

## ケヤキの直径成長量予測のための樹冠幅管理図

矢 田 豊

### 1 はじめに

現在、比較的高い材価で取り引きされているケヤキは、多くの場合一斉林分状態ではなく、スギ人工林内や広葉樹二次林内等に単木単位で、または屋敷林等にほぼ孤立状態で成立している。ケヤキの素材単価には、一般には直径や材長（生立時の枝下高）、および通直性などが影響する（2, 8, 9）。枝下高と通直性は若～壮齢期までの競争によりほぼ決定されるが、直径成長は全成長期にわたる純生産量の継続的な確保によって蓄積されてゆくものと考えられる。樹木の純生産量（幹材積成長量）は、ほぼ、陽樹冠表面積（および呼吸量）によって決まると考えられている（3, 4, 10）。陽樹冠表面積は、周囲の競合する樹木等との距離が離れているほど大きく確保されると考えられ、その実用的な指標としての樹冠幅の確保の重要性が指摘されている（6, 13）。よって、樹冠幅をケヤキ単木施業の重要な目安のひとつとして用いることは妥当なことであると考えられるが、樹冠幅の確保量とそれにより得られる樹幹直径成長量について、定量的に予測する方式を具体的に論じた報告はほとんどない。

森田（11）は、針葉樹人工林にて広く用いられている密度管理図による林分管理手法をケヤキに適用することを検討した。しかし現在多く存在するケヤキは前述の通り一斉林分状態を呈していないことが多く、密度管理図をそのままケヤキの単木施業に適用することは、困難である。

単木を対象とした密度管理手法を検討した既往の研究には、相場・新井（1）などがある。相場らは、林分密度管理のための一方式である  $\bar{H}-\bar{D}-\rho-V$  ダイアグラムを応用して、スギ単木に対しても胸高直径成長の予測が可能であることを示した。同ダイアグラムに使用されている林分密度の代わりに周囲密度を用いることで、林分を対象とした場合と同様な予測成果が得られている。周囲密度とは、樹冠投影面積の逆数の関係にある指標値であり、樹冠幅を指標とする場合と、基本的

には同じ指向であるといえよう。相場らは、すでに林分を対象とした同ダイアグラムが存在していたためにそれを応用したアプローチを採ったが、同様な検討事例が多くないケヤキの場合、既往の密度管理理論のアプローチに囚われることなく、より直接的に樹冠幅と胸高直径、および樹高の関係を検討する予測方式を検討することが得策と思われた。

以上のことから本研究では、ケヤキの樹冠幅を確保する施業の効果を評価するための、独自の「樹冠幅管理図」の作成を検討する。

本研究の調査資料は、主に関西地区林業試験研究機関連絡協議会育林部会の共同研究「有用広葉樹の樹形調査」（以下、「樹形」共同研究）によって得られたものであり、本研究は、その結果とりまとめのひとつとして行われたものである。調査にあたられた以下の機関と担当者、および調査に携われたすべての方々には御礼申し上げる。兵庫県立森林・林業技術センター 緑化センター 谷口真吾氏、福井県総合グリーンセンター 今井三千穂氏、愛媛県林業試験場 石川実氏、石川県林業試験場 小谷二郎氏、広島県立林業技術センター 涌嶋智氏、三重県林業技術センター（現 三重県伊賀県民局）西村芳久氏。

鳥取県林業試験場の前田雄一氏には、未発表のケヤキの樹幹解析データを提供して頂いた。また、本研究をとりまとめるにあたって、農林水産省森林総合研究所関西支所の竹内郁雄造林研究室長、同生産技術部の清野嘉之植生制御研究室長（前、関西支所造林研究室長）同四国支所の田淵隆一造林研究室長、そして兵庫県立森林・林業技術センター 緑化センターの谷口真吾の諸氏には、貴重なご意見を頂いた。「樹形」共同研究は、福井県総合グリーンセンターの松田正宏氏、および広島県立林業技術センターの佐野俊和氏の提案・立案を元にして始められたものである。本稿の基本的な解析方針の方向付けは、両氏の提案・立案内容によるところが大きい。以上の方々に、厚く御礼申し上げます。

