林業DX化に向けた
リモートセンシング技術の活用

（株）ジオ・フォレスト
代表取締役　戸田　堅一郎

林業DXに向けて

「DX（Digital Transformation）」

「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、**データとデジタル技術を活用**して、顧客や社会のニーズを基に、**製品やサービス、ビジネスモデルを変革**するとともに、**業務そのもの**や、組織、プロセス、企業文化・風土を**変革**し、競争上の優位性を確立すること」

「DX推進ガイドラインVer.1.0（平成30年12月）」
経済産業省：https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181212004/20181212004-1.pdf

【英英辞典】

trans-　：類義語 **across（横切って）、cross（交差、十字）**

林業DXに向けて

デジタル化、ICT化、スマート化

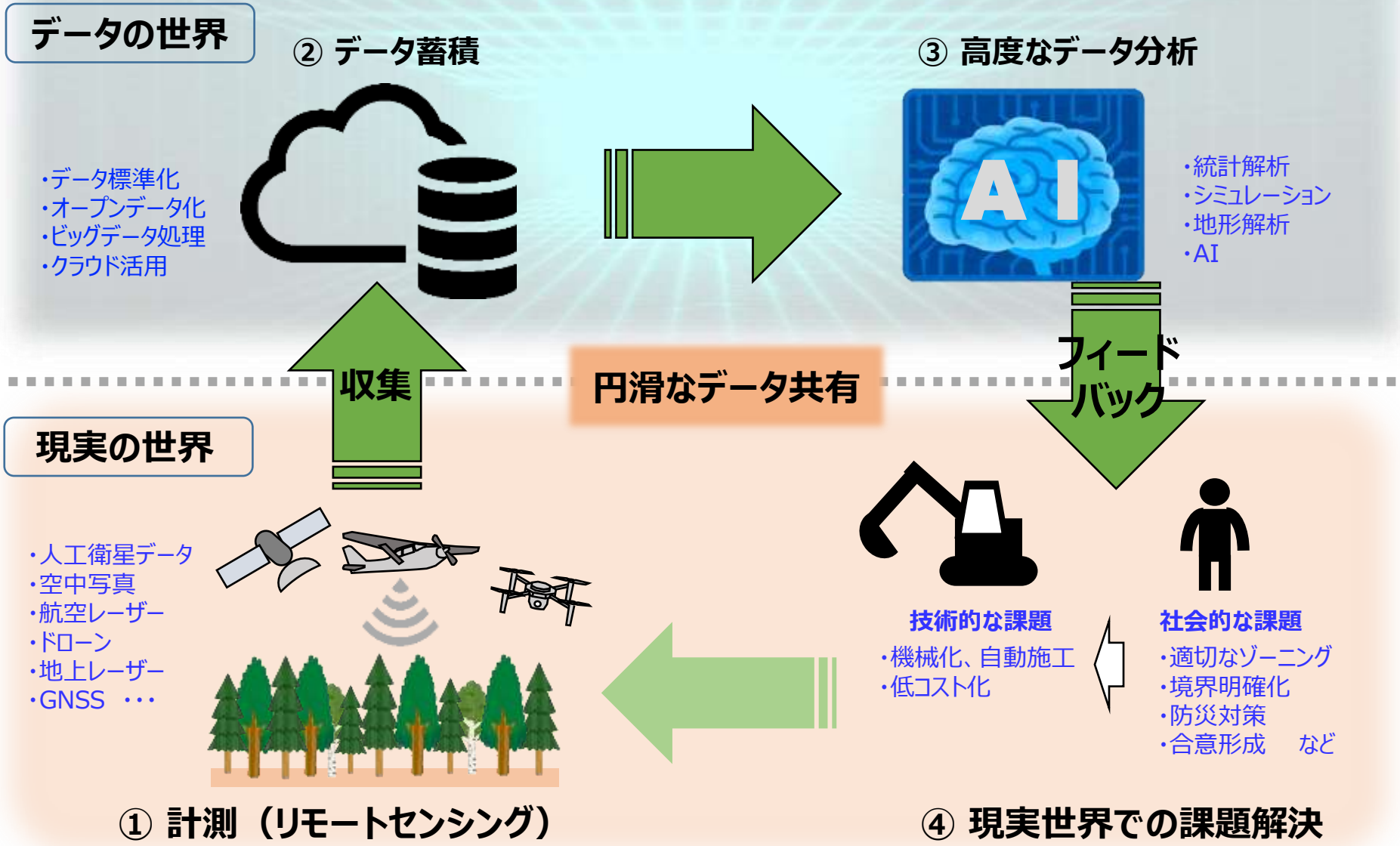
既存の図面や紙データなどの**アナログ（紙）仕事**の電子化による業務の効率化

⇩

DX

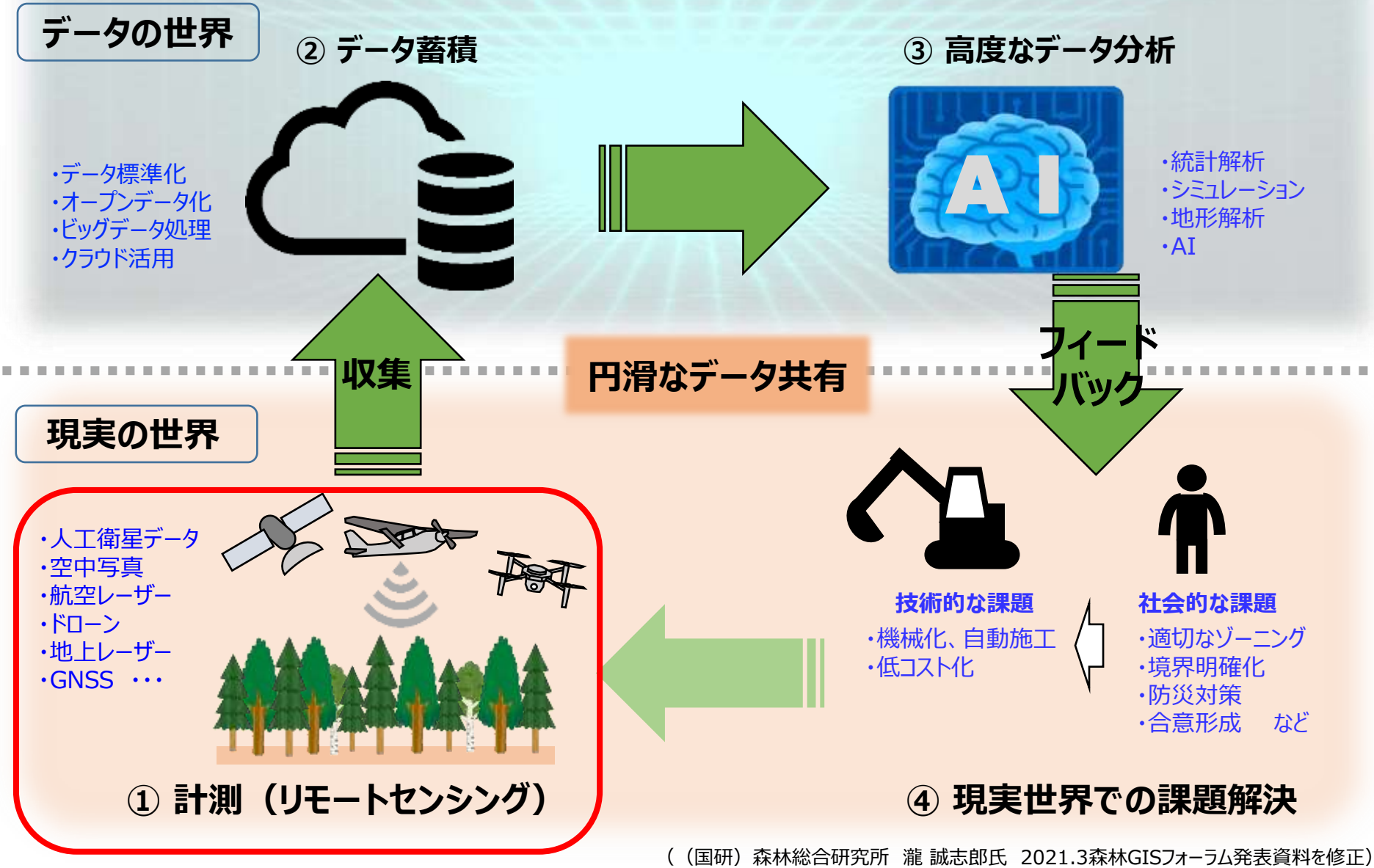
デジタルデータを前提とした**組織や仕事そのもの**の変革

デジタルツインの考え方



（（国研）森林総合研究所 瀧 誠志郎氏 2021.3森林GISフォーラム発表資料を修正）

デジタルツインの考え方



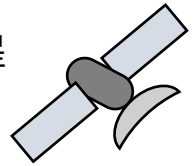
（（国研）森林総合研究所 瀧 誠志郎氏 2021.3森林GISフォーラム発表資料を修正）

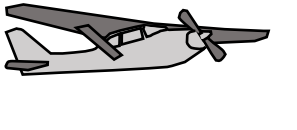
リモートセンシング とは
（　Remote　Sensing　）

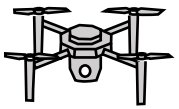
離れたところから非接触で調べる

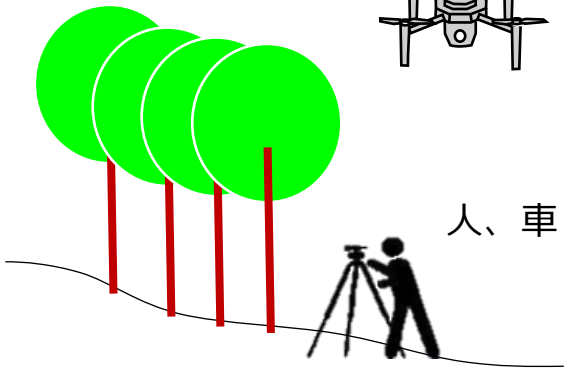
どれくらい離れたところから調べるか？

プラットフォーム	視点の高さ	解像度	計測面積
人工衛星	数100ｋｍ ～数1000ｋｍ	低	広
航空機	数100m		
ドローン	数10m ～150m		
人、車	森林内	高	狭

