

# 樹幹解析を用いたブナ二次林の動態解析

山形大学大学院 安田 一也

山形大学農学部 野堀 嘉裕

## 1. はじめに

ブナは鹿児島県以北、北海道南部の黒松内低地帯以南にかけてほぼ全国的に分布する落葉広葉樹である(原, 1996)。また、東北地方の森林を構成する代表的な樹種である。

かつて森林の機能は木材生産が重要視されていた。戦後の一斉造林により日本各地で天然林が伐採され、スギ、ヒノキなどの植林が行なわれた。しかし、現在では外国産材の増加、労働力の減少などにより、日本の林業の衰退は深刻である。かつて植林された森林のほとんどは過去10年以上も施行が行なわれておらず、荒廃が進んでいる(菊沢, 2000; 林野庁, 2003)。近年、木材生産機能よりも、森林の持つ水源涵養機能、土砂の流出や崩壊防止などの公益的機能、文化的機能などの多面的機能が注目されている。ブナ林を始めとする広葉樹林は、スギ人工林などの針葉樹林に比べ多面的な機能が高いとされている(原, 1996; 林野庁, 2003)。森林の生態系、多面的機能の維持・管理には、その森林特有の動態を把握することが重要である。大面積に広がるブナ林の動態のプロセスを解明することは、森林の有効利用を図る上での基本的な情報源になると考える。

本研究の目的は、ブナ二次林が現在の森林構造に至るまでの動態を探ることである。過去、ブナ二次林を対象として樹幹解析を用いて森林動態を分析した例は少ない。そのため本研究では、森林動態の把握のために一定面積内に成立する全ての個体について樹幹解析を行なった。これにより、短期間で百年前後の長期にわたる過去の樹木データを詳細に得ることが可能である。調査木を伐採しなければならない、継続調査ができないなどの問題が存在するが、樹幹解析は森林の動態の解明に非常に有効な手段であると言えるだろう。

## 2. 研究方法

### (1) 試料の採取

#### ①調査地

調査地は山形県鶴岡市(旧朝日村)、山形大学農学部附属演習林の谷地幅、約90年生のブナ二次林内である。標高約700m、台地状の平坦地となっており、冬季には4mもの積雪がある豪雪地帯である。1914年にブナ天然林の皆伐跡地にヒノキが植栽されたがその後壊滅し、現在はブナが上層林冠を構成する一斉二次林となっている。その中央に20×20m、0.04haの方形調査区を設定した。毎木調査によると、調査区内の立木密度は1800本/ha、平均樹高15m、蓄積466m<sup>3</sup>/ha、胸高断面面積合計は60m<sup>3</sup>/ha、伐採前の樹冠の閉鎖度は調査区平均で82%、林内の相対照度は4%であった。本調査地は、壮齢なブナ二次林として標準てきな林分であった。

#### ②材料

調査区内に成立していた全てのブナの個体72個体を用いた。全て個体の幹から高さ方向に1m間隔で厚さ5cmほどの円板を採取した。その後、全ての円板から髄を中心として4

方向に幅約 2.5cm のブロックを採取した。さらに、年輪が読み取りやすいように、木口面を高精度の丸鋸で削った。

## (2) 年輪幅の測定

各個体から取り出した全てのブロック及びスリットの画像を EPSON 社製のカラーキャナー GT-X700 によりパーソナルコンピュータに取り込んだ。画像取り込みの条件は、ブロックの場合、原稿種：反射原稿、自動露出：写真向き、イメージタイプ：24bit カラー、解像度：1200dpi または 2400dpi、濃度補正：より重い感じ、画像の輪郭部が鮮明になるようにアンシャープマスクフィルタをかけた。スリットの場合は暗い画像になるため、以上の設定に加えて、明るさ+50、彩度+30 で取り込んだ。

年輪幅の計測には年輪画像解析ソフト DendroMeasure104(野堀, 2005)を用いた。年輪幅計測の精度は約 1~2/100mm である。年輪幅は 4 方向を樹皮側で揃えて平均化し、平均化した年輪幅の積算を円板の半径とした。試料は 2001 年の成長期が過ぎた 2001 年の秋から冬にかけて伐採されているので、円板の最外年輪は 2001 年として計測した。

## (3) 樹幹解析

樹木の過去の成長経過を推定する方法としては樹幹解析がある。樹幹解析を用いることで樹木の過去の成長状態を知ることが可能である。また、将来の成長予測を行う資料を得ることができる(中山, 1957)。樹幹解析で樹幹の体積を求める方法はいくつか知られているが、本研究では、断面間隔が 1m と短いので円錐台式を用いた。一連の作業は Stem Density Analyzer (野堀, 2004) を用いた。

