

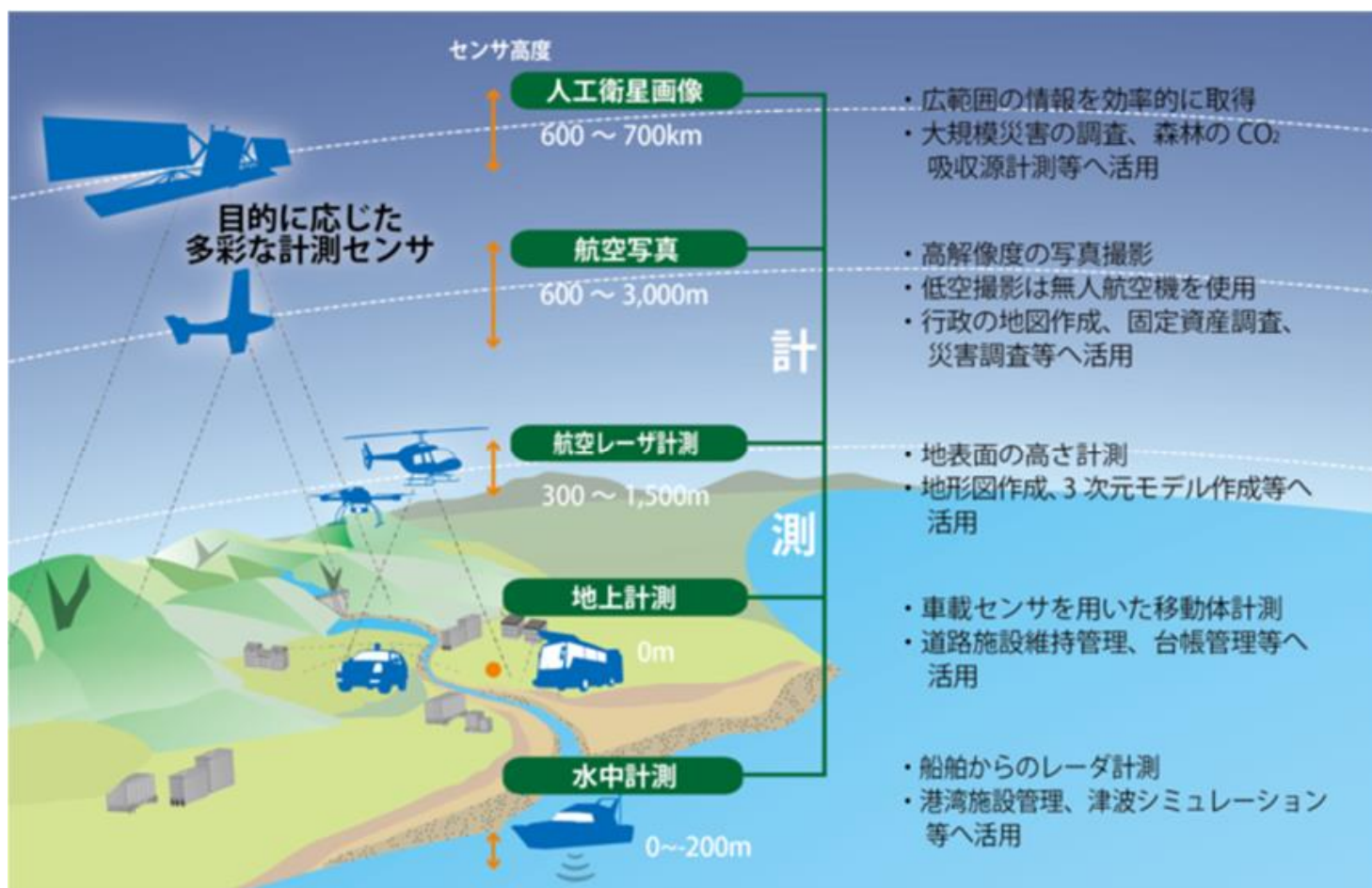
# 「リモートセンシング」の概説について



## (1) 「リモートセンシング」とは？

「リモートセンシング (Remote Sensing)」とは、把握したい対象物から**遠く離れた所 (リモート)** から、対象物に触れずに対象物の形や性質を**測定する (センシング)** 技術のことです。

「リモートセンシング」には、目的や用途に応じて様々な計測方法があります。



出典：リモートセンシングの誕生と発展：地理空間情報技術ミュージアム (<https://mogist.kkc.co.jp>)

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ①衛星リモートセンシング（人工衛星画像）

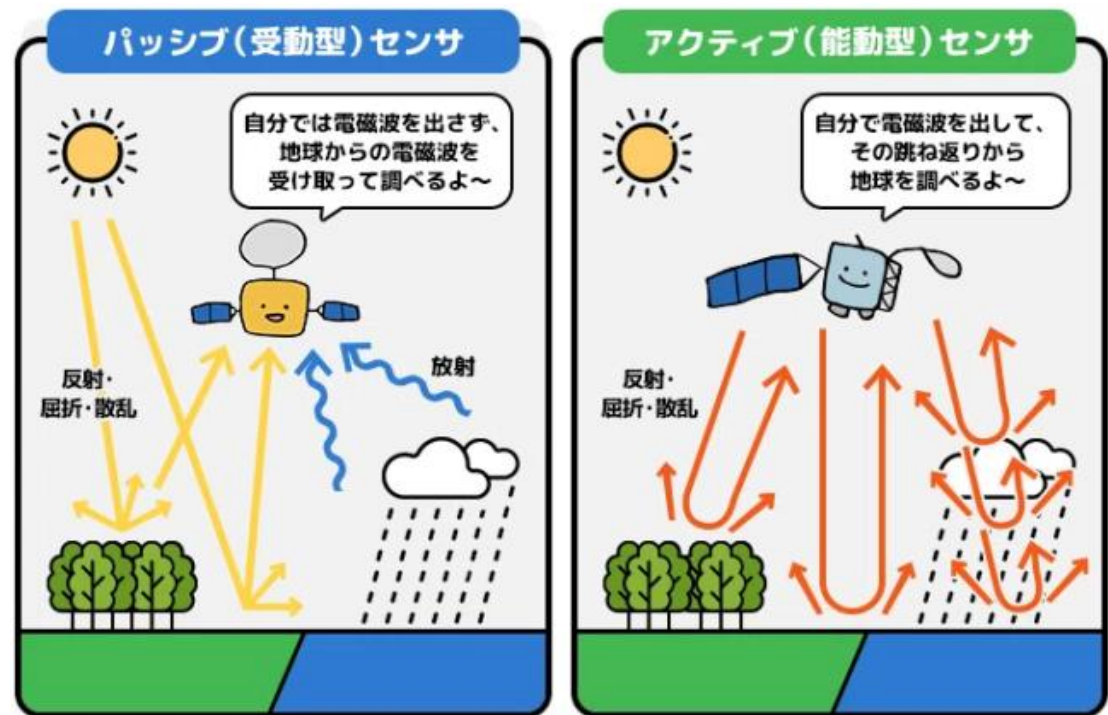
#### 1) 「衛星リモートセンシング」とは

人工衛星に専用の測定器（センサ）を載せ、地球を観測することを衛星リモートセンシングといいます。

衛星に搭載したセンサは観測方法に応じて「受動型センサ」と「能動型センサ」の2種類に大別でき、代表的なセンサは次表のとおりです。



出典：宇宙航空研究開発機構（JAXA）



## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ①衛星リモートセンシング（人工衛星画像）

| センサ種類                   | 原理・特徴                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 光/マルチスペクトル<br>（受動型センサ）  | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 可視光や可視光を含む複数（マルチ）の波長帯を観測するセンサ<br/>光学画像もこれにあたる</li><li>・ わかりやすく扱いやすいが、雲があったり夜間だと観測できない</li></ul> <b>【活用事例】</b> 災害調査、環境調査、安全保障、農業、気象 等                                              |
| ハイパースペクトル<br>（受動型センサ）   | <ul style="list-style-type: none"><li>・ 「マルチスペクトル」と比較して観測する波長帯が広い（多い）もの</li><li>・ 観測波長が多いので、データの連続性や組み合わせパターンの多様化により<br/>観測能力が飛躍的に高まる</li></ul> <b>【活用事例】</b> 鉱物探査、農業 等                                                   |
| 赤外線<br>（受動型センサ）         | <p>（赤外線センサは多数存在するので、「熱赤外」について説明）</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 赤外域の電磁波を用いて物体からの放射を観測することで温度を測定</li><li>・ 地表面や海水面の温度を観測可能（夜でも可）</li></ul> <b>【活用事例】</b> 気象、山火事検出 等                                           |
| ライダー（LiDAR）<br>（能動型センサ） | <ul style="list-style-type: none"><li>・ レーザー光を照射して、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形等を計測</li><li>・ 宇宙から観測しながら高さ情報（Z軸）も検出可能</li></ul> <b>【活用事例】</b> 気象、地表面マッピング                                                                   |
| レーダー/マイクロ波<br>（能動型センサ）  | <p>（合成開口レーダー、SAR（Synthetic Aperture Radar）衛星）</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ マイクロ波を地表面に放射し、その反射光の情報をもとに対象物までの距離や対象物の形等を計測</li><li>・ 高さ情報（Z軸）も検出可能であり、雲も透過し夜間も観測可能</li></ul> <b>【活用事例】</b> 災害調査、安全保障、地表面マッピング |

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ①衛星リモートセンシング（人工衛星画像）

#### 2) 「人工衛星」の種類について

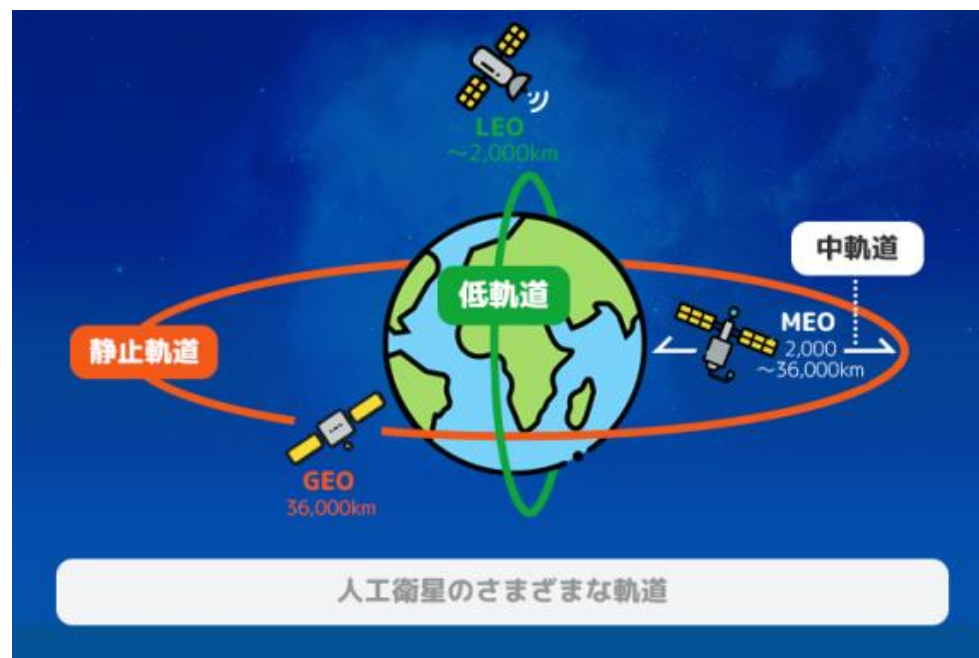
リモートセンシングで活躍する人工衛星は「**地球観測衛星**」です。

その他、その目的により「**通信衛星**」「**放送衛星**」及び「**測位衛星**」に分類されます。

「地球観測衛星」は高度2,000kmまでの「**低軌道**」や高度36,000kmの「**静止軌道**」で地球を周回します。

「**低軌道**」は約90～120分で地球を1周し、地球表面の一部しか観測することができない反面、高い空間解像度で観測することができます。

「**静止軌道**」上の衛星は地球の自転と同じ速度で移動するため、地球上のほぼ同じ場所を観測し続けることができます。



出典：宇宙航空研究開発機構（JAXA）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ①衛星リモートセンシング（人工衛星画像）

#### 2) 「人工衛星」の種類について

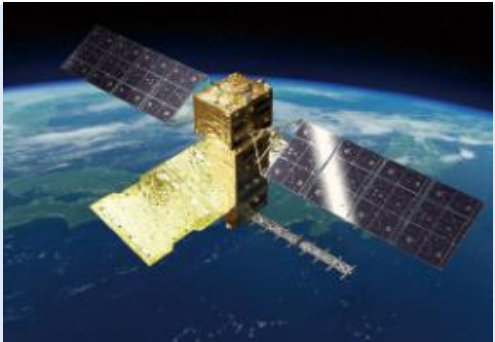
| 分 類          | 目 的                               | 名 称 等                                                                                              |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地球観測衛星       | 時々刻々変化する地球環境（大気、海洋、陸域、雪氷圏）の長期的な観測 | ・ 陸域観測技術衛星4号「だいち4号」(ALOS-4)<br>・ 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)<br>・ 水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)<br>・ ひまわり9号※ 他 |
| 通信衛星<br>放送衛星 | 無線通信の中継や放送                        | ・ 光衛星間通信システム (LUCAS)<br>・ 技術試験衛星9号機 他                                                              |
| 測位衛星         | <u>位置情報の計測</u> に必要な信号の送信          | ・ 準天頂衛星システム「みちびき」 他                                                                                |

※ひまわり9号は地球観測衛星の一種ですが、気象観測を目的とした衛星を意味する「**気象衛星**」という分類をするケースもあります。

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ①衛星リモートセンシング（人工衛星画像）

#### 3) 代表的な人工衛星

| 陸域観測技術衛星4号<br>「だいち4号」(ALOS-4)                                                                                                                                                                       | 温室効果ガス観測技術衛星2号「いぶき2号」                                                                                                                                      | 気象衛星<br>「ひまわり8号、9号」                                                                                                                                                                                                                              | 準天頂衛星システム<br>「みちびき」                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                    |                                                                          |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                      |
| <p>「地球観測衛星」</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・能動型センサ</li><li>・合成開口レーダー（通称：SAR）を使用し観測</li><li>・SARは、衛星のアンテナから電波を送り、返ってきた情報から地球表面の様子を把握</li><li>・雲も透過し夜間も観測可能</li></ul> <p>（2024.7.1打上げ）</p> | <p>「地球観測衛星」</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・「温室効果ガス観測センサ」と「雲・エアロソルセンサ」を搭載</li><li>・二酸化炭素・メタンの濃度等の温室効果ガスの全体像を観測</li></ul> <p>（2018.10.29打上げ）</p> | <p>「気象衛星」</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・気象観測センサー（可視赤外放射計）を搭載</li><li>・赤道上空約35,800kmの静止軌道から、「地球全体（10分毎）」及び「日本周辺（2.5分毎）」を観測</li><li>・従来機（7号）より解像度の向上、チャンネル数の増加により、画像もカラーとなった</li></ul> <p>（8号：2014.10.7打上げ）<br/>（9号：2016.11.2打上げ）</p> | <p>「測位衛星」</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システム</li><li>・衛星測位システムではアメリカの「GPS」がよく知られる</li><li>・「みちびき」はGPSと互換性を有し（GPS衛星を補完し）、より高精度で安定した衛星測位サービスを実現</li></ul> <p>（2018.11～運用開始）</p> |

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 1) 「航空レーザ計測」とは

航空レーザ計測とは、航空機（飛行機またはヘリコプター）に搭載したレーザ測距装置を使用して、地上に向け多数のレーザパルスを照射し、地表面や地物で反射して戻ってきたレーザパルスから、高密度な三次元デジタルデータ（水平方向の座標（ $x, y$ ）、高さ（ $z$ ））を取得する測量技術です。

レーザ（LASER）は、

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の頭文字をとった言葉で、直訳すると「放射の誘導放出による光の増幅」という意味になります。

