

# 風車ブレードのダウンコンダクタ断線点検のためのドローン半自律飛行システムの開発

ロボット・制御科

専門研究員

吉田英一

機械・加工科

主任研究員

菅野雄大

機械加工ロボット科

副主任研究員

三浦勝吏

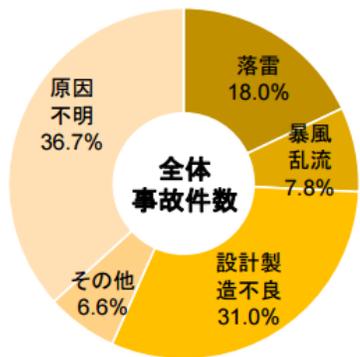
質問はメールにて事務局までお気軽にお問い合わせください。

問い合わせ先：福島県ハイテクプラザ 企画連携部産学連携科

e-mail : [hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp](mailto:hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp)

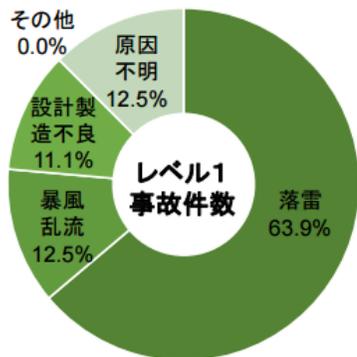
# 研究背景

○委託企業：株式会社福島三技協



風車事故の原因分類

参照：<https://mega-hatsu.com/wind-power/583>



雷被害の例

出展：風車ブレードの避雷方法  
松江工業高専、豊橋技科大



ロープワークによる点検

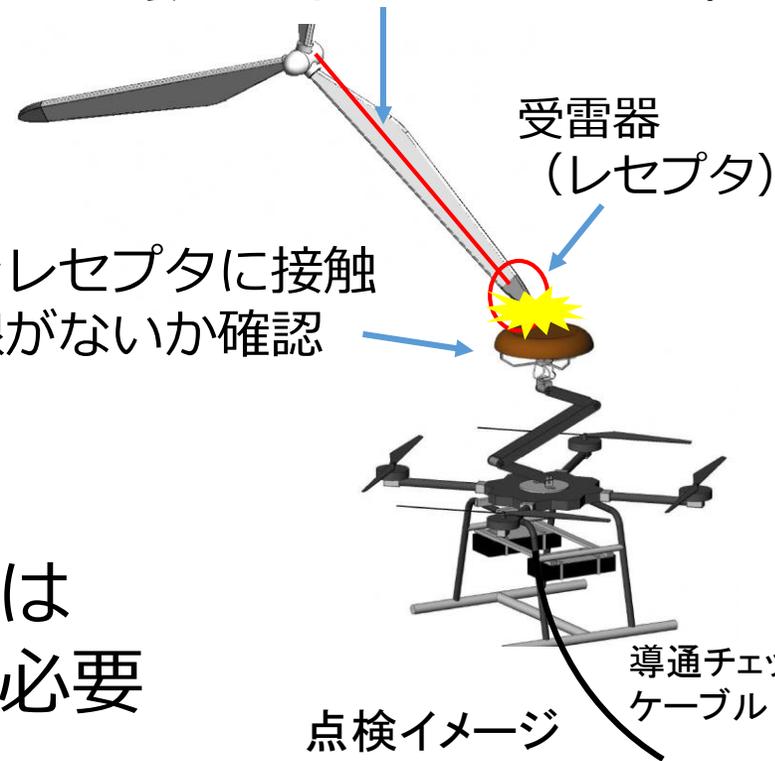
点検作業は時間がかかり、**危険**も伴う

## ドローンによる点検手法を開発

風車ブレードの接地線（ダウンコンダクタ）



プローブをレセプタに接触させ、断線がないか確認



ドローンの飛行には  
熟練の操縦技術が必要

実用化に向けて…  
風車に衝突せず、誰でも安全に点検飛行  
できる**半自律飛行システム**を開発

# 研究体制

## 自律飛行

(東日本計算センター)

- ・ブレード先端検出
- ・自動追尾飛行制御システム

## 半自律飛行

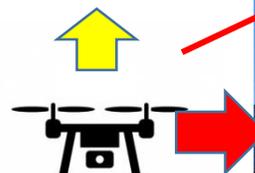
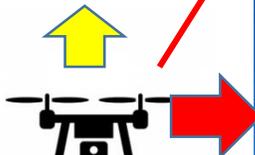
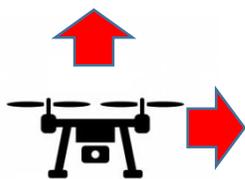
(ハイテクプラザ)

