異なるUAVで撮影した岩盤斜面写真における変状把握手法について

土木研究所寒地土木研究所　正会員　○日外　勝仁
土木研究所寒地土木研究所　非会員　山崎　秀策
土木研究所寒地土木研究所　正会員　倉橋　稔幸

１．はじめに

本研究は，日常的に実施されている道路斜面点検の高度化のために，情報取得が容易なデジタル写真を活用した，岩盤斜面の変状箇所を背景差分法により客観的に把握する手法の開発を目的として，これまでに岩盤斜面の地上からの点検写真を前提とした方法のマニュアルを公開してきた[1)]．近年のUAVの目覚ましい技術革新を受け，点検時期の異なる２枚のUAV空中斜面写真に対しても，変化箇所の把握が可能となるように手法改善を検討することにした．背景差分法により画像の変化箇所を抽出するためには，ある程度構図の揃った画像を比較する必要がある．そのため，同じ機材での撮影より撮影諸元が変わる異なる機材での撮影の方が，また，撮影の自由度の違いから垂直写真より水平写真の方が，構図一致の難易度は高くなる．これまでに，同じ機材による撮影では自由度が大きく難易度の高い水平写真に対して[2)]，また，異なる機材による撮影では自由度が小さく難易度の低い垂直写真に対して[3)]，背景差分法が適用できるUAV撮影方法やその後の画像処理方法等を検証してきた．そこで本稿では，最も厳しい条件となる異なるUAVで撮影した水平写真に対して，軸を揃えた疑似オルソ画像を作成することで背景差分法を適用可能に改善できたので紹介する．

２．調査検討方法

元来,背景差分法が対象としている固定カメラからの撮影のように,同一構図の写真を撮影するためには，同じ［撮影位置］・［撮影方向］・［カメラ･設定］で撮影する必要がある．カメラが同じであれば，GPS 等による［撮影位置］や［撮影方向］をプログラム入力したUAV航行を行い，過去画像と見比べながら高さと撮影方向を現地で調整することで対応が可能であったが[2)]，カメラが異なる場合には，撮影方向を垂直に限定したとしても，撮影方法の工夫だけでは対応できず，機種の違いによる焦点距離やレンズ特性の違いの影響を受けづらい，中心投影画像から正射投影画像に変換したオルソ画像を作成することで，より精緻な背景差分が抽出できることが明らかとなっている[3)]．今回の検討は，落石等の発生する危険のある岩盤斜面を，2017年はPhantom4Pro，2018年はInspire2と，１年の間を空けて異なるUAVで水平撮影した２時期の画像に，背景差分法が適用可能となる構図がある程度一致した画像を準備するための方法を現地検証するものである．そのため，［カメラ･設定］が異なることに対しては，以前の検討[3)]のようにオルソ処理で対応することを検討方針とした．しかし，［撮影方向］を垂直方向に一致させることはジンバルにより容易であるが，水平方向では，そもそもの水平確認が難しい上に方位の一致も必要となり，困難である．一方，オルソ処理は主として航空機からの撮影方向が垂直で一致した複数の写真に対するものであるが，本検討では，撮影方向等が厳密に一定とはなっていない水平写真を対象とするため，SfM 技術によって構築した三次元地形モデルに基づいた疑似オルソ画像を作成することにした．本稿で述べる疑似オルソ画像とは，地形モデルの表面に様々な方向から撮影した写真を貼り付けたテクスチャーモデルに対し，撮影方向に限らない任意の一方向から正射投影したと見なせる画像のことである．複数枚の画像をパッチワークのように１つに合成した写真を基とすることや，処理に利用する地形モデルの精度や欠損状況等にも影響されるという欠点があるものの，カメラの機種や撮影設定は自由で，撮影方向も厳密には一致させる必要がないという大きな利点がある．ただし，正射投影の射線軸は，一致させる必要がある．以上の検討方針に沿って背景差分法を試行し，その結果を受けて更なる改善検討を行ったので,オルソ処理方法の具体的な改良方法や適用結果の改善状況を次章に示す．

キーワード　無人航空機，岩盤斜面，背景差分，オルソ画像，数値標高モデル，写真測量
連絡先　〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸１条3-1-34　(国研)土木研究所寒地土木研究所　TEL:011-841-1775

© Japan Society of Civil Engineers

3．背景差分法試行結果

まず，ほぼ同じ位置･方向で撮影しても，カメラや撮影設定が違えば，写真の構図は大きく異なる（**図-1 (a) (b)**）．そこで，同じ範囲を切出した画像（**図-1 (c) (d)**）において背景差分を試行した結果，物が二重に写るなど，画像の重ね合わせが全くできていない（**図-1 (e)**）．その理由として，中心投影画像では，切出し前の元画像の中心部の撮影方向はほぼ一致していても，周縁部では焦点距離により定まる画角の分だけ角度が異なるほか，レンズ毎で歪曲収差の特性が異なることなどが考えられる．

次に，**図-2 (c)** に示す疑似オルソ画像からの切出し画像の背景差分重ね合わせ画像は，オルソ処理を行わなかった場合の**図-1 (e)** に比べ，二重写りがなくなるなど，大幅な重ね合わせ精度の向上が見られた．ただし，変化があったと見なせる白い皺のように表示された箇所が点在しており，実際に岩盤斜面上で変化があった箇所を判別するのは困難な状況である．このことは，疑似オルソを作成する際に利用した 2 つのテクスチャーモデルは GPS 測量による撮影位置座標を元に算出されているが，その座標軸が厳密には一致していなかったためと推察される．

