

AI によって自律化が進む米国軍事技術の動向

The Impact of Artificial Intelligence on the Advancement of Autonomous Military Technologies in the U.S.

岡島義憲¹、 山川宏²

Yoshinori Okajima¹, and Hiroshi Yamakawa²,

¹ 情報統合技術研究合同会社

¹ Info-Integnology Research, LCC.

² 東京大学

² University of Tokyo

Abstract: The U. S. military, facing a challenge from China, is accelerating AI integrations to their firing platforms, mobility platforms and data-informed decision-making systems; all of which are going to communicate each other via the so-called "Digital Neural System" to get authorization of operations and capabilities of autonomous mission processes. The whole of systems would become similar to a single AI system at least conceptually, and developed technologies might bring out a vast array of AI-enabled alternatives, not only replacing current IT systems for the military ones, but also for civilian ones. Each of these should be studied more even from technological and industrial perspectives.

1. はじめに：2010年代の状況

米国議会は、2018年8月に、国防授權法(NDAA-2019^{*3})を制定し、米国行政府下に「人工知能、関連する機械学習の開発、及び、関連技術の進歩を検討する独立委員会(NSCAI)^{*4}の設置」を求めた。

その NSCAI は、756 頁にも及ぶ長文の「Final Report[1]」を 2021 年 3 月に提出し、

- ・ AI 技術の開発と兵器利用を強力に進めること、
- ・ デジタルリテラシーの促進、そして、
- ・ 2025 年迄の AI 対応完了^{*5}

を政府と議会に勧告(recommend)した[3]。

レポートの冒頭では、AI 技術に関して「米国の兵器プラットフォームは 80 年以上にわたって自律機能を利用してきたが、AI 技術は斬新である。その採用は、より洗練された攻撃的・防御的自律能力を実現する可能性を秘めている[2]」と評価した。

本稿は、その報告書 (Final-Report) に登場する「ユビキタスな AI 統合^{*6}」が、どのような概念であるか

を調査し報告することである。

次節以降、公開資料や Web 上の記事を元に、NDAA-2019 制定当時の米国の認識(2 章)、米国の競争力研究(3 章)、米軍 Offset 戦略再構築の要旨(4 章)をまとめ、ついで、軍事が AI や ML に求める機能と関連する技術アーキテクチャを割り出し(5 章)、最後に、それらを考察(6 章)し、まとめる(7 章)。

2. 2018 年の米国の認識

NSCAI が、性急な「AI 対応完了」を求めた背景には、国家資本主義体制強化の元、急激に経済力と技術力を高め、量的にも拡大しつつある中国共産党軍 (PLA^{*7}) へのリスク認識と、ロシアの AI 対応軍事技術開発への危惧があった。

中国共産党は、2008 年に、海外で活躍する中国人人材を招致する「千人計画[4][5]」を開始し、海外技術の導入を進めていた。

2010 年 7 月には、海外居住者を含む全中国人を有

*1 連絡先 E-mail : okajima@info-integnology.com

*3 非短縮形は、"National Defense Authorization Act, 2019".

*4 非短縮形は、"National Security Commission on Artificial Intelligence".

*5 「全戦闘員が、訓練/演習/作戦のどの場面においても、ユビキタスな AI 統合環境となったインフラとソフトウェアに、アクセス可能となること」の意。

*6 英文表記は、"widespread integration of AI across DoD".

*7 非短縮形は、"People's Liberation Army".

事に軍事動員可能とする「国防動員法[6]」を施行し、2011年3月の「国民経済と社会発展 第十二次五ヶ年計画要綱」にて、「軍民融合発展戦略^{*8}」を採択し決定していた。更に、

- ・ 中国内製 2025 (2015 年) [8]
- ・ 一帯一路構想 (2017 年) [9]
- ・ 国家情報法 (2017 年) [10]

と、矢継ぎ早に、軍事技術の高度化、諜報能力の拡大^{*9}、製造業の強化や、その製品販路開拓を進める大戦略を進めた状況にあった。

NDAA-2019 制定時の米国の状況認識は、NSCAI の”Final Report”の序文に書かれた以下に見ることができる[11]。

- ・ ロシアは、自国の軍事システムのかなりの部分を自動化する計画[12]を持ち、シリアに自律型システムを配備し、戦場でテストしている[13]。
- ・ 中国は、AIを新世代テクノロジーに据え、その偵察 / 電磁波対策 / 火力への導入にて米国の従来型の軍事的優位性を対抗すること[14]を議論している[15]。
- ・ 中国は、現実世界を模倣した構造物をつくって進める軍事ゲームでAIアルゴリズムを訓練しテストしている[16]。
- ・ 将来の戦争は、アルゴリズムとアルゴリズムを戦わせることになるだろう。戦場での優位性の源泉は、兵力の規模や武装のレベルといった従来の要因から、優れたデータ収集と融合 (assimilation)、接続性 (connectivity)、計算資源、アルゴリズム、システム・セキュリティといった要因へと移行する[17]。
- ・ AI を使ったサイバー攻撃はカスタマイズが進んでおり、今後、自動化され、ステルス性がより高く、サイバー兵器としてより永続的となり、サイバーキャンペーンはより大規模で効果的となる方向である。米国の防衛は、最も初歩的なサイバー課題にも対処できないことが証明されている[18]。

^{*8} 軍民融合発展戦略は、「国家主導、制度革新、市場運営、軍民包括の原則を堅持し、経済建設と国防建設を統一して計画し、社会資源を十分に頼り活用して、国防力と軍事力を高め、軍地資源の開放・共有および軍民両用技術の相互移転の推進に力を入れ、社会主義市場経済の法則に適応し、情報化の条件下で局地戦争に勝利

・2017年のロシアのNotPetya 攻撃による数十億ドル規模の世界的被害は、基本的な自動マルウェアの威力を具体的に示した。AIは、サイバー攻撃への防衛技術としても期待がある[19]。

・諜報活動は、他のどの国家安全保障任務より AI 技術の恩恵を受けるだろう。

AIは、情報収集 / 処理 / 活用 / 分析 / 発信に至る情報サイクルの全てを改善する。(中略) AIは、オープンソースデータと他の情報源との相関関係を発見し、情報コミュニティの標的設定と収集活動をより正確 / 効率的 / 効果的にする。

・諜報ミッションに適用可能な現在および将来の AI 技術には、画像解析用のコンピュータ・ビジョン、生体認証技術 (顔認識/音声認識/歩行認識など)、自然言語処理、大規模データベースのアルゴリズム検索・照会機能などがある[20]。

NSCAI の議長を務め、そのレポートの取りまとめを行ったのが、Google 社/Alphabet 社の元会長 (エリック・シュミット氏) であったのは象徴的である。

Google 社は、「より多くの消費者・参加者ベースから供給される『より多くのより優れたデータ』が、『より優れたアルゴリズム』を生み出し、それが『より優れた結果』を生み出し、再び、『より多くのより優れたデータ』が生み出されるという循環の結果、より少数の企業が業界の支配的なプラットフォームとして定着することになる [21]」 という Technological-Convergence を事業モデルとする IT 産業界の雄である。また、「AI が、運用経験のフォードバックを必要とするアルゴリズムであり」、「AI を進化させるには、囲碁ゲームの対戦や自動運転の公道走行実験のような訓練が必要である」ことを熟知する企業である。

