日本の主要樹種 75 種の樹高と胸高直径の関係

小林 勇太^{*1}・堀内 颯夏²・鈴木 紅葉²・森 章¹

樹木の高さと太さの関係は、成長や材積の計算、群集解析、森林動態のシミュレーションに至る様々な場面で利用される重要なアロメトリー情報である。本研究では、日本全土の毎木データを収集し、約 26,000 本の個体情報から 75 種の樹高と胸高直径の関係を Chapman-Richards (von Bertalanffy) 式を用いて推定した。樹種ごとの推定結果は本文中に示し、データの出典および樹高と胸高直径の散布図は電子付録に掲載した。今後の森林管理・研究のための基礎資料として広く活用していただきたい。

キーワード：樹木、生活型、樹高、胸高直径、アロメトリー、Chapman-Richards (von Bertalanffy)

Yuta Kobayashi,^{*1} Soki Horiuchi,² Kureha F. Suzuki,² Akira S. Mori¹ (2021) Tree Height-diameter Allometry of 75 Major Tree Species in Japan. J Jpn For Soc 103: 168-171 Tree height-diameter allometry is fundamental in estimating growth and biomass, analyzing community structure, and simulating forest dynamics. In this study, we formulated the relationships based on the Chapman-Richards (von Bertalanffy) equation for 75 major species in Japan from data on about 26,000 individuals. Results for each species are shown in the main text, and sources of data and scatter plots of tree height and diameter are shown in the electronic material. We hope that this report will be widely used for forest management and research.

Key words: Trees, life form, tree height, diameter, allometry, Chapman-Richards (von Bertalanffy)

I. はじめに

樹高と胸高直径は樹木個体の生存、繁殖、枯死に関わる重要な形質である (Moles *et al.* 2009; Kunstler *et al.* 2016)。例えば、樹高が高ければ他個体より多くの光を獲得でき、胸高直径が大きければ吸収した水分を効率よく輸送することができる。このように両者を高めることは樹木にとって利益をもたらすが、樹木が光合成で獲得できる炭素には限りがあるため、伸長成長と肥大成長はトレード・オフの関係にある (King *et al.* 1990; Sumida *et al.* 1997)。発芽した場所から移動することができない樹木にとって、樹高と胸高直径の関係は種の生存戦略を反映しており、生物多様性や生態系サービスの保全に有効な情報になる (Seidl *et al.* 2012)。本研究では、日本全土で測定された樹高と胸高直径のデータを収集し、両者の関係を数式化することを目的とした。

II. 方 法

日本長期生態学ネットワーク (JaLTER) や環境省、林野庁の報告書をはじめとする計 85 件の文献より、663 地点の毎木データを収集した (図-1, JSTAGE 電子付録付表-1)。多くのデータにおいて種名は日本語で登録されていたため、環境省が公開している全国植生調査データベース (<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-006.html>, 2020 年 5 月 13 日確認) より得られる和名学名一覧に従って和名と学名をマッチングさせた。亜種や変種などの種以下の分類階級は認めず、交雑種は解析から除外した。例えば、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) にはヤマハンノキ (*A. hirsuta* var. *sibirica*) やタニガワハンノキ (*A. hirsuta* var. *microphylla*)

のデータが含まれる。株立ちや幹折れ、根返りなどの記載がある個体は除外し、30 個体以上のデータが確保できた種を抽出した (102 種, 26,259 個体)。

樹高 H_G (m) と胸高直径 D (cm) の関係は、世界的に広く使用されている Chapman-Richards (von Bertalanffy) 式をあてはめた。(e.g., Sharma and Parton 2007; Rijal *et al.* 2012)。

