

# ウクライナ戦争が示したDXと軍事技術融合の最前線変化

## エグゼクティブサマリー

ウクライナにおけるDXと軍事技術の融合の本質は、「新兵器の導入」そのものではなく、**民間デジタル基盤・戦場センサー・C4ISR・調達・戦術運用を、短いフィードバックループで接続したこと**にある。2014年以降に始まったボランティア主導のデジタル化は、2022年以降、国家主導の戦場OSへと拡張され、2025-2026年にはウクライナ国防省<sup>1</sup>のDELTA、Mission Control、Avengers、A1、Brave1 Dataroomのようなデータ中心の軍事運用へと進化した。これは、従来の「兵器プラットフォーム中心の戦争」から、「データ中心・ソフトウェア定義型の戦争」への移行を意味する。<sup>2</sup>

最も大きく変わったのは、**前線の可視化と意思決定速度**である。DELTAのMission Controlは、従来数時間を要したスプレッドシート報告を、数分で参照可能なダッシュボードに変えた。さらにAIプラットフォームAvengersは、週あたり約1.2万件の敵装備検出を支援し、Kropyvaのような火力指揮アプリは砲兵の展開時間や対砲兵射撃の所要時間を大幅に短縮した。結果として、「見つける—識別する—配分する—撃つ—検証する」の連鎖が圧縮され、火力の精度・速度・分散運用能力が上がった。<sup>3</sup>

同時に、**ドローンの大量化と制度化**が前線を変えた。公式発表では、2024年に防衛部隊へ供給されたUAVの96.2%が国産となり、同年のFPVドローン生産は150万機超、2025年には記録上80万件超の映像確認済み打撃が集計された。Drone Line、Army of Drones Bonus、Brave1 Marketは、観測・打撃・補充・学習を一つの制度に収め、戦術効果を調達・訓練・設計改善へと還流させている。<sup>4</sup>

ただし、このモデルの優位は**脆弱性と表裏一体**である。ロシア軍の電子戦は、2023年反攻でウクライナ側のテンポを崩し、精密誘導火力に硬い対抗策を与えた。2025-2026年には、ロシア側がファイバー光制御FPV、改良型Shahed、AI・メッシュの運用を拡大し、さらにStarlinkの不正使用や、Starlink自身の大規模障害が通信依存の危うさを露呈させた。つまり、ウクライナの優位は固定的ではなく、**学習速度の優位**に過ぎない。<sup>5</sup>

政策的に見ると、この戦争は、**国家のデジタル公共基盤、クラウド、民間通信、スタートアップ調達、同盟のIT支援、そして現場の戦術データを一体で設計しない限り、現代戦で優位を維持できないこと**を示した。日本を含む同盟国にとって重要なのは、単にドローンを増やすことではなく、**通信の冗長化、データ標準、迅速調達、電子戦耐性、部品供給の主権化、AIの運用規範**を一体で整えることである。これは本報告の中心結論である。<sup>6</sup>

## 前提と分析枠組み

本報告の対象期間は**2014年以降**、重点は**2022年2月以降の全面侵攻後**である。地理的範囲は、前線だけでなく、後方の電気通信・クラウド・官民調達基盤、さらに国際支援枠組みまで含む。分析次元は、技術カテゴリー（ドローン、通信、サイバー、AI/ML、データ融合・C4ISR、電子戦、暗号・セキュア通信、ロボティクス、サプライチェーン管理、ソーシャルメディア・情報作戦）、運用面、効果測定、関係者、事例比較、ロシア側・他国比較、将来予測である。不明点は末尾で明記する。なお、戦時統計の一部はウクライナ政府公表値であり、独立検証が難しいものがある。<sup>7</sup>

timeline

title ウクライナのDX×軍事技術統合の発展

2014 : ボランティア主導でKropyvaなど初期デジタル火力・地図支援が始動

2019 : デジタル転換省設立、国家DXの制度基盤が整備

2022 : 全面侵攻、クラウド退避・StarLink導入・Diia/eVorogの戦時拡張

2023 : Army of Dronesが制度化、国産量産と操縦者育成が本格化

2024 : 無人システム軍種の創設方針、Avengersの実戦利用拡大

2025 : Drone Line、IT Coalition拡大、DELTAの全階層展開、AI/NATO接続強化

2026 : Mission Control、AI、防衛AIデータ共有、UGV大量運用、5G試験開始

このタイムラインが示す通り、ウクライナのDXは、平時の行政デジタル化から出発し、戦時に**クラウド回避・市民参加・民間通信・軍用C4ISR・AI訓練データ**へと連続的に接続された。その意味で、2014年以降の改革は2022年の即応力の前提条件だった。<sup>8</sup>

