

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UAV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

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た。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

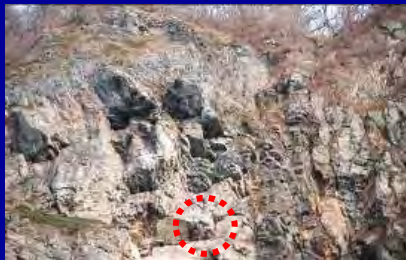
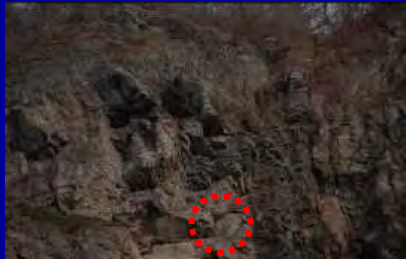
- 地上から同じUAVで撮影した場合
- 空中から同じUAVで撮影した場合
- 空中から異なるUAVで撮影した場合

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)



色調
補正



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。

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3年8月

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

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	35
4.2.4. 法令の遵守	36
4.3. 空中写真の撮影方法	37
4.3.1. カメラの設定	37
4.3.2. テスト飛行	38
4.3.3. 飛行高度・撮影アングルの手動補正	38
4.4. 空中写真を用いた背景差分法の実施方法	39
4.4.1. 空中写真を用いた背景差分法の手順	39
4.4.2. 空中写真の図郭補正方法	40
4.4.3. 空中写真の色調補正方法	45
5. 背景差分画像の解釈と記録	49
5.1. 背景差分画像の解釈	49
5.2. 差分検出結果の記録	58

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> (2021.11.1)

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UAV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



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**で**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



差分画像



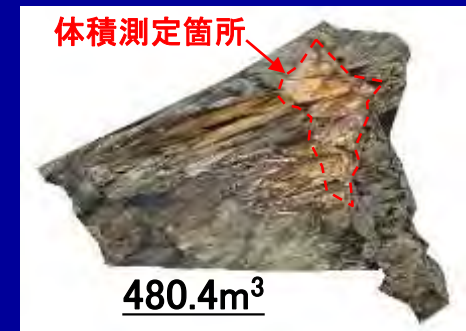
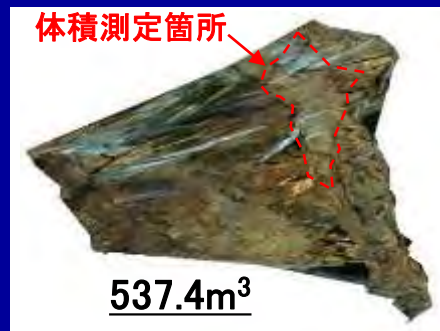
変化箇所の抽出

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。

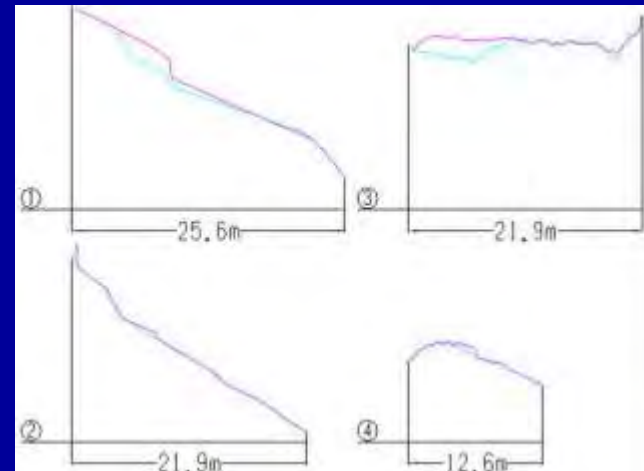
事例① 崩壊箇所抽出と“崩壊土量推定”

写真測量ソフトKuraves(マニュアル作成当時)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た。

SfM技術が進歩し、より手軽なソフトが出てきており、UAV空中写真では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



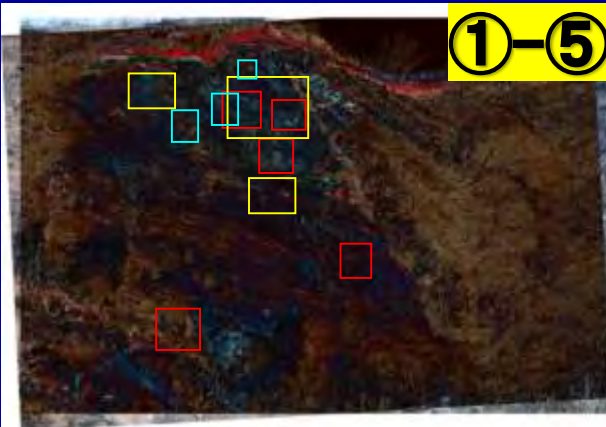
事例② 落石頻発斜面における発生源特定



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。

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



(2006.11.17)

(2009.2.15)

ほぼ同構図の斜面点検写真を比較し、変化箇所を抽出

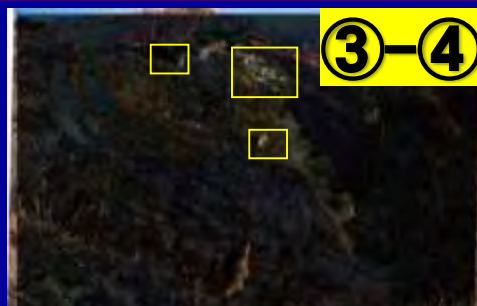
人の目で判別しづらい細かな変化が抽出可能となり、落石発生源評価につながる!!



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UAV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

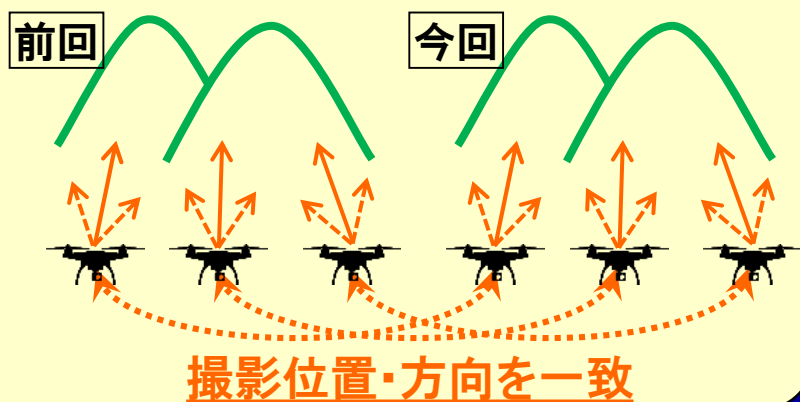
3. 手法比較

- 抽出精度と作業手間の関係
- 事例紹介

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: 前後の撮影画像の色調を補正
→ **撮影画像** から背景差分を抽出

