

ドローンを用いた 露天掘り鉱山監視システムの開発

1

熊本大学 大学院 先端科学研究部

尾原 祐三

背景・目的

2

現状

様々な計測が実施されている。しかし、いずれの計測においても、岩盤斜面において点あるいは線における計測量である。また、計測データの収集などで人の移動が必要となるため、リスクも発生する。

遠隔からの計測可能

面として観測可能

ドローンを用いて鉱山の観測を面で行うことが可能となれば、分散していた情報の一括管理が可能となり、岩盤斜面の監視のための情報を迅速に取得することが可能となる。

研究の最終目標

露天掘り鉱山に特有な要望に応えられるように、ドローンを導入した監視システムを開発し、それを現場に適用する。

原理

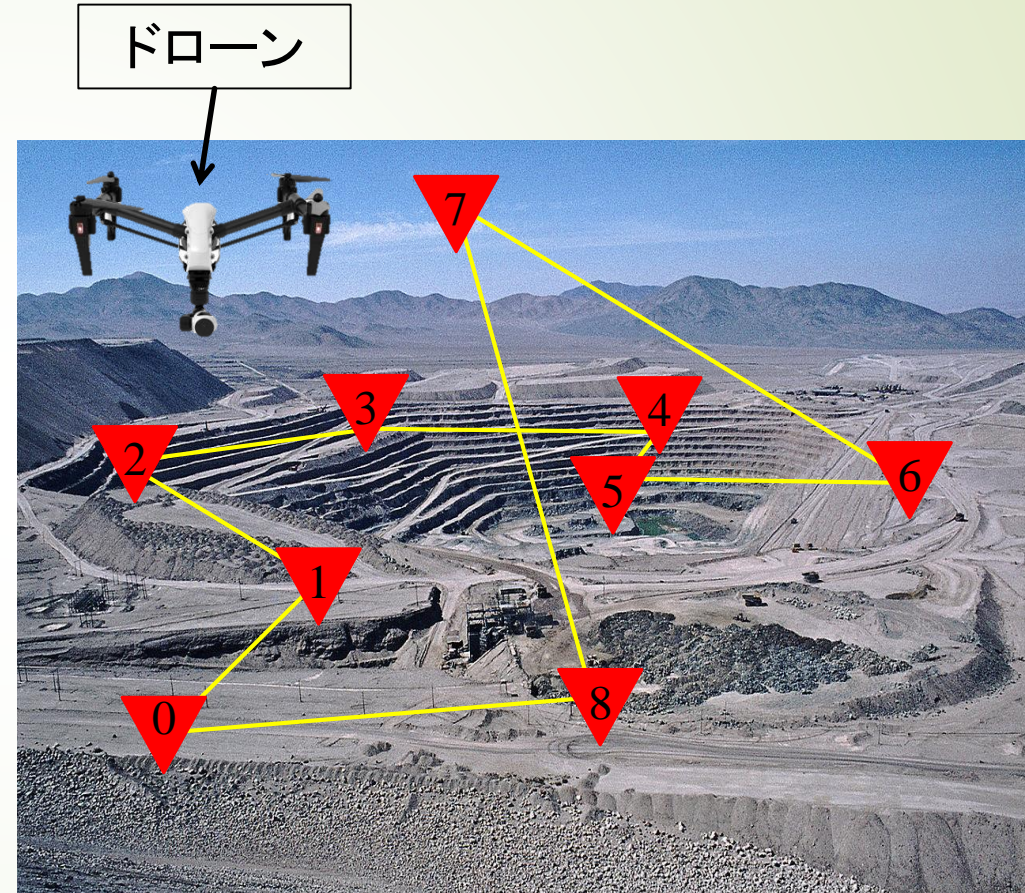
ドローンを所定の経路で飛ばし、所定の場所で斜面の画像または動画を撮影する。



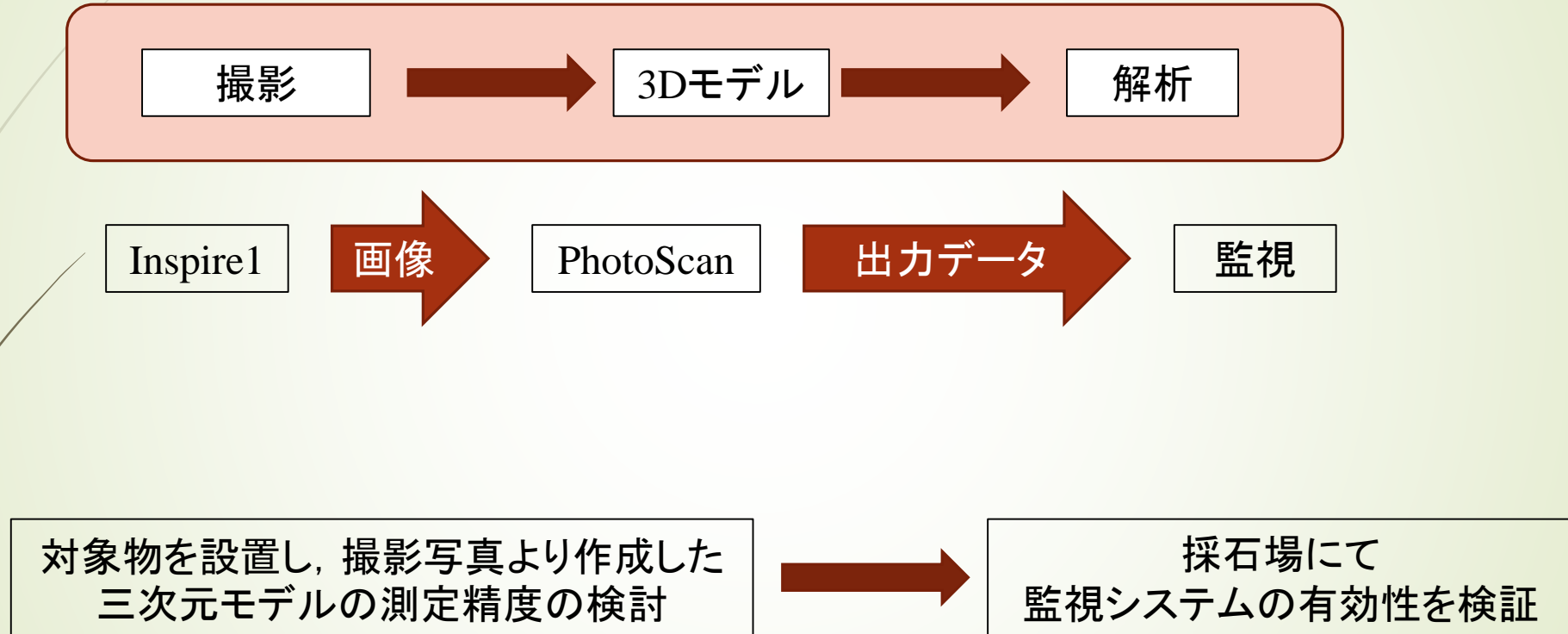
