

資料

用材生産に適応したクリの細り表の調製

横井秀一

キーワード：クリ，上部直径，細り表，用材生産

I はじめに

国産広葉樹材の不足を補うためには、現存する広葉樹二次林を用材林として運用していく必要がある。用材林には市場の需要に応じた材を供給することが求められるため、広葉樹材に求められる要件を樹種ごとに整理し、それに応じた生産目標と目標林型を予め設定しておくことができれば、それは非常に有益な情報となる。その際、生産目標は市場の動向などを見ながら材のサイズを中心に検討することになるであろう。一方の目標林型を設定するためには、生産目標という材レベルの情報を単木レベル、林分レベルへと転換していかなければならず、その橋渡しをするための情報—細り表—が必要となる。また、伐期付近にあるとみられる林分の伐期を決定するときにも、細り表を用いた収穫予想が行えると便利である。

細り表は、もともと林木についての採材や材種別利用材積の見積もりのために作成されるもので（大隅，1971）、わが国ではその整備が遅れている（梶原，1987）。スギやヒノキの人工林を対象とした細り表は、最近では、立木材積表や形数表と一連のものとして（梶原，1989；梶原，1992；梶原ら，1996）、あるいは収穫予測のため（山根，1989）やシステム収穫表に対応させるため（藤本ら，1996；鈴木・野上，1999）に整備されている。これらは、いずれも相対幹曲線式を用いて細り表を調製している。一方の広葉樹では、樹高に対する相対位置ごとの回帰分析から調製されたブナの細り表（大内・桑名，1958）やウダイカンバの細り表（大内・金山，1960）、シイタケ原木生産に対応したものと多項式によるクヌギの細り表（都築ら，1978）と相対幹曲線式によるミズナラの細り表と採材表（富田ら，1991）が示されている。これらの細り表は、いずれも胸高直径と樹高とが変数として必要である。また、Kunzeの幹曲線式を変形した式でクヌギとコナラの細り表を調製する方法（大北・川村，1991）やその精度を高くするため樹冠直径を変数に加える方

法（大北・川村，1993）が検討されている。しかしながら、冒頭で述べた目的に使える細り表は、どの広葉樹種に対してもこれまで整備されていない。

そこで、本研究では広葉樹二次林の主要な構成樹種であり、市場価値も高いクリを対象に、新たな細り表の調製を試みた。この細り表の最大の特徴は、樹高を変数としていないことである。そのため、細り表の調製も幹曲線による方法ではなく、回帰分析に基づいて考案した推定式によった。ここで、樹高を変数から除外したのは、1)生産目標から目標林型を検討する過程で樹高が不明であること、2)収穫の対象となる幹の下方（多くの場合に樹高の半分より下）に対応すれば十分なこと、3)実際に使う際に樹高が必要だとその測定に労力がかかること、4)できるだけ単純な表で示したかったこと、5)樹高がなくても実用問題のない精度の細り表が得られることが確認できれば他樹種の細り表の作成が効率よく進められる、などの理由からである。

II 使用データ

細り表の調製には、クリ252本の測定データを使用した。このうちの205本は既存の資料から収集したもので、残りの47本は新たに調査したものである。いずれのデータも、岐阜県大野郡清見村もしくは同郡荘川村の広葉樹二次林内に生育するクリから得られたものである。

これらのデータは、地上高1.2mの幹の直径（胸高直径： DBH ）と、それ以外の特定の高さ（ h ）における幹の直径（上部直径： D_h ）1つ以上とから構成されている。特定の高さは、地上高2.2m、3.2m、4.2m、5.2m、6.2m、7.2m、8.2mのどれかである。これらの直径は、既存資料の中の樹幹解析によるもの（小見山ら，1992と岐阜県森林科学研究所内資料）を除いて、全て立木の状態で測定されたものである。立木での測定は、既存資料（岐阜県森林科学研究所内資料）、今

