

AIネットワーク化検討会議及び分科会構成員一覧

A I ネットワーク化検討会議構成員

座長	須藤 修	東京大学大学院情報学環教授
顧問	村井 純	慶應義塾大学環境情報学部長
座長代理	平野 晋	中央大学大学院総合政策研究科委員長
	赤坂 亮太	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科リサーチャー
	石井 夏生利	筑波大学図書館情報メディア系准教授
	板倉 陽一郎	弁護士
	井上 智洋	駒澤大学経済学部専任講師
	江間 有沙	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構特任講師
	大屋 雄裕	慶應義塾大学法学部教授
	鹿島 久嗣	京都大学大学院情報学研究科教授
	河井 大介	東京大学大学院情報学環助教
	河島 茂生	青山学院女子短期大学現代教養学科准教授
	久木田 水生	名古屋大学大学院情報科学研究科准教授
	クロサカ タツヤ	総務省情報通信政策研究所コンサルティング・フェロー
	越塚 登	東京大学大学院情報学環教授
	佐々木 勉	総務省情報通信政策研究所特別上級研究員
	佐藤 英司	福島大学経済経営学類准教授
	穴戸 常寿	東京大学大学院法学政治学研究科教授
	実積 寿也	九州大学大学院経済学研究院教授
	新保 史生	慶應義塾大学総合政策学部教授
	田中 絵麻	一般財団法人マルチメディア振興センター情報通信研究部主席研究員
	田中 浩也	慶應義塾大学環境情報学部教授
	高橋 恒一	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 生化学シミュレーション研究チームチームリーダー
	中西 崇文	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター准教授
	橋本 カ	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 情報分析研究室研究マネージャー（平成 28 年 3 月 31 日まで）
	林 秀弥	名古屋大学大学院法学研究科教授
	林 雅之	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター客員研究員
	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
	深町 晋也	立教大学大学院法務研究科教授
	福井 健策	弁護士
	松尾 豊	東京大学大学院工学系研究科准教授
	山本 勲	慶應義塾大学商学部教授
	山本 龍彦	慶應義塾大学法科大学院教授
	湯浅 壘道	情報セキュリティ大学院大学教授
	若田部 昌澄	早稲田大学政治経済学術院教授
	渡辺 智暁	慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科特任准教授

（注）敬称略。座長、顧問、座長代理を除き、五十音順。（平成 28 年 4 月 15 日時点）

AIネットワーク化検討会議

経済分科会構成員

分科会長	林 秀弥	名古屋大学大学院法学研究科教授
分科会長代理	井上 智洋	駒澤大学経済学部専任講師
	板倉 陽一郎	弁護士
	クロサカ タツヤ	総務省情報通信政策研究所コンサルティング・フェロー
	越塚 登	東京大学大学院情報学環教授
	佐藤 英司	福島大学経済経営学類准教授
	実積 寿也	九州大学大学院経済学研究院教授
	高橋 恒一	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 生化学シミュレーション研究チームチームリーダー
	田中 絵麻	一般財団法人マルチメディア振興センター情報通信研究部 主席研究員
	田中 浩也	慶應義塾大学環境情報学部教授
	中西 崇文	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター准教授
	林 雅之	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター客員研究員
	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
	福井 健策	弁護士
	松尾 豊	東京大学大学院工学系研究科准教授
	山本 勲	慶應義塾大学商学部教授
	若田部 昌澄	慶應義塾大学商学部教授
	渡辺 智暁	慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科特任准教授

(注) 敬称略。分科会長及び分科会長代理を除き、五十音順。(平成28年4月15日時点)

A I ネットワーク化検討会議

社会・人間分科会構成員

分科会長	渡辺 智暁	慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科特任准教授
分科会長代理	河島 茂生	聖学院大学政治経済学部准教授
	赤坂 亮太	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科リサーチャー
	江間 有沙	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構特任講師
	大屋 雄裕	慶應義塾大学法学部教授
	鹿島 久嗣	京都大学大学院情報学研究科教授
	河井 大介	東京大学大学院情報学環助教
	久木田 水生	名古屋大学大学院情報科学研究科准教授
	クロサカ タツヤ	総務省情報通信政策研究所コンサルティング・フェロー
	実積 寿也	九州大学大学院経済学研究院教授
	田中 浩也	慶應義塾大学環境情報学部教授
	中西 崇文	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター准教授
	橋本 力	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 情報分析研究室研究マネージャー（平成28年3月31日まで）
	林 雅之	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター客員研究員

(注) 敬称略。分科会長及び分科会長代理を除き、五十音順。(平成28年4月15日時点)

AIネットワーク化検討会議

法・リスク分科会構成員

分科会長	宍戸 常寿	東京大学大学院法学政治学研究科教授
分科会長代理	平野 晋	中央大学大学院総合政策研究科委員長
	赤坂 亮太	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科リサーチャー
	石井 夏生利	筑波大学図書館情報メディア系准教授
	板倉 陽一郎	弁護士
	江間 有沙	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構特任講師
	大屋 雄裕	慶應義塾大学法学部教授
	河島 茂生	青山学院女子短期大学現代教養学科准教授
	久木田 水生	名古屋大学大学院情報科学研究科准教授
	クロサカ タツヤ	総務省情報通信政策研究所コンサルティング・フェロー
	越塚 登	東京大学大学院情報学環教授
	新保 史生	慶應義塾大学総合政策学部教授
	高橋 恒一	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 生化学シミュレーション研究チームチームリーダー
	中西 崇文	国際大学グローバル・コミュニケーション・センター准教授
	林 秀弥	名古屋大学大学院法学研究科教授
	深町 晋也	立教大学大学院法務研究科教授
	福井 健策	弁護士
	山本 龍彦	慶應義塾大学法科大学院教授
	湯浅 壘道	情報セキュリティ大学院大学教授

(注) 敬称略。分科会長及び分科会長代理を除き、五十音順。(平成28年4月15日時点)

AI ネットワーク化検討会議事務局

福田 雅樹	総務省情報通信政策研究所調査研究部長
成原 慧	総務省情報通信政策研究所調査研究部主任研究官
吉田 智彦	総務省情報通信政策研究所調査研究部主任研究官
渡邊 資生	総務省情報通信政策研究所調査研究部研究官

開催経緯

【検討会議】

第1回(平成28年2月2日)

○構成員からの御発表

- 松尾構成員「人工知能の未来 —ディープラーニングの先にあるもの—」
- 若田部構成員「経済学者は人工知能の夢を見るか：第2次機械時代の経済社会構想」
- 林（秀）構成員「情報通信政策・競争政策の視点から」
- 大屋構成員「自律と責任における顕教と密教」

第2回(平成28年3月17日)

○中間的な整理の方向性について議論

第3回(平成28年4月12日)

○中間報告書案について議論

【経済分科会】

第1回(平成28年2月9日)

○構成員からの御発表

- 高橋構成員「AIのオープンプラットフォーム戦略」
- 佐藤構成員「ICTインテリジェント化に伴う競争政策上の論点—経済学的視点から—」
- クロサカ構成員「進展過程に応じたエコシステムの検討」

第2回(平成28年2月18日)

○構成員からの御発表

- 実積構成員「ICTインテリジェント産業をめぐる経済学的論点—電気通信産業とのアナロジーは成立するのか?—」
- クロサカ構成員「進展過程に応じたエコシステムの検討」
- 田中（絵）構成員「米欧におけるICTインテリジェント化関連政策・市場動向—AIのサービス化とICTエコシステムの進化の視点から—」

第3回(平成28年3月10日)

○中間的な整理の方向性について議論

【社会・人間分科会】

第1回(平成28年2月10日)

○構成員からの御発表

- 田中（浩）構成員「空間を越える”自律・分散・協調”ものづくり ICTインフラの可能性～地域社会、日本社会、国際社会、それぞれへの影響～」
- 河井構成員「インテリジェントICTと人 ～社会心理学の視点から～」

第2回(平成28年2月22日)

○構成員からの御発表

- 鹿島構成員「ヒューマン・コンピューテーションとその社会・人間への影響」
- 久木田構成員「ICTインテリジェント化の人間と社会に対する影響」

第3回(平成28年3月8日)

○構成員からの御発表

- クロサカ構成員「進展過程に応じたエコシステムの検討」

○中間的な整理の方向性について議論

【法・リスク分科会】

第1回(平成28年2月5日)

○構成員からの御発表

- 深町構成員「インテリジェントICTと刑法上の諸問題」
- 板倉構成員「欧州一般データ保護規則提案における“the Right to Data Portability”のインテリジェントICTへの適用」

第2回(平成28年2月23日)

○構成員からの御発表

- 山本(龍)構成員「予測的アルゴリズムの憲法問題—その対処法の予備的検討とともに—」
- 湯浅構成員「論点 消費者保護・青少年保護を中心に」

第3回(平成28年3月9日)

○構成員等からの御発表

- (ゲストスピーカー)千葉大学法政経学部横田准教授「ICTインテリジェント化に伴う影響に関する論点～行政法・環境法の知見をヒントとして」
- クロサカ構成員「進展過程に応じたエコシステムの検討」

○中間的な整理の方向性について議論

A I ネットワークシステムの構成要素の高度化に関する動向と展望

1. 情報通信ネットワークシステムの高度化に関する動向と展望

(1) 情報通信インフラ

ア 光通信及び無線移動通信

A I が生成し、又は処理する情報の流通の基盤となる情報通信インフラとしては、光通信と無線移動通信が挙げられるが、2020年代にかけて、今後更なる進展が見込まれている。

図表 1 2020年代にかけての光通信・無線移動通信の進展

現在	2020年代
<p>光通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チャンネルあたり伝送速度 10Gbps, 40Gbps, 100Gbps ・フレーム処理方式固定、処理速度伝送速度に同じ ・スイッチング ~100Gbps ・性能固定（データ処理速度、通信帯域等のサービス需要に合せた変更には、ハードの変更を伴う） 	<p>光通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チャンネル毎伝送速度 10Gbps~1Tbps 伝送 ・フレーム処理方式任意、処理速度 10 Gbps~1Tbps ・スイッチング 1Pbps 級 ・性能可変（データ処理速度、通信帯域等のサービス需要に合せた変更を、システムの設定で迅速に）
<p>無線移動通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ体感速度10Mbps ・無線網内通信 10ミリ秒 ・デバイス収容 10億 ・MVNOの台頭 	<p>無線移動通信</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ体感速度 100Mbps超 ・無線網内通信 1ミリ秒 ・デバイス収容 1000億以上 ・異なる特長をもつネット構築（低遅延に特化、通信速度に特化、データ加工に特化等サービス要求にあわせた網構成ができる）

原井構成員「インテリジェントICTが生成し、又は処理する情報の受発信の基盤となる情報通信ネットワークの高度化の展望」（事前提供資料）に基づき作成

イ SDN・NFV

柔軟かつ動的なネットワークの構築・運用に資する技術として、SDN及びNFVが期待されている。

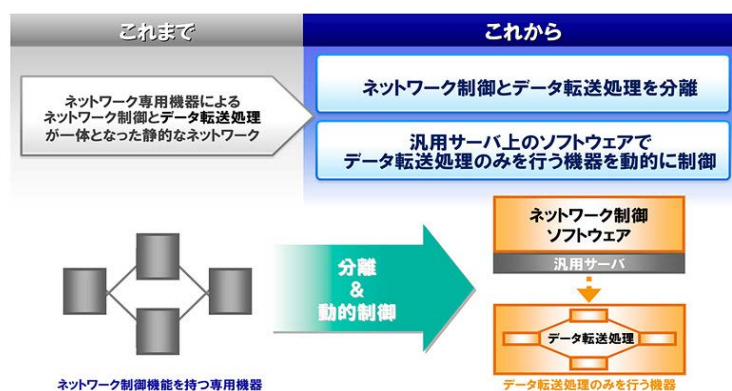
SDN (Software-Defined Networking) とは、ネットワークの構成や設定をソフトウェアで動的に制御すること及びそのアーキテクチャをいう。

現在のネットワークの仕組みでは、目的地にデータを届ける際に、複雑に張り巡らされたネットワークの中をどういう経路やルールで送るのかを個々のネットワー

ク機器が個別に判断して、バケツリレー式にデータの受け渡しを行っている。そのため、データの混雑状況や、ネットワークの増強やメンテナンスの状況に時々刻々と応じて最適なルートに柔軟に変更することが困難であった。また、ネットワークの構築や変更では、大量の機器を個別に設定することが必要となり、大きな負担となっていた。

そこで、従来、個々のネットワーク機器が 1 台ずつ行ってきたネットワーク制御とデータ転送処理を分離し、汎用サーバ上のソフトウェアによりデータ転送処理のみを行う機器を動的に制御するようにすることにより、通信を柔軟に効率よく、安全に行えるようにすることを目指して考えられたのがSDNである。

図表2 SDNのコンセプト

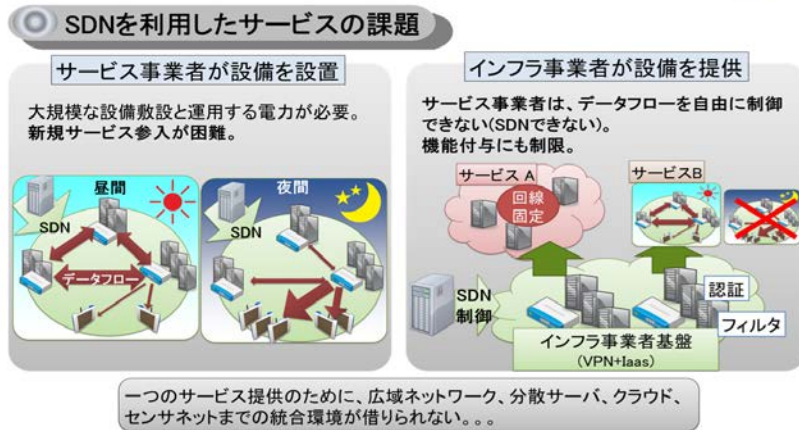


(出所) NEC のHP (http://jpn.nec.com/sdn/about_sdn.html) に基づき作成

現在は、SDNを導入しようとしても、設備の設置主体がサービス事業者の場合には大規模な設備敷設及び運用における電力の調達が難しいこと、インフラ事業者の場合はSDNのメリットをサービス事業者が十分に享受できないことが課題となっている。2020年には、IoT デバイス、エッジ、クラウド、ネットを結合したサービス環境が一つのネットワークで複数走るマルチテナントSDNが実現すると考えられている。

図表3 SDNを利用したサービスの課題

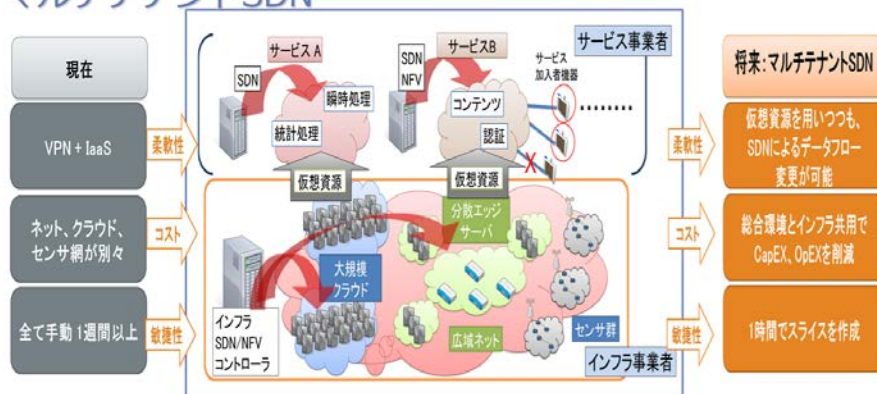
2015年の情報通信ネットワーク



原井構成員「インテリジェントICTが生成し、又は処理する情報の受発信の基盤となる情報通信ネットワークの高度化の展望」(事前提供資料)

図表4 マルチテナントSDNの実現

シース技術：2020年の情報通信ネットワーク：
IoTデバイス×エッジ×クラウド×ネットが結合したサービス環境が一つのネットワークで複数走る
マルチテナントSDN



2020年には記述も含め自動的にサービスネットワークを構築、複数サービス間の資源自動融通の基礎技術が実現 ⇒ サービス多様化、生産年齢人口減少に対応

原井構成員「インテリジェントICTが生成し、又は処理する情報の受発信の基盤となる情報通信ネットワークの高度化の展望」(事前提供資料)に基づき作成

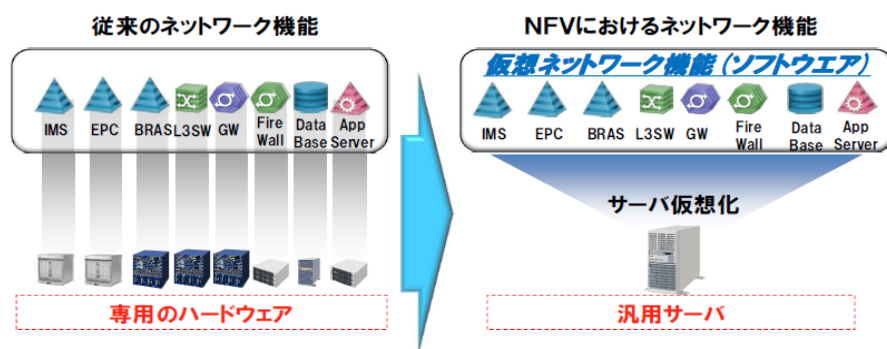
NFV (Network Functions Virtualization) とは、仮想化技術によりネットワーク機能を汎用サーバ上で実現することをいう。

現在のネットワーク機能の多くは、専用のハードウェアという形で提供されている。NFVでは、専用のハードウェアを用いることなく、汎用サーバによりネットワーク機能を実現することができる。

図表5 NFVのコンセプト

NFVのコンセプト

これまで専用装置にて実現されてきたネットワーク機能を汎用サーバ上で実現する



※IMS,EPC:モバイルネットワークで用いられるネットワーク機能
BRAS:固定系アクセスネットワークで用いられるネットワーク機能

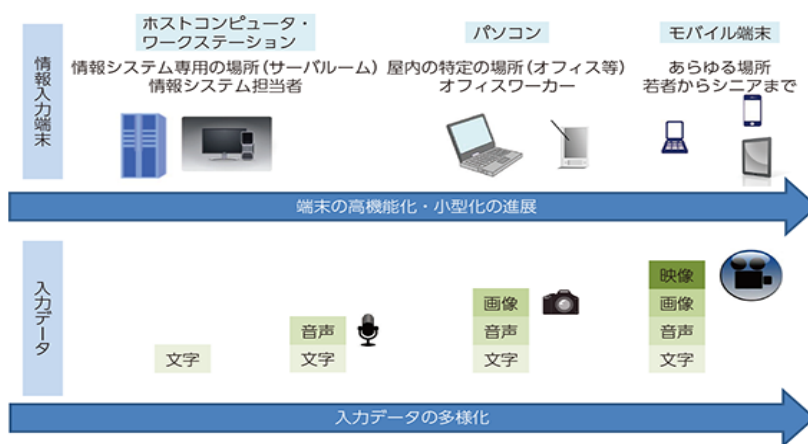
(出所) NEC 「ネットワーク機能仮想化(NFV)概要」(OKINAWA Open Days 2014 公表資料)

(2) 情報通信デバイス

ア 端末

端末の分野においては、メインフレーム時代のホストコンピュータからワークステーション、パソコン、携帯電話・PDA、スマートフォン・タブレット等へと高機能化・小型化が進展してきている。その過程で、端末に入力できるデータも、文字情報に加えて、マイクによる音声情報、カメラ機能による画像情報、ビデオ機能による映像情報等へと多様化が進展してきている。

