

1. はじめに

20 世紀以降、有珠山（昭和新山）は概ね 20～30 年周期で噴火している。2000 年の噴火では航空情報（NOTAM）が発行され、西山西方を中心とした半径 5km、高度 10km の範囲が航空機の飛行制限領域に設定された¹⁾。NOTAM の範囲では、60 カ所以上の火口（図-1）の出現²⁾、潜在ドーム（図-1）²⁾、熱泥流の流下及び橋梁の流出²⁾が発生した。火山噴火などの広域複合災害時には、迅速な状況調査と正確な情報共有が重要となるため、次回噴火を想定すると、安全な位置から離発着でき、高品質な画像や微地形の観測が可能な UAV の活用が重要となる。2000 年噴火のケースでは、当時としては極めて先進的な無人ヘリによる調査⁵⁾が行われており、撮影された画像は全国放送で公開されるなど、噴火時の立ち入り禁止エリアの情報収集は極めて重要である。本報告では LiDAR を搭載した長距離飛行可能な VTOL 型固定翼 UAV で火口周辺の微地形観測を実施し、マルチコプター型 UAV で LiDAR 計測した微地形との比較を行ったほか、今後の課題について検討した。

2. 方法

2023 年 11 月 13 日、2 種の UAV（図-2）を用い、2000 年噴火で形成された火口群周辺の微地形調査を行った。VTOL 固定翼型 UAV は、図-3 に示す赤線で囲まれた領域を約 21 分で計測した。一方、マルチコプター型 UAV は青線で囲まれた領域を約 30 分で計測した。VTOL 固定翼型 UAV に搭載した LiDAR はスキャン角が 100 度と広く、1 秒間に 200 万点の計測が可能である。

3. 結果

(1) 2 種の LiDAR で計測された DEM の精査 今回の計測で、2 種の LiDAR により共通領域の DEM を作成できた。次に、2 種の DEM の差分値から精度の検証を試みた。青枠の領域内に矩形の領域を設定し、5m 間隔で 6,561 箇所のサンプリング点を設定し、各点に DEM の差分値を関係づけ、エクセルで統計解析を行った。DEM

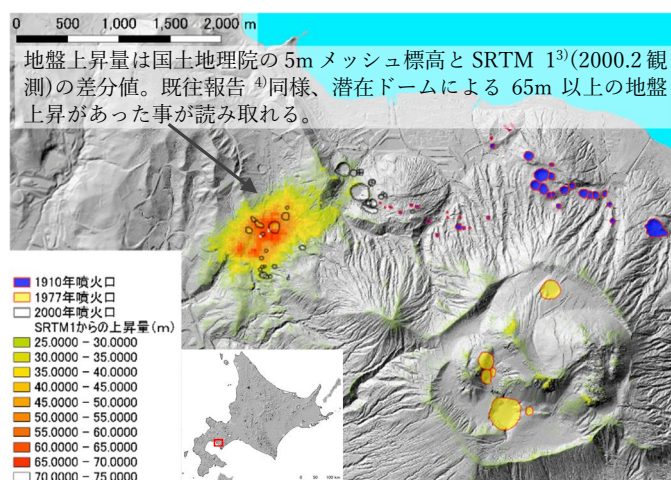


図-1 有珠山の 1910、1977、2000 年噴火における火口⁶⁾及び 2000 年噴火時の地盤上昇領域



図-2 上段：VTOL 固定翼 UAV、下段：マルチコプター UAV（両機体共、LiDAR 装備）

の差分値は尖った釣鐘状の分布（図-4）を示し、標準偏差が 0.226、尖度が約 11、歪度が-1.04 となった。標準偏差 σ を 0.23 で基準化し、 $\pm \sigma$ の範囲の頻度を集計すると、6,561 個の 81.2%が含まれる結果となった。以上から、2 つの異なる LiDAR で微地形を計測した結果、各々の DEM は概ね近似しており、いずれの LiDAR による方法でも差分解析による微地形情報の収集は可能であると考えられる。また、単位面積当たりの計測時間で見ると、VTOL 固定翼 UAV はマルチコプター型 UAV の 13 分の 1 の時間で微地形を高い精度で計測可能である事が分かり、多数の火口や泥流、地盤上昇が

