

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	第2部 分野別の動向
他言語論題 Title in other language	Part2 AI Trends by Domain
著者/所属 Author(s)	藤田 卓仙 (HUIJITA Takanori) / 慶應義塾大学医学部 特任助教 ほか
書名 Title of Book	人工知能・ロボットと労働・雇用をめぐる視点: 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Perspectives on Artificial Intelligence/Robotics and Work/Employment)
シリーズ Series	調査資料 2017-5 (Research Materials 2017-5)
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	2018-03-30
ページ Pages	43-86
ISBN	978-4-87582-814-3
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
キーワード keywords	—
摘要 Abstract	医療、介護等8分野について、各分野の専門家が人工知能・ロボットを課題解決に活用している事例を紹介し、その倫理的・法的・社会的な影響にも触れる。

調査報告書『人工知能・ロボットと労働・雇用をめぐる視点』は、国立国会図書館調査及び立法考査局による科学技術に関する調査プロジェクトの一環として、外部に委託し実施した調査研究の成果報告書です。掲載した論文等は、全て外部調査機関及び外部有識者によるものです。国立国会図書館の見解を示すものではありません。

第2部 分野別の動向

【要 旨】

AI・ロボットは様々な分野で現在使われている。第2部では、AI・ロボットの導入事例が多いとされる医療、介護、芸術・デザイン、教育、接客サービス、輸送・移動、農業、治安・セキュリティの8分野について、日本の事例を中心に取り上げる。また、コラムとして軍事利用の海外事情と将棋界でのAIの扱いも紹介する。既にAI・ロボットが導入されている事例を紹介することは、今後AI・ロボットが浸透していく他分野への示唆となるであろう。

本報告書では、AI・ロボットを道具として利用する「専門家」の雇用・労働に焦点を絞っている。そのため、患者や消費者などのエンドユーザーに関する記述は、最小限にとどめる。第2部で取り上げる専門家は、具体的には、医師、介護士（ただし家族が担う部分が少なくないことに留意が必要である。）、クリエイター、教師、サービス業従事者、ドライバー、農家、警察・警備員、軍人や棋士である。AIが今後、様々な領域で使われるようになることを念頭に置き、職場に浸透してくるAI・ロボット技術を各領域の専門家がどのように利用しているのかを整理する。

また、本報告書は、技術は社会的課題などの文脈やニーズとの相互作用の中で利用されるという視点に立つ。このため、第2部では、各分野において、技術がどのように使われるかという視点からではなく、①日本で当該分野が抱える課題や社会・産業構造や理念などの背景、②その課題に対して技術以外にも制度的あるいは社会的な対応策があることを概説した上で、③AI・ロボットや情報通信技術（ICT）などを活用した具体的事例を幾つか紹介する。最後に、④技術と社会の相互作用の結果生じる法的、社会的、倫理的課題などの論点を整理し、技術だけでは解決が難しい課題も紹介する。

I 医療

1 医療分野の政策課題

日本は世界の中でも少子高齢化が進んでいる。国立社会保障・人口問題研究所によると、総人口は減少する一方で高齢化率は上昇を続けており、2065年には総人口の約4人に1人が75歳以上の後期高齢者になると推計されている⁽¹⁾。少子高齢化に伴い、社会保障給付費や医療費は増加する傾向にある。厚生労働省によると、2015（平成27）年度の国民医療費は約42兆円（推計）であるが、毎年伸び続けており⁽²⁾、2025年度には61兆円に達する見込みである⁽³⁾。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、2018（平成30）年2月15日である。

(1) 国立社会保障・人口問題研究所『日本の将来推計人口—平成28(2016)～77(2065)年—』(人口問題研究資料336号) 2017.7.31, p.230. <http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp29_ReportALL.pdf>

(2) 厚生労働省「平成27年度国民医療費の概況」2017.9.13, p.12. <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/15/dl/data.pdf>>

(3) 例えば、厚生労働省保健局総務課「医療保険制度改革について」2015.6.19, p.4. <<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12600000-Seisakutoukatsukan/0000089357.pdf>> なお、健康保険組合連合会「2025年度に向けた国民医療費等の推計」2017.9, p.2. <http://www.kenporen.com/include/press/2017/20170925_1.pdf> では57.8兆円とされている。

医療費増大の背景には、戦後の医療技術が急性期治療を中心に進歩したこと等により平均寿命が延びたことと、疾病構造として悪性新生物（がん）、心疾患、脳血管疾患の三大疾病⁽⁴⁾や糖尿病等の慢性疾患が増加したことがある。これらの疾病は、生命を奪うだけでなく、身体の機能や生活の質の低下を引き起こすケースも多い。これら疾病の発症や進行には、食習慣、運動習慣、飲酒、喫煙、ストレスといった生活習慣との関連が指摘されており、その予防に向けて、継続的な生活習慣の改善や健康増進への取組が有効と考えられている⁽⁵⁾。

今後の超高齢社会を支えるためには、医療従事者を確保し、医療の質を維持しつつ効率的な医療を提供することが求められる。また、一方で、医療・介護を含めた「健康寿命の延伸」に関わる産業には、成長産業としての期待も寄せられている。「新成長戦略」（平成22年6月18日閣議決定）では、医療・介護・健康関連産業が日本の成長けん引産業と位置付けられ、安全性の担保や品質の向上を図りながら、多様な製品・サービスが提供できる体制及び仕組みを構築し、民間事業者からの新規参入を促す方針が明らかにされ、2020年までの目標として、約50兆円規模の市場を創出し、284万人の雇用を生み出すことが掲げられた⁽⁶⁾。「未来投資戦略2017」（平成29年6月9日閣議決定）においても「健康寿命の延伸」分野は我が国の政策資源を集中投入する5つの分野の1つ目として挙げられおり、遠隔診療や人工知能（Artificial Intelligence: AI）の活用によって「質の飛躍的向上、医師・患者の負担軽減」を目指すとされている⁽⁷⁾。

2 医療従事者の確保とAI・ロボットの活用

(1) 医療従事者の確保と働き方改革

1980年代には、医療費増大の一因として医師の過剰が指摘され⁽⁸⁾、医学部定員の削減が実施されるとともに医師の適正配置が検討されたが、近年は医師の過重労働がしばしば問題となっている⁽⁹⁾。医師の労働時間は極めて長い上、応召義務の制度がある一方⁽¹⁰⁾、労働と研修の区別の難しさ⁽¹¹⁾などがあり、OJT（On the Job Training）により学び続ける環境も必要とされる。自己犠牲と先の見えにくいキャリアを強いる働き方であり、従来の診療は、医師、看護師その他の医療スタッフを含む医療従事者の自己犠牲によって確保されてきたことが指摘されている⁽¹²⁾。

こうした状況を受けて、医師不足又は医師偏在への対策として、地域枠等の創設による医学

(4) このうち、脳血管疾患は急性期治療の進歩等から人口当たり死者数は減少しているが、慢性疾患としての患者数は多く、2015（平成27）年度医療費は約1.8兆円と依然としてインパクトが大きい（厚生労働省 前掲注(2), p.19）。

(5) 九州大学による福岡県久山町での「久山町研究」〈<http://www.hisayama.med.kyushu-u.ac.jp/>〉等多くの疫学研究がなされている。

(6) 「新成長戦略—「元気な日本」復活のシナリオ—」（平成22年6月18日閣議決定），pp.18-20. 首相官邸ウェブサイト〈<https://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>〉

(7) 「未来投資戦略2017—Society 5.0の実現に向けた改革—」（平成29年6月9日閣議決定），pp.7-9. 同上〈https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_t.pdf〉

(8) 吉村仁「医療費をめぐる情勢と対応に関する私の考え方」『社会保険旬報』No.1424, 1983.3.11, p.13.

(9) 関西医科大学研修医（1998（平成10）年）、都内小児科医（1999（平成11）年）、都内産婦人科研修医（2015（平成27）年）、新潟市民病院研修医（2016（平成28）年）等、医師の過重労働関連の事件が発生している。

(10) 「診療に従事する医師は、診察治療の求があつた場合には、正当な事由がなければ、これを拒んではならない。」医師法（昭和23年法律第201号）第19条第1項。

(11) 1998（平成10）年の関西医科大学研修医過労死事件をめぐっては「研修医も労働者」であることが判示された。平成17年6月3日最高裁判所第二小法廷判決 最高裁判所民事判例集第59巻5号938頁

(12) 新たな医療の在り方を踏まえた医師・看護師等の働き方ビジョン検討会「新たな医療の在り方を踏まえた医師・看護師等の働き方ビジョン検討会報告書」2017.4.6, pp.4, 11. 厚生労働省ウェブサイト〈<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000161081.pdf>〉なお、看護師の過労死事件も国立循環器病センター（2001（平成13）年）、東京都済生会中央病院（2007（平成19）年）等で発生している。

部定員増が図られ⁽¹³⁾、長年抑制されていた医学部も新設された⁽¹⁴⁾。医師以外の看護師等の職域拡大によるチーム医療⁽¹⁵⁾の推進も図られ、2015（平成27）年には医師又は歯科医師の判断を待たずに、手順書により一定の診療の補助（例えば脱水時の点滴（脱水の程度の判断と輸液による補正）など）を行う看護師の養成⁽¹⁶⁾が開始された。さらに、医療従事者の労働状況の実態⁽¹⁷⁾に基づき、働き方改革等の検討が進められている⁽¹⁸⁾。

(2) 医療分野における AI・ロボットの活用に関する検討

医療分野における AI・ロボットの活用は、医療の情報化の進展とともに様々な適用可能性が検討されてきた。具体的には、問診・検査等の情報収集支援、収集した情報に基づく診断及びその支援、治療計画（ゲノム医療を含む）の立案、治療（ロボットを含む）の実施、創薬、医療の質向上・効率化・業務負担軽減、新たな医学知識（疾患概念等）の生成、予防・早期発見、認知症等の見守りなどである。

その一方で、既に1970年代には医療におけるコンピュータの導入に関して、医師の労働を奪うなどの点から一部で大きな反対があった⁽¹⁹⁾。また、1970年代に開発されたエキスパートシステム⁽²⁰⁾を医療で活用する試みである、スタンフォード大学が開発した「マイシン（Mycin）」は、伝染性の血液疾患を診断し、推奨される薬物療法を示すもので、少なくとも非専門医より良い結果が示されたが⁽²¹⁾、倫理・法律上の問題（エラー時の責任等）から実用化には至らなかった⁽²²⁾。

現在は、医療の質の向上、医療現場の負担軽減・効率化のため、AIを含めた情報通信技術（Information and Communication Technology: ICT）の利活用が期待されている⁽²³⁾。特に、深層学習

(13) 文部科学省「平成30年度医学部入学定員増について」2017.10.16. 文部科学省ウェブサイト〈http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/10/16/1397261_2_1.pdf〉

(14) 2016（平成28）年に38年ぶりの医学部新設がなされ、東北医科薬科大学医学部が開設された。2017（平成29）年には国際医療福祉大学医学部が開設された。

(15) 医療に従事する多種多様な医療スタッフが、各々の高い専門性を前提に、目的と情報を共有し、業務を分担しつつも互いに連携・補完し合い、患者の状況に的確に対応した医療を提供すること。厚生労働省「チーム医療の推進について（チーム医療の推進に関する検討会報告書）」2010.3.19. 〈<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/03/dl/s0319-9a.pdf>〉

(16) 「特定行為に係る看護師の研修制度の概要」厚生労働省ウェブサイト〈<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000070423.html>〉

(17) 厚生労働科学特別研究「医師の勤務実態及び働き方の意向等に関する調査」研究班・厚生労働省医政局「医師の勤務実態及び働き方の意向等に関する調査」2017.4.6. 〈<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000163402.pdf>〉 また、「医療従事者の需給に関する検討会」厚生労働省ウェブサイト〈<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei.html?tid=315093>〉では医師、看護職員、理学・作業療法士の各職種について需給推計が検討されている。

(18) 「医師の働き方改革に関する検討会」同上〈<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei.html?tid=469190>〉；「社会保障審議会（医療保険部会）」同〈<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/shingi-hosho.html?tid=126706>〉；筒井富美「フリーランス医師が提言する医師の働き方改革」西村周三監修『医療白書 2017-2018年版』日本医療企画、2017、pp.145-153。

(19) 「医療情報システム学」2016.4.7、pp.6-7. 東京大学大学院医学系研究科・医学部ウェブサイト〈<http://www.m.u-tokyo.ac.jp/medinfo/wp-content/uploads/2014/10/SPH2016-04-07handoutUP1.pdf>〉

(20) 専門家の知識をコンピュータに記憶させ、それに基づいた推論・問題解決を行わせる AI のシステム。

(21) Bruce G. Buchanan and Edward H. Shortliffe, *Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1984, pp.592-593.

(22) 同様のコンピュータプログラムの臨床利用に関する1985年時点での倫理的・法的課題に関して、Randolph A. Miller et al., "Ethical and Legal Issues Related to the Use of Computer Programs in Clinical Medicine," *Annals of Internal Medicine*, Vol.102 No.4, 1985.4, pp.529-536.

(23) 保健医療分野における ICT 活用推進懇談会「ICTを活用した「次世代型保健医療システム」の構築に向けて—データを「つくる」・「つなげる」・「ひらく」—」2016.10.19. 厚生労働省ウェブサイト〈http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000140306.pdf〉

(ディープラーニング)等の技術の進展により、医療分野におけるAI活用の可能性が広がっている。厚生労働省の保健医療分野におけるAI活用推進懇談会は、「画像診断支援」、「医薬品開発」、「手術支援」、「ゲノム医療」、「診断・治療支援」及び「介護・認知症」の重点6領域におけるAI開発を進める方針を示した⁽²⁴⁾。また、同省の新たな医療の在り方を踏まえた医師・看護師等の働き方ビジョン検討会は、深層学習等の技術を医療にも取り込むことや、AIによる精度の高い画像診断や、センサー技術による見守りロボットの実用化など、医療現場で活用され得る技術革新の推進を求めている⁽²⁵⁾。

3 具体的事例

以下では、上述の重点6領域のうち、「画像診断支援」、「ゲノム医療」、「診断・治療支援」及び「手術支援」におけるAI・ロボットの活用状況、働き方への影響と課題を見ていく⁽²⁶⁾。

(1) 画像診断支援

画像診断支援は、深層学習の活用が期待される分野であり、放射線科や病理、皮膚科、眼科、内視鏡等各分野で臨床応用が進んでいる⁽²⁷⁾。また、日本医療研究開発機構(AMED)は、各分野の学会において画像データベースを構築し、AIによる利活用の推進を目指す事業を実施している⁽²⁸⁾。

従来は医師が自らこうした画像を見て判断・診断をしていたが、AIの活用により、それら

(24) 保健医療分野におけるAI活用推進懇談会「保健医療分野におけるAI活用推進懇談会報告書」2017.6.27. 厚生労働省ウェブサイト<<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10601000-Daijinkanboukouseikagakuka-Kouseikagakuka/0000169230.pdf>>

(25) 新たな医療の在り方を踏まえた医師・看護師等の働き方ビジョン検討会 前掲注(12), p.39.

(26) 「介護・認知症」のうち介護に関しては「II 介護」を参照。「医薬品開発」に関しては、AI・ロボットの活用に関与する雇用・労働上の課題は小さいため本稿では詳細には紹介しない(ちなみに「ゲノム医療」の一環としてAI・ロボットを用いた創薬が期待されている)。重点領域外では、医療政策立案、病院内の人の流れの効率化、経営の効率化のためのAI活用等がある。なお、公共的分野でのAI活用に関しては慎重な意見もある(例えば、Julia Powles and Hal Hodson, "Google DeepMind and healthcare in an age of algorithms," *Health and Technology*, Vol.7 No.4, 2017.12, pp.351-367. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12553-017-0179-1.pdf>>))。

(27) 研究例としては、例えば次のものが挙げられる。Varun Gulshan et al., "Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs," *JAMA*, Vol.316 No. 22, 2016.12.13, pp.2402-2410. <<https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2588763>>; Andre Esteva et al., "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks," *Nature*, Vol.542(7639), 2017.1.25, pp.115-118; Daniel Shu Wei Ting et al., "Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes," *JAMA*, Vol.318 No.22, 2017.12.12, pp.2211-2223; Satoki Shichijo et al., "Application of Convolutional Neural Networks in the Diagnosis of Helicobacter pylori Infection Based on Endoscopic Images," *EBioMedicine*, Vol.25, pp.106-111; Neeraj Kumar et al., "A Dataset and a Technique for Generalized Nuclear Segmentation for Computational Pathology," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol.36 No.7, 2017.7, pp.1550-1560; Babak Ehteshami Bejnordi et al., "Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women With Breast Cancer," *JAMA*, Vol.318 No. 22, 2017.12.12, pp.2199-2210. 企業では、例えば、Enlitic社<<https://www.enlitic.com/>>、Arterys社<<https://arterys.com/>>、Infervision社<<http://www.infervision.com/infer-en>>、NVIDIA社<<http://www.nvidia.com/>>等の取組がある。また、内視鏡へのAIの活用に関する記事として、大下淳一「内視鏡がAIで賢くなるってホント?」2017.9.25. 日経テクノロジーオンラインウェブサイト<<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/feature/15/030200065/092100010/>>など。

(28) 日本医学放射線学会、日本病理学会、日本消化器内視鏡学会、日本眼科学会において画像データベース構築が進められている。末松誠「国立研究開発法人日本医療研究開発機構の取組と課題(別紙集)」(平成29年度第3回研究・経営評議会(平成29年11月8日)資料1-2)2017.11.8, pp.30-31. <<https://www.amed.go.jp/content/000024495.pdf>> また、同研究の一環として、国立情報学研究所(NII)に「医療ビッグデータ研究センター」が設置され、NIIが構築・運用する学術情報ネットワーク「SINET5」を活用した医療画像ビッグデータのクラウド基盤の構築やAI技術による医療画像解析の研究開発が行われている。「医療ビッグデータ研究センターを新設/医療画像情報を収集するクラウド基盤を構築し、AIによる画像解析技術を開発」2017.12.25. 国立情報学研究所ウェブサイト<<http://www.nii.ac.jp/news/release/2017/1225-2.html>>

の医師の業務が大幅に置き換えられることになるものと思われる。ただし、判断に対する責任の観点から、一定以上の精度がAIには求められ、また、当面はあくまで診断支援に用いることにより、医師の責任のもとでの使用に限定される見込みである⁽²⁹⁾。もっとも判断の精度に関しては、既に一般的な医師と同等ないしはそれ以上の精度が実現しているため⁽³⁰⁾、「AIは医師には取って代わらないが、AIを用いない医師はAIを用いる医師に取って代わられるであろう」という指摘がある⁽³¹⁾。

前述した「マイシン」ではAIを用いたプログラムに対する専門家からの信頼性が課題とされていたが、AIの精度を高めることで信頼性も高まることが想定される。ただし、そのためには学習用の画像データの収集と解析に際し大量のデータを要するが、従来そういったデータはAIを用いたプログラムの開発での使用を想定せずに収集されており、個人情報保護の観点から本人同意を取得する方法等が課題となる。また、こうしたAIを用いるプログラムに関しては、学習に伴って精度が変化し続け、その意思決定プロセスが「ブラックボックス」化することがあるため、医療機器としてどのように評価するかも課題とされている⁽³²⁾。

(2) ゲノム医療

ゲノム創薬やプレシジョンメディスン (precision medicine)⁽³³⁾におけるAI活用については、東京大学医科学研究所においてIBMのAI「ワトソン (Watson)」を用いた事例⁽³⁴⁾等、国内外で複数の事例がある⁽³⁵⁾。これらは、大量の論文データやゲノム・エピゲノム⁽³⁶⁾等の生体分子

(29) 保健医療分野におけるAI活用推進懇談会 前掲注24, p.29. ただし、これは画像診断支援に限定しない医行為一般におけるAIの活用についての言及である。

(30) Esteva et al. はAIによる皮膚がんの識別に関し専門医レベルの精度を示している (Esteva et al., *op.cit.* (27)). また、Bejnordi et al. は乳がん転移の有無に関して医師の精度を上回る結果を報告している (Bejnordi et al., *op.cit.* (27)).

(31) 北米放射線学会 (RSNA) でのカーティス・ラングロット (Curtis Langlotz) スタンフォード大学教授の発言。Shaun Sutner, "Radiology AI and deep learning take over RSNA 2017," 2017.11.28. TechTarget SearchHealthIT Website <<http://searchhealthit.techtarget.com/news/450430826/Radiology-AI-and-deep-learning-take-over-RSNA-2017>>

(32) 米国で2016年に成立した「21世紀の治療法」(21st Century Cures Act; P.L.114-255)は、「Sec. 3060. Clarifying medical software regulation.」の中で、医療専門職の臨床上の意思決定を支援する一部のAI等を含むソフトウェアなどについて、食品医薬品局の (Food and Drug Administration: FDA) の規制対象から除外することを定めている。また、FDAは、2017年12月、医療専門職の臨床上の意思決定を支援するソフトウェアなどについて、規制対象の区別を明確化するガイドライン案や、FDAの規制対象である医療機器に位置付けられたソフトウェアの安全性、有効性及び性能を評価する際の原則を定めたガイドラインを発表している。"Statement from FDA Commissioner Scott Gottlieb, M.D., on advancing new digital health policies to encourage innovation, bring efficiency and modernization to regulation," 2017.12.7. FDA Website <<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm587890.htm>>

(33) 精密医療とも訳される。遺伝子情報やライフスタイル等を考慮して、患者の個人レベルで最適な疾病予防や治療を行うものをいう。

(34) 宮野悟「ゲノム解析の今後の鍵となる基盤技術である人工知能について—人工知能の現状並びに将来への課題—」ヒューマンサイエンス振興財団『医療分野におけるビッグデータ並びにICT・AIの利活用の最新動向—創薬並びに個別化医療・先制医療への貢献の道を探る—』2017.3, pp.137-145. <http://www.jhsf.or.jp/paper/report/report_201604.pdf>; 「AI、がん治療法助言 白血病のタイプ見抜く」『日本経済新聞』2016.8.5, p.42.