なお、本研究の概要は第51回日本林学会関西支部大会で発表された(14)。

## 2 調査方法

関西地区の6県において行われた「樹形」共同研究の調査データより、本研究では樹高、胸高直径、樹冠幅を用いて解析を実施した。樹冠幅は樹冠の短径と長径を平均して算出したものである。測定対象のケヤキの多くはスギ林内に成立するものであるが、一部孤立木のデータも含んでいる。

また、後述する成長ガイドラインを得るための基礎資料として、片倉・三原(5)、鈴木ら(11)、および前田(私信)による、合計22個体のケヤキの樹幹解析データを用いた。元データが付されていない資料については、樹幹解析図より値を読み取り検討に用いた。

## 3 樹冠幅管理図の作成

解析対象としたのは、「樹形」共同研究により得られた全測定個体であり、兵庫県120、福井県6、愛媛県62、石川県21、広島県20、三重県18の、合計317個体である。対象の基礎統計値を表-1に示す。

表-1 解析に用いた調査項目と統計値

調査項目	平均	最大値	最小値
樹高(m)	18	33	4
胸高直径(cm)	46	177	3
樹冠幅(m)	12	31	2

※測定個体数：317

### 3.1 等樹冠幅線

図-1に、全個体の胸高直径と樹高の関係を示す。樹高は、樹木の成長を考える上で最も重要な指標のひとつと考えられる。主に、地位により樹高成長速度は異なってくるものと考えられ、一般に林木の成長予測の重要な目安として、地位級による樹高成長過程の違いを表した地位指数曲線が広く用いられている。これらのことから、樹高を成長の基本的な成長指標として捉え、樹高と胸高直径成長の関係を主軸とした「樹冠幅管理図」を作成することを考える。

図-1により、樹高と胸高直径は両対数軸上でほぼ直線的な関係にあり、おおよそ、相対成長関係が成り立っているものと考えられた。また同じ

樹高であれば、樹冠幅が大きい個体の方が胸高直径が大きいことがわかる。

林冠が閉鎖した林分のケヤキの場合、その閉鎖を破る攪乱が起こらない限り、樹冠幅はほぼ一定に保たれる。そして施業や自然災害等により林冠の閉鎖が破られた時に樹冠の拡張が可能になり、それに伴い樹幹直径の成長も促進される。以上のことから、樹冠幅が一定の時の胸高直径と樹高の関係を明らかにしておくことは、重要である。そこでまず、樹冠幅管理図を作成するための第1段階として、樹高-胸高直径関係を示した図-1に、「等樹冠幅線」を描き込むことを考える。

まず、得られたデータを樹冠幅5m毎にクラス分けし、それぞれの範囲における樹高Hと胸高直径Dの関係をみた。それぞれの関係を、以下に示すべき乗式で近似した。

$$D = aH^b$$

ただし、a、bは各樹冠幅クラスに固有の定数

各クラス間の定数の決まり方の規則性を見いだすために、樹冠幅と定数a、bの関係を図-2、3に示す。ここで、樹冠幅は、各クラスに属するケヤキ個体の実状をより適切に反映させるために、クラスの中央値ではなく、各クラスに属する全個体の樹冠幅の平均値とした。両図において、a、bそれぞれの定数は樹冠幅Cと密接な関係を持っており、その関係は、2次関数でほぼ近似できることがわかった。その回帰式は、以下の通りである。

