

ReAMoプロジェクト シンポジウム

実施者名：（一財）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**

2023年3月10日

1.事業概要説明

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

事業内容

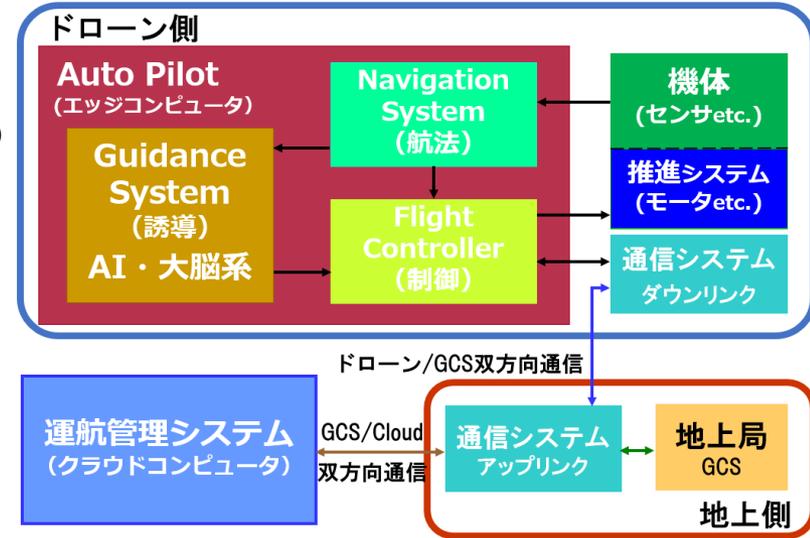
- Stage-1：冗長型オートパイロット開発⁽¹⁾
- ・ AIによる異常診断⁽²⁾、不時着地点の判別と誘導⁽³⁾、天候対応⁽⁴⁾
 - ・ 複数機の離隔距離制御⁽⁵⁾、ワンフェイルオペラティブ飛行⁽⁶⁾
- Stage-2：知能型オートパイロット開発⁽⁷⁾
- ・ AIによる障害物認識と回避経路生成⁽⁸⁾
 - ・ 障害物との衝突回避飛行制御⁽⁹⁾
 - ・ 国際標準化活動（衝突回避の在り方）⁽¹⁰⁾
- Stage-3：統合型オートパイロット開発⁽¹¹⁾
- ・ ダイナミックマップ対応最適ルート探索⁽¹²⁾、飛行制御⁽¹³⁾
- Stage-4：拡張型オートパイロット開発⁽¹⁵⁾
- ・ エッジ・クラウド協調AI⁽¹⁶⁾、飛行制御⁽¹⁷⁾、運航管理⁽¹⁸⁾
 - ・ 国際標準化活動（空域ゾーニング等）⁽²⁰⁾

実施体制

一般財団法人先端ロボティクス財団
(再委託：国立大学法人千葉大学、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所)

