

丹沢山地におけるブナ衰退の時空間的特性

山根正伸*・鈴木 透**

Spatial-temporal feature of beech forests decline on the Tanzawa Mountains

Masanobu YAMANE* and Toru SUZUKI**

要 旨

山根正伸・鈴木 透：丹沢山地におけるブナ衰退の時空間的特性 神奈川県自環保セ報告9: 13-21, 2012 丹沢山地の主要ブナ林における衰退進行状況を明らかにすることを目的として、主要な山頂6地区のブナ林を対象として現地踏査により衰退指標を調査した。更に、大室山から鍋割山に至る主稜線部をカバーする過去の空中写真を用いて稜線部分の土地被覆面積の変化から衰退履歴を把握した。この結果、2004年以降の5年間は顕著にブナの衰退は進行していないと考えられた。衰退履歴調査からは、ブナなどの高木の消失が原因と考えられる草地・裸地が、蛭ヶ岳から塔ノ岳にかけての標高1,450mを超える主稜線部の南向き斜面に1970年代にすでに認められ、それら消失地が拡大しながら南向き斜面で草地が増加し、2000年代まで拡大してきたことを示した。このようなブナ消失地の拡大時期は地区によって違いが見られた。このような衰退履歴を含むブナ衰退実態の分析は、これまで絞り込まれてきた衰退要因が時空間的にどのように影響してきたかの理解に役立つと考えられた。

キーワード：ブナ林、衰退実態、現地踏査、空中写真判読、時空間変化

I はじめに

丹沢山地のブナ林の衰弱・枯死（以下「衰退」）は、1990年代以降、実態や原因の解明に向けた各種の調査研究が進められている（相原ほか，2004）。

ブナ衰退の空間分布に関しては、越地ほか（1996）が丹沢のほぼ全域の冷温帯林を対象に1985年撮影の空中写真を判読し、天然林の約3割の範囲に枯死木が分布し、丹沢山、蛭ヶ岳、檜洞丸の各山頂付近に多いこと、枯死時期は1970年から1980年頃にかけてと推定される、などを明らかにした。また、星ほか（1997）は、1996年代前半に大室山から檜洞丸、蛭ヶ岳、塔ノ岳、鍋割山を結ぶ主稜線部のブナの枯

損木の衰退状況を4段階で区分して調査し、高標高地の森林群落到に衰退が目立ち、鞍部や急傾斜地で特に衰退が著しいこと、風衝地では風上側の衰退度が大きいことを指摘した。

また、神奈川県自然環境保全センター（山根ほか，2007）は2003年から2005年にかけてマクロ（丹沢ブナ林全域； $\sim 10^4$ ha）、メソ（地区レベル； $\sim 10^2$ ha）、サイト（林分・地点レベル； ~ 1 ha）の3段階の景観スケールで現地踏査（以降「前回調査」）を行い、ブナ衰退の空間的特性を検討した。その結果、ブナの衰退は丹沢山地のブナ林全体に認められ、地区により進行状況が異なることを明らかにした。また、2005年時点で衰退が進んでいるのは丹沢山、

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課（〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657）

** 酪農学園大学農食環境学群／環境共生学類（〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582）

蛭ヶ岳、檜洞丸など、東丹沢から丹沢中央部に至る標高が1,400mを越える主稜線部であることを示した。一方、衰退が少ないのは、西丹沢の大室山、城ヶ尾峠、大棚の頭、菰釣山や、東丹沢の北側に位置する丹沢三峰・堂平などであることも示されている。また、笹川ほか(2010)は、2000年代初頭の衛星画像を解析して衰退が進む地帯でブナが衰退し草地化したと考えられる場所は20ha以上に及ぶことも示している(図1)。

このように、これまでの精力的な調査により、丹沢山地においてブナ衰退が進む場所やその立地特性が解明されてきた。しかし、ごく最近になって新たなブナ枯損原因として注目されるようになったブナハバチ(山上ほか, 2007)が、局所的に激しい葉食を繰り返し発生させており、ブナ林衰退の加速への影響が危惧され、前回調査以降のブナ衰退の進行状況の解明が求められている。加えて、これまで絞り込まれてきた衰退原因に関する検討を深め対策を探るには、衰退履歴についても詳しく分析し、ブナ衰退の時空間的な特徴を明らかにしておくことが有益と考えられる。

そこで、本研究では、前回調査の主要地点で追跡調査を行いその後の衰退の進行状況を把握するとともに、過去の空中写真を用いてブナ林の衰退履歴を明らかにすることを目的とした。