図表6 端末の発展

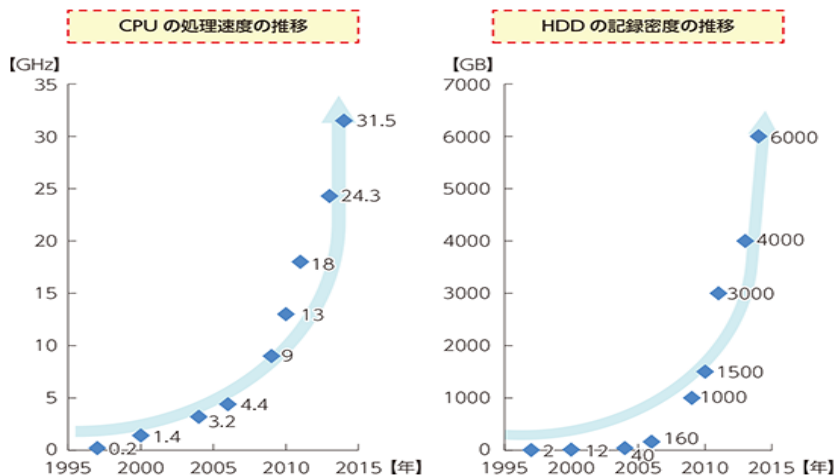


(出所) 総務省編「平成 27 年情報通信白書」

イ CPU及びストレージ

CPU（中央演算処理装置）の計算能力が指数関数的に向上することと軌を一にして、データを蓄積するストレージの大容量化も進展してきている。

図表7 CPUの計算能力の向上とストレージの大容量化

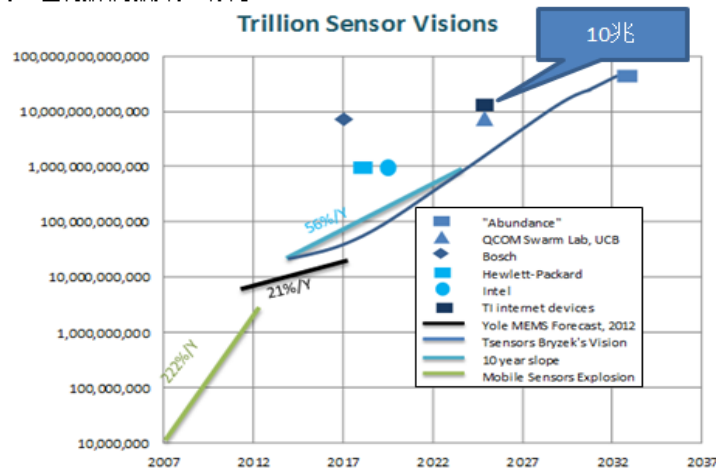


(出所) 総務省編「平成 27 年情報通信白書」

ウ センサー

データの収集を可能とするセンサーの普及が急速に進んでおり、2020年代には出荷は10兆個を越すようになるとの予測も見られる。

図表8 センサーの出荷予測



(出所) 総務省編「平成26年情報通信白書」

センサーは、その機能の高度化も進んでおり、産業（社会インフラ）向けの製品・取組に加え、個人向けでも多種多様な製品・取組が見られるようになってきている。

図表9 産業（社会インフラ）向け製品・取組の事例

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

(出所) 総務省編「平成27年情報通信白書」

図表1 個人向け製品・取組の事例

種別	企業名(製品名)	概要	写真
コンタクトレンズ	Google	糖尿病患者向けの涙に含まれるグルコースの値を測定するスマートコンタクトレンズを開発。糖尿病患者は血糖値管理のため、血液検査を日常的に行う必要があるが、涙は痛みを伴うことなく採取できるため、患者の負担を減らすことができる。レンズには超小型ワイヤレスセンサー、極細のアンテナが内蔵されており、これらが血糖値を測定し、データの送信を行う。利用者の血糖値が危険な状態になった場合、センサーが検知し、LEDライトが光るシステムの導入も検討している。また、検出されたユーザーデータは、専用アプリを通じて、デバイスに送られ、本人だけでなく、家族や担当医師がデータ共有できるような仕組みづくりも期待される。	
歯ブラシ	Kolibree	IoTと電動歯ブラシを組み合わせ、ゲーミフィケーションの要素を加えることで歯磨きの習慣を身につけ、自身の歯磨きの記録を確認できる製品を開発。歯ブラシの動きに対応したゲームを用いてユーザーに正しい歯磨きを紹介する専用アプリと連動している。最先端のセンサーを用いていかなる動きも感知することができ、利用者は毎日きちんと磨けているかどうかのフィードバックを受ける。今後はブラッシングデータとその他のデータを組み合わせることで、さらに付加価値の高いサービスを提供する予定である。	
スーツケース	Bluesmart	スマホとスーツケースをBluetooth経由で連携してセキュリティ対策の強化を図っている。具体的には、遠隔でのロック機能が可能になったり、利用者からの距離が離れるとアラートしたりする。また、GPSと連携して位置情報のトラッキングや空港の規定にあわせるためにスーツケース自体の重量をその場で量ることが可能である。	
バスケットボール	InfoMotion (94Fifty)	ボール内部に9つの重力センサーやバッテリー、Bluetoothを内蔵しており、27メートル以内の距離であればデバイスと通信できる。専用アプリと連携することで、シュート時のボールの速度や角度、回転数、ボールの軌道を瞬時に可視化することや、データを収集、分析することにより、効率の良いトレーニングを行うことが可能になる。	
電球	Philips (hue)	照明コントロール用の国際規格「ZigBee Light Link」を採用している。専用アプリをインストールしたスマートフォンやタブレット端末から、Wi-Fiネットワークを通じてランプと連携し、ランプの明るさや色を160万通り以上から選択することができる。インターネットに繋がることによって、外出先から照明のコントロールが可能になり、家を留守にするときでも、夜になったら照明を付け、中に人がいるように見せるなど、家のセキュリティを向上することができる。	
火災報知機	roost	火災報知器用の無線LAN対応9V電池を開発。既に家庭内に設置されている煙探知型の火災報知器の電池をROOSTにつけかえるだけで、スマートフォン等に煙発生の通知を送ることができる。これにより、離れた場所でも火災の発生を瞬時に知ることができる。	

(出所) 総務省編「平成27年情報通信白書」

エ スマートマシン

スマートマシンとは、人工知能を実装したロボット、ドローン、自動走行車など、自己学習機能を備え、自律的に行動する電子機械のことである。スマートマシンは、これまで人間しかできないと考えられていた作業を実行する可能性を有しており、社会における利便性の向上や新しい産業の創出等様々なメリットをもたらすことが期待されている。

オ ウェアラブル端末

ウェアラブル端末とは、人の腕、頭部等身体に装着して利用するICT端末をいう。昨今様々な端末メーカーから発売されており、注目を集めている。様々な形態のデバイスが発売されているが、代表的な種類に、頭に装着するメガネ型、腕に時計する時計型、リストバンド型がある。

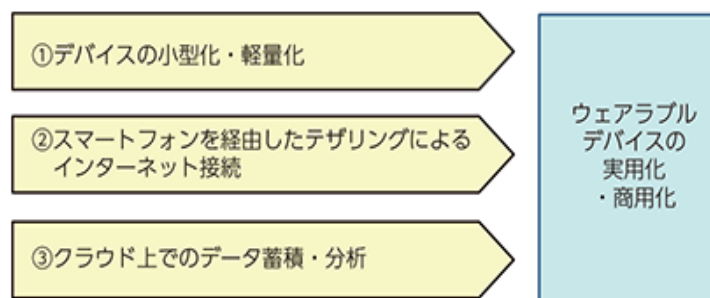
図表2 ウェアラブル端末の主な種類

メガネ型デバイス	時計型デバイス	リストバンド型デバイス
Google Glass	Apple Watch	UP3 by Jawbone
メーカー: Google 発売日: 未定*1 OS: Android	メーカー: Apple 発売日: 2015年4月 OS: Watch OS	メーカー: Jawbone 発売日: 2015年4月
		
出所: Google	出所: Apple	出所: Jawbone

(出所) 総務省編「平成27年情報通信白書」

ウェアラブル端末の実用化が近年急激に進んだ背景としては、次の三点が挙げられる。第一に、端末の高度化・小型化の進展により、身に着けても違和感が少ない程度にまで小型化・軽量化したデバイスが実用化したことである。第二に、スマートフォンの普及が進み、スマートフォンを経由したテザリングが利用できるようになったことにより、デバイスのインターネットへの接続が簡単になったことである。第三に、クラウド上でのデータ蓄積・分析が可能となったことである。

図表3 ウェアラブル端末の実用化・商用化の背景



(出所) 総務省編「平成 27 年情報通信白書」

ウェアラブル端末の用途としては、ヘルスケア分野に注目が集まっており、バイタルデータや活動量などをモニタリングすることで健康管理につながるサービス等が見られるようになってきている。また、工場や都市インフラにおける設備の運用・保守や、医療における診療支援等、各産業で利用が進みつつある。

図表4 ウェアラブル端末の主な用途

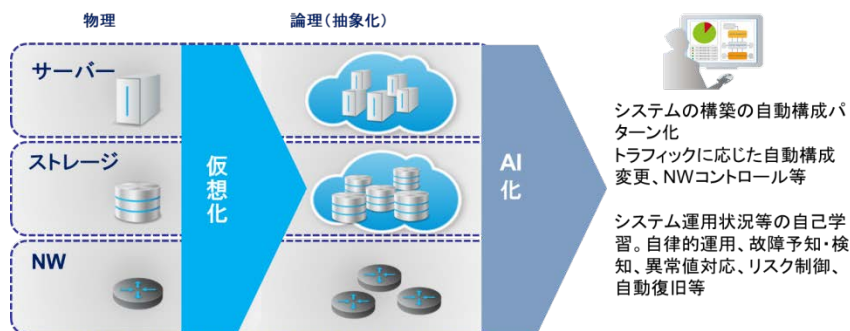
分野		用途
民生系	健康	バイタルデータ、活動量等のモニタリングによる健康管理
	スポーツ	選手のコンディション管理
		フォームの可視化（ゴルフ、テニス）
		ゴルフのスコア管理
	防犯	子供の見守り
	移動・交通	ナビゲーション
	観光	観光客への情報提供
		博物館・美術館等での見学者への情報提供
	コミュニケーション	情報通知（メール・メッセージ受信）
エンタテインメント	ゲーム	
	映像鑑賞	
ペット	ペットの位置把握、健康モニタリング	
業務系	製造業、都市インフラ	設備運用・保守
	航空サービス	航空機保守・点検
		客室乗務員の接客支援
		空港業務の情報支援
	医療	診療支援、手術支援
	物流・製造業等	ピッキング、搬入作業支援
	交通・物流等	安全運転支援（眠気警告）
	不動産	住宅物件の疑似体験
マーケティング	視線トラッキングによる商品配置	

(出所) 総務省編「平成 27 年情報通信白書」

(3) 情報通信ネットワークシステムの制御におけるA I の利活用

今後の情報通信ネットワークシステムについては、仮想化されたサーバー・ストレージ・データセンター・ネットワークをソフトウェアで統合的に制御する形に向かうと考えられる。情報通信ネットワークシステムを制御するソフトウェアにおけるA I の実装を進めることにより、情報通信ネットワークシステム全体の自律的な制御が可能となる（AI Defined Infrastructure）。これにより、ネットワーク、データセンター、クラウド等の運用の自動化や、オペレーションセンターにおける業務の効率化が進むと考えられる。

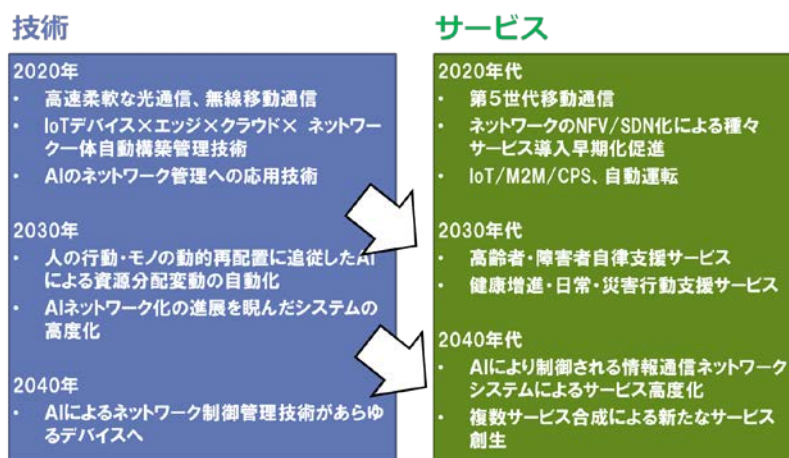
図表 5 情報通信分野の利活用モデル



(出所) 林 (雅) 構成員「ICTインテリジェント化影響評価検討会議発表資料」(事前提供資料)

情報通信ネットワークシステムの制御におけるA I の利活用の進展に伴い、技術やサービスの高度化も進展すると予測される。2040年代にはA Iによるネットワーク制御管理技術があらゆるデバイスへと広がっていき、A Iにより制御される情報通信ネットワークシステムによるサービスの高度化が進展するとともに、複数のサービスを合成することによる新たなサービスの創生も期待されている。

図表 6 2045年に向かう情報通信網の展望

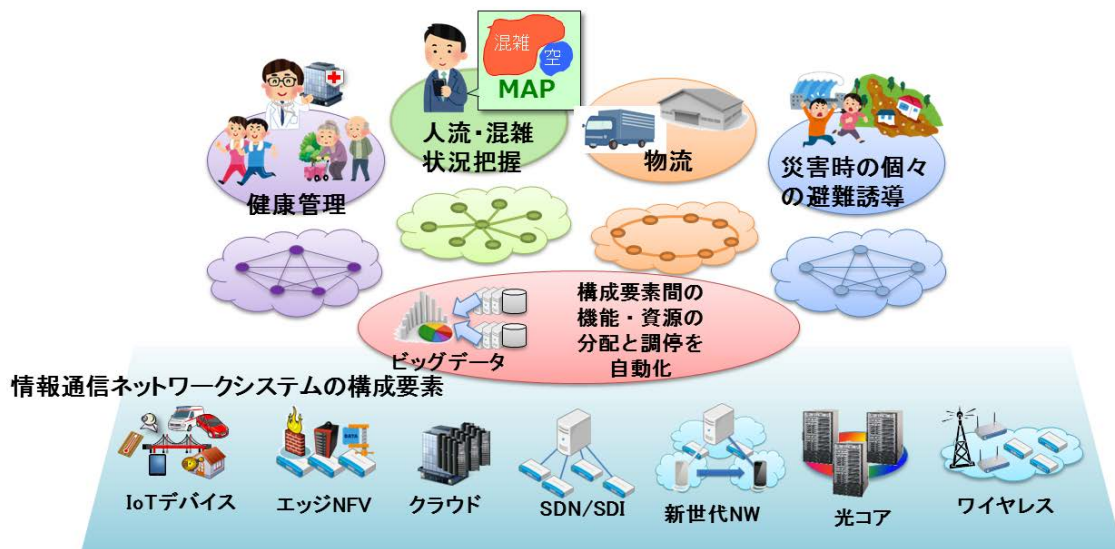


原井構成員「インテリジェントICTが生成し、又は処理する情報の受発信の基盤となる情報通信ネットワークの高度化の展望」(事前提供資料)に基づき作成

情報通信ネットワークシステムの制御におけるA I の利活用が進展することにより、IoT デバイスやクラウド等情報通信ネットワークシステムの構成要素間における機能・資源の分配と調停の効果的な自動化が実現すると考えられる。

図表7 情報通信ネットワークシステムにおけるA I の利活用による
資源分配と調停の効果的な自動化

情報通信ネットワークシステムにおけるA I の 利活用による資源分配と調停の効果的な自動化を実現



原井構成員「インテリジェントICTが生成し、又は処理する情報の受発信の基盤となる情報通信ネットワークの高度化の展望」(事前提供資料)に基づき作成

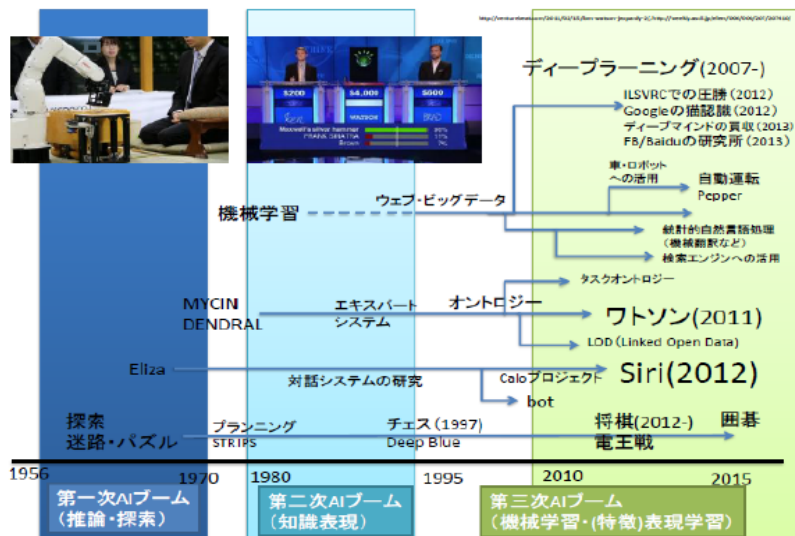
2. 人工知能の高度化に関する動向と展望

(1) 人工知能の高度化の系譜

人工知能の研究は、1950年代に始まり、第一次AIブーム（知識を所与とする推論・探索の時代（1950年代後半～1960年代））、第二次AIブーム（専門家が知識を記述する知識表現の時代（1980年代））を経て、第三次AIブーム（データから知識を獲得する機械学習の時代（2000年代～））に至っている。

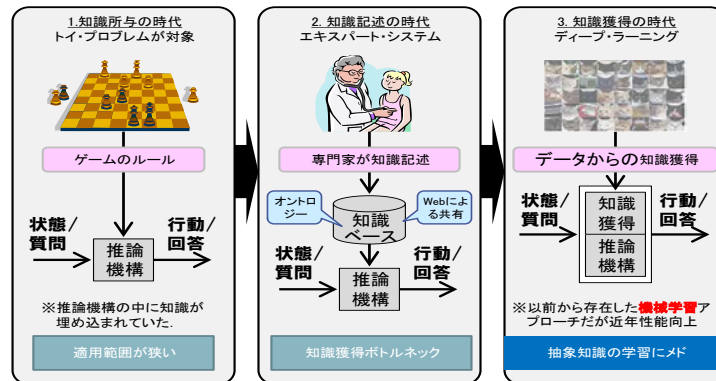
第三次AIブームは、2012年にAI分野のブレークスルーとも言えるディープラーニングの技術が開花し、画像認識等において認識に必要な特徴量を人が指示しなくともコンピュータが自ら特徴量を抽出することが可能となったことが大きく影響している。ディープラーニングの技術は、発展途上にあり、連鎖的なブレークスルーを引き起こす可能性が期待されている。

図表8 人工知能の研究開発の流れ



(出所) インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書2015」(平成27年)

図表9 知識からみた人工知能の歴史

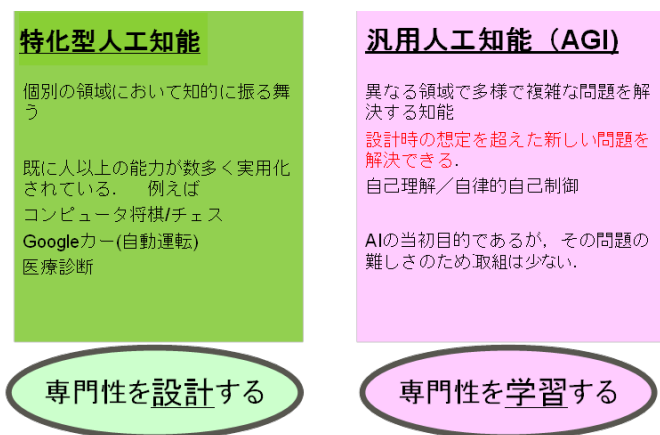


(出所) 高橋構成員「AIをプラットフォーム技術として捉えた場合の検討事項の整理とオープンAGI戦略」(事前提供資料)

人工知能を大別すると、特化型人工知能と汎用人工知能 (AGI: Artificial General Intelligence) とに分類できる。特化型人工知能は限定された問題領域において知的に振る舞うもので、汎用人工知能は異なる領域にわたる総合的な認知の仕組みを実現するものである。特化型人工知能は、将棋、チェス等のゲーム、クイズ等の質問回答システムなどにおいて人間を超える成果を示した事例が数多く見られるようになってきている。一方、汎用人工知能は、設計時の想定を超えた新しい問題を解決する可能性をも有するものであるが、その問題の難しさのため、取組はまだ少ない状況である。

なお、人工知能学会のウェブサイトにおいては、人工知能が全人類の知能を超えて様々な影響やリスクをもたらすとされるシンギュラリティは、特化型人工知能ではなく汎用人工知能によってもたらされるものであるとの考え方が示されている¹。