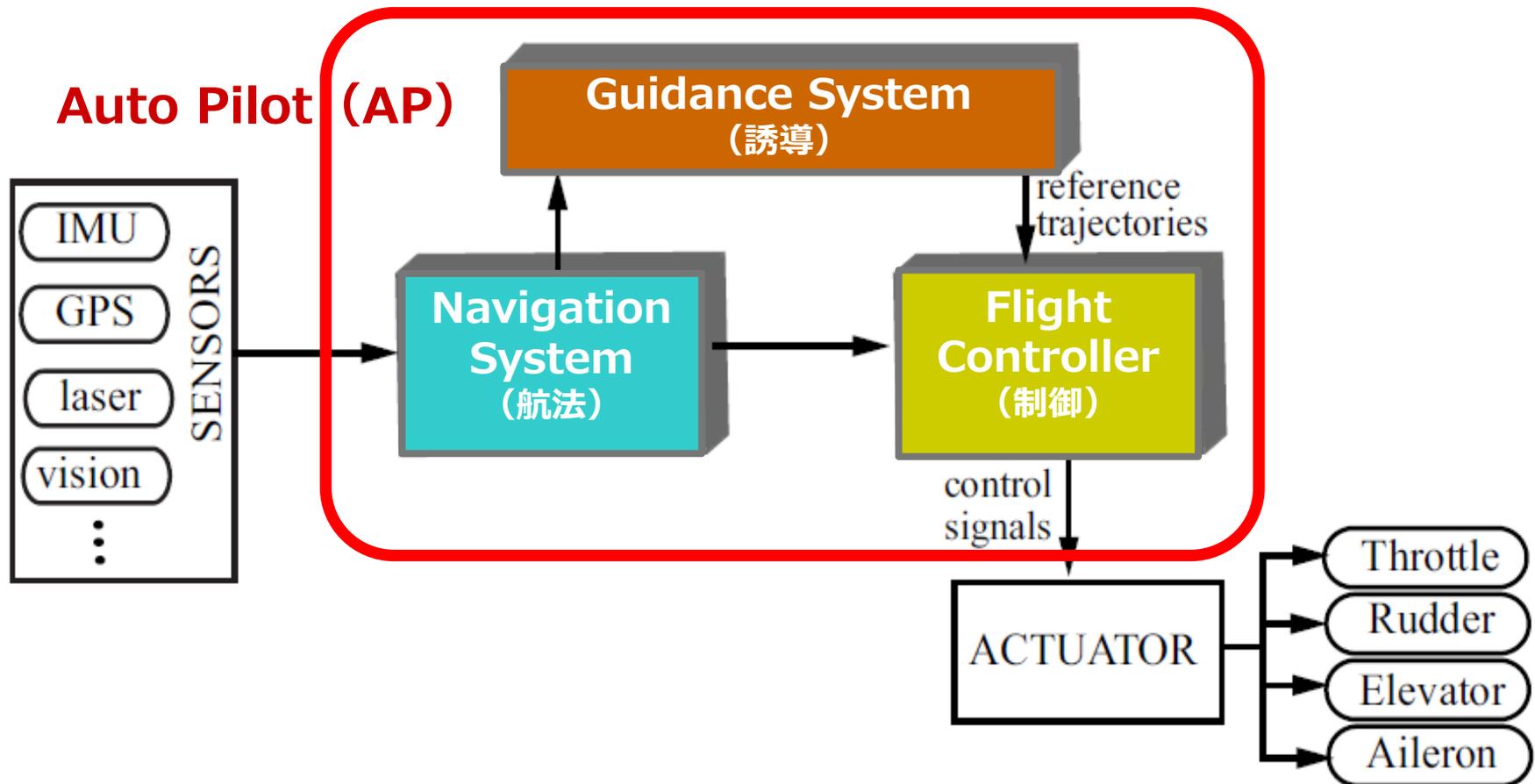
達成目標

- 中間目標（2024年度）
- ・ Stage-1、2の内容（不時着地点探索、異常検知、障害物認識、衝突回避制御、One Fail Operative機能等）の達成
 - ・ AI実装型の知能オートパイロットとして、DAA（Detect and Avoid）機能を有する知能型オートパイロットを実現
- 最終目標（2026年度）
- ・ Stage-3、4の内容（ダイナミックマップ対応の飛行ルート探索、生成、自律飛行制御等）の達成
 - ・ 知能オートパイロットの高度化、エッジ・クラウド協調による空域ゾーニングに対応する運航管理システムの実現



