

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

第１回 議事次第

日時：平成 27 年 2 月 6 日(金) 16:30～18:30
場所：中央合同庁舎 2 号館 11 階 総務省第 3 特別会議室

1 開 会

2 議 事

(1) 開催要綱及び検討の背景

(2) 構成員からの発表

○東京大学工学系研究科 准教授 松尾 豊

「人工知能の現在と未来」

○グリー株式会社 取締役 執行役員 荒木英士

「ＩＣＴインテリジェント化により実現する世界のイメージ」

(3) 意見交換

3 閉 会

【配布資料】

資料 1 「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」開催要綱案

資料 2 松尾構成員 ご発表資料

資料 3 荒木構成員 ご発表資料

資料 4 参考資料集

「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」開催要綱（案）

1 目的

ICT のインテリジェント化が止まるところを知らない。2045 年にはコンピュータの能力が人間を超え、技術開発と進化の主役が人間からコンピュータに移る特異点（シンギュラリティ）に達すると議論されるなど、その処理能力は加速度的に高まっている。また、IoT やヒトに係る情報を含む各種センシング技術の進化によって、無限とも言える多種多様な情報が収集・活用されるようになっている。

ビッグデータ、人工知能、ロボット等を通じて、既に私たちはこれら技術の恩恵を受け始めている。しかしこれらは始まりであって、十年後、二十年後には、今の私たちには SF とも思われる世界が広がっている可能性がある。

- この技術進歩は、社会をどのように変えていくのか。新たな世界において、コンピュータ・機械と人間の関係はどのように変化していくのか。私たちが新たな技術を使いこなすためには、何を考えておく必要があるのか。
- この技術進歩の中で主要プレイヤーの立場を確保しようとする動きが、諸外国において官民を問わず進んでいる中であって、ICT 分野において世界をリードしてきた我が国が、この変化に正面から向き合い、更なる高みを求めていくためには何が必要か。

このような問題意識を背景に、本研究会を開催する。研究会では、情報通信、ビッグデータ、人工知能、脳科学、認知心理学等の分野の関係者が一堂に会し、分野の壁を越えて議論することで、今後の発展や社会へのインパクトを総合的に展望するとともに、関連分野における我が国の国際競争力強化の在り方等について、課題の整理と今後の取組に係る提言を行うこととする。

2 名称

本研究会は、「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」と称する。

3 検討事項

- （１）ICT インテリジェント化のもたらす可能性
- （２）具体的分野における可能性
- （３）社会へのインパクト
- （４）ビジネス展開、国際競争における展望
- （５）政策課題

4 構成及び運営

- (1) 本研究会は、情報通信政策研究所長の研究会として開催する。
- (2) 本研究会の構成員は、別紙のとおりとする。
- (3) 本研究会には座長を置く。
- (4) 座長は、本検討会を招集し、主宰する。
- (5) 座長は、必要があると認めるときは、座長代理を指名することができる。
- (6) 座長代理は、座長を補佐し、座長が不在のときは、座長に代わって本研究会を招集し、主宰する。
- (7) 本研究会は公開とし、会議資料等は原則、公表する。
- (8) その他、本研究会の運営に必要な事項は、座長が定めるところによる。

5 開催時期

本研究会の開催期間は、平成27年2月から平成27年5月末を目途とする。

6 庶務

本研究会の庶務は、総務省情報通信政策研究所調査研究部が行う。

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
構成員

荒木英士	グリー株式会社 取締役 執行役員
岩田一政	公益社団法人日本経済研究センター 理事長
岩本敏男	株式会社 NTT データ 代表取締役社長
江田麻季子	インテル株式会社 代表取締役社長
川上量生	株式会社ドワンゴ 代表取締役会長 CTO
川妻庸男	富士通株式会社 執行役員常務 CTO&CIO
下條信輔	カリフォルニア工科大学 ボルティモア冠教授
関口和一	日本経済新聞社 論説委員 編集委員
西川 徹	株式会社 Preferred Networks 代表取締役社長 最高経営責任者
松尾 豊	東京大学工学系研究科 准教授
村井 純	慶應義塾大学環境情報学部 学部長
森川博之	東京大学先端科学技術研究センター 教授

(注) 敬称略、五十音順

人工知能の現在と未来

東京大学 松尾 豊

1

自己紹介



1997年 東京大学工学部電子情報工学科卒業
2002年 同大学院博士課程修了. 石塚研究室(人工知能). 博士(工学)
産業技術総合研究所 研究員
2005年 スタンフォード大学客員研究員
2007年 東京大学 大学院工学系研究科 技術経営戦略学 准教授
2014年 東京大学 グローバル消費インテリジェンス寄付講座代表

専門は、Web工学、人工知能

人工知能学会論文賞(2002年)、情報処理学会長尾真記念特別賞受賞(2007年)、人工知能学会 創立20周年記念事業賞・現場イノベーション賞・功労賞、ドコモモバイルサイエンス賞(2013年)等

2012年より、人工知能学会 編集委員長・理事。2014年より、人工知能学会 倫理委員会 委員長。

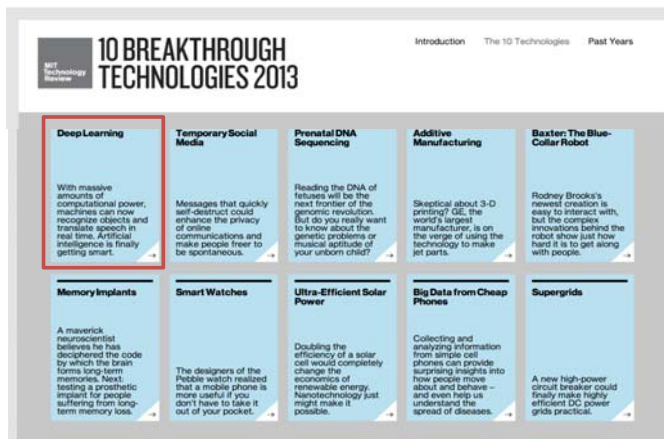
2007年より国際WWW会議プログラム委員。WWW2014ではウェブマイニングトラックのトラックチェア。

シンガポール国立大学客員准教授、オーマ株式会社・READYFOR株式会社・マネーフワード株式会社・Pluga AI Asset Management 技術顧問、経営共創基盤(株)顧問等

2

ディープラーニング

- 人工知能における50年来のブレークスルー
 - データをもとに「何を特徴表現とすべきか」が自動的に獲得されている



人工の神経回路、威力増す

「ディープラーニング」と呼ぶ人工知能技術が高い関心を集めている。画像や音声の認識精度が大幅に高まるため、ベンチャーなどが研究に参入。経済動向の予測や新薬開発などにも威力を発揮する可能性がある。

ここ1〜2年、世界中の人工知能の研究から大きな注目を浴びている技術がある。コンピューターに人間と同じように経験に基づいた行動をさせる機械学習の一種で、「ディープラーニング」と呼ばれる新手法だ。インターネット社会を支える画像認識や音声認識、新薬開発に役立つ化合物の活性予測——。こうした技術の精度を競うコンテストで、ディープラーニングが過去の記録を大幅に塗り替え、次々と優勝を果たしている。「これほど飛躍的に精度が向上するとは信じられない」「まさに衝撃的な結果だ」。専門家からは、口々に驚きの声がかかる。

ディープラーニングで画像を認識する流れ

ディープラーニングでは、コンピューター上に人間の脳と同じような多層の神経回路を複製。大量の画像や文字情報を入力してトレーニング（訓練）すると、そこに含まれる高度な概念が自然に引き出される。米グーグルの研究では、出力面のニューロンが、猫を認識して強く反応するようになった（右は簡略化した仕組みの図）