本研究では、調査地内に成立していた全ての個体に樹幹解析を行った。全個体の発生年、及び胸高直径、樹高、材積の経年変化を算出し、過去の森林動態を推測した。

## (4) 動態シミュレーションモデルの作成

直径分布に比べ樹木の樹高分布の予測を行なった研究は少ない。本研究では推移行列モデルを用いて将来の樹高分布の予測を試みた。本研究では、一般的な推移行列式(式1)を用いて1990年、2000年の樹高分布から10年後の樹高分布のシミュレーションを試みた。

$$Y_t = P_t \times Y_0 + N_t \quad \dots (式1)$$

$Y_t$  : t年後の個体数

$P_t$  :  $P_{ij}$  および  $P_{im}$  からなる

( $P_{ij}$  : 第 i 階級の個体が t 年後に第 j 階級に移行する確率

$P_{im}$  : 第 i 階級の個体が t 年間で枯死する確率)

$N_t$  : t 年後の階級ごとの新入個体数

$Y_0$  : 各階級の初期値

本研究では、これらの変数の算出方法を以下の通りとした。移行率 ( $P_{ij}$ ) は樹幹解析によって推測した 1990 年、2000 年の林分構造から算出した。枯死率 ( $P_{im}$ ) は調査木をすで

に伐採しているため、実測値での算出ができなかった。そこで、既存の研究事例から引用し、枯死率 ( $P_{im}$ ) を算出することとした。本調査地では 1960 年以降に新入した個体が残存していなかったため、今後しばらくもこの傾向が続くと考え、新入個体数 ( $N_t$ ) は無いものとした。

### 3. 結果及び考察

#### (1) 成立木の年輪数

調査地の構成木の樹齢を把握するために、各個体の地上高 0.2m の円板の年輪数を算した。最も少ない個体で 42 年、最も多い個体で 87 年であった。個体別の年輪数を見ると、70% 以上にあたる 53 個体が年輪数 76~87 年であった。その他の個体の年輪数は 42~75 年であり、41 年以下の個体は無かった。

樹高が 0.2m に達するまでの期間は数年間かかると考えられるが、本研究では便宜上、樹高が 0.2m に達した年を発生年と仮定した。

図-1 に示すように 1925 年以前に個体が一斉に発生していることがわかる。それ以外の個体は 1926~1960 年の間に数個体ずつ発生していることがわかった。また、1960 年以降に発生した個体は 2001 年の段階では残されていなかった。

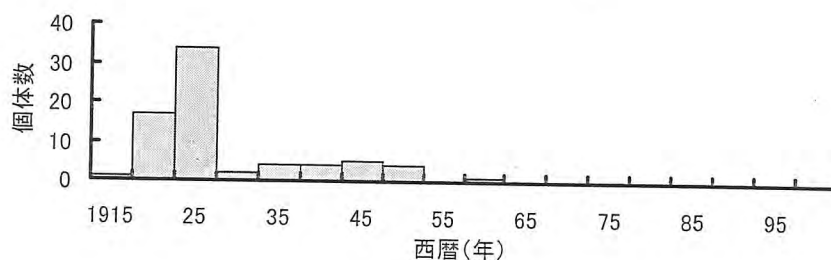


図-1 個体の発生年分布

#### (2) 樹高成長

図-2 に個体 No. 1 から No. 31 までの樹高成長を、発生年で違いがわかるように示した。図-2 に示すように、初期の成長量は発生年代に関わらず、どの個体も違いがみられなかった。しかし、発生年が早い個体は終始直線的な成長を示したのに対して、発生年が遅い個体は 1980 年前後から樹高成長が次第に衰退し、頭打ちになる傾向が見られた。

発生年の違いによって成長に差がみられた原因として、光環境の違いが考えられる。発生年が早い個体は光環境に対する制約が少なく、日光を独占できることから、成長がよい。そのため、現在の林冠を形成するに至ったと考えられる。また、発生年の遅い個体は、早い個体に比べて下層に分布することから、光環境が悪く、生育環境がより厳しいと考えられる。そのため、発生年の早い個体が林冠を閉鎖してしまったことより、中層で成長が衰退し、その後頭打ちになったのではないかと考えられる。

図-3 は調査地内に成立していた個体の樹高分布の推移である。1950 年ごろまでは樹高の低い階級に個体が多く分布していた。その後 1980 年ごろまでは、若干のばらつきがみられるものの、ほぼ同じ分布型を保ったままの上位階級への移行がみられた。それ以降は、樹高の高い階級では次階級への移行は多くみられるが、低い階級ではほとんど変化がみら

