
ICTインテリジェント化影響評価検討会議 第1回会合

討議用資料1 問題の所在

平成28年2月
総務省情報通信政策研究所

目次

1. 「ICTインテリジェント化」及び「インテリジェントICT」	3
(1) 「ICTインテリジェント化」及び「インテリジェントICT」の定義	4
(2) ICTインテリジェント化の構成要素	5
(3) インテリジェントICTと人工知能及びIoTとの関係	13
(4) 人工知能とスマートマシン及びIoTとの関係	14
2. ICTインテリジェント化の進展段階	15
(1) ICTインテリジェント化の進展段階	16
(2) インテリジェントICTによる人間の支援	18
(3) インテリジェントICTのネットワーク化による協調	23
(4) 人間とインテリジェントICTとの共存	28
ア 人間とインテリジェントICTとの連携	29
イ インテリジェントICTによる人間の包絡	30
3. 本検討会議における検討事項	31

1. 「ICTインテリジェント化」及び「インテリジェントICT」

(1)「ICTインテリジェント化」及び「インテリジェントICT」の定義

情報革命

（関連技術の発展を受け、
その本質が急速に顕在化）

- 情報処理や通信に関する技術の発展
- 人間の頭脳労働（特に認知、判断、創造）を機械が支援・代替
→人間の脳の機能拡張

→情報革命の主役は、コンピュータ、通信ネットワーク、これらの上で動く人工知能、活用されるデータ、技術と人間との間のインターフェイス

ICTインテリジェント化

コンピュータや通信ネットワークに関する様々な技術の同時並行的かつ加速度的な高度化等によりもたらされる次のような変化

1. ICTにおける知性の向上
2. ICTと人間の連携の進展

インテリジェントICT

ICTインテリジェント化を支える技術やシステムの総体

(2)ICTインテリジェント化の構成要素

ICTインテリジェント化

コンピュータや通信ネットワークに関する様々な技術の同時並行的かつ加速度的な高度化等によりもたらされる次のような変化

1. ICTにおける知性の向上
2. ICTと人間の連携の進展

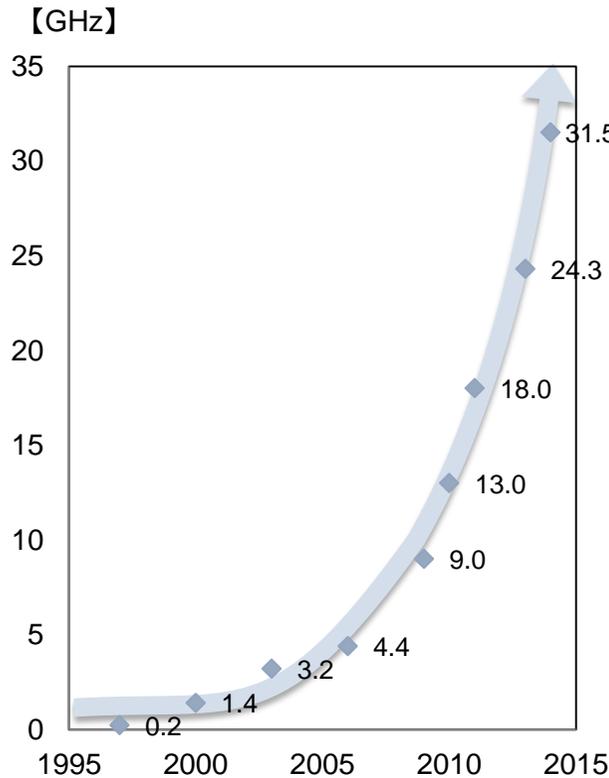
6要素

- ① CPU、ストレージ及び通信ネットワークの能力向上
- ② 人工知能の高度化
- ③ あらゆるものごとのデータ化
- ④ インターネットのグローバル化
- ⑤ 分散処理の進展
- ⑥ 人間（の脳）と人工知能等との連携

①CPU、ストレージ及び通信ネットワークの能力向上

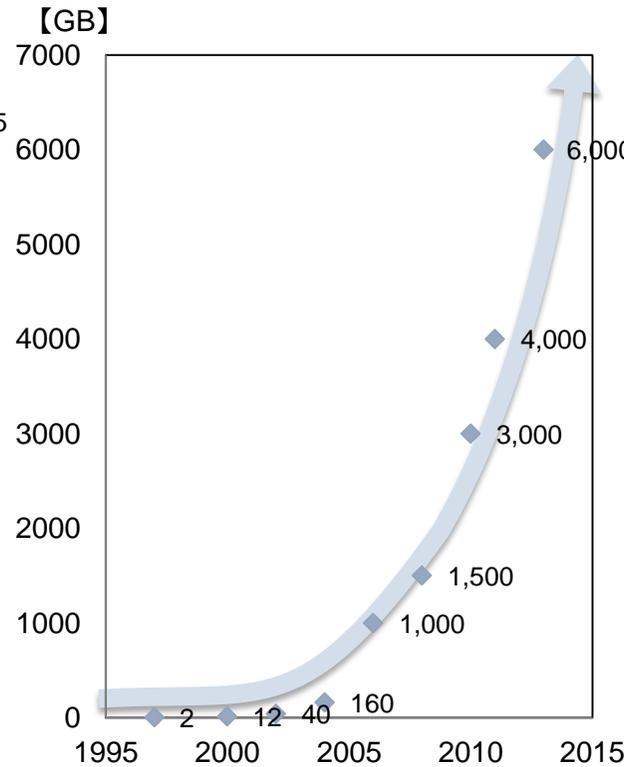
コンピュータのハードウェア（CPU、ストレージ）の能力及び通信ネットワークの能力は、いずれも年平均で約2倍の向上。

CPU



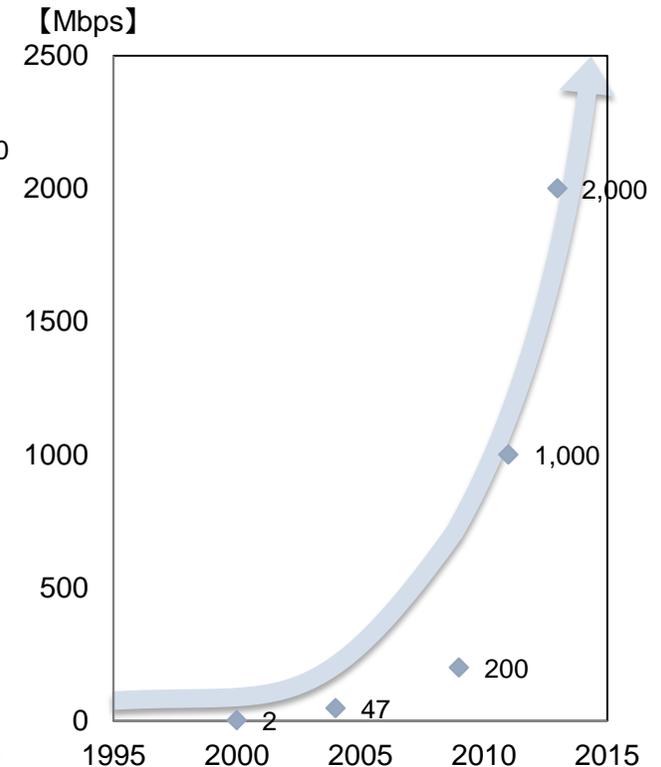
35年間で約1千万倍
(年平均で約1.6倍)

ストレージ



15年間で約3千倍
(年平均で約1.7倍)

通信ネットワーク



15年間で約3万倍
(年平均で約2.2倍)

②人工知能の高度化

➤ 工学的アプローチ

- ①推論・探索（1950年代後半～1960年代）
- ②知識表現（1980年代）
- ③機械学習（2000年代）
- ④(特徴)表現学習（2010年代）

人工知能研究50年来のブレークスルー「ディープラーニング」

(乱雑なデータから、判断や思考に必要となる「特徴量」・「特徴表現」をコンピュータが自ら学習して、推論・思考)

➤ 理学的アプローチ

Whole Brain Emulation (WBE): 脳の機能を模倣

- ・IBMとスイス連邦工科大学の共同プロジェクト「Blue Brain」
- ・オックスフォード大学によるWBEのロードマップ

➤ 全脳アーキテクチャ(WBA)のアプローチ

脳全体のアーキテクチャに学び、機械学習モジュールを統合して
汎用人工知能を創造

③あらゆるものごとのデータ化

➤ コンテンツのデータ化（1900年代半ば～）

ウェブサイト情報、音楽、映像等

➤ 行動情報のデータ化（2000年代～）

鉄道乗車履歴、GPSによる位置情報等

→ 蓄積され、解析され、他のデータと組み合わせられて活用

➤ 「もの」のデータ化、「ひと」のデータ化

→ 行動情報と同様に、解析されて活用

○ 「もの」のデータ化：I o T

車、監視カメラ、産業機械、製品、部材等がネットワークに接続

→機械から生成されるデータが爆発的に増加 →データを利活用

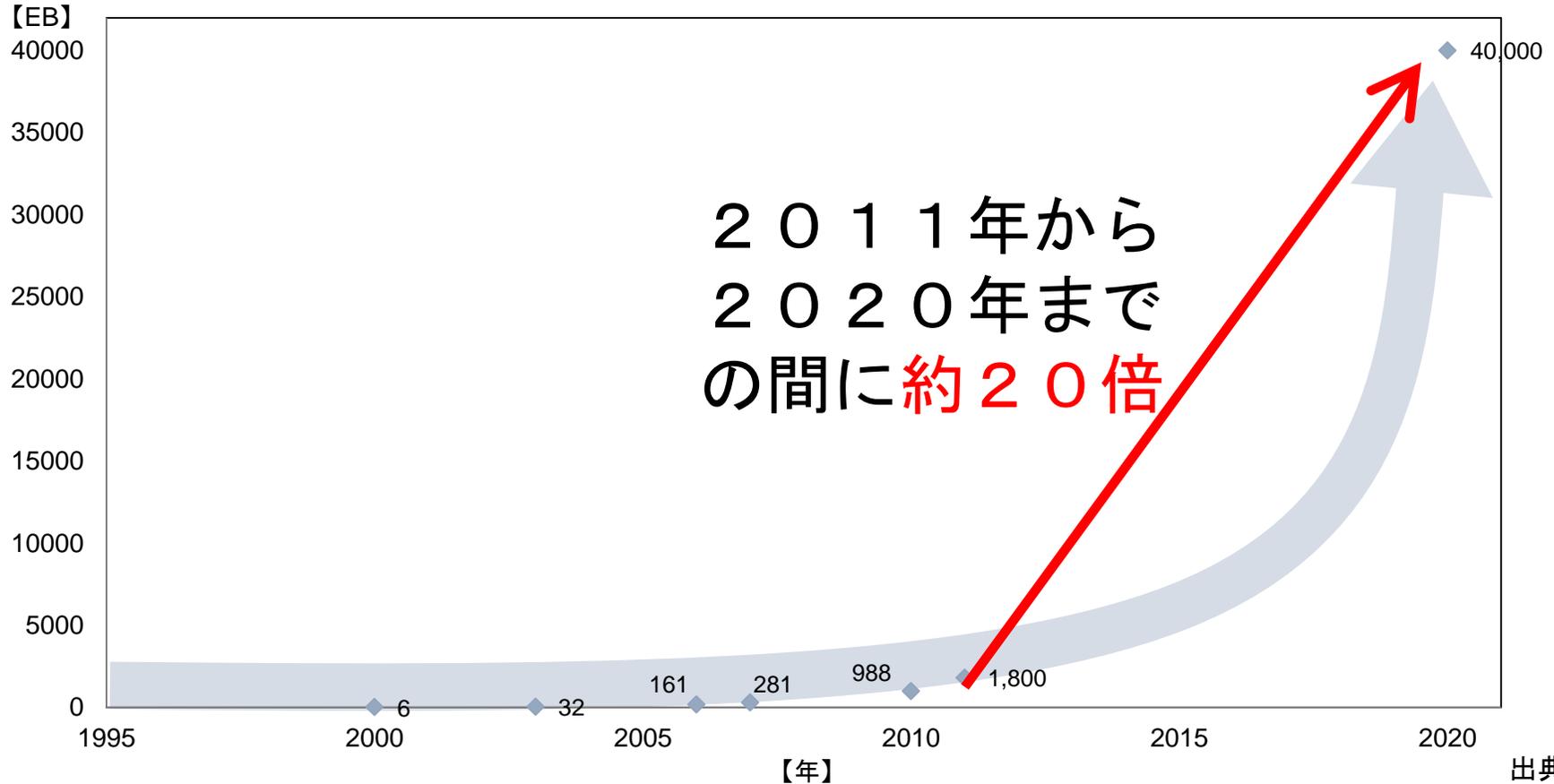
○ 「ひと」のデータ化

ウェアラブルデバイス等を通じて時系列を伴うデータを収集

→データを利活用 →人間と人工知能等の連携・連動

③あらゆるものごとのデータ化

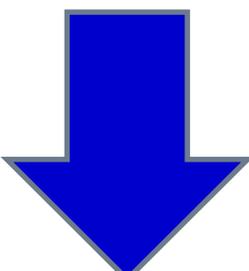
全世界で生成・複製されるデジタルデータの量は、2011年の1800エクサバイトから2020年には40ゼタバイトにまで増加する見通し（約20倍）。



1エクサバイトは 10^{18} バイト（100京バイト）、1ゼタバイトは 10^{21} バイト（10垓バイト）
（参考）1メガバイトは 10^6 バイト（100万バイト）、
1ギガバイトは 10^9 バイト（10億バイト）、1テラバイトは 10^{12} バイト（1兆バイト）

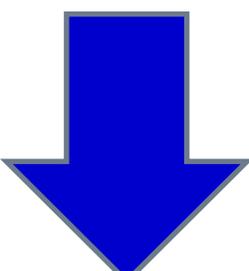
④インターネットのグローバル化

インターネットのグローバルな普及



利用者：4億人 [2000年] → 32億人 [2015年]
→ 55億人 [2025年 (Ciscoの推計)]

国境に関係ないthe Internetという一つの空間が構築



「ひと」や「もの」が生み出すデータのみならず、
その処理やストレージ、サービスも全てグローバル化

人類は、これら資源を共有できることを前提に未来を構築

⑤分散処理の進展

CPUと通信ネットワークの能力向上に対応して変遷

メインフレームの時代【集中】

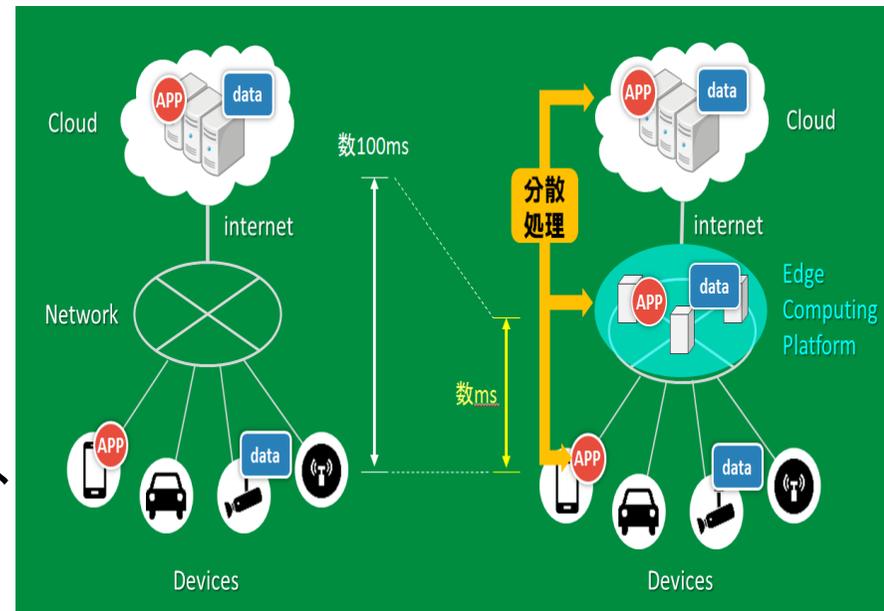
パーソナルコンピュータの時代【分散】(1990年頃～)

クラウドの時代【集中】(2010年頃～)

エッジ・コンピューティング

通信量の増大や通信遅延を克服するため、中央(クラウド)と末端(エッジ)のデバイスやその近傍とで分散的に処理。

→自動運転車の制御、ビル等のエネルギー管理、防災等で活用の可能性



出典：第3回研究会岩本構成員資料

センサー・フュージョン

複数のセンサーからの信号を組み合わせて全体像を把握

→自動運転車の制御、防犯、農業・鉱業の自動化、遠隔ヘルスケア等に活用の可能性
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

⑥人間(の脳)と人工知能等との連携

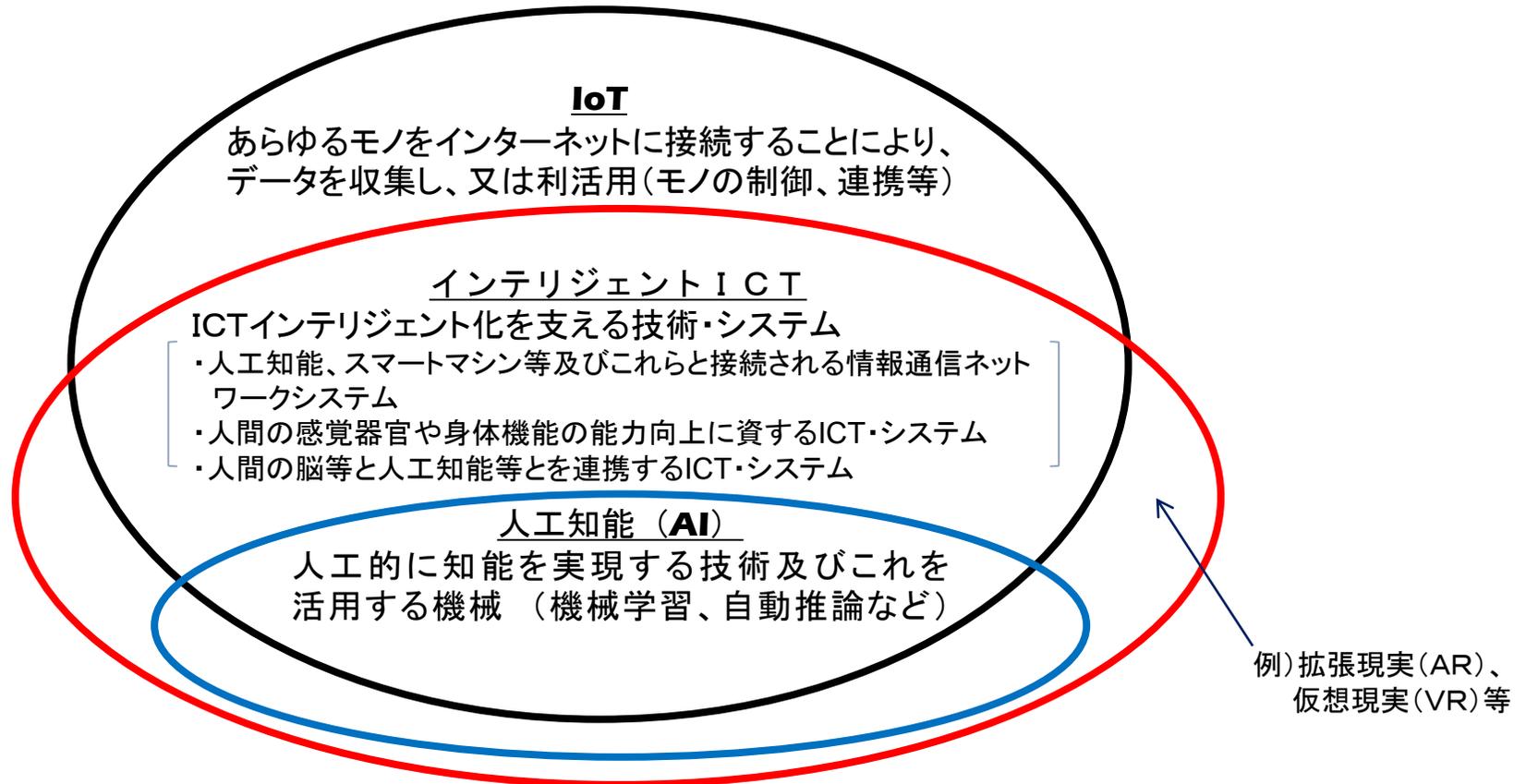
- 脳情報の解読 (←人工知能の分野の技術を活用)
意思決定や知覚の内容の解読、見ていた動画の再構成
- 脳活動への外部からの介入
磁気等を用いた刺激による能力の向上、快感の増幅、人工感覚の創出
- 脳と脳との間の通信
800メートル離れた建物間で、脳波をインターネットを介して送受信



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

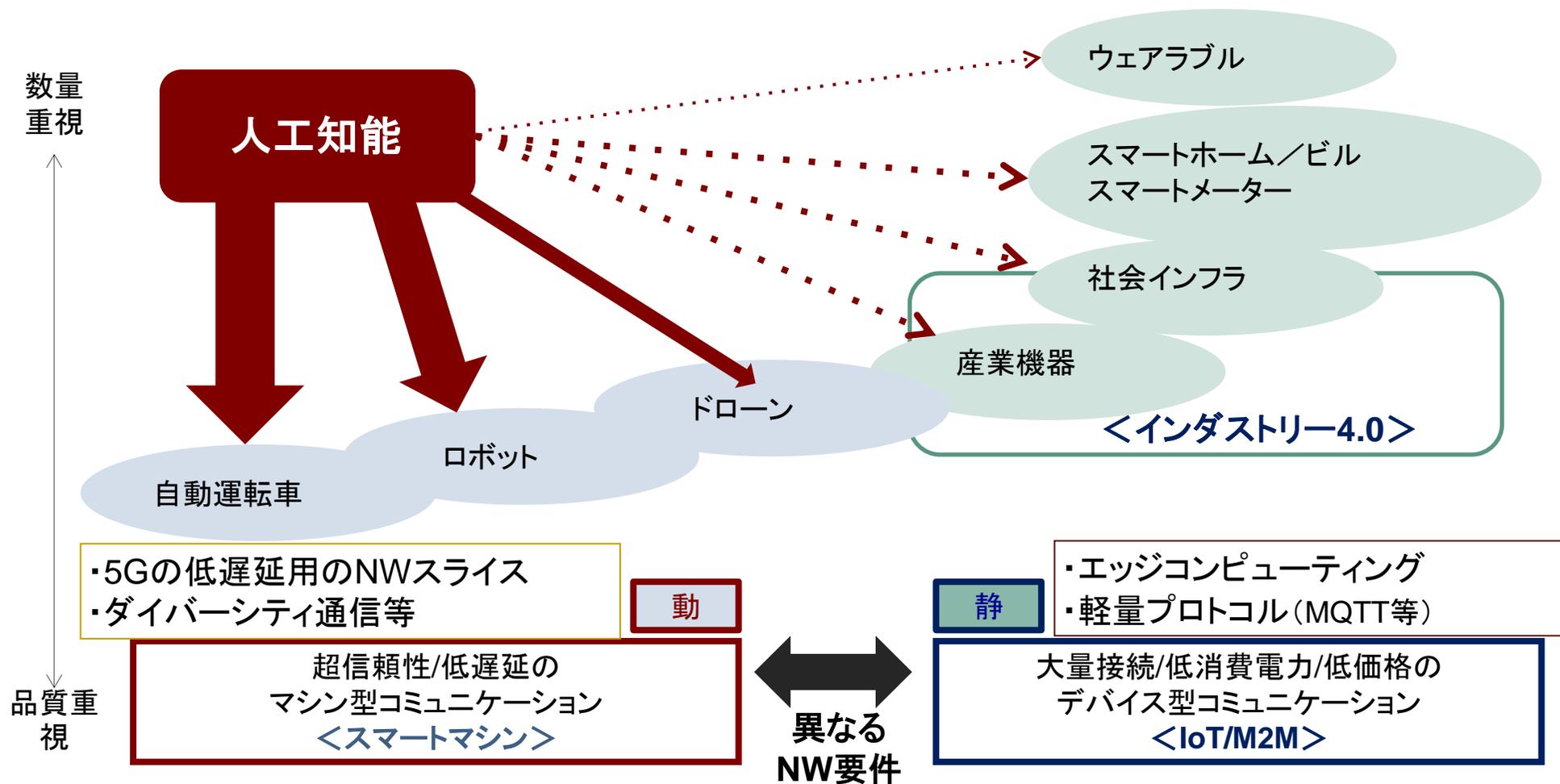
- 人間と機械との連携
 - 仮想現実 (Virtual Reality) や拡張現実 (Augmented Reality) の技術の発展
 - これらのネットワーク化により、遠隔地の出来事を仮想体験
 - 更にロボティクス技術が加わることにより、遠隔地にも影響可能に

