

4.2.3 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当たり、以下のように異常がある単木とメッシュのフィルタリング及び補正処理を行った。

【異常木及び異常メッシュのフィルタリング】

- 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。
- 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 9 本未満のメッシュについて、単木樹頂点位置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 4.4）。

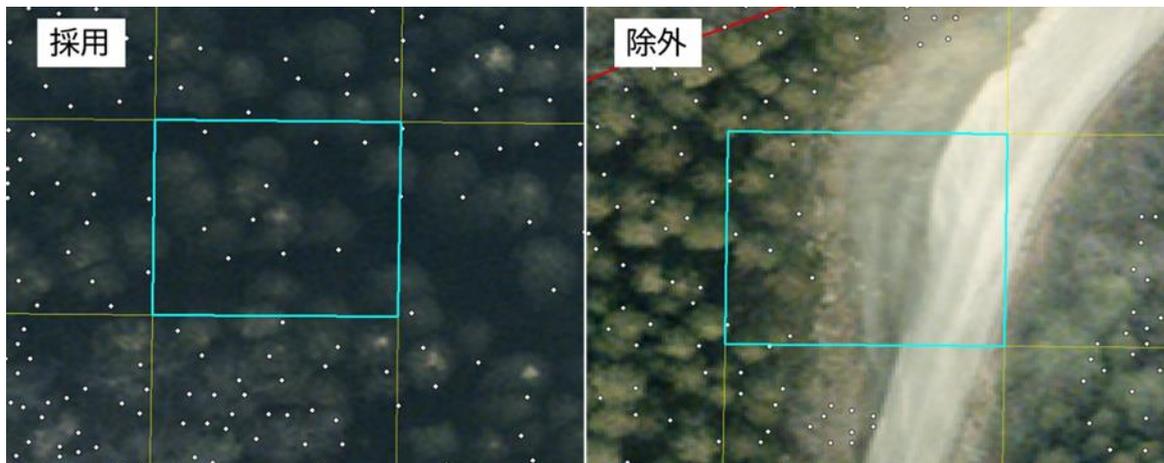


図 4.4 メッシュ内の単木樹頂点位置の分布確認イメージ
(左：採用 右：除外)

- 森林簿林齢が 0 年となるメッシュは除外した。
- 林齢と樹高の関係性から、 $\text{樹高/林齢} > 1.2$ のデータ（例えば林齢 10 年で樹高 12m 以上、林齢 20 年で樹高 24m 以上）、 $\text{樹高/林齢} < 0.1$ のデータ（例えば林齢 100 年で樹高 10m 未満）は異常値と考え、集計から除外した。
- 造林樹種において森林簿林齢が 200 年生以上のデータは異常値の可能性がある。過年度業務において、林齢が 200 年生以上のメッシュを目視確認した結果、実際は樹高が低く若齢と見られる林分や広葉樹等の混交林が分布しているケースが多く、成長モデルの作成に適している林分は少ないと考えられた。そのため、林齢 200 年生以上のメッシュは除外した。

【補正】

- 航空レーザ計測時の年と、森林資源解析を実施した年（解析データに森林簿の林齢を付与した年）が異なっているデータについては、森林簿の林齢を計測当時の林齢に逆算して補正した。補正の結果、林齢が 0 以下となってしまうデータは除外した。
- 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ため、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、胸高断面積を重みとする加重平均樹高であり、以下の式で計算できる。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）。

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

4.2.4 メッシュ集計

樹頂点ごとに算出した樹高・DBH・単木材積の解析結果を 20m メッシュ単位で集計して平均値を算出した。立木密度及び ha 材積は、小班林相単位で集計した結果を用いた。各メッシュの林齢は森林簿から 20m メッシュに結合した。表 4.2 に 20m メッシュの属性データ一覧を示す。

表 4.2 20mメッシュの属性一覧と由来データ

林相区分	小班林相別計算結果		メッシュ別計算結果				森林簿	
	林相名	立木密度	ha 当たり材積	平均樹高	平均 DBH	平均単木材積	Lorey's height	林齢

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.

モデル作成に使用した各地域別のメッシュ数を、年齢ごとに表 4.3、表 4.4 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。

一定程度以上のメッシュ数がある年齢級では、作成したモデルの信頼性が確保できると考えられるが、メッシュ数の少ない年齢級における予測結果は信頼性が低くなる。特に、若年齢級と高齢年齢級ではメッシュ数が少ないため、おおむね 20 年生以下及び 100 年生以上の成長予測結果には留意が必要となる。

