

## 論文

老齢照葉樹林における直径分布の  $q$  値による解析について\*1

脇坂芳夫\*2 · 寺岡行雄\*2

脇坂芳夫・寺岡行雄：老齢照葉樹林における直径分布の  $q$  値による解析について 九州森林研究 57:50-53, 2004 鹿児島大学高隈演習林における老齢照葉樹林の継続調査結果をもとに、直径分布の推移予測と  $q$  値による評価を行った。直径分布の推移予測は、マルコフ過程を仮定した直径遷移確率行列を用いたシミュレーションによって行った。各時点の直径分布の評価には、ヨーロッパにおいて択伐林のコントロールに用いられている  $q$  値を用いた。 $q$  値は調査年を通じて増加傾向を示し、16.2~18.6の範囲内で変化していた。また、行列モデルによるシミュレーションの結果により285年後57分期後に林分遷移の定常状態となり、その時の  $q$  値は23.1と予測された。したがって本対象林分は、 $q = 23.1$ となる直径分布へ向けて遷移しつつある段階にあると示唆された。

キーワード：直径分布,  $q$  値, 行列モデル, 定常状態, 老齢照葉樹林

Wakisaka, Y. and Teraoka, Y.: Analysis of the diameter distribution by the  $q$  ratio for old natural evergreen broad-leaved forest in Kagoshima Kyushu J. For. Res. 57:50-53, 2004 The objective of this study is to evaluate quantitatively the changes of the diameter distribution of the old natural evergreen broad-leaved forest by a matrix model using the  $q$  ratio. The matrix model obtained from the data by remeasurement carried out from 1982 at the five plots (total 0.3675ha). The  $q$  ratio increased from 16.2 to 18.6 through 15 years. The simulation using a matrix model showed that  $q$  ratio increased up to 23.1 which was the value of  $q$  ratio at the steady state.

Key words : diameter distribution,  $q$  ratio, matrix model, steady state, old natural evergreen broad-leaved forest

## I. はじめに

一斉林においては、林分シミュレーションに対する成長モデルの研究など、直径階別確率分布（以下、直径分布）をワイブル分布のパラメータの推移により定量的に評価することが行われている（5）。一方、異齢林分の直径分布を推移予測にともない定量的に評価した例は少ない。そこで本研究では、1982年から行われている老齢照葉樹林の継続調査結果をもとに、林分遷移の定常状態に至るまでの林分構造の変化を、直径分布の定量的評価によって検討することを目的とした。

## II. 対象地および調査方法

## 1. 対象地

調査対象地は、鹿児島県垂水市に所在する鹿児島大学高隈演習林3林班つ小班的の学術参考林内にある5つの固定プロット、合計約0.37haである。林齢約120年の天然生照葉樹林で、イスノキ (*Distylium racemosum*)、スタジイ (*Castanopsis sieboldii*)、アカガシ (*Quercus acuta*)、ウラジロガシ (*Quercus salicina*) などが上層を占めている。また、人為的な施業が行われた記録は残っていない。調査プロットの概要を表-1に示す。

## 2. 調査方法

胸高直径 (DBH) 4 cm 以上の全ての立木で、DBH、樹高について毎木調査した。なお、各プロット設定時期の違いを調整する

ために、解析には1987年からの調査データを使用した。現地調査結果から、全プロットの立木本数・胸高断面積合計の時系列変化をDBH 6 cm以上の立木について、更新状況についてはDBH 4 cm~6 cmの立木を対象に若干の検討を行った。研究対象地内には29種の樹種が出現したが、今回は出現樹種の中で優占種であるイスノキ、アカガシ、ウラジロガシ、スタジイだけを個別に取り扱い、それ以外の樹種はその他として分類した。

表-1. 調査プロットの概要

プロット No.	標高 (m)	斜面方向	地形	面積 (ha)	面積 (size)	設定年
1	550	南東	谷	0.09	(30m × 30m)	1981年
2	680	南	尾根	0.09	(30m × 30m)	1981年
3	700	南東	尾根	0.0625	(25m × 25m)	1987年
4	600	南	谷	0.0625	(25m × 25m)	1987年
5	550	南東	谷	0.0625	(25m × 25m)	1987年

## III. 解析方法

直径分布の解析として、まず、直径遷移をマルコフ過程と仮定した直径遷移確率行列を作成し、これを用いたシミュレーションによって直径分布の定常状態を予測した。次に、ヨーロッパにおいて択伐林のコントロールに用いられており、一定の理想林型あるいは目標林型を表すものとして施業の重要な指標となっている  $q$  値 (4) により、各時点の直径分布の定量的評価を行った。今回用いた行列モデルの式は次のように表される。

\*1 Wakisaka, Y. and Teraoka, Y.: Analysis of the diameter distribution by the  $q$  ratio for old natural evergreen broad-leaved forest in Kagoshima

