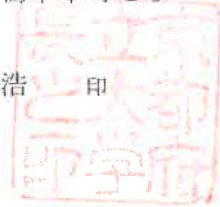


令和5年3月10日

公益財団法人  
産業構造調査研究支援機構 御中

住 所 京都市左京区下鴨半木町 1-5  
機関名 京都府立大学  
代表者 学長 塚本 康浩 印



産業構造調査研究事業報告書

産業構造調査研究事業の実施について、下記の通り報告します。

記

- 1、研究課題 強度情報に基づく原木の生産・流通とその効果：情報化による原木流通の効率化と林業・林産業の振興に向けて
- 2、研究代表者 生命環境科学研究科 教授 長島 啓子
- 3、研究実施の概要 別紙のとおり



## 研究事業に関する実施概要

### 【原木の流通における課題】

不振が続く林業振興策として、需給マッチングによる国産材の利用促進・サプライチェーンの構築が叫ばれ、森林の立木や伐採された原木の「量」のデータベース化による情報共有がなされてきた。しかし、原木の流通における課題は「量」だけでなく、むしろ需要側が求める強度情報等の「質」情報を供給側が提供できていないことにある。このため、製材工場などの需要者は歩留まりを踏まえ必要量の3倍の素材を調達、結果低価格で原木が取引され、供給側の素材生産者の収益が低迷する悪循環が生じている（岸ら,2019）。このことから、「強度」に基づく原木の生産・流通体制を構築できれば、効率的な原木取引が可能となり、真の意味での林業・林産業の振興につながると考えられる。すなわち、生産できる原木の強度をある程度把握した計画的な立木の伐採・原木生産、強度を提示した原木販売と製材後の強度を予想できる原木の調達が重要となる。

このような強度に基づく効率的な原木取引を実現するため、申請者らはこれまで、原木と製材後の強度の関係から製材強度予測モデルを構築し、原木の強度等級が E110 の場合、需要者が求める製材後の強度 E90 以上が約 90%の確率で得られる等、製材後の強度を予想した原木の調達が一定の精度で可能なことを示してきた（岸ら,2019）。

### 【目的】

本研究は、強度に基づく効率的な原木取引の実現に向け、未着手である「生産できる原木の強度を予想した立木の伐採・原木生産、および強度を示した原木販売」を可能にするため、レーザ測量や応力波強度測定器などの IoT を用いて、下記3点に取り組む。

- (1) IoT による強度情報を付加した森林における立木情報データベースの整備
- (2) 立木強度から原木強度を予測するモデル（原木強度予測モデル）の構築と検証
- (3) 原木強度予測モデル・製材強度予測モデルを活用した強度に基づく原木生産・流通における素材確保の効率化と素材生産の収益性向上の可能性の検討

### 【研究対象地】

本研究の調査対象地は（株）志賀郷杜栄が管理する京都府綾部市志賀郷町のスギ林 3.5 ha である。また原木強度予測モデルの検証用調査地として京都府立大学大枝演習林及び京都府綾部市釜輪町の山林においても調査を行った。

### 【目的（1）IoT による強度情報を付加した森林における立木情報データベースの整備】

#### [現地調査・解析方法]

志賀郷町の調査地の 0.15 ha において、2022 年 4 月 11-13 日に間伐前調査として、FocusLeser Scanner (FARO 社) と森林 3 次元計測システム OWL (株式会社アドイン研究所) による地上レーザ測量を行うとともに (写真 1)、立木 25 本の胸高直径、樹高および FAKOPP (fts 社) による立木強度 (写真 2) の実測を行った。



写真1：地上レーザ測量



写真2：立木強度の測定

地上レーザ測量で得られた点群データ（図1）をもとに、解析ソフト Digital Forest（woodinfo社）によって調査地の地形、立木の位置と直径、形状を解析し、それらを地理情報システム（GIS）に取り込み、データベースの構築を試みた。また、地上レーザデータの解析から得た胸高直径と樹高を実測値の値と比較し、精度の検証を行った。