$$a = 0.2204C^2 - 1.5193C + 3.786 \quad R^2 = 0.9948$$

$$b = 0.0035C^2 - 0.143C + 1.5151 \quad R^2 = 0.9911$$

この関係を用いて、樹冠幅5m、10m、15m、20mの時の等樹冠幅線を以下のように導いた。等樹冠幅線を図-4に示す。

樹冠幅

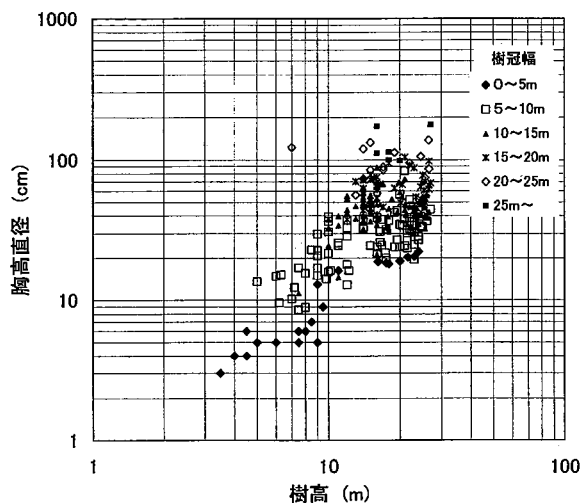
$$5 \text{ m} \quad D = 1.59H^{0.88}$$

$$10 \text{ m} \quad D = 10.51H^{0.45}$$

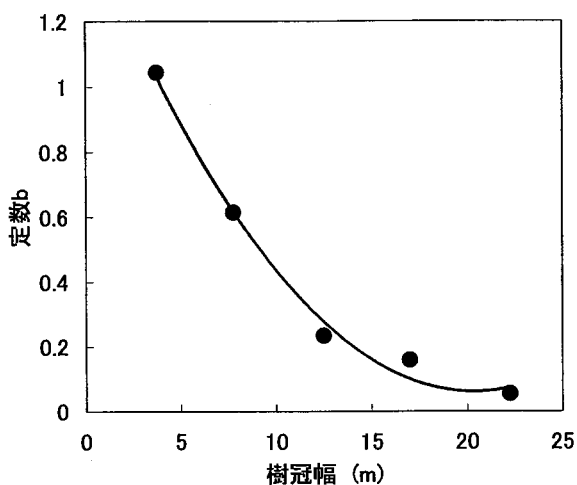
$$15 \text{ m} \quad D = 30.50H^{0.18}$$