## DXと軍事技術を接続した統合アーキテクチャ

ウクライナの戦場変化は、単一システムではなく、**三層アーキテクチャ**として理解すると最も分かりやすい。第一に、後方の国家DX基盤として、Diia、クラウド退避、4G/衛星回線、データレジストリがある。第二に、戦場データ層として、DELTA、Mission Control、Avengers、Kropyva、各種チャットボット、UAV映像、衛星画像、レーダー、友軍識別がある。第三に、効果器層として、FPV・爆撃・偵察ドローン、迎撃ドローン、UGV、電子戦装置、砲兵、海上無人艇がある。戦果確認と損耗データは再び調達と設計に戻り、Brave1やBonus制度を通じて次の改善に回る。<sup>9</sup>

flowchart LR

A[市民・ボランティア報告 eVorog/Diia] --> D[戦場データ層]

B[前線センサー UAV・固定カメラ・衛星・レーダー] --> D

C[通信基盤 4G/衛星/戦術無線/クラウド] --> D

D[DELTA / Mission Control / Kropyva / Avengers] --> E[指揮統制・目標配分]

E --> F[FPV・ISR・爆撃UAV]

E --> G[砲兵・防空・電子戦]

E --> H[UGV・CASEVAC・前線補給]

F --> I[戦果映像・損耗データ]

G --> I

H --> I

I --> J[Brave1 / Market / Bonus / 調達]

J --> B

J --> F

J --> H

この構造の重要点は、**国家DXの後方基盤が、そのまま軍事的優位の前提になっていること**である。たとえばクラウド移行は、巡航ミサイルやワイパー攻撃から政府データを守る行政上の措置であると同時に、軍民双方の継続的情報運用の条件だった。逆にいえば、通信・クラウド・本人認証・モバイルIDの停止は、戦場C2の停止に直結する。戦争はここで、軍事システムと公共デジタルインフラの境界をほぼ消している。<sup>10</sup>

## 技術カテゴリ別の分析

### 技術カテゴリ別の成熟度と戦場効果

技術カテゴリ	2026年時点の主な役割	戦場効果の要点	主な脆弱性	根拠
ドローン (商用・軍用・自律)	偵察、FPV打撃、爆撃、深部打撃、迎撃、海上・地上無人化	打撃の主役に上昇。2025年の映像確認済み打撃は約82万件、公式には敵目標の80%以上をドローンが破壊。国産比率も急上昇。	EW、対ドローン防御、部品供給、通信遮断、敵のファイバー光制御化	11
通信 (衛星、4G/5G、メッシュ)	前線C2、映像伝送、後方継戦、非常通信	Starlinkと4G復旧が戦時継戦能力を支え、Kyivstar <sup>12</sup> は2026年までにウクライナ統制地域人口の95%へ4G到達、衛星連携で500万人に接続。5Gは依然として後方都市の試験段階。	Starlink依存、全球障害、不正利用、電源破壊、前線のネット断	13
サイバー戦	ワイパー対処、政府・軍システム防護、対ロシア諜報対抗	2022年の破壊的攻撃をしのぎ、政府・軍事運用を継続。CERT-UAは2025年に5,927件対応。	依然として高頻度の侵入・フィッシング・インフラ妨害に晒される	14
AI/機械学習	映像解析、目標識別、将来行動予測、意思決定支援、自律化準備	Avengersは週1.2万件の敵装備検出。2026年のA1とDataroomで、実戦データを用いたモデル訓練が制度化。	誤認識、データ偏り、説明可能性不足、規範未整備、敵のAI適応	15
データ融合・C4ISR	多源情報統合、可視化、目標配分、戦果検証	DELTAは全レベル展開、日次2,000件超の敵資産目標化を支援。Mission Controlは無人システムの統合運用を可視化。	サイバー侵害、通信遮断、過度なクラウド/インターネット依存	16
電子戦	敵通信・航法妨害、自己防護、スペクトラム争奪	戦場の競争要因。ロシアEWは2023年反攻期にウクライナの精密火力とテンポを損なった。	双方向競争で優位が固定せず、敵のファイバー光・追加アンテナ・新波形で相殺される	17
暗号・セキュア通信	友軍識別、メッセージング、無線秘匿	DELTA内のElement、UA DRONE ID、周波数ホッピングや暗号化無線が、識別・連携・妨害耐性を改善。	単一ベンダー依存、端末奪取、鍵管理、運用教育不足	18
ロボティクス	前線補給、CASEVAC、偵察、地雷設置/除去、武装プラットフォーム	2026年1月だけでUGVIは7,000件超、3月は9,000件超の任務。人員を危険地帯から外す効果が大きい。	通信・航法・地形・整備・電源制約	19

