



航空装備研究所における 戦闘支援AIの実現に向けた研究の現在

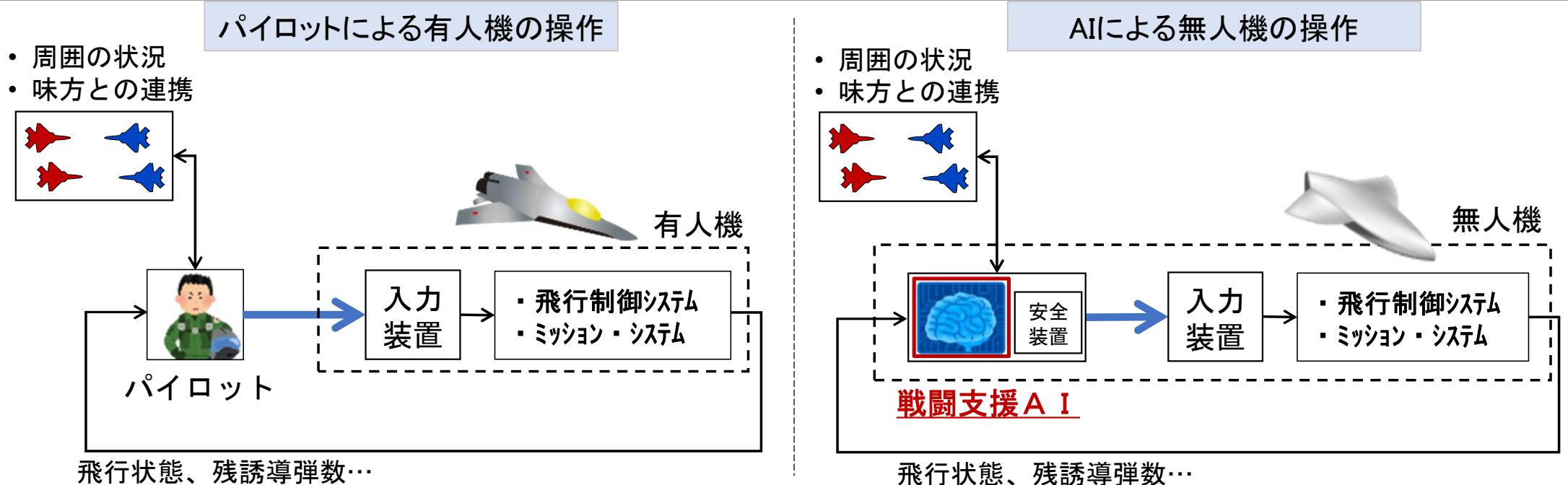
防衛装備庁 航空装備研究所 航空機技術研究部
航空機システム・無人機知能化研究室

