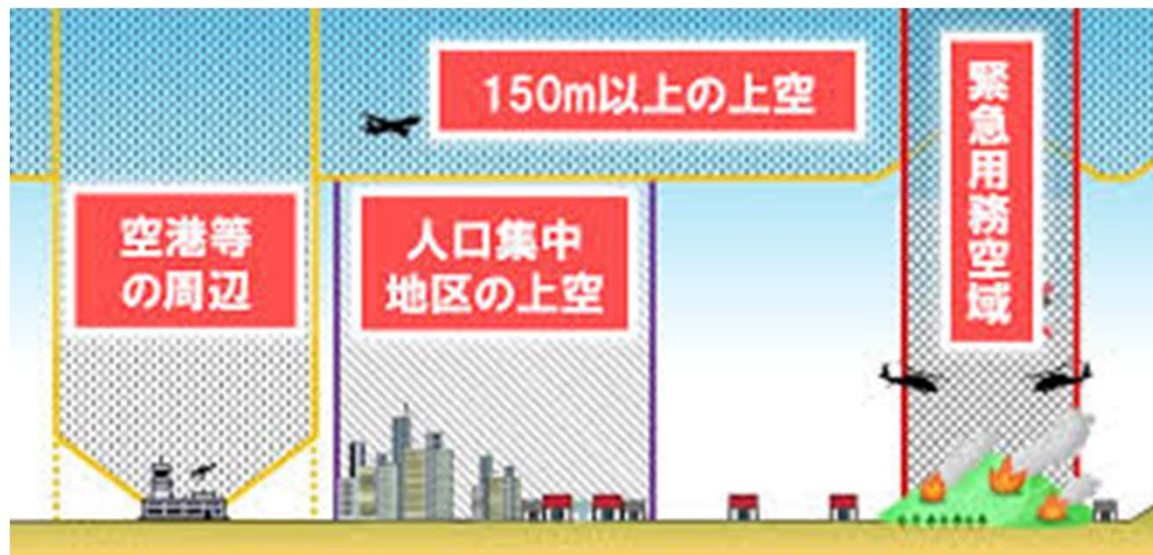


ドローンの活用事例紹介

はじめに

- ・ドローン使用における注意事項
- ・使用目的に合った機種を選定
- ・写真解析ソフトの選定

ドローン使用における注意事項



飛行が禁止されている箇所

- ・ 空港等の周辺
- ・ 人口集中地区の上空
- ・ 緊急用務区域
(山火事等で規制される)
- ・ 地上より150m以上上空

禁止されている飛行方法

- ・ 夜間飛行
- ・ 目視外の飛行
- ・ 他人、他人の物件より
30m未満の飛行
- ・ 催し場上空の飛行
- ・ 危険物の輸送
- ・ 物件の投下

夜間での飛行



目視外での飛行



人又は物件と距離を確保できない飛行



催し場所上空での飛行



危険物の輸送



物件の投下



※これら以外にもあるため飛行前に要確認

禁止飛行については、一定の条件をクリアすると申請し、許可が下りると飛行可能

ドローンの機種選定

機種の一部



メーカー	DJI	DJI	soradynamics	マゼックス	DJI
名称	DJI Mini 4k	DJI Mavic 4 Pro	HAYATE2	森飛morito15・25	Matrice400+ZenmuseL2
価格	約6万円～	約28万円～	約110万～	約230万～	約370万
主目的	カメラ撮影	カメラ撮影	カメラ撮影	荷物運搬	レーザー計測
飛行時間	31分	51分	40分	30分	59分
通信距離	6km	8km	5km	1km	20km
重量	246g	1063g	1600g	約11kg	9740g
生産国	中国	中国	日本	日本	中国
特徴	小型、安価、 コントローラモニター はスマホ等を使用、 障害物検知センサーが 少ない	カメラ性能が高い、高 感度障害物センサー	国産、防水・防塵、 赤外線センサー付き選 択可能	荷物運搬能力8kg程度 2人にて操作可能	RKT、 レーザー部が高価、 レーザーにより林内、 地表の計測も可能

※スペックは独自調査によるもので異なる場合があります。

写真解析ソフトの選定

ソフトの一部

ソフト名	PIX4Dmapper (ピクスフォーディー マッパー)	KUMIKI (くみき)	Metashape (メ タシェイプ)	TerraMapper (テラマッパー)
測量レベル	1 cm未満	10cm程度	5cm程度	10cm程度
使用方法	デスクトップ+ クラウド	クラウド	デスクトップ + クラウド	デスクトップOR クラウド
価格	59,400円/月 594,000円/年 865,000円(買取)	1,320,000円/年 + 200,000円 (初期費用)	70万円程度	495,000円(買取) + 88,000円/年 (保守費)
特徴	高精度、 360度カメラ対応、正確 に作成するため未検地 箇所は補正できない場 合がある	オフラインで使用不可、 画像をアップロードす れば自動で作成される、 処理する画像が多くな ると別料金が発生する	沢部などの未検地箇 所も周囲からの補正 データにより再現可 能	安価

※内容については独自調査によるもので価格については一部のプランを記載しています。

活用事例の紹介

- ドローン使用による成果品
- 活用事例
 - 1 上空からの撮影写真・映像
 - 2 オルソ化した画像
 - 3 点群データ、**DSM**（数値表層モデル）