技術カテゴリ	2026年時点の主な役割	戦場効果の要点	主な脆弱性	根拠
サプライチェーン管理	戦果連動補給、直接調達、量産誘導	Brave1 MarketとBonus、DOT-Chain Defenceにより、前線成績と補給・調達を近接させた。	部品の対中依存、データ改竄、品質ばらつき、監査負担	20
ソーシャルメディア・情報作戦	市民通報、対外世論戦、敵偽情報対処	eVorogは市民情報を戦場データへ接続し、同時にロシアはサイバーと情報影響を結合。2024年以降は生成AI利用への警戒も強い。	虚偽通報、過度な民間巻き込み、法的境界の曖昧化、生成AI偽情報	21

## 2014年以降の基底変化

2014年以降の変化で見落としやすいのは、**ウクライナの軍事DXの起点が「政府大型計画」ではなく、ボランティアと現場起点の実装**だったことである。Kropyvaは2014年にArmy SOS系のボランティア開発から始まり、2023年までに約1万インストール、砲兵の90-95%が使用する規模に成長した。ここでは、紙地図・ソ連式計算・階層的伝達を、Android端末・GPS・UAV・無線に置き換えるだけで、火力ループの時間が激変した。2019年以降の国家DXは、この底層の現場知を制度化したものと見るべきである。 <sup>22</sup>

## 後方DXが前線優位を支えた構図

ウクライナ・デジタル転換省 <sup>23</sup> の設立、Diia、オープンデータ、クラウド移行、モバイル本人認証は、一見すると行政改革に見える。しかし、戦時にはそれが避難民支援、本人確認、資金給付、後方通信、Starlink端末のホワイトリスト化、さらには敵動静報告へ転用された。2026年時点でも5Gは3都市での試験と36基地局にとどまり、戦場の主役は4G復旧・衛星・戦術無線であるが、**通信を国家の回復カインフラとして扱う発想**は明白である。 <sup>24</sup>

## 運用・組織・効果測定

### 戦術と指揮統制はどう変わったか

第一に、前線は「隠れれば進める戦場」から「見つければすぐ撃たれる戦場」に変わった。RUSIは2023年反攻の失敗要因として、持続的な敵ISRにより前進軸が露見し、精密火力損失率が受忍不能になったこと、さらに電磁環境の争奪が指揮統制と精密打撃を損ねたことを指摘している。したがって、ウクライナの戦術適応は、突破戦よりも、ドローン・砲兵・EW・小分隊を同期させる**局所的・継続的消耗**へ傾斜した。 <sup>25</sup>

第二に、指揮統制は、階層的命令伝達よりも**分散入力・中央統合・多点実行**へ移った。DELTAはノートPC、タブレット、スマートフォンで使われ、Mission Controlは大隊から参謀本部まで同時参照できる指揮ダッシュボードを提供する。ここで重要なのは、現代戦のC2が「強い中央集権」ではなく、**広い現場アクセスを持つ共通データ空間**になった点である。CSISがDELTAをCJADC2に近い実戦例とみなすのはこのためである。 <sup>26</sup>

第三に、組織面では、2024年の**無人システム軍種創設方針**、2025年のDrone Line、2026年のA1とDataroomに象徴されるように、ウクライナ軍は**兵科の追加ではなく、無人化を横断機能として再編**し始めている。これは空・陸・海の無人プラットフォームを別個に増やすのではなく、データ・訓練・調達・ソフト更新・民間技術流入を一体化する方向である。 <sup>27</sup>

