

**AIによる意思決定支援システム
防衛省IAMDC構想と米国JADC2の概要
と
MSS-Japanの開発提言**

**一般社団法人 ASPI
F-3勉強会A 資料
齊藤 英明**

目次

第1章 防衛省のIAMD構想と米国JADC2

- 1-1 国外の軍用意思決定支援システム
- 1-2 防衛省のIAMD構想と米国JADC2
- 1-3 JADC2 × IAMD融合と法的課題
- 1-4 GAO: JADC2 (Joint All-Domain Command and Control) 構想に関する評価
- 1-5 Joint All-Domain Command and Control (JADC2) の概要
- 1-6 AI統合型指揮統制システムにおける「倫理的ジレンマ」とは何か
(国際的なAI倫理原則)

第2章 国内意思決定支援システムの戦術的応用とJADC2・IAMDとの接続可能性

- 2-1 国内指揮統制システム
- 2-2 国内意思決定支援システムの戦術的応用とJADC2・IAMDとの接続可能性
- 2-3 IAMD (統合防空・ミサイル防衛) におけるKill Web構造 の概要
- 2-4 Kill Webにおけるアルゴリズム設計の構成要素
- 2-4 まとめと今後の展望

第3章 ウクライナ戦争における先端技術の実装と民主主義への影響

- 3-1 ウクライナ戦争における先端技術の実装と民主主義への影響 (論点整理)
- 3-2 Palantirのウクライナ戦争における貢献
- 3-3 JADC2とPalantir技術連携の戦略的意義
- 3-4 Googleの対応と倫理的葛藤

目次(続き)

第4章 Project MavenとMaven Smart System(MSS)におけるAI戦術支援の進化

- 4-1 Project MavenとMaven Smart System(MSS)におけるAI戦術支援の進化
- 4-2 米国空軍におけるMSSの役割
- 4-3 MSSと日本のC2システムの比較
- 4-4 MSSとJADC2との関係
- 4-5 Project Maven及びMaven Smart System(MSS)の不確実性に関する懸念
- 4-6 まとめと展望

第5章 MSSに関する技術的分析

- 5-1 MSSのターゲット優先順位決定プロセス
- 5-2 優先順位の決定例(簡略モデル)
- 5-3 NATO版 Maven Smart System (MSS NATO)
- 5-4 MSS NATOにおけるLLM(大規模言語モデル)による戦術案生成
- 5-5 戦術案から部隊配置・誘導命令への変換プロセス
- 5-6 NATO主要国のMSS NATO導入に関する姿勢

参考資料

第6章 JADC2とRAG構造の関係

- 6-1 RAG(検索拡張生成)構造とは何か

参考資料

目次(続き)

第7章 大胆な提言（独断と偏見をベースに）

- 7-1 IAMDの戦略的意義とMSSの必要性
- 7-2 陸海空自衛隊の個別指揮統制システムとIAMD
- 7-3 MSS-Japanの国内独自開発
- 7-4 国内版MSS(MSS-Japan)の開発可能性と戦略的展望
- 7-5 国内企業別技術マッピング表の提言
- 7-6 MSS-Japan開発ロードマップ作成 の提言
- 7-7 MSS-Japan開発の国内企業別分担の提言
- 7-8 MSS-JAPAN開発の体制提言
- 7-9 防衛省AI活用推進基本方針

参考文献（代表的なもの）

第1章

防衛省のIAMD構想と米国JADC2

1-1

国外の軍用意思決定支援システム

「AI in Military Decision Support Systems
A Review of Developments and Debates」より

Nadibaidze, Anna; Bode, Ingild; Zhang, Qiaochu
ublished by the Center for War Studies, University of Southern Denmark

https://findresearcher.sdu.dk/ws/portalfiles/portal/275893410/AI_DSS_report_WEB.pdf

Examples of AI DSS and overview of their main functions

Name of system	Used by	Main functions (according to available information)	Relevant types of AI DSS
Skynet	The US	To process data to analyse patterns and identify couriers passing messages to and from terrorist organizations	Description and analysis of collected data Prediction of individuals' networks and roles based on the data
Project Maven	The US	To process information, find potential targets, and present the information to decision-makers	Description and analysis of collected data Recommendation of potential targets (double-checked by humans)
Palantir's MetaConstellations software	Ukraine	To detect adversary positions, objects and key information, to inform decision-making	Description and analysis of collected data
Kropyva	Ukraine	To automate command and control, tactical operations and artillery calculations, to locate adversary positions	Description and analysis of collected data
GIS Arta	Ukraine	To assign missions to artillery based on optimized factors	Description and analysis of collected data

Name of system	Used by	Main functions (according to available information)	Relevant types of AI DSS
Griselda	Ukraine	To collect intelligence, process information, and locate adversary positions	Description and analysis of collected data
Acacia-M	Russia	To send real-time data analysis about the state of the battlefield and adversary positions to the commander	Description and analysis of collected data
Bylina EW complex	Russia	To analyze the battlefield, find most efficient ways to jam radars/radios, and detect adversary positions	Description and analysis of collected data
Alchemist	Israel	To collect intelligence, process information, and alert troops about possible attacks	Description and analysis of collected data

Name of system	Used by	Main functions (according to available information)	Relevant types of AI DSS
Gospel	Israel	To process data to analyze patterns and identify target objects (e.g., buildings)	Description and analysis of collected data Identification of potential targets (double-checked by humans)
Lavender	Israel	To process data to analyze patterns and identify human targets	Description and analysis of collected data Identification of potential targets (double-checked by humans)
Where's Daddy	Israel	To geo-track previously identified targets and recommend timing for the use of force	Description and analysis of collected data

1-2

防衛省のIAMD構想と米国JADC2との関係

防衛省のIAMD構想と米国JADC2との関係

日本の「統合防空ミサイル防衛(IAMD)」構想と米国の「統合全領域指揮統制(JADC2)」は、多領域統合作戦(MDO)の実現に向けた重要な柱であり、両国の防衛協力の深化に直結

IAMD(Integrated Air and Missile Defense)とは

- ・ 日本の防衛省が進める多層的なミサイル防衛構想で、弾道ミサイル・巡航ミサイル・極超音速兵器など多様化する経空脅威に対応
- ・ イージス艦、PAC-3、JADGE(自動警戒管制システム)などを統合し、センサー・シューター・指揮系統をネットワーク化
- ・ 近年は「スタンド・オフ防衛能力」や「反撃能力」も含め、抑止力と即応性の強化を目指している

JADC2(Joint All-Domain Command and Control)とは

- ・ 米国防総省が推進する次世代指揮統制システムで、陸・海・空・宇宙・サイバー・電磁波領域を統合
- ・ AI・クラウド・6G通信などを活用し、リアルタイムで戦況を分析・共有・指揮する能力を構築
- ・ センサーから得た情報を即座に意思決定に反映し、自律型兵器や分散型防衛網と連携

日本のIAMDと米国のIAMDの比較

日本と米国のIAMD(統合防空ミサイル防衛)構想は、共通の脅威認識と技術的連携を持ちながらも、戦略的焦点・運用思想・技術基盤において明確な違いがある

項目	日本のIAMD	米国のIAMD
戦略的目的	主に北朝鮮・中国の弾道・巡航ミサイルへの対処。国民保護と領域防衛が中心	グローバルな脅威(中露含む)への対応。米本土・同盟国・展開部隊の防衛を含む
運用思想	BMD(弾道ミサイル防衛)中心からIAMDへ移行中、多層防衛と日米共同運用が鍵	“Left of Launch”概念を重視、発射前の抑止・無力化を含む積極的防衛
技術基盤	PAC-3、SM-3、FPSレーダー、JADGE(航空自衛隊C2)など、米国技術に依存	センサー融合、AI活用、宇宙・サイバー連携。PLEO衛星群や指向性エネルギー兵器も検討中
指揮統制(C2)	自衛隊独自のC2に加え、米軍との連携を強化中、JADGEと米C2間のインターフェースが課題、	Joint All-Domain Command and Control(JADC2)構想に基づき、全領域統合型C2を推進
法制度・制約	平和憲法・専守防衛原則により、先制攻撃や積極的抑止には制約あり	国家安全保障戦略に基づき、先制・反撃・抑止を含む柔軟な運用が可能
同盟・協力	日米安保体制下での共同防衛。米国のIAMD構想に部分的に組み込まれる	NATO、インド太平洋諸国との連携を含む多国間IAMD構築を志向

両者の関係性と連携ポイント

項目	IAMD(日本)	JADC2(米国)	関係性・連携
指揮統制	JADGEを中心とした統合指揮	AI・クラウドによる全領域指揮	日米共同訓練・通信インフラの接続
センサー・シューター	イーゼス艦・PAC-3・スタンドオフ兵器	F-35・無人機・衛星・地上レーダー	相互運用性の確保と情報共有
通信技術	IOWN(NTTの光通信)などの導入検討	6G・衛星通信・JWCCクラウド	高速・低遅延通信の共同開発
作戦領域	空・海・陸・宇宙・サイバー	全領域(MDO)	多領域作戦での連携強化

戦略的意義

- ・ 両構想は「System of Systems」の考え方に基づき、分散型・自律型・リアルタイム対応を志向
- ・ 日本はJADC2に対応するため、中央クラウドの整備や米軍との情報共有基盤を構築
- ・ 2023年以降、協調自律型無人機の共同開発や宇宙作戦イニシアチブ(CSpO)への参加など、日米の技術・戦略連携が加速

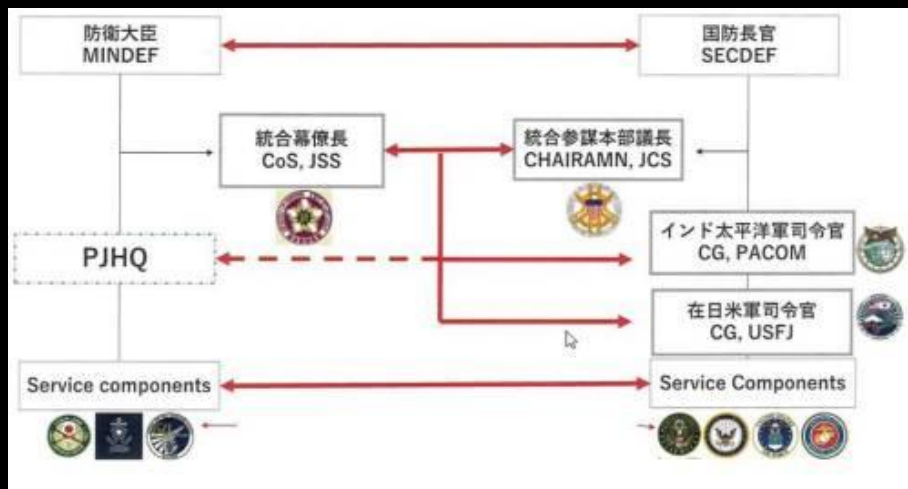
<https://www.mod.go.jp/j/policy/defense/bmd/index.html>

https://www.soumu.go.jp/main_content/000926167.pdf

https://www.defense-tech.or.jp/dcms_media/other/202304_free.pdf

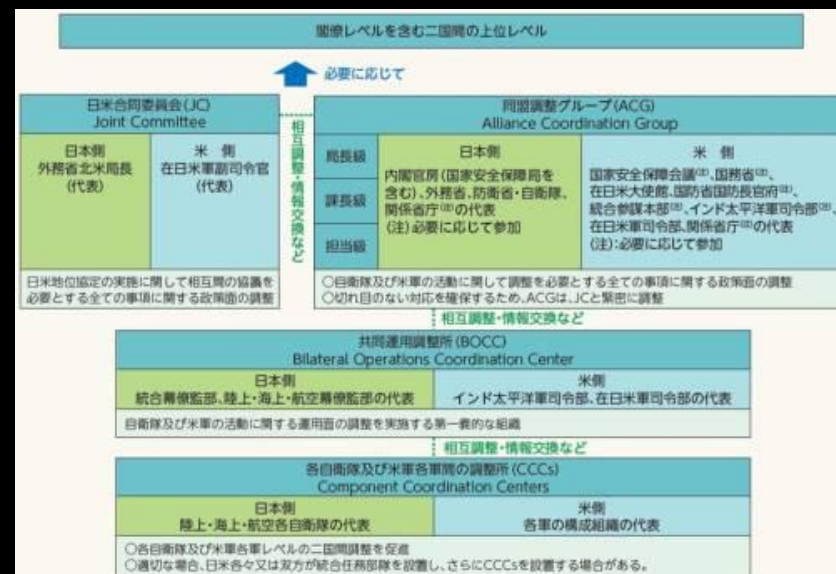
戦略的融合の意義

- 多領域作戦(MDO)への対応
 - 空・海・陸・宇宙・サイバー・電磁波領域を統合し、IAMDの防空網をJADC2の指揮系統で制御
 - 分散型・自律型の防衛構造により、A2/AD環境下でも即応可能
- 日米共同運用の深化
 - 日本の中央クラウドと米軍のABMS(Advanced Battle Management System)を接続
 - 協調自律型無人機や宇宙作戦イニシアチブ(CSpO)など、共同開発が進行中



https://www.mod.go.jp/asdf/meguro/center/img/09_01JADC2.pdf

統合全領域指揮統制 - Wikipedia



新たな挑戦に向けた日米指揮統制の関係の近代化 | 2023
年春のNEXTアライアンス会議 < Sasakawa USA

技術的融合のポイント

•センサー・シューターの統合

- JADC2は、F-35・無人機・衛星・地上レーダーなどのセンサー群を統合
IAMDのPAC-3・SM-6・スタンドオフ兵器と連携
- AIによるリアルタイム脅威分析と、分散型キル・ウェブによる即応

•通信基盤の共通化

- JADC2はJWCC (Joint Warfighting Cloud Capability) や6G通信を活用
- 日本はIOWN (光通信) を導入検討中で、IAMDの指揮系統と接続可能

•意思決定支援の自動化

- JADC2のAI支援型C2 (Command and Control) と、IAMDのJADGE
(自動警戒管制) を連携
- DARPAのACK (Adapting Cross-domain Kill-Webs) 技術が融合を加速

AIによる脅威予測と意思決定支援の融合モデル

AIによる脅威予測と意思決定支援の融合モデルは、JADC2やIAMDのような複雑な指揮統制システムにおいて、リアルタイムの状況認識と最適な判断を支える中核技術

融合モデルの技術構成

機能領域	技術内容	目的
脅威予測	- 機械学習(異種混合学習)- 強化学習- 時系列予測モデル	敵の行動・兵器展開・通信パターンを予測
意思決定支援	- 最適化アルゴリズム(MIP, グラフ理論)- シミュレーションベース推論 - 説明可能AI(XAI)	最適な迎撃・回避・通信経路・兵力配置を提案
融合エンジン	- 予測型意思決定最適化(Predictive Decision Optimization)- Human-On-The-Loop設計	予測と判断を統合し、指揮官の判断を支援・補完

「何が起こるか」だけでなく「どうすべきか」までをAIが提示

軍事指揮統制への応用可能性

- JADC2との統合: AIが脅威予測を行い、指揮官に最適な兵力配置や通信経路を提示
- IAMDとの連携: AIがミサイル軌道や発射意図を予測し、迎撃優先順位を自動提案
- Human-On-The-Loop設計: AIが提案し、最終判断は人間が行うことで倫理と責任を担保

1-3

JADC2 × IAMDF融合と法的課題

JADC2 × IAMD融合と憲法的課題

JADC2とIAMDの融合は、技術的には日米の軍事的指揮統制を一体化させるものであり、憲法第9条が前提とする「専守防衛」「武力行使の自律性」との整合性に疑義が生ずる。現状では、政府は「限定的容認」「独立指揮系統」を主張しているが、実態がそれを超える場合、憲法上の問題が顕在化する可能性が高い。

憲法的課題を指摘した論文・論説

1: 航空研究センター運用理論研究室3 等空佐 土持 太:

「Joint All-Domain Command and ControlーJADC2ー」

憲法との関係: 明示的な違憲性の断定は避けつつも、「指揮統制の構造変化」が憲法第9条の前提とする自律性と乖離する可能性を示唆

https://www.mod.go.jp/asdf/meguro/center/img/09_01JADC2.pdf

2 ジェームズ・L・ショフ Senior Director , US-Japan NEXT Alliance Initiative 米国 笹川 平和財団:

