

- ✓ 齢級別に地点を割り当て など
- ✓ 育成単層林で、面積 1 ha 以上の小班
- ✓ 対象エリアの一か所に偏らず、全域からまんべんなく抽出

これに加えて、以下の点に注意して選定する必要がある。

- ✓ 林齢が確実であろう箇所（特に重要）
- ✓ 林縁は取らない
- ✓ 小班の中で代表性がある地点
- ✓ 谷部や尾根部を避ける

特に林齢については、樹高成長曲線の重要なパラメータであるため、明らかに林齢と実態とが異なるような地点を選択することは避ける必要がある。しかし、林齢が確実であろう箇所が現実的には少ないと想定されることから、無作為抽出できる数量がない可能性もある。その場合は、林齢情報と LiDAR の DCHM 画像とを比較参照しながらサンプリング地点を選択することや、Google Map など外部ツールも活用することが推奨される。

谷部や尾根を避ける必要がある理由として、前述したように低密度（1 点/m²）の航空 LiDAR 計測では、谷部は過大、尾根部は過小になる可能性がある。また、谷部は生育が良い場合もあるため樹高が局所的に高い場合があることに注意する必要がある。

2.3.2.6. 地域性の比較

本事業で提案する手法はどの地域でも使えることが望ましい。このことから、太平洋側に位置する徳島県、茨城県、日本海側に位置する新潟県それぞれの実証サイトについて、地位指数曲線および分布図について比較することとした。

2.3.3. 実証調査地での開発手法の適用結果

2.3.3.1. 実証調査地における地位指数曲線および地位指数分布図

徳島県、茨城県、新潟県を対象とした実証調査サイトについて、上述の手法により作成した地位指数曲線（ガイドカーブ）と地位指数分布図の結果をそれぞれ示す。

2.3.3.2. 徳島県における結果

(1) 地位指数曲線（ガイドカーブ）

作成したガイドカーブを示す（図 21）。

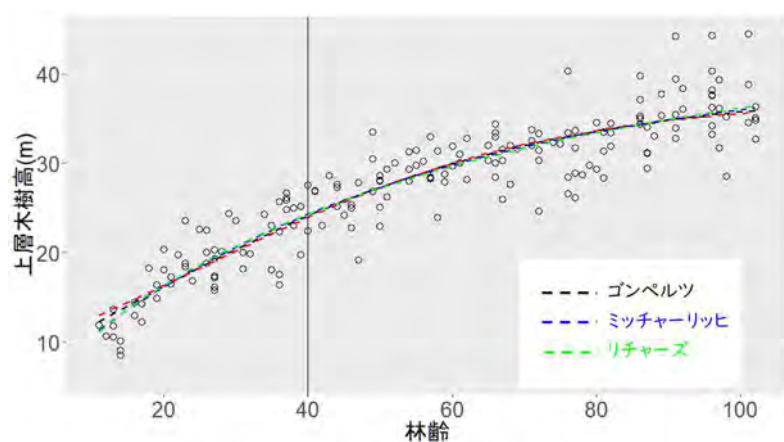


図 21 作成したガイドカーブ

3種のガイドカーブはほぼ同様の軌跡となったが、リチャーズ式が最も AIC が低い結果となった。各成長関数の AIC はゴンベルツ：919.3、ミッチャーリッヒ：914.8、リチャーズ：912.4 であった。

作成したガイドカーブと、徳島県で使用されている既存の林分収穫表との比較を示す（図 22）。

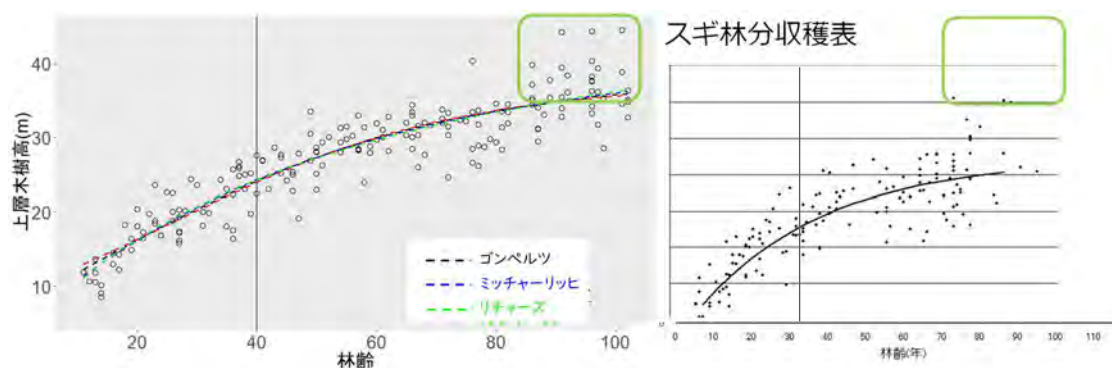


図 22 作成したガイドカーブ（左）と既存の林分収穫表（右）【徳島県農林水産部林業飛躍局林業戦略課, 2012】

作成したガイドカーブは 40 年生時点の樹高が 24.1m となり、既存の林分収穫表の 17.9m と比べ、樹高が高い傾向があった。

また、高齢級では樹高が 40 m 以上の箇所もあり、航空機 LiDAR 計測データから得られる DCHM が高すぎるといふ LiDAR 計測の精度に対する懸念が生じたため、現地検証を実施した。検証方法及び結果については、（3）現地調査による検証で後述する。

