

# 7 県産材生産の収益性向上のための 採材シミュレーションソフトウェアの開発

小玉龍, 古本浩章\*, 佐野誠, 佐野俊和\*\*, 山場淳史\*\*, 涌嶋智\*\*

Development of software to simulate wood cutting for improvement profitability  
of wood production in the prefecture

KODAMA Ryu, FURUMOTO Hiroaki, SANO Makoto, SANO Toshikazu, YAMABA Atsushi and WAKUSHIMA Satoru

In recently, efforts to expand the use of timber are required. And it is also required to operate forestry efficiently. However, shipment according to the several effective needs cannot do it because of uniform and uncategorized cutting some rules. In this study, we devised an algorithm to calculate bending of wood from the measured several datasets using a terrestrial laser scanner. We developed software that classifies some woods according to the degree of bending based on that algorithm. In the software, it is possible to simulate the three types of log building methods considering the use situation. The result calculated by this software and the curvature of the tree actually measured were compared. As a result of comparing the output calculated by this software and the measured actual curvature of the tree, it showed sufficient accuracy to be used.

キーワード：シミュレーション, 丸太採材, 矢高計算

## 1 緒 言

現在, 全国の林業者は再生可能資源であるスギやヒノキ等の人工林の整備と保全を図りつつ, 効率的な林業経営と木材の利用拡大への取り組みが求められている。一方で, 需給のミスマッチにより, ニーズに合った効率的な出荷ができていないことで丸太価格の変動・急落が生じ, 経営圧迫や経営不安が懸念される。その主な原因の一つとして, 一律的かつ無選別な採材が行われていることが挙げられる。

この課題を解決するためにはニーズに合わせて, 需要の高い形状の木材をより効率よく伐採・採材することが求められ, そのためにはどこにどのような形状の木材が存在しているかを伐採前に把握する必要がある。

樹幹の形状を伐採前の状態で把握する方法として, 一般的には人手により採寸する方法があるが, 梯子などを用いて高所の直径や曲りなどの測定を行わなければならない。それは多大な時間と労力を要するため現実的ではない。その解決方法の一つとして, 地上型三次元レーザスキャナによって, 対象林分の形状データを測定する方法がある<sup>1), 2)</sup>。この手法により容易に形状を測定することが可能であるが, 点群データのままでは立木ごとの樹幹形状を具体的な用途に応じて区分するには不都合である。

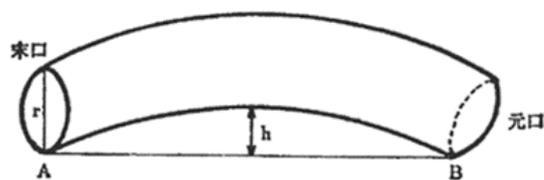
そこで本開発研究では, この地上型三次元レーザスキャナにより測定した対象林分の形状データから, 立木の

曲りを算出するアルゴリズムを考案した。収穫対象の林に含まれる各立木の樹幹形状を割り出し, ユーザーの用途に応じて直材, 曲り材などの区分を伐採前に把握することが可能となるソフトウェアを開発した。

## 2 木材の曲り計算アルゴリズム

### 2.1 最大矢高とは

曲りの基準値としては一般的に, 最大矢高を使用する。**図1**は丸太を表しており, 立木時に, 根元に近い切り口(元口)と高い位置側の切り口(末口)を結ぶ弦と弧との距離の中で最大となるものを最大矢高と言う(図中の $h$ )<sup>3)</sup>。最大矢高は丸太の品質や等級を決定する指標の一つとなり, これを活用してA材(直材), B材(小曲り材), C材(曲り材)といった等級が算出される。



$r$  = 丸太の径  
 $h$  = A B を結んだ内曲面の最大矢高

**図1 最大矢高<sup>3)</sup>**

また, これらの等級は丸太を取り扱う業者や地域によって, その区分の計算方法が異なるものが存在する。そこで本ソフトウェアでは丸太の曲りの指標として使われている主要な3つの指標に対応できるようにした。その

