

# 森林空間構造の動的解析手法の評価 Evaluation of Analytic Technique for the Dynamics of the Forest Space Structure

積雪環境の異なるブナ林における林分構造解析の事例  
*A case study of the stand structure analysis in beech forests at  
different snow environments*

野堀嘉裕・佐々木亜貴子・高橋教夫

Nobori, Y., Sasaki, A. & Takahashi, N.

キーワード: 森林構造、空間解析、動的解析、3次元表示、ブナ林

要約: 森林の成長過程を視覚的に表現する手段は、その情報量が膨大であるため技術開発が立ち遅れているが、近年普及しているパーソナルコンピュータとオペレーティングシステムであっても成長経過の視覚化システムの開発が可能になりつつある。本研究では、積雪環境の異なるブナ林における林分構造解析の事例をとおして、森林空間構造の動的解析の意義を評価した。その結果、森林構造の3次元表示システム「Forest Window」は、連続した視点の変更による動的解析は既に実用段階にあり、年輪情報を併用することで時空間解析にも活用できることがわかった。

Abstract: Advanced technology is necessary to express the growth process of forest structures visually. Recently, the development of the visualization system of the growth progress becomes possible even with the diffusion type personal computer and operating system. The case study is conducted on the stand structure analysis in two beech forests under different snow environments. Also, significance of the dynamic analysis of the stand space structures is pointed out. For the dynamic analysis the three-dimensional visual system "Forest Window" for the stand structure is shown to be useful. It is also shown that together with annual ring information the system can be applied for analysis on dynamic change in the stand structure.

## はじめに

森林空間の情報量は膨大である。特に、時間的尺度を含む場合は情報量が飛躍的に増加するのでその構造解析には課題が多い。数値解析の分野ではYoshimoto (2001) による収穫予定モデルの研究に代表されるように近年多くの進展がみられる。視覚的な構造解析の分野では松英 (1998) によるヒノキ林のビジュアル・モデルの研究が特筆に価する。Nobori (2000) は森林構造の単純モデル表示システム (Forest Window) を用い、各種の森林構造解析の事例を紹介している。本研究ではForest Windowを用いて森林構造の動的解析の可能性を評価しようと試みた。対象とした森林は東北地方を代表するブナ林であり、多雪地タイプと小雪地タイプのブナ林を取り上げてその構造解析を行った。東北地方のブナ林についての研究は高橋ら (1987)、村井 (1991)、保坂ら (1985)、神谷ら (1987) など多数ある。多雪地と小雪地におけるブナ林の違いを論じているものとしては高橋ら (1989)、杉田 (1988) などが貴重な研究として指摘できる。これらの報告では積雪環境がブナ林の林分構造に及ぼす影響について考察しているが、時間的尺度から構造解析を進めているわけではない。本研究では、成長錐片から得られる肥大成長の情報をもとにブナ林の過去の構造復元を行い、時間的構造解析を行う。そして、この積雪環境の異なるブナ林における林分構造解析の事例をとおして、森林空間構造の動的解析の意義を評価する。

## 材料と方法

### 1. 調査対象地

湯殿山の調査地は、山形県東田川郡朝日村大字田麦俣字六十里山国有林73林班い小班にあり、標高約800m、斜面方位は南向きであり、緩傾斜であるが凹凸の多い地形になっている。冬季には4m～5mの積雪がみられる。調査地の北側には昭和37年に舗装道路が建設され、東側は沢になっている。南側には、湯殿山神社の旧参拝道が遊歩道として残っており、さらにその南側の斜面の下は沢になっている。この調査地周辺では1950年代にブナを中心とした伐採が行われている。林冠はほとんどブナが占めているが、遊歩道沿いに少数のウダイカンバがあり林冠まで達している。下層にもブナが多く、他

樹種は傾斜方向に向かって斜めに生えている。林床には、ササはあまり密生しておらず、ユキツバキやハイイヌツゲなどの常緑低木やオオバクロモジなどの落葉小高木もみられる。

高館山の調査地は、山形県鶴岡市大字大山字城山国有林193林班わ小班にあり、標高約160m、斜面方位は北東であり、傾斜角約15度の均一な緩傾斜である。冬季の積雪は1m以下である。高館山は自然休養林に指定されており、調査地の南側から西側にかけて遊歩道になっている。林冠はブナ、アカシデ、ホオノキが占め、下層の他樹種も全体的に直立している。湯殿山に比べ、明らかに多様な植生で、大径木が多く、立木密度は低い。ササは湯殿山の調査地よりも少ないが、湯殿山と同様の常緑低木がみられ、落葉小高木ではオオカメノキが目立って多い。