戦闘支援AIとは～有人機と無人機の違い～

- パイロットが行っている航空戦闘における意思決定能力と同等以上の人工知能(AI)を搭載しつつ、安全性が確保された無人機の実現を目指す

- AIに求める能力
- AIを航空機に搭載する上での制約

- 人と適切に協調できること
- 実環境において適切に作動すること
- AIを搭載しても従来の航空機と同等の飛行安全を確保できること

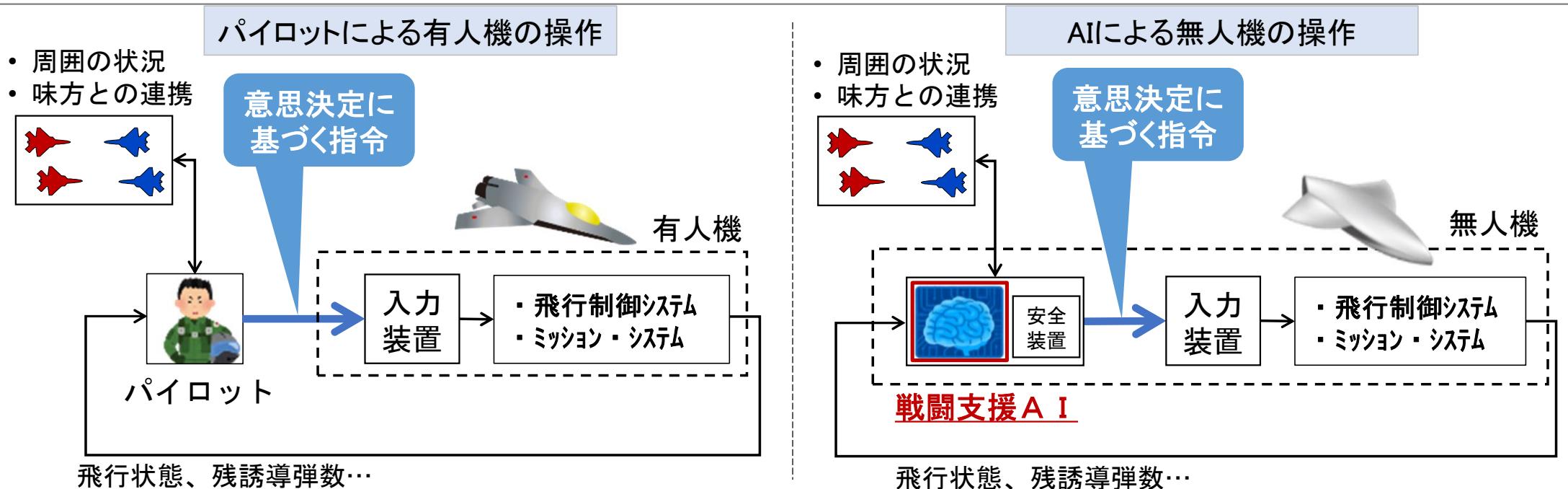


戦闘支援AIとは～有人機と無人機の違い～

- パイロットが行っている航空戦闘における意思決定能力と同等以上の人工知能(AI)を搭載しつつ、安全性が確保された無人機の実現を目指す

- AIに求める能力
- AIを航空機に搭載する上での制約

- 人と適切に協調できること
- 実環境において適切に作動すること
- AIを搭載しても従来の航空機と同等の飛行安全を確保できること



強化学習と適用事例

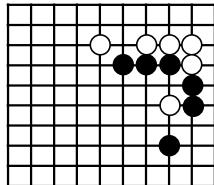
強化学習

- 「一手一手、瞬間では正解が自明ではないが、ある程度時間が経過すると良し悪しが分かる問題」に対する機械学習手法
- AIが試行錯誤を繰り返し、良い結果をもたらす行動を学習

適用事例

ボードゲーム

囲碁^{*1}など



- 周りが全て見える
- 見える情報は全て正確

コンピュータゲーム

StarCraft II^{*2}
Dota 2^{*3}
Gran Turismo 7^{*4}

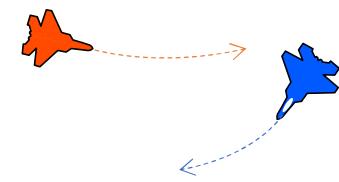
- 全てが見えるとは限らない
- 見える情報は全て正確

ロボティクス

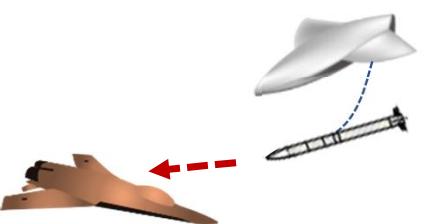
ロボットハンド^{*5}
ドローン^{*6}

- 全てが見えるとは限らない
- 見える情報に誤差が含まれる

航空戦闘



行動～結果までに時間差



*1 Silver, David, et al. "Mastering the game of go without human knowledge." *nature* 550.7676 (2017): 354–359.

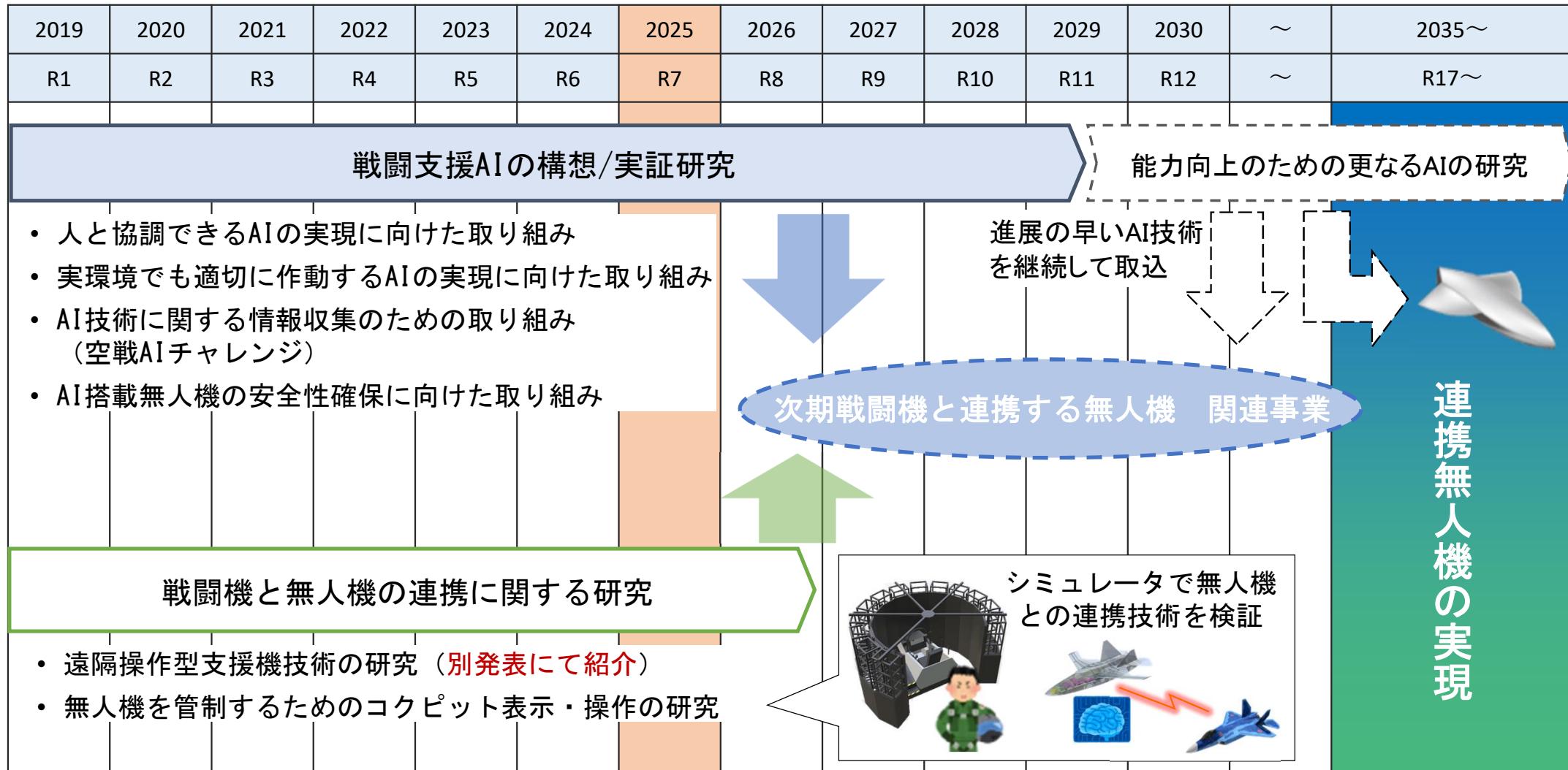
*4 Vasco, Miguel, et al. "A super-human vision-based reinforcement learning agent for autonomous racing in gran turismo." *arXiv preprint arXiv:2406.12563* (2024).