ドローン使用による成果品

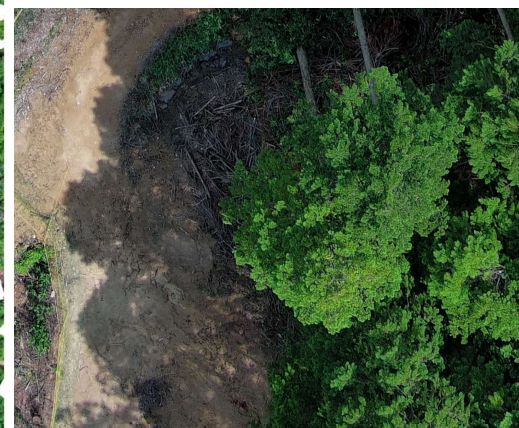
上空からの撮影写真



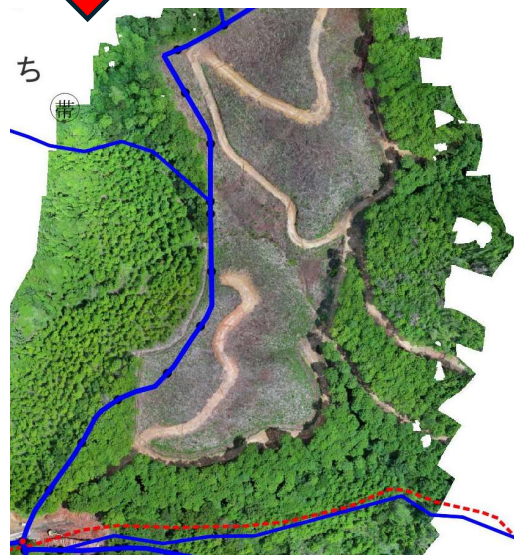
オルソ化した写真



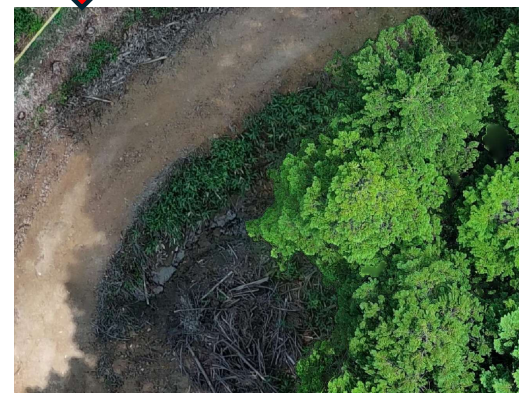
斜め上からの撮影



GISに取込可能



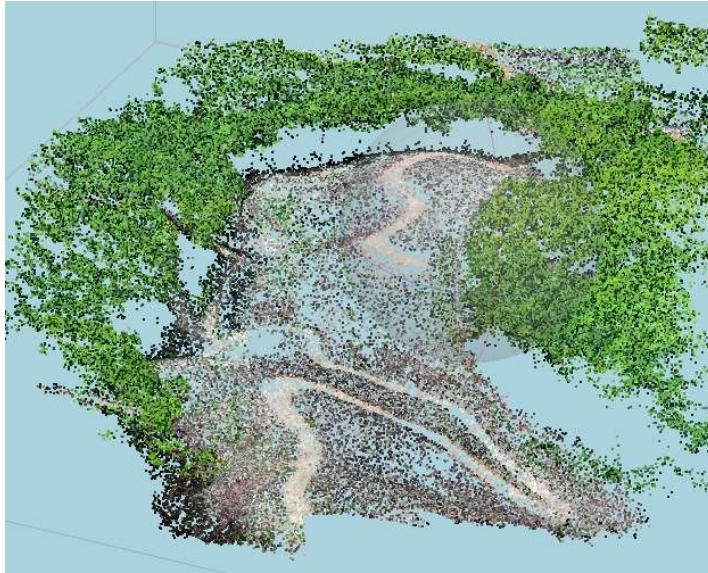
オルソ化



真上からの画像に変換

ドローン使用による成果品

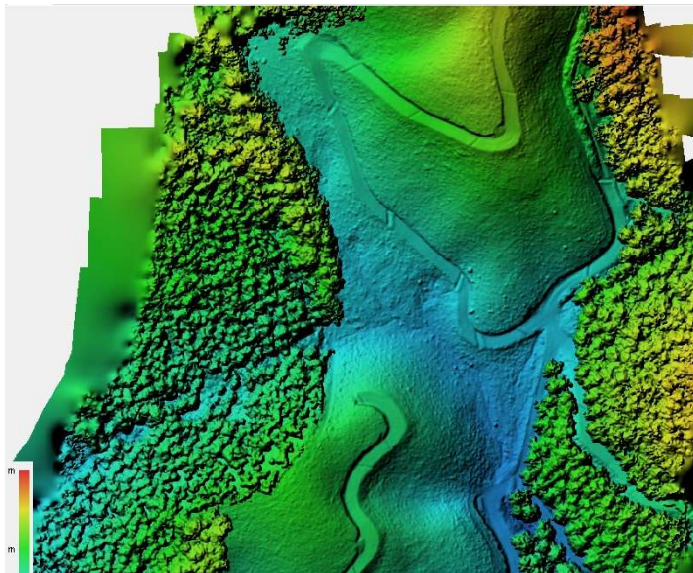
作成中に確認できるものの一部



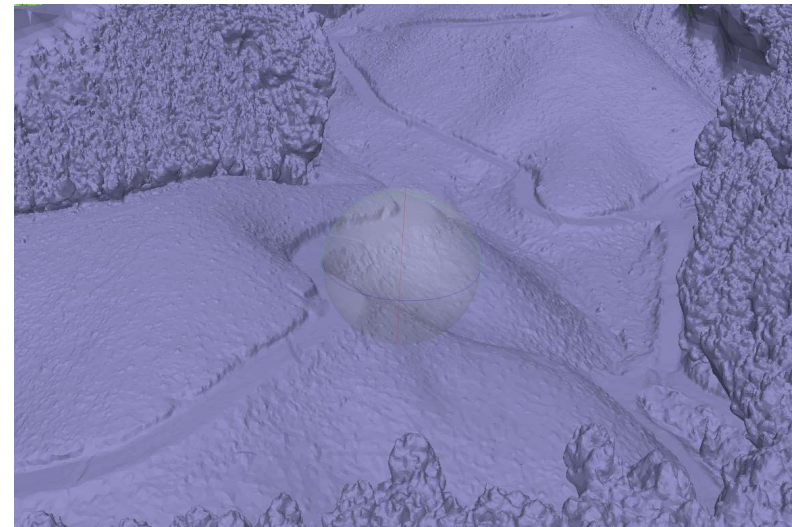
点群データ



立体画像

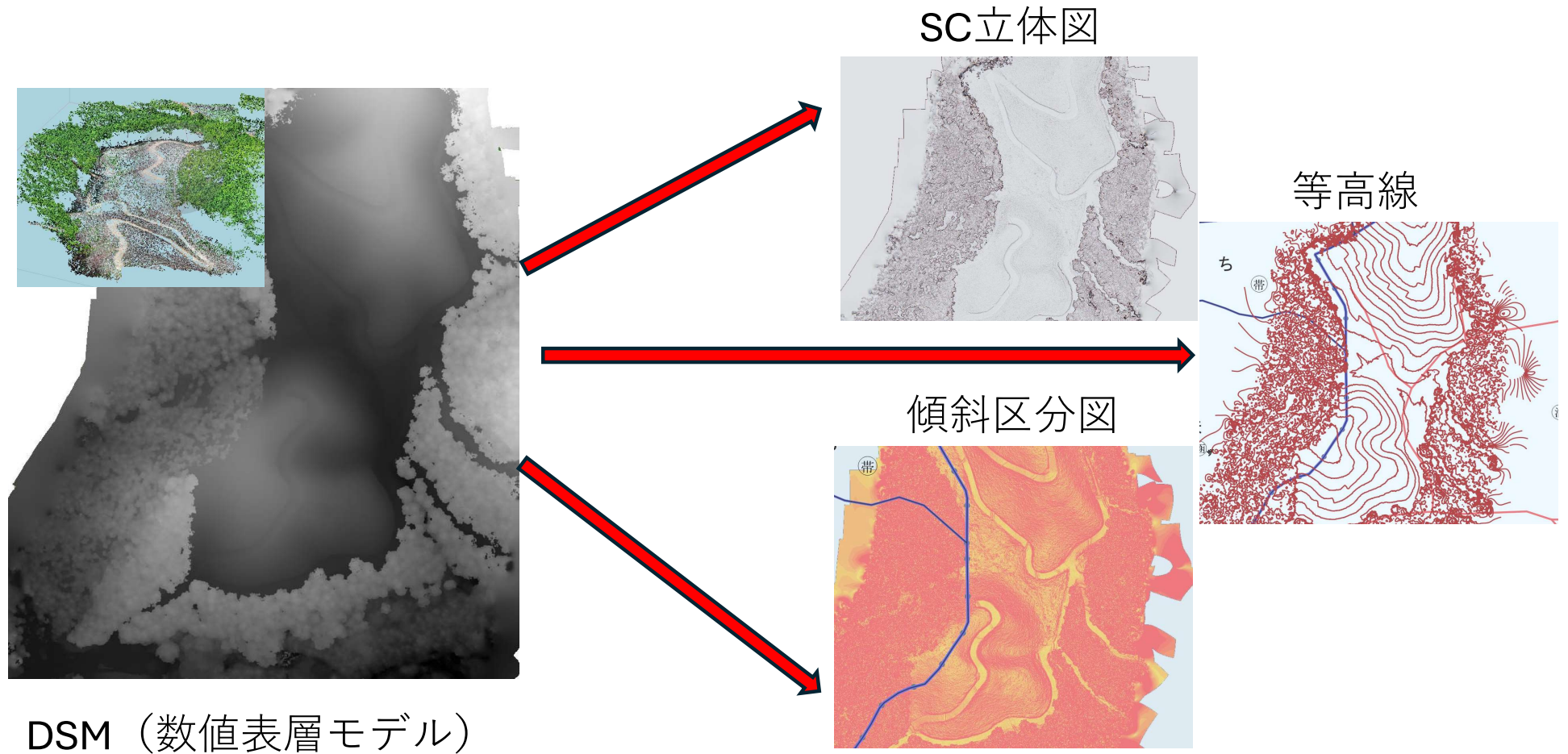


地形図(2D)



地形図(3D)

ドローン使用による成果品



DSM = 樹幹などの表層の座標、標高データを等間隔(数cm～数m)に整理したもの
このデータを利用することにより地表面と、樹幹との差(樹高)や裸地部の林地傾斜を知ることも可能

