

写真計測技術を活用した斜面点検手法

1. 岩盤斜面点検写真に対する変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは？

1-2. 手法概要
&事例紹介

- ・地上から同じ手持ち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

2. 三次元地形モデル構築に向けたUAV撮影条件

オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離, 撮影角度, 撮影枚数, ラップ率,
焦点距離, シャッター速度, 航行速度, 画像圧縮率

斜面点検への“UAV”写真測量技術の活用

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。その際の、オーバーハンクがあり金網が施工され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

1. 岩盤斜面点検写真に対する 変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

1-2. 手法概要と事例紹介

- ・地上から同じ手持ちカメラで撮影した場合 [①②]
- ・空中から同じUAVで撮影した場合 [③⑥]
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合 [④⑤]

2. 三次元地形モデル構築に向けた UAV撮影条件

オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離, 撮影角度, 撮影枚数, ラップ率,
焦点距離, シャッター速度, 航行速度, 画像圧縮率

背景差分の作業イメージ

元画像 準備

元画像の撮影状況をExif情報から取得

【情報】カメラ名, 撮影位置座標(GPS), 焦点距離, 解像度

今画像 撮影

使用カメラが同じなら, 撮影条件を同じくして撮影

【条件】撮影位置座標, 撮影方向, 焦点距離, 解像度

重ね 合わせ

今画像を変形・回転させて, 元画像と重ね合わせる

【方法】PhotoshopのPhotomerge機能など(パノラマ写真作成の要領)

差分

2画像の色調を補正して, 差分をとる

変化がなければ黒く表示されるため, 白っぽい変化箇所を判別

- ① 二重映りなど, 変形重ね合わせの失敗によるもの → やり直し
- ② 植生や日当たりなど, 斜面自体の変化以外によるもの → 除外
- ③ 上記以外の白っぽい箇所 → 崩壊などの斜面の変化

時期の異なる点検写真の差分抽出例

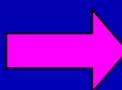


背景画像（H18.11撮影）



評価画像（H19.11撮影）

- ・歪正規化
- ・色調整



重ね合わせ
背景差分抽出

背景をネガ化し，透過率50%で重ね合わせることにより，輝度の差分を画素単位で計測することで，変化のあった箇所を抽出する。



背景差分画像

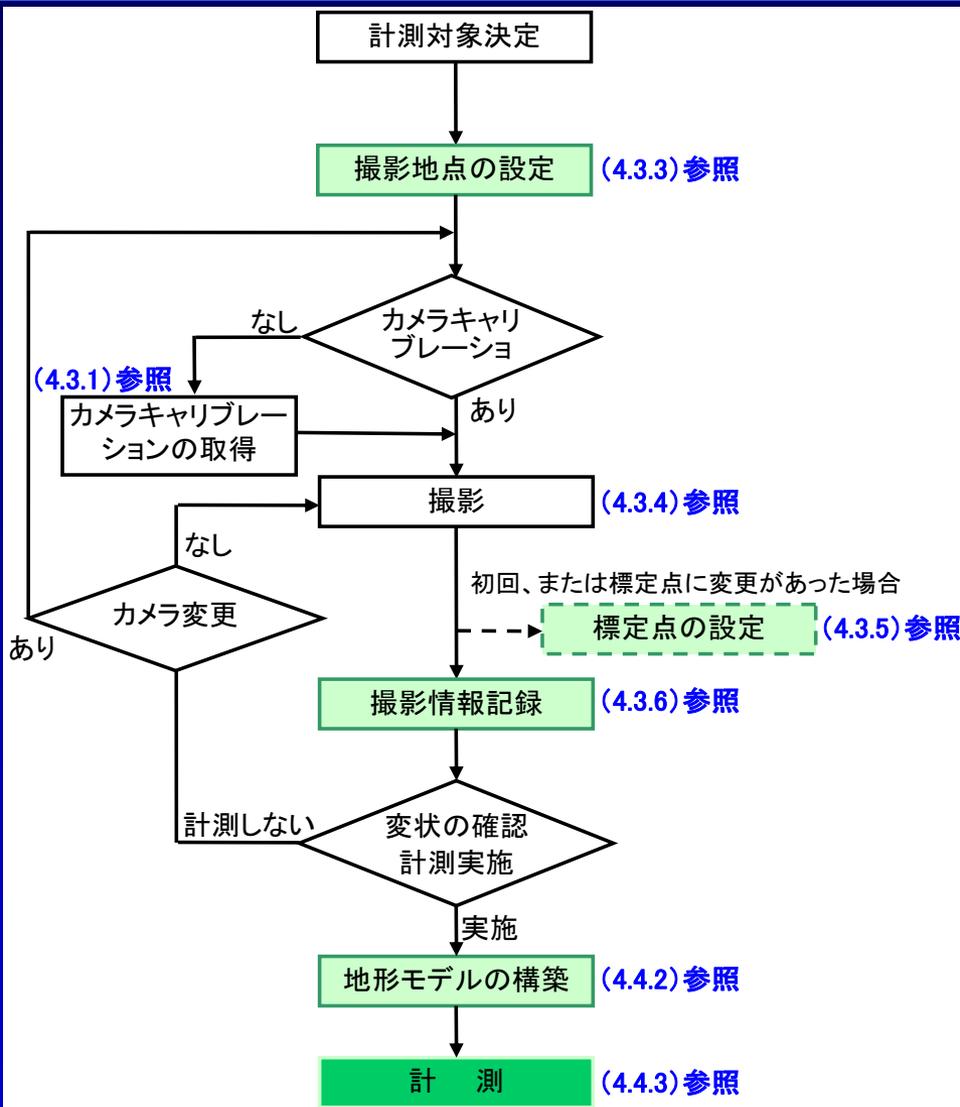
写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル(案)

写真計測技術を活用した
斜面点検マニュアル(案)

**【地上撮影編】
として改訂中**

平成 22 年 3 月

独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所



1. 総則.....	1
1.1. 本マニュアルの目的.....	1
1.2. 写真計測技術の概要.....	1
1.2.1. 背景差分法の概要.....	2
1.2.2. 変動量計測法の概要.....	3
2. 点検計画.....	5
2.1. 点検箇所の抽出.....	5
2.2. 点検ポイントの選定.....	7
3. 背景差分法実施方法.....	8
3.1. 背景差分法の特徴.....	8
3.2. 背景差分法の流れ.....	9
3.3. 分解能について.....	10
3.4. 使用する機材.....	12
3.5. 撮影方法(共通編).....	13
3.5.1. 撮影対象の決定と準備.....	13
3.5.2. 撮影時期の違い.....	14
3.5.3. カメラの設定.....	15
3.5.4. 撮影時の注意点.....	16
3.6. 撮影地点の設定(斜面編).....	17
3.7. 撮影地点の設定(構造物編).....	21
3.8. 撮影の記録(共通編).....	24
3.9. 変状箇所の抽出(共通編).....	25
3.9.1. 使用する機材.....	26
3.9.2. 差分検出結果の解釈.....	27
3.9.3. 差分検出結果の記録.....	35
3.9.4. 撮影地点の復元について.....	36
4. 変動量計測法.....	37
4.1. 変動量計測法の特徴.....	37
4.2. 変動量計測法の流れ.....	39
4.3. 変動量計測の方法.....	40
4.3.1. カメラキャリブレーションの取得.....	40
4.3.2. 現地作業で使用する機材.....	41
4.3.3. 撮影地点の設定.....	42
4.3.4. 撮影方法.....	44
4.3.4.1. 撮影機材・設定の検討.....	44
4.3.4.2. 画角の設定.....	48
4.3.4.3. 撮影.....	48
4.3.4.4. 基準の計測.....	49
4.3.5. 標定点の設定.....	51
4.3.6. 撮影の記録.....	53