*2 Vinyals, Oriol, et al. "Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning." *nature* 575.7782 (2019): 350–354.

*5 Akkaya, Ilge, et al. "Solving rubik's cube with a robot hand." *arXiv preprint arXiv:1910.07113* (2019).

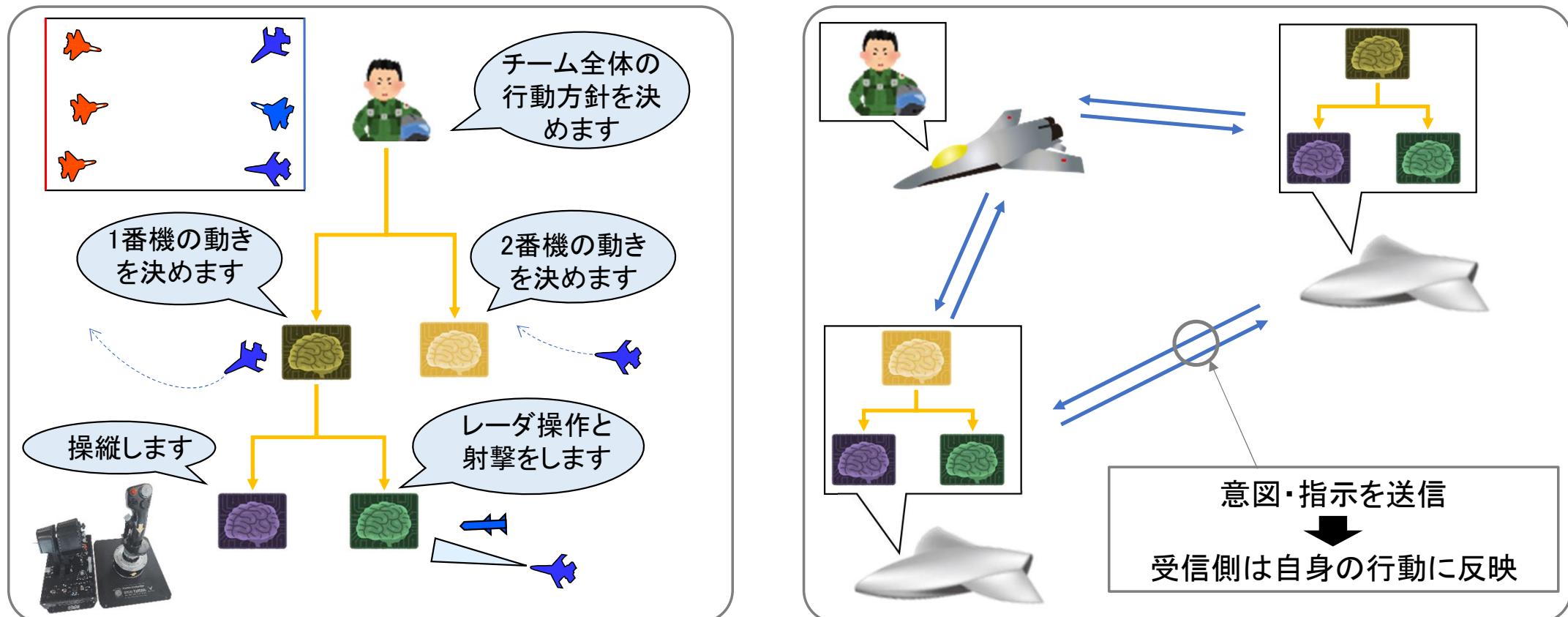
*3 Berner, Christopher, et al. "Dota 2 with large scale deep reinforcement learning." *arXiv preprint arXiv:1912.06680* (2019). *6 Kaufmann, Elia, et al. "Champion-level drone racing using deep reinforcement learning." *Nature* 620.7976 (2023): 982–987.