3. 米国の競争力研究 : SCSP^{*10}

エリック・シュミット氏は、NSCAI の終了後、「国防総省は、2025 年迄に AI に適応した軍隊とするために、重要な機能、既存のシステム、演習、ウォー

するために必要となる中国の特色ある軍民融合型の発展体制を逐次構築する」を趣旨とした[7]。

^{*9} 国家情報法 (2017 年) は「国内外の全ての中国人組織・個人に対して国家の情報活動への協力を強制する」と言われている[10]。

^{*10} 非短縮形は、「Special Competitive Studies Project」。

ゲームを AI にて統合することを目標とした行動を明確にしなければならない[22]とし、超党派のプロジェクト (SCSP^{*10}) を組織し、活動を開始した[23]。

同プロジェクトは、未だ完了していないが、2023年5月に公開された最初の中間報告書(Offset-X, May 2023)では、NSCAIの「中国の軍民融合に基づく戦争ヴィジョン」に関する認識を以下のように引き継いだ。

- 中国共産党は、米軍の戦争を綿密に研究し、米軍の発想を「ネットワークと高価な精密兵器による情報戦」と定義し、米軍の指揮 / 統制 / 通信 / 照準の各システム破壊を始めとした消耗戦を遂行する”Theory of Victory”を構築した[33]。
- 中国共産党は、2027年迄に、情報に依存した System of Systems 対決^{*11}を行うために、以下のような能力構築を進めている[34]。
 - ① AI / Big Data / スパコン / 通信 Network の高度化
 - ② AI を用いた意思決定の迅速化
 - ③ 群体攻撃(swarm attacks)能力の拡充 (軍民融合により可能となる Drone 等の安価な兵器を大量に用いた攻撃を行う空軍/海軍力[35]と統合防空システム[36]の構築)
 - ④ 認知戦争(cognitive warfare)能力の構築[37] (サイバー攻撃/心理作戦/電子戦/宇宙作戦により、相手の認識を混乱させる能力構築[38])
- このシステム破壊戦は、先ずは、内部情報の流れ、制御 / 攻撃 / 評価のシステムと、作戦システム構成要素を混乱させることから始まる[39]。

つまり、”Theory of Victory”は、Drone 等の安価な自律兵器の大量製造と、情報インフラ強化と、AI 技術を強化して進める「米国社会の意思決定と認知能力への挑戦[40]」、即ち、「機械化+情報化+知能化」のハイブリッド戦であるとの認識であった[42] [43]。

平時からの「偽情報 / 不正情報の拡散」や、サイ

バー攻撃による「AI の訓練用データの操作」は、「AI の動作を操作するだけでなく、自由主義圏の一般大衆の認識や企業の事業方針をコントロールする可能性もある^{*12}。また、AI 機能が操作されると、軍隊や政治指導者は AI に不信感を持つことになる。

サイバー攻撃への防御にては、「AI を活用した防御の準備も有効であり必要^{*13}」とみなし、また、「認知戦争は、平時の戦闘行為となる可能性があること」を警告した[41]。

これらの認識を元に、米国政治は、先ず、経済安全保障とサプライチェーンの再構築から着手した。

4. 米軍の Offset 戦略の再構築

第二次世界大戦後の米国は、「敵国との関係が対等な立場となること避けるべく、以下の非対称的關係 (Offset) を構築してきた。2014年にスタートした第3期 (Offset-3) にては、既に、AI の導入が位置付けられている[46]。

• 第1期(1950年代)

通常戦力でワルシャワ条約機構を抑止する多額の支出を避けるため、核抑止力を重視した。

• 第2期(1975年頃から1989年頃)

通常戦力の量的劣勢を補うために、通常兵器のハイテク化を重視した。

• 第3期(2014年に検討開始)

中国のアクセス禁止 / 領域拒否(A2/AD)能力に対抗するための新国防革新構想(DII)を決定した。人工知能 (AI)、自律システム(無人機、ロボット兵器、等)、人間と機械のチーム化、相互接続されたネットワークなどの新技術を活用し、技術的優位性と戦闘上の優位性を維持するとし、その内容を2018年の国家防衛戦略に反映させた。

但し、Final-Report に記載された2018年当時の国防総省の認識と状況は、以下であった。

統合した「複合システム」はその例である[44]。

^{*12} NSCAIのFinal-Reportでは、AIによって戦場の範囲が広がるとし、例として、個人をターゲットとした攻撃(micro-targeting)や偽情報の伝達や拡散(disinformation)、サイバー作戦を挙げている[45]。

^{*13} Final-Reportには、「既に脆弱であるデジタルインフラは、AIを導入しても防御できない」とある[19]。

^{*11} SCSP のレポート (Offset-X) での英文表現は、”system-of-systems confrontation relying on information moving through digital systems and networks.[61]

ここで、System of Systems とは、「管理方針や操作方法がそれぞれ独立して設計されている独立可能なシステムを複数組み合わせる複合システム」のことである。「デジタルカメラ+パソコン+プリンタ」を接続し

- AI は、単一の兵器の能力を高める訳ではなく[47]、戦闘オペレーション用 AI の概念実証や兵器での採用を急がないようにしていた。

実際の兵器で採用するには、データ/訓練を通じた有用性テストが必要だが、AI は、一旦配備されると異なる動作や予期せぬ動作をする可能性があるため、実用兵器に到達するには従来のソフトウェアの採用よりも時間がかかるとしていた[48]。

- 国防総省は依然として、大国間の紛争を大規模な戦力やシステムの争いと見なす産業革命時代のメンタリティに縛られている[49]。
- 米国の国防総省は、長年、船舶 / 飛行機 / 戦車等のハードウェアを重視し、ソフトウェア集約型組織への飛躍を図るとしても、陸 / 海 / 空 / 海兵隊 / 宇宙と縦割りとなっていた組織内情報の多くは守秘案件であり、扱いが手動的であった[50]。
- 機械学習 (ML) を推進するためのデータ集約すら始まっておらず、軍事プロセスは人間中心主義であり、AI 技術を採用するには、軍人の技術教育や経験が不足している[50]。
- 国防総省は、毎日入ってくる膨大な量の情報を十分に活用することができていない。その問題は、より多くの情報源がオンライン化されるにつれて悪化している[51]。
- データを適切に分類し、カタログ化し、活用する能力の欠如は、人工知能を十分に活用できないことを意味する[51]。

AI 技術の導入に関するこれら問題を分析してスタートした SCSP は、その中間レポートである「Offset-X, May 2023」にて、中国の「Theory of Victory」への対策として、統合軍 (Joint Force) *14 の形態を重視し、AI を実装した以下の 9 項目の取り組みを勧告 (recommend) した[52]。

1) 自律可能な作戦部隊(Unit)

統合軍の作戦部隊 (Unit) をマルチドメインのネ

ットワーク・ノードとみなし、通信切断/分断された状態では権限が委任されて中央からの指令がなくても機能可能とすることを求めた。

通信切断/分断された状態で機能するには、Unit 単位で AI を実装した分析ツールや意思決定支援ツールを装備し、状況分析 / 意思決定が可能となる必要がある。

Unit を単位とした戦闘では、民主主義国特有の自立心が優位性をもたらさう。特に、電磁戦や指揮本部への攻撃への適応力が高い[43] [54]。

2) AI 搭載 Machine へのタスクの委任

可能な限り多くの仕事を Machine に委ねるためには、Machine に AI を実装して、認知的作業 / 意思決定時の最適化を Human-Machine-Collaboration (HMC) にて行い、戦闘を Human-Machine-Teaming (HMT) によって行うのが良い。そのためには、Human-Machine-Interface を高度化する必要がある。