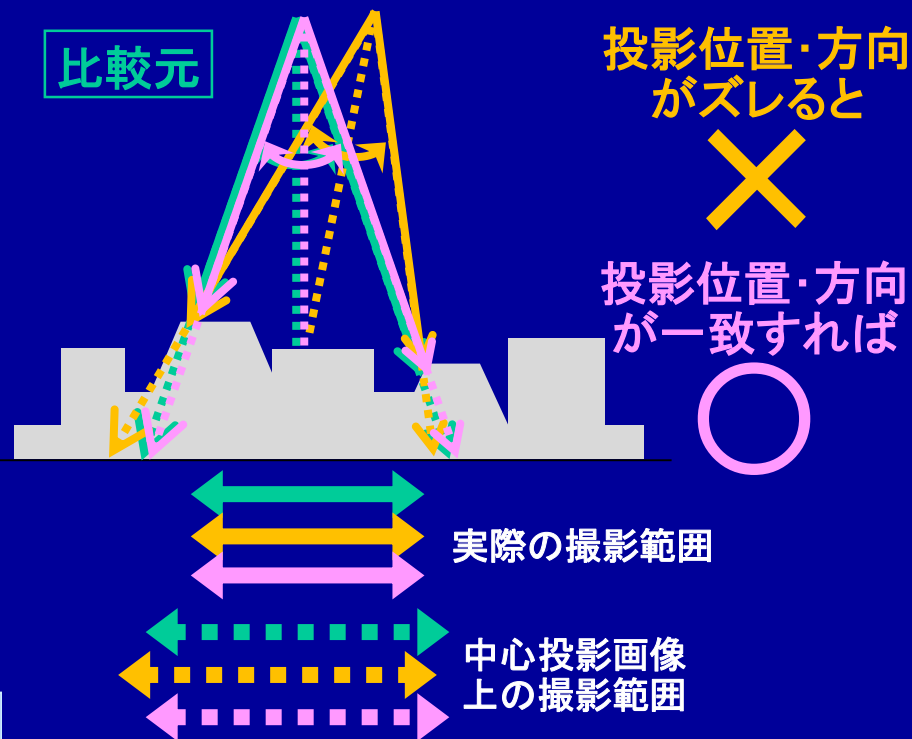


・同じカメラで**撮影の位置・方向を一致**

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。



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。



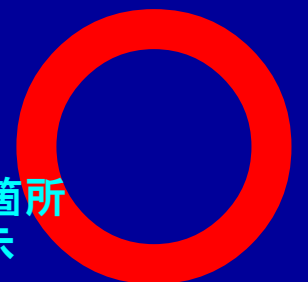
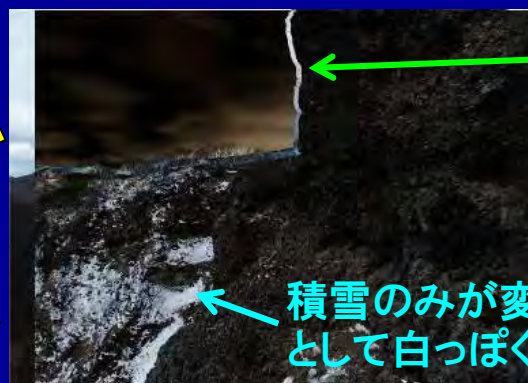
改善

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。



[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

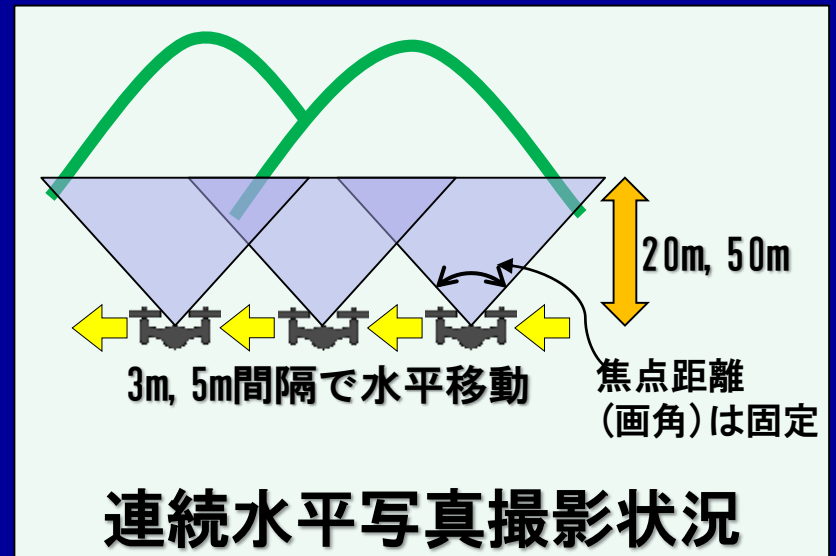
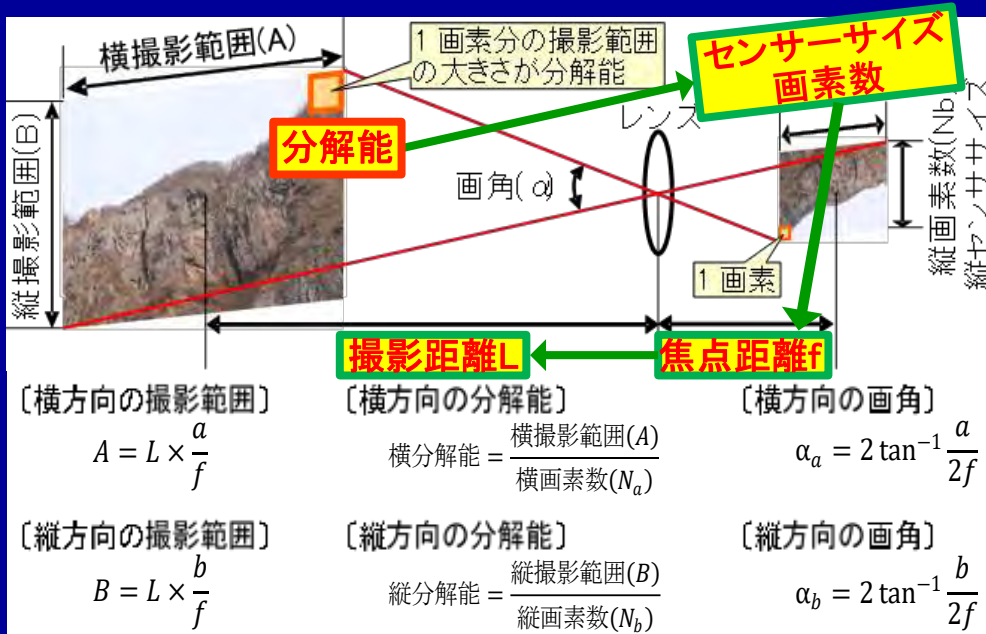
背景差分を行うには，“ほぼ”同じ構図の写真が必要となるため、先ずは、同日に同じUAVを用いて撮影を行い、背景差分が適用可能となる撮影の画郭のズレ程度を検証する。