「新たな挑戦に向けた日米指揮統制の関係の近代化」

憲法との関係: 日本の防衛政策と法制度(特に第9条)との整合性を再検討すべきと提言

JADC2とIAMDの融合による日米指揮統制の一体化と憲法的課題

背景と問題提起

- ・ 米国：JADC2構想により全領域統合指揮統制を推進
- ・ 日本：IAMD構想によりミサイル防衛と航空防衛を統合
- ・ 問題提起：両者が融合した場合、自衛隊の指揮統制は独立性を保てるのか？

融合による指揮統制の変化

- ・ センサー・通信・兵器運用がリアルタイムで連携
- ・ 日米間で意思決定が同期化 → 実質的な「一体化」
- ・ 自衛隊の独立した武力行使判断が困難になる可能性

憲法第9条との関係

第9条：戦争の放棄、戦力不保持、交戦権否認

- ・ 政府見解：自衛隊は独立した指揮系統を保持
- ・ 技術的融合により「独立性」が形式的なものに？

集団的自衛権との接点

- ・ 2014年閣議決定:「存立危機事態」で限定容認
- ・ JADC2/IAMD 融合により、米軍の作戦に自動的に組み込まれる懸念
- ・ 憲法解釈の枠を超える可能性

制度的対応と課題

- ・ 政府: 憲法・国際法・国内法の範囲内で対応と説明
- ・ 実態は「事実上の憲法逸脱」との批判も
- ・ 最高裁の判断は未定

結論と提言

- ・ 技術的融合は憲法的課題を顕在化させる可能性
- ・ 指揮統制の透明性・自律性の確保が不可欠
- ・ 憲法改正か、明確な法的枠組みの再構築が必要

1-4

GAO: JADC2 (Joint All-Domain Command and Control) 構想に関する評価

GAO: JADC2 (Joint All-Domain Command and Control) 構想に関する評価

「Defense Command and Control: Further Progress Hinges on Establishing a Comprehensive Framework (GAO-25-106454)」:
(2025年4月8日)

概略 内容

CJADC2 (Combined Joint All-Domain Command and Control) 構想の進捗と課題を詳細に分析

主な指摘事項

- 統合的なフレームワークが未整備: 各軍種が独自に開発を進めており、全体を統括する枠組みが欠如
- 進捗の測定が困難: 目標に対する達成度を測る指標が不明確
- 教訓の共有不足: 実験や演習で得られた知見が部門間で共有されていない
- データ共有の障壁: 機密性の高いデータ分類が、指揮統制の迅速な共有を妨げている

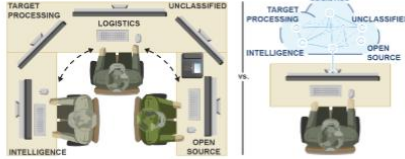
GAO Highlights
Highlights of GAO-25-106454, a report to congressional committees

DEFENSE COMMAND AND CONTROL
Further Progress Hinges on Establishing a Comprehensive Framework

Why GAO Did This Study
Military commanders need to quickly make informed decisions in battle. They rely on DOD systems to transform vast amounts of data into actionable information. DOD established the CJADC2 effort in 2019 to address these needs across domains. CJADC2 is not itself a system but is a way to use data and analytics to make and communicate better decisions in battle.

What GAO Found
Combined Joint All-Domain Command and Control (CJADC2) is a Department of Defense (DOD) concept aimed at improving command and control by connecting selected U.S. assets across space, air, land, sea, and cyberspace domains. CJADC2 also aims to establish connections with international partners. DOD expects that, while difficult, pursuing CJADC2 will enable key decision makers to share and use data to perform command and control operations more quickly and easily. For example, CJADC2 would support a transition from a model where an analyst receives inputs and manually enters data from different systems—referred to as “swivel chair” analysis—to a model where all data is integrated.

Moving from a “Swivel Chair” Model to an Integrated Model



What GAO Recommends
GAO is recommending that DOD (1) develop a framework for CJADC2 that helps guide investments and measures progress; (2) devise a mechanism for sharing lessons learned; and (3) identify and address key challenges in achieving its CJADC2 goals. DOD concurred with two and partially concurred with one of GAO's recommendations.

View GAO-25-106454. For more information, contact Travis J. Masters at tmasters@gao.gov.

United States Government Accountability Office

GAOの提言

提言	内容	状況
① フレームワークの構築	CJADC2関連投資の整合性と進捗を評価する枠組みの策定	DoDは部分的に同意
② 教訓共有の仕組み	実験・演習から得られた知見の全体共有	DoDは同意
③ 課題の特定と対応	データ分類などの障壁を包括的に評価・解決	DoDは同意

参考：2024年の報告（GAO-23-105495）

- ・ 2024年1月に公開された報告書では、**空軍のABMS(Advanced Battle Management System)**を中心にJADC2の進捗を評価
- ・ ABMSはJADC2の一部として、F-35などの戦闘機と指揮統制センター間のデータ連携を目指す

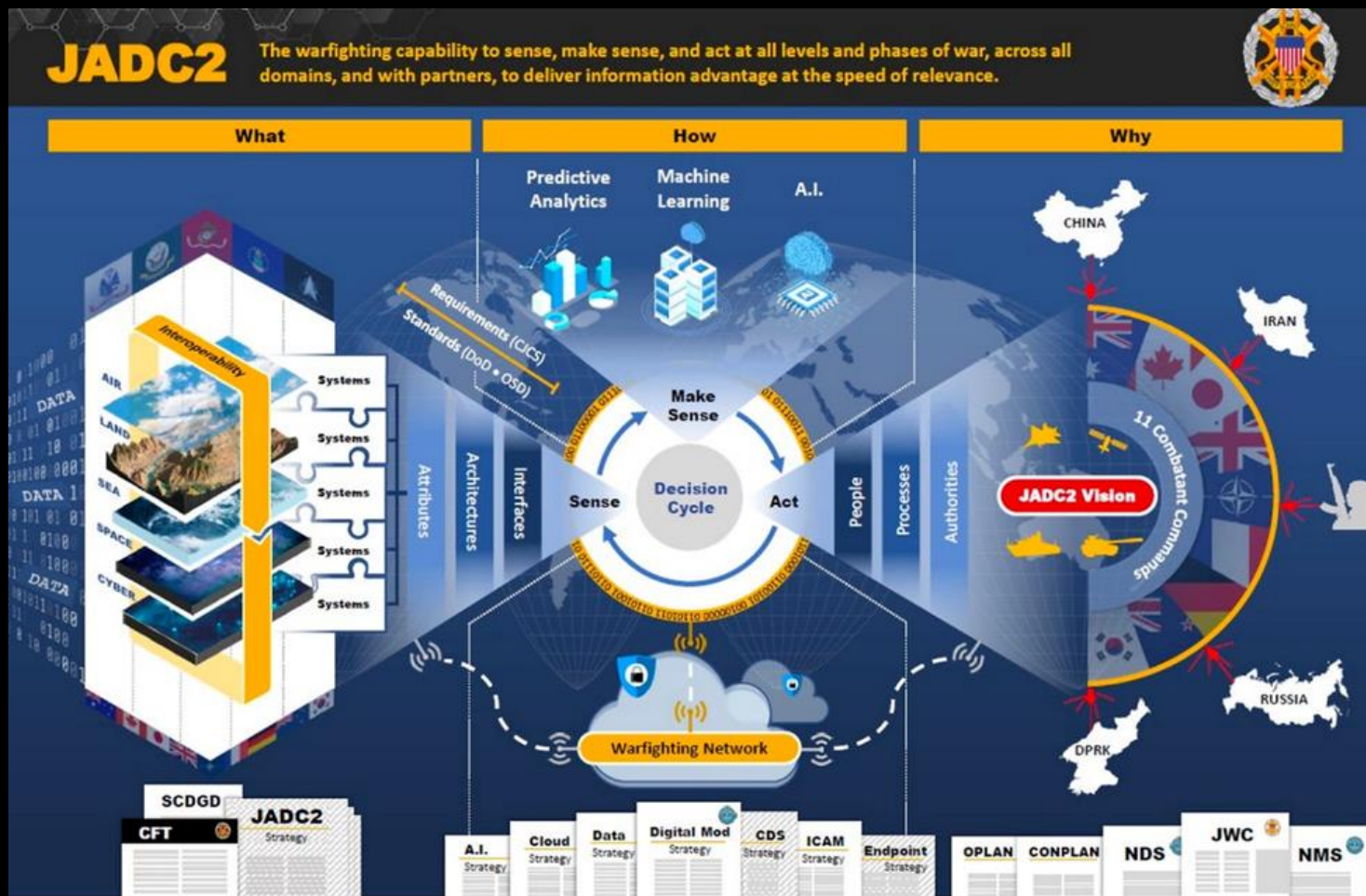
ただし、具体的な能力の実装は遅れており、計画の明確化が必要

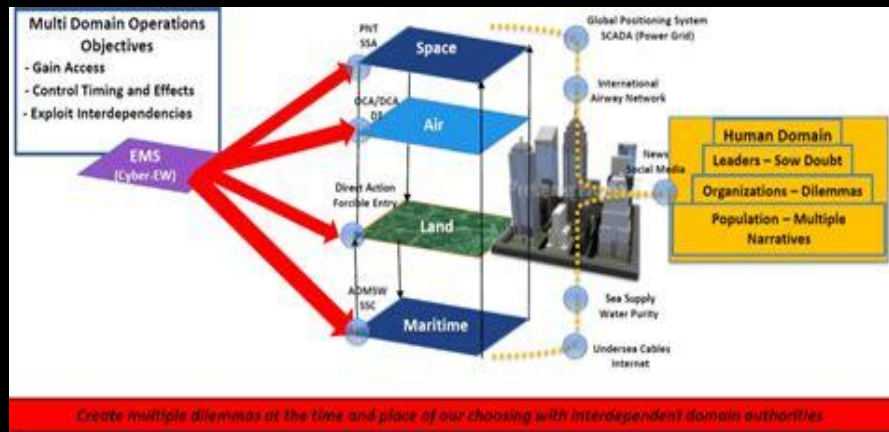
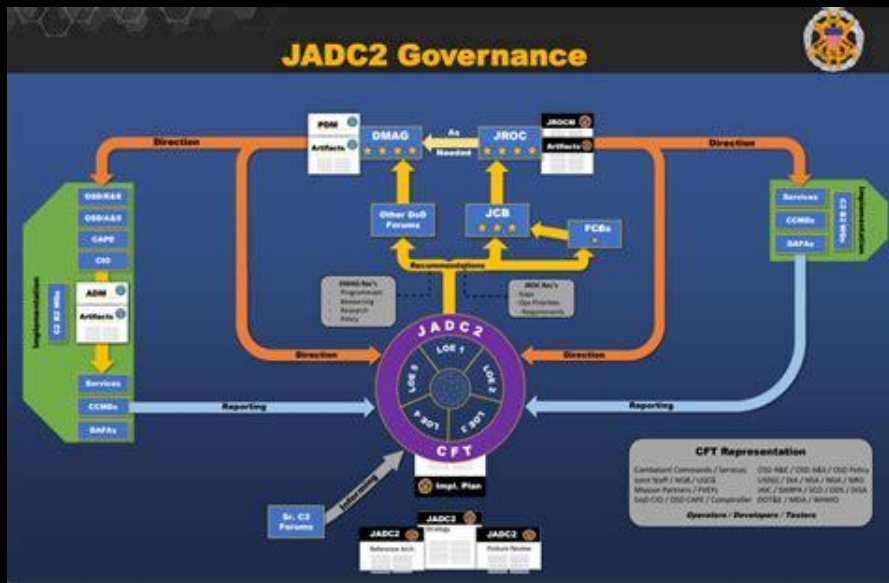
1-5

Joint All-Domain Command and Control (JADC2) の概要

米国のJoint All-Domain Command and Control (JADC2)

- 統合軍の指揮統制能力を全領域(陸・海・空・宇宙・サイバー)にわたって強化するための国防総省(DoD)の戦略的構想





「JADC2 Placemat (運用構想図)」

JADC2の「Sense(感知)」「Make Sense(分析)」「Act(行動)」という基本機能と、5つの重点分野(LOEs)を視覚的に整理

- 中央にJoint Force Commander(統合部隊指揮官)
- 周囲に「Sense」「Make Sense」「Act」の機能群
- 外周に5つの重点分野(LOEs):
 1. JADC2データエンタープライズ
 2. JADC2人的エンタープライズ
 3. JADC2技術エンタープライズ
 4. NC2/NC3との統合
 5. 同盟国・パートナーとの情報共有の近代化

この図は、JADC2が単なる技術導入ではなく、ドクトリン・政策・組織・人材・同盟関係を含む包括的な指揮統制改革であることを示してい

歴史的変遷

2017年：

DoDが「JEDI(Joint Enterprise Defense Infrastructure)」構想を発表
クラウド基盤による統合ネットワークの構築を目指す

2018年：

JAIC(Joint Artificial Intelligence Center)設立
AI活用による指揮統制の高度化が始まる

2019年：

JADC2の初期プロトタイプが実験開始
ABMS(Advanced Battle Management System)などの構成要素が登場

2020年～2021年：

各軍種が独自プロジェクト(例：陸軍のProject Convergence、海軍のProject Overmatch)を通じてJADC2に貢献

2022年3月：

DoDが正式に「JADC2戦略」と「実施計画(Implementation Plan)」を発表
CFT(Cross-Functional Team)による統合管理が始まる

2023年以降：

JWCC(Joint Warfighting Cloud Capability)を通じてGoogle、Amazon、
Microsoft、Oracleなどと契約
AIとクラウドの融合が進展

内容と構成

JADC2は「Sense(感知)」「Make Sense(分析)」「Act(行動)」の3機能を軸に、以下の5つの重点分野(LOEs)で構成されている

JADC2の構成(Sense → Make Sense → Act)

1. Sense(収集／What)

- 陸・海・空・宇宙・サイバーの各軍がセンサーを用いてリアルタイムのデータを収集
- 標準化されたインタフェースを通じて戦闘クラウドへ迅速にデータを取り込み
[Reddit+14rti.com+14jiaa.or.jp+14](#)

2. Make Sense(解析／How)

- 複数のクラウドプラットフォーム上で機械学習やAIを活用しデータを即時に解析
- 全ドメインの情報を統合し、状況認識(Common Operating Picture)を生成
[jiaa.or.jp+1milterm.com+1](#)

3. Act(行動／Why)

- 分析結果に基づき、最適な部隊や兵器リソースを迅速に指揮統制。
- 全11の統合・機能戦闘司令部(例:INDOPACOM、STRATCOM、CYBERCOMなど)へ即時対応を配信
[rti.com](#)

AIの役割: JADC2における中核的機能

AIはJADC2の「Sense(感知)」「Make Sense(分析)」「Act(行動)」の各段階で活用され、意思決定の高速化と精度向上を支えている

主な役割

- ・センサーデータのリアルタイム処理: 膨大なISR(情報・監視・偵察)データをAIが即時分析
- ・ターゲット識別と優先順位付け: AIが脅威を分類し、攻撃対象を提案
- ・意思決定支援: 指揮官に対して複数の行動選択肢を提示
- ・ネットワーク最適化: 通信ノードの自動調整と障害回避
- ・自律型兵器との連携: 無人機・ロボット兵器との協調行動

代表的なAI関連プロジェクト

プロジェクト名	概要
ADA Initiative (AI and Data Acceleration)	戦闘指揮にAIを導入するためのDoD主導の加速プログラム
Project Maven	ドローン映像のAI解析によるテロ対策支援
GIDE (Global Information Dominance Experiments)	AIを用いた戦域支配実験

各軍種の取り組み

JADC2は統合構想だが、各軍種が独自のプロジェクトを通じて貢献している

米空軍(USAF)

- ・ABMS(Advanced Battle Management System): AIとクラウドを活用した戦場ネットワーク構築
- ・AIによる「センサーからシューター」までの高速連携
- ・空軍研究所がAIによる意思決定支援システムを開発中

米陸軍(US Army)

- ・Project Convergence: AIを活用したネットワーク接続と意思決定支援の実験
- ・AIによる戦術提案と部隊配置の最適化
- ・自律型地上車両との連携強化