図表 10 特化型人工知能と汎用人工知能 (AGI)



高橋構成員「AIをプラットフォーム技術として捉えた場合の検討事項の整理とオープンAGI戦略」(事前提供資料)に基づき作成

現在の人工知能に関連した研究やビジネス展開の動向としては、脳の構造に学ぶものとしてコンピュータチップやアルゴリズムの開発、神経回路の処理に学ぶものとして機械学習やディープラーニングの開発、さらには、人の脳全部をソフトウェアで書こうという取組 (BriCA) も始まっている。

¹ http://www.ai-gakkai.or.jp/my-bookmark_vol129-no5/

図表 21 日米欧の人工知能に関連する政策動向

日本	
■ AIPプロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 理化学研究所とJSTによる、国内最大級の人工知能総合研究開発拠点「AIPセンター」を整備し、「新領域開拓者支援」を行うプロジェクト。平成28年度分では文科省により100億円の要求がなされている。
■ 人工知能研究センター	<ul style="list-style-type: none"> 産業技術総合研究所により2015年5月7日に設立。大学や企業の連携の中核、企業への技術移転等の役割を担う。
米国	
■ BRAIN Initiative	<ul style="list-style-type: none"> 2013年にオバマ大統領が発表。オバマ政権の一連の「グランドチャレンジ」の一つと位置付け。脳での大量の情報の記録・処理・貯蔵・利用・引出、および脳機能と行動の複雑な関係を解明するための研究プロジェクト。2014年～2025年で1億1000万ドルを投資。 アルツハイマー病、てんかん、心的外傷等の脳神経疾患を治療・治癒・予防する方法を発見することが究極の目的。
欧州	
■ Horizon2020	<ul style="list-style-type: none"> 2014-2020年を対象にしたフレームワークプログラム。2013年まで実施されていたFP7(第7次研究枠組み計画)の後継。 2016～2017年の予算は160億ユーロであるが、IoT関連公募に1億3,900万ユーロ、自動化された車両輸送に関連した公募に対し1億1,400万ユーロが配分された。
■ Human Brain Project	<ul style="list-style-type: none"> FP7のFuture and Emerging Technologies(EUFET)として2013年に始まった10カ年計画のプロジェクト。予算総額11.9億ユーロ。 24か国113機関が参加しており、カナダ、中国、イスラエル、日本、米国からも参加している。 脳科学、情報通信技術、医療を統合することを目的に、13のサブプロジェクトがある。

(出所) 各種公表資料に基づき作成

イ 企業の動向

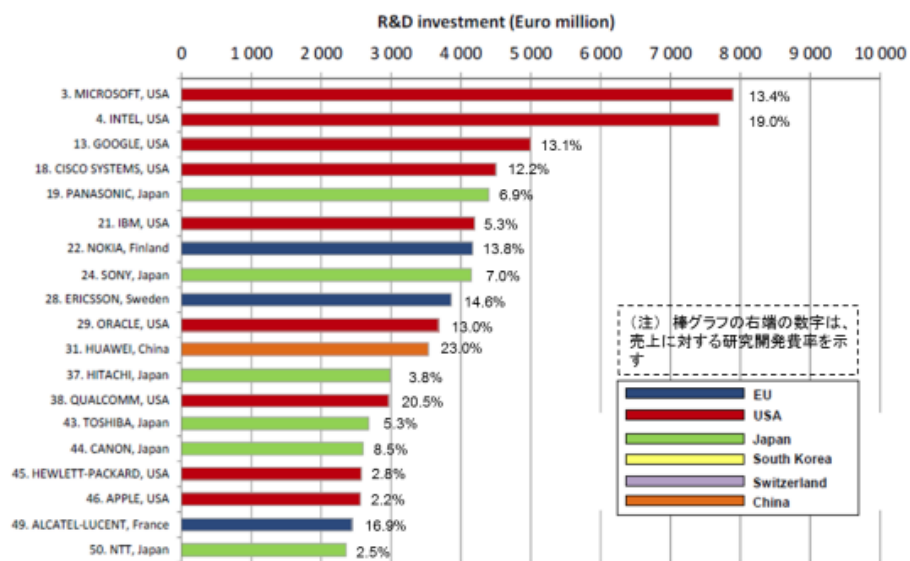
民間でも、人工知能を対象とした研究所の設立や、人工知能を応用した商品・サービスの提供が始まっている。情報通信分野の企業に加えて、自動車メーカーなど人工知能を活用したサービスの展開が見込まれる業種の企業にも広がってきている。

図表 22 企業の動向

企業名	概要
Google	<ul style="list-style-type: none"> 人工知能関連企業を複数買収。技術強化と人材確保に注力。 2014年には、テレビゲームの操作を自律的に学習するアルゴリズム Deep Q-Networkを開発したベンチャー企業DeepMindを買収。 2015年11月、Jeff Dean氏らが開発したディープニューラルネットワークライブラリTensorFlowをオープンソースで公開した。
Facebook	<ul style="list-style-type: none"> 2013年9月、シリコンバレーに人工知能研究組織“Facebook AI Research(FAIR)”を設立。2015年6月、新たにパリにも研究所を設立。 2015年12月、FAIRはニューラルネットワークの学習に特化したGPUベースのハードウェア“Big Sur”を開発し、設計図をオープンソース化することを明らかにした。
Microsoft	<ul style="list-style-type: none"> “Microsoft Research”(研究部門)で人工知能研究プロジェクト“Project Adam”に取り組んでいる。深層学習により、高度な物体認識の実現を目指している。
IBM	<ul style="list-style-type: none"> 人工知能“Watson”の商業化に向けた精度向上・高速化を目指した研究を進めている。 2016年1月には、アンダーアーマー(米スポーツ用品大手)、ワールブル(米家電大手)、ソフトバンクグループとの提携を発表し、収益化を目指したサービス展開を計画。
Baidu	<ul style="list-style-type: none"> 2014年5月、約300億円を投じてシリコンバレーに研究所“Baidu Research”を設立した。音声認識に強みを持つ。 2016年1月14日、深層学習の簡易化・高速化を目指したオープンソースの人工知能ソフトウェア“Warp-CTC”をリリース。
トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> 2015年12月、「トヨタ×Preferred Networks」として、AI技術を強みとするベンチャー企業PFNに対しモビリティ分野のAI技術の共同研究・開発を目指すことを目的に10億円出資することを発表。

(出所) 各種公表資料に基づき作成

図表 12 R&Dランキングトップ 50 に含まれる主要 I C T 関連企業



(出典: The 2013 EU Industrial R&D Investment Scoreboard European Commission, JRC/DG RTD をもとに作成)

(出所) 特許庁「平成 26 年度 特許出願技術動向調査報告書 人工知能技術」

(3) 特化型人工知能

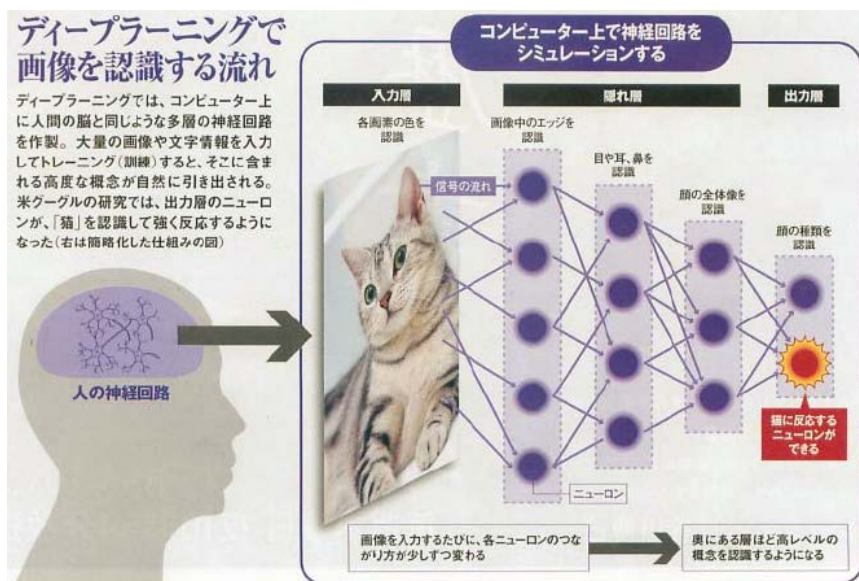
ア 認識系（入力系等）

特化型人工知能のうち、画像、映像、音声等の入力に対して知覚、対象の認識を行うものは、認識系と区分される。2012年にディープラーニングの技術によるブレークスルーが起きたことを端緒として、研究開発の急速な進展がみられるようになっている。Googleの「猫」を認識する研究の例のように、画像等のデータを大量にインプットすることにより、そこに含まれる高度な概念が自然に引き出されるようになり、画像認識では人間を超える精度での判断が可能となったともいわれている。

図表 24 認識系における近年の技術開発動向

認識系（入力系等）
<ul style="list-style-type: none"> ● <u>ディープラーニング技術（2012）</u> 国際的な画像認識コンペ ILSVRC において、ニューラルネットワークを多層化等により学習能力を高めたディープラーニングが認識性能でブレークスルー。 ● <u>Deep Speech（2014）</u> Baidu 社がノイズ環境下でも高性能な音声認識システム (Deep Speech) 等を開発。 ● <u>Deep Face（2014）</u> Facebook の Deep face が顔認識、スポーツ画像判別技術を実現。 ● <u>マルチモーダルな統合認識（2015～）</u> 視覚、聴覚など複数の感覚情報を組み合わせたマルチモーダルな統合認識による状況認識の技術が期待されている。

図表 25 ディープラーニングで画像を認識する流れ



（出所）松尾豊「人工知能の現在と未来」

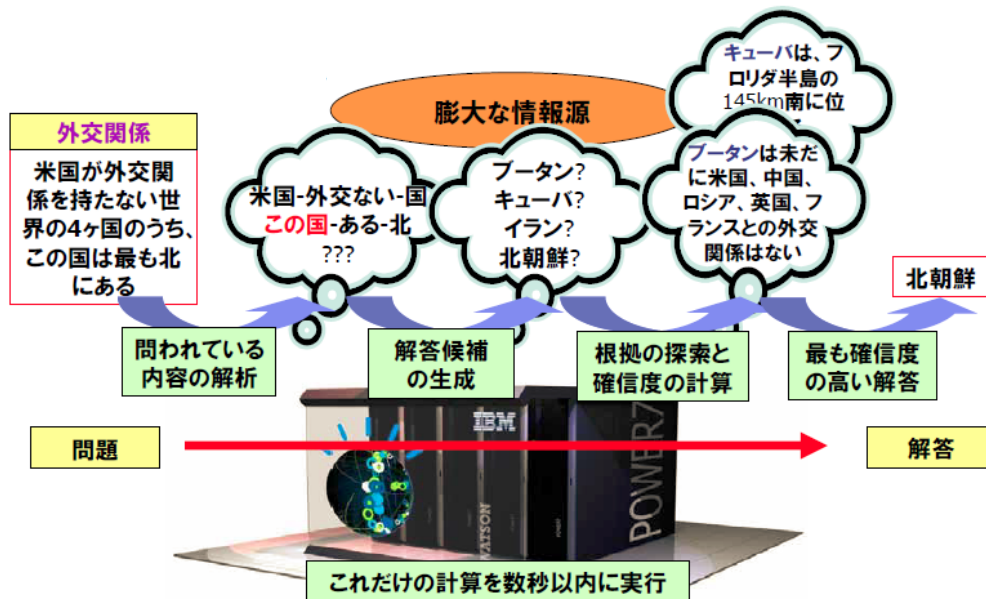
イ 行動系（推論、判断、制御等）

特化型人工知能のうち、推論、判断、制御等の出力につながる処理を行うものは、行動系と区分される。行動系の例としてIBMの質問応答システムであるWatsonが挙げられるが、これは膨大な情報源をもとに、質問に対し確信度の高い回答を数秒以内という短時間のうちに得ようとするものである。

図表 26 行動系における近年の技術開発動向

行動系（推論、判断、制御等）	
●	<p><u>自動運転</u></p> <p>レベル3自動運転では、加速・操舵・制動を全て自動的に実施。緊急時に、ドライバーは運転切り替えに対応が必要。</p>
●	<p><u>IBM Watson 質問応答システム</u></p> <p>行動学習、自然言語処理、専門知識による回答の正しさの説明、推論戦略を実現する認知システムである。医療診断支援、銀行窓口の対人支援への応用がある。</p>
●	<p><u>電脳将棋</u></p> <p>将棋電王戦においてプロ棋士にコンピュータが勝利するなど、プロ棋士レベルに到達した。</p>
●	<p><u>Google DeepMind DQN</u></p> <p>スペースインベーダーやブロック崩しなどのゲームをプレイしながら勝手にハイスコアを出せるように学習していくアルゴリズム Deep Q-Network により、プログラマーを凌駕。</p>

図表 27 IBM 質問応答システム Watson



(出所) 日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所

ウ 特化型人工知能のアルゴリズム系の公開に関する動向

近年、特化型人工知能のアルゴリズム系の公開が次々に行われている。例えば、Google が 2015 年 11 月にオープンソース化したテンソルフロー (TensorFlow) は、汎用のプログラミング言語を使用し、デスクトップやモバイルなどでも利用が可能となっている。

図表 28 特化型人工知能のアルゴリズム系の公開に関する動向

主体	公開対象	概要	公開時期
IBM	WatsonのApplication Program Interface	IBM の Watson の Application Program Interface (API)を、クラウドを通じてデベロッパーやコミュニティーに有料で公開	2014年11月
Amazon	Amazon Machine Learning	クラウド(Amazon AWS)上で機械学習モデルを構築し、実行するためのツールで、有料で公開	2015年4月
Preferred Networks	Chainer	一般によく使われているプログラミング言語「Python」を使用、グラフィックス処理用のプロセッサ(GPU)を使った処理にも対応し、無料で公開	2015年6月
Google	TensorFlow	2011年に開発したディープラーニングのシステム基盤であるディストビリーフ (DistBelief)の動作環境の汎用性等を高め、無料で公開	2015年11月
Microsoft	Distributed Machine Learning Toolkit	分散型システムで機械学習システムの構築を簡易に行えるもので、無料で公開	2015年11月

(4) 汎用人工知能 (AGI)

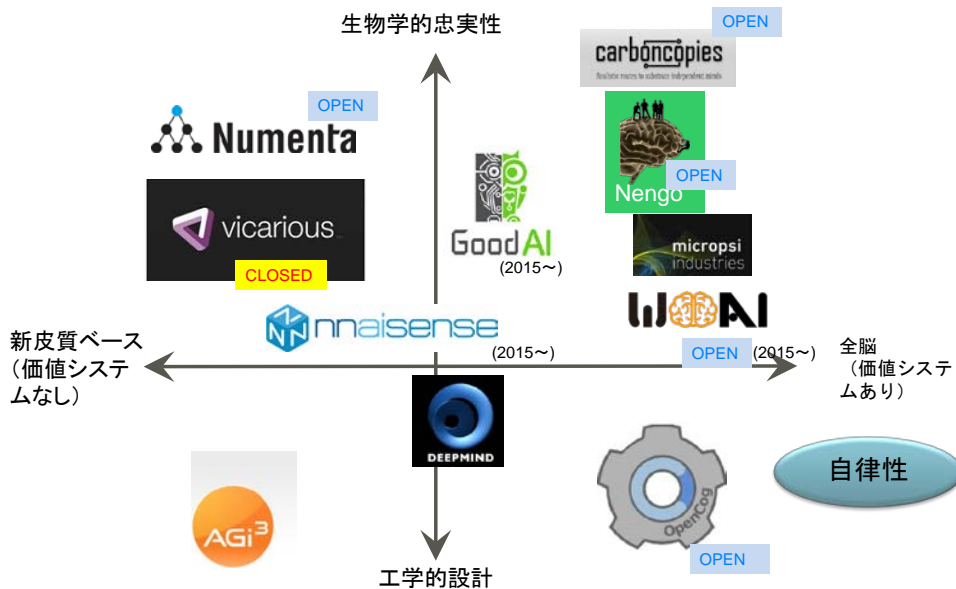
ア 汎用人工知能 (AGI)の開発に向けた取組

汎用人工知能は、ディープラーニング技術の進展等を契機として、今後のイノベーションが期待される領域になっており、2005 年以降国内外で様々な取組が見られるようになってきている。

図表 29 汎用人工知能の開発に向けた取組

汎用人工知能 (AGI)の開発に向けた取組
<ul style="list-style-type: none"> ● <u>生物学に基づく認知アーキテクチャBICAs(Biologically Inspired Cognitive Architectures) (2005年～)</u> 次世代の認知アーキテクチャを実現するためのDARPAの研究プロジェクト ● <u>IBM/DARPA SyNAPSEチップ(2008年～)</u> IBMが研究開発する人間の脳の神経細胞をモデルにして動作するニューロンとシナプスから構成される全く異なるチップ ● <u>EUヒューマン・ブレイン・プロジェクト(2013-2022年)</u> 脳を解明するプロジェクトで、スパコンで脳の原理をシミュレーションするものが含まれる。90研究機関が参加し、12億ユーロを投じる。 ● <u>(日本)全脳アーキテクチャ・プロジェクト(2013年～)</u> 脳全体の機能・構造を解明に学び、人間のような汎用人工知能を創ることを目指すプロジェクト ● <u>米国BRAINIニシアチブ(2014年～)</u> 脳の活動を記録し、脳の機能の解明、マッピングを目指すプロジェクト ● <u>QualcommニューロモルフィックチップZeroth(2014年～)</u> 認知コンピューティングと機械学習を目指したニューロチップZerothを開発し、ウェアラブル機器や無人偵察機への応用のための機能拡張を行う。

図表 30 汎用人工知能の開発の動向

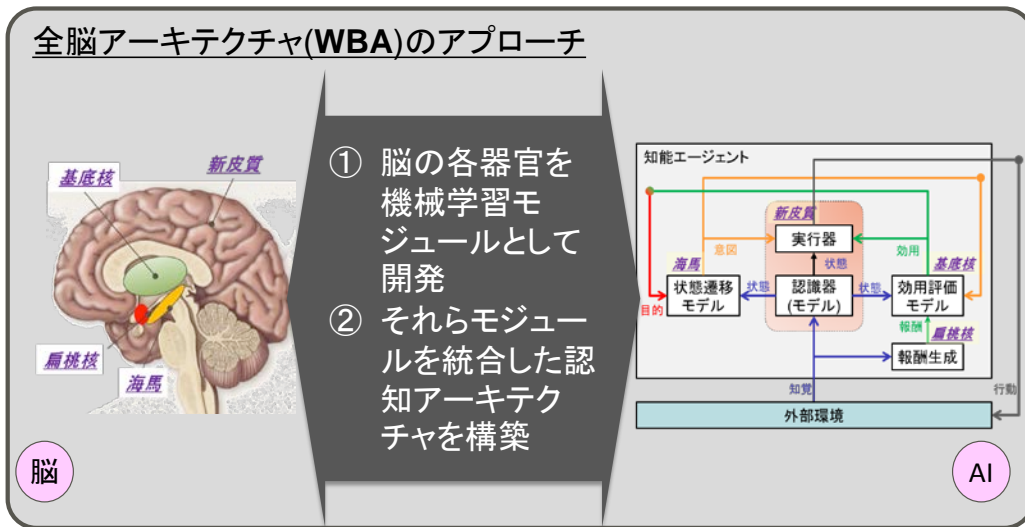


高橋構成員「AIをプラットフォーム技術として捉えた場合の検討事項の整理とオープンAGI戦略」(事前提供資料)に基づき作成

イ 全脳アーキテクチャ (WBA)

脳全体のアーキテクチャに学び汎用人工知能を創ろうとする取組として、「全脳アーキテクチャ (WBA)」が挙げられる。脳の各器官を機械学習モジュールとして開発し、それらのモジュールを統合した認知アーキテクチャを構築しようというアプローチをとっている。