- ・カメラによりブレードをAI認識して接近

- ・LiDARによりタワーまでの距離を一定に保ち飛行

上昇、下降は人が手動操作

離着陸は人が手動操作



風車ブレード

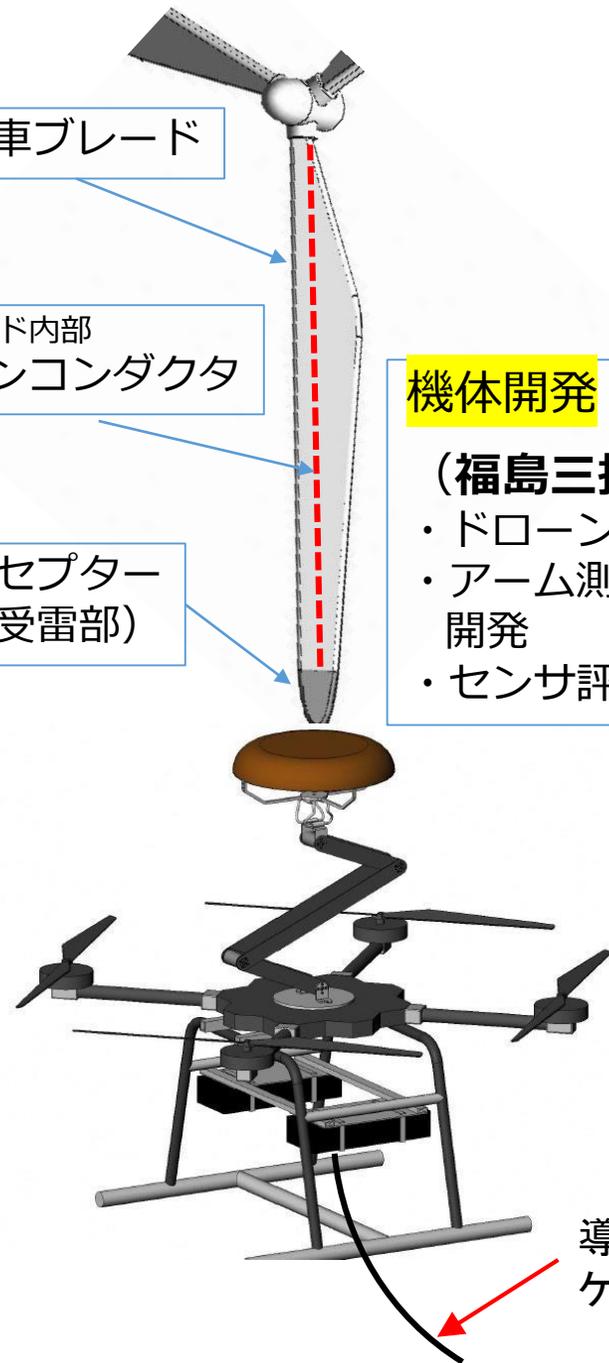
ブレード内部  
ダウンコンダクタ

レセプター  
(受雷部)

## 機体開発

(福島三技協)