## 2. 調査方法

両調査地ともに25m×40mの方形プロットを設定した。プロット内に5m×5mのメッシュを設定し、レベルおよびポケットコンパスで地形を測量した。なお、斜面の方位は考慮に入れていない。両プロットで胸高直径5cm以上を調査対象木として、立木位置のX、Y、Z座標、樹種、樹冠層区分、樹高、枝下高、胸高直径、樹冠幅を測定した。樹冠層区分は林冠を形成している立木のうち最も上方にあるものを最上層木、次を上層木とし、最上層木の樹冠より下方に樹冠があるものを中層木、それより下のものを下層木として分類した。樹高、枝下高は樹高測定器Forester Vertexを用いて0.1m単位で、胸高直径は輪尺を用いて0.1cm単位で測定した。座標軸はプロットの短辺(25m)をX軸、長辺(40m)をY軸として立木位置の座標を求め、樹冠幅は座標軸にあわせて樹幹から4方向の距離を測定した。

成長錐の採取は樹種ごとに、異なる樹冠階層区分から1本以上の対象木を選出した。成長錐片は斜面の上方から胸高の高さで採取し、採取孔を木質系接着剤で後処理をした。森林構造の3次元解析にはForest Window Version 2.04 (Nobori 1998) を用いた。動的解析にはNakano (1997) によるHN AVIFile Creator Version 1.00を用いた。

## 調査結果

### 1. 現在の林分構造

図1に湯殿山プロットの林冠部の樹種構成の3次元的狀況を示す。林冠部の主要構成樹種はブナであり、他の樹種の樹冠はわずかにみえる程度である。図の左側に樹冠の大きなブナがあるがこれは枝張が大きいいわゆる“暴れ木”と呼ばれる個体である。このような個体はプロット中に数個体みられた。図の右側には樹冠の小さな個体が集中して分布していることがわかる。このプロットにおける胸高直径階別本数分布で、それぞれの階層で最も多い直径階級は、最上層木は18cm、上層木は10cmと14cm、中層木は10cm、下層木は6cmであり、上層に向かうにしたがって分布の幅が広がっている。枯死木は、6cm級のものが多い。階層別の構成樹種本数はどの階層もブナが圧倒的に多く全体の木数割合は76.4%を占める。

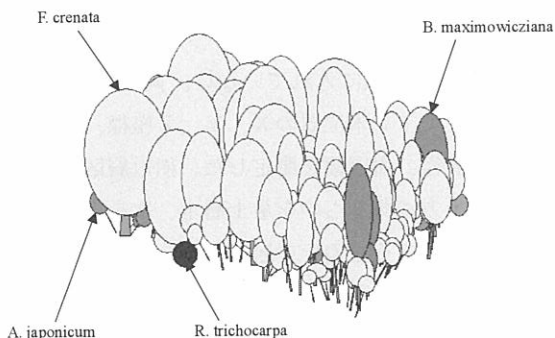


図1 湯殿山プロットの樹冠の樹種構成

図2に下層木だけを抜き出して示す。この図から、ブナ以外の樹種は下層に多いことがわかる。中でも最も多いのはハウチワカエデであり、12.2%を占めている。ウダイカンバは2.0%で、中層以上にしかない。胸高断面積合計による相対優占度をみると、さらにブナの優占度が増し、全体で93.0%を占め、次はウダイカンバの3.0%でハウチワカエデは2.2%に過ぎない(表1)。

