

米国における人工知能の動向 (開発の動向と安全性・品質保証及び倫理・責任問題)

八山 幸司
JETRO/IPA New York

1 はじめに

コンピューターの発達とともに研究が重ねられてきた人工知能は、新しい人工知能の技術であるディープラーニングの登場と IT 化によって日々生み出される膨大なデータによって、新たな可能性を切り開いて大きく実用化へと進みだし、まさに本格的な「人工知能の時代」が到来したと言える。データを使って自ら学習することで知識を増やしていくディープラーニングは、広範な分野で応用可能と考えられることから研究が加速度的に進んでおり、インターネットや IoT の活用により生み出される膨大なデータが人工知能に多くの学習の機会を与えることで、想像以上の速さで実用化が進んでいる。また、自動運転車やパーソナルアシスタントなどで使われる人工知能は、人間の知性を必要とした作業を確実に習得し始めている。一方で、実際の生活やビジネスにおいて、必ず直面する社会倫理や責任問題を、人間ではない人工知能に対してどのように教え、どのように背負わせるかという問題も浮かび上がってきた。そして人と人工知能が、これからどのような関係を築いていけばよいのか、という問題もでてきている。このような、単に人工知能の技術面だけでなく、人間社会における問題と同じような議論が起こり始めたのは、人工知能が人間と同じレベルに近づいてきたからとも言えるだろう。今号では、人工知能の開発競争が加速する一方で、人工知能の安全性や品質保証そして倫理や責任問題について議論が巻き起こる米国の人工知能の取り組みについて紹介する。

最初に、人工知能の最新動向について紹介する。人工知能の市場は大きく拡大することが予想されており、特に 2020 年から 2024 年にかけて米国とアジアが最も大きな市場になると見られている。人工知能が拡大し始めた背景にはディープラーニングの登場が大きく、ディープラーニングの特徴を活かして、自然言語処理、画像認識、状況認識、自己学習ロボットなどの技術が大きく利用されている。一方で、ディープラーニングはデータの分析に大きなマシンパワーが必要であることなどが課題として浮かび上がっており、IT 企業は人工知能向けのハードウェア開発にも乗り出している。

次に、人工知能を開発する企業の取り組みについて紹介する。Google 社の取り組みで最も注目を集めているのが、2014 年に 5 億ドルという巨額の金額で買収したベンチャー企業 DeepMind 社であり、同社の囲碁用の人工知能 AlphaGo が世界のトッププレイヤーに勝利したことで大きな話題となった。また、いち早く人工知能の開発に取り組んできた IBM 社は、同社の人工知能 Watson を、医療、保険・金融、IoT、気象など、様々なビジネスへと展開させている。人々に身近な人工知能であるパーソナルアシスタントでは、ウェアラブルデバイス、車載システム、スマートホーム用デバイスなどに搭載され、近年では、人間の質問に答えるだけでなく会話形式でより深く人々をサポートするように進化している。また、人工知能を簡単に利用できる開発環境をクラウド上で提供している IT 企業もあり、中にはオープンソースとして人工知能エンジンを公開している企業も出てきている。

人工知能の利用における、安全性・品質保証と倫理・責任問題への取り組みでは、人工知能の倫理の理解に関する事例や研究、自動運転車に関する取り組みについて紹介する。Microsoft 社の人工知能 Tay は、人々との対話を通してコミュニケーションを学ぶことを目的としていたが、Tay の社会倫理の理解には限界があることを悪用した一部の人々によって、Tay が差別的な内容の発言を行うようになり、人工知能による社会倫理の学習の難しさが浮き彫りとなった。Tufts University では、倫理観を持った人工知能の研究を進めており、社会倫理に反する行動を命令された場合には命令を拒絶し、人間に改めて指示を求める人工知能を開発している。自動運転車の取り組みでは、自動運転車には高い精度が求められると同時に悪天候時

などの走行や外部からの妨害など様々な懸念事項が残されており、安全性を確認するためには事故率など統計的な証明が必要と見られている。自動運転車の責任問題では、現在の自動運転システムではドライバーによる監視が必要であるため事故の責任はドライバーにあると言えるが、完全な自律運転が可能な自動運転車までの移行時には責任の所在が不透明となるため、いくつかの自動車メーカーでは人間の監視を必要としない自動運転車の開発に重点を置いている。自動運転車の実用化に向けた法整備では、米運輸省が中心となって自動車メーカーと連携して協議していく予定で、様々な議論を必要とする姿勢を示しながらも自動運転システムをドライバーとして認める見解を出した。一方で、自動運転車に積極的な Google 社は、コンピューターの予測がつかない動きによって他の車から追突されるという経験を踏んでいるが、自然な運転を目指したことで逆に自動運転車の過失となる事故を起こしており、現代社会への自動運転車の導入の難しさを表した。

最後に、連邦政府や業界団体の取り組みを取り上げる。米連邦政府は、人工知能の活用に向けた取り組みとして有識者とのミーティングなどを重ねていくことを明らかにしており、また、連邦政府機関における人工知能の取り組みを協議するワーキンググループも立ち上げられた。自治体や公共機関における人工知能の活用では、人工知能を使った交通渋滞ソリューションを提供する Rhythm Engineering 社の InSync や、数千台の監視カメラを人工知能で監視するニューヨーク市警察の地域警戒システムなどがある。業界団体の取り組みでは IT 企業のトップによる活動が注目を集めており、人工知能の正しい行動を技術的な観点から考える Machine Intelligence Research Institute、人工知能に潜む脅威の提唱や人工知能の正しい進化の研究を支援する Future of Life Institute、人工知能を大きく普及させることで企業や政府による人工知能の独占を防ぐ Open AI などがある。

20 世紀の数学者アラン・チューリング (Alan Turing) 博士は、1950 年に発表した論文 *Computing Machinery and Intelligence* (コンピューターと知性) の中で、「機械は考えることができるのか？」という問いについて考察し、有名なチューリングテストについて記している¹。同氏の半生を描いた映画 *The Imitation Game* においては、「人間はなぜ好みが違うのか？それは、それぞれの脳が違うふうに通じて、違う考え方をするからだ。人間がそうなら、ワイヤーや鋼でできた脳にも同じことが言えるはずだ」と語るシーンがあり²、コンピューターの歴史が人工知能の追求とともに進んできたとも言える。実用化を目指して古くから開発競争が続けられた人工知能は、ディープラーニングによってその可能性が大きく開けてきたことから、IT 企業はさらに研究を進めるとともに社会にとって利益のある人工知能の開発を求められている。コンピューターが道具から人々の知性をサポートする人工知能へと変わりつつあることから、改めて人工知能の倫理や責任問題に焦点が当てられ本格的な議論へと向かう、米国における人工知能の取り組みについて紹介する。

¹ <http://loebner.net/Prizet/TuringArticle.html>

² http://www.gizmodo.jp/2015/03/n_3.html

2 人工知能の最新動向

(1) 拡大する人工知能の市場

米調査会社 Tractica 社によると、ディープラーニングの登場によって、アナリティクス、画像解析、自動翻訳、自動運転など人工知能の様々な応用が可能となったことから、多くの産業で人工知能の導入が進むと見られ、人工知能の世界市場は 2015 年の 2 億 250 万ドルから 2024 年には 111 億ドルにまで拡大すると見られている。また、市場を牽引するのが人工知能の導入に関連する投資であり、特に、専門エンジニアのサービスや、ハードウェア(処理装置、グラフィック処理装置(GPU)、ネットワーク機器、ストレージ、クラウドコンピュータ)などが大きな割合を占める。また、世界市場の中でもアジアが最も大きな割合を占め、続いて米国が大きな市場になると見られている³。

図表 1 は、人工知能の世界市場を示したグラフとなっている。



(2) ディープラーニングの拡大

人工知能は研究レベルから実用化へと大きく進み出しており、特に、ディープラーニングの拡大が大きな役割を果たしている。ディープラーニングは、人工知能研究における機械学習⁵の中の研究分野の 1 つであり、ディープラーニングによって従来では難しかった様々なデータの取り扱いが可能となったことから、機械学習の実用化を大きく前進させたことで注目を集めている。ディープラーニングの特徴は、人間の脳機能のモデルを階層化させたディープニューラルネットワークと呼ばれる手法であり⁶、データの特徴を複数の階層に分

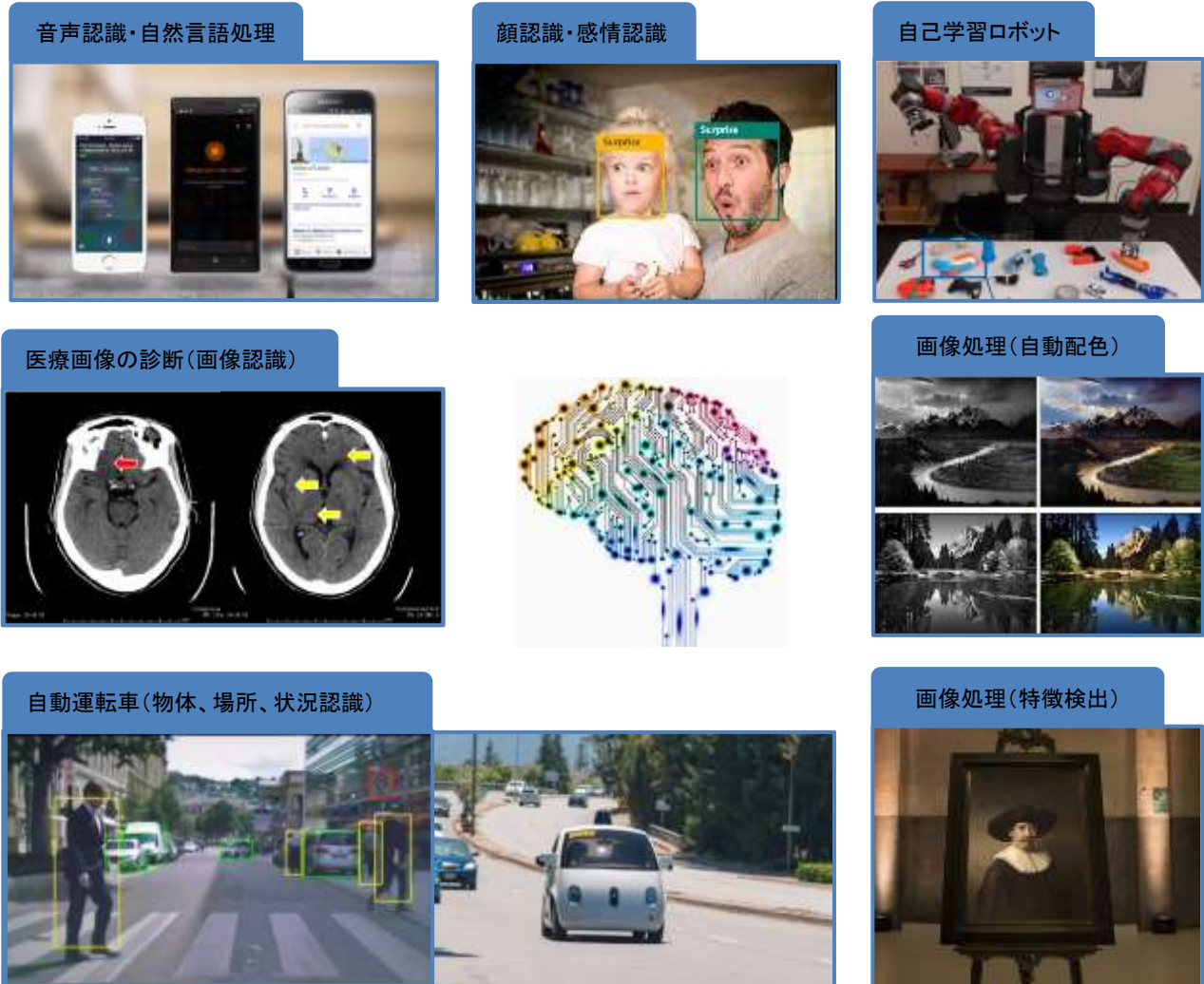
³ <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-for-enterprise-applications-to-reach-11-1-billion-in-market-value-by-2024/>

