

経済安全保障重要技術育成プログラム／ 航空安全等に資する小型無人機の飛行経路の風況観測技術 (中間評価)

2023年度～2025年度 3年間

プロジェクト報告資料 (公開版)

2025年3月26日

||| METRO ||| WEATHER

航空安全等に資する小型無人機の飛行経路の風況観測技術

(11億円を超えない範囲／3年)

背景

- 都市の渋滞回避、離島や山間部での移動手段、災害時の救急・物資輸送、インフラ点検など、今後、持続可能で強靱な社会の実現に向けて、ドローンや空飛ぶクルマといった**有人・無人航空機の利用機会の増加**が見込まれ、「空の産業革命に向けたロードマップ2022」においても、**ドローンや空飛ぶクルマと航空機がより安全で効率的な運航を行うための運航管理技術を開発**することとされている。
- ドローンや空飛ぶクルマが安全に飛行するためには、より詳細な風況観測が必要であるが、ドローンや空飛ぶクルマの飛行が想定される低高度においては、現行の**レーダーやカメラのようなセンシング技術には限界**があり、それらに代わる**センシング技術の開発**が求められる。併せて、ドローンや空飛ぶクルマ自らが**運行中に風況観測することも安全のためには必要**であるため、ドローンや空飛ぶクルマに搭載可能とする**小型・軽量のセンサー開発**も求められる。
- こうしたニーズに対応する検知手法として、対象物にレーザー光を照射して、対象物からその反射光を検知し、ドップラー効果（周波数の変化）を計測する**ドップラー・ライダーの活用**が期待されている。

想定される利用ニーズ

- 風況観測技術は、今後、利用機会の増加が見込まれるドローンや空飛ぶクルマといった有人・無人航空機の安全な離発着、適切な経路の選定への活用が期待される。また、障害物検知のアルゴリズムは、自動運転支援等への活用が想定される。

研究開発の内容

● 詳細な乱流の検知技術開発

ドローンなど小型の機体は、突風やビル風など局地的な乱流の影響を強く受けることから、安全な運航のためには風況を詳細に捉える必要があるため、これに対応できるレーザー照射に係るドップラー・ライダーの制御技術と照射したレーザーの反射光を処理するアルゴリズムの開発・実証を行う。

● 移動体搭載向け乱流検出ライダーの開発

航空機等の移動体がより早く乱流や突風、前方の障害物を検知し、自身が安全に飛行・運行するためには、移動体そのものにドップラー・ライダー搭載することが最も有効。このため、移動体への搭載に当たって必要となる、ドップラー・ライダーの小型化を行うとともに、移動体の揺れを踏まえた、レーザー照射と反射光の信号処理を補正するアルゴリズムを開発する。

● 障害物など物体の精密検知技術の開発

風況観測においては、空気中の微細なチリからの反射以外をノイズとしているが、そのノイズを活用することで物体を検知し、判別するアルゴリズムの開発を行う。

想定スケジュール

	2023年度	2024年度	2025年度
【研究開発項目①】空間分解能高度化技術			
高空間分解能化アルゴリズム・ソフトウェア基礎設計	TRL: 4	★	
【研究開発項目②】航空機搭載向けドップラー・ライダー開発			
リアルタイム信号処理補正技術		TRL: 5	★
航空機搭載向け耐振動・耐熱性ドップラー・ライダーの設計		TRL: 5	★
精度検証			TRL: 5
【研究開発項目③】障害物など物体の精密検知技術			
物体検知アルゴリズム基礎設計	TRL: 4	★	

★ : ステージゲート

事業の概要

事業名：航空安全等に資する小型無人機の飛行経路風況観測技術

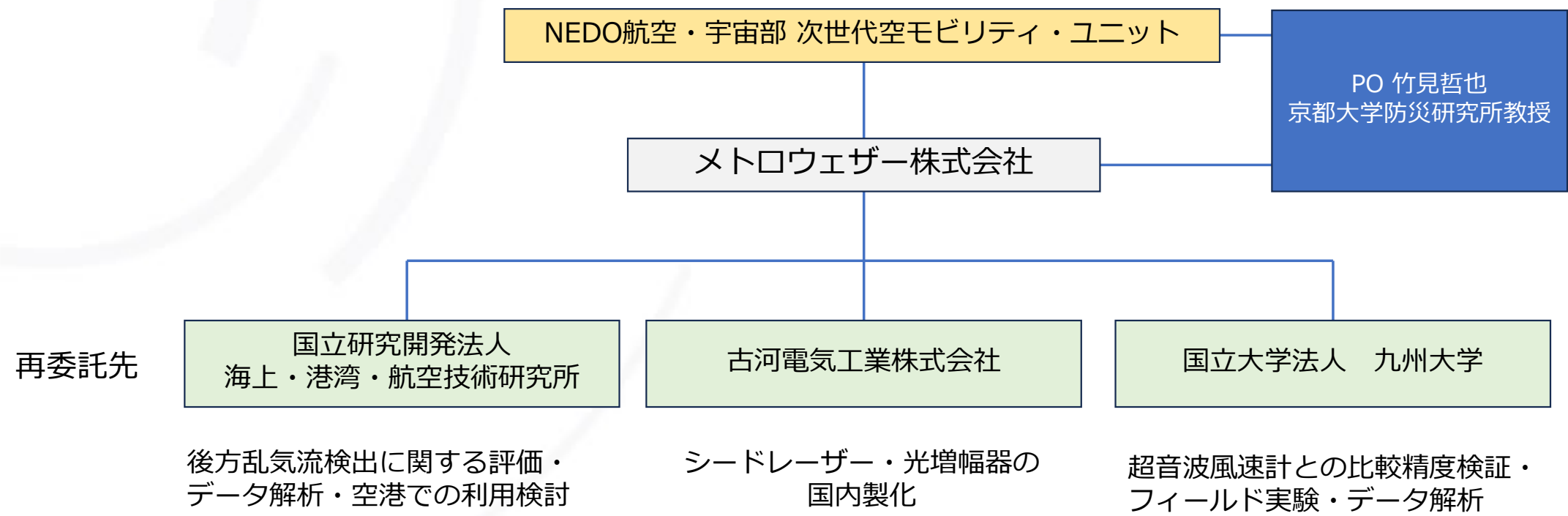
期間：2023年度～2025年度（3年間）

契約形態：委託契約（NEDO 100%負担）

予算：10.8億円

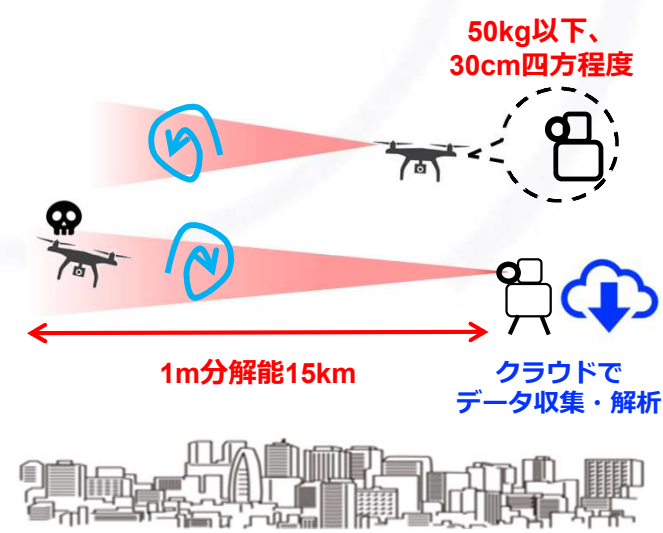
経済産業省担当部署：製造産業局 航空機武器産業課

事業の概要 実施体制



事業の目的 開発対象と開発目標

開発対象



- 高分解能化・長距離観測により突風や乱流検知、物体検知・識別
- 飛行物体に搭載可能な小型化

アウトプット目標 (2025年度)

研究開発項目① 空間分解能高度化技術	● 10秒以内に360°をスキャンし、CDMA方式により空間分解能1mで15km先までを計測 ● データを受信・解析するアルゴリズムを開発し、乱気流や突風を可視化
研究開発項目② 航空機搭載向けドップラー・ライダー開発	● 航空機等の高速で移動する物体に搭載し、リアルタイムに速度情報及びロール・ピッチ・ヨーの情報を補正する信号処理補正 ● IP54規格以上に適合し、耐振動性筐体の設計（重量は50kg以下、大きさ30cm四方程度） ● 搭載用ドップラー・ライダーの試作と搭載試験・評価
研究開発項目③ 障害物など物体の精密検知技術	● 10秒以内に 360°をスキャンし、空間分解能 1m以下 で 15km 先まで における 15cm四方程度の障害物（航空機、鳥、人、建物、地形等）を検知・識別するアルゴリズムの完成

アウトカム目標 (事業終了後数年以内)

乱気流や突風などの詳細な気流の観測

- 空港等において有人・無人機の安全な離発着や、適切な経路選択への活用
- 有人機と小型無人機の連携運用時における乱流観測
- ドローン運航者や管制事業者、航空関係者に対する、風況観測情報の提供サービス
- 空飛ぶクルマ等への搭載
- 風力発電所の設置場所候補地の検討

ドップラー・ライダーによる物体検知技術

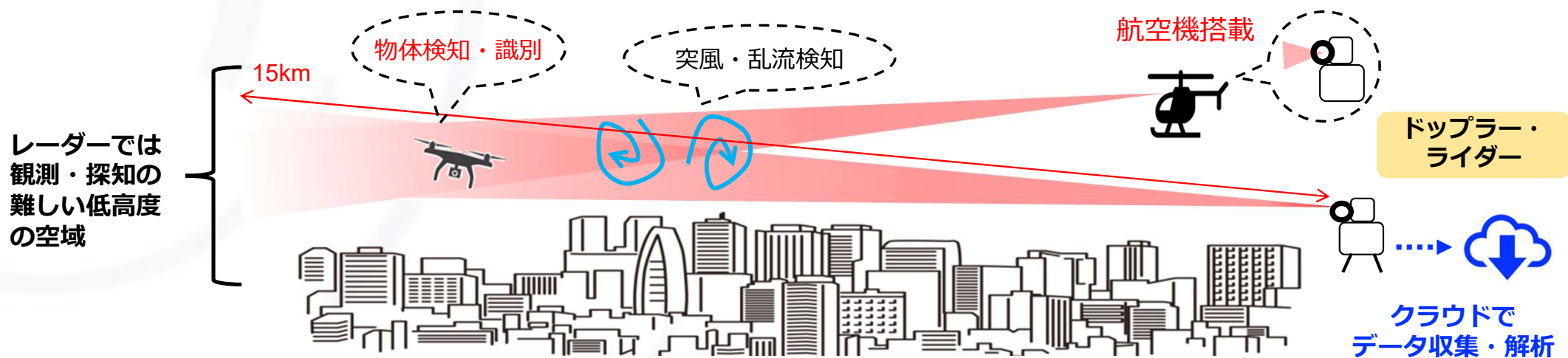
- ドローンの衝突回避や不審ドローン検知などの警備活動
- 障害物を検知することによる自動運転支援など