日経ビジネス2013年4月15日号

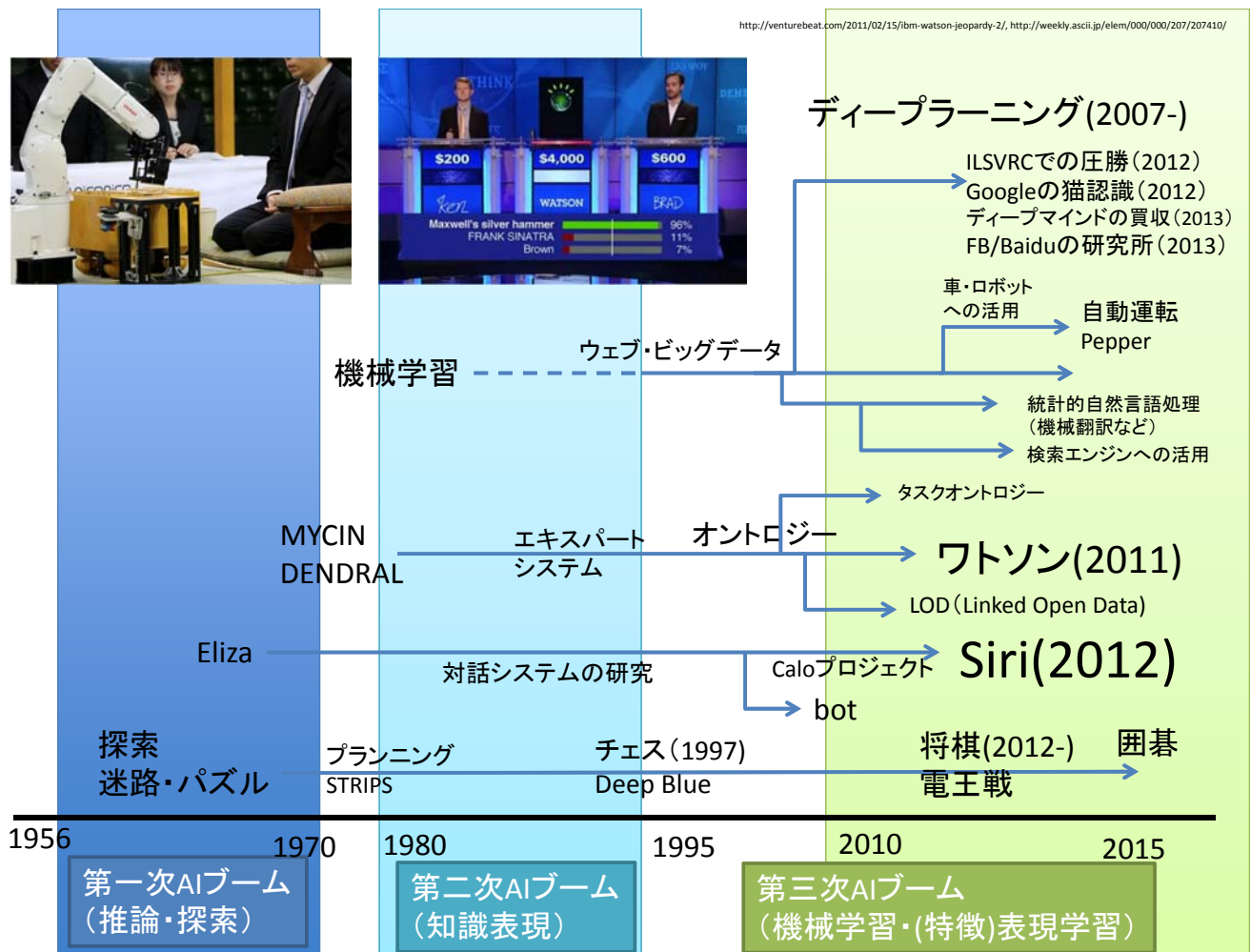
3

ディープラーニング関連の海外企業の投資

- Google
 - トロント大Hinton教授と学生の会社をGoogleが買収(2013)
 - Deep Learningの英国会社Deep Mind Technologiesを4億ドル(約420億円)で買収(2014)
- 中国検索最大手Baidu
 - シリコンバレーにDeep Learning研究所を作る(2013)
 - Stanford大 Andrew Ng教授を研究所所長に迎え、300億円を研究予算として投資(2014)
- Facebook
 - 人工知能研究所設立: New York大のYann LeCun教授を所長に招く(2013)
 - 人工知能の新興企業Vicarious社への4,000万ドルの投資ラウンドに参加(2014)



Deep Learning workshop(2013)でのザッカーバーグ(右)、ベンジオ(モントリオール大・中)、マニング(スタンフォード大・左)



4つのAI

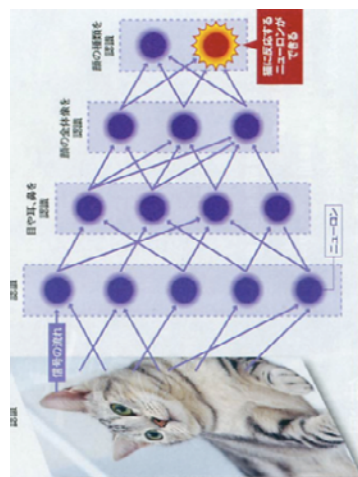
- レベル1のAI: 単なる制御(言われた通りにやる)
 - 温度が上がるとスイッチを入れる。下がるとスイッチを切る。
 - 洗濯物の重さで洗い時間を調整。
- レベル2のAI: 対応のパターンが非常に多い(探索や知識を使って、言われた通りにやる)
 - 探索や推論。将棋や囲碁で、決められたルールにしたがって、手を探す。
 - 知識。例えば、与えられた知識ベースを使い、検査の結果から診断内容や処方する薬を出力する。
- レベル3のAI: 対応のパターンを自動的に学習(重みを学習する)
 - 機械学習
 - 駒がこういう場所にあるときは、こう打てばよいということを学習。
 - この病気とこの病気はこういう相関があるということを学習。
- レベル4のAI: 対応のパターンの学習に使う「特徴量自体」も学習(変数も学習する)
 - (特徴)表現学習。ディープラーニングはこの一種
 - 駒の位置だけでなく、複数の駒の関係性をみたほうがいい。
 - こういった一連の症状が、患者の血糖異常を表し、複数の病気の原因になっているようだ。

ディープラーニングのAIにおける意味

- AIにおける50年来のブレークスルー
 - データをもとに「特徴量」「特徴表現」が自動的に獲得されている
- 実はみんな思っていた。同種の考えは昔から多くあり。
 - 1980- ネオコグニトロン(福島)、1990- 野田(産総研)ら、2000前後- 山川や松尾
- その秘訣は、ロバスト性
 - ノイズを加える、コネクションを外すなど、いじめることによる「ロバスト性」だった
 - ぐらぐらの柱では2階建てにならない
- ロバスト性を高めるには、計算機パワーが必要だった
 - いまのマシンスペックでもGPUを使って100台並列とかで、ようやく精度が上がる
- 初期仮説への回帰
 - 初期仮説「知能をコンピュータで作ることができるはずだ。」
 - できると思っていた→できない理由があった→それが解消された→だとしたら、もう一度できるという仮説を取るべきでは。
 - 潜在的にはすべてのホワイトカラーの労働を代替するような汎用的な技術

7

Deep learningの 今後の研究



① 画像 → 画像特徴の抽象化

認識精度の向上

- ② 観測したデータ(画像+音声+圧力センサー+...)
→ マルチモーダルな抽象化

環境認識、行動予測

- ③ 自分の行動に関するデータ + 観測したデータ
→ 行為と帰結の抽象化

プランニング、フレーム問題の解決

- ④ 行為を介しての抽象化 → 名詞だけでなく動詞(その様態としての形容詞や副詞)

