

# 戦闘支援無人機を目指して

*Toward UAVs Collaborating with Fighters*

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

栗城 康弘

KURIKI, Yasuhiro

Aircraft and UAV Systems Research Section

Aircraft Research Division, Air Systems Research Center(ASRC), ATLA

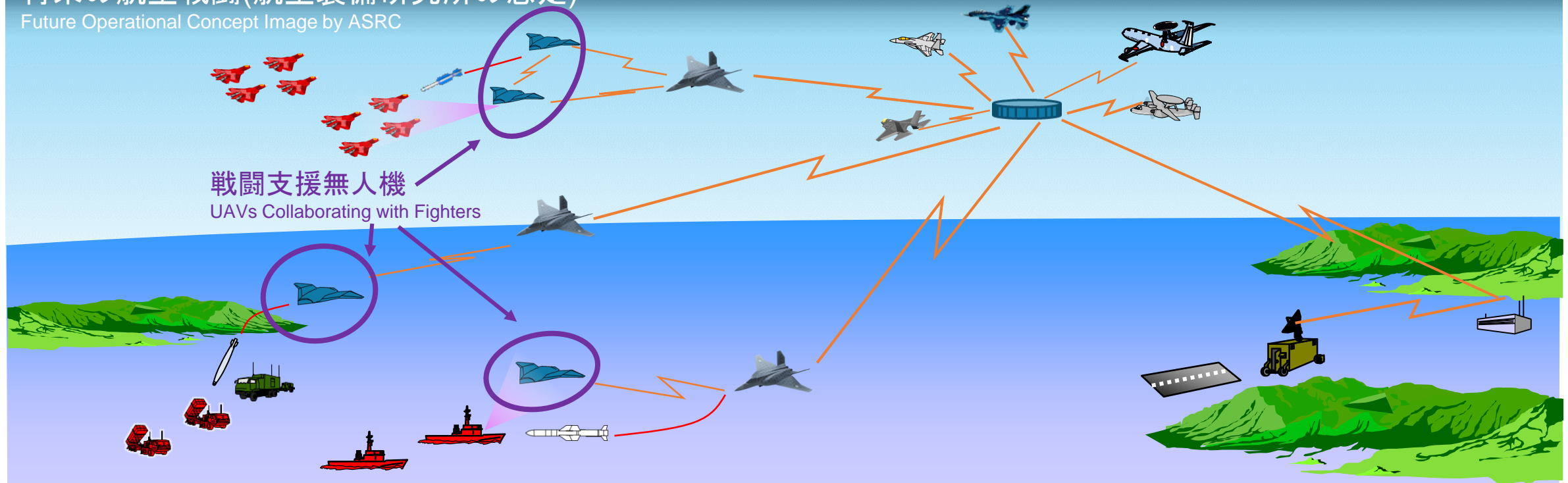
# 戦闘支援無人機とは

## What are the UAVs Collaborating with Fighters

- 我が国周辺では、いわゆる第4・第5世代戦闘機の増勢に加え、多種多様な無人航空機の開発も急速に進められており、我が国の航空防衛力の質・量の強化が急務  
Given the proliferation of 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> generation fighter aircraft and the rapid development of various types of UAVs in our country's vicinity, it is important to strengthen both quality and quantity of our country's air defense capability.
- このような中で、将来にわたって航空優勢を確保・維持していくためには、戦闘機と連携して行動し多様な任務の遂行を可能とする戦闘支援無人機が、戦闘様相を大きく変える可能性を有する  
In order to secure and maintain air superiority for the future, UAVs collaborating with fighter aircraft to conduct a variety of missions have the potential to significantly alter air combat.

### 将来の航空戦闘(航空装備研究所の想定)

Future Operational Concept Image by ASRC



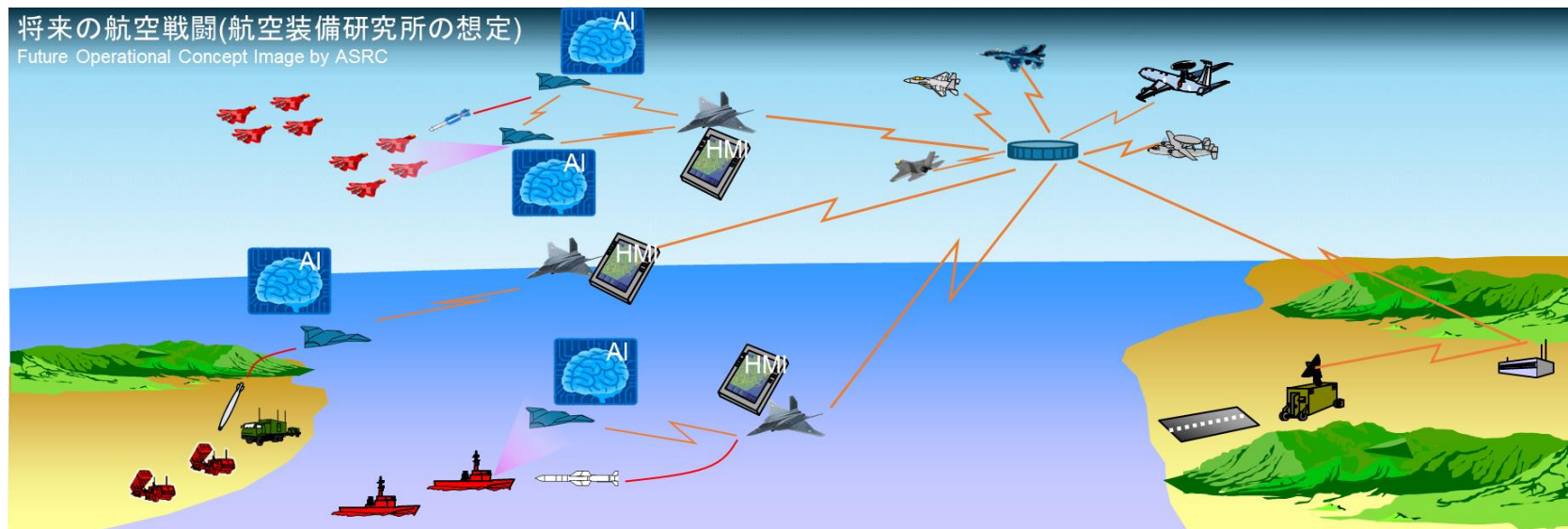
### 現在の主要研究事業

Current Major Research Projects

- 無人機コンセプトの検討 Trade-off Study on Concepts of the UAV Collaborating with Fighters
- 戦闘支援AI Artificial intelligence for air combat
- AI搭載無人機の安全性確保 Ensuring the safety of UAVs with AI
- AI搭載無人機の飛行実証 Flight demonstration of UAVs with AI
- パイロットと無人機とのインターフェース Human machine interface
- AIと飛行制御系の接続 Connection between AI and flight control