それぞれの分野で活用され、国内外の政府、民間事業者等から調達される

<評価項目 1> 研究開発ビジョン及び研究開発構想の実現に向けた研究開発課題の達成目標や内容の妥当性

- (1) 達成目標の妥当性
- (2) 知的財産・標準化戦略

事業の背景 有人・無人航空機の利用シーンの急拡大



ドローンなどの無人航空機は機体が旅客機に比べて圧倒的に小さく、機体と同じ大きさの10 m程度のスケールの小さな乱流や突風でもすぐに墜落してしまうリスクが常につきまとい、安定かつ安全に飛行・運航するためには、低高度の空域全体をできるだけ広域かつ細かく把握する必要に迫られている。

想定ユースケース：

- 空港やドローンポートにおける安全な離発着サポート
- 適切な運航経路選択への活用
- 低高度の乱流・突風観測
- ドローン運航者や管制事業者、航空関係者に対する、風況観測情報の提供サービス
- 空飛ぶクルマなどへの搭載

事業の背景 物体検知ニーズの高まり

■ 国内外を含めて民間空港や重要インフラ施設への不審ドローン侵入事例が多発

(国内空港)
2023年1月：神戸空港
2022年12月：那覇空港
2022年10月：神戸空港
2019年以降3回：関西空港
(重要インフラ)
2024年5月：海上自衛隊護衛艦

(米国空港)
米国では月100件ペースで空港への侵入事案が発生

民間空港へ侵入する不審ドローンなどの対処は空港運営会社が行う方針であり、早期発見・識別が喫緊の課題



“護衛艦”映像問題 基地へのドローン侵入 自衛隊 探知できず



事業の背景 まとめ

- ドローンなどの無人航空機は機体が旅客機に比べて圧倒的に小さく、機体と同じ大きさの10m程度のスケールの小さな乱流や突風でもすぐに墜落してしまうリスクが常にある
- 民生利用での応用では、風車後面の後方乱気流を可視化することによる風力発電施設の発電効率向上や旅客機の後方にできる後方乱気流の可視化による民間航空機の安全性向上などのニーズに応えられることが期待されている

空間分解能向上と観測距離向上を同時に実現する必要性から

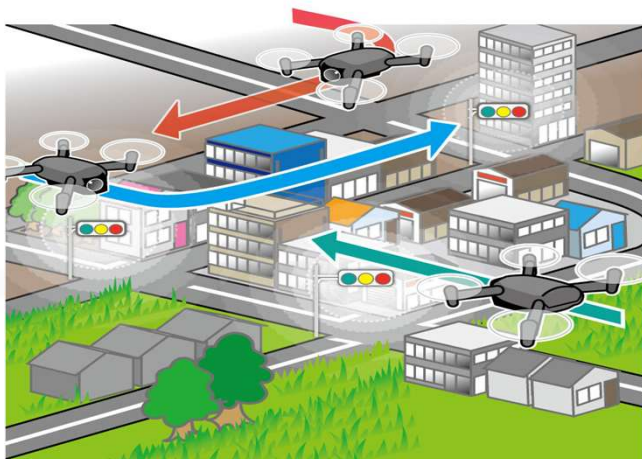
**空間分解能1m・観測距離15km
航空機等への搭載に向けた小型化にチャレンジ**

- 重要インフラに対する無許可ドローンの侵入、攻撃をいち早く検知することが必要不可欠

15km先の15cm四方位程度の物体検知にチャレンジ

事業の将来像 風計測分野の広がり

無人機安全運航



- ビルや鉄塔・信号機等ヘドップラー・ライダーを設置
- 低高度の風況をもれなく監視することで、自衛隊無人機や災害救助ヘリ・ドローンの運航支援

空港の安全度向上



- 滑走路周辺の後方乱気流や離着陸時のウインドシア・マイクロバーストなどの可視化・位置の監視

海洋船舶の安全運航・洋上風力発電の効率化



- 海上風を把握することで船舶の安全運航及び効率運航の支援
- 沿岸海域における風力発電所の発電効率の向上

事業の将来像 物体検知分野の広がり

不審ドローンの検知



- レーダー探知網をすり抜けて低高度を飛行するドローンを探知
- AI技術によりドローン、鳥などの識別も行う

火山灰などの物質探知



- 目視では確認できないが、航空機のエンジン停止などを引き起こす火山灰の探知

アウトカム（社会実装）達成までの道筋

本研究開発終了後数年以内にアウトカム目標を達成するために2026年以降に必要な技術開発要素を示す。

アウトカム目標（研究開発構想より）：

ア. 本事業において開発された技術では、乱気流や突風などの詳細な気流の観測がリアルタイムに可能となることから、以下のようなサービス等に活用され、我が国政府のみならず、海外の政府、民間事業者等からも調達されること。

- ・ 空港等において有人・無人機の安全な離発着や、適切な経路選択への活用
- ・ 有人機と小型無人機の連携運用時における乱流観測
- ・ ドローン運航者や管制事業者、航空関係者に対する、風況観測情報の提供サービス
- ・ 空飛ぶクルマ等への搭載
- ・ 風力発電所の設置場所候補地の検討

イ. 風況観測における技術を応用したドップラー・ライダーによる物体検知技術が、ドローンの衝突回避や 不審ドローン検知などの警備活動、軌道上の障害物を検知することによる鉄道の自動運転支援など様々な用途へ応用され、我が国政府のみならず、海外の政府、民間事業者等からも調達されること。

	アウトプット目標（2025年度達成）	2026年～ 量産プロトタイプ開発要素（TRL6～7）	2029年～事業化フェーズ（TRL8～9）
研究開発項目① 空間分解能高度化技術	● 1m分解能で15km先までを計測する ● 10秒以内に360°をスキャン ● 乱気流や突風を可視化するアルゴリズム完成	● 耐候性、耐久性技術 ● 高安定稼働化技術 ● 自動モニター・故障診断技術 ● 高セキュリティ化技術 ● システム安定化技術	年単位の安定稼働 生産管理、品質管理・サポート・メンテナンス体制の組織化・安定稼働
研究開発項目② 航空機搭載向けドップラー・ライダー開発	● リアルタイムに速度情報及びロール・ピッチ・ヨーの情報を補正する信号処理補正を行う ● IP54規格以上に適合し、耐振動性筐体の設計（重量は50kg以下、大きさ30cm四方程度） ● 耐空証明取得に知見のある企業と連携し、航空機搭載のドップラー・ライダーにかかる耐空証明の取得に向けて検討する	● 高速移動下における安定稼働化技術 ● 低圧環境下安定稼働化技術 ● 自動飛行システムとの連動技術 ● 自動モニター・故障診断技術 ● 高セキュリティ化技術	自動運航システムや運航管理システムと連携・統合され安定稼働
研究開発項目③ 障害物など物体の精密検知技術	● ドップラー・ライダーで10秒以内に 360°をスキャンし、空間分解能1m以下で15km先までにおける15cm四方程度の障害物（航空機、鳥、人、建物、地形等）を検知・識別するアルゴリズム（識別率60%）を完成させる。	研究開発項目①と同じ 識別率95%以上※ ※実用化レベルの参考例（ https://laboro.ai/wp-content/uploads/2019/12/Article-Object_Recognition_with_Deep_Learning_2019.01.pdf ）として95%程度は必要と判断	研究開発項目①と同じ 識別率95%以上※

知的財産・標準化戦略

弊社が正式な委員として参画しているASTMで議論されてきた、無人機の運航に関する気象情報の標準化について、ドップラー・ライダーで得られるデータに関する内容が提案書に盛り込まれ（2024年）、Means of Compliance（適合手法）の実証フェーズに入る。2025年からダラスに弊社が精度検証センターを設立し、ここでMOCの実証を4月から開始。MOCの実証を経て、最終的にFAAの承認を取ると業界規格となる。

2024年：

バージニア州ハンプトンで20週にわたるドップラー・ライダーのデュアル観測を実施（NASA SBIR Phase-II）

ASTMライダーデータ標準化提案書策定

（古本が投票権も持つメンバーの1人として2024年に投票・可決ドップラー・ライダーのデータ標準のベースが完成）

2025年：

テキサス州ダラスに精度検証センターを設立

水平スキャニングライダーの精度評価標準の策定

米国事業拠点の開設・現地メンバー採用、生産体制構築

米国TWSによるデータ販売強化を目的としたReseller Agreement締結

知的財産戦略・方針

例えばCDMA方式のライダーの信号処理・物体検知手法に代表される、重要技術となる部分は、オープンするところは概念部分にとどめ、重要な手法の部分はクローズにする戦略をとる。こうすることで、知財化しないことで他社などで先に知財化されてしまい、ノウハウとして保有していた技術が使えなくなることを防ぐ。

参考資料：

Standard Specification for Performance for Weather Information Reports, Data Interfaces, and Weather Information Providers (WIPs)

