

# 広葉樹資源量の推定について（Ⅱ）

—ローレンツ曲線による広葉樹林分構造の表現—

松本光朗\*

## I はじめに

昭和56年度から林野庁によって始められた広葉樹賦存状況調査は、広葉樹資源の把握と地域森林計画への寄与を目的とし、全国256計画区それぞれにおいて220点以上の調査を行う全国一斉の大規模な広葉樹資源調査である。その結果を利用して広葉樹蓄積量の推定を行う場合、その調査内容が一地域森林計画区を単位とし、対象林木の直径に応じ面積0.02, 0.04, 0.1haといった三段階の同心円プロットで行う毎木調査であるため、広葉樹林面積情報として森林簿が持つ林分面積データを利用する必要がある。具体的に述べると、広葉樹賦存状況調査より得られた林齢とha当たり蓄積の回帰から収穫表を作成し、森林簿からは齢級別総面積を算出し、ha当たり蓄積、広葉樹面積をそれぞれの齢級についてかけあわせる事により全体の蓄積量を推定する。

しかしながら、実際に広葉樹賦存状況調査データを用いて林齢とha当たり蓄積の関係を求めようとすると非常に分散が大きく現れ、単純にひとつの回帰式から齢級別のha当たり蓄積を推定すると大きな誤差が生じる危険性がある。この分散の原因の一つとして広葉樹林分構造の差が考えられたので、新しい林分構造の表現方法を考案し、具体的な分析を行ったので報告する。

## II 資料

本報告では、昭和57年度の岐阜県宮庄川計画区における広葉樹賦存状況調査で得られた計289プロットのデータを使用した。当計画区は高山市など古くから家具生産がさかんな地域を含んでおり、周辺は2000mを越す山岳地帯に囲まれている。樹種としてはコナラ、ミズナラの二次林が広く分布しているため当調査で得られたデータも豊富で、本報告ではこの2樹種を中心に分析をおこなった。なお、当計画区はブナ帯を含んでいるが、当調査では十分なデータ数が揃わなかったので今回はブナに関する分析は避けた。

## III 方法

広葉樹林は直径分布、樹高分布ともに複雑で、極端なL型分布や複層林型を示す林分が存在するため理論分布へのあてはめは極めて困難である。実際に宮庄川計画区の広葉樹賦存状況調査結果を使用

---

\* 林業試験場経営部

Mitsuo Matsumoto (Forest Management div., For. and Forest Prod. Res. Inst.)  
On the estimation of hardwood resources ( I I ) The expression of a hardwood  
stand composition by Lorenz curve

し直径分布について正規性の検定をカイ自乗検定によりおこなったところ、自由度が0以下の検定不能なプロットを除いた246プロットのうち正規性が認められた林分は皆無であった。また、柔軟なあてはまりをするワイブル分布でも天然林では適合できない場合があることはすでに報告されている(1)。そこで、今回はつぎに紹介するローレンツ曲線を用いた。

ローレンツ曲線はがんらい、財産が多数の人々の間にどの程度不均等に分布しているかを示すために考案された手法であり、水平軸(X軸)に人口など相対累積度数

$$x = \frac{\sum_{j=1}^i f_j}{\sum_{j=1}^n f_j}$$

ここで n : 階級数

f<sub>i</sub> : 階級 i の度数

をとり、垂直軸(Y軸)に個人あたりの財産を表す変数 z の累積比率

$$y = \frac{\sum_{j=1}^i f_j \cdot z_j}{\sum_{j=1}^n f_j \cdot z_j}$$

ここで z<sub>i</sub> : 階級 i の変数

をとり、変数 z の小さい順に並べて結んだ曲線である(2)。曲線といっても現実的には離散値をとるため折線になるが、便宜的にこれをローレンツ曲線とよんでいる。

本報告では先の例での財産を林分全体の蓄積に、人口を立木本数、貧しい人を単木材積の小さな林木、金持ちを単木材積の大きな林木に置き換えて考えた。したがって、水平軸は相対累積本数を、垂直軸は相対累積蓄積を表し、単木材積の小さい順に並べて結んだ折線がローレンツ曲線となる(図1)。