戦闘支援AI関連研究の経緯と計画



人と協調できるAIの実現に向けて

- 人がAIの意図を理解しやすくするため、AIの役割を階層化して分担
- AIの意図を人や他のAIに伝え、受信側は自身の行動に反映できる仕組みが必要

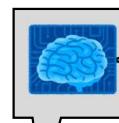


人と協調できるAIの実現に向けて

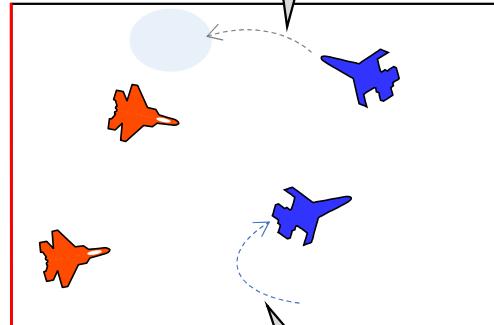
- 人がAIを信頼し協調行動するためには、AIの振る舞いを理解・納得しておくことが必要
- AIの出力を様々な切り口で可視化し、提示できることが重要

過去の行動に対する理由付け

今までのAIの出力は
何を狙っていたのか？



北側から回り込もう
としていました



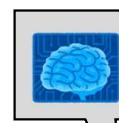
学習によって
AIは何を学んだか？



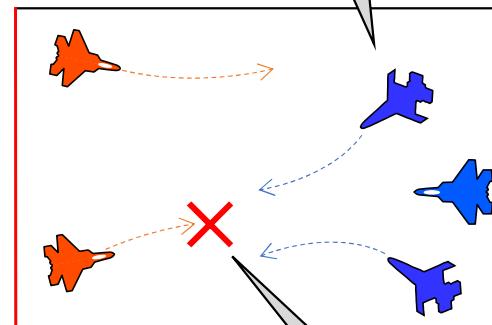
相手と距離を詰めすぎ
ないことを学びました

未来の行動に対する理由付け

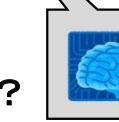
AIはこれからどんな
出力を出すのか？



緩やかに右旋回しつつ
南側に向かいます



AIはこの後の戦況を
どう想定しているのか？

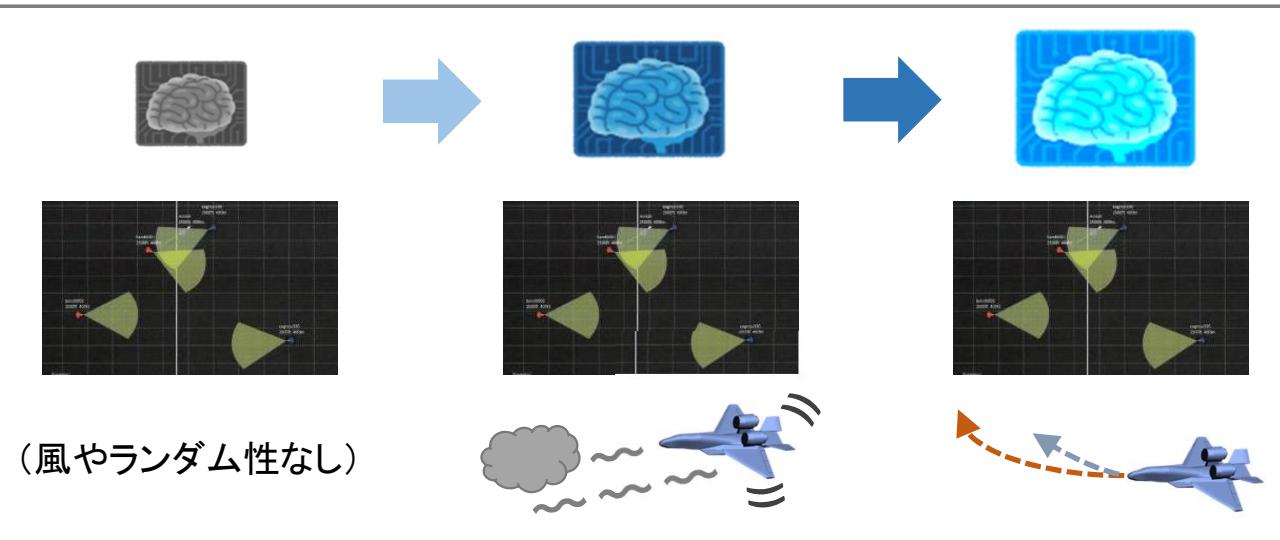


南の彼機は
撃墜できそうです

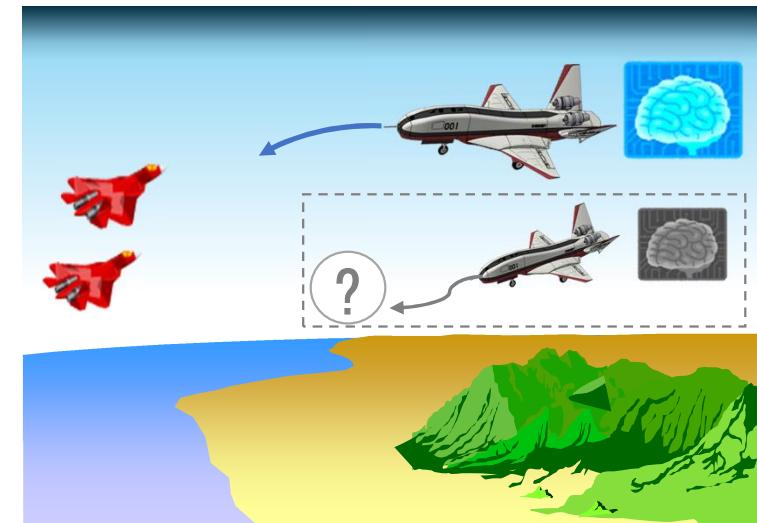
実環境でも適切に作動するAIの実現に向けて

- 実環境とは必ずしも同一ではないシミュレーション環境で学習
- シミュレーションと実環境の差異によってAIの性能に劣化が生じることから、この差異に対する耐性を有するAIを実現することが課題
- 今後、飛行試験によって実環境での動作を確認予定

シミュレーション



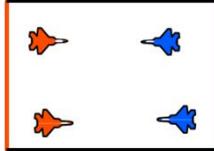
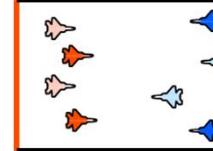