一方、国防総省組織は、全ての HMC や HMT の動作を追跡し、それらの AI を改良すべく Update を行う機能と十分な能力を持つ必要がある[55]。

3) 高度なソフトウェア技術

重要なタスクを、敵よりも効果的かつ迅速に実現するソフトウェア (特に、AI 技術) を開発し、実戦配備 / 使用 / 評価し、Update する能力の向上を追求する[56]。

そのため、①新しい情報アーキテクチャ*15 の元で、②データの集約と、③作戦許可のプロセスの合理化を行う[57]。

4) 装備の能力の Software-Defined 化

装備には、テスラ社の自動車 (Software-Defined Vehicle) のように、機能が、汎用性の高いハードウェアデバイス上に Software-Defined され、Update 可能となることを求める。

Update 可能とすることによって、兵器システムは、状況に応じて迅速に能力追加させることができるようになる[58]。

5) Data-informed Decision-making

いずれのタスクに関しても、組織とシステム

*14 「統合軍」とは、「特定の任務・作戦のために陸・海・空・海兵隊・サイバー等の各戦略を単一の指揮下に編入した共同作戦部隊」のこと。

*15 「新しい情報アーキテクチャ」とは、適切なアクセ

ス制御下でクラウド環境を利用して、標準化された各種開発 Tool / Library / データを高速に使えるネットワークベースのシステムとされている [53]。

1. Prepare	準備工程
Business Processes	財務、予算、契約、出張、人事に、Robotic ProcessやAIによる分析を導入
Design	Modeling / Digital Twin (Physical & Cyber) / Simulationによる解析 / 能力評価
Readiness	訓練 / 演習 / 戦争シミュレーション
Plan and Task Collection	各種プラットフォーム / 通信&センシング / 各種インフラからの情報収集、計画立案、タスク分解
2. Sense and Understand	現場データの収集～状況認識工程
Collect	AIセンサー設置、インテリジェンス(情報)を前処理し、優先順位をつけてデータ送信
Process	前線からのデータを自然言語処理、コンピューター・ビジョン解析、視聴覚分析、データ処理、洞察
Exploit and Analyze	複合化/統合化したデータをFiltering / Flagging / Triageし、要素間のつながりや相関関係を特定
Disseminate	Intelligence Productを自動的に生成し、軍の必要なサーバーに展開し利用可能とする
3. Decide	決断工程
Planning	データを用いて、モデリング、シミュレーション、プランニング、最適化 (AI意思決定支援アプリ)
Deciding	指揮統制ネットワークを統合し、攻撃目標を発見し、攻撃。
Tasking, Delegation, and Distribution	権限委譲された最前線の部隊(HMTeam/MMTのEdge-AI)が、最小限の通信の状態で、連携/展開
4. Execute	実行工程
Logistics and Sustainment	兵站/物流を状況予測/状況分析/最適化することにより、最適制御。追跡により学習。
Movement	戦力の配置、移動。Man-Machine TeamやMachine-Machine Team の群行動を調整。
Targeting	単一となるが多かったUnit(部隊)の標的設定を、高度化、複雑化、網羅化。
Precision and Accuracy	AI装備のスマート兵器や自律型兵器によって、友軍/非戦闘員/敵の標的を正確に見極める

表 1 : NSCAI の Final-Report における「戦争遂行の工程(facet of warfighting) [71] 」

は、あらゆるレベルで、データと情報に基づいた意思決定 (data-informed decision-making) を行うようにする。

Unitにも、その場で収集したデータを使って、無人システムを訓練・評価する機能を装備する [59]。それらのために、Data Architectureを標準化する。そのデータは、地域 (Federation) レベルで管理する。

6) System of Systems Architecture

オープンな System of Systems Architecture[60]を採用し、プラットフォーム (兵器本体) ではなく、プラットフォームにインターフェースが標準化されたペイロードを搭載し、そのペイロード側に重要な機能 (センサー、電子戦装置、AI、通信、サイバー対応、弾薬、等) を実装するようにする。

これにより、消耗戦でのメンテナンス能力が高まり、モジュールの製造コストを下げる事が可能となる。

7) 情報優位な状況の実現

迅速かつ正確に状況を理解 / 形成 / 活用する能力を持つことを求める。AI による意思決定を重要視した攻撃[61]にては、以下が重要である。

- AI を実装したシステム用のデータや出力を操作し、軍隊とその Machine の間や、軍隊と政治家の間に不信感を植え付けることで、実効的に AI 対応システムの性能を低下させる可能性がある[62]。

- AI を活用した認知戦がなされることに対する防御能力を準備する。特に、誤情報 / 偽情報 / 不正情報を氾濫させたり、C3 (Command, Control, and Communication) システムを弱体化させたりする作戦を探知し、防御する能力の向上である [63]。

- 自動検閲を回避する AI 対応ツールを開発する。例えば、生成 AI、もしくは、進化アルゴリズムを使って、Firewall (もしくは Censorship) の論理の穴や検閲回避方法を特定する能力の向上させる。

8) EMS 戦能力強化

通信やデータリンクへの攻撃に対する防御の強化。EMS (Electro Magnetic Spectrum) 戦の重要度は非常に高くなって来ている[64]。EMS 戦に負ければ、戦争に負けることになる[65]。対抗策として、AI を用いて高度化させた以下の技術を必要とする [66] [67] [68]。

- 通信に使われる周波数、波形、モードのパッシブ/アクティブ操作
- インテリジェント化した敵センサーの発見
- 敵の通信やレーダーの周波数を探知
- EMS の運用環境 (EMOE) を正確に視覚化
- 敵のセンサーに対する偽装

9) リーダーの育成

今後、国内および国際的なあらゆる力を共通の戦略目的に結集させ、次世代の同盟軍を準備させることができるリーダーシップを必要とする。

今後のリーダーに必要とされる能力は「心理的効果を生み出すための話術 (Narrative) かもしれない[70]。

以上のように、戦闘のあらゆる局面にて登場する敵対的 AI システムに対抗するための AI の開発と導入、組織文化の改革を必要とするとした[69]。

5. 軍事が AI や ML に求める機能

NSCAI の Final-Report の「戦争遂行の工程 (facet of warfighting)」では、訓練によって AI が獲得する機能を、

- ① 準備(Prepare)、
- ② 状況認識(Sense and Understand)、
- ③ 判断(Decide)、
- ④ 実行(Execute)

に分類^{*16}して解説している(表1)。これらの工程にて AI に期待する機能は、以下の単語にて表現されていた[71]。

- | | |
|------------|---------------|
| ・ モデル化 | ・ シミュレーション |
| ・ Flagging | ・ Triage (分類) |
| ・ 各種分析/解析 | ・ フィルタリング |
| ・ 認識 | ・ 予測 |
| ・ 計画立案 | ・ 判断 |
| ・ 評価 | ・ 生成 |
| ・ 欠落データの充当 | ・ 最適化 |
| ・ 制御/調整 | ・ 自律動作 |
| ・ 監視 | ・ 情報統合 |

実際の AI には、このような個別の機能ではなく、これらの複合機能が要求されていることが多いのであろう。いずれにしても、そのような機能 / 複合機能の獲得には、「訓練」が必要である。