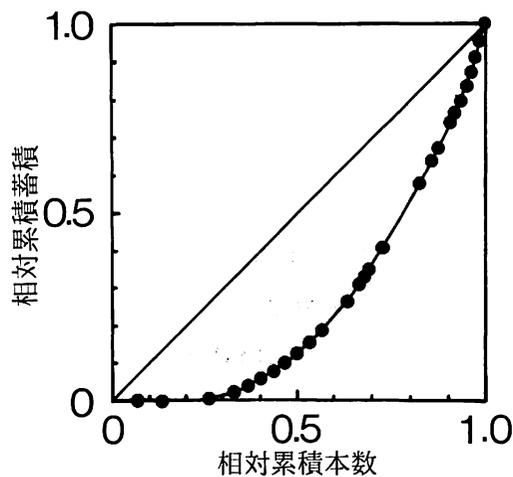


図-1 ローレンツ曲線

図上ではローレンツ曲線は直線  $x = y$  よりも下に位置する曲線になるが、その直線  $x = y$  とローレンツ曲線で囲まれる弓形（図1の灰色部分）の面積の2倍はジニの指数と呼ばれる。ジニの指数は不均等さを表す指数として用いられるが、その値は0から1をとり、不均等さが高くなるに従い1に近い値をとる。ちなみにその計算式を幾何的にもとめると次式になる。

$$\text{Gini's Index} = 1 - \sum_{j=1}^n (z_{j-1} + z_j) \cdot f_j$$

ここで  $z_0 = 0$

ここで、単木材積が相対的に大きい林木を大木、小さい林木を小木として表現すれば、ローレンツ曲線は大木と小木が占める蓄積の差が小さいほど直線  $x = y$  に近づいた曲線に、反対に大木と小木が占める蓄積の差が大きいほど  $x = y$  から離れた曲線になる。極端な例をあげると、林分内に林木が1本だけ存在するときローレンツ曲線は  $x = y$  と重なってジニの指数は0となり、小数の大木とそれに比較して材積が無視されてもよいほど小さな林木が多数存在するときローレンツ曲線は座標(1, 0)近くで折れ曲がった曲線になり、ジニの指数は1に近い値をとる。

ところで、ローレンツ曲線では水平軸に相対累積本数、垂直軸は相対累積蓄積をとっているのだから、各点を結ぶ直線の傾きは単木材積の相対的な大きさを表しており、特に  $x = y$  に平行な傾き、つまり傾きが1となる点は平均単木材積を持つ林木の相対的な位置を示している。したがって、大木から小木まで均一な本数を持つ林分であればその点は水平軸の0.5付近に、小数の小木と多数の大木を持つ林分であれば0.5よりも小さく、反対に多数の小木と小数の大木を持つ林分では0.5よりも大きな所に位置することになる。視覚的には、ローレンツ曲線の最も膨らんで見える部分がその位置と考えて良い。

ローレンツ曲線では水平軸、垂直軸ともに相対値をとっているため蓄積の大小、本数の多少を問わず林分構造を同じ図上で表すことができる。さらに、単木材積順に並べられているので、林分内の蓄積がどの単木材積のクラスにどれだけ集中しているのかを図上で簡単に知ることができる。図1では、林分全体に対して半分の蓄積が、単木材積が最も大きなものから約2割に当たる本数で占められていることがわかる。

#### IV 結果と考察

現実の林分構造とローレンツ曲線およびジニの指数の関係を見たところ（図2）、コナラ、ミズナラを主体となる林分に限れば、一斉林型の林分ではジニの指数で0.3前後から0.5付近の値を持ち、0.6前後よりも大きい値を取る林分はL型分布を示す林分、または複層林型であることが多かった。このようなことから、ジニの指数が0.6未満の林分では一斉林型の林分構造を、0.6以上の林分では不斉林型の林分構造を持つと考えられた。しかし、このジニの指数0.6という基準は岐阜県宮庄川計画区のコナラ、ミズナラを主体とする林分に関する場合の値で、樹種あるいは地方によって変動することは十分考えられよう。また、ここでのコナラ、ミズナラ主体の林分とは、コナラあるいはミズナラ

