

ドローンによる光波測距儀の気象補正の検討

飯塚 恒太・三島 研二・海津 優・貞末 道昭・阿部 直宏・宮坂 正樹 (株式会社パスコ)

1. 目的

現在ドローンは写真測量の分野などでの利用が期待されているが、実測分野でドローンを利用し気象補正の観測方法を検討した。

光波測距儀を用いる場合の気象観測は、40年ほど前の光波測距儀 (Electro-optical Distance Measurement, 以下「EDM」という。) の出現以来、EDMの気象補正のための気象観測は、器械点と反射点の両端で行い、その平均値で気象補正を行っており、またこれ以外には現実的ではない。

かつては、気球などで中間の気象を求めたりしたが、今日では、ドローンの機動性と気象観測装置の進歩で、容易に光路沿いの気象を把握することが可能となった。

本研究では、ドローンを用いて光路上の気象を観測し、これまでの気象補正の方法の妥当性を検証した結果を報告する。

2. 実験概要

実験は、図1のように30m程度の建物の屋上から575m程度の距離でドローンを光路沿いに移動させ、115m間隔に設置された気象観測点で気温、気圧、湿度を測定し、器械点と反射点の両測定の測定した気象の平均値を採用する気象補正の方法の妥当性を検証した。

気象観測装置は、ドローン、器械点 (1.5m)、器械点 (3m)、反射点 (1.5m)、反射点 (3m) の計5か所に設置した。

観測時間は、① 11:30 - 11:55、② 13:50 - 14:00、③ 14:20 - 14:30、④ 14:50 - 15:05、⑤ 16:05 - 16:15、⑥ 16:40 - 16:55 とし、の計6回の観測を実施した。

3. 使用機材

①ドローン (ミニサーベイヤー) MS-06LA

(1) 飛行時間: 15 ~ 30分

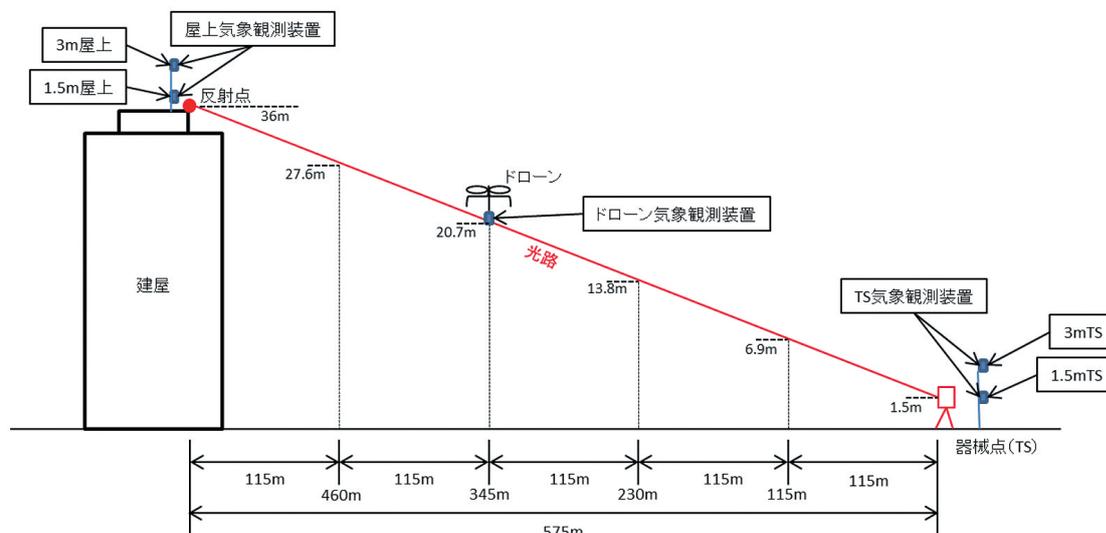


図1 実証実験模式図



図2 MS-06LA



図3 Kestrel 4000 とケース

(2) 最大飛行速度：10m/s

②気象計測装置 (Metrological Sensor) Kestrel 4000

- (1) 気温：-29.0 ~ +70.0℃ / 1秒ごとに計測
- (2) 気圧：25.0℃の環境で750 ~ 1100hPa / 1秒
- (3) 相対湿度：0.0% ~ 100.0% s