II 材料と方法

1 2008年時点のブナ衰退実態の把握

当山地のブナ林における直近の衰退状況を把握す

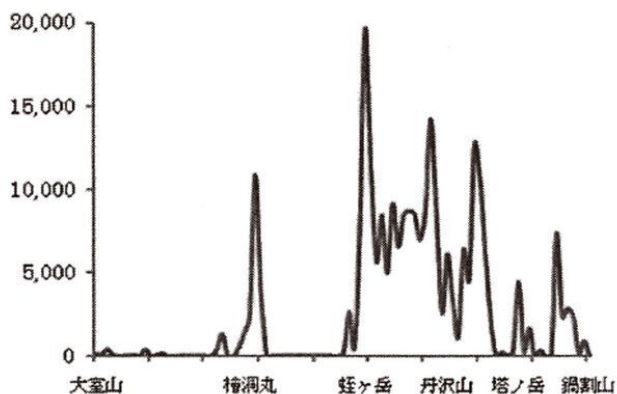


図1 2007年撮影空中写真判読による大室山山頂から鍋割山山頂までの主稜線一帯の草地・裸地分布(面積 m^2)

るため、筆者らが2003年から2005の前回調査で調べた主なブナ林から6地区、菰釣山、大室山、蛭ヶ岳、丹沢山、塔ノ岳、鍋割山のそれぞれ山頂付近の一带を選び、前回とほぼ同じ方法により2008年に衰退状況を調べた。

まず、前回調査で設定した100m方形調査区画をGPSによって現地確認し、各区画にそれぞれ5か所の調査地点を設定した。続いて、調査地点付近に無作為に中心点を決め、その周辺の東西南北方向に4象限を区切って、中心点から各象限の最短距離にあるブナの高木各1本、合計四本を調査対象木に選んだ。そして、調査の対象としたブナ高木のそれぞれについて、全体、枝、葉色、葉量を目視で「健全(衰退度0)」から「枯死(衰退度5)」までの6段階で衰退状況を判定した。そして、各地点で衰退度3(やや衰退)から5(枯死)に該当した調査木の本数割合を各地点の衰退進行度指標値として算出した。

なお、現地調査は、目視判定による誤差を小さくするため、ブナの落葉が始まる2~3週間ほど前の時期にあたる2008年10月10日前後の1週間に集中して行った。

2 空中写真を用いた衰退の現状と履歴の把握

ブナ衰退が進む大室山から鍋割山に至る主稜線上のブナ等高木の枯死の進行状況を把握することを目的として、半径100mの円形プロットを稜線上に中心を置いて、200m間隔で連続して設定し、各プロットで空中写真判読を行った。判読は、2007年撮影のカラー空中写真を用いてそれぞれのプロットの土地被覆状態を実体視し、幾何補正した写真上に土地被覆を図化した。この土地被覆図はシェープファイル形式で電子地図として作成し、GISの面積測定機能を用いて土地被覆分類別の面積を計測した。

判読には、デジタル写真測量と呼ばれる、PC上でオーバーラップする2枚のオルソ画像を表示し、ステレオ実体モデルを作成することで高さ情報(DSM)を得る方法を適用した。使用したソフトは、ArcGIS9.3(ESRI社)とStereo Analyst for ArcGIS(ERDAS社)である。判読した土地被覆分類は表1に示す5項目である。ここで、森林衰退の指標として草地・裸地面積割合を選び、次式により草地・裸地面積割合(%)をプロットごとに算出した。これ

は、衰退地に見られる草地・裸地は、基本的にブナなどの高木が何らかの原因で衰弱し樹冠が縮小していき、最終的には枯死して枯れ木となり、さらに年月が経過して枯れ木が朽ち、それらがまとまることでブナ林にギャップが形成されるというプロセスを経て拡大していくと考えたためである。

$$\frac{\text{草地・裸地面積}}{\text{草地・裸地面積} + \text{広葉樹林面積}} \times 100$$

さらに、衰退履歴を明らかにするため、2007年写真を用いた土地被覆状態解析と同様な方法により、表2に示す1970年代以降に撮影されたカラー空中写真を用いて、各年代の土地被覆を判読・図化した。各年代の土地被覆図は、上述した手順と同様に、それぞれ電子地図に変換してGISの機能を用いて面積測定を行い、時空間的变化を解析した。

また、先に述べた衰退状況の現地踏査を実施した大室山、檜洞丸、蛭ヶ岳、丹沢山、塔ノ岳、鍋割山の山頂付近で、高木本数の変化について、写真判読により調べた。計測では、各地区に100mの方形プロットを設定し、その中の5か所に直径20mの円形

サブプロットを設定して、空中写真を用いてサブプロット内の高木本数の変化を計測した。用いた空中写真は、1970年代と2000年代に撮影されたもので、上述の衰退履歴解析で用いたのと同じ空中写真である。この方法では、1970年代と2000年代の精度を統一するために、樹冠直径約3m以上の樹冠がはつきりしている木を高木と設定し抽出した。サンプリング地点は上述の山頂6地区とその中間地点の5地区の計11地区とした。

