

ドローンによる上空気象観測手法の開発(基礎的検討結果)
Development of Meteorological Observation Method Upper Layer with Drone
(Preliminary Research)

○ 佐々木 寛介

○ Kansuke SASAKI

In this study, the characteristics of the air-flows produced by the rotors or moving airframe were investigated to utilize a drone (UAV) as platform for atmospheric observation. Indoor experiments were conducted using the drone equipped with 2D-ultrasonic anemometer to understand the disturbance produced by the propellers. This indoor tests reveal that the air-flow disturbance result in $+0.6$ m/s bias for wind speed measurements. In addition, the wind speed measured by moving drone was compared with the Doppler lidar measurements in the field to validate the influence of vertical air stream on wind speed measurements. The drone flew vertically from ground level up to 500m with several constant speed. These flight tests demonstrate that moving observation with fast speed affects the wind measurements by drone.

1. はじめに

近年、ドローンは空撮や測量分野のみならず、上空の大気観測のためのプラットフォームとしても活用が期待されている。上空の気温や風向風速といった気象観測のためにドローン(マルチコプター)を活用する場合には、ドローンのプロペラが回転することで発生する旋回風が計測センサに与える影響や、センサの応答性を事前に把握しておくことが重要である。そこで、本研究ではドローンに二次元超音波風速計搭載した場合に、プロペラによる旋回風が風速計測値に及ぼす影響を屋内実験により定量的に評価した。また、ドローンを鉛直方向に移動させながら計測した場合に発生する鉛直流が、風速計の計測値に及ぼす影響についてもフィールド調査により検証した。

2. プロペラ旋回風の影響調査

(1) 調査方法

調査には、6枚のプロペラを有するマルチコプター(SPIDER CS-6; ルーチェサーチ)を使用した。機体中心上部に高さ45cmのアルミ製ポールを装着し、先端に二次元超音波風向風速計(FT702; FT Technologies)をセットした(図1)。

調査は自然風の影響を受けない屋内ドローン練習場で行った。ドローンを練習場中央付近で5分間ホバリングさせ、風速データを1Hzで取得した。床面からのホバリング高さは2mおよび3.5mとした(図2)。また、プロペラ停止時(床面静置時)

には風速が0 m/sになることを確認するとともに、屋内に設置した風速計によりホバリング時に生じる室内風(床面からの高さ2m)を計測した。

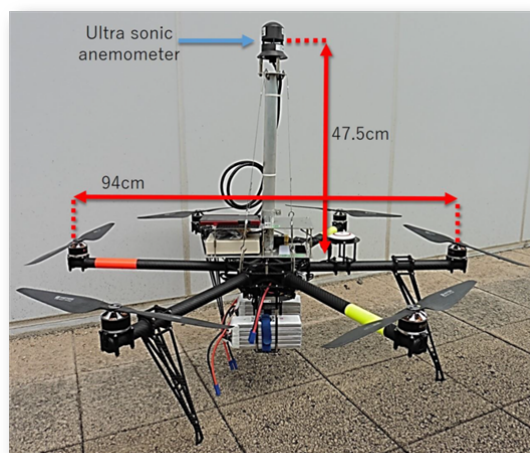


図1 調査に使用したドローン外観



図2 屋内調査の様子(ホバリング高度2m)

(2) 調査結果

床面から高度 2m および 3.5m で 5 分間のホバリングを各 3Run 実施し、1 秒ごとの風速値を boxplot として整理した (図 3)。各 Run ともに瞬間的には最大で 1.4 m/s 程度の風速値が計測されているが、最小値も 0 m/s 付近となっており、変動幅が大きい。また、同一のホバリング高度における、風速の平均値・変動幅については Run 毎の差異は小さく、繰り返し再現性は良いといえる。高度 2m と 3.5m を比較すると、計測された風速平均値は両者ともに 0.9 m/s であった。一方で、ホバリング中はドローンの飛行により、各 Run とも 0.3 m/s の室内風が発生しており、この値をバックグラウンドとみなして補正 (差し引く) を行くと、ドローンのプロペラ旋回風により発生する風速バイアスは +0.6 m/s と算出された。これは、屋外の気象観測鉄塔との並行観測から推定した既往調査¹⁾の結果 (+0.5 m/s のバイアス) とほぼ一致する。