<https://store.astm.org/f3673-24.html>

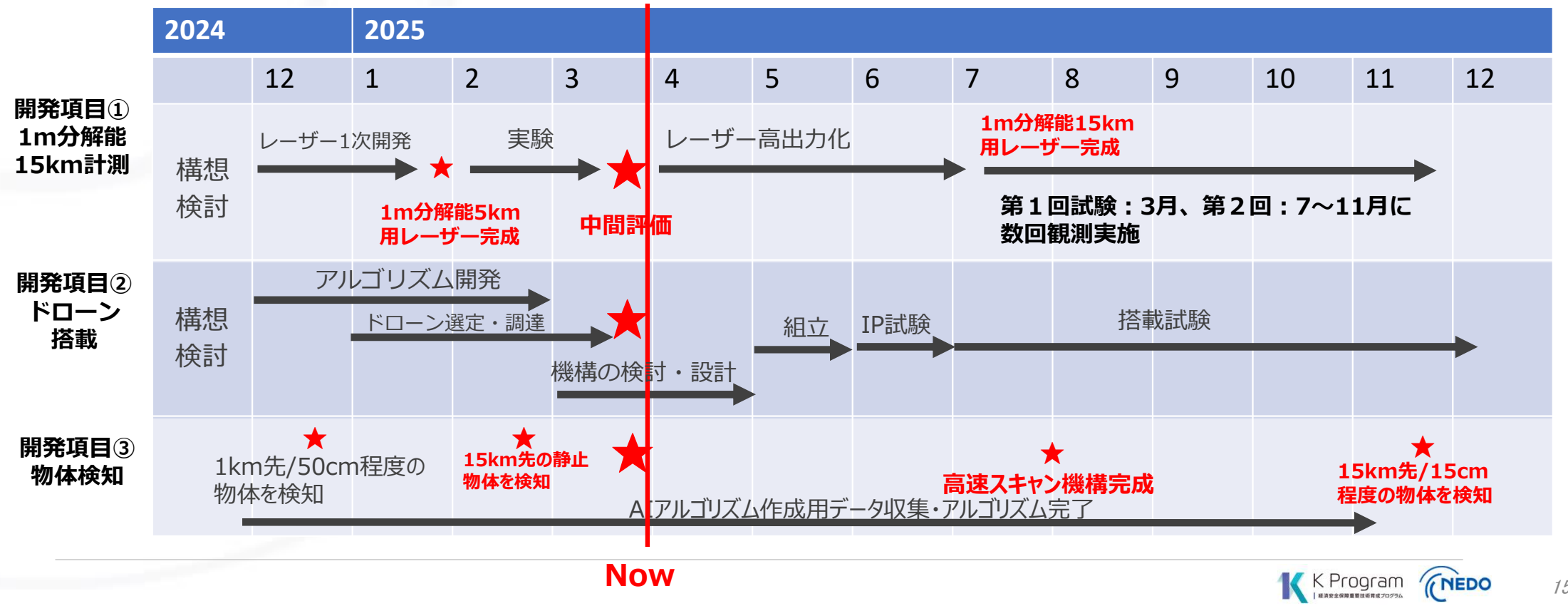
＜評価項目 2＞ 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況

- (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況（国内外との比較を含む）
- (2) 今後の見通し（多様な分野における実現可能性含む）

2. 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (1) 研究開発課題の達成目標に向けた進捗状況 (国内外との比較を含む)

研究開発全体スケジュールと進捗状況

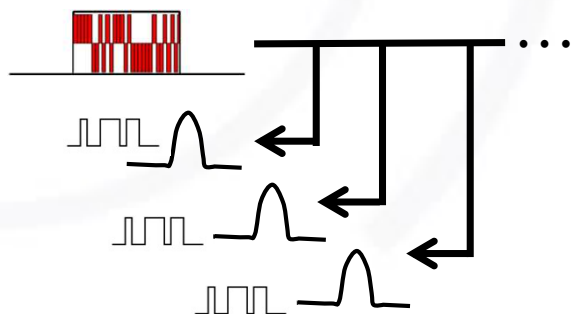
レーザー光学系の入手を半年早め、2025年前半から1m分解能の実証実験を開始することが可能となった。それを受けたスケジュール全体の線表を下記に示す。



アウトプット（研究開発成果）のイメージ

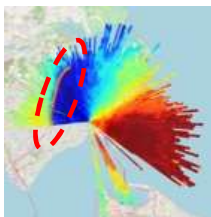
研究開発項目① 空間分解能高度化技術

CDMA符号を付加したパルスを送信



1m毎に送信符号でデコードし、FFT・積分
を行い風スペクトルを求める
レーザーパワー2mJで15km先まで計測

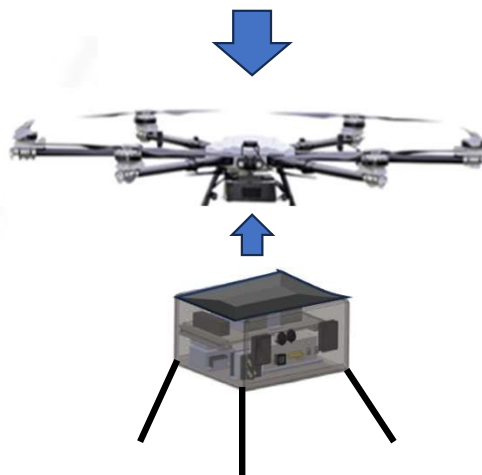
ドップラー・ライダーのデータを読み込み、自動的にシ
アラインを検出・表示



本研究開発での到達目標TRL4

研究開発項目② 航空機搭載向けドップラー・ライダー開発

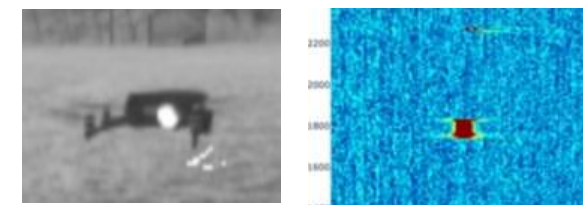
- レーザー光学系の小型化により、重量50kg以下、大きさ30cm四方程度にする
- IP54規格以上に適合し、耐振動性筐体の設計
ドローンと直接接続させ、離着陸に必要な脚はライダー筐体に接続させる
- 3軸ジャイロスコープ・3軸加速度計を搭載し、高速移動・動揺補正対応



本研究開発での到達目標TRL5

研究開発項目③ 障害物など物体の精密検知技術

- 物体をライダーとカメラで捉える
- 1つの望遠鏡で広範囲をカバーする
- 360度を10秒以内でスキャンする
- 取得したデータをAIで識別する



ドローンを検知・識別

短時間に15cm程度の大きさの物体を検知および識別

本研究開発での到達目標TRL4

研究開発項目1-1 CDMA方式のシミュレーション

CDMA方式のシミュレーションにより15km先までを計測するために必要なレーザーの仕様を決定。

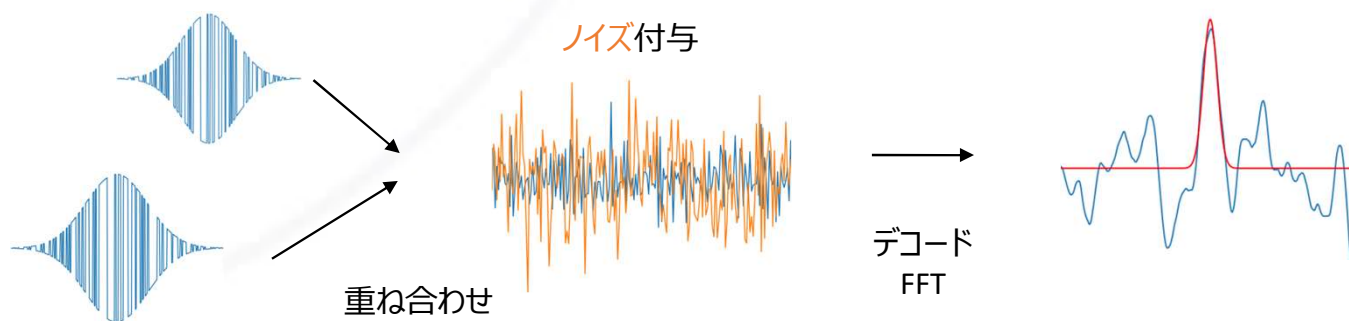
シミュレーション方法は次の通り

- ① 位相変調 (20bitのM系列コードを使用) をかけたパルスを出す
- ② 離散的(30cm間隔)に置いたターゲットから反射され、ドップラー変調して返ってくる異なるタイミングの波 * 1を重ね合わせる
- ③ 正規分布に従うようなランダムノイズ * 2を加える
- ④ それぞれの距離にあたるコードでデコードしてFFTをする。それからデコードせずFFTしたものを差し引くスペクトル差分法[1]を用いてスペクトルを導出
- ⑤ 2,048回インコヒーレント積分をする
- ⑥ 得たスペクトルのピーク付近をガウシアンフィッティングし、元の風速値と比較する

* 1 : 風速値は距離方向にある程度連続を持たせたランダムなものを使用。受光電圧はLiDAR方程式より算出。

* 2 : シミュレーション (CDMAなし) で得たSNRと現行機の実測値 (観測距離10kmの時を平均したもの) とを比較することでノイズの分散値を決めた。

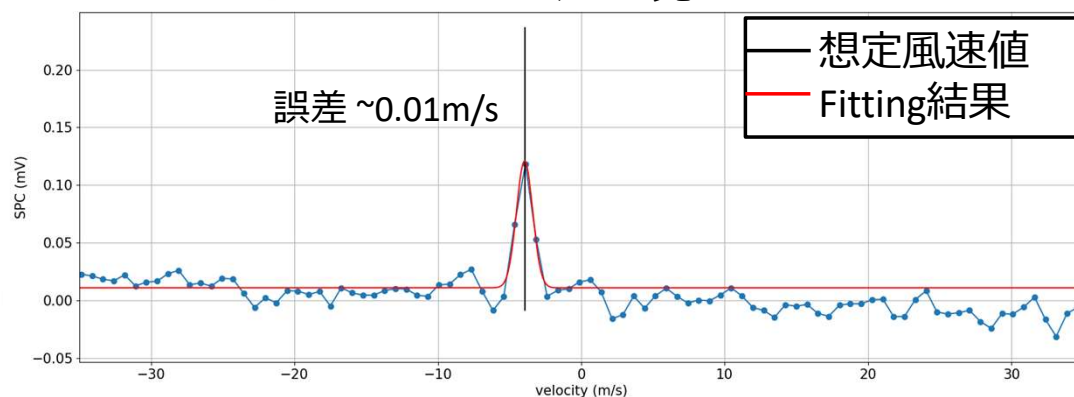
[1] Y. Zhang et al. "Spatial Resolution Enhancement of Coherent Doppler Lidar by Pseudo-Random Phase Coding", J. Lightwave Technol. 40, 4467 (2022).



