

コナラ高齡林分における材積量およびシイタケ原木採材本数の推定式

渥美幸大・矢田 豊・小谷二郎

要旨： 近年、石川県内で生シイタケ栽培用の原木の需要が増加しており、その安定供給が重要視されている。そうした中で、原木となるコナラの高齡化・大径化が顕著であり、そうしたコナラ林の有効利用の一環として、シイタケ原木の供給量の推定が求められている。本研究では、3つの地域において調査したデータをもとに、コナラ高齡林における材積およびシイタケ原木の採材可能本数を、UAV 調査結果から推定するために、樹冠面積と平均樹高をもとにした空間モデルを構築し、推定に利用する手法を検討した。その結果、地域間でのおぼろつきや推定精度に差はみられるものの、空間モデルをもとにした推定式は県下全域での材積や原木採材本数の推定に利用可能と考えられた。

キーワード： シイタケ原木、バイオマス、コナラ、資源量把握、材積推定式、UAV

I はじめに

石川県の奥能登地域で商標登録された原木シイタケ「のとりまき」は、生産者の増加に伴って原木の需要量が高まっている。そのため、県内でのシイタケ原木の安定的な供給が求められている。しかしながら、里山広葉樹林の多くは、1960年代以降薪炭の需要の減少に伴って放置状態となっており、県内の里山広葉樹林の多くも、シイタケ原木や薪炭としての需要の低下等により利用が減少し高齡大径木化の傾向にある。今後は、こうした大径木の資源実態を正確に把握し、有効に活用するとともに、利用跡地を更新することにより、シイタケ原木供給林として、かつての薪炭林のような資源循環林へ戻すことが必要と考えられる。一般的に、シイタケ原木は末口10cm前後で利用されることが多く、大径木化したコナラはパルプ等に利用されることが多い。しかしながら、樹冠上部の幹や枝は原木として利用可能なサイズもあることから、こうした大径コナラの用途に応じた利用率を調べる必要がある。

森林の資源量の把握には相対成長法が用いられる(井上、2000)。しかし、相対成長関係を求めるには煩雑な伐倒作業が必要なために、多くの場合、他の林分で作成した相対成長関係を、適用時の誤差がほとんど未知のまま使用している(小見山ら、2002)。また、相対成長法を薪材やシイタケ原木などの収穫本数の推定に利用することを目的とした研究報告は少ない。

また、近年では航空レーザ測量(LiDAR)や小型無人航空機(UAV)による上空からの調査技術の発展に伴い、従来の林分調査に対して人力による毎木調査を行わない省力的な林分調査の手法の研究が進められている。石川県ではUAVによる三次元



図-1 調査地のコナラ高齡林の分布

測量システムを応用した針葉樹人工林の材積推定手法を構築・検討しており(矢田ら、2017)、広葉樹林においても同様に資源量の把握手法が求められている。

本研究では、石川県におけるコナラ高齡林における材積および得られるシイタケ原木の採材本数を推定する手法を検討した。

II 材料と方法

石川県内の3地点を調査地とした。(図-1、表-1、2)。調査地一帯は落葉広葉樹二次林であり、更新伐施業によって、シイタケ原木やチップとして伐採・搬出した林分である。

2018～2019年に、伐採前に3地点で20×20mの調査プロットを合計8プロット(七海・浅丘：各

表－1 各調査地の概要

調査地			標高	方位	傾斜	土壌分類
七海	(鳳至郡穴水町七海)	県有林	160 m	南東	25°	B _B - B _C
北方	(金沢市北方町)	私有林	180 m	北西	15°	B _B - B _D
浅丘	(金沢市浅丘町)	私有林	120 m	南西	30°	B _B - B _D

表－2 各プロットの概要

調査地	プロット	調査本数 (本)	平均樹高 (m)	樹冠面積総計 (m ²)	林分総材積 ^a (m ³)	総原木採材本数 ^a (本)
七海	a	10	16.9	514.8	8.2	277
	b	10	16.4	374.4	5.8	193
	c	11	16.8	468.0	6.9	252
北方	a	10	16.3	275.7	5.1	178
	b	11	17.3	271.0	6.9	187
浅丘	a	10	17.9	434.3	7.8	219
	b	10	18.3	450.8	9.4	271
	c	10	18.6	288.3	7.6	207