\*2 鹿児島大学農学部 Fac.Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065

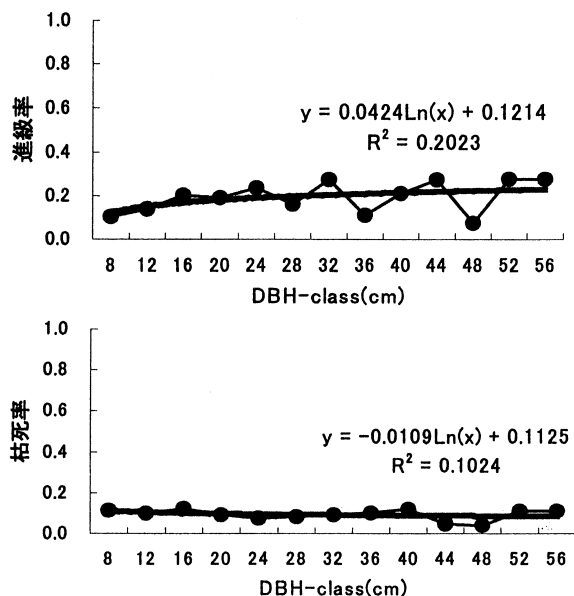


図-1. 直径階ごとの進級率・枯死率と近似曲線

$$\bar{N}(t+1) = A\bar{N}(t) + \bar{I}(t+1)$$

$\bar{N}(t+1)$ : 期末の直径階別本数

$\bar{N}(t)$ : 期首の直径階別本数

$\bar{I}(t+1)$ : 進界本数

A: 遷移行列

シミュレーションにおける進界本数は、過去15年間にわたる測定年間隔の5年を1分期としてその3分期の平均値である270(本/ha)を用いた。3分期間に虫害や風倒に起因する大小のギャップが発生しており(3)、局所的に見ると枯死率や進級率には大きなばらつきがある。本研究調査プロット面積合計は約0.37haと小さく、特に直径32cm以上の個体数は2002年の時点で62本しかなく、遷移行列作成に際して1本の枯死あるいは進級が大きく影響する。さらに、林分全体の長期的な動態を把握する目的から、遷移行列における進級率・枯死率は3分期での平均値を直径階ごとに求め、曲線近似することによって求めた(図-1)。ただし、プロットの直径階別本数を考慮して、曲線近似の範囲は直径階56cmまでとし、それ以上の直径階については便宜的にその後一定の遷移確率と仮定した。また、遷移行列の成分としての停止確率は、分期内に起こる全ての事象は進級、枯死、停止の3通りに分類できることから、直径階別の進級率と枯死率の合計値を1から引いた値として求めた。そのことによって、遷移行列は図-2のように表された。

$$A = \begin{pmatrix} 0.77 & 0.00 & 0.00 & \cdot & \cdot & 0.00 & 0.00 \\ 0.12 & 0.74 & 0.00 & \cdot & \cdot & \cdot & 0.00 \\ 0.00 & 0.15 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & \cdot & \cdot & \cdot & 0.23 & 0.69 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & \cdot & \cdot & 0.00 & 0.23 & 0.69 \end{pmatrix}$$

図-2. 進級率・停止確率による遷移行列

シミュレーションにおいては、行列モデル適用により得られた期末の直径階別本数を、そのまま次期の期首直径階別本数として次期の予測を行うという作業を繰り返した。なお、期首と期末の直径階別本数が等しくなる時点において林分が定常状態に達すると定義し、定常状態に至るまでシミュレーションを行った。

$q$  値は Meyer 式から導かれる下記の式(1)を用いた。

$$q = e^{ha}$$

$h$ : 直径階幅 (cm)

$$a : a = \frac{-b_1}{\log e}$$

上記の  $b_1$  は直径分布の対数頻度を直径階の階級値で直線近似したときの傾きである。また、遷移確率との整合性をとるために、 $q$  値の適用範囲を直径階56cmまでとした。

#### IV. 結果と考察

##### 1. 調査期間内における林分遷移

立木本数・胸高断面面積合計の時系列変化を表-2に示す。

林分全体の立木本数は1987年で1,216本/ha、1992年で1,066本/ha、1997年で1,212本/ha、2002年で1,641本/haとなり、1987年~1992年に減少し、その後増加した。特に1997年~2002年にかけては著しく増加していた。また、胸高断面面積合計は1987年~1992年に激減し、その後増加傾向にあった。