(35) 平成28年度の日本医療研究開発機構「臨床ゲノム情報統合データベース整備事業」に採択された「ゲノム医療を促進する臨床ゲノム情報知識基盤の構築」では、AI活用を前提にゲノムのデータベースが設計されている。増田克善「京大と富士通、臨床ゲノム統合DBにAIを活用」2016.10.10. 日経テクノロジーオンラインウェブサイト <<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/101004473/>>; 「平成28年度委託研究開発成果報告書 ゲノム医療を促進する臨床ゲノム情報知識基盤の構築」2016.5.31. 日本医療研究開発機構ウェブサイト <https://www.amed.go.jp/content/files/jp/houkoku_h28/0401047/h28_002.pdf> また、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業 (CREST) に採択された「人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発」プロジェクトでは、ゲノムも含めた統合的ながん医療システムの開発が行われている。浜本隆二「人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発」2016.11.29. 国立がん研究センターウェブサイト <https://www.ncc.go.jp/jp/information/pr_release/2016/1129/press_release_20161129_01.pdf> その他、英国のケンブリッジ・キャンサー・ゲノミクス (Cambridge Cancer Genomics) 社 <<http://ccg.ai/>> 等の事例がある。

(36) DNAの塩基配列情報をゲノムと呼ぶのに対し、そのゲノムに施されたそれ以外の情報をエピゲノムと呼ぶ。

情報といった、人の力だけでは扱いきれないデータに対してAIを適用するものであり、雇用を奪うことは想定しにくい、検査の位置付け等が大きく変化するなど働き方への影響はあり得る。

東京大学医科学研究所の事例では「AIが診断を行った」との報道もあったが、実際には最終的な判断は医師が行っており、少なくとも現状では、従来、エビデンスに基づく医療（Evidence Based Medicine: EBM）⁽³⁷⁾として行われてきたことと大きく変わることはない。この事例のようにEBMと同様の目的で大量のデータを効率的に分析するためにAIを用いる場合には、エビデンスとなるデータの集め方と、診断の精度（エビデンスのレベル）が課題となる。将来、医師を全く介在させない、AIのみで医行為⁽³⁸⁾を行うようなサービスが可能になった場合は⁽³⁹⁾、医師の業務を奪う可能性もある。

(3) 診断・治療支援

画像診断やゲノム医療関連以外の領域での診断・治療支援におけるAIの活用事例についても、複数の事例が報告されている。AIの定義にもよるが、AED（自動体外式除細動器）は、電気ショックを対象者に与える必要があるか否かを判断しており、広い意味でのAIを用いた診断・治療支援機器が既に普及しているといえよう。

AIの利用が特に期待されるのは、画像以外では、電子カルテ等のテキストデータ、表情や動作に関する動画データや音声データ、またウェアラブル機器からの日常生活データ等を用いた診断・治療支援⁽⁴⁰⁾や健康管理であり、国内外で様々な取組がなされている⁽⁴¹⁾。

(37) 疫学や統計的なデータ等、最良な科学的な根拠（エビデンス）に基づいて行う医療。

(38) 医師法第17条により、医師のみが医業（医行為を反復継続する意思をもって行うこと）を行うことができる。

(39) AIによる医療相談等、医行為に該当するかどうか曖昧な診断・治療支援と医師法第17条との関係について、2017（平成29）年度から厚生労働省が整理するものとされている。保健医療分野におけるAI活用推進懇談会 前掲注②4, p.32。

(40) 臨床上の治療効果向上のみならず早期退院支援等コスト面での最適化も期待されている。

(41) 本文中に示した事例のほか、Zahi N. Karam et al., “Ecologically valid long-term mood monitoring of individuals with bipolar disorder using speech,” *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, 2014, pp.4858-4862; Colin G. Walsh et al., “Predicting Risk of Suicide Attempts over Time through Machine Learning,” *Clinical Psychological Science*, Vol.5, No.3, 2017.5, pp.457-469; Skyler Place et al., “Behavioral Indicators on a Mobile Sensing Platform Predict Clinically Validated Psychiatric Symptoms of Mood and Anxiety Disorders,” *Journal of Medical Internet Research*, Vol.19 No.3, 2017.3. <<http://www.jmir.org/2017/3/e75/>> といった事例がある。また、AIを手掛ける英国のディープ・マインド（DeepMind）社と英国国民保健サービス（NHS）の取組（“Working with the NHS.” DeepMind Website <<https://deepmind.com/applied/deepmind-health/working-nhs/>>）、日本のFRONTEOヘルスケア社によるがん個別化医療や疼痛診療支援（「より高度かつ良質な医療が期待される時代に、人工知能技術を。」FRONTEOヘルスケアウェブサイト <<https://www.fronteo-healthcare.com/diagnoses/>>）、IBMのAI「ワトソン」を活用し、電子カルテデータから数値化しにくい精神疾患の諸症状をデータ化して適切な診断に導く、大塚デジタルヘルス（大塚製薬と日本IBMが共同出資）の支援ソフト「MENTAT」（「MENTAT（メンタット）とは」大塚デジタルヘルスウェブサイト <<https://www.mentat.jp/jp/service/>>）、心疾患患者の再入院リスクを予測しその根拠を示す日立製作所等が開発したAI（「日立とPartners HealthCareが、AIを用いて心疾患患者の再入院リスクの高精度な予測に成功」2017.12.12. 日立製作所ウェブサイト <<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2017/12/1212.html>>）などの事例がある。診断・治療を直接支援するのではなく、病院滞在時の患者満足度を向上させるものもある。例えばIBMは、AI「ワトソン」を用いたスマートスピーカー（音声による操作が可能なスピーカー）を利用し、病室で簡単な設備の操作や質問に対する回答を行えるようにする取組を進めている。“Thomas Jefferson University Hospitals Plans Cognitive Hospital Rooms powered by IBM Watson Internet of Things,” 2016.10.4. IBM Website <<https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/50692.wss>> その他、iCarbonX社 <<https://www.icarbonx.com/>>、Comarch社 <<https://www.comarch.com/healthcare/>>、Cogito社 <<http://www.cogitocorp.com/>> 等の事例がある。

例えば、慶應義塾大学では、機械学習を活用し、表情・音声・日常生活活動の定量化から精神症状の客観的評価をリアルタイムで届ける機器の開発を進めている⁽⁴²⁾。この開発中の機器はあくまで重症度評価の支援を行うものであり、医師の業務を代替するものではないが、医師や心理士の業務負担を軽減するものである。他の AI を用いた事例と同様、個人情報保護や AI による判断結果に対する信頼性も含めた評価の精度、エラー時の責任の所在、医療者コミュニティでの受入れ、医療機器としての認可や診療報酬上の評価等の扱い、データに関する知的財産権の扱い等が主立った課題となっている。その他、将来的な課題として、医師・患者関係に対する影響、こうした機器を使用する医療従事者への教育、こうした機器を使いたくない（分析されたくない）人の扱い、結果に伴う経済的・社会的差別への対応、こうした機器を医師や心理士以外の一般人が使えるようになった場合の対応、といった課題もある⁽⁴³⁾。これらの課題は、他の事例と共通の課題でもある。

論文やカルテなどのテキスト情報をベースとし、チャットボット（会話を行うプログラム）やロボット（必ずしも言語による会話能力を有さないものも含む）を利用して、問診や健康アドバイス等、患者とのコミュニケーションを行う AI・ロボットの活用事例も複数出てきている。例えば、自治医科大学は、問診等の情報を基に、高い確率で疑われる疾患の診断病名を提示するとともに、推奨される検査や処方情報を電子カルテ上に表示し、医師の診断を支援する AI「ホワイト・ジャック」の研究開発を進めている⁽⁴⁴⁾。また、特に認知症を対象としたロボットの様々な活用が検討されている⁽⁴⁵⁾。

主にテキスト情報を用いる場合、学習データの収集と診断補助の精度が課題となり、技術的には学習対象データの標準化・構造化等に関する問題が大きい⁽⁴⁶⁾。また、ロボットに関しては費用面の課題のほか、利用に際しての心理的な障壁や使用の現実的な効果等の課題がある⁽⁴⁷⁾が、看護や介護も含めた医療業務の負担軽減に寄与するものとして期待される。

(4) 手術支援

外科医や救急医は、手術中に迅速な意思決定を求められることが多いことなどから、精神的・

(42) 「PROMPT (Project for Objective Measures Using Computational Psychiatry Technology)」慶應義塾大学 Integrated Innovation Lab for Psychiatry ウェブサイト (<http://www.prompt-keio.jp/>) ; 岸本泰士郎「プロジェクト「PROMPT」の概要—医療(解析センサー)機器や解析手法の特徴及び人工知能の活用の実例—」ヒューマンサイエンス振興財団 前掲注(34), pp.41-47. 著者(藤田)も当該プロジェクトの一員である。

(43) 著者(藤田)による調査研究結果に基づく。

(44) 「石川鎮清「人工知能(AI)をコアとした総合診療支援システムの開発」『自治医科大学地域医療オープン・ラボ News Letter』Vol.107, 2016.7. (<http://www.jichi.ac.jp/openlab/newsletter/letter107.pdf>) このほか、診断とトリアージ(治療の優先度の決定)を行うチャットボットを提供する英国の babylon 社 (<https://www.babylonhealth.com/>)、対話型健康管理ロボット「Mabu」を提供する米国の Catalia Health 社 (<http://www.cataliahealth.com/>)、日本では、AIを用いた問診システムを提供するユビー(Ubie)社 (<http://www.company.dr-ubie.com/>) 及び NAM 社 (<http://nam-inc.jp/>)、医師のための臨床アドバイス等における AI 活用を研究するエクスメディオ(exMedio)社(「AIで皮膚病診断 実現間近、画像収集カギ」『日経産業新聞』2017.6.30, p.9.)等の事例がある。

(45) ninninPROJECT ウェブサイト (<http://ninnin-project.com/>) ; 「パロとは?」大和ハウス工業ウェブサイト (<http://www.daiwahouse.co.jp/robot/paro/products/about.html>) ; palro ウェブサイト (<https://palro.jp/>) また、介護医療におけるサービスロボットの動向に関しては、総務省編『情報通信白書 平成28年版』2016, pp.156-162. (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/28honpen.pdf>) を参照。

(46) 大江和彦「医療情報やウェアラブル機器からのデータを先制(予防)医療や創薬に活用する可能性と今後の課題」ヒューマンサイエンス振興財団 前掲注(34), pp.21-28.

(47) 総務省 前掲注(45), pp.161-162. 逆に、大阪大学の石黒浩教授らは、自閉症児等では人間よりロボットやアンドロイドに心を開くケースもあると指摘している。中江文ほか「アンドロイドによる医療支援の可能性」『整形・災害外科』Vol.58 No.8, 2015.7, pp.1057-1061.

身体的負担が非常に大きい。また、医師全体の数が2004（平成16）年から2014（平成26）年にかけて増加しているにもかかわらず、外科医の数は減少しており、40歳未満の若手外科医の数も減り続けている⁽⁴⁸⁾。外科医の負担軽減は喫緊の課題であり、その解決にAIやロボットの活用が期待されている。

診断治療支援機器としてのAEDと同様に、内視鏡手術を支援する「ダヴィンチ（da Vinci）」⁽⁴⁹⁾等の、広い意味でのAIを用いた手術支援ロボットは既に実用化されている。さらに、ドイツの「OR.NET」⁽⁵⁰⁾、米国の「Medical Device “Plug-and-Play”」（MD PnP）⁽⁵¹⁾のように「モノのインターネット」（Internet of things: IoT）やロボット技術を用いて手術の最適化を目指すプロジェクトが開始され、日本においても東京女子医科大学の「スマート治療室」（Smart Cyber Operating Theater: SCOT）など「OPeLiNK」を活用した同様の検討がなされている⁽⁵²⁾。これらのプロジェクトでは、医療機器を相互に接続し、センシング技術とコンピューティング技術を使って手術の最適化を図るとともに、手術情報をサーバに格納してビッグデータとして解析し、リアルタイムに最適な意思決定を下せるナビゲーションシステムを構築することが目指されている。

他の分野における労働の機械化同様に、効率化や安全性の向上、精度の向上等が期待される一方で、機械的性能の限界やコストが課題となっている。また、ロボット手術システムの誤作動に伴う損害賠償責任の議論もなされている⁽⁵³⁾。

執筆：慶應義塾大学医学部 特任助教 藤田 卓仙ふじた たかのり

II 介護

1 高齢者介護と介護者

我が国は高齢社会に突入し、介護予防サービス・介護サービスの利用者数は、2013（平成25）年度の約566万人から、2016（平成28）年度の約614万へと増加している⁽⁵⁴⁾。こうした状況に対して介護職員の確保が急務とされているが、2025年には37.7万人の人材需給ギャップ

(48) 厚生労働省「平成26年（2014）医師・歯科医師・薬剤師調査の概況」2015.12.17, pp.36, 40. <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/ishi/14/dl/gaikyo.pdf>>

(49) 米国のインテュイティブ・サージカル社が開発し、2000年にFDAの承認を得て実用化されている。2017年9月現在、全世界で4,271台が導入されている。日本では、2009（平成21）年に医療機器としての薬事承認を得て、2016（平成28）年9月末現在、237台が導入されている。「da Vinciについて」Intuitive Surgical Website <<https://www.intuitivesurgical.com/jp/aboutdavinci.php>>; “Investor FAQ.” Intuitive Surgical Website <<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=122359&p=irol-faq>>; 「da Vinciについて 薬事承認の状況」日本ロボット外科学会ウェブサイト <<http://j-robo.or.jp/da-vinci/yakuji-shonin.html>>; 「da Vinciについて 導入実績」同 <<http://j-robo.or.jp/da-vinci/nounyu.html>>

(50) OR.NET Website <<http://ornet.org/>>

(51) MD PnP Website <<http://www.mdnpn.org/>>

(52) OPeLiNKは、工場で多種のロボットを統合して駆動させるために開発された通信システムを医療用にカスタマイズしたものである。SCOTは、OPeLiNKを用いて各種医療機器を連携・接続させ、手術の進行や患者の状況を統合して把握することにより、手術の精度と安全性を向上させる。日本医療研究開発機構ほか「「スマート治療室」のプロトタイプモデルの完成—IoTを活用した各種医療機器の連携・接続の実証開発の加速化と、治療システムの臨床への適用検討を開始—」2016.6.16. <https://www.amed.go.jp/news/release_20160616.html>

(53) 新保史生「AIの社会実装に向けた法的課題と国民の意識変容」西村監修 前掲注(18), pp.52-56.

(54) 厚生労働省「平成28年度 介護給付費等実態調査の概況」2017.8.31, p.3. <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/16/dl/11.pdf>>

が生じると推計されている⁽⁵⁵⁾。介護職の有効求人倍率は継続して高い傾向にある⁽⁵⁶⁾一方で、主に低賃金、身体的・精神的負担の大きさ、社会的評価の低さ等によって雇用の確保が困難とされ、また人手不足、有給休暇の取りにくさ等の労働条件上の不満も指摘されている⁽⁵⁷⁾。

また、要介護者から見た主な介護者の続柄は、58.7%が同居家族（配偶者25.2%、子21.8%、子の配偶者9.7%）、別居の家族等は12.2%、事業者は13.0%であり、同居介護者のうち66.0%は女性である⁽⁵⁸⁾。介護離職者数（2011（平成23）年10月～2012（平成24）年9月）は10万1100人であり、うち80.3%は女性となっている⁽⁵⁹⁾。

以上のように、介護職員の確保が喫緊の課題である一方で、家族介護（その多くは女性による。）の率が非常に高いという実態がある。1968（昭和43）年に全国社会福祉協議会によって実施された「居宅ねたきり老人実態調査」によれば、当時寝たきり状態にある高齢者は約20万人と推計され、「おもな看病人」は「配偶者（主に妻）」が25.1%、「嫁」が49.8%、「娘」が14.5%であった⁽⁶⁰⁾。一方、2013（平成25）年時点では、介護者の7割が家族又は親族であり、同居家族介護者の割合は、「妻」が28.6%、「娘」が19.1%、「嫁」が17.8%、「女性親族」が3.3%、「夫」が13.9%、「息子」が16.3%、「婿」が0.4%、「男性親族」が0.6%となっている⁽⁶¹⁾。ここからわかることは、介護は家族を中心になされてきたこと自体は変わっていないが、その担い手は、45年間で「嫁」が大きく減少し、実の娘や息子が担う割合が増加したことである。このような介護者に対する支援について、次節にて述べる。

2 介護ロボット機器開発・導入促進の制度的展開

「未来投資戦略2017」⁽⁶²⁾や「ロボット新戦略」⁽⁶³⁾は、ロボット介護機器の国内市場規模を2020年に500億円とする目標を掲げており、経済産業省と厚生労働省を中心に、ロボット介護機器開発による介護者支援も同時に進められている⁽⁶⁴⁾。そこでは、介護従事者の身体的負担の軽減、業務の効率化による介護職の離職率の減少と介護サービスの充実化、そして地域における高齢者の自立した生活への継続支援による地域包括ケアシステム（後述）の実現が目指されている。

(55) 厚生労働省「2025年に向けた介護人材にかかる需給推計（確定値）について」2015.6.24, p.1. <http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-12004000-Shakaiengokyoku-Shakai-Fukushikibanka/270624houdou.pdf_2.pdf>

(56) 2015（平成27）年では、全職業の1.08に対し、介護分野が2.59となっている。厚生労働省社会・援護局福祉基盤課福祉人材確保対策室「福祉・介護人材の確保に向けた取組について」2017.6.7, p.3.（介護人材確保地域戦略会議（第5回）（平成29年6月7日）資料1）<<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12201000-Shakaiengokyokushougaihoken-fukushibu-Kikakuka/0000167734.pdf>>

(57) 経済産業省経済産業政策局産業構造課「将来の介護需要に即した介護サービス提供に関する研究会報告書」2016.3.24, pp.31-32. <<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160324004/20160324004-1.pdf>>

(58) 厚生労働省「平成28年国民生活基礎調査の概況」2017.6.27, p.30. <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/dl/16.pdf>>

(59) 総務省統計局「平成24年就業構造基本調査結果の概要」2013.7.12, pp.72-73. <<http://www.stat.go.jp/data/shugyou/2012/pdf/kgaiyou.pdf>> また、介護者のうち60歳以上の割合が約50%を占めていることから、老老介護の問題も併せて検討する必要がある（同, p.70）。

(60) 石黒チイ子「「居宅ねたきり老人」実態調査実施について」『保健婦雑誌』Vol.24 No.8, 1968.8, pp.26-29.

(61) 齋藤暁子「家族と介護」永田夏来・松木洋人編『入門家族社会学』新泉社, 2017, pp. 65-81. この数字は、国民生活基礎調査の介護票データを基に作成されたものである。

(62) 「未来投資戦略2017」前掲注(7)

(63) 「ロボット新戦略」（平成27年2月10日日本経済再生本部決定）首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/robot_honbun_150210.pdf>

(64) 厚生労働省老健局高齢者支援課・経済産業省製造産業局産業機械課「ロボット技術の介護利用における重点分野」（平成24年11月策定・平成29年10月改訂）<<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-12304250-Roukenkyoku-Koureishashienka/0000180157.pdf>>

(1) 介護福祉施設・事業所を対象とした支援（実証・導入事業）

介護福祉施設・事業所を対象とした代表的な補助事業は以下のとおりである。

「介護ロボット等導入支援特別事業」は、2015（平成27）年度補正予算による単発事業として、価格が20万円超の介護ロボットについて、施設・事業所ごとに92万7000円を上限に導入費用を補助する事業であり、現在は終了している。

「介護ロボットの導入支援及び導入効果実証研究事業」（2017（平成29）年度）は、2016（平成28）年度二次補正予算による単発事業として、介護ロボットの実証研究に協力する施設に、介護ロボット導入に係る導入費（上限200万円）及び調査費（定額30万円）の補助を行うものである。

各都道府県が「地域医療介護総合確保基金（介護分）」⁽⁶⁵⁾によって実施する「介護ロボット導入支援事業」では、その多くが介護ロボット機器1台につき導入経費の2分の1（上限10万円）を補助している⁽⁶⁶⁾。また、石川県小松市（事業所当たり50万円を限度とし、購入で2分の1以内、レンタル・リースで3分の2以内を補助）など、独自の補助率を設定する自治体もある⁽⁶⁷⁾。

なお、厚生労働省は、見守りを支援するロボット（見守りセンサー）が特別養護老人ホームの職員の一部を代替できるとして、2018（平成30）年度介護報酬改定において、センサーを導入した事業者に対して、夜間の人員配置数に応じて加算される介護報酬の加算条件が緩和される見込みであるとしている⁽⁶⁸⁾。

(2) 要介護者を対象とした支援（介護保険制度）

介護ロボット機器について、介護保険制度による要介護度に応じた福祉用具貸与の保険給付の対象となるものがある⁽⁶⁹⁾。介護保険制度における福祉用具貸与件数は用具の種目によって程度の差はあるものの伸び続けている⁽⁷⁰⁾。現在は介護保険制度の保険給付対象とされていない介護ロボット機器についても、今後、貸与や購入の対象として、厚生労働省の介護保険福祉用具・住宅改修評価検討会にて検討される可能性もあるとされている⁽⁷¹⁾。同検討会では、2014（平成26）年度時点において、「コミュニケーションロボット」「見守り型ロボット」「ロボットスーツ」「排泄支援」「移動支援」に関する介護ロボットについて、介護保険の給付対象の可能性も含めて検討対象とするとされている⁽⁷²⁾。2015（平成27）年度以降の同会議では、先述の

(65) 介護施設等の整備及び介護従事者の確保を進めるため、消費税増収分等を財源として都道府県に設置された基金。

(66) 厚生労働省老健局高齢者支援課振興課「「地域医療介護総合確保基金」を充てて実施する事業について（介護分）」（都道府県介護保険主管部（局）宛事務連絡）2015.1.16; 「【平成29年度】介護ロボット導入支援事業における補助金【都道府県別一覧】」2017.10.17更新。介護ロボットONLINEウェブサイト〈<https://kaigorobot-online.com/contents/33>〉

(67) 「介護ロボット普及推進事業費補助金」小松市ウェブサイト〈<http://www.city.komatsu.lg.jp/9468.htm>〉

(68) 「平成30年度介護報酬改定における各サービス毎の改定事項について」（社会保障審議会介護給付費分科会（第158回）（平成30年1月26日）参考資料1）pp.116, 211. 〈http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutou-katsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000192302.pdf〉

(69) 例えば、ロボット技術を搭載した、RT.WORKS社の歩行支援機器「ロボットアシストウォーカー RT.2」がある。「ロボットアシストウォーカー RT.2」RT.WORKS社ウェブサイト〈<https://www.rtworks.co.jp/product/rt2.html>〉

(70) 厚生労働省「平成28年度介護給付費等実態調査の概況」2017.8.31, p.11. 〈<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/kaigo/kyufu/16/dl/11.pdf>〉

