

ブリーフィング・メモ

ドイツ連邦軍における人工知能(AI)活用の方向性

政策研究部軍事戦略研究室 小橋 史行

はじめに

現在、目まぐるしく進化・発展する情報通信技術の中でも人工知能（artificial intelligence: AI）は洋の東西を問わず、社会のあらゆる分野に浸透し、民生分野のみならず軍事分野への活用についても研究・開発が進められている。2018年12月に策定された新防衛大綱においては、各国は、ゲーム・チェンジャーとなり得る最先端技術を活用した兵器の開発に注力するとともに、AIを搭載した自律型の無人兵器システム（Lethal Autonomous Weapons Systems: LAWS）の研究にも取り組み、今後の更なる技術革新は、将来の戦闘様相を更に予見困難なものにするとAIが作戦・戦闘に大きく影響を及ぼす可能性について言及している。さらに、新防衛大綱では、AI等の技術革新の成果を活用し、無人化・省人化を推進することが人的基盤の確保の面でも不可欠とし、サイバー・宇宙・電磁波といった新たな領域に関する技術や、AI等のゲーム・チェンジャーとなり得る最先端技術を始めとする重要技術に対しても選択と集中による重点的な投資を提唱するなどAIを重視する旨、強調されている。

2018年11月、ドイツ政府は『連邦政府の人工知能戦略（Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung 《以下、『AI戦略』と略述）』をAIに関する国家戦略として策定し、ドイツ及び欧州を先導的なAI基地（Standort）とし、将来のドイツの競争力確保に貢献すると宣言した（Die Bundesregierung 2018）。実際、自動化に備えているか否かについての調査によれば、ドイツ連邦共和国は世界第2位との結果が公表されている（The Economist Intelligence Unit 2018）。

そもそも、ドイツは19世紀後半から20世紀前半にかけて我が国が近代化を進める中、諸制度を参考にしてきた、代表的な欧州諸国の一つである。日本とドイツは第二次世界大戦での敗戦国でありながら、戦後は共に経済発展を遂げた点において、ドイツは日本の各分野における制度等を導入する際、比較あるいは参考としての対象となってきた。軍事組織である国防省・連邦軍についても、日独の歩んできた歴史からすれば、防衛省・自衛隊と多くの面において比較の対象となっている。

本論ではドイツ連邦軍のAI活用、特に、顕著に増大していくビッグデータの処理及び、知的労働の代替としてのナノロボットに関するドイツ連邦軍の研究を通じて、将来のAI活用の方向性、とりわけAI関連の防衛力整備の方向性を紹介するものである。

1. AIについての現状認識

AIについては技術の進展度、知能の発達度を含めた知的労働の代替程度に関して、幾つかの概念が存在する。まず、ジョン・シール（John R. Searle）が提唱した「弱いAI」と「強いAI」である（Searle 1984）。「弱いAI」は自動翻訳、操縦システム、文章判読などの労働を代替する知能であり、現在の技術的能力の範疇での知能である。他方、「強いAI」は部分的あるいは全体的に人間と同等もしくは優越する包括的な知能であるが、まだ、導入されておらず、20-30年後には実用化が期待される知能である。さらに、ニック・ボストロム（Nick Bostrom）は「強いAI」実現後、すぐに全てあるいは大部分の分

野において最高の人間の頭脳よりも優れる知能を「超 AI」として定義した (Bostrom 2014)。AI についてドイツ連邦軍は次のように定義している。「人間の知性のメカニズムを研究する情報学の関連分野。問題を独自に解決し、自分で異なる条件化で機能できる技術システムを概念化したもの。このシステムは古典的なプログラムとは異なり、新たなデータから学び、不安定性にも対応していく機能を有する。

(Plannungsamt der Bundeswehr 2103)」このように、ドイツ連邦軍の AI に関する定義からすれば、3 つの AI を特に区別して論じておらず、AI の 3 つの概念は解釈上、包含されるとの認識に立っていることが窺える。

