

千葉県ドローン宅配等分科会技術検討会

2022年2月15日

VTOLカイトプレーンによる東京湾縦断飛行

一般財団法人先端ロボティクス財団

野波 健蔵

千葉県ドローン宅配等分科会技術検討会

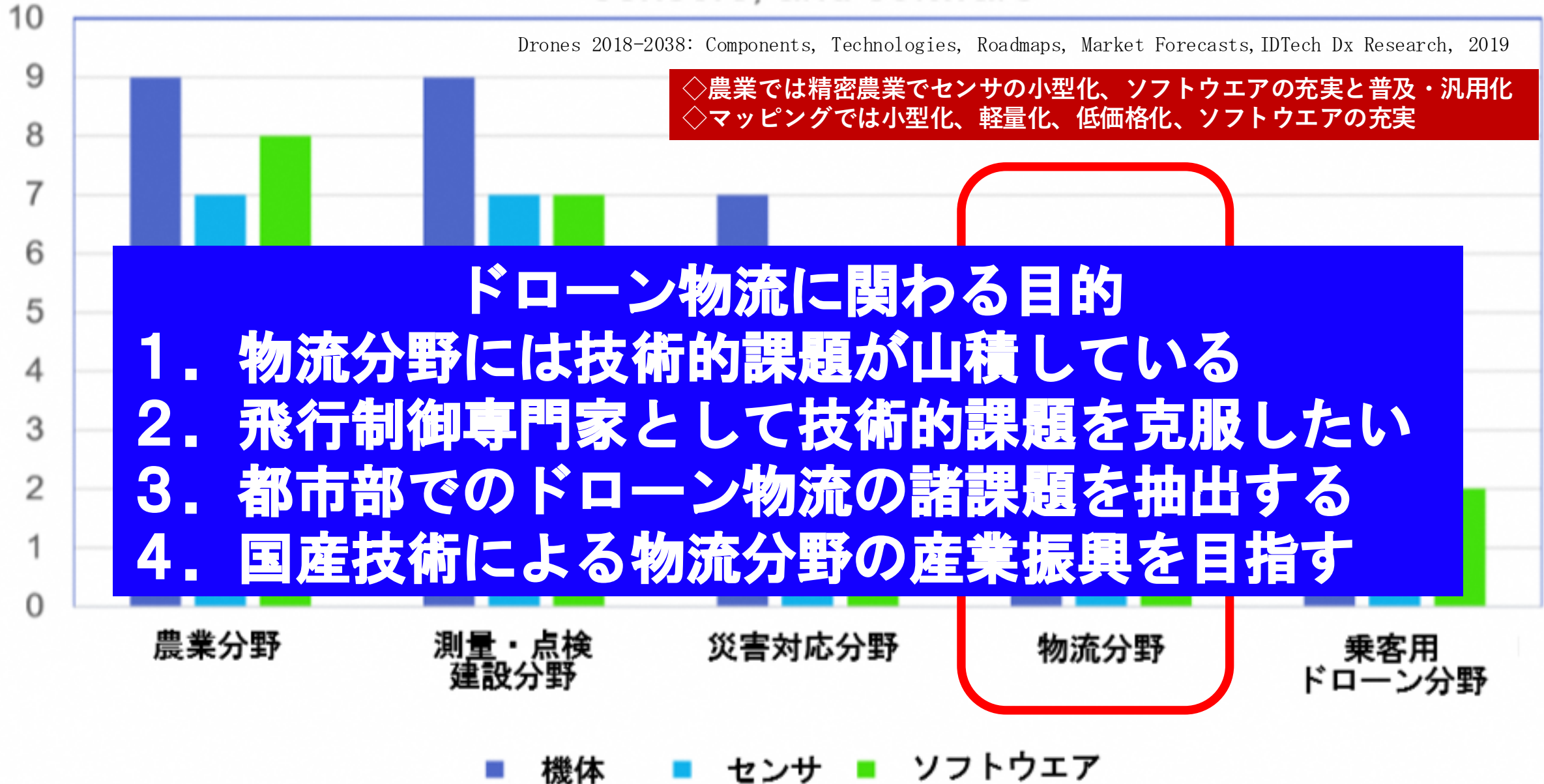
1. 東京湾縦断飛行の目的とみちびき実証PJ
2. VTOLカイトプレーンの概要
3. 2機による編隊飛行の実験結果
4. 東京湾縦断飛行の公開実験
5. 東京湾上空物流構想とビジネスモデル

ドローン利活用における分野別技術成熟度レベル

Drones 2018-2038: Components, Technologies, Roadmaps, Market Forecasts, IDTech Dx Research, 2019

◇農業では精密農業でセンサの小型化、ソフトウェアの充実と普及・汎用化
◇マッピングでは小型化、軽量化、低価格化、ソフトウェアの充実

成熟度レベル（10は技術成熟度達成）



ドローン物流に関わる目的

1. 物流分野には技術的課題が山積している
2. 飛行制御専門家として技術的課題を克服したい
3. 都市部でのドローン物流の諸課題を抽出する
4. 国産技術による物流分野の産業振興を目指す