表-2. 立木本数・胸高断面面積合計の時系列変化

Year	Species	Density (trees/ha)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)
1987	イスノキ	237	10.8
	アカガシ	93	7.7
	ウラジロガシ	120	7.6
	スダジイ	38	15.1
	その他	728	16.4
	Total	1216	57.6
1992	イスノキ	237	10.9
	アカガシ	65	5.4
	ウラジロガシ	84	5.5
	スダジイ	25	10.6
	その他	655	15.7
	Total	1066	48.1
1997	イスノキ	234	11.8
	アカガシ	60	5.1
	ウラジロガシ	63	5.1
	スダジイ	27	10.7
	その他	828	16.5
	Total	1212	49.2
2002	イスノキ	242	12.6
	アカガシ	54	4.3
	ウラジロガシ	60	5.4
	スダジイ	38	11.1
	その他	1247	20.1
	Total	1641	53.5

表-3. 更新木の立木本数

Species	Frequency (trees/ha)		
	1992	1997	2002
イスノキ	0	8	19
アカガシ	0	3	52
ウラジロガシ	0	0	3
スダジイ	5	11	19
その他	294	715	892
Total	299	737	985

イスノキは、立木本数で調査年を通じて240本/ha前後とほぼ一定であった。また、胸高断面積合計は調査年を通じて増加傾向にあり、安定した成長を保っていた。

アカガシとウラジロガシは、立木本数でともに減少傾向にあり、特に1987年～1992年に大きく減少していた。胸高断面積合計も1987年～1992年に大きく減少していた。

スダジイは、立木本数で1987年に38本/ha、1992年に25本/ha、1997年に27本/ha、2002年に38本/haと1987年～1992年に減少し、その後増加傾向を示した。胸高断面積合計は1987年～1992年に4.5m<sup>2</sup>/haと大きく減少し、その後は微増の傾向を示していた。

更新状況について、表-3に1992年～2002年のDBH 4～6 cmの立木本数を示す。優占種に関して、1992年には全くと言っていいほどその存在が確認されなかったが、アカガシはその後増加傾向を示し、イスノキ、スダジイも微増した。ウラジロガシだけは、2002年にごくわずかに確認されるにとどまった。しかし、全体としては著しい増加傾向を示していた。このことは、1987年～1992年にアカガシ、ウラジロガシ、スダジイなどの中・大径木の枯死が多発し、ギャップ生成にともない更新が促進されたためと思われる。

なお、調査年を通じて優占度はイスノキが最も大きかったことから、今後は原口らの報告(3)にあるように、小径木本数の多い、イスノキの優占する林分に推移すると思われる。

2.  $q$  値による直径分布の解析

$q$  値による直径分布の解析結果から、 $q$  値は調査年を通じて増加傾向を示し、16.2～18.6の範囲内で変化していることが確認された(図-4)。ところで、多様な構造をもつ天然生林では、プロットサイズにより直径分布が大きく変動する可能性がある。つまり、 $q$  値はサンプルサイズに依存する可能性がある。そこで、同じ3林班内にある1 ha固定試験地の調査結果(2)から求めたところ、18.0という値であった。このことから、16.2～18.6という値は妥当な結果であり、現在の直径分布の特徴を示していると考えられる。

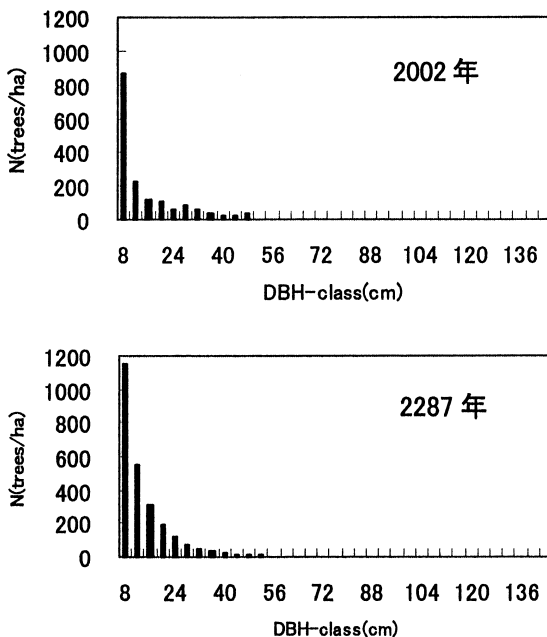


図-3. 2002年と定常状態(2287年)の直径分布の比較

1987年～1992年にかけては、中・大径木が多数枯死したことを反映し $q$  値は増加していた。一方、1992年～1997年にかけては、更新による小径木の増加にともない $q$  値は大きくなっていった。1997年～2002年にかけては、小径木増加の傾向が維持されたためにさらに増加したと思われる。このように、今回の解析の場合、 $q$  値は現地調査の結果で述べたような立木本数・胸高断面積合計の減少から増加という変化に明らかに依存しているが、結果的には調査年を通じた増加傾向を示した。