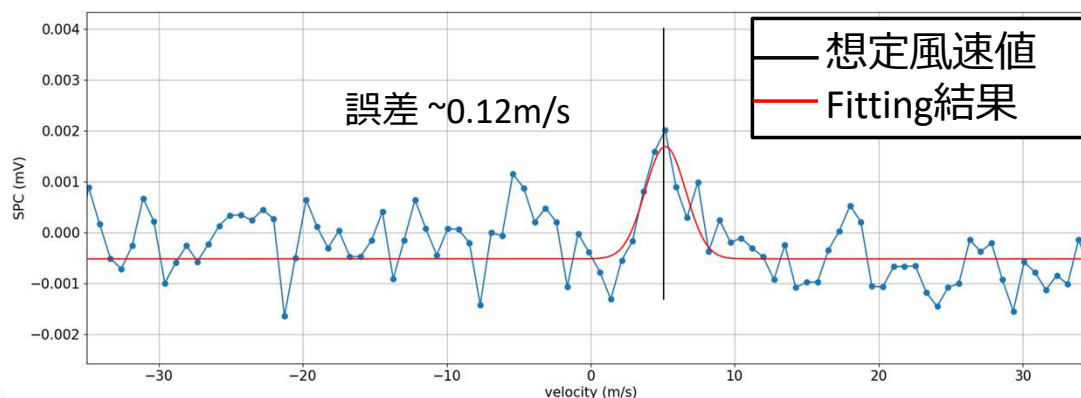
研究開発項目1-1 CDMA方式のシミュレーション

シミュレーションにより 0.2mJと2mJ のスペクトルを導出。0.2mJ/5km先、2mJ/15km先の例を以下に示す

0.2mJ、5km先



2mJ、15km先

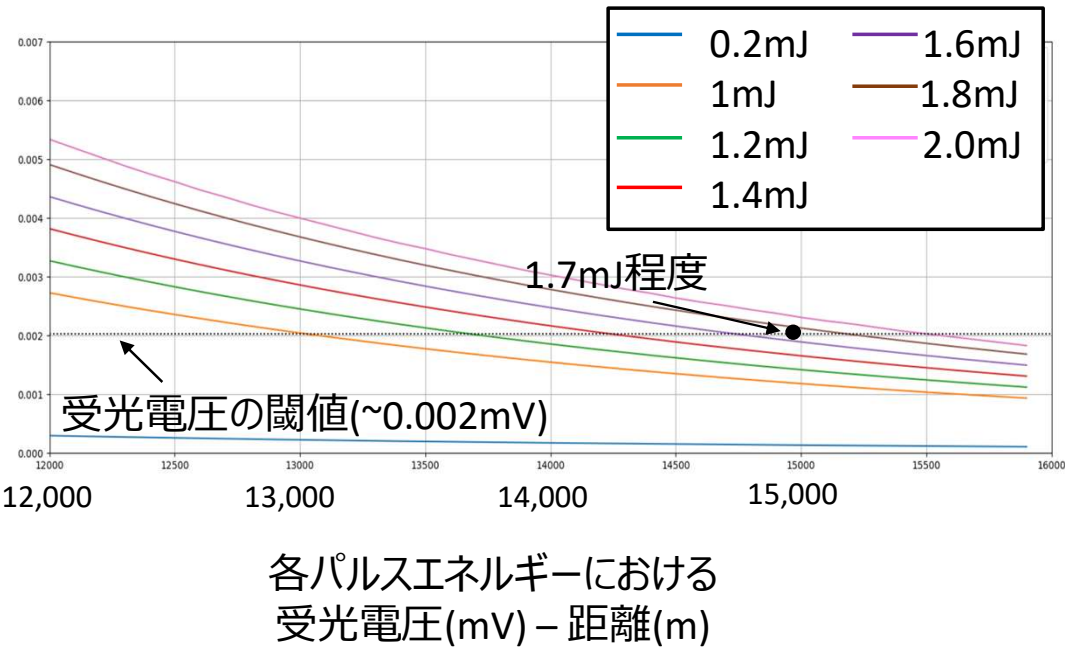
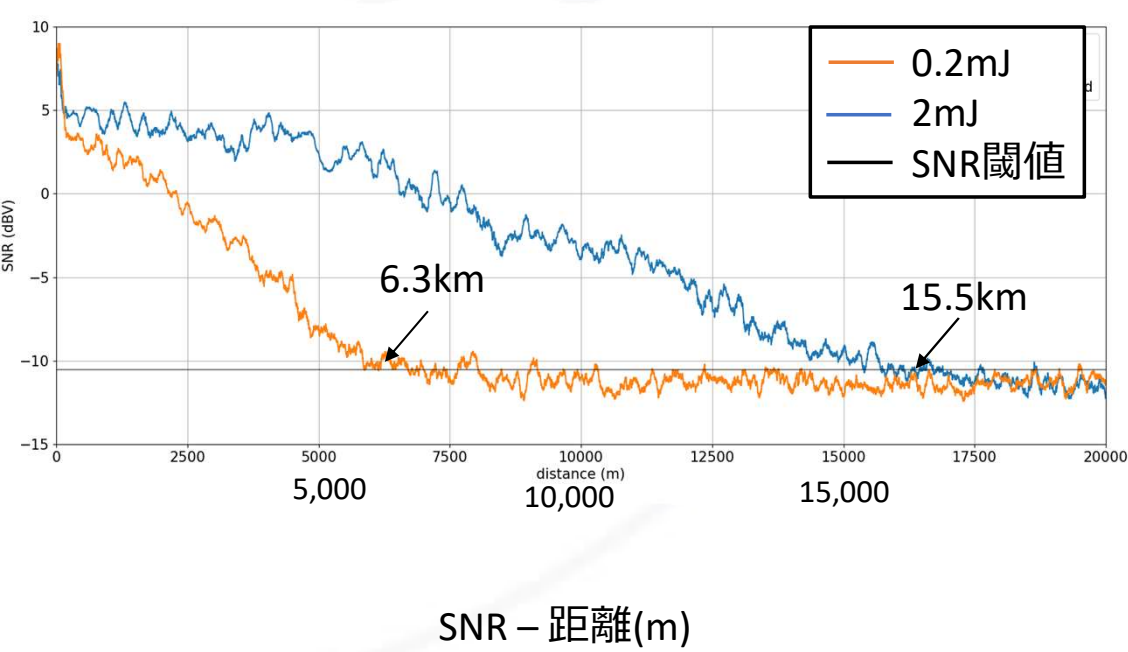


- シミュレーションパラメーター
 - ・パルス形状：ガウシアン(FWHM400ns)
 - ・ピーク：470W、4,698W
 - ・位相変調周波数：300MHz
 - ・使用コード：20bit – M系列
 - ・サンプリング周波数：500MHz
 - ・FFTポイント数：**512**
 - ・窓関数：ガウシアン(FWHM500ns)
 - ・積算回数：**1,024**

* 誤差は想定風速値とスペクトルをガウス関数でフィッティングして得た風速値とを比較することで算出

研究開発項目1-1 CDMA方式のシミュレーション

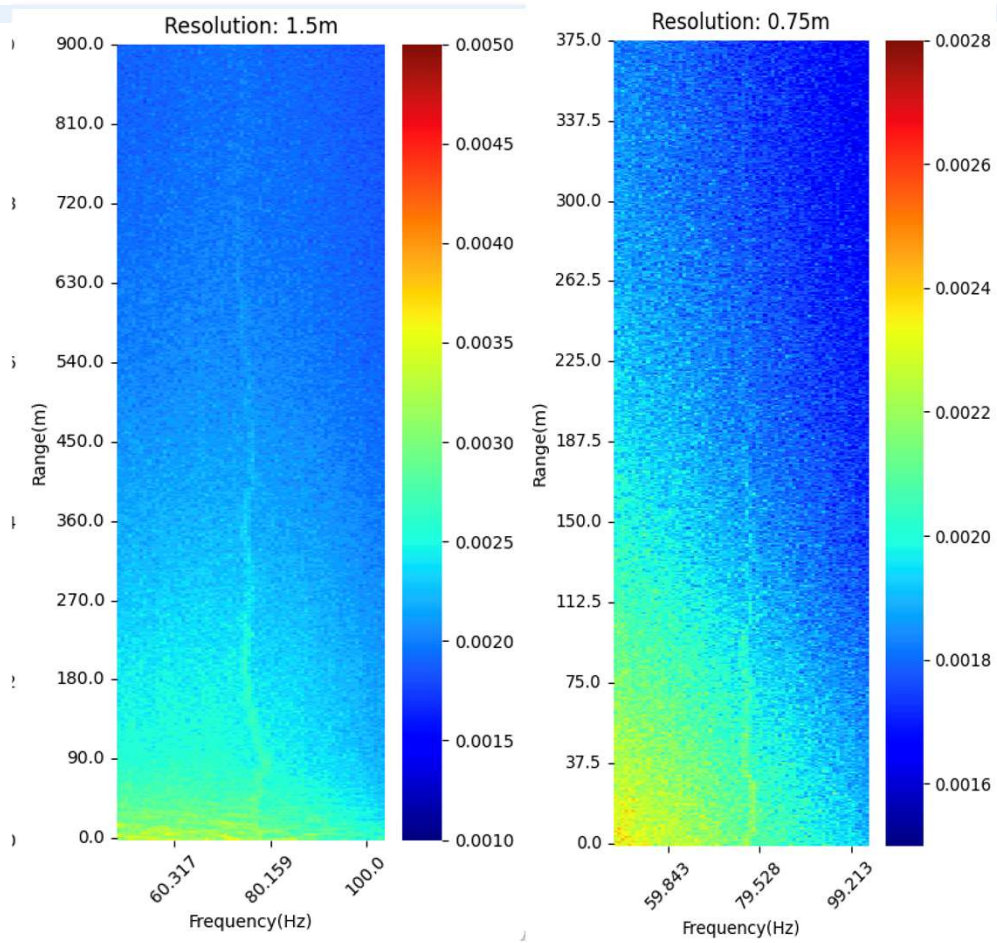
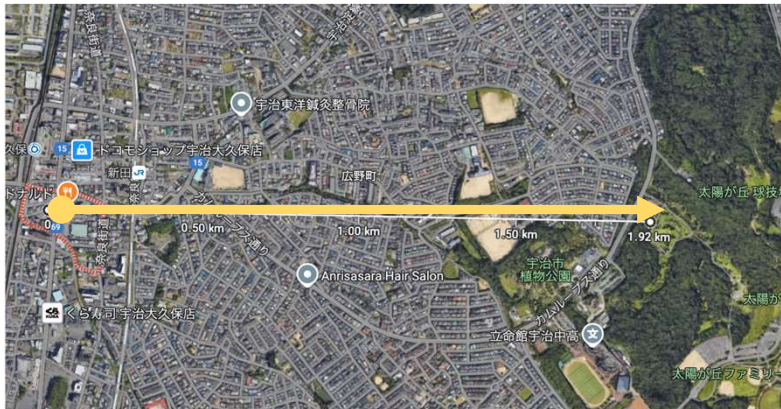
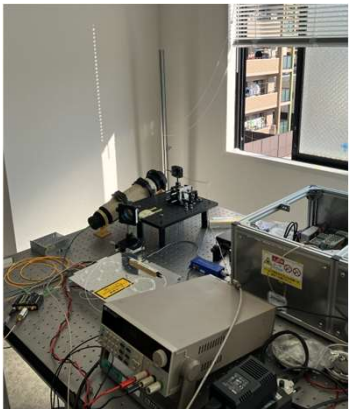
シミュレーションで得たスペクトルからSNRの距離分布を導出し、1mJ~1.8mJについても同様にLiDAR方程式を用いて受光電圧の距離分布を計算した。それとこれまでの結果をもとに 15km先で必要なパルスエネルギーは 1.7mJ程度と予想。実際にはエアロゾル分布には時間的・空間的バラ付きがあるためこれ以下のパルスエネルギーでも 15kmの観測が可能な時はあると思われるが、2mJのレーザー開発を目標に古河電工に依頼。



