

## カラマツ大径材のための形状計測システムの開発

高橋 裕之, 本間 稔規, 飯島 俊匡, 伊藤 洋一\*, 佐久間澄夫\*, 石河 周平\*, 白川 真也\*

### Development of the Shape Measurement System for Large-diameter Japanese Larch.

Hiroyuki TAKAHASHI, Toshinori HONMA, Toshimasa IJIMA,  
Youichi ITO\*, Sumio SAKUMA\*, Shuhei ISHIKO\*, Shinya SHIRAKAWA\*

#### 抄 録

北海道内におけるカラマツ人工林材の多くは、40年生以上の林齢に達しており、今後大径材の生産量増大が予想される。しかし、カラマツ製材工場では小・中径材から梱包材、パレット等を生産しているところが多く、中・大径材から建築用材を生産している工場はほとんどない。カラマツ大径材の利用拡大を図るためには、品質や性能の確かな建築用材を安定供給できる生産技術について早急に検討する必要がある。

このため本報では、熟練を要する大径材からの木取りを支援する製材木取り補助システムの開発を目的に、画像処理技術を用いた原木の形状計測システムの開発を行った。さらに、木取りプログラムと統合して木取り補助システムを構築し、動作試験を行い、形状計測および木取りパターンの提示が行えることを確認した。

キーワード：カラマツ大径材，形状計測，木取り，画像処理システム

#### Abstract

The Japanese larch forest in Hokkaido are produced mostly from planted forest after several decades, therefore the increase of production of large diameter logs is expected. However, most of larch sawmills in Hokkaido produces pallets or packing materials rather than building products from small or medium diameter logs. To increase the use of large diameter logs, prompt study on technique for producing high quality and stable supply building materials is necessary.

This paper describes the development of shape measurement system for raw larch shapes to assist when wood conversion using image processing. Furthermore, availability of the system with capability of measuring shape of raw larches and of providing wood conversion pattern of them is verified.

KEY-WORDS : Large-diameter Japanese larch, Shape measurement system, Wood conversion, Image processing system

#### 1. はじめに

北海道内におけるカラマツ人工林面積の約7割は40年生以上の林齢に達しており、今後は大径材の生産量増大が予想される。このため、大径材から柱や梁などの建築用材を地域の製材工場で生産し、地域で住宅等に活用する「地材地消」の

推進が期待されている。しかし、カラマツ製材工場では小・中径材から梱包材、パレット等を生産しているところが多く、中・大径材から建築用材を生産している工場はほとんどない。さらに平成21年度のカラマツ製材総出荷量に占める建築用材の割合は僅か17%である。カラマツ大径材の利用拡大を図るためには、品質や性能の確かな建築用材を安定供給できる生

\* (地独)北海道立総合研究機構 林産試験場

\* Local Independent Administrative Hokkaido Research Organization Forest Products Research Institute

事業名：重点研究

課題名：カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討（平成21～23年度）

産技術について早急に検討する必要がある。

カラマツを製材している企業や団体からは、構造用柱・梁材に適した原木選別基準、大径材に見られる心割れなどの欠点や熟練作業不足などにも配慮した効率的な製材の木取り方法、プレカット工場等への安定供給を確保できる人工乾燥方法への支援やカラマツ大径材からの住宅用構造材の製材・乾燥技術確立への要望が挙げられている。

以上のことから、今後生産量の増大が予想されているカラマツ大径材を品質と性能の確かな建築用材として安定供給するための生産技術を検討することにより、建築用製材の需要拡大を図るとともに、道内木材産業等の競争力強化への寄与が期待される<sup>1)</sup>。このため本報では、建築用材を安定供給する生産技術への取り組みの一環として、熟練を要する大径材からの木取りを支援する製材木取り補助システムの開発を目的に、画像処理技術を用いた原木の外観形状計測システムの開発を行った。

## 2. 大径材用製材外観形状計測システムの開発

### 2.1 システムの概要

大径材用製材木取り補助システムについては、道内の種々の生産規模の製材工場に幅広く普及させることが目標となる。そのためには製材オペレーターの経験の浅深や製材機械の能力差によらず、木取りに関して提供できる情報や技術レベルの整理が必要である。同時に各工場の生産目的や生産量に合わせた導入可能な技術のメニューづくりも必要となる。