- ・ドローンの開発
- ・アーム測定ユニットの開発
- ・センサ評価



導通チェック用  
ケーブル

# 研究目標

## 1. ドローン機体への半自律飛行システムの実装

半自律飛行システム



コンパニオンPC

タワーとブレードのセンシング



LiDARセンサとカメラ

搭載



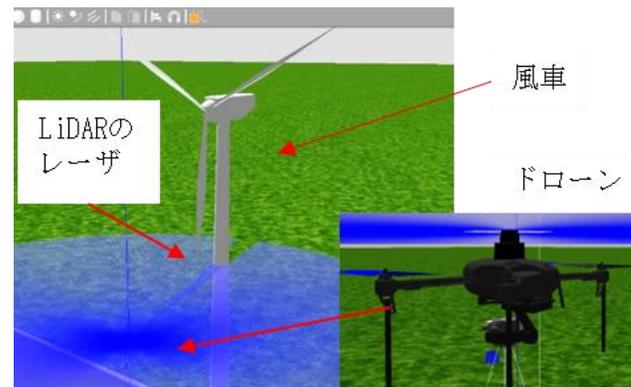
福島三技協が作製したドローン機体

## 2. 半自律飛行の実証実験

- ・LiDARセンサによりタワーまでの距離を一定に保ち飛行
- ・カメラによりブレードをAI認識して接近飛行



RTFネット付飛行場での飛行実験

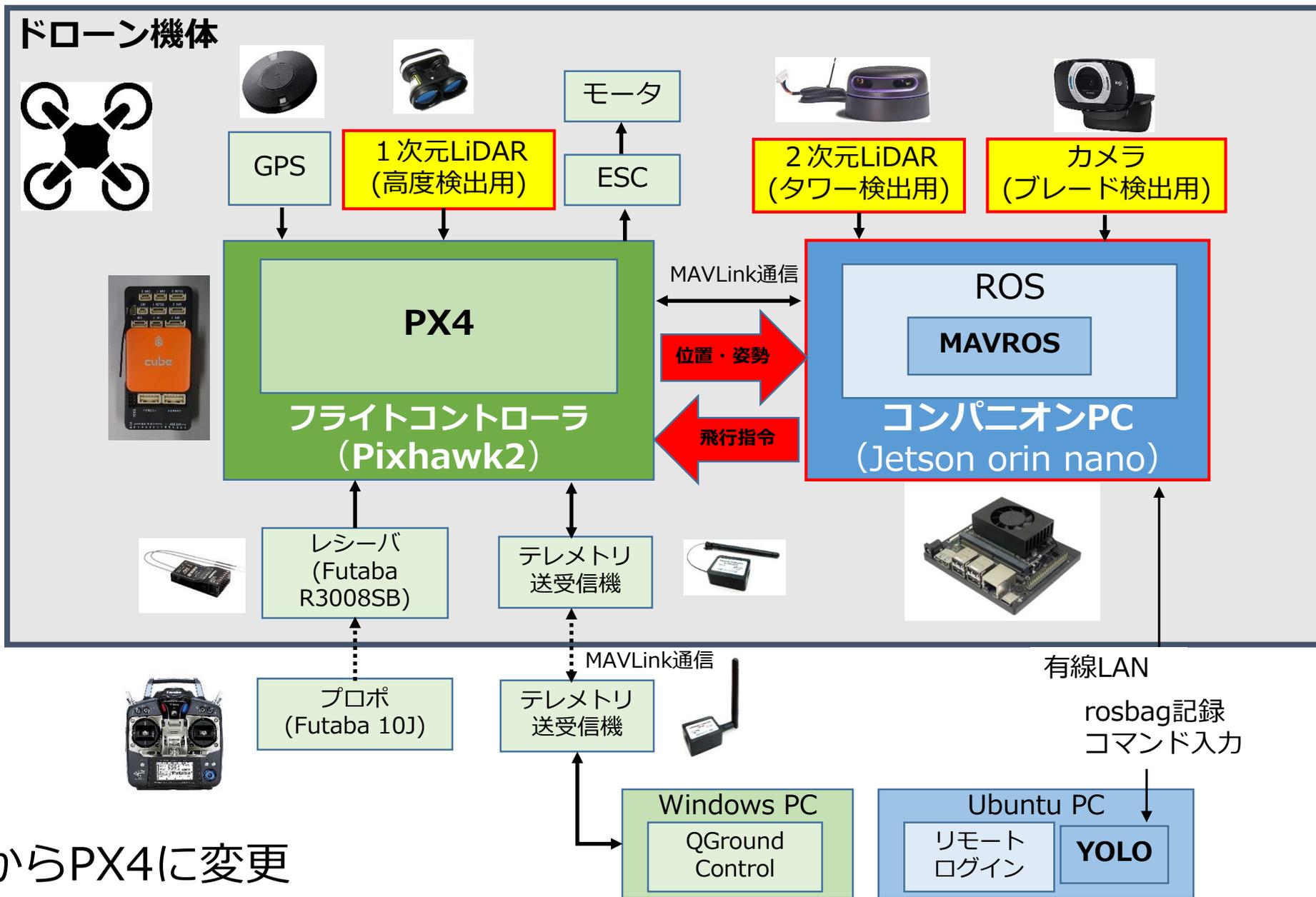


シミュレータでの飛行実験



産総研FREAでの飛行実験

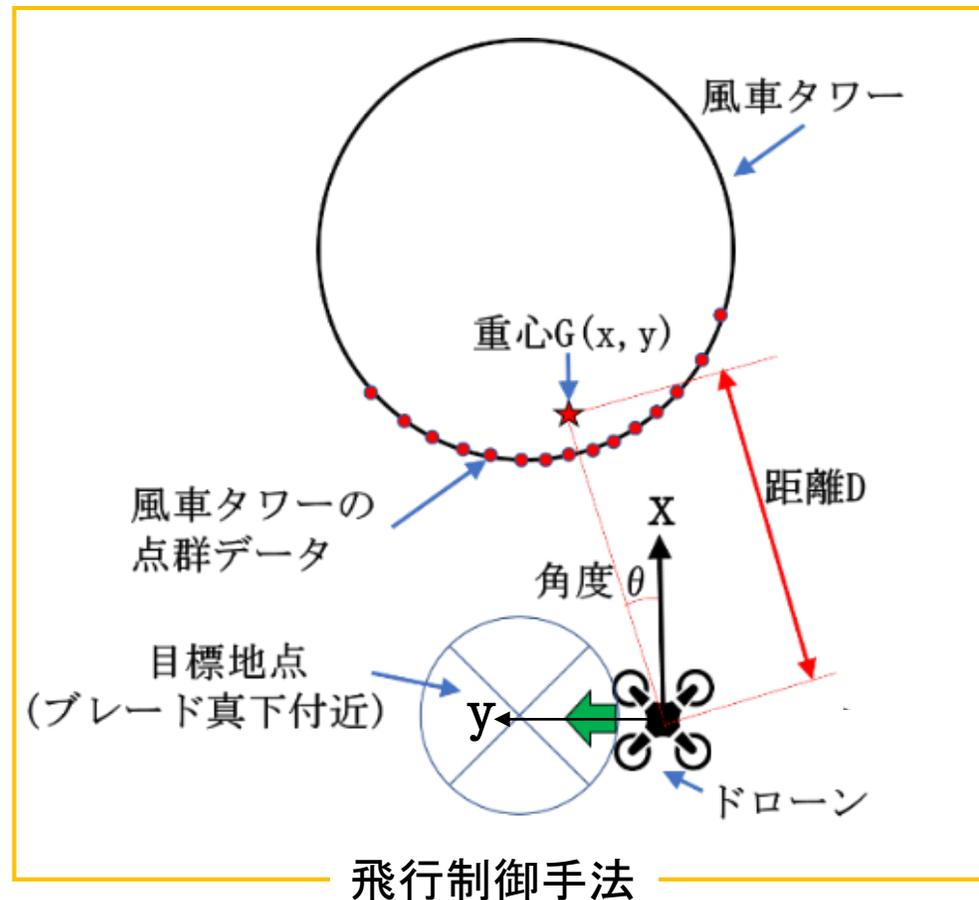
# 半自律飛行システムの構成図



ArduPilotからPX4に変更

# LiDARによるタワー検出と飛行制御

- 風車タワーの点群データから重心位置Gを計算
  - 重心Gとの角度 $\theta$ が0度になるようy軸方向の速度を制御
  - タワーとの距離Dが一定になるようx軸方向の速度を制御
- PID制御