\*東部工業技術センター, \*\*林業技術センター

3つの指標を以下に示す。

- ① 最大矢高そのものを指標とする方法（ひろしま木材事業協同組合（大朝）（表1）<sup>4)</sup>
- ② 最大矢高を末口径で除した値を指標とする方法（「素材の日本農林規格」第3条の針葉樹（JAS）（表2）<sup>5)</sup>
- ③ 最大矢高を材長で除した値を指標とする方法<sup>6), 7)</sup>

表1 ひろしま木材事業協同組合（大朝）<sup>4)</sup>

等級	基準（最大矢高）
直（A材）	15~20mm以下
小曲り（B材）	【スギ】35~45mm以下 【ヒノキ】25~35mm以下
曲り（C材）	100mm未満
チップ（D材）	100mm以上

表2 「素材の日本農林規格」  
第3条の針葉樹（JAS）<sup>5)</sup>

等級	基準（最大矢高 / 末口径 × 100）		
	末口径 140mm未満 の材	末口径 140mm以上300mm 未満の材	末口径 300mm以上の材
1等（A材）	25%以下	10%以下	【スギ】5%以下 【ヒノキ】10%以下
2等（B材）	25%超	10%超 30%以下	【スギ】5%超10%以下 【ヒノキ】10%超20%以下
3等（C材）		30%超	【スギ】10%超20%以下 【ヒノキ】20%超30%以下
4等（D材）			【スギ】20%超 【ヒノキ】30%超

## 2.2 最大矢高を計算するための入力データ

最大矢高を計算するための入力データとして、幹リングデータを活用する（図2）。このリングデータとは、株式会社 woodinfo の点群解析システム Digital Forest<sup>®</sup> によって提供されるデータ形式であり、立木を幹の高さ方向 10cm ごとに、断面を真円近似した場合の中心位置および半径等で構成された CSV ファイルである<sup>8)</sup>。Digital Forest<sup>®</sup>においては、立木一本分のデータはそのリングデータの積み重ねとして認識されている。膨大な点群データがシンプルなテキスト形式に凝縮されていることで、効率的な最大矢高の算出に適したデータ構造であるため、本ソフトウェアもこのリングデータの提供を前提にしている。



図2 幹リングデータの例

## 2.3 最大矢高計算アルゴリズム

最大矢高の計算には、末口におけるリングデータ（円Oとし、その中心位置をoとする）、元口におけるリングデータ（円Pとし、その中心位置をpとする）、その間に存在する複数のリングデータを活用する。それらの関係を図3に示す。

まず、円Oと円Pの間に存在する任意のリングデータの1つ（円Qとし、その中心位置をqとする）に着目する。点o, p, qを通る平面をSとすると、円Oと平面Sとの2つの交点のうち、点qとの距離が離れている交点を点xとする。円Pについても同様の点を点yとする。円Qと平面Sとの交点のうち、直線opとの距離が近い方の交点を点zとする。

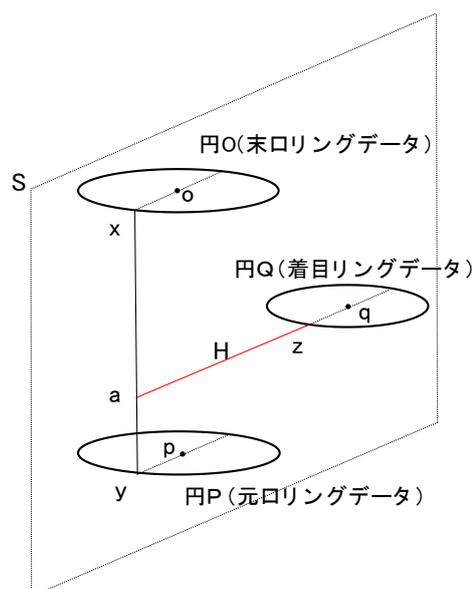


図3 元口、末口及び、着目した任意のリングデータとの関係

直線  $xy$  と、円  $Q$  上の点  $z$  から直線  $xy$  上におろした垂線との交点を点  $a$  とし、直線  $az$  の長さ  $H$  を算出する。その計算を元口末口間のすべてのリングデータに着目して計算し、 $H$  の最大値を最大矢高として算出する<sup>9)</sup>。

