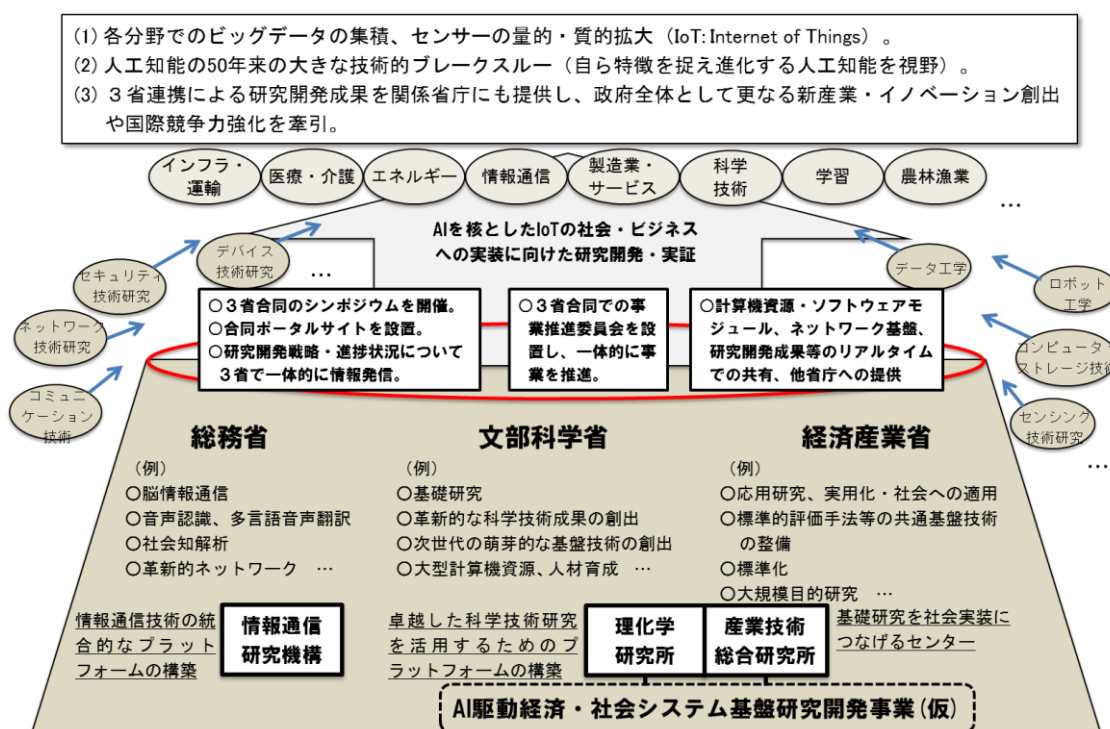


図 II-18 次世代の人工知能技術の研究開発における3省連携体制

また、平成28年4月12日の「第5回未来投資に向けた官民対話」において、安倍総理大臣からの

- 1) 人工知能の研究開発目標と産業化のロードマップを本年度中に策定し、
- 2) 産学官の叡智を集め、縦割りを排除した「人工知能技術戦略会議」を創設する、

との指示を受け、同年4月18日に総務省、文部科学省、経済産業省の3省が中心となり、人工知能技術の研究開発等の司令塔機能を担う「人工知能技術戦略会議」が設置された。

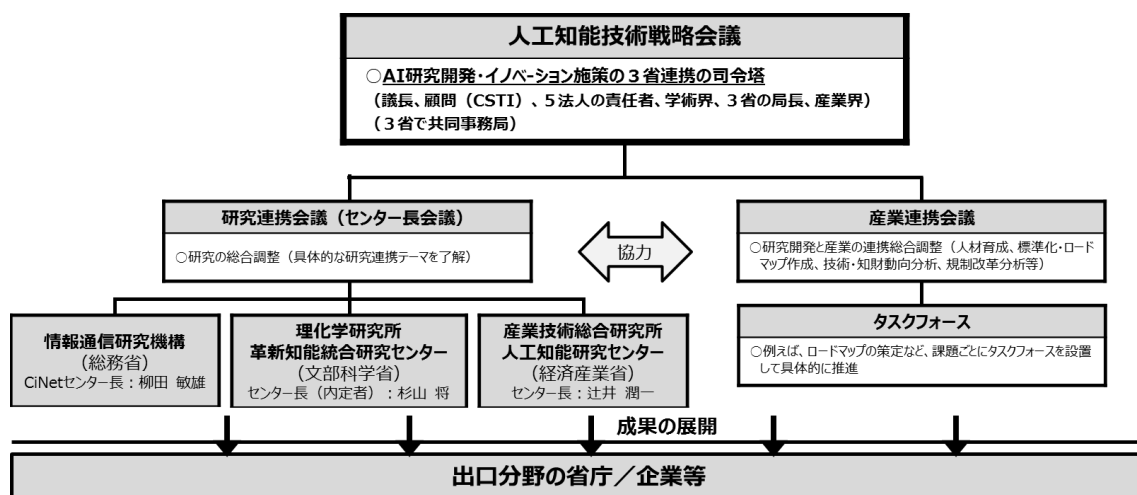


図 II-19 人工知能技術戦略会議の検討体制

(5) 内閣府の人工知能研究に関する取組

① 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

少子高齢化・人口減少による経済状況への不安解消と、心の豊かな社会生活の実現を目指して、企業の中では心を扱う脳情報の民生応用への期待が高まり、脳科学と事業の真の融合が求められている。

内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) では、多様な心の有り様を可視化する脳情報のデコーディング技術及び自分が望む脳の状態へと整えるフィードバック技術、さらには大規模脳情報蓄積基盤の開発とその国際標準化を進め、2020年までに共有可能なリソースとして提供するための取組を行っている。

これにより、脳の健康状態の予測アルゴリズムを用いたメンタルヘルスケアサービスや、専門家と自分の脳活動パターンマッチングを用いた暗黙知学習支援サービスの実現を目指している。

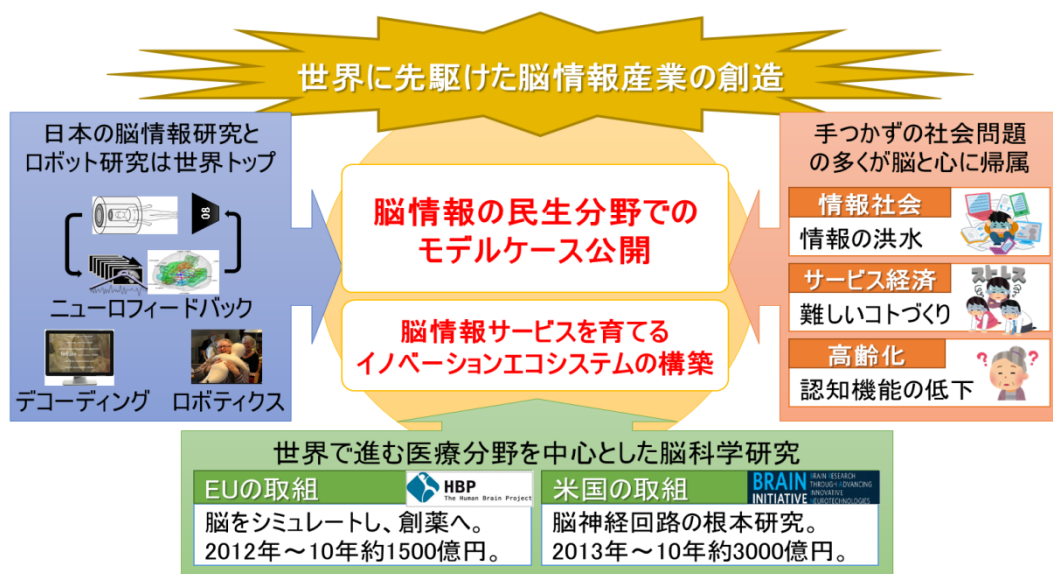


図 II-20 内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImpACT)
「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現」全体構想

② 重点化対象施策の特定

内閣府では司令塔機能として各省の人工知能研究の取組を重点化、または評価している。具体的には平成 28 年度の概算要求に先立ち平成 27 年 7 月より各府省の施策について連携アドバイス、重複事業の排除、事業間の調整等のヒアリング、有識者議員等の審査を通じて政策誘導を行った。その中で、平成 27 年 8 月には重点化対象施策として 158 の施策を特定しており、そのうち 18 施策が AI 関連の施策となっている。

(6) 我が国の企業の取組

我が国の大手 ICT 企業は、人工知能技術に関して様々な取組を行っている。主な企業が取り組んでいる事例は以下の通り。

1) 日立製作所

- ・ ビッグデータを利用し、街づくりに伴う投資効果や環境への影響などを可視化できるシミュレーションソフトを開発し、これにより、鉄道や病院等の建設にあたり利用人数や人の流れを予測したり、必要な投資規模等を瞬時に算出したりすることができる。
- ・ 電子カルテから病態や病気の部位等の指定された情報を高精度で抽出する技術を開発し、これによりあらかじめ用意した学習データに基づき、

電子カルテに記入された情報から、答えを判定する規則を自動構築する機械学習手法を導入したサービスを提供している。

- 人工知能技術を活用して、企業の売り上げ向上やコスト削減を含めた経営課題の解決を支援する「Hitachi AI Technology／業務改革サービス」を展開している。ビジネスに関連する大量かつ複雑なデータの中から組織の重要な経営指標（KPI：Key Performance Indicator）との相関性が強い要素を発見し、革新的な業務改革施策の立案を可能にする。

2) NEC

- 「NEC Advanced Analytics - RAPID 機械学習 V1.1」は、ディープラーニング技術を搭載したソフトウェアであり、独自技術によってメモリに読み込むデータ量を圧縮することで、省リソースで高速処理を実現している。この技術を用いて、カメラ画像からの不審者の自動検出など高精度な画像認識を実現する「画像解析版」と、求職者の適性にあった求人企業の紹介など効果的なマッチングを実現する「人材マッチング版」の2種類を提供している。
- 電力使用量に影響する多種多様なデータを、「異種混合学習技術」で分析し、将来の電力需要を高精度に予測できる。
- 大量のセンサー情報を、「インバリエント分析技術」を用いてリアルタイムに分析し、故障に至る前に設備等の不健全な状況を検知／通知する。
- 大阪大学と脳型コンピューティング技術に関する共同研究を進めるため、2016年4月に NEC ブレインインスパイアードコンピューティング協働研究所を設置した。また、シミュレーションと人工知能が融合した技術を基本原理から産業応用まで一貫した研究開発に取り組むため、産業技術総合研究所と NEC は産総研人工知能研究センター内に「産総研-NEC 人工知能連携研究室」を設立している。

3) 富士通

- 先端研究から得た知見やノウハウをベースに、「知覚・認識」「知識化」「判断・支援」の機能と、それらを高度化させる学習機能を「Human Centric AI「Zinrai）」として体系化し、各種サービスに実装して提供している。
- ディープラーニングにより、中国語の手書き文字認識において人間を超える認識精度を達成し、中国語の手書き帳票の処理の効率化を可能にしている。
- 人工知能技術を活用した対話型質問応答技術を開発し、保険分野での

窓口対応業務での実証を終え、サービスへの実装を進めている。

- ・ 海外の病院との共同研究において、人工知能技術を活用して精神疾患の発症トリガーを発見し、精神疾患に対する新しい対策や治療法の確立に取り組んでいる。
- ・ 船舶に関連するビッグデータを活用・解析し、実海域における燃料消費や速度などの船舶性能を5%以下の誤差で高精度に推定する技術を開発し、船舶の燃費改善に繋げるべく取組を進めている。
- ・ 富士通の従業員 **26,000** 名の過去3年分の健康診断データとレセプトデータから、1年後の糖尿病の発症リスクを予測した。
- ・ リスク要因をマーケット指標、為替市況などからオンラインで抽出し、短時間で解析。リアルタイムにリスクをグラフ化するとともに、その予測エンジンを活用した商品価格変動の予測分析も可能にした。
- ・ 人工知能技術を活用して、各種センサーから膨大な稼働データをリアルタイムで分析することで、故障や異常が発生する予兆を検知するサービスを提供している。
- ・ 稼働ログや現場で発生するデータを活用した頻発停止の発生予兆分析、工場内のエネルギー情報と経営情報のリアルタイム管理による工場最適化、様々な外部データを活用した需要予測の精度向上による機会ロス・廃棄ロスの低減を可能とするサービスを提供している。

4) パナソニック

- ・ 人工知能研究開発に関する情報発信を強化するため、「Panasonic AI」Web サイトを開設し、その中で人工知能技術の研究・開発ビジョンをはじめ、自動運転に向けた「高精度リアルタイム人物検出技術」、人のくらしの中で安全にロボットを活用するための「人とロボットの協調制御技術」、人とコンピュータとの自然な対話や高精度な翻訳を目指した「対話・機械翻訳技術」などの自社の研究開発事例を紹介している。
- ・ 内外の連携を促す新拠点「パナソニックラボラトリー東京」(PLT) を設置し、ロボット、人工知能、IoT、センシングに関わる研究を実施している。
- ・ 社内の人工知能教育プログラムの拡充・人工知能に特化した採用を通じて、現状 **100** 人弱の人工知能技術者を、**2018** 年度に3倍の **300** 人に増やすとしている。

5) シャープ

- ・ 「モノの人工知能化」を推進している。人工知能 (AI) と IoT を合わせ

た造語“AIoT”により、家電をクラウドに接続して人工知能化し、もっと人に寄り添う存在にする、とのコンセプトのもとで、(1)音声対話、(2)センシング・人工知能、(3)思考理解に注力する方針を打ち出している。

- 現在、音声アシスタント「emopa (エモパー)」を、家電製品に搭載されている人工知能「ココロエンジン」をベースに、スマホに登載し、数十万人が利用している。
- 音声対話による自然なコミュニケーションや写真撮影、二足歩行などが可能なモバイル型ロボット電話「ロボホン」を5月26日より発売している。ユーザーの利用状況やプロフィールなどを学習しながら、新たなサービスやアプリケーションにより人に寄り添う存在に成長していくということの特徴としている。

6) NTT

- 様々なプレイヤーとのコラボレーションによる革新（レボリューション）を目指し、NTTグループ一体となってAI関連技術群を活用する取組を、新たなブランドネーム「corevo (コレボ)」として2016年5月30日に発表した。corevoでは、「Agent-AI」「Heart-Touching-AI」「Ambient-AI」「Network-AI」という4種のAIを定義し、これまでNTTグループが研究開発で培った音声認識技術や自然言語処理・知識処理技術、感覚情報処理技術等に加え、外部の最新技術も積極的に取り入れつつその実現に向けて取り組んでいる。一例としてNTTデータでは、IoTの頭脳としてセンサの知能化を司り、人間・モノ・環境を読み解き瞬時に予測・制御する「Ambient-AI」と大規模・リアルタイムな予測技術「マルチエージェントシミュレータ」を活用し、「交通インフラの大規模リアルタイム最適制御」等の各種社会インフラへのAI適用に取り組んでいる。

7) NTT ドコモ

- 「自然対話プラットフォーム」は、「しゃべってコンシェル」でも使われている技術をさらに拡張し、意図解釈、雑談対話、知識Q&A、シナリオ対話、外部コンテンツ連携、キャラクター風発話変換、ユーザ情報自動抽出などの機能を統合して扱えるクラウド型システムを開発・提供している。ロボットや玩具に搭載し、人との自然な対話を実現することができる「自然対話プラットフォーム」に企業が独自のシナリオを追加カスタマイズすることが可能な「おしゃべりロボット for Biz」を2016年5月30日より提供している。
- 携帯電話ネットワークの仕組みを利用して作成される人口統計に、タ

タクシー運行データ等をかけ合わせて分析することで、タクシーの利用需要をリアルタイムに予測する「移動需要予測技術」を開発し、交通網の効率化をめざす世界初の実証実験を2016年6月1日より実施している。

また、我が国のベンチャー企業においても人工知能技術の研究開発等の取組が活発に行われている。人工知能関連ベンチャーの種類に関しては、技術特化型とサービス特化型に大別される。各企業が取り組んでいる事例は以下の通り。

表 II-2 我が国のベンチャー企業における取組の事例

技術特化型	<ul style="list-style-type: none"> ① 画像認識エンジン ② 顔認識エンジン ③ 自動運転支援のための深層学習エンジン ④ 感情認識エンジン
サービス特化型	<ul style="list-style-type: none"> ① 構造物の画像診断 ② IoT データコントロールサービス ③ ソーシャルメディア画像分析や Web 画像フィルタリングサービス ④ 銀行での音声対話サービス ⑤ 店舗内の行動データ分析サービス ⑥ ウェブサイト内のユーザ行動分析サービス

このようなベンチャー企業に、数億円～数十億円規模の範囲で大手企業が投資を行っている事例もある。

III 人工知能が実現する社会

III-1 人工知能技術の発展の方向性

II-1「人工知能の発展の経緯」で述べたとおり、これまで人工知能と脳科学研究は相互に影響を及ぼし合いながら、それぞれ発展してきた経緯があり、将来的には「情報科学に基づく（ビッグデータを活用する）人工知能技術」と「脳科学に基づく人工知能技術」がさらに高度化し、融合することにより、次世代の人工知能技術が実現することが期待されている。

本WGでは人工知能及び脳科学研究の最新動向を踏まえながら、図 III-1 の発展イメージを議論の出発点として検討を行ってきた。

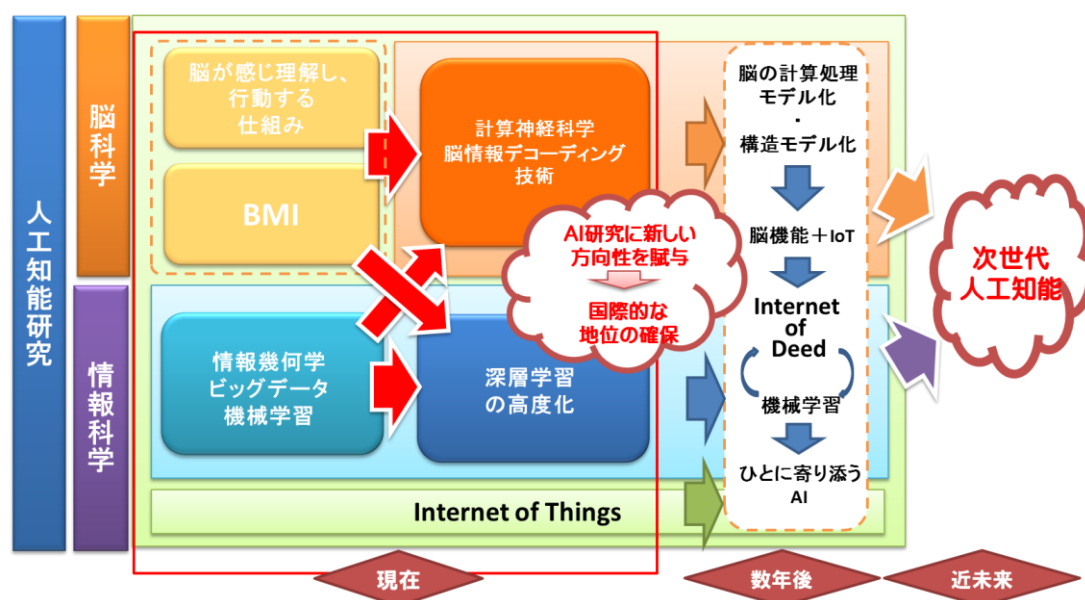


図 III-1 人工知能技術の検討イメージ

III-2 人工知能技術の利活用イメージ

本章では、次世代人工知能が実現する近未来を想定して、人工知能技術によりどのようなことが可能となり、国民生活がどのように変わっていくのかを展望するため、将来の人工知能技術の利活用イメージをまとめたものである。

人工知能技術の将来の利活用イメージをまとめる上では、まずは人工知能技術やサービス開発等の現状を把握する必要がある。このため、人工知能技術の適

用分野において、商用段階にあるものから研究段階にあるものまでを整理し、図 III-2 に示した。

人工知能技術/サービス動向



図 III-2 人工知能技術/サービス動向

出典：AI・脳研究WG 第2回柴藤構成員資料を参考に作成

図 III-2 において赤枠で示した商用段階にある分野については、欧米企業が既に数多く進出しており、競争が激化している領域が多いのが現状である。しかしながら、コミュニケーション分野やビジネス分野については、欧米では必ずしも自然言語や脳活動のデータベースが十分に整備されているとは言えず、良質なデータベースを有する我が国が十分に勝負できる分野であると考えられる。

一方、青枠で示した研究段階にある分野については、第1章で示したように「社会的課題先進国」である我が国が、高度なノウハウとサービス水準を有する領域であることから、今後、世界に先駆けて重点的に人工知能技術の研究開発を進めるとともに、データ整備の枠組みを早期に構築することで、大きなアドバンテージを得られると考えられる。

以下、我が国における社会的課題の解決という視点から特に重要と想定される分野（図 III-2 中黄色で示した分野）について、人工知能技術の利活用イメージをまとめた。

人工知能技術の活用によって、幅広い分野において従来人手では処理できない量のデータを扱えるようになり、労働生産性の大幅な向上・人材不足の解決が可能となる。また、人工知能のサポートによって様々な分野で各人の創造力を発揮することができ、新たなサービスや商品の創出につながることを期待される。

(1) 医療・ヘルスケア分野

個人のバイタルデータ、遺伝子情報、ライフログ等のビッグデータによって、個人に適した（カスタマイズされた）医療やヘルスケアの提供により、病気を未然に防ぐことで、健康寿命の延伸、医療費の低減に効果があることが明らかになりつつある。この分析精度を上げるために、深層学習による大規模データの高精度な分析が期待されている。さらに、そのような分析に基づいて、医師の経験に基づく処置や高度な技術に基づく手術等から、人工知能技術と ICT による名医の知識と技術が共有化された高度な医療サービスを普及させることが出来る。さらに、最高峰の医療技術を効率的に習得あるいはロボット等を実装することにより、誰でもどこでも最高峰の医療を受けることができる。

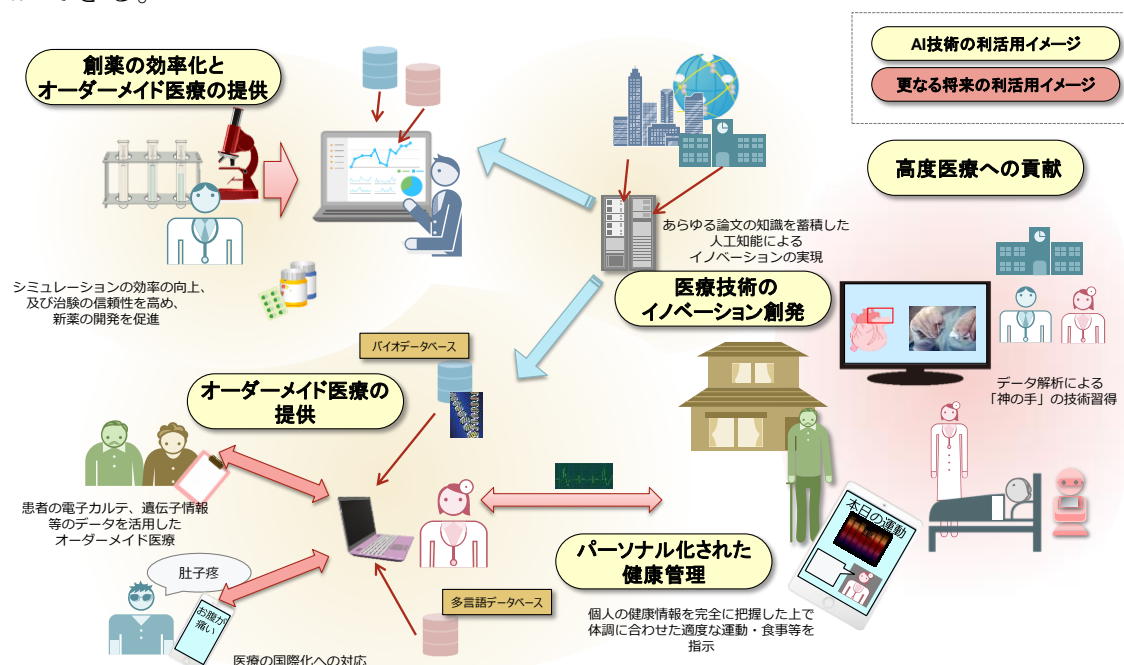


図 III-3 医療・ヘルスケア分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) 創薬の効率化とオーダーメイド医療の提供

- ・ 計算機の処理性能向上に伴い、タンパク質と化合物の結合及び条件設定における大量の組合せを自動でシミュレーションすることが可能となり、これを活用して効率的に新薬を創り出す取組がすでに進められている。
- ・ 人工知能技術の高度化により、シミュレーション効率や治験の信頼性を高め、新薬の開発を促進するとともに、研究費の低減にも貢献する。

2) オーダーメイド医療の提供

- ・ 患者の電子カルテ情報や処方箋、遺伝子情報等のデータを活用することによって、個々の患者に起こりうるリスクを事前に予測し、個人に適した医療（オーダーメイド医療）を実現するための研究が活発化しており、実用化に向けた取組みが進められている。
- ・ 医療の国際化が不可避的に進み、患者と医師の言語が異なる状況が生じている。すでに、訪日観光客の急増に医療現場は困窮しており、現在開発中の医療向け音声翻訳の早期実現への期待が急速に高まっている。また、医療分野のデータは、一国にとどまって収集しても十分な量が集まらないことが想定され、他国のデータを自動翻訳を介して利用することも必要となる。すでに、特許や科学技術論文では高精度な自動翻訳を実現しており、テキストデータである患者の電子カルテ情報や看護師の所見の翻訳も実現可能と推定される。
- ・ 今後も各種バイタルデータ計測技術の時間分解能・空間分解能の高度化、診断画像の高精度化等と、それらのデータの処理性能の向上が、これらの研究成果の高度化に寄与していくことが期待される。

3) パーソナル化された健康管理

- ・ 日常生活におけるあらゆる生体情報及びライフログを常時取得し、データベース化することによって体調の異常予兆検知が実現する。また、通院するタイミングや服薬のアドバイスをを行うことができる。
- ・ さらに、各個人の健康状態を完全に把握した上で、体調にあわせた適度な運動・食事の指示を実現する。日々の活動が自分の身体に及ぼす影響がリアルタイムで可視化されることによって、健康意識が高まり、自律的な健康維持に繋がる。このようなシステムも日本人だけを対象とするのではなく、少なくとも中国やASEAN 諸国などに展開していくことは重要であり、ここでも自動翻訳の早期実用化が求められる。

4) 医療技術のイノベーション創発

- ・ 言語処理技術等の活用により、あらゆる論文の知識を蓄積した人工知能を構築し、その知識を組み合わせることによって、人間の発想及びスピ

ードを超越したイノベーションを実現し、医療技術の高度化を加速させる。

② 更なる将来の利活用イメージ

集積された医療ビッグデータに基づいて多様な分析が行えるようになることが期待されるが、外科手術等の人の技量が必要な分野においては、レセプトデータ等の活用だけでは不十分である。外科手術等の高度医療においても活用出来る人工知能技術の更なる研究が期待されている。以下に具体的な例を示す。

- 1) 「神の手」と呼ばれる最高峰の技術を持つ医師が行う術中の動作や視線、診断技術について、脳活動を一般的な医師と比較し、技術の差を生み出していると考えられるポイントを抽出することにより医師の技術習得に役立てる。
- 2) 長年の経験の積み重ねが必要となる高難易度な手術や、症例が少なく実際に経験を積むことが難しい手術において、高度な技術を有する医師の経験を再現できるように各種情報を取得する。別の医師がその手術の方法を習得する際、シミュレータ上で練習を行う場合においても、経験のある医師と比較することによって効率的に習得が可能となる。
- 3) また、これらの高度な技術をもつ医師の脳活動等から手術に必要な操作を学習し、ロボットの動きとして実装することによって「神の手」を大量に製造することが可能になる。最高峰の医療技術を、誰もが、どこにいても受けることができることが期待される。

(2) 教育分野

様々なデータに人工知能技術を適用し、生徒一人一人に合わせた教育を実施する手段が提供され、さらに将来的には、生徒一人一人に向けてパーソナライズされた”家庭教師”ロボットが教育の一定の範囲を担うようになる。ライフログや脳活動情報を活用することにより、学習すべき内容を抽出し、個人に適した方法で効率的に学習が可能な環境を構築できる。これにより生徒本人の能力を最大限に引き出すことが出来るようになるとともに、教員のスキルが向上し、より効果的に高度な指導を行うことができる。

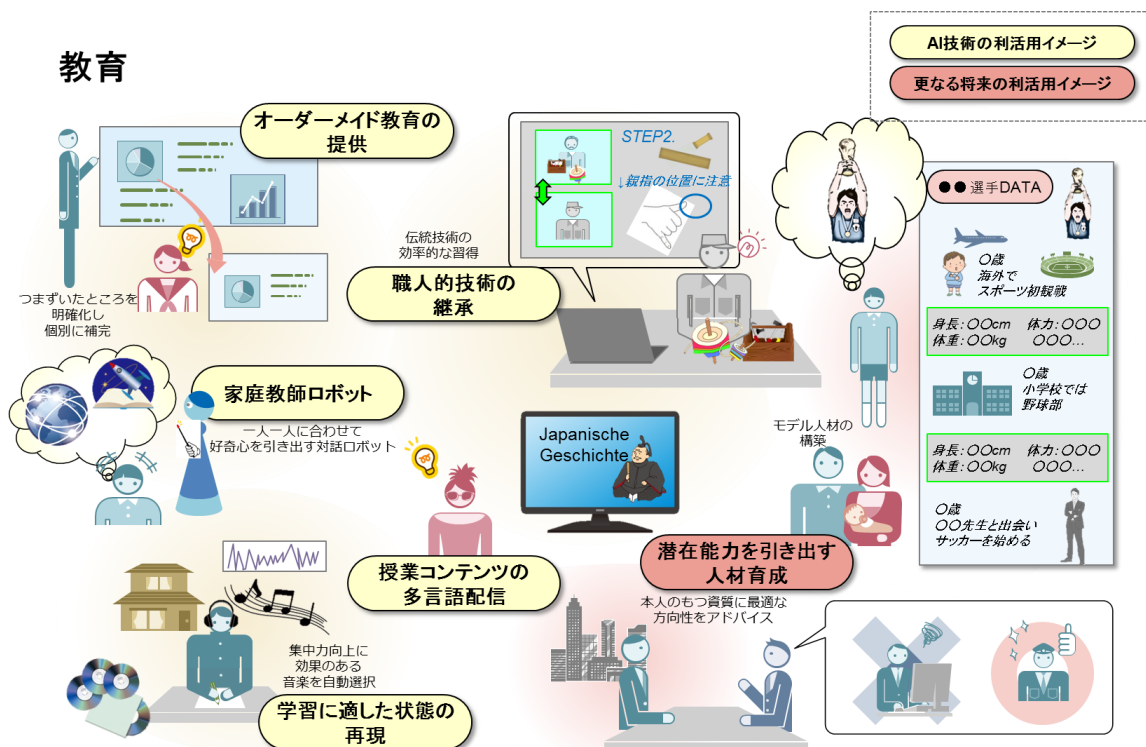


図 III-4 教育分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) オーダーメイド教育の提供

- 教育現場の ICT 化が進み、一人一台の学習用情報端末の導入が本格的に進められる中、生徒一人一人の学習状況をデータとして蓄積し、その理解度・進捗に合わせて、デジタル教材を自動的にカスタマイズして提供する仕組みが既に実用化されている。
- 一方で、脳の状態遷移の見える化技術も進みつつあり、これを学習状況と組み合わせることによって、教材のどこでつまずいたのかを明確化し、補完する高度なオーダーメイド教育が可能となる。
- 特に低学年の教育内容については、上記のような人工知能を搭載した家庭教師ロボット等により、きめ細かい教育支援の実現を図る。

2) 家庭教師ロボットによる教育

- 生徒一人一人の学習の進捗に合わせて、多様な対話で生徒の興味、好奇心を引くとともに知識を伝授する対話ロボットが出現する。
- 既存のカリキュラム、教材に従って教育を行うのではなく、Web や学術論文上の知識も併用することで、生徒の興味に従ってよりレベルの高い内容へとジャンプすることも可能とし、例えば、算数が得意な小学生をハイレベルなプログラミングの学習に誘導するといったことも可能となる。

- ・ 人間の教師による教育と、こうした家庭教師ロボットによる柔軟でパーソナライズ化された教育を併用することで、生徒各々の才能をより効率的に伸ばすことが可能になる。
- 3) 学習に適した状態の再現
- ・ 個人個人の集中時における脳活動状態等を予め学習した人工知能が、学習中の集中状態をリアルタイムに把握し、本人にフィードバックする。これによって、学習に最適な状態に持っていくためのルーティンを生成することが可能となる。さらに、そのルーティンを機械が学習することによって、例えば最適な音楽をレコメンドする等、集中力増強をサポートすることができる。
- 4) 職人的技術の継承
- ・ 手足や指の動作をセンサーで詳細に捉え、解析することによって、模範となる繊細な動きと比較し、効率的にスキル習得を目指す取組が進められている。その成果を、習得が困難な職人的技術の習得に役立てる。例えば、継承者が少なく消滅が懸念されている伝統技術の存続への寄与などが期待される。通常、伝統技術の継承には長い年月を必要とするが、人工知能が技術者のもつスキルを動作やバイタルデータ等から収集し、綿密に解析・学習する。その結果を継承者の教育時と比較し、矯正するための指示を出すことによって効率的に継承する。これにより、継承者は伝統技術の進化、あるいは新規技術とのコラボレーションといった新たな方向性に貴重な時間を使うことが可能となる。
- 5) 授業コンテンツの多言語配信
- ・ 近年、授業のビデオの配信サービスが普及している（**MOOC: Massive Open Online Course**）。現行では、このビデオを音声認識し文字化したり、自動翻訳したりすることが技術的に十分可能になってきている。更なる音声認識技術及び自動翻訳技術に係る基礎研究を深めつつも、開発・商品化して、コンテンツの価値を上げることは、インバウンドでもアウトバウンドでも重要になってくる。

② 更なる将来の利活用イメージ

- 1) 潜在能力を引き出す人材育成
- ・ ある分野において成功しているとされる人材（モデルとなる人材）のこれまで受けてきた教育や社会経験、それらに紐づく脳活動情報等に基づき、今後その分野で成功する可能性がある人材（類似する人材）を抽出。また、そのモデル人材の構築のために必要となる重要な経験を抽出し、教育現場で活用する。

- ・ 脳活動から本人のもつ資質を抽出し、能力を最大限に引き出せる方向性をアドバイスすることで、本人の可能性を効率的に拡大することができる。また、これに基づいて企業が人材の配置を検討することにより、適した場所で能力を最大限に発揮することが可能となる。

(3) 防災分野

災害時において、大量かつ高精度な各種センサーデータや SNS 上にあげられた被災情報等を分析することで、被災状況の把握や予測、救援活動における意思決定の支援等をより正確かつ迅速に行い、いわゆる「減災」を行うことが可能になる。

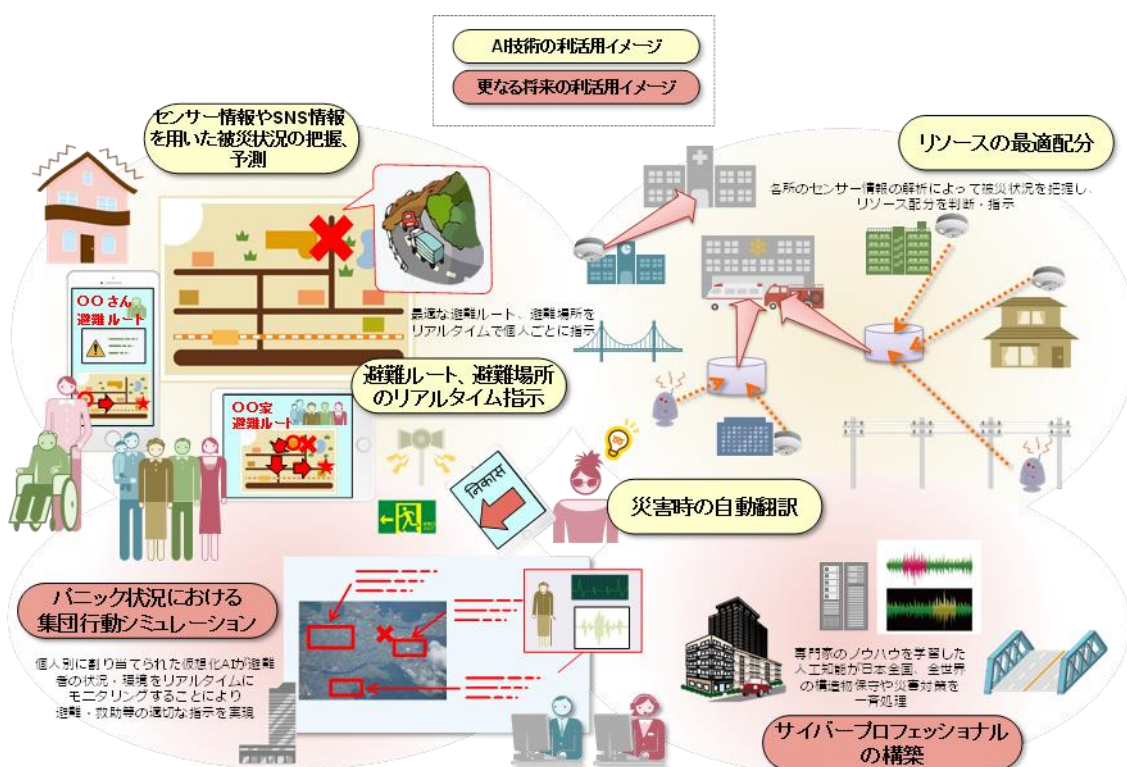


図 III-5 防災分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) センサー情報や SNS 情報を用いた被災状況の把握、予測