レーザは一般の光と異なり、ビーム状に一定方向に進み、広がりが少ない光であり、通信・医療・工業など様々な分野で活用されています。



出典：アジア航測（株）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

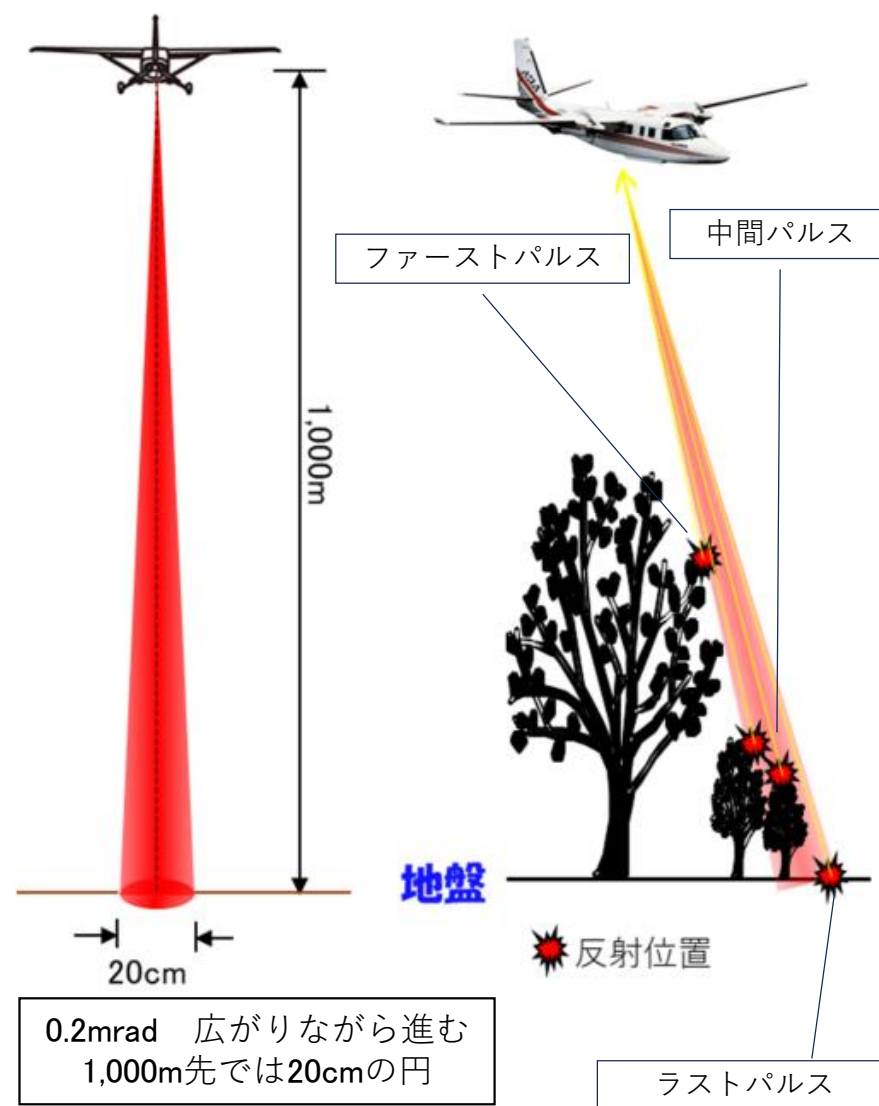
### ②航空レーザ計測

#### 1) 「航空レーザ計測」とは

レーザは広がり少ない光ですが、全く拡散しないわけではありません。発射されたレーザパルスは、数 mrad (マイクロラジアン) から 0.2 mrad 程度に広がるため、1 発のレーザパルスに対し複数の反射パルスが観測されます。

これら複数のレーザ反射パルスのうち最初に計測された反射パルスを「ファーストパルス」、また、最後に計測された反射パルスを「ラストパルス」と呼びます。

ラストパルスは、樹冠を通り抜けて地表面で反射したパルスが含まれるため、「航空レーザ計測」では樹木に覆われた地域でも「**地表面の形状**」を知ることが可能となります。



出典：アジア航測（株）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 2) 「計測（データ収集）」に使用する機器

航空レーザ計測システムは①GNSS（全球測位衛星システム）、②IMU（慣性計測装置）、③レーザ測距装置の3つの機器により構成されます。併せてデジタルカメラなど画像取得装置が付随しているものが多数となります。

##### ①GNSS（全球測位衛星システム）

**GNSS**はGlobal Navigation Satellite Systemの頭文字をとったもので、「全球測位衛星システム」と訳されます。GNSSにはアメリカのGPS、EUのGalileo、ロシアのGLONASS等が該当し、人工衛星を利用して現在位置を計測する衛星測位システムの中でも、全地球を対象とするシステムの総称です。

航空レーザ計測を実施するにあたっては、航空機の現在位置を正確に把握する必要があり、GNSSが活用されています。



出典：アジア航測（株）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 2) 「計測（データ収集）」に使用する機器

##### ②IMU（慣性計測装置）

**IMU**はInertial Measurement Unit頭文字をとったもので、「慣性計測装置」と訳され、航空機の姿勢と加速度を求めるための装置です。

加速度センサーにより並進運動を、角速度(ジャイロ)センサーにより回転運動を検出することで、3次元の慣性運動（直航軸方向の並進運動および回転運動）を検出します。

GNSSは1秒おきに位置情報を取得しますが、航空機はその間に数10m進んでしまうため、その間のデータを補うのがIMUです。

IMUは数10分の1から数100分の1秒と短い間隔でデータを取得することが可能です。

航空レーザ計測では、「GNSS」による航空機の正確な位置情報および「IMU」による姿勢情報、角度・加速度情報を記録し、測距データと統合して解析することで、地上の3次元座標を取得しています。

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 2) 「計測（データ収集）」に使用する機器

#### ③レーザ測距装置（レーザスキャナ）

レーザ測距装置は、レーザ発射装置および受信装置からなり、レーザパルスを発射し、地表面等からの反射パルスを検知することで、その往復距離から地表面等までの距離を測定します。

また、同時搭載のデジタルカメラによりレーザ計測と同時に、航空写真を撮影します。

右の写真は現在国内で稼働する中で最新かつ高性能な計測機器です。

本計測器は、最大照射数200万発/秒、画素数は1億5,000万画素（※）の性能を有し、高スペックでの計測が可能です。

（※標準的な仕様では照射数10万発/秒以上、画素数1,800万画素以上）



## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 2) 「計測（データ収集）」に使用する機器

##### ④プラットフォーム

航空レーザ計測で使用する航空機は「飛行機（固定翼機）」と「ヘリコプター（回転翼機）」があり、その特徴は次表のとおりです。

それぞれの特徴および計測面積を勘案し、適切な機体を選定されます。



##### 固定翼機

飛行高度：300～2,000m

対地速度：180～340km/h 程度

計測幅：～2,000m 程度

特徴：高高度を高速で飛行しながら計測するため、  
広範囲を計測するのに適する



##### 回転翼機

飛行高度：150～2,000m

対地速度：50～250km/h 程度

計測幅：高度500mで600m 程度

特徴：固定翼機より低高度を飛行し、低速で飛行する  
ことも可能なので、高密度な計測が可能

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

#### 3) 「航空レーザ計測」で得られるデータ

##### ①三次元点群データ (LP (Laser Profiler) データ)

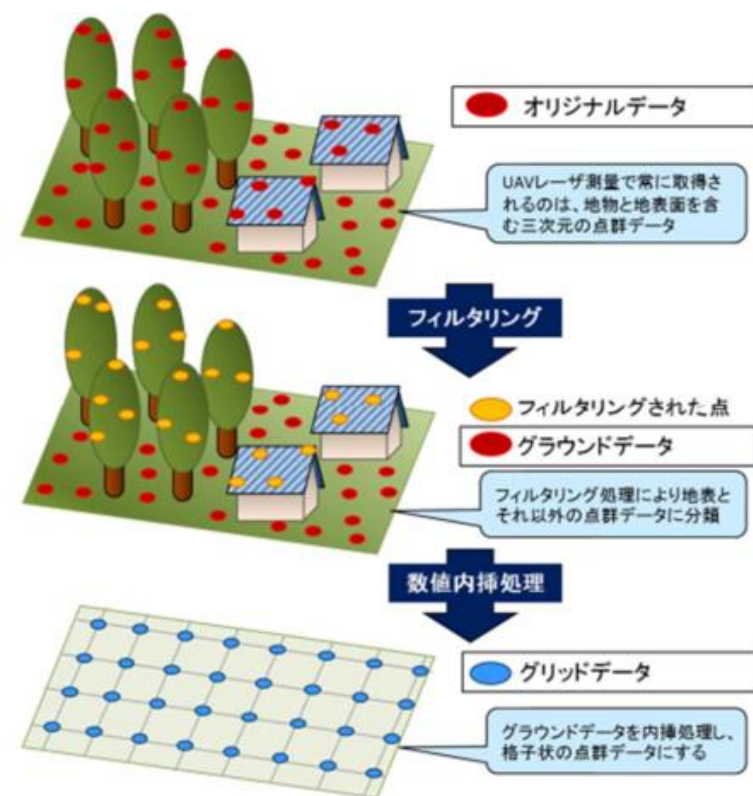
計測データを処理して得られるランダムな点群からなる三次元座標データ。  
レーザ計測で得られる座標データの総称です。

##### ②オリジナルデータ

三次元点群データのうち不要なノイズデータを取り除き、調整用に設けた基準点を用いて標高を調整したデータ。

##### ③グラウンドデータ

オリジナルデータのうち、フィルタリングにより地表面以外のデータを取り除いた三次元データ。  
交通施設・建物等・小物体（送電線等）・水部等・植生等は除外され、地表面のみのデータとなります。



出典：国土交通省「UAVを用いた公共測量（案）」

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ②航空レーザ計測

3) 「航空レーザ計測」で得られるデータ

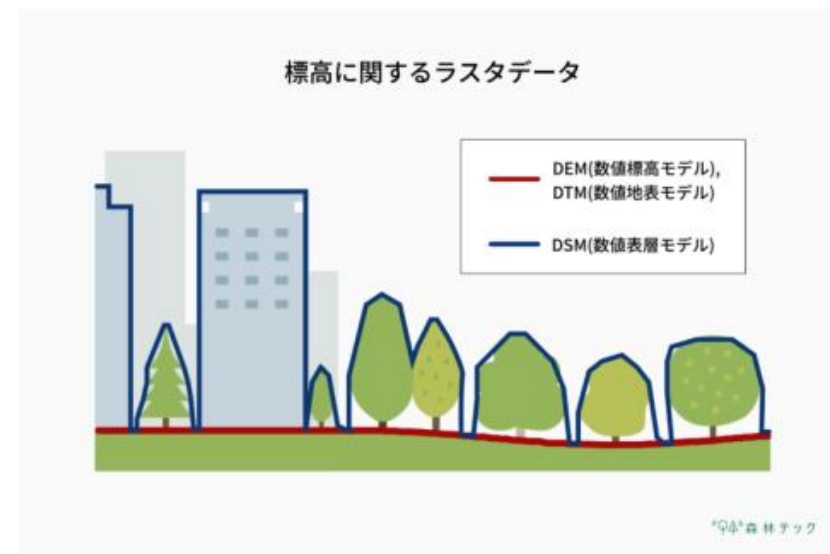
④グリッドデータ (DEM、DSM、DTM)

「**DEM** (数値標高モデル)」 (Digital Elevation Model) は、地表面を等間隔の正方形 (格子状) に区切り、それぞれの正方形の中心点の「標高値」を持たせたデータです。

レーザ計測の精度 (点密度) により、0.5mDEM (0.5m真角の正方形に1点)、1.0mDEM、5.0mDEM等があります。

「**DSM** (数値表層モデル)」 (Digital Surface Model) は、建物・橋などの構造物や樹木の高さも含めた標高を表示するデータです。

「**DTM** (数値地表モデル)」 (Digital Terrain Model) は、地表面の標高を表現するデータで、多くの場合「DEM」と同じ意味で使われます。建物や樹木の高さを除いていることを強調する場合に使用されることが多いです。



出典：森林テック (<https://sinrintech.com>)

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ③ UAVレーザ計測

いわゆる「ドローン」レーザ計測です。UAV（無人航空機）の技術革新、また、計測機器の小型化・軽量化により、UAVによる計測が可能となりました。

計測の概念・取得できるデータは航空レーザと同様ですが、UAVレーザ計測では低高度を低速で飛行するため、航空レーザ計測に比べ高密度の点群データを取得し、高精度な計測をすることができます。

その反面、飛行時間・距離が短く、日あたりの計測面積が限られることから、広域的な計測には適していません。



「無人ヘリコプターによるレーザ計測」 ヤマハ発動機（株）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV写真測量



#### 1) 「UAV写真測量」とは

写真測量は、航空機やドローンなどから撮影された高解像度の空中写真を利用して地表の特定の地点や地域の精密な測量を行う手法です。

あらかじめ測量機を用いて測定した地上の基準となる点「グラウンドコントロールポイント（標定点）」と光学カメラで撮影した写真をつなぎ合わせて測量を行います。

基本的に光学カメラはドローンに搭載されているため、ドローン以外の機材を用意する必要はありません。

そのため、ドローンレーザ計測よりも測量にかかる費用をおさえられますが、正確性ではレーザ計測より劣ります。

特に、森林など樹木が生育している地域では、樹木の影になる地表面のデータを取得することはできません。



ドローンにより撮影した森林の写真

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

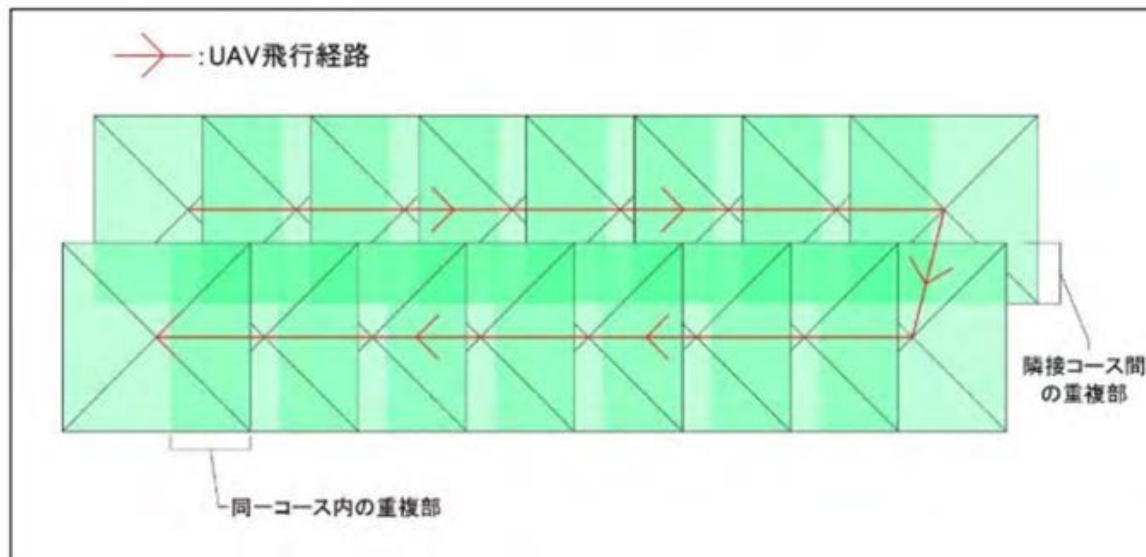
### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

##### 1. 航空写真の撮影

ドローンにより空中から特定の地域を撮影します。

撮影は自動飛行アプリを使用します。写真測量を実施するためには写真を重複して撮影することが必要であり、ドローン進行方向の重複率は80%以上、隣接コースとの重複率は60%以上とすることが標準（※1）とされています。



（※1）撮影計画：「公共測量作業規程の準則」  
（国土交通省）第420条

重複のイメージ

出典：UAV写真測量マニュアル（林野庁計画課）

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

##### 2. 標定点の設置

地上に測量ポイント（標定点）を設置し（※2）、これらのポイントを写真上で特定できるようにします（標定点を設置した上で写真を撮影します）。

標定点をGNSS測量等で計測し、座標値を把握しておくことで、写真の歪みやずれを補正し、精密な地図を作成する基準となります。



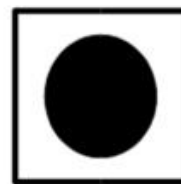
★型



X型



+型



○型

対空標識の例



（※2）対空標識の規格、設置等：「公共測量作業規程の準則」

（国土交通省）第138条

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

#### 3. 写真の補正

撮影された写真は地球の曲率や位置の高度差により歪みが生じます。標定点を使用して写真を補正し、正確な地理的位置を表すように修正します。

航空カメラで撮影された空中写真は、レンズの中心に光束が集まる中心投影なので、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像に位置ズレが生じます。写真に写る対象物が地面から高いほど、また写真の中心から周縁部に向かうほど、この位置ズレは大きくなります。

「**オルソ画像**」は、写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換（以下、「**正射投影**」という）したものです。

