

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは？
2. 手法概要
 - ・ 地上から同じカメラで撮影した場合
 - ・ 空中から同じUAVで撮影した場合
 - ・ 空中から異なるUAVで撮影した場合
3. 手法比較
 - ・ 抽出精度と作業手間の関係
 - ・ 比較事例紹介

土木研究所 寒地土木研究所
防災地質チーム

あぐい
日外 勝仁
 Agui. CERI 1

斜面点検への“UAV”写真計測技術の活用

カルテ点検時等に撮影される斜面写真に対し、撮影時期の異なる2枚の写真を比較することで、

①崩壊等の変状箇所の漏れのない抽出が可能となる

『背景差分法』により、人の目では見落としがちな細かな変化も把握可能となる。さらに、UAV撮影であれば、遷急線の上など地上からは見え難い箇所もカバーできる。

②地形モデルによる形状変化の把握が可能となる

『SfM技術』の発達により、写真から地形モデルを構築することが容易となってきている。その際、オーバーハングがあり金網が施工されているような急崖岩盤斜面に適したUAV撮影条件について、検証結果を紹介する。

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは？

2. 手法概要

- ・ 地上から同じカメラで撮影した場合
- ・ 空中から同じUAVで撮影した場合
- ・ 空中から異なるUAVで撮影した場合

3. 手法比較

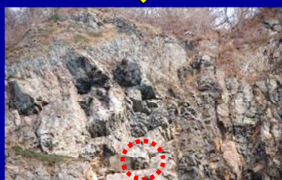
- ・ 抽出精度と作業手間の関係
- ・ 事例紹介

斜面写真における背景差分抽出の手順

背景画像 (H18.11撮影)



評価画像 (H19.11撮影)



ソフトウェアによっては、レンズによる歪みも補正して変形される。



落石の発生により色合いの変わった箇所が視認し易くなっている。

比較する前回と**ほぼ同じ構図**の写真となる様に、前回と同じカメラで、**同じ位置・角度・設定**で撮影する。

GPS付のカメラであれば、ファイルのExif情報に[緯度]・[経度]・[高度]の情報が記録されているので、おおよそ**同じ位置**からの撮影は可能。

日の当たり方によって、写真の色調が変わるため、色調を補正する。

2枚の写真を変形して重ね合わせる。

画像編集ソフトで**パノラマ写真**を作る際の機能を利用する。
(PhotoshopのPhotomerge機能を使用)

2枚の画像の**差分**を抽出する。

重ね合わせた2枚の画像の色の差分をとることで、**無変化箇所は黒く**、**変化箇所は白っぽく**表示させる。

除外すべき差分① 設定差分

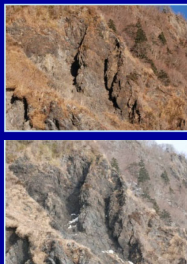


焦点距離35mm(緑枠)と焦点距離70mm(赤枠) 設定の異なる画像比較における歪みの抽出

撮影時の焦点距離が異なるため、**レンズによる画像の歪み(歪曲収差)**が2つの画像で異なる。画像の歪みはレンズの性質上、画像の中心から画像の外縁にむけて大きくなる。背景差分法の実施時にはレンズの歪みを補正するため**正規化**を行っているが、完全には補正しきれていない。そのため**物体の輪郭に沿う形状の差分**が抽出されている。

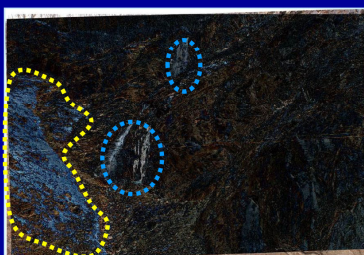
除外すべき差分② 環境差分

日照条件
(陰影・ハレーション)



白点線の範囲は、太陽の位置や天候の差により影の位置・強弱・範囲が異なっており、輝度が異なるため差分として抽出されている。

季節変化
(積雪・氷)



青点線の範囲は、流水・氷柱の有無が差分となって抽出されており、黄点線の範囲は積雪の有無が差分として抽出されている。

植生・流水



緑点線の範囲のように植生の差異がそのまま差分として抽出されるため、夏季などの繁茂期においては、今回比較した秋季・冬季以上の差分が生じると思われる。

本当に知りたい差分 ‘実変化’

崩壊(大)



変状(崩落)箇所における形状や色調の違いが差分画像として明確に抽出できている。

落石(小)



差分画像には大きな落石や崩落, 広範な剥離といった変状は認められない。小規模な岩石崩落痕と見られる箇所については差分として抽出されている。

礫・土砂



斜面上部より流出・流下した礫を多く含む土砂の堆積が差分画像として抽出されている。小さな転石・散岩の分布も差分として認識することができる。

写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル(案)

写真計測技術を活用した
斜面点検マニュアル(案)

令和4年3月

国立研究開発法人 六六研究所 寒地土木研究所
寒地基礎技術研究グループ 防災地質チーム

寒地土木研究所防災地質チーム
のHPからDLできます

URL: <http://chishitsu.cri.go.jp/soft.html> (2022.6.1)

目次

1. 総則.....	1
1.1. 本マニュアルの構成.....	1
1.2. 背景差分法の概要.....	2
2. 点検計画.....	4
2.1. 点検箇所の抽出.....	5
2.2. 点検ポイントの選定.....	7
3. 地上写真編.....	8
3.1. 地上写真編の概要.....	8
3.2. 地上写真の撮影方法.....	9
3.2.1. 地上写真の撮影手順.....	9
3.2.2. 写真に必要なとされる精度の設定.....	10
3.2.3. 撮影の記録.....	11
3.2.4. 撮影方法.....	12
3.2.5. 撮影地点の設定(斜面編).....	16
3.2.6. 撮影地点の設定(構造物編).....	20
3.3. 地上写真を用いた背景差分法の実施方法.....	23
3.3.1. 地上写真を用いた背景差分法の手順.....	23
3.3.2. 地上写真を用いた背景差分法の方法.....	24
4. UAVによる空中写真編.....	25
4.1. UAVによる空中写真編の概要.....	25
4.2. 空中写真の撮影準備.....	26
4.2.1. 空中写真の撮影準備の流れ.....	27
4.2.2. 撮影諸元の決定.....	28
4.2.3. 機材の選定.....	37
4.2.4. 法令の遵守.....	38
4.3. 空中写真の撮影方法.....	39
4.3.1. カメラの設定.....	39
4.3.2. テスト飛行.....	40
4.3.3. フェイルセーフ.....	40
4.3.4. 飛行高度・撮影アングルの手動補正.....	41
4.3.5. 撮影コースの記録.....	41
4.4. 空中写真を用いた背景差分法の実施方法.....	44
4.4.1. 空中写真を用いた背景差分法の手順.....	44
4.4.2. 空中写真の回帰補正方法.....	45
4.4.3. 空中写真の色調補正方法.....	50
5. 背景差分画像の解釈と記録.....	55
5.1. 背景差分画像の解釈.....	55
5.2. 差分検出結果の記録.....	66

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは？

2. 手法概要

- ・ 地上から同じカメラで撮影した場合
- ・ 空中から同じUAVで撮影した場合
- ・ 空中から異なるUAVで撮影した場合

3. 手法比較

- ・ 抽出精度と作業手間の関係
- ・ 事例紹介

事例① “崩壊箇所抽出”と崩壊土量推定

撮影距離=79m
カメラ:NikonCoolPixsS2
焦点距離:f=5.8mm
分解能:30mm
サイズ:W=2592,H=1944



2007. 12. 4



2009. 2. 15

道路上の転石や構造物損傷などの明確な変化があれば、崩壊発生源を意識して探すだろうが、実際は複数箇所に変状が発生しているかもしれない。

ほぼ同構図の
斜面点検写真



2007. 12. 4



2009. 2. 15

差分画像

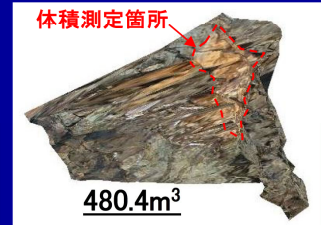
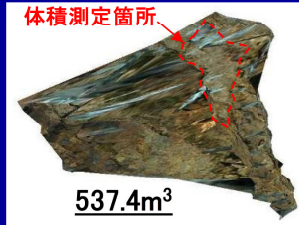


変化箇所の抽出

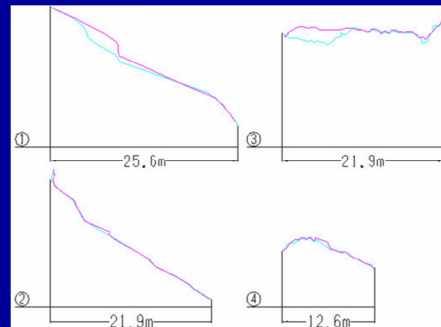
同地点で撮影時期の異なる2画像の一方をネガポジ反転した後に重ね合わせることで、変化箇所が白っぽく抽出される。