^a 林分総材積および総原木採材本数は、伐採木からの計測値をもとに算出した。

3 箇所、北方：2 箇所) 設定し、樹高と胸高直径を測定するとともに、樹冠面積を算出するために樹冠の 4 方位の半径を測定した。

各プロットで、合計82本を伐採後に単木の樹幹および枝の計測を行った。樹高は、根株から切断箇所までの高さを加算して、樹頂点までの距離を測定したものとした。また、根本から1.0m 毎に元口および末口の直径 (5cm 以上) を測定したのから材積およびシイタケ原木採材本数を算出した。なお、本研究におけるシイタケ原木とは、末口7～14cm (長さ 1m) とした。結果の統計解析は、エクセル統計 (SSRI、2010) で行った。

Ⅲ 結果

1 空間モデルの構築

調査林分毎に伐採木を計測した結果をもとに、以下の式 (式 (1)) を用いて材積および原木採材本数の推定を試みた。

$$Y = a + b(H \times DBH^2) \quad (1)$$

材積および原木採材本数を従属変数 (Y)、樹高 (H) と胸高直径 (DBH) の二乗の積を独立変数とし、a,b は係数とした。

その結果、単木の材積および原木採材本数との間に高い相関が確認され、(図－2) 既存の報告 (奥田ら、2017) と同様の結果を確認し、3 つの地域間での差もなかった (共分散分析：共変量差なし $p > 0.05$ 、平行性差なし $p > 0.05$)。また、伐採前に測定した単木あたりの樹冠面積 (S) に対し

て単木の材積および原木採材本数との間に相関が見られた (図－3)。この相関関係は、3 つの地域間で若干の差が見られた (共分散分析：共変量差あり $p < 0.05$ 、平行性差なし $p > 0.05$) が、それぞれの独立変数は、地域によらず、コナラ単木の材積および原木採材本数の推定に重要であることが考えられた。

コナラでは、樹高だけでなく分枝による樹形の違いが資源量の把握に影響する可能性があると考えられたため、コナラの樹形を考慮した円筒形の空間モデル (式 (2)) を作成した。

$$E = H \times S \quad (2)$$

空間モデル (E, 以下、推定モデル値と呼ぶ) は、樹高 (H) と樹冠面積 (S) の積を独立変数とした。この推定モデル値をもとに、コナラ高齢林分あたりの材積および原木採材本数の推定式を作成し、その実用性について検討した。

2 曲線推定式

樹高曲線は、樹木の成長に伴い増加し、傾きを緩やかにしていくことが分っており、コナラも同様の傾向を示している。

コナラ単木あたりの推定モデル値に対する材積および原木採材本数の関係について比較した結果、大径化に伴う推定モデル値の増加量は曲線形を描く傾向を示した。このことから、コナラ高齢林分における材積および原木採材本数の推定に推定モデル値の増加を当てはめた式を作成し、推定精度