× 風車タワー以外の物体を測距

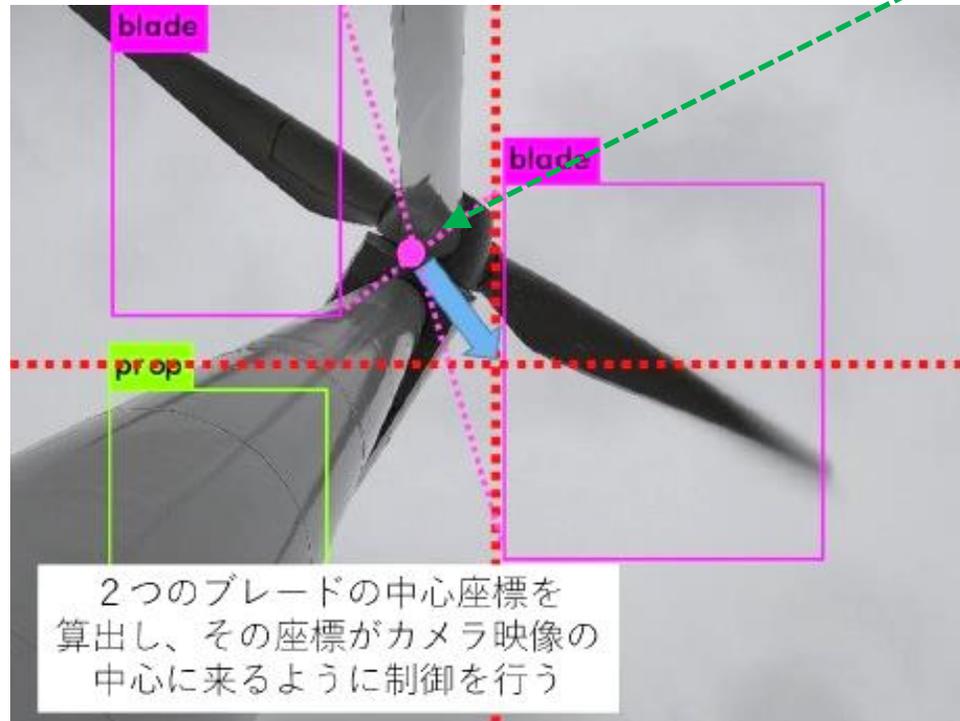


- 測距距離1.5[m]以下、または、15[m]以上の測距データは除外。
- 高度2.5m以下は制御が働かないようにした。

# カメラによるブレードのAI認識と飛行制御

## ○ブレードのAI認識及び追従飛行

- 1200枚の風車画像からYOLO向けの学習モデルを構築
- ドローンに搭載したカメラ画像から風車ブレードをAI認識
- 2枚のブレードをAI認識し、カメラ映像中央に目標物が来るように制御

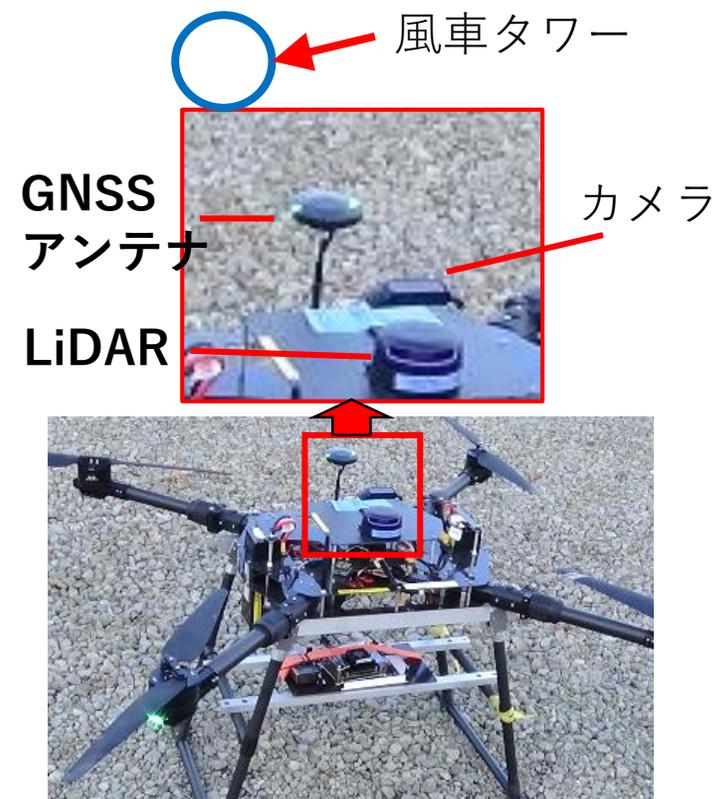
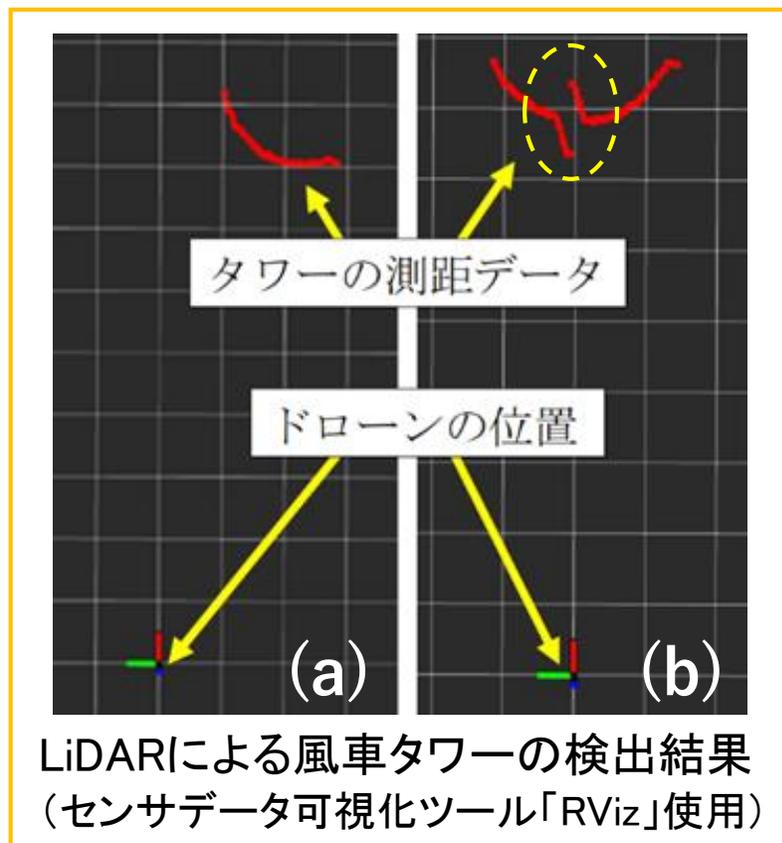
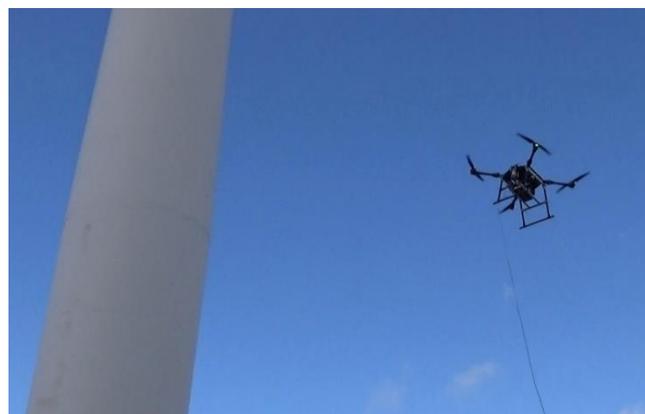


