

航空機 LiDAR データを使った

# 地位指数分布図の 作成の手引き

2022年3月

林野庁





## 目次

---

1. はじめに .....	1
2. 地位と地位指数について .....	3
地位と地位指数とは？ .....	3
地位指数の計算方法.....	4
3. 航空機 LiDAR による森林計測.....	6
航空機 LiDAR のしくみ .....	6
航空機 LiDAR 計測データ活用にあたっての留意点 ...	8
コラム：照射点密度 1 点/m <sup>2</sup> のデータはどの程度 「使える」？ .....	8
全国の航空機 LiDAR 計測データ整備状況と利用方法 .....	10
アーカイブデータの入手先 .....	11
航空機 LiDAR 計測でよく使われる用語 .....	13
新規計測時に留意すべき事項.....	14
4. 地位指数分布図作成の前提条件 .....	16
条件 .....	16
作業環境 .....	16
5. 地位指数分布図作成のながれ.....	17
各分布図の作成のながれ.....	18
（1）格納ポリゴン：20m 四方のメッシュ .....	18
（2）上層木平均樹高の計算・分布図作成の方法	19
（3）樹種・林齢分布図の作成 .....	20
（4）地位指数曲線・分布図の作成 .....	21
6. 準備.....	22
データの準備.....	22
7. 作業 1：対象エリアの 20mメッシュポリゴン の準備 .....	29
メッシュサイズについて .....	29



8. 作業 2 : DCHM から 上層木平均樹高を 計算.....	34
QGIS での作業.....	34
9. 作業 3 : DTM 画像と DSM 画像から DCHM を作成.....	40
QGIS での作業.....	40
10. 作業 4 : TIFF 画像に変換 .....	45
QGIS での作業.....	45
11. 作業 5 : 樹種と林齢の 20m メッシュ化 .	46
QGIS での作業.....	46
12. 作業 6 : 地位指数曲線作成のためのサン pling .....	55
QGIS での作業.....	55
13. 作業 7 : 樹高成長曲線のあてはめ.....	57
Microsoft Excel での作業.....	57
14. 作業 8 : 地位指数分布図の作成.....	64
QGIS での作業.....	64
15. 活用 森林簿ポリゴンに情報を付与 .....	70
QGIS での作業.....	70
16. 留意事項.....	75
17. 事例紹介.....	77
徳島県.....	77
新潟県.....	78
茨城県.....	79
18. 引用文献.....	80



# 1. はじめに

## ■ この手引きのねらい

- ✓ この手引きは、近年各都道府県において整備が進んでいる航空機 LiDAR 計測データを用い、高精細かつ高精度な地位指数情報を得ることを目的として作成されたものです。
- ✓ 想定するユーザーは主として都道府県の森林計画担当者で、自らデータを加工して地位指数情報を得るための手法、あるいは作業を外注する上での留意事項等をまとめています。

## 背景

近年、持続可能な社会の実現が強く求められるなか、再生可能な生物資源である人工林を適切に管理していくことの重要性がますます高まっている状況にあります。令和3年6月に閣議決定された森林・林業基本計画においては、人工林資源の循環利用を推進しつつ、多様で健全な姿へと誘導していくこととしています。

とくに、主伐再造林を進めていくうえで、市町村森林整備計画における「木材生産機能維持増進森林」を適切にゾーニングすることが重要であり、そのためには林地の生産力に関する情報が不可欠となっています。

林地の生産力を示す指標としては、ある林齢における主林木平均樹高など、「樹高」が尺度として用いられています。これは、直径の成長と比較して樹高の成長が本数密度の影響を受けにくいという性質に基づいています。特に、ある基準林齢における樹高として表現される「地位指数」は、上・中・下等の相対的な表現で示される「地位」とは異なり、絶対的な評価基準として利用可能なもので、地位級（伐期平均成長量）等の基準情報ともなります。

現在、都道府県の森林簿で実際に適用されている地位や地位指数の情報は、市町村や流域単位などかなりマクロな空間スケールに対して適用されているものが多く、上記のような木材生産機能維持増進森林などのゾーニングに必要な情報として十分ではないと考えられます。

## 森林情報の高精度・高精細化に向けた航空機 LiDAR データの活用

都道府県では、航空機等より得られるレーザ計測データ（航空機 LiDAR データ）の整備が近年進んでいます。航空機 LiDAR データから、詳細な地表面の高さデータ（DTM）と森林の表層の高さデータ（DSM）を作成し、両者の差分を取ることで林冠の高さデータ（DCHM）を得ることが可能です。DCHM は、主林木平均樹高や上層樹高を直接示すものではありませんが、両者には強い正の相関



があると考えられることから、簡易な補正により DCHM から主林木平均樹高等を推定することが可能と考えられます。

航空機 LiDAR データから得られる森林の高さデータから、局所的な林地生産力の情報を取得し、これを用いることによって、森林簿情報の精度向上が期待でき、木材生産機能維持増進森林などのゾーニングも適切に実施可能となります。また、施業林分単位での資源量が把握できることから、森林所有者や事業者に向けた材価の見積等に必要な情報等を提供することも可能になると考えられます。

このように航空機 LiDAR データの活用は、森林資源情報の飛躍的な高精度・高精細化をもたらし、将来的に森林政策や森林計画の戦略的な意思決定に寄与するとともに、持続可能な森林管理に大きく貢献することが期待できます。

## 手引きの使い方

主に都道府県の森林計画を担当される方が利用することを想定して作成されています。GIS ソフトや Excel の使用に慣れている方であれば、入手した航空機 LiDAR データをもとに自ら地位指数マップを作成できます。

各都道府県に納品されている航空機 LiDAR データは様々であると考えられますので、データの状態によってどのような処理が必要か、フローチャートに基づいて判断できるようになっています。自ら作業を行うことが困難な方においては、地位指数マップ作成作業を外部発注する際の仕様書としても活用いただけます。

また、現在利用可能な LiDAR データが無い方においては、どのような仕様により航空機 LiDAR データを取得すべきか、納品成果物としてどのようなデータが必要か検討いただけるようになっています。

## 手引きの構成

この手引きは以下の構成になっています。

- ・航空機 LiDAR データから森林の高さ情報を取得する仕組み
- ・地位指数マップの作成に必要な要件
- ・地位指数マップ作成のながれ
- ・QGIS による LiDAR データの処理
- ・Excel による成長モデルのあてはめ
- ・QGIS による地位指数マップの作成
- ・事例紹介

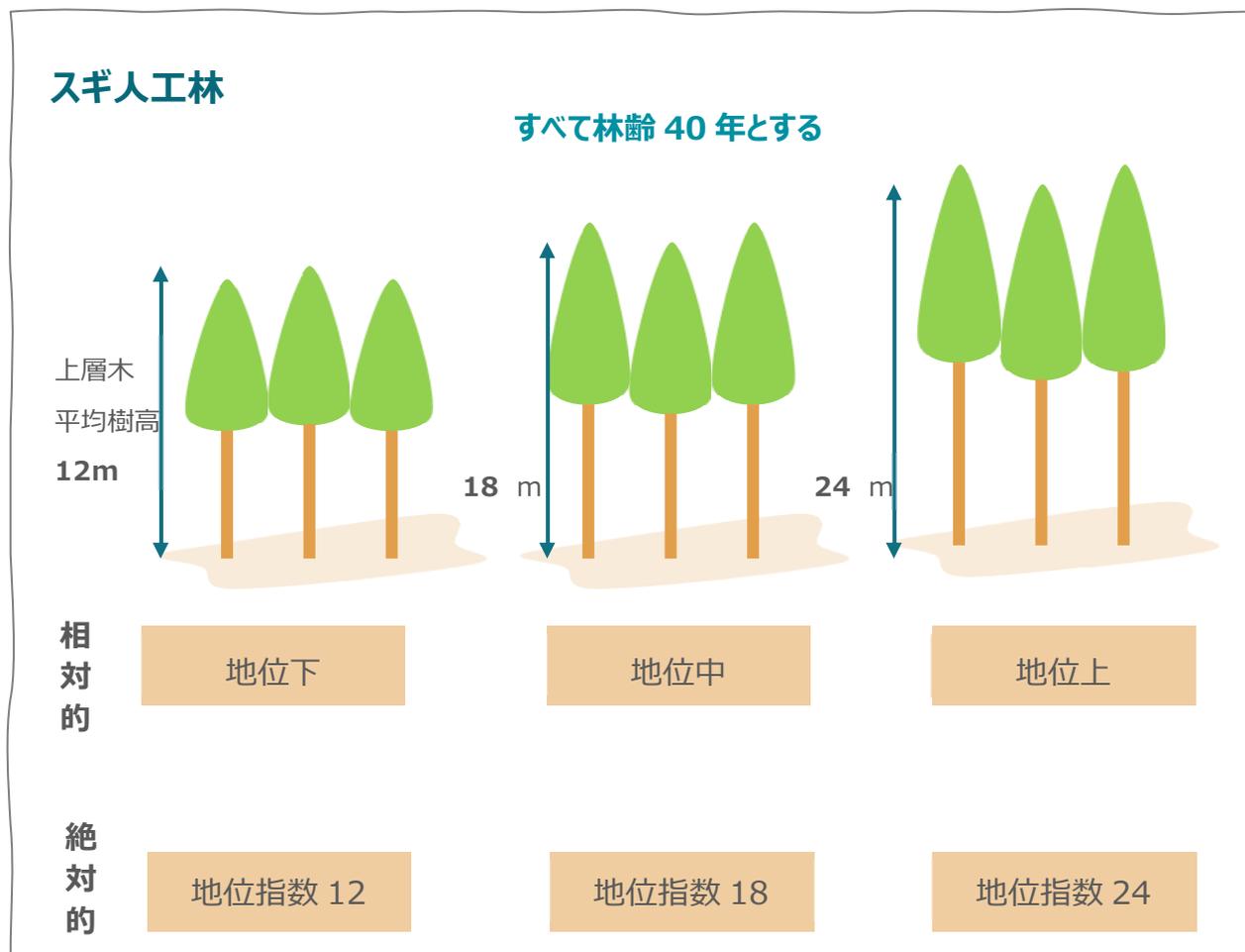
本手引きは、林野庁事業の「リモートセンシング技術等を用いた森林の機能別調査の手法に関する調査事業」（令和3年度）の成果として作成したものです。

## 2. 地位と地位指数について

### 地位と地位指数とは？

地位ないし地位指数とは、土地の生産力を表す指標として用いられます。生産力の尺度としては、本来はその土地から得られる木材の量、すなわち ha 当たりの材積が用いられることが望ましいですが、材積の正確な計測は難しく、林分構造や仕立て方などの森林の管理状況の影響を受けやすいという問題があります。直径や立木密度も同様です。一方、樹高成長は立木密度の影響をほとんど受けないという特徴があり、この性質を用いて地位や地位指数の査定に樹高（とくに上層木平均樹高）が用いられます。

「地位」の場合は、やせた土地から肥沃な土地を例えば地位 1（高い）～ 5（低い）といった区分や、地位上／中／下などの相対的な区分で表されます。一方、「地位指数」の場合は、ある基準となる林齢（スギとヒノキ林であれば林齢 40 年時）の上層木平均樹高を指標（絶対的な評価基準）として表されます。



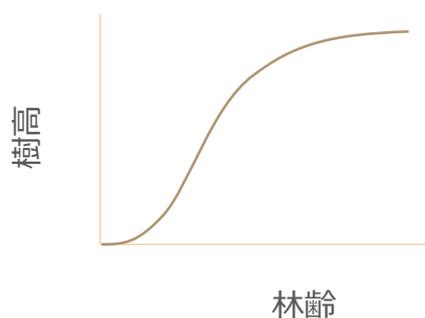
## 地位指数の計算方法

一般的に、基準となる林齢（スギ・ヒノキでは林齢 40 年）における上層木平均樹高を整数値に丸めたものが地位指数として用いられます。

樹齢が 40 年でない場合は、成長曲線式にあてはめて地位指数を推定します。同じ土地であっても、樹種が異なる場合は地位指数曲線は別個に作成する必要があります。同じ土地でも樹種によって成長の傾向が異なるからです。

### 式の形

上層木平均樹高の成長曲線（以下、地位指数曲線と呼ぶ）は、シグモイド型と呼ばれる曲線をあてはめます。シグモイド型とは、S 字型の曲線です。林齢と樹高で考えると、緩やかな初期成長ののちに、急激に増加し、老齢になると上限に近くなり成長は再び緩やかになります。それを曲線で表そうとすると下図のように S 字形になります。



### 主な成長曲線式

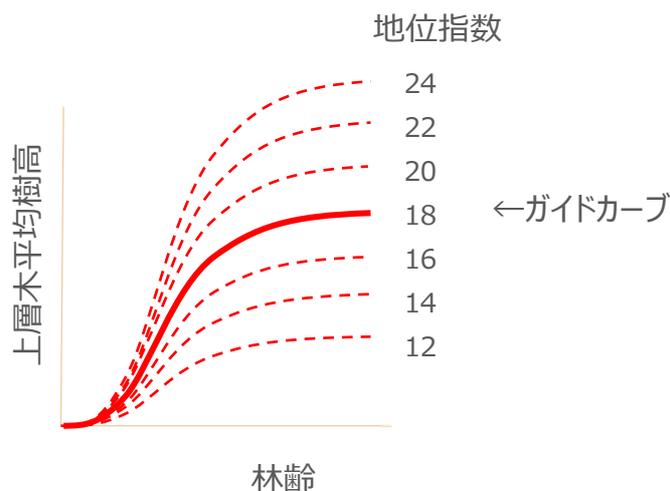
地位指数曲線にあてはめる成長曲線式としては以下の 3 つが主に用いられます。

- ゴンペルツ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \exp\left(-b \times \exp(-k \times \text{林齢})\right)$
- ミッチャーリッヒ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \left(1 - b \times \exp(-k \times \text{林齢})\right)$
- リチャーズ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \left(1 - \exp(-k \times \text{林齢})\right)^b$   
 $a, b, k$  : 係数

従来は現地調査で林齢と上層木平均樹高のデータを入手し、成長曲線に当てはめます。どの式を使うかは、決定係数や RMSE、AIC 等の精度指標を比較して判断します。

## ガイドカーブとそこから作成する地位指数曲線

現地調査で得た林齢と樹高のデータから、まずデータの中心を通る「ガイドカーブ」を作成します。このガイドカーブを用いて、ある場所における林齢と樹高の情報を基にその場所における地位指数を決定します。



成長曲線の係数のうち、 $b$ と $k$ については地域・樹種ごとに固定してよいと考えられており、その場所における林齢と樹高の値が与えられれば  $a$  の値が変化し、地位指数曲線が上下に変化します。このようにして、各場所における林齢と樹高の関係から地位指数を決定していきます。ただし、このためには地位指数を評価したいすべての場所から林齢と樹高のデータを取得する必要があり、現地調査においてこれをくまなく把握することは現実的ではありません。

従来は、このような直接的に地位指数を決定する方法ではなく、生産力に影響を与えると思われる気象や地質、地形、土壌などの環境要因から、多変量解析などの統計的な方法を用いて地位指数を算定する方法が採用されてきました。手法としては、数量化 I 類という手法を用いるスコア表法、地形因子（有効起伏量、露出度、斜面形、堆積区分等）から算出する竹下法、などがあります。

近年普及が進んでいる航空機 LiDAR 計測データにより、森林の高さデータ（≒樹高）を高精度、高解像度で取得できるようになってきたことから、ガイドカーブ法による地位指数査定に活用できることが期待されています。またそれを地図化することで、林地の潜在的な生産性を視覚化することも可能になり、戦略的な森林計画の策定に寄与することが期待できます。

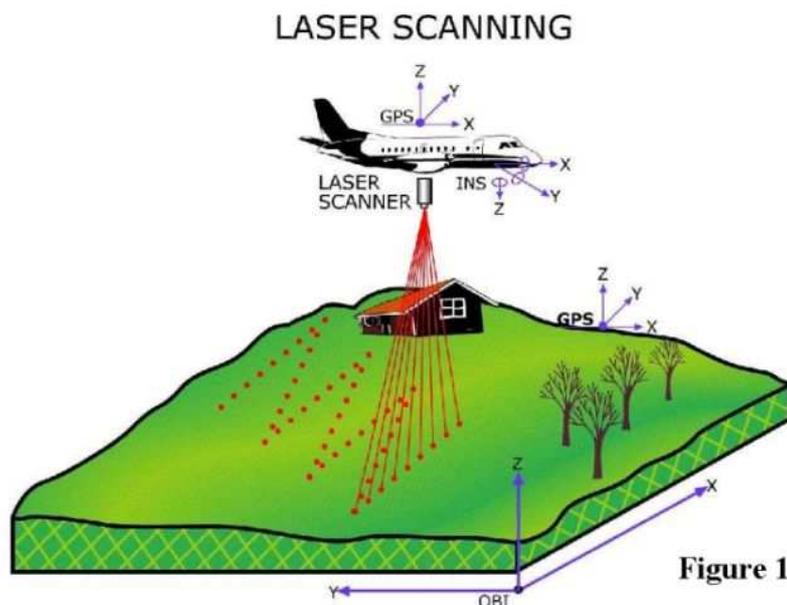
参考資料： [田中, 2019]

### 3. 航空機 LIDAR による森林計測

#### 航空機 LiDAR のしくみ

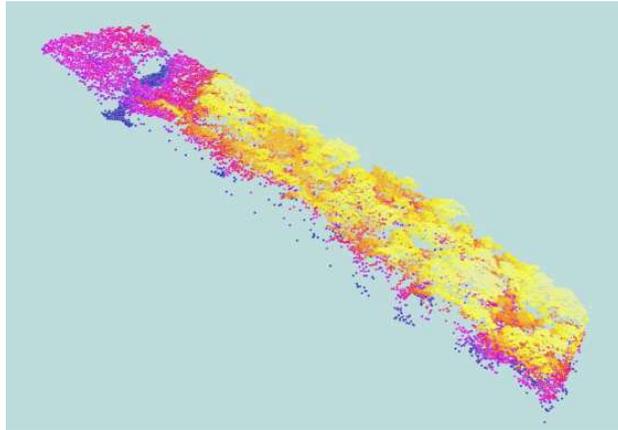
LiDAR (Light Detection and Ranging) とは、レーザスキャナからレーザ光線を計測したい対象に照射し、反射して戻ってくる時間をもとに対象までの距離を計測するとともに、GNSS(GPS や GRONASS など)受信機、IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) といった計測装置の正確な位置情報を取得できる機器を組み合わせることによって、計測したい対象の 3 次元空間中での位置をきわめて高精度に得ることを可能とする光学的リモートセンシング手法です。

航空機 LiDAR 計測は、航空機 (固定翼ないし回転翼) にこれらの計測機器を搭載し、上空から地表面に対してレーザパルスを照射し、地盤ないし地表にある樹木等の地物から反射するレーザ反射を取得し、同時に取得する航空機の位置情報をもとに地盤面や地物の 3 次元位置情報を得る技術です。



<https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap214/p214.htm>

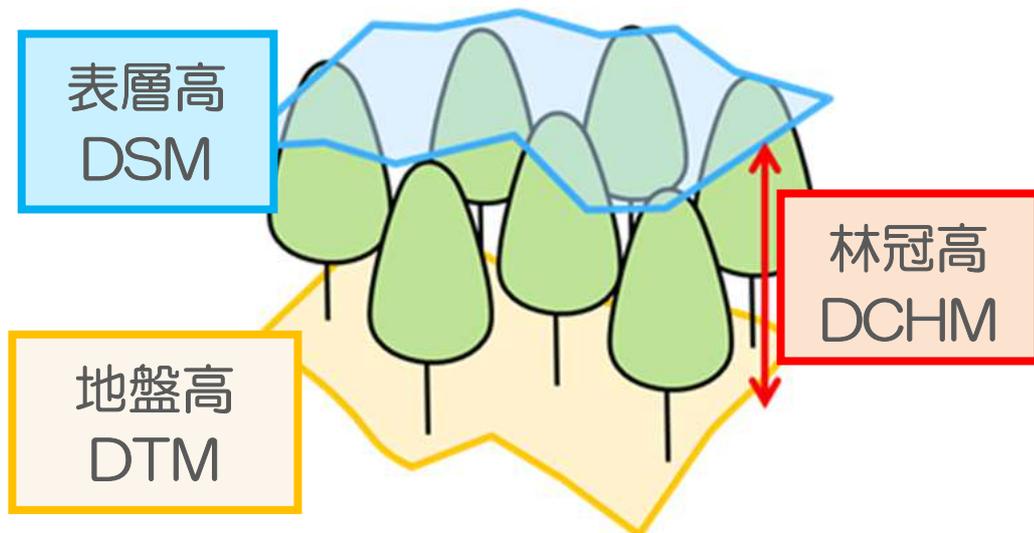
航空機 LiDAR 計測のイメージ



航空機 LiDAR 計測で得られる 3 次元点群データのイメージ

航空機 LiDAR 計測データによる地表面からの反射点群データのうち、地盤から反射されたデータをつなぎ合わせて地盤標高データ (DTM, digital terrain model) を、植生や建物なども含む地表物から反射された点をつなぎ合わせて表層標高データ (DSM, digital surface model) を作成できます。DSM から DTM を差し引くことによって地表物の高さが算出できます。特に森林エリアでは地表物高を林冠高 (DCHM, digital canopy height model) と呼び、森林資源量の把握等に利用することが可能です。

DCHM は、主林木平均樹高や上層樹高を直接示すものではありませんが、両者には強い正の相関があると考えられることから、簡易な補正により DCHM から主林木平均樹高等を推定することが可能です。そのほか、単木の樹高、樹頂点位置、立木本数、樹冠サイズ等も推定可能で、レーザー光の反射特性から樹種の判定も可能になってきました。



## 航空機 LiDAR 計測データ活用にあたっての留意点

### 航空機 LiDAR 計測データの仕様の違い

我が国において航空機 LiDAR データが本格的に取得されるようになったのは 1990 年代後半と最近のことであり、またこの間、照射点密度の飛躍的な増加や反射強度分布（ウェーブフォーム）の記録が可能になるなど様々な技術的な進展が見られます。このようなことから、現在都道府県で利用可能な航空機 LiDAR 計測データには様々な仕様（スペック）のものがみられます。

現在、国土交通省が管轄する計測の場合、LiDAR 照射点密度が 1 点/m<sup>2</sup>となっている場合が多くみられます。

森林域の場合、「高精度な森林情報の整備・活用のためのリモートセンシング技術やその利用方法等に関する手引き」（林野庁、2018 年）によれば、計測密度が 4 点/m<sup>2</sup>以上であれば単木解析による材積推定、1 点/m<sup>2</sup>以上であれば、エリアベース解析による材積推定と記載があります。また、森林環境保全整備事業実施要領のうち路網の整備に関する仕様に点密度を 4 点/m<sup>2</sup>以上という記載が見られます。

