

4.2 成長予測モデルの作成

4.2.1 民有林解析データのクラス分け

3.1 章にて収集した民有林の森林資源解析成果を解析に用いるにあたって、2.2 章にて実施したグルーピングの結果を民有林のデータに割り当てる必要がある。そこで、20m メッシュで集計した民有林の解析データに、空間結合により各気候クラスを割り当てた。そこから、近畿中国・九州のグループごとに使用するメッシュデータを振り分けた。

4.2.2 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。

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 4.1 既存解析データの現地調査概要と胸高直径推定式¹

No.	地域	樹種	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 ※3	RMSE ※4
1	北陸・近畿地方	スギ	30	10-15m~30m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 2.536 \times C_a^{0.361} \times h^{0.511}$	0.921	2.00
		ヒノキ	30	10-15m~15~20m	500-750~1500 以上	$d = 3.936 \times C_a^{0.137} \times h^{0.520}$	0.768	1.51
2		スギ	65	15m 未満~30m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 2.501 \times C_a^{0.278} \times h^{0.251}$	0.903	3.94
		ヒノキ	21	15m 未満~15-20m	500-1000~1500 以上	$d = 2.464 \times C_a^{0.213} \times h^{0.664}$	0.587	2.32
3		スギ	20	20-25m~25-30m	500-1000~1500-2000	$d = 12.831 \times C_a^{0.360}$	0.654	2.14
		ヒノキ	10	10-15m~20-25m	500-1000~1500-2000	$d = 9.788 \times C_a^{0.452}$	0.669	2.06
4		スギ	15	15m 未満~26m 以上	200 未満~1200 以上	$d = 4.296 \times C_a^{0.322} \times h^{0.366}$	0.855	1.46
		ヒノキ	15	15m 未満~21-25m	200 未満~1200 以上	$d = 2.199 \times C_a^{0.267} \times h^{0.642}$	0.855	1.45
5		スギ	30	15m 未満~25m 以上	700 未満~1600 以上	$d = 2.767 \times C_a^{0.534} \times h^{0.336}$	0.970	1.99
		ヒノキ	30	15-20m~25m 以上	700 未満~1600 以上	$d = 2.347 \times C_a^{0.394} \times h^{0.508}$	0.961	1.72

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)、樹冠長率 Cp (%)、樹冠体積 V(m³)

³ 補正 R² 値：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。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。

⁴ 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。

No.	地域	樹種	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 ※3	RMSE ※4
6		スギ	30	15-20m~30-35m	500 未満~1250 以上	$d = 3.981 \times C_a^{0.399} \times h^{0.338}$	0.746	2.98
		ヒノキ	30	15m 未満~20-25m	500 未満~1250 以上	$d = 2.659 \times C_a^{0.310} \times h^{0.545}$	0.896	2.12
7		スギ	7	20-25m~30-35m	500-999~1500-2000	$d = 2.244 \times C_a^{0.170} \times h^{0.688}$	0.845	3.25
		ヒノキ	7	10-15m~25-30m	500 未満~2000 以上	$d = 3.483 \times C_a^{0.333} \times h^{0.411}$	0.880	2.40
8		スギ	40	15m 未満~25m 以上	500 未満~2000-2500	$d = \sqrt[0.5864]{\frac{h}{3.6395}}$	—	—
		ヒノキ	46	15m 未満~25m 以上	500-1000~2000-2500	$d = \sqrt[0.6721]{\frac{h}{2.146}}$	—	—
9		スギ	30	15m 未満~25m 以上	500-1000~2500 以上	$d = \sqrt[0.6981]{\frac{h}{2.2581}}$	0.67	—
		ヒノキ	31	15m 未満~25m 以上	500-1000~2500 以上	$d = \sqrt[0.5665]{\frac{h}{2.9487}}$	0.47	—
10		スギ	30	15m 未満~25m 以上	500 未満~2500 以上	$d = \sqrt[0.6981]{\frac{h}{2.2581}}$	0.67	—
		ヒノキ	30	15m 未満~25m 以上	500-1000~2500 以上	$d = \sqrt[0.5665]{\frac{h}{2.9487}}$	0.47	—
11		スギ	32	15m 未満~25m 以上	500-1000~2000-2500	$d = \sqrt[1.0729]{\frac{h}{0.6317}}$	0.96	—
	ヒノキ	32	15m 未満~25m 以上	500-1000~2500 以上	$d = \sqrt[0.9856]{\frac{h}{0.8942}}$	0.92	—	
13		スギ	32	15m 未満~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 2.523 \times C_a^{0.440} \times h^{0.528} \times Ch^{-0.127}$	0.954	2.24