**【UAV撮影編】
研究開発は終わり
マニュアルとして
とりまとめ中**

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> (2020.7.1)

写真計測技術を活用した斜面点検手法

1. 岩盤斜面点検写真に対する 変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

1-2. 手法概要と事例紹介

- ・地上から同じ手持ちカメラで撮影した場合[①②]
- ・空中から同じUAVで撮影した場合[③⑥]
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合[④⑤]

2. 三次元地形モデル構築に向けた UAV撮影条件

オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離, 撮影角度, 撮影枚数, ラップ率,
焦点距離, シャッター速度, 航行速度, 画像圧縮率

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



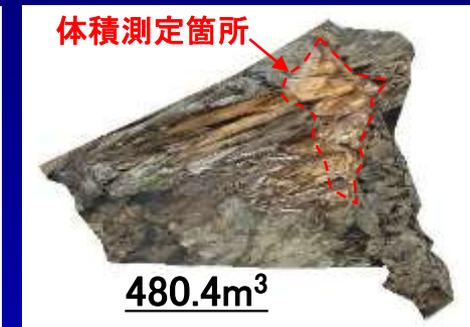
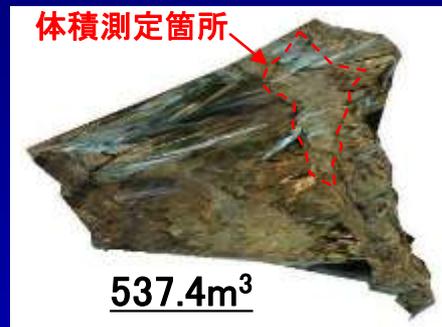
変化箇所の抽出

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。

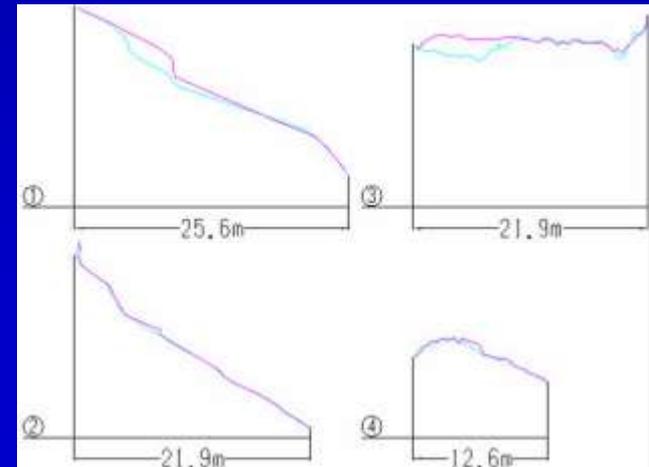
事例① 崩壊箇所抽出と“崩壊土量推定”

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



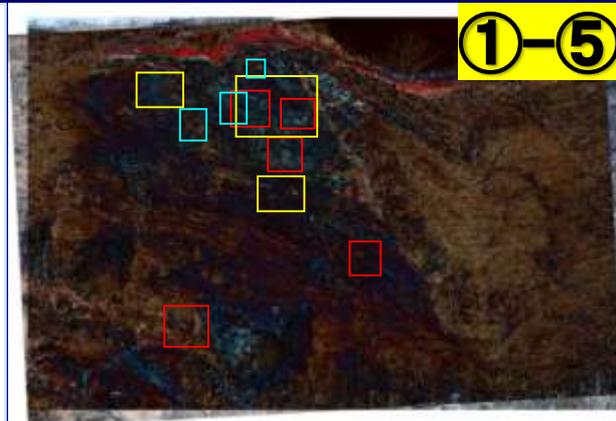
事例② 落石頻発斜面における発生源特定



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!!



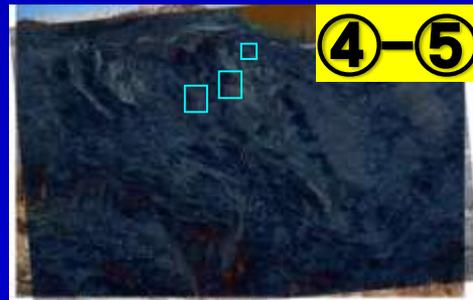
2006.11.17~2007.12.4
13ヶ月比較
落石;5箇所



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

1. 岩盤斜面点検写真に対する 変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

1-2. 手法概要と事例紹介

- ・地上から同じ手持ちカメラで撮影した場合〔①②〕
- ・空中から同じUAVで撮影した場合〔③⑥〕
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合〔④⑤〕

2. 三次元地形モデル構築に向けた UAV撮影条件

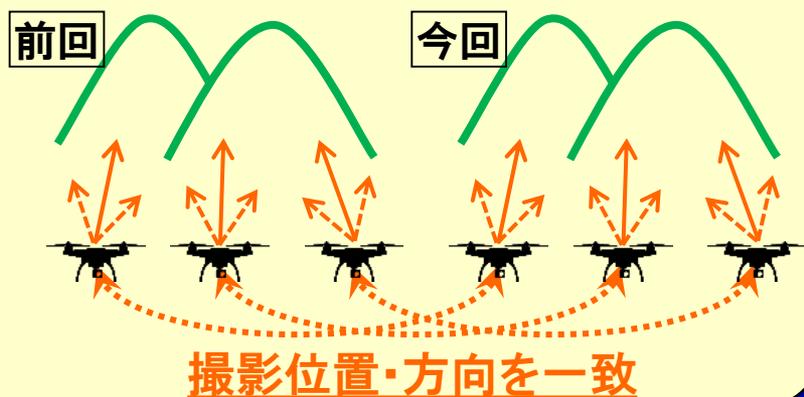
オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離, 撮影角度, 撮影枚数, ラップ率,
焦点距離, シャッター速度, 航行速度, 画像圧縮率

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

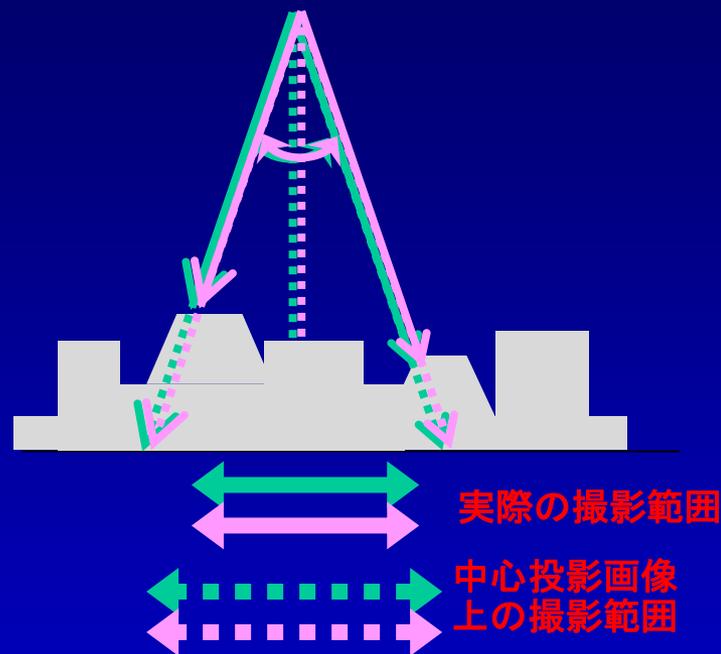


・同じカメラで**撮影の位置・方向を一致**

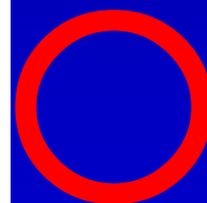
撮影位置のGPS座標データが埋め込まれた画像が必要

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



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



事例③ 同じUAVによる背景差分[座標入力航行撮影]

[位置・方向自動]

