

千葉県ドローン宅配等分科会技術検討会

2023年10月11日

VTOLカイトプレーンを用いた 東京湾縦断飛行および今後の展望

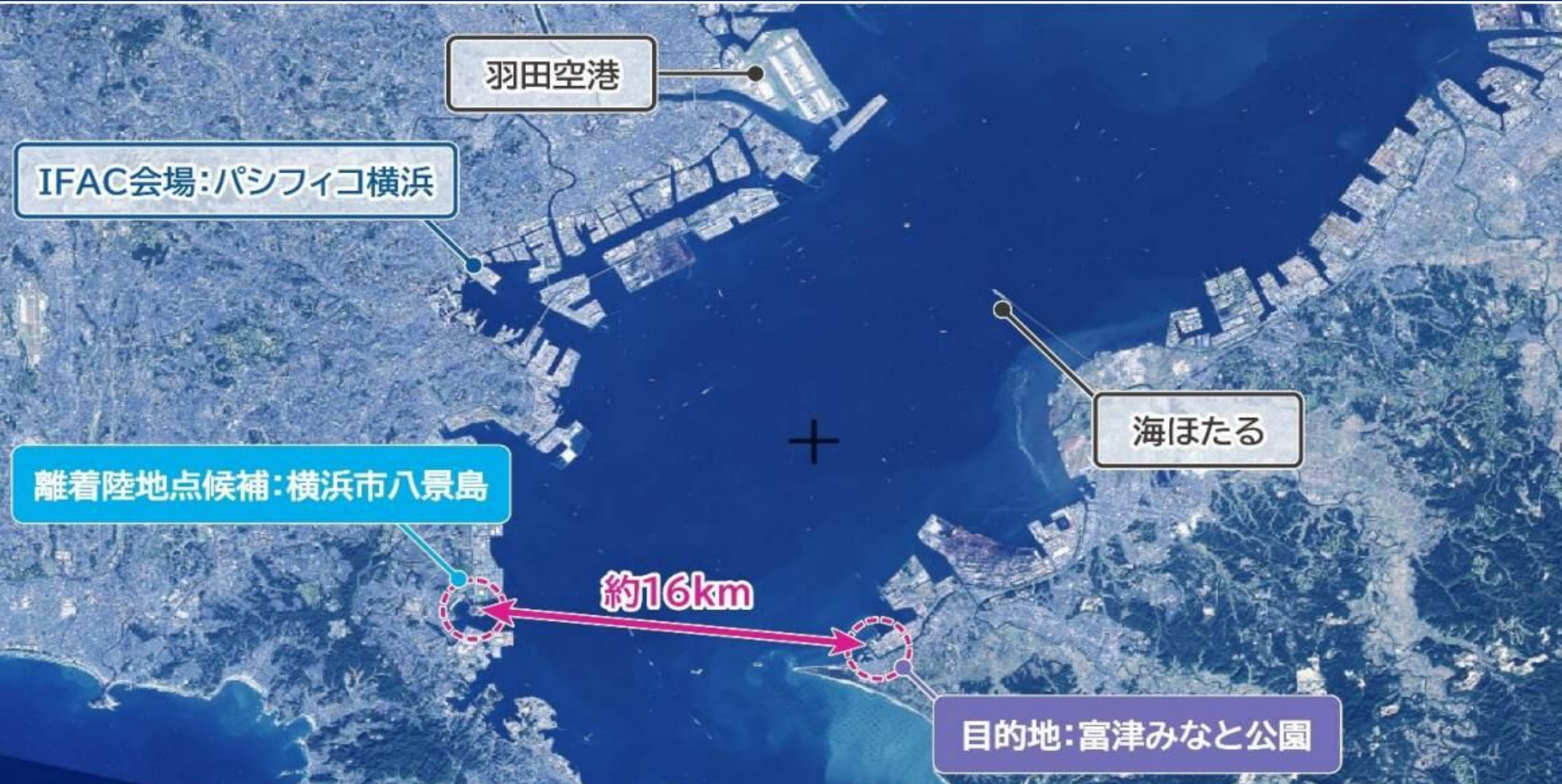
一般財団法人先端ロボティクス財団理事長
千葉大学名誉教授・F-REIロボット分野長

野波健蔵

講演内容

1. 前回技術検討会からの経緯と
東京湾ドローン物流ハイウェイ構想
2. CLAS測位とAI技術による高精度測位・着陸と
大脳型AP搭載による生物型飛行へ
3. VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行
4. 2023年度内の第3回公開飛行試験について

IFAC2023-ARF World Drone Competition開催（7月11日），12チームエントリー



IFAC2023-ARF World Drone Competition開催（7月11日）3チームのみ飛行

エントリー番号

WDC-EN107

チーム名

Kobe Univ. and Aerosense



エアロセンス社のVTOL (vertical take-off and landing aircraft、垂直離着陸) 機「エアロボウイング」に神戸大学浦久保孝光准教授研究室で開発した「慣性リール型」物件投下装置を搭載しWDCに臨んだ。31分02秒で往復し1位となった。

エントリー番号

WDC-EN105

チーム名

URO



インドネシアのLampung University(ランパン大学)チーム。同大学のベンチャー企業「Drone Nirwana Bentala」(Dronila)のSTOL(short take-off and landing aircraft、短距離離着陸機)機[SUK Brontok]でWDCに臨んだ。35分21秒で往復し2位となった。

エントリー番号

WDC-EN110

チーム名

Skyscanner



Universiti Sains Malaysia,(マレーシア科学大学)チーム。SonicModell社のSTOL機(Kit)「Skyhunter」でWDCに臨んだが離陸時にバランスが崩れ海に落下(順位は番外とする)。

IFAC2023-ARF World Drone Competition開催（7月11日）3チームのみ飛行

**World Drone Competition
co-sponsored by IFAC WC 2023
and ARF**

The event was held on July 11

東京湾縦断飛行と将来構想およびビジネス戦略

1. 首都圏の2つの政令指定都市(横浜市・千葉市)を結ぶ、空の物流ドローンハイウェイ

- ・湾岸道路、アクアラインという地上交通網とは別の第3の大動脈・空の交通システム
- ・慢性的な地上交通システムの渋滞回避を実現する環境に優しいエコシステム
- ・BtoB、または、BtoCのビジネス便による便利、低価格システム
- ・横浜市や川崎市を中心とした京浜地区と千葉市や市原市等の京葉地区の新たな連結

2. 最近の大型台風・集中豪雨など大規模災害に対応できる防災・減災システムとして機能(ドクターヘリと連携した空からの救急医療)

空からの被災地調査や救援物資の搬送

3. 想定される首都直下地震に対する災害救援物資搬送のための物流ドローンハイウェイ

- ・想定される首都直下地震時には多くの陸路は寸断されて地上交通は麻痺
- ・こうした大災害時に最も効果的なアクセス方法は空であり、物流ドローンハイウェイは大活躍することが期待される
- ・非常時の災害に備えるためにも、平常時に物流ドローンハイウェイとして稼働していること

搬送物：ジルコニア、セラミック等の歯科技工物

ドローン物流：ビジネスモデルと社会的受容性が極めて重要

1. 何を運ぶか（ビジネスモデル）？

ジルコニア・セラミック・インプラント等の歯科技工物

2. その搬送物はどの程度の緊急性か（ドローンの必要性）？

食事と健康に関わることで、出来るだけ早い方が望ましい

3. 単位重量当たりのコストはどの程度か（黒字化可能？）？

約100万円/100g

4. 飛行エリアで社会的受容性は取れているか（社会許容度）？

飛行エリアは東京湾上空であり、騒音やプライバシーなどの問題はない

東京湾縦断飛行とドローン物流ハイウェイ構想の展望

2021年実施(2021.6.21)
カイトプレーンによる
東京湾縦断飛行

滑走を必要とする固定翼型離着陸
エンジン単独による飛行形態

2022年実施(2022.3.24)
VTOLカイトプレーンによる
東京湾縦断飛行

滑走を必要としない垂直離着陸型
エンジンとモータのハイブリッド飛行形態

大脳型AP実装とドローン
ステーションの活用、落ち
ないドローンの実現

2023年度実施
大脳型AP実装のVTOLカイトプレーンによる
東京湾縦断飛行とドローンステーションへの荷物収納

量産化と200km長距離飛行実績、飛
行の高度化・高性能化を経てロバス
トな生物型ドローン化の達成と東京
湾ドローンハイウェイの実現へ

2023年度下期スタート～
量産化による海外での200km長距離飛行実績を
積み、飛行の一層の高度化・高性能化を行い、東
京湾ドローン物流ハイウェイ構想の実現へ

7月26日~28日東京ビッグサイト国際ドローン展AutonomyHD会場

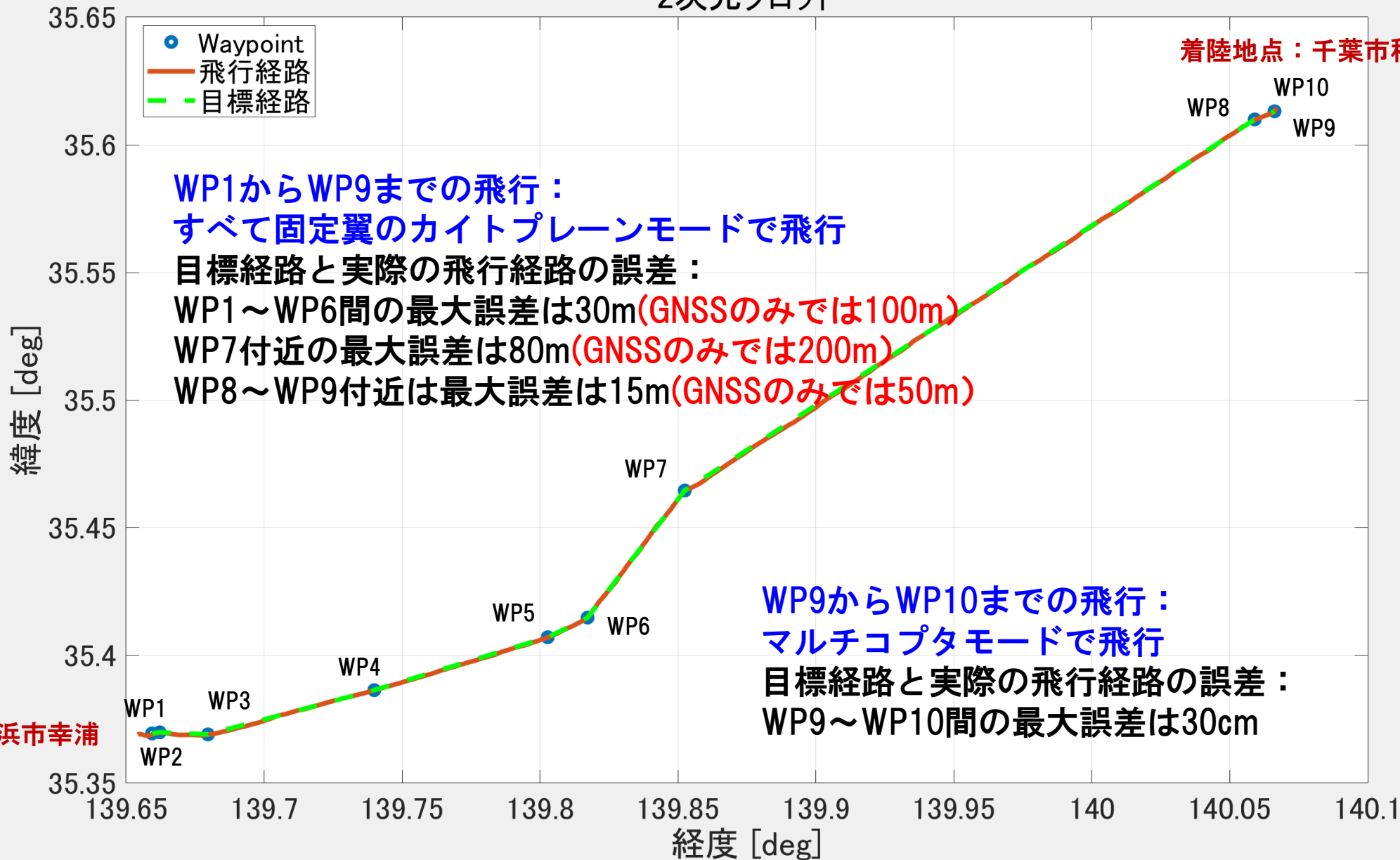


14ブースの会場での展示物 (Surveyor-I, II, III, X, 1億画素カメラ、リモートID他)

