

千葉県ドローン宅配等分科会技術検討会

2022年12月19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

野波健蔵

講演内容

1. **東京湾ドローン物流ハイウェイ構想**
2. **準天頂衛星測位による高精度測位と技術的課題**
3. **VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行**
4. **2023年3月の第3回公開飛行試験について**

準天頂衛星「みちびき」を利用した高精度測位と研究課題

【研究背景】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(将来的には東京、川崎や、必要に応じて南房総と三浦半島繋ぐ)、同時に、大規模災害(直下型地震、台風、集中豪雨)にも対応する

- ・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

【研究課題1】東京湾縦断飛行によるドローン物流においては、航空機と無人機の離隔距離が極めて重要で、FAAのニアミス基準を順守(水平距離150m、高度差60m)、将来、多くの無人機が飛び交う際の衝突回避の測位精度向上

【研究課題2】ドローン物流の高効率化を図るには、リーダー・フォロワー編隊飛行が有利で、このため、リーダー機とフォロワー機の最小距離を如何に設定するか、空力的基準と測位精度基準がある。省エネ化と低コスト化の実現

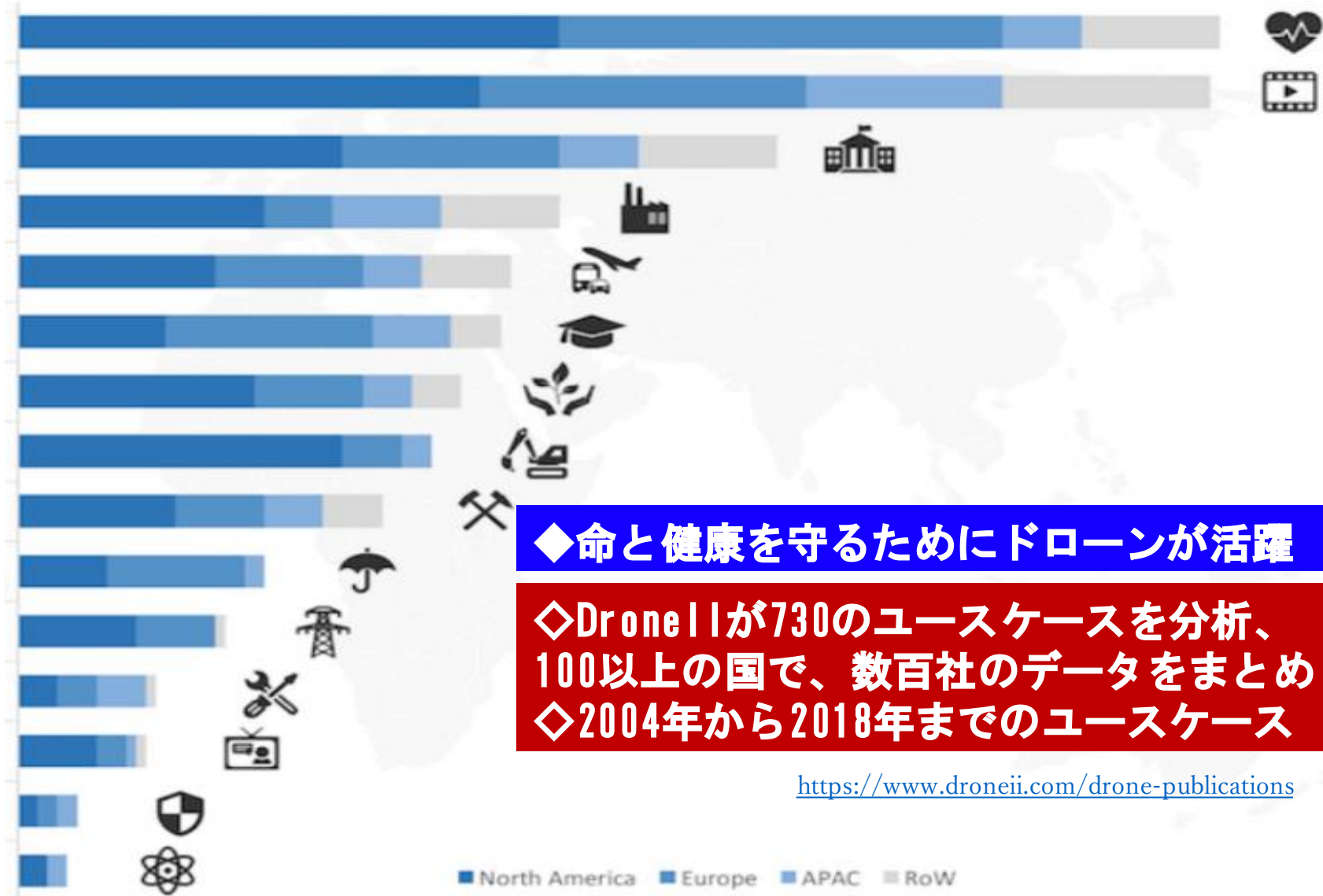
【研究課題3】ドローン物流が常態化してくる頃には、ドローンステーション(ドローンポート)への高精度着陸が求められ、駐車場車2台分スペースで普及促進

世界のドローン利活用分野（上位15の応用分野）

Industry Sector¹

Global Share of Drone Applications²

1. ヘルスケアと社会的支援
2. 趣味と娯楽、ホビー
3. 行政主導の公的な利用
4. 不動産、レンタル・リース
5. 物流・倉庫
6. 教育サービス
7. 農業
8. 建設
9. 採鉱・採石、石油・ガスの採掘
10. 保険
11. エネルギー・ユーティリティ
12. 修理・点検
13. 情報
14. 安全・保安
15. 専門的な科学技術サービス



