

AGELAIOS

連合作戦における戦術機器の相互運用性を支えるオープン
ソースの基盤OS

操作員10名、半日。 2個大隊が無力化。

2025年5月、エストニア。12か国から1万6千人を超える将兵が参加する多国間演習が行われました。対抗部隊を務めたのは、ウクライナのドローン操作員10名ほどのチームです。わずか半日で、装甲車両17両の撃破と30回あまりの追加打撃がシミュレーション上で記録され、2個大隊が無力化と判定されました。

代償を払う前に弱点を明らかにしたという意味で、演習はその役割を果たしました。ウクライナ側が用いる分散型の運用思想と通信手段と、NATO側のそれとの間には、見過ごせない開きがあります。私たちはその答えとして事業を進めています。

出典 演習HedgehogおよびSiil 2025、エストニア、2025年5月。参加規模と演習枠組みはエストニア国防軍およびNATOの公表資料による。演習結果は参加者およびエストニア当局者の証言をもとに報道されたもの。

現場が示したこと。

01

分散こそが残存性を確保する

集中型の指揮所は、発見され、識別され、打撃を受ける標的にほかなりません。そのため指揮機能は、車両、ドローン、遠隔センサー、下車チームなど、数十の移動ノードに分散されます。各ノードは単独で機能し、専門要員でなくとも扱え、回線が復旧すればただちに全体へ復帰できればなりません。

02

電磁スペクトラムは常時争われている

バルト海では、衛星測位信号の妨害と偽装が民間の船舶運航や航空交通にまで影響を及ぼしています。前線では、ウクライナ側のドローン損耗が月あたり約1万機に達すると推計した報告があり、その主因は電子戦とされています。信号が常に得られることを前提とするシステムは、戦闘用のシステムではありません。

03

縮退運転こそが既定の状態

署名の期限切れ、ライセンスサーバーへの到達不能、更新の中断。これらを理由に起動を拒む機材は、現場で使われなくなります。2025年7月には、世界規模の衛星通信障害により、ウクライナの部隊が約2時間半にわたって回線を失いました。機材は必ず起動し、サーピスを拒むのではなく、態勢の低下を明示しなければなりません。

04

戦術の周期と産業の周期が乖離している

対抗手段は今や2日から3日で現れる一方、再認定には数年を要します。需要の高い部品は調達に数十週間を要し、数年で市場から姿を消します。特定のプロプライエタリなスタックや特定の機材系列に縛られた設計は、これらのリスクをそのまま事業へ転嫁します。抽象化により、対象機材の変更は全面的な書き直しではなく統合作業に変わります。

2026年において、実用に耐える戦術製品に求められるのは次のことです。争われた電磁環境のなかで分散して機能すること、必要なときに沈黙できること、手段と対抗手段の周期のなかで生成AIを使いこなすこと、数週間単位で改良できること、供給網が不安定でも製造が続けられること、そして連合作戦において最初から相互運用できること。私たちの基盤は、これらを初日から実運用に載せます。

出典 バルト海におけるGNSS干渉、2024年および2025年の測定と公開報告。ドローン損耗の推計、RUSI報告書、2023年5月。商用衛星サービスの停止、2025年7月、ウクライナ当局の公式発表。ウクライナにおける適応周期に関する公開分析、2025年および2026年。部品の調達期間とライフサイクルの短縮、電子部品業界の公開報告、2025年および2026年。

改修を速めるには 標準となるシステム層が要ります。 誰も売っていないのに、誰もが払っています。

欧州には上位アプリケーションが数多くあります。戦術状況図、指揮統制、センサー、自律化、意思決定支援。ところがその下では、各社が同じ技術層を繰り返し書き直しています。暗号、鍵管理、ハードウェアドライバー、耐障害性のある通信、交換フォーマット、更新、機器群の管理です。

この層は、どの企業にとっても本業ではありません。それでも、事業者ごとに一度、事業ごとに一度、そして再認定のたびにもう一度、費用が支払われます。相互運用性もまた、本来はシステムに備わる性質であるはずが、後から交渉される作業項目にとどまりがちです。