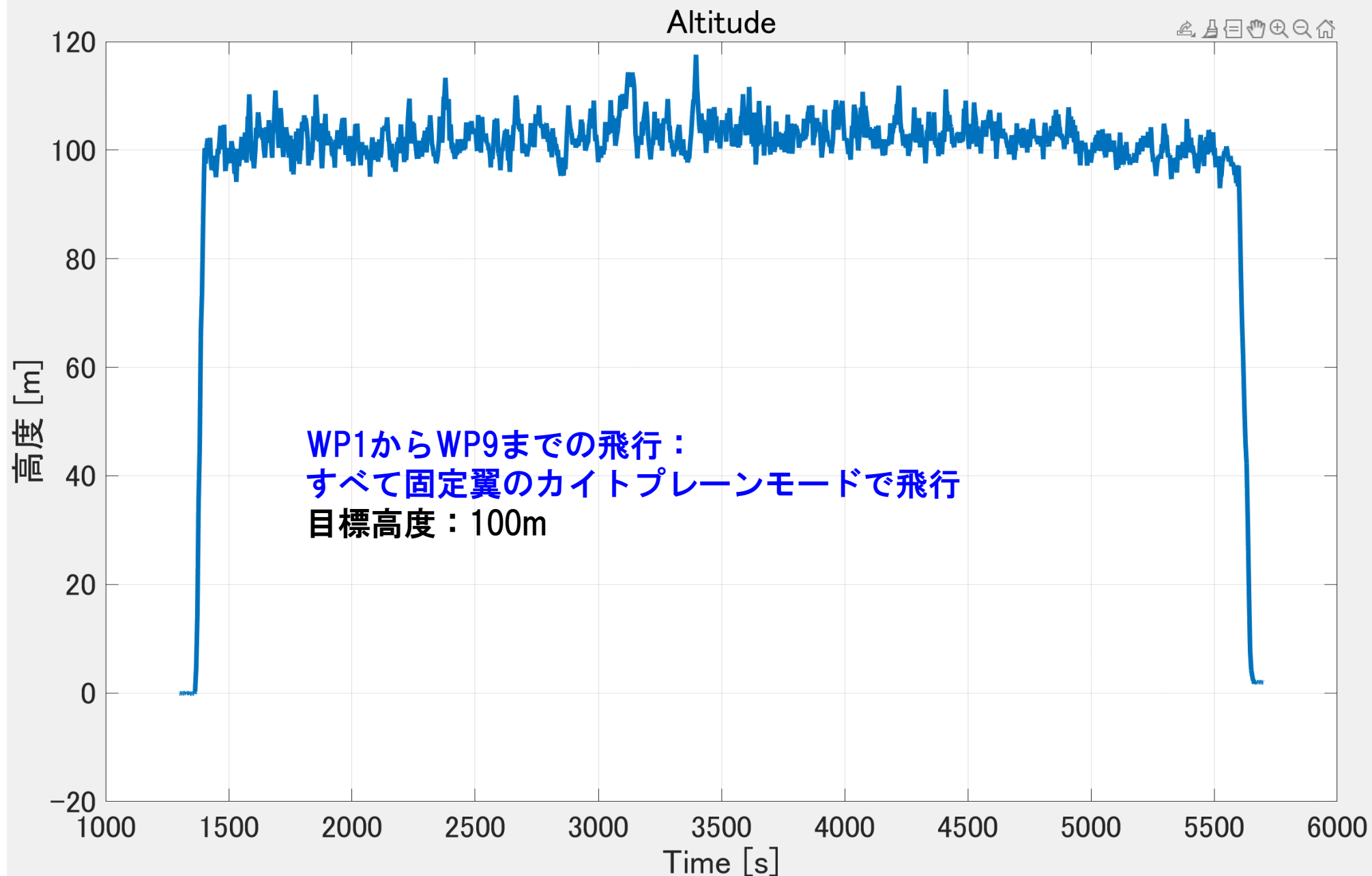
2. CLAS測位とAI技術による高精度測位・着陸と 大脳型AP搭載による生物型飛行へ

東京湾縦断飛行のウェイポイント設定と実際のCLAS飛行経路(2022年3月24日公開実験)

2次元プロット



東京湾縦断飛行の気圧計とQZSSによる飛行高度制御データ（2022年3月24日公開実験）



ドローンステーションへの高精度着陸



・本公開実験では高精度着陸として、ドローンステーション(DS)への着陸を行う

・ドローン物流時代の先駆けとして、将来普及することが想定される**配送品のドローンへの荷物収納、離陸ポイント、ドローン着陸ポイント、ドローンから荷物の受領、保管、一時収納などの機能、将来はバッテリー交換などの機能追加**

・左図は大きさは縦2m×横2m×高さ2.2mであり、重量は1.6トン

・着陸のシーケンスは、通常は**無線でドローンとDSが相互に無線通信して着陸許可を求めて、承認されたらDS上空から降下してDS上に着陸する**

・将来は、**コンビニエンスストアレベルに、数キロエリアに1か所程度を配置して、荷物配送や受取、ドローン離発着場となる**



VTOLカイトプレーン「不死鳥」の仕様

【名称】VTOLカイトプレーン、愛称「不死鳥」

【全長】1948mm

【全幅】2590mm

【全高】1120mm

【重量】20kg

【ペイロード】4.9kg

【最大離陸重量】24.9kg

【主翼面積】1.82㎡

【飛行速度】約50km～70km/時

【飛行時間】2時間







みちびきCLAS（センチメートル級）対応小型軽量GNSS受信機

性能仕様	捕捉信号	GPS:L1/L2 GLONASS:L1/L2 Galileo:E1/E5b Beidou:B1,B3 SBAS:EGNOS/WAAS/GAGAN/MSAS/SDCM(L1) QZSS:L1/L2/L6
	測位方式	CLAS,RTK(Ntrip方式含む),DGPS等
	測位レート	最大100Hz
機器仕様	本体サイズ	W100 x D67 x H24 mm(突起物を除く)
	重量	94g (基板単体30g)
	電源仕様	入力電圧:4.5~15.0V,消費電力:約2.6W※1
	環境特性	-10~60℃ (ただし結露しないこと)
	筐体	ABS樹脂製
インターフェース 通信等	コネクティビティ	USBポート,Wi-Fi,Bluetooth,UART 1ch, RS-232C 1ch,microSD
	出力形式	NMEA, RTCM, SBF, CMR, RINEX
付属品	ケーブル類	アンテナケーブル3m
	GNSSアンテナ	L1,L2,L6対応アンテナ

