

資料-3

ウクライナの迎撃用ドローンP1-SUNの概要と
スワーム攻防解析の例：

- ・ Shahed 136 対 P1-SUN
- ・ Shahed 238 対 P1-SUN
- ・ 双方P1-SUN相当のスワーム戦

ASPI-F-3勉強会A 資料

-3

齊藤 英明

ウクライナ軍：「迎撃専用ドローン（interceptor drones）」という新しい防空システム

ロシアのシャヘド／ゲランやランセットに対抗するため、実戦の中で立ち上げた：

特徴は一貫：

極端に低コスト（1,000～5,000ドル級）
高機動・高速度（200～450 km/h クラス）

ドローン対ドローンの近接迎撃（体当たり＋小型弾頭）

大量生産・大量運用を前提とした設計

			
Майкоронок 48 886 грн	Безпілотний літальний апарат "FALCON-JET" для данного... Ціну уточнітьте	Безпілотний літальний апарат "FALCON-JET" для данного... Ціну уточнітьте	Безпілотний літальний апарат "FALCON-JET" для данного... Ціну уточнітьте
			
Безпілотний літальний апарат "FALCON-JET" для данного... Ціну уточнітьте	БПЛА-перехоплювач Вектор 3210 АУТ (аналоговий канал) 94 500 грн	БПЛА MAC DEAD FLY-01 3 168 000 грн	БПЛА (перехоплювач) MAC DEAD FLY-01 114 200 грн
			
БПЛА "BATON PEREKHOPLYVACH KRYLO" 1 225 000 грн	БПЛА "BATON PEREKHOPLYVACH KOPITER" 1 810 000 грн	SKY HAWK 100 44 100 грн	Безпілотний літальний апарат "VIDUR/SHVIDUR" для данного... 2 160 000 грн
A small sample of the interceptor drones produced by Ukrainian industry.			

Inside Ukraine's Interceptor Drone Innovations Swatting Down Thousands Of Russian Shaheds (2026/5/15)

各種迎撃ドローン

https://www.twz.com/news-features/inside-ukraines-interceptor-drone-innovations-swatting-down-thousands-of-shahed-drones?utm_source=copilot.com

ウクライナ軍の迎撃ドローン機能・性能の共通設計思想

- **低コスト・大量生産性**
 - 多くが 3D プリント+市販コンポーネントで構成
 - 単価 1,000~5,000ドル級 → Shahed や SAM より圧倒的に安い
- **高速度・高機動**
 - Shahed の巡航速度（約 185 km/h）を上回る 200~450 km/h クラス
 - 近距離での急旋回・急上昇・体当たりを前提
- **誘導方式**
 - 初期：FPV 手動操縦（ゴーグル+オペレータ）
 - 現在：AI 支援（自動追尾・コース生成）を組み込んだ半自律型が登場しつつある
- **運用コンセプト**
 - 「ミサイルの代わりにドローンで迎撃」
 - Patriot や NASAMS の高価なミサイルを節約しつつ、Shahed のような安価な O 攻撃型ドローンを大量に落とす
 - Bravel CEO の言葉を借りれば、「世界で初めて本格的に実用化されたインターセプタードローン・クラス」

Pilots Can Shoot Down russian Drones in Ukraine from New York or Anywhere Else in the World - Bravel CEO Told About Interceptor Drones

Defense Express (2026/5/18)

https://en.defence-ua.com/analysis/pilots_can_shoot_down_russian_drones_in_ukraine_from_new_york_or_anywhere_else_in_the_world_bravel_ceo_told_about_interceptor_drones-18524.html?utm_source=copilot.com

インターセプタードローンの主なファミリー

1 : 即席／改造型 FPV 迎撃ドローン

・ 機体形状:

- 市販／軍用 FPV レーシングドローンをベースにしたクアッドローター／X 形マルチコプタ
- 小型フレームに高出力モーター＋リポバッテリー

・ 用途:

- Shahed・偵察 UAV・ランセットなどへの体当たり迎撃
- 小型破片弾頭を付ける場合もあれば、完全な「キネティック・ラム」もある

・ 性能イメージ:

- 速度：100～200 km/h クラス
- 航続：数 km～十数 km（前線～目標空域までの短距離）
- 操作：FPV ゴーグル＋手動操縦（専任の「Shahed Hunter」パイロットが育成されている）



https://www.twz.com/news-features/inside-ukraines-interceptor-drone-innovations-swatting-down-thousands-of-shahed-drones?utm_source=copilot.com