回の調査とも、各立木に掛けたはしごに登って直径巻尺で測定した場合と、地上（できる限り斜面の上方に立って）からペンタプリズム・キャリパーを用いて測定した場合とがある。いずれの場合も、地上高は測高桿を用いて特定した。全ての直径は、0.1cmの位まで測定されている。なお、今回の調査では太い枝があればその生死に関わらず、それより上では上部直径を測定しなかった。既存資料でも、枝下高より高い位置の上部直径はデータから除外した。これは、広葉樹の幹の直径は太い枝が分枝するたびに不連続に小さくなること、広葉樹では枝下の幹が収穫の対象となることから、細り表の適用範囲を太い枝より低い部分に設定するのが適当だと考えたためである。

収集したデータは、以下に示す根拠から全て一括して扱うことにした。富田ら（1991）は、ミズナラの上部直径をペンタプリズム・キャリパーで測定したときの誤差を調査し、高さ2~7mの範囲で平均誤差が5~8mmであったと報告している。この誤差のレベルは、2cm括約の細り表の調製に対して問題にならないと考えた。また、いずれの方法で測定した場合でも、それぞれ胸高直径と上部直径とが同じ方法で測定されていることから、2方向の直径の平均（樹幹解析）、1方向だけの直径（ペンタプリズム・キャリパー）および周囲長からの換算（直径巻尺）がデータに混在することも

結果に影響しないと判断した。

各個体のデータは、上部直径ごとに、 $DBH - h - D_h$ という組み合わせのデータセットに分割した。得られたデータセット数は、地上高2.2mが49、3.2mが166、4.2mが48、5.2mが141、6.2mが83、7.2mが3、8.2mが9の、計499である。また、測定木の範囲は、胸高直径で7.9~54.3cmであった。

この研究における全ての統計計算は、SPSS for Windows (R. 10. 1. 3J) を使用した。

III 胸高直径と上部直径の関係

図-1は、胸高直径に対する各上部直径の散布図である。いずれの高さにおいても、胸高直径と上部直径との関係は直線的であり、その相関は極めて高かった。それぞれの回帰直線（地上高7.2mと8.2mはデータが少ないため除く）は、次のとおりである。

$$D_{2.2} = 0.93DBH + 0.20 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$(R^2 = 0.992; p < 0.001)$$

$$D_{3.2} = 0.90DBH - 0.07 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(R^2 = 0.975; p < 0.001)$$