みちびきCLAS（センチメートル級）対応小型軽量GNSS受信機

➤ みちびきcm精度測位対応受信機※をさらに小型軽量化

名刺と同等のサイズ感（100 x 67 x 24 [mm]）

わずか100gの受信機でCLASによるセンチメートル精度測位が可能

※コア製 Cohac[∞] Chronosphere-L6 II

➤ 妨害波・マルチパスを低減して安定した測位を実現

電波障害・マルチパスが発生する場所でも影響を低減した測位を実現

➤ 最大100Hz出力で高速移動時の動きを詳細に把握

全ての衛星システム※を使って、最大100Hzで測位が可能

高速で移動する物体の動きを詳細にとらえることが可能

※GPS、GLONASS、Galileo、BeiDou、QZSS

➤ スマートフォン端末から簡単設定

Wi-Fiで接続したスマートフォン端末等から

専用ツール不要で手軽に受信機の設定やデータ取得が可能

Bluetoothで接続したスマートフォン端末等から

データ取得のみ可能

➤ micro SDカードスロット搭載でロガー利用が可能

受信機単体で測位結果のロギングが可能

スマートフォン端末、PCとの無線接続が切れてもデータ保存が可能

➤ ネットワークRTK対応でRTK基準局にもなれる

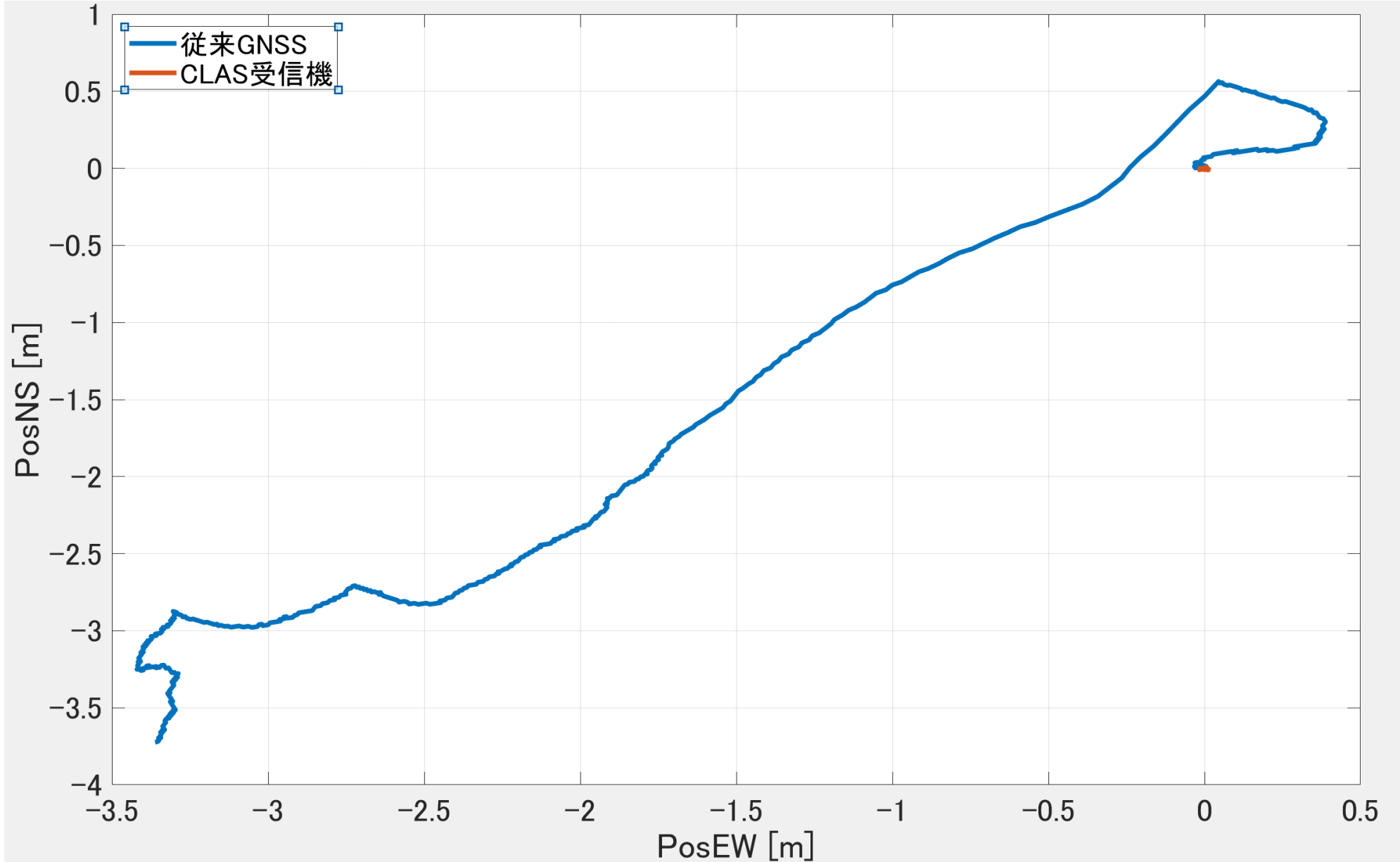
通信キャリアが提供するネットワークRTKサービスに対応



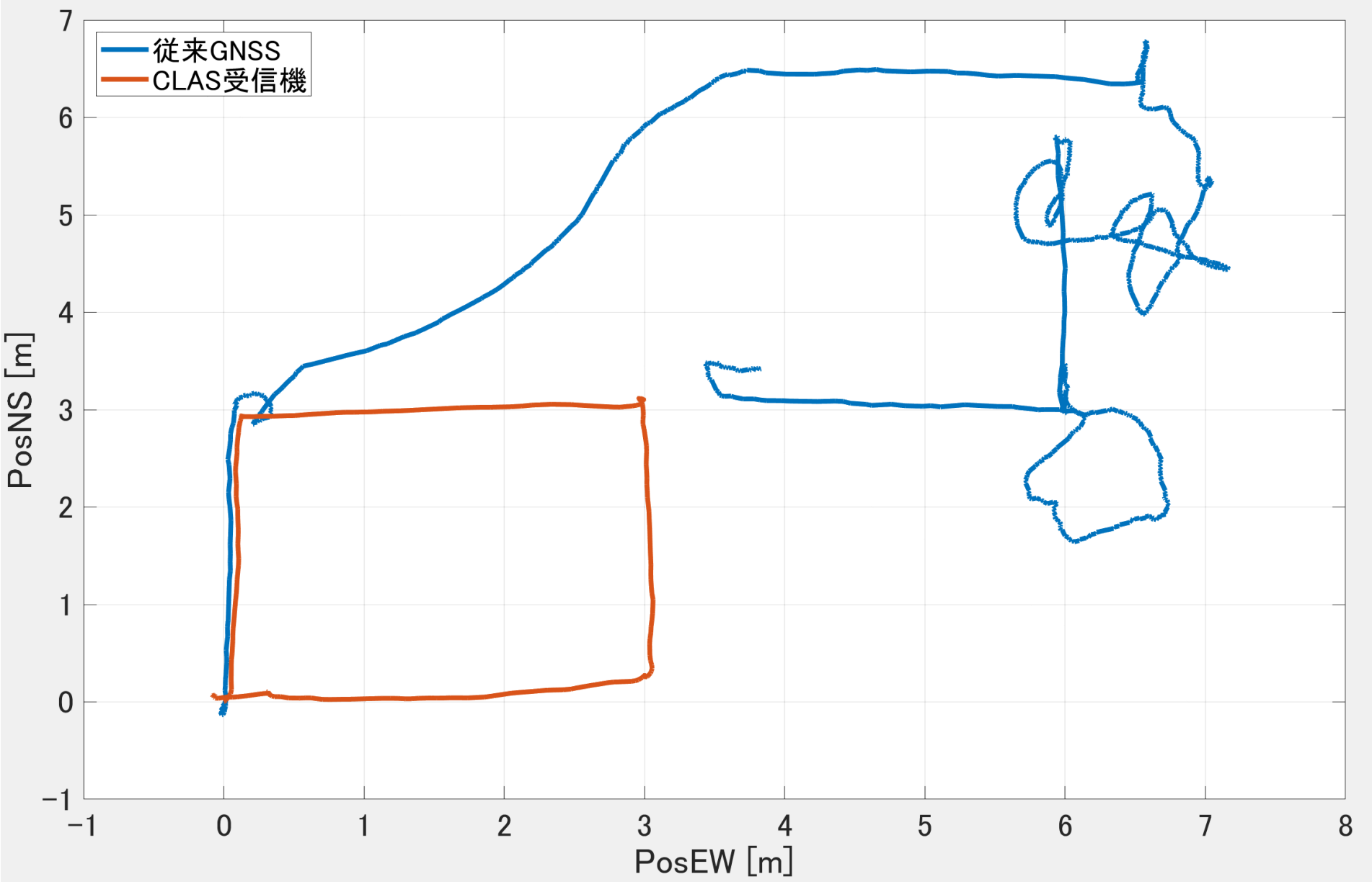
※付属アンテナケーブルは
3mとなります



CLAS受信機(Cohac[∞]Ten)によるGNSS単独との比較(静止時3分間の軌跡)



CLAS受信機(Cohac ∞ Ten)によるGNSS単独とQZSS併用の比較(3m四角形移動)



351MHz帯のデジタル簡易無線局（登録局）

デジタル簡易無線局（登録局）は、平成20年8月に制度化された、従来の免許局と違い簡単な手続きで使用できる新しいタイプの簡易無線局です。

区分	デジタル簡易無線局（免許局）	デジタル簡易無線局（登録局）	
		無線設備の種別：3R	無線設備の種別：3S
特徴	<ul style="list-style-type: none">無線局免許が必要高出力（最大5W）免許人以外での使用は不可陸上での使用に限定	<ul style="list-style-type: none">免許局と比べて簡単な「登録手続き」にて利用可能高出力（最大5W）免許人以外でも使用可能（レンタル可）一部のもの（種別が「3S」のもの）は上空使用可（最大出力1W）	
利用シーン	<ul style="list-style-type: none">主に企業等における業務用通信	<ul style="list-style-type: none">企業等における業務通信免許人以外も利用できることから、イベント等におけるレンタル機器として利用個人等におけるレジャー通信	
チャンネル数	28チャンネル（150MHz帯のもの） 65チャンネル（460MHz帯のもの）	30チャンネル（351MHz帯のもの） （注1）	5チャンネル（351MHz帯のもの）
空中線電力	最大5W	最大5W	最大1W
使用可能場所	陸上（150MHz帯） 陸上・日本周辺海域（460MHz帯）（注3）	陸上・日本周辺海域（注3）	陸上・日本周辺海域・上空（注3）
キャリアセンス機能（注2）	なし	あり	