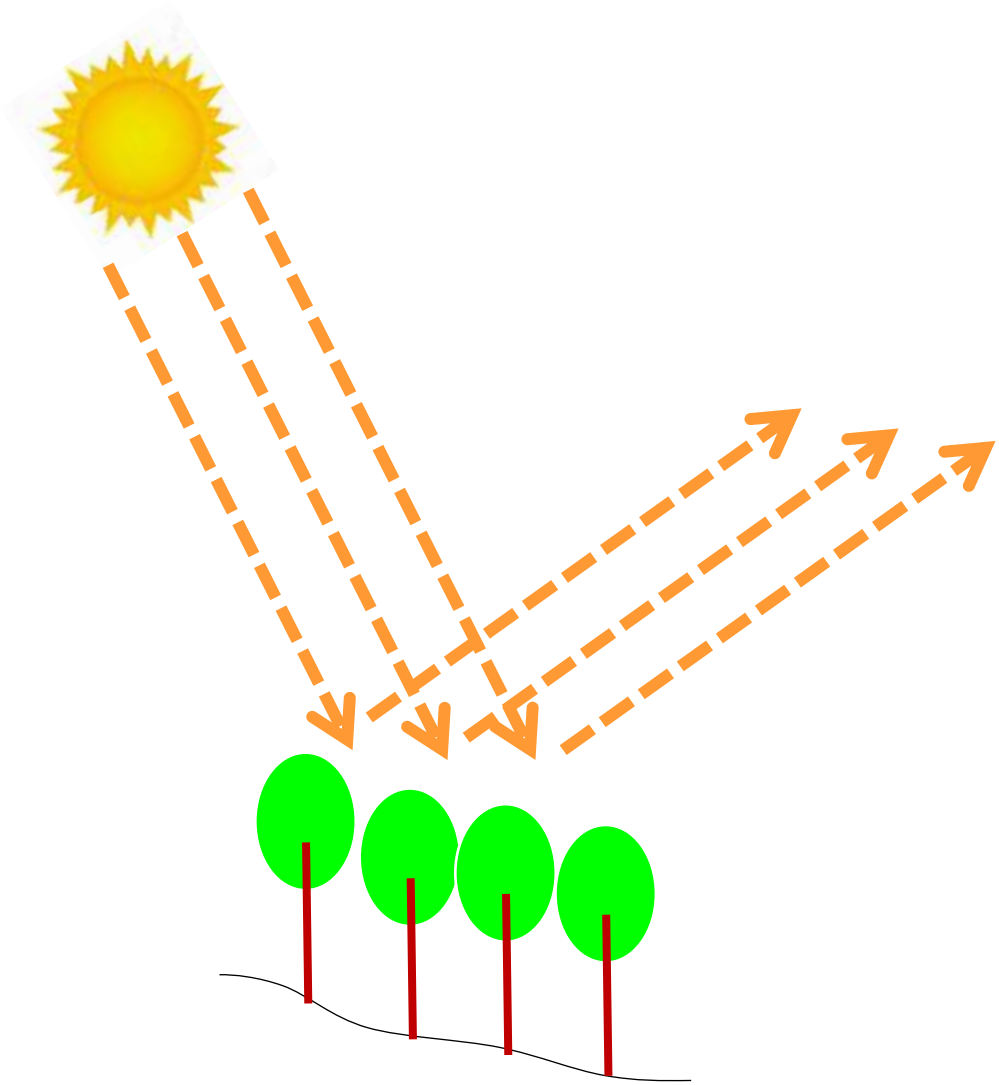








どのようなセンサーを使うか？

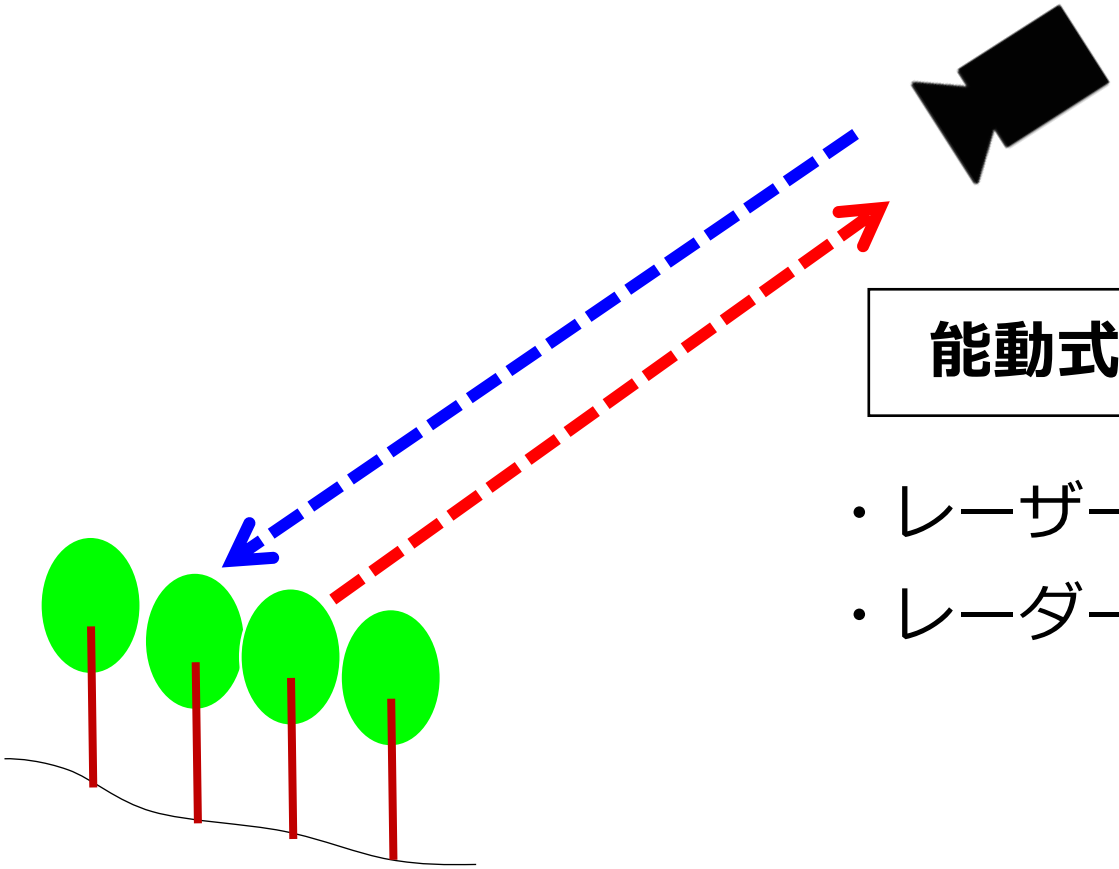


受動式センサー

・光学センサー
　デジタルカメラ
　近赤外線カメラ

・温度センサー

どのようなセンサーを使うか？



能動式センサー

・レーザースキャナー
・レーダー（SAR）

など

目的に応じてプラットフォームとセンサーの組み合わせを選択することが重要

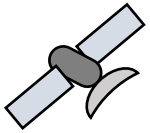
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

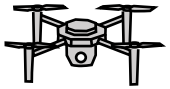
【プラットフォーム】

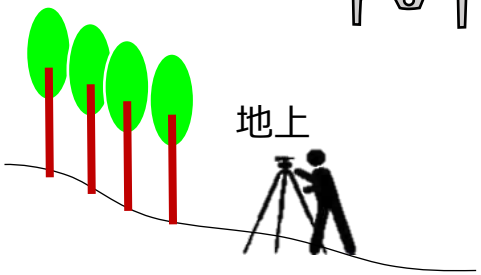


人工衛星

航空機

ドローン





地上

- 何を観たいか？
- どれくらいの範囲か？
- どれくらいの頻度か？
- 予算は？

リモートセンシングの技術体系

計測技術

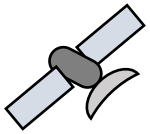
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

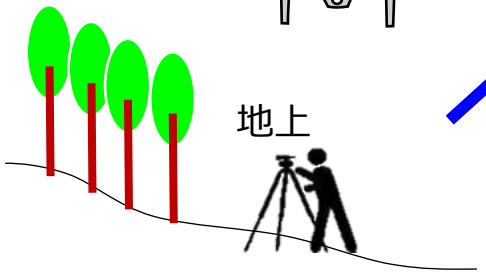
【プラットフォーム】



人工衛星

航空機

ドローン



地上

解析技術

高速化

低価格化

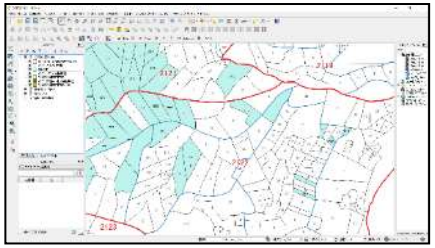
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

現場活用技術



・オープンソースGIS

・WebGIS

・スマートフォン

・GNSS（GPS）

衛星リモートセンシング

・光学衛星

・干渉SAR

衛星リモートセンシングの長所

- 広域
- 高頻度
- 安価

リモートセンシングの技術体系

計測技術

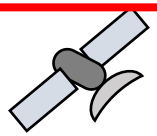
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

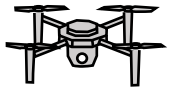
【プラットフォーム】

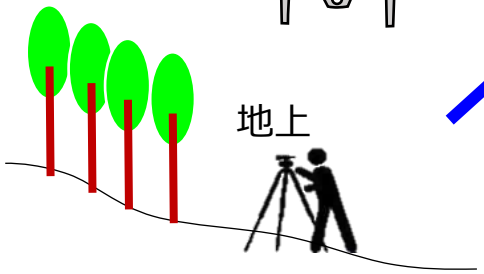


人工衛星

航空機

ドローン





地上

解析技術

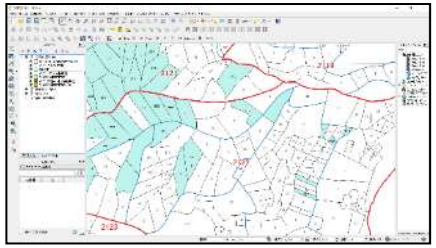
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