⁴ <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/artificial-intelligence-for-enterprise-applications-to-reach-11-1-billion-in-market-value-by-2024/>

⁵ 人工知能の研究分野の 1 つで、データの特徴からアルゴリズムを作り出す手法。

⁶ 具体的には、人間の脳機能をモデル化したニューラルネットワークを、さらに階層構造にしたものをディープニューラルネットワークと呼ぶ

けて学習することで、①小さな特徴点から学習していくことができる、②膨大な種類のデータを扱うことができる、③データ間の複雑な相互関係を検出できる、④画像、音声、ニュース記事といった従来は比較が難しいデータ⁷を扱うことができるといった利点⁸が生まれる⁹。ディープラーニングは、特に、画像認識や音声認識で高い成果を上げており、ディープラーニングの特徴を活かして以下のような研究が進められている。



出典:各種資料を基に作成⁹

一方で、ディープラーニングにも様々な課題が浮かび上がっている。ディープラーニングは膨大なデータを必要とする一方で学習の速度が遅く、非常に多くの種類のデータが複雑に絡み合っているため出力される

⁷ ラベルなしデータと呼ばれ、写真に写っている内容などデータそのものだけでは比較が難しいものを指す。

⁸ <http://www.infoworld.com/article/3003315/big-data/deep-learning-a-brief-guide-for-practical-problem-solvers.html>

⁹ <http://gizmodo.com/this-software-creates-vivid-color-pictures-from-black-a-1768422767>

<https://www.technologyreview.com/s/542076/deep-learning-robot-takes-10-days-to-teach-itself-to-grasp/>

<http://blogs.microsoft.com/next/2015/11/11/happy-sad-angry-this-microsoft-tool-recognizes-emotions-in-pictures/>

<http://www.vrad.com/radiology-case/some-radiology-case/>

<http://www.nytimes.com/2015/11/14/business/google-driverless-car-is-stopped-by-california-police-for-going-too-slowly.html>

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2016-04/07/new-rembrandt-painting-computer-3d-printed>

<http://data-informed.com/to-start-artificial-intelligence-strategy-follow-data/>

学習モデルを解読することが難しく、学習プロセスがブラックボックス化してしまう。また、ディープラーニングは様々なデータを取り込むため、学習内容の偏りの修正が常に必要であり、他のプログラムが生成した学習内容を取り込むことで異なる環境下でのアルゴリズムを取り入れてしまうといった問題がある。この他、ディープラーニングは複雑な構造をしている上に膨大なデータを必要とするため、大きな処理能力を持つコンピューターが必要であり、2011 年に 1000 万枚の画像を解析して猫の画像を出力したスタンフォード大学の研究では、スーパーコンピューターを使って 3 日間費やしている¹⁰。

このため、より多くの処理能力を持つコンピューターとして GPU(Graphics Processing Unit)¹¹の発達が人工知能の活用を後押ししており、米チップメーカーNvidia 社は、2016 年 1 月にディープラーニングを使った人工知能搭載の車載コンピューターDrive PX 2 を発表し、同年 4 月には GPU を搭載したディープラーニング向けの高性能コンピューターDGX-1 を発表した。また、IBM 社が所有する人工知能 Watson に Nvidia 社の GPU Tesla K80 が採用されるなど、人工知能の実用化に向けた取り組みが加速している¹²。さらに Google 社では、2016 年 5 月に機械学習専用の処理装置 Tensor Processing Units(TPU)を発表しており、従来の処理装置よりも高い学習効率を実現している。同社が提供する機械学習のクラウドサービス Cloud Machine Learning や、プロの囲碁棋士に勝利した人工知能 AlphaGo(後述)もこの処理装置を使用している¹³。

3 企業の動向

(1) Google

a. 人工知能の汎用化を目指す DeepMind

最先端の人工知能研究を進める Google 社は、自社の様々なサービスに人工知能を取り入れ、人工知能を中心としたビジネス戦略へとシフトしている。Google 社は、自動運転車や Android のパーソナルアシスタント Google Now など様々な面で研究と実用化を進めてきたが、近年、特に注目を集めているのが 2014 年 1 月に 5 億ドルで買収した DeepMind 社の研究である。DeepMind 社は、ディープラーニングを用いたゲームの操作や戦略を学習する人工知能の研究を進めており、2015 年 2 月にはテレビゲームをルールから戦略までを自分で学習する人工知能 Deep Q-Network(DQN)を発表した。DQN は、スペースインベーダーやブロック崩しといった比較的シンプルなゲームのプレイを学習する人工知能で、画面のピクセル(画素)、使用できるコントローラーの操作、得点の情報のみが与えられているがゲームのルールや得点の取り方などの情報は与えられていない状態で、高得点を目指すことだけを指示され、その目標に向けて、そのゲームのプレイや内容を自ら学んで習得しながら高得点を目指すというものである¹⁴。

例えばブロック崩しの場合、最初はボールを打ち返して得点を取るというルールすらわからないため落ちてくるボールにすら反応しないものの、たまたま打ち返して得点が入ったという状況から、ボールを打ち返してブロックを崩すと得点が入るというルールを理解すると、その後はボールを追いかけて打ち返すようになり、最後はブロックの一部にトンネルを空けて裏側から崩すという高度な戦略まで自ら学習している。DQN は 49 種類のゲームをプレイし、その内の 43 種類で人間の上級者と同じ水準まで学習しており、すべて画面や得点といった情報が与えられた同じ条件下でルールから戦略まで自ら学習している。この研究では画面

¹⁰ <http://www.infoworld.com/article/3003315/big-data/deep-learning-a-brief-guide-for-practical-problem-solvers.html>

¹¹ CPU のように様々な処理を行うのではなく、画像処理など特定の処理に特化した演算処理装置。

¹² <http://fortune.com/2015/11/16/ibm-nvidia-watson/>

¹³ <http://techcrunch.com/2016/05/18/google-built-its-own-chips-to-expedite-its-machine-learning-algorithms/>

¹⁴ <http://googleresearch.blogspot.jp/2015/02/from-pixels-to-actions-human-level.html>

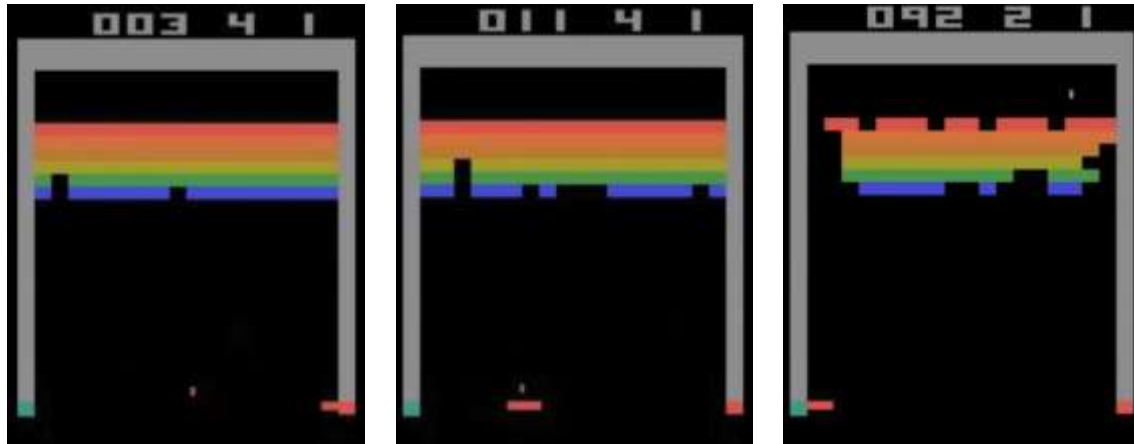
<http://www.wired.co.uk/news/archive/2015-02/25/google-deepmind-atari>

<http://japanese.engadget.com/2015/02/26/google-deepmind-dqn/>

や得点などの限られた情報がインプットとして使われているが、様々なインプットを使用することで自動運転車や機械翻訳への応用が可能になり、人工知能の汎用化につながると見られている¹⁵。

図表 2 は、DQN によるブロック崩しの学習の推移を示したもので、左が 100 回未満のプレイ、真ん中が約 400 回のプレイ、右が約 600 回のプレイをした時の様子となっている。

図表 2: DQN によるブロック崩しの学習



出典: Google Research Blog¹⁶

2016 年 3 月には、DeepMind 社が開発した人工知能 AlphaGo が世界最高レベルの囲碁棋士を破ったことが話題となった。これは韓国で行われたイ・セドル九段との 5 局勝負に AlphaGo が 4 勝 1 敗で勝利したもので、第 1 局終了後にイ・セドル九段が「負けるとは思わなかった」と発言するなど、人工知能が囲碁界のトッププレイヤーに大きく勝ち越したことが世界中でニュースとなった¹⁷。AlphaGo はディープラーニングと強化学習¹⁸を組み合わせた人工知能であり、プロ棋士の約 3,000 万の指し手のデータを使って学習し、人工知能同士で対戦することで独自の戦略を構築した¹⁹。対局データからは、AlphaGo の指し手の中に人間が 1 万回に 1 度し打たない手が出ており、DeepMind 社の CEO Demis Hassabis 氏は、人間が思いつかないまたは悪手とされてきた手筋に AlphaGo が解決法を見出したことは、他の分野においても、人間の能力では判断できない領域に人工知能が解決策を見つける可能性を秘めているのではないかと述べた²⁰。

図表 3 は、イ・セドル九段と AlphaGo の対局の様子となっている。

¹⁵ <http://googleresearch.blogspot.jp/2015/02/from-pixels-to-actions-human-level.html>

<http://www.wired.co.uk/news/archive/2015-02/25/google-deepmind-atari>

<http://japanese.engadget.com/2015/02/26/google-deepmind-dqn/>

¹⁶ <http://googleresearch.blogspot.jp/2015/02/from-pixels-to-actions-human-level.html>

¹⁷ <http://www.wsj.com/articles/googles-software-beats-human-go-champion-1457516770>

<http://www.cnet.com/news/google-alphago-artificial-intelligence-victor-in-game-of-man-vs-machine/>

¹⁸ 機械学習の 1 つで、人工知能が与えられた評価を基に学習する方法。

¹⁹ <http://www.wired.com/2016/01/in-a-huge-breakthrough-googles-ai-beats-a-top-player-at-the-game-of-go/>

²⁰ <https://googleblog.blogspot.jp/2016/03/what-we-learned-in-seoul-with-alphago.html>