本プロジェクトで実用化を目指すドローンハイウェイの飛行経路



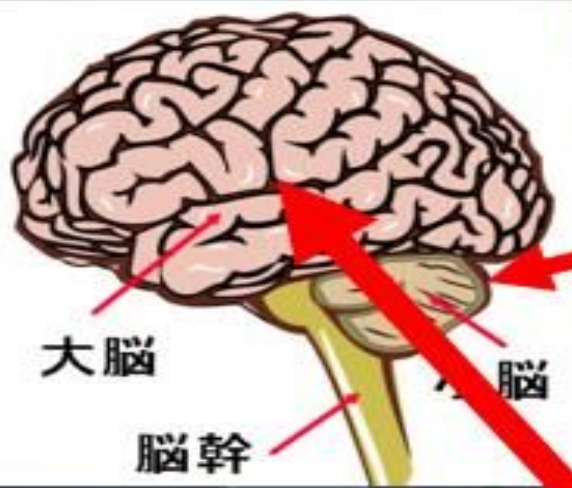
着陸地点
稲毛海浜公園

海ほたる

離陸地点
幸浦・ESR社敷地

知能型(大脳型)ドローンと生物型飛行の未来

自律制御



運動

把持・飛翔

これまでの飛行は
小脳での飛行



これからの飛行は
小脳・大脳での飛行



知能

判断・制御

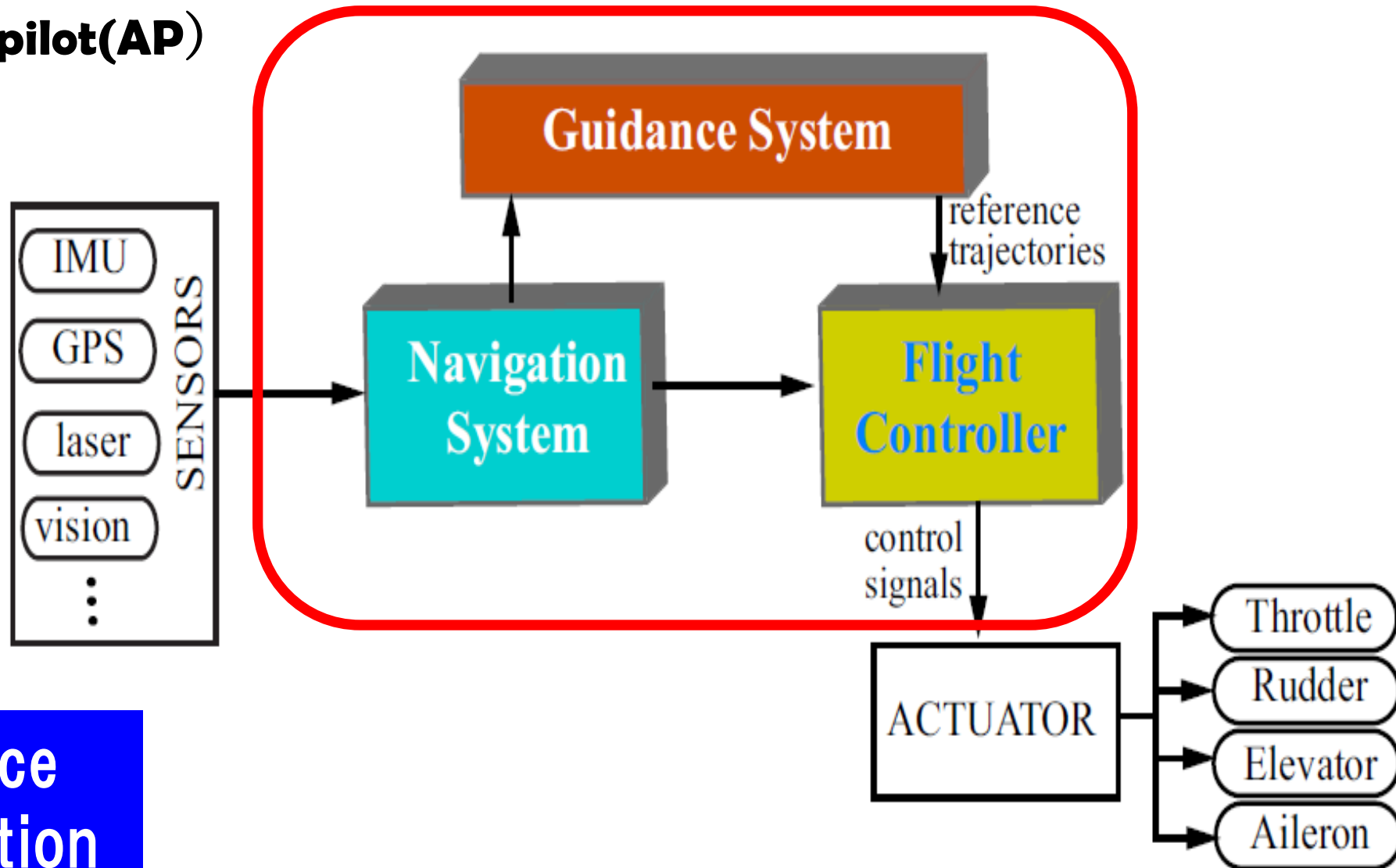
認識

視覚・触覚

AUTONOMOUS CONTROL

① Autonomy and Autopilot with Guidance, Navigation and Control

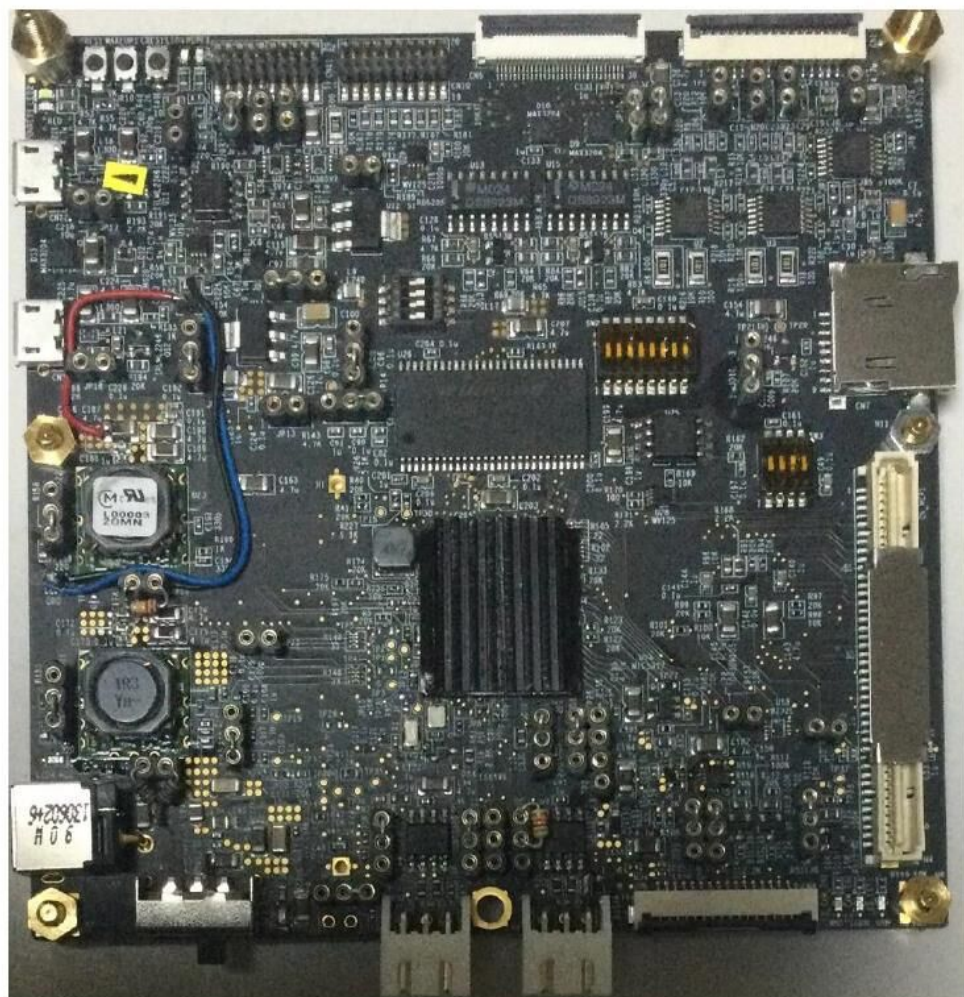
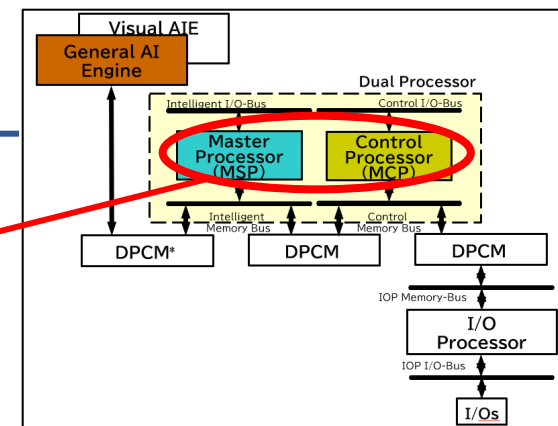
Autopilot(AP)



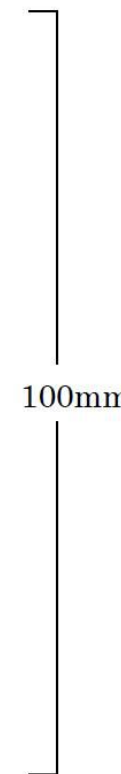
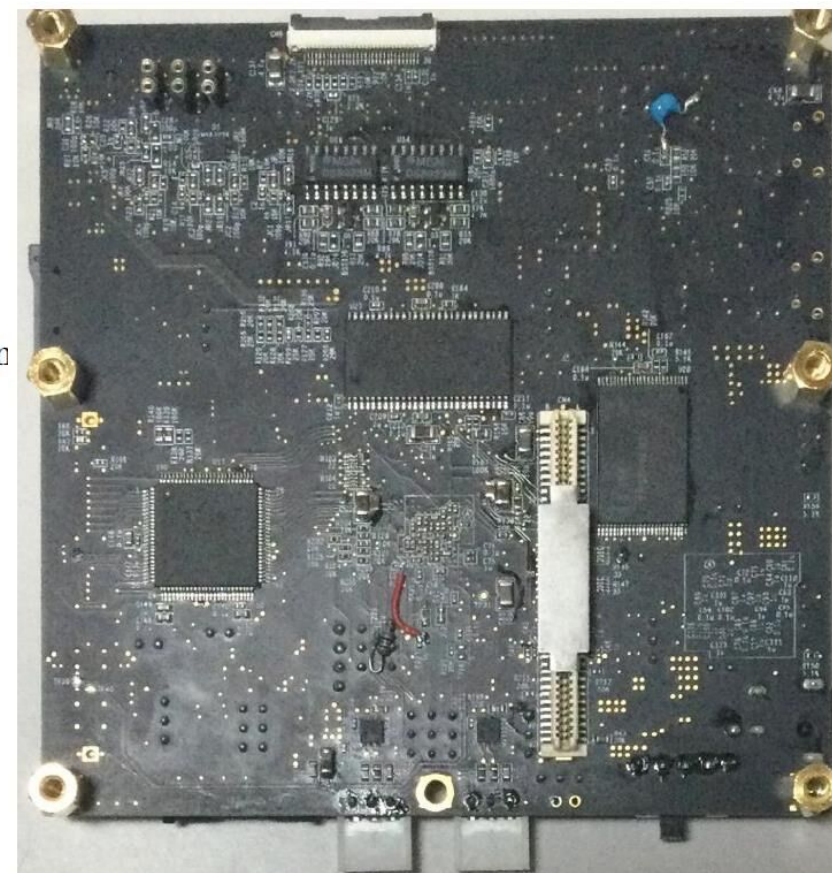
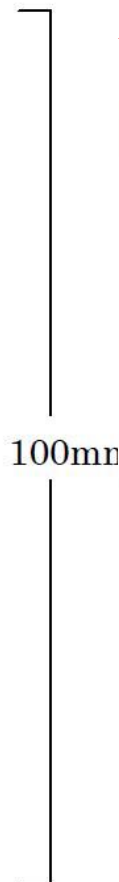
GS: Guidance
NS: Navigation
FC: Control

NEDO ReAMo (次世代空モビリティの社会実装に向けた 実現プロジェクト) に採択 : 5年間の研究の2年目 (小脳部)

- 成果 : マスタープロセッサ (MSP) 初期試作 実装済ボード
CPU : IMXRT1176/ARM-M85 (1GHz)

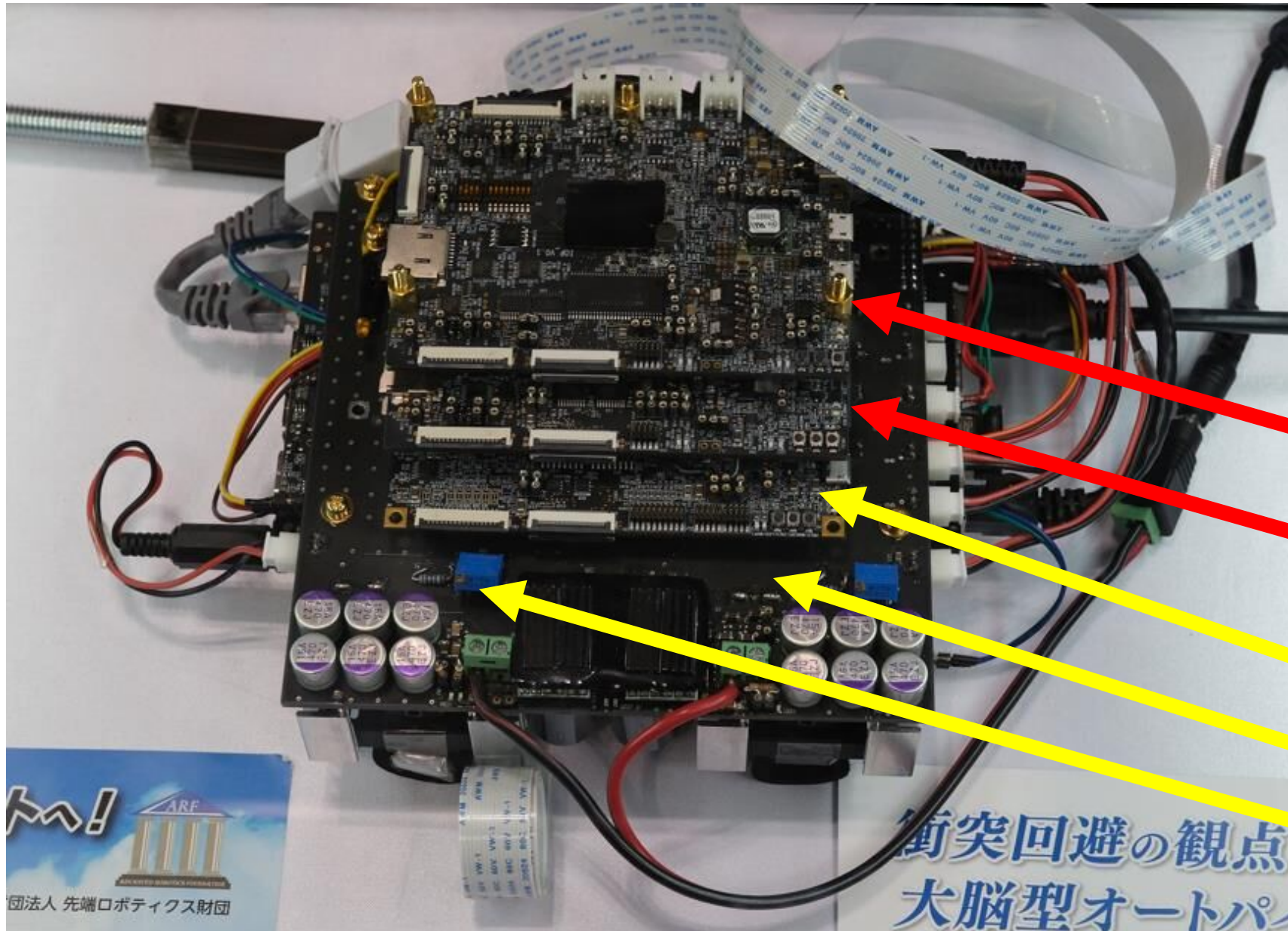
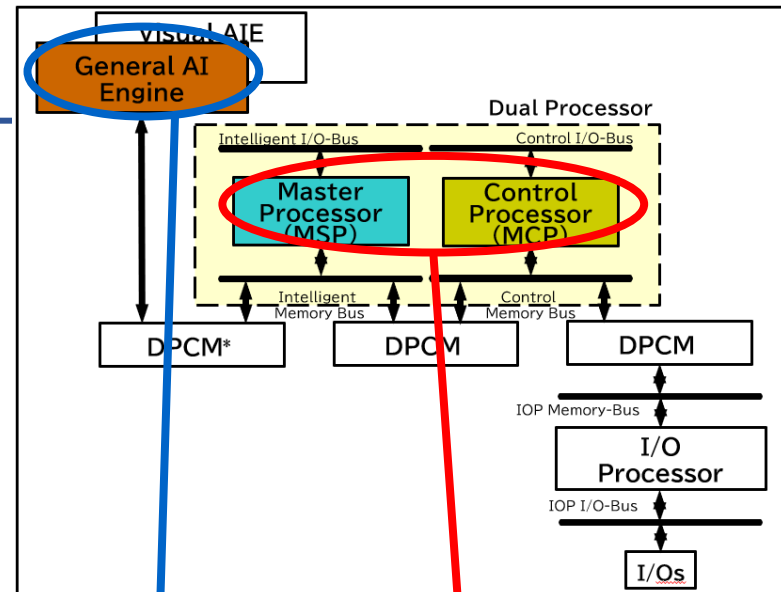


*MSP 初期試作_L1 面(実装基板_表面)



*MSP 初期試作_L12 面(実装基板_裏面)

NEDO ReAMo (次世代空モビリティの社会実装に向けた 実現プロジェクト) に採択: (小脳部と大脳部の俯瞰)