HMI: Human Machine Interface

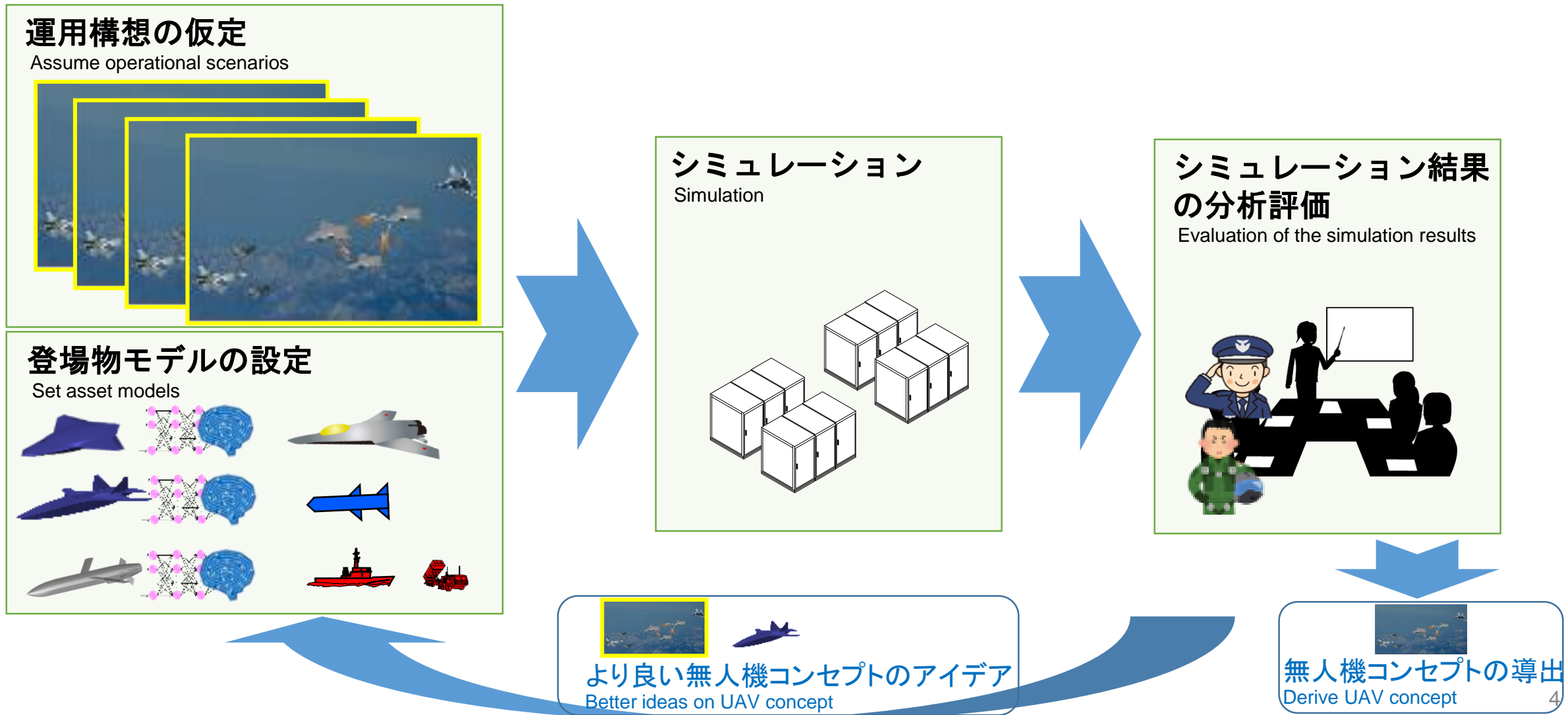
- その他、機体、エンジン、ミッション・システム、ネットワーク等は基本的に既存技術を活用  
Airframe, engine, mission systems and networks primarily leverage existing technologies



# 無人機コンセプトの検討

## Trade-off Study on Concepts of the UAV Collaborating with Fighters

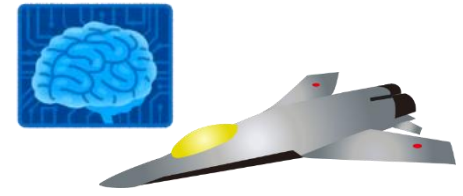
- シミュレーションによりAI技術を適用した無人機の運用上の効果を確認し、将来の無人機のコンセプトを導出  
Confirm the operational effectiveness of UAVs with AI by modeling and simulation, and derive the desirable concepts for UAVs.



