

# 自律飛行型傘ロボット

グループB

- 小林 昂聖, 長尾 侑哉, 林部 真也, 霍 尚 -

日付 : 2025.12.24



# 自律飛行型傘ロボット

グループB

- 小林 昂聖, 長尾 侑哉, 林部 真也, 霍 尚 -

日付 : 2025.12.24



# ロボット 開発 手順

目次

- 1 対象とした課題と解決方法
- 2 本口ボットの活動目的, 選考理由, 目標
- 3 関連技術の調査結果とその問題点, 解決策
- 4 本口ボットの概要, 動作機構について
- 5 制御システム(センサ, コンピュータ)について
- 6 本口ボットのモデリング
- 7 まとめ

# 1. 対象とした課題と解決方法

## <課題>

### ■ 雨の日、屋外施設は晴れの日と比べて十全に機能しない

- ・ ゴルフやアーチェリーなどは屋外でのプレイが必須条件  
→屋外クラブに所属している人は雨に打たれてプレイを行う必要がある

## <屋外施設や屋外スポーツの雨の日での基本行動>

- ①片手を代償に、雨の日で傘を差して雨を防ぐ
- ②雨に打たれることを認め、いつも(晴れの日など)通り過ごす

## <解決方法>

ホバリングする傘型のロボットが対象者の頭上を追尾するロボット



## 2. 本口ボットの活動目的, 選考理由, 目標

### <活動目的>

- ・ **雨天時の屋外施設での活動補助**  
→自律飛行型傘ロボットによって目的達成を図る
- 

### <選考理由>

- ・ 雨の日の屋外施設での比較的穏やかな活動を対象とした理由  
→**ドローン同士の接触の危険**があるため  
→**不便さや嫌悪感の軽減**をするため
  - ・ 施設や法人を本ロボット使用者の対象とした理由  
→私有地のため, **航空法の範囲内で本ロボットが使用可能**だと考えた
- 

### <目標>

- ・ 雨天時の屋外施設での活動補助を**安全に完遂**する
- ・ 雨天時に限らず**日傘としても使用**できるようにする

### 3. 関連技術の調査結果

#### 空飛ぶ傘/自動追尾ドローンの先行例

##### ① 傘付きドローンの先行例

2018年に Free Parasol (Asahi Power Service) が試作され“手に持たない傘ドローン”が実証された。

問題点：飛行時間が短い／風に弱い／追尾精度が不足



##### ② 追尾ドローンの既存技術

海外の概念モデル DroneBrella でも自動追従が試された

問題点：安定な追尾

(原因：位置推定の精度不足、障害物回避の遅れ)

##### ③ 最近の安全・衝突耐性研究

Tombo Propeller (変形するプロペラ構造) の研究では

衝突時のショックを大幅に軽減でき、人の近くでも安全性が向上すると報告されている

こうした“衝突前提の設計”は、人の頭上で使うドローン傘には**必須**の技術

#### 《参考資料》

①テレ東プラス.“空飛ぶドローン傘”.[https://www.tv-tokyo.co.jp/plus/business/entry/2018/017295.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.tv-tokyo.co.jp/plus/business/entry/2018/017295.html?utm_source=chatgpt.com).2025/12/9.

②drone school navi.“ドローン傘 DroneBrella.[https://drone-school-navi.com/news/wa201807122/?utm\\_source=chatgpt.com](https://drone-school-navi.com/news/wa201807122/?utm_source=chatgpt.com).2025/12/9.

③Cornell University.“トンボプロペラ：ドローンの衝突制御に向けた生体模倣変形構造”.[https://arxiv.org/abs/2202.07177?utm\\_source=chatgpt.com](https://arxiv.org/abs/2202.07177?utm_source=chatgpt.com).2025/12/9.