活用事例

1 上空からの撮影写真・映像



PR・紹介等写真



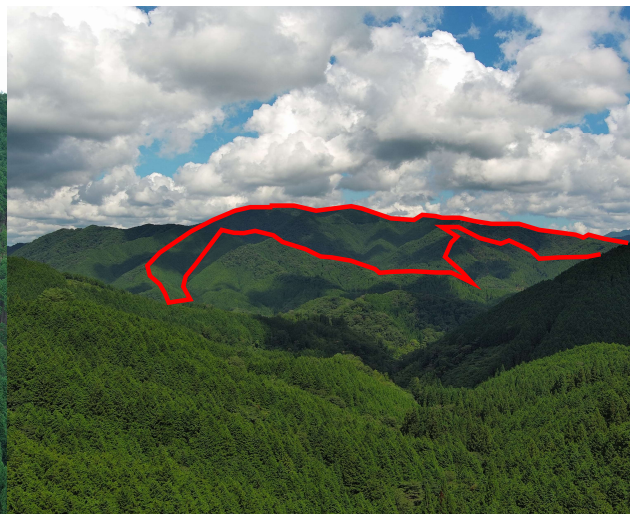
事業の実行判断



山地災害地の把握



事業進捗確認



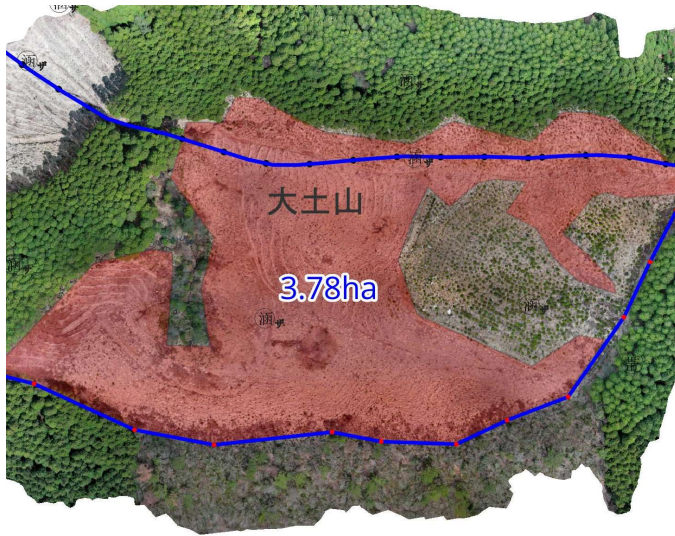
境界の管理



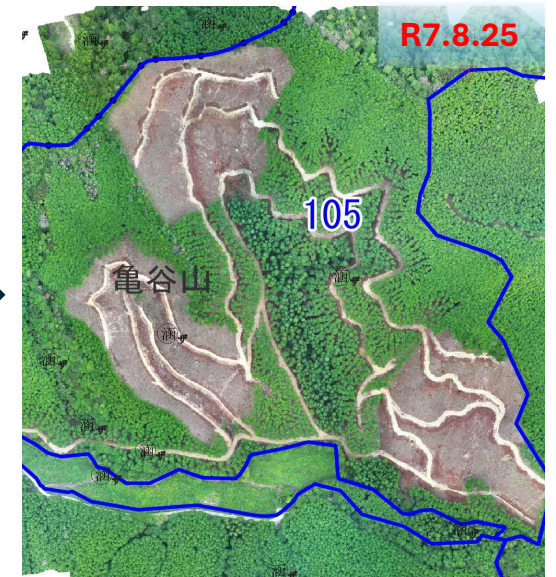
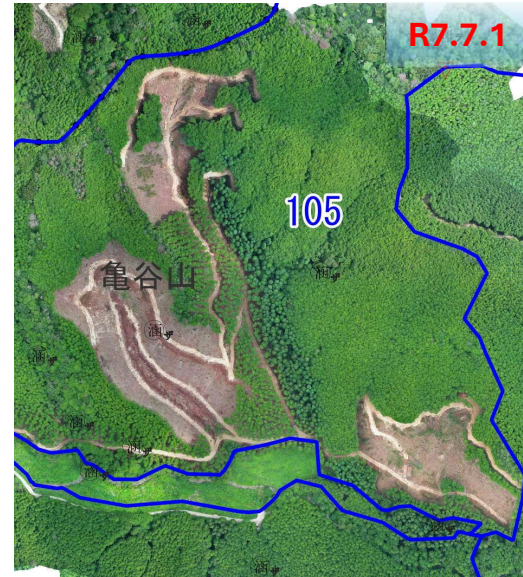
病虫害被害確認