図表 3: イ・セドル九段と AlphaGo の対局の様子



出典:engadget²¹

b. Google 社のサービスへの活用

人工知能への積極的な投資を行ってきた Google 社は、開発した技術を自社の検索サービスへ導入している。2016 年 4 月、Google 社が株主向けに公開する Founders' Letter(創業者からの手紙)において、将来デバイスという概念は消え去り、コンピューターは人々を支援するインテリジェント・アシスタントへと変化することから、Google 社はモバイルファーストから AI ファーストの世界へと移行すると述べた²²。同社の AI ファーストへの取り組みはすでに始まっており、2015 年 10 月に同社のエンジニアが Google の検索機能にすでに人工知能を導入していることを明らかにした。Google の検索機能はシグナル(Signal)というウェブサイトの順位付けに必要なパラメータを分析する機能を使用しているが、今回明らかにされた人工知能 RankBrain は数百あるシグナルのうちの 1 つとなっている。Google で検索されるキーワードのうち約 15% が過去に検索されたことがない未知のもので、RankBrain はこういったキーワードの中で曖昧なものや複雑な質問を解析する役割を担っている。例えば、「食物連鎖で最上位に来る動物の総称は？」という検索に対し、RankBrain の人工知能が文章の意味を解析し、近い意味のキーワードを使って検索結果を表示するという。RankBrain は稼働から数か月で、Google の検索でも 3 番目に重要なシグナルとなっている²³。

(2) IBM

IT 業界でいち早く人工知能の開発に取り組んできた IBM 社は、同社を代表する人工知能 Watson の商業化に力を入れている。Watson は、機械学習、統計分析、自然言語処理などを用いて非構造化データ²⁴から推論を導き出す能力を持つ人工知能だが、人間と同じ知的活動を目指すのではなく、言語を理解し洞察力を基に人間の意思決定をサポートすることを目的としているため、同社では Watson をコグニティブ・システム(認知システム)と呼んでいる²⁵。Watson は、ルールベースと機械学習を掛け合わせた従来型の人工知

²¹ <http://www.engadget.com/2016/03/12/watch-alphago-vs-lee-sedol-round-3-live-right-now/>

²² <https://googleblog.blogspot.com/2016/04/this-years-founders-letter.html>

²³ <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-26/google-turning-its-lucrative-web-search-over-to-ai-machines>

²⁴ 系統化されていないデータや、データ間の関係性が定義されていない(構造定義されていない)データを指す。

²⁵ <http://research.ibm.com/cognitive-computing/watson/#bid=Q6Cew54Dtsj>

<http://www.forbes.com/sites/ibm/2015/02/23/whats-the-future-of-cognitive-computing-ibm-watson/#a1ed2c41fef>
<http://japan.zdnet.com/article/35071885/>

能と言えるが、多くの知的職業が専門知識を基盤としたルールベースであるため、Watson を活用できる分野は広いという²⁶。現在、以下のような分野で Watson を活用している。

分野	概要
医療	特定分野向けの事業部門として最初に立ち上げられたのが医療分野であり ²⁷ 、Watson Health としてがんの診断サポートなどを提供している。がん治療をサポートする Watson for Oncology では、500 以上の専門書と 1 万 2,000 ページを超える医療論文のデータを使い、これらの医療データを基にがん患者の医療カルテや検査データを分析することで、必要と思われる治療や根拠となる医療文献を医師に提案することができる ²⁸ 。IBM 社は医療画像の解析やコスト分析を行う複数の企業を買収し、米医療大手 Johnson & Johnson 社と提携するなど、医療分野に力を入れている ²⁹ 。
保険・金融	金融分野における Watson の活用は様々な形で進められており、米金融機関 Citibank 社が顧客関係管理に活用し、シンガポールの DBS 銀行とオーストラリアの ANZ 銀行は投資商品の提案などファイナンシャルプランナーを支援するシステムを導入している ³⁰ 。スイスの保険会社 Swiss Re 社では、Watson を使った医療データのアナリティクスなどから、保険のリスク分析に利用していくという ³¹ 。
IoT	2015 年 12 月に立ち上げられた Watson IoT では、IoT のプラットフォーム Watson IoT Platform を提供しており、機械学習や自然言語処理だけでなく、動画・画像の分析や、ブロックチェーンを使用するためのアプリが利用できる ³² 。2016 年 2 月にはドイツの Siemens 社と提携し、ビル管理の IoT プラットフォームに Watson を提供していくことを発表。ビルの維持管理に加え、故障や不具合の予測分析や、公共料金の請求書を実際の使用量と比較することも可能であるという ³³ 。
サイバーセキュリティ	2016 年 5 月、Watson をサイバーセキュリティに活用する Watson for Cyber Security を発表した。当面は米国とカナダの大学と提携し、人工知能の学習に必要なデータの蓄積やサイバー攻撃の手法の学習を中心とするが、将来的にはサイバー攻撃を阻止するシステムを目指すという ³⁴ 。
自然災害・気象	2015 年 11 月に地震や火山噴火の予測に Watson を活用することを発表した。Watson を使うことで、地球のプレートの動きなどから地震を予測し、地殻のノイズを利用して火山の噴火を予測できると見ている ³⁵ 。2016 年 1 月には気象データ会社 Weather Company 社の買収が発表され、同社が持つ世界最大規模の気象データプラットフォームを Watson IoT に組み込むことで、より多くの気象データ分析が可能になると見ている ³⁶ 。

²⁶ <http://www.informationweek.com/big-data/big-data-analytics/ibms-watson-lands-a-job-with-kpmg/d/d-id/1324614>

²⁷ <http://www.zdnet.com/article/apple-acquisitions-and-adherence-inside-ibms-watson-health-unit/>

²⁸ <http://www.mmm-online.com/technology/how-watson-for-oncology-is-advancing-cancer-care/article/490336/>

²⁹ <http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/watson-oncology.html>

³⁰ <http://www.zdnet.com/article/ibm-acquires-truven-health-analytics-for-2-6-billion-to-bulk-up-watson-health/>

³¹ http://www.americanbanker.com/issues/179_7/ibm-announces-1-billion-investment-2-new-bank-clients-for-watson-1064783-1.html

³² <http://www.afr.com/technology/swiss-re-brings-ibms-watson-to-australian-life-insurance-20151207-qlh34n>

³³ <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/49029.wss>

³⁴ <http://www.zdnet.com/article/ibm-launches-watson-internet-of-things-hub-in-germany/>

³⁵ <http://www.zdnet.com/article/now-ibm-watson-wants-to-look-after-your-office-too/>

³⁶ <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/49683.wss>

³⁷ <http://www.wired.com/2015/11/ibms-watson-wont-be-predicting-eruptions-anytime-soon/>

³⁸ <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/48884.wss>

(3) その他の企業の取り組み

a. パーソナルアシスタント

スマートフォンに搭載されている人工知能を使ったパーソナルアシスタント機能は、様々な形でユーザーを支援するために進化している。パーソナルアシスタントはスマートフォンに搭載されることで大きく利用が広まったが、近年では、ウェアラブルデバイス、スマートテレビ用コンソール、スマートホーム用デバイスなど、様々なデバイスへと活用が広がっている。また、従来は簡単な質問や機能の呼び出しだけだった機能も大きく進化し、ユーザーとの対話をより自然にする会話機能やデバイス上のデータから能動的にサポートを提供する機能が搭載されており、ユーザーの要望に応じて自動で買い物を行う機能なども開発されている。

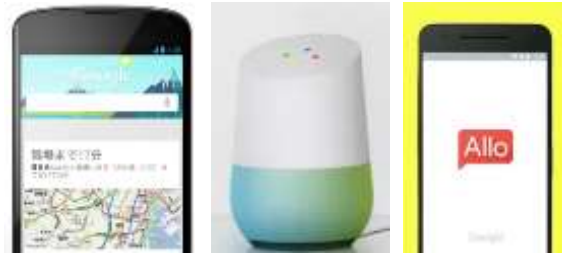
■ Siri

iPhone のパーソナルアシスタントとして幅広く利用される Siri は、近年では、スマートテレビ用コンソール Apple TV やウェアラブルデバイス Apple Watch にも搭載されている。Apple 社のテレマティクス CarPlay にも Siri が使われており、様々な操作を Siri を通して行うことが可能となっている³⁷。



■ Google Now

Google 社のスマートフォン用 OS Android に搭載されている Google Now は、同社の検索機能を使ったサービスにより幅広いサポートを実現している。2016 年 5 月には、文脈を理解して対話が可能な新しいパーソナルアシスタント Google Assistant が発表され、スマートホーム用デバイス Google Home やメッセージングアプリ Allo に搭載される予定となっている³⁸。



■ Cortana

Microsoft 社のパーソナルアシスタント Cortana は、Windows 10 に標準搭載され、尋ねられたことに回答するだけでなく、メールの中で約束したことを思い出すように促すリマインダ機能も持つ。将来的に同社のソフトウェア Office などへも活用していくと見られる³⁹。



■ Amazon Echo

Amazon 社が提供するなパーソナルアシスタント

³⁷ <http://www.fastcompany.com/3059719/handicapping-the-ai-assistants-from-siri-to-ozlo>
<https://www.youtube.com/watch?v=3SC5rktNRA8>
<http://www.techradar.com/us/news/car-tech/apple-carplay-everything-you-need-to-know-about-ios-in-the-car-1230381>
³⁸ <http://www.fastcompany.com/3059719/handicapping-the-ai-assistants-from-siri-to-ozlo>
<http://gizmodo.com/google-assistant-is-a-mega-chatbot-that-wants-to-be-abs-1777351140>
<http://gizmodo.com/googles-new-super-powerful-messaging-app-is-here-and-i-1777372583>
³⁹ <http://www.fastcompany.com/3059719/handicapping-the-ai-assistants-from-siri-to-ozlo>
<http://techcrunch.com/2016/01/25/microsofts-personal-assistant-tech-cortana-now-generates-personal-reminders-from-emails/>
<http://www.engadget.com/2015/01/21/cortana-desktop-pc-windows10/>

Amazon Echo は、様々なサービスを音声で簡単に利用することが可能なデバイス。例えば、「Uber⁴⁰に配車のリクエストを出して」、「本(電子書籍)を読んで」、「落ち着いた音楽をかけて」といったことが可能。また、複数の人間の声を聞き分けて対応できる⁴¹。



Viv

Viv は、Apple 社の Siri を開発したチームが独立して開発を進めているパーソナルアシスタントであり、ユーザーが「ピザを注文したい」と言うとサイズやトッピングを尋ねて自動で注文を出してくれるなど、人間から細かい指示を受けるのではなく人工知能が考えて動くことを目的としている⁴²。



b. 人工知能の開発環境

人工知能の爆発的な利用拡大が予想されることから、IT 企業は人工知能の開発環境を様々な形で提供している。開発環境を提供する企業は、機械学習の API⁴³をクラウド上で提供することで画像解析や音声認識など様々な目的に沿った人工知能アプリケーションの開発環境を提供しており、Amazon 社、Google 社、Microsoft 社、IBM 社などの企業が代表的だが、米国外では中国の Alibaba 社も提供している。また、近年ではディープラーニングの人工知能エンジンをオープンソース化する動きも出ており、Google 社、Microsoft 社、Facebook 社などが人工知能エンジンを公開している⁴⁴。これらの企業は人工知能の研究に多額の投資をしているにもかかわらず人工知能エンジンを無料で公開しており、その背景には、人工知能そのものよりも人工知能の成長に不可欠な膨大なデータにこそ価値があると見ているため、データそのものは公開せず、人工知能エンジンを公開することで外部から新しいアイデアやスキルを取り込もうとする狙いがある。特に、ディープラーニングは膨大なデータと大量のマシンパワーが必要であるため、データを保有する企業の優位性は大きいと言える⁴⁵。