マスタプロセッサ
(MSP)
**自律神経
小脳**

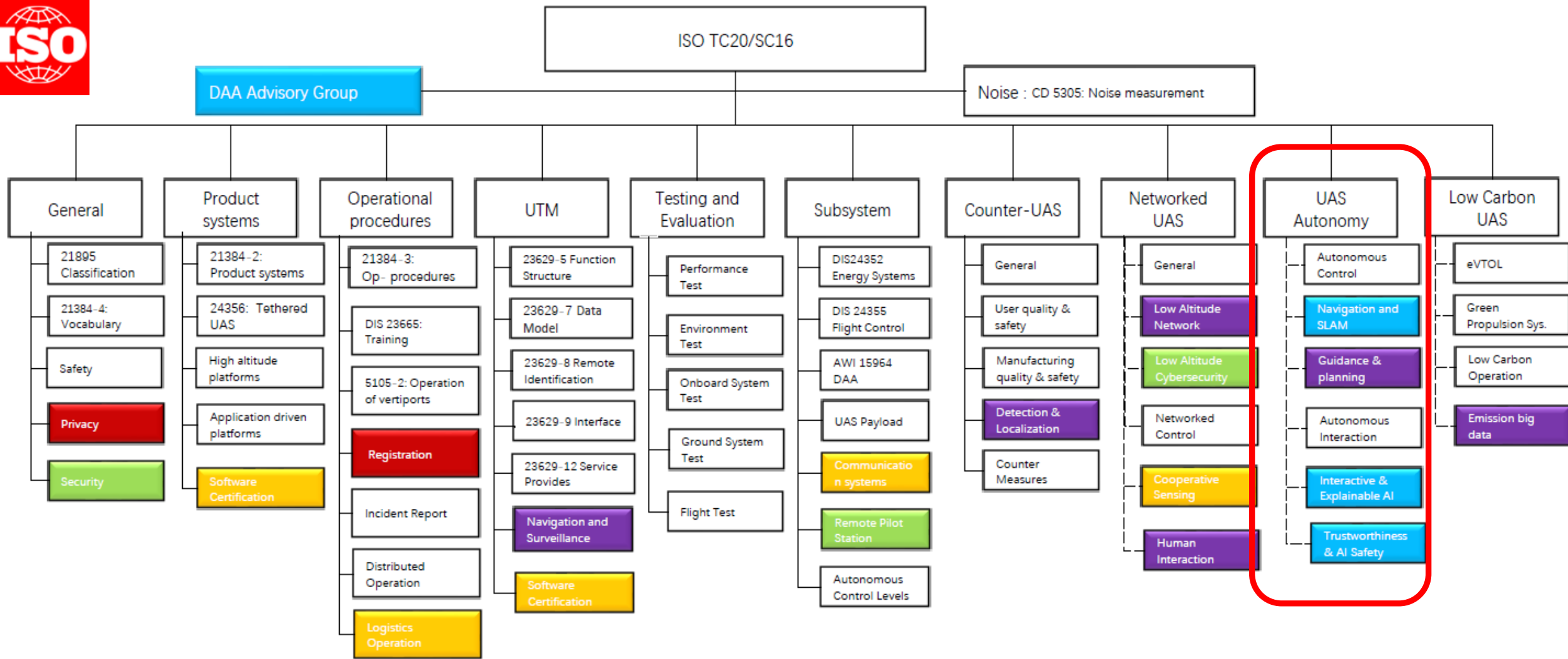
汎用AIエンジン
(GAIE)
**前頭葉
大脳 (右脳・左脳)**



衝突回避の観点
大脳型オートパ

大脳型APの国際標準化へ向けて(UAS Autonomy議長:野波)

2023年6月20日～22日のISO TC20/SC16 第15回Plenary総会(韓国ソウル)で選出



AG19 Focus area



中間層50層のCNNによる機械学習結果を用いた不時着地点の分類

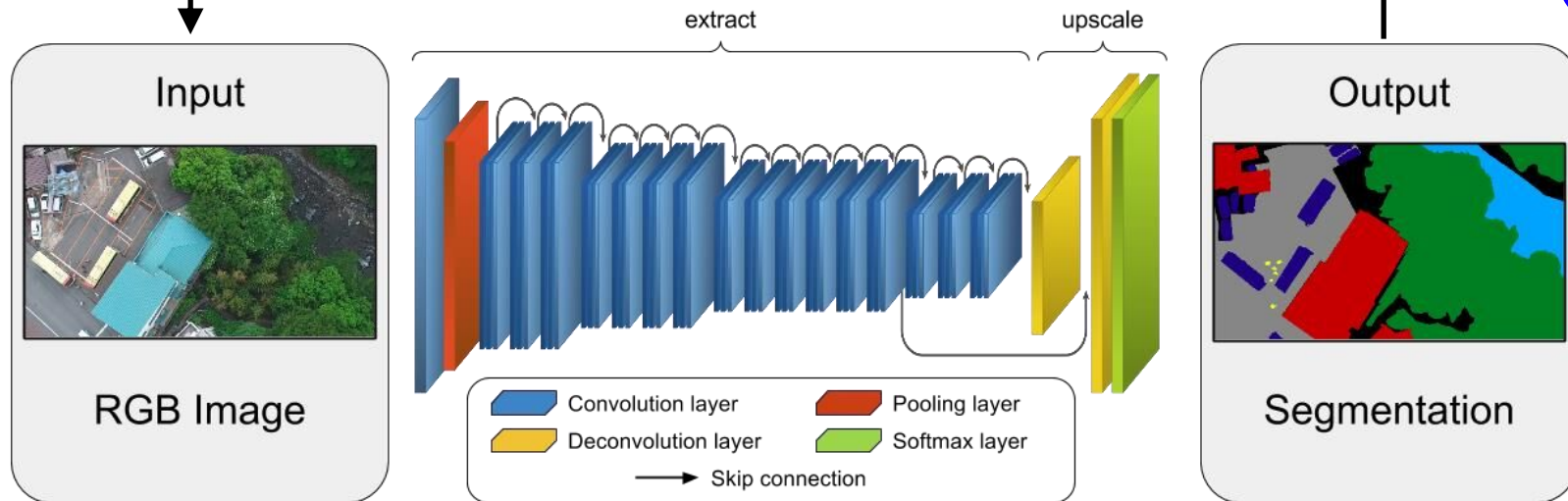
- セマンティック・セグメンテーション
- ビデオストリームピクセルベースのラベリング

ビデオデータ
入力



状況認識
(対象物の分類)