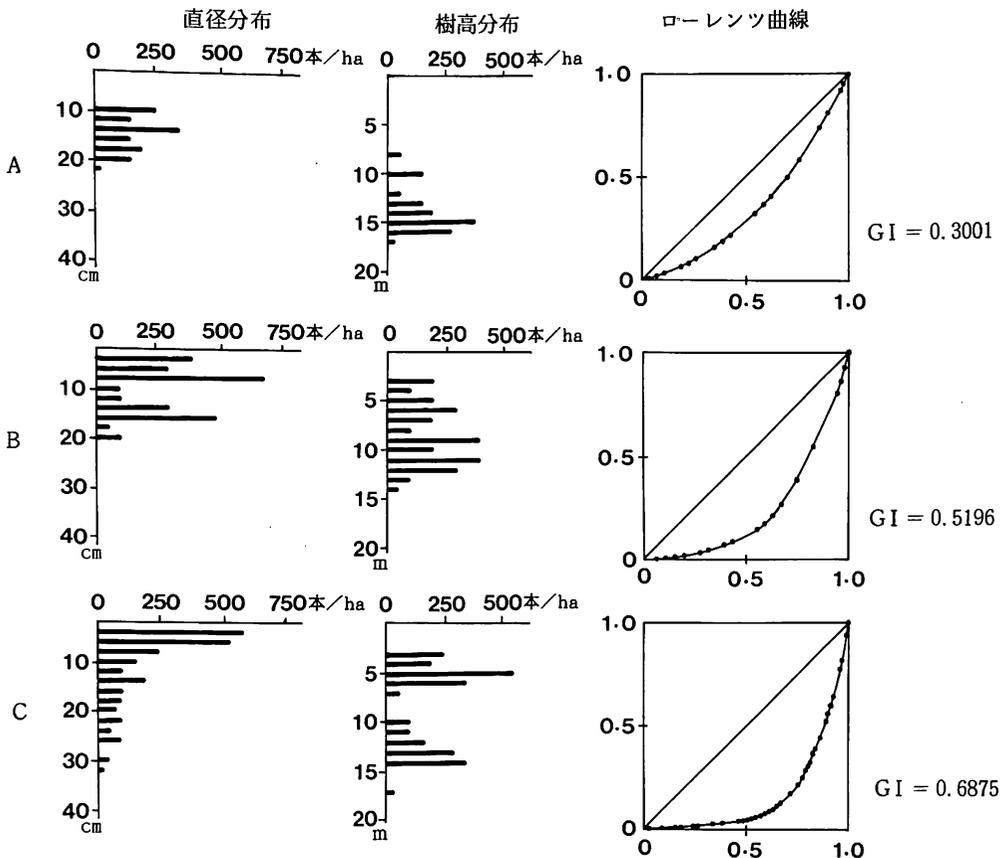


図-2 林分構造とローレンツ曲線

の蓄積が過半数を占める林分をさしているが、今回の調査において広葉樹林の純林はめったに無く、多くの場合樹種が雑多なのでこのような取り扱いが必要となった。

ここで、ミズナラを主体とする林分についてジニの指数0.6を基準に一斉林型、不斉林型を分類し、林齢とha当たり蓄積の関係および林齢と立木密度の関係を表す図を描いたところ(図3)、一斉林型林分では直線に近い単調増加が見られる成長曲線、下に凸型の本数減少など針葉樹人工林と同様な成長パターン、本数減少パターンが見られたのに対し、不斉林型林分では、林齢の上昇に対してha当たり蓄積の変動は少なく、立木密度に関しても林齢50年まで本数減少が見られながら、その後林齢70年以降に再び増加していた。