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

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

2022年2月24日(予定)、
25日(予備日)実施
準天頂衛星利用による
測位精度向上



Flightradar24による有人航空機の飛行位置と
高度データなど、QZSSによる無人機測位

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

2022年2月24日(予定)、
25日(予備日)実施
準天頂衛星利用による
測位精度向上



機体保持機構、荷役機構のほか、着陸時のダウンウォッシュへの対策や磁気コンパスエラーの少ない場所への（ドローンステーション自体の）移動が可能な可動性などに同社の技術と実証実験を通じて得た知見が反映されている。

機械式駐車装置の製造で培ってきた技術を活かし、「ドローンの着陸制御から着荷」と「荷物の一時保管および自動運転モビリティへの受け渡し」の2つの工程を無人化する物流ドローンポートを製造。同社が持つ「自走式・機械式駐車場内でのオートバレーシステム」と合わせて、ラストワンマイル物流への活用を想定している。

ドローンの離発着場となるドローンステーション（ドローンポート）
2m×2m×2.2m（縦×横×高さ）

本プロジェクト（みちびき実証PJ）の事業実施メンバーと役割分担

事業実施体制図

（一財）先端ロボティクス財団

総括、企画、データ解析と
準天頂衛星測位精度評価

（株）四門

機体リース、ボートチャーター
保険契約、機体メンテナンス
オペレーション訓練と一部担当

千葉大学

準天頂衛星CLAS用ソフト関連
APIソフト他

戸澤洋二技術士事務所

無線通信関連5.7GHz、351MHz
周波数帯の感度調整・雑音除去

（一社）日本ドローンコンソーシアム

オペレーション一部担当
動画撮影、離発着地点の
安全確保（監視者）

全長：1.95 m

全幅：2.59 m

全高：1.12 m

機体重量：20kg

(パイロード含まず)

パイロード：5kg

飛行時間：2時間～3時間

飛行速度：約50km/時

都市部近郊における長距離飛行の留意点

1. 墜落しない優れた機体性能(型式・耐空証明)
2. 冗長なフライトコントローラ(One fail operative)
3. 飛行区間で途絶しない無線通信システム





カイトプレーンの滑空比と優れた安全性（パラシュート開傘相当）

- 安全性については、カイト翼そのものが、パラシュート構造を持ち滑空比データとしては、**無風時 7対1**
1m降下で7m進むデータを検証済み
(25年前環境庁 依頼で50mクレーンに下げテスト)

5から6m/sでは、3対1

ACSL- PF1クラスのパラシュート開傘時の降下速度
=4.7m/s (NEDO性能評価試験、機体重量約10kg)

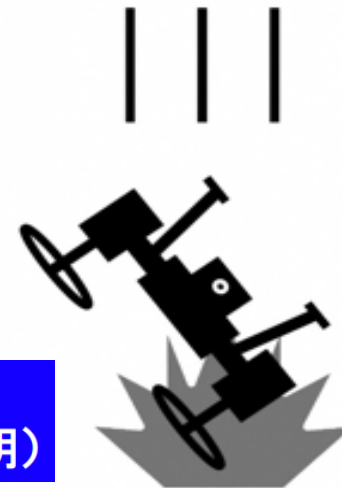
墜落イメージ

カイトプレーンの自由落下の降下速度 約5m/s (実測値)
ドローンの自由落下速度 約15m/s (実測値)



カイトプレーン

都市部近郊における長距離飛行の留意点
1. 墜落しない優れた機体性能(型式・耐空証明)