◆命と健康を守るためにドローンが活躍

◇DroneIIが730のユースケースを分析、100以上の国で、数百社のデータをまとめ
◇2004年から2018年までのユースケース

<https://www.droneii.com/drone-publications>

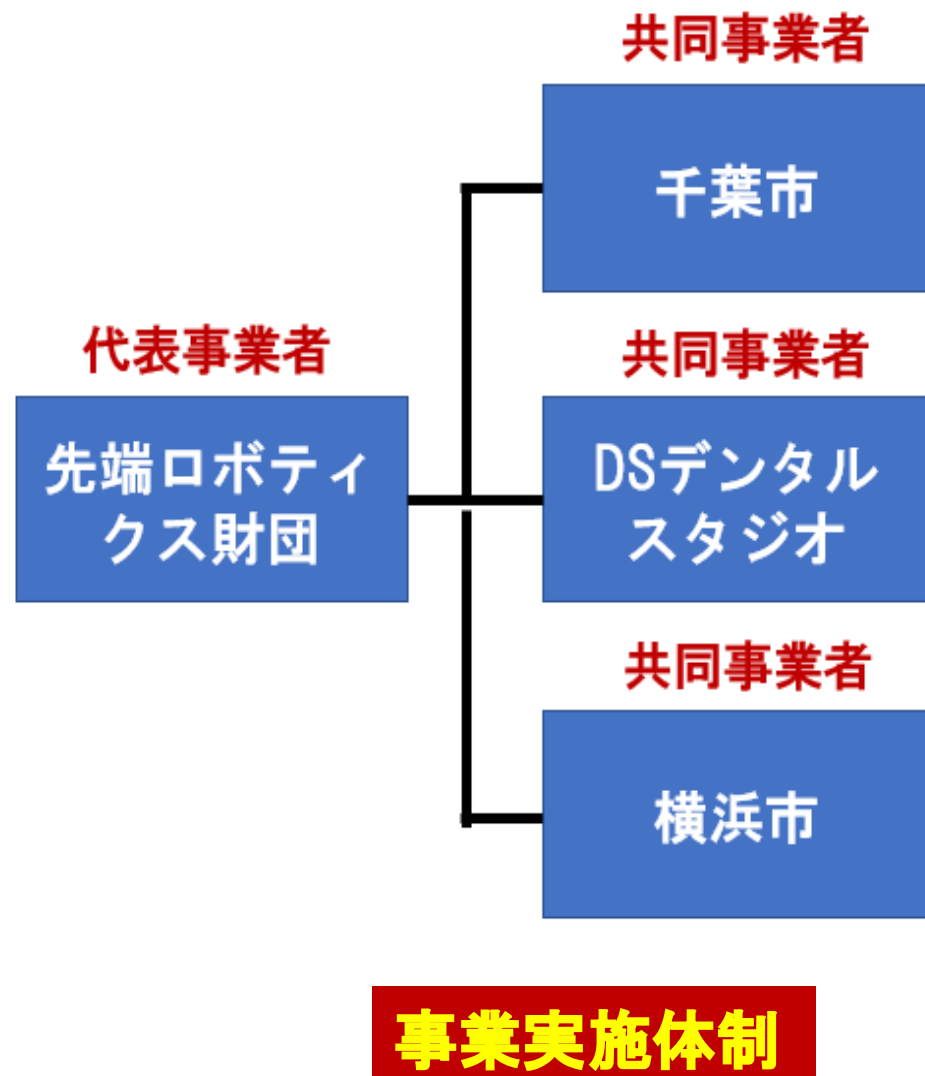
インプラント、ジルコニア、セラミック等の歯科技工物と事業実施体制



インプラント



**インプラントの上に
ジルコニア歯を装着**



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

歯科技工物の現在の車両搬送ルート（湾岸道路60km、アクアライン80kmで片道100分）



ドローンによる東京湾縦断飛行ルート（片道50kmで30分）



講演内容

1. 東京湾ドローン物流ハイウェイ構想
- 2. 準天頂衛星測位による高精度測位と技術的課題**
3. VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行
4. 2023年3月の第3回公開飛行試験について

テーマ1 : 無人機の高精度測位による離隔距離保証と安全性確保



テーマ2： 機体間距離の最小化を実験的に検証



リーダー機とフォロワー機の安全で、かつ、最小な距離とは？
GNSSのみの測位の場合の最小距離
GNSS+QZSSの測位の場合の最小距離

テーマ3：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







多周波マルチGNSS受信機と多周波対応アンテナ

多周波マルチGNSS受信モジュール（ディスクリット版）は、準天頂衛星みちびき（QZSS）のL6信号を受信し、高精度かつ単独測位が可能な受信機で、測位補強システムである「CLAS」と「MADOCA」の双方に対応している。多周波マルチGNSS受信モジュール（ディスクリット版）はケース、アンテナ、各種入出力ポートを組み込んだ評価キットとなっている。付属のアンテナやケーブルを接続するだけで、多周波マルチGNSS受信モジュールとして利用できる。



型番MJ-3021-GM4-QZS-EVKの仕様

- ・使用モジュール：多周波マルチGNSS受信モジュール（ディスクリット版）
- ・捕捉衛星・信号：GPS（L1・L2・L5）、QZSS（L1・L2・L5・L6）、GLONASS（G1・G2）、Galileo（E1・E5a・E5）、Beidou（B1・B3）
- ・初期位置算出時間：コールド・スタート：90秒（typ.）、ウォーム・スタート：35秒（typ.）、ホット・スタート：12秒（typ.）、衛星再捕捉時間：4秒（typ.）
- ・測位精度（RMS）：自律測位：1.5m、RTK（リアルタイムキネマティック）動的：5cm+0.7ppm×基線長（<30km）、RTK（リアルタイムキネマティック）静的：0.5cm+0.7ppm×基線長（<30km）、PPP（MADOCA）：<10cm、PPP-RTK（CLAS）動的：<6.94cm、PPP-RTK（CLAS）静的：<3.47cm
- ・最大出レート：最大 20Hz
- ・入出力インタフェース：RS232C×2
- ・データフォーマット：NMEA0183 Version 3.0（Output） / RTCM SC104 Version 3.1, 3.2（MSM3, 4, 5, 7）（Input/Output）
- ・サイズ（W×D×Hmm）：130×90×42mm
- ・重量：340g
- ・消費電力：3.5W以下
- ・電源：DC12V

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	

新しく開発した基地局GCS (Ground Control Station)

GroundControlStation 1.01



通信状況	GNSS	QZSS	バッテリー	飛行モード	高度	速度	速度(ピトー管)	残燃料	発電電力	発電機温度	有効プロポ	ADS-B:
0 %	0	0	0.00V	準備モード	0.0m	0.00 m/s	0.00 m/s	0.0%	0 W	0 °C	No.	AIS:



- キルス イッチ
- 離陸
- 着陸
- エンジン起動
- エンジン停止

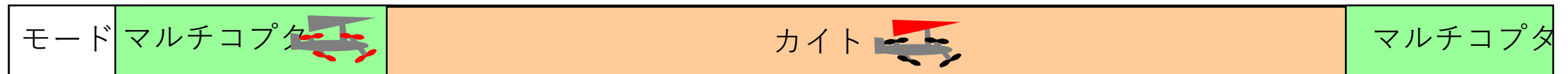
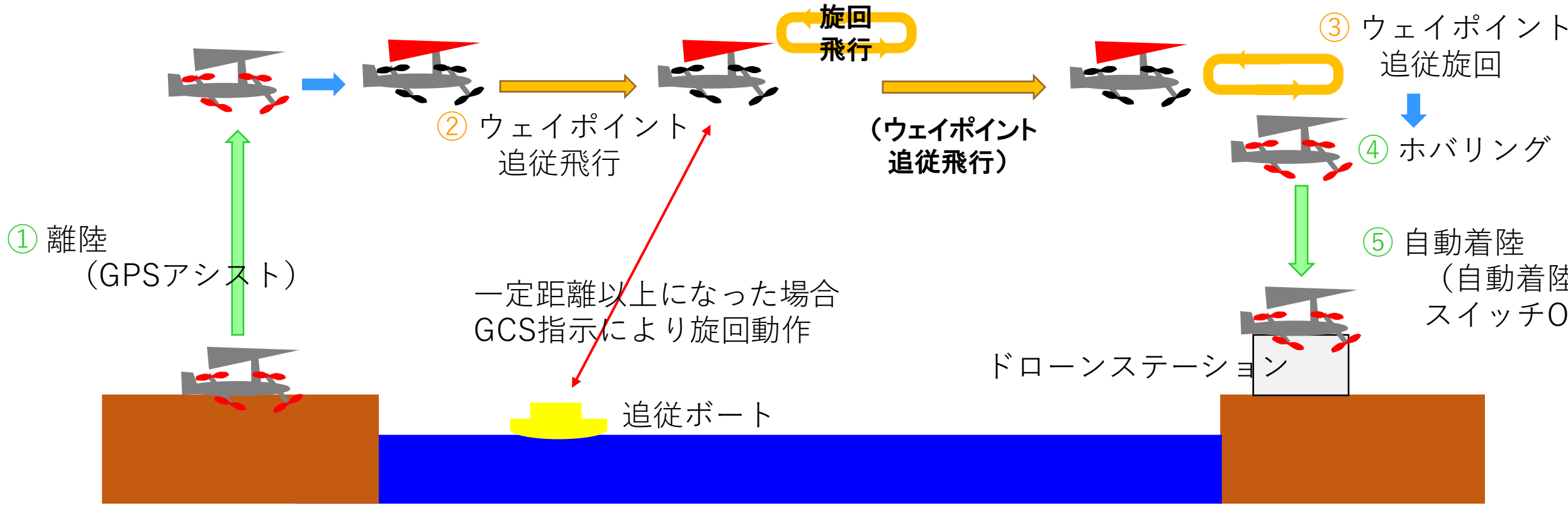
自動帰還 ウェイポイント変更 ウェイポイント一時停止 ウェイポイント再開 新規作成 ウェイポイント削除 保存 飛行ルート送信 飛行軌跡クリア 飛行ルートを開く 送信開始