同じUAV(Phantom4 Pro)で1年後に撮影。
(a)画像のExifから取得した[緯度]・[経度]・[高度]情報をUAVに入力航行して撮影。

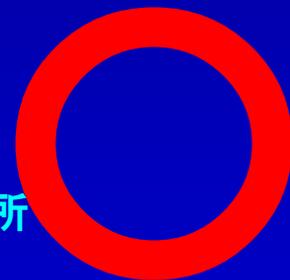


[高さ]と[撮影角度]の精度が悪く、構図がズレ、背景差分の変形重ね合わせが不可となった。

方法変更

[高さ・方向調整]

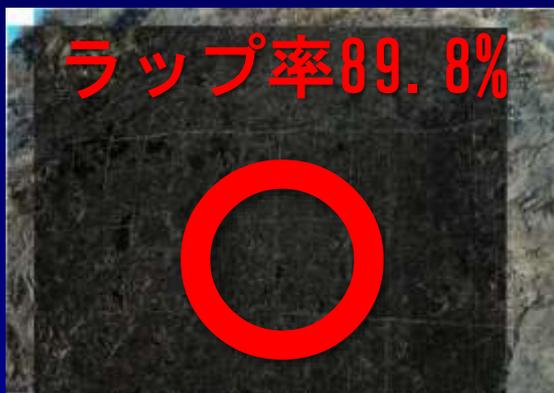
同じUAV(Phantom4 Pro)で1年後に撮影。
(c)画像のExifから取得した[緯度]・[経度]情報をUAVに入力航行して、(c)画像とモニタとを見比べながら、[高さ]と[撮影角度]を微調整後に撮影。



[高さ]と[撮影角度]を目視で微調整したことで、背景差分の変形重ね合わせが可能となった。

GPSによる位置座標やUAV航行ログ情報のみから、撮影の位置と方向の自動設定には限界があり、高さと撮影方向の微調整は必要。

背景差分が可能となる構図のズレ程度は？

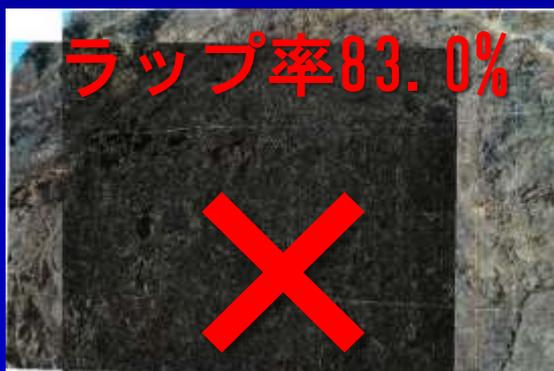


斜面からの距離: 20m
撮影水平移動距離: 3m



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

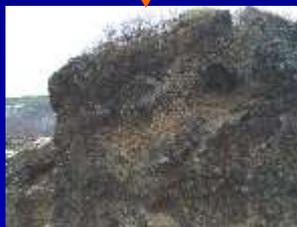
事例③' 同じUAVによる背景差分 [RTK対応UAV]

自動航行 & 画郭調整撮影 [一般UAV]

自動航行撮影 [RTK対応UAV]

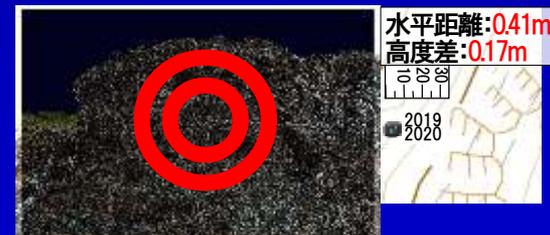
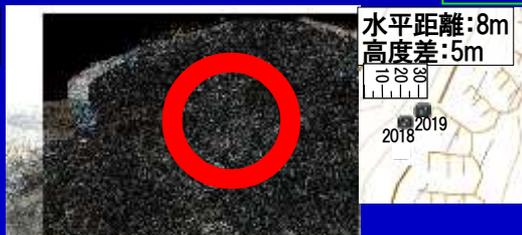
2019年Phantom4pro 自動航行のみ
 2018年Phantom4pro 【比較元】
 2019年Phantom4pro 自動航行+画郭調整

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



色調補正

背景差分
重ね合わせ



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

1. 岩盤斜面点検写真に対する 変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

1-2. 手法概要と事例紹介

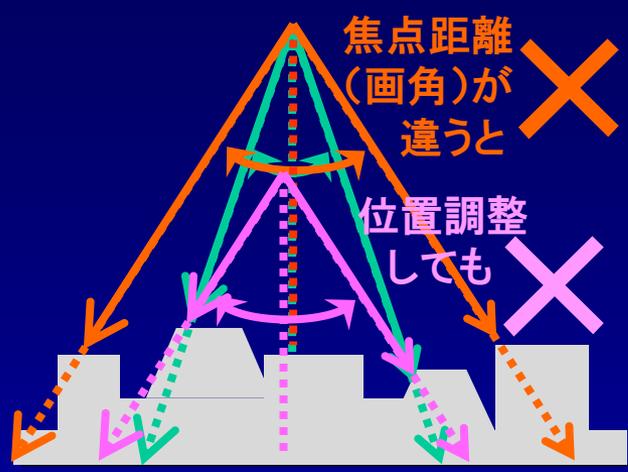
- ・地上から同じ手持ちカメラで撮影した場合[①②]
- ・空中から同じUAVで撮影した場合[③⑥]
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合[④⑤]

2. 三次元地形モデル構築に向けた UAV撮影条件

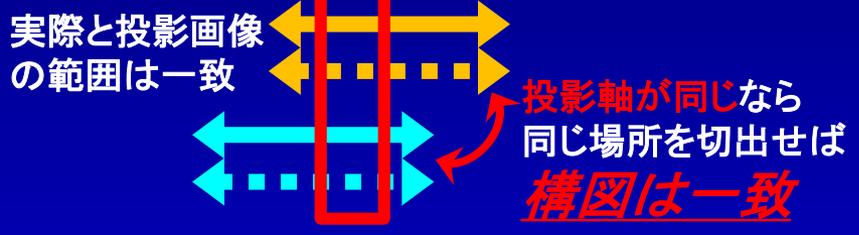
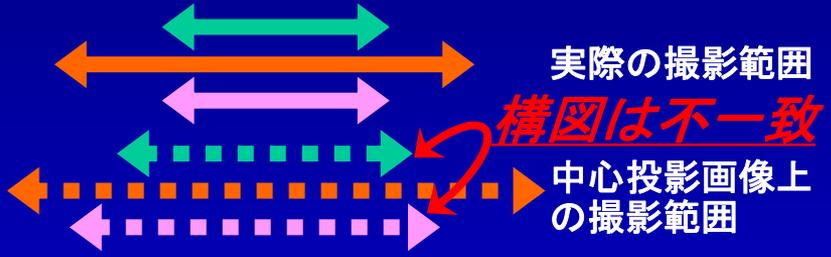
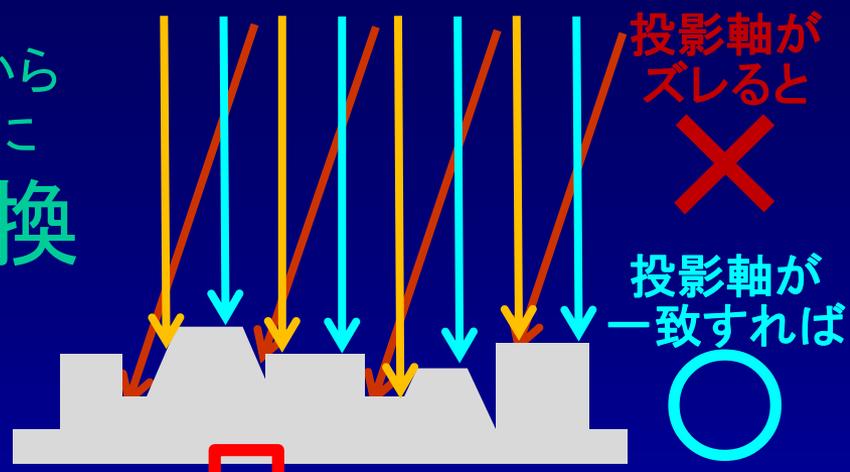
オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離, 撮影角度, 撮影枚数, ラップ率,
焦点距離, シャッター速度, 航行速度, 画像圧縮率