$$20 \text{ m} \quad D = 61.56H^{0.08}$$

### 3.2 樹高-胸高直径成長ガイドライン



図一 全固体の樹高と胸高直径の関係

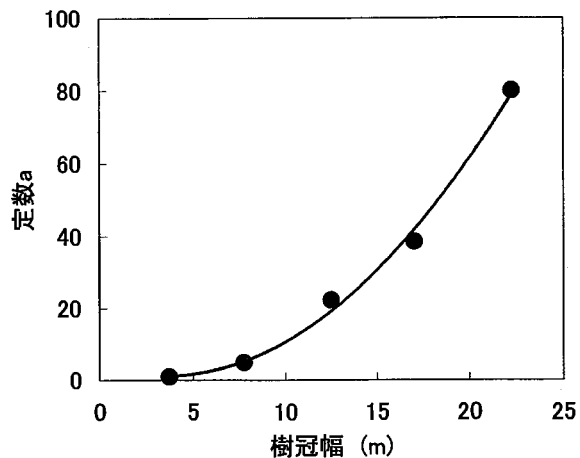


図一 3 樹冠幅と定数 b の関係

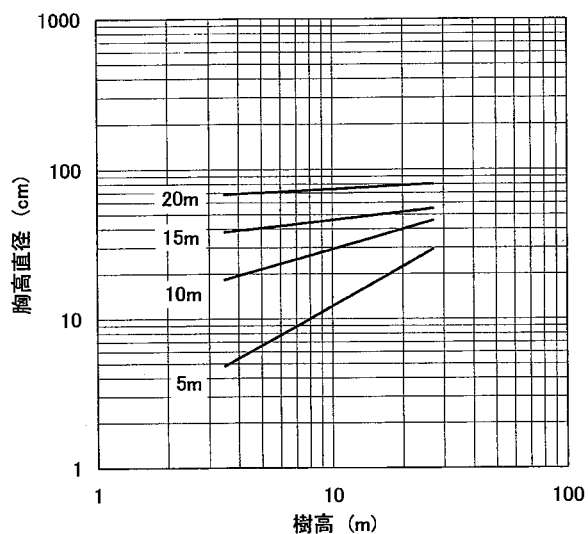
林冠が閉鎖しており、樹冠幅の拡張が期待できない場合の樹高-胸高直径関係は、前項における等樹冠幅線で予測することができる。林冠の閉鎖を破り、樹冠の拡大を促す施業による（胸高）直径の成長促進の度合いを予測するためには、林冠の閉鎖が破れ樹冠幅が拡張している時の樹高-胸高直径の成長経過を明らかにしておく必要がある。「樹形」共同研究では、各個体の成長の追跡調査等は行わなかった。そこで、既往のケヤキの樹幹解析データを用い、上記関係を見ることとした。

解析対象とした全22個体の樹高-胸高直径関係を図-5に示す。このように、各個体の成長パターンには大きなバラツキが認められたが、成長曲線の傾向にはある程度の規則性が認められそうであった。

各個体の、成長に伴う樹高-胸高直径関係は、ほぼ以下のべき乗式により近似できた。



図一 2 樹冠幅と定数 a の関係



図一 4 等樹冠幅線

$$D = aH^b$$

ただし、 $a$ 、 $b$ は各個体に固有の定数

表-2に、解析対象個体の定数 $a$ 、 $b$ の値、および回帰式の決定係数を示す。

各個体の近似式の定数 $a$ 、 $b$ の関係を、図-6に示す。このように、定数 $a$ 、 $b$ の値の変化には、一定の傾向が認められた。この傾向を矛盾なく表現するために以下の式を用意し、非線形最小二乗法により定数を求めた。