## 民間参加と官民協働

ウクライナの特徴は、**民間人・NGO・企業・国外パートナーが、制度上の補助線ではなく、作戦体系の一部**になっていることだ。eVorogのような市民通報、Aerorozvidka<sup>28</sup>のようなボランティア技術コミュニティ、Brave1<sup>29</sup>の助成・試験・販売、IT CoalitionやDrone Coalition、英国との共同生産は、いずれも戦場の学習を産業と制度へ翻訳する装置である。2025年にはIT Coalitionが11億ユーロ、Drone Coalitionが2024-2025年で計45億ユーロ規模の支援枠を形成した。<sup>30</sup>

2026年の民間防空会社の試行も、官民協働の新段階を示す。20社が登録し、運用会社は空軍C2システムに組み込まれ、交戦判断は国家側が握る。これは、民間の速度と国家の交戦権限を分離する試みであり、戦時の企業防護を「私設警備」ではなく「国家統制下の補助防空」として制度化した点で注目に値する。<sup>31</sup>

## 法的・倫理的論点

法的・倫理的論点は三つに要約できる。第一に、市民による敵情通報がDELTAへ統合される構図は、**民間人の直接参加の境界**を曖昧にしうる。第二に、AIは現時点で主として識別・分析・提案に使われているが、A1やAP取材が示すように、将来は自律性を高める方向が公式に想定されており、**ヒューマン・イン・ザ・ループの範囲**が政策課題になる。第三に、民間防空やデータ共有の拡大は、**責任所在と監査可能性**を平時以上に重要にする。これらは、現行制度が未完成であることを示す。なお、この段落の一部は、公式・学術情報からの分析的推論を含む。<sup>32</sup>

## 主要指標の評価

指標	観測される変化	代表エビデンス	評価
前線の可視化	UAV、固定カメラ、市民通報、衛星、戦果映像がDELTAへ統合され、地上・海上・空・サイバーを横断的に表示	DELTAは全階層展開、海上作戦でも使用、AIで週1.2万件検出。 <sup>33</sup>	大幅改善
打撃精度	目標識別と火力配分の時間短縮で、移動前に叩く比率が上昇	2025年の映像確認済み打撃81.9万件、Kropyvaで砲兵展開5倍短縮・対砲兵10倍短縮。 <sup>34</sup>	大幅改善
意思決定速度	手作業報告から即時ダッシュボードへ移行	Mission Controlで数時間→数分。 <sup>35</sup>	構造的改善
損耗率	ドローン中心化で敵損耗を低コストで蓄積可能に	公式には敵目標の80%以上をドローンが破壊。ただし独立検証には限界。 <sup>36</sup>	高いが統計慎重
持続性	国内量産・国際支援・直接調達で維持	2024年供給UAVの96.2%が国産、76社と契約、IT Coalition・Drone Coalition支援。 <sup>37</sup>	高いが部品依存残存
コスト効率	高価なミサイルを常用できない中で、FPV・迎撃ドローン・UGVへ代替	150万機超FPV生産、低コスト迎撃への転換、UGVで補給/CASEVACを置換。 <sup>38</sup>	高い
脆弱性	EW、通信依存、クラウド依存、敵の不正利用、供給網	反攻でEWがテンポ崩壊、Starlink障害2.5時間、敵の不正Starlink使用。 <sup>39</sup>	深刻

この表から分かるのは、ウクライナのDX×軍事融合が**速度・透明性・量産性**で優位を生み出した一方、その優位の基礎が**通信・クラウド・データ連結性**であるため、そこが切られると効果が急減するという点である。したがって、優位の本体は兵器性能ではなく、**接続の継続性**である。 40