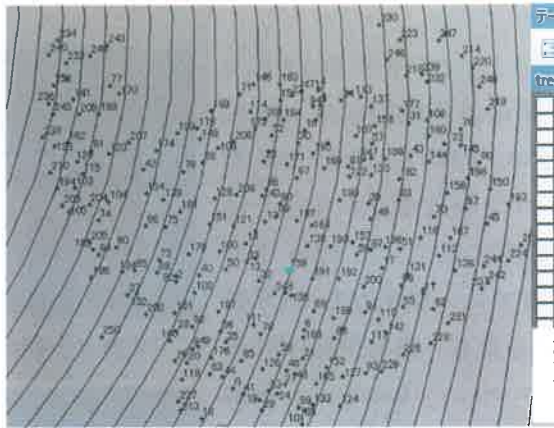
図1：地上レーザで得られた点群データ

#### 【結果・考察】

地上レーザデータの解析の結果、実際にある立木135本の内、OWLでは253本の立木を抽出し（図2）、FAROでは67本の立木を抽出した（図3）。また、立木の平均胸高直径30.05cmに対して、OWLの平均胸高直径は31.95cmと1.90cm過大となり、FAROの平均胸高直径は24.52cmと5.53cm過少となった。立木の平均樹高は23.43mに対して、OWLの平均樹高は17.98mと5.45m過少となり、FAROの平均樹高は19.60mと3.83m過少となった。また、それぞれの値を箱ひげ図に示し比較すると（図4）、OWL、FAROともに実測値よりも著しく過少な値や過大な値をとっている場合がみられた。

本研究対象地は間伐を10年ほど前にも実施しており、シカの食害が見られるものの下層植生が見られる健全な森林であった。地上レーザ測量ではスギ以外のこれらの下層植生が測定の妨げとなり、精度が低下したものと考えられた。このことから、UAVレーザを新たに購入し、上空からの情報収集およびデータベース構築を試みることにした。2023年2月にUAVによる調査を予定していたが、雪が残っており測量ができなかった。このためUAVレーザにより立木情報データベースの構築が可能かを検証するため、2023年2月17日に京都府立大学大枝演習林にてUAVレーザによる測量を実施した。その結果、点群情報が得られ、単木の位置把握が可能であり（図5）、データベース構築にあたりその有効性を確認できた。このため、雪解けを待って2023年4月以降に対象地において測量を実施し、データベースを完成させることとなった。

a) 立木位置図



b) データテーブル

FID	X	Y	胸高	H	材積_m3
155	-64932.232	-66984.596	38.4	23.3	1.142
156	-64914.843	-66992.19	38.6	24.3	1.2101
157	-64943.677	-67029.581	38.7	17.2	0.8603
158	-64925.752	-66982.055	38.7	25.6	1.3806
159	-64938.715	-67003.443	39.1	22.7	1.1588
160	-64817.58	-66983.667	39.3	25.5	1.3085
161	-64955.917	-67010.226	39.3	21.7	1.1179
162	-64972.056	-66984.468	40.1	24.6	1.3125
163	-64940.02	-66975.656	40.6	20	1.095
164	-64935.255	-66937.065	40.7	27.8	1.5208
165	-64934.683	-67020.994	41	18.9	1.0605
166	-64936.85	-67014.037	41	21.4	1.1892
167	-64914.442	-66999.001	41.4	20.7	1.1721
168	-64867.376	-66981.093	41.8	19.3	1.3897

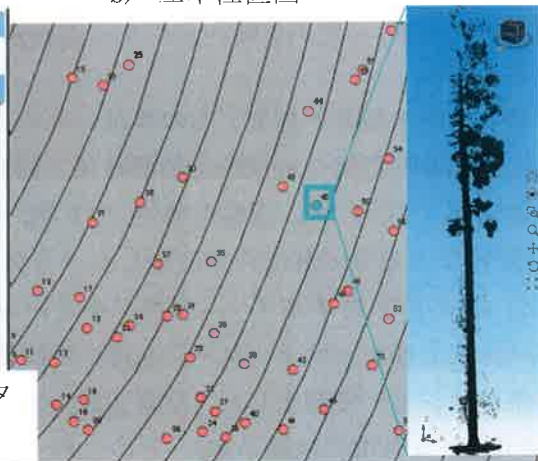
※位置図の立木を選択すると、データテーブルで樹高等の情報が確認可能

図 2 : OWL から作成したデータベース

a) データテーブル

field	x_1	y_1	z_1	胸高	樹高
39	-64945.64	-67026.1	20.5	23.1	20.5
40	-64945.53	-67031.79	20.6	10.2	20.6
41	-64941.93	-67032.46	20.7	9.2	20.7
41	-64941.93	-67032.46	20.7	9.2	20.7
43	-64941	-67026.7	20.8	26.1	20.8
44	-64939.43	-67002.01	21.4	41.4	21.4
45	-64938.75	-67011.03	22.6	25.3	22.6
46	-64938.02	-67030.57	22.6	25.8	22.6
47	-64937.06	-67020.42	22.7	18.6	22.7
48	-64935.73	-67019.95	22.9	32.3	22.9
49	-64934.94	-66999.07	23.2	28.8	23.2
50	-64934.77	-67011.62	23.8	36.1	23.8
51	-64934.21	-66998.18	23.8	26.1	23.8
52	-64933.46	-67026.35	23.8	42	23.8
53	-64931.83	-67021.85	23.8	27.9	23.8

