

ReAMoプロジェクト シンポジウム

実施者名：一般財団法人 先端ロボティクス財団

研究開発項目 2

運航管理技術の開発

**高密度飛行を目指したエッジとクラウドのAI・最適化
による衝突回避と運航管理の研究**

2024年5月10日

1. テーマ設定の背景

社会課題、背景

労働力不足や物流量の増加に伴う業務効率化が求められるなか、次世代空モビリティによる省エネルギー化や、人手を介さないヒト・モノの自由な移動が期待されている。その実現には、次世代空モビリティの安全性確保と、運航の自動・自律化による効率化が不可欠である。本研究開発では、ドローンに代表される無人航空機が、より安全で効率的な飛行を実現可能とするための技術として、大脳型の知能オートパイロットの開発を中心に、次世代空モビリティの実現に必要な技術開発を行うことで、省エネルギー化と安全で効率的な空の移動を実現する。

課題と目的

本研究開発は、ドローンのコア技術としてのオートパイロットに着目したものである。現状の市販品は、安全性・信頼性・機能などの観点で未だ発展途上であり、大幅な改善が必要なものと言える。このため、安全性・信頼性を飛躍的に向上させることを目指して、「冗長型」の構成を備えたオートパイロットを開発する。また、異常診断、障害物認識、衝突回避などさまざまな自律化・知能化を目指した機能の開発を行い、これらを統合した「知能型」オートパイロットを開発する。これにより、「落ちない」「衝突しない」ドローンの実現を目指す。

1.事業概要

本事業の実施内容とその意義

本事業では、ドローンのコア技術としてのオートパイロットに着目し、現状の市販品に対して安全性・信頼性を飛躍的に向上させた「冗長型」オートパイロットと、機体の異常診断、周辺天候の判断、飛行経路上の障害物認識と衝突回避など、自律化・知能化を目指したさまざまな機能の開発を行う。

また、これらを統合した「知能型」オートパイロットを開発し、安心して飛行させることができ、かつ日々「賢くなっていく」ドローンの実現を目指す。

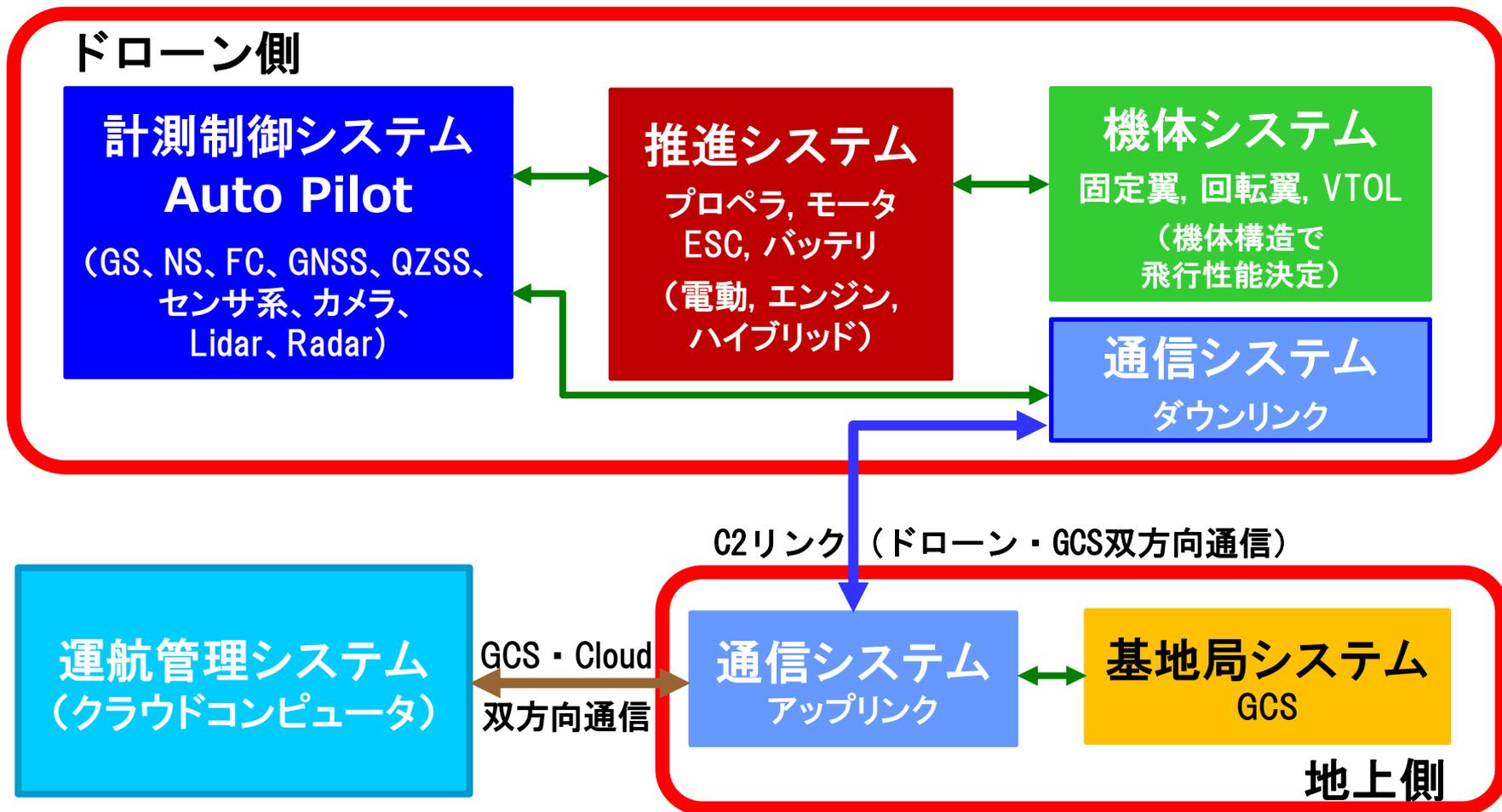
受託者は、我が国におけるドローン研究の草分けとして長年にわたりドローンの自律飛行制御の研究に従事して来ている。