(71) 厚生労働省「福祉用具・介護ロボット開発の手引」2014.3, p.10. テクノエイド協会ウェブサイト〈http://www.techno-aids.or.jp/research/robotebiki_mhlw_140922.pdf〉

(72) 「ロボット技術の介護利用における重点分野に関連する福祉用具について」2014.10.28.（介護保険福祉用具・住宅改修評価検討会（平成26年度第1回）（平成26年10月28日）資料5-3）厚生労働省ウェブサイト〈<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/0000094783.pdf>〉

ものに加えて、「服薬支援ロボット」や「認知症徘徊感知機器」なども検討対象とされている⁽⁷³⁾。なお、介護保険制度の貸与対象となっていない介護ロボット機器について、利用者1割負担相当の費用で貸与する事業を実施している自治体もある⁽⁷⁴⁾。

3 介護ロボット機器による介護支援

以下では、介護者支援を目的とした介護ロボット機器のうち、特に人工知能（AI）に関連する「コミュニケーションロボット」と「見守り支援」について述べる。

(1) コミュニケーションロボット

2016（平成28）年、日本医療研究開発機構の「ロボット介護機器開発・導入促進事業」において、介護分野でのコミュニケーションロボットの活用に関する大規模実証試験が実施され、被験者866人のうち約3分の1に、特に介護との関係が深い「セルフケア」と「運動・移動」の分野において改善が見られたとする結果が報告された⁽⁷⁵⁾。

この報告では、コミュニケーションロボットを「状況検知対応型」、「環境・操作反応型」、「介護者代替プログラム実施型」の三つに分類している⁽⁷⁶⁾。「状況検知対応型」とは、被介護者の状態（臥位時間、座位時間、居室在室時間）を検知対象とし、それに対して目的を持って働きかけを行うものである。例えば、インテリボイス社の「エーアイセンス（A・Isense）」は、見守りロボットからの指示を受けて、一定の座位時間を超えた被介護者に運動を促すなどの働きかけを行う⁽⁷⁷⁾。

「環境・操作反応型」とは、ロボットに対する操作（接触、話しかけを含む。）や周囲の環境に応じて反応するものである。また、「介護者代替プログラム実施型」とは、介護者による働きかけ（主にレクリエーション等）をロボットが代替するものである。「環境・操作反応型」と「介護者代替プログラム実施型」にそれぞれ分類される機能の多くは、既に実用化されたロボットの多くに実装されている。例えば、ヴイストン社が開発したコミュニケーションロボット「ソータ（Sota）」に、NTTグループのAI技術「コレボ（corevo）」を用いたコミュニケーション機能等を搭載したものや⁽⁷⁸⁾、富士ソフト社の「パルロ（PALRO）」⁽⁷⁹⁾等が知られている。

パルロについては、既に販売されている業務向けと研究向けに加え、家庭向けの製品化が進められており、家庭向けでは、従来のコミュニケーション機能や遠隔通話機能等に加え、離れ

(73) 「検討を要する福祉用具の種目について」2015.11.9.（介護保険福祉用具・住宅改修評価検討会（平成27年度第1回）（平成27年11月9日）資料5-1）同上〈<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12301000-Roukenkyoku-Soumuka/1109-5-1.pdf>〉

(74) 「介護機器貸与モデル事業について」岡山市ウェブサイト〈http://www.city.okayama.jp/hofuku/hokenfukushiseisaku/hokenfukushiseisaku_00084.html〉

(75) 大川弥生「介護分野におけるコミュニケーションロボットの活用に関する大規模実証試験報告書—ロボット介護機器開発・導入促進事業（基準策定・評価事業）「ロボット介護機器開発に関する調査」—2017.5.31（2017.7.27修正），pp.12-13.「介護ロボットポータルサイト」ウェブサイト〈http://robotcare.jp/wp-content/uploads/2017/07/communi_robota_veri_test_report.pdf〉

(76) 同上，pp.4-7.

(77) 「平成28年度ロボット介護機器開発・導入促進事業（基準策定・評価事業）「ロボット介護機器開発に関する調査」ロボットリスト：エーアイセンス（A・Isense）」日本医療研究開発機構ウェブサイト〈<https://www.amed.go.jp/content/000003893.pdf>〉

(78) 「多様なロボットや利用用途に対応可能なクラウドサービスでロボット市場を活性化—クラウド型ロボットプラットフォームサービス「ロボコネクト」を9月1日より提供開始—」2016.8.30. NTTグループウェブサイト〈<http://www.ntt.co.jp/corevo/topics11.html>〉

(79) 「Parlo」富士ソフトウェブサイト〈<https://palro.jp>〉

て暮らしている家族に利用者の会話等の情報を届ける機能が導入されるという⁽⁸⁰⁾。このような、コミュニケーションロボットへの見守り支援技術の搭載は、「コミュニケーション」と「見守り」を同時に行う点で新規性がある。

(2) 見守り支援

従来の見守り支援技術は、センシング技術を用いて、荷重、動作、体温、音量等の信号の変化から離床、転倒、転落、徘徊を捉えようとするものであった。近年は、それらの情報をAIに認識させ、かつネットワーク上にデータとして蓄積することにより、離床や転倒、転落、徘徊に対する見守りのみならず、予兆動作の検知や行動パターンの把握による予防策立案を可能にする方向で開発が進められている。最近のものとしては、ケア・ダイナミクス社の「OWLSIGHT」⁽⁸¹⁾等が挙げられる。

4 AIによる業務支援

(1) ケアプランの自動作成

ケアプランとは、被介護者とその家族が充実した生活が送れるように、ケアマネジャー（介護支援専門員）が被介護者の健康状態、日常生活動作、本人の要望、家族の生活状況を踏まえて短期・長期目標を立てて作成する介護サービス利用計画のことである。ケアプランの作成に掛かる負担は大きく⁽⁸²⁾、AI技術の導入によってその削減が期待される。

ケアプランを自動作成するITツールなどは、経済産業省の「サービス等生産性向上IT導入支援事業」（IT導入補助金）⁽⁸³⁾の対象となっており、介護に係る負担の軽減が期待されている。

(2) ケアプランの自動作成に関する研究事例

介護事業を行うセントケア・ホールディング社は、2016（平成28）年から、スタンフォード大学AI研究センター及び同大医学研究センターとの間で、ケアプランの作成にAIを適用するための共同研究を実施し、2017（平成29）年3月に報告書を刊行した。この研究では、埼玉県和光市の介護保険利用者（2010～2015年）のデータ（8,595件）を対象に、その要介護認定項目、主治医意見書、週間サービス利用表をデータセットとしてAIに学習させ、このAIに実際のケースを読み込ませて、サービスの利用頻度を出力させた。これを基に作成されたケアプランを評価した結果、介護保険利用者の情報（現病歴、経済状況、生活状況等）、介護予防サービス・支援計画表、予後予測、サービス内容などのデータをより多く学習させる必要性があることや、

⁽⁸⁰⁾ 「パルコ、初の家庭向けを展開へ 利用者の情報を家族へ伝達 富士ソフト」2017.10.12. 介護のニュースサイト「Joint」ウェブサイト〈<http://www.joint-kaigo.com/article-5/pg31.html>〉

⁽⁸¹⁾ 「OWLSIGHT」株式会社ケア・ダイナミクスウェブサイト〈<http://www.care-dynamics.jp/owlight/>〉

⁽⁸²⁾ 例えば、長崎県介護支援専門員連絡協議会の調査によれば、2012（平成24）年時点において、継続利用者の計画書作成には75分、新規利用者の計画書作成には120分かかるとのことである。「国へ提言 ケアマネジメント所要時間 長崎ケアマネ協議会」2012.1.4. シルバー産業新聞ウェブサイト〈http://www.care-news.jp/news/caremana/care_nagasaki_11_12_10.html〉

⁽⁸³⁾ 中小企業・小規模事業者等の生産性向上を実現するため、ITツール（ソフトウェア、サービス等）を導入するための事業費等の経費の一部を補助する事業。「IT導入補助金（平成28年度補正 サービス等生産性向上IT導入支援事業）」サービスデザイン推進協議会ウェブサイト〈<https://www.it-hojo.jp>〉2016（平成28）年度補正予算による事業であるが、2017（平成29）年度補正予算でも同様の事業が実施されることになっている。

自立や自立支援の定義の明確化が必要であることなどの課題が明らかになった⁽⁸⁴⁾。

なお、同社は2017（平成29）年4月、介護現場でのAI活用に向けた新会社であるシーディーアイ社を設立し、同年7月には愛知県豊橋市と共同でAIを利用したケアプラン作成の実証プロジェクトを開始している⁽⁸⁵⁾。

5 介護をめぐる問題点

介護ロボット機器の導入が、介護における介護者・被介護者の身体的・精神的負担の緩和をもたらす可能性がある。その一方で、現状では解決することが容易でない問題もある。そのうち、主要な2点について述べる。

(1) 見守りか監視か

センシング技術による被介護者のモニタリングについては、危険行動の予測と防止というメリットがある一方で、被介護者の自由意思の阻害という問題が指摘されている⁽⁸⁶⁾。さらに、家庭向けパルコのような、コミュニケーションと見守りの両方を支援するようなロボットについては、被介護者のプライバシー権の保護という問題がつかまとう。

介護施設における見守り支援カメラシステムの開発・導入を行う際、県による介護施設の評価項目に「見守りを推進するあまりカメラで監視することがあってはならない」という項目があったため、対象とされた施設が当初その開発・導入に難色を示したという事例が報告されている⁽⁸⁷⁾。この事例が示すように、見守り支援技術の導入における見守りと監視の線引きは対処が難しい問題である。今後の見守り支援技術の開発・導入においても同様の問題が生じると予想される。

(2) 地域包括ケアシステムを軸とした2017（平成29）年介護保険法改正

2017（平成29）年の介護保険法改正⁽⁸⁸⁾により、住まい・医療・介護・予防・生活支援を一体的に提供する地域包括ケアシステムの強化が図られた。特筆すべきは、共生型サービスの導入である。従来は介護保険優先の原則により、高齢者となった障害者は、それまで馴染みのある障害福祉サービスとは異なる介護保険サービス事業所を利用せざるを得ないという問題があった。同改正は、高齢者、障害者という区分けを外し、65歳以上になった障害者も馴染みのある施設での暮らしを継続することが可能になった。また、共生型サービスの導入により地

(84) セントケア・ホールディング「自立支援を促進するケアプラン策定における人工知能導入の可能性と課題に関する調査研究報告書」2017.3, pp.3-4. <http://v4.eir-parts.net/v4Contents/View.aspx?template=ir_material&sid=71259&code=2374>

(85) 増田克善「人工知能によるケアプラン作成の実証事業が開始」2017.7.12. 日経デジタルヘルスウェブサイト <<http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/071108329/?ST=health>>

(86) Noel Sharkey and Amanda Sharkey, "The eldercare factory," *Gerontology*, Vol.58 No.3, 2012.4, pp.282-288.

(87) 杉原太郎ほか「グループホームにおける認知症高齢者の見守りを支援するカメラシステム開発および導入に伴う問題」『社会技術研究論文集』Vol.7, 2010.3, pp.54-65. <https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/7/0/7_0_54/_pdf/-char/ja>

(88) 地域包括ケアシステムの強化のための介護保険法等の一部を改正する法律（平成29年法律第52号）。なお、施行は2018（平成30）年4月1日となっている（同法附則第1条）。

域の実情に合わせて、限りある福祉に携わる人材の適切な活用も目された。しかし、障害者福祉と高齢者介護で必要とされる専門的知識・技法が異なるため、両者に専門性のある介護職員の確保が新たな問題として生じ得る。

共生型サービスにおける介護職の専門性に関する問題が指摘される中、介護ロボット機器やAIが、介護職の業務をどのように代替・支援できるかについては別途議論が必要であろう。

執筆：山口大学国際総合科学部 講師 あきや なおのり 秋谷 直矩

Ⅲ 芸術・デザイン

1 芸術に関わる人々の就労とAI技術

芸術・デザインの分野で創造性を要求される仕事は、AIに代替させることは難しいという指摘がある⁽⁸⁹⁾。その一方で、作曲や演奏、線画への着色、ウェブサイトのデザインなど、制作活動の一部を自動的に行うAIが開発、利用されつつある。AIによる生成物が芸術作品として受け入れられ、市場に流通する可能性⁽⁹⁰⁾や、人間による芸術作品とは異なる新たな美的価値をもたらす可能性を期待する声もある⁽⁹¹⁾。本章では、進行中の研究プロジェクトやサービスの動向を概観した上で、作品の構想を練り制作のプロセスを担うクリエイターへのAIによる影響に焦点を定めて考察する。

クリエイターの働き方は、フリーランス（自営業者）、雇用契約のある者、業務の下請けなど多様であるが、その多くは、低い所得、長い労働時間、社会保障の欠如などに直面し、仕事と生活の両立に苦心している⁽⁹²⁾。

一方、クリエイターの作品を広告・宣伝等に利用している顧客は、伝えたい情報を効果的に発信することを第一の目的としている。例えば作曲の分野では、AI技術を用いれば、誰でもこうした目的に見合った大量の曲を生成できるようになると言われる⁽⁹³⁾。顧客にとって、AIを用いた作曲サービスによって必要な曲が短時間で安く仕上がるのならば、魅力的なものとなり得る。同様のことは、後述するように、作曲以外の分野にも当てはまるであろう。

⁽⁸⁹⁾ Carl Benedikt Frey and Michael Osborne, *The Future of Employment. How susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin Programme on Technology and Employment, 2013, p.26. <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>

⁽⁹⁰⁾ Sarah Cascone, "Google's 'Inceptionism' Art Sells Big at San Francisco Auction," 2016.3.2. artnet news <<https://news.artnet.com/market/google-inceptionism-art-sells-big-439352>>

⁽⁹¹⁾ 中ザワヒデキ「人工知能美学芸術宣言」2016.4.25. 人工知能美学芸術研究会ウェブサイト <<http://aloalo.co.jp/ai-manifesto.html>>

⁽⁹²⁾ 吉澤弥生「アートプロジェクトにおける『労働』」2015.6.9. Explat ウェブサイト <<http://www.explat.org/news/2015/Yoshizawa.html>>

⁽⁹³⁾ Jordan Passman, "Music As A Commodity: Songwriting With Artificial Intelligence," Mar 3, 2017. Forbes Website <<https://www.forbes.com/sites/jordanpassman/2017/03/03/music-as-a-commodity-songwriting-with-artificial-intelligence/>>

2 AIによる芸術作品生成サービス及び研究開発の状況

(1) 音楽・画像等の生成サービス

2010年代半ばから、音楽生成（作曲）⁽⁹⁴⁾、線画への着色や画像加工⁽⁹⁵⁾、ウェブサイトのデザイン⁽⁹⁶⁾など、ユーザーに専門的な知識を要求せず、機械学習・深層学習を用いたシステムによって生成したデータを提供するサービスが国内外に登場している。これらのサービスを使えば、ユーザーは著作権利用料を気にかけず、簡便な操作で一定程度の質を保った音楽データや画像データを自由に生成、発信できる。

(2) 研究開発プロジェクト

個人の趣向や感性に応じた作品の生成を目指す研究開発も進められている。音楽の領域では、東京都市大学・大谷紀子教授の研究グループが個人の選曲から好みに合致した作曲を行うシステムの開発⁽⁹⁷⁾を、大阪大学を中核機関とするセンターオブイノベーション（COI）拠点（「人間力活性化によるスーパー日本人の育成拠点」）が個人の脳波を測定し気分に合わせて作曲を行うシステムの開発⁽⁹⁸⁾を行っている。また、ソニーコンピュータサイエンス研究所が取り組む「Flow Machines」⁽⁹⁹⁾は、既存の楽譜や歌詞といったデータから作曲家個人の持つ様式を抽出し、それを基に新たな音楽を生成するプロジェクトである。

美術分野においても、既存の作家の様式を模倣した画像生成プロジェクトとして、マイクロソフト、オランダのデルフト工科大学及びマウリッツハイス美術館などが共同で取り組む「The Next Rembrandt」⁽¹⁰⁰⁾がある。レンブラント・ファン・レイン（Rembrandt van Rijn）⁽¹⁰¹⁾の作品をスキャンしたデータからその画風を抽出し、新たなレンブラント風肖像画を生成、3Dプリンタで油彩画風に出力した作品が2016年に発表された。

(3) AI生成物の価値

グーグルが開発した「Deep Dream」という画像認識・生成システムを使って生成された作品が、米国のオークションにおいて8000ドルで買い取られた⁽¹⁰²⁾。これはAIの生成物が市場

(94) 音楽生成サービスでは、米国の「Amper Music」や英国の「Jukedeck」といったサービスが代表的である。ジャンル、ムード、演奏時間を選択すると自動的に音楽が生成される。Amper Music Website <<https://www.ampermusic.com/>>; Jukedeck Website <<https://www.jukedeck.com/>>

(95) イラストレーター向けの線画着色サービスの事例として PaintsChainer がある。画像加工の事例としては写真を印象派やキュビズムといった様式を模した画像へ変換する Prisma や Pikazo といったアプリが提供されている。PaintsChainer ウェブサイト <https://paintschainer.preferred.tech/index_ja.html>; “Prisma.” Google Play Website <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neuralprisma&hl=ja>>; “Pikazo – AI Art.” iTunes Website <<https://itunes.apple.com/us/app/pikazo-ai-art/id1100723148?mt=8>>

(96) 例えば、国内では株式会社 HONMONO、国外では The Grid や Wix といった AI によるウェブ制作サービスがある。HONMONO ウェブサイト <<http://honmono.click/>>; The Grid Website <<https://thegrid.io/>>; “The Future of Website Building Is Here.” Wix.com Website <<https://www.wix.com/about/adi-get-access>>

(97) 「人工知能を活用し楽曲自動創作 大谷教授が研究」2016.11.8. 毎日新聞ウェブサイト <<https://mainichi.jp/univ/articles/20161108/org/00m/100/015000c>>

(98) 大阪大学「脳波に基づいて自動作曲を行う人工知能を開発」2017.1.16. 大阪大学 Resou ウェブサイト <http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2017/20170116_1>

(99) Flow Machines Website <<http://www.flow-machines.com>> このプロジェクトで生成されたバツハ風の作品「DeepBach」及びビートルズ風の作品「Daddy's Car」は YouTube で公開されている。

(100) The Next Rembrandt Website <<https://www.nextrembrandt.com/>>

(101) バロック期を代表するオランダの画家（1606-1669）であり、《夜警》（1642）が有名である。

(102) Alex Rayner, “Can Google’s Deep Dream become an art machine?” *Guardian*, 2016.3.28. <<https://www.theguardian.com/artanddesign/2016/mar/28/google-deep-dream-art>>

価値を持つことを示唆する事例と言える。ただし、現状では、これらのサービスや研究開発が人間の作曲家や画家を代替する水準にあるとは考えにくいという声が聞かれる⁽¹⁰³⁾。また、現在、AIの生成物とされているものは、必ずしもAIによって自律的に生成された制作物ではなく、人間による何らかの制作的な寄与がありAIを道具として利用したものであることが指摘されている⁽¹⁰⁴⁾。例えば「Flow Machines」の生成物として公開されたビートルズ風の音楽作品も、人間の作曲家によって編曲されたものである⁽¹⁰⁵⁾。

このように、AIの生成物が、人間の作品と同等に芸術的に価値があると結論付けるのは、まだ早いように思われる。とはいえ、今後AI技術が更に進展した場合、特に技術面において、自動生成で作りに上げられる作品の品質がクリエイターを上回れば、あえて人に制作させる必要はなくなる。長期的に見れば、クリエイターが活躍の場を確保するためには、独自の個性や作風といったAIが生み出せない何らかの付加価値を見いだす必要がある。

3 著作権問題

著作権の問題は、AIを用いて生成された作品群がクリエイターに及ぼす影響の1つと考えられる。国内では、知的財産戦略本部の「新たな情報財検討委員会」などにおいて盛んに議論されている⁽¹⁰⁶⁾。

日本の著作権法（昭和45年法律第48号）は、著作物を「思想又は感情を創作的に表現したものであつて、文芸、学術、美術又は音楽の範囲に属するものをいう。」と規定している。AIはそうした心の動きを持たないためAIによる生成物に著作権は生じないとされる⁽¹⁰⁷⁾。では、AI生成物の全てに著作権がないのか。1993（平成5）年に著作権審議会が発表した「コンピュータ創作物関係報告書」では、システムが自律的に生成した作品に著作権は生じないが、人間が道具としてシステムを使う場合は操作者に著作権が付与されるという方針が示されている⁽¹⁰⁸⁾。

国外の個別事例に目を向けると、英国のAIによる音楽生成サービス「Jukedeck」は、著作権は「Jukedeck」に属するが、ユーザーはAI生成物を無料で使用できる。ただし、その著作権を「Jukedeck」から買い取ることもできる⁽¹⁰⁹⁾。また、芸術家ハロルド・コーエン（Harold

⁽¹⁰³⁾ 例えば、「現時点においては、市場に流通している音楽のクオリティを完全自動作曲で実現しているものは見当たりません。」（山田洋路「急成長を遂げるAI作曲、コモディティ化する音楽の未来」2017.5.2. EYS音楽教室ウェブサイト〈http://www.eys-musicschool.com/media/ai_musiccomposition/〉）といった反応がある。

⁽¹⁰⁴⁾ 知的財産戦略本部検証・評価・企画委員会新たな情報財検討委員会「新たな情報財検討委員会報告書—データ・人工知能（AI）の利活用促進による産業競争力強化の基盤となる知財システムの構築に向けて—」2017.3, pp.25-26. 首相官邸ウェブサイト〈http://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/kensho_hyoka_kikaku/2017/johozai/houkokusho.pdf〉

⁽¹⁰⁵⁾ 「Daddy's Car」の公開用動画に付された解説には、「Flow Machines」によって生成された曲にフランスの作曲家ブノワ・カレ（Benoît Carré）が作詞と編曲を手掛けたことが記されている。「Daddy's Car: a song composed by Artificial Intelligence - in the style of the Beatles。」YouTube Website〈https://www.youtube.com/watch?v=LSHZ_b05W7o〉

⁽¹⁰⁶⁾ 知的財産戦略本部検証・評価・企画委員会新たな情報財検討委員会 前掲注⁽¹⁰⁴⁾

⁽¹⁰⁷⁾ 大谷卓史「人工知能芸術著作権—芸術が思想・感情の表現でないとしたら、なぜ人間の創造性の産物といえるのか—」『情報管理』Vol.60 No.8, 2017.11, p.594. 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/60/8/60_594/_pdf-char/ja〉