追従飛行の制御手法

# 実験1: LiDARによる飛行制御の実験

- 手動で離陸後、高度約9m付近で半自律飛行制御に切替
- 点群データの形状がタワー形状と異なる場合があった。  
➡GNSSアンテナ支柱での反射の影響 ➡重心計算には影響無し

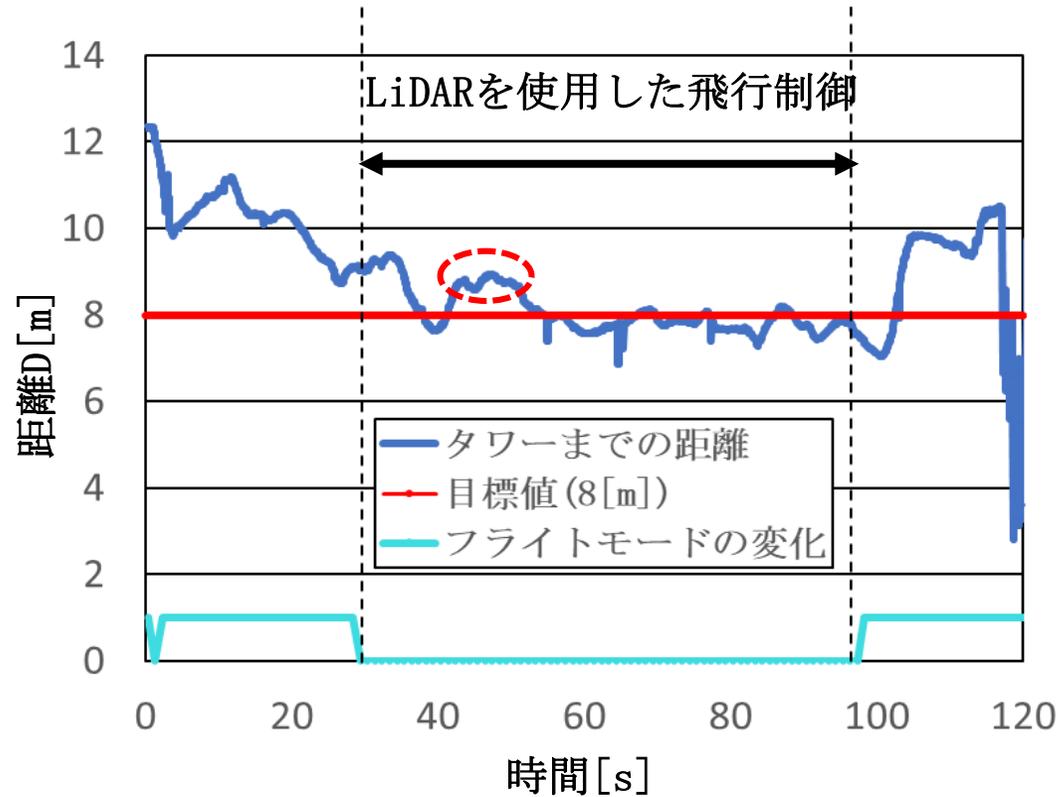
場所：産総研FREA  
天候：晴れ  
風速：10～15[m/s]



このセンサ配置で実施

# 実験1: LiDARによる飛行制御の実験結果

- 一定距離 (8m) を維持した飛行制御ができることを確認
- 一旦、タワーから距離が遠ざかる動き → 向かい風の影響



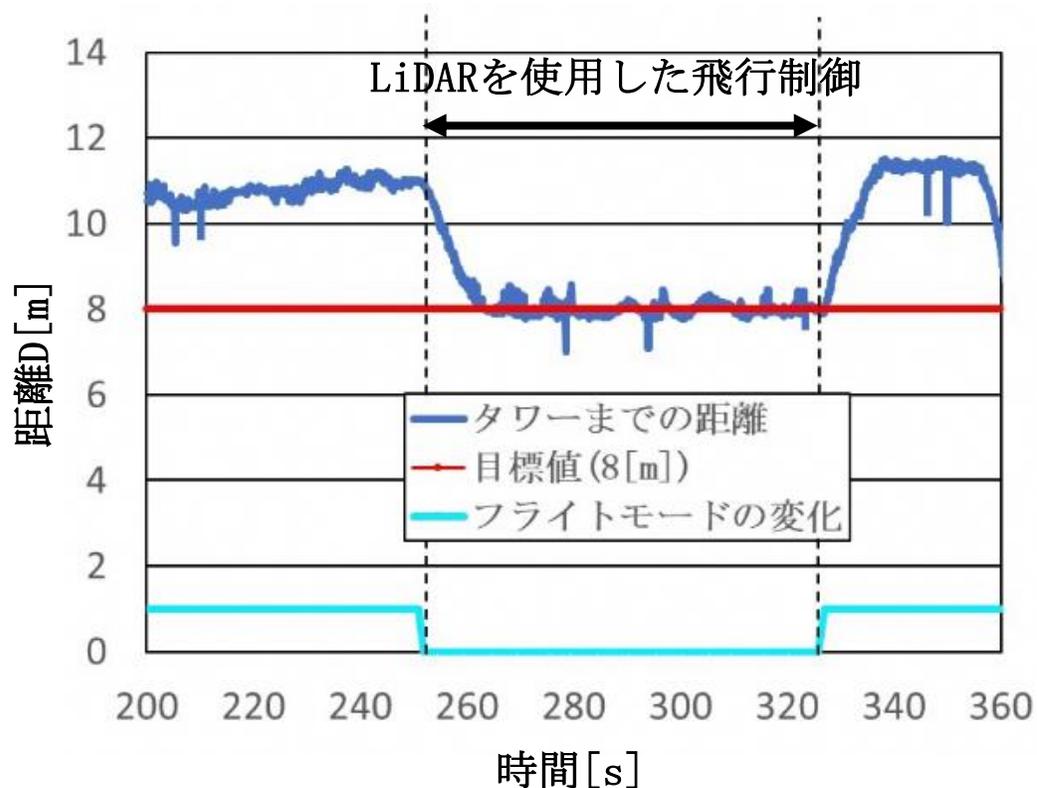
目標値との絶対値誤差の  
平均値は0.33[m]