研究開発項目1-1 ラボ実験結果

2025年3月13日 弊社本社3F

パルスエネルギー0.04mJで位相変調をかけてCDMA方式で大気計測
天気：晴れ（降水なし）
0.75m分解能で
1.5m分解能で
まで風のスペクトルと見られるデータを取得

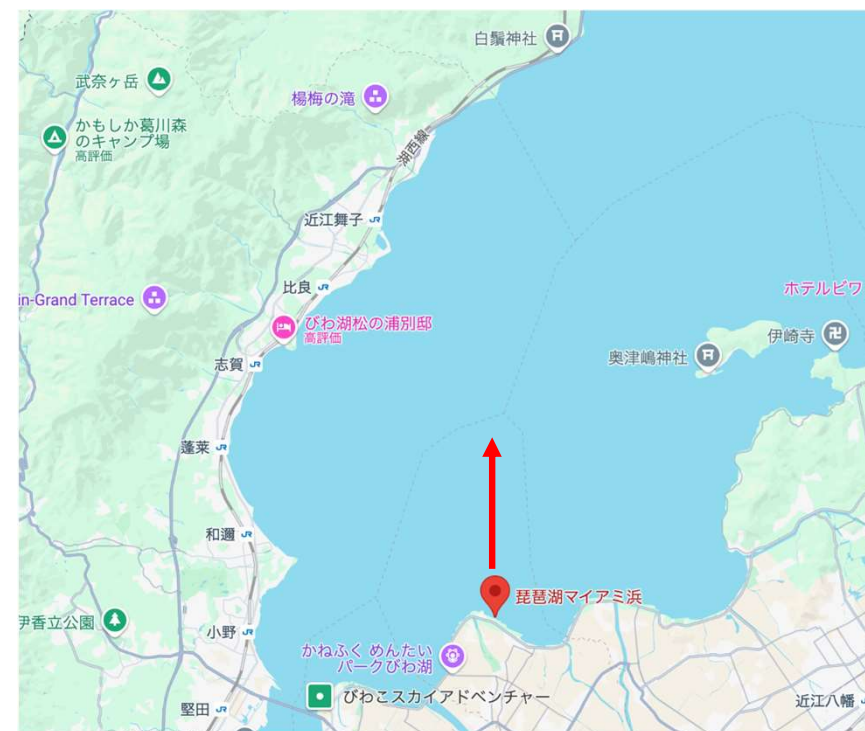
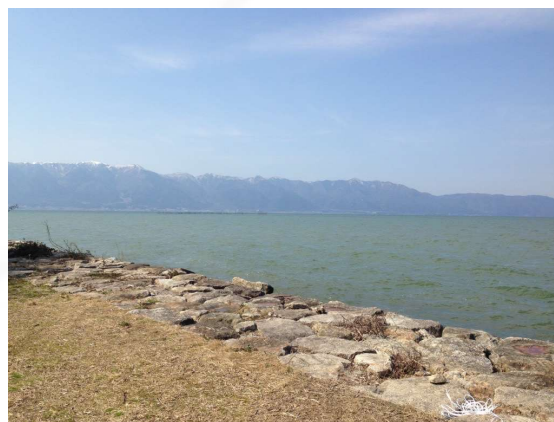


空間分解能高度化技術の研究開発目標の達成状況 (中間評価時点)

空間分解能1mかつ観測距離15kmの実験場所

実験場所はマイアミ浜オートキャンプ場を利用

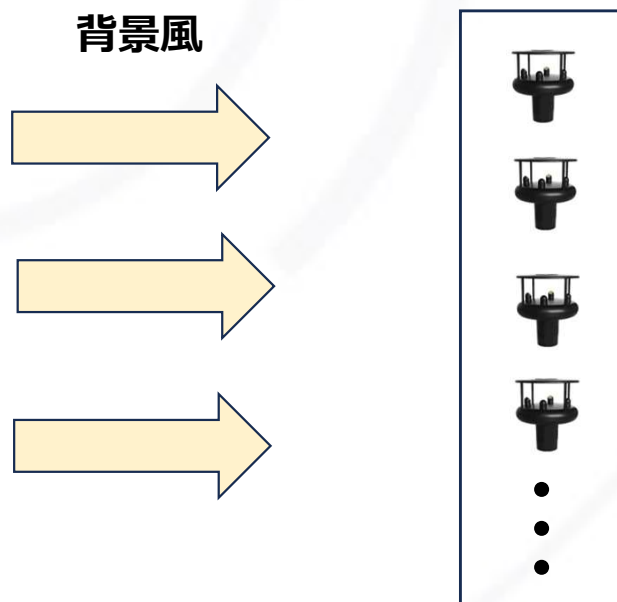
- ・過去にドップラー・ライダー観測で利用し、施設に交渉済
- ・電源があり、かつキャンプ場内で数100mの距離を確保でき、琵琶湖側に15kmの観測距離を確保できる



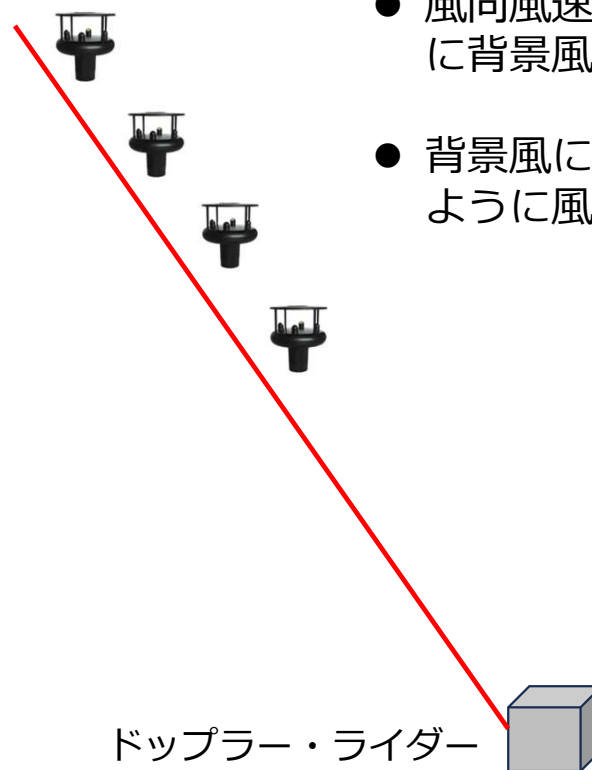
空間分解能高度化技術の研究開発目標の達成状況 (中間評価時点)

1m分解能かつ観測距離5kmの試験

超音波風速計を設置し、分解能性能を確認



背景風の一様性を確認するための
データ収集



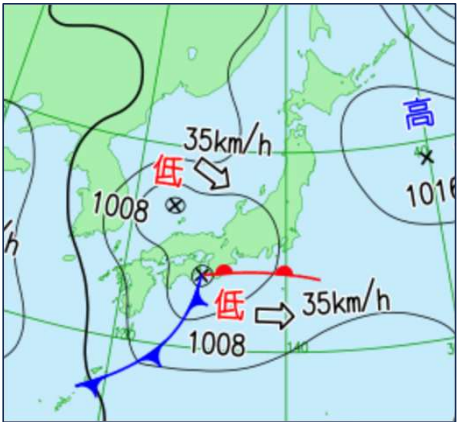
- 風向風速計機材の影響を受けないように背景風に対して角度をつけて配置
- 背景風に対して1m分解能を維持するように風速計同士の距離をとる

研究開発項目1-1 フィールド実験結果

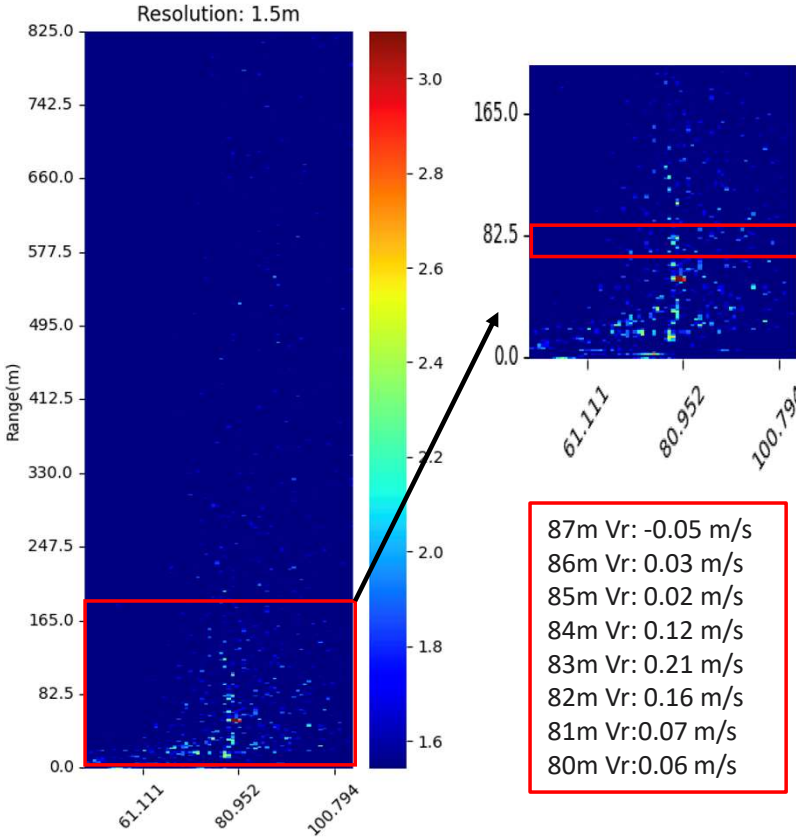
2025年3月18日 琵琶湖東岸（マイアミ浜）
ラボで利用した0.04mJの光アンプを使ってCDMA方式で計測

環境場：
日本海と太平洋岸にある低気圧を挟む形で気圧の谷が通過するタイミング
日中はほぼ無風で前線通過直前から南寄りの風が卓越
湖岸に風向風速計を設置し、同時にライダーでも計測
計測時は急速に天候が悪化し、1～2mm/hの降水あり