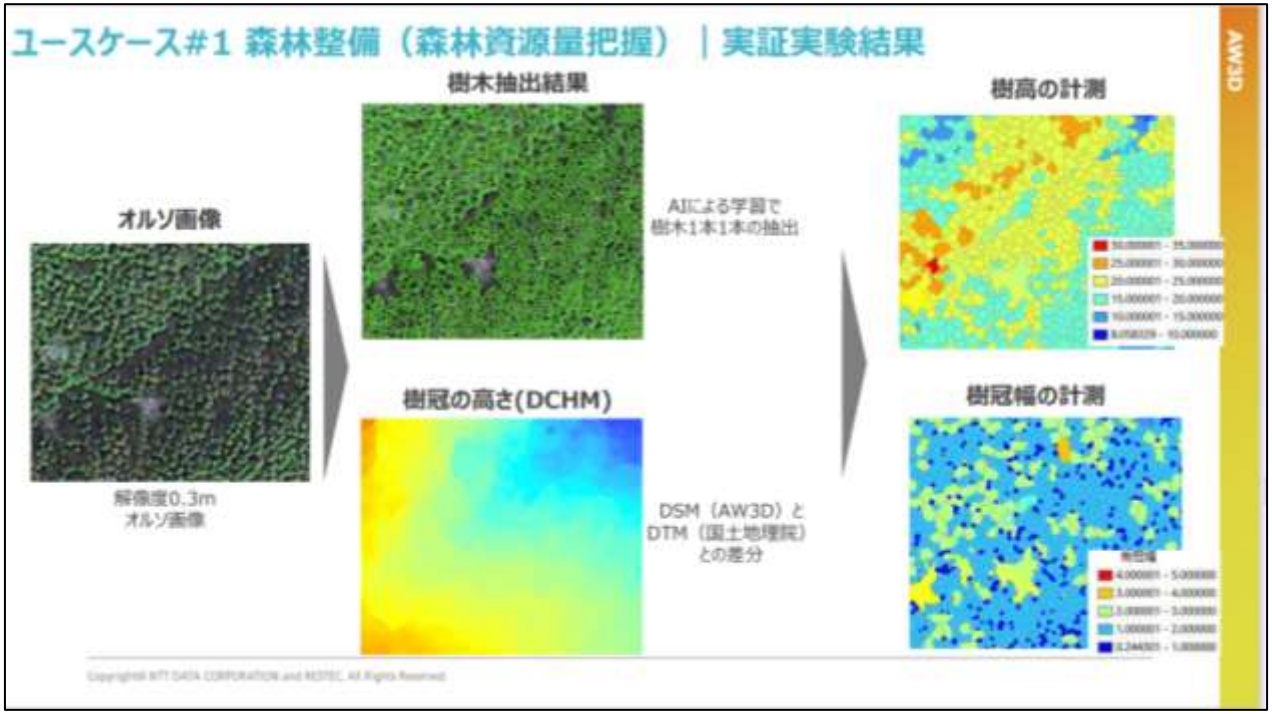
現場活用技術



・オープンソースGIS
・WebGIS

・スマートフォン
・GNSS（GPS）

森林資源量解析

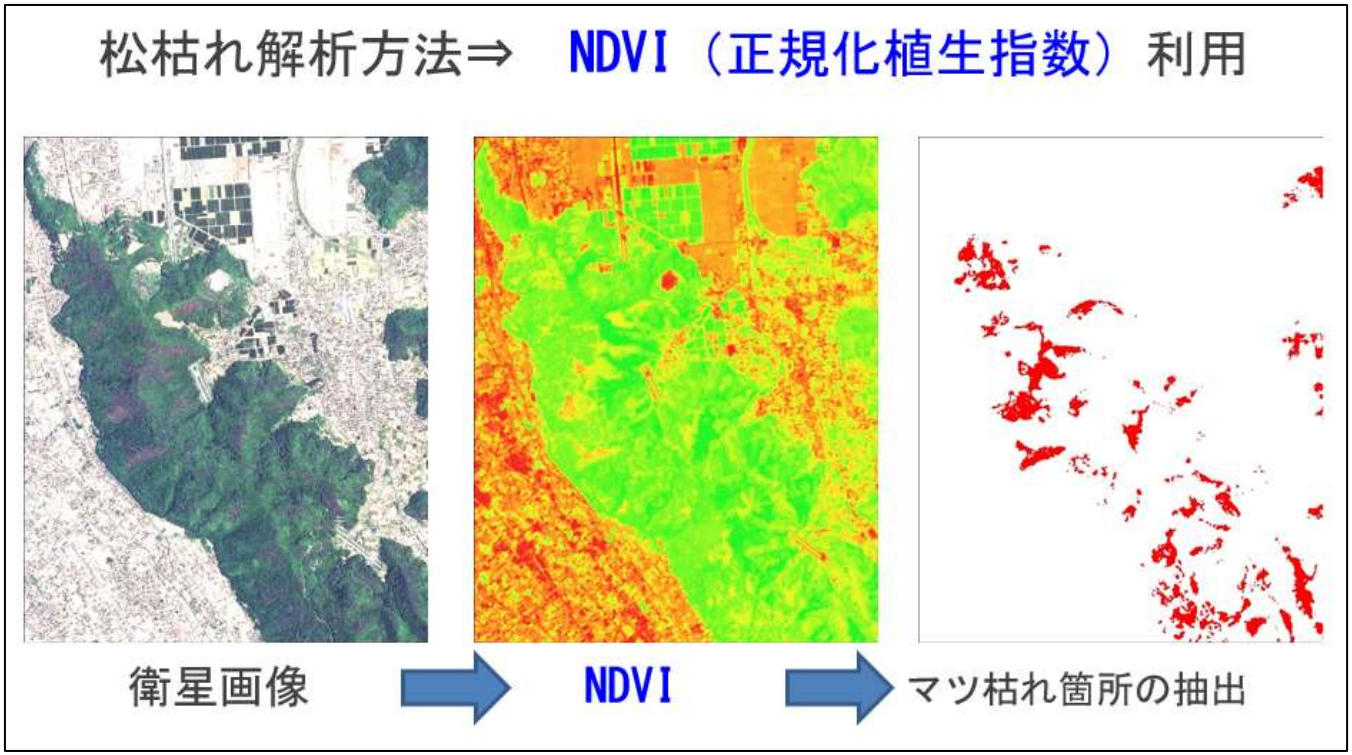


（データ提供：NTTデータ）

衛星リモートセンシングでは、

- 広域を安価に解析可能
- 伐採、植栽などの年次変化を観測可能

病虫害（ナラ枯、マツ枯）

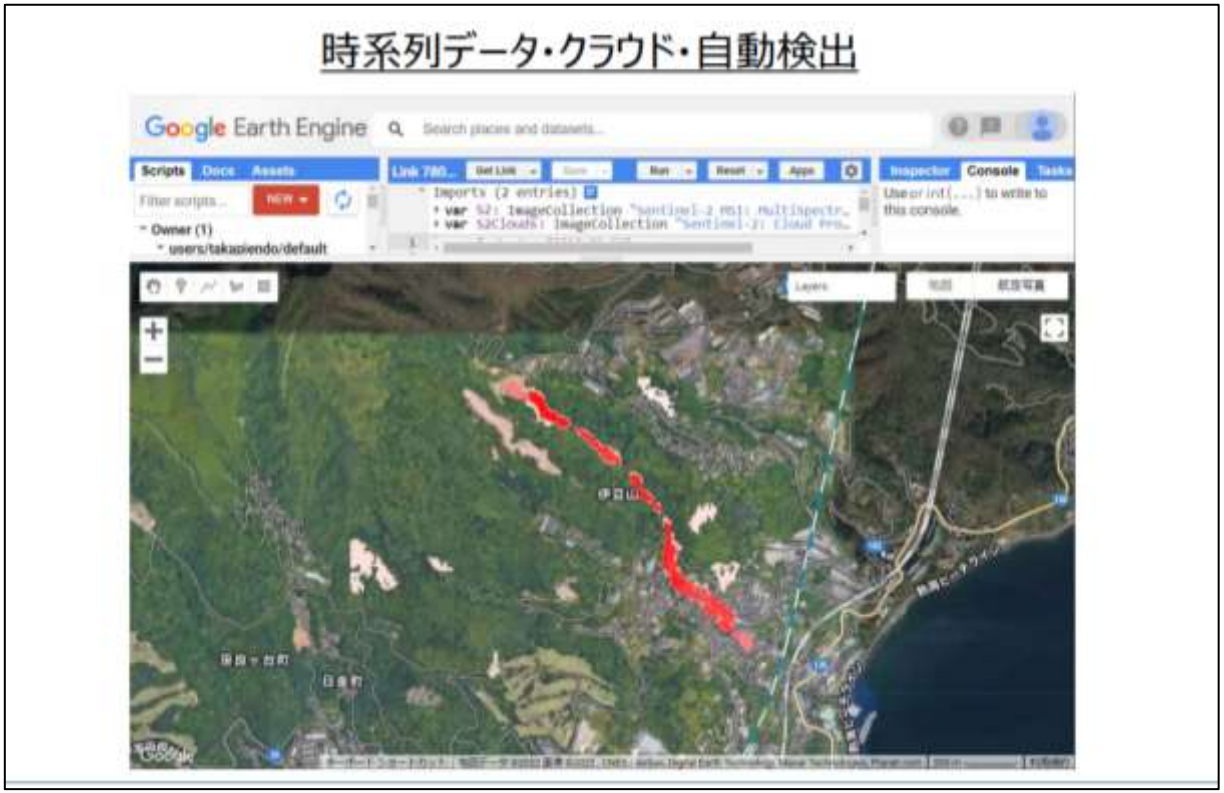


（出典：塩尻市産業振興事業部　西沢 和善氏　「山地災害リスク低減シンポジウム」（2019.2.6））

衛星リモートセンシングでは、

- 被害エリアの拡大傾向（経年変化）を把握可能
- 単木レベルの被害木抽出はドローン写真が有利

災害調査



（データ提供：RESTEC）

衛星リモートセンシングでは

- 発災直後の晴天日に観測可能
- 現地踏査前に広域に概要把握に有効

リモートセンシングの技術体系

計測技術

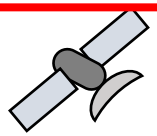
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

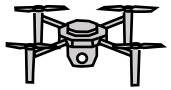
【プラットフォーム】

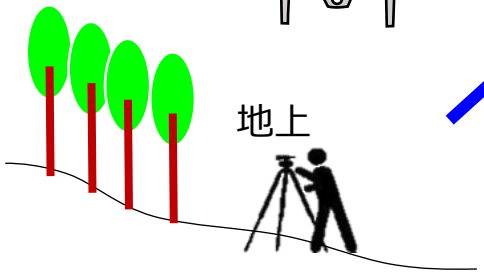


人工衛星

航空機

ドローン





地上

解析技術

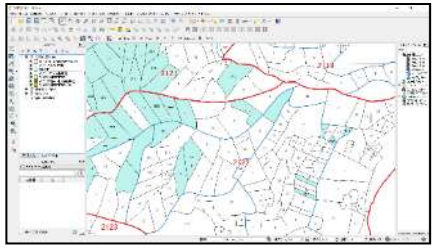
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