インターセプタードローンの主なファミリー(続き)

2. 専用設計の「Shahed Hunter」固定翼／ハイブリッド機

- 機体形状:
 - 小型固定翼機（翼幅 1～2 m 級）
 - あるいは FPV と固定翼を組み合わせた X 翼／ハイブリッド形状
 - 一部は弾丸形・細長い胴体＋小型翼という「高速ミサイル的」外形
- 代表例・コンセプト:
 - Sting 系、Wild Hornets 系などの「Shahed Hunter」専用機
 - 速度 200 km/h クラス、5 km 高度まで運用可能な設計が報告されている
- 性能イメージ:
 - 巡航速度：200～300 km/h
 - 迎撃高度：～5,000 m
 - 誘導：地上オペレータによる手動＋簡易自動操縦、将来的には AI 支援も導入
 - 役割：シャヘドの巡航高度・速度帯に合わせた「空対空ミサイル的」迎撃



日本の Terra Drone が2026年に公開した **Terra A2** は、ウクライナ公式メディアでも“**Shahed** を追跡・破壊する固定翼迎撃ドローン”として紹介されている

Terra A2 のスペック

- 固定翼インターセプター
- 最高速度：312 km/h (Shahed より速い)
- 航続 75 km
- 滞空 40 分
- 高度 5,000 m
- 750 g の弾頭

https://kantenna.com/topic/terra-a2-shahed-hunter-japan-layered-air-defense?utm_source=copilot.com

インターセプタードローンの主なファミリー(続き)

3. 高速・専用量産機 (例: P1-SUN など)

UNITED24 Media などが紹介している「インターセプタードローン」の中で、特に象徴的なのが SkyFall 社の P1-SUN

- 機体形状:
 - 弾丸形・細長い胴体＋小型翼
 - 垂直離陸 (VTOL) 可能な設計
 - 3D プリントを多用した低コスト構造
- 性能 (公開情報ベースのレンジ):
 - 速度: 300 km/h ~ 最大 450 km/h
 - 目的: Shahed-136 (巡航約 185 km/h) を確実に追尾・迎撃できる速度マージンを確保
 - コスト: 1,000~3,000ドル級 (Patriot 1 発 400万ドルとの対比が強調されている)
- 機能:
 - 垂直発進→高速上昇→目標空域での迎撃
 - 目標は主に Shahed/Geran 系 OWA ドローン
 - 将来的には AI 支援誘導 (自動追尾・衝突コース生成) も組み込まれつつあるとされる

What Is Ukraine's Interceptor, One of the World's Most In-Demand Drones? (2026/35/22更新)

https://united24media.com/war-in-ukraine/what-is-ukraines-interceptor-one-of-the-worlds-most-in-demand-drones-17055?utm_source=copilot.com



約800gの弾頭搭載
直撃又は近接信管



新型ジェット推進式シャヘド-238
: 最高速度550~600km/hに達する

長期的には阻止するのがはるかに困難になる可能性がある。

P1-SUNは高度5キロメートルまで到達可能。また、パイロットによる操縦が可能で、オプションとしてAI支援による目標捕捉機能も備えている。

インターセプタードローンの主なファミリー(続き)

4. ジェット／ターボジェット推進インターセプタ (Interceptor 2.0 など)

- ・ 機体形状:
小型固定翼＋ターボジェットエンジン
カタパルト発進
- ・ 性能 (公開情報ベース):
 - ・ 機体全長: 1650 mm 翼幅: 1500 mm 離陸重量: 10.4 kg ペイロード: 1.6 kg
 - ・ 巡航速度: 約 220 km/h 最大速度: 320 km/h 迎撃高度: 多様な高度・温度条件で運用可能
- ・ 用途:
 - ・ Shahed だけでなく、偵察 UAV や他の空中目標も含む「汎用空対空迎撃プラットフォーム」



Interceptor 2.0

Interceptor 2.0 が「Shahed迎撃」に最適化されている理由

- ① Shahed の速度 (180 km/h前後) を上回る
→ 320 km/h なら正面衝突迎撃が可能
- ② 30 km の迎撃距離
→ Shahed の侵攻ルートに対し、都市上空に到達する前に迎撃
- ③ 自動ロックによる EW 耐性
→ Shahed のような GPS依存・低機動 UAV に対し非常に有効
- ④ 迎撃確率 (Kill 確率); 0.7~0.8
- ⑤ コスト: 不明 但しミサイル (SM-2/3/6、NASAMS、IRIS-T等) より桁違いに安価と推定