活用事例

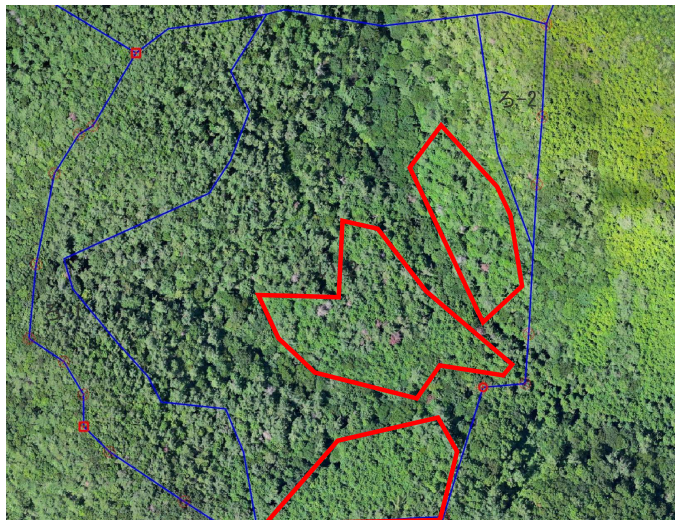
2 オルソ化した画像



改植面積の計測



事業の監督・検査



林況・事業実施判断

森林調査簿データ
スギ：10%
ヒノキ：60%
マツ・広葉樹：30%
搬出間伐実施検討箇所

確認結果
スギ：0%
ヒノキ20%
マツ・広葉樹80%
事業見合せを検討



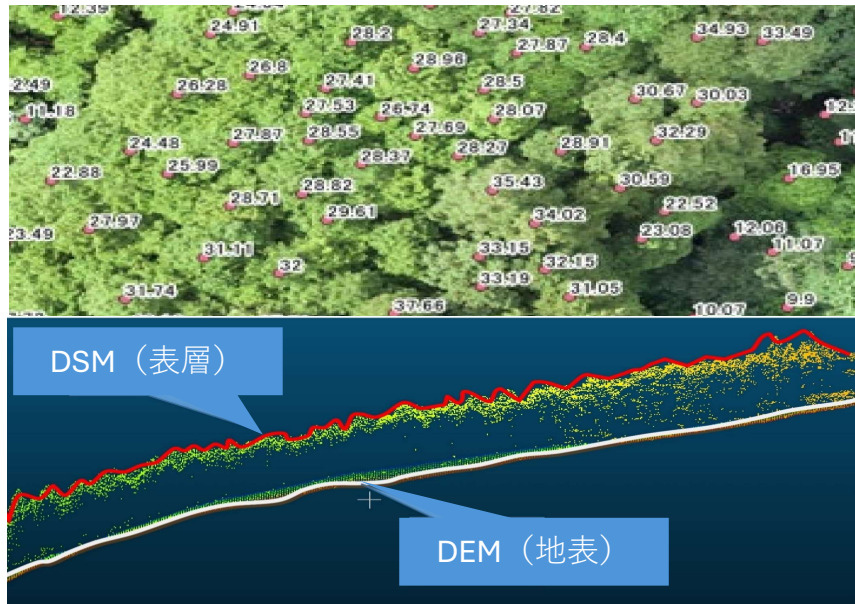
森林被害の調査確認

GISデータを抽出

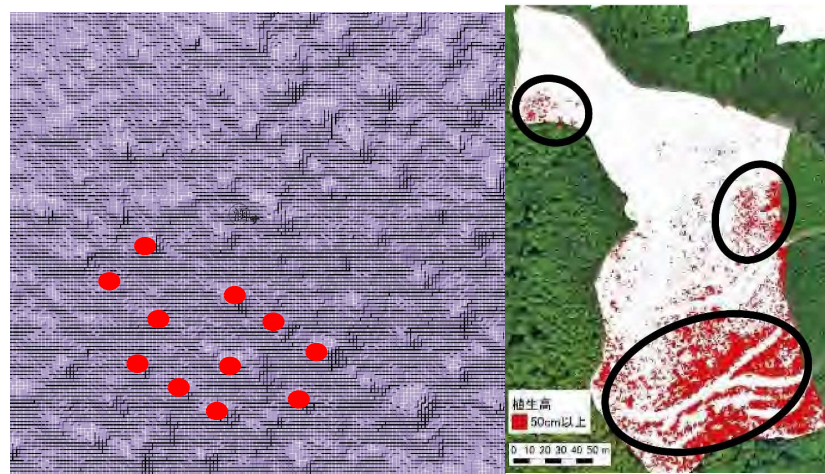


GPSに表示

活用事例

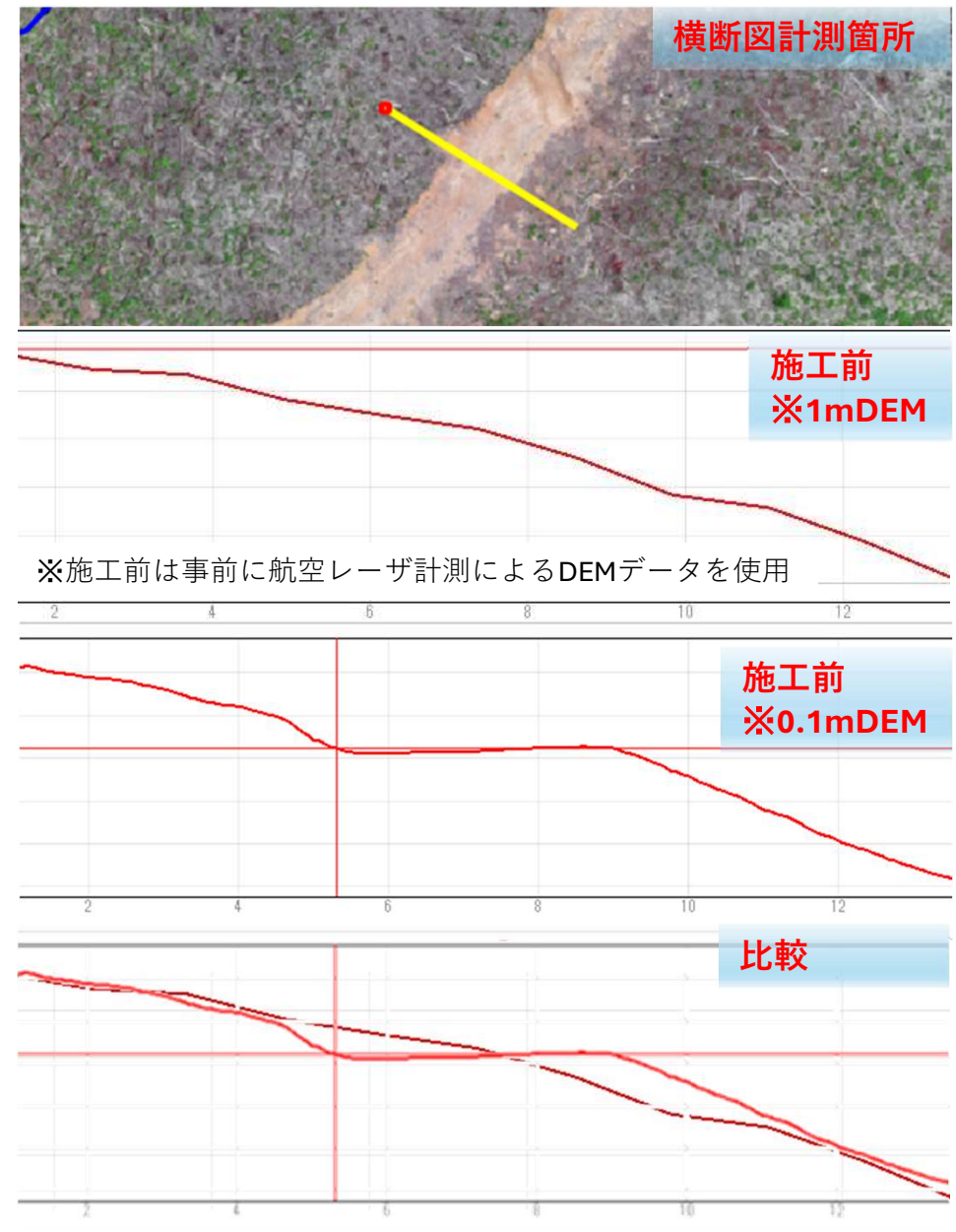


材積把握



下刈り省略の判断

3 点群データ、DSM (数値表層モデル)



工事の出来高、土の移動量の把握

最後に

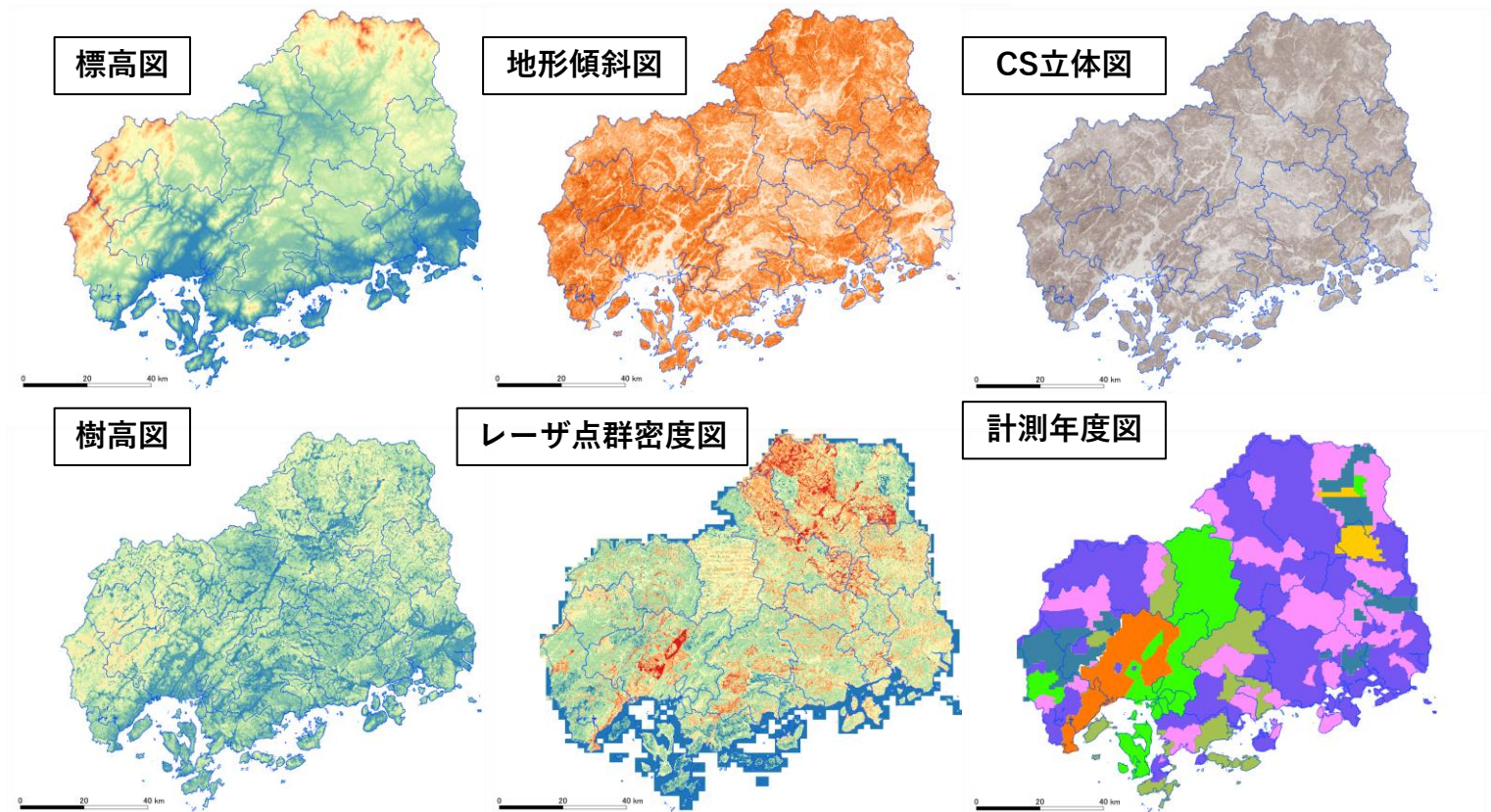
- ・ 比較的安価なドローンでは出来ることは限られている
- ・ 出来ることは限られているが、幅広活用することはできる
- ・ うまく利用することで安全、迅速、省力な作業も可能となる

森林管理基盤情報の概要について

林業技術センター 技術支援部

森林管理基盤情報の概要について

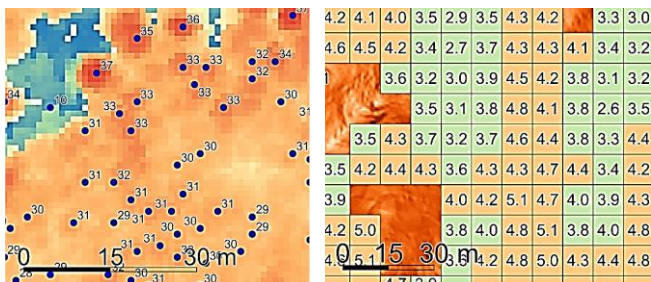
森林管理基盤情報として、6種類の図（標高図、地形傾斜図、CS立体図、樹高図、レーザ点群密度図、計測年度図）を作成しました。