FCN ResNet-50 with skip connections

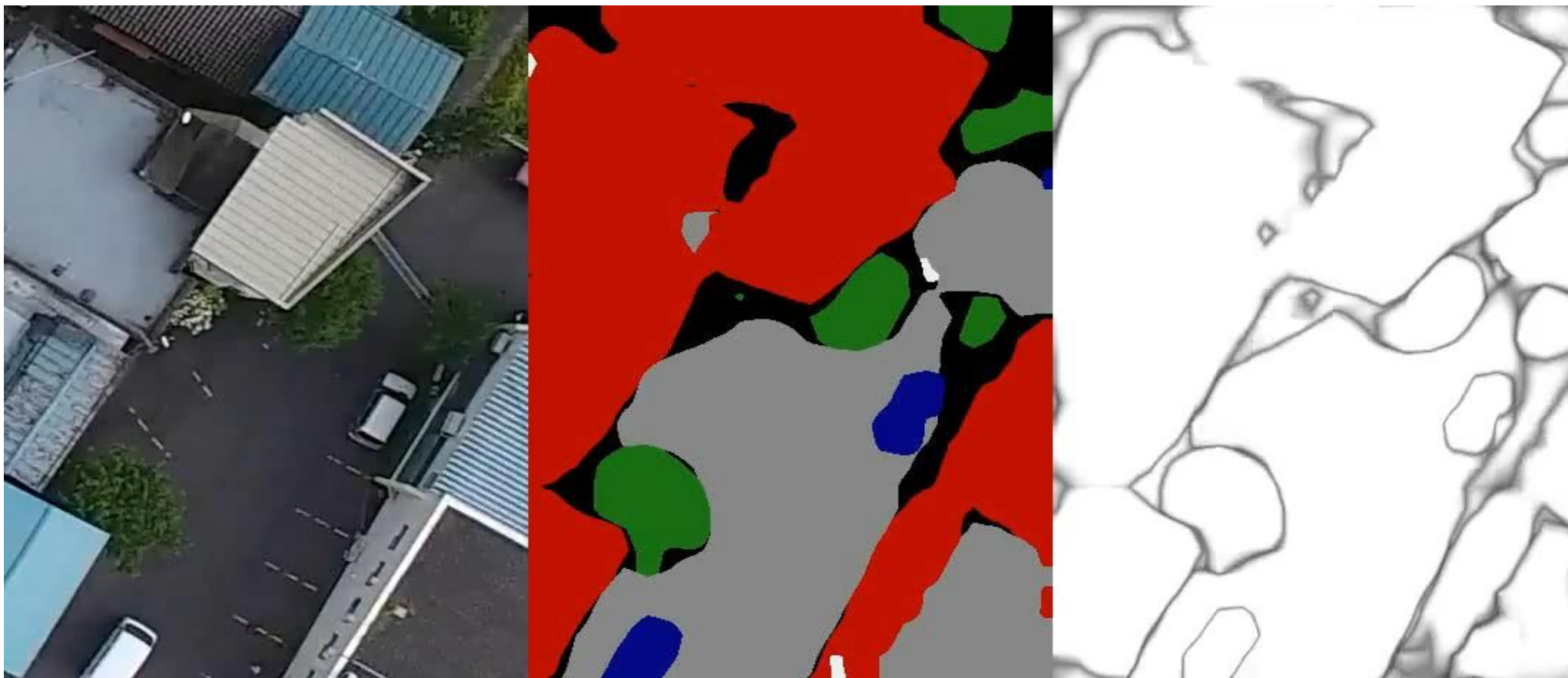


中間層50層のCNNによる機械学習結果を用いた不時着地点の分類

ビデオ画像

対象物の分類

信頼性



GPUチップ

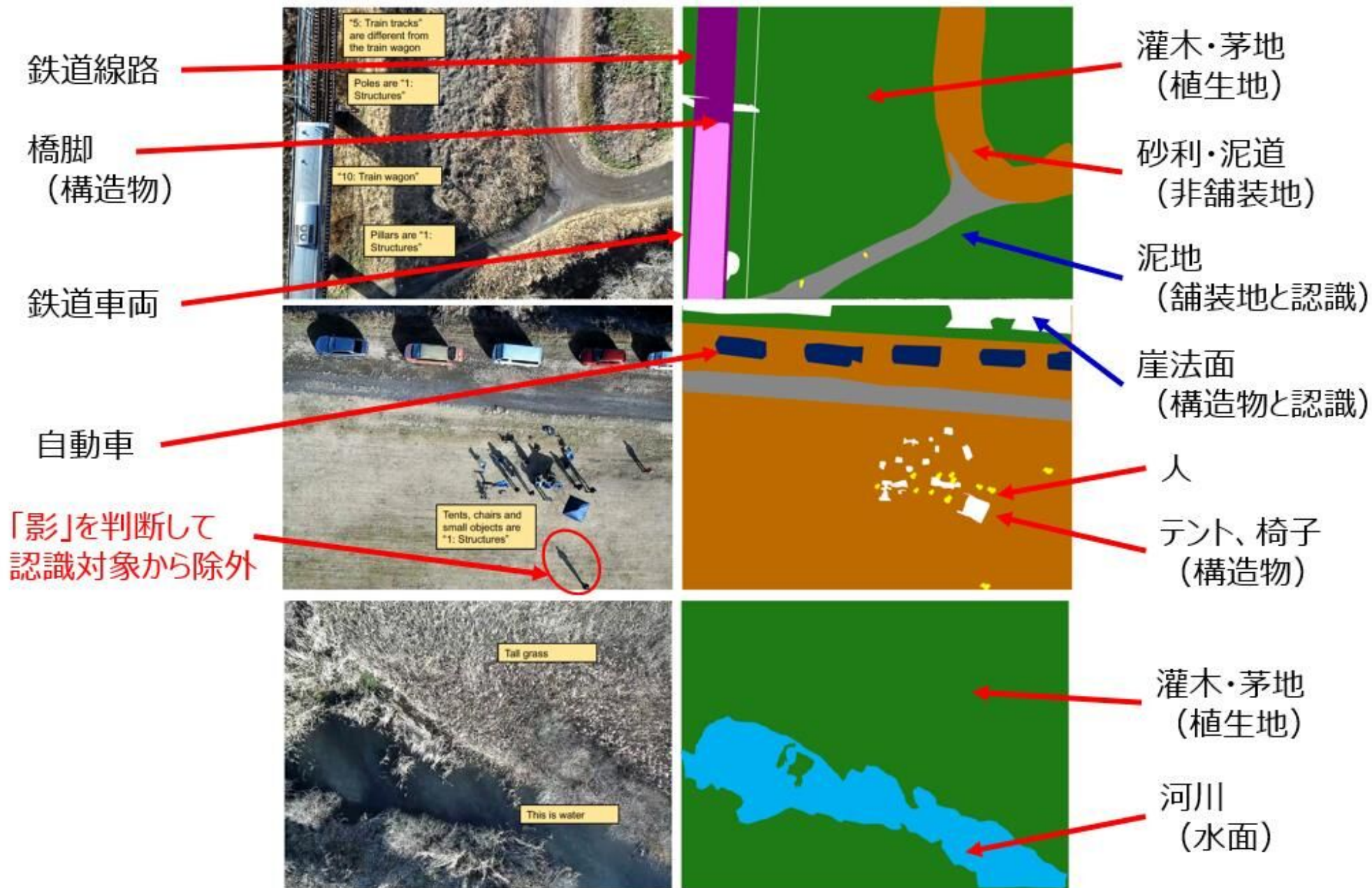


NVIDIA Jetson TX1
カードサイズチップ(1TFLOP/s)

1

白は100%信頼性あり
灰色は信頼性が低下

中間層50層のCNNによる機械学習結果を用いた不時着地点の分類



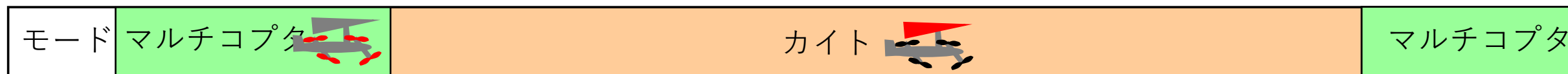
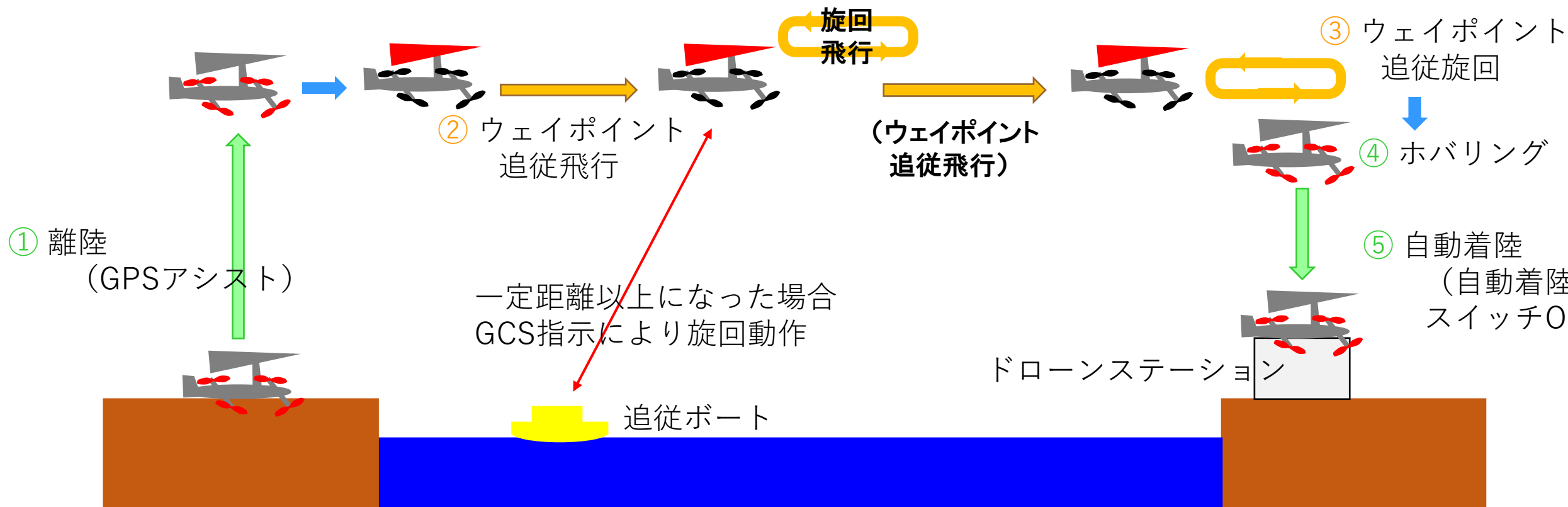
洋上船舶の停泊または航行中の甲板への高精度着陸

オーストリア・SHIEBEL社製COMCOPTER S-100



3. VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行

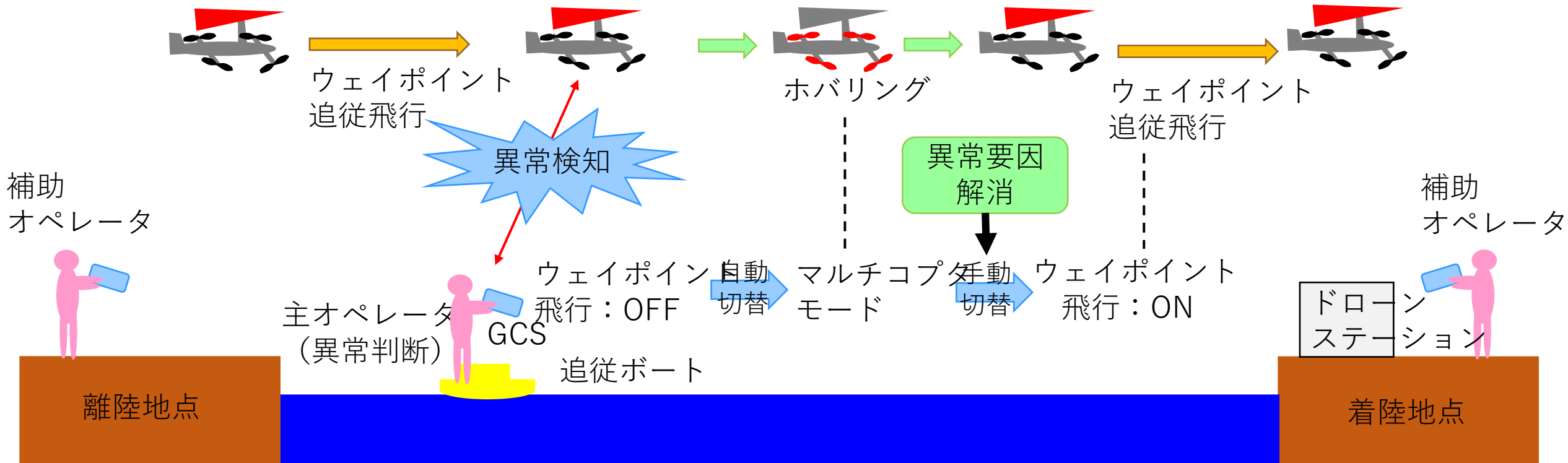
東京湾縦断飛行における離陸から着陸までのシーケンス



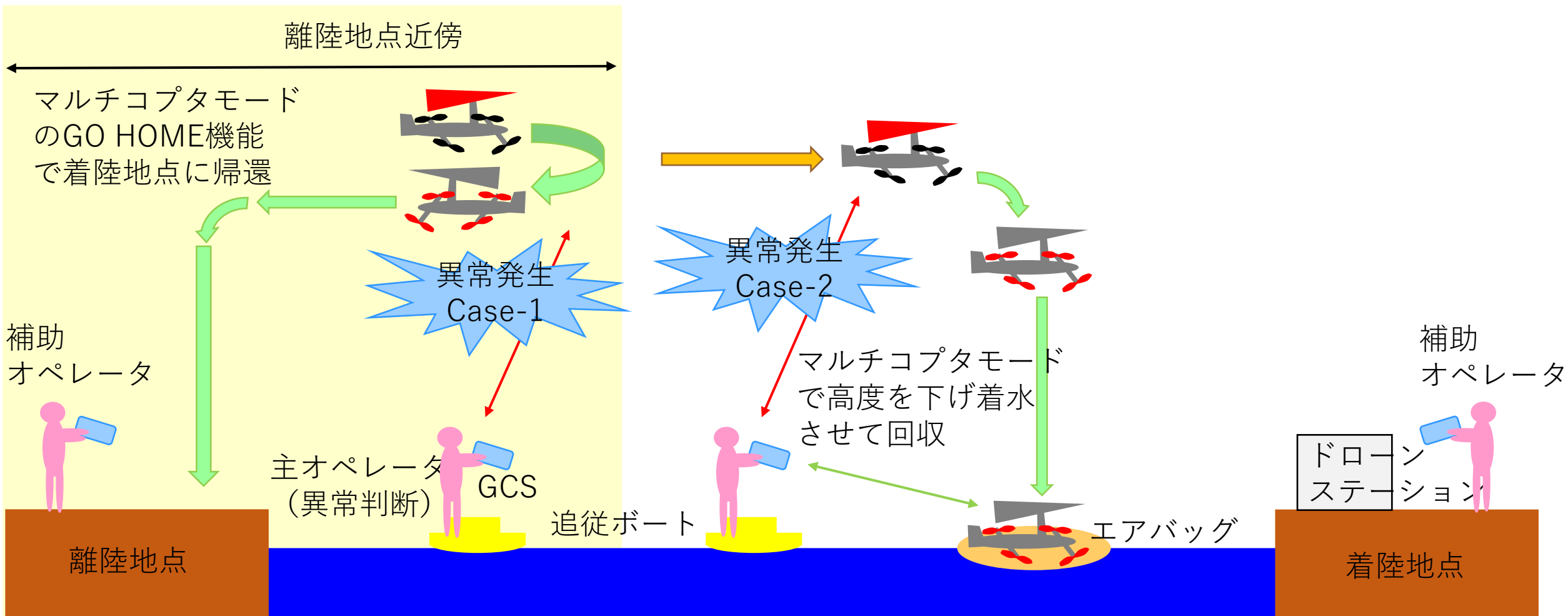
プロポ：ウェイポイント飛行スイッチ→ON
対気速度（ピトー管で計測）：一定速度以上