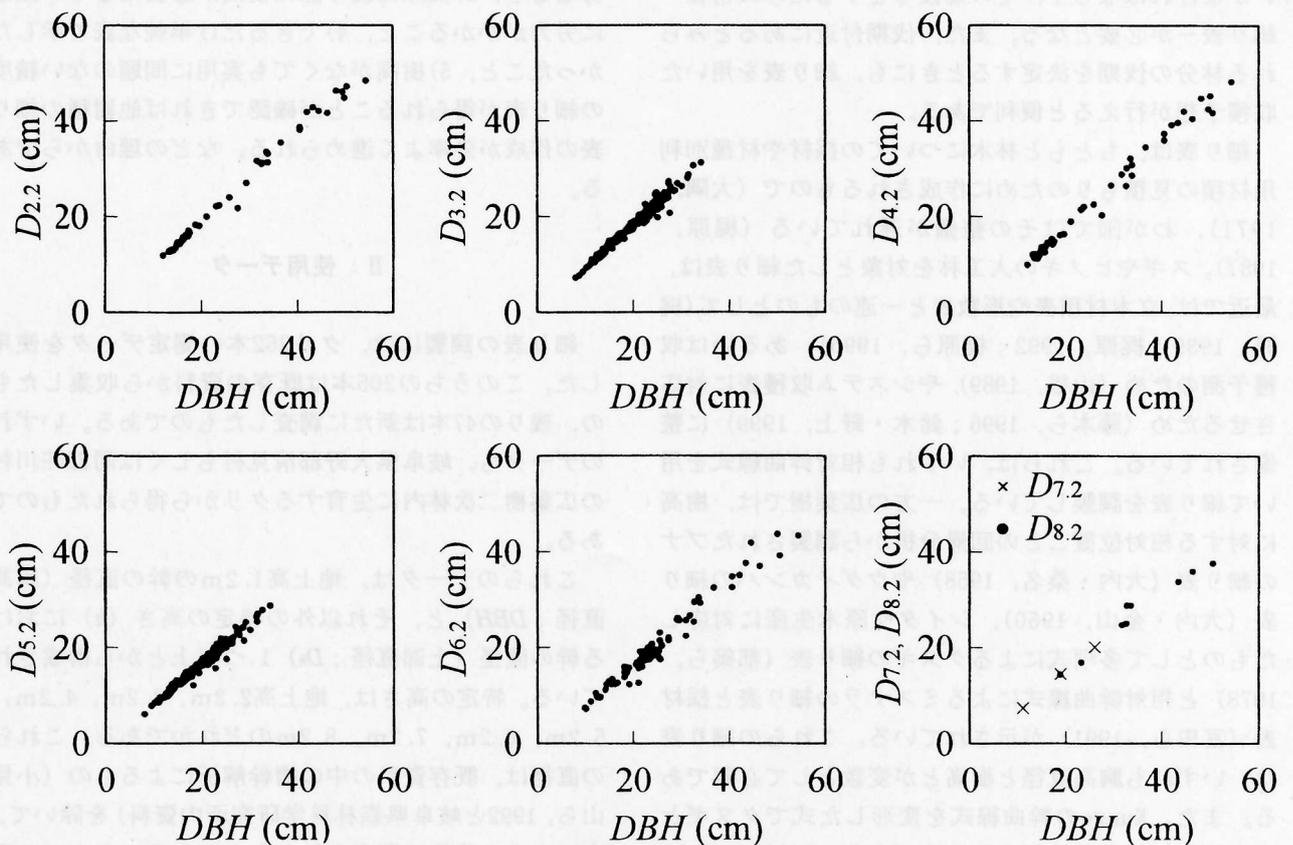


図1 クリにおける胸高直径と上部直径の関係

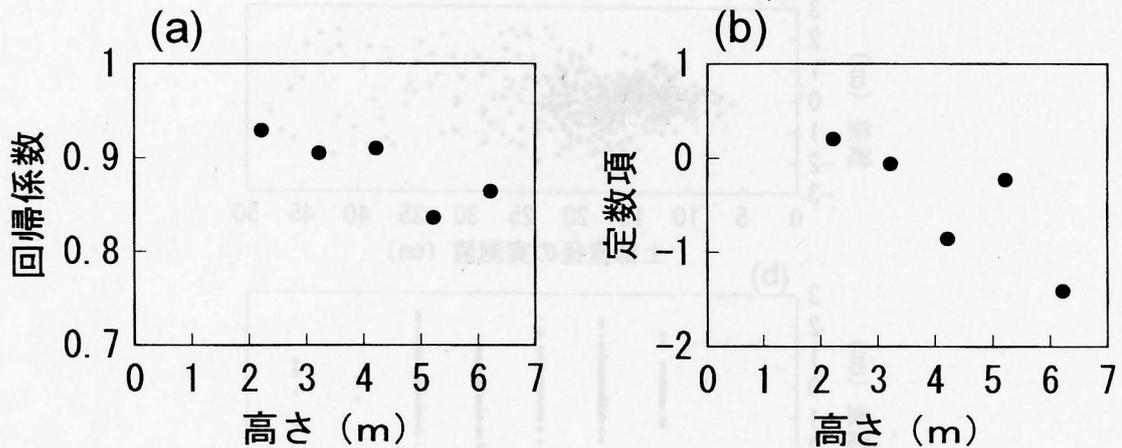


図2 上部直径の胸高直径への回帰式における回帰係数および定数項の高さとの関係

$$D_{4.2} = 0.91DBH - 0.87 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$(R^2 = 0.989; p < 0.001)$

$$D_{5.2} = 0.84DBH - 0.24 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$(R^2 = 0.968; p < 0.001)$

$$D_{6.2} = 0.86DBH - 1.42 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$(R^2 = 0.967; p < 0.001)$

回帰係数は、全ての回帰式において有意 ($p < 0.001$) であった。一方、定数項は式(3)と式(5)でのみ有意 ($p < 0.05$) であった。これらの式はその決定係数の高さから、解析に用いたデータの範囲 (高さ2.2, 4.2, 6.2 mでは胸高直径約8~55cm, 高さ3.2, 5.2mでは胸高直径約8~40cm) において、胸高直径から特定の高さの上部直径を推定する実験式として有効であると考えられる。

