

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	自動運転における AI 活用の課題
他言語論題 Title in other language	Issues Concerning Application of Artificial Intelligence to Autonomous Vehicles
著者／所属 Author(s)	清水 直樹 (SHIMIZU Naoki) / 国立国会図書館調査及び立法考査局国土交通課
書名 Title of Book	自動運転技術の動向と課題：科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Trends and Issues of Autonomous Driving Technology)
シリーズ Series	調査資料 2017-4 (Research Materials 2017-4)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2018-03-16
ページ Pages	21-34
ISBN	978-4-87582-809-9
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
キーワード keywords	自動運転、人工知能・AI、トロッコ問題
摘要 Abstract	センサー、GPS、三次元地図、AI 等の技術の進歩に伴って、レベルの高い自動運転の実用化が期待される。ただし、AI の活用においては、今後、倫理面などで課題が生じることも考えられる。

* 掲載論文等は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 意見にわたる部分は、筆者の個人的見解であることをお断りしておきます。

自動運転における AI 活用の課題

国立国会図書館 調査及び立法考査局
国土交通課 清水 直樹

目 次

はじめに

I AI が人間社会に及ぼす影響

- 1 AI とは
- 2 国内外の検討

II 自動運転技術の概要

- 1 自動運転システムの要素
- 2 認知に関する技術
- 3 AI の活用

III AI 活用の課題

- 1 ブラックボックス化
- 2 トロッコ問題

おわりに

【要 旨】

自動運転は、運転に必要な「認知」、「判断」、「操作」という処理を、機械・システムが行うものである。認知（周辺環境認識等）では、センサー類、日本版 GPS、三次元地図等の新しい技術の開発が進んでいる。センサー等によって認知されたものを基に判断する過程では、人工知能（Artificial Intelligence: AI）の活用が進展することが予想される。

自動運転に限らず、AI に対しては、人間社会に便益をもたらすという期待とともに、負の面があるのではないかという懸念も生じている。自動運転への AI の活用においては、① AI が何を根拠に判断したかを事後に検証できないおそれがあること（ブラックボックス化）、② AI の判断にどのような倫理を組み込むかということ（トロッコ問題）などが課題となると考えられる。

はじめに

自動運転は、運転に必要な「認知」、「判断」、「操作」という処理を、機械・システムが行うものとされる⁽¹⁾。高度な自動運転では、一連の技術の中で、人工知能（Artificial Intelligence: AI）が活用される見通しである。自動運転の開発を進める各国の自動車メーカー等は、AI 技術を有する企業との提携を開始したり、AI 技術の研究者の確保に取り組んだりしている⁽²⁾。

自動運転に限らず、AI に対しては、人間社会に便益をもたらすという期待とともに、負の面があるのではないかという懸念も生じている。極端な例は、SF 映画で描かれるような、人間が AI を制御することができなくなるのではないか、という不安である。近年、国内外の様々な組織で、AI が人間社会に及ぼす影響について、倫理的、法的、社会的問題の観点から検討する動きが見られ、AI の開発に関する指針なども提案されている。

本稿は、自動運転に関する技術について、AI を活用することの課題を中心に論じる。詳細は後述するが、自動運転への AI の活用においては、運転が人間の生命に関わるものことから、① AI が何を根拠に判断したかを事後に検証できないおそれがあること（ブラックボックス化）、② AI の判断にどのような倫理を組み込むかということ（トロッコ問題）などが課題となると考えられる。

I AI が人間社会に及ぼす影響

1 AI とは

AI とは何かということについては、年代や専門家によって様々な定義がある⁽³⁾。例えば、溝口理一郎・北陸先端科学技術大学院大学特任教授は「人工的に作った知的な振舞いをするもの（システム）」⁽⁴⁾、松尾豊・東京大学大学院特任准教授は「人工的に作られた人間のような知能、

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成 30（2018）年 1 月 10 日である。

(1) 保坂明夫ほか『自動運転—システム構成と要素技術—』森北出版、2015、p.46; 小木津武樹『「自動運転」革命—ロボットカーは実現できるか?—』日本評論社、2017、pp.127-129; 加藤真平「編集にあたって（特集・自動運転システムにおける情報処理技術の最新動向）」『情報処理』57 巻 5 号、2016.5、pp.434-435。

(2) 「産業秩序が激変—自動車を「操る」影の支配者—（特集 AI：世界制覇の攻防）」『日経ビジネス』1892 号、2017.5.22、pp.26-31; 黒崎亜弓「AI がカギ握る—複雑で“想定外”だらけの道路 学習して進化する人工知能—」『エコノミスト』94 巻 27 号、2016.6.28、pp.28-29。

(3) 松尾豊『人工知能は人間を超える—カーディープラーニングの先にあるもの—』（角川 EPUB 選書 021）KADOKAWA、2015、pp.43-46; 馬場口登・山田誠二『人工知能の基礎 第 2 版』オーム社、2015、pp.4-6。

ないしはそれを作る技術」⁽⁵⁾と定義する。

また、AI について議論する際、「特化型 AI」と「汎用 AI」に分けて考えることが一般的に行われている⁽⁶⁾。特化型 AI とは、囲碁ソフトのように、ある特定の課題をこなす AI である。自動運転に現在活用されている AI や、今後活用されるであろう AI は、特化型 AI に該当する。汎用 AI とは、人間のような知性を持ち、あらゆる課題をこなし得る AI である。汎用 AI は、研究開発の途上であり、まだ実現していない。

2 国内外の検討

(1) AI に対する不安

AI の技術的發展に伴って、医療診断支援、家事・介護ロボットの普及といった身近なことから、企業・産業のレベルでの生産性向上まで、AI は人間社会に様々な便益をもたらすことが期待される。一方、AI が人間社会に及ぼす影響について、不安や懸念も生じている⁽⁷⁾。AI が人間の仕事を奪ってこれまでになかった規模での失業が生じたり、AI が自らを改変して人間を支配したりするということは、多くの場合、まだ実現していない汎用 AI に関する不安と言える。しかし、自動運転車の事故⁽⁸⁾、AI システムが差別的発言を生成した事件⁽⁹⁾などが起きており、人間が AI を利用する際のリスクは無視できなくなってきた。

AI が人間社会にもたらし得る課題に対応するため、国内外の多様な組織が、AI を利用することに当たっての倫理的、法的、社会的問題などを検討し、AI の開発に関する提言、指針などを発表している(表参照)。なお、各組織が想定する AI は、特化型 AI から汎用 AI まで様々である。今後、汎用 AI が開発され人類の脅威となる事態が生じるかどうかについては、肯定、否定のどちらの見方も存在する。そうした中で AI と人間社会についての議論を進める上では、技術レベルの進展を踏まえた現実的な議論(主に特化型 AI を念頭に置く議論)と、AI が人類に危害を加えるというような最悪の事態も想定した議論(汎用 AI の出現を想定した議論)のバランスをどのように取るかが重要であるといった指摘もある⁽¹⁰⁾。

(2) 国内の検討

総務省は、平成 28 年 10 月から、有識者による「AI ネットワーク社会推進会議」を開催し、今後、AI システムがインターネット等を通じて他の AI システム等と接続し連携することを見通

(4) 溝口理一郎「知能へのアプローチ—人工知能研究はどう貢献するか—」松尾豊編著『人工知能とは』近代科学社、2016、p.48.