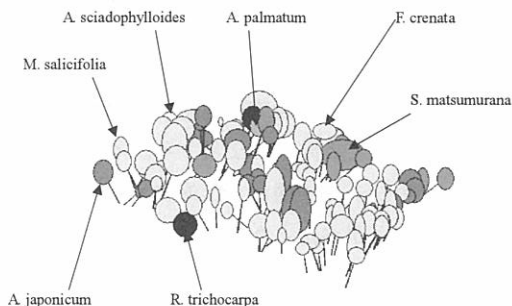


図2 湯殿山プロットの下層木の樹種構成

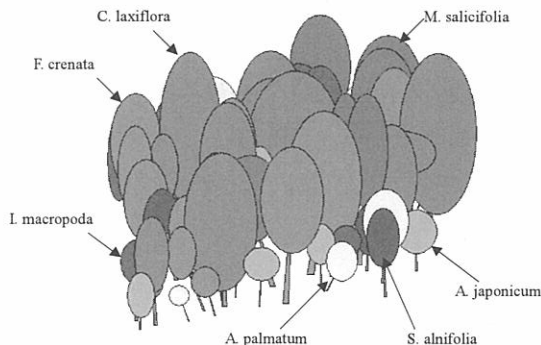


図3 高館山プロットの樹冠の樹種構成

図3に高館山プロットにおける林冠の状況を示す。林冠を構成する主要樹種はブナ、アカシデ、ホオノキなどであり、多樹種が混交していることがわかる。一方、下層木のみを抽出した図4をみると林冠を構成するアカシデが少なく、林冠にみられないハウチワカエデが多いことがわかる。このプロットでは上層木の立木本数が比較的少ないが、どの階層も同じくらいの割合を占めている。胸高直径のばらつきより樹高のばらつきの方が小さいが、階層が下になるにしたがって胸高直径と樹高のばらつきの違いが小さくなった。ここでも、枯死木は下層木レベルの大きさのものが多く、階層ごとの胸高直

径階別本数分布について、それぞれの階層で最も多い直径階級は、最上層木が36cm、上層木が22cm、中層木が12cm、下層木と枯死木が8cmであった。上層木と中層木の分布の幅は似ているが、階層が上になるにしたがって分布の幅が広がる傾向がある。階層別の構成樹種本数は階層によって本数の多い樹種が異なる。ブナだけは全ての階層に出現する。ハウチワカエデとアオハダは下層から中層に、アカシデは中層から上層に、ヤマモミジは中層以下に存在する。アオハダは株立ちが多かった。ホオノキは最上層と下層にあり、下層のホオノキは萌芽であった。アズキナシは中層と上層のみ、ミズナラは上層に1本のみであった。最上層で最も多いのはアカシデ、上層ではアオハダ、中層ではアオハダとハウチワカエデ、下層がブナである。プロット全体では、ブナの本数割合が最も多く23.5%で、ついでアオハダ、ハウチワカエデが18.4%である。ところが、胸高断面積による相対優占度をみると、ブナは各階層で最大面積を占めているわけではなく、最上層と上層ではアカシデがそれぞれ38.8%、33.8%を占めており、最優占種となっている(表1)。中層ではアオハダが33.4%を占め、下層ではハウチワカエデが30.2%を占めている。全体では、アカシデが31.3%、ブナが25.5%、ホオノキが16.5%という優占順位になっている。

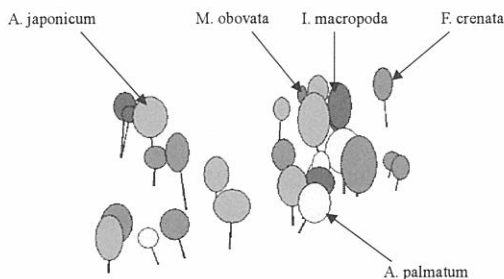


図4 高館山プロット査地の下層木の樹種構成

両プロットの林分概況を表2に示す。平均胸高直径も平均樹高も湯殿山プロットの方が高館山プロットより小さいが、胸高断面積合計や林分材積は湯殿山プロットの方が大きくなっている。これは、湯殿山プロットの方が立木

密度が高いことと、下層木の占める割合が大きいことが理由である。この二つの林分構造の最も大きな違いは、上層木の樹種構成と種の多様性である。構成樹種数は、胸高直径 5 cm 以上の調査対象木で、湯殿山プロットが 11 種、高館山プロットが 8 種であった。構成樹種の数からみると湯殿山の方が多。そこで、「種の豊かさ」を示す Shannon-Wiener の種多様度指数 ( $H'$ ) を計算した。ここで、相対優占度は個体数に基づくものと胸高断面積に基づくものを用い、2 通りの種多様度指数を求めた。