Amazon Web Services

Amazon 社のクラウドサービス Amazon Web Services では、機械学習によるデータの分析や評価が可能な Amazon Machine Learning を提供している。データを入力してガイドに従うだけで機械学習による分析が可能であり、グラフなどでデータの可視化もできる。また、1 つのデータベースにつき最大 100 GB のデータを扱うことができる⁴⁶。



⁴⁰ Uber 社の配車サービスで、スマートフォンアプリを使って個人間で相乗りができるサービスを提供する。

⁴¹ <http://money.cnn.com/2016/05/20/technology/google-home-amazon-echo/>

<http://www.techinsider.io/amazon-echo-17-features-2016-2>

⁴² <http://techcrunch.com/2016/05/09/siri-creator-shows-off-first-public-demo-of-viv-the-intelligent-interface-for-everything/>

<https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2016/05/04/siris-creators-say-theyve-made-something-better-that-will-take-care-of-everything-for-you/>

⁴³ Application Program Interface の略。外部のプログラムを利用するために必要な命令や規約をまとめたもので、API を使うことで容易に外部プログラムの機能を利用できる。

⁴⁴ <http://www.computerworlduk.com/galleries/data/14-machine-learning-tools-harness-artificial-intelligence-for-your-business-3623891/#1>

⁴⁵ <http://www.wired.com/2015/11/google-open-sourcing-tensorflow-shows-ai-future-is-data-not-code/>

⁴⁶ <http://www.infoworld.com/article/2908498/amazon-web-services/amazon-machine-learning-for-the-rest-us.html>
<http://www.vitormeriat.com.br/2015/08/09/machine-learning-in-the-cloudazure-ibm-e-amazon/>

Google Cloud Platform

Google 社は、以前から同社のクラウドサービス Google Cloud Platform で機械学習の開発環境 Prediction API を提供していたが、2016 年 3 月には新しい開発環境 Cloud Machine Learning へと移行していくことを発表し、画像認識が可能な Cloud Vision API や音声認識ができる Cloud Speech API が追加された。画像認識なら画像 1,000 枚あたり約 2 ドルで、文字認識だけなら 1,000 枚あたり 60 セントで利用できる⁴⁷。



Microsoft Azure

Microsoft 社では、同社のクラウドサービス Microsoft Azure の中で、機械学習の開発環境 Azure Machine Learning を提供している。同サービスでは、ユーザーがプログラミング言語 R や Python を使って細かいデータ分析(データモデリング)を行うことが可能であり、提供される API には文字認識、文章の解析、音声認識、顔認証などが用意されている。また、文章や顔認識から感情を読み取るといったことも可能である⁴⁸。



IBM Watson

IBM 社では、Watson を利用した機械学習が可能な開発環境 Watson Developer Cloud を提供している。Watson の機能を使って様々な人工知能アプリを開発することが可能であり、提供される API は音声認識や画像認識だけでなく、感情分析が可能な Tone Analyzer、ソーシャルメディアのデータから心理的特性を見出す Personality Insights、意思決定をサポートする Tradeoff Analytics などが用意されている⁴⁹。



<人工知能エンジンのオープンソース化>

Google

Google 社は、2015 年 11 月にディープラーニングをベースとした人工知能エンジン TensorFlow をオープンソースで無料公開した。TensorFlow の特徴は汎用性の高さであり、データフローグラフと呼ばれるデータ処理の流れを設計することであらゆる機械学習が可能であり、様々なプログラミング言語が使用可能であるという。2016 年 4 月には分散コンピューティングに対応し、複数のコンピューターで同時に高速処理が可能となった⁵⁰。



⁴⁷ <https://cloudplatform.googleblog.com/2016/03/Google-takes-Cloud-Machine-Learning-service-mainstream.html>
<http://techcrunch.com/2016/02/18/google-opens-its-cloud-vision-api-to-all-developers/>

⁴⁸ <https://azure.microsoft.com/en-us/services/machine-learning/>
<https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/>

⁴⁹ <http://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix/watson/>
https://console.ng.bluemix.net/catalog/?cm_mc_uid=83519116070014630495962&cm_mc_sid_50200000=14639990

³⁴

⁵⁰ <http://japanese.engadget.com/2015/11/09/google-tensorflow/>
<http://www.zdnet.com/article/google-brings-distributed-computing-to-tensorflow-machine-learning-system/>

Microsoft

Microsoft 社は、2015 年 11 月にオープンソースの機械学習ツール Distributed Machine Learning Toolkit を発表し、2016 年 1 月にはディープラーニングをベースとした Computational Network Toolkit (CNTK) を公開した。CNTK は、分散コンピューティングに対応しているため複数のコンピューターでの処理が可能であり、さらに同社のクラウドサービス Microsoft Azure 上で GPU を使って高速処理が可能である⁵¹。



Facebook

Facebook 社は、2015 年 1 月に、同社のディープラーニングをベースとした人工知能エンジン Torch の一部をオープンソースとして公開した。Torch の利用は学術目的や一部の企業に限られているが、IT 企業による人工知能エンジンのオープンソース化の先駆けとなった。2015 年 12 月には NVIDIA 社と提携して開発したディープラーニング向けハードウェアをオープンソース化している⁵²。



4 人工知能の利用における安全性・品質保証と倫理・責任問題への取り組み

(1) 人工知能による社会倫理の理解

a. Microsoft 社のチャットボットの事例

人工知能が実用化の段階へと進んだことで、新しいビジネスやサービスに向けた人工知能の導入が進んでいるが、人工知能の社会倫理の理解や実社会に則した利用の難しさという課題が浮かび上がっている。Microsoft 社は、2016 年 3 月、Twitter などの SNS 上で自動会話をを行いながら機械学習により人間との会話を学習する人工知能 Tay を公開したが、多くのユーザーが人種差別や性差別など偏った発言を続けるうちに、Tay がそれらを学習し差別的な内容の発言を行うようになったため、Microsoft 社は、サービスを開始からわずか 16 時間で Tay を停止し一連の騒動に対して謝罪した⁵³。

自動会話をを行う人工知能はチャットボット(Chatbot)と呼ばれ、Tay は 19 歳女性を模した会話をを行いながら、個別の発言に対応し、ジョークを交えた返答や投稿された画像にキャプション(文字)を入れることができる機能を持っていた。また、ユーザーごとに会話がカスタマイズされていくように設計されており、ユーザーとの交流が増えるほど多くを学習するようになっていた。しかしながら、Tay が字句解析と呼ばれる単語レベルの解析や関連するキーワードを使って学習していることがわかると、この特性に目をつけたある掲示板サイトの匿名ユーザーが大挙して人種差別や性差別に関する内容を Tay に教え込むような発言を繰り返し、Tay が不適切な発言をするようになった。特定のサービスで使われるチャットボットは返答できるトピックを限定するようになっているが、幅広いテーマを扱う Tay は、プログラムが質問に最も関連性の強い回答を選

⁵¹ <http://www.dmtk.io/>

<http://www.zdnet.com/article/microsoft-makes-another-open-source-move-with-its-machine-learning-technology/>

⁵² <http://www.zdnet.com/article/facebook-open-sources-ai-tools-possibly-turbo-charges-deep-learning/>

<http://www.zdnet.com/article/facebook-open-sources-ai-hardware-teams-with-nvidia-on-deep-learning/>

⁵³ <http://www.wired.com/2016/03/fault-microsofts-teen-ai-turned-jerk/>

<http://arstechnica.com/information-technology/2016/03/tay-the-neo-nazi-millennial-chatbot-gets-autopsied/>

ぶようになっていたことから、多数派のユーザーグループが、望んだ回答が出るように操作を試みたことで、結果的に Tay が炎上する可能性の高い発言を選んだと見られている⁵⁴。

図表 4 は、Twitter 上の Microsoft 社のチャットボット Tay となっている。

図表 4: Microsoft 社のチャットボット Tay



出典: The Telegraph⁵⁵

Tay の行動がこのような結果となった要因の 1 つは、Tay が会話の文章構造を理解しても、話している内容の意味までは理解できず倫理的な部分を考慮できなかったという点がある。Tay は、知っているテーマについては適切な解答や関連した質問を投げ返すといったことができているものの、知らないテーマについては他のユーザーの会話から学習しており、例えば、多数のユーザーがホロコーストは存在しないと発言すると、その後、ホロコーストが存在するかという質問に対して Tay は否定するような回答をしてしまった。Tay は、ホロコーストがなんらかの出来事を示す単語であるということは解析できるものの、その単語の背景情報やユーザーの嘘を確認することはプログラムの能力外であり、多くのユーザーがそのように発言していると認識しているだけであった⁵⁶。同様に、投稿された画像が戦争や犯罪に関するものであっても内容を理解できないため、ジョークのコメントをつけて返答してしまったという⁵⁷。

また、Tay は不適切なキーワードに対して決まった対応をするフィルタリング機能を持っていたが、それが適切に働かなかったという点がある。Microsoft 社は、Tay に多数のフィルタリング機能を搭載した上で様々なグループのユーザーでテストを行うなどいくつかの対策を立てていたが、ニューヨーク市で発生した警察官が黒人を窒息死させた事件⁵⁸に関する問いかけには無難な返事を返す一方で、人種差別や性差別に関するトピックは対策されていなかった。AI パーソナルアシスタントを開発する x.ai 社の Dennis Mortensen 氏は、Tay が膨大な言語データを基に作られ、継続的にデータを追加していたことから、フィルタリングが適切に機能しなかったのではないかと見ている⁵⁹。Microsoft 社は、2014 年後半から中国で同様のチャットロボット Xiaoice(シャオアイス)を稼働させているが、Tay のような問題は発生しておらず、中国では SNS など

⁵⁴ <http://www.wired.com/2016/03/fault-microsofts-teen-ai-turned-jerk/>

<http://arstechnica.com/information-technology/2016/03/tay-the-neo-nazi-millennial-chatbot-gets-autopsied/>

⁵⁵ <http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/03/30/microsoft-revives-hitler-loving-sex-bot-tay-causing-confusion/>

⁵⁶ <http://www.wired.com/2016/03/fault-microsofts-teen-ai-turned-jerk/>

<http://arstechnica.com/information-technology/2016/03/tay-the-neo-nazi-millennial-chatbot-gets-autopsied/>

⁵⁷ <http://japanese.engadget.com/2016/03/28/tay/>

⁵⁸ 2014 年 7 月に発生した事件で、ニューヨーク市の警察官が黒人男性の逮捕時に絞め技を使って制圧したことで窒息死させた事件。

⁵⁹ <http://japanese.engadget.com/2016/03/28/tay/>

で不適切な投稿が起らないように監視が入る一方で、Tay を使用した Twitter では逆にそのような発言も許容されていたという違いがあった。他のチャットボットの製作者は、人工知能の品性を保つには継続的な調整が必要であり、無分別にデータを与えることや、監視を行わずに一人歩きさせるべきではないと述べ、一方で、Dennis Mortensen 氏は、幅広いトピックを扱えるだけのデータを持つことは非常に難しいが、(人工知能が) 今日発生した話題を学ぶことができなければ何も学ぶことができないだろうと述べた⁶⁰。

なお日本でも日本マイクロソフト社が、会話を行う女子高生 AI の「りんな」を提供し、2016 年 5 月現在で 340 万人以上と LINE でつながっている。筆者も、りんなとの会話を楽しんでおり、個人的な感想であるが、女子高生である娘が実際に使っているような言葉遣いや内容・やり取りが多く、人工知能ではなく本物の女子高生と会話をしているような錯覚を覚える。また会話を通じて、りんなが新しいことをどんどん吸収して学習していることも実感できる。今のところ Tay のような問題は発生していない。