b) 立木位置図



※位置図の立木を選択すると、データテーブルで樹高等の情報が確認可能

図 3 : FARO から作成したデータベース

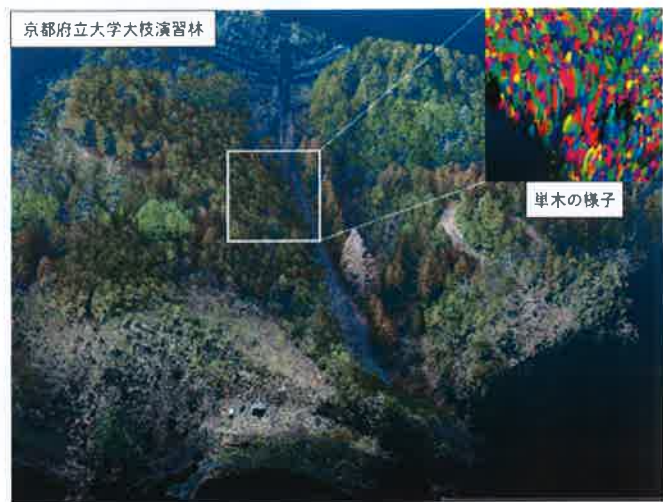
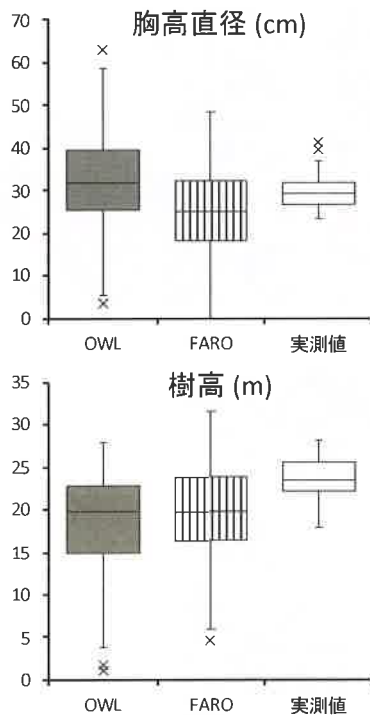


図 5 : UAV レーザデータと単木抽出

←図 4 : 地上レーザおよび実測による胸高直径と樹高

【目的（２）立木強度から原木強度を予測するモデル（原木強度予測モデル）の構築と検証】

【現地調査】

調査地で実測を行った 90 本の立木のうち、58 本が 2022 年 4 月下旬～5 月上旬にかけて(株)志賀郷杜栄により伐採され、4m の原木を 3 本ずつ（直径が小さいものは 2 本）取得し、合計 156 本の原木が得られた（写真 3）。各原木には伐採前の立木番号と根元から約 4m までの 1 番玉、約 8m までの 2 番玉、約 12m までの 3 番玉の区分がわかるように木口にスプレーで明示した(写真 4)。これら 156 本の原木の強度を把握するため、簡易型原木強度測定器 HG-2020（株式会社エーティーエー）を用いて固有振動数を取得するとともに（写真 5, 6）、原木の材長と木口の直径をメジャーで測定した（写真 7）。さらに、グラブプルに無線のロードセルを装着し、原木を持ち上げることにより重量を測定した（写真 8、9）。



写真 3：得られた原木



写真 4：木口のスプレー

構築した原木強度予測モデルの検証のため、京都府立大学大枝演習林と釜輪町森林でも(株)志賀郷杜栄と同様の調査を行った。大枝演習林では 4 本、釜輪町森林では 92 本のスギを対象に FAKOPP による立木強度の実測をした（写真 10、11）。また、大枝演習林では 4 本のスギを伐採し 4m の原木を 4 本ずつ（直径が小さいものは 3 本）取得し、簡易型原木強度測定器 HG-2020（株式会社エーティーエー）を用いて固有振動数を取得するとともに、原木の材長と木口の直径をメジャーで測定した（写真 12）。釜輪町森林では積雪の影響により伐採を行っていない（2023 年 5 月頃に伐採予定）。そのため、雪解けを待って伐採した後に固有振動数の実測と原木の材長、木口の直径を計測する予定である。