事例① 崩壊箇所抽出と“崩壊土量推定”

以前は、写真測量ソフトKuravesを用いて、崩壊前後の地形モデルを2つ作成し、その差分から崩壊土量の算出を試みていたが、現在では、SfM技術が進歩し、より手軽となったAgisoft社製 Metashape (旧 Photoscan)を用いて、三次元地形モデルを作っている。



算出崩壊土量 **57.0m³**



事例② 落石頻発斜面における発生源特定



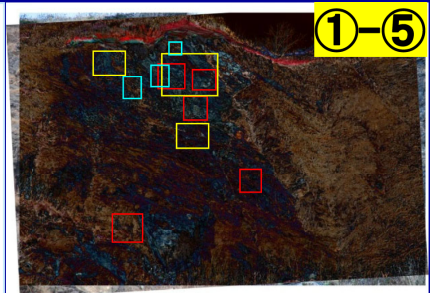
落石頻発斜面(旧道)において2年3ヶ月間に5回の写真撮影を行い、背景差分をとることで、落石発生状況を解析した。



ほぼ同構図の斜面点検写真を比較し、変化箇所を抽出

背景差分画像

同地点で撮影時期の異なる2画像の一方をネガポジ反転した後に重ね合わせることで、変化箇所が白っぽく抽出される。

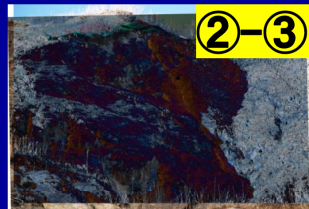


2006.11.17~2009.2.15
27ヶ月比較
落石:11箇所

人の目で判別しづらい細かな変化が抽出可能となり、落石発生源評価につながる!!



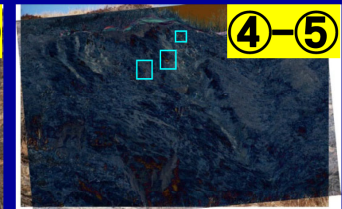
2006.11.17~2007.12.4
13ヶ月比較
落石:5箇所



2007.12.4~2008.1.30
1ヶ月比較
落石:なし



2008.1.30~2009.1.21
12ヶ月比較
落石:3箇所



2009.1.21~2009.2.15
1ヶ月比較
落石:3箇所

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは？

2. 手法概要

- ・ 地上から同じカメラで撮影した場合
- ・ 空中から同じUAVで撮影した場合
- ・ 空中から異なるUAVで撮影した場合

3. 手法比較

- ・ 抽出精度と作業手間の関係
- ・ 事例紹介

検証試験に用いたUAVの例

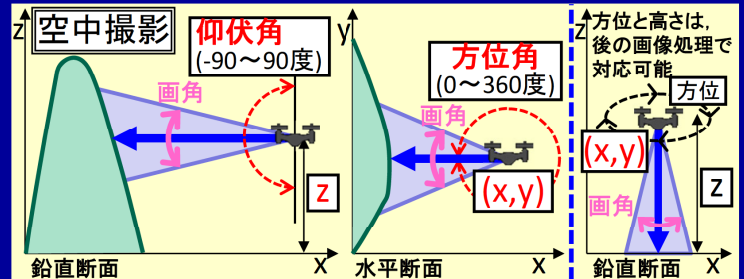
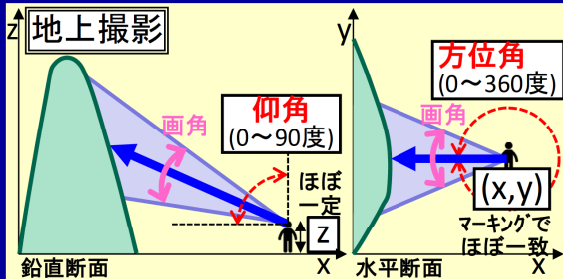
無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle; UAV), ドローンとか

機体名称	DJI Phantom4Pro	DJI Phantom4RTK	DJI Inspire2	DJI S1000
プロペラ数	4枚(クアッドコプター)	4枚(クアッドコプター)	4枚(クアッドコプター)	8枚(オクトコプター)
対角寸法	350mm	350mm	605mm	1045mm
合計重量	1388g	1391 g	3440g	約4400g
最大飛行時間	約 30 分	約 30 分	約 23 分	約15分
GNSS	姿勢制御+画像埋込	姿勢制御+画像埋込	姿勢制御+画像埋込	姿勢制御と位置誘導
ホバリング精度	GNSS測位	垂直方向: ±0.5m 水平方向: ±1.5m	垂直方向: ±0.5m 水平方向: ±1.5m	垂直方向: ±0.5m 水平方向: ±1.5m
	ビジョンポジショニング	(前方・後方・下方) 垂直方向: ±0.1m 水平方向: ±0.3m	(前方・後方・下方) 垂直方向: ±0.1m 水平方向: ±0.3m	(下方) 垂直方向: ±0.1m 水平方向: ±0.3m
	GNSS測位 RTK有効時	—	垂直方向: ±0.1m 水平方向: ±0.1m	—
カメラ	FC6310(備え付け)	FC6310(備え付け)	Zenmuse X5S	Canon EOS5D Mark III
有効画素数	約2000万画素	約2000万画素	約2080万画素	約2230万画素
最大解像度	5472 × 3648	5472 × 3648	5280 × 3956	5760 × 3840
レンズ	(備え付け)	(備え付け)	DJI MFT 15mm/1.7ASPH	EF24mm F2.8 IS USM
焦点距離	2.8-11mm [9mm]	2.8-11mm [9mm]	15mm	24mm
センササイズ	1型(13.2 × 8.8mm)	1型(13.2 × 8.8mm)	4/3型(17.3 × 13mm)	フルサイズ(36 × 24mm)
動画記録サイズ	4096 × 2160 (4K)	4096 × 2160 (4K)	4096 × 2160 (4K)	1920 × 1080 (Full HD)
外観				

- | | | | | |
|----------|--------|----|--------|---------|
| ・ 機体 | 小型 | 同左 | 中型 | 大型 |
| ・ カメラ | 小型/固定 | 同左 | 中型/選択式 | 大型/変更自由 |
| ・ 機体/カメラ | 連動して | 同左 | 連動して | 非連動なので |
| ・ 撮影座標 | 画像埋め込み | 同左 | 画像埋め込み | 時刻読み取り |

同じ構図で撮影する上での[地上/空中]の違い

背景差分法は、従来、**固定カメラ画像の変化把握**を目的としており、デジタルカメラで同じ構図の(中心投影)画像を撮影するためには、
 同じ、**カメラ(レンズ)と撮影設定(画角←焦点距離)**
撮影位置と撮影方向 による撮影が必要!!
 ⇒ **カメラ(同/異)と撮影方向(鉛直/水平)**の条件について検証を行う。



撮影位置は、zはほぼ同一で、x,yについても、マーキング等で一致できる。
 撮影位置が同じとなれば、撮影方向は画像を見比べることで、一致できる。

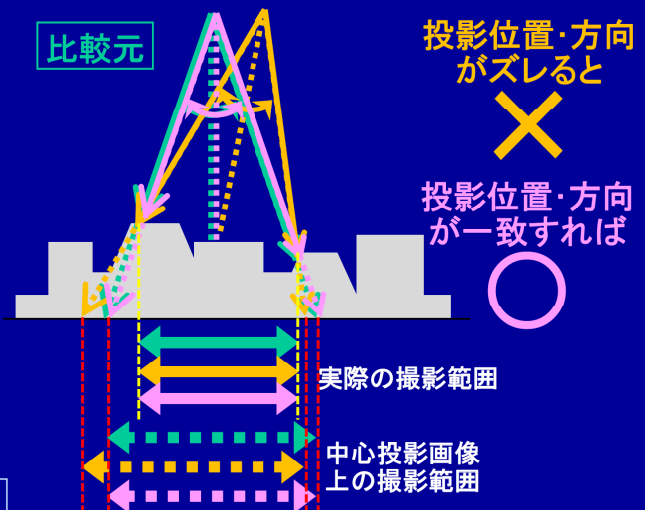
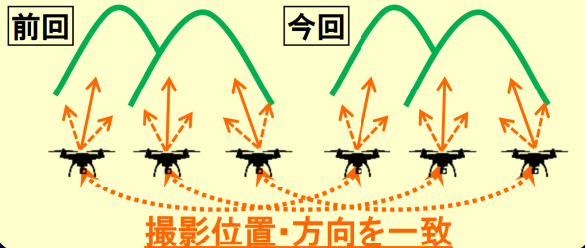
撮影位置は、画像のExif情報のGPS記録からxyz座標を把握でき、UAV自動航行プログラムにより、位置座標・撮影向き再現はある程度可能である。ただし、GPS(高度)等の精度に課題があり、変数も多いため、画像比較による調整にも限界がある。データ引き渡しや位置調整に手間がかかる。

