

UAV とドップラーライダーを用いた急峻な山岳地域における気象観測 Observation of the Atmospheric Data in Steep Mountain Region Using UAV and Doppler-Lidar

○辻本浩史・井上 実・志村智也・町田駿一

○Hirofumi TSUJIMOTO, Minoru INOUE, Tomoya Shimura, Syunichi MACHIDA

This study examines the possibility of atmospheric observation in steep mountain region by Compact Weather Sensor (CWS) mounted on Unmanned Aerial Vehicle (UAV). In order to verify the accuracy of wind data measured by CWS on UAV, we compared it with data by anemometer on meteorological tower. As a result, temporal variation measured by CWS was good agreement with that of anemometer. Using these instruments, we observed atmospheric data around Mt.Yakedake in Hodaka alpine region on Sep.6-7 2016. It was found that CWS on UAV is useful instrument for measurement of atmospheric profile (wind, temperature, humidity) affected by complicated and steep topography.

1. はじめに

火山灰や火山ガスの拡散による被害を軽減するためには火口を含む山岳地域での気象場を再現できる気象モデルが有効なツールとなる。しかしながら、モデルの精度を検証するために必要となる実測データの取得は、急峻かつ複雑な地形や火山活動による立ち入り規制等により容易ではない。そこで本研究では UAV に搭載した小型気象センサーとドップラーライダーを用いて急峻な山岳域における気象観測を試みた。



写真-1 CWS (Type.B) を搭載して飛行する UAV

2. 観測機器

観測に用いた機器は、気象観測のための CWS、CWS を搭載する UAV および風 3 成分 (u, v, w) を測定する Doppler-Lidar (DL) である。CWS は小型の超音波風向風速 Type.A (重量約 250g、サンプリング間隔 1 秒) と、風向風速に加えて気温、湿度の観測も可能な Type.B (重量約 650g、サンプリング間隔 1 分) を用いた。DL では最大高度 600m までの風の鉛直プロファイル (30m 間隔) を測定する。CWS (Type.B) を搭載して上高地を飛行する UAV を写真-1 に示す。センサーの取付け位置はプロペラによる影響を避けるために機体中央部の 50~60cm とした。使用した UAV は CWS やデータロガーを搭載した状況で約 15 分の飛行が可能であり、所定の高度に到達するまでの最大上昇速度は 5m/s、観測終了後の最大下降速度は 2.5m/s である。例えば高度 1000m での観測を行う場合には、到達までに 200 秒、帰還に 400 秒を要するために高度 1000m での滞空時間は約 5 分となる。

3. 観測結果

(1) 気象観測塔データとの比較

UAV に搭載した CWS を用いて風を観測する場合にはプロペラで引きこされる風の影響が懸念される。プロペラ風の影響を調べるために京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリの気象観測塔に設置された風向風速計 (高度 55m) のデータと、Type.A の CWS を搭載した UAV を近傍同高度でホバリングさせて測定したデータを比較した。その結果を図-1 に示す。CWS で測定された風向風速データは気象観測塔の風向風速計とよく一致しており、UAV の機体仕様に応じた適切な搭載位置の条件を満たせば UAV のプロペラ風の影響を受けることなく任意地点の風向風速データを観測できることが判った。