活用事例

○森林資源調査（樹高図）

- ・樹高図を用いて樹頂点抽出を行い、大まかな立木本数や立木材積を算定することが可能。

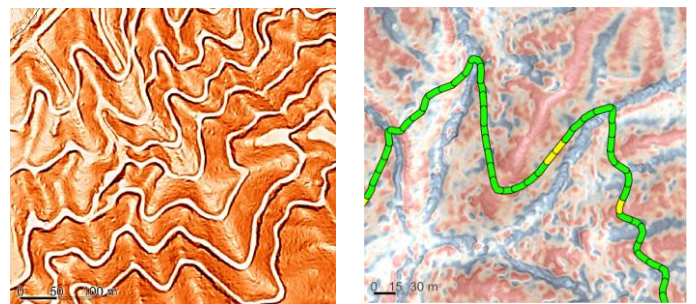


- ・樹頂点抽出
立木本数の把握が可能

- ・立木材積の分布図
材積の算定が可能

○作業道の計画・設計（地形傾斜図、CS立体図）

- ・地形傾斜図やCS立体図を用いて、現況の把握や、作業道などの計画・設計することが可能。



- ・現況の把握状況
作業道等の確認が可能

- ・線形の計画・設計
尾根・谷部の確認も容易

今後の取り組みについて

- オープンデータとして公開中。利用規約を守ることによって自由に利用していただくことが可能。
- 活用方法等について、個別研修などの対応が可能。（要相談）

※森林管理基盤情報の詳細については、林業技術センター技術支援部（Tel:0824-63-0897）までご連絡ください。



樹頂点抽出技術における 解析処理の自動化に向けた取り組み

広島県立総合技術研究所
林業技術センター
研究員 山本 啓

本日の発表内容

1. 樹頂点抽出技術の現状

- ・研究背景
- ・樹頂点抽出技術の仕組み

2. 林業技術センターの取り組み

- ・研究内容
- ・成果移転について

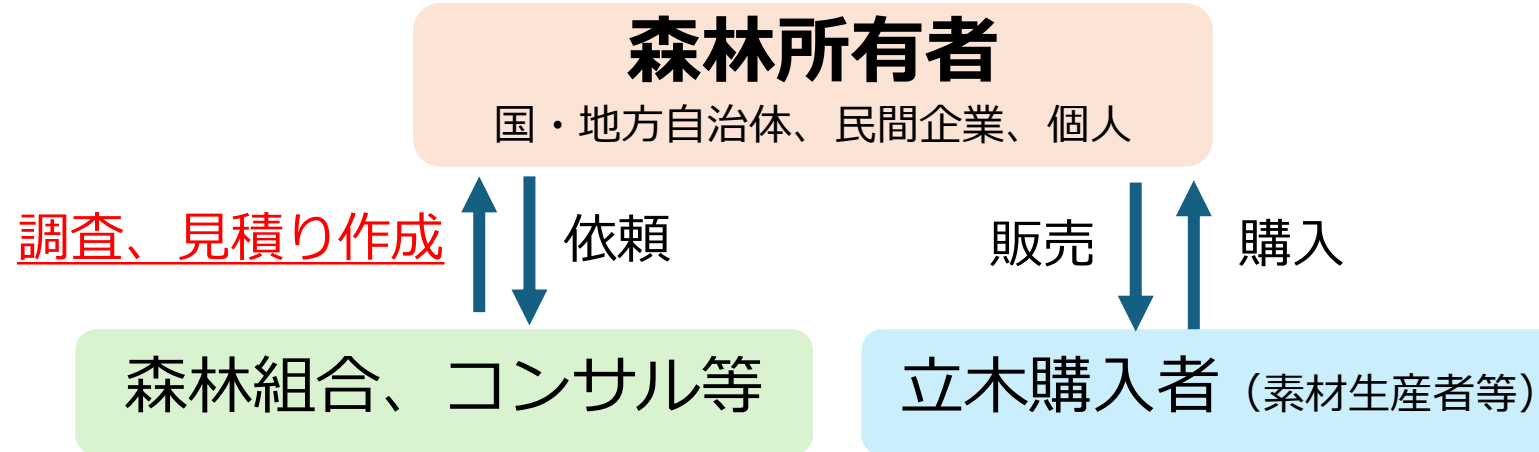
3. 森林管理基盤情報の公開について

- ・森林管理基盤情報一覧
- ・活用事例

1. 樹頂点抽出技術の現状

背景

全国的に人工林が伐期を迎えており、立木販売による主伐・間伐が増加している。立木販売では正確に林分材積を推定し、見積もりを作成する必要がある。



森林調査を行い、
林分全体の材積から
見積もり作成



伐採・搬出を行い、
丸太を販売する。

実務者である森林組合や財団等へのニーズ調査により、正確な森林評価手法が求められていることが明らかになった。

森林調査の現状

【従来】 標準地調査

- 全体の一部の調査地を設定し、毎木調査を行う
- 調査結果から全体を推定するため、誤差が大きくなる場合も
- 労力の問題（人・時間）



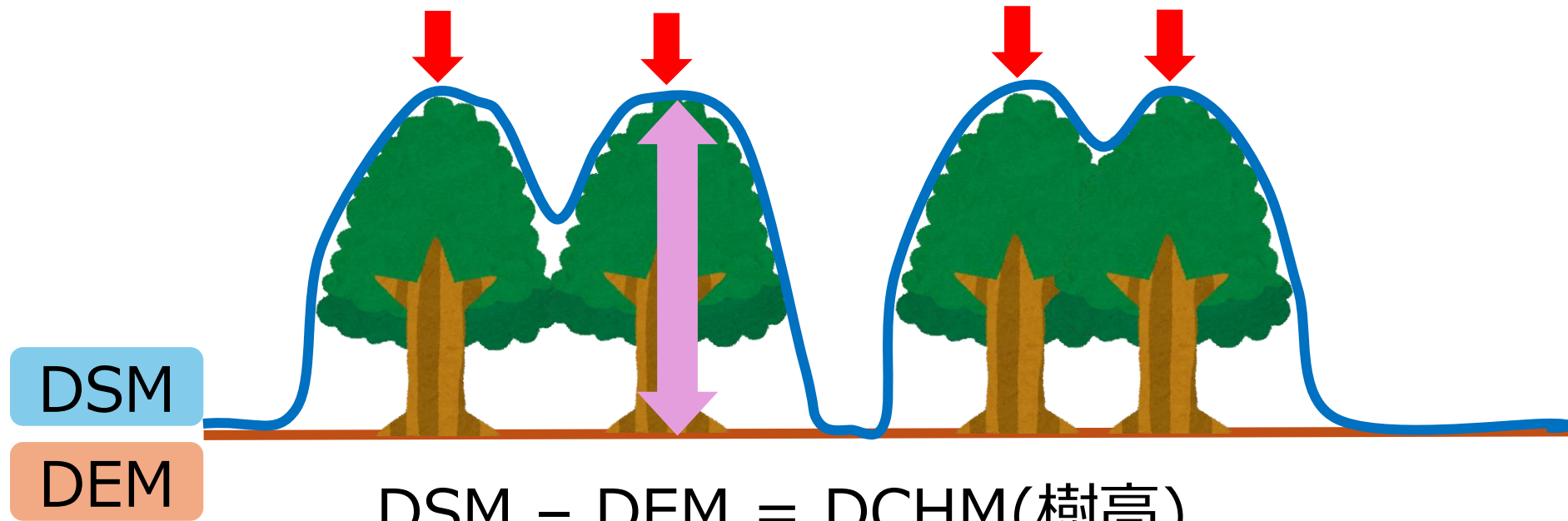
【新規】 ドローンによる調査

- 森林全体を空撮し、画像解析により本数計測を行う
- 空撮は最小2人で実施可能
- 導入コストの減少
(機体+ソフトで100万円~)



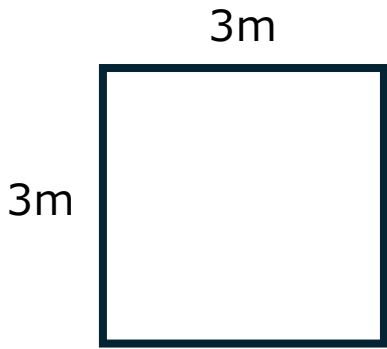
労力の軽減・機体の低コスト化等により
ドローンによる調査の導入が進んでいる。

樹頂点抽出の仕組み

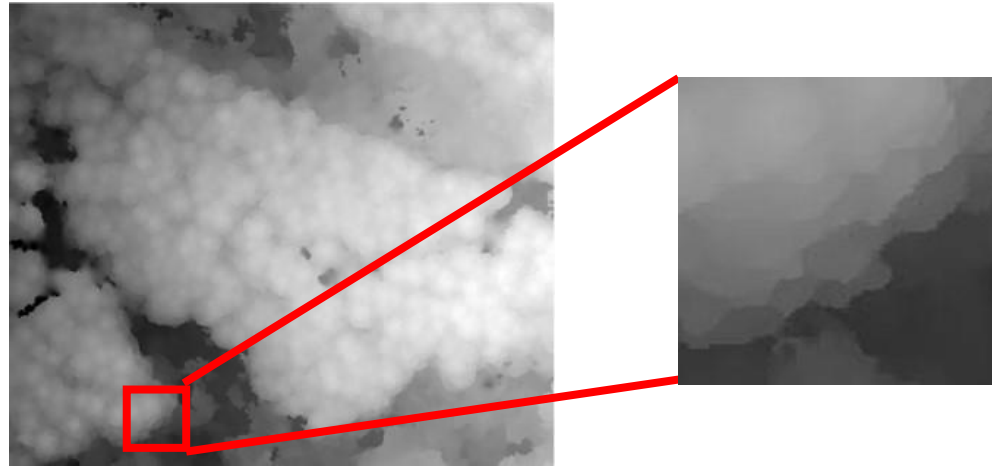


空撮データからSfM処理（3Dモデル化）を行い作成した
DSM(Digital Surface Model)や**DCHM**を利用している。
これらのデータから**局所最大値フィルタリング**を用いて、
範囲内の最高点を樹頂点として抽出する手法が利用されている。