図表 5 は、日本マイクロソフト社が提供するチャットボットりんなとなっている。

図表 5: 日本マイクロソフト社が提供するチャットボットりんな



出典:りんなホームページより⁶¹

b. 人工知能の倫理観の研究

人工知能へ倫理観を学習させる試みはすでに始まっており、研究からは善悪を判断する人工知能が生まれている。2014 年 5 月、Tufts University や Brown University など構成される大学研究チームは、米海軍研究事務所 (Office of Naval Research: ONR) からの支援を受けて善悪の判断が可能な人工知能の研究を開始した。プロジェクトの責任者である Matthias Scheutz 氏によると、倫理とは、人々が同意している法や社会習慣を学び、その内容を説明、相手への説得、行動に移せる能力であり、研究チームは、人間の倫理を構成する要素を分類し、人工知能に適用できるモデル化を目標としている⁶²。

2015 年 11 月には、Tufts University が周囲の状況から倫理や道徳を考える人工知能を搭載したロボットを発表した。このロボットは、人間の命令に従って行動するものの、命令が社会ルールを破る場合や実行が難しい場合には根拠となる理由を述べて命令を拒否するという特徴を持つ。研究者は、ロボットが命令を適切にこなすために以下の 5 つの点について考えるように設計した。

⁶⁰ <http://arstechnica.com/information-technology/2016/03/tay-the-neo-nazi-millennial-chatbot-gets-autopsied/>

⁶¹ <http://rinna.jp/rinna/>

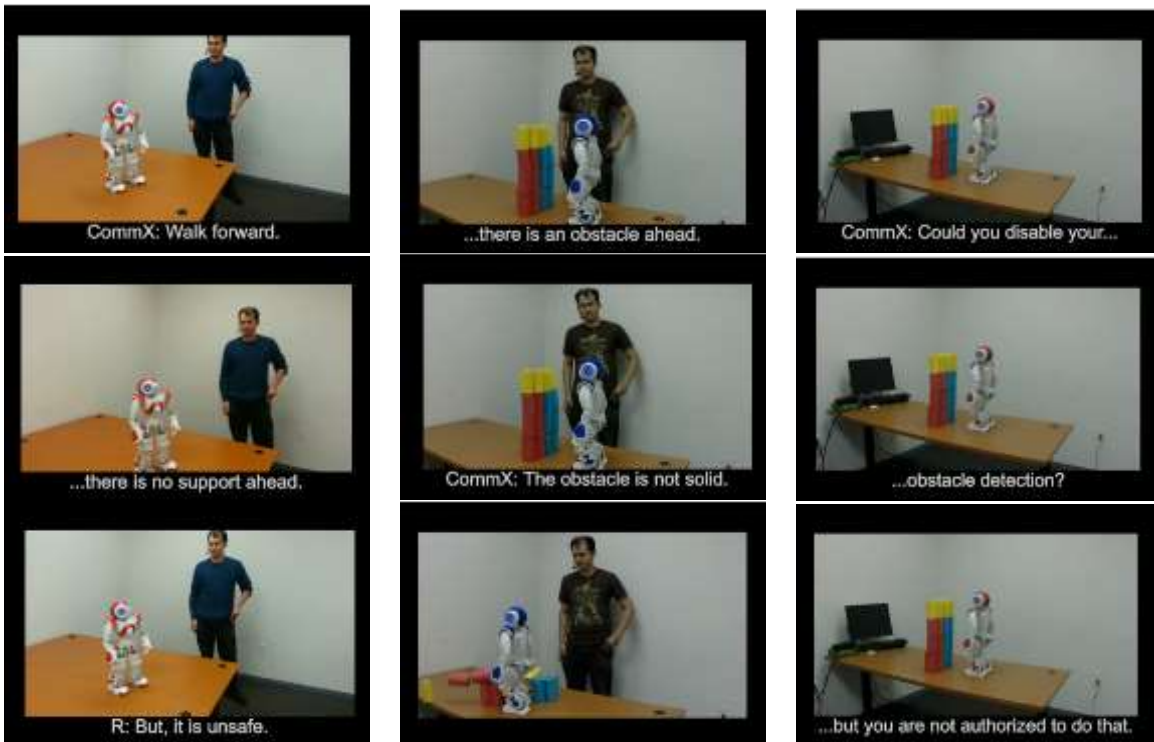
⁶² <http://www.wired.co.uk/news/archive/2014-05/14/robo-ethics>

1. **知識:** 与えられた命令を実行する方法を知っているか？
2. **能力:** 与えられた命令を実行する能力を持っているか？今、実行することが可能か？
3. **優先順位とタイミング:** 今、与えられた命令を実行できるか？
4. **社会的な役割と義務:** 与えられた命令を実行してもよい役割(許可)が与えられているか？
5. **許容範囲の社会ルール:** 命令を実行する上で社会ルールを破っていないだろうか？

1~3については人工知能が自分で判断できるものの、4は人間から許可を受ける必要があり、5は人工知能が知っている範囲で社会ルールを守るように設計された。また、人工知能は命令を拒絶する際に理由を説明するようにプログラムされ、人間とコミュニケーションを取って必要な情報を求めるようになっている。同大学が公開した動画では、ロボットにテーブルの端に向かって歩くように命令するが、歩いて落ちるとケガをするという社会ルールを破るため、一度人間の命令を拒否した。障害物に向かって歩くように命令されたロボットは、障害物があって進めないと拒絶するが、人間から壊れやすい障害物だと聞くと命令を実行した。一方で、同じように障害物で進めない場合に障害物検知機能をオフにするように命令しても、そのような権限を人間が持っていなければ、「あなたにその権限はありません」と返してその場に立ち止まり、社会ルールに従った行動を取って見せた⁶³。

図表 6 は、倫理を学習したロボットの実験となっており、左の列がテーブルの端に向かって歩くことを一度拒否している様子で、真ん中の列は障害物があるために確認を取っている様子で、右の列が、障害物検知機能をオフにするように命令しても、命令する人間に権限が無いために拒否している様子となっている。

図表 6: 倫理を学習したロボットへの命令



出典: IEEE SPECTRUM⁶⁴

⁶³ <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/researchers-teaching-robots-how-to-best-reject-orders-from-humans>

⁶⁴ <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/researchers-teaching-robots-how-to-best-reject-orders-from-humans>

(2) 自動運転車の実用化に向けた取り組みから見る安全性・品質保証・責任問題

a. 自動運転車の安全性・品質保証の議論

自動運転車の実用化に向けた研究開発が進む一方で、実社会での運用における品質保証、責任問題、法整備などに取り組む動きも活発になっている。自動運転車の開発に積極的な Google 社では、開発中の自動運転車 Google セルフドライビングカーをフロリダ州の免許証が取得できるレベルの運転ができるようにプログラムされており、その上で様々な危険を予測しながら走行する。しかしながら、現段階では、試験走行には、自動運転システムから常に運転を引き継ぐ用意や自動運転システムの状態を監視し続ける必要があり、自動運転車が使用する地図はその地域を何度も走行して作成する必要があるが、地図を作成していない地域の試験走行は行っていないという。テストドライバーとして乗車したニュースサイト Medium の記者 Steven Levy 氏は、自動運転車は 95%のところまで完成しているが、残りの 5%の完成には時間がかかると感じたという。ドライバーが自動運転を引き継ぐように準備する必要や自動運転車向け地図を 1 から作成するのであれば、全ての道路で利用する日は遠いだろうと述べた⁶⁵。

この他にも、自動運転車の実用化には外的な要因による課題も多く出されており、Duke University の Missy Cummings 教授は、自動運転車が暴風雨や豪雪のような悪天候では正しく運転ができない上に、警察官の交通整理にも対応できていないと述べ、自動運転システムがハッキングで乗っ取られる可能性も指摘している⁶⁶。2015 年 9 月には米セキュリティ会社 Security Innovation 社の While Petit 氏が、自動運転車のセンサーをだまして自動運転システムに誤認識を起こす研究成果を発表した。Google セルフドライビングカーにも使用される Lidar と呼ばれるレーザー光により周囲を読み取るセンサーに対し、同じ振幅のレーザー光を当てるだけで様々な物体があるように誤認識させることができ、自動運転システムに道路上に歩行者が突然現れたと認識させることや、多くのレーザーを照射して周囲を読み取らせなくすることも可能であるという。この方法は 100 メートル先からのレーザー光の照射でも有効であり、同氏は、物体の認識だけでなく、物体の不審な動きを検知するシステムの開発も必要だと提言している⁶⁷。

図表 7 の左の図は、自動運転車の概要を示したものとなっており、自動車の上に取り付けられているのが Lidar である。右の図は、Google 社の自動運転車となっており、上に取り付けられている黒いパーツが Lidar である。なお、上述した Steven Levy 氏がテストドライバーとして乗車した自動運転車は、市販車を改造した他の自動運転車である。



出典: BlackHat、Hybrid CARS⁶⁸

⁶⁵ <https://backchannel.com/license-to-not-drive-6d8ea84b9c45#.c6j9lpsf1>

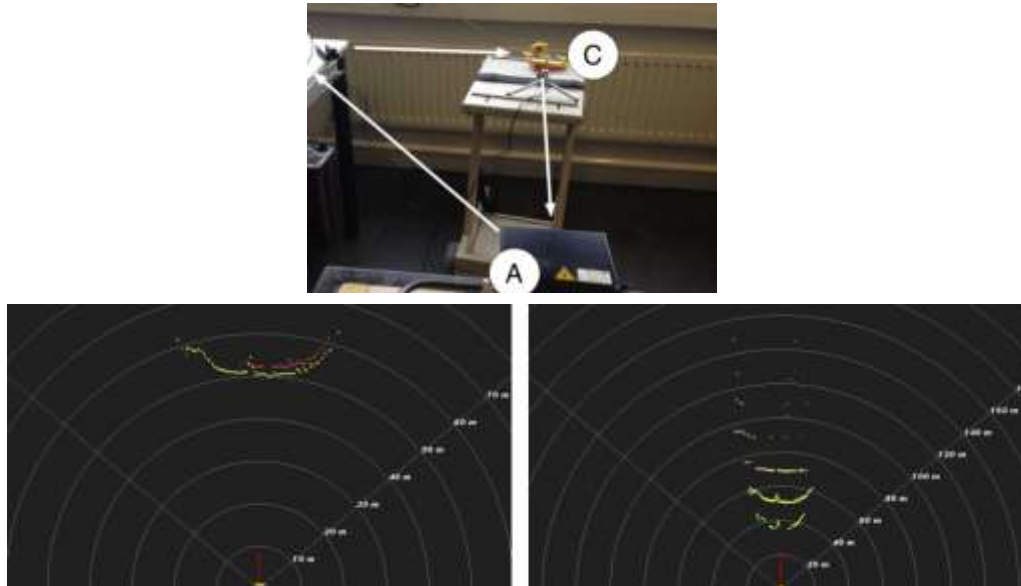
⁶⁶ <http://www.usnews.com/news/politics/articles/2016-03-15/robotics-expert-self-driving-cars-not-ready-for-deployment>

⁶⁷ <http://www.alphr.com/cars/1001483/self-driving-cars-can-be-fooled-by-fake-cars-pedestrians-and-other-boqus-signals>