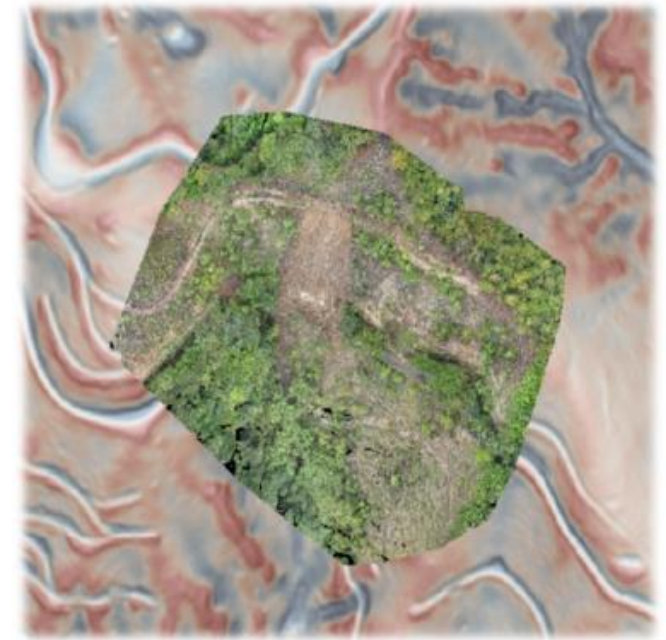
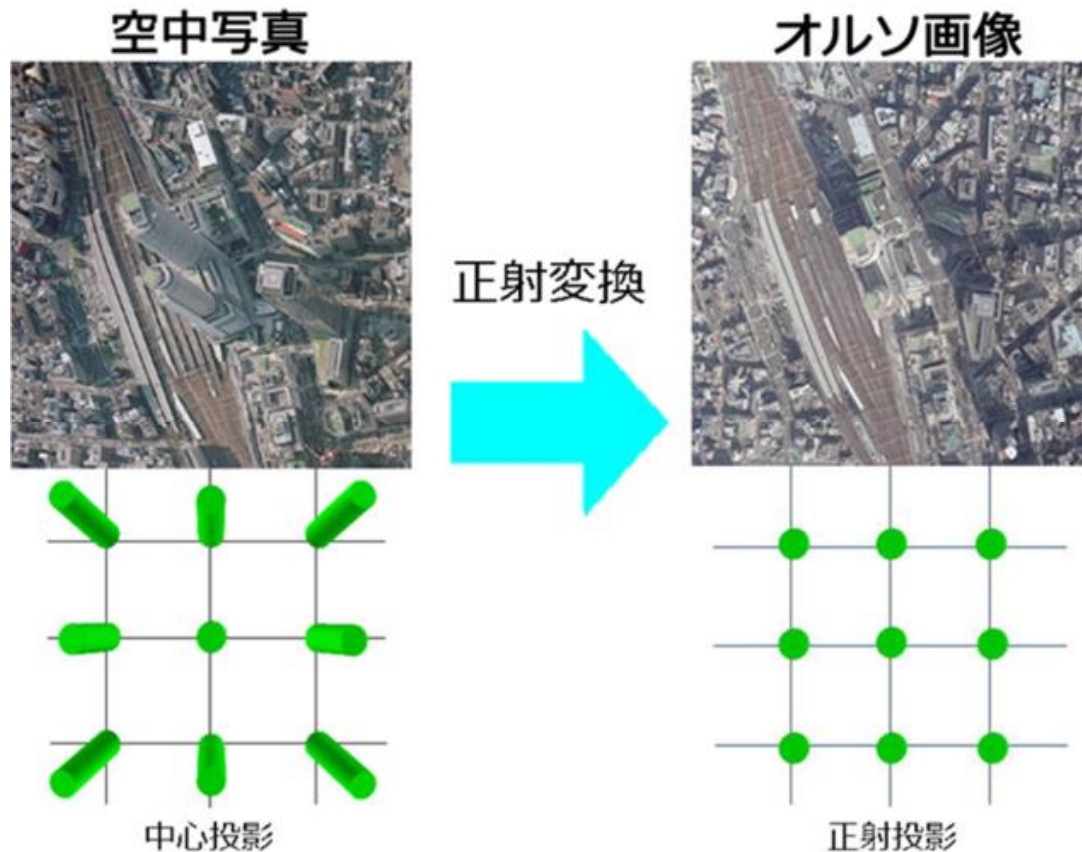
地物の形状・位置が正しく配置されているため、地理情報システム（GIS）などにおいて、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能となります。

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

#### 3. 写真の補正



微地形表現図と重ね合わせた「オルソ画像」  
(背景：CS立体地図、使用システム：QGIS)

出典：国土地理院 オルソ画像について  
<https://www.gsi.go.jp>

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

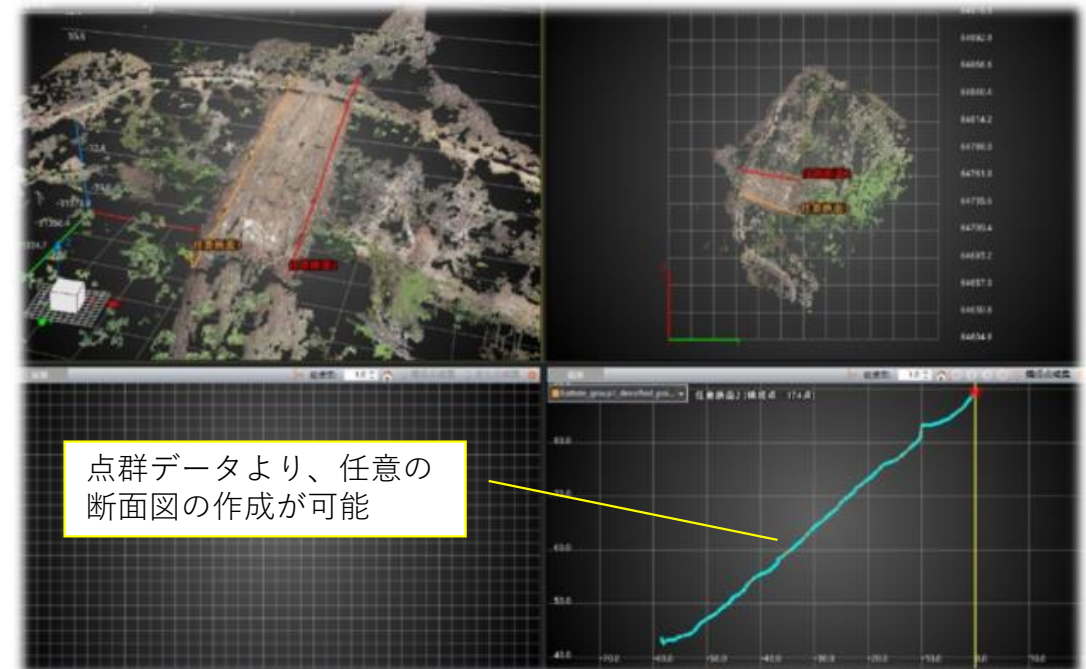
#### 4. デジタル画像処理

補正された写真はデジタル画像処理ソフトウェアを使用して処理されます。画像内の地物や地形を識別し、ピクセルの輝度や色調を解析して地物の特性を抽出します。

#### 5. 三次元モデルの生成

写真から得られたデータを用いて、地表の三次元モデルを生成します。

これにより、地形や建物などの高さや形状を精密に測定することが可能です。



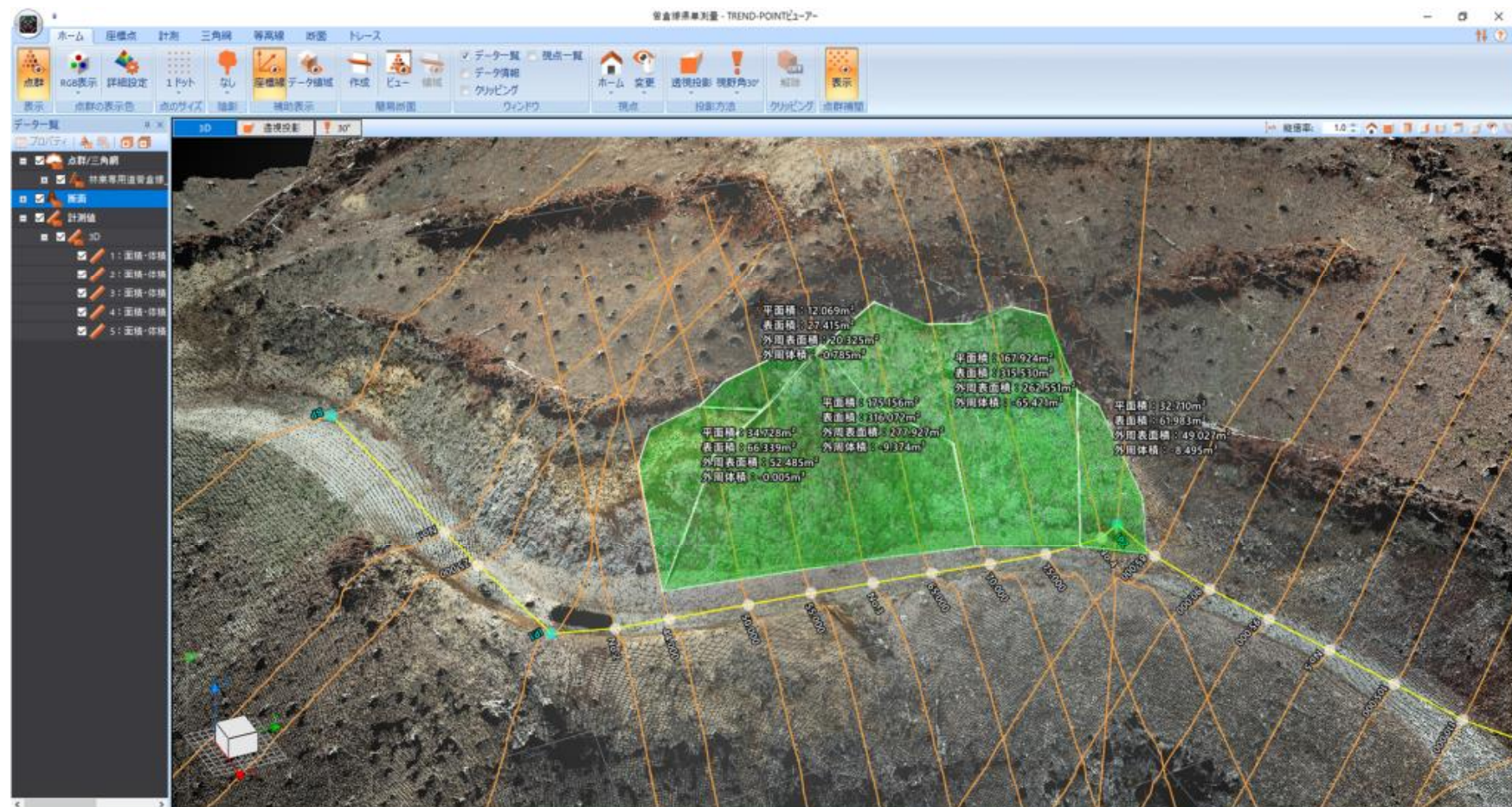
写真測量により作成された三次元データ  
(R6年林道災害 林道大荷場木浦沢線)

## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ④ UAV（ドローン）写真測量

#### 2) 「UAV写真測量」の手順

#### 5. 三次元モデルの生成



写真測量により作成された林道の三次元データ（林業専用道 曾倉線）  
点群データより、法面保護工の計画面積を測定

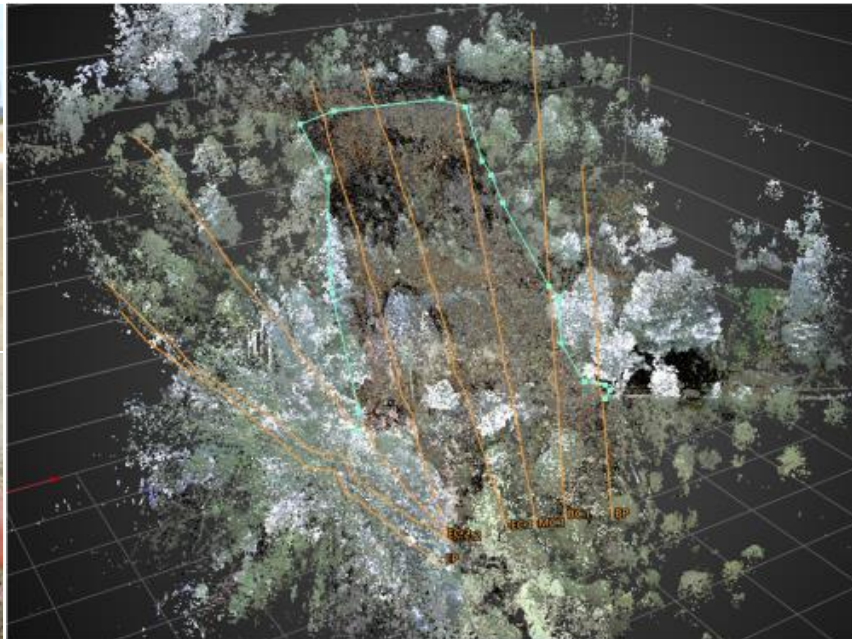
## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ⑤地上レーザ計測

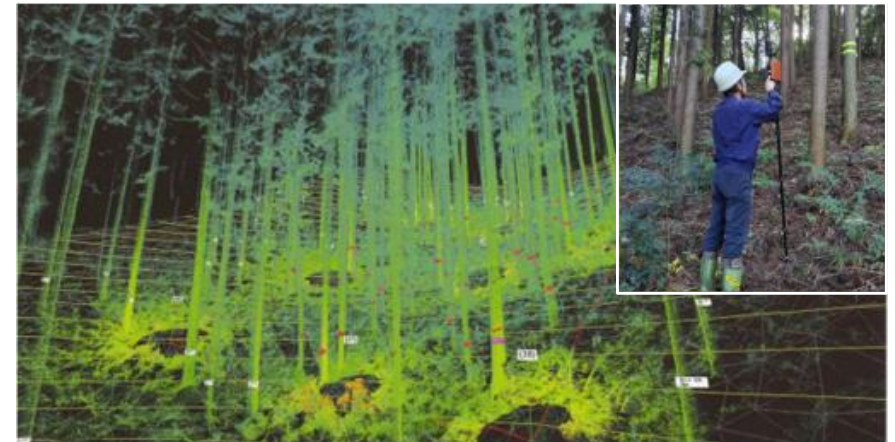
#### 1) TLS (地上型レーザスキャナ)

「TLS (地上型レーザスキャナ)」 (Terrestrial Layer Scanner) は、計測対象の三次元座標データ (点群データ) を簡単に取得できます。移動式に比べ高い精度で計測が可能です。

建設・土木での測量だけでなく、森林調査、環境計測、文化財調査など幅広い分野で利活用が進んでいます。



レーザスキャナにより取得した崩壊地の点群データ  
(R6年林道災害 林道大荷場木浦沢線)



「森林3次元計測システム (OWL)」 (アウル) を  
使用した森林調査

解析により立木の位置のほか、胸高直径、樹高、  
曲がり、材積等のデータ取得が可能

出典：(株) アドイン研究所

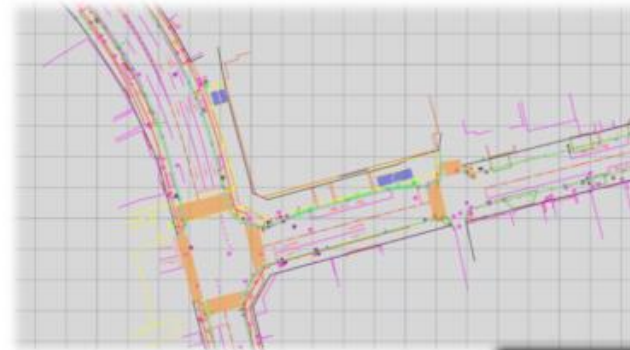
## (2) いろいろな「リモートセンシング」技術

### ⑤地上レーザ計測

#### 2) MMS (モービルマッピングシステム)

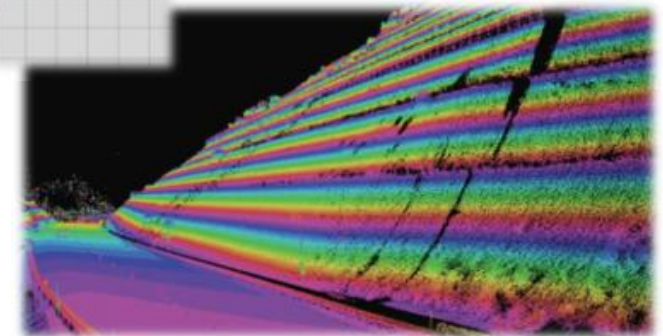
「MMS (モービルマッピングシステム)」 (Mobile Mapping System) とは、車両にレーザ計測器、GNSS装置、IMUおよびデジタルカメラを搭載し、道路面および道路周辺の三次元座標データと連続カラー画像を取得する車載搭載型の測量システムです。