図表 31 全脳アーキテクチャ (WBA) のアプローチ



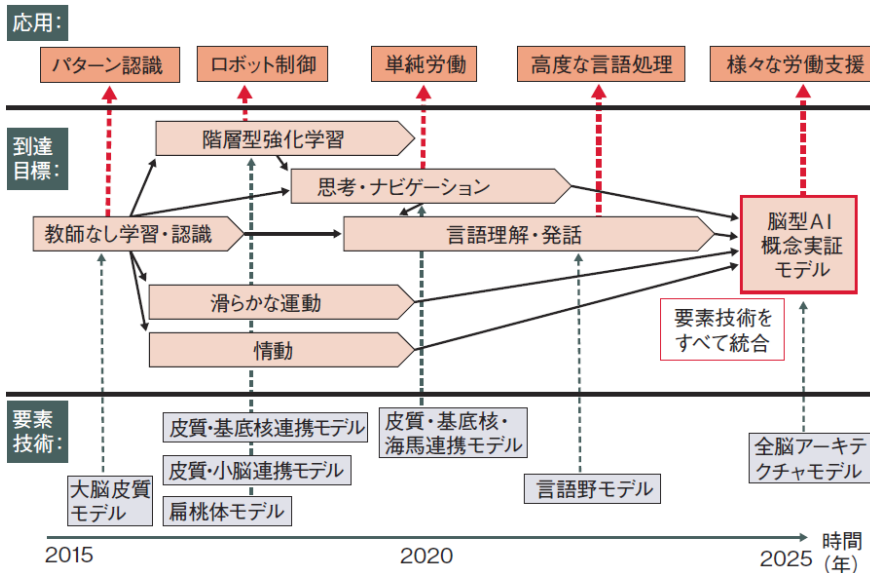
(出所) 高橋構成員「AIをプラットフォーム技術として捉えた場合の検討事項の整理とオープンAGI戦略」(事前提供資料)

図表 32 全脳アーキテクチャの俯瞰図

統合	すべての機能を統合するモジュール (全脳アーキテクチャモデル)				
↑	滑らかな運動モジュール (皮質・小脳連携モデル)	言語理解・発話モジュール (言語野モデル)			情動モジュール (扁桃体モデル)
		思考・ナビゲーションモジュール (皮質・基底核・海馬連携モデル)			
		階層型強化学習モジュール (皮質・基底核連携モデル)			
部品	教師あり学習モジュール (小脳モデル)	強化学習モジュール (大脳基底核モデル)	教師なし学習・認識モジュール (大脳皮質モデル)	エピソード記憶モジュール (海馬モデル)	
既存技術	パーセプトロン、リキッドステートマシン	強化学習	ディープラーニング、SOM、ベイジアンネットワーク	自己連想ネットワーク、直交符号化	連合学習

(出所) 一杉裕志「脳全体の動作原理を解明へ汎用人工知能への最短の道」
日経エレクトロニクス 2015年2月号

図表 33 大脳皮質モデルを中心とした開発ロードマップ

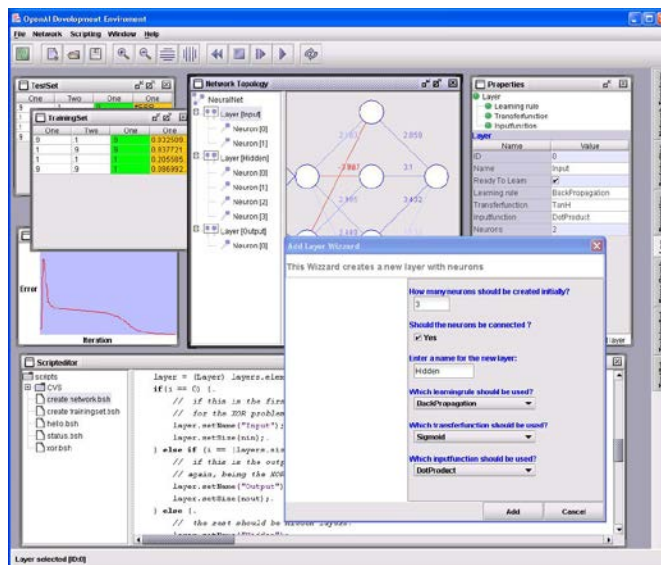


(出所) 一杉裕志「脳全体の動作原理を解明へ汎用人工知能への最短の道」
日経エレクトロニクス 2015年2月号

ウ OpenAI

OpenAI は、AIが人間レベルに達したときに、良い成果を自己利益よりも優先できる強力な研究機関が存在することが重要との考えに基づき活動している非営利組織として知られている。Elon Musk 氏、Sam Altman 氏、Peter Thiel 氏等著名人らから10億ドルの寄付を得て設立された組織である。人に害を与えることなく、有益であるようなオープンソースのフレンドリーAIの開発を目指しているとされている。

図表 34 Open AI IDE(統合開発環境) V0.2のスクリーンショット

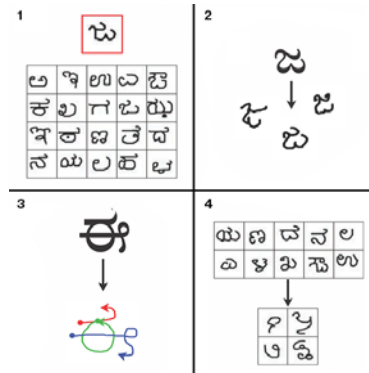


(出所) Open AI Neural Network IDE

エ ベイジアンプログラム学習フレームワーク (BPL)

2015年12月、ニューヨーク大学のデータサイエンスのBrendan Lake 研究員、トロント大学のコンピューターサイエンスのRuslan Salakhutdinov 准教授、マサチューセッツ工科大学 (MIT) の脳認知科学のJoshua Tenenbaum 教授により、サイエンス誌で「ベイジアンプログラム学習フレームワーク (BPL)」が発表された。これは、人間の学習能力に基づくアプローチにより、手書き文字のような画像概念をたった一つの訓練事例から学習する計算モデルであり、画像の概念をプログラムとして表現することにより高性能化を実現したと発表されている。一事例による学習の性能比較では、人間に匹敵する性能を達成し、10 ないし 100 の事例を必要とするディープラーニングを圧倒したとされている。

図表 35 人が書いた手書きの文字の認識例



(出所) Brenden M. Lake, *Human-level concept learning through probabilistic program induction*, 350 SCIENCE 1332 (2015)

(5) スマートマシン

ア 総論

スマートマシンとは、人工知能を実装したロボットやドローン、自動走行車など、自己学習機能を備えて自律的に行動する電子機械をいう。現在、様々な分野で利活用が進みつつあり、今後更に利活用が拡大していくとの予測が見られる。

図表 36 スマートマシンの利活用の例

分野	利用シーン	例
教育	個々の生徒の能力に応じてAIが学力に適した教育を行う。	ディグリー・コンパス
小売	売り場の客をセンサーで感知し、商品説明等のロボット接客	Pepper ネスレ日本
警備	ロボットやドローンなどによる警備、ナンバープレート照合。	Knightscope K5
医療	臨床試験データベースを参照し、最適な治療法を医師に提案	IBM Watson
金融	銀行、保険、為替、クラウドファンディング等の金融商品サポート	BitCoin
スタートアップ支援	スタートアップ企業の低コストでの事業立ち上げ支援	—
農業	土壌、気象等のデータから最適な栽培方法の提案	自動走行トラクターコンセプト
製造業	生産ラインにおけるアーム型ロボットの普及とAIの連携	NEXTAGE
自動車	高齢者移動支援、ロボットタクシー化、自動運転宅配サービス	Google Car
政府・自治体	政府の業務効率化、産業育成、景気対策、オープンガバメント	Open.uk
高齢化社会	ドローン、介護ロボット、自動運転などによる生活支援	サイバーダインHAL
物流	AIによる統合的な制御による物流の効率化	—
災害支援	避難の最適ルートと自動走行、瓦礫撤去など	DARPAロボティクスチャレンジ
情報通信	SDNからAI Defined Infrastructureへの進展	—

林（雅）構成員「ICTインテリジェント化影響評価検討会議発表資料」（事前提供資料）に基づき作成

図表 37 スマートマシンに関する 2045 年までのロードマップ

- **2017年** コンピューターの10%が学習するマシンになる
- **2018年** 成長企業の45%でマシンよりも従業員数が少なくなる
- **2020年** 知識労働者の30%がマシンに職を奪われる
- **2020年** ロボット市場は、非製造分野で1兆4000億円に
- **2025年** ドローン市場が10万以上の雇用を生み出す(米国)
- **2030年** 世界の雇用50%20億人分の仕事が機械化でなくなる
- **2045年** コンピューターの能力が全人類の知能を上回る

出所: Gartner Predicts 等

(出所) 林（雅）構成員「ICTインテリジェント化影響評価検討会議発表資料」（事前提供資料）

イ ロボット

ロボットの動作を統合的に制御する汎用OS（V-Sido OS）が開発され、開発者は、目的とする機能開発に専念することができるようになったことから、ロボットの開発が加速することが期待されている。また、DARPAによるロボティクスチャレンジ（ロボット競技大会）により、無線通信による遠隔操作と自律制御とを組み合わせた技術開発が促進されている。既に様々な分野においてロボットが開発され活用されているが、今後も活用の裾野が広がっていくことが期待される。

図表 38 ロボット開発の取組の例

<p>■ ロボットOS（V-Sido OS）</p> <p>ロボットを正しく動かすには、複雑な運動学計算や、複数のサーボモータを連係させた制御など、ロボット工学の専門知識が必要になる。V-Sido OS を用いれば、そうした複雑な計算や処理はOS側で自動的に処理するため、開発者はロボット制御の専門知識がなくてもロボットを動かせるようになる。</p>	<p>■ DARPAロボティクスチャレンジ</p> <p>米国防総省の国防高等研究計画局（DARPA）は、人間が近づけない過酷な災害現場で活動するロボットの開発を促進することを目的とするロボット競技大会「ロボティクスチャレンジ」を開催している。無線通信による遠隔操作に加え、無線通信が突然不能になった際の自律制御が可能な技術の開発を促している。</p>
<p>V-Sido OSが採用されているロボットの一例</p>  <p>(出所) https://www.asratec.co.jp/v-sido-basic</p>	<p>ロボティクスチャレンジのタスク</p>  <p>(出所) http://www.theroboticschallenge.org/</p>

図表 39 サービスロボットのモデル例（主に米国の例）

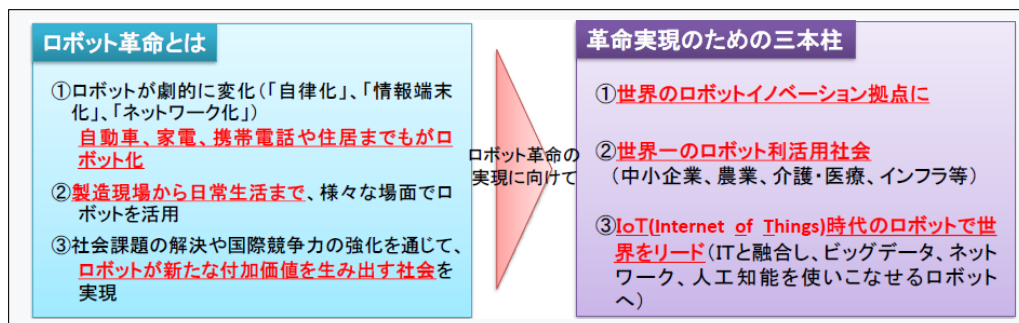


(出所) 林雅之「スマートマシン時代の到来に向けた情報通信ネットワーク及びクラウドの展望」(事前提供資料)

我が国の政府も、ロボット開発の支援に向けた取組を進めてきている。

「日本再興戦略」改訂 2014 (平成 26 年 6 月 24 日閣議決定)において、ロボットによる新たな産業革命(以下「ロボット革命」という。)として、ロボット技術の活用により生産性の向上を実現し、企業の収益力向上、賃金の上昇を図ることなどが掲げられたことから、政府は、平成 26 年 9 月から平成 27 年 1 月までにかけて「ロボット革命実現会議」(座長:野間口有 三菱電機株式会社相談役)を開催し、技術開発、規制改革、標準化等の具体策を検討し、ロボット革命の実現に向けた戦略「ロボット新戦略(Japan's Robot Strategy - ビジョン・戦略・アクションプラン-)」を取りまとめた。ロボット新戦略は、平成 27 年 2 月 10 日に日本経済再生本部の方針として決定された。

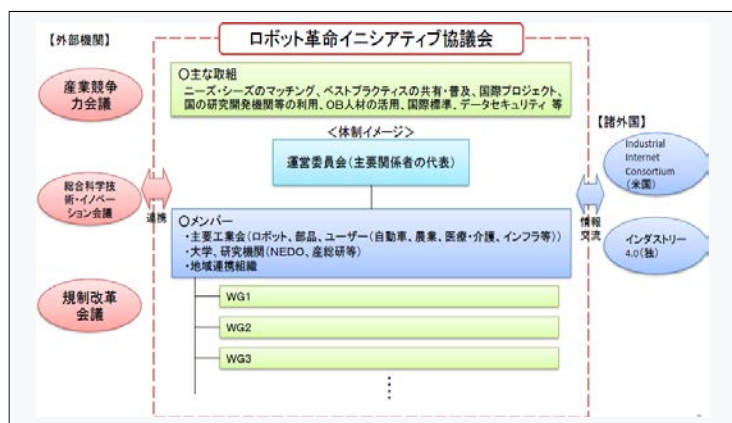
図表 40 ロボット新戦略の概要



(出所) ロボット革命実現会議及び経済産業省のウェブサイトに基づき作成

「ロボット新戦略」の推進に向け、産業競争力会議等との連携や諸外国との情報交流を目的とする産学官の組織として、平成 27 年 5 月にロボット革命イニシアティブ協議会が設立された。設立後 5 年間はロボット革命集中実行期間と位置付けており、官民で総額 1 千億円に上るロボット関連プロジェクトへの投資、福島での飛行ロボットや災害ロボット等の実証区域の創設等に取り組むこととなっている。

図表 41 ロボット新戦略の推進体制

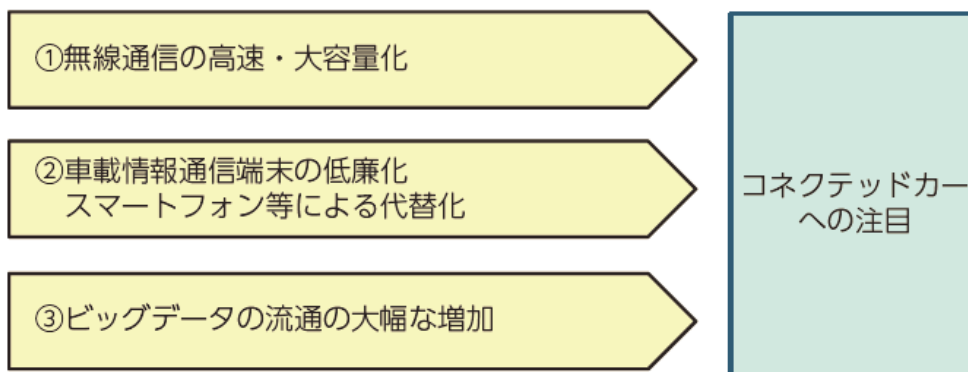


(出所) ロボット革命イニシアティブ協議会のウェブサイトに基づき作成

ウ コネクティッドカー、自動走行車

コネクティッドカーとは、情報通信端末としての機能を有する自動車をいう。車両の状態や周囲の道路状況などの様々なデータをセンサーにより取得し、ネットワークを介して集積・分析を行うことにより、事故時に自動的に緊急通報を行うシステムや、走行実績に応じて保険料が変動するテレマティクス保険等が実用化されつつある。

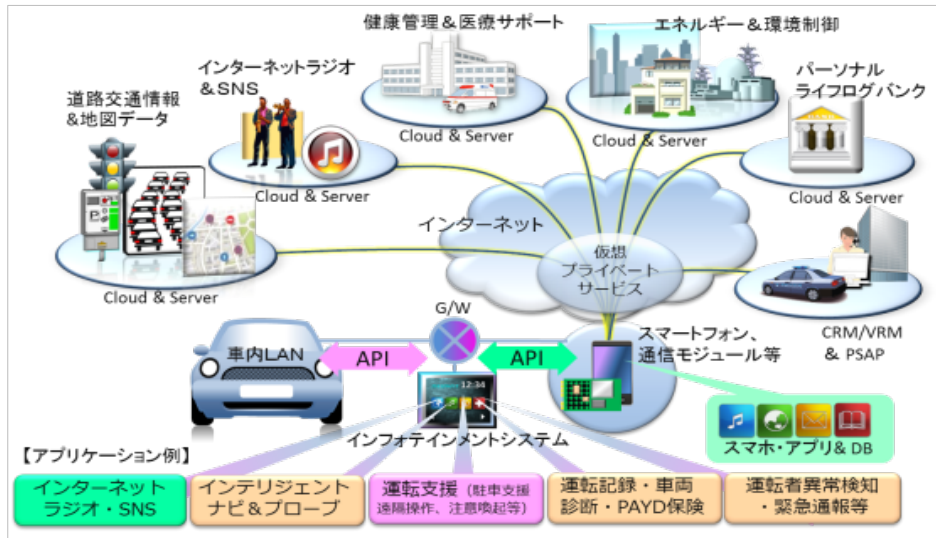
図表 42 コネクティッドカーへの注目の背景



(出所) 総務省編「平成 27 年情報通信白書」

コネクティッドカーで利用できるサービスやアプリケーションの例として、インターネットラジオやSNS、ナビゲーションシステム、駐車支援や注意喚起のような安全運転支援等が挙げられる。また、渋滞情報はもちろんのこと、路面の劣化や凍結等による危険個所をリアルタイムでドライバーに知らせることも可能となるほか、数多くの自動車のデータを収集して解析することにより、地域全体でのエネルギー効率や環境制御に活用できる可能性も考えられている。

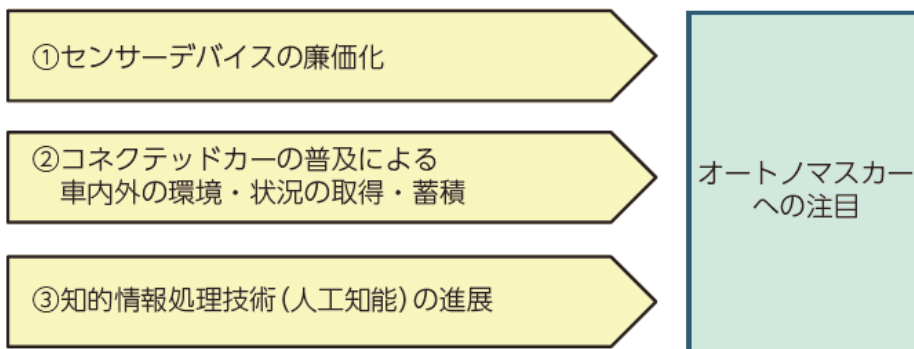
図表 43 コネクティッドカーのサービス・アプリケーション



(出所) KDDI 総研「ICT先端技術に関する調査研究報告書」(平成26年)

自動走行車とは、車内外の環境・状況を計測するセンシング、情報通信、車体制御等の技術を組み合わせ、運転者が直接操作することなく、行き先の指示等に基づいて自動車自身が道路状況に合わせて安全に目的地へ向かう自動車のことである。

図表 44 自動走行車への注目の背景



(出所) 総務省編「平成27年情報通信白書」

自動走行車については、平成 25 年から平成 27 年までにかけて技術が急速に進化してきている。内閣府の計画では、平成 29 年（2017 年）までに信号情報や渋滞情報等のインフラ情報を活用した準自動走行システム（レベル 2）の市場化、2020 年代前半を目途に準自動走行システム（レベル 3）の市場化、さらに、2020 年代後半以降には完全自動走行システム（レベル 4）の市場化を目指している。

図表 45 自動走行車による自動走行のレベル及びその実現期待時期

		実用化		計画	
完全自動走行システム	レベル4	加速・操舵・制動全てをドライバー以外が行い、ドライバーが全く関与しない状態		2020年代後半	
準自動走行システム	レベル3	加速・操舵・制動全てをシステムが行う状態。但し、システムが要請した時はドライバーが対応する		2020年代前半	
	レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作を同時にシステムが行う状態		2017年以降	
安全運転支援システム	レベル1	[アイコン]			
運転支援なし		[アイコン]			

