

粗放管理されたスギ高齢林における 簡便な個体管理指標の探索

國崎 貴嗣*・松井 沙織**

Selecting a convenient index of individual-based management for
dense plantations of old Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)

Takashi KUNISAKI* and Saori MATSUI**

1. はじめに

国産材価格の低下や林業従事者の減少・高齢化などにより、従来の伐期齢に達しても主伐されずに、伐期齢の延長されたスギ人工林が全国各地で見られるようになった(桜井 編, 2002)。こうしたスギ高齢林の中には、間伐の遅れた高密度林分も少なからず見受けられる(國崎・澤田, 2005)。高密度なスギ高齢林(以下、高密高齢林とする)は、冠雪害などの気象害を被る危険性がある(國崎, 2005)。それゆえ、高密高齢林を適切に改善する間伐技術を開発する必要がある。

スギの若齢・壮齢林の間伐計画にあたっては、林分収穫表や林分密度管理図を適用できる。しかし、高密高齢林にはこれらのツールを適用しにくい。林分収穫表やその簡易版である林分収穫予想表の多くは、短伐期指向の昭和期に調製されており、100年生以上の林齢に対応できないからである。加えて、林分収穫表や林分収穫予想表では、下層間伐を定期的を実施することを前提に調製されているため、間伐の遅れた高密高齢林には適用しにくい。一方、林分密度管理図では、高密高齢林に対して、弱度から中庸な強さ(以下、中度とする)での下層間伐を計画することは可能である。しかし、間伐の遅れた高密高齢林に弱度から中度の下層間伐を実施しても、残存木の受光体制はあまり改善しない。例えば、岩手県の森林環境税(いわての森林づくり県民税)の事例では、間伐遅れのスギ壮齢林2林分に本数間伐率43~46%(材積間伐

Received February 28, 2011

Accepted April 27, 2011

* 岩手大学環境科学系

** 元岩手大学農学部農林環境科学科森林科学講座

率32~34%)という強度の下層間伐を実施しても、林床の相対光量は、間伐前の約5%から、10~15%までしか上昇しなかった(岩手県林業技術センター, 未発表)。このことから、高密高齢林に弱度から中度の下層間伐を実施しても、残存木の成長促進は期待できない可能性が高い。それでは、間伐効果を高めるため、本数間伐率50%以上の下層間伐を計画するとしよう。この場合、林分密度管理図適用の前提である、間伐前後で上層木平均樹高が変化しないという条件に抵触する可能性が高い。林分密度管理図における上層木平均樹高とは、被圧木や枯死木を除いた個体の平均樹高であり(林野庁, 1999)、本数で50%以上も伐採すれば、間伐の前後で上層木平均樹高が変化する可能性が高いからである。以上のように、高密高齢林に対して林分収穫表や林分密度管理図を適用しようとしても、適用の前提を満たさない場合が多いと考えられる。また、強度の下層間伐では多量の個体を伐採しなければならず、間伐経費が高くなる。優良大径材の生産を目的としない高密高齢林の管理に過大な間伐経費を費やすことは、森林経営の観点から望ましくない(全林協 編, 2006)。ゆえに、高密高齢林の改善にあたっては、弱度でも残存木の受光体制を改善できる上層間伐(橋本, 1986)や、競合の激しい準優勢木を伐採する中層間伐(渡辺, 1970)、あるいは主伐候補木と競合する立木のみを間伐するなど、林分収穫表や林分密度管理図を適用しない個体管理型の間伐を検討することも重要であろう。