撮影した画像に適切な画像処理を行ない、斜面表面の変位などを分析する。



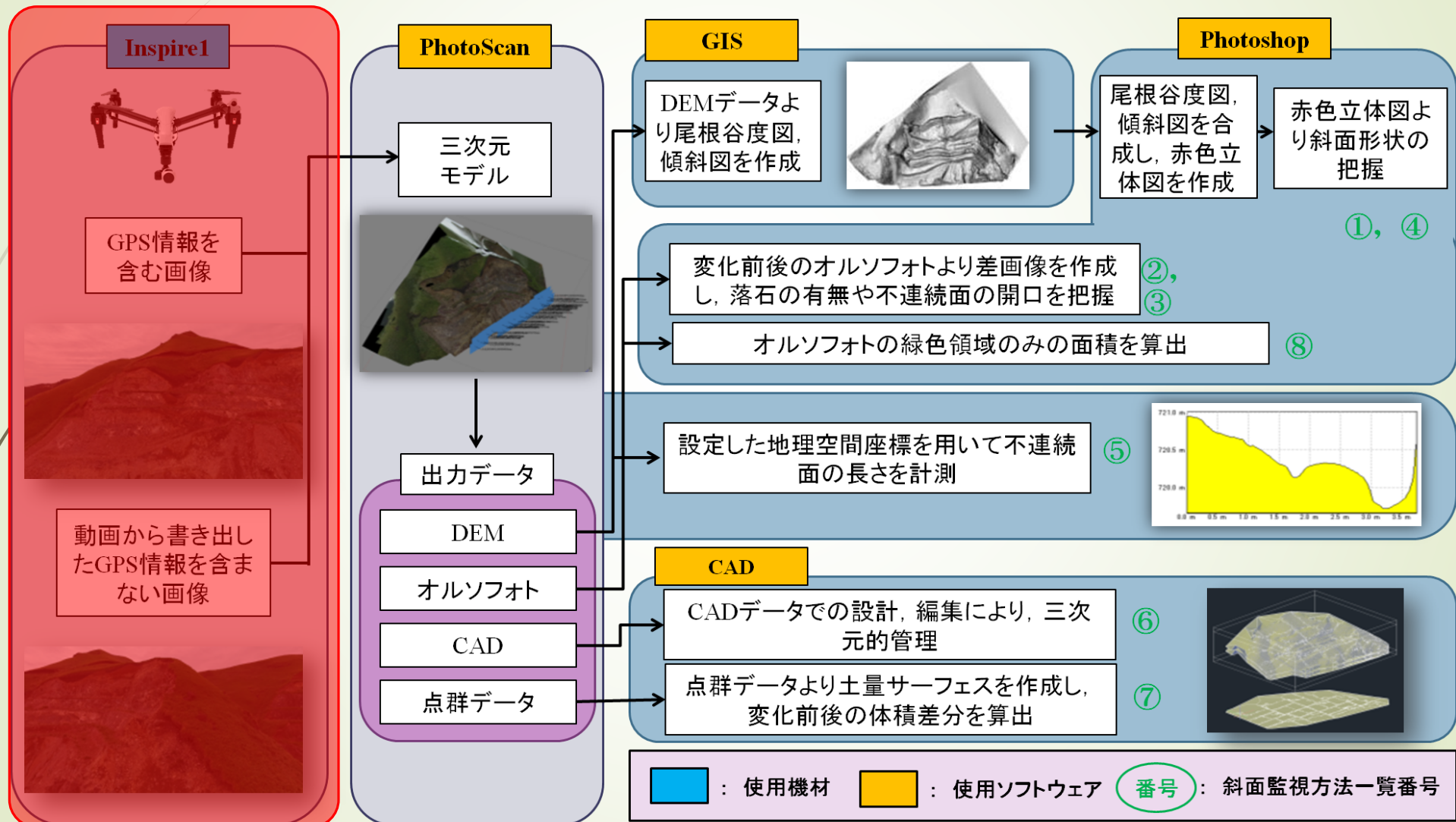
人の移動無く、必要なデータを簡易、安全、迅速に取得することが可能になる。



解析手順



解析手順



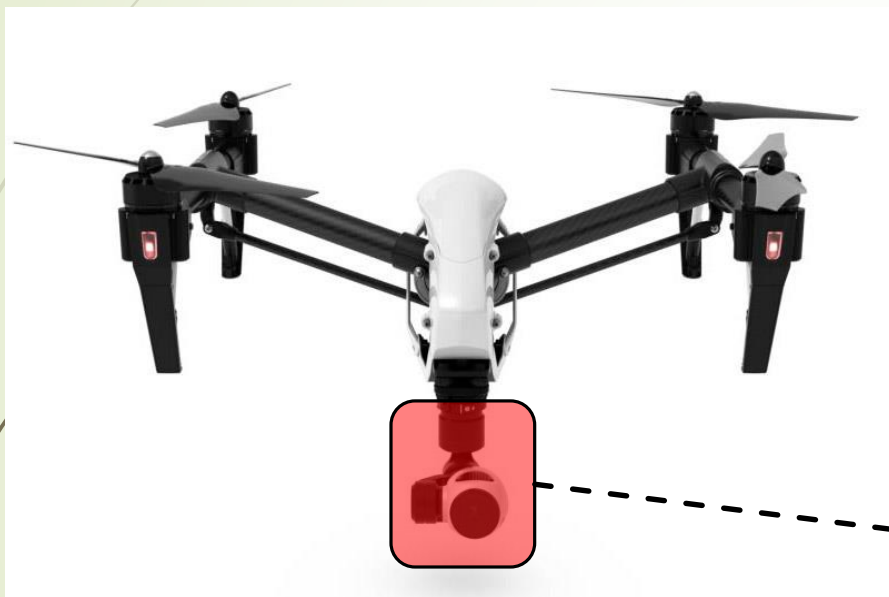
撮影

3Dモデル

解析

6

ドローン INSPIRE 1



機材仕様

重さ	2935g
大きさ	438 × 451 × 301mm
最大飛行時間	約18min
フライト精度の誤差	垂直: ±0.5m 水平: ±2.0m
リモコン最大伝送距離	2.0km

カメラ仕様

総画素数	12.76Mピクセル
画像の最大サイズ	4000 × 3000 (4K)
水平画角	62°
垂直画角	94°

4Kビデオ, 1200万画素の静止画を撮影可能なカメラ, GPSを利用したフライト管理が可能である.