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

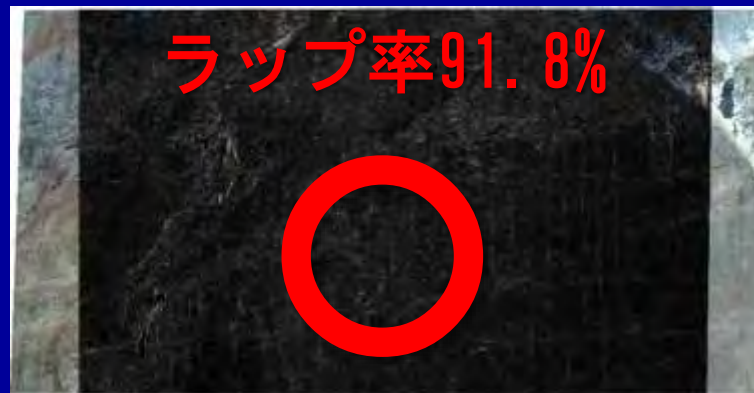
の4ケースの組合せを実施



背景差分が抽出可能な構図のズレ程度は？

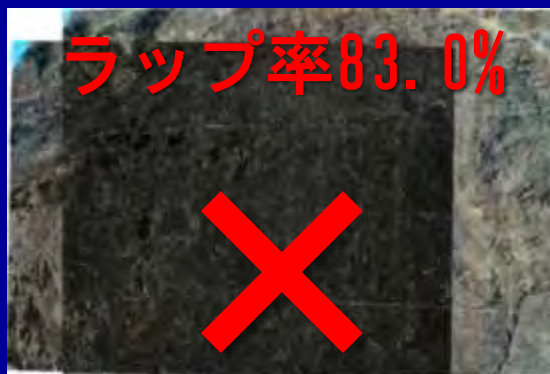


斜面からの距離: 20m
撮影水平移動距離: 3m

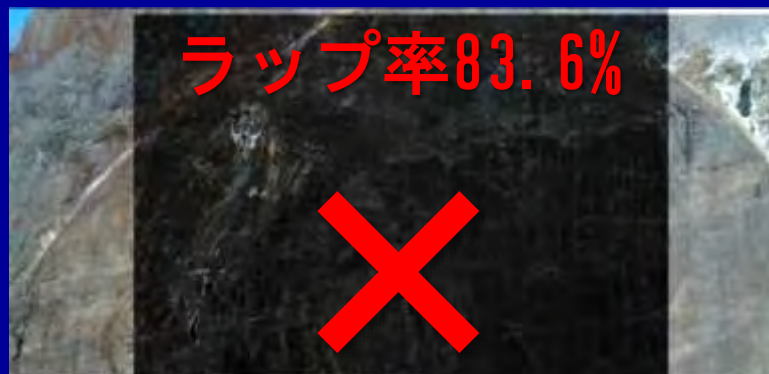


斜面からの距離: 50m
撮影水平移動距離: 6m

ラップ率 90%



斜面からの距離: 20m
撮影水平移動距離: 5m

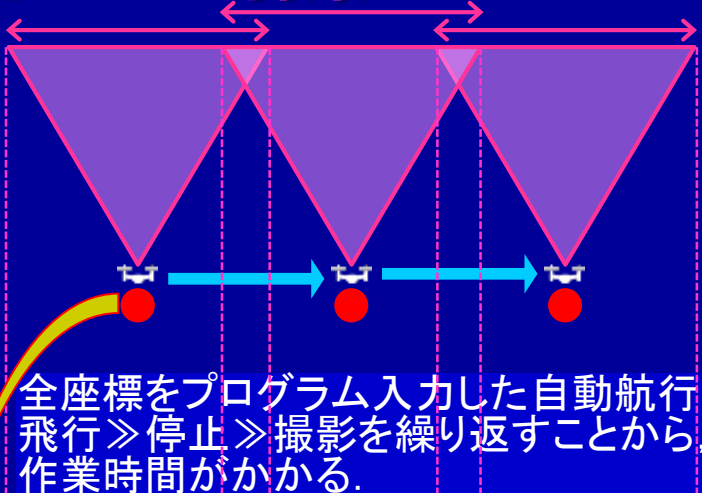


斜面からの距離: 50m
撮影水平移動距離: 12m

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

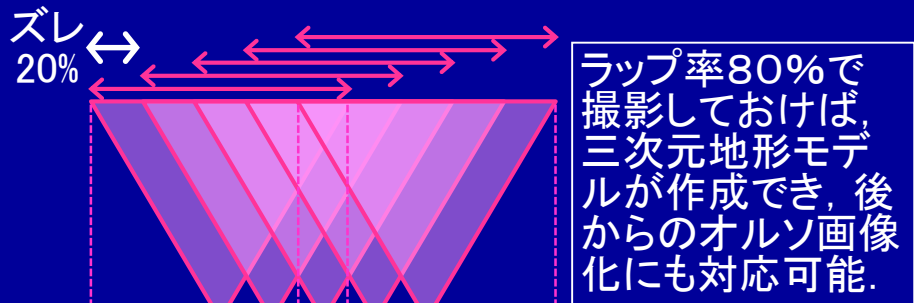
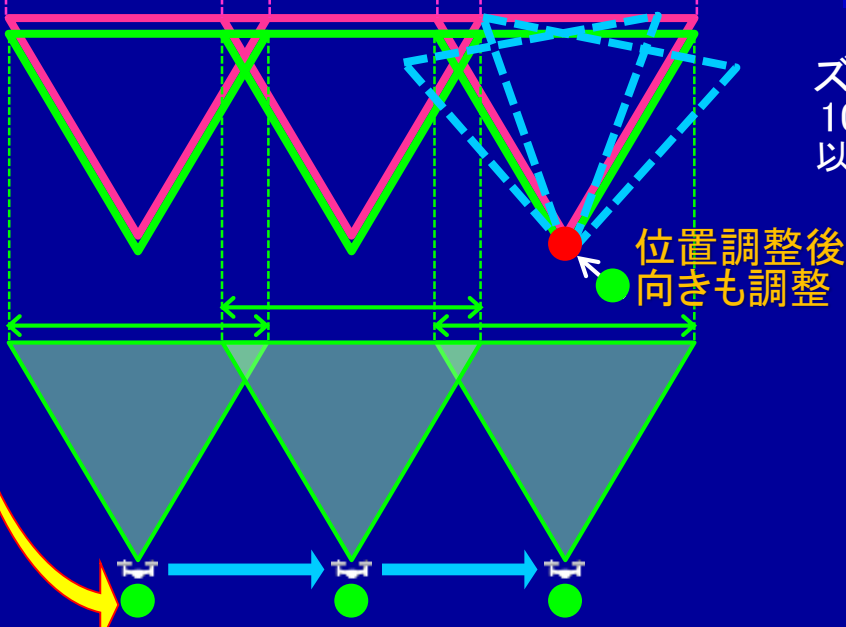
同じUAVの場合の2種類の航行撮影パターン

前回のUAV撮影 ラップ20%程度

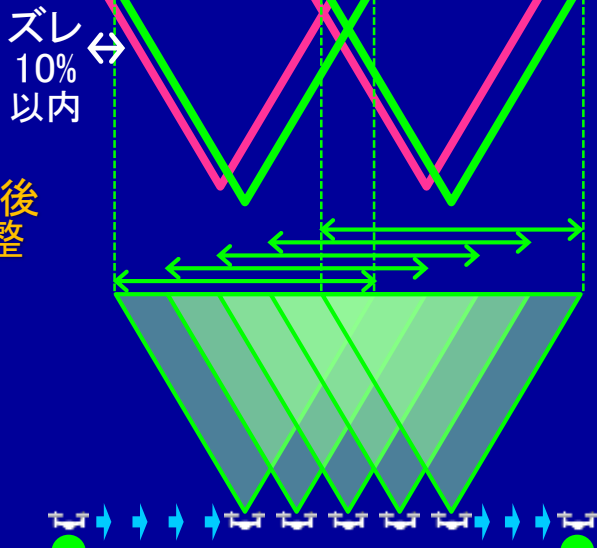


前回の撮影座標をプログラム入力

今回のUAV撮影



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。



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]