地上天気図（18時）



地上アメダス（18時）

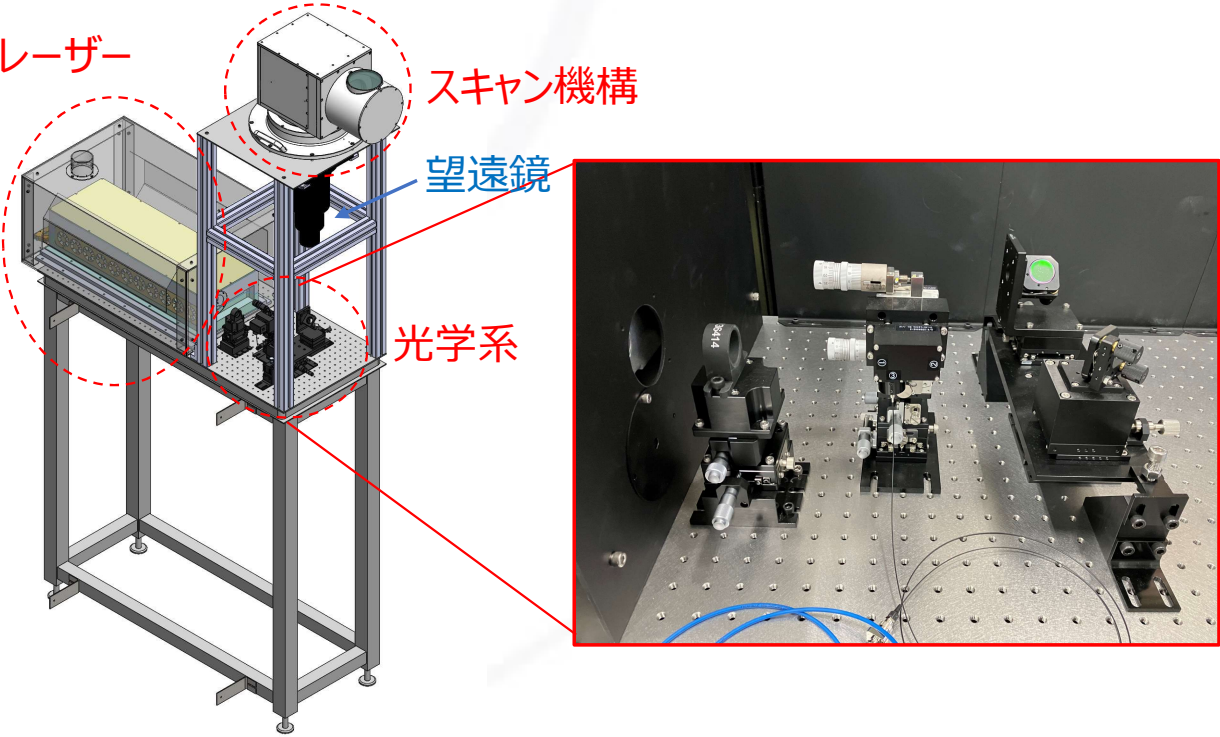


研究開発項目1-1 今後のスケジュール

- 実機での計測実験の前に古河電工のレーザー（パルスエネルギー0.2mJ）が故障し、出力の小さい市販アンプ（0.04mJ）を代用した
- 事前シミュレーションではパルスエネルギー0.2mJの時の計測距離6.3km、1.7mJの時に15.0kmの結果を得ている
- 実機を使った実験ではパルスエネルギー0.04mJでおよそ1km（晴れの時）までの計測結果を得ており、事前シミュレーションの結果と合わせて推定すると、古河電工のレーザーで計測することで5kmまでの計測が可能と見られる
- 次に示すように古河電工の高出力レーザーではパルスエネルギー1.9mJを目指しており、この場合、15.5kmまで計測できる見込みであり、5月に戻ってくる0.2mJ版レーザー、夏に完成する高出力版レーザーを用いることで、1m分解能を維持しながら計測距離の向上を2025年夏に達成できる見込み。

研究開発項目1-1

高出力レーザーおよび空間伝搬サーキュレーターを用いて1m分解能15km先の試験観測を仙台空港が見渡せる電子航法研究所岩沼分室にて実施する



タワー屋上から仙台空港滑走路全体および空港周辺空域全体を計測することが可能

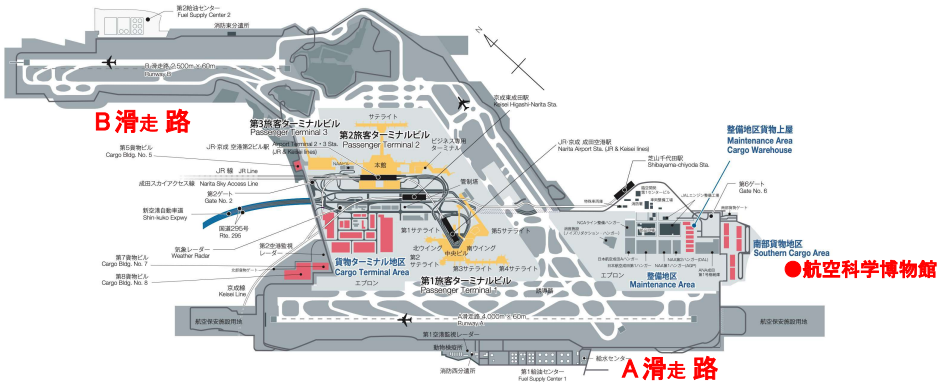
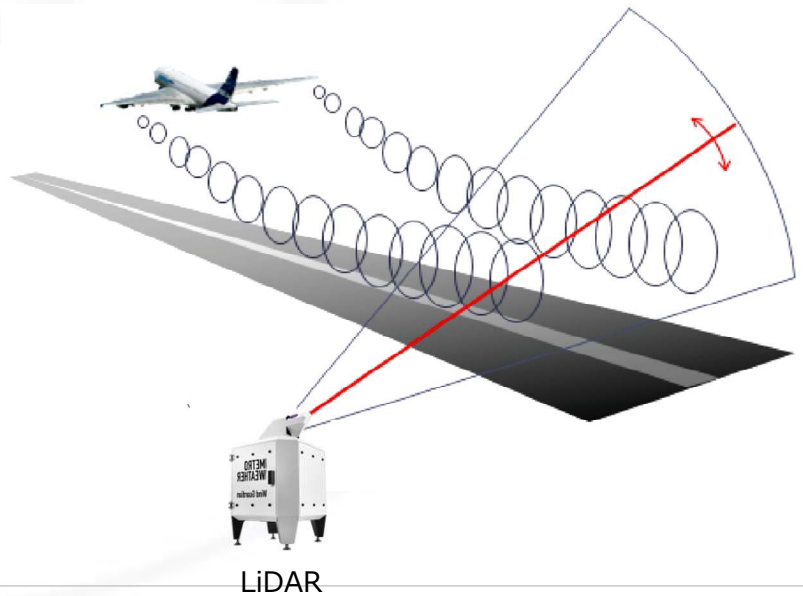


研究開発項目1-1 後方乱気流抽出・可視化

概要

- ・滑走路に向けて垂直スキャンを行うことで、航空機が通過した後に発生した後方乱気流を取得する。
- ・アルゴリズム開発のため、数ヶ月単位で継続的にデータを取得する。

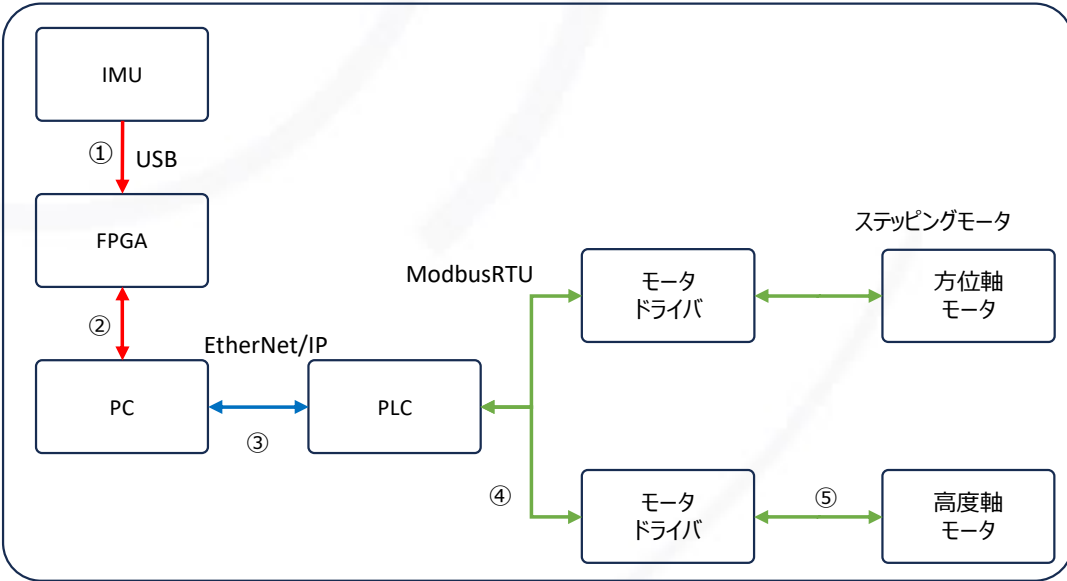
方法



- ・ドップラー・ライダーの設置場所はA滑走路端を観測できる航空科学博物館の敷地内
(成田空港会社、航空科学博物館と調整が完了し、2025年4月工事)
- ・航空機の離発着のデータは成田空港会社屋上に設置するADS-Bを利用する

研究開発項目2-1 動揺・速度補正する演算プログラム

IMUを用いて移動体の速度補正とピッチ・ロール・ヨーを自動的に補正するアルゴリズムを作成。自社で船に搭載する機会があったため、船でアルゴリズムの試験を行った。次はカーゴドローンに搭載した状態で同様の試験を行う。

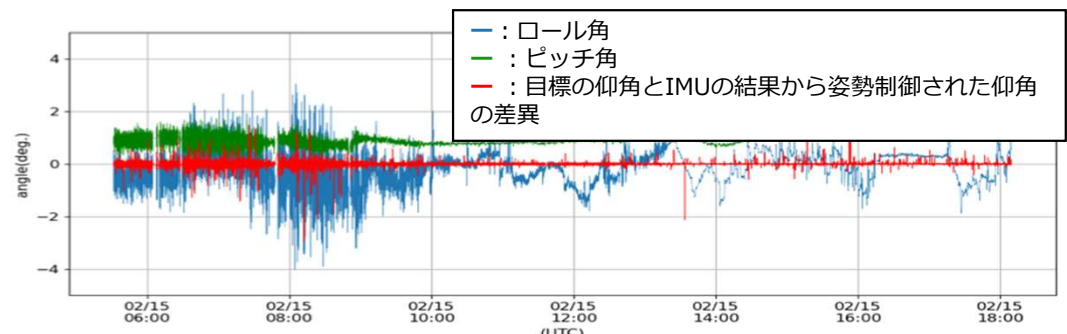


- ①IMUからシリアル通信にて常にroll,pitch,yaw及びGNSSの情報が送信される。
- ②PCはFPGAが取得したIMUの情報をNCファイルへ出力。
- ③PCは取得したIMUの情報から高度軸方向の補正角度を計算し、PLCへ補正値を送信。
- ④PLCはPC側から受信した補正値を元にPID制御を行い、補正した角度と回転速度をモータドライバへ送信。
- ⑤モータドライバ（高度軸のみ）は、PLCから送られてきた補正データを元にモータを回転させる。