れなかった。2000年では、6m未満の低階級への分布は無く、6~16mの中階級に少数の分布が見られ、16m以上の高階級に全体の約半数が分布する、いわば、逆L字型の分布構造であった。これは、ブナ-斉林の壮齢期の一般的な樹高分布型である。

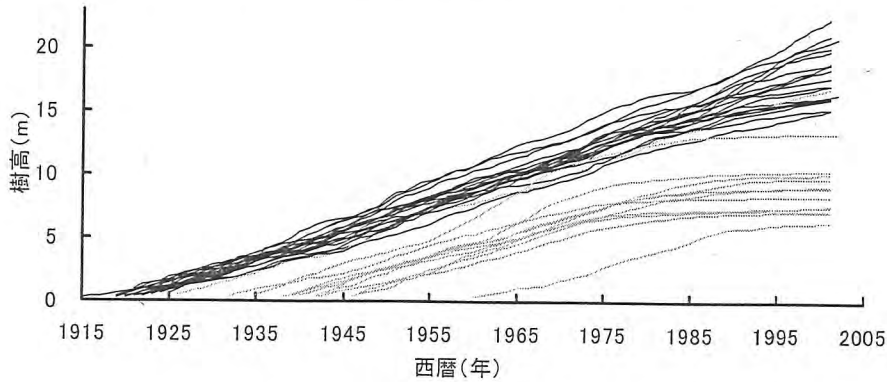


図-2 個別樹高成長

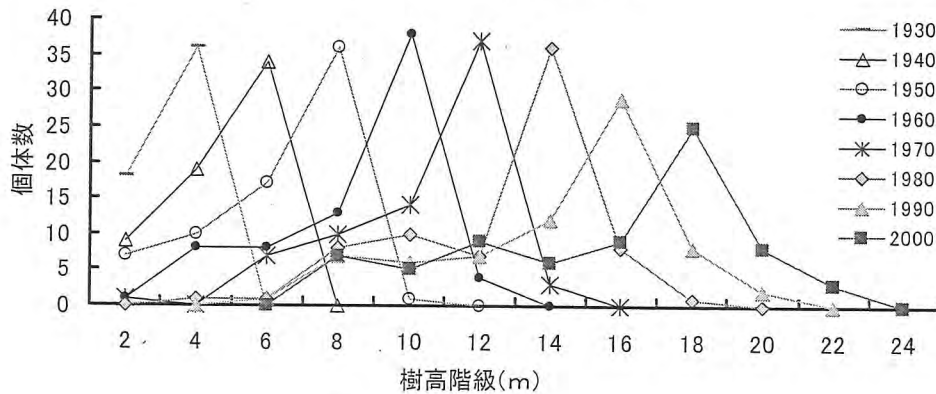


図-3 樹高分布の推移

### (3) 樹高分布の予測

1990年、2000年の樹高分布をもとに、式1を用いて作成した推移行列モデルによって2010年の樹高分布のシミュレーションを試みた。

推移行列モデルの作成に用いた林分データを表-1示す。表-1に示すように1990~2000年においては、樹高12m未満の低い階級では同階級に残る確率が高く、次の階級に移行する確率は低かった。また、全個体の大半を占める樹高の高い階級では、同階級に10~50%しか残っておらず、大部分の個体は次の階級もしくは二階級移行していた。20m以上の階級は移行率の算出ができないため、本研究では最も近い階級(18<20m)と同じ移行率をもちいた。枯死率は角張(1980)が苗場山系で行なったブナ林のモニタリング調査のデータから算出した。10年間の枯死率は約6~30%で、樹高が高いほど枯死率が低い結果となった。

1990年、2000年の樹高分布および2010年の予測値を図-4に示す。樹高が6~12mと低い階級では、次階級への移行率が低いためあまり変動がみられなかった。また、樹高12m以上の階級は次階級への移行率が非常に高いことから、全体的に上位階級に分布が移ったと考えられる。また、分布のピークは徐々に低くなり、10年ごとに次階級に移っていた。以上より、2010年の樹高分布は樹高6~12mに個体の30%弱が、12~24mの林冠層に個体の7割以上が分布する、二層林型構造になると予測された。樹高が低いほど枯死率が高い