コナラを主体とする林分についても同様な作図をおこなったところ(図4)、林齢とha当たり蓄積の関係についてはミズナラほどの差異は見られなかったが、林齢と立木密度の関係では一斉林型林分の本数減少が明確に見られたのに対し不斉林型林分では幅広く分散していた。

これらの結果からわかるように、ジニの指数が0.6未満である広葉樹林分を一斉林型としたときに針葉樹人工林のような典型的な一斉林に似た成長パターンあるいは本数減少パターンを判別できたとい

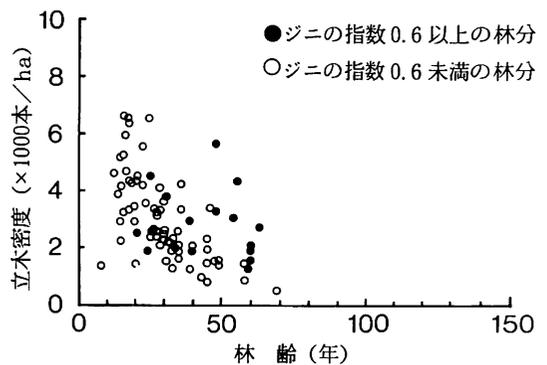
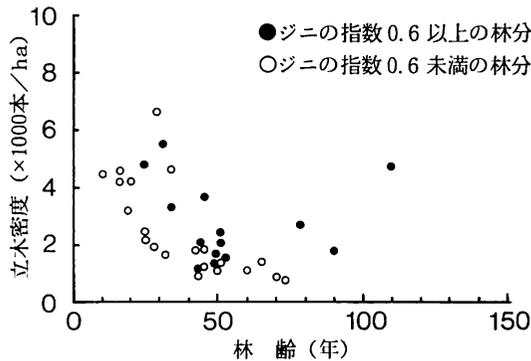
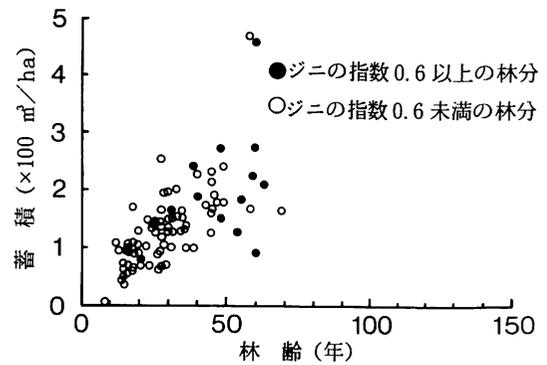
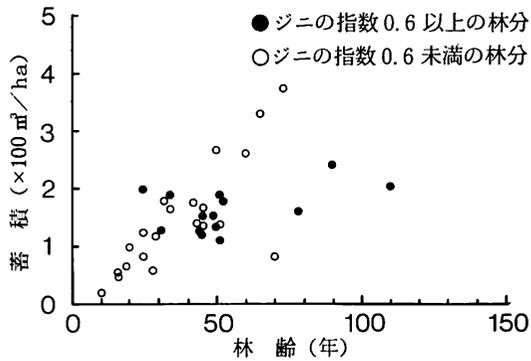


図3 ミズナラを主体とする林分

図-4 コナラを主体とする林分

うことは、現実にコナラ、ミズナラの一斉林がこのような成長、本数減少をすることと同時に、ジニの指数0.6を基準とした一斉林型林分と不斉林型林分の分類が適当であったことを裏付けていると考えられる。

ちなみに、当計画区ではコナラはミズナラに比べ低地に分布し薪炭として多く利用されていたためほぼ全ての林分は萌芽更新された二次林で林齢も低く、また樹種の性質としては複層林になりやすく一斉林のまま成長する傾向が高いのに対し、ミズナラは下層にカエデ類の進入が見られ比較的複層林になる傾向が高いことが知られている。これらの理由もミズナラ林に比較してコナラ林の判別がやや不明確であった原因の一つであろう。