写真 5：簡易型原木強度測定器 HG-2020



写真 6：原木の強度測定



写真 7：原木材長と直径の測定



写真 8：無線ロードセル



写真 9：  
原木の重量計測



写真 10 :  
大枝演習林での立木  
強度調査



←写真 11 :  
釜輪町での  
立木強度調査



写真 12 : →  
大枝演習林での  
材長計測

### 【解析方法】

#### 1) 原木の動的ヤング率の算出と高さ別原木強度の関係把握

原木の強度指標として動的ヤング率がある。これは、簡易型原木強度測定器 HG-2020 で得られた原木の固有振動数、材長及び密度から成る式(1)を用いて算出が可能である。本研究では、木口の直径と材長の値を用いて末口自乗法によって算出した材積(m<sup>3</sup>)と測定した重量(kg)から密度を求めた上で、式(1)によって原木の動的ヤング率の算出を行った。

$$\text{動的ヤング率 } E_f \text{ (GPa)} = (2 \times \ell / 1000 \times f)^2 \times \rho' / 10^9 \quad \dots \text{式(1)}$$

なお、 $\ell$ :材長 (mm)     $f$ :固有振動数 (Hz)     $\rho'$ :密度 (kg/m<sup>3</sup>) を示す。

そして、得られた動的ヤング率をもとに、同じ立木から生産された 3 本の原木が同じ強度を示すかを確認するため、同じ立木の 1 番玉、2 番玉、3 番玉の強度を比較した。

#### 2) 立木強度と原木強度の関係に基づく原木強度予測モデルの構築

立木強度から原木強度を予測するため、X 軸に立木の応力波速度を、Y 軸に原木の動的ヤング率をとり散布図を作成した。この際、立木の応力波速度を 1.2m で測定したため、散布図の作成に用いた原木の動的ヤング率は 1 番玉 (伐採高から 4 m にあたる部分) の値のみ (58 本) を用いた。そして、散布図の近似式と決定係数を算出することで、原木強度予測モデルを構築した。

表 1 : 日本農林規格による強度等級区分

#### 3) 原木強度予測モデルの検証

2) で構築されたモデル式に、原木 156 本の立木の応力波速度のデータを用いてそれぞれの原木の動的ヤング率を推定した。そして原木の実際の動的ヤング率と算出された推定動的ヤング率を日本農林規格に則り等級区分し (表 1)、一般的に流通するスギの高いとされる強度等級区分 E90 以上を High、E70 未満を Low と 2 つに分類し混合行列をもとに、High と推定された原木のうち実際の High であった原木本数の割合を示す適合率、実測で High であった原木のうち High と予測された原木本数の割合を示す再現率、そして全体精度を求めた。また、大枝演習林で検証用に取得した試料木 4 本の立木の応力波速度をモデルに代入し、それぞれの 1 番玉の強度区分を推定し、実際の 1 番玉の強度区分と比較も行った。さらに、原木強度予測モデルの効果を検証するため、エクセルの RAND 関数を用いて

強度区分	曲げヤング係数 (GPa)	
E150	13.7以上	
E130	11.8以上	13.7未満
E110	9.8以上	11.8未満
E90	7.8以上	9.8未満
E70	5.9以上	7.8未満
E50	3.9以上	5.9未満

無作為に原木を 100 本抽出した際に High になる確率を求め、原木強度予測モデルを用いた際の適合率の値と比較した。

**[結果]**

**1) 原木の動的ヤング率の算出と高さ別原木強度の関係把握**

同一立木から生産される原木の 1 番玉、2 番玉、3 番玉の強度を比較し、1 番玉、2 番玉、3 番玉の強度が同じ立木を” A” (例、1 番玉 : E70、2 番玉 : E70、3 番玉 : E70)、1 番玉が 2 番玉、3 番玉と比較し最も低い強度区分になる立木を” B” (例、1 番玉 : E70、2 番玉 : E90、3 番玉 : E90)、1 番玉が 2 番玉、3 番玉と比較し最も高い強度区分になる立木を” C”

(例、1 番玉 : E90、2 番玉 : E70、3 番玉 : E70) のように関係性を 3 区分した。それぞれの区分の出現確率を求めた結果、A 区分は 54%、B 区分は 32%、C 区分は 14%となった (図 6)。