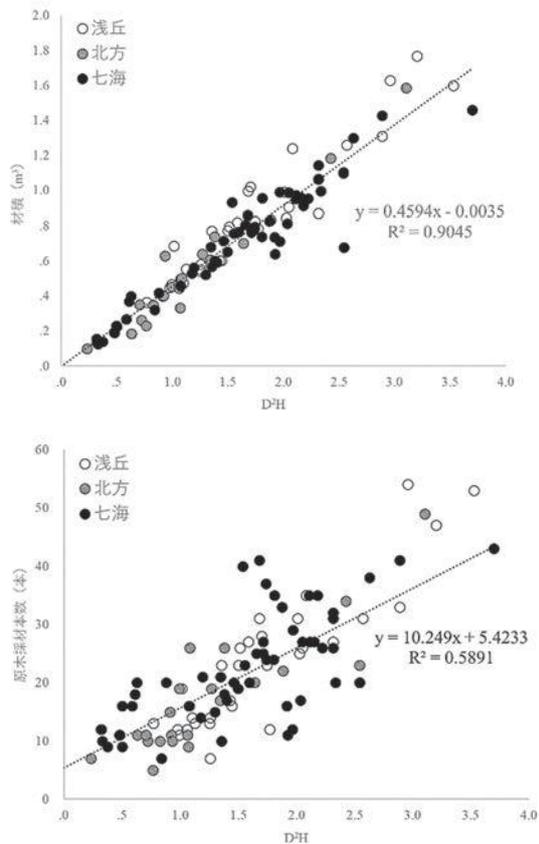


図-2 相対成長式と材積および原木採材本数との相関

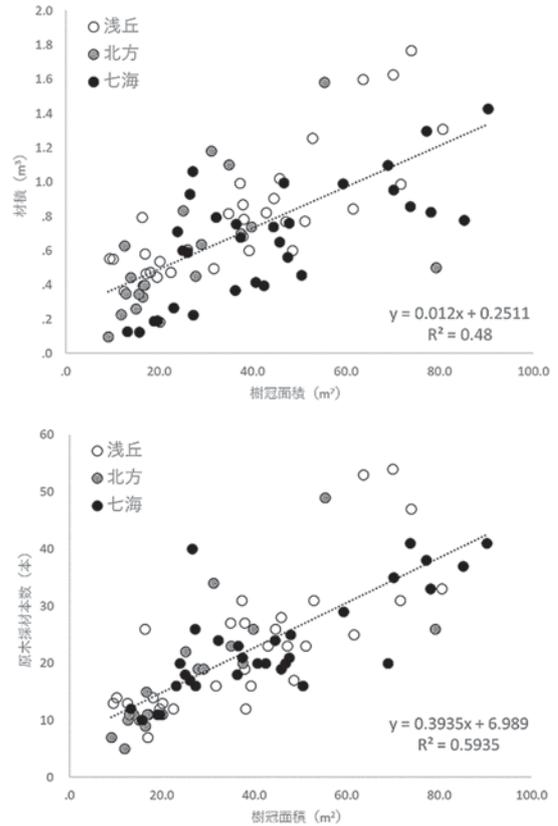


図-3 樹冠面積と材積および原木採材本数との相関

の検証を行った。

本研究では、拡張相対成長式（小川、1980）をモデルとした（式（3））。

$$1/Y = 1/aE^b + 1/c \quad (3)$$

ここで、材積および原木採材本数を従属変数(Y)として、Eは推定モデル値、a,b,cは材積(v)または原木採材本数(n)の実測値に対する推定誤差をもとに最小二乗法により算出したパラメータである。材積と原木採材本数の曲線推定式は次の通りとなった（図-4）。

$$v = 1/(8.89 \times 10^{-3} \times E^{0.68}) + 1/(8.32 \times 10^4)$$

$$n = 1/(3.34 \times 10^{-1} \times E^{0.65}) + 1/(2.62 \times 10^6)$$

3 回帰直線式

石川県では現在、従来の人力による毎木調査に対してより省力的となる林分調査の手法として、UAVによる上空からの調査手法を検討している。しかし、UAVによる調査では、樹冠面積と樹高を単木単位で測定することは困難であるため、推定モデル値の樹冠面積を林冠面積に、樹高を平均樹高に置き換えて、林分単位での材積および原木採材本数の推定を行うための回帰直線式（式（4））を作成した。

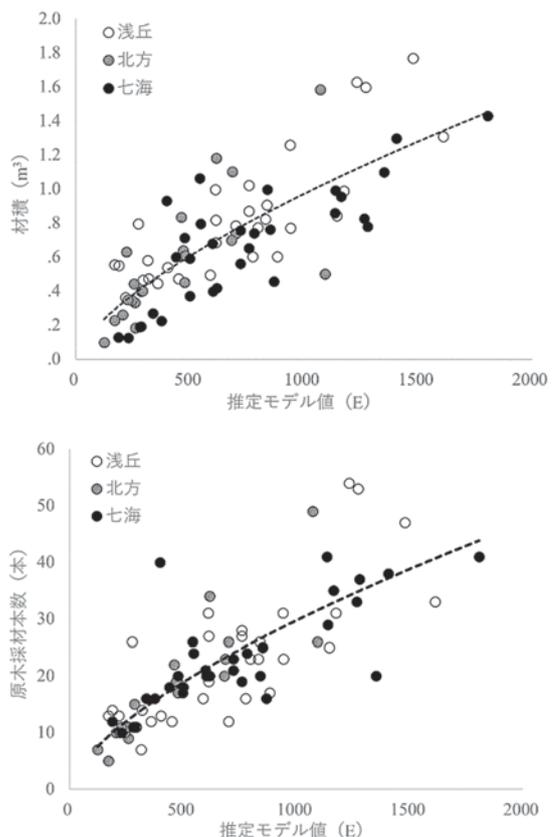


図-4 曲線推定式による材積および原木採材本数の推定

$$Y = aE \quad (4)$$

ここで、林分材積および原木採材本数を従属変数 (Y) として、E は推定モデル値、a は林分材積 (V) または原木採材本数 (N) の回帰分析により算出した。材積と原木採材本数の回帰直線式は次の通りとなった (図-5)。