他のジェット迎撃機との比較

システム	推進	最大速度	迎撃距離	特徴
Interceptor 2.0 (ウクライナ)	ターボジェット	320 km/h	30 km	自動ロック・再利用可能
Alta Ares (仏)	ターボジェット	不明 (高速)	不明	Shahed迎撃用、実証済み Ref.1
ロシア Jet Kamikaze (展示)	ターボジェット	不明	不明	攻撃用途中心 Ref.2
Anduril Roadrunner (米)	ジェット	高速	長距離	再利用可能迎撃機 Ref.3

1: https://united24media.com/latest-news/shahed-killers-ukraine-and-france-launch-next-gen-jet-powered-interceptor-drones-13528?utm_source=copilot.com

2: https://www.analisidifesa.it/2023/04/1a-russia-sviluppa-un-drone-kamikaze-a-turbogetto-e-attrezza-le-basi-per-gli-uav/?utm_source=copilot.com

3: https://www.defenseone.com/defense-systems/2023/12/anduril-unveils-jet-powered-interceptor-designed-down-enemy-drones-missiles/392403/?utm_source=copilot.com

Shahed136攻撃に対するP1-SUN迎撃の特性

Shahed-136 (Geran-2) の探知

距離

探知手段

探知距離軍用レーダー max.50km程度

音響センサー 1~5km (max.20km)

肉眼 0.5~1km

赤外線カメラ 0.5~2km

光学カメラ 0.5~2km

Shahed-136は通常、高度100~300m速度180~200km/h程度で飛行する

レーダのLine of sightから実用上
20-30km

RCSはおおよそ0.01~0.1m²程度と推定
Object Detection Models in Counter-
Unmanned Aircraft Systems Based on
Devices with Limited Computing
Capabilities

Conference: 13th International Scientific
and Practical Conference "Information
Control Systems and Technologies", ICST
2025At: OdesaVolume: 4048

https://www.researchgate.net/publication/396930352_Object_Detection_Models_in_Counter-Unmanned_Aircraft_Systems_Based_on_Devices_with_Limited_Computing_Capabilities?utm_source=chatgpt.com

P1-SUN迎撃との関係

Shahedが30kmで探知されたと仮定

Shahed速度：約190km/h

P1-SUNの対処可能時間：約9~10分

(探知識別-P1-SUN発進-誘導-迎撃)

「Shahedは「見えにくい、うるさい」レーダーよりも「音響網で早期警戒し、迎撃ドローンを向かわせる」

静穏な環境なら20km以上で音が聞こえる
場合がある

"COMBINED ARMS UNITS TO COMBAT IRANIAN-
MADE STRIKE UAVS "SHAHED-136" ("GERAN-
2") AND THE RUSSIAN FEDERATION "LANCET-
2"

according to the experience of the
Russian-Ukrainian war of 2022-2023)

https://mil.ee/wp-content/uploads/2024/10/2023_Ukrainian-handbook-C-UAS-ON-IRANIAN-MADE-SHAHED-136-GERAN-2-AND-LANCET-2-ASSOCIATION-AIRCRAFT.pdf?utm_source=chatgpt.com

シャヘド136・スワーム攻撃対P1相当迎撃ドローンの攻守の結果例 (異なった迎撃シナリオ(2段階追尾・撃破)による交戦様相)

モデル全体の考え方

- 攻撃側 (A) : Shahed-136
速度 : $V_A \approx 51 \text{ m/s}$ (ほぼ一定)
旋回性能 : 極めて低い → 直線飛行 + 微小なランダム偏差として扱う
- 迎撃側 (B) : P1-SUN
フェーズ1 : 高速接近フェーズ
速度 : $V_{B1} \approx 80 \sim 90 \text{ m/s}$
旋回 : $n_{B1} \approx 3 \sim 4 G$
フェーズ2 : 減速・高機動フェーズ
速度 : $V_{B2} \approx 40 \sim 70 \text{ m/s}$
旋回 : $n_{B2} \approx 4 \sim 6 G$ (瞬間的でもよい)

Shahed-136の旋回性能 (推定)

