

コナラ高齢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、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齢化・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、7つの地域において調査したデータをもとに、コナラ高齢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、県下全域における林冠面積と平均樹高をもとにした推定式の検討を行った。

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、地上レーザ

I はじめに

コナラを始めとする広葉樹により構成される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齢大径化の傾向にある。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、伐採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。

近年では、従来の人力による毎木調査に比較して、省力的な林分調査の手法についての研究が進められている。石川県では UAV による三次元測量システムを応用した針葉樹人工林の単木単位での材積推定手法を構築・検討している(矢田ら、2017)。また、レーザで三次元データを取得する LiDAR (Light Detection and Ranging) による森林計測の技術の発展に伴い、航空レーザや地上レーザによる測量が森林におけるリモートセンシング技術として応用が試みられてきた。地上型レーザによる三次元測量システムは広葉樹林においても同様に調査方法の一つとしての有効性が示されており(小谷ら、2019)、試験研究用途における活用が期待される。

なお、本研究で対象とする広葉樹については、針葉樹と異なり、UAV による調査データから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モデル式(渥美ら、2020)を作成した。しかし、モデル式に用いたデータは石川県内の3林分からの採取に留まり、より広範囲のデータを使うことで、モデ

ルの汎用性を高める必要があった。

以上のことから本研究では、前報(渥美ら、2020)のデータに加え、地上型レーザによる調査を新たな林分で行い、石川県におけるコナラ高齢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モデル式の汎用性を高め、UAV 調査システムに組み込むために、さらなる検討を行った。

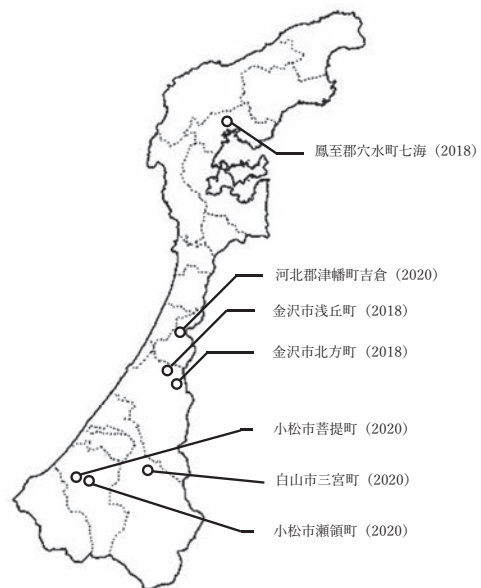


図-1 調査地の位置

II 材料と方法

石川県内の7地点を調査地とした(図-1、表-1、2)。各調査地は落葉広葉樹等二次林であり、調査林分のうち、3地点(七海・浅丘・北方)は更新伐施業によって、シイタケ原木やチップとして伐採・搬出した林分であり、伐採後に単木の樹幹および枝の計測を行った(渥美ら、2020)。調査対象のコナラ113本は伐採前に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

表－1 調査地の概要（1）

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	160m	南東	25°	R _B -R _C
北方	（金沢市北方町）	私有林	180m	北西	15°	B _B -B _D
浅丘	（金沢市浅丘町）	私有林	120m	南西	30°	B _B -B _D
吉倉	（河北郡津幡町吉倉）	私有林	100m	南	10°	B _B -B _C
三宮	（白山市三宮町）	県有林	300m	西	30°	B _B -B _D d
菩提	（小松市菩提町）	私有林	150m	北西	20°	B _B -B _D d
瀬領	（小松市瀬領町）	小松市有林	120m	北	15°	B _B -B _D d

表－2 調査地の概要（2）

調査地	プロット	調査本数 (本)	平均樹高 (m)	樹幹面積計 (m ²)	林分材積 (m ³)	総原木採材本数 (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
吉倉		9	19.3	298.7	7.6	108
三宮		6	18.9	237.4	7.4	166
菩提		6	15.4	183.4	4.9	161
瀬領		10	14.0	129.0	2.2	87

樹冠の4方位の半径を測定した。同3地点で、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）を測定したものの材積およびシイタケ原木採材本数を算出した。

今回新たに調査を実施した4地点（吉倉・三宮・菩提・瀬領）では、合計31本について地上型レーザスキャナ（アドイン研究所製 OWL）により計測を行い、三次元点群データを取得した。測定木1本あたり6方向からスキャンを実施し、専用ソフトウェア（アドイン研究所製 OWL Manager）にてスキャン結果を合成することで、全周の三次元点

群データを作成した。得られた三次元点群データについて、計測用ソフトウェア（オーピーティエー製 OPT Cloud Survey）を用いて地際から樹幹方向に1mの間隔で横断面の直径を測定した。この計測結果から、材積と原木採材本数の実測値を計算した。

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。

材積および原木採材本数の推定には、前報にて検討した、地上調査を前提とした単木単位の推定のための曲線推定式（拡張相対成長モデル式）、および UAV 調査を前提とした林分単位の推定のための回帰直線式（正比例モデル式）を用いた。結果の統計解析は、エクセル統計（SSRI 製）で行った。

