

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

UAV を用いた大規模岩盤崩壊斜面の地形・地質特性の把握

研究代表者氏名 加瀬 善洋¹⁾

研究分担者氏名 卜部厚志²⁾, 奥水健一¹⁾, 小安浩理¹⁾, 石丸 聡¹⁾, 川上源太郎¹⁾, 高橋 良¹⁾,
廣瀬 亘¹⁾, 渡邊達也³⁾, 山崎新太郎³⁾

¹⁾北海道立総合研究機構 地質研究所 ²⁾新潟大学 ³⁾北見工業大学

研究要旨

急崖斜面における岩盤の不安定箇所を抽出する際の、UAV 調査の有用性を検討した。具体的には UAV による空撮で得られた画像と写真測量(SfM 測量)に基づいて、詳細な斜面形状、表面の亀裂および岩相分布を把握し、斜面の安定性評価を試みた。写真測量では「鉛直下方」、「斜め 45° 下方」、「水平」の 3 方向から撮影した写真を用いて SfM 処理を行うことで、点群の欠落の少ない三次元地形モデルが作成でき、詳細な斜面形状データが取得できることを確認した。また斜面下部から上部まで連続的に近接撮影することにより、地上から確認できない露頭の観察、および亀裂の分布を確認した。取得した斜面形状と岩相および亀裂の分布を重ね合わせることで、斜面の定性的な安定性評価を試みた。

A. 研究目的

北海道日本海沿岸には、新第三系火砕岩類からなる急崖斜面が広く分布し、大規模岩盤崩壊が多発してきた(北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書, 2000)。このような急崖斜面において、詳細な斜面形状を取得する場合や斜面上部の亀裂分布を把握する場合、従来の手法(例えば、航空レーザー測量)では多大なコストを要した。しかし近年では、UAV を用いた地形測量(以下、UAV-SfM 測量とする)による三次元斜面形状の取得が試みられており(例えば、小花和ら, 2014)、それに UAV の近接撮影による斜面の観察を加えれば、簡便かつ安価に急崖斜面の安定性評価を行うことが可能になると考えられる。しかし、そのような手法を用いた急崖斜面における斜面形状の取得についての検討は必ずしも多くはない。

そこで本課題では、過去に大規模岩盤崩壊が多発した新第三系火砕岩類からなる急崖斜面を対象に、UAV による地形・地質調査の有用性を検討した。具体的には、UAV-SfM 測量から得られた斜面形状と、UAV の近接写真により確認された岩相および亀裂分布との関係から、斜面の定性的な安定性評価を試みた。

B. 研究方法

B-1 調査地

北海道小樽市忍路の急崖斜面(火山砕屑岩、火山角礫岩、岩脈、枕状溶岩が分布)を対象に検討を行った。対象斜面は一部オーバーハングしており、後背斜面は樹木で覆われている(写真1)。



写真1
調査対象斜面の側面

B-2 調査機材および三次元地形モデル作成のための撮影方向の検討

三次元地形モデルは、UAV (Phantom2Vision+, DJI 社) によって空撮した写真を SfM 解析ソフト (Photoscan Professional, Agisoft 社) を用いて作成した。ジオリファレンスには、GNSS 受信機 (Leica Viva Uno 10, Leica 社) で測量した 6 地点の地上基準点 (GCP) を用いた(図 2(a))。

オーバーハングした斜面では、一方向のみからの撮影では不可視となる部分が多く、モデルが構築できない。小花和ら (2014) は、「鉛直下方」

と「斜め 45° 下方」の 2 方向からの撮影を組み合わせて、モデルを構築した。しかし、オーバーハングを伴う斜面においては、上記 2 方向のみではなお不可視となる箇所があるため、「水平方向」からの撮影も加え、斜面全体の点群の欠落（図 1 青色部の割合）を調べた。

その結果、「鉛直下方」と「斜め 45° 下方」の 2 方向からの写真を用いた場合、後背斜面の樹木下部に一部点群の欠落が見られた（図 1A）。一方、「水平方向」を追加したモデルでは、斜面全体の点群の欠落がほとんど見られなかった。そのため、このモデル（図 1B）を採用し、斜面形状の検討を行った。

B-3 地形表現の検討

図 1B のモデルから、オープンソースソフトウェアの CloudCompare (ver.2.9.1) を使用し、10cmDSM を作成した。その後、おおよそ海岸線に平行な N20 岸線-S20 岸線走向方向の垂直面を基準とした場合の斜面の海側への突出を定量的に示すため、ArcGIS (10.3) を使用し、陰影起伏図とコンター図(1m 間隔)を作成した(図 2(a),(b))。