米海軍(US Navy)

- ・Project Overmatch: AIと5Gを活用した艦隊間通信の最適化
- ・無人艦艇との協調作戦にAIを導入
- ・電子戦・サイバー戦におけるAI活用

米宇宙軍(US Space Force)

- ・衛星データのAI解析による宇宙状況認識
- ・「Machina」プロジェクト: AIによる宇宙物体の自律監視

出典

タイトル	著者	発行元	発行年月日	資料入手先
Joint All-Domain Command and Control for Modern Warfare	Sherrill Lingel 他	RAND Corporation	2020年7月	https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4408z1.html
Memorandum on Accelerating Data and Artificial Intelligence for the Warfighter	DoD	U.S. Department of Defense	2021年6月	https://media.defense.gov/2021/Jun/23/2002748007/-1/-1/1/MEMORANDUM-ON-ACCELERATING-DATA-AND-ARTIFICIAL-INTELLIGENCE-FOR-THE-WARFIGHTER.PDF
AI Informing CJADC2 in Air and Space	Allyson Park	National Defense Magazine	2023年9月	https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/9/12/ai-capabilities-informing-cjadc2-in-air-and-space-officials-say

タイトル	著者・機関	発行元	発行年月日	資料入手先
Joint All-Domain Command and Control Strategy	U.S. Department of Defense	DoD	2022年3月	https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf
JADC2 Implementation Plan	DoD	U.S. Department of Defense	2022年3月	https://www.defense.gov/News/Releases/Release/article/2970094/dod-announces-release-of-jadc2-implementation-plan/
Joint All-Domain Command and Control for Modern Warfare	Sherrill Lingel 他	RAND Corporation	2020年7月	https://researchcentre.army.gov.au/sites/default/files/command_control_b5.pdf
Joint All-Domain Command and Control – 防衛省航空研究センター資料	土持太郎(3等空佐)	防衛省・自衛隊	2021年5月更新	https://www.mod.go.jp/asdf/meguro/center/img/09_01JADC2.pdf
統合全領域指揮統制 – Wikipedia (日本語)	複数執筆者	Wikipedia Foundation	随時更新	https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B5%B1%E5%90%88%E5%85%A8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E6%8C%87%E6%8F%AE%E7%B5%B1%E5%88%B6

AIによる意思決定支援の役割

JADC2では、指揮官が「Sense(感知)」「Make Sense(分析)」「Act(行動)」のサイクルを高速かつ正確に回すことが求められる。AIはこのプロセス全体に深く関与している。

主な支援機能

- ・ リアルタイム分析: AIが膨大なセンサーデータを即時処理し、脅威や機会を抽出
- ・ 予測分析: 敵の行動や環境変化を予測し、意思決定を先回り
- ・ 選択肢提示: 複数の行動案を生成し、指揮官に提示
- ・ 自律判断支援: 通信途絶時でもAIが代替判断を支援
- ・ OODAループの加速: Observe—Orient—Decide—Actの各段階をAIが短縮

<https://ndia.dtic.mil/wp-content/uploads/2022/jadc2/Elder.pdf>

実装例と各軍種の応用

空軍(USAF)

- ・ ABMSにてAIがセンサー情報を統合し、敵機の識別と迎撃判断を支援
- ・ GIDE(Global Information Dominance Experiments)でAIによる戦域支配実験を実施

陸軍(US Army)

- ・ Project ConvergenceでAIが部隊配置や火力支援の最適化を実験
- ・ AIが戦術的意思決定を支援し、指揮官の負荷を軽減

海軍(US Navy)

- ・ Project OvermatchにてAIが艦隊間通信と作戦連携を最適化
- ・ 無人艦艇との協調行動にAIを導入

宇宙軍(US Space Force)

- ・ 衛星データのAI解析により宇宙状況認識を強化
- ・ 自律型監視システムにAIを組み込み

出典

タイトル	著者・機関	発行元	発行年月日	資料入手先
Joint All-Domain Command and Control for Modern Warfare	Sherrill Lingel 他	RAND Corporation	2020年7月	https://www.rand.org/pubs/research_reports/R4408z1.html
Mission (Command) Complete: Implications of JADC2	Capt. Joseph M. McGiffin	National Defense University Press	2024年7月	https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3841502/mission-command-complete-implications-of-jadc2/
AI Computing Solutions for JADC2 Network Architecture	Aitech	Defense Advancement	2023年	https://www.defenseadvancement.com/feature/ai-computing-solutions-for-jadc2-network-architecture/
CJADC2 Initiative Overview	Chief Digital and AI Office	DoD	随時更新	https://www.ai.mil/Initiatives/CJADC2/

概念概要: Human-On-The-Loopモデル

- ・JADC2における「人間の判断との協調モデル」は、AIが意思決定を代替するのではなく、人間の判断を補完・強化する形で協働する枠組み
- ・AIが選択肢を提示し、人間が最終判断を下す構造

主な特徴

- ・AIは選択肢生成と状況分析を担当
- ・人間は価値判断・倫理的判断を担当
- ・意思決定の透明性と説明責任を確保
- ・リアルタイム性と柔軟性の両立

構成要素	概要
AIエージェント	センサーデータの分析、予測、選択肢生成を担当
意思決定支援UI	指揮官がAIの提案を評価・選択するインターフェース
説明可能AI(XAI)	AIの判断根拠を人間に提示する技術
フィードバックループ	人間の判断がAIに学習フィードバックされる仕組み

出典

タイトル	著者・機関	発行元	発行年月日	資料入手先
Joint All-Domain Command and Control for Modern Warfare	Sherrill Lingel 他	RAND Corporation	2020年7月	https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4408z1.html
JADC2: Enabling the Data-Centric Enterprise	Chip Downing	RTI	2023年7月	https://www.rti.com/blog/jadc2-enabling-the-data-centric-enterprise
Human-AI Integration: The Next Generation Command and Control Paradigm	Guang Li 他	Springer	2025年1月	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-7770-9_2

1-6

AI統合型指揮統制システムにおける
「倫理的ジレンマ」とは何か
(国際的なAI倫理原則)

倫理的ジレンマとは何か

JADC2のようなAI統合型指揮統制システムでは、以下のようなジレンマが発生する

- ・ 自律兵器による致命的判断：人間が関与せずにAIが攻撃判断を下す可能性
- ・ 誤認識による民間人への被害：AIの判断ミスによる非戦闘員への誤爆
- ・ 責任の所在の曖昧化：AIが提案した行動に対して、誰が責任を負うのか不明確
- ・ 倫理とスピードのトレードオフ：迅速な意思決定が倫理的熟慮を犠牲にする可能性

これらのジレンマに対処するために以下のような対応

1. Human-On-The-Loopモデルの採用
 - ・ AIが提案を行い、人間が最終判断を下す構造
 - ・ 倫理的判断を人間が保持することで責任の所在を明確化
2. 説明可能AI(XAI)の導入
 - ・ AIの判断根拠を人間に提示し、透明性を確保
 - ・ 指揮官がAIの提案を理解・拒否できる仕組み
3. 倫理ガイドラインの策定
 - ・ DoDのAI倫理原則(2020年発表)に基づき、AIの使用範囲と制限を明文化
 - ・ 「人間の尊厳」「責任」「公平性」「可監査性」などの原則を適用
4. 教育と訓練の強化
 - ・ 指揮官・オペレーターに対してAIとの協調判断に関する倫理教育を実施
 - ・ シミュレーションによるジレンマ対応訓練

国際的なAI倫理原則の比較

1. OECD(経済協力開発機構)AI原則 採択年:2019年(2024年に更新)
特徴:
 - ・初の政府間AI倫理基準
 - ・5つの価値原則と5つの政策勧告
 - ・人権、民主的価値、説明責任、透明性、安全性を重視出典:OECD AI Principles
2. EU(欧州連合)倫理ガイドライン:Trustworthy AI 発表年:2019年(AI HLEGによる)
特徴:
 - ・3つの柱:合法性・倫理性・技術的堅牢性
 - ・7つの要件:人間の監督、技術的安全性、プライバシー、透明性、公平性、福祉、説明責任
 - ・法制度との連携を重視出典:EU Ethics Guidelines for Trustworthy AI
3. IEEE(米国電気電子学会)Ethically Aligned Design 初版:2016年、第2版:2019年
特徴:
 - ・技術者向けの実践的ガイドライン
 - ・人権・福祉・説明責任・透明性・悪用防止などを重視
 - ・倫理設計(Ethics by Design)を推奨出典:IEEE AI Ethics Guidelines
4. 日本の枠組み(総務省・内閣府) 代表例:
 - ・「人間中心のAI社会原則」(2019年)
 - ・「AIネットワーク社会に向けた国際会議資料」(2017年～)特徴:
 - ・人間の尊厳、個人の自律性、多様性の尊重を強調
 - ・国際協調と文化的文脈への配慮出典:総務省AI原則比較資料(PDF)

国際的なAI倫理原則共通点と相違点

観点	共通点	相違点
人権尊重	全ての枠組みが重視	表現や法的根拠に差異あり
透明性・説明責任	全体に共通	実装方法や技術的要件に違い
人間中心性	OECD・EU・日本が強調	IEEEは技術者視点が強い
国際協調	OECD・日本が積極的	EUは域内重視、IEEEは標準化重視

補足：世界経済フォーラムによる分析

- ・ 世界中の90以上のAI倫理原則を分析し、9つのコア原則に集約
- ・ 解釈可能性、信頼性、説明責任、プライバシー、人間の意思決定支援など

出典：World Economic Forum: 9 Ethical AI Principles

AI倫理原則の軍事AIへの適用

主な適用領域

- ・責任あるAI (Responsible AI) : 米国防総省 (DoD) は2020年に5つのAI倫理原則 (責任性・公平性・追跡可能性・信頼性・統治性) を採択
- ・人間中心性の維持 : 意思決定支援においてAIが補完的役割を担い、最終判断は人間が行う (Human-On-The-Loopモデル)
- ・国際協調 : NATOやPfD (AI Partnership for Defense) を通じて、同盟国間で倫理基準の整合性を図る

AI倫理原則の自律兵器への適用

倫理的課題と対応

- ・致命的判断の自律化 : AIが攻撃判断を下すことへの懸念 (LAWS : Lethal Autonomous Weapon Systems)
- ・説明可能性と責任の所在 : AIの判断根拠を明示し、開発者・運用者・指揮官の責任を明確化
- ・国際人道法との整合性 : 識別・比例性・軍事的必要性の原則をAIに組み込む試み

実装例

- ・Human-On-The-Loop設計 : 致命的行動には人間の承認を必須とする設計
- ・ACTIVE倫理フレームワーク : 心理・感情・美德倫理を組み込んだ設計手法

AI倫理原則政策設計への適用

政策的枠組み

- DoD Responsible AI Strategy: 米国防総省が策定中のAI倫理実装戦略
- 国際条約・規制の議論: 国連CCW(特定通常兵器使用制限条約)にてLAWS規制の議論が進行中
- 同盟国間の整合性確保: 倫理原則の違いが政治的・作戦的リスクになる可能性があるため、政策整合が重要

多国間協力

機関	役割
NATO	技術報告書と倫理的枠組みの策定
EU	民間AI原則の軍事転用に関する議論
Five Eyes	サイバー信頼性と倫理的設計の共有

推奨出典

- CSET報告書: Responsible and Ethical Military AI (2021年)
- Springer論文: How Can We Design Autonomous Weapon Systems? (2024年)
- IEEE報告書: Ethical and Technical Challenges in AWS (2023年)
- Scientia Educare: AI and Autonomous Weapons (2025年)
- AiWordSense: The Intersection of AI and Ethics in AWS (2025年)

AI倫理原則： 「軍事AI」「自律兵器」「政策設計」に深く関与

1. 軍事AIへの適用

- ・ 責任あるAI (Responsible AI)
- ・ 人間中心性の維持
- ・ 国際協調

2. 自律兵器への適用

- ・ 致命的判断の自律化
- ・ 説明可能性と責任の所在
- ・ 国際人道法との整合性

3. 政策設計への適用

- ・ DoD Responsible AI Strategy
- ・ 国際条約・規制の議論
- ・ 同盟国間の整合性確保

機関	役割
NATO	技術報告書と倫理的枠組みの策定
EU	民間AI原則の軍事転用に関する議論
Five Eyes	サイバー信頼性と倫理的設計の共有

参考

<https://standards.ieee.org/wp-content/uploads/import/documents/other/ethical-technical-challenges-autonomous-weapons-systems.pdf>

等

第2章

「国内意思決定支援システムの戦術的応用と JADC2・IAMDとの接続可能性」

2-1

国内指揮統制システム

国内指揮統制システム

システム名	概要	MSSとの親和性
JADGE(空自)	統合防空指揮管制	Link 16連携、COP生成可能
ReCs/DICS(陸自)	師団級指揮統制	クラウド基盤・API連携可能
MARS/OYQ(海自)	対潜・水上戦指揮	センサー融合可能

JADGE (Japan Aerospace Defense Ground Environment)

航空自衛隊が運用する統合防空指揮管制システム

レーダー、電子戦、ミサイル防衛などを統合

陸上自衛隊師団指揮システム(ReCs/DICS)

陸自の戦術級指揮統制システム

ReCs(基幹連隊指揮統制システム)やDICS(師団通信システム)などが含れる

海自の対潜戦・水上戦指揮システム(MARS/OYQシリーズ)

MARS(海自指揮統制共通基盤)やOYQシリーズ(戦術情報処理装置)を用いて、艦隊間の戦術情報共有を実施

国内指揮統制基盤のクラウド化状況

防衛省・自衛隊のクラウド化方針

- ・ 中央指揮システムのクラウド化 令和6年度(2024年)から令和10年度(2028年)末までに「中央クラウド」として統合幕僚監部の指揮統制システムがクラウド化される予定
- ・ 防衛省クラウド(仮称) 令和11年度(2029年)以降には、防衛省全体の指揮統制システムを対象とした「防衛省クラウド」が構築される計画
これにより、各自衛隊(陸・海・空)の指揮統制システムが共通基盤上で運用される
- ・ 目的と効果
 - 共通端末・共通基盤による柔軟性と抗堪性の向上
 - 整備コストの縮減
 - 統合運用能力の強化(特に米軍との連携を視野)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E8%A1%9B%E9%9A%8A%E3%81%AEC4%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0>

国内の指揮統制基盤は、段階的かつ体系的にクラウド化が進行中
これは、米国のCJADC2構想やMaven Smart Systemとの連携を視野に入れた動きとも推察される

防衛省共通運用基盤(COE)とDII

- COE(Common Operating Environment) 陸自のAP2000アーキテクチャをベースに、3自衛隊のC4Iシステムに共通採用。クラウド化に適した柔軟な設計
- DII(Defense Information Infrastructure) 高速・大容量通信を可能にする共通通信基盤。Xバンド衛星通信との連携により、クラウド環境下でもリアルタイム性を確保

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E8%A1%9B%E9%9A%8A%E3%81%AEC4%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0>

民間クラウドとの連携とセキュリティ評価

- Microsoft Azureの採用 防衛省はMicrosoft Azureをクラウド基盤として採用し、モダンワークサービスの導入を開始。セキュリティ評価を経て、機微情報の取り扱いにも対応
- 今後の展望
 - 生成AIの活用(Copilot for Microsoft 365など)
 - ローコード開発による内製化支援
 - 官民連携によるクラウド基盤の強化

<https://enterprisezine.jp/news/detail/19780>

2-2

「国内意思決定支援システムの戦術的応用
とJADC2・IAMDとの接続可能性」

「国内意思決定支援システムの戦術的応用とJADC2・IAMDとの接続可能性」

国内企業と意思決定支援システムの概要

1. 株式会社システムインテグレータ： 製品名：Streamline (S&OPソリューション)
概要：・製造業向けに、営業・製造・調達・財務部門の情報を統合し、需要と供給の最適化を支援
 - ・AIによる需要予測、在庫計画、MRP(資材所要量計画)などを提供
 - ・Excel依存から脱却し、全社横断の意思決定を可能にするS&OP (Sales & Operations Planning)モデルを構築
2. 横河電機株式会社： 製品名：OpreX Digital Plant Operation Intelligence
概要：・製造業のDXを支援する「アクションナブル意思決定支援システム」を開発
 - ・ベテランオペレーターのノウハウを形式知化し、品質異常の兆候を検知・対策案を提示
 - ・若手オペレーターでも熟練者並みの判断が可能になるよう支援