近年はレーザスキャナの性能が飛躍的に向上し、10 点/m<sup>2</sup>以上のより高密度なレーザ計測も実施されています。

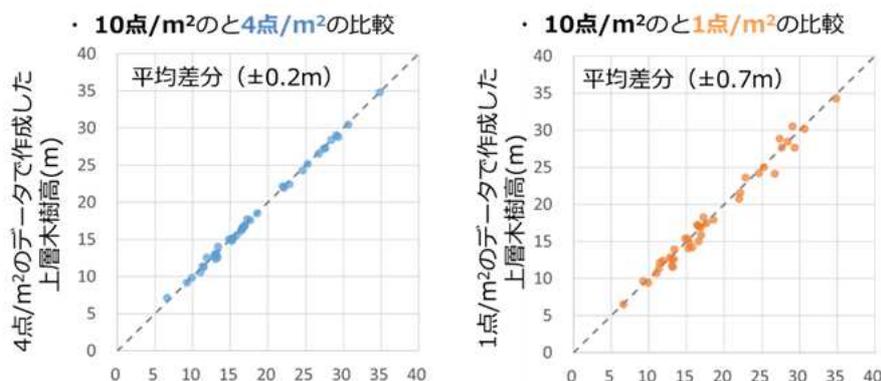
レーザデータの仕様は、計測時点の機器の性能、利用目的や予算（コスト）によって様々なものがありますので、既存のアーカイブデータを利用する場合には、注意が必要です。

### コラム：照射点密度 1 点/m<sup>2</sup> のデータはどの程度「使える」？

#### 照射点密度の比較

現在のところ、航空機 LiDAR 計測の整備状況は、各都道府県によって異なります。照射点密度 4 点/m<sup>2</sup>のデータが整備されていない場合、1 点/m<sup>2</sup>のデータから実用に耐えるような地位指数の計算が可能であれば、既存のアーカイブデータを有効に活用することができます。

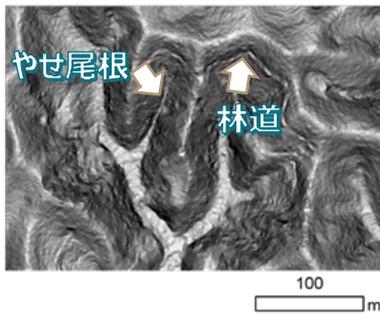
点密度 10 点/m<sup>2</sup>をから作成した上層木平均樹高データを真値と仮定し、点密度 1 点/m<sup>2</sup>と 4 点/m<sup>2</sup>のデータからそれぞれ推定した上層木平均樹高を比較してみました。1 点/m<sup>2</sup>のデータから作成した上層木平均樹高でも平均±0.7m の差分で推定できていることから、上層木平均樹高の推定は 1 点/m<sup>2</sup>でも十分可能という結果となりました。



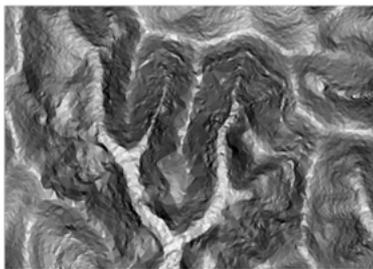
## 照射点密度 1 点/m<sup>2</sup> を利用する場合の注意点

まず点密度が違えば、見た目にもどのような違いが生じるのかを下図に示しました。微地形を見てみると、点密度が 10 点、4 点/m<sup>2</sup> までは林道ややせ尾根が視認できますが、1 点/m<sup>2</sup> になると分かり難くなっています。

10点/m<sup>2</sup> (元データ)



4点/m<sup>2</sup>

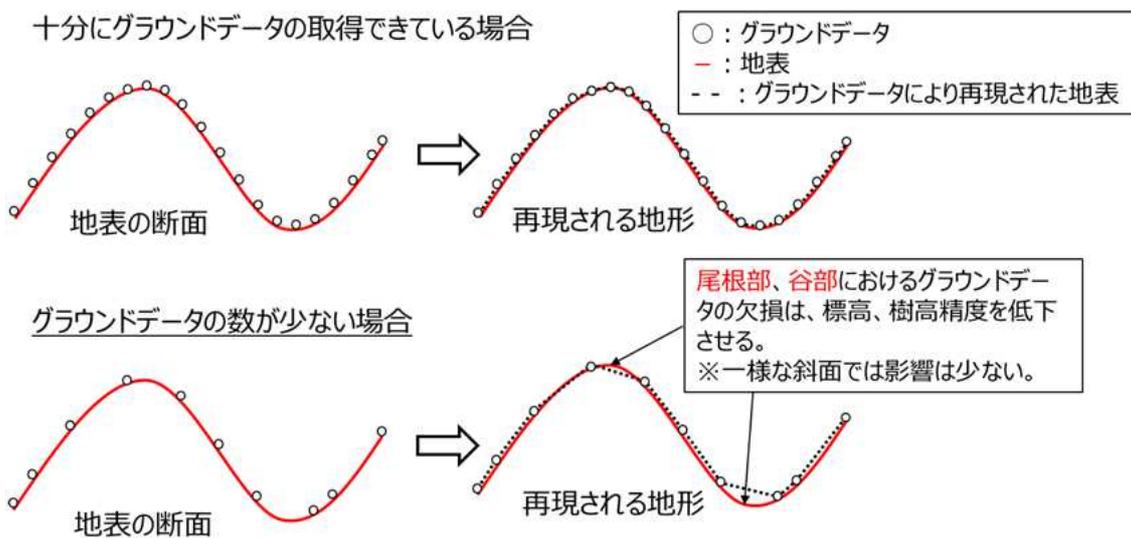


1点/m<sup>2</sup>



注) 10 点/m<sup>2</sup> の LiDAR データをもとに 4 点、1 点に間引いて作成

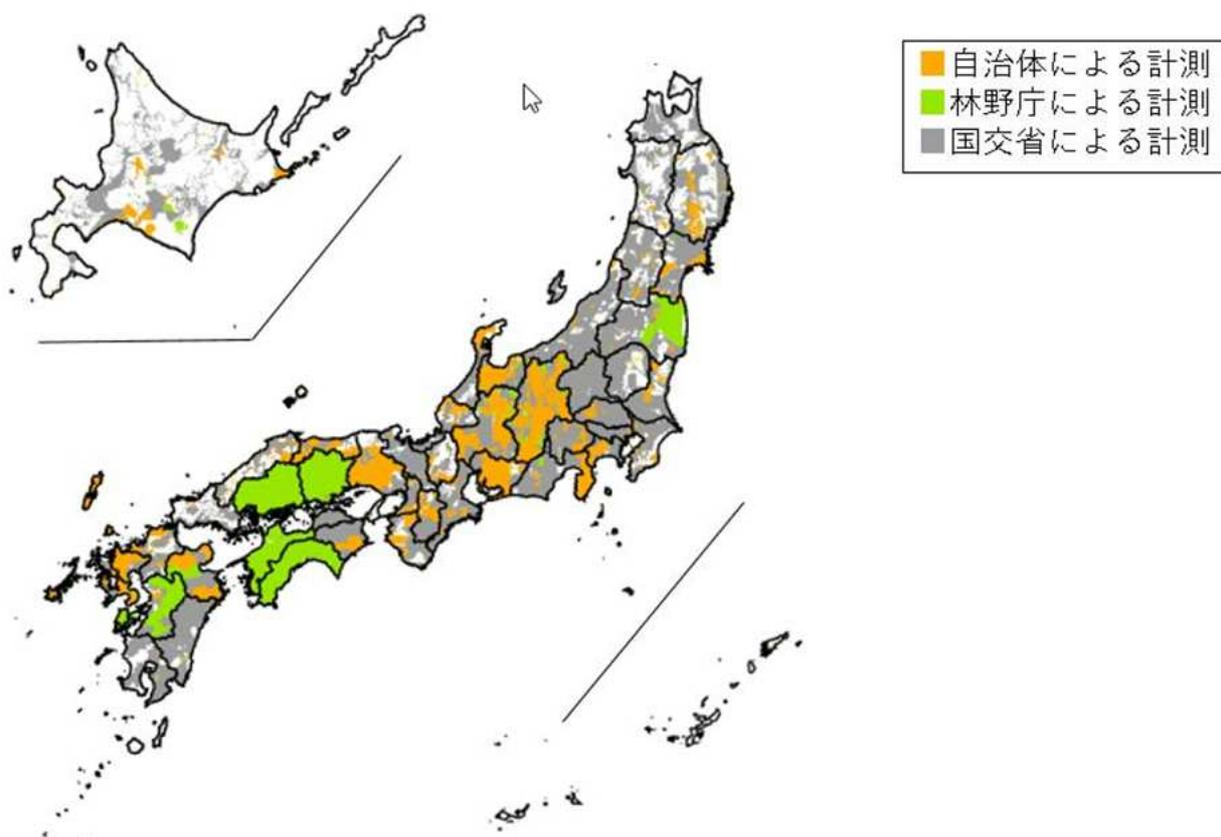
この微地形による影響のイメージを下図で説明します。前提として、一般的に照射点密度が高ければ地盤面に到達するデータ (グラウンドデータ) を十分得ることができ、照射点密度が低ければグラウンドデータが少なくなります。十分にグラウンドデータがあれば、地形はより正確 (高精度・高精細) に再現されます。一方、データが少ない場合、とくに尾根や谷部のような地形の変曲点でグラウンドデータが取れていなければ、地形がうまく再現できません。そのため、尾根や谷部での上層木樹高の推定精度が低くなると考えられます。一方、一様な斜面ではその影響は少ないと考えられます。



航空機 LiDAR 計測の整備状況は、各都道府県によって異なります。4 点/m<sup>2</sup> がまだ十分に整備されていない場合、1 点/m<sup>2</sup> でも地位指数を計算できれば、LiDAR データをより広い範囲で活用できます。1 点/m<sup>2</sup> で林分の地位指数は推定可能ですが、地形が急に変わる箇所 (例えばやせ尾根や V 字谷) では DTM の再現がうまくできない場合があり、このような場所では、LiDAR の DCHM に誤差が生じやすいということに留意してください。

## 全国の航空機 LiDAR 計測データ整備状況と利用方法

解析を行いたい対象エリアにおいて、自ら取得した航空機 LiDAR 計測データを有していない場合、既存のアーカイブデータを確認し、条件に見合うデータがあれば所定の手続きを経ることによって利用することが可能です。

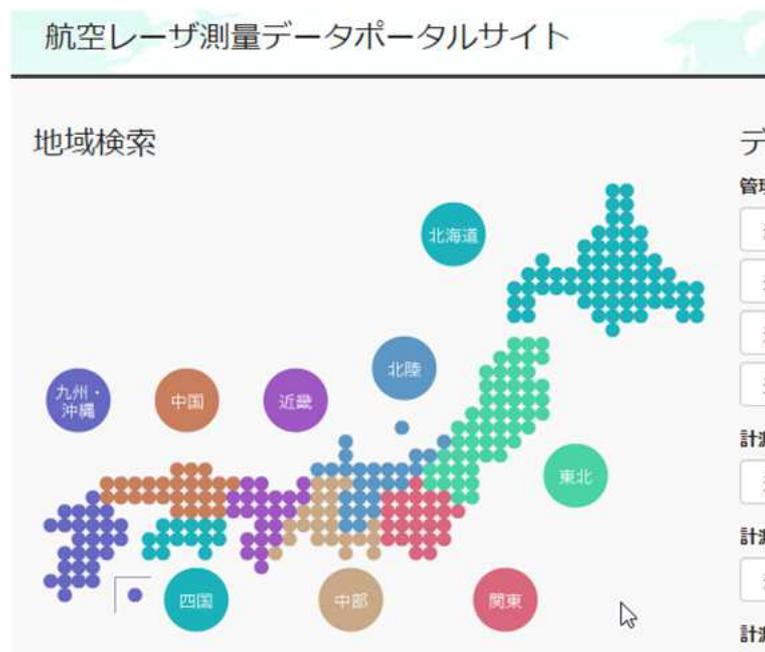


我が国における航空レーザ計測の実施状況（2002年から2020年）

出典：（公財）日本測量調査技術協会 空中計測マッピング部会レーザWG

全国の航空機 LiDAR 計測データは、公益財団法人日本測量調査技術協会の「航空レーザ測量データポータルサイト」で閲覧・検索することができます。検索画面で対象エリアと観測日、管理者や作業会社を入力します。

国や都道府県が計測を行った公共測量のデータはオープンになっていて、国土地理院のワンストップサービスを利用して入手することが可能です。対象エリア、観測日、管理者などの情報に基づいて無償利用できるか確認し、手順に従って申請します。



出典：公益財団法人日本測量調査技術協会 <https://sokugikyo2.com/laser/>

## アーカイブデータの入手先

- 国土地理院窓口：応用地理部

「航空レーザ計測成果の利用申請」を入手後、データ範囲図（参考1を参照）とあわせて送付（2022.1.31 現在）

- 各都道府県：担当窓口

参考 1

別紙1：利用するデータ範囲

借用申請範囲（●●県●●町を含む範囲）



借用申請データ（下記の公共測量成果について利用を申請いたします。）

- ・XXXXXXXX 周辺における航空レーザ測量および詳細DEM作成業務
- ・H24XX 砂防レーザ計測業務（XX 川流域）
- ・H24|XX 砂防レーザ計測業務（:XX 川流域）
- ・平成20年度|XX 地方整備局管内氾濫解析基礎資料作成業務

## 航空機 LiDAR 計測でよく使われる用語

用語	略語	解説
Light Detection And Ranging	LiDAR	航空機や車両などに搭載したレーザ測距計で対象物までの距離を計測する。 航空機搭載の場合、GNSS（GPS などの位置計測システム）で機体の3次元位置を計測、IMU(Inertial Measurement Unit：)で機体の傾きを計測することで、航空機と対象物までの距離を精度高く計測できる。
Inertial Measurement Unit	IMU	慣性計測装置。INU (Inertial Navigation Unit)、IGU (Inertial Guidance Unit)、IRU (Inertial Reference Unit) と呼ばれる。ジャイロスコープと加速度計を使用して回転と加速度を検出。これにより航空機の傾きを計測。
Digital Elevation Model	DEM	数値標高モデルの総称。DTM と同じ意味の言葉として使われることもある。 国土地理院の DEM の説明では、DTM を指している。
Digital Terrain Model の略	DTM	地盤高。地盤の標高で、植生や建物など地物の高さは含まれていない。地形解析ではこの DTM を使う。
Digital Surface Model	DSM	地盤の上の植生や建物などの地表物を含んだ地表面の表層標高。
Digital Canopy Height Model	DCHM	森林を対象とした場合、DSM と DTM の差から算出できる林冠高。CHM(Canopy Height Model)と呼ばれることもある。

## 新規計測時に留意すべき事項

新規に航測会社へ航空機 LiDAR 計測を依頼する場合、計測時の仕様に加えて、納品物の仕様もあらかじめ検討しておく必要があります。航空機 LiDAR 計測データからは、直接取得されるレーザ点群データだけでなく、それに対してフィルタリング等の様々な処理・加工を行うことにより、DTM、DSM、DCHM、樹頂点など様々なデータを得ることができます。

発注仕様を検討する際に参考になるのが、「森林資源データ解析・管理 標準仕様書案 ver1.2」[標準化事業検討委員会, 解析・管理分科会, 計測分科会, 2022]です。

この仕様書案は、適切な森林管理や需要に応じた木材生産を可能にするため、レーザ計測データの解析及び管理について、現状と課題・問題点の整理とその改善・解決策や方向性を取りまとめるとともに、それを踏まえた最適な解析及び管理手法の標準化を検討することを目的としています。

この森林資源データ解析・管理 標準仕様書案に合わせつつ、地位指数の計算にも必要なデータセットを納品することが望ましいと考えられます。

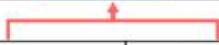
森林資源データ解析・管理の標準化仕様案 2022年3月現在の Ver1.2 によれば、

- ・計測時の仕様については、森林資源解析で地盤面での点密度が4点/m<sup>2</sup>以上が適していること
- ・森林資源データ解析・管理では、下図に示した、森林資源量計測データである「計測範囲ポリゴン」、「樹種ポリゴン」、「単木ポイント」、そして森林資源量計測データを合成・集計して得られる「森林資源量集計ポリゴン」、「解析範囲ポリゴン」、地形情報データとして「標高 (DEM)」（本手引きでは DTM と呼んでいる）、「傾斜」、「微地形図」、「路網」が必要

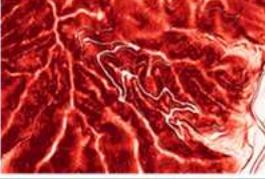
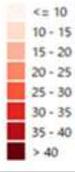
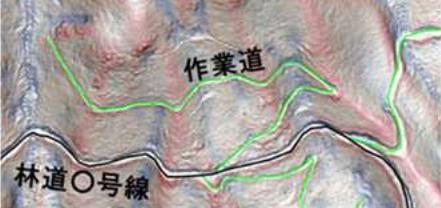
となっています。

地位指数の計算には、**DCHM** (TIFF 画像が望ましい) が必須になりますので、忘れずにリストに加えましょう。また、現地の状況を確認するためには、DCHM、DTM (DEM) はもちろんのこと、**DSM** (TIFF 画像が望ましい) が有用ですので、この標高データも納品リストに加えましょう。いくつかの成果は中間的に作成されるのでそれらは忘れずに納品成果物にしましょう。コスト増にはならないはずですので、依頼先に確認してみましょう。

■ 標準仕様書が対象とする森林資源量データ

名称		データイメージ	
森林資源量集計データ	森林資源量集計ポリゴン	森林資源量集計メッシュ 	森林資源量集計〇〇ポリゴン (小班,地番,林相など) 
	解析範囲ポリゴン		
更新		複数の計測データをひとつの集計データに合成する。 	
森林資源量計測データ	樹種ポリゴン		
	単木ポイント		
	計測範囲ポリゴン	2023年 UAV写真 	2020年 航空レーザ計測 

■ 標準仕様書が対象とする地形情報データ

名称		データイメージ	
地形情報データ	標高(DEM)		
	傾斜		 <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;= 10</li> <li>10 - 15</li> <li>15 - 20</li> <li>20 - 25</li> <li>25 - 30</li> <li>30 - 35</li> <li>35 - 40</li> <li>&gt; 40</li> </ul>
	微地形図		
	路網		

## 4. 地位指数分布図作成の前提条件

### 条件

- ・対象とする樹種は**スギ人工林**と**ヒノキ人工林**です
- ・以下のデータが必須です
  - **森林簿ポリゴン**：林齢と樹種が格納されている GIS ポリゴン
  - **LiDAR データ**：1 m メッシュサイズ以上の DTM(digital terrain model, 地盤高)と DSM (digital surface model, 表層高)、もしくは DCHM
- ・地位指数図の**メッシュサイズは 20m** を想定しています

### 作業環境

使用するソフトウェア：

QGIS バージョン 3.16 (長期安定版)：無料 3.16.16 で操作確認済み  
Microsoft Excel 2013 より新しいバージョン

使用する PC の推奨スペック等：

ストレージ：高速 HDD や SSD  
RAM：8 GB 以上





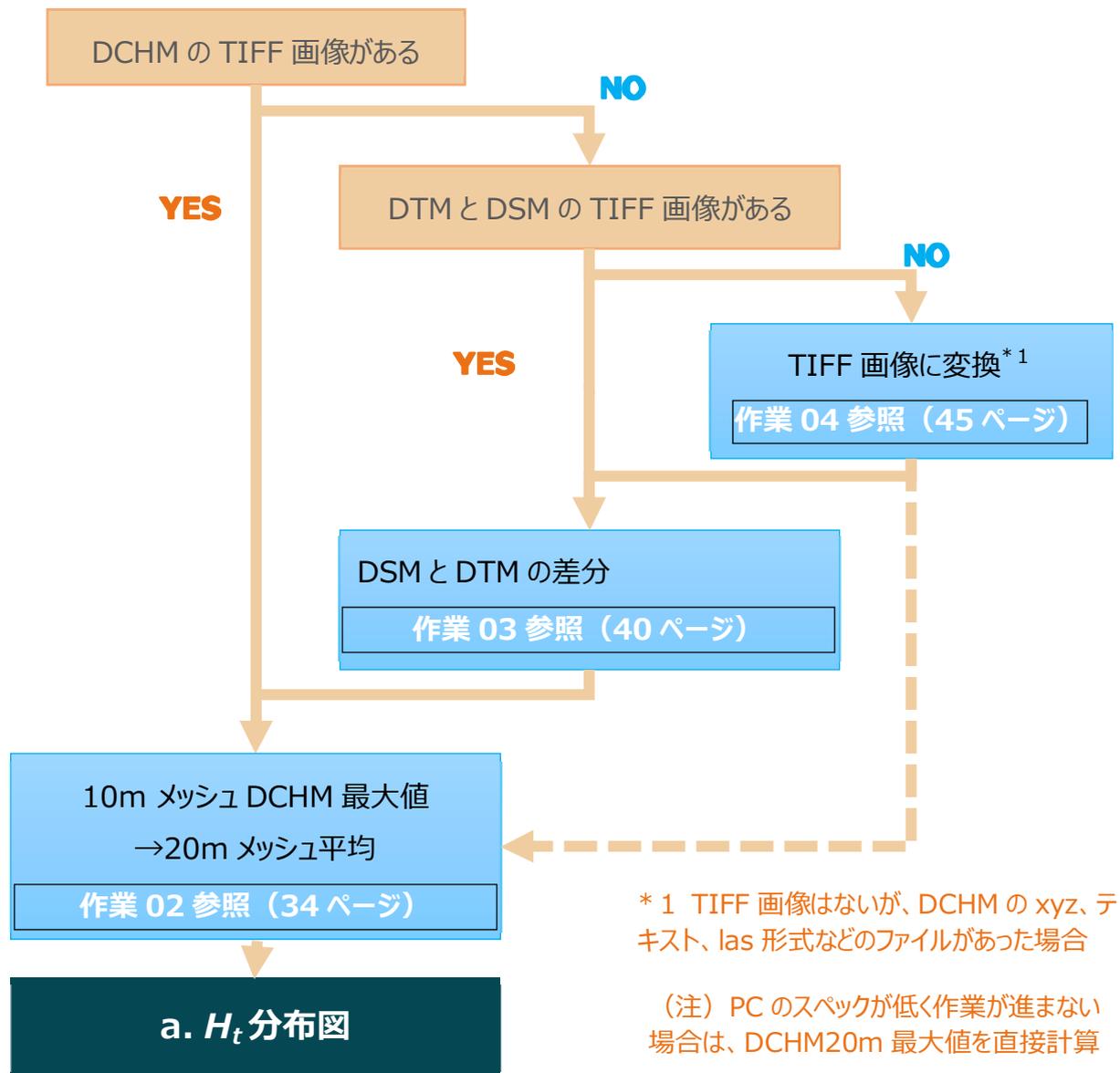
## 各分布図の作成のながれ

地位指数分布図の作成においては、まず手持ちの航空機 LiDAR 計測データがどのような仕様のものであるかによって処理の手順が変わってきます。特に（２）で示すフローに従って、手持ちデータの内容を確認し、作業を進めていきます。