推論・オントロジー、高度な状況の認識

- ⑤ 高次特徴の言語によるバインディング → 言語理解、自動翻訳

シンボルグラウンディング、言語理解

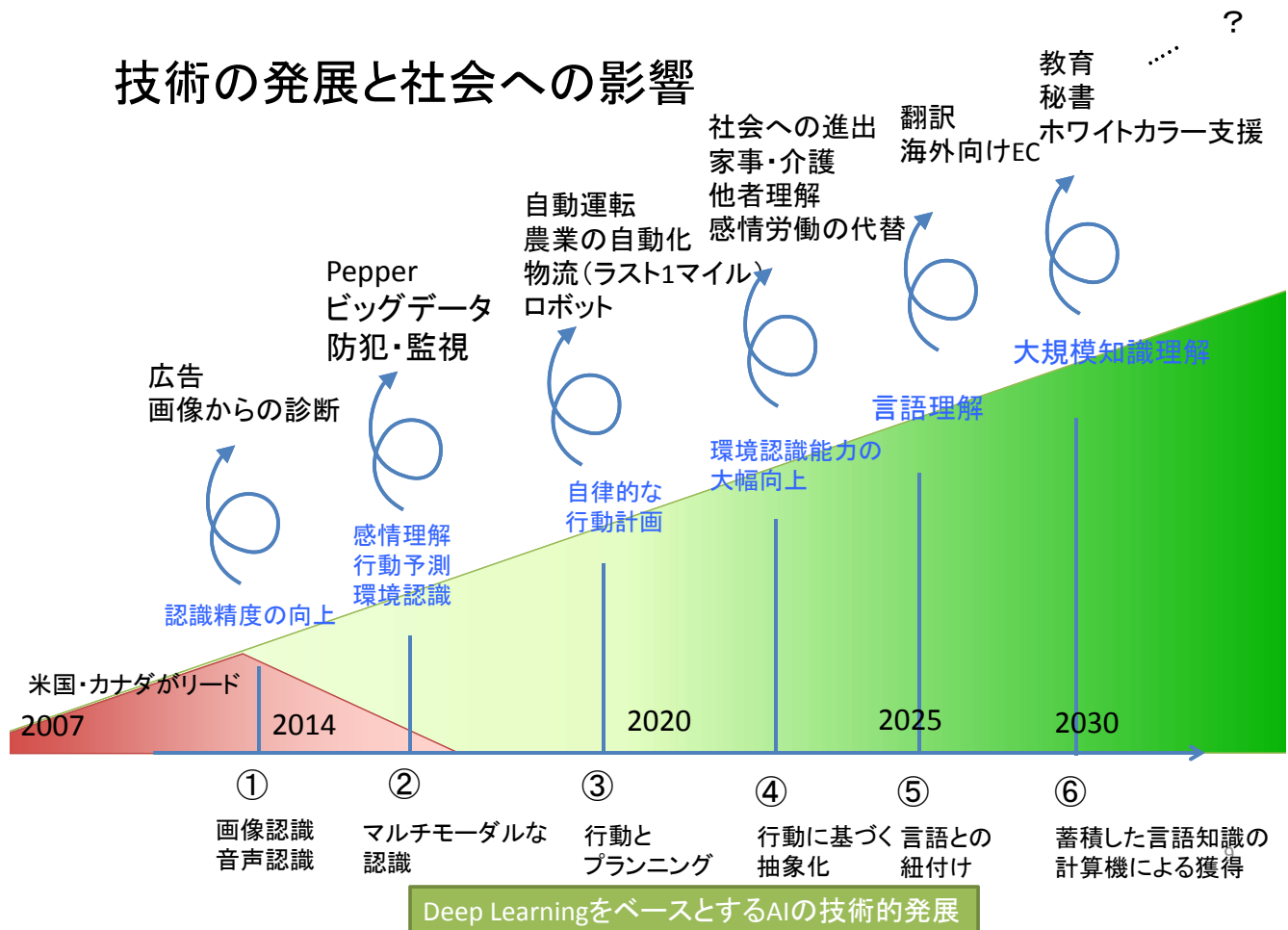
- ⑥ バインディングされた言語データの大量の入力 → さらに抽象化、知識獲得、高次社会予測

知識獲得のボトルネックの解決

Deep Learningがすごいというよりは、
Deep Learningの先に広がる世界がすごい

8

技術の発展と社会への影響



なくなる職業(10年)

- Oxfordの研究(2013)
- 10年で消えそうなもの
- 702業種
- 職業を性質に分解
- 9つの特性から
 - 手先の器用さ、芸術的な能力、交渉力、説得力など
- 機械学習で判定

主な「消える職業」「なくなる仕事」

銀行の融資担当者
スポーツの審判
不動産ブローカー
レストランの案内係
保険の審査担当者
動物のブリーダー
電話オペレーター
給与・福利厚生担当者
レジ係
娯楽施設の案内係、チケットもぎり係
カジノのディーラー
ネイリスト
クレジットカード申込者の承認・調査を行う作業員
集金人
バラリーガル、弁護士助手
ホテルの受付係
電話販売員
仕立屋(手縫い)
時計修理工
税務申告書代行者
図書館員の補助員
データ入力作業員

彫刻師

苦情の処理・調査担当者
簿記、会計、監査の事務員
検査、分類、見本採取、測定を行う作業員

映写技師

カメラ、撮影機器の修理工
金融機関のクレジットアナリスト
メガネ、コンタクトレンズの技術者
殺虫剤の混合、散布の技術者
義歯制作技術者
測量技術者、地図作製技術者
造園・用地管理の作業員
建設機器のオペレーター
訪問販売員、路上新聞売り、露店商人
塗装工、壁紙張り職人

(注)オズボーン氏の論文『雇用の未来』の中で、コンピューターに代わられる確率の高い仕事として挙げられたものを記載

仕事の変化の予想

- 短期(5年以内)
 - 各分野でのビッグデータ、AI化が少しずつ進む
 - 特定の分野(法律、医療、会計・税務)で比較的急に進む
- 中期(5年～15年)
 - 「監視系業務」はほとんどいなくなる。監視員、警備員。
 - 店舗の店員や飲食店の従業員、工場の作業員でも「監視系業務」はいなくなる。
 - 「なにかおかしいことに気づく」のは、表現学習を備えたAIのお得意なところ
 - 商品の数を数える、売上をまとめてエクセルを作るなどのルーティーンも人工知能に。
 - 顧客の例外対応や、クリエイティブな分野、あるいはデータ分析・予測に基づく判断は人間の仕事
- 長期(15年以上)
 - 2極化する。ますますAIのできる分野が広がる。
 - 経営や一部の「大域的判断を必要とする仕事」は人間
 - 営業、店員、マッサージ師などの、「対人間」の高級なインタフェースは人間に。

11

社会へのインパクトが大きいため、準備は必須

- 一方の極端な見方としては、膨大な富を産むと同時に「今世紀最大のリスク」とも
- シングularity: 技術的特異点
 - AIが自らを少しでも越えるAIを産み出せるようになったとき、一気に発散する。
 - $0.9^{1000}=0$ だが $1.1^{1000}=\text{無限大}$
 - 社会・倫理・価値観など広範な範囲にインパクトを与える
 - 永遠の命、人間の価値の見直し(職業の喪失)など
- 人間の仕事はどう変わるか
 - 当面は、総合的な判断力や、適切な分析・予測に基づく意思決定、創造性で、コンピュータが人間に勝つことはない。
 - しかし、その先は？特に大規模知識理解の先は？
- 独占に対する警戒とその対応
 - 特定の私的組織(米国IT企業など)がこの技術を独占する危険性があるか
 - 特定の国がプロジェクトを進めた時の影響はあるか
 - 平和国家日本として、オープンな議論と技術提供をしながら、世界と共に歩んでいくようなアピールが必要では。(→世界で最初にSingularityを超えた国を目指す)
 - 人工知能学会では、倫理委員会を立ち上げ。(松尾が委員長)

概要 [編集]

技術的特異点は、「強い人工知能」や人間の知能増幅が可能となったとき出現する。フューチャリストらによれば、特異点の後では科学技術の進歩を支配するのは人類ではなく強い人工知能やポストヒューマンであり、従ってこれまでの人類の傾向に基づいた人類技術の進歩予測は通用しなくなると考えられている。

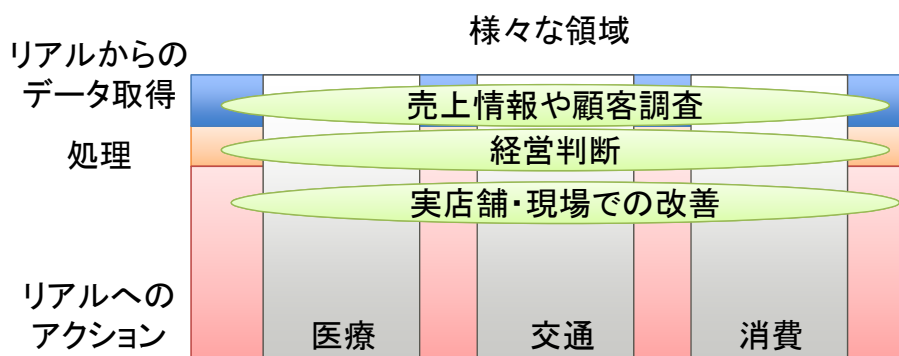
Wikipedia「技術的特異点」より

人レベルAIの競争上の重要性: 知能のOSである

- 汎用的な表現獲得技術
 - 汎用性が鍵
- ブラックボックス化される
 - CPU部分: 学習アルゴリズム。学習がブラックボックス化され、リバースエンジニアリングが不可能
 - 「学習済み」の製品が製造・販売される。
 - ロボットのハードウェアは汎用化しても、学習アルゴリズムの部分が隠されるとどうしようもない。
- 少数のプレイヤーが市場を席卷する
 - 個別の応用のための「知能」部分の製造コストが劇的に下がる。
 - ワープロとパソコン
 - 現にマイクロソフトに取られた