(3) インテリジェントICTと人工知能及びIoTとの関係



(4) 人工知能とスマートマシン及びIoTとの関係

スマートマシンは、超信頼性や低遅延が求められる**ミッションクリティカル**に対応



2. ICTインテリジェント化の進展段階

(1)ICTインテリジェント化の進展段階

ICTインテリジェント化の進展段階

ICTインテリジェント化の進展

- ① インテリジェント I C T が 単独で機能 して人間を支援
- ② インテリジェント I C T の ネットワーク化による協調 が進展し、社会における自動調整・自動調和が進展
- ③ 人間の潜在的な能力が インテリジェント I C T により引き出され、身体的にも頭腦的にも発展
- ④ 人間とインテリジェント I C T とが 共存する社会

(2) インテリジェントICTによる人間の支援

インテリジェントICTによる人間の支援

インテリジェント I C T が **単独で機能** して人間を支援

- インテリジェント I C T が **単独で** その知識量や探索速度を利用して **頭脳労働を支援・代替**

(例) 判例探索、症例探索、保険の審査

- あらゆるものごとのデータ化や通信ネットワークの活用の進展に応じ、 **即時性を要する判断や複雑な判断を可能** とするシステムが開発

(例) ・医療、農業

・企業の意思決定（経営判断、生産性向上、商品開発等）

・社会インフラ（防災、犯罪捜査等）

・高度なコミュニケーションロボット

ア IoTにおけるインテリジェントICTの利活用

IoT/AIにより実現される社会のイメージ



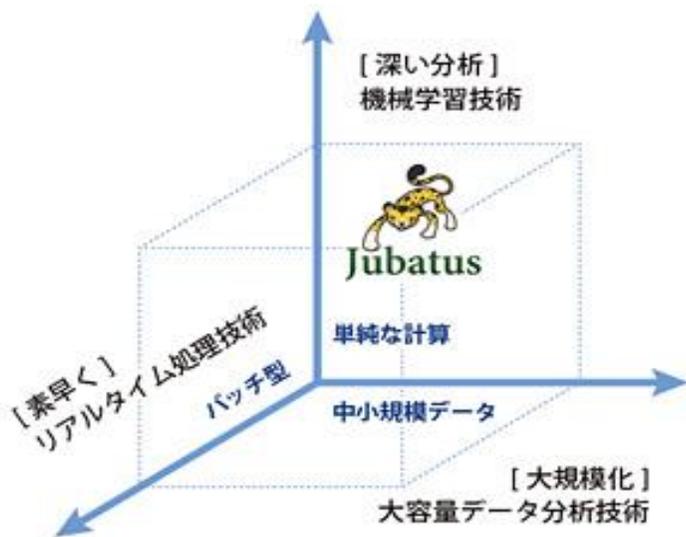
(出所) 三菱総合研究所「IoT/AIを取り巻く最近の動向について」
情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会
第7回会合資料7-3(平成27年)

イ インテリジェントICTによるプラットフォームの形成(1/2)

- 社会・経済に破壊的なイノベーションをもたらす人工知能のプラットフォームを確保した者は、圧倒的な影響力を持つ。
- 人工知能のプラットフォームは、実用化されている特化型人工知能によるプラットフォームと、将来大きなインパクトを与える可能性のある汎用人工知能(AGI)によるプラットフォームに分けられる。

● Jubatus : オンライン機械学習向け分散処理フレームワーク

オンライン機械学習ライブラリ、データの前処理と特徴抽出機能、分散機械学習のための分散処理技術を提供



出所: NTT, Vol.3「Jubatus(ユバタス)」第一部「Jubatus」の概要と特徴

● AIインキュベーター(UBIC)

業種・業界を問わず、様々なテキストデータの解析ニーズに対応可能な、汎用性の高いソリューション開発専用プラットフォーム

AIインキュベーターによる解析結果例

出所: IT Pro, UBIC、テキスト解析AI技術を応用したシステム開発を支援する「AIインキュベーター」を提供

AIのプラットフォームを踏まえた 汎用人工知能のオープン戦略

- 欧米が先行している特化型人工知能に対して、汎用人工知能（AGI）が第四次の産業革命の本命である。
- AGIの社会的、人類的、経済的インパクトを考えると、AGIはLinuxのようなオープンな検証可能技術として成立するべきである。
- 日本の立ち位置として、既存のネット大企業が多くないことを逆手に取り、オープンAGI開発を国際的に訴えるべきである。

(3) インテリジェントICTのネットワーク化による協調

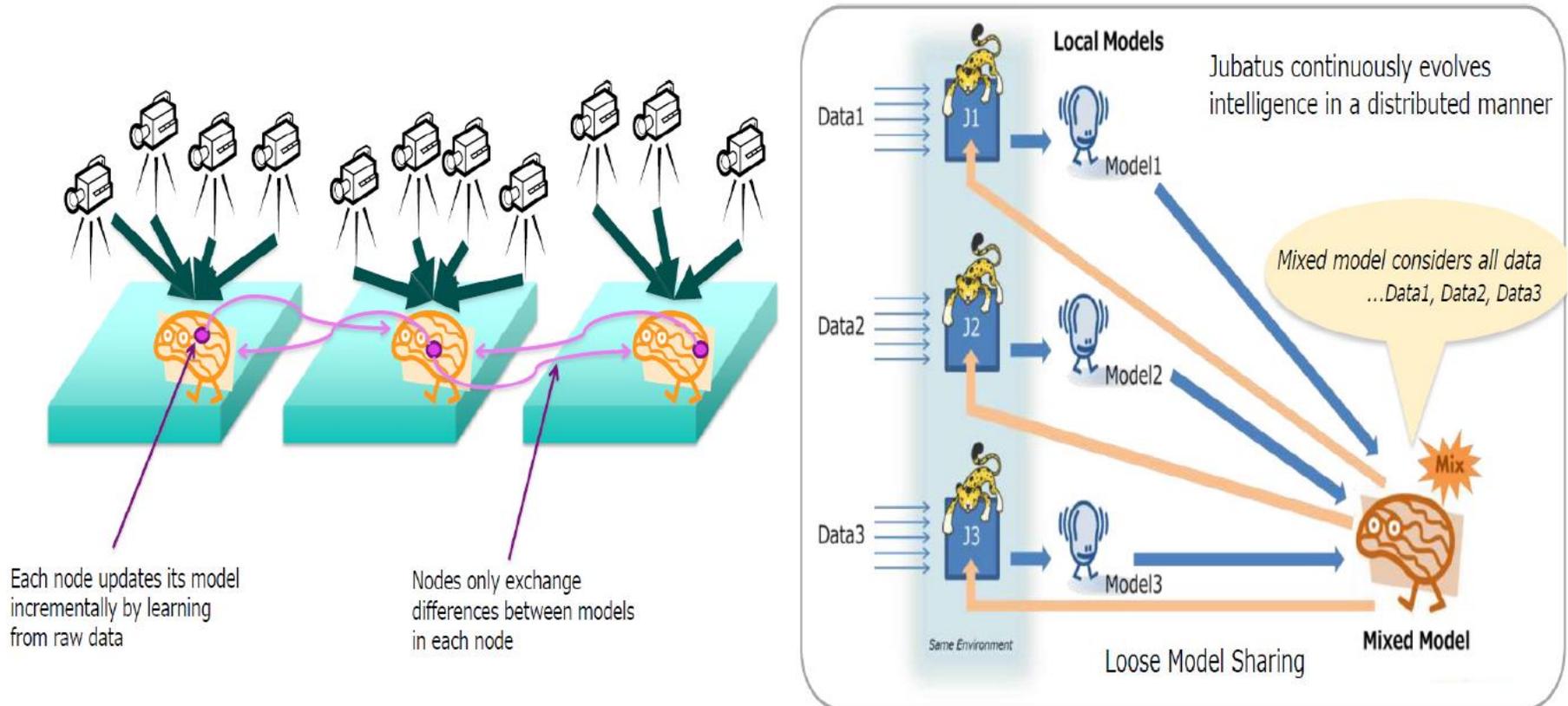
インテリジェントICTのネットワーク化による協調(1/4)

インテリジェントICTのネットワーク化による協調が進展し、社会における自動調整・自動調和が進展

- インテリジェントICTがネットワーク化し、分散処理
→処理の効率化・大規模化・体系化が進展
(例) ・産業機械と部材の連携、サービスロボットとセンサの連携
・交通、物流、オフィス業務、生活環境等の自動調整
- ネットワーク上に用途の異なる多様なインテリジェントICTが出現するとともに、これらを取りまとめる能力を有するインテリジェントICTも出現し、協調が進展
→インテリジェントICT相互間で学習結果の交換・結合を自動的に実施、関連付けられる情報の範囲が拡大

インテリジェントICTのネットワーク化による協調(2/4)

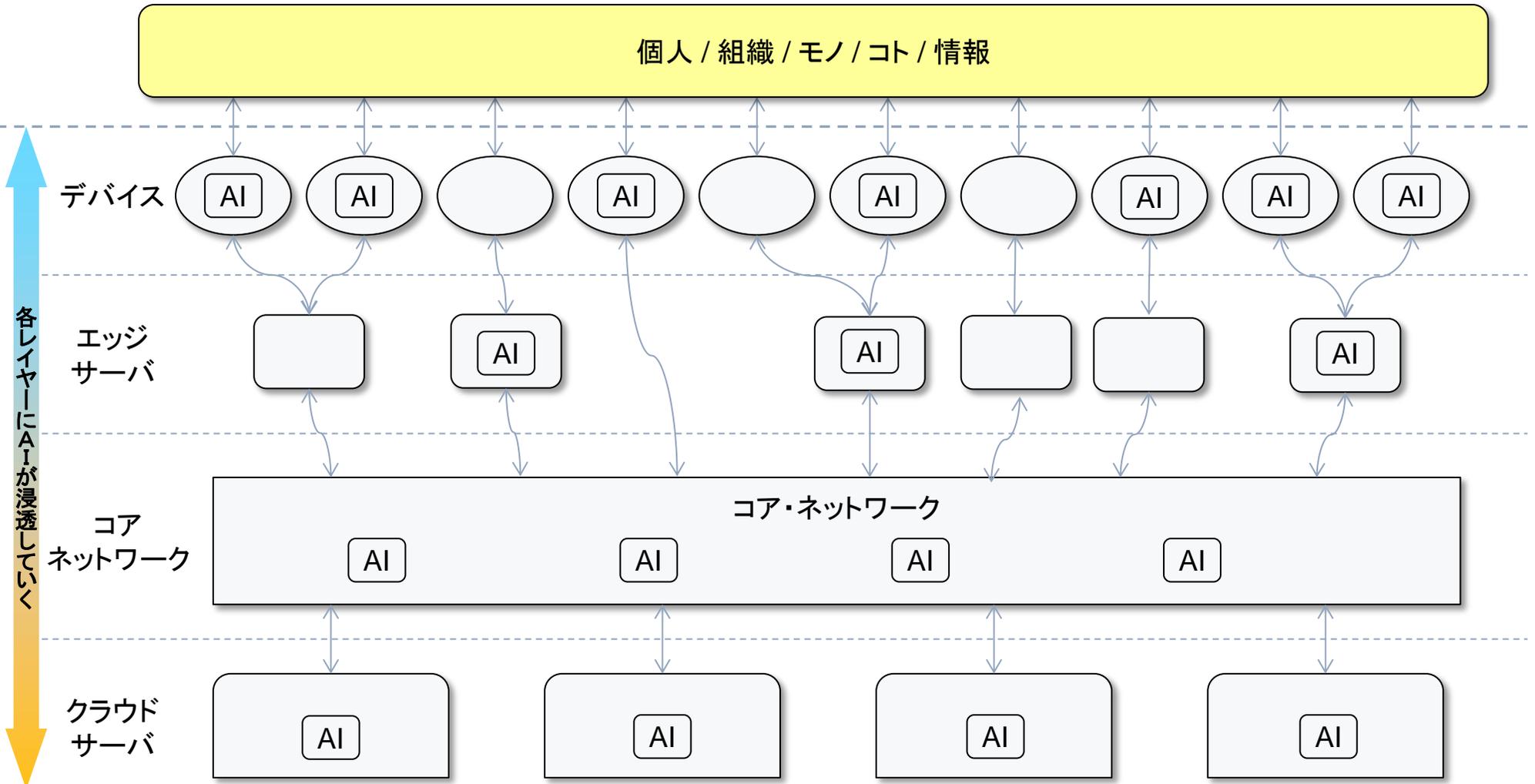
- 中長期的には、ネットワーク上に多種多様な能力を有する人工知能が出現するとともに、異なる専門的能力を持った複数の人工知能を融合して取りまとめる能力を持つ人工知能も出現し、それらの連携・協調が進む。
- 人工知能間で学習結果の交換、統合も自動的に行われるようになる。上位層はネットワークを介して、お互いに繋がったニューラルネットワークになり、そのニューラルネットワーク自体も繋がって、全体としては全ての部分が繋がることとなる。



(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10

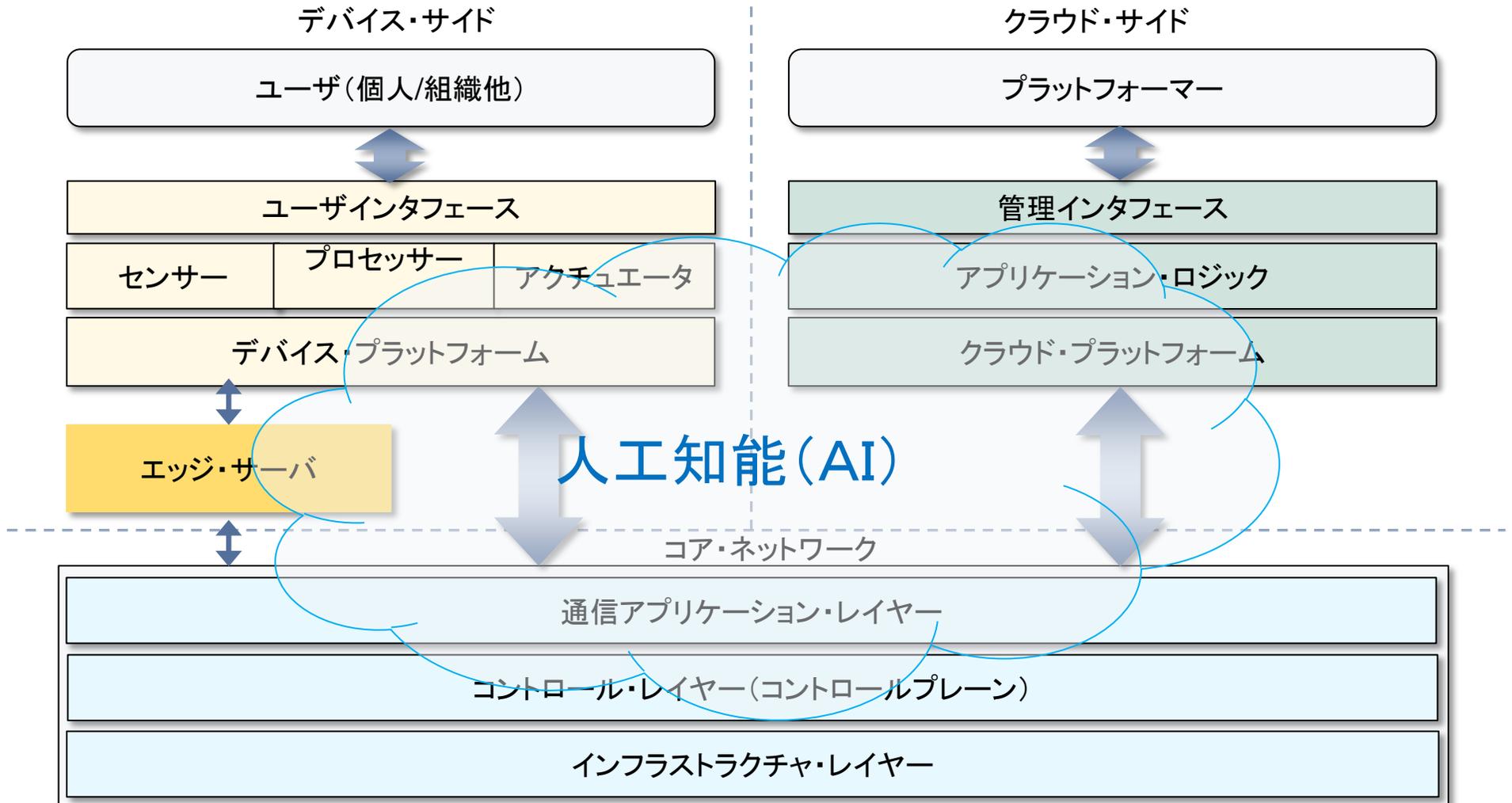
インテリジェントICTのネットワーク化による協調(3/4)

- 人工知能は、クラウドサーバーのみならず、デバイス、エッジサーバ及びコアネットワークの各レイヤーに浸透し、相互に連携・協調。



インテリジェントICTのネットワーク化による協調(4/4)

- 人工知能は、クラウドサーバーのみならず、デバイス、エッジサーバ及びコアネットワークの各レイヤーに浸透し、相互に連携・協調。



(4) 人間とインテリジェントICTとの共存

ア 人間とインテリジェントICTとの連携

○ センサ技術の進展
○ データ処理の進展
○ アクチュエータ
(駆動装置)の進化

人間の五感に直接
作用する拡張現実
・ 仮想現実の技術
の進展

脳情報の解読及び
可視化・実体化
→ 人間の意識と
情報空間の直結

ネットワークの発達
→ 人工知能等と人間
との間の相互作用
も設計可能

センサ、アクチュエータ、人間及び人工知能が連携

感覚器官の能力向上

身体機能の能力向上

- (例)
- ・ 脳情報の外部への出力が可能
 - ・ ひとの意思により、義手・義足、ロボット等の操作が可能
 - ・ 遠隔地のロボットを操作しての勤務が可能 (テレプレゼンス・ロボットの実現)
 - ・ 人間とロボットが同時に協働して問題を解決

イ インテリジェントICTによる人間の包絡

- 人間は、様々なインテリジェントICTに包まれ、
インテリジェントICTの存在を前提として活動
- 人間は、インテリジェントICTとシームレスに連携
し、インテリジェントICTと共存

- ・インテリジェントICTは、様々な自動調整・自動調和を実現
- ・インテリジェントICTは、有能な執事のように、人間を支援
- ・インテリジェントICTは、時には家族のように生活に参加

インテリジェントICTを「人間が使いこなすもの」と
位置付け、インテリジェントICTを「作り込んでいく」
ことが重要 （使いこなせば、人間の可能性が拡大）

3. 本検討会議における検討事項

本検討会議における検討事項(1/4)

報告書2015の提言(1/3)

「・・・インテリジェントICTとの共存において人々が豊かさや幸せを感じられる社会をもたらすため、我々は今後、インテリジェントICTを健全に発展させ、使いこなすための取り組みを、早急に始めなければならない。」

課題は、以下の5つに整理される。これらは、我が国のみならずグローバルに共有されるべき課題である。産学官が連携し、諸外国も巻き込んで取り組みを進めるべきである。

- ① インテリジェントICT研究・開発に係る原則
- ② 社会実装に向けた倫理、法律上の課題
- ③ プライバシー保護の在り方
- ④ インテリジェントICTとの共存を前提とした社会設計
- ⑤ インテリジェントICTが社会・経済に及ぼす影響等の評価

本検討会議における検討事項(2/4)

報告書2015の提言(2/3)

「・・インテリジェントICTが社会・経済に及ぼす影響や発生しうるリスクの評価・分析を行う必要がある。」

まずは、インテリジェントICTが社会に与える影響を正しく評価するための「インパクトスタディ」(影響度研究)を行うべきである。これは、今後ICTインテリジェント化がどのような影響を社会に及ぼし、その結果、どのような変化が発生するのかを可能な限り具体化して評価・分析するものである。

既述のとおり、研究は始まったばかりであり、まずは経済発展や産業構造の変化、雇用や所得への影響等の経済的側面から研究を進め、教育や社会への影響に範囲を拡大していくべきと考えられる。インテリジェントICTの存在を前提として活動する人間の行動や思考がどのように変化するかについても、継続的に研究する必要がある。」

本検討会議における検討事項(3/4)

報告書2015の提言(3/3)

「・・インテリジェントICTが社会・経済に及ぼす影響や発生しうるリスクの評価・分析を行う必要がある。」

・ ・ ・

インテリジェントICTに係る「リスクスタディ」を行うべきである。インテリジェントICTを使いこなすためには、発生しうる負の側面を正しく把握することが不可欠である。例えば、様々な側面を有する異なるインテリジェントICTがネット上で混在することで意図しない事象が発生するリスク、悪意を持った人間の使用によるリスク、人工知能が何らかの理由で暴走するリスク等、様々なリスクの存在可能性が否定できない。また例えば、心を持つ人工知能ができたなら何が起こるかなどについても検討されていない。

これらを可能な限り把握し、把握できたものから、研究・開発原則等への反映や、慎重なルール作りを通じて、対処の仕組みを構築していくべきである。」

本検討会議における検討事項(4/4)

- 目指すべき社会像及びその基本理念
- ICTインテリジェント化が社会・経済にもたらす影響
- ICTインテリジェント化が社会・経済にもたらすリスク
- 当面の課題

ICTインテリジェント化影響評価検討会議 第1回会合

討議用資料1別添 参考資料

平成28年2月
総務省情報通信政策研究所

目次

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	3
2. 人工知能の高度化に関する動向と展望	23
3. 人間と機械との連携の高度化に関する動向と展望	68
4. インテリジェントICTの利活用の高度化に関する動向と展望	74

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) 情報通信ネットワーク

ア 光通信及び無線移動通信

現在

光通信

- ・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）

2020年代

光通信

- ・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 10Gbps~**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）

無線移動通信

- ・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

無線移動通信

- ・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）

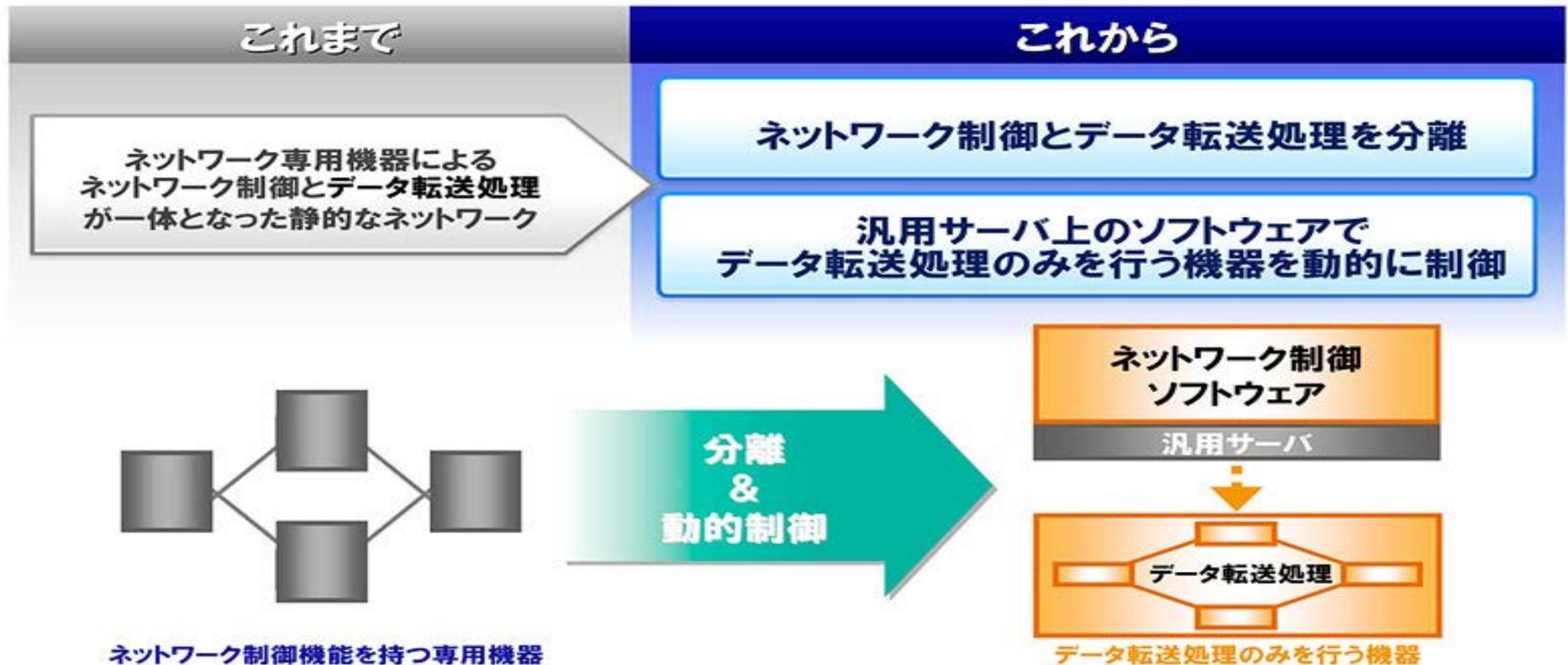
イ SDN・NFV(1/4)