距離データの標準偏差は0.43 [m]

飛行制御時の機体からタワーまでの距離  
(風速10~15[m/s])

# 実験結果(風速1~2[m/s]、ハイテク所有機体)

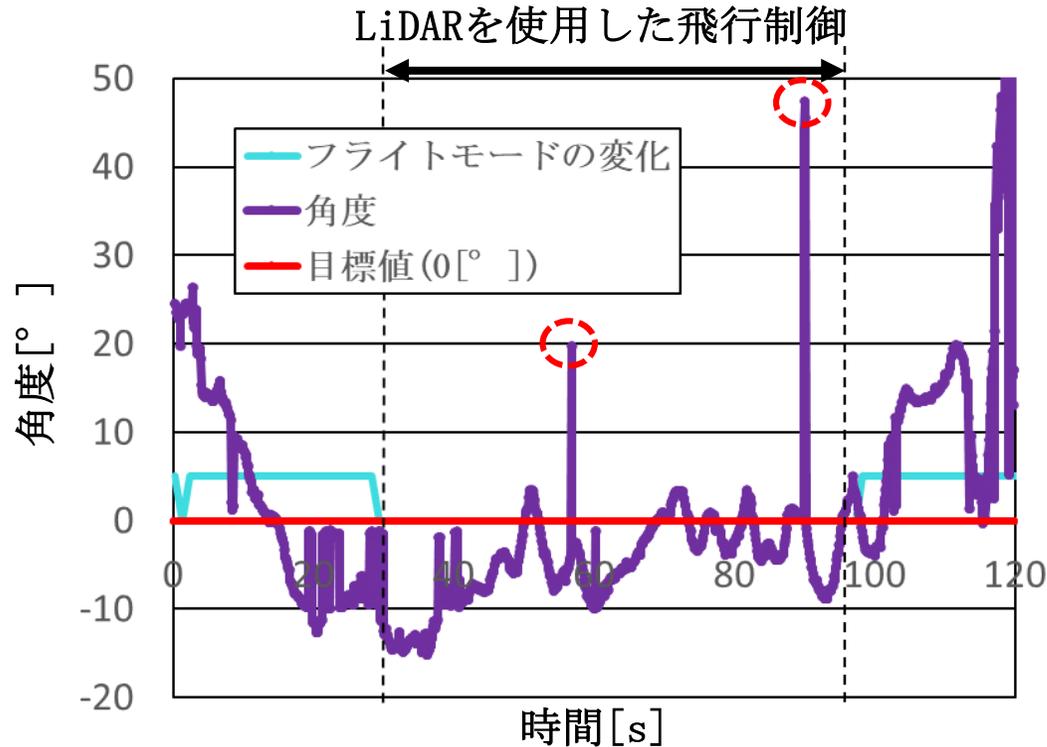
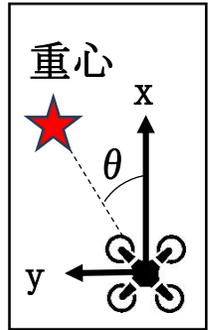
- ・ 風が弱い日では安定して目標距離を一定に保つ飛行制御ができた。
- ・ 今後は風速何mまで制御手法が適用可能か検証が必要。



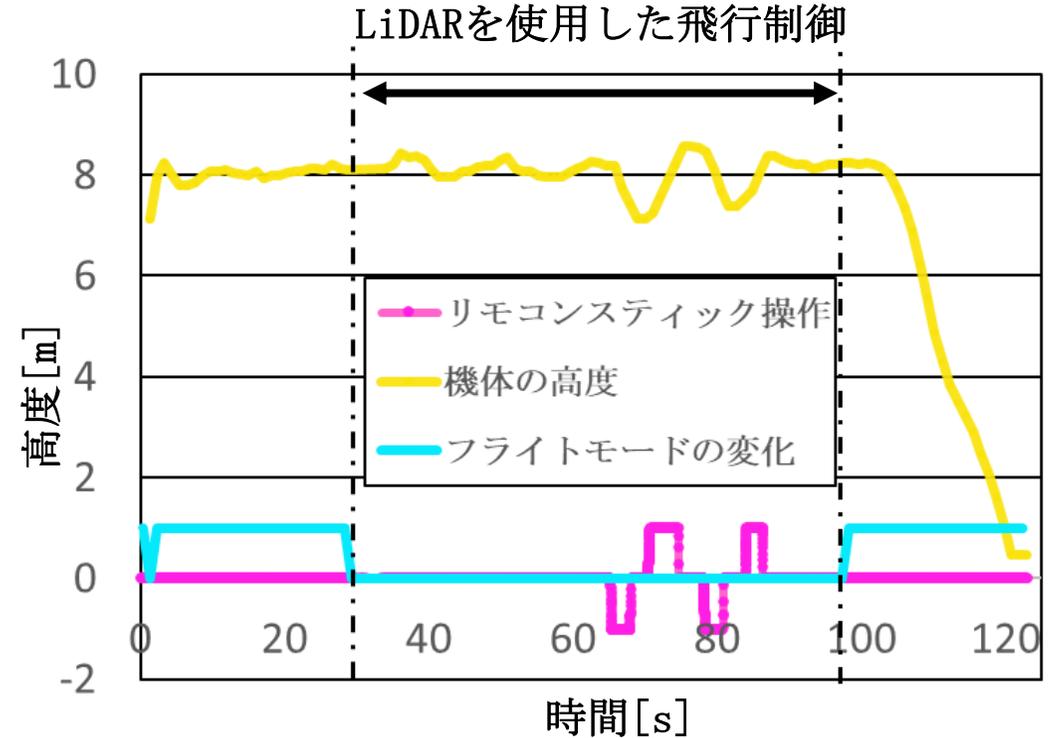
飛行制御時の機体からタワーまでの距離  
(風速1~2[m/s]、ハイテク所有機体)