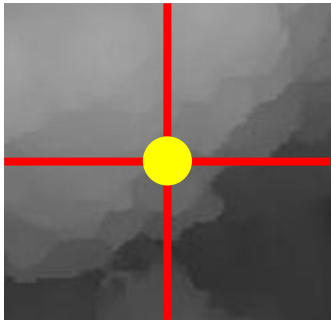
局所最大値フィルタリング



①探索範囲の決定

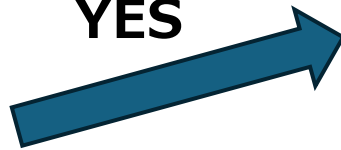


② 1 pxずつずらしながら、探索範囲の領域を切り出す



③切り出した領域内の
中心ピクセルが
その領域の最大値か
どうかをチェック

YES



④樹高値とピクセル
位置を記憶



⑤近接ポイントの統合



⑥ポイント情報の出力

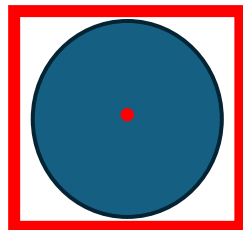
2. 林業技術センターの取り組み

これまでの研究内容

現状、局所最大値フィルタリングを用いて樹頂点抽出（本数計測）を行う場合、探索範囲設定に適切な値を入れて解析を行い、当てはまりの良い設定を探す必要がある。



局所最大値フィルタリングにおける探索範囲と樹冠幅の関係を明らかにし、**最適な探索範囲設定を決定する。**



探索範囲 = 樹冠幅なら
正しく検出できる？

利用したデータ

対象：広島県庄原市の2林分

樹種：ヒノキ（一部にスギ有）

林齢：約50～59年生

密度：900本/ha以下

調査：空撮および2プロット

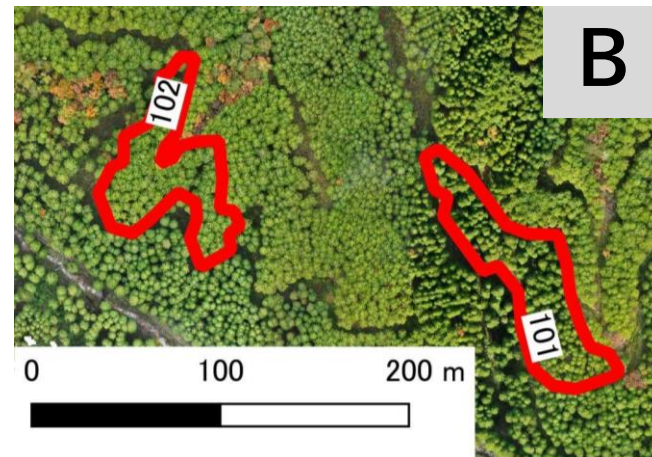
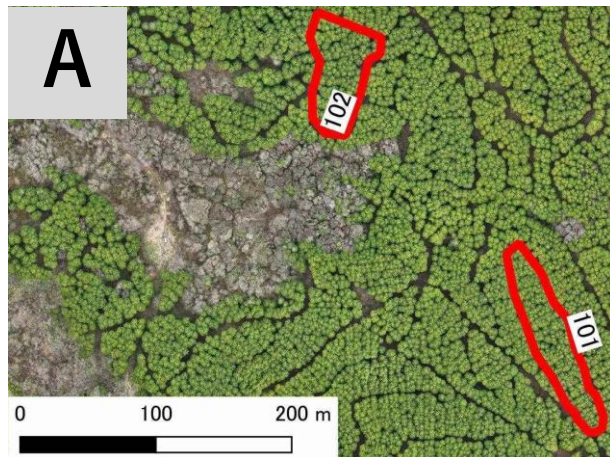
毎木調査・外周測量を実施した。

表1 毎木調査結果（本数）

林分	プロットNo.	
	101	102
A	308	209
B	333	269

撮影機器：Mavic 3 Enterprise(DJI社)

SfMソフト:Metashape(Agisoft社)



データ提供：広島県森林整備・農業振興財団 三次事務所 勝村様

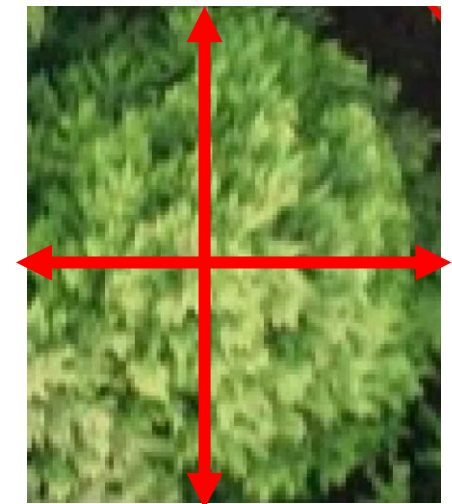
データの前処理

利用ソフト：QGIS 3.18.1

- ①GRASSの「r.resample」ツールを用いて、DSMの解像度を0.1m/pxを揃えた。
- ②各林分のオルソ画像から、ランダムに3か所×5本=15本分の樹冠直径を計測し、平均樹冠直径を求めた。

林分A 3.2m

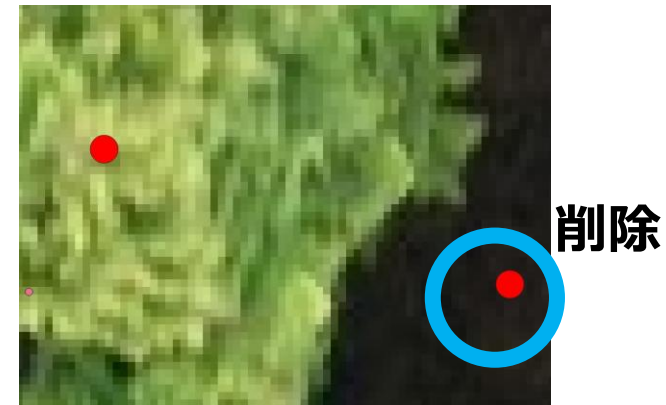
林分B 3.3m



樹頂点抽出方法

局所最大値フィルタリングを用いて樹頂点抽出のできる
QGISプラグイン「Tree Density Calculator」を利用して、
DSMから各プロット内の樹頂点を以下の設定で抽出した。

- Window Size（探索範囲）
平均樹冠直径の0.3, 0.4, 0.5, 1.0倍
- Snap Distance
Window Sizeの0.25倍

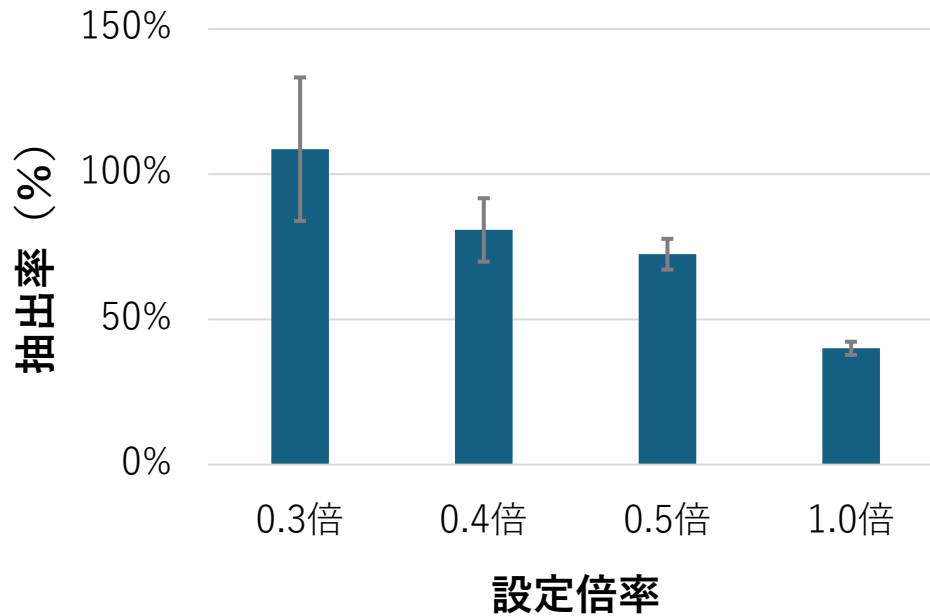


※抽出結果のうち、
地面に落ちている点
は除いた。

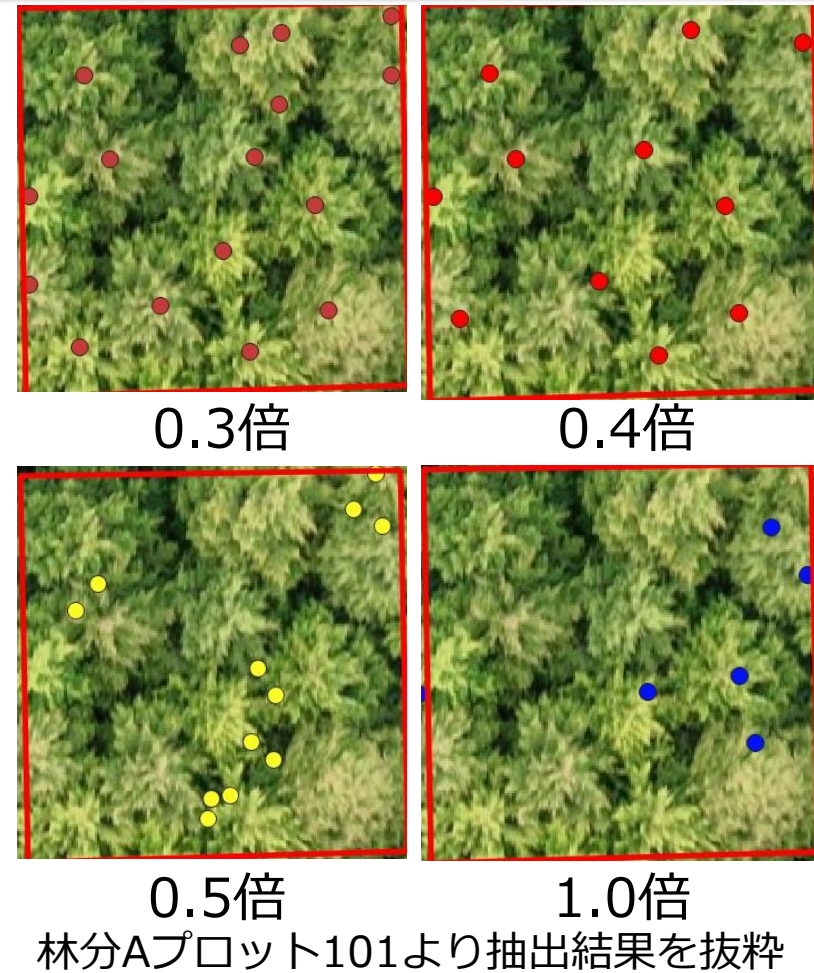
表2 Tree Density Calculator設定

設定値	Window Size(m)				Snap Distance(m)			
	0.3倍	0.4倍	0.5倍	1.0倍	0.3倍	0.4倍	0.5倍	1.0倍
林分A	1.0	1.3	1.6	3.2	0.2	0.3	0.4	0.8
林分B	1.0	1.3	1.7	3.3	0.2	0.3	0.4	0.8