⁽¹⁰⁸⁾ 文化庁「著作権審議会第9小委員会（コンピュータ創作物関係）報告書」1993.11. 著作権情報センターウェブサイト〈http://www.cric.or.jp/db/report/h5_11_2/h5_11_2_main.html〉なお、2016（平成28）年の知的財産戦略本部の報告書でも、同じことが確認されている。知的財産戦略本部検証・評価・企画委員会次世代知財システム検討委員会「次世代知財システム検討委員会報告書—デジタル・ネットワーク化に対応する次世代知財システム構築に向けて—」2016.4, p.22. 〈https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/tyousakai/kensho_hyoka_kikaku/2016/jisedai_tizai/hokokusho.pdf〉

⁽¹⁰⁹⁾ 「Jukedeck」のライセンス規約3.3.7には、生成した音楽の著作権は開発元の「Jukedeck」に属することが、同3.4.1には著作権を「Jukedeck」から購入した場合、曲の所有権は「Jukedeck」からユーザーに譲渡されることが記載されている。「Licensing」Jukedeck Website〈<https://www.jukedeck.com/licensing>〉

Cohen) が作成した AI 描画プログラム「アーロン (AARON)」によって描かれた絵画を収蔵する英国のビクトリア&アルバート美術館では、その著作権の所持者である作者をコーエン、使用した画材・技法をアーロンとしてウェブサイトで紹介している⁽¹¹⁰⁾。絵画の作者はシステムを開発し操作した人間であるとする判断である。

なお、英国の「1988年著作権、意匠及び特許法」(Copyright, Designs and Patents Act 1988 (1988 c. 48)) は、人間の創作者が存在しない状況において、コンピュータにより生成された文芸、演劇、音楽又は美術の作品について、作品の創作に必要な準備を行った者の著作とみなすと規定し、コンピュータ生成物に著作権を認めている(第9条第3項及び第178条)⁽¹¹¹⁾。ただし、作品の創作に必要な準備とは何かは明示されておらず、AIの関与した度合いによって、判断が異なる可能性も否定できないため、著作権の所在は慎重に検討される必要がある⁽¹¹²⁾。

加えて、クリエイターにとって問題となり得るのは、自身の著作物がAIの学習データに使用される場合である。日本では、2017(平成29)年2月、「文化審議会著作権分科会法制・基本問題小委員会中間まとめ」において、AIの学習用データとして他人の著作物を利用することは、必ずしもその著作権の所持者の利益を害するものではなく、権利制限の対象となり得るという見解が示されている⁽¹¹³⁾。同報告書では、これに伴い、学習元データのアーカイブ化やその公開の必要性を指摘している。その一方で、一部のデータを有償で提供するビジネスが存在するなど、統一的なルールでデータをオープン化することは難しく、公開されるべきデータとそうでないデータを分野ごとに検討するなど、きめ細かな制度を整備する必要性が指摘されている⁽¹¹⁴⁾。

4 これからの人間のクリエイターとAIの関わり

クリエイターのAI技術に対する関与の仕方は、少なくとも次の3点が挙げられよう。①芸術分野で応用できるAI開発の一端を担う、②AI技術を自分の制作の道具として利用する、③制作の仕事を請け負う際に競合する。

かつて写真と絵画が互いの作風に影響を及ぼし、一部の肖像画家が衰退したように、AIによる芸術分野の生成物とクリエイターによる芸術作品も、互いに影響を及ぼし合い、その表現内容や仕事の在り方を変えることが予想される。クリエイターはAIでは達成されない「何か」を一層求められるようになるであろう。

執筆：北海道大学大学院文学研究科 専門研究員 西條 玲奈 さいじょう れいな

⁽¹¹⁰⁾ “0305-03.” V&A Search the Collections Website <<http://collections.vam.ac.uk/item/O114802/0305-03-print-cohen-harold/>>

⁽¹¹¹⁾ 同法の日本語訳として、大山幸房・今村哲也訳「外国著作権法令集(53) —英国編—」著作権情報センター、2016.3. <<http://www.cric.or.jp/db/world/england/england2.pdf>> コンピュータ生成物には、著作者人格権は付与されず(同法第79条第2項)、また保護期間が創作から50年と通常の70年よりも短くなっている(同法第12条第7項)。なお、米国を始め、諸外国の著作権法では、人間が創作したものであることが著作権保護の前提とされ、コンピュータ・AIが自律的に生成した(人間の創作者がいない)作品は、著作権保護の対象とされないことが多くなっている。Andres Guadamuz, “Artificial intelligence and copyright,” *WIPO Magazine*, 2017, No.5, 2017.10, pp.14-19. <http://www.wipo.int/export/sites/www/wipo_magazine/en/pdf/2017/wipo_pub_121_2017_05.pdf>

⁽¹¹²⁾ Toby Bond, “Artificial Intelligence and IP – Part 2: IP in AI Generated Content,” 2017.6.16. DigitalBusiness.Law Website <<http://digitalbusiness.law/2017/06/artificial-intelligence-and-ip-part-2-ip-in-ai-generated-content/>>

⁽¹¹³⁾ 文化審議会著作権分科会法制・基本問題小委員会「文化審議会著作権分科会法制・基本問題小委員会中間まとめ」2017.2, pp.46-47. 文化庁ウェブサイト <http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkashingikai/chosakuken/pdf/h2902_chukanmatome.pdf>

⁽¹¹⁴⁾ 知的財産戦略本部検証・評価・企画委員会新たな情報財検討委員会 前掲注⁽¹⁰⁴⁾, pp.27-29.

IV 教育

1 教育分野の概況

現行の第2期教育振興基本計画では、教育行政の基本的方向性として、①社会を生き抜く力の養成、②未来への飛躍を実現する人材の養成、③学びのセーフティネットの構築、④絆（きずな）づくりと活力あるコミュニティの形成を掲げ、その中ではいじめ、不登校、高校中退者の状況改善や、経済状況によらない進学機会の確保等を課題として挙げている⁽¹¹⁵⁾。また、2018（平成30）年度から計画期間が始まる第3期教育振興基本計画に向けては、①少子高齢化の進展に伴う就学・就業構造の変化、②技術革新やグローバル化の進展に伴う産業構造や社会の変化、③子供の貧困など格差の固定化、④地域間格差など地域の課題、⑤子供を取り巻く状況変化が課題として挙げられている⁽¹¹⁶⁾。

これらの課題解決には、従来型教育の変革、教育内容の多様化等多くの対策が必要であり、教育現場における教師の負担を大幅に増やすことになるため、文部科学省は、教育現場におけるICT設備の整備計画⁽¹¹⁷⁾を推進し、合理化を進めるとともに、国民のICTリテラシー向上に向けて小学校の次期学習指導要領に情報活用能力（プログラミング教育を含む。）を盛り込む⁽¹¹⁸⁾など、教育環境と教育内容の両面においてICTの導入を進めつつある。そこで、本稿では主に初等中等教育におけるAIやICTの活用に焦点を当てる。

2 教育分野における課題

(1) 多様な学習者への対応

2016（平成28）年度の小・中学校における不登校児童生徒の割合は1.35%であり、2012（平成24）年度（1.09%）以降上昇傾向にある⁽¹¹⁹⁾。それ以外にも病気や経済的理由により通学が困難な場合や帰国児童生徒など、学習進度の差異に対しては補習等で別途対応する必要があり、教師の負担となっている。

(2) 多様な学習内容への対応

第2期教育振興基本計画においては、創造性やチャレンジ精神、リーダーシップ、日本人としてのアイデンティティ、語学力、コミュニケーション能力など優れた能力と多様な個性を伸ばすといった方向性が示されている⁽¹²⁰⁾。しかし、教員がこれらの多様な教育に対応すること

⁽¹¹⁵⁾ 「教育振興基本計画」（平成25年6月14日閣議決定）pp.15-24. 文部科学省ウェブサイト〈http://www.mext.go.jp/a_menu/keikaku/detail/_icsFiles/afiedfile/2013/06/14/1336379_02_1.pdf〉

⁽¹¹⁶⁾ 中央教育審議会教育振興基本計画部会「第3期教育振興基本計画の策定に向けた基本的な考え方」2017.1.19, pp.3-8. 文部科学省ウェブサイト〈http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afiedfile/2017/02/06/1381849_01_1.pdf〉

⁽¹¹⁷⁾ 文部科学省「学校のICT環境を整備しましょう—教育のIT化に向けた環境整備4か年計画—」2014. 〈<http://johouka.mext.go.jp/school/pdf/2014ICT-panf.pdf>〉

⁽¹¹⁸⁾ 文部科学省「幼稚園教育要領、小・中学校学習指導要領等の改訂のポイント」2016.6.16. 〈http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afiedfile/2017/06/16/1384662_2.pdf〉

⁽¹¹⁹⁾ 文部科学省初等中等教育局児童生徒課「平成28年度「児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸問題に関する調査」（速報値）について」2017.10.26, p.64. 〈http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/29/10/_icsFiles/afiedfile/2017/10/26/1397646_002.pdf〉

⁽¹²⁰⁾ 「教育振興基本計画」（平成25年6月14日閣議決定）p.20. 文部科学省ウェブサイト〈http://www.mext.go.jp/a_menu/keikaku/detail/_icsFiles/afiedfile/2013/06/14/1336379_02_1.pdf〉

は大きな負担となる可能性がある。

(3) 授業以外の業務への対応

学校現場においては、授業以外にも、学習指導、成績処理、学年・学級経営、事務作業等の業務がある。例えば中学校では、学年・学級経営に係る1日当たり業務時間は38分（2016（平成28）年度）であり2006（平成18）年度より11分増加、成績処理については38分（2016（平成28）年度）であり2006（平成18）年度より13分増加となっている⁽¹²¹⁾。この点については、従来から、ICTの活用等による学校の事務負担の軽減が望まれている⁽¹²²⁾。

3 AI・ICT活用の具体的事例

(1) 大規模公開オンライン講座

『科学技術白書 平成28年版』では、「ICT活用による学びの環境の革新（教育手法の革新）」⁽¹²³⁾として、大規模公開オンライン講座（Massive Open Online Course: MOOC）を挙げており、日本ではJMOOC（日本オープンオンライン教育推進協議会）⁽¹²⁴⁾や、米国発のカーンアカデミー⁽¹²⁵⁾等が運用開始されている。書籍や通信教育等の従来型教材では、学びたい科目や分野毎に教材を購入、入手する必要があるが、MOOCでは、大量の教材が日々増え続けており⁽¹²⁶⁾、PCやタブレット等から24時間利用可能である。これにより自宅における多様な学習内容への対応が可能となる。また、教材は、初級から上級、多国語に対応しているものがあり、多様な学習者にも対応している。

(2) アダプティブラーニング

COMPASS社は、AIを用いた算数・数学のタブレット教材を開発し、各生徒の解答、解答プロセス、スピード、集中度、理解度などを収集、蓄積、解析し、生徒の理解度や得手不得手に応じた問題を出題することによって、効率よい学習を実現することを可能としており、導入実験においても成績向上の効果を上げているという⁽¹²⁷⁾。

(3) 学習メンター

学研グループは、学習管理システムに各生徒の成績情報を入力し、AIによる理解度分析を行い、そのデータを基にメンター（学習支援者）が生徒に対して適した教材の提案などの助言

⁽¹²¹⁾ 文部科学省「教員勤務実態調査（平成28年度）の集計（速報値）について（概要）」2017.4.28.〈http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/29/04/_icsFiles/afiedfile/2017/04/28/1385174_001.pdf〉

⁽¹²²⁾ 例えば、中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（答申）」2008.1.17, p.140. 文部科学省ウェブサイト〈http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afiedfile/2009/05/12/1216828_1.pdf〉

⁽¹²³⁾ 文部科学省編『科学技術白書 平成28年版』2016, pp.145-147. 〈http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afiedfile/2016/05/19/1371168_009.pdf〉

⁽¹²⁴⁾ JMOOCウェブサイト〈<https://www.jmooc.jp/>〉

⁽¹²⁵⁾ Khan Academyウェブサイト〈<https://ja.khanacademy.org/>〉

⁽¹²⁶⁾ Dhawal Shah, “By The Numbers: MOOCs in 2017,” 2018.1.18. Class Central Website 〈<https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2017/>〉

⁽¹²⁷⁾ 総務省編 前掲注(45), p.199. 〈<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n3300000.pdf>〉

を行うサービスを提供している⁽¹²⁸⁾。すららネット社は、同社のeラーニングシステムにAIを活用したチャットボット（自動会話プログラム）を導入し、達成度に応じて生徒を励ますなどにより学習モチベーションの維持や集中力の向上を図るとしている⁽¹²⁹⁾。

(4) 採点の効率化

記述式答案の採点を効率化するため、カリフォルニア大学などの研究グループは、手書き答案の文字を認識し、AIを用いて答案の採点を自動化するシステムを開発した⁽¹³⁰⁾。我が国でも記述式答案の自動採点等が研究されている⁽¹³¹⁾。

4 教育へのAI・ロボットの適用に関する課題

(1) 教師の不足とリテラシー

教育現場（学校）においてAIを活用するためには、これらを活用できる教員の確保が前提となる。しかし、高齢化による大量退職や若手・中堅教員の転職による教師自体の不足⁽¹³²⁾、教員の長時間勤務等⁽¹³³⁾に加え、ICTを活用する教員の多忙・不足等も課題として指摘されている⁽¹³⁴⁾。また、教員のAIやICTに関するリテラシーについては、84.0%が「ICTを教材研究・指導の準備等に活用できる」レベルにあるものの、「授業中にICTを活用して指導できる」のは75.0%、「児童・生徒のICT活用を指導できる」のは66.7%（いずれも2017（平成29）年度全国平均）となっており能力向上が必要な状況であるが、「ICT活用指導力に関する研修」を受講した教員の割合は40.6%（2016（平成28）年度全国平均）にとどまっている⁽¹³⁵⁾。

(2) ICTインフラや教育用コンテンツの整備

教育現場（学校）におけるICTインフラについては、2016（平成28）年3月時点で、生徒6.2人（全国平均）で教育用コンピュータ1台を共有するという状況にあり⁽¹³⁶⁾、十分なICT利用環境

⁽¹²⁸⁾ 「新・自立型個別学習 G-PAPILSとは?」学研の新・自立型個別学習 G-PAPILS（ジーパピルス）ウェブサイト〈<https://www.g-papils.com/about/>〉

⁽¹²⁹⁾ 濱口翔太郎「eラーニングで学習障害を持つ子を支援 AIが励ます機能も」2017.3.2. ITmediaウェブサイト〈<http://www.itmedia.co.jp/business/articles/1703/02/news141.html>〉

⁽¹³⁰⁾ gradescope Website 〈<https://gradescope.com/>〉; Tony Kontzer「全世界の教授が歓喜—Gradescopeが答案採点に人工知能を採用—」2016.9.12. NVIDIA Japan Blog Website 〈<https://blogs.nvidia.co.jp/2016/09/12/gradescope-brings-ai-to-grading/>〉

⁽¹³¹⁾ 亀田雅之ほか「短答記述式問題解答文の採点支援システムJS⁴の試作」『言語処理学会第23回年次大会発表論文集』2017.3, pp.1137-1140. 〈http://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2017/pdf_dir/C7-1.pdf〉; 寺田凜太郎ほか「ニューラルネットワークを用いた記述式問題の自動採点」『言語処理学会第22回年次大会発表論文集』2016.3, pp.370-373. 〈http://www.anlp.jp/proceedings/annual_meeting/2016/pdf_dir/A2-1.pdf〉; 石岡恒憲「小論文自動採点」『電子情報通信学会誌』Vol.92 No.12, 2009.12, pp.1036-1040. 〈<http://www.rd.dnc.ac.jp/~tunenori/doc/1036-1040.PDF>〉

⁽¹³²⁾ 夏目凜「教員が足りないのはなぜか」2017.8.14. Education Tomorrow 〈https://edutmrw.jp/2017/innovation/0814_teacher_shortage〉

⁽¹³³⁾ 中央教育審議会教育振興基本計画部会 前掲注⁽¹¹⁶⁾, p.8. 2013（平成25）年に発表されたOECD国際教員指導環境調査によれば、我が国の中学校教員の1週間当たりの平均勤務時間は53.9時間で、調査に参加した国・地域の中で最長となっている（調査参加国・地域の平均は38.3時間）。

⁽¹³⁴⁾ 社団法人日本教育工学振興会（JAPET）・日本マイクロソフト株式会社「学校でのICT活用についての実態調査[データ集]」2011, p.31. 〈http://www2.japet.or.jp/ict-chosa/ict_chosa_data.pdf〉

⁽¹³⁵⁾ 文部科学省「平成28年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（概要）（平成29年3月現在）」2018.2, pp.23-25, 30. 〈http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2018/02/20/1399330_01_1.pdf〉

⁽¹³⁶⁾ 文部科学省「平成27年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果（概要）（平成28年3月現在）」2016.10, p.2. 〈http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/fieldfile/2016/10/13/1376818_1.pdf〉

が整っているとは言えない状況である。また、いわゆる「デジタル教科書」の導入については、ICT 設備の整備や教員の指導力向上といった問題に加え、従来の紙の教科書との関係から教科書検定制度や教科書無償給与制度など制度上の問題点も指摘されている⁽¹³⁷⁾。

(3) AI の信頼性・安全性

教育において AI を活用するに当たっては、信頼性と安全性が問題となる。信頼性については、例えば、現時点では AI が自然言語や文章の意味を理解することが難しく⁽¹³⁸⁾、AI が人の力を全く借りずに教師の代わりに読解や採点を行うことは、当面困難であろう。

安全性の問題では、高度に複雑化した AI において、プログラムのバグ（欠陥）やセキュリティ上の脆弱性が意図せず発生し、生徒の個人情報等が消滅・漏えいしたり、ロボット等が暴走したりする⁽¹³⁹⁾ 可能性などが想定される。対策としては、教育分野に限定したものではないが、別の AI にバグの修正をさせる技術が研究されている⁽¹⁴⁰⁾。

執筆：東京大学大学院総合文化研究科 博士課程 いわほり ひであき 岩堀 英明

V 接客サービス

1 接客サービスとは何か

我が国における第三次産業の就業者は、1970（昭和 45）年の 2451 万人（就業者全体の 46.6%）から 2015（平成 27）年の 3962 万人（同 71.0%）へと増加しており、就業構造のサービス化が進んでいる⁽¹⁴¹⁾。第三次産業には数多くの業種が含まれ、また接客サービスも多様であるが、ここでは接客対応の質が顧客の評価に大きく影響する宿泊業、飲食業、販売業（小売業・卸売業）及びレジャーランド業（娯楽業）における雇用・労働を対象とする⁽¹⁴²⁾。なお、2010（平成 22）年からの 5 年間で宿泊業・飲食サービス業、卸売業・小売業、生活関連サービス業・娯楽業の就業者数は全て減少している⁽¹⁴³⁾。

⁽¹³⁷⁾ 「デジタル教科書」の位置づけに関する検討会議「「デジタル教科書」の位置づけに関する検討会議最終まとめ」2016.12. <http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkoku/_icsFiles/afieldfile/2017/01/27/1380531_001.pdf>

⁽¹³⁸⁾ 新井紀子「AI と共存する時代に求められる能力—東ロボ・リーディングスキルから見えてきたこと—」2017.6.28. 学びの場 .com ウェブサイト <https://www.manabinoba.com/event_reports/016031.html>

⁽¹³⁹⁾ 教育用ではないが、実用化された警備ロボットが商業施設で子供を襲った事例がある。Lilian Kim, “Parents upset after Stanford Shopping Center security robot injures child,” *ABC NEWS*, 2016.7.11. <<http://abc7news.com/news/parents-upset-after-stanford-mall-robot-injures-child/1423093/>>

⁽¹⁴⁰⁾ 岡田譲二「自動でバグが修正できる!? プログラム自動修正技術のイマ」2016.4.14. NTT DATA ウェブサイト <http://www.nttdata.com/jp/ja/insights/trend_keyword/2016041401.html>; Larry Hardesty, “Recognizing correct code: Automatic bug-repair system fixes 10 times as many errors as its predecessors,” 2016.1.29. MIT News Website <<http://news.mit.edu/2016/faster-automatic-bug-repair-code-errors-0129>>

⁽¹⁴¹⁾ 厚生労働省『労働経済の分析 平成 25 年版』2013, pp.81, 90. <http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/roudou/13/dl/13-1-4_02.pdf>; 総務省統計局「平成 27 年国勢調査就業状態等基本集計結果 結果の概要」2017.4.26, p.12. <<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka/kihon2/pdf/gaiyou.pdf>> なお、産業別だけでなく、職業別の就業構造もサービス化が進んでいる。

⁽¹⁴²⁾ 岩井千春「接客指導の教材におけるポライトネスに関する一考察」『言語と文化』Vol.16, 2017.3, p.28. <<http://repository.osakafu-u.ac.jp/dspace/bitstream/10466/15188/1/2016000205.pdf>>

⁽¹⁴³⁾ 総務省統計局「平成 27 年国勢調査 就業状態等基本集計結果 結果の概要」2017.4.26, p.12. <<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka/kihon2/pdf/gaiyou.pdf>>

2 接客サービスにおける論点や課題

(1) おもてなしなどの「精神論」の増加

従来はアフターサービスや苦情処理などを行うものとされていた「サービス」が、現代では「おもてなし」、「歓待」など奉仕の精神に基づく「ホスピタリティ」と概念的に混然一体となっているとの指摘がある。そこでは対価に見合った均一のサービスだけではなく、接客を受ける側の満足感や情緒的要素も重視される。⁽¹⁴⁴⁾

社会学者のアーリー・ホックシールド (Arlie R. Hochschild) は、労働者が行っている労働のうち、相手の感情に合わせ、労働者自身の感情を制御する「おもてなし」のような労働を感情労働と呼んだ⁽¹⁴⁵⁾。ホックシールドは、技術の付加価値が低下し、一般化する(コモディティ化)に従って、企業がこうした「おもてなし」を付加価値として労働者に求めるようになり、こうした目に見えない労働が労働者の心理的負担になっていることを、接客、介護、教育の事例を挙げつつ指摘している⁽¹⁴⁶⁾。このような感情労働を技術によって支援することは、労働環境を改善させると考えられる。

(2) 接客サービスにおける AI・ロボット活用

接客サービスにおける様々なタスクの中でも、対価に応じた均一のサービスを提供しマニュアル化しやすい「機能的サービス」と異なり、おもてなしや特別感を与えることで顧客の満足感につなげる「情緒的サービス」は AI への置き換えが難しいタスクであることが指摘されている⁽¹⁴⁷⁾。その理由として、個々人の文脈に合わせた対応が必要であり、顧客等とのコミュニケーションを通じて目標を探り出していく必要がある点が挙げられる。こうした個々人の文脈を理解することは、現在の AI 技術でも発展途上の分野であり、数年で解決されることを期待するのは、現実的ではない。

このため、現状では、接客サービスをそのまま置き換えるのではなく、従来、人間が行っていた接客サービスを、AI・ロボットで代替可能なものと、人間が得意なものに分けた上で、前者は接客サービスの機械化、無人化が進められ、後者に関しては人間が専念できるようにすることが模索されている⁽¹⁴⁸⁾。

3 具体的事例

(1) 自動販売機の導入による無人化

自動販売機は、無人でもサービスを提供できる「ロボット」であるとも言え、近年では画像認識や音声認識の機能が搭載された自動販売機が設置され始めている。販売業において、顧客

⁽¹⁴⁴⁾ 安田彰「サービスとホスピタリティ—その系譜と構造—」『ホスピタリティ・マネジメント』Vol.2 No.1, 2011.3, pp.93-103. (https://ci.nii.ac.jp/els/contentsciinii_20171203183407.pdf?id=ART0009827487)

⁽¹⁴⁵⁾ A.R. ホックシールド (石川准・室伏亜希訳)『管理される心—感情が商品になるとき—』世界思想社, 2000, pp.103-157. (原書名: Arlie R. Hochschild, *The Managed Heart: Commercialization of Human Feelings*, 1983.) なお、同氏はカリフォルニア大学バークレー校の名誉教授である。

⁽¹⁴⁶⁾ 同上

⁽¹⁴⁷⁾ Michael Chui et al., "Where machines could replace humans—and where they can't (yet)," 2016.7. McKinsey & Company Website (<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>)

⁽¹⁴⁸⁾ Hirotaka Osawa et al., "Analysis of Robot Hotel: Reconstruction of Works with Robots," *IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 2017, pp.219-223.