(5) 松尾豊「生存確率を上げるための知能」同上、p.184.

(6) 井上智洋「第二の大分岐—汎用人工知能が経済に与える影響—」『人工知能』32 巻 5 号、2017.9、p.660.

(7) 西田豊明「人工知能と技術倫理」『電気評論』102 巻 5 号、2017.5、p.43.

(8) 平成 28 (2016) 年 5 月、米国フロリダ州の高速道路で、テスラモーターズ(現テスラ)の自動車が「自動運転」モードで走行中に衝突事故を起こし、運転者が死亡した(「米テスラ「自動運転」死亡事故 強い光で検知できず?」『日本経済新聞』2016.7.2.)。国内でも、平成 28 年 11 月、千葉県八千代市の一般道路で、日産自動車の運転支援機能を備えた試乗車が人身事故を起こすなどの事例があった(「自動運転 過信は危険 追突事故、国が注意促す」『日本経済新聞』2017.4.15.)。これらの事故の原因は、運転支援に過ぎない機能を運転者が過信したことにあるとされる。

(9) マイクロソフトが開発した「Tay」(テイ)は、インターネット上に書き込まれたことに対して自動的に返事をする AI であったが、差別的な書き込みを繰り返し受けるうちに、「ヒトラーは正しかった。ユダヤ人は嫌いだ」などの差別的発言を行うようになり、公開が中止された。「AI「ヒトラーは正しかった」MS、実験中止」『朝日新聞』2016.3.26.

(10) 人工知能と人間社会に関する懇談会「人工知能と人間社会に関する懇談会」報告書 2017.3.24、pp.8-9. 内閣府ウェブサイト <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/ai/summary/aisociety_jp.pdf>

して、その社会的、経済的、倫理的、法的な課題を検討した。平成 29 年 7 月に、報告書⁽¹¹⁾とともに、「国際的な議論のための AI 開発ガイドライン案」⁽¹²⁾を公表した。同ガイドライン案は、規制の導入を目指すものではなく、ソフトロー (soft law)⁽¹³⁾として国際的に共有される指針の案を示したものと位置付けられている⁽¹⁴⁾。同ガイドライン案は英訳も公表されている⁽¹⁵⁾。

内閣府は、平成 28 年 5 月から、有識者による「人工知能と人間社会に関する懇談会」を開催した。同懇談会は、AI の研究開発及び利活用を健全に進展させるために、AI と人間社会の関わりについて検討を行い、平成 29 年 3 月に報告書⁽¹⁶⁾を公表した。

学術界では、人工知能学会が、平成 29 年 2 月、「倫理指針」⁽¹⁷⁾を公表した。同指針は、AI 研究者の倫理的な価値判断の基礎を再確認したものである。人工知能学会は、指針を公表することを通じて、社会の中で AI が健全に用いられるような議論を深めたいとしている。

(3) 海外の検討

米国ホワイトハウスは、平成 28 (2016) 年 10 月、「人工知能の未来に備えて」と題する報告書⁽¹⁸⁾を公表した。これは、国家科学技術会議 (National Science and Technology Council: NSTC)⁽¹⁹⁾が中心となってまとめたもので、連邦政府機関向けの提言も含まれている。

学術界では、米国電気電子学会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) が、全世界からの意見募集を経て、平成 29 (2017) 年 12 月、「倫理的に調和した設計—自律的知能システムにより人間の福利を優先させるビジョン—」(第 2 版)⁽²⁰⁾を公表した。この報告書の目的は、自律的知能システムを、人間の福利を優先する道徳的価値及び倫理的原則といかに調和させる

- (11) AI ネットワーク社会推進会議「報告書 2017—AI ネットワーク化に関する国際的な議論の推進に向けて—」2017.7.28. 総務省ウェブサイト <http://www.soumu.go.jp/main_content/000499624.pdf>
- (12) AI ネットワーク社会推進会議「国際的な議論のための AI 開発ガイドライン案」2017.7.28. 同上 <http://www.soumu.go.jp/main_content/000499625.pdf>
- (13) 一般的に、ソフトローとは、「国家権力によって強制 (エンフォース) されていない規範で、法人を含む私人や国の行動に影響を及ぼしているもの」とされる。高橋和之ほか編『法律学小辞典 第 5 版』有斐閣, 2016, pp.843-844.
- (14) 議論の過程では、AI 開発ベンチャーのプリファードネットワークスから参加していた丸山宏氏が、当該会議における議論について、①「実現には遠い汎用 AI を恐れる議論」と「産業競争力の源泉となる特化型 AI をめぐる議論」がきちんと区別されずに論じられている、②利用者により生じる問題の責任を開発者に求めかねないものである、③政府がルールを示すと法的に拘束力がなくても開発現場を委縮させてしまうことなどを理由に、同社西川徹社長と共に構成員を途中で辞退した (丸山宏「政府の会議を脱退した企業が警告—官製開発ルールの的外れ—」『週刊東洋経済』6735 号, 2017.7.8, pp.62-63.)。これに対して、構成員の黒坂達也・慶応義塾大学特任准教授は、ガイドライン案は、① AI 同士がネットワークで高度に連携するシステム (それによる意図しない悪影響が生じ得るシステム) を対象としている、② AI は開発者がシステムを作れば終了という性質ではなく、利用者の役割が非常に大きいことを念頭に整理している、③非拘束的な内容であるなどと説明している (「AI の未来に向け議論を一総務省、開発ガイドライン案策定の狙い—」『日経産業新聞』2017.7.7.)。
- (15) The Conference toward AI Network Society, *Draft AI R&D Guidelines for International Discussions*, 2017.7.28. 総務省ウェブサイト <http://www.soumu.go.jp/main_content/000507517.pdf>
- (16) 人工知能と人間社会に関する懇談会 前掲注(10)
- (17) 「人工知能学会 倫理指針」人工知能学会倫理委員会ウェブサイト <<http://ai-elsi.org/wp-content/uploads/2017/02/人工知能学会倫理指針.pdf>>
- (18) Executive Office of the President, *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*, 2016.10.12. Obama White House Archives Website <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf>
- (19) 国家科学技術会議は、大統領が議長を務め、関係各省庁の長官等から構成される、連邦政府の科学技術に関する最高意思決定・調整機関である。伊地知寛博「基本的枠組みと予算・租税」『科学技術政策の国際的な動向本編 (科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書)』(調査資料 2010-3) 国立国会図書館調査及び立法考査局, 2011, p.148. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_3050691_po_201003.pdf?contentNo=1>
- (20) Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*, 2017.12.12. <http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/ead_v2.pdf>