講演内容

1. 東京湾ドローン物流ハイウェイ構想
2. 準天頂衛星測位による高精度測位と技術的課題
- 3. VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行**
4. 2023年3月の第3回公開飛行試験について

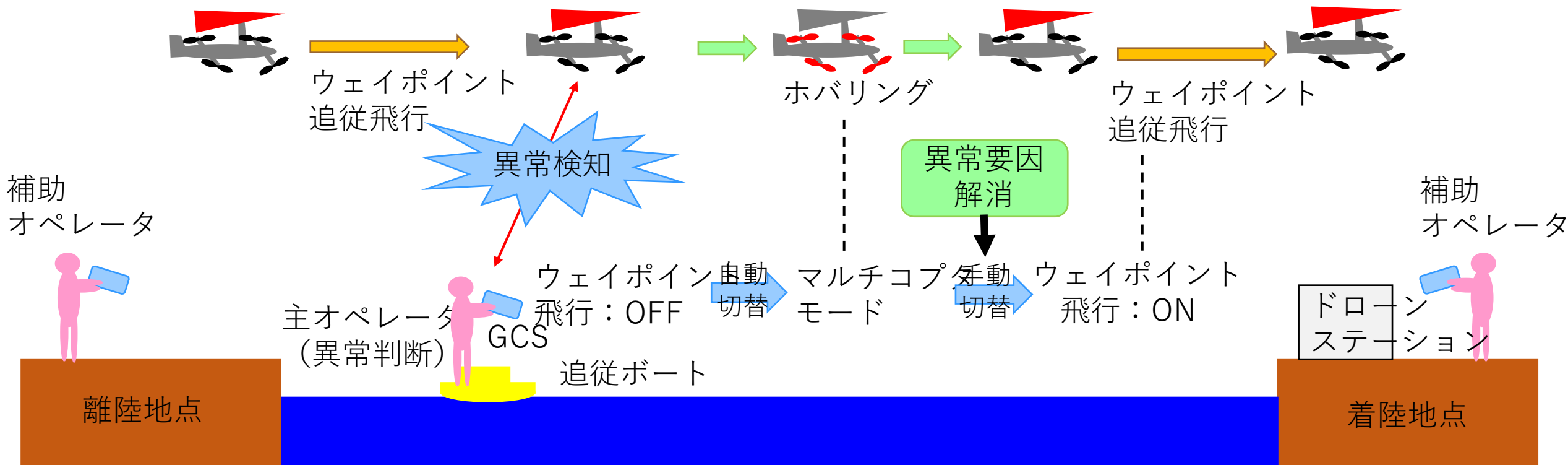
東京湾縦断飛行における離陸から着陸までのシーケンス



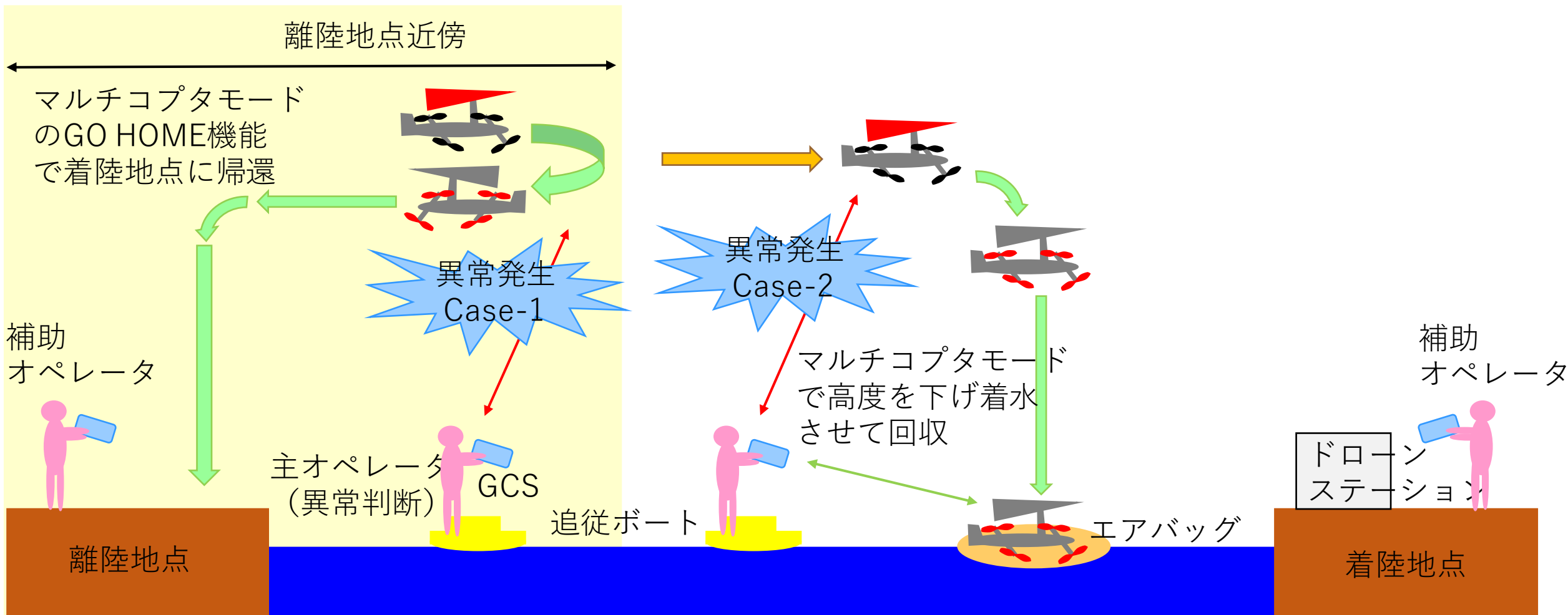
プロポ：ウェイポイント飛行スイッチ→ON
 対気速度（ピトー管で計測）：一定速度以上

プロポ：ウェイポイント飛行スイッチ→

フェイルセーフ(1)