「訓練が AI 機能の源泉」であるため、

- ① システム評価用に予め収集されるセンサーデータや、稼働中のシステム動作の追跡によって収集するデータは、統合される必要がある。
- ② AI 動作を改良すべく、稼働中に AI を Update できるインフラが必要である。また、
- ③ Update された AI 機能の稼働を承認するプロセスがマネジメント (運用) される必要がある。

NSCAI の Final-Report では、③の「承認プロセス」には、以下の「人間中心ルール」を重視した。

「司令官の意図に従った部下による分権的な実行と規律あるイニシアチブを強調する『軍の任務指揮の原則^{*17}』によって、当面は管理される。人間中心の戦い方は、予見可能な限り標準とする^{*18}。」

一方、①と②のためには、運用する全ての AI とセンサーがネットワーク経由でクラウドサーバと接続することを求めた。そのネットワークによって全てのデータを収集し、AI にデータを供給し、その稼働状況を追跡し、AI 機能の Update を行う。

以下、軍事が求める AI 機能の有効性を高める上で最も重要な技術概念である Digital Nervous System[72]と、関連する概念である Ubiquitous AI Integration[84]と Data Architecture[73]を概説する。

1) Digital Nervous System

AI の訓練や AI 動作の追跡、AI 機能の Update を目的として、大量の情報とデータを、収集 / 分析 / 展開するシステムが、Digital Nervous System である。

AI を訓練するデータは、いずれかの組織、内外の様々な実戦や実際の訓練、様々なソース (例えば、センサー、衛星、Machine) から収集され、用意される。

特に、情報部門 (Intelligence 部門) からの情報は意思決定 (data-informed decision-making) を進めるために重要である。報道や SNS を通じて、アカデミズム等の民間情報も収集され、使われる[72]。

収集した情報やデータの伝送には、様々な通信システムが使われるが、近年、①3万6千キロの静止軌道に投入された早期警戒衛星に加え、②300～1千キロの低軌道の衛星コンステレーション(1千基以上の小型人工衛星)や、③成層圏を飛ぶ無人機による収集が加わった。

そのように冗長性に富むメッシュ状の通信ネットワークは、従来からの Internet に代わり得る Digital Nervous System のバックボーンとなる機能を併せ持つ(図1)。

^{*16} NSCAIのFinal ReportのPart-1の5章では、”AI tools will improve the way service members ①Perceive, ② Understand, ③Decide, ④Adapt, and ⑤Act”と、5場面に分けた表現もある[75]。

^{*17} 英文表現は、”military’s principle of mission command” [78]。

^{*18} 英文表現は、”This human-centric approach to fighting should remain the standard for the foreseeable future”。

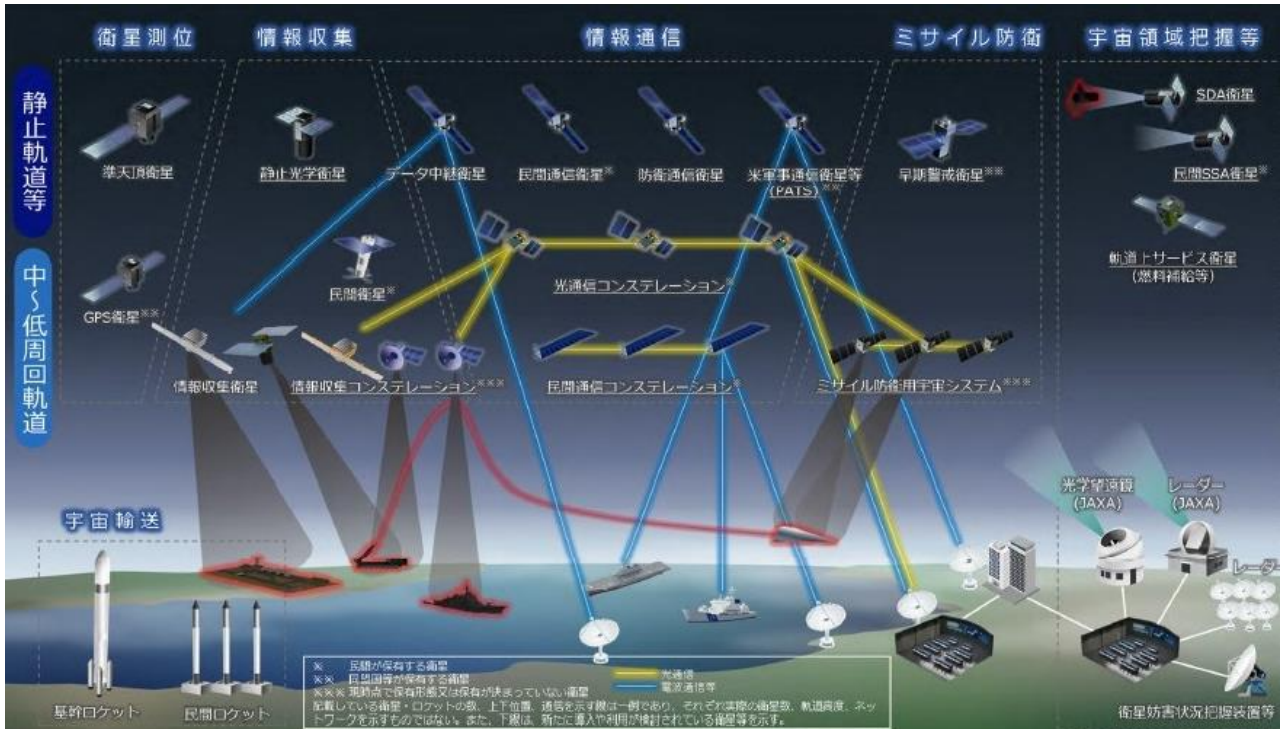


図 1. 衛星コンステレーションを含めた通信衛星メッシュネットワーク [75]

出典：内閣府 宇宙開発戦略推進事務局；「宇宙安全保障構想の概要（案）」,資料 3-1, pp.5,令和 5 年。

Digital Nervous System は、データの流れからリアルタイムに複数の「パターンの異常」を見つけ、それらに関連付け、「兆候」や「警告」を発見 / 報告し、高度な戦略的意思決定に情報を提供する [74]。

2) Ubiquitous AI Integration

Final-Report や Offset-X の中間報告では、戦争遂行の工程や通信インフラに関して、AI の実装や稼働を伴う様々な開発案件が盛り込まれている [84][85]。順不同にそれらをリストアップすると、以下である。

- AI を実装した分析/意思決定支援ツールの開発
- Payload Module のインターフェース標準化
- Packaged AI Environments
- Human-Machine-Interface の高度化
- ソフトウェアの Update & 配信システム
- 自律化 Machine の作戦許可プロセスの合理化
- 生成的 AI や進化アルゴリズムの高度化
- Digital Nervous System の開発
- Data Architecture の開発

加えて取り上げるべきは、これらの AI や、前線軍事力にて用いる兵器や移動手段に搭載される AI を

理解し、「訓練 / 性能評価 / 追跡管理 / 更新管理 / データ管理 / パラメータ管理を行う人間中心のマネジメント」である。「AI を統合するための正しい概念」の理解が浸透し、AI の能力を結実させる運営が行われるようになるには、長期間に渡る地道な努力が必要だとし、その「人間中心のマネジメント」の運用の難しさも記載されている [76] [77]。

巨大な軍事組織の中で、非常に多種の AI 技術が、多種多様大量の Platform 装置、Payload Module に実装され、それぞれが、訓練 / 性能評価 / 追跡管理 / 更新管理 / データ管理 / パラメータ管理という「人間によるマネジメント」を行うのは、クラウド・サイドにても、端末サイドにても容易ならざる業務に違いない。