現場活用技術

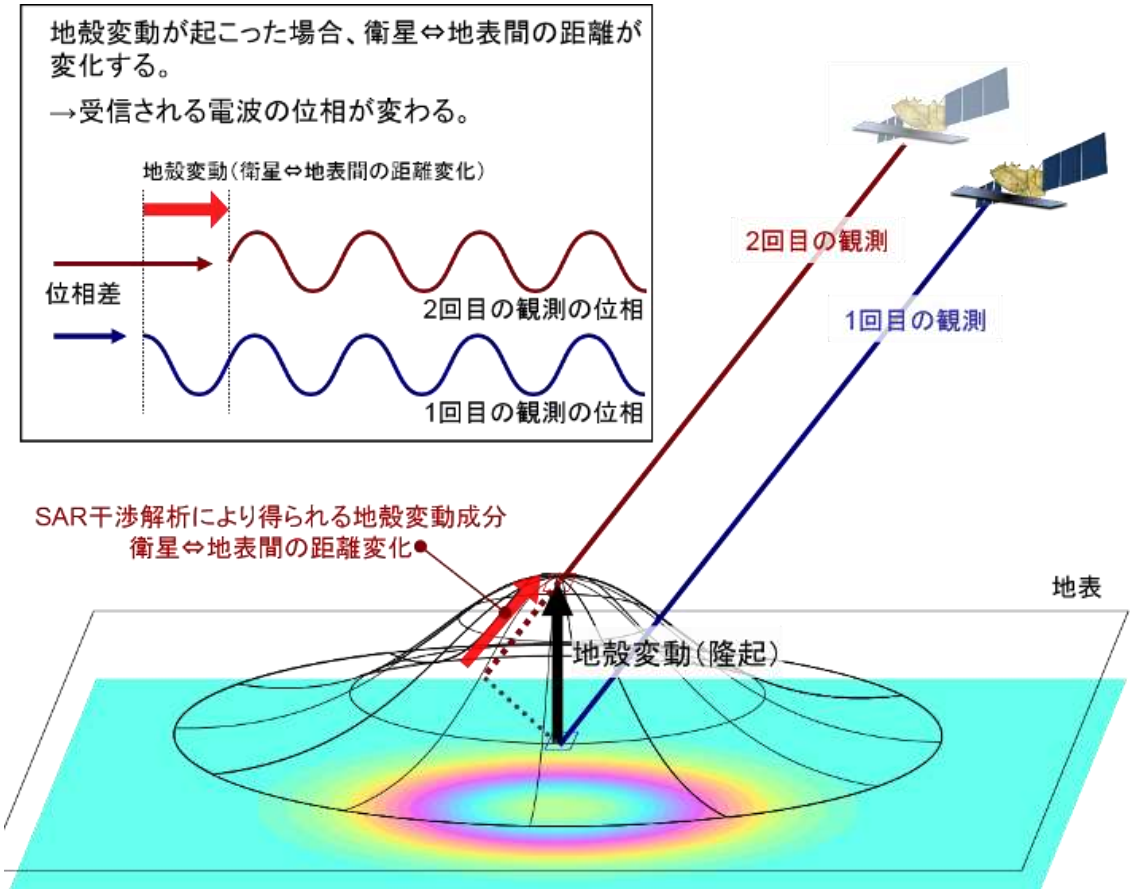


・オープンソースGIS
・WebGIS

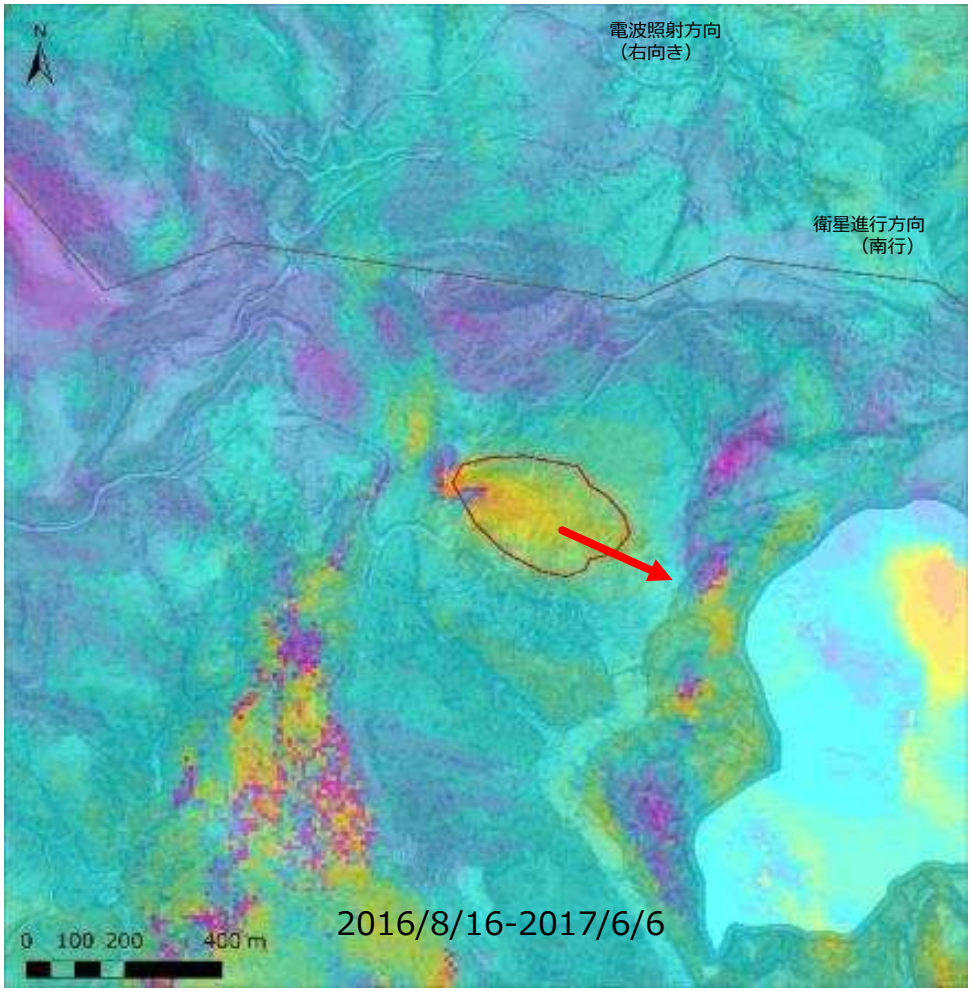
・スマートフォン
・GNSS（GPS）

干渉ＳＡＲとは

２時期のレーダーデータを解析し、地盤の変動を数センチ単位で計測することが可能な技術。



（国土地理院ＨＰ；http://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism）

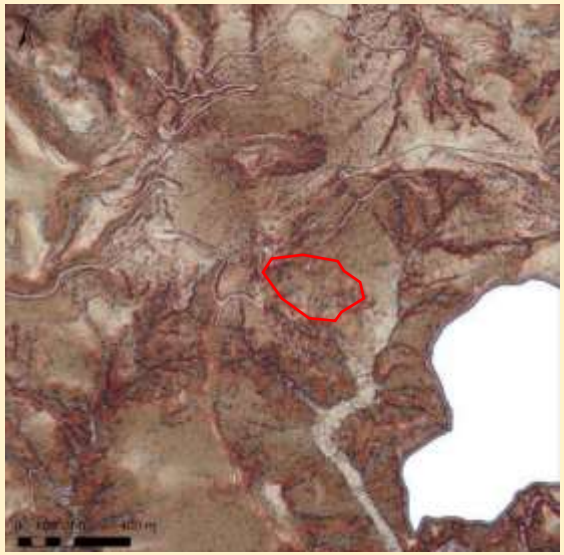


干渉SAR

長所：現在の微細な変動を計測できる

短所：絶対値は不正確

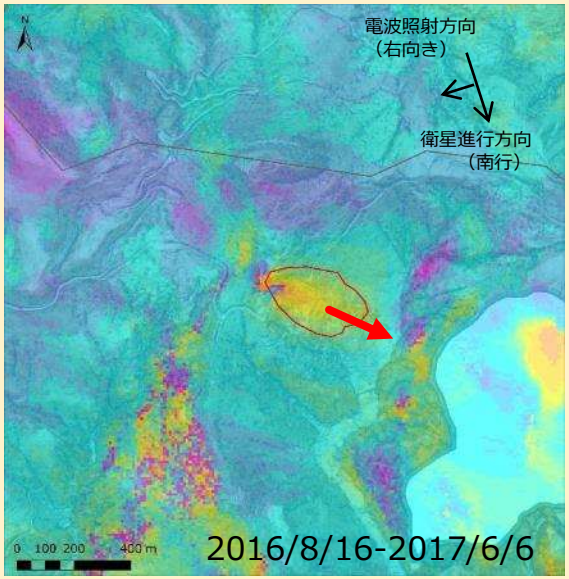
ノイズが多い（大気、地形、植生等の影響）



ＣＳ立体図

長所：地形判読が容易

短所：現在滑動しているかは不明

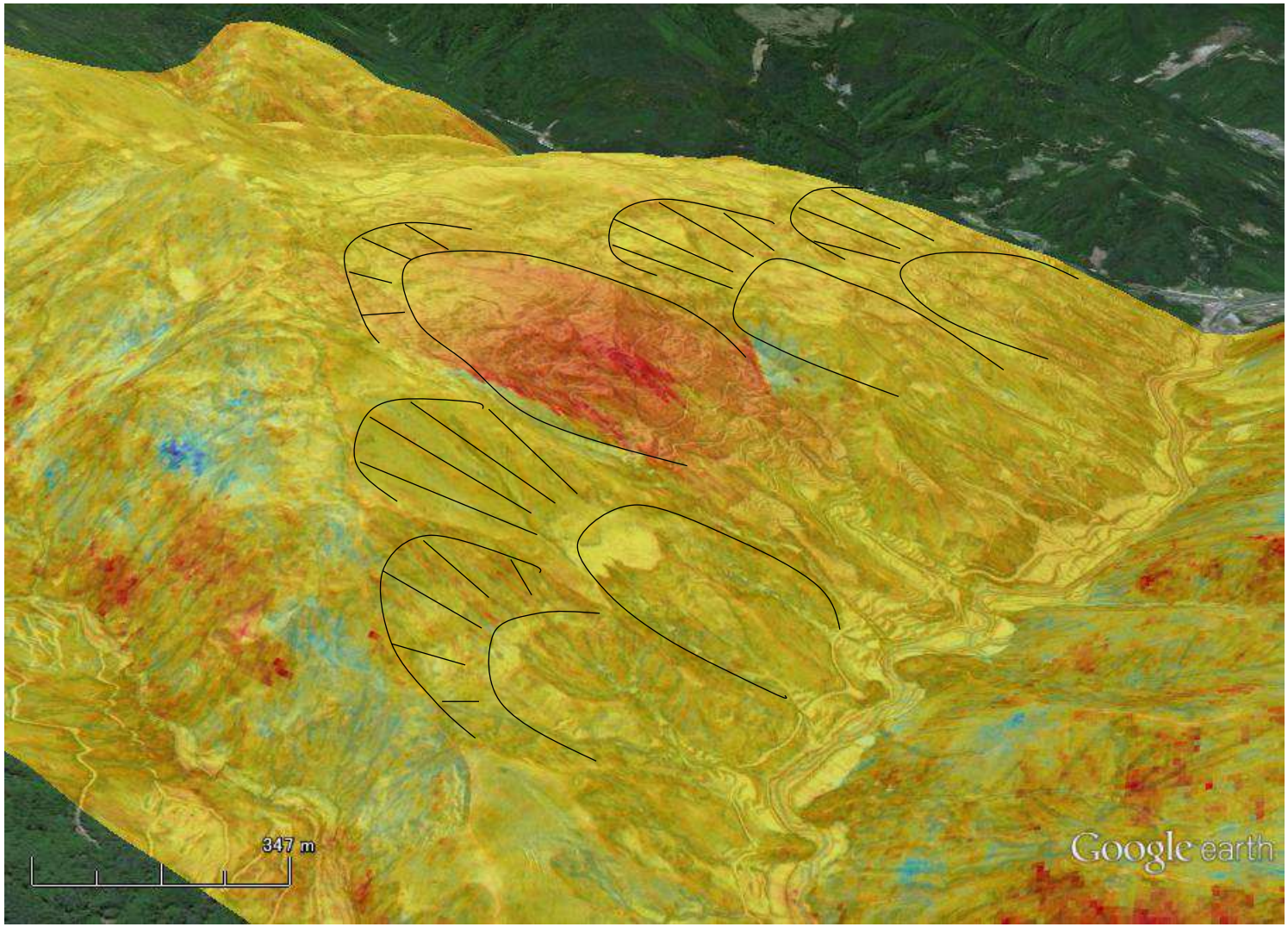


干渉SAR

長所：現在の変動を計測できる

短所：絶対値は不正確
ノイズが多い

現在滑動している危険な地滑りを抽出可能



ＣＳ立体図と重ねて表示することにより、滑動している危険な地すべり地を抽出することができる

（長野県大鹿村）

航空機

・航空写真

・航空レーザー測量

リモートセンシングの技術体系

計測技術

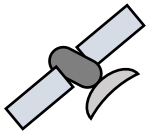
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

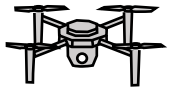
【プラットフォーム】

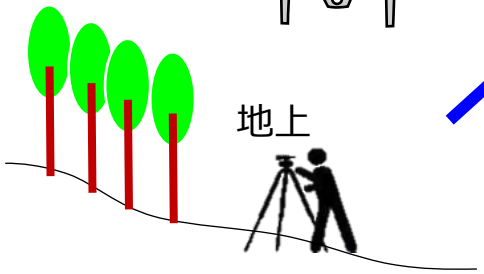


人工衛星

航空機

ドローン





地上

解析技術

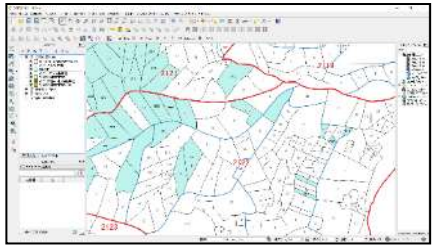
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