$$b = 1 / (2.444a + 0.659) + 0.707$$

これは、 $a$ の増加に伴い $b$ が一定の値(0.707)に漸近する逆数式である。

以上の関係を用い、樹高-胸高直径関係の成長ガイドラインを導いた(図-7)。

ここで用いたデータは、実際には林冠の込み合

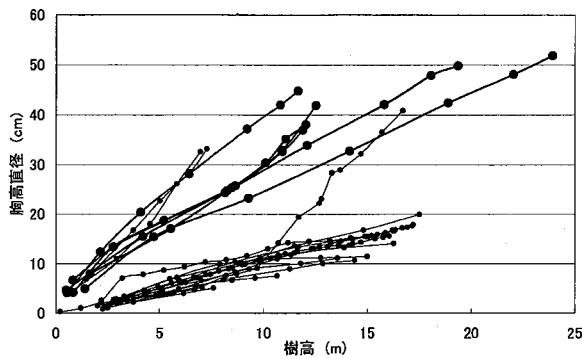


図-5 樹幹解析データの樹高-胸高直径関係

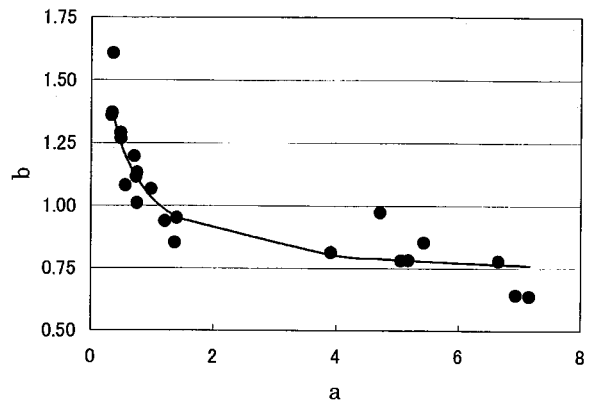


図-6 定数 a、b の関係

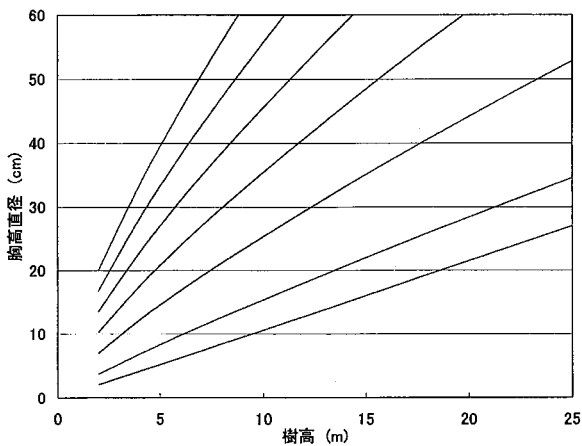


図-7 成長ガイドライン

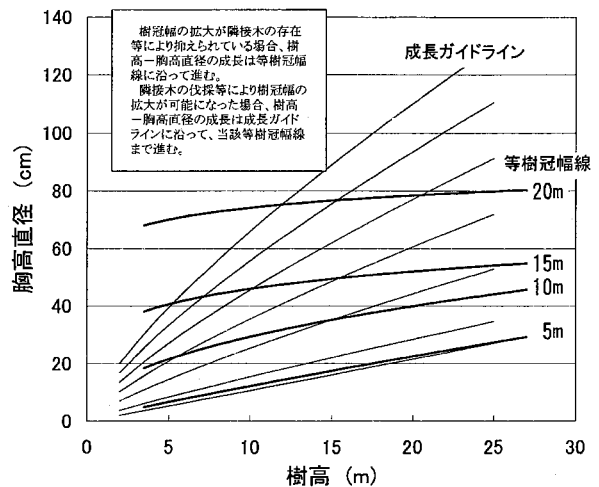


図-8 樹冠幅管理図

い度がさまざまに変化している中での成長過程すべてを含むものであり、厳密には、林冠が閉鎖していない場合の成長ガイドラインとすることには問題がある（林冠が閉鎖している状態での成長過程も含むことにより、樹高成長に対する胸高直径の成長の程度が過小の傾向を示しているものと考えられる）。しかし、今回用いたデータからは林冠の状態に関する情報は得られず、次項に示すように、先に導いた等樹冠線と重ね合わせたときにも大きな矛盾は生じなかったため、本研究では、上記の処理による関係を、そのまま用いることとする。

### 3. 3 樹冠幅管理図の調整

これまでの過程で得られた等樹冠幅線と成長ガイドラインを重ね合わせて表示することにより、「樹冠幅管理図」を作成した（図-8）。

林冠が閉鎖した状態では、胸高直径の成長は等樹冠幅線に沿って進む。現実のケヤキの胸高直径と樹冠幅を測定することにより、その樹高もおおよそ推定でき、地位指数曲線等により以後の経過年数と樹高成長の関係を知らなければ、今

後の直径成長量の予測値を得ることができる。

また、ケヤキの周囲の樹木を除去することによって樹冠幅の拡張を可能にしてやれば、樹高-胸高直径の成長は、林冠が閉鎖するまで成長ガイドラインに沿って進む。

以上の作業により、胸高直径成長の予測と施業の効果を評価することが可能となる。

なお、林冠の疎開により確保される新たな樹冠幅は、厳密には周囲の樹木の樹冠幅拡大速度との兼ね合いで変化する。近似的には、林冠疎開幅の1/2程度と仮定して、大きな問題はないだろう。

## 4 本成果の普及のために

適切な利用法を修得することにより、本研究で得られた「樹冠幅管理図」は、そのままケヤキの直径成長予測と施業効果の予測のために使用することができる。また、より一般的な普及資料を得るためには、地位による樹高成長を予測できる地位指数曲線（7）等を併せて用い、いくつかの条件でシミュレーションを行い、収穫予想表の形式