取得したデータは、「施設の現状把握や維持管理」、「基盤情報の構築」、「防災・減災にむけたシミュレーション」など様々な分野で活用されています。



※基盤地図の整備

※法面調査



出典：「MMS (モービルマッピングシステム)」 (株) パスコ

# 森林・林業分野における 活用について



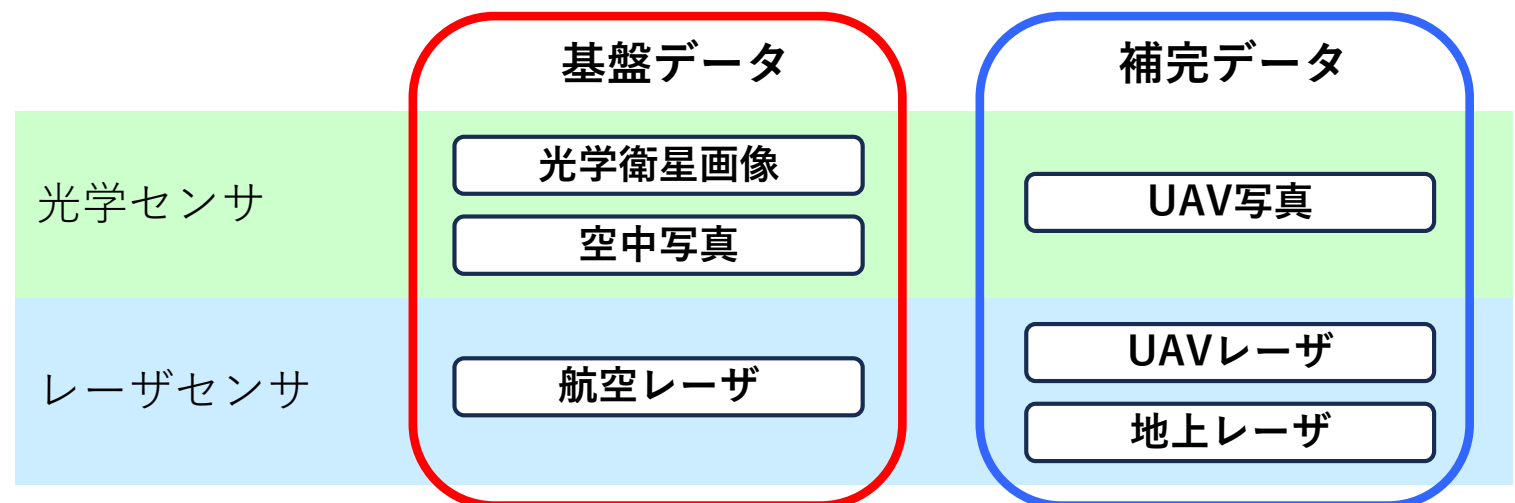
## (1) リモートセンシング技術の選択

一言に「リモートセンシング技術」という言葉を使用したとしても、デジタル技術の進歩により多種・多様な技術が存在します。

技術の利用にあたっては、「目的」・「精度」・「コスト」・「対象面積」等を勘案して、最適な技術を選択する必要があります。

また、業務の高度化・効率化のためには、一つの技術だけではなく、様々なリモートセンシング技術を**組み合わせて活用**していくことが重要となります。

なお、森林資源量や地形情報等の森林情報を取得するリモートセンシング技術は、取得できるデータの広さとその利用用途により大きく「基盤データ」と「補完データ」の2つに分類することができます。



## (1) リモートセンシング技術の選択

### 基盤データ

光学衛星画像

空中写真

航空レーザ

「**基盤データ**」は光学衛星画像、空中写真、航空レーザにより取得されたデータであり、数千ha以上の広範囲をカバーする情報です。

基盤データは森林資源量の調査や既設路網の把握・新規路網計画の作成、森林境界の明確化のほか、治山（災害危険箇所分析）に関連する分野でも活用することができるため、GIS（クラウド）上で整備・情報の共有を図ることでリモートセンシング技術の利活用が進みます。

### 補完データ

UAV写真

UAVレーザ

地上レーザ

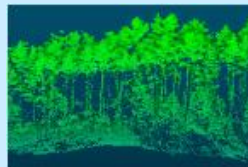
「**補完データ**」はUAV写真、UAVレーザ、地上レーザにより取得されたデータであり、局所的かつ高精度なデータです。補完データを計測する場合は以下の3点が考えられます。

- ・ 基盤データが整備されていない箇所で情報を整備するため
- ・ 基盤データは整備されているが、現況の変化により情報を更新する必要があるため
- ・ 基盤データでは取得できない、より高精度なデータを取得するため

補完データは手軽にデータを取得できる利点があり、高頻度にデータを取得することが可能です。位置情報等により、基盤データと紐付けて利用することで、相乗的な効果を発揮することができます。

# 「リモートセンシング」の基礎知識 ～森林・林業分野における活用～

## (1) リモートセンシング技術の選択

| 技術         | 航空機（有人機）                                                                          |                                                                                   | 衛星画像                                                                               | UAV（無人航空機）                                                                          |                                                                                     | 地上レーザ                                                                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|            | レーザ                                                                               | 写真                                                                                |                                                                                    | レーザ                                                                                 | 写真                                                                                  |                                                                                     |
| 活用内容       | 広域的な状況把握（基盤データ）                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |  |  |  |
|            |  |  |  | 現場毎の詳細調査（補完データ）                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 計測頻度       | 10年程度                                                                             | 5年程度                                                                              | ～1年                                                                                | 都度                                                                                  | 都度                                                                                  | 都度                                                                                  |
| 特徴<br>地形把握 | ◎<br>効率よくデータを整備でき、精度も十分                                                           | ×<br>林内は不可                                                                        | ×<br>林内は不可                                                                         | ○<br>航空レーザよりも高精度なデータを整備可能であるが、広域的な整備には課題あり                                          | ×<br>林内は不可                                                                          | △<br>広域的なデータ整備には向かない                                                                |
| 資源把握       | ○<br>樹種・樹高・本数<br>（×胸高直径・曲がり・下層木）                                                  | △<br>樹種・本数等                                                                       | △<br>樹種・本数等                                                                        | ◎<br>樹種・樹高・本数・胸高直径・曲がり・下層木                                                          | △<br>樹種・本数等                                                                         | ◎<br>樹種・樹高・本数・胸高直径・曲がり・下層木<br>（△樹高は過小になりがち）                                         |
| 特記事項       | ・雲・影があるとデータを取得不可<br>・近年、衛星画像は高解像度化が進む                                             |                                                                                   |                                                                                    | ・広域的なモニタリングに用いる技術ではない                                                               |                                                                                     |                                                                                     |

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

森林・林業分野においてリモートセンシング技術を導入する主な目的として次の3点が挙げられます。

- ①森林資源量の調査
- ②地形把握（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）
- ③森林境界の明確化

森林・林業分野におけるリモートセンシング技術の概略については前述のとおりですが、本章では目的に応じて選択すべき技術及び得られるデータ等について**航空レーザ計測を中心に**説明します。

### ①森林資源量の調査

リモートセンシング技術の導入目的として最も多いのは「森林資源量の調査」です。

現状の森林資源量を調査することで、森林の評価や林業経営の基礎資料として使用できます。

森林資源量として得られるデータ等については主に「林相区分」、「樹高分布」、「材積（推定）」等があります。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

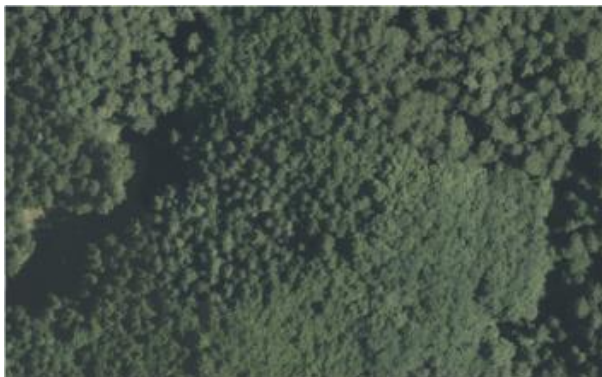
### ①森林資源量の調査

#### 1) 林相判読

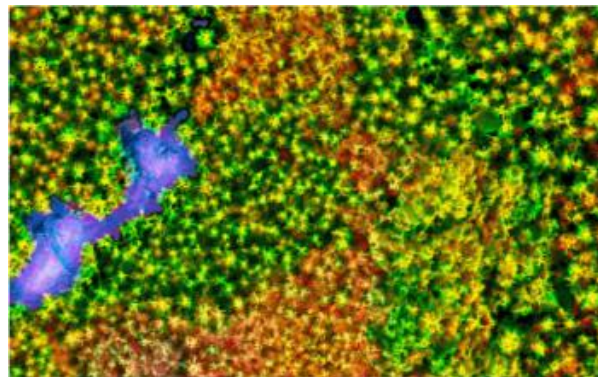
林相判読はスギやヒノキ等の針葉樹や、広葉樹等の分布を広域に把握するために行われます。林相判読には「光学衛星画像」、「空中写真」、「UAV写真」等の光学センサが用いられることが一般的です。

判読にあたっては、多くの波長帯の情報を取得・解析できる光学衛星画像では「自動判読」が、空中写真やUAV写真では目視判読が行われる傾向にあります。

一方で、林相判読用のデータも多様化しており、レーザ計測では「レーザの反射強度（物体がレーザを反射する強さを示した数値）」を利用して林相の識別用画像（レーザ林相図）が作成されています。



オルソ画像



レーザ林相図



林相区分図

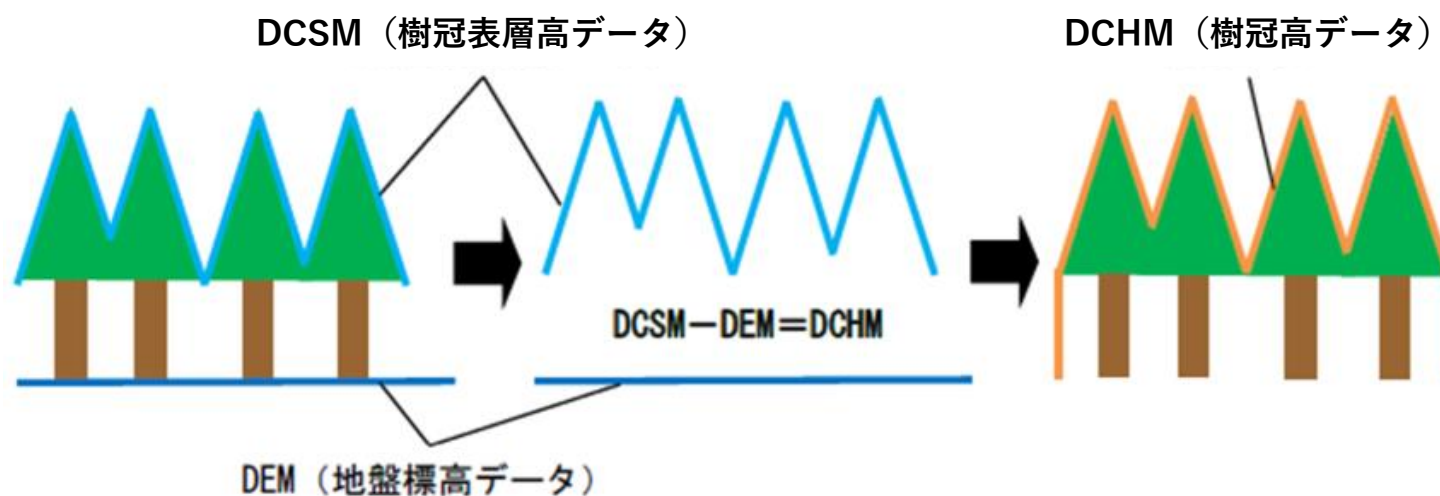
## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 2) 樹高分布図

任意のメッシュ内（5～10m）に存在する立木の平均樹冠高や最高樹冠高を示したデータです。「表層高」（DCSM：樹冠表層モデル）と「地盤高」（DEM：地盤高モデル）の差分である「樹冠高」（DCHM：Digital Canopy Height Model）から作成でき、後述する「材積推定」の元データとなります。

「表層高」と「地盤高」をレーザ計測データから作成した場合は精度の高い樹高分布図を作成することができます。



樹冠高データ作成のイメージ

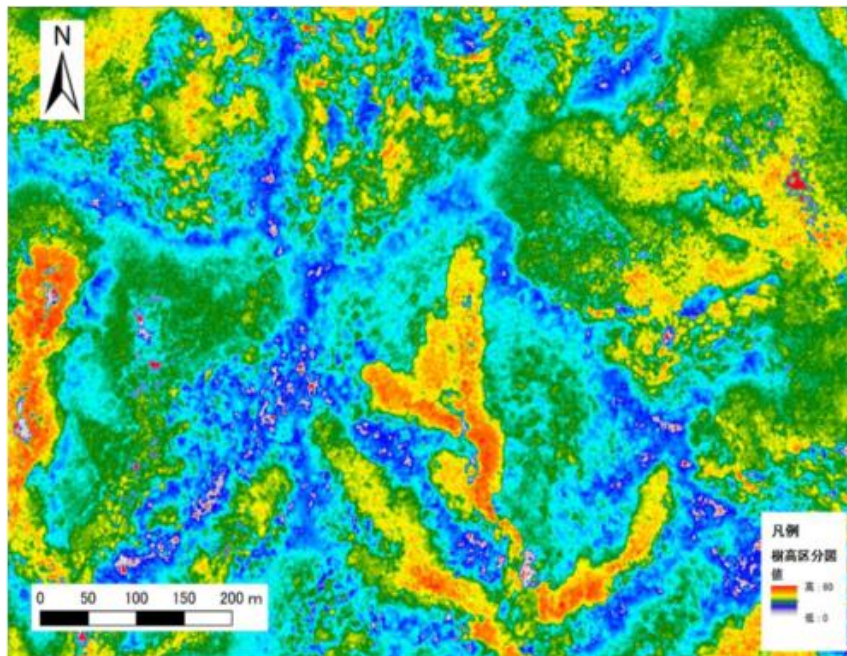
## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 2) 樹高分布図

また、「表層高」はUAV写真からも作成することができます。

そのため、既存の「地盤高」データとUAV写真からの「表層高」データを活用した場合は、新たに航空レーザ計測を実施することと比較して、コストを抑えて「樹冠高」のデータを取得することができます。



航空レーザ計測成果から作成した「樹高区分データ」と「オルソ画像」の比較

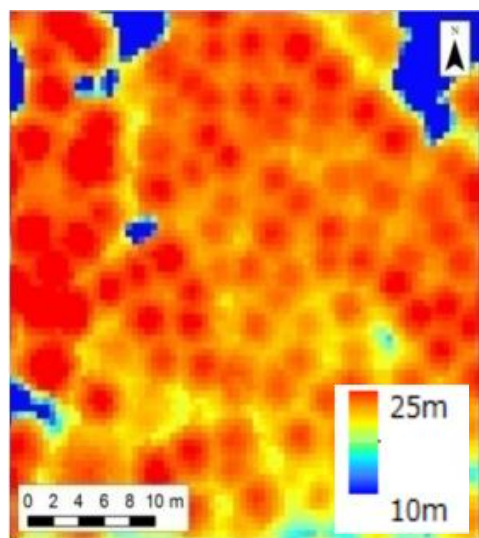
## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

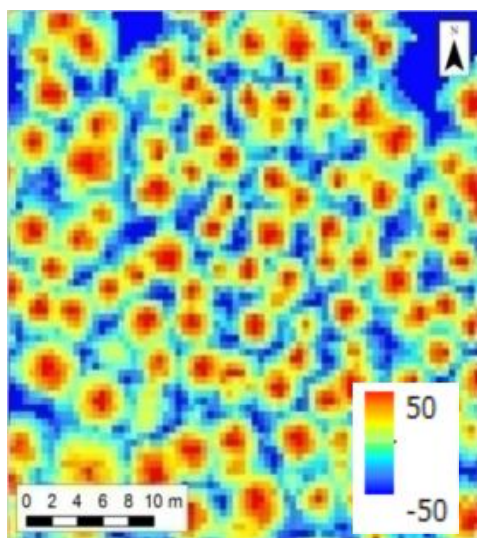
#### 3) 材積推定

航空レーザ計測では樹冠高（DCHM）データから解析を行うことで、針葉樹1本1本の樹頂点や樹冠の面積等を抽出することができます。

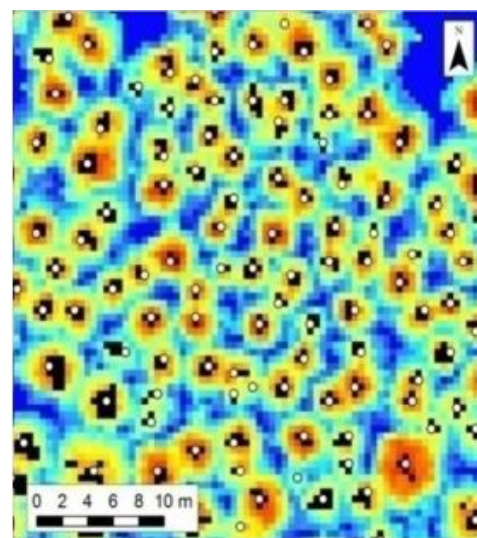
樹頂点の座標データと、地盤高の比較をすることで、樹高を算出します。



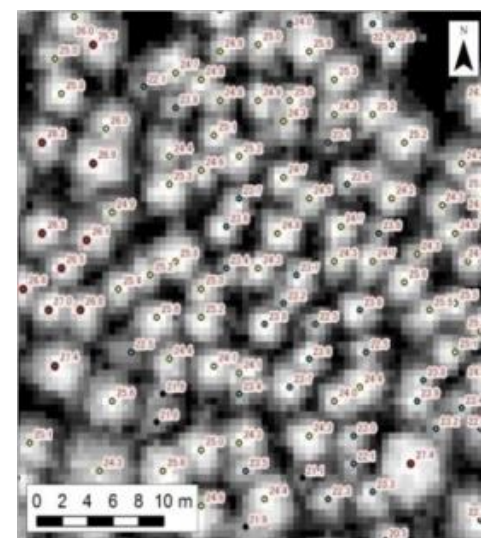
(DCHM)