表 AI が人間社会に及ぼす影響に関する主な提言・指針等

日本	総務省 AI ネットワーク社会推進会議「国際的な議論のための AI 開発ガイドライン案」2017.7.28.	AI システムがもたらす便益の増進とリスクの抑制を図る観点から、AI の開発に関して留意することが期待される 9 項目の「AI 開発原則」(①連携の原則、②透明性の原則、③制御可能性の原則、④安全の原則、⑤セキュリティの原則、⑥プライバシーの原則、⑦倫理の原則、⑧利用者支援の原則、⑨アカウントビリティの原則)を提案。例えば、透明性の原則については、「開発者は、採用する技術の特性や用途に照らし合理的な範囲で、AI システムの入出力の検証可能性及び判断結果の説明可能性に留意することが望ましい」と説明。
	内閣府人工知能と人間社会に関する懇談会「人工知能と人間社会に関する懇談会」報告書」2017.3.24.	AI 技術と人間社会について検討すべき論点を、倫理的観点、法的観点、経済的観点、教育的観点、社会的観点、研究開発的観点の 6 つの観点からまとめた。例えば、倫理的観点に係る論点として「AI 技術の進展に伴って生じる、人と AI 技術・機械の関係性の変化と倫理観の変化」、法的観点に係る論点として「AI 技術による事故等の責任分配の明確化と保険の整備」、研究開発的観点に係る論点として「倫理観、アカウントビリティ、可視化」などを提示。
	人工知能学会「倫理指針」2017.2.28.	AI 研究者が心掛けるべき 9 項目の指針 (①人類への貢献、②法規制の遵守、③他者のプライバシーの尊重、④公正性、⑤安全性、⑥誠実な振る舞い、⑦社会に対する責任、⑧社会との対話と自己研鑽、⑨ AI も倫理指針を遵守すること)を提示。
米国	ホワイトハウス「人工知能の未来に備えて」2016.10.12.	連邦政府機関向けに 23 項目を提言。結びで、実務家 (practitioner) が確保すべき事項として、AI 対応システムが、①制御可能であること、②オープンで透明で理解可能であること、③人々のために効果的に機能し得ること、④それらの運用が人間の価値及び願望と一致し続けることを挙げた。
	電気電子学会「倫理的に調和した設計」(第 2 版) 2017.12.12.	①自律的知能システムが人権を侵害しないことをどのように保証できるか、②社会の繁栄を表す伝統的指標は、自律的知能システム技術が人間の福利に及ぼす影響を考慮に入っていない、③自律的知能システムの開発者、所有者等が責任を負うことをどのように保証できるか、④自律的知能システムの透明性をどのように保証できるか、⑤自律的知能システム技術から得られる恩恵を拡大し、リスクを最小限にするにはどうすればよいか、という課題についての提言候補などを提示。
	Partnership on AI「基本的信条」2016.9.28.	8 項目の基本的信条 (tenets) を公開。例えば、AI 技術の便益を最大化し、潜在的な課題に対応するため、個人のプライバシーとセキュリティの保護、影響を受ける全ての当事者の利益の理解と尊重、研究開発側の社会的責任の確保、AI 研究・技術の堅牢性や信頼性の確保、国際条約や人権に反する AI 技術の開発・利用への反対に取り組むことなどを掲げた。
欧州	欧州議会決議「ロボティクスに係る民事法的規則に関する欧州委員会への提言」2017.2.16.	欧州委員会に対して、ロボット開発者の行動規範を含む倫理原則の策定、高度なロボットの登録制度の導入、ロボティクス及び AI を所管する EU 機関の設置、自律型のロボットが損害をもたらした場合の法的責任や損害賠償に関する法整備 (強制保険や補償基金制度)、自律型ロボットに電子的人格 (status of electronic person) を付与することの長期的な検討などを求めた。
	英国下院科学技術委員会「ロボティクスと AI」2016.10.12.	AI という初期段階にある領域に分野横断的な規制を導入することは尚早であるが、倫理的、法的、社会的側面から綿密な調査を開始することが不可欠であると指摘。特に、倫理的な問題として、検証及び妥当性確認、意思決定の透明性、偏見の最小化、アカウントビリティの向上、プライバシー及び安全等について、熟慮が必要とした。

(注) 表に記載した以外に、次の団体などによる提言もある。

- ・米人工知能学会 (Association for the Advancement of Artificial Intelligence: AAAI) の研究グループから派生してスタンフォード大学に設立された「One Hundred Year Study on Artificial Intelligence」(AI100) <<https://ai100.stanford.edu/>>
- ・幅広い研究者や企業家などが参加するボストンの非営利組織「Future of Life Institute」<<https://futureoflife.org/>>
- ・英国工学・物理科学研究会議 (Engineering and Physical Sciences Research Council: EPSRC) <<https://www.epsrc.ac.uk/>>

(出典) 各報告書及び江間有沙「倫理的に調和した場の設計—責任ある研究・イノベーション実践例として—」『人工知能』32 巻 5 号, 2017.9, pp.694-700; 西田豊明「人工知能と技術倫理」『電気評論』102 巻 5 号, 2017.5, pp.41-45 などを基に筆者作成。

かについての議論を進めることである。

産業界では、マイクロソフト等の大手 IT 企業が中心になって、平成 28 (2016) 年 9 月、AI とその社会的影響を議論するオープンな団体「Partnership on AI」を設立した。同団体は、AI 技術に関する公衆の理解を深めるとともに、当該分野のベストプラクティスを収集することを目指すもので、政府に対してロビー活動を行う意図はないとされる⁽²¹⁾。

EU では、欧州委員会が資金提供する研究プロジェクト「RoboLaw」(平成 24 (2012)～26 (2014) 年)において、ロボティクス⁽²²⁾をめぐる法的課題が議論され、自動運転等の個別事例についての検討も行われた⁽²³⁾。こうした取組を踏まえて、欧州議会は、ロボティクスについて議論を行い、平成 29 (2017)年 2 月、「ロボティクスに係る民事法的規則に関する欧州委員会への提言」⁽²⁴⁾を決議した。また、英国では、平成 28 (2016) 年 10 月、下院科学技術委員会が「ロボティクスと AI」と題する報告書⁽²⁵⁾を公表し、政府に対する勧告等を行った。

II 自動運転技術の概要

第 I 章では、AI 全般の問題として、AI が人間社会に及ぼす影響に関する議論を取り上げた。第 II 章では、自動運転技術の全体像を紹介するとともに、その中で、特化型 AI が自動運転にどのように活用され得るのかを述べる。

1 自動運転システムの要素

自動運転は、「認知」、「判断」、「操作」という処理を機械・システムが行うものとされるが、具体的にどのような仕組みで車両が走行するのであろうか。

「認知」とは、センサー類を用いて他の車両や歩行者を検出したり、全地球測位システム (Global Positioning System: GPS) を用いて自車位置を推定したりすることである。「判断」とは、認知の結果に基づいて、次に実行すべき行動を制御装置が決定することである。例えば、前方車両を検出した際、その速度が遅ければ車線を変更して追越しをするという判断を行うことや、路上駐車車両の向こう側に歩行者を検出した際、一旦停止するか徐行に切り替えるという判断を行うことなどが考えられる⁽²⁶⁾。「操作」とは、駆動装置 (アクチュエーター) に制御装置が決定した情報が入力され、アクセル、ブレーキ、ハンドルなどが動かされることであり、これによって車両が移動する⁽²⁷⁾。

(21) “Industry Leaders Establish Partnership on AI Best Practices,” 2016.9.28 . Partnership on AI Website <<https://www.partnershiponai.org/2016/09/industry-leaders-establish-partnership-on-ai-best-practices/>>

(22) 欧州では、AI を用いて人々の活動に貢献する技術を広く「Robotics」としており、産業用ロボット等に限らず、自動運転車等もロボットに含まれるとされる。堀川優紀子・萩田紀博「ロボット社会実装における倫理的・法的・社会的問題の国内外動向」『電子情報通信学会技術研究報告』116 巻 461 号, 2017.2.18・19, p.119.