4. 試験結果

本研究では、6種類の時間帯から比較的气温が高いと思われる時間帯② 13:50 - 14:00 と日没前の気温が下がり始めた時間帯⑥ 16:40 - 16:55 で得られたデータについて検討した。

ドローンにより測定した光路上の気象計のデータと、器械点と反射点においても光路に近い地上から1.5mに設置した気象計のデータを比較し、表1の結果が得られた。

大気の屈折率の影響は、レーザー光の波長によって決定されるが、一般的なEDMの測定距離に与える気象の影響は次式で表される。

$$\Delta D \approx (1.0 \Delta t - 0.3 \Delta P + 0.04 \Delta e) \times D \times 10^{-6} \quad (1)$$

式(1)から、1kmの距離を測定した場合、気温1℃の測定誤差があれば、1mmの誤差が生じる。また、3.4hPaの測定誤差があれば、同じく1mmの誤差が生じる。観測データより、気温、気圧、湿度を考慮し計算すると、生じる誤差は0.1mm程度である。

これより、器械点と反射点の両測点において測定した気象データの平均値とドローンを用いて光路上を計測した気象データとは大きな差がなく、従来の気象補正の方法の妥当性を確認した。

また、気温の変化は図4の日没前(16:43 - 16:51)の安定した気象条件では、両端の1.5m高さの気温と一致している。したがって、日没前の安定した気象条件の中では両端の気温の平均で光路沿いの気温を代表することは妥当である。

気圧の観測結果はもっとも気温が高い時間(13:50 - 13:59)であるにもかかわらず安定しており、日没前(16:43 - 16:51)の観測結果も安定している。

表1 観測結果

観測時間：[13:53:00 - 13:56:15]

	Drone	両端の平均値	較差
気圧 [hpa]	1006.2	1006.6	0.4
気温 [°C]	21.1	21.2	0.1
湿度 [%]	39.4	41.1	1.7
水蒸気圧 [hpa]	25.0	25.2	0.2

観測時間：[13:53:00 - 13:56:15]

	Drone	両端の平均値	較差
気圧 [hpa]	1005.5	1005.8	0.3
気温 [°C]	19.5	19.5	0.0
湿度 [%]	49.7	51.1	1.5
水蒸気圧 [hpa]	22.7	22.7	0.0

※ Drone は 230m と 345m の観測値から、平均値を算出し、観測距離の midpoint である 287.5m の気象とした。

さらに、ホバリング中の気圧は、いずれの高度においても安定しており、高度に比例している。したがって、両端の気圧の平均で光路沿いの気温を代表することは妥当である。

湿度においては、図4の2つの時間帯の湿度の変位を見ると、ドローンと1.5m屋上が近似しているが、表1の湿度の較差を見ると1.5%程度であることから、両端の湿度の平均で光路沿いの湿度を代表することは妥当である。

5. 結論

今回、検証した測点間の距離は600m 弱の短距離であり、長距離の光路沿いを問題とすべきとの議論がある。しかし、現在では長距

離や1級基準点の場合はGNSSで測位することが多く、EDMで測距することはほとんどない。

2級基準点の場合は配点密度の平均が500mなので今回の実証実験に該当する。500mの距離の場合、温度の測定誤差1℃のとき距離に影響する誤差は、1ppmとすると、0.5mmである。GNSSの普及と共にEDMの分解能も向上したが、その分解能も±1mm程度であり、両測点の平均値で補正することは問題とならないことが確認できた。