異なるカメラで構図の同じ写真を撮るためには



中心投影画像から
正射投影画像に
オルソ変換



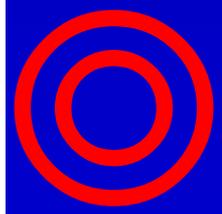
カメラが異なると,
同じ位置から撮影しても、**構図は同じ写真とならない**

撮影範囲が等しくなるように撮影位置を調整しても、**中心投影画像**であるため、**対象物の形状(高さ)**によって、**構図はズレてしま**



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**

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。



②なるカメラで構図の同じ写真を撮るためには

[作業手順]

①死角がないように撮影

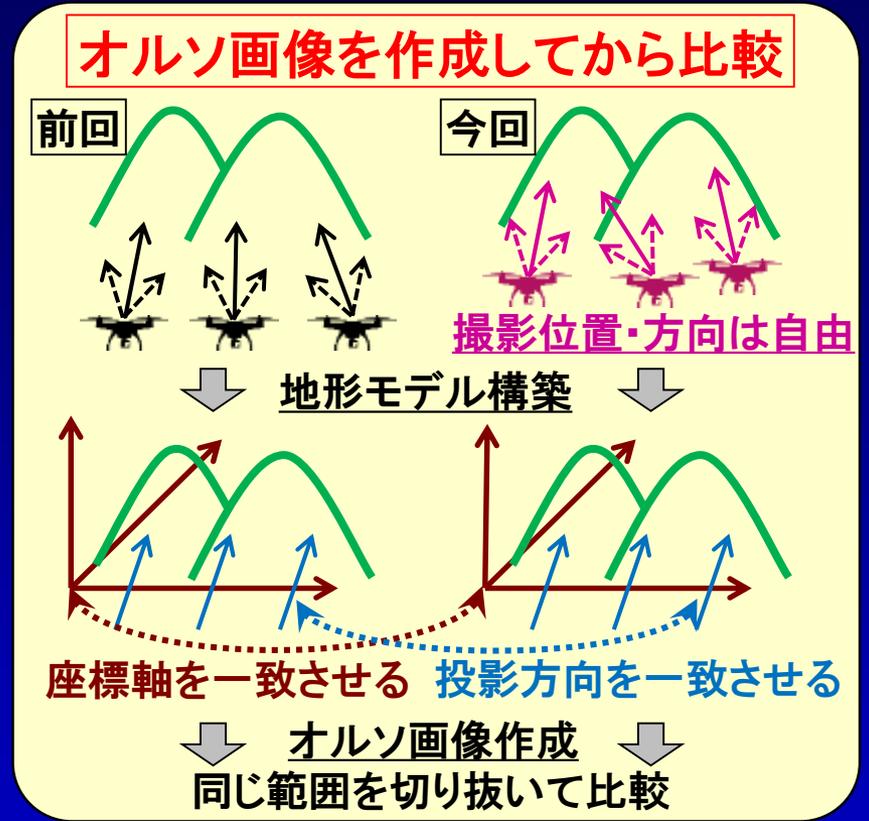
撮影位置・方向を前回撮影時と一致させる必要は無い
オーバーハング部などで死角がないように高ラップで撮影する

②写真から地形モデルを作成

金網施工斜面では、分解能が10mm以下となる撮影が望ましい

③軸を揃えたオルソ画像を作成し、同じ範囲を切り出して背景差分を抽出

精度良く細かな変化箇所が抽出可能となる



・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

事例④ 異なるUAVによる背景差分[垂直オルソ画像]

2016年
オルソ画像
Phantom4
18枚(1コース)



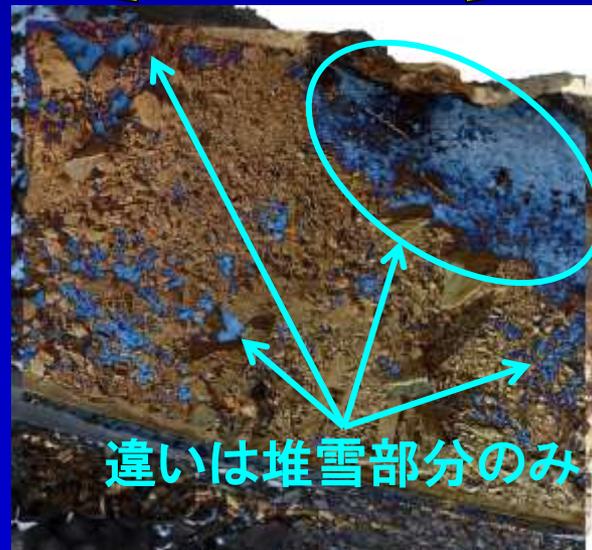
2017年
オルソ画像
Phantom4Pro
34枚(2コース)



2016年オルソ
切出し画像



2017年オルソ
切出し画像



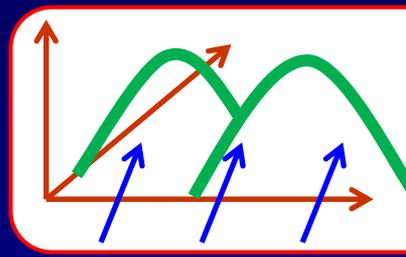
違いは堆雪部分のみ

オルソ切出し重ね合わせ画像

異なる機材で、1年の撮影間隔にもかかわらず、堆雪部のみに変化箇所として抽出されるという、極めて画像一致率の高い結果となった。

この1年間に変状箇所はないと判断される。

事例⑤ 異なるUAVによる背景差分[水平オルソ画像]



地形モデルの座標軸とオルソの正射投影軸が比較ケースでズレないように標定点を設定して地形モデルを構築した。

撮影位置のGPS座標データに加え、2モデル共通で設定した標定点の座標値を合わせて地形モデルを解析。

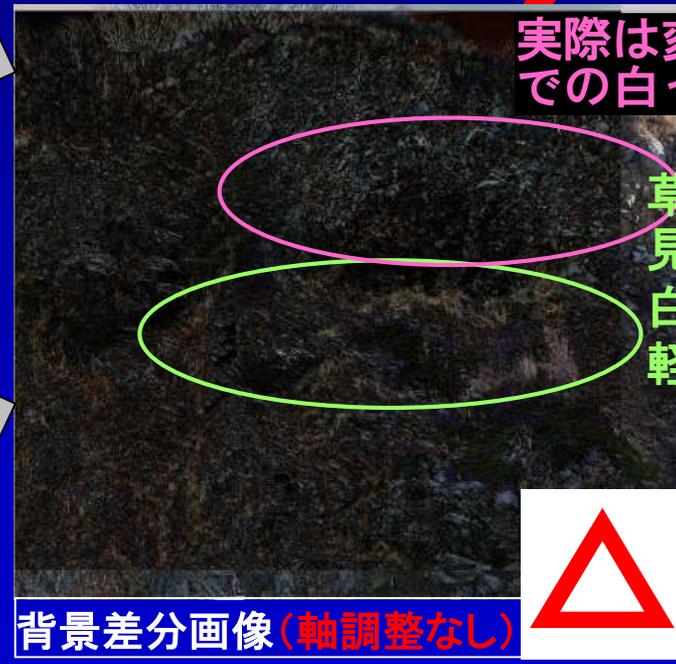


2017年
疑似オルソ画像



2018年
疑似オルソ画像

改善



背景差分画像(軸調整なし)



局所的に日当たりが違った部分

実際は変化のない露岩部での白っぽさが黒く改善

草の変化で見えていた白っぽさも軽減された

疑似オルソ画像の欠損部分

背景差分画像(軸調整あり)

オルソ処理のズレがなくなり、全体的に白っぽさが減り、植生や日照の違いと、処理に用いた地形モデル自体の欠損部のみが、差分として抽出された。

事例⑥ 同じUAVによる背景差分[水平オルソ画像]



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。

写真計測技術を活用した斜面点検手法

1. 岩盤斜面点検写真に対する 変化箇所抽出手法

1-1. 背景差分法を用いた変化箇所抽出とは?