$$V = 0.0010E$$

$$N = 0.0303E$$

IV 考察

曲線推定式および回帰直線式を用いて、調査林分のプロット毎の総材積および総原木採材本数を推定し、推定値と実測値との平均誤差率をもとに比較検討を行った (表-3)。

材積の推定にあたっては、曲線推定式では-18.8~21.0、回帰直線式では-31.8~14.0と広い範囲で分布していたが、全林分の誤差率の平均値は、曲線推定式では1.1、回帰直線式では-7.4となった。調査プロットごとに比較すると、回帰直線式は曲線推定式に対して推定値が過少となる傾向にあった。

また、原木採材本数の推定にあたっては、曲線推定式では-7.2~13.2、回帰直線式では-24.1~7.8と広い範囲で分布していたが、全林分の誤差率の平均値は、曲線推定式では-0.1、回帰直線式では-10.4となった。調査プロットごとに比較すると、材積の推定と同様に回帰直線式は曲線推定式に対して推定値が過少となる傾向にあった。

曲線推定式の検証の結果から、林分内のプロット毎で材積の推定に大きなばらつきが生じ、林分毎で推定値が過大や過小となる傾向があることが示された。曲線推定式は拡張相対成長式をモデルにした推定式であるが、林分ごとに曲線の傾きが

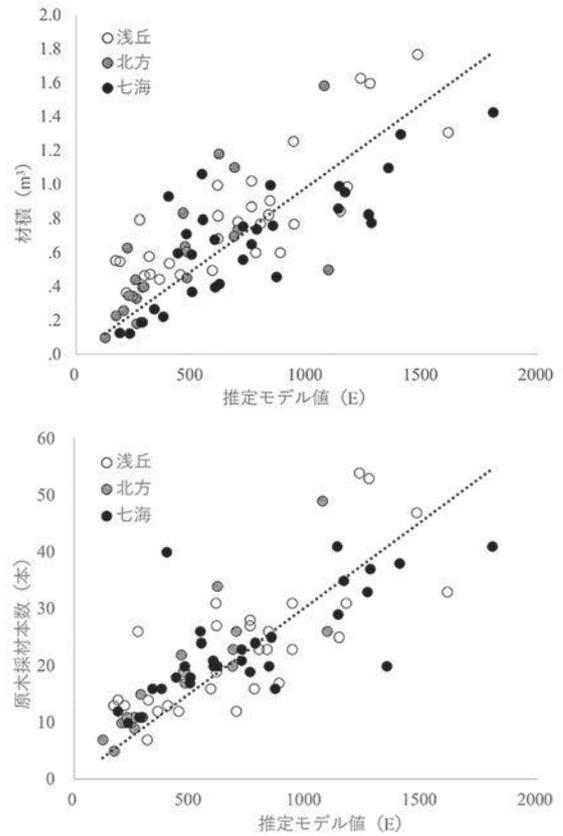


図-5 回帰直線式による材積および原木採材本数の推定

異なり、大径化に伴ってばらつきが大きくなる傾向にあった。これは、大径木の推定値が誤差への大きな影響を与えているものと考えられる。

曲線推定式の林分毎の誤差の傾向について、林分内の調査プロット毎でも誤差は生じるが、林分毎で比較すると同様の傾向を示している。この傾向は、各調査地の土壌や気象条件などの生育環境に由来する可能性があり、推定式を改良するにあたって考慮すべき条件であると考えられる。