# 戦闘支援AI (1/3) - AIに期待する役割 -

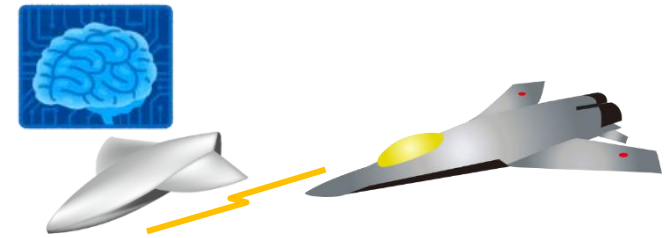
AI for Air Combat (1/3) - Expected Roles of AI -

## コパイロットとして As a co-pilot



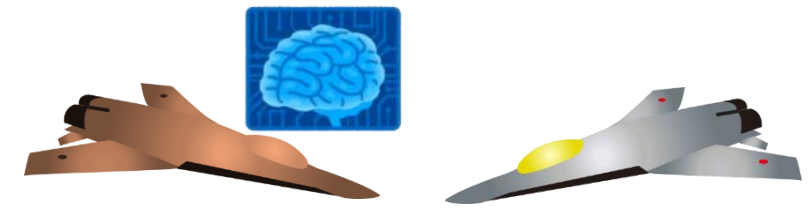
パイロットの意思決定を支援  
Support human's decision-making

## ウイングマンとして As a wingman



パイロットやオペレータの  
指揮に従い自律的に行動  
Behave autonomously under human commands

## 訓練の相手役として As a virtual aggressor



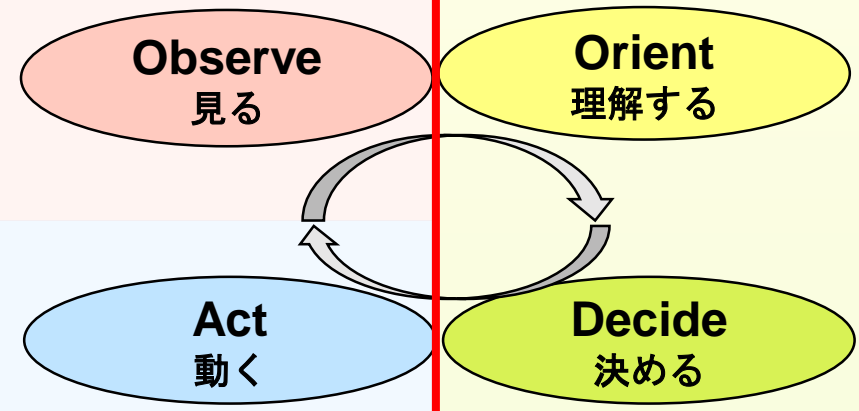
より強い脅威、より現実味のある脅威  
を演じる  
Act as stronger or "more likely" threats

### 「センサ」の領域 Role of "sensor"

- ・カメラ cameras
- ・レーダ radars
- ・赤外線センサ infra-red sensors など

### 「制御」の領域 Role of "controller"

- ・航空機の自動操縦 auto-pilot
- ・カメラの操作 camera manipulation
- ・レーダの目標追尾 radar tracking など



OODAループ：意思決定サイクル  
の表現方法の一つ

OODA loop: One expression form of  
decision-making cycle

### 「AI」の領域 Role of "AI"

- ・有利/不利の判定 situation evaluation
- ・目標の選択 target selection
- ・射撃の可否 whether to shoot
- ・離脱の要否 whether to disengage など

# 戦闘支援AI (2/3) – 機械学習の空戦への適用事例 –

AI for Air Combat (2/3) – Example applying Machine Learning to Air Combat-

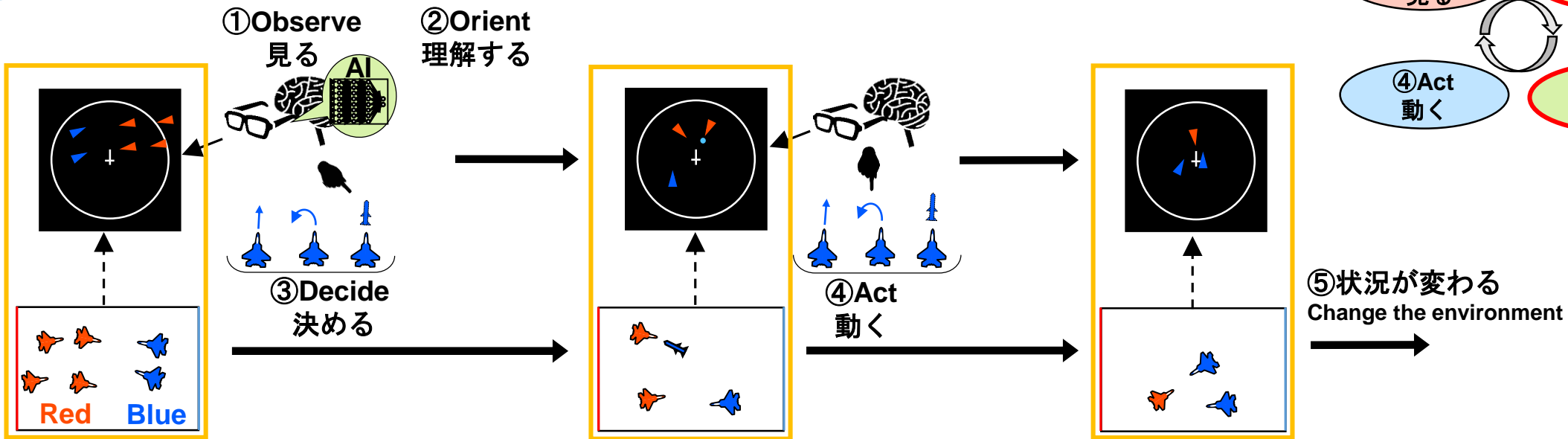
## 目指すこと Goal

BlueがRedを撃墜して戦闘に勝利できるような行動を習得したい  
Learn actions through which Blue can shoot down Red and win in the air combat

観測  
(センサ情報)  
Observation  
(Information from sensor)

センサ  
で観る

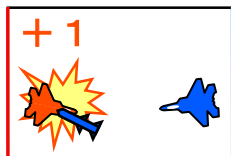
環境  
(=世界)  
Environment  
(=World)