[UAV空中撮影]

- ・同じカメラの場合: 撮影位置・方向を現地作業で完全に一致させるのは困難
- ・違うカメラの場合: 別の方法を要検討

同じカメラで構図の同じ写真を撮るためには

- ①: 撮影位置・方向を前回と一致させて撮影
- ②: 前後の撮影写真の色調を補正
- ③: **撮影写真** から背景差分を抽出



・同じカメラで**撮影の位置・方向を一致**

撮影位置のGPS座標データが埋め込まれた画像が必要
 撮影位置をプログラム飛行させ、高度と撮影方向は、画像を見比べて現地微調整するズレの許容範囲は、ラップ率90%以上

手間はかからないが、**背景差分の精度はあまりよくない**

実際の撮影範囲が同じでも、撮影位置と方向が異なると、被写体の形状によっては投影画像の構図は違ってくる。

カメラが同じなら、**同じ位置、同じ方向**で**同じ設定**で撮影すれば、**構図の同じ写真**となる

同じUAVの場合の撮影方法

自動航行

以前の画像のExif情報から[緯度]・[経度]・[高度]を取得し、同じUAV(Phantom4pro)に座標入力した自動航行で撮影。



山の輪郭が二重となりズレている

位置座標の再現性が低く、構図にズレが生じ、背景差分の変形重ね合わせが不可となった。

改善

自動航行



画郭調整

以前の画像とモニタとを見比べて、[撮影位置と方向]を調整して撮影。



山の輪郭のズレも僅かである

積雪のみが変化箇所として白っぽく表示

[撮影位置と方向]を目視で調整したことで、背景差分の変形重ね合わせが可能となった。

GPS等による測位精度に限界があり、座標入力した自動航行のみで撮影位置を一致させるのは困難であり、追加での画郭調整が必要となる。→調整の程度は?

背景差分が抽出可能な画郭のズレ程度は？

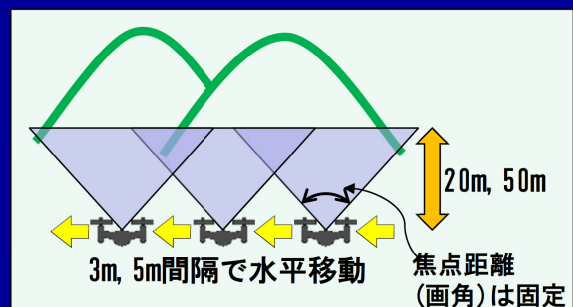
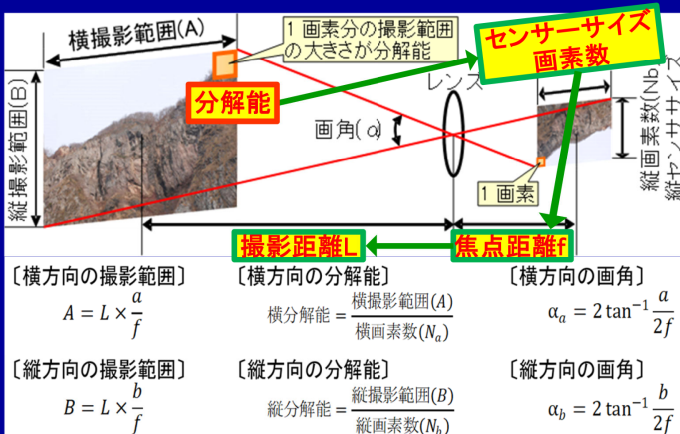
検証条件

背景差分を行うには、“ほぼ”同じ構図の写真が必要となるため、先ずは、同日に同じUAVを用いて撮影を行い、背景差分が適用可能となる撮影の画郭のズレ程度を検証する。

Phantom4 Proを用いて、座標・高度・機首方向・カメラの水平角をプログラムした上でカメラの焦点距離を固定し、斜面とカメラの距離を一定になるよう斜面と並行に水平移動しながら撮影した。

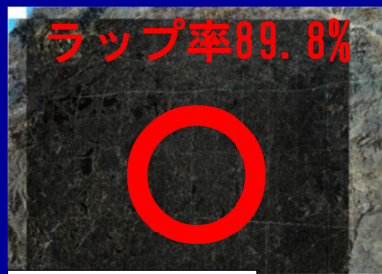
斜面とUAVの距離は、20mと50m

撮影水平移動距離は、3mと5m の4ケースの組合せを実施



連続水平写真撮影状況

背景差分が抽出可能な構図のズレ程度は？

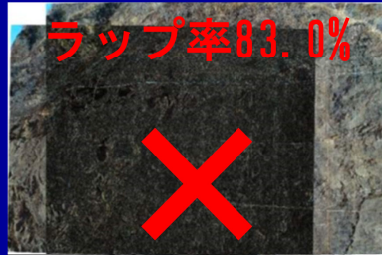


ラップ率89.8%
斜面からの距離: 20m
撮影水平移動距離: 3m



ラップ率91.8%
斜面からの距離: 50m
撮影水平移動距離: 6m

ラップ率 90%



ラップ率83.0%
斜面からの距離: 20m
撮影水平移動距離: 5m

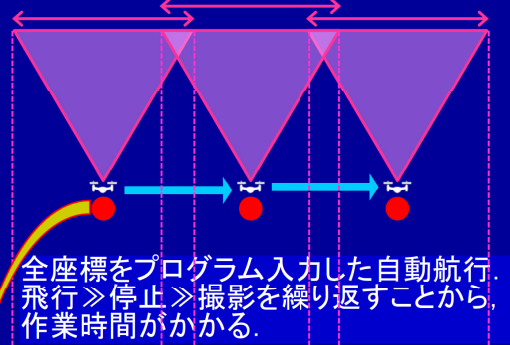


ラップ率83.6%
斜面からの距離: 50m
撮影水平移動距離: 12m

背景差分の抽出が可能となる撮影条件は、UAVの斜面からの距離と撮影水平移動距離から算出される2画像のラップ率が90%以上である

同じUAVの場合の2種類の航行撮影パターン

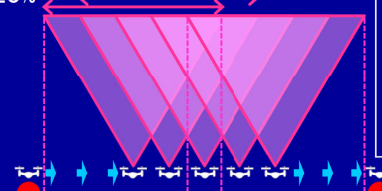
前回のUAV撮影 ラップ20%程度



前回の撮影座標をプログラム入力

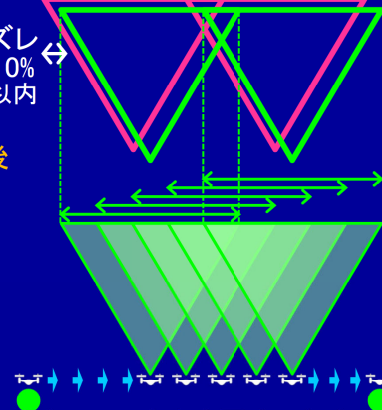
今回のUAV撮影

ズレ 20%



折り返しの両端座標をプログラム入力し、その間は航行しながらのインターバル撮影。ラップ率が80%となる密度であれば、2回の撮影ズレは10%以内に収まる。

ズレ 10%以内



カメラの向きを固定したまま低速で横に移動しながら撮影

事例③ 同じUAVによる背景差分[RTK対応UAV]

自動航行&画郭調整撮影 [一般UAV]

2019年Phantom4pro 自動航行のみ
 2018年Phantom4pro 【比較元】
 2019年Phantom4pro 自動航行+画郭調整



自動航行撮影 [RTK対応UAV]

2019年Phantom4RTK 【比較元】
 2020年Phantom4RTK 自動航行のみ



汎用UAVで
自動航行撮影



汎用UAVで
自動航行後に
画郭調整撮影

色調補正



RTK対応UAVで
自動航行撮影



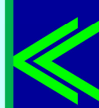
景差分
合わせ



2回のズレ
水平:18m
垂直:20m



2回のズレ
水平:8m
垂直:5m



2回のズレ
水平:0.4m
垂直:0.2m

まとめ

- ・前回画像のExifから取得した[緯度]・[経度]情報を入力して自動航行させて撮影する。
- ・90%以上のラップ率の写真が必要となり、ズレが大きいと撮影の前に現地画郭調整が必要。
- ・測位精度の高いRTK対応UAVは、ほぼ同じ位置へ自動航行でき、差分抽出精度も極めて高い。