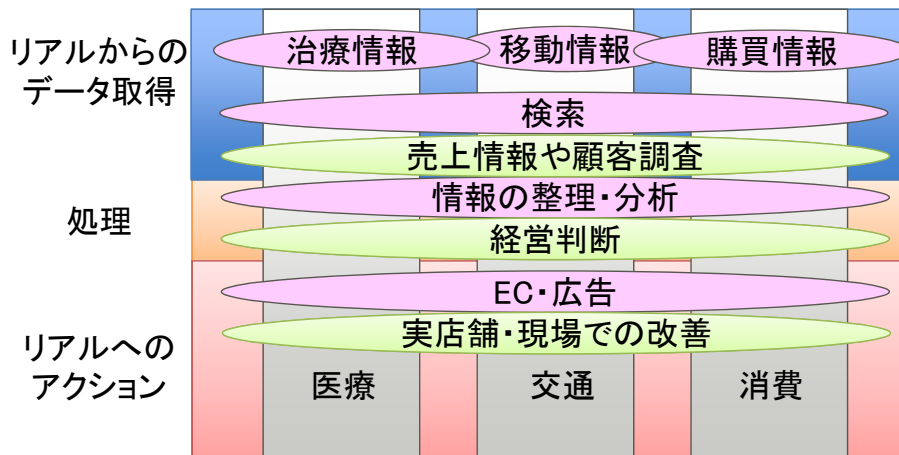
13

昔: 前ビッグデータ時代



いま:ビッグデータの時代

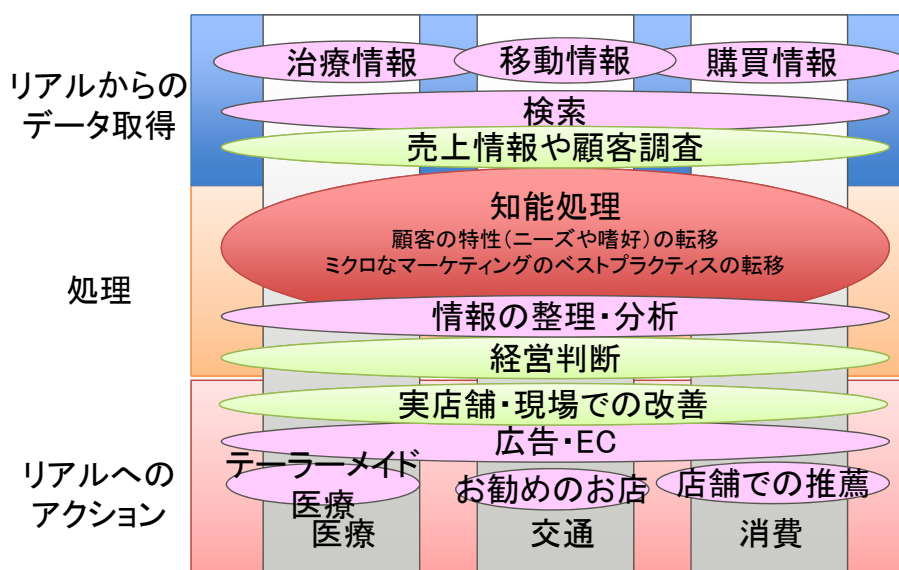
様々な領域



15

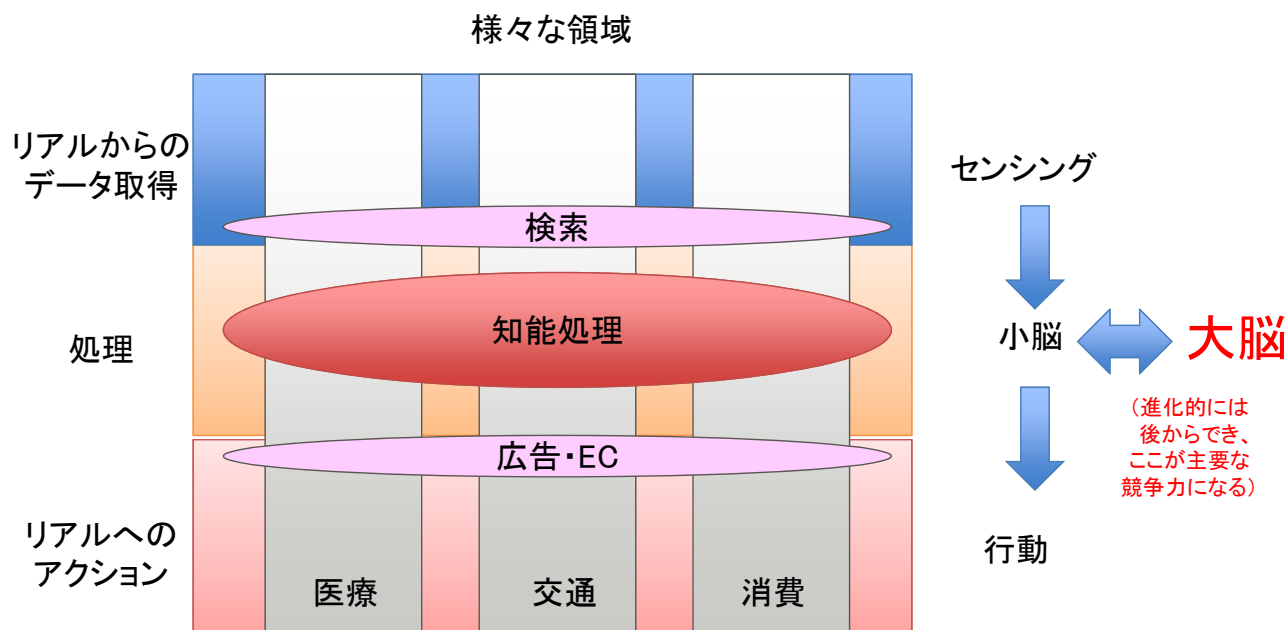
これから:知能の時代

様々な領域



16

生物進化との対比による理解



1. センシング能力が向上（眼の誕生）

2. 処理能力・行動能力の向上

3. 知能化

知能化のポイントは、抽象化。

すなわち、経験を他で活かす（＝知識の転移）ことで、競争力を上げる。

17

ミクロの知識転移による競争力

知識の転移: ある場所で学んだ知識を別のところでも使うことができること
認知科学における概念であるが、情報科学でも用いられる。

- 「（同種企業の統合は）規模の経済性よりも、ベストプラクティスの共有による効果のほうがずっと大きい」 by IGPI 富山和彦
- ビッグデータにより、ある領域で得た「生活者」のニーズや嗜好、ベストプラクティスを、他の領域に活かすことができる。
 - 同種企業であれば簡単。異種企業になればなるほど難しいが、はじめて検索やECが横断的に実現した。
- 経営者やコンサルタントによるマクロな「マーケットの理解」が転移するのではなく（従来型）、何万人、何億人に対してそれぞれの理解が転移する
 - これはもはや、「賢い少数の人間」にできる領域ではない。大量情報を扱う、ソフトウェアの世界
- すなわち、マクロの知識転移ではなく、ミクロの知識転移

人工知能とネットワーク

- インターネット: 情報の流れが既存の社会システムと分離し、新たな情報の流れができることで、付加価値を生み出した。
- 人工知能: 「知能」が人間から切り離され、分散することが可能であるということ。
- IoT w/ Intelligence
 - センサ、アクチュエータだけでなく、知能も分散して設置される。
 - ex) 怪しい人がいればズームする、情報を覚えておく。