表 1 両プロットにおける樹種ごとの胸高断面積と相対優占度

Tree species	Storied	Yudonosan					Takadateyama				
		Top	High	Mid.	Low	All	Top	High	Mid.	Low	All
ウダイカンバ	Basal area (m <sup>2</sup> )	0.116	0.009	0.007		0.131					
<i>Betula maximowicziana</i>	Dominance (%)	3.8	1.7	1.7		3.0					
アカシデ	Basal area (m <sup>2</sup> )						0.879	0.180	0.013		1.072
<i>Carpinus laxiflora</i>	Dominance (%)						38.8	33.8	2.7		31.3
ブナ	Basal area (m <sup>2</sup> )	2.947	0.515	0.361	0.312	4.135	0.709	0.051	0.075	0.038	0.872
<i>Fagus crenata</i>	Dominance (%)	96.2	98.3	92.8	66.4	93.0	31.3	9.5	15.7	25.2	25.5
ミズナラ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.009		0.009	0.114				0.114
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	Dominance (%)			2.4		0.2	5.0				3.3
ホオノキ	Basal area (m <sup>2</sup> )						0.561			0.003	0.564
<i>Magnolia obovata</i>	Dominance (%)						24.8			2.0	16.5
タムシバ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.017	0.017						
<i>Magnolia salicifolia</i>	Dominance (%)			3.6	0.4						
ナナカマド	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.025	0.025						
<i>Sorbus matsumurana</i>	Dominance (%)			5.3	0.6						
アズキナシ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.004	0.004		0.049	0.080			0.129
<i>Sorbus alnifolia</i>	Dominance (%)			0.9	0.1		9.1	16.7			3.8
ヤマウルシ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.009	0.009						
<i>Rhus trichocarpa</i>	Dominance (%)			1.9	0.2						
アオハダ	Basal area (m <sup>2</sup> )						0.167	0.160	0.032	0.360	
<i>Ilex macropoda</i>	Dominance (%)						31.4	33.4	21.7	10.5	
ハウチワカエデ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.005	0.090	0.096	0.086	0.066	0.045	0.197	
<i>Acer japonicum</i>	Dominance (%)			1.5	19.2	2.2	16.1	13.8	30.2	5.8	
ヤマモミジ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.003	0.003			0.086	0.031	0.117	
<i>Acer palmatum</i> var. <i>matsumurae</i>	Dominance (%)			0.8	0.1			17.8	20.9	3.4	
ウリハダカエデ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.005	0.005						
<i>Acer rufinerve</i>	Dominance (%)			1.1	0.1						
コシアブラ	Basal area (m <sup>2</sup> )			0.006	0.003	0.009					
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	Dominance (%)			1.5	0.8	0.2					
Total base area (m <sup>2</sup> )		3.063	0.524	0.390	0.470	4.445	2.263	0.533	0.480	0.150	3.425

表 3 は両林分の種多様度指数を階層別に示している。 $H'$  の値が大きいほど多様性が高いことを意味している。全体的に、高館山プロットで多様性が高くなっている。また、湯殿山プロットでは樹高の階層が低くなるにしたがって多様性が高くなる傾向がみられ、下層では高館山プロットとの差が小さくなっている。高館山プロットでは最上層の多様性が最も低く、中層と上層に多様性のピークがあるが、最上層から下層までの多様性の差は大きくな

い。個体数に基づく種多様度指数より、胸高断面積の相対優占度で求めた種多様度指数の方が、湯殿山プロットと高館山プロットの多様度の差を大きく表す結果となった。一般的に、多様度の高さは樹種間の競争を示唆している（武田1984）。この点を考慮すれば湯殿山プロットでは下層でブナと他樹種の競争が盛んで、その後は競争が緩和されていくことが推察された。湯殿山プロットで上層になるにしたがって多様性が低くなっているのは、下層木が上長成長の過程で樹種間の競争に負け、淘汰されてしまうからではないかと考えられた。中層木に成長した個体は光環境が改善されるので、上長成長の可能性はさらに高まることが考えられる。高館山プロットでは最上層に至るまで、樹種間の競争が起こっていると推察できた。

表2 両プロットの林分概況

Items	Yudonosan	Takadateyama
Tree number	264	106
Density (No./ha)	2640	1060
Average D.B.H. (cm)	11.9 (9.0)	17.4 (10.9)
Average tree height (m)	9.1 (4.9)	14.1 (6.1)
Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	44.454	34.255
Stand volume (m <sup>3</sup> /ha)	368.367	347.580

Note:() indicates a standard deviation.

表3 各階層ごとの種多様度指数

Classification of crown storied		Top	High	Middle	Low	All
Yudonosan	Tree number	0.332	0.229	0.940	1.761	1.357
	Basal area	0.053	0.123	0.513	1.595	0.524
Takadateyama	Tree number	1.736	2.190	2.404	2.102	2.716
	Basal area	1.770	2.117	2.356	2.086	2.542

## 2. 齡構成と成長経過

湯殿山プロットにおける胸高部の年輪数と樹高の関係を図5に示す。この図をみると70~100年生のブナ個体がみられない。このことから、更新過程の異なる二つのグループがあると考えられた。聞き取り調査の結果から、このプロット周辺では1950年代に伐採が行われており、この時、商品価値の低い暴れ木が伐採の対象とならなかったことがわかっている。これらの個体は現在100年生以上の最上層木と現在70年生以下で当時径級が小さかった個体であると推定された。このなかの70年より若いブナは同樹齢でも樹高が様々



