

空撮画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定精度について

Accuracy of roof snow depth by photogrammetry using digital images

千葉隆弘, 苫米地司 (北海道科学大学)
Takahiro Chiba and Tsukasa Tomabechi

1. はじめに

近年, 互いにオーバーラップした複数のデジタル画像を用いて, 被写体表面の 3D メッシュを生成するソフトウェアが容易に利用できるようになった. このようなソフトウェアを写真測量に応用することで, 非接触で様々な形状を手軽に測定することが可能となる. 内山ら¹⁾は, 土砂災害が発生した斜面を対象に, 小型 UAV を用いて撮影した空撮画像から斜面の 3D メッシュを生成し, 災害調査への活用の可能性を検討している. 一方で, 建築物の写真測量も可能と考えられ, 屋根雪がある状態とない状態の両方で写真測量を行うことにより, 屋根上積雪深が測定できる. 桜井ら²⁾は, カイトやラジコンヘリコプターによる空撮画像を用いた写真測量により屋根上積雪深を測定し, 撮影距離と測定精度との関係を明らかにしている. しかし, デジタル画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定は, これまで行われていない. 近年, デジタルカメラの性能が向上しているとともに, 安価な小型 UAV が急速に普及したため, 手軽に空撮を行うことができるようになった. こうした技術を活用して非接触で屋根上積雪深を測定することができれば, 屋根形状と雪荷重との関係や屋根雪の偏分布に関するデータの蓄積が進み, 設計用雪荷重の精度向上に寄与できると考えられる.

このようなことから本研究では, デジタル画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定精度を検証することを目的に, 空撮画像を用いて建築物および屋根雪の 3D メッシュを生成し, その 3D メッシュから得られる屋根上積雪深の測定値と実測値とを比較した.

2. 研究方法

本研究では, 図 1 に示す北海道科学大学の体育館を対象に, 屋根上積雪深の写真測量と実測を行った. 当該体育館の規模は, 平面で約 60 m×約 70 m, 高さが約 18 m である. バスケットボールのコートが 2 面入るメインアリーナ, バドミントンのコートが 2 面入るサブアリーナ, および 2 つの武道場で構成され, 比較的規模の大きい体育館である. 屋根形状は, メインアリーナ屋根がその周囲の屋根に他に比べて 3 m ほど高い 2 段状となっており, 風下側 (南東側) の下段屋根には, 吹雪による吹きだまりが形成される. このような建築物を対象に, 積雪がない状態および積雪がある状態で空撮を行い, 写真測量による屋根上積雪深の測定精度を検証することとした. 屋根上積雪深の実測は, 吹きだまりが形成される



- 【建物概要】
- ◆平面規模: 約60m×約70m
 - ◆高さ: 約18m
 - ◆諸室構成
 - ・メインアリーナ (バスケ2面)
 - ・サブアリーナ (バドミントン2面)
 - ・武道場 (柔道, 剣道)



図 1 対象とした建築物の概要

風下側の下段屋根で3つの測線を対象に行った。

空撮方法を写真1に示す。写真のように、dji製の小型UAV (Phantom 2) にコンパクトデジタルカメラ (Ricoh - GR) を取り付けて空撮を行った。筆者らの研究では²⁾、小型UAVにコンパクトデジタルカメラを直付けして空撮した結果、フォーカスが合っていない画像が多く含まれることを把握している。このことから本研究では、ピカペイリというUAVからカメラに伝わる振動を吸収するとともに、真下向きのカメラの姿勢を一定にする機構を介してコンパクトデジタルカメラを小型UAVに取り付けた。撮影インターバルは1秒間とし、撮影枚数は、体育館における屋根全体の3Dメッシュが得られるように700~1,000枚とした。小型UAVの飛行時間に換算すると、およそ15分となる。また、撮影高さは、屋根面から約30mとした。空撮日は、積雪なしが2015年12月14日、積雪ありが2016年1月13日と1月14日である。