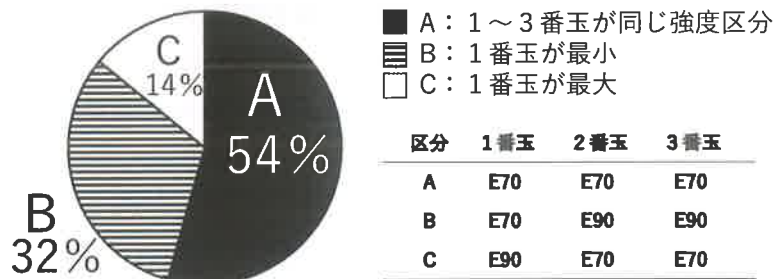


図 6 : 高さ別原木強度の関係

**2) 立木強度と原木強度の関係に基づく原木強度予測モデルの構築**

1 番玉 58 本のデータを用いて X 軸に立木の応力波速度を、Y 軸に原木の動的ヤング率をとった散布図 (図 7) から、立木の応力波速度が高くなるに伴い、原木の動的ヤング率が高くなる傾向が認められた。一方、同じ立木の応力波速度でも原木の動的ヤング率には幅があることも認められた。近似式を求めたところ、式(2)が得られ、決定係数は 0.3805 であった。

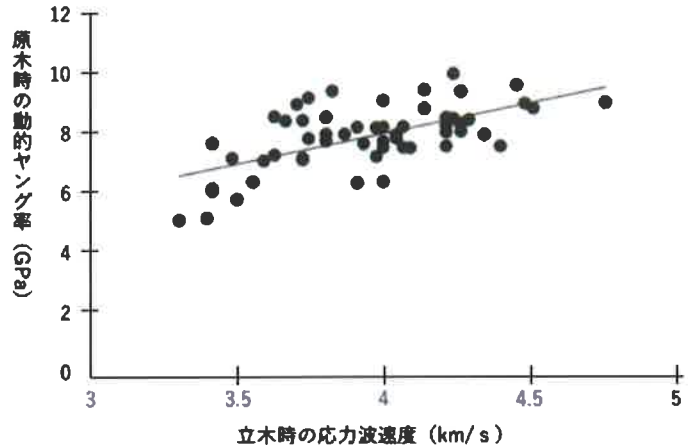


図 7 : 立木強度と原木強度の関係

$$y = 2.0148x - 0.0276 \dots \text{式(2)}$$

表 2 : 原木強度予測モデルと実測値を用いた混合行列

**3) 原木強度予測モデルの検証**

モデルに立木の応力波速度を入れ、原木 156 本の 2 分類した強度区分の推定結果を混合行列でまとめたところ、全体精度は 62%と 50%よりやや高い値となった。実際に High であった 95 本のうち、High と予測されたのは 64 本で、再現率は 67%となった。また High と予測された 92 本

	予測モデル		合計
	High	Low	
実測値	High	31	95
	Low	28	61
合計	92	64	156



のうち実際に High であったのは 64 本で、適合率は 70%であった（表 2）。このモデルに大枝演習林で取得した 4 本の立木の応力波速度を代入し、同様に強度区分を推定したところ、4 本全てが Low に分類された。実際には 4 本中 1 本が High であり、全体精度は 75%と高いものの、High であった原木の抽出には至らなかった。また、本モデルの効果を把握するために、156 本から無作為に原木を抽出した際に High となる確率を求めたところ 61%となった。本モデルの適合率 70%であるため、モデルを利用することで、E90 以上の原木を抽出できる確率が 9%と、わずかながら高くなることが判明した。

#### [考察]

立木の応力波速度から原木強度を予測するため、今回は 1 番玉のみの情報を活用して近似式によるモデルを作成し、精度検証を行うにあたっては 2・3 番玉等の区別なく全ての原木データを用いて検証を実施した。その結果、High と予測された原木のうち実際に High であった適合率は 70%と、無作為に抽出した際の確率よりわずかに 9%高いものとなった。これは、高さ別の原木強度の関係把握において、2 番玉・3 番玉の強度が 1 番玉より高い傾向にあるものが 34%と比較的多く見られることから、1 番玉の位置における立木の応力波速度と 1 番玉の動的ヤング率の関係式から、2 番玉・3 番玉の強度を予測するのが難しいことを示唆している。つまり、立木の応力波速度から予測すべきは 1 番玉の強度であり、2・3 番玉の強度については、1 番玉との関係から補正を加える等の方法で推定する必要があると言える。一方、大枝演習林の検証用に得た 4 本の試験木の 1 番玉の予測においても Low は抽出できていたが、High の原木を抽出することができなかった。サンプル数が少ないため、釜輪町のサンプルデータの取得が待たれるが、図 7 の散布図において、同じ立木の応力波速度でも 1 番玉の動的ヤング係数には幅があることが認められることから、原木の強度等級を予測するなど幅を持った形でモデルを構築する工夫が必要と考えられた。