地球観測衛星、航空機、ドローン等による観測データ、日本全土に設置された各種センサからの情報や、Web 上のニュースや Twitter 等の SNS

情報などを、人工知能技術により統合的にリアルタイムで分析することで、物理的な被害から、被災者の心理やニーズまで様々な観点で被災状況を把握することが可能となる。(例：NICT の対災害 SNS 情報分析システム「DISAANA」の更なる高度利活用)

特に、過去の災害時の様々な情報が蓄積されつつあることから、災害時におけるセンサからのリアルタイム情報と、過去の SNS 情報等を照合することで、被災から一週間先の被災者のニーズを人工知能技術で予測し、救援物資の確保など、救援活動を先行して行うことなどが可能になる。

SNS 情報における被災者のニーズと、救援者サイドの物資の確保状況、センサーからわかる道路の通行情報などを統合して分析することで、より迅速で無駄がなく、また網羅的な救援活動をプランニングすることが可能になる。

2) 避難ルート、(安全な) 避難場所のリアルタイム指示

センサーによる道路・住宅の被害状況、人流 (スマホの位置データ等から取得)、自動車のプローブデータ等と、個人の状況 (体力、家族構成等) を組合せ、最適な避難ルート、避難場所をリアルタイムで個人ごとに指示する。

3) リソースの最適配分

道路や橋梁、トンネル、住宅に設置された大量のセンサーのデータに関して、災害時にはセンサーノード単体、一定の集合体においてフィルターや処理を独自に行うことにより、必要なデータのみを流通させることによって災害時のネットワーク負荷を軽減できる。その状況下でセンサー情報の解析によってその地域の被災状況を把握した上で、各エリアにある物資や人的リソースの最適配分を判断し、必要なエリアへ指示を伝達する (医師の数に余裕のある病院に対し、怪我人の多い避難所へ、不足している救命物資の数とともに出動を指示する等)。

4) 災害時の自動翻訳

東日本大震災の発生直後において、避難情報等が正確に伝わらないことから、日本を去った外国人が非常に多かったのは記憶に新しい。これは経済的な損失にもつながるものである。自動翻訳技術の精度を更に向上させることにより、このような災害時にも外国人が安心して行動・生活できるようになる。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) 災害時のパニック状況における集団行動シミュレーション

人工知能技術によって個人の能力 (運動能力) や環境 (家族構成) に合

わせて個別にチューニングされ、かつ避難時にパニックや渋滞を発生させないような集団行動のシミュレーションを事前あるいはリアルタイムに実施した上で、個別適応させた避難誘導を行うシステムが実現する。例えば膨大なデータをリアルタイムにシミュレーションすることにより、刻々と変化する状況に瞬時に合わせて、その結果に基づいて避難誘導から救助に切り替えを行ったり、援助者を配備したりする。

2) サイバープロフェッショナルの構築

道路保守、構造物保守、耐災害診断の専門家（プロフェッショナル）が保有するノウハウを人工知能自身が、専門家の映像、音響、発言、動作から自律学習することで、サイバープロフェッショナルを自律的に構築する。これをコピーすることで日本全国、全世界の構造物保守や災害対策を一斉に処理することができるようになる。このメカニズムはモノづくり、医療や経営にも応用することができる。

3) 地震津波防災

我が国は世界でも有数の地震大国であり、近い将来に高い確率で大規模地震が発生するものと予測されている。

現時点では、人工知能による地震予知に関する手法は確立されていない。防災関連の研究所が有する微小地震から大規模地震までの計測データや、GPSで計測された地表面の測定データ、海底に設置された水圧計による津波データ、更には人工衛星や航空機等が撮影した地表面の高精細な画像データ等を統合し系統的に取扱い、また、スパースモデリング等の人工知能技術を用いて地震の生成プロセスの研究を進めることで、被災規模の予測が可能となり、地震津波防災に関するシナリオの形成に役立つものと考えられる。

(4) 生活支援分野

脳活動情報や日々の行動から、意図および感情を学習することによって、持ち主の意思を尊重したストレスフリーな生活支援を実現する。

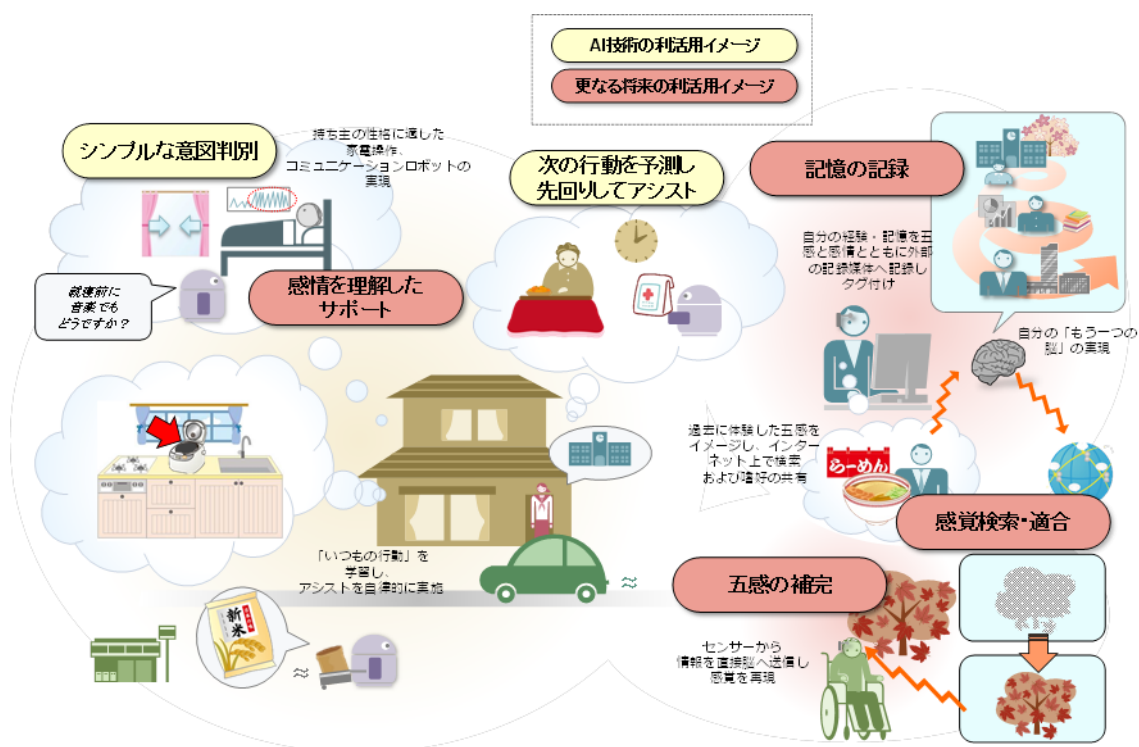


図 III-6 生活支援分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) シンプルな意図の判別による行動支援

- 日常生活に支障のない簡易で小型の脳活動計測機器によって、日々の脳活動情報から意図を判別し、シンプルな意思伝達及びスイッチの ON/OFF などの家電操作を実現する BMI 技術が、身体の不自由な人の生活支援及び多様なコミュニケーションツールとして利用される。

2) 日々の活動から次の行動を予測し、先回りしてアシスト

- 日々の活動をライフログとしてセンサーで取得し続け、「いつもの行動」を学習し、それに対するアシストを自律的に実施する。(食事の後に菓を自動的に持ってくるロボットなど)
- トイレットペーパー、お米など、消耗品は過去の行動に基づき、買いに行く前に自動的に宅配される。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) 感情を理解したサポート

人間の脳の仕組みを明らかにすることで、意志及び感情を脳活動から把握できるようになる。これにより、快適かつ持ち主の性格に適した各種デバイスの操作や、きめ細やかな配慮が可能なコミュニケーションロボ

ットが実現する。

2) 記憶の記録

- ・ 自分の経験や記憶を、その時の視覚・聴覚などの五感と感情とともに外部の記録媒体に記録しタグ付けをすることで、必要な時に必要な記憶を引出すことが可能となる。映像とともにその時の五感を脳へインプットすることによって、同じ感覚を再び体験したり、体験を第三者と共有することができるようになる。
- ・ また、上記のような自分と同じ経験や記憶をもつ記録媒体を、自分のもう一つの脳として、自分とは別のタスクを行わせることにより、同一人物の脳によるマルチタスクが実現する。

3) 感覚検索・適合

- ・ 過去に体験した五感をイメージすることによって、インターネット上で検索が可能となる。例えば、過去に見た写真や食べた料理の味、聴いた音楽などをイメージし、その際の脳活動情報やセンサーの情報に基づいてそのイメージを再現することによって検索を行う。また、同時にその体験に紐づく感情を解析することによって、人との嗜好の共有、嗜好の合う人同士のマッチングが可能となり、より豊かなコミュニケーションが実現する。

4) 五感の補完

- ・ 視覚や聴覚などの五感に障害をもつ人に対し、不自由な機能を代替可能な高度で小型のセンサを身に着け、そのセンサが取得した情報を脳に直接インプットして感覚を再現することによって、障害を感じさせない生活を実現する。

(5) ビジネス分野

人工知能技術は、Web、SNS 等の情報を活用したマーケティングのみならず、科学技術文献等も用いたイノベーション支援等をも可能とし、さらには脳活動情報や表情等から、人の感情を把握し、商品の改良や消費者へのレコメンドに役立て、快適な消費活動を促進する。

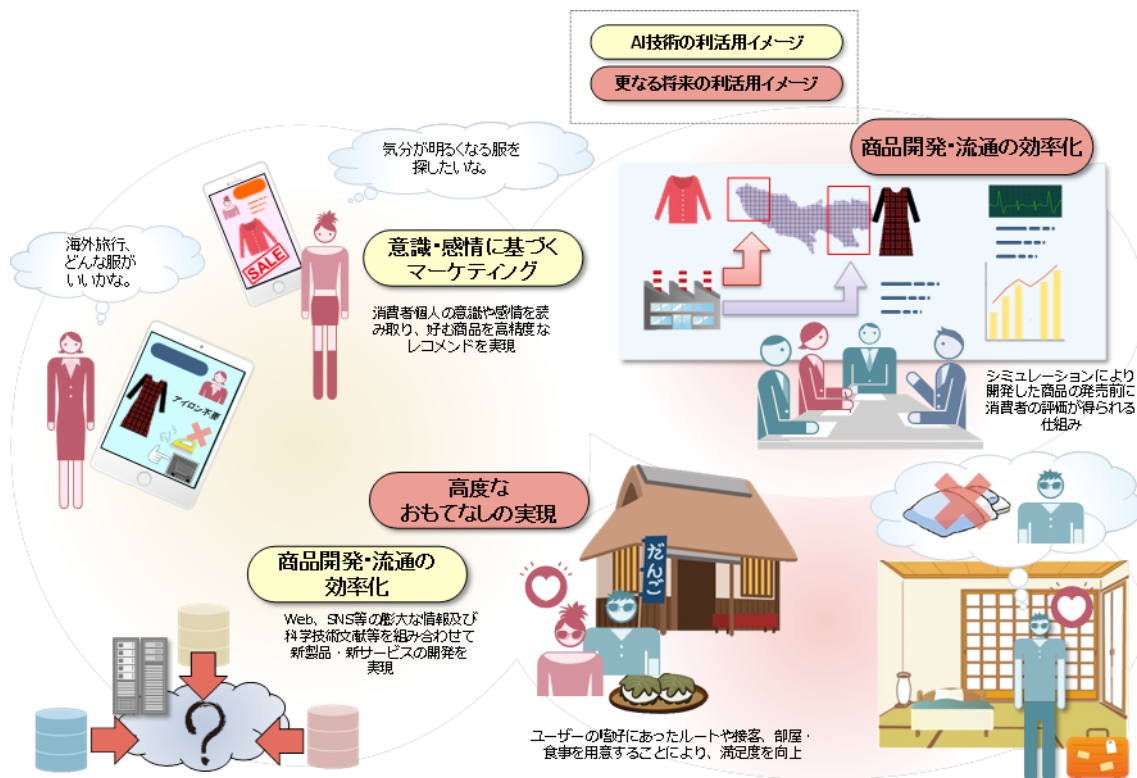


図 III-7 ビジネス分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) リアルタイムなマーケット把握

Web、SNS等の膨大な情報から顧客のニーズを把握、ないしは予測し、また、それに基づいて新製品、新サービス等を開発する際、膨大な科学技術文献等と合わせて分析し、それらを用いて様々な仮説を生成、提示し、イノベーションを促すことで人の想定を超えた新製品、新サービスの開発を可能とする。

2) 意識・感情に基づくマーケティング

- ・ 消費者の脳活動情報、バイタルデータ、表情等から商品に対する意識や感情を読み取り、商品やテレビCMの評価および改良に役立てる取組み（ニューロマーケティング）が近年注目されている。
- ・ このような取組が拡大することにより、脳活動情報とマーケティング効果の相関に関するデータが収集され、個々の消費者が好む商品を、高精度にレコメンドすることが可能となる。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) 商品開発・流通の効率化

- ・ 新商品を発売する前に、商品の味や形状など五感で得られる情報に基づき、その商品に対する消費者の評価やニーズを高精度にシミュレーションすることにより、発売の是非や販売ルートの戦略等を検討することができる。

2) 高度なおもてなしの実現

- ・ 旅先までの交通機関、及び旅館・ホテル等で、ユーザの嗜好にあったルートや接客、部屋・食事を用意することにより、満足度を向上させることができる。さらに、おおすすめの観光地やお土産をレコメンドし、個人個人に合わせた高度なおもてなしを実現することができる。

(6) コミュニケーション支援分野

急増する訪日外国人をおもてなしするとともに、日本人の海外進出をサポートするため、外国語を母国語と同じように理解できる技術を実現する。また、同一言語の場合でも、環境や個人の特性に応じて聞き取り補助等のサポートを実現し、コミュニケーションを円滑化する。

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) 多言語によるストレスのないコミュニケーション

- ・ 現在スマートフォンのアプリとして実現されている多言語音声翻訳システムのユーザインターフェース (UI) にハンズフリー化などの改良を加えることにより、例えば、病院では医者が両手を自由に作業に使える等利便性が高まり、普及に拍車がかかる。
- ・ 翻訳する言葉の分野を問わず、眼鏡型ディスプレイやヘッドアップディスプレイ (HUD) を通して外国語を見ることにより、母国語に自動翻訳される。

2) 環境に適したコミュニケーション支援

- ・ ビッグデータから、外部環境とそれに適した声量、あるいはストレスを感じさせない声量等を学習した人工知能を搭載した補聴器等により、例えば騒音が多い街中の会話における聞き取り補助(ノイズ除去や聞き取れなかった単語の自動補完) や、声を出しにくい静かなレストラン等での受信音量の自動調整等のコミュニケーション補助が実現する。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) ストレスフリーなコミュニケーションの実現

- ・ 高度な逐次翻訳処理技術を実現して、遅延のない同時通訳をいつでもどこでも利用できるようになる。
- ・ 長年の課題である文脈理解を人工知能技術によって高度化し、機械翻訳にもかかわらず人間による翻訳と同等の能力を有する自動翻訳システムを実現する。
- ・ 視野に入ってきた単語を自動的に母国語に翻訳して脳内へ直接インプットし、意味を理解できるようになる。

(7) 介護・福祉分野

介護・福祉分野における労働力不足を補うために、ロボットの活用による介護業務の支援や介護・福祉サービス利用者とのコミュニケーションを可能とする。

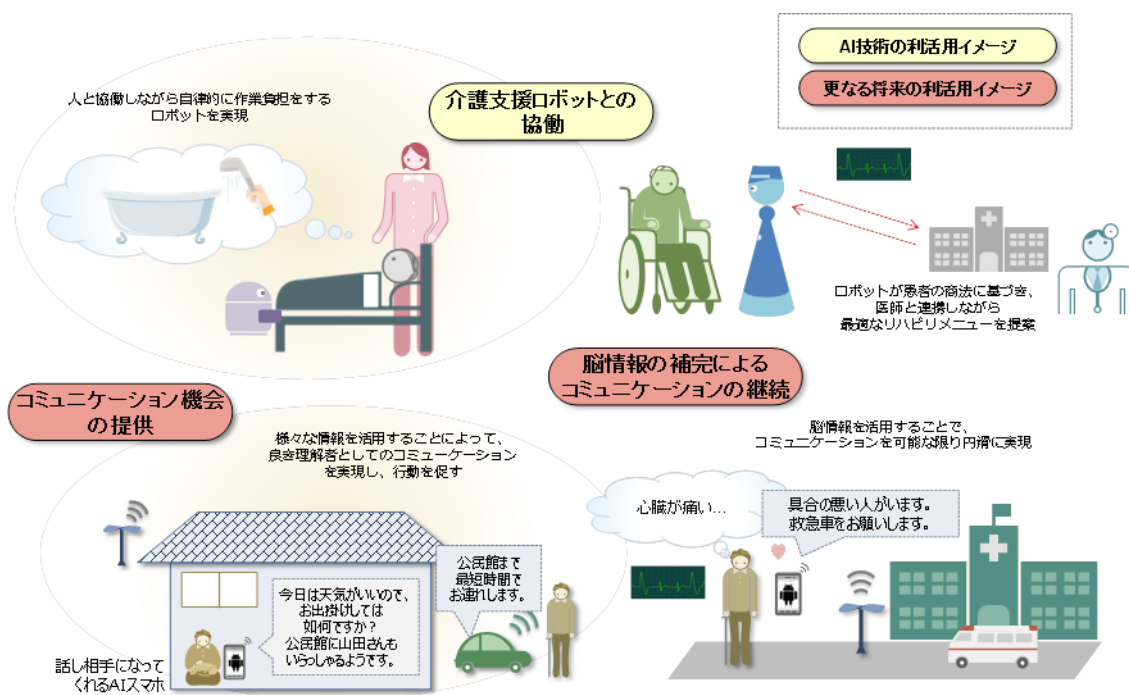


図 III-8 介護・福祉分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) 介護支援ロボットとの協働

- ・ 介護サービス利用者とそれをサポートする側の人の双方の状況を把握

し、ものを持ち上げる等の負担の大きい作業を中心に、人と協働しながら自律的に作業を行うロボットが実現する。

- ・ ロボットが患者の情報に基づき、個人に適した最適なりハビリメニューを提案する。患者に付き添って専属トレーナーとして最適なタイミングでリハビリを支援し、その効果もリアルタイムで解析し、医師と連携していくことにより、効果的かつ効率的なりハビリを実現する。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) コミュニケーション機会の提供

- ・ 一人暮らしの人など、周囲とコミュニケーションをする機会が少なくなりがちの人に対し、ライフログ、バイタルデータや、天気などの外部環境の情報を活用しながら、あたかも古くからの友人のように、よき理解者として自然なコミュニケーションを実現する。さらに、その人の身体の状態を考慮した上で、最適と思われる行動（散歩などの適度な運動等）をレコメンドし、その際のサポートも自律的に行う。
- ・ 対話ロボットが **Web** や **SNS** 等の分析結果をもとに情報提供を可能とすることで、例えば、過去の経験談などについて自然なコミュニケーションを行う。こうした経験談の提供、蓄積（例えば、ビジネス上の経験、子育ての経験等）は若い世代にとっても有用であり、また、そうした情報の蓄積に貢献するという一方で、高齢者の生きがいにもつながることが期待される。

2) 脳活動情報の補完によるコミュニケーションの継続

- ・ 事故や病気などにより脳機能に損傷が生じた場合にも、それまでの脳活動情報や、脳機能の中の正常な部分を活用することで、意志を読み取り自然なコミュニケーションが出来るようになる。

(8) 農林水産分野

農林水産業においても労働力不足は顕著であり、また、我が国においては小規模な農場で人手をかけ過ぎる傾向があるため、諸外国と比較してコスト面での競争で不利になる等の問題に直面している。人工知能技術により、生産性の向上とロボット活用による労働力不足の解消を実現する。

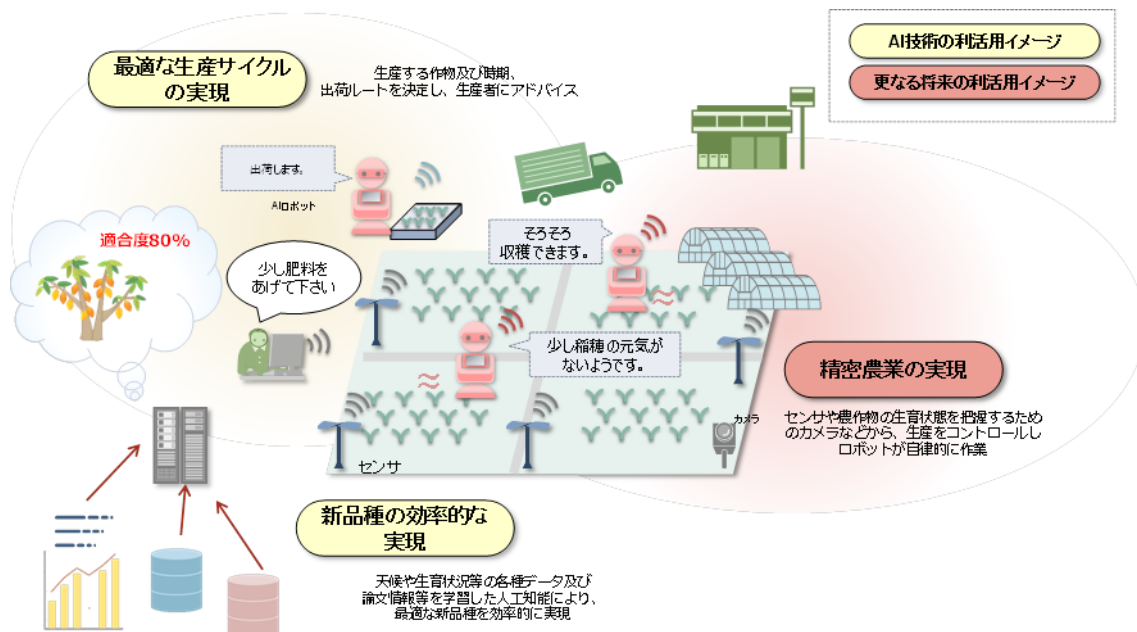


図 III-9 農林水産分野における人工知能活用イメージ

① 人工知能技術の利活用イメージ

1) 最適な生産サイクルの実現

- ・ 市場価格や将来の天候、消費者の嗜好やニーズ等の情報を広く収集、解析した上で、生産する作物及び時期、出荷ルートを決出し、生産者にアドバイスする。

2) 新品種の効率的な実現

- ・ 品種ごとの天候と生育状況等の情報、及び過去の実験データや生物学分野の論文情報等を学習した人工知能により、市場ニーズと作地の環境に適した新品種を効率的に実現する。

② 更なる将来の利活用イメージ

1) 精密農業の実現

- ・ 肥料や農薬の散布状況、土壌、日照、大気の状態などを計測するセンサーや、農作物の生育状態を把握するためのカメラなどを設置し、過去の経験から蓄積されたノウハウを含むデータを統合的に解析することによって、どのような場所や環境でも確実に高い品質の農作物を生産することを実現する。作付や収穫などの労働については、ロボットがデータの解析結果に基づき自律的に実施する。

IV 人工知能の発展のための推進方策

IV-1 人工知能の発展に向けた諸課題

「ビッグデータを活用する人工知能技術」及び「脳機能に基づく人工知能技術」の研究開発を加速して、両者を融合した次世代の人工知能技術の研究開発を推進するとともに、人工知能の利活用を加速させるためには、ビッグデータの構築や流通における課題、人工知能技術の利活用を推進する上での課題、人材育成に関する課題などが当面の課題として挙げられる。

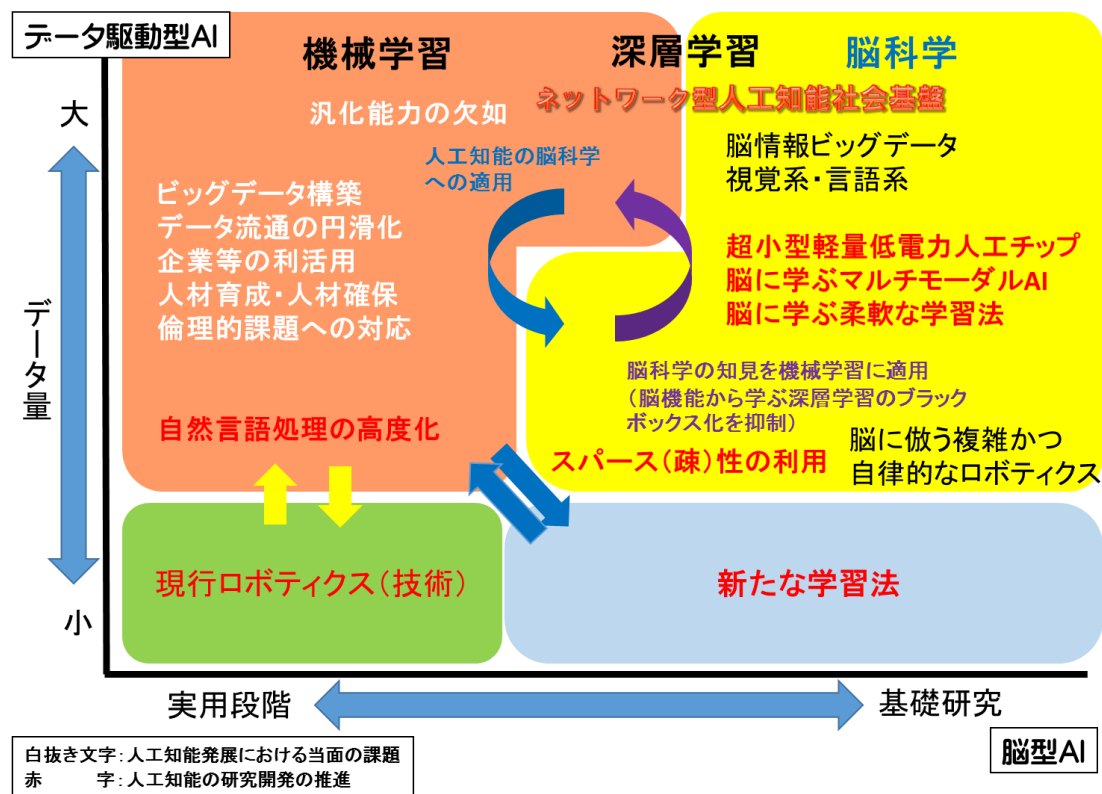


図 IV-1 人工知能の当面の課題と研究開発の推進

将来、人工知能技術が国民生活や社会経済活動の隅々に浸透してくる時代において、我が国が様々な産業の国際市場で諸外国と連携してリーダーとしての役割を担い、将来に向けて更に発展していくためには、これらの課題解決に早急にかつ戦略的に取り組み、人工知能技術の分野で優位性を確保することが不可欠である。

① ビッグデータ構築における課題

1) データを確保する仕組みの構築

現在の人工知能は、大量のデータをコンピュータに学習させることで実現しており、このため、いかに良質なデータを大量に確保できるかということが重要なポイントとなっている。欧米の大手 ICT 企業は、自らが提供するサービスの見返りとして、ユーザから大量のデータを収集する仕組みを構築しており、これが人工知能を急速に進歩させている大きな鍵となっている。日本の企業は欧米の ICT 企業のように大量データを手に入る仕組みを持ち合わせておらず、現時点において所有するデータ量はそれらに遠く及ばない。

また、実際に優れた人工知能を開発するには、上述のようなユーザが作り出す大量のデータだけではなく、人工知能の用途に特化した機械学習用の学習データも必要となる。後者の学習データは人手をかけて作成する必要がある、欧米の企業はそうしたデータも確保している。したがって、人工知能による効果を最大限に生み出すためには、基本的には、機械学習用の学習データも含め、良質で大量のデータを確保することと、高度なタスクを実行するための人工知能を学習させるモデリング技術の開発、さらにはそのモデリングの精度を高めるための効率的かつ効果的な手法の検討が喫緊の課題となっている。

例えば、話し言葉の自動翻訳では、大量の翻訳データをコンピュータで学習することによって精度を確保することができる。しかしながら、話し言葉の翻訳は、書き言葉の翻訳に比較して圧倒的にデータ量が少なく、欧米の企業も機械学習用の学習データも含め、翻訳データの大量確保に苦慮している。このため、例えばこの自動翻訳技術の分野では、人間とコンピュータの連携により大量データを創出する技術を確立したものが勝者となる。クラウドソース技術がその基盤となると想定されている。

2) データ流通の困難性

我が国の企業（特に大企業）や研究機関、国や地方自治体等の公共機関においては大量のデータを所有している場合が多いが、個人情報保護の観点からデータ管理の体制・運用面を厳しく問われるなど、外部へのデータの提供（データのオープン化）はなかなか進んでいない状況にある。現在では、統計処理によるデータの匿名化技術等も進展してきており、個人情報十分に保護された状態でデータ解析を可能とするなどデータ利用への期待が広がってきている。

一方、企業が有するデータをすぐにオープン化することについては、抵抗感も根強いことから、情報提供にあたっては何らかのインセンティブ等がない

限りは、現実的には企業側から積極的なデータ提供は望めないと考えられる。このため、企業から進んでデータを提供してもらうための制度整備や環境作り、競争領域と協調領域の仕分け等のルール等の整理が必要である。

② 人材確保の課題

1) 人工知能の研究者の確保

人工知能研究に関する研究者リソースについては、欧米とは研究者数及びカバーする分野において格段の差があるのが現実である。特に、我が国には機械学習の理論研究者が少ないと言われており、また、国際学会で採択される論文数なども少ないのが実情である。

また、現在の技術レベルでは、機械学習等、人工知能技術をビッグデータ解析に活用する際にデータの「前処理」に相当の時間・労力を費やしているのが実状である。

前処理や人工知能技術の適用も含め、データの高度な処理を行うことができるデータサイエンティストの確保については、先進的な大学では基礎・応用の両面を意識した人材育成の取組も行われているところであるが、我が国全般として捉えた場合には、様々な課題が残っているところである。

2) 人材育成の仕組み

データを単に既存の枠組みで分析するだけではなく、そもそもデータをいかに利活用するかについて考え、イノベーションを起こすことができる科学者やエンジニアを育成していくことが非常に重要である。さらには、IoT／ビッグデータ（BD）／AI時代において、データの種別、量が劇的に変化していく中で、それら多様なデータを上手く駆使して、情報の獲得から処理、解析、認識、マイニングモデルの開発などを一貫して実施でき、またシステムを構築できる人材が必要であることも言うまでもない。

もう一つの課題として、大学等において、人工知能研究者など特定の専門領域の学生数を社会の変化や企業のニーズに応じて柔軟に変更することが難しい点が挙げられる。IoT／BD／AI時代の到来を見据えて、米国スタンフォード大学やマサチューセッツ工科大学（MIT）、ハーバード大学ではコンピュータサイエンスの学生が急増している。一方、我が国においては、仮に来年度から大学において、コンピュータサイエンスの学生を倍増する等の計画を各大学が立てたととしても、現行制度の下では実現は容易ではない。

今後更なる少子化が進む中で、我が国の産業の成長を担っていく若手人材の育成は喫緊の課題であり、特にIoT／BD／AI時代を見据えた人材育成にあた

っては、大学側が社会の要請や企業ニーズに迅速に対応した形で人材供給を行うことができ、またバランスを保ちながら基礎学力を身につけた適正な人材育成を実施する観点から、我が国の大学教育制度による対応が急務である。

③ 人工知能技術の利活用を推進する上での課題

1) 企業等における利活用

企業でのデータ利用に関しては、当面、世界的には「ビッグデータ＋機械学習」の枠組みが主流になると考えられる。一方で、我が国は欧米に比して、人工知能を十分に活用できる企業や、人工知能による解析結果などに対して価値を見出す企業が少なく、市場環境としても若干不利な状況にあるとの指摘がなされている。

一部の企業ではスモールデータを活用したデータ解析を試みようとする動きがある一方、スプレッドシートを利用した初歩的なデータ解析で十分だと考えているケースが多いのが実情である。

2) 国際競争力の確保

欧米では、人工知能の技術開発やビジネス化の進展はめざましく、国際競争が激しさを増している。特に、大手 ICT 企業等は、Web、SNS によって様々なビッグデータを収集しており、また、年間 1 兆円規模の研究開発投資を行っている企業もある。さらに、世界中から優秀な研究者を集めてくるなど、日本に比べて圧倒的に人工知能研究に必要な環境を備えている。

ウェブビジネスの世界では、様々な技術やビジネス環境等の条件が揃った時に、タイミングよく登場した米国企業が急速に成長し、圧倒的な競争力で後発企業を寄せ付けなくなるという状況が繰り返されている。その過程では、成長し始めた企業によって関連の研究者が次々と引き抜かれていくとともに、規模の経済のメカニズムが働くことによって、後発企業が主戦場となる分野で競争することが著しく不利になる、あるいはほとんど不可能になってしまう、という状況に陥っている。検索エンジンなどはまさにこれに当てはまる事例であり、欧米等の ICT 企業が急速に巨大化していった中で、関連の主要な研究開発を行うことが極めて困難になっていったという報告もある。

人工知能が今後、IoT の潮流の中で情報系から物理世界系へ対象を拡大していく中で、製造・素材など日本が得意とする「ものづくり」とも密接に関連している物理世界系において、上記と同様の事態が起こることがあれば、我が国は産業競争力を喪失してしまうことは火を見るより明らかである。

このような状況において、我が国が人工知能の研究開発や標準化、さらには

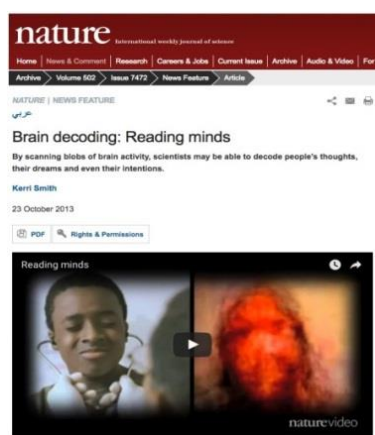
ビジネス化の過程において、どのような戦略を立て、かつ、どのようなビジネス分野において勝負することができるのかについて、産学官が一体となって早急に検討・対処することが求められている。

3) 脳研究との関係

これまでも述べてきたように、人工知能研究と脳科学研究は相互に影響を及ぼし合いながら発展してきている。

例えば、脳神経科学の知見（仮説）であるヘブ則から、パーセプトロンの概念が誕生している。さらに、Hubel と Wiesel によって発見された、視覚系のメカニズムに「繰り返し」が生じているという知見をもとに福島邦彦氏がネオコグニトロンを発明し、その成果が、その後の畳み込みニューラルネットワークや深層学習のメカニズムに受け継がれている。また、パーセプトロンの概念自体は脳神経科学に受け継がれており、1982年には日本の伊藤正男氏により、小脳におけるパーセプトロンのメカニズムが発見されている。他にも、BMI、バイオマーカー³⁸、ニューロフィードバック治療³⁹など、人工知能の知見が脳科学に貢献している事例は多数見られるところである。

さらに、少数のニューロンで複雑な行動を実現している昆虫の脳のメカニズムの解明はスパース性の開発や検証に貢献し、人間の脳機能の解明に結びつくものと期待される。



Nature 特集号で紹介された「脳内知覚の映像化」（2013年）

図 IV-2 脳科学研究の成果（例）

³⁸ 例えば、自閉症スペクトラム障害の鑑別等に有用な、fMRI から得られる信号パターンや特性値などをいう

³⁹ 脳の疾患を持つ患者に対して、fMRI で測定した脳活動をリアルタイムで見せて、望ましい脳活動を誘発するなどの治療法

現在、米国の国立精神保健研究所（NIMH）等により、脳の神経細胞の結合様式（コネクトーム）⁴⁰を解明するプロジェクトが進められており⁴¹、これらの研究成果が近い将来において人工知能研究の進展に貢献することが期待されている。

脳科学の研究が急速に進展している状況に鑑みて、人工知能に脳科学の知見を先駆的に取り入れることで、我が国が次世代の人工知能技術の研究開発に大きく貢献していくことができると考えられる。

④ 我が国を取り巻く諸課題への対応と倫理的課題への対応

我が国が抱える少子高齢化やインフラの老朽化等の諸課題が深刻化していく中で、国民の QoL 向上を実現する人工知能の進化が期待されている。少子化によって減少する労働力を補完したり、貴重な労働人口のスキルアップ、高齢者のケアなどに貢献できる人工知能や、老朽化したインフラを検知、修復できるロボット等の出現が期待される場所である。さらには、特に大規模な都市などにおいて、センサー情報に基づく人・モノ・情報の流れの近未来予測が可能となり、先行的な制御や誘導が行われるようになることで、混雑、渋滞、情報の輻輳や各種の遅延などを回避し、より快適な生活環境が実現するものと期待される。