SDN(Software-Defined Networking)とは

SDNとは、ネットワークをソフトウェアで動的に制御すること、およびそのアーキテクチャ、という新しい概念です。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、それぞれ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ます。

そのため、データの混雑状況や、一部ネットワークの増強・メンテナンス状況に応じて最適なルートに変更することが困難でした。また、ネットワークの構築や変更では、大量の機器の設定が必要となり、大変な手間がかかります。

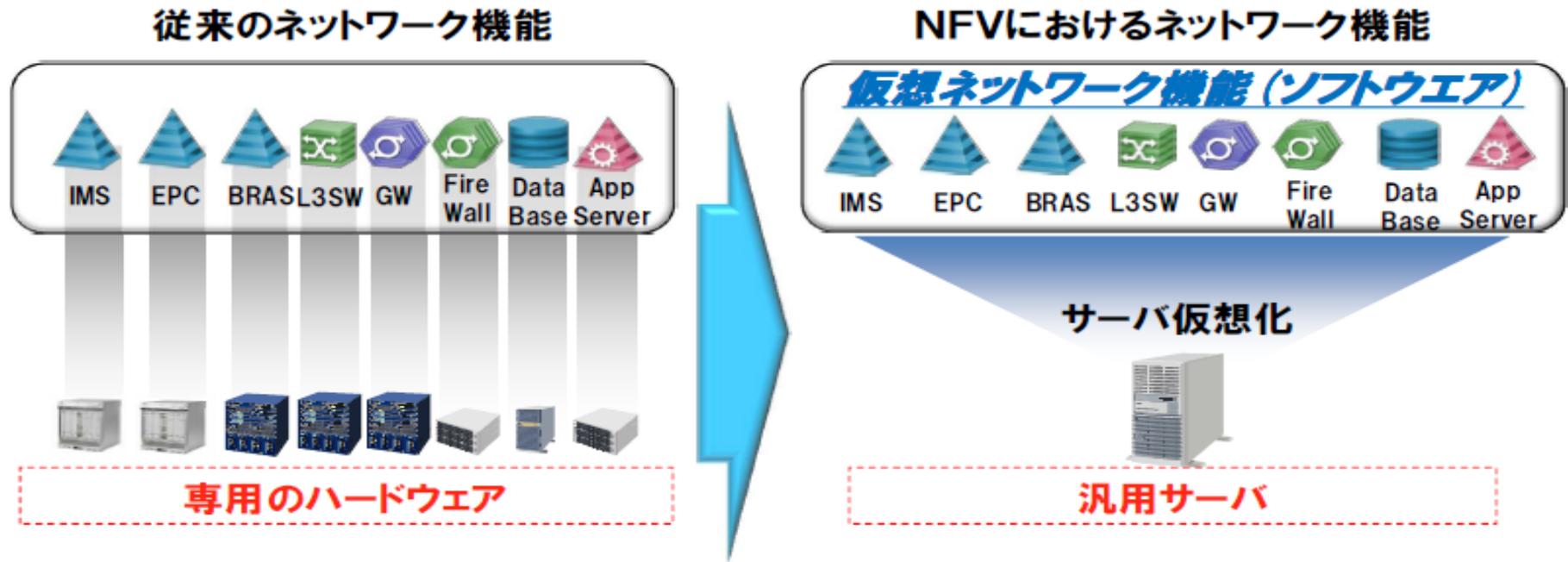
そこで、従来、個々のネットワーク機器が1台ずつで行ってきたネットワーク制御とデータ転送処理を分離し、汎用サーバ側のソフトウェアでデータ転送処理のみを行う機器を動的に制御することで、通信を柔軟に効率よく、安全に行えるようにすることを目指して考えられたのがSDNです。



イ SDN・NFV(2/4)

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)

イ SDN・NFV(3/4)

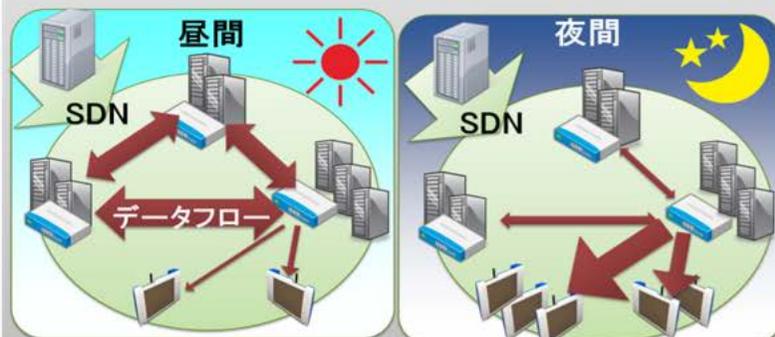
2015年の情報通信ネットワーク



SDNを利用したサービスの課題

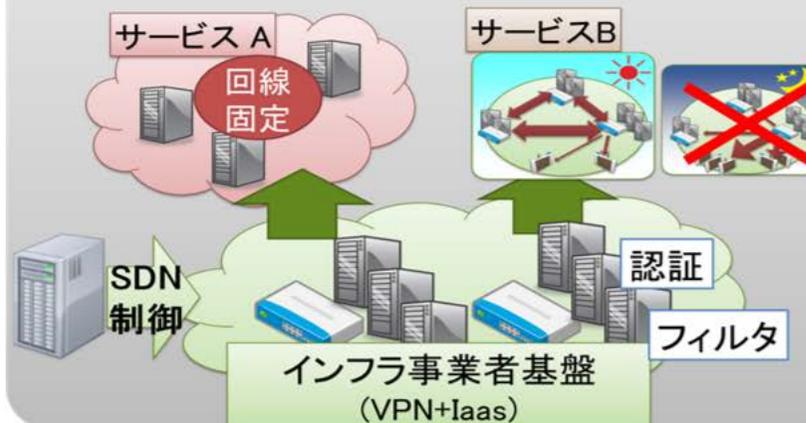
サービス事業者が設備を設置

大規模な設備敷設と運用する電力が必要。
新規サービス参入が困難。



インフラ事業者が設備を提供

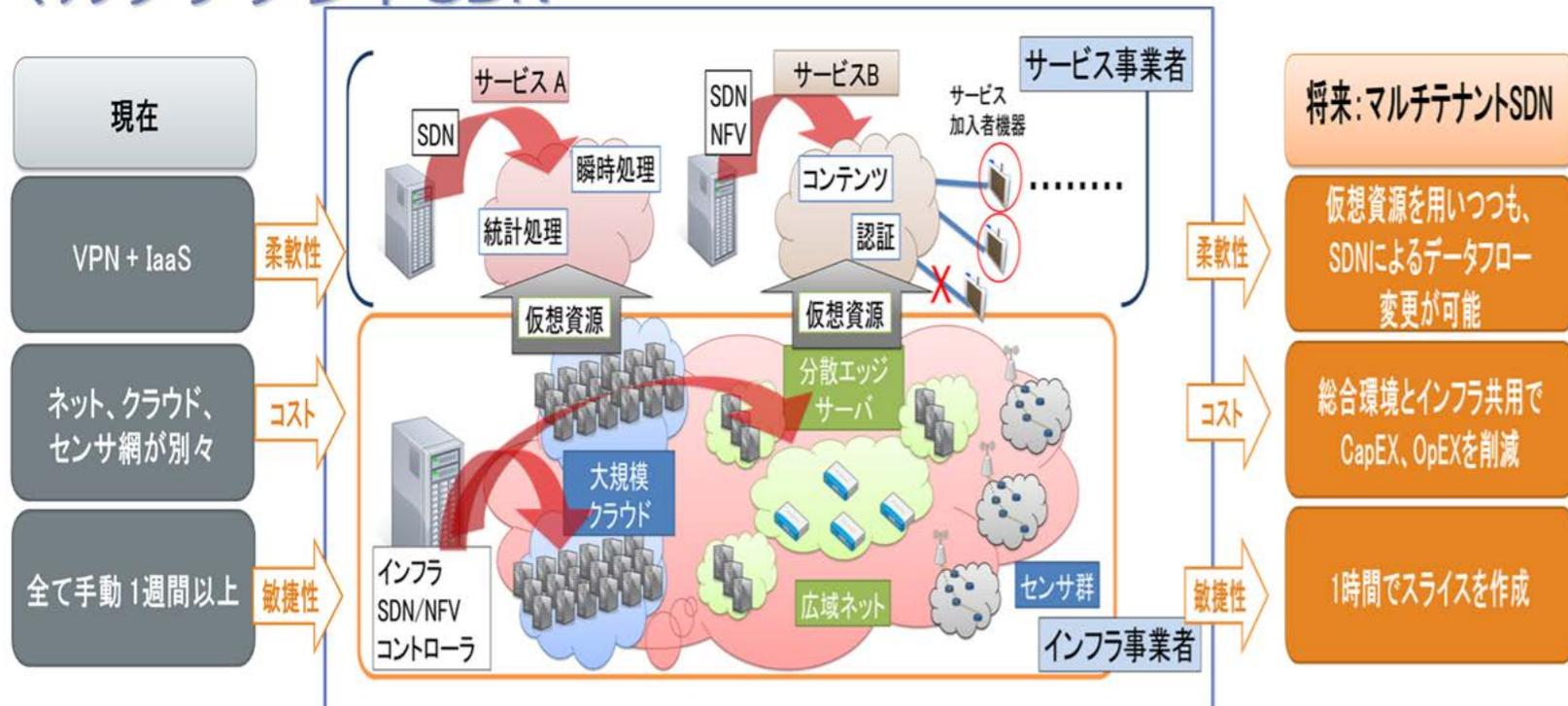
サービス事業者は、データフローを自由に制御できない(SDNできない)。
機能付与にも制限。



一つのサービス提供のために、広域ネットワーク、分散サーバ、クラウド、センサネットまでの統合環境が借りられない。。。

イ SDN・NFV(4/4)

シーズ技術：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

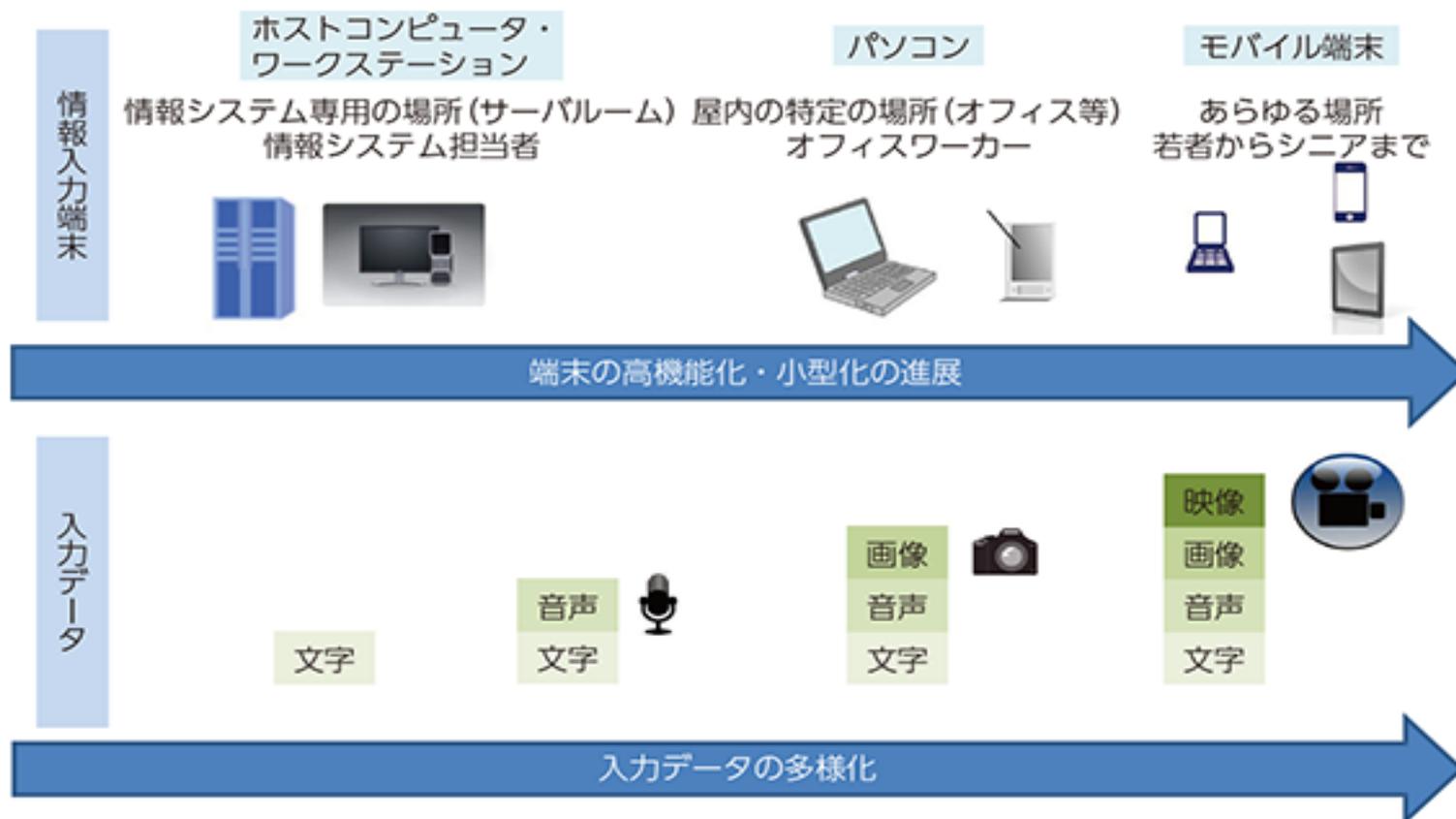


2020年には記述も含め自動的にサービスネットワークを構築、複数サービス間の資源自動融通の基礎技術が実現 ⇒ サービス多様化、生産年齢人口減少に対応

(2) 情報通信デバイス

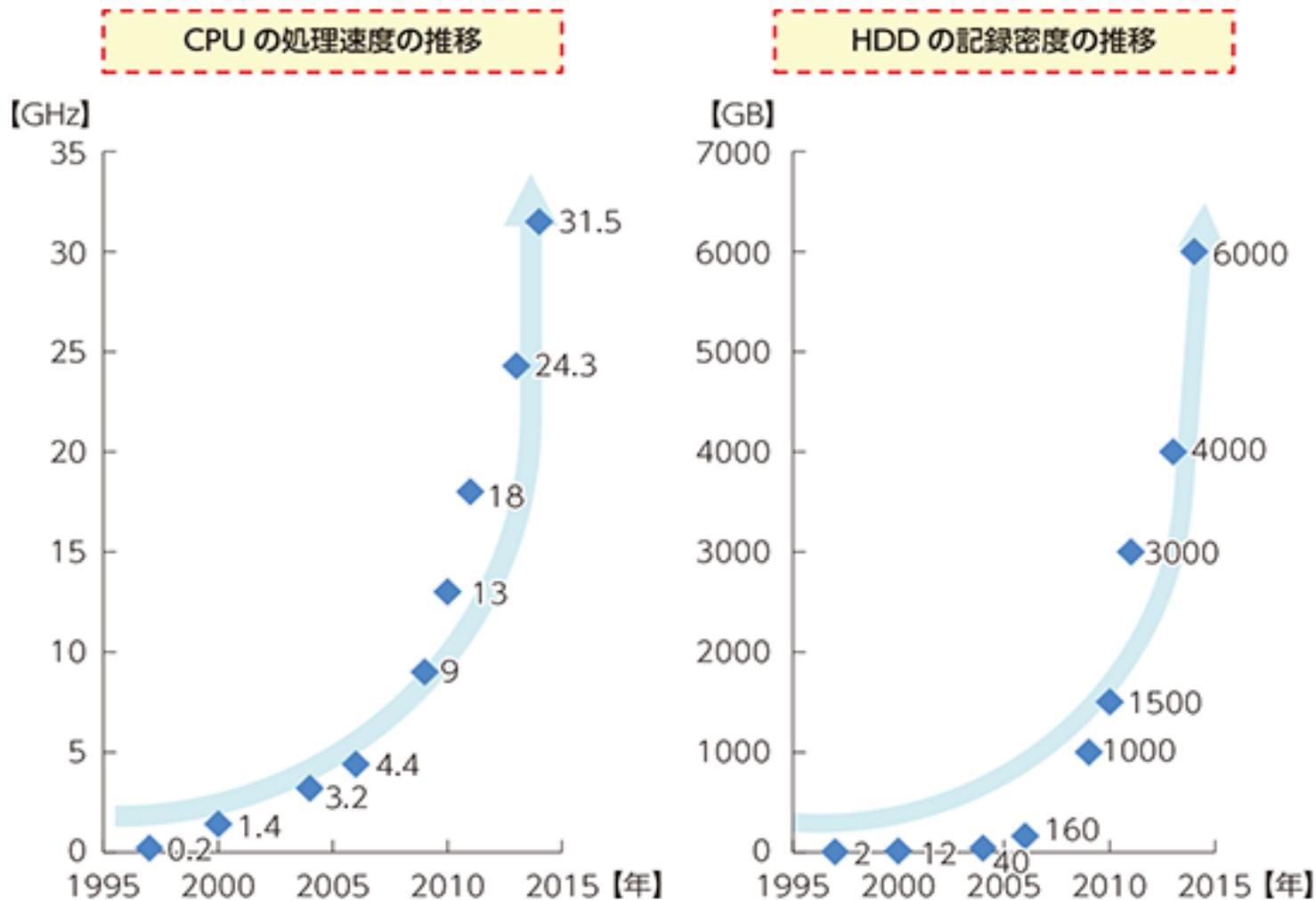
ア 端末

- 高機能化・小型化の進展
- 入力データの多様化



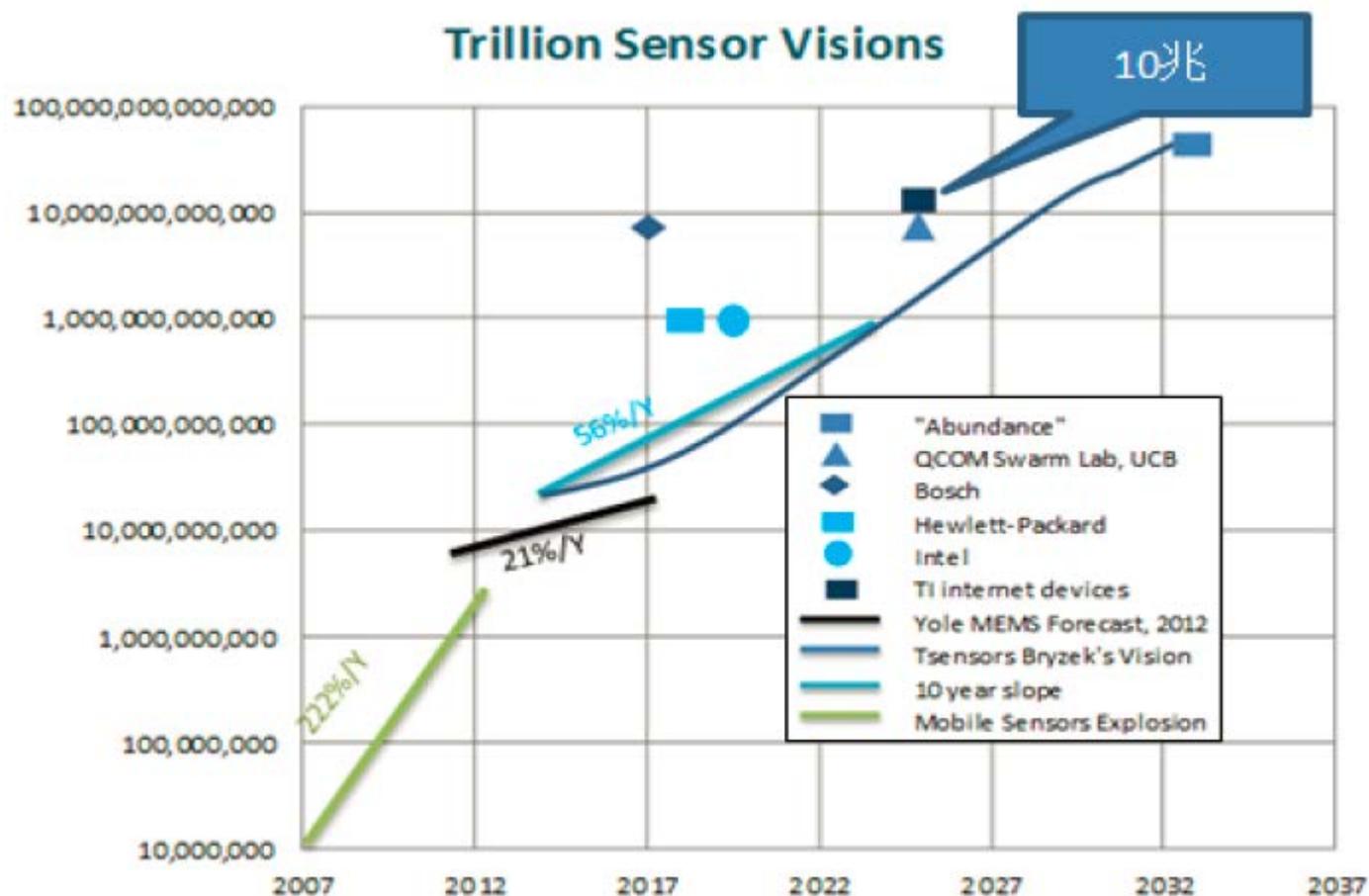
イ CPU及びストレージ

CPU演算速度の向上とストレージの大容量化



ウ センサー(1/3)

センサーの出荷予測



出典：TSensors Summit

ウ センサー(2/3)

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。

ウ センサー(3/3)

個人向け製品の事例

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。	

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、自動走行車などに代表される自己学習機能を備え、自律的に行動する電子機械。

- ・ロボット
- ・コネクティッドカー、自動走行車
- ・ドローン

オ ウェアラブル端末(1/2)

■ ウェアラブル端末とは、人の腕や頭部などの身体に装着して利用するICT端末

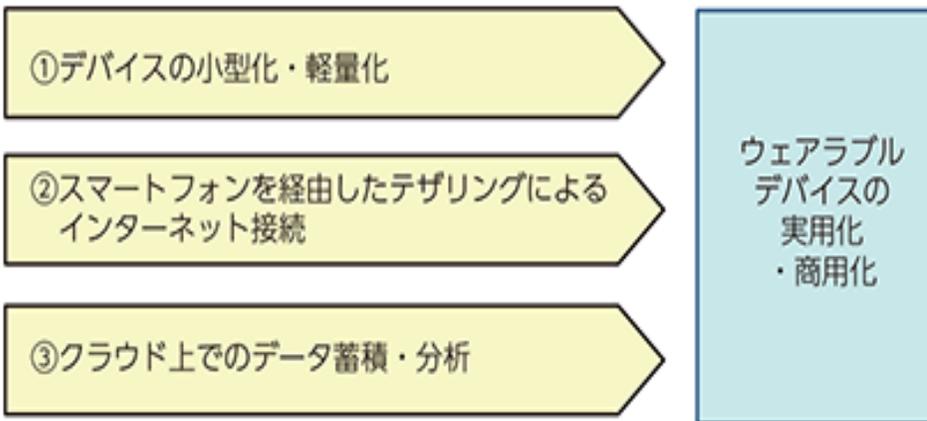
ウェアラブル端末の主な種類

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

オ ウェアラブル端末(2/2)