ことから、今後は上層に個体がより集中する、単相林構造に近付いて行くと推測される。

本研究では、各階級における係数が常に一定であると仮定し、シミュレーションモデルを作成した。しかし、それらは樹木の成長限界、ギャップや階層構造などの森林構造の変化に伴い変化してゆくと考えられる。また、新入個体を無いものとしたが、今後出現すると思えるのが妥当である。よって、長期的な予測には限界があり、短期的な予測において有効であると考えられる。今後は過去の森林構造の予測や、モデルの信頼性の検証が不可欠であると思える。

表-1 行列モデル作成に用いた林分構造

| 樹高階級<br>(m) | 個体数  |      | 同階級残存 |          | 次階級移行 |           | 二階級移行 |           | 死亡率<br>$P_{im}$ |
|-------------|------|------|-------|----------|-------|-----------|-------|-----------|-----------------|
|             | 1990 | 2000 | 個体数   | $P_{ii}$ | 個体数   | $P_{i+1}$ | 個体数   | $P_{i+2}$ |                 |
| 0 < 2       | 0    | 0    | 0     | 0        | 0     | 0         | 0     | 0         | 0.340           |
| 2 < 4       | 0    | 0    | 0     | 0        | 0     | 0         | 0     | 0         | 0.260           |
| 4 < 6       | 25   | 0    | 0     | 0        | 25    | 1.000     | 0     | 0         | 0.214           |
| 6 < 8       | 175  | 175  | 150   | 0.857    | 25    | 0.143     | 0     | 0         | 0.181           |
| 8 < 10      | 150  | 125  | 100   | 0.667    | 50    | 0.333     | 0     | 0         | 0.155           |
| 10 < 12     | 175  | 225  | 175   | 1.000    | 0     | 0         | 0     | 0         | 0.134           |
| 12 < 14     | 300  | 150  | 150   | 0.500    | 150   | 0.500     | 0     | 0         | 0.117           |
| 14 < 16     | 725  | 225  | 75    | 0.103    | 625   | 0.862     | 0     | 0         | 0.102           |
| 16 < 18     | 200  | 625  | 25    | 0.125    | 175   | 0.875     | 25    | 0.034     | 0.088           |
| 18 < 20     | 50   | 200  | 0     | 0        | 50    | 1.000     | 0     | 0         | 0.076           |
| 20 < 22     | 0    | 75   | 0     | 0        | 0     | 1.000     | 0     | 0         | 0.065           |
| 22 < 24     | 0    | 0    | 0     | 0        | 0     | 1.000     | 0     | 0         | 0.055           |

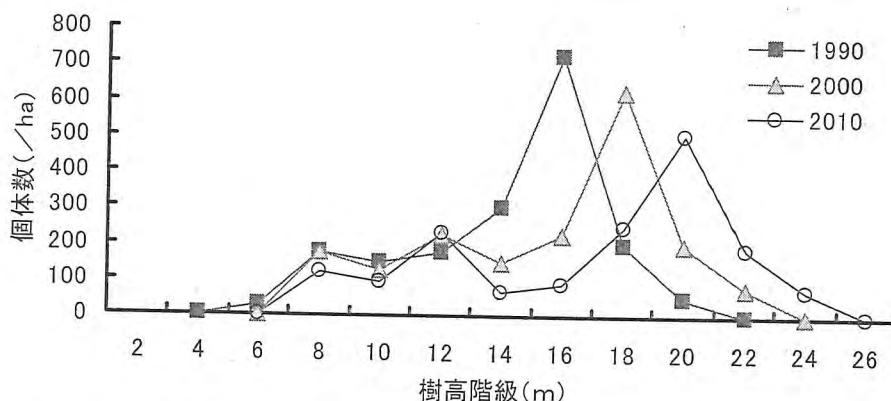


図-4 1990年・2000年における樹高分布および2010年の予測値

引用文献

原正利 (編著) (1996) ブナ林の自然史. 43pp, 218pp, 平凡社.  
 菊沢喜八郎 (2000) 新・生態学への招待 森林の生態. 135-136pp, 共立出版株式会社.  
 林野庁 (編) (2003) 図解 森林・林業白書. 160pp, 財団法人 日本林業協会.  
 中山博一 (1957) 林木材積測定学. 187-194pp, 金原出版株式会社.  
 村井 宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正敏 (編著) (1991). ブナ林の自然環境と保全. 87-91pp, ソフトサイエンス社.  
 サンケッタ カルロス・二宮生夫・荻野和彦 (1991) モミ・ツガ天然生二次林の構造と動態 (III). 539-540pp, 第102回日林論.  
 角張嘉孝 (1980) 「ブナ天然林標高別成長量固定試験地」について. 319-322pp, 第91回日林論.