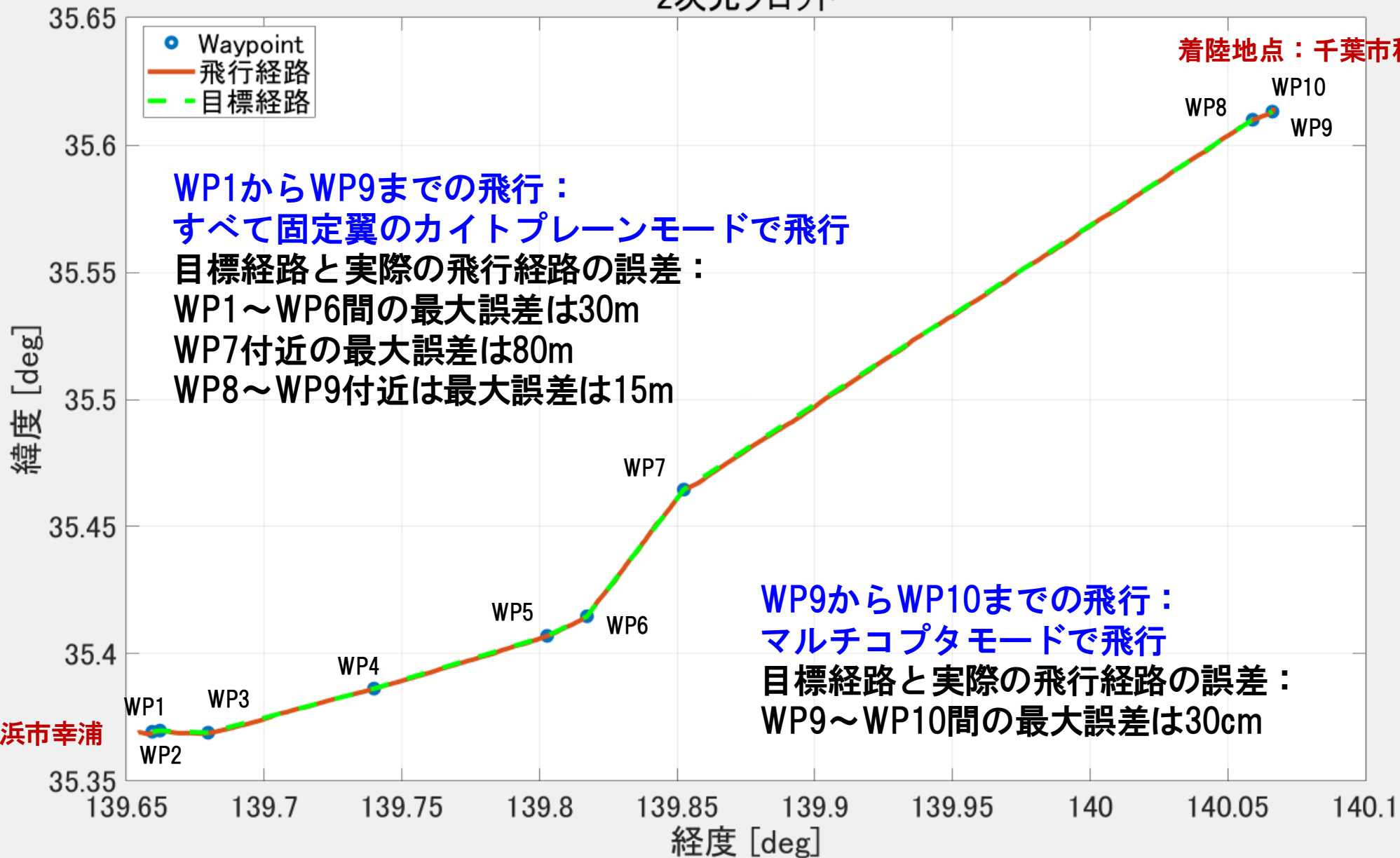


フェイルセーフ(2)

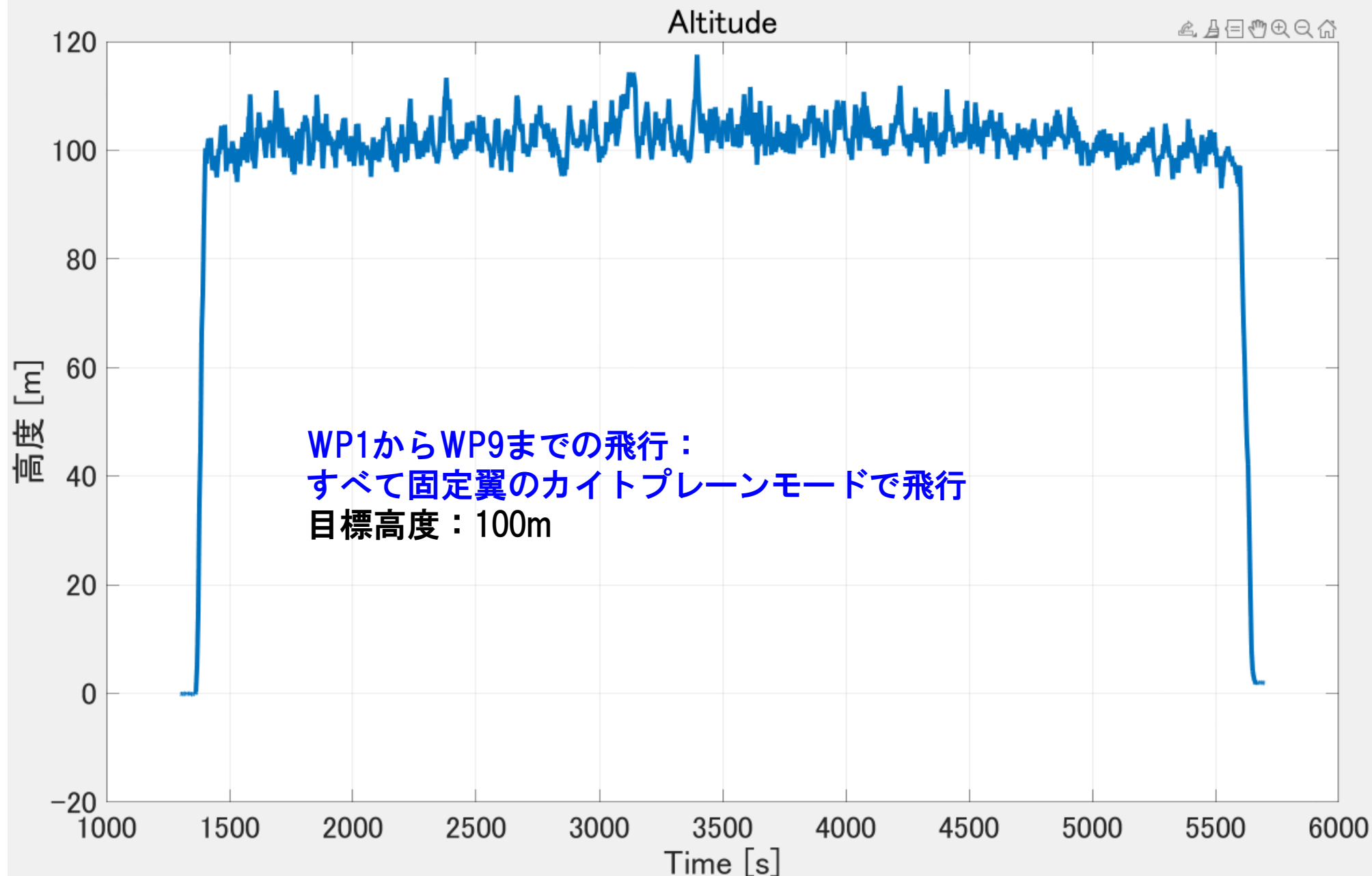


東京湾縦断飛行のウェイポイント設定と実際のCLAS飛行経路(2022年3月24日公開実験)