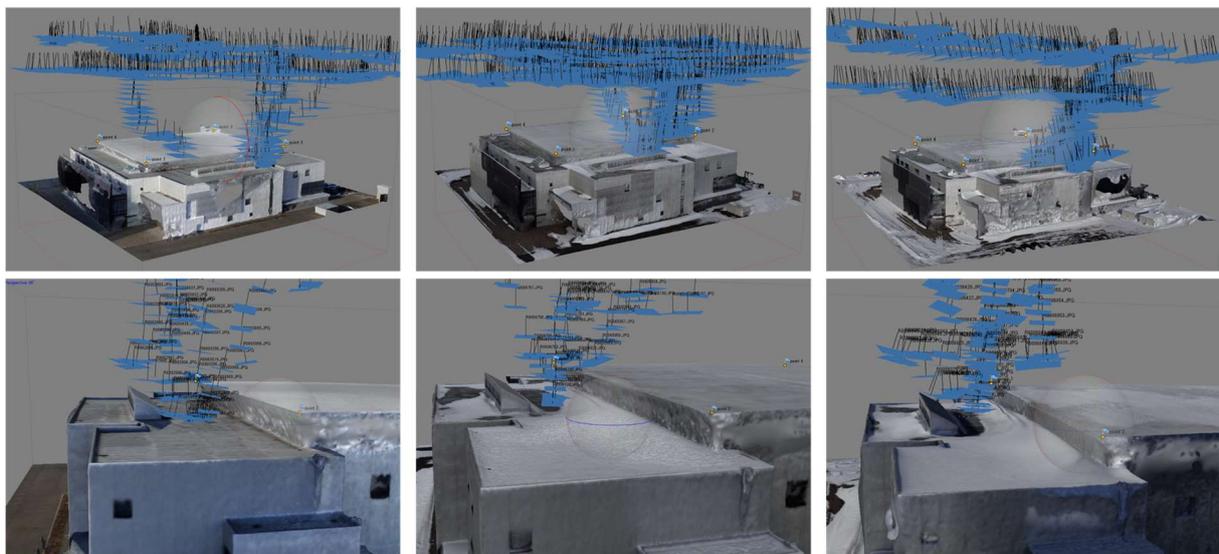
3Dメッシュの生成には、AgisoftのPhotoScanを用いた。本ソフトウェアは、互いにオーバーラップしたデジタル画像の撮影位置を推定し、次に、高密度クラウドポイントを生成して被写体を3Dメッシュ化するものである。

3. 研究結果

図2に、積雪なしおよび積雪ありにおける生成された3Dメッシュの状況を示す。図のように、積雪なしの場合をみると、カメラを真下に向けて空撮したことから、壁面の3Dメッシュが適正に得られていない箇所があるものの、屋根面においては適正な3Dメッシュが得られている。積雪ありの場合をみると、



写真1 空撮状況



積雪なし(2015年12月14日)

積雪あり(2016年1月13日)

積雪あり(2016年1月14日)