本事業の目標達成とそのインパクト

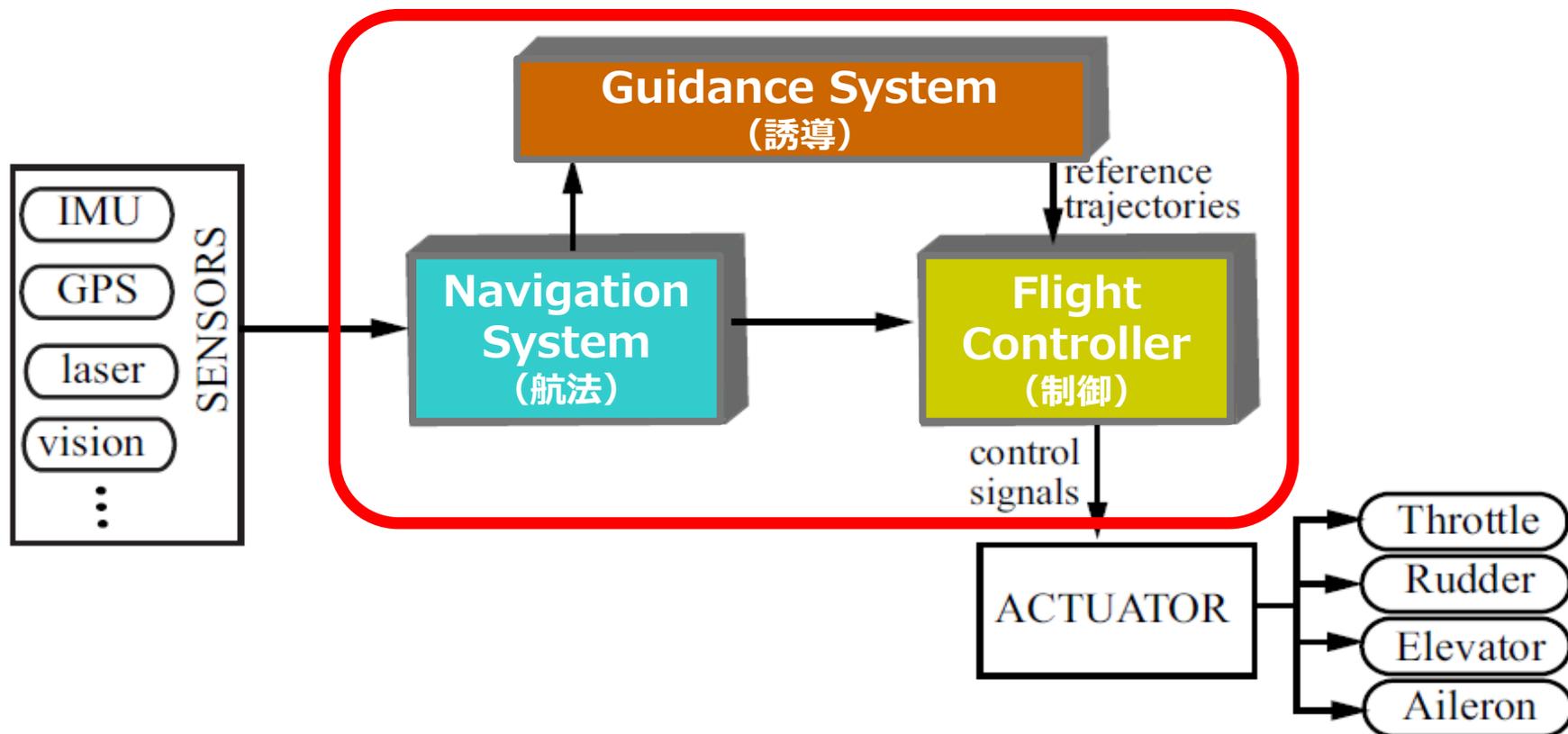
本事業は、高度な自律性と冗長性を備え、高い信頼性を有する知能型オートパイロットの研究開発を行うことを目指しており、これを通して第一種型式認証や第一種機体認証が取得できるドローンの実現を目標としており、実施により、ドローンの社会実装が進み、我が国ドローン産業の発展と、この分野における日本のリーダーシップに貢献できると考えている。