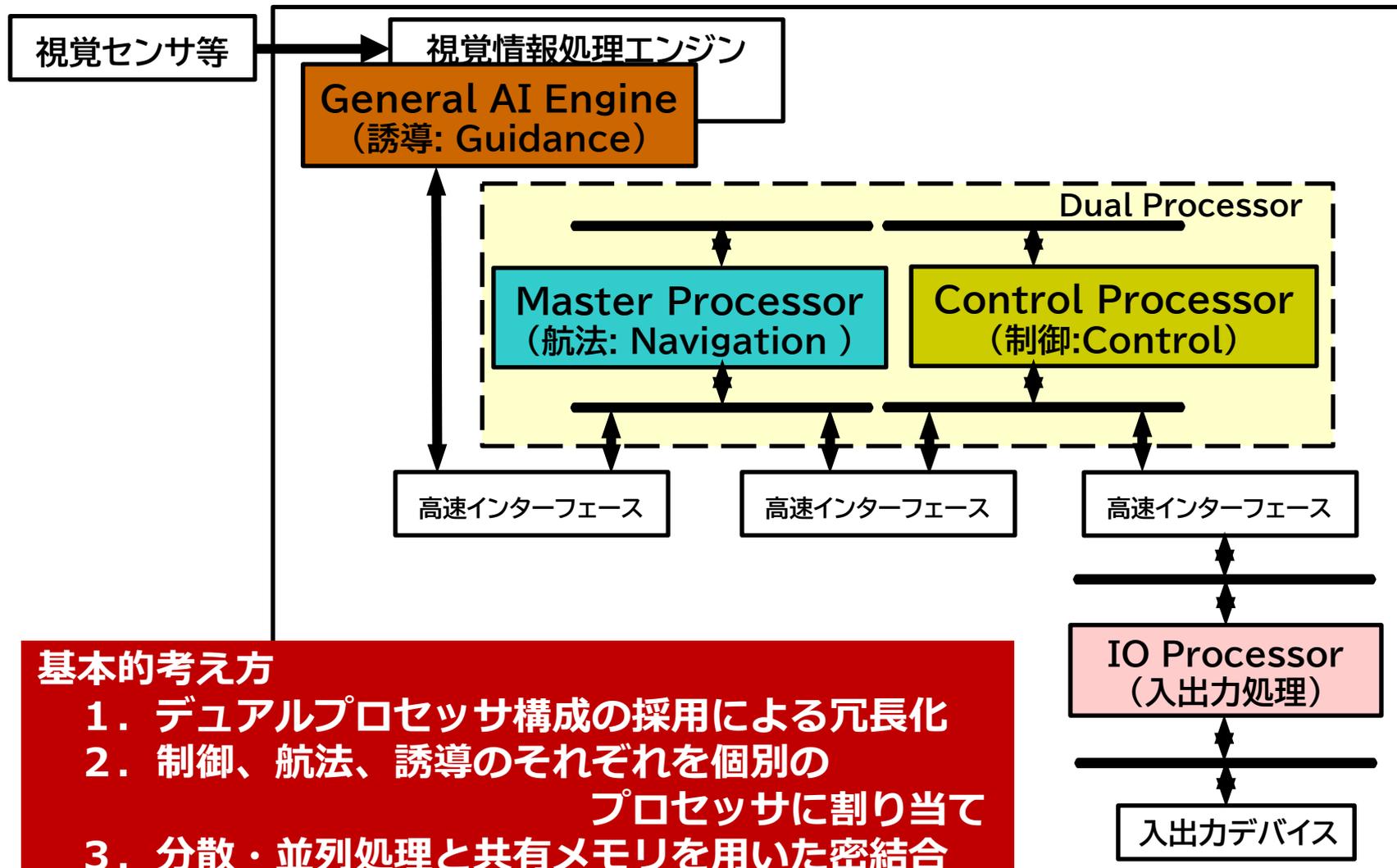
(参考) 開発するオートパイロットの概要

衝突回避の観点からの大脳型オートパイロットの必要性



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

(参考) 開発す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.今年度(2022年度)の取組内容と成果