一方、人工知能の急速な進展に伴い、次に示すような様々な課題が生じる恐れが指摘されている。

1) 人工知能への依存度が増すことによる課題

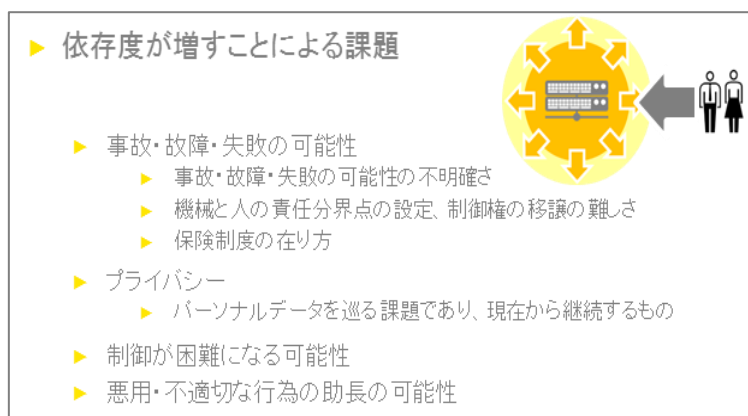


図 IV-3 人工知能の依存度が増すことによる課題(出典：EY 総合研究所作成)

⁴⁰ ニューロン、ニューロン群、領野など間の詳細な接続状態を表した地図 (Wikipedia より)

⁴¹ “The Human Connectome Project” <http://www.humanconnectome.org/>

i. 事故・故障・失敗の可能性

人工知能への依存度は今後非常に大きくなることが考えられる。その際に考えられる課題として、まず「事故・故障・失敗の可能性」が挙げられる。

現在の人工知能は基本的に統計的処理に基づいた判断・制御を行うため、事故や故障の確率を0%にすることは極めて困難である。また、その確率がどの程度になるかについても、事前に予測することが難しい。したがって、ミッションクリティカルなシステムへの導入については、慎重を期す必要がある。

また、人工知能と人の責任分界点の設定や、制御権の移譲の難しさなども指摘されている。例えば学習をして次第に賢くなっていく人工知能製品があった場合、製造元企業はどこまでその製品に対して品質保証を行うのかは検討が必要である。一方、人工知能が自動車の自動運転などの複雑なパラメーターを操り、高度な自動制御を行っている状況から、人間による操作へ制御を移行する際に、人間側が瞬時にその状況を理解し、適切に対応できるかどうか大きな課題となっている。

自動運転に関しては、どうしても事故が避けられない際に、どのような制御を行うべきか、例えばより被害者の人数を減少させられる制御とするのか、被害の状況（深刻さ）を最小にする制御とすべきなのか、究極の場合にはドライバー（乗客）を犠牲にして周囲の人命を救うべきなのか、など検討すべき事例は数多くある。

さらには、学習により機能向上をしていくシステムを考えた場合、製造者が製造責任を長期に亘って負い続けるよりも、適切な保険制度が第三者により供給され、それにより不具合が生じた場合の損害が賠償される方が、より適切な責任分担となる可能性もある。そのため、保険制度が製造物責任の範囲をどこまでカバーするかについて、今後多様なステークホルダー間で議論・調整が行われることになると考えられる。

ii. プライバシーの課題

人工知能が学習をしていく際に利用者のパーソナルデータを取り扱うこととなるが、現在のIoTの潮流の中でもそうであるが、プライバシーの課題は人工知能の発展と共に今後も重要な課題であり続けるはずである。

iii. 制御が困難になる可能性

機械学習を活用する人工知能は、そのモデルが複雑であればあるほど、学習していない状況への適切な反応が困難になる性質を有することから（汎化能力の欠如、又は過学習の問題）、大量データによる学習が困難な領域で

は、人工知能による判定や制御が適切に機能しなくなる恐れがある。このため、社会実装に向けて十分な事前の実地テストの実施等が求められる。

特に深層学習においては、学習結果の内容が人間に理解しやすい形式になっておらず、不具合が生じた場合も論理的に処理を辿って欠陥を修復することが非常に行いにくい。深層学習の学習結果について不具合が生じた場合は、再度学習をさせ直すくらいしか不具合の除去に有効でない場合も有り得る。

iv. 悪用・不適切な行為の助長の可能性

ロボットやドローンに人工知能を搭載し、軍事利用等が行われることに対する懸念も表明されている。これらの技術は人間の損失を伴いにくいことから、軍事力の行使に関する抵抗感を低下させ、より行使しやすい力として認識されるとともに、安価ゆえ、テロリズムや民族紛争などで日常的に利用されるようになる可能性が高いとして、その開発・製造・使用を世界的に禁止するべきとする動きもある⁴²。

v. 雇用や人の存在感が失われる不安

米国の論文 **Future of Employment** では 702 の職種について今後職業が失われる可能性が数字で表現されている。

また、一般のメディア・書籍などでも「今後無くなる仕事」などの特集が組まれる場合もあり、人工知能が人々の雇用を奪うのではないかとといった不安を抱く人もいると考えられる。

この課題に関しては、現時点で学者等の間でも議論は分かれており、そもそも ICT 化等の進展と併せて格差が広がっているという考え方と、人工知能による職の代替により、人間はより創造的・企画的・管理的な業務に移行していくことで特段の問題は生じないとする考え方がある。また、我が国においては少子化・高齢化の中でそもそも労働供給の逼迫が予想されており、この問題は生じにくいのではないかとの考え方もある。

⁴² 人工知能学会 (IJCAI) における専門家らによる公開書簡
<https://www3.nd.edu/~dhoward1/FLI%20-%20Future%20of%20Life%20Institute.pdf>

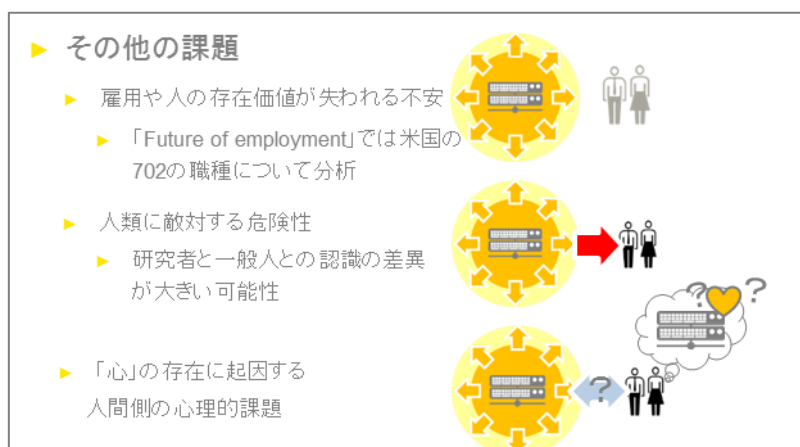


図 IV-4 その他の課題（出典：EY 総合研究所作成）

なお、総務省では、2040年代までをも視野に入れ、人工知能（AI）を構成要素とする情報通信ネットワーク（以下「AI ネットワークシステム」という。）の構築及び人工知能相互の連携等 AI ネットワークシステムの高度化（これらを「AI ネットワーク化」と総称する。）の進展を見据え、①AI ネットワーク化の進展を通じて目指すべき社会像及びその基本理念を整理するとともに、②AI ネットワーク化が社会・経済にもたらす影響及びリスクを多角的に評価する（インパクトスタディ、リスクスタディ）とともに、③AI ネットワーク化が社会・経済にもたらす影響及びリスクに関し今後注視し、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。同検討会議の中間報告書「AI ネットワーク化が拓く智連社会（WINS）—第四次産業革命を超えた社会に向けて—」（平成28年4月15日）においては、上記①及び②に関する検討の成果及び③の事項のうち速やかに検討に着手すべき当面の課題⁴³が取りまとめられている。

2) G7における人工知能の研究開発の原則に関する議論

平成28年4月29日から30日にかけて開催されたG7香川・高松情報通信大臣会合において、IoTや人工知能などの新たなICTの普及する社会における経済成長の推進やセキュリティの確保等について議論が行われた。

⁴³ 当面の課題としては、人工知能の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（関係する市場の動向の継続的注視、AI ネットワークシステムに関する相互接続性・相互運用性の確保等）、AI ネットワークシステムのガバナンスに関する国際的な議論の場及び国内の議論の場の形成を含む計14項目が掲げられている。

人工知能に関しては、我が国の高市総務大臣から、G7 各国が中心となり、OECD 等国際機関の協力も得て、AI ネットワーク化が社会・経済に与える影響の分析や、人工知能の研究開発の原則の策定（図 IV-5）等 AI ネットワーク化をめぐる社会的・経済的・倫理的課題に関し、産学民官等関係ステークホルダーの参画を得て国際的に議論を進めるべきことを提案した⁴⁴ところ、各国から賛同が得られた。

AIの研究開発の原則の策定

OECDプライバシーガイドライン、同・セキュリティガイドライン等を参考に、関係ステークホルダーの参画を得つつ、**研究開発に関する原則を国際的に参照される枠組みとして策定**することに向け、検討に着手することが必要。

研究開発に関する原則の策定に当たっては、少なくとも、次に掲げる事項をその内容に盛り込むべき。

① 透明性の原則

AIネットワークシステムの動作の検証可能性を確保すること。

② 利用者支援の原則

AIネットワークシステムが利用者を支援するとともに、利用者を選択の機会を適切に提供するよう配慮すること。

③ 制御可能性の原則

人間によるAIネットワークシステムの制御可能性を確保すること。

④ セキュリティ確保の原則

AIネットワークシステムの頑健性及び信頼性を確保すること。

⑤ 安全保護の原則

AIネットワークシステムが利用者及び第三者の生命・身体の安全に危害を及ぼさないように配慮すること。

⑥ プライバシー保護の原則

AIネットワークシステムが利用者及び第三者のプライバシーを侵害しないように配慮すること。

⑦ 倫理の原則

ネットワーク化されるAIの研究開発において、人間の尊厳と個人の自律を尊重すること。

⑧ アカウンタビリティの原則

ネットワーク化されるAIの研究開発者が利用者等関係ステークホルダーへのアカウンタビリティを果たすこと。

図 IV-5 AIの研究開発の原則

3) 内閣府における人工知能と人間社会の関わりに関する検討

内閣府では、第5期科学技術基本計画で掲げた **Society 5.0** の実現の鍵となる人工知能の研究開発及び利活用を健全に発展させていくため、平成 28 年 5 月 30 日、内閣府特命担当大臣（科学技術政策）の下に、人工知能と人間社会の関わりについて検討を行う「人工知能と人間社会に関する懇談会」を設置した。同懇談会において、倫理、法、制度、経済、社会的影響など幅広い観点から人工知能が進展する未来の社会を見据えて、国内外の動向を俯瞰して、人工知能と人間社会の関わりについて今後取り組むべき課題

⁴⁴ 高市総務大臣の提案に当たっては、今後の議論のためのたたき台として、図 IV-5 の英訳を配付している。図 IV-5 の内容については、AI ネットワーク化検討会議中間報告書「AI ネットワーク化が拓く智連社会（WINS）—第四次産業革命を超えた社会に向けて—」50 頁以下（平成 28 年 4 月 15 日）を参照。

や方向性について検討することとしている。

IV-2 国や研究機関が取り組むべき研究課題と推進方策

(1) 人工知能に関する研究開発

欧米における人工知能技術の研究開発やビジネス化の進展はめざましく、国や民間企業等が多額の研究開発投資を行うとともに、世界中から優秀な研究者を集めているほか、大手 ICT 企業がユーザーから膨大なビッグデータを収集する仕組みを構築するなど、圧倒的なスピードとスケールで様々な取組が進められている。人工知能研究に関する国際学会等においても、欧米からは数多くの研究論文が投稿されているのに対し、我が国からの論文発表は数少なく、この分野で存在感を示すにはほど遠い状況である。

しかしながら、人工知能技術を国民生活に浸透させ、真に社会に役立つものとする上で、数多くの重要な技術的課題が未解決であることも事実である。

このような中でも、国内に目を向ければ、産学官の研究機関を中心に多岐にわたる人工知能技術の研究開発が着々と取り組まれている。

これらの我が国の人工知能技術の研究リソースを結集し、我が国が蓄積する医療分野をはじめとする良質なビッグデータ等を有効に活用するとともに、例えばロボット分野などの強みを有する技術との融合等を進めること等により、将来の次世代人工知能技術の実現に大きなインパクトをもたらすことが出来るはずである。

ここでは産学官が効果的にそれぞれの役割を果たしつつ、我が国として注力していくべき研究開発分野を示す。

① 小規模データで実現する人工知能技術の開発

機械学習を想定した場合、基本的には大量のデータを学習することにより精度を高めていくものであることから、より大量でかつ良質なデータの確保が求められている。一方で、画像認識などの特定の事例を除き、多くの適用分野においては大量のデータを揃えること自体が困難である。このような場合を想定して、現在「少数サンプルからの強化学習（階層強化学習）」という新たなアルゴリズムの研究開発や、データのスパース（疎）性に基づく情報処理手法が注目されている。

米国国防高等研究計画局（DARPA）が主催する災害救助用のロボット競技大会（Robotics Challenge）では、過酷な状況下（災害現場等）で活動するロ

ボットの開発を促進することを目的として、がれきの除去や運転等の人間と同様の作業をこなせるかどうかを競わせている。現状では、人工知能で学習した世界各国の優れたロボットであっても、このような難しいチャレンジを克服するためには多くの課題を抱えている。

一方、人間や動物は少ない数のサンプルから学習して（少ない経験から）、起き上がったり、正しいモノを判別することなどを容易に習得することができる。このため、脳科学の知見を活用することによる、新たな「階層型強化学習」のアルゴリズムの研究開発が進められている。



図 IV-6 ロボットの起き上がり実証実験の様相
(ATR 森本淳氏、銅谷賢治氏の研究成果)

(試行錯誤を繰り返す間に学習して立ち上がるロボット)

また、医療現場における医療症例などは日本全国から該当者を集めたとしても、100万人～1億人といったオーダーにはそもそも届かないことが多い⁴⁵。企業のデータ解析で用いられる購買データなども、実際に分析やマーケティングの対象となる購買層の年齢・性別・居住地域などで分類していくことになれば、一定の領域ではデータ数が限られてしまう場合がある。

このような課題に対して、脳科学と機械学習の研究の双方の知見を基に境界領域で近年編み出された手法として、データのスパース（疎）性に基づく情報処理手法が注目されている。

1996年に Olshansen と Field が発見した手法⁴⁶で、自然界に見られる画像をできるだけ少ない（疎な）要素画像の組合せで表現しようとして計算を行うと、脳の1次視覚野で観察される細胞が反応する特定の図形群を上手く再

⁴⁵ 例えば自閉症の罹患率は1万人あたり27.2人とされており、全人口を1.27億人と仮定しても全国で約35万人しか存在しない計算となる <https://www.niph.go.jp/journal/data/59-4/201059040004.pdf>

⁴⁶ 「スパースコーディング」と呼ばれる。

現することができたというものである。これは、脳に限られた（疎な）細胞数で、できるだけ多くの自然界で見られる映像を処理できるように工夫をした結果とも考えられている。

この手法を発展させ、自然界で得られる様々なデータは「できるだけ少ない（疎な）要素の組合せで表現できるはずである」として、多様な情報処理に応用しようとする動きがある。

例えば、少ないセンシング情報から元の情報を再現することが可能であるため、MRIの撮像時間を短縮して効率的な診察に寄与したり⁴⁷、天体の観測領域が少なくて天体全域をカバーできない場合でも全体の領域の観測をしたのと同程度の効果が得られたり（観測可能領域の仮想的な拡大）⁴⁸、あるいは効率的なノイズ除去等に活用できる、といった事例が報告されている。

また、この情報処理技術の特性を利用することで、現代の自然科学者が苦慮している大量のデータから系統的に科学的仮説を導き出す方法⁴⁹や、通常の方法開発とは異なり、求める性質から組み合わせるべき元の素材の組み合わせを推定する方法⁵⁰など、新しい手法なども開拓されつつあるところである。

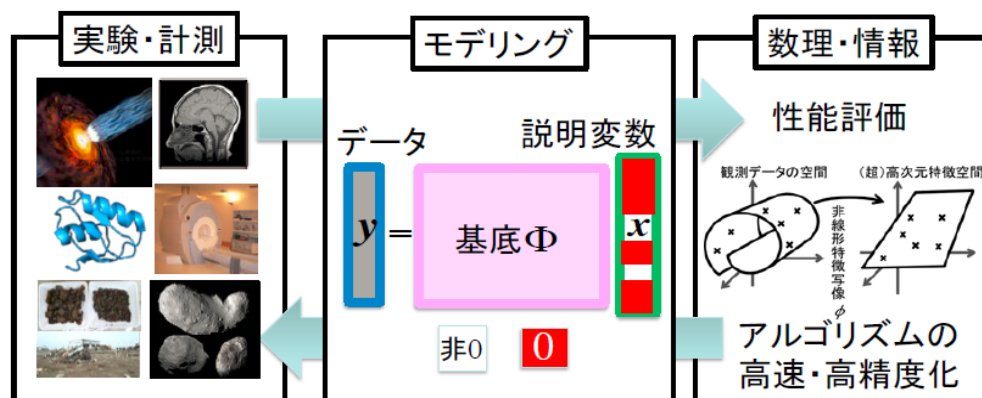


図 IV-7 スパースモデリングの進化と高次元データ駆動科学の関係性

これらの解析手法を医療分野やマーケティング等のビジネス分野に導入することによって国際競争において優位性を確保するとともに、将来的には、日本全国の河川や沿岸部における地表面を撮影した高精細画像データをスパースモデリングにより解析することで、例えば、河川の氾濫危険エリアを推

⁴⁷ <http://sparse-modeling.jp/program/A01-1.html>

⁴⁸ <http://sparse-modeling.jp/program/A02-3.html>

⁴⁹ <http://www.orsj.or.jp/ramp/2014/paper/3-1.pdf>

⁵⁰ http://www.nims.go.jp/nimsforum/files/03_okada.pdf

定し未然防止に役立たせるとともに、豪雨時における河川の水位が予測できる。また、大地震が発生した際の海底水圧センサーのデータをスパースモデリングによって解析し、より正確に予測された津波の高さと、津波被害関数を統合することで、津波到達前の量的被害予測と被災地支援策の検討を可能にするなど⁵¹、我が国の防災・減災計画の強化に役立つことから、積極的に研究開発及び開発実証に取り組むべきである。

② 深層学習の欠点を克服した機械学習法の研究開発

深層学習はニューラルネットワークの先駆的研究者である Geoffrey Hinton が 2006 年に提唱した手法で、ニューラルネットを多層に重ねて処理を行うものである。当初は大きな注目は集めていなかったが、2012 年に行われた画像に写った物体の識別を競う ILSVRC で圧倒的な性能差をつけて Hinton のチームが優勝したことで、一躍注目を浴びるようになった。

深層学習の方法論そのものは従前に考案されていたものと大きな変化はないものの、近年計算機の性能が飛躍的に向上したことと、ウェブや SNS の普及により大量の画像データを容易に入手可能になったこと、また活性化関数と呼ばれる「発火」を決める関数の形式を変更したこと等の要因により⁵²、これまで難しかった多層構造における学習が可能になったとされている。

深層学習の大きな利点として「特徴量」の自動抽出が可能になったことが挙げられる。これにより、一般物体認識⁵³も可能になったものであり、現在では画像識別などの特定領域においては、人間よりも精度が向上したとされている。

また、この特徴量の自動抽出が可能になったことで、これまで人工知能研究における難題と考えられていたフレーム問題やシンボルグラウンディング問題などの解決にも期待が寄せられている⁵⁴。

しかしながら、幾つかの難点も指摘されている。

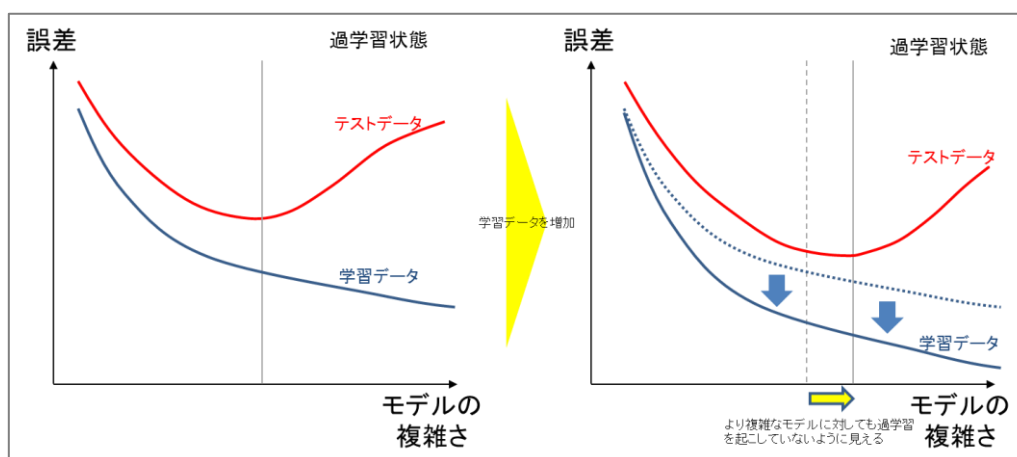
最大の難点は、汎化能力の欠如（又は過学習の問題）である。人工知能では、モデルが複雑になればなるほど、未知の状況に直面した場合に対応能力がより低下してしまうということが知られている。複雑なモデルの深層学習では、これが生じやすい事が当初から指摘されている。

⁵¹ <http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/project/44/14531840.html>

⁵² シグモイド曲線から、ReLU と呼ばれる関数に変更されている場合が多い。

⁵³ 制約のない実世界の画像に対して、その中に含まれる物体を一般的な名称で認識すること。

⁵⁴ <https://kaigi.org/jsai/webprogram/2014/pdf/785.pdf>



- (左) モデルが複雑化するにつれ、「学習データ」に対してはフィッティングが良くなるものの、本番である「テストデータ」に対しては誤差が大きくなってしまふ。
- (右) 学習データを増やすと、同じ複雑度のモデルに対しても学習データ・テストデータ共にフィッティングは一見良くなるが、より複雑なモデルに対しても過学習を「起こしにくく」なっているだけであり、本質的には解決していない。

図 IV-8 汎化能力の欠如（過学習の問題）

出典 AI・脳研究WG 第2回川人構成員資料を参考に作成

また、深層学習には、求められた成果に対して十分な結果が得られなかった場合に、その理由を説明することが困難であるという課題もある。深層学習のシステムでは学習により調整された数値（パラメーター）自体は明らかに確認できるものの、その内部で行われている処理の状況を人間が論理的に把握することが困難であるため、システムに不具合が生じてもその原因の究明が困難な場合がある。そのため、故障検知など、原因究明が必要なタスクには向いていないと言われている。また、原因究明が難しい場合には、その改善も難しい場合が多いため、品質保証を行うことも難しくなる。

現在主流となっている深層学習はこのような欠点を有しているため、そのアルゴリズムの評価法を確立し、これらの欠点を克服した新たな実用的な機械学習を開発することが出来れば、次世代の人工知能技術の覇者となる可能性もあると考えられることから、積極的に取り組んでいくべき研究分野である。

③ 新たな「機械学習法」の研究開発

機械学習は「モデル」と「学習法」の2つの項目で分類することが可能であり、例えば「モデル」では線形モデルや深層モデルが、また、「学習法」では回帰・分類・強化学習といった方式がそれぞれ存在している。「モデル」と「学習法」は独立しており、それぞれから適切なものを選択し、組み合わせて利用することが可能である。

このうち「モデル」は適用できる課題と密接な関係がある。例えば深層学習

の一種である畳込みニューラルネットワークのモデルは、画像処理の課題と関係が深い。このモデルに関しては、研究、実用化共に欧米が先行している。

他方で、「学習法」は「モデル」から独立しているため、効果の大きい学習法を生み出すことができれば、モデルに関係なく課題も越えて広く適用できるという利点がある。このため、「学習法」を中心に理論研究を進めていくことも一つの方策と考えられる。

特に、本項①で述べたとおり、ロボットの強化学習などにおいては、従来型の学習法では不十分なデータしか得られない可能性が高い。このため、少量のデータしか得られない場合でも、多数の入力データを活用することによって汎化能力を高めようという半教師あり学習が盛んに研究されてきたが、必ずしも成功しているわけではない。より少量のデータで精度よく学習可能な方法が求められている。

また、脳型人工知能であるパーセプトロンの中間層にランダム性を持たせることで、高い汎化性能を持たせられることが最近分かってきているが、カーネル法の学習時間短縮のために行われるランダム性を利用したアルゴリズムと共通点があることが判明しており、脳型人工知能の発展のためにも機械学習の基礎理論の強化に早急に取り組むべきであると考えられる。

④ 運動と人工知能の組合せ

深層学習の応用は海外において急速に進展しており、少し先の課題であると考えられていた「プランニング問題⁵⁵」や「シンボルグラウンディング問題⁵⁶」といった人工知能の基礎的問題に関係する研究開発も報告されている。

例えば「プランニング」に関しては、オートエンコーダーの仕組みを転用し、TVゲームの中で自分の動きの結果を予測して行動を決定する人工知能が報告されている⁵⁷。

また、「シンボルグラウンディング」に関しては、入力した説明文の内容に応じて画像を合成する人工知能が報告されている⁵⁸。この研究では「青空を飛ばす停止標識」「砂の上でスキーをする人」などの日常的には見られないイメージを合成することにも成功している。

⁵⁵ プランニング問題：目的を達成するための行為の系列を求めるというタスクの中で初期状態から目標状態へと遷移させる動作の系列を発見する問題

⁵⁶ シンボルグラウンディング問題：記号システム内のシンボルがどのようにして実世界の意味と結びつけられるのかという問題

⁵⁷ J. Oh et al: Action-Conditional Video Prediction using Deep Networks in Atari Games

⁵⁸ E. Mansimov et. Al: GENERATING IMAGES FROM CAPTIONS WITH ATTENTION

今後の深層学習の発展の方向性としては、「認識」から「運動」へ進み、「言語」能力を獲得していくことが考えられる。

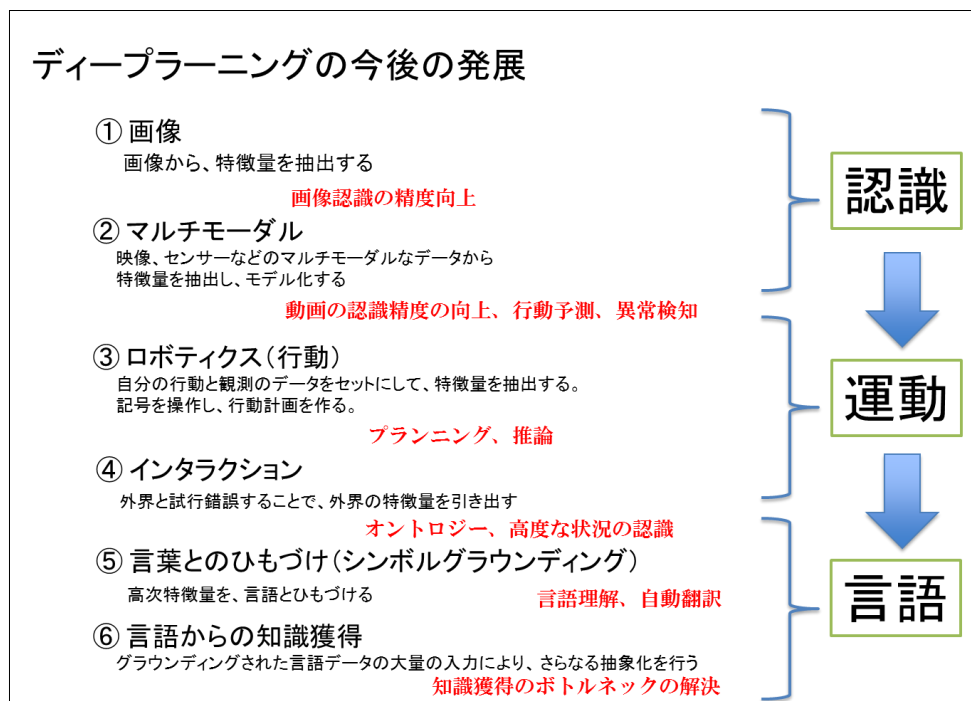


図 IV-9 深層学習の発展の方向性

出典 AI・脳研究WG 第3回松尾構成員発表資料より

特に「運動」能力の獲得は、柔軟性のある学習可能なロボットの実現に不可欠であり、極めて重要なマイルストーンであると言える。人工知能が組み込まれ、柔軟性を有した日常生活用あるいは生産用のロボット等が実現できれば、非常に大きな産業上のインパクトがあるはずであり、またこうした産業から研究コミュニティに資金が環流することで、日本における当該分野の研究レベルも大きく向上する可能性がある。

現状の人工知能の動きを大局的に見ると、多様な情報を活用することを究めて情報の利活用の利便性からアプローチしていく「情報路線」と、深層学習を基盤としながら、実際にモノを動かす、加工するといったところから信頼性を梃子にアプローチをしていく「運動路線」が考えられる。前者の代表例は、主に欧米の大手 ICT 企業であるが、後者についてはそれに匹敵する代表例はまだ出てきていない。海外の企業や研究者は、機械やロボットの取扱に関する苦手意識があるとも言われており、我が国において「運動路線」は一つの検討すべきアプローチとして位置付けるべきである。

⑤ 自然言語処理の高度化

自然言語（特に日本語）は国民が互いに意思疎通を図る際の基礎であると同時に、政府が対応すべき様々な社会問題（例えば、大規模自然災害の発生や対処）、あるいはビジネス上の事象、意思決定も、日本語を介して認識、実施されることから、国の基盤をなす存在であると言える。

したがって、日本語を処理する人工知能技術である自然言語処理は国が重点的に取り組むべき課題である。また、ロボットやビッグデータの処理に関しても、人間とのコミュニケーションや処理結果の解釈等において自然言語処理は必須であり、重要な課題であると言える。

欧米では主に英語と他言語の翻訳に注力されていることから、日本語と他言語の高精度翻訳は日本語に関する高度な研究に基づいて我が国が実現していくべき課題である。

自然言語処理の課題は大きく二つある。一つ目は異なる言語間のインターフェースである機械翻訳や音声翻訳である。すでに分野を絞った音声翻訳は実用レベルに達しつつあるが、将来の同時通訳を実現するため、自動換言処理等に基づく自動翻訳の汎用化及び翻訳の逐次処理化技術の確立や、自動翻訳の精度を高めるため、単語や文章に加えて談話構造等の文脈を利活用することで意味に基づく翻訳を実現する基盤技術等を確立するための研究開発が必要である。また、機械翻訳のための学習データである、いわゆる対訳コーパスの開発・蓄積も従来に引き続き重要となる。

また、二つ目の課題は、日本語も含め、自然言語で書かれた大量の文書の有効利用である。ウェブや SNS、さらには学術論文や公的文書等には社会問題の記述からイノベーションのヒントまで多種多様な知識（すなわち「社会知」）が存在する。それらを人工知能技術を用いて有効利用し、社会問題やその解決策を自動認識したり、イノベーションを加速させるといった活用法、さらには、こうした知識をより効率よく人間に伝え活用するための手段として対話ロボット等の開発が期待される。

こうした活用法では、往々にしてユーザの想定以上の知識や処理が必要となり、従来の質問応答システム、すなわち、ユーザが想定して入力した質問に対して回答を返すといった受動的なシステムではなく、システムが自律的に社会的課題等を認識し、自律的に問題意識を持って解決策等を発見する技術が必要である。また、既存文書に書かれた知識だけではなく、どこにも書かれていない仮説も推論によって求め、さらにはそうした仮説を自動的に検証して、自ら賢くなる技術や、得られた知識をユーザのレベルに合わせてわかりやすく提供する対話的インターフェース等も必要となる。

また、こうした高度に知的な処理を行うにあたっては、大量のテキストを取

集するだけでなく、高品質な機械学習用の学習データ、辞書、知識ベース等を大規模に蓄積していくことが重要である。

⑥ ネットワーク型人工知能社会基盤の実現

各種センサーの高精度化と低価格化、通信回線の大容量化と低価格化が進展するとともに、クラウド等において柔軟で大規模なコンピューティング資源を利用することが可能となってきたことで、様々な種類のセンサー情報の取得・分析・予測及び制御の高度化が進展し、より快適で安心・安全な生活を送ることが可能になってきている。

今後、人工知能技術の進歩により、センサーやアクチュエータなど様々なデバイスがそれぞれ知能を持ち、それらがネットワークに接続されることにより、デバイス上の人工知能は、自らの周囲の環境や状況を自律的にセンシングし、認識・予測・応答する。

また、ネットワーク上のクラウド等と自律的に処理を分担するとともに、システム間での情報共有が可能となる等、相互に通信し連携しながら自律的に判断、行動し、人の意思決定や行動を支援することが期待される。

これによって、人工知能は IoT サービスやアプリケーションの高度化及び最適化を図るとともに、ネットワークインフラを構築する ICT 機器等についても高度化、最適化することで、IoT ネットワークインフラ全体がリアルタイムにかつダイナミックに最適化を可能とする高度情報通信基盤の実現が大いに期待される。

そのためには、環境に偏在するデバイス群がリアルタイムにセンサーで実世界を計測し、インターネット上の情報と組み合わせ、学習型シミュレーションに基づく最適シナリオの探求・立案と人工知能が組み込まれた様々なデバイス協調制御を可能とする、人工知能とネットワークが融合した新たなプラットフォームを実現することが必要である。

例えば、エッジ側では計算量が比較的小さい人工知能（カーネル法など）で一度処理を行い、通信量を削減してから、深層学習を行うクラウド側の巨大なサーバにデータを送信する、異なる機械学習アルゴリズムの融合に基づいた通信の効率化や、情報のスパース符号化による通信量の削減、さらには脳の動的なネットワークの再構成を模倣した効率よいルーティングなど、脳科学の知見を適用することで情報通信基盤の更なる高度化が期待される。

まさにこのプラットフォームは、来る IoT/BD/AI 時代の社会インフラの根幹となる「ネットワーク型人工知能社会基盤」として、国の主導のもと、産学官が連携して研究開発から社会実装まで一体的に取り組むとともに、標準化に対して戦略的に取り組む必要がある。また、大規模計算機設備等を含

めた人工知能研究開発・実証テストベッド環境の整備等について早急に着手すべきである。

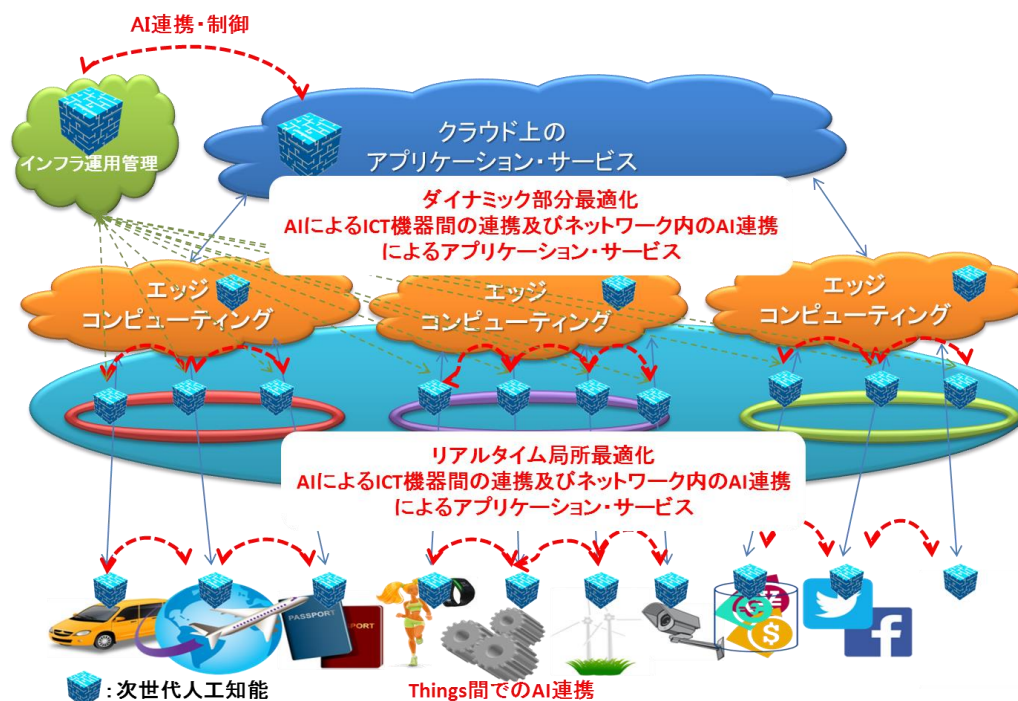


図 IV-10 ネットワーク型人工知能社会基盤のイメージ

⑦ 人工知能の脳科学への適用

近年の脳科学におけるめざましい進展には、以下の3つのことが深く関わっており、また、人工知能技術の適用も大きく寄与している。

- 1) 脳活動計測技術の進展
- 2) 脳活動データの蓄積
- 3) 脳モデルを用いた高度な解析

昨今、飛躍的な脳活動計測技術の進展によって、より高解像度でより多くの種類の膨大な脳活動データの取得が可能となっており、さらにクラウドなどの環境が整備されてきたことでビッグデータの蓄積が可能となってきている。この膨大なデータの中から脳機能と対応した活動を抽出する際に、人工知能技術を用いたデータマイニングが重要となってきている。

近年の脳科学では、膨大な脳活動データに神経生理学の知見を活かした様々な人工知能技術を適用することで知覚内容と脳活動の対応関係をエンコーディングモデルとして記述することが可能となり、例えば脳活動から見ている画像や夢の内容等を推定する技術が実現している。また、脳活動をモデル化する際に、サポートベクターマシン (SVM) のようなパターン認識手法や深

層学習等の人工知能技術を利用することで、特定脳領域の脳活動の上昇・下降にとどまらない、脳活動がどの部分でどのような情報を有しているのか等のより詳細な手がかりを得ることにより、脳機能の解明への進展が期待されている。