(樹冠形状解析)



(樹頂点抽出)



(樹頂点と樹高)



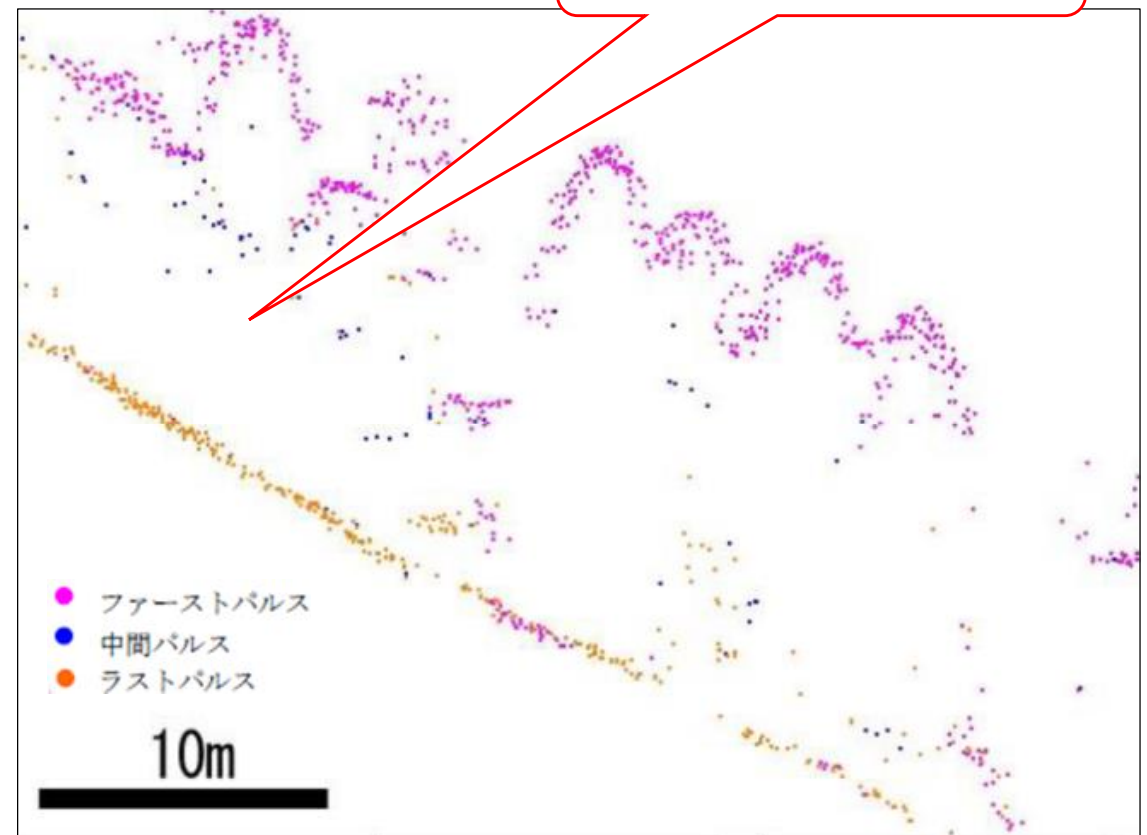
樹頂点抽出の流れ

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 3) 材積推定

航空レーザデータの解析により、「本数」及び「樹高」を取得することができますが、広域の森林資源量の調査を目的とした「**航空レーザ計測**」では材積を算定するために必要な因子である「**胸高直径**」についてのデータを取得することはできません。



航空レーザ計測により得られる点群のイメージ  
(照射密度：10点/m<sup>2</sup>)

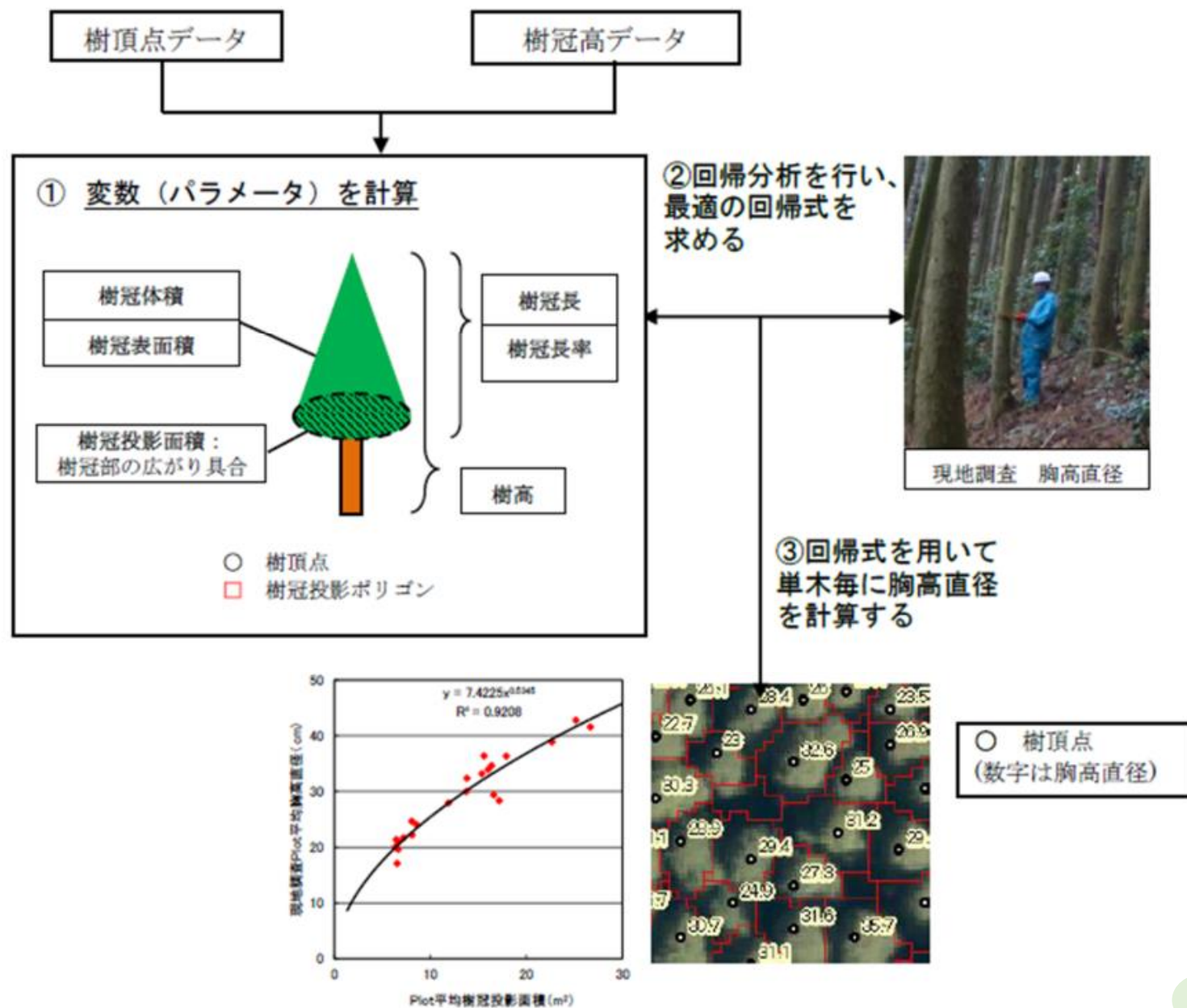
そこで、航空レーザ計測では「**現地調査**」により取得した胸高直径と、樹冠高データ (DCHM) から取得した**樹冠サイズ** (樹冠投影面積、樹冠表面積、樹冠体積)、樹高、樹冠長及び**樹冠長率**を変数 (パラメータ) との**回帰分析**から各単木の胸高直径を**推定**しています。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 3) 材積推定

胸高直径の推定方法



## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 3) 材積推定

最後に「樹高」及び「胸高直径」から、既存の材積式を用い材積を計算します。

栃木県における航空レーザ計測では、林野庁計画課編 立木幹材積表-東日本編-を用い、「スギ」及び「ヒノキ」の材積の算出を行っています。

#### ○スギ

- ・ 福島（中通り、浜通り）、栃木、群馬地方

$$\log V = -5 + 0.8769 + 1.7454 \log d + 1.014 \log h \quad (d: 5 \sim 10 \text{cm})$$

$$\log V = -5 + 0.73504 + 1.83346 \log d + 1.06569 \log h \quad (d: 12 \sim 20 \text{cm})$$

$$\log V = -5 + 0.71514 + 1.74357 \log d + 1.17719 \log h \quad (d: 22 \sim 30 \text{cm})$$

$$\log V = -5 + 0.82956 + 1.76381 \log d + 1.06412 \log h \quad (d: 32 \sim 40 \text{cm})$$

$$\log V = -5 + 0.88226 + 1.79204 \log d + 0.99303 \log h \quad (d: 42 \text{cm 以上})$$

#### ○ヒノキ

- ・ 福島、栃木、群馬、新潟地方

$$\log V = -4.173533 + 1.810672 \log d + 0.982833 \log h \quad (d: 4 \sim 10 \text{cm})$$

$$\log V = -4.293729 + 1.905709 \log d + 1.011385 \log h \quad (d: 12 \sim 20 \text{cm})$$

$$\log V = -4.271259 + 1.771888 \log d + 1.138415 \log h \quad (d: 22 \sim 30 \text{cm})$$

$$\log V = -4.404407 + 1.671519 \log d + 1.363617 \log h \quad (d: 32 \text{cm 以上})$$



「立木幹材積表-東日本編-」  
昭和45（1970）年発行

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 4) 利用上の注意点

前述のように航空レーザデータの解析から得られる単木の胸高直径は、回帰式からの**推定値**となります。また、航空レーザ計測では、樹冠の形状を完璧に計測できるわけではありません。特に下層木（樹冠未到達木）を把握することはできません。

そのため、航空レーザ計測の解析結果は、現地調査の結果と比較し、本数・胸高直径に誤差が生じています。

データを活用する場合は、「**誤差があるデータ**」であるという点を認識した上で利用する必要があります。

当県の業務委託の中で、解析結果と現地調査結果との比較検証を実施しましたが、本数・胸高直径ともに平均すると**±10%程度の誤差**が生じています。

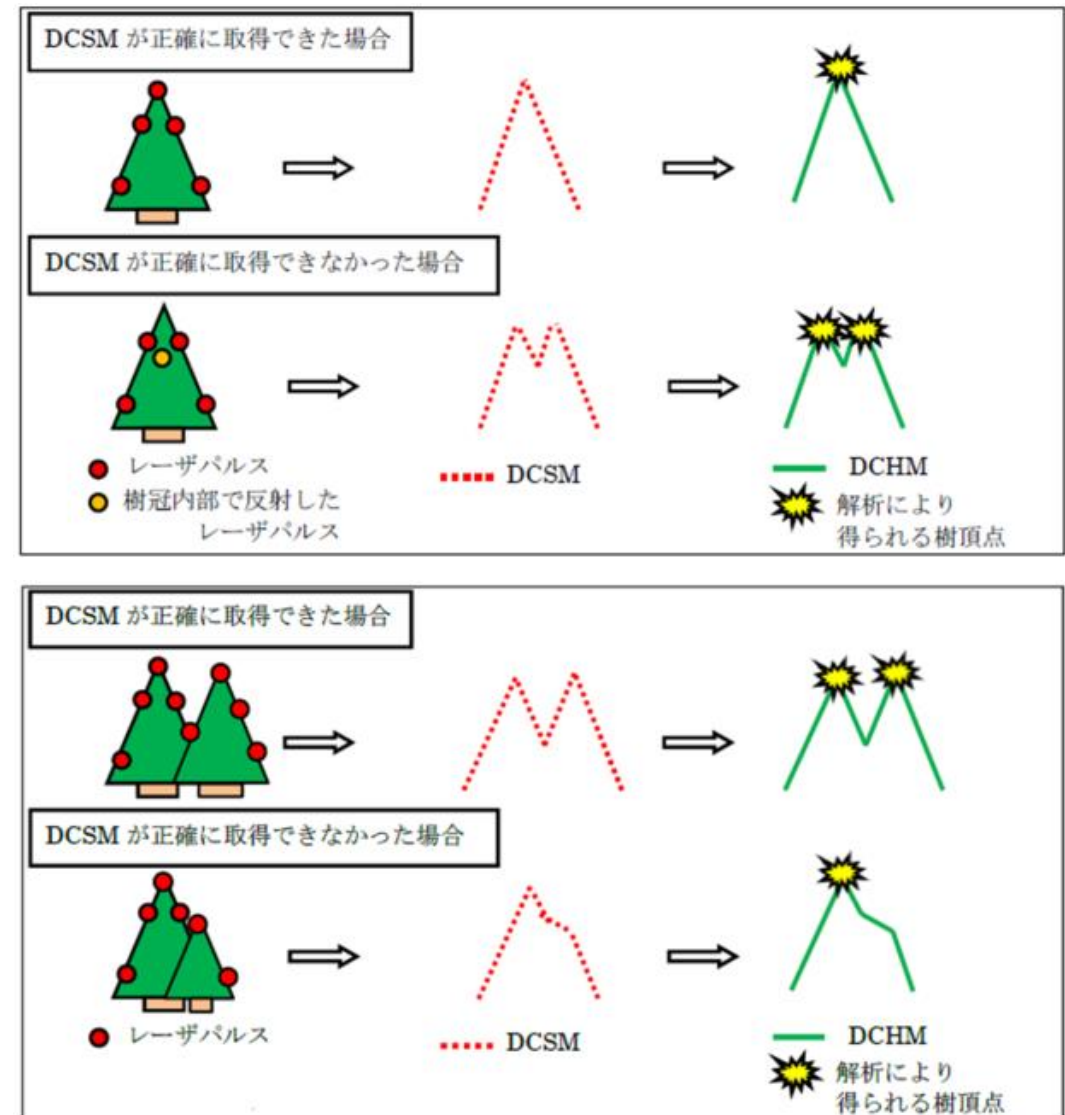
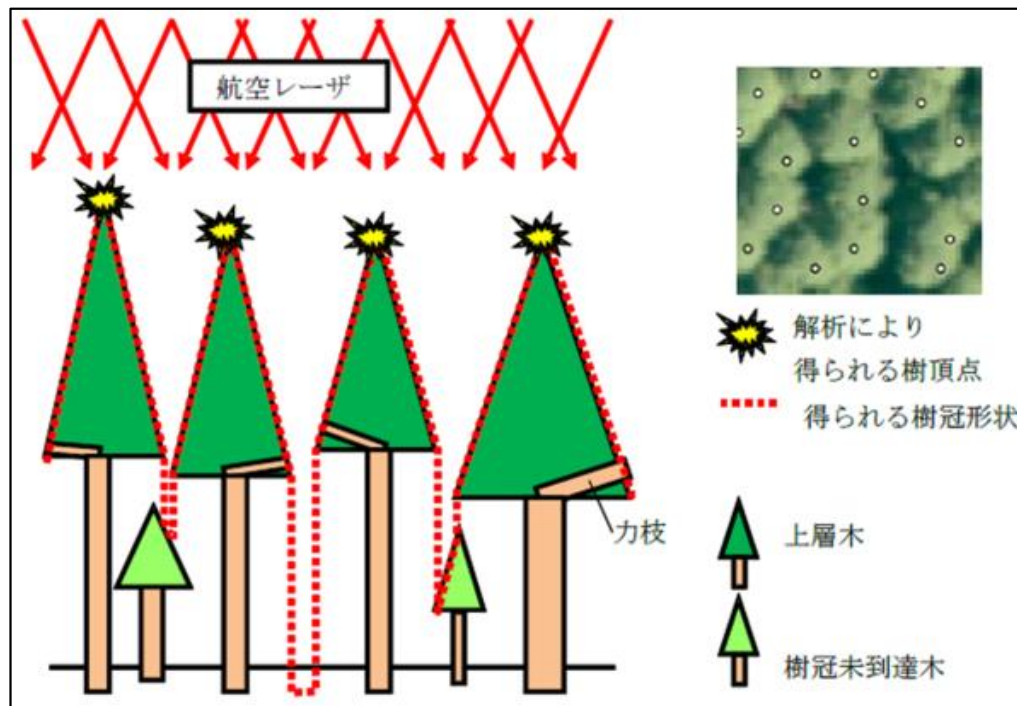
当然、**材積についても同様な誤差**が生じています。