Ⅲ 結果および考察

1 曲線推定式

本研究では、前報で使用した円筒形の空間モデル(式(1))を採用した。

$$E = H \times S \quad (1)$$

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。

曲線推定式では、拡張相対成長式(小川, 1980)をモデルとした(式(2))。

$$1/Y = 1/aE^b + 1/c \quad (2)$$

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-2)。

$$v = 1/(1.34 \times 10^{-2} \times E^{0.63}) + 1/(8.30 \times 10^4)$$

$$n = 1/(7.05 \times 10^{-1} \times E^{0.53}) + 1/(2.61 \times 10^6)$$

2 回帰直線式

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、回帰直線式(式(3))を使用した。

$$Y = aE \quad (3)$$

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-3)

$$V = 0.0011E \quad (4)$$

$$N = 0.0289E \quad (5)$$

上記関係の地域差の有無をみるため、共分散分析を行ったところ、材積、原木採材本数共に回帰直線の平行性の検定は危険率1%で棄却され、調査地による主効果については、材積、原木採材本数共に危険率1%で有意差が認められた。このことを踏まえ、多重比較検定により調査地間の違いを検定したが、明確な傾向は認められなかった。UAV調

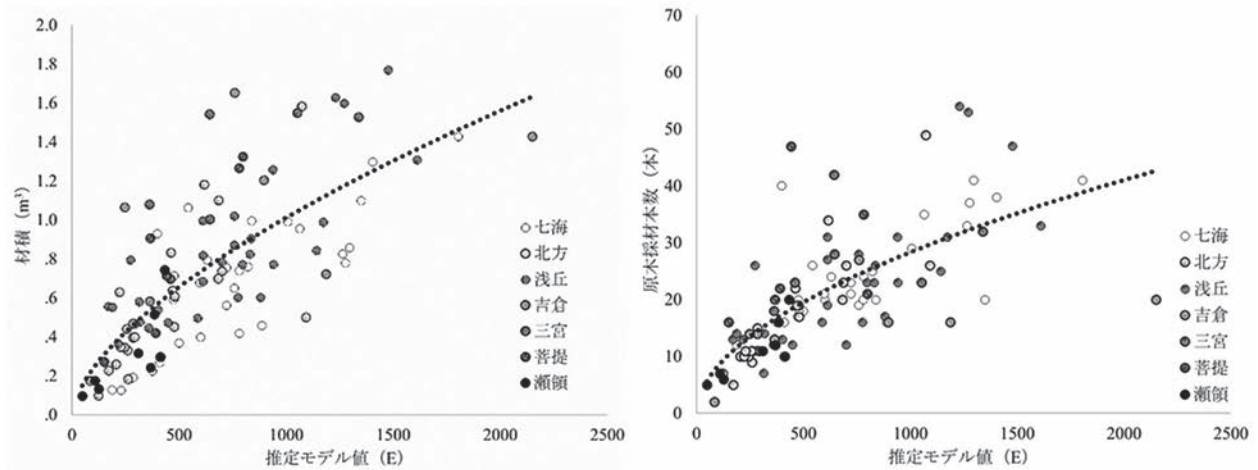


図-2 曲線推定式による材積および原木採材本数の推定

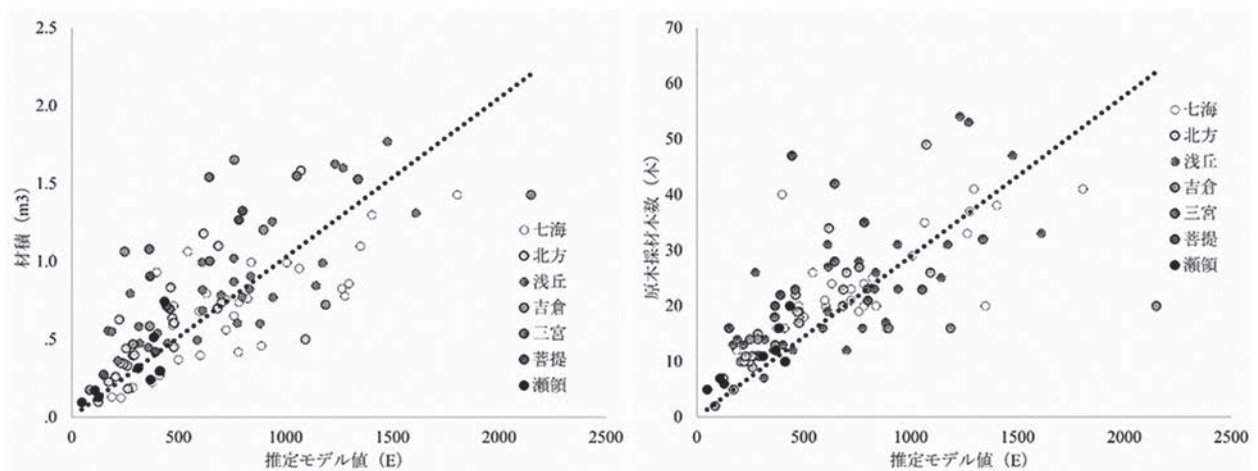


図-3 回帰直線式による材積および原木採材本数の推定

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)				
		測定値	曲線推定式		回帰直線式		測定値	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	9.0	10.4	8.9	8.8	277	256	-7.5	252	-9.1
	b	5.8	7.3	26.7	6.6	13.9	193	212	9.9	185	-4.1
	c	6.9	9.0	31.2	8.3	21.1	252	260	3.1	235	-6.7
北方	a	5.1	5.8	13.8	4.6	-11.1	178	176	-1.2	129	-27.5
	b	6.9	6.4	-7.0	4.9	-28.2	187	192	2.9	139	-25.6
浅丘	a	7.8	8.4	8.2	8.0	2.5	219	241	10.2	226	3.0
	b	9.4	8.8	-6.8	8.5	-9.5	271	249	-8.2	240	-11.5
	c	7.6	6.6	-12.9	5.6	-26.6	207	195	-5.7	157	-24.1
誤差平均				8.0					0.4		
標準偏差				16.1					7.3		
吉倉		7.6	6.8	-11.0	6.5	-14.1	108	194	80.0	184	70.7
三宮		7.4	5.0	-33.2	4.6	-37.8	166	142	-14.3	130	-21.7
菩提		4.9	3.8	-23.4	3.0	-38.9	161	112	-30.3	85	-47.4
瀬領		2.2	3.4	54.9	2.2	0.9	87	108	24.3	63	-27.3
誤差平均				4.2					5.3		