Ⅲ 結 果

1 2008年時点の主要ブナ林の衰退状況

各地区の衰退の進行状況をみるため、各地区の調査地点で求めた衰退進行指標値を平均して平均衰退進行指標値を求めた。前回調査による同指標と比較すると、各地区とも5年間に顕著な進行は認められなかった(表3)。今回調査で、ブナの衰退が最も進んでいる地区は蛭ヶ岳の山頂付近で、調査木の約7割が衰退度3以上の高木が占めていた。しかし、2004年時点からの平均衰退進行指標値の変化は0.3ポイントとほとんど変わらなかった。このほか、前回調査で衰退が進んでいると判定された丹沢山、塔ノ岳、鍋割山山頂付近の2008年時点の平均衰退進行指標値は、7%~18%で前回調査時点より低下していた。

次に、空中写真解析による主稜線一帯の草地化の現況を図1に示した。ブナなどの高木の枯死によるものも含むと考えられる草地・裸地は、本研究で現地調査を行った6地区の山頂付近にそれぞれ多い。また、蛭ヶ岳から塔ノ岳に至る標高1,450m以上の主稜線上の南斜面にも多く、これまでブナの衰退が進んでいるとされている場所とほぼ重なっていた。

2 ブナ林衰退地の時空間変化

1970年代における各サンプリング地点の土地被覆状態は、地点により草地・裸地面積が少ない場所と多い場所が混在して分布している(図2)。蛭ヶ岳から丹沢山にかけてのサンプリング地点で草地が多く、草地の面積が10~50%の割合を占める地点が多かった。崩壊地は大室山周辺を除き全体的に分布していた。また、草地面積割合の高い場所は、蛭ヶ

表1 ブナ林衰退履歴判読に使用したオルソ画像の作成に使用したカラー空中写真の撮影年度と撮影機関

年代	撮影年	撮影機関
1970年代	1974年	国土地理院
	1977年	国土地理院
1980年代	1985年	(株)パスコ
1990年代	1993年	国土地理院

表2 ブナ林衰退履歴解析の写真判読した土地被覆分類

項 目	内 容
草地・裸地	草地もしくは裸地 (一部単木で成立する樹木を含む)
人為改変地	人為的に改変された場所
崩壊地	崩壊が発生している場所
針葉樹林	針葉樹林
広葉樹林	広葉樹林および針広混交林

表3 丹沢山地の山頂付近のブナ林における衰退調査の結果、過去2回分の衰退進行指標値の比較

地 点	平均衰退進行度 x(s.d.)		変 化 率 (ポイント)	備 考
	H20	H16		
菰 釣 山	5.0 (4.4)	12.8 (12.5)	-7.8 (12.6)	
大 室 山	3.0 (5.2)	2.8 (4.8)	0.3 (0.4)	
檜 洞 丸	—	21.0 —		H20は未調査
蛭ヶ岳	66.4 (39.9)	66.1 (46.9)	0.3 (9.2)	
丹 沢 山	15.5 (18.2)	22.2 (6.2)	-7.4 (15.2)	
塔ノ岳	18.4 (18.2)	28.3 (12.1)	-9.9 (7.2)	
鍋 割 山	7.3 (7.1)	26.3 (24.9)	-19.0 (26.8)	H16は台風直後に調査した等の理由で、衰退方向に過大評価

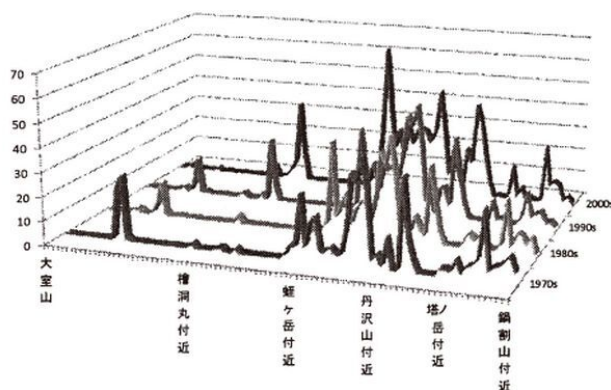


図2 1970年代から2000年代にかけての大室山山頂から鍋割山山頂までの主稜線一帯における草地及び裸地の面積割合の推移

岳から丹沢山、塔ノ岳から鍋割山にかけてであり、東丹沢にまとまって分布していた。

1980年代の土地被覆判読結果からは、1970年代と同様に、蛭ヶ岳から丹沢山にかけての稜線上で草地が多くみられた(図3)。この時期には、大室山から檜洞丸に至る一部などに草地が拡大する場所があるほか、蛭ヶ岳山頂付近などでは、すでに草地化した場所が拡大している地点が目立った。