小規模の製材工場については、製材オペレーターが木取りの際に参考となるような情報や画像を提供することが目標となる。また、ある程度の生産量が見込まれる量産型の工場については、第一鋸断面を自動で決定するシステムづくりを考えることが必要となる。このためには原木形状を計測し、効率的な木取りパターンを提示する必要がある<sup>1, 2)</sup>。

### 2.2 原木外観形状計測手法の検討

原木の外観形状計測手法として、センサによる接触式、光切断法等による非接触式が考えられる。どちらも外観形状を計測しながら、回転方向または長手方向への移動を行うことで、全体形状を計測する。図1に回転・接触式の外形計測装置の一例を示す<sup>1)</sup>。

システム開発においては、従来装置との兼ね合いや計測精度、コスト等により手法を選択する必要がある。このため本報では、既設の製材機に設置可能なシステムとして開発することが、製材工場へ導入するための知見が得やすいと考え、このための形状計測手法を検討し、送材車付き傾斜帯のご盤(以下本機、図2)へ搭載するための計測システムとして開発を行った。

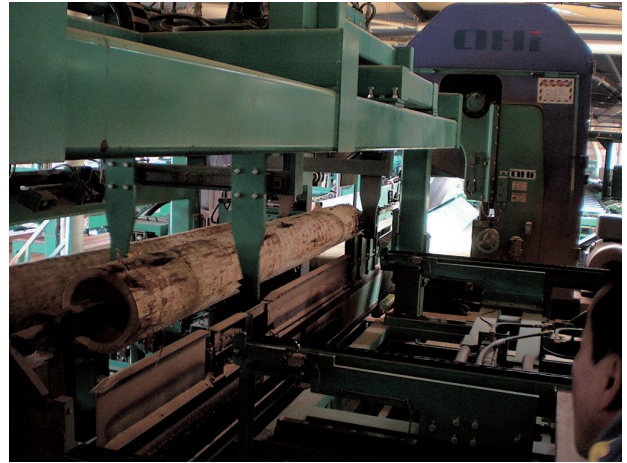


図1 回転・接触式外形計測装置例



図2 送材車付き傾斜帯のご盤を使った製材

### 2.3 計測手法の検討

本機では、原木を回転・移動する機構を有していることから、この機能を活用する。基本的な計測原理は、原木を回転させながら、両木口、側面を撮像した3画像から、外観の輪郭線を抽出して、一回転分のデータを統合することで外観形状を取得する。図3に概念図、以下に要素技術を示す。

#### a) 回転角度、平行移動量計測処理の検討

本機の回転機構は、切断するための位置合わせ機構であるため、回転軸を固定することはできない。このため、回転しながら撮影した連続画像(図4)の位置が一定ではない。本報では、木口図形の重心を基準点として統合する計測手法を検討した。ここでは、原木の上部切断面である末口側の木口図形を基準として、最初に獲得した画像から重心と輪郭線を求め、図形の傾き(重心周りの方向主軸)を算出した。これ以降の画像では重心と傾きを算出し、基準画像に対する傾きのズレを回転角、重心座標のズレを平行移動量として算出した。元口側の画像からは、重心のみを計測し、平行移動量のみを算出した。