2. ビッグデータ分析・処理のための AI 活用の方向性

ビッグデータという言葉はインターネットが世界に拡散し始めた 1997 年頃から使用され、IBM のコンピュータ Deep Blue がチェス世界チャンピオンに勝利して以降、AI 技術が著しく進展した結果、2014 年には世界で年間使用されるデータ量は 4.4 ゼタバイト (Zettabyte: 10^{21}) に達した (Boes 2014)。これをさらに細かく、具体的な事例を用いれば、自動化自動車は付属するカメラ、レーダー、ソナー、GPS で 1 日、4 テラバイト (Terabyte: 10^{12}) のデータを使用する (Krzanich 2016)。民航機は飛行 30 分間で 10 テラバイトのデータを使っている (Karimi 2014)。この趨勢が継続すれば、2020 年には世界で 1 年間に使用されるデータ量は 40 ゼタバイトに達すると予測されている (EMC Digital Universe 2014)。これらの増加するビッグデータは AI 技術の進展によって、ドイツ連邦軍にどのような効果をもたらすのであろうか。ドイツ連邦軍ではビッグデータを分析する AI には軍事利用の観点から、合理性と論理性が求められ、ビッグデータを保存できる大容量コンピュータが必要となり、軍人・文官の企図を判別し、軍人・文官の労働を軽減することで、軍人・文官の本来業務に集中できると考えている。その意味で、ドイツ連邦軍において AI の活用が想定される場合は、人材管理、脅威分析・評価、サイバーセキュリティ、インターネット関連システム、初期危機発見、ナビゲーション、予防整備そしてエネルギー管理である。

3. AI 活用ロボット・システムの研究・開発の方向性

(1) AI 活用ロボット・システム運用の現状

次に、AI を活用したロボット・システムについてドイツ国防省・連邦軍の状況を紹介したい。現在、ドイツ連邦軍では、空中及び水中において、自動化あるいは一部自動化されたロボット・システムが装備されている。ドイツ連邦軍は既に LUNA、KZO、HERON、CL-289、ALADIN、MIKADO などの無人機を運用し、2025 年以降には MALE RPAS (Medium Altitude Long Endurance Remotely Piloted Aircraft System) を調達する予定である (Bundeswehr-journal 2016)。海上システムとしては機雷探索ロボット SEEOTTER、SEEHUND、SEEFUCHS、PINGUIN の他、2014 年以降、自動化された機雷探索ロボット REMUS が装備されている。海外派遣で運用される陸上のシステムは偵察、除染、地雷・爆発物処理時に加え、NBC 兵器の危険性が高い場合、自動化ではなく、無線あるいは有線による手動での運用となっている。これらの AI を活用した装備品・システムは、既述した 3 つの AI の概念で言えば「弱い AI」を部分的に保有、活用している。

(2) AIを活用したロボット・システムに関する研究

ドイツ国防省・連邦軍は2012年以降、連邦軍改革という最大の組織改編を実施してきた。2012年10月、従来の連邦軍変革センター（Zentrum für Transformation der Bundeswehr）が改編され、連邦軍計画庁（Planungsmant der Bundeswehr）となった。連邦軍計画庁は2013年7月にさらに改編を経て、ドイツ連邦軍の将来の分析を所掌する部署として国防省計画局（Abteilung Planung）隷下に直接、配置され、現在に至っている。連邦軍計画庁はITの進展から、世界、地球規模の大きな変化・趨勢を分析、軍事的な影響を予測することを任務の一部としている。実際、気候変動の及ぼす影響、特に北極海の氷雪が融解、サンゴ礁の死滅から地球工学による分析の必要性、3Dプリンタの導入の影響、薬物、化学療法などによって人体の身体能力の向上が及ぼす影響、生命技術の向上によって人間としての生来の遺伝子が狙われる可能性まで、研究の範囲は多岐に亘る。連邦軍計画庁将来分析部（Dezernat Zukunfsanalyse）は2013年3月、AIとナノ技術を通じたロボットに関する研究成果を公表した

（Planungsamt der Bundeswehr 2013）。現在、ナノ技術及びAI技術の進展を踏まえ、ロボットに関する多種多様な研究が行われている。この研究成果によると、単一の技術だけではなく、複数の技術の相乗効果により更なるロボットの開発が期待されており、特にマイクロ電子、マイクロ機械の各技術により、システムの極小化が図れる。この結果、全般として省エネルギー技術が向上し、エネルギー効率が高まる。さらに、軍事的見地からは、ロボット装備の運用時間を短縮でき、ロボットを運用できる距離・範囲及び、ロボットの積載能力が著しく向上する効果が期待できる。同様にバイオ技術及び素材研究から迷彩、防護に適した新たな素材が開発され、エネルギー発生あるいは自己修復といった機能も可能となる。さらに行動科学及び認識科学に関する技術と相俟ってセンサー、並びに、ネットワーク技術が更に向上し、ロボット間そしてロボットと人間の間でコミュニケーションが可能となる。

