

5 成長予測モデルの検討・整備

5.1 新たな成長予測モデルの概要

森林資源解析結果を基に新たな成長予測モデル（成長予測モデル）の検討を行った。成長予測モデルの作成方法は過年度業務にて実施した手法と同一とし、白石ら（1995）が作成した収穫予想表の作成手法に従い実施した。作成フローを図 5-1 に示す。



出典：森林総合研究所北海道支所

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/1st-chukiseika-9.pdf>

図 5-1 収穫予想表作成フロー

本作成手法は、上層平均樹高、平均 DBH、単木材積などの各解析値について、それぞれの相関を取りつつ、各地位指数曲線別の値を推定する手法である。本手法の利点として既に、北海道、三重県、愛媛県などで同様の手法を用いて収穫予想表が作成されており実績があること、また、作成に係る計算が簡易であり、データの検証の他、現地技術者による計算・修正・検証が可能なこと、林齢など各数値に修正があったとしても、相関式の変化により、柔軟に対応できる利点がある。そのため、今回解析を行う地域についても同様の解析にて収穫予想表を作成した。

成長予測モデルの解析は以下の手順で行った。

1. 樹高成長曲線（ガイドカーブ）の算出

メッシュ毎に集計した上層平均樹高と林齢情報を基とし、樹高成長曲線を求める。

2. 地位指数曲線の算出

樹高成長曲線のカーブを元に、地位指数毎に曲線を算出。

3. 各因子の相関計算

上層樹高-DBH、DBH-単木材積、DBH-ha 当たり本数の各散布図を作成し、近似曲線を求める。

4. 収穫予測

地位指数・林齢別に各値をとりまとめる。

解析においては、まずエリア全体を 20mメッシュにて区分し、このメッシュを基本として、樹高・DBH などの森林資源情報を平均値として集計した。

林齢など森林簿によらなければ不明な情報については、各メッシュと森林簿の図郭を重ねて、情報を抽出して対応した。ただし、図 5-2 の通り、メッシュによっては複数の情報が混在する箇所もあり、このような箇所は解析には利用しないこととした。

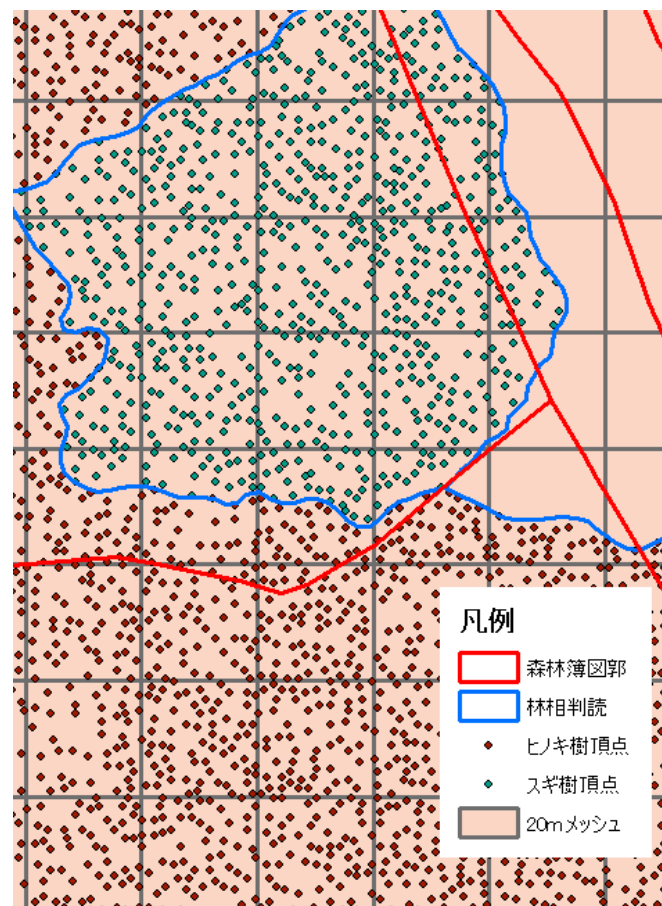


図 5-2 解析に係る単木情報とメッシュのイメージ図

新たな成長予測モデル作成に当たりポイントとしたところは以下の通りである。

ポイント1：メッシュ内で樹種及び林齢が混合する箇所については平均値が偏る恐れがあることから、メッシュ内全てが同一林齢及び同一樹種となるよう集計した。また、メッシュ内の本数が10本未満のメッシュは別途目視にて樹頂点の分布に偏りが無いか確認し、偏りがあるメッシュは除外した。

ポイント2：20m×20mのメッシュ内に含まれる立木本数でha当たりの本数を算出すると、立木の局所的な偏りが影響する恐れがある。そのため、ha当たり本数については、小班内の林相区分を単位としてha当たり本数を抽出することにより、密度効果を含めた本数単位を示した（図5-3）。