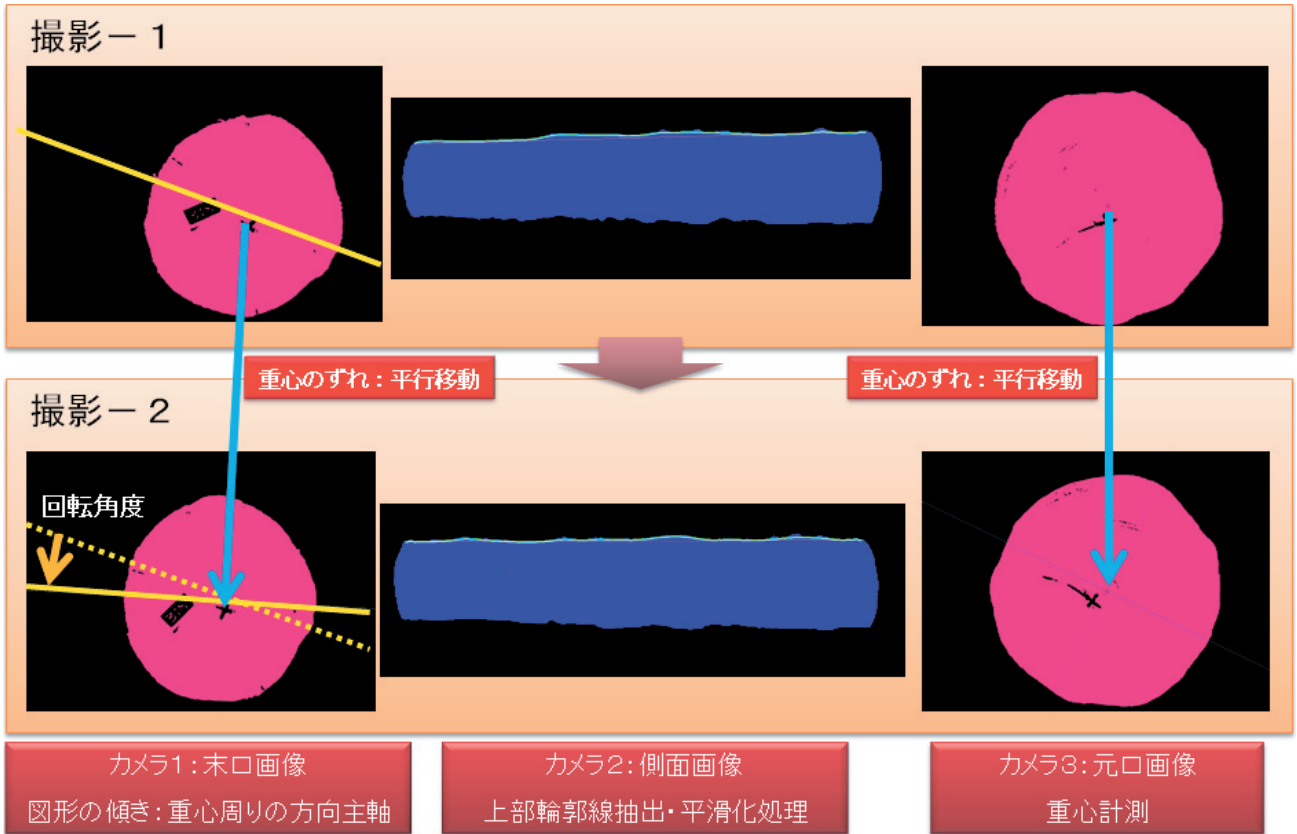


図3 画像処理概念図

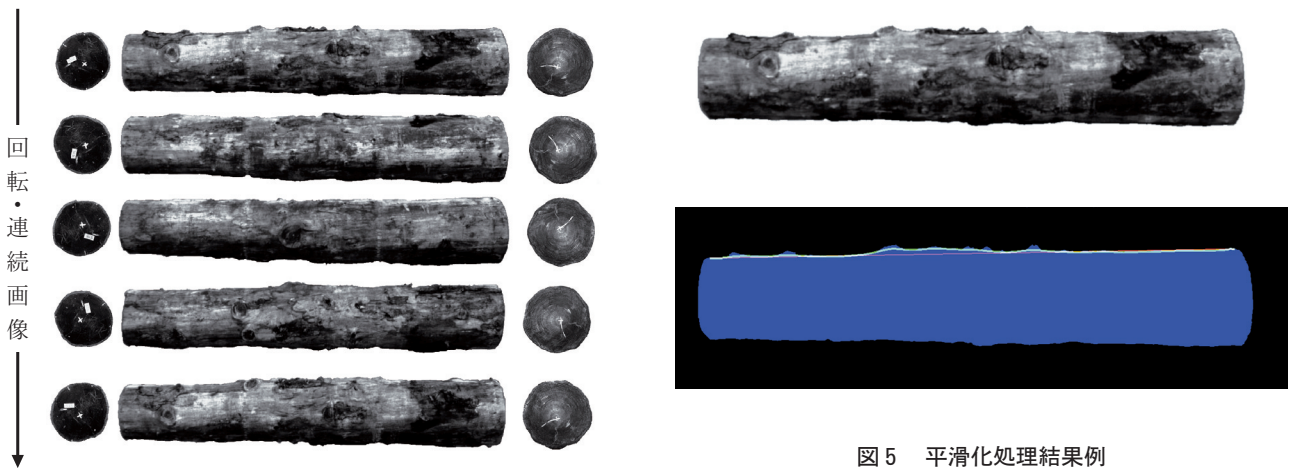


図4 連続撮影画像例

図5 平滑化处理結果例  
(上: 原画像、下: 処理結果)

**b) 側面上部輪郭線平滑化处理の検討**

原木の側面に現れる節等に起因する凹凸が原木形状評価の妨げになっていることから、平滑化处理を行い、原木における有効製材部分を決定することが必要である。平滑化处理は、上部輪郭データに対して、領域を可変（20画素～50画素）にして座標値の平均化处理を複数回行った。このとき、単純に平均化处理を行うと、凸部により輪郭データから乖離する場合があるため、最初は平均化处理結果が原木図形外に離れた場合、輪郭データにフィッティングする処理を付加した。領

域を可変にしたことで様々な大きさの節等に起因する凸部の影響を低減して、原木の大局的な形状を抽出できた（図5）。

さらに、両端を結んだ直線から膨らんだ輪郭線までの幅の最大値を曲がり矢高位置とした。

**c) 樹心計測処理の検討**

樹心の近傍では割れなどが生じる場合も多く、製材を行うにあたって樹心位置計測は重要な要素技術である。

木口画像の年輪情報から樹心位置を画像処理により計測す





図6 樹心にチョークで印をつけた原木木口面の例