の要望を聞き、その要望に応じた既定の対応をするような接客サービスのうち、例外的な対応がほとんどないものは、要望のパターンを用意した自動販売機で対応することができる。自動販売機の導入によって人件費の削減、24時間販売や、英語や中国語など複数言語での対応が可能になることなどが期待されている。

国内での具体的事例としては、コンビニエンスストアがおにぎりや弁当などを自動販売機で販売しているほか⁽¹⁴⁹⁾、マクドナルドなどが店舗に無人オーダー機を導入している⁽¹⁵⁰⁾。また、ビジネスホテルには自動チェックイン・チェックアウト機が導入されている。さらに自動販売機に顔認識や音声認識を搭載することによって個人にカスタマイズされたおすすめの商品を提示する自動販売機の実例もある⁽¹⁵¹⁾。

(2) 人型ロボットや移動型ロボットの導入による無人化

空港や宿泊業などでは、機械と人の相互作用をより密接に行えるような外見を持つ人型ロボットや移動型ロボットが導入されている。ロボットを用いた接客サービスを行っている事例として、宿泊施設「変なホテル」が挙げられる⁽¹⁵²⁾。受付やクローク、荷物搬送、掃除、コンシェルジュなどのタスクがロボットに任されており、人間はロボットだけでは対応できないときのみ対応するため、従業員数は少なく済み人件費が抑えられる⁽¹⁵³⁾。

「変なホテル」では宿泊の手続きといった「機能的サービス」をロボットに代替させるだけでなく、ロボットによる「情緒的サービス」の置き換えの試みとして、ロボットが出迎えやコンシェルジュを担当している。現状では人間の情緒的サービスを代替するほどの品質を達成できていないが、ロボットの接客が主で、従業員がその補佐を行うという形を取ることで、従業員の「情緒的サービス」に伴って発生する「感情労働」の軽減が期待できる⁽¹⁵⁴⁾。一方で、ロボットを使う、あるいはロボットと共に働く従業員は、ロボットの構造を理解する必要があるほか、ロボットが担う現場の対応（受付や清掃）を自らは経験せずにロボットに命令を下し、評価、判断を行うスキルが必要になることが指摘されている。顧客側にも、ロボットを前にどう対応すべきか、といったリテラシー（理解・対応力）が必要となり得る。

4 課題

接客サービスへのAI・ロボットの導入に関しては、次のような課題が指摘されている。

(1) 技術的課題と環境の整備

個々人にカスタマイズ化された接客ができることが接客サービスにAIやロボットを用いる利点である一方、顧客の画像や音声の認識精度にはまだ課題がある。例えば、音声認識技術は、複数のマイクロホンを用いた発話者の音源分離、スマートフォンを通じた多量のデータ蓄積に

(149) 「自販機コンビニ（ASD）」ファミリーマートウェブサイト〈<http://www.family.co.jp/company/asd.html>〉

(150) 後藤大地「マクドナルド、セルフレジ導入で売上成長率と株価アップ」2017.6.26. マイナビニュースウェブサイト〈<https://news.mynavi.jp/article/20170626-a120/>〉

(151) 宮本真希「“マーケティング頭脳”付き自販機、品川駅にお目見え 47 インチタッチパネルで操作」2010.8.10. ITmedia ウェブサイト〈<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1008/10/news080.html>〉

(152) AIR 「「変なホテル」訪問—変わり続ける労働現場—」『情報処理』Vol.57 No.11, 2016.10, pp.1078-1083.

(153) 「ロボット接客の「変なホテル」が世界展開を本格化、2号店は千葉・舞浜、来夏は大阪・名古屋など人気テーマパーク近くに」2016.8.4.トラベルボイスウェブサイト〈<https://www.travelvoice.jp/20160804-71802>〉

(154) AIR 前掲注⁽¹⁵²⁾

よる改善が見られるが、複数人の会話やノイズが混在する実環境での会話認識にはまだ課題がある⁽¹⁵⁵⁾。また、AIに学習させたデータの偏りによって正しく認識できない場合もあり、こうした場合には人間が補助的に関わるのが必須となる。

また、人型ロボットや移動型ロボットなどでは、ロボットが動きやすい環境を整えることが重要となる。「変なホテル」では、建物そのものをロボットが動きやすいように全館バリアフリーにしている。また、ある旅館では客室係の料理運搬の負担軽減のために7000万円を投資して料理自動搬送システムを導入した⁽¹⁵⁶⁾。

(2) プライバシー

接客の品質を高めるために顧客との対話を長期的に保存する場合、プライバシーへの対応が必要となる⁽¹⁵⁷⁾。特に、保存されたデータ等を用いた「おすすめ」については、インターネット広告などで既に実現されているが、プライバシー上の問題がある。例えば、米国のスーパーマーケットが十代の女子の購入履歴を分析して「妊娠予測」を行い、妊娠に関連した商品を「おすすめ」したところ、後日、実際に妊娠していることが判明したという事例がある⁽¹⁵⁸⁾。

このように、AIが購入履歴等から個人の人物像を描くこと（プロファイリング）により、個人の状態や趣味が企業側に把握されてしまうだけでなく、表示される広告などから他者にも知られてしまう可能性がある。この問題に関しては、EUにおける個人データ保護を強化するために2016年に採択され、2018年5月25日から適用される「欧州一般データ保護規則」（General Data Protection Regulation: GDPR）⁽¹⁵⁹⁾において、「プロファイリングされない権利」として規定されている⁽¹⁶⁰⁾。

(3) 「接客」が提供する価値の再考

接客サービスの一部を機械が代替した場合、労働者が「感情労働」から解放される一方で、労働者が顧客からの「感謝」や「笑顔」に接する機会も減る可能性がある⁽¹⁶¹⁾。場合によってはロボットで代替が可能であるが、人間がやるからこそ提供できる価値があるかもしれず、接客にAIやロボットを導入する際には、顧客にどのような価値を提供したいのかを明確にし、何をロボットに任せ、何を人間が行うべきかを考えることが重要であろう。

執筆：筑波大学情報システム系 助教 おおさわ ひろたか 大澤 博隆
 東京大学大学院総合文化研究科 特任講師 えま ありさ 江間 有沙

⁽¹⁵⁵⁾ 本報告書第1部の「IV 音声インタフェース」を参照。

⁽¹⁵⁶⁾ 小田禎彦「ロボットが支える老舗「加賀屋」のおもてなし」『中央公論』Vol.130 No.4, 2016.4, pp.89-94.

⁽¹⁵⁷⁾ AIR 前掲注⁽¹⁵²⁾

⁽¹⁵⁸⁾ Kashmir Hill, “How Target Figured Out A Teen Girl Was Pregnant Before Her Father Did,” *Forbes*, 2012.2.16. <<https://www.forbes.com/sites/kashmirhill/2012/02/16/how-target-figured-out-a-teen-girl-was-pregnant-before-her-father-did/>>

⁽¹⁵⁹⁾ “REGULATION (EU) 2016/679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation),” *Official Journal of the European Union*, L119, 2016.5.4, pp.1-88. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=EN>>

⁽¹⁶⁰⁾ プロファイリングされない権利はGDPRの第22条に規定されている。日本語訳は次を参照。日本情報経済社会推進協会「個人データの取扱いに係る自然人の保護及び当該データの自由な移転に関する欧州議会及び欧州理事会規則（一般データ保護規則）（仮日本語訳）」2016.8. <<https://www.jipdec.or.jp/archives/publications/J0005075>>

⁽¹⁶¹⁾ AIR 前掲注⁽¹⁵²⁾

VI 輸送・移動

1 運輸業におけるドライバー不足と課題

インターネットを利用した通信販売サービスの需要拡大等により、宅配便取扱個数は近年増加の一途をたどっており、2016（平成28）年度は前年度より2.7億個（7.3%）増加して40.2億個となっている⁽¹⁶²⁾。また道路貨物運送業では全産業平均と比較して賃金水準が低いにもかかわらず、トラックドライバーの労働時間は長いなど労働環境が悪く、高齢化も進んでいる⁽¹⁶³⁾。これに対し民間企業では、ヤマト運輸がドライバーの負担を軽減するため、インターネット通信販売企業であるアマゾンの当日配送サービスから撤退することが報じられた⁽¹⁶⁴⁾。バス、タクシーのドライバーについても、賃金水準、労働時間等の労働環境は全産業平均よりおおむね悪い⁽¹⁶⁵⁾。

こうした現状を背景に、我が国の運輸業（トラック、バス、タクシー）では、ドライバーの半数以上が人員不足感を抱くなど⁽¹⁶⁶⁾、ドライバー不足が問題となっている。今後も少子高齢化などにより、運輸業におけるドライバー不足と労働環境の悪化が懸念されるほか、地方部を中心に公共交通機関が衰退し、高齢者等の移動手段が減少する可能性も指摘されており⁽¹⁶⁷⁾、荷物宅配の再配達や最寄り駅から自宅までの移動に関する「ラストワンマイル」⁽¹⁶⁸⁾が課題となっている。

2 ドライバーの負担軽減と新たな移動サービスの展開

ドライバーの労働環境を改善するため、厚生労働省はバス、トラック、タクシーのドライバーについて「労働時間等の改善のための基準」を策定し、指導している⁽¹⁶⁹⁾。また、「ドライバー運転集中度センシング技術」などにより、ドライバーの眠気やスマホ操作に関してドライバーが安全運転に適した状態かを判定できる技術が開発されている⁽¹⁷⁰⁾。

ドライバー不足に対しては、自動運転車による無人化に向けた検討が進められている。自動運転車の実現に向けては、内閣府が2014（平成26）年に「自動走行システム推進委員会」を設置し、その後、国土交通省、経済産業省、総務省、警察庁などが研究開発や制度の検討を進めている⁽¹⁷¹⁾。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）では、「自動走行システム」

(162) 国土交通省自動車局貨物課 総合政策局物流政策課「平成28年度宅配便取扱実績について」2017.7.28. 国土交通省ウェブサイト〈http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha04_hh_000136.html〉

(163) 全日本トラック協会「日本のトラック輸送産業 現状と課題 2017」2017.8, p.15 〈http://www.jta.or.jp/coho/yuso_genjyo/yuso_genjo2017.pdf〉

(164) 「アマゾンの当日配送撤退 ヤマト方針 ネット通販転機」『日本経済新聞』2017.4.7, p.1.

(165) 「平成28年タクシー運転者の賃金・労働時間の現況」2017.4.18, p.7（第7表）. 全国ハイヤー・タクシー連合会ウェブサイト〈http://www.taxi-japan.or.jp/pdf/toukei_chousa/tingin28.pdf〉

(166) 厚生労働省編『過労死等防止対策白書 平成29年版』2017, pp.98-99. 〈<http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/karoushi/17/dl/17-1.pdf>〉

(167) 池田裕輔「自動運転技術等の現況」『ジュリスト』No.1501, 2017.1, p.16.

(168) 荷物宅配においては最寄りの配送センターから顧客までの道のり、移動においては最寄り駅やバス停などから自宅までの道のりなどを意味しており、配送センターや最寄り駅までの輸送・移動に問題がなくても、最後の区間で再配達が生じたり、徒歩以外の移動手段がなくなったりする問題が指摘されている。

(169) 「自動車運転者の労働時間等の改善の基準」厚生労働省ウェブサイト〈http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/gyosyu/roudoujouken05/index.html〉

(170) オムロン「世界初「最先端 AI を搭載した車載センサー」を開発」2016.6.6. OMRON ウェブサイト〈<http://www.omron.co.jp/press/2016/06/c0606.html>〉

(171) 小林正啓「自動運転車の実現に向けた法制度上の課題」『情報管理』Vol.60 No.4, 2017.7, p.241. 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/60/4/60_240/_pdf-char/ja〉

が課題の一つとなっており、自動運転車の車両に関する技術だけではなく、高い精度の位置推定を行うための高精度地図の作成や、ドライバー、車、歩行者間の相互認識や意思疎通などに関するルール等の研究や⁽¹⁷²⁾、高速道路におけるトラック隊列走行の実証実験も行われている⁽¹⁷³⁾。

3 具体的事例

自動運転車による無人化（完全自動運転）は実証実験の段階にあるが、ラストワンマイルへの対策として、スマートフォンのアプリやIoTを活用した輸送や移動のサービスが導入されつつあり、輸送や移動の効率化が期待されている。

(1) AI を利用した乗合車両

AI がリアルタイムで移動需要を予測し、ルートを固定せずに需要に応じて乗合が可能な車両（バス、タクシー）を配車、走行させるシステムの実証実験が行われており、将来的には無人の自動運転車による配車も想定されている⁽¹⁷⁴⁾。需要に応じて走行するためドライバーの空車走行や客待ち時間を減らすことが可能となり、ドライバーの負担軽減が期待される。

(2) IoT を活用した不在時宅配等

2017年11月、アマゾンでは、玄関ドアの鍵をインターネット経由で開閉操作できるIoT機器（スマートロック）を使い、不在時でも家の中に宅配荷物を届けるサービスを米国で開始した⁽¹⁷⁵⁾。日本でもライナフ社が、スマートロックを活用した宅配、家事代行等のサービスを2018（平成30）年2月から開始すると発表しており⁽¹⁷⁶⁾、再配達問題などの解決が期待されている。このサービスでは、他者が家に入ってくるため、玄関部分の映像をスマートフォンから確認できるクラウドカメラと、玄関ドアの奥に別の錠前付き室内扉を設置することでセキュリティを確保するとされている。⁽¹⁷⁷⁾

(3) 小型無人機（ドローン）

航空法（昭和27年法律第231号）が2015（平成27）年に改正され、無人航空機を飛行させる場合の許可・申請や、飛行可能空域等の飛行に関するルールが定められた。国土交通省は、運輸業における労働力不足等に対応するため、早ければ2018（平成30）年に小型無人機を用いた

⁽¹⁷²⁾ 内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム研究開発計画」2017.9.28. <http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf>

⁽¹⁷³⁾ 「世界初、高速道路におけるCACCを用いたトラックの後続有人隊列走行実験を開始します—移動革命の実現に向けた後続車有人によるトラック隊列走行実証実験—」2018.1.12. 経済産業省ウェブサイト <<http://www.meti.go.jp/press/2017/01/20180112002/20180112002.html>>

⁽¹⁷⁴⁾ 未来シェア「Smart Access Vehicle（SAV）による新型交通サービスの普及」2017.3. 経済産業省北海道経済産業局ウェブサイト <<http://www.hkd.meti.go.jp/hokim/20170217/data05.pdf>>

⁽¹⁷⁵⁾ Joan E. Solsman（編集部翻訳校正）「「Amazon Key」で自宅に不正侵入される恐れ？ 研究者が指摘」2017.11.17. CNET japan ウェブサイト <<https://japan.cnet.com/article/35110570/>>

⁽¹⁷⁶⁾ 「【日本初】宅配や家事代行サービスと提携した賃貸マンション】パルスシステムなど5社と提携、自宅不在時でも「サービスが入ってくる家」プロジェクトが東京都大田区「ジニア大森西」にて開始」2018.1.30. ライナフウェブサイト <<https://linough.com/>> 【日本初】宅配や家事代行サービスと提携した賃貸

⁽¹⁷⁷⁾ Wakako Mukohata「和製Amazon Homeとなるか、スマートロック活用で不在でも宅配・家事代行サービスが受けられる新プロジェクト」2018.1.30. TechCrunch ウェブサイト <<http://jp.techcrunch.com/2018/01/30/linough-starts-the-project-for-secure-delivery-and-house-keeping-services-while-not-at-home/>>

荷物配達を実現すべく、2015（平成27）年度から事業化に向けた検討を開始している⁽¹⁷⁸⁾。小型無人機は、都市部のほか、離島・過疎地、災害発生時、倉庫内における貨物輸送などへの活用が想定されている⁽¹⁷⁹⁾。

2015（平成27）年には、民間企業を中心に離島・へき地・山間部におけるドローン利活用の研究を行う「瀬戸内かもめプロジェクト」の一環として、香川県観音寺市にて医薬品（想定）の輸送や、災害偵察実験等が実施された⁽¹⁸⁰⁾。

一方で、小型無人機による輸送は、輸送重量が10キログラム程度に制限されることによる採算性⁽¹⁸¹⁾や騒音⁽¹⁸²⁾などの課題が指摘されている。政府の関係府省や関係業界等で構成される「小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会」は、小型無人機の利活用を促進するため、操縦者や補助者を必要としない飛行も想定した技術開発や環境整備について今後の道筋を示している⁽¹⁸³⁾。

4 課題

(1) 法的課題

地方部などでは公共交通を補完する移動手段として、自家用車を使った相乗り（ライドシェア）サービスが期待されている⁽¹⁸⁴⁾。しかし、国土交通省がいわゆる「白タク」行為を禁じた道路運送法（昭和26年法律第183号）に違反するおそれがあるとしたため⁽¹⁸⁵⁾、現時点では過疎地での例外的な実施にとどまっている⁽¹⁸⁶⁾。一方、ドライバーがユーザーから収受する費用が実費の範囲内であるライドシェアサービスなどは道路運送法による規制の対象外とされ⁽¹⁸⁷⁾、今後の展開が注目されている。

自家用車を用いた相乗りでは、事業者と契約した自家用車のドライバーが運転する。事業者ではなく契約ドライバーが事故時の責任を負うことによって生じる安全管理の問題や⁽¹⁸⁸⁾、契約ドライバーに対する福利厚生の提供など⁽¹⁸⁹⁾、契約ドライバーの法的な権利と義務に関する

(178) 国土交通省「物流分野における小型無人機の活用」国土交通省ウェブサイト〈http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_tk_000024.html〉

(179) 国土交通省総合政策局物流政策課「平成27年度物流における無人航空機の活用に係る調査実施等業務報告書」2016.3, pp.6-7. 〈<http://www.mlit.go.jp/common/001136816.pdf>〉

(180) 同上, pp.19-20.

(181) 「ドローン物流、採算性課題」『毎日新聞』（西部版）2017.9.2, p.22.

(182) Jin Kodama「人間は自動車よりドローンの騒音にストレス」NASA研究…普及には騒音対策が必要」2017.7.20. roboteerウェブサイト〈<https://roboteer-tokyo.com/archives/9727>〉

(183) 小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会「空の産業革命に向けたロードマップ—小型無人機の安全な利活用のための技術開発と環境整備—」2017.5.19. 〈<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/siryou7.pdf>〉

(184) 例えば、「ネットの有効活用で地方交通を便利に」『日本経済新聞』2015.12.1, p.2.

(185) 「ライドシェア中止指導 国交省 白タク行為のおそれ 福岡の実験」『日本経済新聞』2015.3.5, p.38.