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

2. 手法概要

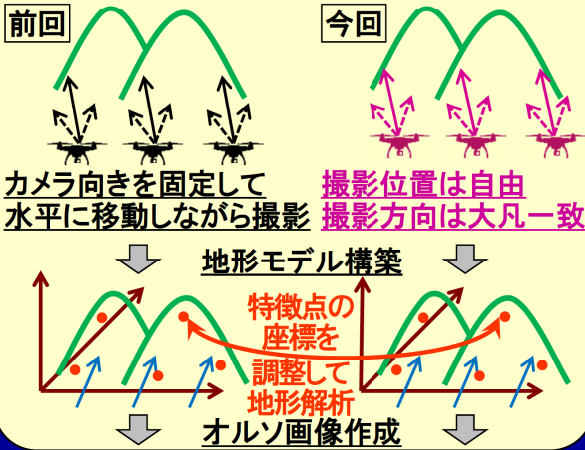
- ・地上から同じカメラで撮影した場合
- ・空中から同じUAVで撮影した場合
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合

3. 手法比較

- ・抽出精度と作業手間の関係
- ・事例紹介

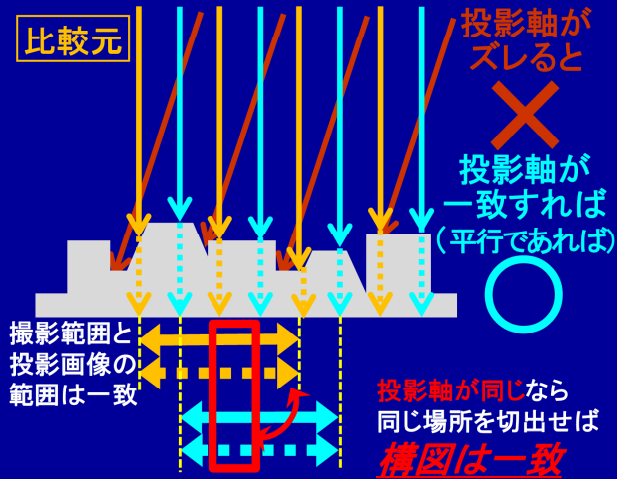
異なるカメラで構図の同じ写真を撮るためには

- ①: 撮影位置は自由, 撮影方向は鉛直固定か大凡の水平方向を前回と一致させて撮影
- ②: 写真から地形モデルを構築し, 鉛直・水平方向のオルソ画像を作成
- ③: 前後のオルソ画像の色調を補正
- ④: **オルソ画像** から背景差分を抽出



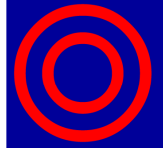
オルソ画像を作成して比較するので、
同じ位置から撮影しなくてもOK

手間(地形モデル/オルソ)がかかるが、
背景差分の精度は極めて良い



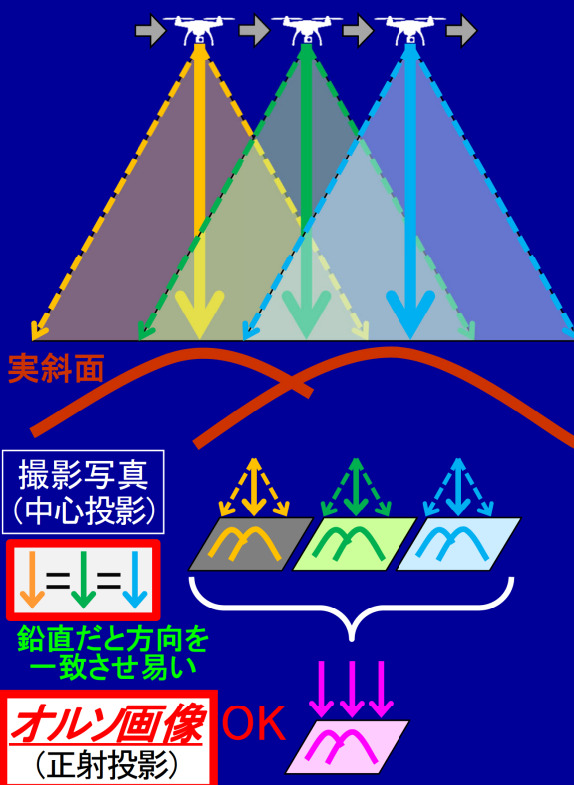
SfM技術により、写真から構築した三次元地形モデルを活用することで、カメラ撮影したままの**中心投影画像**を**正射投影画像**に**オルソ変換**する

正射投影の軸さえ一致すれば、**カメラや撮影位置によらず、同じ構図の画像**を切り出すことが可能となる。

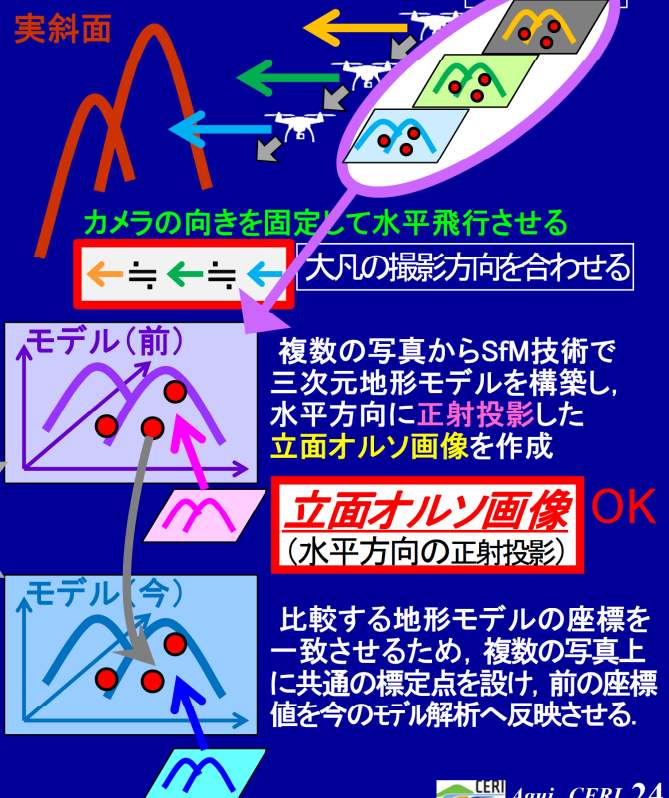


写真撮影方向別の2種類のオルソ画像作成方法

鉛直撮影



水平撮影

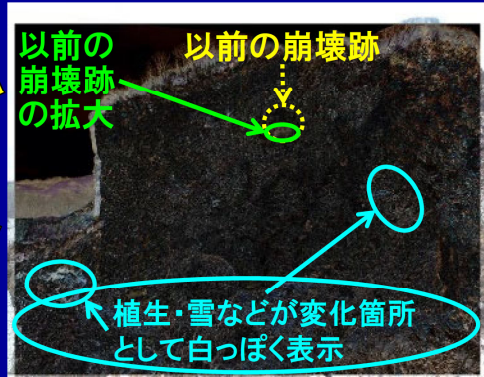


オルソ画像に対する背景差分抽出[①色調補正]



輪郭には僅かにズレが見られるものの、内部はほぼ一致した変形重ね合わせとなった。
前後の色調が異なるため、全体が変化箇所として白く表示されている。

色調補正の前処理を追加



2枚のオルソ画像の色調を等しく調整した後に、重ね合わせを行った。
背景差分抽出では、雪や植生の異なる箇所の他、以前の崩壊跡の拡大部分などが、白っぽい表意となる変化箇所として抽出できた。

撮影の位置・方向ズレの影響を受けない正射投影オルソ画像を色調補正して背景差分をとることで、精度良い変化箇所の把握が可能。

オルソ画像に対する背景差分抽出[②座標軸調整]

オルソ画像作成では、SfM解析によって得られた三次元地形情報を基に、地形による歪みの影響を受けない正斜投影画像に変換される。その際、比較する地形モデル間のズレをなくす必要がある。

そのため、比較する2時期の写真において同じ特徴点を標定点として設定し、一方の地形モデル解析時の特徴点の座標値をもう一方の地形モデル解析時に入力することで、2つの地形モデルの座標を合わせることができる。

このように、地形情報と正斜投影軸方向が合うように調整された2枚のオルソ画像は、構図が一致し、精度の高い背景差分抽出が可能となる。



2017年撮影の2画像から構築したテクスチャーモデルの同じ方向からの俯瞰図
(点群数:2,596,761点,
■範囲の点群密度:1,036点/m²)

互いの特徴点の座標が合うようにSfM解析することで、モデル間のズレを減らす

座標入力



2018年撮影の3画像から構築したテクスチャーモデルの同じ方向からの俯瞰図
(点群数:4,280,693点,
■範囲の点群密度:1,349点/m²)

事例④ 異なるUAVによる背景差分[疑似オルソ画像]