図2 3Dメッシュの生成状況

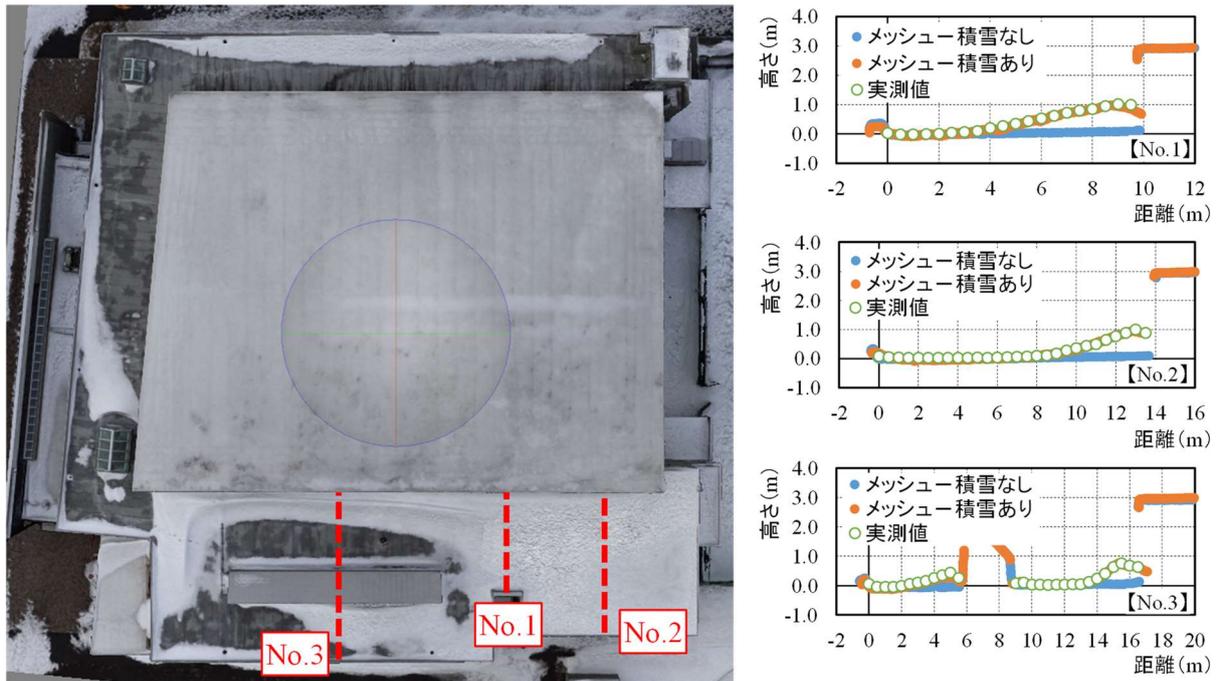


図3 3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値との比較 (1月13日の場合)

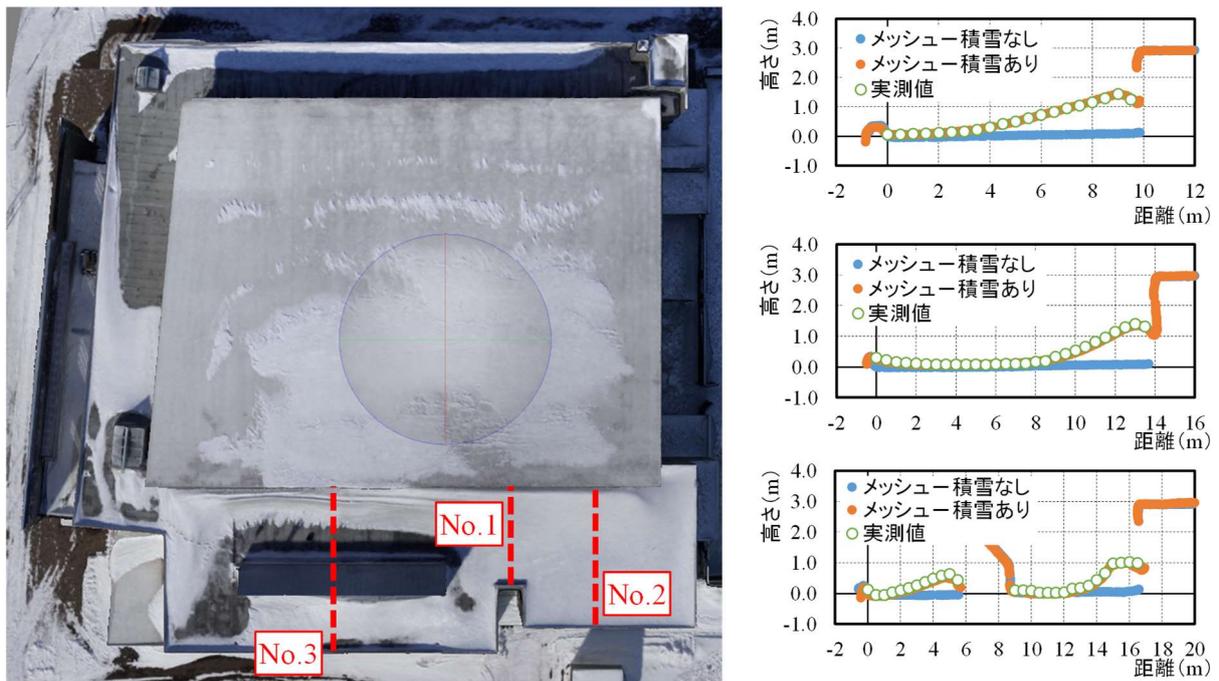


図4 3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値との比較 (1月14日の場合)

1月13日は、天候がくもりで、雪面の模様が捉え難い画像が撮影されたため、雪面の3Dメッシュに実際には存在しない小さな凹凸が生成された。これに対し、1月14日の場合をみると、天候が晴れであり、雪面の模様が捉えられやすい画像が撮影されたため、実際の滑らかな雪面が生成された。これら2つの3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値とを比較した結果を図3および図4に示す。なお、実測値は、積雪なしの場合における3Dメッシュの屋根面からの相対深さとした。図のように、1月13日の場合をみると、生成された雪面の3Dメッシュに不適正な箇所が含まれていたものの、いずれの測線においても3Dメッシュから得られた