る手法が考えられるが、様々な製材工場などにおける撮像条件等を想定した場合に現実的ではない。このため、樹心位置を明確化することが可能となれば画像処理に係るコスト低減に寄与することができる。そこで、製材前に樹心位置をチョークにて●印をつける（図6）ことで、明確化が容易となる。白いチョークは照明の反射効率が良く、木口に対して明るくなることから、樹心位置周辺画像を切り出し、2値化処理を施し、ノイズ除去を行い得られた図形の重心を算出することで樹心位置計測を行った。

## 2.4 計測システムの構築

これまでに検討を行った計測処理を統合して、外観形状計測を実行するための計測システムを構築した。システム構成は、両木口および側面を撮像するための3台のカメラと各照明装置（ハロゲン光源）、画像処理装置（MS-Windows 7 PC）から成る。図7に全体図を示す。統合して外観形状を計測するための処理フローを以下に示す。

- ① 3台のカメラで同時に撮影
- ② 木口画像から、木口図形を抽出
- ③ 木口図形から重心、図形の傾き、輪郭を抽出して、回転・平行移動量を算出
- ④ 木口画像から樹心を計測
- ⑤ 側面画像から上部輪郭線を求め、平滑化処理を施し、③で得られた平行移動量分補正
- ⑥ ⑤で得られた側面上部輪郭線は、木口図形の上端部と統合
- ⑦ 原木を回転させながら、①～⑥を一回転分繰り返すことで全周分の輪郭線（外観形状）が取得できる。