標準偏差				25.0					27.2		

査によるコナラの資源量推定システムの精度向上を検討する上で、推定モデル式の改善が必要と考えられた(渥美ら、2020)が、上記状況を踏まえ、今回は(4)式および(5)式を採用することとした。

前報(渥美ら、2020)における推定モデルとの比較のため、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)。全調査地の誤差についてみると、材積の曲線推定式では-33.2～54.9、回帰直線式では-38.9～21.1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4.2、回帰直線式では-9.9となった。原木採材本数の曲線推定式では-30.3～80.0、回帰直線式では-47.4～70.7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-5.3、回帰直線式では-10.9となった。

前報の推定モデルによる推定値と今回の推定モデルによる推定値(前報と同じ調査地の誤差平均値)を比較すると、材積の曲線推定式では誤差が増加(1.1%から8.0%)、同回帰直線式では誤差が減少(-7.4%から-3.6%)し、原木採材本数については、両式とも誤差が増加(曲線推定式:-0.1から0.4、回帰直線式:-10.4から-13.2)した。

今回の調査結果から、地域ごとでの誤差の傾向

は確認できなかった。また各調査地点で単木ごとに比較すると、大径化したコナラのうち、推定モデル値に対して材積および原木採材量が過大となる個体が存在しており、こうした単木ごとの外れ値が推定誤差に大きく影響していることが考えられる。

なお、実用レベルでの推定精度評価のためには、モデル作成に使用していない林分において、単木単位ではなく林分単位の検証が必要であり、1林分における検証については別に報告(矢田ら、2021)したが、さらなる検証が必要である。

おわりに

調査地の使用にご理解・ご配慮・ご協力いただいた森林所有者・各森林組合関係各位および県・市町関係各位、包括連携協定の下、スマート林業の取り組みに連携して取り組んでいただいている(株)小松製作所および関係会社の関係各位に、厚く御礼申し上げます。

本報告には、第131回日本森林学会大会(矢田ら、2020)および第132回日本森林学会大会(矢田ら、2021)にて発表した内容を含む。また、本研究は、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

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

小谷英司・太田敬之・大塚生美・細田和夫・西園朋広・北原文章（2019）地上レーザによる広葉樹林標準地の調査手法の開発. 第130回日本森林学会大会講演要旨集：130

渥美幸大・矢田 豊・小谷二郎（2020）コナラ高齢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. 石川県林業試験場研究報告 No. 51：1-5

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

矢田 豊・小谷二郎・渥美幸大・木村一也・山路佳奈・長田茂美・高橋文啓・松井康浩（2019）UAVにより調査・取得した林冠情報によるコナラ資源量の推定. 第131回日本森林学会大会講演要旨集：253

矢田 豊・小谷二郎・渥美幸大・木村一也・山路佳奈・長田茂美・高橋文啓・松井康浩（2020）UAVにより調査・取得した林冠情報によるコナラ資源量の推定. 第131回日本森林学会大会講演要旨集：253

矢田 豊・渥美幸大・林 航希・木村一也・山路佳奈・小谷二郎・松井康浩・長田茂美（2021）深層学習に基づく UAV オルソ画像を用いたコナラ判別と材積等の推定. 第132回日本森林学会大会講演要旨集：73