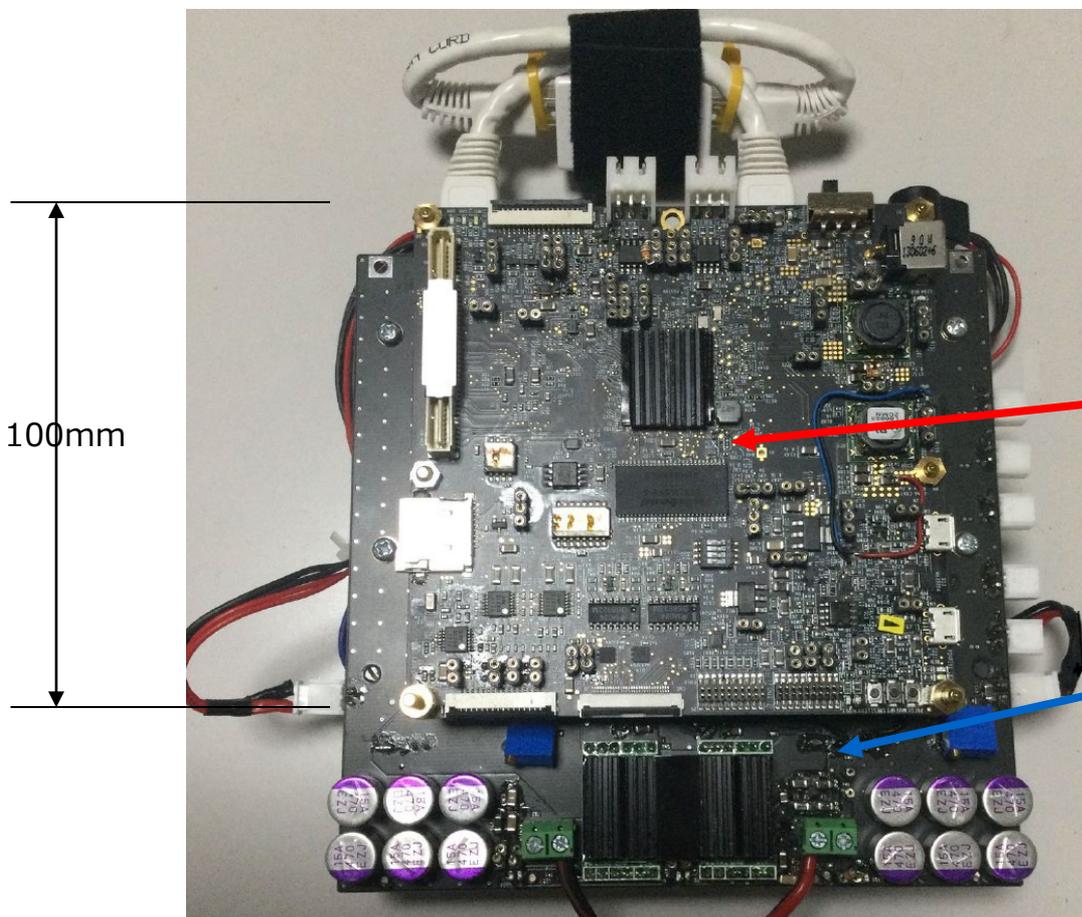
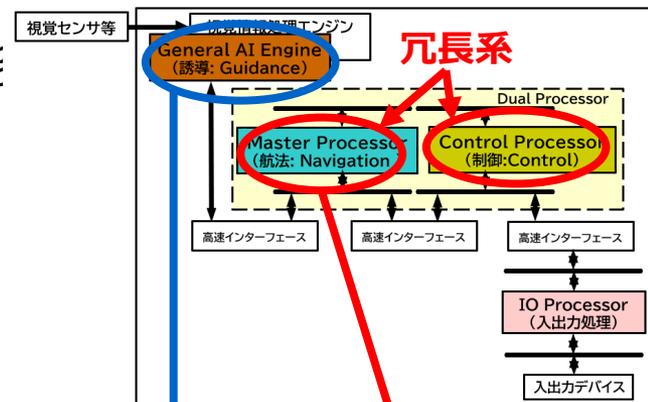
2022年度の取り組み内容と成果