ドイツ連邦軍は次のようなAI活用ロボットが開発される見通しに言及している（Planungsamt der Bundeswehr 2013）。第一は認知ロボット（Kognitive Robotik: KR）、進化ロボット（Evolutionaere Robotik: ER）、複数ロボットシステム（Multirobotersystem: MRS）及び極小化ロボット

（Miniaturisierung）についてである。KRは人間や動物の認識能力をロボットシステムに移管することにより、感情移入、そして絵画描写、音楽作曲まで可能となる。ERは、アルゴリズムを用いてロボットが整備・発展される場合の自律そのものであり、自律の段階を向上させるとともに、外見、動作、環境への適応そして学習能力の最適化が行われる。MRSは昆虫や魚の群れのような群生ロボット（Scharm）へと発展する可能性もある。極小化ロボットについては、ナノ技術の発展により、電気システム及び機械システムの極小化が実現している。その結果、中間結節の減少と価格低下の利点をもたらす。軍事的にはロボット運用期間の短縮、ロボット搭載重量の減少、機械強度の低下といった効果がある。第二は陸上ロボット（Bodengebundene Roboter）と水中ロボット（Unterwasserroboter）及び、ナノ航空ロボット（Nano Air Vehicles: NAV）の将来趨勢について説明がなされている。まず、陸上ロボットについては、そのプラットフォームは装軌または装輪型のいずれかとなる。陸上での運用の利便性を考慮すれば、これらのロボットの極小化は無意味であり、今後の研究の焦点はエンジン部の極小化となる。現在、跳躍能力を持つプラットフォームは技術的に困難である。陸上ロボットとしては自走無人ロボット（Laufmaschinen: LaufBots）及び、化学ロボット（Chemical Robots: ChemBots）の開発が重要である。LaufBotsは4本、6本、そしてそれ以上の足を持つが、極小化の効果と相まって、将来の開発さ

れる可能性は高いものの、多くの継ぎ目が必要であり、エンジン及び操縦装置の複雑さ、センサー数の増加から、その開発は高価なものとなる。現状では2本脚以上の蜘蛛や蠍及び鼠やヤモリのような小動物が陸上を歩く疾走航空機タイプとなり、モジュール型のプラットフォームでの建造を目指す構想である。ChemBotsは新たな移動型ロボットの代表格であり、部隊運用を第一義に構想され、柔軟な体型が特徴であり、運用終了後はその場で生物学的もしくは化学的見地から解体することになる。次に、水中ロボットの中では、極小化への過程で肉眼判別可能ロボット（makroskopische Roboter: UWBots）及びバイオ流動ロボット（biofluidischen Robotern: NanoBots）の2種については大きく技術上、進歩した（Plannungsamt der Bundeswehr 2013）。まず、UWBotsは「ひれ（Flossen）」を通じて活動する。このロボットは静音化とエネルギー効率の利点があることに加え、現在、効果的な速度の下での運用の場合、最小10センチ程度まで技術的にも小型化できる点で、運用面においても有効である。次に、NanoBotsは血管のようなバイオ流動環境で活動するミクロの極小ロボットである。最大の課題はエンジンであるが、現在、外部磁気タイプ（äußeres Magnetfeld）と繊毛タイプ（Geißelantrieb）の2種のタイプが試験に成功し、実用化に向けて最終的な段階に入っている。最後に、NAVとしてのナノ航空機については10センチ以下の昆虫サイズの航空機を整備すべく、夥しい研究が行われているが、実際には実用化は技術的にも難しい（Plannungsamt der Bundeswehr 2013）。実験場内では昆虫サイズのUAVを遠隔操作により飛行させることには成功しているものの、航空機は固定翼であれ、回転翼であれ、昆虫の羽による飛行が参考になるものの、航空力学的見地からは、まだ不完全な状況である。加えて、UAVの極小化により積載重量が減少するが、省エネルギーの工夫及び飛行不能時の処置が課題である。