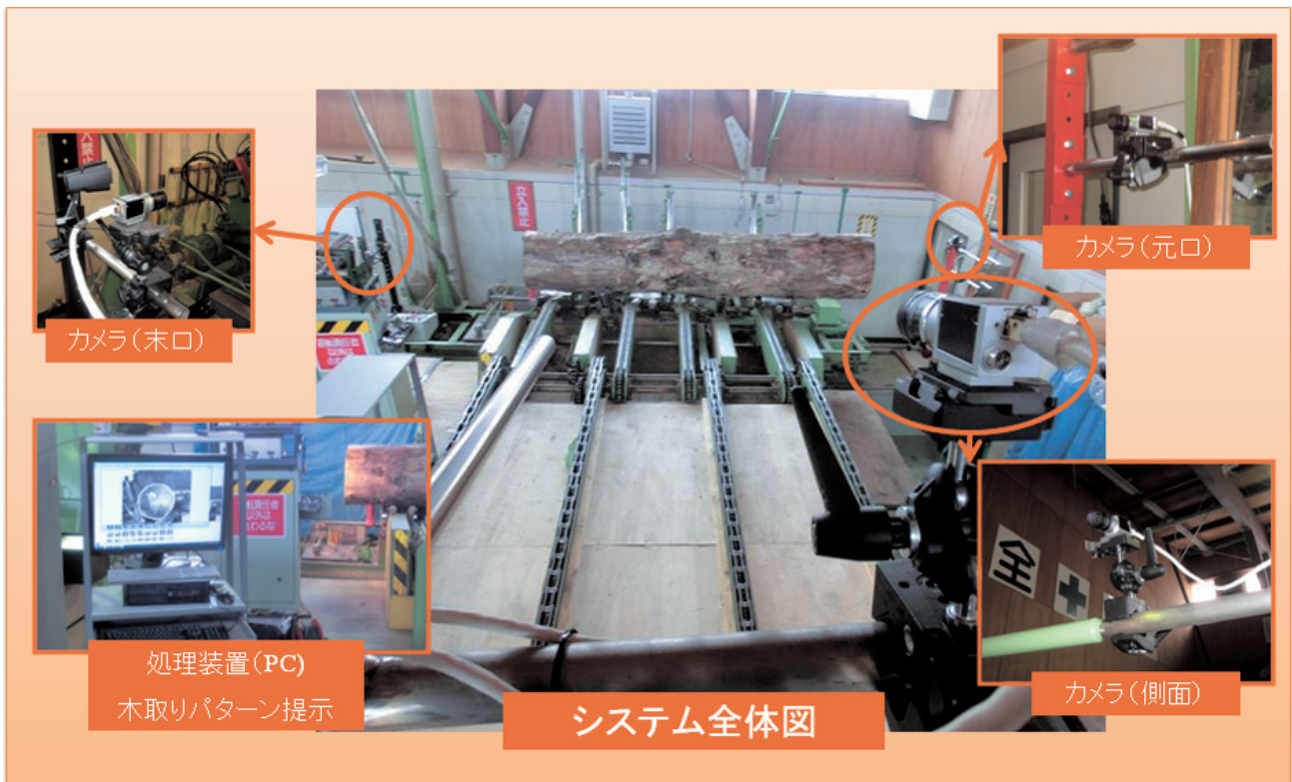


図7 システム全体図

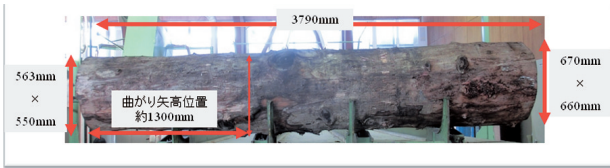
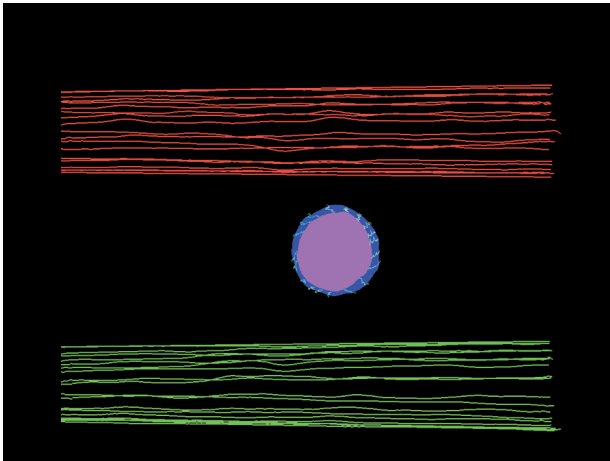
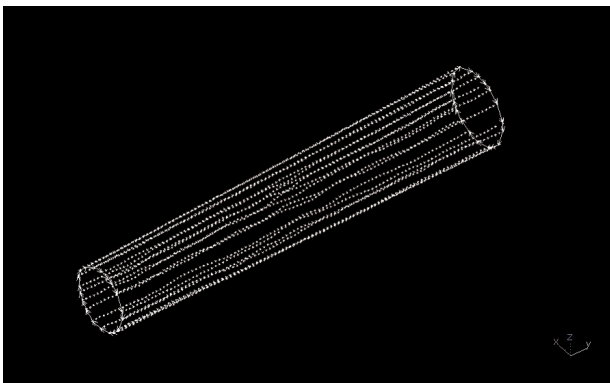