事業内容（2022年度）	取り組み内容	本年度の成果（2022年度2月17日現在）
(1) 冗長型オートパイロット開発	冗長型オートパイロット試作 [特徴] デュアルプロセッサ型 アーキテクチャ・密結合 共有メモリによる高速通信	<ul style="list-style-type: none"> 冗長型オートパイロットハードウェア初期試作完成（基本動作確認済） 本試作基板製作中 →[詳細別紙] 冗長化対応ファーム/ソフトウェア基本部（デバイスドライバ等）開発中
(2) 飛行中の異常診断機能 (国立情報学研究所再委託)	異常診断アルゴリズム、ソフトウェア試作 [特徴] AIによる異常特徴の抽出	<ul style="list-style-type: none"> 正常飛行時のデータ特徴分析 個別センサ情報の異常判定閾値の設定
(3) 異常時における不時着地点探索 (国立情報学研究所再委託)	地上の属性別セグメンテーション手法確立 [特徴] AI(CNN)による着陸可能性判定	<ul style="list-style-type: none"> 環境の実写画像データを用いた強化学習による属性判別 →[詳細別紙]
(4) 天候急変への対応 (国立情報学研究所再委託)	天候状況のレベル分けによる対処行動決定手法確立 [特徴] AIによる飛行計画の変更	<ul style="list-style-type: none"> 天候急変時のデータ特徴分析 平均風速、降水量等の判定閾値の設定
(5) 離隔距離制御 (千葉大学再委託)	飛行方向・距離変化方向に基づく離隔距離制御手法の策定・検証 [特徴] 機体種別に応じた離隔距離制御	<ul style="list-style-type: none"> 離隔距離制御の基本アルゴリズム策定 機体種別（マルチコプタ、固定翼等）に応じた最小離隔距離の設定
(6) 冗長化ワンフェイルオペラティブ飛行制御 (千葉大学再委託)	障害発生検出および飛行制御系統切替手法の策定・検証 [特徴] 冗長型ハードウェアの有効利用	<ul style="list-style-type: none"> 冗長型ハードウェア切替タイミング決定法の検討 切替時の状態量保持方法の検討

(1) 次世代型オートパイロットの開発

- リアルタイム制御用組込型オートパイロットとして、
 - ・ 超高速処理性能 (2.5GIPS+2.5GFLOPS/MSP)
 - ・ 冗長型構成によりOne Fail Operative制御が可能
- 試作したマスタプロセッサボードと汎用AIエンジンボードの組合せ試験状況



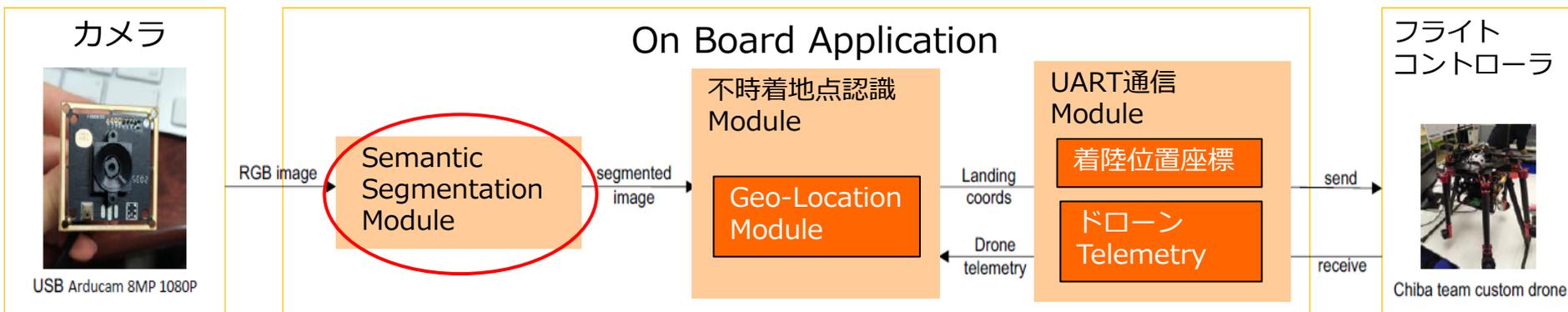
マスタプロセッサ (MSP)

汎用AIエンジン (GAIE)