### 3. 関連技術の問題点, 解決策

#### 先行例の問題点

- 長時間の安定飛行が難しい
- 風・雨の影響に弱い
- 安全性確保の仕組みが不足

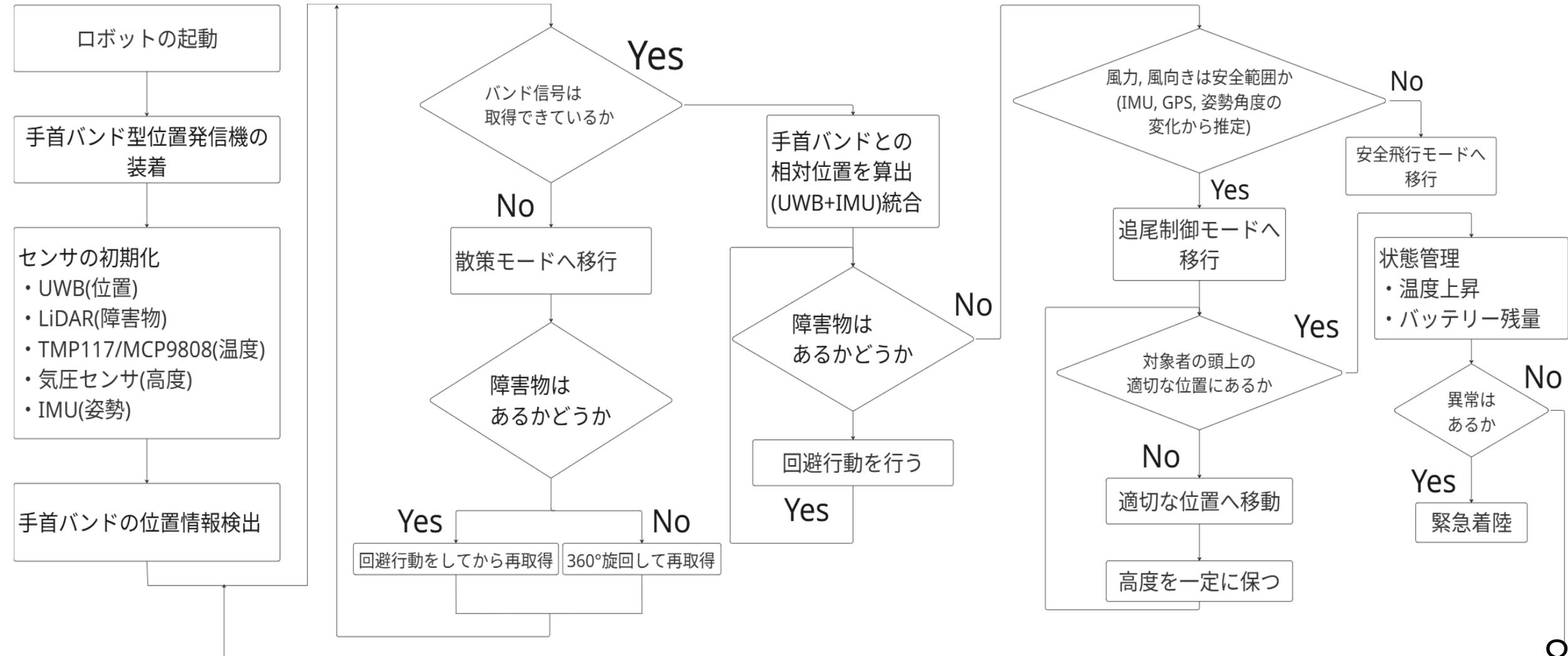
#### 本研究での解決方針

- 高精度センサ (UWB、LiDAR) で追尾精度向上
- 風と障害物に対応した制御アルゴリズム
- 安全停止・衝突耐性の導入

Drone school navi."ユーザーを自動追尾する"ドローン傘".<https://drone-school-navi.com/news/wa201806.2025/12/9.>