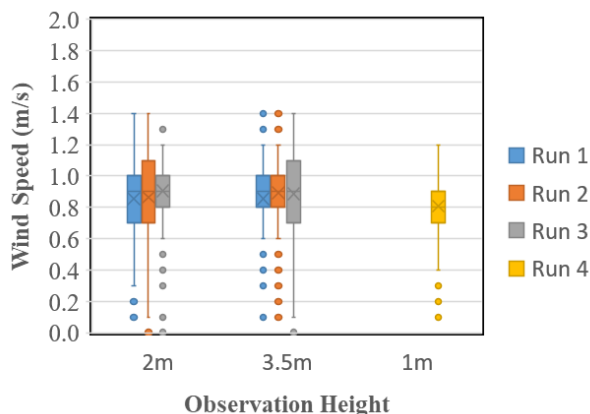


図 3 ホバリング高度別風速計測値 (Run4 の高度 1m については参考値)

3. ドローンの上昇・下降時の鉛直風影響調査

(1) 調査方法

ドローンが鉛直方向に上昇・下降しながら風を計測する場合に、機体が受ける鉛直方向の気流が風速計測値に与える影響を調べるため、鹿児島県の桜島において、ドローンを一定速度で上昇・下降させながら風速を計測した。使用したドローンは前述の屋内実験で使用した機体と同一である。上昇・下降速度は 1 m/s, 2 m/s, 3 m/s で一定として、地上から高度 500 m までのデータを 1 秒毎に取得した。ドローンにより計測した風速値を、調査地点の地上に設置したドップラーライダー (DIABREZZA_W; 三菱電機) による観測値と比較した。

(2) 調査結果

図 4 に上昇・下降速度を 1 m/s および 3 m/s とした場合のドローンにより測定した風速とドップラーライダーにより観測された風速を比較した結果を示す。

図 4 より、移動速度が 1 m/s の場合は、上昇時・下降時ともに、ドローンで計測された風速はドップラーライダーの観測値と良く一致しているが、移動速度が 3 m/s の場合には、下降時にドローンの風速値の方が過大となる傾向が見られた。これは、下降時に発生する鉛直方向の気流、すなわち風速センサから見ると上昇気流が搭載した風速計に正のバイアスを与えているものと考えられる。一方で移動速度が 3 m/s の場合でも上昇時にはドップラーライダーの風速値との差は小さい。したがって、同じ移動速度であっても、ドローンの機体構造により上昇時と下降時では発生する鉛直流の強さに差がある、もしくは鉛直流の向き (上昇気流か下降気流か) によって風速計に及ぼす影響の度合いが異なる可能性があると考えられる。

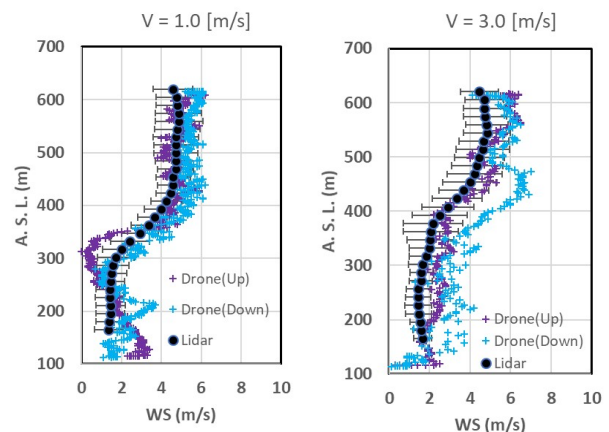


図 4 ドローンとドップラーライダーによる風速の比較

(参考文献)

- 1) Shimura T., M. Inoue, H. Tsujimoto, K. Sasaki and M. Iguchi (2018): Estimation of wind vector profile using a hexa-rotor unmanned aerial vehicle and its application to meteorological observation up to 1000 m above surface, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 35, 1621-1631