

5.2.2 既存解析データの胸高直径推定式と精度

すでに森林資源解析を実施済みのデータについては、現地調査データを用いて回帰式を作成することで胸高直径が推定されている。この回帰式の精度や、回帰式作成に用いた現地調査点の地理的分布等は重要な情報であり、本業務で作成する成長モデルの適用可能範囲にも影響する。

そこで、既存の森林資源解析実施済みデータの業務資料を収集し、胸高直径推定式とその精度、推定式作成に使用した現地調査データを整理した。整理対象は、前項で抽出された、解析に用いる民有林に関するデータのみとした。なお、愛知県の胸高直径推定式は、貸与を受けた航空レーザ計測データを基に、本業務で独自に作成したものである。

胸高直径推定式の作成方法等は、3.1.5 章にも記載している。胸高直径推定式の精度を評価する指標として、補正 R^2 値と RMSE 値も合わせて取りまとめた。

- 補正 R^2 値…回帰式を評価する場合、一般的に R^2 値が使用される。しかし、重回帰分析において説明変数の数が違う場合、 R^2 値から式の良否を評価することはできない（説明変数の数が大きいほど R^2 値は良好な値を示す）。このような説明変数の数の影響を取り除き、見かけ上の当てはまりの良さを差し引いた数値が補正 R^2 値である。この数値が高いほど、回帰式から求められる予測値が目的変数に近く、回帰式の当てはまりが良いことを示す。自由度調整済決定係数ともいわれる。
- RMSE…2乗平均平方根誤差（Root Mean Squared Error）。回帰式から求められる予測値が真値からどの程度乖離しているかを示す。0に近い値であるほど誤差が小さいことを示す。

表 5.5 既存解析データの現地調査概要と胸高直径推定式¹

No.	グループ	現地調査点数	樹高範囲 (m)	立木密度範囲 (本/ha)	直径推定式 ²	補正 R ²	RMSE
1	スギ A	13	15-20m~20-25m	600-800~1200 以上	$d = 6.857 \times C_a^{0.278} \times h^{0.251}$	0.860	2.02
2		30	15-20m~30m 以上	500 未満~2000	$d = 3.694 \times C_a^{0.285} \times h^{0.378} \times C_h^{0.098}$	0.827	2.23
3		30	10m 未満~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 3.402 \times C_a^{0.357} \times h^{0.451}$	0.947	2.11
4		46	10m 未満~25m 以上	400 未満~1000 以上	$d = 3.173 \times C_a^{0.354} \times h^{0.430}$	0.925	2.33
5		30	15m 未満~25m 以上	500 未満~1000 以上	$d = 4.461 \times C_a^{0.349} \times h^{0.367}$	0.879	2.91
6		91	15-20m~25m 以上	500 未満~1000 以上	$d = 3.321 \times C_a^{0.342} \times h^{0.499} \times C_h^{-0.075}$	0.874	2.68
7	スギ B	13	15-20m~20-25m	600-800~1200 以上	$d = 6.857 \times C_a^{0.278} \times h^{0.251}$	0.860	2.02
8		47	15-20m~30m 以上	500 未満~2000	$d = 3.115 \times C_a^{0.437} \times h^{0.373}$	0.929	2.67
9		15	20-25m~25m 以上	500 未満~1500	$d = 4.736 \times C_a^{0.431} \times h^{0.256}$	0.880	2.84
10		122	10-15m~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 2.858 \times C_a^{0.368} \times h^{0.458}$	0.860	2.74
		スギ A グループ No. 2, 3, 4 式も使用					
	スギ C	スギ B グループ No. 10 式を使用					

¹ これらの胸高直径推定式はあくまで各業務の条件下で検討し作成されたものである。十分な検討・検証なくこれらの推定式を他業務へ適用することはできない。適用可否については利用者の責任でよく検討を行うこととし、本業務で責任は負わない。また、森林資源解析成果の精度を評価する上では胸高直径以外にも様々な要素があるため、これらの胸高直径推定式の精度のみから各地域の森林資源解析の精度を評価することは最善ではないが、本業務では便宜的に比較のための基準とした。

² 樹高 h(m)、樹冠投影面積 Ca(m²)、樹冠長 Ch(m)、樹冠表面積 A(m²)