$$H_G = 1.3 + H \quad (1)$$

$$H = a(1 - e^{-bD})^c \quad (2)$$

式 (1) の 1.3 は胸高 (m) であり、 H は胸高からの樹高 (m) を示している。式 (2) の a は最大樹高、 b と c は曲線の立ち上がりを決めるパラメータである。式 (2) の両辺を対数変換し、非線形混合効果モデルにて三つのパラメータを樹種ごとに推定した。パラメータの初期値は $a = 3$, $b = 0.01$, $c = 1$ とし、立地環境の違いが最大樹高へ与える影響を鑑み (e.g., Pooter 2001; Forrester *et al.* 2017; Mensah *et al.* 2018), a を地点のランダム効果とした。この計算には統計解析ソフトウェア R ver. 4.0.2 (R Development Core Team 2013) および “lme4” パッケージ (Bates *et al.* 2020) に含まれる nlmer 関数を用いた。また、 a のとりえる範囲を分位点非線形回帰にて推定した (Brandl *et al.* 2018)。分位点としては 5, 25, 75, 95% の四つを採用し、パラメータ b と c を固定したうえで a のみを推定した。この計算には R の “quantreg” パッケージ (Koenker *et al.* 2020) に含まれる nlrq 関数を用いた。

III. 結果と考察

樹種ごとのパラメータ推定結果を表-1 に、胸高からの樹高と胸高直径の散布図を JSTAGE 電子付録付図-1 に示

* 連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: kobayashi.yuta.kh@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8923-5006>

¹ 横浜国立大学大学院 環境情報研究院 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7 (Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama, Kanagawa 240-8501, Japan)

² 横浜国立大学大学院環境情報学府 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7 (Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama, Kanagawa 240-8501, Japan) (2020 年 9 月 24 日受付; 2021 年 2 月 16 日受理)

した。JSTAGE 電子付録付図-1 の見本として本文においても図-2 にウラジロモミ (*Abies homolepis*) の散布図を掲載する。なお、102 種のうち 27 種はデータの偏りや外れ値の影響によりパラメータが正しく推定できなかった。最大のサンプルサイズが得られた樹種はトドマツ (*Abies sachalinensis*) であり、55 地点から得られた 3,802 個体のデータから構成されていた。パラメータ a の最小値はアセ

ビ (*Pieris japonica*) で 3.8 m、最大値はスギ (*Cryptomeria japonica*) で 29.9 m であった (表-1)。分位点回帰によってパラメータ a のとりえる範囲を求めたので用途に応じて参照していただきたい。

正木ら (2017) が指摘しているように、同属であっても樹高と胸高直径の関係は大きく異なるため未知の樹種に対して近縁種のパラメータを当てはめることは慎重に行うべきである。実際に、同属内に 2 種以上含まれる樹種について胸高直径が 30 cm のときの胸高からの樹高の予測値を計算したところ、モミ属 (*Abies*)、ハンノキ属 (*Alnus*)、トネリコ属 (*Fraxinus*)、コナラ属 (*Quercus*)、ハイノキ属 (*Symplocos*) において、5 m 以上の差があることが確認された (図-3)。

図-1. 毎木データの調査地点 (291/663 地点)

文献によって同一景観内に複数のプロットを設置している場合は、代表的なものを一つだけ選択して示している。JSTAGE 電子付録付表-1 の No. 3, 38-42, 50 の文献についてはプロットが全国に広がっているため、それぞれのプロットの位置を示してある。

Abies homolepis

図-2. ウラジロモミ (*Abies homolepis*) の胸高からの樹高 H (m) と胸高直径 D (cm) の関係

実線は非線形混合効果モデルによる回帰曲線を、破線は下から 5 (青破線), 25 (青長破線), 75 (赤長破線), 95% (赤破線) 分位点における回帰曲線を示している。