個体管理型の間伐技術を検討するにあたっては、残存木の選定基準を明らかにする必要がある(高橋・竹内, 2007)。残存木としては、高齢でも幹成長が持続する個体、あるいは間伐により幹成長が期待できる個体を選定することが望ましく(桜井 編, 2002; 全林協 編, 2006)、そうした個体を選定するための樹冠・幹の指標を明らかにすることが重要である。樹冠は個体レベルの光合成量を規定するため(橋本, 1985)、これまでスギ林の幹成長量と樹冠量(樹冠長、樹冠直径、樹冠長率、陽樹冠表面積など)との関係が調べられてきた(例えば、吉田, 1991; 梶原, 1995; 高橋・竹内, 2007)。高橋・竹内(2007)は吉野林業地のスギ高齢林を対象に樹冠量と胸高直径成長量との関係を解析し、陽樹冠直径が残存木選定の有効な指標であることを報告している。個体管理における樹冠直径の有効性については、適正な育林管理のなされている秋田地方のスギ人工林を解析した澤田(2004)も指摘している。しかし、定期的な間伐により樹冠配置を整えられたスギ高齢林とは異なり、高密高齢林の場合、近隣の個体間で樹冠が重なっている場合も多く、樹冠直径を迅速かつ正確に測定するのは容易でない。また、藤森(2010)は、樹冠長率30%を割らないようにしつつ、スギ高齢林では50%以上を目指すことを推奨している。しかし、間伐の遅れた高密高齢林では、すでに平均樹冠長率が30%を下回る場合もあり、樹冠長率が高密高齢林の個体管理指標となり得るか不明である。また、幼齢から壮齢のスギ林では、陽樹冠だけでなく陰樹冠も立体として認識しやすいため、樹冠長の測定は容易である。しかし、間伐の遅れた高密高齢林では、各個体の陰樹冠が円柱体として認識しにくい偏倚した形の場合もあり、樹冠長の測定が主観に左右されやすくなる可能性がある。このような測定誤差のため、高密高齢林では樹冠量が個体管理の最も有効な指標にならない可能性

が考えられる。一方、胸高直径については、胸高直径成長量との間に正の相関が認められることが知られている（例えば、田中，1992；國崎ら，1999；國崎，2001，竹内，2005；國崎・藁谷，2006）。胸高直径や樹高といった幹の指標に関しては、樹冠量に比べると、迅速かつ正確な測定が可能である。そのため、幹成長量との間で、樹冠量よりも高い相関を持つ幹の指標があれば、高密高齢林の個体管理のための指標として活用できる可能性がある。

本研究の目的は、高密なスギ高齢人工林1林分を対象にデータ解析し、個体の胸高直径相対成長率と相関の高い指標を抽出すること、抽出された指標を活用して主伐候補木の選定基準を一つ提案することである。

II. 調査地と方法

1. 調査地

本研究の調査地は、岩手県滝沢村に所在する岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育センター滝沢演習林内にある。滝沢演習林の標高210m地点における気象観測資料（1983～2003年）によれば、年平均気温9.2℃，暖かさの指数76.7，年平均降水量1,219mmである。最深積雪深は40cm程度であり，少雪地域に相当する。

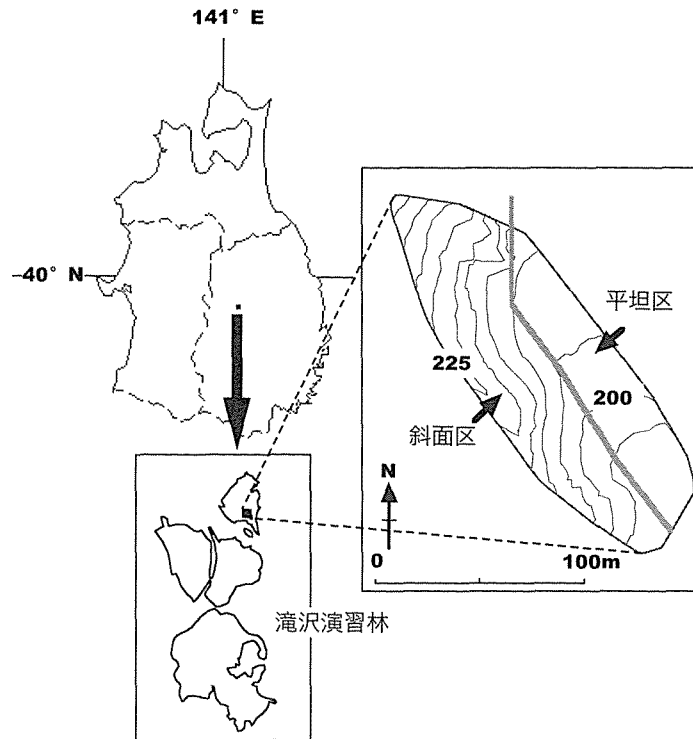
調査対象は、164年生（2009年時点）のスギ人工林1林分である。林分面積は1.14haであり、傾斜22～29度の斜面区（0.75ha）と5度の平坦区（0.39ha）から構成されている（図-1）。調査林分の標高は192～247mである。調査林分は高齢人工林として学術参考林に指定されており，風雪害木の処理を除き，原則として，伐採を控えている。調査が開始された134年生時の収量比数が0.72（表-1）と高齢林としては高く（澤田，2004），その後，146年生時に材積間伐率9％という弱度の下層間伐が実施されたのみである。このため，134年生から164年生までの30年間で36本もの枯死木が発生している。また，樹冠長率の平均±標準偏差は28.8±9.7％であり，藤森（2010）が指摘する管理下限30％を下回っている個体も多い。