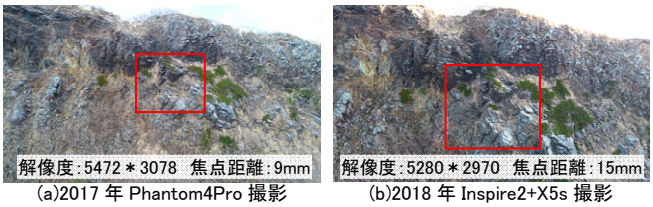
更に，**図-3** に示すように一方の地形モデルを構築した際に斜面上の特徴箇所を広範囲に選定し，もう一方の地形モデルを構築する際の素材となる画像上で標定点として設定することで，2 つの地形モデルの座標軸を揃えた．このような修正を行った疑似オルソ画像における背景差分結果を**図-4** に示す．課題であった白い皺が大幅に消え，日照･植生の違う箇所や画像欠損部を除き，全面的に黒一色の表示となったことで，対象斜面では 1 年間に崩壊等の顕著な変状は発生していないと判断できる．

4．おわりに

SfM 技術により座標軸の揃った地形モデルを構築して疑似オルソ画像を作成することで，撮影位置･方向が自在で背景差分法の適用条件である同じ構図の撮影が極めて難しい異なる UAV による水平撮影に対しても適用可能となる，変化箇所抽出に向けた背景差分法に改善できた．

参考文献

1) 寒地土木研究所防災地質チーム：写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル(案)(平成 22 年 3 月版)，54p. http://chishitsu.ceri.go.jp/soft.html (2019.4.1)
2) 日外勝仁，山崎秀策，倉橋稔幸：岩盤斜面の UAV 撮影写真における変状把握手法について（その 2），第 54 回地盤工学研究発表会講演論文集(投稿中)，2019.
3) 日外勝仁，角田富士夫，山崎秀策，吉野恒平，倉橋稔幸：岩盤斜面の UAV 撮影写真における変状把握手法について，第 53 回地盤工学研究発表会講演論文集，pp.281-282，2018.



(a)2017 年 Phantom4Pro 撮影　(b)2018 年 Inspire2+X5s 撮影

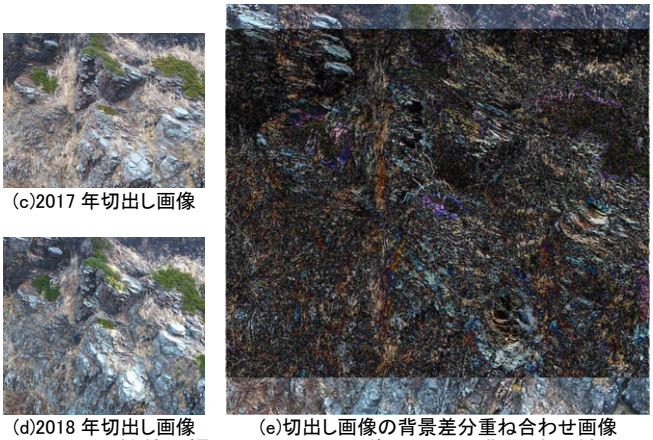

(c)2017 年切出し画像　(d)2018 年切出し画像　(e)切出し画像の背景差分重ね合わせ画像

図-1　異機体で撮影した切出し画像における背景差分結果

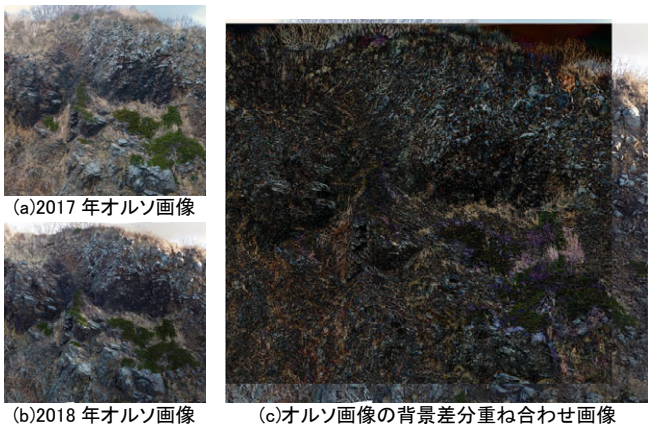
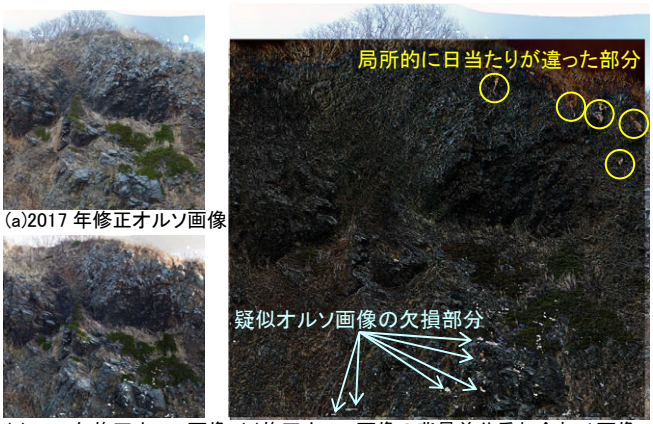

(a)2017 年オルソ画像　(b)2018 年オルソ画像　(c)オルソ画像の背景差分重ね合わせ画像

図-2　異機体撮影によるオルソ画像における背景差分結果

図-3　写真貼付け地形モデル上に示した標定点の配置



(a)2017 年修正オルソ画像　(b)2018 年修正オルソ画像　(c)修正オルソ画像の背景差分重ね合わせ画像

図-4　異機体撮影による修正オルソ画像における背景差分結果

© Japan Society of Civil Engineers