#### 【目的（3）原木強度予測モデル・製材強度予測モデルを活用した強度に基づく原木生産・流通における素材確保の効率化と素材生産の収益性向上の可能性】

##### [方法]

目的（2）で構築した原木強度予測モデルを原木流通において活用することによる効果を把握するため、令和 3 年 11 月に開庁された京丹波町の木造庁舎の建設に必要であった原木量等の情報を活用し、素材確保の効率性や素材生産の収益性の向上がどのくらい見込まれるのかを検討した。なお、当初は製材強度予測モデルも活用した検討を実施する予定であったが、目的（2）で構築したモデルに課題も残されていることから、今回構築した原木強度予測モデルを活用した際の効果についてのみ検討を行った。

京丹波町役場の建設には、町産原木 950.76 m<sup>3</sup>が使用された（京丹波町, 2022）。まず素材確保における効果を把握するため、使用した原木がすべて E90 以上の High の強度性能を持つものが使用されたと仮定し、950.76 m<sup>3</sup>の High の原木を調達するのに必要な原木量の総材積を、原木強度予測モデルを用いる場合と無作為に購入する場合のそれぞれで算出した。原木強度予測モデルを用いる場合、70%の確率で High の原木を抽出できることから、原木使用量を 0.7 で除することによって、総材積を得た。一方、無作為の場合は 61%の確率で High とな

ることから、原木使用量を 0.61 で除することで算出した。そしてそれぞれの場合において、求めた原木の量に材積当たりの単価を乗ずることで調達に必要な金額を算出し、両者の金額差を求めた。なお、スギ原木の材積当たりの単価は 17,400 円/m<sup>3</sup>（農林水産省、2023）に、E90 以上の High の強度性能を持つ原木は、1,000 円高い 18,400 円/m<sup>3</sup>とした。これは、岸ら（2022）の研究により、原木の強度が判明して販売がなされている場合、単価が 1,000 円通常よりも高くても購入を希望するという利用者側へのアンケート結果を踏まえたものである。

上記で算出されたのは、原木を購入する側の素材確保における効果を金額として把握したものである。一方、原木を販売する生産者側にとって、原木の強度が予測できるとより少ない材積の原木が 1,000 円高く販売できるのに加え、無作為で販売した時に売れる材積との差分については、他の購入者に通常の単価（17,400 円/m<sup>3</sup>）で販売をすることができる。つまり、High の原木を販売した売上に加えて、この差分の材積分の売上が追加されることになる。このため、無作為で販売する際の総材積から原木予測モデルを利用した場合に販売する総材積を差し引き、これに通常の単価を乗じることによって、追加される売上を把握した。そして、High を販売したことによる売上と追加分の売上を合計して、原木強度予測モデルを利用した場合の総売上とした。この総売上と無作為で販売した際の売上との差を算出し、モデルを活用することによる **素材生産・販売における効果**とした。

**[結果]**

**・素材確保における効果**

950.76 m<sup>3</sup> の High の原木を調達するには、無作為に原木を抽出した場合、0.61 で除した 1,558.62 m<sup>3</sup> の原木を調達する必要がある、これに単価の 17,400 円/m<sup>3</sup>を乗ずると、調達に必要な金額は 27,119,988 円となった。一方、原木強度予測モデルを用いた場合、950.76 m<sup>3</sup> を 0.7 で除した 1,358.23 m<sup>3</sup> の原木が必要となり、単価の 18,400 円/m<sup>3</sup> を乗じると、調達に必要な金額は 24,991,432 円になった。このことから、購入者は通常であれば 1,558.62m<sup>3</sup> の原木を 27,119,988 円で調達しなければいけないところ、原木強度予測モデルを活用すると、1,358.23 m<sup>3</sup> の原木を 24,991,432 円で調達すれば良いことになり、その材積と金額の差はそれぞれ 200.39 m<sup>3</sup>、2,128,556 円と、約 13%の調達材積の減量と約 8%の調達費用の減額を行えることが判明した（図 8）。