No.	グループ	現地調査点数	樹高範囲 (m)	立木密度範囲 (本/ha)	直径推定式	補正 R ²	RMSE	
11	ヒノキ A	15	10-12m~24-26m	500 未満~2000 以上	$d = 2.786 \times A^{0.148} \times h^{0.571}$	0.868	1.76	
12		45	10-15m~25-30m	500 未満~2000 以上	$d = 2.977 \times C_a^{0.382} \times h^{0.436}$	0.896	2.13	
13		15	10-15m~20-25m	500~1500 以上	$d = 3.439 \times C_a^{0.365} \times h^{0.409}$	0.877	2.07	
14		73	10-15m~20-25m	500~1500 以上	$d = 3.597 \times C_a^{0.361} \times h^{0.391}$	0.841	2.19	
15		30	15m 未満~20-25m	500 未満~2000	$d = 5.009 \times C_a^{0.302} \times h^{0.252} \times C_h^{0.113}$	0.816	1.95	
16		30	10m 未満~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 3.007 \times C_a^{0.257} \times h^{0.517}$	0.928	2.00	
17		55	10m 未満~25m 以上	400 未満~1000 以上	$d = 2.823 \times C_a^{0.391} \times h^{0.407}$	0.763	3.90	
18	ヒノキ B	8	10-15m~20-25m	200~1000 以上	$d = 2.689 \times A^{0.057} \times h^{0.720}$	0.657	2.33	
		ヒノキ A グループ No. 17 式も使用						
	ヒノキ C	ヒノキ A グループ No. 14 式を使用						
19	カラマツ A	15	16-18m~30m 以上	500 未満~1000	$d = 5.837 \times C_a^{0.328} \times h^{0.195}$	0.719	2.78	
20		32	15-20m~25m 以上	400 未満~1000 以上	$d = A^{0.223} \times h^{0.756}$	0.966	不明	
21		8	15-20m~25m 以上	500 未満~1000	$d = 1.889 \times A^{0.326} \times h^{0.453}$	0.956	1.52	
22		32	19m~32m	275~1025	$d = 5.426 \times C_a^{0.569}$	0.755	2.98	
23	カラマツ B	13	15-20m~25m 以上	400 未満~800-1000	$d = 12.236 \times C_a^{0.239}$	0.450	3.22	
		カラマツ A グループ No. 21 式も使用						
24	カラマツ C	3	15m 未満~15-20m	500 未満~1000	$d = 14.085 \times C_a^{0.252}$	0.176	3.43	
		スギ A グループ No. 2, 3 式も使用						

5.2.3 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－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 5.8)。