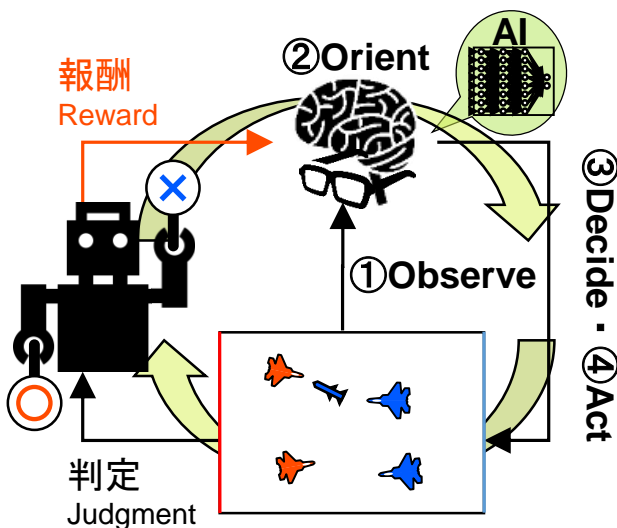
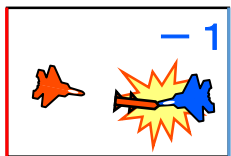
## 学習方法 Method

評価(報酬)をAIにフィードバックして改善  
Feedback of evaluation (reward) to AI for improvement

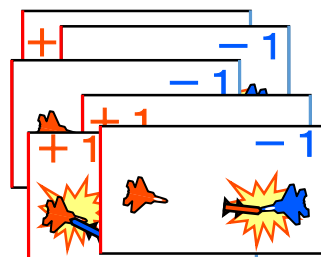
良い結果にはご褒美を  
+ points for good results



悪い結果には罰則を  
- points for bad results



試行錯誤で蓄積した経験から報酬が多く貰える行動を習得  
Learn actions that get more reward from experience accumulated through trial and error



蓄積した経験  
Accumulated experience

〇〇な状態で射撃  
すると良いらしい!  
I assume that it's good to  
shoot at 〇〇 state

# 戦闘支援AI (3/3) –空戦AIチャレンジ–

AI for Air Combat (3/3) – AI Combat AI Challenge-

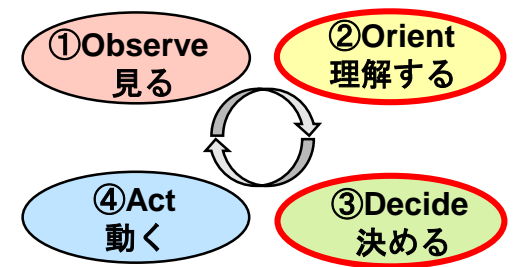
**「空戦AIチャレンジ」と題して、空戦用の行動判断AIの性能を競うAIコンテストを開催**  
 “Air combat AI challenge” : A contest to compete the performance of AI for decision-making in air combat

**目的**  
Purpose

**大勢の参加者による試行錯誤を通じた、空戦に適したAI技術に関する情報収集**  
 Gather information of AI technologies suitable for air combat through trial and error by participants

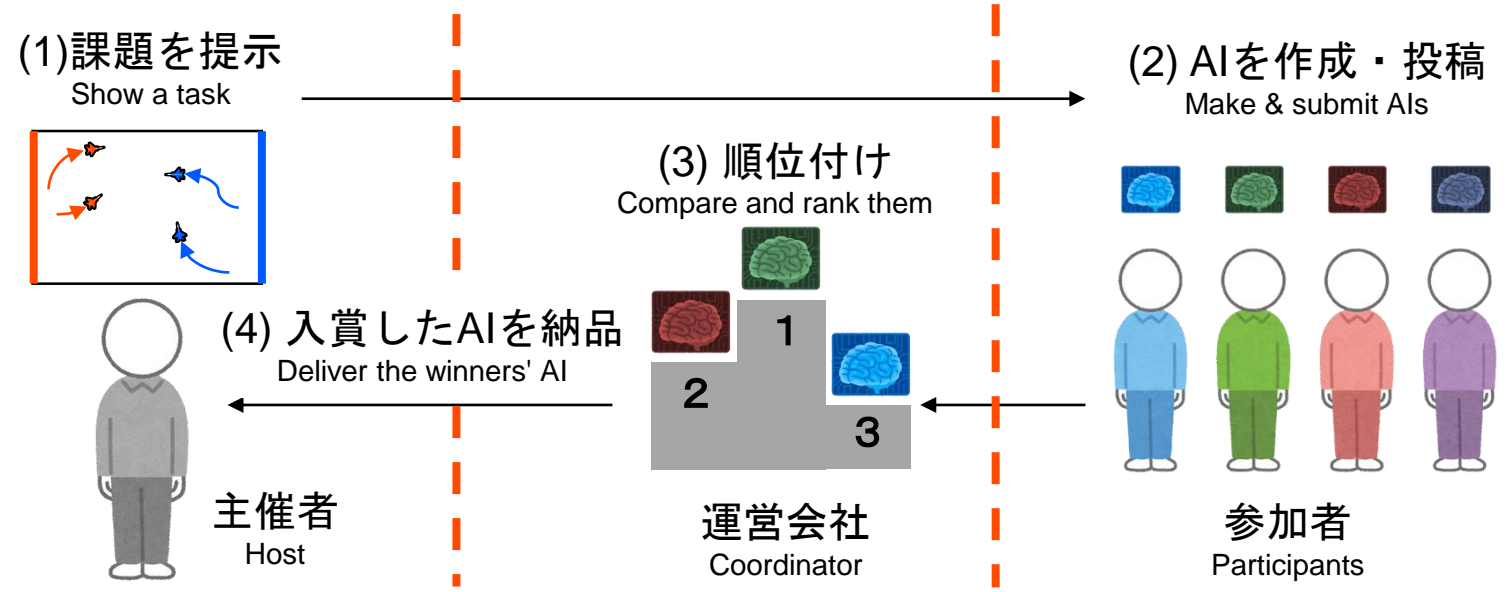
**概要**  
Overview

- ・ **公開可能な範囲で簡略化して表現された空戦シミュレータを一般に配布**  
 Distribute to participants an air combat simulator that is represented in a simplified form for publication
- ・ **その上で戦闘を行う行動判断モデル(=AI)を作成してもらい競わせて上位入賞したAIを納品**  
 Each participant create their own decision making model (=AI) on the simulator, Competition coordinator compare the AI and deliver the winner' AIs to ASRC.