C. 研究結果:急崖の地形・地質分類

急崖の地形は、10 cm DSM から縦断形状を描画した結果をもとに分類した。図 3 に示すように、オーバーハングを含む斜面形状は、「ノッチが発達するタイプ」と「斜面下部に緩やかな凹みを持つタイプ」に分類し、それぞれを、「斜面形状タイプ A」、「斜面形状タイプ B」とした。また、図 2(b)に示した海側への突出を示すコンター図から、検討斜面中央部では、尾根状地形と沢状地形が交互に発達していることを確認した。

露頭調査では、検討斜面の北側から凝灰角礫岩、火山角礫岩、枕状溶岩が認められ、火山角礫岩には岩脈が貫入していることを確認した。さらに、斜面下部から上部まで近接撮影を連続的に行うことにより、地上から読みとれない岩相境界は急崖斜面に直交する方向であることを確認した。

さらに、亀裂についても沢状地形に沿うように分布していることを確認した（写真 2A）。

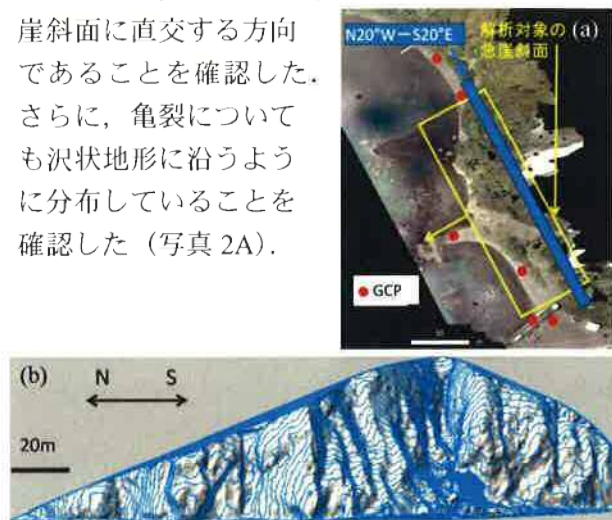


図 2 (a)調査対象範囲のオルソ写真およびGCPの設置場所 (b)得られた急崖の陰影起伏と 1m コンター (N20° W-S20° E 走向方向の垂直面を基準)の重ね合わせ図

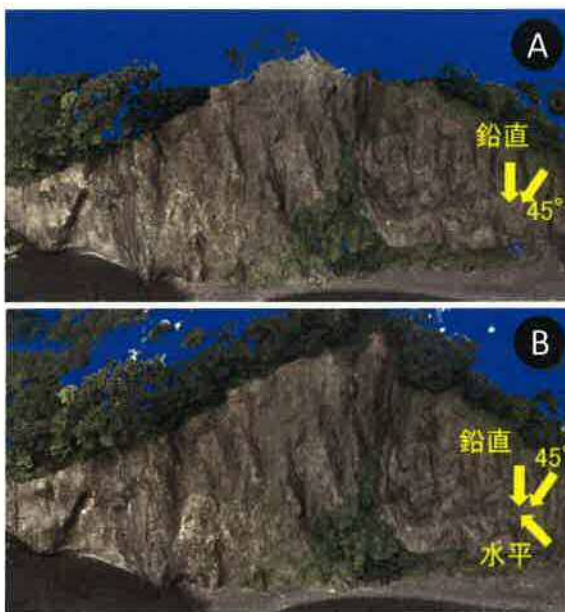


図 1 撮影方向の組み合わせごとのモデル
A. 「鉛直下方」と「斜め 45° 下方」、
B. 「鉛直下方」と「斜め 45° 下方」と「水平」

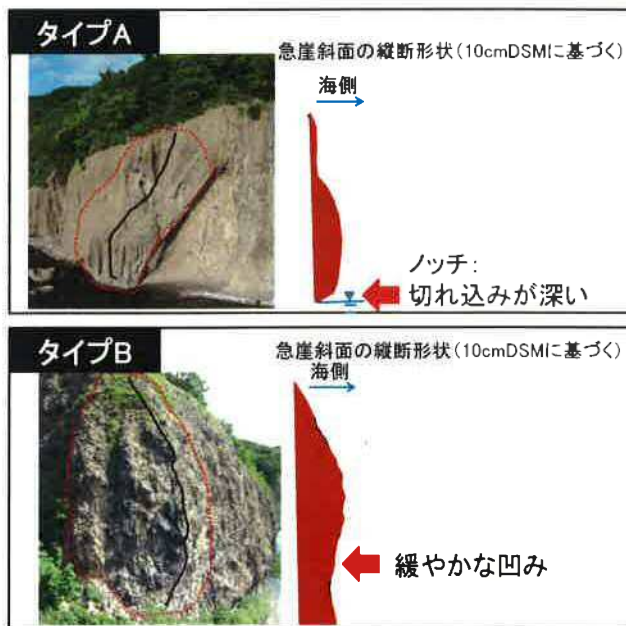


図 3 斜面形状の区分

D. 考察: 岩相ごとの崩壊・浸食様式の検討

判読した亀裂および岩相分布の結果をコンター図にトレースし、斜面形状と亀裂および岩相分布との関係を確認した(図4)。これより、岩相ごとの崩壊・浸食様式について、以下のように考察する。凝灰角礫岩では、亀裂面構造に規制されて凸状部分(斜面形状タイプA)が不安定となる箇所が見られる(図5A)。一方、塊状の枕状溶岩(写真2B)では、斜面形状タイプBの岩塊(緩やかな凹み直上の岩塊)が不安定な状態にあると考えられる(図5B)。