1990年代の土地被覆判読結果からは、草地が全体に拡大するほか、檜洞丸山頂付近と蛭ヶ岳山頂から東に伸びる地点で草地の拡大が顕著であった(図3)。この傾向は、2000年代にかけても引き続き観察され、檜洞丸山頂付近、蛭ヶ岳山頂付近、丹沢山山頂付近での草地の拡大が顕著であった。一方、大室山付近などの草地が一部減少して森林化している地点があった(図3)。

サンプリング地点における各年代の草地・裸地面積割合の平均値は、1970年代、1980年代は草地裸地面積の割合はそれぞれ約6%であった。1990年代では約7%、2000年代では約9%と上昇し、草地は全体として少しずつ拡大していた。さらに、草地・裸地の増加率を見てみると、1970年代から1980年代にかけては-0.7%とほぼ変化がなかったが、1980年代から1990年代、1990年代から2000年代にはそれぞれ12.5%、14.2%の値を示しており、1990年代以降2000年代まで大きくブナ林の消失が進んでいることが確認できた。このような草地化が進んでいる場所は、おおむね標高1,450mを越える稜線部分であった(図4)。

次に、衰退が進んでいる地区での草地の拡大状況をメソスケールでみると、南向きの斜面で大きく草地が拡大したことがわかる(図5)。

最も草地拡大が顕著な地区の一つである蛭ヶ岳では、1970年代には山頂付近の山小屋用地周辺にまとまっているほかは、主稜線の南斜面に小さな島状の草地が分布している。草地の拡大は1990年代以降に顕著で、2000年代になると山頂付近の北側斜面で若干草地が拡大しているに加えて、南側斜面の草地は1970年代の島状の草地がつながる形で草地が大きく拡大している。草地の拡大はほとんどが南向き斜面である。

丹沢山の山頂付近の変化を見ると、1970年代には山小屋周辺にややまとまった草地があるほかには、ごく小面積の草地が主稜線付近に小さく分布するのみである。2000年代になると山頂の北側主稜線の南向き斜面において大きく草地が拡大している。ま