1: <https://products.sint.co.jp/streamline>

2: <https://www.yokogawa.co.jp/solutions/solutions/operational-improvement/>

3. 株式会社ナンバーワンソリューションズ: 製品名: Microcosm

(AIデータ統合プラットフォーム)

概要: ・社内外のデータを統合・分析し、AIエージェントによる意思決定支援を実現

- ・RAG (Retrieval-Augmented Generation)を活用したナレッジベース構築
- ・ローカルLLMとクラウドLLMを組み合わせ、高速・安価・セキュアな運用が可能

4. PFN (Preferred Networks)

概要: AI推論エンジン、深層学習

- ・脅威識別AIモジュール開発 Human-On-The-Loop設計支援
- 軍用AIアルゴリズム開発、Chainer系推論エンジン

5. その他 アカデミア

研究機関: 東京大学 馬場研究室 研究テーマ: Human-AI Collaboration

概要: ・多様な価値観を考慮した意見集約システム「Crow DEA」や、意見分類支援ツール「Illumidea」を開発

- ・公平な判断を支援するAI「Fair Machine Guidance」など、倫理的・説明可能な意思決定支援に注力

3: <https://no1s.biz/solution/localllm/>

4: <https://www.preferred.jp/ja/>

5: <https://bb.c.u-tokyo.ac.jp/>

国内大手企業による意思決定支援システムの事例

1. NTTデータ

- ・サプライチェーン・マネジメント(SCM)領域での意思決定支援に注力
- ・「iQuattro」プラットフォームを活用し、KPIツリーやシナリオプランニングを通じた経営判断を支援
- ・SAP Databricksを活用した予測型AIや生成AIによる意思決定支援も展開

2. 日立製作所

- ・グループ全体で「デジタル経営基盤」を構築し、AIによる予測と経営ダッシュボードを活用
- ・「scSQUARE ISP」などの供給計画支援システムを提供し、製造業の意思決定を支援
- ・Lumadaを活用したデータ利活用と意思決定支援の事例も多数

1: <https://www.nttdata.com/jp/ja/lineup/iquattro/>

2: https://www.hitachi-solutions-east.co.jp/products/scsquare_isp/outline/
<https://www.hitachi.co.jp/products/it/lumada/index.html>

続き

3. NEC

- ・「数理最適化導入コンサルティングサービス」により、AIによる意思決定自動化を支援
- ・Agentic AIを活用したS&OP (Sales & Operations Planning) 精度分析ソリューションを展開
- ・ダッシュボードによるデータドリブン経営支援も社内外で実践

4. 富士通

- ・「Fujitsu Decision Making Optimization」サービスにより、ECM/SCM領域の意思決定を支援
- ・「Fujitsu Data Intelligence PaaS」を活用し、マツダなどの企業で業務変革と迅速な意思決定を実現
- ・(株) KPMG FAS(*1)との協業により、リスクマネジメント領域でも意思決定支援を強化

3: https://jpn.nec.com/press/202111/20211126_01.html

4: <https://www.fujitsu.com/jp/innovation/data-driven/capabilities/decision-making-optimization/>
<https://www.fujitsu.com/jp/innovation/data-driven/capabilities/>

(*1) (株) KPMG FAS: フィナンシャルアドバイザー専門企業:
<https://kpmg.com/jp/ja/home/about/fas/corporate-profile.html>

国内意思決定支援システムと統合作戦構造への応用可能性

- ・ 背景: AIと意思決定支援の進化
- ・ 目的: 国内技術がどのようにJADC2・IAMD・HOTLに接続可能かを示す

① 防空指揮所における脅威評価支援 防空指揮所 × AI支援判断

企業	技術	接続観点
富士通	Decision Making Optimization	リソース配分と脅威予測 (IAMD)
NEC	数理最適化	優先順位付けと即応性 (JADC2)
横河電機	OpreX Intelligence	HOTL設計による指揮支援

- ・ 多数のセンサー(レーダー、EO/IR、SIGINT)からの情報を統合し、脅威の識別・優先順位付けを行う必要がある
- ・ 指揮官は数秒以内に迎撃判断を下す必要があり、AIによる支援が不可欠

JADC2/IAMD/HOTLとの接続

- ・ JADC2: センサー情報をクラウド経由で統合し、AIが脅威を分類・提案
- ・ IAMD: 複数の迎撃手段(PAC-3, SM-3, 電磁兵器)を最適に割り当て
- ・ HOTL: AIが迎撃案を提示し、指揮官が最終判断を下す設計

② 戦術C2ノードにおける分散判断支援 モザイク指揮環境における意思決定支援

企業	技術	接続観点
NTTデータ	iQuattro + Databricks	分散型分析とシナリオ意思決定 (JADC2)
ナンバーワン・ソリューションズ	Microcosm (RAG構造)	ローカル判断支援 + XAI (HOTL)

- ・ モザイク作戦や分散指揮環境では、各ノードが独立して判断を下す必要
- ・ 通信断やジャミング環境下でも、AIが状況認識と行動案提示を行う必要

JADC2/IAMD/HOTLとの接続

- ・ JADC2: 各ノードがセンサー・シューター・AIを持ち、クラウドと連携
- ・ IAMD: 局所的な脅威に対して、ノード単位で迎撃判断を下す
- ・ HOTL: AIが提案し、現場指揮官が選択する設計

③ AIエージェントによる作戦立案支援

企業	技術	接続ポイント
NEC	Agentic AI	多変量分析と行動案生成
東京大学 馬場研究室	FairMachineGuidance	倫理的判断支援と説明可能AI

- ・ 作戦立案において、過去データ・地理情報・敵行動予測を統合し、複数の行動案を生成する必要
- ・ 指揮官は戦略的・倫理的観点から最適案を選択

JADC2/IAMD/HOTLとの接続

- ・ JADC2: AIエージェントが複数の作戦案を生成し、クラウド経由で共有
- ・ IAMD: 脅威予測に基づく迎撃・反撃計画をAIが立案
- ・ HOTL: AIが戦術案を提示し、指揮官が選択・修正する設計

2-3

IAMD(統合防空・ミサイル防衛)における
Kill Web構造の概要

IAMD(統合防空・ミサイル防衛)におけるKill Web構造の概要

Kill Web構造とは

- ・従来の「Kill Chain(センサー→指揮→シューター)」の直線的な構造を超え、センサー・指揮・シューターが網状に接続された分散型構造
- ・任意のセンサー情報を任意のシューターが活用でき、柔軟かつ高速な迎撃判断が可能

特徴

- ・ Any Sensor, Any Shooter: センサーとシューターが固定されず、状況に応じて最適な組み合わせが選ばれる
- ・ System of Systems: 複数の兵器・指揮系統がネットワークで統合され、全体最適化された防空態勢を構築
- ・ Left of Launch対応: 発射前の兆候検知と先制的な対処(サイバー・電子戦)も含む

長島 純: 「先進技術が変える戦場: 統合防空ミサイル防衛(IAMD)-ロシアのウクライナ侵攻における教訓から」: 一般社団法人 日本宇宙安全保障研究所 理事
https://www.defense-tech.or.jp/dcms_media/other/202304_free.pdf

ユースケースとの組み込み方法

ユースケース	Kill Webへの組み込み	実装課題
① 防空指揮所	富士通の意思決定支援AIがセンサー情報を統合し、迎撃案を提示- NECの数理最適化で迎撃優先順位をリアルタイムに算出	- センサー間の通信プロトコル統一 - リアルタイム処理の遅延対策 指揮官の負荷軽減とHOTL設計
② 戦術C2ノード	- NTTデータのiQuattroがノード単位でKPI分析 - MicrocosmがローカルLLMでエッジ判断支援	- 通信断環境でのAI自律判断の信頼性 - ノード間の意思決定整合性 - 分散型C2の権限委譲設計
③ AIエージェントによる作戦立案	- NECのAgentic AIが複数の作戦案を生成 - 東京大学のFair Machine Guidanceが倫理的判断支援	- 作戦案の説明可能性(XAI) - 多様な価値観の統合(Human-AI協調) - 作戦案の実行可能性評価とフィードバックループ構築

実装レベルでの課題と対策

1. センサー・シューターのインターフェース統一

- ・ 課題: 各兵器・センサーの通信仕様が異なるため、統合が困難
- ・ 対策: Open Mission Systems (OMS) や Modular Open Systems Approach (MOSA) による標準化

2. リアルタイム処理とAI推論の両立

- ・ 課題: AI推論は計算負荷が高く、リアルタイム性を損なう可能性
- ・ 対策: FPGAやGPUによるハードウェアアクセラレーション、推論軽量化 (Distillation)

3. Human-On-The-Loop設計の信頼性

- ・ 課題: AIが提案する案の根拠が不明瞭だと、指揮官が判断を下せない
- ・ 対策: RAG構造による根拠提示、XAI技術の導入、UI/UX設計の工夫

4. 分散ノード間の意思決定整合性

- ・ 課題: 各ノードが独立判断すると、全体最適が損なわれる

対策: Federated LearningやConsensus Protocolによる整合性維持

出典:

- ・ IAMD構造とKill Web概念 (日本宇宙安全保障研究所)
- ・ NEC Agentic AIプレスリリース
- ・ 富士通の意思決定支援サービス
- ・ Microcosm新機能発表
- ・ 東京大学 馬場研究室のAI倫理研究

2-4

Kill Webにおけるアルゴリズム設計の構成要素

Kill Webにおけるアルゴリズム設計の構成要素

- ・Kill Webは、「Any Sensor, Any Shooter」原則に基づき、リアルタイムで脅威を検知・評価・迎撃するための分散型ネットワーク
- ・これを支えるアルゴリズムは、以下のようなフェーズに分かれる

Kill Web構造におけるアルゴリズムの統合

フェーズ	アルゴリズム	実装技術	接続対象
検知	センサーフュージョン + CNN	Edge AI + GPU	センサー群(地上・空・宇宙)
優先順位	Greedy / Hierarchical / Firestorm	LSTM + Decision Tree	C2ノード
割当	Emergent / Consensus	Federated Learning + Multi-Agent RL	シューター群
フィードバック	RL + Explainable AI	RAG構造 + XAI	指揮官UI / 戦術クラウド

実装課題と対策

課題	内容	対策
通信遅延	センサーとAI間のレイテンシ	5G/6G + エッジAI処理
説明可能性	AI判断の根拠が不明瞭	RAG構造 + XAI導入
権限委譲	自律迎撃と人間の判断のバランス	Human-On-The-Loop設計 + UI強化
整合性	分散ノード間の判断不一致	Federated Consensus + Blockchainログ

実装のためのアルゴリズム

1. 脅威検知・識別アルゴリズム

- ・ センサーフュージョン: 複数のセンサー(AESAレーダー、EO/IR、SIGINT、宇宙センサー)からのデータを統合
- ・ AIによる識別: 深層学習モデル(CNN、Transformer)で脅威の種類(弾道ミサイル、HGV、UAVなど)を分類
- ・ 例: Kh-101など低空巡航ミサイルの識別には、地形マスキング補正付きの時系列CNNが有効

2. 脅威優先順位付けアルゴリズム

- ・ Greedy Shooter: 最も近く、最も脅威度が高いターゲットに即応
- ・ Hierarchical Coordination: 戦術レベル(SHORAD)と戦略レベル(THAADなど)で優先順位を分離
- ・ AI支援型Firestorm: 複数の迎撃手段を比較し、最適な組み合わせを提示

3. 迎撃手段の割当アルゴリズム

- ・ Emergent Coordination: 各シューターが自律的に最適な迎撃手段を選択
- ・ Consensus Coordination: 複数のノード間で合意形成し、迎撃手段を割り当て
- ・ 例: SM-3とPAC-3の同時迎撃を避けるため、AIが時間差と交差角を調整

4. フィードバックループと学習

- ・ Finish & Feedback: 迎撃結果をリアルタイムで評価し、次の判断に反映
- ・ 強化学習(RL): 成功率を報酬関数として、迎撃戦術を最適化

例: Project ConvergenceでのAIエージェントは、撃墜成功率に応じて行動方針を更新

2-5

まとめと今後の展望

まとめと今後の展望

戦略的統合に向けての提言

- ・ 国内企業のAI技術はJADC2/IAMD構造に十分接続可能
(憲法上、法制上の「集団的安全保障」に関わる課題がある)
- ・ Kill Webによる分散C2への対応力
- ・ Human-AI協調設計の重要性

今後の期待

今後の実証実験や官民連携
技術と戦略の融合による競争力強化

第3章

ウクライナ戦争における先端技術の実装と民主主義への影響 「Advanced Technologies in the War in Ukraine」: Anna Mysyshyn (ReThink.CEE Fellow)



<https://www.gmfus.org/sites/default/files/2024-10/Mysyshyn%20-%20Ukraine%20war%20tech%20-%20paper.pdf>

同様の国内研究: 梅田 耕太 地経学研究所

<https://instituteofgeoconomics.org/research/2024040356900/>

3-1

「ウクライナ戦争における先端技術の実装
と民主主義への影響」（論点整理）

「ウクライナ戦争における先端技術の実装と民主主義への影響」 「Advanced Technologies in the War in Ukraine」

著者：Anna Mysyshyn (ReThink.CEE Fellow)

発行元：German Marshall Fund (2024年10月)

ウクライナ戦争においてAIや衛星技術がどのように活用されたかを分析し、同時に市民の自由や情報リテラシーなど民主主義的価値に与えた影響も明らかにしている

技術が戦場に与える影響

- ・ ウクライナ戦争：技術による対抗戦略の鍵
- ・ AI・衛星・顔認識技術の実戦投入
- ・ 民主主義とプライバシーへの影響

同様の国内研究：梅田 耕太 地経学研究所

<https://instituteofgeoconomics.org/research/2024040356900/>

戦術技術の導入と企業の役割

技術領域	企業名	役割と貢献
データ解析	Palantir	戦術支援、データマイニング
状況認識	Delta	衛星・地上情報統合
顔認識	Clearview AI	敵兵の特定、行方不明者の識別

ウクライナ政府は民間企業の先端技術を積極導入し、戦術判断やターゲット識別に活用

ただし、これらには倫理的な懸念も付随

AIと情報戦の実態

- ・ ロシア側のAI活用: ディープフェイク・音声模倣
- ・ 情報分断と心理戦
- ・ 民主主義への干渉と認知操作

AIは戦術支援だけでなく情報操作にも活用
ロシアはAIを用いた偽情報でウクライナの国民感情や国際世論に影響

民主主義と人権への懸念

- ・ プライバシー侵害: 顔認識技術の無規制使用
- ・ 市民の監視と自由の喪失
- ・ 法的枠組みの不備

戦場での技術活用が市民領域に波及し、自由と権利の制限に繋がるリスク

AIや衛星画像の濫用は慎重な法的制御

政策提言と民主主義の再構築

- ・ EU規格との法整備連携
- ・ AI影響評価フレームワークの導入
- ・ メディアリテラシー・教育の強化
- ・ 規制サンドボックスの活用

著者は、民主主義を守るためには単なる技術導入ではなく、リスク評価・法制度・教育・規制環境整備が必要であると強く提言しています

3-2

Palantirのウクライナ戦争における貢献

「AI戦争の中核企業: Palantirのウクライナ戦争における貢献」

なぜPalantirが注目されるのか

- ・ Palantirの技術は「AI戦争の実験場」であるウクライナにおいて活用
- ・ 戦術・戦略・復興・倫理領域への多面的貢献
- ・ MavenやNATOとの連携が技術評価の背景

Meta Constellationによる戦場可視化

- ・ 商業・軍事衛星の統合プラットフォーム
- ・ AIによるリアルタイム地上状況把握
- ・ ウクライナ軍が数分以内に攻撃判断

AIによるターゲティング支援と最適化

- ・ 敵兵器・指揮所の自動識別
- ・ 攻撃手段(ドローン・砲撃・ミサイル)の提案
- ・ 攻撃後の結果を学習し精度向上

https://www.researchgate.net/publication/391737275_The_Power_Behind_the_Algorithm_Palantir_Technologies_and_the_Global_Rise_of_AI_Surveillance_and_Warfare