2. 調査方法

調査林分ではすべてのスギ個体に識別番号，胸高帯が付され，1979年（134年生時）から2003年（158年生時）までの間に，5～9年間隔で毎木調査（胸高直径測定）が5回実施され

表-1 調査林分における林分構成の変化

調査年	林齢 (年)	幹数 (本/ha)	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	林分材積 (m ³ /ha)	収量比数
1979	134	474	42.3	35.2	1140	0.72
1998	153	367	49.3	36.3	1164	0.67
2009	164	343	53.5	36.7	1256	0.67



図一 調査地の位置と地形
数字は標高 (m) を、太線は斜面区と平坦区の境界を示す。

ている。最近約10年間の胸高直径成長量を推定するため、本研究では1998年の毎木調査データを使用した。

2009年10～11月に、すべてのスギ389本について胸高直径、樹高、枝下高を測定した。胸高直径については、斜面上側からの一方向と、それに直交する方向を、輪尺により0.1cm単位で測定した。そして、この2方向の幾何平均値を各個体の胸高直径とした。樹高と枝下高については、Vertex IIIにより0.1m単位で測定した。藤森 (2010) にならい、枝下高を、樹冠から離れて下に孤立的に存在する枝を含まず、斜面上側の一番下の枝と斜面下側の一番下の枝の間の高さと定義した。そして、樹高から枝下高を引いた値を樹冠長とした。なお、既往の研究で個体管理の指標として推奨されている樹冠直径については、本研究の調査項目から除外した。理由は、調査林分では近隣の個体間で樹冠が重なっている場合が多く、また、平均胸高直径が53.5cm (表-1) もあることで、幹を人力で揺らそうとしても樹冠の揺れを確認できず、樹冠縁を正確に視準できないためである。

3. 解析方法

高齢でも幹成長が持続している状態を示す変数として、胸高直径相対成長率RDを用いた。

$$RD = \frac{D_{09} - D_{98}}{D_{98}}$$

ここで、 D_{98} は1998年の胸高直径 (cm)、 D_{09} は2009年の胸高直径 (cm) である。

まず、RDと有意な相関が認められる樹冠・幹の変数を明らかにするため、Spearmanの順位相関係数を調べた。検討した樹冠・幹の変数は、2009年の調査データに基づく樹冠長、樹冠長率、胸高直径、樹高、形状比である。

次に、個体管理に有効な指標を抽出するため、RDを応答変数、RDと有意な相関が認められた樹冠・幹の変数を説明変数とした線形モデルを作成した。最もあてはまりの良いモデルを赤池の情報量規準AICにより選択した。

さらに、主伐候補木の選定基準の一つを提案するため、RDの0.01分位点 (小さい方から1%のところにある値) を応答変数、線形モデル分析で抽出された樹冠・幹の変数を説明変数とした分位点回帰 (Koenker, 2005) を行った。