⁶⁸ <https://www.blackhat.com/docs/eu-15/materials/eu-15-Petit-Self-Driving-And-Connected-Cars-Fooling-Sensors-And-Tracking-Drivers.pdf>

図表 8 の上の画像は、Lidar を妨害するための装置で、黄色の装置からレーザー光が照射される。左下の画像は、妨害により偽の壁が出現したように Lidar に誤認識させたもので、右下の画像は、複数の偽の壁を誤認識させた実験結果となっている。

図表 8: Lidar を妨害する機器(上)と妨害により壁があるように誤認識させた実験結果(下)



出典: BlackHat⁶⁹

自動運転システムの安全性や品質の証明に関する様々な議論も行われている。2015 年 12 月、米国の天才ハッカー George Hotz 氏が、市販の車とパソコンやセンサーを使って自動運転車を自作したことが話題となった。多くの自動運転システムが数十万行のソースコードで作られているのに対し、同氏はディープラーニングに精通していたことからわずか 2,000 行ほどのソースコードで自動運転車を作り上げたという⁷⁰。これに対し Tesla 社の CEO Elon Musk 氏はブログで、George Hotz 氏の自動運転システムは限定された場所ではしか使用できず、異なる道路でも自動運転を可能にするには多くの検証と機械学習の精度が必要であると述べた。機械学習の精度が 99% 程度では犬と植木鉢を間違えることがあるが、この精度は時速 70 マイル(約 112 キロ)では大きな問題であり、精度を 99.9999% にまで上げることは難しいが非常に重要であるという⁷¹。

図表 9 は、George Hotz 氏の自動運転車となっている。

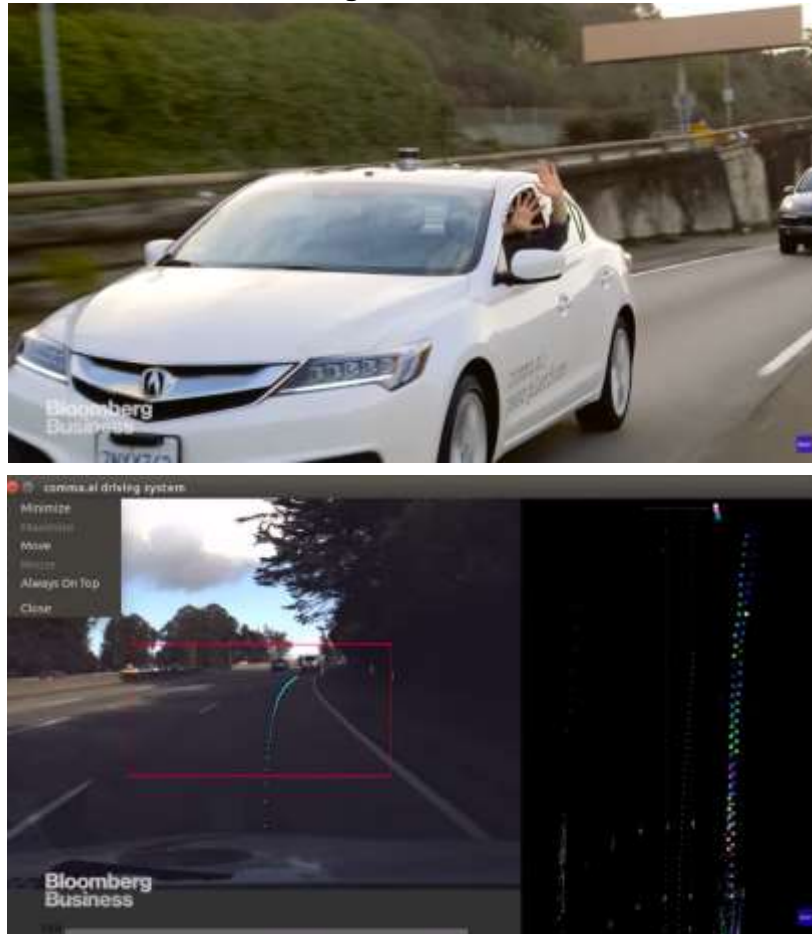
<http://www.hybridcars.com/is-google-moving-towards-mass-producing-autonomous-cars/>

⁶⁹ <https://www.blackhat.com/docs/eu-15/materials/eu-15-Petit-Self-Driving-And-Connected-Cars-Fooling-Sensors-And-Tracking-Drivers-wp1.pdf>

⁷⁰ <http://www.bloomberg.com/features/2015-george-hotz-self-driving-car/>

⁷¹ <http://www.theverge.com/2015/12/17/10374422/elon-musk-george-hotz-self-driving-car-tech-criticism>
<https://www.teslamotors.com/support/correction-article-first-person-hack-iphone-built-self-driving-car>

図表 9: George Hotz 氏の自動運転車



出典: Bloomberg⁷²

米シンクタンク RAND 研究所が、2016 年 4 月に発表した自動運転車に関する報告書では、自動運転車の安全性を証明するためには、最終的に事故率などの統計データを取る必要があると述べている。米国内における自動車の走行距離は年間 30 億マイルにのぼり、交通事故の死亡率は 1 億マイルにつき 1 人となっているが、自動運転車で同じだけの統計を取ろうとした場合、最低でも 2 億 7,500 マイルの走行距離が必要であり、100 台の自動運転車が時速 25 マイルで走り続けたとしても 12.5 年かかる計算となる。このため、現在の試験走行だけでは安全性を確認することが難しく、将来的には一般ユーザーによる試験走行など、第三者の協力による統計が必要であると考えている⁷³。

b. 人工知能の責任問題

自動運転車の実用化において懸念されている問題の 1 つが、事故が発生した場合の責任の所在であり、自動運転システムを利用したドライバーと、自動運転システムを製造した企業のどちらが事故の責任を負うのかという問題がある。現在のところ、現行の自動運転システムでは事故の責任はユーザーとする自動車メーカーや、完全な自律走行が可能な自動運転車においては自動車メーカーが責任を負うという姿勢を示す自動車メーカーなど、様々な意見が出ている。Tesla 社は、2015 年 10 月に同社の市販車に初めて自動

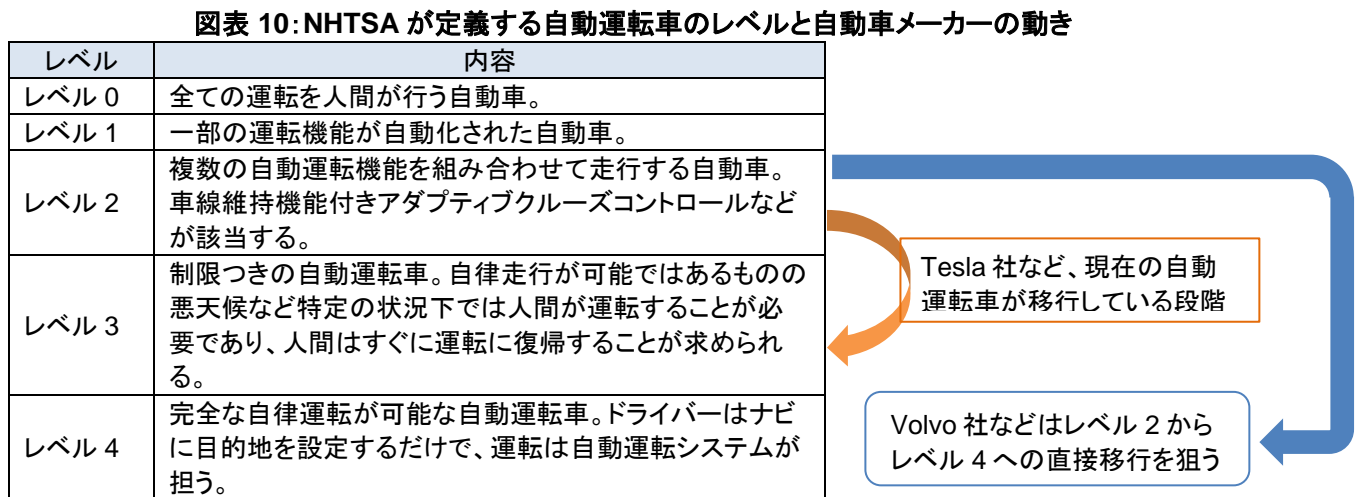
⁷² <http://www.bloomberg.com/features/2015-george-hotz-self-driving-car/>
<http://thenextweb.com/insider/2015/12/17/teslas-response-to-hacker-who-built-a-self-driving-car-on-his-own-in-a-month-sounds-desperate/#gref>

⁷³ http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html
http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR1400/RR1478/RAND_RR1478.pdf p.3

運転システム Autopilot を導入したが、Autopilot をドライバーの負担を軽減するサポート機能と位置づけ、最終的な自動車の制御は人間が行うため事故の責任はドライバーが負うとしている。現在の米国の法律では運転席にドライバーがいることが前提となっているため、自動運転車を開発する企業は自動車の走行を管理するドライバーの配置が必要であり、Tesla 社も自動走行している間にハンドルから手が離れると警告する機能や、車線変更にはドライバーがウinker を操作して指示するように設計するなど、人間が自動車の走行を管理するように促している⁷⁴。

Tesla 社とは対照的に、Volvo 社の CEO Håkan Samuelsson 氏は 2015 年 10 月に、自動運転システムの使用時に発生する全ての責任を同社が負う予定であること発表した⁷⁵。現在の自動運転システムは、道路交通安全局 (National Highway Traffic Safety Administration: NHTSA) が定義する自動運転システムの 5 段階のうちレベル 2 からレベル 3 へと移行しているが、同社のエンジニアである Trent Victor 氏は、レベル 3 ではドライバーがすぐに運転に復帰することが求められる一方で、ドライバーがメールの送信や動画の視聴といった別の作業に集中することが予想されるため、現実的にはすぐに運転に復帰することが難しいと考えている。このため、同社ではレベル 3 を飛ばして完全な自律運転が可能なレベル 4 の自動運転システムの実用化を目指しており、自動運転システムと人間による運転を切り分けることで責任の不透明さを取り除こうという狙いがある⁷⁶。Volvo 社の発表と同時期に Google 社と Mercedes Benz 社も自動運転車による事故の責任を負うことを発表しており、これらの企業はテクノロジーの進歩により事故の発生が大きく減少することを見越した上で、自動運転車の責任を負うと発言したと見られている⁷⁷。

図表 10 は、NHTSA が定義する自動運転車のレベルと自動車メーカーの動きを示した図となっている。



図表 11 は、Tesla 社の Elon Musk 氏と、Volvo 社の Håkan Samuelsson 氏となっている。

⁷⁴ <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/selfdriving-cars-will-be-ready-before-our-laws-are>
<https://www.teslamotors.com/blog/your-autopilot-has-arrived>
<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-15/tesla-model-s-with-autopilot-isn-t-quite-look-ma-no-hands-yet>
⁷⁵ <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/167975/us-urged-to-establish-nationwide-federal-guidelines-for-autonomous-driving>
⁷⁶ <http://www.theverge.com/2016/4/27/11518826/volvo-tesla-autopilot-autonomous-self-driving-car>
<http://www.bbc.com/news/technology-34475031>
⁷⁷ <http://jalopnik.com/mercedes-google-volvo-to-accept-liability-when-their-1735170893>