しかも、それらデータや情報の Life-Time-Security は、決して脆弱であってはならず、AI 技術の開発・設計の段階から取りまなくてはならない [80] [81]。

この課題に対するために、Final-Report は、多くの組織に分散していた、AI 技術に関する業務の多くを一貫した Data Strategy に基づく一つの Data Architecture の元で、Digital Eco System と呼ぶ一つの

*19 「ユビキタスな AI 統合 [79]」は、非常に重要なキーワードである。英文の表現 (ubiquitous AI integration in

training, exercises, and operations) は、各種 AI の訓練や運用の一元管理を示唆していると思われる。

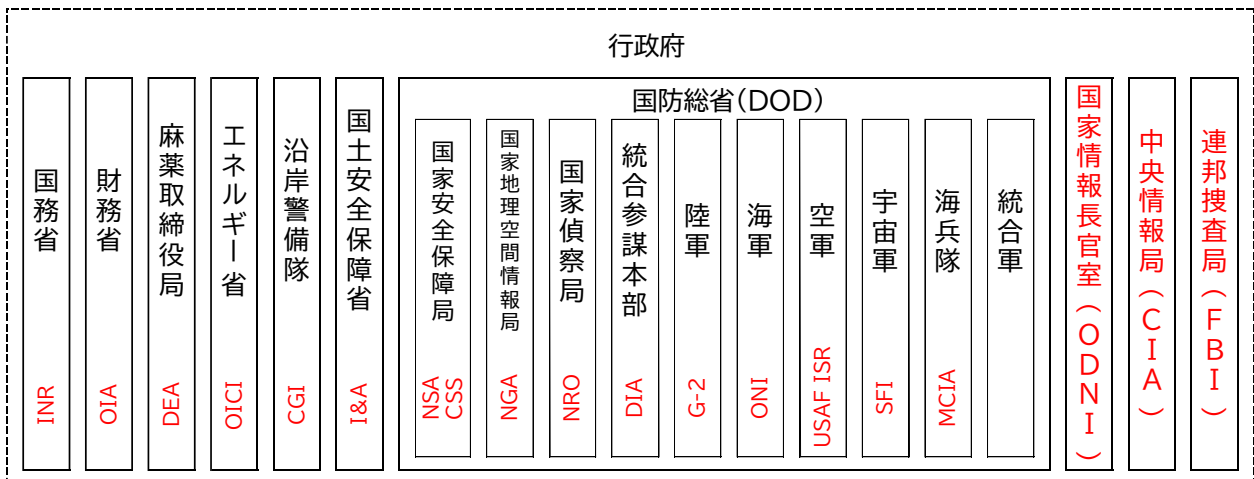


図2；米国政府下の Intellectual Community (IC)；(赤字の組織が、IC のメンバー組織) [83]

横軸組織に集約し統合^{*19}することを提案した[88]。

AI を扱うマネジメントの難しさを強調した理由と思われる表現は以下であった[82]。

- 国防総省の5部門は、情報プラットフォームが切断されており、手続きの多くは手作業である。(機械学習を推進するための情報収集/管理/運用のための共通基盤が無い。)
- AI アプリケーションの拡張に必要な共通クラウドインフラが無い。(独自のソフトやデータストレージに依存している。有用な民間 AI が使われてない。)
- 官僚主義が妨げとなつて、テック企業との提携やイノベーションが拡大しない。(AI にとって重要な初期の継続的な実験やテストの手続きに時間がかかる。スタートアップ企業が近寄らない。)
- リソースと専門知識を備える従来の巨大な防衛企業でさえ、AI システムの統合/構築を遅らせる障害となる。(しかし、それら防衛企業は、システム構築と統合にて重要である。)
- 時代遅れの技術/面倒なプロセス / 時代遅れの目的 / その元でのインセンティブの構造は、先見の明のある技術者/戦闘員の仕事を妨げている。

米国政府下の情報部門の数は非常に多い(図2)。

これまで、それら組織は Intellectual Community を構成し情報共有を進めているが、AI 技術や AI の訓練は組織毎に分かれていた。

「AI の訓練 / 性能評価 / 追跡管理 / 更新管理 / データ管理 / パラメータ管理」を Digital Eco System と呼ぶ一つの横軸組織に集約し統合^{*19}する組織業務を統合するメリットとしては以下を挙げた[84]。

- 情報を分類 (triage) し、傾向とパターンを特定し、意味を要約し、人間のレビューに基づいた優先順位を提示できるようになる。
- 開発効率が向上する。
案件としては、画像解析用のコンピュータ・ビジョン、生体認証技術(顔認識、音声認識、歩行認識など)、自然言語処理、大規模データベースのアルゴリズム検索・照会機能を挙げた[71]。
- 情報収集 / 処理 / 活用 / 分析 / 発信に至るまで、情報サイクルのあらゆる段階を改善する。(衛星画像 / 通信信号 / 経済指標 / SNS データ / 他の大規模情報源を分かり易くする。)

但し、ツールを標準化し、Intellectual Community の重要機能を統合すると、他国からの偽装 / 情報操作 / 情報源と方法 / エクスポージャー / サイバー操作 / および反知性活動に対して脆弱となる可能性がある[86]。

そのため、「個々の組織分野での工程を自動化した上で、全ソースを統合した学習や分析を、継続的パイプライン的に行う可能性[87]も提案した。この場合、全体システムは、手動介入なしで摂取および使用できる段階を目指すことができるようになる

[86]とある。

レポートは、更に、
「この革命的な変化は、**Human-Machine Teaming**に、人間認知の限界を超えた洞察をもたらす可能性がある[87]」
と、更なる飛躍の可能性を示唆した。

3) Data Architecture

Final Report や Offset-X のレポートの中には、上記の Ubiquitous AI Integration に際しては、Data Architecture (もしくは、Data-Strategy[90]) が重要との表現が多くある[73][88] [89]。

それらは、共に、以下が構成要件となる。

- ・ データカタログ等がリンクされ、Federation 毎に分散した Repository System
 - ・ 国防総省内の組織を横断する Access Control
 - ・ データセット、関連データモデル、訓練後の AI モデルなどの部門全体での共有
- (Data Architecture は、6 章にて再度取り上げる。)

尚、直近においては、2 点、注目すべき主張が続いている。

一つは、説明可能 AI を目標とした「DARPA の Explainable AI (XAI) プログラム」である。

「現在の民生 AI は、間違った結果が許容でき、致命的でない用途では機能するが、軍用の意思決定には課題ある。XAI は、その開発プロセスにおいて AI 開発者が機械学習モデルをより良く理解することを可能にする」という[91][92]。

もう一点は、「SCSP のエリック・シュミット氏が生成 AI の採用を押し進めている」との報道である[93]。

「生成 AI 開発は初期段階にいるが、その能力 / 限界 / ソースは急速に進化しており、想像以上の発展を遂げる可能性がある。国防総省としては、汎用 AI や超知能を含む、新たなモデルの登場にも備える必要がある」と紹介した[94]。

6. 考察

NSCAI や SCSP の報告の意味する所は、
「Intelligence 活動を伴う競争において、決定的な Theory of Victory は存在しない。従って、開発や運営 / 管理 / 判断 / 更新の情報マネジメントのスピードを速めることが重要であり、その意味で AI 技術は大きな価値を秘めている」との見解に基づいて