## 事例比較

### 成功事例と失敗事例の比較

事例	性格	技術構成	運用プロセス	成果指標	教訓	根拠
Kropyvaの火力デジタル化	成功	Android端末、GPS、無線、UAV、デジタル地図	前線で目標座標→最寄り砲兵へ即時配分	砲兵展開時間5倍短縮、不意目標への射撃約3倍短縮、対砲兵射撃10倍短縮	戦場DXの起点は高級AIではなく、現場に即した低廉アプリでも成立する	41
DELTA+ Mission Control+ Avengers	成功	戦場地図、映像統合、AI識別、無人任務ダッシュボード	センサー入力→統合可視化→司令部/部隊で同時参照→目標配分→戦果検証	DELTAは全階層展開、日次2,000件超目標化支援、Mission Controlは数分で分析可能、Avengersは週1.2万件検出	真の優位は「一つのAI」ではなく、 <b>多源データを同じ画面で回せること</b>	42
Army of Drones/ Bonus/ Brave1 Market	成功	FPV、偵察UAV、操縦者訓練、e-points、直接購買市場	戦果映像をDELTAで検証→点数化→需要の高い装備を直接調達	2025年約82万件的映像確認済み打撃、2.5か月で40億フリヴニャ相当の受発注	戦果データを調達制度へ結ぶと、前線の学習が産業政策になる	43
Starlink+ 4G復旧+クラウド移行	混合成功	Starlink、4G、クラウド、バックアップ電源、ホワイトリスト	地上インフラ破壊時も衛星・クラウドで継戦、端末認証で敵利用抑止	2026年までに5万超端末、4G人口カバー95%、衛星接続500万人	回復力は高いが、ネット依存・企業依存・障害時の一斉停止リスクも大きい	44
Viasat攻撃とサイバー防御	混合成功	SATCOM、VPN侵害、ワイパー、クラウド防御、脅威インテリジェンス	侵攻初日にKA-SAT攻撃→通信障害→代替・復旧、同時に政府データを国外クラウドへ分散	影響はウクライナ数千・欧州数万端末、復旧は数時間～数日、破壊的攻撃多数を防御	サイバー防御の鍵は、ゼロトラストだけでなく <b>物理攻撃を前提にした国外分散</b>	45

事例	性格	技術構成	運用プロセス	成果指標	教訓	根拠
2023年反攻とロシアEW/ISR	失敗例	装甲突破、精密火力、EW、敵ISR	軸が露見し、精密打撃と補給線の脆弱化でテンポ喪失	公式な数値ではなく、RUSIは「受忍不能な損失率」「テンポ崩壊」を指摘	ドローン優位だけでは突破できず、対ISR・電磁C2・渡河/補給保護が不可欠	46
ロシアのShahed改良・ファイバー光/メッシュ適応	相手側の成功、ウクライナには課題	改良エンジン、AI飛行計画、追加アンテナ、ファイバー光制御、メッシュの制御	ロシアが安価大量投射と対EW適応を続け、ウクライナは迎撃ドローンや新型対策で追従	2026年春時点で迎撃率は85%超から90%へ改善したが、月間1,000機超が漏入	「安価な無人機を撃ち落とす側」もまた低コスト化・自動化しなければ破綻する	47
UGVによる前線補給・CASEVAC	成功	履帯/車輪UGV、複数通信回線、モジュール式荷台/武装	危険区画へ人員の代わりにUGVを投入	2026年1月7,000件超、3月9,000件超、四半期2.45万件超任務	「人を守る無人化」は打撃だけでなく、補給と後送で最大の費用対効果を生む	19

## 図版・画像の挿入指示

本文理解を補う図版としては、以下の挿入が有効である。

- DELTA / Mission Controlの画面例：C4ISRの統合度とダッシュボード化を示す。
- FPVドローン量産ラインや訓練風景：商用品の軍事転用と量産体制を可視化する。
- 前線のStarlink端末・移動基地局・停電対策設備：通信の回復力と依存性を示す。
- UGVの補給・負傷者後送写真：無人化が損耗軽減に直結することを示す。
- 黒海での海上無人艇運用写真：非対称海上作戦の拡張例として有効。
- 反ドローン網やファイバー光ケーブル残骸の前線写真：対抗適応の速さを示す。

48

## 比較評価と将来予測

### ロシア側との比較

ロシア軍との比較で、ウクライナの優位はソフトウェア・制度・現場反映の速度にある。他方、ロシアの優位は量・EWの厚み・長距離飽和攻撃の継続能力にある。ウクライナはDELTAやBrave1を軸に、ボトムアップ型の製品改良と迅速調達を実現したが、ロシアはShahed系の大量生産、EW、ファイバー光制御、追加アンテナ、メッシュの延伸で、ウクライナのドローン優位を消耗させている。したがって、この戦争は「ドローンを持つ側が勝つ」戦争ではなく、対ドローン・対EW・対通信遮断を誰が先に制度化するかの競争である。