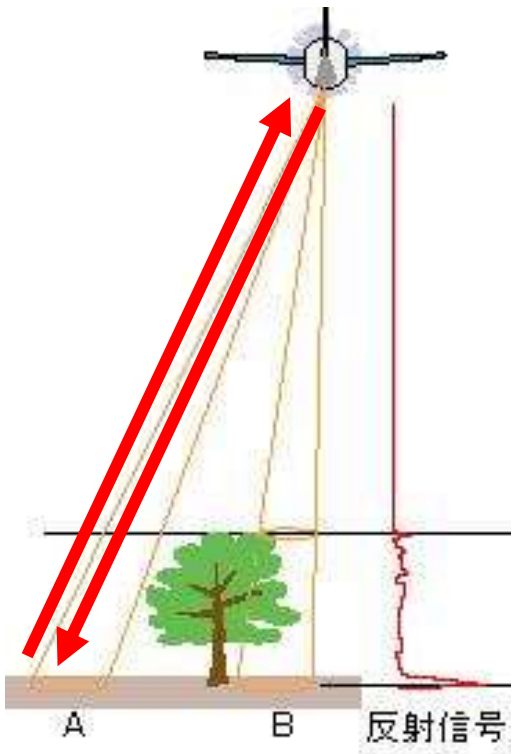
現場活用技術



・オープンソースGIS
・WebGIS

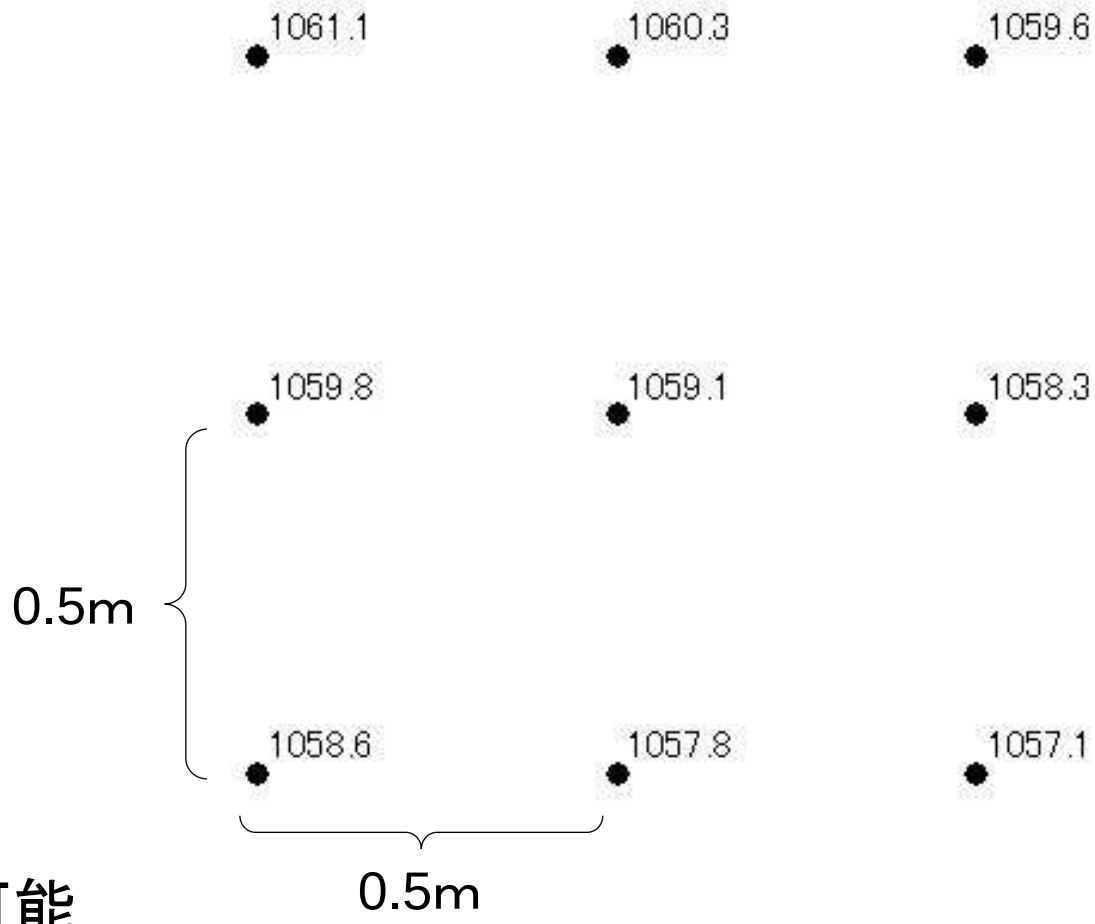
・スマートフォン
・GNSS（GPS）

航空レーザ測量による細密なDEM （数値標高モデル）



航空レーザ測量

樹木下の微地形を計測可能

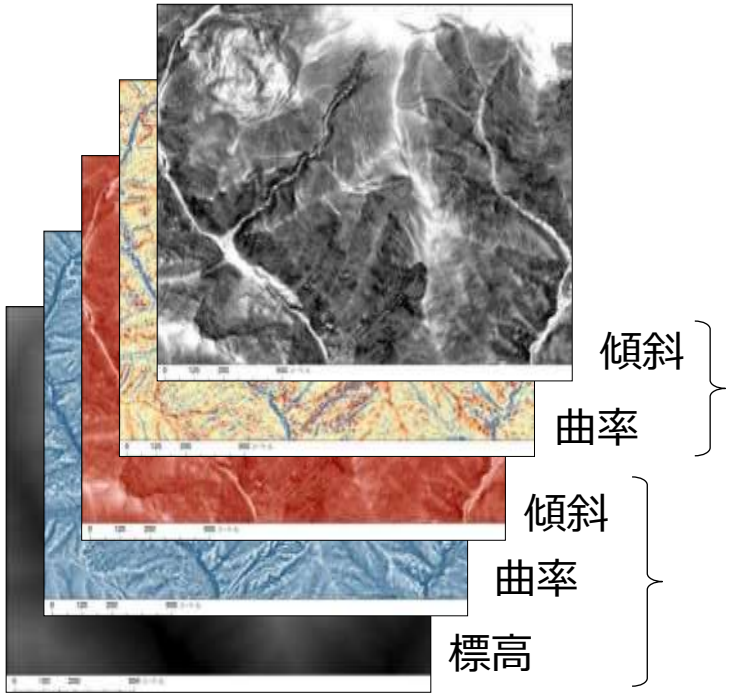


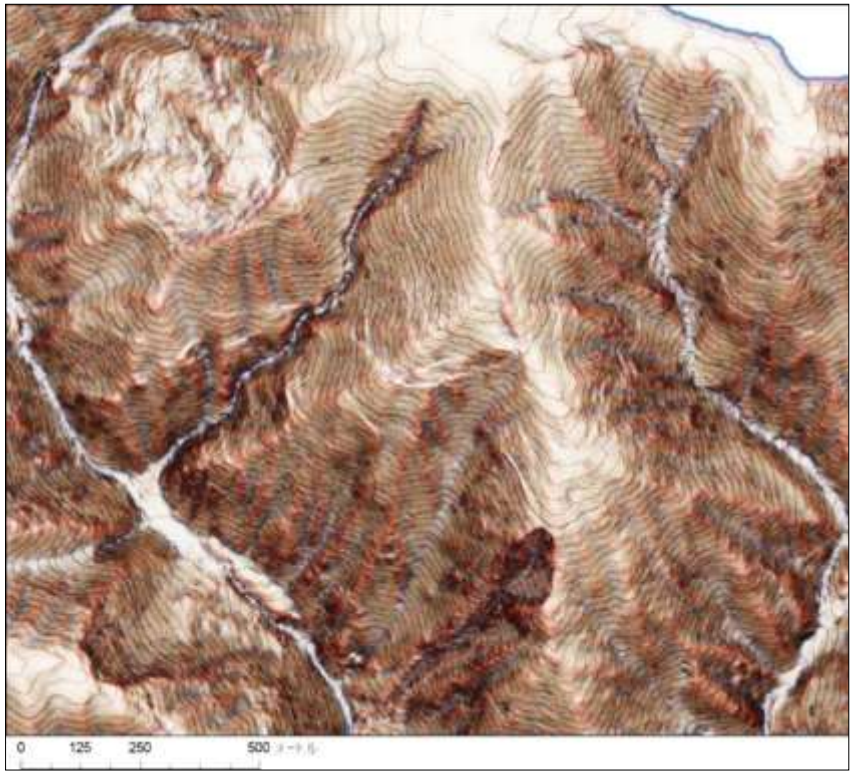
長野県では、H26年（一部H27）に全県民有林を実施

CS立体図とは

「標高」「傾斜」「曲率」の３つの情報に色を付け、重ねて透過処理することで立体表現した図法

2012年に長野県林業総合センターで考案





「CS」とは、曲率（Curvature）と傾斜（Slope）の頭文字

ドローン

・ドローン写真　×　SfM

・ドローンレーザー測量

リモートセンシングの技術体系

計測技術

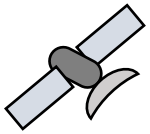
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

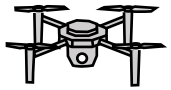
【プラットフォーム】

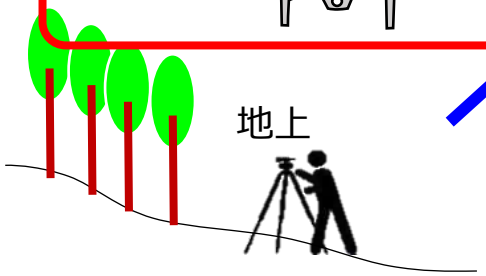


人工衛星

航空機

ドローン





地上

解析技術

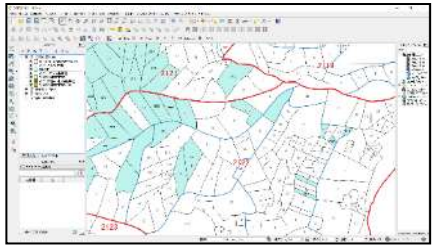
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