いた。

AI に限らず、開発のスピードを速める上では、部分の更新が容易なように、先ず、全体アーキテクチャを明確にし、「人知を集め、走りながら考え、改良する」との戦略が有効なものである。IT 産業にては、多く企業がそのような戦略にてビジネスを成功させて来た。

従って、「AI 技術の開発と運用は、開発人員を Digital Eco System に集結させ、Update 能力の高い AI 技術を Digital Nervous System にて統合し、AI を階層化させて、Ubiquitous AI Integration の再帰動作を進める」との NSCAI や SCSP の提言内容は、北米企業の成功実績に基づいた必然的な構想なのであろう。

但し、以下が、疑問として残った。

- 1) 様々な新しいタスクが発生する巨大組織の膨大なデータや情報を、共通の Data-Architecture を保持しつつ有効に機能させ得るのか？
- 2) 人間中心のマネジメントが崩壊するリスクに対する対策をどのように明確化し、実施するか？
- 3) AI のトレーニング自体が安全保障リスクを拡大させるリスクにどのように対処するか？

1 点目は、Sally Cole[92]の「軍事用途では、『何故その結論を下したのか?』との質問に対し、AI は正しく回答できる必要がある」という指摘に近い問題意識である[100]。

「その結論を下した理由」に対する返答が、「大量のリンク情報」や「確率的な分岐」では、適切な返答とはいえない。人間が理解し易い形式に変換し、根拠に基づき、筋の通った情報として返答する能力が求められるのである。

会話が成立するには、「エビデンスに基づいて、論理的に会話する」という人間の習慣に適応した AI であることが求められる。共通の言語やエビデンスを用いる確信が無いと、コミュニケーションは取れなくなるので、Data-Architecture の標準化は尤もではあるが、果たして運用可能なのであろうか？

AI の Update も、人間の思考速度に合わせて行われる必要がある。

2 点目は、「人間や AI がルールから脱線することの防止策」を要求する。人間は、ミス / 打算 / 非常事態を理由に、ルールを脱線する可能性が有る。また、装置も故障し得る。そのような脱線や故障を

検出し、安全策を取り得る仕組みが必要である。

3点目は、非常に深刻な問題である。

「戦闘 AI のトレーニング」が、現実の戦闘を必要としないことを願うしかないが、近年は、世界的に明らかに現実の大きな戦闘が増えている。

加えて気にすべきは、「手動介入省略」の議論も存在する点である。

それは、例えば、本調査の 5 章（軍事が AI や ML に求める機能）の文末で引用した NSCAI の Final-Report の以下の表現である。

「個々の組織分野での工程を自動化した上で、全ソースを統合した学習や分析を、継続的パイプライン的に行う可能性[87]も提案した。この場合、全体システムは、手動介入なしで摂取および使用できる段階を目指すことができるようになる[86]」

自律化をどの程度拡大させるかは、「AI リスク」に関するテーマの一つであり、国際的な法整備の議論もある。それらは、例えば、

- ・特定通常兵器使用禁止制限条約[95]
- ・自律型致死兵器システム (LAWS) [96][97][98]
- ・国際人道法 (IHL) [99]

を踏まえた議論である。

7. まとめ

米国の NSCAI がまとめた Final-Report と、その後継組織である SCSP の Offset-X に関する報告書を中心に、AI 技術が導入され、兵器の自律化が増す軍事技術の動向を調査しまとめた。対象期間は 2018 年以降である。

中国の米軍戦略の研究と、その国家資本主義に基づく軍民融合政策と中国製造 2025 政策を中核として進める既存国際秩序への大きなチャレンジが、米国の軍事機構に Ubiquitous AI 統合を求めることとなり、その縦割り構造をシングルトンにも似た巨大な自律動作可能なデータ・エコシステムに変えている現況が、ある程度顕わとなった。

Ubiquitous AI 統合のためのサブシステムとして、Digital Nervous System や、様々な Platform、そこに搭載される Module が開発されようとしている。

それらは、今後、Internet と Router と PC/Server からなる現在の IT インフラを置き換えるポテンシャルを持つ巨大な開発である。

今回、調査対象としなかったが、それら AI 技術に関する開発は、「ハードウェアやソフトウェアのレベルの AI 処理プラットフォームの開発」と平行して進んでいることは念頭におかなくてはならない。

また、「情報の収集 / 分析 / 訓練データの作成 / 訓練 / 性能評価 / 追跡管理 / 更新管理 / データ管理 / パラメータ管理」の手法やテクニックに関する開発も並行して進んでいる。

いずれの開発に関しても、「倫理 / マナー / 人権 / 人間の価値観へのすり合わせ」という人間の論理の実装は議論となりうる。

このような状況にて、本論でもしばしば現れた「人間中心主義」、「人間中心のルール」、「人間中心のマネジメント」との言葉の意味する所をしっかりと着地 (Grounding) させなくてはならない。それらを地に足を付けた設計作業と運用マネジメントこそが、「AI リスク」に対する対策となる。

謝辞

本稿は、東京大学ムハンマド・ビン・サルマン未来科学技術センター (MbSC2030) の支援によるものである。

参考文献

- [1] National Security Commission on Artificial Intelligence (NSCAI); "Final Report (2021)", March, 2021. <https://www.nscai.gov/2021-final-report/>
- [2] NSCAI; "Autonomous Weapon Systems and Risks Associated with AI-Enabled Warfare", Chapter-4, Part-1, Final Report (2021), pp.91.
- [3] NSCAI; "An Ambitious Agenda: AI-Ready by 2025.", Chapter-5, Part-1, Final Report (2021), pp.110.
- [4] Science Portal China; 『中央人材工作協調チーム (中国共産党中央組織部)』の海外ハイレベル人材招致「千人計画」、2008. https://spc.jst.go.jp/policy/talent_policy/callingback/callingback_05.html
- [5] 新華網; 「海外ハイレベル人材招致"千人計画"」. https://spc.jst.go.jp/policy/talent_policy/callingback/callingback_05.html
http://news.xinhuanet.com/newscenter/2009-03/20/content_11043471.htm
- [6] Wikipedia; 「国防動員法」の項の 2023 年 9 月 20 日版. <https://ja.wikipedia.org/wiki/国防動員法>
- [7] Science Portal China; 「軍民融合発展の推進」、第 60 章、第十五編(国民経済と社会発展)、中華人民共和