疑似オルソ画像作成に必要な地形モデル構築時の比較する2モデル間の座標軸調整の有無を比較

局所的に日当たりが違った部分

実際は無変化の露岩部での白さが黒く改善

草の変化で見ていた白さも軽減

疑似オルソ背景差分画像 (軸調整なし)

疑似オルソ背景差分画像 (軸調整あり)

共通で設定した標定点の2017年モデルでの座標値を2018年モデルの解析に利用

軸調整によりオルソ処理のズレが改善され、露岩部(○)や植生部(○)で見られた白っぽさが減り、細かな変化が視認し易くなった。その結果、岩の起伏部(○)で日の当たり方が違った部分が白く浮かび上がる。

LERI Agui. CERI 27

写真計測技術を活用した斜面点検手法

～岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法～

1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

2. 手法概要

- ・ 地上から同じカメラで撮影した場合
- ・ 空中から同じUAVで撮影した場合
- ・ 空中から異なるUAVで撮影した場合

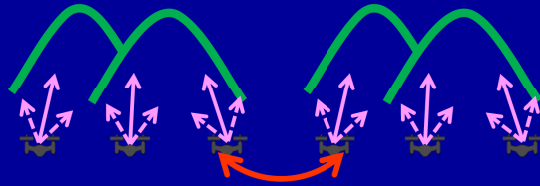
3. 手法比較

- ・ 抽出精度と作業手間の関係
- ・ 事例紹介

【まとめ】UAVで背景差分を可能とする方法

① 同じUAVを使う場合

- 撮影写真をそのまま比較
- 一般UAV or RTK対応UAV



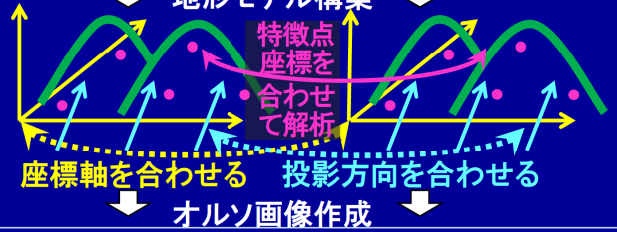
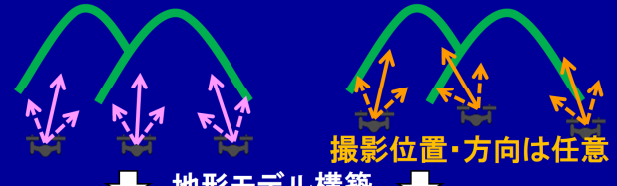
撮影位置・方向を一致させる
RTK対応のUAVであれば、
自動航行撮影でも十分な精度がある。

- ・同じカメラで撮影の位置・方向を一致させる
- ・画像のExifファイルからGPS撮影位置座標を抜き出し、UAVにプログラム飛行させる。
- ・画像を見比べて、高度と撮影方向を調整して、画郭が合うように撮影する。
- ・ズレの許容範囲は、ラップ率90%以上
- ・RTK対応UAVだと、ほぼ同じ位置に行ける。

解析等の手間はかからないが、
背景差分の精度はあまりよくない

② 異なるUAVを使う場合

- オルソ画像に変換して比較
- 無調整 or 追加調整で精度向上



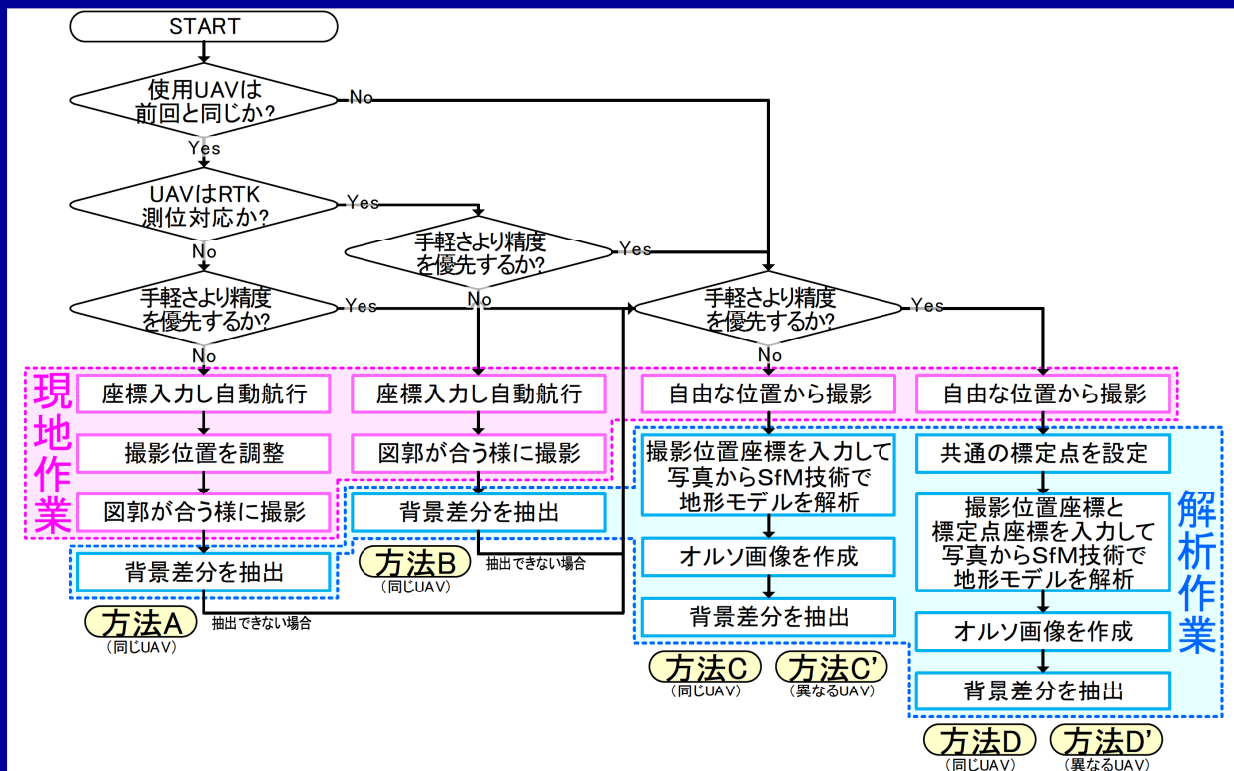
- ・鉛直では、直接写真からオルソ画像を作成
- ・水平等の任意方向では、死角なく自由な位置・方向から撮影した複数の写真から三次元地形モデルを構築し、オルソ投影軸を一致させた疑似オルソ画像の構築が必要

手間(地形モデル/オルソ)がかかるが、
背景差分の精度は極めて良い!!