図-3. 同属内に 2 種以上含まれる樹種の胸高直径 D が 30 cm のときの胸高からの樹高 H (m) の予測値

点は樹種ごとの胸高からの樹高 H の予測値を示しており、エラーバーによって最大値と最小値を結んでいる。

表-1. 樹種ごとのパラメータ推定結果

学名 *	和名 **	サンプル サイズ	地点数	ln(<i>a</i>) ± s.e.	ランダム		<i>a</i>	<i>b</i> ± s.e.	<i>c</i> ± s.e.	<i>a</i> (5%)	<i>a</i> (25%)	<i>a</i> (75%)	<i>a</i> (95%)
					効果の 分散								
<i>Abies firma</i>	モミ	136	47	3.11 ± 0.07	0.21	22.5	0.046 ± 0.006	1.52 ± 0.1	15.8	18.7	28.4	42.5	
<i>Abies homolepis</i>	ウラジロモミ	141	17	3.21 ± 0.02	0.31	24.8	0.058 ± 0.003	1.77 ± 0.02	17.6	23.1	33.3	40.8	
<i>Abies mariesii</i>	オオシラビン	64	1	2.89 ± 0.38	0.00	18.1	0.041 ± 0.017	1.99 ± 0.23	10.5	15.5	22.2	29	
<i>Abies sachalinensis</i>	トドマツ	3802	55	3.19 ± 0.03	0.16	24.2	0.045 ± 0.002	1.42 ± 0.02	14.1	19.7	27.9	36.3	
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	コシアブラ	414	70	2.43 ± 0	0.25	11.4	0.11 ± 0.003	1.2 ± 0	6.6	10	14.9	18.2	
<i>Acer japonicum</i>	ハウチワカエデ	150	32	2.68 ± 0.16	0.24	14.5	0.078 ± 0.018	1.28 ± 0.08	7.9	12	17.7	23.3	
<i>Acer micranthum</i>	コミネカエデ	39	15	2.25 ± 0.32	0.33	9.5	0.105 ± 0.056	1.29 ± 0.22	3.6	7.2	14.4	19.7	
<i>Acer palmatum</i>	イロハカエデ	182	66	2.62 ± 0.02	0.20	13.8	0.071 ± 0.004	1.14 ± 0.02	8.6	11.8	18.4	23.8	
<i>Acer rufinerve</i>	ウリハダカエデ	106	32	2.58 ± 0.02	0.26	13.2	0.102 ± 0.007	1.49 ± 0.02	6.7	10.3	18.6	22.8	
<i>Acer shirasawanum</i>	オオイチヤメイゲツ	47	17	2.76 ± 0.38	0.35	15.8	0.034 ± 0.029	0.87 ± 0.2	7.7	11.5	20.3	26.3	
<i>Acer sieboldianum</i>	コハウチワカエデ	199	77	2.51 ± 0.08	0.21	12.3	0.101 ± 0.023	1.39 ± 0.21	6.9	10.7	16	20.8	
<i>Acer tenuifolium</i>	ヒナウチワカエデ	44	7	2.85 ± 0.37	0.16	17.3	0.037 ± 0.028	0.98 ± 0.22	12.9	16.7	23.6	27.7	
<i>Actinodaphne longifolia</i>	バリバリノキ	33	12	2.07 ± 0.02	0.14	8	0.327 ± 0.015	2.85 ± 0.02	4.1	7.1	10.1	12.3	
<i>Aesculus turbinata</i>	トチノキ	80	38	3.02 ± 0.11	0.12	20.5	0.048 ± 0.01	1.25 ± 0.08	12.5	16.2	26.2	33.8	
<i>Alnus hirsuta</i>	ケヤマハンノキ	148	23	2.98 ± 0.28	0.22	19.8	0.035 ± 0.019	0.99 ± 0.14	10.4	15.2	23.6	29.1	
<i>Alnus japonica</i>	ハンノキ	103	13	1.72 ± 0.17	0.22	5.6	0.26 ± 0.075	1.55 ± 0.21	2.9	4.4	6.7	9.6	
<i>Benthamidia japonica</i>	ヤマボウシ	56	11	2.31 ± 0.02	0.10	10.1	0.085 ± 0.006	0.97 ± 0.01	7.1	9	12.4	15.4	
