

RTK-GNSS 搭載バルーンの軌跡情報による風速推定の可能性 Feasibility Study on Wind Speed Estimation with Trajectories of RTK-GNSS Embedded Balloons

○大風 翼・中嶋唯貴・西嶋一欽

○Tsubasa OKAZE・Tadayoshi NAKASHIMA・Kazuyoshi NISHIJIMA

This study investigated the possibility of wind field estimation based on the trajectories of flying balloons equipped with RTK-GNSS modules. For this purpose, the balloon equipped with RTK-GNSS module, which can trace its position with a few centimeters resolution, was designed. Five sets of the balloon were released into the atmospheric boundary layer over a flat plane, and their trajectories were measured. The vertical profile of wind speed was estimated from the measured trajectories, then, compared with the profile obtained with two doppler lidars. In this observation, the estimated wind speed was slightly smaller than that observed with the doppler lidars because the ambient wind speed was small and the effect of tension acting on the balloon through a stay cable could not be ignored. However, the trend of the vertical profile estimated from the trajectories of balloons agreed with those with the doppler lidars.

1. はじめに

台風などによる都市内の強風被害の低減には、大気境界層内の風速の3次元構造の把握が重要である。著者らは、既報[1]において、近年低コスト・高性能化が進んでいる RTK-GNSS モジュールをバルーンに搭載し、バルーンの軌跡から風速場を推定するため、バルーンのプロトタイプを作成した。本研究では、この RTK-GNSS 搭載バルーン5つを、周辺に気流障害物の少ない裸地情報の大気境界層の地表面近傍 100 m 程度の平均風速の鉛直分布を推定したので、その結果を報告する。

2. 観測概要

バルーン放球実験は予備実験も含めて 2021 年 11 月 15 日～17 日にかけて鹿児島県桜島黒神地区で実施した。実験に用いた RTK-GNSS モジュールは既報[1]で報告したものを基本として、(1) 基準局はジオセンス社の M5F9P を用いて構築、(2) 基準局の座標は VRS 方式により測位、(3) 基準局と移動局(RTK-GNSS 搭載バルーン)はインターネット回線を介さず 920MHz 帯無線で直接通信するように変更した。バルーンにヘリウムガスを充填することで浮力を得、GNSS 信号を受信しやすいようにアンテナはバルーン上部に取り付け、それ以外のモジュールはバルーン下部に取り付けた。すべてのモジュールを取り付けたのち、バルーン一式の実質浮力が約 70 gf～100 gf になるように重

り等で浮力を調整した。このときのバルーンの直径は約 1 m であった。バルーンにはリールに巻き付けた糸の一端を取り付け、浮力によって上昇するバルーンの運動に応じて自動で巻きだされる。糸に作用する張力を最小限に抑えるために、観測者はバルーンの移流に合わせて移動した(図 2)。