ドローン

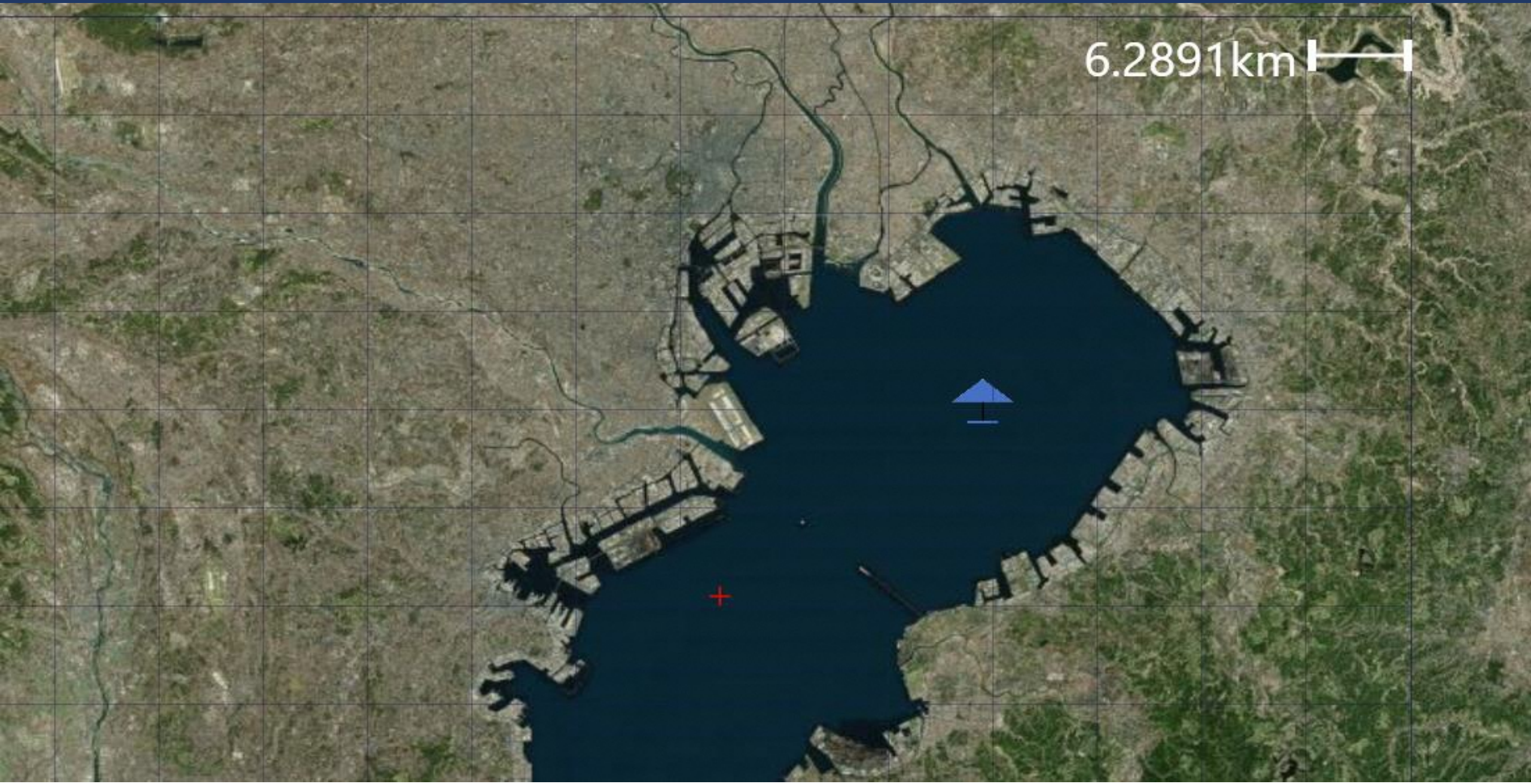
351MHz帯のデジタル簡易無線局（登録局）

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。

日本ではこれまで使用されていなかった3Sを、無人機用に初めて開発して、2021年6月21日に使用し有効性を実証した。

		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
		<ul style="list-style-type: none"> ・免許局と比べて簡単な「登録手続」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"> ・陸上での使用に限定 ・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)



QZSS「みちびき」を用いた編隊飛行の精度検証試験結果

実験の概要

実施日: 2022年2月11日(金)13時~16時

実施場所: 栃木県小山市西河原鬼怒川河川敷(小山絹滑空場)

実施内容:

1. 単独飛行試験

1-a)GNSS(みちびき不使用、Ublox、衛星捕捉数20)