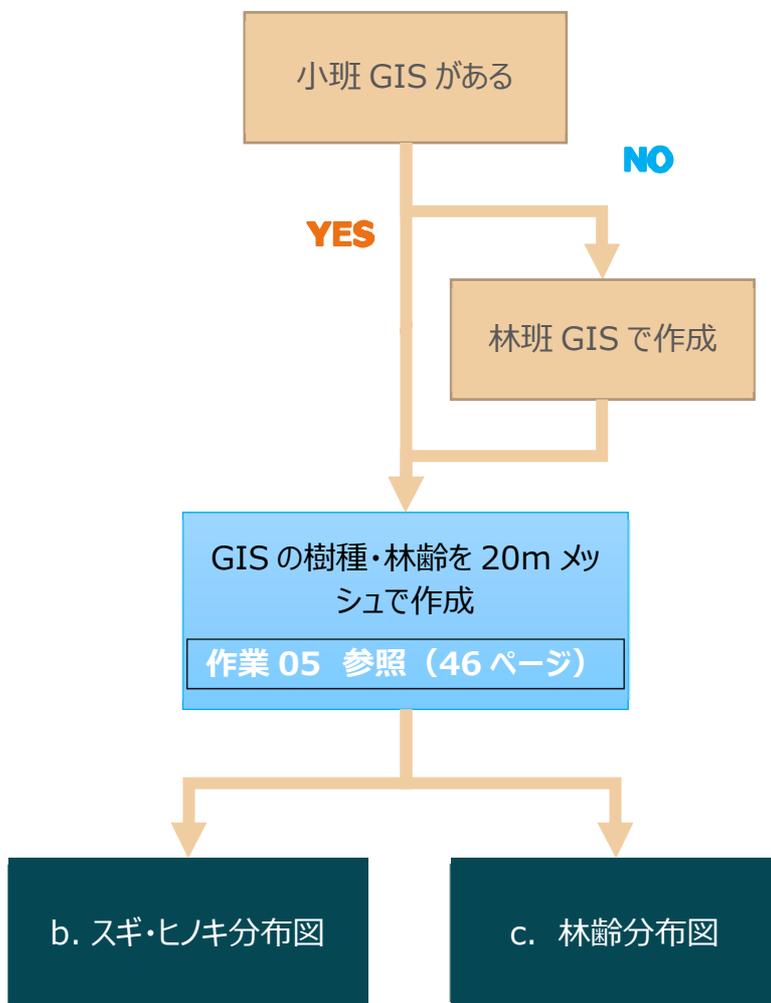
### （１）格納ポリゴン：20m 四方のメッシュ

土台となる 20m メッシュポリゴンは、平面直角の原点から作成されます。必要な場合は森林 GIS フォーラムに問い合わせれば、データを利用できます。航測会社も所有していますので納品物リストに加えてもよいでしょう。全国共通の 20m メッシュから必要なエリアを抜き出します。 ← **作業 1 参照（29 ページ）**

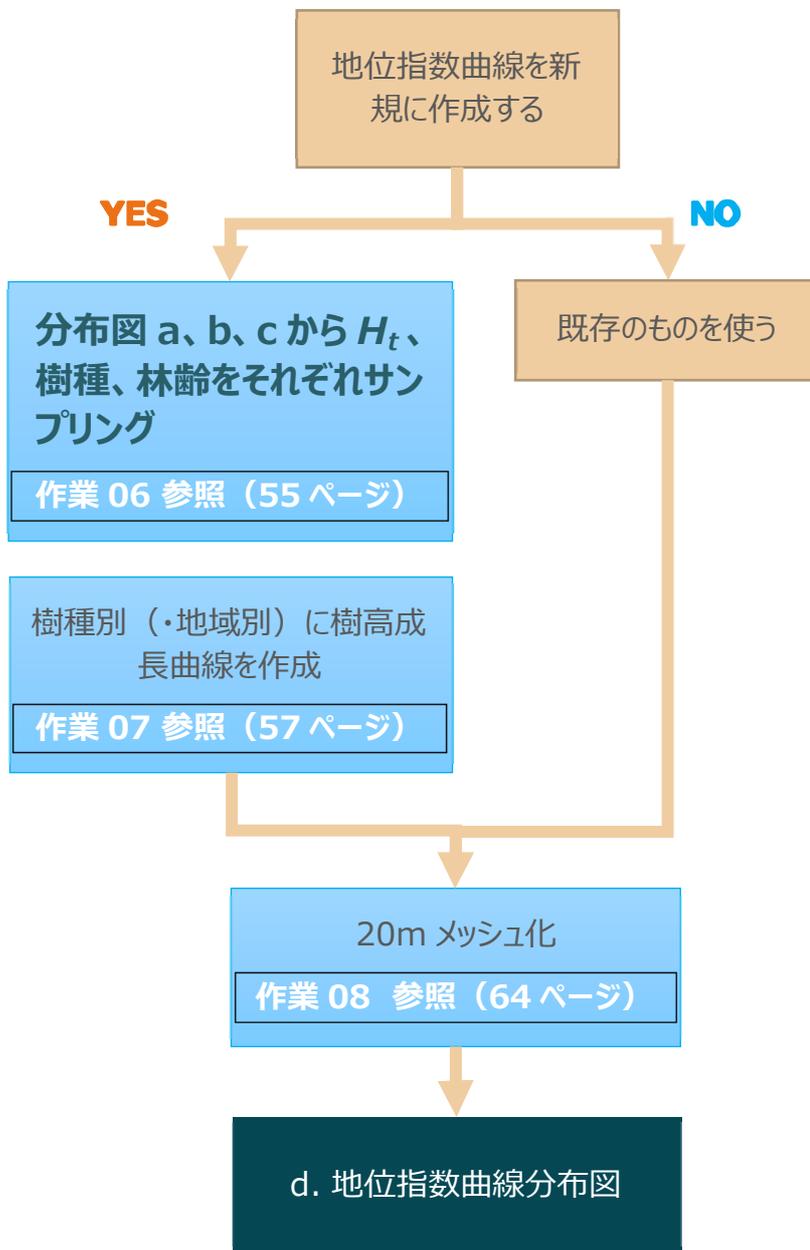
## (2) 上層木平均樹高の計算・分布図作成の方法



### (3) 樹種・林齢分布図の作成



#### (4) 地位指数曲線・分布図の作成



## 6. 準備

### TIPS

#### 航空機 LiDAR の納品物

TIPS:納品の際は、XYZ や CSV ではなく、TIFF 画像を航測会社に依頼しましょう。XYZ や CSV は一度ファイルを変換する必要があります。→ 作業 4 参照

#### データの座標参照系の確認と統一

使用する森林簿ポリゴンや航空機 LiDAR データの座標参照系を確認し、もし違う座標参照系を使っている場合は、統一しておきましょう（6 準備 ページ 22～参照）。

#### 林相境界ポリゴンがある場合…

森林簿ポリゴンの林相境界と実態が乖離している場合、航空機 LiDAR データから作成の林相境界ポリゴンを活用するとより精度が高くなります。

この場合、林相境界ポリゴンに森林簿情報を GIS 処理で付与（たとえば、重心の位置でポリゴン同士を連結）して利用します。

### データの準備

- 森林簿ポリゴン：樹種及び林齢の空間的な最小単位が区分できる小班レベルの空間解像度が必要ですが、利用が困難であれば精度は低くなりますが林班ポリゴンで代用しましょう。林齢と樹種は必須です。林齢情報に多少不確実性があっても、手持ちのデータで計算を進めることは可能です。作業途中で林齢と樹高が一致していないと考えられる箇所（例えば樹高が 10m で林齢が 100 年）があれば、識別・除外することが可能です。
- LiDAR DCHM 画像 (TIFF ファイル)：なければ DSM と DTM の TIFF 画像から作成します。

### 座標参照系

GIS では位置座標の定義が重要です。この定義を座標参照系として GIS を使っていくうえで設定します。座標参照系は、QGIS では CRS (CRS : Coordinate Reference System) と表記されています。CRS は二つに大別され、緯度経度の度単位で表される地理座標系（緯度経度座標系とも呼ばれる）と、メートル単位での X Y 座標で表される投影座標系（直角座標系とも呼ばれる）があります。それぞれの詳細については下のサイトをご確認ください。

- QGIS のサイト：座標参照系  
[https://docs.qgis.org/3.4/ja/docs/gentle\\_gis\\_introduction/coordinate\\_reference\\_systems.html#](https://docs.qgis.org/3.4/ja/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html#)
- 朝日航洋株式会社：  
第 1 回 座標参照系 (CRS) とは？  
[https://www.aeroasahi.co.jp/qgis/post/2020/02/crs\\_01/](https://www.aeroasahi.co.jp/qgis/post/2020/02/crs_01/)  
第 2 回 座標参照系 (CRS) とは？ - QGIS での CRS の選び方  
[https://www.aeroasahi.co.jp/qgis/post/2020/04/crs\\_02/](https://www.aeroasahi.co.jp/qgis/post/2020/04/crs_02/)  
(2022 年 3 月 15 日時点)

日本国土内の座標をあらわす代表的な座標参照系には、まず日本測地系 2011（通称 JGD2011; Japanese Geodetic Datum 2011）です。平面直角座標系（19 座標系とも呼ばれる）もよく使われる座標系で、日本の公共測量で採用されている座標系です。日本を 19 のゾーンに分割しています。

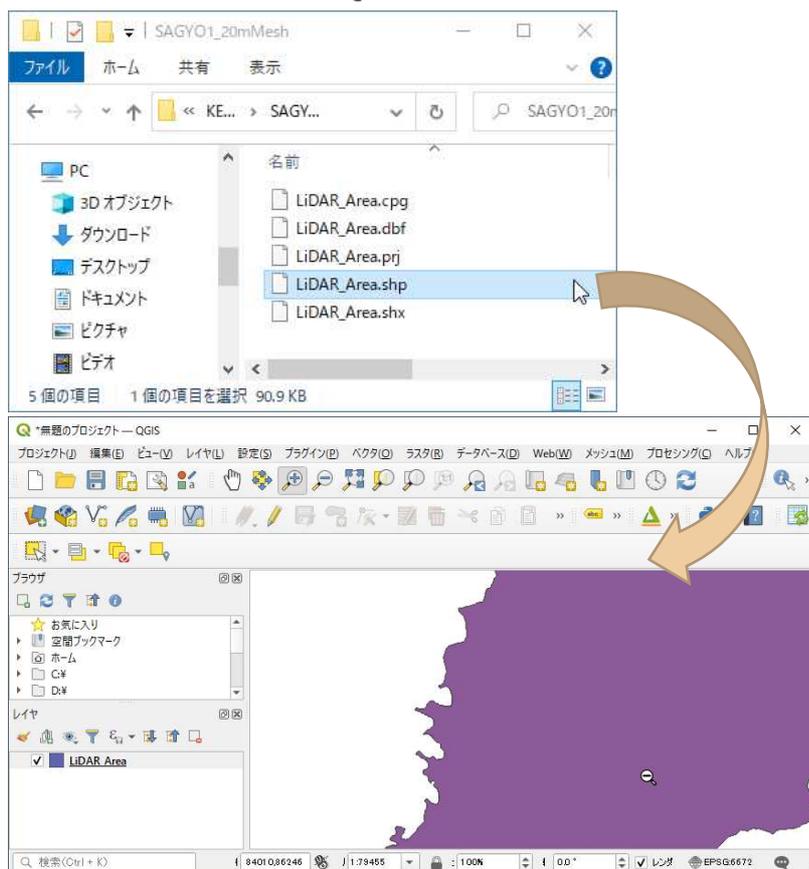
データを使う前に、所持しているデータが地理座標系か投影座標系（どのゾーン）か、また JGD2011 か WGS84 かなど、定義をまず確認する必要があります。確認方法は、例えば各都道府県が発注した航空機 LiDAR 計測データであれば、納品物の仕様書に記載されていると思われます。

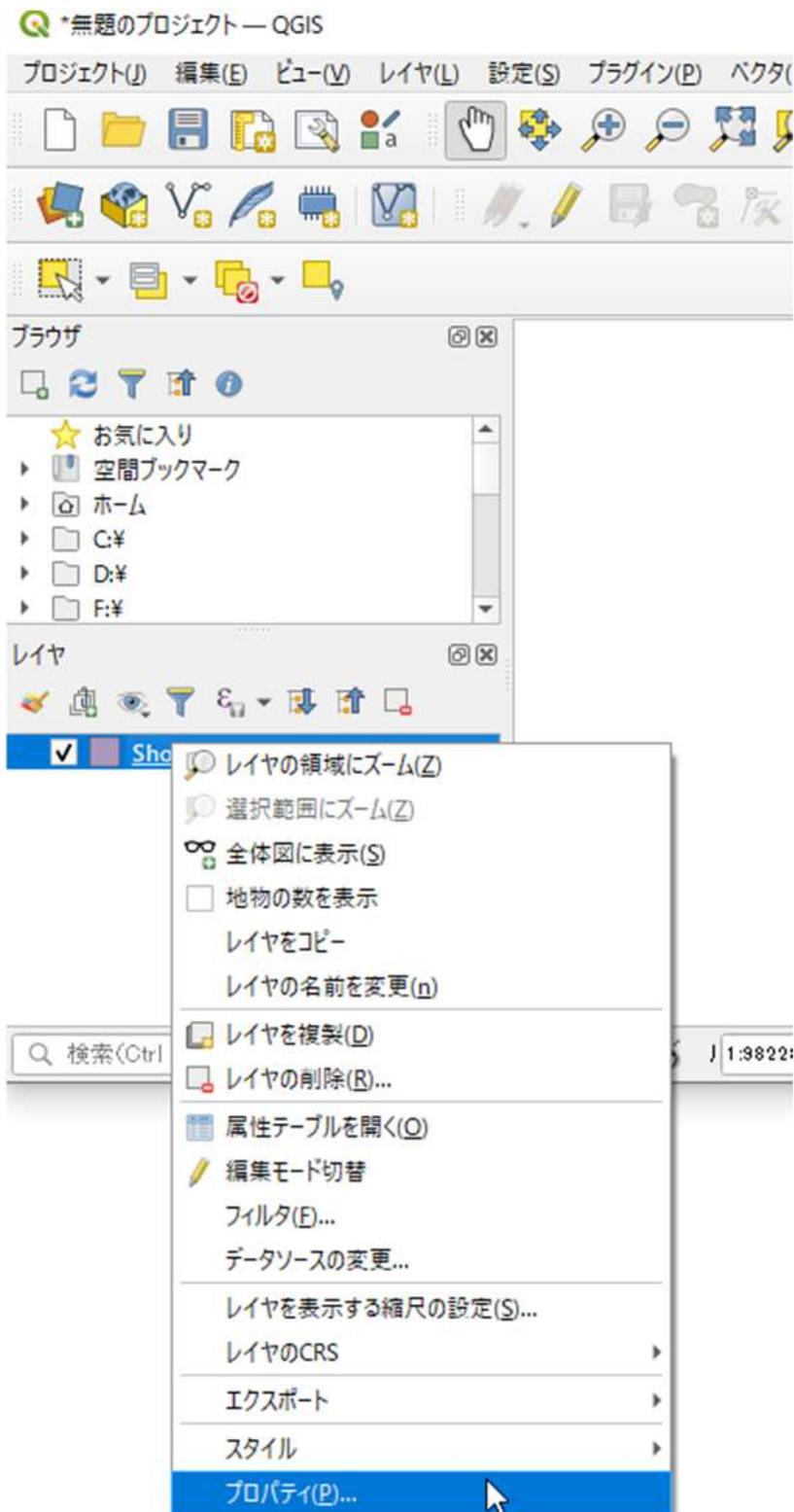
GIS の処理ではメートル単位の距離や面積の計算をすることが多く、そのような場合は投影座標系に変換して作業をすすめましょう。

## 座標参照系（CRS）の確認

QGIS を起動します

CSR を確認したファイルを QGIS にドラッグアンドドロップします





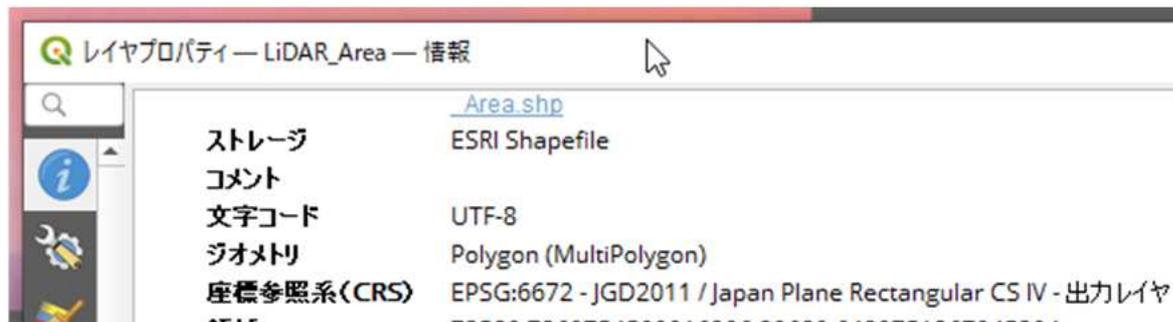
レイヤ欄のファイル名を右クリックし、プロパティを選択します

レイヤプロパティの左側のタブから、 マークの情報タブをクリックします

座標参照系 (CRS) の箇所を確認します

ここでは、「EPSG:6672 - JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS IV - 出力レイヤ」と記載されています