現場活用技術

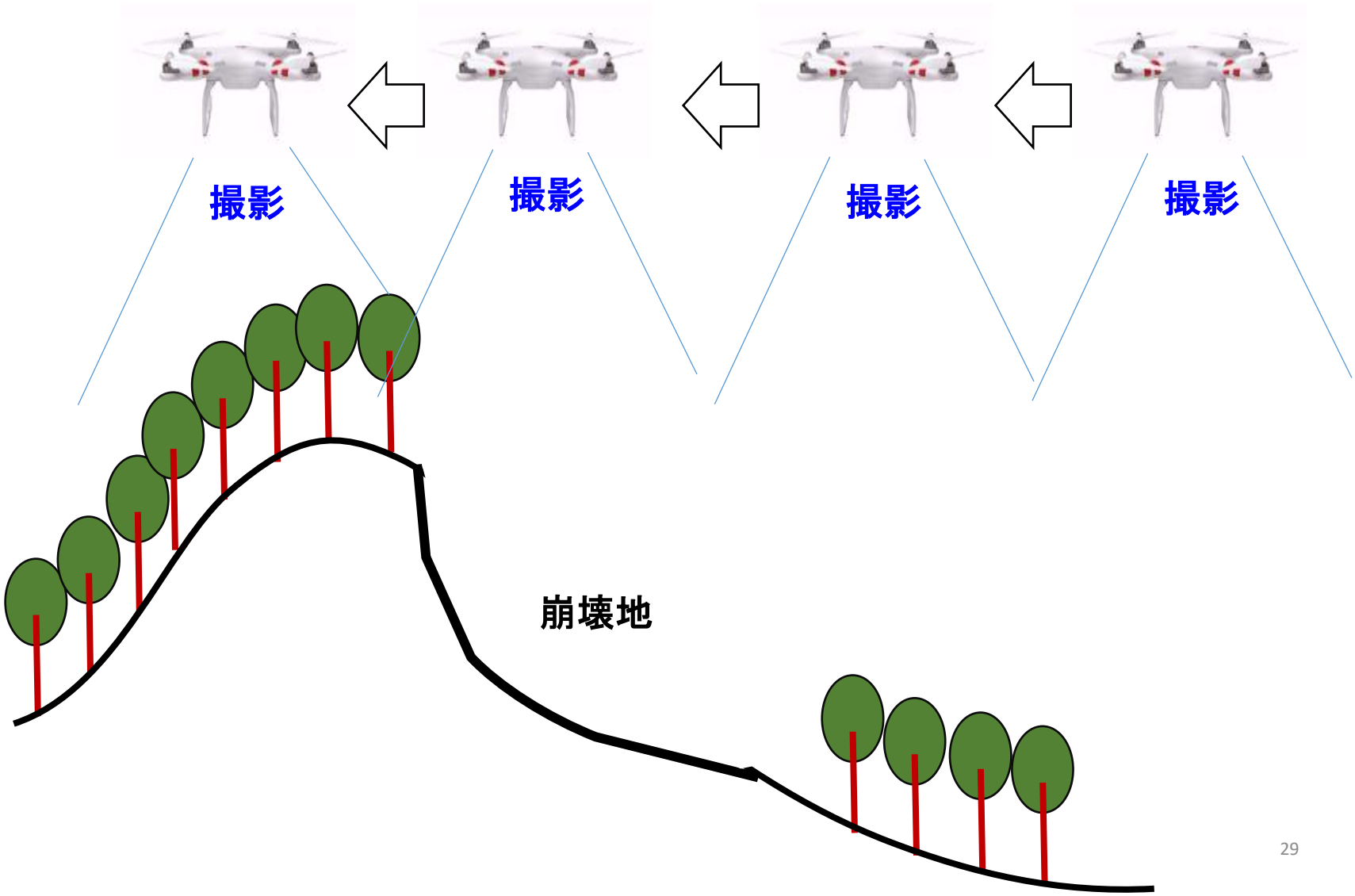


・オープンソースGIS
・WebGIS

・スマートフォン
・GNSS（GPS）

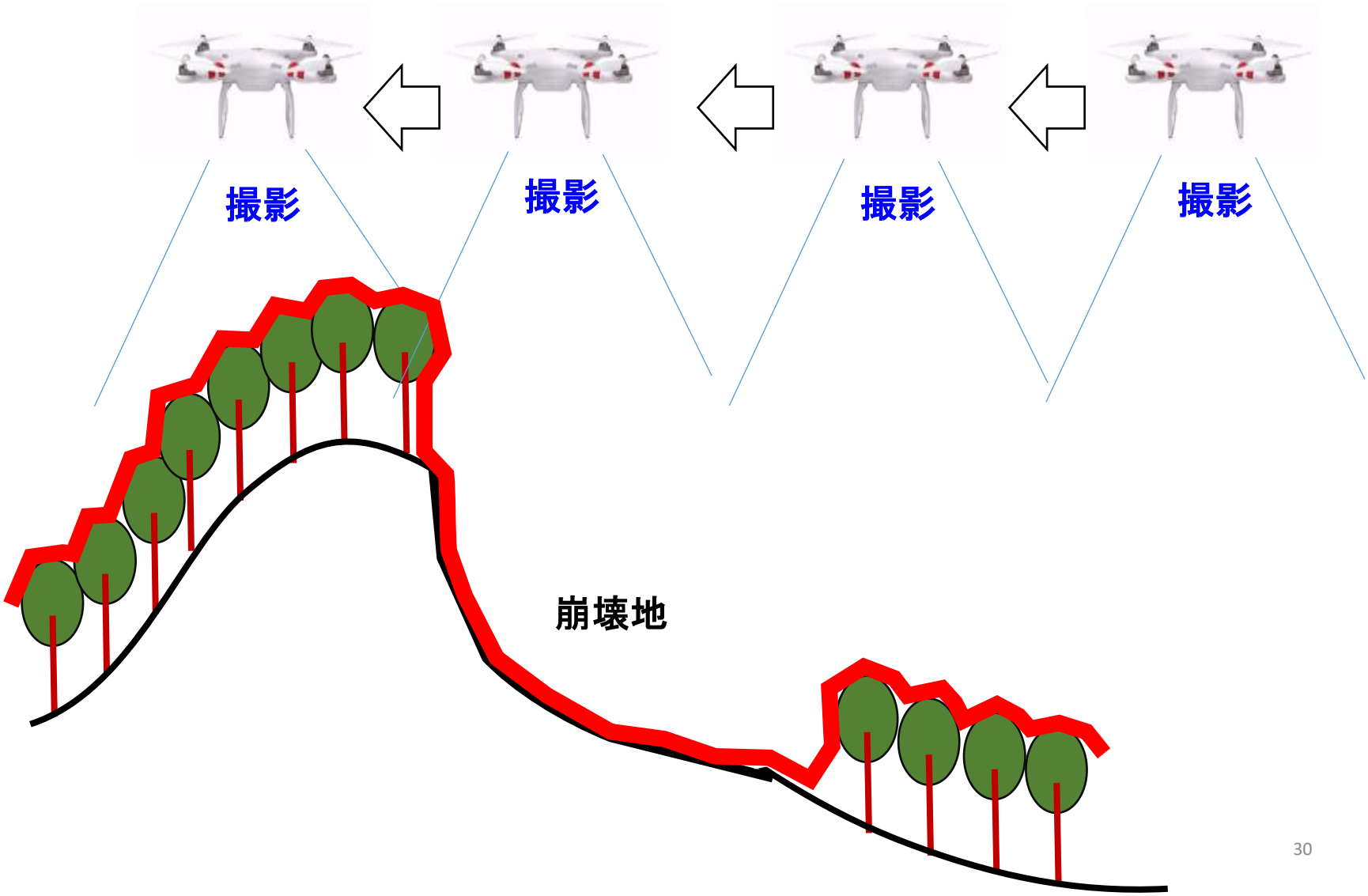
ドローン写真

・移動しながら写真をインターバル撮影
・オーバーラップ率６０％以上

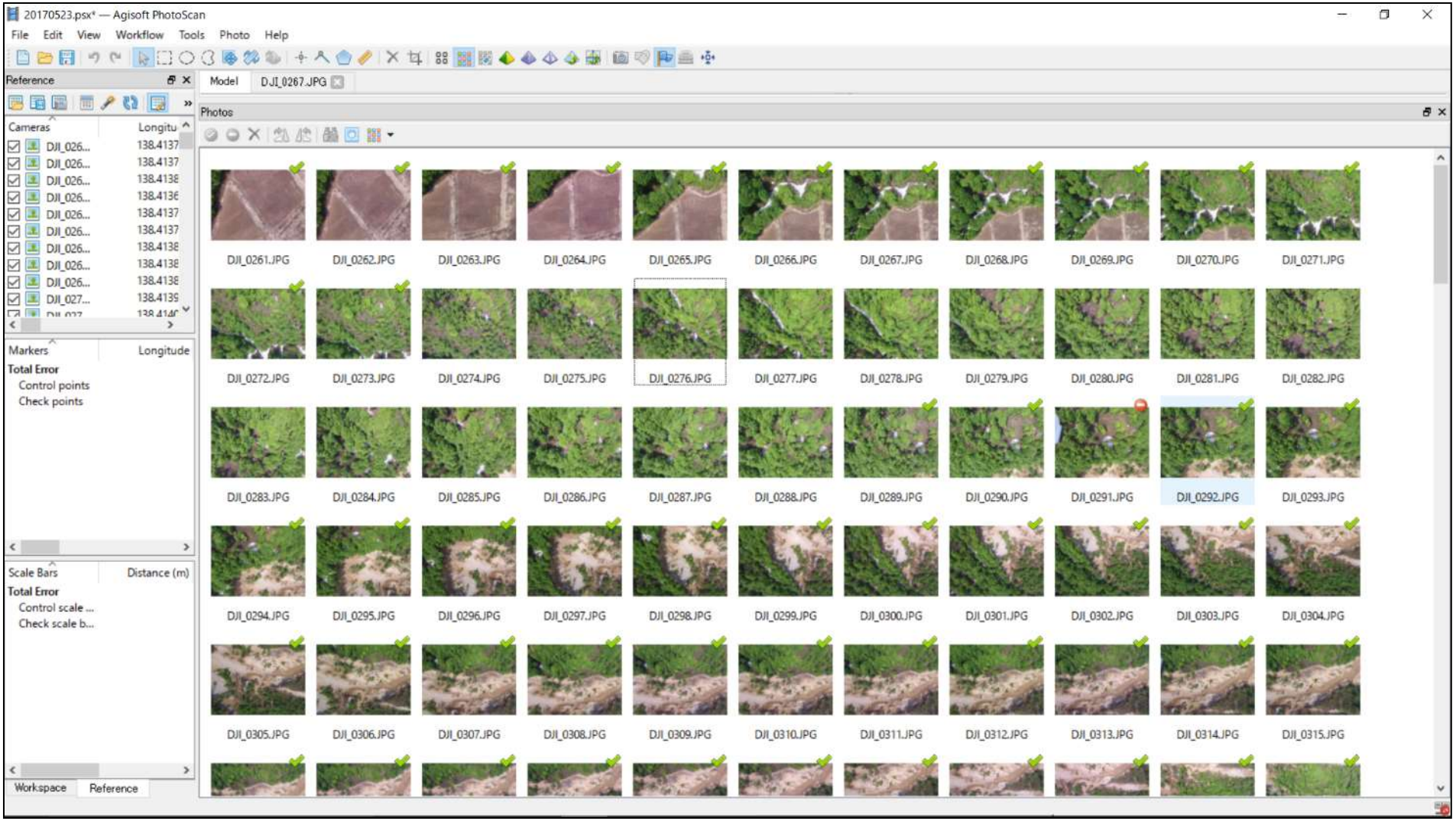


SfMの模式図

複数の写真画像から3Dモデルを作成する技術

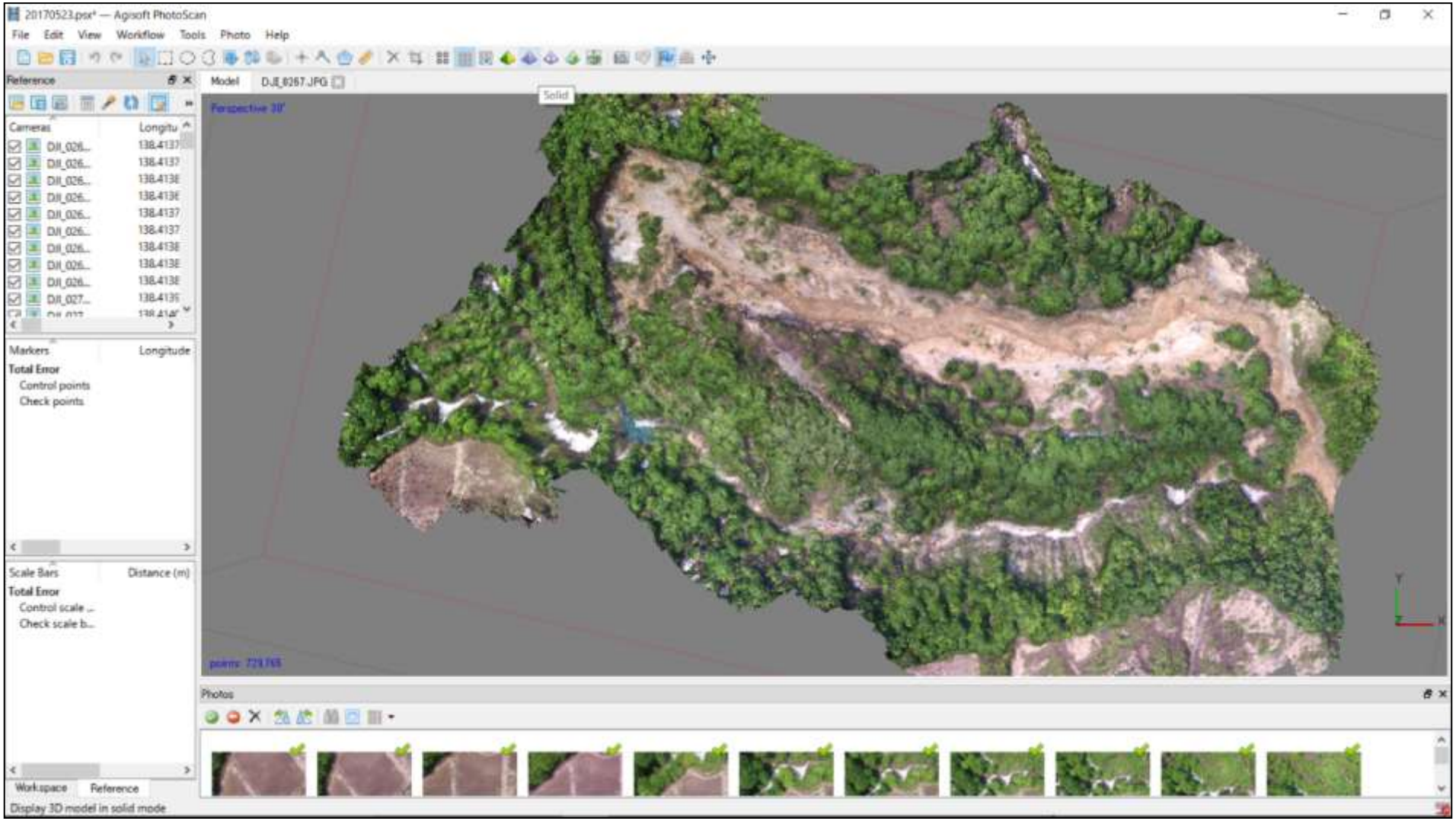


SfMソフトの画面



飯山市では約300枚のドローン写真を使用

SfMソフトの画面



3Dモデル完成！　（処理時間：約1時間）

地上測量

・地上レーザ測量
（OWL,mapry・・・）

・デジタルカメラ

・MMS

リモートセンシングの技術体系

計測技術

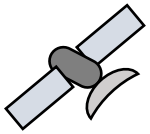
【センサー】

受動式センサー

能動式センサー

×

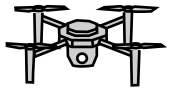
【プラットフォーム】

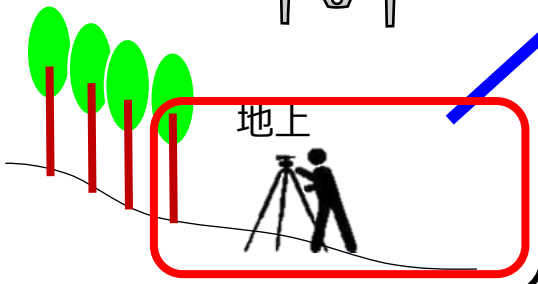


人工衛星

航空機

ドローン





地上

解析技術

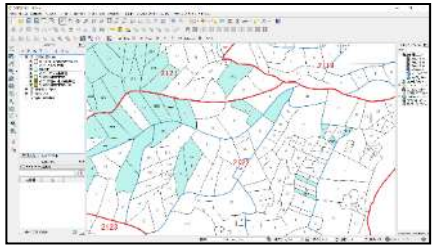
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