このため、人工知能技術を脳科学の研究により積極的かつ有効に活用していくことにより、脳機能の解明を加速し、将来の次世代人工知能の発展につなげていくべきである。

⑧ 脳科学の知見の人工知能への適用

現在の機械学習において大きな進展を見せている深層学習の画像情報処理方法は、脳（視覚野）で明らかにされた情報処理の方法と極めて類似している。このため、機械学習独自の進化が注目されるとともに、脳科学の発展に伴い、脳科学と機械学習が相互に補完し合うことにより、人工知能がさらなる発展を遂げていく可能性が期待されている。

人間の脳の情報処理メカニズムについては未解明の領域が多く残っており、ここに深層学習の新たなパラダイムを創出させる種（宝）が大量に眠っている可能性がある。一方、深層学習の原理に関する理論研究も急速に進展している。

これまで判明している視覚野の研究成果の実績から判断して、この情報処理メカニズムを深層学習に組み込むことが可能であることから、それによってより人間的な人工知能の開発を進めていくことが重要である。

また、この分野の研究を推進するにあたっては、脳科学と人工知能の両方の分野に関する知識や経験を有する優秀な研究者の育成を同時に進めていくことが不可欠である。

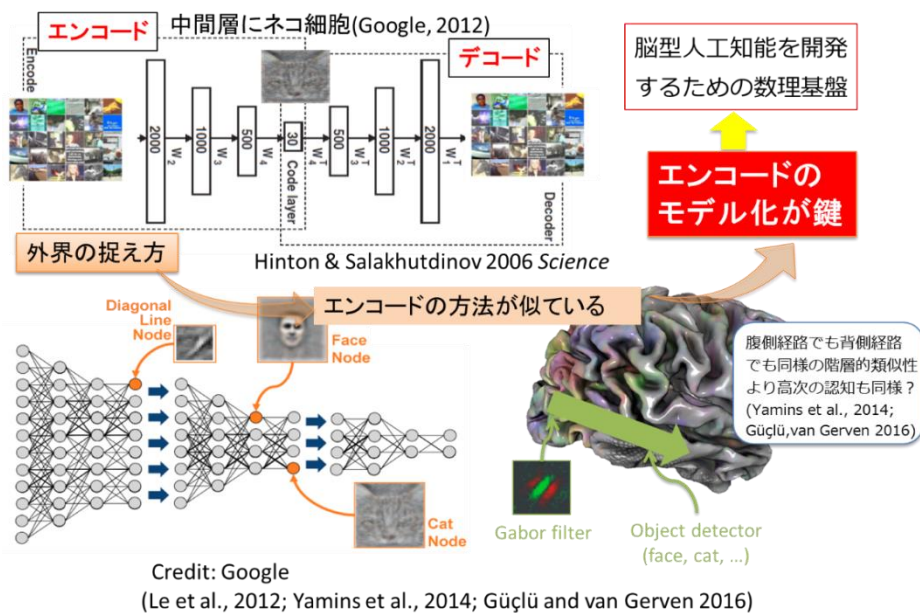


図 IV-11 深層学習と脳科学のエンコードの類似性

1) 視覚系

脳科学の進展により視覚野の知見が多く蓄積されてきているが、詳細な機構が判明しつつある立体視などのメカニズムに関しては、現在の人工知能にはまだ導入されていない。今後、深層学習にこのような知見を取り入れることにより、より高機能な視覚認識機構などを実現できる可能性がある。

なお、大脳皮質には領野を越えた類似構造が見られるため、視覚野での成功例は、他の記憶・運動・言語等に関わる脳型人工知能にも、応用できる可能性がある。

また、画像認識を行う際に、脳内に映し出された人の意図や意識を読み取することはマーケティング等における重要な課題であり、脳科学と連携して解析することにより、より高度な意図や意識の解明に繋がることも期待される。

2) 言語系

現在の自然言語処理では、タスクごとに学習データが必要になるため、強化学習などでの課題と同様に学習データ不足が課題となっている。教師無し学習も現在のものは基礎的なタスクにしか有効でないのが実情であり、このような課題に対して、脳科学や深層学習のフレームワークで、解決する糸口を見つけ出すことが期待されている。

3) 脳情報ビッグデータの構築

上記の1)及び2)の研究を進化させていくためには、多様な認知機能を対象としたデータ取得とモデル化が必要となってくる。具体的には、多様な自然認知条件下における脳活動と行動メタデータ（例えば、視聴覚認知、会話、ゲーム、学習、購買、創造、SNS、倫理等）を従来より一桁から数桁のオーダーで数多く収集する。そのためには、多くの実験系と人員が必要であり、具体的には、脳活動を測定するための **fMRI (functional magnetic resonance imaging : 機能的磁気共鳴画像化装置)** 並びに実験運用設備の拡充及びデータ整理（モデル化）のための人員増員が望まれる。これらの大規模データ取得やモデル化にあたっては国の研究開発機関や大学が主導し、さらには企業が参加して脳情報ビッグデータの構築を目指す必要がある。

4) 脳科学分野における新たな研究課題

情報通信技術（ICT）は、人間の身体空間を拡張し、また、感覚空間を拡張する技術として発展し、さらには人間の生活をより機能的に、便利に、安全なものに向上させてきた。今後もこのような方向で ICT の研究開発を進展させて、国民の生活の質の向上や安心安全を確かなものにしていくことが重要である。



図 IV-12 人の様々な活動に伴う脳情報データと人工知能解析に基づく新たなサービスの創出

無線通信を活用した携帯型脳活動計測装置や生理機能をモニターするウェアラブル計測器の開発によって、ヒトが実験環境において拘束されることなく、自然活動中の生理学的データの収集も可能となっている。今後 IoT と連携することによって、日常生活におけるモノとの相互作用、その結果生じる生理学的反応や脳活動を有機的に結合したライフログデータベースの構築も可能となる。

このビッグデータは深層学習等の人工知能による解析の対象となり、ヒトの日常活動のさまざまな場面での行動予測を可能とするものである。これにより、例えば転ばぬ先の杖を差し出すサービスや、気の効いたサービス、かゆいところに手が届くサービスの提供を可能にするものと想像できる。加えて、ひらめきなどの意識下プロセスを活性化する刺激・環境情報空間を定義することができれば、新たな発見や感動を生み出すとともに、創造性の補助・促進のための適切な環境を定義することも可能となる。

(2) 脳科学の知見を取り入れた人工知能の飛躍的な発展

人工知能研究と脳科学研究はこれまで相互に影響を及ぼし合いながら発展してきた。現在、人工知能技術と脳科学の研究がそれぞれ急速に進展している状況において、改めて、脳科学の知見を取り入れた人工知能の研究開発の重要性が高まってきている。

① 脳に学ぶマルチモーダル人工知能技術

近年の人工知能の革新の多くは深層学習によってもたらされており、次世代人工知能も深層学習を踏まえた上でさらに脳科学の知見を取り込んだものになると予想される。深層学習は主に人間の脳における視覚情報処理をモデルにすることによってこれまでの機械学習ではなし得なかった画像認識を実現した。

ところで脳は視覚のみならず聴覚や触覚、運動、言語など様々な人間の機能を実現することが知られている。このことは脳の汎化能力を深層学習に当てはめることによって、視覚以外の様々な脳の機能を深層学習で実現できることを示唆する。事実、深層学習による音声認識においては、画像認識のために作られたネットワークをほぼそのまま使うことで従来技術に比べて2倍以上高い音声認識率を実現している。

今後は、この視覚、聴覚という流れをまず触覚へと拡張することで深層学習による身体性の獲得を実現し、さらに身体性を踏まえた上での柔軟な運動制御や、実感のある言語処理を行う次世代人工知能を実現することが期待される。

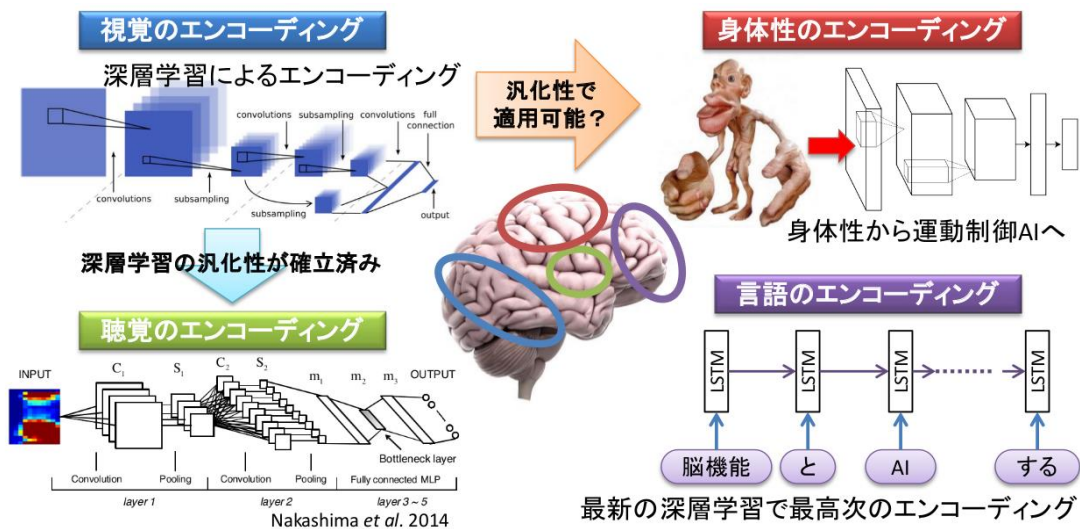


図 IV-13 脳科学と深層学習の融合による発展の可能性

② 超小型軽量低電力の人工知能チップ

人工知能チップの実現に関してはいくつかのアプローチが存在するが、IoTにおけるエッジコンピューティングや Things に搭載され、かつ長時間低電力で駆動可能な人工知能チップの実現に関しては最近実用に資するレベルの技術が欧米で登場しつつある。

我が国においても、フォン・ノイマン型に代表されるような既存のコンピュータアーキテクチャにとらわれない全く新しいアーキテクチャの実現に向けて、脳神経回路を模倣する（ニューロモルフィック，**Neuromorphic**）電子回路レベルの研究が大学レベルでは進んできているが、今後は、脳科学の知見に基づく脳機能に倣うトップダウンの脳型コンピューティングの研究と、脳神経回路を模倣するボトムアップの電子回路技術の研究を連携させることが超小型軽量低電力人工知能チップ実現には不可欠となる。

欧米においては、未だボトムアップ中心の技術開発にとどまっており、両者の融合が図られた研究開発は行われていないが、我が国としては、トップダウン研究とボトムアップ研究を効率的に融合・統合させ、人工知能コンピュータ（脳型コンピュータ）チップの研究開発並びに開発体制の整備等を推進し、世界に先駆けた人工知能チップの IoT における実用化を加速することが重要である。

その際、ニューロンが高い密度で集積している昆虫の脳は高い素子密度を実現していることから、生物が記憶を作り出す神経回路の構造及びメカニズムを解明することにより、ニューロコンピュータを高機能かつ小型化するヒントを得ることが可能である。

また、チップの開発と合わせて、その利用技術（プログラミング、実装、応用）の開発及び実証を推進することで社会実装を加速すると同時にグローバルな普及を促進することも重要な視点である。

2020年にはヒト大脳機能の一部領野を模倣するニューロモルフィック回路、2030年には大脳に加え大脳辺縁系を含めた認知・意思決定系機能を具備するニューロモルフィックチップの完成を目指し、さらに2040年までに運動系（大脳・小脳）機能を搭載した全脳チップの完成を目指す。これにより、消費電力を低く抑えたまま計算機能力の飛躍的な向上を実現し、世界に先駆けた画期的な新しいサービスの実現につながっていくことが期待される。

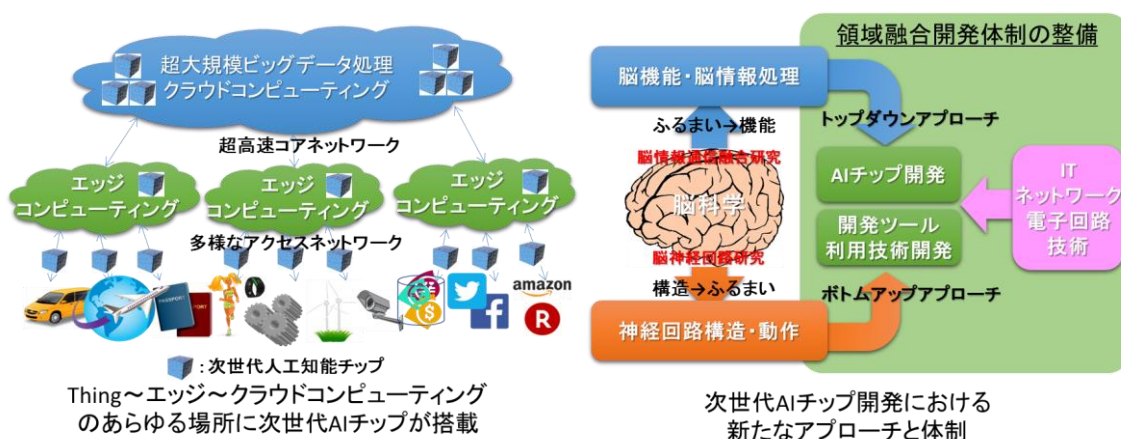


図 IV-14 次世代人工知能チップ開発の新たなアプローチ

③ 脳に学ぶ柔軟な学習法

現在の人工知能技術の問題点の一つとして、膨大な学習用データ、特に正解がしっかりと紐付けられたものが需要であるということが挙げられる。そのため、欧米等の大手 ICT 企業のような膨大な個人データを集積しうる企業以外の参入が困難であるとともに、医療データのような学習データの準備が比較的困難なタスクへの応用が難しいという面があった。しかしながら、例えば医療データにおいては、医師は現状の深層学習が必要とする数（例えば画像認識の ImageNet の場合 1400 万枚）よりもはるかに少ない学習データでの診断を実現しており、これは脳が深層学習よりも効率的に学習しているためと考えられる。

脳のような学習効率を実現するためには、正解がしっかりと紐付けられていないデータで普段から学習しつつ、正解と紐付けられたデータがある場合に一気に学習を進める、「一を聞いて十を知る」ような学習が必要とされる。こ

のような枠組みは人工知能では「半教師あり学習」と呼ばれており、脳における学習の過程を詳細に解明することによってこのような学習が実現することが期待される。

④ 脳に学ぶ桁違いの低消費エネルギーで駆動する人工知能

人工知能開発の成功を示す例として、チェスや囲碁のチャンピオンに人工知能が勝利したことが取り上げられ、大きなインパクトとして報告されている。しかしながら、一見人間の能力を超えたように見えても、エネルギー消費の観点から見れば、人工知能開発の別な課題（消費エネルギーの課題）が明らかになってくる。

アルファ碁は 1,000CPU と 200GPU を駆使しておよそ 25 万 W の電力を消費する。一方、人間の脳は 1W 程度のエネルギー消費で同じ情報処理を行っている。複雑な処理を行わせるために深層学習ではその階層を上げることになり、消費エネルギーは桁違いに増えていくことになるが、現在では 150 層にも及ぶ階層構造を有するものまで出現している。一方、人間の脳は 10 層程度の階層構造で情報処理を実現している。

脳における桁違いの省エネルギーの実現には、コンピュータチップ開発において従来常識とされていた大規模・超高速指向のトレンドの見直しとそのアーキテクチャのみならず回路レベルから計算アルゴリズムまでを見直すアプローチが必要である。

なお、当面は人間の脳に比べて規模の小さい神経ネットワークを有する昆虫類等の脳のネットワークマッピングや機能解析、さらには小規模な情報ネットワークである細胞内情報処理の解析を通して構成生成の推理モデル化が進展することが期待される。

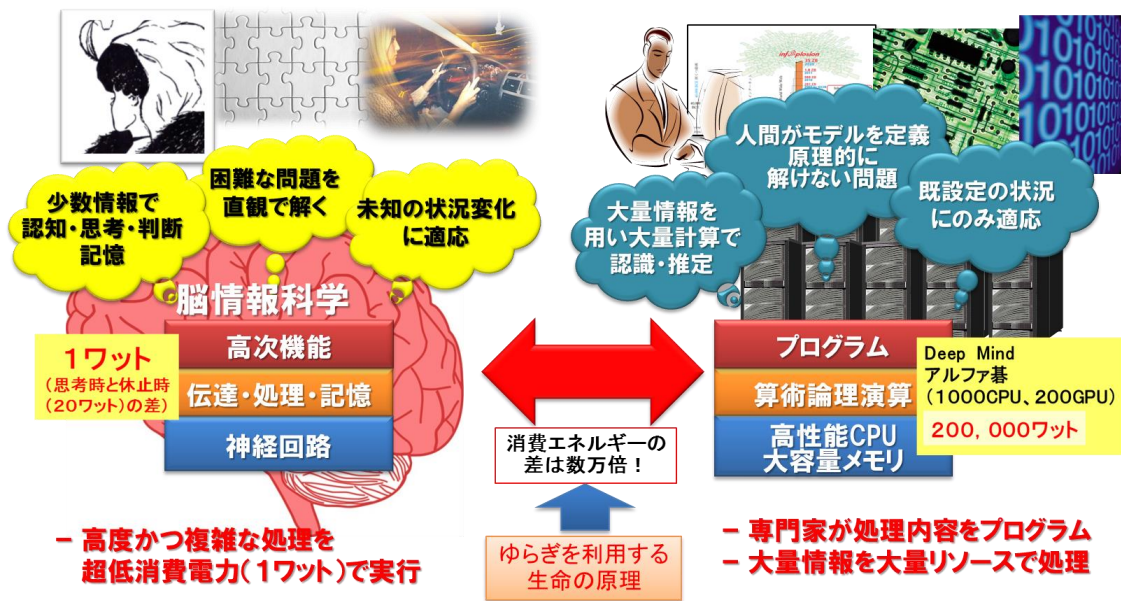


図 IV-15 人間の脳とコンピュータの違いについて

出典：技術戦略委員会 第7回加納敏行氏（日本電気）発表資料を基に作成

⑤ 脳機能から学ぶ深層学習でのブラックボックス化の抑制

現在の深層学習は、ヒト脳視覚野の階層構造にヒントを得て作った多層のニューラルネットワークに基づいている。情報通信研究機構で実施している研究では、視覚野における情報処理のエンコーディングモデルが構築され、脳内の信号処理のエミュレーションが可能になっている。次に、身体性を含む意識下状態のエンコードモデルの構築がなされれば内部処理を明らかにすることができる。これは、深層学習の課題として指摘がなされているブラックボックス化（入力から出力に至る処理のプロセスが見えない問題）の解決につながる技術開発である。

脳機能研究を推進するために積極的に現在の人工知能技術である深層学習やスパースモデリングを活用し、その結果得られる脳情報処理のメカニズムを使って新たな人工知能のためにアーキテクチャやアルゴリズムを開発するというように、脳科学と人工知能技術を融合した次世代人工知能技術の研究開発を推進することが重要である。

さらにその先のAI技術を目指して

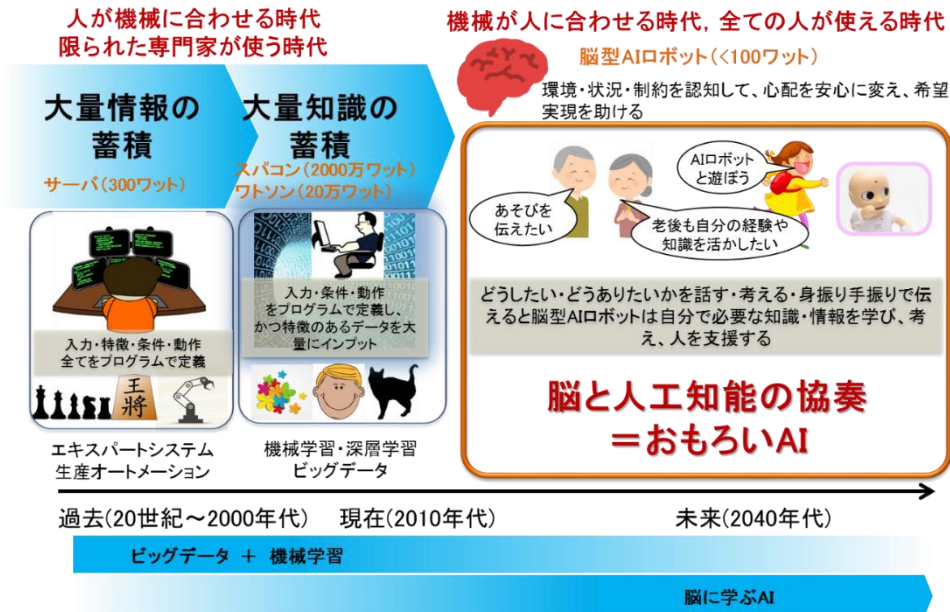


図 IV-16 次世代人工知能の将来像 (イメージ)

(3) 次世代人工知能技術の研究開発ロードマップ

我が国の次世代人工知能技術の研究開発を推進する上で、我が国の人工知能技術の研究開発の基本戦略並びに2020年及び2030年頃を見据えた我が国の次世代人工知能技術の研究開発内容や目標等を取りまとめたロードマップの策定が重要である。

我が国が取るべき人工知能技術の研究開発の基本戦略は図 IV-17 のとおりであると考えられる。

IoT時代の到来を見据え、あらゆるデータを共通的に収集できる仕組みを早急に構築し、その上で、膨大かつ高品質なデータを集積するとともに、人工知能に関するソフトウェア及びハードウェアの開発・実証を進める必要がある。また、脳科学の知見を基にした次世代の人工知能の研究開発等を推進することにより、人の感性を把握し、意思決定や行動を円滑に行うことができる新たなアルゴリズム開発を行い、その成果を社会実装することで産業競争力・国際競争力を強化し、社会に貢献していく必要がある。

一方、構築した膨大かつ高品質なデータの中から研究目的でオープンに扱えるデータを大量に用意することで、大学等が自由に研究を行うことが出来る環境を構築することも極めて重要である。これにより、新たな人工知能ア

ルゴリズムの開発者やデータ分析等を行うデータサイエンティスト、データを作り出せる人材、倫理的問題を扱える人材、社会実装を見据えた人材等の育成についても早急に対応していく必要がある。

以上で述べたように、我が国が次世代人工知能技術の研究開発を推進し、国際競争力を確保していくためには、①高品質なビッグデータ／スモールデータの集積化、②ソフトウェア・ハードウェア開発、③人材育成の3項目に関して、産学官が一体となって国を挙げて、かつスピード感を持って推進していくことが重要である。また、人工知能関連研究開発成果の各種実証の推進や潜在的利用者への効率的・効果的な技術提供など、国として人工知能関連技術の研究開発から社会実証までを一体的に推進していくための基盤として、大規模計算機設備等を含めた人工知能研究開発・実証テストベッド環境の整備について早急に着手する必要がある。

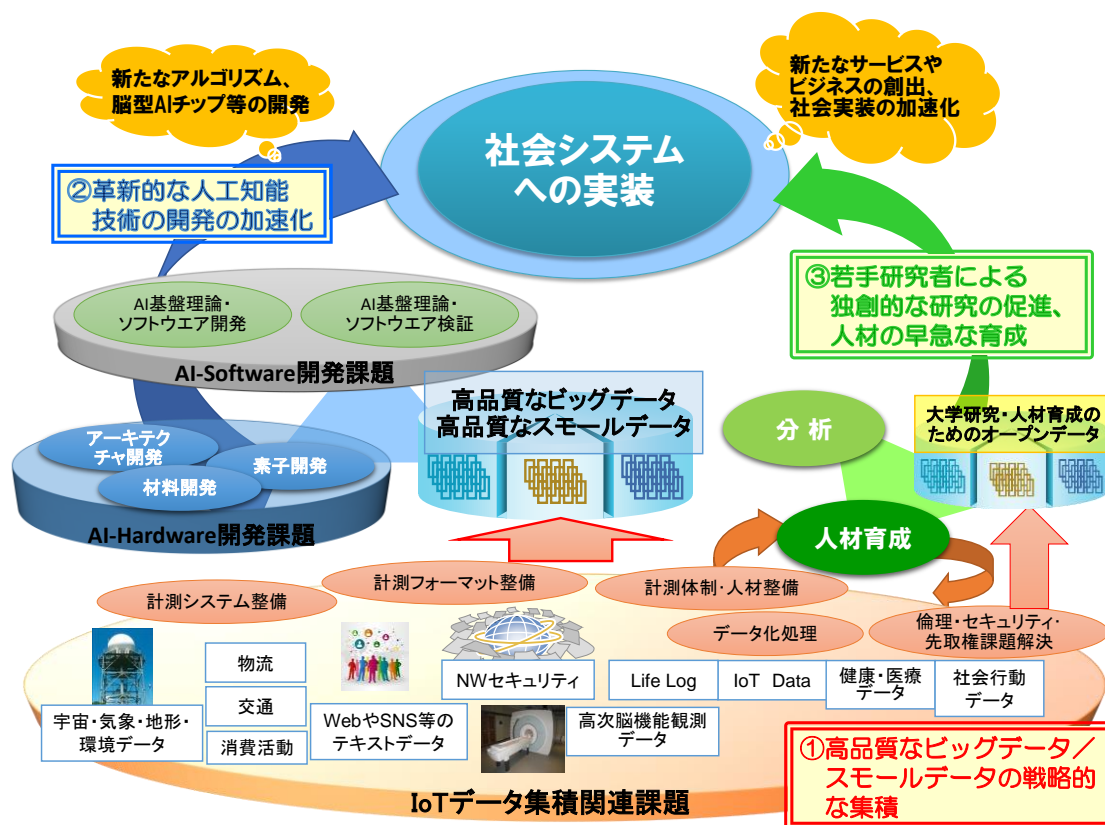
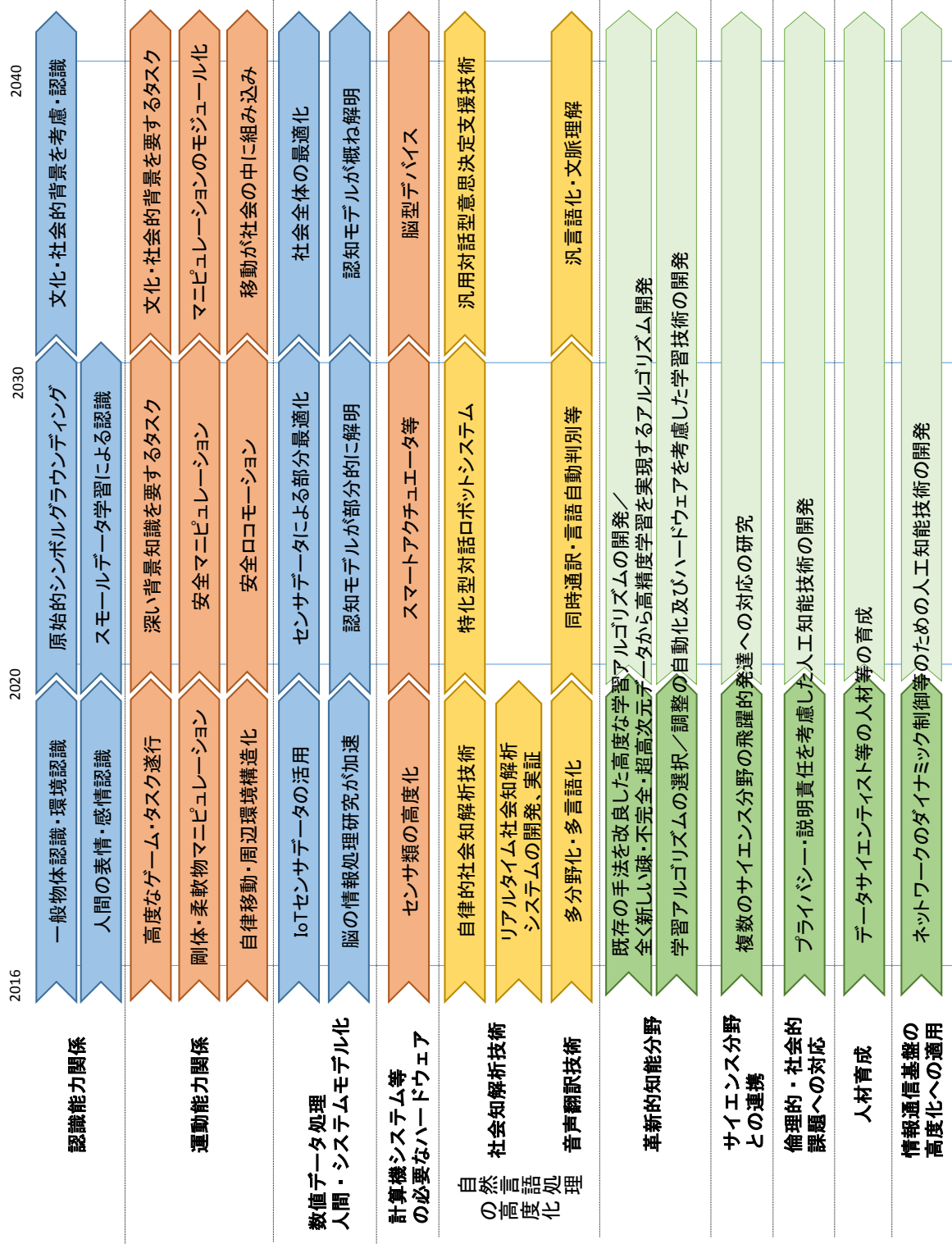
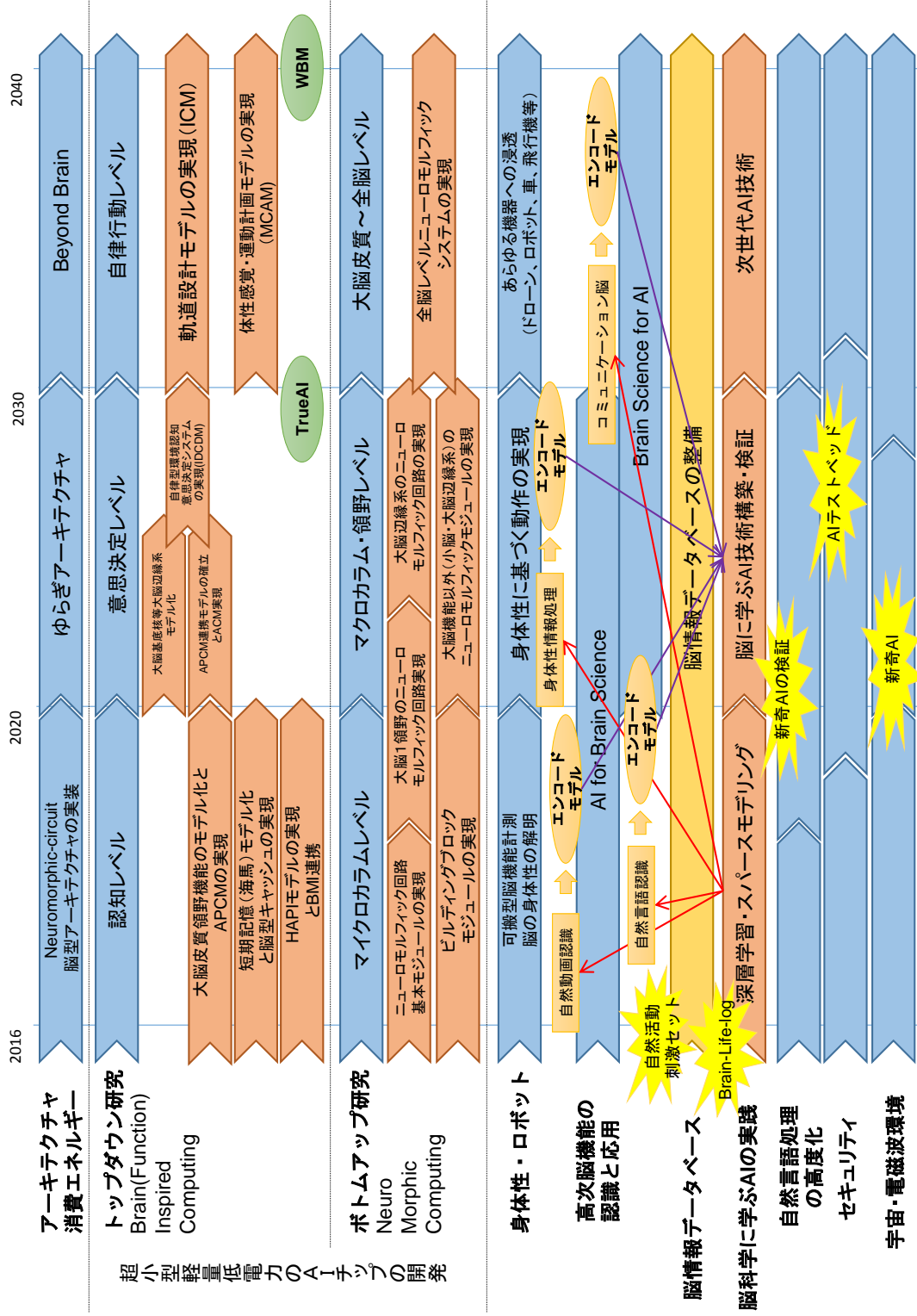


図 IV-17 次世代人工知能技術の研究開発の基本戦略

上述の次世代人工知能技術の研究開発の基本戦略を受けて、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を見据えた当面の課題への対応と、2030年以降の未来を見据えた人工知能技術の研究開発ロードマップの検討を行った。

ビッグデータに基づく AI





脳科学の知見に基づく AI

(4) データ確保・データ流通の円滑化

IoT時代の到来を見据えると、ビッグデータを人工知能技術を活用して分析することで、新たなサービスやビジネスが次々に創出される環境を整えることが重要である。そのためには、大量のデータを収集し、円滑かつ戦略的に流通、利用するための仕組みを産学官が連携して早期に構築することが重要である。また、多くの適用分野においては大量データを揃えることは困難であることから、スモールデータを活用した新たな人工知能解析技術の研究開発にも取り組むことが重要である。

① ビッグデータの利活用ルール

IoTデータの普及や第三者による多様なサービスの利活用の拡大のためには、IoTデータの共通利用が図れるような形式共通化・正規化技術の確立・標準化が求められる。また、形式共通化・正規化し、抽出されたIoTデータを第三者が利活用しやすくするための外部接続インターフェースなどの共通機能も合わせて検討することが重要である。さらには、複数のデータを用いて分析を行う場合に、個々のデータの粒度が揃っていないと良質なデータとは言えないことから、データのデザイン性も非常に重要となる。

企業や研究機関、国・地方自治体が有する大量のデータを人工知能技術を活用して解析し、有益な情報を生み出すことは、我が国の経済成長の発展に不可欠である。しかしながら、こうした大量のデータの中には、位置情報を含む個人情報を含むケースがあることから、個人情報保護とデータ流通促進の両方の観点からどのように扱うべきかについて様々な議論がなされているところである。

データ所有者からの情報提供を容易にする手法の一つとして、例えば、「情報銀行」のような仕組みが考えられている。情報銀行が個人情報を取り扱うハブとなることで、データ所有者が安全に安心して企業や個人の情報を預けることができ、これらのデータが活用される場合に所定のポイントが付与されるなどの報酬が伴うことにより、データ所有者のインセンティブが働くなどの仕組みが検討されている。

このようなデータベースの構築や流通の枠組みの検討を官民が連携して策定することによってデータ利活用の大きな進展が期待される。

また、自然言語処理の分野などでは、「辞書」や「知識ベース」などの言語データの品質の良さを維持し、良質なデータを活用した自然言語処理の高度化や新たなアプリケーションの研究開発では、欧米の研究機関と同等レベルの技術力を発揮できるものと考えられる。したがって、日本の良質なデータ

を維持管理し、積極的に利用することは我が国の国際競争力強化の観点から非常に重要である。

このような、人工知能解析に必要となる良質なデータが創出され、第三者が利活用できるようにするための環境整備は、我が国のみならず世界的にも喫緊の課題であり、また、様々な利害が交錯することが想定されることから、国が主導して取り組む必要がある。具体的には、企業、公共機関や研究機関等が有するデータ等の利活用を積極的に推進するとともに、データ利活用にあたってのルール作りや、競争領域と協調領域の区分けの考え方などの整理が必要である。また、それらルールのもと、国や研究機関が従来蓄積してきたデータを含め、様々な分野で蓄積されているビッグデータを活用し、研究機関、大学及び企業等が利用可能な「産学官の連携による次世代人工知能の研究開発・実証オープンテストベッド」を国が主導して構築し、次世代人工知能分野におけるイノベーション創出に向けて取り組むべきである。



図 IV-18 産学官連携による人工知能研究開発・実証オープンテストベッドの構築

② 少量データの利活用の動き

人工知能技術を用いたデータ分析の際に、取り扱うべきデータのノイズ除去等の「前処理」については相当の時間が費やされているという指摘がある（デ

ータ解析に要する総時間数の 50%から 90%近くまでが「前処理」に充てられている。) ことから⁵⁹、効率化が望まれるところである。

このため、少量のデータでもビッグデータ解析と遜色のない学習結果が導き出せるようにする研究として、強化学習、見まね、熟練学習等の研究や、少量のデータを取り扱う新たな機械学習法の研究が期待されている。

また、精神疾患などの原因解明にあたっては、脳機能の解明が急がれることとなるが、脳の高次機能の解明によるモデル化と、深層学習に代表される神経回路に学ぶ特徴抽出・学習アルゴリズムの高度化を融合し、超高効率な人工知能解析技術（超スモールデータ解析技術）等の研究開発を目指すべきである。

海外企業の一部には、ビッグデータパラダイムではなく、スモールデータを活用した人工知能解析に取り組む研究、また、脳や生命科学に学び、脳機能を再現し、人工知能を高度化しようとする研究も近年積極的に進められている。