図8 計測対象（原木）



a) 三面図表示例



b) 3次元表示例

図9 外観計測結果

## 2.5 形状計測試験

計測対象とした原木を図8に示す。

本手法では、形状を計測するためには、1) 撮像毎に処理を行うか、2) 全周分の画像を取得した後にまとめて処理を行うことが考えられる。2) の場合には、処理時間分回転が進むため、精度良く計測するためには高速な処理が必要となる。また、2) の場合は、多数の画像（撮像回数×3シーン）を保持している必要があり、多くの画像メモリが必要である。本システムでは、1) の撮像毎に処理を行い、全周を約20～30回程度の撮像・処理を行えることが確認できたことから、原木形状計測としては、十分な処理量が得られたと思われる。外観形状計測結果例を図9に示す。

## 3. 大径材用製材木取り補助システムの開発

### 3.1 木取りプログラムの作成

木取りプログラムは、カラマツ大径材の製材工程を支援することを目的に、径級や曲がりなどの情報を基に最適な木取りパターン候補を提示するものである。本プログラムでは原木形状（末口・元口の断面形状ならびに軸方向の曲がり）から、丸太モデルを再現し、指定した製材条件に従って、予め作成した木取りパターンを自動選択し、提示する（図10）。なお、現在の木取りパターンは、熟練者への調査等をもとに、径級や心位置などに応じて作成したもので194種類を有する。

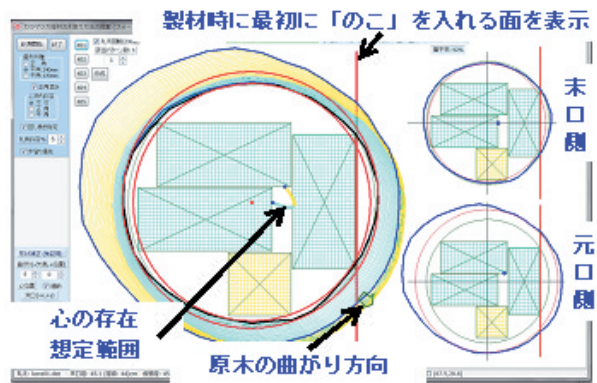


図10 木取りプログラム実行例

### 3.2 木取り補助システムの構築

原木の形状計測が可能であることが確認できたことから、木取りプログラムとの統合を図り、木取り補助システムを構築した（図11）。木取りプログラムが形状計測システムで用いた処理用PC上で動作することでシステム構成を簡素化できる。本システムでは、形状計測処理終了後に処理結果を木取りプログラム用のテキストファイルとして保存した後、木取りプログラムを起動することで、統合化を図り、一連の機能を実現した。木取りプログラムは、両木口の輪郭データと曲がり（矢高データ）から木取りパターンを提示するため、次に示す通り、計測フローを簡略化して実装した。

- 3台のカメラで同時に撮像を行う。
- 側面画像から上部輪郭線を求め、両端を結んだ直線からの距離が最大となる座標を曲がり矢高データとして算出する。
- b) で求めた矢高データがこれまでの矢高データと比較して最大値の場合、木口画像を保持する。
- 回転させながらa)～c)を一回転分繰り返す。
- 最終的に最大矢高を頂点とする木口画像が保持されているため、この木口輪郭、樹心を計測する。
- 計測結果をテキストファイルに保存し、木取りプログラムを起動する。

### 3.3 木取り補助システムの動作試験

構築したシステムの動作試験を行った。この結果、木口輪郭形状を抽出して、最大矢高（曲がり）が計測できた（図12）。さらに、計測処理結果を取得し、木取りプログラムを起動させて、木取りパターンが提示できることを確認した（図13）。