これは JGD2011 の投影座標系ゾーン 4 を示しています

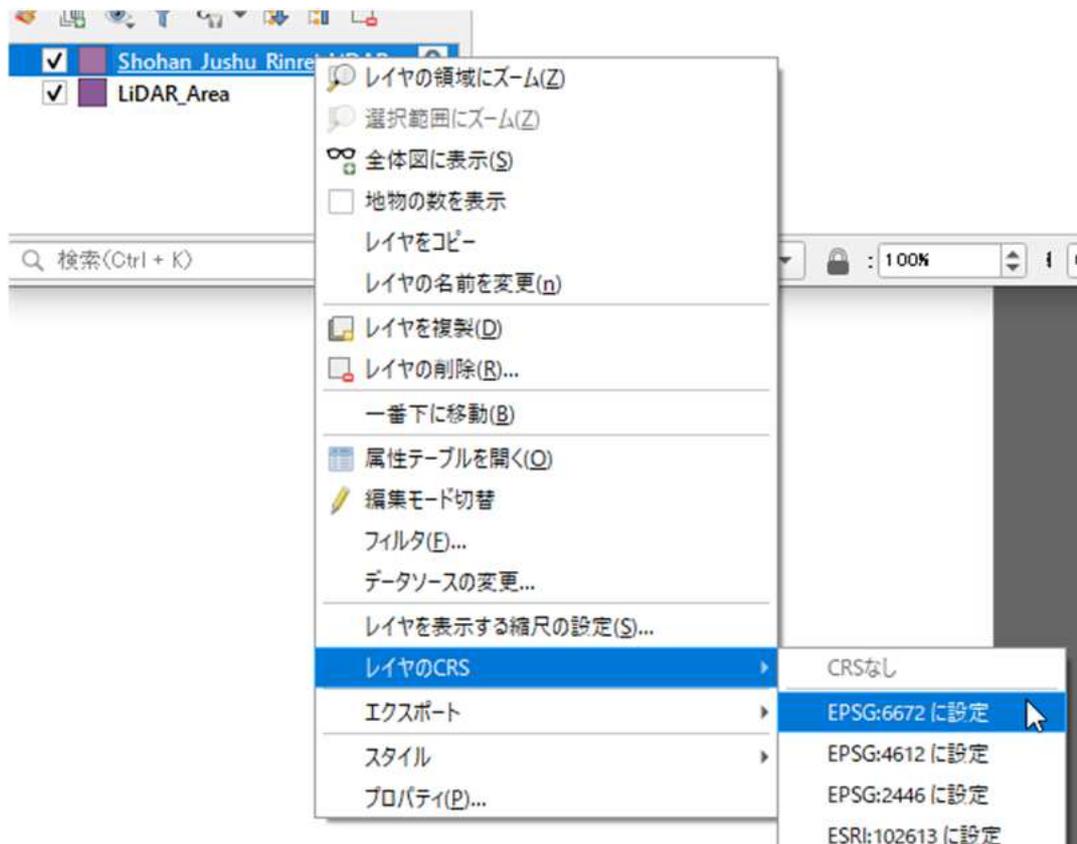


EPSG とは European Petroleum Survey Group という団体によって作成された参照座標系のコードです。

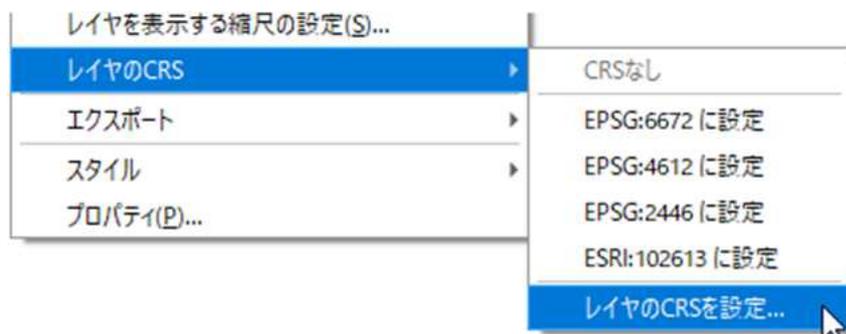
もしも、座標参照系が空欄であれば、CRS を設定します

レイヤ欄のファイル名を右クリックします

例えば、上図と同じく JGD2011 ゾーン 4 に設定したい場合は、レイヤの CRS > EPSG:6672 を選択します

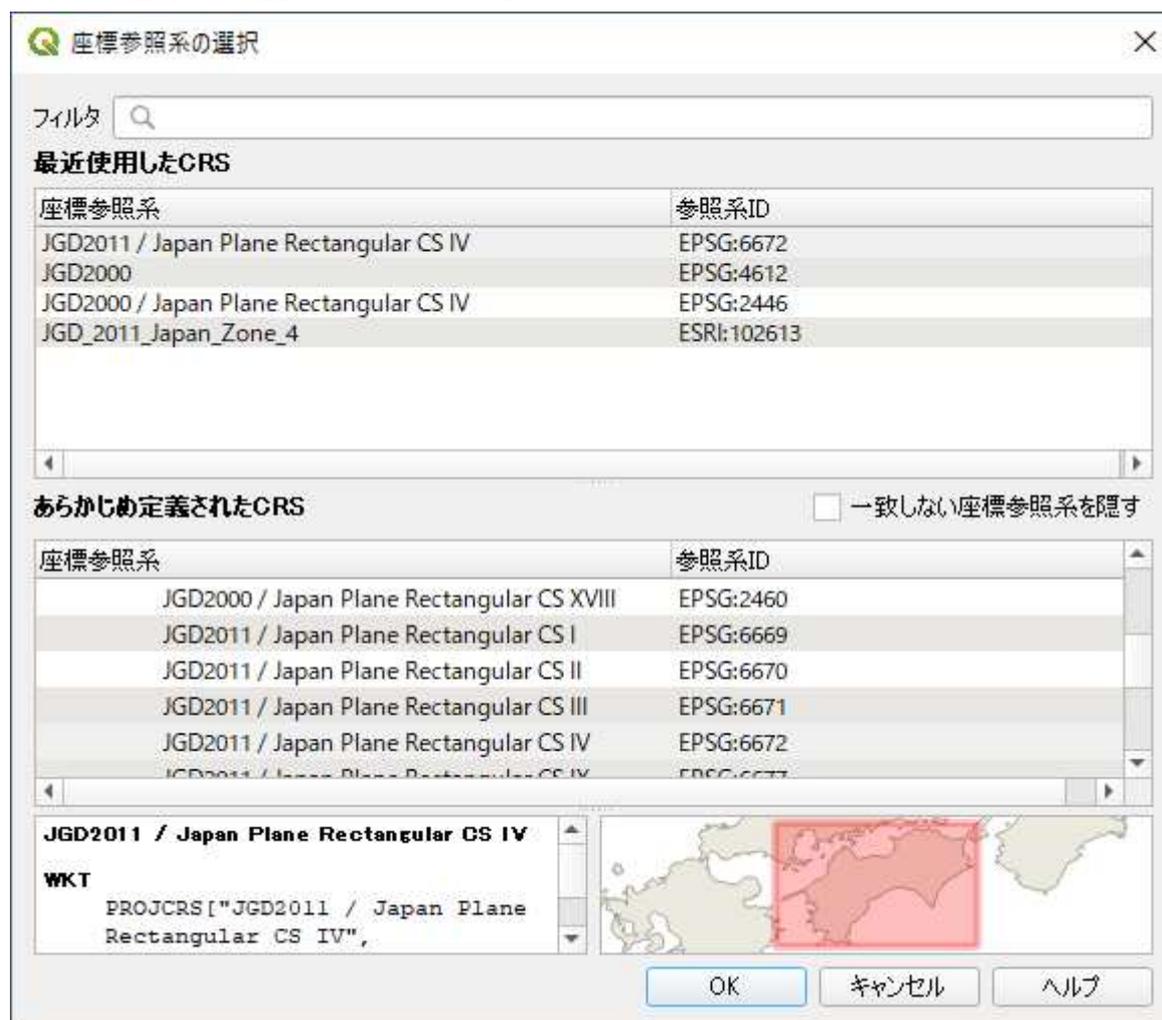


ほかの座標系を選択したい場合は、「レイヤの CRS を設定」をクリックします



JGD であれば、「フィルタ」欄に JGD と入力します

「あらかじめ定義された CRS」欄に JGD の座標参照系の一覧が表示されますので、そこから該当する座標系を選択し、OK ボタンを押します



EPSG のコード一覧は、下のホームページに記載されていますので、適宜参照ください

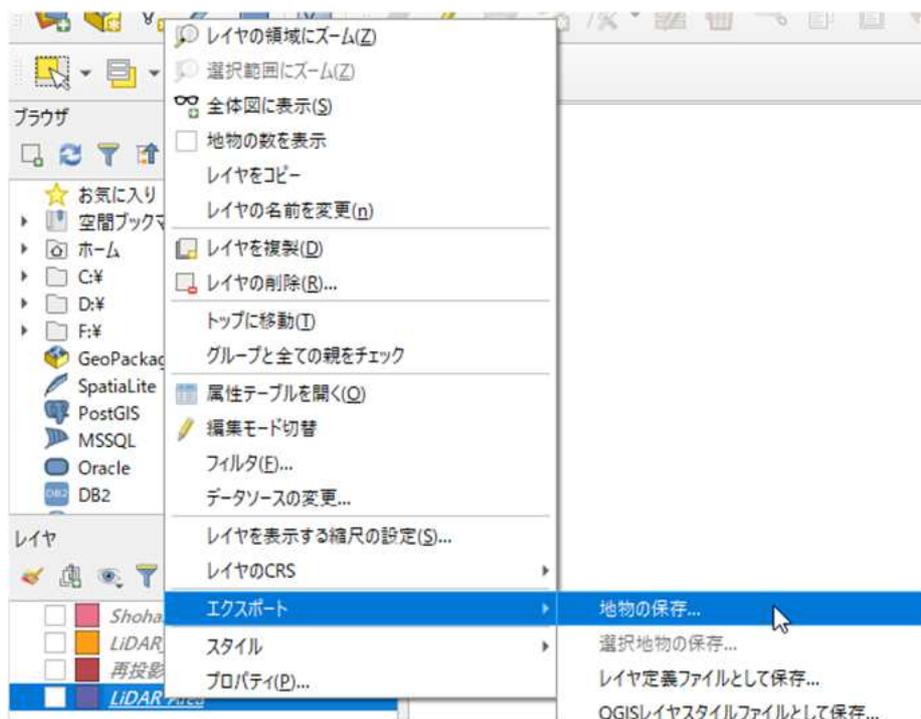
- EPSG コード一覧表/日本でよく利用される空間座標系（座標参照系）

<https://lemulus.me/column/epsg-list-gis> （2022 年 3 月 15 日時点）

## 座標参照系（CSR）の変換

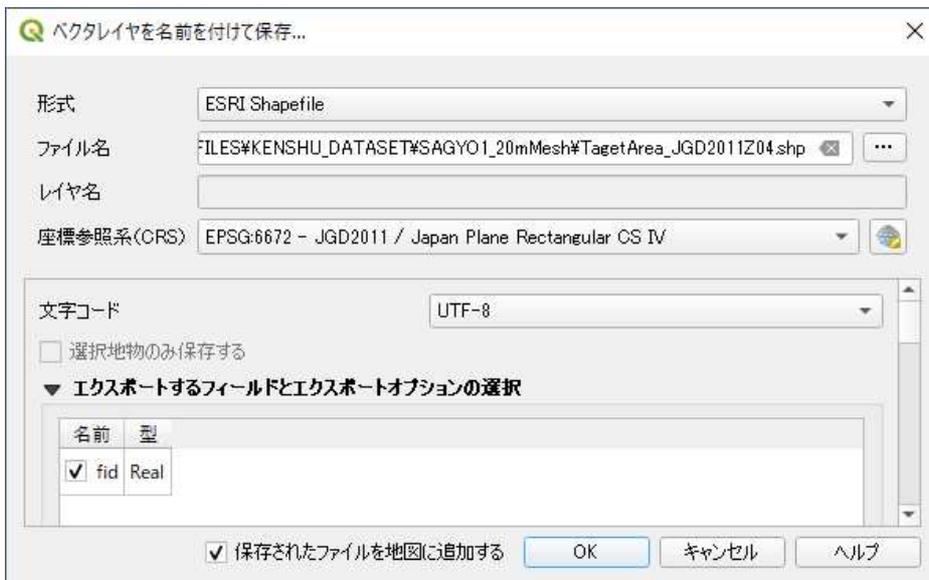
ベクタデータの座標参照系を変換したい場合は、エクスポート機能を使い新しくファイルを作成します

メインメニューバー>ベクタ>データ管理ツール>レイヤの再投影 を選択



レイヤ欄に表示されたファイル名を右クリックします。

エクスポート> 地物の保存  
を選択します



「ベクタレイヤを名前を付けて保存」ダイアログが表示されます

**形式：**

ESRI Shapefile を選択すると、ArcMap でも利用できます

**ファイル名：**

適宜つけましょう

※ファイル名やパスに全角文字がある場合、エラーが生じる場合があります

**座標参照系：**変換したい座標系を選択します

OK ボタンをクリック

座標変換されたファイルが作成されます

画像（ラスタ）データも同じ手順で作業します



解像度はもとのデータと同じサイズに設定しましょう

## 7. 作業1：対象エリアの20Mメッシュポリゴンの準備

### QGISでの作業

準備するデータ

■ 解析対象のポリゴン：

- (1) 対象範囲ポリゴン
- (2) 20m メッシュポリゴン (p.18)

参照座標系を統一しておきましょう (6 準備 ページ 22～ 参照)

ゾーンは 19 に区分されています

<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html>

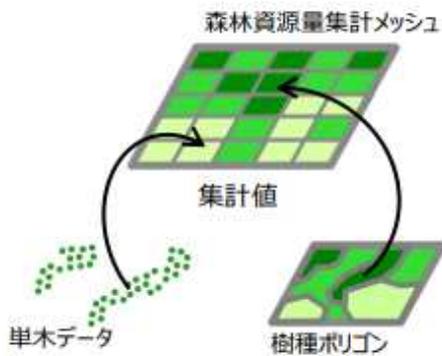
### TIPS

行政界 GIS データの入手

行政界 GIS データをお持ちでなければ、国土数値情報ダウンロードサイト (<https://nlftp.mlit.go.jp/>) から最新の行政区域データをダウンロードしてご利用ください。

### メッシュサイズについて

「3.航空機 LiDAR による森林計測」で述べた通り、「森林資源データ解析・管理標準仕様書案」では森林資源情報をメッシュ単位で取り扱うことが提案されており、その際の空間解像度として 20m メッシュ単位とすることとなっています。メッシュサイズを統一しておくことにより、森林資源集計ポリゴンと地位指数の情報を一対一で連携でき、利便性が高まります。



	属性名	形式	単位	全桁数	小数点以下桁数	備考	仕様区分 ●：基本 ○：推奨
イ)	解析樹種	Text		50		スギ ヒノキ類 マツ類 カラマツ トドマツ エゾマツ その他N クヌギ ナラ類 フナ その他L タケ 針広混交林 新植地 伐採跡地 その他	●
ク)	平均樹高	Double	m	4	小数点以下1桁		●

## ① -1 対象範囲の GIS ポリゴンを QGIS 画面に追加

QGIS を起動し、対象範囲ポリゴンと別途入手の 20mメッシュポリゴンを QGIS の画面に追加します

※QGIS にポリゴンを追加する方法はいくつかありますが、ここでは 1 例を示しています

拡張子.shp のデータを  
ドラッグ&ドロップで  
QGIS の画面に追加します

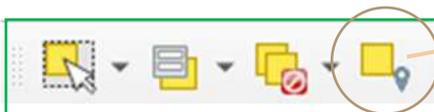
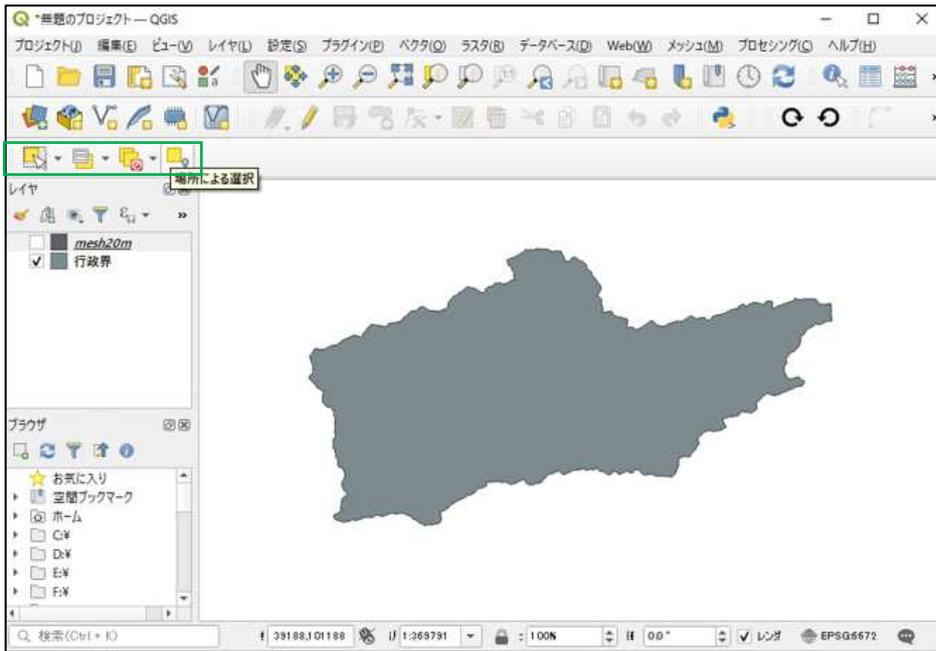
レイヤ  
行政区

ブラウザ  
お気に入り  
空間ブックマーク  
ホーム  
C:  
D:  
E:  
F:

## ① -2 不要な範囲を除外する

・20mメッシュポリゴンから不要な範囲を除外します

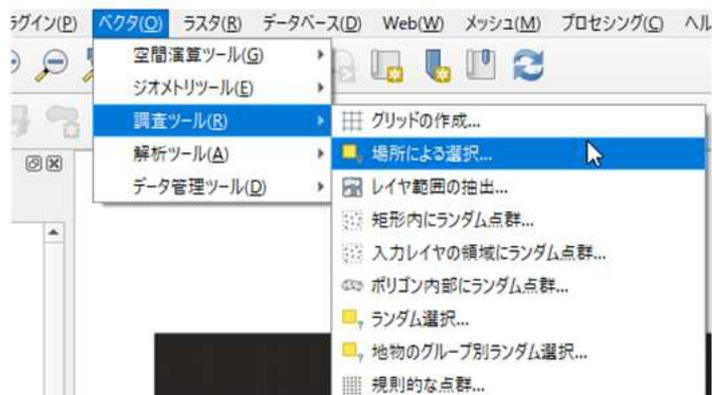
→ツールボタンから[場所による選択]ボタンを選択します



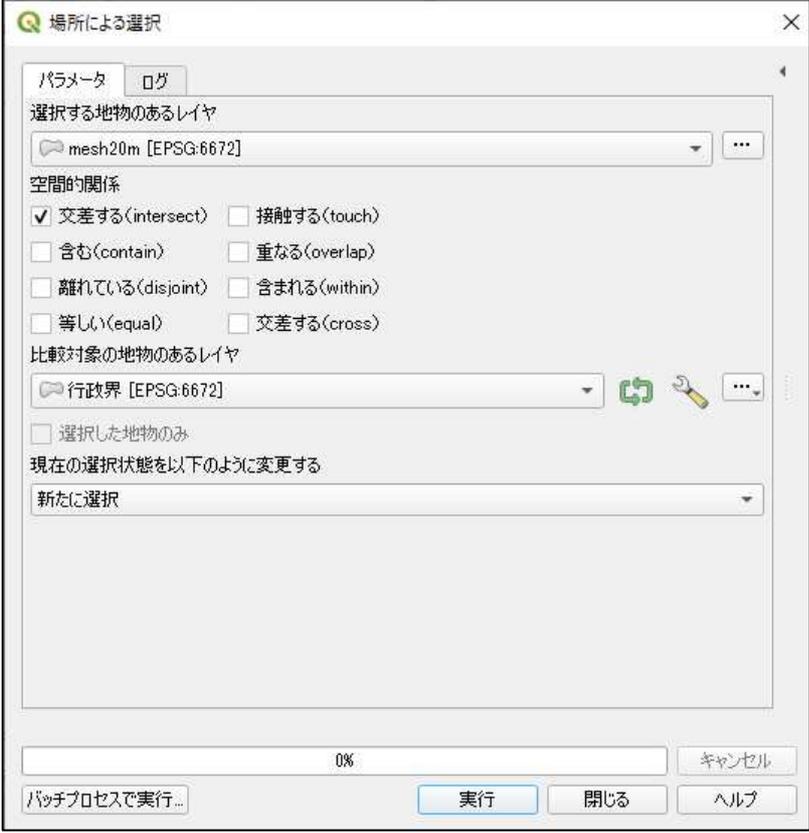
このボタンを使用します

「場所による選択」は下図のように

ベクタ> 調査ツール> 場所による選択… から使用できます



- ・ [場所による選択]画面では次のように入力します  
→入力後[実行]を選択します



場所による選択

パラメータ ログ

選択する地物のあるレイヤ  
mesh20m [EPSG:6672]

空間的關係

交差する(intersect)  接触する(touch)  
 含む(contain)  重なる(overlap)  
 離れている(disjoint)  含まれる(within)  
 等しい(equal)  交差する(cross)

比較対象の地物のあるレイヤ  
行政界 [EPSG:6672]

選択した地物のみ

現在の選択状態を以下のように変更する  
新たに選択

0%

キャンセル

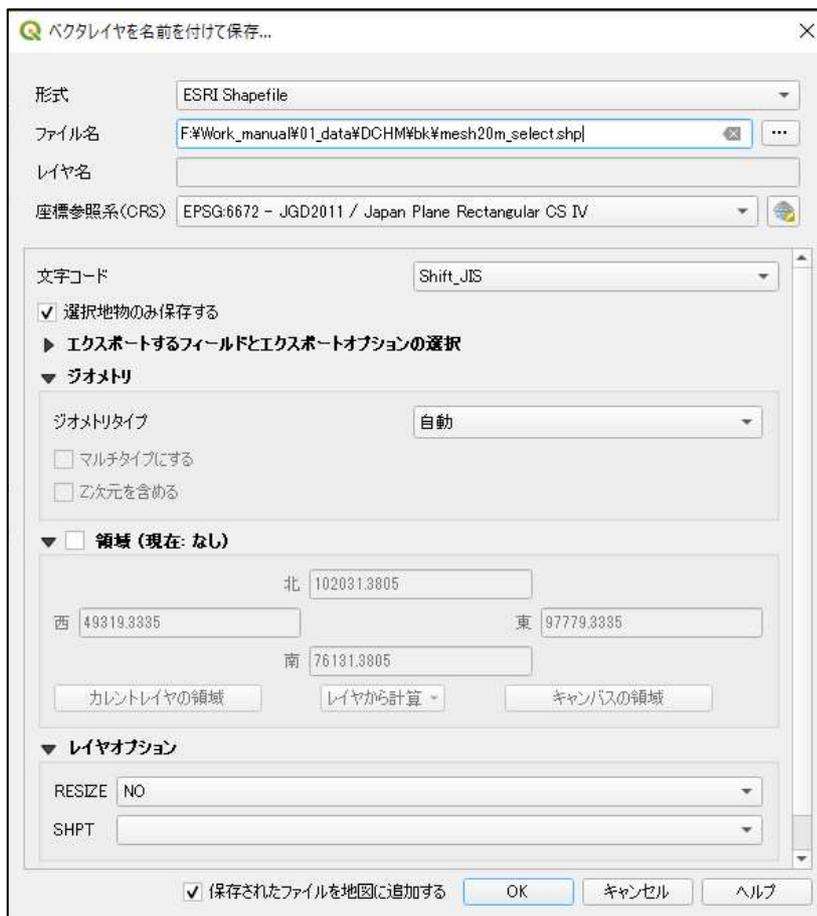
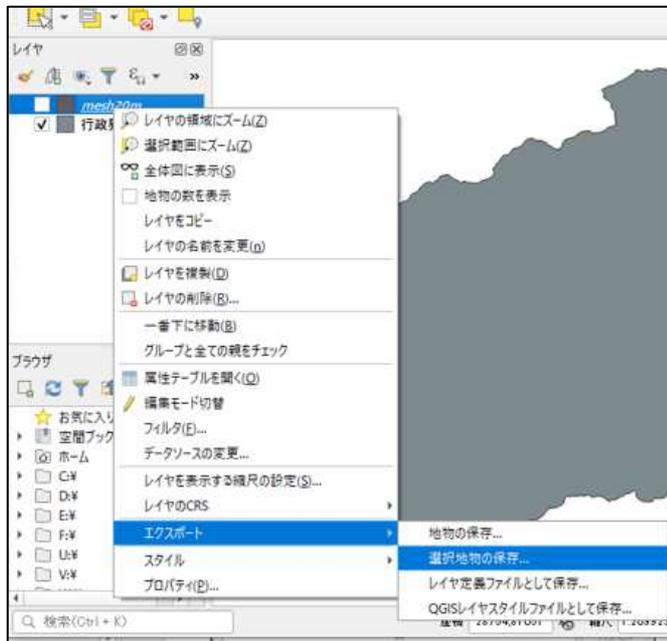
バッチプロセスで実行... 実行 閉じる ヘルプ

**選択する地物**：20mメッシュポリゴンを選択しましょう

**空間的關係**：「交差する」にチェックを入れましょう

**比較対象の地物**：対象範囲ポリゴンを選択しましょう

- ・ [実行]後、レイヤ画面から 20m メッシュポリゴンデータを選択し、  
右クリック→[エクスポート]→[選択地物の保存]を選択します



- ・ 任意の名前で保存することで対象範囲の 20m メッシュポリゴンデータを新しく作成することができます

変更が必要な箇所のみ記載します。  
出力ファイル：任意のファイル名を設定ください

※ファイル名やパスに全角文字がある場合、エラーが生じる場合があります

## 8. 作業2 : DCHM から 上層木平均樹高を計算

DCHM10m メッシュ内最大値抽出し、20m メッシュで平均します

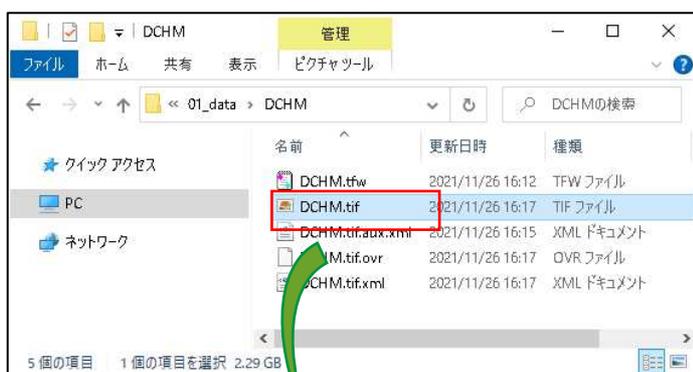
### QGIS での作業

準備するデータ

- DCHM 画像
- 作業1で作成した20mメッシュポリゴン

#### ① 10m メッシュごとに最大値を求める

##### ①-1 QGIS に樹冠高データ (DCHM) を追加する



ドラッグ&ドロップで

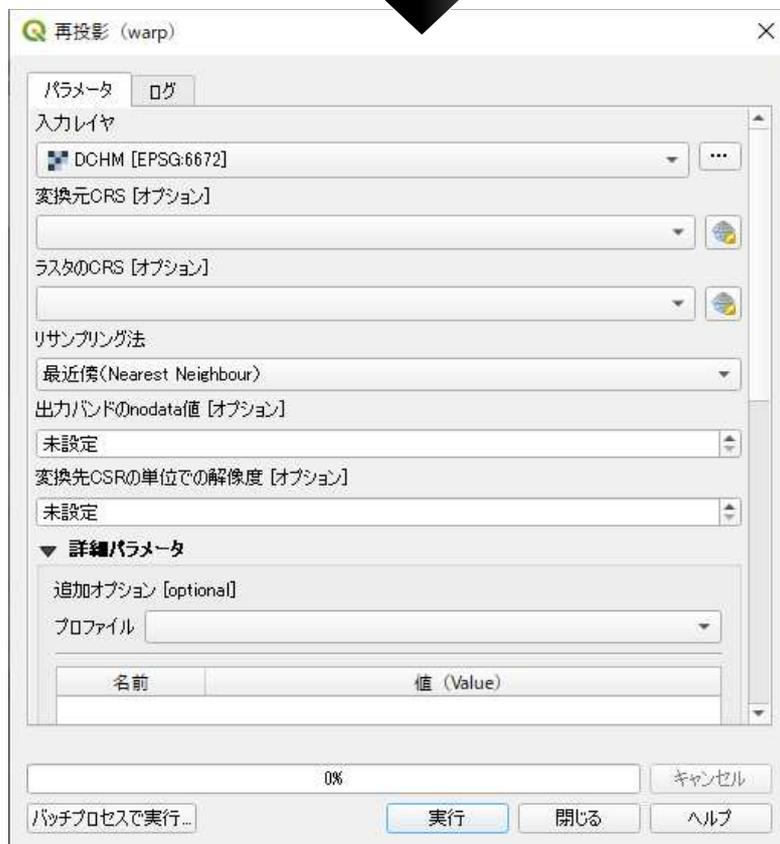
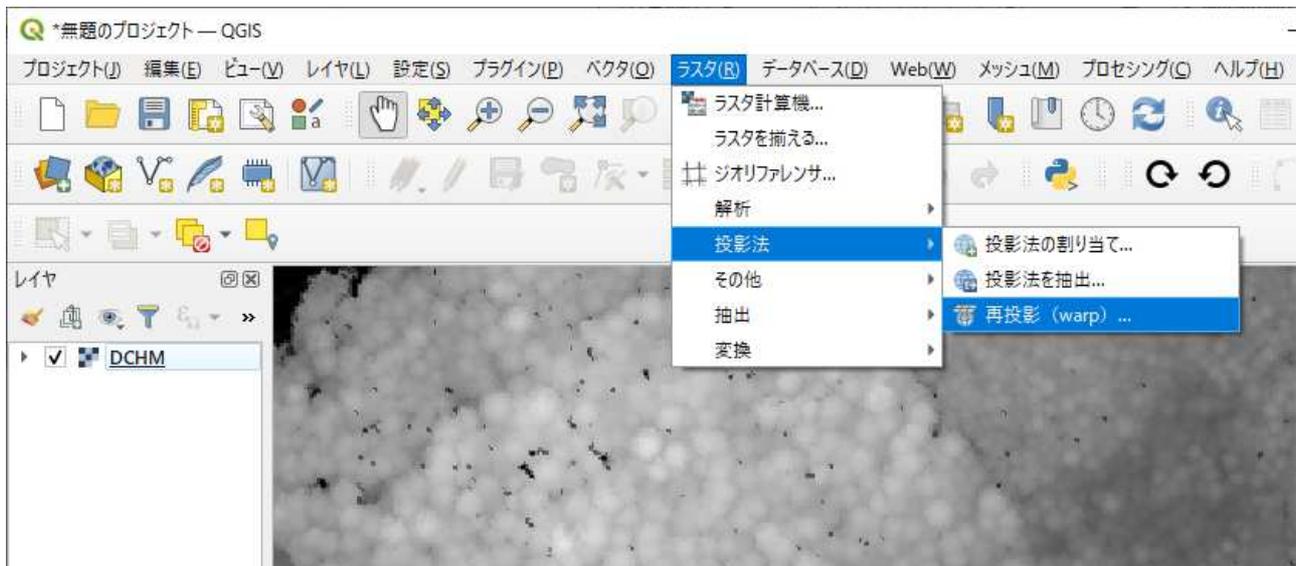
QGIS の画面に樹冠高データ  
(DCHM)を追加