ビデオ

撮影

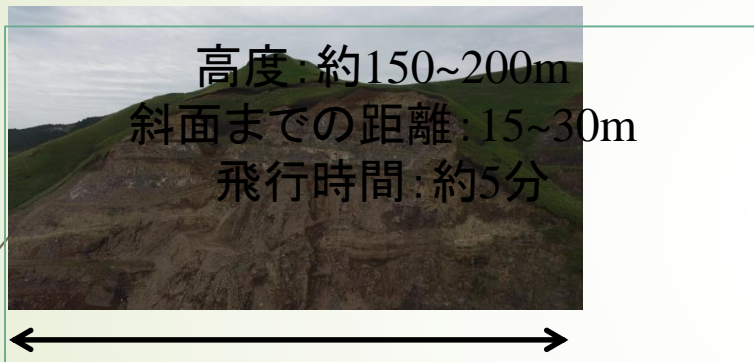
3Dモデル

解析

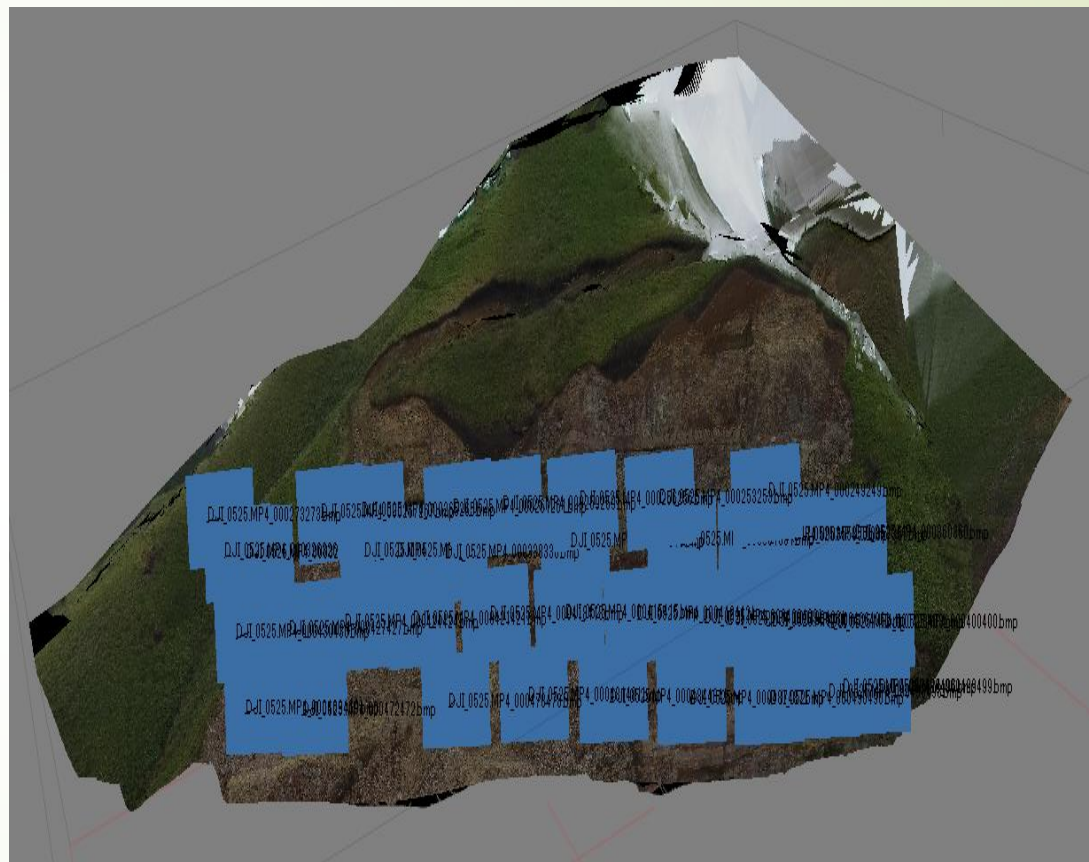
7

撮影対象 飛行経路図

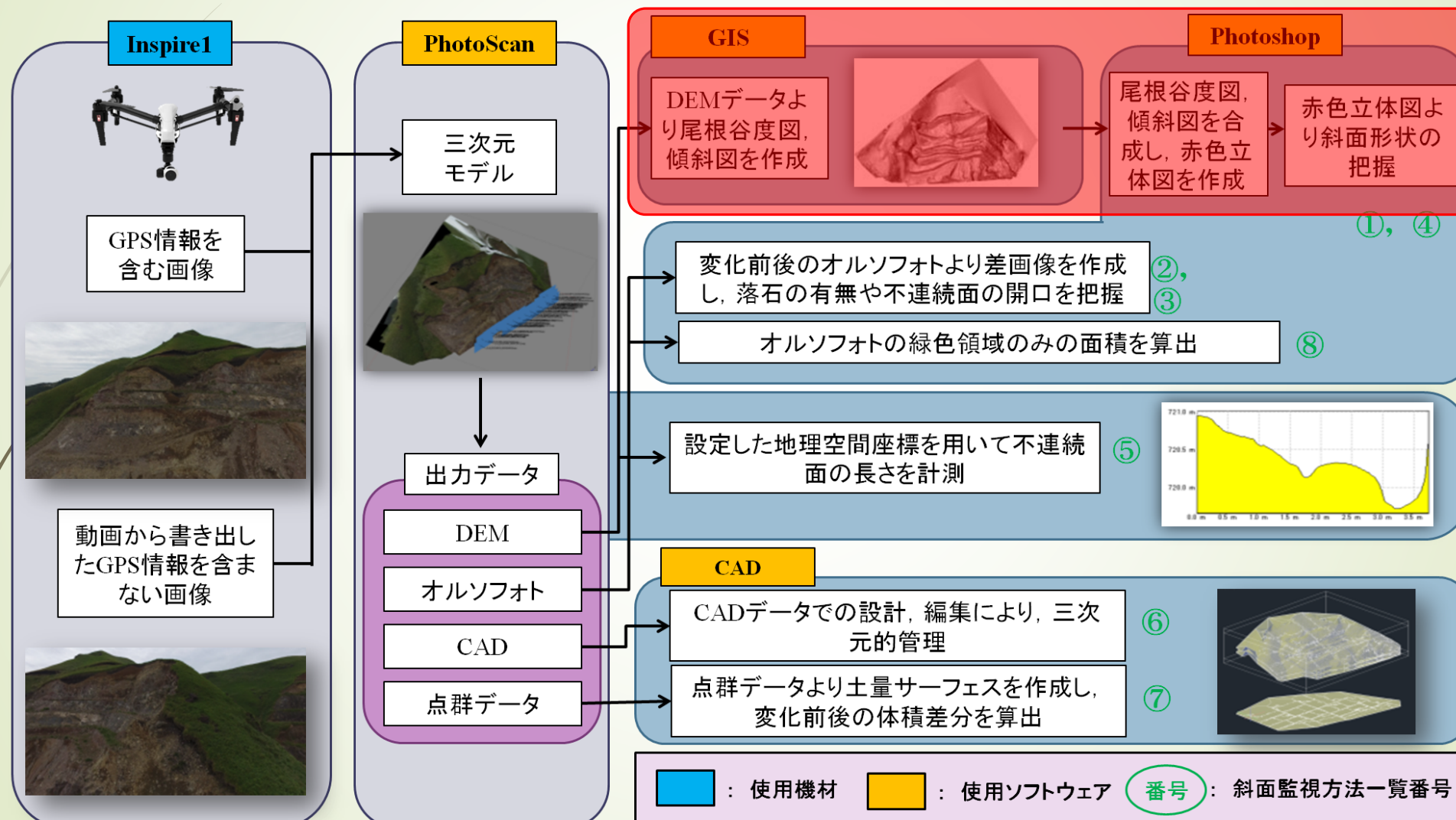
撮影高さ: 70m



撮影最大幅: 200m