表 4.3 成長予測モデル利用メッシュ数（近畿中国）

地域 クラス	近畿中国									
	1		2		3,5		4		6	
年齢/樹種	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
1			4	5		1			2	48
2		1	29	28	194	1,953	15	704	50	372
3	2	83	12	758	211	4,842	128	3,589	250	1,355
4	42	108	33	894	1,175	10,314	401	5,083	1,369	3,553
5	146	426	190	1,691	4,101	17,867	866	7,319	2,467	6,567
6	68	759	455	2,251	6,522	25,642	1,112	17,213	4,512	15,990
7	237	4,049	1,202	2,747	12,835	35,863	2,933	26,660	7,482	25,444
8	636	8,009	2,403	2,078	27,134	38,785	3,920	34,898	10,834	36,606
9	877	10,903	2,188	1,461	33,727	42,635	7,770	39,243	16,290	59,436
10	1,062	15,122	2,414	1,420	58,750	44,385	13,897	46,237	33,748	99,533
11	1,120	6,169	2,867	1,277	62,969	18,245	22,290	38,943	52,887	103,203
12	2,077	5,454	2,647	2,069	70,430	11,161	29,898	31,142	66,449	106,578
13	1,653	4,767	3,455	2,206	51,505	7,070	20,457	27,028	49,468	70,922
14	1,206	2,597	1,862	2,061	28,884	4,651	14,365	17,546	22,339	40,251
15	551	1,112	1,479	1,006	16,912	2,598	8,764	10,415	13,027	16,568
16	494	573	620	427	11,168	1,826	6,981	9,013	10,305	13,861
17	218	676	737	800	7,887	2,175	4,649	4,077	8,281	10,521
18	127	518	601	455	5,438	1,599	2,678	4,106	8,524	7,919
19	152	353	450	61	4,661	803	2,134	2,886	4,586	5,954
20	70	328	643	360	6,555	2,430	5,276	3,762	5,856	5,567
21	59	81	192	31	3,660	652	883	999	6,808	3,046
22	48	377	357	82	1,883	533	829	777	7,603	2,728
23	9	96	50	4	1,754	25	234	490	853	813
24	1	32	21	7	672	76	167	409	1,337	1,151
25	1	5	7	13	350	2	13	144	1,127	180
26	1	28	9		96	1	36	18	2,000	841
27			13		70	1	16	27	77	64
28	1	1		2			80	1	206	14
29								7	27	8
30					3		6		218	2
31										1
32									195	200
33			1							
34					48		72	3	43	19
35					8					
36			15							8
37					2				85	14
38										
39					23				29	
40					3					2
合計	10,858	62,627	24,956	24,194	419,630	276,135	150,870	332,739	339,334	639,339

表 4.4 成長予測モデル利用メッシュ数（九州）

地域	九州							
クラス	1		2,6,10		3,5		9	
年齢級/樹種	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
1	3		20		55	1	78	1
2	39	16	52	2	1,286	529	475	154
3	97	93	91	1	2,400	1,912	1,462	1,033
4	488	552	459	18	2,525	3,117	2,348	2,126
5	957	819	1,349	53	4,864	3,005	3,272	2,329
6	766	2,148	720	110	6,913	3,932	5,008	3,208
7	1,120	3,579	683	306	9,025	6,358	7,206	6,442
8	2,359	8,674	1,392	386	22,284	11,413	10,229	9,007
9	2,870	20,384	2,396	353	30,791	15,160	17,751	14,384
10	3,221	32,794	3,989	846	29,016	19,011	18,067	16,385
11	2,850	37,156	7,350	472	25,935	14,121	21,068	16,765
12	2,814	27,238	4,751	150	26,539	8,683	22,498	9,869
13	3,408	12,823	4,153	424	13,692	7,118	15,026	7,087
14	2,048	4,010	1,801	52	10,641	3,074	8,809	3,431
15	673	1,124	1,100	10	3,429	1,009	4,320	1,159
16	287	468	605	33	1,748	202	2,906	556
17	188	210	620	7	725	172	1,696	218
18	125	200	206	46	364	247	798	213
19	145	56	267	24	330	187	715	148
20	23	82	362	3	95	85	337	193
21	31	37			339	9	249	19
22		21					46	
23	2	31					1	
24							14	
25					3		32	
26		6						
27		7						
28								
29		2						
30								
合計	24,514	152,530	32,366	3,296	192,999	99,345	144,411	94,727

4.2.5 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。リチャーズ式はミッチャーリッヒ式よりもパラメータとなる変数が多く、汎用性が高いことから、リチャーズ式がより適していると判断した。

$$\text{ミッチャーリッヒ式： } Ht = a(1 - b \cdot \text{EXP}(-c \cdot t))$$

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

t は林齢、 Ht は林齢 t における上層樹高、 a, b, c, d はパラメータである。 a パラメータは理論上の最大樹高となる。

なお、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せることが重要であり、原点を通る必要がある。そのため、リチャーズ式の b パラメータは 1 に固定した。20m メッシュ別に求めた林齢と樹高データから、非線形回帰によりリチャーズ式の a, c, d のパラメータを求めた。

回帰の際は、齢級ごとに外れ値を算出し、それを除いたデータを用いて実施した。R(ver.4.2.1)の `boxplot` 関数により齢級ごとの箱ひげ図を作成し、第 3 四分位数 + (第 3 四分位数 - 第 1 四分位数) × 1.5 を上回る値、または第 1 四分位数 - (第 3 四分位数 - 第 1 四分位数) × 1.5 を下回る値を外れ値として除いた。

求めた成長曲線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)⁷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。

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

⁷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.