No.	地域	樹種	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 ※3	RMSE ※4
14	中国地方	ヒノキ	30	15m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 5.706 \times C_a^{0.340} \times h^{0.242}$	0.806	1.86
		スギ	32	15-20m～25m 以上	500 未満～1000-1500	$d = 3.687 \times C_a^{0.321} \times h^{0.425}$	0.833	2.27
		ヒノキ	32	15m 未満～20-25m	500-1000～1500 以上	$d = 3.324 \times C_a^{0.281} \times h^{0.491}$	0.866	1.87
15		スギ	30	0-15m～25m 以上	0-500～1000 以上	$d = 2.436 \times C_a^{0.440} \times h^{0.444}$	0.936	2.68
		ヒノキ	30	0-15m～25m 以上	0-500～1000 以上	$d = 2.137 \times C_a^{0.287} \times h^{0.606}$	0.907	2.28
16		スギ	20	16-18m～28-30m	600-800～1400-1600	$d = 4.037 \times C_a^{0.369} \times h^{0.368}$	0.821	1.98
		ヒノキ	20	15m 未満～18-20m	800-1000～2200 以上	$d = 2.866 \times C_a^{0.347} \times h^{0.496}$	0.878	1.48
17		スギ	20	12m 未満～26-28m	600 未満～2200-2400	$d = 3.245 \times C_a^{0.362} \times h^{0.454}$	0.935	2.04
		ヒノキ	20	12m 未満～20-22m	600-800～2800-3000	$d = 2.857 \times C_a^{0.394} \times h^{0.489}$	0.747	2.01
18		スギ	20	12-14m～30m 以上	600 未満～2400-2600	$d = 2.309 \times C_a^{0.286} \times h^{0.620}$	0.913	2.26
		ヒノキ	20	10m 未満～22-24m	600-800～2600 以上	$d = 1.634 \times C_a^{0.320} \times h^{0.734}$	0.840	2.15
19		スギ	30	15-20m～30-35m	500 以下～1500 以上	$d = 2.885 \times C_a^{0.222} \times h^{0.582}$	0.854	2.36
		ヒノキ	30	15m 以下～20-25m	500 以下～1500 以上	$d = 3.534 \times C_a^{0.178} \times h^{0.547}$	0.715	2.17
20		スギ	31	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 3.122 \times C_a^{0.349} \times h^{0.449}$	0.894	2.86
		ヒノキ	30	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 3.186 \times C_a^{0.188} \times h^{0.544}$	0.866	1.65
21		スギ	45	10-15m～30m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 4.637 \times C_a^{0.355} \times h^{0.377}$	0.870	2.37
		ヒノキ	42	10m 未満～20-25m	500-750～1500 以上	$d = 1.992 \times C_a^{0.271} \times h^{0.597}$	0.889	2.00
22		スギ	5	15-20m～30-35m	250-500～2000-2250	$d = 1.725 \times V^{0.158} \times h^{0.739}$	0.879	2.54
		ヒノキ	5	5-10m～20-25m	500-750～2250-2500	$d = 0.167 \times C_a^{-0.351} \times h^{1.430} \times Ch^{0.543}$	0.885	1.77
23		スギ	87	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 1.802 \times C_a^{0.200} \times h^{0.677} \times Ch^{0.105}$	0.797	3.17