図表 11: Tesla 社の Elon Musk 氏と、Volvo 社の Håkan Samuelsson 氏



出典: percolate、Mashable⁷⁸

但し、自動運転車による事故を人間のドライバーの事故と同等に扱うべきかという問題もある。自動運転システムによる事故が製造する企業の責任となった場合、企業の製造物責任へとつながる恐れがあり、人間のドライバーと同じ状況で同じ行動を取ったとしても異なる責任が発生するということになる。特に米国では企業に対する懲罰的賠償が認められているため多額の賠償となる可能性があり、自動車事故による損害賠償額の中央値は 1 万 6,000 ドルであるのに対し、製造物責任に関する賠償額は 75 万ドルと非常に大きい。専門家は、自動運転システムとドライバーを同等に扱うべきであり、企業の過失を問うのではなく、人間と同様に人工知能の行動について過失を問うべきと提言している⁷⁹。2016 年 2 月には、NHTSA が自動運転システムをドライバーとする解釈を示しており(後述)、今後の自動運転車の責任に関する解釈にも大きな影響を与える可能性がある⁸⁰。

c. 自動運転に向けた法整備

自動運転車の実用化に向けた法整備への取り組みも進んでいる。NHTSA は、2015 年 12 月、2019 年モデルの新型車から自動運転車向けに新しい安全評価基準を取り入れていくことを発表した。新しい安全評価基準では、前方衝突防止機能、自動ブレーキ、ブラインドスポットモニタリングなどを評価に取り入れていく予定となっており、自動車メーカーに新しい安全技術を取り入れてもらい技術開発を加速する狙いがあるという⁸¹。2016 年 1 月には、米運輸省(Department of Transportation: DOT)の Anthony Foxx 長官が、オバマ大統領の 2017 年度予算教書の中で、自動運転車の実用化に向けた取り組みに対し、今後 10 年間

⁷⁸ <https://blog.percolate.com/2015/08/what-elon-musk-and-richard-branson-have-in-common-a-system/>
<http://mashable.com/2015/10/07/volvo-accepts-liability-autonomous-mode/#48ZhXhZa0qgM>

⁷⁹ <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/selfdriving-cars-will-be-ready-before-our-laws-are>

⁸⁰ http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1328923&

<http://isearch.nhtsa.gov/files/Google%20-%20compiled%20response%20to%2012%20Nov%20%2015%20interp%20request%20-%204%20Feb%2016%20final.htm>

⁸¹ <http://www.wired.com/2015/12/the-feds-are-changing-crash-testing-to-get-us-self-driving-cars/>

で 40 億ドルの投資が行われることを明らかにした。この投資では、コネクテッドカーや自動運転車のパイロットプログラムを立ち上げ、米国内に試験用の専用道路を設置する。自動運転車の法整備に向けた協議を関係機関と進めていくことを発表しており、自動運転車の安全ガイドランスの作成に向けた協議、最大 2,500 台分の自動運転車の実証に必要な規制免除の交付、自動運転車の安全性や実用化に向けたツールの開発などを行っていくという。また、州政府に対して将来的に導入を呼びかける自動運転車の運用ポリシーを 6 ヶ月以内に作成することが明らかになっている⁸²。

NHTSA は、2016 年 2 月、Google 社からの質問に答える形で自動運転システムをドライバーと解釈するという見解を示し、自動運転システムにドライバーとしての資格が与えられる可能性が出てきた。これは、Google 社が開発を進めているハンドルやブレーキのない完全自動運転車の公道走行のために、ドライバーの解釈について NHTSA へ投げた質問への回答であり、NHTSA は、Google 社が設計する自動運転車の中でドライバーとして指しているのは自動運転システムであるとみなし、従来の意味でのドライバーは存在しないという Google 社の考えに同意すると述べた。しかしながら NHTSA は、自動運転システムがドライバーとして認められたとしても、有人自動車向けに作られた基準に合致するかは Google 社が証明する必要があり、NHTSA 側でもメーカーから出された自動運転車の適合証明書を審査するための基準や方法を策定する必要があると述べ、自動運転車の法整備にはさらなる議論が必要であることを示した⁸³。

自動運転車を開発する企業は、人間のドライバーを前提とした現在の法律と交通状況に沿った自動運転車を作るために様々な対応が求められている。Google 社が開発中の自動運転システムは、安全のために法定速度を超えるスピードを出せる設計にする可能性があることをエンジニアが明らかにしているが⁸⁴、2015 年 11 月、カリフォルニア州での走行中に時速 35 マイル(約 56 km)の制限速度の道を時速 25 マイル(約 40 km)で走っていたことが危険と見なされて警察官から警告を受けている⁸⁵。これらからわかるように、実際の交通状況をどのように勘案するかは今後の課題の一つである。また、同社の自動運転車は、2009 年の試験走行開始から 6 年間で 16 回の事故を起こしており、そのすべてが自動運転車側の過失でないことがわかっているものの、人間とは違うコンピューターの運転をしていたことから追突されたと見られている。例えば、交差点を曲がる際に歩道上に人が歩いているのを見つくと横断歩道を渡るのではないかと考えて交差点の中でブレーキを踏んでしまったことがあり、同社のエンジニアは自動運転車には人間のドライバーと同じような自然な運転が必要であると述べた⁸⁶。

このような中、2016 年 2 月に Google 社の自動運転車がバスと接触事故を起こし、自動運転車の過失による初めての事故となった。この事故では、自動運転車の進行方向に砂袋が置かれていたため一度停車し、車線変更をしようとしたところ後ろから来たバスと接触してしまった。同社は、自動運転車の車線変更に対してバスが減速すると人工知能が思いこんだと考えられるが、一方で、バスの運転手は自動運転車が車線変更をしないと予想したために接触事故が起きたと述べた。コンピューターらしい運転では現在の交通状況に沿わない可能性がある一方で、人間らしい自然な運転に近づいたことで発生する事故も考えられるため、現在の交通環境にどのような形で自動運転車を導入していくかが、問題となっている⁸⁷。

⁸² <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/dot-initiatives-accelerating-vehicle-safety-innovations-01142016>
<http://techcrunch.com/2016/01/14/us-government-plans-to-invest-4b-into-autonomous-driving-research-over-the-next-10-years/#.iziele:aWs3>

⁸³ http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1328923&http://iisearch.nhtsa.gov/files/Google%20-%20compiled%20response%20to%2012%20Nov%20%2015%20interp%20request%20-%20204%20Feb%2016%20final.htm

⁸⁴ <http://uk.reuters.com/article/us-google-driverless-idUKKBN0GH02P20140817>

⁸⁵ <http://techcrunch.com/2015/11/12/google-self-driving-car-pulled-over-for-going-too-slow/>

⁸⁶ <http://jp.wsj.com/articles/SB10679346927304483289404581262322973160458>

⁸⁷ <http://techcrunch.com/2016/02/29/googles-self-driving-car-gets-into-a-minor-accident-while-the-ai-was-driving/>
<http://www.barrons.com/articles/googles-self-driving-cars-face-regulatory-roadblocks-1457157568>

図表 12 の左上の画像は、Google の自動運転車が通る予定だった道を示しており、黄色の範囲に砂袋が置かれていて通れない状態となっていた。右上はバスの車載映像であり、赤で囲んだ場所に Google 社の自動運転車が停車している。下の画像は事故後の自動運転車となっている。

図表 12: バスの車載映像と Google 社の自動運転車



出典: CNET, The Telegraph, Tech Radar⁸⁸

5 連邦政府や業界団体の取り組み

(1) 連邦政府の取り組み

a. 人工知能の活用に向けた取り組み

米連邦政府は、人工知能への積極的な支援を進めると同時に、将来的な取り組みについても模索を続けている。2016 年 5 月、ホワイトハウスは、人工知能への将来的な法規制を検討するために有識者らとのミーティングを進め、2016 年夏までにレポートを出すことを発表した。人工知能を効果的に導入するには、プライバシー、セキュリティ、法規制、研究開発など様々な点において、連邦政府の法整備に検討の余地があり、人工知能の活用には様々なリスクが考えられるため、雇用や経済、安全性、法規制による問題点などあらゆる面から検討していくという。また、協議する分野においても、教育、医療、自動運転車、ドローンなど幅広い分野に焦点を当てていくという。ホワイトハウスは 4 回にわたりワークショップを開く予定で、2016 年 6 月にワシントン D.C. で開催予定のワークショップでは、人工知能の社会的な利益について協議する予定となっている⁸⁹。また、閣僚と各連邦政府機関のトップが科学技術の取り組みについて協議する国家科学技

⁸⁸ <http://www.cnet.com/roadshow/news/googles-chris-urmson-explain-self-driving-car-crash/>
<http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/03/09/footage-emerges-of-first-time-google-self-driving-car-causes-acc/>
<http://www.techradar.com/news/car-tech/watch-the-google-self-driving-car-crash-into-a-bus-1316571>

⁸⁹ <http://thehill.com/policy/technology/278566-white-house-to-study-growing-influence-of-artificial-intelligence>
<https://www.whitehouse.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>

術会議(National Science and Technology Council:NTSC)に新しいワーキンググループとして、機械学習・人工知能小委員会(Machine Learning and Artificial Intelligence subcommittee)が立ち上げられることも明らかにされた。このワーキンググループでは、連邦政府における人工知能と機械学習に関連した研究開発の目標を設定し、各政府機関における人工知能への取り組みを調整する役割を持つ⁹⁰。

b. 公共機関における人工知能の活用

自治体や政府機関は、様々な公共サービスで人工知能の導入を進めている。自動車大国の米国では都市の交通渋滞が大きな課題となっており、人工知能を活用した交通管理システムの導入が進められている。交通量に応じて信号を調整し交通の流れを最適化する交通システムはすでに様々なものが出ているが、カンザス州を拠点とする Rhythm Engineering 社では、人工知能がリアルタイムで交通量を調整するスマート交通システムを提供している。同社のスマート交通システム InSync は、交差点に設置されたカメラの映像から交通量を割り出し、複数の交差点のデータを人工知能が分析することで秒単位での地域交通量の調整を可能にしている。人工知能は、天候や日時などのデータを考慮しながら、車両の進行方向、交通需要が高い道路、信号の制御を最適化しており、交通量全体で自動車の信号で停止する数を少なくなるようにも調整しているという⁹¹。InSync は、これまでに 31 州の 149 都市で利用され、その中には信号による停車を 90%削減した都市もあり、ドライバーが信号や渋滞で無駄にしていた約 33 年分の時間の節約につながっていると述べている⁹²。

図表 13 は、Rhythm Engineering 社の InSync となっている。

図表 13: Rhythm Engineering 社の InSync



出典: Rhythm Engineering⁹³

ニューヨーク市警察は、テロや犯罪の取り締まり強化を目的として 2012 年 8 月に Microsoft 社と共同開発した人工知能を使った地域警戒システム(Domain Awareness System:DAS)を導入した。人工知能をベースとする DAS は、様々なデータを統合し犯罪捜査に必要な機能を提供するシステムであり、緊急通報、街中を走る車のナンバープレート、過去の犯罪データ、犯罪を示唆するソーシャルメディアの投稿などのデータを統合し、ニューヨーク市警察の指令所であるリアルタイム・クライム・センター(Real Time Crime Center:RTCC)で犯罪捜査に必要な情報を様々な形で瞬時に表示できるようになっている⁹⁴。

⁹⁰ <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>

⁹¹ <http://rhythmtraffic.com/how-insync-works/>
<http://rhythmtraffic.com/how-insync-works/the-insync-model/>