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。

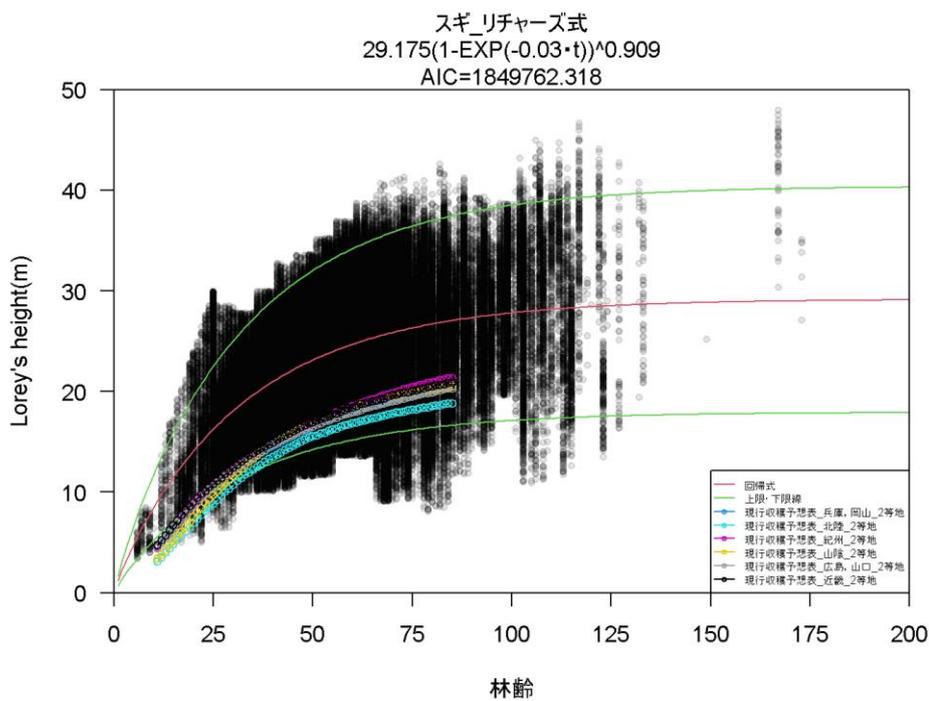
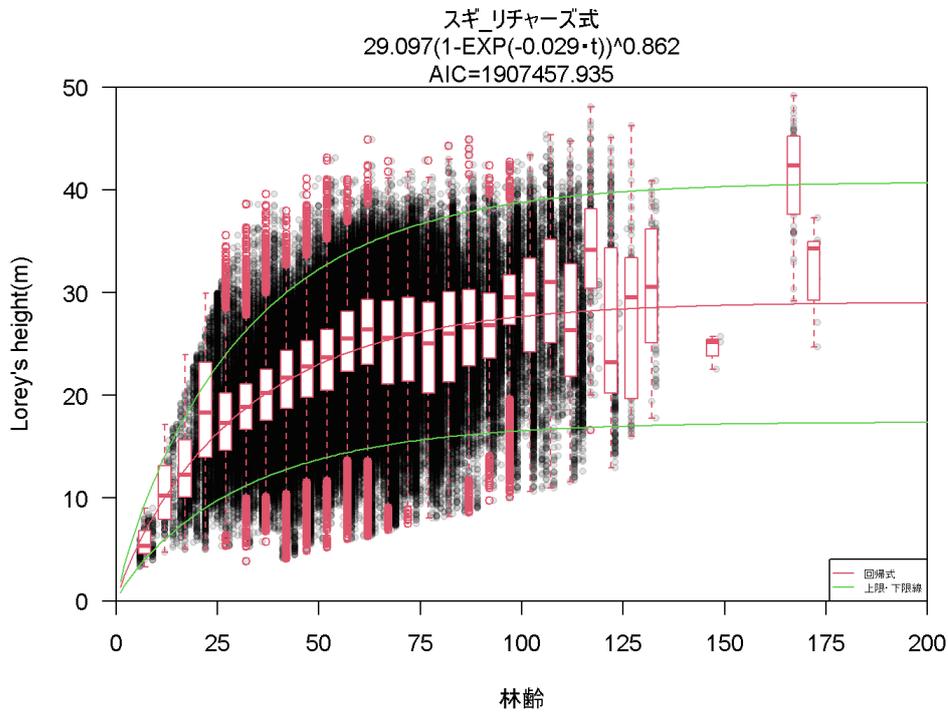


図 4.5 箱ひげ図の算出（上図）と外れ値を除いた回帰（下図）