No.	地域	樹種	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 ^{※3}	RMSE ^{※4}
24		ヒノキ	77	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 2.390 \times C_a^{0.300} \times h^{0.564}$	0.812	2.02
		スギ	87	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 1.802 \times C_a^{0.200} \times h^{0.677} \times Ch^{0.105}$	0.797	3.17
		ヒノキ	77	10m 未満～25m 以上	500 未満～1500 以上	$d = 2.390 \times C_a^{0.300} \times h^{0.564}$	0.812	2.02
25		スギ	16	10-15m～25m 以上	500 未満～1500-2000	$d = 2.866 \times C_a^{0.420} \times h^{0.435}$	0.921	1.80
		ヒノキ	15	10m 未満～20-25m	500 未満～2000 以上	$d = 2.981 \times C_a^{0.335} \times h^{0.477}$	0.968	1.39
26	九州地方	スギ	139	10m 未満～25m 以上	500 未満～2000 以上	密区分 ⁵ $d1 = 8.0113C_a^{0.5742}$ 中区分 $d2 = 7.8273C_a^{0.5444}$ 疎区分 $d3 = 7.6567C_a^{0.529}$	0.822	2.16
		ヒノキ	132	10m 未満～25m 以上	500 未満～2000 以上	密区分 $d1 = 6.5397C_a^{0.5397}$ 中区分 $d2 = 6.4423C_a^{0.4423}$ 疎区分 $d3 = 5.3485C_a^{0.6353}$	0.8006	2.00
27		スギ	36	10m 未満～20-25m	1000 未満～2000 以上	$d = 1.886 \times C_a^{0.203} \times h^{0.658} \times Ch^{0.097}$	0.925	1.54
		ヒノキ	34	10m 未満～25m 以上	1000 未満～2000 以上	$d = 3.469 \times C_a^{0.311} \times h^{0.477}$	0.514	1.94
28		スギ	25	10-15m～20-25m	1000 未満～2000 以上	$d = 1.886 \times C_a^{0.203} \times h^{0.658} \times Ch^{0.097}$	0.925	1.54
		ヒノキ	44	10-15m～20-25m	1000 未満～2000 以上	$d = 3.458 \times C_a^{0.321} \times h^{0.478}$	0.655	1.88
29		スギ	3	10-15m～20-25m 以上	1000 未満～1000-1500	$d = 1.886 \times C_a^{0.203} \times h^{0.658} \times Ch^{0.097}$	0.925	1.54
		ヒノキ	3	15m 未満～15-20m	1000 未満～1500 以上	$d = 3.469 \times C_a^{0.311} \times h^{0.477}$	0.514	1.94
30		スギ	25	15-20m～25-30m	500-1000～2500 以上	$d = 3.636 \times A^{0.248} \times h^{0.411}$	0.639	1.91

⁵ 相対幹距比に応じて密～疎に区分した上で推定式をあてはめる方法により推定している（密：相対幹距比 14.5 以下（スギ）・16.3 以下（ヒノキ）、疎：17 超（スギ）、18.7 超（ヒノキ）、中：それぞれ疎～密の間）

No.	地域	樹種	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 ※ ₃	RMSE ※ ₄
						$d = 3.165 \times A^{0.335} \times h^{0.380}$	0.713	2.56
		ヒノキ	25	10-15m~20-25m	500-1000~2000-2500	$d = 2.680 \times A^{0.240} \times h^{0.538}$ $d = 2.957 \times Ca^{0.430} \times h^{0.407}$	0.672 0.791	1.54 1.23
31		スギ	73	15-20m~30-35m	500 未満~2500 以上	$d = 3.168 \times C_a^{0.286} \times h^{0.395} \times C_p^{0.119}$	0.723	2.25
		ヒノキ	75	10-15m~20-25m	500 未満~2000-2500	$d = 3.682 \times Ca^{0.385} \times h^{0.381}$	0.792	1.80
32		スギ	40	5-10m~30-35m	500 未満~3000 以上	$d = 2.309 \times Ca^{0.427} \times h^{0.477}$	0.943	2.39
		ヒノキ	42	5-10m~25-30m	500 未満~2500-2999	$d = 2.626 \times Ca^{0.363} \times h^{0.481}$	0.916	1.98
33		スギ	32	15m 以下~30-40m	500 以下~1500-2000	$d = 1.810 \times Ca^{0.381} \times h^{0.625}$	0.961	2.31
		ヒノキ	32	15m 以下~20-25m	500-1000~1500-2000	$d = 3.015 \times Ca^{0.424} \times h^{0.407}$	0.802	1.87
34		スギ	32	15m 以下~30-40m	500 以下~1500-2000	$d = 1.810 \times Ca^{0.381} \times h^{0.625}$	0.961	2.31
		ヒノキ	32	15m 以下~20-25m	500-1000~1500-2000	$d = 3.015 \times Ca^{0.424} \times h^{0.407}$	0.802	1.87
35		スギ	39	5-10m~30-35m	500 未満~2000-2499	$d = 2.644 \times Ca^{0.356} \times h^{0.542}$	0.945	2.66
		ヒノキ	41	5-10m~20-25m	500-999~2000-2499	$d = 3.463 \times Ca^{0.506} \times h^{0.285}$	0.824	1.73
36		スギ	20	15m 未満~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 1.828 \times Ca^{0.454} \times h^{0.557}$	0.942	2.11
		ヒノキ	20	15m 未満~25m 以上	500 未満~1500 以上	$d = 2.887 \times Ca^{0.397} \times h^{0.403}$	0.872	1.62