# 実験1: LiDARによる飛行実験の結果

- 60[s]、90[s]で角度に外れ値 → タワー以外の障害物を測距
- LiDARによる自律飛行で距離を一定に保ちながら、リモコンスティックの上下操作で、機体の高度を変更できることを確認した。



飛行制御時の角度



飛行制御時の機体の高度

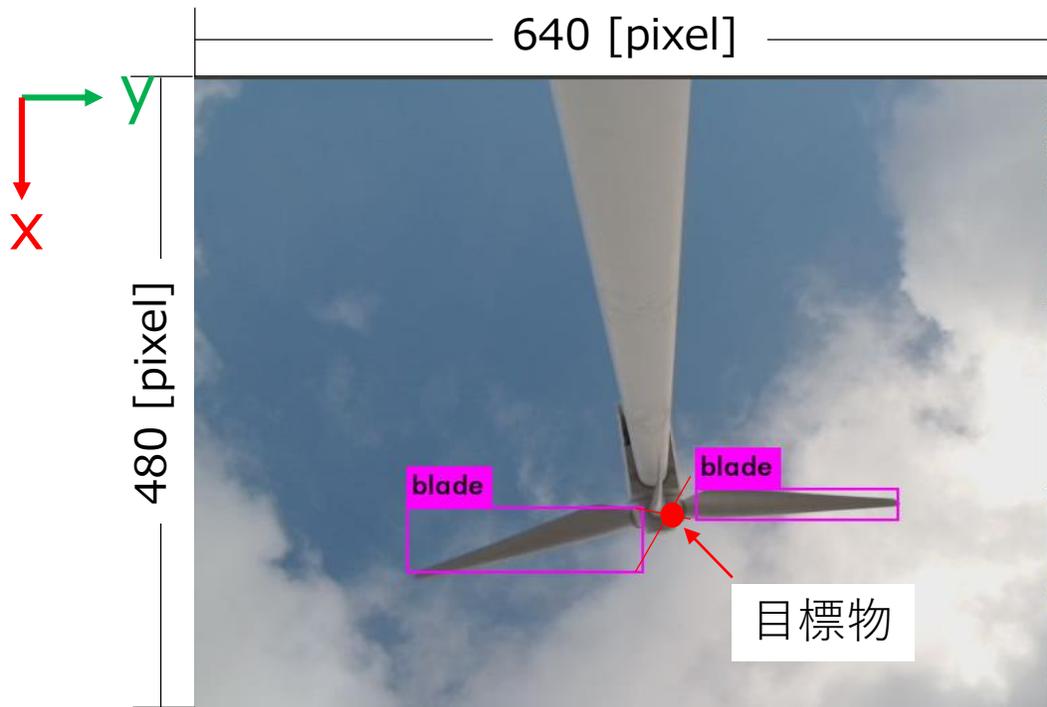
# 測距データの外れ値への対策

- 制御を開始する際の高度をより高くし、タワー以外の障害物を測距しないようにする。
- 測距した点群データにおいて、円弧形状を検出するデータ処理を行い、タワー以外の障害物のデータを除く。