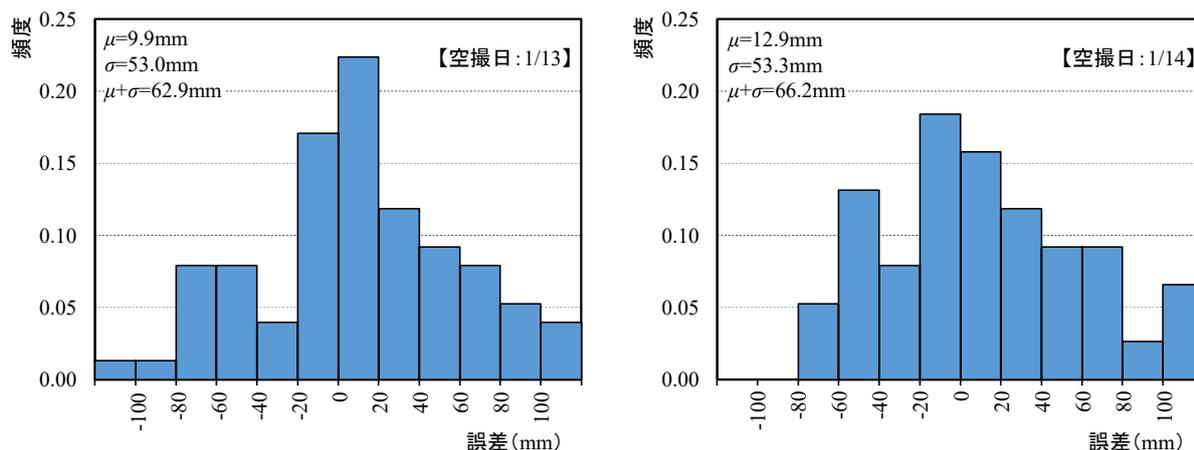


図5 3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値との誤差

屋根上積雪深と実測値との誤差は小さい状況である。次に、1月14日の場合をみると、1月13日と同様に、いずれの測線においても3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値との誤差は小さい。

図5に、1月13日および1月14日のそれぞれの3Dメッシュから得られた屋根上積雪深と実測値との誤差の分布を示す。図のように、1月13日の場合をみると、その誤差は、-20～20mmの範囲に集中し、その分布は、概ね正規分布である。1月14日の場合をみると、1月13日とほぼ同様の傾向を示している。ここで、誤差の平均値 μ と標準偏差 σ を加算した $\mu + \sigma$ を測定精度として捉えると、1月13日が62.9mm、1月14日が66.2mmとなり、いずれの空撮日においても、撮影高さが約30mにおいて65mm程度の精度で屋根上積雪深を測定することができたことになる。これは、本研究で実施した屋根上積雪深の測定が屋根上の雪荷重やその偏分布を評価するためであると位置づけると、十分に高い精度であったと言える。また、撮影枚数が増加するものの、撮影距離を小さくすることで測定精度を向上させることが可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、デジタル画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定精度を検証することを目的に、空撮画像を用いて建築物および屋根雪の3Dメッシュを生成し、その3Dメッシュから得られる屋根上積雪深の測定値と実測値とを比較した。その結果、撮影距離が約30mの場合、写真測量による屋根上積雪深の測定精度は、65mm程度であった。これは、屋根上の雪荷重やその偏分布を評価するための測定と位置付けると、十分に高い精度であったと言える。今後は、撮影距離を変化させた場合で3Dメッシュの生成を行い、撮影距離と3Dメッシュの平均間隔との関係、およびその平均間隔と屋根上積雪深の測定精度との関係を明らかにする予定である。

【参考文献】

- 1) 内山庄一郎, 井上公, 鈴木比奈子: SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究報告, 第81号, pp.37-60, 2014
- 2) 桜井修次, 城攻: 屋根上積雪深測定への空中写真測量の応用に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第450号, pp.25-35, 1993
- 3) 千葉隆弘, Thomas Thiis, 高橋徹, 苦米地司: デジタル画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定精度について, 北海道科学大学研究紀要, 第40号, pp.35-43, 2016.3