自動航行撮影 [RTK対応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

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



色調補正



汎用UAVで
自動航行撮影

汎用UAVで
自動航行後に
画角調整撮影

背景差分
合わせ

RTK対応UAVで
自動航行撮影



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？

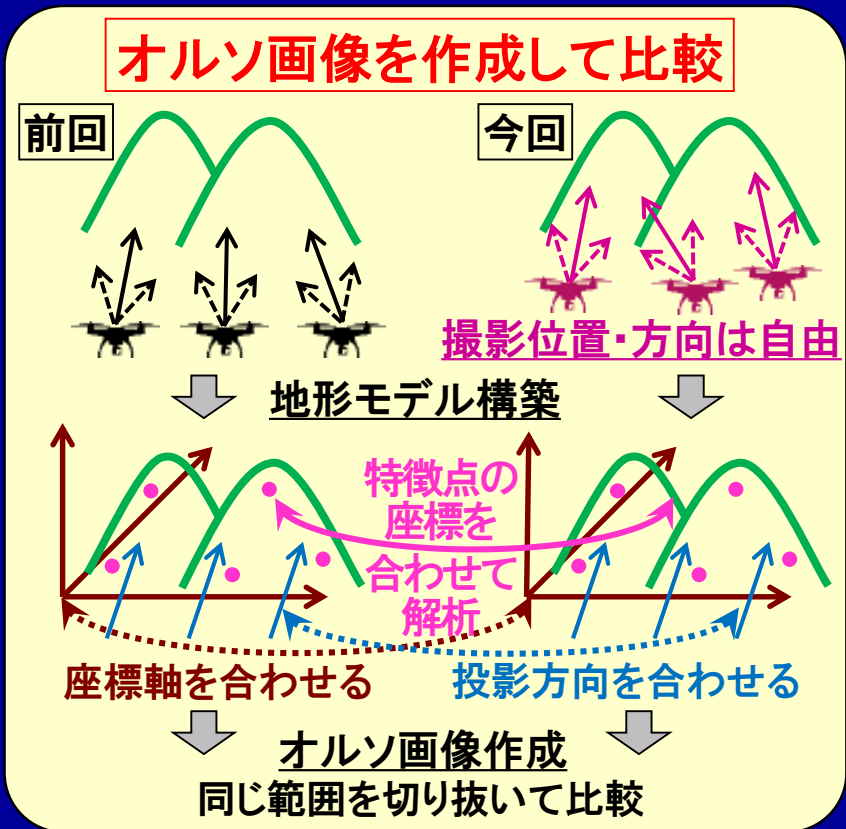
2. 手法概要

- 地上から同じUAV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

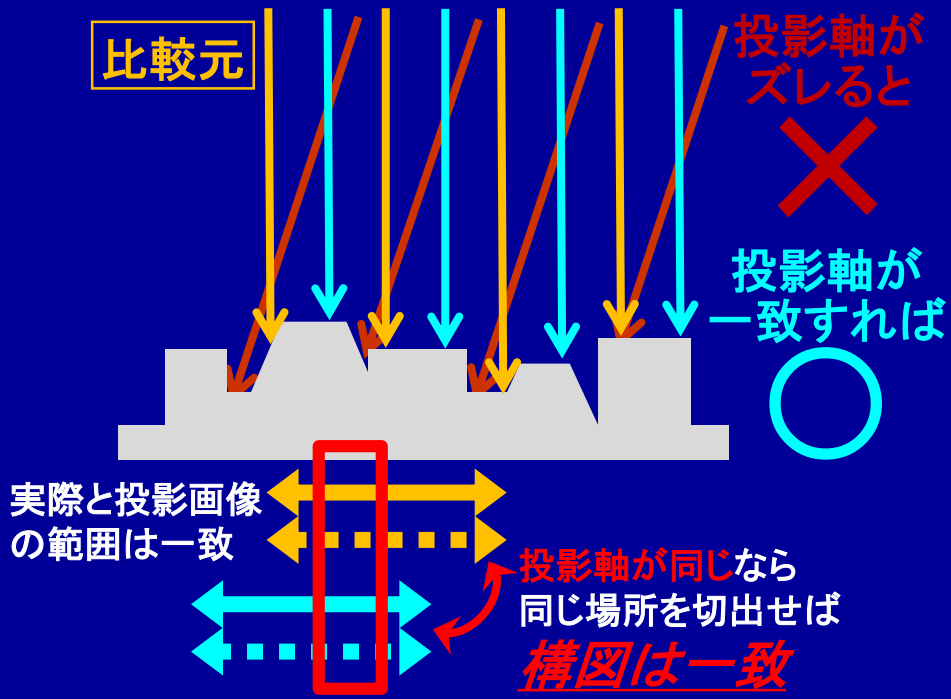
異なるカメラで構図の同じ写真を撮るためには



・撮影の位置と方向は任意

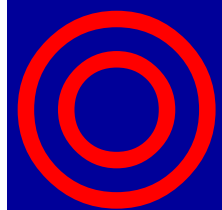
撮影位置のGPS座標データを埋め込んだ画像から三次元地形モデルを構築し、軸を一致させたオルソ画像の構築が必要

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



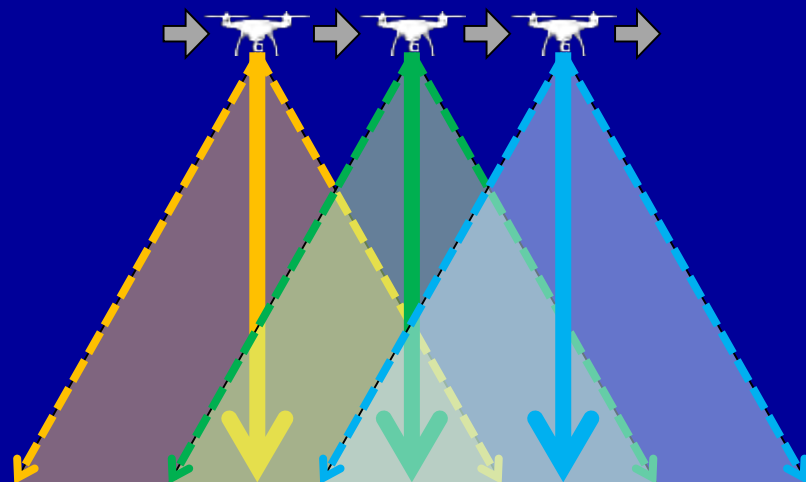
SfM技術により、写真から構築した三次元地形モデルを活用することで、カメラ撮影したままの中心投影画像を正射投影画像にオルソ変換する

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



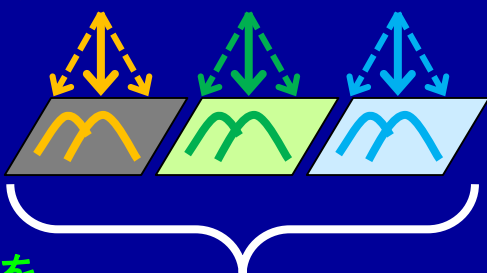
実斜面

撮影写真
(中心投影)



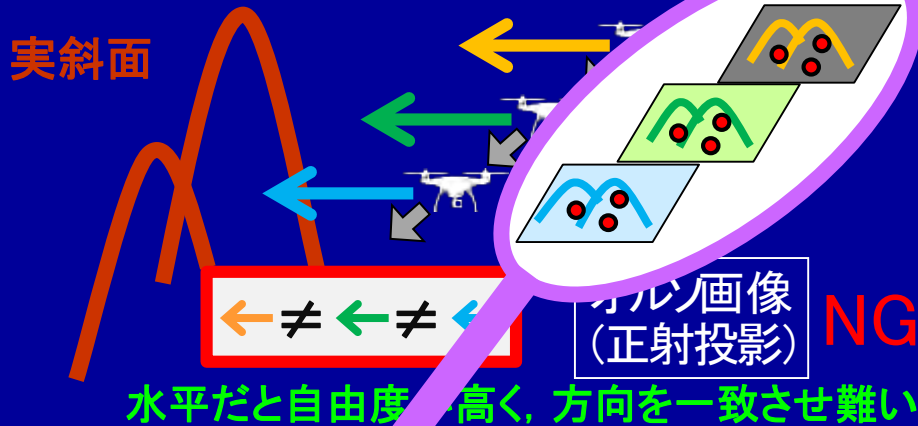
鉛直だと方向を
一致させ易い

オルソ画像 OK
(正射投影)



水平撮影 (任意方向)

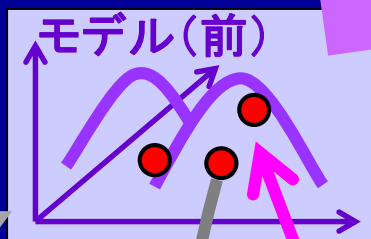
撮影写真
(中心投影)



実斜面

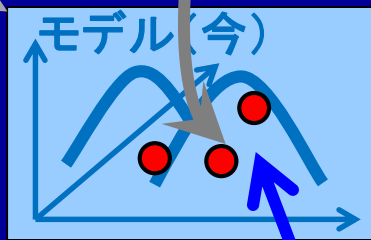
水平だと自由度が高く、方向を一致させ難い

オルソ画像 NG
(正射投影)



複数の写真からSfM技術で
三次元地形モデルを構築し、
その表面に写真を張り付けた
テクスチャーモデルを正射投影
した疑似オルソ画像を作成

疑似オルソ画像 OK
(モデルの正射投影)



疑似オルソ画像の正射投影軸
の方向を同じとするため、比較
する地形モデルの座標を一致
させる必要がある。
複数の写真上に共通の標定点を
設け、前の座標値を今のモデル解析
へ反映させる。

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

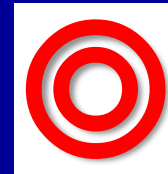
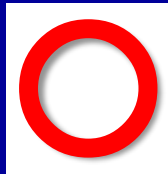
Pantom4pro
2017年
疑似オルソ画像

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

Inspire2+X5s
2018年
疑似オルソ画像
(軸調整あり)

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)



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。

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UAV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