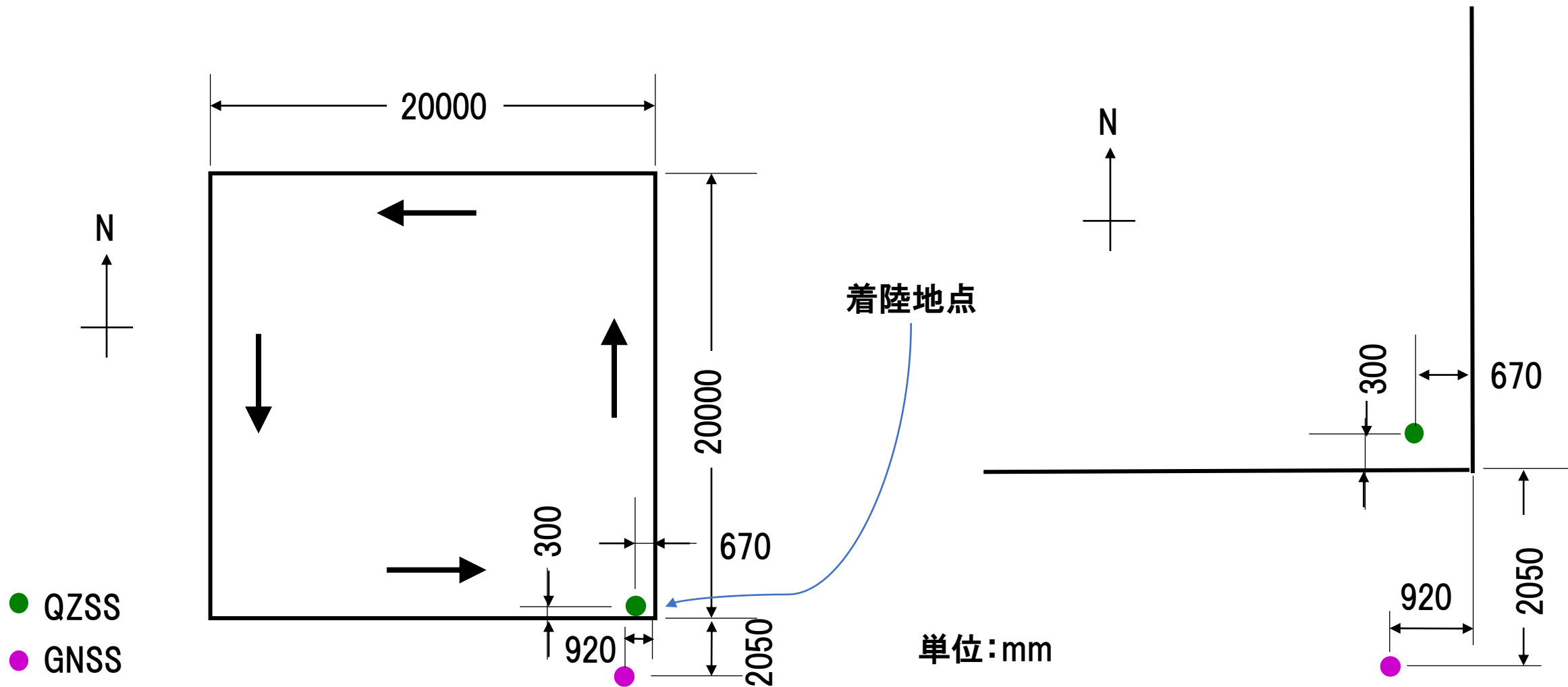
1-b)QZSS(みちびき使用、MSJ/CLAS、衛星捕捉数14)

2. 編隊飛行試験

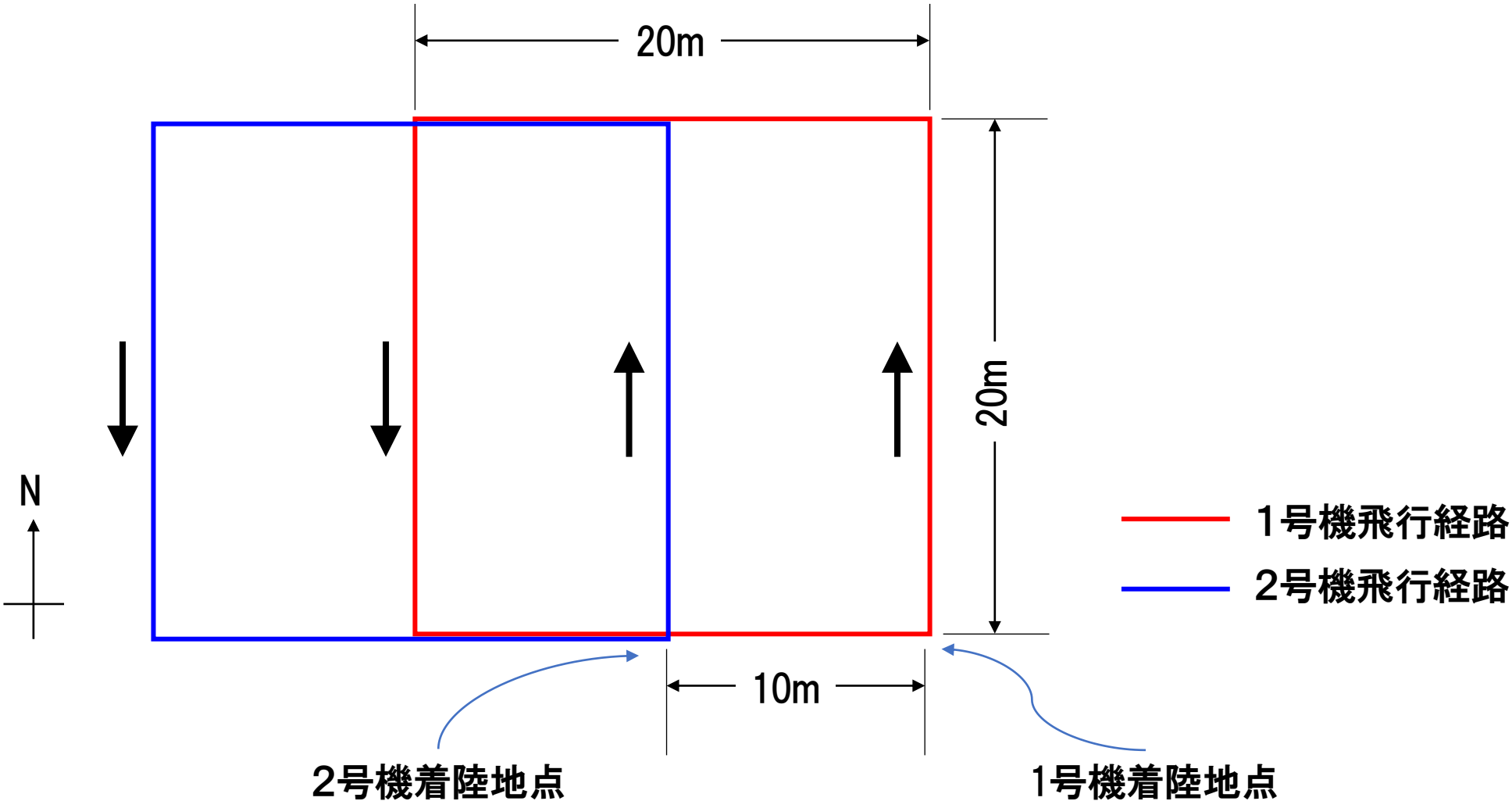
2-a)GNSS(みちびき不使用、Ublox、衛星捕捉数20)