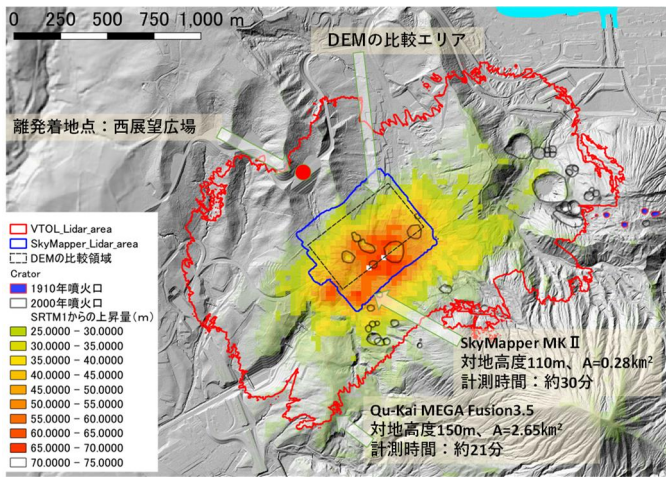


図-3 2機種のUAVによるLiDAR計測エリアと計測時間（着色部分は潜在ドーム上昇箇所）

発生するような場合、迅速に微地形を計測できるメリットは大きいと考えられる。

4. 今後の課題

- ① 非陸上ネットワーク（NTN）を活用した通信：ここで使用したVTOL固定翼型UAVはLTE回線を利用して約400kmの飛行が可能である。しかし、広域複合災害時にはLTE地上局が広域に被災する可能性が高い。現在、通信大手各社によるLEOコンステレーション、HAPSによるNTNの導入に向けた動きが加速している。成層圏を飛行するHAPSの方が、より低遅延かつ大容量通信が可能のため、広域複合災害時の調査上、VTOL固定翼型機からの映像情報をリアルタイムに入手することが期待できる。
- ② 高高度飛行試験：道内火山、例えば十勝岳の62-2火口は標高1,700m程度にあるため、噴火警戒レベル上昇時の火口周辺の噴出物の調査を想定すると、標高2,000m程度まで上昇する必要がある。LTE地上局の利用は対地高度150mまでであるため、今後はNTN通信を利用した高高度飛行試験を行う必要がある。
- ③ 自治体防災訓練等への参加：自治体の防災訓練等でVTOL固定翼UAVを活用した情報収集や避難所への薬品の運搬など、災害に対応したメニューへの参加を通じ、VTOL固定翼UAVの運用メリットの市民、関係機関への周知を行っていく必要がある。

7. おわりに

2種のLiDARにより計測された微地形の差の標準偏差は約22cmであり噴火に伴う地形の変化を捉える上では概ね良好な精度を持っているものと評価できる。今後、NTN通信の利用も可能になるため、通信事

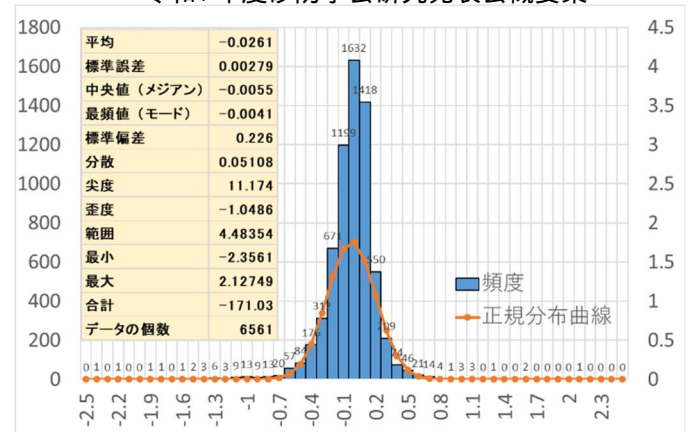


図-4 2種のDEMの差分値の統計解析結果

業各社、UAV国内メーカーを含む民間企業、国、自治体、学識経験者、マスコミ各社との協働により、広域複合災害時のVTOL固定翼UAVの利活用の枠組みを検討していく必要がある。

謝辞：有珠山の詳細地形図作成にあたり、室蘭開発建設部が実施した2009年度の航空レーザー測量結果の一部を利用させて頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 平成12年(2000年)有珠山噴火災害報告：北海道開発局室蘭開発建設部, pp66, 2000.12.
- 2) 宇井 忠英, 中川 光弘, 吉本 充宏, 有珠山2000年噴火, 火山, 2000, 45巻, 3号, p. 195-196
- 3) U.S. Geological Survey. (2014). SRTM 1 Arc-Second Global (30m) [Digital Elevation Model]. U.S. Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 4) 仲野 公章, 清水 孝一, 山越 隆雄, 葛西 勝栄, 中村 剛, 秋山 幸秀, 高貫 潤一, 2000年有珠山噴火時におけるヘリコプター搭載レーザースキャナーによる地形変化測定, 砂防学会誌, 2000-2001, 53巻, 6号, p. 88-94_2
- 5) 仲野公章, 山越隆雄, 杉浦信男, 葛西勝栄(2001): 噴火に伴う有珠山土砂災害緊急対応について, 土木技術資料, Vol.43, No.2, p.34-39
- 6) 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦(2007) 有珠火山地質図(第2版) 1:25,000. 火山地質図2, 産総研地質調査総合センター