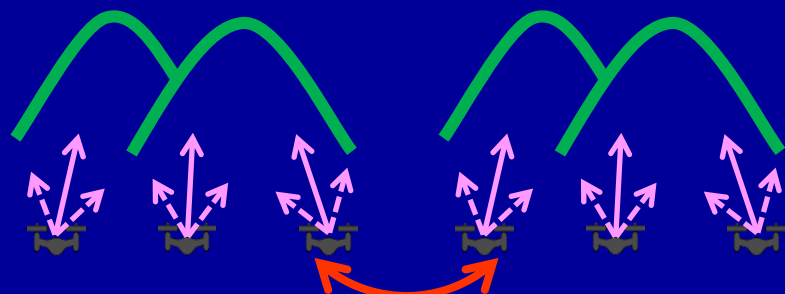
3. 手法比較

- 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

→ 撮影画像をそのまま比較



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

撮影位置のGPS座標データが埋め込まれた画像が必要

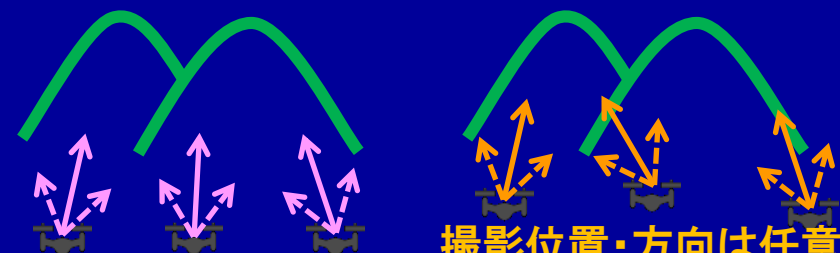
撮影位置をプログラム飛行させ、高度と撮影方向は、画像を見比べて現地微調整する

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

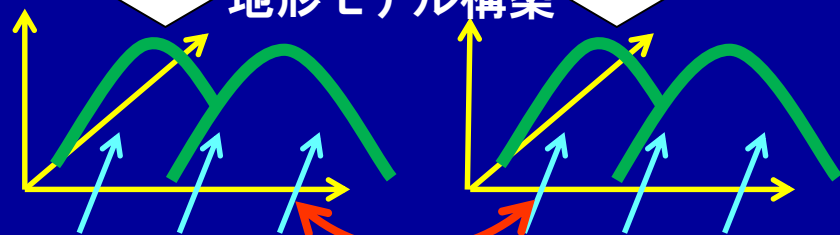
② 異なるUAVを使う場合

→ オルソ画像に変換して比較



撮影位置・方向は任意

地形モデル構築



正射投影軸を一致させれば、◎

・鉛直では、直接写真からオルソ画像を作成

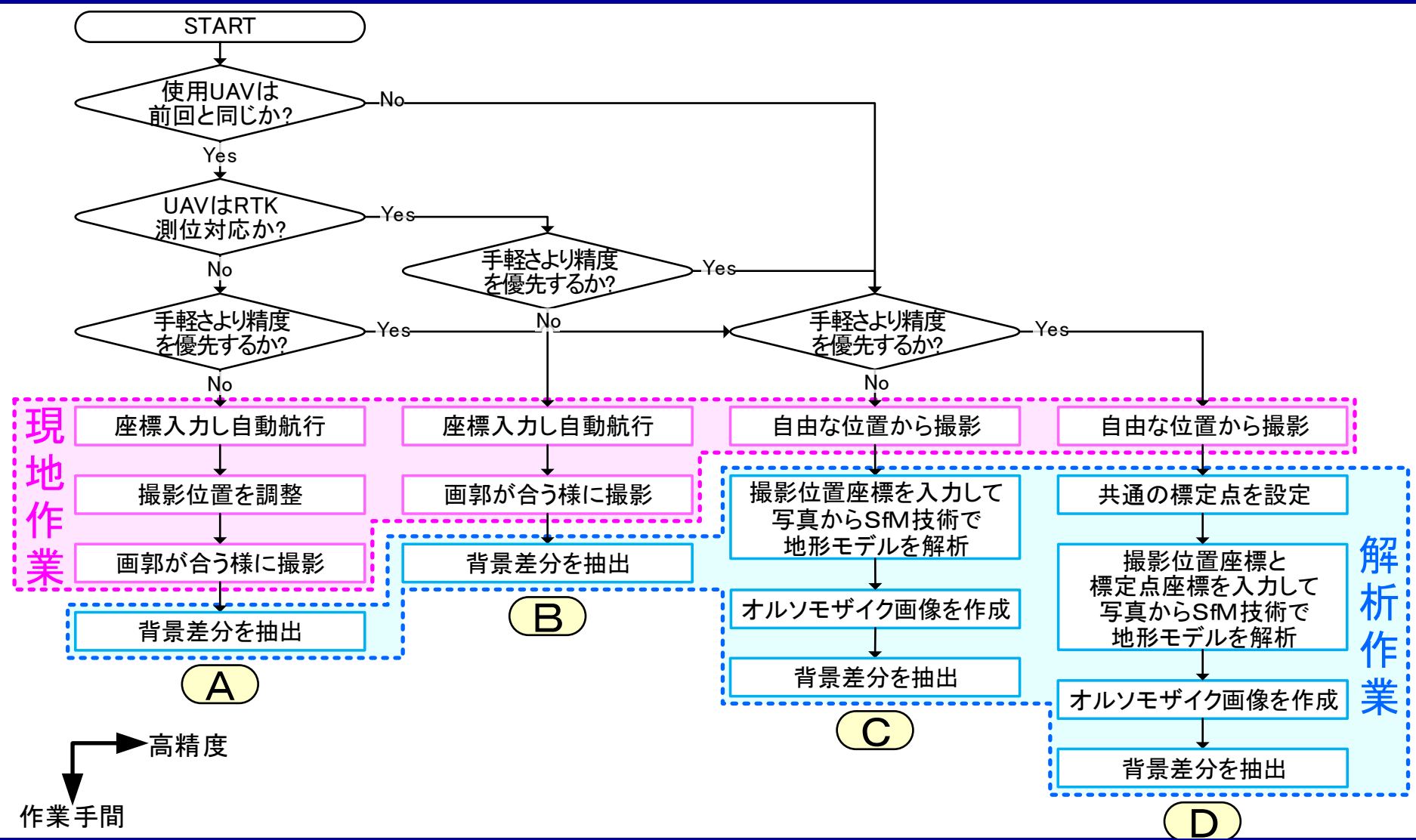
・水平等の任意方向では、自由な位置・方向から死角なく撮影した複数の写真から三次元地形モデルを構築し、オルソ投影軸を一致させた疑似オルソ画像の構築が必要

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

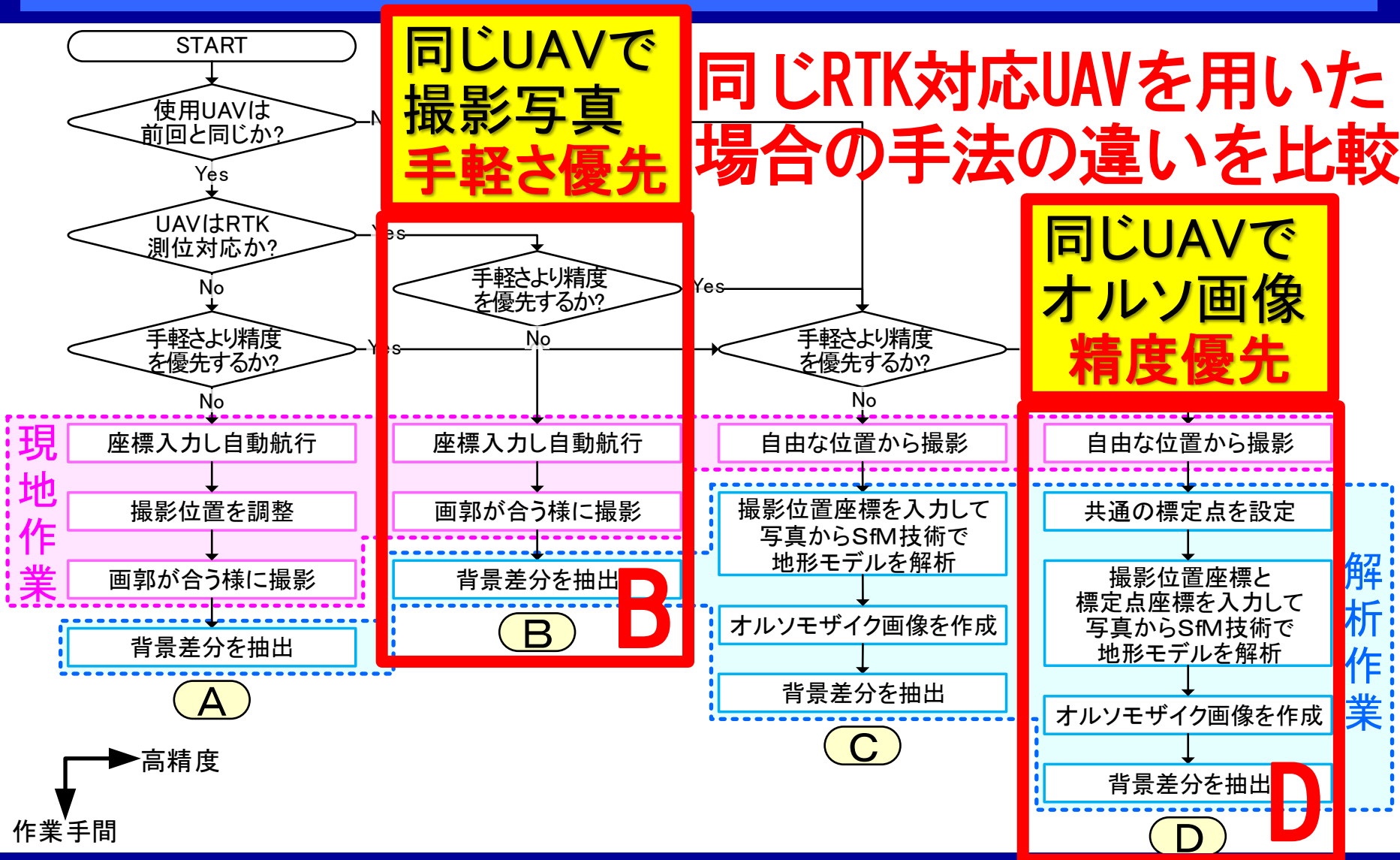
使用機材 (同一性/ 測位性能)	同じ		異なる (同じ場合にも適用可)	
	A 一般UAV	B RTK対応UAV	C 一般UAV	D 一般UAV
比較対象	撮影写真	撮影写真	オルソモザイク画像	オルソモザイク画像
手順① 比較画像 の取得	前回撮影写真のExif情報から取得した位置情報を基に、UAVを同じ位置に自動航行させた後、前回写真と見比べて、図郭が合う様に撮影位置・方向を調整して撮影する。	前回撮影写真のExif情報から取得した位置情報を基に、UAVを同じ位置に自動航行させた後、前回写真と見比べて、図郭が合う様に撮影方向を調整して撮影する。	自由な位置・方向から撮影した写真を基に、そ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を鑑み、
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