さて、不斉林型林分に関し、ミズナラ林のように一斉林型林分と全く異なったパターンが見られたが、その原因の一つとして考えなければならないのは林齢の測定方法である。異齢林の林齢は一般に林分全体の平均樹齢で表しているが、現実の林分調査では林分内の平均的な林木を伐倒してその樹齢を林齢とすることが多い。したがって、複層林での平均木が上層木、中層木いずれから選ばれたのかで林齢は大きく変わってしまう。実際に図3の林齢と立木密度の関係で、ジニの指数0.6以下で最も左右に位置する2点の林分構造を見たところ、数少ない大木とその下層に分布する多数の小木からなる同様な林分であることが分かった。結局、不斉林型林分では針葉樹人工林と同様な林齢という概念

は馴染まなく、時間の単位として上層木の平均樹齢や上層木の平均直径などの林齢に代わる変数を使用する必要があるだろう。しかしながら、今回のように計画区単位の広葉樹蓄積の推定という比較的大規模なスケールで考える場合、ジニの指数が0.6以上の不斉林型林分で独自に収穫表を作り、一斉林型林分の収穫表と並行して用いれば十分であろう。

## V おわりに

本報告では広葉樹の林分構造を表す手法としてローレンツ曲線による方法を用いその有効性を示したが、これらの結果を発展させると次のような林分遷移モデルが考えられる(図5)。このモデルは、林齢、haあたり蓄積、立木密度をそれぞれ $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸とする三次元空間において、 $x-y$ 平面の成長曲線と $x-z$ 平面の本数減少曲線を絶対値化されたローレンツ曲線で結んだものであり、同図上に林齢、haあたり蓄積、立木密度、林分構造が表される。しかしながら、本報告では林齢に応じジニの指数がどのように変化するかは把握できなかったため、林齢にかかわらずジニの指数は一定と仮定して図にしたことを付け加えておく。

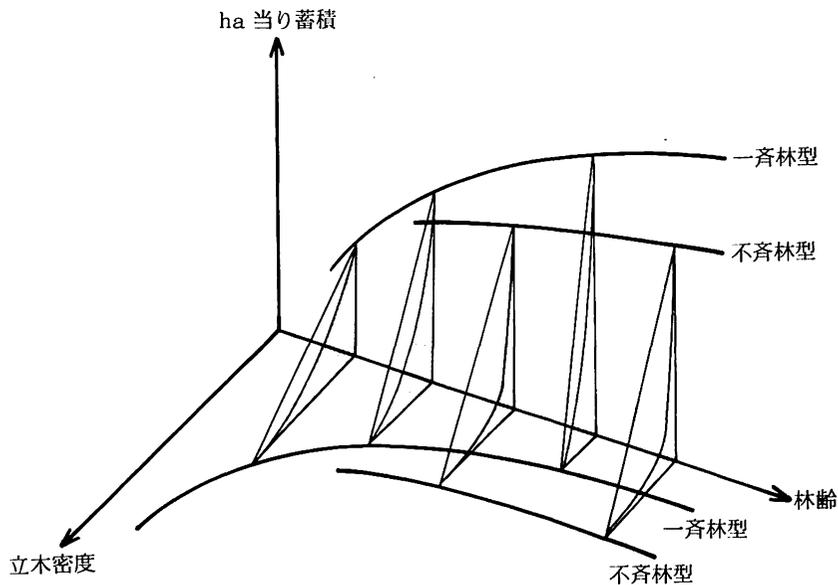


図-5 林分構造推移モデル

## 参考文献

- (1) 高田和彦, 風間葉子: 断面積平均直径推定における括約誤差について, 日林誌62, 1980, p211~216
- (2) 安田三郎: 社会統計学, 382pp, 丸善, 東京, 1969
- (3) 菊地喜八郎: 収量-密度図の理論と応用, 林統研誌 10, 1985, p63~73
- (4) 松本光朗, 天野正博: 広葉樹資源量の推定について (I) 日林論 95, 1984, p173 118