より高精度な情報を取得したい場合は、**レーザ計測の点密度を増やす**必要があるため、**UAVレーザ**や**地上レーザ**によりデータを取得する必要がありますが、大面積を調査する場合は、コスト面等の検討を行う必要があります。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 4) 利用上の注意点



左図：上層木と樹冠未到達木のイメージ

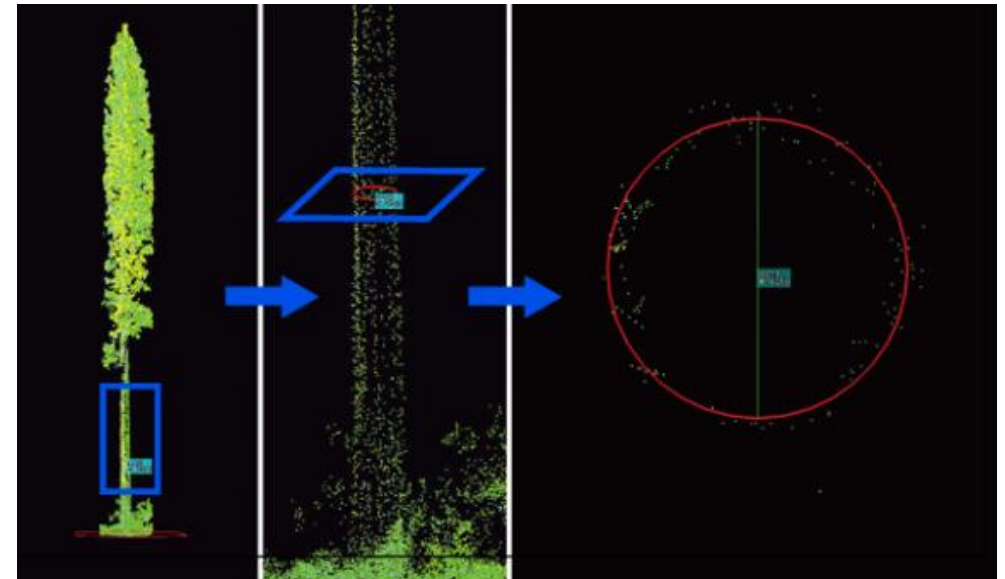
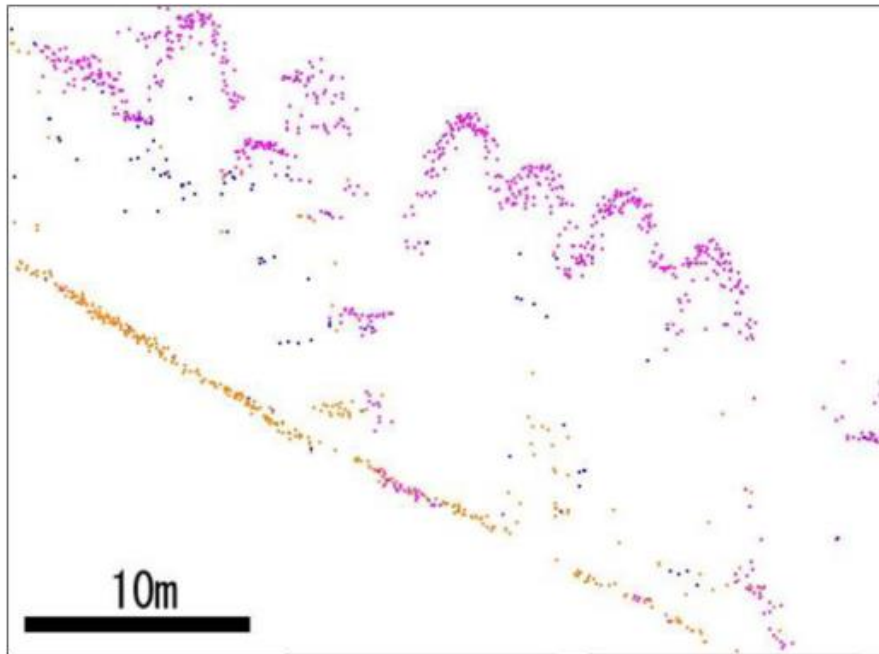
右上：本数が多くなってしまいうイメージ

右下：本数が少なくなってしまうイメージ

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ①森林資源量の調査

#### 4) 利用上の注意点



左図：航空レーザ計測による点群 (10点/㎡)

右上：UAVレーザ計測による点群

(出典：ヤマハ発動機(株))

右下：地上レーザ計測による点群

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

航空レーザでは、三次元点群データ（LPデータ）や、グリッドデータ（DEM）が取得されます。これらの座標データから、地形に関する様々な「地図」や「区分図」を作成することができます。

ここでは代表的な地図について使用方法等について解説します。

#### 1) 微地形表現図

「微地形表現図」とは航空レーザ計測で得られる地形情報を直感的に理解しやすいかたちで表現した地図表現手法であり、「赤色立体地図」（アジア航測(株)）、「CS立体図」（長野県林業総合センター）、「陰陽図」（朝日航洋(株)）、「地形起伏図」（中日本航空(株)）等、多くの種類が存在します。

従来は等高線図や空中写真を用いて地形判読を行ってきましたが、判読者の経験と技術が要求されるため、より容易に地形を判読するための手法として開発されました。

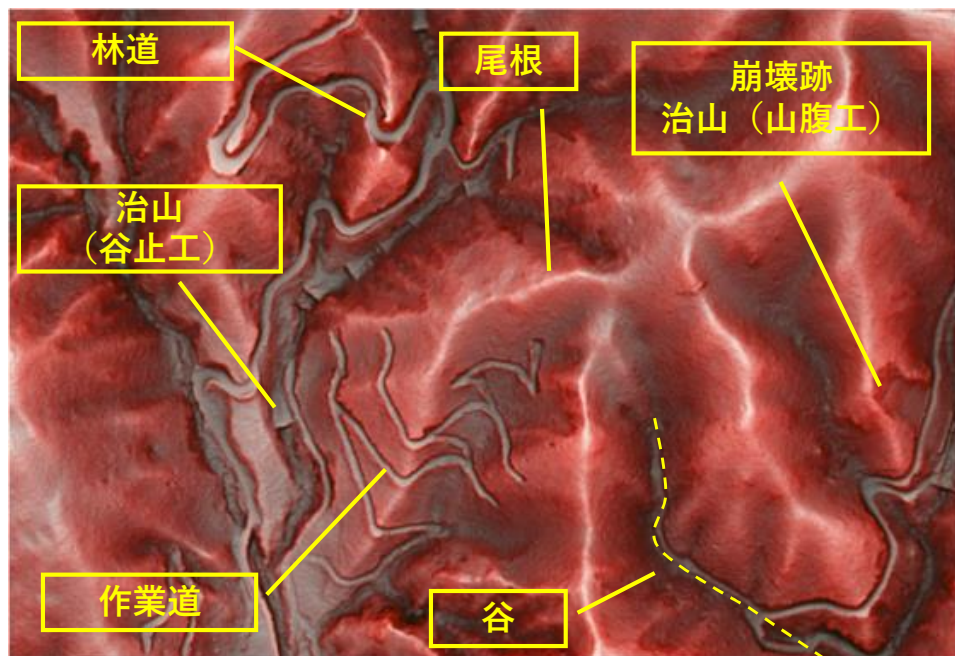
微地形表現図の利用により、急傾斜地や緩傾斜地が判読できるほか、既設の路網や、崩壊地・地すべり地、現地での露岩・転石などの把握を行うことができます。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 1) 微地形表現図

微地形表現図の活用方法として、タブレット等の端末を利用して「現地調査の効率化」が図られます。「オルソ画像」や「林相区分図」等と組み合わせ、また端末のGNSS機能を基に、現在位置を表示することで、「境界確認」や「災害調査」などの現地調査がより明確・効率的に実施することが出来ます。



赤色立体地図（アジア航測(株)）



治山事業の現地調査における活用状況

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 2) 傾斜区分図

微地形表現図の活用により、「既設の林内路網」や、感覚（視覚）的な「地形の緩急」を把握することが出来ますが、実際の斜面勾配は把握できません。

林内路網の整備を行うにあたっては、林業機械の走行や、施業を想定しながら、**使いやすく・安全な・丈夫な**路網を作成する必要があります。そのためにはできるだけ**「急峻な地形」を避けた**「路網計画」が必要となります。

そこで、「数値的根拠」に基づき、視覚的に斜面勾配を把握するために作成されるのが「傾斜区分図」です。

傾斜区分図は、航空レーザ計測による地盤高データから、一定区域毎の傾斜角を算出し、区分ごとの色分けにより、視覚的に傾斜がわかる図面になります。

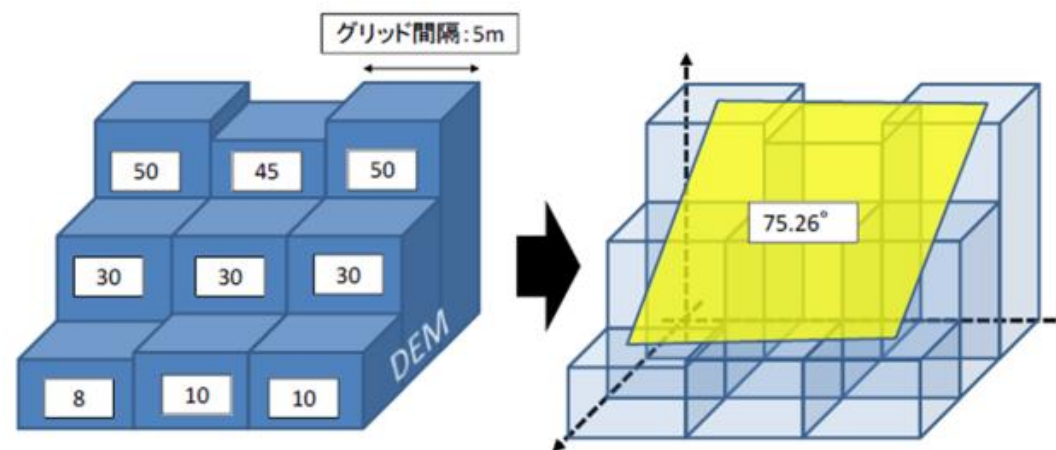
## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 2) 傾斜区分図

栃木県における航空レーザ計測では、右図に示す算出イメージと計算式により傾斜角を算出しています。

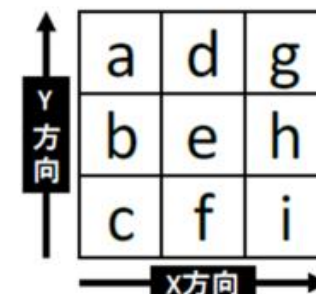
傾斜角は、5mDEMより3×3のグリッドごとに最小二乗法により平面を推定し、平面の最大傾斜を算出しています。



$$\text{傾斜角 } e = \text{atan} \left( \sqrt{\left( \frac{dz}{dx} \right)^2 + \left( \frac{dz}{dy} \right)^2} \right) \times 57.29578$$

$$\frac{dz}{dx} = \frac{\left( (c + 2f + i) \times \frac{4}{\text{weight}} - (a + 2d + g) \times \frac{4}{\text{weight}} \right)}{(8 \times \text{cellsize})}$$

$$\frac{dz}{dy} = \frac{\left( (g + 2h + i) \times \frac{4}{\text{weight}} - (a + 2b + c) \times \frac{4}{\text{weight}} \right)}{(8 \times \text{cellsize})}$$



※ここで weight=4(a～iのセル値がなかった場合には小さくなる)  
cellsize=5m、a～iはそれぞれのセル値を示す。

傾斜角の算出イメージ

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 2) 傾斜区分図

算出した傾斜角を基に、傾斜区分ごとに着色し傾斜区分図を作成します。

栃木県においては、林野庁が示した路網整備の水準に基づき4区分に色分けした傾斜区分図を作成しています。

| 区分                  | 作業  | 林道等<br>(m/ha) | 森林作業道<br>(m/ha) | 路網密度<br>(m/ha) | 最大到達距離 (m) |             |
|---------------------|-----|---------------|-----------------|----------------|------------|-------------|
|                     |     |               |                 |                | 林道等<br>から  | 森林作業道<br>から |
| 緩傾斜地<br>(0° ～15° )  | 車両系 | 35～50         | 65～200          | 100～250        | 150～200    | 30～75       |
| 中傾斜地<br>(15° ～30° ) | 車両系 | 25～40         | 50～160          | 75～200         | 200～300    | 40～100      |
|                     | 架線系 |               | 0～35            | 25～75          |            | 100～300     |
| 急傾斜地<br>(30° ～35° ) | 車両系 | 15～25         | 45～125          | 60～150         | 300～500    | 50～125      |
|                     | 架線系 |               | 0～25            | 15～50          |            | 150～500     |
| 急峻地<br>(35° ～)      | 架線系 | 5～15          | —               | 5～15           | 500～1500   | 500～1500    |

～15° (青色)

15～30° (緑色)

30～35° (黄色)

35° ～ (赤色)

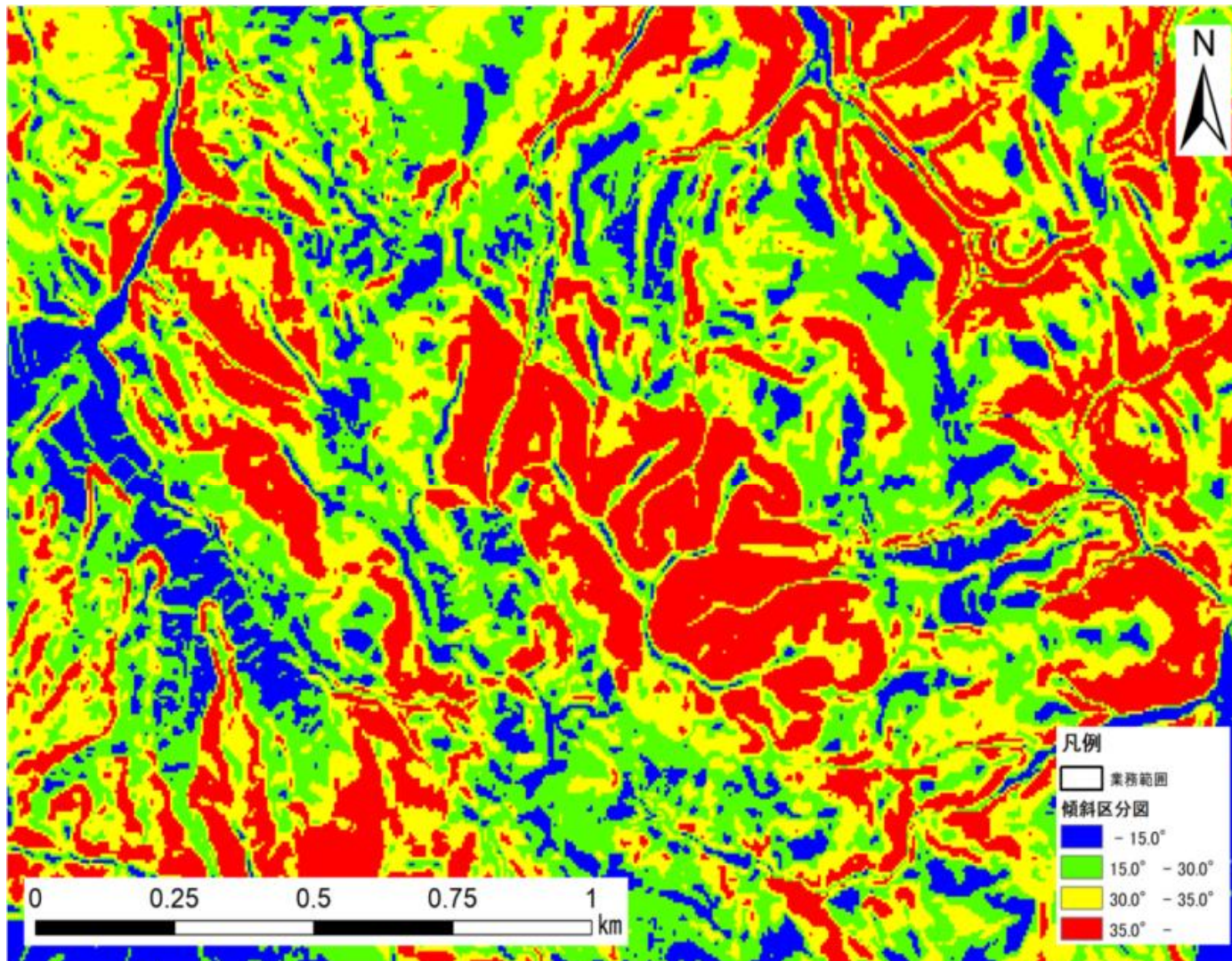
林地生産力が比較的高い林分を対象とした地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安