プロポ：ウェイポイント飛行スイッチ→

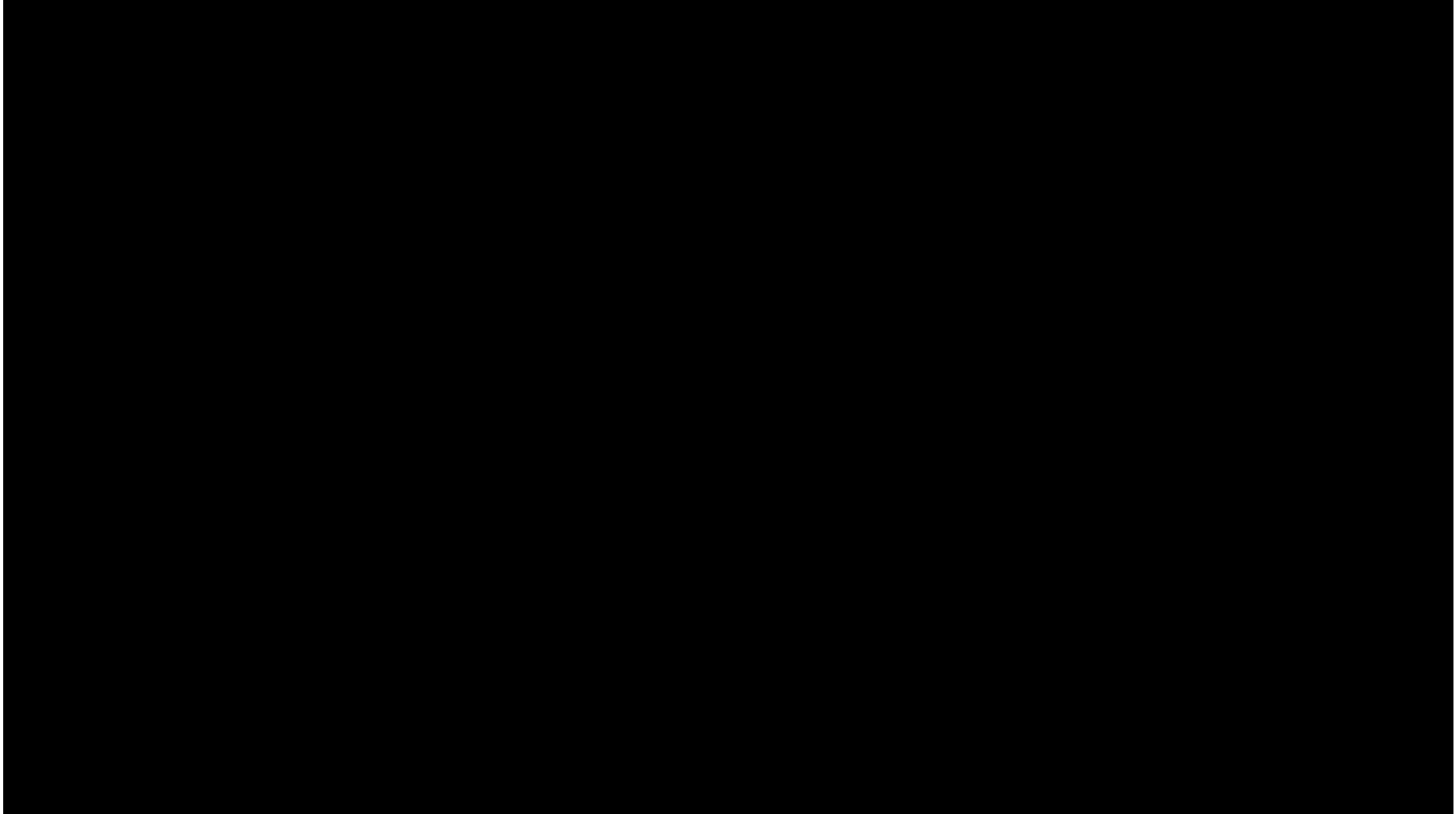
フェイルセーフ(1)



フェイルセーフ(2)