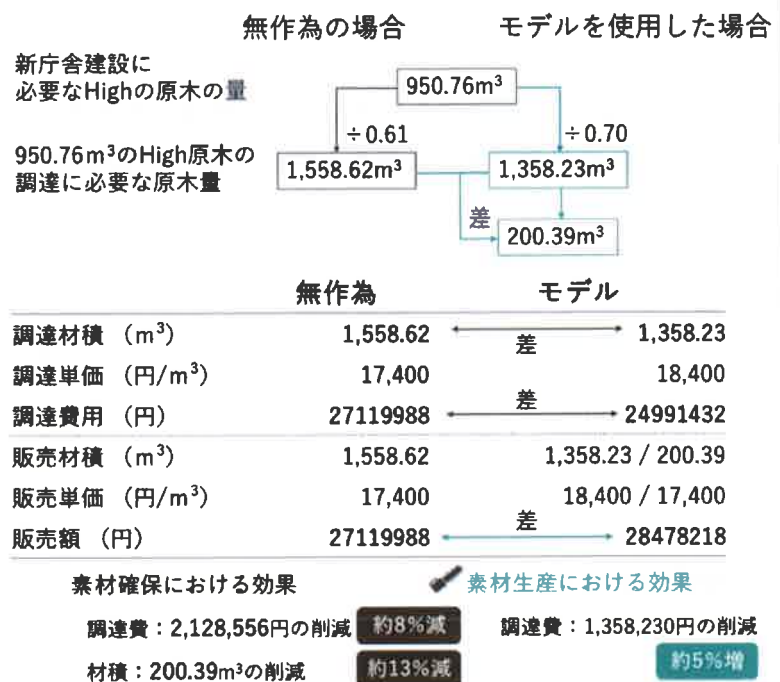


図 8：素材確保、素材生産・販売における効果

#### ・素材生産・販売における効果

素材生産・販売者側は、通常であれば 1,558.62 m<sup>3</sup> 販売し、27,119,988 円の売上が見込まれるところを、原木強度予測モデルを用いた場合は、求められている強度の原木をより確実に販売するようになるため、1,358.23 m<sup>3</sup>、24,991,432 円と、通常より少ない売上になる。しかし、無作為の時と同じ 1,558.62 m<sup>3</sup> を販売すると考えると、1,358.23m<sup>3</sup> との差分である 200.39 m<sup>3</sup> はまだ手元に残っており、これを通常の単価 17,400 円/m<sup>3</sup> で販売することが可能になる。これを販売することで得られる追加の売上は 3,486,786 円となる。つまり、原木予測モデルを用いると原木 1,558.62 m<sup>3</sup> の売上は、High の強度性能を持つ原木の売上 24,991,432 円に、追加の売上 3,486,786 円を合計した 28,478,218 円となる。これは 1,558.62 m<sup>3</sup> を無作為で原木を販売した売上 27,119,988 円に比べ 1,358,230 円多くなり、約 5.0%の売上増となる（図 8）。

#### 【考察】

目的（2）で構築した原木強度予測モデルは High と予測された原木のうち実際に High であった適合率は 70%と、無作為に抽出した際の確率よりわずかに 9%高いものであり、改良の余地のあるものである。しかし、京丹波町役場の事例で検証すると、素材確保においては通常と比べて、200.39 m<sup>3</sup> の調達材積の減量（約 13%減）、2,128,556 円の調達費の減額（約 8%減）の効果が見込まれることが判明した。また、素材生産・販売においては、同じ量の原木を販売するのに残った 200.39 m<sup>3</sup> を別途販売することが可能となるため、全体では 1,358,230 円、約 5.0%の売上増が見込まれた。原木強度予測モデルを用いることで、無作為に比べてわずかに 9%High の抽出率が高くなるだけでも、その効果は決して小さくないと言える。今後、モデルを改良して High の適合率を高めることで、その効果は更に高まることが期待される。

#### 【総合考察】

本研究では、強度に基づく効率的な原木取引の実現に向け、未着手である「生産できる原木の強度を予想した立木の伐採・原木生産、および強度を示した原木販売」を可能にするため、（1）IoT による強度情報を付加した森林における立木情報データベースの整備、（2）立木強度から原木強度を予測するモデル（原木強度予測モデル）の構築と検証、（3）原木強度予測モデル・製材強度予測モデルを活用した強度に基づく原木生産・流通における素材確保の効率化と素材生産の収益性向上の可能性の検討を行った。

（1）の立木情報データベースの整備では、健全度の高い森林ほど地上レーザによる情報の取得が難しいことが判明し、代わりに UAV レーザによる地形や単木情報の収集の可能性を示した。地上レーザは胸高直径の情報を得るには有効であることが判明しており、今後のデータベース構築の際に、UAV レーザと地上レーザの使い分けの方法など、詳細な検討が必要と思われる。（2）の原木強度予測モデルの構築では、全体精度 64%、High の適合率も 70%で無作為と比較してわずか 9%高いものであり、構築されたモデルは改良が必要である。先述したように、同じ立木でも高さ別で原木の強度が異なることから、1 番玉の強度を推定した上で、2 番玉・3 番玉の強度を補正して推定するなどの手法の検討を行うとともに、立木の強度と立地環境や成長パターンとの関係解析を行うことで、原木強度の推定精度が向上することが考え

られる。(1)で得られる地上レーザや UAV レーザは地形と単木の位置情報が把握できることから、これらの情報を高度に解析することによって、立木の強度と立地環境や成長パターンとの関係解析が実施できると考える。