結果



(抽出率 = 抽出結果/実際の本数)



0.3倍、0.4倍、0.5倍では誤差30%以内に収まる結果となった。
1.0倍では40%程度の抽出率しか得られなかった。

考察

- 1.0倍 $\Leftrightarrow$ 0.3, 0.4, 0.5倍の間に有意差が認められた。
→樹冠直径にバラツキがあり、平均樹冠直径を探索範囲に利用すると抽出漏れが多い。
- 空撮画像から作成したDSMやDCHMを用いた場合、上層木に隠れている木もあるため、毎木調査本数と比較して必ず過小評価となる。
→0.3倍では抽出率が109%となり過剰評価している。
0.4倍を用いることで画像中の立木本数を最も正確に計測できる可能性がある。

樹冠幅の計測結果が選択した木によって変わるため、
実用場面では樹冠直径の0.3~0.5倍程度に設定することで
一定の立木抽出率を確保できると考えられる。

今後の取組

探索範囲と平均樹冠直径の関係は明らかになったが、
基準となる平均樹冠直径をどのように決める？

(毎回、画像上で計測するのは現実的ではない上に、
計測結果が人により異なる可能性も高い)



林分に関する様々な条件（樹種、林齢、間伐後年数等）から、
その林分の平均樹冠直径を推定し、探索範囲設定の自動化を行う。

現在、広島北部森林管理署様と
立木調査の効率化に向けた取組に関する協定書を締結し、
国有林調査データのご提供いただくなど、効率的な立木
調査手法の確立に向けた研究を進めています。

研究成果の活用

平均樹冠直径の推定モデルを作成し、
樹冠直径から探索範囲を自動設定するQGISプラグイン開発を行う。

プラグインの完成イメージ

樹頂点抽出プラグイン

樹種

ヒノキ

林齢

50

間伐後経過年数

20

選択

自動処理

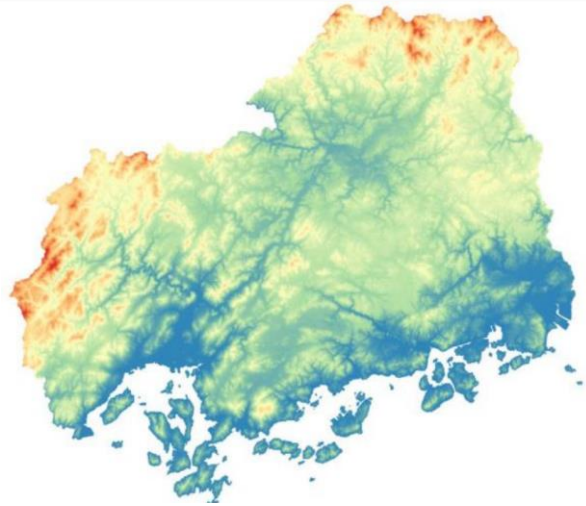


抽出結果（例）
赤点が予測した樹頂点

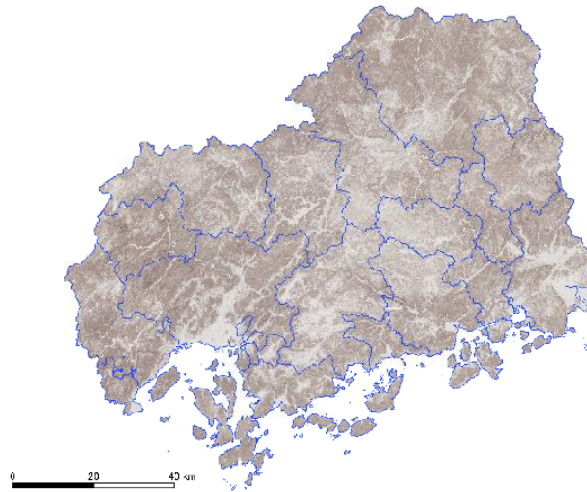
林分の条件（樹種、林齢、間伐後年数）を
入力することで、細かいパラメータ探索が不要。
自動で樹頂点を抽出するQGISプラグインとして
公開予定。