- 国民経済と社会発展 第十二次五ヶ年計画要綱、
2011年3月16日。
https://spc.jst.go.jp/policy/national_policy/plan125/chapter15/15_60.html
- [8] Wikipedia”Made in China 2025”の項の2023年9月27日更新版。
https://en.wikipedia.org/wiki/Made_in_China_2025
- [9] Wikipedia ; 「一帯一路」の項の2023年10月15日更新版。 <https://ja.wikipedia.org/wiki/一帯一路>
- [10] Wikipedia ; 「中華人民共和国国家情報法」の項の2023年9月22日更新版。 <https://ja.wikipedia.org/wiki/中華人民共和国国家情報法>
- [11] NSCAI ; ”Competitors are actively developing AI concepts and technologies for military use.”, Introduction of Final Report(2021), pp.23.
- [12] Vadim Kozyulin, et al. ; ”Militarization of Artificial Intelligence”, Stanley Center for Peace and Security, August 2019.
<https://stanleycenter.org/wp-content/uploads/2020/06/TheMilitarization-ArtificialIntelligence.pdf>
- [13] Dylan Malyasov ; ”Combat Tests in Syria Brought to Light Deficiencies of Russian Unmanned Mini-tank”, Defense Blog, June 18, 2018.
<https://defence-blog.com/combats-tests-syria-brought-light-deficiencies-russian-unmanned-mini-tank/>
- [14] U.S.-China Economic AND Security Review Commission ; ”Hearing on China’s development of artificial intelligence, new materials and energy storage, renewable energy and nuclear power”, June 7, 2019.
<https://www.uscc.gov/sites/default/files/2019-10/June%207%2C%202019%20Hearing%20Transcript.pdf>
- [15] Marcus Clay ; ”The PLA’s AI Competitions”, The Diplomat, Nov. 5, 2020.
<https://thediplomat.com/2020/11/the-plas-ai-competitions/>
- [16] NSCAI ; ”Introduction”, Final Report(2021), pp.23.
- [17] NSCAI ; ”AI and Warfare”, Chapter-3, Part-1, Final Report(2021), pp.77.
- [18] Ben Buchanan, et al. ; ”Automating Cyber Attacks”, Center for Security and Emerging Technology, pp.3, Nov. 2020.
<https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-Automating-Cyber-Attacks.pdf>
- [19] NSCAI ; ”Emerging Threats in the AI Era”, Chapter-1, Part-1, Final Report(2021), pp.51.
- [20] NSCAI ; ”AI and the Future of National Intelligence”, Chapter-5, Part-1, Final Report(2021), pp.109.
- [21] NSCAI ; ”Introduction”, Final Report (2021), pp.26.
- [22] NSCAI ; ”AI and Warfare”, Chapter-3, Part-1, Final Report (2021), pp.77.
- [23] Special Competitive Studies Project (SCSP) ; ”Challenges: The Changing Character of Warfare and the PLA’s Theory of Victory”, Offset-X, May 2023.
<https://www.scspp.ai/wp-content/uploads/2023/05/Offset-X-Closing-the-Deterrence-Gap-and-Building-the-Future-Joint-Force.pdf>
- [33] Rush Doshi, The Long Game : ”China’s Grand Strategy to Displace American Order”, Oxford University Press, pp.76, 2021.
- [34] 米国防総省 ; 『中華人民共和国をめぐる軍事と安全保障の動向』、2022年。
- [35] Xiaobing Li ; ”The Dragon’s Wing: The People’s Liberation Army Air Force’s Strategy”, Journal of Indo-Pacific Affairs, 2022.
- [36] Derek Solen ; ”PLA Army Air Defense Units Improve Effectiveness, Resiliency, and Jointness”, China Aerospace Studies Institute, 2021.
- [37] 高木浩一郎 ; 「中国の認知戦争の未来」、War on the Rocks, 2020.
- [38] 高木浩一郎 ; 「ウクライナ戦争からの教訓」、War on the Rocks, 2022.
- [39] Jeffrey Engstrom ; ”System Confrontation and System Destruction Warfare: How the Chinese People’s Liberation Army Seeks to Wage Modern Warfare”, RAND Corporation, pp.15-17, 2018.
- [40] SCSP; ”Characteristics of the Future Joint Force”, Offset-X, pp.37, May 2023.
- [41] OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE; ”Executive Summary of the DSB Report on Counter Autonomy”, pp.3, Sept 2020.
<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1112065.pdf>
- [42] Michael Dahm ; ”Chinese Debates on the Military Utility of Artificial Intelligence”, War on the Rocks, 2020.
<https://warontherocks.com/2020/06/chinese-debates-on-the-military-utility-of-artificial-intelligence/>
- [43] Jeffery Engstrom; ”System Confrontation and System Destruction Warfare: How the Chinese People’s Liberation Army Seeks to Wage Modern Warfare”, RAND Corp., pp.15-17, Feb 27, 2018.
- [44] I S デジタル辞典 (重要用語の基礎知識、第二版) ; 「システムオブシステムズ」の項、2019年12月1日。更新版。 <https://ipsj-is.jp/isdic/4454/>
- [45] NSCAI ; ”How AI Will Change Warfare”, Chapter-3, Part-1, Final Report(2021), pp.79.
- [46] Wikipedia の ”Offset Strategy”の項の2023年4月13日版。 https://en.wikipedia.org/wiki/Made_in_China_2025
- [47] NSCAI ; ”AI and Warfare”, 2021, Chapter-3, Part-1, Final Report(2021), pp.79.

- [48] By Mikayla Easley ; "Updated data analytics, AI strategy coming from CDAO by end of summer", in Defense Scoop, July 21, 2023.
<http://defensescoop.com/2023/07/21/cdao-data-analytics-ai-strategy-2023/>
- [49] NSCAI ; "AI and Warfare", 2021, Chapter-3, Part-1, Final Report(2021), pp.77.
- [50] NSCAI, "AI-Enabled Future Defense ", Chapter-2, Part-1, Final Report (2021), Page-61
- [51] By Aaron Mehta ; "Hyten to issue new joint requirements on handling data", Sep 24, 2020
<https://www.defensenews.com/pentagon/2020/09/23/hyten-to-issue-new-joint-requirements-on-handling-data/>
- [52] SCSP ; "Characteristics of the Future Joint Force", Part-5, Offset-X, pp.24-45, May 2023.
- [53] SCSP ; "Achieves Information Advantage", Part-5, Offset-X, pp.31, May 2023.
- [54] Azeem Azhar ; "The Russian vs. the Ukrainian Network", Exponential View, Mar 17, 2022.
<https://www.exponentialview.co/p/the-russian-hierarchy-vs-the-ukrainian-network>
- [55] Margarita Konaev & Husanjot Chahal ; "Building Trust in Human-Machine Teams", Tech Stream, Feb 18, 2021.
<https://www.brookings.edu/articles/building-trust-in-human-machine-teams/>
- [56] U.S. Department of Defense ; "Department of Defense Software Modernization Strategy", Feb. 1, 2022.
<https://media.defense.gov/2022/Feb/03/2002932833/-1/-1/1/DEPARTMENT-OF-DEFENSE-SOFTWARE-MODERNIZATION-STRATEGY.PDF>
- [57] NSCAI ; "AI-Enabled Future Defense", Chapter-2, Part-1, Final Report(2021), pp.59-69.
- [58] Valerie Insinna ; "SpaceX Beating Russian Jamming Attack was 'Eyewatering'", Breaking Defense, April 20, 2022.
<https://breakingdefense.com/2022/04/spacex-beating-russian-jamming-attack-was-eyewatering-dod-official/>
- [59] Becky Frankiewicz & Tomas Chamorro-Premuzic ; "Digital Transformation Is About Talent, Not Technology", Harvard Business Review, May 06, 2020.
<https://hbr.org/2020/05/digital-transformation-is-about-talent-not-technology>
- [60] DARPA ; "System of Systems (SoS) Integration Technology and Experimentation (SoSITE)", 2023.
<https://www.darpa.mil/program/system-of-systems-integration-technology-and-experimentation>
- [61] SCSP ; "Challenges: The Changing Character of Warfare and the PLA's Theory of Victory", Part-1, Offset-X, pp.6. May 2023.
- [62] SCSP ; "Movement and Maneuver", Part-4, Offset-X, pp.18, May 2023.
- [63] James Johnson ; "Automating the OODA loop in the age of intelligent machines: reaffirming the role of humans in command-and-control decision-making in the digital age", Defense Studies (2023), Vol.23, pp.43-67, Taylor & Francis Online, Jul 22, 2022.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14702436.2022.2102486>
- [64] Marcus Clay ; "To Rule the Invisible Battlefield: the Electromagnetic Spectrum and Chinese Military Power", War on the Rocks, Jan 22, 2021.
<https://warontherocks.com/2021/01/to-rule-the-invisible-battlefield-the-electromagnetic-spectrum-and-chinese-military-power/>
- [65] Joseph Trevithick ; "Big Emphasis On 'Spectral Warfare' In Air Force's Next Generation Air Dominance Plans", The War Zone, Mar 27, 2023.
<https://www.thedrive.com/the-war-zone/big-emphasis-on-spectral-warfare-in-air-forces-next-generation-air-dominance-plans>
- [66] Matthew J. Florenzen, et al. ; "Unmasking the Spectrum with Artificial Intelligence", National Defense University Press, Nov. 18, 2019.
https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-95/jfq-95_116-123_Florenzen-Skulkitas-Bair.pdf
- [67] U.S. Department of Defense ; "Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy", media difence, Oct. 2020.
https://media.defense.gov/2020/Oct/29/2002525927/-1/-1/0/ELECTROMAGNETIC_SPECTRUM_SUPERIORITY_STRATEGY.PDF
- [68] John Christianson ; "Fighting and Winning in the Electromagnetic Spectrum", War on the Rocks, Dec. 5, 2022.
<https://warontherocks.com/2022/12/fighting-and-winning-in-the-electromagnetic-spectrum/>
- [69] Alex Stephenson & Ryan Fedasiuk ; "How AI Would – and Wouldn't – Factor into a U.S.-Chinese War", War on the Rocks, May 3, 2022.
<https://warontherocks.com/2022/05/how-ai-would-and-wouldnt-factor-into-a-u-s-chinese-war/>
- [70] SCSP ; "Effective Leadership in a Technology-Driven Environment", Part-5, Offset-X, pp.41-44, May 2023.
- [71] NSCAI ; "AI and Warfare", Chapter-3, Part-1, Final Report (2021), pp.78-81.
- [72] SCSP ; "Intelligence", ANNEX-A, Offset-X, pp.54, May 2023.
- [73] SCSP ; "Makes Data-Informed Decisions at Every Level and for Most Tasks", Part-5, Offset-X, pp.35, May 2023.
- [74] SCSP ; "Intelligence", ANNEX-A, Offset-X, pp.55, May