(23) Robolaw, *Guidelines on Regulating Robotics*, 2014.9.22 . <http://www.robolaw.eu/RoboLaw_files/documents/robolaw_d6.2_guidelinesregulatingrobotics_20140922.pdf>

(24) European Parliament, *European Parliament resolution of 16 February 2017 with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL))*, 2017.2.16. <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+TA+P8-TA-2017-0051+0+DOC+PDF+V0//EN>>

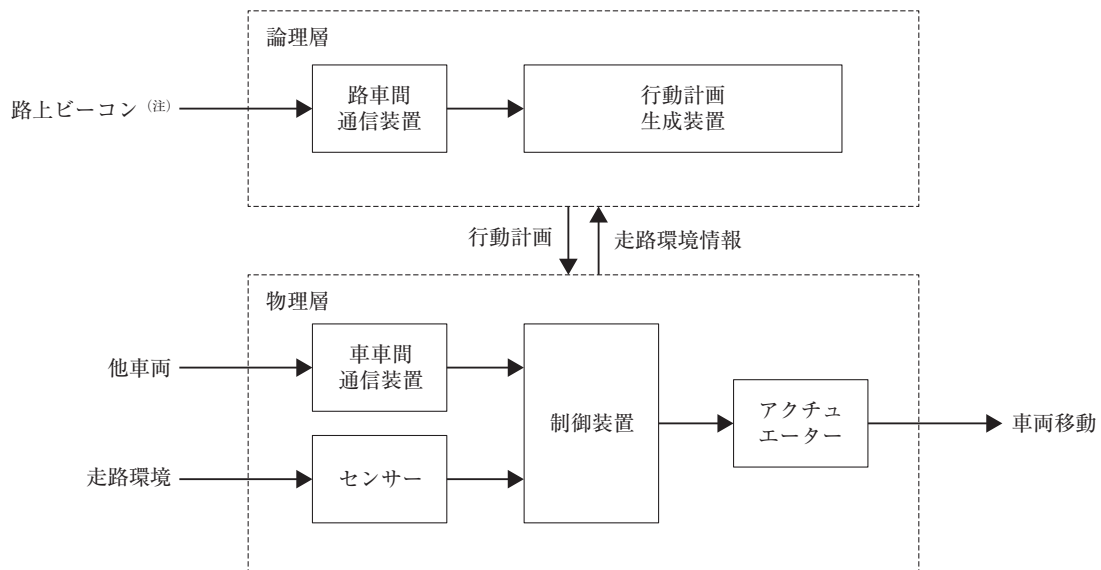
(25) House of Commons Science and Technology Committee, *Robotics and Artificial Intelligence*, 2016.10.12 . <<https://publications.parliament.uk/pa/cm201617/cmsselect/cmsstech/145/145.pdf>>

(26) 加藤 前掲注(1), p.435.

(27) ①アクセル、ハンドル、ブレーキのいずれ又は全てをシステムが操作するのか、②運転の責任主体が運転者なのかシステムなのかという 2 つの観点によって、自動運転のレベル分けが行われる。自動運転のレベルの定義については、本報告書の豊田透「自動運転技術の可能性と受容に向けた取組」を参照。

以上のような仕組みで、自動運転車が、横方向（ハンドル）及び縦方向（アクセル・ブレーキ）の制御を繰り返し実行して、障害物を回避しながら設定された経路を走行することは、「物理層」の機能と位置付けられる。一方、自動運転車が出発地から目的地まで走行するためには、最適な経路を検索して走行したり、交通規則に従ったりするといった制約の下で、目的地に到達するための行動計画を生成する機能が必要である⁽²⁸⁾。行動計画を生成することは、物理層の上位に当たる「論理層」に位置付けられる機能であり、その生成過程では、路車間通信装置⁽²⁹⁾で経路誘導情報（交通情報）を得ることなども考えられる⁽³⁰⁾。論理層から物理層へは行動計画が、物理層から論理層へは走路環境に関する情報などが送られ、両者の機能によって自動運転システムの全体が構成される（図参照）。

図 自動運転システムの要素



（注）路上ビーコンとは、無線によって車両に交通情報を提供する装置。我が国には、現在、市街路に約 56,000 の光ビーコン（赤外線を利用するビーコン）、高速道路に約 3,000 の電波ビーコン（2.5Ghz 帯の電波を利用するビーコン）及び約 1,600 の ITS スポット（5.8Ghz 帯の電波を利用するビーコン）が設置されている。電波ビーコンの更新は停止されており、今後、ITS スポットに置き換えられる。自動車技術会編『2050 年 自動車はこうなる』自動車技術会, 2017, p.195.（出典）保坂明夫ほか『自動運転—システム構成と要素技術—』森北出版, 2015, p.47.

2 認知に関する技術

自動運転システムの制御装置等が判断を行う過程では、3で述べるように AI を活用することも研究されているが、システムが適切な判断を行うためには、まず精度の高い認知を行うことが必要である⁽³¹⁾。以下では、自動運転システムの自律的判断の前提になる、認知に関する技術の概要を紹介する。

(28) 保坂ほか 前掲注(1), pp.46-47.

(29) 路車間通信とは、車両が路側インフラに設置された機器と通信することにより、道路交通に係る周辺情報等を収集する手法である。高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017—多様な高度自動運転システムの社会実装に向けて—」2017.5.30, p.16. 首相官邸ウェブサイト <<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20170530/roadmap.pdf>>

(30) 保坂ほか 前掲注(1), pp.46-47.

(31) 政府の「ロボット新戦略」では、「AI」、「センシング・認識」、「機構・駆動（アクチュエーター）・制御」を、それぞれロボットの頭、目、指となるコアテクノロジーとしている。ロボット革命実現会議「ロボット新戦略」2015.1.23, p.12. 経済産業省ウェブサイト <<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150123004/20150123004b.pdf>>

(1) センサー類

自動運転の車両が周辺環境を認識するためには、各種センサーを車両に搭載することが必要になる。現在の先進運転支援システム（Advanced Driving Assistant System: ADAS）⁽³²⁾に採用されている車載センサーは、カメラ⁽³³⁾とミリ波レーダー⁽³⁴⁾が主流である⁽³⁵⁾。平成30年頃の実用化が見込まれる高速道路における複数レーンでの自動運転も、その延長線の技術で実現可能と考えられている⁽³⁶⁾。一方、高速道路以外の一般道、市街地などを含めた様々なシーンでの自動運転には、革新的な技術が必要とされ、センサーとしてはライダー（Light Detection and Ranging: LiDAR）を車載することが必須になると考えられている⁽³⁷⁾。

ライダーは、レーザー光線（光を増幅させたもの）を放射して、その方向と跳ね返ってくる時間から、空間上の物体の位置や形状を特定するものである⁽³⁸⁾。これを自動運転車両に搭載すると、周辺の物体（動体及び不動体）との相対的な距離や位置関係が把握可能となるだけでなく、周囲の車両や歩行者等の物体を三次元形状のまま捉えるため、それらをどの方向からでも認識することができる⁽³⁹⁾。ライダーによって、①周辺環境認識（自車両の周辺を三次元で認識すること）、②位置推定（収集したデータと三次元地図（後述）とを照合して、自車両の現在位置を推定すること）が可能になるほか、③地図生成・更新（収集データをシステム側に戻して、三次元地図の更新に活用すること）の役割をライダーに期待する声もある⁽⁴⁰⁾。