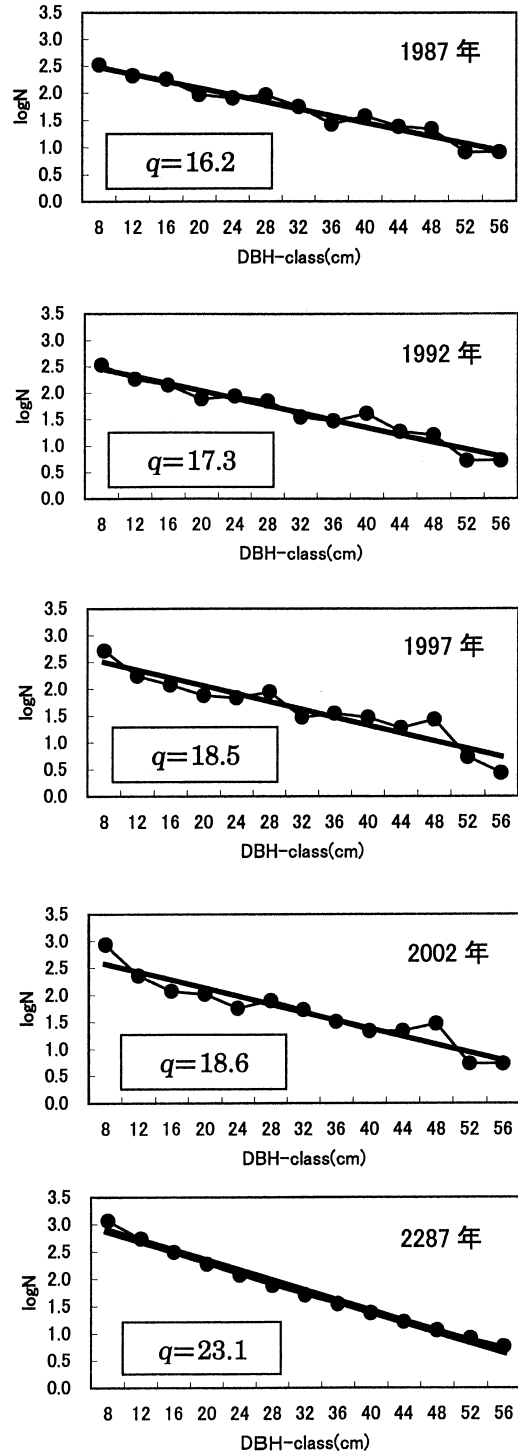


図-4. 直径分布の対数頻度と近似直線

行列モデルによるシミュレーションの結果から、285年後57分  
期後（2287年）に、図-3のような典型的な逆J字型の定常状態  
となることが予測された。林分遷移の定常状態の $q$ 値は、2002年  
の値から引き続き増加し、23.1となることがわかった。そのこと  
によって、本対象林分は、 $q = 23.1$ となる直径分布を目標林型と  
して遷移しつつある段階にあると捉えることができた（図-5）。  
以上のことから、 $q$ 値は天然林の直径分布の動態をうまく説明し  
ていた。

さらに今後、シミュレーションの精度を上げることができれば、  
このようにして得られた $q$ 値を施業目標として用いることによっ  
て、速やかに目標林型に誘導し、なおかつ持続可能な森林経営を  
行うことに役立てることが可能なのではないかと示唆された。

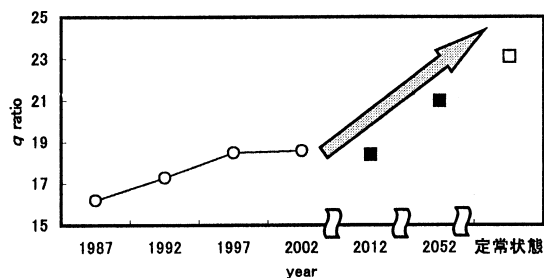


図-5.  $q$  値の時系列変化

## V. おわりに

現段階では $q$ 値そのものの値とその増減が意味するところにつ  
いて明確に言及することができないために、さらなる解析デー  
タの蓄積をはかることが必要だと考えられる。また、育成天然林施  
業における林分構造改善のための施業指針としての可能性につい  
て、今後検討していきたい。

## 引用文献

- (1) Bertram, H. *et al.* (1982) Forest Mensuration, 402pp, Wiley, New York, 321-328.
  - (2) 原口竜成 (1999) 鹿児島大学修士論文 (未公表).
  - (3) 原口竜成・寺岡行雄 (1999) 鹿大農学術報告 49: 7-18.
  - (4) 西川匡英 (1998) 天然林の調査法, 141pp, 森林計画学会出版局, 東京, 99-108.
  - (5) 西沢正久ほか (1976) 日林論 29: 87-88.
- (2003年10月31日 受付; 2004年1月19日 受理)