図-2は、高さと同回帰係数、定数項の関係である。それぞれの関係の相関係数は回帰係数で-0.831、定数項で-0.821で、これらは5%水準で有意でなかった。しかしながら、回帰係数、定数項とも高い位置の値ほど小さくなる傾向がみられた。

IV 任意の高さにおける上部直径の推定

次に、胸高直径から任意の高さにおける上部直径を推定する方法を検討する。これは、任意の高さの上部直径が高い精度で推定できれば、それをもとに細り表を調製することができ、また、前節で示された実験式や細り表に示された以外の高さの上部直径を知りたいときにもそれに対応できると考えたことによる。

ここでは、上部直径の推定方法として胸高直径と高さを変数とする推定式を用いることにし、それを次の

ように設計した。まず、特定の長さごとに上部直径と胸高直径が線形関係にあること (図-1) から、両者は次の形の式で表すことができるとした。

$$D_h = a \cdot DBH + b \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、係数 a および定数項 b を次のように考えた。各高さの回帰係数と高さの間に線形関係の存在が示唆されたことから、係数 a は高さの1次関数で表すことができるとした。すなわち、

$$a = j \cdot h + k \quad \dots\dots\dots (7)$$

であり、ここで j は係数、 k は定数項である。一方の定数項 b は、上部直径と胸高直径の差のうち直径の大小に依存しない部分を示す項である。各高さの回帰式の定数項と高さとの相関も有意ではなかったものの、高い位置での定数項が小さいという傾向がみられた。そこで、定数 b も高さの関数で表現できる可能性が高いと考え、

$$b = l \cdot h + m \quad \dots\dots\dots (8)$$

とおいた。ただし、 l は係数、 m は定数項である。式(7)、(8)を式(6)に代入すると、

$$D_h = (j \cdot h + k)DBH + l \cdot h + m \quad \dots\dots\dots (9)$$

右辺を展開すると、

$$D_h = j \cdot h \cdot DBH + k \cdot DBH + l \cdot h + m \quad \dots\dots\dots (10)$$

が得られる。式(10)は $h \cdot DBH$ 、 DBH 、 h を独立変数

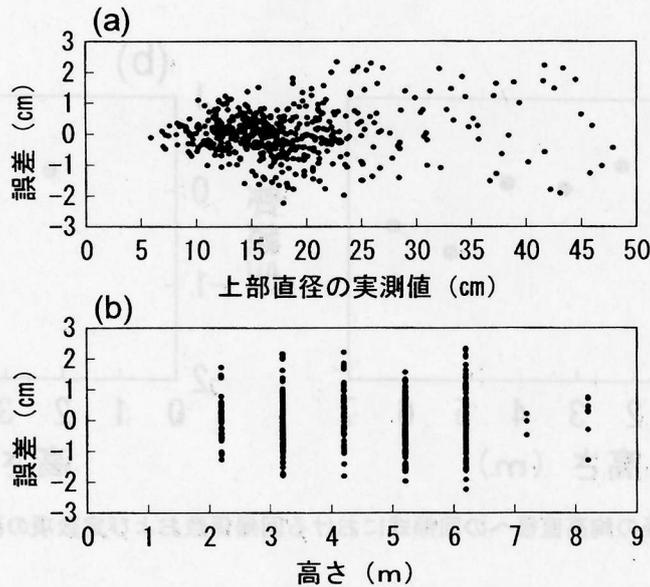


図-3 上部直径の実測値および高さに対する誤差の分布

とする重回帰式と同じものとみなすことができる。そこで、重回帰分析を用いて以下のように各係数と定数項を求めた。第1段階として全てのデータを用いて分析を行い、各データに対する標準化残差の絶対値が標準化残差の標準偏差の3倍を越えるものを外れ値とした。第2段階は、外れ値を除去したデータで再び重回帰分析を行った。この手続きを外れ値が生じなくなるまで繰り返した。最終的に得られた推定式は、次のとおりである。

$$D_h = 1.02DBH - 0.0273h \cdot DBH - 0.183h + 0.0544 \quad \dots (11)$$

(N=475 ; $R^2=0.990$; $p<0.001$)