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

[B]



[D]



背景がより黒く表示されている⇒

←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



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つても、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



肉眼では変化が捉えられない程度の小さな落石であつても、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

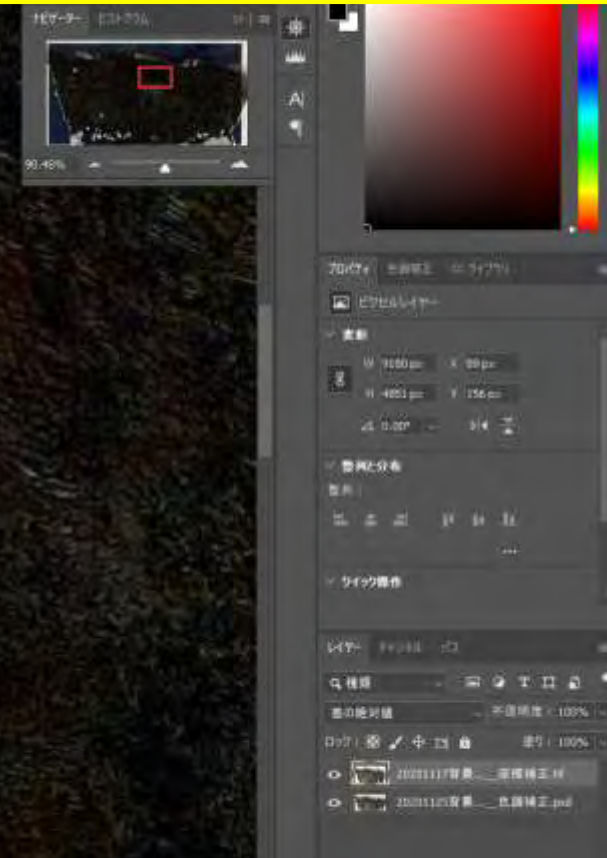


落石箇所が判りますか？

背景差分抽出手順

Adobe社 Photoshop2022

メニュー
「ファイル」
>「自動処理」
>「Photomerge」



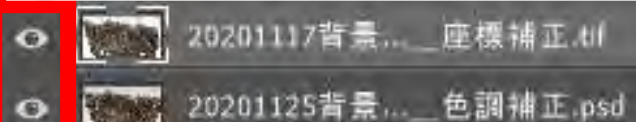
②画像の合成 Photomerge

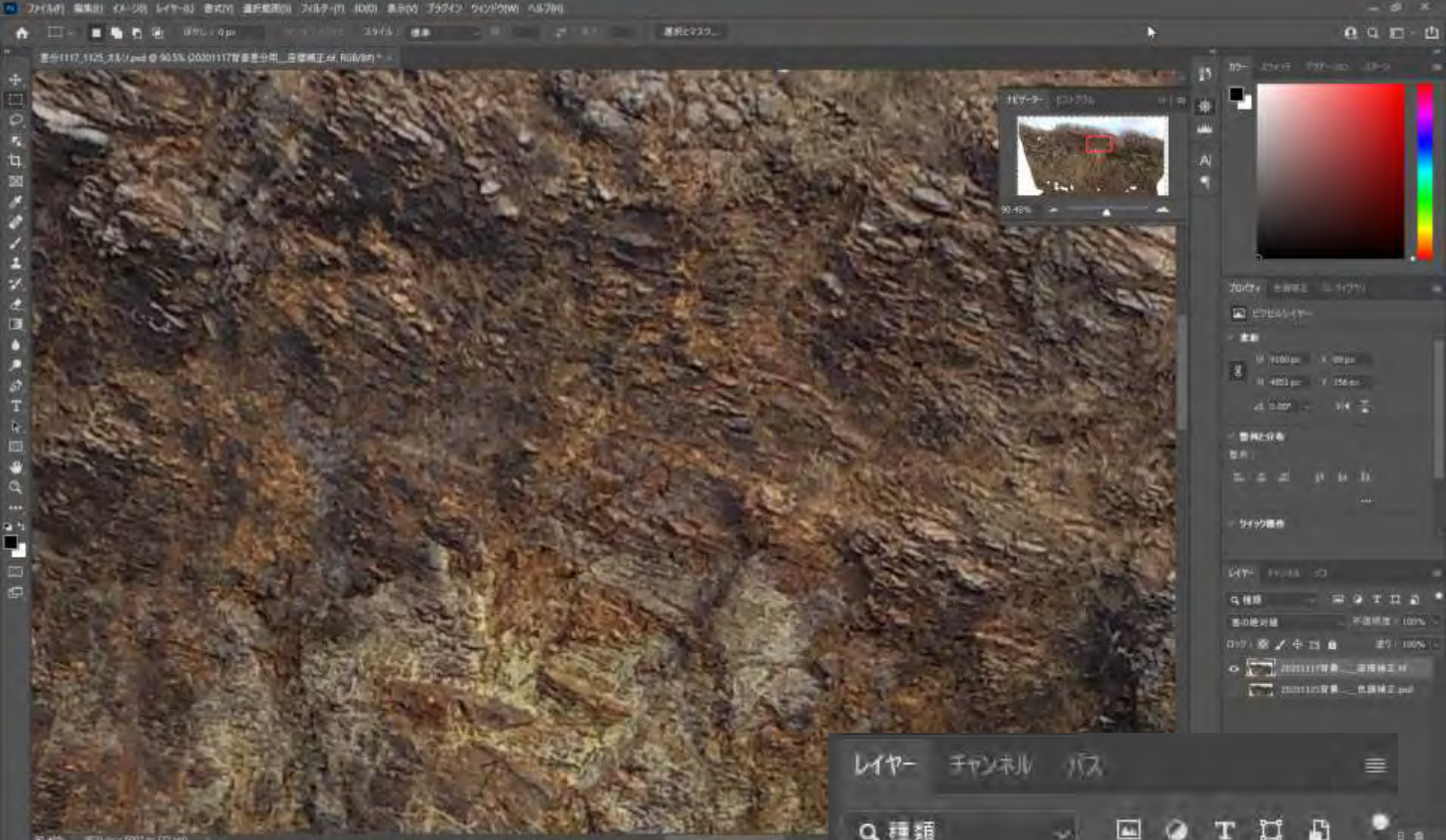
①色調補正
・2画像

④色調補正
・差分画像

差の絶対値 ③差分抽出 : 100%

⑤レイヤーを切り替えて確認





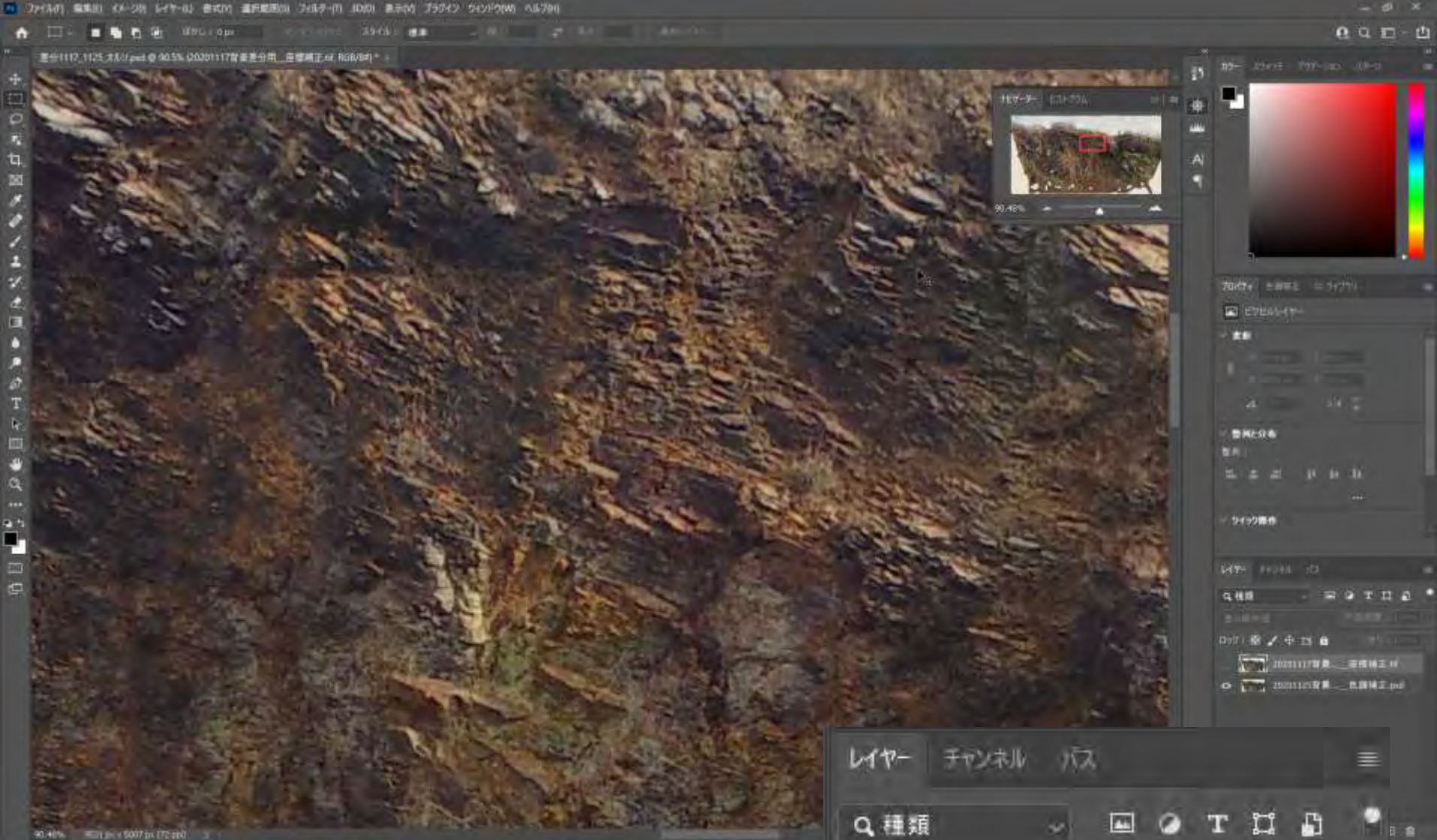
レイヤー チャンネル パス

種類

差の絶対値 不透明度: 100%