■ ヘルスケア分野や、各産業における作業支援などで活用

ウェアラブル端末の実用化・商用化の背景



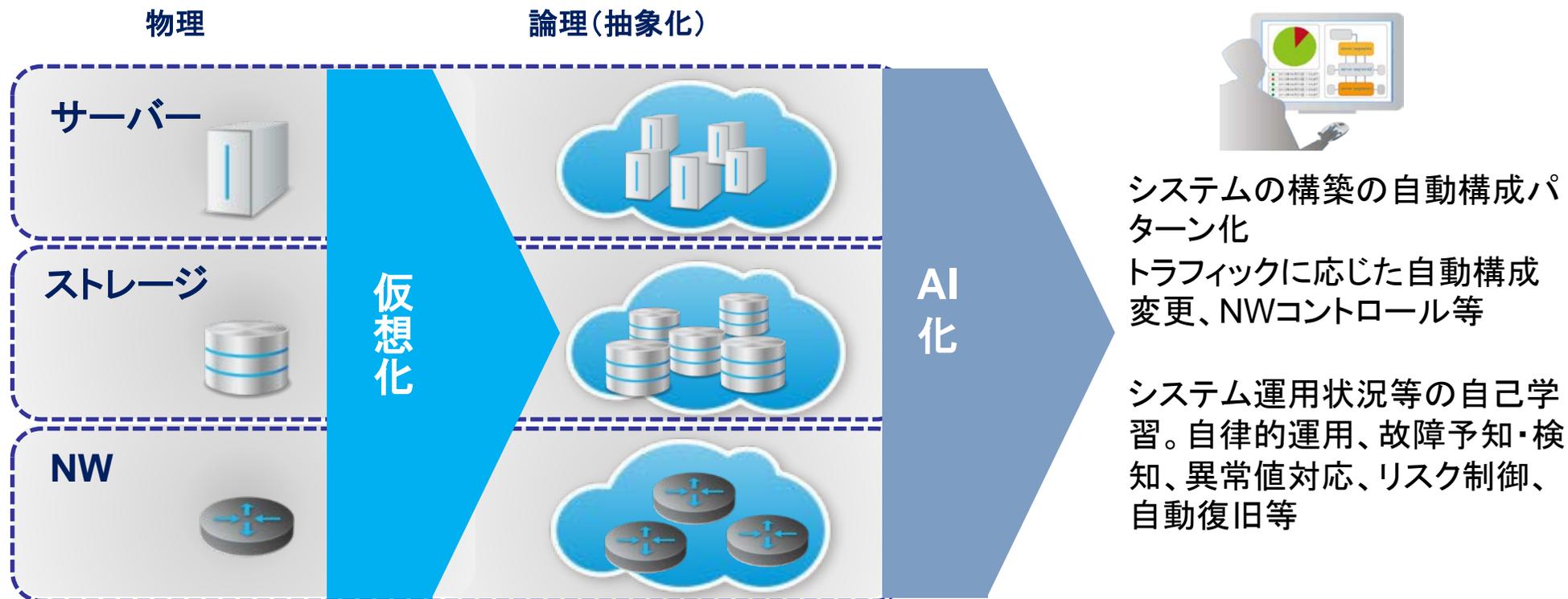
ウェアラブル端末の主な用途

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	

(3) 情報通信ネットワークシステムにおけるインテリジェントICTの利活用

情報通信ネットワークシステムにおけるインテリジェントICTの利活用(1/3)

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。ハードウェア抽象化と柔軟なコントロール機能
(**Software Defined Infrastructure**等)の提供から
⇒**AI Defined Infrastructure**への進展 (自律的なNWコントロール)



ネットワーク、データセンター、クラウドなどのサービスの運用自動化
オペレーションセンター業務の効率化

情報通信ネットワークシステムにおけるインテリジェントICTの利活用(2/3)

技術

2020年

高速柔軟な光通信、無線移動通信

IoTデバイス×エッジ×クラウド× ネットワーク一体自動構築管理技術

インテリジェントICTのネットワーク管理への応用技術

2030年

人の行動・モノの動的再配置に追従した、インテリジェントICTによる資源分配変動の自動化

インテリジェントICTデバイス登場を睨んだシステム高度化

2040年

インテリジェントICT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

サービス

2020年代

第5世代移動通信

ネットワークのNFV/SDN化による種々サービス導入早期化促進

IoT/M2M/CPS、自動運転

2030年代

高齢者・障害者自律支援サービス

健康増進・日常・災害行動支援サービス

2040年代

インテリジェントICTデバイスによるサービス高度化

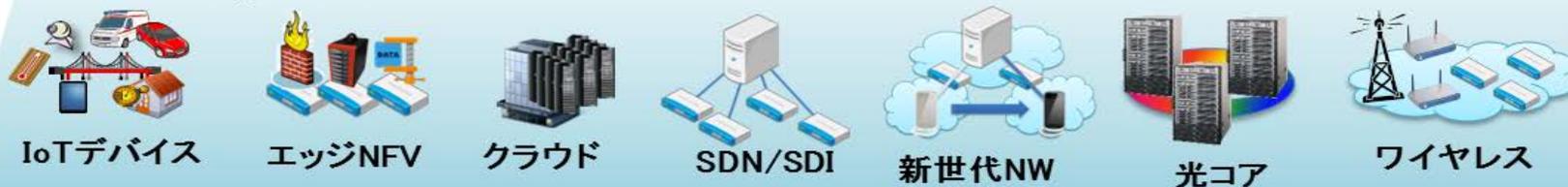
複数サービス合成による新たなサービス創生



インテリジェントICT技術の適用 による資源分配と調停の効果的な自動化を実施



情報通信ネットワークを構成するインフラ

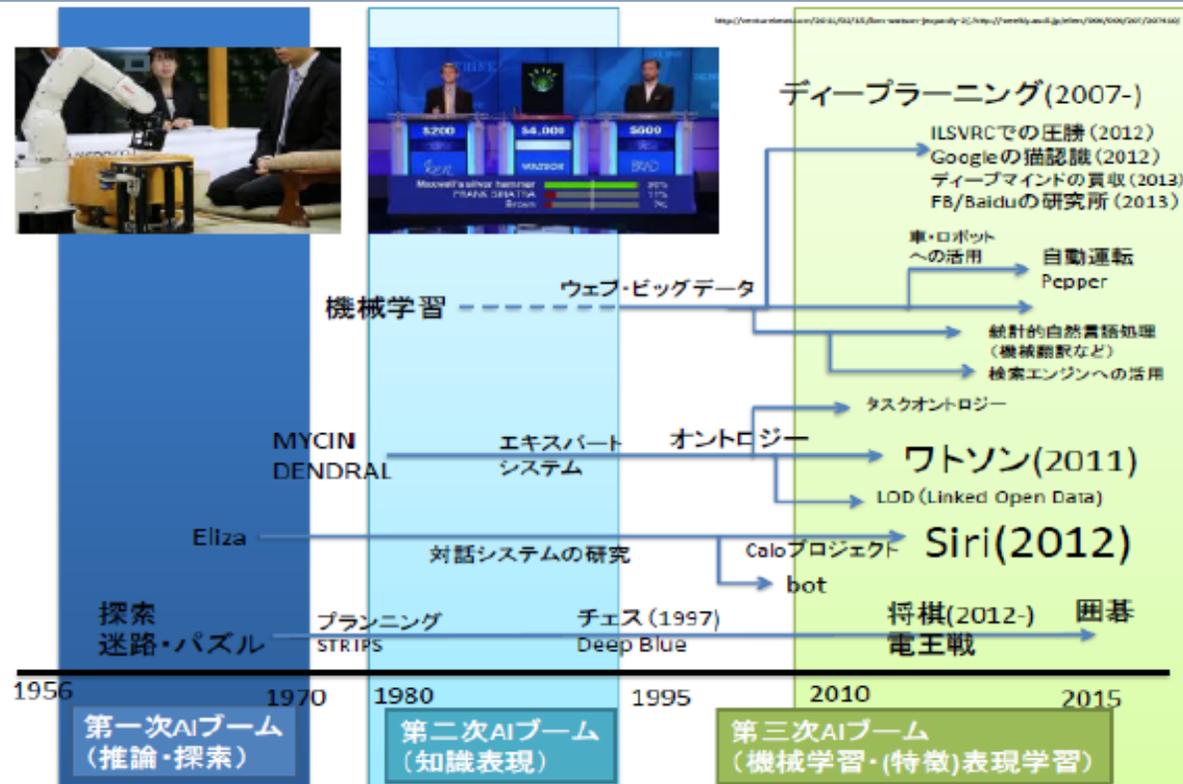


2. 人工知能の高度化に関する動向と展望

(1) 人工知能の高度化の系譜

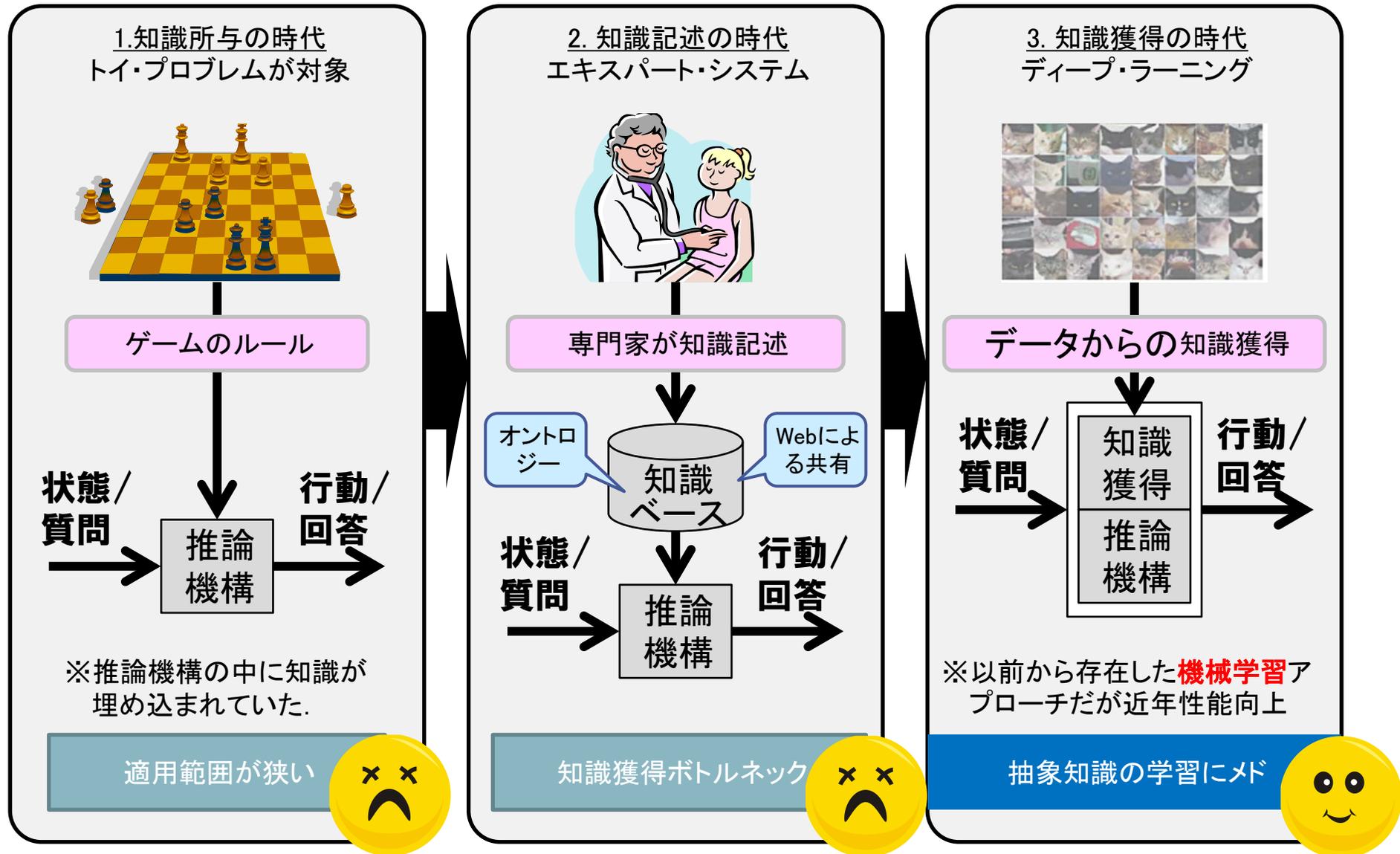
人工知能の高度化の系譜(1/4)

- 人工知能研究は1950年代に始まり、第1次AIブーム(推論・探索の時代(1950年代後半から1960年代))、第2次AIブーム(知識表現の時代(1980年代))を経て、第3次AIブーム(機械学習の時代(2000年代))に至っている。
- 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。
- ディープラーニング技術は、発展途上にあり、更なる抽象化や知識獲得を行うなど、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。



人工知能開発の流れ

人工知能の高度化の系譜(2/4)



人工知能の高度化の系譜(3/4)

- 人工知能の研究は、特化型人工知能と汎用人工知能 (AGI) 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。
- 特化型人工知能は、将棋、チェス、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能力が数多く実現されている。汎用人工知能は、その問題の難しさのため取組は限定的である。
- 人工知能が全人類の知能を超え、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。(人工知能学会HPより)

特化型人工知能

個別の領域において知的に振る舞う

既に人以上の能力が数多く実用化されている。例えば
コンピュータ将棋/チェス
Googleカー(自動運転)
医療診断

専門性を設計する

汎用人工知能 (AGI)

異なる領域で多様で複雑な問題を解決する知能

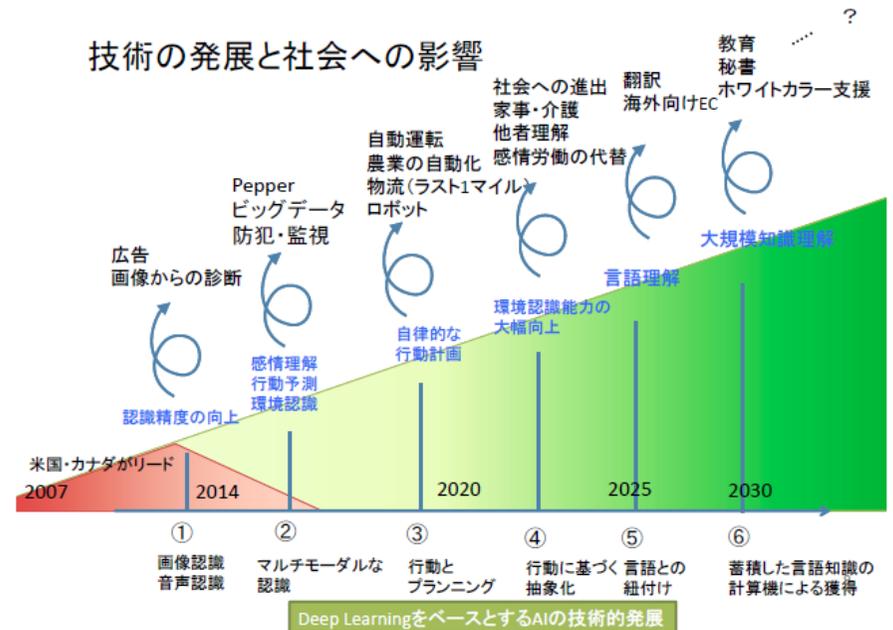
設計時の想定を超えた新しい問題を解決できる。

自己理解/自律的自己制御

AIの当初目的であるが、その問題の難しさのため取り組みは少ない。

専門性を学習する

技術の発展と社会への影響



(高橋構成員提供資料に基づき作成)

(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13

人工知能の高度化の系譜(4/4)

	神経数理学 機械学習の高度化	ニューラルネットワーク の応用
脳の機能・振る舞い に学ぶ		
神経回路の処理 に学ぶ	<p>「Watson」等 機械学習 エキスパートシステム</p>	<p>Deep Learning等 学習アルゴリズム</p>
脳の構造 に学ぶ	<p>「True North」「BrainScales」「SpinNNaker」等 ニューラルネットワークシミュレータチップ・ボード</p>	

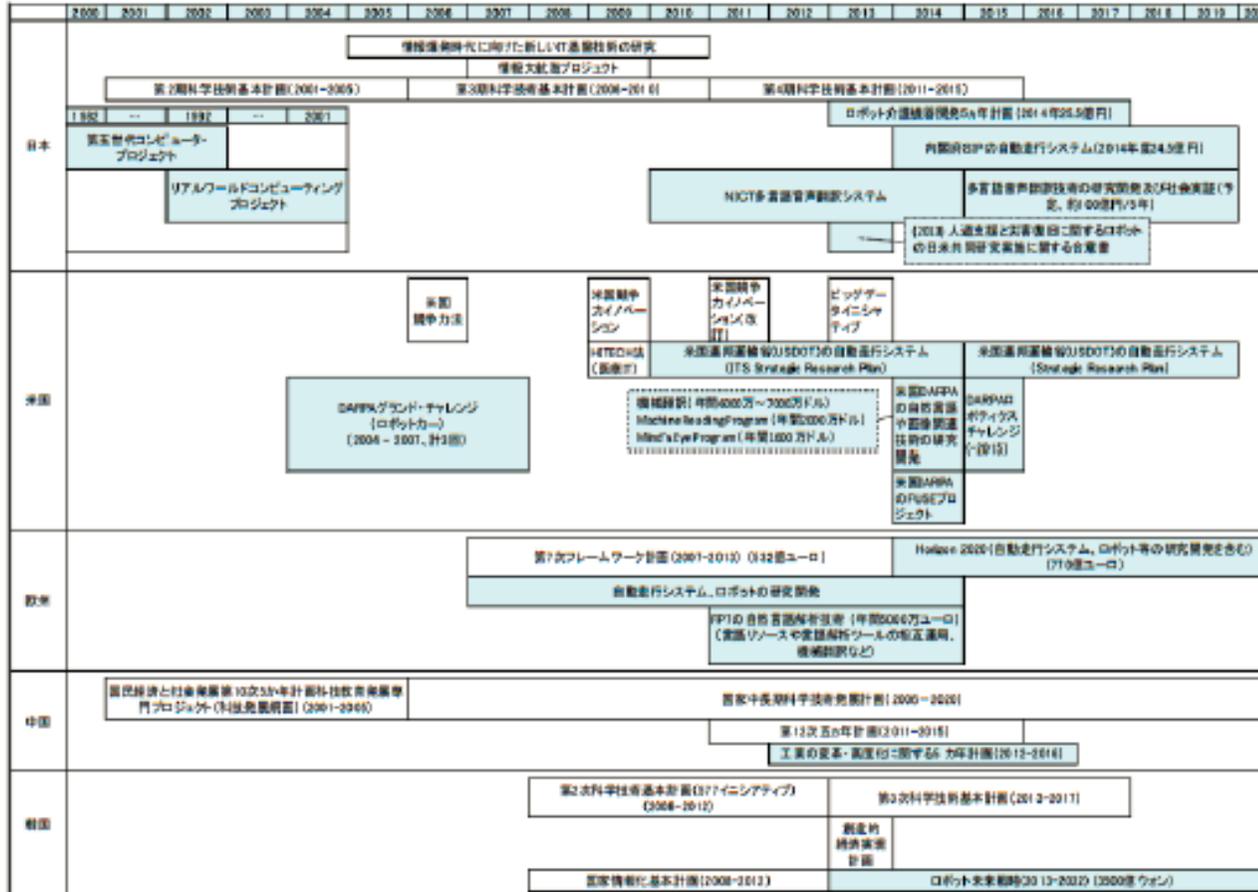
(出所) 日本電気(株)中央研究所・加納敏行「人工知能の現状と課題－考察」
 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会第7回会合
 資料7-4(平成27年)

(2) 人工知能の研究開発の動向

ア 各国の研究開発政策の動向

- 2000年半ばから、ロボットや検索、翻訳、など具体的な問題設定をして、人工知能を用いて解決する研究テーマに関する研究開発に対して、国から大型の予算が割り振られている。

各国・地域の政策の推移



各国の最新動向

- AIPプロジェクト**
 - 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を整備するプロジェクト。文科省によって90億円の概算要求がなされている。(2015/12/8 日経新聞)
- 人工知能研究センター**
 - 2015年5月7日に産業技術総合研究所によって設立された、人工知能の研究センター。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。(2015/5/8 日経新聞)
- BRAIN Initiative**
 - 2013年にオバマ大統領によって発表された、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。
 - アルツハイマー病等の脳神経疾患を治療・予防することが究極の目的。
- Horizon2020**
 - 2013年まで実施されていたFP7(第7次研究枠組み計画)の後継として、2014-2020年を対象にしたフレームワークプログラム。
 - 2016-2017年の予算は160億ユーロ。うち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**
 - FP7のFuture and Emerging Technologies(EU FET)として2013年に始まった10か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。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。

出典：平成26年度 特許庁技術動向調査報告書 人工知能技術 https://www.jpo.go.jp/shiryou/pdf/gidou-houkoku/26_21.pdf

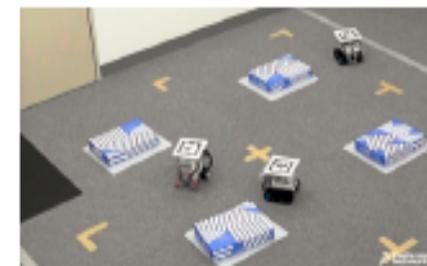
(出所)三菱総合研究所「国内外におけるAI・脳研究の動向について」情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会 AI・脳研究WG第1回会合資料WG1-3(平成28年)

イ 企業の動向

企業名	概要
Google	<ul style="list-style-type: none"> 人工知能関連企業の買収により、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。
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」を設立。所長はYann Lecun氏。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。
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。所長はAndrew Ng氏。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。
Microsoft	<ul style="list-style-type: none"> 研究部門「Microsoft Research」において、人工知能研究プロジェクト「Project Adam」に取り組む。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、精度向上・高速化を目指した研究を進めている。 2016年1月、アンダーアーマー(米スポーツ用品大手)、ワールプール(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。

トヨタ×Preferred Networks

トヨタ自動車は2015年12月、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。

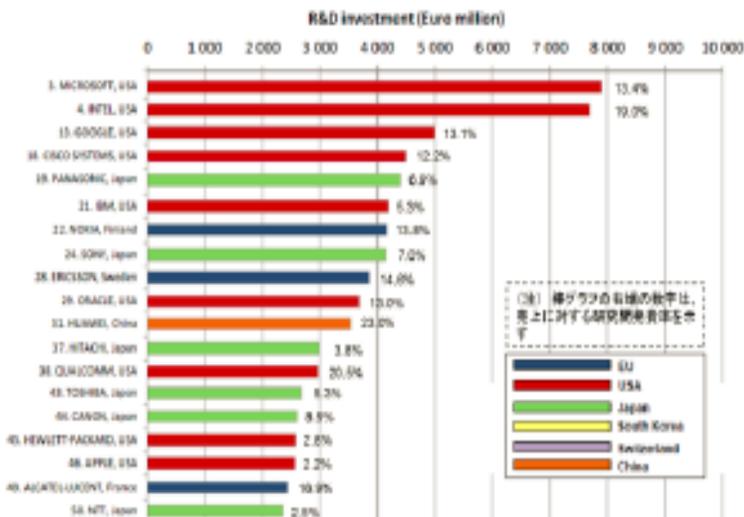


出所)