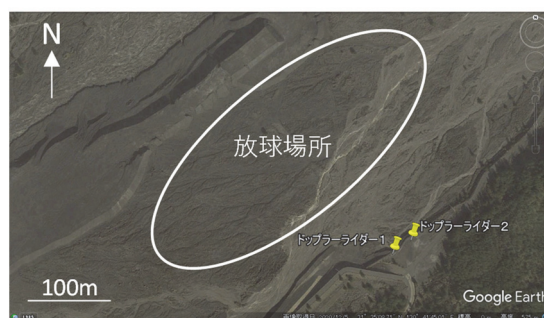


図 1. ドップラーライダーの位置と放球場所

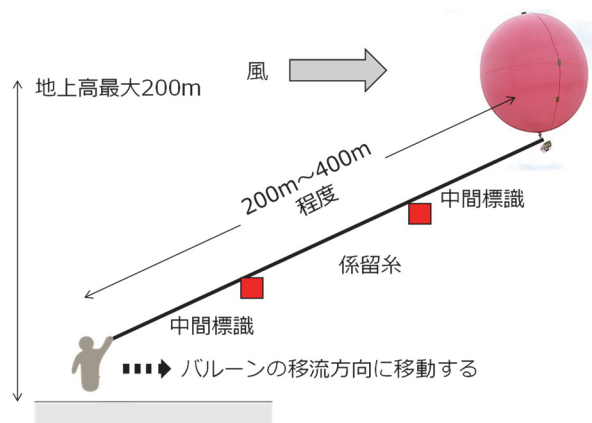


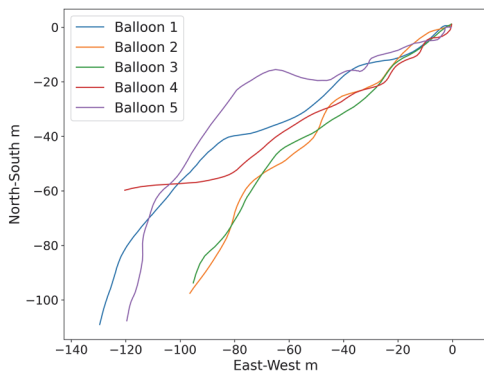
図 2. 放球イメージ

3. 実験結果

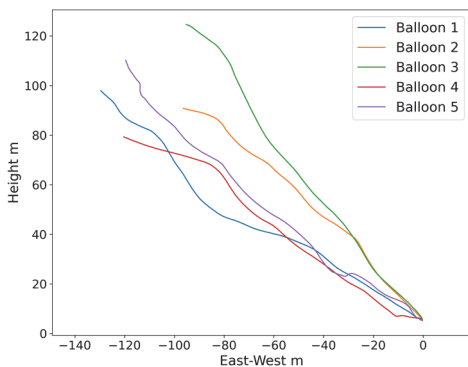
同一地点より、5つのバルーンを等間隔の時間で放球し、その軌跡を記録した。いずれのバルーンも概ね糸が150 m程度放出された時点で回収を開始した。放球時間は、概ね90 s程度であった。

図3は、30 s間隔で5つのバルーンを放球した際の各々の軌跡である。南西に150 m程度移流される間に100 m程度バルーンが上昇しており、上昇速度は概ね1 m/s程度であることがわかる。到達高度の違いはバルーンの浮力のわずかな違いによるものと考えられる。水平方向の軌跡を見ると、いずれのバルーンも20から50 m程度の間隔で蛇行しながら風下に流されており、時折、その向きをやや大きくかえている。原点近傍の放球地点に近い方が、蛇行波長が短く、離れるにつれて長い。これは、バルーンの上昇とともに、代表的な渦のスケールが大きくなっているためと考えられる。

図3に示したバルーンの変位の差分をとり、水平方向の風速を推定した結果を図4に示す。いずれのバルーンも高度の上昇とともに徐々に水平方向の速度が大きくなり、同程度の範囲でばらついているように見える。平均的な傾向を抽出するため、各々のバルーンの速度について、すべてのバルーンで観測された高度の区間を対象に、高さ方



(1) 水平面の軌跡



(2) 鉛直面の軌跡(水平方向は、東西方向)

図3. バルーンの軌跡

向に0.1 m間隔でリサンプルし、上下5 mで空間平均を施した結果を図5に示す。バルーンによる空間平均値5つのアンサンブル平均も示した。アンサンブル平均風速を見ると、高度の上昇とともに水平方向の平均風速は増加している。2つのドップラーライダーによる平均風速と比較すると、傾向は捉えているものの、0.5 m/sほどバルーンによる風速の方が小さい。今回の観測では、平均風速が2.0 m/s程度と小さく、バルーンへ働く張力の影響が無視できなかつたためと考えられる。

4. まとめ

GNSS搭載バルーンの軌跡を用い、地上100 m程度までの大気境界層の風速の鉛直分布の算出を行った。弱風下で張力の影響はあったものの、概ねドップラーライダーと同様の傾向を得た。

謝辞 本研究は京都大学防災研究所一般共同研究(2020G-05)の成果である。

参考文献

[1] 西嶋一欽, 大風翼, 中嶋唯貴, RTK-GNSS搭載バルーンの飛行経路に基づく風速観測の基礎的検討, 令和2年度京都大学防災研究所研究発表講演会梗概, B301, 2021

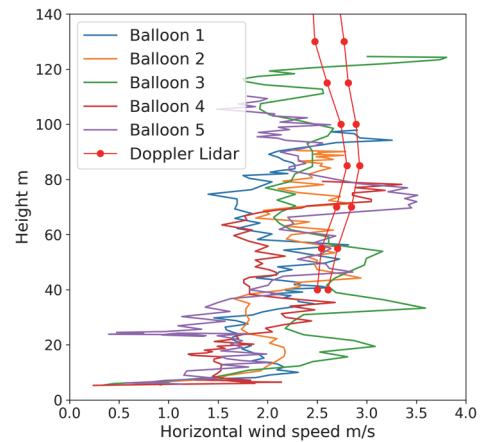


図4. バルーンの変位より算出した水平風速

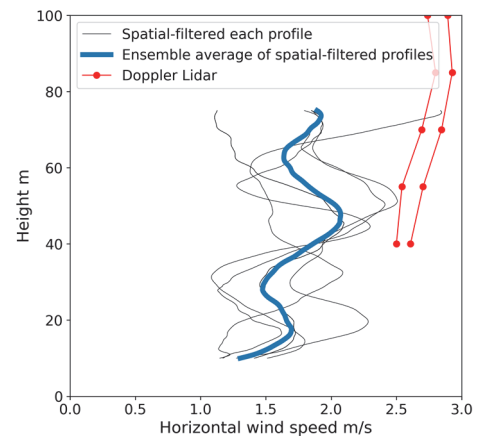


図5. 平均風速の比較