【まとめ】使用機材及び手間・精度による調査方法の選択

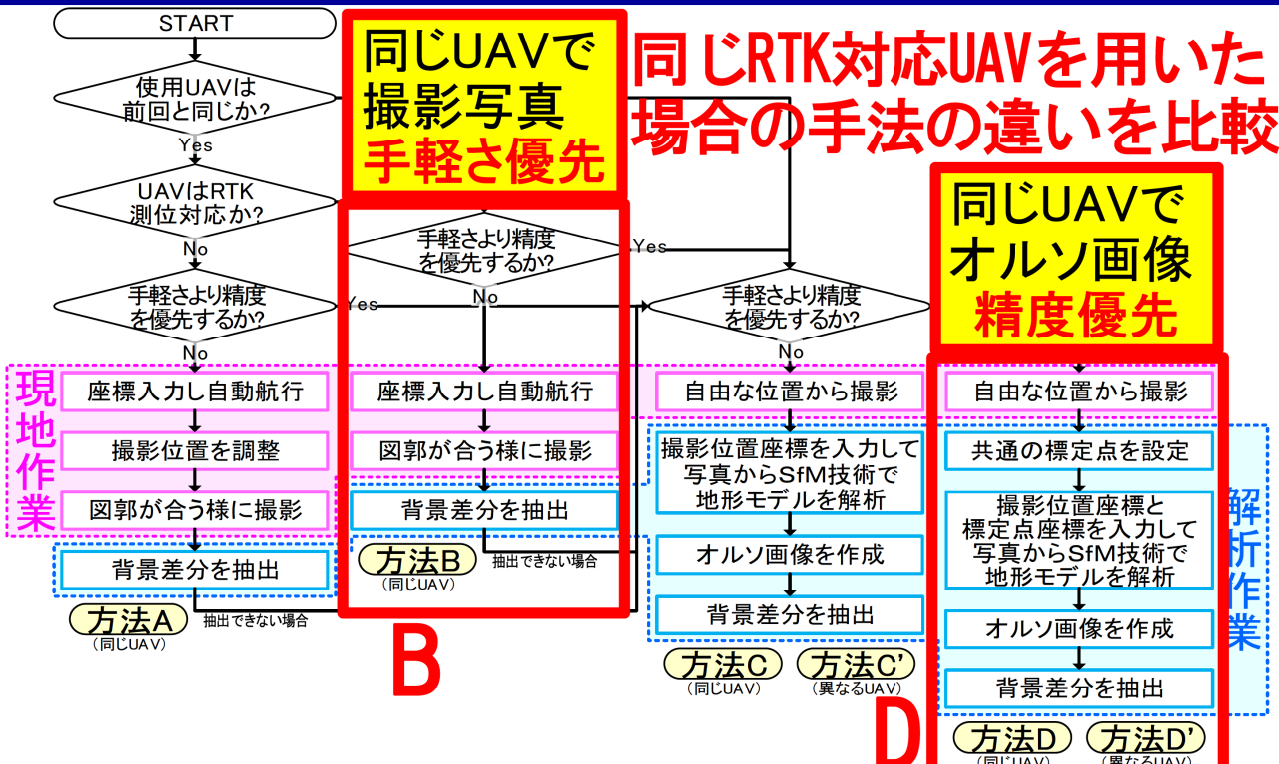
使用機材 (同一性/ 測位性能)	同じ		異なる (同じ場合にも適用可)	
	A 一般UAV	B RTK対応UAV	C 一般UAV	D 一般UAV
比較対象	撮影写真	撮影写真	オルソモザイク画像	オルソモザイク画像
手順① 比較画像 の取得	前回撮影写真のExif情報から取得した位置情報を基に、UAVを同じ位置に自動航行させた後、前回写真と見比べて、図郭が合う様に撮影位置・方向を調整して撮影する。	前回撮影写真のExif情報から取得した位置情報を基に、UAVを同じ位置に自動航行させた後、前回写真と見比べて、図郭が合う様に撮影方向を調整して撮影する。	自由な位置・方向から撮影した写真を基に、その撮影位置座標を入力して三次元地形モデルを解析し、オルソモザイク画像を作成する。	自由な位置・方向から撮影した写真を基に、その撮影位置座標と共通で設定した標定点の座標を入力して、座標が一致する様に三次元地形モデルを解析し、オルソモザイク画像を作成する。
手順② 背景差分 の抽出 (共通)	比較画像の構図が一致する様に、パノラマ写真作成時の機能を用いた画像の変形・重ね合わせを行い、色の差分をとる。	比較画像の構図が一致する様に、パノラマ写真作成時の機能を用いた画像の変形・重ね合わせを行い、色の差分をとる。	比較画像の構図が一致する様に、パノラマ写真作成時の機能を用いた画像の変形・重ね合わせを行い、色の差分をとる。	比較画像の構図が一致する様に、パノラマ写真作成時の機能を用いた画像の変形・重ね合わせを行い、色の差分をとる。
現地作業	×	△	◎	◎
解析作業	◎	◎	△	×
抽出精度	△	○	◎	◎

【まとめ】使用機材及び手間・精度による調査方法の選択



現地作業や室内解析作業の手間と差分抽出精度から適した方法を選択する。

使用機材及び手間・精度による調査方法の比較①



現地作業や室内解析作業の手間と差分抽出精度を鑑み、適した方法を選択する。

撮影写真とオルソ画像の背景差分結果の比較①-1

撮影写真 (2020/11/17) → 撮影写真 (2020/11/25)

写真の分解能は2cm弱
Phantom4RTK

Photomerge機能を使って撮影写真を重ね合わせた背景差分画像

地形による歪みを補正したオルソ画像を重ね合わせた背景差分画像

背景がより黒く表示され変化箇所が判読し易い⇒

←写真そのままの背景差分画像でも十分に落石箇所を抽出できている

[B] [D]

33

撮影写真とオルソ画像の背景差分結果の比較①-1

写真分解能は2cm弱

斜面の全景写真であっても、小さな変化を見つけ出せる。
点検箇所が事前に決まっている場合には、解像度を上げた局所撮影により、細かな変化にも対応可能。

背景差分画像

33.1cm

肉眼では変化が捉えられない程度の小さな落石であっても、背景差分画像では抽出が可能である。

落石発生前

落石発生後

落石箇所が判りますか?

