

スギ人工林における単木直径成長モデルの構築*¹田中恵太郎*² ・ 吉田茂二郎*³ ・ 村上拓彦*³

田中恵太郎・吉田茂二郎・村上拓彦：スギ人工林における単木直径成長モデルの構築 九州森林研究 57：58-61, 2004 これまで直径成長について様々な研究が行われているが単木成長と地形条件の関係を表すほどの詳細な研究例はほとんどない。そこで本研究では既存の期首直径による直径成長モデルに競争指数と数量化した地形因子を加えることによって、単木レベルでの直径成長モデルの構築を目的とした。対象地は鹿児島大学高隈演習林にある75年生（2001年現在）のスギ単純同齢林であり、110m × 110mの方形区（端から20mは緩衝地帯）を抽出し、データとして利用した。解析方法は既存の期首直径モデルに独立変数として競争指数や地形因子を線形結合させて、モデルの精度の向上を検証した。その結果、モデルの精度は向上しなかった。その要因としては、本研究で対象とした林分の林齢が75年生と高齢であるために、すでに個体のサイズ格差が付いてしまっていてサイズ依存による成長の影響が大きくなっていることが考えられる。

キーワード：スギ, 数量化, 地形因子, 競争, 直径成長

Tanaka, K., Yoshida, S. and Murakami, T.: Construction of the individual-based diameter growth model in a Japan cedar plantation Kyushu J. For. Res. 57: 58-61, 2004 Although various researchers have studied about diameter growth, almost no researchers studied the relation between individual tree growth and geographical conditions. Then, in this research, the aim was construction of the individual based diameter growth model by adding a competition index and the quantified geographical feature factor to existing diameter growth model based on beginning-of-period diameter. Study site was 75-years old (as of 2001) even-aged sugi plantation located in the Kagoshima University Takakuma Forest. The 110m x 110m square (20m was a buffer zone from an end) was extracted to use as data. The analysis method made the existing beginning-of-period diameter model carry out alignment combination of a competition index or the geographical feature factor as an independent variable, and verified improvement in the accuracy of a model. As a result, the accuracy of a model did not improve. Since the trees in this research were old: 75-years old, it was possible that the size gap among individual trees is already appeared and the growth by size dependence gives large influence to diameter growth.

Key words: sugi, quantify, geographical feature factor, competition, diameter growth

I. はじめに

スギの単純同齢林における直径成長において、期首直径と定期直径成長量の間に正の直線関係が見られる（Tanaka, 1986）ことが広く知られている。しかし、地形に起伏のある林分では、その面積によって、たとえ同一林分であっても林分内で林地生産力に差があることが考えられ、そのような微地形によって胸高直径分布の特徴が異なることも述べられている（吉田, 1985）。このことから個体レベルで直径成長モデルの構築を考えたときに、同一林分であるからといって、ひとつの一次式を当てはめるのは不適當である。

また、これまでの研究（田中ら, 2002）によって直径成長は個体間の競争と地形条件の影響を受けることがわかっている。しかし、このときに対象とした地形因子は堆積様式であり、定性的なもので単木レベルでの局所的な地形条件の格差を明確にするほどの詳細な情報ではない。

そこで本研究では既存の期首直径による直径成長モデルに競争

指数と数量化した地形因子を組み込むことによって、単木レベルでの直径成長モデルの構築を目的とした。

II. 資料

1. 対象地

対象地は鹿児島県大隈半島に位置する鹿児島大学農学部高隈演習林（鹿児島県垂水市海潟）の17林班ぬ小班である。錦江湾に注ぐ仏石川の上流域に属し、その分水嶺に近い山頂付近の北西斜面に位置する。

対象地は、山頂緩斜面が残り、中央部に凹型の谷型斜面を有する面積2.8ha、標高550m～620mの区域である。対象地の林分は林齢75年（2001年現在）のスギ人工林である。また、全体的に下層木として広葉樹が侵入しており、全ての場所で完全にうっ閉しているとは言えないが全体的には中庸な密度を持つ林分である。（吉田, 1985）

*¹ Tanaka, K., Yoshida, S. and Murakami, T.: Construction of the individual-based diameter growth model in a Japan cedar plantation

*² 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. Bioenvir. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