以上の統計処理には、R 2.8.1 (R Development Core Team, 2008) を使用した。

III. 結 果

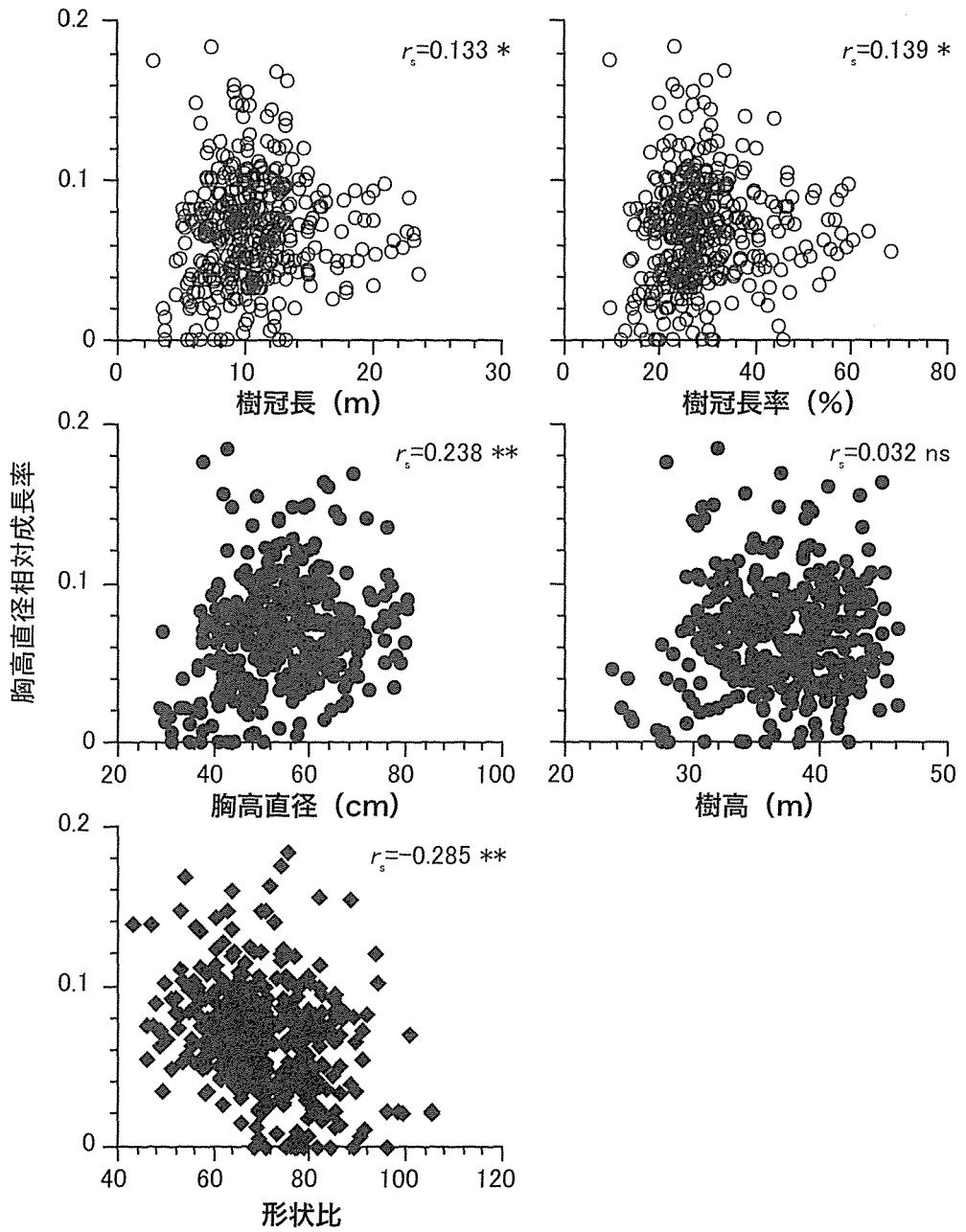
RDと樹冠・幹の変数との関係を図-2に示す。Spearmanの順位相関係数から有意な相関が認められるのは、樹冠長、樹冠長率、胸高直径、形状比であった。このなかで最も相関係数の絶対値が大きいのは形状比との関係であった ($r_s = -0.285$)。樹冠長および樹冠長率との相関係数はそれぞれ0.133, 0.139であり、胸高直径とのそれ ($r_s = 0.238$) より低かった。

