

# 航空戦闘の智能化を目指して

*Toward intelligent aerial combat*

2023年3月 March 2023

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・無人機智能化研究室

川井 翼

KAWAI, Tsubasa

Aircraft and UAV Systems Research Section

Aircraft Research Division, Air Systems Research Center, ATLA

### なぜ人工知能が必要か？ Why do we need AI?

#### 情報量の増加・複雑化

More amount and complexity of data

- ・ センサ類の高性能化  
Improvement of sensors
- ・ データリンクの高性能化  
Improvement of datalink
- ・ 妨害等による一貫性の低下  
Degradation of data consistency  
by countermeasures

#### 任務の多様化・複雑化

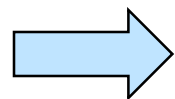
More variety and complexity of mission

- ・ 新種のアセットの登場  
Appearance of new types of asset
- ・ アセット間連携の多様化  
More various cooperation among  
multiple assets

#### 人手不足の深刻化

More severe lack of human resource

- ・ 少子高齢化の進行  
Aging population with declining birth-rate



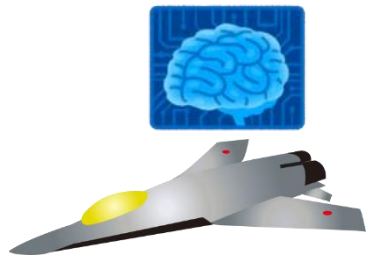
人間の対処能力の飽和を緩和したい

To relax saturation of human capability

# 航空戦闘における人工知能の出番

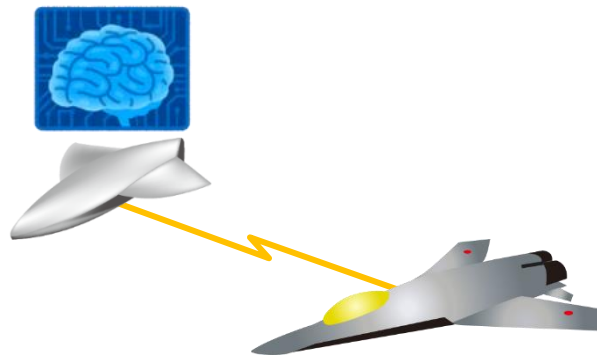
## Usage of Artificial Intelligence in Aerial Combat

### 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する  
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動く  
Behave autonomously  
under human commands

### 訓練の相手役として As a virtual aggressor



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

共通点 : 意思決定サイクルの一部を人工知能に分担させている  
All of these forms commonly **delegate** a part of **decision-making cycle** to AI