(2) 山岳域における観測結果

穂高連峰から続く主稜線をはさみ岐阜県側に位置する穂高砂防観測所 (標高 1150m) に DL を設

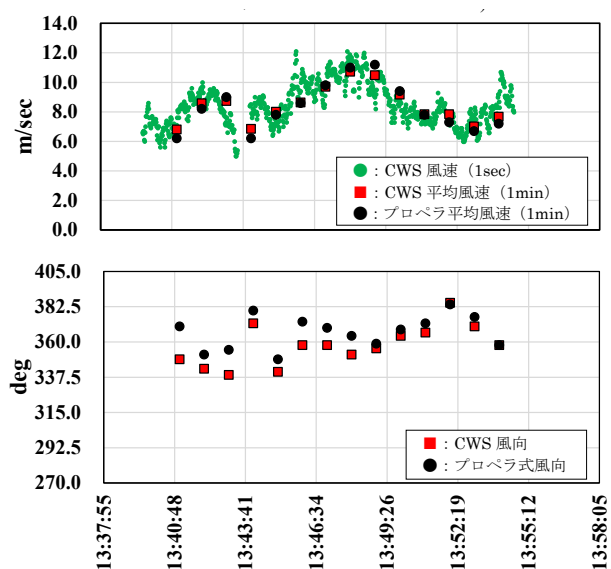


図-1 CWS とプロペラ式風向風速計の比較

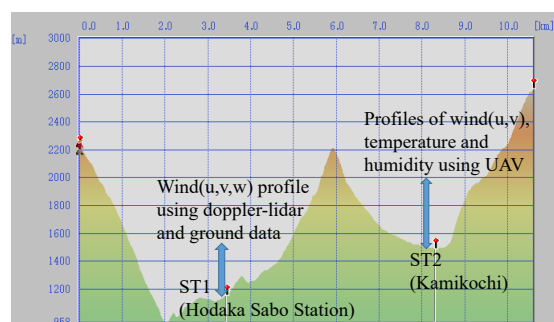


図-2 観測地域の横断図

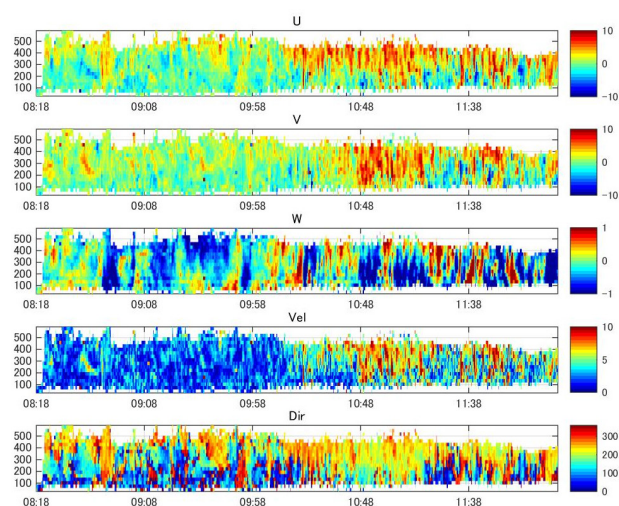


図-3 穂高砂防観測所に設置された DL により観測された風の鉛直プロファイル時間変化図

置し、長野県側の上高地（標高 1496m）では CWS（Type.B）を搭載した UAV を高度 500m まで飛行させて観測を行った。山岳地域の横断図を図-2 に示す。観測を実施した 2016 年 7 月 14 日の稜線付近は、800hPa の毎時解析 GPV データによると西

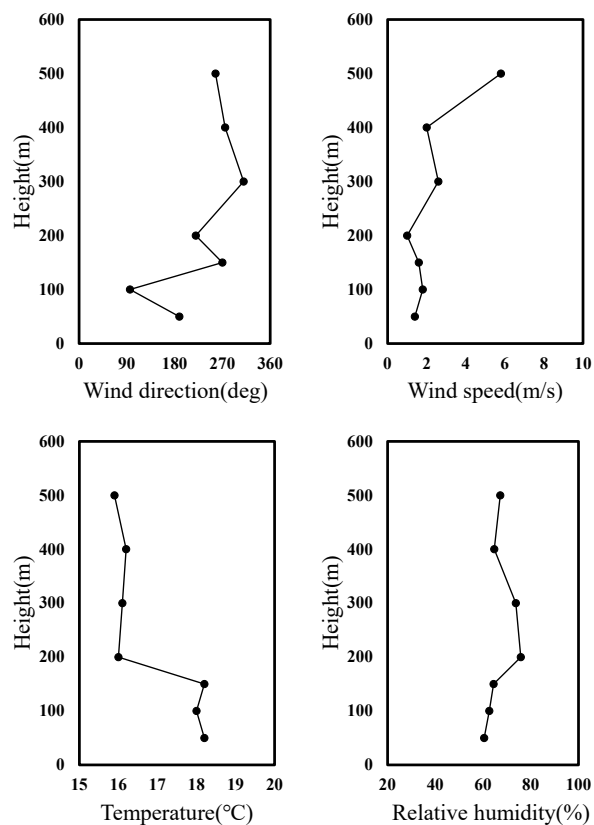


図-4 UAV に搭載した CWS によって観測された上高地における大気鉛直プロファイル

系の風（図-2 左側から右側）が吹いていた。

図-3 に穂高砂防観測所に設置された DL によって観測された風の鉛直プロファイルの時間変化図を示す。気温上昇と共に午前 10 時頃より上空の風が動き出し、上空約 200m 以上（標高約 1350m）では西系の風が卓越するようになる。一方、地上から約 200m 高度までの風向は東から南系が多く、上空とは異なる傾向を示している。また、11 時過ぎからは鉛直風に数分の周期で上昇流と下降流が観測されている。同時時間帯、砂防観測所の屋上では目まぐるしく変化する夏の山岳域特有の天候を体感でき、時折冷たい空気が地面付近に下降してくるのが判った。

図-4 に主稜線をはさんで風下側にあたる上高地における大気鉛直プロファイル（標高 1500m～2000m）を示す。高度 150m（標高 1650m）以上では西系の風で概ね上空ほど風速が強まっているが、地上から高度 150m までは南から東系の風であり、また、気温も地上から高度 150m 付近で不連続となっているのが特徴的である。