（3）AI活用ロボットの軍事利用に関する研究

近い将来の安全保障環境を見据え、今後、軍事におけるロボット開発については、大きく異なる2つの趨勢が見られる（Plannungsamt der Bundeswehr 2013）。第1は軍事上の観点から、さらに目的を絞った軍事利用を目指すものである。第2は非国家主体による匿名のアクターの行為、状況により、犯罪行為、テロ行為によるロボットの悪用である。この2つの研究開発の趨勢を踏まえ、ロボットが使用される可能性のある3つのシナリオが紹介されている（Plannungsamt der Bundeswehr 2013）。第1のシナリオは、ドイツ海軍の近代的なフリゲート艦のシャフトに非殺傷型の極小群生化学ロボットが集団となって使用され、このロボットがシャフトに酸を放出することにより、シャフトが損傷し、艦艇は推進できなくなったというものである。第2のシナリオは、テロリストの一派がバイオ流動性のナノロボットを入手し、それに神経剤を注入し、先進10か国の首都の上水道網に隠匿して拡散、感染させたというものである。第3のシナリオは昆虫サイズの飛行ナノロボットで偵察任務を実施するというものである。バイオ流動性ロボットが実用可能となるまで10年から15年は必要である。現在のところ、ドイツは、このようなAIを有するナノロボットの利用には慎重であるべきとの判断を崩していない（Koalitionvertrag 2018）。逆に、ドイツ連邦軍に対し、ナノロボットが指向される危険性は否定できないことから、ロボットの開発から、ロボットの発見及びロボットからの防衛に関し、ドイツは同時に対処戦略を立案することが重要となる。ロボットシステムを活用することは同時にロボットシステムによって攻撃されるというリスクも高まるという点に留意しなければならないのである。

(4) AI 活用ロボットの装備化の可能性

総括すれば、ドイツ連邦軍においては、陸上無人車両システム (Technologierträger Unbemanntes Land-Fahrzeug: TULF) 海外派遣用道路輸送システム (Straßentransport im Einsatz mit Assistenzfunktionen von Robotern: StrAsRob)、山岳負傷者救助システム (Roboter zum Bergen Verwundeter) は既に開発中あるいは試験段階にあるが、既述した3つのシナリオに見られるロボットは今後の研究・開発次第である (Planungsamt der Bundeswehr 2013)。比較的大規模なロボットシステムは積載重量が増大するが、センサー及びモーター技術の改善によって極小化が図られ、指揮・統制、衛生、兵站などの分野においては現在のシステムは再び、最適化され、有効に活用される。偵察分野においては、空間を限定して監視できる利点がある反面、自律的な武装ロボットが友軍に対し自爆テロを行う危険性も指摘されている。

結びに変えて

ドイツ連邦軍が AI を導入し、軍務を代替させ、活用するという観点で現状と今後の研究の方向性の一端を紹介したが、AI によってさらに高度な分析、そして将来予測が可能となり、ビッグデータが最適化されれば、ドイツ連邦軍は AI によって軍務の軽減という利点を享受できることは論を俟たない。

他方、ドイツ連邦軍における AI の活用は逆に幾つかの課題が存在することを付記しておかなければならない。2018年2月7日の連立政権は「自動 (自律) 武器システムは、人間の手から離れるため、我々は拒否する。 ("Autonome Waffensysteme, die der Verfügung des Menschen entzogen sind, lehnen wir ab.") 」ことで合意した (Koalitionvertrag 2018)。これが意味するところは、ドイツ連邦軍が導入する AI は、自動の武器システム以外か、あるいは半自動の武器システムのみとなり、武器を最終的に使用するという決心は AI ではなく、飽くまでも軍人・文官の専管事項であることが確認された。この連立政権合意を踏まえ、仮に今後、AI に関するシステム、あるいはロボットの運用等が法規化された際、AI の活用及び、その分析結果の活用について十分なコンプライアンスがなければ、人事、情報保証、情報保全などの分野において不祥事を招きかねない。さらに、アカウントビリティの観点でドイツ国防省は AI の活用は安全であることをドイツ連邦軍の将兵は勿論、国民に丁寧かつ真摯に説明し、理解を得る必要がある。そもそも、AI を活用したシステム、あるいはロボットの運用が法律違反行為と判明したり、国民に対し、何らかの不利益を与える不祥事が生じた場合の処置・対応について、ドイツ連邦軍はおろか、ドイツとしても未だ、何の法規も制定されていない。特に、AI がもたらす過ち、例えば、手術中に間違っただけの部位を切った、運転中に事故を起こしたなどを規制する法律がないばかりか、AI に起因する大事故から損害賠償が起こっても、その対応についても何も決まっていない。超 AI が登場し、権限が付与されていない操作、悪意に満ちた操作をどのようにして避けることができるのか、人間が一旦、AI に付与した統制権を取り戻すことができるのか、更なる研究・分析が不可欠である。