(2) 地位指数分布図

作成したガイドカーブをもとに、20m メッシュ単位での地位指数図を作成した（図 23、図 24）。

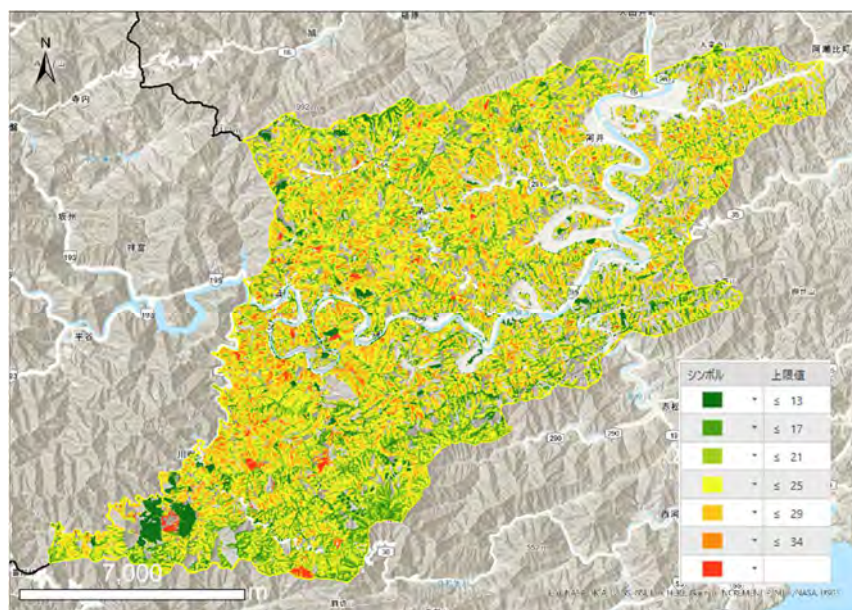


図 23 作成した地位指数図（全域）

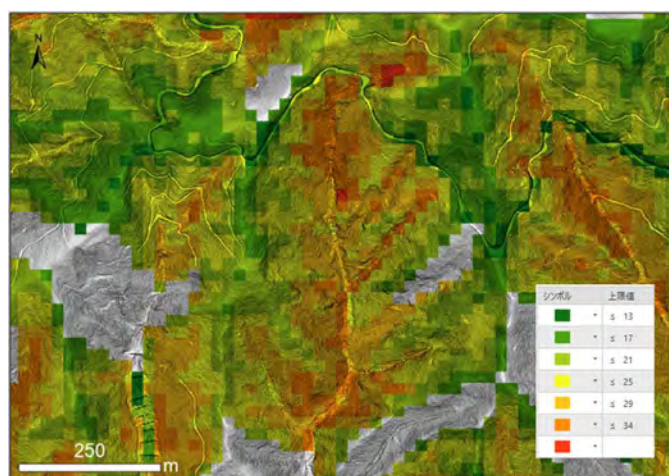


図 24 作成した地位指数図の拡大例

作成した地位指数図について、広域的には南部側に地位指数の低い区域がまとまって分布しており地域的な地位の高低を確認できるとともに、局所的には谷部で地位指数が大きく尾根部で小さくなるといった地形に応じた傾向が表現される結果となった。

一部、局所的に地位指数が極端に高いまたは低いといった、明らかな外れ値が疑われる箇所が示されたため現地検証を実施した。検証方法及び結果については、(3) 現地調査による検証において記述する。

(3) 現地調査による検証

① LiDAR の DCHM が高い箇所を対象とした現地検証

地位指数のガイドカーブ作成において、取得したサンプルの一部の高齢級林分で LiDAR の上層木平均樹高が 40m 以上の箇所が示されており、このような林分が存在するのか、または LiDAR 計測誤差なのかを確認する必要がある。計測誤差により DCHM が実態よりも高い場合、地位指数分布図が全体的に高くなる、また LiDAR データを使った地位指数曲線が高くなるという影響が生じる。

DCHM が高くなる箇所の傾向を図 25 に示す。赤い線は DTM から作成した流路で谷部を表している。DCHM 画像は低いほど黒、高いほど白色で示している。DCHM は同じ小班内でも総じて谷で高い傾向がみられ、場所によっては 50m に達している箇所もある。