*³ 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

2. 使用データ

本対象地は設定時の1981年、1991年および2001年において計3回の測定がなされた。測定項目は直径、樹高および樹木位置である。直径の測定には直径テープを用いて全木調査を行った。本研究では便宜的に1981年-1991年をI期、1991年-2001年をII期と呼ぶことにする。本研究では尾根から谷までを含む110m×110mの方形区を抽出し(図-1)、方形区内の1274本を解析の対象とした。また、この方形区の端から20m部分を緩衝地帯とした。2001年時の対象木の直径階別樹木本数を図-2に示す。

Ⅲ. 方 法

1. 競争指数の決定

本研究では Martin and Ek (1984)、高田 (1983)、高田・小林 (1984)、Daniels *et al.* (1986)、宮本・天野 (2002) による報告を参考に下記の6指数について各期間の定期直径成長量とそれぞれの競争指数との間で pearson の相関係数を求め、最も相関の高いものを競争指数として用いた。なお、対象木から半径10m以内にあるものを競争木とし、距離重み付け直径比、距離重み付け断面積比は bitterlich 法を応用した競争木の決定方法でも計算を行った。

D_i ; 対象木の直径, D_j ; i 番目の競争木の直径,
 n ; 競争木本数, L_{ij} ; 樹木間距離

1) 直径比: 対象木と競争木の直径比の和

$$\sum_{j=1}^n D_j / D_i$$

2) 距離重み付け直径比: 各樹木間距離に対する対象木と競争木の直径比の和

$$\sum_{j=1}^n (D_j / D_i) / L_{ij}$$

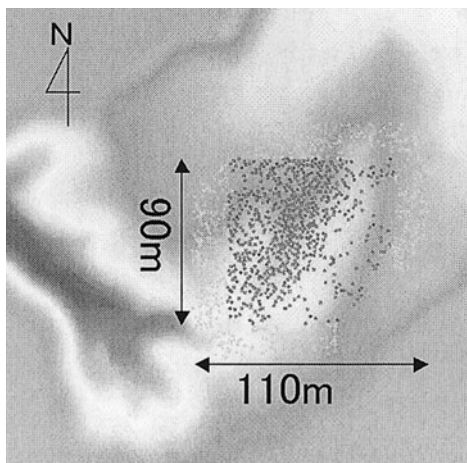


図-1. 使用データ位置図

3) 断面積比: 対象木と競争木の断面積比の和

$$\sum_{j=1}^n D_j^2 / D_i^2$$

4) 距離重み付け断面積比: 各樹木間距離に対する対象木と競争木の断面積比の和

$$\sum_{j=1}^n (D_j^2 / D_i^2) / L_{ij}$$

5) 距離重み付け直径比 (bitterlich 法): bitterlich 法を用いた検索範囲での距離重み付け直径比の和

6) 距離重み付け断面積比 (bitterlich 法): bitterlich 法を用いた検索範囲での各樹木間距離に対する対象木と競争木の断面積比の和

各期間の定期直径成長量とそれぞれの競争指数との相関を調べた結果を表-1に示す。全体的に直径比より断面積比の競争指数の方が定期直径成長量との相関が高かった。また、距離で重み付けしたものとそうでないものとは差がみられなかった。これらの結果から、距離で重み付けした断面積比が定期直径成長量との相関が最も高かったので、本研究では距離で重み付けした断面積比を競争指数として今後の解析に用いることにする。

2. 地形因子

林木の成長に関して、一般に尾根付近では風衝などによるストレスから成長が悪く、反対に沢筋は相対的に利用可能水分量が多いため養分濃度が高く成長がよいことが知られている。本研究では、これらのことと数量化が比較的容易であったことから、地形図より尾根線、谷線を求め、各個体の尾根からの最短距離、谷からの最短距離を成長に影響を与える地形因子として用いた。

また、1981年時には地形調査が実施されており、対象地全域は10の堆積様式に区分されている。区分された堆積様式は残積土、残積性匍行土、急峻匍行土、匍行土、崩積性匍行土、匍行性崩積土、崩積土、押出土、尾根性緩、谷性緩である。