カメラ、ミリ波レーダー、ライダー等の各種センサーは、種類によって、検知距離、識別精度、耐自然環境性（雨、霧、雪、西日・薄暮、夜間、照度変化）等に優劣があるため、安全性の観点からも性能限界の異なる複数種センサーを組み合わせることが一般に必要である⁽⁴¹⁾。搭載個数としては、例えば、市街地でのレベル3（システムが要請した時には運転者が対応する「条件付自動化」）の自動運転車両には、カメラ、ミリ波レーダー、ライダーがそれぞれ6個程度ずつ必要になると考えられている⁽⁴²⁾。ただし、ライダーは、現在開発途上の技術であり、実用化に向けて、今後、低コスト化、小型化等が必要とされている⁽⁴³⁾。

(32) 先進運転支援システム（ADAS）とは、各種センサーによって、前方の車両や障害物を検知して自動で停止する機能、前方車両に追従して走行する機能、道路上の白線に沿って走行する機能、後側方からの接近車両をドライバーに知らせる機能、後方を監視してドライバーの駐車操作を支援する機能などを実現するものである。池山智也「ADAS／自動運転システム—最新マーケット動向と将来展望—」『車載テクノロジー』4巻4号、2017.4、p.65.

(33) 前方の状況を撮像し、画像解析、自動認識することで、先行車両や周辺の歩行者、路面上の白線などを検知することができる。電波を用いるミリ波レーダーと異なり、検知する対象物の形を正確に認識できるだけでなく、対象物の色なども検出できる。杉浦孝明「クルマの進化と自動運転—数年後には実現、地方活性化も—」『金融財政 business』10663号、2017.6.1、p.6.

(34) ミリ波（数十ギガヘルツの高い周波数帯の電波）を用いたレーダーシステムであり、電波を放射する機能と、電波が前方の障害物に反射した反射波を受信する機能とで構成される。カメラが空間を伝搬する光を受動的に撮像するのに対して、能動的に電波を放射するため、例えば光量が十分でない暗い空間や数百メートル先の遠くの障害物、車両等を検出することができる。同上、pp.6-7.

(35) このほか、検知距離が10メートル以下である「超音波センサー」が、駐車支援のために車体前後のバンパー付近に複数搭載されることがある。同上、p.7; 池山智也「自動運転に向けたセンサの開発動向と展望」『自動車技術』71巻2号、2017.2、p.15.

(36) 「センサーは全部載せる 市街地の自動運転でLiDARは必須」『日経 automotive』62号、2016.5、p.42; 村松英治「高度な自動運転を実現するLiDAR技術」『自動車技術』71巻3号、2017.3、p.37.

(37) 同上

(38) 野辺継男「自動運転の開発動向（特集・自動運転システムにおける情報処理技術の最新動向）」『情報処理』57巻5号、2016.5、p.438.

(39) 同上

(40) 村松 前掲注(36)、pp.39-40.

(41) 中村英夫・後呂孝亮「自動運転に向けた周辺環境認識技術の研究開発」『自動車技術』71巻2号、2017.2、pp.24-25.

(42) 池山 前掲注(35)、p.16.

(43) 杉浦 前掲注(33)、p.7; 中村・後呂 前掲注(41)、p.25.

(2) GPS

自動運転では、自車位置の推定に、衛星を利用した測位システムを用いることも想定されている。衛星測位システムとして、現在、米国の GPS 衛星が世界で民生利用に供されており、カーナビゲーションシステムなどで利用されている。GPS 衛星は、高度約 2 万キロメートルの 6 つの軌道面に合計 24 機が配備され、地球上をカバーする体制がとられている（平成 29 年 10 月現在、予備機等を含めて 31 機が周回している）⁽⁴⁴⁾。測位の方法は、上空にある GPS 衛星からの信号を地上の移動局で受信し、3 機の衛星からの距離を基に地球上の 1 点の位置を決定するというものである⁽⁴⁵⁾。しかし、この測位方法では、様々な誤差⁽⁴⁶⁾が生じるために測位精度は約 10 メートル程度である⁽⁴⁷⁾。また、我が国では、GPS 衛星は地上から見て天頂から 30～50 度傾いた位置を周回しているため、山間部などでうまく電波を受信できないだけでなく、都市部では高層ビルによる反射波の影響で大きな誤差が生じる⁽⁴⁸⁾。そのため、自動運転車の自車位置の推定に、現状の GPS のみで対応するには問題がある。

我が国は、精密な衛星測位を実現するため、準天頂衛星システム「みちびき」（いわゆる「日本版 GPS」）の事業を推進している。これは、我が国のほぼ天頂を通る軌道を持つ複数の測位衛星を組み合わせることで、常に 1 機の測位衛星が我が国上空で GPS 衛星を補完し、安定した高精度の測位を行うものである⁽⁴⁹⁾。「みちびき」の測位衛星からの信号には、GPS 衛星からの信号には含まれていない測位補正情報も含まれる⁽⁵⁰⁾。「みちびき」1 号機は平成 22 年に打ち上げられ、平成 29 年 10 月には 4 号機が打ち上げられた。平成 30 年度には 4 機体制の運用が開始され、測位の誤差は数センチメートルに縮められる見込みである⁽⁵¹⁾。平成 35 年度を目途に、より安定的な測位が可能となる 7 機体制を構築することが計画されている⁽⁵²⁾。

日本版 GPS の導入により、従来の GPS と比べて、自車位置の推定精度が格段に進歩するが、トンネル内等で GPS 信号を受信できないほか、衛星と通信することによる信号遅延が移動する車両の位置推定に及ぼす影響⁽⁵³⁾、信号を妨害される懸念⁽⁵⁴⁾なども無視できない。衛星測位のみには依存するのではなく、車載センサーによる周辺環境認識、三次元地図データなどと組み合わせ、自車位置の精密な測定が可能になることが期待される。

(44) “Space Segment.” GPS.gov Website <<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>>

(45) 保坂ほか 前掲注(1), p.53.

(46) 電離層と対流圏での電波伝搬遅延、衛星に搭載された原子時計のずれ、衛星の軌道のずれなど。「GPS の原理とこれから」『日経 network』48 号, 2004.4, pp.188-191.

(47) GPS の測位精度を向上させる技術として、RTK-GPS がある。これは、測位対象となる移動局のほかに、位置の分かっている基地局でも GPS 衛星からの電波を受信して位置の補正を行うことで、数センチメートルの測位精度を得る方法である。2007 年に米国国防総省高等研究計画局（Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA）が主催したアーバンチャレンジ（カリフォルニア州ロサンゼルス郊外の軍用地に設置された模擬市街路で、カリフォルニア州の交通規則に従って走行し、自動運転の技術を競うレース）では、多くの自動運転車が RTK-GPS を用いた。保坂ほか 前掲注(1), p.53.

(48) 竹内修「日本版 GPS—「みちびき」で加速する自動運転 2018 年実用化で、欧露中追う—」『エコノミスト』93 巻 8 号, 2015.2.24, pp.28-29.