## 戦闘場面 (Scenarios)

| 第1回 (1st Competition)  | 第2回 (2nd Competition)  |
|--|--|
| <p><b>単一機種 2 対 2 の空戦</b><br/>Single aircraft model<br/>2 vs 2 air combat</p>   | <p><b>2 機種混成 4 対 4 の空戦</b><br/>Two aircraft models<br/>4 vs 4 air combat</p> |
| <p>   …ハイエンド機 (誘導弾あり)<br/>                     high-spec aircrafts (with weapons)                 </p> <p>   …ローエンド機 (誘導弾なし)<br/>                     low-spec aircrafts (no weapons)                 </p> |  |



# AI搭載無人機の安全性確保

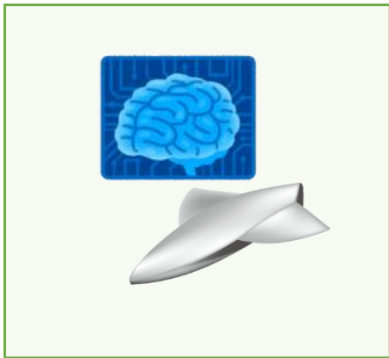
Ensuring the safety of UAVs with AI

- AIの入出力間には強い非線形性があり、またAIの性能は学習内容にも強く依存するため、AIのふるまいを完全に予測することはできず、AIの安全性の保証が難しい。

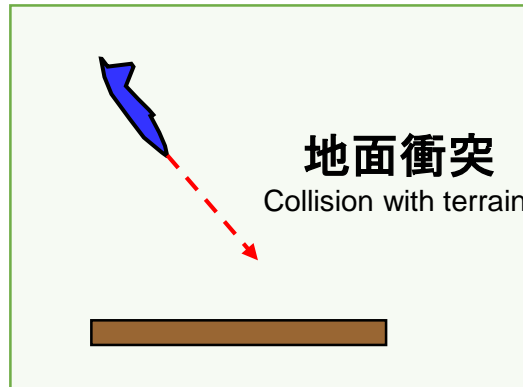
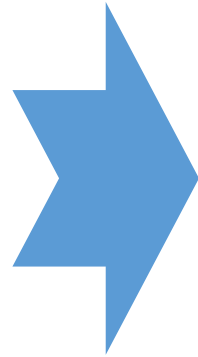
There is a strong nonlinearity between the inputs and outputs of AI, and the performance of AI heavily depends on the training data. Therefore, it is difficult to completely predict AI behavior, making AI safety assurance difficult.

- 空中衝突といったAIの危険行動を検知した際に、危険回避用のバックアッププログラムに切替え、安全性を確保する必要がある。

It is necessary to ensure the safety of UAVs with AI by the function to switch the controller from AI to a backup program to avoid the unsafe situation such as mid-air collision when it is detected.



無人機の挙動や  
AIの出力を監視  
Monitoring behavior of UAV and AI

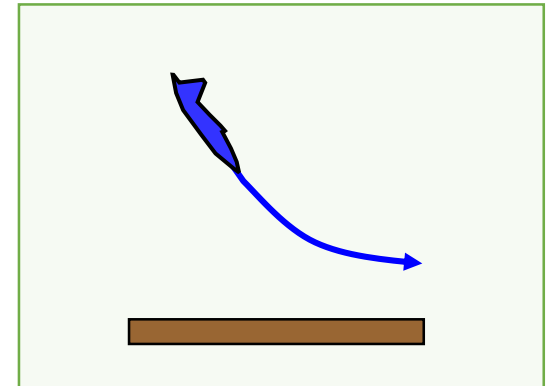
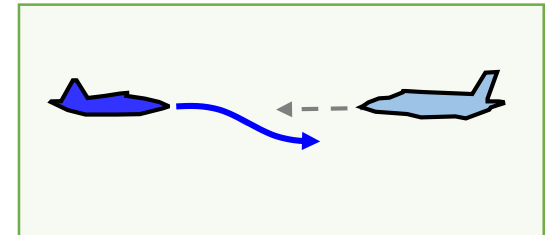


AIの危険行動を検知  
Detecting AI's unsafe behaviors



バックアップ  
プログラム  
に切替

Switching controller from AI  
to a backup program



危険を回避  
Avoiding the unsafe situation

AIによる飛行  
Flying by AI



# AI搭載無人機の飛行実証

Flight demonstration of UAVs with AI

- シミュレーション環境で学習させたAIを無人機に搭載して飛行させるため、シミュレーション環境と実環境でのAIのふるまいの差異を把握しておくことは、AI搭載無人機実現の課題

One of the challenges in deploying AI trained in a simulation environment on UAVs for flight is understanding the differences in AI behavior between the simulation environment and the real environment.