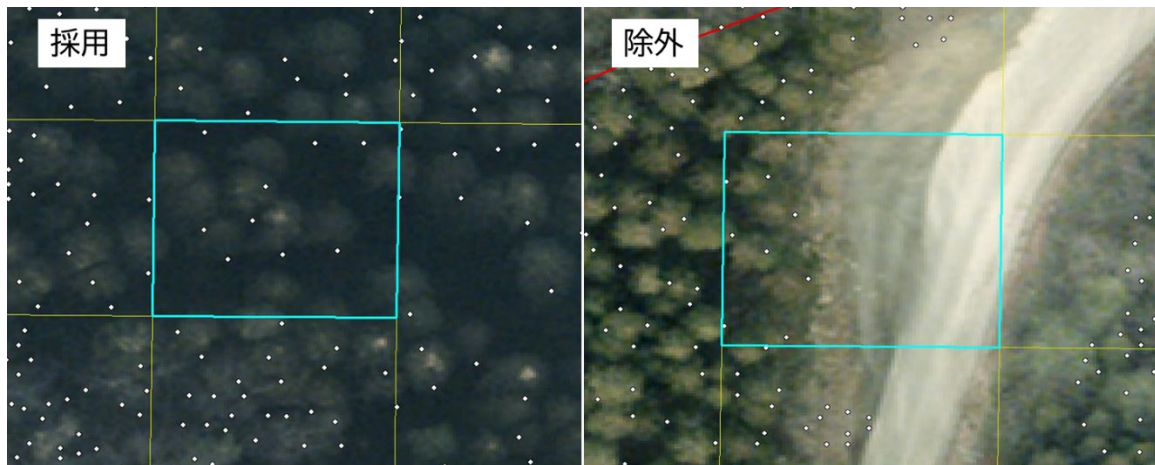
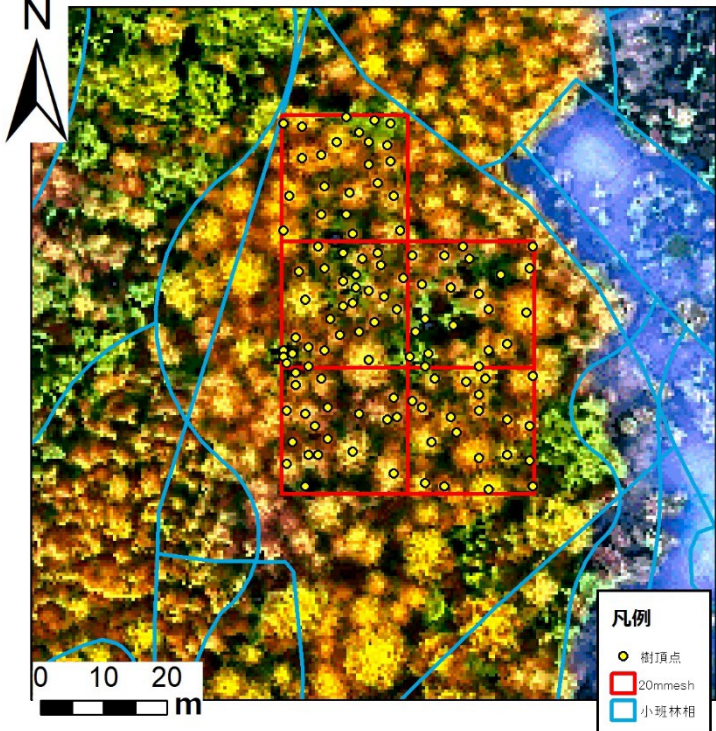
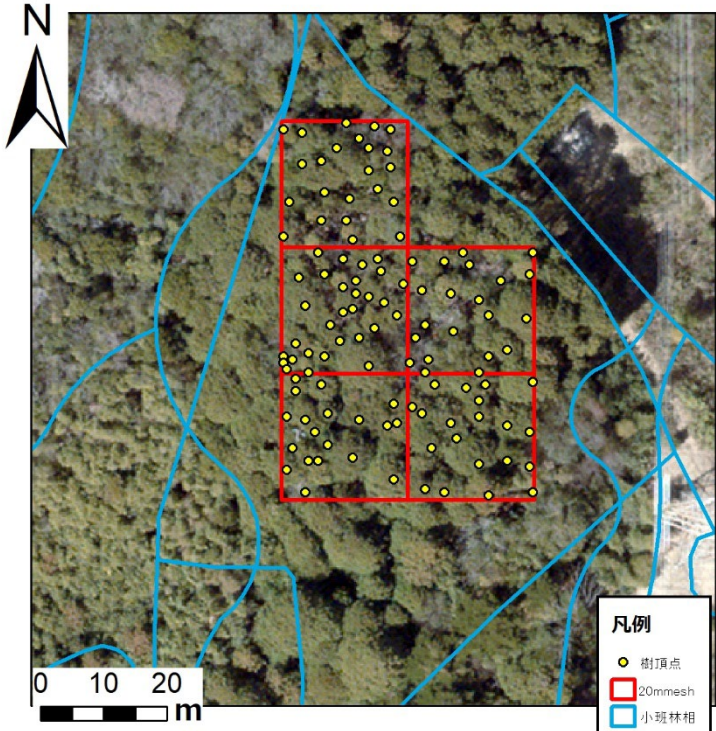
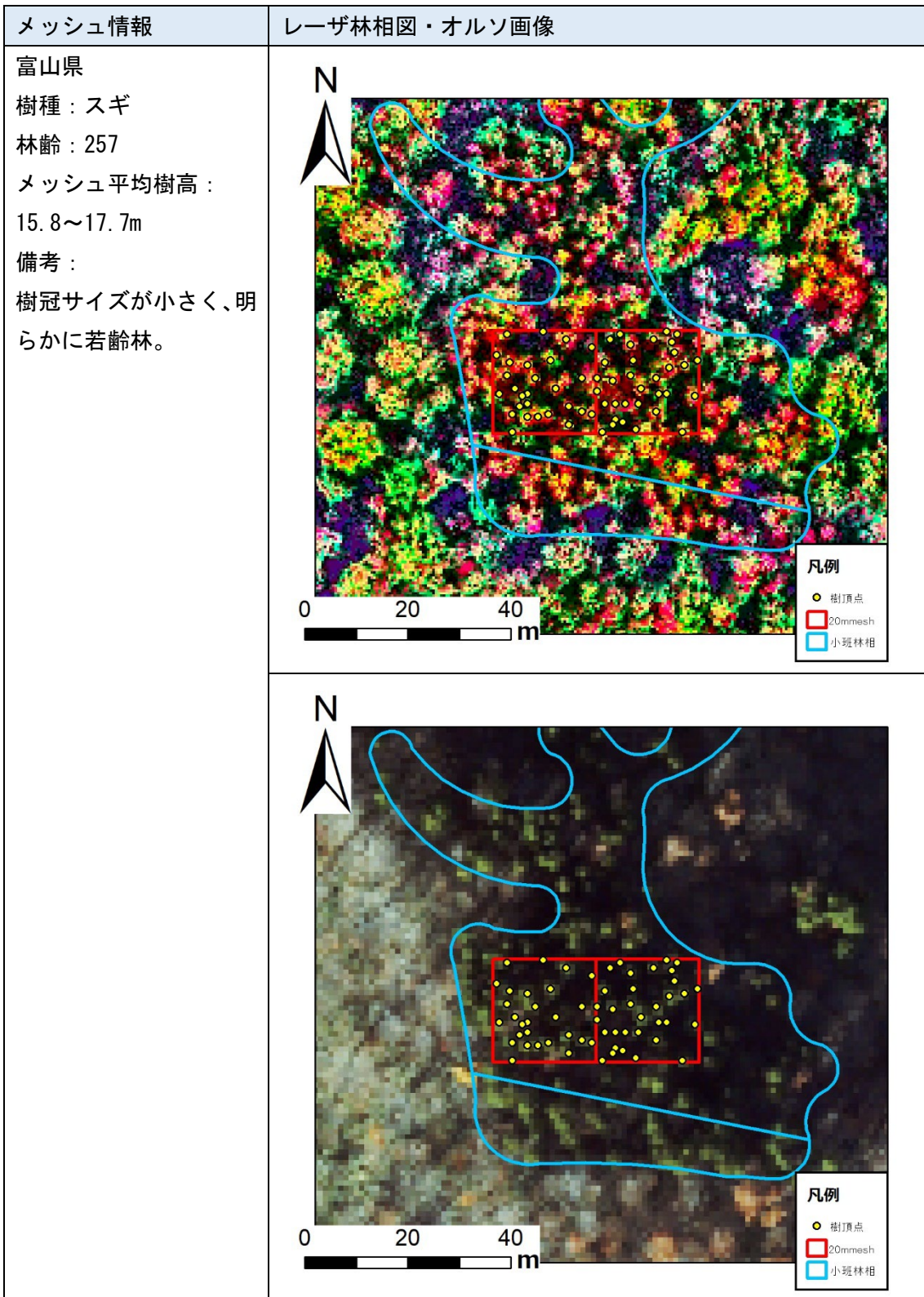