49

## 他国との比較

他国比較で最も示唆的なのは、米軍・NATO<sup>50</sup>のCJADC2/JADC2構想との関係である。米国防総省は2024年時点でCJADC2のminimum viable capabilityを運用中とする一方、CSISはウクライナのDELTAを、より機動的で戦場適応的な実戦型CJADC2に近いものとして評価している。学術論文でも、ウクライナはMIP4やLink 16接続能力を持つ少数側に入り、同盟側より先に**戦場レベルでの相互運用性を実装**した側面がある。NATO・米国が構想を体系化しているのに対し、ウクライナはそれを**実戦で先に粗く実装し、壊れながら改善**した。<sup>51</sup>

また、2020年のナゴルノ・カラバフ戦争はドローン集中運用の衝撃を示したが、ウクライナ戦争はその次段階、すなわち**双方がドローンとEWを持つ環境で、データ融合・通信・量産・産業政策まで統合した戦争**である。ここに、他国の先行事例との最大の差がある。<sup>52</sup>

## 将来予測

以下は、現在の傾向から導く分析的予測である。政策環境や停戦の有無で変動するため、**シナリオ依存の推論**として読むべきである。<sup>53</sup>

期間	予測される戦術・技術トレンド	もっとも強い含意	根拠
短期	迎撃ドローンの自動化、UGV補給の常態化、Starlink依存の部分代替、ファイバー光/対EW設計の急拡大、民間防空の限定制度化	前線の「見つけて撃つ」より、「見つけられてもネットワークを保つ」能力が差になる	54
中期	AIによる半自律群制御、空陸海UGV/UAV/USVの統合、国外共同生産、戦場データの同盟共有拡大、電子戦とサイバーの一体化	「兵器購入」より「学習速度とソフト更新権」を握る国が優位になる	55
長期	人間-機械混成旅団、エッジAIと分散クラウドの常設化、安価自律兵器規制をめぐる国際対立、部品供給主権の戦略化	将来戦の決定要因は、プラットフォーム単体ではなく、データ・スペクトラム・部品・規範の主権になる	56

## 政策提言と実務上の示唆

### ウクライナ向け

ウクライナにとって最重要なのは、**単一通信手段への依存脱却**である。Starlinkは依然として不可欠だが、全球障害や不正利用、政治リスクを考えれば、衛星・4G/5G・MANET/メッシュ・ローカル中継・オフライン同期の多層化が必要である。特に戦場での映像依存C2については、インターネット断でも最低限の戦闘継続ができる「劣化運用モード」を標準実装すべきである。<sup>57</sup>

また、攻撃側ドローンだけでなく、**迎撃・補給・後送・地雷処理の無人化**へ投資配分を厚くするべきである。2026年のUGV任務件数は、この分野がすでに実用域にあることを示している。兵員不足が慢性化する戦争では、損耗を減らすロボティクスこそ持久力の源泉になる。<sup>58</sup>

さらに、Brave1やBonus制度の長所を維持しつつ、**監査可能性と品質保証**を強める必要がある。前線の戦果を補給・資金と直結させる制度は強力だが、映像の真正性、評価の歪み、民間企業への偏った誘因が生じうるため、データ監査・失敗報告・ブラックボックス化防止の仕組みが欠かせない。これは今後のAI自律化にも直結する。<sup>59</sup>

## 同盟国向け

同盟国にとっての教訓は、「**高価で少数の完成装備**」だけでは戦えないという一点に尽きる。IT Coalition、Tallinn Mechanism、Drone Coalition、英国との共同生産が示すように、ウクライナ支援は装備供与よりも、**通信・サイバー・ソフト更新・共同生産・データ共有**に比重が移っている。これは支援国自身の防衛産業・国家回復力政策にも直結する。<sup>60</sup>

とくに米欧の防衛組織は、複雑な正式取得制度よりも、ウクライナのような**小規模試験→即戦投入→失敗の早期修正**を吸収できる制度を持つ必要がある。CSISが強調するように、ウクライナの競争力はボトムアップの商用技術活用と分散調達にある。西側が学ぶべきは、ドローンの型番ではなく、**制度アーキテクチャ**である。<sup>61</sup>

## 日本向け

日本にとっての最大の示唆は、**防衛DXを「自衛隊の情報システム更新」に矮小化してはならない**という点である。必要なのは、自治体、通信事業者、クラウド事業者、港湾・空港・電力・物流を含む国家全体のデジタル回復力を、島嶼防衛・持続補給・対無人機・サイバー防護と一体で設計することである。ウクライナの事例は、行政ID、クラウド退避、通信バックアップ、民間技術者動員が、そのまま国防能力になることを示した。<sup>62</sup>