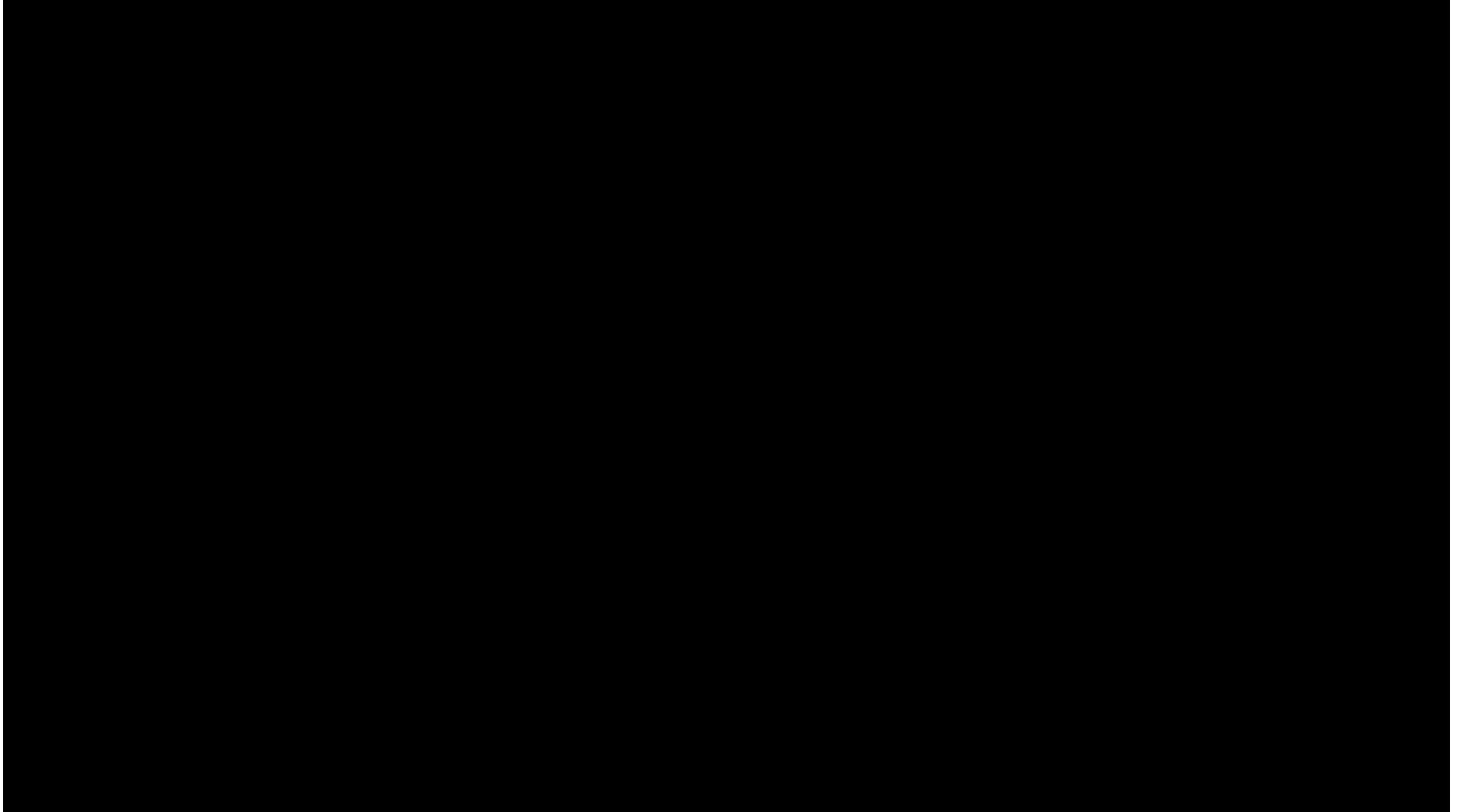
2次元プロット



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）



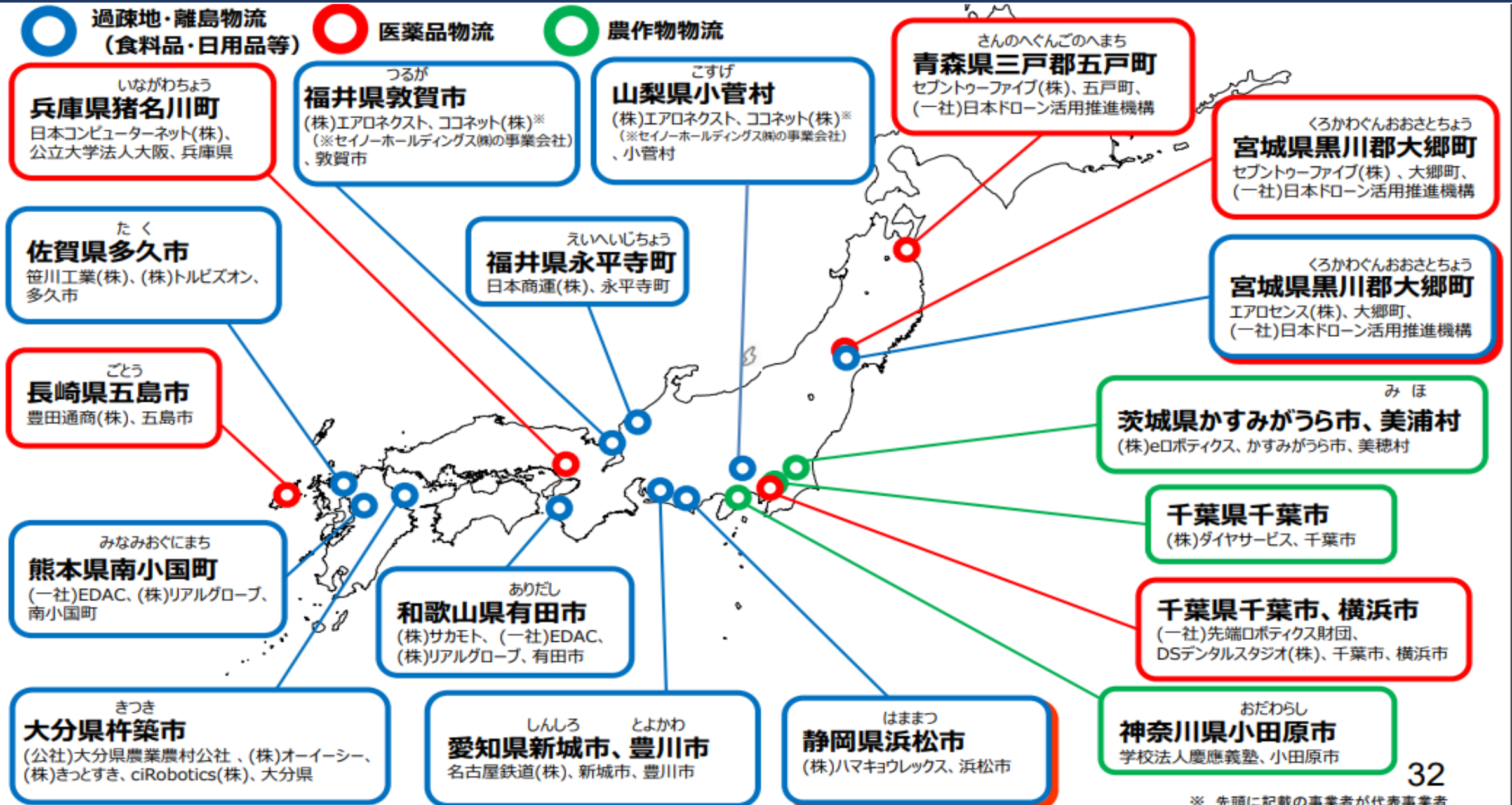
東京湾縦断飛行時のVTOLカイトプレーン搭載カメラの映像（2022年3月24日公開実験）