図 5.8 メッシュ内の単木樹頂点位置の分布確認イメージ(左のメッシュは採用、右のメッシュは除外)

- 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、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)、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。該当する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 (表 5.6)。そのため、林齢 200 年生以上のメッシュは除外した。

表 5.6 林齢 200 年生以上のメッシュの例

メッシュ情報	レーザ林相図・オルソ画像
<p>愛知県</p> <p>樹種：ヒノキ</p> <p>林齢：205</p> <p>メッシュ平均樹高： 20.2～26.9m</p> <p>備考： 樹冠の大きい単木もあるが、若齢木や広葉樹が混交し、サイズが一律でない</p>	 <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 樹頂点 ■ 20mmesh □ 小班林相
	 <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 樹頂点 ■ 20mmesh □ 小班林相



【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、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., 2018³等）。

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

【使用データに応じた処理】

- 令和 2 年度に富山県中央部、東部で解析された森林資源解析データ（以下、「R2 富山業務」とする。）については、平成 20 年度から令和 2 年度まで複数の計測データを組み合わせ解析したものとなっている。図 5.9 に示したように、各データの分布を確認したところ、平成 20 年度及び平成 27 年度計測のデータでは 100 年生以上の高齢級で樹高が低い傾向がみられた。平成 20 年度の計測データは、レーザ照射点密度が 1 点/m² であり、森林資源解析に十分なものではなく精度が低い可能性がある。また、平成 27 年度計測データの該当するメッシュを目視確認すると、奥山に分布するスギで広葉樹が混交しているものが多かった（図 5.10）。このようなメッシュは特定の地域に偏って分布しており、広範な地域に適用する成長モデルを構築する上で、解析データに含めることは適切でないと考えられる。

以上の理由から、R2 富山業務データにおいて、平成 20 年度と平成 27 年度の計測デ

³ 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.