ロック: 塗り: 100%

- 20201117背景..._座標補正.tif
- 20201125背景..._色調補正.psd



2画像のファイル全体で色調補正するので、
より色調を合わせるためには、
領域ごとに分割してファイル化した方がよい。



2画像の色調補正手順

②イメージ

③色調補正

①ターゲット

④カラーの適用

⑤ソースを選択

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)



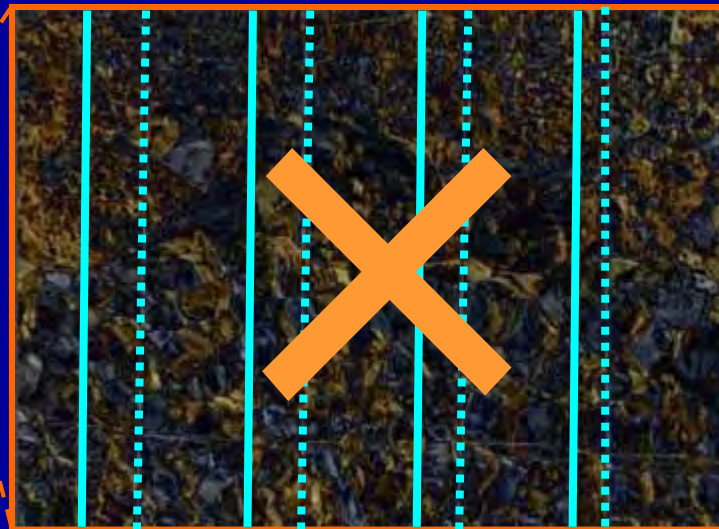
(2020/11/25)

撮影写真
Phantom4RTK

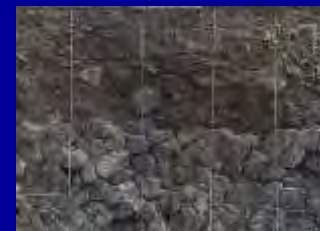


Photomerge
機能を使って
重ね合わせた
背景差分画像

[B]



(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)



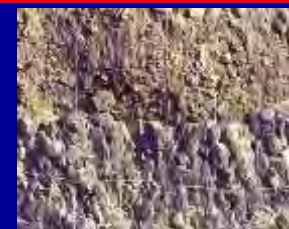
(2020/11/25)

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]

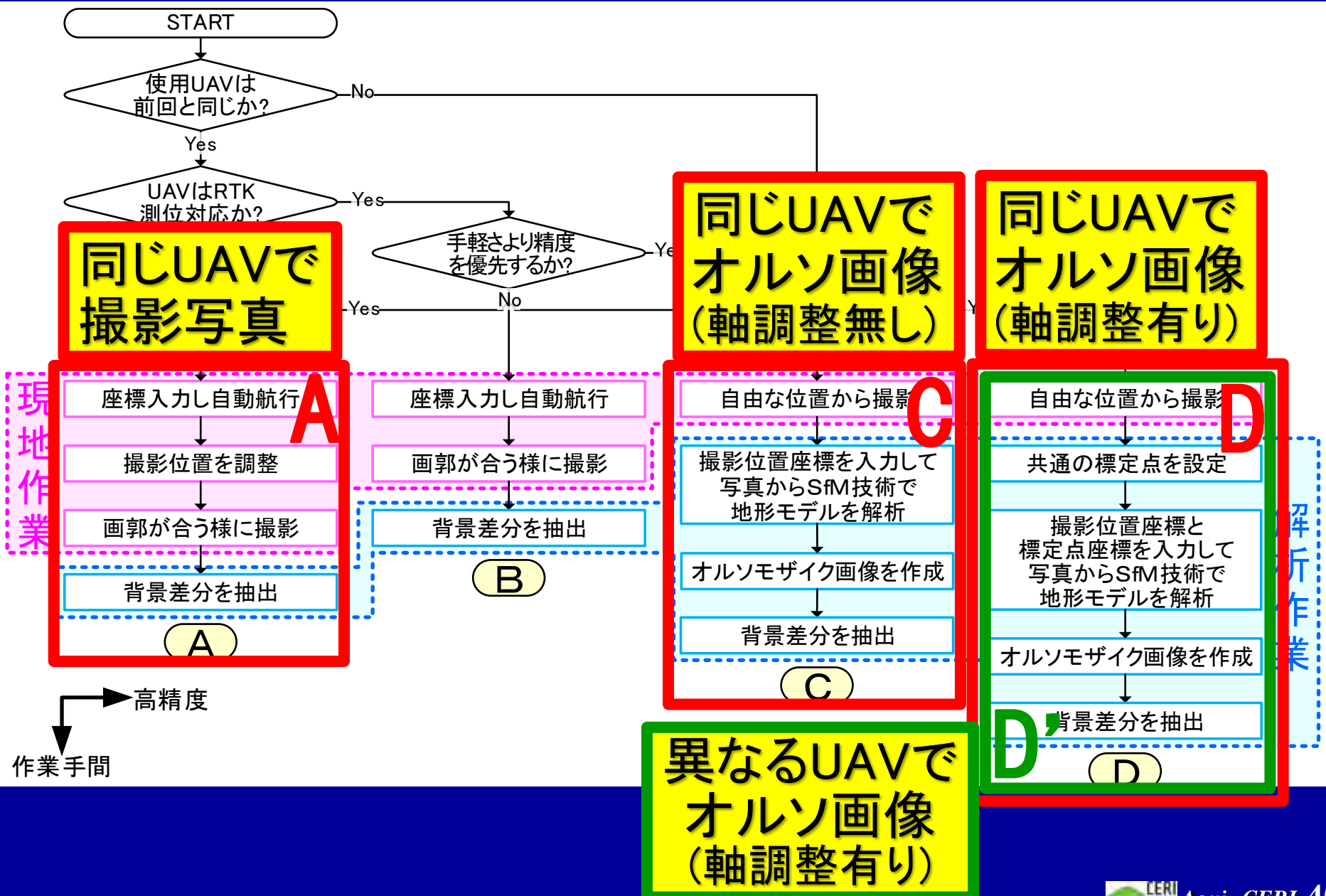


(2020/11/17)



(2020/11/25)

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]