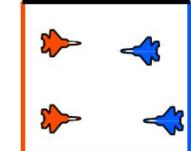
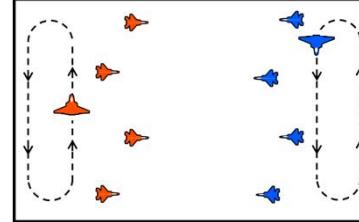
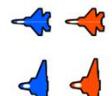
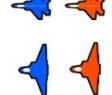
実環境



AI技術に関する情報収集のための取り組み

● 空戦AIチャレンジ

- 大勢の参加者による試行錯誤を通し、空戦に適したAI技術に関する情報収集を目的として実施
- 公開可能な範囲で簡略化した空戦シミュレータを一般に配布
- 空戦を行うAIを作成・投稿してもらい、上位入賞した方のAI技術に関するアイデアを頂く

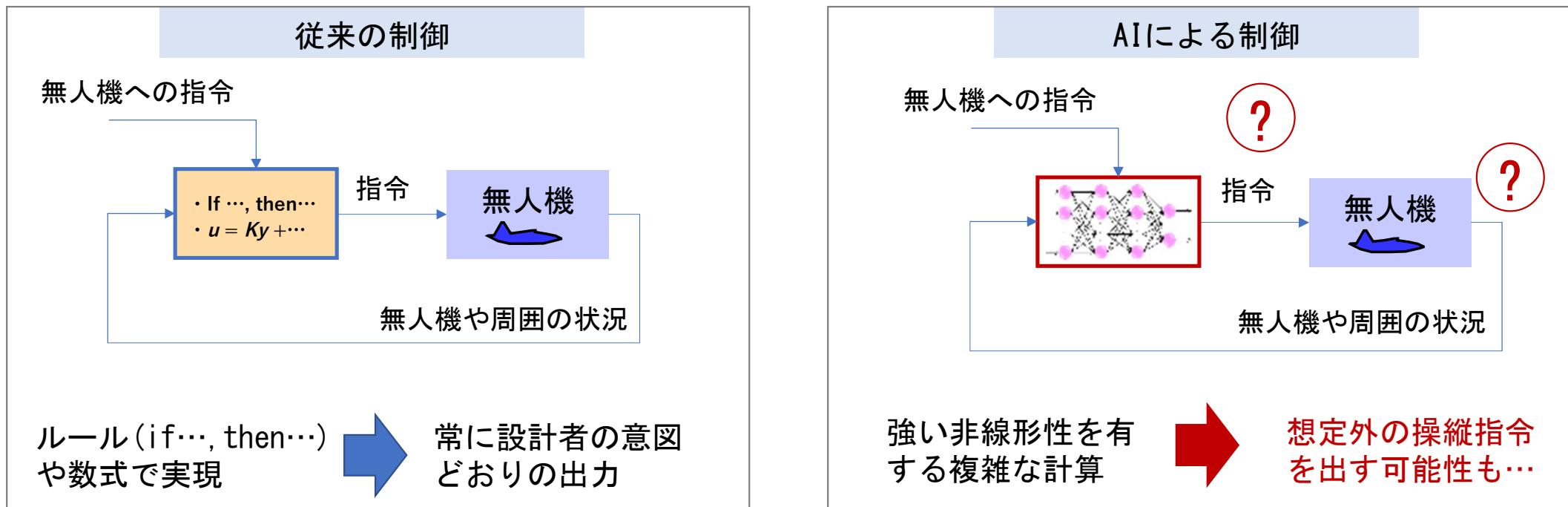
	第1回 (R3年度)	第2回 (R4年度)	第3回 (R5年度)	第4回 (R7年度)	
期間	R4.1.5～R4.2.28	R4.12.16～R5.2.26	R5.12.1～R6.2.25	R7.7.14～R7.11.16	
参加者数	569	753	928	1700*	
部門			オープン部門		ユース部門
投稿人数	48	27	69	122*	53*
投稿件数	677	196	654	1627*	474*
戦闘場面	 <ul style="list-style-type: none"> • 単一機種の2対2の中距離戦 • 全機撃墜または突破で勝利 	 <ul style="list-style-type: none"> • 誘導弾あり • 誘導弾なし • 2機種混成の4対4の中距離戦 • 全機撃墜または突破で勝利 	 <ul style="list-style-type: none"> • 単一機種の2対2の中距離戦 • 全機撃墜で勝利 	 <ul style="list-style-type: none"> • 戦闘機4機+護衛対象機1機の中距離戦 • 相手の護衛対象機を早く撃墜した方が勝利 • ユース部門はオープン部門よりも比較的容易な問題設定 	 … 戦闘機  … 護衛対象機