2-b)QZSS(みちびき使用、MSJ/CLAS、衛星捕捉数14)

単独飛行試験の結果(着陸位置)と拡大図(右)



編隊飛行試験の飛行経路

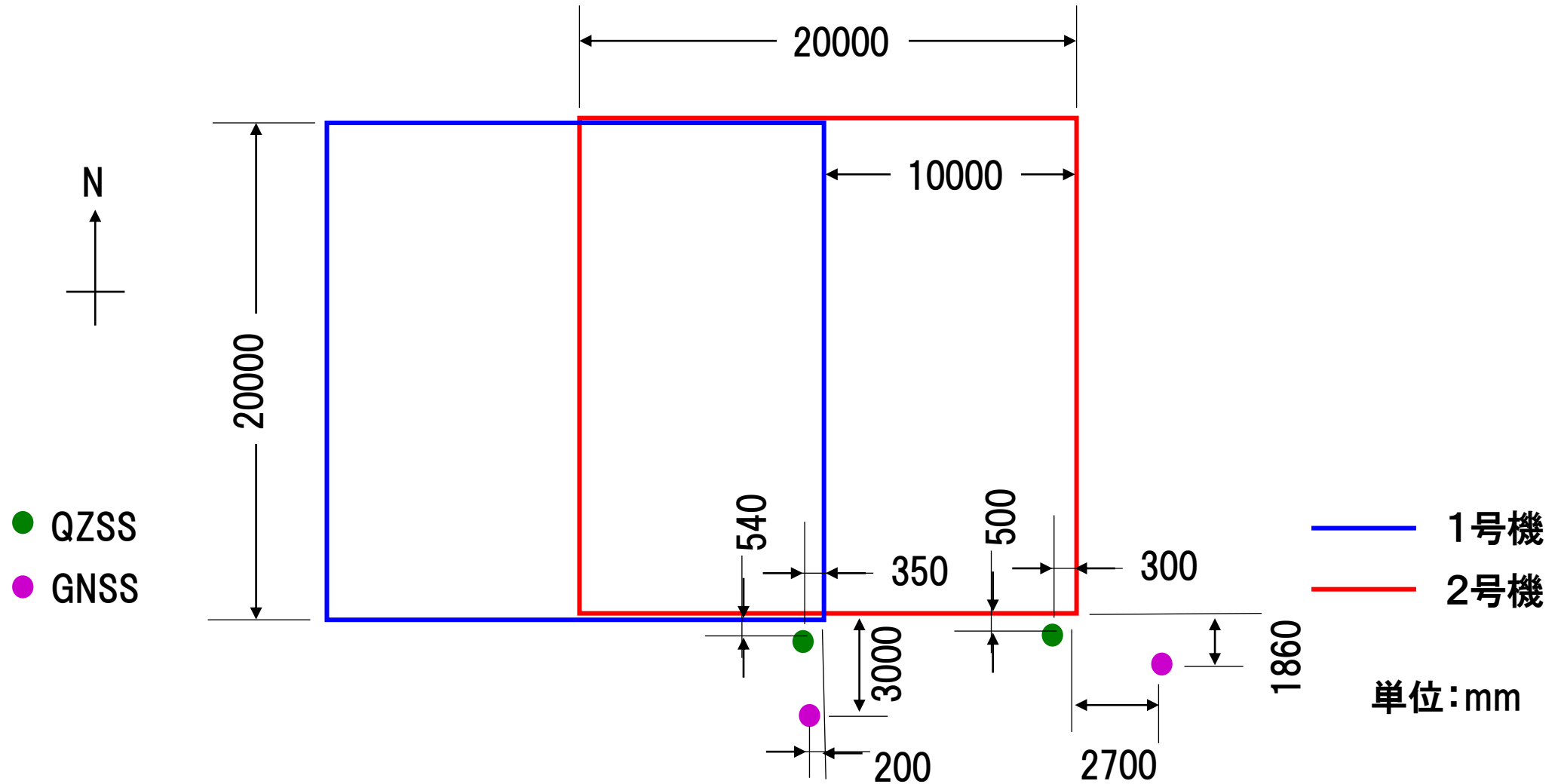




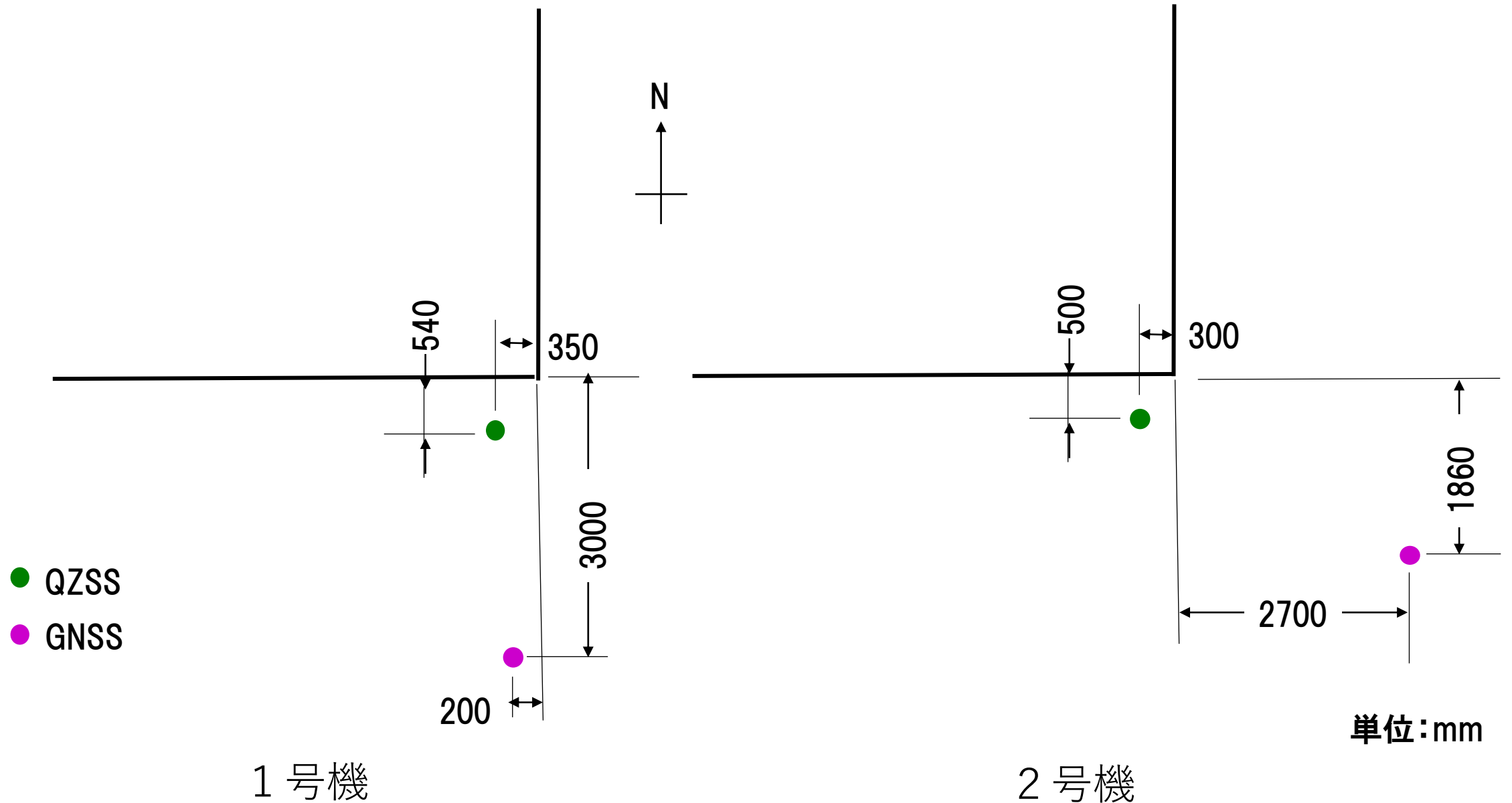




編隊飛行試験の結果(着陸位置)