- 本研究では、シミュレーション環境と実飛行環境との差異を把握し、フィードバック可能なシステムの構築を検証

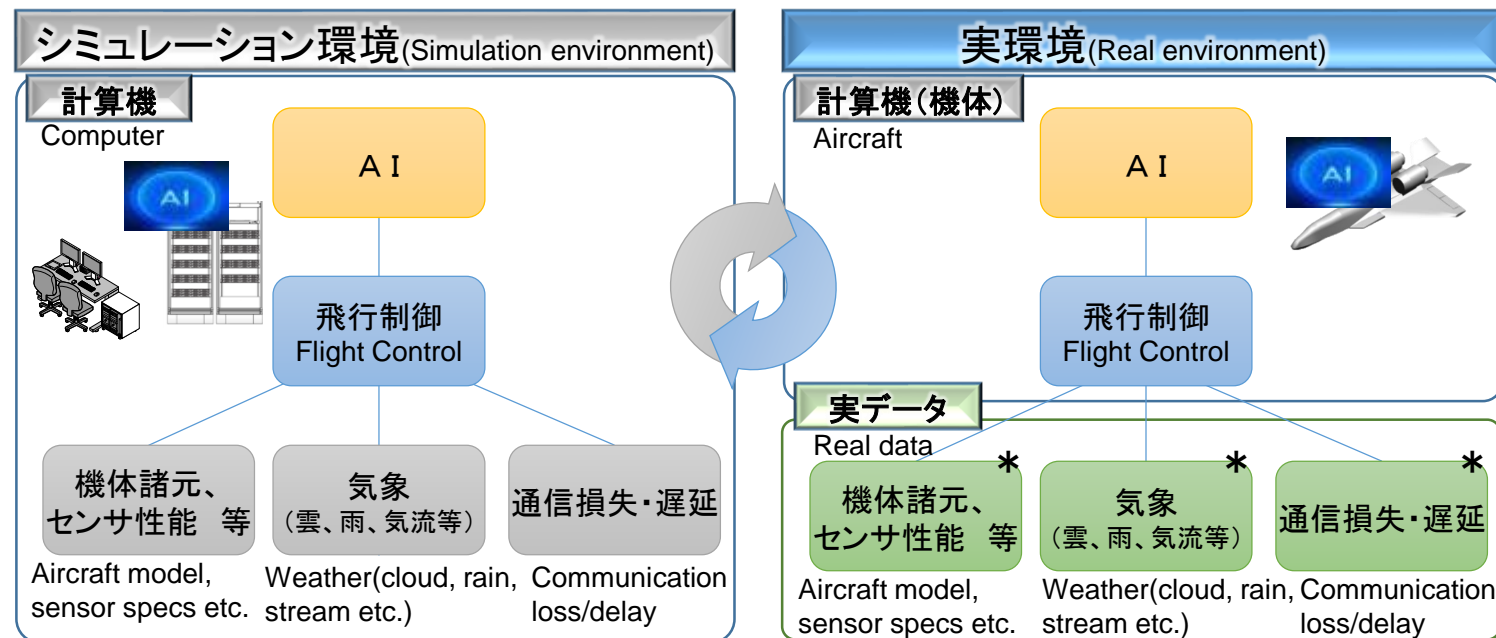
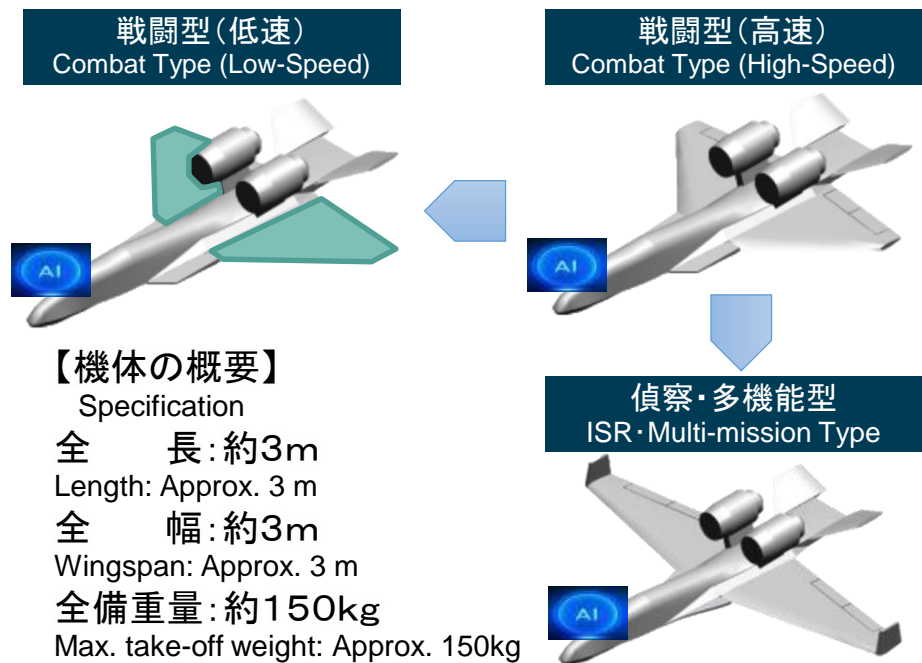
In our research, we will verify to establish a system that can understand the difference between computational environment and real environment, and feed back the findings to AI.

- 胴体とエンジンを共通化し、主翼と尾翼をモジュール化することにより、複数の機体形態を実現

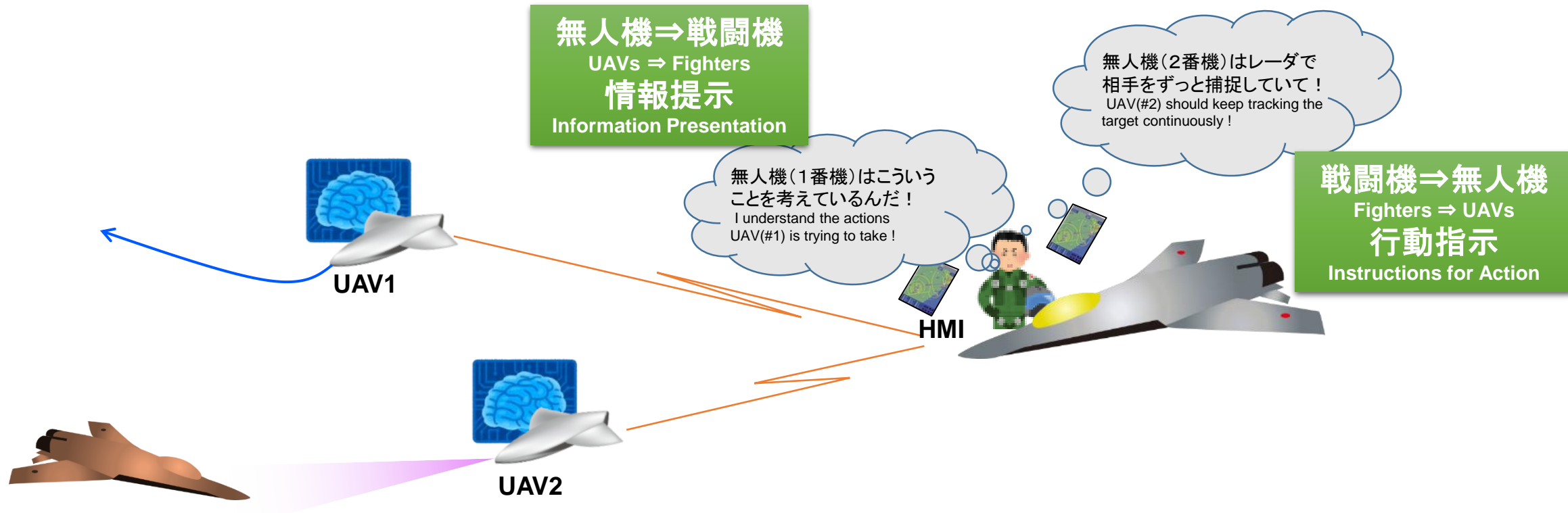
To realize multiple configurations, common aircraft fuselage and engines, and modularized main wings and tail.