※ R7.11.7時点

AI搭載無人機の安全性確保に向けて

- なぜAI搭載無人機の安全性確保を考える必要があるか？

- AIの入出力間には強い非線形性
- AIのふるまいを設計段階(Design-Time)に完全に予測することは困難



AI搭載無人機の安全性確保に向けて

- AI搭載無人機の運用中(Run-Time)に飛行安全を保証する仕組み

➡ RTA: Run-Time Assurance

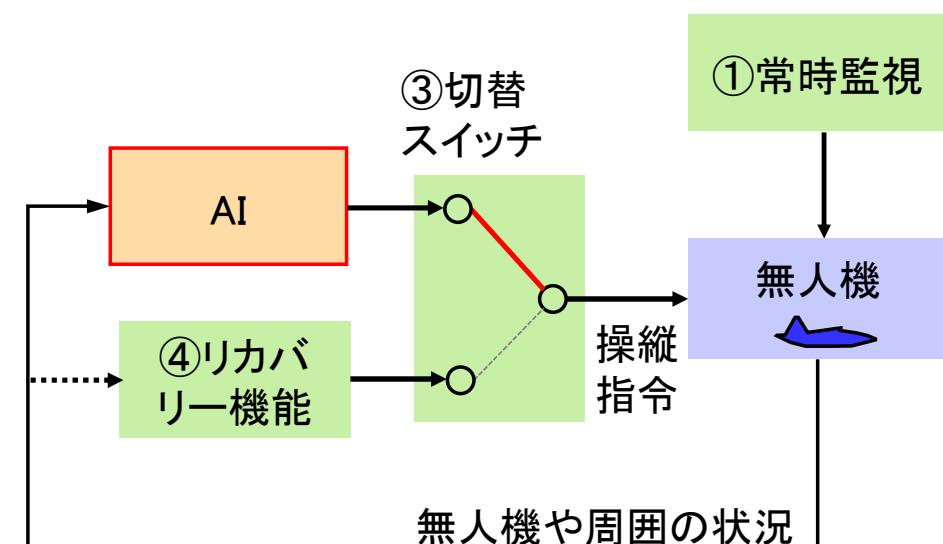
通常時はAIが作動

RTAの動作

AI搭載無人機の運用中に、

- ① 無人機の状態を常時監視し、
- ② AIが飛行安全に影響を及ぼすと判断される場合、
- ③ 切替えスイッチを作動させてAIを無人機から切り離し
- ④ 事前に信頼性が保証されているリカバリー機能に切り替えて危険事象を回避することで飛行安全を確保

AI動作中/リカバリー機能動作中



: RTAを構成する各機能

AI搭載無人機の安全性確保に向けて

- AI搭載無人機の運用中(Run-Time)に飛行安全を保証する仕組み

→ RTA: Run-Time Assurance

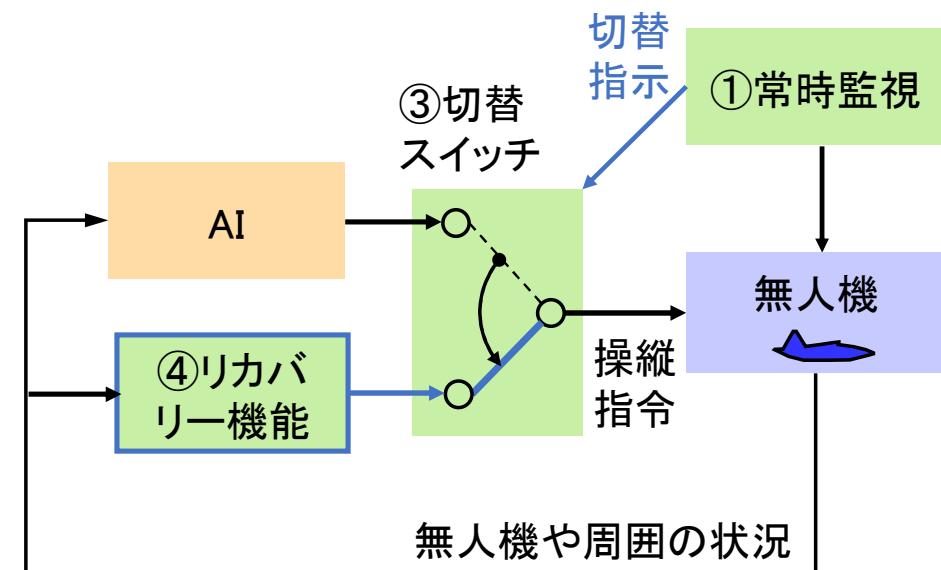
RTAの動作

AI搭載無人機の運用中に、

- ① 無人機の状態を常時監視し、
- ② AIが飛行安全に影響を及ぼすと判断される場合、
- ③ 切替えスイッチを作動させてAIを無人機から切り離し
- ④ 事前に信頼性が保証されているリカバリー機能に切り替えて危険事象を回避することで飛行安全を確保