します。



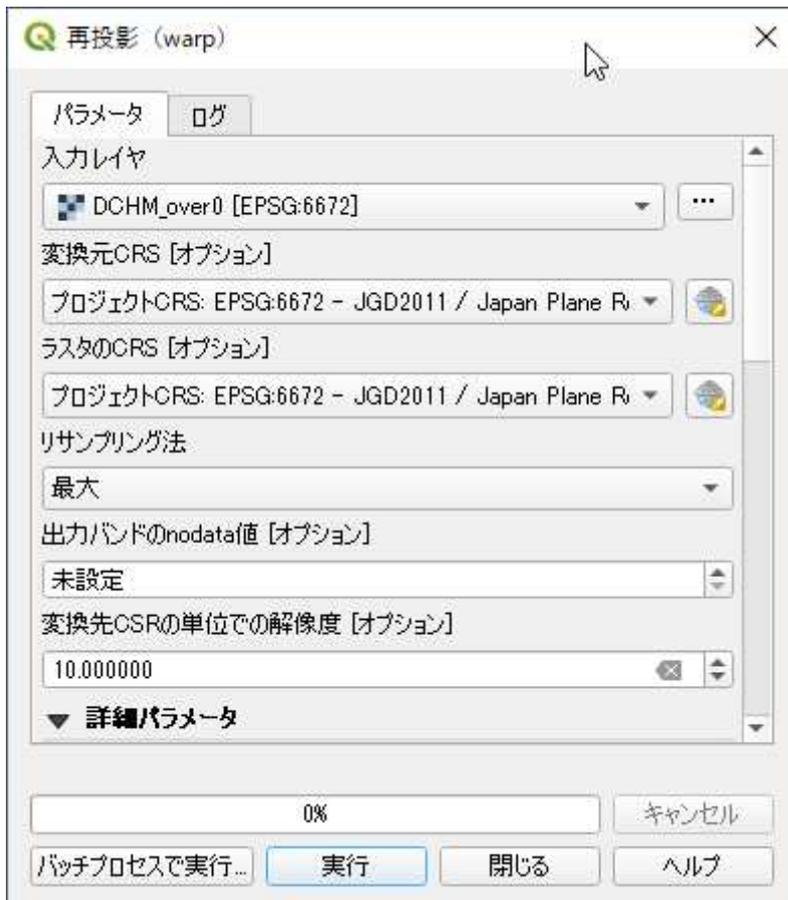
## ①-2 DCHMデータの解像度を変更する

・画面の[ラスタ]から[投影法]→[再投影(warp)]を選択



### ①-3 樹冠高データの解像度を変更する

- ・ [再投影(warp)]を選択すると新しい画面が表示されます



各項目は次のように選択します

**入力レイヤ** : DCHM を選択

**リサンプリング法** : **最大**

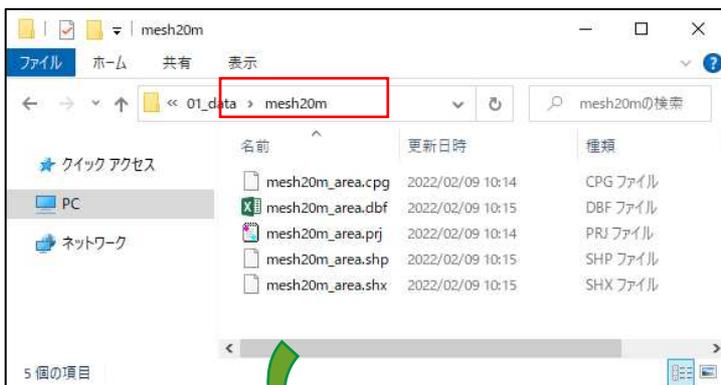
**変換先 CRS 単位での解像度** : **10**

**出力ファイル** : 任意のファイル名を設定

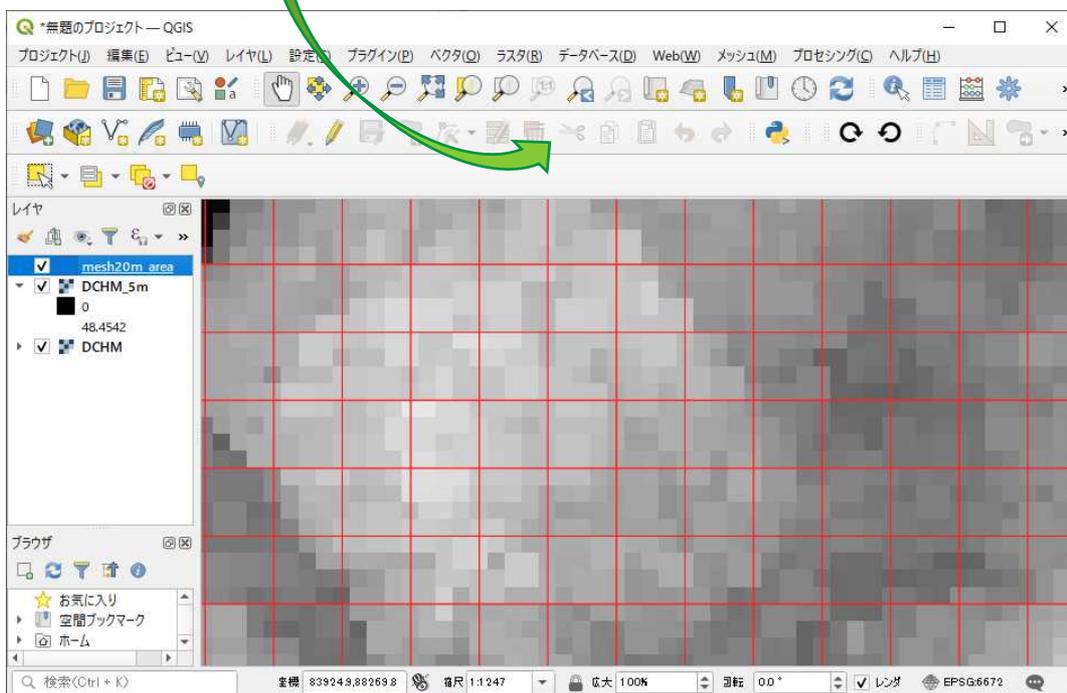
※ファイル名やパスに全角文字がある場合、エラーが生じるケースがあります

- ②-1 樹頂点の樹高を、20m メッシュ単位で平均する
- ②-1-1 20m メッシュポリゴンデータを QGIS に追加する

作業 1 で作成した、不要な範囲を除外した 20m メッシュポリゴンを準備します



ドラッグ&ドロップで  
QGIS の画面に 20m  
メッシュポリゴンデータを  
追加



## ②-1-2 20m メッシュごとに平均樹高を算出する

- ・ [プロセッシングツールボックス]から[ラスタ解析]→[ゾーン統計量 (ベクタ) ] を選択します

ゾーン統計量 (ベクタ)

パラメータ ログ

入力レイヤ  
Mesh20m\_area [EPSG:6672]

選択した地物のみ

ラスタレイヤ  
dchm\_10m [EPSG:6672]

対象バンド  
バンド 1 (Gray)

ラスタ値を収納するカラム名の接頭辞  
Ht

計算する統計量  
平均値 (Mean)

ゾーン統計量出力  
[一時レイヤを作成]

アルゴリズムの終了後に出力ファイルを開く

0%

詳細パラメータ バッチプロセスで実行... 実行

各項目は次のように選択します

**入力レイヤ：** ②-1-1 で追加した 20m メッシュポリゴンデータ

**ラスタレイヤ：** ①-2 で作成した 10m 解像度の DCHM データ

**ラスタ値を収納するカラム名の接頭辞：** Ht

**計算する統計量：** [...] より、平均を選択

パラメータ ログ

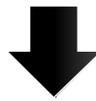
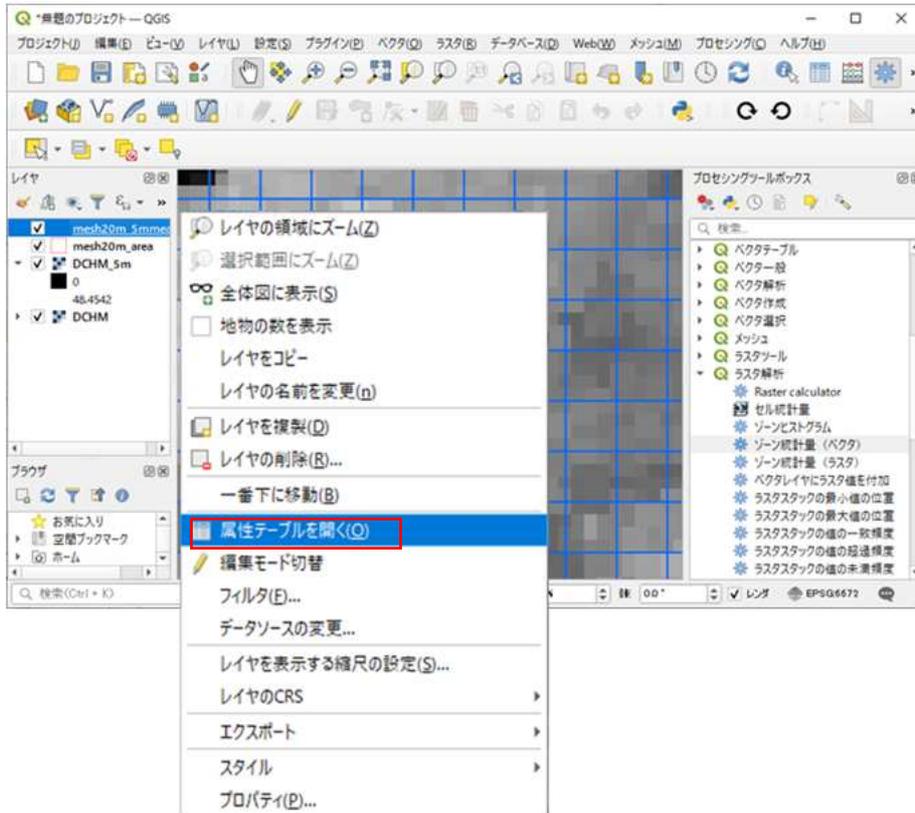
計算する統計量

- カウント (Count)
- 平均
- 中央値
- 標準偏差
- 最小値
- 最大値
- 範囲
- 最希少値
- 最頻値
- 多様
- 分散 (Variance)

**ゾーン統計量出力：** 任意のファイル名を設定

(保存ファイル名の例：  
Mesh20\_Ht)

- 出力された Shp ファイルの属性テーブルに平均樹高の値が追加されます



	id	left	top	right	bottom	mmea
232923	2477836	87579.33...	92031.38...	87599.33...	92011.38...	22.678...
232924	2119596	82039.33...	82531.38...	82059.33...	82511.38...	22.678...
232925	2546258	88639.33...	96291.38...	88659.33...	96271.38...	22.678...
232926	3097912	97159.33...	96611.38...	97179.33...	96591.38...	22.678...
232927	1885186	78419.33...	82831.38...	78439.33...	82811.38...	22.679...
232928	1900645	78659.33...	84451.38...	78679.33...	84431.38...	22.679...
232929	2031548	80679.33...	82291.38...	80699.33...	82271.38...	22.679...
232930	2180126	82979.33...	89231.38...	82999.33...	89211.38...	22.679...
232931	2999479	95639.33...	96871.38...	95659.33...	96851.38...	22.679...
232932	2710822	91179.33...	94311.38...	91199.33...	94291.38...	22.679...
232933	2110579	81899.33...	81571.38...	81919.33...	81551.38...	22.679...
232934	2982729	95379.33...	95171.38...	95309.33...	95151.38...	22.679...
232935	2393689	86279.33...	91471.38...	86299.33...	91451.38...	22.679...

フィールド名：  
平均値の場合、先ほど  
設定した接頭辞に  
mean という文字が追  
加されて表記されます

## 9. 作業3 : DTM 画像と DSM 画像から DCHM を作成

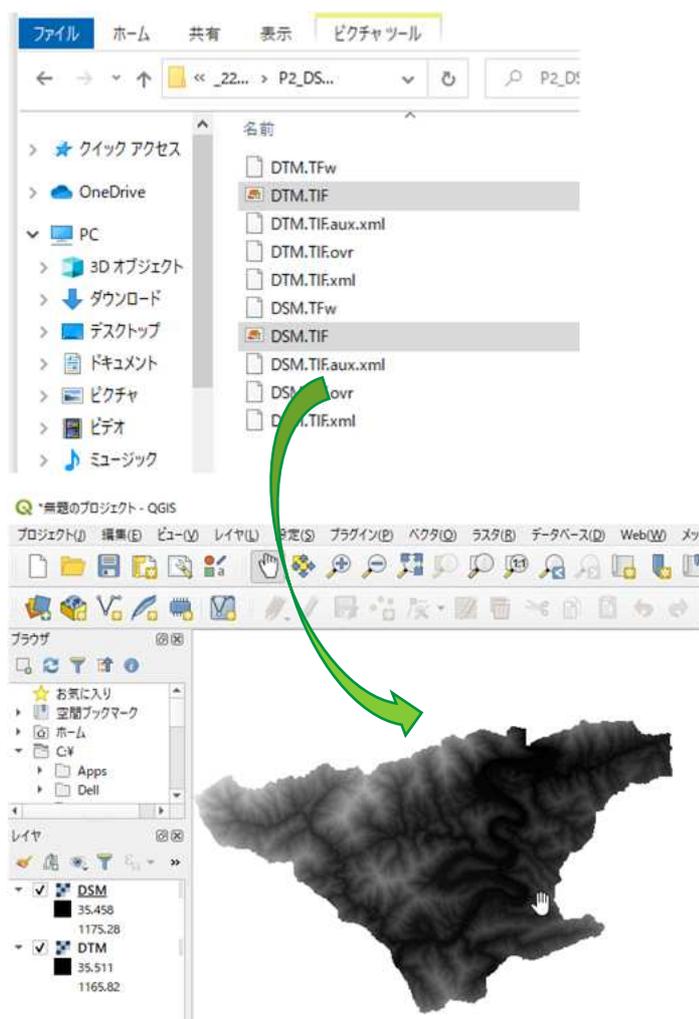
### QGIS での作業

準備するデータ

- DTM 画像
- DSM 画像

樹冠高 DCHM 画像がなく、地盤高 DTM と表面高 DSM の画像がある場合は、DSM と DTM の差分で DCHM 画像を作成します

#### ① ラスター計算機を使って DSM と DTM の差分を計算



エクスプローラーで、ファイルを格納しているフォルダを表示します

DTM (DEM と表記されることもある) 画像と DSM 画像を QGIS にドラッグアンドドロップします

画像がそれぞれ表示されます

ラスタ> ラスタ計算機...をクリックします



ラスタ計算機ダイアログが表示されます



【バンド】欄の DSM@ 1 をまずダブルクリックします

【式】に“DSM@ 1 ”と表示されます

【演算子】欄からマイナス記号「-」をクリックします

【バンド】欄の DTM@ 1 をダブルクリックします

出力レイヤのファイル格納場所と名前を決めます

OK ボタンを押します

**ラスタ計算機**

**バンド**

- DSM@1
- DTM@1

**ラスタレイヤ**

出力レイヤ: OCESS\_FILES#OUTPUT#DCHM

出力形式: GeoTIFF

選択レイヤの領域

X最小値: 78676.50000 X最大値: 97773.50000

Y最小値: 86227.50000 Y最大値: 97421.50000

カラム: 38194 行: 22388

出力の座標参照系(CRS): EPSG:6672 - JGD2011 / Japan F

結果をプロジェクトに追加する

**演算子**

+	*	sqrt	cos	sin	tan	log 10	(
-	/	^	acos	asin	atan	ln	)
<	>	=	!=	<=	>=	AND	OR
abs	min	max					

**式**

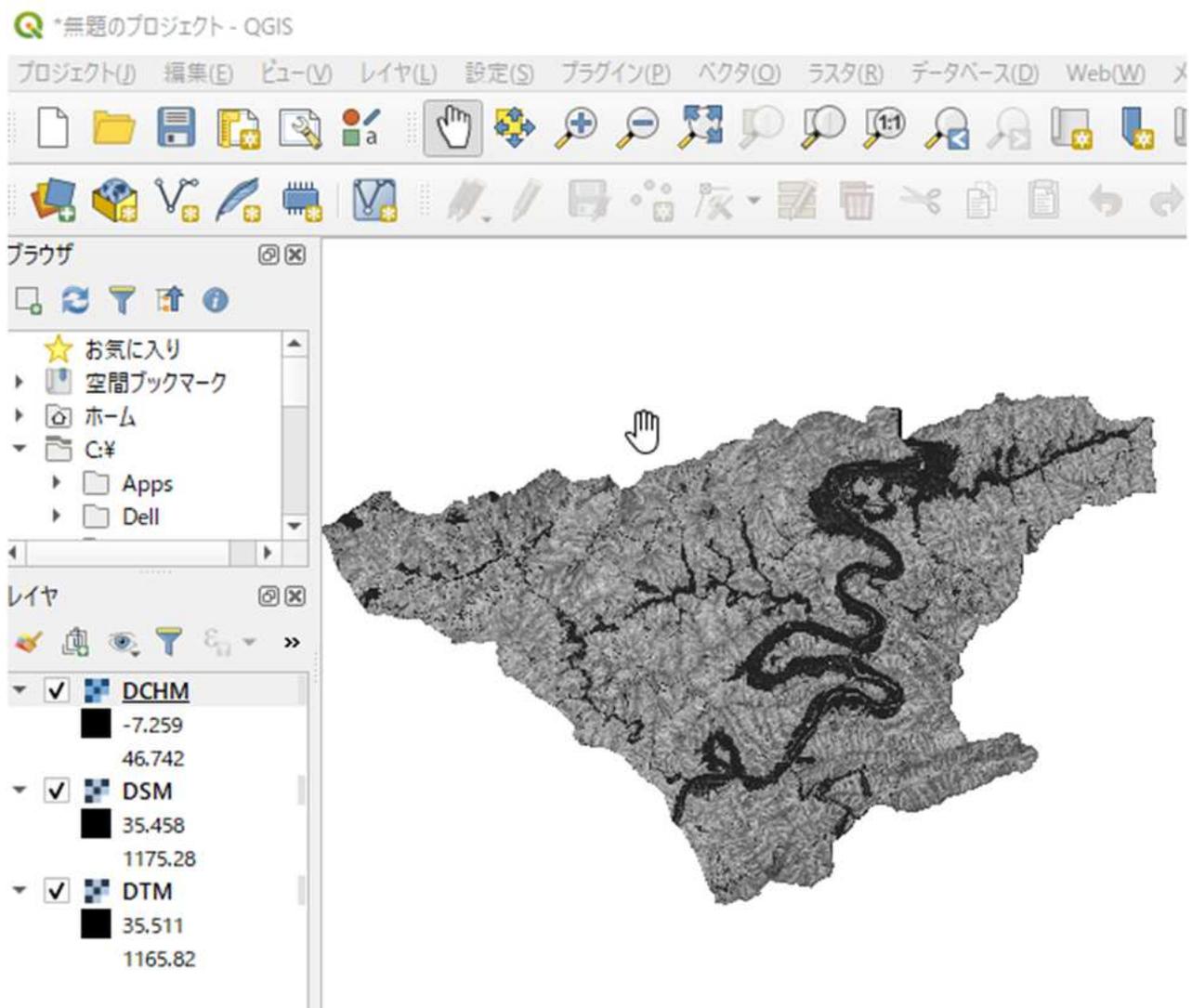
"DSM@1" - "DTM@1"

式は正しいです

OK キャンセル ヘルプ

しばらくすると、DCHM 画像がマップ画面に表示されます（1～10 分程度の時間を要す）

画像を拡大して、単木の樹冠の粒が見えるか確認してみましょう



DCHM の数値が 0 未満の場合、すべて 0 に置き換えます

ラスク計算機

バンド

DCHM@1  
DSM@1  
DTM@1

ラスタレイヤ

出力レイヤ %OUTPUT%\DCHM\_over0.tif

出力形式 GeoTIFF

選択レイヤの領域

X最小値 78676.50000 X最大値 97773.50000

Y最小値 86227.50000 Y最大値 97421.50000

カラム 38194 行 22388

出力の座標参照系(CRS) EPSG:6672 - JGD2011 / Jap

結果をプロジェクトに追加する

▼ 演算子

+ \* sqrt cos sin tan log10 (

- / ^ acos asin atan ln )

< > = != <= >= AND OR

abs min max

式

("DCHM@1" >= 0) \* "DCHM@1" + ("DCHM@1" < 0) \* 0

式は正しいです

OK キャンセル ヘルプ

条件① : ("DCHM@1" >= 0) \* "DCHM@1" ← DCHM 画像が 0 以上のセルは、DCHM@1 の数値を入力

条件② : ("DCHM@1" < 0) \* 0 ← DCHM 画像の数値が 0 未満のセルは、0 を入力

(5-6 分の時間を要す)

## 10. 作業 4 : TIFF 画像に変換

### QGIS での作業

本手引きでは手順は説明しませんが、後述のインターネットサイトで詳しい作業手順が記載されていますので、そちらを参照しながらデータを作成してみましょう。

#### TIPS

👉 ファイルの変換を発注先に依頼できるかも？

自分で変換することが困難な場合、発注先に TIFF 形式で再納品が可能か相談してみましょう。

ファイルサイズが大きく、またファイルも図郭で分割されているので、作業に時間を要します。

- QGIS の LiDAR プラグイン “LASstools”、“FUSION”の活用
- インターネットで分かりやすいサイトがあるので、そちらを参照して作業してみましょう  
「三次元点群データを QGIS でひり出してみた」

<https://qiita.com/Yfuruchin/items/7b9ea3e823824d2e4e86>

投稿日 2019 年 12 月 30 日 更新日 2020 年 01 月 12 日

# 11. 作業 5 : 樹種と林齢の 20M メッシュ化

## QGIS での作業

準備するデータ :

- 森林簿ポリゴン
- 作業 2 の上層木平均樹高のデータも含む 20m メッシュ

森林簿ポリゴンの林齢と樹種をそれぞれ 0.5m 解像度のラスターデータに変換し、そのあとに 20m メッシュ内の最頻値をそれぞれ抽出し、20m メッシュポリゴンデータに加工します。

### ① ベクタのラスター化

#### ① -1 小班ポリゴンを追加

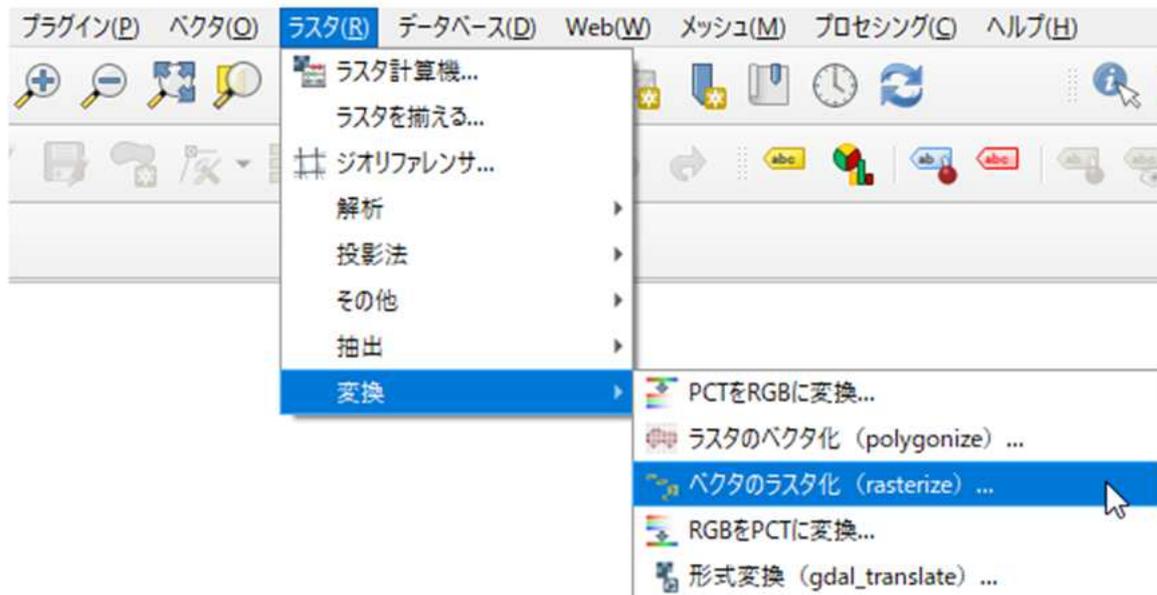
樹種・林齢情報が含まれている小班ポリゴンを QGIS に追加します

The screenshot illustrates the workflow in QGIS. At the top, a file explorer window shows the selection of the shapefile 'Shohan\_Jushu\_Rinrei\_LiDARarea.shp'. A blue arrow indicates the transfer of this data into the QGIS application. The main window shows the map canvas with the loaded data, and the 'レイヤ' (Layers) panel on the right confirms the layer's presence. The status bar at the bottom indicates the current scale and projection.