静的情報 動的情報（高度化） 管制


↑ 自動走行レベルは道路環境に応じて変化 ↓

いずれのレベルにおいても、ドライバーはいつでもシステムの制御に介入することができることが前提

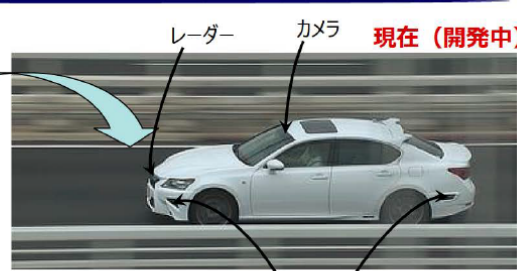
（出所）S I P（戦略的イノベーション創造プログラム）「自動走行システム」の取組について」情報通信審議会情報通信技術分科会技術 戦略委員会第 7 回会合資料 7-2（平成 27 年）

図表 46 自動走行車の技術進化

この 2 年間で急速に進化



平成 25 年 11 月
安倍総理が試乗された実証実験



技術の主な高度化状況

<ハードウェア>

- ✓ カメラ、レーダーなどセンサー技術の高精度化
- ✓ 各種センサーの小型化、ボディへの一体化

<ソフトウェア>

- ✓ 走行経路判断の信頼性向上
- ✓ ダイナミックマップの活用

<HMI>

- ✓ ドライバーに分かりやすい安心感のある表示

自動化の難度が高い、**高速道路での合流・分岐**等が可能に！

HMI : Human Machine Interface

今後、一般ユーザーの利用に耐えうる信頼性確保、さらなる操作性の向上等が必要

（出所）S I P（戦略的イノベーション創造プログラム）「自動走行システム」の取組について」情報通信審議会情報通信技術分科会技術 戦略委員会第 7 回会合資料 7-2（平成 27 年）

コネクティッドカーや自動走行車に関する取組は世界各国で進んでおり、米国の国家戦略や EU の研究開発プログラムである Horizon2020 でも取り上げられている。米国では公道での実証実験、ドイツでは自動車メーカーが地図事業を買収するなどの動きも出ている。

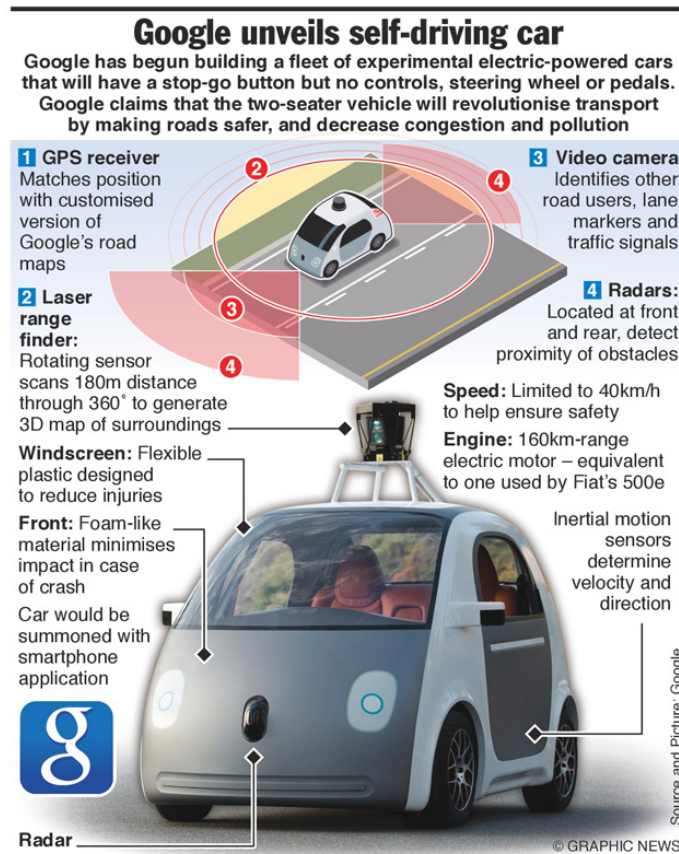
図表 47 コネクティッドカー・自動走行車に関する国際動向

<p>EU</p> <p>欧州連合の研究開発プログラム Horizon2020にて研究開発を推進 (昨年1月～)</p> <p>✓ AdaptIVE</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Volkswagenを中心に、関係メーカー、大学など29団体が参加 <p>✓ Mobility Forum</p> <ul style="list-style-type: none"> ・欧州委員会の下で議論、課題整理 	<p>米国</p> <p>✓ 連邦運輸省</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国家戦略を策定 (昨年12月) <p>✓ ミシガン大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デトロイト近郊で大規模公道実証(日本企業参加) ・実証拠点「M City」を整備 (今年7月) <p>ITS : Intelligent Transport Systems</p>   <p>Southeast Michigan Connected Corridor</p> <p>✓ Google</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハンドル等が無い試作車を発表※ ・総走行距離が270万kmを突破 (今年5月)
<p>ドイツ</p> <p>Audi、BMW、Daimler が地図事業会社「Here」を約31億ドルで買収 (今年8月)</p>	
<p>IoT時代に向け、‘Automated & Connected’ セットでの議論 が活発化</p>	

(出所) S I P (戦略的イノベーション創造プログラム) 「自動走行システム」の取組について」
 情報通信審議会情報通信技術分科会技術 戦略委員会第7回会合資料7-2 (平成27年)

注目されている取組の一つに、米国 Google 社による自動走行車開発がある。Google では 2009 年から自動走行車の研究を進めており、2017 年の実用化を目指している。2014 年 5 月に、Google 社独自の自動運転車のプロトタイプ（ハンドルもアクセルもブレーキもなく、スタートボタン、ストップボタン、ルート示すスクリーンだけとなっており、スタートボタンを押した後は自動で走行する仕組みとなっている。）を発表した。2015 年 5 月頃以降、プロトタイプ車の公道での試験走行を開始しており、2015 年 11 月には、公道での試験走行の累計が 42 万 4331 マイルに達したと発表されている。

図表 48 Google の自動走行車開発



(出所)Google 社のウェブサイト

ドイツの自動車メーカーである BMW では、コネクティッドカーの研究を進めている。

Connected Drive と呼ばれる高速道路における高度な自動運転システムは、前方車両に追いついた場合には、交通法規を遵守し、車両の追い越しを行うことができるとされており、既に 5,000km の自動運転によるテスト走行を完了している。

また、自動車を降りた後に、スマートウォッチを操作するだけで、自動的に駐車可能スペースを探索し駐車を行うリモートガレージパーキング技術の開発が進められている。

図表 49 BMWの取組



車線変更

(出所)BMW 社のウェブサイト

このようにコネクティッドカーや自動走行車の開発は急速かつグローバルに進んできているが、市場の拡大はどのようになるのであろうか。自動走行車については、2025 年には世界の自動車販売台数の 1%以下にとどまると考えられているが、2035 年にはその比率が約 1 割（9%）にまで伸び、2050 年以降にはすべての車が自動走行車になるとの予測が見られる。

図表 50 自動走行車の市場予測

年	概要
2025年	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転手の操作を必要とする自動走行車が高速道路を走行 ・ 自動走行車の普及台数は23万台 ・ 世界の自動車販売台数（1億1,500万台）のうち自動走行車は1%以下 ・ 自動走行車価格：7,000~10,000ドル + 自動車本体
2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・ 運転手を伴わない完全な自動走行車が市場投入 ・ 自動走行車価格：5,000ドル + 自動車本体
2035年	<ul style="list-style-type: none"> ・ 世界の自動車販売台数（1億2,900万台）に占める自動走行車の比率は9%に（1,180万台） - 運転手を要するものは700万台、完全な自動走行車は480万台 ※2035年の米国における自動走行車の割合は世界全体の普及台数の29%（350万台）、中国は24%（280万台）、ヨーロッパは20%（240万台） ・ 自動走行車の累積台数は5,400万台 ・ 自動走行車価格：3,000ドル + 自動車本体
2050年以降	<ul style="list-style-type: none"> ・ すべての車が自動走行車に

IHS Automotive によるロボットカー市場予測(2014. 1. 2)に基づき作成

エ ドローン

ドローンは、通常、三以上の回転翼をもつ無人ヘリコプターであり、ラジコン機や農薬散布用ヘリコプターなどと同じく無人航空機の種類である。無人航空機は、全幅 30 メートルを越える大型から手の上に乗る小型（200 グラム以上）までの様々な大きさのものが存在し、固定翼機と回転翼機の両方で軍用・民間用いずれも実用化されている。

ドローンの活用例としては、Amazon Prime Air が挙げられる。これは、ドローンを使った 30 分以内の超速サービスで、ロジスティクスのイノベーションにより、更なる E コマース市場の拡大が期待されている。


無人航空機の活用例としては MQ-9 リーパーという無人偵察機が挙げられる。無人偵察機は 21 世紀に入って搭載能力が高まり、攻撃任務を付加することで偵察・攻撃の両方が行えるマルチロールの無人偵察・攻撃機が実用化された。ホーキング博士など多数の科学者・実業家が、人間の遠隔操作を離れて自律判断で活動する人工知能兵器の開発禁止を訴える国連宛の書簡を公開している。

図表 51 Amazon Prime Air(左)、MQ-9 リーパー(右)



3. 人間と機械との連携の高度化に関する動向と展望

インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書 2015」(平成27年)においては、人間(の脳)と人工知能等との連携について、次のような例が示されている。

- **脳情報の解読 (←人工知能の分野の技術を活用)**
意思決定や知覚の内容の解読、見ていた動画の再構成
- **脳活動への外部からの介入**
磁気等を用いた刺激による能力の向上、快感の増幅、人工感覚の創出
- **脳と脳との間の通信**
800メートル離れた建物間で、脳波をインターネットを介して送受信
-  **脳科学と人工知能との連携の深化により、人間と機械とのコミュニケーション及び人間同士のコミュニケーションが変わる可能性**
- **人間と機械との連携**
 - 仮想現実(Virtual Reality)や拡張現実(Augmented Reality)の技術の発展
 - これらのネットワーク化により、遠隔地の出来事を仮想体験
 - 更にロボティクス技術が加わることにより、遠隔地にも影響可能に

インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書2015」(平成27年)に基づき作成

関連する経済予測例

(1) 関連する市場の規模の予測例

関連する市場の規模の予測例

機関名	対象市場	予測値
BCCリサーチ	スマートマシン (世界市場)	62 億ドル (2014年) → 412億ドル (2024 年)、年間20.9%の成長率 スマートマシン市場の内訳：自律型ロボット (最大シェア)、医療支援システム等
	自律型ロボット(世界市場)	約12.8 億ドル (2014 年) →約139 億ドル (2024年)
トラクティカ	企業向けAIシステム市場(世界市場)	2 億250万ドル(2015年) → 111億ドル (2024年)
バンクオブアメリカ メリルリンチ	ロボット・AI市場 (世界市場)	約580億ドル (2014年) → 1530億ドル (2020年) (内、ロボット市場：830億ドル、AI市場700億ドル)
	農業用ロボット 自動運転車 (世界市場) 生活支援ロボット	163億ドル (2020年) 870億ドル (2030年) 174億ドル (2020年) 等
アスタミューゼ	AIの基礎となる深層学習・ 表現学習部分(世界市場)	AIの基礎となる深層学習・表現学習部分の世界市場規模は60億ドル(2015年) ⇒ AI関連のグローバル市場規模は同1200億ドル (≒14.4兆円) (2020年)
ヘクサリサーチ	スマートマシン(世界市場)	153億ドル (2020年)
アクセンチュア	IoT市場 (世界市場)	世界市場規模14.2兆ドル。内、米国6.1兆ドル、中国1.8兆ドル、日本1.1兆ドル (2030年)
EY 総合研究所	AI活用機器・システム (国内市場)	3兆7,450億円 (2015年) → 86兆9,600億円 (2030年) 内、製造12兆円、建設・土木6兆円、卸・小売15兆円、運輸30兆円、 医療・福祉2兆円、生活関連4兆円 等
経産省・NEDO	自律型モビリティ(国内市場)	自動車、ロボット、ドローン等市場は1.6兆円(2015年) → 9.7兆円(2035年)
野村総合研究所	AIアプリケーション(国内市場)	合計8兆円。内、自動運転車4.6兆円、Web広告等1.6兆円 (2050年)
IDC Japan	IoT市場 (国内市場)	9.4兆円 (2014年) →16兆円 (2019年)

BCCリサーチ (BCC Research: 米国の調査会社)

- スマートマシン市場：62 億ドル（2014年）→412 億ドル（2024 年）（年平均成長率20.9%）
 - ▶ スマートマシン市場:自律型ロボット、エキスパートシステム、音声アシスタント、組み込みシステム、ニューロコンピュータ等
- エキスパートシステム：35 億ドル（2014年）→124億ドル（2024 年）（年平均成長率13.5%）
 - ▶ エキスパートシステム：人間の専門家（エキスパート）の意思決定能力をルール（規則）に基づき実行するシステム
- 自律型ロボット：13 億ドル（2014 年）→139 億ドル（2024年）（年平均成長率26.7%）

スマートマシンの市場予測：世界市場（2014年公表）



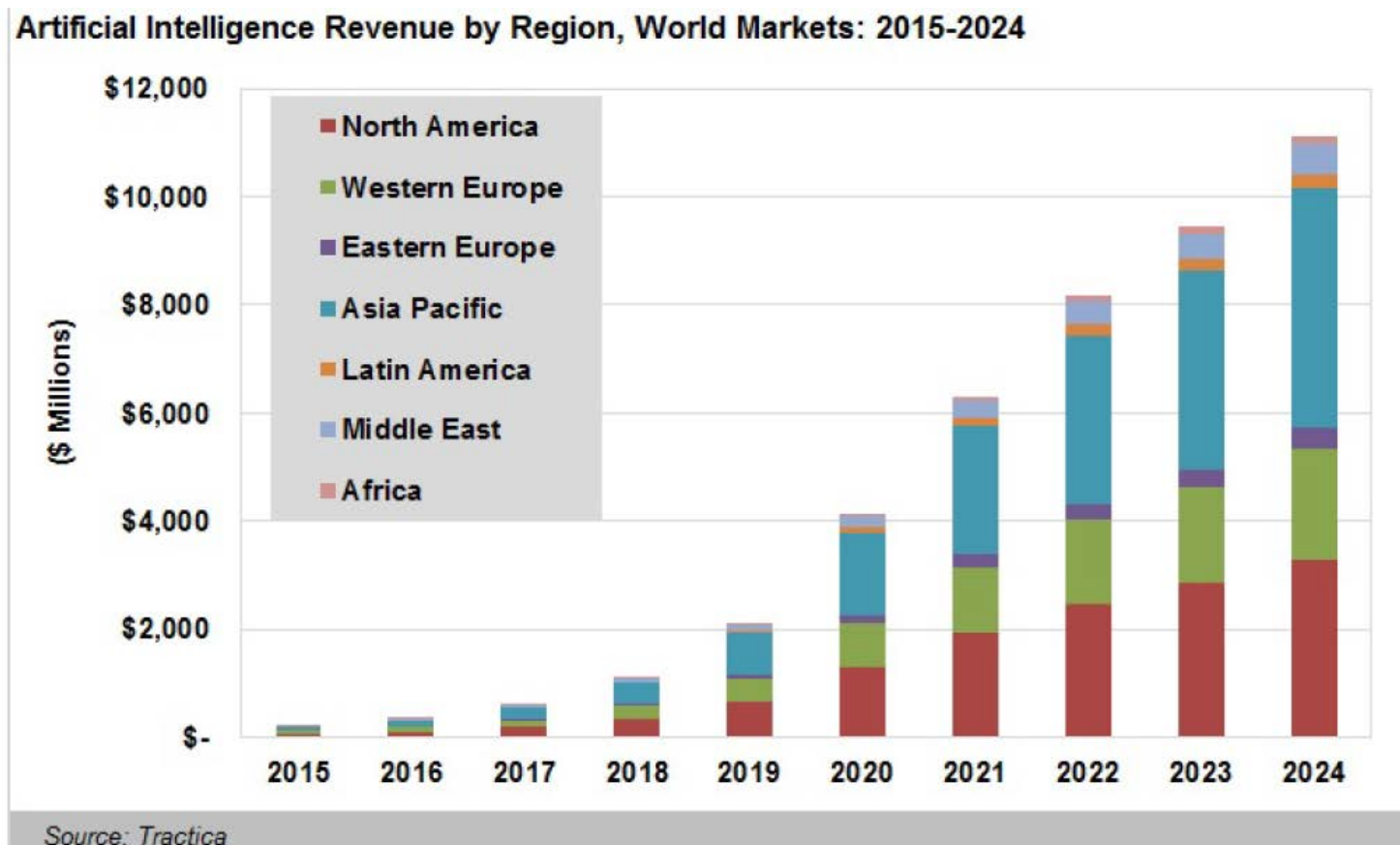
(出所) BCC Research, "Smart Machines: Technologies and Global Markets," May 2014.

<http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software/artificial-intelligence-facts-and-forecasts.html>

トラクティカ(Tractica: 米国の調査会社)

- 企業向けAIシステム市場：2億250万ドル(2015年) →111億ドル(2024年) (年平均成長率54.2%)

世界の地域別人工知能市場収益 (2015~2024年) : 世界市場 (2015年公表)



(出所) Tractica, "Artificial Intelligence for Enterprise Applications to Reach \$11.1 Billion in Market Value by 2024," Apr. 2015.

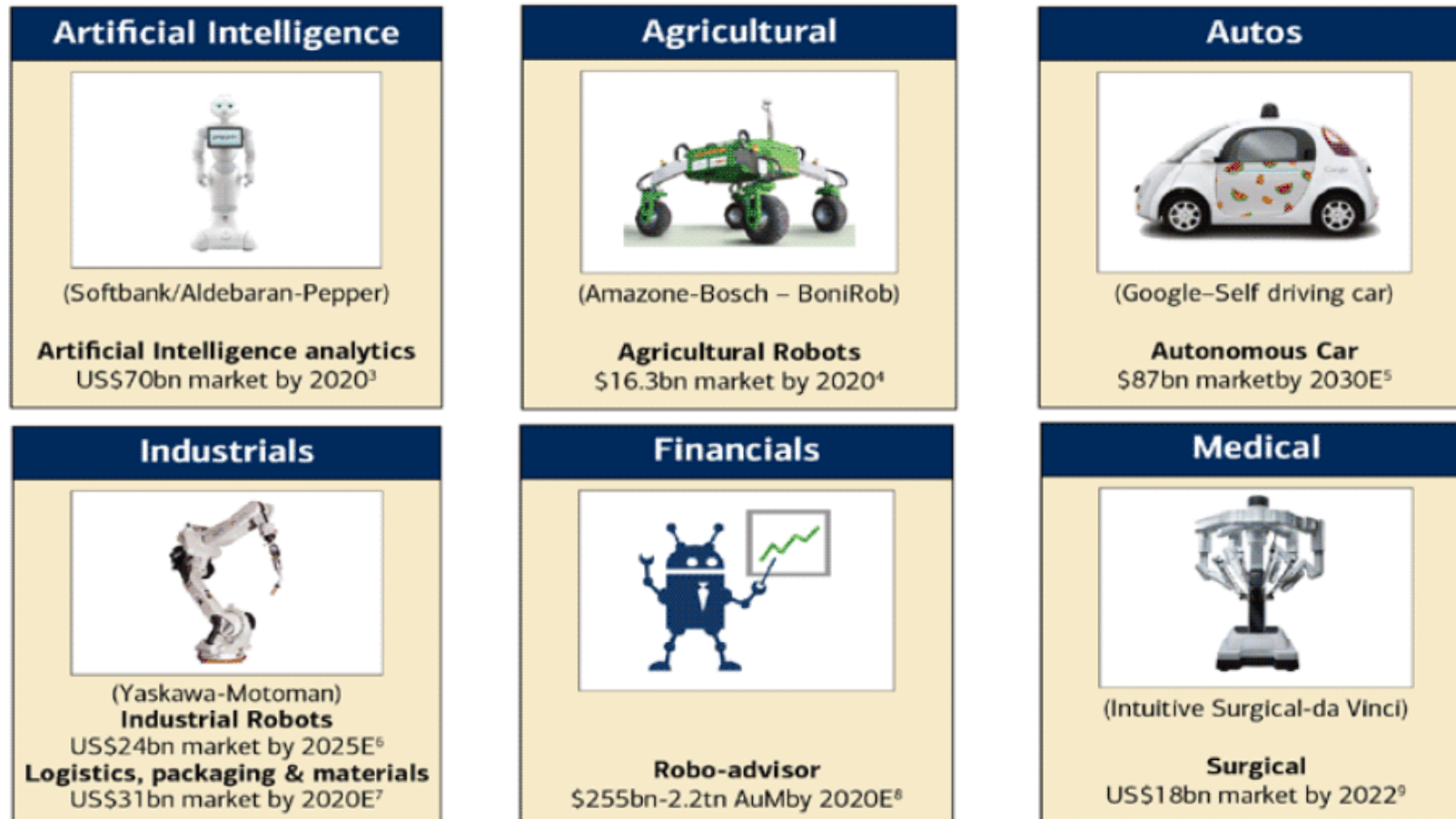
<https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-for-enterprise-applications-to-reach-11-1-billion-in-market-value-by-2024/>