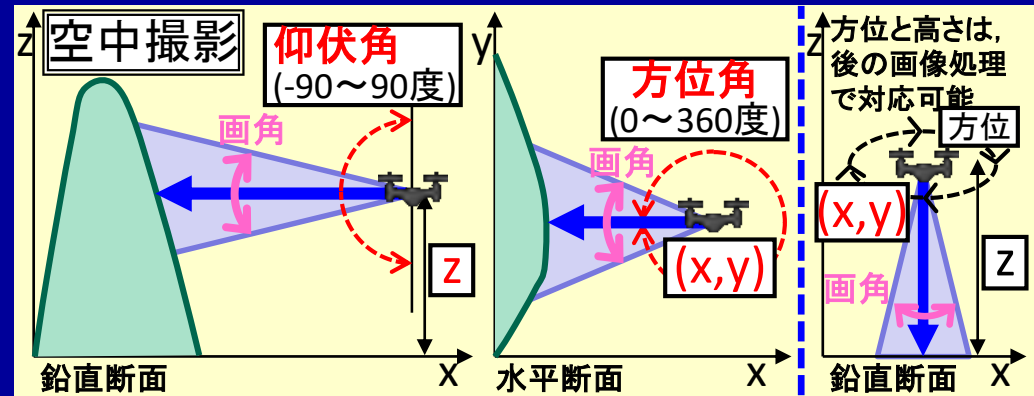
Phantom4撮影写真
2017/11/10



Phantom4撮影写真
2018/11/20



撮影写真の背景差分画像

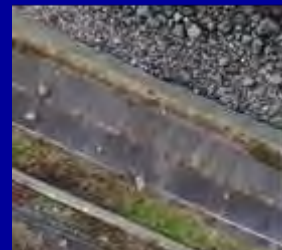


鉛直撮影の場合は、撮影方向を一致させ易く、おおよそ同じ位置で撮影すれば、RTK対応でなくても同じUAVであれば、背景差分の抽出が可能である。



背景差分拡大画像

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



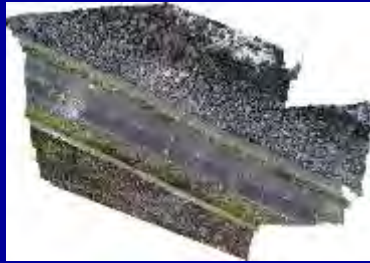
軸調整無し背景差分画像



軸調整有り背景差分画像

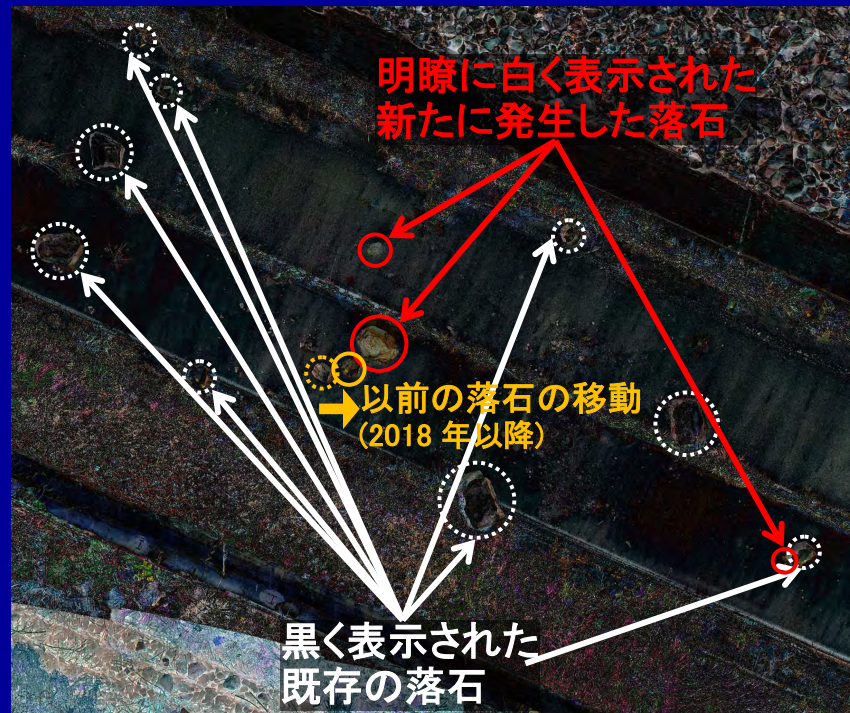
新たに発生した落石は両者ともに石全体が白く表示されているのに対し、変化のないはずの既存の落石で、軸調整しない方がやや白っぽく表示されている。

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



明瞭に白く表示された
新たに発生した落石

以前の落石の移動
(2018年以降)

黒く表示された
既存の落石

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

同じカメラによる撮影写真
[A]



同じカメラによるオルソ画像
軸調整:無(上)[C],有(下)[D]



自由度の低い鉛直撮影で、同じカメラであれば、**オルソ作成時の軸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)



自由度の低い鉛直撮影であれば、**撮影画像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。

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

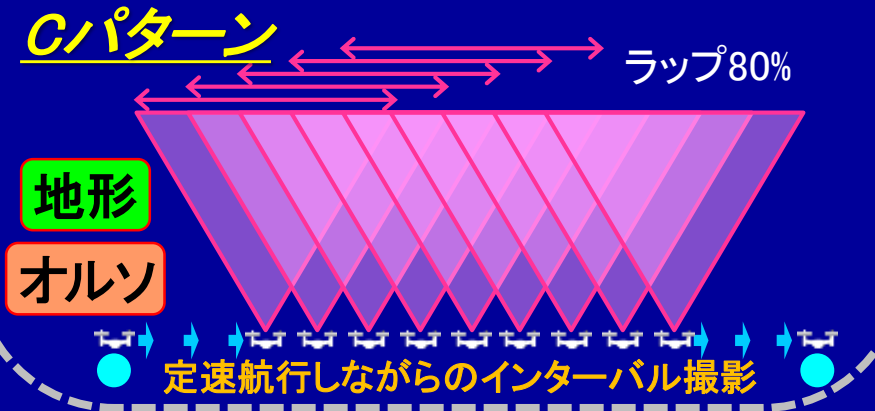
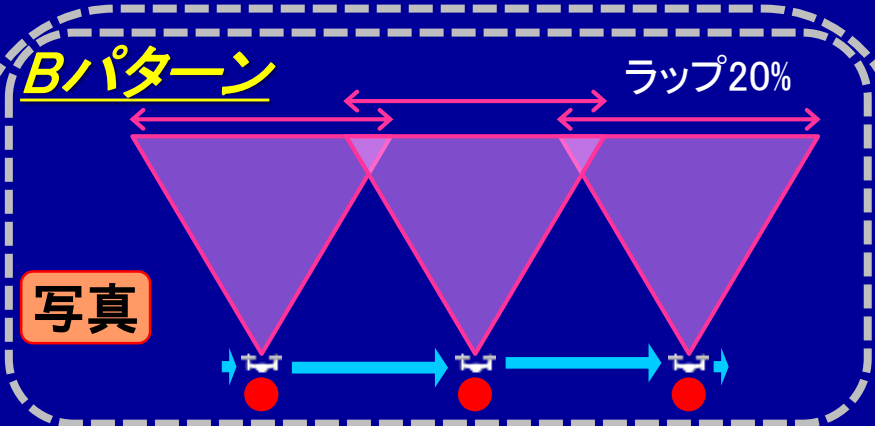
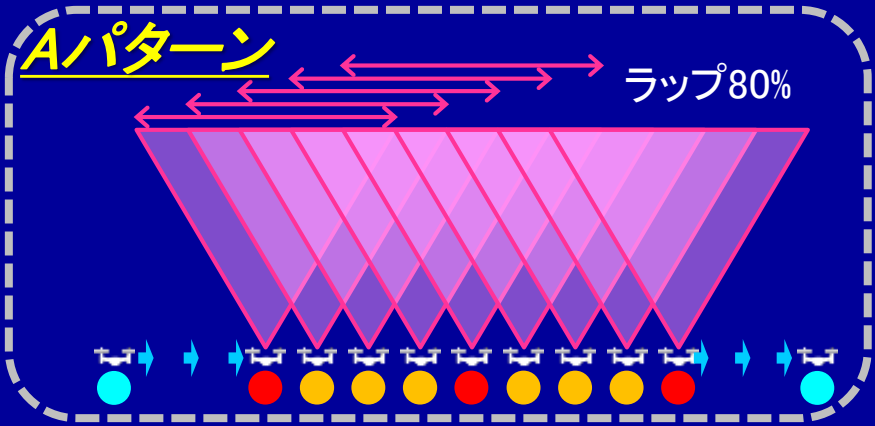
【まとめ】調査方法の精度の違いと方法選択の考え方

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、軸調整の追加**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、不可の場合に、**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**の場合は、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、**撮影の図郭あわせ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。