※路網整備の考え方について 平成27年9月 林野庁

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 2) 傾斜区分図



## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 3) 新たな路網計画の作成

「微地形表現図」や「傾斜区分図」から得られる地形情報、および森林資源の状況（林相区分図等）を基に、机上（パソコン上）で路網計画（案）を事前に作成できます。

この路網計画（案）を基に現地調査を行うことで、従来の等高線情報のみから現地調査を実施するよりも、格段に現地調査を効率的に行うことが出来ます。

また、レーザ計測より取得した地盤高を活用する場合は、等高線よりも正確な標高を把握できるため、縦断勾配を事前に確認することができるほか、机上で切土、盛土等の土工量を算出することも出来ます。

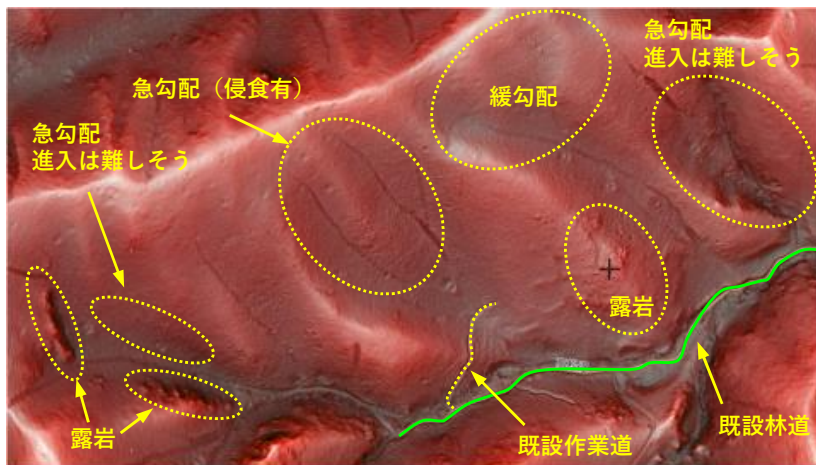
これらの解析を汎用的なソフトウェアで行う場合にはGIS等の専門的な知識が必要となりますが、近年は専門のソフトウェアが開発されており、それらを活用することで効率的に路網設計を行うことが出来ます。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

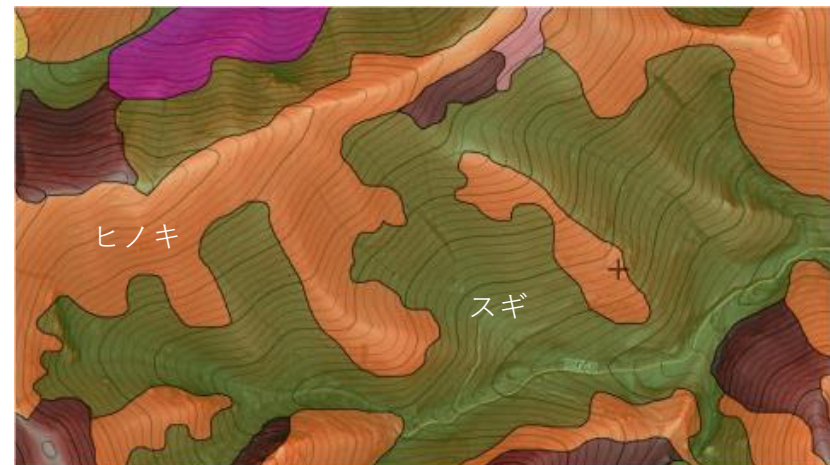
### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

#### 3) 新たな路網計画の作成

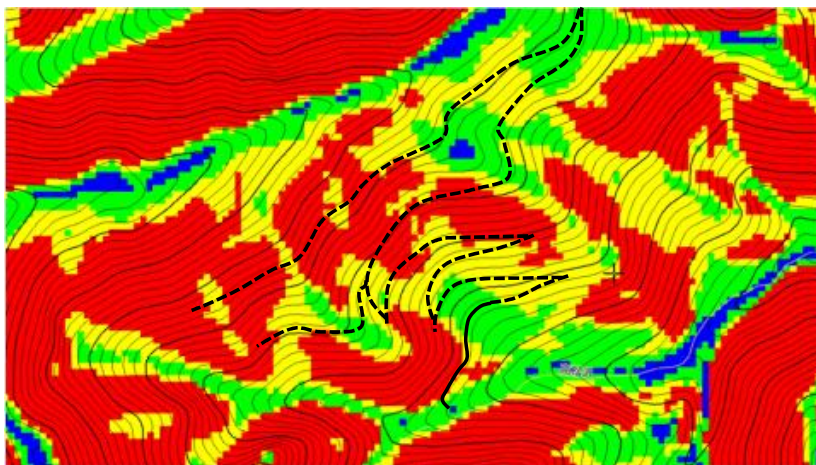
※机上での路網計画作成のイメージ



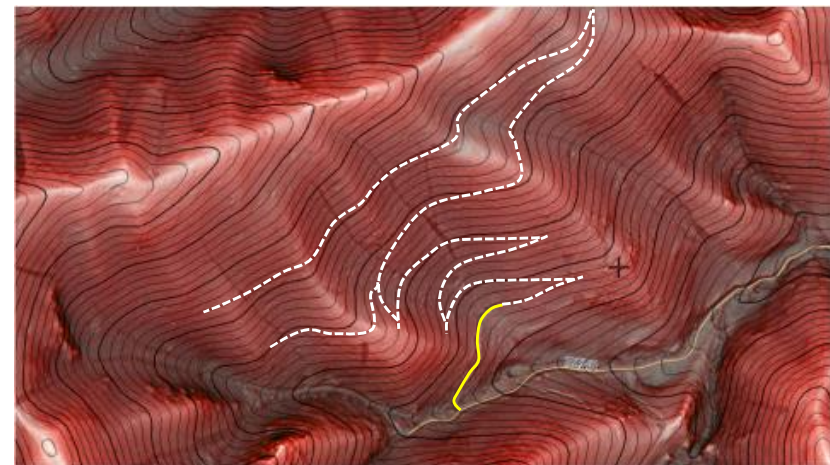
①微地形表現図より注意すべき地形情報を収集



②林相区分図より森林資源情報を収集



③傾斜区分図により地山傾斜を確認



④等高線を重ね合わせるなどして路網計画を作成

# 「リモートセンシング」の基礎知識 ～森林・林業分野における活用～

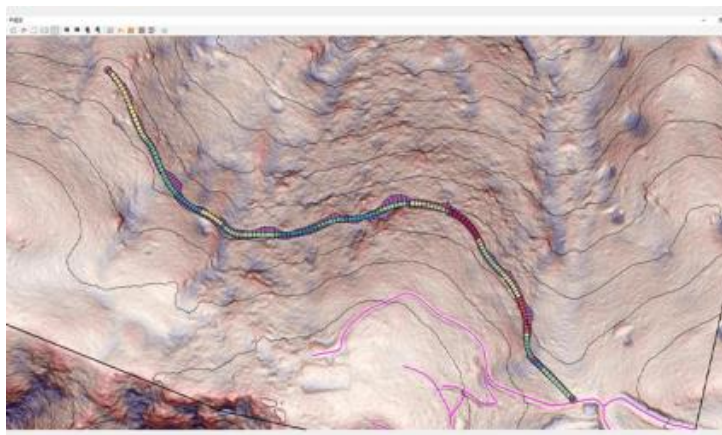
## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ②地形解析（既設路網の把握及び新たな路網開設計画の作成）

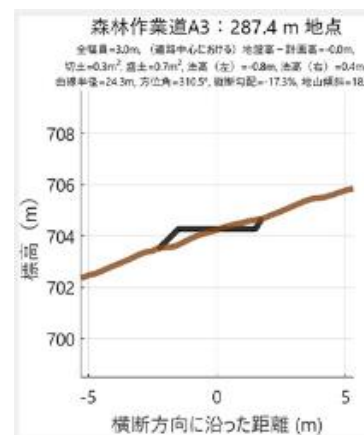
#### 3) 新たな路網計画の作成

※専門の路網設計ソフトの一例

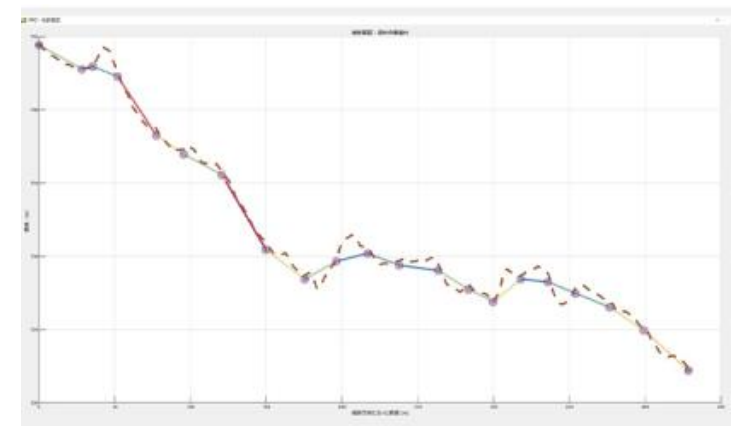
住友林業株式会社 「路網設計支援ソフト (FRD)」 (参照：住友林業 (株)HP (<https://sfc.jp/treecycle/value/frd.html>) )



FRDによる線形案

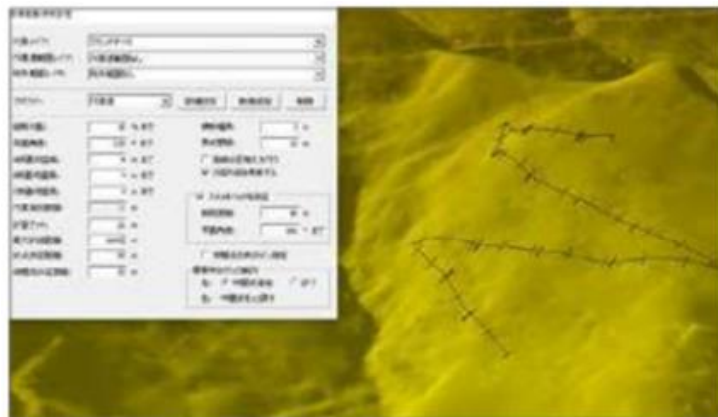


横断面図



縦断面図

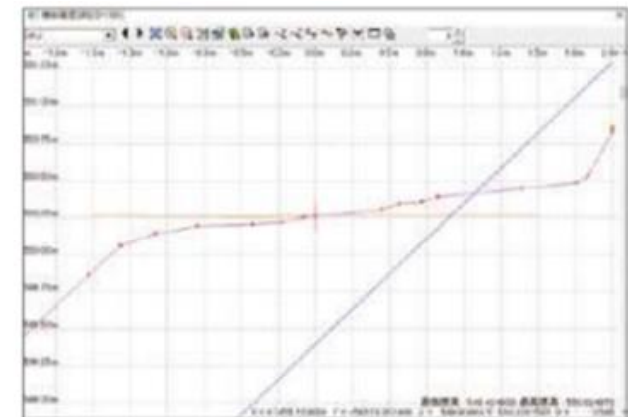
株式会社ジツタ 「Assist Z」 (参照：(株)ジツタHP (<https://www.jitsuta.co.jp/assistz/>) )



作業道自動計画



路線計画



縦横断の確認

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

リモートセンシング技術が最も効力を発揮するのが「**森林境界の明確化**」です。

衛星画像や航空写真等の**オルソ画像**を活用することで、目視判断により森林境界を推定することが出来ますが、「微地形表現図」による**詳細な地形情報**、「レーザ林相図」によるより**詳細な林相判読**を組み合わせることで、より精度の高い、根拠に基づいた境界を**推定**することが出来ます。

また、これらリモートセンシング成果をGNSS機能付きの端末（タブレット・スマートフォン）に搭載し、現地調査（境界立会等）を行うことで効率的な境界の明確化を実施することが出来ます。

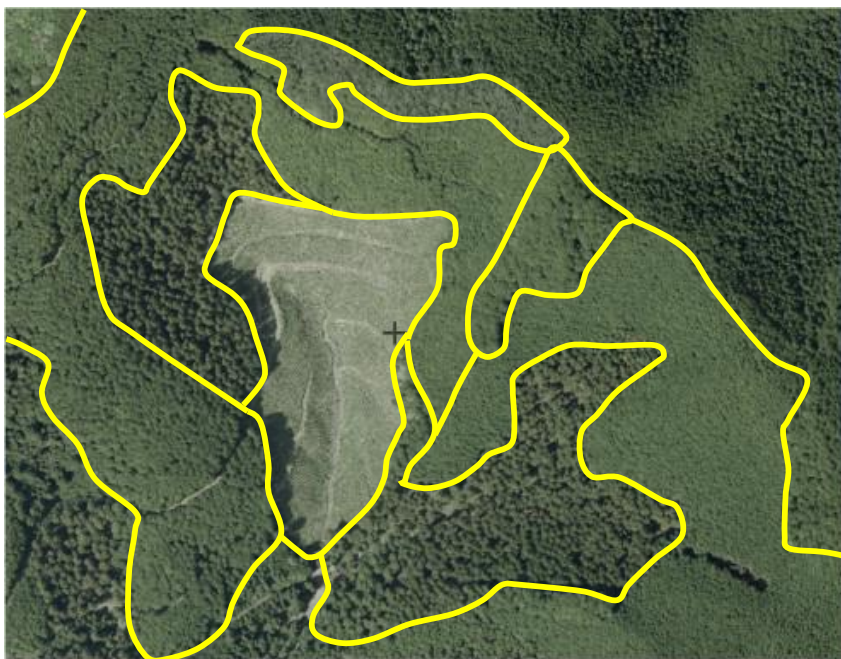
なお、航空レーザ計測などのリモートセンシング技術による「現地測量」及び「現地立会」の省力化は、国土調査（地籍調査）にも正式な調査手法（航測法）として認定され、栃木県において**栃木県森林組合連合会が実施する地籍調査が、リモートセンシング技術を活用した地籍調査として、全国で初めて国の認証を受け、法務局において登記されました。**

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 1) 林相による境界明確化

森林の境界が林相により区分されている場合には、オルソ画像やレーザ林相図を活用した目視判読により森林境界を推定することが出来ます。また、「単木」が判読可能な画像の解像度がある場合は、目印となる境界木や、境界に沿って列状に植栽された樹木を確認することもできます。



オルソ画像による目視判読の例



レーザ林相図による目視判読の例

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

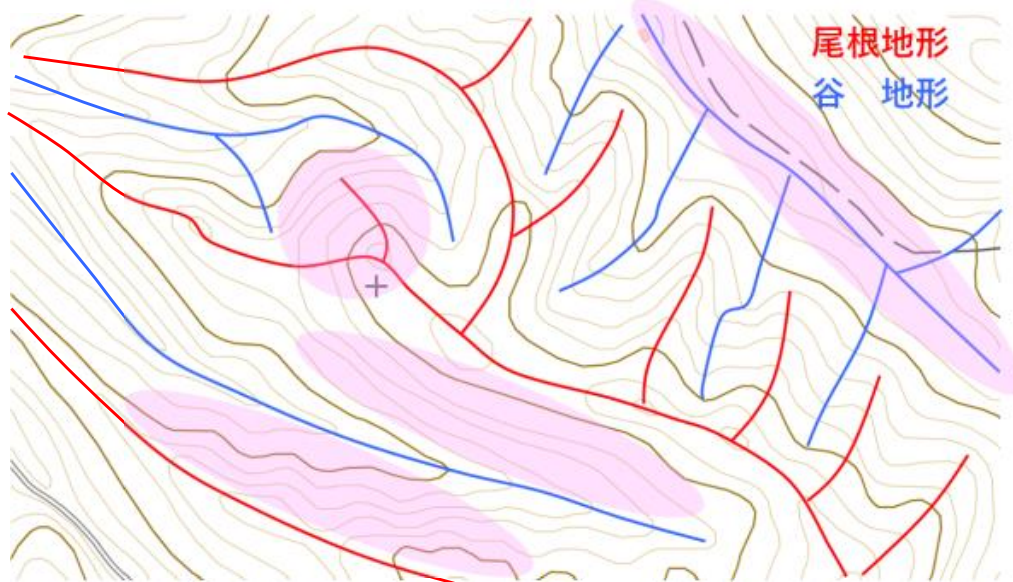
### ③森林境界の明確化

#### 2) 地形による境界明確化

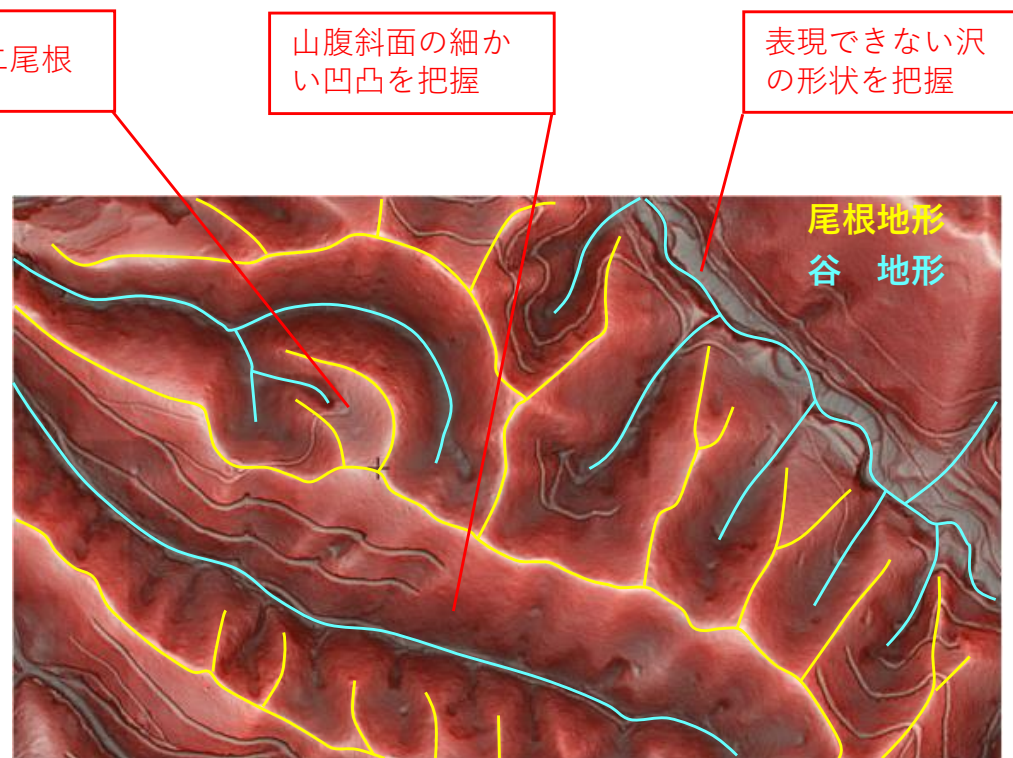
路網や尾根や谷等の地形が森林境界となっている場合には、地盤高より起伏等の地形を強調した微地形表現図を活用した目視判読により境界を推定することができます。