1-2. 手法概要と事例紹介

- ・地上から同じ手持ちカメラで撮影した場合[①②]
- ・空中から同じUAVで撮影した場合[③⑥]
- ・空中から異なるUAVで撮影した場合[④⑤]

2. 三次元地形モデル構築に向けた UAV撮影条件

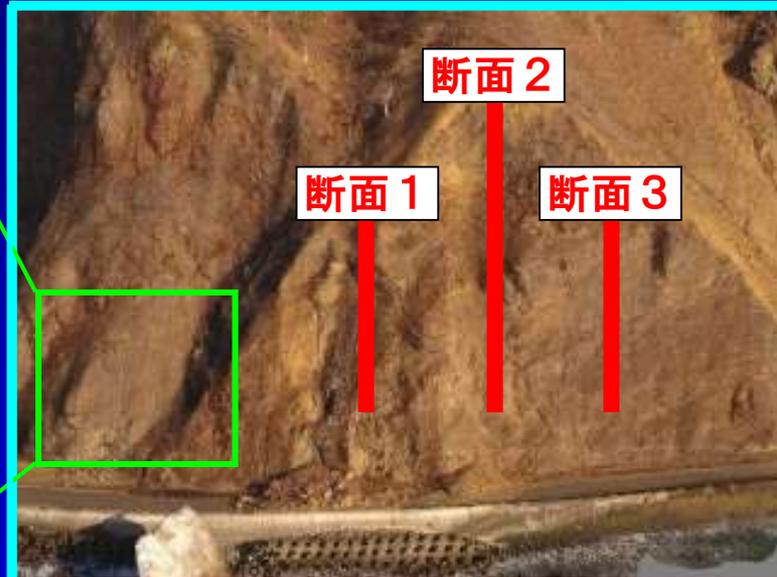
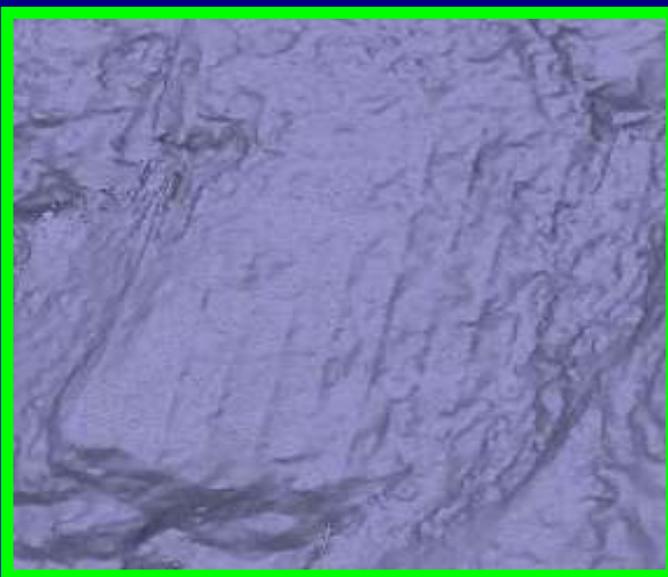
オーバーハングし、金網施工された岩盤斜面への対応

【検討項目】 UAV機種と撮影距離、撮影角度、撮影枚数、ラップ率、焦点距離、シャッター速度、航行速度、画像圧縮率

金網施工箇所の三次元地形モデル作成時の課題



支尾根末端の切土斜面で、オーバーハングがあり、全面に金網が施工。



落石対策で金網の施工箇所では、岩盤ではなく、**金網の表面がモデル化**され、金網のワイヤロープが縦に筋状に認められる。

⇒ **金網の影響を受け難く、オーバーハング形状を正確に把握**できるUAV撮影方法を現地検証!!

地形モデル構築に適したUAV撮影条件は

UAV-SfMを用いた、**金網**や**オーバーハング**のある急崖岩盤斜面の地形モデル構築に適した**UAV撮影条件**は、

- ・地形モデルの構築精度に最も影響すると思われる指標は、機材仕様によらず、撮影設定や撮影距離によって定まる**分解能**である。
- ・撮影設定から定まる撮影範囲を事前に把握した上で、1点を複数回捉えた**ラップ率**の高い撮影を行い、**特徴点**を高密度(2,000点/m²)で偏りなく生成できる写真枚数で解析することが望まれる。
- ・その撮影の際、ラップ率が低くなり易い**最下段**は撮影密度を上げるなどの工夫が必要である。
- ・その上で、ワイヤロープ径が10~20mmである**金網**の下の**岩盤形状**を正確に把握するためには、**分解能**が10mmになるまで接近し、焦点距離の短い**広角側**の撮影が望ましい。その際、**オーバーハング****下端部**などでは、死角が生じないように**垂直ラップ率**が85%以上となる小さな高度差での密な撮影が必要である。