総括すれば、現時点では、ドイツ連邦軍における AI 関連の具体的な防衛力整備は未だ研究途上である。自動化システムについては部分的にドイツ連邦軍に導入されている。しかしながら、既述した連立政権合意が見直されない限り、ドイツ連邦軍の作戦・戦闘の緊要な局面において AI を活用した自動指揮システムが自動的に判断・処理することはドイツにとって許容できるものではない。この点から AI を活用した自動指揮システムが導入される可能性は低く、軍人等が最終的に判断できるシステムのみに

落ち着くことになろう。既述した『AI 戦略』によると、安全保障上、AI に基づいた技術及び、システムの将来における運用は連邦軍に大きな影響を与え、連邦軍の将来開発にとって重要なテーマとなっていると指摘している（Die Bundesregierung 2018）。この政府文書を受けて、近い将来、ドイツ連邦軍においても、AI に関する戦略、政策あるいは指針が整備される可能性が高い。今後のドイツ連邦軍のAI における取り組みに引き続き、注視していく必要がある。

最後に、AI に関する日独間の防衛協力への含意について申し述べたい。2017年7月17日、ベルリンにおいて八木毅駐ドイツ大使とカトリン・ズーダー（Katrin Suder）国防省事務次官との間で「防衛装備品及び技術の移転に関する日本国政府とドイツ連邦共和国政府との間の協定」が締結され、これにより、日独間で移転される防衛装備品及び技術の第三国移転や目的外使用に係る適正な管理が確保されることになった（外務省ホームページ）。さらに、2019年2月に日本を訪問したアンゲラ・メルケル（Angela Merkel）首相と安倍晋三首相は、情報保護協定の締結交渉が大筋合意に至ったことを歓迎し、これを機に安全保障・防衛分野での協力を推進していくことを確認した（外務省ホームページ）。将来、日独情報保護協定が正式に締結されれば、AI 分野を含めた日独の装備協力が新たな段階に入るものと予測される。

（参考文献）

1. Die Bundesregierung, *Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung*, November 2018, S. 6-S. 32
2. The Economist Intelligence Unit and sponsored by ABB, *The Automation Readiness Index: Who is ready for the coming wave of automation?*, 2018.
3. John R. Searle, *Minds, brains, and programs*, Harvard University Press, 1984., pp.28-46.
4. Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press, 2014., p.22
5. Planungsamt der Bundeswehr, *Streitkräfte, Fähigkeiten und Technologien im 21. Jahrhundert, Future Topic Weiterentwicklungen in der Robotik durch Künstliche Intelligenz und Nanotechnologie, welche Herausforderungen und Chancen erwarten uns?*, März 2013., S. 6-S. 17.
6. Andreas Boes, *Dienstleistung in der digitalen Gesellschaft*, Campus Verlag GmbH, 2014., S. 260.
7. Brian Krzanich, "Data is the New Oil in the Future of Automated Driving," Editorial, 2016.
8. Hassan A. Karimi, *Big Data: Techniques and Technologies in Geoinformatics*, CRC Press, 2014., p.263.
9. EMC Digital Universe with Research & Analysis by IDC, "The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things," 2014.
10. Christian Dewitz, "Europäisches Drohnenprogramm MALE RPAS startet durch," Bundeswehr-journal, 2. Okt., 2016.
11. *Koalitionvertrag 2018 Entwurf*, S. 149.

（令和元年5月17日脱稿）

本稿の見解は、防衛研究所を代表するものではありません。無断引用・転載はお断り致しております。
ブリーフィング・メモに関するご意見・ご質問等は、防衛研究所企画部企画調整課までお寄せ下さい。
防衛研究所企画部企画調整課

外 線：03-3260-3011

専用線：8-6-29171

FAX：03-3260-3034

※防衛研究所ウェブサイト：<http://www.nids.mod.go.jp>