- シミュレーションによる学習と飛行実証を反復し、差異を吸収可能なシステムを構築

Repeat learning through simulation and flight demonstration to build a system that can adapt to the differences.



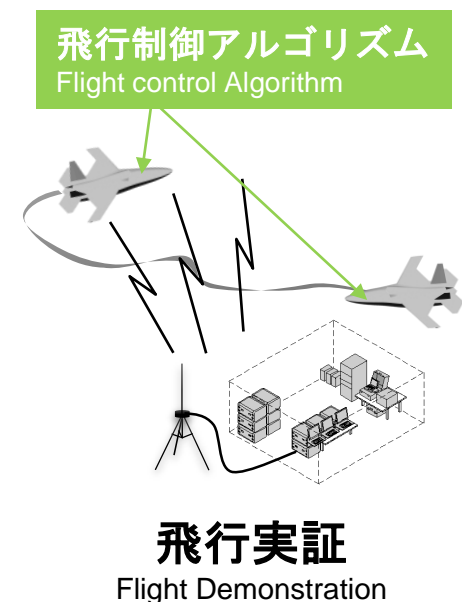
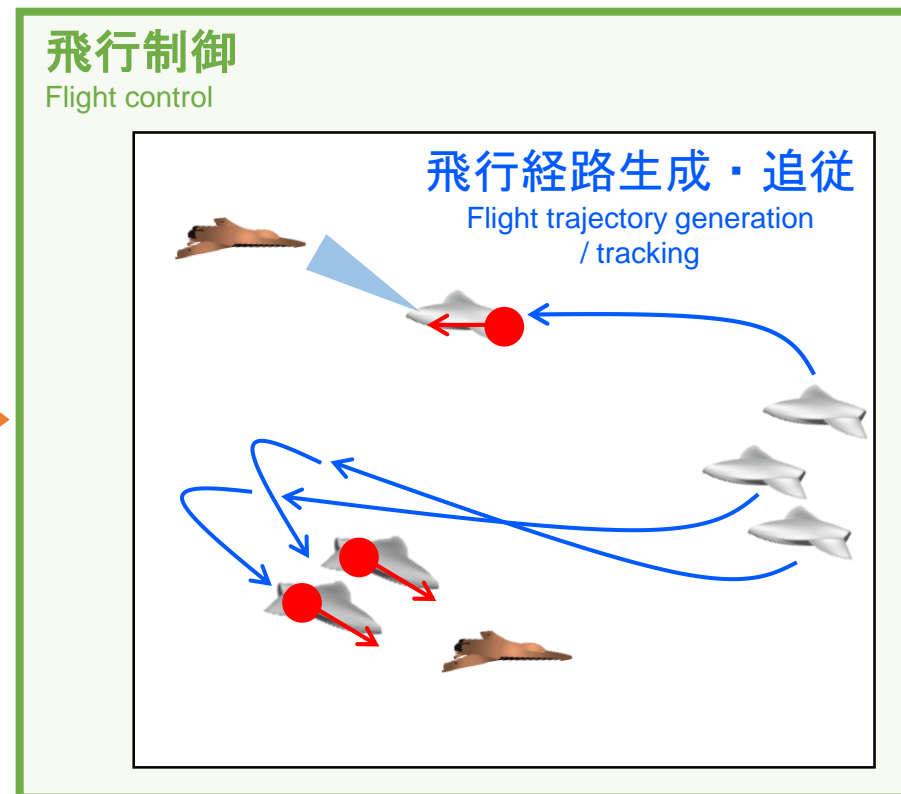
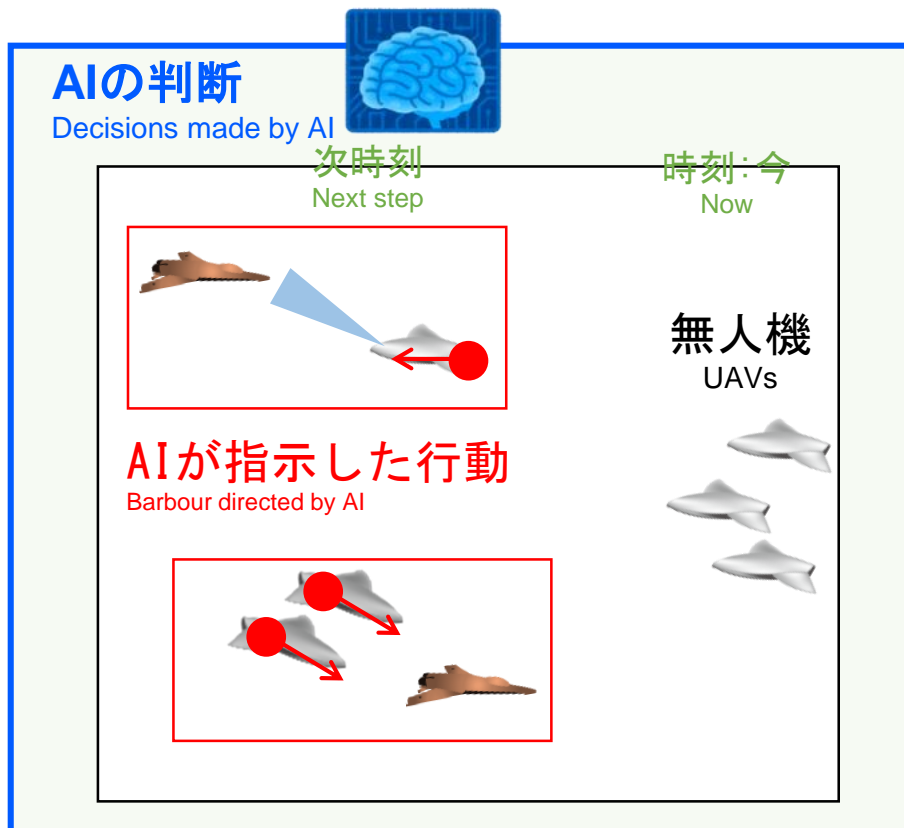
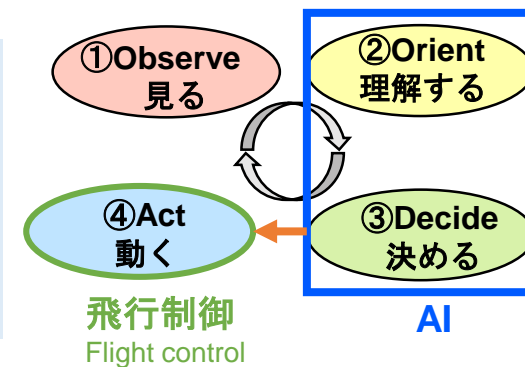
- 戦闘機と無人機が適切に連携できてこそ、空対空戦闘の戦果を向上させることが可能**  
 The improvement of air combat effectiveness is possible only when fighter aircrafts and UAVs can coordinate effectively
- 戦闘機と無人機が適切に連携できるようにするための仕組みが必要不可欠**  
 Mechanisms to ensure that fighter aircrafts and UAVs can coordinate effectively are indispensable