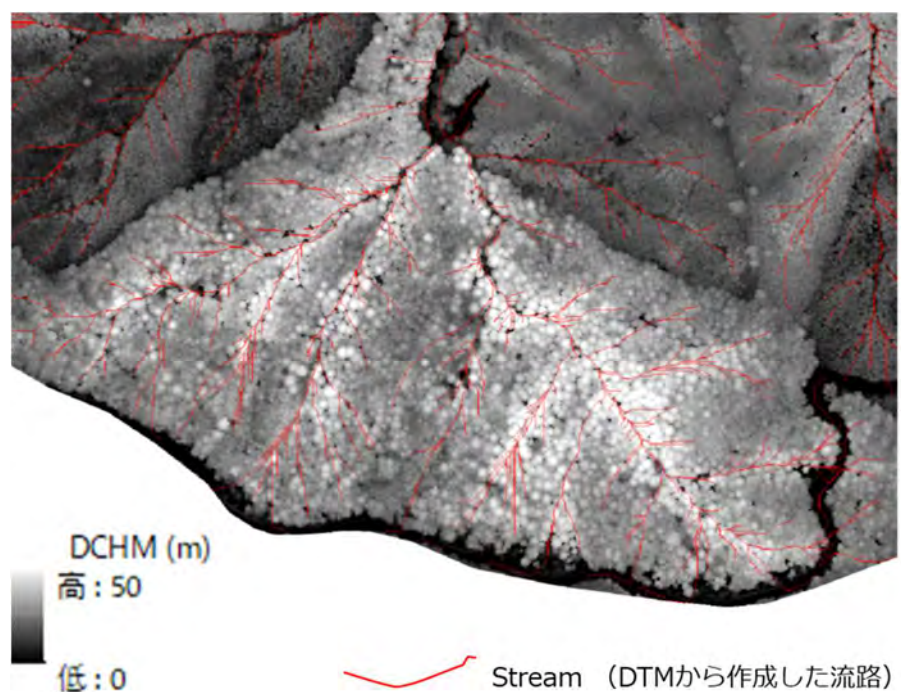


図 25 DCHM が高い箇所の特徴

樹高 50m クラスの樹木は、寺社林以外では一般的に稀であり、谷部でこのように DCHM が高い仮説として、谷部の DTM がえぐれるように作成されている可能性や樹木が斜立しており樹頂点の位置が根元よりも谷側に位置がずれている可能性などが想定された。

そこで現地の確認をするため、対象エリアのうち、DCHM40m 以上が集中しているエリアを対象として樹高を確認した。現地では、半径 8m～11m の小面積プロットを設置し、上層木を全木計測した。

現地調査の結果を表 6 に示す。調査地点は 4 ヶ所で、谷部の樹高が高いエリア（PLOT NO 100 番台）に加えて同じ小班内の代表的な林相と思われる山腹平衡斜面エリア（PLOT NO 200 番台）も調査した。POINT27 については、参考のため樹高が最も高い樹木個体のみの計測結果である。実測樹高および調査プロット内 LiDAR DCHM のそれぞれの最大値を比較すると、その平均差は谷部で 1.3m、山腹で 2.6m、全体で 2.0m と大きな差はない。両者の比較を図 26 に示す。実測の最大樹高に対して、DCHM のプロット内最大値は高い一致を示している。

以上の現地調査の結果から、樹高 40m を超える木は局所的に多く存在すること、また 50m を超える樹木も存在すること、また LiDAR DCHM と比較してもその差は 2m 程度あることから、LiDAR DCHM と実際の樹高に大きな乖離があるわけではないと考えらえる。

表 6 調査地点の樹高計測結果および LiDAR による高さ計測情報

POINT	PLOT NO	林齢 (2017.4. 1時点)	計測本数	上層木 最大樹高 (m)	上層木 平均樹高 (m)	樹高の標 準偏差 (m)	LiDAR DCHM 調査プロ ット最大 値(m)	実測と LiDAR DCHM最大 値の差(m)
1	101	71	10	47.4	34.2	5.2	49.0	-1.6
	201	71	17	27.1	22.9	2.3	30.8	-3.7
3	103	68	10	39.5	37.0	2.0	40.6	-1.1
	203	68	17	24.5	21.2	2.0	26.2	-1.8
9	109	116	10	51.9	44.1	4.9	50.0	1.8
	209	116	6	39.6	34.3	3.5	42.8	-3.2
10	110	86	15	49.4	41.6	4.0	50.0	-0.6
	210	86	14	28.7	25.3	2.4	30.5	-1.8
27	127	116	1	48.9	48.9		50.0	-1.2
	全木		100	51.9				

(注)PLOT 127 は樹高最大の個体のみを参考のため計測

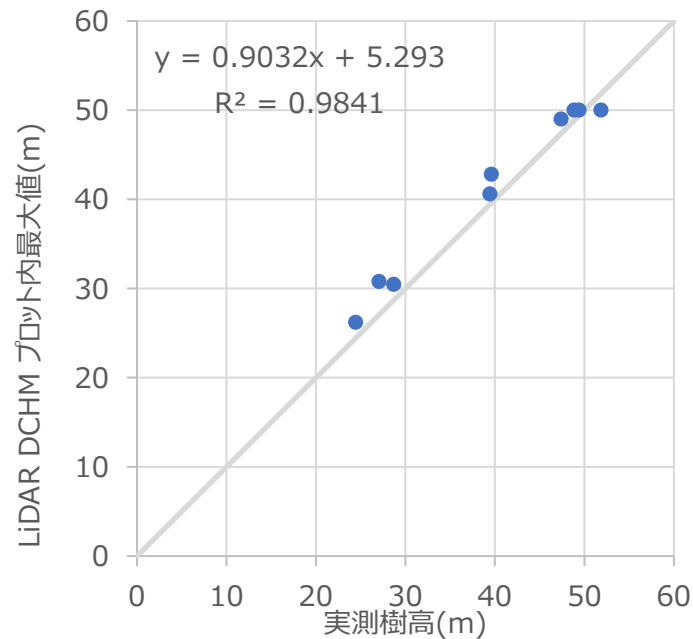


図 26 プロット調査エリアの計測最大樹高と DCHM 最大値の比較

また、現地調査で得られた傾向として、谷部の局所的巨木エリアは山腹平衡斜面に比べると樹高のばらつきが大きいことを示した。最大樹高 50mを超えるプロット（PLOT NO 109）の詳細を表 7 に、調査地点の林内写真と DCHM 画像を図 27 に示す。上層木樹高のうち最小樹高は 38.3m、最大樹高は 51.9m と樹高差が 13.6mと大きく、樹高 38~40m が 3 本、40~50m が 5 本、50~52m が 2 本で標準偏差が 4.9m（表 6）と同齢人工林としてはばらつきが大きい。