である。図中の破線はブナについて年輪数と樹高の回帰直線を示したものである。この線を基準にすると、若いブナはそれより年数の多いハウチワカエデより樹高の高いものが多いことがわかる。逆に、ウダイカンバでは樹齢が若くて樹高が高い個体があることがわかる。耐陰性がブナより強くないウダイカンバがこのような成長をしているのは、ギャップの存在など立木位置が関係していると思われる。これ以外の樹種の下層木ではタムシバとヤマウルシがブナと同様の樹齢・樹高の関係にあるが、樹齢が50年を超える個体は僅かであった。年輪数と胸高直径の関係についてもこの図と同様の傾向が認められた。胸高直径と樹高の相関をみたところ有意水準1%で関係が認められた。そこで、年輪幅の変動は樹高の成長経過に当てはめることができると考え、胸高直径成長経過から樹高成長経過を推定した(図6)。

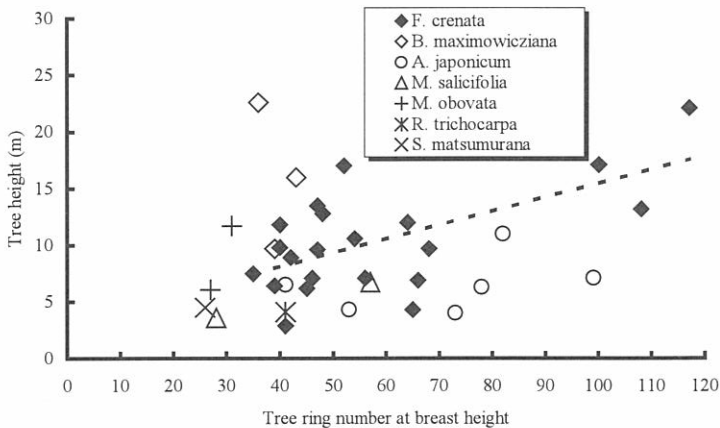


図5. 湯殿山プロットにおける胸高部年輪数と樹高の関係

図6をみると、最も樹高の高い個体(最上層木)はブナであり、これらは1880年代に胸高に達していたことがわかった。上層木(樹高17m)以下の個体では樹高成長の傾きが様々であり、成長の良好なブナと不良なブナのあることがわかる。ブナ以外の樹種も同様であり樹高成長の傾きは個体ごとに異なっていることがわかる。特徴的な種として、ハウチワカエデの成長は遅く、コシアブラの成長が速い傾向があり、ウダイカンバの成長を上回る樹種はみられなかった。このウダイカンバの急激な上長成長は、林冠の疎開部に

生育する陽樹の特性と考えられた。いずれの樹種も途中で成長が変わる傾向はみられなかった。

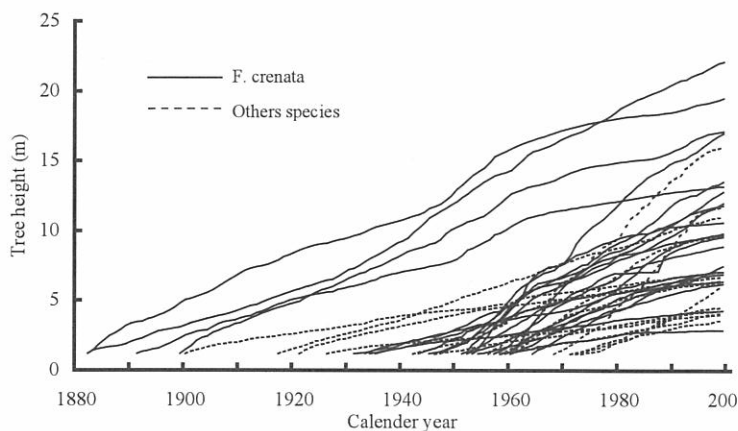


図6. 湯殿山プロットにおけるブナとブナ以外の樹種の樹高成長経過

高館山プロットにおける胸高部の年輪数と樹高の関係を図7に示す。プロット全体では、樹齢の分布が比較的連続しているが、樹種別にみると若干違いがある。図中の破線はブナについて年輪数と樹高の回帰直線を示したものである。この線を基準にすると、特にハウチワカエデは樹齢に対して樹高が低い傾向のあることがわかる。ホオノキでは100年前後の最上層木と28年前後の萌芽した下層木がある。ブナは、ほぼどの年代にも分布しており、樹齢と樹高には相関が認められた。アカシデはブナと比較すると同樹齢で樹高が高い傾向がある。成長錐採取木の樹高と胸高直径の関係は有意水準0.1%で相関が認められた。また、プロット周辺で発生した風倒木4本の樹幹解析の結果からも胸高直径と樹高の相関が極めて高かったので、湯殿山プロットと同様に年輪情報から樹高を推定して解析を進めていくこととした。