[D] オルソ画像からの差分抽出

CERI Agui. CERI 34

背景差分抽出手順

Adobe社 Photoshop2022

メニュー
「ファイル」
>「自動処理」
>「Photomerge」



①色調補正した
2画像

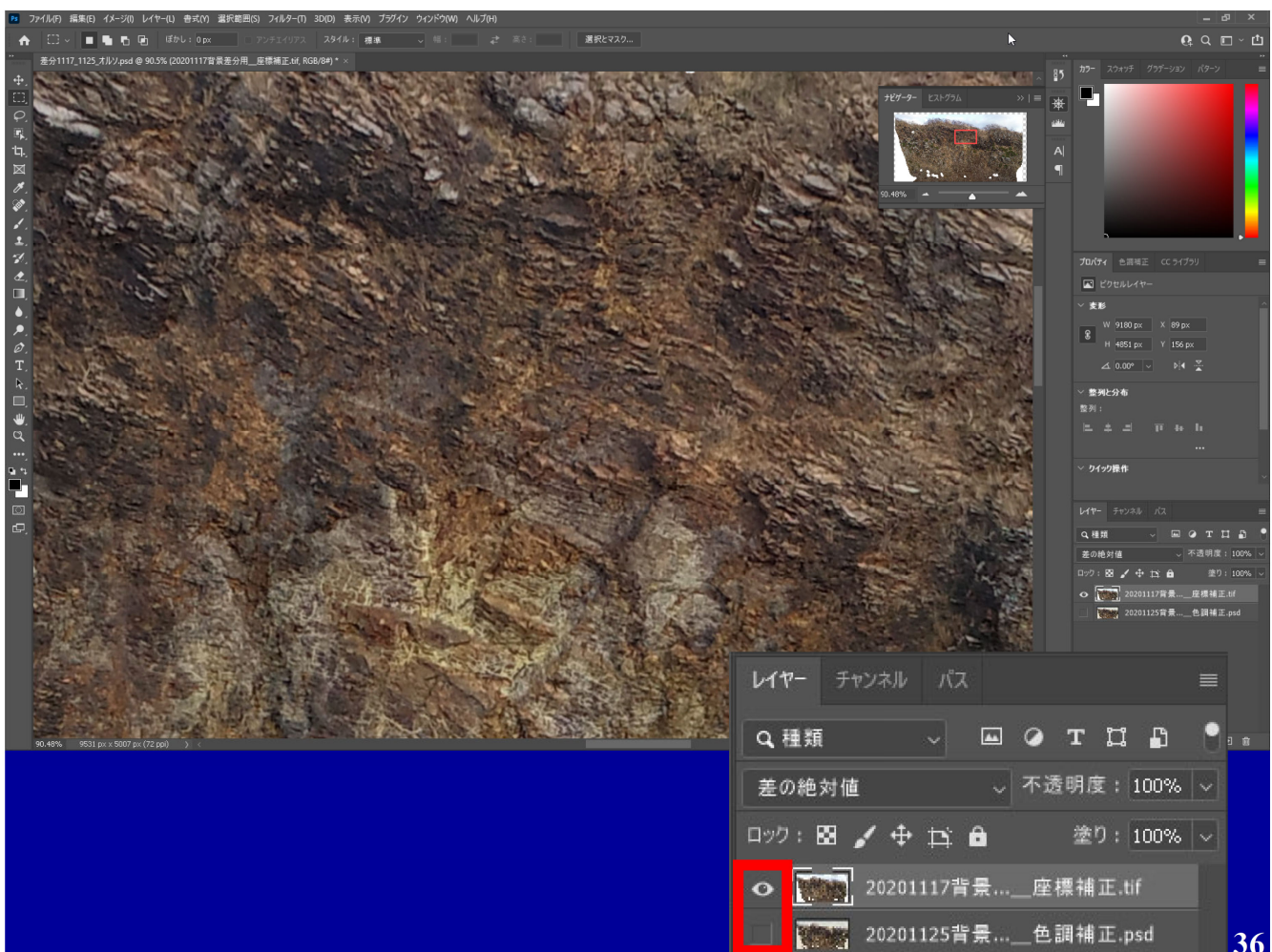
②2画像を選択し
合成する
Photomerge

「合成」から
「差の絶対値」
に変更する

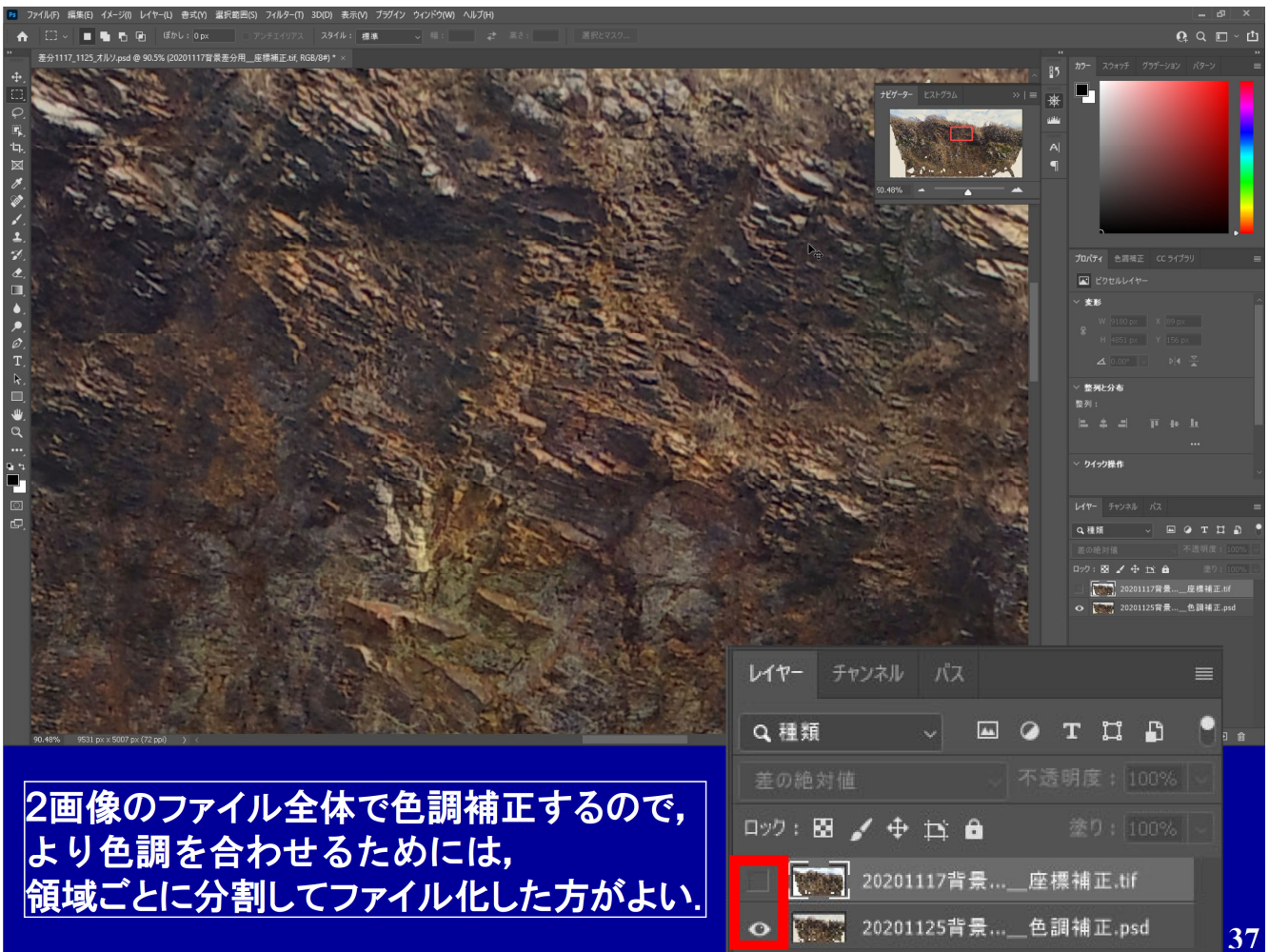
③差分を抽出する

④レイヤーを切り替えて変化箇所を確認

35



36



メニュー「イメージ」>「色調補正」>「カラーの適用」
 色調を補正したいターゲットの対象画像に対し、
 色調をあわせに行くソースの画像を選択する。

撮影写真とオルソ画像の背景差分結果の比較①-2

(2020/11/17)

(2020/11/25) **撮影写真**
Phantom4RTK

Photomerge
機能を使って
重ね合わせた
背景差分画像

[B]

ワイヤーロープ

(2020/11/17)

(2020/11/25)

二重写りしていたワイヤーロープが一本に重なった他、積み石部も白っぽさが消えて黒く表示され、顕著な変化のなかったことが確認。

(2020/11/17)

(2020/11/25) **オルソ画像**
Phantom4RTK

Photomerge
機能を使って
重ね合わせた
背景差分画像

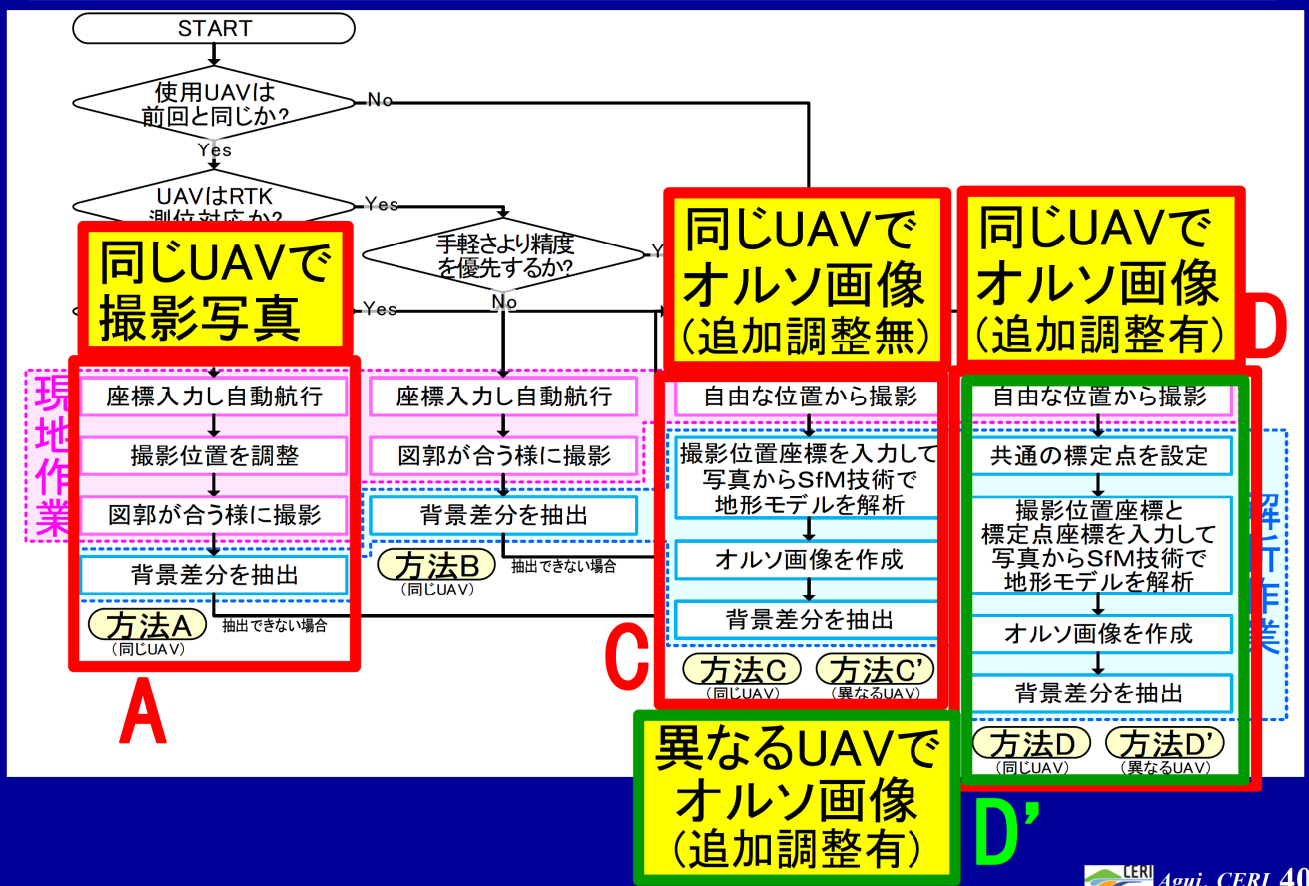
[D]

(2020/11/17)

(2020/11/25)

CERI Agui. CERI 39

使用機材及び手間・精度による調査方法の比較②



方法A 同じUAVによる背景差分[撮影写真]