バンクオブアメリカ・メリルリンチ(1/2)

(Bank of America Merrill Lynch: 米国の金融機関)

- ロボット・AI市場：約580億ドル（2014年）→1530億ドル(2020年)：世界市場
 - 内、ロボット市場：830億ドル、AI市場700億ドル(2020年)

人工知能（AI）活用の中長期予測:世界市場（2015年公表）



(出所) Bank of America Merrill Lynch, "Robot Revolution: Global Robot & AI Primer," Dec. 2015.


http://www.bofaml.com/content/dam/boamlimages/documents/PDFs/robotics_and_ai_condensed_primer.pdf

バンクオブアメリカ・メリルリンチ(2/2)

(Bank of America Merrill Lynch: 米国の金融機関)

人工知能 (AI) 活用の中長期予測: 世界市場 (続き) (2015年公表)

Bionics



(Indego-exoskeleton)

Exoskeletons
\$2.1bn market by 2021E¹⁰

Healthcare



(Fraunhofer-Care-O-bot 4)

**Rehabilitation
Personal & Care-bots**
\$1.1bn market by 2021E¹¹
US\$17.4bn market by 2020E¹²


Home



(iRobot-gutter cleaner)

Domestic Robots
\$12.2bn market by 2018E¹³

Entertainment



(Lego-Mindstorm)

Entertainment & Leisure
US\$7.6bn market by 2018E¹⁴

Military



(QinetiQ-MAARS)

Military
\$7.5bn market by 2018E¹⁵

UAV/UGV/UUV (Drones)



(Northrop-Global Hawk)

Drones
US\$14bn market by 2025E¹⁶

(出所) Bank of America Merrill Lynch, "Robot Revolution: Global Robot & AI Primer," Dec. 2015.

http://www.bofaml.com/content/dam/boamlimages/documents/PDFs/robotics_and_ai_condensed_primer.pdf

アスタミューゼ（日本の調査会社）

- AIの基礎となる深層学習・表現学習に関する部分は60億ドル（2015年）
 - 上位概念の機械学習・深層学習関連のグローバル市場規模を300億ドル（≒3.6兆円）（2015年）
- AI関連のグローバル市場規模は約1200億ドル（≒14.4兆円）と推計（2025年）
 - 深層学習・表現学習以外の脳神経科学由来の新技术も合わせ、年間平均成長率（CAGR）を35%と仮定

人工知能の市場規模推定：世界市場（2015年公表）



(出所)アスタミューゼ「asta vision 人工知能」(2015年)
<http://astavision.com/market/10/48>

ヘクサリサーチ（米国の調査会社）

- スマートマシン市場は2020年に153億ドル：世界市場（2015年公表）

スマートマシン市場の分類

<プロダクト>

- ・自律型ロボット
- ・エキスパートシステム
- ・アシスタント・サービス
- ・ニューロコンピュータ
- ・AI組み込み型システム

<テクノロジー>

- ・マイクロ・ナノセンサー
- ・無線通信
- ・音声認識

<アプリケーション>

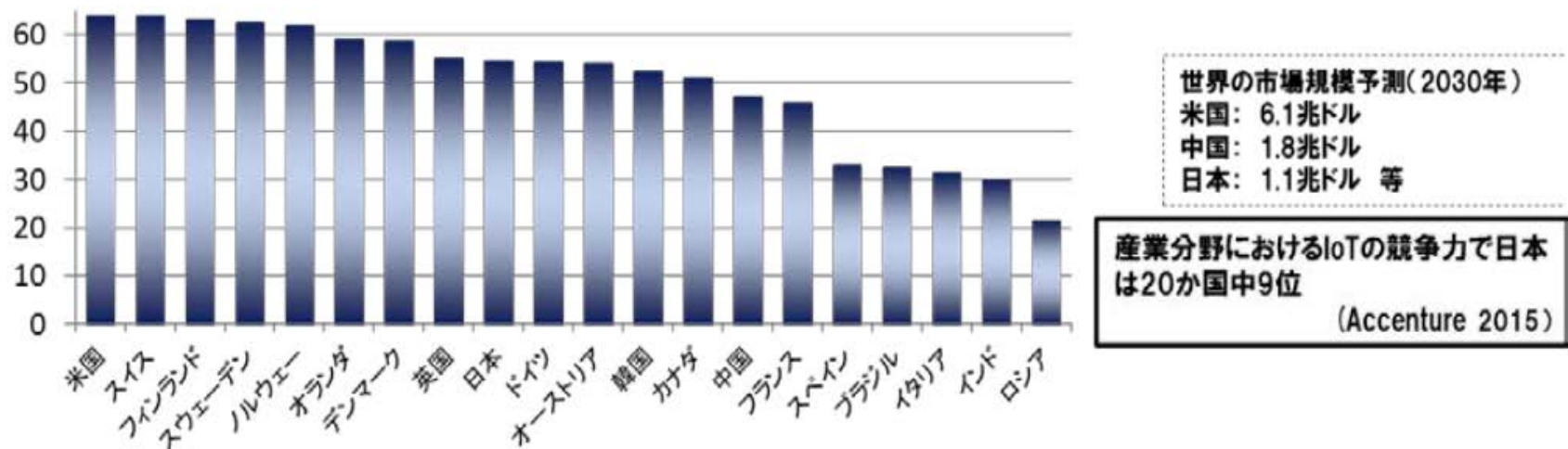
- ・自動車
- ・家電
- ・健康管理
- ・製造
- ・ロジスティクス・運輸
- ・軍事
- ・航空宇宙・防衛
- ・情報セキュリティー

林雅之構成員提供資料に基づき作成

アクセンチュア (Accenture:コンサルティング会社(本社アイルランド))

- IoTの市場規模は14.2兆ドル：世界市場（2030年）
 - 米国は6.1兆ドル、中国は1.8兆ドル、日本は1.1兆ドル
- IoTを実現する環境整備状況（指数）：日本は9位
 - 新技術の活用に必要なインフラやスキル、制度基盤が重要

IoTを実現する環境整備状況（2015年公表）



(出所) 情報通信審議会「IoT/ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方」中間答申（平成27年12月14日）
<https://newsroom.accenture.com/news/industrial-internet-of-things-will-boost-economic-growth-but-greater-government-and-business-action-needed-to-fulfill-its-potential-finds-accenture.htm>

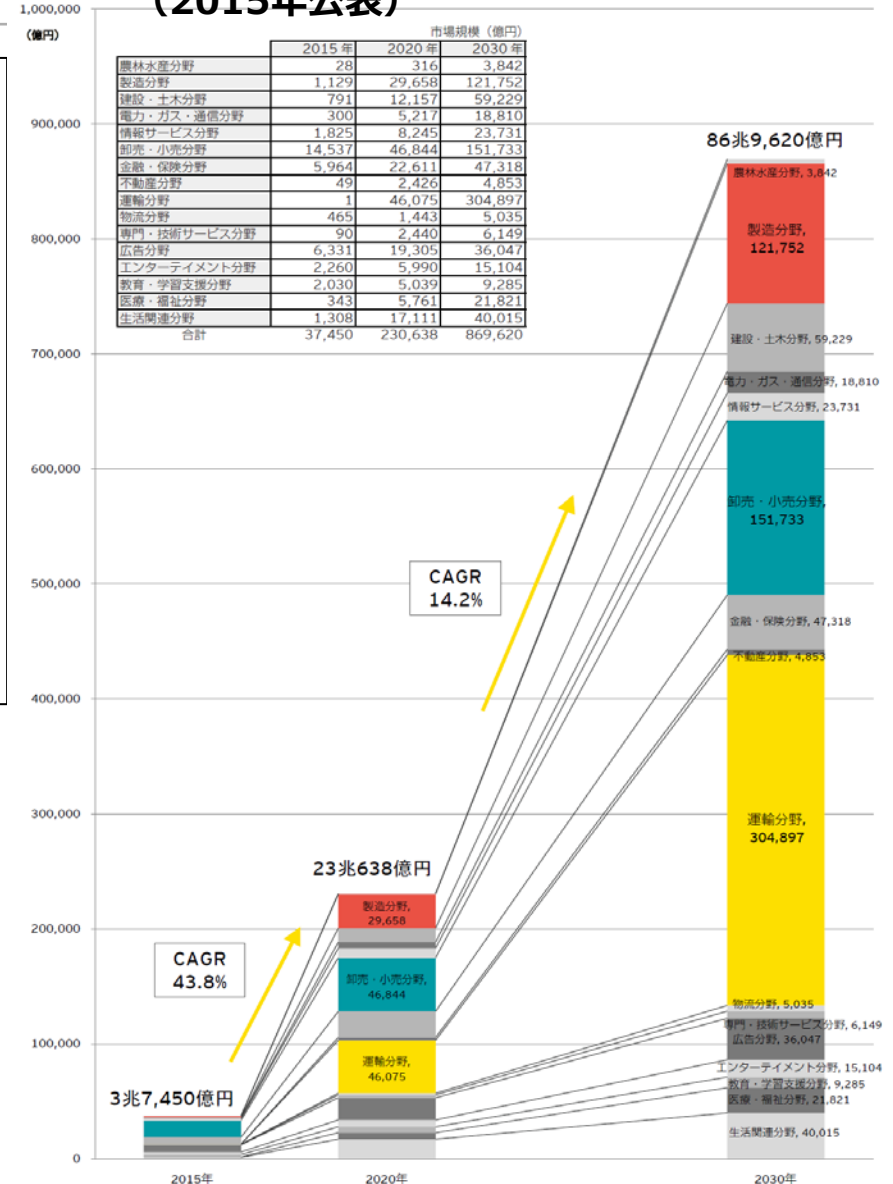
EY 総合研究所(日本のシンクタンク)

- AI活用機器・システムの国内市場規模 (2015年) : 合計3兆7,450億円 (推計値)
 - 電子商取引(EC)などのIT領域が中心
 - 卸・小売1.5兆円、広告0.6兆円、金融・保険0.6兆円
- 今後運輸・製造・生活関連等の産業分野で市場形成
 - 技術の成熟
 - 安全性の向上
 - コストの減少
- 市場は急速に拡大
 - 2020年: 23兆638億円 (15～20年: 年平均成長率(CAGR) 43.8%)
 - 2030年: 86兆9,620億円 (20～30年: CAGR14.2%)

(出所)EY総合研究所「人工知能が経営にもたらす「創造」と「破壊」(2015年)

<http://eyi.eyjapan.jp/knowledge/future-society-and-industry/pdf/2015-09-15.pdf>

人工知能関連産業の市場規模:国内市場 (2015年公表)



出典: 各所公表資料等(注1)に基づき、EY総合研究所作成
 産業別の市場規模の概要・詳細については、次項の表2を参照

(参考)EY総研：人工知能関連の産業別市場規模の詳細:国内市場 1

			2015年	2020年	2030年
No	カテゴリ	概要	市場規模 (億円)		
1	農林水産業関係		28	316	3,842
		農林水産業用ロボティクス市場等	28	316	3,842
2	製造業関係		1,129	29,658	121,752
		産業用ロボティクス市場等	60	6,164	17,571
		自動運転車製造市場	1,069	23,494	104,181
3	建設・土木関係		791	12,157	59,229
		建設用ロボティクス市場等	302	10,156	51,788
		老朽インフラ監視システム市場等	488	2,001	7,441
4	電力・ガス・通信関係		300	5,217	18,810
		電力市場 (デマンドレスポンス、HEMS) 等	249	4,734	15,112
		通信トラフィック制御関係市場	51	483	3,697
5	情報サービス業関係		1,825	8,245	23,731
		クラウド AI 市場等	376	2,610	8,507
		経営支援システム市場	1,381	5,289	14,359
		ソーシャルメディア等監視システム市場	68	346	865
6	卸売・小売業関係		14,537	46,844	151,733
		顔認証受付 / 店舗監視 / 顧客行動観察システム等市場	14	646	1,405
		AI 利用電子商取引市場 (BtoB、BtoC)	14,523	46,198	150,328
7	金融・保険業関係		5,964	22,611	47,318
		Fintech (与信・貸付審査、クラウドファンディング等) 市場	15	8,327	17,171
		HFT 関係市場	5,949	10,129	22,555
		自動運転車保険市場	0	4,155	7,593
8	不動産業関係		49	2,426	4,853
		都市再開発設計支援システム市場等	49	2,426	4,853
9	運輸業関係		1	46,075	304,897
		オンデマンド・モビリティ市場	0	8,630	106,449
		自動運転トラック輸送市場	1	37,445	198,448

(出所)EY総合研究所「人工知能が経営にもたらす「創造」と「破壊」」(2015年)

(参考) EY総研：人工知能関連の産業別市場規模の詳細：国内市場 2

No	カテゴリ	概要	2015年	2020年	2030年	
			市場規模 (億円)			
11	物流関係		465	1,443	5,035	
		倉庫業等システム対応機器、ドローン利用輸送システム等市場	465	1,443	5,035	
12	専門・技術サービス関係		90	2,440	6,149	
		法務・財務等業務支援システム市場	21	1,068	2,718	
		デザイン作成支援システム市場	69	1,372	3,431	
13	広告業関係		6,331	19,305	36,047	
		アドテクノロジー関連システム市場	6,331	19,305	36,047	
14	エンターテインメント関係		2,260	5,990	15,104	
		旅行業関係市場 (添乗員アプリ市場等)	127	1,946	6,341	
		ペット産業関係市場 (体調診断・活動レコメンドシステム等)	2,025	3,735	8,028	
		興業場関係市場 (来客者支援システム、イベント支援システム等)	108	309	735	
15	教育・学習支援業関係		2,030	5,039	9,285	
		自学習支援システム等市場	664	1,880	5,424	
		教員用授業支援・評価支援システム等市場	1,366	3,159	3,861	
16	医療・福祉関係		343	5,761	21,821	
		介護・手術支援ロボティクス市場	5	72	2,390	
		医療診断支援システム・医療助言アプリ等市場	31	2,064	5,536	
		遺伝子解析・新薬開発支援等システム市場	307	3,625	13,895	
17	生活関連産業関係		1,308	17,111	40,015	
		職業紹介業関係 (人材マッチングシステム等) 市場	11	707	6,906	
		清掃用ロボティクス市場	641	13,542	26,645	
		警備業関係 (警備用ロボティクス・警備警戒監視システム等) 市場	591	2,038	3,110	
		コールセンターオペレーター補助システム市場	65	824	3,354	
			計	37,450	230,638	869,620

(出所) EY総合研究所「人工知能が経営にもたらす「創造」と「破壊」」(2015年)

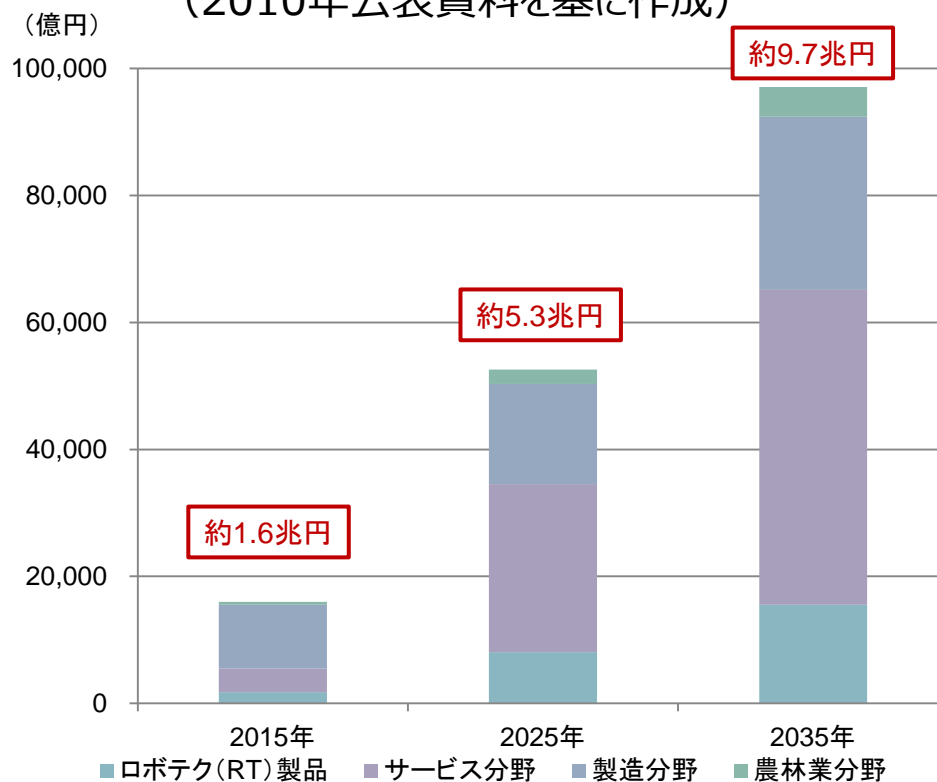
経済産業省・NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)

- 自律型モビリティ・システムの自動車, ロボット, ドローン等の市場は2035年に10兆円規模(年平均10%成長)

自律型モビリティシステムの対象(例)

- (1) 自動走行システム関連
 - 自動車に搭載される情報通信機器(センサー等)
 - 自動走行等を支援する通信サービス
 - 過疎地向け等の自律型走行車(らくらくカー等)
- (2) 自律型ロボット(ネットワークロボット)関連
 - ① 家庭用ネットワークロボット
 - コミュニケーションロボット
 - 介護用ロボット 等
 - ② 産業用ネットワークロボット
 - 製造ライン用ロボット
 - 資材搬送用ロボット 等
- (3) 自律型福祉機器関連
 - ① ネットワーク車いす
- (4) 自律型無人飛行機(ドローン等関連)
 - ① 輸送用ネットワークUAV
 - ② 警備用ネットワークUAV
- (5) 自律型マシン関連
 - ① ネットワーク建機
 - ② ネットワーク農業機械
- (6) その他

自律型モビリティ・システムの市場予測:国内市場 (2010年公表資料を基に作成)



(出所) 三菱総合研究所「IoT/AIを取り巻く最近の動向について」
情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会
第7回会合資料7-3(平成27年)

注:平成22年ロボット産業将来市場調査(経済産業省・NEDO)を基にMRIが作成した資料

野村総合研究所

- 人工知能の市場規模は3兆円（2015年）から8兆円（2050年）（年平均成長率2.8%）
 - 自動運転車は4.6兆円、Web広告・レコメンデーションは1.6兆円等

人工知能アプリケーション別市場規模：国内市場（2015年公表）

分野	アプリケーション	機械学習	自然言語処理	画像認識	2015年時点 (億円)	2020年時点 (億円)	2050年時点 (億円)
金融	与信管理	●			14	14	17
	不正検知	●			49	85	104
	アルゴリズムトレーディング				-	-	-
製造	投入量の最適化	●			1	24	90
	不良品検査			●	131	135	167
自動車	自動運転			●	0	0	46,031
情報機器	音声インターフェース		●		24,530	21,882	7,680
軍事	誘導兵器・無人機等			●	-	-	-
出版	記事の自動生成		●		0	6	6
	文章要約		●		-	-	-
	翻訳		●		20	50	143
セキュリティ	自律警備ロボット			●	10	44	1,278
	顔認識			●	-	-	-
医療・介護	診断代行(読影)			●	0	0	57
	診断支援(病気推定)		●		0	0	1,724
	介護用ロボット		●	●	14	120	2,770
コールセンター	応答支援・自動応答		●		16	117	1,903
広告・マーケティング	Web広告・レコメンデーション		●		5,666	9,568	16,301
ホテル・宿泊施設	コンシェルジュ		●		1	60	400
小売	配送自動化(ドローン)			●	0	0	1639
合計					30,452	32,105	80,310

