

ブリーフィング・メモ

人工知能（AI）の第2次ブームと軍用システムへの応用
——エキスパート・システムによる判断支援の試みと限界——

防衛政策研究室長 小野 圭司

人間社会における人工知能（AI）の活用は、ロボット技術と結びついた機械の自律性向上と、人間の知的労働の補完・代替の大きく2つの方向性がある。これを社会の一部である軍に当てはめると、兵器の自律化と指揮官や現場担当者の判断支援ということになり、この線に沿ってAIは軍用システムに応用されてきた。ここでは1970～80年代に起こった、AIの第2次ブームの中核であったエキスパート・システムを軸に、AIを使った軍用の判断支援システム構築の試みとその限界について振り返る。

1. AIの第2次ブームと「エキスパート・システム」

AIの実現は、コンピュータの発展が前提となる。今日に至るまでのAI開発については、一般に3つの段階（ブーム）に区分されている（表）。第1次ブームは1950年代に始まっており、決められた条件の下で最適解を探索することを主な目的としていた。続く第2次ブームは、1980年代に始まった。第1次ブームでは「事実を処理」していたが、第2次ブームでは「知識から推論」という特徴を有している。最後の第3次ブームは2010年頃から現在も続いているものであり、機械学習の進化（深層学習：ディープ・ラーニング）とビッグデータの活用によって牽引されている。

この流れの中で、AIが一定の実用性を発揮し始めたのは第2次ブーム以降である。AIの開発においては当初、汎用性を持たせて広範囲にわたる問題の解決を担当させようとする傾向があった。ただし特定の問題から汎用性のある一般原則は容易に導き出すことができず、また導き出せたとしても現実問題への適用には無理があった。このため第2次ブームでは、汎用性を目指すのではなく特定課題に対する専用システムの開発を目指すようになった。

表：AIの各ブームの概要

		応用範囲	論理性 依存度
第1次ブーム (1950～60年代)	論理 演繹的推論	△ (パズル、ゲーム等)	大
第2次ブーム (1970～80年代)	知識 演繹的推論	○ (「エキスパート・システム」等)	中
第3次ブーム (2010年代～)	統計(学習) 帰納的推論	◎ (パターン認識、機械翻訳等)	小

出所：西垣通『ビッグデータと人工知能——可能性と畏を見極める』（中公新書、2016年）172頁の表を一部修正。

第2次ブームのAIは、「エキスパート・システム」に代表される。これは専門家による助言・判断の代替を試みたもので、大きく「知識ベース」と「推論エンジン」で構成される。知識ベースは特定分野の専門家が有する知識の集合体（データベース）であり、推論エンジンは専門家による知識ベースの利用方法（検索手順や判断基準等）をプログラム化したものである。特定の専門分野の知識ベースに対して、利用者が「if-then」や「はい/いいえ」形式の論理条件の実行を繰り返す中で、データを絞り込み結論を導き出す（演繹的推論）。1970年代初めにスタンフォード大学で開発された同システムである MYCIN は、感染症の診断を69%の確率で正確に判断する実績を上げた（専門医の80%に迫る値）。

2. エキスパート・システムによる戦術判断支援

民生部門でも実用の域に達したと見なされたエキスパート・システムは、軍用システムへの適用が検討された。1970年代には装備品の高機能化でセンサの数・種類が増え、提供される情報が複雑になった上に処理すべき情報量も飛躍的に増大し、さらに戦闘局面では短時間での対応が求められるようになった。これら情報の質や量、そして時間という物理的な限界克服のために、エキスパート・システムを応用した軍用システムの開発が進められた。

例えば対潜水艦作戦（ASW）向けに、目標探知を支援するエキスパート・システム CLASSIFY が開発された。これは各種センサからの情報に基づいて、担当者が職人芸的に敵潜水艦を探知していた作業のシステム化を試みたものである。センサから得られる情報には距離、方位、角速度、音紋、ドップラーの変化、海底地形等があり、かつて担当者は経験と勘に基づいて目標の位置を割り出していた。

