

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>>

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 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—ブームスプレーヤの制振制御とロボット技術—」『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。

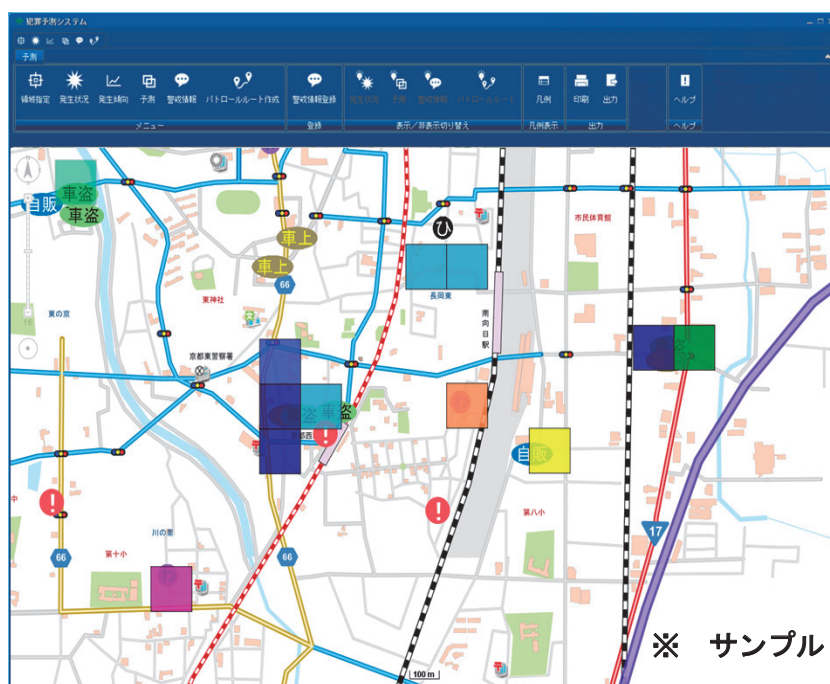
システムを構築するには、データやインフラが必要になる。日本は警察が外部クラウドなどを使うことはできないが、京都府警察は2004（平成16）年頃から犯罪発生データの蓄積、独自の地理情報システム（GIS）インフラの整備、交番レベルにまで行き渡ったセキュリティの確保されたネットワーク、ITに詳しい人材等の確保を行った。なお、消防や病院とはネットワークが分離されているため、現在のところ連携は考えていない。

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。

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/02d4d586-78e9-11e6-97ac-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³、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間に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.