(3) 不時着可能地点の認識・判断

- 何らかの異常*が発生した場合に、自律的に地上を探索して、不時着場所を認識
(*想定される異常の例：向い風等によるバッテリー電圧の低下、
センサ類の故障が疑われる場合など)

- データ取得実験の概要（使用した機体および映像取得システムの構成）



国立情報学研究所担当

千葉大学担当

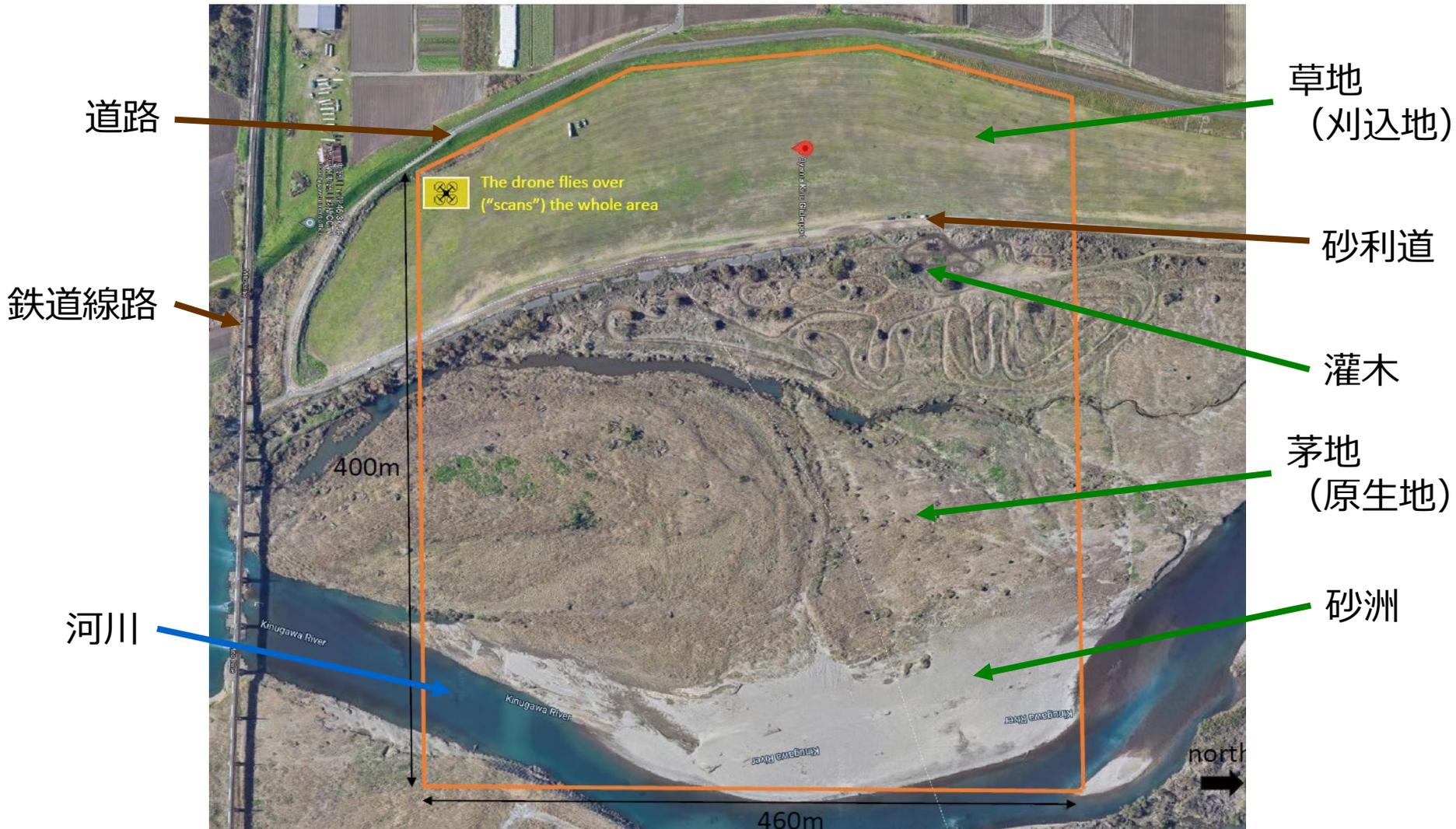
試験条件

- ・ヘキサコプタ（重量約6kg）
- ・撮影高度：50m
- ・画像処理装置：NVIDIA AGX Xavier



(3) 不時着可能地点の認識・判断

- データ取得実験を行った場所（河川敷）の俯瞰写真
さまざまな特徴を持つ土地、構造物などがあり、学習対象として好適

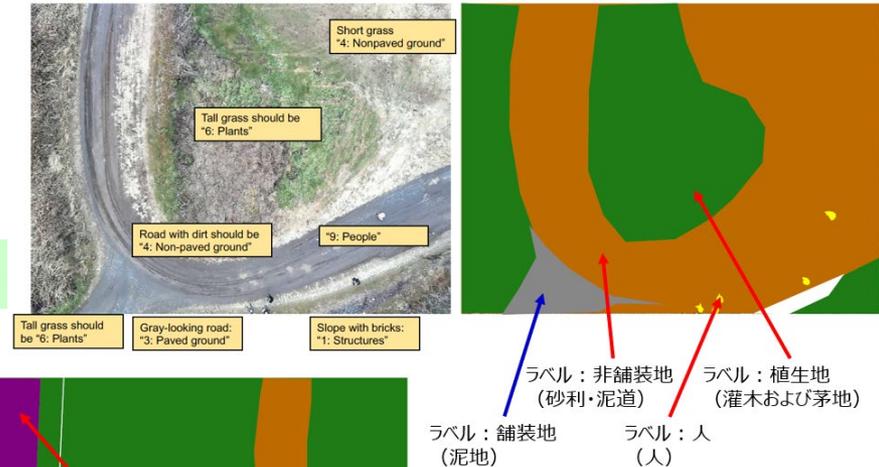


(3) 不時着可能地点の認識・判断

■ 認識結果の例 (その1)

- ・ 道路、草地、崖などを概ね正確に判断