現場活用技術



・オープンソースGIS
・WebGIS

・スマートフォン
・GNSS（GPS）

MMS（Mobil Mapping System）

１億円

名称	Asahi GT-4
ベース車両	トヨタ　エスティマハイブリッド
【MX-8】GNSS/IMU	【GPS】Nikon Trimble製 【IMU】APPLANIX製 POS/LV520
【MX-8】レーザ	RIEGL製　VQ-450 110万発/秒　測定距離：最大800m（300～800m）
【MX-8】CCDカメラ （レーザ色付け用）	Grashopper
【MX-8】全方位カメラ	PGR製　Ladybug5+ 解像度：3000万画素（500万画素×6台）
HDビデオカメラ （路面オルソ用）	HD-SDIカメラ 1920×1080 pixel　207万画素
走行映像撮影用カメラ	XC10(Canon) 3840×2160 pixel　829万画素

MMS取得データ

路面オルソ

全方位画像

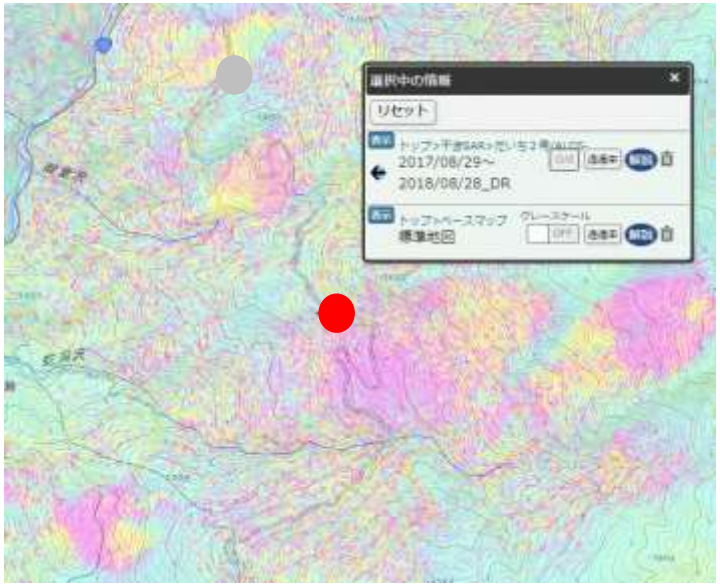
3次元点群データ

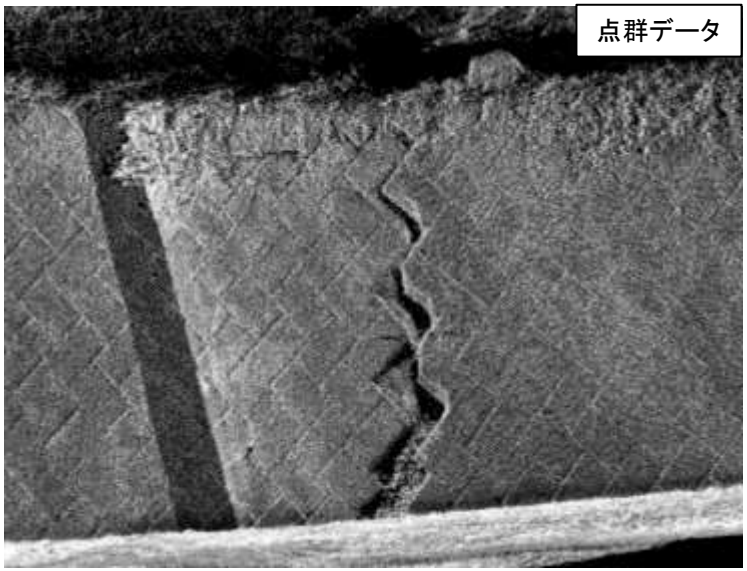
走行映像

AERO ASAHI CORPORATION

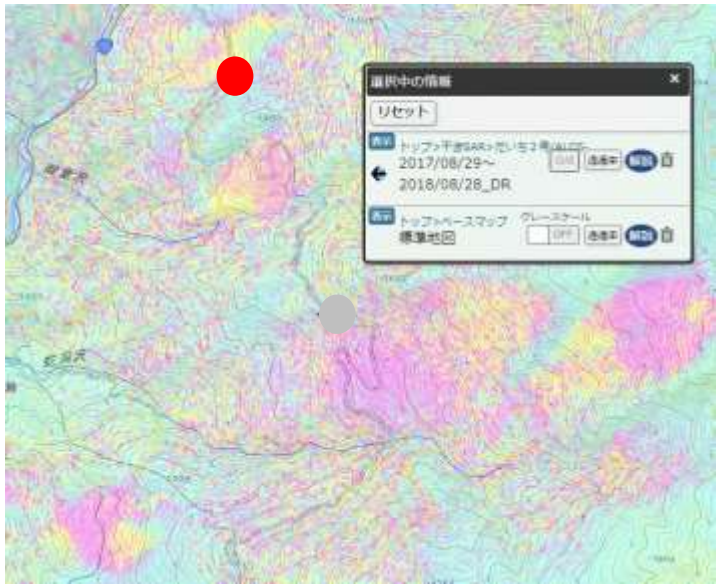
MMSで林道や作業道を計測

MMS取得データ





MMS取得データ

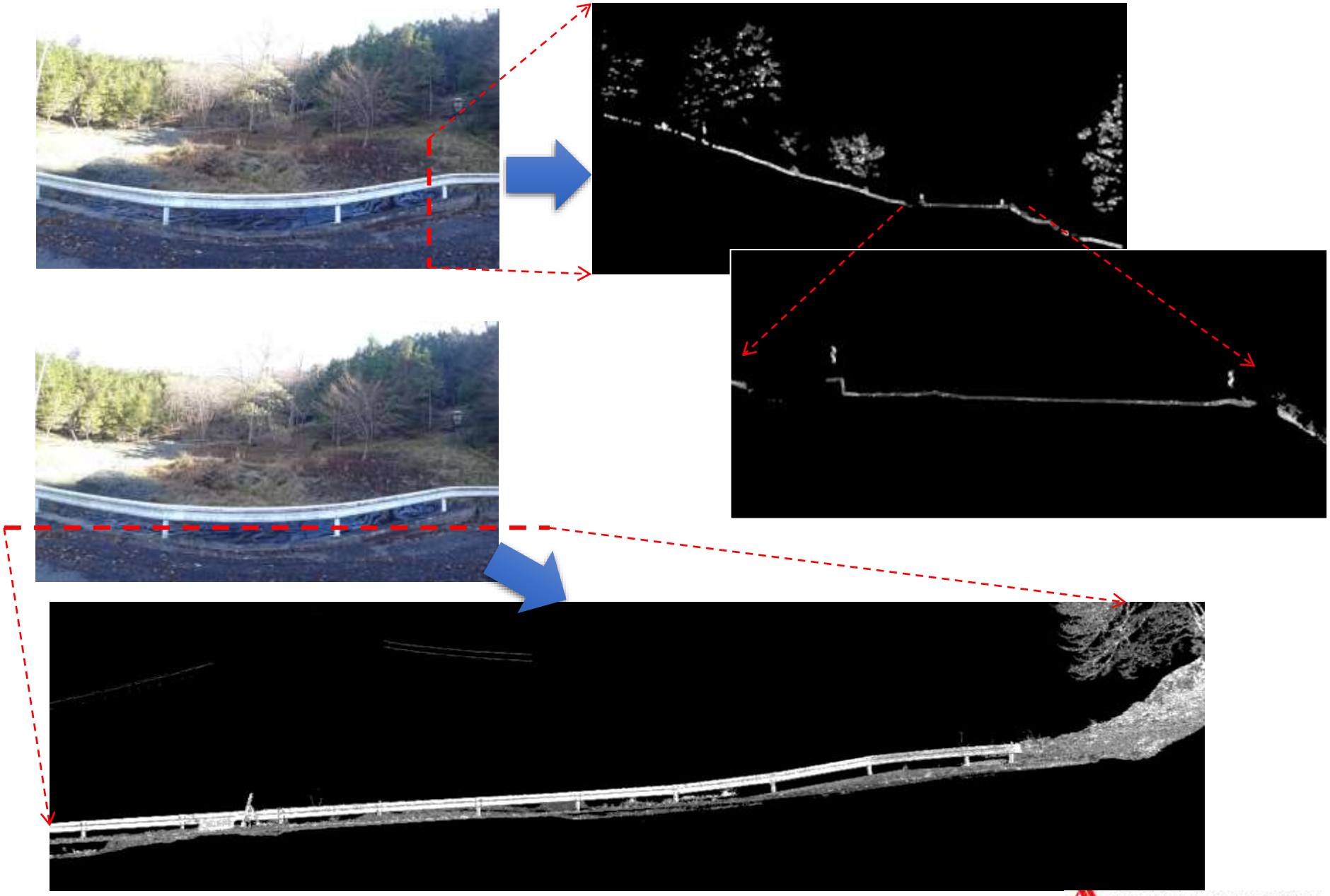

選択中の情報
リセット
2017/08/29~
2018/08/28_DR
トップ
ベースマップ
標準地図
グレースケール
OFF

写真

点群データ

色付き点群データ

MMS取得データ



しかし、お値段が・・・。

【軽トラMMSの開発】