### 3 採材シミュレーションソフトウェア

#### 3.1 ソフトウェアの概要

図4に作成したソフトウェアのインターフェースを示す。開発環境として Visual Studio2013 C++を使用した。画面左側の2つのグラフは幹の断面図であり、それぞれ平滑化前(左側)と平滑化後(右側)のグラフである。ここでの平滑化とは対象のリングデータとその上下2つずつ、計5つのリングデータの直径、位置を小さい順に並べ、その中央値を対象のリングデータと置き換える処理をする。これにより外れ値の影響を受けにくいデータを作成できる。画面右側に最大矢高・材長・末口直径などの立木のデータを表示している。

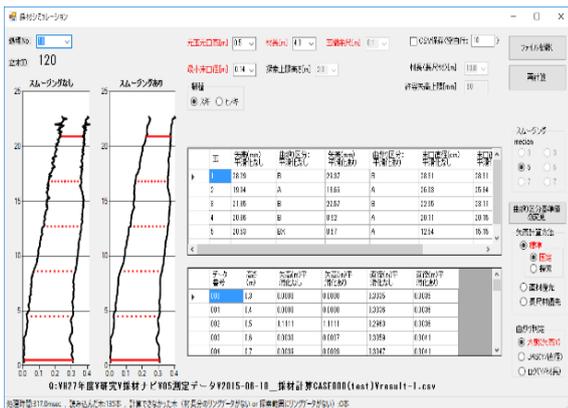


図4 採材シミュレーションソフトウェアのインターフェース

#### 3.2 丸太採材のシミュレーション

丸太採材とは、伐採した木の枝を切り落として適当な長さに切って丸太を作る作業である。一本の立木に対して幾つかの丸太採材方法が考えられる。そこで、本ソフトウェアでは利用シーンに合わせて以下の1)~3)のように三つの丸太採材方法に対応した最大矢高の計算を行うようにした。

##### 1) 固定長採材方法

この方法は採伐高(伐採をする箇所地表からの高さ)を設定した後、図5のように元玉(丸太を採材する時、立木の根元に近い部分の丸太からそれぞれ、元玉、二番玉、三番玉、・・・と呼ぶ)及び二番玉以降すべての丸太の長さを一律にして採材を行い、それぞれの丸太に対して最大矢高を計算する。例えば、一律に4mの丸

太に採材した場合、ある区域の立木で4mのA材がいくら取れるかを見積もることができる。

##### 2) 直材優先採材方法

A材のもので、できるだけ長い木材を探す方法で、まず図6のように元玉について、指定した丸太の長さで伐採高を変えながらA材かどうかを調べていく。伐採高2mまでにA材が確保できれば、材長を2mずつ伸ばしながら最大12mになるまで最大矢高を計算し、できるだけ長いA材が取れるようにする(図6)。これは工務店などからの直接の需要に応える形で高価格なA材を探索する場合などに有効である。