- 旋回半径は $0.6 \sim 1.2 \text{ km}$ 程度
- 高G旋回は不可能

旋回半径モデル

水平定常旋回の基本式 : $R = \frac{v^2}{g\sqrt{n^2-1}}$

Shahed は構造的に $n \approx 1.1 \sim 1.2G$ 程度が限界 (高G不可)

- $n = 1.15$ (限界的) で計算 : $R = \frac{51.4^2}{9.81\sqrt{1.15^2-1}} \approx 890 \text{ m}$
- $n = 1.1$ (より現実的) : $R \approx 1200 \text{ m}$

P1-SUNの旋回性能 (推定)

- 高速フェーズ, $V \approx 89 \text{ m/s}$, $n = 3 \sim 4G$:
旋回半径 $R \approx 200 \sim 300 \text{ m}$
- 減速・高Gフェーズ, $V \approx 40 \sim 70 \text{ m/s}$:
旋回半径 $R \approx 100 \sim 200 \text{ m}$

旋回半径モデル : 水平定常旋回の基本式 : $R = \frac{v^2}{g\sqrt{n^2-1}}$

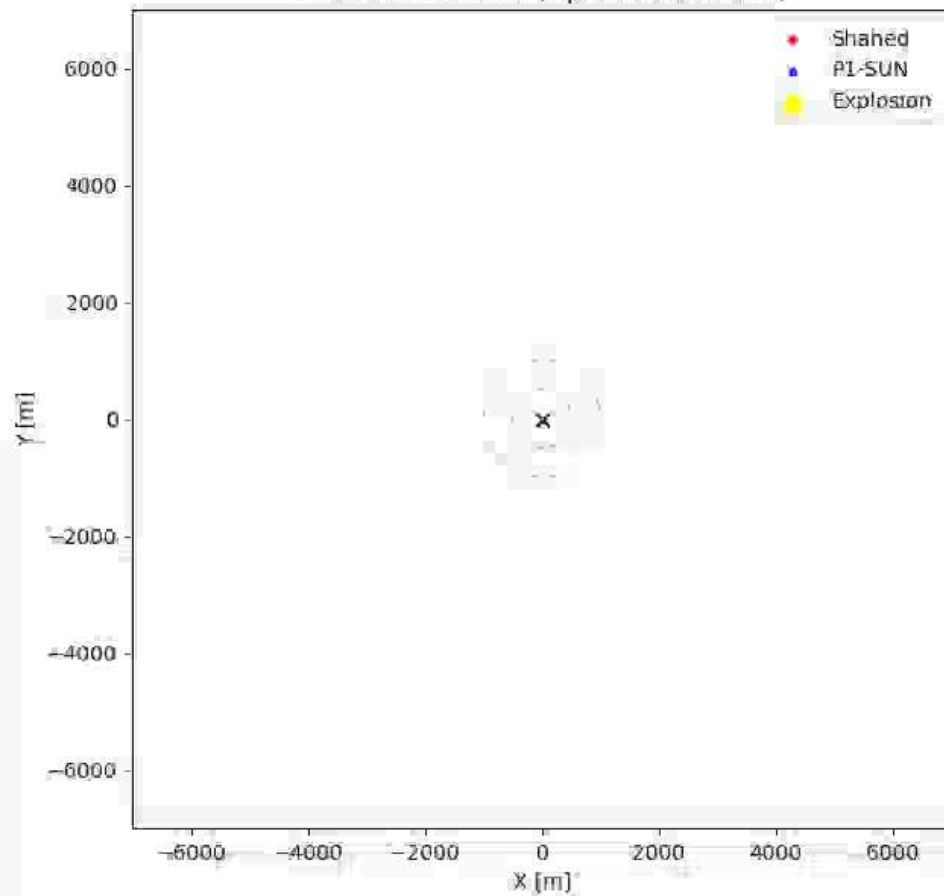
$n = 3 G$ $R=285 \text{ m}$ 旋回角速度 $\omega=17.9 \text{ 度/s}$