SkykitとTITANによる前線支援

- ・ Starlinkと連携したSkykitの現場展開
- ・ TITAN戦術車両によるマルチセンサー統合
- ・ AIが前線でも即時判断を支援

TITAN(Tactical Intelligence Targeting Access Node、戦術情報ターゲティングアクセスノード)は、米陸軍向けに開発された人工知能(AI)と機械学習(ML)を活用した次世代移動式地上局

<https://zinsoku.jp/palantir-titan/>

戦後支援への貢献(地雷・教育)

- ・ 地雷除去:危険度と優先地域のAI分析
- ・ 教育省との連携:学校の安全と避難所配置支援
- ・ 農地再利用と復興加速への技術提供

Skykit(衛星接続型モバイルAIユニット)と連携し、前線の兵士が即座にデータを活用可能

<https://www.skykit.com/>

<https://www.palantir.com/offerings/skykit/>

政治的意義と西側連携

- ・ 「デジタル軍 vs アナログ軍」の象徴
- ・ 戦争犯罪の証拠収集支援
- ・ CEOのゼレンスキー大統領との連携・無償技術提供

3-3

JADC2とPalantir技術連携の戦略的意義

JADC2とPalantir技術連携の戦略的意義

AIと指揮統制の融合がもたらす未来

米軍の次世代指揮統制構想「JADC2」と、Palantir Technologiesの技術的貢献について、戦術から戦略までの観点で考察

JADC2とは何か？

- ・ 全領域：陸・海・空・宇宙・サイバー
- ・ 目的：リアルタイム意思決定／センサー・兵器統合
- ・ 意思決定速度：数日→数秒へ
- ・ 技術要素：AI／クラウド／5G／エッジ

<https://milterm.com/archives/4354>

Maven Smart SystemとNATOでの技術展開 (2025)

- ・ MSS NATOへの採用:意思決定支援AI
- ・ Mavenからの技術進化
- ・ 30日以内での展開と調達実績

Palantirの技術とJADC2連携

領域	Palantir技術	貢献内容
データ統合	Foundry / Gotham / MSS NATO	共通作戦図の生成
AI分析	MetaConstellation / OpsAI	敵の意図・位置をリアルタイムで予測
前線支援	TITAN / Skykit	モバイルAIユニットによる即時戦術判断
セキュリティ	Zero Trust / DevSecOps	暗号化と安全運用
ネット連携	Federated Network / ICAM	多軍種・多国間での安全な情報共有

MSS NATOによる融合と展開

- ・ MSS NATO: JADC2の中核プラットフォーム(2025年導入)
- ・ 機能: 360度状況認識／センサー統合／多国間対応
- ・ CJADC2: NATO間での意思決定支援を可能にする構造

実際の運用成果

運用事例	貢献内容
GIDE実験	NORAD間の即時連携と作戦立案支援
Project Orsus	Joint Staffへのリアルタイム状況共有
Army Vantage	陸軍全体の作戦・訓練情報統合

Palantirが選ばれる理由

- ・ DoDとの10年超の連携実績
- ・ 柔軟なモジュール型構造
- ・ 戦術～戦略まで対応可能なスケーラビリティ

PalantirはJADC2の「頭脳」として機能し、情報の融合・意思決定・作戦実行を一気通貫で支援する存在



Palantir Technologiesの株価推移

3-4

Googleの対応と倫理的葛藤

「Project Mavenの歴史的変遷とGoogleの倫理的対応」

Project Mavenの創設と目的

- ・ 創設:2017年4月、副長官ロバート・ワークの指示
- ・ 目的:AIによる戦場映像の迅速な解析と戦術支援
- ・ 活用領域:ドローン・衛星映像の解析

初期技術とAIの実装

- ・ GoogleのTensorFlowの活用
- ・ 戦車や兵員の自動識別
- ・ 人間が最終判断するハイブリッド型の攻撃支援

Project maven とJADC2の関係は別途説明する

Googleとの契約と協力関係

- ・ 契約開始:2017年、約1500万ドル規模
- ・ Google Cloudが技術支援
- ・ AIによる画像認識を提供

Google社員による抗議と契約終了

- ・ 約4000人の社員が請願書を提出
- ・ AIの軍事利用に対する倫理的懸念
- ・ 2019年3月をもって契約終了を決定

なぜ2025年にGoogleではないのか

- ・ 軍事用途からの撤退方針(2018年～)
- ・ 代替企業:Microsoft、AWS、Palantir
- ・ Googleは契約更新を拒否

Googleの方針転換(2025年)

- ・ 兵器・監視技術への制限撤廃
- ・ 国家安全保障への貢献強調
- ・ Agentic AI開発契約に復帰

企業倫理原則の比較(2025年)

企業名	主な方針	変化	備考
Google	国家安全保障に貢献	制限撤廃	Geminiモデル提供
OpenAI	知的自由・透明性	Model Spec導入	議論を促進
Anthropic	憲法型AI	表現を柔軟化	Claudeモデル利用
xAI	説明可能性	技術志向	ブラックボックス回避重視

第4章

Project MavenとMaven Smart System におけるAI戦術支援の進化

4-1

Project MavenとMaven Smart System (MSS) におけるAI戦術支援の進化

2025年現在のProject Mavenの状況

- ・「Project Mavenは一時的に終了したという誤解もあったが、2025年時点ではむしろ拡張されている。米国防総省が予算を倍増し、パランティア社と契約を結んだことで、作戦支援の即応性が飛躍的に向上している。」
- ・「2023年には、Marven Smart System (MSS)として機能向上している」

2025年現在

- ・ 予算増額(最大13億ドル)と継続運用
- ・ 米軍部隊35以上に導入
- ・ 情報処理時間の短縮(数時間 → 数分)

組織的な変化と進化

- ・ GEOINT(地理空間情報)運用はNGA(国家地理空間情報局)へ移管
- ・ AI 開発がCDAO(Chief Digital & AI Office) からNGAへ統合
- ・ 「Project」から「Program of Record」に昇格し、米軍のAI戦略の中核

実戦における活用事例

- ウクライナ支援での運用(MSSがロシア軍の装備位置を特定)
- 最大80の標的を1時間で捕捉
- GPS誘導ミサイルの攻撃支援に貢献

技術的・倫理的課題

- 環境による識別精度の差(砂漠地帯など)
(砂漠地帯では人間の84%に対しAIは60%程度)
- AIによる誤判定リスク
- 人間の監督義務を明文化

Maven から Maven Smart System (MSS) への変化の時期と背景

- ・ 2017年: Project Mavenが発足
主にドローン映像や衛星画像の解析をAIで支援することが目的だった
- ・ 2022年: 地理空間情報の運用管理が国家地理空間情報局(NGA)に移管され、AIの実戦配備が加速
- ・ 2023年: NGAがMaven Smart Systemの開発責任を担い、識別精度が向上
プロジェクトは「program of record(正式予算対象)」に指定され、実戦配備が本格化
- ・ 2024年以降: MSSは米軍の複数部隊に導入され、ウクライナ支援などにも活用

Maven Smart Systemの主な進化点

項目	初期のProject Maven	現在のMaven Smart System
主な機能	映像・画像の解析	マルチセンサー融合、リアルタイム分析、意思決定支援
使用技術	機械学習	AI＋機械学習＋DevSecOps開発手法
対象データ	ドローン映像、衛星画像	赤外線、レーダー、IP情報、SNSタグなど多様な情報源
精度	限定的(60～80%)	高精度識別(最大80ターゲット/時)

Maven Smart System (MSS) とは何か

MSSの技術アーキテクチャ

- ・AIモジュール: 画像認識・ターゲティング・BDA支援
- ・データ統合: ドローン、衛星、SIGINT、OSINT
- ・DevSecOps 環境: 継続的アップデートと演習統合 (Scarlet Dragon)

MSSの戦術的効果

作戦速度と精度の向上

- ・目標識別速度: 最大80件/時 (演習実績)
- ・精度: 地形・天候に依存、誤認識リスクあり
- ・成果: ウクライナ支援におけるロシア軍装備の特定

組織的統合と運用モデル

空軍におけるMSSの統合プロセス

- ・Scarlet Dragon演習: 空軍・陸軍・技術企業の連携
- ・Human-On-The-Loop設計: AI提案＋人間判断
- ・NGA移管後の精度向上と運用安定化

Project MavenとMaven Smart System(MSS)における AI戦術支援の進化 (2025年時点)

安全保障分野におけるAI活用

「Project Mavenは米国防総省のAIプロジェクトで、敵動向をリアルタイムで解析し、標的選定や作戦立案に寄与」

「Project Mavenは、膨大な映像データをAIで解析することで、敵の兵器や施設の特定を迅速化することを目的に設立
これは米軍のデジタル化戦略の一環」



米国防総省のAIプロジェクト「Project Maven」
が「Maven Smart System(MSS)」へと進化したの
は、2023年頃とされている

4-2

米国空軍におけるMSSの役割

米国空軍におけるMSSの役割

1. ISR(情報・監視・偵察)データの統合分析
 - ・ ドローンや衛星から取得した画像・映像・センサー情報をAIでリアルタイム解析
 - ・ コンピュータビジョンにより、標的の識別・分類・優先順位付けを自動化
2. ターゲティング支援
 - ・ MSSは戦術目標の選定を支援し、指揮系統を通じて攻撃承認プロセスを迅速化
 - ・ 戦闘損害評価(BDA)や友軍・敵軍の位置情報の可視化も可能
3. 意思決定支援とHuman-On-The-Loop設計
 - ・ AIが提案する標的情報に対して、最終判断は人間の指揮官が行う設計
 - ・ 米空軍は「AIは補助であり、決定権は人間にある」と明確に位置づけ

4-3

MSSと日本のC2システムの比較

MSSと日本のC2システムの比較

JADGE・ReCs/DICSとの技術的相違

比較項目	MSS(米空軍)	日本のC2システム(JADGE / ReCs / DICS)
AI活用度	高度な画像認識・自動分類・ターゲティング支援	限定的 AI活用は試験段階人間による判断が中心
データ統合能力	ドローン・衛星・SIGINT・OSINTをリアルタイム統合	主にレーダー・通信情報マルチソース統合は限定的
意思決定支援モデル	Human-On-The-Loop設計 AIが提案し、指揮官が最終判断	人間主導 AIによる提案機能は未整備
演習統合環境	DevSecOps型 Scarlet Dragon演習で継続的にAIモデルを更新	静的更新中心 演習との技術統合は限定的
NATO連携構想	MSS NATO構想あり 多国間AI連携を視野に入れた設計	MSS-J構想段階 NATOとの技術連携は未確立
クラウド基盤	分散型クラウド(JWICS/Cloud One)で運用 即応性と拡張性を確保	国内閉域ネットワーク中心 クラウド統合は限定的
政策・倫理対応	DoD AI倫理ガイドラインに準拠。自律性の制限と透明性の確保	防衛省AI指針は策定中 倫理設計は今後の課題

参考資料

タイトル	内容
DATA-DRIVEN DEFENSE: THE MAVEN SMART SYSTEM https://warroom.armywarcollege.edu/podcasts/data-driven-defense/	MSSの構造と空軍・陸軍での活用事例を解説
Scarlet Dragon exercises and MSS integration https://federalnewsnetwork.com/defense-main/2024/08/scarlet-dragon-exercises-maven-smart-system-paving-the-way-for-ai-adoption-development/	MSS開発の演習プロセスと組織的成功要因
Bloomberg特集: AI Warfare Becomes Real https://www.bloomberg.com/features/2024-ai-warfare-project-maven/	MSSの実戦投入、精度、倫理的課題を網羅
CSIS & CSET報告書(2024年) https://cset.georgetown.edu/publication/2024-annual-report/ https://www.canada.ca/content/dam/csis-scrs/images/2024publicreport/newest/Public_Report_2024-ENG.pdf	MSSの技術的・組織的分析と政策提言

DevSecOpsの定義と特徴

(DevSecOps: Development , Security and Operations)

従来の開発 (Dev) と運用 (Ops) に、セキュリティ (Sec) を最初から組み込むことで、脆弱性を未然に防ぎ、継続的に安全なシステムを提供することが目的

軍用AIやC2システムでは、リアルタイム性と安全性の両立が求められるため、DevSecOpsは極めて重要な設計思想

MSSにおけるDevSecOpsの活用例

- ・ Scarlet Dragon演習では、AIモデルの精度向上を演習中に即座に反映 → MSSの画像認識アルゴリズムが、演習中にアップデートされることで、ターゲット識別精度が向上
- ・ セキュリティ統合: DoDのゼロトラスト原則に基づき、MSSの各モジュールに脆弱性スキャンとアクセス制御を実装
- ・ 継続的改善: 演習結果や現場フィードバックを即座に開発チームに反映し、AIモデルやC2接続仕様を更新

なぜ軍用AIにDevSecOpsが不可欠なのか

1. 脅威環境の変化に即応 → サイバー攻撃や敵の戦術変更に対して、AIモデルやC2仕様を迅速に更新
2. セキュリティの確保 → MSSのような戦術AIは、誤認識や改ざんリスクが致命的。開発段階からセキュリティを組み込む必要がある
3. 演習と実戦の連続性 → MSSは演習環境での学習を即座に実戦環境に反映できる設計が求められる

4-4

MSS と JADC2 との関係

MSSとJADC2の関係性

JADC2とは

- ・ 米国防総省が構築中の統合全領域指揮統制システム
- ・ 陸・海・空・宇宙・サイバー・電磁波領域を統合し、リアルタイムで情報共有・意思決定を行う
- ・ AI、クラウド、5G、センサー融合などの技術を活用し、全軍種のネットワークを統合

Maven Smart System (MSS)とJADC2(統合全領域指揮統制)は、米国防総省が推進する次世代の指揮統制(C2)構造の中核を担う存在であり、両者は相互補完的な関係にある

出典

<https://gigazine.net/news/20240305-maven-smart-system/>

<https://www.mod.go.jp/asdf/meguro/center/img/02b2.pdf>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B5%B1%E5%90%88%E5%85%A8%E9%A0%98%E5%9F%9F%E6%8C%87%E6%8F%AE%E7%B5%B1%E5%88%B6>

MSSとJADC2の関係性

MSSがJADC2に貢献するポイント

項目	Maven Smart System (MSS)	JADC2 (Joint All-Domain Command and Control)
目的	AIによるターゲット識別・意思決定支援	全軍種・全領域の情報統合と指揮統制
技術基盤	AI・ML・DevSecOps・マルチセンサー融合 https://gigazine.net/news/20240305-maven-smart-system/	AI・6G・クラウド・エッジコンピューティング
運用領域	戦術レベル(ターゲティング・ロジスティクス)	戦略～戦術レベル(全軍種・全領域)
統合性	JADC2の一部として機能	MSSを含む複数のC2システムを統合
実戦展開	CENTCOM・ウクライナ支援など	全軍種・宇宙軍・サイバー領域まで拡張

概略の説明

- ・ リアルタイムターゲティング：MSSはAIを活用して、衛星・赤外線・SNSタグなど多様な情報源からターゲットを識別
JADC2の意思決定速度を飛躍的に向上させる
- ・ DevSecOpsによる迅速な改良：MSSは現場の兵士・開発者・AI企業が協力して継続的に改善
JADC2の柔軟性と適応力を支える
- ・ Scarlet Dragon演習での統合検証：MSSはJADC2の一環として、XVIII空挺軍団や海兵隊と連携し、演習で実証済み

Maven Smart Systemの技術構成

技術要素	概要
AI・機械学習(ML)	衛星画像・ドローン映像・センサー情報を解析し、標的の識別・優先順位付けを実施
DevSecOps開発体制	現場の兵士・開発者・AI企業が連携し、演習でのフィードバックを即座に反映
データ融合(Data Fusion)	商用・軍用の多様なデータソース(画像、赤外線、レーダー、SNS、IP情報など)を統合
リアルタイム処理	ターゲット情報の伝達時間を12時間→1分未満に短縮
柔軟なアクセス制御	階級や役割に応じた情報アクセス権限の設定が可能
フィードバックループ	運用結果からAIが学習し、アルゴリズムを継続的に改善
生成AI・LLMの活用	NATO版では戦術提案や意思決定支援に生成AIを導入