(49) 伊藤和歌子・西山淳一「1 日本」『宇宙政策の動向（科学技術に関する調査プロジェクト 2016 報告書）』（調査資料 2016-5）国立国会図書館調査及び立法考査局, 2017, pp.46-47. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_10314927_po_20170354.pdf?contentNo=1>

(50) 保坂ほか 前掲注(1), pp.54-55.

(51) 遠藤功治「自動運転—新型 GPS で高精度 3D マップ「レベル 3」対応技術が実用化—」『エコノミスト』95 巻 2 号, 2017.1.17, pp.24-25.

(52) 宇宙開発戦略本部「宇宙基本計画工程表（平成 28 年度改訂）」2016.12.13, p.3. 内閣府ウェブサイト <http://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy28/kaitei_fy28_2.pdf>

(53) 河中治樹「自動走行へ向けた路面標示の研究動向とその課題」『車載テクノロジー』4 巻 3 号, 2017.2, p.56.

(54) 細井幹広「準天頂衛星を活用した自動走行への取り組みと今後の課題」『車載テクノロジー』4 巻 3 号, 2017.2, p.49.

(3) 三次元地図

高度な自動運転の実現には、高精度な地図が不可欠とされる。現在のカーナビゲーションシステムで一般的に利用されている地図は、カーナビ画面への平面的な表示を目的にしており、位置精度がメートル単位である⁽⁵⁵⁾。これに対して、自動運转向けの地図は、車両の運転制御に資することを目的とする。そのため、道路の構造、勾配、車線、標識等を立体で把握し、センチメートル単位の位置精度を持つ高精度な地図が求められる。そのような三次元地図を作成するためには、高精度の測量装置を搭載した車両を走行させてデータを収集する必要があり、国内の主要道路の地図化に 1000 億円以上、毎年の更新に数十億円かかると言われている⁽⁵⁶⁾。

政府は、自動運転の共通基盤となる三次元地図は、各社の競争によるのではなく、「協調領域」として効率的に整備するものと位置付けている⁽⁵⁷⁾。三次元地図作成などのために、株式会社産業革新機構（産業競争力強化法（平成 25 年法律第 98 号）を根拠法とする官民ファンド）、電機・地図・測量会社 6 社及び自動車メーカー 10 社が共同出資して、平成 29 年 6 月、ダイナミックマップ基盤株式会社を設立した⁽⁵⁸⁾。同社は、平成 30 年度までに、国内全ての高速道路及び自動車専用道路（上下線合計約 3 万キロメートル）のデータ整備を終える方針である⁽⁵⁹⁾。

ダイナミックマップとは、時間とともに変化する交通データ（周辺車両、信号情報、事故情報、渋滞情報、交通規制情報など）を、三次元地図に紐付けしたものである⁽⁶⁰⁾。ダイナミックマップの目的は、自動運転システムがより高度に環境を理解できるようにすることであり、自動運転での活用に対する要求も高まっている⁽⁶¹⁾。ダイナミックマップ基盤株式会社が担うのは、ダイナミックマップのうち「協調領域」、すなわち自動車メーカーが共通して利用する地図データ（静的データ）の生成・提供である。動的データの部分は、自動車メーカーが独自に作成して追加する「競争領域」となる。

今後は、一般道路のデータ整備をどのように進めるか、また、国際的な連携と競争にどのように対応するかなどが課題である⁽⁶²⁾。高精度地図の整備では、海外では、ヒア（ドイツ）、トムトム（オランダ）、グーグル（米国）などがシェアを競っている⁽⁶³⁾。

3 AI の活用

今後、市街地などを含む複雑な環境での運転の自動化を進めるためには、AI が重要な役割を果たすと考えられている⁽⁶⁴⁾。従来のコンピューターでは、人間があらかじめ設定した条件に基づいて処理する「ルールベース制御」が行われていた。車線維持や衝突防止等の運転支援

(55) 「高精度地図、2018 年に実用化へ」『日経 automotive』70 号, 2017.1, p.51.

(56) 同上

(57) 自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組方針」2017.3.14. pp.10-13. 経済産業省ウェブサイト <<http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170314002/20170314002-3.pdf>>

(58) ダイナミックマップ基盤株式会社は、その準備会社であるダイナミックマップ基盤企画株式会社（平成 28 年 6 月設立）に対して、株式会社産業革新機構等が出資するなどして事業会社化されたものである。「自動運転「デジタル地図で主導権」 革新機構・三菱電など出資」『朝日新聞』2017.6.14.

(59) 「自動走行システム向け高精度 3 次元地図データの提供に向けた事業会社化について」2017.6.13. ダイナミックマップ基盤株式会社ウェブサイト <http://www.dynamic-maps.co.jp/pdf/newsrelease_13_6_2017.pdf>

(60) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議 前掲注(29), p.50.

(61) 小澤正「自動運転を支える高精度 3 次元地図基盤データ整備の取組—オープンデータ化の流れを背景に、2017 年度にも製品化へ—」『道路』914 号, 2017.5, pp.30-33; 白土良太「ダイナミックマップの検討・開発」『ペトロテック』39 巻 8 号, 2016.8, pp.617-621.

(62) 小澤 同上, p.33.

(63) 平沢翔太「地図—自動運転に求められる高精度基盤データの世界標準争い—」『エコノミスト』95 巻 35 号, 2017.9.12, pp.38-39.

技術の開発は、主にルールベース制御で対応できた。例えば、四角の形を車と判断し、それとの距離が設定した基準値を超えればブレーキを作動させるといった具合である⁽⁶⁵⁾。

しかし、公道で車を取り巻く環境は複雑かつ不確実であり、歩行者の姿が車に隠れて手や足しか見えないこともあれば、歩行者をよけようとした方向にバイクがいるということもあり得る⁽⁶⁶⁾。あらゆる条件に対応して安全に走行するアルゴリズム⁽⁶⁷⁾を人間が作成するには莫大な作業量が発生し、条件設定だけでも終わりのない作業になる可能性がある⁽⁶⁸⁾。そこで、アルゴリズムを人間が作成する方法をとるのではなく、AIの技術である機械学習のうち、特にディープラーニング（深層学習）を活用することに注目が集まっている⁽⁶⁹⁾。

機械学習は、機械が答えを出すための処理基準を人間がプログラムとして与えるのではなく、機械が自動的に膨大なデータから学習してモデルを作るものである⁽⁷⁰⁾。なかでも、ディープラーニングとは、「膨大なデータを機械がより深いレベルで学習するうち、複雑な処理を非常に高い精度で行えるようになり、最適解を導く手法を自動的に構築してくれること」⁽⁷¹⁾を指す。ディープラーニングでは、ニューラルネットワークという人間の脳の神経構造を模してつくられたモデルを多層化した上で、機械学習が行われる⁽⁷²⁾。

自動運転では、自車両周辺の画像認識において、ディープラーニングが有望な方法として高く期待されている⁽⁷³⁾。更に、判断・制御においても、収集した大量の環境データ及び走行データをコンピューターの強力な計算処理にかけることで、衝突を回避して走り抜けるアルゴリズムをコンピューターが学習し最適化することが期待される⁽⁷⁴⁾。今後は、明文化しやすいルールには人間が記述するアルゴリズムが用いられる一方、複雑な環境での判断のためにディープラーニング技術の活用が進んでいくものと考えられる。

Ⅲ AI 活用の課題

第Ⅲ章では、AIの開発や利活用における様々な課題のうち、自動運転に特に関わりが深いものとして、ブラックボックス化及びトロッコ問題を取り上げる。

(64) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議 前掲注(29), p.14; 小林雅一『AIが人間を殺す日—車、医療、兵器に組み込まれる人工知能—』集英社, 2017, pp.33-38; 「産業秩序が激変—自動車を「操る」影の支配者— (特集 AI: 世界制覇の攻防)」前掲注(2), p.28.