東京湾縦断飛行時のVTOLカイトプレーン搭載カメラの映像（2022年3月24日公開実験）

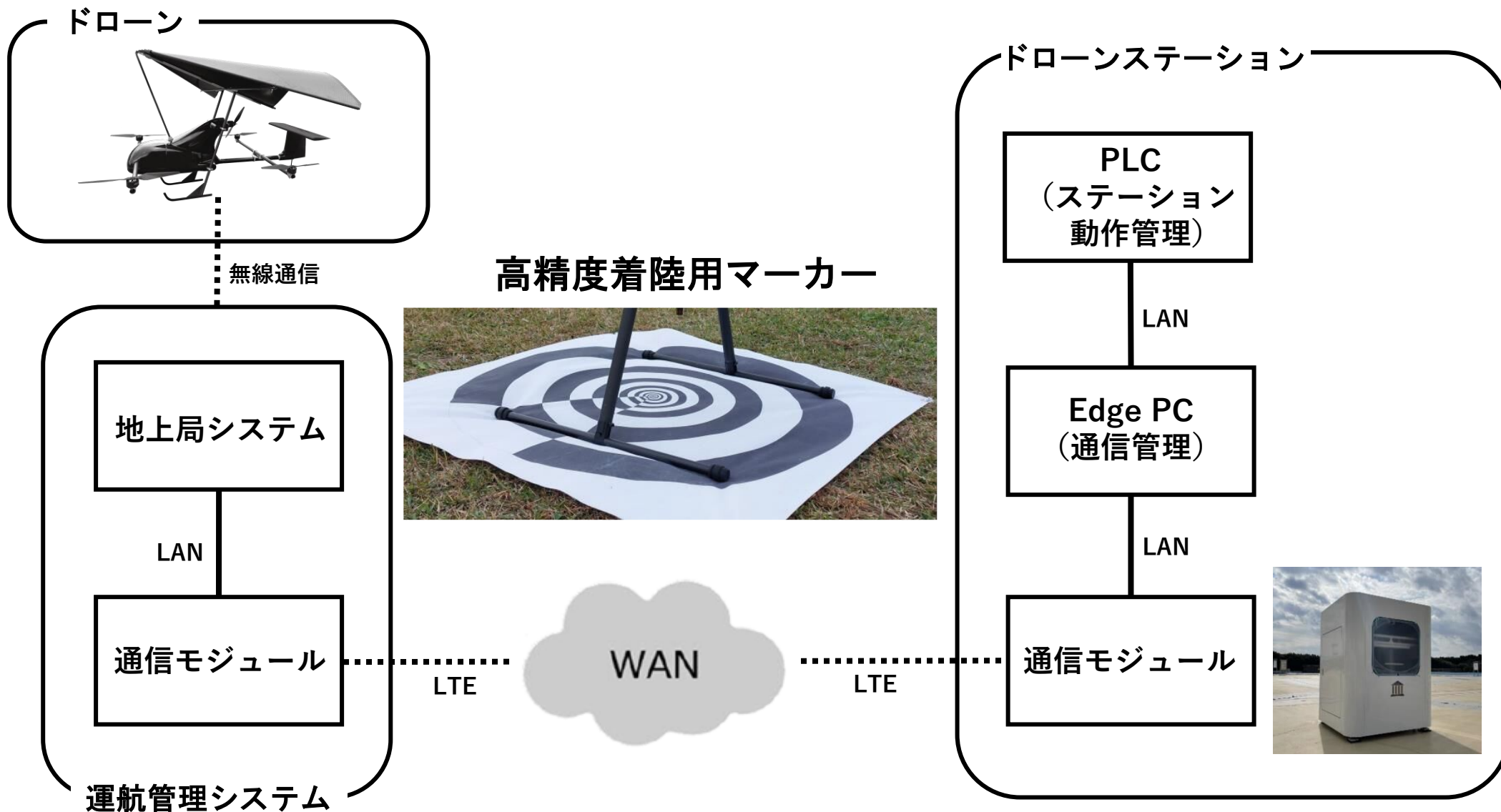


東京湾縦断飛行の着陸地点付近の飛行とDSへの着陸の様子（2022年3月24日公開実験）

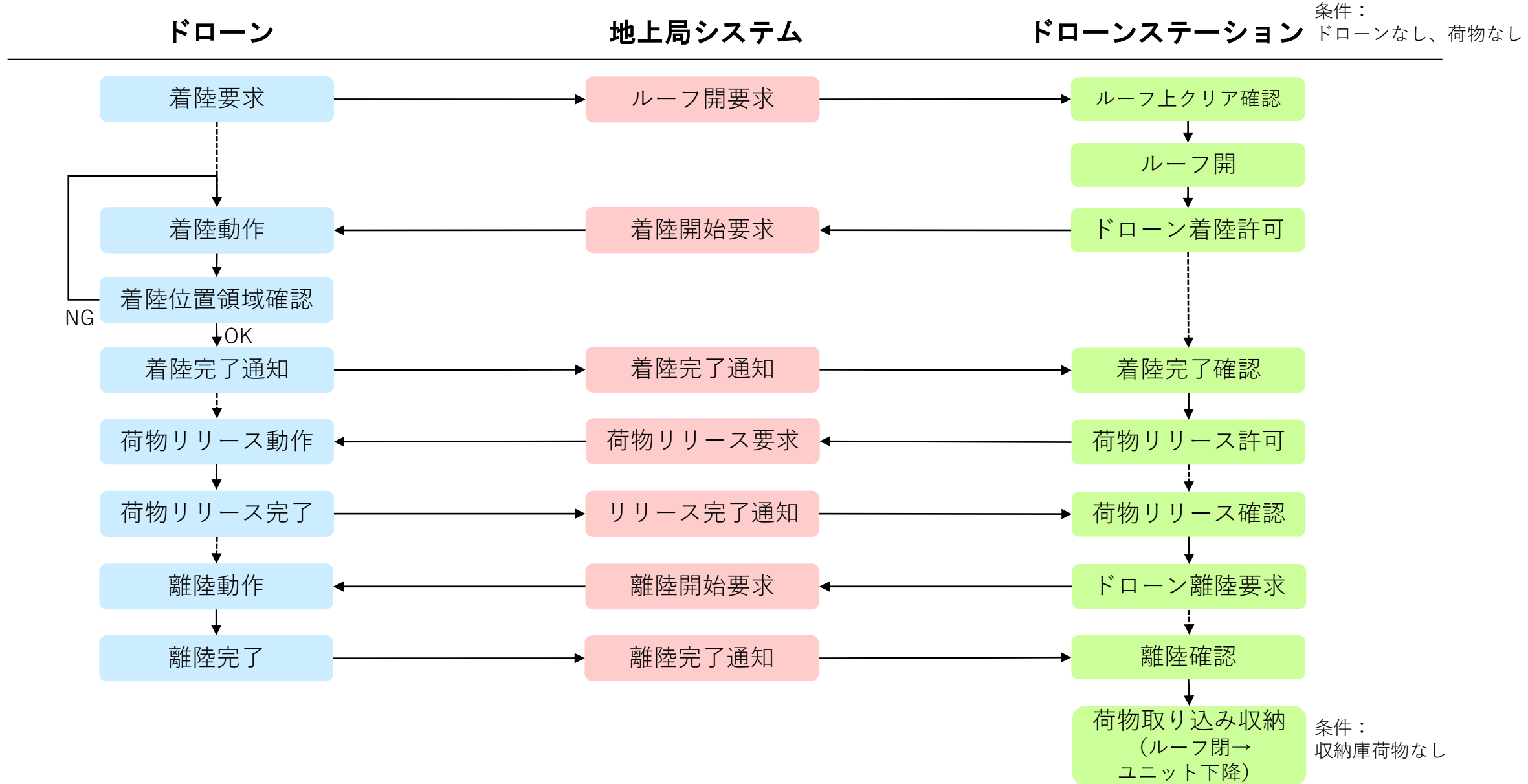


4. 2023年度内の第3回公開飛行試験について

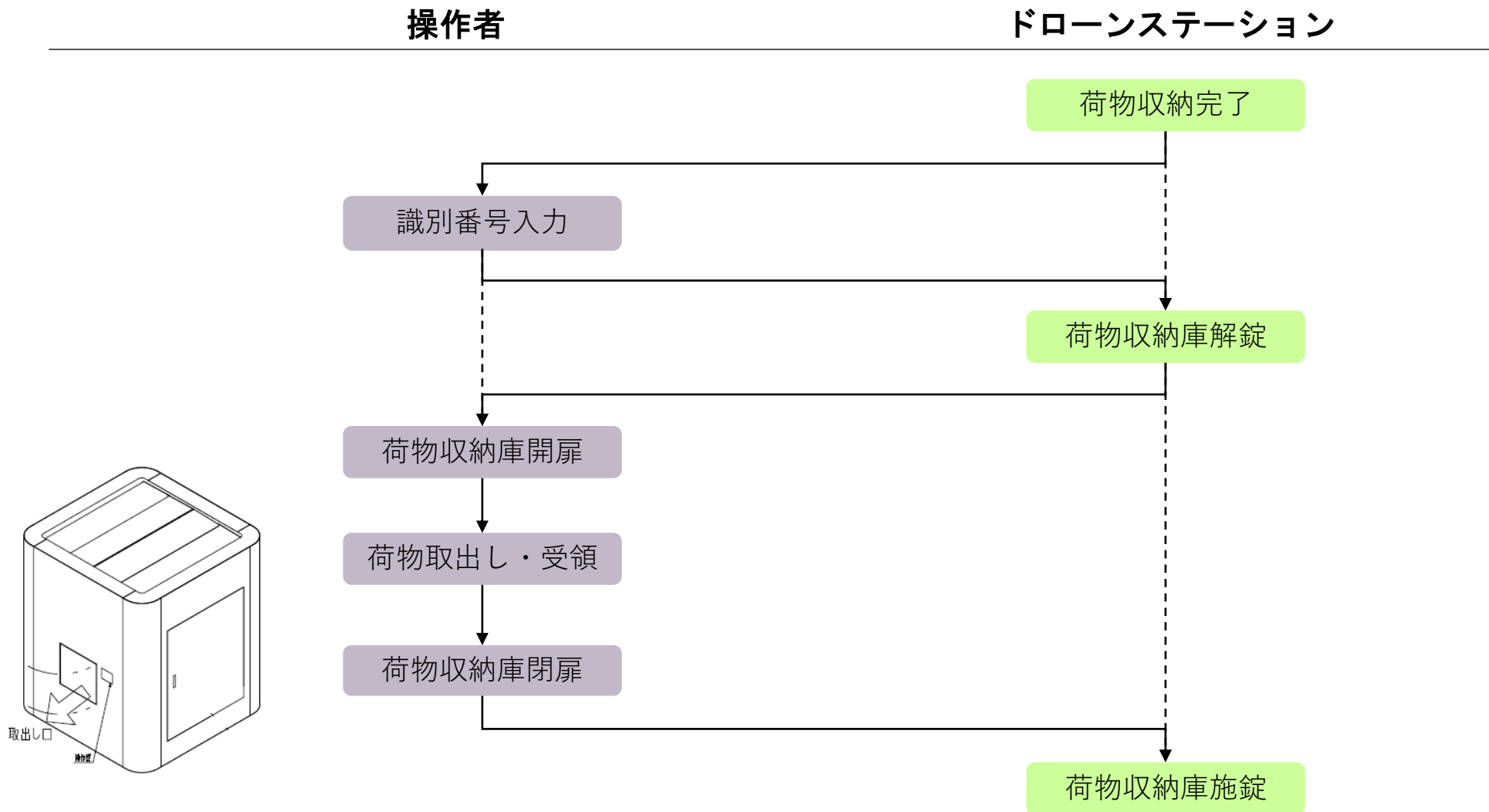
高精度着陸とドローンステーション関連システム構成図



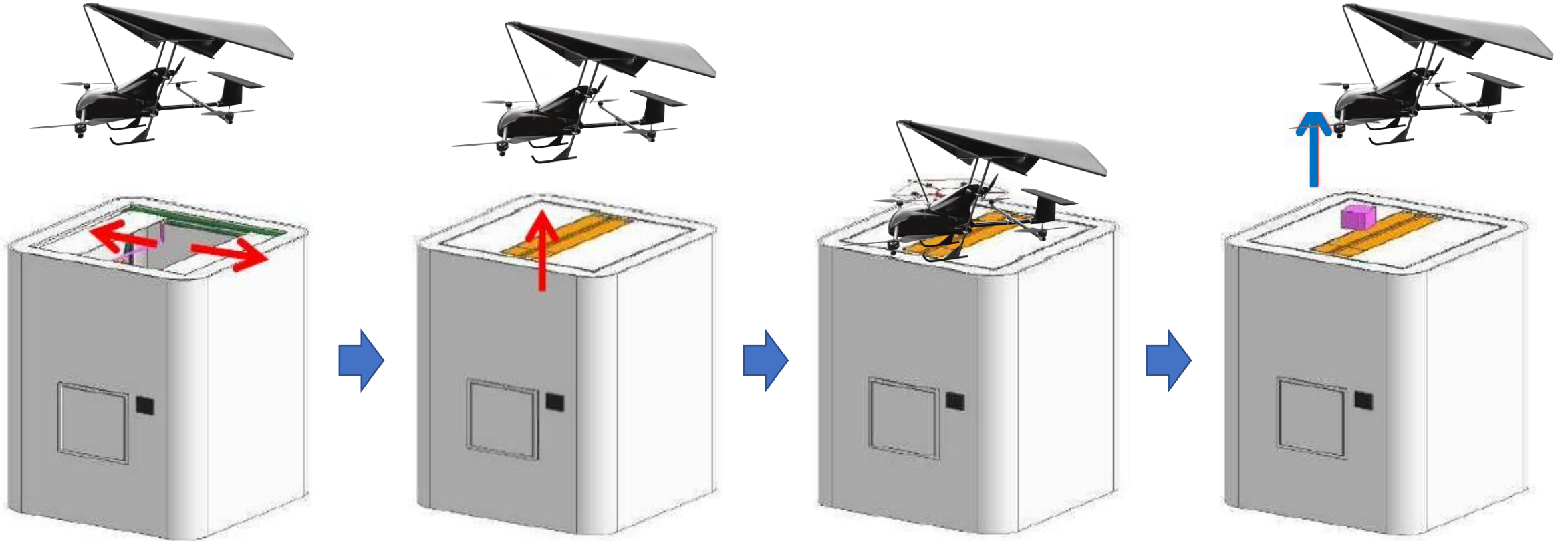
ドローンステーションへの着陸シーケンス



ドローンステーションからの荷物取出しシーケンス



ドローンステーションへの着陸手順



着陸準備 1 ルーフ開

ドローンからの
着陸要求信号により
ルーフが開く

着陸準備 2 ランディング面上昇

ランディング面が上昇して
着陸準備が整い、ドローンに
着陸許可信号を送信

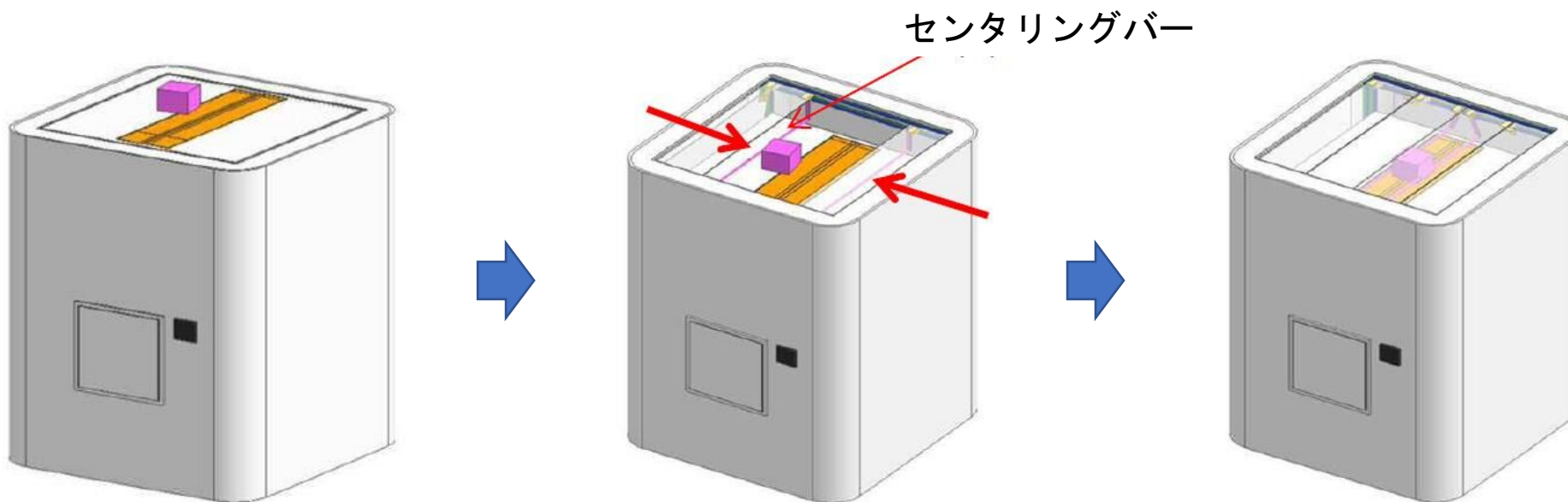
着陸 荷物リリース

ドローンが着陸し
荷物をリリース

離陸 配送完了

荷物配送を完了し
ドローンが離陸

荷物のセンタリング手順



荷物移動準備 動作待機

ドローンからの
離陸完了信号を
受信

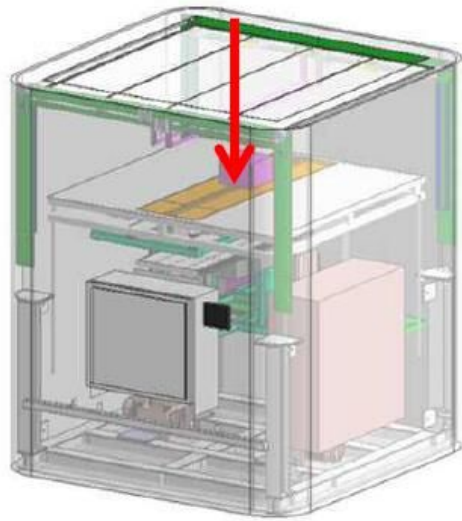
荷物移動 1 ランディング面下降

ランディング面が下降し、
ルーフが閉じる
(ルーフに接続されたバー
により荷物をセンタリング)

荷物移動 2 ルーフ閉

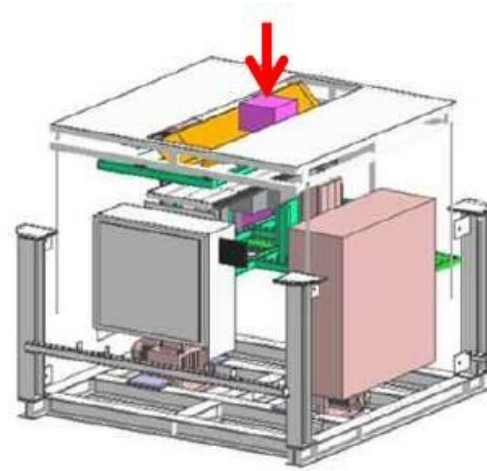
ルーフが完全に閉じると、
荷物のセンタリングも完了

荷物の取り込み収納手順



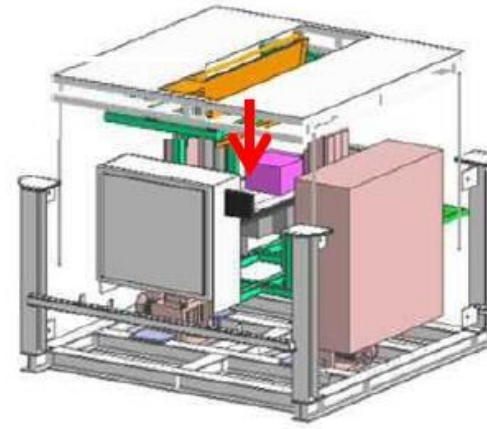
荷物取り込み 1 ランディング面下降

ランディング面が
下降して荷物を
取り込む



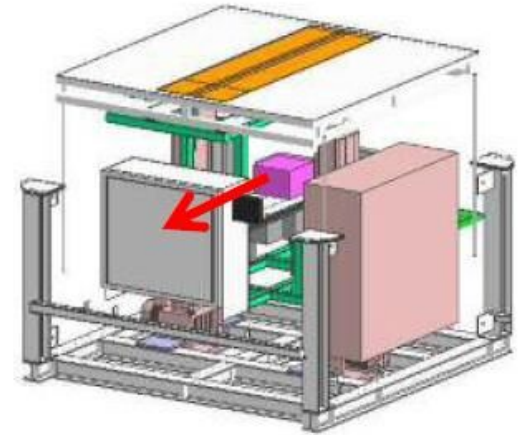
荷物取り込み 2 ランディング面開

ランディング面中央の
蓋が開き、荷物を
コンベア上に移動



荷物取り込み 3 コンベア下降

コンベアが
荷物格納位置
まで下降



荷物収納 荷物をコンベア搬送

ランディング面中央の
蓋を閉め、コンベアで
荷物を保管位置に収納

ご清聴、ありがとうございました。