19

人工知能のネットワークを介した連携

- DLのオートエンコーダ: encoder, decoder
 - 復元エラーを最小化するコンパクトな特徴表現を求める
- 抽象化と通信はほぼ同じ。
 - 脳の中の通信か、社会を通じた通信か。
- これに、IoT、分散されたインテリジェンスが加わる
 - センサー、アクチュエータ、記憶、思考、判断、...
- 個体の知能を超えて、ネットワークを介した社会全体の知能化

20

2015 年 2 月 6 日

【総務省主催： 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】
グリー株式会社 取締役 執行役員 荒木 英士 発表資料

ICT インテリジェント化により実現する世界のイメージ

❖ グリー株式会社

❖ 自己紹介

➤ 取締役 執行役員 荒木 英士

- 2005 年、慶應義塾大学環境情報学部を卒業後、複数のスタートアップを経て 4 人目の正社員としてグリー株式会社に入社
- 事業責任者兼エンジニアとして、PC 向け GREE、モバイル事業、ソーシャルゲーム事業（「踊り子クリノッペ」等）、スマートフォン向け GREE 等の新規事業の立ち上げを主導
- 2011 年、米国子会社 GREE International, Inc.の設立に参画。組織づくりやプロダクト開発、M&A 等の幅広い業務を担当し、SVP, Social Games としてグローバル市場向けモバイルゲーム事業の責任者を務める
- 2013 年 9 月、グリー株式会社 取締役に就任
- 2014 年 9 月、Japan Game 事業本部長に就任

❖ 技術進化のスピード

- 生物とテクノロジーの進化のスピードが継続的に加速している
（「シンギュラリティは近いー人類が生命を超越するとき」レイ・カーツワイル（著）より、「特異点へのカウントダウン」のグラフを抜粋）
- 具体的には、コンピューター性能が指数関数的に向上している
（“Ray Kurzweil’s Mind-Boggling Predictions for the Next 25 Years”より、「Exponential Growth of Computing」のグラフを抜粋）

❖ 過去の未来予測

- 一例として、46 年前に描かれた未来予測に描かれたコンピューターライフは、現在ほぼ実現されている
（1969 年の少年サンデーで特集された 20 年後のコンピューターライフ未来予想図「コンピュートピア」より）

❖ 現実化した未来

- さらに、多くの現実化した未来がある
- 自動運転カーの開発が進んでいる
（Google self-driving car に言及）
- 世界の大学の優良な授業のオンライン化が進んでいる
（Coursera に言及）

- ゲームでは、「完全没入型のゲーム」が開発されている
(BANDAI NAMCO の「戦場の絆」に言及)
- 体を使って遊ぶバーチャルスポーツゲームも開発されている
(Kinect に言及)
- VR (バーチャルリアルティ) ゲームを実現するコンシューマ製品も開発されている
(Oculus rift に言及)
- ゲームの中を歩くコントローラーも開発されている
(Omni に言及)
- ウェアラブルデバイスと拡張現実 (AR) で実現するテクノスポーツも開発されている
(meleap inc. の「HADO」に言及)
- 現実空間への写像
(Magic Leap に言及)
- 医療分野においては、遠隔操作による手術が実現されている
(米国の Intuitive Surgical 社が製造する手術支援ロボット「da Vinci S」に言及)
- 自動翻訳機能も実現されている
(Google Translate に言及)
- 人間を負かす人工知能が誕生している
(IBM の Watoson について言及)
- Virtual Reality のブロードキャストが実施されている
(Next VR に言及)
- 無人ドローンの軍事的活用も実施されている
(RQ-1 プレデターに言及)

❖ これからの近未来予測

- さらに次の近未来に向けても様々な取り組みが始まっている
- 自動運転カーによる無人タクシーの誕生の可能性がある
(Uber が自動運転カーの開発を発表したことに言及)
- 人工知能との恋愛も生じる可能性がある
(人工知能との恋愛を描いた映画「her」に言及)
- 実際に、ネット恋愛が増加しており、人工知能が高度化することで人間との恋愛に発展する可能性がある
- 完全没入型 Virtual Reality が実現する可能性がある
(「火の鳥未来編」に言及)
- ゲームの世界では、リアルな仮想現実を実現しつつあり、完全没入型 VR に発展する可能性は高い
(Grand Theft Auto に言及)

- 仮想現実の再現度が限りなく現実に近い時、それはもはやゲームなのか？
- 労働環境は無人数が進んでいく
 - (Amazon の Warehouse の自動化について言及)
- 様々な分野で、ロボットの導入が進んでいく
 - (シリコンバレーで警備用ロボットの導入テスト開始されていることに言及)
- 人工知能の活用がさらに進んでいく
 - (日本のメガバンクのコールセンターが Watson の導入を始めていることに言及)
- 人工知能・ロボットに置き換えられない仕事とは？
- 人間の付加価値とは？
- 倫理的な判断を人工知能に委ねて良いのか？
 - (例)
 - 事故発生が不可避な状況に直面した自動運転 AI は、誰を犠牲にするのか？路上の子供か？搭乗者か？
 - 被害の責任は誰にあるのか？
 - 搭乗者か、車メーカーか、アルゴリズムの開発者か？
- 人体と一体化した電子デバイスの導入がさらに進む可能性がある
 - (イリノイ大学の教授が公表した肌に張り付ける無線ヘルスマonitoring用の電子パッチに言及)
- 脳と直結した電子デバイスの導入もさらに進んでいく
 - (脳と直結した 2 つの義手を最初に導入した Les Baugh さんに言及)
- 人工眼移植による視覚の回復・強化もさらに進んでいく
 - (2014 年に米国で実施した最初の人工眼移植について言及)
- 体をどこまで人工物で置き換えたらそれは人間ではなくなるのか？
- ナノボットを使った体内からの疾病治療、あるいは遺伝子の組み換えもさらに進んでいく (2015 年にナノボットを使ったがん治療の人間の臨床実験が始まる予定について言及)
- 脳をアップロードすることも可能になっていく
 - (映画「トランセンデンス」について言及)
- 生死とは？
- そもそも何を人間とみなすのか？
- ❖ 楽観的シンギュラリティシナリオ
 - 人類は自らを上回る人工知能を生み出し、それと統合することによって生物学的な限界を超越する
 - 人間 vs 機械の対立ではなく、共生ですらなく、統合することによって文明を進歩させていく
- ❖ 来るべき未来に向けて
 - 人工知能、ロボット、ナノテクノロジー、ゲノムなどでの重点分野の選定、投資