凝灰角礫岩や枕状溶岩からなる斜面と異なり、火山角礫岩からなる斜面では沢状地形を、岩脈からなる斜面では尾根状地形を呈する(図4)。火山角礫岩からなる斜面が沢状の地形となるのは、火山角礫岩が岩脈に比べ、相対的に浸食抵抗が小さく、差別的な浸食が進行しているためと考えられる。

E. 結論

UAV-SfM 測量により作成された地形モデルから詳細な斜面形状データを得ることにより、簡便かつ詳細に地形分類を行うことが可能となった。また、UAVの近接写真により、地上からの確認が

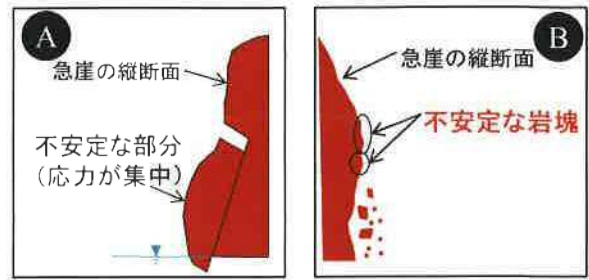


図5 崩壊様式の模式図
A. 凝灰角礫岩、B. 枕状溶岩

困難な斜面上部の亀裂や岩相の分布を把握した。さらに、斜面形状と岩相および亀裂の分布との関係から、斜面の定性的な安定性評価を試みた。その結果、急崖斜面における岩盤の不安定箇所を簡便かつ低コストに抽出する上で、UAVを用いた調査がきわめて有効であることが確認された。

文献

- 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会(2000): 同報告書, pp. 105-180.
小花和ほか(2014): UAV空撮とSfMを用いたアクセス困難地の3Dモデリング. 地形, Vol. 35, No. 3, p. 283-294.

F. 研究発表

1. 論文発表 特になし
2. 学会発表
 - (1) 日本地形学連合 2017年秋季大会・2017年12月・九州大学・奥水ほか
 - (2) 地質研究所成果報告会・2018年5月・かでの2.7・奥水ほか

G. 知的財産権の出願・登録状況 特になし

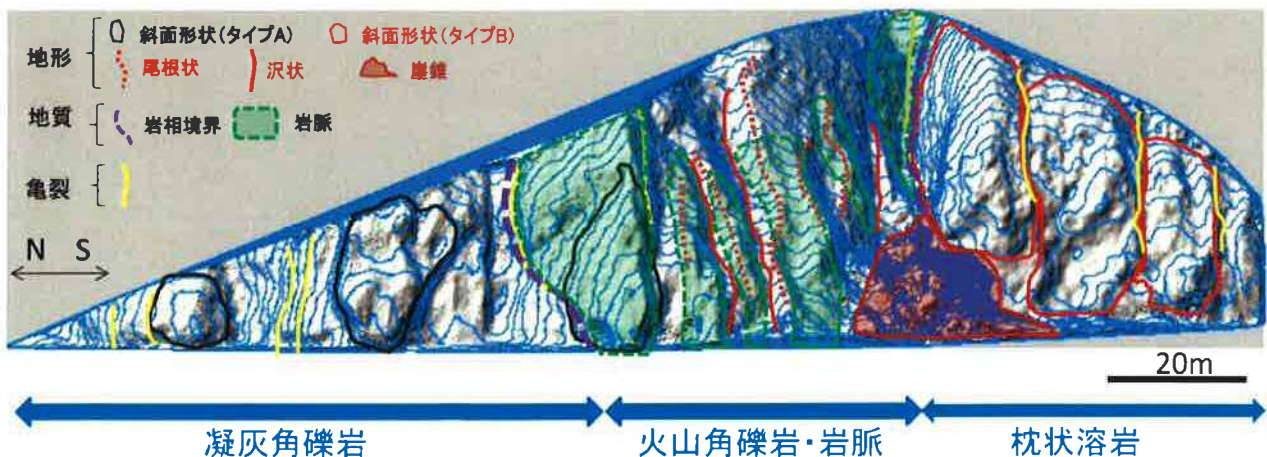


図4 急崖の斜面形状(コンター図)と亀裂および岩相との関係