# 4.本ロボットの概要

## 動作制御の処理手順



### 仮定した条件

- 風速：5 m / s
- 傘の浮遊する高さ：2. 5 m
- 雨の終端速度：9m / s
- 機体重量：15kg

## 4.動作機構について（計算式）

①雨が落ちる時間

$$t = \frac{2.5}{9} \approx 0.278 \text{ 秒}$$

②風で横に流される距離

$$x = v_{\text{風}} \cdot t$$

$$x = 5 \times 0.278 \approx 1.39 \text{ m}$$

③傘のおおよその大きさ（人の足元直径0.5m）

$$d = 1.39 \times 2 + 50 = 3.28$$

④投影面積（真上から見た面積）

$$A = \pi R^2 = \pi \times 1.65^2 \approx 8.55$$

⑤傘の横から受ける抗力

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \Rightarrow F_D = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 1.2 \times 8.55 \times 5^2$$

$$F_D \approx 6.16 \times 25 \approx 154 \text{ N}$$

⑥推力の計算

$$T \cos \theta = W \quad (\text{鉛直方向}) \quad W = mg = 15 \times 9.8 = 58.8 \text{ N}$$

$$T \sin \theta = F_D \quad (\text{水平方向}) \quad F_D \approx 154 \text{ N}$$

$$T = \sqrt{W^2 + F_D^2} \Rightarrow T = \sqrt{147^2 + 154^2} \approx 213 \text{ N}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_D}{W}\right) \Rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{154}{147}\right) \approx 46^\circ$$

## 4. 動作機構について

### 結果

- ・ 無風時のホバリングに必要な推力 : 147N
- ・ 5m/sの風がある時に必要な推力 : 213N
- ・ 設計安全率 (= 2) を考慮したモータ 1 つ当たりの必要な推力 : 約 53N  
※ 設計安全率を 2 にしたことで 7 m/sまでの風に耐えれるような設計となった

# 5.制御システム(センサ)について

## 使用するセンサー一覧

センサ	主な役割	
UWB(DWM1000)[1]	近距離の高精度位置測定	
LiDAR(TFmini Plus)[2]	距離・障害物検知	
電流センサ(INA226)[3]	電圧・電流監視（安全管理）	
温度センサ(TMP117 MAIDRVT)[4]	過熱監視	
GNSS(NEO-M8N)[5]	屋外の位置取得	
ToFセンサ(VL53L5CX)[6]	近距離の距離測定	

[1]Qorvo."DWM1000".<https://www.decawave.com/wp-content/uploads/2018/09/dwm1000-datasheet-1.pdf>.2025/12/8.

[2]Benewake." TFmini Plus LiDAR Module".[1b4cb4c7-6c1e-471e-ae79-b1efad984be2.pdf](https://1b4cb4c7-6c1e-471e-ae79-b1efad984be2.pdf).2025/12/8.

[3]Texas Instruments."INA226".<https://www.ti.com/lit/gpn/ina226>.2025/12/8.

[4]Texas Instruments."TMP117 MAIDRVT".<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tmp117.pdf>.2025/12/8.

[5]u-box."NEO-M8N".[https://content.u-blox.com/sites/default/files/neo-m8-fw3\\_datasheet\\_uxb-15031086.pdf](https://content.u-blox.com/sites/default/files/neo-m8-fw3_datasheet_uxb-15031086.pdf).2025/12/8.

[6]STMicroelectronic."VL53L5CX".[https://www.st.com/resource/en/data\\_brief/vl53l5cx-satell.pdf](https://www.st.com/resource/en/data_brief/vl53l5cx-satell.pdf).2025/12/8.