## ①-2 樹種コードをラスタ化

森林簿ポリゴンを使って、「ベクタのラスタ化」をします

ラスタ > 変換 > ベクタのラスタ化





バクタのラスタ化 (rasterize)

パラメータ ログ

入力レイヤ  
Shohan\_Jushu\_Rinrei\_LiDARArea

選択した地物のみ

焼きこむ値の属性(フィールド) [オプション]  
123 JushuCD

固定焼き込み値 [オプション]  
0.000000

出力ラスタサイズの単位  
地理単位

水平方向の解像度  
0.500000

鉛直方向の解像度  
0.500000

出力領域

出力バンドに指定nodata値を割り当てる [オプション]  
0.000000

▼ 詳細パラメータ

追加オプション [optional]  
プロファイル

名前	値 (Value)
----	-----------

検証  ヘルプ

出力のデータ型  
Int16

指定値で事前に初期化する (nodataを防止する) [オプション]  
未設定

逆ラスタ化 (最初の地物の値をそのポリゴンの外側に充填する)

追加のコマンドラインパラメータ [オプション]

ラスタ化  
D:/WORK/OUTPUT/jushucd.tif

アルゴリズムの終了後、出力ファイルを開く

0% キャンセル

パッチプロセスで実行... 実行 閉じる ヘルプ

以下の項目について設定しましょう

**入力レイヤ**：森林簿ポリゴンを選択しましょう

**焼きこむ値の属性 (フィールド)**：樹種コード (数値である必要があります) のフィールドを選択

**出力ラスタサイズの単位**：地理単位

**水平方向の解像度**：0.5m  
(LiDAR の解像度と合わせる)

**鉛直方向の解像度**：0.5m (LiDAR の解像度と合わせる)

**出力領域**：欄の右の  を押し、「レイヤの領域を使う…」を選択

詳細パラメータ

**出力のデータ型**：Int16

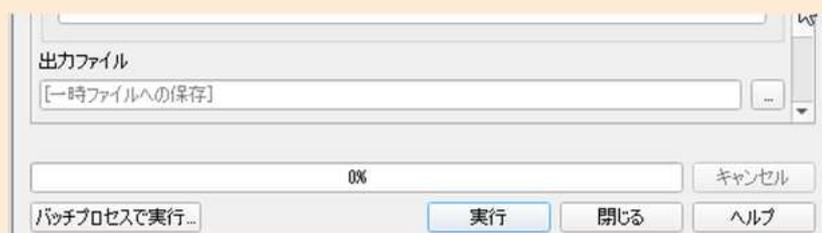
**ラスタ化**：保存場所とファイル名を指定しましょう (例：jushucd という名称で保存)

実行をクリックします (3-4 分要す)

メモ もし、作業時間がかかりすぎるようでしたら、作業をキャンセルして、ラスタ化欄で「一時ファイルへの保存」をしましょう。一時ファイル（OUTPUT という名前になる）がレイヤに表示されますので、これを Geotif 形式でエクスポートします。

↓ **出力ファイル欄を空欄にして実行をクリックすれば、一時ファイルが作成される**

**出力ファイルを空欄にしておく**



## ① -3 林齢をラスタ化

上述の①樹種コードのラスタ化と同じ手順で、林齢の 0.5m解像度の TIFF 画像を作成します（例：rinrei という名称で保存）

## ② 樹種と林齢を 20m メッシュにデータ集約

### ②-1 樹種データの集約

20m メッシュ内に情報を集約します

まず、上層木平均樹高を含む 20m メッシュファイルを QGIS 上で開きます

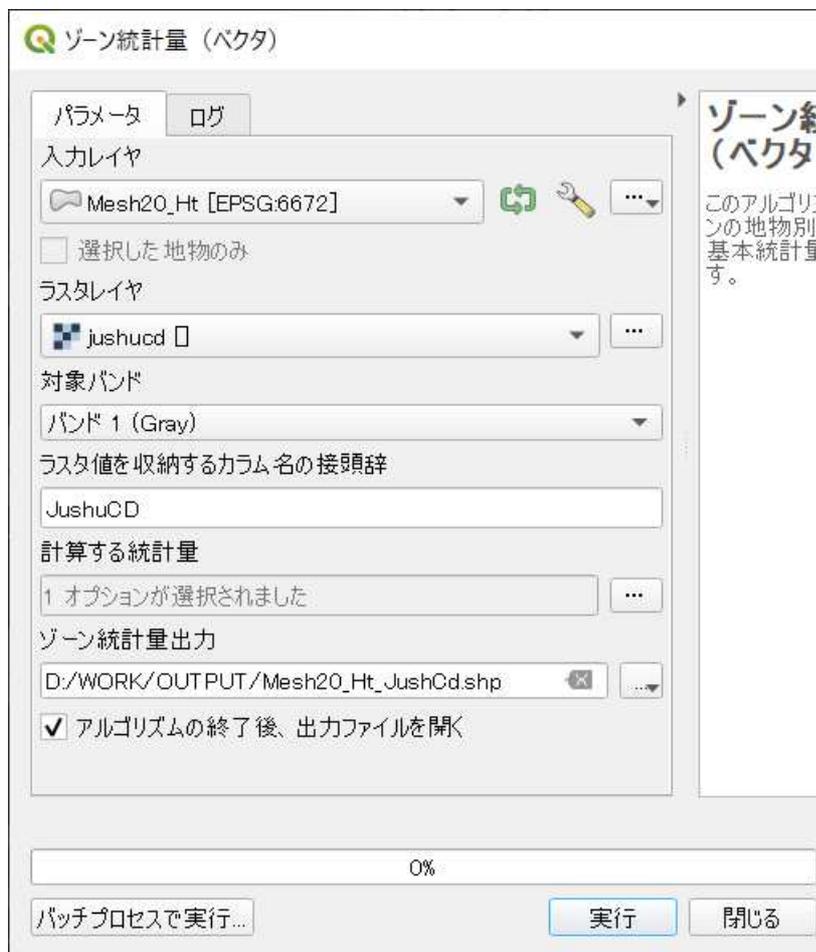
The image shows two screenshots from the QGIS software interface. The top screenshot is a file explorer window showing a directory named 'WORK > OUTPUT'. A file named 'Mesh20\_Ht.shp' is selected. A green callout box with white text says 'ドラッグ&ドロップで QGIS の画面に 20m メッシュポリゴンデータを追加' (Drag & drop to add 20m mesh polygon data to the QGIS screen). A green arrow points from this callout to the QGIS main window below. The QGIS window shows a project titled '\*無題のプロジェクト - QGIS'. The 'レイヤ' (Layers) panel on the left shows a layer named 'mesh20m\_area' with a sub-layer 'DCHM\_5m' containing a legend with a black square and the value '0'. The main map area displays a grid of red lines over a grayscale satellite-style image. The status bar at the bottom shows 'EPSG:6672' and '100%' zoom.

## 20m メッシュ内の統計値を抽出

プロセッシングツールボックス> ラスタ解析> ゾーン統計 (ベクタ) をクリック



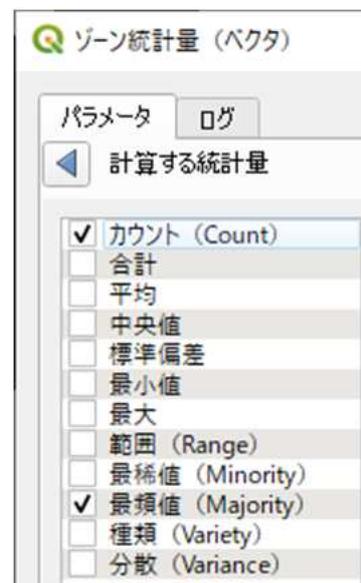
まず、樹種コードについて、20m メッシュ最頻値を抽出します



入力レイヤ：20m メッシュポリゴンデータを選択

ラスタレイヤ：樹種コードのラスタ  
ラスタ値を収納するカラム名の接頭辞：JushuCD

計算する統計量：カウントと最頻値にチェック



ゾーン統計量出力：作成するファイルの格納場所とファイル名を指定

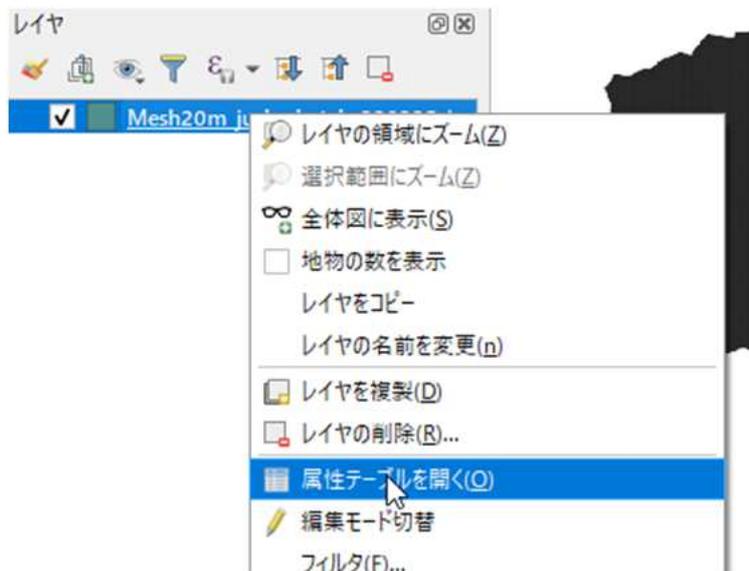
(保存ファイル名の例：  
Mesh20\_Ht\_JushCD)

※ ファイル名やパスに全角文字がある場合、エラーが生じるケースがあります

作成したファイルを確認します

ファイルが自動的に開かれていれば、レイヤ欄でファイルを確認できます

ファイル名の上で右クリックし、「属性テーブルを開く」をクリックします



新しく2つのフィールドが作成されています。

JushuCDcount:

20m メッシュ内の Null 値以外の 0.5mメッシュの数

JushuCDmajority:

樹種コードの最頻値

フィールド名 :

カウントの場合、先ほど設定した接頭辞に count という文字が追加されて表記されます

最頻値の場合、先ほど設定した接頭辞に majority という文字が追加されて表記されます

Mesh20m\_jushu batch\_220225\_jushu :: 地物数 合計: 1742202、フィルタ: 1742202、選択: 0

fid	id	left	top	right	bottom	JushuCDcount	JushuCDmajority
1	1	49309.72607545...	92009.6489751268	49329.72607545...	91989.6489751268	0	NULL
2	2	49309.72607545...	91989.6489751268	49329.72607545...	91969.6489751268	0	NULL
3	3	49329.72607545...	92009.6489751268	49349.72607545...	91989.6489751268	259	38
4	4	49329.72607545...	91989.6489751268	49349.72607545...	91969.6489751268	1.182722685414...	38
5	5	49329.72607545...	91969.6489751268	49349.72607545...	91949.6489751268	0	NULL
6	6	49329.72607545...	90009.6489751268	49349.72607545...	89989.6489751268	1118	38
7	7	49329.72607545...	89989.6489751268	49349.72607545...	89969.6489751268	1569	38
8	8	49329.72607545...	89969.6489751268	49349.72607545...	89949.6489751268	1190	38
9	9	49349.72607545...	92029.6489751268	49369.72607545...	92009.6489751268	304	38

## ②-2 林齢データの集約

林齢についても同じ操作で進めます

入力レイヤ：上で作成した樹種コードがついた 20m メッシュポリゴンを使いましょう

ラスタ値を収納するカラム名の接頭辞：Rinrei

保存ファイル名の例：Mesh20\_Ht\_JushCD\_Rinrei

※ ファイル名やパスに全角文字がある場合、エラーが生じる場合があります

## 12. 作業 6 : 地位指数曲線 作成のためのサンプリング

### QGIS での作業

準備するデータ :

- 作業 5 で作成したファイル
- 森林簿ポリゴン
- その他現地を確認できるファイル  
(DSM や DTM、河川データ、  
空中写真、衛星画像など)

#### TIPS

##### 森林簿林齢の齟齬をあらかじめ抽出

サンプリングする時には林齢の確実性が高い箇所を選択することが前提となりますが、判断が難しい場合があります。

その場合、あらかじめ、作業 8 の地位指数分布図作成について、既存の係数を使って地位指数を計算してみましょう。

地位指数の数値が妥当な数値（例：既存の地位区分の最大と最小の枠内に収まる）の地点をサンプリングするののも一つの手段です。

### 航空機 LiDAR 計測データを使った地位指数曲線作成の サンプリング方法

地位指数曲線を作成するために、作成した 20m メッシュポリゴンデータからサンプリングを行います。

サンプリングは、収穫予想表を作成する場合に行われる地上調査の調査地選定と同様の考え方で実施します。調査地選定について、以下のような点に留意する必要があります。

- 信頼性の高い収穫予想表の作成には、一つの樹種・地域を対象とした場合、少なくとも 100 点以上必要
- 林齢（齢級）別に均等になるようにサンプリングする必要

現地調査では、予算や労力の関係から調査できる点数が限られますが、航空機 LiDAR 計測データの場合は、コンピューター上で選択するだけですので、齢級ごとに 10 点程度、20 齢級あると想定して 200 点程度をサンプリングします。

サンプリングにあたっては、以下の点に留意する必要があります。まず第一に、

- 林齢が確実である

ことが必須になります。林齢に対して航空機 LiDAR データから算出した上層木平均樹高（作業 5）が高すぎるないし低すぎる場合は、林齢が誤りである可能性が高いので、そのような場所はあらかじめ除外する必要があります。そのうえで、以下の事項に留意してメッシュデータをランダムにサンプリングしていきます。

- 育成単層林で、面積 1 ha 以上の小班
- 林縁が含まれるメッシュは除外する
- 地質、地形、傾斜などに偏りが生じないようにサンプリング地点を決定する（8 ページのコラムもご参照ください）

若齢林や高齢林では、1 齢級あたりでサンプルできる箇所数が目標に満たない場合も考えられますが、その場合は隣の齢級で必要数を満たすようにサンプリングしましょう。

補助的に Google Earth/Map や国土地理院の地理院地図（電子国土 Web）等も活用し、現在から過去までの林相の変遷を確認することで、より確実なサンプリングが可能になります。

## サンプリング作業

具体的なサンプリング作業では、QGIS でサンプリングするメッシュデータを選択し、属性テーブルにチェックを入れていきます。あらかじめ属性テーブルに「●●」フィールド（整数型）を追加し、サンプリングしたメッシュについて「1」を記入します。

## CSV 出力 / Excel への読み込み

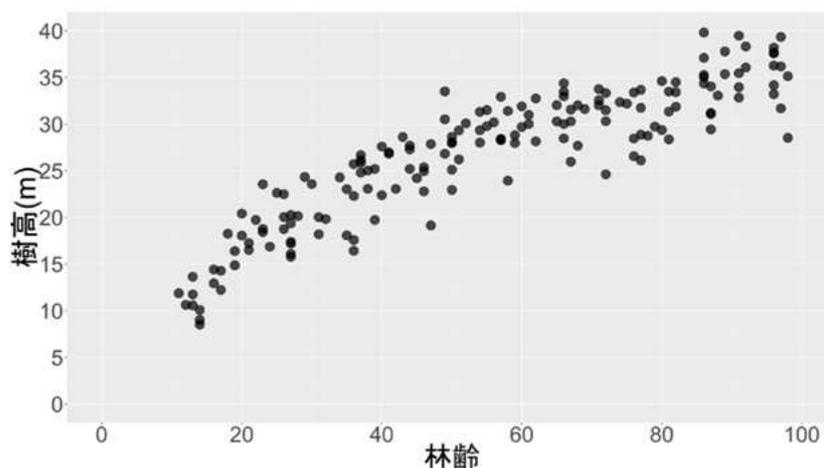
サンプリングが終了したらサンプリングデータ（●●フィールドが 1 のデータにフィルタを掛ける）を csv 形式でエクスポートします。Csv データを EXCEL ファイルに読み込み、後述の樹高成長曲線をあてはめます。

## サンプリングの例

例) 齢級ごとに 10 サンプル、3～20 齢級までの計 180 サンプルを取得し、樹高と林齢をプロット

林齢	サンプル数
10-15	10
16-20	10
21-25	10
26-30	10
31-35	10
36-40	10
41-45	10
46-50	10
51-55	10
56-60	10
61-65	10
66-70	10

林齢	サンプル数
71-75	10
76-80	10
81-85	10
86-90	10
91-95	10
96-100	10



## 13. 作業 7 : 樹高成長曲線のあてはめ

### Microsoft Excel での作業

準備するデータ :

- 作業 6 で作成したファイル (CSV や txt などのテキスト形式のファイル)

注) 本手引きは Microsoft 365 での作業画面を掲載しています

#### TIPS

Microsoft Excel のソルバーツール

ソルバーそのものについては“エクセル ソルバー”等で検索してください。

林齢と樹高の関係を示す樹高成長曲線式で使われる主要な成長曲線式はゴンペルツ式、ミッチャーリッヒ式、リチャーズ式は 3 つです。

どの式を樹高成長曲線式として採用するかは林齢と樹高のデータを各式に当てはめた後、各式の精度指標の値を比較して決定します。

式への当てはめは、R や Microsoft Excel が利用できます。ここでは操作が比較的容易である Microsoft Excel のソルバーツールを用いた樹高成長曲線の作成方法を示します。

ここで作成された曲線を地位指数曲線 (ガイドカーブ) とします。

#### 【参考】 主要な成長曲線式

以下、 $a$ 、 $b$ 、 $k$  はパラメータで、ソルバーツールで求める

ゴンペルツ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \exp\left(-b \times \exp(-k \times \text{林齢})\right)$

ミッチャーリッヒ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \left(1 - b \times \exp(-k \times \text{林齢})\right)$

リチャーズ式 : 上層木平均樹高  $H_t = a \times \left(1 - \exp(-k \times \text{林齢})\right)^b$

## ① ソルバーの準備



Excel のアドインをクリックすると、EXCEL のアドイン画面が表示されます

アドインをクリックします

管理(A):Excel アドインを選択し、設定ボタンを押します



アドイン画面が表示されますので、ソルバーアドインのボックスをクリックし、チェックマークが表示された状態にします

OK ボタンを押します



メインメニューバーのデータタブに、ソルバーが追加されます

## ② 樹高成長曲線のあてはめ

次にソルバーを使った樹高曲線の係数を計算する Excel シートを例として示します

例では、ゴンペルツ、ミッチャーリッヒ、リチャーズの 3 種類の式別にシートを準備しています

ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式 データ 校閲 表示 自動化 開発 ^

自動保存  オフ 上書き保存 元に戻す やり直し

Q18

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	樹高曲線へのあてはめ							
2	ゴンペルツ式							
3	上層木平均樹高 = $a \times \exp(-b \times \exp(-k \times \text{林齢}))$							
4								
5	データ緒元				精度指標			
6	樹種	スギ		決定係数	#DIV/0!		自由度調整済み	
7	地域	〇〇		RMSE	#DIV/0!			
8	サンプル数	0		AIC	#DIV/0!			
9	平均値	#DIV/0!						
10	残差平方和	1054712		←ソルバーでこれを最小化する				
11	平均との差の2乗和	#DIV/0!						
12								
13	モデルパラメータ							
14	パラメータ数	3						
15	a	20		←ソルバーで変化させるセル				
16	b	0.1		←ソルバーで変化させるセル				
17	k	0.1		←ソルバーで変化させるセル				
18	地位指数	19.17407						
19								
20	データ				モデル			
21	林齢	上層樹高	推定値	残差平方	平均との差 <sup>2</sup>	林齢	推定樹高	
22			2.0	4	#DIV/0!	1	2.489961	
23			2.0	4	#DIV/0!	2	3.035982	
24			2.0	4	#DIV/0!	3	3.632551	
25			2.0	4	#DIV/0!	4	4.272774	
26			2.0	4	#DIV/0!	5	4.948794	
27			2.0	4	#DIV/0!	6	5.652211	
28			2.0	4	#DIV/0!	7	6.374479	
29			2.0	4	#DIV/0!	8	7.107241	

< > 比較 Gompertz. Mitscherlich Richards Sheet1 Shee

ミッチャーリック式のシートを次のページにサンプルとして記載します



- 精度指標の計算に用いる。
- 各関数とデータの行範囲を入力。

- 「パラメータ数」を入力する。(AICの計算に用いる。ミッチャーリッヒ式の場合、 $a$ 、 $b$ 、 $k$ の3つのため3を入力)
- $a$ 、 $b$ 、 $k$ は既存の樹高成長曲線式等の $a$ 、 $b$ 、 $k$ を参考にあらかじめ入力しておく。参考になる樹高成長曲線が存在しない場合は他地域のものでも利用可能。ソルバーにより最終的な解に書き換わる。
- 地位指数にガイドカーブの地位指数が表示される。