- 新技術を拒絶するのではなくいち早く受け入れる事によって官民学の競争力を高める
- 変革によって生じる副作用への対策の議論とガイドライン整備の開始

「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」

第1回研究会

参考資料集

平成27年2月6日
総務省 情報通信政策研究所

目次

1

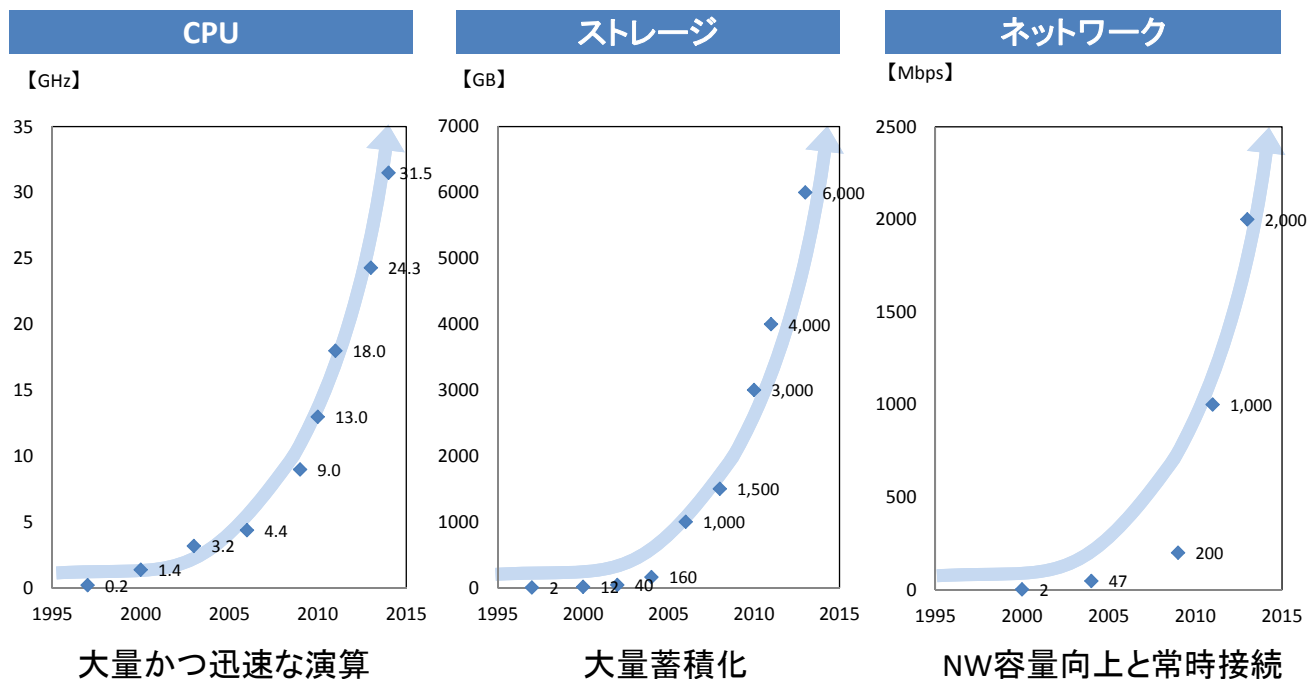
1. コンピュータ能力の加速度的進展 ～演算・蓄積・伝送	P. 2
2. ネットワーク能力の加速度的向上 ～データ伝送速度が指数関数的に向上	P. 3
3. IoT時代の到来 ～インターネットへの接続端末数とセンサーの出荷数の予測	P. 4
4. ビッグデータ化の加速 ～デジタルデータの爆発的増加	P. 5
5. シンギュラリティ(特異点)について	P. 6
6. ICTのインテリジェント化により将来の雇用はどうか～英オックスフォード大の予測	P. 7
7. ICTのインテリジェント化による知識労働の自動化	P. 8
8. 諸外国主要企業のICTのインテリジェント化の取り組み例	P. 9
9. グローバル企業におけるICTのインテリジェント化に関わる連携状況(IoT関連)	P.10
10. 諸外国のICTのインテリジェント化関連ビッグプロジェクト	P.11
11. 諸外国におけるその他ICTのインテリジェント化への取り組み	P.12
12. 人工知能と人間の関係を描いた映画の例	P.13

1. コンピュータ能力の加速度的進展 ～演算・蓄積・伝送

2

コンピュータ能力の指数関数的進化により、膨大なデータの演算・蓄積・伝送が可能に

【CPU、ストレージ、ネットワークの能力の推移】



出典: Intel、日立GST、NTT東日本

2. ネットワーク能力の加速度的向上 ～データ伝送速度が指数関数的に向上

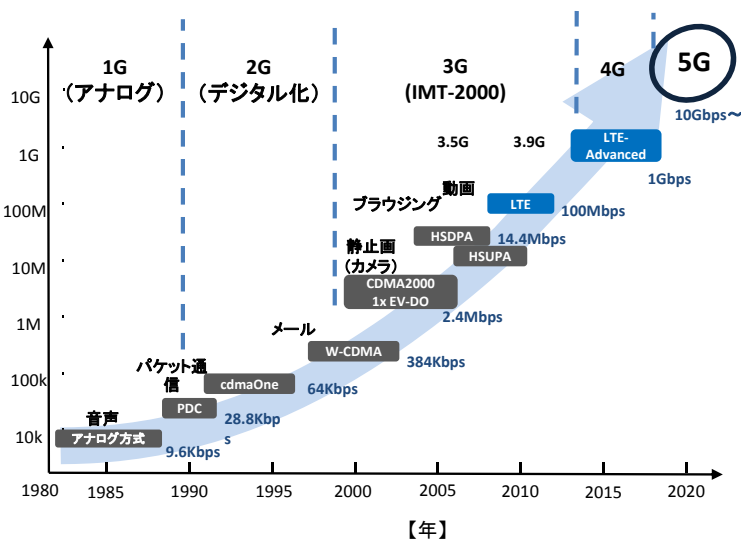
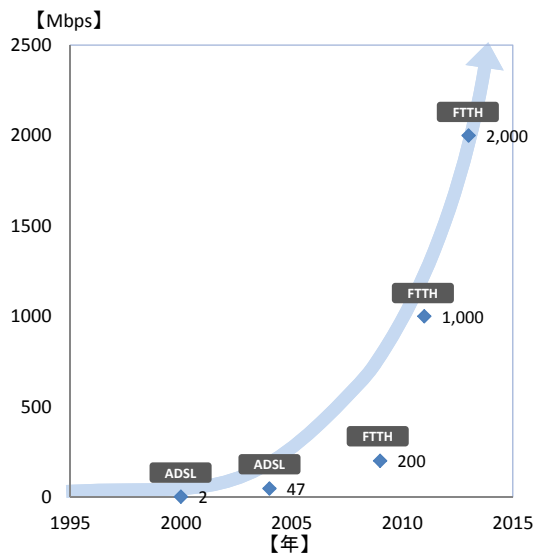
3