- 2023.
- [75] 内閣府 宇宙開発戦略推進事務局；「宇宙安全保障構想の概要（案）」,資料 3-1, pp.5,令和 5 年 5 月。
https://www8.cao.go.jp/space/committee/dai106/siryous3_1.pdf
- [76] NSCAI ; "AI and Warfare", Chapter 3, Part-1, Final Report(2021), pp.77.
<https://www.nscai.gov/2021-final-report/>
- [77] Sally Cole ; "DoD must innovate in AI by 2025", in Military Embedded Systems, June 15, 2021,
<https://militaryembedded.com/ai/machine-learning/dod-must-innovate-in-ai-by-2025>
- [78] NSCAI ; "AI and Warfare", Chapter - 3, Part-1, Final Report (2021), pp.80.
- [79] [B5] NSCAI ; "AI-Enabled Future Defense", Chapter 2, Part-1, Final Report(2021), pp.61-69.
<https://www.nscai.gov/2021-final-report/>
- [80] Laura Heckmann ; "BREAKING: Pentagon Launching Autonomous Systems Initiative to Counter China", National Defense, Aug. 28, 2023.
<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/8/28/defense-department-announces-new-innovation-initiative>
- [81] Lee Ferran and Jaspreet Gill ; "Replicator revealed: Pentagon initiative to counter China with mass-produced autonomous systems", All Domain connecting the Joint Force, August 28, 2023.
<https://breakingdefense.com/2023/08/replicator-revealed-pentagon-initiative-to-counter-china-with-mass-produced-autonomous-systems/>
- [82] SCSP ; "Makes Data-Informed Decisions at Every Level and for Most Tasks", Part-5, Offset-X, pp.35, May 2023.
- [83] Homepage of "the Office of the Director pf National Intelligence" ; "Members of the IC".
<https://www.dni.gov/index.php/what-we-do/members-of-the-ic#usaf>
- [84] NSCAI ; "AI and the Future of National Intelligence", Chapter-5, Part-1, Final Report(2021), pp.107-118.
- [85] CSIS Technology and Intelligence Task Force ; "Maintaining the Intelligence Edge: Reimagining and Reinventing Intelligence Through Innovation", pp.8-22, Jan. 13, 2021.
https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/210113_Intelligence_Edge.pdf
- [86] NSCAI ; "AI and the Future of National Intelligence", Chapter-5, Part-1, Final Report(2021), pp.110.
- [87] NSCAI ; "AI and the Future of National Intelligence", Chapter-5, Part-1, Final Report(2021), pp.111.
- [88] NSCAI ; "AI-Enabled Future Defense", Chapter-2, Part-1, Final Report(2021), pp.63.
- [89] SCSP ; "Achieves Information Advantage", Offset-X, pp.35, May 2023.
- [90] SCSP ; "Makes Data-Informed Decisions at Every Level and for Most Tasks", Part-5, Offset-X, pp.35, May 2023.
- [91] Sally Cole ; "Explainable intelligence is on the way for neural networks", June 10, 2019.
<https://militaryembedded.com/ai/deep-learning/explainable-intelligence-is-on-the-way-for-neural-networks>
- [92] Sally Cole ; "DoD must innovate in AI by 2025", in Military Embedded Systems, June 15, 2021,
<https://militaryembedded.com/ai/machine-learning/dod-must-innovate-in-ai-by-2025>
- [93] SCSP ; "Special Competitive Studies Project Releases Generative AI Governance and Foreign Policy Memos from Fall Report", on Sept. 7, 2023.
<https://www.scsp.ai/2023/09/special-competitive-studies-project-releases-generative-ai-governance-and-foreign-policy-memos-from-fall-report/>
- [94] Brandi Vincent ; "Eric Schmidt-led panel pushing for new defense experimentation unit to drive military adoption of generative AI", in DefenseScoop, September 8, 2023.
<https://defensescoop.com/2023/09/08/eric-schmidt-led-panel-pushing-for-new-defense-experimentation-unit-to-drive-military-adoption-of-generative-ai/>
- [95] Wikipedia の「特定通常兵器使用禁止制限条約」の 2023 年 5 月 6 日の項。
<https://ja.wikipedia.org/wiki/特定通常兵器使用禁止制限条約>
- [96] 外務省の HP ;「自律型致死兵器システム (LAWS)」の令和 5 年 5 月 25 日の項。
https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/ca/page24_001191.html
- [97] Gov base ;「自律型致死兵器システム (LAWS) に関する政府専門家会合に対する日本政府の作業文書の提出」の令和 5 年 5 月 25 日の項。
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/arms/ccw/>
- [98] 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(考察—自律型致死兵器システム (LAWS) の規制等について)」,
- [99] Wikipedia の「国際人道法 (IHL)」の 2022 年 4 月 5 日の項。 <https://ja.wikipedia.org/wiki/国際人道法>
- [100] Donal Tobin; "The Ultimate Guide to Data Architecture", in "Integrate.io", Nov. 24, 2021.
<https://www.integrate.io/blog/the-ultimate-guide-to-data-architecture/>