- ・ 自動車、鉄道車両などの移動物体も正確に認識・判断

道路・草地



鉄道



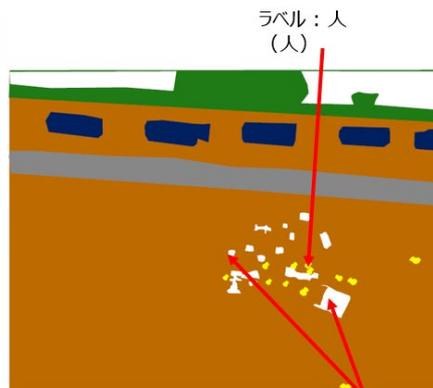
自動車・崖

- Buildings
- Plants
- Vehicles
- Paved ground
- Unpaved ground
- Water
- Structures
- Train tracks
- Other

(3) 不時着可能地点の認識・判断

■ 認識結果の例 (その2)

- ・ 人や椅子などの小さい対象も、影を除外して正確に認識・判断
- ・ 波のない川面も正確に認識・判断



人・テント等

- Buildings
- Plants
- Vehicles
- Paved ground
- Unpaved ground
- Water
- Structures
- Train tracks
- Other

「影」は「影」として判断し、自動的に認識対象から除外



河川



ラベル：水面 (河川)

ラベル：植生地 (灌木および茅地)