表 7 最大樹高 50m以上を有する調査地点の樹高計測結果

No.	樹種	DBH(cm)	樹高(m)
1	スギ		38.3
2	スギ	48.6	41.6
3	スギ	66.0	39.3
4	スギ	52.6	40.0
5	スギ	57.5	39.5
6	スギ	55.0	43.0
7	スギ	94.7	49.2
8	スギ	82.4	47.8
9	スギ	95.2	51.9
10	スギ	100.0	50.3
	平均	72.4	44.1

樹高のばらつきが大きい場合の影響として、樹高が高い箇所の地位指数が過大推定になる可能性があることに留意しておく必要がある。本事業で提案している DCHM による上層木平均樹高の計算では、10m メッシュ内の DCHM 最大値を抽出して 20m メッシュで平均化する。DCHM 最大値と実際の上層木平均樹高の差が大きければ、DCHM による上層木平均樹高は過大になりやすく、このような林相では上層木平均樹高を使って計算する地位指数分布図が過大推定となる可能性がある。

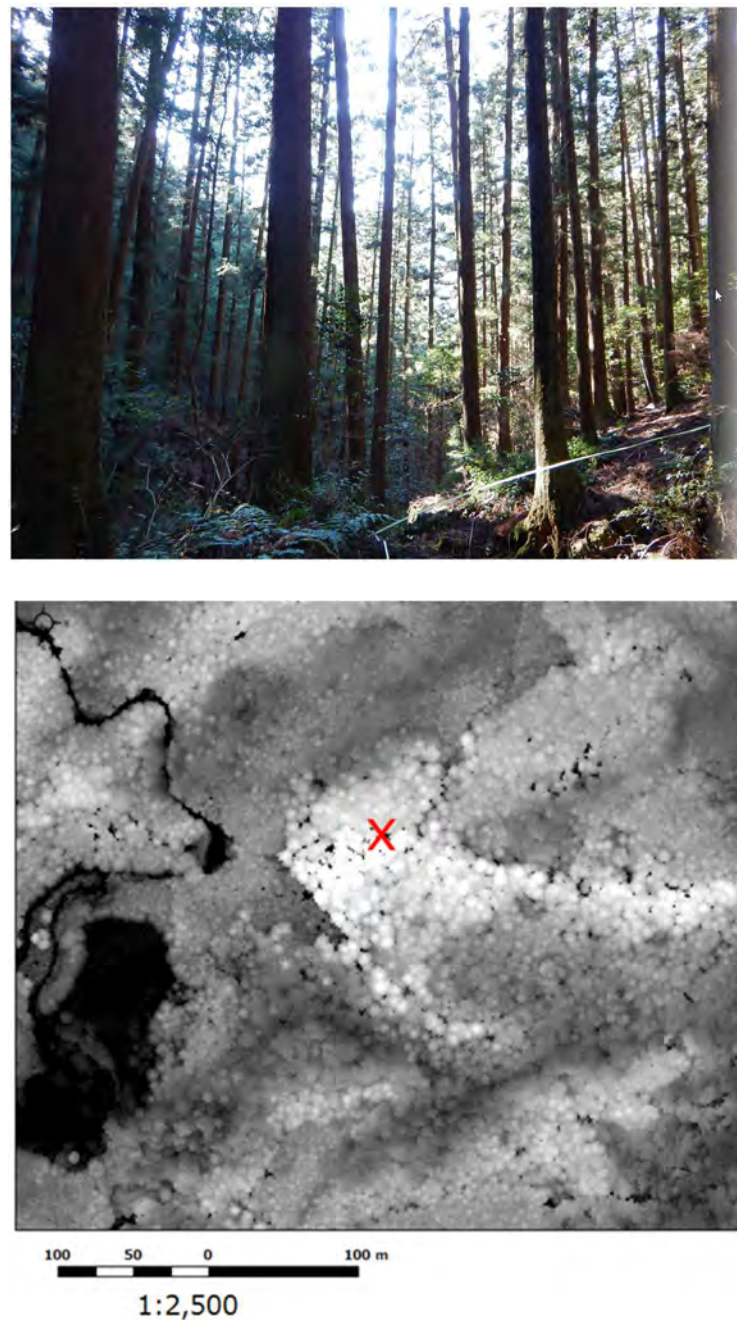


図 27 最大樹高 50m以上を有する調査地点の林内写真と DCHM 画像

単木の樹形については、厳密な計測は行っていないが、根曲型、斜立型、両者が組み合わさったタイプの3種類があることを現地で確認した（図 28）。このような根曲がりや斜立木は、傾斜が急になるほど、また樹高が高くなるほど DCHM が過大になりやすい。