実務的には、日本は少なくとも次の五点を急ぐべきである。第一に、**統合作戦向けの共通データ基盤**をつくること。第二に、**衛星・地上系・ローカル無線の多層冗長通信**を整えること。第三に、**無人補給・CASEVAC・港湾/飛行場防護ロボティクス**を優先すること。第四に、**民間スタートアップが即応的に防衛参入**できる小口調達制度を拡充すること。第五に、**AIと民間参加の法的ルール**を平時から整えることである。これらはウクライナの成功を模倣するのではなく、その成功を生んだ制度条件を翻訳する作業だと理解すべきである。<sup>63</sup>

## オープンエスチョンと限界

本テーマには、なお三つの限界がある。第一に、前線の打撃件数・損耗率・迎撃率の多くは戦時公表値であり、独立監査が難しい。第二に、ロシア側のC2、EW、AI、サプライチェーンの実態は、ウクライナ側より公開情報が乏しい。第三に、「群制御」「自律」「AI」はしばしば広義に使われ、完全自律兵器と半自律支援ツールが同じ言葉で語られる。したがって、本報告の将来予測は、**傾向の方向性には高い確度があるが、速度と規模には不確実性がある**。また、5Gの実戦利用、ドローン群の完全自律運用、民間通報の法的位置づけは、現時点で未成熟または未指定の部分が残る。<sup>64</sup>

---

<sup>1</sup> <sup>6</sup> <sup>61</sup> <sup>63</sup> <https://www.csis.org/analysis/unleashing-us-military-drone-dominance-what-united-states-can-learn-ukraine>

<https://www.csis.org/analysis/unleashing-us-military-drone-dominance-what-united-states-can-learn-ukraine>

<sup>2</sup> <sup>8</sup> <sup>18</sup> <sup>21</sup> <sup>22</sup> <sup>30</sup> <sup>32</sup> <sup>41</sup> <https://www.acigjournal.com/Military-Situation-Awareness-Ukrainian-Experience%2C190341%2C0%2C2.html>

<https://www.acigjournal.com/Military-Situation-Awareness-Ukrainian-Experience%2C190341%2C0%2C2.html>

<sup>3</sup> <sup>35</sup> <sup>48</sup> <https://mod.gov.ua/en/news/two-months-since-the-launch-of-mission-control-within-the-delta-ecosystem-the-system-is-now-operational-across-all-corps-and-force-groupings>

<https://mod.gov.ua/en/news/two-months-since-the-launch-of-mission-control-within-the-delta-ecosystem-the-system-is-now-operational-across-all-corps-and-force-groupings>

4 28 37 38 <https://mod.gov.ua/en/news/rustem-umerov-ukrainian-made-drones-constituted-96-2-of-all-ua-vs-supplied-to-the-defence-forces-in-2024>

<https://mod.gov.ua/en/news/rustem-umerov-ukrainian-made-drones-constituted-96-2-of-all-ua-vs-supplied-to-the-defence-forces-in-2024>

5 25 39 46 <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-ukraines-offensive-operations-2022-23>

<https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-ukraines-offensive-operations-2022-23>

7 23 47 54 64 <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/inside-ukraines-drive-defeat-dreaded-shahed-drone-2026-04-29/>

<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/inside-ukraines-drive-defeat-dreaded-shahed-drone-2026-04-29/>

9 24 62 <https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/voices/ukraines-digital-transformation-innovation-resilience>

<https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/voices/ukraines-digital-transformation-innovation-resilience>

10 14 44 <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2022/06/22/defending-ukraine-early-lessons-from-the-cyber-war/>

<https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2022/06/22/defending-ukraine-early-lessons-from-the-cyber-war/>

11 34 36 43 <https://mod.gov.ua/en/news/army-of-drones-bonus-program-delivers-results-nearly-820-000-russian-targets-hit-in-2025-says-mykhailo-fedorov>

<https://mod.gov.ua/en/news/army-of-drones-bonus-program-delivers-results-nearly-820-000-russian-targets-hit-in-2025-says-mykhailo-fedorov>

12 52 <https://www.militarystrategymagazine.com/article/drones-in-the-nagorno-karabakh-war-analyzing-the-data/>