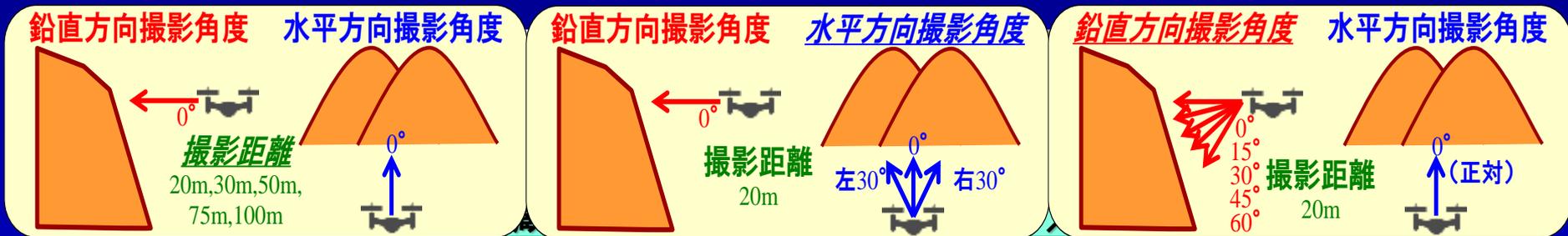
条件①② 機種・撮影距離, 撮影方向による比較



比高：100m 撮影幅：120m超

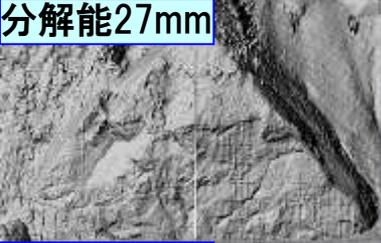
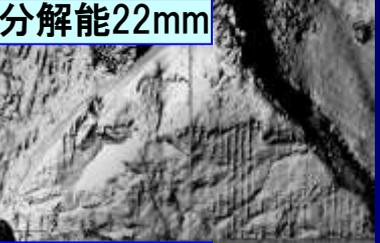
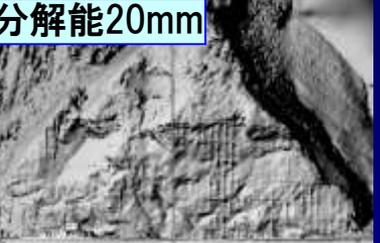
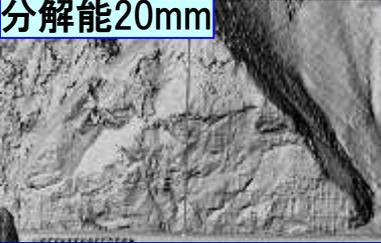
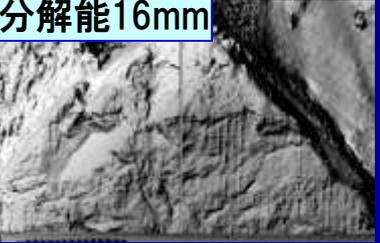
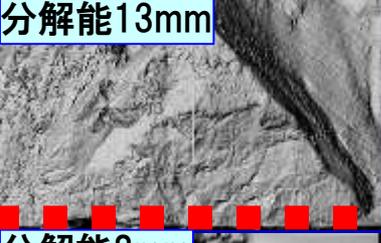
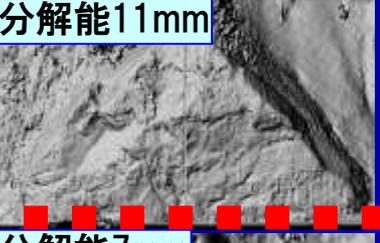
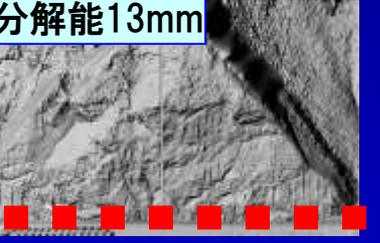
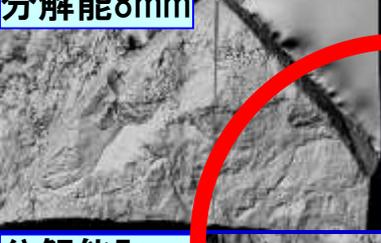
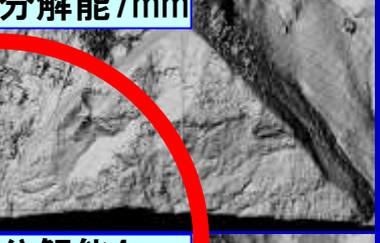
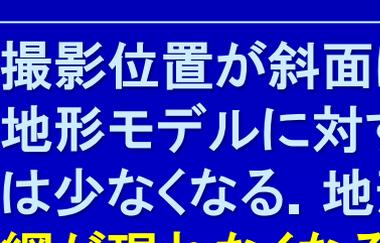
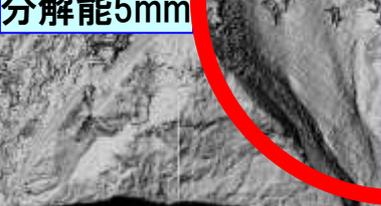
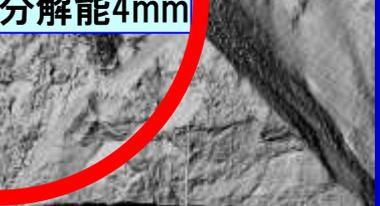
カメラ方向 \ 斜面との距離	20m	30m	50m	75m	100m
機首正対/水平	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/-	P/I/S
機首左30度/水平	P/I/-	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/S
機首右30度/水平	P/I/-	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/S
機首正対/伏角15度	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/S	P/I/S
機首正対/伏角30度	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/S	P/I/S
機首正対/伏角45度	P/I/-	P/I/-	P/I/S	P/I/S	-/-/S
機首正対/伏角60度	P/I/-	P/I/-	P/I/S	-/-/S	-/-/-

P: Phantom4Pro、I: Inspire2、S: S-1000、-: 未実施



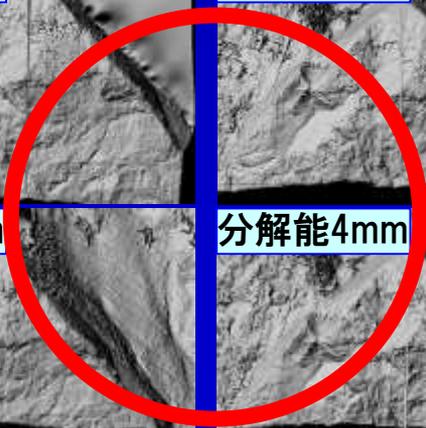
機体名称	DJI Phantom4Pro	DJI Inspire2	DJI S1000
プロペラ数	4枚(クアッドコプター)	4枚(クアッドコプター)	8枚(オクトコプター)
対角寸法	350mm	605mm	1045mm
合計重量	1388g	3440g	約4400g
最大飛行時間	約 30 分	約 23 分	約15分
GPS/GLONASS	姿勢制御+画像埋込	姿勢制御+画像埋込	姿勢制御と位置誘導
カメラ	FC6310(備え付け)	Zenmuse X5S	Canon EOS5D Mark III
有効画素数	約2000万画素	約2080万画素	約2230万画素
最大解像度	5472 × 3648	5280 × 3956	5760 × 3840
レンズ	(備え付け)	DJI MFT 15mm/1.7ASPH	EF24mm F2.8 IS USM
焦点距離	2.8-11mm [9mm]	15mm	24mm
センササイズ	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)	1920 × 1080 (Full HD)

機種と撮影距離の違いによる地形モデルの差異

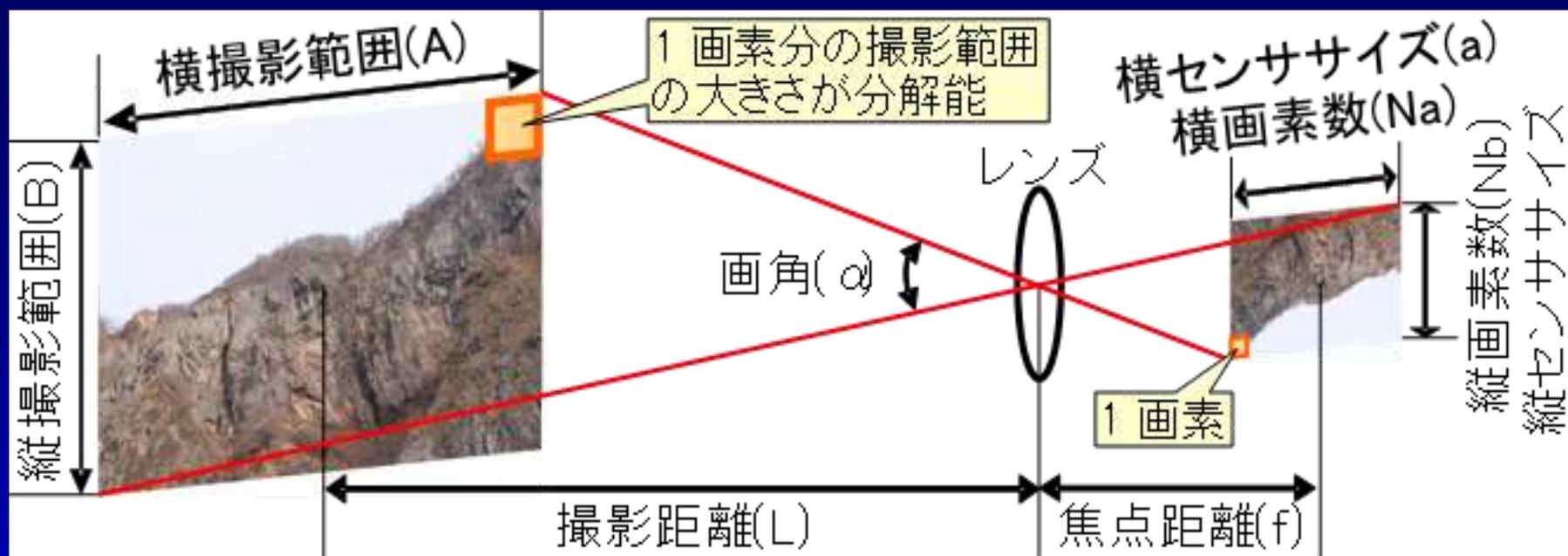
	DJI Phantom4Pro	DJI Inspire2	DJI S1000
撮影距離: 100m	分解能27mm 	分解能22mm 	分解能20mm 
撮影距離: 75m	分解能20mm 	分解能16mm 	
撮影距離: 50m	分解能13mm 	分解能11mm 	分解能13mm 
撮影距離: 30m	分解能8mm 	分解能7mm 	
撮影距離: 20m	分解能5mm 	分解能4mm 	