## 5.制御システム(センサ)について

### 重要センサの役割

1) UWB

屋内で安定した追尾に使用

2) LiDAR

障害物回避と高度安定化

3) 電流センサ

過電流や異常発熱の早期検知



図1 UWB



図2 LiDAR

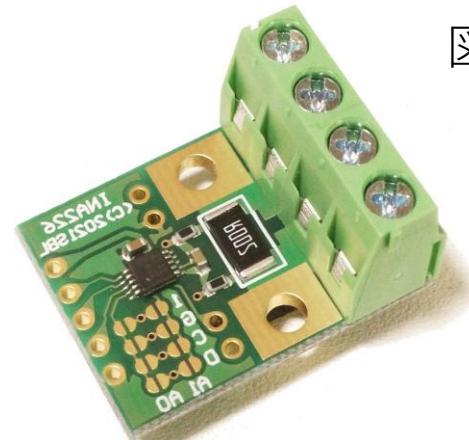
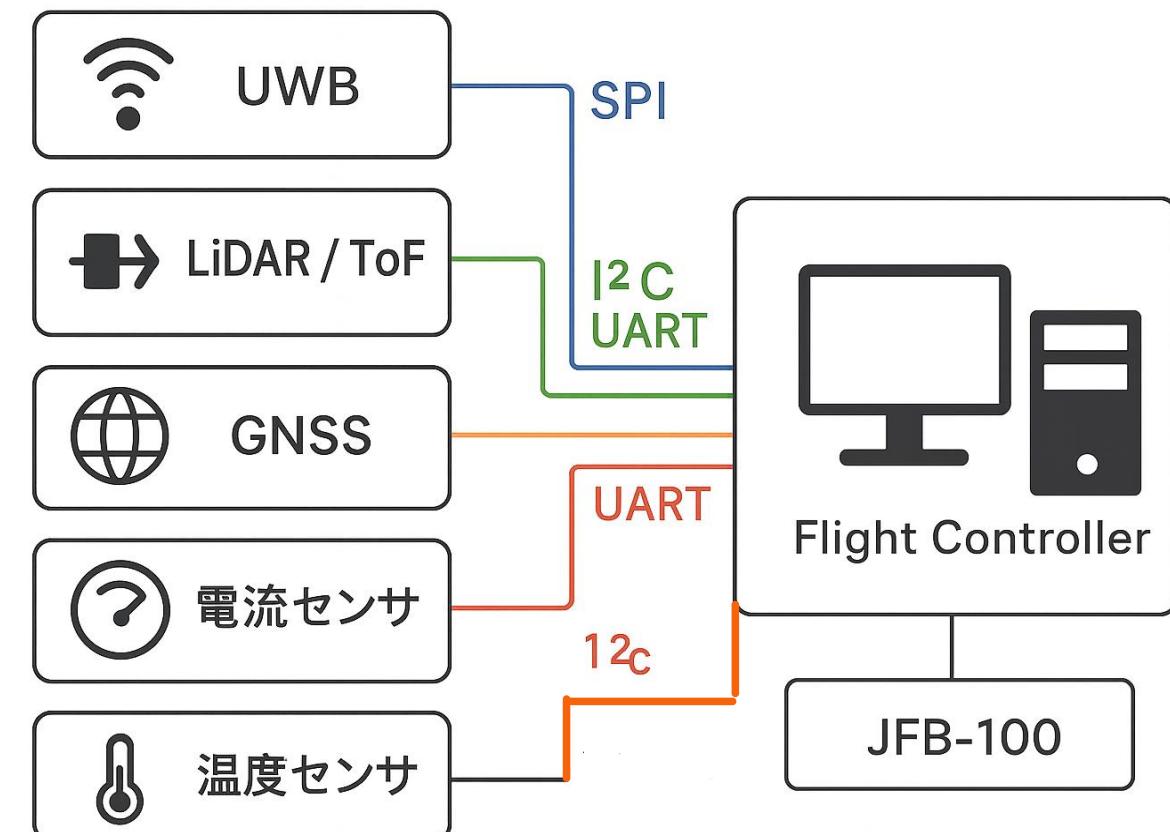