<http://business.nikkeibp.co.jp/atci/opinion/15/221102/121700128/>

<http://www.nikkei.com/article/DGXMZO89792620X20C15A7000000/>

主要 ICT 企業の研究開発費



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

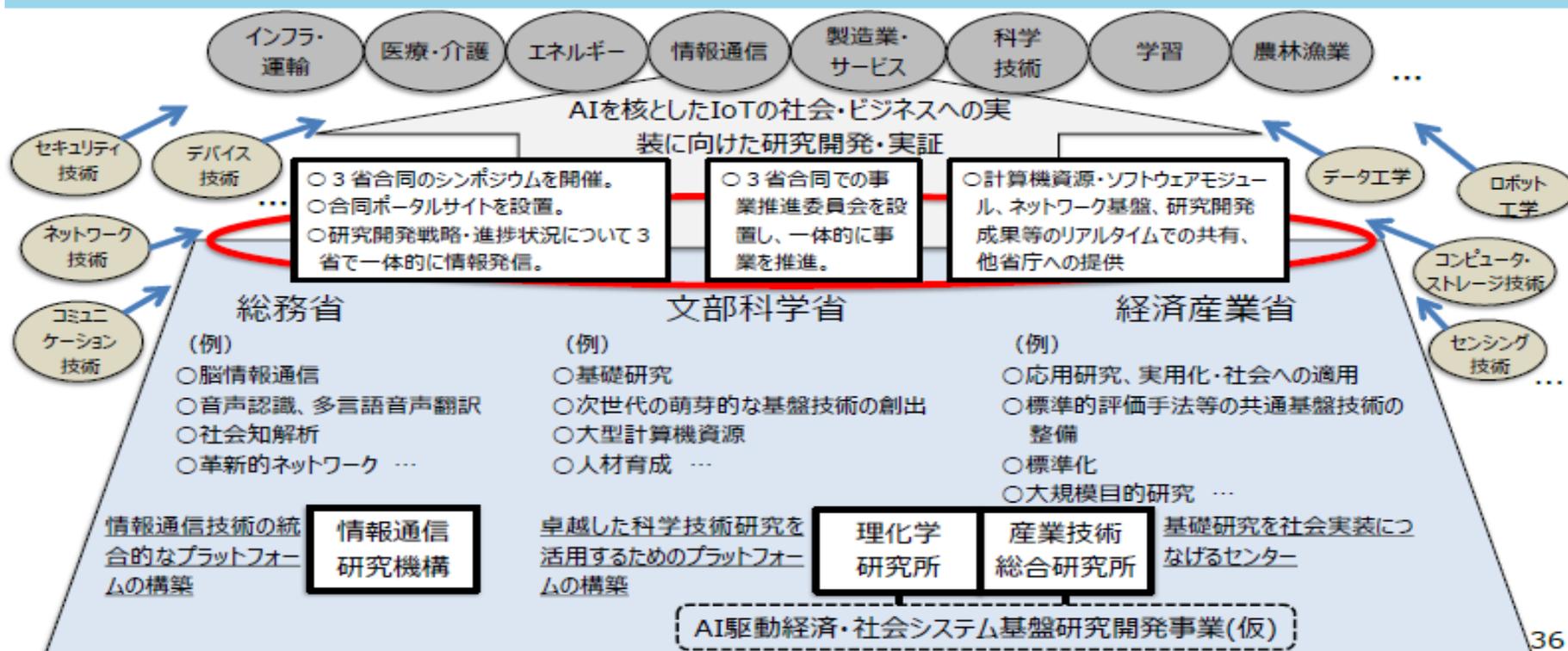
出所)平成26年度特許出願技術動向調査報告書(概要)人工知能技術

(出所)三菱総合研究所「国内外におけるAI・脳研究の動向について」情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会 AI・脳研究WG第1回会合資料WG1-3(平成28年)

ウ 三省(総務省、文部科学省、経済産業省)連携体制

次世代の人工知能技術の研究開発における三省連携体制

- 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。



エ 総務省における人工知能関連研究の取組について(1/4)

総務省関連機関の人工知能関係の研究拠点

NICT ユニバーサル
コミュニケーション研究所



言語・文化・能力・距離・臨場感の壁を越え、心が通うコミュニケーション、すなわちユニバーサルコミュニケーションの実現のための研究開発を推進するために、平成12年に開設。

インターネット上の大量の情報を自動的に解析し、質問者に有益な回答を提示するデータ解析技術や、多言語音声翻訳技術等の研究開発を推進。

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



脳科学を情報通信技術(ICT)の研究に応用することを目的として、平成25年に開設。

脳機能計測技術や、脳活動から脳の処理情報を把握する技術、脳の仕組みを活用したネットワーク制御技術等の研究開発を推進。

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)



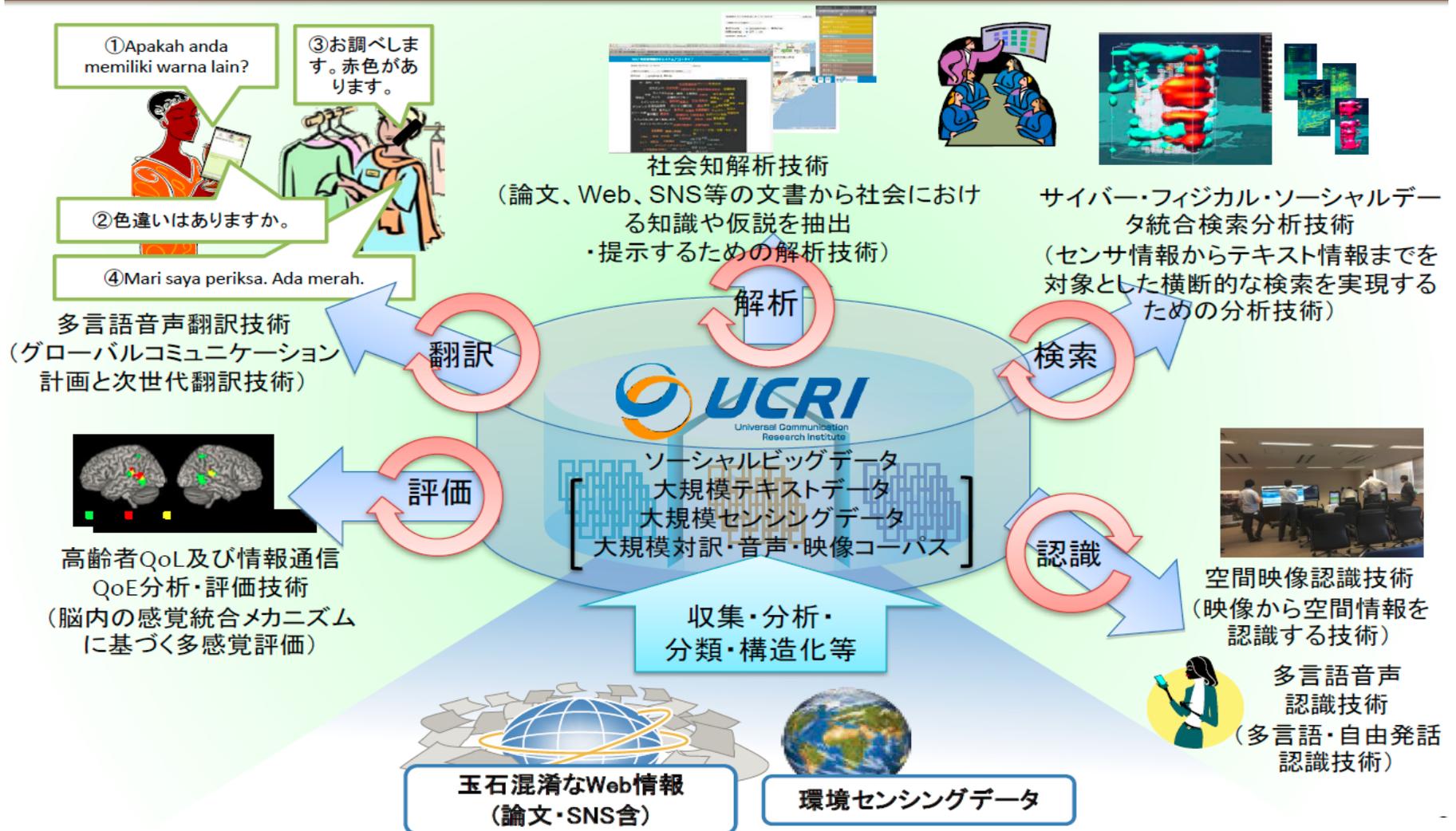
電気通信分野における基礎的、独創的な研究を推進し、広く社会に貢献するために、昭和61年に開設(平成元年に現在地に移転)。

脳情報科学や生活支援ロボット、無線通信などの情報通信分野で最先端の研究開発を推進。

所在地: 京都府相楽郡精華町

エ 総務省における人工知能関連研究の取組について(2/4)

NICTユニバーサルコミュニケーション研究所の研究について



(出所)事務局「総務省における人工知能関連研究の取組について」情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会

エ 総務省における人工知能関連研究の取組について(3/4)

NICT脳情報通信融合研究センターの研究について



脳が感じ理解する仕組みを解明

- 脳にやさしい情報通信
- 心地のよいコミュニケーション
- 次世代人工知能

脳に学ぶ情報ネットワーク

- 災害や故障に強い情報ネットワーク
- 省エネ情報ネットワーク
- 解りやすい情報検索
- IoT

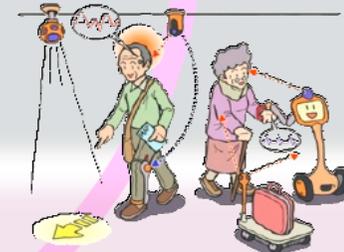


脳情報通信融合研究センター



BMIによる脳機能の強化 支援

- 脳活動から**意図**を推定しパソコンやロボットを操作
- 運動、コミュニケーション障がい者のリハビリ



7T-MRI



最先端脳活動計測

- 世界最先端の脳活動イメージング技術
- スパコンによるビッグデータの解析

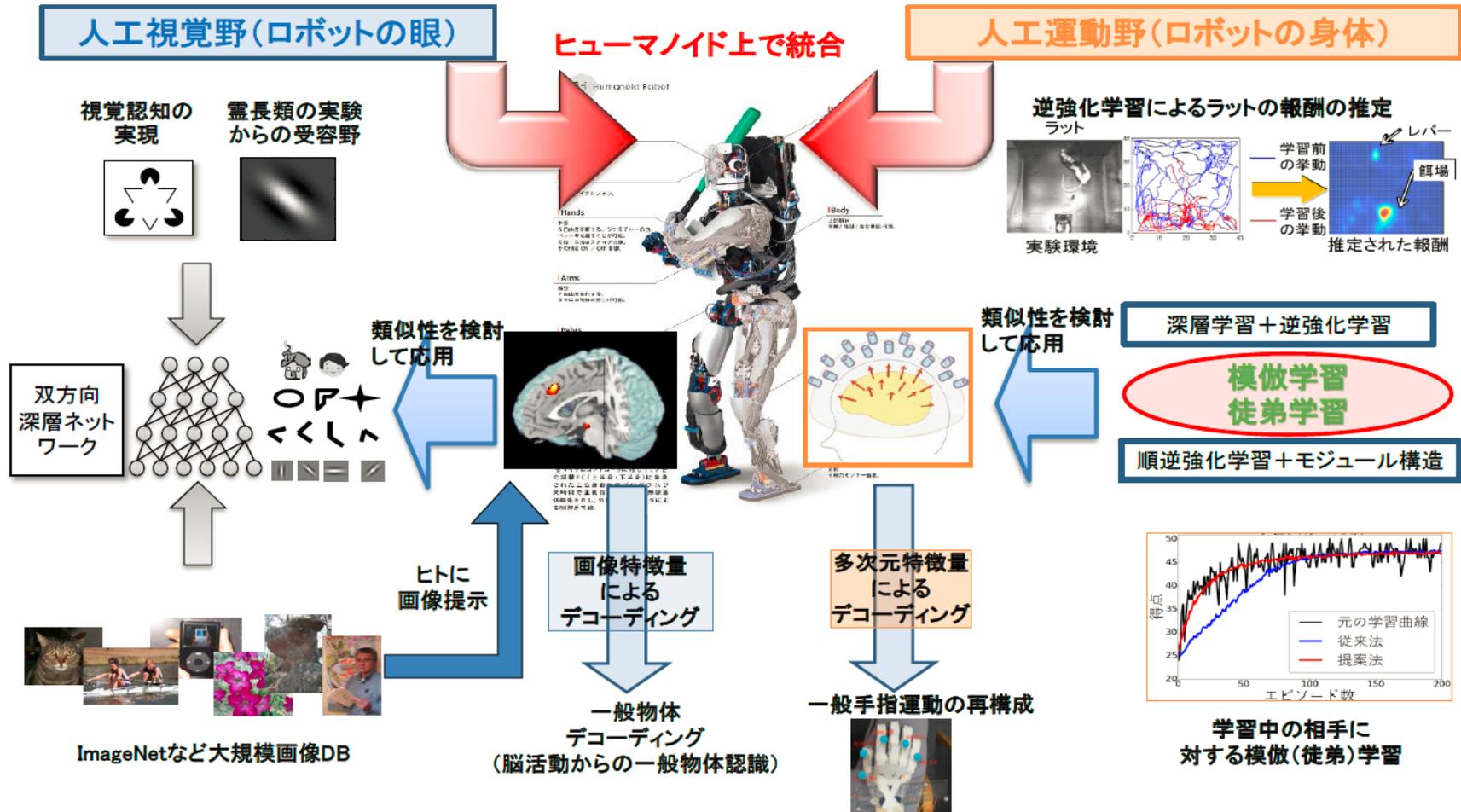


スーパーコンピュータ“京”との連携

エ 総務省における人工知能関連研究の取組について(4/4)

(株) 国際電気通信基礎技術研究所(ATR)の研究

～計算神経科学に基づく脳データ駆動型人工知能の研究開発～



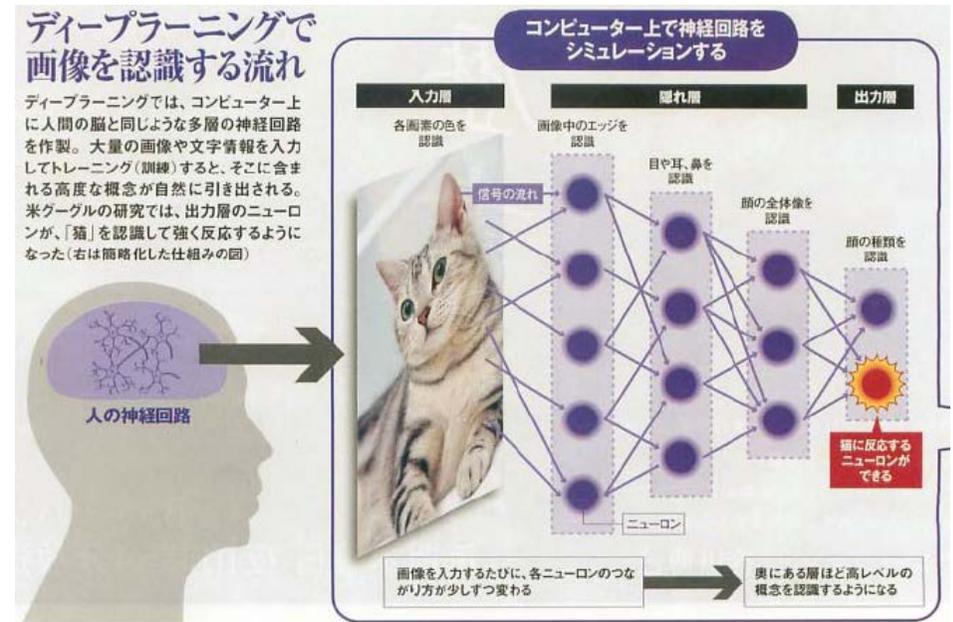
(3) 特化型人工知能

ア 認識系(入力系等)

■ 認識系は、画像、映像、音声等の入力に対して知覚、対象の認識を行う。

■認識系(入力系等)

- ディープラーニング技術(2012)
国際的な画像認識コンペILSVRCで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
- Deep Speech (2014)
Baidu社がノイズ環境下で高性能な音声認識システム(Deep Speech等)開発
- Deep Face (2014)
FacebookのDeep faceが、顔認識、スポーツ画像判別技術を実現。
- マルチモーダルな統合認識(2015~)
視覚、聴覚など複数の感覚情報を組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。



(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)

■ 行動系は 推論、判断、制御等の出力につながる処理を行う。

■ 行動系(推論、判断、制御等)

● 自動運転

レベル3自動運転では、加速・操舵・制動を全て自動的に行う運転。緊急時に、ドライバーは運転切り替えに対応が必要。

● IBM Watson質問応答システム

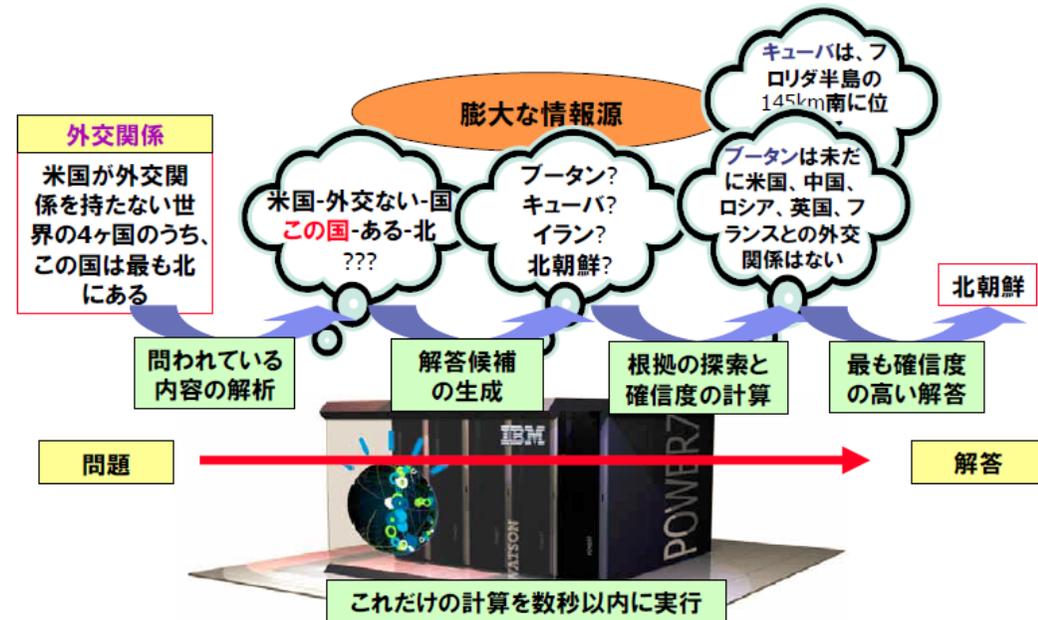
行動学習、自然言語処理、専門知識による回答の正しさの説明、推論戦略を実現する認知システムである。医療診断支援、銀行窓口の対人支援への応用がある。

● 電脳将棋

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。

● Google DeepMind DQN

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、プロゲーマーを凌駕



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

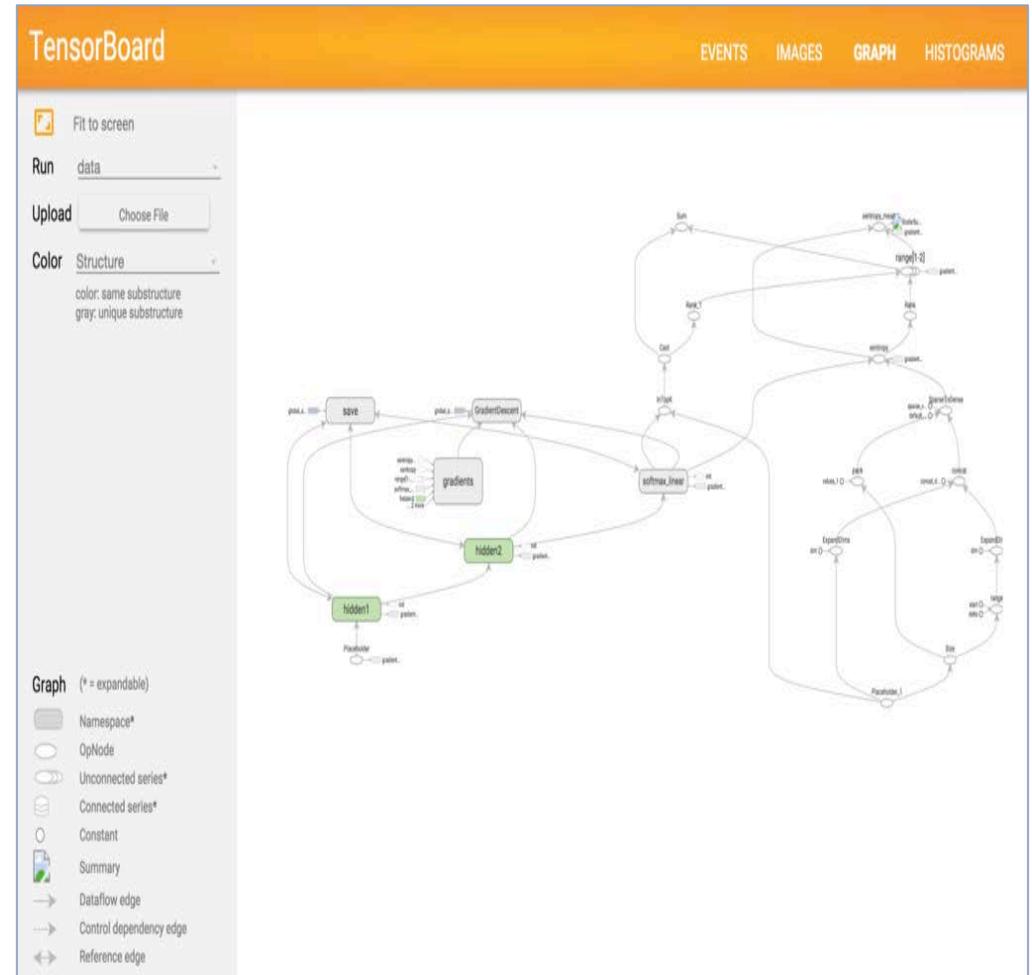
ウ 特化型人工知能のアルゴリズム系の公開に関する動向(1/2)

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

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(2/2)

Google テンソルフロー(TensorFlow)

- ◆ Googleが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)では、ユーチューブの動画像から猫を認識するなど、大きな成果
- ◆ 欠点としては、Google社内に閉じたものの、構成が複雑、汎用性に欠けるなど
- ◆ この欠点を改善したのがテンソルフローで、オープンソースにし、汎用のプログラミング言語を使用し誰でも使いやすく、デスクトップやモバイルなどでも利用が可能
- ◆ 2015年11月にオープンソース化



TensorFlowの学習結果をグラフにより可視化した画面

(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(1/2)

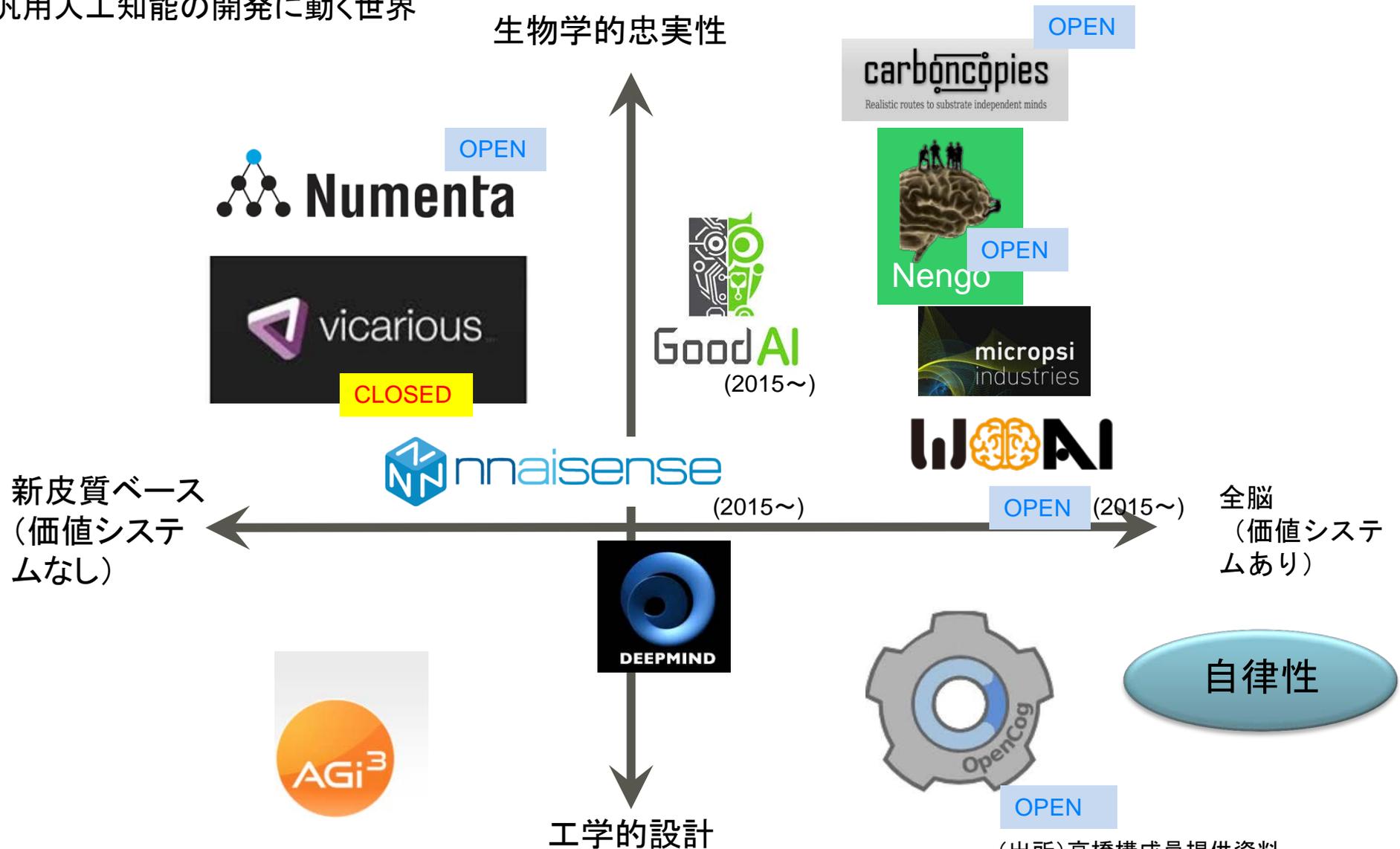
- 汎用人工知能は、ディープラーニング技術の進展等を契機として、今後のイノベーションが期待される領域になっている。