編隊飛行試験の結果(着陸位置)の拡大図



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

羽田空港

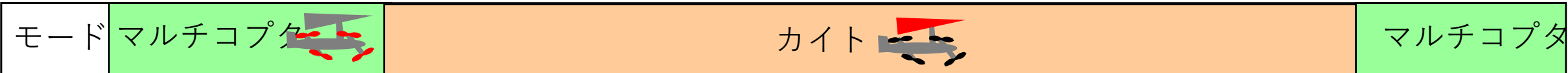
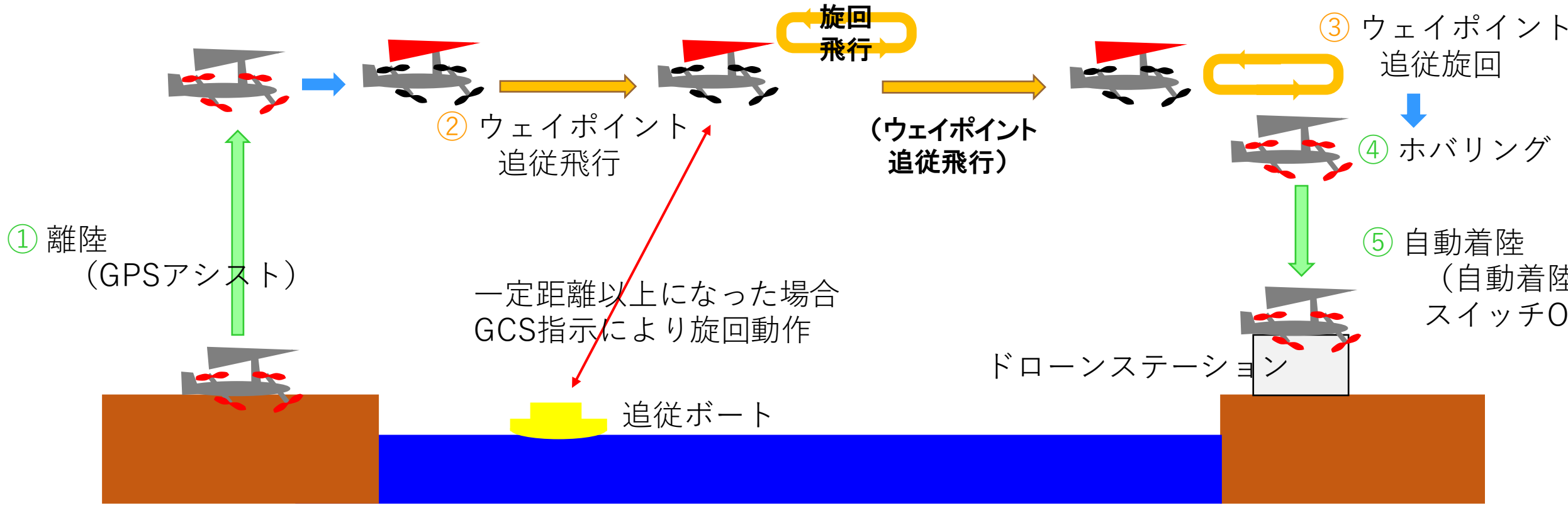
着陸地点
稲毛海浜公園