ドップラー速度補正

- ① IMUから取得されたpitch, roll, yaw角を元に、レーザーを照射している本来の角度へ方位角、仰角を補正する。
- ② IMUから取得された移動体の東西速度(eastward_velocity)、南北速度(northward_velocity)、鉛直速度(northward_velocity)を元に、移動体自身のドップラー速度を求める。
- ③ パワースペクトルを元に算出されたドップラー速度から②を引くことで、大気中のドップラー速度を求める。

動揺補正の確認

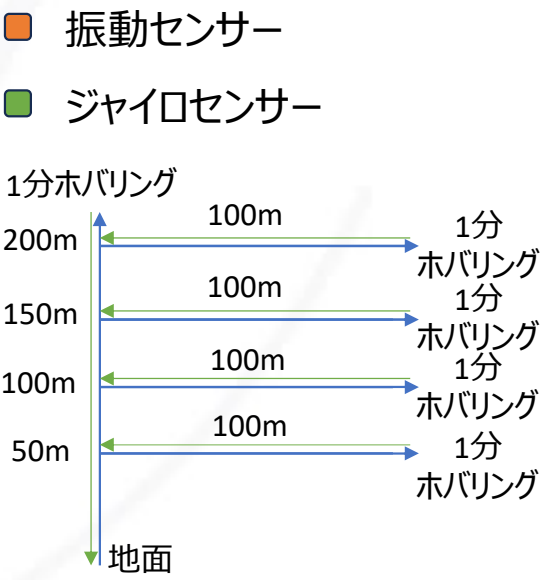


- IMUの値から船は3degぐらい揺れている計算
- 目標の仰角（3deg.）とIMUの結果によって姿勢制御された仰角の差の標準偏差は0.054 deg

研究開発項目2-1 動揺・速度補正する演算プログラム

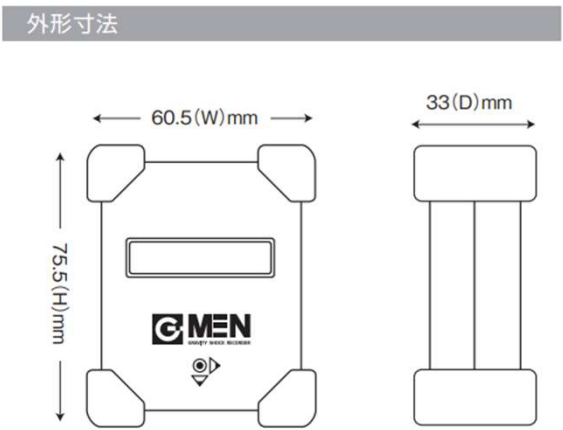
カーゴドロンの振動・制御実証実験

ドップラー・ライダーと同等の荷重をかけて振動・動揺データを取得し、搭載試験時の振動対策・補正に利用する

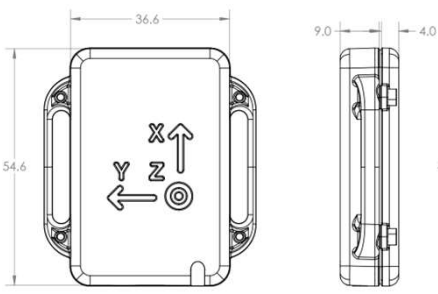


40kgの重さの錘をライダーに見立てて搭載

振動センサー



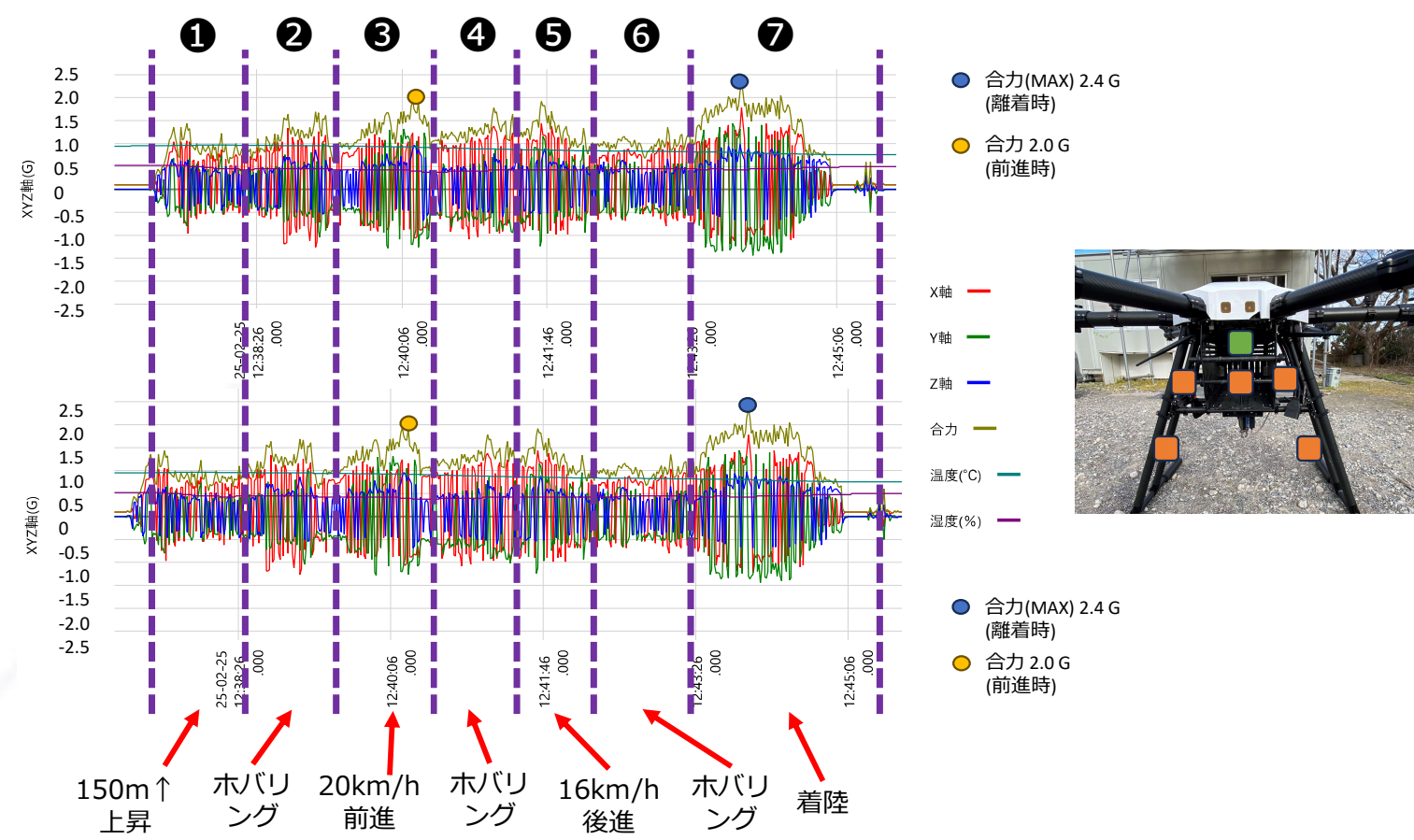
ジャイロセンサー



研究開発項目2-1 動揺・速度補正する演算プログラム

実験結果

- 振動計、IMUを取付て8回飛行実験を行った。
 - 50m, 100m, 150mで以下の条件で計測
 - 40kg吊り上げ
 - 吊り上げなし
 - 前進(MAX 20km/h)
 - 後進(MAX 20km/h)
 - ホバリング
 - 1RPMでドローン回転時
- 計測結果
 - 振動
 - 最大2.6G(離陸時)、飛行中平均2.0G



研究開発項目2-2 ドローン搭載型ライダーの開発

ペイロード55kgのカーゴドローン : XYZ55



弊社の株主であるドローンファンドと投資先のドローンの専門企業に協力を得て、ドップラー・ライダーの取り付け方法の検討・設計中

ドローン専門家からのアドバイス :
荷物を取り付ける方法では全体の安定性に欠けることから、デフォルトの足を取り外し、ドップラー・ライダー本体にドローンの足の役割（機能）をもたせることでより安定性を確保できる

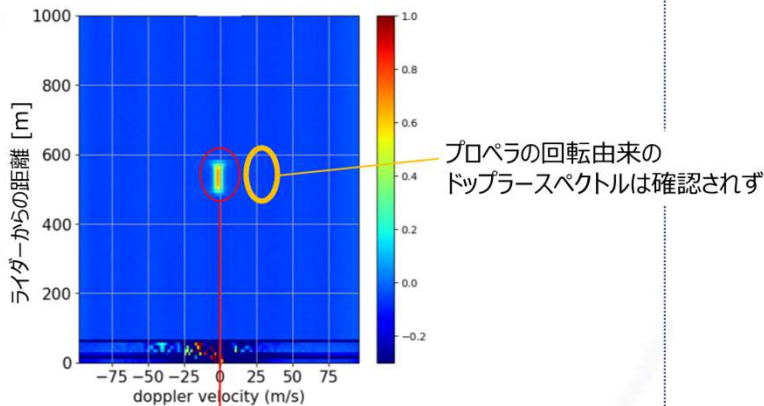
ドローン本体から伝わる振動対策はよくドローンで利用している振動吸着シートで解決できる

仕様・規格	スペック
最大搭載重量 (機体重量は除く)	55kg
機体総重量	22.5kg
サイズ	790×3,190×3,190mm
操縦装置	SIYI AK28
使用周波数	2.4GHz
最大離陸重量	100kg
最大飛行時間	30分
最大到達高度	500m
飛行可能風速	最大7m/s
使用可能温度	0～40度
フェールセーフ機能	バッテリー電圧降下警告、自動着陸、送信機と通信切断時ホバリング、各種設定可能
付属機能	カメラ2台・ジオフェンス機能・防塵、防水、防滴機能

障害物など物体の精密検知技術の研究開発目標の達成状況 (中間評価時点)

物体検知アルゴリズムによる物体識別

1. ドローンとそれ以外の物体 (山地)