汎用人工知能(AGI)の開発に向けた取組

- 生物学に基づく認知アーキテクチャBICAs(Biologically Inspired Cognitive Architectures) (2005年～)
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
- IBM/DARPA SyNAPSEチップ(2008年～)
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
- EUヒューマン・ブレイン・プロジェクト(2013-2022年)
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。
- (日本)全脳アーキテクチャ・プロジェクト(2013年～)
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
- 米国BRAINイニシアチブ(2014年～)
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
- QualcommニューロモルフィックチップZeroth(2014年～)
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。

ア 汎用人工知能 (AGI) の開発に向けた取組 (2/2)

汎用人工知能の開発に動く世界



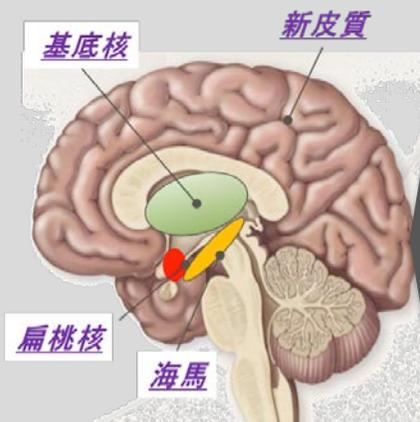
(出所) 高橋構成員提供資料

イ 全脳アーキテクチャ(WBA)(1/3)

「全脳アーキテクチャ」とは

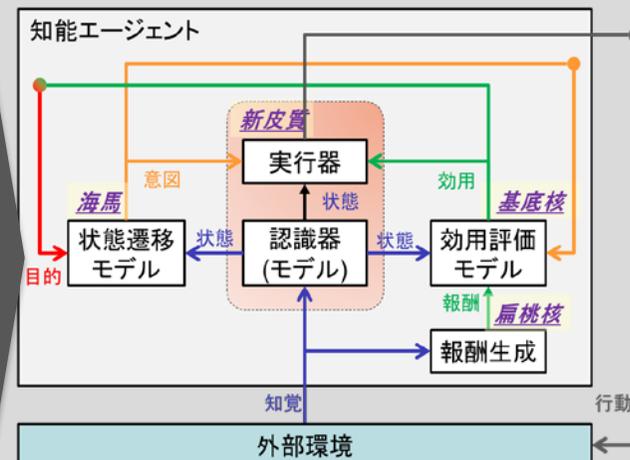
脳全体のアーキテクチャに学び人間のようない汎用人工知能を創る(工学)

全脳アーキテクチャ(WBA)のアプローチ



脳

- ① 脳の各器官を機械学習モジュールとして開発
- ② それらモジュールを統合した認知アーキテクチャを構築



AI

wba-initiative.org

(出所)高橋構成員提供資料

イ 全脳アーキテクチャ(WBA)(2/3)

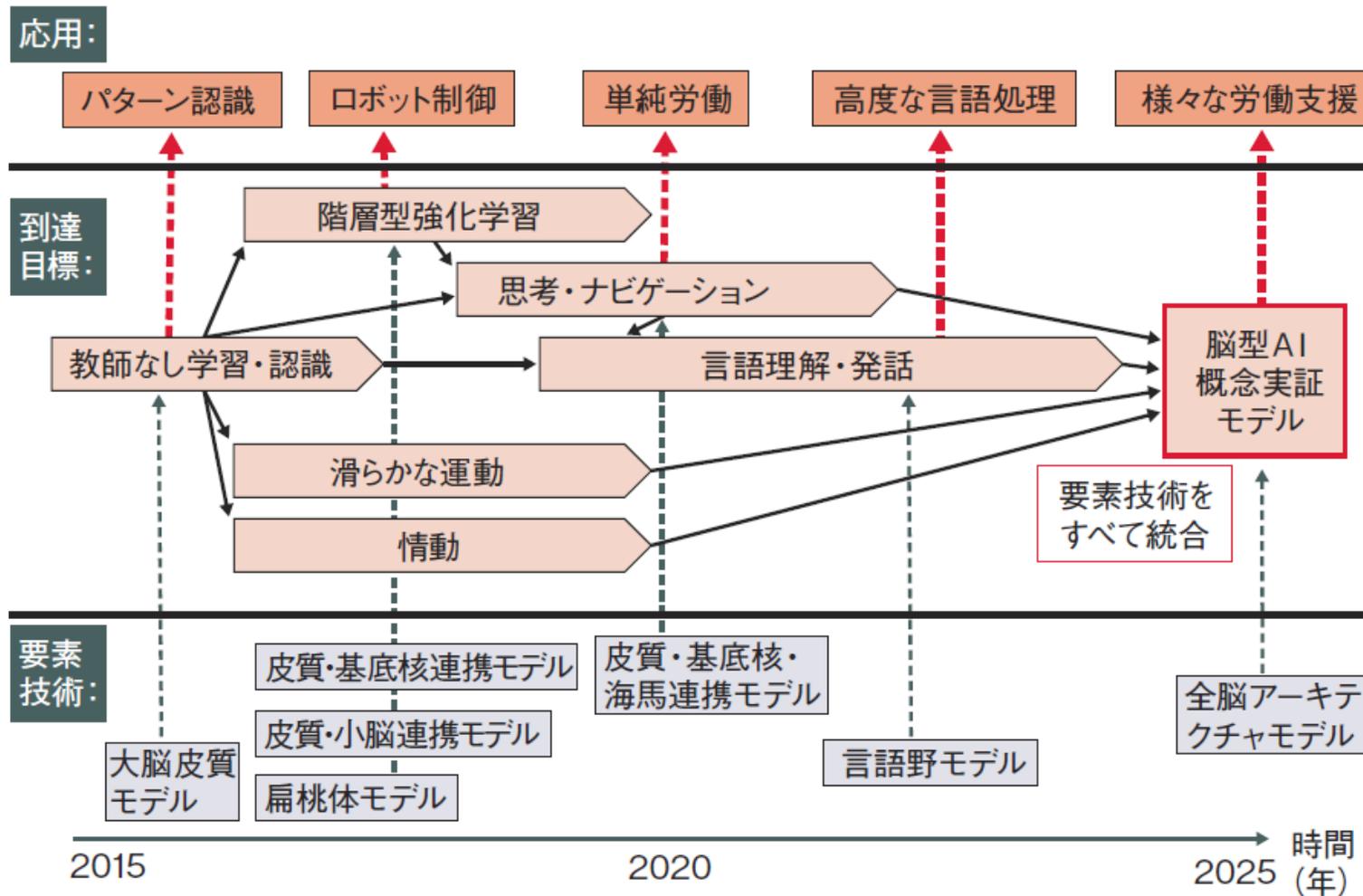
全脳アーキテクチャの俯瞰図

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

イ 全脳アーキテクチャ(WBA)(3/3)

大脳皮質モデルを中心とした開発ロードマップ

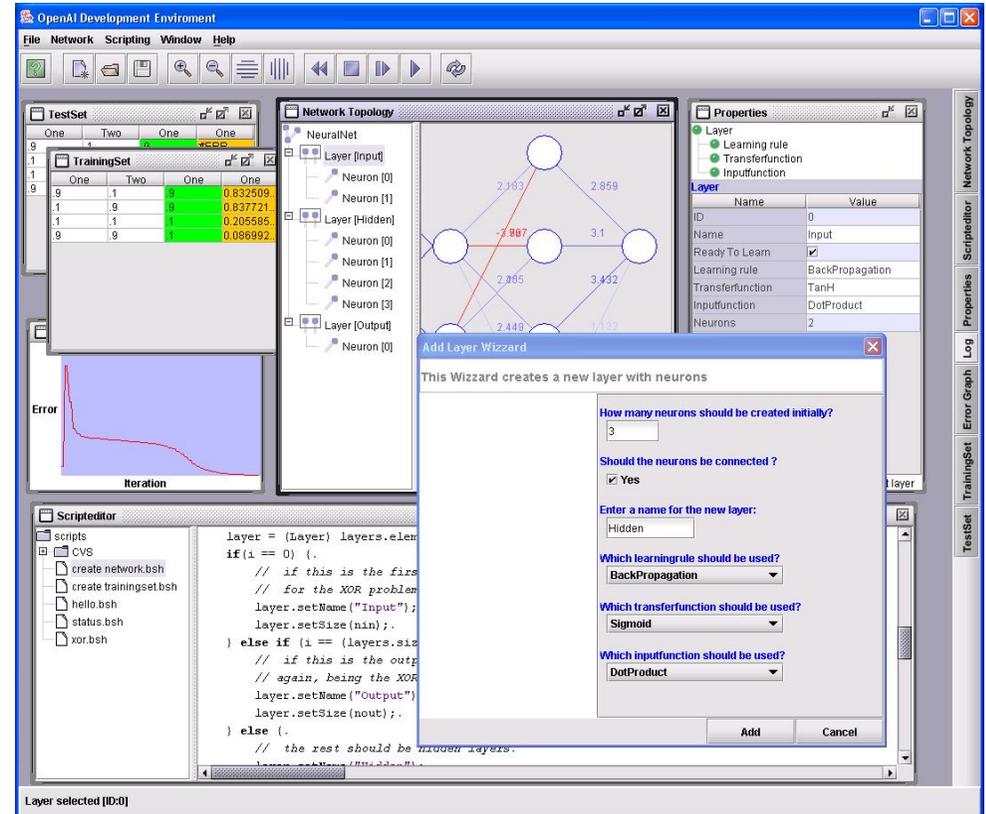


(出所)一杉裕志「脳全体の動作原理を解明へ汎用人工知能への最短の道」
日経エレクトロニクス2015年2月号

ウ OpenAI

■ OpenAI

- Elon Musk氏、Sam Altman氏、Peter Thiel氏というIT業界の著名人らから10億ドルの寄付を得て、人工知能の推進を目的とする研究組織OpenAIを設立
- 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
- 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の開発を目指すNPO



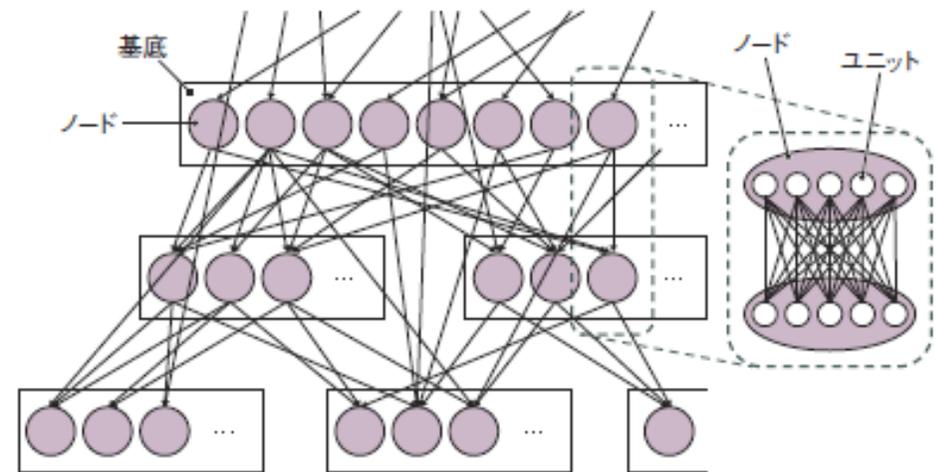
Open AI IDE(統合開発環境) V0.2のスクリーンショット
(出所) Open AI Neural Network IDE

エ BESOMネット、ベイジアンプログラム学習フレームワーク(BPL)(1/2)

■ BESOMネット

～大脳皮質の動作を再現可能な神経回路モデル～

- 全脳アーキテクチャ勉強会を推進する
産業技術総合研究所 人工知能研究センター 脳型人工知能研究チーム 一杉裕志氏が開発する技術
- ベイジアンネット、自己組織化マップ(SOM)、独立成分分析(ICA)、強化学習の4つの機械学習技法を組合せた手法
- ベイジアンネット
 - 確率変数の間の因果関係をグラフで効率的に表す知識表現の技術。
 - 脳の「直感・連想記憶」と似た働きをする。

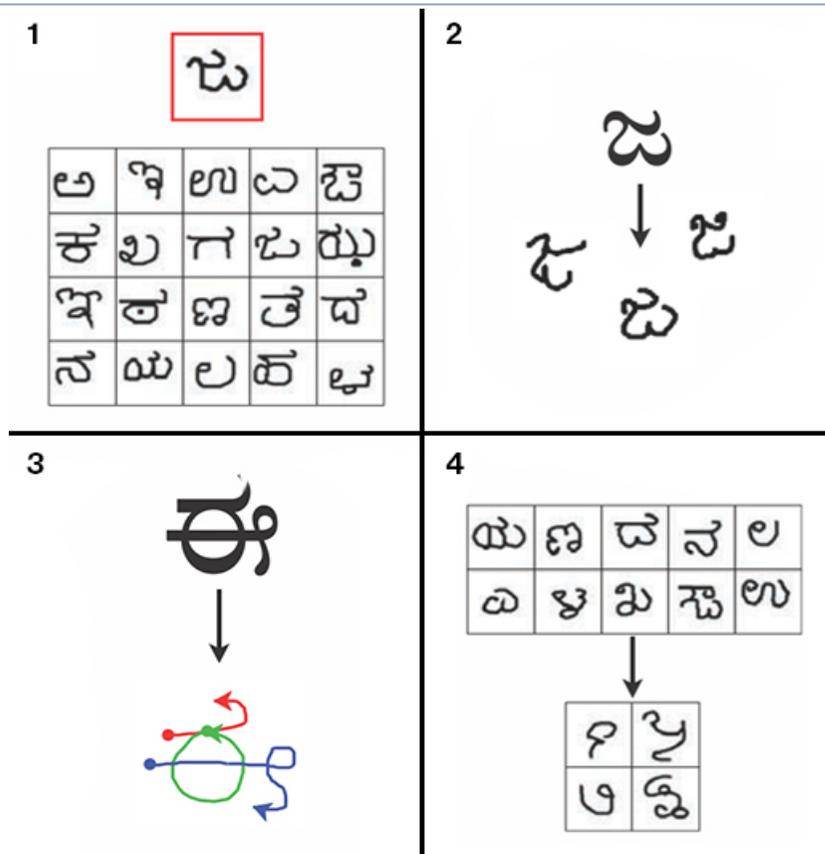


BESOMネットの構成要素
(出所)人工知能テクノロジー総覧

エ BESOMネット、ベイジアンプログラム学習フレームワーク(BPL)(2/2)

■ 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1つの訓練事例から学習する計算モデル「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。ディープラーニングでは、10~100事例必要であり、大幅に性能向上した。

- たったひとつの例から、手書きの文字を認識し学習する新しい計算モデル「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。
- 従来のディープラーニングでは、10~100事例必要であり、それと比較して、大幅に高性能化した。
- ニューヨーク大学の研究者Brendan Lake、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、MITの脳認知科学のJoshua Tenenbaum教授により、サイエンス誌で発表される。(2015/12)
- 画像の概念をプログラムとして表現することで、高性能化を実現したと発表している。
- 一事例による学習の性能比較では、人間レベルの性能を達成し、ディープラーニングを圧倒した。



人が書いた手書きの文字の認識例
Brenden M. Lake, *Human-level concept learning through probabilistic program induction*, 2015

(5) スマートマシン

ア 総論(1/2)

■ 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、自動走行車などに代表される自己学習機能を備え、自律的に行動する電子機械

分野別活用シーン

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	サイバーダイブ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	—

ア 総論(2/2)

2045年までのスマートマシンに関わるロードマップ

- **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) 林雅之構成員提供資料

イ ロボット(1/4)

- ロボットの動作を統合的に制御する汎用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、ロボットの開発が加速化すると期待されている。
- DARPAロボティクスチャレンジでは、無線通信による遠隔操作と自律制御の両方を組合せた技術開発を促進する。

■ ロボットOS V-Sido OS

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。

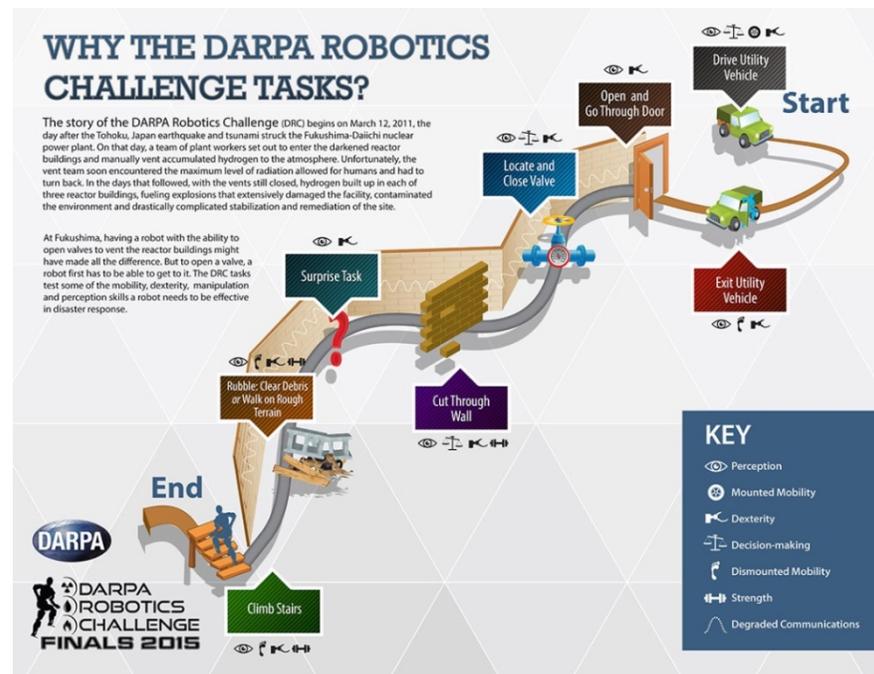


V-Sido OSが採用されているロボットの一例
(出所) <https://www.asratec.co.jp/v-sido-basic/>

■ DARPA ロボティクスチャレンジ

米国防総省の国防高等研究計画局(DARPA)では、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すのが目的として、ロボット競技大会を開催。

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が技術の開発を促している。



ロボティクスチャレンジのタスク
(出所) <http://www.thebotanicschallenge.org/>

イ ロボット(2/4)

サービスロボットのモデル例(主に米国の例)

JIBO

(ソーシャルロボット)



人間との
コミュニケーション

Double Robotics

(テレプレゼンスロボット)



スクリーン付き
稼働式ロボット

ATLAS

(人型ロボット)



東大のスパインアウト
グーグルが買収
軍事・災害対応など

Knightscope「K5」

(警備ロボット)



ショッピングセンター等
の警備サポート

Savioke

(バトラー(執事))



注文をホテルの客室
まで届ける

(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」(平成27年)

イ ロボット(3/4)

ロボット新戦略の概要

- ◆「日本再興戦略」改訂2014(平成26年6月閣議決定)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
- ◆政府(首相官邸)は、平成26年9月から平成27年1月にかけて「ロボット革命実現会議」(座長:野間口有 三菱電機(株)相談役)を開催し、技術開発や規制改革、標準化等の具体策を検討し、ロボット革命実現に向けた戦略をとりまとめた(「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—)」、日本経済再生本部において平成27年2月に政府の方針として決定)

ロボット革命とは

- ①ロボットが劇的に変化(「自律化」、「情報端末化」、「ネットワーク化」)
自動車、家電、携帯電話や住居までもがロボット化
- ②製造現場から日常生活まで、様々な場面でロボットを活用
- ③社会課題の解決や国際競争力の強化を通じて、ロボットが新たな付加価値を生み出す社会を実現

ロボット革命の
実現に向けて

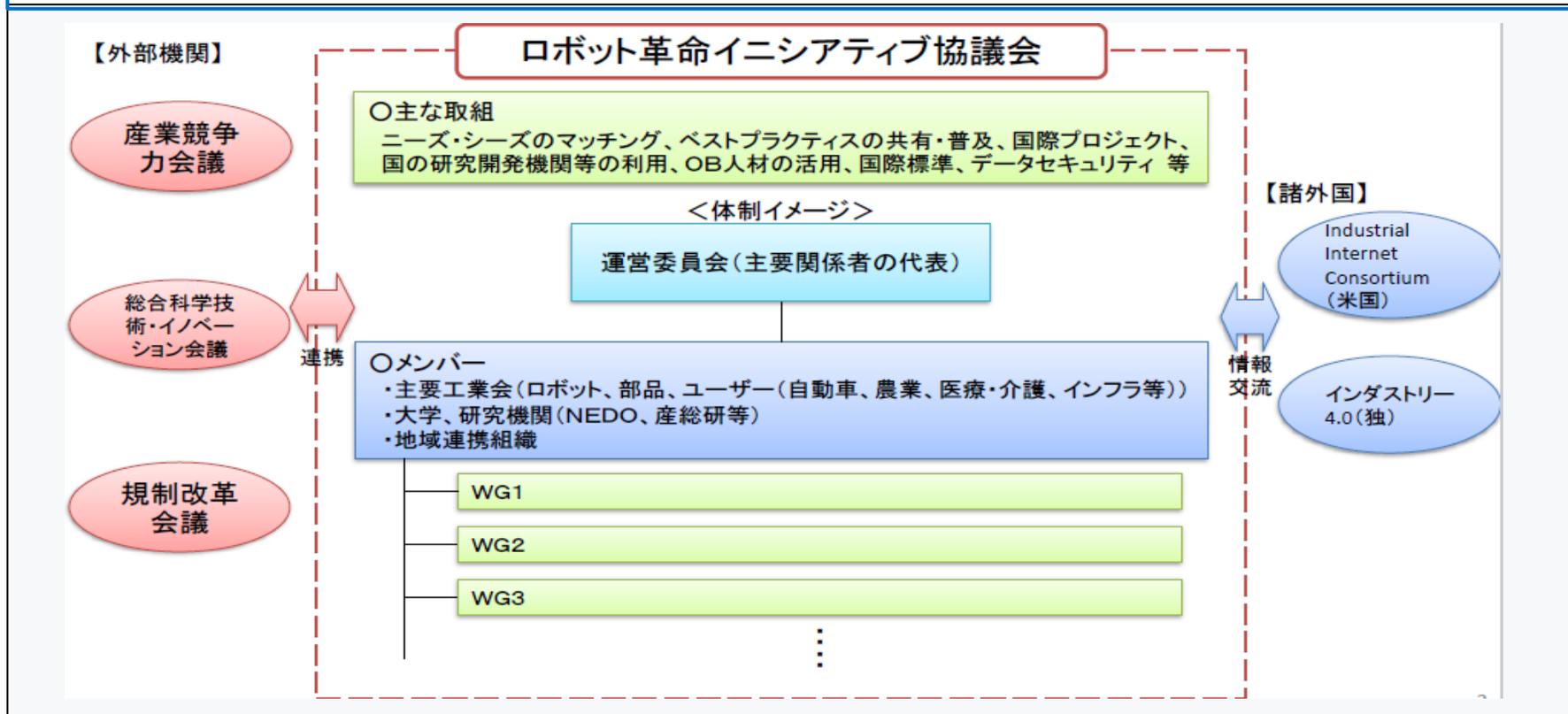
革命実現のための三本柱

- ① 世界のロボットイノベーション拠点に
- ② 世界一のロボット利活用社会
(中小企業、農業、介護・医療、インフラ等)
- ③ IoT(Internet of Things)時代のロボットで世界をリード(ITと融合し、ビッグデータ、ネットワーク、人工知能を使いこなせるロボットへ)