樹高を除く樹冠・幹の変数を説明変数、RDを応答変数とする線形モデル分析の結果を表-2に示す。AICが最小だったのはRD~形状比+樹冠長率というモデル、次いでAICが小さかったのはRD~形状比+樹冠長というモデルであり、いずれも形状比を説明変数に含んでいた。形状比と樹冠長率との分散拡大係数は1.45であり、多重共線性は生じていないと判断された。AIC最小モデルの標準回帰係数は、形状比で-0.350、樹冠長率で-0.116となり、RDのばらつきを説明するにあたり、形状比の寄与率が高かった。また、樹冠長率の標準回帰係数の符号は負であり、形状比が一定なら、樹冠長率が小さいほどRDは高くなることを意味した。

RDの0.01分位点を応答変数、形状比を説明変数とした分位点回帰により、次式が得られた。

$$RD_{0.01} = 0.10035 - 0.00134DH_{09} \quad (n=389, P<0.05)$$

ここで、 $RD_{0.01}$ はRDの0.01分位点、 DH_{09} は2009年の調査データから算出した形状比である。回帰式から、形状比が74.9のときにRDの0.01分位点は0になると推定された (図-3)。



図一 2 樹冠・幹の変数と胸高直径相对成長率RDとの関係
 図中の*は $P < 0.01$, **は $P < 0.0001$, nsは $P > 0.05$ を示す。

表一 2 RDを応答変数とした線形モデルのAIC

モデルの説明変数	AIC
形状比+樹冠長率	1070.5
形状比+樹冠長	1071.6
形状比+樹冠長率+樹冠長	1072.5
形状比+樹冠長率+胸高直径	1072.5
形状比+樹冠長+胸高直径	1072.8
形状比+樹冠長率+樹冠長+胸高直径 (Full)	1074.4
樹冠長率+樹冠長+胸高直径	1077.2
形状比	1079.4
形状比+胸高直径	1081.4
樹冠長+胸高直径	1083.8
樹冠長率+胸高直径	1086.3
胸高直径	1091.0
樹冠長	1102.8
樹冠長率	1103.3
樹冠長+樹冠長率	1104.8
変数なし (Null)	1112.6

IV. 考 察

1. 樹冠・幹の変数とRDとの相関

Spearmanの順位相関係数から、RDと有意な相関が認められなかったのは、樹高のみであった(図-2)。1979年(134年生)当時から、下層木を除いて、個体間で樹高に大きな違いは見られなかった(國崎・藁谷, 2006)。また、1998年と2009年時点で平均樹高に有意差は認められず(対応のあるt検定, $P=0.188$)、最近11年間でほとんど成長していなかった(表-1)。これらのことから、樹高の個体間差は、下層木を除いて、30年前から大きく変わっておらず、最近の胸高直径相対成長率であるRDと相関しなかったと考えられる。

樹冠長と樹冠長率については、RDとの間に有意な正の相関が認められたものの、相関係数は0.14前後と低かった(図-2)。この原因として、樹冠に占める陽樹冠の割合、および測定誤差が影響していると考えられる。スギ高齢木では、個体の光合成量の60~70%が上半分の樹冠層で生産されている(橋本, 1985)。また、スギの樹冠は陽樹冠と陰樹冠に分けられ、若齢・壮齢木の樹冠長に占める陽樹冠長の割合は60~70%である(梶原, 1995)。つまり、個体の光合成量の大部分は陽樹冠で生産されている。一方、本研究では陽樹冠と陰樹冠を区別せずに樹冠長を測定しており、樹冠長に占める陽樹冠長の割合が高い個体と低い個体を識別していない。このため、同じ樹冠長(樹冠長率)であっても、陽樹冠長の長い個体と短い個体で個体の光合成量が異なり、その結果、RDとの相関が低くなったと考えられる。実際、樹冠長が10m(樹冠長率が30%)で高いRDを示す個体もあれば、樹冠長が20m(樹冠長率が50%)でもRDがあ