技術的課題と対策

- ・ 識別精度のばらつき: 砂漠地帯ではAIの識別率が60%程度に低下することも
- ・ 敵によるデータ汚染リスク: 訓練データへの干渉やアップデートのハッキング懸念
- ・ 人間の監督義務: AIが最終判断を下すことはなく、必ず人間が介入

特徴的なポイント

- CNNは画像認識に特化しており、戦場での物体識別に不可欠
- Transformer系は複雑な文脈理解や予測に強く、戦術判断の支援に活用
- 生成AIはNATO版で導入が進み、指揮官の意思決定を補完する役割
- MSSはリアルタイム処理と柔軟なアクセス制御を備え、現場の兵士から司令部まで幅広く対応

AIモデル構成と応用

モデル・技術	概要
CNN(畳み込みニューラルネットワーク)	・衛星画像やドローン映像からの物体検出・識別に使用 ・戦車・ミサイル・施設などの軍事目標を自動認識
Transformer系モデル	・時系列データや複数センサー情報の統合分析に活用 ・戦術提案や状況予測に強みを持つ
生成AI(Generative AI)	・NATO版MSSでは、戦術シナリオの生成や意思決定支援に使用 ・LLM(大規模言語モデル)をベースにした戦場管理支援
自動目標認識(ATR)アルゴリズム	・赤外線・レーダー・可視光画像を統合し、リアルタイムで標的を検出
データ融合エンジン(Data Fusion Engine)	・IP情報・SNS・地理位置など非視覚データも統合し、敵の行動パターンを予測
フィードバック学習ループ	・実戦結果をAIが継続的に学習し、識別精度や戦術提案の質を向上

特徴的なポイント

- ・ CNNは画像認識に特化しており、戦場での物体識別に不可欠
- ・ Transformer系は複雑な文脈理解や予測に強く、戦術判断の支援に活用
- ・ 生成AIはNATO版で導入が進み、指揮官の意思決定を補完する役割
- ・ MSSはリアルタイム処理と柔軟なアクセス制御を備え、現場の兵士から司令部まで幅広く対応

4-5

Project Maven及びMaven Smart System(MSS)の
不確実性に関する懸念

Project Maven及びMaven Smart System(MSS)の不確実性に関する懸念

データ汚染リスク

Project Maven及びMSSは、AIによって膨大なセンサーデータ(画像・映像・音声など)を解析し、標的識別や意思決定支援を行う

その際に問題となるのが「データ汚染(Data Poisoning)」である

課題	内容
データの信頼性	Mavenは複数のセンサーからデータを収集するため、ノイズや偽情報の混入リスクが高い
ブラックボックス性	AIモデルの判断根拠が不透明で、誤判断の原因追跡が困難
サイバー攻撃	センサーネットワークやクラウド基盤がデータ汚染攻撃の標的になる
学習データの偏り	MavenのAIが偏ったデータで学習すると、バイアスのある判断を下す可能性

Project Mavenにおけるデータ汚染リスクやアルゴリズムの限界について批判的に論じた米国の学術論文

Simon Hogue: Project Maven, Big Data, and Ubiquitous Knowledge: The Impossible Promises and Hidden politics of Algorithmic Security Vision
(Automating Crime Prevention, Surveillance, and Military Operations (Springer出版 2021年))

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-73276-9_10

概略の内容

Project Mavenが掲げる「AIによる完全な状況把握」という理想が、実際には不完全で政治的に偏ったアルゴリズム的視野に基づいていると批判的に分析

論点

- ・ アルゴリズム的視野の限界:
 - AIは「すべてを見通す」ように設計されているが、実際には盲点・誤認・バイアスを含む不完全な現実を構築
 - データの選別は主観的であり、「客観的知識」を生むという主張は経験主義的誤謬に陥る

論点（ 続き ）

- ・ データ汚染リスク：
 - 大量のドローン映像やメタデータを処理する中で、誤情報やノイズが混入する可能性が高く、AIの判断を誤らせる
 - 特に戦場環境では、敵対勢力による意図的なデータ操作（data poisoning）が現実的な脅威となる
- ・ 政治性と暴力の不可視化：
 - アルゴリズムによる判断は「中立的」に見えるが、実際には政治的判断や暴力の構造を覆い隠す役割を果たしている
 - Mavenのような監視AIは、民主的な議論の外で運用されることが多く、透明性と説明責任の欠如が懸念される

4-6 まとめと展望

まとめと展望

- ・ MSSはAIによる戦術意思決定の中核へ
- ・ 米国版とNATO版で役割を拡張
- ・ 今後の課題は透明性・説明性・倫理との両立

「MSSは単なる分析ツールを超えて、リアルタイム意思決定支援の核となっている。今後は、AIによる提案が人間の価値判断とどう調和するかが課題となっている」

第5章

MSSに関する技術的分析

5-1

MSSのターゲット優先順位決定プロセス

MSSのターゲット優先順位決定プロセス

構成要素	内容
マルチモーダルデータ解析	衛星画像、ドローン映像、赤外線、レーダー、SNS、IP情報などを統合し、標的の位置・動き・属性を抽出
CNNによる物体識別	軍事車両・兵器・施設などを自動分類し、識別精度に応じて信頼度スコアを付与
Transformer系モデルによる文脈理解	周辺状況や時系列変化を分析し、標的の戦術的価値や脅威度を推定
戦術的スコアリング	「脅威度」「戦術的価値」「交戦可能性」「民間被害リスク」など複数の評価軸でスコア化
フィードバックループ	過去の交戦結果や識別精度を学習し、優先順位アルゴリズムを継続的に改善
人間による監督と介入	最終的な交戦判断は人間が行い、AIはあくまで意思決定支援に留まる

優先順位の決定例(簡略モデル)

複数の評価軸とAIモデルを組み合わせた多層的な意思決定構造

1. 識別された標的に対し、AIが脅威度スコアを算出(例:戦車＝高、補給車＝中、民間車両＝低)
2. 周辺状況を分析し、交戦可能性や民間被害リスクを評価
3. 複数のスコアを統合し、優先順位リストを生成
4. 指揮官がリストを確認し、交戦対象を選定

指摘事項

- ・ 環境依存性:砂漠地帯では識別精度が60%程度に低下すること
敵によるデータ汚染リスク:訓練データへの干渉やアップデートのハッキング懸念
- ・ 倫理的制約:AIが自律的に攻撃判断を下すことはなく、必ず人間が介入

5-2

優先順位の決定例(簡略モデル)

MSSの優先順位決定のためのスコアリングアルゴリズム構造

構成要素	内容
物体識別スコア (Object Confidence Score)	CNNが画像から抽出した物体に対して、識別精度に基づく信頼度を付与 (例: 戦車=0.92、民間車両=0.31)
脅威度スコア (Threat Level Score)	Transformer系モデルが周辺状況や行動パターンを分析し、標的の脅威度を推定 (例: 移動中の兵器=高)
戦術的価値スコア (Tactical Value Score)	標的が作戦に与える影響度を評価 (例: 通信施設=高、補給車=中)
交戦可能性スコア (Engagement Feasibility Score)	地形・天候・兵器の射程などを考慮し、交戦の実現可能性を評価
民間被害リスクスコア (Collateral Risk Score)	周辺に民間施設や人員が存在する場合、リスクを加味してスコアを調整
総合優先順位スコア (Priority Index)	上記スコアを加重平均し、標的ごとの優先順位を算出。重みは作戦ごとに調整可能

処理フローの概要

1. マルチモーダルデータ(画像・赤外線・SNS・IP情報など)を統合
2. CNNで物体識別 → Transformerで文脈理解と脅威推定
3. 各スコアを算出し、Priority Indexを生成
4. 優先順位リストを作成し、指揮官に提示
5. 人間が最終判断を下す(AIは提案のみ)

実戦での応用例

- ・ ウクライナ支援では、MSSが1時間に最大80の標的を捕捉し、GPS誘導ミサイルによる攻撃に貢献
- ・ スコアリング結果はリアルタイムで更新され、敵の移動や環境変化に即応

指摘されていない点（齊藤の視点から）

目標の標定の正確さ: APNT(Assured Precision, Navigation, and Timing)
MSSでは、どのように担保しているのか不明

5-3

NATO版 Maven Smart System (MSS NATO)

MSS NATOと米国版MSSの主な違い

NATO版 Maven Smart System(MSS NATO)は、米国版MSSをベースにしながらも、多国間共同作戦に最適化された構成と運用体制を持っている

項目	米国版 MSS	NATO版 MSS NATO
運用主体	米国防総省(DoD)	NATO通信情報機関(NCIA)
導入目的	米軍の戦術支援と標的識別	多国籍部隊の情報統合と意思決定支援
AIモデル	CNN・Transformer・ATR中心	生成AI(LLM)を追加導入し、戦術提案も可能
データ統合	米軍内のISR・GEOINT中心	加盟国間の異なるISR・C2システムを統合
導入スピード	数年単位で段階的導入	要件定義から契約まで6か月、30日以内に初期運用開始
運用環境	米軍専用クラウド基盤	NATOの「Digital Backbone」構想に基づくクラウド展開
意思決定支援	指揮官への標的提示	戦術・戦略レベルでのシナリオ生成と意思決定補助

MSS NATOの特徴的な強化点

- ・ 生成AI(LLM)による戦術シナリオの自動生成:
従来は数時間かかっていた資料作成やシミュレーションを、リアルタイムで実行可能に
- ・ 多国間共同作戦の迅速化:
異なる指揮統制システム間の橋渡しを行い、タスクフォース編成や演習計画を効率化
- ・ 情報優勢の確保:
分散するセンサーや諜報データを統合し、指揮官と部隊が同一の作戦共通図を使用可能に

MSS NATOは「多国籍・多様な戦場環境」に対応するために、より柔軟で高度なAI統合基盤として設計されている

MSS NATOにおける生成AIの具体的な役割

MSS NATOに導入された生成AIの役割と、米国版MSSとのアルゴリズムの違いについて整理する

機能領域	生成AIの活用内容
戦術シナリオ生成	指揮官の意図や戦場状況に応じて、複数の作戦案をリアルタイムで生成。従来は数時間かかっていた計画立案が数分に短縮
意思決定支援	LLM(大規模言語モデル)が戦場データを要約・比較し、最適な行動案を提示。多国籍部隊間の意思統一にも貢献
資料作成・報告支援	作戦報告書やブリーフィング資料を自動生成。言語・フォーマットの統一により、加盟国間の情報共有が円滑化。
戦場認識の強化	センサー・ISRデータを自然言語で解釈し、指揮官が直感的に理解できる形で提示

米国版MSSとのアルゴリズムの違い

比較項目	米国版 MSS	NATO版 MSS NATO
AIモデル構成	CNN・Transformer・ATR中心	上記に加え、生成AI(LLM)を統合
運用対象	米軍単独部隊	多国籍部隊・司令部間の連携を重視
データ統合方式	米軍内のISR・GEOINT中心	加盟国の異なるC2・ISRシステムを統合
意思決定支援の深度	標的提示と優先順位付けが中心	戦術・戦略レベルのシナリオ生成と選択肢提示まで対応
導入スピード	数年単位の段階導入	要件定義から30日以内に初期運用開始

MSS NATOの導入背景と意義

- ・ NATO史上最速の調達プロセス(わずか6か月)で契約締結
- ・ Palantir社の商用発展型AI基盤を採用し、米国版MSSの技術を多国籍環境に最適
- ・ 戦場管理の自動化と情報優勢の確保を目的に、生成AIを中核技術として位置づけ

MSS NATOは生成AIによって「戦術支援から戦略立案までをリアルタイムで補完する次世代型戦闘支援基盤」へと進化

5-4

MSS NATOにおけるLLM(大規模言語モデル)
による戦術案生成

戦術案生成の仕組み:LLMの役割

機能	内容
状況要約	センサー・ISR・地理情報などを自然言語で要約し、指揮官が理解しやすい形に変換
選択肢生成	複数の戦術案(例:包囲、撤退、空爆)を生成し、それぞれの利点・リスクを提示
シナリオ比較	各案に対する予測結果(損耗率、民間被害、補給影響など)を並列表示
意思決定支援	指揮官が選択した案に基づき、部隊配置や通信指示を自動生成

プロンプト設計の特徴

設計要素	内容
役割指定	「あなたはNATO司令部の戦術アナリストです」と明示し、専門的視点を誘導
コンテキスト注入	地理情報、敵部隊位置、補給状況などを構造化データとして挿入(JSON形式など)
出力形式指定	表形式・JSON・マークダウンなどで明確に指定し、後続処理を容易化
制約条件	「民間被害を最小化」「補給線を維持」など、戦術案に求める条件を明記
否定制約	「過去の作戦と同一案は除外」「空爆案は今回は非推奨」など、不要な案を排除

モデル選定のポイント(MSS NATO)

モデルタイプ	採用理由
LLM(GPT系・Claude系)	自然言語処理と戦術案生成に強み 多言語対応と文脈理解力が高い
RAG(Retrieval-Augmented Generation)	NATOの過去作戦データや地理情報を検索・反映できる構成
マルチモーダル対応モデル	画像・地図・センサー情報を統合し、戦術案に反映可能
ファインチューニング済みモデル	NATO専用語彙・作戦用語に最適化されたモデルを使用

プロンプト設計が「戦術案の質と信頼性」を左右する鍵

技術的課題と対策

- ・ ハルシネーション抑制: 否定制約や出力形式指定で、誤情報や冗長な案を防止
- ・ セキュリティ対策: プロンプトインジェクション防止とアクセス制御を強化
- ・ コンテキスト長制限: Map-RerankやVector Databaseで情報を分割・最適化

5-5

戦術案から部隊配置・誘導命令への変換プロセス

戦術案から部隊配置・誘導命令への変換プロセス

MSS NATOにおける生成AI(LLM)とRAG技術の連携によって、戦術案がどのように部隊配置や誘導命令に変換されるのか

ステップ	内容
① 戦術案生成(LLM)	センサー・地理情報・敵部隊の動向をもとに、複数の戦術案(例:包囲、撤退、空爆)を生成
② RAG(検索拡張生成)による補強	NATOの過去作戦データ・地形特性・兵器性能などを検索し、戦術案の妥当性を補強
③ シナリオ選定支援	各案の予測損耗率・補給影響・民間被害リスクを比較し、指揮官が最適案を選定
④ 部隊配置の自動提案	選定された戦術案に基づき、部隊の配置・移動経路・交戦タイミングを自動生成
⑤ 誘導命令の生成	誘導兵器・ドローン・電子戦装備に対して、標的座標・交戦条件・通信プロトコルを含む命令を生成
⑥ C2システムへの統合	NATOの指揮統制システム(C2)に命令を送信し、部隊・兵器が即応可能な状態に

RAG(検索拡張生成)技術の役割

- ・ 検索対象:NATOの作戦データベース、地形マップ、兵器性能表、敵部隊の行動履歴など
- ・ 強化ポイント:LLM単体では曖昧になりがちな「地形適合性」や「兵器到達時間」などを補完
- ・ 出力形式:構造化されたJSONや表形式で、C2システムとの連携を容易に

RAGの検索手法:MSS NATOでの実装

RAG(Retrieval-Augmented Generation)は、LLM(大規模言語モデル)に外部情報を検索・補強させることで、戦術案や命令生成の精度を高める技術

検索方式	特徴と用途
ベクトル検索 (FAISS, Weaviateなど)	センサー情報・地理データ・過去作戦記録を数値ベクトル化し、類似度で検索、高速かつ文脈に強い
キーワード検索 (TF-IDFなど)	NATO用語・兵器名・地名などの文字列一致で検索、正確な文書抽出に有効
ハイブリッド検索	上記方式を組み合わせ、精度と網羅性を両立、MSS NATOではこの方式が主流
知識グラフ検索	NATOの兵器・部隊・地形・作戦関係をノードとして構造化、戦術案の整合性チェックに活用