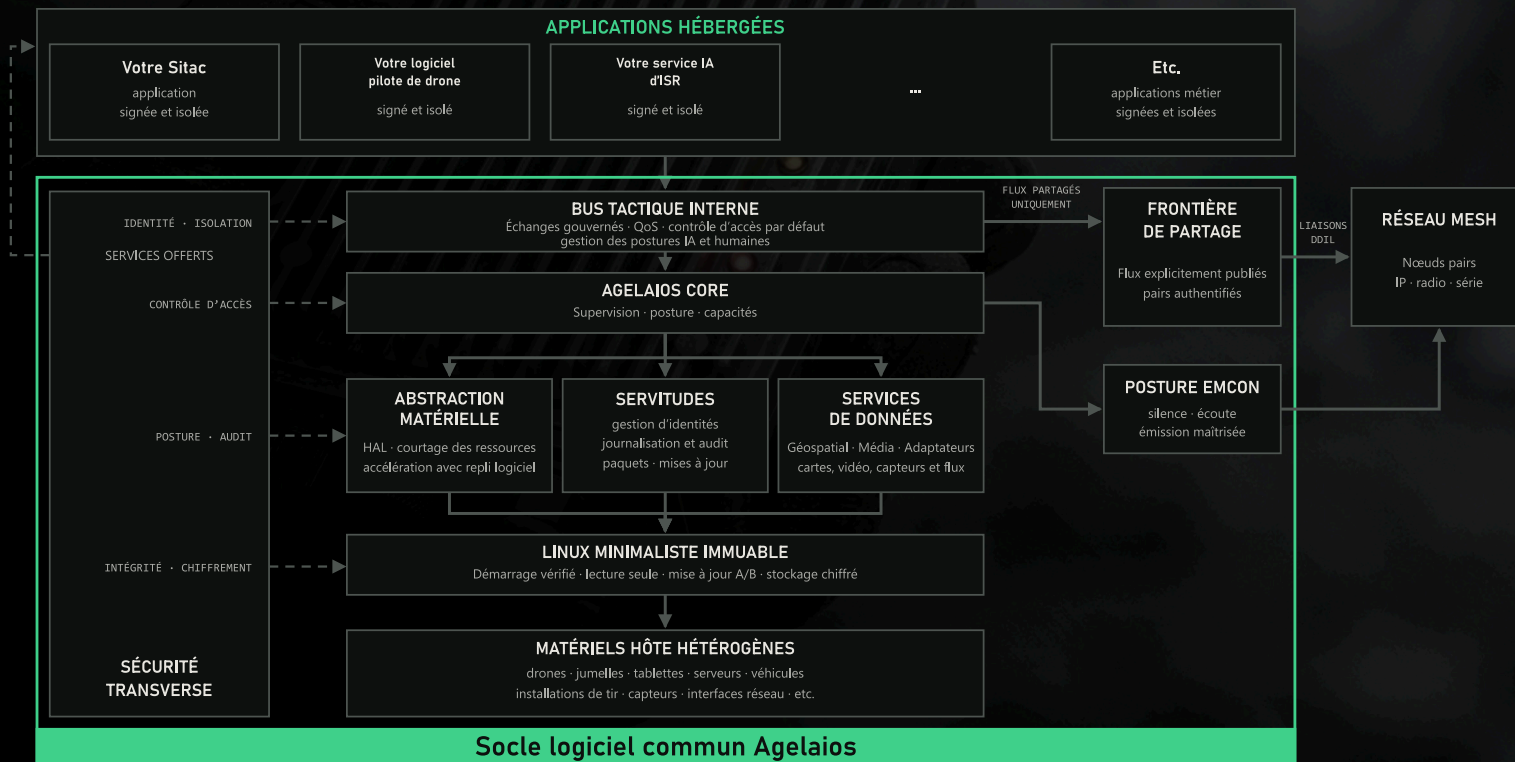
技術層はひとつ。

再実装は事業者の数だけ。

支払うのは、最後にいる一者。

2026年の実戦に耐えると称する設計は、機能の多さではなく、改修にかかる費用で評価されます。

ウクライナにはDelta、米国にはLattice。私たちが提示するのは、欧州の相互運用基盤です。



どのアプリケーションもいずれ必要とする基本機能を、標準で同梱しています。

映像とトランスコード

主要コーデック、規格に沿ったリアルタイムパケット化、色域とビット深度の管理、産業用カメラからの取り込み。

戦術トラック

標準化されたトラックモデル、ライフサイクル、彼我識別、相関付け、異種情報源の融合。

地理と地形

無線での位置伝達を容易にする標準グリッド、標高、見通し線と相互視認、オフラインタイル、標準的な地図サービス。

共有と連合運用

映像と戦術トラックの配信、標準の連合運用態勢、機器群向けの鍵基盤。

図式記号

標準化された記号と戦術図形を、独自形式への変換なしに入出力。

時刻

衛星信号も時刻サーバーも得られない状況を含め、規律された時刻源を維持。

民間情報源

航空交通、船舶交通、測位、警報を、中立な対象として同じ状況図に取り込み。

メッシュネットワーク

有線と無線を問わず、利用できる物理層を活用。電波発射の規律はシステム側で制御します。

いまはどの開発チームも、毎回これらを書き直しています。そして、これらが受注を決めることはありません。

2026年8月より、14の標準分野に標準対応

主要なSTANAGおよび適用標準について、参照実装を提供します。起動した時点から利用でき、追加開発もゲートウェイも要りません。

01・測地と地図

- WGS-84 (STANAG 2211)
- MGRS・UTM・GEOREF
- STANAG 3809 (DTED)・MIL-PRF-89020
- OGC WMTS (WebMercatorQuad)
- OGC API Features・WMS 1.3.0・WFS 2.0.0
- GeoPackage (OGC 12-128r)
- OGC 3D Tiles・Cesium quantized-mesh 1.0
- STAC 1.0.0
- PMTiles v3・MBTiles・MVT
- GDAL・PROJ