まり高くない個体も見受けられた(図-2)。また、調査林分は高密高齢林であり、陰樹冠が偏倚した個体が多く、陰樹冠基部の判定が難しい個体も含まれた。このため、陰樹冠基部を誤認した個体では枝下高の測定誤差が大きくなり、個体間で測定誤差が一定にならなかった結果、相関が低くなった可能性もある。

胸高直径は二番目に相関係数の絶対値が大き変数であった(図-2)。スギ高齢林における林分材積成長の高さには、樹高成長以上に幹の肥大成長が貢献していることが指摘されている(國崎ら, 1999; 桜井 編, 2002; 竹内, 2005)。そして、胸高直径の変動係数は樹高のそれより常に大きく(南雲・箕輪, 1990)、胸高直径の個体間差は経年的に拡大する(國崎, 2001)。このため、胸高直径は個体の成長状態をある程度反映し、結果としてRDとの相関係数の絶対値が比較的大きくなったと考えられる。

本研究で検討した中で、最もRDとの相関係数の絶対値が大きかったのは形状比であった(図-2)。樹高成長のピークが過ぎた若齢以降であれば、一般に、胸高直径成長が旺盛であれば形状比は減少し、競争により胸高直径成長が停滞していれば形状比は増加する。このことから、形状比は個体の成長状態をある程度反映する変数であると考えられる。これは次のように説明できる。形状比は、単位を揃えた上で、樹高を胸高直径で割った値であり、分子が樹高、分母が胸高直径となる。先述のように、樹高の個体間差は比較的小さい一方で、胸高直径の個体間差は大きい。そして、胸高直径は個体の成長状態をある程度反映する変数であることから、形状比は胸高直径と同程度の相関の強さ(相関係数の絶対値の大きさ)を示したと考えられる。

2. 個体管理型間伐の簡便な指標

RDを応答変数とする線形モデル分析の結果、最もあてはまりが良いのは、形状比と樹冠長率を説明変数とするモデルであった。形状比の係数の符号は負であり、前節で述べた相関係数の符号と同じであった。これに対し、樹冠長率のそれは負となり、相関係数の符号と異なった。このことは、形状比が一定なら、樹冠長率が小さいほどRDは高くなることを意味し、線形モデルにおける樹冠長率の意味をよく解釈できなかった。一方、形状比については、その標準回帰係数が-0.350と、樹冠長率の-0.116より絶対値が大きくなり、形状比の寄与率が高かった。また、線形モデル分析により、説明変数に形状比を含むモデルのAICは小さい傾向にあった(表-2)。以上のことから、RDのばらつきを最も説明するのは形状比であり、個体管理の指標として有効である可能性が考えられる。

3. 主伐候補木の一つの選定基準

RDの0.01分位点を応答変数、形状比を説明変数とした分位点回帰により、両変数は負の関係にあり、形状比が74.9のときにRDの0.01分位点は0になると推定された(図-3)。形状比によるRDの0.01分位点の回帰直線は、散布図上のRDの下限線にほぼ等しい。このため、形状

比が74.9より小さくなるほど、RDの下限値は高くなることを意味する。そしてこの形状比の値（74.9）は冠雪害の耐性基準値に近い。具体的には、形状比が70未満であれば被害を受けにくく、85以上であれば被害を受けやすい（例えば、高橋，1977；石川ら，1987；松田，1988）。調査林分では、形状比が70未満であれば、RDの低い個体はほとんど含まれない（図-3）。これらのことから、高密度高齢林から主伐候補木を選定する一つの基準として、冠雪害の耐性基準値である形状比70未満を用いることは有効であると推察される。