図8に示すように樹種ごとの樹高競争をみると、樹高20mを超えてもなお競争している状態がわかる。上層では、アオハダ、アズキナシ、ハウチワカエデが同じような成長速度であるが、アカシデの成長が特に速い。1945年頃から伸びてくるアカシデとブナを比べると、約半分の期間で同じ樹高に達し

ている。中層ではアズキナシやカエデ類よりも、アカシデ、ブナ、アオハダの成長が速い。

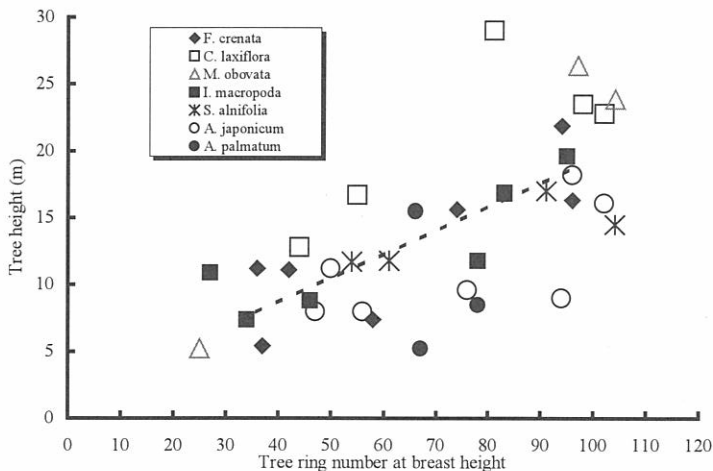


図7. 高館山プロットにおける胸高部年輪数と樹高の関係

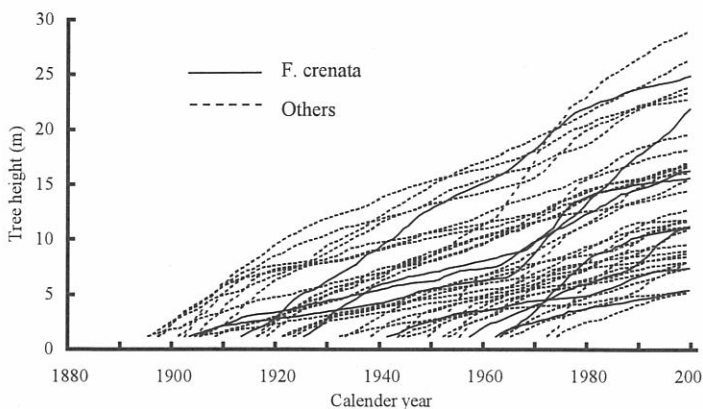


図8. 高館山プロットにおけるブナとブナ以外の樹種の樹高成長経過

このことから、上層に移行する段階でこれらの樹種間に違いが出てくると考えられた。そして、上層木の予想樹高成長経過と合わせて考えると、アオハダが上層に至るとアズキナシやカエデ類と同じ様な成長になることが予想

される。下層の段階ではアオハダやブナのなかで、カエデ類と同様に成長が遅いものとそうでないものがある。

以上をまとめると次のようなことがいえる。成長錐片を採取した両林分のブナ最上層木で、樹高が最大のものの年輪数を比較すると、湯殿山プロットで樹高22.1mのものが117年以上、高館山プロットでは樹高24.9mのものが86年以上であった。成長の面からみると、高館山の方が成長がよいと言える。両林分に共通しているハウチワカエデは、湯殿山プロットでは中層以下であるのに対し、高館山プロットでは上層まで達しているものもある。湯殿山プロットのハウチワカエデは樹高が最大のものでも11.0mであり年輪数が82であったが、高館山プロットでは樹高18.2mで年輪数が96であった。また、年輪情報のないアズキナシやヤマモミジなども、湯殿山プロットでは下層にしかないものが、高館山プロットでは上層、中層に達している。これらのことから、湯殿山プロットでは全体的に高館山プロットより成長が劣るが、ブナ以外の樹種の成長が特に制限されていることが明らかとなった。

### 3. 林分構造の推移

ここでは、現在生育している個体について過去からの樹形を再現することによって林分構造の推移を考察する。時間的な情報は成長錐片から肥大成長のデータが得られるが、このデータから樹高、樹幹幅などを推定して樹形を復元した。なお、復元した個体は現在成育しているものに限りに、枯死したものについては考慮していない。