しかしセンサの数が増え機能が高度化してくると情報の内容が複雑となり、その量も著しく増大した。また潜水艦の高性能化によって、即座に判断を下す必要も生じた。CLASSIFY ではセンサから送られてくる大量のデータを処理し、データベース化された専門家の経験や勘（知識ベース）を参照すると同時に、統計処理（ファジィ論理やベイズ推定等）を加えてより精緻な目標探知を可能とした。また入力された情報は全体を逐次処理をせず、「黒板」という共通領域に各部分での途中結果を書き込む方式を採用した。これによって並行処理が可能となり、全体の解析所要時間の短縮も図られた。つまり ASW での情報処理における量の問題（情報量と時間制約）を克服し、質の向上（統計処理）も意図していた。

地上の標的監視システムとして開発された ADRIES は、収集したデータに付加情報と統計処理を加えて、戦術判断を支援（特に敵部隊の内容・規模の解析）することが期待された。ADRIES は合成開口レーダー（SAR）が収集した地上搜索の探知データに、知識ベースとして予め構築された地形情報、部隊の基本構成、その他偵察で入手した情報を組み合わせ、それを統計処理して状況評価、および標的認識を行う。知識ベースに統計処理を組み合わせている点は、CLASSIFY と同じである。

これらのシステムは統計処理により、確実な情報と不確実な情報を組み合わせて一部分の情報から全体像を推測している。つまり「1を聞いて10を知る（推測する）」作業をシステム化しており、そのアルゴリズムは演繹推定の他に統計処理（ベイズ推定）が大きな柱となっている。不確かな情報もベイズ推定の処理で、「〇〇%の確率で前方の高地に敵の戦車部隊が配置されており、それは連隊規模である確率は△△%である」という形で利用者（指

揮官等)に提供される。なお類似のシステムは、オーストラリアでも開発された(Decision Support System)。

3. エキスパート・システムによる整備支援

戦闘部隊指揮官の戦術判断支援とは別に、後方支援部門の作業判断支援用にも、エキスパート・システムを組み込んだシステムが検討された。米陸軍では地对空ミサイル・ホークのパルス捕捉レーダー用に、故障復旧時の整備支援システムとして PRIDE が開発された。このシステムも古参のレーダー修理担当者のノウハウをデータベース(知識ベース)化して、故障発生時には経験の浅い兵士でもある程度の対応・修理ができることを目的としていた。PRIDE は湾岸戦争(1990-91年)ではサウジアラビアに持ち込まれ、現地に展開したホークの整備・修理に用いられた。また米陸軍は、M1エイブラムス戦車の整備支援システム等も開発している。

米空軍はエキスパート・システムを使った、ミサイル整備支援システム EMMA を構築した。ミサイルの部品はモジュール化されているので、現場での修理はモジュール交換が中心となる。同システムでは捜査員が知識ベースとの問答を繰り返して、故障したミサイルの交換すべきモジュールを特定する。これも経験を要する作業であるが、GBU-15誘導爆弾の例では EMMA を使うことで、修理箇所の特定に要する時間は1発当たり40%、全体では74%減少し、GBU-15のライフサイクルコストも削減された。

なお米海軍によると、エキスパート・システムを用いた近接防御用火器システム(CIWS)の整備支援システム IDS では、故障箇所特定の成功率が91%に達した。また整備員が2週間かけて特定できなかった故障原因を、IDSは1時間で見つけたこともあった。これらの整備支援システムの殆どは、作業現場での利便性にも配慮してパソコン上で稼働するように設計されていた。一般的に海空軍の装備品は限られた容積の中で多機能を持たせる傾向がある一方、特に艦艇搭載の装備品は海上での運用中に障害が発生した場合には、機材を移動して分解・広げることができず原因の特定作業は困難を極める。このような整備上の障害が、AI(エキスパート・システム)を用いた整備支援システムを用いることで克服されることが考えられた。また現場での対応能力が向上すると、故障の度に装備品を後送させる必要がなくなり運用効率も向上する。