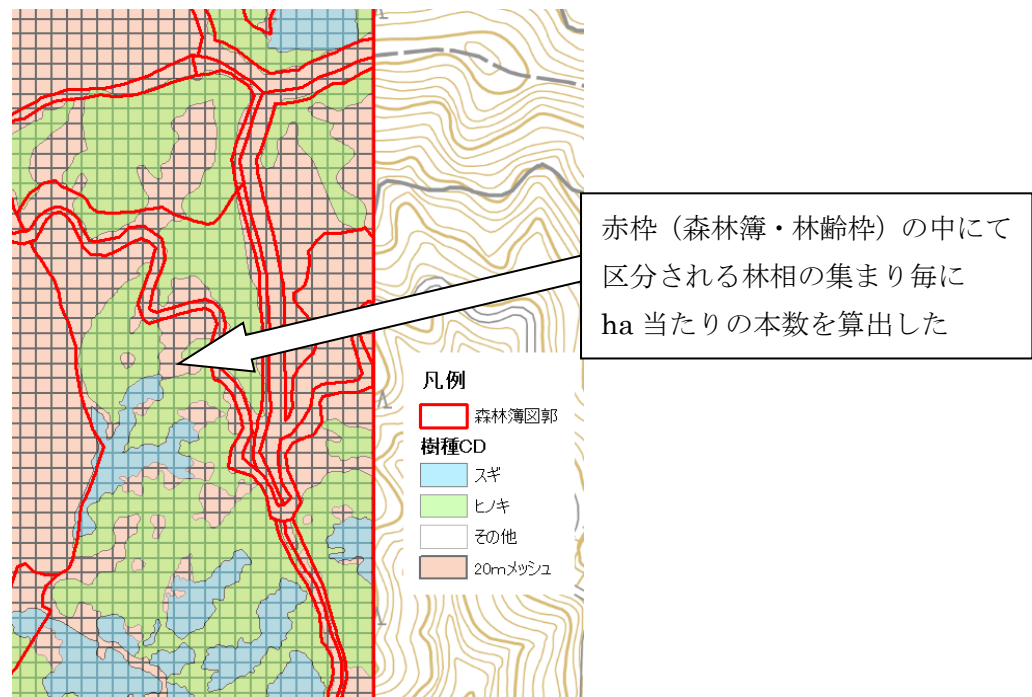


図 5-3 ha 当たり本数算出の考え方

5.2 成長予測モデルの作成方法

5.2.1 樹高成長曲線の計算方法

樹高と林齢の関係から、樹高成長曲線を算出する。適用する成長式の候補としては、一般に多く用いられるミッチャーリッヒ式またはリチャーズ式が挙げられる。ただし、成長式の特徴として、リチャーズ式では原点を通るのに対しミッチャーリッヒ式では必ずしも原点を通らない。本業務で作成する成長曲線は、若齢林の成長についても適切に表すことが必要となるため、原点を通るリチャーズ式の方が適していると判断した。

$$\text{リチャーズ式： } H_t = a(1 - \text{EXP}(-b \cdot t))^c$$

t は林齢、 H_t は林齢 t における上層樹高、 a, b, c はパラメータである。なお、 a パラメータは理論上の最大樹高となる。20m メッシュ別に求めた林齢と樹高データから、非線形回帰により a, b, c のパラメータを求めた。

これをガイドカーブとして、上限線と下限線を決定した。各線の決定は和口ら (2013)⁵ の検討に基づき平均偏差率を算出した。平均偏差率は以下の式により求められる。

$$\delta = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{Y - Y'}{Y'} \right|$$

このとき、 N はサンプル数、 Y は上層木平均樹高、 Y' は算出したガイドカーブにより求めた樹高である。

これを基に基準となる上限線と下限線を決定する。この値を以下の式に代入しガイドカーブの上限・下限線を求めた。

$$H_t = A (1 + n \delta) (1 - \text{EXP}(-b \cdot t))^c$$

n は平均偏差率の倍数であるが、 n が ± 2.5 のときに分布の 95.5% が含まれる。このときの曲線を上限・下限線として設定した。

⁵和口美明, 今治安弥, & 迫田和也. (2013). 長伐期化に対応した奈良県スギ人工林地位曲線の作成.

5.2.2 メッシュ集計時の補正

成長モデル作成のためのメッシュ集計を行うにあたり、各種フィルタリング及び補正処理を行った。

【フィルタリング】

- 形状比が 40 未満または 150 以上となる単木は、樹高一胸高直径関係がうまく推定できていない異常値と考え、除外した上でメッシュ集計を行った。
- メッシュは小班区画、林相区画の境界と交差しないものを対象とした。
- 森林簿林齢が 0 年となるメッシュは除外した。
- メッシュ内立木本数が 0 本となるメッシュは除外した。
- メッシュ内立木本数が 10 本未満のメッシュについて、単木ポイントの分布を目視で確認し、メッシュ内に偏って分布するメッシュは林縁部のため標準的な樹形でない可能性があるため除外した（図 5-4）。