02・暗号

- FIPS 204 (ML-DSA-65)
- FIPS 203 (ML-KEM)・X25519MLKEM768
- NSA CNSA 2.0
- FIPS 186-5・RFC 8032 (Ed25519)
- FIPS 140-3・CMVP
- FIPS 180-4・197・202
- BLAKE3
- TLS 1.3 (RFC 8446)
- RFC 9106 (Argon2)
- RFC 6238 (TOTP)

03・システムセキュリティと評価

- UEFI Secure Boot・TPM 2.0 (ISO/IEC 11889)
- fs-verity・IMA・dm-verity
- NIST SP 800-207・SP 800-53
- Bell-LaPadula・Biba
- NIST SP 800-88 rev.1
- Common Criteria (ISO/IEC 15408・18045)
- CSPN (ANSSI)
- RGS (ANSSI)
- RFC 8785 (JSON Canonicalization)

04・鍵基盤とソフトウェア供給網

- X.509 (RFC 5280)
- The Update Framework (TUF)
- SPDY (ISO/IEC 5962)・CycloneDX
- SLSA・NIST SSDF (SP 800-218)
- NIST NVD / CVE

05・戦術トラックと情報

- STANAG 4676 (NATO ISR Tracking)
- STANAG 4607 (GMTI)
- STANAG 4545 (NSIF)
- STANAG 7023 (一次画像)
- STANAG 4559 (NSILI)

06・映像とメディア

- ITU-T H.264・H.265 + RFC 6184・7798
- H.266/VVC (RFC 9328)
- STANAG 4609・MISB ST 0601/0102 (KLV)
- ITU-R BT.601/709/2020/2100・SMPTE P010/V210
- GigE Vision・GenICam・PFNC
- OpenTelemetry・W3C Trace Context・Parquet

07・図式記号と戦術図形

- APP-6(D/E) (STANAG 2019)
- MIL-STD-2525C/D
- NVG (NATO Vector Graphics)

08・指揮統制の相互運用とメッセージ

- Cursor-on-Target・TAK Protocol v1
- STANAG 5525 (JC3IEDM / MIP)
- ADaP-3・APP-11 (FORMETS)
- FMN・NATO NISP

09・民間情報源と軍民両用

- GeoJSON (RFC 7946)
- NMEA-0183
- APRS (TNC2)
- ADS-B (dump1090 / readsb・OpenSky)
- AIS・AISStream.io
- GTFS-Realtime
- DATEX II
- TLE・SGP4 軌道伝播
- USGS・GDACS・Global Fishing Watch

10・秘密区分と連合運用

- STANAG 4774 / ADaP-4774
- STANAG 4778 / ADaP-4778
- IGI 1300 (SGDSN)
- II 901 (SGDSN)

11・無人機と効果器

- MAVLink
- STANAG 4586
- ONVIF (Profile S/T)

12・通信路と時刻

- QUIC (RFC 9000)
- JetStream・エッジおよびフルノード
- STANAG 5066 (HF)
- ITU-R P.525・P.526・P.833
- Longley-Rice / ITM・2波モデル
- NTP (RFC 5905)・NTS (RFC 8915)・PTP (IEEE 1588)

13・任務用の人工知能

- NATO 責任あるAI利用の原則 (2021)
- EU規則 2024/1689 (AI Act)
- ISO/IEC 42001・23894・TR 24028
- フランス国防倫理委員会の見解

14・開発工程、文書、アクセシビリティ

- W3C WCAG 2.2 (レベルAA)
- W3C CSP Level 3
- WebAssembly・WASI
- BCP-47・Unicode CLDR
- RG Aéro 000 40/42・AQAP 2110/2210
- ISO/IEC/IEEE 12207・15288・ISO/IEC 25010
- ASD S1000D (Issue 5.0)
- ISO/IEC 27001・ISO 9001