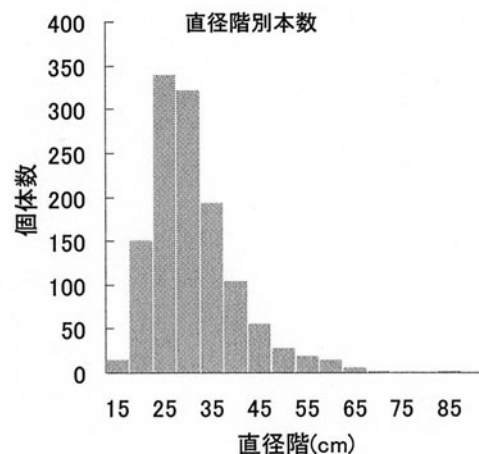


図-2. 使用データの2001年の直径階別樹木本数

表-1. 定期直径成長量と競争指数の相関関係

	直径比	距離重み付け直径比	断面積比	距離重み付け断面積比	距離重み付け断面積比(可変プロット法)
I期	-0.56**	-0.58**	-0.52**	-0.60**	-0.53**
II期	-0.53**	-0.54**	-0.52**	-0.60**	-0.54**

**は1%水準で有意

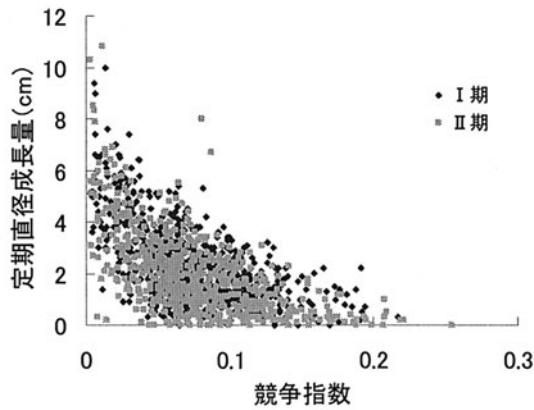


図-3. 競争指数と定期直径成長量の関係

3. 直径成長モデル

本研究では各期間の定期直径成長量を従属変数として以下の直径成長モデルを用い、精度の比較を行った。

ΔDBH ; 定期直径成長量, DBH : 期首直径,
 CI ; 競争指数, R ; 尾根からの距離, V ; 谷からの距離
 ζ ; 各堆積様式での変数

①期首直径モデル

$$\Delta DBH = \alpha_1 DBH + \varepsilon_1$$

②期首直径+競争指数モデル

$$\Delta DBH = \alpha_2 DBH + \beta_2 CI + \varepsilon_2$$

③期首直径+競争指数+尾根からの距離モデル

$$\Delta DBH = \alpha_3 DBH + \beta_3 CI + \gamma_3 R + \varepsilon_3$$

④期首直径+競争指数+谷からの距離モデル

$$\Delta DBH = \alpha_4 DBH + \beta_4 CI + \delta_4 V + \varepsilon_4$$

⑤期首直径+競争指数+堆積様式モデル

$$\Delta DBH = \alpha_5 DBH + \beta_5 CI + \zeta$$

各モデルの計算、ならびにモデル間の分散分析の検定(ヴェナブルズら, 2001)には統計ソフト R1.7.0を用いた。

IV. 結果および考察

各モデル式の結果を表-2, モデル間の分散分析の結果を図-4に示す。I期では期首直径モデルと期首直径+競争指数モデル間で有意差が認められたが, 期首直径+競争指数モデルと期首直径+競争指数+地形因子モデル間では有意差がいずれも認められなかった。反対にII期では期首直径モデルと期首直径+競争指数モデル間では有意差が認められなかったが, 期首直径+競争指数モデルと期首直径+競争指数+地形因子モデル間ではいずれも有意差が認められた。また, どちらの期間でも各モデルは有意であるが, モデルの当てはまりを表す決定係数に向上は認められなかった。これより, 本研究では競争指数, 地形因子を組み込んでも直径成長モデルの精度は向上しなかった。ここで, 各モデルの標準化回帰係数を求め, モデル内の各因子のモデルへの寄与率を調べた(表-3)。I期, II期いずれも標準化回帰係数の値が競争指数, 地形因子よりも期首直径の方が大きくなっていることから, 本研究で対象とした林分は75年生と高齢であるために, すでにサイズによる格差が付いてしまっていてサイズ依存による競争が強くなっていると考えられる。このことは Daniels *et al.* (1986)の報告と一致する。