<i>Betula ermanii</i>	ダケカンバ	563	42	2.98 ± 0.04	0.13	19.7	0.078 ± 0.009	1.27 ± 0.1	12.8	17.4	24.2	28.8	
<i>Betula grossa</i>	ミズメ	153	46	2.88 ± 0.08	0.23	17.8	0.057 ± 0.016	0.88 ± 0.15	12.1	15.9	23.3	28.8	
<i>Betula maximowicziana</i>	ウダイカンバ	85	19	3.03 ± 0.01	0.24	20.7	0.07 ± 0.005	1.06 ± 0.01	14	18.5	26.5	29.2	
<i>Betula platyphylla</i>	シラカンバ	588	30	2.99 ± 0.05	0.18	19.9	0.089 ± 0.012	1.37 ± 0.13	12.4	15.3	24.8	28.2	
<i>Camellia japonica</i>	ツバキ	258	51	2.08 ± 0.06	0.19	8	0.265 ± 0.032	2.06 ± 0.17	4.6	6.9	10.7	14.1	
<i>Carpinus cordata</i>	サワシバ	47	8	2.37 ± 0.12	0.00	10.7	0.138 ± 0.071	1.2 ± 0.48	6.8	9.7	12.7	13.8	
<i>Carpinus tschonoskii</i>	イヌシデ	188	48	3.02 ± 0.12	0.00	20.5	0.042 ± 0.014	0.87 ± 0.09	13.4	18	24.3	28.1	
<i>Castanea crenata</i>	クリ	64	23	3.11 ± 0.15	0.08	22.4	0.032 ± 0.016	0.76 ± 0.18	16	20.1	26.9	32.2	
<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ	291	76	2.21 ± 0.11	0.33	9.2	0.122 ± 0.025	1.25 ± 0.1	5.3	8.6	13.2	15.7	
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	281	59	2.5 ± 0.11	0.27	12.2	0.074 ± 0.016	1.12 ± 0.08	3.8	9.3	14.7	18.9	
<i>Cornus controversa</i>	ミズキ	235	67	2.82 ± 0.09	0.29	16.8	0.058 ± 0.011	1.06 ± 0.08	8.6	14.5	23.5	29.4	
<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ	2386	103	3.4 ± 0.04	0.28	29.9	0.035 ± 0.002	1.3 ± 0.03	19.8	33.5	45.4	51.5	
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	107	23	2.48 ± 0.1	0.15	11.9	0.13 ± 0.032	1.49 ± 0.24	6.7	10.3	15.1	19.5	
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	65	18	2.63 ± 0.02	0.13	13.9	0.155 ± 0.007	1.81 ± 0.02	8.3	12.7	17	20.2	
<i>Fagus crenata</i>	ブナ	1057	149	3.05 ± 0.03	0.22	21	0.043 ± 0.003	1.14 ± 0.03	13.3	18.3	26.8	33.9	
<i>Fagus japonica</i>	イスブナ	62	8	2.89 ± 0.02	0.33	18.1	0.047 ± 0.004	1.11 ± 0.02	13.5	20.7	26.8	32.2	
<i>Fraxinus lanuginosa</i>	アオダモ	64	17	2.39 ± 0.03	0.34	11	0.113 ± 0.01	1.28 ± 0.03	6	11.4	16.7	18.2	
<i>Fraxinus mandshurica</i>	ヤチダモ	109	25	3.07 ± 0.01	0.30	21.6	0.076 ± 0.005	1.47 ± 0.01	12.7	18.5	28.7	36.4	
<i>Ilex macropoda</i>	アオハダ	57	26	2.5 ± 0.01	0.42	12.1	0.092 ± 0.007	1.26 ± 0.01	7.6	10.8	15.4	19.6	