$n = 5 G$ $R=185 \text{ m}$ 旋回角速度 $\omega=31 \text{ 度/s}$

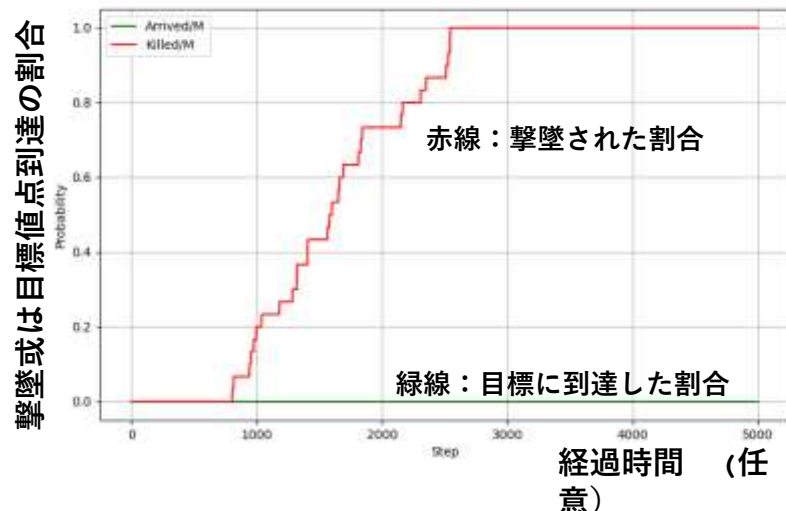
シャヘド136・スワーム攻撃対P1相当迎撃ドローンの攻守の結果例 (迎撃シナリオ(2段階追尾・撃破) による交戦様相)

Kill確率0.8の迎撃機30機と攻撃機
の交戦展開 (迎撃成功例)

Shahed vs P1-SUN (Optimal Allocation)



総攻撃機数に対する目標地点到達機
数と撃墜機数割合の時間履歴



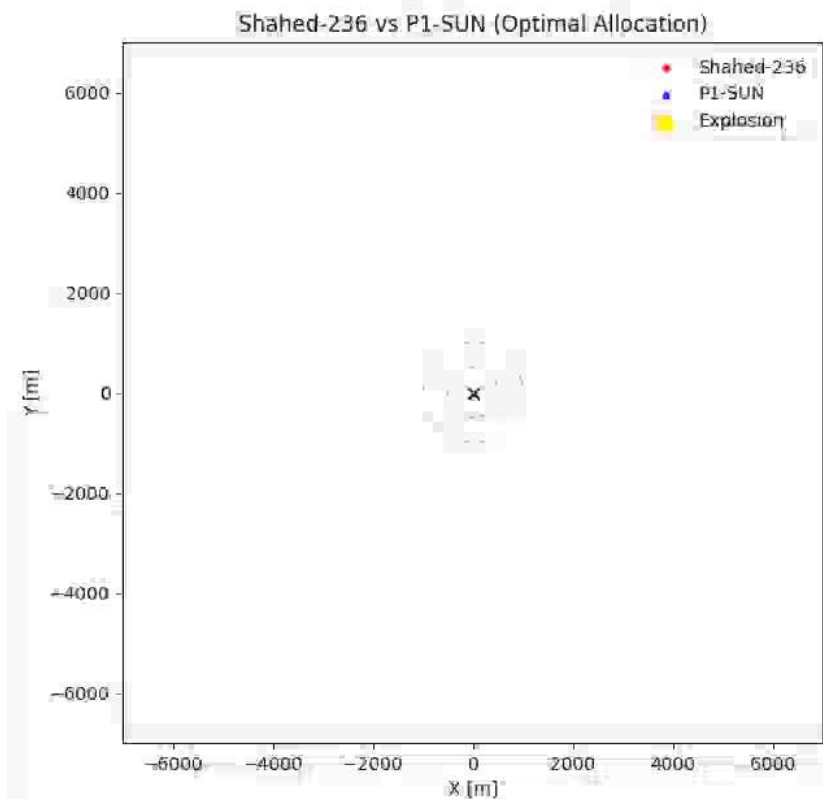
防衛領域：3ゾーン (z1:1km、z2:200m、z3:20m)
攻撃目標：最終目標地点z3 以内への到達

- ・ 攻撃機：シャヘド136模擬 (ほとんど直線飛行)
- ・ 機数数：30機・距離6kmから開始 速度51m/s
- ・ 発射時間遅れ：ランダム
(距離1500km飛行後の各機体間で遅れが生ずると想定)
- ・ 迎撃機：P1-SUN模擬 (Max 5 G旋回可能)
- ・ 機数：30機・距離5kmで0.5度の方探誤差
速度 遠距離89m/s 迎撃近距離70m/s
- ・ 終末誘導：比例航法・距離1km接近70m/sで4G旋回
- ・ kill確率 (迎撃確率/1機)=0.8 撃墜可能範囲：5m
- ・ 撃墜後、攻撃機と迎撃機はともに消滅