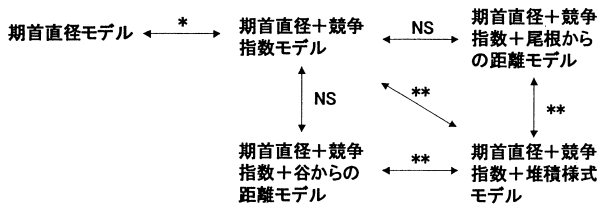
また, 過去に用いた期首直径+競争指数+堆積様式モデルと本研究で用いた期首直径+競争指数+地形因子モデルとの精度比較, 検証を行った。決定係数の向上こそ認められなかったもののII期

表-2. 各モデルの結果

	I期	II期
	R ²	
期首直径モデル	0.5263**	0.5737**
期首直径+競争指数モデル	0.5291**	0.5731**
期首直径+競争指数+尾根からの距離モデル	0.5287**	0.5789**
期首直径+競争指数+谷からの距離モデル	0.5287**	0.5844**
期首直径+競争指数+堆積様式モデル	0.5304**	0.5879**

**は1%水準で有意

I期



II期

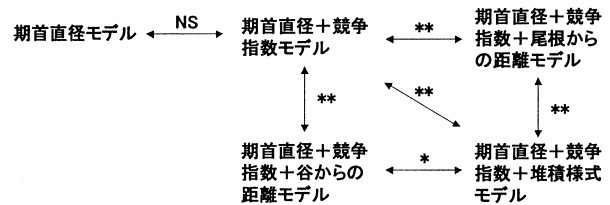


図-4. 各モデル間の分散分析の結果

表-3. 各モデルの標準化回帰係数の値

	I期				II期			
	DBH	CI	R	V	DBH	CI	R	V
期首直径モデル	1.099				1.192			
期首直径+競争指数モデル	0.989	-0.139			1.180	-0.016		
期首直径+競争指数+尾根からの距離モデル	0.997	-0.117	0.033		1.158	-0.091	-0.139	
期首直径+競争指数+谷からの距離モデル	0.983	-0.136		-0.031	1.225	-0.020		0.178

の期首直径+競争指数+尾根からの距離+谷からの距離モデル以外とは有意差が認められた。これより、数量化した地形因子を用いてもモデルの精度は向上しなかった。この点については、過去に定性的な地形因子と定量的な地形因子を比較した例が見られないので今後も検討が必要だと考える。

V. おわりに

本研究では数量化した地形因子を用いて単木での直径成長モデルを作ることを試みた。しかし、定性的な地形因子よりも数量化した地形因子の方が有効であるという結果は得られず、どちらもあまり差がなかった。定期直径成長量に関して競争指数や地形因子よりも期首の直径に寄与する部分大きいこともわかった。林木の成長を考えたときに、材積成長が樹高成長と断面積成長に分配され、断面積成長が個体のサイズに比例して直径成長へ分配されるといわれている(梶原, 2000)。このことから、直径成長よりも断面積成長の方が材積成長量の分配を直接的に表現しやすい

のではないかと考え、断面積成長でのモデル化を行う方が重要であると考えます。

引用文献

- Daniels, R. F. *et al.* (1986) Can. J. For. Res. 16 : 1230-1237.
 梶原幹弘 (2000) 樹冠から見た林木の成長と形質—密度管理と林型による異同一, 35pp, 森林計画学出版局, 東京.
 Martin, G. L. and Ek, A. R. (1984) For. Sci. 30 (3) : 731-743.
 宮本麻子・天野正博 (2002) 森林総研研究報告 383 : 163-178.
 高田和彦 (1983) 日林誌 65 (4) : 113-118.
 高田和彦・小林正吾 (1984) 林統研誌 9 : 1-4.
 Tanaka, K. (1986) J. Jpn. For. Soc. 68 (6) : 226-236.
 田中恵太郎ほか (2002) 九州森林研究 56 : 289-292.
 ヴェナブルズほか (2001) S-PLUSによる統計解析, 187pp, シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社出版, 東京.
 吉田茂二郎 (1985) 鹿大演報 13 : 1-66.
 (2003年10月31日 受付; 2004年1月14日 受理)