また、ここで得られた成果を国際標準化活動に繋げていくことも目標としている。

ドローンの5つの構成要素と運行管理システム

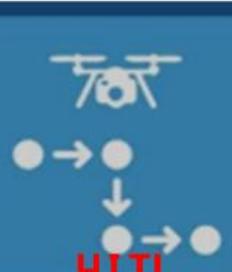


Auto Pilot (AP)



現状技術 : Auto Pilot=Navigation System + Flight Controllerで、
Guidance Systemが実装されていない

本研究が目指す研究終了時の自律性レベル

自律性レベル	Level 0 No Autonomy	Level 1 Low Autonomy	Level 2 Partial Autonomy	Level 3 Conditional Autonomy	Level 4 High Autonomy	Level 5 Full Autonomy
人と機械の関与						
操縦者	Trained & Skilled Pilot 	Trained Pilot 	Basic Pilot 	Operator Monitoring Onsite 	Remote Operator Monitoring 	No Operator 
説明	100%マニュアル操作によるドローン制御	操縦者による制御は維持 APは少なくとも1つの必須機能の制御を担う	操縦者は安全な飛行の責任を持つ ウェイポイント飛行をAPにより行う	操縦者は現場で非常時の意思決定を行う 殆どの制御機能は群制御を含めて自律化	操縦者1名が遠隔で現場以外から複数ドローンを監視 殆どのドローンはBVLOS(目視外)で飛行	AI技術による完全自律型ドローンが群飛行し、安全で革新的なドローン社会を創造

現状  目標

HITL : Human In The Loop
HOTL : Human On The Loop
HOOTL : Human Out Of The Loop

Stage-1

- ・ 飛行中の機体の異常をAIヘルスチェックにより検知
- ・ 局所的な突発的**天候異変**をAIにより判断
- ・ 異常発生時に**着陸可能地点**をAIにより認識、誘導して**不時着**
- ・ 異常発生時の飛行継続(**One Fail Operative Control**)を**冗長系**により実現
- ・ 離着陸制御・姿勢安定化制御・**複数機の離隔距離制御**
- ・ レベル4に向けた**第一種型式/機体認証**のための**AI実装型冗長高信頼AP**