3. 森林管理基盤情報の公開について

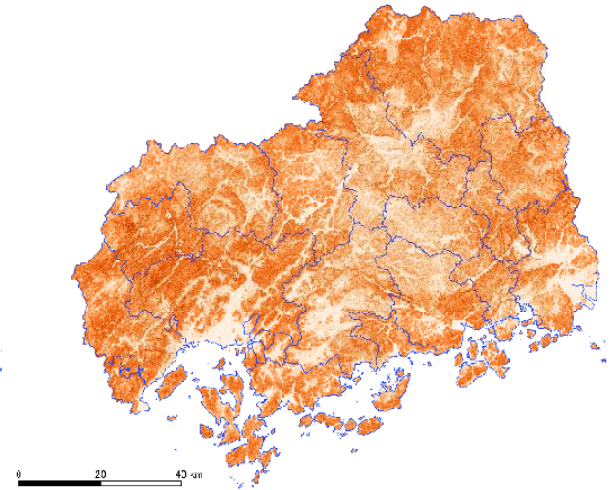
森林管理基盤情報について



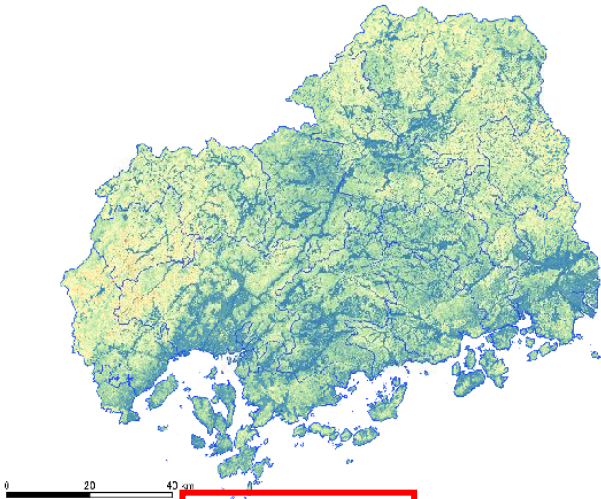
標高図



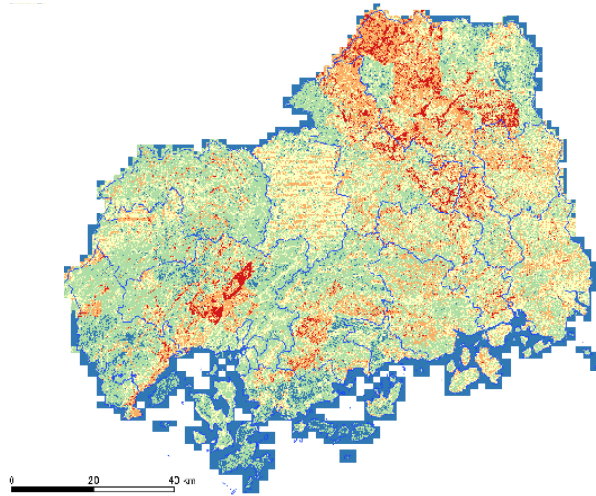
CS立体図



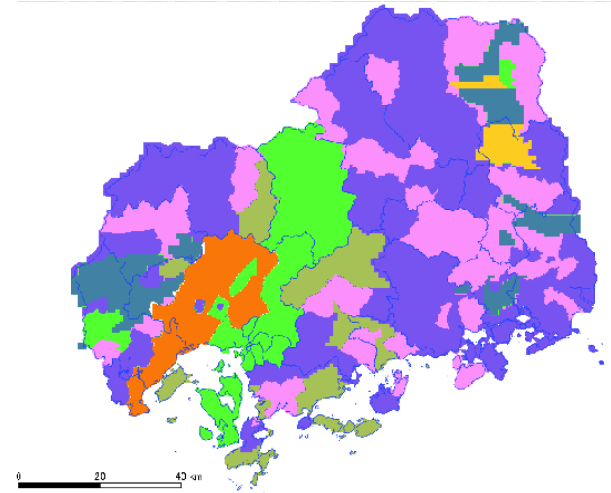
傾斜図



樹高図

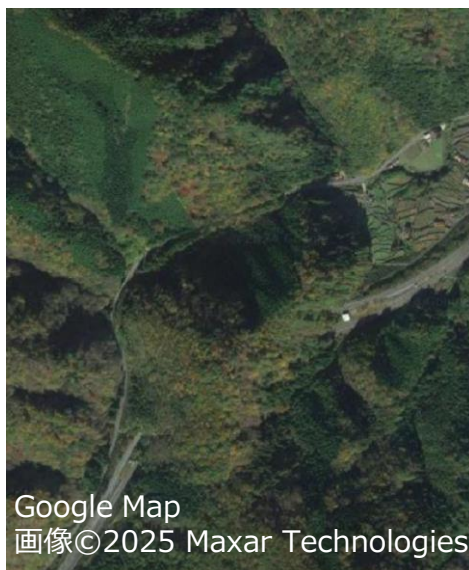
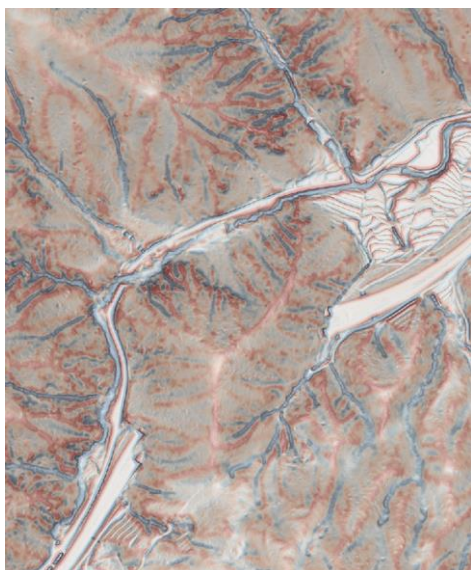
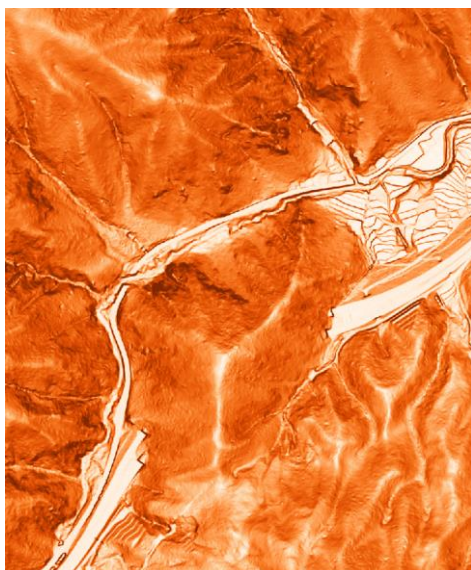
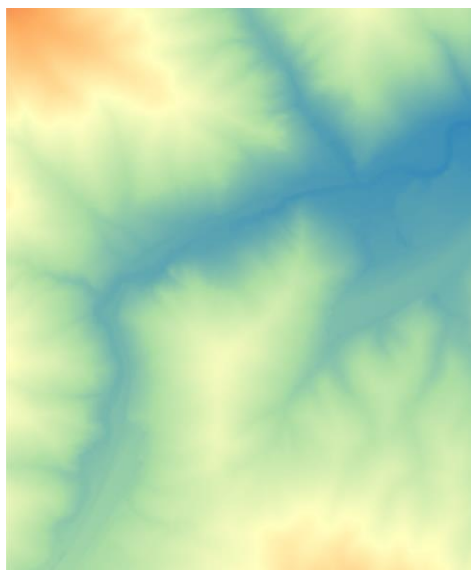


レーザー点群密度図



計測年度図

地形確認



標高図

解像度1m/px

地面の高さを
表すデータ

傾斜図

解像度1m/px

傾斜を表すデータ
傾斜区分図作成

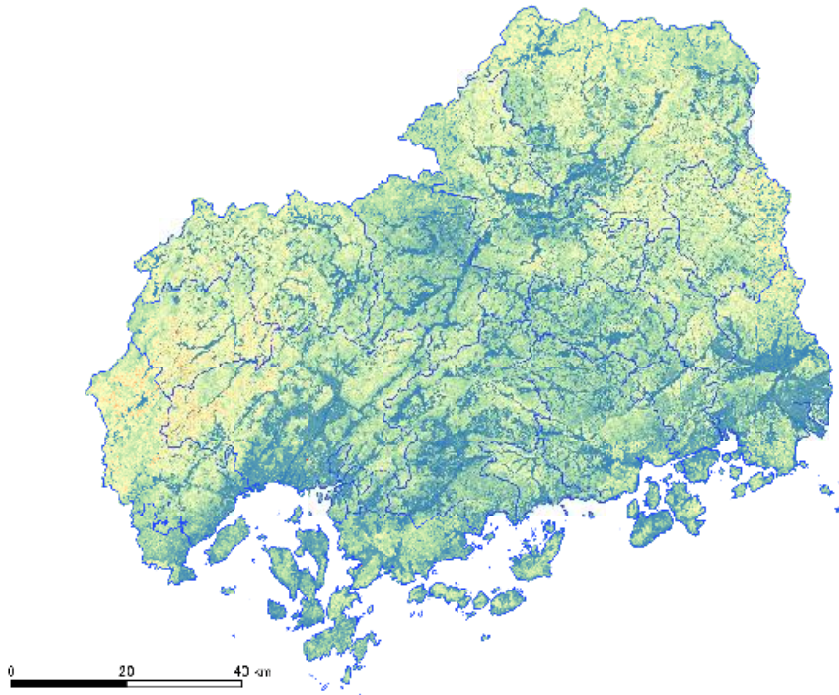
CS立体図

解像度1m/px

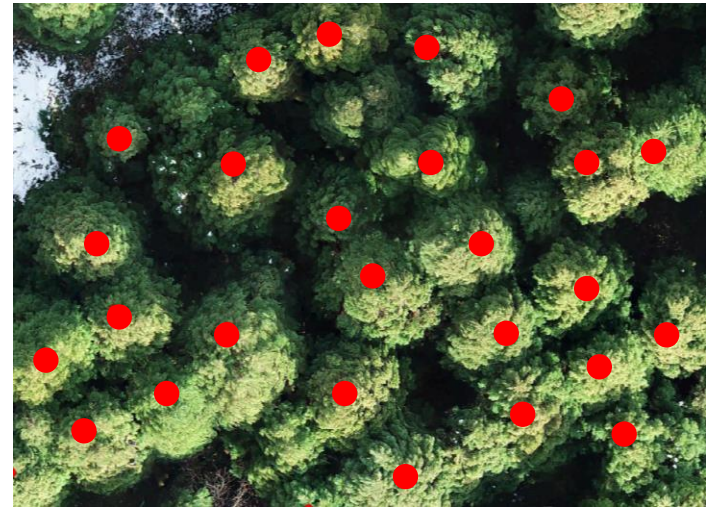
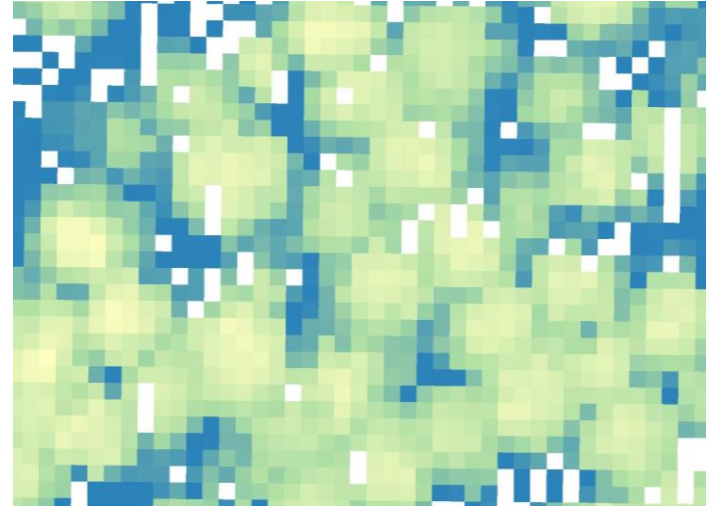
細かい尾根谷の確
認や道の探索など

**衛星画像
(参考)**

樹高図を利用した立木本数計測



地上分解能 1 m
データ形式 : GeoTiff(.tiff)



例) 樹高図を利用した
立木本数計測

まとめ

- これまでの研究により、樹頂点抽出を行う際の探索範囲は、**平均樹冠直径の0.3~0.5倍**程度に設定することで、一定の抽出率が得られることが明らかになった。
- 平均樹冠直径を推定し、探索範囲設定+解析処理を自動化するため、研究を進めています。
→成果はQGISプラグインとして無償公開予定
- 様々な用途で利用できる**森林管理基盤情報**を公開中です。今月末には広島県の情報共有システム「DoboX」上にも公開されますので、ダウンロードしてご利用ください。

ご清聴ありがとうございました。

お問い合わせ先

林業技術センター
技術支援部

TEL0824-63-0897 FAX082-63-7103
Mailrgcgijutsu@pref.hiroshima.lg.jp