にまとめなおすことが必要であろう。

また、現在急速に進みつつある IT インフラの充実と IT リテラシーの向上に併せ、樹木所有者等が様々な条件で成長予測を容易に行うことができる、コンピュータ・シミュレーションシステムの整備等も必要になってくるであろう。

なお、本手法は、ケヤキに限らず単木単位での大径木施業を検討する多くの樹種に、広く適用できるものと考えられる。

## 5 引用文献

- 1) 相場芳憲・新井雅夫： $\bar{H}-\bar{D}-\rho-V$  ダイアグラムによる単木の肥大成長の予測，東京農工大演報29，33-41 (1991)
- 2) 橋詰隼人：有用広葉樹の生育と材価について，広葉樹研究5，13-20 (1989)
- 3) 梶原幹弘：陽樹冠表面積と幹表面積による幹材積生長量の推定，日林誌67，501-505 (1985)
- 4) 梶原ら：岐阜県今須のスギ・ヒノキ択伐林における陽樹冠表面積，単位陽樹冠表面積当りの幹材積成長量および幹材積成長量の樹高による変化，森林計画誌27，19-26 (1996)

- 5) 片倉正行・三原康義：長野県中部におけるケヤキ人工林の生長について，32回日林中支講，205-206 (1984)
- 6) 小谷二郎：スギとケヤキの同齡混交林造成に関する研究－林分構造と成長－，石川県林試研報32，1-7，(2001)
- 7) 小谷二郎：ケヤキ人工林の林分材積表の作成，石川県林試研報32，8-13，(2001)
- 8) 前田ら：素材価格と樹幹形からみたケヤキの保育法，日林論104，589-590 (1993)
- 9) 三島ら：有用広葉樹の育成技術，宮城県林試成果報告8，17-31 (1993)
- 10) 水永博己：林冠動態モデルによる間伐効果予測 (I)－間伐後の林冠表面形状の動態－，日林誌74，314-324 (1992)
- 11) 森田栄一：ケヤキ人工林の育成に関する研究 (I)－密度管理法の提案－，林統研究誌13，101-117(1988)
- 12) 鈴木誠ら：東京大学千葉演習林におけるケヤキ人工林の生長と現存量，東大演報82，113-129 (1990)
- 13) 谷口真吾：針広混交林の造成技術に関する研究 (IV) ケヤキスギ混交林における周囲木がケヤキの樹形と成長に及ぼす影響，兵庫森林技研報46，8-12 (1998)
- 14) 谷口真吾ら：ケヤキの樹高と樹冠幅の関係による直径成長の予測，応用森林研究10，(投稿中) (2001)

表-2 樹幹解析資料の近似式定数 a、b と近似式の決定係数

個体No.	a	b	決定係数
(1)-1	3.911	0.813	0.996
(1)-2	6.940	0.644	0.992
(1)-3	7.170	0.637	0.979
(1)-4	6.660	0.778	1.000
(1)-5	5.173	0.782	0.989
(1)-6	5.056	0.780	0.982
(1)-7	5.428	0.853	0.969
(1)-8	4.715	0.973	0.999
(2)-1	0.980	1.066	0.992
(2)-2	0.733	1.115	0.963
(2)-3	0.480	1.290	0.994
(2)-4	1.373	0.851	0.897
(2)-5	0.703	1.197	0.989
(2)-6	0.329	1.360	0.979
(2)-7	0.484	1.268	0.942
(2)-8	0.343	1.371	0.959
(2)-9	0.746	1.010	0.995
(2)-10	0.559	1.080	0.998
(3)-1	0.748	1.132	0.981
(3)-2	1.203	0.938	0.993
(4)-1	0.350	1.606	0.920
(4)-2	1.401	0.950	0.955

(1): 鈴木ら 小屋ノ沢 (11) (2): 鈴木ら 仁ノ沢 (11)  
 (3): 片倉・三原 (5) (4): 前田 (私信)