# 題材とする場面 - 空対空目視外戦闘

## Scenario – Beyond Visual Range Air-to-air Combat

**空対空目視外戦闘・・・お互いに数十km以上離れたところから、レーダで相手を捉えて誘導弾を射撃する形式の戦闘**

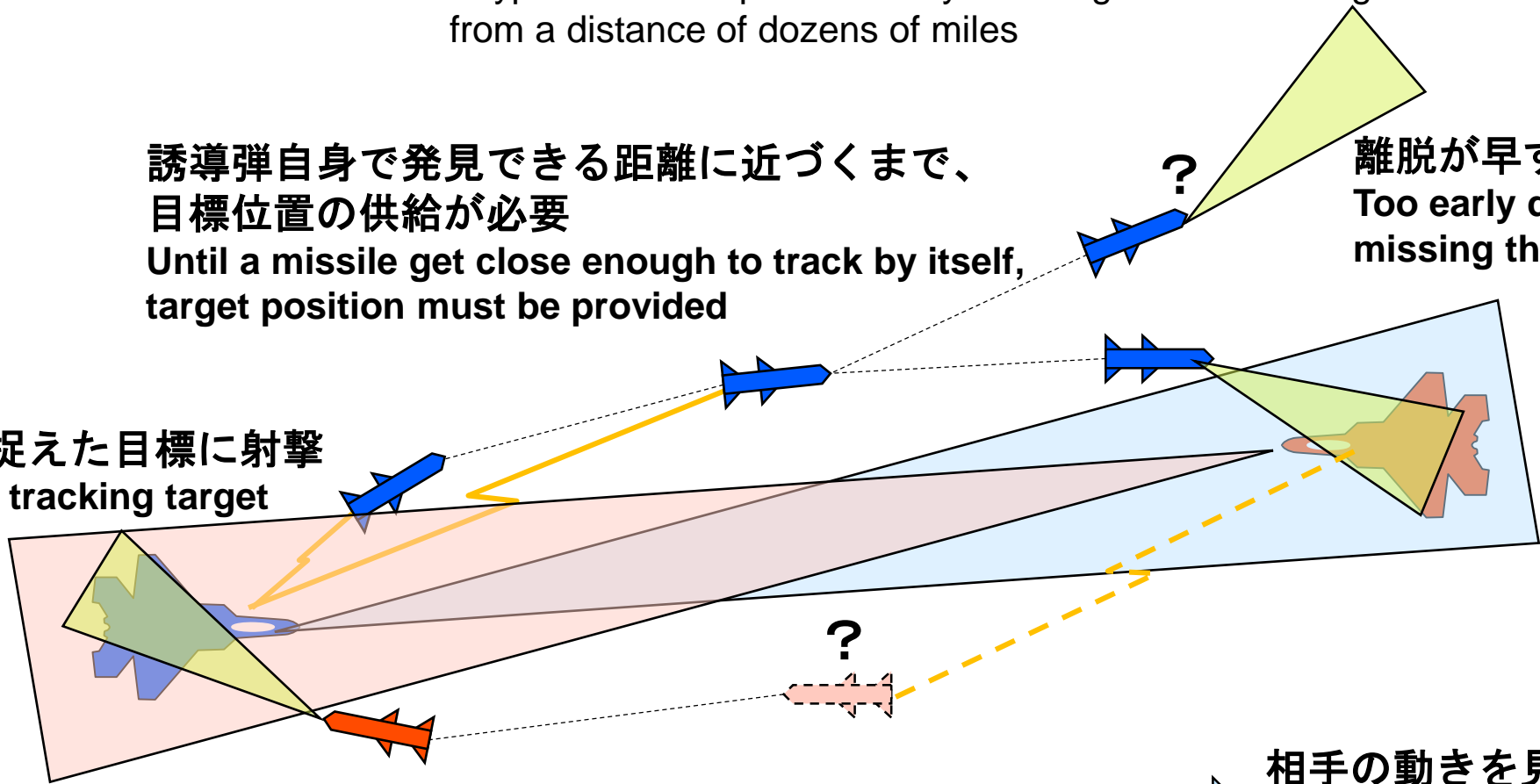
beyond visual range  
air-to-air combat

A type of combat performed by shooting missiles to targets tracked by radars from a distance of dozens of miles

誘導弾自身で発見できる距離に近づくまで、目標位置の供給が必要  
Until a missile get close enough to track by itself, target position must be provided

離脱が早すぎると当てられない  
Too early disengagement leads to missing the target

レーダで捉えた目標に射撃  
Shoot to a tracking target



離脱が遅すぎると撃墜される  
Too late disengagement leads to shot down

相手の誘導弾は見えない  
Threats' missiles are unobservable

相手の動きを見て離脱要否を判断  
Decide whether to disengage based on threats' maneuver

# 意思決定サイクルにおけるAIの役割

## Role of AI in Decision-Making Cycle

意思決定サイクルにおけるAIの役割は・・・

The role of AI in decision-making cycle is to achieve...