上：ターゲットが山地の場合でのレンジドップラースペクトル
下：ターゲットとした山地

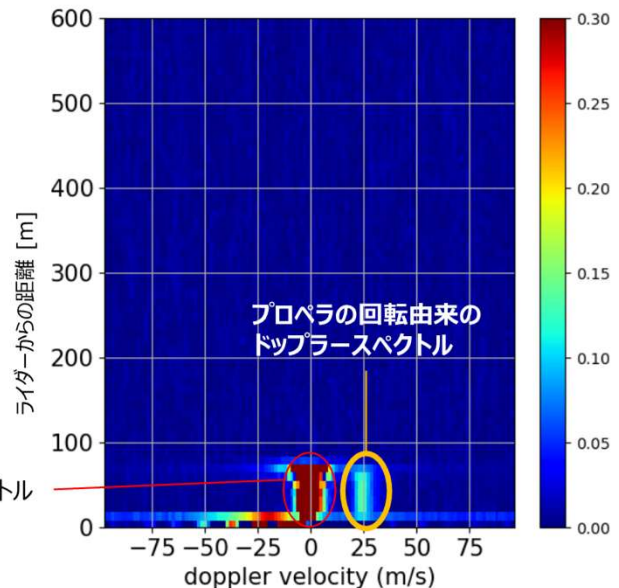
プロペラの回転由来の
ドップラースペクトルは確認されず

ドローン本体からの反射スペクトル

・達成項目

- 1. ドローンとそれ以外の物体 (山地)
- 2. ドローン特有のプロペラ由来のスペクトルを確認
(現時点では人力による識別のみ、識別AIは現在開発中)

2. ドローン特有のプロペラ由来のスペクトルを確認



ターゲットがドローンの場合でのレンジドップラースペクトル
(ドローン：Mavic 3、距離：約70m)

アウトカム目標の見通し

アウトカム目標

乱気流や突風などの詳細な気流の観測

- 空港等において有人・無人機の安全な離発着や、適切な経路選択への活用
- 有人機と小型無人機の連携運用時における乱流観測
- ドローン運航者や管制事業者、航空関係者に対する、風況観測情報の提供サービス
- 空飛ぶクルマ等への搭載
- 風力発電所の設置場所候補地の検討

ドップラー・ライダーによる物体検知技術

- ドローンの衝突回避や不審ドローン検知などの警備活動
- 障害物を検知することによる自動運転支援など

アウトカム目標達成の順序

- 最も早く市場に参入できるもの：「陸上に設置するタイプの風計測ドップラー・ライダー」
分野・場所：空港、無人機の離発着場、風力発電所 etc
- 次に市場参入するもの：「物体検知タイプのドップラー・ライダー」
分野・場所：重要インフラ施設、自動運転 etc
- 市場の立ち上がりとともに参入を狙うもの：「ドローンなど航空機等への搭載」
分野・場所：ドローン、航空機 etc

高分解能化の実現によって、風計測に関する幅広いニーズに応えることが可能となり、競合優位性を確保しつつ、まず風計測ドップラー・ライダーで既存市場を競合から奪取していくことが勝ち筋である。

本事業における「実用化」の考え方

本事業における成果の実用化の考え方(定義)

本事業の研究成果が実際のサービスに活用され、我が国政府のみならず、海外の政府、民間事業者等からも調達されること。

成果の実用化に向けた戦略

- 世界最大の国際標準化機関である米国ASTMインターナショナル主催の国際委員会に参加し、米国企業TWS社と連携し、無人航空機、空飛ぶクルマの離発着にドップラー・ライダーが必要であることを発信。NASAやFAAとの連携、米国国防総省からの基礎研究予算を獲得し、米国での実績を積むことで海外政府からの調達を狙う。
- 「防衛イノベーション科学技術研究所」など防衛省と安全保障技術研究や防衛に関するブレークスルー研究を推進し、アジャイル開発手法により早期装備品化を進める。
- 民生向け量産に向けて古河電工と資本業務提携契約を締結。防衛省への本格参入には東京計器と業務提携を行い、防衛省向け機材の量産化に取り組む。

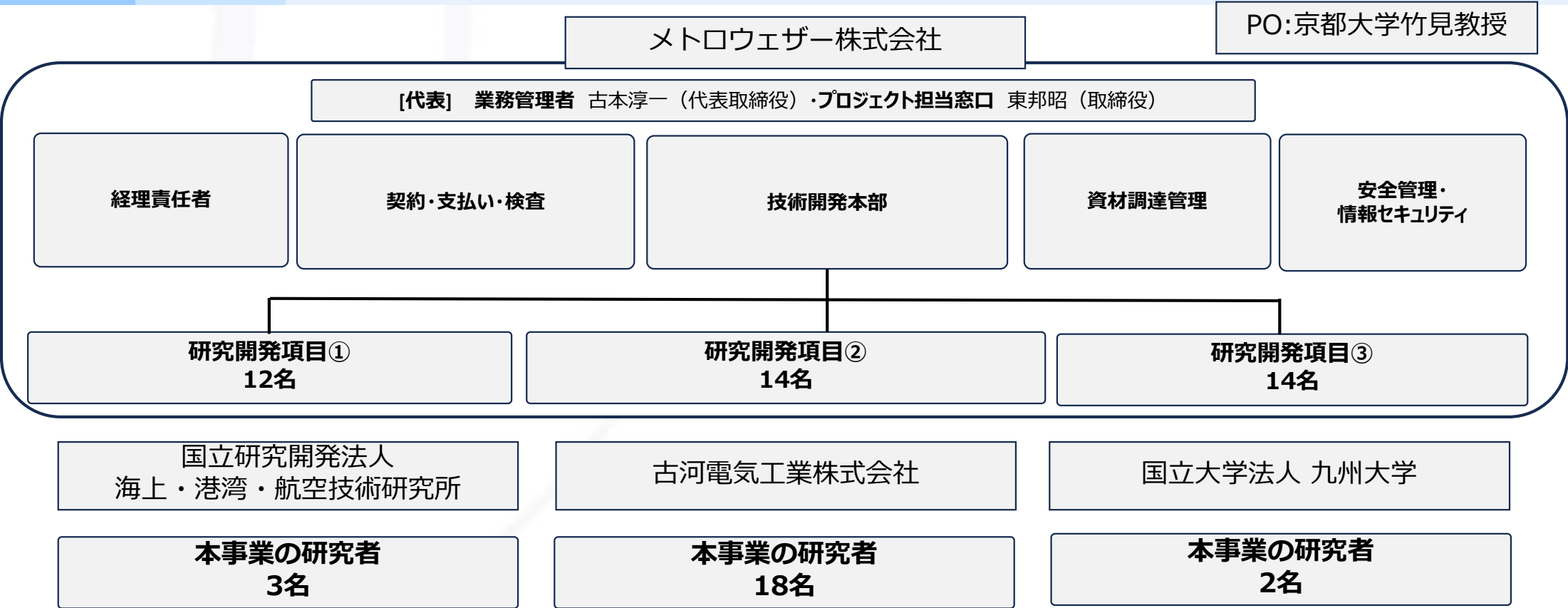
アウトプット目標とアウトカム目標達成までの開発要素

	アウトプット目標 (2025年度達成)	2026年～ 量産プロトタイプ開発要素 (TRL6～7)	2029年～事業化フェーズ (TRL8～9)
研究開発項目① 空間分解能高度化技術	● 1m分解能で15km先までを計測する ● 10秒以内に360°をスキャン ● 乱気流や突風を可視化するアルゴリズム完成	● 耐候性、耐久性技術 ● 高安定稼働化技術 ● 自動モニター・故障診断技術 ● 高セキュリティ化技術 ● システム安定化技術	年単位の安定稼働 生産管理、品質管理・サポート・メンテナンス体制の組織化・安定稼働
研究開発項目② 航空機搭載向けドップラー・ライダー開発	● リアルタイムに速度情報及びロール・ピッチ・ヨーの情報を補正する信号処理補正を行う ● IP54規格以上に適合し、耐振動性筐体の設計 (重量は50kg以下、大きさ30cm四方程度) ● 耐空証明取得に知見のある企業と連携し、航空機搭載のドップラー・ライダーにかかる耐空証明の取得に向けて検討する	● 高速移動下における安定稼働化技術 ● 低圧環境下安定稼働化技術 ● 自動飛行システムとの連動技術 ● 自動モニター・故障診断技術 ● 高セキュリティ化技術	自動運航システムや運航管理システムと連携・統合され安定稼働
研究開発項目③ 障害物など物体の精密検知技術	● ドップラー・ライダーで10秒以内に 360°をスキャンし、空間分解能1m以下で15km先までにおける15cm四方程度の障害物 (航空機、鳥、人、建物、地形等) を検知・識別するアルゴリズム (識別率60%) を完成させる。	研究開発項目①と同じ 識別率95%以上※	研究開発項目①と同じ 識別率95%以上※

＜評価項目 3＞ マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 研究資金の効果的、効率的な活用
- (3) 国民との科学・技術対話に関する取組

事業の概要 実施体制 (詳細)



研究資金の効果的、効率的な活用

- 社外から派遣されている技術者（古河電工から）増員分を、他の研究開発項目より遅れが発生しているところに**社内の技術者を再配分**するなどして、リカバリー策を講じた
- アウトカム目標達成にクリティカルな物品は基幹部品であるレーザー光学系であり、事業開始当初の計画では入手が2025年の後半になる計画であったが、**再委託費の追加配分による増員および再委託先の管理監督を定期的に行う**ことにより半年以上の前倒しを実現
- 新規に採用も進め2025年2月時点の新規採用は5名

国民との科学・技術対話に関する取組

アウトカムで示されている物体検知や無人機運航への活用などを中心に、国民向けにドップラー・ライダーについて周知・広報を下記のメディアで行なっている。

	メディア種別	放送/掲載日	メディア名	内容
1	WEB	2024/2/5	日経ビジネス電子版	防衛産業を考える(1) 安保・成長・平和の三兎追う 軍民両用で技術革新
2	新聞	2024/2/6	日本経済新聞	防衛産業を考える①
3	TV	2024/05/07	読売テレビ	風が見える！空飛ぶクルマに役立つ技術☆ミャクミャクいろいろ探検隊
4	新聞	2024/7/26	日経新聞	安全保障とeconomy「防衛ユニコーン 日本でも」
5	WEB	2024/8/21	日経クロステック電子版	特集：空のデータの空白埋める、空飛ぶクルマ時代の「新 気象 観 測」
6	新聞	2024/9/11	日経新聞	防衛産業、新興参入しやすく 技術提案要件に随意契約
7	雑誌	2024/9/20	日経エレクトロニクス	特集「ちょい乗り、空へ 2045年に100兆円超の巨大市場」 第4部：将来技術編
8	新聞	2024/10/1	日本一明るい新聞	メトロウエザー：風の情報を高精度に測定、 ドップラー・ライダー量産へ
9	TV	2024/11/20	テレビ東京	米軍が注目！“風の可視化とは”
10	TV	2024/11/20	BSテレ東	米軍が注目！“風の可視化とは”