Stage-2

衝突回避 (DAA)
有人機、無人機、
物件、鳥、送電線、樹木
(AI深層学習により
日々賢くなる飛行)
国際標準化活動開始

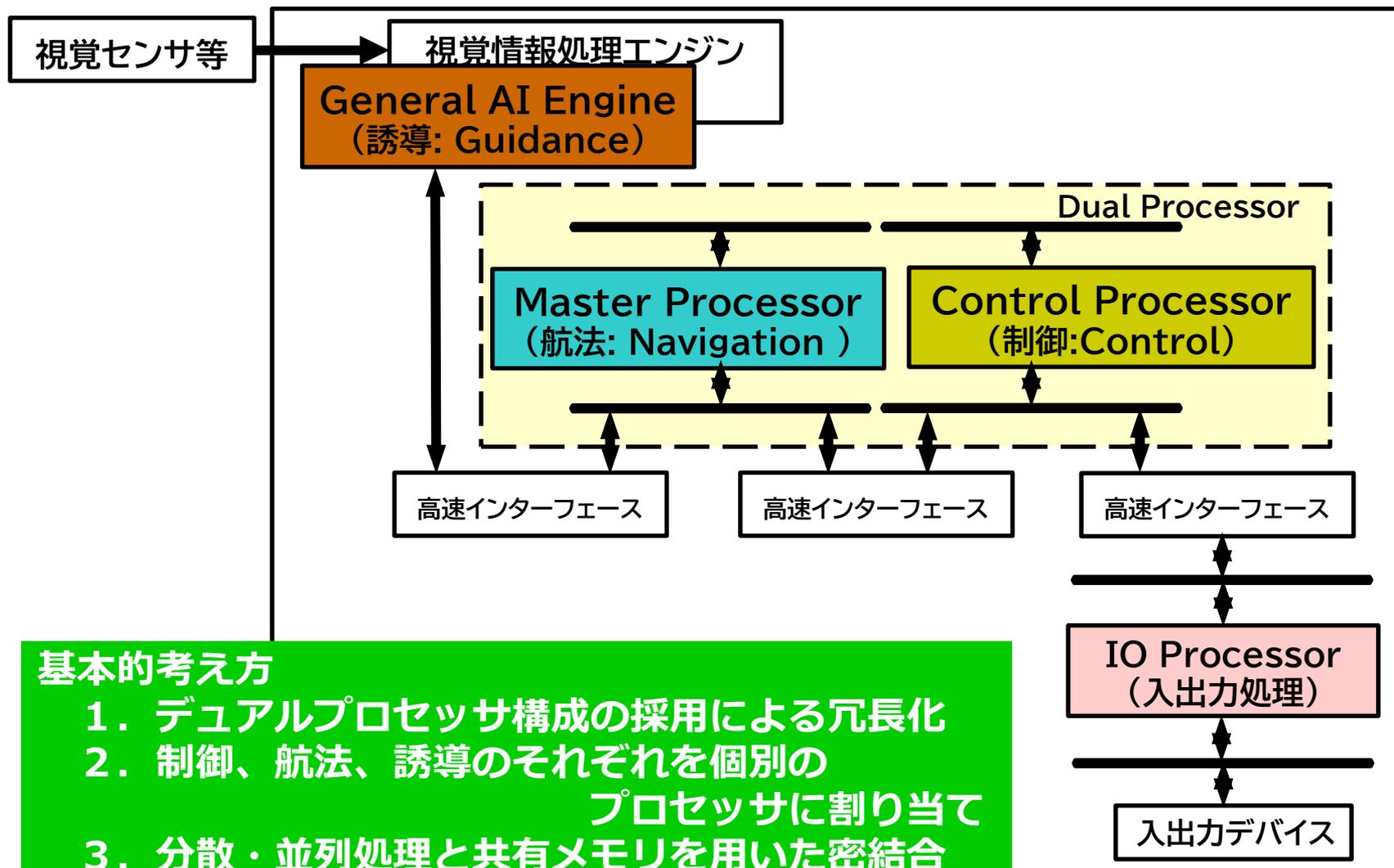
Stage-3

飛行ルート自動生成と
最適ルートの探索
送電線等を含むダイナミック
マップからの経路自動生成
(エネルギー最適化ルート探索)
国際標準化活動

Stage-4

エッジ・クラウド
協調型最適化
運航管理システム
(GCS-クラウド双方向通信に
よる高密度飛行の実現)
国際標準化活動

開発しているオートパイロットの概要



基本的考え方

1. デュアルプロセッサ構成の採用による冗長化
2. 制御、航法、誘導のそれぞれを個別のプロセッサに割り当て
3. 分散・並列処理と共有メモリを用いた密結合方式により通信オーバーヘッドを極小化