一タは解析対象から除外した。

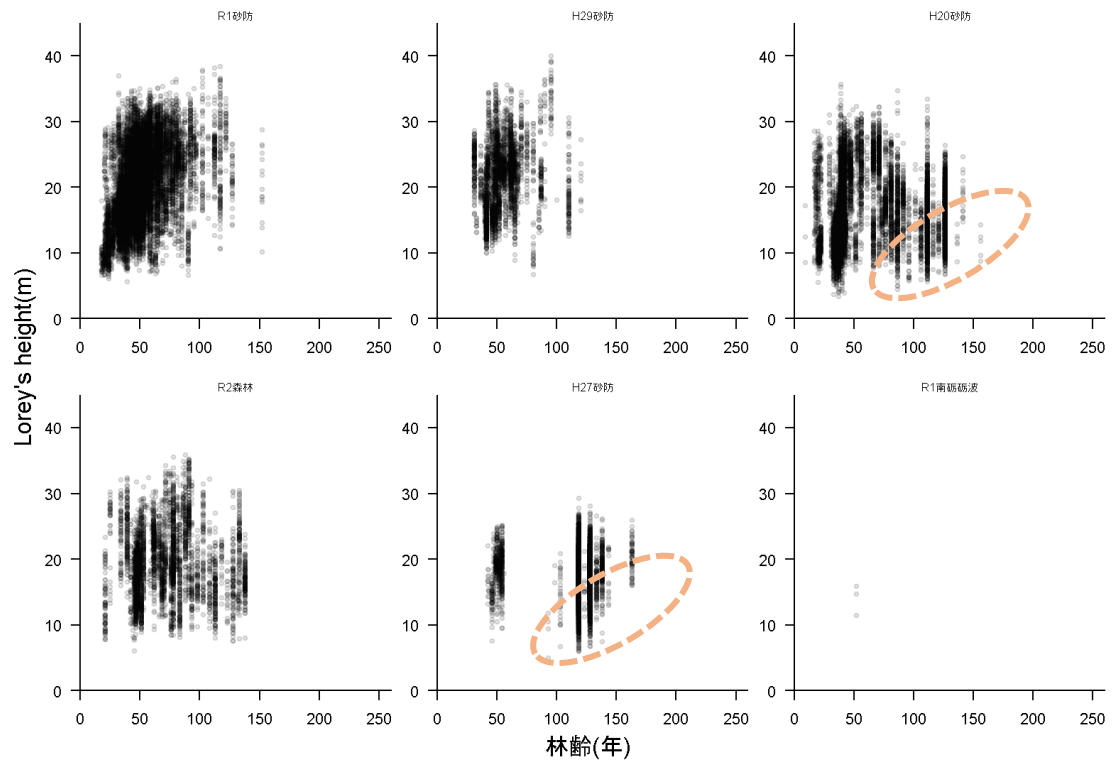


図 5.9 R2 富山業務で用いた計測データごとにプロットした林齢－樹高関係

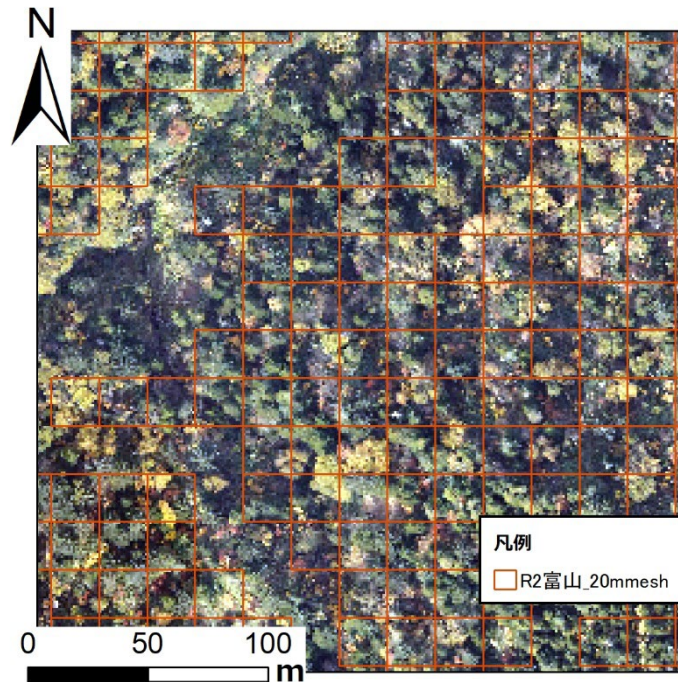


図 5.10 H27 計測データ範囲のスギ林の例