(1) 任務達成度の向上  
higher mission capability

(2) 任務難易度の低減  
decrease of difficulty

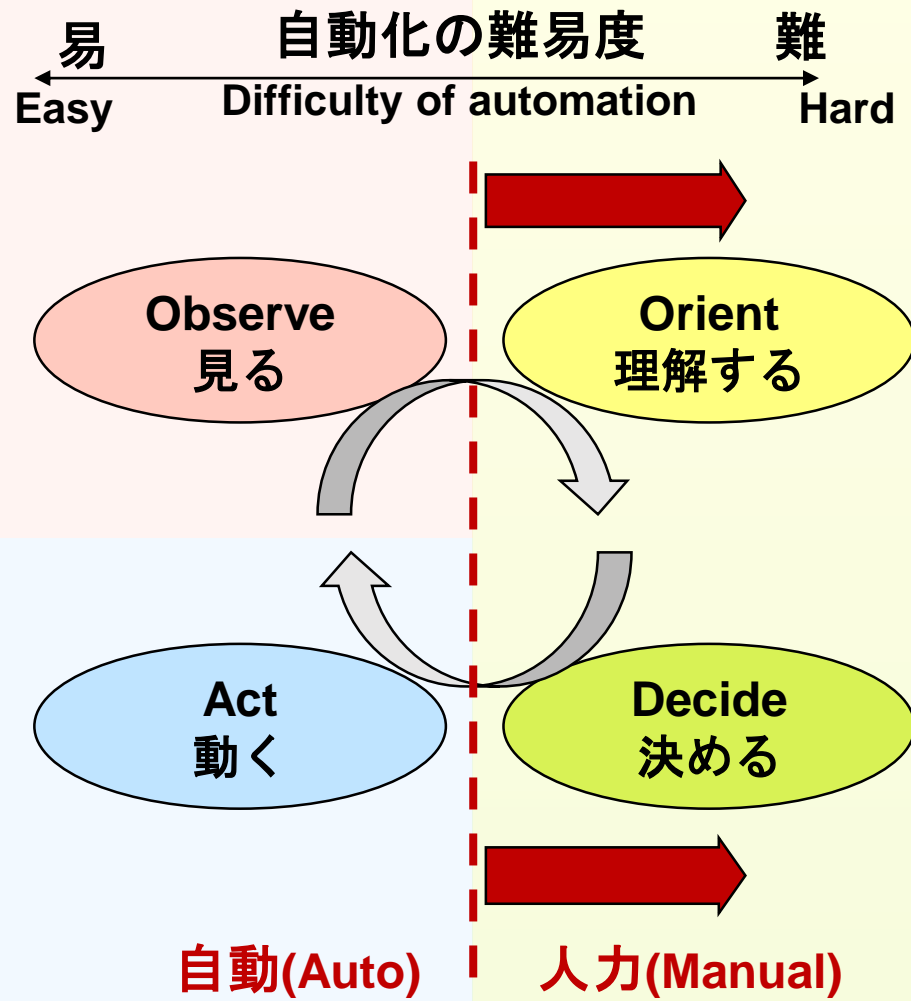
(3) 必要リソースの削減  
reduction of required resource

を「知的」と言える水準の自動化により達成すること

by automation at a level of "intelligent"

「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

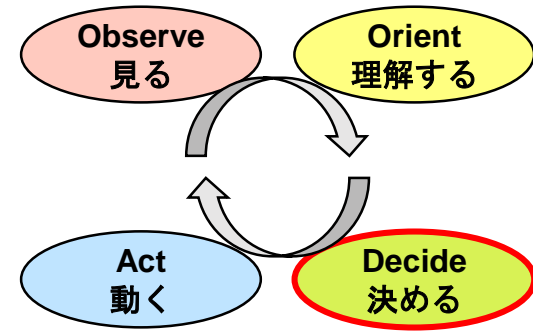
「人工知能」の領域 Role of "AI"  
 ・有利/不利の判定 situation evaluation  
 ・目標の選択 target selection  
 ・射撃の可否 whether to shoot  
 ・離脱の要否 whether to disengage  
 など