林道を走行するだけで線形や周辺の地形、樹木を計測できる車両を開発中

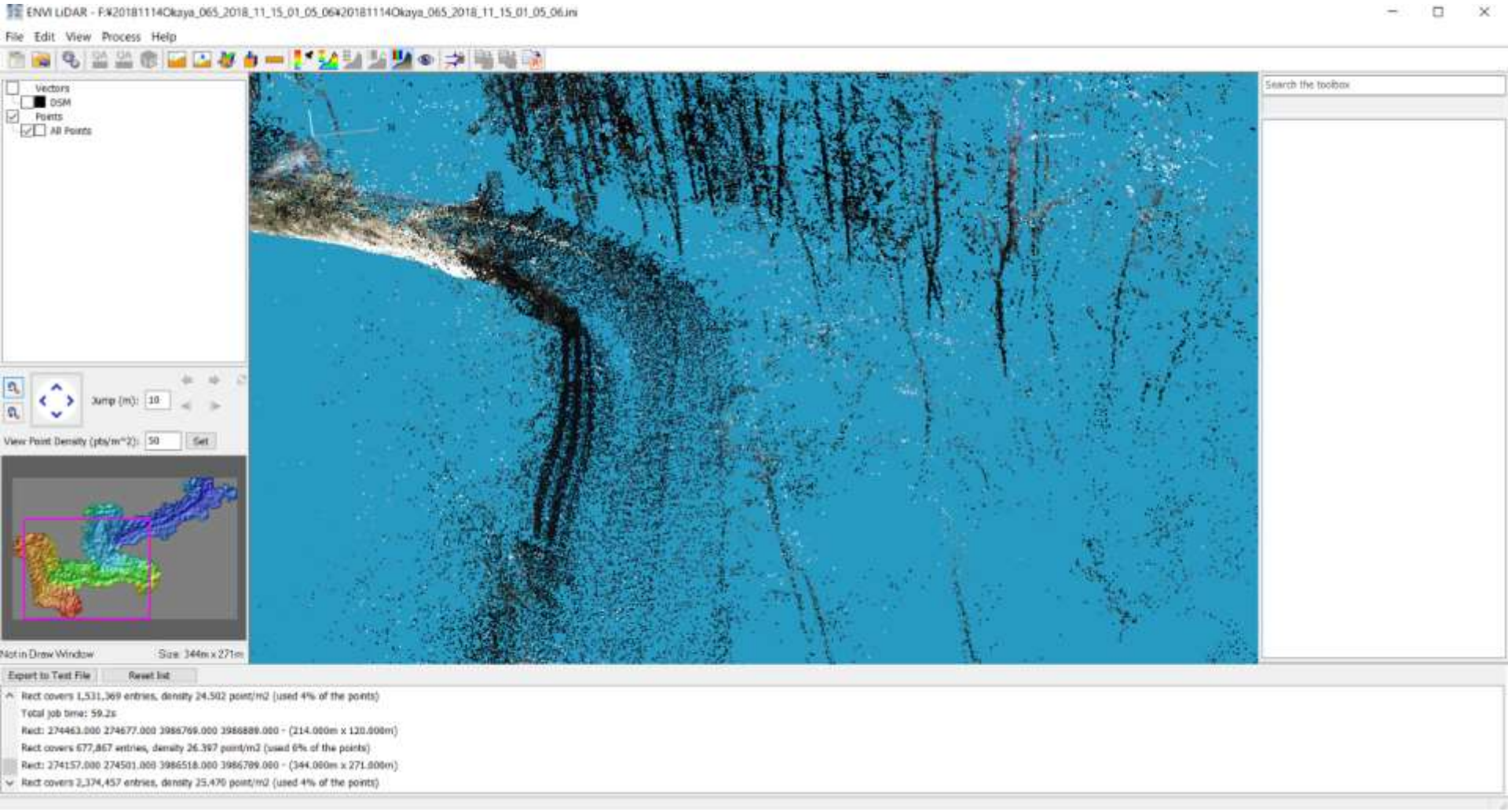
Avenza Map用スマホ
カーナビ
（GoogleMAP!）
全天球カメラ
（RICOH THETA V）
カメラコントローラー

内装は結構ハイテク！

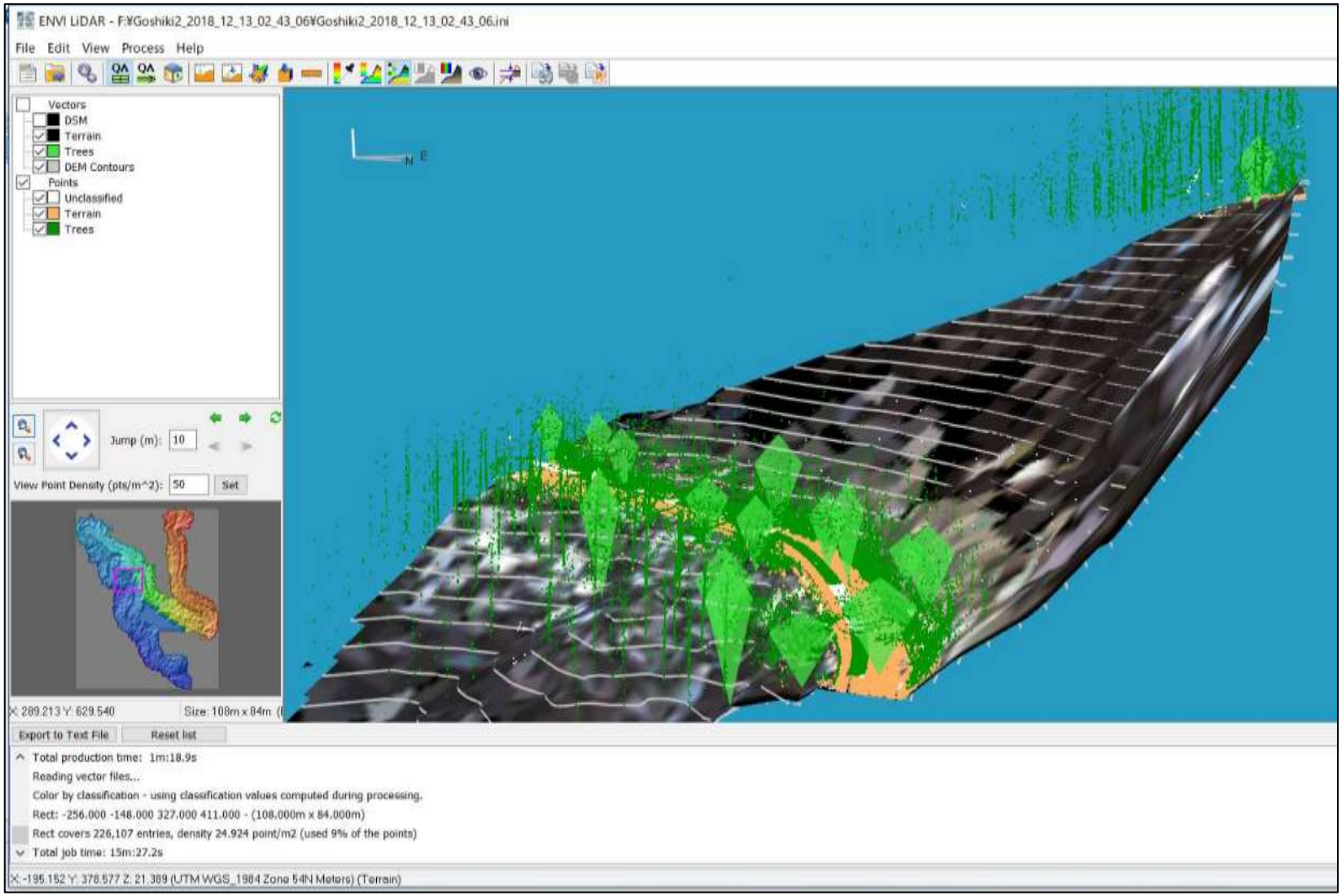
軽トラMMS　スペック

73万円

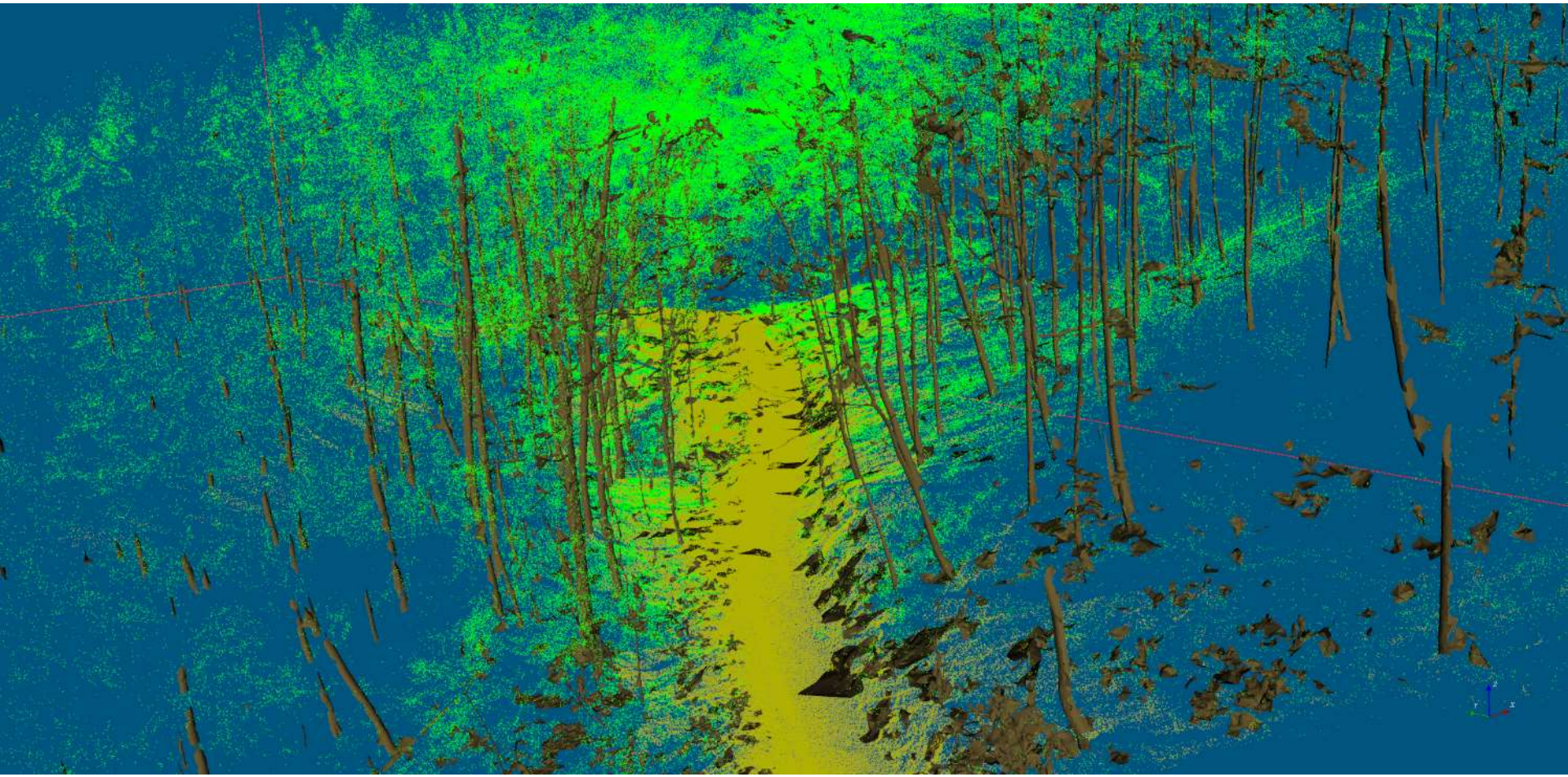
名称	軽トラMMS	[illegible]千円/月
ベース車両	軽トラック	
GNSS	Emlid Reach RTK	購入：10万円
レーザ/IMU	woodinfo 3D Walker	レンタル：30万円/週 購入：500万円
カメラ	Sony　アクションカム （1秒インターバル撮影）	購入：4万円×６個
全方位カメラ	RICOH シータV	購入：4万５千円



軽トラMMSのレーザー測量による点群データ



フィルタリングソフト（ENVI LiDAR）を使って地面や、樹木、道路を分離



点群データの解析事例

（解析：Pacific Spatial Solutions（株）今木洋大氏）

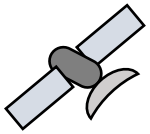
リモートセンシングの技術体系

計測技術

【センサー】
受動式センサー
能動式センサー

×

【プラットフォーム】


人工衛星

航空機

ドローン

地上

解析技術

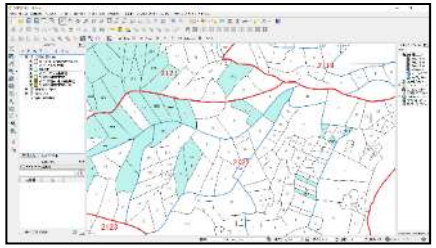
高速化
低価格化
クラウド活用

ソフトウェア

共有

収集

現場活用技術



・オープンソースGIS
・WebGIS

・スマートフォン
・GNSS（GPS）