2.これまでの研究開発内容と成果

研究開発の成果（その1）

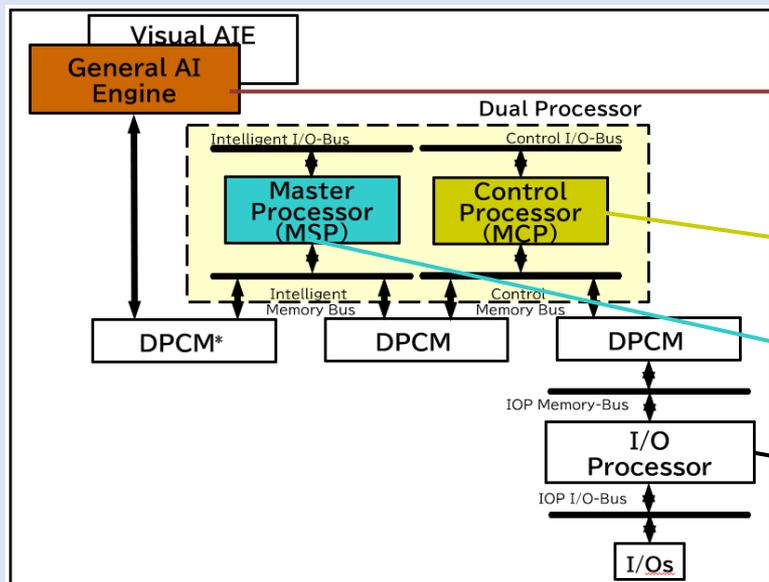
成果 冗長型オートパイロットの試作(ハード/ファーム/ソフトウェア)完成

具体的内容

- Auto Pilotのコア部(Master ProcessorおよびMaster Control Processor)および汎用AIエンジン(GAIE), 入出力制御インタフェース基板(IOP+IFB)を統合し, 冗長型Auto Pilotのプロトタイプ試作システムを完成した.