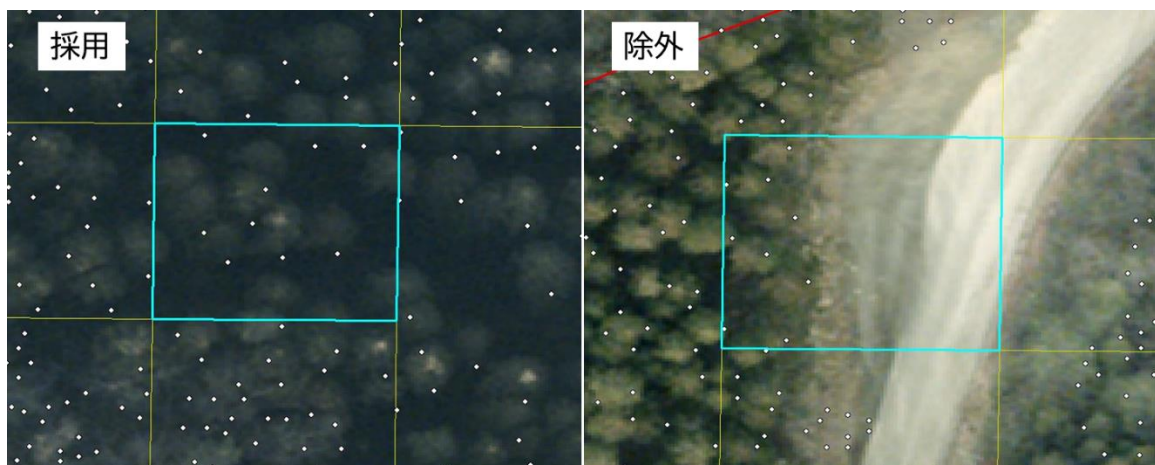


図 5-4 メッシュ内の単木ポイント分布の確認イメージ(左のメッシュは採用、右のメッシュは除外)

【補正】

- 航空レーザ計測時と使用する森林簿（林齢）が大きく離れている、平成 26 年度に計測した航空レーザデータを使用する範囲について、森林簿の林齢を計測当時の林齢に補正した。
- 国有林の森林調査簿など、1つの小班に樹種・林齢データが3つずつ紐づいている場合がある。原則として「樹種 1」に紐づく「林齢 1」を採用したが、林齢 > 樹高となるデータは異常値の可能性があるので、そうしたデータについて、樹種 2 または樹種 3 が林相判読結果の樹種と一致している場合は林齢 2 または林齢 3 を採用した。いずれにも一致せず、林齢が 10 未満のデータは異常値と考え集計から除外した。

- 平均樹高が著しく低いメッシュについては、立木間のギャップに存在する低木等の単木ポイントが影響している可能性がある。樹高成長曲線の作成には上層樹高を用いるため、そのような低木の影響を軽減する目的で Lorey' s height を計算し上層樹高として用いることとした。

Lorey' s height は、以下の式で計算できる、胸高断面積を重みとする加重平均樹高である。ここで、 H_{Lorey} は Lorey' s height (m)、BA は胸高断面積 (cm²)、DBH は胸高直径 (cm)、H は樹高である (参考 : Pourrahmati et al., 2018⁶等)。

$$H_{Lorey} = \frac{\sum_{i=1}^n BA_i \times H_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} = \frac{\sum_{i=1}^n DBH_i^2 \times H_i}{\sum_{i=1}^n DBH_i^2}$$

⁶ Rajab Pourrahmati, M., Baghdadi, N., Darvishsefat, A. A., Namiranian, M., Gond, V., Bailly, J. S., & Zargham, N. (2018). Mapping Lorey's height over Hyrcanian forests of Iran using synergy of ICESat/GLAS and optical images. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 100-115.

5.2.3 メッシュ集計

樹頂点毎に算出した樹高・DBH・単木材積の解析結果を各 20m メッシュ単位に集計して平均値を算出した。また、立木密度、ha 材積は小班林相単位で集計した値を 20m メッシュに結合した。同様に、各樹種の林齢は森林簿から 20m メッシュに結合した（表 5-1）。

各地域別のメッシュ数を表 5-2 に示す。なお、このメッシュ数は前述した補正処理等を経て最終的にモデル作成に利用したメッシュ数である。

表 5-1 20m メッシュの属性一覧

林相名	小班林相別計算結果		メッシュ別計算結果					森林簿
	立木密度	ha 当たり材積	平均樹高	平均DBH	平均単木材積	形状比	Lorey's height	林齢
スギ	763	534.59	21.9	26.8	0.61	82.8	22.2	52
スギ	474	625.42	30.0	36.2	1.44	84.6	30.5	78
スギ	681	548.49	24.2	29.4	0.80	83.3	24.7	46
スギ	474	625.42	28.0	36.0	1.34	78.5	28.9	78

表 5-2 成長予測モデル利用メッシュ数

地域名	スギメッシュ数	ヒノキメッシュ数
福島(浜通り)	42, 148	14, 148
福島(会津)	110, 135	-
福島(中通)・栃木	78, 256	20, 633
新潟	42, 265	-
茨城	30, 105	3, 107
静岡	13, 785	9, 188
神奈川	109, 382	71, 000
合計	426, 076	118, 076

※地域名は表 3-2 に示した略称。