

ドローンを用いた大気流速場の局所計測

荒川弘之*、杉田 暁**、佐々木 真***、稲垣滋***

*島根大学、**中部大学 中部高等学術研究所 国際GISセンター、***九州大学 応用力学研究所

1. はじめに

PM2.5等の微粒子状の大気汚染物質による健康被害が懸念されている。これまで、これら微粒子の挙動として、高層大気における大規模な気流の計測やモデルの構築が行われてきた。一方で、直接的に人体へ影響を及ぼす汚染物質の取り込みの過程では、地表面近傍（～地表100m程度）の三次元的な大気の流れ場を得る必要がある。しかし、これらの測定には、衛星観測装置からの測定では分解能が悪く、かつ垂直方向の測定が困難である。また、地上の測定装置であるドップラー・レーダーやフェーズドアレイ・レーダー等は、非常に高価な機器であり、局所のピンポイント計測には不向きである。

そこで、本研究では、現在普及が進んでいるマルチコプターに代表されるドローンに着目した。ドローンにはカメラの他、自律飛行のための気圧センサーや傾きセンサー等多くのセンサーを積載している場合が多い。本研究では、ドローン搭載のセンサー群から局所的な大気の流れ場を三次元的に得ることを目的とする。

2. 方法

本研究では、市販ドローンのシェアの70%を占めるDJI社製ドローンPhantom 3 Professional (P3P)を用いて、3次元風速測定の原理実証を行った。風速測定においては、ドローン搭載のセンサー群から局所的な大気の流れ場を測定した。P3Pには、アクティブソナーやオプティカルフローセンサーを用いてホバリング状態(空間中に静止)を維持する機能がある。ドローンが横方向の風を受けた際、ホバリング状態を維持するためには、ドローン自身が傾き、風の向く方向へ逆らって力を加える必要がある。また縦方向の風を受けた場合、位置を維持するには、上昇流の場合は、プロペラの回転数を弱め、下降流の場合は、逆に強める必要がある。このため、ドローンのプロペラ回転数、傾きセンサー等は、風速の向き・強さに影響を受ける。本研究ではこれらのデータから逆算して、ドローンが受ける局所的な速度場を求めた。

ドローンの飛行においては、プロペラの回転や姿勢等により、揚力への寄与にロスが生じるため、校正を行った。まず、大型扇風機・市販の風速計を用いて、大型扇風機の風速分布を導出した。図1に大型扇風機(ナカトミ社製 DCF-60P)の外観と設置位置を示す。図2に大型扇風機の風速分布を示す。測定では、市販の風速計(エムケー・サイエンティフィック社製 DT-8880)を用いた。

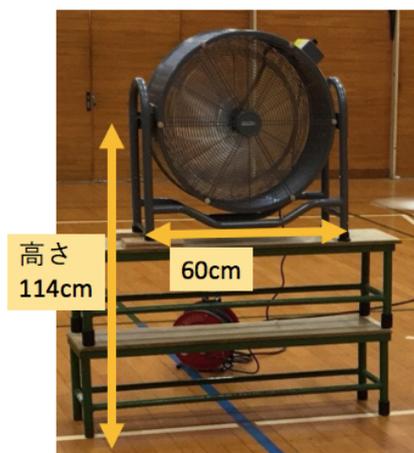


図1:大型扇風機

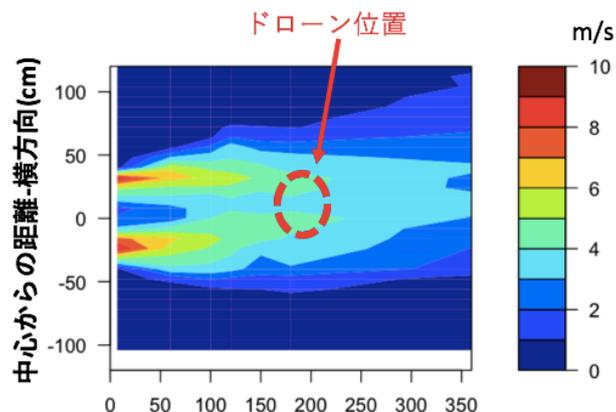


図2:大型扇風機からの距離[cm]