# 事例：AIコンテスト – (第1回) 空戦AIチャレンジ

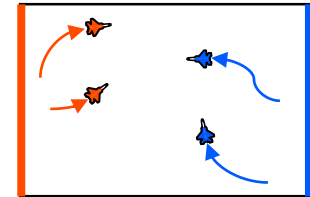
Example : AI competition – (the 1<sup>st</sup>) Air Combat AI Challenge



- ・ 運営会社 (Coordinator) Nishika株式会社 (Nishika, Inc.)
- ・ 開催期間 (Dates) 2022/1/5~2022/3/11
- ・ イベント概要 (Overview)  
 簡略化した2対2の空対空目視外戦闘を題材として、行動判断を行うAIの優劣を競うコンペティション  
 A competition of AI which performs decision-making under simplified 2 vs 2 beyond visual range air-to-air combat



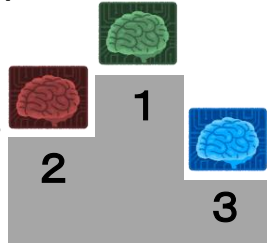
①課題を提示  
Show a task



②AIを作成・投稿  
Make & submit AI



③順位付け  
Compare and rank them

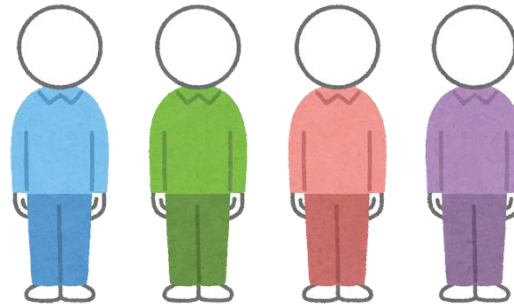


④入賞したAIを納品  
Deliver the winners' AI



主催者  
Host

運営会社  
Coordinator



参加者  
Participants

## 最終結果(Result)

順位 Rank	手法の概要 Summary of methods
1	古典的なルールベースのAI Classic rule-based AI
2	古典的な探索と、現代的な深層学習の混合型AI Hybrid AI of classic exploration and modern deep learning
3	深層学習による現代的なAI Modern AI with deep learning