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）



物流分野における社会実装の実証実験の現状(2021年度) 官民協議会資料



※ 先頭に記載の事業者が代表事業者

講演内容

1. 東京湾ドローン物流ハイウェイ構想
2. 準天頂衛星測位による高精度測位と技術的課題
3. VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行
- 4. 2023年3月の第3回公開飛行試験について**

新飛行ルート：横浜市八景島一千葉市稲毛海浜公園（58km）

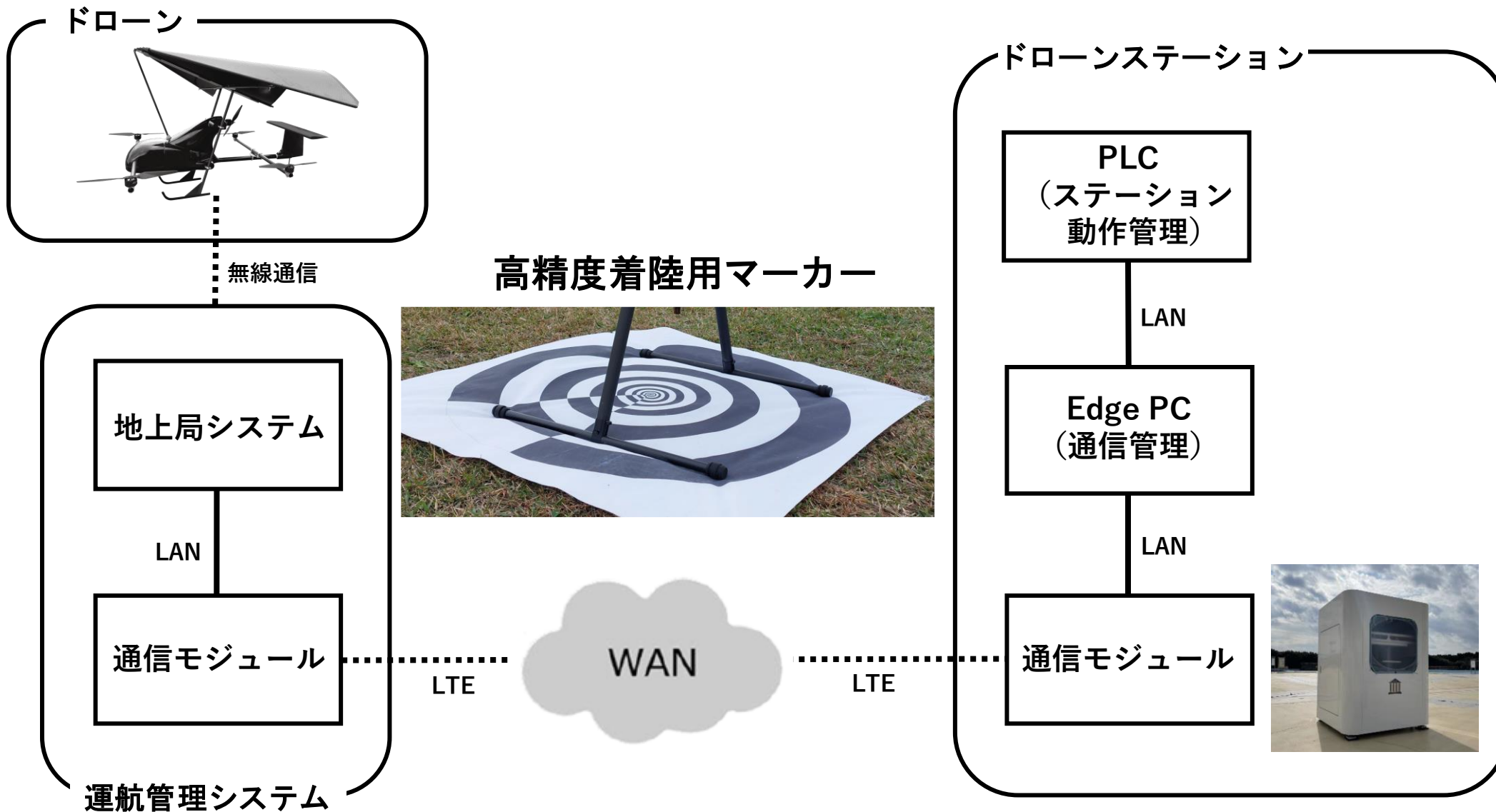


VTOLカーボンカイトプレーンによる高速飛行

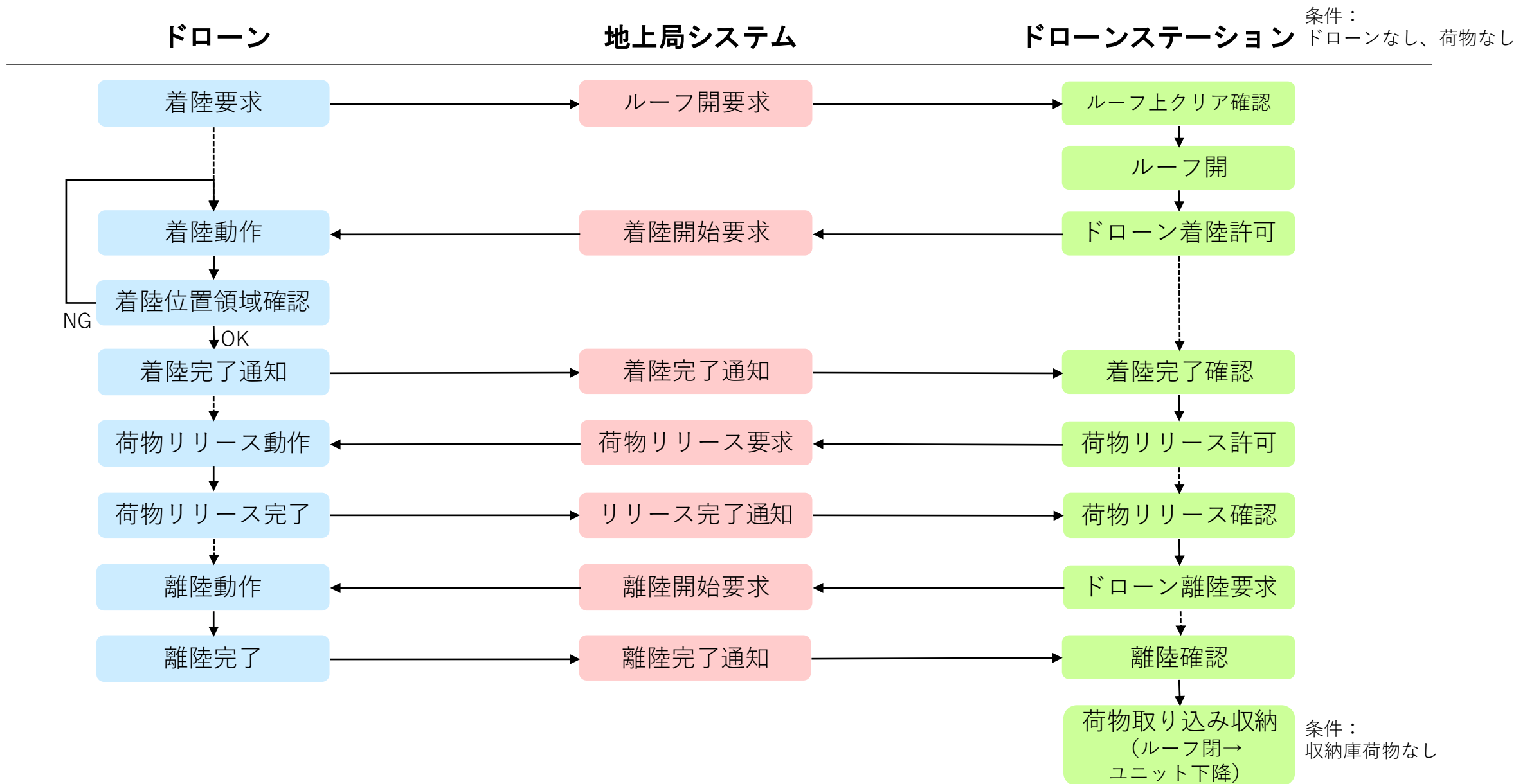


カーボン翼にすることで、約3割程度の高速化達成、最高速度90km/時

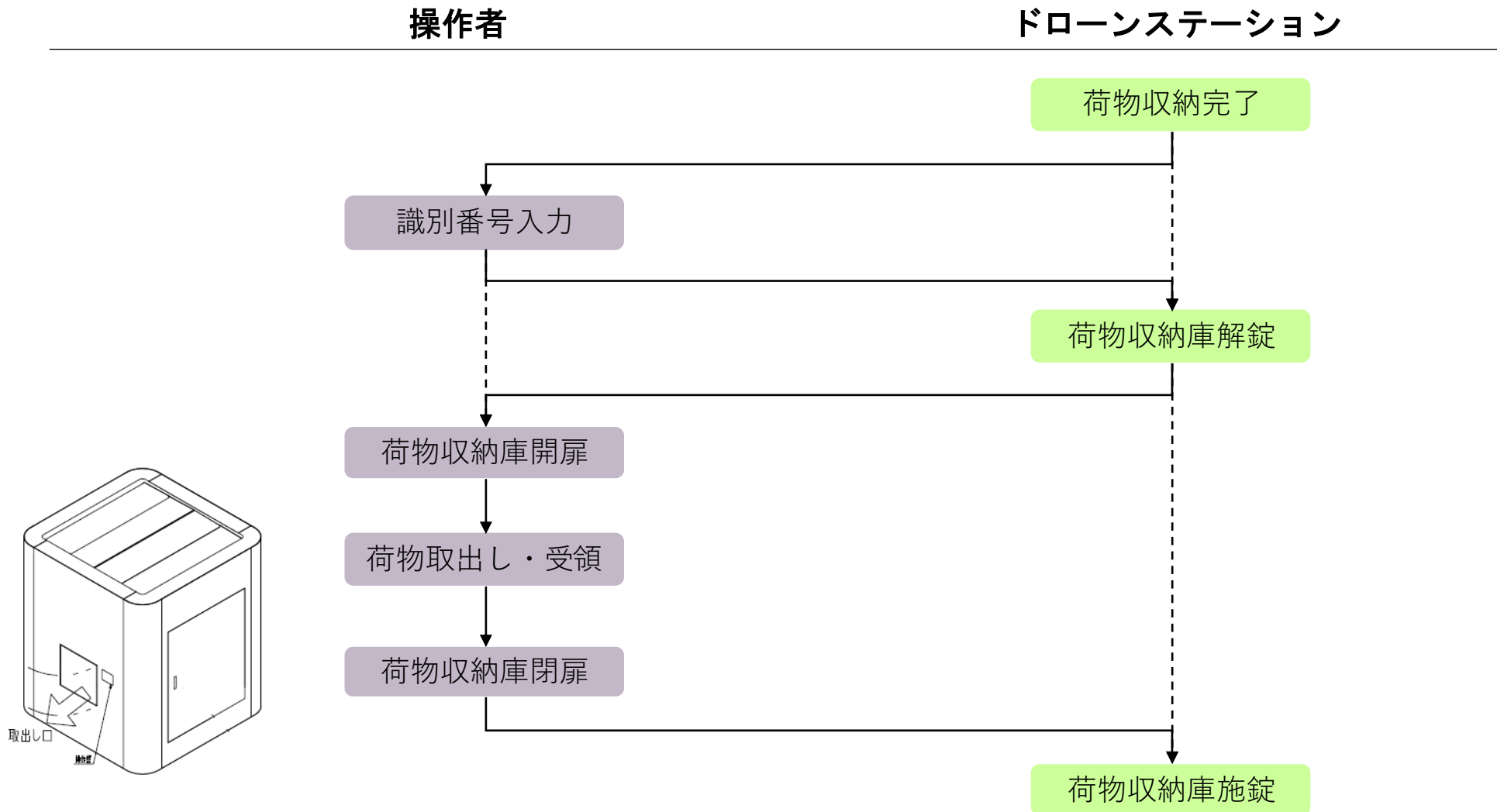