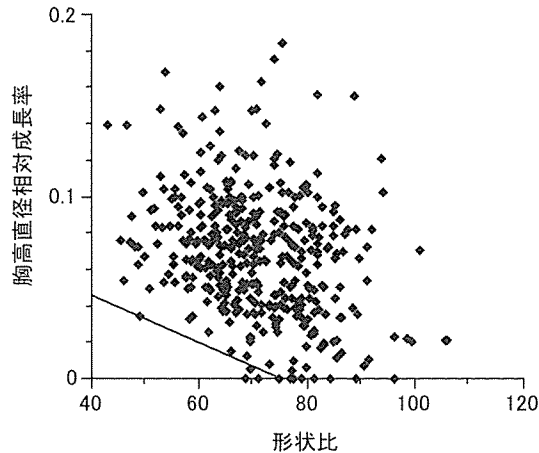


図-3 形状比と胸高直径相対成長率RDとの関係
実線はRDの0.01分位点の回帰直線を示す。

4. 本研究の問題点と今後の課題

本研究の問題点は3つある。すなわち、事例数、調査データの構造、変数選択である。

一つ目は、本研究の成果が1林分の事例のみに基づくことである。異なる地域、異なる林齢（80～120年生）の高密度高齢林で同様な調査を実施し、結果を比較することで、本研究の成果に普遍性があるのかを検証する必要がある。

二つ目は、説明変数として期末の値を用いていることである。成長量や成長率を応答変数とする線形モデル分析の場合、説明変数には期首の値を用いるのが一般的である。しかし、本研究では、1998年から2009年までの胸高直径相対成長率を説明するために、期末である2009年の樹冠・幹の変数を用いた。今後は、2009年を期首として同様な調査を実施し、本研究の成果の妥当性を検証する予定である。

三つ目は、樹冠量の調査が不十分なことである。陰樹冠基部の誤認による測定誤差を減らし、より正確な樹冠長（樹冠長率）を調査することが必要である。また、本研究では検討できなかった、陽樹冠量（陽樹冠長，陽樹冠長率，陽樹冠直径）と胸高直径相対成長率との関係を調べる必要もあろう。

本研究を遂行するにあたり、澤口勇雄教授、山本信次准教授および滝沢演習林の職員各位には調査の便宜を図って頂いた。また、鈴木真生さん、菅原真明さん、渡邊晴樹さん、國崎かの子さんには現地調査を手伝って頂いた。審査者には有益な助言を多数頂いた。ここに記して深甚の謝意を表する。

引用文献

- 藤森隆郎 (2010) 間伐と目標林型を考える. 191pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
- 橋本良二 (1985) スギ人工林の樹冠及び林分構造と光合成生産機構に関する数理解析的研究. 岩手大学農学部演習林報告 16:1-87.
- 橋本良二 (1986) スギ人工林の間伐と光環境 (Ⅲ) 種々の間伐による林冠構造と平均葉面相對照度の変化. 日本林学会誌 68:261-270.
- 石川政幸・新田隆三・勝田 柁・藤森隆郎 (1987) 冠雪害—発生のおくみと回避法—. 101pp, 林業科学技術振興所, 東京.
- 梶原幹弘 (1995) 樹冠と幹の成長. 120pp, 森林計画学会出版局, 東京.
- Koenker, R. (2005) Quantile regression. 366pp, Cambridge University Press, New York.
- 國崎貴嗣 (2001) 樹木同齡單純林における胸高直径分布とその動態—針葉樹を中心として—. 森林計画学会誌 35:31-45.
- 國崎貴嗣 (2005) 岩手山麓のスギ高齢人工林における冠雪害の発生傾向. 日本森林学会誌 87:426-429.
- 國崎貴嗣・澤田智志 (2005) 東北地方における長伐期施業研究の高度化に向けて—各機関の取り組みと今後の展望—. 東北森林科学会誌 10:53-57.
- 國崎貴嗣・藁谷紀恵 (2006) 岩手山麓のスギ高齢人工林における幹直径成長量の個体間差. 岩手大学農学部演習林報告 37:47-55.
- 國崎貴嗣・藁谷紀恵・柴田信明 (1999) 岩手山麓におけるスギ高齢林の林分構造と成長. 日本林学会誌 81:346-350.
- 松田正宏 (1988) スギ人工林の冠雪害発生機構に関する研究. 福井県グリーンセンター林業試験場研究報告 8:1-78.
- 南雲秀次郎・箕輪光博 (1990) 測樹学. 243pp, 地球社, 東京.
- R Development Corer Team (2008) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- 林野庁 監修 (1999) 人工林林分密度管理図解説書. 15pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 桜井尚武 編 (2002) 長伐期林の実際—その効果と取り扱い技術—. 173pp, 林業科学技術振