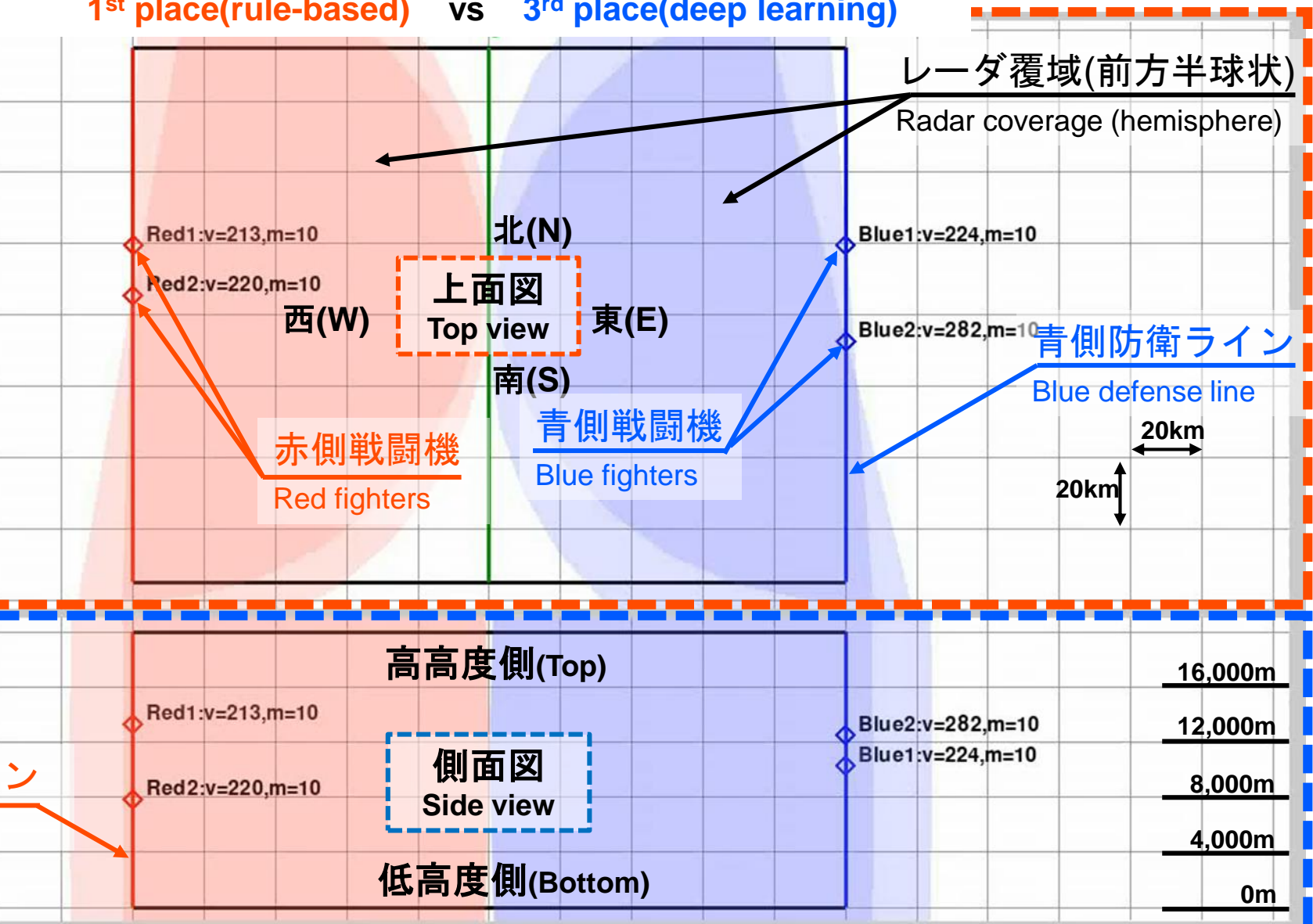
# AIコンテスト – 入賞したAIの振る舞い

## AI competition – Behavior of Winners' AI

1位(ルールベース) 対 3位(深層学習)  
1<sup>st</sup> place(rule-based) vs 3<sup>rd</sup> place(deep learning)