(186) 京都府京丹後市では、道路運送法施行規則（昭和26年運輸省令第75号）第49条第1項第2号に定める公共交通空白地有償運送に基づいて実施されている。「ささえ合い交通」とは「気張る!ふるさと丹後町ウェブサイト〈<http://kibaru-furusato-tango.org/about-sasacai/>〉

(187) 北海道中頓別町では、道路運送法が適用されない料金でライドシェアが実施されている。「なかとんべつライドシェア（相乗り）事業実証実験」2017.8.21. 中頓別町ウェブサイト〈<http://www.town.nakatombetsu.hokkaido.jp/docs/2016081800017/>〉次の資料も参照。経済産業省「中長距離相乗りマッチングサービスに係る道路運送法の取扱いが明確になりました—産業競争力強化法の「グレーゾーン解消制度」の活用—」2017.5.18. 経済産業省ウェブサイト〈<http://www.meti.go.jp/press/2017/05/20170518001/20170518001.html>〉

(188) 佃義夫「クルマ相乗り「ライドシェア」の普及を阻む壁」2016.8.12 Yomiuri Online 〈http://www.yomiuri.co.jp/fukayomi/ichiran/20160810-OYT8T50091.html?page_no=2〉

(189) David Priest（湯本牧子・吉武稔夫訳）「Uberのドライバーに健康保険、英で適用へ」2017.4.28. CNET Japan ウェブサイト〈<https://japan.cnet.com/article/35100510/>〉

課題も指摘されている。

自動運転車に関しては、事故が起きた場合の民事・刑事責任⁽¹⁹⁰⁾や保険制度⁽¹⁹¹⁾の在り方などが課題となっている⁽¹⁹²⁾。

(2) プライバシー

人の移動に関する個人情報については、プライバシーの問題が生じ得る。例えば、移動サービスの提供者が利用者の位置情報を保持・利用することなどが考えられ、プライバシーの侵害が懸念される。

小型無人機に関しても、カメラ等を取り付けることによって空中からの撮影映像を基に特定の人物を認識することが可能であり、プライバシーなどの侵害が懸念される。総務省は、小型無人機による撮影映像等のインターネット上での取扱いについて注意喚起を行っている⁽¹⁹³⁾。

執筆：東京大学大学院総合文化研究科 特任講師 江間 有沙^{えま ありさ}

Ⅶ 農業

1 農業労働力不足への対応と AI・ロボットの活用

(1) 労働力不足への対応

「食料・農業・農村基本計画」(平成27年3月31日閣議決定)は、食料・農業・農村をめぐる現状認識について、①高齢化や人口減少による食料・農業・農村への影響、②世界の食料需給等の見通しとグローバル化の進展、③消費者ニーズと食をめぐる課題の多様化、④農業を支える担い手など農業・農村の構造の変化、⑤農業・農村の多様な可能性、⑥東日本大震災からの復旧・復興の状況、の六つの視点を示している⁽¹⁹⁴⁾。農業は、農地・農利用水等の維持管理や食品加工、流通とも密接に結び付くが、本章では主に作物や畜産など生産に関わる雇用・労働を対象とする。

稲作、畑作、酪農・畜産、果樹など多様な農業が営まれる中で、必要とされる労働力は時期によって異なっており、特に季節性がある作物の収穫期には雇用による労働力が大量に必要な⁽¹⁹⁵⁾。また、経験や勘に基づく作業が多いため、新規就農者による習得には多くの時間が必要となる⁽¹⁹⁶⁾。

⁽¹⁹⁰⁾ 例えば、「特集 自動運転と民事責任」『ジュリスト』No.1501, 2017.1, pp.13-55; 中川由賀「自動運転に関するドライバー及びメーカーの刑事責任—自動運転の導入に伴って生じる問題点と今後のあるべき方向性—」『中京ロイヤー』No.27, 2017.9, pp.15-29. <https://www.chukyo-u.ac.jp/educate/law-school/chukyolawyer/data/vol027/02_nakagawa.pdf>

⁽¹⁹¹⁾ 例えば、日本損害保険協会ニューリスク PT「自動運転の法的課題について」2016.6. <http://www.sonpo.or.jp/news/file/jidou_houkoku.pdf>

⁽¹⁹²⁾ 『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2017 報告書—』(調査資料2018-4) 国立国会図書館, 2018 は、自動運転をめぐる技術動向及び関連する様々な課題を取り上げている。

⁽¹⁹³⁾ 総務省「小型無人機「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係る注意喚起」2015.4.28. 総務省ウェブサイト <http://www.soumu.go.jp/menu_kyotsuu/important/kinkyu02_000189.html>

⁽¹⁹⁴⁾ 「食料・農業・農村基本計画」(平成27年3月31日閣議決定) pp.3-9. 農林水産省ウェブサイト <http://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/pdf/1_27keikaku.pdf>

⁽¹⁹⁵⁾ 安岡澄人「スマート農業の推進」『日本ロボット学会誌』Vol.35 No.5, 2017.6, p.362.

⁽¹⁹⁶⁾ 農林水産省「人工知能やIoTによるスマート農業の加速化について(案)」(スマート農業の実現に向けた研究会第5回研究会資料3-1) 2016.11, p.2. <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/attach/pdf/kenkyu_kai05-6.pdf>

農業就業人口のうち普段の仕事が農業である基幹的農業従事者数は10年間で22%減少(224万人から175万人)する一方、7か月以上の期間を定めて雇用された常雇い人数は1.6倍に増加(61,094人から99,393人)し、農業労働力は、世帯員(住居と生計を共にしている親族など)から、雇用者へと変化している⁽¹⁹⁷⁾。

農業従事者の高齢化や離農者の増加による労働力不足に対応するため、農林水産省では農業次世代人材投資事業として就農前研修の後押しや就農直後の経営確立を支援するなど若手を中心とした新規就農者の確保を推進しており、2016(平成28)年には新規就農者が6年ぶりに6万人を超え、49歳以下の新規就農者数も2007(平成19)年以来最多となるなど成果を上げている⁽¹⁹⁸⁾。

(2) AI・ロボットの活用に向けた環境整備

労働力不足を補い、労働生産性を向上する新たな方策として期待されているのがAI・ロボット等の活用である⁽¹⁹⁹⁾。農薬散布や傾斜地の草刈りなどの危険な作業にAI・ロボットを活用することによる安全性向上も期待されている⁽²⁰⁰⁾。

農林水産省は、2013(平成25)年にロボット・IT企業、農機メーカーや関係府省などの協力を得て「スマート農業の実現に向けた研究会」を立ち上げ⁽²⁰¹⁾、農業におけるAI・ロボット等の活用(スマート農業)の推進方策やガイドラインの検討を進めている。同研究会は、2016(平成28)年11月に、農業が抱える課題に対するAI・ロボット等の活用可能性等を整理し、農業従事者の減少・人手不足に対しては、①作業のロボット化による大幅な省力化や、②誰もが取り組みやすい農業(熟練農家のノウハウを短期で学べるシステムや病害虫の画像解析等の導入)に向けた取組を推進する方針を示している⁽²⁰²⁾。

2 具体的事例

(1) 自律走行車両、果菜収穫ロボット、小型無人機

トラクタ、田植機、コンバインなどの従来の農業用車両に位置計測装置、自動操舵装置などを装着した自律走行車両については、技術的な課題よりも、事故が発生した場合の責任をめぐる制度が十分に整備されていないため普及が遅れているという⁽²⁰³⁾。

果菜収穫ロボットについては、例えばイチゴ収穫ロボットは施設内でレール上を移動する仕組みであり、既存の栽培施設にはそのまま導入できないため、ロボットだけでなく施設全体をロボットによる栽培や収穫を想定して設計する必要性が指摘されている⁽²⁰⁴⁾。また、低コストで利用できるよう樹形を直線的にする栽培方法の研究も行われている⁽²⁰⁵⁾。ただし、いずれも

⁽¹⁹⁷⁾ 農林水産省『食料・農業・農村白書の概要 平成28年度』2017.5, p.6. <http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h28/attach/pdf/index-22.pdf>

⁽¹⁹⁸⁾ 同上, pp.6, 17.

⁽¹⁹⁹⁾ 同上, p.16.

⁽²⁰⁰⁾ 芋生憲司「生物生産機械の自動化とロボット化」『ロボット学会誌』Vol.35 No.5, 2017.6, p.378.

⁽²⁰¹⁾ 農林水産省「スマート農業の実現に向けた研究会」農林水産省ウェブサイト <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/index.html>

⁽²⁰²⁾ 農林水産省 前掲注⁽¹⁹⁶⁾

⁽²⁰³⁾ 芋生 前掲注⁽²⁰⁰⁾, p.377.

⁽²⁰⁴⁾ 同上

⁽²⁰⁵⁾ 安岡 前掲注⁽¹⁹⁵⁾, p.365.

人間の作業者に比べて作業スピードが遅い上、高価格であるなどの理由で現状では実験段階にとどまっているとも指摘されている⁽²⁰⁶⁾。

小型無人機（ドローン）については、従来目視で行われていた成長量の測定や病害の検出などを、空撮画像と画像認識技術を用いて自動的に行う技術が開発されており、作業の効率化が可能である⁽²⁰⁷⁾。なお、小型無人機を用いた農薬散布は、我が国では1980年代から行われており、国内の登録機数は2,500機を超えていると言われている⁽²⁰⁸⁾。

(2) クラウドによる農業情報の収集・分析・利活用

モバイル端末やセンサーから情報を収集・分析・利活用し、農業熟練者の経験を可視化することで、誰でも取り組みやすい農業を目指すクラウドサービスがある。例えば、富士通の「食・農クラウド Akisai（秋彩）」は、適期作業の徹底による収量比率の増大、作業工程の分析による総作業時間の効率化のほか、生産者が営農指導員からアドバイスを受けることや病虫害発生子測なども可能であり、今後はデータの集積と分析を基にした効率的な生産モデルの確立、情報の標準化やオープンデータ化も視野に入れている⁽²⁰⁹⁾。客観的なデータを利用できるようにすることで、新規就農者も安心して作業に取り組めるようになることが期待される。

(3) ウェアラブル機器による牛の飼養管理と牧場運営管理

北海道のITベンチャー企業であるファームノート社は、牛の首に装着してリアルタイムでデータ収集ができるウェアラブル機器「ファームノートカラー（Farmnote Color）」を開発した。ファームノートカラーによって牛の行動データを収集し、AIで解析することによって牛の発情や疾病の兆候などを把握し、異常牛などの情報がスマートフォンなどに自動的に通知される⁽²¹⁰⁾。同社は、ファームノートカラーを用いた牛群管理システム「ファームノート」を農家に提供しており、既に2,000を超える農家がこれを利用しているほか⁽²¹¹⁾、セミナー等を定期的で開催することでAIを活用する農家のコミュニティ形成を促している⁽²¹²⁾。牛群管理システムには、牧場運営管理の機能もあり、経営状態、売上、コストなどの可視化や、複数人がリアルタイムでコミュニケーションを図ることが可能である⁽²¹³⁾。

⁽²⁰⁶⁾ 近藤直「90億人時代のための食料生産施設におけるセンシングとロボット技術」『日本ロボット学会誌』Vol.35 No.5, 2017.6, p.381.

⁽²⁰⁷⁾ 杉浦綾「ドローン空撮画像による高速フィールドフェノタイプング」『日本ロボット学会誌』Vol.35 No.5, 2017.6, p.369.

⁽²⁰⁸⁾ 鈴木真二「小型無人航空機を安全に活用するための技術的・制度的方向性」『日本ロボット学会誌』Vol.34 No.1, 2016.1, p.24. <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrsj/34/1/34_34_24/_pdf/-char/ja>

⁽²⁰⁹⁾ 蒲田顕久「富士通の農業ICTへの取り組み—アグリインダストリー創生に向けて—」（未来投資会議構造改革徹底推進会合「ローカルアベノミクスの深化」会合（農業）（第5回）（平成29年2月6日）資料3）2017.2.6, pp.5-6, 11. 首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo_dai5/siryous3.pdf>

⁽²¹⁰⁾ 「ファームノート、人工知能を活用した牛向けウェアラブルデバイス「Farmnote Color」を発売開始」2016.8.5. <<https://farmnote.jp/press-release/farmnote-color2016.html>>

⁽²¹¹⁾ Farmnote ウェブサイト <<https://farmnote.jp/index.html>>

⁽²¹²⁾ 例えば、「ファームノートサミット2016—Be Connected.—」2016.11.16. Farmnote ウェブサイト <<https://farmnote.jp/events/summit2016.html>>

⁽²¹³⁾ 「スマートデバイスで牧場の最適管理を「かんたん」に実現できる、牛群管理システム最新版「Farmnote 2.0」を発表」2015.4.13. Farmnote ウェブサイト <<https://farmnote.jp/press-release/20150413.html>> 筆者がファームノート利用者に行ったインタビュー（2017（平成29）年7月16日実施）では、経営状態等が数値で示されるため、熟練者でなくても改善の提案ができるようになったという指摘があった。

3 農業へのAI・ロボットの適用をめぐる論点

(1) データの活用を容易にする環境整備

ウェアラブル機器や画像から得られたデータを現場で利用するためには、スマートフォンなどの携帯端末によるデータの記録・閲覧が可能である必要がある⁽²¹⁴⁾。そのためには、農村部でも一定以上の通信速度が確保され、クラウドへのアクセスが可能な通信環境が整っていることが重要である。

生育等の予測や解析を行うには、一定程度のデータ蓄積が必要であるが、稲作や園芸などでは季節ごとにしか取れないデータもある。予測や解析に必要なデータ収集をどのように行うかについては論点となり得る。

(2) AI・ロボットの活用に向けた制度整備

具体事例で紹介したように、制度整備の遅れにより普及が妨げられている技術がある。そのため、農業分野でのAI・ロボットの活用に必要な環境整備が必要である。農林水産省は、ロボット技術を組み込んで自動的に走行又は作業を行う農業機械（ロボット農機）の実用化を見据え、2017（平成29）年に安全性確保のためにメーカーや使用者が遵守すべき事項等を定めた「ロボット農機に関する安全性確保ガイドライン」を策定した⁽²¹⁵⁾。また、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT総合戦略本部）の下では、農業ビッグデータの適正な利活用に向けて、農業情報の標準化やその取扱いに関するガイドライン等の整備が進められている⁽²¹⁶⁾。

(3) 現場のニーズや環境への適応

農業向けのAI・ロボット技術・機器は、現在、農業関係者のほか、情報学や工学など最先端技術の専門家やベンチャー企業を含む民間企業が連携するなどして研究開発されている。しかし、工学的な知見から開発された製品の性能が、農業の現場で求められる性能と一致するとは限らないことに注意が必要である。例えば、農業においては「適期適農」という考え方があり、天候によって数日中に一気に収穫作業をしなければならない作物がある。このとき、数か月間使用していなかった農機が使えないということは許されない。最先端の技術ではなく、古い技術であっても確実に動作し、利用者でも多少の故障はメンテナンスが容易であることなどが農機に必要とされる条件であることに留意しなければならない⁽²¹⁷⁾。

執筆：東京大学大学院総合文化研究科 特任講師 江間 有沙^{えま ありさ}

⁽²¹⁴⁾ 前述の「食・農クラウド Akisai（秋彩）」や「ファームノート」も、スマートフォンなどにインストールして、圃場や牧場などでも状況を確認できるシステムを構築している。

⁽²¹⁵⁾ 農林水産省「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」2017.3. <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/attach/pdf/index-2.pdf>

⁽²¹⁶⁾ 「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT総合戦略本部）新戦略推進専門調査会（農業）取りまとめ等」首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/nougyou.html>

⁽²¹⁷⁾ 星野洋平「工農連携への取り組みーブームスプレーヤの制振制御とロボット技術ー」『日本ロボット学会誌』Vol.35 No.5, 2017.6, p.392.

VIII 治安・セキュリティ

1 治安・セキュリティに関する現状と課題

2016（平成28）年度の警察職員は29万5000人であり、このうち7,797人が警察庁、28万7000人が都道府県警察の職員である。刑法犯認知件数は2003（平成15）年以降13年連続して減少しているが、ストーカー事案・配偶者からの暴力事案や特殊詐欺を始めとする女性や高齢者が被害者となる犯罪が多発している。また、国際テロ情勢の悪化やサイバー空間の脅威の増大が課題となっている。⁽²¹⁸⁾

サイバー空間への脅威に関しては、インターネットバンキングに関する不正送金などの被害は減少しているものの、特定の組織や個人を狙って情報を盗む「標的型メール攻撃」などは増加傾向にあり、不正アクセスの検挙人員及び検挙事件数は、「不正アクセス行為の禁止等に関する法律」（平成11年法律第128号）の施行後、最多となっている⁽²¹⁹⁾。

少子化による警察官採用試験受験者の減少や、高齢化による大量退職は今後長期的に日本の警察機構が直面する課題であり、警察では地方警察官の増員、退職警察職員や女性警察官の積極的採用・活用を行っている⁽²²⁰⁾が、業務の合理化・効率化が課題となっている⁽²²¹⁾。また、情報セキュリティ人材も2016（平成28）年時点で約13万人が不足していると推計されている⁽²²²⁾。情報セキュリティ人材の絶対数不足や求められるスキルの高度化が課題とされる中⁽²²³⁾、民間事業者との人事交流や情報共有が推進されている⁽²²⁴⁾。

2 治安維持・セキュリティ確保におけるAIなどの活用

各種の取組によっても人材の確保がなお厳しい状況にある中、治安・セキュリティを担保するため、犯罪に対する事後的検挙だけでなく、犯罪兆候の予測に基づく未然防止や、警備実施自体の効率化が重要であるとの認識の下、AI、ロボットやその関連技術の利活用に向けた様々な検討が進められている。犯罪の特定・追跡にAIを活用する取組のほか、小型無人機（ドローン）や自動監視・検知システム等を用いた警備実施及びそのプロセスの省人化・自動化、犯罪を未然に防ぐ「予測警備」である。

(1) 犯罪の特定・追跡等

監視カメラから集められた画像などを用いて犯罪者を特定・追跡する取組例として、ニューヨーク市警察は、顔認識技術を使って監視カメラやソーシャルメディアから集められた画像を犯罪者の画像と照合するシステムを導入している⁽²²⁵⁾。韓国でも、AIを活用して交通事故や犯

⁽²¹⁸⁾ 警察庁編『警察白書 平成28年版』2016, p.198. <https://www.npa.go.jp/hakusyo/h28/pdf/pdf/11_dai7syo.pdf>

⁽²¹⁹⁾ 警察庁「平成28年中におけるサイバー空間をめぐる脅威の情勢などについて」2017.3.23, p.1. <http://www.npa.go.jp/publications/statistics/cybersecurity/data/H28cyber_jousei.pdf>

⁽²²⁰⁾ 警察庁編 前掲注⁽²¹⁸⁾, pp.198-199.

⁽²²¹⁾ 同上, p.210.

⁽²²²⁾ 経済産業省商務情報政策局情報処理振興課「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果—報告書概要版—」2016.6.10, p.12. <http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/27FY/ITjinzai_report_summary.pdf>

⁽²²³⁾ 警察庁総合セキュリティ対策会議「官民連携を通じたサイバー犯罪に対処するための人材育成等—平成26年度総合セキュリティ対策会議報告書—」2015.3, p.6. <https://www.npa.go.jp/cyber/csmeeting/h26/pdf/h26_honpen.pdf>

⁽²²⁴⁾ 警察庁編 前掲注⁽²¹⁸⁾, pp.122, 132-133. <https://www.npa.go.jp/hakusyo/h28/pdf/pdf/07_dai3syo.pdf>

⁽²²⁵⁾ 八山幸司「米国における防犯・治安とITに関する取り組みの現状」2015.11, p.6. <https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/cb0c9a0b7b7e9c15/rpNY_201511.pdf>

罪などをリアルタイム検出し、容疑者や車を追跡するシステムの導入を計画している⁽²²⁶⁾。

また、英国のダラム市警察が、過去の犯罪記録などのデータに基づき、犯罪の重大性や容疑者のリスクを分析し、容疑者の拘束が必要か否かを判断する「ハート」(Harm Assessment Risk Tool: Hart) と呼ばれる「犯罪リスク評価 AI」を導入することが報じられた⁽²²⁷⁾。

(2) 小型無人機を活用した警備・捜査

警備実施及びそのプロセスを省人化・自動化するために小型無人機が使われている。2016(平成28)年の伊勢志摩サミットでは小型無人機によるテロを防ぐため、空撮用と捕獲用の二種類の小型無人機を用意し、会場周辺に不審物が飛来した場合、前者によって空中から操縦者を捜すとともに、後者が備える約2m四方の網によって不審物を捕らえる警備が行われた⁽²²⁸⁾。

また、大阪府警察の廃棄物不法投棄の捜査では、山岳地等での不法投棄の位置関係を把握する際に小型無人機を使って大幅に労力を削減した事例がある⁽²²⁹⁾。

(3) 自動監視・検知システム

テロや犯罪の未然防止のため、顔認証システム等を用いて監視カメラの映像を常時監視し、要注意人物検知時に警備員のスマートフォンに通知するシステムも開発されている⁽²³⁰⁾。

国内でもサイバーセキュリティ対策として、PCやサーバなどの動作状態(プログラムの起動、ファイルへのアクセス、通信など)データに基づき、AIがシステムの定常状態を機械学習しリアルタイムに監視・分析することで異常を検知する技術が開発されている⁽²³¹⁾。また、ソーシャルメディアや掲示板などの公開情報から、犯罪に発展する書込みやコメントを検知し、監視者に発信するシステムが官公庁向けに提供されている⁽²³²⁾。

(4) 予測警備

予測警備(predictive policing)は、ビッグデータや各種センサーの情報に基づいて犯罪の兆候を予測し、現場の警備を強化することで、未然防止を図る取組である。既に米国、英国、韓国等ではAIを用いて予測警備を行っている先進事例が見られる⁽²³³⁾。

国内では京都府警察が、蓄積された過去の統計資料を複数の犯罪学理論に基づく予測アルゴ

⁽²²⁶⁾ 「警察データベースと連動「AI搭載監視カメラ」韓国で2018年から導入へ」2017.6.5. Roboteer ウェブサイト <<https://roboteer-tokyo.com/archives/8979>>

⁽²²⁷⁾ 「英警察が「犯罪リスク評価 AI」を導入へ…「拘束するか否か」を自動判断し冤罪も減少!？」2017.6.5. 同上 <<https://roboteer-tokyo.com/archives/8986>>

⁽²²⁸⁾ 「伊勢志摩サミット2016:最新装備で守れドローン捕まえるドローン」『毎日新聞』(中部版)2016.5.23, 夕刊, p.7.