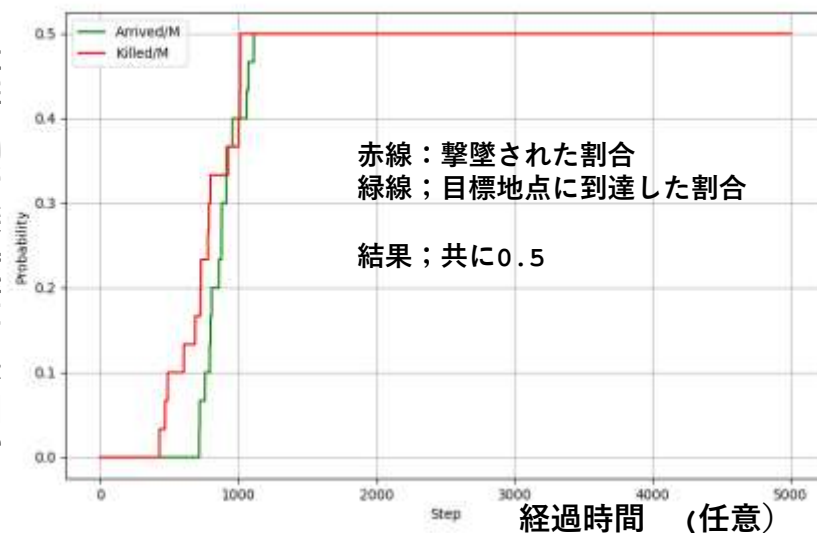
能力向上型Shahed238による攻撃 対 P1相当機 迎撃の例

攻撃機30機と同数のKill確率
0.8の迎撃機30機の交戦展開
(完全撃破はできない)

総攻撃機数に対する目標地点到達機
数と撃墜機数割合の時間履歴



撃墜或は目標地点到達の割合



計算条件：

Shahed 236の飛行速度：時速600km
他の初期値、計算方法：変更なし

結果：・迎撃率と目標地点到達率=0.5で、
迎撃に失敗
・P1-SUNの能力向上型が必要

P1-SUNの進展

地上発射と航空機（無人機を含む）からの発射

An-28輸送機から空中発射する方法も実戦投入
無人機から空中発射する方法も実戦投入



Ukraine launches P1-Sun and Sting
interceptor drones from aircraft to
down Shahed attack UAVs

Iryna Levytska -24 April, 10:40

April https://www.pravda.com.ua/eng/news/2026/04/24/8031613/?utm_source=chatgpt.com

空中発射の利点は、
・高度を既に持っている
・Shahedに追いつきやすい
・航続距離を節約できる

実質的に「安価な空対空ミサイル」
として使う



ロシア攻撃ドローンの進展

ジェット推進型攻撃ドローンの配備

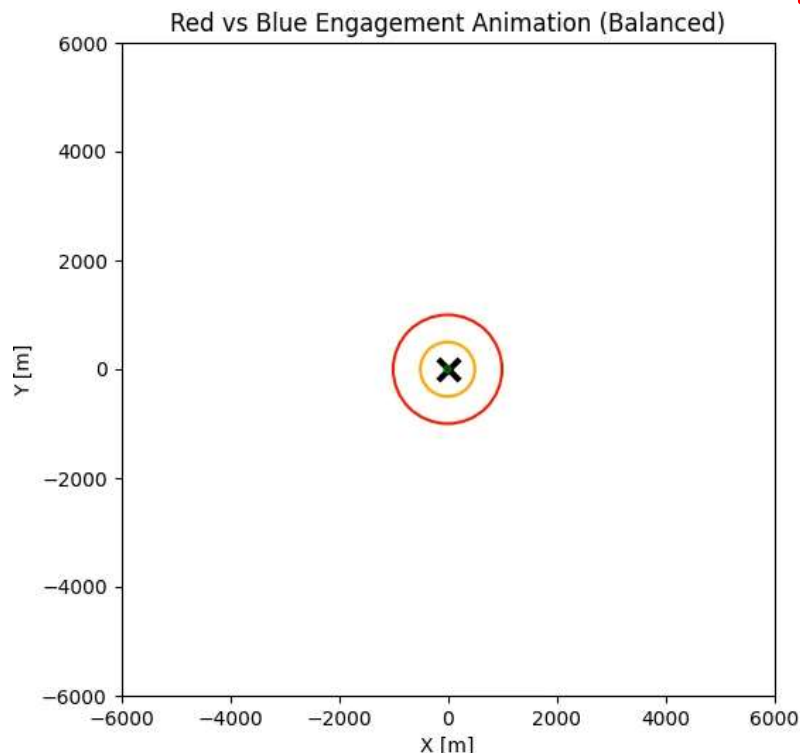
- ・ Geran-3
- ・ Shahed-238など

速度：500km/h級 > P1-SUN
(Max. 約

310km/h)