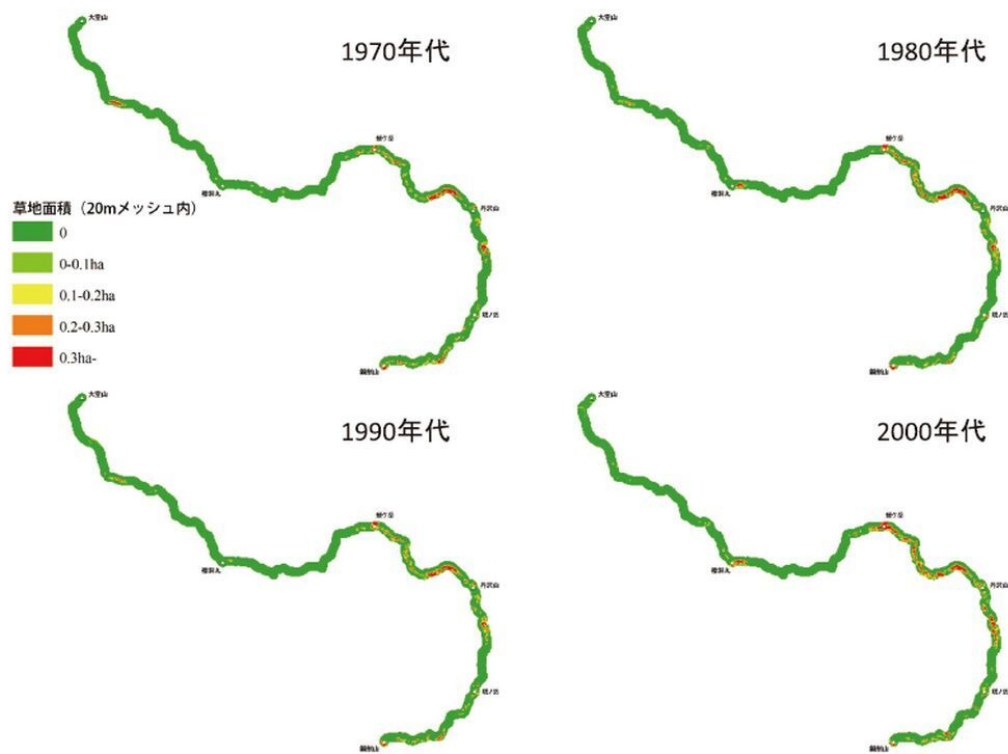


図3 1970年代から2000年代にかけての大室山山頂から鍋割山山頂までの主稜線一帯における草地および裸地の面積の変化

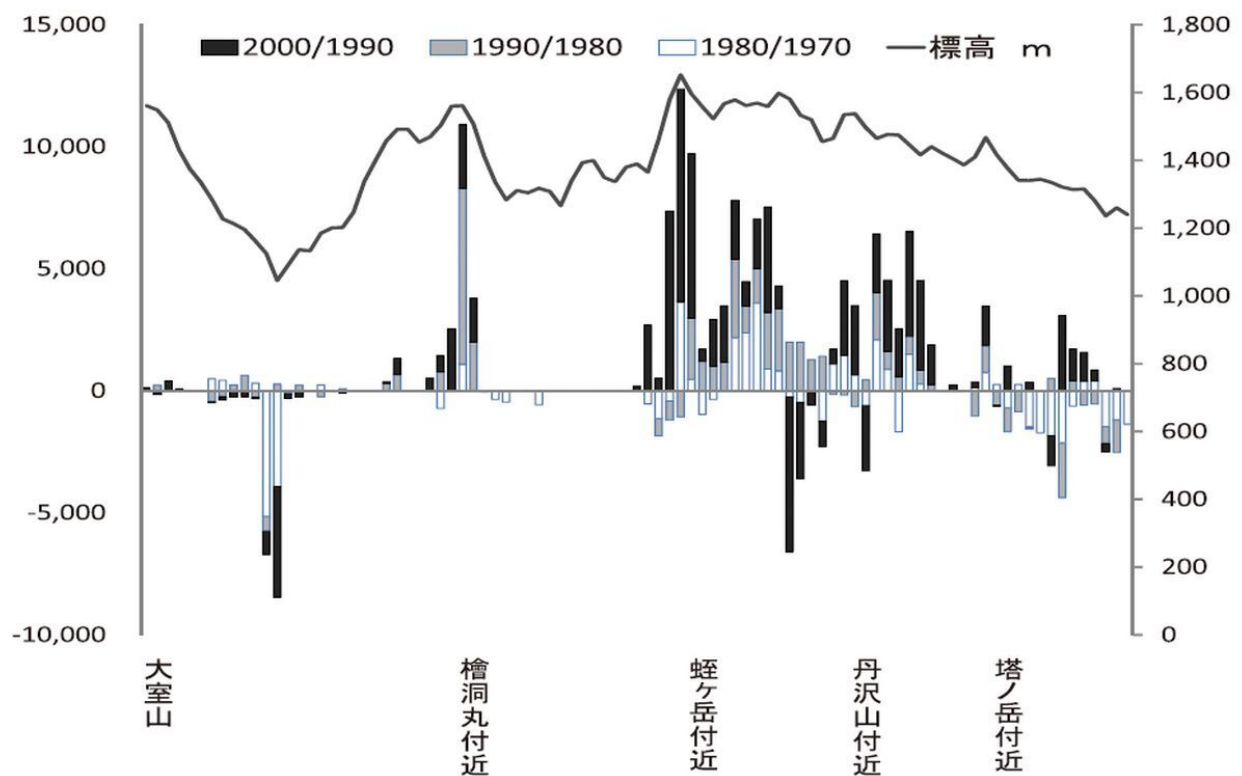


図4 1970年代から2000年代にかけての草地面積変化(左縦軸、単位 m^2)と標高(右縦軸、実線、単位m)の関係

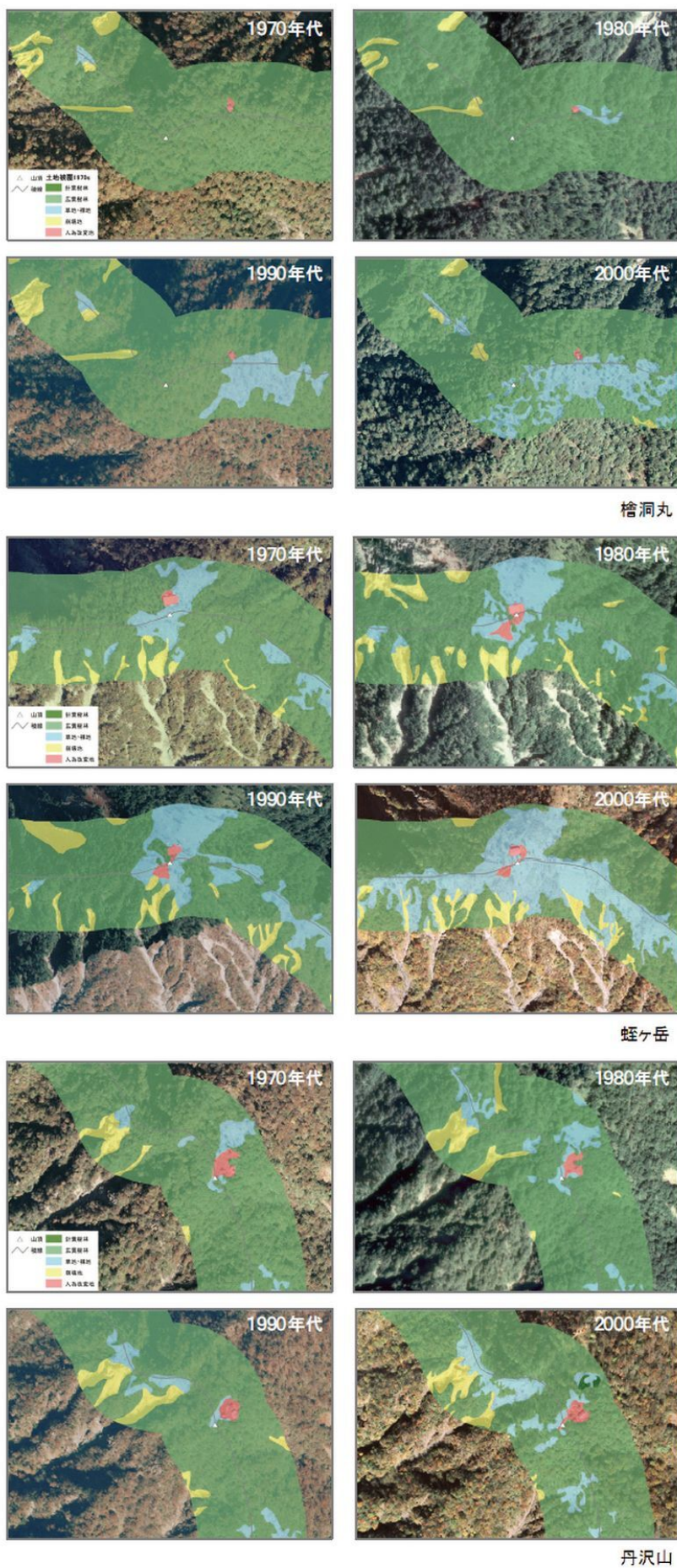


図5 檜洞丸、蛭ヶ岳、丹沢山の山頂付近における1970年代から2000年代の土地被覆状況

た、山頂から南に伸びる主稜線の南西斜面でも草地が新たに出現している。ただし、この草地の拡大は、先に見た蛭ヶ岳に比べると小さい。

檜洞丸山頂付近では、1970年代から1980年代にかけてごくわずかな草地が山頂直下の南向き斜面にしか認められなかった。しかし、1990年代に入ると、その草地が南向き斜面を中心に大きく拡大している。2000年代になると、草地はさらに南向き斜面で拡大するとともに、南東斜面でも高木が島状に残る形で草地が形成され、山頂付近の南向きから南東向き斜面にかけて全体的に草地化、疎林化している。

このように、局所的に見ても草地の拡大は、南向き斜面を中心に起こり、尾根を挟んだ反対側の北向き斜面ではあまり拡大しておらず、草地拡大に明瞭な空間的な差異が認められた。

3 主要ブナ林の高木本数の推移