このとき、定数項の有意性(5%水準)は棄却されたものの、各係数は全て有意($p<0.01$)であった。分析に使用した各データごとの推定値の誤差は、上部直径の実測値に対しても、高さに対しても均質に分布していた(図-3)。したがって、式(11)は任意の高さの上部直径の推定式として有効である。

V 細り表の調製

式(11)の推定式としての有効性が示されたことから、これを用いて細り表を調製した(表-1)。ここでは胸高直径を10cmから58cmまで2cm括約で、高さを2.2mから8.2mまで1mごとに示すことにした。範囲をこのようにしたのは、細り表の調製に用いたデータが主にこの範囲であったためである。また、高さの区切りは市場で取り引きされるクリの材長(2.1m, 3m, 4m)および伐採高に配慮して、このようにした。

胸高直径と上部直径は、どちらも2cm括約(上部直

径の14cm未満は1cm括約)で示した。ただし、胸高直径の括約は中央値で、上部直径の括約は切り捨てで示している。これは、胸高直径では輪尺で直径を測定することを想定してのこと、上部直径では木材市場における径級の表示が切り捨てによる括約であることに対応してのことである。

VI 細り表の使い方

冒頭に述べたように本研究における細り表は、2つの使い方を想定して調製されたものである。それぞれの場面での細り表の使い方は、以下のようになる。

目標林型設定のための使用では、まず、市場の動向などからクリの生産目標を設定する。例えば、土台用の末口径18cmの4m材を目標としたとする。それを1番玉で収穫するとしたら、高さ4.2mの列で18cmの上部直径を探す。すると、胸高直径22cmの行がそれに当たるので、目標とする胸高直径は22cmであることがわかる。同時に、そのときの2番玉は3m材であれば末口径16cm(高さ7.2mの上部直径)、4m材でも末口径16cm(高さ8.2mの上部直径)が期待できることがわかる。また、4m材を2玉収穫したときの2番玉の末口径18cmを目標としたならば、そのとき目標とする胸高直径は26cmとなる。いずれの場合にも、枝下高は2番玉の収穫ができるだけの高さになっている必要がある。したがって、現存林分のサイズ分布や枝下高の状況に配慮しながら無理のない範囲で目標を設定し、その上で設定された目標の達成に間伐などの施業が有効であればその実施計画を立てればよいであろう。

伐期決定のための使用では、まず、対象林分の胸高直径と枝下高の把握を行う。胸高直径は、代表的な部

表-1 クリの細り表 (岐阜県清見村および荘川村)

胸高直径 (cm)	高さ (m)					
	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2
10	9	8	8	7	7	6
12	11	10	10	9	9	8
14	13	12	11	11	10	10
16	14	14	13	13	12	11
18	16	16	14	14	14	13
20	18	18	16	16	14	14
22	20	18	18	18	16	16
24	22	20	20	20	18	18
26	24	22	22	20	20	20
28	26	24	24	22	22	20
30	28	26	26	24	24	22
32	30	28	28	26	26	24
34	32	30	30	28	26	26
36	34	32	30	30	28	28
38	36	34	32	32	30	28
40	36	36	34	34	32	30
42	38	38	36	34	34	32
44	40	40	38	36	36	34
46	42	42	40	38	36	36
48	44	44	42	40	38	38
50	46	46	44	42	40	38
52	48	46	46	44	42	40
54	50	48	48	46	44	42
56	52	50	48	48	46	44
58	54	52	50	48	48	46