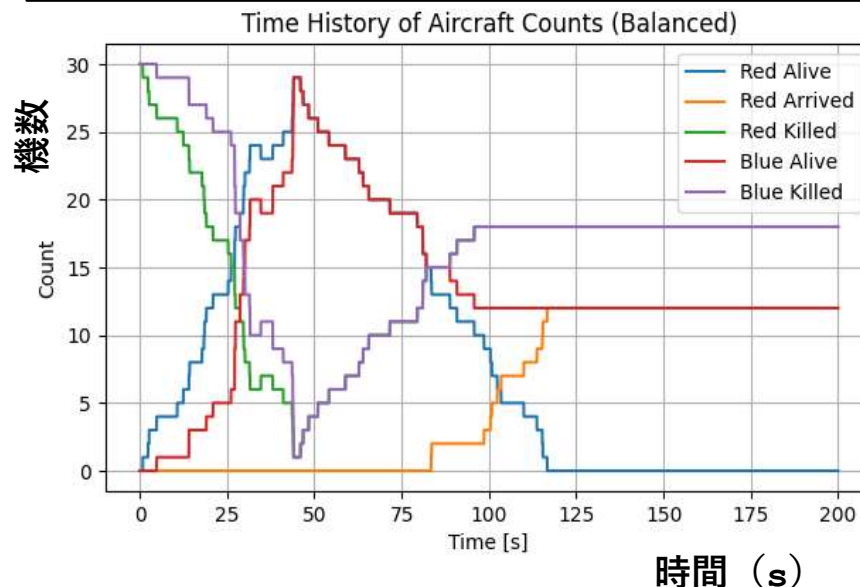
攻守の進展は続く

攻撃機（赤）・迎撃機（青）：
機数30機 交戦の時間履歴



P1-SUN相当機を攻撃機として利用 P1-SUNを迎撃機とする

交戦進捗に伴う攻撃機・迎撃機の機数変化



初期条件の抜粋

攻撃機：30機 6km全周からランダム出現 遠距離での速度80m/s
（旋回4G）近距離での速度70m/s（旋回6G） 目標探知距離：1500
m 回避飛行 速度切替距離：目標から1km 目標到達判定距離 20m

迎撃機：30機 50m半径以内から発進 目標機方位探知誤差 ± 1 度
遠距離速度 117m/s（旋回4G）近距離速度91m/s（旋回5G）目標
機追尾方式：比例航法(PN) 撃墜距離6m 目標機探知距離3km
Kill 確率0.8

結果：迎撃確率；0.6
撃墜数；18機

まとめ

- ・ ウクライナの迎撃用ドローンの現状概要
- ・ スワーム攻撃と迎撃シミュレーションにより解析した
数学的簡易モデルを作成し、結果の一例を提示
 攻撃ドローンとしてShahed136相当とShahed238を想定
 迎撃ドローンとしてP1-SUN相当を想定
 各種パラメータ解析可能；
 - ・ 迎撃kill確率・攻撃迎撃機数・初期位置・攻撃パターン
 - ・ 迎撃機発射遅れ時間　・探知距離等
結果：Shahed136には、P1-SUNは対処可能
 能力向上型Shahed238には、対処が難しい
- ・ 実戦では、Shahed136 探知に「下記のセンサー・フュージョン」を利用
 単独のレーダーではなく、レーダー・音響センサー・
 市民通報・光学監視・AIによる統合追跡を実施
- ・ P1-SUN相当のドローンによるスワーム（攻撃と迎撃）戦闘を想定し解析した
シミュレーションの結果、迎撃機的能力を相当上げても完全撃破に至らない

結果から：スワーム戦闘を想定した精密なシミュレータが不可欠
 攻撃ドローンよりも高い性能の迎撃ドローンが常に多数必要