我が国もスモールデータの適用領域をしっかりと見定めた上で、それぞれの分野に適した人工知能技術の研究開発を行う必要がある。

(5) 人材の確保

基礎科学分野では、知能情報基盤として統計、数理、知能情報学、機械学習、データマイニングのほか、様々な分野に応じた知覚情報処理としての画像、音声、言語、さらには時系列のセンサー情報、ロボティクスなどのヒューマンインターフェース、感性情報処理等の知識を有する人材や、知的財産問題や倫理・法律・社会の諸課題を扱える人材の育成が必要となる。

また、システムの構築や情報サービスを創出していく上で不可欠なネットワーク、データベース、セキュリティなどの知識を有する人材も必要である。

優秀な人材を育成するためには、基礎学問を学びつつ、ターゲットとなる問題を理解した上でそれぞれの分野における固有のノウハウを考慮した総合的問題解決能力の修得が必要であり、例えば、大学等において、基礎学問と具体的な課題に対する OJT 実践教育を組み合わせる等、基礎学問から実践までの一貫した教育が望まれる。

⁵⁹ xplenty 社レポート https://assets.xplenty.com/infographics/raw_data_cleaning_is_killing_bi.pdf 等

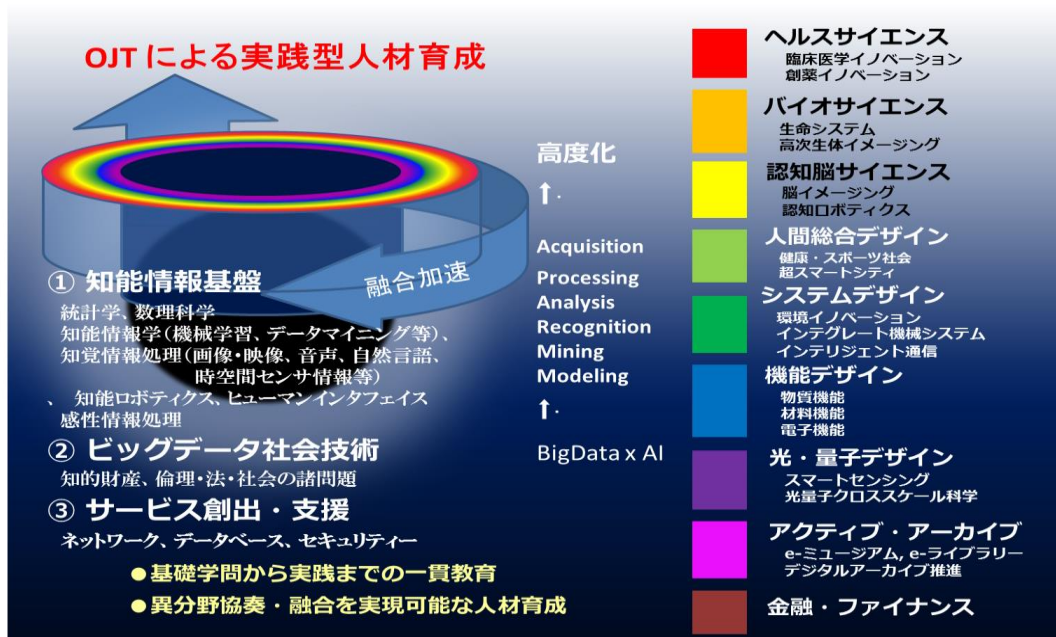


図 IV-19 実践型人材育成の考え方について

出典 AI・脳研究WG 第4回八木構成員発表資料より

米国においては、どのようにデータを集めるかということに対して、国家レベルで様々な方策を打ち出して懸命に取り組んでいる中、社会実装まで辿り着くのは大変難しい状況にある。

だからこそ我が国がチャレンジすることに価値があると言える。

この難しい課題に対処していくためには、日本の学生がチャレンジできる環境作りを行い、誰も解いたことがない問題を解かせる教育、そして解いた人は褒め称え、解けなくてもそれが失敗と決めつけず、更なるチャレンジを促すことができる風土や環境作り、すなわち「やんちゃ」ができる環境を作ることが重要である。

なお、人工知能は、使い方を間違えると人に危害を加えるような悪用や不適切な行為を助長する危険性を内包していることから、チャレンジを促す際には人工知能がもたらしうる負の側面についても留意する必要がある。

(6) 人工知能技術の社会展開の推進

欧米においては、大手企業が人工知能技術の事業化を主導している状況にあるが、これらの企業は、新しい人工知能技術やサービスを手掛けるベンチャー企業等を買収することで技術力や必要なデータ、さらには、優秀な人工知

能人材を獲得し、熾烈な競争を繰り広げながら成長を続けることで、人工知能分野において圧倒的な優位性を保っている。

また、データや人工知能技術者を有しない企業は、データや人工知能技術者を有する企業とパートナーシップを結ぶことで強力な企業間連携を構築し、新たな事業展開を推進しているケースも見受けられる。

我が国においても、人工知能を活用した新たなビジネス創出を目指して起業した大学発ベンチャー等は数多くあり、一部のベンチャー企業は大手企業から多額の投資を受けている。しかしながら、米国のように我が国の大手企業が人工知能ベンチャー企業を買収するというケースはまだ少ないのが現状である。これは日本の大手企業が人工知能による価値を十分に推し量れていないためではないかという見方がある。すなわち、人工知能が単なるデータ解析の手段ではなく、新たな価値を創出するものであるという認識が企業側に十分に醸成されていないということが考えられる。

我が国において、独創的なアイデアによる人工知能技術を活用した新しいサービスの創出を後押しするためには、サービスを展開したい企業と、人工知能の技術開発や新たなサービスのアイデアを持つ企業等が一緒になって新たな価値を創出できる環境を整備することが必要である。そのため、脳科学分野も含め、様々な最先端の人工知能技術や斬新なサービスを開発するベンチャー企業等と様々な業界の大手企業等の連携を推進するプラットフォームとして、ICTテストベッドを国が中心となり開発・提供することが必要である。

V まとめ

IoT時代を迎える今、身の周りのあらゆる「モノ」に人工知能が入り込みつつあり、人工知能はまさに将来の世界中の産業のプラットフォームを支える技術であると言える。このプラットフォームの構築に向けた開発、実用化競争が激化している。欧米も官民がこの分野に人材と予算を集中させ、人工知能技術の研究開発等に取り組んでいる状況にある。

この将来のあらゆる産業の基盤技術に位置づけられる人工知能技術の開発、実用化に関する国際競争に敗れることは、すなわち、日本の産業が将来にわたり衰退することを意味すると言っても過言ではなく、今はまさに我が国の産業は岐路に立っていると言える。

しかしながら、悲観する必要はなく、むしろ我が国には展望が開けていると言える。

第3章で述べたように、現在、人工知能技術の分野では、欧米企業が先行して、極めて膨大なデータを確保、利活用する仕組みを構築することにより、一歩リードしながら新たなサービスの創出に取り組んでいる。その一方で、例えばコミュニケーション分野においては、話し言葉の翻訳データに関して、世界的な大手 ICT 企業でさえも大量の良質なデータの確保には苦慮するなど、必ずしも全ての分野においてデータの確保という面で日本が劣勢に立たされている訳ではない。

また、医療・介護、防災・インフラ、生活支援などの分野においては、我が国は世界の先を行く「社会的課題先進国」であり、これまでも数多くの課題に直面してきた。

さらに、我が国は他国と比較して様々なサービスに対する国民の要求水準が高く、行政機関や企業等のサービス提供側はそれに応えてサービス品質を向上させてきた歴史がある。

こうした様々な社会的課題を解決する経験の積み重ねにより、レベルの高い「サービス」を実現し、高い安全性と信頼性のある社会を築いてきた。その結果、我が国は医療・介護、防災・インフラ、生活支援などの分野において、良質な「データ」を数多く保有している状況にある。

加えて、我が国には、ビッグデータ解析に基づく人工知能や脳科学の分野で世界最先端の研究開発を行っている機関が複数存在している。これら機関の研究開発リソースを効果的に結集することができれば、極めて大きな推進力になることが期待でき、まさに今、その体制づくりが始まっている。

これらの我が国が持つ「強み」を礎として、世界に先駆けてそれぞれの利用分

野における最適な人工知能技術の研究開発を進めるとともに、官民において、とりわけ民間企業の創意工夫により、高品質なビッグデータ／スモールデータを「取りに行く」と同時に戦略的に流通させ、研究開発や社会実装を加速する仕組みを構築することに一刻も早く取り組むべきである。また同時に、大学等における研究開発でオープンに大量のデータを扱える環境を整備し、データサイエンティストや倫理的問題を扱える人材等を早急に育成する必要がある。

その上で、様々なアイデアを持つ人がチャレンジできる仕組みを取り入れることにより、世界に先駆けて人工知能技術を活用した新たなサービスを創出し、様々な社会的課題を解決するとともに豊かな国民生活を実現することが出来るはずである。

さらに、次の世代のために着実に取り組んでおくべきことがある。それは、人工知能分野において脳科学や新しい学習アルゴリズムをはじめとする基礎研究に着実かつ継続的に取り組むとともに、流行に左右されず、日本の未来を支えることができる基礎力のある人材を育成するための教育システムの改革などを着実に推進することであり、これにより、将来にわたって人工知能をはじめとする我が国の産業の国際競争力を維持・強化し、持続的な経済成長を実現することができることを確信している。

これらの取組について、産学官がアクションプランを明確にして、力を合わせて今直ぐ行動することを期待するものである。

参考資料

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会 第2次中間報告書（別冊3）

参考資料 1

1. 新標準化戦略マップ

参考資料 2

1. 諮問書
2. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 構成員名簿
3. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 先端技術WG 構成員名簿
4. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 AI・脳研究WG 構成員名簿
5. 標準化戦略マップ検討アドホックグループ 構成員名簿
6. 開催経緯

新標準化戦略マップ

統合ICT基盤領域 P2

サービス/ビジネス領域(固定系IoT)・・・P7

サービス/ビジネス領域(移動系IoT)・・・P14

サービス/ビジネス領域(映像系IoT)・・・P20

統合ICT基盤領域の 標準化活動の目標と計画

1. 標準化の必要性と達成目標

(1) 必要性

IoT時代においては、スマートフォン等の通信需要の増大に加え、あらゆるモノがインターネットに接続されることが想定されており、以下のような新たな要求条件がネットワークに求められている。

- ユーザごと最大10Gbps程度の超高速通信（4K/8Kなど高精細映像も超高速に伝送が可能）
- 無線区間で1ms程度の低遅延（自動運転、遠隔ロボット操作でリアルタイム操作が可能）
- 100万台/km²接続程度の多数同時接続（狭いエリアで同時多数接続が可能）

従来のシステムではこれらの要求条件に対応できないため、第5世代（5G）移動通信システム（IMT-2020）の実用化に向け、ネットワーク資源を柔軟に制御可能な機能等を導入するため、2020年頃までに基盤技術の国際標準化を目指す必要がある。

(2) 達成目標

2020年頃までの実現を目指し、海外の関係機関とも連携し、無線アクセスやネットワーク仮想化等、我が国が強みを有する技術を5Gネットワークの標準規格へ反映し、本分野における国際競争力を確保する。

統合ICT基盤領域の各層において、具体的に実現を目指す機能等は以下のとおりである。

(ア) 共通プラットフォーム・マネジメント層

共通プラットフォーム技術やSDN/NFVによるネットワーク仮想化技術を応用したネットワークソフト化技術等について、以下のような標準化活動を行う。

i 共通プラットフォーム技術

oneM2Mにおけるリリース2やリリース3等の仕様策定を我が国が主導し、住宅や産業、車等の様々な分野に対するM2M/IoTの要求条件やアーキテクチャ等を規定しつつ、市場ニーズに即した通信プロトコル及び他のM2M/IoT技術との相互接続・運用を可能とする水平連携型の共通プラットフォーム機能の標準化を推進する。また、W3CにおけるWoT標準化の進展を踏まえ、2016年度からWoTに関する実証事業を実施し、その結果を踏まえた標準化提案を行うことで、2018年度中の標準化完了を目標とし、Web技術による機器の情報取得及び制御に関する標準化を推進する。

ii SDN/NFV技術（ネットワークソフト化）

SDN/NFVによるネットワーク仮想化技術を用いたスケラブルでリアルタイム性の高いネットワーク管理を実現するため、ITU-T FG IMT-2020におけるネットワークソフト化の議論について5Gモバイルフォーラムの活動を基に我が国が主導して、2018年を目処にITU-Tにおいて勧告化を目指すとともに、並行して3GPPやIETF等の他の標準化機関・団体へも同様な標準化提案を行い、5Gネットワークのアーキテクチャやスライス技術、モバイルエッジコンピューティング等の標準化を推進する。

iii セキュリティ・プライバシー技術

ITU-Tや3GPP等の各標準化機関・団体において、セキュリティやプライバシーに関わる要件定義やアーキテクチャ等の標準化を推進する。

(イ) 物理ネットワーク層

この層では、物理的な電気信号や光信号を伝送したり中継したりするための仕組みや、コンピューティング及びストレージ資源等の機能を提供する。光ネットワーク技術や無線アクセス技術について、以下のような標準化活動を行う。

i 光ネットワーク技術

2017年までに1波長当たり毎秒1テラビット級の光ネットワークの高速化及び低消費電力化を両立する技術を開発し、その成果を基にITU-T等において我が国が主導して勧告化を目指すとともに、5Gネットワークのモバイルフロントホール/バックホールの高速化かつ低遅延処理のための光アクセス制御技術に関する標準化を推進する。

ii 無線アクセス技術

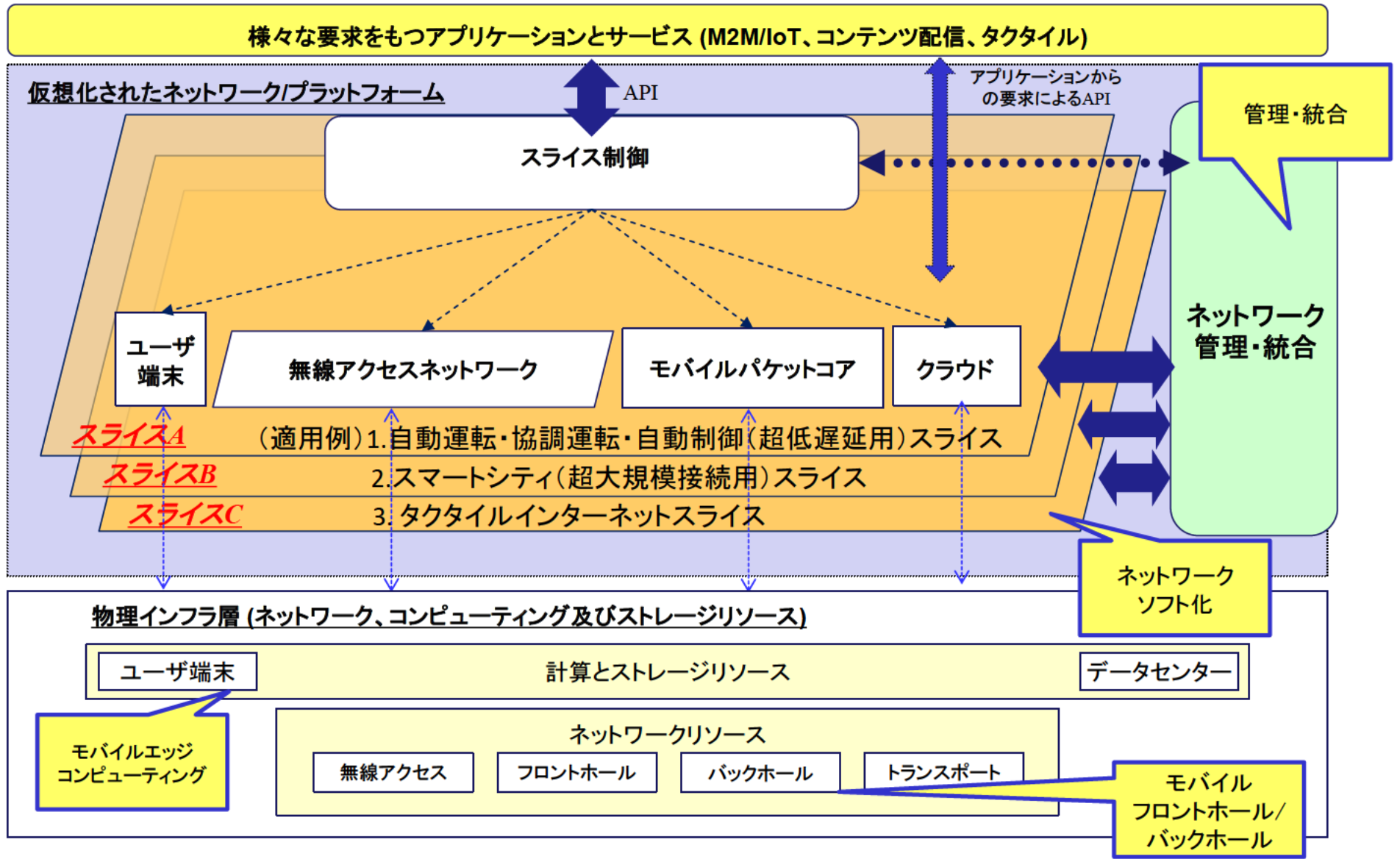
ITU-Rや3GPP等の標準化機関・団体において、2020年頃の次世代移動通信システムの標準化を推進する。特に、ITU-R SG5では2017年にIMT-2020システムの無線インタフェースに関する要求条件や評価手法等の提案募集を開始するため、我が国から積極的に提案を行い、2020年に完成予定の無線インタフェースの詳細仕様に関する標準化を推進する。

～第5世代移動通信網（5G）要求イメージ～



～5Gネットワークのアーキテクチャのイメージ～ 日本（第5世代モバイル推進フォーラム）からの標準化提案

目標: 各アプリケーションの要求を満たすエンドツーエンドの高い品質と柔軟性の確保



2. 関連統計

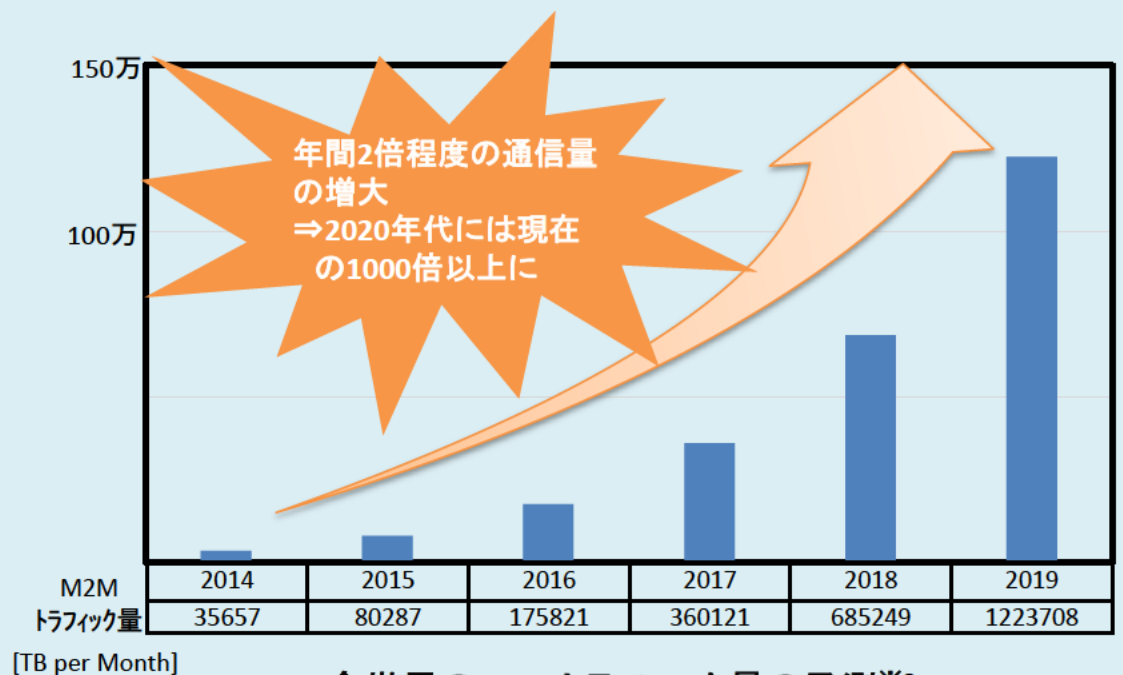
IoT時代においては、ネットワークに接続されるIoT関連の機器数と、IoT/M2Mでやりとりされる通信量に影響されることになり、これらをカバーしていく必要がある。今後の本格的なIoT社会の到来により、膨大な機器がネットワークに繋がることとなり、2003年に5億台だったネットワークに接続される機器数は2020年には500億台まで増大すると予測されている。また、膨大な数の機器がネットワークに接続されることにより、通信量については年間2倍程度の割合で増大を続け、2020年代には現在の1000倍以上の通信量となることが見込まれている。

国内だけでなく、海外においても、欧米を中心にIoT/M2Mの需要が伸びていくと予測され、将来的には欧米以外の全世界におけるIoT/M2Mの関連市場が爆発的に拡大するものと予想されている。

Internet of Things (IoT) の到来



世界のIoT機器ネットワーク接続数※1



全世界のM2Mトラフィック量の予測※2

※1 Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) white paper (2011年4月)を元に作成
※2 Cisco Visual Networking Index (2015年2月)を元に作成

3. 標準化分野に関する基本情報

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
プラットフォーム層(物理ネットワーク層及びネットワークソフト化マネジメント層の上で既存のインターネットでは困難なサービスをユーザに容易に提供できる仕組みを提供する層)			
① 共通プラットフォーム技術	<ul style="list-style-type: none"> ARIB/TTC oneM2M専門委員会 TTC 次世代ホームネットワークシステム専門委員会 	<p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> M2M/IoT市場のfragmentationを避け、エコシステムを構築するための標準化を目的に2012年7月発足。M2Mサービス層(アプリケーションサポート層とも言う)、すなわち、各分野のアプリケーションに共通のサービス機能(ミドルウェアとして共通プラットフォーム)の標準化を推進。 2015年2月、初の技術仕様書(リリース1)を発行。 <ul style="list-style-type: none"> 要求条件、システムアーキテクチャ、共通プラットフォーム機能、コアプロトコル、デバイス管理、通信プロトコルへのバインディング等の規格化 システム運用の簡易化(デバイス運用管理サービスとデータ利用サービスを分離) 分野横断のアプリケーションの水平連携を実現 2015年9月、相互接続試験イベントを実施し、リリース1仕様の成熟度を確認、一部仕様エラーや曖昧さを修正し、ポイントリリースとして2016年1月に発行。 oneM2M標準プロダクトのテスト仕様(相互接続及びコンFORMANCE試験)の発行、また、認証のしくみを検討中。また、oneM2M仕様のITU-T勧告化に向けて調整中。 リリース2(2016年夏発行予定)ではリリース1を前提とした機能拡張を標準化。 <ul style="list-style-type: none"> 外部技術(AllJoyn、OIC、OMA LWM2M)とのインターワーク ビッグデータ実現に向けたセマンティック支援技術 セキュリティ(認可アーキテクチャ及びアクセスコントロール)、プライバシー、E2Eセキュリティ、グループ認可、ダイナミック認証等) 広範なサービス展開の強化(スマートホーム実現、製造業支援) <p><W3C></p> <ul style="list-style-type: none"> ウェブ技術の高度化とIoTの検討の進展を受け、家電、設備機器、産業機器、車等と、これらからデータをセンシングするセンサーデバイス等の様々なモノ(Things)を制御・管理するためのWeb APIについて検討するため、2013年7月にW3C内にWeb of Things (WoT)Community Group(CG)が設立され、議論が開始。 2014年6月にWoTに関するワークショップがベルリンで開催され、ユースケースや要求条件を整理するInterest Group(IG)の設立について合意。これを受けて、2015年1月にWoT IGが設立され、SiemensとIntelが共同議長になった。 2015年10月に札幌で開催されたW3C技術総会(TPAC: Technical Plenary/ Advisory Committee Meetings)におけるIG会合では、参加メンバーにより、Web技術を用いた照明、エアコン、センサーなどの遠隔制御のデモや、各企業が試作した機器制御Web APIの相互接続性の確認が実施された。 現在、IGにおいて、アーキテクチャやモノ(Things)の記述表現、端末発見やセキュリティ・プライバシー等を扱う複数のタスクフォースが設置され、今後のWorking Group(WG)設立に向けて、標準化を進めるべき要求条件の抽出と絞り込みが行われている。IGにおける検討は、シーメンス等の欧州企業が主導する形で進められているが、我が国からも家電メーカーやITシステムベンダ等が積極的に活動を展開している。 <p><IETF></p> <ul style="list-style-type: none"> IRTF(Internet Research Task Force)の: Thing-to-Thing Research Group(T2T-RG)では、IoTデバイスのIPレイヤからアプリケーションレイヤの一般的な検討を行っている。W3C WoT IGとも連携しており、相互の会合にメンバーを派遣しJoint会合を開催し、仕様に関する議論とプラグフェストを実施。 IoT早期実現に向けて解決すべき、ICT企業、デバイス製造企業等における諸問題についてインターネットドラフトとして提出。日本企業がこれまでの実際の構築・運用から得られた課題として、セキュリティ、センサーデータ調整、障害切り分け、電波利用における困難さ、エコシステム等、実際的な課題をまとめている。 <p><IEEE></p> <ul style="list-style-type: none"> IEEE P2413のWGでは、IoTのための包括的なアーキテクチャ等について検討している。特に、インダストリアル・インターネット・コンソーシアム(IIC)と協調し、産業用IoT のための要件と、相互運用性のギャップ分析等を共有している。 	<p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> リリース1に続き、リリース1ポイントリリースやリリース2の仕様書のダウンストリームをARIB/TTC中心に実施し、我が国のoneM2M仕様準拠のプロダクトやサービスの普及を後押しする。 oneM2M 相互接続試験イベントや市場動向を把握し、oneM2M準拠のプロダクトの普及状況を注視する。 oneM2M仕様導入に積極的な韓国をはじめとする各国のサービス動向の把握に努める。 oneM2Mと他の団体との連携状況に注視するとともに、他のサービス層標準化や技術標準化との関係、動向について情報収集を行う。 ITU-TによるoneM2M仕様のITU勧告化については、TTC/ARIBとしても早期の実現に向けてサポートする。 oneM2Mで検討中のプロダクト認証のしくみ、方法の動向を注視し、日本として不利益とならないよう対応方針を明確にする。 <p><W3C></p> <ul style="list-style-type: none"> 我が国産業界が持つ技術・ノウハウを活かし、海外企業と連携しながらWoT IGにおける議論を主導する。 Working Group設立に際しては、家電や産業機器等我が国産業界にとって必要となるアーキテクチャ等を整理し、WGで扱う標準化アイテムに要件を反映させる。 2016年度からWoTに関する実証事業を実施し、その結果を踏まえた戦略的な標準化提案を行う事で、2018年度中を目標に国際標準化を達成する。また、本標準規格を起点とした新サービス、新産業の創出を図る。 <p><IETF></p> <ul style="list-style-type: none"> T2T-RGでは、W3Cでは扱わないレイヤの議論を行い、相互補完の形で議論を継続。 IoT早期実現の課題は、標準規格以外に必要な運用のためのガイドラインであり、企業間連携を実現に必要な情報整理を行う。(2017年度)
② 場所に紐づかない、情報指向通信、ID通信などによって、ネットワークサービスの開発を容易にするための技術(情報・ID指向ネットワーク技術)	<ul style="list-style-type: none"> TTC NGN&FN(Future Networks)専門委員会 IEICE ICN研究会 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-T(SG13)の将来ネットワーク関連にて、ID関連の要求条件やID・ロケータ変換の枠組、データウェアネットワークの枠組等が成立(Y.3031~Y.3034)。現在ユースケースの議論が進行中。 IRTF ICN-RGやIEICE ICN研究会にて、ICNの技術検討が進行中。 	<ul style="list-style-type: none"> ITU-Tにおいて、要件整理、ネットワークアーキテクチャ等の提案を進める。 IRTFやIEICE ICN研究会等においてアーキテクチャや技術議論を進める。
③ データセンター・クラウド資源と分散エッジサーバ資源を組合せたサービス基盤技術(クラウド基盤技術)	<ul style="list-style-type: none"> TTC 5G推進フォーラム 	<ul style="list-style-type: none"> ETSI ISG MECでは、モバイルエッジコンピューティングに関するホワイトペーパーが発行され(2014/9)、インターフェイス等の標準化の議論が進んでいる。3GPPとはリエゾンを組んで議論が始まりつつある。 ITU-T SG13でも議論を開始。 GICTF、TTC AG-Cloud等の活動により、Y.3501、Y.3511等のITU-T勧告が2014年までに成立。 	<ul style="list-style-type: none"> ETSI、ITU-T、3GPPの当該技術に関する標準化委員会で標準化提案を推進するとともに、国内委員会(TTC)において、日本の技術基準、運営形態の議論、制度化を行う。

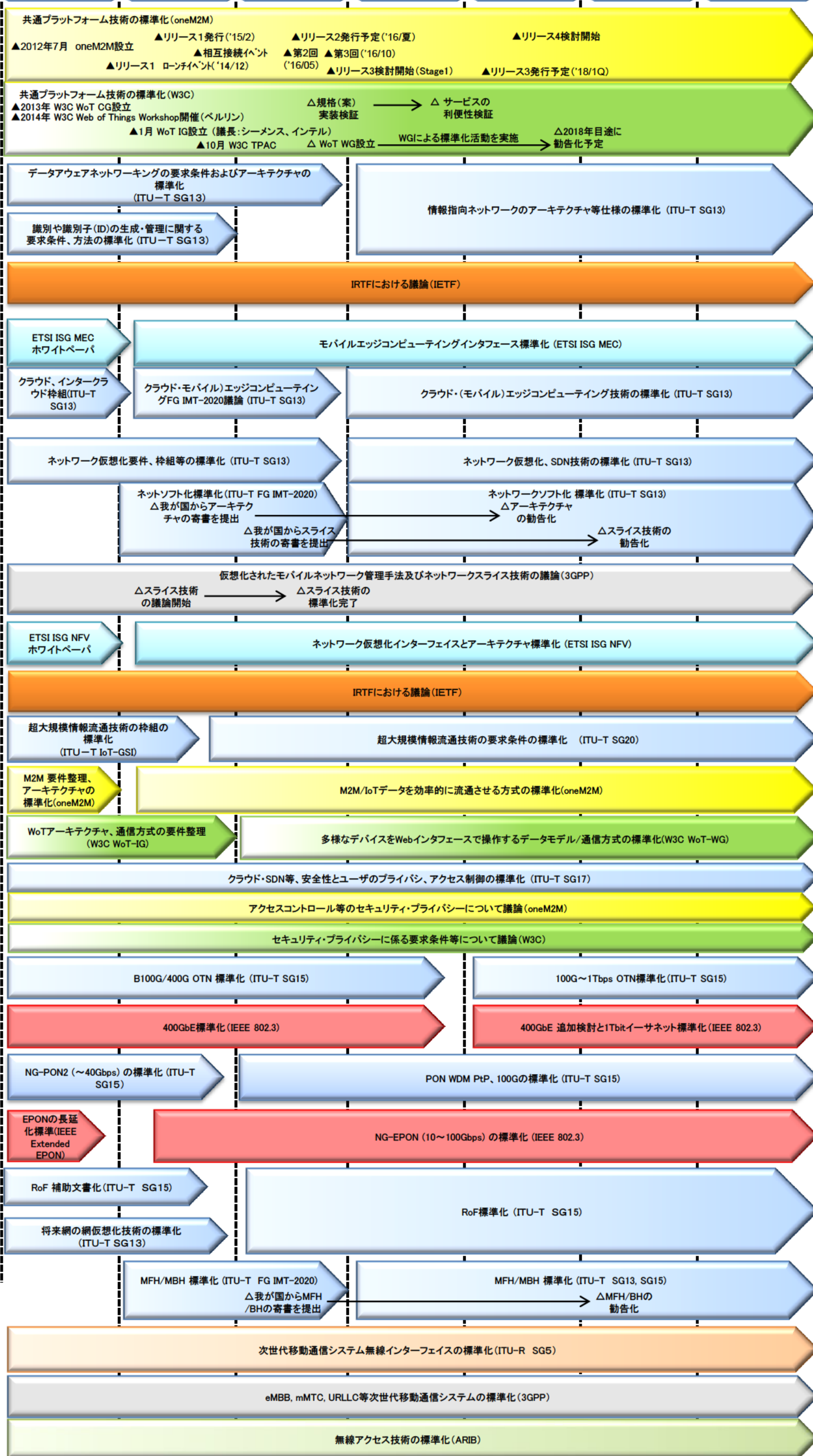
(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
ネットワークソフト化マネジメント層（物理的なネットワークの資源を仮想的に複数の別々のネットワークとして使用したり、複数の物理的なネットワークの資源を仮想的に統合した一つのネットワークとして使用することができるような柔軟なネットワーク利用の仕組みを提供する層）			
④ ネットワークにおけるあらゆる資源を仮想化し、高信頼なクラウドサービスやモバイルサービスなどのために、複数の多様なネットワークを独立に収容し柔軟に運用するための技術（ネットワークソフト化技術）	<ul style="list-style-type: none"> • TTC クラウドコンピューティングアドバイザリーグループ • TTC NGN&FN(Future Networks)専門委員会 • 5G推進フォーラム 	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-Tでは、SG13において、Y.3300でネットワーク仮想化の要件やアーキテクチャを議論。Y.3001、Y.3011、Y.3012及びY.3015で、ネットワーク仮想化のフレームワーク(定義・問題・チャレンジ等)や、スライス技術の要件等を定義。また、FG IMT-2020において、ネットワーク仮想化について5GMF等を中心に議論しており、Phase1 ではギャップ分析について議論したが、Phase2ではネットワークソフト化、スライス技術(特にFH/BHスライス化)について議論を開始。 • ETSI ISG NFVでは、ネットワーク仮想化におけるインターフェイスやアーキテクチャの議論が進行中。 • 3GPPでは、仮想化されたモバイルネットワークによる管理手法の議論を開始し、3GPP SA2においてはネットワークスライスの議論開始(2016/9月完了を目標)。 • IETFではSDNアプローチによる仮想ネットワークの制御・管理を議論中。 • TM Forumでは、ETSI ISG NFVのMANO、REL等の検討を参照しながらEnd-to-end の仮想化マネジメントの検討をZOOMプロジェクトを中心に開始。 	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-T FG IMT-2020で5Gネットワークのアーキテクチャ等のネットワーク仮想化の議論を5GMF等を中心に我が国主導で進め、2018年を目処にITU-Tにおいて勧告化を目指す。また、並行して、3GPP や IETF等の関連標準化団体へ提案していく。
⑤ 膨大な数のヒト、モノ、デバイスをつなぐスマートなサービスを実現するネットワークサービス基盤技術(IoT、M2M、ビッグデータ、スマートグリッド関連技術などに関連)(超大規模情報流通技術)	<ul style="list-style-type: none"> • TTC スマートコミュニケーションアドバイザリーグループ • TTC oneM2M専門委員会 • TTC 次世代ホームネットワークシステム専門委員会 • IoT推進コンソーシアム • Wi-FILS推進協議会 	<ul style="list-style-type: none"> • oneM2Mでは、M2M/IoTデータを効率的に流通させる方式の議論を進めており、フォーラム系との相互接続にも注力している。 • 3GPPでは、MTC(Machine Type Communication)向けのデバイスIDの扱いの定義やネットワーク処理の最適化を議論中。 • ITU-Tでは、IoT関連で複数のSGに分かれていたが、SG20が設立し、議論を集約化。IoTとスマートシティ・スマートコミュニティを含むそのアプリケーションについて議論中。 • ISO/IECでは、IoT関連でJTC1 WG10を設立し、IoTの参照アーキテクチャを中心に検討中。 • W3Cでは、多様なデバイスをネットワークに接続するIoTをWeb技術で実現するデータモデル、通信方式の標準化を進めている(Web of Things)。様々な領域のデバイスがWebインタフェースで接続可能になる予定。 • IEEEでは、IoTデバイスが多数接続される近距離無線(Wi-Fi、Bluetooth等)における運用管理を議論中であり、5Gとの連携を見据えた規格(802.11CF)や高速認証接続(Wi-FILS)を行う規格(802.11ai)を標準化中。 	<ul style="list-style-type: none"> • oneM2M、3GPP、ITU-T、ISO/IECの当該技術に関する標準化委員会で標準化提案を推進するとともに、国内委員会(TTC)において、日本の技術基準、運営形態の議論、制度化を行う。
⑥ ネットワークやユーザの状況に応じ柔軟かつ適切にセキュリティを確保する技術(セキュリティ・プライバシー技術)	<ul style="list-style-type: none"> • TTCセキュリティ専門委員会 • CRYPTREC(リストガイドWG) 	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-T SG17の勧告X.sdnsec-1.2にて、安全性とユーザのプライバシー等の議論や、アクセス制御(ユーザ識別、認証)に関する議論を開始。 • 3GPPでは、SA3にてセキュリティに関する議論を進行中。 	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-Tや3GPPにおいて、セキュリティの要件定義やアーキテクチャ等の検討を進める。
物理ネットワーク層(物理的な電気信号や光信号を伝送するための仕組みを提供する層)			
⑦ 光技術・電子処理技術を用いたパケットサービスの高速化・省エネ化・機能効率化や、光ファイバ網の伝送容量限界を克服、さらに、将来の光アクセスを実現するための技術(光ネットワーク技術)	<ul style="list-style-type: none"> • 超高速フォトニックネットワーク開発推進協議会 • TTC光ファイバ伝送専門委員会&情報転送専門委員会 • 光協会(IEC国内委員会及びJIS) • IEICE EXAT研究会 • TTC 情報転送専門委員会光アクセス網サブワーキンググループ 	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-T SG15ではB100G OTNを2017年に標準化予定。 • ITU-T SG13では、ITU-T Y.3001、Y.3021として、ネットワークの省電力化の議論を開始。 • ITU-T SG15では、NG-PON2(下り40Gbps)が2015.10に勧告化(G.989.3)、今後は、WDM PtPなどの仕様策定。 • ITU-T SG15では、RoFの補助文書であるG.sup55が2015.7に策定。今後もRoF標準化議論。ITU-T SG13ではMFH/MBHIに関する標準化議論がFG IMT-2020として開始。 • IEEEでは、光伝送技術として、変調技術や空間多重技術、波長多重技術の議論が進行中。Extended EPONが2013年承認、10Gbps超光アクセスの議論がNG-EPONとしてスタートした。400Gbpsイーサネットが2017年に標準化予定。 • OIFでは、光100G、400Gbps伝送やTransport SDNについての議論が進行中。 	<ul style="list-style-type: none"> • 2017年までに1Tbpsの光ネットワーク技術を開発し、その成果を基にITU-T、IEEE等へ提案していく。 • MFH/MBHIに資する高速光伝送や、光アクセスの寄書をITU-Tに提案していく。 • WDM PtP寄書をITU-Tに提案していく。
⑧ 多くの利用者(ヒト、モノ、デバイス)で、希少な周波数資源を共用したり、利用シーンの応じた最大伝送速度で接続するための無線通信技術(無線アクセス技術)	<ul style="list-style-type: none"> • ARIB 高度無線通信研究委員会 • ARIB 無線LAN作業班 • 5GMF 	<ul style="list-style-type: none"> • 3GPPでは、eMBB(enhanced Mobile. BroadBand)、mMTC(Massive Machine-Type Communications)、URLLC(Ultra-Reliable Low Latency Communication)を実現する次世代移動通信システムの標準化が進行中。次世代移動通信システムの無線インタフェースをITU-RのIMT-2020として提案する予定。その対処について、ARIB高度無線通信委員会の2020 and Beyond Ad Hoc(20BAH)グループを中心に、3GPP参加メンバの検討促進に向けた議論を実施。 • ITU-R SG5では、IMT-2020システムの無線インタフェースに関する要求条件、評価手法など、無線インタフェースの提案募集を2017年に開始し、無線インタフェースの詳細標準仕様を2020年に完成する予定。 • IEEEでは、無線LAN機器が高密度に存在する環境での性能改善を行う規格802.11ax)や、サブギガヘルツ帯で動作し、カバレージエリアの拡大/低消費電力/大量デバイス対応を可能とする規格(802.11ah)の議論が進行中。 • 3GPPとIEEE802.11の間で、LTEとWi-Fiのキャリアアグリゲーションによって伝送速度を向上させるLWAおよびLWIPの技術に対するリエゾンが締結(2016年3月)。 • 5GMFでは、想定される多様なユースケースの分析と、それらを効率的かつセキュアにカバーするため、超柔軟性やヘテロジニアス・ネットワークをキーワードとしてシステム要件の整理と構成技術に関する基本検討を実施中。 	<ul style="list-style-type: none"> • モバイルに関しては、2020年以降の3GPP eMBB、mMTC及びURLLCを実現する次世代移動通信システムの標準化を目指す。