<i>Ilex pedunculosa</i>	ソヨゴ	72	23	2.19 ± 0.01	0.36	8.9	0.109 ± 0.008	1.05 ± 0.01	5.3	8.6	11.8	17.2	
<i>Illicium anisatum</i>	シキミ	100	35	2.16 ± 0.01	0.31	8.6	0.206 ± 0.006	2.05 ± 0.01	4.6	7.9	12.6	15.5	
<i>Kalopanax pictus</i>	ハリギリ	311	44	2.94 ± 0.01	0.15	19	0.047 ± 0.002	0.98 ± 0.01	12	15.8	21.8	27.2	
<i>Larix kaempferi</i>	カラマツ	774	30	3.38 ± 0.08	0.26	29.3	0.029 ± 0.005	0.69 ± 0.05	18.9	22.4	36.2	41.5	
<i>Lithocarpus edulis</i>	マテバシイ	35	9	3.08 ± 0.33	0.34	21.7	0.013 ± 0.011	0.57 ± 0.11	8	18.6	26.5	31.6	
<i>Lyonia ovalifolia</i>	ネジキ	33	11	1.79 ± 0.01	0.20	6	0.27 ± 0.012	1.63 ± 0.01	3.1	5.9	8.5	11.3	
<i>Machilus japonica</i>	ホソバタブ	42	18	2.36 ± 0.01	0.15	10.6	0.111 ± 0.008	1.1 ± 0.01	8	9.7	12.2	13.6	
<i>Magnolia hypoleuca</i>	ホオノキ	297	88	2.79 ± 0.06	0.13	16.3	0.077 ± 0.011	1.29 ± 0.09	10.1	13.9	19.5	25.2	
<i>Magnolia salicifolia</i>	タムシバ	43	20	2.48 ± 0.01	0.18	12	0.114 ± 0.008	1.2 ± 0.01	8.4	11	13.8	17.7	
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	95	17	1.9 ± 0.01	0.22	6.7	0.206 ± 0.008	1.33 ± 0.01	4.3	6.1	9.3	12.5	
<i>Ostrya japonica</i>	アサダ	58	10	3.13 ± 0.04	0.08	22.8	0.046 ± 0.004	1.01 ± 0.04	16.5	21.6	28.7	31.6	
<i>Picea glehnii</i>	アカエゾマツ	648	16	3.09 ± 0.05	0.10	22	0.056 ± 0.005	1.66 ± 0.09	15.1	20.5	26.3	32.3	
<i>Picea jezoensis</i>	エゾマツ	354	23	3.15 ± 0.05	0.12	23.3	0.045 ± 0.005	1.53 ± 0.08	16.8	22.1	28.5	35.6	
<i>Pieris japonica</i>	アセビ	56	21	1.34 ± 0.25	0.00	3.8	0.182 ± 0.167	0.97 ± 0.69	2.1	2.5	5.1	7.8	
<i>Pinus densiflora</i>	アカマツ	235	40	3.1 ± 0.01	0.24	22.2	0.026 ± 0.002	0.72 ± 0.01	13.9	17.7	24.7	36.2	
<i>Pinus thunbergii</i>	クロマツ	92	11	2.84 ± 0.22	0.21	17.2	0.037 ± 0.019	0.78 ± 0.12	12.3	14.8	21.6	24.3	
<i>Prunus grayana</i>	ウウミズザクラ	139	43	2.71 ± 0	0.07	15	0.084 ± 0.003	1.25 ± 0	6.8	12.3	19.4	23.1	
<i>Prunus jamasakura</i>	ヤマザクラ	116	23	2.9 ± 0.1	0.21	18.1	0.035 ± 0.01	0.74 ± 0.09	9.9	12.2	17.9	25.4	
<i>Prunus ssiroi</i>	シウリザクラ	70	10	2.86 ± 0.05	0.08	17.5	0.062 ± 0.006	1.15 ± 0.05	11.3	15.4	19.8	24.1	
<i>Prunus verecunda</i>	カスミザクラ	42	7	2.88 ± 0.13	0.28	17.7	0.109 ± 0.023	2.12 ± 0.44	9.7	17.7	22.8	28.3	