次に、大室山から鍋割山までに設定した11地点のブナ林での高木本数の変化をみると、減少が大きいのは蛭ヶ岳山頂付近のブナ林、蛭ヶ岳から丹沢山に至る稜線上のブナ林、丹沢山から塔ノ岳に至る稜線上のブナ林であった(図6)。一方、高木本数の変化がわずかな地区は、檜洞丸山頂付近のブナ林、檜洞丸から蛭ヶ岳に至る稜線上のブナ林、塔ノ岳山頂付近のブナ林であった。また、鍋割山山頂付近と大室

山から檜洞丸に至る稜線上のブナ林では明瞭な高木本数の増加が認められた。

IV 丹沢山地におけるブナ衰退原因の時空間的考察

丹沢山地でのブナ衰退は、丹沢のブナ林全域から個別のブナ林までの3段階の景観スケールで、ブナが衰弱枯死してできた大小のギャップ空間が生じている森林景観と、ブナなどの高木が鬱閉しており衰退がほとんど認められない森林景観が、一定の傾向をもって空間階層的に混在している(山根ほか, 2009)。さらに、これらのブナ衰退は、オゾンなどの大気汚染物質、水ストレス、ブナハバチによる食害などの要因が関係しており(山根ほか, 2007)、景観スケールに応じて複合的に作用しながらブナの衰弱・枯死を招いてきたと考えられている(山根ほか, 2009)。

本研究では、丹沢の主稜線部のブナ林(マクロスケール)において、ブナ衰退によって草地が拡大した景観がまとまって認められたのは、檜洞丸から塔ノ岳に至る主稜線付近であった。特に、衰退による草地化が顕著な場所は、標高が1,450mを超えるブナ林に集中しており、檜洞丸山頂付近や蛭ヶ岳から丹沢山、さらには塔ノ岳に至る稜線の何か所かで衰退が顕著に進むブナ林がまとまっていた。これら衰退が顕著に進む地帯は、全般にオゾン濃度が高く、ブナの成長が低下するレベルにあることが指摘されている(阿相ほか, 2007)。