②カメラ角度:
水平面に対して水平(0度)
採石場



解析手順



撮影

3Dモデル

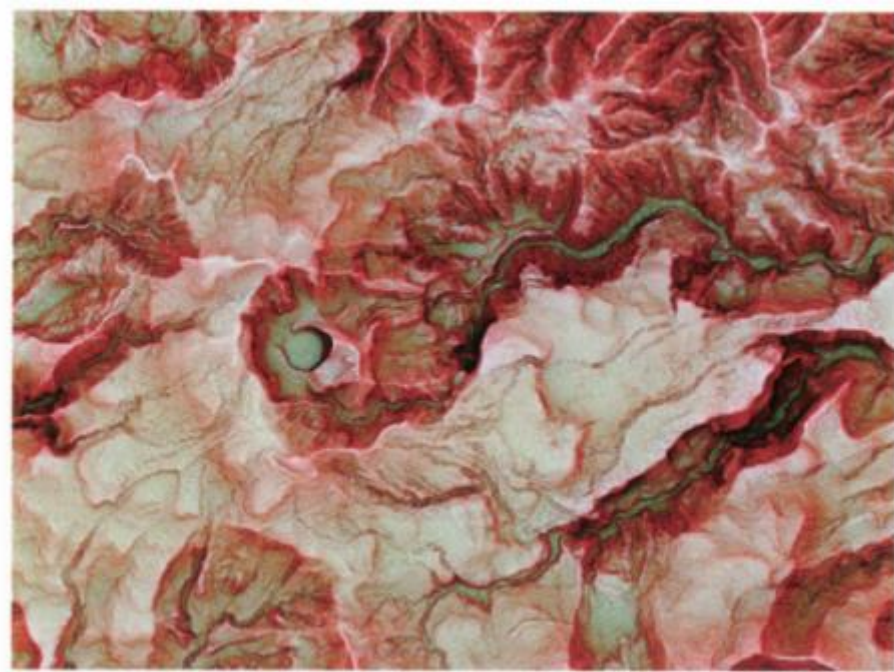
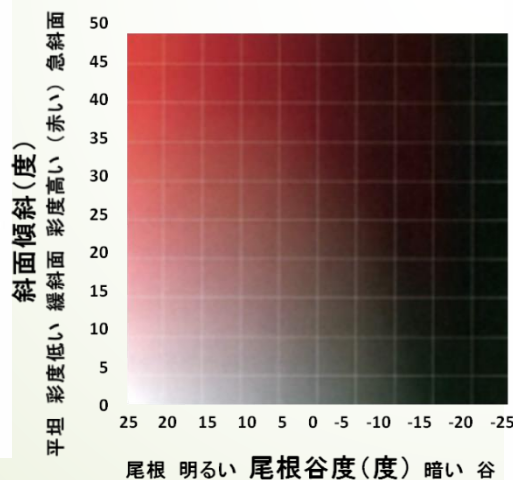
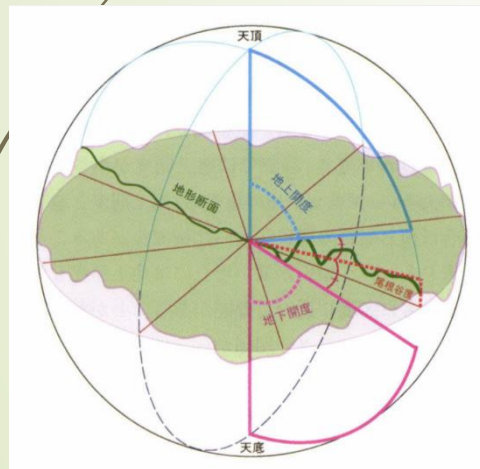
解析