飛行安全に影響を及ぼすと
判断される場合**AIをOFF**

AI動作中/リカバリー機能動作中



: RTAを構成する各機能

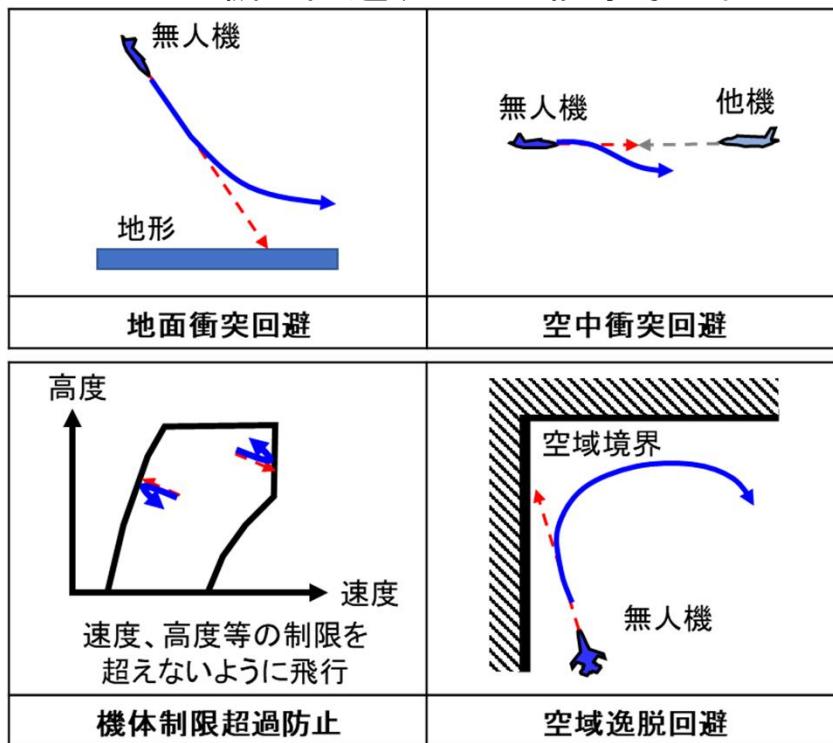
AI搭載無人機の安全性確保に向けて

● RTAに求められる性能

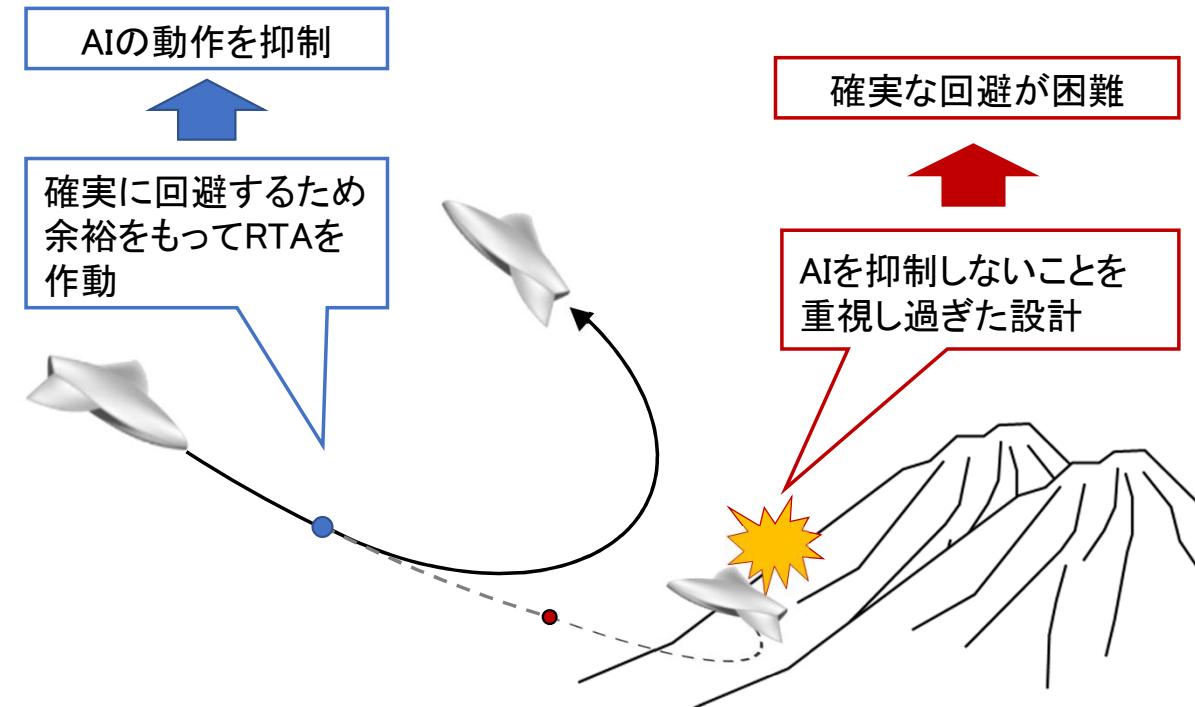
- 安全装置であるため、複数の危険事象を確実に回避できること
- 無人機の任務遂行を阻害しないよう、動作を局限できること