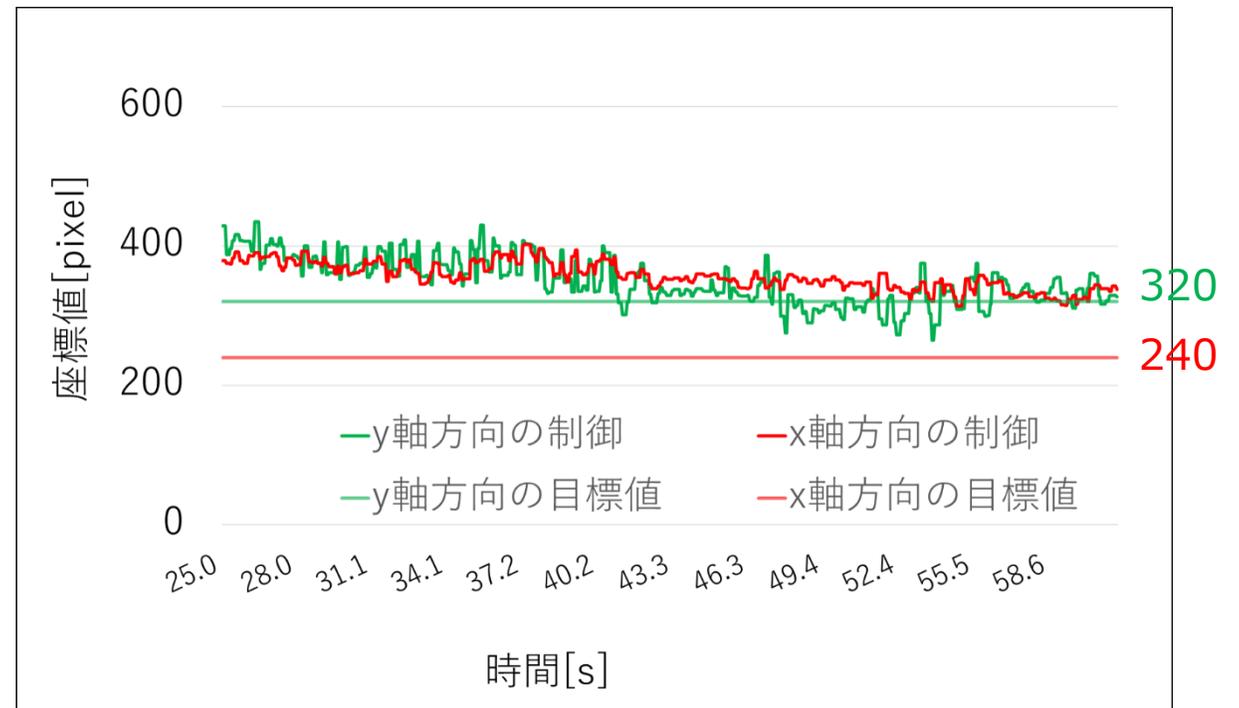
# 実験2: カメラによるブレードのAI認識と追従制御

場所: 産総研FREA、天候: 晴れ、風速: 10~15[m/s]

- 2枚のブレードをAI認識し、カメラ中央付近に目標物が映るように自律飛行していることを確認した。
- x軸方向が目標座標から離れた ➡ 向かい風の影響



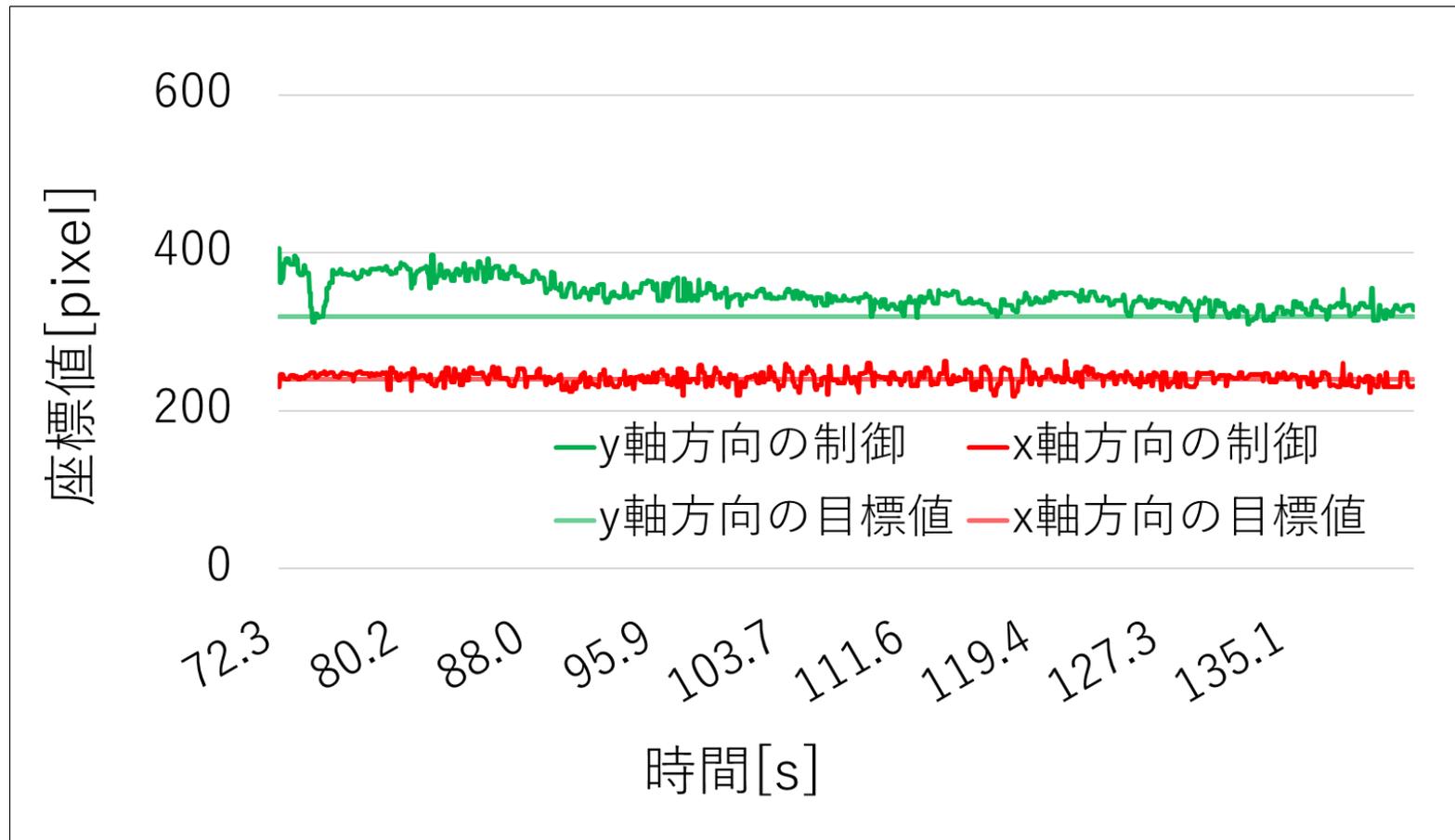
YOLOによるブレード検出



カメラ視野内における目標物座標の推移

# 実験結果(風速1~2[m/s]、ハイテク所有機体)

- ・ 風が弱い日では目標座標付近まで自律飛行できることを確認した。
- ・ 今後は風速何mまで制御手法が適用可能か検証が必要



飛行制御結果

# まとめと今後の予定

## 【まとめ】

- 福島三技協製作ドローンに半自律飛行システムを実装し、風車で実証試験した。
- LiDARを使用し、風車タワーとの距離を一定に保ち、自律飛行ができることを確認した。
- AIにより風車ブレードを検出し、カメラ中央付近に目標物が映るように自律飛行できることを確認した。
- データ取得時の留意点や課題(風の影響)が明らかとなった。

## 【今後の予定】

- 福島三技協への技術支援(システムに関する技術指導)
- 運用機へのシステム実装および評価