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	246	51	2.61 ± 0.04	0.15	13.7	0.07 ± 0.014	0.89 ± 0.12	8.6	12.1	16.3	18.7	
<i>Quercus dentata</i>	カシワ	739	5	2.53 ± 0.17	0.35	12.5	0.14 ± 0.011	2.25 ± 0.22	7.3	9.1	11.6	13.8	
<i>Quercus gilva</i>	イチイガシ	81	15	2.92 ± 0.1	0.19	18.6	0.06 ± 0.017	1.1 ± 0.15	13.2	16.7	25.8	28.8	
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	63	20	2.31 ± 0.01	0.09	10.1	0.251 ± 0.008	2.35 ± 0.01	6.2	8.4	12.1	16.3	
<i>Quercus mongolica</i>	ミズナラ	1372	130	2.92 ± 0.03	0.24	18.5	0.051 ± 0.004	1.03 ± 0.04	11	15.3	21.4	28	
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	シラカシ	128	10	3.05 ± 0.28	0.35	21	0.027 ± 0.014	0.75 ± 0.06	12.3	18.1	26.6	31.8	
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	235	54	2.95 ± 0.01	0.24	19.2	0.03 ± 0.002	0.78 ± 0.01	13.3	18.2	25.5	33.8	
<i>Quercus serrata</i>	コナラ	286	52	3.03 ± 0.08	0.21	20.7	0.033 ± 0.008	0.73 ± 0.06	13.1	17.9	26.6	30.9	
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクバネガシ	38	7	2.84 ± 0.06	0.00	17.1	0.051 ± 0.02	0.88 ± 0.24	9.8	14.8	20.8	24.9	
<i>Salix bakko</i>	バッコヤナギ	57	18	2.67 ± 0.01	0.25	14.4	0.064 ± 0.006	1.02 ± 0.01	8.8	10.9	17.2	25.9	
<i>Sorbus commixta</i>	ナナカマド	541	52	2.44 ± 0.06	0.20	11.4	0.124 ± 0.018	1.33 ± 0.13	7	10.4	14.8	18.5	
<i>Styrax japonicus</i>	エゴノキ	115	41	2.37 ± 0.01	0.35	10.7	0.127 ± 0.005	1.27 ± 0.01	5.8	9.4	14.5	17.6	
<i>Styrax obassia</i>	ハクウンボク	55	11	2.42 ± 0.01	0.24	11.3	0.118 ± 0.008	1.35 ± 0.01	8.8	12.9	16.7	19.5	
<i>Symplocos coreana</i>	タンナサワフタギ	46	10	1.54 ± 0.24	0.00	4.6	0.294 ± 0.133	2.16 ± 0.59	2.1	3.8	6	7.5	
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	40	7	2.38 ± 0.02	0.06	10.8	0.225 ± 0.01	2.18 ± 0.02	7.4	9.8	12.4	15.4	
<i>Symplocos myrtaea</i>	ハイノキ	68	9	1.97 ± 0.29	0.00	7.2	0.194 ± 0.09	1.42 ± 0.22	4.9	6	8.3	10.5	
<i>Tilia japonica</i>	シナノキ	117	23	3.08 ± 0.02	0.08	21.8	0.041 ± 0.002	1.06 ± 0.02	13	19.5	26	33.9	
<i>Tsuga sieboldii</i>	ツガ	88	27	2.94 ± 0.01	0.18	19	0.038 ± 0.003	1.05 ± 0.01	12.3	15.9	21.8	27.8	
<i>Ulmus japonica</i>	ハルニレ	118	22	3.34 ± 0.11	0.20	28.2	0.025 ± 0.005	0.96 ± 0.08	15.5	21.2	30.2	40.9	