(出所) 情報通信審議会「IoT/ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方」中間答申（平成27年12月14日）
注：野村総合研究所作成資料

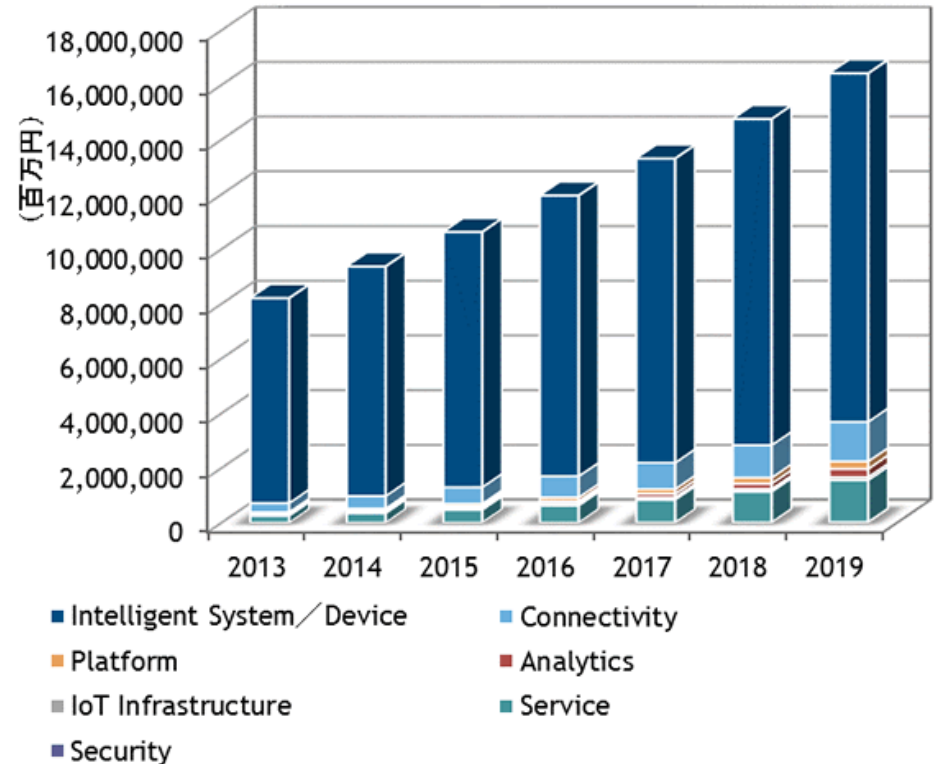
IDC Japan (日本の調査会社)

- 国内のIoT市場は今後5年間平均12%成長：9.4兆円（2014年）→ 16兆円（2019年）
 - IoT接続機器は5.57億台（2014年）→ 9.56億台（2019年）
- 産業、運輸・物流、インフラ管理をはじめとして、施設管理、健康管理、小売等幅広い領域への適用が期待

IoTサービスの対象(例)	
産業	<ul style="list-style-type: none"> 工場プロセスの広範囲に適用可能な産業用設備の管理・追跡の高度化 鉱業、灌漑、農林業等における資源の自動化
運輸・物流	<ul style="list-style-type: none"> 車両テレマティクス・追跡システムや非車両を対象とした輸送管理の高度化 交通システム管理の高度化
セキュリティ・公衆安全	<ul style="list-style-type: none"> 緊急帰還、公共インフラ(環境モニタリング等)、追跡・監視システム等の高度化
エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 需給関係設備の管理を通じた電力需給管理 資源採掘や運搬等に係る管理の高度化
施設	<ul style="list-style-type: none"> 施設内設備管理の高度化(自動監視・制御等)
家庭・個人	<ul style="list-style-type: none"> 宅内基盤設備管理の高度化 宅内向け安心・安全等サービスの高度化
小売	<ul style="list-style-type: none"> サプライチェーンに係る高度な可視化 顧客・製品情報の収集 在庫管理の改善 エネルギー消費の低減
ヘルスケア・生命科学	<ul style="list-style-type: none"> 医療機関/診察管理の高度化 患者や高齢者のバイタル管理 治療オプションの最適化 創薬や診断支援等の研究の高度化
IT・ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> オフィス関連機器の監視・管理の高度化 通信インフラの監視・管理の高度化

注：総務省「平成27年情報通信白書」を基にMRI作成

国内IoT市場 テクノロジー要素別売上予測 :国内市場 (2015年公表)



注：IDC Japan「国内IoT市場 テクノロジー要素別売上予測 2013年～2019年」(2015年2月5日)より取得

(2) 経済への波及効果の予測例

経済への波及効果の予測例

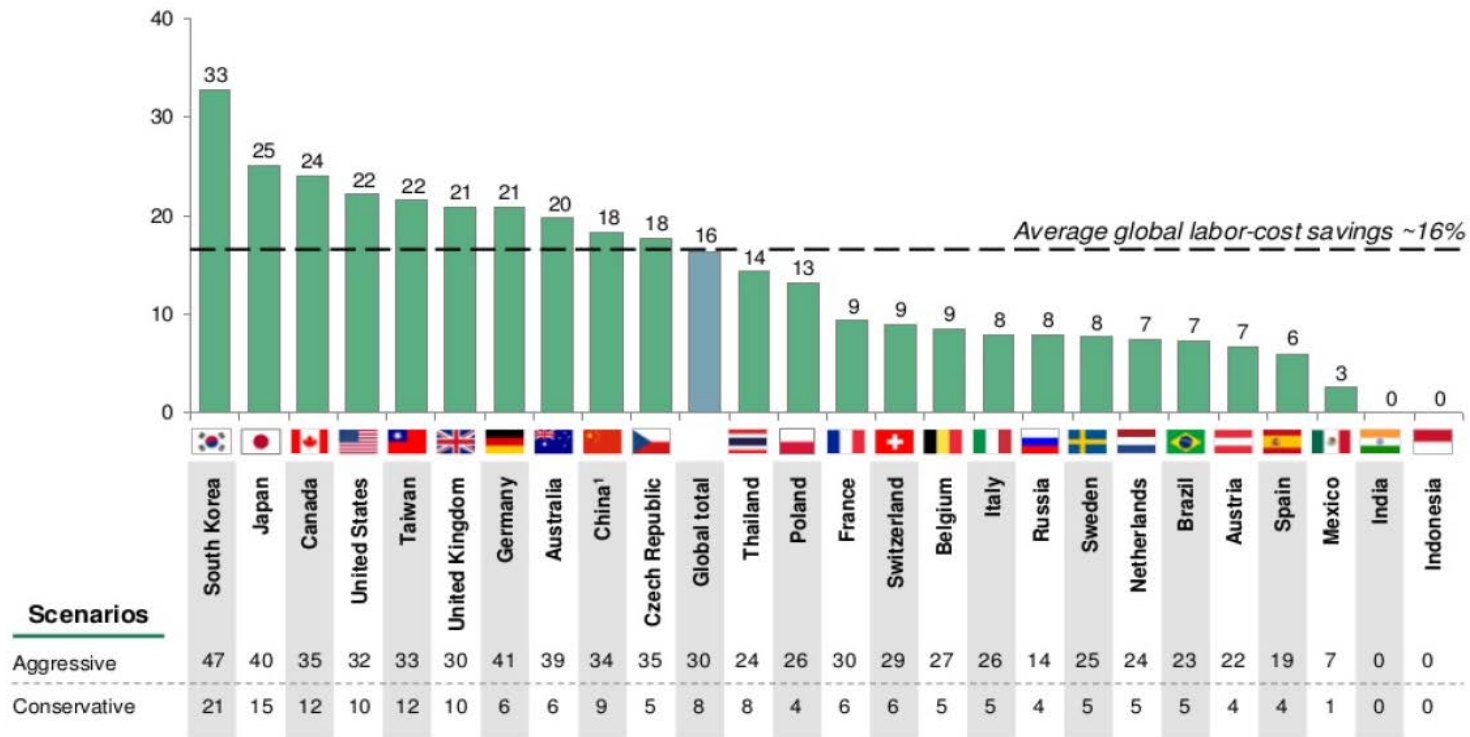
機関名	波及対象	予測値
ボストン コンサルティング グループ	労働コスト (世界各国比較)	労働コストは世界平均で16%削減（2025年まで） 日本は25%削減（韓国に次ぐ大きな削減幅）
	コスト競争力 (世界各国比較)	ロボット化に伴うコスト競争力は日本は米国比1%減少（2025年時点対2014年比） 自動車・電機ではロボットが労働コストを下回る。 他産業も10年程度でロボットの方が安価
マッキンゼー	知識労働自動化 による経済的 インパクト (世界市場)	5兆ドル超（2025年）
みずほ銀行	経済価値 (直接売上+ ユーザへの効果) (世界市場)	8兆ドル（2025年）

ボストンコンサルティンググループ (BCG) (Boston Consulting Group :米国のコンサルティング会社)

- 先進的な産業用ロボットの採用により、2025年までに労働コストは平均16%削減
 - 低賃金労働時代の終焉
 - 労働者に要求されるスキルの変化
- 2025年までに、多くの産業でロボットは生産性を10%-30%向上させる
 - ロボット導入の4分の3はコンピュータ、電気、運輸、機械による

先進的産業用ロボット導入による労働コストの削減予測：世界各国比較（2015年公表）

Labor-cost savings from adoption of advanced industrial robots (% , 2025)



(出所) Boston Consulting Group, "The Shifting Economics of Global Manufacturing: How a Takeoff in Advanced Robotics Will Power the Next Productivity Surge", Feb.2015

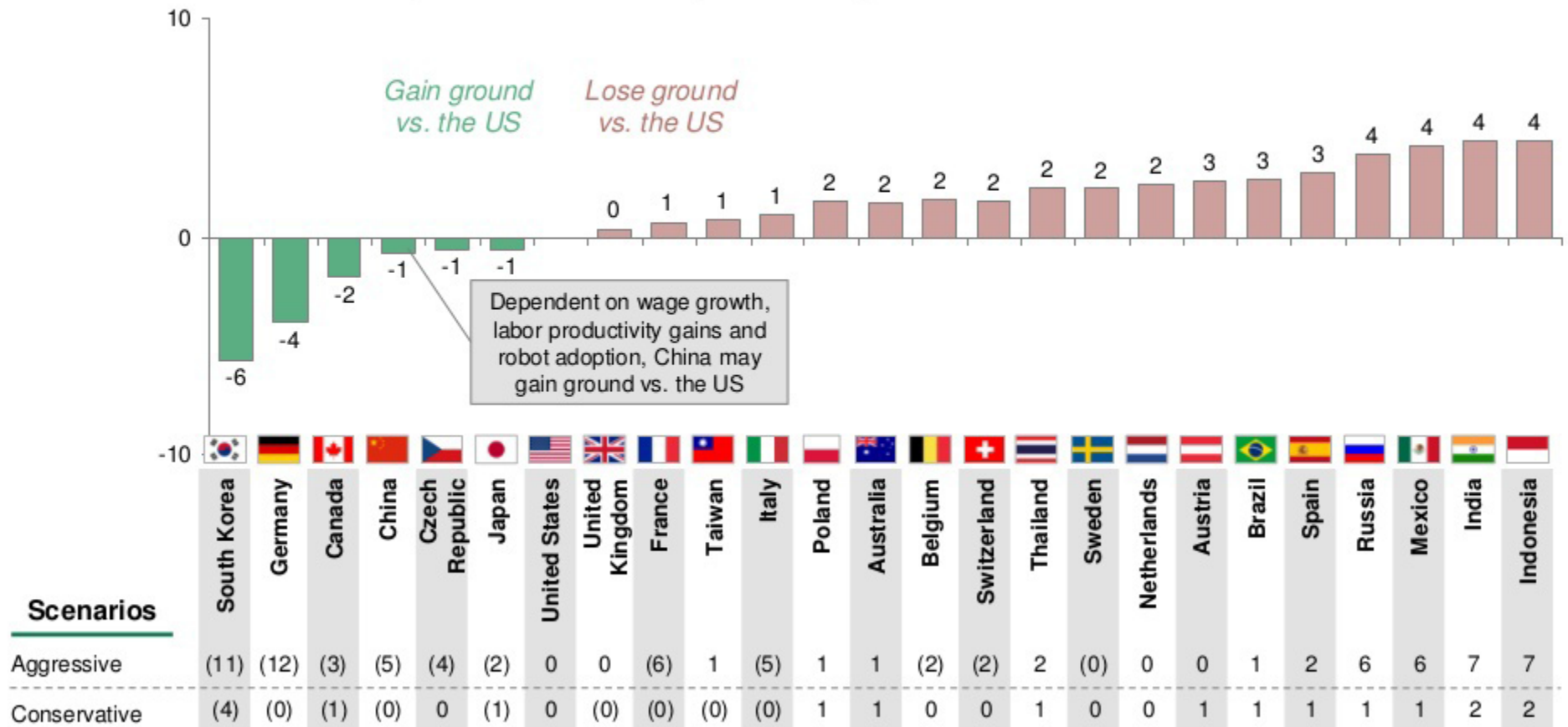
¹China figures based on YRD region. Sources: STAN Bilateral Trade Database, US Bureau of Labor Statistics, BCG analysis

ボストンコンサルティンググループ

- ロボット化による製造業のコスト競争力指数の変化：日本は米国比で1%減少（2025年時点(2014年比)）
 - 製造業者は安価さのみを基準に労働力を調達しなくなる。ロボット化に対応できる労働力の調達可能性がカギ

ロボット化による製造業コスト競争力の変化予測：世界各国比較（2015年公表）

Potential change in manufacturing cost-competitiveness index¹ due to robotics, 2014 – 2025



(出所) Boston Consulting Group, "The Shifting Economics of Global Manufacturing: How a Takeoff in Advanced Robotics Will Power the Next Productivity Surge", Feb. 2015

ボストンコンサルティンググループ

● ロボットと労働のコスト比較（能力調整済み価格比）

- 自動車、電気機械産業ではすでにロボットの方が安価（能力調整済み価格比）
- 他の産業においても10年程度でロボットは人間を凌ぐ

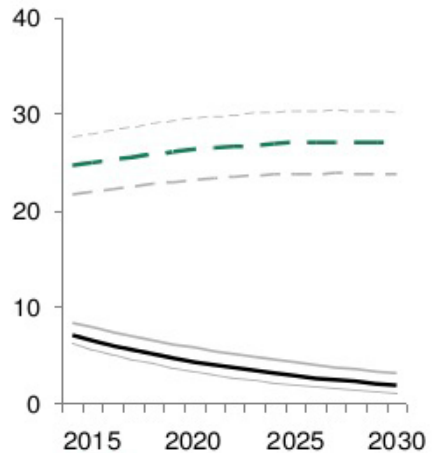
ロボットと労働のコストの比較：産業別予測（2015年公表）

Within the US automotive and electrical equipment industries, robotic price/performance is better than or near parity with manual labor costs

US automotive industry

2013 industrial robot shipments (units)	10,320
---	--------

Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)

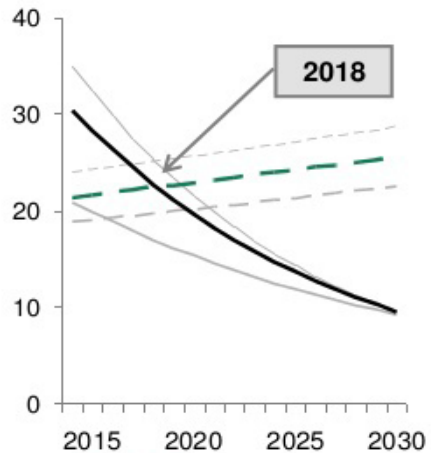


— Southern US auto wages
— Robot (automotive)¹

US electrical equipment industry

2013 industrial robot shipments (units)	3,328
---	-------

Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)



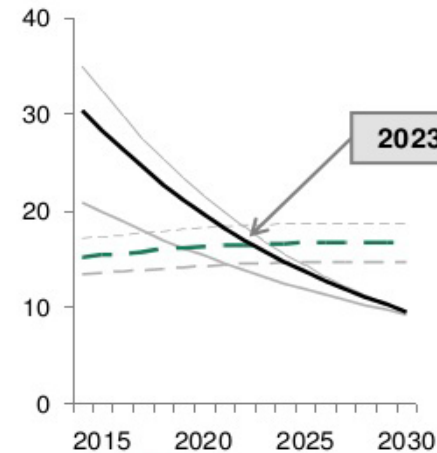
— Electrical wages
— Robot (generic)²

In other industries, robotic systems may surpass manual labor in the next 10 years

US furniture industry

2013 industrial robot shipments ³ (units)	23
--	----

Price/performance-adjusted nominal wages and operating cost (\$/hour)



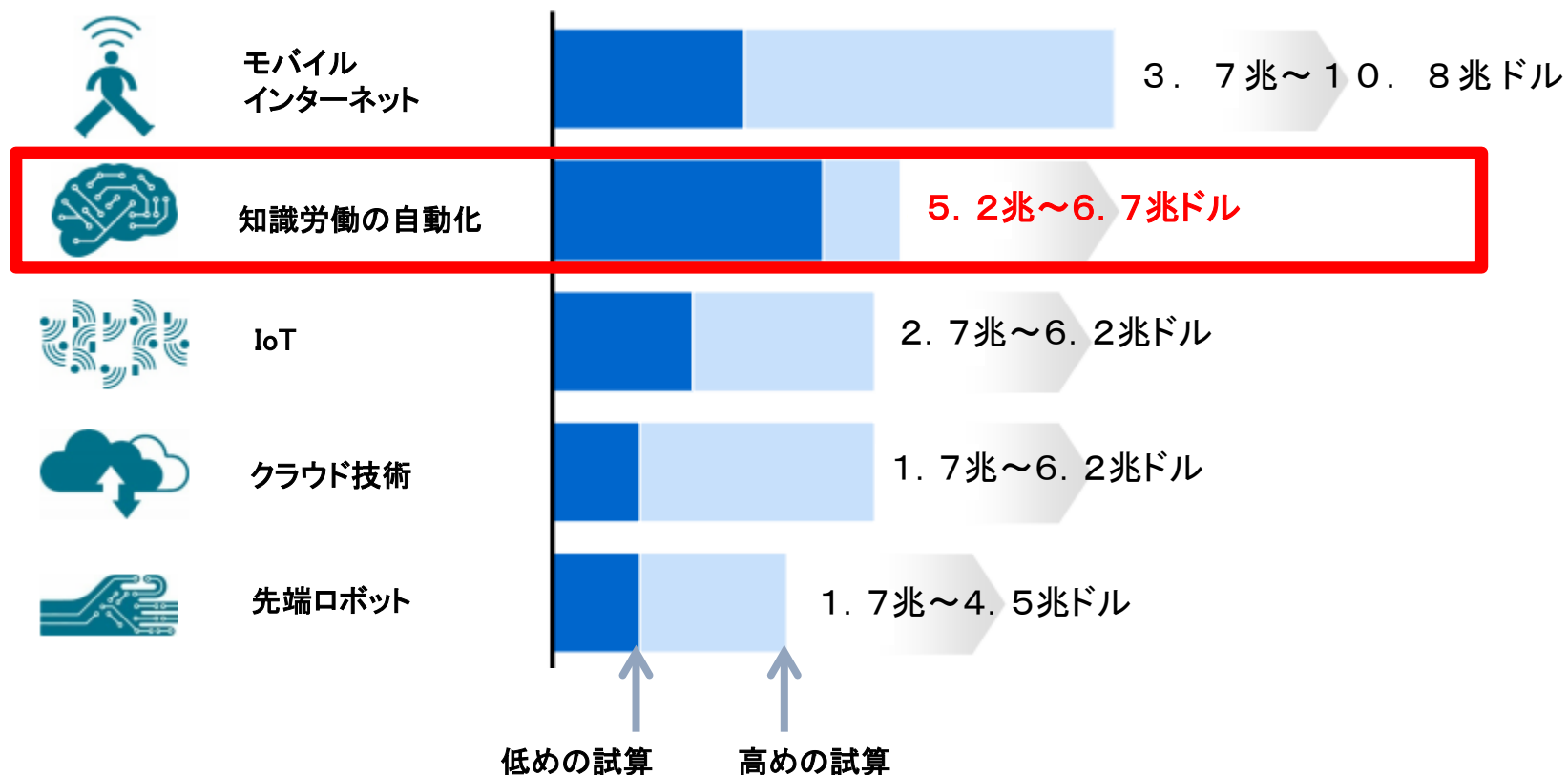
— Furniture wages
— Robot (generic)²

(出所) Boston Consulting Group, "The Shifting Economics of Global Manufacturing: How a Takeoff in Advanced Robotics Will Power the Next Productivity Surge", Feb.2015