9

赤色立体図

1枚のオルソフォトで方向依存性のない立体感が得られる地形表現技法
急傾斜ほど赤く、尾根ほど明るく、谷ほど暗く表す。

$$\text{尾根谷度} = \frac{\text{地上開度} - \text{地下開度}}{2}$$



計算方法概念図

赤色立体地図画像合成法

赤色立体地図

参照：地形表現手法の諸問題と赤色立体図

撮影



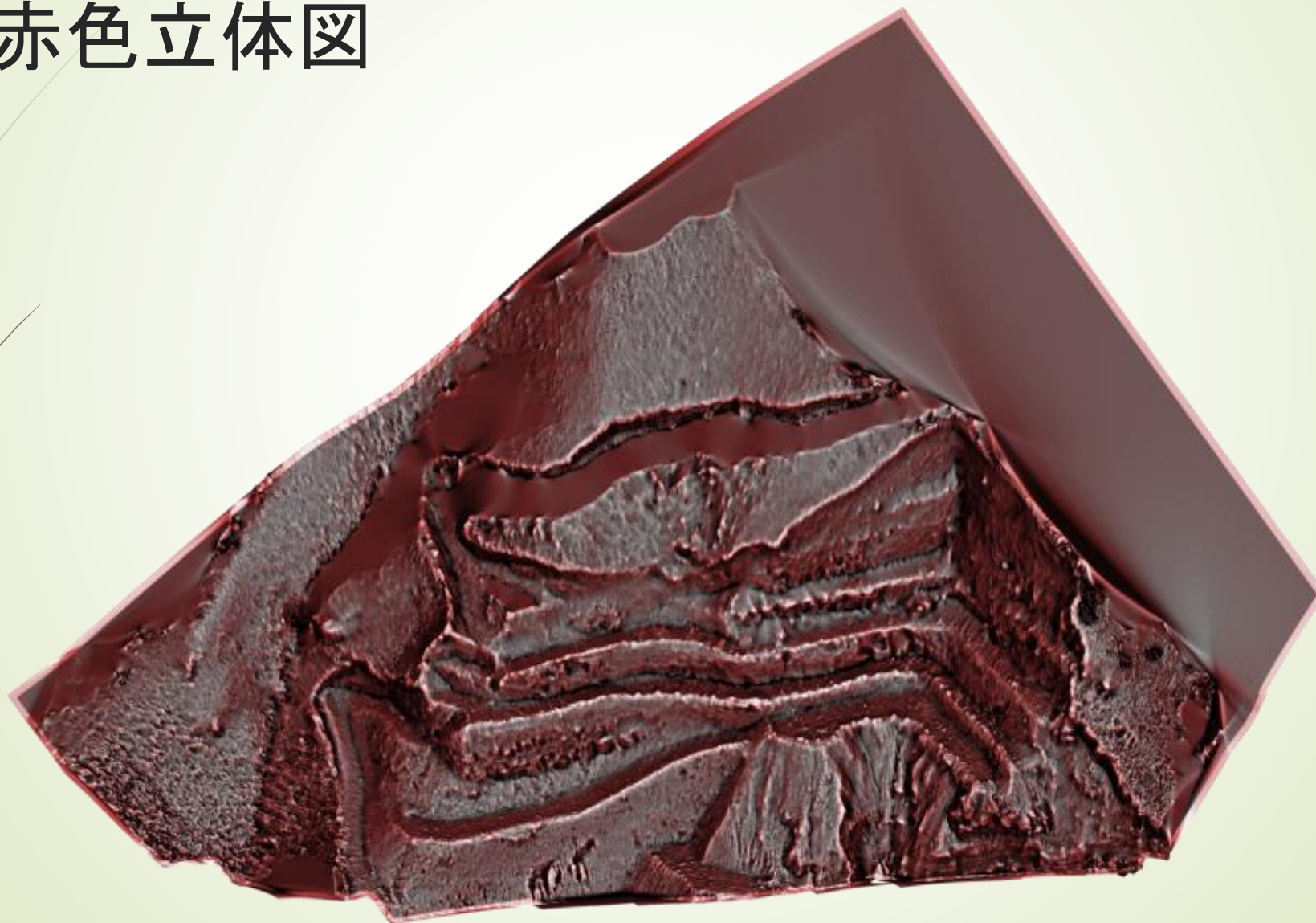
3Dモデル



解析

10

赤色立体図



撮影



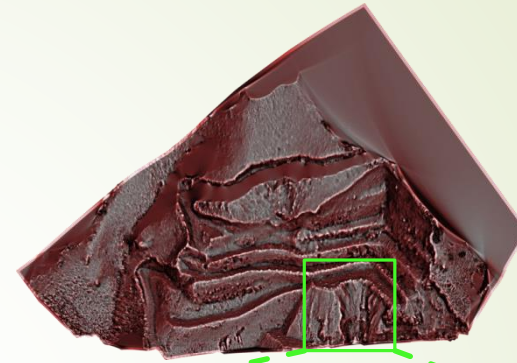
3Dモデル



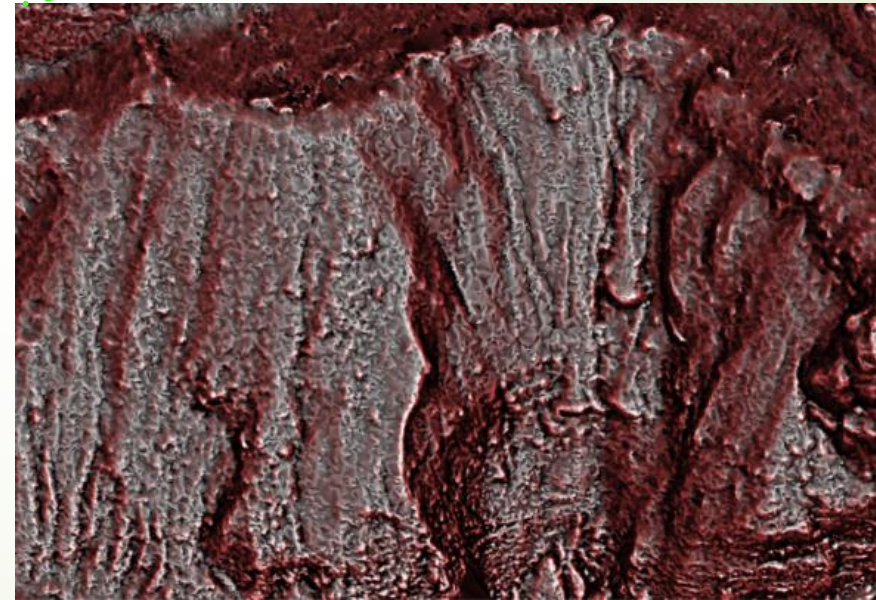
解析

11

赤色立体図



オルソフォト



赤色立体図

撮影



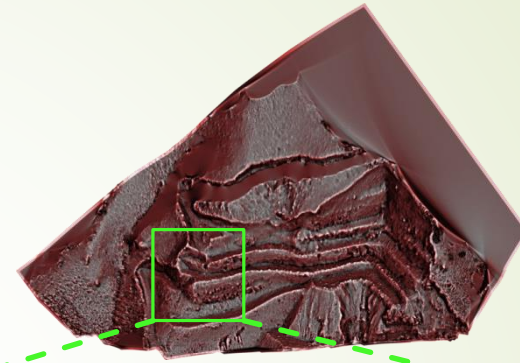