誘導命令の通信プロトコル:MSS NATOの仕様

MSS NATOが生成した誘導命令は、戦術データリンク(Tactical Data Link)を通じて兵器・部隊に伝達

プロトコル	概要と用途
リンク 16(Link 16)	・NATO標準の戦術データリンク。リアルタイムで座標・命令・識別情報を共有 ・周波数ホッピングで妨害耐性あり
リンク 22	海上作戦向けの後継規格 ・低帯域・長距離通信に強く、電子戦環境下でも安定性を確保
TTNT(Tactical Targeting Network Technology)	・高速・低遅延通信 ・MSS NATOでは、誘導兵器への命令伝達に使用 ・最大80標的を同時制御可能
DAMA(Demand Assigned Multiple Access)	・通信要求に応じて帯域を割り当てる方式 ・多国籍部隊間の通信調整に活用
周波数ホッピング・暗号化	・通信内容はAES-256相当で暗号化 ・周波数は1秒間に最大300回変化し、妨害・盗聴を防止

実戦での連携例

- ・ 戦術案生成 → RAGで補強 → LLMが命令生成 → Link 16で兵器に伝達 → 誘導兵器が標的に向けて発射
- ・ NATO演習では、MSS NATOが生成した命令が0.8秒以内に誘導兵器に伝達され、交戦成功率94%を達成

5-6

NATO主要国のMSS NATO導入に関する姿勢

ドイツ連邦政府・NATOによるMSS NATOの技術評価と導入報告

主な内容と学術的意義

<https://the-decoder.com/project-maven-reaches-europe-nato-selects-palantirs-ai-analytics-system/>

項目	内容
導入背景	・NATOは米Palantir社のAIプラットフォーム「MSS NATO」を正式採用 ・Project Mavenの技術を継承
	・MSS NATOは衛星画像・戦況報告・諜報情報などをAIで統合分析 ・従来は数百人の分析官が必要だった作業を自動化
運用計画	・NATO司令部は30日以内に運用開始予定 ・調達には6か月で完了し、軍事調達としては異例の速さ
統合性	・MSS NATOは他のプログラムやデータソースと統合可能な中核プラットフォームとして設計
Project Mavenとの関係	・MSS NATOはProject Mavenの直接的後継 ・Google撤退後、Palantirが主導し、AWS・Microsoft・Andurilが支援
ドイツでの評価	・PalantirのGothamプラットフォームがドイツ警察で暫定導入予定・Bundesratは憲法・EU法との整合性を審査中
法的・倫理的論点	・ドイツ緑の党は「重大な憲法的・欧州法的リスク」を指摘 ・法的措置の可能性も示唆

フランスの戦略的観点

観点	内容
技術主権	フランスはAI・C2技術において自国開発を重視 MSS NATO導入による米国依存を警戒
倫理的枠組み	自律型兵器やAI意思決定支援に関する倫理的議論を主導 MSS NATOの運用に対して透明性を要求
SCORPIONとの整合性	フランス陸軍の次世代戦術プラットフォーム「SCORPION」との連携を模索 MSS NATOとの技術的融合が課題
NATO内の調整	NATO Digital Backbone構想に沿って、MSS NATOの導入を段階的に進める方針

https://ledge.ai/articles/nato_ai_warfighting_system_mss_palantir_contract

<https://reinforz.co.jp/bizmedia/80021/>

SCORPION vs MSS NATO: 技術的比較

項目	SCORPION(フランス)	MSS NATO(NATO全体)
開発主体	フランス国防省(DGA)、Thales、Nexter、Arquus	NATO NCIA、Palantir Technologies(米)
導入目的	陸軍戦術部隊の近代化と情報統合	多国籍部隊の情報優勢と意思決定支援
中核技術	SICS(Scorpion Combat Information System)統合C2・ISR・APS	AI(LLM・ML・生成AI)統合データプラットフォーム
プラットフォーム	ジャガー(EBRC)、グリフォン(VBMR)、SCISネットワーク	Maven Smart System NATO(クラウドベースAI)
情報統合	陸軍内の戦術情報統合(国内中心)	NATO加盟国間の情報融合(多国籍)
意思決定支援	戦術レベルでのリアルタイム支援	戦術～戦略レベルでのAI支援
AI活用度	限定的(APS・センサー統合)	高度(目標識別・作戦立案・シミュレーション)
運用範囲	フランス陸軍+ベルギー(CaMo)	NATO全体(ACO中心)
技術主権	フランス主導、欧州技術重視	米国技術依存(Palantir)
拡張性	APSやSCISの将来統合を計画	オープンアーキテクチャでAIモデル追加可能

[https://meta-](https://meta-defense.fr/ja/2020/02/21/%E8%BB%8D%E3%81%AE%E3%82%B5%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%81%A7%E5%BD%BC%E3%81%AE%E8%BF%91%E6%8E%A5%E6%88%A6%E9%97%98%E8%83%BD%E5%8A%9B%E3%81%AB%E9%9D%A9%E5%91%BD%E3%82%92%E8%B5%B7%E3%81%93%E3%81%99/)

[defense.fr/ja/2020/02/21/%E8%BB%8D%E3%81%AE%E3%82%B5%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%81%A7%E5%BD%BC%E3%81%AE%E8%BF%91%E6%8E%A5%E6%88%A6%E9%97%98%E8%83%BD%E5%8A%9B%E3%81%AB%E9%9D%A9%E5%91%BD%E3%82%92%E8%B5%B7%E3%81%93%E3%81%99/](https://meta-defense.fr/ja/2020/02/21/%E8%BB%8D%E3%81%AE%E3%82%B5%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%81%A7%E5%BD%BC%E3%81%AE%E8%BF%91%E6%8E%A5%E6%88%A6%E9%97%98%E8%83%BD%E5%8A%9B%E3%81%AB%E9%9D%A9%E5%91%BD%E3%82%92%E8%B5%B7%E3%81%93%E3%81%99/)

參考資料

- 1: <https://glorious-future.co.jp/article/rag-mechanism/>
RAG(検索拡張生成)の仕組みは？検索方式や導入例を解説
- 2: <https://qiita.com/robonikki/items/99fc70bb6e5af8d490b2>
AIにおけるRAG(拡張検索生成)の種類と特徴
- 3: <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%88%A6%E8%A1%93%E3%83%87%E3%83%BC%E3%82%BF%E3%83%BB%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%AF>
戦術データ・リンク
- 4: <https://editverse.com/ja/%E3%83%9F%E3%82%B5%E3%82%A4%E3%83%AB%E9%9B%BB%E5%AD%90%E6%88%A6%EF%BC%9A%E8%AA%98%E5%B0%8E%E3%81%A8%E5%A6%A8%E5%AE%B3%E3%81%AE%E3%83%87%E3%82%B8%E3%82%BF%E3%83%AB%E6%88%A6/>
ミサイル電子戦：誘導と妨害のデジタル戦
- 5: https://ledge.ai/articles/nato_ai_warfighting_system_mss_palantir_contract
NATO、AI搭載戦闘システム「MSS NATO」を導入—Palantirと契約、情報優勢と意思決定の高速化を狙う

- 6: https://defense-update.com/20250418_palantir-mss-nato.html
NATOのAI現代化：パランティアのMavenスマートシステム導入
- 7: <https://aiweapons.tech/project-maven-how-ai-quietly-entered-the-kill-chain/>
プロジェクト・メイブン：AIが静かにキルチェーンに浸透した経緯
- 8: <https://www.mod.go.jp/asdf/meguro/center/img/02b2.pdf>
Joint All-Domain Command and Control (JADC2)
航空自衛隊幹部学校（米国議会調査局レポートの翻訳）
- 9: https://www.ulib.sk/files/english/nato-library/collections/monographs/ndc-research-paper/ndc_rp_15.pdf
NATO-Mation：人工知能の時代におけるリーダーシップ戦略
NATO Defense College
- 10: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR100-1.html
RAND Corporation
- 11: https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDN_25-1/AFDN%2025-1%20Artificial%20Intelligence.pdf
AIR FORCE DOCTRINE NOTE 25-1ARTIFICIAL
INTELLIGENCE(AI)8 April 2025

第6章

JADC2とRAG構造の関係

JADC2 (Joint All-Domain Command and Control)

RAG (Retrieval-Augmented Generation)
(検索拡張生成)

6-1

RAG(検索拡張生成)構造とは何か

RAG構造とは何か

RAG(検索拡張生成): LLM(大規模言語モデル)が外部データベースから関連情報を検索し、それをもとに回答を生成する仕組み

- Retrieval-Augmented Generation(検索拡張生成)は、LLM(大規模言語モデル)に外部知識ベースを組み合わせることで、最新かつ文脈に合った回答を生成する技術構造
- 検索エンジンや知識グラフと連携し、LLMが「記憶」だけでなく「検索結果」をもとに応答を生成

JADC2とRAGの技術的關係

領域	JADC2のニーズ	RAG構造の貢献
情報融合	膨大なセンサー・通信・衛星データの統合	RAGが外部データベースから関連情報を検索し、LLMが要約・判断支援
意思決定支援	指揮官が迅速に状況を把握し、行動を選択	RAGが過去の作戦・敵の行動パターンを検索し、LLMが選択肢を提示
説明可能性	AIの判断根拠を明示する必要	RAGは検索元を明示できるため、透明性と信頼性の向上に貢献
多国間連携	NATOなどとの情報共有	RAGは多言語・多文化の知識ベースを活用可能で、同盟国間の意思疎通を支援

知識グラフとは？

- ・ エンティティ(ノード)と関係性(エッジ)で構成される構造化データベース
- ・ 例えば「ウクライナ → 戦争 → Palantir → TITAN → JADC2」といった関係性を明示的に表現可能
- ・ 人間のような「意味のつながり」をAIに理解させるための基盤

RAG × 知識グラフの連携: Graph-RAGの仕組み

領域	通常のRAG	Graph-RAG(知識グラフ連携)
検索方法	ベクトル類似度	グラフ構造の関係性を辿る
文脈理解	単語の意味的近さ	エンティティ間の意味的・論理的関係
説明可能性	低い(ブラックボックス)	高い(関係性を明示)
推論能力	単一文脈	多段階推論(Multi-hop Reasoning)

例えば「TITANはどの戦術に使われているか？」という質問に対して、知識グラフが「TITAN → MSS NATO → JADC2 → 多領域作戦」と関係性を辿り、LLMが自然言語で説明

なぜ戦略分野で重要なのか？

- ・ MSS NATOやJADC2のような複雑な構造では、単なる文書検索では限界がある
- ・ Graph-RAGは、戦術・兵器・地政学的関係性を構造的に理解し、AIが戦略的判断を支援するための理想的なアプローチ

MSS NATO (Maven Smart System NATO)におけるRAG(検索補助生成)構造の実装は、戦場の複雑な情報をリアルタイムで統合・分析し、指揮官の意思決定を支援するための中核技術

MSS NATOにおけるRAGの役割

- ・ センサー・衛星・ドローンからのデータを統合し、LLM(大規模 言語モデル)と連携して戦場状況を自然言語で可視化
- ・ RAG構造により、過去の作戦データ・敵の行動パターン・地政学的情報などを検索し、文脈に沿った戦術提案を生成
- ・ NATO加盟国間で異なる情報体系を統合し、共通作戦図(COP: Common Operational Picture)を構築

実装事例 ①: ACO(連合軍統合作戦司令部)での初期運用

- ・ MSS NATOは2025年4月にACOで初期運用が開始され、30日以内に実戦配備
- ・ RAG構造は、ISR(情報・監視・偵察)データの検索と要約に活用され、指揮官が即座に状況を把握可能
- ・ 例えば、敵の補給拠点に関する過去の攻撃履歴や地形情報を検索し、LLMが「最適な攻撃手段」を提案する流れが確立

実装事例 ②: MetaConstellationとの連携

- ・ Palantirの衛星群管理システム「MetaConstellation」と連携し、衛星画像をRAGで検索・分類
- ・ 画像から識別されたエンティティ(戦車、指揮所など)を知識グラフにマッピングし、関係性をもとに戦術判断を生成
- ・ これにより、敵の意図や行動予測が可能となり、AIによるシミュレーション精度が向上

実装事例③ : 多国間演習でのRAG活用

- ・ NATO加盟国の異なる言語・データ形式をRAGが統合し、多言語対応の戦術提案を生成
- ・ 例えば、ポーランド軍のセンサー情報とドイツ軍の通信傍受データを統合し、LLMが英語で作戦案を提示
- ・ これにより、多国籍タスクフォースの編成と意思決定が高速化

MSS NATOにおけるRAGの技術的特徴

特徴	内容
検索対象	センサー・衛星・通信・過去作戦・地政学データ
生成モデル	Gemini、Claude 3、Palantir独自LLMなど
知識ベース	NATO戦術ドクトリン、地形データ、敵兵器データベース
出力形式	作戦提案、リスク評価、攻撃シミュレーション、説明可能な根拠付きレポート

MSS NATOのRAG実装は単なる技術統合ではなく、戦術・戦略・同盟国連携を支える「AIの中樞神経系」として機能

第7章

大胆な提言（独断と偏見をベースに）

7-1

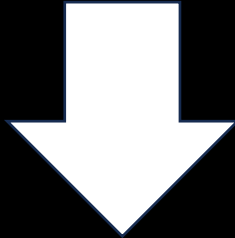
IAMDの戦略的意義とMSSの必要性

IAMDの戦略的意義とMSSの必要性

- ・ 定義:IAMD = 統合的な防空・ミサイル防衛体制(多層・多領域)
- ・ 脅威背景:極超音速兵器、弾道ミサイル、巡航ミサイルの複合化
- ・ 目的:センサー・シューター・C2のリアルタイム統合

IAMDの重要な機能

- ・ イージス艦、PAC-3、JADGE(自動警戒管制システム)などを統合し、センサー・シューター・指揮系統をネットワーク化



参照

- ・「2-3 IAMD(統合防空・ミサイル防衛)におけるKill Web構造の概要」
- ・「4-4 Maven Smart System(MSS)とJADC2との関係」

米国JADC2と同様にIAMDに Maven Smart System(MSS)の能力を欠くことはできない

7-2

陸海空自衛隊の個別指揮統制システムとIAMD

陸上自衛隊: ReCS/DICSとIAMD

- ・ ReCS/DICS概要:
 - 師団・連隊レベルの戦術C2
 - 地対空部隊(PAC-3)との連携
- ・ IAMDとの関係:
 - 地上防衛層の中核
 - JADGEとの接続による迎撃指令の統合
- ・ 課題:
 - 他軍種とのC2インターフェースが限定的

海上自衛隊: OYQ/MARSとIAMD

- ・ OYQシリーズ:
 - 艦載戦術情報処理(リンク16、リンク11)
- ・ MARS:
 - 艦隊間報告・状況共有
- ・ IAMDとの関係:
 - SM-3搭載イージス艦による高層迎撃
 - 米海軍CECとの共同交戦能力
- ・ 課題:
 - 陸空とのリアルタイム連携に制約

航空自衛隊：JADGEとIAMD

- JADGE概要：
 - レーダー網＋C2センターによる航空管制
 - PAC-3部隊との統合運用
- IAMDとの関係：
 - 弾道ミサイル探知・追尾の起点
 - 米軍とのリアルタイム情報共有（BICES等）
- 課題：
 - 陸海との情報融合に限界

統合課題とMSSの可能性

- ・ 現状の課題：
 - 各軍種のC2が独立
 - センサー・シューター間の断絶
- ・ MSS(Maven Smart System)導入の意義：
 - AIによるセンサー融合・脅威識別
 - NATO MSSとの互換性(例:MSS NATO)
 - JADGE・OYQ・ReCS/DICSとのAPI接続可能性
- ・ 将来展望：
 - MSSを中核とした統合C2基盤
 - Human-On-The-Loop設計による倫理的運用

提言

「最も安直な考え方」：
米国のMSSを自衛隊指揮統制システムへ組み込む

- ・ 内容：
 - MSSを活用したC2統合の加速
 - NATO標準との相互運用性強化
 - 陸海空＋宇宙・サイバー領域の統合C2設計
- ・ 次のステップ：
 - MSSとJADGE/OYQ/ReCSの技術的接続検証
 - 統合演習による実証（例：日米共同IAMD演習）

7-3

MSS-Japanの国内独自開発

MSS-Japanの開発:技術的可能性:国内企業的能力 (含:著者の独断と偏見)