イ ロボット(4/4)

ロボット新戦略の推進

- ◆産業競争力会議などとの連携や諸外国との情報交流を図るため、産学官による推進組織としてロボット革命イニシアティブ協議会を平成27年5月に設立
- ◆今後5年間でロボット革命集中実行期間と位置づけ、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などに取り組む

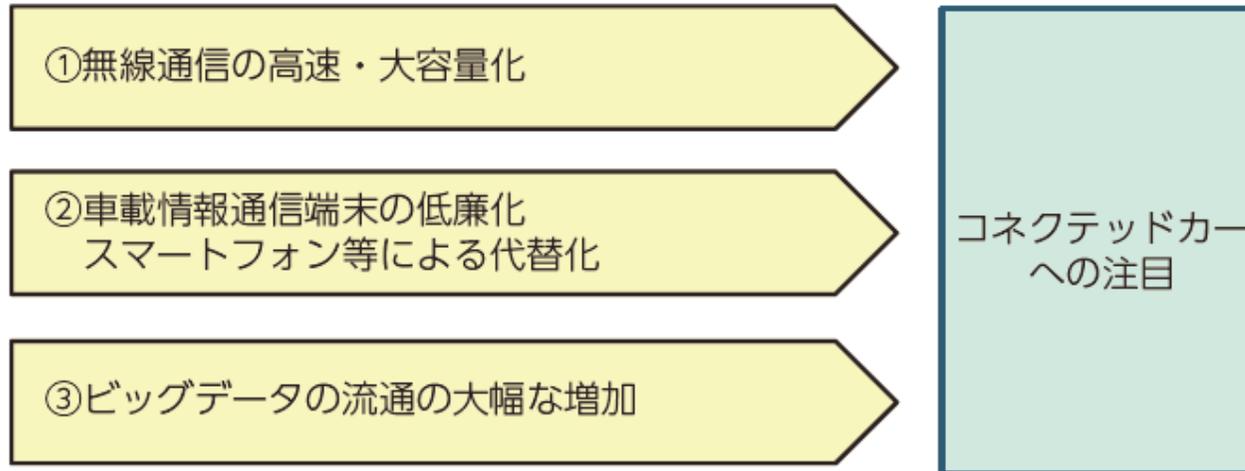


ウ コネクティッドカー、自動走行車(1/9)

■ コネクテッドカーとは

ICT端末としての機能を有する自動車のことであり、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・分析することで、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。

コネクテッドカーへの注目の背景

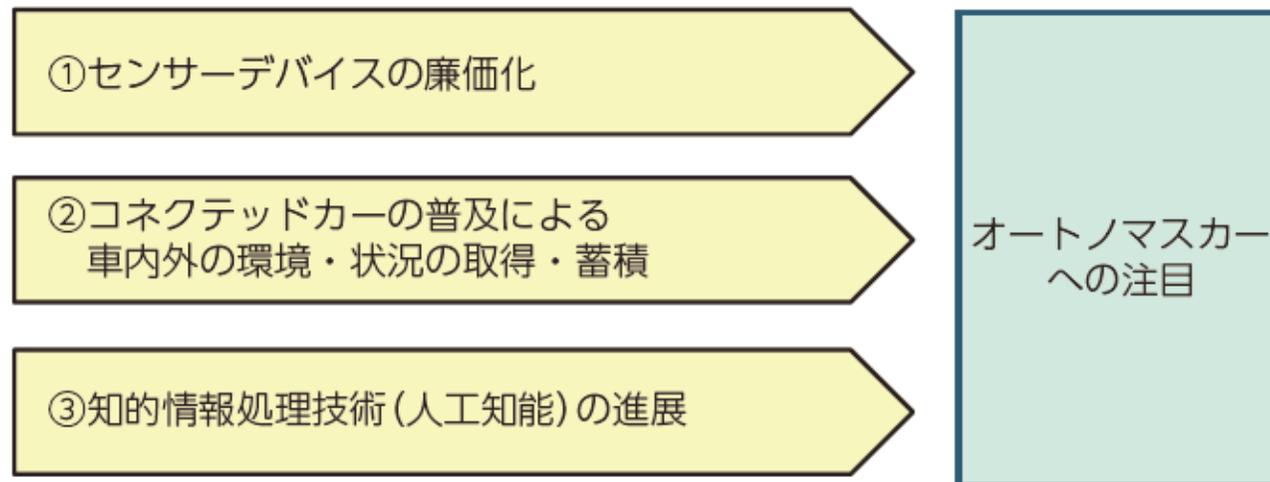


ウ コネクテッドカー、自動走行車(2/9)

■ 自動走行車とは

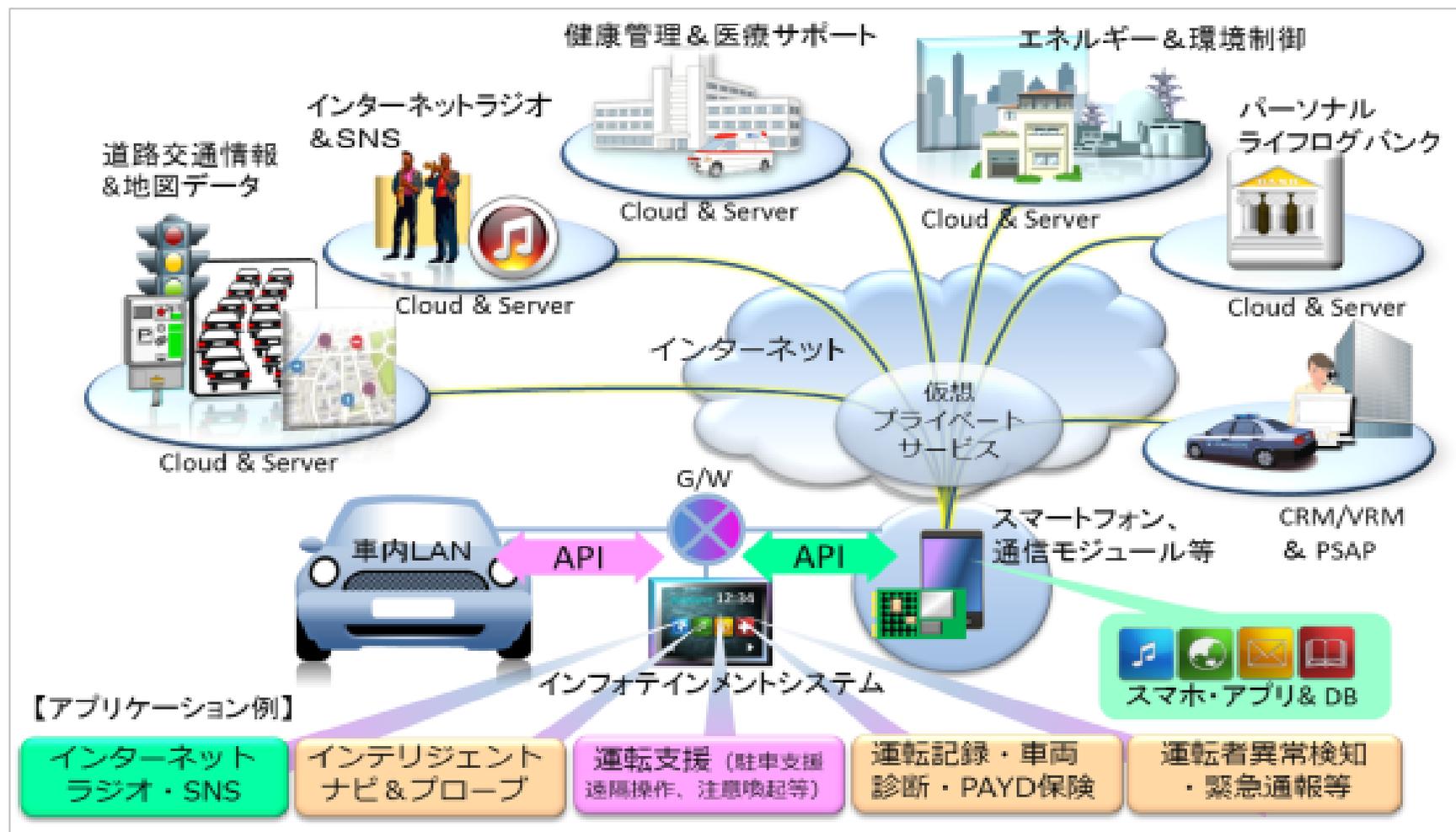
車内外の環境・状況を計測するセンシングや情報通信・車体制御等の技術を組み合わせ、運転者が直接操作することなく、行き先の指示等に基づき、自動車自身が道路状況に合わせて安全に目的地へ向かう自動車。

自動走行車への注目の背景



ウ コネクティッドカー、自動走行車(3/9)

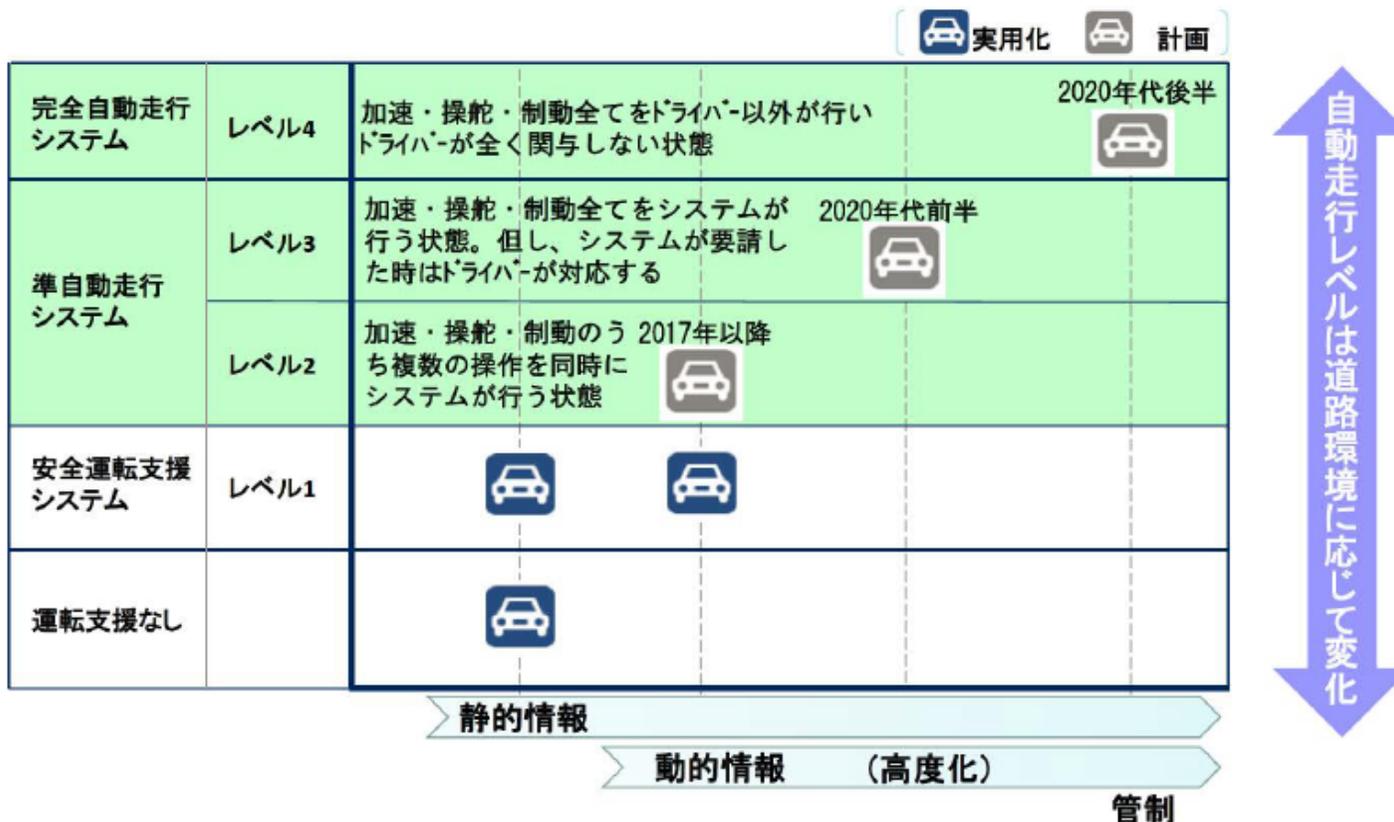
コネクティッドカーのサービスやアプリケーション



(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)

ウ コネクティッドカー、自動走行車(4/9)

自動走行車の自動走行レベルと実現期待時期



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

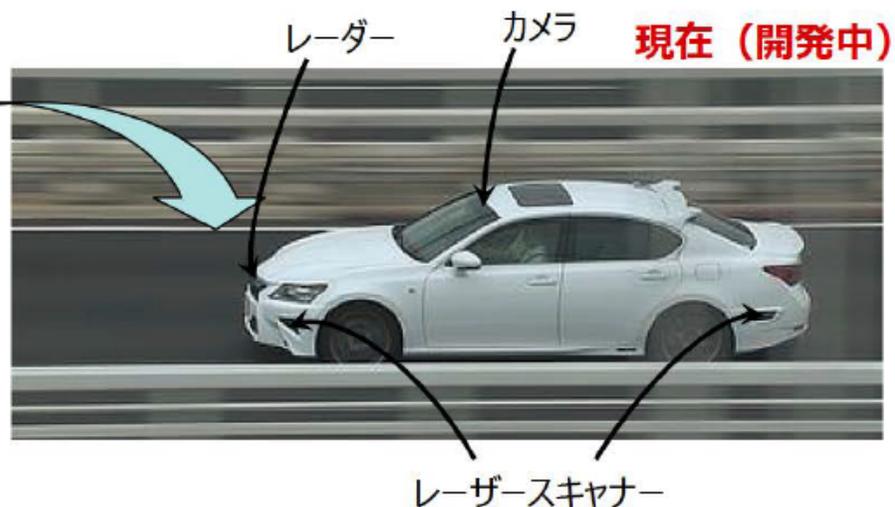
(出所)SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「自動走行システム」の取組について 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会第7回会合資料7-2(平成27年)

ウ コネクティッドカー、自動走行車(5/9)

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易い
安心感のある表示

HMI : Human Machine Interface

自動化の難度が高い、
高速道路での合流・分岐
等が可能に！

今後、一般ユーザーの利用に耐える信頼性確保、さらなる操作性の向上等が必要

(出所) SIP(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)

ウ コネクティッドカー、自動走行車(6/9)

最近の国際動向

EU

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～)

✓ AdaptIVE

・Volkswagenを中心に、関係メーカー、大学など29団体が参加



・欧州委員会の下で議論、課題整理

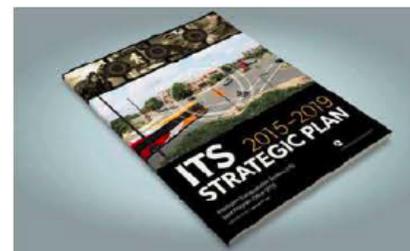
ドイツ here

Audi、BMW、Daimler が
地図事業会社「Here」を約31
億ドルで**買収** (今年8月)

米国

✓ 連邦運輸省

・**国家戦略**を策定
(昨年12月)



ITS : Intelligent Transport Systems

✓ ミシガン大学

・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)



Southeast Michigan Connected Corridor

✓ Google

・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)

IoT時代に向け、'Automated & Connected' セットでの議論 が活発化

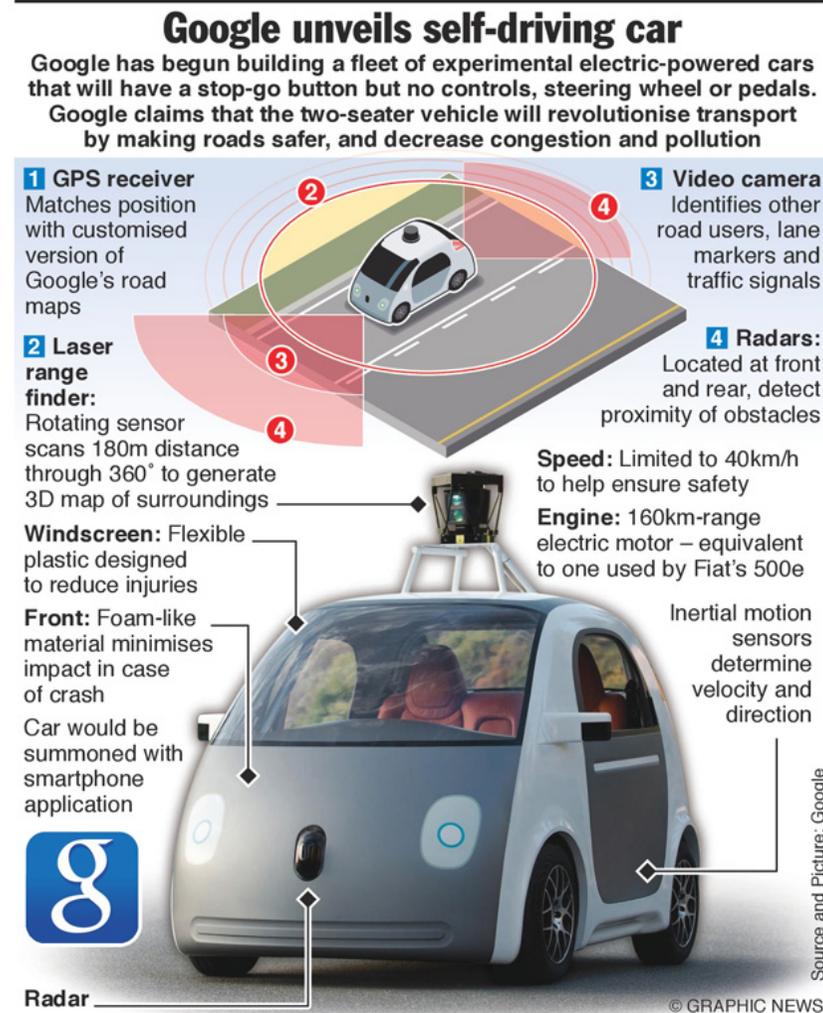
(出所)SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「自動走行システム」の取組について 情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会第7回会合資料7-2(平成27年)

ウ コネクティッドカー、自動走行車(7/9)

Googleの自動走行車開発

- ◆ 自動走行車の研究を2009年から進めており、2017年の実用化を目指す
- ◆ 2014年5月に、Google社独自の自動運転車のプロトタイプ※を発表
- ◆ 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
- ◆ 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

※: 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。

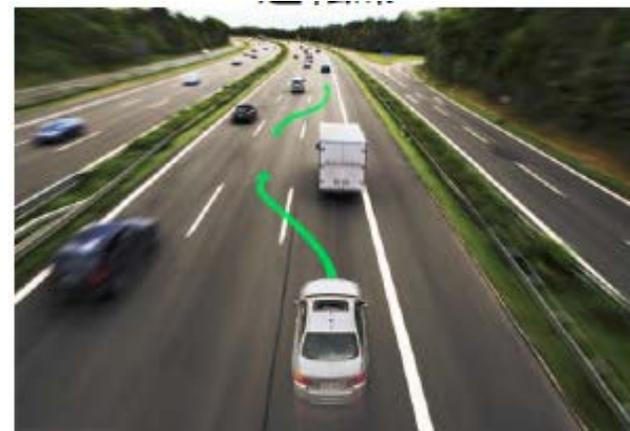


ウ コネクティッドカー、自動走行車(8/9)

BMWの取組

車両追い越し技術

- ◆ 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、5,000kmの自動運転によるテスト走行を完了
- ◆ 前方車両に追い付いた場合には、交通法規を遵守し、車両の追い越しを行うことができる



車線変更

リモートガレージパーキング技術

- ◆ 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



ウ コネクティッドカー、自動走行車(9/9)

自動運転車の市場予測

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運転車が高速道路を走行・ 自動運転車の普及台数は23万台・ 世界の自動車販売台数（1億1,500万台）のうち自動運転車は1%以下・ 自動運転車価格：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運転車が市場投入・ 自動運転車価格：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）に占める自動運転車の比率は9%に（1,180万台）- 運転手を要するものは700万台、完全な自動運転車は480万台※2035年の米国における自動運転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）・ 自動運転車の累積台数は5,400万台・ 自動運転車価格：3,000ドル + 自動車本体
2050年以降	<ul style="list-style-type: none">・ すべての車が自動運転車に

(出所)IHS Automotiveによるロボットカー市場予測 2014.1.2

エドローン

- 無人航空機には全幅30メートルを越える大型から手の上に乗る小型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。

■ Amazon Prime Air

1時間以内の爆速配達サービス「Prime Now」をスタートさせAmazonが、配達ドローンを使った30分以内の超速サービス「Prime Air」の発表を行った。

ロジスティクスのイノベーションにより、さらなるEC市場の拡大が期待されている。



Amazon Prime Air

■ 無人偵察機等

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(AI)兵器の開発禁止を訴える国連宛の書簡を公開した。



MQ-9 リーパー

3. 人間と機械との連携の高度化に関する動向と展望

(1) 人間(の脳)と人工知能等との連携

- 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

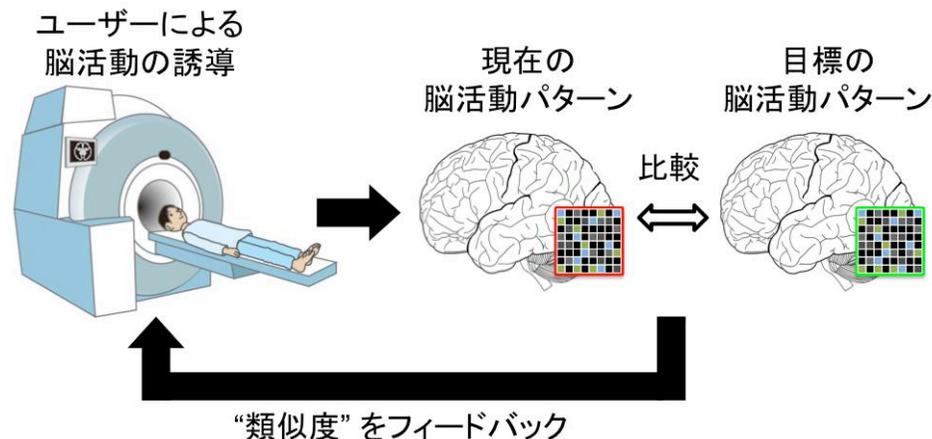
- 人間と機械との連携
 - 仮想現実(Virtual Reality)や拡張現実(Augmented Reality)の技術の発展
 - これらのネットワーク化により、遠隔地の出来事を仮想体験
 - 更にロボティクス技術が加わることで、遠隔地にも影響可能に

(2) 脳情報の解読

人間の脳と機械の「インターフェイス」については、2000年代から**BMI (Brain Machine Interface)**の本格的な実用化研究が進展している。脳波の成分である「運動準備電位」は人間が運動を実行前にその変化を読み取れることから、これを計測することにより、四肢等を介すことなく機械を制御することができる。

2011年には、脳活動の情報をリアルタイムに本人に視覚的にフィードバックすることで、「望む脳活動」を自ら起こさせようとする**Decoded Neural Feedback**と呼ばれる技術が登場している。

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



(出所)ATR 脳情報通信総合研究所「デコーデッドニューロフィードバックの研究と応用」

(3) 脳活動への外部からの介入

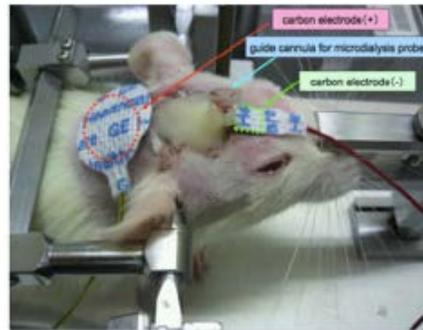
直接脳活動に介入する技術の研究も進んでいる。**TMS12(経頭蓋磁気刺激)**や**tDCS/tACS13(経頭蓋直流/交流電気刺激)**といった、磁気・電流を使った刺激方法により、問題解決能力や短期記憶を向上させることが報告されており、その適用範囲は、今後、広がっていくと考えられる。既に、電極付きヘッドフォンを付け直流電気刺激等を行いながら音楽を聴くことによって、自分の報酬系を非侵襲的に刺激し音楽を聴く喜びを大きくするといったサービスが現実¹⁴に開発されている