# AIと飛行制御の接続

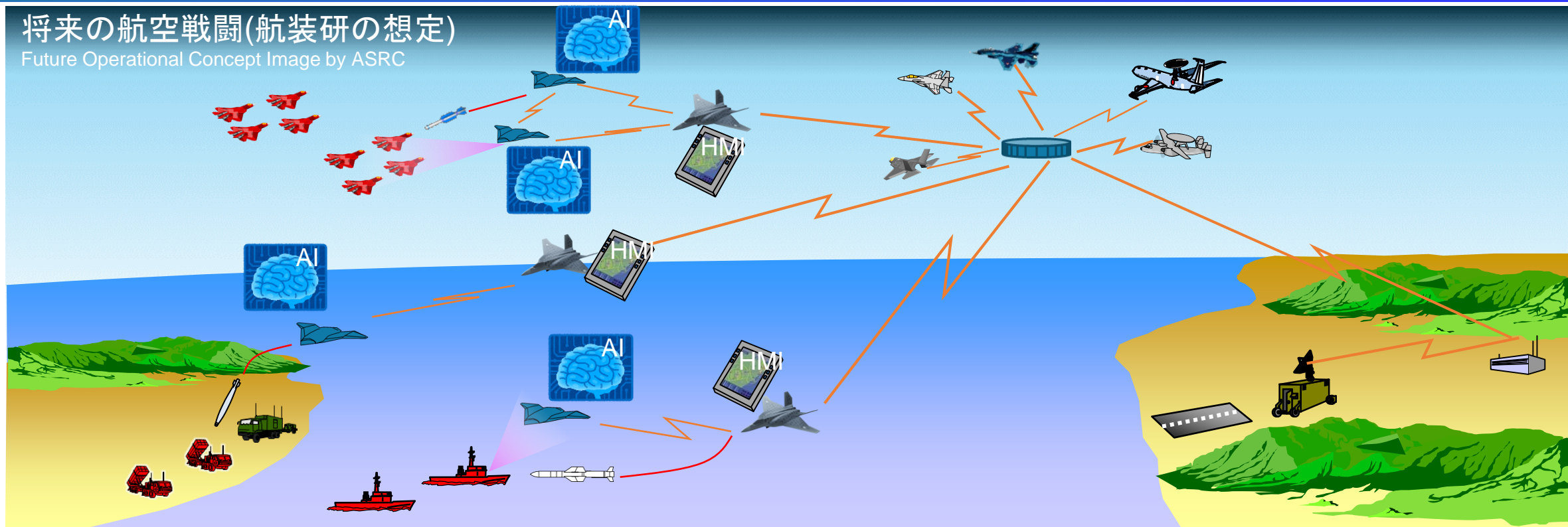
Connection between AI and flight control

- 特定のウェイポイントではなく、AIにより決定された行動に基づき、飛行経路を生成・追従  
Generate and track flight trajectory based on decision making by AI, not the pre-defined specific waypoints
- 飛行経路生成技術等を実証するため、飛行制御技術実験機を用いて飛行試験を令和6年度に実施予定  
ASRC is planning the flight demonstration to evaluate the technologies including flight trajectory generation method in 2024



### 将来の航空戦闘(航装研の想定)

Future Operational Concept Image by ASRC



- 無人機コンセプトの検討 Trade-off Study on Concepts of the UAV Collaborating with Fighters
- 戦闘支援AI Artificial intelligence for air combat
- AI搭載無人機の安全性確保 Ensuring the safety of UAVs with AI
- AI搭載無人機の飛行実証 Flight demonstration of UAVs with AI
- パイロットと無人機とのインターフェース Human machine interface
- AIと飛行制御系の接続 Connection between AI and flight control