Time: 0.1s

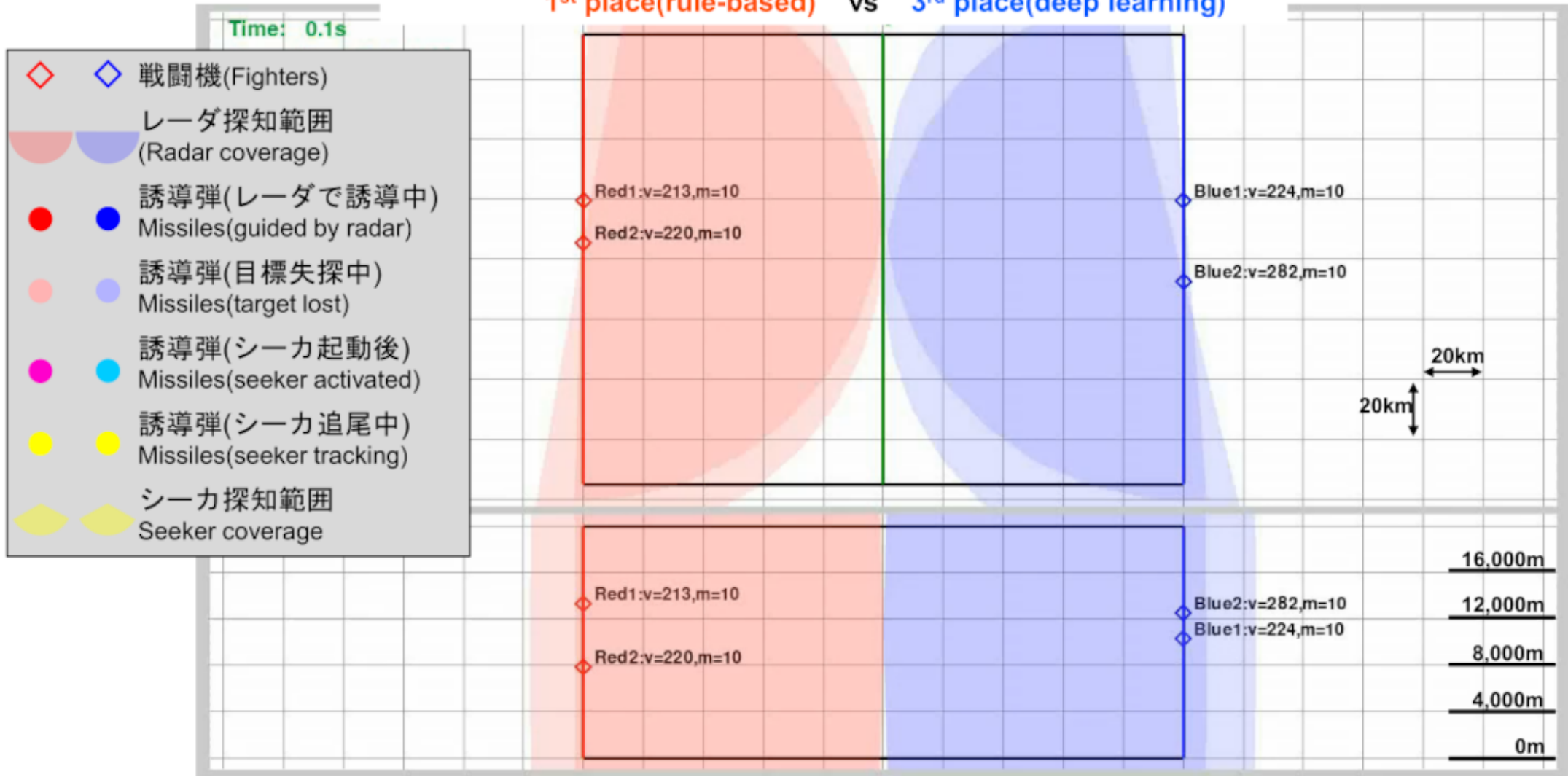
- ◇ 戦闘機(Fighters)
- ◇ レーダ探知範囲 (Radar coverage)
- 誘導弾(レーダで誘導中) Missiles(guided by radar)
- 誘導弾(目標失探中) Missiles(target lost)
- 誘導弾(シーカ起動後) Missiles(seeker activated)
- 誘導弾(シーカ追尾中) Missiles(seeker tracking)
- ◇ シーカ探知範囲 Seeker coverage



# AIコンテスト – 入賞したAIの振る舞い

## AI competition – Behavior of Winners' AI

1位(ルールベース) 対 3位(深層学習)  
 1<sup>st</sup> place(rule-based) vs 3<sup>rd</sup> place(deep learning)