- 確度が高い林齢とLiDARから得られた上層樹高を入力する。
- 上層樹高の選び方は作業6を参照のこと。

	A	B	C	D	E
2	<b>データ緒元</b>				
3	サンプル数		=COUNT(A17:A263694)		
4	平均値		=AVERAGE(B17:E263694)		
5	残差平方和		=SUM(D17:D263694)		←ソルバーでこれを最小化する
6	平均との差の2乗和		=SUM(E17:E263694)		
7	<b>モデルパラメータ</b>				
8	パラメータ数	3			
9	$a$	48.0504303939119			←ソルバーで変化させるセル
10	$b$	0.790853981298015			←ソルバーで変化させるセル
11	$k$	0.00698907386900908			←ソルバーで変化させるセル
12	地位指数		= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*40))$		
13	<b>データ</b>				
14	林齢	上層樹高	推定値	残差平方	平均との差 <sup>2</sup>
15	19	12.7	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A17))$	=(B17-C17) <sup>2</sup>	=(B17-\$C\$4) <sup>2</sup>
16	19	12.2	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A18))$	=(B18-C18) <sup>2</sup>	=(B18-\$C\$4) <sup>2</sup>
17	19	10.4	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A19))$	=(B19-C19) <sup>2</sup>	=(B19-\$C\$4) <sup>2</sup>
18	19	10.4	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A20))$	=(B20-C20) <sup>2</sup>	=(B20-\$C\$4) <sup>2</sup>
19	19	12.9	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A21))$	=(B21-C21) <sup>2</sup>	=(B21-\$C\$4) <sup>2</sup>
20	19	14	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A22))$	=(B22-C22) <sup>2</sup>	=(B22-\$C\$4) <sup>2</sup>
21	19	13.9	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A23))$	=(B23-C23) <sup>2</sup>	=(B23-\$C\$4) <sup>2</sup>
22	19	7.2	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A24))$	=(B24-C24) <sup>2</sup>	=(B24-\$C\$4) <sup>2</sup>
23	19	12.1	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A25))$	=(B25-C25) <sup>2</sup>	=(B25-\$C\$4) <sup>2</sup>
24	19	12.3	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A26))$	=(B26-C26) <sup>2</sup>	=(B26-\$C\$4) <sup>2</sup>
25	19	8.4	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A27))$	=(B27-C27) <sup>2</sup>	=(B27-\$C\$4) <sup>2</sup>
26	19	8	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A28))$	=(B28-C28) <sup>2</sup>	=(B28-\$C\$4) <sup>2</sup>
27	19	11.9	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A29))$	=(B29-C29) <sup>2</sup>	=(B29-\$C\$4) <sup>2</sup>
28	19	9.6	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A30))$	=(B30-C30) <sup>2</sup>	=(B30-\$C\$4) <sup>2</sup>
29	19	12.2	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A31))$	=(B31-C31) <sup>2</sup>	=(B31-\$C\$4) <sup>2</sup>
30	19	7.4	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A32))$	=(B32-C32) <sup>2</sup>	=(B32-\$C\$4) <sup>2</sup>
31	19	7.7	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A33))$	=(B33-C33) <sup>2</sup>	=(B33-\$C\$4) <sup>2</sup>
32	19	6.9	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A34))$	=(B34-C34) <sup>2</sup>	=(B34-\$C\$4) <sup>2</sup>
33	19	6.4	= $\$C\$10*(1-\$C\$11*EXP(-1*\$C\$12*A35))$	=(B35-C35) <sup>2</sup>	=(B35-\$C\$4) <sup>2</sup>

•  $a$ 、 $b$ 、 $k$ を引数、林齢を40年として成長曲線を入力する

• 林齢とモデルパラメータの $a$ 、 $b$ 、 $k$ を引数とした成長曲線式を入力しておく。

• データ諸元の各統計値用の計算式を入力。

表示する 標準

挿入 数値 スタイル

標準 2 標準

条件付き書式 テーブルとして書式設定

どちらでもない 悪い

	F	G	H
<b>精度指標</b>			
決定係数		$=1-(\$C\$5/(\$C3-\$C9-1))/(\$C\$6/(\$C3-1))$	自由度調整済み
RMSE		$=\text{SQRT}(C5/\text{COUNT}(B17:B1872))$	
AIC		$=C3*\text{LN}(F1)+C3*\text{LN}(C5/C3)+2*C9+C3$	

- データ諸元の各統計値を引数とした計算式を入力しておく。
- 他の成長曲線式と比較してどの成長曲線式を樹高成長曲線式として採用するか検討する。
- 精度指標については統計の教科書、インターネット等で参照のこと。

モデル	
林齢	推定樹高
1	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F17))$
2	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F18))$
3	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F19))$
4	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F20))$
5	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F21))$
6	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F22))$
7	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F23))$
8	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F24))$
9	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F25))$
10	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F26))$
11	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F27))$
12	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F28))$
13	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F29))$
14	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F30))$
15	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F31))$
16	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F32))$
17	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F33))$
18	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F34))$
19	$=\$C\$10*(1-\$C\$11*\text{EXP}(-1*\$C\$12*F35))$

- ソルバーツールで得られた  $a$ 、 $b$ 、 $k$  を当てはめた推定樹高が得られる。これを元に樹高成長曲線を描ける。
- 林齢は任意の範囲を入力しておく。
- 推定樹高には林齢とモデルパラメータの  $a$ 、 $b$ 、 $k$  を引数とした成長曲線式を入力しておく（推定値で入力した式と似ている）。

ソルバーツールの設定の例を示します

ここでは、モデル式に対するサンプル値の残差平方和（セル C5）を最小とするようなパラメータ（ $a$ 、 $b$ 、 $k$ ）の最適解を求めるように設定しています

ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I)

目標値:  最大値(M)  最小値(N)  指定値:(Y)

変数セルの変更:(B)

制約条件の対象:(U)

制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択: GRG 非線形

解決方法  
滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプルックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリューション ナリ エンジンを選択してください。

- データ諸元の残差平方和（赤枠で囲ったセル）を入力する
- モデルパラメータの  $a$ 、 $b$ 、 $k$ （緑枠で囲ったセル）を入力する

「解決」をクリックすると計算結果の表示とともに、設定シートのモデルパラメータの  $a$ 、 $b$ 、 $k$  が書き換わります

### ③ 精度の比較とモデルの決定

各式のシートの計算結果から「決定係数」「RMSE（二乗平均平方根誤差）」「AIC（赤池情報量規準）」の3つの精度指標が算出されますので、最もあてはまりの良いモデル式を選択します（ガイドカーブの決定）

設定シートのモデルの林齢と推定樹高の値を用いて、樹高曲線（ガイドカーブ）の図や表が作成できます

採択された樹高曲線式をもとに、20mメッシュの林齢・上層木平均樹高を使い、作業8の地位指数の算出を行います

# 14. 作業 8 : 地位指数分布図の作成

## QGIS での作業

準備するデータ :

- 作業 5 で作成した樹高、樹種、林齢情報が格納された 20m メッシュポリゴン

まず、各メッシュの地位指数曲線の係数  $a$  を計算します。この計算には、ガイドカーブの係数  $b$ 、 $k$ 、各メッシュの上層木平均樹高  $H_t$ 、林齢を使います。次に、計算した  $a$  とガイドカーブの係数  $b$  と  $k$ 、そして各メッシュの林齢と樹高から地位指数を推定します。計算ツールは QGIS の属性テーブル内フィールド計算機です。

例として、徳島県の地位指数曲線の係数を使った計算プロセスを以下に示します。

### ① 地位指数曲線（ガイドカーブ）の係数の確認

#### ● 20m メッシュごとの係数 $a$ の計算式

概要 : ミッチャーリッヒ式（上層木平均樹高  $H_t = a \times \left(1 - b \times \exp(-k \times \text{林齢})\right)$ ）を使ったガイドカーブの係数  $b$ 、 $k$  を使って各メッシュの  $a$  を算出  
前提 : 樹種別の絶対地位指数は、 $b$ 、 $k$  は固定で  $a$ （樹高の指標）が変動する

ガイドカーブ（中央線）の係数

樹種	樹種コード	計算式	$a$	$b$	$k$
スギ	1	$H_t = 27.1209(1 - 0.9607 \exp(-0.026 * t))$	27.1209	0.9607	0.0260
ヒノキ	2	$H_t = 20.8915(1 - 0.9677 \exp(-0.0269 * t))$	20.8915	0.9677	0.0269

出典 スギ : [徳島県農林水産部林業飛躍局林業戦略課, 2012]、ヒノキ [徳島県農林水産部林業飛躍局林業戦略課, 2013]

$$a \text{ を求める計算式} \quad a = \frac{H_t}{1 - b \times \exp(-k \times \text{林齢})}$$

$H_t$ : LiDAR DCHM( 20m MAX) を入力

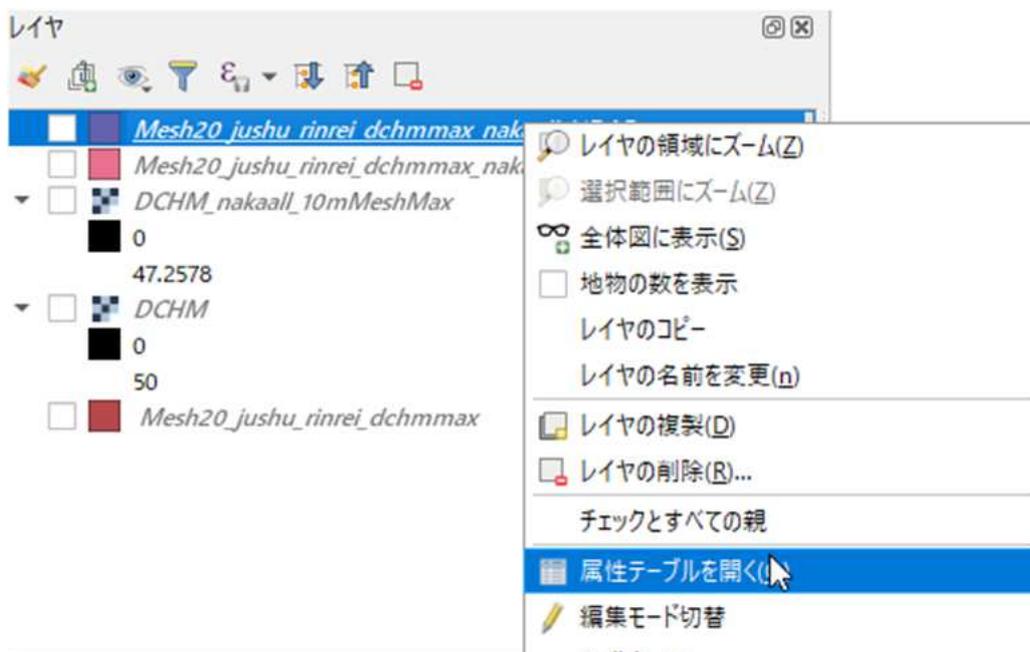
$t$ : 森林簿林齢を入力

### ② フィールド計算機を使った樹種別の $a$ の計算

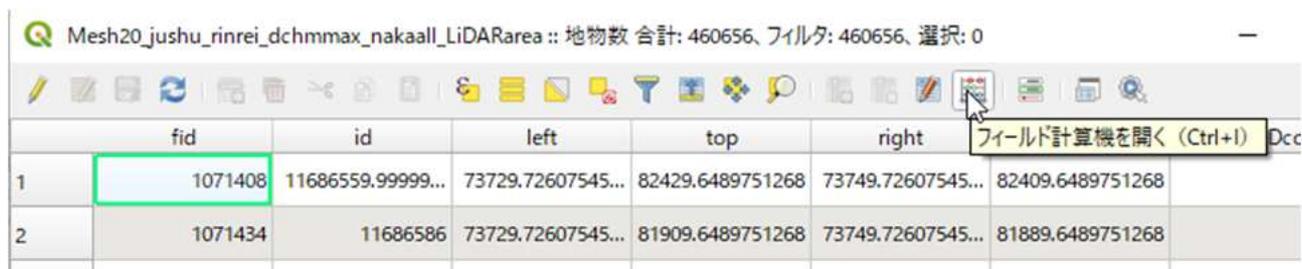
$a$  の計算では、QGIS のフィールド計算の“条件”を使います

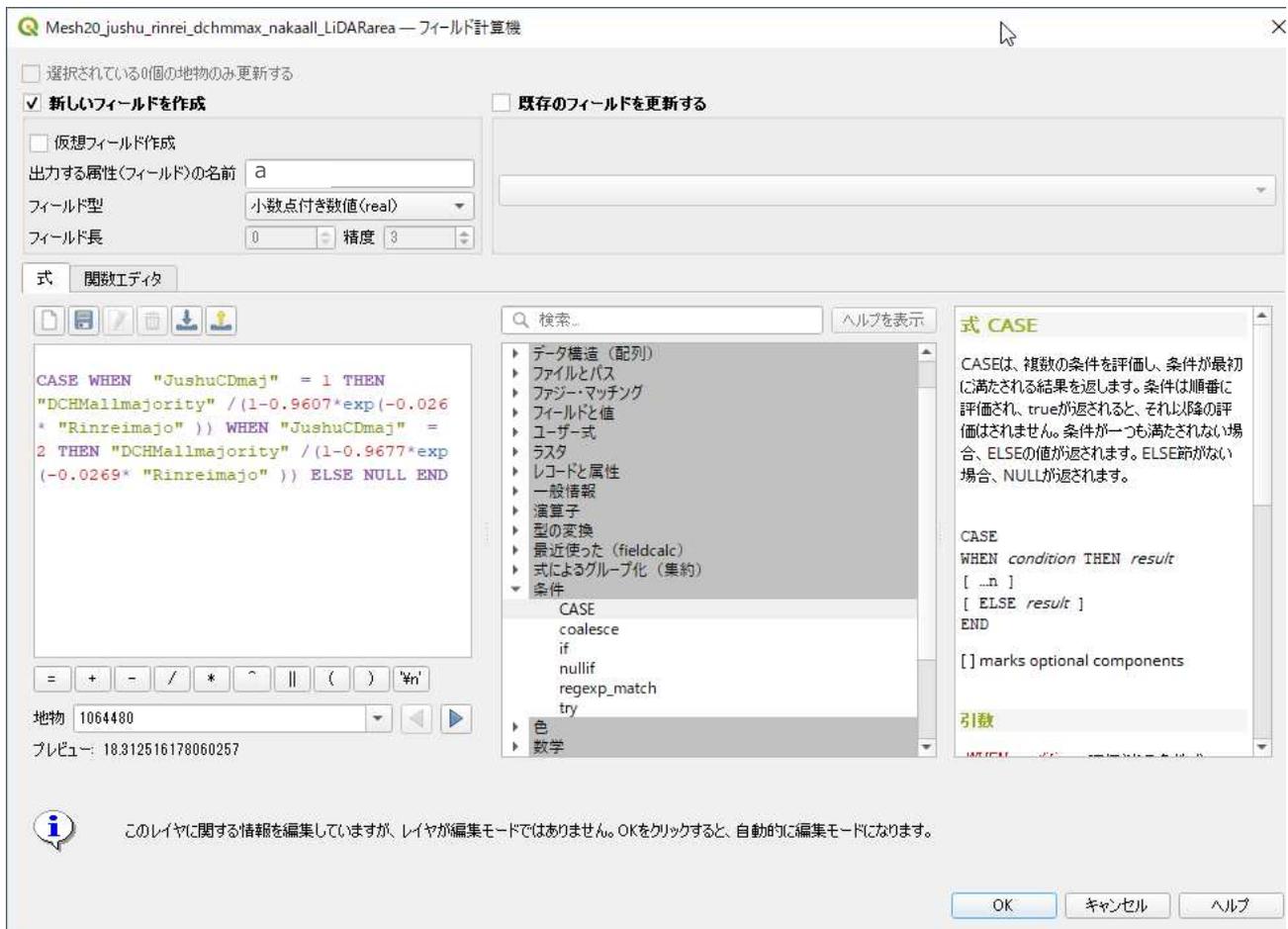
20mメッシュ（林齢、樹種、上層木平均樹高（LiDAR 10m メッシュ最大値の 20m メッシュ平均値）を含むファイル）を QGIS で開きます

属性テーブルを開きます



フィールド計算機を開きます





新しいフィールドを作成：チェックを入れる

出力する属性（フィールド）の名前：a

フィールド型：小数点付き数値（real）

式【記入例】 ※ "" 内に入るフィールド名は例です

```

CASE
WHEN "JushuCDmajority" = 1
THEN "Htmean" /(1-0.9607*exp(-0.026* "Rinreimajority" ))
WHEN "JushuCDmajority" = 2
THEN "Htmean" /(1-0.9677*exp(-0.0269* "Rinreimajority" ))
ELSE NULL END

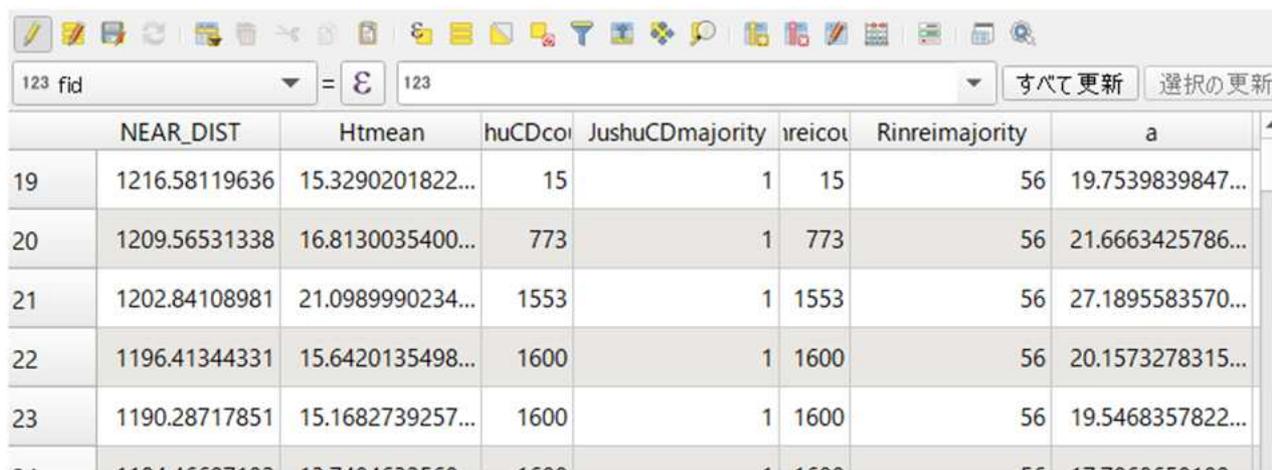
```

プレビューに計算結果が示されます

計算式が合っているか心配な場合は、ここで数値を確認してみましょう

OK ボタンを押します

a という名前のフィールドが新しく追加されていることを確認してください



	NEAR_DIST	Htmean	huCDcol	JushuCDmajority	ireicol	Rinreimajority	a
19	1216.58119636	15.3290201822...	15	1	15	56	19.7539839847...
20	1209.56531338	16.8130035400...	773	1	773	56	21.6663425786...
21	1202.84108981	21.0989990234...	1553	1	1553	56	27.1895583570...
22	1196.41344331	15.6420135498...	1600	1	1600	56	20.1573278315...
23	1190.28717851	15.1682739257...	1600	1	1600	56	19.5468357822...

### ③ フィールド計算機を使った樹種別の地位指数 SI の計算

a の計算と同じ手順で操作します。

計算式のフィールドには、ミッチャーリッヒ式であれば、

$$\text{上層木平均樹高 } H_t = a \times \left( 1 - b \times \exp(-k \times \text{林齡}) \right)$$

の式を記入します

選択されている0個の地物のみ更新する

新しいフィールドを作成  既

仮想フィールド作成

出力する属性(フィールド)の名前

フィールド型

フィールド長  精度

式

CASE

WHEN "JushuCDmajority" = 1

THEN "a" \* (1 - 0.9607 \* exp(- 0.026 \* 40 ))

WHEN "JushuCDmajority" = 2

THEN "a" \* (1 - 0.9677\* exp(- 0.0269 \*40 ))

ELSE NULL END

= + - / \* ^ || ( ) '¥n'

地物

計算式の例 ※ ""内のフィールド名は例です

```

CASE
WHEN "JushuCDmajority" = 1
THEN "a" * (1 - 0.9607 * exp(- 0.026 * 40 ))
WHEN "JushuCDmajority" = 2
THEN "a" * (1 - 0.9677* exp(- 0.0269 *40 ))
ELSE NULL END

```

プレビューに計算結果が表示されます。計算式が合っているか心配な場合は、ここで数値を確認してみましょう

計算が終わりましたら、地位指数のフィールド（例では SI）が表示されているか確認しましょう

ここまでで地位指数が算出できました

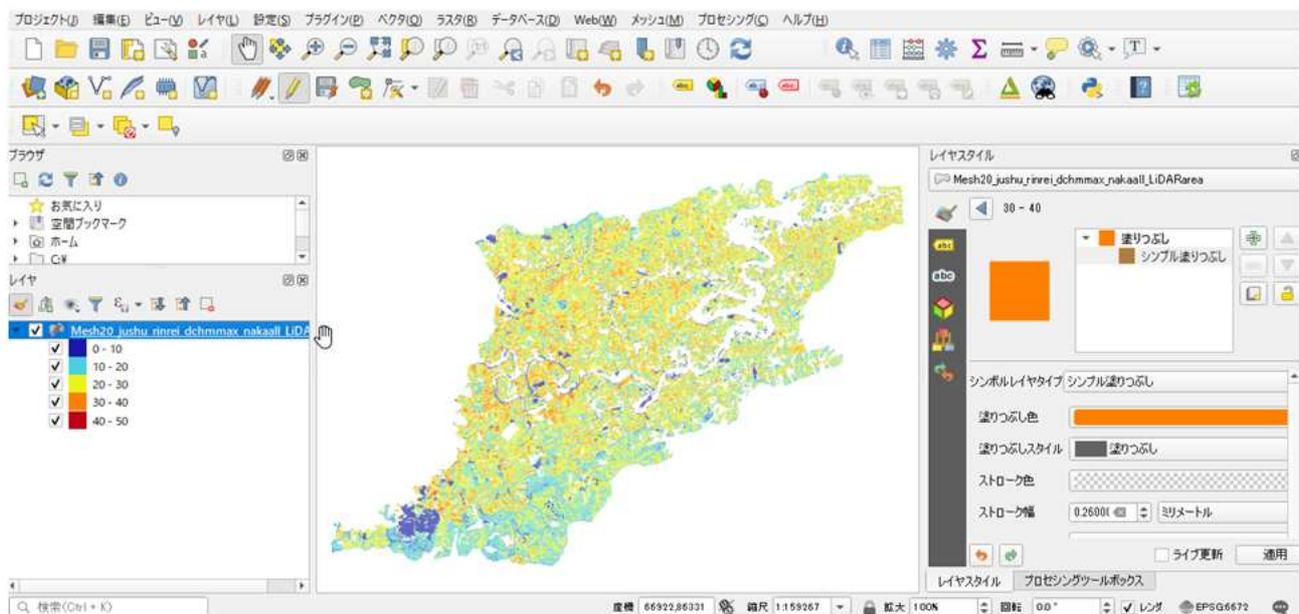
データをエクスポートしておきましょう

ファイル名の例：Mesh20\_SI

#### ④ 地図化

レイヤのスタイルパネルで地位指数を数値レベルで色付けしてみましょう

**森林簿林齢が実態と異なる場合、極端に大きな値または小さな値が出ることがあります**



(例)