微地形表現図は従来の等高線図に比べ詳細な地形を判読できるため、境界の明確化に効果を発揮します。

※同一箇所における等高線図と微地形表現図の比較



等高線図（地理院地図）による目視判読の例



微地形表現図による目視判読の例

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

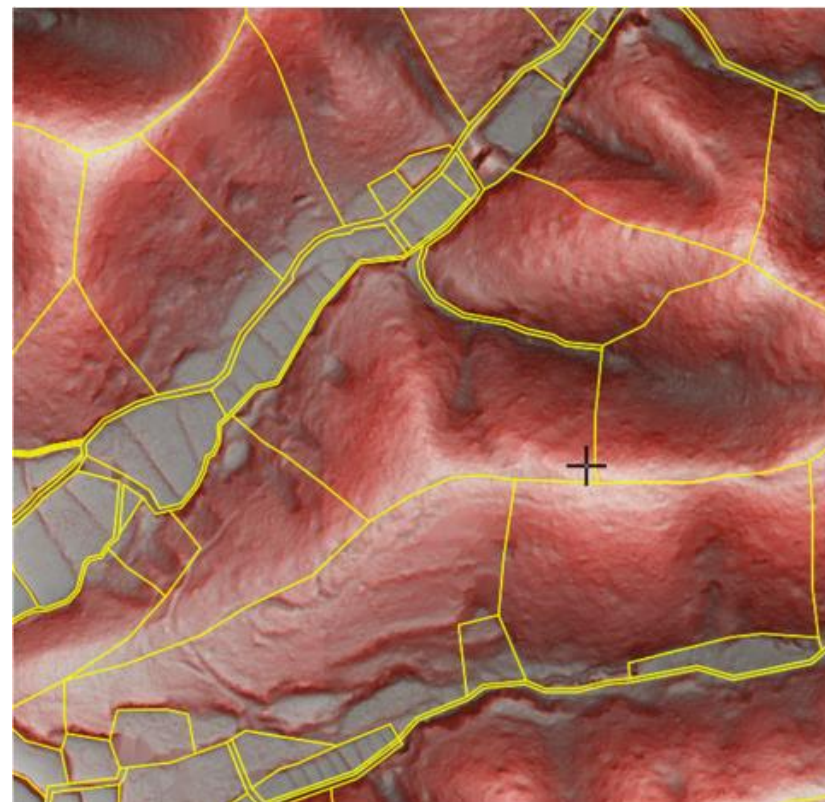
#### 2) 地形による境界明確化

下図は微地形表現図と国土調査（地籍調査：現地測量）の成果である「登記所備付地図」を重ね合わせたものです。微地形表現図は高い精度で地形を表現できていることがわかります。

【参考】「登記所備付地図」と「微地形表現図」の重ね合わせ結果



那珂川町



栃木市（旧岩舟町）

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 3) アーカイブデータ（既存空中写真等）による境界明確化

現在の伐採は集約化を行い効率的に行っていますが、過去の森林の伐採、植栽の多くは、所有者単位で行われています。

光学衛星画像や空中写真は複数時期のアーカイブデータが存在するため、現在の空中写真等では判読できない森林境界についても、施業の履歴から確認できる可能性があります。

デジタル技術の発展により、現在ではアーカイブデータを容易に確認することができるので、境界確認の参考となります。

最も簡単にアーカイブデータを閲覧できるのが、国土交通省 国土地理院が整備する、「地理院地図」（電子国土Web）（<https://www.gsi.go.jp>）です。

国土地理院が整備した「地図」や、年代別の「空中写真」等を見ることが出来ます。



## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③ 森林境界の明確化

#### 3) アーカイブデータ（既存空中写真等）による境界明確化

現在

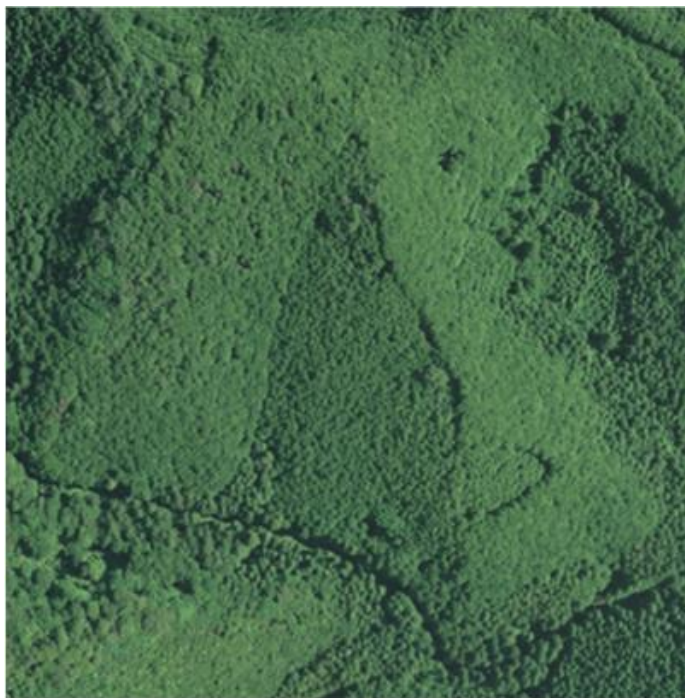


過去



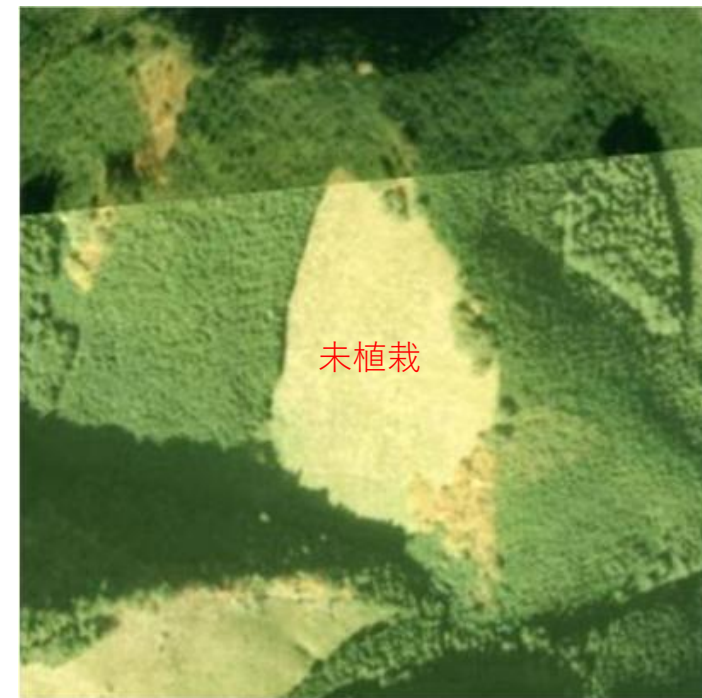
航空写真（令和4（2022）年撮影）  
栃木県 航空レーザ計測成果

林齢61年（昭和36（1961）年植栽）  
林齢46年（昭和51（1976）年植栽）  
のヒノキ林。林相による判別は困難。



航空写真（平成22（2010）年撮影）  
国土地理院 地理院地図

林齢49年（昭和36（1961）年植栽）  
林齢34年（昭和51（1976）年植栽）  
のヒノキ林。林相が明確に判別できる。



航空写真（昭和50（1975）年撮影）  
国土地理院 地理院地図

林齢14年（昭和36（1961）年植栽）  
及び植栽前の状況。  
撮影翌年度に植栽。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 4) GNSS機能付きの端末（タブレット・スマートフォン）の活用

リモートセンシング技術により作成した図面等を現地で確認するのに有効なのが、タブレットやスマートフォンなどのGNSS機能付きの端末です。日本ではアメリカのシステムである「GPS」と言ったほうがなじみがあります。

GNSS機能付きの端末を活用することで、自身の現在位置を把握しながら、図面データを確認することができ、森林の調査や境界確認の立会などを効率的に実施することができます。



【参考】 リモートセンシング技術を活用した境界確認の様子（資料提供：大田原市森林組合）

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 5) リモートセンシング技術を活用した地籍調査

「地籍調査」とは国土調査法に基づき、**一筆ごとの土地について所有者・地番・地目を調査し、境界を確認して測量を行い、地籍図・地籍簿を作成する調査をいいます。**

作成された地籍図と地籍簿は、国の認証の手続きを経たのち法務局（登記所）に送付され、法務局備え付けの「公図」や「登記簿」が書き換えられることから、地籍調査は土地に関する戸籍調査と言えます。

現在、法務局にある公図や登記簿は、明治時代の地租改正によって作られたものが多く含まれており、当時の測量技術の未熟さや、長い年月の経過により土地の利用形態も変わったことから、公図と現況では多くのズレが生じている場合があります。特に山村部の山の公図である、いわゆる「**山岳公図**」は、**精度が極めて低い地域**も多く見られます。

地籍調査を実施することで、土地の境界が明確になり、財産（土地）が保全されるとともに、土地取引の円滑化に役立ちます。また、境界争いなどの土地にかかるトラブルの未然防止、災害が起きた場合でも、境界を復元することができ、復旧作業を円滑に進めることができます。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 5) リモートセンシング技術を活用した地籍調査

地籍調査は国土調査法が制定された昭和26（1951）年から実施されており、令和5（2023）年度末時点での**全国の進捗率は53%**となっています。

一方で、山村部においては、土地所有者の高齢化及び都市部への流出（不在村化）により、土地の境界に関する人証、物証が失われつつある状況です。

また、これまでの地籍調査は「現地での境界立会」、「現地の測量」、「境界杭の設置」が原則であり、森林の急峻な地形、土地所有者の高齢化・不在村化によりなかなか調査が進まない状況にあります。

このような、「従来の手法による地籍調査」が困難となったことから、山村部における調査については、**リモートセンシング技術を活用した新手法「航測法」が導入**されました。

「航測法」・・・**現地測量・現地立会を基本行わず**、「既存資料（公図・課税台帳附属図・森林計画図等）」及び「航空レーザ計測データ」により**「筆界案」**を作成し、**集会所等で所有者間の境界を確認**する調査手法。現地に境界杭を設置しない（境界は座標で管理）。「調査者」及び「所有者」の負担を軽減し、効率的な調査を実施する。

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 5) リモートセンシング技術を活用した地籍調査

##### 山村部での地籍調査の課題等

出典：国土交通省 地籍調査Webサイト

- ・土地所有者等の高齢化が進み、急峻かつ広大な土地が多い山村部では、現地での立会いや測量作業が大きな負担であるほか、事故のリスクも高い
- ・近年の測量技術の進展により、空中写真や航空レーザ測量から得られる高精度なリモセンデータが活用できる環境が整いつつある



##### リモセンデータ活用による新手法（航測法）の導入

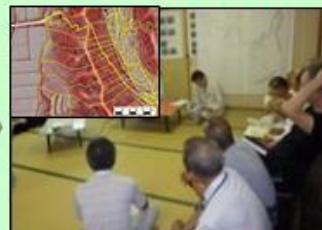
###### ①現地での立会いの負担軽減

微細な地形や植生等をリモセンデータで把握した上で筆界案を作成し、集会所等に集まった土地所有者等に境界確認をしてもらい同意を得る

→**現地立会いに必要な期間や人員等を大幅に削減**



現状  
土地所有者等が現地に立会い、土地境界位置を確認



集会所等を集まり、リモセンデータを活用した筆界案を基に土地境界位置を確認

###### ②測量作業の効率化

空中写真等から解析したリモセンデータを用いて机上により筆界点の位置座標等を測量

→**現地での測量作業によるコストを大幅に削減**

→**従来よりも広範囲の測量が可能に**



現状  
土地の境界点について、現地に測量機器を設置し、1点毎に座標値の測量を実施



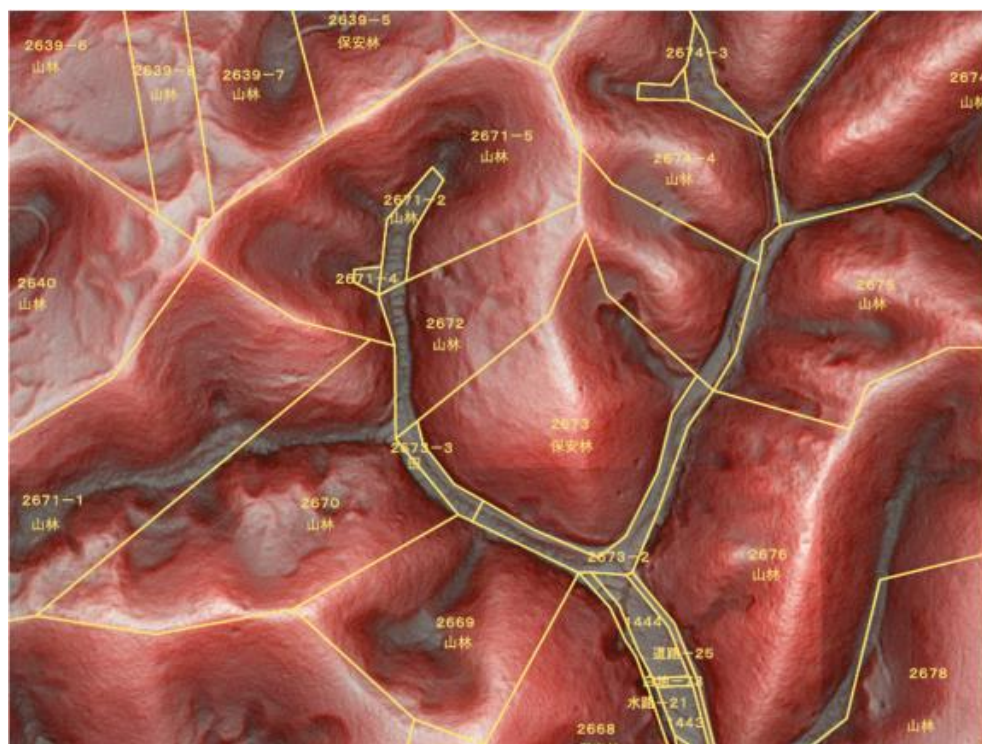
主要な基準点のみ現地測量し、上空からの写真や画像上で土地の境界点の座標値を一括算出

## (2) 目的別のリモートセンシング技術

### ③森林境界の明確化

#### 5) リモートセンシング技術を活用した地籍調査

栃木県においても、令和元（2019）年度から栃木県森林組合連合会が事業主体となり、リモートセンシング技術を活用した「航測法」による地籍調査を実施しています。



「航測法」により作成された「筆界案」



集会所での境界確認状況

リモートセンシング技術を活用した地籍調査の様子（資料提供：栃木県森林組合連合会）