

## 材積式再考\*

高田和彦\*\*

### I. はしがき

我が国においては、主要樹種についての2変数材積表(式)(以下2変数は省略し材積表(式)とよぶ)は、昭和30年代前半より林業試験場測定研究室の主要業務の一つとして、地区ごとに調製が始められ、現在ではその業務は完成している。したがって、我々が森林の材積調査を行う時には、これらの材積表を用いることにより、何一つ支障なく業務を遂行出来る。

それを、今ここに改まって、材積式再考の題を掲げて稿を起すのは、森林情報のシステム化の一環として、高田がこれまでに検討して来た2, 3の問題(4, 5, 6)を基にして、材積式に関する問題を提起し、必要なすべての問題を網羅した材積式情報システムの作製を企図しているからである。その意味からも、多くの方々からのご指導を切に御願する次第である。

### II. 取り上げられる問題点

材積式について考えるときに、材積式を調製するためのデータについての問題点、材積式についての問題点、調製された材積式を使用する上での問題点の3つに分けて検討する。

#### 1. 材積式を調製するためのデータについての問題点

材積式を調製するための標本木は、調製対象地区の胸高直径と樹高の範囲内の各胸高直径と樹高階から必要本数を任意に抽出したものである。標本木は伐倒し、区分求積により実材積を求め、胸高直径、樹高とともに材積式調製のためのデータとする。

以上は、現在普通に行われているデータ収集法であるが、次に示す問題点が考えられる。

#### (1) 実材積の求め方

区分求積法としては、2m区分のHUBER式による方法が最も普通に用いられているが、幹曲線式を想定し、回転体の体積として材積を求める方法が、電子計算機利用の立場からはより有望と考えられる。幹曲線式としては、理論式と実験式の2つ立場がある。理論式は、樹幹の異なった断面での生長理論式から求めようとするもので(2)、これの完成を待ちたい。実験式は、パラメータの少ない式と、直径測定値の数に等しい次数の多項式を用いるパラメータの多い式の2つの場合が考えられる。パラメータの少ない式で全樹幹を表すことはいささか無理だろうと思われるので、パラメータの多い

\* Kazuhiko TAKATA: Reconsideration for Volume Equation.

\*\* 新潟大学農学部, FAC. OF AGRIC., NIIGATA UNIV., NIIGATA 950-21

多項式の方に軍配はあがるであろう。多項式についての問題点は、直径測定値の数と式の次数が等しい時は、確かに各直径測定値を通る幹曲線式がえられるが測定位置と測定位置の間では、実際の樹幹と極端に異なる値を示す場合がある。このような特異な現象がどのような幹形の時に生じるかを予め検討しておき、その様な場合の対策を講じておくべきである。

## (2) 胸高直径と樹高の多重共線関係

回帰式においては、独立変数の系列は互いに独立であるという仮定が認められていなければならない。一般に、胸高直径と樹高の間には、樹高曲線という関係があるので独立ではないし、ある胸高直径に対して樹高範囲は存在するので完全に一次的な関係もない。完全な一次的な関係があれば、すなわち、多重共線関係があれば回帰式は求めることは出来ないが、一次に近い関係があると、求めたパラメータの分散は大になる。したがって、もしも、胸高直径と樹高をそれぞれ独立変数として用いるならば、多重共線関係に注意しながら、胸高直径に対する樹高の範囲を決める必要がある。

## (3) 同一の胸高直径と樹高をもつ樹木間の材積の変異

同一の胸高直径と樹高をもつ樹木でも材積は異なっているが、異なる量、すなわち、変異量の大小はデータによりまちまちである。各種の材積式をあてはめると変異量が小さい時は、材積式間で適合度に差が生じるが、変異量が大になると適合度の差はなくなってくる。したがって、この変異量の大小が、用いる材積式決定の一つの重要な要因になる。

## 2. 材積式の問題点

材積式の問題点としては、材積式の種類と、この材積式をデータにあてはめて材積式を導く材積式のあてはめの2つに分けられる。

### (1) 材積式の種類

材積式には、理論式と実験式の2種類が考えられる。材積理論式の定義は難しく、どの段階まで理論的であれば理論式といえるかは、それぞれの解釈により異なるであろう。例えば幹曲線の理論式がえられたとすると、これを用いて回転体として求めた材積と胸高直径、樹高との間には一定の関係、すなわち、理論式が認められるかもしれない。また、山本ら(7)が述べている座屈の理論より求めた材積式は理論式といえるかもしれない。しかし、これらの場合でも変異が大きき時には、実験式でしかないという人もあろう。したがって現在では、理論式と実験式の区別は難しいと思われる。