**3.1. 湯殿山プロット：**図9は湯殿山プロットで成長錐片を採取した個体について1919年から20年ごとの林分構造を推定した図を上から順に示している。コンピュータ上の動画表示では1901年から1999年までの2年ごとの林分構造を連続画像として表示している。聞き取り調査によると、湯殿山プロットのある場所は、1950年代に伐採される前もブナ林であったことがわかっている。1919年時点の図をみると、この時代伐採の対象とならなかったブナの配置を知ることができ、その後1939年時点では周囲に若いブナやハウチワカエデが成長してくることがわかる。1959年時点の図をみるとウダイカンバの若木がみえるが、これらは1999年時点ではブナを追い越して林冠部に到達していることがわかる。ウダイカンバの成長錐片をみると、胸高に達してから約25

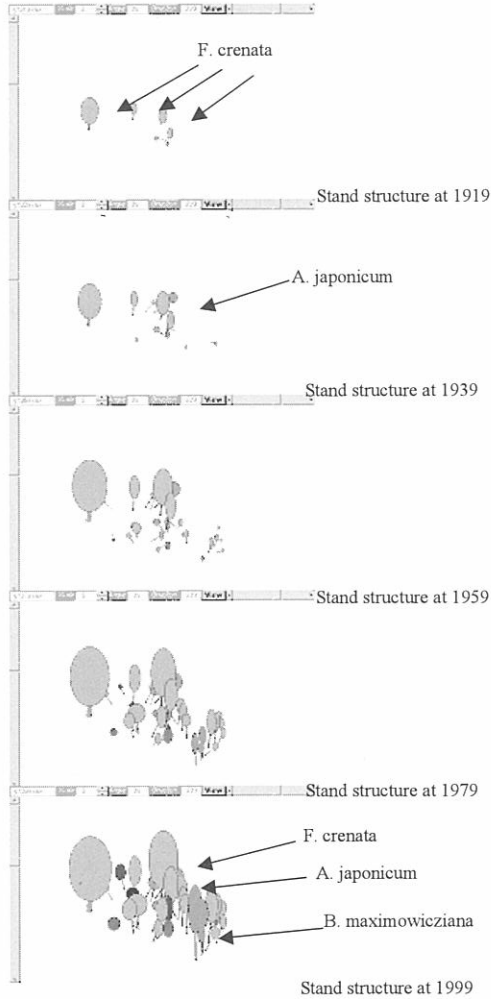


図9 湯殿山プロットの林分構造の推移

年程前までは、アテ材と思われる材の変色部がみられたことから、他樹種と同様に積雪による倒伏の影響を受けたと考えられる。このときの樹高は約7mと推定されることから、積雪による影響は十分考えられる。その後、ウダ

イカンバは積雪の影響から開放されると同時に、上層木の被陰もなかったことから旺盛な伸長成長を開始したことがわかる。

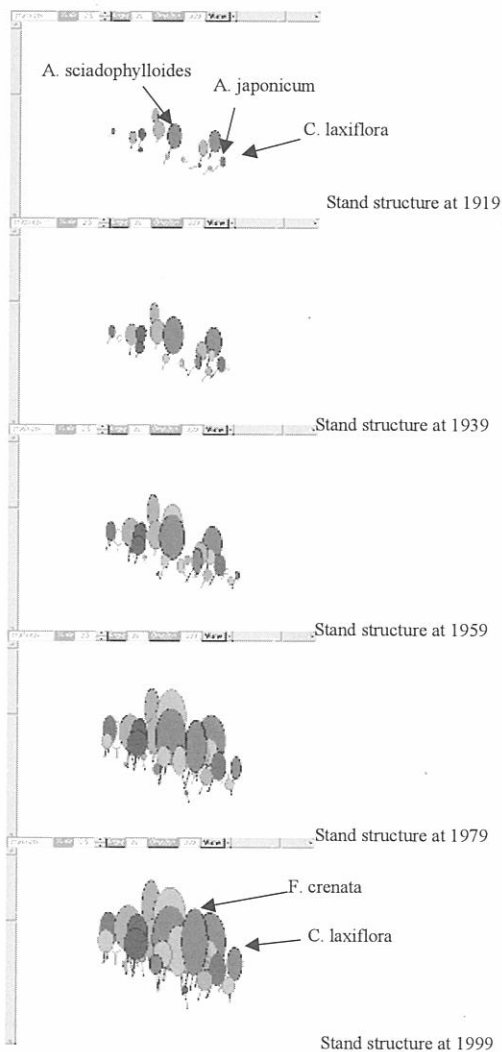


図10 高館山プロットの林分構造の推移

早い時期に胸高に達したにもかかわらず、後から更新してきたブナに追い越されたブナやハウチワカエデがある。これらは、1999年時点で下層から中層の樹高にしか達していない。このブナとハウチワカエデの樹高は概ね積雪深に相当している。これらの個体は積雪による倒伏から免れる樹高に達することができるかどうか、その先の伸長に関係してくるのではないかと考えられた。