通信速度が指数関数的に向上し、あらゆるデータが瞬時に共有可能に

【固定通信と無線通信の速度】

家庭向け固定通信の通信速度

携帯電話の通信速度

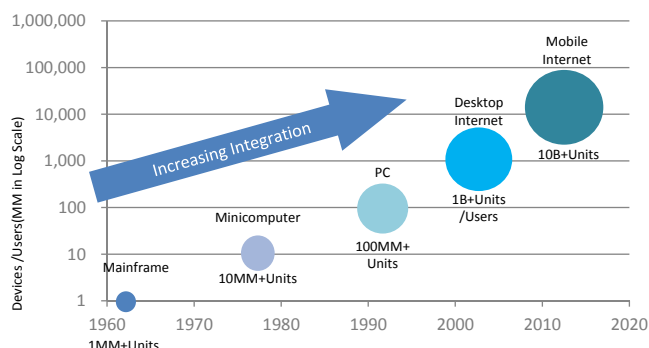


出典: NTT東日本報道発表、電波政策ビジョン懇談会最終報告書(平成26年12月公表)等

インターネットへの接続端末数は指数関数的に増加

インターネット接続端末数の推移

【端末数(対数スケール)】

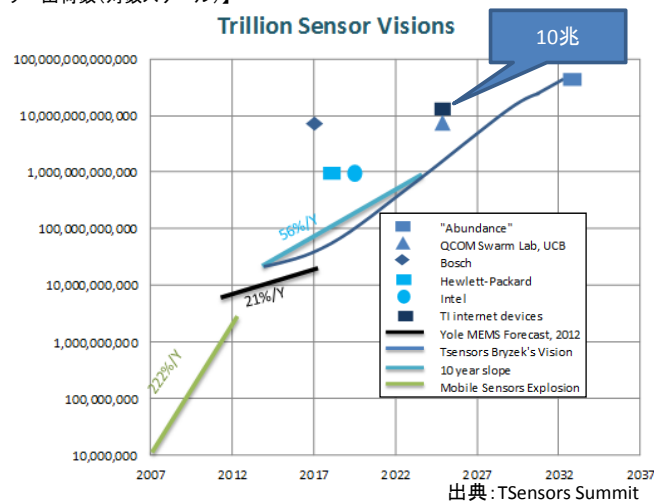


出典: Morgan Stanley Mobile Internet Report

インターネットへの接続端末数は機器のサイクルごとに10倍ずつ増加

センサーの出荷予測

【センサー出荷数(対数スケール)】



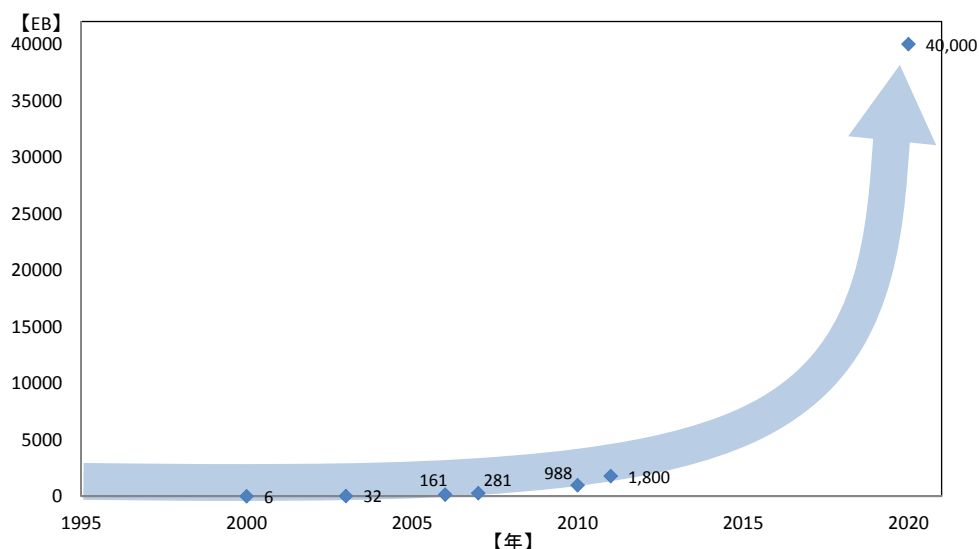
出典: TSensors Summit

2020年代にはインターネットに接続されるセンサーの出荷台数が10兆を超えると予測

4. ビッグデータ化の加速 ～デジタルデータの爆発的増加

デジタルデータのデータ量は指数関数的に増加

全世界で生成・複製されるデジタル情報量



国際的なデジタルデータの量は、2011年の1800エクサバイト*から約20倍増加し、2020年には約40ゼタバイト**へ拡大する可能性

* 1エクサバイトは 10^{18} バイト ** 1ゼタバイトは 10^{21} バイト

発明家、思想家、未来学者のレイ・カーツワイル博士の考え方

「ポスト・ヒューマン誕生 コンピュータが人類の知性を超えるととき」より

(16、85、150、151頁)

- 特異点とはなにか。テクノロジーが急速に変化し、それにより甚大な影響がもたらされ、人間の生活が後戻りできないほどに変容してしまうような、来たるべき未来のことだ。
- 2030年代の初めには、1000ドルで約 10^{17} cpsのコンピューティングが買えるだろう(略)。今日でも、年間 10^{11} ドル(1000億ドル)以上をコンピューティングに使っており、2030年には控えめに見ても 10^{12} ドル(1兆ドル)に増えるだろう。よって、2030年代の初めには、毎年、 10^{26} から 10^{29} cpsの非生物的なコンピューティングを生産していることになる。これは、おおよそ、現存している全ての人間の生物的な知能の容量として見積もった値に等しい。
(cpsは1秒あたりの計算回数)
- だが、この2030年代初めのコンピューティングの状況は、特異点ではない。まだ、われわれの知能を根底から拡大するまでには至らないからだ。しかし、2040年代の中盤には、1000ドルで買えるコンピューティングは 10^{26} cpsに到達し、一年間に創出される知能(合計で約 10^{12} ドルのコストで)は、今日の人間の全ての知能よりも約10億倍も強力になる。
- ここまでくると、確かに抜本的な変化が起こる。こうした理由から、特異点一人間の能力が根底から覆り変容するときーは、2045年に到来するとわたしは考えている。

6. ICTのインテリジェント化により将来の雇用はどうか～英オックスフォード大の予測

カール・フレイ氏(オックスフォード大)らは米国労働省のデータに基づき、702職種のコンピュータによる自動化に対する脆弱性の確率を算出した

・算出に当たっては各職種における必要な要素(特に、コンピュータによる自動化の障壁となり得る特性)を設定(右図)

・「業務管理・事務関連」や「サービス業」等47%の職種が高リスクと分析された

自動化が困難とされる要素

[知覚と操作]

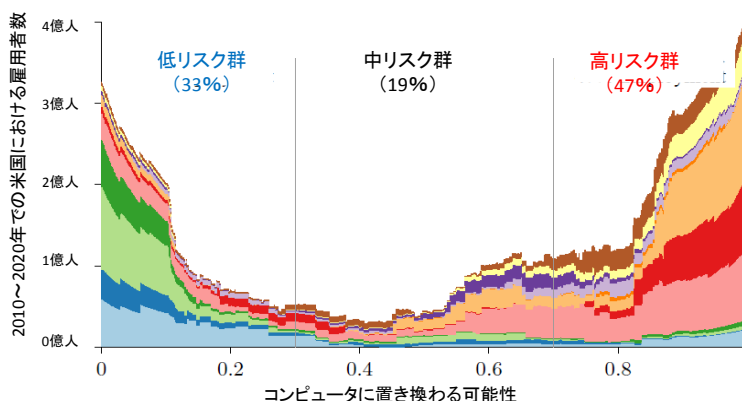
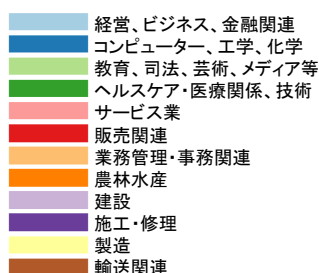
1. 指の器用さ: 手指を正確に協調運動させる能力
2. 手先の器用さ: 両手腕による運動・把握・操作・組み立て能力
3. 狭小空間・変則的な姿勢: 狭い場所での作業量、変則的な姿勢を保つ時間の多さ

[創造的知性]

4. オリジナリティ: 奇抜な発想力・創造的な問題解決能力
5. 芸術性: 音楽、ダンスなどを創造し演じるための理論的及び技術的知識

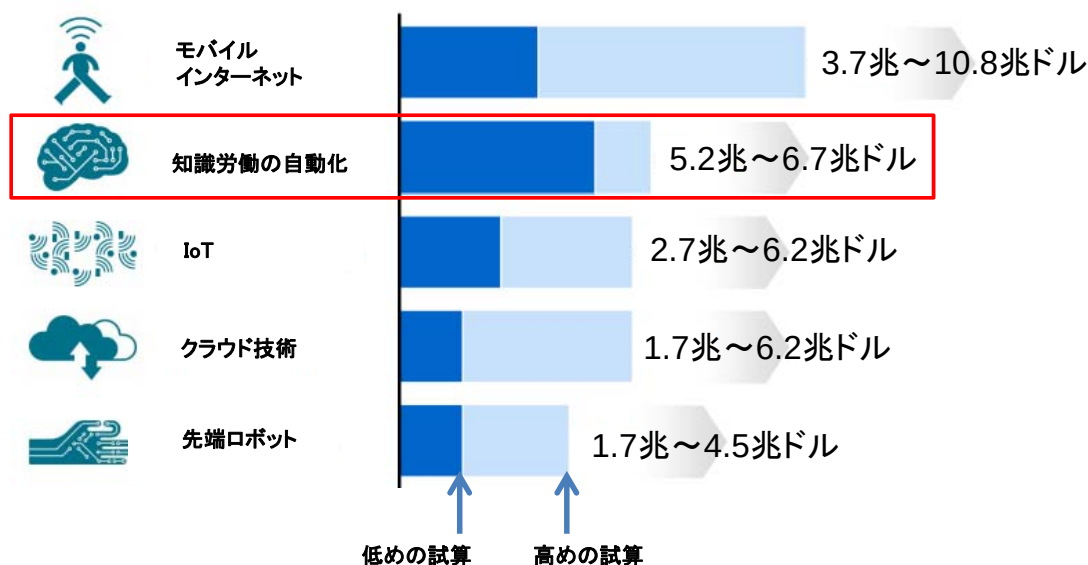
[社会的知性]

6. 社会洞察力: 他者への共感能力
7. 交渉: 他者に歩み寄り、差異を許容する能力
8. 説得: 他者の意思や行動を変えるために説得する能力
9. 他者への気遣い: 同僚、顧客等に対する情緒的な気遣い等を提供する能力