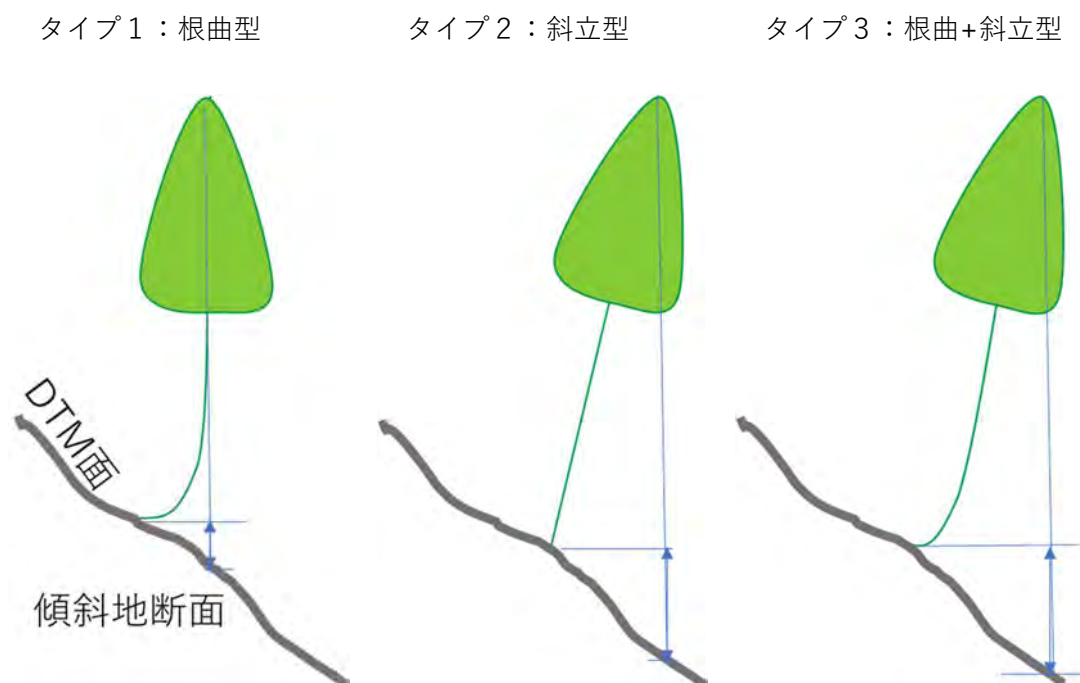


図 28 斜立木と根曲木のイメージ

② 地位指数分布図における外れ値を対象とした現地検証

地位指数分布図を作成した結果、地位指数が徳島県作成の地位区分最大・最小よりも大幅に過大・過小となる外れ値が一部の箇所で見られた（図 29）。地位指数の外れ値の原因として、森林簿 GIS ポリゴンの林齢と実態の林齢が異なるケースや森林簿ポリゴンの位置が実際の林相とずれているケース、LiDAR 計測精度が低いケースが考えられる。

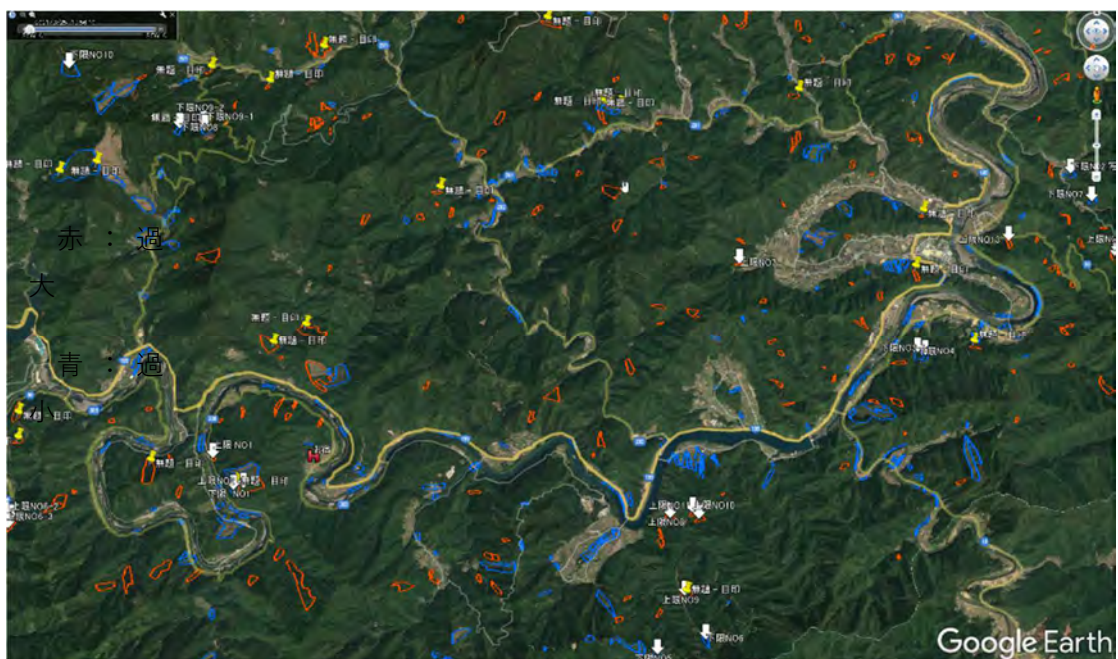


図 29 地位指数が過大および過小な箇所の分布

これら外れ値を示す箇所から 9 ヶ所を選定して、現地の状況を確認した。各地点では標準的な上層木の樹高を 5 本計測し、微地形の記録、およそその林齢を記録した。

現地調査の結果から得られた地位指数の外れ値が生じる原因について表 8 に示す。過小推定・過大推定において、実態の林齢と森林簿の林齢が異なるケースが多く、その他、林相が異なるケースや、森林簿 GIS ポリゴンが施業後に分割されず同一ポリゴンを利用して情報のみ更新されるケースなどがあった。