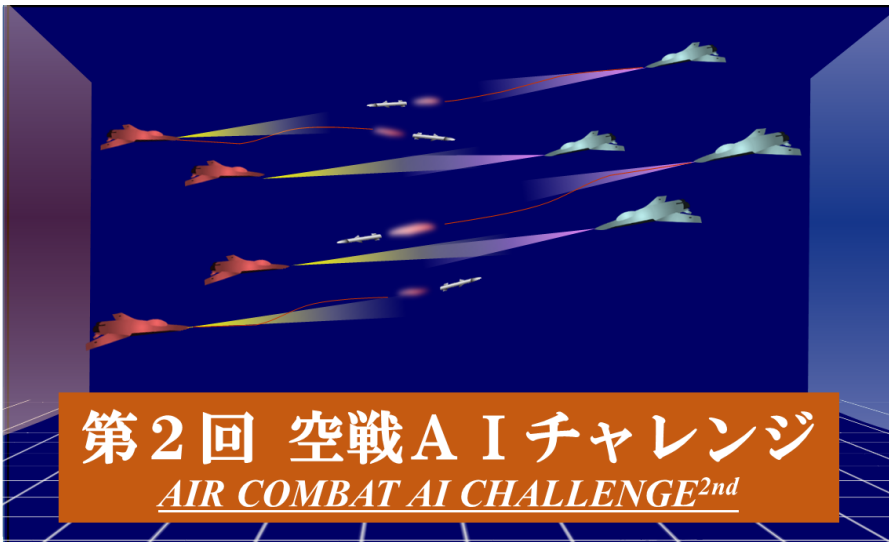


[AIコンテストにおいて入賞したAIの空戦における振る舞い](#) (YouTube防衛装備庁公式チャンネルが開きます)



# AIコンテスト – 第2回 空戦AIチャレンジ

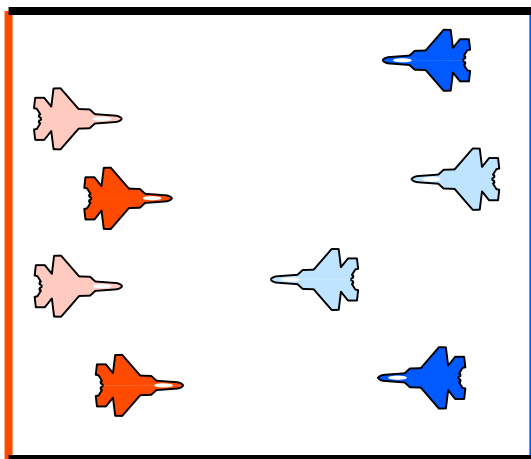
## AI competition – the 2<sup>nd</sup> Air Combat AI Challenge



- ・ 運営会社 (Coordinator) 株式会社SIGNATE (SIGNATE Inc.)
- ・ 開催期間 (Dates) 2022/12/16～2023/3/9
- ・ Webページ <https://signate.jp/competitions/769>



より複雑なシナリオを、より現実に近い環境で  
*More complex scenario in more realistic environment*



### 第1回との主な違い(Difference from the 1<sup>st</sup> competition)

- ・ 機数や機種数の増加 More aircrafts, more aircraft types
- ・ 燃料消費の追加 Addition of fuel consumption

- ・   …ハイエンド機 (誘導弾あり)  
high-spec aircraft (with missiles)
- ・   …ローエンド機 (誘導弾なし)  
low-spec aircrafts (no missiles)

### 人工知能の必要性 *Need for Artificial Intelligence*

- ・ (1)情報量の増加、(2)任務の多様化、(3)人手不足の深刻化 による人間の対処能力の飽和を緩和する解決策として期待  
Expected to relax saturation of human capability caused by  
(1) Increase of data, (2) divergence of mission and (3) decrease of workers

### 航空戦闘における人工知能 *AI for aerial combat*

- ・ 人工知能の出番・・・(1)コパイロットとして、(2)ウイングマンとして、(3)訓練の相手役として  
Usage of AI as (1) a co-pilot, (2) a wingman and (3) a virtual aggressor
- ・ 目的・・・意思決定サイクルの一部を人工知能に分担させ、意思決定能力を向上させること  
Purpose・・・Improvement of decision-making cycle by delegating a part of that to AI
- ・ 航空戦闘の幅広い任務の中で、空対空目視外戦闘を題材として選択し研究を実施中  
We chose beyond visual range air-to-air combat from various type of aerial combat

### 取組みの事例 *Example*

- ・ 空戦AIチャレンジ …… コンペティション形式を活用したAIの研究開発  
Air Combat AI Challenge …… AI R&D through competitions
- ・ 大勢の参加者による幅広い試行錯誤を経た優れたアイデアの獲得に期待  
Expected excellent ideas through massive trials and errors by lots of participants