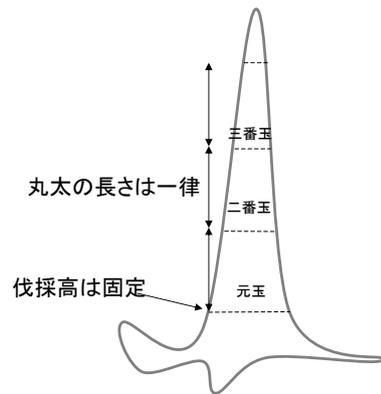


図5 固定長造材方法

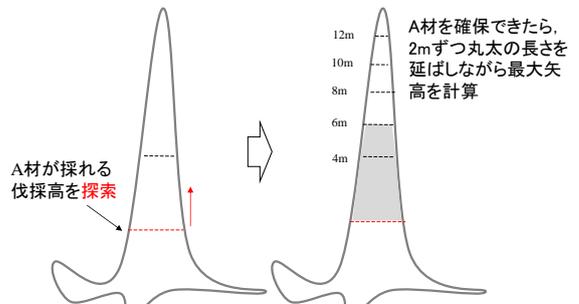


図6 直材優先造材方法

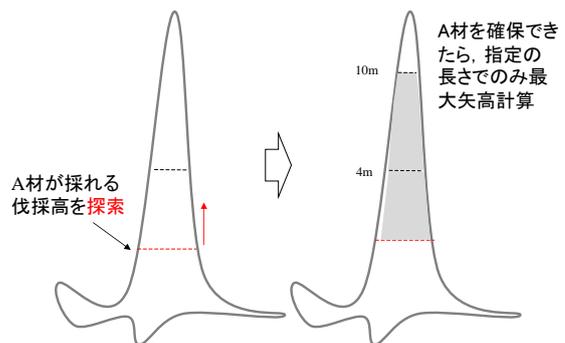


図7 長尺材優先造材方法

### 3) 長尺材優先方法

指定の長さの木材で、元玉部分がA材になっているものを探す方法である。直材優先方法と同様に、指定した丸太の長さで伐採高を変えながら、伐採高2 mまでにA材が確保できる立木を探索し、A材が確保できた立木に対して、指定した材長の最大矢高を求める(図7)。これにより、公共・大規模建築向けの特殊用途に応じた独自の曲り基準(規格外)により高価格と想定されるものを探索することが可能である。

複数の丸太採材方法に対応することで、利用シーンごとに入力した木々の立木状態での曲りを算出することができ、一定区域で得られるA材の本数、できるだけ長いA材が何本取れるか、元玉がA材で、指定した長尺材が何本取れるかなどが把握でき、販売価格の見積もりにも活用可能となる。

## 4 計算値の精度検証結果

本ソフトウェアにより計算した最大矢高の値と実測値を比較することで精度の検証を行った。実測値は廿日市市吉和の木を伐採後、丸太状態にしたものの最大矢高を測定した。ソフトウェアによる計算値と実測値を照らし合わせた結果、その誤差は98%が±1 cmの範囲に収まった。これにより、本ソフトウェアの算出精度は高く、提案したモデルは十分活用可能なレベルである。

## 5 結 言

地上型三次元レーザスキャナの形状データから立木状態での最大矢高を算出するソフトウェアを開発した。本ソフトウェアにより、最大矢高を算出した値と丸太状

態での実測値とを比較した結果、十分活用可能な精度であった。それに加え、複数の丸太採材方法のシミュレーションを可能としたことで、ユーザーの具体的な用途に応じた木材がどこにあるのかを立木の状態で把握することが可能となり、ニーズに合わせた形状の木材を立木在庫管理することにより、林業経営の効率化及び収益性の向上への貢献が期待できる。

## 文 献

- 1) 佐野：ひろしまの林業9月号, No 762. (2015)  
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/157123.pdf>
- 2) 佐野他：広島県立総合技術研究所林業技術センター研究成果(2015), 1
- 3) 徳島県：上手な採材と造材のしかた 喜ばれる丸太づくりをすすめるために 一すぎ・ひのき(1915), 9
- 4) ひろしま木材事業協同組合：原木基準書(2014)
- 5) 農林水産省：農林水産省告示第1037号「素材の日本農林規格」(2012), 1
- 6) (公財)日本住宅・木材技術センター：ログハウス部材品質基準
- 7) 兵庫県：県産木材供給センター事業化シミュレーション調査報告書(2007), 24
- 8) 中村他：地上型レーザスキャナによる森林情報のデジタルドキュメント化(2013)  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2013A/0/2013A\\_643/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pscjspe/2013A/0/2013A_643/_article/-char/ja/)
- 9) 特開2017-33302(2017)