<https://www.militarystrategymagazine.com/article/drones-in-the-nagorno-karabakh-war-analyzing-the-data/>

13 <https://www.reuters.com/business/ukraines-top-telco-exceeds-1-billion-investment-goal-war-drives-network-spending-2026-04-29/>

<https://www.reuters.com/business/ukraines-top-telco-exceeds-1-billion-investment-goal-war-drives-network-spending-2026-04-29/>

15 29 <https://mod.gov.ua/en/news/12-000-enemy-targets-are-detected-by-the-ukrainian-military-weekly>

<https://mod.gov.ua/en/news/12-000-enemy-targets-are-detected-by-the-ukrainian-military-weekly>

16 26 33 42 <https://mod.gov.ua/en/news/the-delta-combat-system-has-been-deployed-across-all-levels-of-defence-forces-of-ukraine>

<https://mod.gov.ua/en/news/the-delta-combat-system-has-been-deployed-across-all-levels-of-defence-forces-of-ukraine>

17 <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/occasional-papers/competitive-electronic-warfare-modern-land-operations>

<https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/occasional-papers/competitive-electronic-warfare-modern-land-operations>

19 50 58 <https://mod.gov.ua/en/news/over-7-000-missions-in-january-ukraine-expands-deployment-of-ground-robotic-systems>

<https://mod.gov.ua/en/news/over-7-000-missions-in-january-ukraine-expands-deployment-of-ground-robotic-systems>

20 <https://market.brave1.gov.ua/bpla/>

<https://market.brave1.gov.ua/bpla/>

- 27 <https://www.president.gov.ua/en/news/pidpisav-ukaz-yakij-rozpochinaye-stvorennya-okremogo-rodu-si-88817>  
<https://www.president.gov.ua/en/news/pidpisav-ukaz-yakij-rozpochinaye-stvorennya-okremogo-rodu-si-88817>
- 31 <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/private-air-defence-takes-off-ukraine-2026-04-29/>  
<https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/private-air-defence-takes-off-ukraine-2026-04-29/>
- 40 57 <https://www.reuters.com/business/media-telecom/ukraine-says-starlinks-global-outage-hit-its-military-communications-2025-07-25/>  
<https://www.reuters.com/business/media-telecom/ukraine-says-starlinks-global-outage-hit-its-military-communications-2025-07-25/>
- 45 <https://www.viasat.com/perspectives/corporate/2022/ka-sat-network-cyber-attack-overview/>  
<https://www.viasat.com/perspectives/corporate/2022/ka-sat-network-cyber-attack-overview/>
- 49 <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/insights-papers/emergent-approaches-combined-arms-manoeuvre-ukraine>  
<https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/insights-papers/emergent-approaches-combined-arms-manoeuvre-ukraine>
- 51 <https://media.defense.gov/2024/Aug/07/2003519333/-1/-1/0/DOD-INNOVATION-FACT-SHEET-AUGUST-2024.PDF>  
<https://media.defense.gov/2024/Aug/07/2003519333/-1/-1/0/DOD-INNOVATION-FACT-SHEET-AUGUST-2024.PDF>
- 53 <https://apnews.com/article/a7d2cce367f68caa3598f4e0bd8b50c9>  
<https://apnews.com/article/a7d2cce367f68caa3598f4e0bd8b50c9>
- 55 <https://mod.gov.ua/en/news/ukraine-is-the-first-country-in-the-world-to-open-real-battlefield-data-to-partners-for-ai-model-training>  
<https://mod.gov.ua/en/news/ukraine-is-the-first-country-in-the-world-to-open-real-battlefield-data-to-partners-for-ai-model-training>
- 56 <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/drones-win-battles-components-win-wars>  
<https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/drones-win-battles-components-win-wars>
- 59 <https://thedigital.gov.ua/news/army/18-000-urazen-rosiian-za-misiats-iak-bonusna-systema-armiyi-droniv-motyvyeye-pidrozdily-bpla>  
<https://thedigital.gov.ua/news/army/18-000-urazen-rosiian-za-misiats-iak-bonusna-systema-armiyi-droniv-motyvyeye-pidrozdily-bpla>
- 60 <https://mod.gov.ua/en/news/to-support-ukraine-the-it-coalition-has-mobilized-1-1-billion>  
<https://mod.gov.ua/en/news/to-support-ukraine-the-it-coalition-has-mobilized-1-1-billion>