海ほたる

離陸地点
幸浦・ESR社敷地



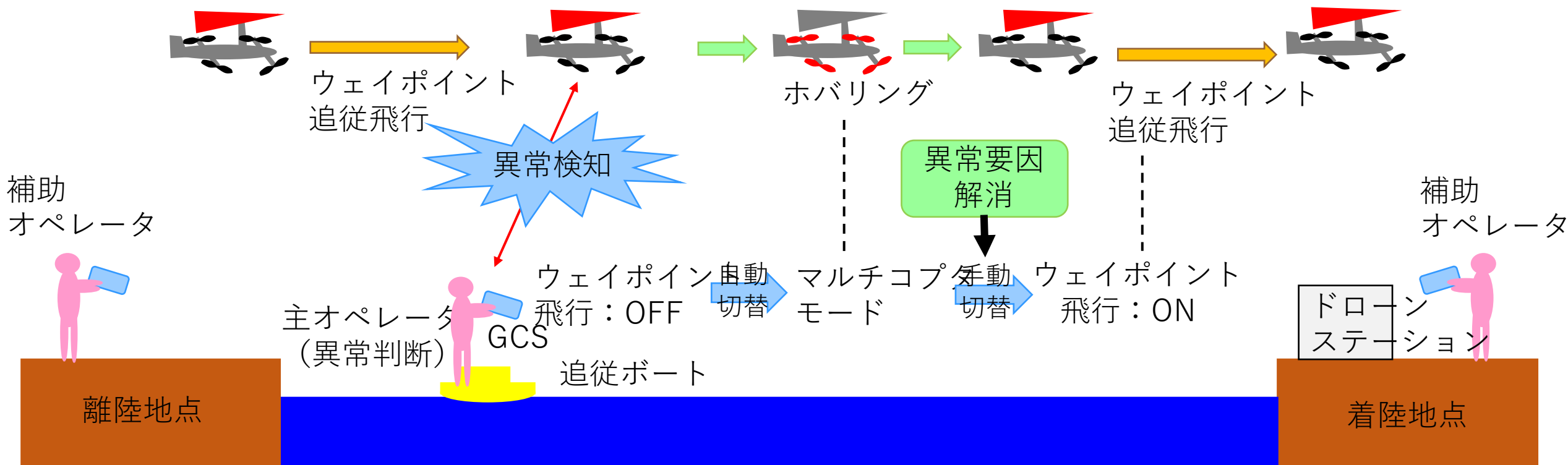
東京湾縦断飛行における離陸から着陸までのシーケンス



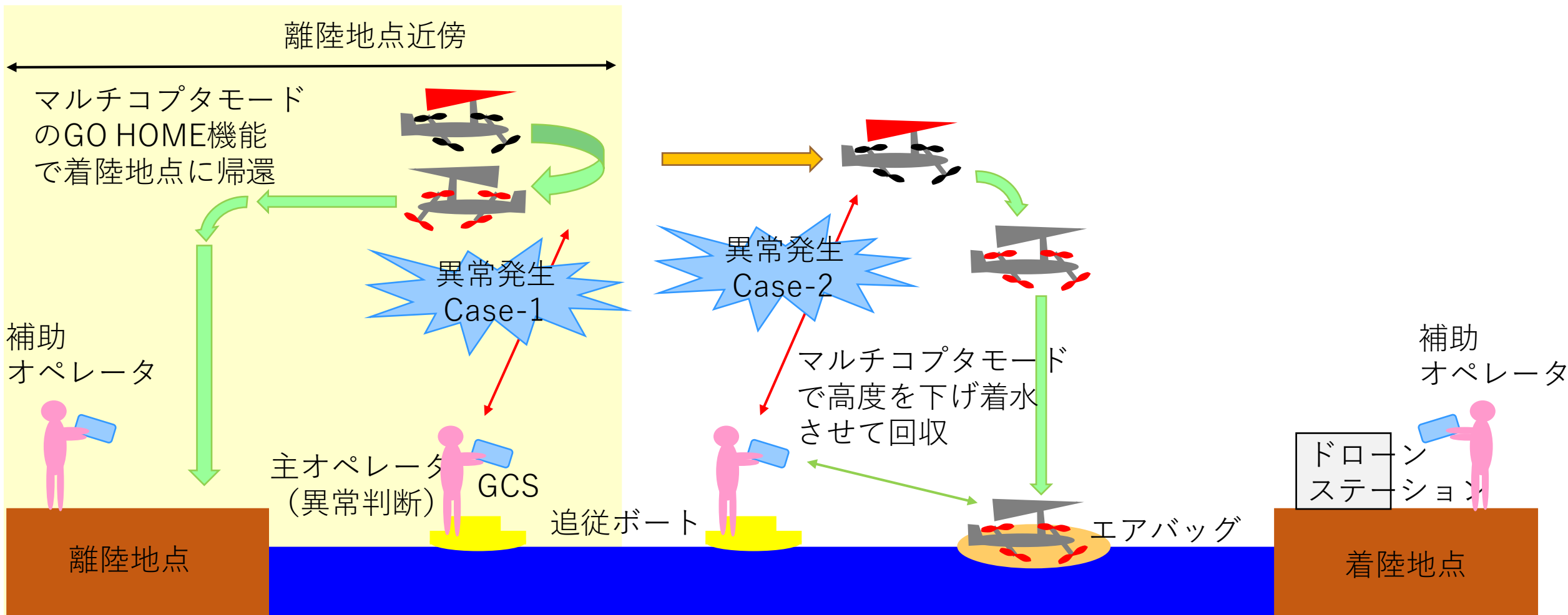
プロポ：ウェイポイント飛行スイッチ→ON
 対気速度（ピトー管で計測）：一定速度以上

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)



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

搬送物：インプラント



歯科でいうインプラントとは、歯を失った部位の顎の骨に人工の歯根を植え込む手術を行い、歯を作ることにより噛み合わせと見た目を回復する治療のことをいいます。

現在使用されているインプラントのほとんどは、チタンを主成分とするネジのような形をしています。植立した後に、さらにネジ構造の人工歯を取り付けるようになっています。

山下公園、海浜公園に設置予定の東京湾縦断飛行に用いるドローンステーション



ドローン離発着場となるドローンステーションのイメージ

(イメージ図)



① ドローンによる空輸

② ポートへの着陸・着荷



③ ポート内一時保管

④ モビリティへの受け渡し



⑤ 輸送



地上無人自律移動ロボット「デリロ™」。周囲の人を検出して自動で回避したり障害物手前で安全に停止したりするほか、音声で道を譲ってもらうようお願いする機能などを有している。寸法：全長96cm×全幅66cm×全高109cm。最高速度：6km/h。

歩く程度の速度で走行する「低速自動運転三兄弟」として、地上無人自律移動ロボット「デリロ™」、運転一人乗り地上無人自律移動ロボット「ラクロ™」、無人警備・消毒地上移動ドローン「パトロ™」を開発、販売。同シリーズは、自己位置推定による自動運転、障害物回避の機能を有するほか、表情を変えたり、音声でコミュニケーションを取ったりする機能を持ち、人々と共生することを目指している。

ドアtoドア（ドローンステーションto会社）を実現する地上無人自律移動ロボット
0.5m×1m×1.3m（縦×横×高さ）

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。