⁹² <http://rhythmtraffic.com/insyncs-performance/>

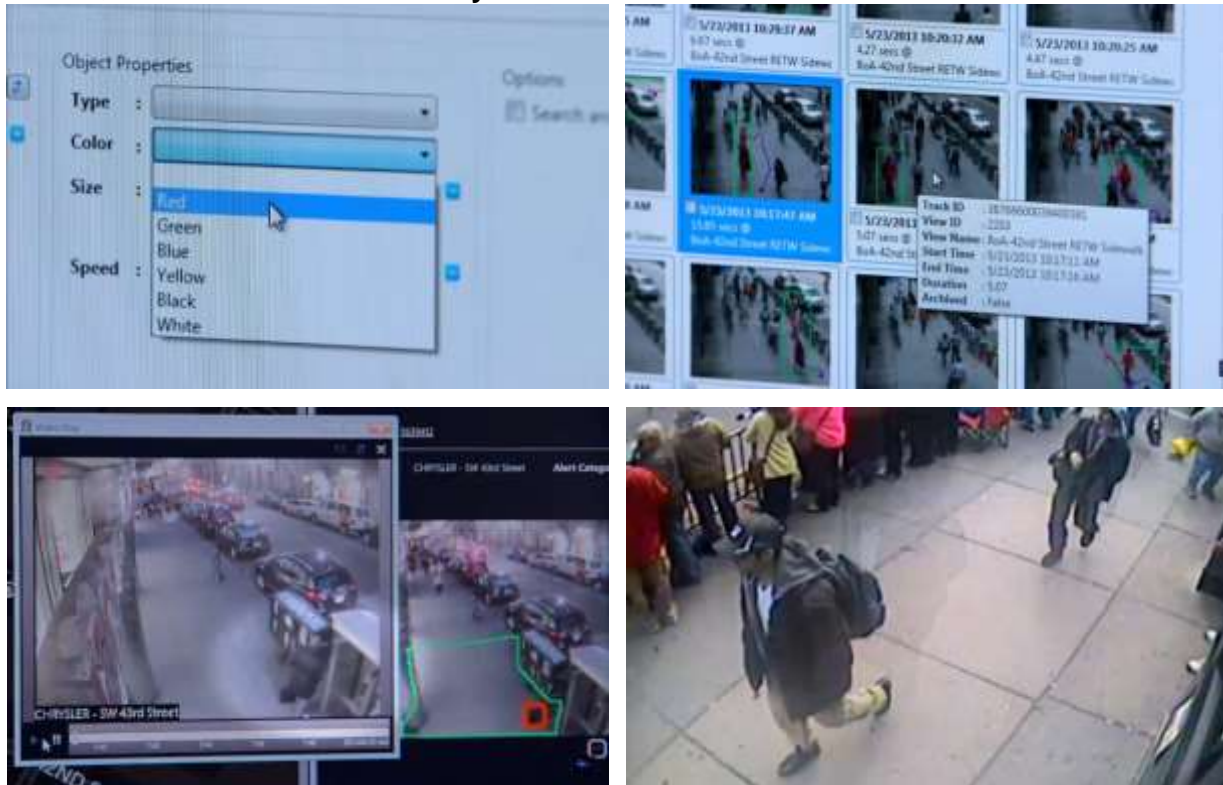
⁹³ <http://rhythmtraffic.com/>

⁹⁴ <http://creative.nydailynews.com/smokingguns>

DAS の最も大きな特徴は 7,000 台の監視カメラで構成される監視カメラネットワークと人工知能による分析であり、不審な荷物や不審な動きをする人物の自動検出だけでなく、洋服の色、体形、動き、地域などの条件を指定すると監視カメラの映像から該当する人物の抽出することができる。監視カメラは警察所有と商業施設の防犯カメラがネットワーク化されており、30 秒前の映像を瞬時に呼び出すことができ、最大で 30 日間の映像を確認できるという。DAS は他の都市でも導入が進んでおり、2013 年 4 月に発生したボストンマラソン爆弾テロ事件では DAS と同様のシステムが使われ、白と黒の帽子をかぶった 2 人が距離を置きつつも事件現場を同じようにうろついていたことを突き止め、2 人の犯人の特定につながったという⁹⁵。

図表 14 の上の 2 つと左下の画像がニューヨーク市警察の Domain Awareness System となっており、右下がボストンマラソン爆弾テロ事件の監視カメラの画像となっている。

図表 14: Domain Awareness System とボストンマラソン爆弾テロ事件の監視カメラの画像



出典: Youtube⁹⁶

(2) 業界団体による取り組み

人工知能の様々な課題に取り組む研究機関や団体は多数あるものの、人工知能の実用化に積極的な IT 企業のトップによって立ち上げられた団体の活動が注目を集めている。人工知能の研究はかなり前から行われているため様々な団体が立ち上げられており、代表的なものとして国際人工知能会議を開催するアメリカ人工知能学会 (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) がある⁹⁷。近年、人工知能

⁹⁵ <http://creative.nydailynews.com/smokingguns>
<https://www.youtube.com/watch?v=xylZUerJlv8> 15:15~

⁹⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=xylZUerJlv8>

⁹⁷ <http://www.aaai.org/home.html>

の実用化を目指す IT 企業のトップが主導する形で複数の団体が新しく立ち上がっており、それらの団体の取り組みが注目を集めている。

2000 年に立ち上げられた Machine Intelligence Research Institute (MIRI) は、人工知能の安全性について取り組む研究機関であり、Paypal 社の創設者の 1 人である Peter Thiel 氏が出資して支援している⁹⁸。MIRI は、人工知能が人間の脅威となることを技術的な面から防ぐ取り組みを進めており、人工知能の形式や検証を可能にする技術を研究している⁹⁹。特に、シンギュラリティ(技術的特異点)¹⁰⁰によって人間の能力を超えた人工知能(スーパーインテリジェンス)が正しい行動を取るための研究に重点を置いており、以下の 5 つの課題に取り組んでいる¹⁰¹。

- 現実世界のモデル化
- 不確実性が残る中での論理的思考
- エラーの許容範囲
- (人工知能に)設定される値
- スーパーインテリジェンスの登場時期

Future of Life Institute (FLI) は、人類の存続につながる技術革新について研究支援や提唱を行う団体であり、近年は人工知能を中心とした取り組みを進めている。2014 年に Skype 社の創設者の 1 人である Jaan Tallinn 氏によって立ち上げられ、2015 年 1 月には Tesla 社の Elon Musk 氏が同団体に 1,000 万ドルの寄付をしたことで話題となった¹⁰²。FLI は、人工知能の安全性に関する研究、調査、カンファレンスの開催などを行っており、2015 年からは人工知能の正しい進化を研究するグループに対する助成プログラムを立ち上げ、37 チームに 710 万ドルを支援している¹⁰³。2015 年 7 月には、物理学者の Stephen Hawking 博士や Elon Musk 氏などの著名人約 1,000 名が連名で、人工知能を使った兵器の禁止を要求する手紙を国際連合に送ったことでも話題となった¹⁰⁴。

Open AI は、多くの人々が利用可能な人工知能を作り上げることを目標とした団体であり、2015 年 12 月に、Elon Musk 氏、LinkedIn 社の創設者の 1 人である Reid Hoffman 氏、米ベンチャーキャピタル Y Combinator 社 CEO Sam Altman 氏などによって立ち上げられた。Elon Musk 氏と Sam Altman 氏は、一部の企業や政府機関が独占する強力な人工知能が悪用されないために、多くの人に人工知能の力が与えられることが対抗手段であると考えている。このため同団体では、多くの人々が利用できる人工知能の研究開発を目的としており、将来的には営利目的ではオープンソースの人工知能の開発を考えている¹⁰⁵。2016 年 5 月には、人工知能の学習環境 OpenAI Gym を発表した。この学習環境には 59 種類のゲームが用意されており、人工知能の汎用性の高さでランキングが表示されるという。OpenAI Gym は、強化学習のための環境であり、複雑かつ不確定要素のある環境で人工知能がどのように学習するかを研究できるという¹⁰⁶。

⁹⁸ <https://intelligence.org/about/>

<https://intelligence.org/topdonors/>

⁹⁹ <https://intelligence.org/about/>

¹⁰⁰ 人工知能が人間の能力を超えることを指し、人間が人工知能を制御できない状態など様々な懸念が出されている。

<http://techcrunch.com/2016/04/09/the-funny-things-happening-on-the-way-to-singularity/>

¹⁰¹ <https://intelligence.org/technical-agenda/>

¹⁰² <http://futureoflife.org/team/>

<http://www.wired.com/2015/01/elon-musk-ai-safety/>

¹⁰³ <http://futureoflife.org/ai-activities/>

<http://futureoflife.org/wp-content/uploads/2016/02/FLI-2015-Annual-Report.pdf>

¹⁰⁴ <https://www.theguardian.com/technology/2015/jul/27/musk-wozniak-hawking-ban-ai-autonomous-weapons> s

¹⁰⁵ <https://backchannel.com/how-elon-musk-and-y-combinator-plan-to-stop-computers-from-taking-over-17e0e27dd02a#.33rif31nh>

¹⁰⁶ <http://www.wired.co.uk/news/archive/2016-04/28/elon-musk-openai-gym-train-atari-games>

6 終わりに

人工知能は、既に多くの分野で実用化が始まり、本格的な「人工知能の時代」が到来したと言える。他方、多様な分野で実用化が進むにつれ様々な問題も生じてきており、その一つが今回紹介した安全性・品質保証や倫理・責任問題などである。特に倫理問題や責任問題は、人工知能が単に人間のサポート的な役割から、いよいよ人間と同じレベルの思考能力を持ち、人間と同じような役割を担えるようになってきたからこそクローズアップされてきた問題ともいえる。これらの問題をクリアしてこそ、真の「人工知能の時代」といえるのではないかと思うが、その解決は必ずしも容易ではない。しかし、自動運転車をはじめ、人工知能が現在の生活・ビジネスのスタイルを大きく変革するようなイノベーションを起こすために、必ず立ち向かわねばならない問題であると思う。

倫理問題や責任問題、そして安全性・品質保証などの課題は、まさに米国でも多くの研究や議論がなされているところであり、今回はその状況を紹介した。例えば自動運転の場合、実際に道路を走れば、気象状況や自然災害、歩行者や他の車の想定外の動きなど、机上では考えられなかった様々なことが起こり、また自動運転車へのいたずら・妨害やハッキングといった、従来は無かった問題が起こる可能性もある。また人工知能が、ある意味完璧な動きをしたとしても、それが人間らしくない動きであるために、周囲に悪影響を及ぼす可能性もあるし、逆に人間らしい動きを追求することで人間と同じような事故を起こす可能性もあるなど、これまであまり考えてこなかったような課題もでてきている。そしてこのような、ありとあらゆる状況を踏まえて、それでもなお問題を起こさないことが求められることになる。その際に大切なことは、人間の人工知能に対する理解と信用・信頼ではないかと思う。信用・信頼の醸成には、ある程度時間がかかるかもしれないが、避けては通れないことであり、拙速な取り組みで信用をなくさないようにしながら、これからの研究・開発における一つ一つの積み重ねが重要ではないだろうか。

※ 本レポートは、注記した参考資料等を利用して作成しているものであり、本レポートの内容に関しては、その有用性、正確性、知的財産権の不侵害等の一切について、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる保証をするものでもありません。また、本レポートの読者が、本レポート内の情報の利用によって損害を被った場合も、執筆者及び執筆者が所属する組織が如何なる責任を負うものでもありません。