意向ではなく、証跡を。

2800+

件の自動テストが、参照リポジトリ上で成功しています。

9

システムの継続的インテグレーション。ビルドはビット単位で再現できます。

429

ページの図解入り利用者向け文書。ASD S1000Dに準拠し、仕様およびコードとの整合を保っています。

6から7

のTRL。エミュレーターおよび市販機材の上で実証済みです。

774

件の基幹仕様が製品を規定しています。

Agelaiosは、監査でき、仕様が定まり、文書化された基盤として設計されています。どのような案件や事業にも、短期間で組み込みます。

エディションは2つ、基盤はひとつ。

Standard Edition

Apache 2.0ライセンスのオープンソースとして公開予定

OSのビルドレシピと構築チェーン。

安定したAPIおよびABI。

モジュールの作成、管理、公開のための開発キット。

x86-64およびARM64のエミュレーター。

普及した計算機向けのスターターキット。

メッセージバス、メッシュネットワーク、電波発射の態勢管理。

公開仕様に基づくノード探索と機器群の管理。

商用グレードの暗号。

標準的な検証付き起動と直接インストール。

ハードウェア抽象化層とインターフェース管理。

相互運用プロトコル。

実装手引き。移植は1日、最初のモジュールは1時間。

Program Editionは Standard Editionを土台とし、実運用への移行が求める産業上の責任を担う機能を加えたものです。

Program Edition

公開されたコア一式に、以下を追加

認定および認証済みのビルド。

運用中の耐量子暗号。ML-DSAおよびML-KEM。

個別プラットフォーム向けエミュレーター。

産業グレードの検証付き測定起動と、A/B構成のインストール。

機器群向けの鍵基盤と関連サービス。

同盟国標準に沿った ID連携と連合運用。

ロールベースのアクセス制御と完全なポリシー管理。

署名付きソフトウェア部品表と供給網全体の検証。

量産時のプロビジョニングと機密情報の管理。

長期サポートと運用時の可観測性。

機器群の構成管理と、認証済みアプリケーションおよびモジュールのストア。

任務の再現サービス。

資産管理。

土台も、インターフェースも、準拠する標準も同一です。事業が運用段階に入った時点で、開発チームは Standard Editionから Program Editionへ移行します。

標準は、産業界とともに築く。

標準の価値は、それを使う事業者の数で決まります。コアを公開しているのは、誰もが自由に試し、自社の機材へ移植し、その妥当性を自ら確かめられるようにするためです。事前の合意も、秘密保持契約も、面談も要りません。



認証プログラム

これは参入の障壁ではなく、提供する仕組みです。民生市場が長年実践してきたやり方にならない、事前の統合作業なしに機材が基盤上で動作することを保証します。機器メーカーは自社製品を、ソフトウェア事業者は自社製品の互換性を、それぞれ認証します。認証機材が増えるほど標準に加わる利点は大きくなり、エコシステム全体がその恩恵を受けます。



技術ガバナンス

ガバナンスはパートナーに開かれています。標準は、それを使う人たちとともに築くものだからです。ただし当面は、単一の主体と公開された規則のもとで運営します。委員会に諮って決める標準は前に進まなくなります。決定が下され続けてこそ、開かれていることに意味があります。

6名、ひとつの構想。 防衛産業ではめったに揃わない経歴の組み合わせ。

耐環境ハードウェア

過酷な環境向けの弾薬と計算機を設計してきました。

+

事業運営

大手プライム企業の内側で事業を率いてきました。

+

公共調達

フランスおよび欧州の公共調達に応札する実務を心得ています。

+

生成AI

効き目のある工程すべてで使いこなします。仕様策定から妥当性確認まで。

27年

上級アドバイザー。防衛事業と産業変革。

10年

事業統括。厳しい制約下での製品開発。

Penrose Tactical

欧州とアジア太平洋に拠点を置き、フランスに本社を構える多国籍の防衛企業です。私たちは防衛産業の出身であり、そこへ戻って役割を果たします。従うべき日程は、情勢が定めるものです。

私たちの信条

開発工程で生成AIを使いこなせば、競争が持つ資金力と技術力の優位は、その一部を失います。主権はもはや予算の問題ではなく、ふたたび方法の問題になります。私たちは、より開かれ、より相互運用しやすく、設計の段階から連合運用を前提とする欧州標準づくりに貢献します。対象はドローン、徘徊型弾薬、車両、ロボット、下車歩兵、大型プラットフォームのすべてです。



コードは公開されています。どうぞお試しください。

<https://agelaios.penrosetactical.com>

本資料に記載する技術要素の権利は、すべて提供元に帰属します。本資料の提供は、いかなるライセンスの許諾または権利の譲渡も意味しません。第三者の商標に言及した場合も、当該商標は各権利者に帰属し、推奨や提携を示すものではありません。

公開資料。配布制限はありません。

ver. 20260820