⁽²²⁹⁾ 「事件捜査や災害救助にドローン活用広がる」2016.9.10. 産経ニュースウェブサイト <<http://www.sankei.com/west/news/160910/wst1609100020-n1.html>>

⁽²³⁰⁾ 堀越功「犯罪の未然抑止や無人運転にも、産業界から5Gへの期待」2016.11.25. ITPro ウェブサイト <<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/column/16/111400259/111400004/?rt=nocnt>>

⁽²³¹⁾ 例えば、「サイバーとフィジカル NEC ならではのセキュリティ技術で、社会をより安全・安心に」2017.3.10. NEC wisdom ウェブサイト <<https://wisdom.nec.com/ja/events/2017031001/02.html>>

⁽²³²⁾ UBIC「UBIC、インターネット上の「犯罪の予兆」を発見する「Lit i View SNS MONITORING」を官公庁向けに提供開始」2016.3.1. Fronteo ウェブサイト <<http://www.fronteo.com/corporate/news/uploadfile/docs/20160301.pdf>>

⁽²³³⁾ Joel Gunter, "Chicago goes high-tech in search of answers to gun crime surge," *BBC News*, 2017.6.19. <<http://www.bbc.com/news/world-us-canada-40293666>>; 八山 前掲注⁽²²⁵⁾, p.8; 「警察データベースと連動「AI搭載監視カメラ」韓国で2018年から導入へ」2017.6.5. Roboteer ウェブサイト <<https://roboteer-tokyo.com/archives/8979>>; 「英警察が「犯罪リスク評価 AI」を導入へ…「拘束するか否か」を自動判断し冤罪も減少!？」2017.6.5. 同 <<https://roboteer-tokyo.com/archives/8986>>

リズムで処理し、窃盗や性犯罪が発生する時間帯や場所をコンピュータで予測する「予測型犯罪防御システム」(以下「システム」)を2016(平成28)年10月から導入している⁽²³⁴⁾。システムには機械学習の要素を入れず、人間が予測ロジックを作成することで、解析基準のブラックボックス化を避けている⁽²³⁵⁾。予測結果は、管区内の交番レベルにまで張り巡らされたネットワーク等を通じ、交番の端末等、現場の警察官にも共有され、警備巡回の効率化に貢献している⁽²³⁶⁾。京都府警察の担当者によれば、導入後1年でシステムの活用を通じた数十件程度の検挙実績が確認されているという⁽²³⁷⁾。

同システムは、経験が浅い警察官や担当地域に慣れていない警察官でも円滑な警備巡回が可能となるよう補佐する機能を果たしている。またシステムの解析結果を基に、具体的な犯罪発生箇所等の機微情報を抽象化した警察の巡回ルートを公開することで、地域の防犯ボランティアとの協力においても活用されている⁽²³⁸⁾。

3 治安・セキュリティの情報化をめぐる課題—データの可用性・信頼性の問題—

犯罪予測・検知技術の多くは、プライバシー等の問題をはらむだけではなく、データの量や質の影響を強く受ける。システムの導入が進む米国では、レイプ、強盗、凶悪な暴行行為の半数は通報されないためデータベースに登録されていないと言われており、データベースの信頼性に疑問が投げかけられている⁽²³⁹⁾。また、システムを開発した民間企業が分析メカニズムを企業秘密として公表しないため、分析メカニズムの信頼性も疑問視されている⁽²⁴⁰⁾。全体として刑法犯認知件数の絶対数が少ない日本で、予測結果の精度向上や解析対象罪種の拡大が可能かどうかは今後の技術的な検討課題である⁽²⁴¹⁾。

また京都府警察には、犯罪統計データの蓄積や交番レベルにまで張りめぐらされたネットワークなどのインフラがあらかじめ整備されていた。予算が制約され、民間の安価なクラウドの利活用も制約が大きい中、他の都道府県警察が独自にこうしたインフラを構築し得るかが、類似システムの全国規模での普及に向けた課題の一つである。また、機械学習などを導入する場合、解析基準がブラックボックス化され得るため、予測結果をめぐる対外的な説明責任や、現場の警察官の納得感をどのように担保するのといった課題もある⁽²⁴²⁾。

執筆：東京大学公共政策大学院 専門職学位課程 瀬戸 崇志
 東京大学大学院総合文化研究科 特任講師 江間 ありさ

⁽²³⁴⁾ 「京都府警：犯罪予測システム導入 全国初、10月に」『毎日新聞』(大阪版)2016.2.10,夕刊,p.9.

⁽²³⁵⁾ 市嶋洋平「ビッグデータでバイク窃盗を現行犯逮捕、京都府警が予測システムを導入で実績」『日経 big data』No.40, 2017.6, p.19.

⁽²³⁶⁾ 京都府警察本部刑事部刑事企画課担当者へのインタビュー(2017(平成29)年12月11日)

⁽²³⁷⁾ 同上

⁽²³⁸⁾ 同上

⁽²³⁹⁾ 山田敏弘「京都府警の「犯罪予測システム」が使えない、これだけの理由」2016.10.6. ITmedia ウェブサイト〈<http://www.itmedia.co.jp/business/articles/1610/06/news018.html>〉

⁽²⁴⁰⁾ 同上

⁽²⁴¹⁾ 京都府警察本部刑事部刑事企画課担当者へのインタビュー(2017(平成29)年12月11日)

⁽²⁴²⁾ 同上

京都府警察の「予測型犯罪防御システム」の導入と利用について (インタビュー概要)

京都府警察本部刑事部刑事企画課 岡本博昭氏

1 システムの導入に当たって

京都府警察は、新しい技術の活用に積極的であり、サイバー犯罪などに対しても先進的に取り組んでいる。犯罪予測は、2015（平成27）年、米国カリフォルニア州のサンタクルーズ市警察とロサンゼルス市警察を視察した。両者は「プレッドポル（PredPol）」という犯罪予測システムを導入している。視察の結果、日本は米国よりも犯罪認知件数が少なく、都市構造や警察機構の差異もあるため、米国のシステムをそのまま導入することは難しいと判断し、日本独自のシステム構築を行うこととなった。

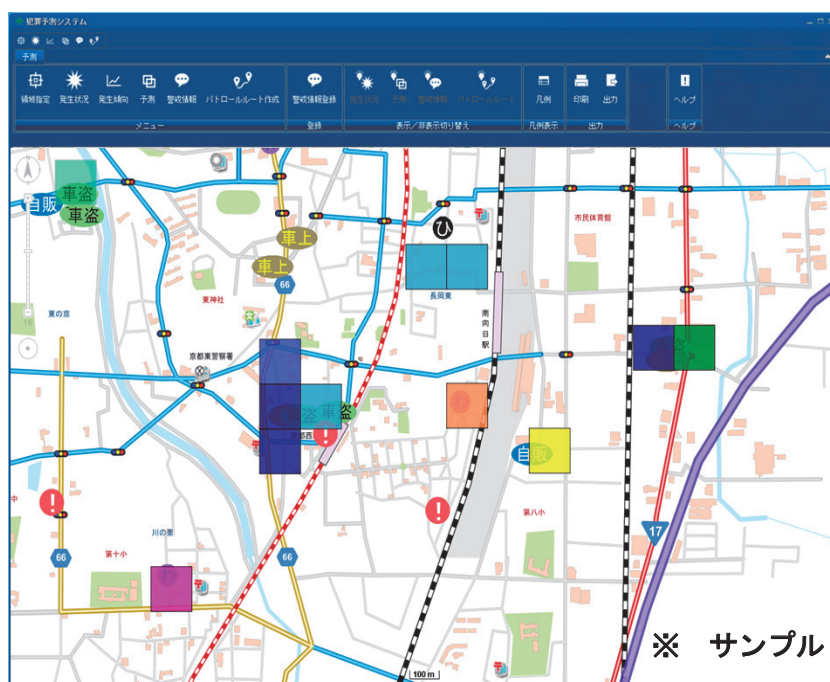
システムを構築するには、データやインフラが必要になる。日本は警察が外部クラウドなどを使うことはできないが、京都府警察は2004（平成16）年頃から犯罪発生データの蓄積、独自の地理情報システム（GIS）インフラの整備、交番レベルにまで行き渡ったセキュリティの確保されたネットワーク、ITに詳しい人材等の確保を行った。なお、消防や病院とはネットワークが分離されているため、現在のところ連携は考えていない。

2 システムについて

使用するデータは、罪種、日時、場所のみである。予測罪種はひったくりなどの窃盗犯と性犯罪である。発生データが少ない犯罪については、人の手でプロファイリング等を行っている。

発生パターンは150メートル四方で表示される。蓄積された過去の犯罪発生データを基に、①ホットスポット分析理論と、②近接反復危害理論を組み合わせて活用している。更新は数時間ごとに行われる。

図1 システム画面（サンプル）



(注) 色で罪種を、濃淡で危険度を示す。
(出典) 京都府警察本部刑事部刑事企画課提供。

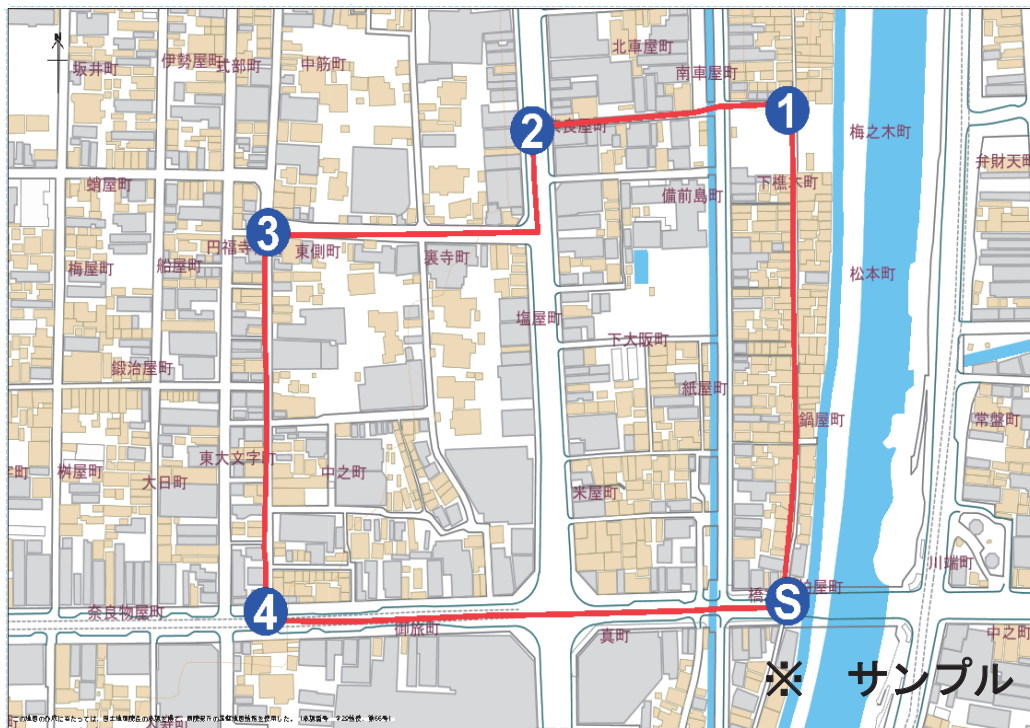
3 システム利用について

セキュリティの確保されたネットワークを通じ、本部、警察署及び交番において、各警察官のパソコン端末からシステムを参照できる。システムは、警察官個人がパトロールや警戒場所を策定する際に利用されており、効率的なパトロール活動に貢献している。また、ベテランのような経験や勘を持っていない新人警官や、新しく配属されたため担当区域に慣れていない警察官でも、円滑なパトロール活動が可能となる補佐の機能を果たしている。導入して1年が経った現在、同システムの活用を通じた数十件程度の検挙実績が確認されている。

犯罪予測システムの成果を「見える化」するため、データをうまく活用している警察官への表彰を通じて利用事例を共有しているほか、利用者の動機付け等の仕組みも構築している。

また、コミュニティ・ポリシング（警察と地域社会の協力）的な発想で、地域・生活安全部門では、システムの解析結果を基に、具体的な犯罪発生箇所等の機微情報を抽象化したパトロールルートを公開し、地元防犯ボランティアとの活動において活用もされている。

図2 地域向けのパトロールルート（サンプル）



（出典）京都府警察本部刑事部刑事企画課提供。

4 今後の課題

深層学習などは利用していない。それは、現場の警察官が仕組みを理解し、納得して使ってもらうのが難しいという理由による。

システムが使われているかどうか、システム自体の精度や信頼性に対する評価が必要である。また、今後は犯罪抑止効果の評価指標を開発する必要がある。

本インタビューは2017（平成29）年12月11日（月）に実施した。

コラム 1: AI と軍事利用の海外事情

1 AI・ロボットの軍事・安全保障利用

2000年代から、諸外国で軍事・安全保障分野での無人兵器システム (unmanned weapon systems) の利用が拡大した⁽²⁴³⁾。例えば米国議会調査局 (Congressional Research Service: CRS) の2012年度調査研究によれば、米軍の全保有航空機中の無人機比率は2005年には約5%であったが、2012年には約40%に急増した⁽²⁴⁴⁾。

また軍民両用のセンサー技術の高度化・拡散に伴い、軍事作戦・安全保障面でも多様なビッグデータの利活用の幅が広がっている⁽²⁴⁵⁾。こうした潮流と結び付き、特に2010年代以降、AIの軍事・安全保障利用や自律兵器システム (autonomous weapon systems)⁽²⁴⁶⁾への関心も高まり、AIの研究開発と利活用の競争は、国家間の軍事的な競争と密接に関連する時代を迎えつつある⁽²⁴⁷⁾。

各国がAI・ロボットの軍事・安全保障利用に積極的な理由は、第一に、軍事・安全保障の分野における3D任務⁽²⁴⁸⁾を機械に代替できるからである。一般論として無人兵器システム(並びにその延長線上にある自律兵器システム)は、人間の生理的限界に依存しない機能持続性、運用者の低リスク性、ダウンサイジングの容易さ、有人システムに比べ相対的に低い開発・運用コスト等の技術的特性を有する⁽²⁴⁹⁾。これらは作戦の効率化に加え、人件費等の低減を通じた作戦の費用削減に資する⁽²⁵⁰⁾。

第二に、特に欧米を中心とした先進諸国を取り巻く政治・社会的要因が、既存の兵器システムの無人化・省人化及び自律化の議論に拍車をかけている。具体的には少子高齢化・高学歴化による要員不足、対テロ作戦の長期化・激甚化、中国・ロシア等のいわゆる「接近阻止・領域

⁽²⁴³⁾ 例えば、米国による中東・北アフリカの対テロ作戦での無人機利用については以下を参照。Jessica Purkiss and Jack Serle, "Obama's Covert Drone War in Numbers: Ten Times More Strikes than Bush," 2017.1.17. The Bureau of Investigate Journalism Website <<https://www.thebureauinvestigates.com/stories/2017-01-17/obamas-covert-drone-war-in-numbers-ten-times-more-strikes-than-bush>>

⁽²⁴⁴⁾ Jeremiah Gertler, "U.S. Unmanned Aerial Systems," *CRS Report for Congress*, R42136, 2012.1.3, p.9. <<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a566235.pdf>>

⁽²⁴⁵⁾ Linton Wells II, "National Security Implications of the Fourth Industrial Revolution," 2016. 8.29, Centre of Excellence for National Security(CENS), Distinguished Visitor Program(DVP) Lecture, STAR-TIDES Website, pp.7-15 <<http://star-tides.net/sites/default/files/documents/files/Natnl%20Sec%20Imp%20of%204th%20Ind%20Rev%20for%20Singapore%20generic%208-29-16b%20final.pdf>>

⁽²⁴⁶⁾ 無人 (unmanned) と自律 (autonomous) の差異及び後者の定義をめぐる論争は以下を参照。川口礼人「今後の軍事科学技術の進展と軍備管理等に係る一考察—自律型致死兵器システム (LAWS) の規制等について—」『防衛研究所紀要』Vol.19 No.1, 2016.12, p.216. <http://www.nids.mod.go.jp/publication/kiyo/pdf/bulletin_j19_1_8.pdf>

⁽²⁴⁷⁾ Tom Simonite, "For Superpowers, Artificial Intelligence Fuels New Global Arms Race," *WIRED*, 2017.9.8. <<https://www.wired.com/story/for-superpowers-artificial-intelligence-fuels-new-global-arms-race/>>

⁽²⁴⁸⁾ 3Dは、単調 (dull)、汚い (dirty)、危険 (dangerous) の略。長期間継続して行う監視、化学剤・生物兵器・放射能等による汚染地域での活動、地雷・機雷等の捜索・除去といった任務が典型例である。神保謙「無人化システム・ロボティクスと安全保障」『国際問題』No.658, 2017.1・2, p.18.

⁽²⁴⁹⁾ 防衛省「将来無人装備に関する研究開発ビジョン—航空無人機を中心に—」2016.8.31, p.3. <http://www.mod.go.jp/atla/soubiseisaku/plan/vision/future_vision.pdf>

⁽²⁵⁰⁾ 川口 前掲注⁽²⁴⁶⁾, p.217.

拒否」(Anti-Access / Area Denial: A2/AD)⁽²⁵¹⁾能力向上に伴う作戦リスクの上昇⁽²⁵²⁾、さらには特に冷戦後の先進諸国における社会世論が戦争での自国民の犠牲を忌避する方向に傾斜しつつあること⁽²⁵³⁾や、装備品価格の高騰⁽²⁵⁴⁾と各国国防当局の予算制約等⁽²⁵⁵⁾が要因として挙げられる。

第3の理由として、特に自律兵器システムの導入により軍事作戦の在り方自体が劇的に高度化し、他国軍への作戦上の優位確保につながる期待がある。例えば兵器システムが戦場で収集したビックデータの分析等による作戦立案・実施の迅速化⁽²⁵⁶⁾、自律システムによる情報処理の高速化とシステムの相互接続性を利用した(陸海空宇宙サイバーの各ドメインを横断して同時並行的に展開可能な)打撃作戦の実施等がそれに当たる⁽²⁵⁷⁾。

2 各国の事例紹介

(1) 米国

2014年11月、バラク・オバマ(Barack Obama)政権下で、米国国防総省は軍事戦略として「第3次オフセット戦略⁽²⁵⁸⁾」(Third Offset Strategy: TOS)を発表した⁽²⁵⁹⁾。同戦略は、最先端技術の世界的拡散が加速する中で将来も米国の軍事的優位と抑止力を保つ上で、①技術革新、②米軍の作戦構想の変革、それを支える③国防総省・米軍の組織改革を三位一体として追求する戦略であり⁽²⁶⁰⁾、現在のドナルド・トランプ(Donald Trump)政権下でも当該戦略の各種施策は継承されている⁽²⁶¹⁾。

⁽²⁵¹⁾ 接近阻止・領域拒否(A2/AD)は、一般的に、ある国が弾道・巡行ミサイル攻撃、サイバー攻撃、電子・電磁戦(electromagnetic-warfare)などを通じ、敵対者の艦船・航空機・基地・衛星や海底ケーブル等の指揮通信システムで構成される戦力投射能力(power-projection capability)のリスクを高め、地域紛争への介入を抑止し得る能力(環境)を指す。中露のA2/ADについては、以下の文献を参照。Stephen Biddle and Ivan Oelrich, "Future Warfare in the Western Pacific: Chinese Antiaccess/Area Denial, U.S. AirSea Battle, and Command of the Commons in East Asia," *International Security*, Vol.41 No.1, Summer 2016, pp.7-48. <https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/ISEC_a_00249>; Stephan Frühling and Guillaume Lasconjarias, "NATO, A2/AD and the Kaliningrad Challenge," *Survival Global Politics and Strategy*, Vol.58 No.2, 2016.3, pp.95-116.

⁽²⁵²⁾ A2/AD能力・環境が無人兵器・AIを軍事的に要請する背景については、Patrick M. Cronin et al., *Dynamic Balance: An Alliance Requirements Roadmap for the Asia-Pacific Region*, Washington: Center for a New American Security, 2016.5, pp.11-12. <<https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNASReport-AllianceRoadmap-Final.pdf?mtime=20161010171119>>; Shawn Brimley et al., *While We Can: Arresting the Erosion of America's Military Edge*, idem, 2015.12, pp.5-9. <<https://www.files.ethz.ch/isn/195455/While%20We%20Can-151207.pdf>>

⁽²⁵³⁾ Marouf Hasian Jr., *Drone Warfare and Lawfare in a Post-Heroic Age*, Tuscaloosa: University of Alabama Press, 2016, pp.19-47.

⁽²⁵⁴⁾ Sam Jones, "AI and Robots Line up for Battlefield Service," *Financial Times*, 2016.11.6. <<https://www.ft.com/content/02d4d586-78e9-11e6-97ae-647294649b28>>

⁽²⁵⁵⁾ 森聡「第5章 米国の「オフセット戦略」と「国防革新イニシアティブ」」日本国際問題研究所編『米国の対外政策に影響を与える国内的諸要因』日本国際問題研究所, 2016.3, p.63. <http://www2.jiia.or.jp/pdf/research/H27_US/05-mori.pdf>

⁽²⁵⁶⁾ 森 同上, pp.61-62; 森聡「技術と安全保障—米国の国防イノベーションにおけるオートノミー導入構想—」『国際問題』No.658, 2017.1・2, pp.28-30.

⁽²⁵⁷⁾ 森「技術と安全保障」同上, pp.27-31.

⁽²⁵⁸⁾ 「オフセット戦略」とは米国の国防用語で、「兵器、システム、作戦概念を新たな形で組み合わせることで、敵国の軍事的優位を相殺して余りある軍事的能力を確保し、もって抑止力を生み出す戦略」を意味する。森 前掲注⁽²⁵⁶⁾, p.53.