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

脳を直接刺激する

tDCS → fMRI

経皮直流電気刺激

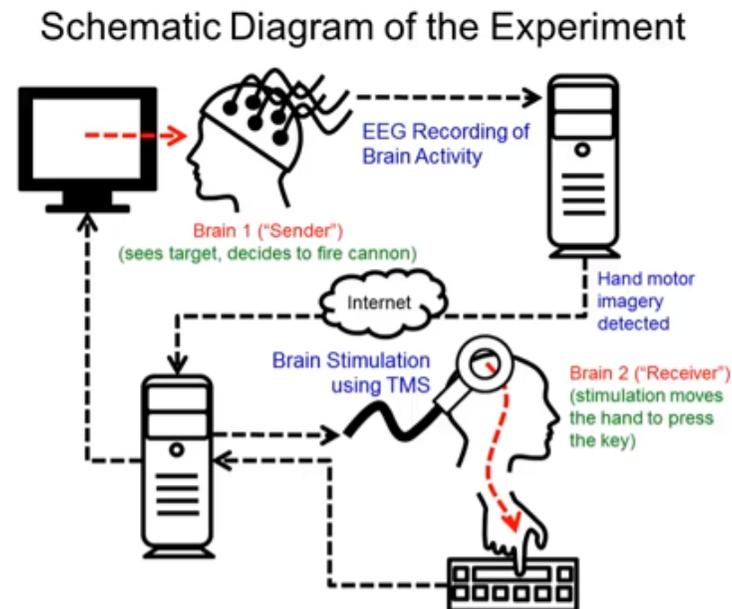


ヒトの皮質下報酬系を、遠隔に非侵襲的に制御できるか？

(4) 脳と脳との間の通信

機械と人間だけでなく、人間と人間のコミュニケーションのあり方も変わっていく。2014年11月には米国ワシントン大学の研究チームが、人間で初めての「脳—脳インターフェイス」の開発に成功したことを報告している。実験では、約800m離れた2つの建物に分かれ、送信者の脳波をコンピュータで変換してインターネット経由で送信したところ、受信者は、送信者の運動意図を運動野の脳刺激を介して受信することができたとされる。

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



(出所)ワシントン大学の研究チームが脳から脳への“直接通信”に成功

(5) 人間と機械との連携

直接「脳」の情報を使用しない人間と機械の連携も加速している。仮想現実 (Virtual Reality: VR)、拡張現実 (Augmented Reality: AR)、「テレプレゼンス」、更には、現実の世界と過去の映像を混同させて、本来実在しない人物や事象が目の前で存在しているように錯覚させる、代替現実 (Substitutional Reality: SR)とよばれるような技術も実現している。

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

仮想現実

コンピューターにより作られた仮想的な世界を、あたかも現実のように体験させる技術



(出所)CAVEシステム(ブルドーザー運転シミュレータ)、キャタピラー社

拡張現実

現実世界の物事に対してコンピュータによる情報を付加して、複合的な映像を示す技術



(出所)直感誘導・状況検知によるドライバーサポートシステム、パイオニア社

テレプレゼンス

遠隔地のメンバーとその場で対面しているかのような臨場感を提供する技術



(出所)テレプレゼンスロボット、サステナブル・テクノロジー社

4. インテリジェントICTの利活用の高度化に関する動向と展望

(1)国内外におけるインテリジェントICTの利活用の高度化に関する動向

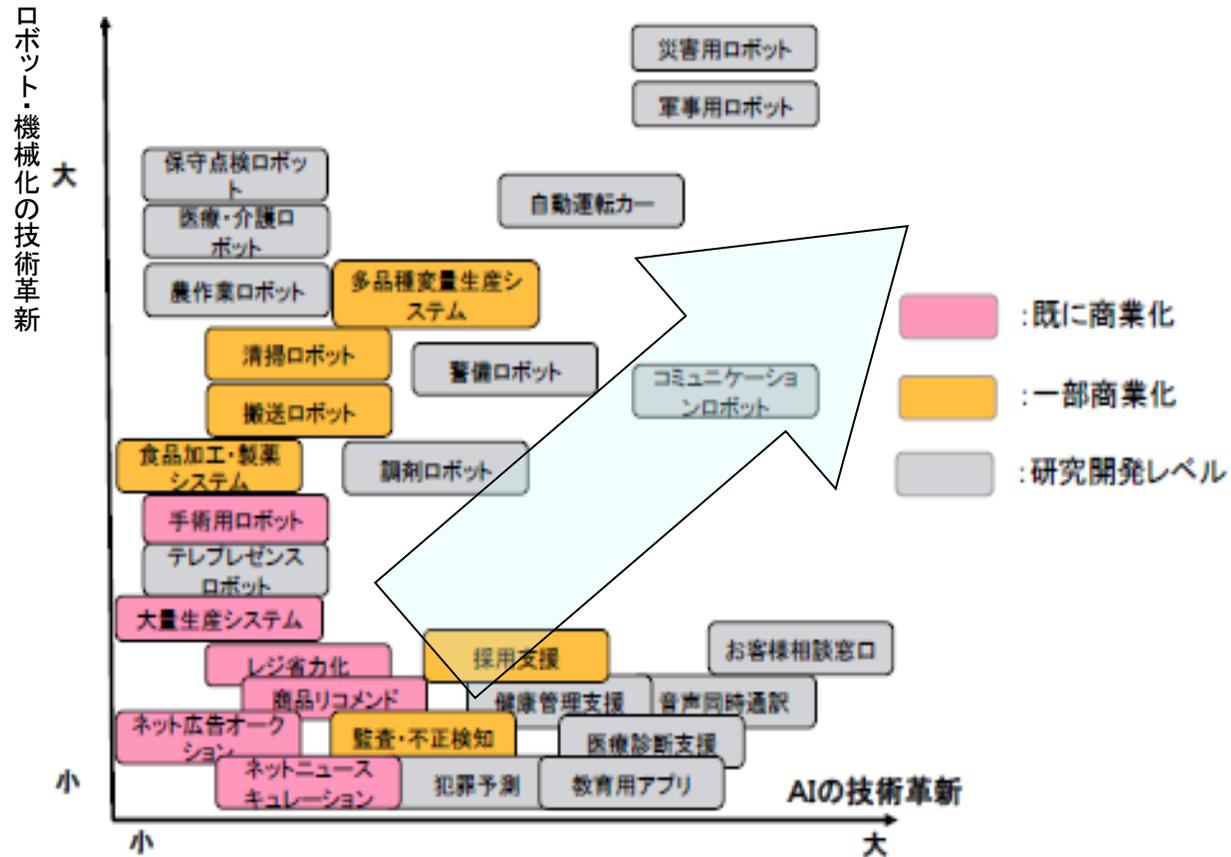
国内外におけるインテリジェントICTの利活用の高度化に関する動向(1/2)

■ B2B及びB2Cの様々な分野においてインテリジェントICTの利活用が進んでいる。

B 2 B	【ネット広告】	● フリークアウト: 広告枠のリアルタイムオークションを自動最適化
	【メディア】	● イーガーディアン: 画像投稿メディアで不適切画像検知
		● Arria: 気象データから天気予報ニュース記事を作成
	【医療】	● Automated Insights: 財務データ速報からニュース記事を作成
		● IBM: 問診・検査結果から病名判定
	【金融】	● UBIC: 電子カルテから転倒リスクを評価
		● Cosser: 投資家向けに経済トピックを要約し、重要度付与し提供
	【人材】	● Checkr: ネット情報や犯罪者DBから個人信用度算出
● Gild.com: 公開情報からエンジニアのレベル推定・転職意向予測		
【製造】	● ハッチ: 人材採用の見える化サービス「Talentio」	
	● NEC: プラント・工場の機器の異常予兆監視	
【開発】	● GE: 航空機エンジン、医療機器、発電タービン等のメンテナンス	
	● The Grid: 画像・テキストを与えて自動的にWebサイトを開発	
【電力】	● Forecast.it: システム開発見積りをベンチマークから機械学習	
	● BuildingIQ: 天候・電力単価・従業員満足度を考慮し最適空調	
B 2 C	【小売】	● インフォメティス: 家電毎の電力利用状況をAIで分離
		● ユーザ特性・嗜好を推定するレコメンドサービス
	【メディア】	● カラフルボード: ファッションアイテム推薦サービス「センシー」
		● SmartNews: 本人の好みに適応したニュースキュレーション
	【ヘルスケア】	● グノシー、NewsPick等も同様、BtoCで最もAIを活用
		● Pathway Genomics: 健康関連質問に音声で答える
	【生活】	● Habitech: 感情推定して効果的なダイエットをアドバイス
		● Timeful: 予定、ToDo、やりたいことから週間予定表を自動作成
【コミュニケーション】	● Chotchy: AIで合コンを最適マッチング	
	● オルツ: 自分の応答パターンを学習し代わりに応答するアプリ	
【教育】	● リクルート: 受験アプリで本人に適した学習方法をアドバイス	
	【アシスタント】	● Apple: iPhoneの音声応答サービス「Siri」
		● Google: Androidの音声応答サービス「Google Now」

国内外におけるインテリジェントICTの利活用の高度化に関する動向(2/2)

AIの技術革新及びロボット・機械化の技術革新により、自動化・無人化が幅広い分野に波及していく。



(出所)三菱総合研究所 政策・経済研究センター
「メガトレンド・サブトレンド:AI・ロボット」

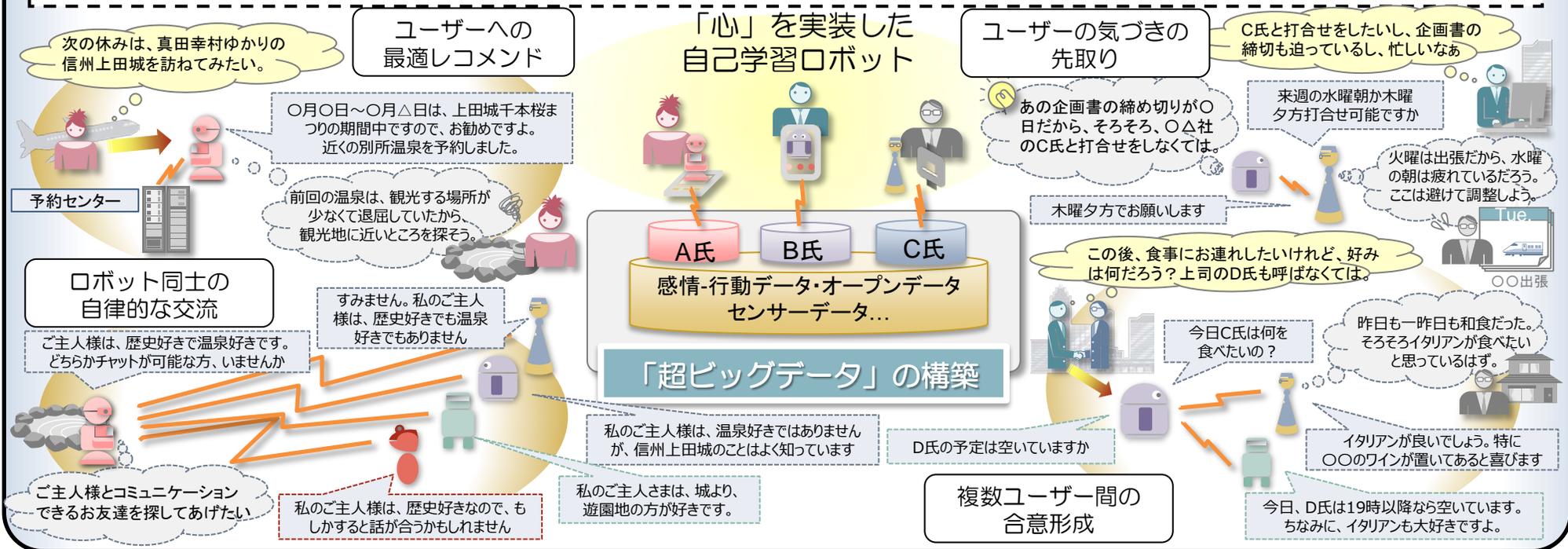
(2) インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望

インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望(2/6)

2030年以降の未来社会における価値創造のイメージ

○ ユーザの感情・潜在意識を理解して、きめ細やかに支援するロボットの実現

人間が日々行なっている認識、判断、意思決定といった処理を支援してくれる高度ロボットサービス(コンシェルジュロボット)を実現。日々の行動パターンや、趣味・嗜好、スケジュール等の情報を活用しながら、利用者が今何を求めているかを推測し、最適な情報をリコメンド。さらにコンシェルジュする際に、ロボット同士が自律的にコミュニケーションし、利用者により最適な情報を提示可能。



(出所) 情報通信審議会「諮問第22号新たな情報通信技術戦略の在り方」
中間答申 概要(平成27年)

インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望(3/6)

2030年以降の未来社会における価値創造のイメージ

○ 多言語音声翻訳システムによるグローバルで自由な交流の進展

世界中どこにいても、観光、医療、ショッピングのような日常会話を超えて、ビジネス交渉、行政手続等の自動翻訳を可能とするほか、言葉だけでなく文化や感情表現等を的確に把握し、表現豊かな翻訳を可能とするとともに、様々な国において現地のテレビ番組や映画等の臨場感あふれる自動翻訳を実現する。この技術を世界に先駆けて社会実装することにより、世界の人々のグローバルで自由な交流を実現し、相互理解の促進や国際問題の解決、我が国の企業の国際競争力の向上に資する。

様々な国の人と、多様な話題でも文脈を理解して
高精度な同時翻訳で会話可能

海外進出等のビジネス交渉も容易に



盗難届、保険関連、行政手続等の
複雑なやりとりも翻訳

今日、仕事が終わったら
飲みに行こうよ！

I gotcha !

友達同士のくだけた会話も翻訳



多言語音声翻訳ロボット

腕時計型端末を利用

様々な国の人と学会でも
同時翻訳で議論可能



人間とは何か？

Es ist interessant !

In my opinion,...

ウェアラブル端末を利用

様々な国において字幕や吹替のない
現地のテレビ番組や映画を同時翻訳
で視聴可能

海外のテレビも母国語で視聴(ウェアラブル端末を利用)



映画も母国語字幕で視聴(グラス型端末を利用)



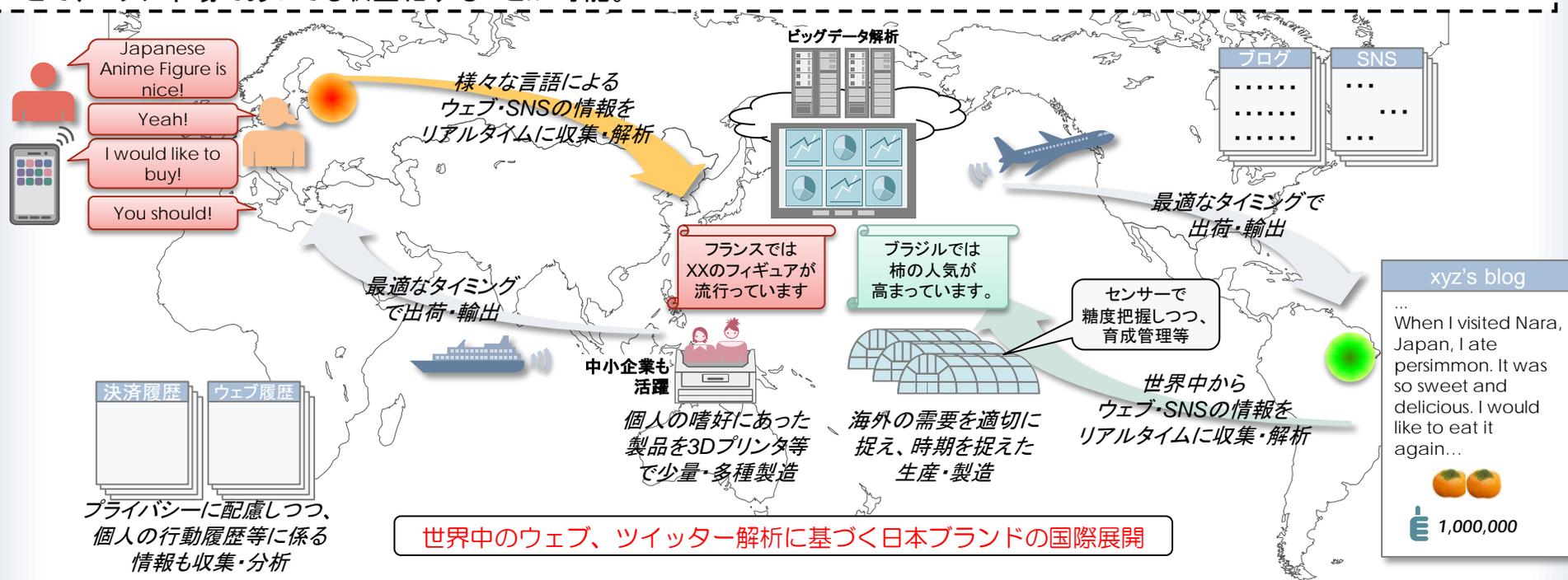
インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望(4/6)

2030年以降の未来社会における価値創造のイメージ

○ 世界中の好み・ニーズをリアルタイムに把握した生産・供給システムの実現

世界中のあらゆるウェブ、ツイッター等を外国語のものも含めリアルタイムに解析し、世界の人々の好み・ニーズをリアルタイムに把握し、世界で人気が高い農産物・商品を予測することで最適なタイミングで出荷・輸出することを実現。

また、中小企業であっても、好み・ニーズが盛り上がっているときを適切に捉えて、3Dプリンター等の生産技術で少量生産することで、ニッチ市場であっても収益化することが可能。



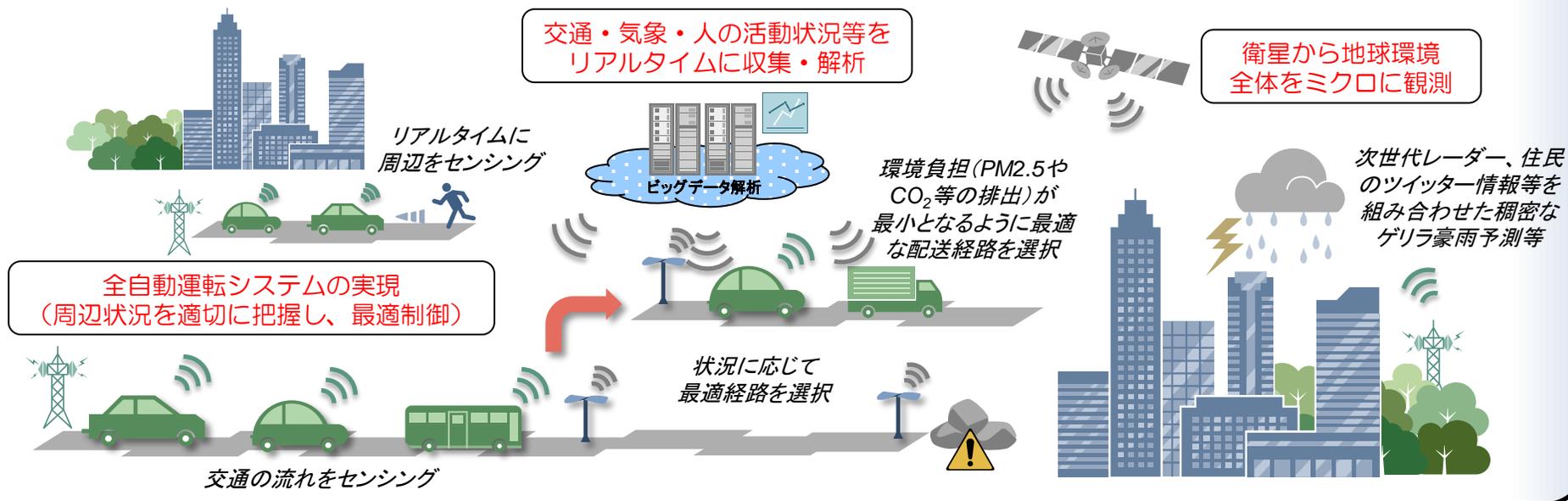
(出所) 情報通信審議会「諮問第22号新たな情報通信技術戦略の在り方」
中間答申 概要(平成27年)

インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望(5/6)

2030年以降の未来社会における価値創造のイメージ

○ センサー・ビッグデータを活用した、交通・物流等の社会システムの最適制御

自動運転車ごとに目的地まで最短時間で到達でき、しかも、全体として交通渋滞を発生させないように、自動運転車全体の動きの最適制御を実施。また、外部センサーから収集される情報をもとに、AI技術を活用し、子供の道路への急な飛び出しやゲリラ豪雨等の突発的自然災害にも適切に対応・回避するとともに、化学物質(PM2.5等)やCO₂の濃度を衛星レーダーで広域に高分解能で観測し、環境負荷が最小となるように自動運転車全体の動きを最適制御。これにより、地球環境と調和しつつ、必要な物資を必要な量だけ必要なときに配送する物流の最適化を実現。



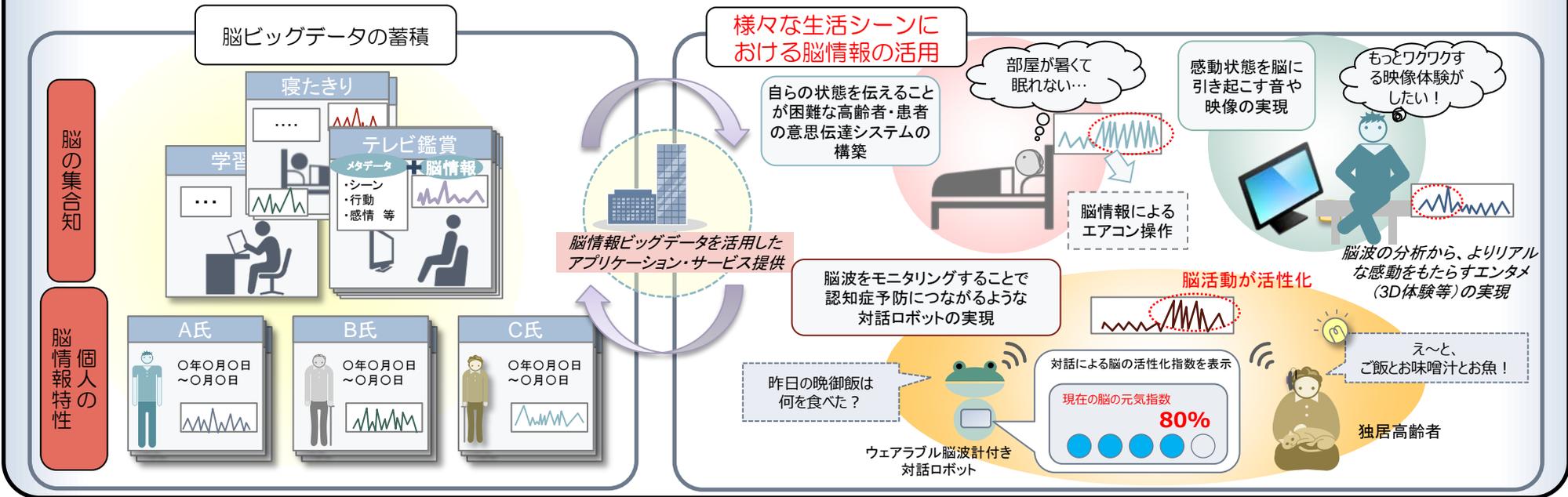
(出所) 情報通信審議会「諮問第22号新たな情報通信技術戦略の在り方」
中間答申 概要(平成27年)

インテリジェントICTの利活用の高度化に関する展望(6/6)

2030年以降の未来社会における価値創造のイメージ

○ 個人の脳情報特性を活用した新ビジネスの創出

脳情報計測と解析技術の高度化により、人間の感情や潜在意識等を脳情報から推定する技術が実現し、この技術を備えた簡易かつ安価な計測器の普及によって、様々な状態・活動シーンにおける個人の脳情報特性と脳のビッグデータ(集合知)を最大限に活用した高度なQoLを実現するビジネスを創出。



(出所) 情報通信審議会「諮問第22号新たな情報通信技術戦略の在り方」
中間答申 概要(平成27年)