マッキンゼー (McKinsey: 米国のコンサルティング会社)

●知識労働自動化による経済的インパクトは2025年時点で5兆ドルを超える

各種先進技術の2025年における経済的インパクトの予測:世界市場 (2015年公表)



注: McKinsey Global Institute "Disruptive technologies"(2013) を一部改編

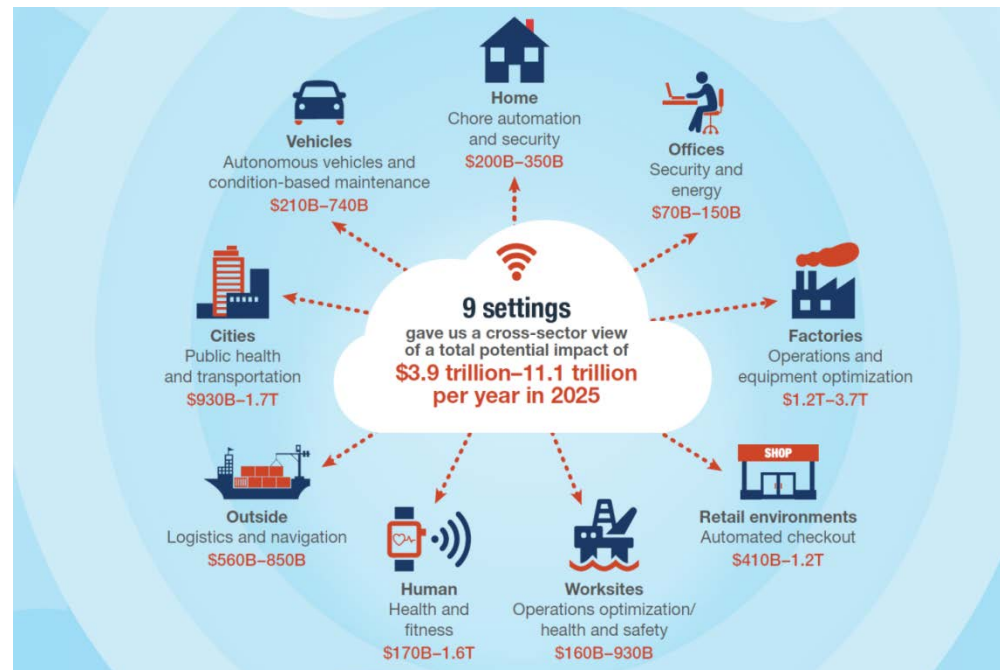
(出所)インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書2015」(平成27年) 図表 1 2

(参考) McKinsey (2015)

“The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype”

- IoTが効果をもたらすと考えられる9つの分野（住宅、オフィス、工場、小売業、工事現場、医療・健康、外部輸送、都市、輸送機器）を特定
- これらの9つの分野におけるIoTの発展は、2025年には年間3.9兆ドル～11.1兆ドルの効果を世界市場にもたらすと予測

IoTの経済効果の予測:世界市場（2015年公表）



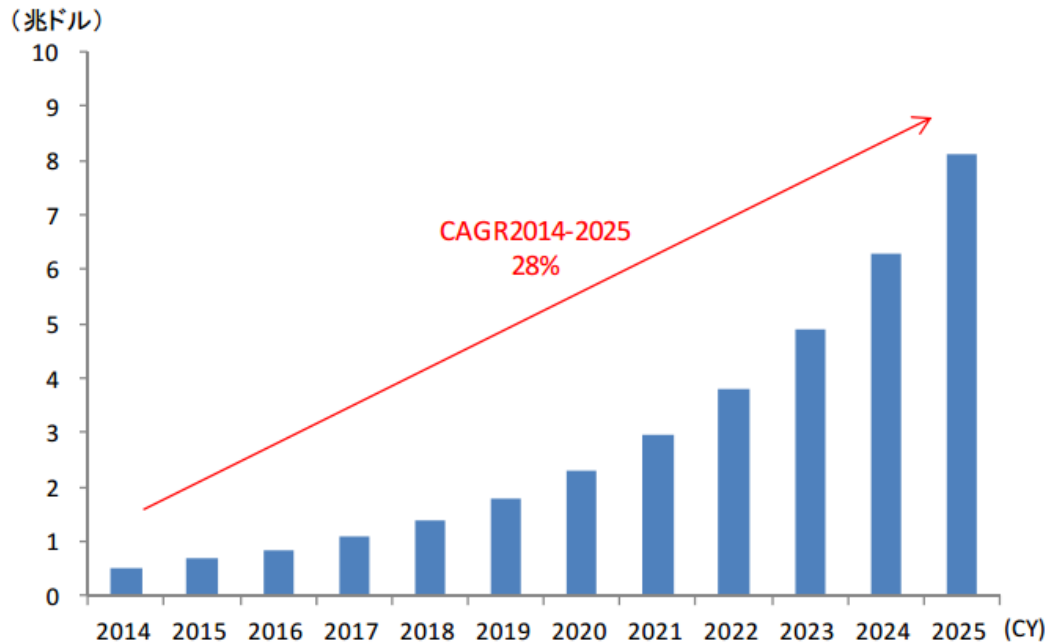
(出所) McKinsey Global Institute, “The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype”, June 2015

みずほ銀行

●IoTのもたらす経済価値は8兆ドル（2025年）（年平均成長率28%）

➤ 経済価値としてはIoT関連製品の直接的売上に、ユーザ側の経済効果を加えたもの

IoTが付加する経済価値:世界市場（2015年公表）



IoT関連サービス市場規模：世界市場 （2014年公表） （ガートナー社(Gartner:米 IT アドバイザリ企業)）

2014年	2020年
523 億ドル	2,628 億ドル

注：IoT関連サービスとしてはコンサルティング、システム 開発、運用が含まれる

出典：Gartner, "Forecast: Internet of Things, Endpoints and Associated Services, Worldwide, 2014", 20 October 2014

(出所)みずほ銀行「みずほ産業調査 (Vol.51) IoT (Internet of Things) の現状と展望: IoTと人工知能に関する調査を踏まえて」(2015年8月)

(3)雇用への影響の予測例

雇用への影響の予測例

機関名	分析対象	予測値
オックスフォード大学, Frey and Osborne	コンピュータ化に伴う 雇用への分野別影響 (米国市場*2)	米国雇用の47%はハイリスク・カテゴリー(*1)に分類 事務支援、生産関連、運輸、ロジスティクス等は特に厳しい ここ数十年にわたり雇用の伸びを支えてきたサービス業への影響も大
デロイト, Frey and Osborne	コンピュータ化に伴う 雇用への分野別影響 (英国市場*2)	英国雇用の35%はハイリスク・カテゴリーに分類 低賃金の仕事はリスクが高い
野村総合研究所, Frey and Osborne	コンピュータ化に伴う 雇用への分野別影響 (日本市場*2)	労働人口の49%が技術的に代替可能 創造性、協調性が必要な業務や、非定型な業務は将来も人が担う
アクセンチュア	IoT/ビッグデータの 雇用への影響 (世界経営者)	経営者の過半数(52%)がインダストリアル・インターネットが雇用の「喪失」を上回る「機会」を生み出すと回答
世界経済フォーラム	2020年の労働市場 (世界15カ国・地域)	対象国・地域では710万の雇用が失われ200万の雇用が創出

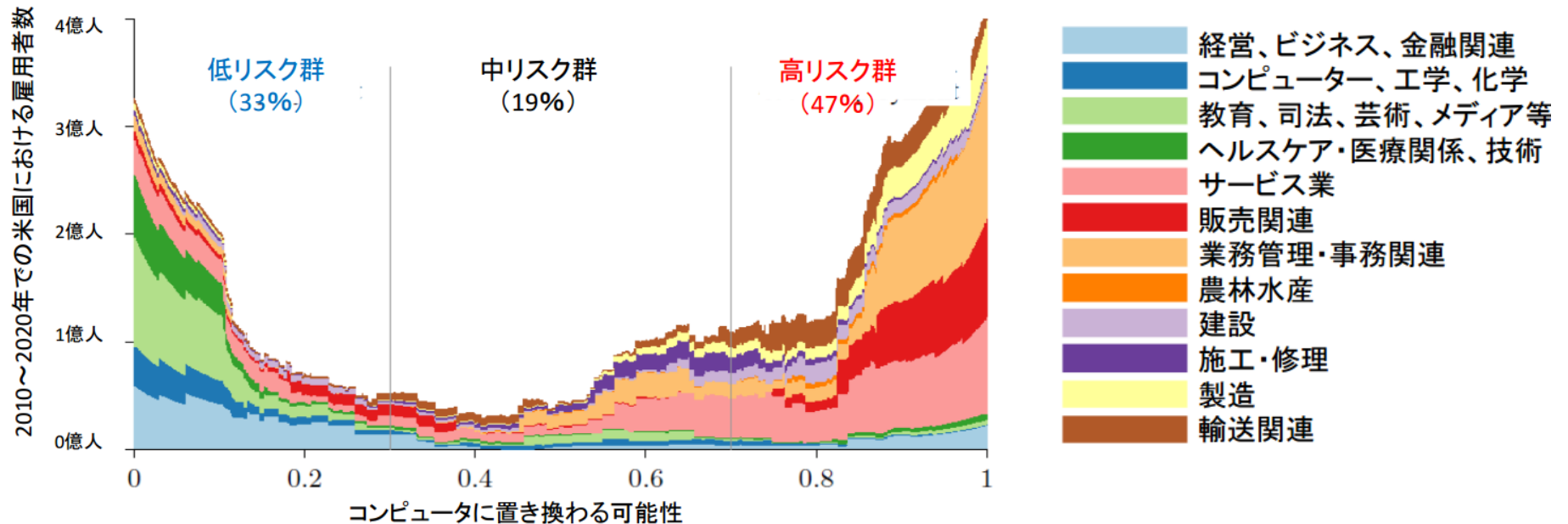
*1: 今後10年~20年の比較的早い時期に代替される職業

*2: 米国は702種類の職業、英国は369種類の職業、日本は601種類の職業を対象

オックスフォード大学

- コンピュータによる労働代替が技術的に可能となる確率に応じて、職業を低リスク・中リスク・高リスクに分類
 - 確率が70%以上の職業を高リスク、30%以下の職業を低リスクと定義
 - 輸送産業、ロジスティクス、事務職、生産分野は高リスク
 - 管理職、教育、ヘルスケア、芸術、学術研究などは低リスク
 - サービス業、販売業、建設業などはスキルに応じてリスクが異なる
- 米国雇用の47%は高リスク（ハイリスク・カテゴリー）に分類

コンピュータによる労働代替が技術的に可能となる確率の職業別予測：米国雇用（2013年公表）



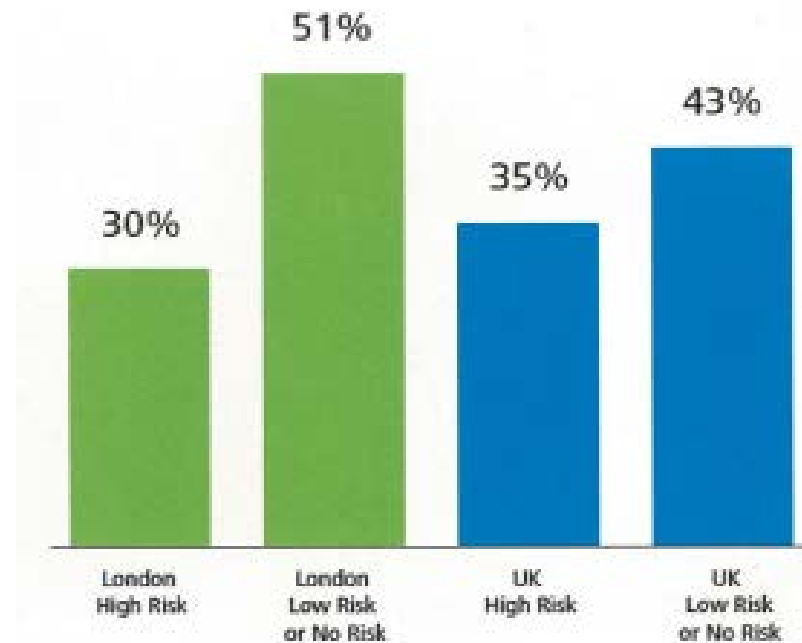
注：Frey and Osborne, Univ. of Oxford, "The Future of Employment : How susceptible are jobs to computerisation?" Sep. 17, 2013.
http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

(出所)インテリジェント化が加速するICTの未来像に関する研究会「報告書2015」(平成27年)

デロイト (Deloitte : 米国の会計事務所)

- オックスフォード大学と共同で、イギリスをロンドンと英国全土(ロンドン含む)の二つに分類
- コンピュータによる労働代替が技術的に可能となる確率に応じて分析
 - 英国全土では35%、ロンドンでは30%が高リスク (ハイリスク・カテゴリー)
 - ロンドンは創造性や協調性が必要な業務比率が高く、英国全土より高リスク職業比率が低い

コンピュータによる労働代替が技術的に可能となる確率の高低別の労働人口の割合: 英国雇用
(ロンドン、英国全土の比較) (2014年公表)

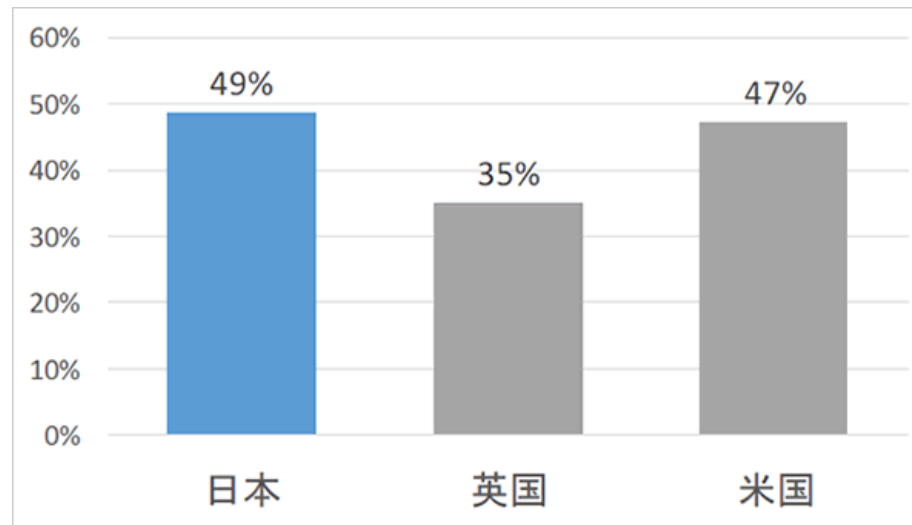


(出所) Deloitte, "Agiletown: the relentless march of technology and London's response", Nov. 2014.
<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>

野村総合研究所

- 人工知能やロボット等による労働代替が技術的に可能となる確率が高い労働人口の割合
 - 日本の労働人口の約49%は、人工知能やロボット等による労働代替が技術的には(*1)可能となる確率が高い
 - 創造性、協調性が必要な業務や、非定型な業務は将来も人が担う
- (*1) 技術的な代替可能性であり、コスト等を含めた総合的な判断による代替可能性ではない
- オックスフォード大学（米国）、デロイト（英国）と同じ方法論で調査
 - 日本は、米国とほぼ同等水準

人工知能やロボット等による労働代替が技術的に可能となる確率が高い労働人口の割合の日・英・米比較
(2015年公表)



(出所) 野村総合研究所「日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に」(2015年12月)

注：米国データはオックスフォード大学調査(2013)から、英国データはデロイト社調査(2014)から取得。

http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/uk-futures/london-futures-agiletown.pdf>

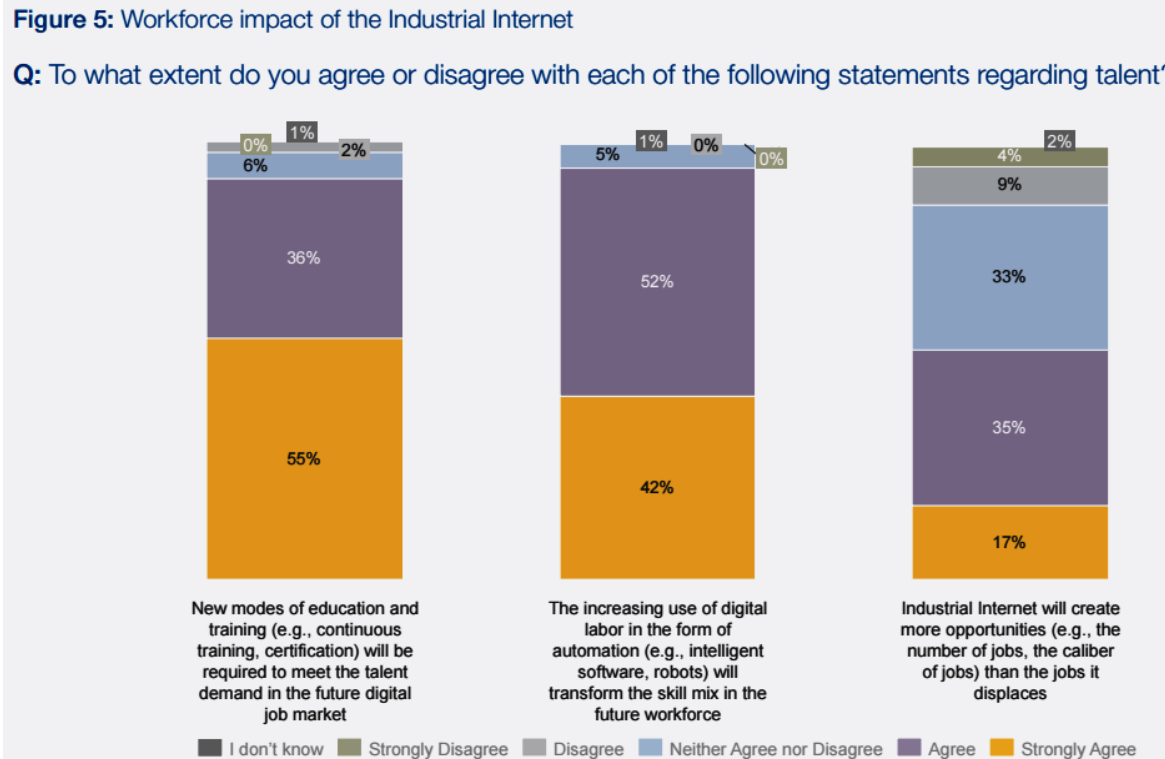
https://www.nri.com/jp/news/2015/151202_1.aspx

アクセンチュア (Accenture:コンサルティング会社(本社アイルランド))

● 世界の経営者へのアンケート調査

- 経営者の過半数（17%+35%）は、インダストリアル・インターネットが雇用の「喪失」を上回る「機会」を生み出すと回答
 - ◆ 仕事の数が増え、仕事の範囲が拡大する
- インダストリアル・インターネットのもとで必要な能力を満たすには、新たな教育・訓練を必要とする（55%+36%）
- インテリジェントソフトウェアやロボットの普及は、必要とされるスキルを変える（42%+52%）

インダストリアル・インターネットの雇用への影響：世界の経営者へのアンケート（2014年公表）



(出所) 情報通信審議会「IoT/ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方」中間答申（平成27年12月14日）
注：World Economic Forum Industrial Internet Survey 2014（アクセンチュア）より取得

世界経済フォーラム(WEF:スイスに本部を置く国際機関)

- 世界の企業（15カ国・地域）の管理職へのヒアリングに基づく調査
 - ASEAN、オーストラリア、ブラジル、中国、フランス、GCC諸国、ドイツ、インド、イタリア、日本、メキシコ、南アフリカ、トルコ、英国、米国の15国・地域を対象
- 対象国・地域では710万の雇用が失われ200万の雇用が創出されると予測（2020年）
 - 技能の低い事務職や、製造業・製造部門における雇用は最も影響を受ける
 - 高技能が必要とされる金融部門、管理職、コンピュータ・数学分野では雇用が増加

職種による雇用の増減の予測（2015年－2020年）：（2016年公表）（単位：千人）