ドローンを用いて光路上の気象を観測し、これまでの気象補正の方法の妥当性を検証した結果、器械点と反射点の両測点で測定した気象の平均値を採用する気象補正の方法が最も

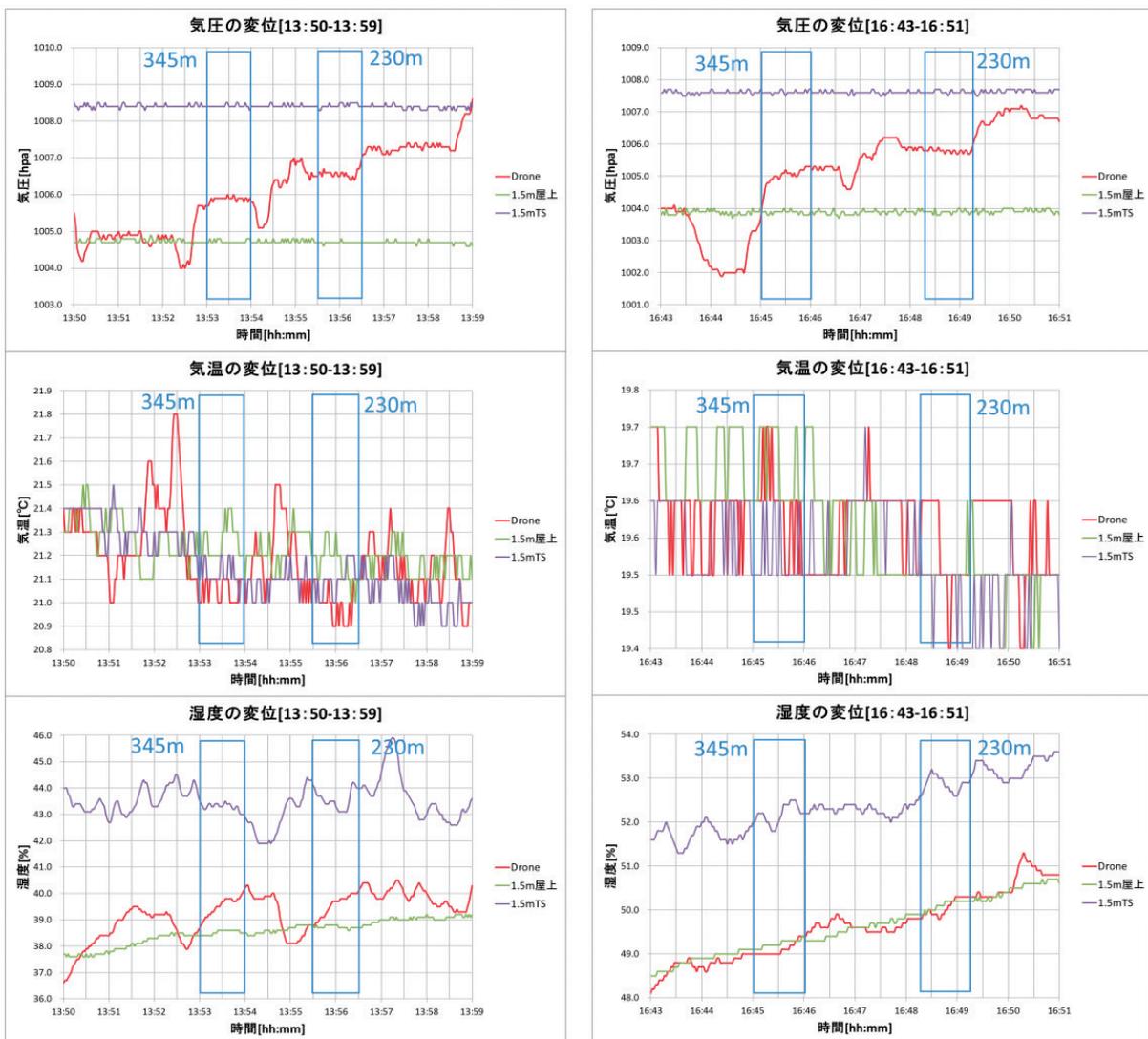


図4 気象の変化グラフ

有効であることが確認できた。

■参考文献

海津優ほか(1980)：光波測距儀による距離測定 of 気象補正の研究、国土地理院調査研究報告(54)

■執筆者

飯塚 恒太 (いづか こうた)
株式会社パスコ



(共著者) 所属は筆頭著者に同じ

三島 研二 (みしま けんじ)

海津 優 (かいづ まさる)

貞末 道昭 (さだすえ みちあき)

阿部 直宏 (あべ なおひろ)

宮坂 正樹 (みやさか まさき)