表 8 地位指数の外れ値が生じる要因

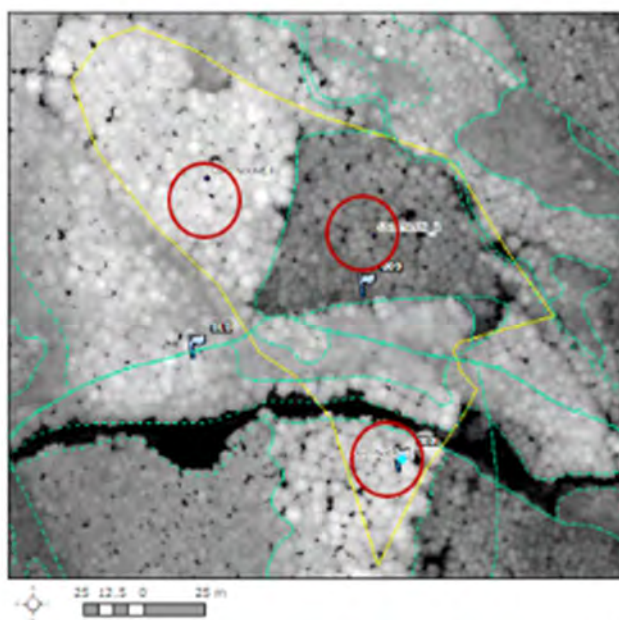
地位指数	原因	箇所数
過小推定	林齢が森林簿より低い	2
	一部土捨て場になっているため過小となった	1
	主伐の未更新	1
	林相が森林簿と異なる	1
過大推定	林齢が森林簿より高い	3
	実際の林相は複数に分割されているが、ポリゴンの形状がもとの 1 つであるため地位指数が突合できない（同じ形状の複数ポリゴンが重なっている）	1

森林簿の林齢と異なるケースでは、例えば森林簿では林齢 23 年であるが、森林実態は 50-60 年生程度（図 30）と森林簿より林齢が高かったため地位指数が過大推定となった。



図 30 地位指数が過大なエリアの林内(森林簿 23 年生)

林相が異なるケースでは、一つの GIS 小班ポリゴンの中に実際は三つの林相が含まれているのにも関わらず、林相に合わせてポリゴンが分割されていないという例もあった（図 31）。このケースでは、林相が分かれる前であろうポリゴンを使って施業後の情報が入力されていると考えられ、結果として同一形状・位置のポリゴンが3つオーバーレイしている状態になっている。



黄色線：森林簿 GIS

水色線：LiDAR データを使った林相ポリゴン

図 31 森林簿 GIS と実際の林分が異なるケース

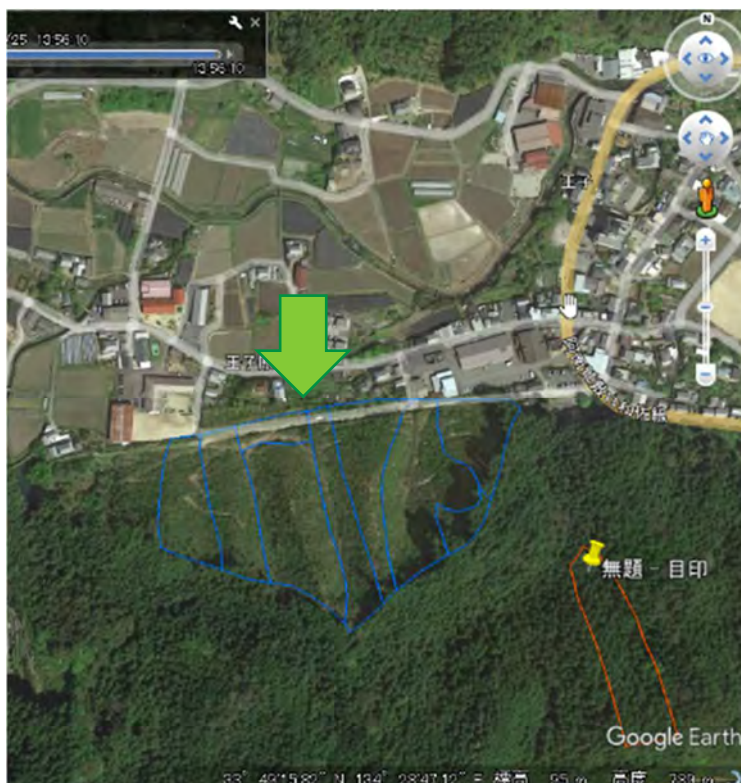
LiDAR 計測の大きな誤差については、本調査では示されなかった。

過小なケースのうち地位指数がほぼ 0 という極端に過小な箇所については、Google Earth による画像と現地を合わせて確認した（図 32）。その結果、過小な地位指数箇所では皆伐直後が多く、主伐情報が森林簿に反映されていないと考えられる。