上図で使った色付けの設定

プロパティ> シンボロジ> 連続値による定義> 値 : SI> シンボル : 透明なストローク> フォーマット : %1 - %2  
> モード

**地図が作成できたら、現地に詳しい方々に地位指数の分布傾向を確認してみましよう**

## 15. 活用 森林簿ポリゴンに 情報を付与

### QGIS での作業

準備するデータ：

- 森林簿ポリゴン
- 地位指数分布図

航空機 LiDAR のデータから地位指数分布が作成できれば、森林簿とそれに付随する森林計画図に地位指数を関連付けることで、森林簿の地位の精度を向上させ、より実態を反映した森林計画及び森林施業の実施につながると考えられます。

本節では地位指数の森林簿及び森林計画図との情報結合の方法について説明します。

操作手順としては、

- ① 地位指数をラスタ化する
- ② 森林簿ポリゴンにゾーン統計で最頻値情報を与える

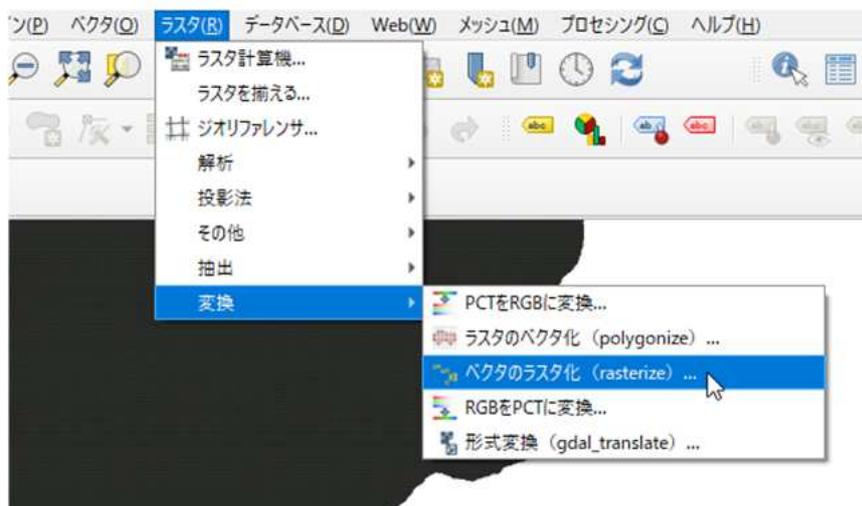
となります。

#### ① 地位指数のラスタ化

まず、森林簿ポリゴンと地位指数分布を QGIS で開きます

この時、森林簿ポリゴンと地位指数分布図の座標系が合っているか確認しましょう (6 準備 ページ 22～参照)

メインメニューバー> ラスタ> 変換> ベクタのラスタ化 をクリックします





次のように設定します

**入力レイヤ**：地位指数を計算した 20m メッシュのファイル

**書き込む値の属性**：地位指数 (SI)

**出力ラスタサイズの単位**：地理単位

**水平方向の解像度**：20m

**鉛直方向の解像度**：20m

**出力のデータの型**：Int16

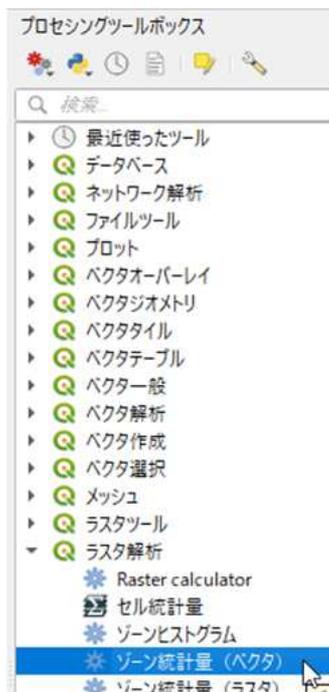
**ラスタ化**：任意のファイル名を指定しましょう

例 SI.tif

#### ④ 森林簿ポリゴンにゾーン統計で最頻値情報を与える

ゾーン統計（ベクタ）で最頻値の地位指数を林小班ポリゴンに付与します

まず、プロセッシングツールボックス内のラスタ解析＞ゾーン統計（ベクタ）をクリックします

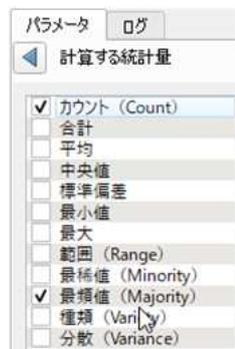


入力レイヤ：林小班ポリゴン

ラスタレイヤ：20m 分解能の地位指数画像

ラスタ値を収納するラカム名の接頭辞：  
例 SI\_Shohan

計算する統計量：カウントと最頻値をチェック



ゾーン統計量出力：例 Shohan\_SI

出力結果を確認します

レイヤで出力されたファイルを右クリックし、属性テーブルを表示します

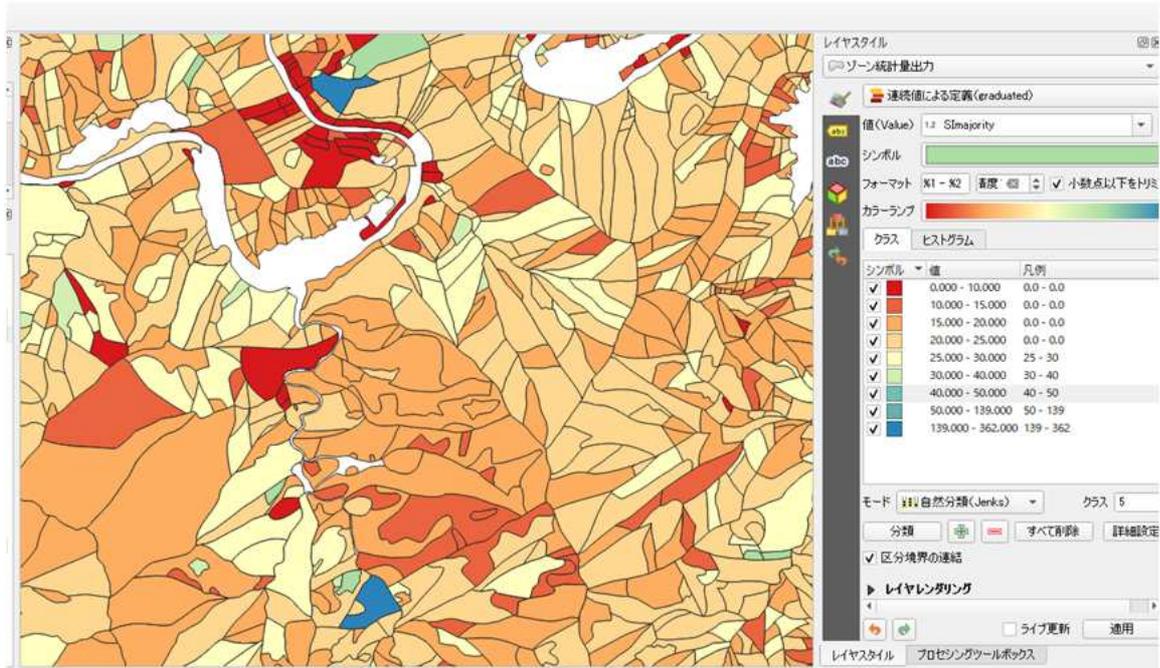
	Scount	Smajority
2248	40.000000000000...	18.000000000000...
2249	14.000000000000...	22.000000000000...
2250	16.000000000000...	25.000000000000...
2251	2.158767791724...	17.000000000000...
2252	13.000000000000...	24.000000000000...
2253	6.000000000000...	17.000000000000...
2254	0.664071945389...	16.000000000000...
2255	2.000000000000...	33.000000000000...
2256	0.661480892201...	18.000000000000...
2257	0.520765395597...	18.000000000000...
2258	2.000000000000...	22.000000000000...
2259	4.000000000000...	17.000000000000...
2260	24.000000000000...	21.000000000000...
2261	7.000000000000...	22.000000000000...
2262	22.000000000000...	18.000000000000...
2263	24.000000000000...	18.000000000000...

**フィールド名 :**

カウントの場合、先ほど設定した接頭辞に count という文字が追加されて表記

最頻値の場合、先ほど設定した接頭辞に majority という文字が追加されて表記

林小班ポリゴンに地位指数の情報を付与しました  
色を加えて表示してみましょう



## 16. 留意事項

**航空機 LiDAR データを使った地位指数の推定について、現地の状況とうまく一致しない場合があります。その場合、以下のようなケースが想定されます。**

### 航空機 LiDAR による上層木平均樹高が実際と一致しない

上層木平均樹高が現地よりもかなり過大また過小の場合があります。また、谷地形では、斜立木や根曲がりの影響で樹高が高く推定されることがあります。尾根地形の特にヒノキが優占する林相では、LiDAR が地盤まで達しにくい傾向があり、凸地形をうまく再現できていない可能性もあります。

### 地位指数曲線が実際と一致しない

この手順書の方法で作成した地位指数曲線が、現地とうまく一致しない場合があります。その場合、サンプリングの方法を見直してみましょう。目的に応じて利用できるデータを取捨選択する必要があり、スクリーニングしたうえでの無作為サンプリングにより現地と近くなると考えられます。サンプリングでは、以下を参考として再取得を試みてください。

- 県で一つの収穫表を作成する場合、全県からまんべんなくサンプリング
- 齢級ごとにまんべんなく抽出
- 林縁はとらない
- 面積 1 ha 以上の小班を抜き出す
- 小班の中で代表性があるところとする
- 地質、地形、傾斜などに偏りが生じないようにサンプリング地点を決定する
- **重要！** 林齢が確実であろう箇所から抽出

航空機 LiDAR から作成した平均樹高と森林簿の林齢に齟齬があるところはとらない。正しい林齢情報があればそれを活用。

### 作成した地位指数分布図が実際と一致しない

作成した地位指数分布図が、現地の傾向をうまく反映しない場合があります。その原因として、以下が考えられます。

- 森林簿の林齢が一致していない
- 森林簿の林小班ポリゴンが現地の林相と一致していない



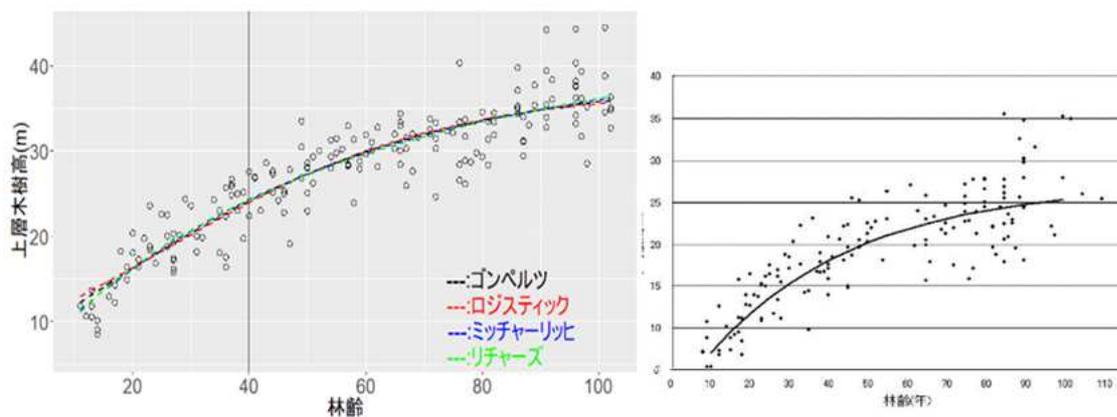
林齢の修正は人的・予算的リソースが必要になることも想定されますので、可能な範囲で対応されることが望ましいと考えられます。

林班ポリゴンが現地の林相境界と一致していない場合、もし航空機 LiDAR 計測の成果品の中に林相境界ポリゴンが含まれていれば、このポリゴンをもとに 20m メッシュ樹種分布図を作成することで望ましい結果が得られる可能性があります。この林相ポリゴンを使う場合、別途林齢情報が必要になります。林齢情報を取得する方法として、森林簿ポリゴンと LiDAR 林相ポリゴンの空間位置による情報結合があげられます。

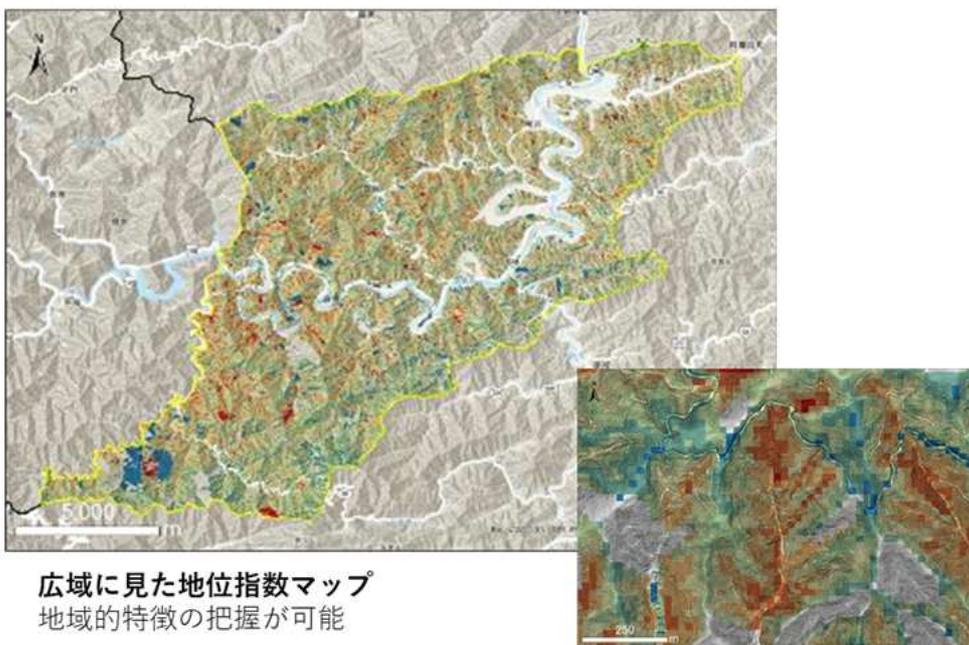
# 17. 事例紹介

## 徳島県

### 航空機LiDARデータを使った 樹高成長曲線の作成（スギ）



### 地位指数分布図

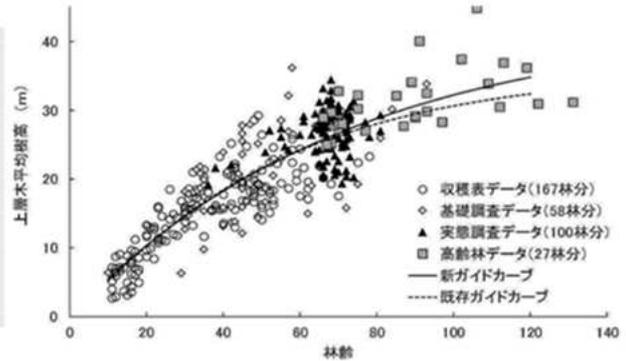
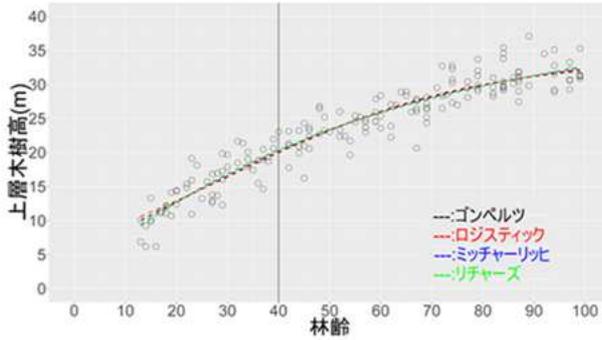


広域に見た地位指数マップ  
地域的特徴の把握が可能

狭域で見た地位指数マップ  
谷・尾根スケールでの地位指数の把握

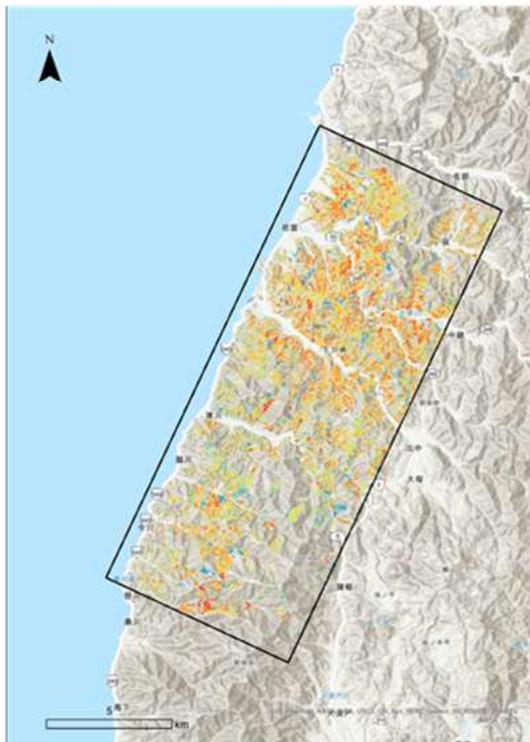
# 新潟県

## 航空機LiDARデータを使った 樹高成長曲線の作成

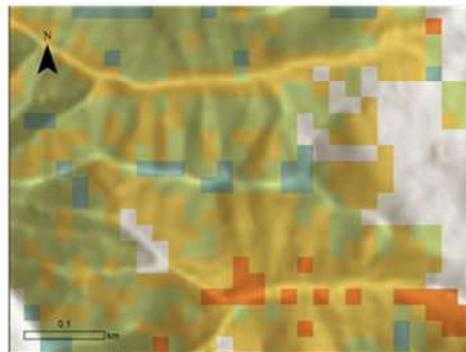


※伊藤(2021)：高年齢スギ人工林調査データを用いた地位指数曲線の延長より引用

## 地位指数分布図



広域に見た地位指数マップ  
地域的特徴の把握が可能



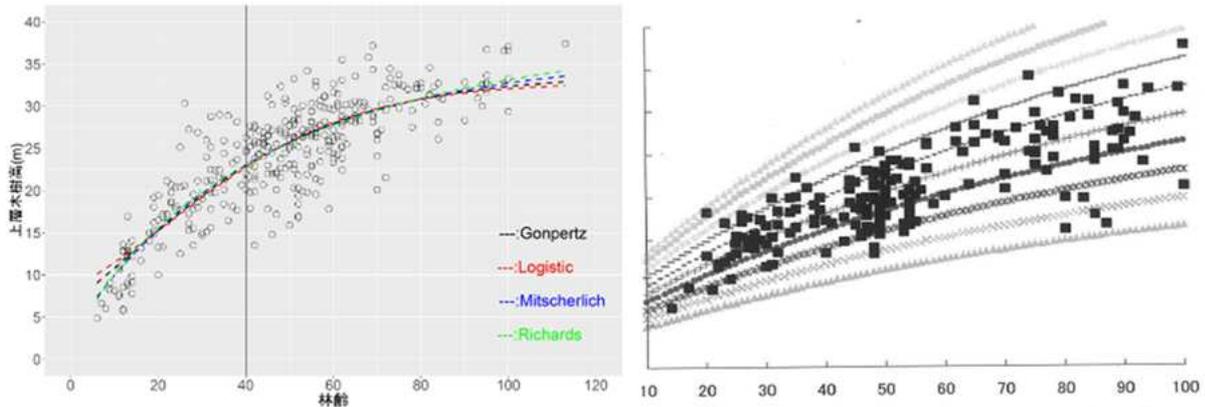
狭域で見た地位指数マップ  
谷・尾根スケールでの地位指数の把握

地域的な地位の偏りはあまり見られないが  
基本的には、谷で地位が高く、尾根で低い

[伊藤 塚原, 2021]

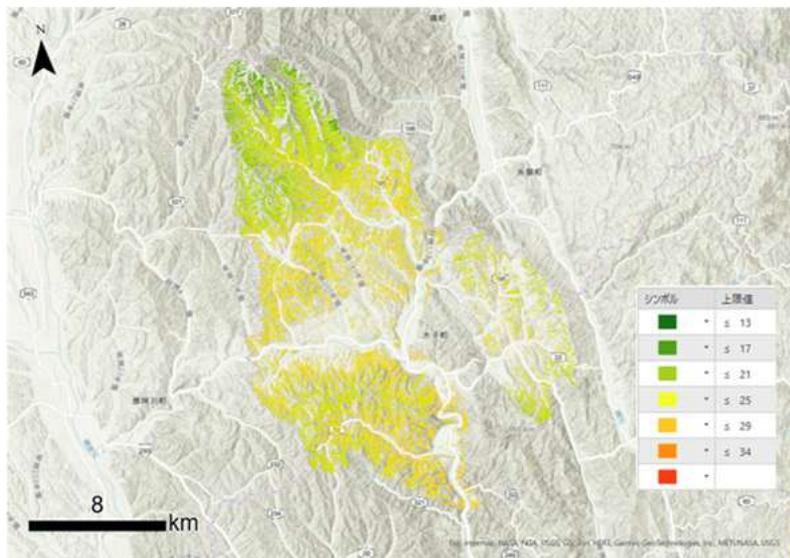
# 茨城県

## 航空機LiDARデータを使った 樹高成長曲線の作成（スギ）

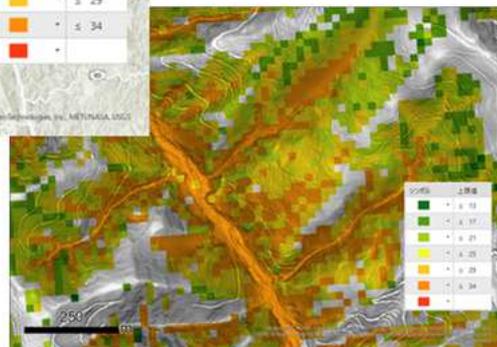


※茨城県スギ・ヒノキ高齢林分調査資料集(システム収穫表の調整)より引用

## 地位指数分布図



広域に見た地位指数マップ  
地域的特徴の把握が可能



狭域で見た地位指数マップ  
谷・尾根スケールでの地位指数の把握

## 18. 引用文献

- 伊藤幸介, 塚原雅美. (2021). 高齢級スギ人工林調査データを用いた地位指数曲線の延長. 新潟県森林研究所研究報告(61), 28-31.
- 田中和博. (2019). 令和元年度森林情報士森林 GIS 部門 1 級・2 級 テキスト 講義編. 243.
- 徳島県農林水産部林業飛躍局林業戦略課. (2012). 徳島県スギ林分収穫表. 徳島県.
- 徳島県農林水産部林業飛躍局林業戦略課. (2013). 徳島県ヒノキ林分収穫表. 徳島県.
- 独立行政法人森林総合研究所. (2005 年 3 月). 平成 16 年度森林吸収源データ緊急整備事業調査報告書. 39.
- 標準化事業検討委員会, 解析・管理分科会, 計測分科会. (2022). 森林資源データ解析・管理標準仕様書案 Ver1.2.

航空機 LiDAR データを使った地位指数分布図の作成の手引き

令和 4 年 3 月 発行

林野庁

※ 本書の全部または一部を無断に転載することは、著作権法上での例外を除き、禁じられています。

---