図3 電流センサ

## 5.制御システム(センサ, コンピュータ)について

### センサからコンピュータの接続

- LiDAR/ToF → I2C / UART
- GNSS → UART
- UWB → SPI
- 温度 → I2C
- 電流 → I2C



## 5.制御システム(センサ, コンピュータ)について

耐衝撃性の目安 雨天の屋外運用に耐えるレベル

20~50Nの衝撃に耐える



## 5.制御システム(コンピュータ)について

制御用コンピュータ

使用するフライトコントローラ  
JFB-100 -Basic- [7]



図4 JFB-100 -Basic-

[7] Flight Brain™ フライトコントローラー「JFBシリーズ」[https://www.jae.com/Motion\\_Sensor\\_Control/eVTOL/FlightController/](https://www.jae.com/Motion_Sensor_Control/eVTOL/FlightController/) 2025/12/09

## 5.制御システム(コンピュータ)について

### フライトコントローラの仕様

- 搭載センサ IMU (2), 気圧計(1), 地磁気センサ(1)(個数)
- 消費電力 3 W
- 動作温度 -40°C～85°C
- 重量 47グラム
- インターフェース PWM(8), UART(4) , I2C(3),SPI(1)  
CAN(2),USB-TypeC(1),Power(2) (個数)
- 耐環境性 MIL-STD-810準拠

## 5.制御システム(コンピュータ)について

### フライトコントローラの特徴・選定理由

①風雨にさらされる屋外での使用が想定されたロボットに最適である

- 航空機装備品と同等の設計基準
- MIL-STD-810準拠  
→防水,耐湿性能を実験で検証

②各種インターフェースが搭載され,必要なセンサとの接続が可能

- SPI→UWB
- UART→GNSS,LIDAR
- I2C→電流センサ,温度センサ,ToFセンサ

## 6. 本口ボットのモデリング

### 仮定条件による計算

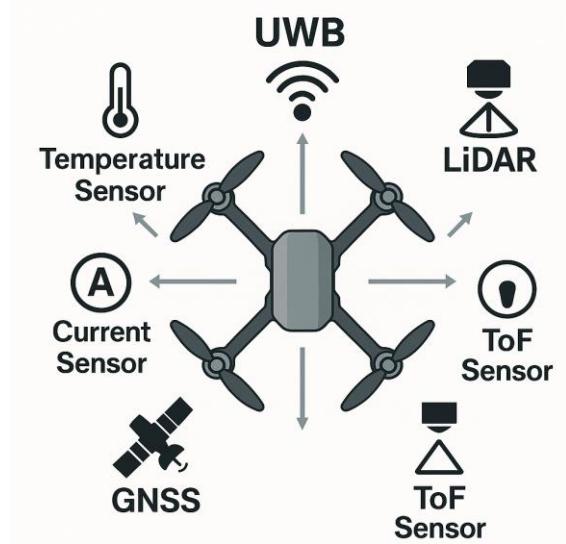
- 風速：5 m / s
- 傘の浮遊する高さ：2. 5 m
- 雨の終端速度：9m / s

⇒仮定条件に基づいて算出された理想的な機体

- 8つのプロペラを持つドローン（オクトコプター）
- 大型マルチロータ用モータ（KV値200～400程度）
- 22～28 inchのプロペラ
- 44.4VのLiPoバッテリ（容量12000～16000mAh）

## 6. 本ロボットのモデリング

- 質量：15kg
- 傘の大きさ：直径3.3m
- センサ：UWB(位置),  
LiDAR(障害物)  
TMP117/MCP9808(温度)  
気圧センサ（高度）  
IMU(姿勢)
- 制御用コンピュータ：JFB-100-Basic- [7]



## 7. まとめ

### <まとめ>

活動目的である「雨天時の屋外施設での活動補助」と目標である「活動補助を安全に完遂する」を達成できる地点にあると考える。

---

### <課題点>

- ・バッテリーの容量によるドローンの**滞空時間の短さ**
- ・ホバリング維持が可能である風力の**上限の弱さ**
- ・一時的な傘として求められるの**機能の損失**
- ・**横殴りの雨には意味をなさない点**
- ・傘を閉じれることによる**置き場所の圧迫**