4. 標準化ロードマップ

標準化分野を構成するサブテーマ

2014年 2015年 2016年 2017年 2018年 2019年 2020年～

- プラットフォーム層
 - ① 共通プラットフォーム技術
 - ② 情報・ID指向ネットワーク技術
 - ③ クラウド基盤技術
 - ④ ネットワークソフト化技術
- ネットワークソフト化マネジメント基盤層
 - ⑤ 超大規模情報流通技術
 - ⑥ セキュリティ・プライバシー技術
- 物理ネットワーク層
 - ⑦ 光ネットワーク技術
 - ⑧ 無線アクセス技術



サービス/ビジネス領域(固定系IoT)の 標準化活動の目標と計画

1. 標準化の必要性と達成目標

様々なモノ(Things)からのデータの収集と、収集したデータの利活用を特徴とするIoTの中で、データの収集とその情報の活用に多数の同時接続が求められる分野を、固定系IoTと定義する。固定系IoTの例としては、家電機器の制御等を可能とするスマートホームや、地域全体の多様なセンサから収集される情報の管理・制御等を可能とするスマートシティ等が挙げられるが、いずれも今後の社会システムや我々の生活に変革をもたらすものとして期待されている。

上記のような固定系IoTに対応する通信技術の開発・向上は当然必要であるが、相互接続性の確保と技術の普及という観点から、その標準化も同様に重要である。ITU、ISO等のデジュール標準化機関だけでなく、民間企業等により構成される様々なフォーラム団体において、標準化に向けた検討が進められている。

こうした状況を踏まえ、固定系IoT分野における我が国産業の国際競争力の維持・強化のため、以下の通り標準化の重点分野を設定し、国際標準化を推進する。

①スマートホーム

2016年から開始された電力自由化を踏まえ、クラウドからの家電機器制御技術等の標準化を推進し、住宅の節電やネガワット取引市場創設等による省エネルギー社会実現のためのICT基盤を早期に確立する。

2016年4月に電力自由化が開始され、ダイナミックプライシングとの連携による家庭向けの節電サービスの充実や、アグリゲータの介在による取引市場の創設など、新たな省エネルギーサービスの導入が期待されている。

これまでもエアコンや照明などの家電機器制御等を可能とするHEMS(Home Energy Management System)関連技術の開発及び普及の取組が進められてきたが、電力自由化に伴いその必要性や重要性が一層高まることが期待されるため、ゲートウェイ装置や各種センサー機器の相互運用性を向上させる観点から、クラウド技術との連携や汎用性の高いWeb技術の適用に関する標準化を推進する。

②スマートシティ

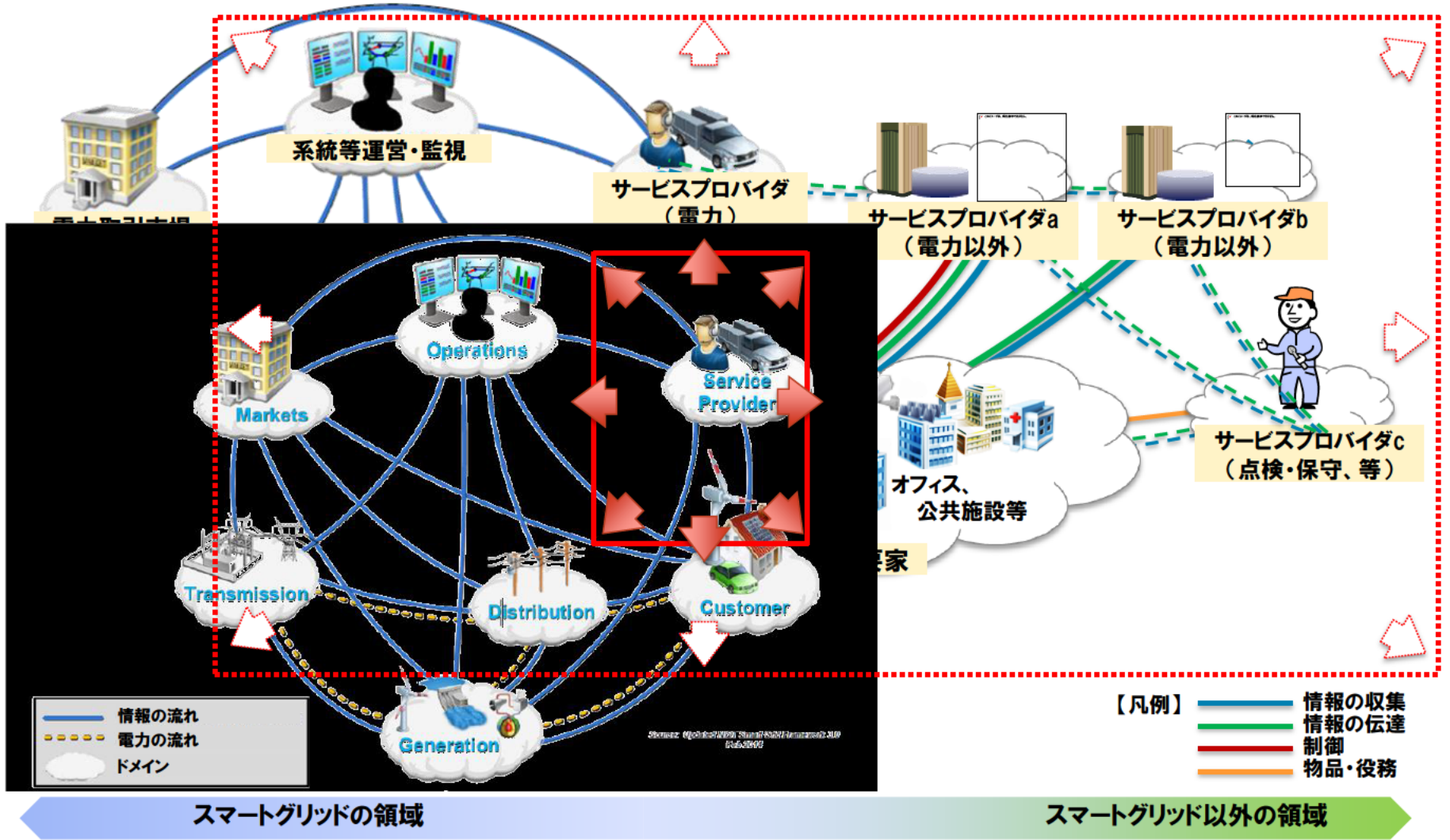
スマートシティを構成するIoT利用分野毎に通信規格が乱立している状況を踏まえ、ICT業界と利活用業界が連携して、求められる通信プラットフォームの在り方に関するコンセンサスを形成しつつ必要な標準化を推進し、IoTエコシステム構築のための環境を整備する。

都市や地域に根ざす社会的課題が顕在化する中、課題解決を図り、地域創生にもつなげるため、IoTを活用したスマートシティ関連のサービスの発展が期待されている。

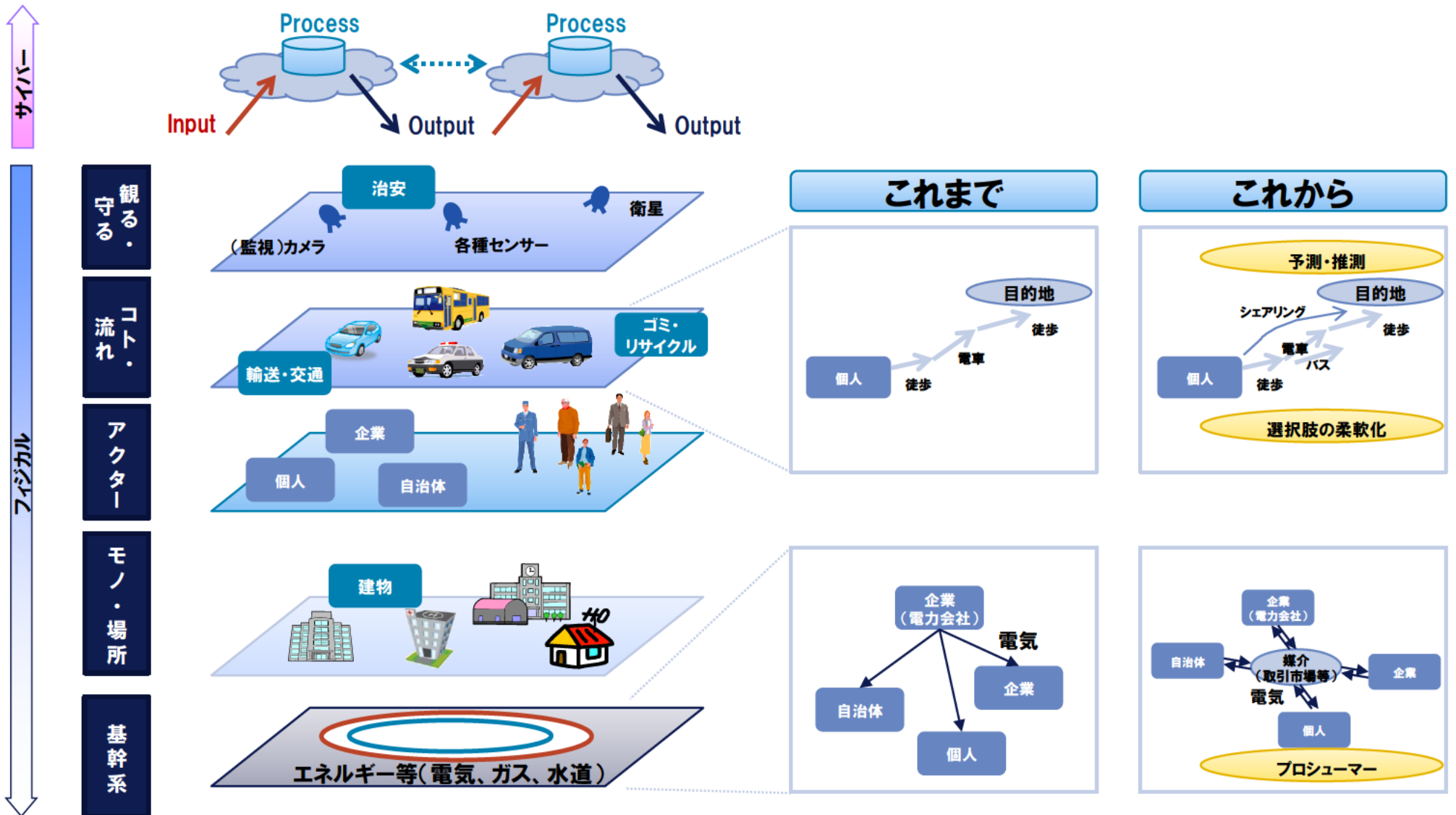
スマートシティについては、エネルギー、社会インフラ、都市・交通、ヘルスケア、農業等、様々な分野毎にIoTの利活用モデル等の検討が進められ、通信規格が乱立しているが、効率的なシステム構築や異分野間のデータ共有による価値創造の観点から、分野横断の共通プラットフォームの構築が期待される。

このため、関係業界が連携し、オープン化すべきデータの見極めや異業種間のデータ流通の重要性について理解を深めるとともに、プラットフォームやシステムアーキテクチャ等の標準化を推進する。

~スマートホームのイメージ~



~スマートシティのイメージ~



2. 国内外の市場動向

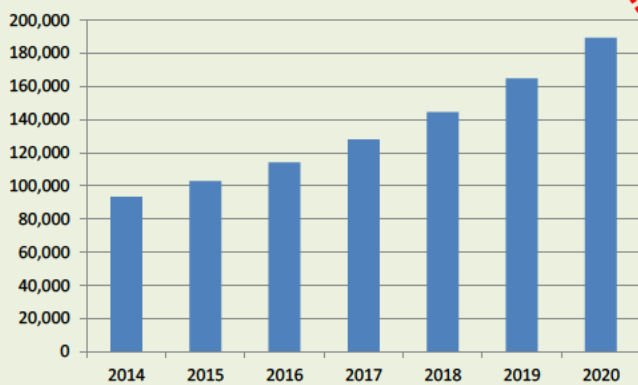
スマートホーム及びスマートシティの国内の市場動向については、IoT/M2M関連の売上規模や普及台数と密接に連動しており、このIoT/M2Mの普及促進に伴い、今後も拡大傾向で推移していくと推測される。2014年の国内IoT市場売上規模は9.4兆円であり、2019年には16.4兆円に達するものと予測されている。また、日本国内におけるIoTデバイスの普及台数については、2014年に5億5700万台となっており、2019年には9億5600万台と予測されている。これらの予測値により、2020年における分野別のIoT/M2M関連の売上市場規模は、国内全体で約19兆円と試算できる。

また、インターネットにつながるモノの数は、今後急速に増加すると予測されている。2013年時点では約158億個であり、2020年までに約530億個まで増大すると見込まれている。

さらに、IoTは広範な産業分野に影響をもたらすものと予測されている。ある試算によれば、IoTは2025年までに世界GDPに対し年間最大11.1兆ドルの経済波及効果を持つとされている。WoTについても、同様に様々な分野に影響をもたらすことが予想され、各産業分野のモノを統一的に管理、連携させた新しいサービスの創出が期待される。

2014～2020年におけるIoT/M2M関連の売上市場規模

年	売上市場規模 (億円)	対前年比
2014	93,400	-
2015	102,800	10%
2016	114,000	11%
2017	128,000	12%
2018	144,000	13%
2019	165,000	14%
2020	189,000	15%

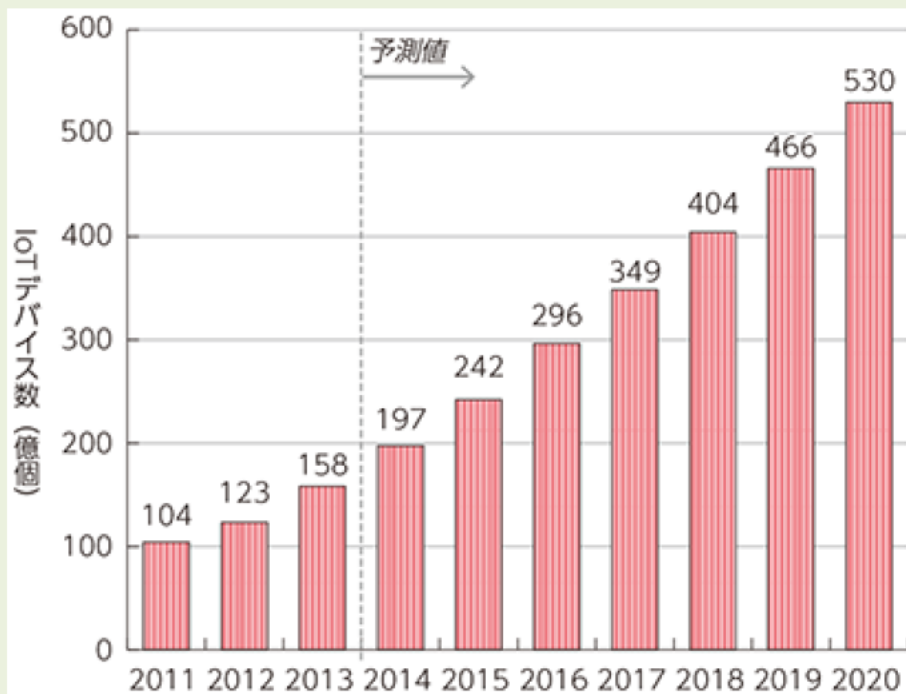


2020年における分野別のIoT/M2M関連の売上市場規模(試算)

分野	売上市場規模 (億円)	構成比
運輸・交通	12,000	6%
通信	9,320	5%
エネルギー	36,000	19%
公共(生活基盤)	12,000	6%
公共(国土保全・防災)	12,000	6%
農林水産	9,320	5%
製造	41,400	22%
流通	33,300	18%
金融	6,670	4%
その他サービス	17,300	9%
合計	189,000	100%

スマートホーム・スマートシティ関連事業分野の市場予測

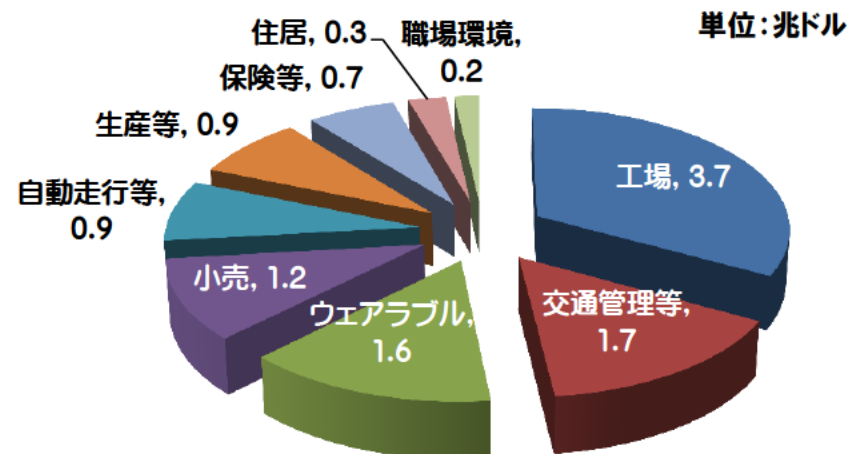
(出典：IDC Japan社の売上市場規模に基づき分野ごとの市場規模をNTTデータ経営研究所にて試算)



インターネットにつながるモノの数の推移・予測

【出典：IHS Technology】

2025年までに最大で年間11.1兆ドルの世界経済波及効果



IoTのマクロ経済への影響

【出典：(McKinsey Global Institute analysis 2015)】

3. 標準化分野に関する基本情報

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
<p>①スマートホーム ②スマートシティ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・IoT推進コンソーシアム ・モバイルネットワーク仕様共通化検討会 ・テレメータリング推進協議会 ・スマートコミュニティ・アライアンス(通信インタフェースSWG、スマートハウス・ビル標準・事業促進検討会) ・新世代M2Mコンソーシアム(環境・エネルギーSWG) ・ITS Japan ・CHAdemo協議会 ・新世代M2Mコンソーシアム(交通・物流SWG) ・TTC 次世代ホームネットワークシステム専門委員会 ・TTC IoT/SC&Cアドホック会合 ・ECHONETコンソーシアム ・Wi-FILS推進協議会 	<p><ITU-T SG13, SG15></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2011年12月にFG Smartが5件の出力文書をまとめた後、SG15がスマートグリッド分野のリードSGに指定された。一部のHEMSに関するアーキテクチャについては、SG13での標準化が実施されてきた。 ・ホームネットワークにおける各種の近距離無線技術(Wi-Fi、Bluetooth、ZigBee、Wi-SUN、PLC)が普及してきたことから、国内ではECHONET Liteの下位レイヤ仕様としてIPLレイヤ以下の構成がTTC TR-1043として規格化。これに基づき、6LoWPANレベルでのインタフェース共通化、トランスポート層の共通化等の標準化がSG15で行われている。 ・ホームネットワーク等、デバイスが接続されるネットワークの構成は頻りに更新されることから、トポロジー情報の取得や安定運用を実現する保守機能が必要となる。TTCでは運用管理のための標準規格が議論され、ITU-Tへの展開を予定している。 ・FG SmartでまとめられたArchitecture文書に記載されるHEMSのアーキテクチャについては、SG13にて議論され、2015年1月にY.2070として勧告化された。現在、この勧告化を行ったグループはSG20へ移管されている。 <p><ITU-T SG20></p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまでITU-Tの様々な研究委員会にて検討されてきたIoT関連の検討をSG20に統合し、IoT(M2Mを含む)やユビキタスセンサーネットワーク、スマートシティ&コミュニティ(SC&C)などの広範な課題について、協調して開発していくことを目的として、2015年6月のITU-T TSAG会合において、SG20の設置が承認された。 ・既存のSGのIoTを扱っている部分(ITU-T SG11Q1、SG13Q2、3、11、SG16Q25、SG17のセキュリティ)及びSG5のFG-SSC(Smart Sustainable Cities and Communities)を束ねて、SG20(IoT and its applications, including smart cities and communities)が構成。 ・SG20には、IoTを議論するWP1とスマートシティ&コミュニティを扱うWP2が構成。 <ul style="list-style-type: none"> WP1: モノのインターネット(IoT) <ul style="list-style-type: none"> ・IoTの要求事項とユースケース ・IoTの機能、アーキテクチャー、信号制御の要求事項とプロトコル ・IoTの、エンドユーザーネットワークにおけるものや相互運用によるものを含む、アプリケーションとサービス WP2: スマートシティ&コミュニティ(SC&C) <ul style="list-style-type: none"> ・SC&Cの要求事項、アプリケーション、サービス ・SC&Cのインフラとフレームワーク ・IoTのデバイス管理の要求条件がY.4702としてコンセントされた。また、スマートメータ等を含むIoTのネットワーク要求条件については、我が国からの提案を基に、2016年7月SG20会合でコンセント予定である。 <p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> ・住宅領域におけるM2M/IoT利用の実現(Home Domain Enablement)については、リリース1では具体的なデバイス情報モデルが検討されていなかったが、ECHONET Liteの概略を含む住宅領域の共通デバイス情報モデルの検討結果をTR-0017として整理し、2016年8月に共通家電情報モデルをTS-0023として規定し、標準化を完了する予定。 <p><IEC></p> <ul style="list-style-type: none"> ・IEC TC100 TA8で情報家電を接続する際の、コンフィギュレーション方式についてIEC 62608として規格化中。デバイスをネットワークに接続したときの発見プロセス、必要な設定情報のクラウドからの取得、設定を自動化し、デバイス導入におけるプロセスを簡略化する。対応する詳細規格をTTCにて策定中。 ・2016年2月に、電気電子分野の観点における体系的なアプローチによりスマートシティの規格化を検討するシステム委員会(System Committee) Smart Citiesの設置が正式承認となり、2016年7月に第1回会合の開催を予定。日本がシステム委員会の国際議長に就任し、災害対応時の都市機能継続機能等の規格化主導を図る方向。 	<p><ITU-T SG13, SG15></p> <ul style="list-style-type: none"> ・SG15においては、ホームネットワークで混在する複数の通信方式を考慮して、デバイスやホームゲートウェイと近距離無線親機やルータとの接続可能性をトランスポート層アーキテクチャとして標準化を進める(2017年)。 ・SG13の議論はSG20に移管されるため、SG20との連携を図る。 ・ホームやシティにおけるエリアネットワークの運用管理については、アーキテクチャを他標準化団体の動向を見ながら標準化をすすめる(2018年)。 ・ホームゲートウェイ装置を通じた家庭内の家電機器やセンサー等を制御するための、ホームネットワーク運用管理の国内標準規格を2017年までにITU-Tへ展開し、勧告化を目指す。 <p><ITU-T SG20></p> <ul style="list-style-type: none"> ・新興国を含むグローバル市場へ我が国のIoTやスマートシティの関連技術を展開するため、引き続きITU-T SG20を中心に我が国からのIoT関連技術の提案を行い、我が国にとって有利となるようにIoTやスマートシティの各標準に我が国発の技術を反映する。 <p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ECHONETコンソーシアムで検討したHEMSを含む共通デバイス管理情報モデルの勧告化を進める。 <p><IEC></p> <ul style="list-style-type: none"> ・IoTにおける運用保守系の規格として、機器導入時のコンフィギュレーションを自動化する規格の策定(2018年)。詳細の通信仕様については、頻りに改定されることから、TTC等の他団体との連携で役割分担実施(2016年)。

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
<p>①スマートホーム ②スマートシティ</p>		<p><ISO> ・ISO TC268にてスマートコミュニティのインフラ評価基準に関する議論を行っている。スマートコミュニティのインフラを評価する14の指標項目に加え、段階的な成熟度で評価する基準を国際標準とする。インフラの新設・改修を行う所有者や改修者のターゲット明確にし、現状のギャップから改善の方向性を明確にする。現時点で、評価方法に関する技術レポート(ISO/TR 37150)や技術要件(ISO/TS 37151)が整理されており、現在具体的な評価項目について策定中である。</p> <p><ISO/IEC JTC1> ・ISO/IEC JTC1において、WG9「Big Data」及びWG10「Internet of Things」を2014年11月に設置。また、WG11「Smart Cities」を2015年9月に設置。 ・ISO/IEC JTC1 WG9では、ISO/IEC20546(ビッグデータの概要と用語の定義)やISO/IEC20547(ビッグデータの参照アーキテクチャ)等を検討。 ・ISO/IEC JTC1 WG10では、IoT リファレンスアーキテクチャを検討。様々なIoTシステム向けの国際標準を作る際に参照してもらうことを目的に、IoTとしての一般的な機能、システム構成、通信、情報、使用法を概念的に取りまとめたものとなり、現在、リファレンスアーキテクチャドラフト案としてIEC、ISO、ITUの各技術委員会やIoT関連のデファクト団体へ広く照会中。 ・ISO/IEC JTC1 WG11では、2016年3月にSmart City ICT reference framework等の項目が承認され、議論が開始されたばかり。</p> <p><IEEE> ・IEEE 802.11CFにて、IEEEで規定される無線・有線のネットワークの管理機能に関する規格化を実施中。Wi-Fi等の無線技術は、安定運用のための機能が不十分であり、通信障害が発生した時の原因切り分けが十分にできず、このような問題については、従来はメーカーが独自仕様で解決をしているが、今後マルチベンダー環境での相互接続性に問題が生じるため、参照点を決めてインタフェースの標準化を実現する。 ・Wi-Fiの高速認証接続(Wi-FiLS)を行う規格がIEEE802.11aiにて2016年9月までに勧告化予定。当該規格については、当該規格で規定する以外の周波数帯(900MHz帯など)にも適用することで、モノが密集する高密度な環境でも、高速認証可能な近距離無線通信ができるようにする。</p> <p><W3C> ・W3C WoT IGIにおいて、アーキテクチャやモノ(Things)の記述表現、端末発見やセキュリティ・プライバシー等を扱う複数のタスクフォースが設置され、今後のWorking Group(WG)設立に向けて、標準化を進めるべき要求条件の抽出と絞り込みが行われている。IGIにおける検討は、シーメンス等の欧州企業が主導する形で進められているが、我が国からも家電メーカーやITシステムベンダ等が積極的に活動を展開している。</p> <p><IETF> ・IEEEで標準化された低消費電力の無線通信規格(IEEE802.15.4)で規定されるリンク層の上で、IPv6を稼働させるための問題(フレームサイズ長など)を解決する6LoWPAN技術が規格化(RFC4944、RFC6282、RFC6775)。その後、6LoWPAN WGを引き継ぐ形で6Lo WGが設立され、6LoWPANの応用と拡張が行われている。</p> <p><諸外国/関連団体の動向> ・OMA: Webから多種多様なデバイス(プロトコル)を統一的に制御することを目的に、Got (Generic open terminal)APIを策定中。 ・AllSeen Alliance: 2013年12月、オープンソースのLinuxを推進する非営利団体Linux Foundationが、デバイス、オブジェクト及びシステムの間でシームレスな情報共有と協調的かつインテリジェントな運用を実現できるという概念(Internet of Everything)のサポートに必要なレベルの相互運用性を達成することを目的として設立。家電や各種スマートデバイス用の相互通信フレームワーク「AllJoyn」によるIoTアプリケーションの技術仕様を策定中。</p>	<p><ISO> ・インフラの評価基準に関する要件(ISO/TS 37151)は2015年に勧告化されており、今後具体的な評価基準を議論中である(2017年)。</p> <p><IEEE> ・IEEEで規定される通信方式に関する運用管理アーキテクチャと参照点・機能の規定(2017年)。 ・各通信方式における障害情報の具体的な仕様の策定(2018年)。</p> <p><W3C> ・我が国産業界が持つ技術・ノウハウを活かしつつ、WGで扱う標準化アイテムに我が国として必要な要件を反映させる。(2016年) ・実証を踏まえた戦略的な標準化提案を行う事で、2018年度中を目標に国際標準化を達成する。また、本標準規格を起点とした新サービス、新産業の創出を図る。</p>

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
<p>①スマートホーム ②スマートシティ</p>		<p>・Open Connectivity Foundation: デバイスの相互接続・運用性の要件について検討し、技術仕様書を公開。また、同コンソーシアムの出資により、Linux Foundationとの協業プロジェクトとして「IoTivity」を設置し、同仕様書に基づくオープンソースを活用したIoT向けの様々なソフトウェアの開発を促進。なお、2016年2月まではOpen Interconnect Consortiumとして活動。</p> <p><NIST> ○Global City Teams Challenge (GCTC) ・2013年12月にスマートシティ構築の官民連携の取り組みとしてSmartAmerica Challengeを発表。その成果を受けて、2014年8月にGlobal City Teams Challenge(GCTC)の立ち上げが発表された。GCTCでは、IoT技術をスマートシティに展開することを目指したプログラムであり、解決したい課題を抱える自治体、研究開発をする大学、技術の実展開を目指す企業がチームを組み、参加する形式となっている。 ・2015年に12チームが参加した第1フェーズ(コンセプト・計画フェーズ)が終了。2015年から2016年を第2フェーズ(運用準備フェーズ)として米国の大・中都市のほかアムステルダム、ジェノバなど欧州都市も参加する48チームが取り組んでいる。 ・スマートシティ構築の成果の指標化(KPI)の策定を成果の一つと捉えている。 ・また、NISTのGCTCには、NPO USIgniteの活動もあり、2015年にNSFから6百万ドルの研究開発投資が行われている。</p> <p>○Cyber-Physical Systems(CPS) ・Cyber Physical Systems Public Working Group(CPS PWG)を2014年に設置。専門家が集うパブリックフォーラム形式にてCPSの主な特性を定義し、各分野(スマートマニュファクチャリング、交通、エネルギー、ヘルスケア等)におけるシステム構築に向けたフレームワークの整理を進めている。 ・2015年9月に「Draft Framework for Cyber-Physical Systems」を公開。パブリックコメントを受付を終了し、精査を進めている(2016年2月現在)。</p> <p><LPWA(Low Power Wide Area)通信> ・欧米では、SigFoxやLoRaといった独自無線技術により、データ伝送速度が遅くても電池寿命が長く(Low Power)、長距離通信が可能(Wide Area)な新たなサービスが登場している。 ・携帯電話の技術仕様を検討し標準化を行っている3GPPでは、携帯電話事業者が既存の3G/LTE技術を応用して、低ビットレートではあるが、低電力長寿命かつ長距離通信が可能な「Cat-M、NB-IoT」規格を検討中であり、Release-13として策定予定。</p>	

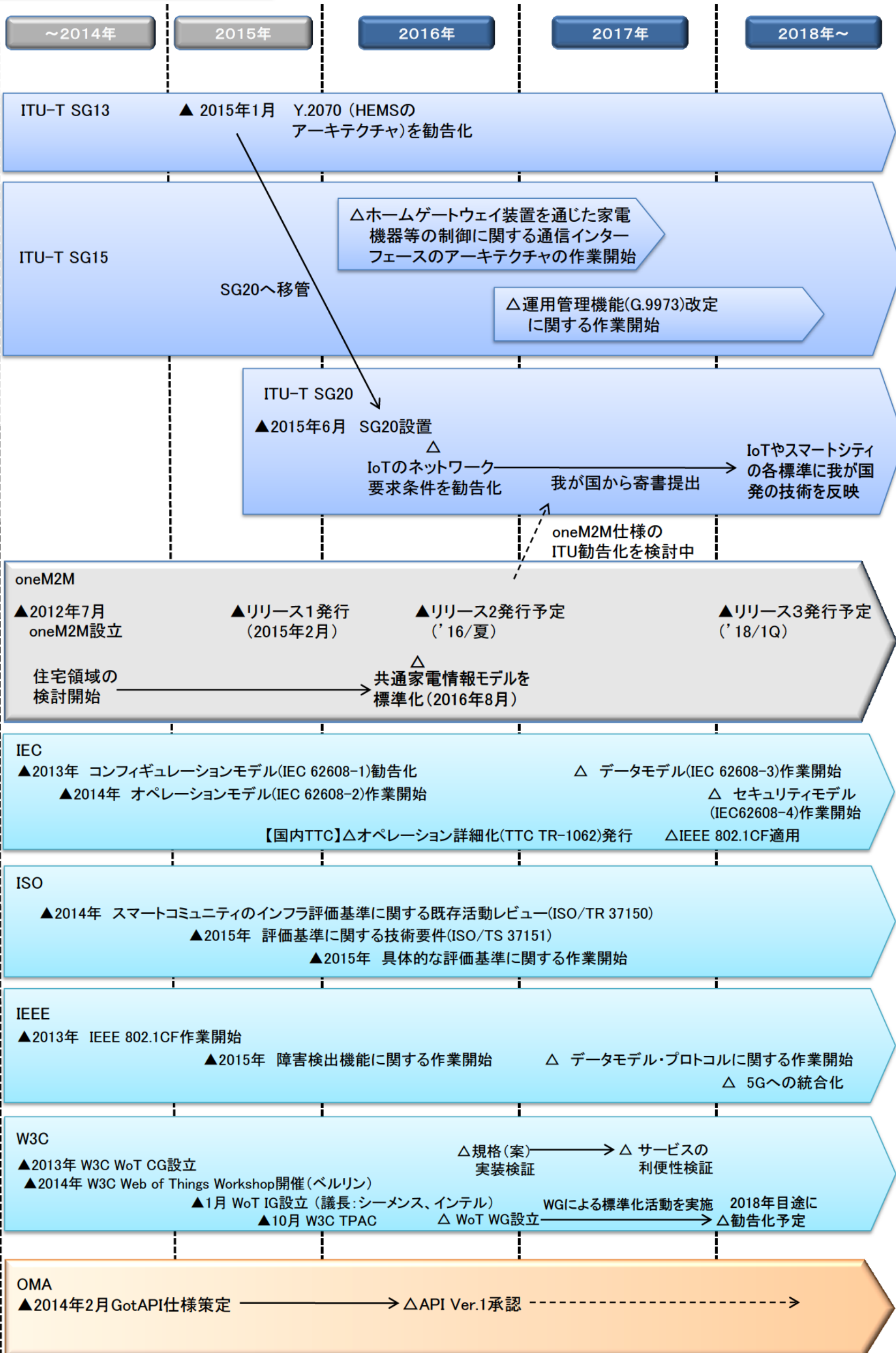
4. 標準化ロードマップ

標準化分野を構成するサブテーマ

- ①スマートホーム
- ②スマートシティ

国際標準化動向

海外動向



サービス/ビジネス領域(移動系IoT)の標準化活動の目標と計画

1. 標準化の必要性と達成目標

様々なモノ(Things)からのデータの収集と、収集したデータの利活用を特徴とするIoTの中で、自動車やロボット等の「移動」するモノが制御対象となる分野を移動系IoTと定義する。移動系IoTの例としては、自動運転や新たな乗車体験を可能とするコネクテッドカーや、生産現場の状況に応じた柔軟な機器制御を行うスマートファクトリー、様々な可能性を持つロボット、ドローン等のネットワーク化等が挙げられるが、いずれも今後の社会システムや我々の生活に変革をもたらすものとして期待されている。