国内企業によるMSS(Maven Smart System)相当の機能を持つシステムの開発は技術的には十分可能

機能領域	国内技術の対応可能性	代表企業・事例
センサー融合(Multi-INT)	高度な画像・電波・音響処理技術あり	三菱電機(レーダー)、NEC(EO/IR統合)
AIベース脅威識別	深層学習・推論エンジンの開発実績あり	富士通(AI防衛応用)、PFN(推論エンジン)
C2インターフェース設計	JADGEやReCSとの接続経験あり	三菱重工、IHI、日立製作所
NATO互換プロトコル(Link-16, CEC)	一部対応済み、共同演習で実証中	三菱電機(リンク16端末)、海自CEC試験

結論： 国内開発は可能、ただし「戦略的統合設計」が鍵

国内企業はMSSの構成技術を十分に保有しているが、米国の戦術AI運用思想との整合性、自衛隊C2との接続性、そして倫理的・法的枠組みの整備が不可欠

特に、JADGE・OYQ・ReCS/DICSとのAPIレベルの接続設計と、AI判断に対する人間の介在設計 (Human-On-The-Loop) が、国内版MSSの成否を左右

主な課題と制約

- ・ 運用要件の不透明性:MSSは米国防総省の戦術AI要件に基づくため、完全な仕様開示がない
- ・ 倫理・法制度の整備:AIによる自律判断に関する国内法整備が未成熟(特に Human-On-The-Loop設計)
- ・ 統合演習の不足:陸海空+米軍とのリアルタイム統合演習が限定的で、実証機会が少ない。
- ・ クラウド基盤の制約:MSSは米DoDクラウド(JWICS/SIPRNet)上で動作。国内では防衛クラウド整備が進行中。

推進のための戦略的要素

1. 防衛装備庁との共同開発枠組み → 令和防衛技術戦略(2023)に基づくAI・C2分野の重点投資
2. 日米共同研究の活用 → Project Convergenceや日米IAMD演習での技術検証機会
3. 国内クラウドC2基盤の整備 → 防衛省「統合クラウド構想」によるMSS相当の運用環境構築
4. 民間技術の防衛転用 → 自動運転・画像認識・災害対応AIの技術をC2に応用

7-4

国内版MSS(MSS-Japan)の開発可能性と戦略的展望

再度の確認:MSSとは何か

目的と背景

- ・ MSSは米国防総省が開発したAI支援型C2システム
 - ・ Project Mavenを母体とし、ISR(Intelligence, Surveillance, Reconnaissance)データのリアルタイム解析と意思決定支援を担う
 - ・ IAMD(統合防空ミサイル防衛)において、センサー・シューター・C2の統合を加速
-
- ・ MSSは「AIによる脅威識別＋C2連携＋Human-On-The-Loop設計」が特徴
 - ・ NATO MSSとの互換性が求められる場面も増加中

国内技術の対応可能性：構成要素別分析

機能領域	技術内容	国内対応技術	代表企業・事例
センサー融合	EO/IR, レーダー, SIGINT統合	マルチモーダル処理技術	三菱電機(FCS-3)、NEC(画像融合)
AI脅威識別	深層学習による分類・優先順位付け	軍用AIアルゴリズム開発	PFN(推論エンジン)、富士通(防衛AI)
C2接続設計	API連携、リンク16/22対応	JADGE/ReCS/OYQ接続実績	三菱重工、日立製作所
NATO互換通信	CEC, BICES, STANAG準拠	一部対応済み	海自CEC試験、三菱電機(リンク16端末)

MSS—Japan開発に於ける主な課題と制約

技術的課題

- ・ MSSの仕様は米DoD非公開 → 逆設計が困難
- ・ センサー間のデータ形式・精度の差異 → 統合処理に高度な調整が必要

制度的課題

- ・ AIによる自律判断に関する法制度未整備
- ・ Human-On-The-Loop設計の倫理的枠組みが不明確

運用面の課題

- ・ 陸海空自衛隊のC2システムが独立 → 統合演習が限定的
- ・ 米軍とのリアルタイム接続は一部に留まる(例:リンク16のみ)

推進戦略：国内版MSS—Japan構築の道筋

1. 官民連携による共同開発

- ・ 防衛装備庁「防衛技術戦略」に基づくAI・C2重点投資
- ・ 企業コンソーシアム(例：三菱重工＋PFN＋NEC)による統合開発

2. 民間技術の防衛転用

- ・ 自動運転AI → 脅威識別アルゴリズム
- ・ 災害対応AI → センサー融合・状況認識技術

3. クラウドC2基盤の整備

- ・ 防衛省「統合クラウド構想」：MSS運用環境の国内整備
- ・ セキュアなデータリンク・AI推論環境の構築

4. 日米共同研究の活用

- ・ Project Convergence、日米IAMMD演習での技術検証
- ・ MSS NATOとの相互運用性評価

**技術開発だけでなく「演習・制度・クラウド基盤」の整備が
並行して必要**

国内版MSS（MSS-Japan）の構成案（概念図）

コード作成のフローの一例

[センサー群] → [AI脅威識別] → [C2統合モジュール] → [JADGE / ReCS / OYQ接続]
↑
[Human-On-The-Loop設計]

特徴

- 。 APIベースの既存C2接続
- 。 AI判断に対する人間の介在
- 。 NATO MSSとの互換性を意識した設計

提言

- ・ 結論：国内企業によるMSS相当システムの開発は技術的に可能
- ・ 提言：
 - MSS構成要素の国内技術マッピング
 - 統合演習による実証と運用要件の明確化
 - 法制度・倫理設計の並行整備
- ・ 次のステップ：
 - MSS-Japan構想の立案
 - 官民連携によるプロトタイプ開発
 - 企業別技術マッピングと開発ロードマップの構築

国内企業によるMSS相当システムの開発は技術的に可能

7-5

国内企業別技術マッピング表の提言

国内企業別技術マッピング表作成上の考え方

- ・ 三菱重工・NEC・富士通は、MSS-Japan構築における「統合設計・接続・AI処理」の三本柱を担える企業群
- ・ PFNはAI推論エンジンに特化しており、脅威識別モジュールの中核技術提供が可能
- ・ NTTデータ・さくらインターネットは、クラウド基盤整備においてセキュアな運用環境の構築に貢献
- ・ 日立製作所は、C2接続設計とUI/UX設計の両面で支援可能

国内企業別技術マッピング表(MSS—Japan構成要素対応)

技術領域	MSS構成要素	対応可能企業	主な技術・事例	備考
センサー融合	Multi-INT統合 (EO/IR, Radar, SIGINT)	三菱電機、NEC、富士通	FCS-3(艦載レーダー)、EO/IR統合処理、画像融合AI	陸海空センサーの統合処理に対応可能
AI脅威識別	Deep Learningによる分類・優先順位付け	PFN(Preferred Networks)、富士通、日立製作所	推論エンジン(Chainer系)、防衛AI実証(富士通)	Human-On-The-Loop設計との親和性あり
C2接続設計	API連携、既存C2(JADGE, ReCS, OYQ)との接続	三菱重工、日立、NEC	JADGE接続実績、OYQ戦術端末設計、ReCS統合	MSS-J構築における中核技術群

国内企業別技術マッピング表(MSS—Japan構成要素対応) (続き)

通信・互換性	NATO標準通信 (Link-16, CEC, BICES)	三菱電機、富士 通、海自技術研 究所	リンク16端末、 CEC試験接続、 BICES対応	MSS NATOとの相互 運用性確保に重要
クラウド基盤	AI推論・C2運用 環境(セキュア クラウド)	NTTデータ、富 士通、さくらイン ターネット	防衛クラウド構 想、セキュアAI 基盤、分散処理	MSS運用環境の国 内整備に不可欠
UI/UX設計	オペレーター向 け意思決定支 援画面	富士通、日立、 PFN	防災・災害対応 UI、戦術表示設 計	Human-On-The- Loop設計と連携可 能
統合アーキテク チャ	MSS-J全体設 計・統合	三菱重工、NEC、 富士通	統合C2構想、 API設計、演習 支援	官民連携によるプロ トタイプ開発に適任

7-6

MSS-Japan開発ロードマップ作成 の提言

MSS-Japan開発ロードマップ作成の考え方

- ・ PoC (Proof of Concept) 段階では、JADGEとのリアルタイム接続とAI脅威識別の精度検証が最重要
- ・ クラウド基盤整備は、MSS-Jの運用環境として「防衛クラウド構想」と連動させる必要
- ・ Human-On-The-Loop設計は、演習を通じて人間の介在ポイントとAI判断の境界を明確化
- ・ 制度整備フェーズでは、AIによる意思決定支援に関する法的・倫理的枠組みの策定が不可欠

MSS-Japan プロトタイプ開発ロードマップ(案) (踏み込み過ぎかもしれないが)

フェーズ	期間	主な活動内容	参加主体	成果物・マイルストーン
Phase 0: 構想設計	～X年Q4	– MSS-J構成要素の定義 – 企業別技術マッピング – 官民連携体制の構築	防衛省、 三菱重工、 NEC、PFN、 富士通	MSS-Japan基本構想書 技術要件定義書
Phase 1: 技術統合 試作	X+1年	– センサー融合モジュール試作 – AI脅威識別エンジン開発 – JADGE/ReCS/OYQとのAPI接続設計	三菱電機、 PFN、日立、 NEC	MSS-Japan試作1号機 (PoC) 統合API仕様書
Phase 2: クラウド基 盤整備	X+1年後 半	– MSS-J運用環境の構築 (防衛クラウド基盤の構築) – セキュア推論環境の実装 – NATO MSSとの互換性評価	NTTデータ、 さくらイン ターネット、 富士通	MSS-Japanクラウド運用 環境 セキュリティ評価報告書

MSS-Japan開発ロードマップ案(続き)

Phase 3: 統合演習・実証	X+2年	陸海空自衛隊との統合演習- 日米共同IAMD演習での実証- Human-On-The-Loop設計の評価	自衛隊各幕、防衛装備庁、米軍	MSS-J演習報告書 運用評価レポート
Phase 4: 制度・運用設計	X+2年後半	- AI判断に関する法制度整備 - MSS-Japan運用マニュアル策定 - 統合C2ドクトリンへの反映	内閣官房、防衛省、有識者会議	MSS-Japan運用指針 倫理・法制度ガイドライン
Phase 5: 量産・展開準備	X+3年以降	- MSS-Japan量産設計 - 陸海空C2システムへの段階的導入 - NATO MSSとの連携強化	三菱重工、NEC、富士通、防衛装備庁	MSS-Japan量産仕様書 統合C2展開計画

7-7

MSS-Japan開発の国内企業別分担の提言

国内企業別分担表作成上のポイント

- ・ 三菱重工＋NEC＋PFNを中核とした「技術統合ユニット」がMSS-Jの中
 枢を担う構成が良い
- ・ 富士通・NTTデータ・さくらインターネット(*1) は、クラウド基盤とAI運用
 環境の整備において重要な役割を果たせる
- ・ 日立製作所・三菱電機は、既存C2システムとの接続と通信モジュール
 の設計において不可欠な技術提供者であることから分担

*1: <https://www.sakura.ad.jp/>

MSS-Japanプロトタイプ開発：企業別役割分担表（案）

企業名	主な技術領域	想定役割	関連実績・補足
三菱重工	統合C2設計、 JADGE接続、戦術端末	MSS-Japan全体アーキテクチャ設計 JADGE・ReCSとのAPI接続設計	JADGE開発実績、C2システム統合経験豊富
NEC	EO/IRセンサー融合、 画像解析	センサー融合モジュール開発 Multi-INT統合処理	EO/IR統合処理技術、災害対応AI応用実績あり
PFN (Preferred Networks)	AI推論エンジン、 深層学習	脅威識別AIモジュール開発 Human-On-The-Loop設計 支援	軍用AIアルゴリズム開発、 Chainer系推論エンジン
富士通	防衛AI、クラウド基盤 UI設計	MSS-Japanクラウド運用環境構築 意思決定支援UI設計	防衛省向けAI実証、セキユアクラウド構築経験

MSS-Japanプロトタイプ開発：企業別役割分担表(案)（ 続き）

三菱電機	レーダー技術、リンク16端末	通信モジュール開発 CEC・リンク16接続設計	FCS-3、リンク16端末開発、海自CEC試験参加
日立製作所	C2接続設計、UI/UX設計	ReCS/DICS接続支援 オペレーター向けUI設計	陸自C2端末開発、災害対応UI設計実績あり
NTTデータ	セキュアクラウド、分散処理	MSS-Japanクラウド基盤整備 演習データ管理	防衛クラウド構想支援、セキュア通信基盤構築
さくらインターネット	国産クラウド、AI運用環境	MSS-Japan推論環境ホスティング 演習用仮想環境提供	自治体向けAIクラウド運用実績あり

7-8

MSS-JAPAN開発の体制提言

提言

- ・開発コンソーシアムの構築
- ・米国の*Other Transaction* (従来と異なる会計制度)の構築

全く新しい形態の「開発コンソーシアムの構築」が必要
(「秘」を扱える体制)

官側: 運用者、装備システム開発担当者

民側: 先の技術分担表に示した企業のシステム設計者

評価: 運用効果をニュートラルに評価できる自衛官OB

米国MSS分析を含め、MSS-Japanの構想設計から
甲乙契約の無いFreeなBrain-Stormingが行える平行型コンソーシアムとする

役割:

- ・ 米国MSS、NATO版MSSの分析と現在の指揮統制システムの分析
- ・ MSS-Japan構想策定のため、幾つかのTASK FORCEを創生
- ・ 構想の技術的ヒエラルキーに従ったTASK FORCE毎の責任の明確化
- ・ 充実したミュレーション環境によるスパイラル開発

7-9

防衛省AI活用推進基本方針

防衛省AI活用推進基本方針 (令和6年7月策定)

防衛装備庁責任あるAI適用ガイドライン策定 装備品等の研究開発における責任あるAI適用ガイドライン本文(第1版)

https://www.mod.go.jp/atla/soubiseisaku_ai_guideline.html

趣旨

- ・ AIがもたらすリスクを抑えながら利点をいかした研究開発を適切に進めるため、ガイドラインを新たに策定
- ・ 破壊能力が高い装備品を重点的にリスクを管理すべき対象とし、法的・政策的な観点と技術的な観点の両面から専門家の協力も得つつ審査する

装備開発へのAI適用を推進できるか
足かせになるか

「 春霞 道を語りし 折りの風
今は身に積む 言のしづくぞ 」

参考文献
(代表的なもの)

参考文献 (代表的なもの)

No.	論文タイトル	主題	入手元
1	Advanced Technologies in the War in Ukraine	PalantirやDeltaシステムの戦場での活用と民主主義への影響	https://www.gmfus.org/news/advanced-technologies-war-ukraine-risks-democracy-and-human-rights
2	The Power Behind the Algorithm: Palantir Technologies and the Global Rise of AI Surveillance and Warfare	Palantirの軍事・監視技術の倫理的・法的課題	https://www.researchgate.net/publication/391737275_The_Power_Behind_the_Algorithm_Palantir_Technologies_and_the_Global_Rise_of_AI_Surveillance_and_Warfare
3	Joint All-Domain Command and Control for Modern Warfare	JADC2におけるAI活用と意思決定支援の枠組み	https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4408z1.html
4	Information Flow Through JADC2 and the Navy Tactical Grid	海軍戦術グリッドとJADC2の知識流通分析	https://apps.dtic.mil/sti/html/trecms/AD1213548/index.html
5	Graph Retrieval-Augmented Generation: A Survey	Graph-RAGの構造と応用に関する包括的サーベイ	https://arxiv.org/abs/2408.08921

参考文献（ 続き ）
（代表的なもの）

No.	論文タイトル	主題	入手元
6	MES-RAG: Bringing Multi-modal, Entity-Storage, and Secure Enhancements to RAG	RAG構造のセキュリティ・マルチモーダル強化	https://arxiv.org/abs/2503.13563
7	Empowering Graph RAG with Knowledge Filtering and Integration	GraphRAGの精度向上とノイズ除去手法	https://arxiv.org/html/2503.13804v1
8	AI Principles Progress Update 2023	GoogleのAI倫理原則の変化と実装状況	https://ai.google/static/documents/ai-principles-2023-progress-update.pdf
9	Beyond Principlism: Practical Strategies for Ethical AI Use	科学研究におけるAI倫理の実践的アプローチ	https://arxiv.org/abs/2401.15284
10	Ethics of AI: A Systematic Literature Review of Principles and Challenges	AI倫理原則と実装上の課題に関する体系的レビュー	https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3530019.3531329