分解能10mm

撮影位置が斜面に近づくにつれ、地形モデルに対する金網の影響は少なくなる。地形モデル上で金網が現れなくなる閾値は、撮影距離や機材に係わらず、分解能で約10mm程度である。



【参考】デジタルカメラの仕様と撮影画像の関係



〔横方向の撮影範囲〕

$$A = L \times \frac{a}{f}$$

〔横方向の分解能〕

$$\text{横分解能} = \frac{\text{横撮影範囲}(A)}{\text{横画素数}(N_a)}$$

〔横方向の画角〕

$$\alpha_a = 2 \tan^{-1} \frac{a}{2f}$$

〔縦方向の撮影範囲〕

$$B = L \times \frac{b}{f}$$

〔縦方向の分解能〕

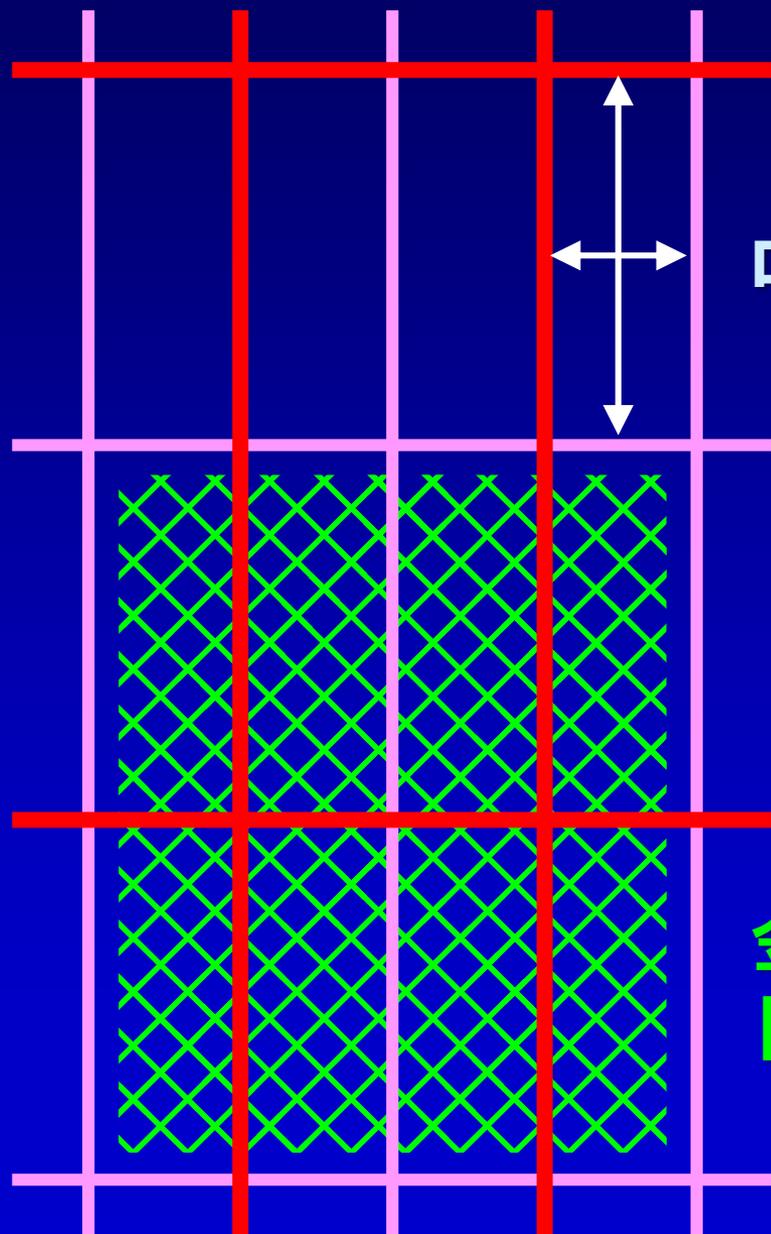
$$\text{縦分解能} = \frac{\text{縦撮影範囲}(B)}{\text{縦画素数}(N_b)}$$

〔縦方向の画角〕

$$\alpha_b = 2 \tan^{-1} \frac{b}{2f}$$

1画素に映り込む対象物の大きさである「分解能」が重要！

対象斜面の落石防護網の仕様 [JFE1000型]