(65) 黒崎 前掲注(2), p.28.

(66) 同上

(67) アルゴリズムとは、「コンピューターを動かして、ある特定の問題の答えを得る手続きを表現したもの。この手続きは、想定される入力に対して適切な出力を出すために、コンピューターが一意に解釈できるように明解な形になっていなければならない。入力に対していつかは必ず出力し、その出力が常に正しい答えであるときに、手続きは初めてアルゴリズムと呼ばれる。同じ答えを出すアルゴリズムは一般に複数存在するが、答えを出すまでの時間がより短く、コンピューターのメモリー使用量がより少ないものほどよい。したがって計算の複雑さの検討は重要である」(松原仁「AI & ロボティクス」『イミダス 2007』集英社, 2007, p.778.)と説明される。

(68) 野辺継男「人工知能がもたらす自動運転技術の進化と実装への課題」『車載テクノロジー』4巻1号, 2016.10, p.15.

(69) 同上; 馬路徹「ディープラーニングが変える車載システムの最新動向」『O plus E』38巻9号, 2016.9, p.836.

(70) 日経ビッグデータ編『グーグルに学ぶディープラーニング』日経BP社, 2017, pp.30-31.

(71) 松原仁「人工知能最前線—人間はAIとどう付き合っていくか—」『学士会会報』925号, 2017.7, p.77.

(72) 日経ビッグデータ編 前掲注(70), pp.51-55. 脳では、各神経細胞のシナプスが、隣接するシナプスから一定値以上の信号を受け取ると、次のシナプスに対して信号を送り出す一方通行の神経伝達を行っている。コンピューター上で、シナプスと同様の神経伝達の方法で計算処理をする仕組みが、ニューラルネットワークである。

(73) 馬路 前掲注(69), pp.838-839. 単純に言えば、「ある画像群は車、別の画像群は歩行者だと教える。すると、AIがそこから車と歩行者の特徴を自ら抽出し、ルールを作る。[更に]別の画像を識別し、その成否によって、ルールを修正する。これを繰り返すと、識別の精度が上がっていく」(黒崎 前掲注(2), p.28.[]内は筆者補記)といった形で活用される。

(74) 野辺 前掲注(68)

1 ブラックボックス化

ディープラーニングの進化に伴って、どうしてその結果が導き出されたのかを人間が理解できなくなる、いわゆる「ブラックボックス化」が生じていると言われる⁽⁷⁵⁾。問題が生じた場合、通常のコンピュータプログラムであれば人間がプログラムのコードを読んで原因を追跡できるが、ディープラーニングの多層化したニューラルネットワークの構造では、ネットワークの構成要素間の接続の強さが分かるだけであり、原因を解析することは困難である⁽⁷⁶⁾。例えば、ディープラーニングを用いて開発された囲碁 AI「アルファ碁」は、世界トップクラスの棋士に勝利するレベルであるが、なぜ AI がその手を打ったかの検証には困難な点があると言われる⁽⁷⁷⁾。同様のことが、自動運転でも懸念される。すなわち、AI により運転の一部が制御された自動運転車が予期せぬ事故を起こした場合、事故の原因が解明されないまま、同じ AI が搭載された車を走らせることができるのかという問題である⁽⁷⁸⁾。

こうした問題に対応するために、例えば、総務省が公表した前出（第 I 章の 2(2)）の「国際的な議論のための AI 開発ガイドライン案」では、技術の特性等に照らして、合理的な範囲で、AI の検証可能性や説明可能性に留意することを求めている⁽⁷⁹⁾。また、説明能力を高める研究も行われている。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の研究開発プロジェクトにも参加する我妻広明・九州工業大学准教授は、「データ駆動型 AI」がディープラーニング等に基づいて行った判断内容を、「論理知識型 AI」が分析しその履歴を記録する仕組みを導入することによって、自動運転の安全・安心を高める研究を行っている⁽⁸⁰⁾。

2 トロッコ問題

自動運転では、倫理的課題として、「トロッコ問題」（コラム参照）がしばしば取り上げられる⁽⁸¹⁾。例えば、「直進すると前方の路上にいる 5 人をはねて死なせてしまう。ハンドルを切れば 5 人をはねずに済むが、歩道にいる 1 人をはねて死なせてしまう」、「トンネル内で前方に子どもが飛び出した。直進すると子どもをはねて死なせてしまう。ハンドルを切れば子どもをはねずに済むが、車両が壁に激突して乗員が死んでしまう」といった二者択一の状況下で、どのような行動をとるべきかという問題である。

トロッコ問題は、倫理学で長年議論されてきた思考実験であるが、自動運転では事前のシステム設計に関わる。人間であれば、緊急事態にハンドルを切った時にそこに何人の人がいるかなどを把握する余裕はないかもしれないが、自動運転車に搭載された AI は周囲の状況を認識

(75) 小林雅一・藤原達矢「まるわかり！ 10 分で理解できる AI の基礎講座」『日経ビジネス associe』16 巻 11 号, 2017.10, p.105; 松原 前掲注(71), p.79.

(76) 「グーグル囲碁 AI の圧勝で見えた強み 「人間には理解できない」弱点も」『日経コンピュータ』909 号, 2016.3.31, p.16.

(77) 「特集ワイド：AI に支配される社会 人知を超えた学習能力 検証不能でも「お任せ」」『毎日新聞』2016.5.10, 夕刊.

(78) 小林・藤原 前掲注(75); 「編集委員が迫る キレル AI 制御せよ 「ブラックボックス」化 課題 大阪大学長 西尾章治郎氏」『読売新聞』2017.7.22.

(79) AI ネットワーク社会推進会議 前掲注(12), p.8.

(80) 「【技術の先端】人工知能の判断を明確化して自動運転の安全・安心を（前）」NetIB News ウェブサイト <http://www.data-max.co.jp/290619_ib1773_01/>; 「同（中）」<http://www.data-max.co.jp/290620_ib1773_02/>; 「同（後）」<http://www.data-max.co.jp/290621_ib1773_03/>; 「脳・身体知から自動運転まで 話し手・我妻広明」鳥海不二夫『強い AI・弱い AI—研究者に聞く人工知能の実像—』丸善出版, 2017, pp.124-156.