⁽²⁵⁹⁾ "Regan National Defense Forum Keynote: As Delivered by Secretary of Defense Chuck Hagel," 2014.11.15. U.S. Department of Defense Website <<https://www.defense.gov/News/Speeches/Speech-View/Article/606635/>>; Secretary of Defense, *Memorandum: The Defense Innovation Initiative*, 2014.11.15. <<http://archive.defense.gov/pubs/OSD013411-14.pdf>>

⁽²⁶⁰⁾ 森「技術と安全保障」前掲注⁽²⁵⁶⁾, pp.55-56. なお、トランプ政権で策定された「国家安全保障戦略」(National Security Strategy: NSS)、「国家防衛戦略」(National Defense Strategy: NDS)でも、米国の優位性を確保するために先端技術の研究開発が重要であることが述べられており、AIも、その先端技術の例として挙げられている。*National Security Strategy of the United States of America*, 2017.12, pp.20-21. <<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf>>; Summary of the National Defense Strategy Sharpening the American: Military's Competitive Edge, 2018.1, pp.3, 7. <<https://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf>>

⁽²⁶¹⁾ Tom Simonite, "Defense Secretary James Mattis Envis Silicon Valley's AI Ascent," *WIRED*, 2017.8.11. <<https://www.wired.com/story/james-mattis-artificial-intelligence-diux/>>

特に上記①と②について、TOS の推進を担う一組織である国防総省の国防科学委員会 (Defense Science Board: DSB) は、2015 年、AI・ロボット・ビッグデータ分析等の関連技術群による「自律」を意味する「オートノミー (autonomy)」の概念と、その安全保障上の利活用の可能性を詳細に検討した⁽²⁶²⁾。同検討会の報告書は、米国国防関係当局に対し、現代の軍事作戦に不可欠な①センサー、②指揮統制システム、③ (無人機等の) 作動体、④兵站ネットワークにオートノミーを統合し、情報収集・分析の高速化、事態対処の自動化、部隊状況の観測に基づく機動的兵站支援、無人兵器間及び無人兵器と有人部隊の有機的連携等の実現を提言した⁽²⁶³⁾。また、中長期的には、①社会情勢の不安定化の予測、②自律型スウォーム⁽²⁶⁴⁾、③IoT への大規模侵入の探知、④ (機械学習によるシステムの自動修復機能等を備えた) 回復力を持つ兵器の開発、⑤航空作戦の計画立案の高速化等で AI の活用が期待されるとの分析を示した⁽²⁶⁵⁾。

これ以降も、米国では国防高等研究計画局 (Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA) 及び陸・海・空軍等で同概念の具体化が進んでいる⁽²⁶⁶⁾。直近の動向として、米国陸軍が将来の作戦構想として検討中の「マルチ・ドメイン・バトル (Multi-Domain Battle: MDB)」が⁽²⁶⁷⁾、2017 年 12 月の成果文書内で AI 等による情報収集・分析機能強化を能力要求に盛り込んだ点が注目される⁽²⁶⁷⁾。

(2) イスラエル

イスラエルは、特に対テロ作戦や国境警備等の 3D 任務における AI・ロボットの活用を推進している。2016 年 7 月には AI を搭載した完全自動運転軍用車「ボーダープロテクター (Border Protector)」の実戦配備が開始され、パレスチナ暫定自治区にあるガザ地区境界の監視任務等を担っている。同車両は偵察・索敵用の無人陸上車両 (Unmanned Ground Vehicles: UGVs) であり、殺傷能力等は現時点では有していないが、イスラエル軍は今後、これに機関銃などを搭載し、自律兵器システムと人間との混成戦闘部隊を構成し、国境防衛の一端を担わせることを示唆した⁽²⁶⁸⁾。また、同国のスタートアップ企業による AI の安全保障分野での研究・利活用のエコシステムは世界的な注目を集めており、研究開発投資も盛んである。

⁽²⁶²⁾ 検討結果は、2016 年夏に報告書として公表された。自律 (オートノミー) の含意については、Defense Science Board, *Summer Study on Autonomy*, 2016.6. <<https://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy-ss.pdf>>

⁽²⁶³⁾ *ibid.*, pp.45-76. なお、森 前掲注⁽²⁵⁵⁾, pp.55-56 を参照した。

⁽²⁶⁴⁾ スウォーム (swarm) とは、小型無人機が大量の「群れ (スウォーム)」を構成し、群れの中の各個体が収集したデータを共有し、互いの行動を同期・調整させつつ攻撃・防御を行う自律型兵器の運用構想である。自律的な各個体を相互接続することにより、電波妨害等の電子戦への抗たん性 (機能を維持する能力) を有し、また大量生産可能な小型無人機の効果的な運用によって、一般的に新興国・途上国に対し、兵器製造・人員育成のコスト等から戦場での数的 (量的) 優位を失いやすい先進国の軍隊であっても、敵対者に対する数的な劣位を相殺することが可能となる。森「技術と安全保障」前掲注⁽²⁵⁶⁾, p.30; Paul Scharre, *Robotics on the Battlefield Part II: The Coming Swarm*, Washington: Center for a New American Security, 2014.10. <https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf?mtime=2016090608209>

⁽²⁶⁵⁾ Defense Science Board, *op.cit.* ⁽²⁶²⁾, pp.76-97. なお、森 前掲注⁽²⁵⁵⁾, pp.55-56 を参照した。

⁽²⁶⁶⁾ AI を搭載した自律型の無人水中走行体 (Unmanned Underwater Vehicles: UUVs) の開発、自律機と有人機による混成ストライクパッケージ (攻撃部隊) の構成等が含まれる。詳しくは以下を参照。菊地茂雄・新垣拓「第 7 章 米国一大国間競争の再来への対応」防衛省防衛研究所編『東アジア戦略概観 2017』2017, pp.197-202. <<http://www.nids.mod.go.jp/publication/east-asian/pdf/eastasian2017/j07.pdf>>; Sydney J. Freedberg Jr., "Algorithmic Warfare: DSD Work Unleashes AI on Intel Data," 2017.4.28. Breaking Defense Website <<https://breakingdefense.com/2017/04/dsd-work-unleashes-ai-on-intel-data-algorithmic-warfare/>>

⁽²⁶⁷⁾ United States Army Training and Doctrine Command, *Multi-Domain Battle: Evolution of Combined Arms for the 21st Century: 2025-2040 (Version 1.0)*, 2017.12, p.54. <http://www.tradoc.army.mil/multidomainbattle/docs/MDB_Evolutionfor21st.pdf>

⁽²⁶⁸⁾ 「エンドレスウォー: ロボット部隊、幕開け 自動軍用車、実戦へ イスラエル「世界初」」『毎日新聞』2016.8.24, p.1.

(3) 中国・ロシア

中国やロシアでも、国家戦略レベルでAI・ロボットの積極的活用や、軍事・安全保障利用に向けた研究開発投資を進めようとしている⁽²⁶⁹⁾。専門家らの分析によれば、中国・ロシアは現時点では米国と比べ技術的劣位にあるが、今後誘導ミサイル等の照準システムの高度化や、対テロ作戦等に利用できる自律型無人車両などにAI・ロボットを活用していくことが見込まれるという⁽²⁷⁰⁾。

3 今後の論点

(1) 自律型致死兵器システム (LAWS) 規制をめぐる議論と課題

人間の判断・意思決定を介在させず (human out of the loop)、標的を選定・殺傷し得る「自律型致死兵器システム」(Lethal Autonomous Weapons Systems: LAWS) に対し、各国の科学者や NGO 等を中心に、その開発を規制すべきであるとの声が根強い⁽²⁷¹⁾。現在、主に、特定通常兵器使用禁止制限条約 (Convention on Certain Conventional Weapons: CCW)⁽²⁷²⁾ の枠組みにおいて、国際人道法、軍縮軍備管理等の観点から LAWS 規制の在り方が議論されている⁽²⁷³⁾。他方、現時点で存在していない兵器の規制をめぐる議論は容易ではなく、また AI の要素技術が持つ高いデュアルユース (軍民両用) 性に鑑みて、(要素技術レベルでの) 早期の規制が、民間の研究開発を歪曲させる懸念も一部研究者の間で表明されている⁽²⁷⁴⁾。

(2) 国際関係・国家安全保障政策への影響

欧米の国際関係・安全保障論の専門家は、AI はかつて核兵器がもたらした影響と同等のレベルで戦争・国際関係の在り方に影響を与え得るとの見方を示している⁽²⁷⁵⁾。AI の要素技術のデュアルユース性に伴う急激な技術拡散は平時の軍拡競争を加速し、AI による軍事作戦の迅

⁽²⁶⁹⁾ Simonite, *op.cit.*⁽²⁴⁷⁾ 中国については以下も参照。“China issues guideline on artificial intelligence development,” 2017.7.20. The State Council of the People’s Republic of China Website <http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2017/07/20/content_281475742458322.htm>

⁽²⁷⁰⁾ Stephan De Spiegeleire et al., *Artificial Intelligence and the Future of Defense: Strategic Implications for Small- and Medium-Sized Force Providers*, Hague: The Hague Centre for Strategic Studies, 2017, pp.77-84. <<https://hcss.nl/sites/default/files/files/reports/Artificial%20Intelligence%20and%20the%20Future%20of%20Defense.pdf>>

⁽²⁷¹⁾ 例えば, Human Rights Watch and Harvard Law School’s International Human Rights Clinic, “Losing Humanity: The Case against Killer Robots,” 2012.11. <<https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/Losing%20Humanity%20Executive%20Summary.pdf>>; Samuel Gibbs, “Elon Musk leads 116 experts calling for outright ban of killer robots,” *Guardian*, 2017.8.20. <<https://www.theguardian.com/technology/2017/aug/20/elon-musk-killer-robots-experts-outright-ban-lethal-autonomous-weapons-war>>

⁽²⁷²⁾ 「過度に傷害を与え又は無差別に効果を及ぼすことがあると認められる通常兵器の使用の禁止又は制限に関する条約」(昭和58年条約第12号)(1983(昭和58)年12月2日、発効及び我が国について効力発生)

⁽²⁷³⁾ これまでの議論の動向は、川口 前掲注⁽²⁴⁹⁾, pp.221-223を参照。なお、2017年11月13日から18日にかけて、CCWのLAWS専門家会合が開催され、日本政府代表団は「現時点でLAWSに関する明確な定義についてコンセンサスを得ることは困難であるが、自律的機能を有する技術の現状や将来的な展望に関して、現実的な議論を行うことが重要であるとして、LAWSに関連し得るロボット技術やAI技術において先進的な技術を要する日本として、知見の提供を行う等積極的に議論に参加したい」旨を表明した。「特定通常兵器使用禁止制限条約自律型致死兵器システムに関する政府専門家会合の開催」2017.11.20. 外務省ウェブサイト <http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/press4_005290.html>

⁽²⁷⁴⁾ Mary L. Cummings, *Artificial Intelligence and the Future of Warfare*, London: Chatham House, 2017.1, pp.1-12. <<https://www.chathamhouse.org/sites/files/chathamhouse/publications/research/2017-01-26-artificial-intelligence-future-warfare-cummings-final.pdf>>; 佐藤丙午「LAWS(致死性自立兵器システム)の戦争」川上高司編著『「新しい戦争」とは何か—方法と戦略—』ミネルヴァ書房, 2016, p.68.

⁽²⁷⁵⁾ 例えば以下を参照。Greg Allen and Taniel Chan, *Artificial Intelligence and National Security*, Cambridge: Harvard Kennedy School Belfer Center for Science and International Affairs, 2017.7, pp.9-10. <<https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/AI%20NatSec%20-%20final.pdf>>

速化等が、有事下での紛争を偶発的にエスカレートすることで国家間の戦略的安定性を低下させるリスクがあると指摘している⁽²⁷⁶⁾。加えて、兵器等の運用にAIを導入した国とそうでない国との間で、軍事作戦下での情報処理能力や指揮通信機能に圧倒的格差が発生することにより、これが有事下における同盟国間の統合作戦実施に悪影響をもたらす可能性も懸念されている⁽²⁷⁷⁾。

(3) AI 導入に伴う軍隊・国防当局の組織文化特有の課題

軍・国防当局の組織文化が、軍事・安全保障分野でのAI・オートノミーの利活用を阻害する要因となり得る。軍隊は維持・効率化のために階層性(hierarchy)やトップダウン型の指揮・統制(command and control)を重視する傾向が強く、AIに導入により判断の自律・自動化(分散化)と組織のフラット化が促進される場合、技術と既存の組織文化に軋轢(あつれき)が生じる可能性があり得る⁽²⁷⁸⁾。また、一部の軍事組織は、伝統的にマンパワー、その他の人的要素を重視する傾向が強く、最も高い水準で無人兵器システムの導入が進んでいる米軍内でも、例えば、無人戦闘攻撃機X-47の調達・運用をめぐる過程で、無人化・省力化に対する抵抗が広く見られた⁽²⁷⁹⁾。このような組織文化は、軍事・安全保障分野でのAIや自律兵器の普及を阻害する要因となり得る。また、現在AIの技術的基盤を提供するスタートアップ企業など民間の情報通信産業や大学の組織文化⁽²⁸⁰⁾、厳密な規制と長期間のプロセスを伴う軍・国防当局の研究開発や調達制度の在り方が衝突することも課題として指摘されている⁽²⁸¹⁾。

執筆：東京大学公共政策大学院 専門職学位課程 瀬戸 崇志

⁽²⁷⁶⁾ Jürgen Altmann and Frank Sauer, "Autonomous Weapon Systems and Strategic Stability," *Survival*, Vol.59 No.5, 2017.10-11, pp.120-132.

⁽²⁷⁷⁾ 森 「技術と安全保障」 前掲注⁽²⁵⁶⁾, pp.32-33.

⁽²⁷⁸⁾ Lena Andrews and Julia Macdonald, "Five Costs of Military Innovation," 2016.2.18. War on the Rocks Website <<https://warontherocks.com/2016/02/five-costs-of-military-innovation/>>; Cummings, *op.cit.* ⁽²⁷⁴⁾, p.9; Denise E. Zheng and William A. Carter, *Leveraging the Internet of Things for a More Efficient and Effective Military*, Washington: Center for Strategic and International Studies, 2015.9, p.23. <https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/legacy_files/files/publication/150915_Zheng_LeveragingInternet_WEB.pdf>

⁽²⁷⁹⁾ Cummings, *ibid.* また、特にパイロットの職責を重視する空軍では、有人機パイロットと無人機オペレーターの間には明確なヒエラルキーが存在することも指摘されている。井上孝司『ドローンの世紀—空撮・宅配から武装無人機まで—』中央公論新社, 2015, p.176.

⁽²⁸⁰⁾ Cummings, *op.cit.* ⁽²⁷⁴⁾, pp.8-12.

⁽²⁸¹⁾ Zheng and Carter, *op.cit.* ⁽²⁷⁸⁾, pp.23, 29-30; Gary Gysin, "Can DIUx help DoD unlock innovation roadblocks with Silicon Valley?" 2015.12.2, Morning Consult Website <<https://morningconsult.com/opinions/can-diux-help-dod-unlock-innovation-roadblocks-with-silicon-valley/>>

コラム2：将棋

1 将棋界へのソフトウェア導入の意義

将棋電王戦シリーズ⁽²⁸²⁾において、プロ棋士が将棋ソフトウェア（以下「ソフト」）に敗北したというニュースは、大きな社会的注目を集めた⁽²⁸³⁾。AI技術の発展により様々な職業がソフトに代替されていくという展望が広まるにつれて、将棋関連サイトでは対局においてソフトに凌駕（りょうが）されるようになった棋士の職業的地位を危ぶむ声も上がっている⁽²⁸⁴⁾。

しかしながら、「AIが棋士の仕事を奪う」というのは、あまり根拠のない憶測に過ぎないように思われる。プロ棋士の職業は、単に将棋を指すことによってではなく、将棋ファンや新聞社・テレビ局が対局、棋譜や解説に対価を支払うことによって成立しているのであり、プロ棋士は興行として将棋を指している。確かに、棋士とソフトが対戦した将棋電王戦シリーズは興行として一定の成功を取めている⁽²⁸⁵⁾。しかし、ソフト同士の対局の場である「世界コンピュータ将棋選手権」や将棋ソフト用対局サイト「フラッドゲート（floodgate）」⁽²⁸⁶⁾での対局がプロ棋士同士の棋戦に代わってファンの大部分を惹きつけるようになったわけではない。有料の棋戦中継アプリ（「日本将棋連盟モバイル中継」）が主に棋士同士の対局を取り上げるのに対して、フラッドゲートには無料でアクセスできることが示しているように、ソフトによる棋譜や解説に対価を支払う多くのファンが現れたわけでもない。また、棋士という職業を支えている「将棋が強い」こと以外の要素（解説や指導の上手さ、人間的魅力、ファンとの交流など）をソフトに実装することは困難であろう。つまり、将棋ソフトには「棋士という職業の代替」という点では今のところ特に実績もなく、その見通しも立っていないというのが現状である。

将棋界におけるソフトの導入をめぐるのは、ソフトが人間の仕事を代替していく可能性ではなく、後述するように、ソフトが人間と同等以上の実力を持つに至った時、両者はいかに協働できるのか、ソフトとの協働によって人間の営為はいかに変化するのか、が問われているのではないだろうか。

2 将棋ソフト開発の変遷

1970年代に始まった将棋ソフトの開発は、2000年代前半まで、主に将棋に詳しい開発者の知見やプロ棋士の助言に基づいて、評価関数⁽²⁸⁷⁾を手作業で構成する手法によって行われてきた。そこで重視されていたのは、人間のトップ棋士がいかなる思考によって指し手を選びとっているかを把握し、その思考をソフト上のアルゴリズムによって再現することであった⁽²⁸⁸⁾。

⁽²⁸²⁾ 電王戦とは、2012（平成24）年からドワンゴ社が主催している棋士と将棋ソフトが戦う棋戦である。「電王戦」日本将棋連盟ウェブサイト〈<https://www.shogi.or.jp/match/denou/>〉

⁽²⁸³⁾ 「現役棋士、連敗 将棋・第2回電王戦第3局 ツツカナ序盤から攻勢「強かった」」『朝日新聞』2013.4.9, 夕刊, p.7; 「最後の電王戦 ソフト連勝で幕 佐藤名人「思いつかない手」」『毎日新聞』2017.5.21, p.30.

⁽²⁸⁴⁾ 「ネット炎上の記録」2016.9.11. A 級リーグ指し手一号（将棋ソフト開発者・伊藤英紀氏のブログ）〈<http://aleag.cocolog-nifty.com/blog/2016/09/post-e24a.html>〉を参照した。

⁽²⁸⁵⁾ 2013（平成25）年の第2回電王戦、2014（平成26）年の第3回電王戦では、ドワンゴ社が提供するライブストリーミングサービス「ニコニコ生放送」の総視聴者数が200万人を超えたとされる。「将棋電王戦のニコ生総視聴者数は200万人を突破、将棋番組の史上最高値を更新」2013.4.22. マイナビニュースウェブサイト〈<https://news.mynavi.jp/article/20130422-a287/>〉; 「第3回将棋電王戦」総視聴者数213万人で前回超え、第5局は過去最高の71万人」2014.4.15. 同〈<https://news.mynavi.jp/article/20140415-a443/>〉

⁽²⁸⁶⁾ コンピュータ将棋連続対局場所（floodgate）〈<http://wdoor.c.u-tokyo.ac.jp/shogi/floodgate.html>〉

⁽²⁸⁷⁾ 局面の有利・不利を表す値を出力する関数で、後述する分岐探索と並びソフトの棋力を左右する主要素である。

⁽²⁸⁸⁾ 飯田弘之『コンピュータは名人を超えられるか』岩波書店、2002.

これに対し、物理化学者で将棋に詳しくなかったという保木邦人氏（現在、電気通信大学大学院情報理工学研究科准教授）が2005（平成17）年に開発したソフト「ボナンザ（Bonanza）」の手法は、各局面で全ての指し手を評価する全幅探索と、プロ棋士の棋譜に基づく機械学習を基本としている。この手法を踏襲したその後の強豪ソフトは、将棋の指し手を明示的なルールの束（アルゴリズム）に変換して解明するのではなく、トップ棋士が選びやすい指し手を高い確率で選択できるようにソフトウェアを変化（学習）させることを目指したため、将棋をめぐる思考の解明という点では少なからず後退している⁽²⁸⁹⁾。コンピュータの高速化に伴って学習の速度・精度が向上するにつれ、強豪ソフトがいかなる思考によって指し手を選んでいるのかは、開発者自身にも容易に理解できない状況に至っている。

このように、棋士を凌駕するに至った近年の将棋ソフトは、コンピュータの計算力をフルに活用して、精度の高い読み（予想される局面の探索）と大局観（評価関数）を手に入れた一方で、指し手を導出する思考の内実に関しては次第にブラックボックス化してきたと言える。安易な一般化はできないが、ソフトウェアの能力が向上するほどその内部原理が開発者自身を含む人間の知的能力では理解し難いものになっていく（あるいは、人間の知的理解にこだわらない内部メカニズムの精緻化がソフトウェアの能力向上に結実する）という過程は、機械学習・深層学習といった昨今のAIブームの中核とされる技術にも見だし得る共通点であろう。

3 将棋ソフトの影響

棋士側の5勝10敗1分けに終わった将棋電王戦シリーズの結果と内容を受けて⁽²⁹⁰⁾、プロ棋士の側にも様々な将棋ソフトからの影響が現れてきた。まず、将棋電王戦等においてソフトが指した斬新な手がプロ棋士同士の対局にも現れ、「ソフト新手」としてその有効性が吟味されるようになった。さらにそれらの新手のうち、幾つかは定跡書でも言及され、定跡や戦型の一部にソフトの影響が見られるようになった。ここまでのソフトの影響は「情報の探索」における選択肢の拡張である。つまり、局面ごとに可能な指し手を全て探索する「全幅探索」を採用するソフトによって、プロ棋士がこれまで培ってきた大局観では除外されやすかった指し手にも可能性があることが新たに示されたのである。

これに対して、将棋電王戦の終盤から将棋電王戦後にかけて、若手を中心としてプロ棋士がソフトを事前研究に用いる例が増えていった。ここでは、単に新たな指し手や戦型の可能性を探るだけでなく、棋士の能力の神髄として神聖視されてきた「大局観」自体が従来の慣習的な発想や恐怖・期待といった情動に基づく「先入観」に過ぎないのではないかと考え、ソフトが示す形勢判断を参考にして自らの「大局観」を改変しようとする試みがなされている⁽²⁹¹⁾。こうした動きは、「情報の探索」だけではなく、これまで人間が占有してきた「情報の評価」においてもソフトが重要な役割を占めつつあるという点で示唆的である。「情報の探索」を支援するツールから「情報の評価」をも支援するツールへの変化は、より一般的には「インターネット」関連技術から現在「AI」と呼ばれる技術への変化にも敷衍（ふえん）できる。

⁽²⁸⁹⁾ コンピュータ将棋協会監修『人間に勝つコンピュータ将棋の作り方』技術評論社、2012。

⁽²⁹⁰⁾ 久保明教「計算する知性といかにつきあうか—将棋電王戦からみる人間とコンピュータの近未来—」2014.3.29. SYNODOS ウェブサイト〈<http://synodos.jp/science/7549>〉

⁽²⁹¹⁾ 千田翔太・久保明教「機械と人間、その第三の道をゆく」『E! Eureka Project』Vol.8, 2016.4.20, pp.10-42. 〈<http://eureka-project.jp/2016/04/20/e8/#>〉

4 今後の展望

ただし、ソフトを用いた研究（評価値の検討を含む。）に対して全面的に肯定するプロ棋士は少ない。従来は勝てる見込みが立ちにくく実際に指すのは怖いため回避されていた局面であっても、ソフトによる評価値が悪くなければ選択することもできる。その意味で、ソフトは、従来は回避されていた差し手を選択するときに不安を取り除いてくれる「お守り」（ある若手棋士の表現）となり、その棋士が指す将棋の可能性を明らかに押し広げている。

その一方で、ソフトの評価値を当てにしすぎると、自分の頭で考えるのを怠るようになり、「読みの筋肉が落ちる」、といった否定的な見解を述べるトップ棋士もいる⁽²⁹²⁾。前述したように、現在の強豪ソフトは、その思考の内実が人間には容易に理解できないものとなっており、ソフトが提案する選択の表面だけに従うと局面の進行をコントロールしきれなくなり、自らの思考や指し手の裏付けが希薄化するという状況も生じ得る。

以上で述べてきたソフトとの対局を通じて現代将棋が変容してきたプロセスは、プロ棋士という職業においては「勝負」を見せるという興行としての成否が第一に重視され、慣習的・倫理的制約が比較的にかかりにくいからこそ多様かつ急速に進んだ面もある。しかしながら、将棋界におけるソフトの導入は、冒頭で述べたようにAIによる労働市場変化の例としては捉えにくいものの、高度な知的能力を持つソフトとの協働が人間の思考や行為をいかに変容させていくのかという観点から、他の分野においても示唆に富む、先駆的なモデルケースとして捉えることができる。

執筆：一橋大学大学院社会学研究科 准教授 久保 明教^{あきのり}

⁽²⁹²⁾ 大川慎太郎『不屈の棋士』講談社、2016、pp.196-203.