人工知能による知識労働の自動化がもたらす経済的なインパクトは2025年時点で5兆ドルを超えると試算

各種先進技術の2025年における経済的インパクトの予測



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

8. 諸外国主要企業のICTのインテリジェント化の取り組み例

グローバル大手企業は、人工知能やIoT分野への投資、研究開発を強力に推進している

Google	- ユーザーの利用パターンを学習する空調システム開発を行うNest Labsを32億ドルで買収(2014年) - 汎用学習アルゴリズムの構築を得意とするDeepMind Technologiesを4億ドルで買収(2014年) - ロボットベンチャーを7社買収(2013年) - その他自動運転車、ロボット、無人飛行等の研究を推進	QUALCOMM	- 保有するデバイス接続技術を軸にIoTを推進する業界団体「AllSeen Alliance」の設立を主導(2013年) - 次世代端末への組み込みを目指し、ニューロモーフックチップ「Zeroth」の開発推進(2013年)
IBM	- Watson Group(人工知能サービス)を立上げ、2,000人規模の事業部門を新設し10年間で100億ドルの売上目標(2014年) - スーパーコンピュータBlue Geneを用いて大脳新皮質の現象を化学反応レベルでシミュレーションするBlue Brainプロジェクトを実施(2005年) - コグニティブコンピューティングやニューロモーフックチップの開発・サービス化も加速	Intel	- 超小型コンピュータ「Curie(キュリー)」を発表、ウェアラブルデバイス等への搭載を目指す(2015年) - 機械学習・ビッグデータ処理など大規模データ処理に有効なFPGAをCPU「Xeon」に搭載する計画(2015年) - ウェアラブル機器のクラウド関連サービスA-Wearを発表(2014年)
Facebook	- 人工知能プロジェクト「Torch」のDeep Learningモジュールをオープンソース化(2015年) - Virtual Realityに特化したヘッドマウントディスプレイを手掛けるOculus VRを買収(2014年) - 人工知能ラボを設立(2013年)	Cisco	- 今後10年間で、IoTが世界で約19兆ドルの経済価値を創出すると予測(2014年) - サーバーやネットワーク機器、末端のセンサーなどに近い場所でインテリジェントな処理を実行する「フォグコンピューティング」装置などを組み合わせたIoTソリューションの提供に注力
Baidu	- Deep Learning等を研究する「シリコンバレーAIラボ」をカリフォルニア州に開設(2014年) - 人工知能分野の権威であるStanford大のAndrew Ng教授を所長に迎える(2014年)	GE	- PaaSソフトなどを開発するPivotalと共同で「産業用データレイク」を展開するなど産業分野のビッグデータ分析の基盤を提供(2014年) - Industrial Internetを第3の波(IT革命の次)と位置づけ、世界経済の約半分に影響すると予測(2012年)
		Amazon	物流センターや倉庫で稼働する作業ロボットのメーカーKiva Systemsを買収。物流センターへのロボットの導入を進める(2012年)

欧米のグローバル企業主導で、複数の組織が設立されてきている。

名称	AllSeen Alliance	Open Interconnect Consortium	Thread	Industrial Internet Consortium
目的	IoTにおけるシームレスな情報共有と協調的かつインテリジェントな運用を実現するために、業界横断的な共同施策を推進	様々な産業分野において幅広い応用が可能な標準通信フレームワークを定義し、250億個の次世代スマートデバイスの接続を促進	家庭の周辺機器のセキュリティと相互運用の為にホームオートメーション向けネットワークプロトコルを設計・開発	インダストリアル・インターネットとIoTの普及を推進
概要	AllJoyn™オープンソースプロジェクトをきっかけに組織化	IoT機器の相互運用性の促進のため、標準規格（接続フレームワークの仕様、認証、ブランディング）を定義し、規格のオープンソース実装を提供	- 対応製品の開発のためのソフトウェアキットを提供 - 無線規格802.15.4を基礎としたメッシュネットワークを構築可能	- 米ゼネラル・エレクトリック（GE）や米シスコシステムズなど米大手5社主導で立ち上げ - 実社会での実装を通し、イノベーションを加速すると共に、情報交換を行うオープンフォーラムも促進
設立年	2013年	2014年	2014年	2014年
参加企業総数	104社	49社	42社	129社
参加企業（グローバル企業）	Microsoft, Qualcomm, Silicon Image, Haier Group, TP-LINK, Electrolux, Technicolor, LG Electronics	Cisco Systems, GE, Intel, MediaTek, SAMSUNG	Delta T, Nest Labs (Google), Freescale, Semiconductor, Silicon Laboratories, Yale Security, ARM, SAMSUNG	GE, AT&T, Cisco Systems, Intel, IBM
参加している日本企業	パナソニック、シャープ、ソニー、Kii	IIoT	スカイリー・ネットワークス	富士電機、富士フィルム、富士通、日立、三菱電機、NEC、トヨタ、東芝

10. 諸外国のICTのインテリジェント化関連ビッグプロジェクト

近年、産官学が一体となって推進する長期の大規模プロジェクトが発足している

プロジェクト名	BRAIN Initiative	SyNAPSE	Human Brain Project	Industry4.0
実施国	米国	EU（欧州連合）	EU（欧州連合）	ドイツ
内容	- オバマ政権の一連の「グランドチャレンジ」のひとつとして、産官学一体となったプロジェクト - 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し、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	- DARPA（米国国防高等研究所）が主導し、主にIBMに投資 - IBMは長期的なゴールとして、消費電力1kW、体積は2リットル以下で100億ニューロン、100兆シナプスのチップの開発を目指し、公衆安全や自動運転などに応用することを志向	- ICTと脳科学をキーワードに、次世代脳型コンピュータやロボティクス技術の開発に10年間投資を実施 - 主要なプロジェクト ①戦略的な脳データの収集 ②脳の情報処理の計算論的基盤の同定 ③多様な脳科学・臨床データの統合プラットフォームの形成 ④上記の統合プラットフォームを用いた新しい脳科学・医学・技術開発研究の推進	- 従来の生産方法をICT活用によりスマート化を目指す産官学の複合プロジェクト「Industry 4.0」を「デジタル経済及び社会」の中心的将来課題として決定 - 政府の政策に盛り込まれているが、原則民間企業の主導により進められ、官学の支援を受ける - 標準化の実現を重要課題としている
発表年	2013年	2008年	2013年	2011年
期間	2014年～2025年	2008年～2016年	2013年～2022年	2012年以降に12～15年間
投資額	1億1000万ドル（2014年）	1億260万ドル（2013年）	11億ユーロ（予算総額）	2億ユーロ（2012年）

関連分野への教育や科学技術開発への投資が世界的に広がっている

プロジェクト名	シンギュラリティ大学	VERE (Virtual Embodiment and Robotic Re-Embodiment)	SINAPSE (Singapore Institute for Neurotechnology)	中長期科学技術 発展計画	IBT (Israel Brain Technologies)
実施国	米国	EU(欧州連合)	シンガポール	中国	イスラエル
方向性	教育	ロボット開発 投資	脳科学教育・ 応用研究投資	情報通信・ 脳科学・ロボット 研究開発投資	NPOによる ニューロテクノロジー 投資
内容	- Ray Kurzweil氏と Peter Diamandis氏が中心となり、米国のNASAリサーチパーク内に設置した教育機関 - 未来予測・人工知能・ロボット等の教育プログラムを提供 - Google、Cisco、NOKIAといった大手ICT企業がスポンサーに連なる 1コースの参加費は2万5000ドル	BCI(ブレインコンピュータインタフェース)を利用した仮想世界での身体動作、実世界でのロボット操作技術の研究開発	- ニューロ・テクノロジー研究機関(SINAPSE)設立 - 神経科学技術の開発と臨床応用、産業応用を促進 - 異分野融合と発展を目指す	- イノベーション型国家への転換を志向 - 脳科学および認知科学分野の基礎研究を強化 - 先端技術開発(インテリジェントセンシング技術・知的サービスロボット開発・バーチャリアリティ技術を含む)にも注力	- NPO Israel Brain Technologies (IBT) 設立 - 応用脳科学研究、ニューロ・テクノロジー開発に投資
期間	2009年～	2010年～2015年	2012年～	2006～2020年	2010年～
投資額	不明	1110万ユーロ (総額)	不明	98億3654万元 (2006年) ※電気情報通信分野	100万ドル (2011年)

12. 人工知能と人間の関係を描いた映画の例

人工知能と人間の関係については、様々な映画の題材となっている

