

氏名	高橋 浩司
授与学位	博士(工学)
学位記番号	博甲第218号
学位授与年月日	令和6年9月5日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
学位論文題目	UAV-SfMを利用した雪氷防災のための雪面計測法に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 白川 龍生 教授 亀田 貴雄 准教授 館山 一孝 教授 吉川 泰弘 准教授 高橋 理音

学位論文内容の要旨

わが国は世界有数の雪国であり、積雪寒冷地域は国土の約60%を占めている。これまで国は地域特性を踏まえた防災施策の促進に取り組んできたが、近年の気候変動の影響から、既設対策の無力化が懸念されている。災害を未然に防ぎ、安心・安全な道路交通を確保するためには、法面等の積雪深の変化を適切に把握し、事前除雪や一時的な通行止め等のソフト対策の併用などが必要となる。しかし予算減少の現状から、従来の計測手法では安全性、経済性および迅速性に欠けるため、最適化が求められてきた。

このような背景から、本研究は積雪環境下における道路施設の維持管理のため、様々な分野で活用されている汎用 UAV（無人航空機）および SfM/MVS（多視点ステレオ写真測量）を利用した雪面計測法の確立を主目的に実施した。

撮影条件、精度、および実用可能性について、得られた知見は以下の通りである。

1) UAV-SfM を利用した防雪設備周辺の雪面形状を計測する際の最適な撮影条件として、雪質が降雪直後の新雪以外であること、雪面の反射率が0.9未満であること、天気が雪面に陰影のつきやすい直達日射が卓越する晴れであることを示した。

2) 雪面に対して UAV-SfM 計測を適用する際、撮影機材の選定および撮影高度の設定においては地上分解能が雪面で求める計測精度以下になるように設定すれば問題ない。その結果、計測値の相対誤差は平均値-4%、標準偏差±2%が得られることを示した。

3) 積雪期の UAV-SfM 計測における地上基準点設置作業の効率化を目的に、測位方式の異なる UAV での撮影実験、SfM 解析時の地上基準点数を変化させた実験を行い、その計測精度を検証した。RTK 搭載型 UAV を用いることを前提に、撮影時の地上画素寸法を1cm相当に設定し、地上基準点を道路際など2点以上配置することにより、積雪深計測における精度を確保できることを示した。

4) UAV 撮影時の死角部分は点群が生成されないことに対し、モバイルスキャン（スマートフォン等に搭載された LiDAR による計測）で補完可能か検証した。結果、撮影時に適切な取り扱いをすることで、ばらつきが少なく、計測誤差は最大(8cm)5%が得られることを示した。

以上より、UAV-SfM 計測による雪面計測法は、UAV 撮影時の雪質や気象条件、使用する UAV の測位方式や地上解像度の設定、地上基準点の最適な配置を行うことにより、UAV が有する機動性に加え、冬期維持管理に必要な計測精度も確保できることを明らかにした。

このことから、本研究の成果は雪氷防災における調査時の安全性の確保、維持管理の適正化、さらにメンテナンスコスト低減等、多くの面で貢献できることを示した。

審査結果の要旨

本研究の目的は、積雪環境下における道路施設の防災に供するため、様々な分野で活用されている汎用 UAV（無人航空機）および SfM/MVS（多視点ステレオ写真測量）を利用した雪氷防災のための雪面計測法を確立することである。

本研究は、積雪期の雪面反射特性や雪面に生じる構造物の陰影等が撮影結果に及ぼす影響など、無雪期とは異なる積雪期特有の問題を指摘するとともに、これまで明らかにされていなかった積雪期における UAV の撮影条件（雪質及び気象条件）を示した。

さらに積雪期における地上基準点（GCP）設置作業を効率化するため、測位方式の異なる UAV による撮影実験や GCP 数の違いによる撮影精度の検証実験を行った。その結果、RTK 搭載型 UAV を用いることを前提に、撮影時の地上画素寸法を 1 cm 相当に設定するとともに、地上基準点を道路境界など 2 点以上に配置することにより、積雪深計測における実用的な精度が得られることを示した。

これらの研究で得られた知見は、今後、雪氷災害調査の安全性向上、維持管理の最適化、さらにメンテナンスコスト低減等、多くの面で貢献するところ大なるものがある。

以上のことから、本論文は博士号を取得するに十分な内容を有していると考えられる。よって、申請者は北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。