**3.2. 高館山プロット：**図10は高館山プロットにおいて成長錐片を採取した個体について、1919年以降の成長経過を示したものである。全体的にみてブナの樹高成長は他の樹種に比較して遅く、逆にアカシデは速い傾向がみられる。アカシデとブナは途中から成長速度が変わるものがあるが、ホオノキはあまり変化がみられない。アオハダは当初成長が速いが途中から成長が停滞する傾向がある。カエデ類は当初からブナより成長が遅い傾向がみられる。

多くの個体は1965年頃から急成長をしている。急成長をした個体は中層以上であったことから、1965年頃に同時にいくつかの上層木がなくなり、林冠ギャップが形成されたと考えられた。この林冠ギャップに敏感に反応しているのが、ブナとアカシデだと思われた。このプロット内でアカシデは下層木がなく、分布が偏っていることから、林冠ギャップが形成された際に旺盛な成長力を発揮し、いち早く林冠に達する樹種なのではないかと考えられた。

### 積雪環境の違いによる林分構造の違い

両林分の林分構造を比較したところ、最も大きな違いは種の多様性であったが、それを階層別にみることによって、湯殿山プロットでは下層で、高館山プロットでは全ての階層で、競争が起こっていることが予想された。そして、過去からの成長経過をみることによって、その競争が起こっていたことを確認できた。結論として言えることは、積雪の多少に関わらずブナの成長速度は遅いが、樹冠の疎開という環境が整えば上層木に成長することができると推定できた。この過程でカエデ類などの成長が遅いものや樹高が高くないものは追い越していくということがいえる。つまり、多雪地でブナが特別に良好な成長をしているわけではないということがわかった。多雪地タイプである湯殿山プロットでは下層から中層に移行する段階で、構成樹種が

少なくなり、結果として樹種間の競争が緩和されている。この移行段階を個体サイズからみると、雪圧による倒伏から脱する時期と一致している可能性がある。どの樹種も、この経過をたどる中で、ブナだけが林冠に達し優占することができるのは、樹種ごとの積雪への耐性やフェノロジーなどが関与している可能性があると考えられる。これに対し高館山プロットでは、どの階層でも平等な条件で樹種間の競争が起こり、結果として多様性が高い林分になったと考えられた。

### 森林構造の動的解析の評価

本研究では、異なる積雪環境のブナ林において現時点の林分構造を様々な視点から観察することで成長状況の理解を深めた。また、各樹種の樹高成長経過に違いがあることを明らかにしてきた。この過程で使用したの森林構造の3次元表示システム「Forest Window」は、連続した視点の変更による動的解析が既に実用段階にあることを明らかにした。また、成長錐から得られた年輪情報を併用することで時空間解析にも活用できることがわかった。

### 引用文献

- 保坂良悦ら1985. 豪雪地におけるブナノキ2次林の林分構造について、日林東北支部会誌37: 40-42.
- 紙谷智彦・長江良明 1987. 豪雪地帯におけるブナ・ミズナラ二次林主要構成樹種の生長パターン、日本林学会誌 69(5): 184-187.
- 松英恵吾ら1998. 樹木形状モデル構築のための基礎的研究ーヒノキのコンピュータグラフィクス表示ー、森林計画誌31: 19-28.
- 村井 宏ら編 1991. ブナ林の自然環境と保全、ソフトサイエンス社、東京、399pp.
- Nobori, Y. 1998. Development of a three-dimensional computer graphics system for forest stand structures, Journal of Forest Planning 4: 83-87.
- Nobori, Y. 2000. Forest Window. 100pp, Journal of Forest Planning Press, Tokyo, 100pp.



- 杉田久志 1988. 多雪山地浅草岳における群落分布に関わる環境要因とその作用機構—ブナの生育状態に着目して—I—積雪深と群落分布の関係—積雪深と群落分布の関係、日本生態学会誌38(3): 217-227.
- 武田明正 1984. 森林の種多様性に関する研究 (III)、日林論95: 397~400.
- 高橋啓二ら 1989. 豪雪地帯におけるブナの日本海側から内陸にかけての生育形態の変化、日林論100: 199-201.
- 高橋教夫・北村昌美・保坂良悦 1987. 豪雪地ブナ二次林における林木の競合経過について、日林論98: 143-144.
- Yoshimoto, A. 2001. Potential use of a spatially constrained harvest scheduling model for biodiversity concerns: Exclusion periods to create heterogeneity in forest structure, Journal of Forest research 6(1): 21-30.