主ワイヤロープ： $\phi 16\text{mm}$

ロープ間隔：横2m×縦5m

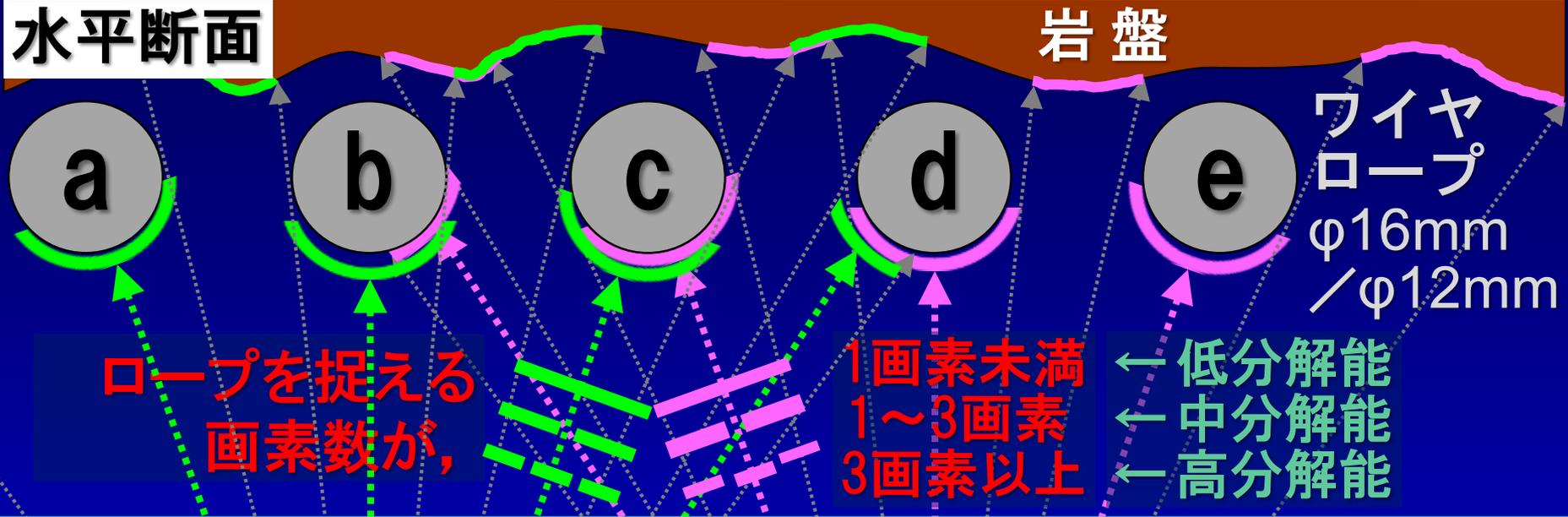
補助ワイヤロープ： $\phi 12\text{mm}$

金網： $\phi 3.2\text{mm}$

目開き：50mm×50mm

別方向画像における金網の捉え方と分解能の関係

水平断面



低分解能・・・金網を個別認識しないが、全体的に捉えてしまう

中分解能・・・捕捉画素数や撮影角度などの見え方によっては、

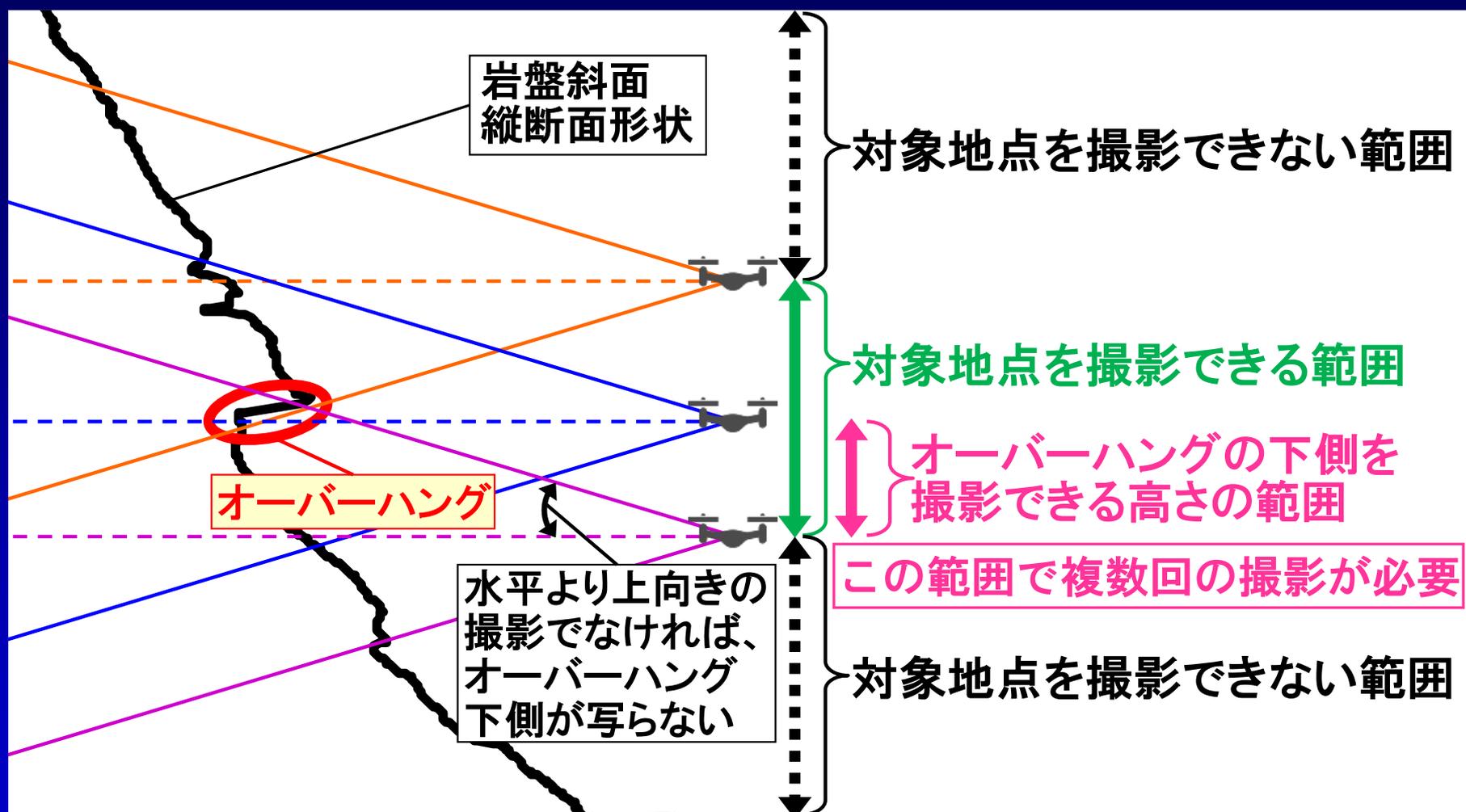
①金網を同一地点として認識して、特徴点が配置

10mm

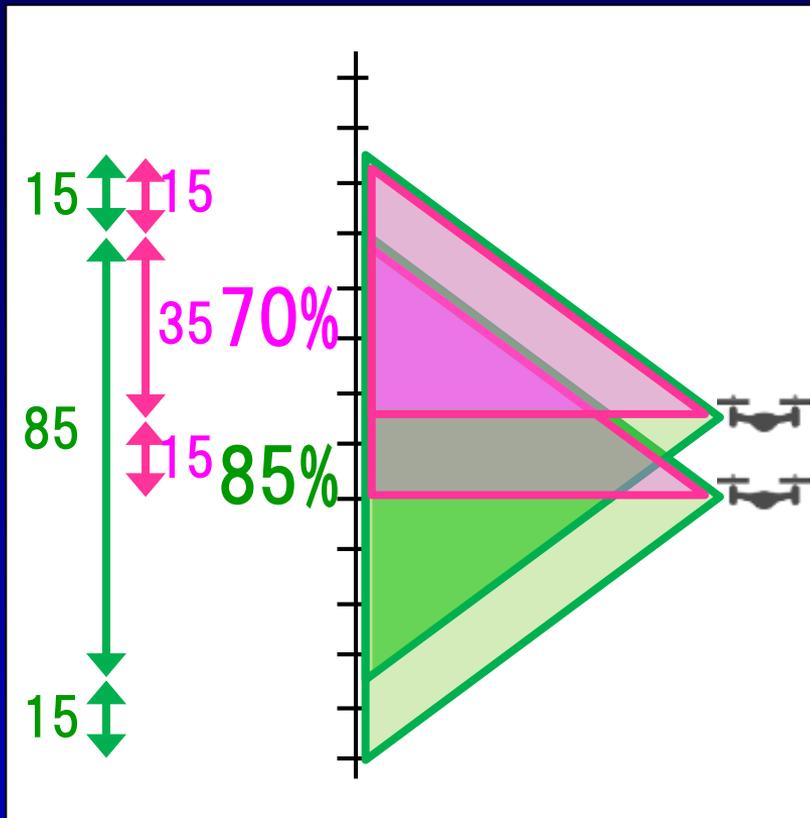
②撮影角度により、異なる金網として認識されて、
特徴点は置かれない(広角撮影だと角度が付き易い)

高分解能・・・ワイヤロープ&金網の形状も再現

結果②-2' オーバーハング形状を把握できる撮影位置と画角



オーバーハングに対して必要となる鉛直ラップ率



撮影範囲 ズレ率	全体ラップ率 ／撮影枚数	上半部ラップ率 ／撮影枚数
X(%)	100-X[%] ／100/X[枚]	100-2X[%] ／100/2X[枚]
0%	100%／—	100%／—
5%	95%／20枚	90%／10枚
10%	90%／10枚	80%／5.0枚
15%	85%／6.7枚	70%／3.3枚
20%	80%／5.0枚	60%／2.5枚
25%	75%／4.0枚	50%／2.0枚
30%	70%／3.3枚	40%／1.7枚
35%	65%／2.9枚	30%／1.4枚
⋮	⋮	⋮

死角となりやすい顕著なオーバーハング部を撮影する時には、**水平方向にカメラを向け、窪みより低い位置から、画角上半部でオーバーハング下側を捉える必要がある。**

その際に、上半部で**70%**、全体で**85%以上の撮影ラップ率が必要となる。**

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，人の目で見落としがちな些細な変化を，漏れなく，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。