青い線で示したエリア
で地位指数がほぼ 0

画像は Google Earth



画像は Google
Earth

図 32 地位指数が極端に過小なエリア

2.3.3.3. 茨城県における結果

(1) 地位指数曲線（ガイドカーブ）

地位指数の算出のために林齢と上層木樹高の対応したデータセットを作成し3つの成長モデルを当てはめた。徳島県での実証と同様に、特定の林齢や特定の地域にデータが偏ることを防ぐため、年齢級ごとに10サンプル、3年齢級から20年齢級までの計180サンプルを取得した。3種のガイドカーブともほぼ同様の軌跡となったが、リチャーズ式が最もAICが低い結果となった（図33）。

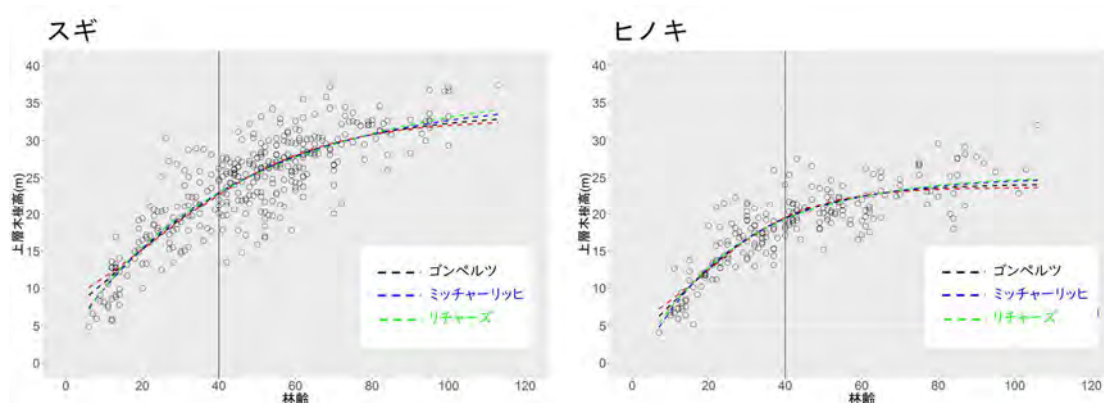


図33 作成したガイドカーブ(右：スギ、左：ヒノキ)