本システム開発では、既設の製材機に搭載することを前提に進めてきた。このため、撮像環境も従来通りの開放的な環境で構築せざるを得なかった。このため、背景と原木の分離が難しい場合があり、さらに、日射の影響等により作業時間帯で画像処理条件が変化するなど、計測条件が非常に厳しかった。システムをより安定的に動作させるためには、遮光などを行い、撮像環境の変化がないシステム構築が重要である。

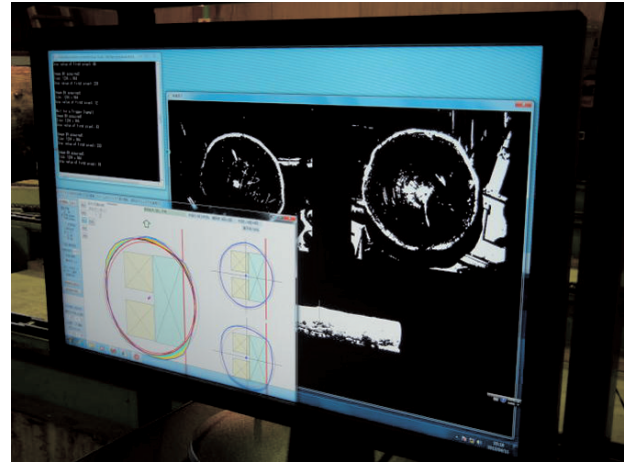


図13 計測結果および木取りパターン表示例

## 4. まとめ

本報では、画像処理技術を用いた形状計測システムを開発し、木取りプログラムと統合して、木取り補助システムを構築した。さらに、動作試験により形状計測が行え、木取りパターンの提示ができることを確認した。これにより、既存の製材機に搭載するための木取り補助システム構築のための技術蓄積を図ることができ、道内の中小製材工場で活用するための技術移転を行うための知見が得られた。今後は、本システムの普及を進め、実用化を図っていくための活動を行っていく。

## 引用文献

- 1) 伊藤洋一，白川真也，高橋裕之他，重点研究報告書「カラマツ大径材による建築用材生産技術の検討」（2012）
- 2) 高橋裕之，飯島俊匡，本間稔規他：林産業に向けた画像処理技術応用開発事例，技術移転フォーラム2012 工業試験場成果発表会プログラム・発表要旨 pp.5-7（2012）
- 3) 高橋裕之，本間稔規，飯島俊匡：カラマツ大径材により建築用材生産技術の検討，工業試験場技術支援事例集2012 pp20（2012）

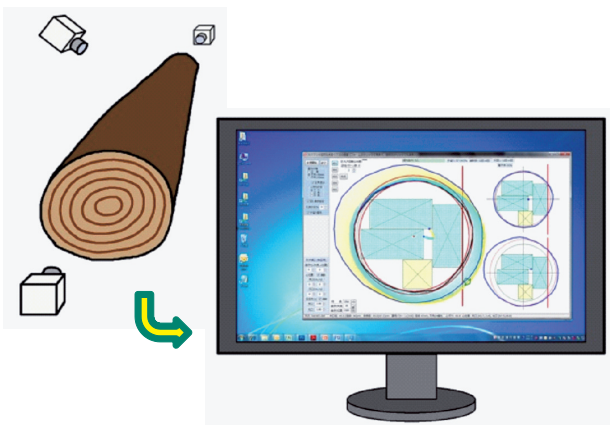


図11 原木形状の取り込みイメージ

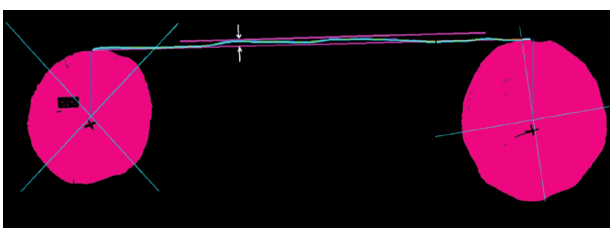


図12 計測処理結果のイメージ