興所, 東京.

澤田智志 (2004) 長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発. 秋田県森林技術センター
研究報告 13: 65-88.

高橋絵里奈・竹内典之 (2007) 吉野林業地における長伐期高品質大径材生産林の陽樹冠管理.
日本森林学会誌 89: 107-112.

高橋啓二 (1977) 造林木の冠雪害とその対策. 47pp, 日本林業技術協会, 東京.

田中和博 (1992) 平倉演習林藤堂スギ林分の林齢168年から180年までの定期成長. 三重大学生
物資源学部演習林報告 17: 211-231.

竹内郁雄 (2005) スギ高齢人工林における胸高直径成長と林分材積成長. 日本森林学会誌 87:
394-401.

渡辺定元 (1970) これからの林業経営に資する新間伐法. 林業技術 341: 21-24.

吉田茂二郎 (1991) 樹冠による単純同齡林の定期直径成長量の推定. 日本林学会誌 73: 29-33.

全林協 編 (2006) 長伐期林を解き明かす. 189pp, 全国林業改良普及協会, 東京.

要 旨

本研究の目的は、高密度なスギ高齢人工林1林分を対象にデータ解析し、個体の胸高直径相対成長率と相関の高い指標を抽出すること、抽出された指標を活用して主伐候補木の選定基準を一つ提案することである。Spearmanの順位相関係数から、胸高直径相対成長率 (RD) と有意な相関が認められたのは、樹冠長、樹冠長率、胸高直径、形状比であった。このなかで最も相関係数の絶対値が大きいのは形状比であった。線形モデル分析の結果、説明変数として形状比を含むモデルのAICが小さい傾向にあった。RDの0.01分位点を応答変数、形状比を説明変数とした分位点回帰により、形状比が74.9のときにRDの0.01分位点は0になると推定された。高密度高齢林から主伐候補木を選定する一つの基準として、冠雪害の耐性基準値である形状比70未満を用いることは有効であると推察される。

Summary

In this study, we selected a principal variable correlated to the relative increment of diameter at breast height (DBH) of old Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and propose a convenient index of individual-based management for dense plantations of the tree. The variables from two crowns and three stems were used in the correlation and regression procedures to model the relative increment of DBH of individual trees in an old Sugi stand. For the analysis, we used data from tree censuses spanning 11 years,

beginning when the stand was 153 years old. Spearman's rank correlation analysis revealed that crown length, crown length-height ratio, and DBH were positively correlated. On the other hand, the height-DBH ratio was negatively correlated with the relative DBH increment of the trees. The absolute value of the correlation coefficient of the height-DBH ratio was the greatest among the variables. Linear model analysis revealed that the Akaike Information Criteria (AICs) of models using the height-DBH ratio as a predictor variable were less than those of models without this ratio as a predictor variable. The lower limit of the relative DBH increment tended to decrease with the height-DBH ratio, which could be described by the 0.01 quantile regression line and was estimated to be zero when the height-DBH ratio equaled 74.9. In conclusion, leaving trees with a height-DBH ratio < 70 in dense plantations of old Sugi is effective in preventing snow accretion damage and ensuring the durability of stem growth.