高精度着陸とドローンステーション関連システム構成図



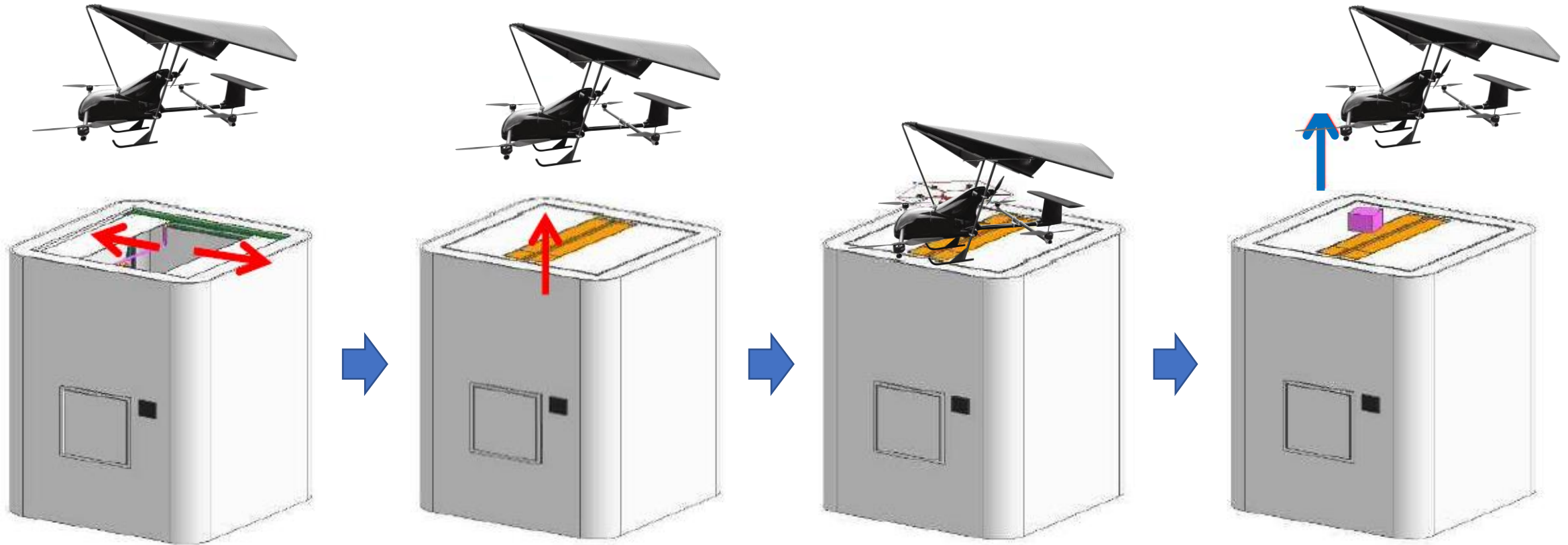
ドローンステーションへの着陸シーケンス



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

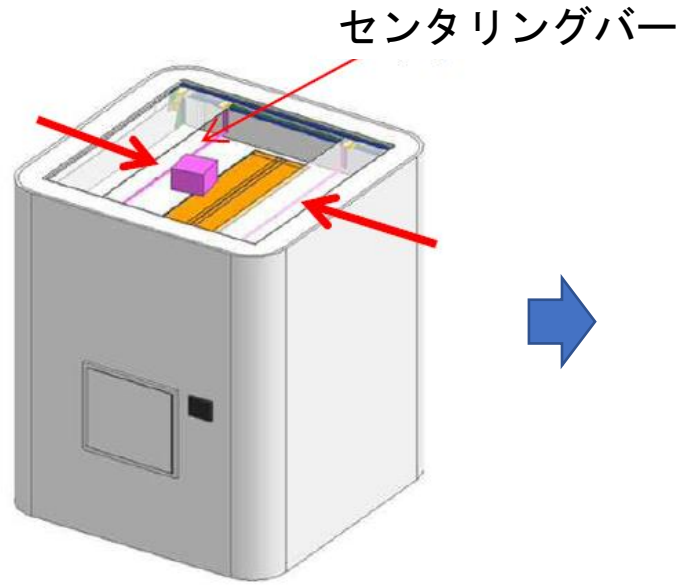
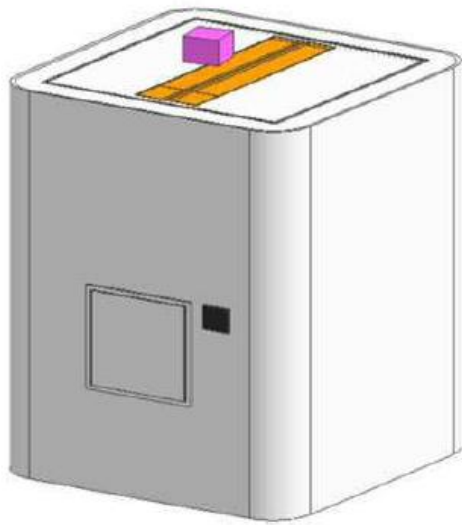
着陸 荷物リリース

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

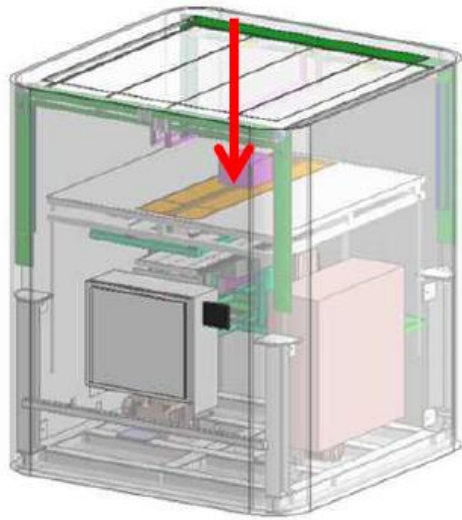
荷物移動 1 ランディング面下降

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

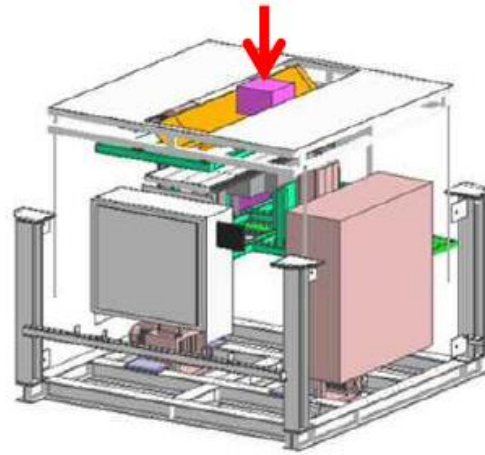
ルーフが完全に閉じると、
荷物のセンタリングも完了

荷物の取り込み収納手順