全ての直径は、樹皮込みの値である。

胸高直径は通常の2cm括約である。

上部直径は、切り捨てによる2cm括約 (14cm未満は1cm括約) である。

大枝 (枯枝を含む) より下の部分にのみ対応。

分で毎木調査を行う。枝下高は、きちんと収穫予測を行うのであれば胸高直径とともに調査し、だいたいの見当がつけばよいなら平均的な枝下高を見当つけておく。次に細り表を使用して、枝下高を考慮しながら胸高直径ごとにどんなサイズの材が収穫できそうかを把握する。それを積算すれば、全体の収穫が予想できる。ここで重要なのは収穫できる材積とともに、サイズの分布である。これは、クリの場合、末口径18~20cmと30cm以上の材に高値が付き、末口径22~28cmの材は値が下がる(佐野, 1994)ことから、伐期を延ばして直径を太くすることが必ずしも有利にならないためである。したがって、最適な伐期は、材のサイズを基本とした収穫予想を現存林分としばらく置いた後の林分(例えば胸高直径がプラス2cm, プラス4cmとなったとき)とで比較することで決定することができる。

VII 細り表の適用条件

この細り表(表-1)あるいは式(11)が適用できるのはクリについてのみであり、それを使用して推定できる上部直径(皮付き)は、大枝(枯枝を含む)が分枝する高さよりも低い位置に限定される。また、この細り表の調製に使用したデータは限られた地域のものであり、それ以外の地域における当てはまりの検証はなされていない。したがって、この細り表の適用地域は、今のところデータを収集した岐阜県清見村および荘川村の付近である。

今後、この細り表が他地域に適用できるかどうかの検証を進め、適用範囲を明らかにすることや、適用できない地域では新たな細り表を調製することが必要となろう。また、クリ以外の樹種についても細り表を整備する必要がある。

VIII 謝辞

本研究を進めるにあたり、胸高直径と上部直径の測定で岐阜県森林科学研究所の井川原弘一、大洞智宏、渡邊仁志の各研究員に協力していただいた。ここに深く感謝する。

引用文献

藤本幸司・福永慶生・山本武・高松久・長田賢・越智仁夫・酒井孝明(1996)南予地方ヒノキ立木の細り表. 愛媛大演報34: 137-147.
梶原幹弘(1987)相対幹形とその幹材積推定への利用に関する研究(VIII)相対幹形に基づく立木材積表と細り表の作成. 日林誌69: 1-9.

梶原幹弘(1989)相対幹曲線に基づく大分のスギ(ヤブクグリ)同齢林の立木材積表, 形数表および細り表の作成. 京都府大演習林報33: 13-29.

梶原幹弘(1992)相対幹曲線に基づく奈良県スギ同齢林の立木材積表, 形数表および細り表. 京都府大演習林報36: 1-28.

梶原幹弘・伊藤達夫・梶原規弘・藤本幸司・山本武(1996)相対幹曲線に基づく岐阜県今須のスギ・ヒノキ択伐林の立木材積表, 形数表および細り表. 京都府大演習林報40: 85-124.

小見山章(1992)落葉広葉樹の資源量推定方法に関する研究. 平成3年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書. 140pp.

大北英太郎・川村誠(1991)クヌギ及びコナラの樹幹細り表作成に関する研究. 広葉樹研究6: 183-194.

大北英太郎・川村誠(1993)広葉樹二次林の樹幹細りに関する研究(I)鳥取大学蒜山演習林のコナラ・クヌギについて. 日林関西支論2: 29-30.

大隅眞一(1971)立木の測定. (森林計測学. 大隅眞一・北村昌美・菅原聰・大内幸雄・梶原幹弘・今永正明, 415pp, 養賢堂, 東京). 71-118.

大内幸雄・金山英二(1960)ウダイカンバの樹幹形状と細り表について. 岐大農研報11: 99-103.

大内幸雄・桑名銀二(1958)ブナの樹幹形状と細り表について. 岐大農研報9: 87-93.

佐野公樹(1994)飛騨地域における素材価格の形成要因(II)広葉樹素材の形質と価格について. 岐阜県寒林試研報13: 49-128.

鈴木善郎・野上啓一郎(1999)長伐期に対応するスギ及びヒノキの細り表. 静岡県林技セ研報27: 9-21.

富田顕数・菅野高穂・和孝雄・比屋根哲(1991)相対幹曲線式を用いた細り表の調製—ミズナラのシイタケ原木林への応用—. 北大演研報48: 81-99.

都築和夫・吉田実・宮本知子(1978)クヌギの材積表・細り表・予想表の調製. 日林論90: 89-90.