実験式は実材積に対する胸高直径と樹高との間の関係を、単に式の適合度の良さから導いた式である。したがって、適合度の判定さえきちんと行えばよいことになる。この判定の基準としては、式の分散の大小を用いた時代がかなり長かったが、現在では、パラメータの数をも考慮した赤池の情報量基準AICを用いている。胸高直径と樹高の間に共線関係があるときには、胸高直径と樹高をそれぞれ独立変数として用いることは好ましくなく、胸高直径と樹高を組み合わせて1つの変数として用いなければならない。また、同一の胸高直径と樹高をもつ樹木の材積の変異が大になると、前述のように式間の差は殆どなくなるので材積式をあてはめるデータによって、用いる式の種類が影響を受けることに注意すべきである。

## (2) 材積式のあてはめ

(1)であてはめる材積式が決定されたならば、この材積式をデータにあてはめ、材積式を決定しなければならない。この時に、同一の胸高直径と樹高をもつ樹木の材積の変異が各胸高直径、樹高階で異なれば重みを考慮するか、または、同一の重みになるように式を変形する必要がある。

材積式をあてはめた後に、推定材積と実材積の差、すなわち、残差をみると、胸高断面積×樹高の小さいものから大きいものへの系列にしたがって、一定の傾向を示す場合がある。この様なときには、残差に自己回帰モデルを適用するとよい。自己回帰モデルは時系列データに用いられるもので、横軸は等間隔の時間を用いているのに対し、ここでは胸高断面積×樹高を用いており、等間隔ではない。さらに、胸高断面積×樹高は等しいが胸高直径と樹高の組み合わせは異なり、このために、残差の傾向が乱れるおそれもある。このような点の検討を詳細に行う必要がある。

## 3. 材積式使用上の問題点

材積式使用上の問題点としては、調製された材積式材積の誤差の問題と、この材積式を用いる際に胸高直径と樹高の測定誤差がどのように結合されて推定材積へ影響を及ぼすかの問題に分けられる。

### (1) 材積式による推定値の誤差

材積式による材積推定値には、式のパラメータの誤差と材積式自身の誤差とが結合した推定誤差が付随する。この誤差は、普通の材積表においては表示されていないが、95%の信頼限界での推定材積の範囲をも併記した方が親切ではなかろうか。

### (2) 胸高直径、樹高の測定誤差の影響の問題

材積式を用いて材積を推定する場合には、胸高直径と樹高の測定を必要とするために、それらの測定誤差は誤差の伝播則にしたがって推定材積に入ってくる。したがって、胸高直径と樹高の測定誤差が大きいと、材積式自身の誤差は殆ど測定誤差部分に埋没してしまうことすら考えられる。このような観点に立って、予め測定誤差を想定した上での推定材積の誤差をも求めておくことが好ましい。さらに、逆に、ある推定誤差内で材積を推定するには、どの程度の測定誤差で測定を行わなければならないかを知ることができ、このことは計測技術の精度の目安としても重要であろう。

## Ⅷ. あとがき

最近の森林計測学関係の発表論文を見ると、材積式関係は非常に少なく、しかも、その過半数は新しく材積表を調製した報告であり、材積式については、ほぼ完成しているとさえ思われる位である。しかし、発表論文の中には、幹曲線理論式の誘導を試みたもの(2)や、材積式による推定誤差をデータの胸高直径と樹高の変異との関係より明らかにしたもの(1)、相対幹曲線式から出発した材積式を求めたもの(3)等の新しい試みもある。これらのものをも含めて問題点として取り上げたつもりであるが、まだ異なった観点からの問題点も残されているものと思われる。種々御指摘頂ければ幸いである。

## 引用文献

- (1) 前沢完次郎・芳賀敏郎：材積表の精度について。日本林学会誌67:172-178, 1985
- (2) I. NAGASHIMA, H. YAHAMOTO and T. SWEDA: A theoretical stem taper curve(1). J. JAP. FOR. SOC. 62: 217-226, 1980
- (3) 南雲秀次郎・田中万理子：相対幹曲線式を用いた材積表の調製。日本林学会誌63:278-286, 1981
- (4) 高田和彦・風間葉子：コンピュータ・シミュレーションによる2変数材積式の検討。新潟大学演習林報告17:17-21, 1984
- (5) 高田和彦：多項式幹曲線式による幹材積推定について：新潟大学演習林報告19:117-120, 1986
- (6) 高田和彦：材積式の多重共線性。林業統計研究会誌11: 58-61, 1986
- (7) 山本充男・松村直人・鈴木太七：長柱の座屈理論に基づく樹高曲線式について。95回日本林学会大会発表論文集：89-90, 1984