3.次年度以降の取り組み

次年度以降の取り組み

事業内容 (2022年度)	次年度以降の取り組み (2023年度)	(2024年度)
(1)冗長型 オート パイロット	・冗長型オートパイロット (ハードウェア/ ソフトウェア) 試作、飛行試験実施	・ 知能型オートパイロット開発 (飛行試験による検証実施)
(2)飛行中の 異常診断機能 (国立情報学研)	・ 異常診断アルゴリズム策定 ・ ソフトウェア試作、模擬試験実施	<ul style="list-style-type: none"> ・ 障害物認識と回避戦略生成 ・ AIを用いた障害物認識、回避経路決定 (模擬試験および飛行試験による検証実施)
(3)異常時不時着 地点探索 (国立情報学研)	・ 属性セグメンテーションによる着陸可能判定 ・ 判定ソフトウェア試作、飛行試験実施	
(4)天候急変 への対応 (国立情報学研)	・ 天候状況レベル分けによる対処行動決定 ・ ソフトウェア試作、模擬試験実施	
(5)離隔距離 制御 (千葉大学)	・ 飛行および距離変化方向に基づく制御手法 ・ 複数種の実機を用いた飛行試験検証	
(6)ワンフェイル オペラティブ 飛行制御 (千葉大学)	・ 障害発生検出手法、制御系統切替手法 ・ 切替ソフトウェア試作、模擬試験実施	<ul style="list-style-type: none"> ・ 障害物との衝突回避行動制御 ・ ラダー制御による衝突回避飛行 (模擬試験および飛行試験による検証実施)
標準化活動 実施内容：衝突 回避ゾーニング	・ 国際標準化活動：ISO 衝突回避のための運航ルールの提案準備	・ 国際標準化活動：ISO 衝突回避のための運航ルールの提案

(注) 研究開発期間は2022年度～2026年度だが、ここでは2024年度までの計画について示す

次年度以降の取り組み

	2022年度	2023年度	2024年度
(1)冗長型オートパイロット開発	ハード/ファーム 検討・一次試作	ハード/ファーム/ソフト 製作・試験・飛行検証	項目(7)へ
(2)飛行中の異常診断機能 (再委託先：国立情報学研究所)	アルゴリズム検討	ソフトウェア試作 試験・模擬検証	Stage-1(2023年度) のマイルストーン ・冗長型オートパイロットの完成 (項目2～6の各機能を搭載) ・同AP搭載機体による飛行試験実施
(3)異常時における不時着地点探索 (再委託先：国立情報学研究所)	判定方式確立	ソフトウェア試作 試験・飛行検証	
(4)天候急変への対応機能 (再委託先：国立情報学研究所)	対処方式確立	ソフトウェア試作 試験・模擬検証	
(5)複数機の離隔距離制御 (再委託先：千葉大学)	制御手法確立	ソフトウェア試作 試験・飛行検証	
(6)冗長化ワンフェイルオペラティブ飛行制御 (再委託先：千葉大学)	アルゴリズム検討	ソフトウェア試作 試験・模擬検証	

(注) 研究開発期間は2022年度～2026年度だが、ここでは2024年度までの計画について示す

▲：飛行試験時期

次年度以降の取り組み

	2022年度	2023年度	2024年度
(7) 知能型オートパイロット開発		項目(1)より ハード/ファーム 検討および試作	← Stage-2 → ハード/ファーム/ソフト 製作・試験・飛行検証
(8) 障害物認識と回避経路生成 (再委託先：国立情報学研究所)		アルゴリズム検討	ソフトウェア試作 試験・模擬/飛行検証
(9) 障害物との衝突回避飛行制御 (再委託先：千葉大学)		アルゴリズム検討	ソフトウェア試作 試験・模擬/飛行検証
(10) 国際標準化活動 ＜衝突回避の在り方＞		<u>Stage-2(2024年度)のマイルストーン</u> ・ 知能型オートパイロットの完成 (項目8～9の機能を搭載) ・ 同AP搭載機体による飛行試験実施	
			2024年度までの研究成果 を踏まえてISOに提言

(注) 研究開発期間は2022年度～2026年度だが、ここでは2024年度までの計画について示す

▲：飛行試験時期

社会実装に向けた取り組み

- ・ ニーズの確認：サービス事業者、ユーザ等との意見交換（JDC加盟企業へのヒアリング等）
- ・ 機体認証に向けた課題：AIを含むソフトウェアの認証、信頼性の検証方法の明確化など