4. AIの第2次ブームの課題

利用者にとって、専門知識に優れる相談相手のような存在と思われたエキスパート・システムであったが、AIの第2次ブーム自体が1990年代半ばには下火となった。その原因として大きくエキスパート・システム特有の問題と、AIと人間の共生に関わる問題の2つが考えられる。

まずエキスパート・システム特有の問題であるが、専門家の知識をデータベース化する「知識ベース」の構築が容易な作業ではない。専門家の知識には広く経験や勘・暗黙知のような曖昧なものを含み、専門家の回答も「この場合はこう判断するが、その理由は巧く説明できない」と言う場合が少なくない。これをプログラムで表現するのは大変な労力を要する上に、出来上がった物は必ずしも専門家の思うようなものとはならない。入力情報についても、経

験豊富な整備員は「エンジンの音がいつもと違う」と直観で分かるが、AIに入力する場合には音を音圧・周波数・周期・指向性・音質等の要素に分解して、通常の場合と統計的有意差があるかどうかを定義する必要がある。

更に防衛装備品は、技術の発展や運用要求の変化に伴い同じ物でも頻繁に小規模の改良がなされるが、整備や修理の方法もそれに伴い変わってくる。つまり整備支援システムも装備品に合わせた小規模改良が必要で、同じ装備品でも複数の型があればそれに応じた整備支援システムを準備しなければならない。このようにAIは人間が普通に持っている汎用性を欠くために、システム体系が複雑になる危険が避けられない。

またAIが提供する情報は、「参考になるようでない」側面があったことは想像に難くない。前述の戦術判断支援システムは、ベイズ推定が組み込まれていることから分かるように、理論上の確率で情報を提供する。しかし「前方の敵は連隊規模である確率の理論値は60%、大隊のそれは30%、戦車部隊である確率の理論値は70%、自走砲部隊のそれは25%」といった情報が指揮官に提供されても、余り参考にはならない。結局は斥候を出して、直接確認することになるであろう。

そして何よりも、知的労働において人間とAIの共生が問題となった。状況判断の結果やそれに至る方法論は専門家の間でも一致しないことは珍しくないが、システムに反映されるのは特定の専門家の意見となる。そうすると、それと意見を異にする人にとっては、そのシステムは参考の対象外となる。

また技術革新が常に直面するものとして、19世紀初めの英国で起こったラッガイド運動を彷彿させる、「人間の知的役割をAIが奪うのではないか」という懸念が当時からあった。これは単にAIが人間に代わって作業を行うというだけではなく、「知的労働」という人間の尊厳をAIが脅かすことへの危惧を含んでいる。実際に好成績を収めたMYCINも、この点が問題となって医療現場では普及しなかった。現在はビッグデータと深層学習・帰納的推論に基礎を置く第3次ブームAIの時代に入っているが（表）、このAIと人間の共生の問題は依然として大きな課題である。

〈参考文献〉

- Ingemar J. Cox et al., "Artificial-Intelligence Systems in Antisubmarine Warfare: Result of a Pilot Study with Expert Systems," *Saclantcen Memorandum SM-176* (Dec., 1984).
- Allan M. Din ed., *Arms and Artificial Intelligence: Weapon and Arms Control Applications of Advanced Computing* (Oxford: Oxford University Press, 1987).
- Jude E. Franklin, et al., "Expert System Technology for the Military: Selected Samples," *Proceedings of the IEEE*, vol.76, no.10 (Oct., 1988).
- N. G. Gori and P. F. Calder, "A Decision Support System for Military Intelligence Assessment," *Technical Memorandum, WSRL-TM-18/91* (Defense Science and Technology Organisation, Department of Defence, Australia: Mar., 1991).
- Robert J. Ivey Jr., "Diagnostic Expert Systems Use in the United States Navy" *Naval Postgraduate School Thesis AD-A251 789* (Mar., 1992).
- 小野圭司「人工知能(AI)による軍の知的労働の代替——AIと人間の共生の問題としての考察」『防衛研究所紀要』第21巻第2号(2019年3月)
- 松尾豊『人工知能は人間を超えるか——ディープラーニングの先にあるもの』(角川EPUB選書、2017年)

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。無断転載・引用はお断り致しております。フリーフィング・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/>