メソスケールでは、ブナなどの高木が枯死しギャップが拡大して草地が拡大している蛭ヶ岳から丹沢山などの地区では、個々のギャップは南向き斜面に偏って分布し、北向き斜面には草地化した場所が少なく、衰退が進む林分と衰退がほとんどない林分が稜線を挟んで分布するという空間的な特性を認めた。このようなマクロスケールからメソスケールレベルの衰退実態は、越地ら(1997)や星ら(1997)が指摘した衰退箇所やその立地特性とおおむね一致している。また、ブナの衰弱・枯死により生じたと考えられる草地・裸地は、1990年代半ばから2000年代半ばにかけてさらに拡大を示しており、現在のブナ消失地は1970年代以降のブナなど高木の衰弱・

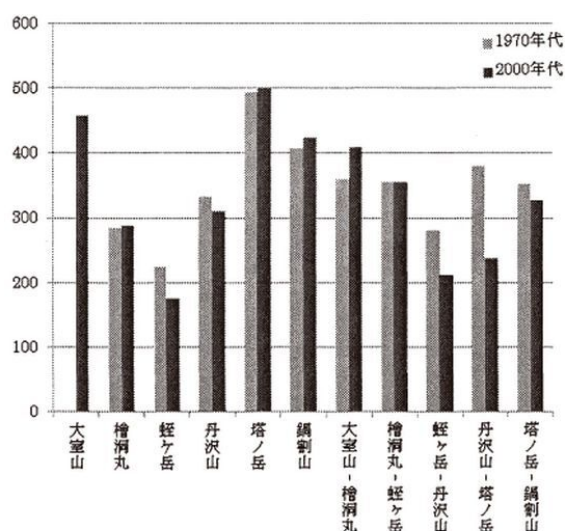


図6 主なブナ林における写真測量に基づく高木本数の測定結果

X軸はhaあたりの高木本数。大室山山頂の1970年代高木本数は未計測

枯死の累積的結果として生じていることがわかる。

メソスケールにおいて、一定の斜面方向でブナ衰退が進んでいることに関しては、風の影響が考えられる。南向き斜面では、昼間の卓越風によって、蒸散が促進され水ストレスが発生することや、葉へのオゾン接触量（ $\equiv$ オゾン濃度と風速の積）の上昇が起こることで、ブナの衰弱を加速している可能性が考えられる。当山地において高標高域の主稜線域の南向き斜面で葉へのオゾン接触量の上昇が顕著であることは、モデル解析（河野ほか，2007）からも示されている。

サイト（林分）スケールでも、ブナなど高木の樹冠の大きな縮小や枯死に起因する草地（ギャップ）が不均一に生じ、その草地が徐々に拡大し大きな草地が形作られてきたことを確認した。このような景観変化は、ブナが衰弱・枯死して小さなギャップが形成されたことがきっかけとなり、衰退原因がより強く作用することで生じたと考えることができる。すなわち、上述したように高濃度オゾンや水ストレスなどによって衰退が起こりやすい高標高域の主稜線の南向き斜面のブナ林では、ギャップがいったん形成されると、林内は風通しが良くなり単木への水ストレスあるいは葉のオゾン接触量の上昇が起こると推察される。この結果として、衰退原因がさらに強く作用して、ブナ林がより衰弱して枯死が加速するという消失地拡大メカニズムが考えられる。

また、衰退履歴解析の結果は、現在衰退が進んでいる地区でも、それぞれ異なった進み方をしてきたことを示している。蛭ヶ岳から丹沢山に至る一帯では1970年代から衰弱・枯死が大きく進んだことに加えて、1990年代から2000年代にかけても高木の枯死が持続し、草地の拡大が加速している。対して、檜洞丸山頂付近では1970年代から1980年代にかけて草地はほとんどないが、1990年代以降になると山頂付近の南向き斜面で拡大が進むなど、蛭ヶ岳などより遅くブナ林消失が進んできたことがわかる。また、檜洞丸では高木本数の減少がほとんど無いことから、ブナなどの高木は枯死には至っていないが、樹冠が大きく衰弱・縮小して地面が見通せるような疎林化、単木化が生じるブナ林衰退が進んできたことが伺える。