上記のような移動系IoTに対応する通信技術の開発・向上は当然必要であるが、相互接続性の確保と技術の普及という観点から、その標準化も同様に重要である。ITU、ISO等のデジュール標準化機関だけでなく、民間企業等により構成される様々なフォーラム団体において、標準化に向けた検討が進められている。

こうした状況を踏まえ、移動系IoT分野における我が国産業の国際競争力の維持・強化のため、以下の通り標準化の重点分野を設定し、国際標準化を推進する。

① コネクテッドカー

2020年代前半の準自動走行システム(レベル3)(※)の市場化に向け、様々な車両向けサービスの登場が期待されるコネクテッドカー分野において、各種車両情報の利活用を実現する技術等の標準化を推進し、ICT及び自動車の両分野における国際競争力を強化する。

※加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときはドライバーが対応する状態

最先端のICT技術を活用する自動走行も含めたITS(高度道路交通システム)の開発が進められており、車両からの各種情報を活用した新たなサービスやスマートフォン等の端末及びクラウドと連携した新たなビジネス等、コネクテッドカーの利用形態は多岐にわたり、成長戦略等においてもICT技術の利用によって自動車分野におけるイノベーションを推進すべきとされている。

2020年代前半の準自動走行システム(レベル3)の市場化に向け、ICT及び自動車の両分野における国際競争力の強化を図るため、様々な車両向けサービスの登場が期待されるコネクテッドカー分野において、各種車両情報の利活用を実現する技術等の標準化を推進する。

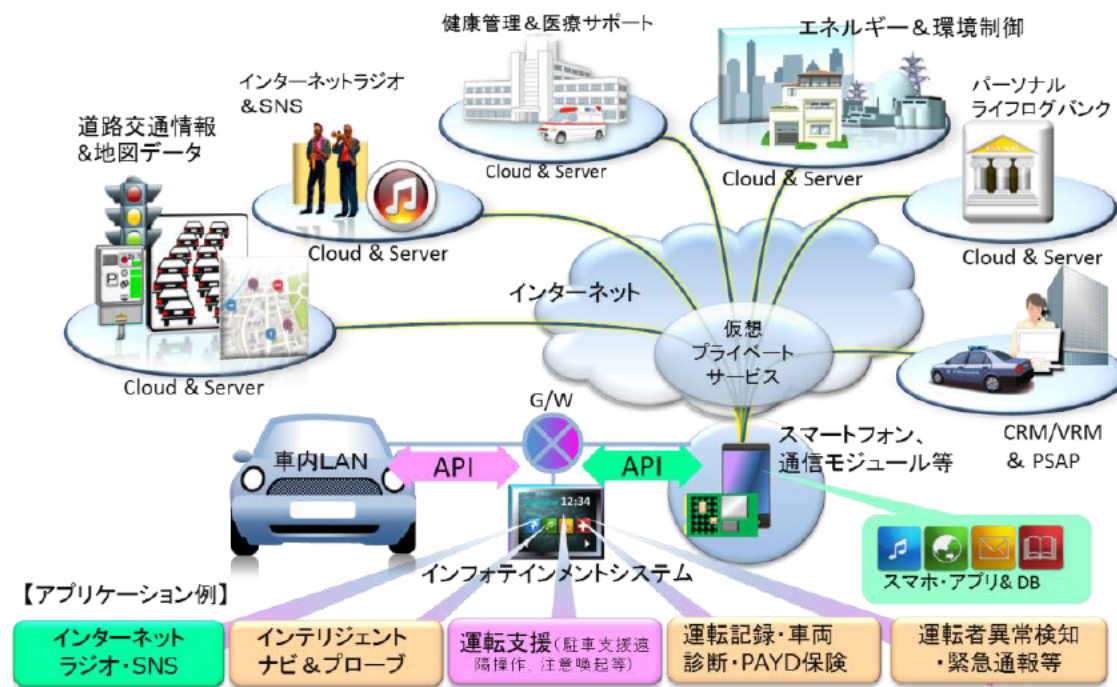
② スマートファクトリー

ものづくりとICTの融合による新たな産業革命が進展する中、早期の本格導入を想定して、生産拠点のネットワーク化技術等の標準化を推進し、製造業における抜本的な生産性向上実現のためのICT基盤を確立する。

ものづくりとICTの融合により、製造業が大きな変革を迎えようとしており、高度化した生産システムによる新たなビジネスモデルへの期待が高まっている。

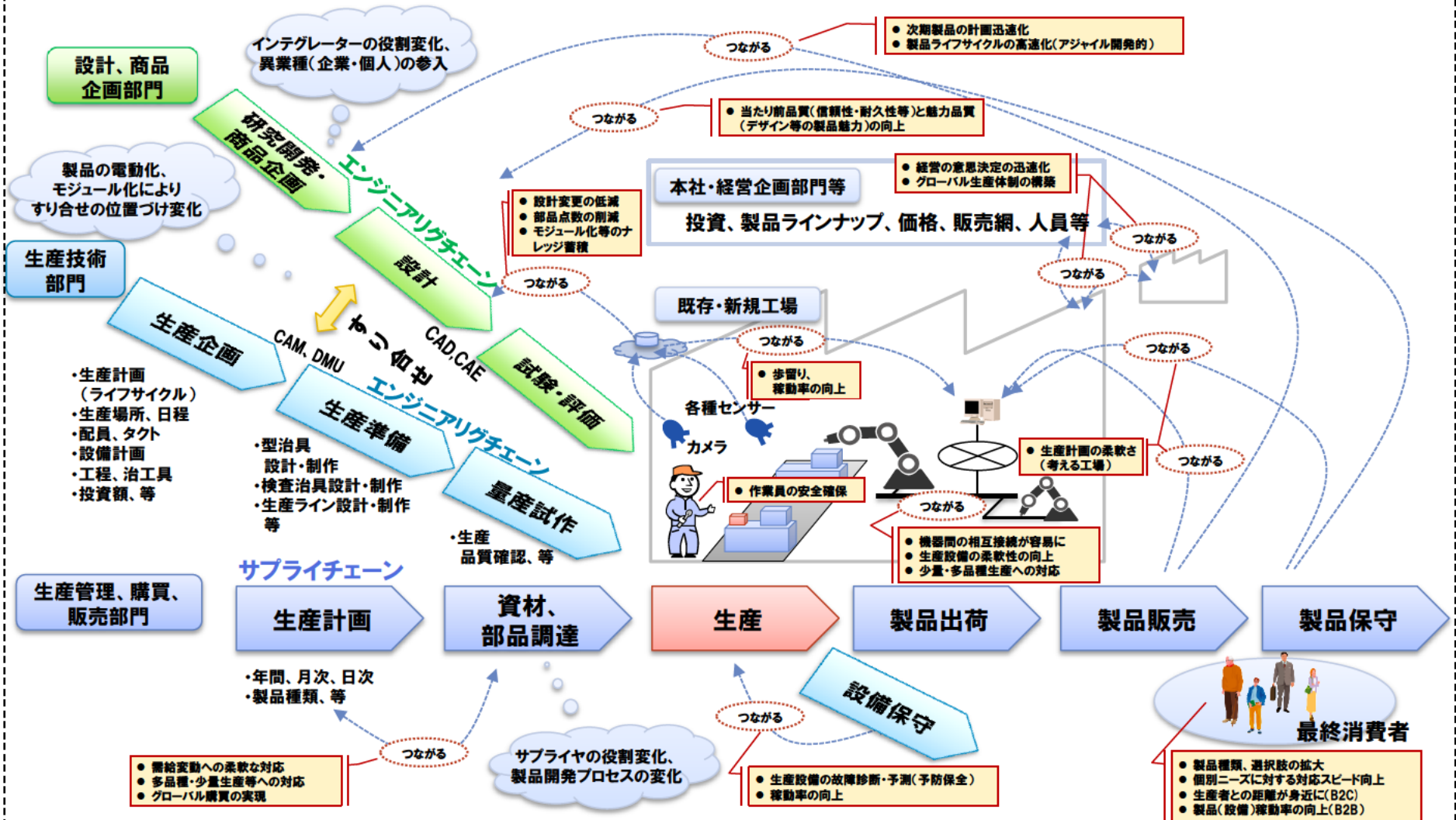
生産現場における生産効率の向上や生産工程の改善のため、早期のIoT技術の本格導入を想定して、工場内及び本社(間接部門等)や設計部門と工場等の間をネットワーク化し、IoT技術を導入するためのシステムアーキテクチャ等の標準化を推進する。

～コネクテッドカーのサービスイメージ～



車両情報の利活用

～スマートファクトリーのイメージ～



インダストリー分野における情報連携の全体像

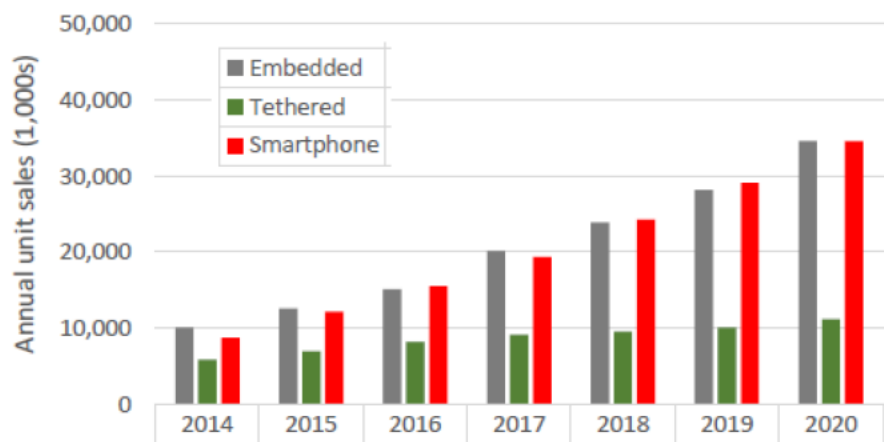
2. 国内外の市場動向

① コネクテッドカー

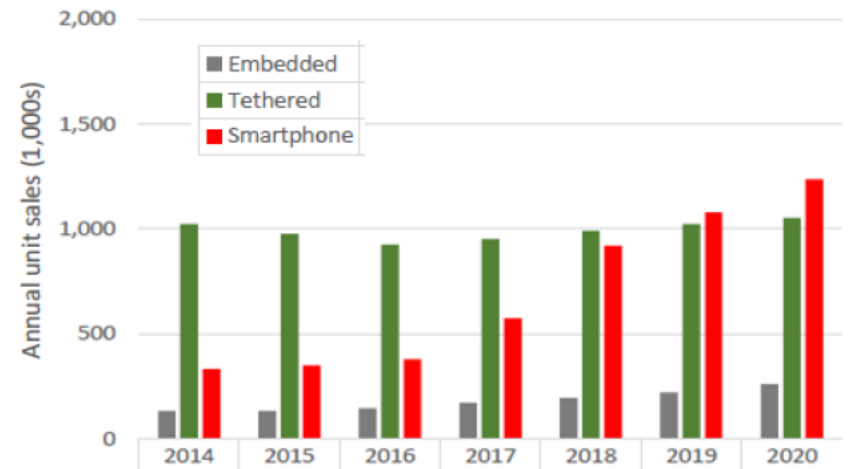
最先端のICT技術を活用したITSや高度運転支援、スマートフォン連携やナビゲーション機能の向上などにより、世界のコネクテッドカー販売台数は2015年の3,200万台から、2020年には8,000万台と約2.5倍に急拡大する見込み。特に通信モジュール組み込み方式とスマートフォン利用方式が中心となる。

国内市場でも2015年の145万台から2020年には255万台と1.8倍程度に増加するが、その中心はスマートフォン利用方式が占めると予想されている。

今後は“つながるクルマ”が新車販売の中心となってゆくことから、つながるデバイス上で汎用的に利用されるWeb技術は、車にも取り入れられ拡大が予想される。



コネクテッドカー販売台数と予測・世界(2014～2020年)



コネクテッドカー販売台数と予測・国内(2014～2020年)

コネクテッドカー: 以下の3分類の合計。

Embedded: 通信モジュールが車載機に組み込まれたもの。

Smartphone: スマートフォン上のアプリケーション等を、通信モジュールのない車載機側へ表示し利用するもの(→Android Auto, Apple CarPlay, MirrorLink等)。

Tethered: 通信モジュールを持たない車載機上のアプリケーションを、スマートフォン経由のテザリングにより通信し利用するもの。

【出典: SBD「コネクテッドカーガイド グローバル市場予測」(平成28年2月)】

② スマートファクトリー

スマートファクトリーによる効率向上で1%のコスト削減が行われると、数百億ドル単位での運用コスト削減が見込まれている。例えば、航空業では約300億ドル、電力業界では約660億ドル、ヘルスケア産業では約630億ドル、鉄道業界では約270億ドル、石油・ガス業界では約900億ドルの削減効果と推計されている。

What if... Potential Performance Gains in Key Sectors			
Industry	Segment	Type of Savings	Estimated Value Over 15 Years (Billion nominal US dollars)
Aviation	Commercial	1% Fuel Savings	\$30B
Power	Gas-fired Generation	1% Fuel Savings	\$66B
Healthcare	System-wide	1% Reduction in System Inefficiency	\$63B
Rail	Freight	1% Reduction in System Inefficiency	\$27B
Oil & Gas	Exploration & Development	1% Reduction in Capital Expenditures	\$90B

スマートファクトリーによる運用コスト削減(推計値)

【出典: Evans and Annunziata 著「Industrial Internet: pushing the boundaries of minds and machines」(2012年11月)】

3. 標準化分野に関する基本情報

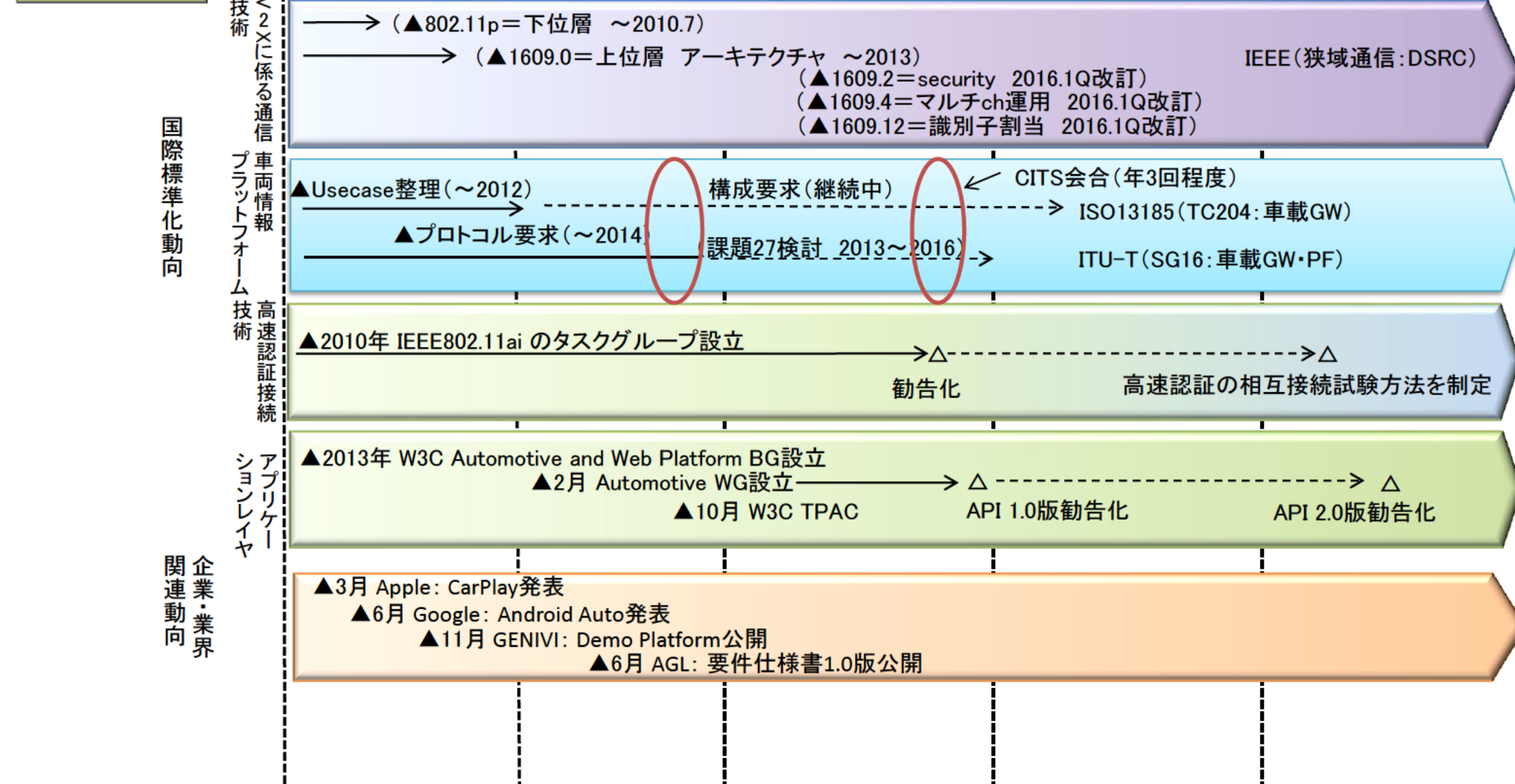
(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
①コネクテッドカー	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車技術会 ・自動車工業会 ・日本自動車研究所 ・電子情報技術産業協会 ・Webと車に関する検討会 ・Wi-FILS推進協議会 	<p>【国際標準化動向】 (V2Xに係る通信技術の標準化動向)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2011年11月、ITU-Rにて700MHz帯を使った高度ITS無線システム (ITU-R M.2228) 第1版がまとまる(2015年7月に第2版に改訂)。2013年からは同車車間通信、路車間通信に関する新勧告草案 M.[V2X]へ向けた作業が日本からの寄与文書をベースに開始。2015年9月に同規格はM.2084として勧告化。 ・2010年7月、IEEEではV2V,V2X用のDSRC(狭域通信)の下位層(物理層&MAC層)を扱うIEEE802.11p(5.9GHz、DSRC他)の標準化完了。一方DSRCの上位層(NW層、セキュリティ)を扱うIEEE1609は、2013年にIEEE1609.0(アーキテクチャ)が勧告化。以降、機能ごとに更新・改訂が行われている(2016年第1四半期改訂:同1609.2(セキュリティ等)、同1609.4(マルチch運用)、同1609.12(識別子割当)等)。 ・2011年12月、ITSの通信に関する標準化活動の協調のために、ISOやITU、IEEE等複数の標準化機関によるCITS (Collaboration on ITS Communication Standard)会合を開催。以降2016年3月までに16回の会合を開催し、関連する標準化動向の情報共有と課題解決の相互連携を進めている。 <p>(車両情報プラットフォームに関する標準化動向)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ISOでは2008年より車載ゲートウェイの標準化をTC204で検討中 (ISO13185)。4パート中のパート1)一般情報とユースケース(～2012年)、パート2)プロトコル要求と仕様(～2014年)は完了し、パート3)構成要求と仕様を審議中(但し、故障診断データの扱いが中心かつW3Cと比較して下位レイヤーにスコープ)。2013年10月にはTC204総会を神戸にて開催。 ・ITU-Tでは2013年よりSG16の課題27として車載ゲートウェイプラットフォームの標準化議論が進行(～2016年内目途)など、デジュール団体でも車両情報を車外で活用する仕組みづくりが進行中。 ・アプリケーションレイヤーの動きとして、Web技術の標準化団体であるW3C(World Wide Web Consortium)において、Web技術の自動車への利用について検討中。我が国からも、国内検討体制である「Webと車の検討会」を中心に標準化提案を実施。約230以上の車両情報項目(車両タイプ、走行情報、エアコン、等)の定義や情報授受の方法を定める「Vehicle API」について、自動車メーカ、車載メーカ等から成るメンバーを中心に議論がなされており、2016年中の1.0版の勧告化を目標に検討が進められている。 <p>(Wi-Fi高速認証接続に関する標準化動向)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IEEEで議論している機器間を高速で認証接続するWi-FILSは、移動する自動車での通信にも適用できる技術であり、IEEE802.11aiにて2016年9月までに勧告化予定。 <p>【関連企業、業界団体の動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2014年、スマートフォンをIVI環境に統合するプラットフォーム、Apple「CarPlay」、Google「Android Auto」発表 ・GENIVI:2014年11月、初めてのGENIVI Demo Platform(GDP)を公開 (GENIVI準拠ソフトウェアと設計を具体的かつライブで技術実証) ・AGL:2015年6月、Linux ベースのIVI向けソフトウェアリファレンスプラットフォームを定義したAGL要件仕様書1.0版を公開 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内の関連標準化委員会において、国内外の標準化動向を整理し、「変動する標準化環境への迅速な対応」、「戦略に基づいた標準化作業の実施」、「国内標準化作業補助」「情報発信の徹底」を活動の柱として活動を進める。また、戦略的標準化項目の絞り込み等を含めた、全体戦略を策定し、推進活動を展開。 ・サービスレイヤーに関しては、W3Cにおいて、2016年中に予定されているVehicle APIの第1.0版の勧告化に我が国からの要求条件を反映するとともに、2.0版の勧告化に向けた機能拡張の議論を主導。 ・上記国際標準化活動と並行する形で、IT技術者・Web開発者と自動車関係者のコミュニティ拡大、普及啓発、人材育成等に取り組む、同技術を活かしたサービスや端末の創出を促進。

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
②スマートファクトリー	<ul style="list-style-type: none"> ・IoT推進コンソーシアム ・NMEMS技術研究機構 ・eFactory Alliance ・ロボット革命イニシアティブ協議会(RRI) ・Industrial Value Chain Initiative (IVI) 	<p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> ・産業領域におけるM2M/IoTの利用の実現(Industrial Domain Enablement)については、工場でのユースケースやその要求条件等をTR-0018として検討し、リリース2へ盛り込む予定。そのアーキテクチャ等についてはリリース3へ盛り込む予定。 ・車領域におけるM2M/IoTの利用の実現(Vehicular Domain Enablement)については、要求条件等をTR-0026として検討中であり、リリース3へ盛り込む予定。 <p><IIC(Industrial Internet Consortium)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2014年3月にOMGの派生団体として設立。GE、Intel、Cisco、AT&T、IBMが設立メンバー。会員159団体(2015年5月時点) 産業分野におけるIoTビジネス加速に向けて、オープンな技術に基づいた共通アーキテクチャを推進し、エコシステムを形成することが目的。フレームワークの互換性やオープン性を立証するためのテストベッドを開発し、検証を行うためのワーキンググループの場を提供する。 ・4つのWGが活動中。Marketing(IICの広報活動)、Technology(IICのテクノロジー統括)、Security(セキュリティ検討)、Test beds(テストベッド統括)。 ・2015年6月にIndustrial Internet参照アーキテクチャ(IIRA)が公開される。ここでは、ビジネス、技術要件、実現技術、実装パターンの4つの観点からアーキテクチャが整理される。IIRAから派生して、セキュリティ、データ管理の参照アーキテクチャについても議論中。 ・テストベッドは会員企業からの提案に基づき、賛同する会員があれば具体的なテストベッド仕様を議論したのちに実施する。既に10を超えるテストベッドが進行中。 <p><Industrie 4.0></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2011年よりドイツ政府が推進。ドイツの主要企業が参加。 ・生産工程のデジタル化・自動化・バーチャル化のレベルを一層進めることにより製造コストを大幅に削減する。IoTを利用して、生産に関わる全ての対象(人、機械、システム等)をネットワークで結ぶことにより、リアルタイムに関連データが利用可能となり、それぞれの時点で最適な工程を導くことができる。 ・5つのWGが活動中。標準化・参照アーキテクチャ、調査研究、セキュリティ、法整備、教育・訓練。 ・参照アーキテクチャを検討すると同時に、ユースケースを開発して実践している。既に400近いユースケースがドキュメント化。 ・2013年4月、ドイツIT・通信・ニューメディア産業連合会(BITKOM)、ドイツ機械工業連盟(VDMA)、ドイツ電気・電子工業連盟(ZVEI)の3業界団体は、Industrie4.0構想の具体化に向けて「インダストリー4.0プラットフォーム」の事務局を設立。2015年4月、この事務局が中心となり、「インダストリー4.0実現戦略」をまとめた。 <p><RRI(ロボット革命イニシアティブ協議会)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年5月に設立。約400の企業、団体等が参加。 ・デジタル技術及びネットワーク技術のメリットを活かし、高度なセンサーや人工知能等を駆使して作業を行うシステムを、新たな「ロボット」の概念として位置付ける。(1)日本を世界のロボットイノベーションの拠点とする、(2)世界一のロボット利活用社会を目指し普及を図る、(3)IoT時代におけるロボット活用ルールや国際標準の獲得が目的。 <p><IVI(Industrial Value Chain Initiative)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2015年6月に設立。30社以上の企業が製造業の新たな連携を実現するために設立。 ・ものづくりとICTが融合した新しい社会をデザインし、ものづくりにおける競争領域と協調領域を区別しながら、相互につながるための共通のルールやデータ項目等を策定する。日本版インダストリー4.0に向け、複数の企業が共同で一つの業務シナリオを作成するプロセスとそこで得られる標準モデルを決め、実際の工場での実証実験を行う。 <p><Wi-SUN RLMM(Resource Limited Monitoring and Management)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・IoT向けの低消費電力の無線通信規格であるWi-SUNについて、工場の生産現場に設置するセンサーなど、処理能力や電源に制限がある環境での利用を拡大するため、新たなプロファイル「RLMM」をWi-SUN AllianceのRLMM WGにて策定中。 	<p><oneM2M></p> <ul style="list-style-type: none"> ・引き続きoneM2Mを中心に、我が国から産業領域における要求条件やアーキテクチャに関する提案を行い、我が国にとって有利となるようにoneM2M仕様へ我が国発の技術を反映する。 <p><IIC(Industrial Internet Consortium)></p> <ul style="list-style-type: none"> ・テストベッドへの積極的な参加により、IoT実現の課題を共有し、必要な共通仕様を決めることが必要。IICでは参照アーキテクチャを作成するが、標準規格は開発しないため、関連するデジュール標準(ITU/IEC/ISO)やフォーラム標準(W3C/IETF)の動向を見極め、日本として不利益とならないように対処する。

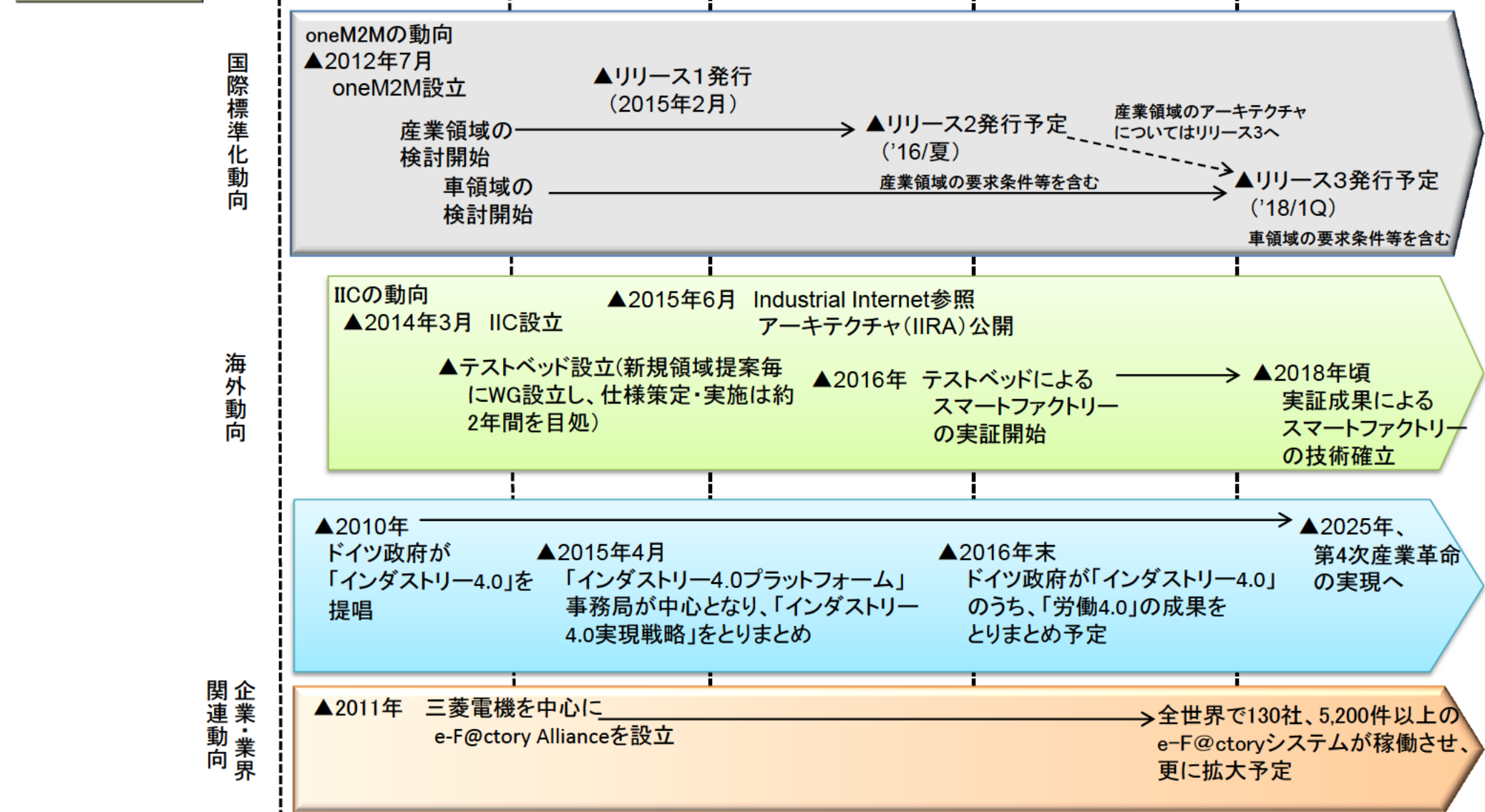
4. 標準化ロードマップ

標準化分野を構成するサブテーマ

①コネクテッドカー



②スマートファクトリー



サービス/ビジネス領域(映像系IoT)の 標準化活動の目標と計画

1. 標準化の必要性と達成目標

あらゆるモノがネットワークに繋がり、そこから得られた膨大なデータの分析・活用が新たな価値を生み出すIoTは、今後の産業・経済成長の鍵を握るものと期待されているが、これはデジタルサイネージやテレビ等の映像系デバイス、サービスにおいても例外ではない。高画質化、高臨場感化、情報の一斉配信等を実現する取組みは引き続き重要であるが、IoT化が進展する環境の中で、個人の属性に応じた情報提供やスマートフォン等との連携など、映像系デバイス、サービスもIoTの“T”の一つとして、そのあり方の変革が求められている。

以上の視点から、IoT時代における映像コンテンツ、サービス及びデバイスを含めた我が国産業の国際競争力向上のため、以下の通り標準化の重点分野を抽出し、国際標準化を推進する。

① デジタルサイネージ

災害情報やオリンピック情報等の一斉配信や、個人の属性に応じた情報提供等を可能とする技術の標準化を推進し、2020年の東京オリンピック・パラリンピック及びそれ以降の利用を想定した、高度な情報発信を実現するデジタルサイネージを普及展開する。

交通機関や公共空間等の様々な場所で、情報提供インフラとして普及しているデジタルサイネージは、平常時の生活情報に加え、緊急災害時等の情報入手手段としての役割も大きい。デジタルサイネージにおいて、機器間・システム間の相互接続を確保する標準化は、これまでも我が国企業の実績により、基本的なフレームワークや災害時・緊急時の運用要件等の国際標準化が行われてきた。

以上の成果を踏まえ、2020年の東京オリンピック・パラリンピック及びそれ以降の高度な情報発信を実現するデジタルサイネージの普及展開を図るため、災害情報やオリンピック情報等の一斉配信や、個人の属性に応じた情報提供等を可能とする技術の標準化を推進する。

② スマートテレビ

世界に先駆けて実現した放送・通信連携サービス・実装から得られた知見を活用し、2020年頃の4K・8K放送の本格展開とも連携しつつ、スマートテレビに関する標準化を推進することで、我が国の放送コンテンツや関連製品の国際競争力を強化する。

ウェブ技術と放送コンテンツを連携させることにより、番組連動コンテンツの表示やスマートフォン等との連携等を実現するスマートテレビは、視聴者に新たな体験を提供する高度な放送・通信連携サービスとして期待されている。この分野において、我が国はデータ放送等で培った技術やノウハウを活かし、世界に先駆けてHTML5を活用した放送通信連携規格を策定し、既にNHK及び民放各局によるサービスが開始されている。

我が国の放送コンテンツや関連技術の国際競争力の強化を図るため、世界に先駆けて実現した放送・通信連携サービスから得られた知見を活用し、2020年頃の4K・8K放送の本格展開とも連携しつつ、スマートテレビに関する標準化を推進する。

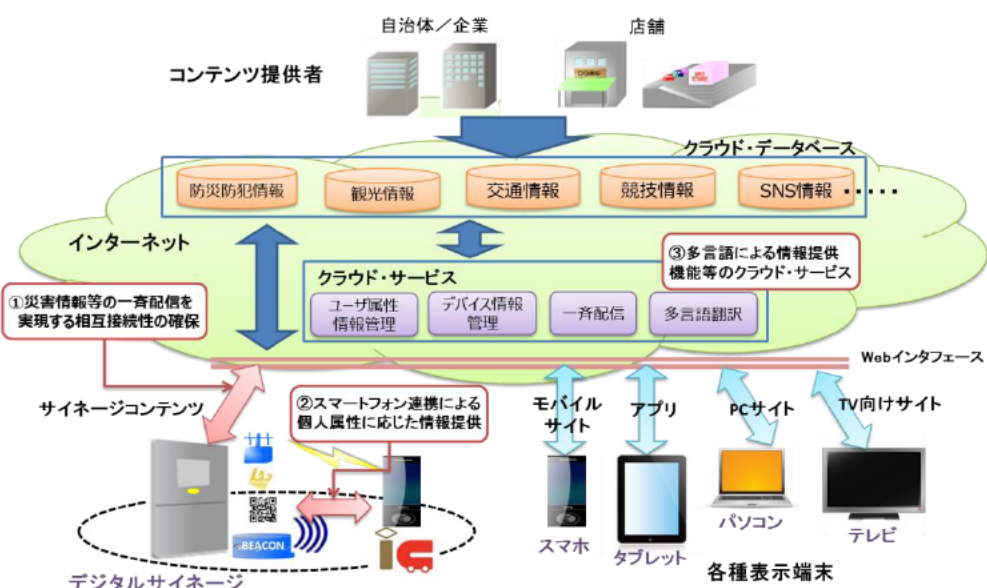
③ 縦書きテキストレイアウト

我が国の文化である縦書き表現を次世代のICT環境においても継承する観点から、縦書きテキストレイアウトの主要仕様の2016年中の勧告化を図り、多様な端末への縦書きコンテンツ展開を可能とする環境を整備する。

新聞や書籍などで広く普及している縦書きテキストレイアウトは、我が国を含めた東アジア特有の文化である。このような我が国の縦書き文化を継承するという意味において、ICT環境における縦書きテキストレイアウトの国際標準化は重要である。

これまでの我が国の標準化活動により、主要ブラウザでは基本的な縦書きが表示可能になっているが、多様な端末への縦書きコンテンツ展開を可能とする環境を整備するため、縦書きテキストレイアウトの主要仕様の2016年中の標準化を目指す。

～2020デジタルサイネージの実現イメージ～



～スマートテレビのサービスイメージ～



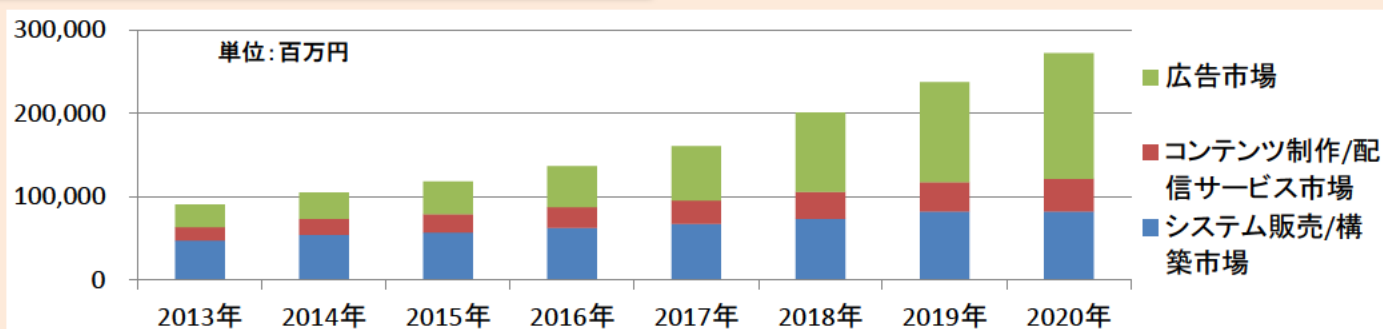
2. 国内外の市場動向

① デジタルサイネージ

我が国のデジタルサイネージは、これまで大型商業施設や交通機関等に設置される大型ディスプレイを軸に普及してきたが、近年では、小売店舗、娯楽施設等に設置されるタブレット端末等の小型ディスプレイを用いたデジタルサイネージや、ネットワークに繋がリスマートフォン等との連携が可能な製品、ウェブ技術を使用し相互接続性に優れる製品等も登場してきている。2014年の国内デジタルサイネージ市場は1,053億円の市場規模となっており、今後、ネットワークインフラの普及や技術の革新に加え、交通広告等に代表される広告市場がデジタルサイネージ市場全体をけん引し、2020年には2,716億円まで市場規模が拡大することが予想されている。