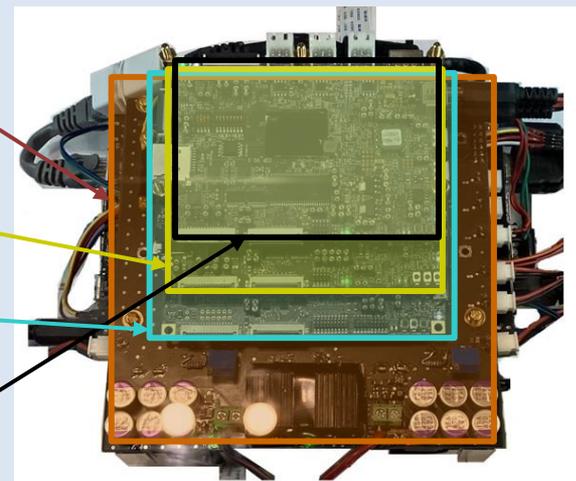
成果の意義

- 次世代Auto Pilotの原型機となりうるシステムを完成した



提案したAuto Pilotのアーキテクチャ

試作基板（4種）



実装した冗長型Auto Pilot

成果 冗長型オートパイロットの試作機による飛行試験の実施

具体的内容

- Auto Pilotの試作基板に既存オートパイロットのソフトウェアを移植し、マルチコプタに搭載して飛行試験を実施し、機能・性能の確認を行った。

成果の意義

- 提案したAuto Pilotのアーキテクチャが成立しうることを確認した



飛行試験状況（23/7～10 千葉市農政センター）

研究開発の成果（その3）

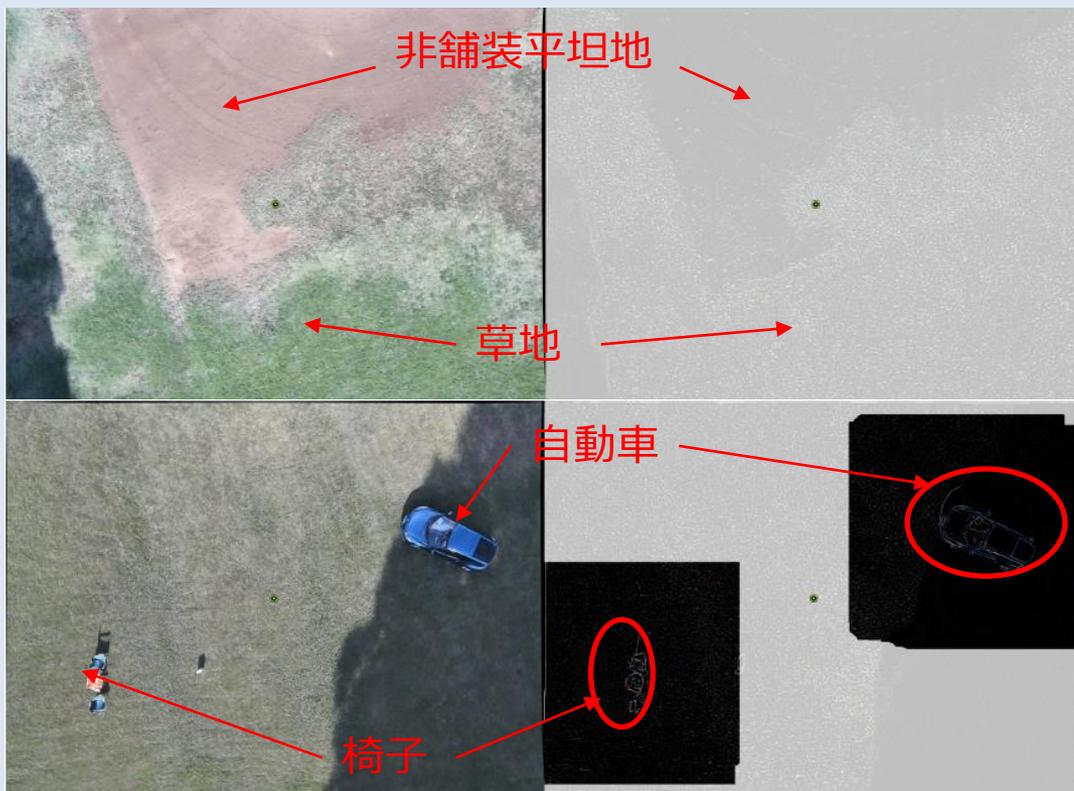
成果 異常時における不時着地点の探索

具体的内容

- 不時着地点判定ソフトウェアを実装したマルチコプタにより飛行試験を実施し、着陸可能場所の判定が適切に行えることを確認した。

成果の意義

- AI画像処理による地上の特徴分類と着陸可否判断が可能であることを示した



- 平坦な草地、非舗装地面を着陸可能領域として認識

- 地上の障害物を正確に認識し、回避して着陸

(23/12 千葉市農政センター)

研究開発の成果（その4）

成果 異常時における不時着の実行制御

具体的内容

- 不時着地点判定機能を実装したマルチコプタにより飛行試験を実施し、着陸可能場所の判定を行い、障害物を避けて着陸可能であることを確認した。

成果の意義

- 異常時にAIの判断結果により、安全に不時着できる機能を示した



- 自動車の直上30mの位置から不時着を開始し、自動車から3.6m離れた位置に自動着陸

(23/12 千葉市農政センター)

内容 オートパイロット試作機の国際ドローン展(23/7 東京ビッグサイト)への展示

具体的内容

- 試作した汎用AIエンジン (GAIE) を用いて、深度画像変換およびリアルタイム物体認識デモを実施し、知能を持つ大脳型Auto Pilotのイメージを提示した。

お知らせ

- 今年の国際ドローン展(7月24～26日東京ビッグサイト)にも出展します



ブース全景



開発したAuto Pilotを搭載した機体

- 展示会来場者数：約4万人 (3日間)

3. 今後の取り組み

今後の研究開発内容

2024年度目標

障害物認識、回避制御に関する研究開発

具体的内容

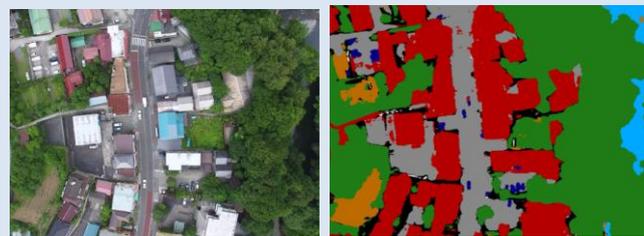
- AI深層学習を用いた障害物認識，および障害物回避飛行制御機能を，昨年度開発した冗長型Auto Pilotに実装し、知能型Auto Pilotを完成させる。

➡ 「安全なドローン」実現のためのキーテクノロジーの確立をめざす

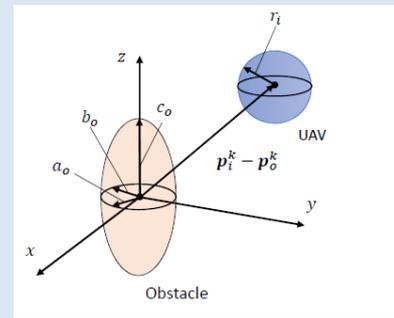


障害物認識・回避制御のイメージ

① 深層学習を用いた画像ベースの高速認識手法の開発



② 計測誤差を考慮した障害物回避手法の開発



今後の研究開発内容

～2026年度目標 運航管理システム（クラウド）との連携

具体的内容

- 自律飛行機能を有するドローンと運航管理システム（UTM）との連携のあり方について、具体的事例をベースにした検討を行う。

➡ 多様な知能レベルのドローンが混在する時の運航管理システムのあり方を考える