スギ林について作成したガイドカーブと、茨城県で使用されている既存の林分収穫表との比較を示す（図34）。

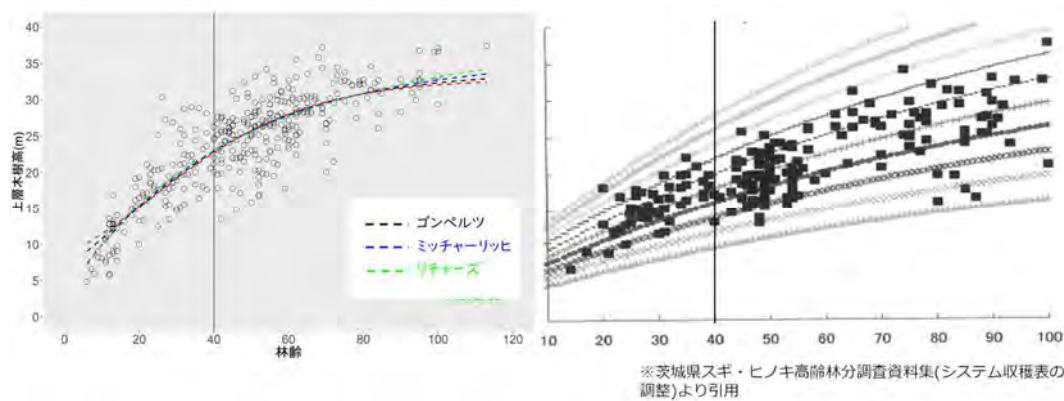


図34 作成したガイドカーブ（左）と既存のスギ林分収穫表（右）

作成したガイドカーブは40年生時点の樹高が21.4mとなり、既存の林分収穫表と比べ、樹高がやや高い傾向であった。

(2) 地位指数分布図

作成したガイドカーブをもとに、20m メッシュ単位での地位指数図を作成した（図 35、図 36）。

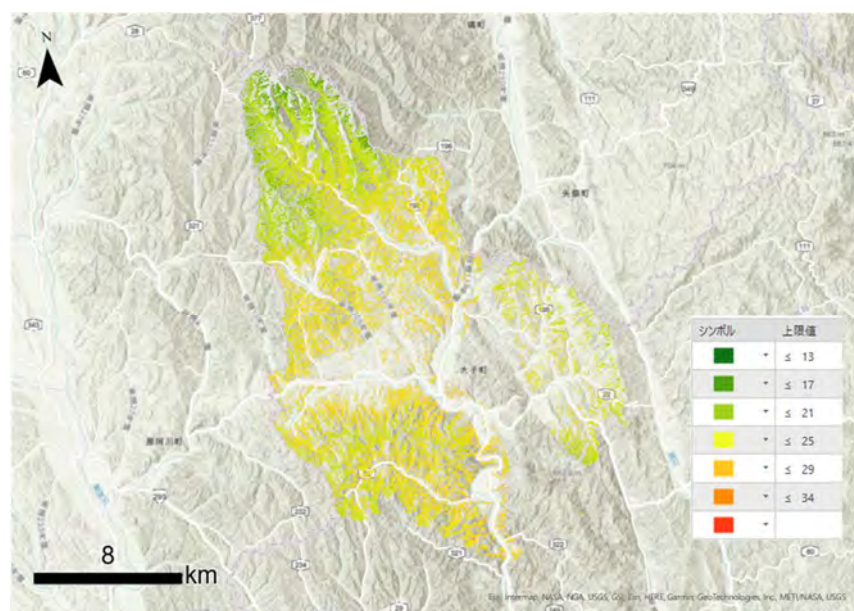


図 35 作成した地位指数図（全域）

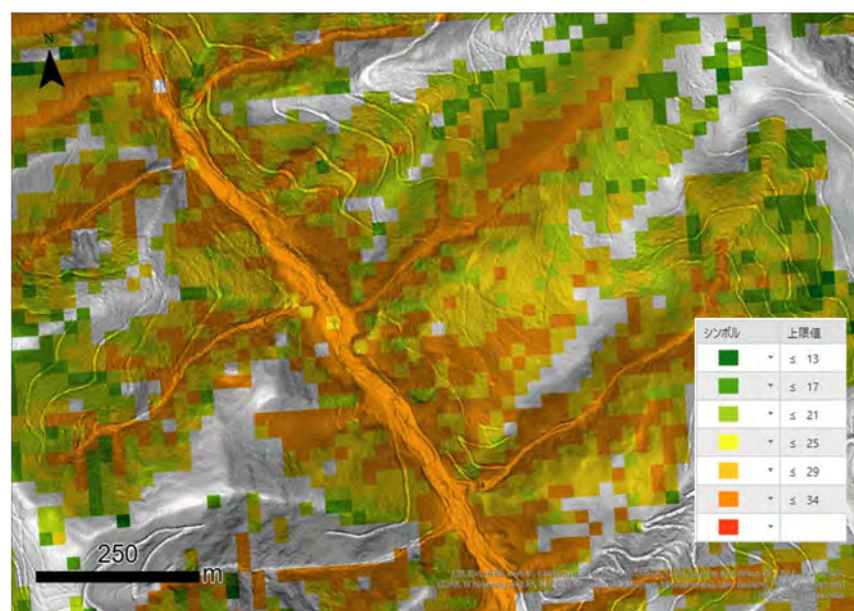


図 36 作成した地位指数図（拡大）

作成した地位指数図について、広域的には、南部から北部へと標高が高くなるに従い地位指数が低くなる傾向が確認できるとともに、狭域的には、谷部で地位指数が大きくなるといった詳細な傾向が表現される結果となった。

2.3.3.4. 新潟県における結果

(1) 地位指数曲線（ガイドカーブ）

新潟県においても、3つの成長モデルを当てはめた。地位指数の算出のために林齢と上層木樹高の対応したデータセットを作成した（図 37）。ここでも、特定の林齢や特定の地域にデータが偏ることを防ぐため、齢級ごとに 10 サンプル、3 齢級から 20 齢級までの計 180 サンプルを取得した。サンプリング結果を図 38 に示す。

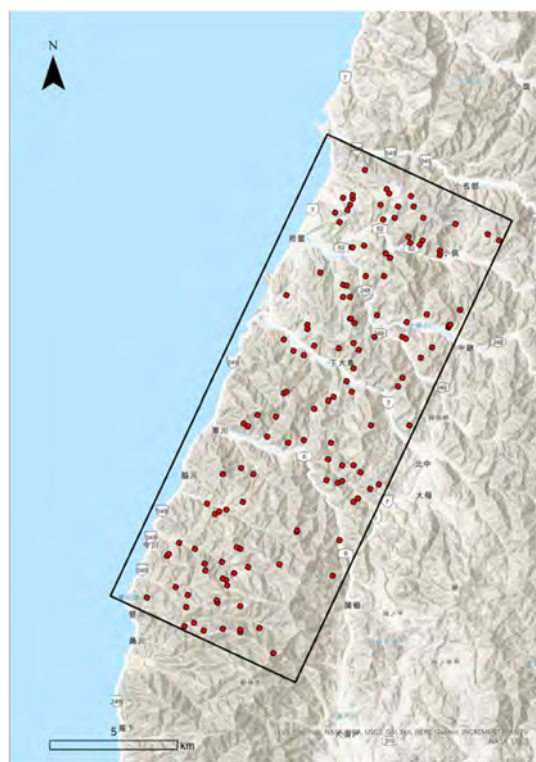


図 37 樹高データセットのサンプリング地点

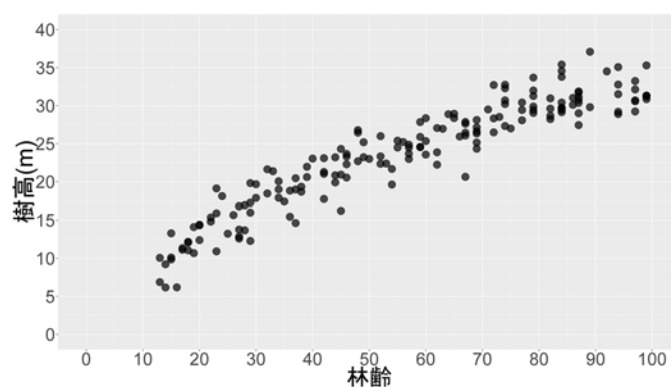


図 38 林齢と上層木樹高の対応したデータセット