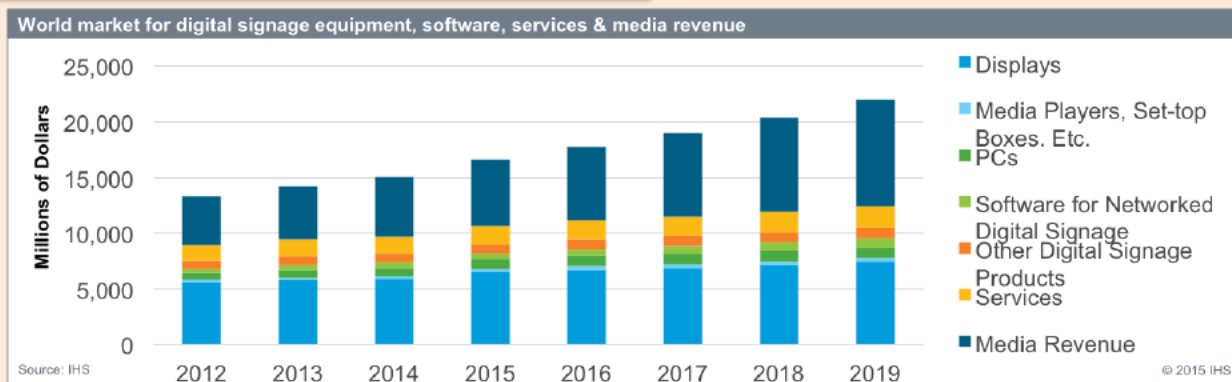
デジタルサイネージに関する市場は、世界的に拡大傾向にあり、今後も伸びていくことが予想されている。2014年に約15,000百万ドルであった世界市場は、2020年には20,000百万ドルにまで伸びると推定されている。国内同様、特に広告市場の拡大が予想されている。

デジタルサイネージの国内市場規模予測



※2015年は見込み、2016年以降は予測
(出典：富士キメラ総研『デジタルサイネージ市場総調査2015』を元に作成)

デジタルサイネージの世界市場規模予測

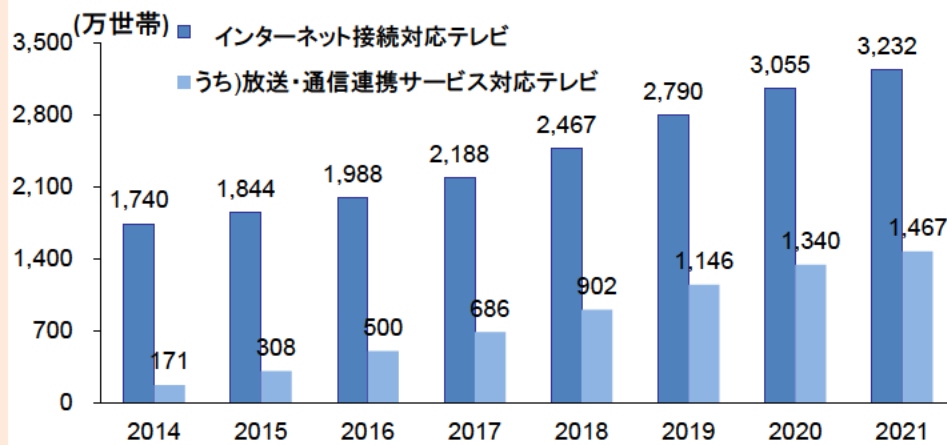


(出典：IMS Research社予測 <http://press.ihs.com/press-release/technology/digital-signage-revenue-grow-10-percent-2015-ihs-says>)

② スマートテレビ

放送・通信連携サービス対応テレビの国内における市場規模は、デバイス間連携サービスの高度化などの視聴環境が整っていくことから、2014年の約171万世帯から2021年には約1,467万世帯まで普及が進む見込み。

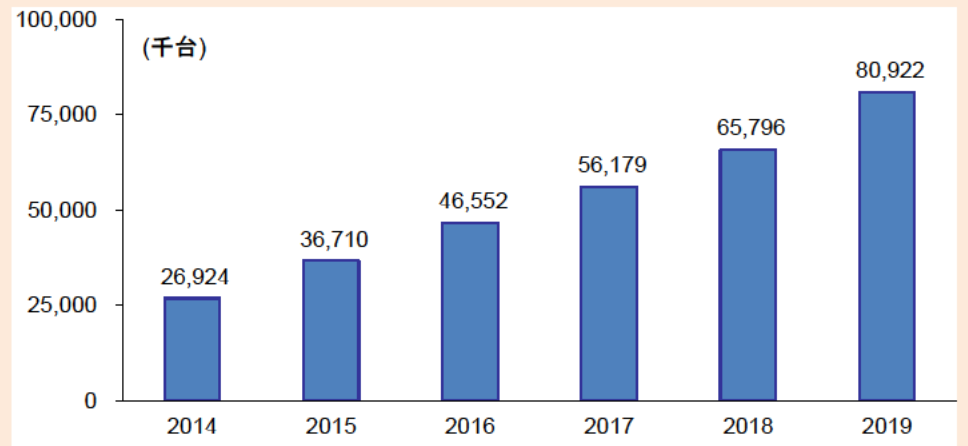
世界における市場規模は、HTML5対応への移行とアプリの開発基盤や配信基盤の整備が進んでいる西欧のけん引により、2014年の約2,692万台から2019年には約8,092万台まで普及が進む見込み。



スマートテレビの国内利用世帯数の予測

インターネット接続対応テレビ: インターネットに接続することで、情報サービスの閲覧や動画配信サービスなどを閲覧・視聴できるテレビ。スマートフォンと同様に様々なアプリケーションソフトをテレビの画面上で操作可能な機能を要したテレビ端末も含まれる。
放送・通信連携サービス対応テレビ: インターネット上のコンテンツを取得する為の制御信号を放送波に組み込み、番組の内容に応じてそのコンテンツを画面上に表示することができるテレビ端末を指す。
 なお、ケーブル事業者や通信事業者等が提供するSTBのみで同様な機能を利用する世帯は今回の予測に含まない。

【出典：(株)野村総合研究所「ITナビゲーター2016年版」(2015年11月25日)】



放送と通信連携対応テレビの世界市場予測

2014年は西欧が需要の中心となり、世界需要は2,692万台(うち西欧が1,531万台)であった。
 今後も更なる普及が見込まれており、2019年の世界需要は、フラットパネルテレビ全体の約3割を占める8,092万台が見込まれる。(2019年フラットパネルテレビ需要予測:2億7,532万台)
放送・通信連携サービス対応テレビ: 基幹放送を受信できるフラットテレビで、インターネット接続機能を有し、ネットからの情報をテレビ受信した番組と画面上で重ね合わせることができ、かつ、放送波からの情報とインターネットからの情報を組み合わせることで可能となる様々なサービスに対応できるもの

【出典：一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 「AV&IT機器世界需要動向～2019年までの展望～」(平成27年2月)】

③ 縦書きテキストレイアウト

縦書きテキストレイアウトの代表的なサービス例として電子書籍があるが、国内市場は2012年度の768億円から2013年度1013億円、2014年度1411億円と年率30%以上の急速な発展が始まっており、拡大期に入っていると言える。表示端末については、スマートフォンやタブレット端末、ゲーム機等の端末を対象としたプラットフォーム向け電子書籍が、従来型の携帯電話に替わって中心を占めている。また、Webブラウザにおける縦書き関連機能の実装も徐々に充実しており、Webブラウザを利用した、電子書籍専用のアプリケーション・プラットフォームに依存しないサービスの展開も見込まれる。



電子書籍の国内市場規模の推移と予測(2010年度～2019年度)

【出典：(株)インプレス R&D 「電子書籍ビジネス調査報告書2015」(平成27年7月28日)】

※1 電子書籍の市場規模の定義: 電子書籍を「書籍に近似した著作権管理のされたデジタルコンテンツ」とし、配信された電子書籍(電子書籍、電子コミック等)の日本国内のユーザーにおける購入金額の合計を市場規模と定義。購入金額には、個々単位の販売に加え、月額課金モデル、月額定額制の読み放題を含む。ただし、電子雑誌、電子新聞や、教科書、企業向け情報提供、ゲーム性の高いもの、学術ジャーナルは含まない。また、ユーザーの電子書籍コンテンツのダウンロード時の通信料やデバイスにかかわる費用、オーサリングなど制作にかかわる費用、配信サイトにおける広告も含まない。

※2 電子雑誌の市場規模の定義: 電子雑誌を、紙の雑誌を電子化したものやデジタルオリジナルの商業出版物で逐次刊行物として発行されるものとし、日本国内のユーザーにおける電子雑誌の購入金額の合計を市場規模と定義。購入金額には、個々単位の販売に加え、定期購読、月額課金モデル、月額定額制の読み放題を含む。ただし、学術ジャーナル、企業向け情報提供、ゲーム性の高いものは含まない。また、ユーザーの電子雑誌コンテンツのダウンロード時の通信料やデバイスにかかわる費用、オーサリングなど制作にかかわる費用、配信サイトにおける広告、コンテンツ中の広告も含まない。

3. 標準化分野に関する基本情報

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
① デジタルサイネージ	<ul style="list-style-type: none"> デジタルサイネージコンソーシアム(DSC) 国際標準戦略部会 情報通信技術委員会(TTC) マルチメディア応用専門委員会 IPTV-SWG 	<p>【国内】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2013年6月、DSCにおいて、「災害時・緊急時におけるデジタルサイネージ運用ガイドライン」(第1版)を公表。2014年6月に第2版を公表。 <p>【W3C】</p> <ul style="list-style-type: none"> 我が国企業の提案に基づき、2012年4月にW3C内にWeb-based Signage BG(Business Group)が設立。本グループにおいてインターネットに接続された多様なディスプレイをWeb技術を用いて制御する汎用型デジタルサイネージのユースケース、要求条件を検討。 2015年10月に札幌で開催されたW3C TPAC(年次技術総会)において、我が国企業からWeb-based Signageの運用に必要な標準を策定するWG(Working Group)の設立を提案し、BGでの基本的合意を獲得。 <p>【ITU-T】</p> <ul style="list-style-type: none"> DSC等における検討結果を受け、ITU-T SG16において、我が国からデジタルサイネージの基本的な要件(用語定義・アーキテクチャ・コンテンツ・セキュリティ・ネットワーク・デバイス・メタデータ・ユースケース等の要件)を提案。2012年6月に、デジタルサイネージ基本フレームワーク(H.780)として勧告化。 東日本大震災における経験も踏まえ、我が国からデジタルサイネージの災害時利用に関する要求条件を提案。2014年7月に開催されたITU-T SG16札幌会合において「デジタルサイネージの災害情報サービスの要求条件」として承認され、2014年10月に勧告化(H.785.0)。 デジタルサイネージに関する国内議論を受け、2015年6月、クラウドの利用や個人属性への対応を含む「公共の場における相互運用可能な情報サービスの要求条件」の勧告化作業開始を、我が国から提案。 <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> 欧州の業界団体OVAB Europeでは、2013年に運用契約面での基準(SLA(Service Level Agreement)、効果測定基準等)を発行、米国業界団体のDPAAではマーケット効果等の検討を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内において、デジタルサイネージを活用した災害情報等の一斉配信や個人属性に応じた情報提供等、高度な情報配信を行うデジタルサイネージについて検討を行い、2016年中にこれらの機能を実現するためのウェブ技術やクラウド技術を活用したデジタルサイネージの国内共通仕様の策定を行う。 上記国内共通仕様をグローバルスタンダードとすべく、デジタルサイネージにおけるウェブ技術の利用について、W3Cでの国際標準化を推進し、2016年中のWeb-based Signageに関するWG設立及び2018年までの勧告化を目指す。また、2016年以降ITU-Tにおける国際標準化を推進し、2018年までの勧告化を目指す。 2017年までにクラウド技術等を活用したデジタルサイネージの相互運用性の検証を行い、その結果も踏まえ、2019年までにシステムの実現を目指す。
② スマートテレビ	<ul style="list-style-type: none"> 次世代ブラウザ Web and TVに関する検討会 IPTVフォーラム 技術委員会、次世代スマートテレビ推進委員会 	<p>【W3Cにおける標準化動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> 我が国の提案により、W3CにWeb and TV Interest Group(2011年)及びWeb and Broadcasting Business Group(2012年)を設立。 2012年6月、国際シンポジウムを東京で開催し、日本から「スマートテレビの推進に向けた基本戦略」を公表。 Web and TV IG/BGの会合やWeb and TVワークショップにおいて、ハイブリッドキャスト技術仕様やスマートテレビ実証実験等について提案・デモを実施。2015年10月に札幌で開催されたW3C TPACでは、MSEに関する課題や、TV上でのHTML5.0テストについての課題を提案。また、ハイブリッドキャストの技術デモを実施した。 技術動向として、videoタグ等のメディア要素を含むHTML5.0が2014年10月に勧告化。現在、HTML5.0の改版となるHTML5.1や、HTMLのメディア関連拡張であるMSE、EME等について、2016年中の標準化を目的に検討が進められている。また、番組情報やTVチューナーの利用を可能とするTV Control APIや、他画面連携を可能とするSecond Screen API等、ウェブとテレビの連携に関する様々なAPIが検討されている状況。 <p>【ITUにおける標準化動向】(ITU-R)</p> <ul style="list-style-type: none"> ITU-R SG6で検討されているIBB(Integrated Broadcast-Broadband)システムに対し、国際標準化活動を実施。ハイブリッドキャストに関する要件を反映させる形で、IBBシステムの一般要求条件(ITU-R勧告BT.2037、2013年7月発行)、技術要求条件(ITU-R勧告BT.2053、2014年2月発行)を標準化。また、2015年6月には、システム選択の指針となるITU-R勧告BT.2075が発行され、日本方式(ハイブリッドキャスト)、欧州方式(HbbTV)、韓国方式(HTML5 based smart TV platform)の3方式が記載される形となっている。 ハイブリッドキャストを含む、各国における放送通信連携システム・サービスに関する技術レポート(ITU-RレポートBT.2267)を発行(2013年8月発行、2015年2月第5版発行)。 <p>(ITU-T)</p> <ul style="list-style-type: none"> ITU-T SG9で検討されているIBBシステムに対し、国際標準化活動を実施。ハイブリッドキャストに関する要件を反映させる形で、技術要件を含む要求条件を規定したITU-T勧告J.205(2012年1月)、リファレンスアーキテクチャを規定したITU-T勧告J.206(2013年3月)が標準化。また、2016年3月には、日本方式(ハイブリッドキャスト)、欧州方式(HbbTV)、韓国方式(HTML5 based smart TV platform)の3方式が記載されたIBBシステムの勧告であるITU-T勧告J.207が発行。 	<ul style="list-style-type: none"> 我が国のスマートテレビサービスの状況を踏まえつつ、HTML5.1やHTMLのメディア関連拡張、HTML5テスト環境等について、必要となる標準化提案活動を推進する。 W3Cで検討が進められているメディア関連仕様、欧米の放送通信連携規格・サービスの状況、新たなスマートテレビサービスの状況など、スマートテレビに関する動向を幅広く関係者間で共有し、今後我が国として取り組むべき課題を検討する。 今後の我が国におけるサービス展開を踏まえ、ITU-R及びITU-Tで検討されている放送・通信連携方式に対し、我が国からの要求条件を反映させるよう提案活動を推進。 スマートテレビサービス及び標準化活動の推進に当たっては、放送番組と通信が本格的に連携したサービスを提供することが可能となるよう、4K・8Kの展開との連携を念頭において進める。

(1) 標準化分野を構成するサブテーマ	(2) 標準化に関係する国内団体等	(3) 国内外の標準化動向等	(4) 目標達成に向けた対応方針
		<p>【各国の規格・サービス動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本においては、世界に先駆けてHTML5を活用した放送通信連携規格(ハイブリッドキャスト技術仕様Ver.1.0)を2013年3月に策定し、既にNHK及び民放によるサービスを実施。2014年6月には機能を拡張したVer.2.0を公開。 ・欧州においては、HTML5を活用した放送通信連携規格であるHbbTV2.0が2015年2月に公開。2016年中のサービス開始を目途に検討が進められている。また、米国においても、HTML5.0を活用したATSC3.0について、2016年中のリリースが予定されている。 <p>【4K・8Kに係る標準化動向】 (放送映像フォーマット)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ITU-Rにおいて、8K等の品質の映像について放送で送受信する場合の映像フォーマットに関する標準化が進められ、2012年8月に勧告化(ITU-R勧告BT.2020)。 <p>(映像符号化方式)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ITU-T・ISO/IECにおいて、新たな映像符号化方式(HEVC)の標準化が進められ、2013年1月に最終的な規格案を承認、同年4月にITU-Tにおいて勧告化(ITU-T勧告H.265)。ISO/IECでは、MPEG-H HEVCとして国際標準化。 <p>(多重化方式)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ISO/IECにおいて、新たな多重化方式(MMT)の標準化も進められ、2013年11月に最終国際規格案を承認、2014年5月にMPEG-H MMTとして勧告化。また、ITU-Rにおいて、2014年11月にMMTを用いた放送システムに関する勧告草案が提案され、2015年6月にBT.2074として勧告化。 <p>(HDR)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ITU-Rにおいて、表現可能な輝度の範囲を拡大する高ダイナミックレンジ技術(HDR)について検討が進められ、2016年2月に勧告案(ITU-R Rec.BT.[HDR-TV])が策定。現在同年7月の勧告化に向けて作業が進められている。 	
③縦書きテキストレイアウト	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代Webブラウザのテキストレイアウトに関する検討会 ・JBPA (日本書籍出版協会) ・JAGAT (日本印刷技術協会) ・AEBS (電子出版制作・流通協議会) ・EBPAJ (日本電子書籍出版社協会) ・JEPA (日本電子出版協会) ・eBP (電子書籍を考える出版社の会) 	<p>【国内外の標準化動向】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本において次世代Webブラウザのテキストレイアウトに関する検討会を2010年11月に立上げ、W3C CSS(Cascading Style Sheets) WGにおける標準化活動を推進。 ・2011年10月、IDPF策定の電子書籍フォーマット「EPUB3.0」にCSS3の一部が参照され、EPUB3.0が縦書き等の日本語特有の表現に対応。 ・2013年～2014年、W3C CSS WGにおける標準化活動の結果、縦書き関連主要仕様であるWriting Modes、および関連する仕様の一部が勧告候補化。また、我が国からのテスト・実装への貢献の結果、漢字等にルビを振る機能(Ruby)がHTML5.0に盛り込まれる形で勧告化。 ・2015年12月、縦書き主要仕様であるWriting Modesが二回目の勧告候補化。早期勧告化を目指し標準化を推進。 <p>【実装状況等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・W3Cにおける標準化議論に対応する形で、各ブラウザの縦書きテキストレイアウトへの対応が進展。2015年9月のFirefox41による縦書き対応により、主要ブラウザ(Firefox, Chrome, IE, Safari)全てで縦書きが実現可能になった。 ・IDPFにおいて、2016年10月の勧告化を目処に、EPUBの次期規格となる「EPUB3.1」の策定が進行中。その作業方針では、W3C標準への親和性向上や、W3C DPUB IGとの共同作業も計画されており、よりWebブラウザの実装を意識した改定が行われる見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> ・縦書きレイアウトに関する主要仕様であるWriting Modesについて、2016年中の勧告化を目指し標準化を推進する。 ・Writing Modes以外の日本語組版関連要素について、CSS WGの検討状況や、CSSの開発者による拡張をより容易にするためのAPI仕様Houdini等、関連する標準化動向の調査を実施する。 ・電子書籍を含めた様々な分野において、より多様な日本語表現の実現を可能とするため、IDPFの標準化状況とも連携し、W3C DPUB IG等に対して国内要望の反映活動を推進する。

4. 標準化ロードマップ

標準化分野を構成するサブテーマ

デジタルサイネージ

スマートテレビ

縦書きテキストレイアウト

~2014年 2015年 2016年 2017年 2018年~

国内

国際標準機関

海外

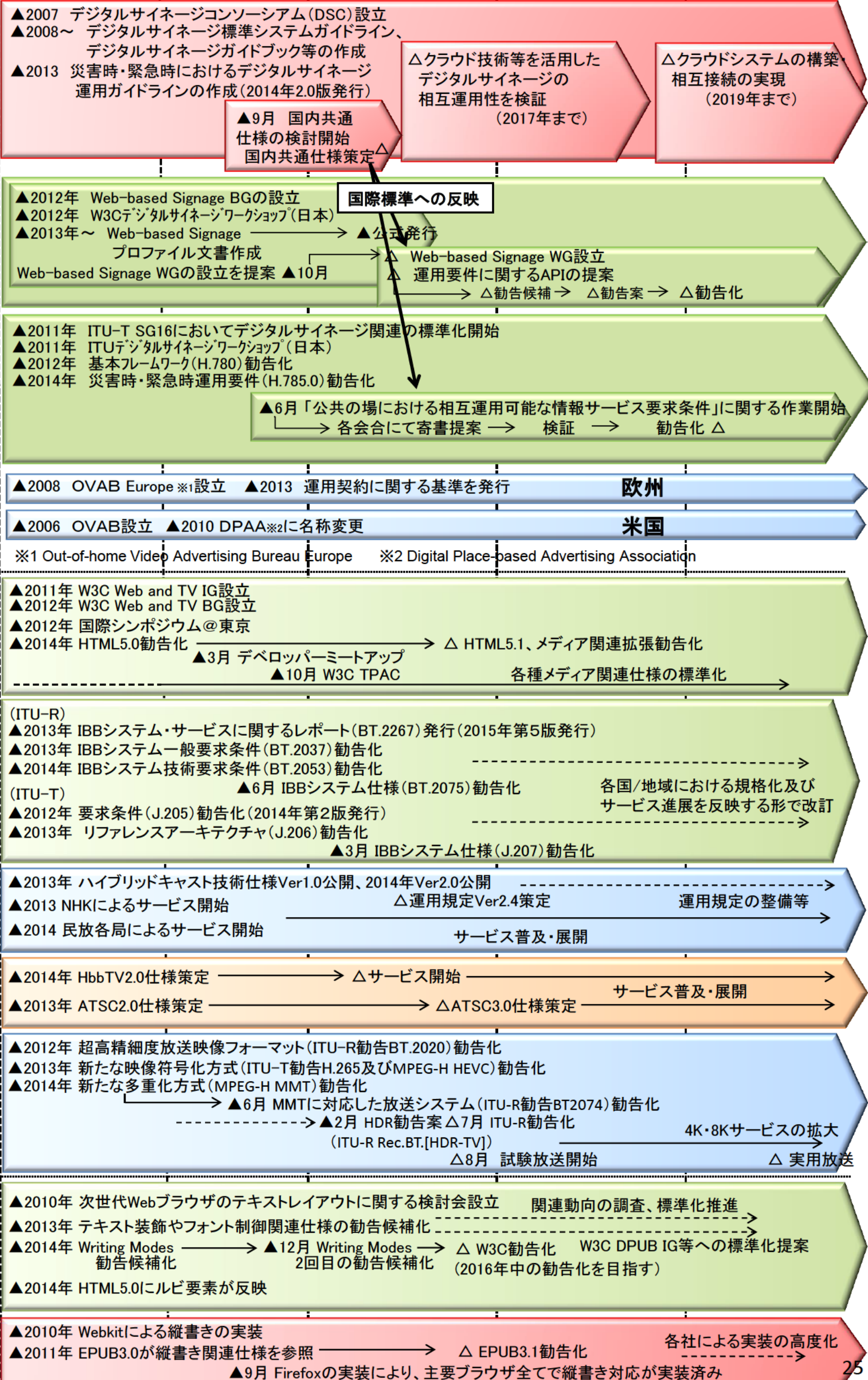
国際標準機関

国内動向

海外動向

国際標準化

実装等





1. 諮問書

諮 問 第 2 2 号
平成26年12月18日

情報通信審議会会長 殿

総務大臣 山本 早苗



諮 問 書

下記について、別紙により諮問する。

記

新たな情報通信技術戦略の在り方

諮問第22号

新たな情報通信技術戦略の在り方

1 諮問理由

我が国が超高齢化社会を迎え、国際的な経済競争が厳しくなる中で、経済を再生し、さらに持続的に発展させていくためには、経済社会活動全般の基盤であるとともに、今後とも重要な産業である ICT 分野が力強く成長し、市場と雇用を創出していく必要がある。

このため、本年6月の情報通信審議会答申「イノベーション創出実現に向けた情報通信技術政策の在り方」に基づき、ICT 分野におけるイノベーション創出の実現に向けた取組を推進しているところであるが、イノベーションのシーズを生み出すための未来への投資として、基礎的・基盤的な研究開発についても着実に推進していく必要がある。

また、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）は、平成27年4月から、研究開発成果の最大化を目的とした新たな「国立研究開発法人」に移行する予定であり、ICT 分野における我が国の研究開発等を一層強力にリードすることにより、ICT 産業の国際競争力の確保等に資することが期待されている。

このような状況を踏まえ、ICT 分野において国、NICT 等が取り組むべき重点研究開発分野・課題及び研究開発、成果展開等の推進方策の検討を行い、次期科学技術基本計画、NICT の次期中長期目標の策定等に資するため、平成28年度からの5年間を目途とした新たな情報通信技術戦略の在り方について、諮問する。

2 答申を希望する事項

- (1) ICT 分野における重点研究開発分野及び重点研究開発課題
- (2) 研究開発、成果展開、産学官連携等の推進方策
- (3) その他必要と考えられる事項

3 答申を希望する時期

平成27年7月目途

4 答申が得られた時の行政上の措置

今後の情報通信行政の推進に資する。

2. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 構成員名簿

(敬称略)

氏 名		主 要 現 職
主 査 員	相 田 仁	東京大学大学院 工学系研究科 教授
主査代理 委 員	森 川 博 之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
委 員	水 嶋 繁 光	シャープ(株) 取締役会長
”	近 藤 則 子	老テク研究会 事務局長
専門委員	飯 塚 留 美	(一財)マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹 (平成 28 年 1 月 20 日から)
”	伊 丹 俊 八	国立研究開発法人情報通信研究機構 理事
”	内 田 義 昭	KDDI(株) 取締役執行役員常務 技術統括本部長
”	江 村 克 己	日本電気(株) 執行役員常務 兼 CTO
”	大 島 ま り	東京大学大学院 教授
”	岡 秀 幸	パナソニック(株) AVC ネットワークス社 常務・CTO
”	沖 理 子	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 地球観測研究センター 研究領域リーダー
”	片 山 泰 祥	(一社)情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
”	黒 田 徹	日本放送協会 放送技術研究所 所長(平成 28 年 5 月 16 日から)
”	黒 田 道 子	東京工科大学 名誉教授
”	酒 井 善 則	東京工業大学名誉教授、放送大学特任教授
”	佐 々 木 繁	(株)富士通研究所 代表取締役社長
”	篠 原 弘 道	日本電信電話(株) 代表取締役副社長 研究企画部門長
”	角 南 篤	政策研究大学院大学 副学長・教授
”	浜 田 泰 人	日本放送協会 理事・技師長(平成 28 年 5 月 16 日まで)
”	平 田 康 夫	(株)国際電気通信基礎技術研究所 代表取締役社長
”	松 井 房 樹	(一社)電波産業会 専務理事
”	三 谷 政 昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
”	宮 崎 早 苗	(株)NTTデータ 第一公共事業本部 課長
オブザーバー	布施田 英生	内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付参事官
”	榎 本 剛	文部科学省研究振興局 参事官(情報担当)
”	岡 田 武	経済産業省産業技術環境局 研究開発課長

3. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 先端技術WG構成員名簿

(敬称略)

氏 名		主 要 現 職
主任	森川 博之	東京大学先端科学技術研究センター 教授
主任代理	下條 真司	大阪大学 サイバーメディアセンター 教授
	伊勢村 浩司	ヤンマー(株) アグリ事業本部 開発統括部 農業研究センター 部長
	宇佐見 正士	KDDI(株) 理事 技術開発本部長
	栄 藤 稔	(株)NTTドコモ 執行役員イノベーション統括部長
	加藤 次雄	(株)富士通研究所 取締役 デジタルサービス部門副担当 兼ネットワークシステム研究所長
	川西 素春	沖電気工業(株) 通信システム事業本部 スマートコミュニケーション事業部 マーケティング部 シニアスペシャリスト
	葛巻 清吾	トヨタ自動車(株) 製品企画本部 安全技術主査 (内閣府 SIP(自動走行システム)PD)
	桑津 浩太郎	(株)野村総合研究所 ICT・メディア産業コンサルティング部長
	桑原 英治	総合警備保障(株) 執行役員 商品サービス企画部長
	阪本 実雄	シャープ(株) CEカンパニー クラウドサービス推進センター 所長
	佐藤 孝平	(一社)電波産業会 常務理事
	柴田 浩和	三菱重工業(株) ICTソリューション本部 ICT企画部 主席部員
	下西 英之	日本電気(株) クラウドシステム研究所 研究部長
	白土 良太	日産自動車(株) 総合研究所 モビリティ・サービス研究所 主任研究員 (内閣府 SIP-adus 構成員(走行環境のモデル化(Dynamic Map)))
	菅野 重樹	早稲田大学 理工学術院 創造理工学部 総合機械工学科 教授
	曾根原 登	国立情報学研究所 情報社会相関研究系 教授
	高野 史好	(株)小松製作所 CTO室 技術イノベーション企画グループ 主幹
	田中 裕之	日本電信電話(株) 未来ねっと研究所 ユビキタスサービスシステム研究部 グループリーダー
	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 セキュリティ・ネットワーク領域長 高信頼組込みシステム教育研究センター長
	中村 秀治	(株)三菱総合研究所 政策・公共部門 副部門長
	南 條 健	(株)日立製作所 情報・通信システムグループ 情報・通信システム社 通信ネットワーク事業部 事業部長付
	萩田 紀博	(株)国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所長
	本間 義康	パナソニック(株) 生産技術本部 ロボティクス推進室長
	前田 洋一	(一社)情報通信技術委員会(TTC) 専務理事
	森下 浩行	YRP 研究開発推進協会 事務局長
	森 田 温	三菱電機(株) e-F@ctory 戦略プロジェクトグループ 主席技管
	矢野 博之	(国研)情報通信研究機構 経営企画部長

4. 情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 AI・脳研究WG構成員名簿

(敬称略)

氏 名		主 要 現 職
主任	柳田 敏雄	国立研究開発法人 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター(CiNet) センター長 国立研究開発法人 理化学研究所 生命システム研究センター センター長 大阪大学大学院 生命機能研究科 特任教授
	麻生 英樹	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター 副研究センター長
	石山 洸	(株)リクルートホールディングス RIT 推進室長
	上田 修功	日本電信電話(株) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 上田特別研究室長(NTT フェロー) 機械学習・データ科学センタ代表
	宇佐見 正士	KDDI(株) 技術統括本部 技術開発本部長・理事
	栄藤 稔	(株)NTTドコモ 執行役員イノベーション統括部長
	大岩 和弘	国立研究開発法人 情報通信研究機構 NICT フェロー・未来 ICT 研究所 主管研究員
	岡田 真人	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
	加納 敏行	日本電気(株) 中央研究所 主席技術主幹
	亀山 涉	早稲田大学 基幹理工学部 情報通信学科 教授
	川人 光男	(株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所長
	北澤 茂	大阪大学大学院 生命機能研究科 教授
	喜連川 優	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 所長
	杉山 将	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
	鳥澤 健太郎	国立研究開発法人 情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 データ 駆動知能システム研究センター センター長
	中村 哲	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授
	原 裕貴	(株)富士通研究所 取締役
	春野 雅彦	国立研究開発法人 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター(CiNet) 脳情報通信融合研究室 主任研究員
	前田 英作	日本電信電話(株) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 所長
	松尾 豊	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
松本 洋一郎	国立研究開発法人 理化学研究所 理事	
八木 康史	大阪大学 理事・副学長	
矢野 和男	(株)日立製作所 研究開発グループ 技師長	
山川 宏	(株)ドワンゴ 人工知能研究所 所長	
山川 義徳	国立研究開発法人 科学技術振興機構 革新的研究開発プログラ(ImPACT) プログラム・マネージャー	
山崎 匡	電気通信大学大学院 情報理工学研究科 助教	
オブザーバー	榎本 剛	文部科学省 研究振興局 参事官(情報担当)
〃	岡田 武	経済産業省 産業技術環境局 研究開発課長

5. 標準化戦略マップ検討アドホックグループ 構成員名簿

(敬称略)

氏 名		主 要 現 職
	阿久津 明人	日本電信電話株式会社 サービスエボリューション研究所 主席研究員
	岩井 孝法	日本電気株式会社 システムプラットフォーム研究所 マネージャー
	大隅 慶明	パナソニック株式会社 全社CTO室 技術渉外部 標準化推進課長
	原井 洋明	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワークシステム研究所 ネットワーク基盤研究室長
	平林 立彦	株式会社KDDI総研 主席研究員
	松倉 隆一	株式会社富士通研究所 ネットワークシステム研究所 フロントネットワーク運用管理プロジェクト 主管研究員
	山崎 徳和	KDDI株式会社 技術開発本部 標準化推進室 標準戦略グループ マネージャー
	山本 真	日本放送協会 放送技術研究所 研究主幹
アドバイザー	佐藤 拓朗	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報通信学科/情報理工・ 情報通信専攻 教授
"	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 セキュリティ・ネットワーク領域長/高信頼組込みシステム教育研究センター長
"	中尾 彰宏	東京大学大学院 情報学環 教授
"	中村 修	慶應義塾大学 環境情報学部 教授

6. 開催経緯

平成26年12月18日 第33回総会にて諮問

平成27年 1月21日 第106回情報通信技術分科会にて技術戦略委員会を設置

■技術戦略委員会

平成27年12月16日 第7回

- (1) IoT・AI等の先端技術分野における検討について
- (2) IoT時代における標準化戦略

平成28年2月16日 第8回

- (1) WGにおける検討事項等について
- (2) 人材育成、国際標準化の推進方策について

平成28年3月18日 第9回

- (1) IoT時代に日本の情報通信産業をどう方向付けるのか
- (2) 自動車産業のデジタル化、WoT/IoT技術への取組

平成28年4月19日 第10回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション等
- (2) WGにおける検討事項等について
- (3) これまでの議論のとりまとめ

平成28年4月26日 第117回情報通信技術分科会にて検討状況の報告

平成28年6月13日 第11回

- (1) 第2次中間報告書（案）について

平成28年6月27日・6月28日（第12回）（メール審議）

- (1) 第2次中間報告書（案）について

平成28年6月30日 第119回情報通信技術分科会にて第2次中間報告書（案）の報告

■技術戦略委員会 先端技術WG

平成28年1月29日 第1回

- (1) 先端技術WGの設置及び検討項目について
- (2) 構成員等からのプレゼンテーション
- (3) 意見交換

平成28年2月23日 第2回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション
- (2) 意見交換

平成28年3月8日 第3回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション
- (2) 意見交換

平成28年4月7日 第4回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション
- (2) 先端WGの検討状況について
- (3) 意見交換

平成28年4月22日 第5回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション
- (2) 意見交換

平成28年5月27日 第6回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション
- (2) 先端技術WG報告書(案)

■技術戦略委員会 AI・脳研究WG

平成28年1月29日 第1回

- (1) AI・脳研究WGの設置及び進め方について
- (2) 構成員等からのプレゼンテーション
- (3) 総務省におけるAI・脳研究に関する取組について
- (4) AI・脳研究WGの検討について
- (5) 意見交換

平成28年2月17日 第2回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション(AIの利活用と課題、脳科学の現状と課題等)
- (2) 意見交換

平成28年2月26日 第3回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション(AIの利活用と課題、脳科学の現状と課題等)
- (2) 意見交換

平成28年3月24日 第4回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション(人材育成、社会実装への手順等)
- (2) 意見交換及び論点整理

平成28年4月15日 第5回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション(脳の最先端科学)
- (2) 意見交換及び論点整理

平成28年5月18日 第6回

- (1) 構成員等からのプレゼンテーション(脳の最先端科学、AIの社会実装、AIが社会にもたらす影響)
- (2) AI・脳研究WG報告書(素案)について
- (3) 意見交換

平成28年5月30日 第7回

- (1) AI・脳研究WG報告書(案)について
- (2) 意見交換

■標準化戦略マップ検討アドホックグループ

平成28年1月21日 第1回

- (1) IoT時代における標準化戦略マップの検討について
- (2) 意見交換

平成28年4月8日 第2回

- (1) IoT時代における標準化戦略マップの検討について
- (2) 意見交換