回帰直線式は、上空からの調査から得られるコナラ林分の樹冠面積をもとに推定するためのもの

表-3 プロット毎の材積および原木採材本数の推定と誤差

調査地	プロット	材積 (m ³)				原木採材本数 (本)					
		実測値	曲線推定式		回帰直線式		実測値	曲線推定式		回帰直線式	
			推定値	誤差(%)	推定値	誤差(%)		推定値	誤差(%)	推定値	誤差(%)
七海	a	8.2	8.6	5.3	8.7	5.9	277	266	-4.0	263	-5.1
	b	5.8	6.9	19.1	6.1	6.6	193	211	9.3	186	-3.6
	c	6.9	8.3	21.0	7.8	14.0	252	257	2.0	238	-5.7
北方	a	5.1	5.4	4.9	4.5	-12.8	178	169	-5.1	136	-23.7
	b	6.9	5.9	-14.4	4.7	-31.8	187	181	-3.2	142	-24.1
浅丘	a	7.8	8.0	2.7	7.8	-0.1	219	248	13.2	236	7.8
	b	9.4	8.3	-11.2	8.3	-12.1	271	255	-5.9	250	-7.7
	c	7.6	6.2	-18.8	5.4	-29.3	207	192	-7.2	162	-21.5
誤差平均				1.1		-7.4			-0.1		-10.4
標準偏差				14.9		16.9			7.6		11.5

であるが、誤差傾向は曲線推定式とほぼ同様であった。このことから、回帰直線式も上空からの調査だけでなく生育環境をパラメータ化したものをモデルに組み込むことで推定精度の向上に繋がる可能性が考えられる。

本研究で用いた推定モデル値は、樹高に対する樹冠の広がり空間モデルである。この推定モデル値が林分ごとの単木の材積や原木採材本数の把握に利用できるということは、コナラのバイオマス量が樹高と樹冠の広がりから算出される空間により決定されることが確認されたものである。このことから、推定モデル値が同じであれば個体ごとの資源量はある程度同じとなることが考えられる。この結果は、材積および原木採材本数の推定という測樹における視点だけでなく、広葉樹の生態的視点から見ても興味深い結果である。

本研究は、石川県内で異なる環境でのコナラ高齢林分を対象に調査を行い、里山地域における未利用の高齢化したコナラ林の利活用に向けた新たな調査手法の基礎を示すものである。実用化にあたっては、地域毎の生育環境も含めたさらなる調査による推定式の改良が必要である。

本報告の一部には、第129回日本森林学会大会および第130回日本森林学会大会で発表した内容を含む。また、本研究の一部は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター「イノベーション創出強化研究支援事業」の支援を得て行ったものである。

引用文献

- 渥美幸大・矢田豊・小谷二郎 (2018) 樹冠情報を用いたコナラ高齢林からのシイタケ原木採材量の把握手法の検討. 第129回日本森林学会大会講演要旨集 : 141
- 渥美幸大・矢田豊・小谷二郎 (2019) コナラ高齢林におけるシイタケ原木採材量の樹冠情報からの把握手法の検討. 第130回日本森林学会大会講演要旨集 : 240
- 井上昭夫 (2000) 相対成長式によるスギ同齢単純林における樹高曲線の解析-係数の簡単な推定方法-. 日本森林学会誌82 : 355-359
- 小川房人 (1980) 個体群の構造と機能. 163~169. 朝倉書店
- 奥田史郎・山下直子・中尾勝洋・諏訪 鍊平・田中真哉・高橋裕史・加藤顕・宮浦富保 (2017) 滋賀県落葉広葉樹二次林に優占するコナラの用途別材積の推定. 第128回日本森林学会大会講演要旨集 : 257
- 小谷二郎・千木 容 (2016) M スターコンテナによるクヌギ植栽苗の3年間の成長-ビニールポット苗および裸苗との比較-. 中部森林研究64 : 11-12
- 小見山章・加藤正吾・二宮生夫 (2002) 岐阜県飛騨地方における落葉広葉樹林の相対成長関係. 日本森林学会誌84 : 130-134
- 森林総合研究所編 (2018) 広葉樹の利用と森林再生を考える~中山間地での広葉樹林の取り扱いについて~. 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所
- 森林総合研究所編 (2019) 中山間地域で広葉樹林を循環利用するためのハンドブック
- 矢田豊・木村一也・渥美幸大・青木充広・山路佳奈・川崎萌子・白井教男・三谷典夫 (2017) 石川県のスギ人工林における UAV を用いた林分材積の推定-2017年版材積推定モデルの検証-. 中部森林研究66 : 81-82
- SSRI (2010) 統計解析アドインソフトウェアエクセル 統計2010 for Windows