3Dモデル



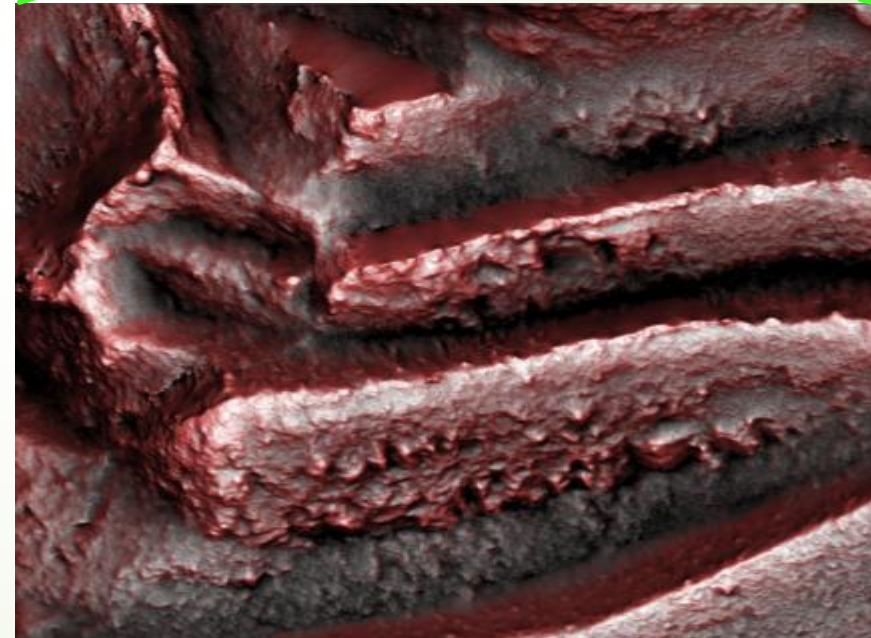
解析

12

赤色立体図

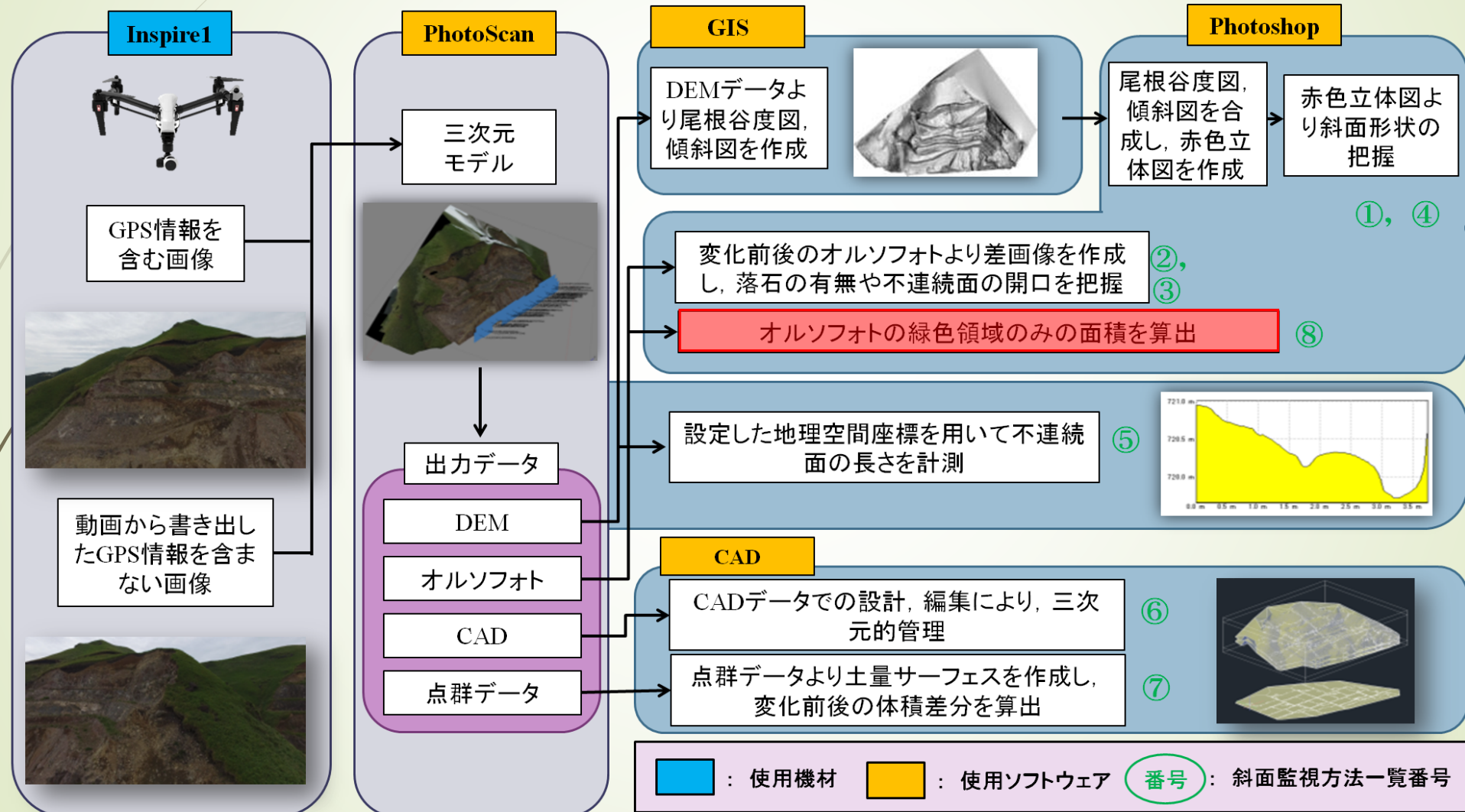


オルソフォト

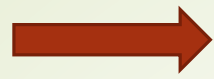


赤色立体図

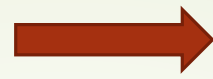
解析手順



撮影



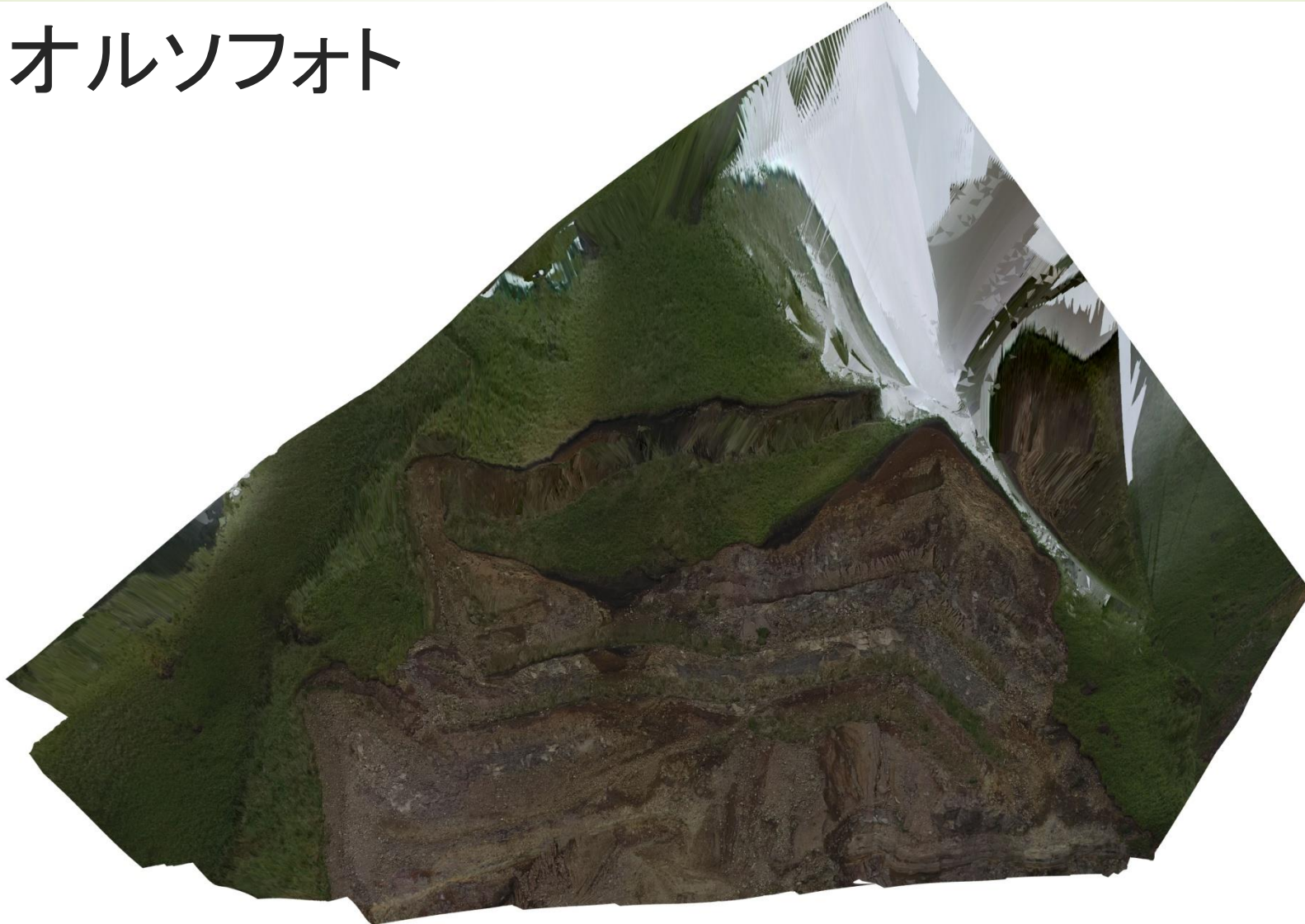
3Dモデル



解析

14

オルソフォト



撮影



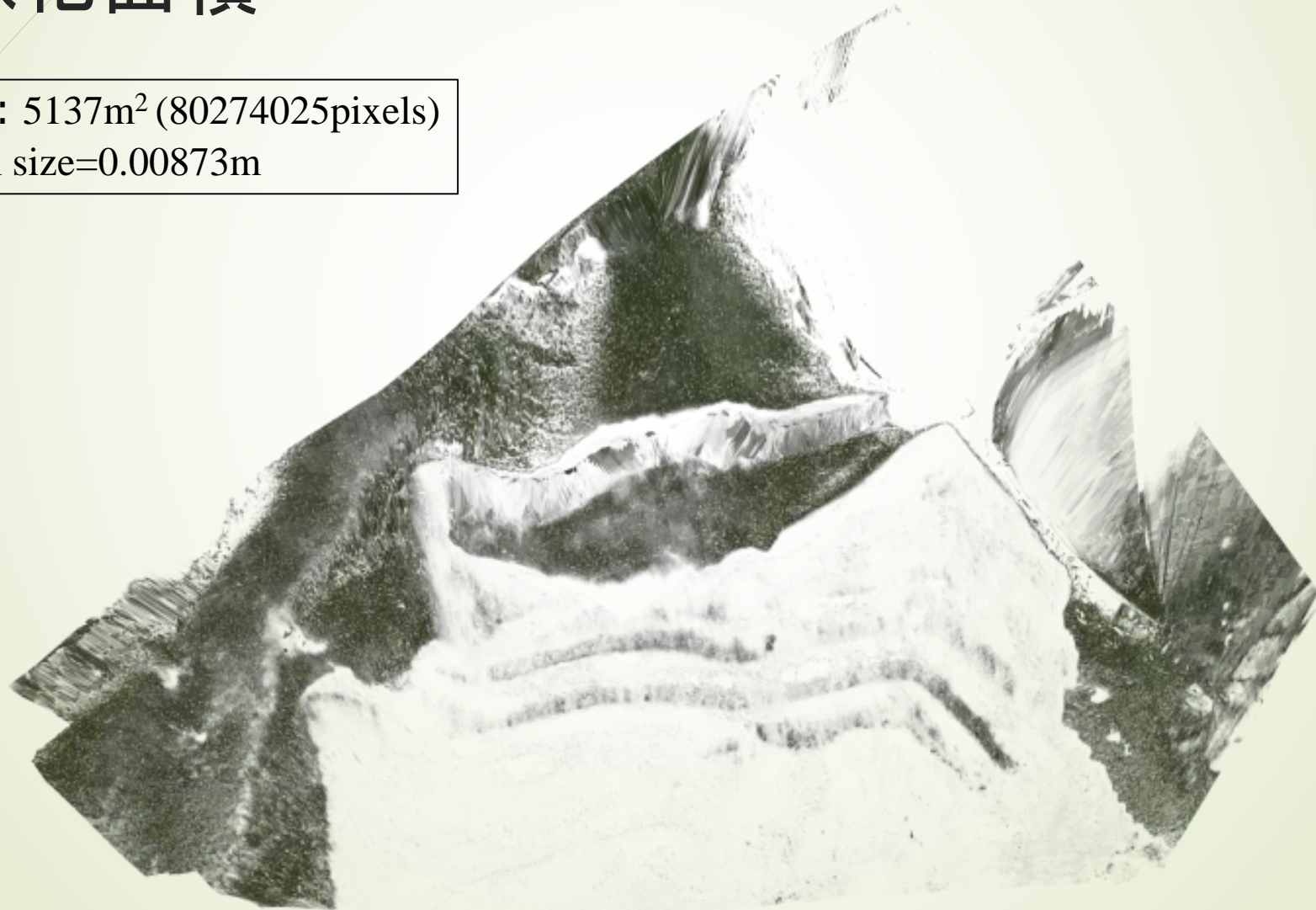
3Dモデル



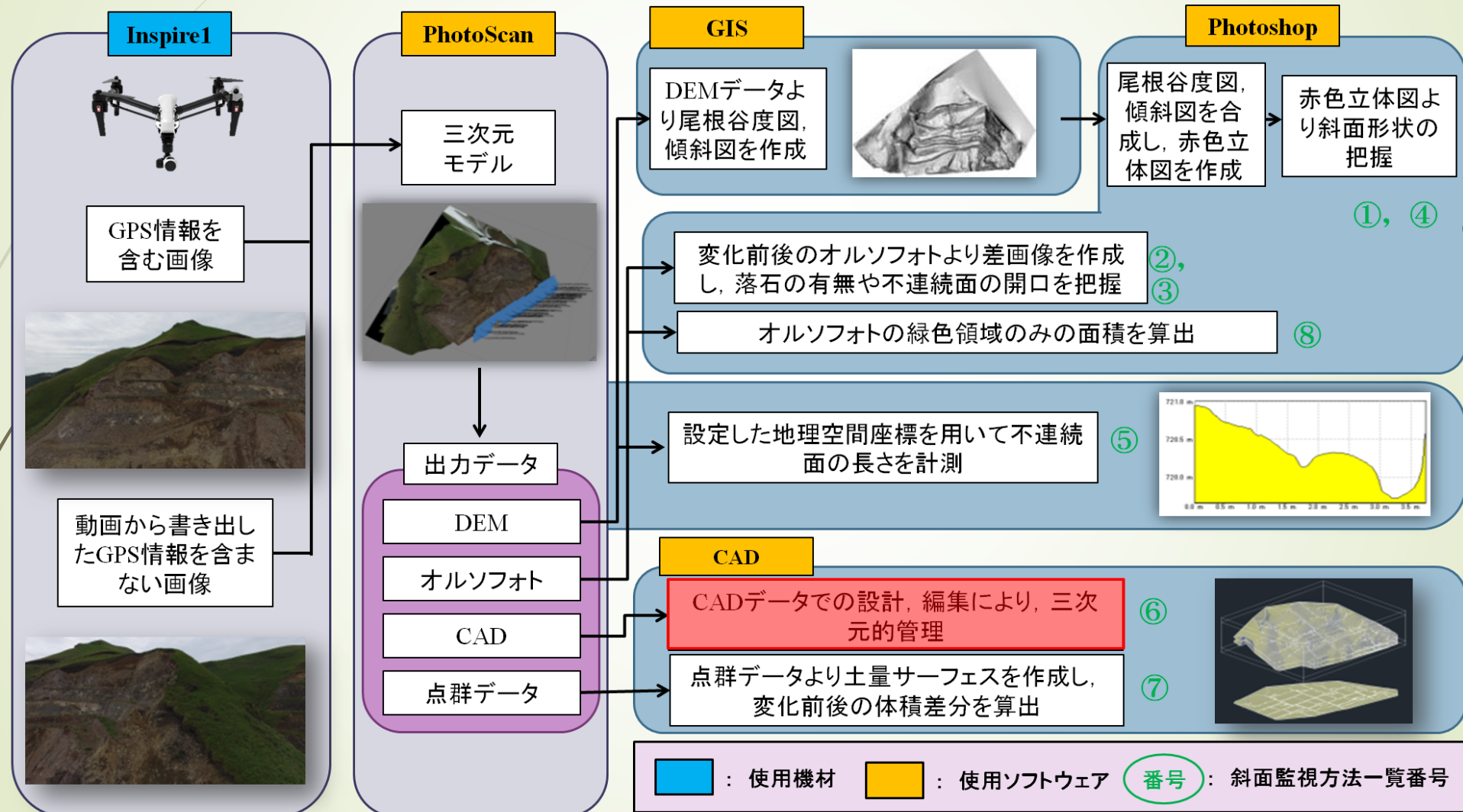
解析

緑化面積

面積：5137m² (80274025pixels)