丹沢山地のブナの衰退要因における1990年代以

降の特徴としては、ブナハバチによる激しい食葉の発生がある（越地，2002；山上ほか，2007など）。本種によるブナへの激しい食葉は、丹沢山や蛭ヶ岳、檜洞丸など局地的に不定期に発生し、繰り返して激しい食葉を受けた個体は最終的には枯死に至ることが観察されている（山上ほか，2007；越地ほか，2008）。ブナ枯死による草地の拡大が1990年代以降顕著な場所には、本種による激しい食葉が繰り返して発生している檜洞丸山頂付近、蛭ヶ岳山頂付近、丹沢山山頂付近など（山上ほか，2007）が含まれている。これらの地区は、衰退履歴解析において1990年代から2000年代にかけて消失地が大幅に拡大した場所であり、ブナハバチが加わったことで、それ以前より衰退機構がより複雑化して、ブナの衰弱・枯死が進行していると考えられる。

丹沢のブナ林は、西丹沢のブナは直径が細く成立本数も多いのに対して、東丹沢のブナは直径が太く成立本数が少ないという林分構造上の違いがある（山根ほか，2007）。これらはブナの更新時期の違い、すなわち樹齢の違いを反映していると考えることができる。本研究で明らかにしたように、草地が拡大し、高木本数の減少が進んでいる地区は、丹沢山や蛭ヶ岳など高齢・老齢のブナが生育している地区と重なっている。一般に、高齢・老齢木は水ストレスその他の原因による衰退が進みやすい。これらの地区の南向き斜面は、前述したように高濃度オゾンや風の影響、さらにギャップ形成によるこれらの衰退原因の加速的作用が考えられ、もともと高齢・老木化のためストレス耐性の低いブナを衰弱・枯死させていることも否定できない。

以上に論考したように、時空間特性を踏まえた森林衰退実態の分析は、これまで指摘され絞込まれてきた衰退機構の解明に役立つと考えられる。今後は、個別要因の寄与や相互関係性について場所や時期による違いも考慮しながら、さらに慎重に分析していく必要がある。

V 引用文献

相原敬次・阿相敏明・武田麻由子・越地 正
(2004) 森林衰退の現状と取り組み(Ⅱ) 神奈川県
の丹沢山地における樹木衰退現象. 大気環境

- 学会誌, 39(2):29-39.
- 阿相敏明・内山佳美・山根正伸・越地 正・相原敬次 (2007) 丹沢山地のブナ着葉期におけるオゾン濃度分布. 396-399. 丹沢大山総合調査学術報告書, 丹沢大山総合調査団編, 794pp, (財)平岡環境科学研究所, 神奈川.
- 星 直斗・山本詠子・吉川菊葉・川村美岐・持田幸良・遠山三樹夫 (1977) 自然林の現状とその保護, 丹沢山地の自然林. 丹沢大山自然環境総合調査報告書. 175-257, 神奈川県環境部編, 389pp, 神奈川県, 横浜.
- 河野吉久・須藤 仁・石井 孝・相原敬次・内山佳 (2007) 丹沢山地周辺のオゾン濃度の実態とブナに対する影響. 383-395. 丹沢大山総合調査学術報告書, 丹沢大山総合調査団編, 794pp, (財)平岡環境科学研究所, 神奈川.
- 越地 正 (2002) 丹沢山地におけるブナハバチ大発生の経過とブナの被害実態. 神奈川県自然環境保全センター研究報告, 29; 27-3.
- 越地 正・鈴木 清・須賀一夫 (1996) 丹沢山地における森林衰退の調査研究(1)ブナ、モミ等の枯損実態, 神奈川県森林研究所研究報告, 22: 7-18.
- 越地 正・谷脇 徹・田村 淳・山根正伸 (2008) 丹沢山地における2007年に大発生したブナハバチ被害とこれまでのブナの衰弱枯死過程、神奈川県自然環境保全センター報告、5: 3-9.
- 笹川裕史・伊藤祥子・鈴木 透・谷脇 徹・プアムイハウリ・山根正伸・清水英幸 (2010) リモートセンシングデータを用いた丹沢山地ブナクラス域における植生状況の時系列変化解析. 日本森林学会大会発表データベース121; 39.
- 山上 明・谷 晋・伴野英雄 (2007) ブナハバチ食害によるブナ枯死とブナ林の衰退. 256-268. 丹沢大山総合調査学術報告書, 丹沢大山総合調査団編, 794pp, (財)平岡環境科学研究所, 神奈川.
- 山根正伸・藤澤示弘・田村 淳・内山佳美・笹川裕史・越地 正・齋藤央嗣 (2007) 丹沢山地のブナ林の現況—林分構造と衰退状況—. 479-484. 丹沢大山総合調査学術報告書, 丹沢大山総合調査団編, 794pp, (財)平岡環境科学研究所, 神奈川.
- 山根正伸・田村 淳・内山佳美・笹川裕史 (2009) 丹沢山地におけるブナ林衰退の衰退要因の空間階層的関係の検討. 景観生態学13(1・2): 5-13.