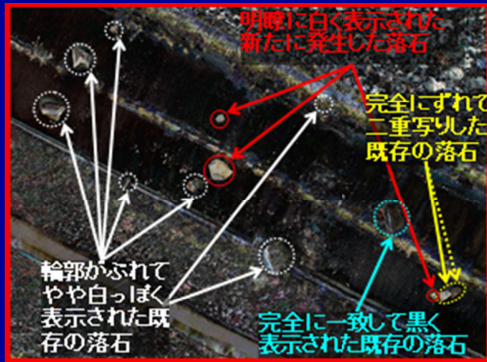


Phantom4撮影写真
2017/11/10

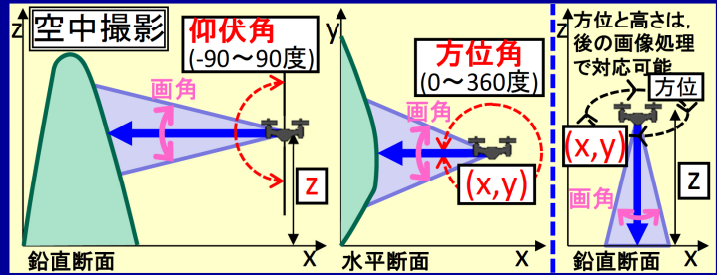
Phantom4撮影写真
2018/11/20



撮影写真の背景差分画像



背景差分拡大画像



鉛直撮影の場合は、撮影方向を一致させ易く、おおよそ同じ位置で撮影すれば、RTK対応でなくても同じUAVであれば、背景差分の抽出が可能である。

方法C-D 同じUAVによる背景差分[オルソ画像]



2018年Phantom4pro
軸調整無し鉛直オルソ画像



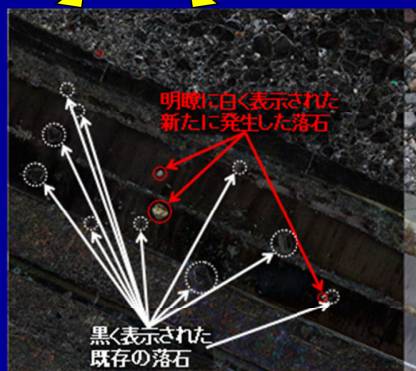
2017年Phantom4pro
鉛直オルソ画像



2018年Phantom4pro
軸調整有り鉛直オルソ画像



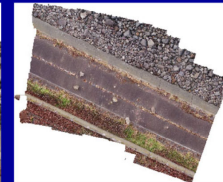
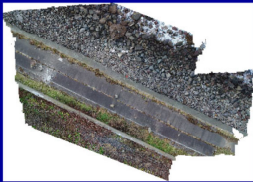
軸調整無し背景差分画像



軸調整有り背景差分画像

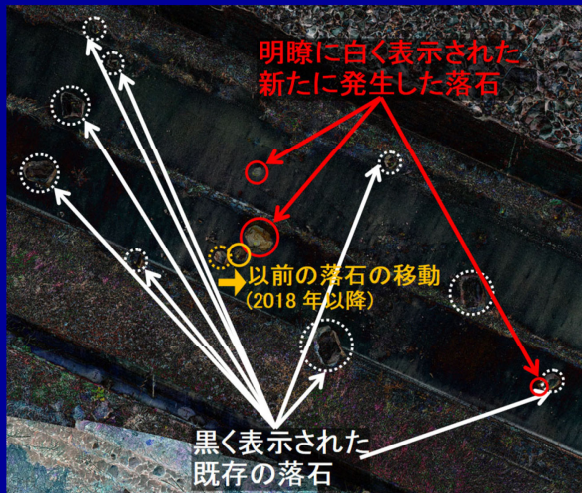
新たに発生した落石は両者ともに石全体が白く表示されているのに対し、変化のないはずの既存の落石で、軸調整しない方がやや白っぽく表示されている。

方法D' 異なるUAVによる背景差分[オルソ画像]



2017年鉛直オルソ画像Phantom4pro

2019年鉛直オルソ画像Inspire2+X5s



背景差分画像

新たな落石(赤丸)や既存の落石の移動(黄丸)等が抽出されている。

オルソ画像化で地形の歪みは補正されているが、カメラのレンズ特性の違いから、細かなズレは生じており、変化のないはずの既存の落石の輪郭が白く表示されている。

路面上の落石の抽出における手法の比較 [鉛直撮影]

同じカメラによる撮影写真 [A]

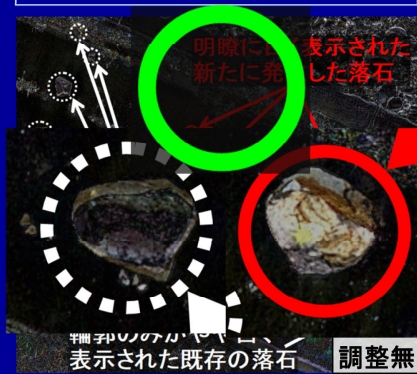


自由度の低い鉛直撮影であれば、撮影写真でも十分背景差分を抽出できる。

新たな落石は明瞭に白く表示されている(赤実線丸)。

変化のない既存の落石もやや白っぽく表示され(白点線丸)、周縁部は二重写りするなど、視認性がやや悪い。

同じカメラによるオルソ画像 調整:無(上)[C], 有(下)[D]



鉛直撮影は方向を揃え易く、同じカメラであれば、オルソ作成時の調整は省略可能である。

新たな落石は明瞭に白く表示されている。

変化のない既存の落石は、輪郭のみ白く表示され、視認性は高い。



異なるカメラによるオルソ画像 [D'] (調整有り)



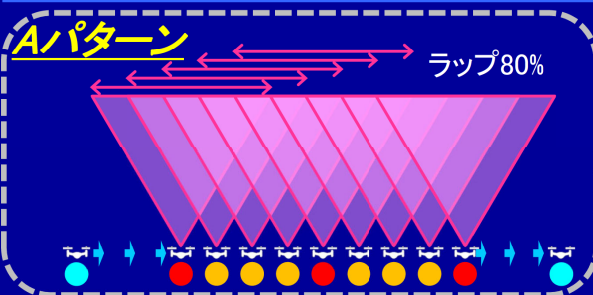
【まとめ】調査方法の精度の違いと方法選択の考え方

背景差分の抽出精度（判読時の視認性）



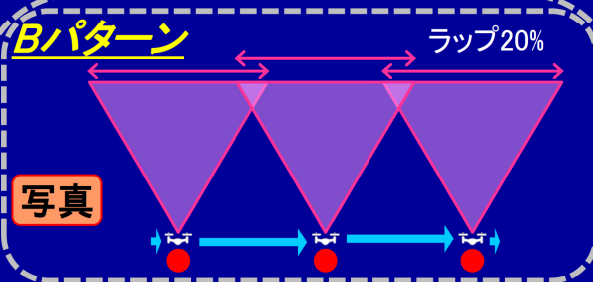
- ・ 比較する2回の撮影でUAVが異なる場合は、**オルソ画像**から背景差分を抽出する必要があり、**判読時の視認性を上げる**ためには、地形モデル解析時に**調整を追加**することが望ましい。
- ・ 比較する2回の撮影でUAVが同じ場合は、**まずは写真**から背景差分抽出を試み、不可となった時に**改めてオルソ画像**から背景差分抽出を行うという**2段方式**もある。
- ・ **鉛直撮影**では、**写真**からの背景差分抽出の可能性が高い。
- ・ **RTK対応UAV**は、誤差1m以下と測位精度が高く、オルソ画像を作成せずに**写真**からでも背景差分抽出の可能性が高い。一般のUAVと比べて、撮影時の**図郭あわせ等の現地作業性が格段によく、精度も期待**できる。

【まとめ】目的や使用UAVに応じた航行撮影パターン



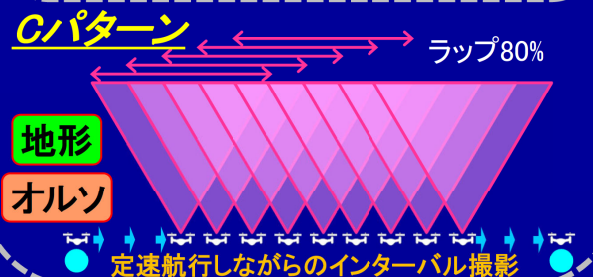
【初回】

- ・ 初期値撮影と現地形把握も兼ねて
出来ればRTK対応UAV……Aパターン
ラップ率80%となる撮影位置座標●と背景差分抽出の際の撮影位置座標●、1フライトの起終点●を記録



【2回目以降】

- ・ 背景差分抽出のみ
前回と同じUAV……[B+C]orAパターン
Bで背景差分が抽出できない場合にCを使ってオルソ画像化を行う
前回と違うUAV……CorAパターン



- ・ 背景差分抽出と地形モデル作成
UAVに関わらず……CorAパターン

最後に

斜面の維持管理・点検においては、斜面崩壊の引き金となるような兆候を見逃さずに捉えることが重要である。

デジタル画像処理，写真測量技術，UAVといった新しい技術を活用し，人の目では見落としがちな微細な変化を，漏れなく，また，経年的に把握することで，斜面災害の防止に繋がることを期待する。