1pixel size=0.00873m



解析手順



撮影



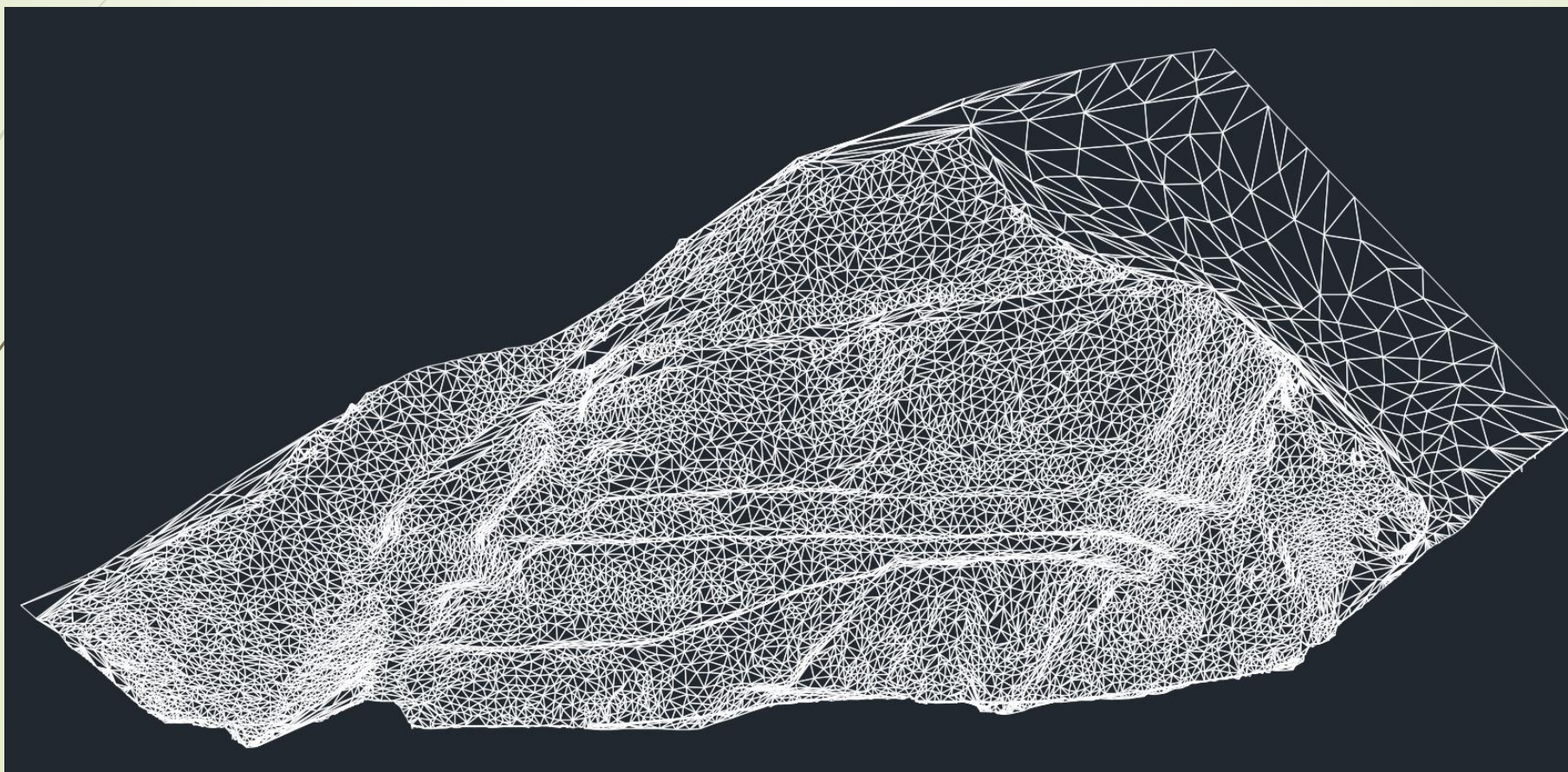
3Dモデル



解析

17

CADデータの出力



番号	目的	項目	計測形態	要求精度・規模	計測方法	本研究
①	安全確保	浮石・転石	面・線	数cm~数m	現地踏査	・赤色立体図を用いた監視
②		落石の有無分布	面			・オルソフォトによる差画像
③		不連続面の開口	線	10mm以上/30日: 要注意・点検強化 5~50mm/5日:対策の検討 10~100mm/日: 警戒・応急対策	GPS測量 岩盤変位計 岩盤伸縮計	・オルソフォトによる差画像
④		不連続面の幾何形状	線	3~10m:中程度の連続性 10~20m:高い連続性 1~3m:低い連続性	写真判読 目視点検	・赤色立体図より幾何形状の把握
⑤	鉱山管理	ピット形状の把握	2次元	例)氷川鉱山 高さ:300m,幅:600m ベンチ間高低差:15m以下 ベンチの幅:4.6m	地形測量 航空測量	・Photoscan上で測定点のGPS情報取得
⑥			3次元		レーザー測量 CAD	・PhotoscanによるCADデータの取得 ・赤色立体図による斜面の凹凸の把握
⑦		採掘量の算出	体積	1.297万トン/year: 例)戸高=1.316m ³ /day	CAD, ベルトコンベアやトラック台数	・変化前後のCADデータより差分を算出
⑧	環境対策	緑化の確認	面積	-	目視点検	・Photoshopで緑化範囲の面積を算出

まとめ

- 撮影条件として、GPS情報使用、重複率80%、対象物までの距離20m以下が最適である。
- 赤色立体図を用いて、斜面全体の形状把握や不連続面などの形状が把握可能である。
- 赤色立体図やGISソフト、Photoshopなどを使用することでドローンによる鉱山監視が可能である。