相反する性能の両立が必要

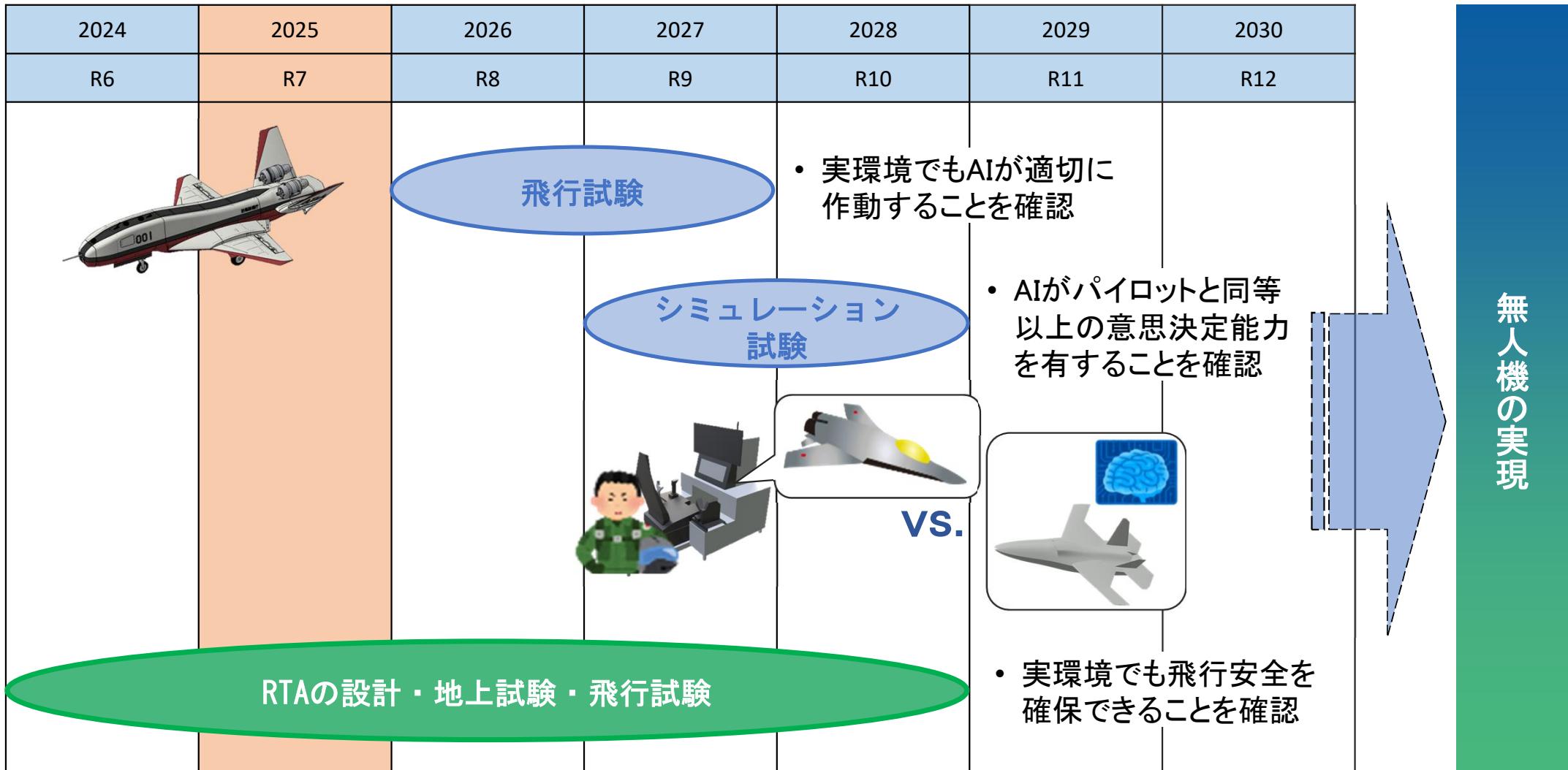
無人機が回避すべき危険事象の例



地面衝突回避の例



戦闘支援AIの実現に向けた今後の取り組み



まとめ

- ✓ 航空装備研究所では、戦闘支援AIの実現に向けて、人と連携できるAIの構造、実環境での使用に耐えるAI、安全性確保のための技術研究に取り組んでいます。
- ✓ 今後は、これまでの研究で得られた戦闘支援AIの性能を、パイロットが操作できるシミュレータ等を用いて検証するとともに、飛行試験により実用性を確認していきます。
- ✓ 最新のAI技術を広く、タイムリーに取り込むため、様々な企業・研究機関との連携を強化しつつ、戦闘支援AIの実現に向けた研究を加速させていきます。