* 種以下の分類階級を含む。** 属・種名に基づいて代表的な和名を記載している。

科学技術の発展に伴って様々なデータがリモートで取得できるようになったが、樹種の判別や樹形の測定にはいま

だ地道なフィールド調査が必要である。特に、林内での樹高測定には多大な労力を要するため、一般的な毎木調査で

は胸高直径のみを測定することが多い。公開されているデータはできる限り収集したが、本研究で対象にできた種は 75 種が限界であった。Fukaya *et al.* (2020) によると日本に分布する樹木種数は約 1,200 種であり、本研究の対象樹種はその 1 割にも満たない。今後もデータ収集に努め結果を更新していくつもりである。公開・非公開に関わらずお手持ちのデータがあれば提供していただけると嬉しい。

謝 辞

JSTAGE 電子付録付表-1 に示した通り、本報告は日本全土で取得された毎木データに基づいて作成された。特に、北海道大学天塩研究林、雨龍研究林からは日本長期生態学ネットワーク (JaLTER) を介して多くのデータを提供していただいた。これらのデータに関わったすべての方々に深い感謝を申し上げます。本研究は、日本学術振興会特別研究員奨励費 (研究課題: 19J15582) の助成を受けて実施されたものである。

引用文献

- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S, Christensen RHB, Singmann H, Dai B, Scheipl F (2020) Linear mixed-effects models using 'Eigen' and S4. Version 1.1-26. R Foundation for Statistical Computing
- Brandl S, Mette T, Falk W, Vallet P, Rötzer T, Pretzsch H (2018) Static site indices from different national forest inventories: harmonization and prediction from site conditions. *Ann For Sci* 75: 56
- Forrester DI, Tachauer IHH, Annighoefer P, Barbeito I, Pretzsch H, Ruiz-Peinado R, Stark H, Vacchiano G, Zlatanov T, Chakraborty T, Saha S, Sileshi GW (2017) Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate. *For Ecol Manage* 396: 160–175
- Fukaya K, Kusumoto B, Shiono T, Fujinuma J, Kubota Y (2020) Integrating multiple sources of ecological data to unveil macroscale species abundance. *Nature Commun* 11: 1695
- King D (1990) Allometry of saplings and understorey trees of a Panamanian forest. *Funct Ecol* 4: 27–32
- Koenker R, Portnoy S, Ng PT, Melly B, Zeileis A, Grosjean P, Moler C, Chernozhukov V, Fernandez-Val I, Ripley BD (2020) Quantile Regression. Version 5.75. R Foundation for Statistical Computing
- Kunstler G, Falster D, Coomes DA, Hui F, Kooyman RM, Laughlin DC, Poorter L, Vanderwel M, Vieilledent G, Wright SJ, Aiba M, Baraloto C,

Caspersen J, Cornelissen JHC, Gourlet-Fleury S, Hanewinkel M, Herault B, Kattge J, Kurokawa H, Onoda Y, Peñuelas J, Poorter H, Uriarte M, Richardson S, Ruiz-Benito P, Sun IF, Ståhl G, Swenson NG, Thompson J, Westerlund B, Wirth C, Zavala MA, Zeng, H, Zimmerman JK, Zimmermann NE, Westoby M (2016) Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature* 529: 204–207

正木 隆・中静 透・新山 馨・田中 浩・飯田滋生 (2017) 小川試験地における 29 樹種の胸高直径－樹高関係. *森林総研研報* 16: 121–142

Mensah S, Pienaar OL, Kunneke A, du Toit B, Seydack A, Uhl E, Pretzsch H, Seifert T (2018) Height – Diameter allometry in South Africa's indigenous high forests: Assessing generic models performance and function forms. *For Ecol Manage* 410: 1–11

Moles AT, Warton DI, Warman L, Swenson NG, Laffan SW, Zanne AE, Pitman A, Hemmings FA, Leishman MR (2009) Global patterns in plant height. *J Ecol* 97: 923–932

Poorter L (2001) Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. *Funct Ecol* 15: 113–123

R Development Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.R-project.org/>

Rijal B, Weiskittel AR, Kershaw JA (2012) Development of regional height to diameter equations for 15 tree species in the North American Acadian Region. *Forestry* 85: 379–390

Seidl R, Rammer W, Scheller RM, Spies TA (2012) An individual-based process model to simulate landscape-scale forest ecosystem dynamics. *Ecol Modell* 231: 87–100

Sharma M, Parton J (2007) Height–diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *For Ecol Manage* 249: 187–198

Sumida A, Ito H, Isagi Y (1997) Trade-off between height growth and stem diameter growth for an evergreen Oak, *Quercus glauca*, in a mixed hardwood forest. *Funct Ecol* 11: 300–309

JSTAGE DATA

日本の樹木 102 種, 26,259 個体の樹高と胸高直径のデータ
Data on tree height and diameter at breast height for 26,259 individuals of 102 species in Japan
<https://doi.org/10.50853/data.jjfs.14150180>