(3)の素材確保、素材生産・販売において原木強度予測モデルを活用することの効果把握したところ、モデル自体に改良の余地はあるものの、現在のモデルでも比較的大きな効果が得られることが判明したと言える。しかし、現状では、原木強度予測モデルを利用するには、立木1本1本の応力波速度を測定することが必要となり、手間とコストがかかることから、現実的ではない。立木の強度は成長を表す年輪情報と関係があることがわかっている。立木の成長は立地環境と関係があることが判明していることから (Nagashima, 2018)、立木の強度と立地環境との関係が明らかになれば、将来的には立木の強度を推定できる可能性も見込まれる。このため、今後は立木の強度と立地環境や成長パターンとの関係を明らかにしつつ、目的(2)のモデルの精度向上を行うことが課題と言える。立木の強度と立地環境や成長パターンの関係解析は、応力波速度測定なしに強度の高い立木の伐採計画を立てられる可能性があるとともに、伐採後にどのような立地環境で、どのような施業をすることで、強度の高い立木を生産できるかの植栽・施業計画にもつながるもので、正に生産から流通、消費までを強度で繋ぐ研究へと発展可能なものと考えられる。

#### 【引用論文】

岸 和実, 神代圭輔, 明石浩和, 足立 亘, 澁上佑樹, 古田裕三 (2022) 原木段階における製材品の簡便な強度等級予測手法の開発 京都府産原木からラミナを製造する場合における予測手法の有効性および原木測定コストの検証, 木材学会誌 68(3) :124-131.

岸 和実, 神代圭輔, 明石浩和, 足立亘, 澁上佑樹, 田淵敦士, 古田裕三 (2019) 原木段階における製材品の強度等級予測 : 京都府産材を事例とした簡便な予測手法の開発, 木材工業 74(4) :140-145.

京丹波町 (2023) 京丹波町役場新庁舎の概要について. 京丹波町 HP, [https://www.city.kyotango.lg.jp/material/files/group/1/030306\\_czt.pdf](https://www.city.kyotango.lg.jp/material/files/group/1/030306_czt.pdf) (2023年3月1日閲覧).

農林水産省(2023)木材流通統計調査:木材価格(令和5年1月). 農林水産省 HP, <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuryu/kakaku/attach/pdf/index-5.pdf> (2023年3月1日閲覧).

Nagashima Keiko (2018) Forest management based on site suitability: A case study of Odai Town, Mie Prefecture, Japan, Landscape Ecology for Sustainable Society :181-196.

#### 研究成果に関する実施概要

本研究の研究成果は2023年3月25-27日に開催予定の日本森林学会(オンライン開催)において、「強度に基づく原木流通：立木段階での原木強度推定」というタイトルで、発表を行う。また、本研究成果は高さ別の原木の強度の傾向を踏まえてモデルを改良したのち、日本森林学会誌または木材学会誌に学術論文として取りまとめる予定である。

経費の使用内訳

費 目	当初予定額 (申請)	実支出額
<b>(1) 図書、機械器具及び消耗品</b>	<b>1,280,000 円</b>	<b>2,859,419 円</b>
音速強度測定器	1,000,000 円	794,200 円
ドローンレーザー測量機器	0 円	1,500,000 円
調査用消耗品・文具一式	80,000 円	7,650 円
立木情報データ保存用 HDD	20,000 円	10,900 円
エアークラフトベスト及びバッテリー他	0 円	201,223 円
応力波速度測定器レンタル料	180,000 円	92,576 円
バックパック型ライダーレンタル料	0 円	252,870 円
<b>(3) 調査・資料収集の目的で出張る旅費・宿泊費</b>	<b>977,000 円</b>	<b>248,961 円</b>
間伐前調査	377,000 円	118,066 円
原木強度調査	442,000 円	70,415 円
演習林検証用調査	48,000 円	60,480 円
学会発表	110,000 円	0 円
<b>(4) 研究成果に関する研究会・研修会に要する経費</b>	<b>36,000 円</b>	<b>0 円</b>
研究報告会開催案内チラシ代	16,000 円	0 円
研究報告会開催場所借上げ代	20,000 円	0 円
<b>(5) 研究補助目的で使用するアルバイト費</b>	<b>1,947,000 円</b>	<b>891,620 円</b>
間伐前調査補助 (学生)	144,000 円	0 円
原木調査 (学生)	144,400 円	0 円
演習林検証用調査 (学生)	256,000 円	0 円
データ整理・解析補助 (RA)	1,403,000 円	891,620 円
合計額 (申請書)	<b>4,240,000 円</b>	
採択調整額	-240,000 円	
本事業費額	<b>4,000,000 円</b>	<b>4,000,000 円</b>