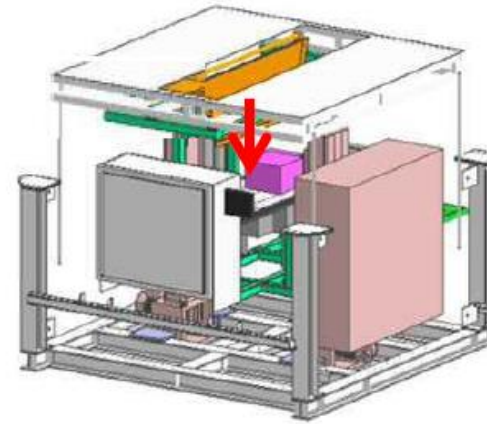
荷物取り込み 1 ランディング面下降

ランディング面が
下降して荷物を
取り込む



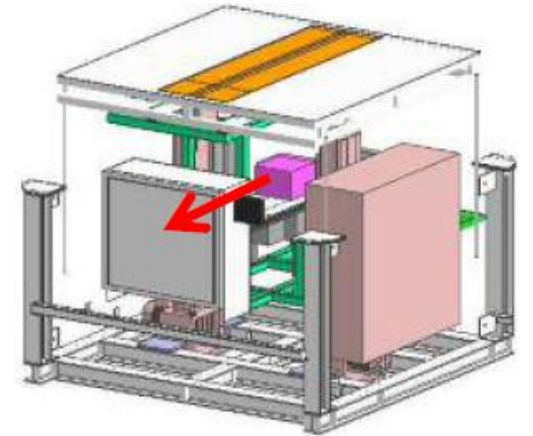
荷物取り込み 2 ランディング面開

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

東京湾縦断飛行のロードマップと社会実装化の展望

2021年 目視外長距離飛行
東京湾縦断飛行
(横浜、川崎、東京—千葉)

2022年 目視外長距離飛行
東京湾縦断飛行
(横浜、川崎、東京—千葉)

2023年 第三者上空飛行許可
取得、ビジネス開始予定

東京湾縦断飛行実証実験 (VTOL カイトプレーン検証)

東京湾縦断飛行ビジネス開始

千葉市内上空の物流実証実験継続

離島・山間部でのビジネス開始

- ・飛行実績の蓄積
- ・自律飛行制御の高度化
- ・目視外・第3者上空の完全自律飛行

ご清聴、ありがとうございました。