(81) 例えば、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会「提言 自動運転のあるべき将来に向けて—学術界から見た現状理解—」2017.6.27, p.18. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t246-1.pdf>> など。

できる可能性がある。AIには、こうした状況でどのような行動をとるよう設計すべきであろうか⁽⁸²⁾。第I章で見たように、国内外において、最適な判断を設計に組み込むためには、倫理的規範を、透明性を維持しながら社会的に議論、検討する必要があることが指摘されている⁽⁸³⁾。前出（第I章の2(3)）の米国電気電子学会の報告書も、自律的知能システムへの価値の埋め込みにおいては、①そのシステムが使われるコミュニティと担うタスクに求められる規範を特定すること、②社会の規範の変化に対応できるようにすること、③異なる規範が衝突する場合の解決法を特定するとともにそれを透明に提示することなどが必要になると指摘している⁽⁸⁴⁾。

トロッコ問題に対応するために、自動運転車が何を犠牲にし何を守るように設計するかについて、平野晋・中央大学教授は、学際的知見を結集しつつ、透明性のある社会的合意形成の努力が必要であるという観点から、AIの設計を全てメーカーが作り込むのではなく、社会要請の反映部分を残すことで世論の振れ幅を吸収する必要性などを指摘している⁽⁸⁵⁾。また、村上祐子・東北大学准教授は、トロッコ問題は、人間にもAIにも解決できない問題の実例として対処すべきであり、AIが全能でないことについて、科学コミュニケーション⁽⁸⁶⁾に基づく社会的合意形成が必要であると述べている⁽⁸⁷⁾。

トロッコ問題

もともと、英国の哲学者フィリッパ・フット（Philippa Foot）が着想し、米国の哲学者ジュディス・ジャーヴィス・トムソン（Judith Jarvis Thomson）が定式化した思考実験である。典型的なトロッコ問題では、次の2つのことが対比されて問われる。

- ①あなたが線路のそばを散歩していると、コントロールを失ったトロッコ電車が近付いてきた。線路の先では5人の作業員が作業しているが、電車に気付いていない。このままだと5人は電車にひかれて死んでしまう。その時、あなたは、近くに、電車を支線に引き込むレバーがあることに気付いた。しかし、支線では1人の作業員が作業をしており、線路を切り替えると、その1人がひかれて死んでしまう。このとき、あなたは、レバーを引いた方がよいか。
- ②あなたが線路を見下ろす橋の上にいると、コントロールを失ったトロッコ電車が近付いてきた。線路の先では5人の作業員が作業しているが、電車に気付いていない。このままだと5人は電車にひかれて死んでしまう。その時、あなたは、近くに、太った男が下の方をのぞいていることに気付いた。あなたがその男を線路に突き落とせば、電車は止まるが、その男は死んでしまう。あなたは小柄なので、飛び降りても電車は止まりそうにない。このとき、あなたは、太った男を突き落とす方がよいか。

2つの状況でどのような選択をすべきかについて、「功利主義」に基づけば、「最大多数の最大幸福」が達成される帰結をもたらす行為が正しいと考えて、5人を救うために、①ではレバーを引き、②では男を突き落とすことになる。一方、（道徳的義務を守る）カント主義的な義務論に立てば、「目的を実現するために、他人を手段としてはならない」と考えて、①でレバーを引いても、②で5人を救うための手段として1人を殺す（=男を突き落とす）行為はとらない。

（岡本裕一郎『思考実験—世界と哲学をつなぐ75問—』筑摩書房，2013，p.163参照）

⁽⁸²⁾ レベル4以上の自動運転を実用化できる技術レベルにあるならば、トロッコ問題のような二者択一を迫られるよりも前の段階で危険を回避することができるため、二者択一の状況に即座に陥る可能性は少ないのではないかと、という意見もある（西村直人『2020年、人工知能は車を運転するのか—自動運転の現在・過去・未来—』インプレス，2017，p.278.）。一方、異常事態は無視できるほど小さな確率でしか起きないという仮定の上で設計されていても、現実世界ではそれよりもかなり高い確率で異常事態が起きるため、最後の詰めとも言える難問への対策をきちんと整えておく必要がある、という意見もある（小林雅一『AIの衝撃—人工知能は人類の敵か—』講談社，2015，pp.54-56.）。

⁽⁸³⁾ 平野晋「[ロボット法]と自動運転の「派生型トロッコ問題」—主要論点の整理と、AIネットワークシステム「研究開発8原則」—」『NBL』1083号，2016.10.1，p.30.

⁽⁸⁴⁾ Institute of Electrical and Electronic Engineers, *op.cit.* (20), pp.36-41.

⁽⁸⁵⁾ 平野 前掲注⁽⁸³⁾, p.37; 「ロボット・AIの社会的影響」(8) 中央大学教授・平野晋氏『日刊工業新聞』2016.7.13.

⁽⁸⁶⁾ 科学コミュニケーションとは、例えば、「個人々人ひいては社会全体が、科学を活用することで豊かな生活を送るための知恵、関心、意欲、意見、理解、楽しみを身につけ、サイエンスリテラシーを高めあうことに寄与するコミュニケーション」(渡辺政隆「サイエンスコミュニケーションのはじまり」国立科学博物館編『科学を伝え、社会とつなぐサイエンスコミュニケーションのはじめかた』丸善出版，2017，p.1.)と定義される。

トロッコ問題に関して、人々の意識を調査する研究も行われている。ジャン・フランソワ・ボンヌフォン (Jean-François Bonnefon) らの米国での調査によると、緊急時には犠牲者を最小にする (= 進路上の 10 人を救うために、進路を変えて 1 人をはねる又は乗員が犠牲になる) 功利主義的な自動運転車が人々の支持を集めたが、自らがそのような自動運転車を購入する意欲は低く、そのような走行を自動運転車に義務付ける規制にも否定的な者が多かった⁽⁸⁸⁾。ゆえに、功利主義的な自動運転車を製造させる規制の必要性は認められるが、そうした規制は事故死者数を減少させるはずの自動運転車の普及に逆効果になるというジレンマがあると指摘している⁽⁸⁹⁾。我が国では、河島茂生・青山学院女子短期大学准教授らの調査で、自動運転車が功利主義的に走行することが人々に肯定的に受け止められるとともに、自動運転車がそのような走行をする共通ルールを設けることに対する支持も比較的高いなどの結果が示されている⁽⁹⁰⁾。

おわりに

センサーや AI 等の技術の進歩に伴って、自動化レベルの高い自動運転が実用化されることが期待される。しかし、自動運転の導入によって自動車事故の死傷者数が減っても、原因解明のできない事故や、社会の倫理感に沿わない事故が発生することになれば問題である。新しい技術は、その弊害を解消する努力をした上で、人間の生活を豊かにするために使われるべきである。自動運転が人間社会にどのような影響を及ぼすのかを十分に検討し、懸念されることを産学官が連携して取り除く取組が求められる。

(しみず なおき)

(87) 村上祐子「トロッコ問題解決を人工知能に求められるか?」『電子情報通信学会技術研究報告』116 巻 290 号, 2016.11.7・8, p.80.

(88) Jean-François Bonnefon et al., "The Social Dilemma of Autonomous Vehicles," *Science*, Vol.352 Issue 6293, 2016.6.24, pp.1573-1576.

(89) *ibid.*

(90) 河島茂生ほか「自動運転車の「トロッコ問題」などに関する意識：日本に居住する人に対する質問紙調査を通じて」2017 年社会情報学会 (SSI) 学会大会発表資料, 2017.9.17. 駒澤大学ウェブサイト <<http://gmshattori.komazawa-u.ac.jp/ssi2017/wp-content/uploads/2017/07/10.pdf>>