図3に横方向の風速校正時の体系を示す。ドローン校正時には、図2において、できるだけ風速分布が均一かつ強度が強い領域(点線で囲った部分)にドローンがホバリングするように制御した。図4に、ドローンのプロペラの回転数、傾きセンサーの値と対応付け、校正直線を得た。同様に、縦方向の校正は、大型扇風機を縦方向へ切り替え、回転数の変化から見積もった。風速は、大型扇風機との距離から図2のデータから見積もった。



図3:風速校正時の体系

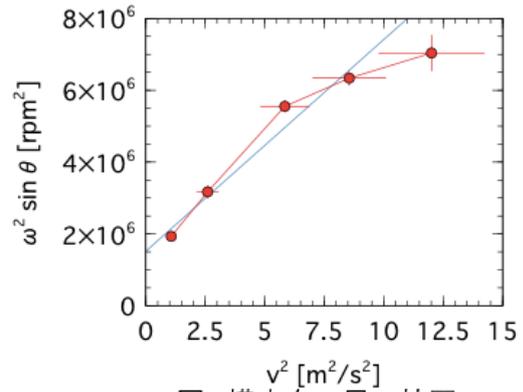


図4:横方向の風の校正

3. 結果

得られた校正データを元に3次元流れの測定を行った。ドローンを地表面から4 m程度の位置でホバリング状態とし、大型扇風機により風を発生させた。図5に3次元流れ測定のための体系を示す。得られた結果を図6に示す。50秒あたりにおいて、ドローンの前面から斜め下45度から風を発生させた為、前面及び縦方向の風(図6上下の図)において、大きな変化が観測された。また、観測された速度は、予測した値とおおよそ一致した。これにより、ドローンを用いた3次元流れの測定が実証できた。



図5:3次元流れ測定のための体系

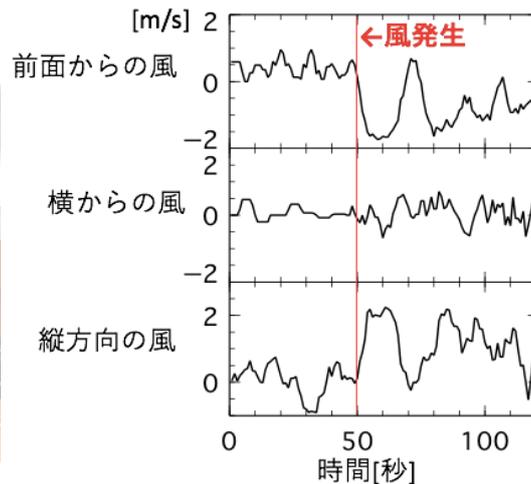


図6:3次元風速測定結果

4. 考察

今回の実験においては、図4に示すように、校正は直線近似としたが、実際の実験においては、非線形な形となっている。このため、より高精度な風の校正を行う場合、直線近似ではなく、非線形近似を行う必要があると考えられる。加えて、校正に大型扇風機を用いた関係で、風速が早くなると、風強度の変動も大きくなる傾向にある。よって、風洞などを用いることで、さらに高精度な校正が可能になると考えられる。

5. まとめと展望

本研究では、ドローンを用いた3次元流れ測定のため、原理実証を行った。大型扇風機を用いてドローンに横方向及び縦方向からの風を当て、ドローンの傾きと回転速度の変化を求めた。この際、市販の風速計のデータと比較することで、校正を行った。校正データを用いて3次元流れの測定を行った結果、おおよそ想定された風速と一致することを確認できた。今後は、実際の大気流れを測定し、得られた結果をGIS上に展開する。

本研究により、地物等に応じた大気の流れを三次元的に観測することで、微粒子拡散の特性を得ることができると考えられる。これら微粒子拡散の特性をデジタルアース上に付加することで、大気汚染に対してより効果的な対策を得ることが可能となる。加えて、本研究では、市販されているドローンの機能を用いる

ため、ドローンを持つ研究者や、それ以外の一般市民も計測に参加できるプラットフォームの基盤の構築が可能であると考えられる。

6. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201832 の助成を受けたものです。本研究を行うにあたり、島根大学総合理工学部機械・電気電子工学科、川島諒也氏、三浦洋輝氏、竹内竜輝氏、内田晴己氏の協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

参考文献・データ

1. 環境省、微小 粒子状物質健康影響評価検討会報告書、2008.
2. 佐々木寛介他、UAV を用いた高層気象観測技術の開発、京都大学防災研究所年報、46 号 B、pp. 395-402、2016.