

別 紙

論 文 の 内 容 の 要 旨

生 物 材 料 科 学 専 攻
平成 22 年度博士課程 進学
氏 名 瀬 戸 亨 一 郎
指 導 教 員 名 稲 山 正 弘

論文題目 画像解析による原木材積測定法の開発と
年輪紋様の情報化に関する研究

国産材の利用を推進するため原木の流通コストを低減し、林業の採算性を向上させることは緊急の課題である。原木の流通取引において材積計測が必須工程であるが、伐採現場での材積計測システムが確立してないため売主と買主の信頼関係が構築できていない。そのため流通コストのかかる原木市場や共販所等に配送し、依存せねばならないことが、林業の不採算要因の一つとなっている。そこで伐採現場等での材積計測システムを開発・定着化させ、伐採現場から工場等への直送販売体制の構築を推進するためのシステム開発を行った。複数台のデジタルカメラにより、原木の末口面を撮影した画像を三次元認識することにより径級を測定し、図 1 のように三角測量の原理を応用して材積を計測するシステムである。精度について

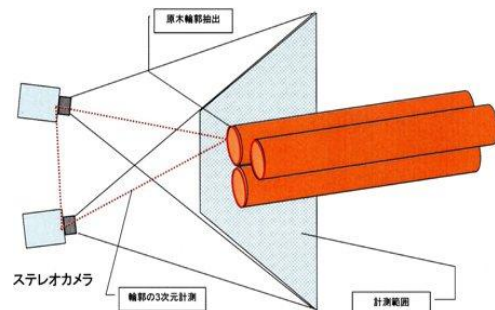


図 1 三角測量の原理

ては、人力検知との誤差は 5%以内となり、既存の測定機である選木機の精度と比較しても遜色なく、実用化に充分対応できるものであった。なお、材積計算法は日本農林規格 (JAS) によるものとした。

この計測システムは、図 2 のように、小型で可搬性に優れ伐採現場や中間土場や工場等のいかなる場所でも測定可能であり、計測時間や GPS による測定場所を特定し信頼性の高い集計帳票を発行できる。また、従来原木市場や共販所に頼っていた計測業務を山側が主体性をもって迅速に行える利点がある。材積計測が、いつでも、どこでも、誰でも可能な可搬式システムの開発は、山側に売買の主導権を取り戻させ、原木流通の現状を大きく変化させる可能性がある。測定システムの概略を図 3 に示した。

また、図 4 のような原木流通管理システムを構築した。この測定機のデータをクラウド化し、一元管理システムにより、単なる検知業務の合理化だけでなく、測定値を全てデータベース化し、遠隔地の伐採現場毎の作業進捗状況の把握やコスト管理を容易に行えるようになった。

これにより林業現場の生産管理が容易になり、原価管理のしっかりした林業経営を行うための一助となりうる。また、地図上に生産量をプロット出来るため、行政区画毎の素材生産量把握等の統計調査に利用できることもわかった。

次に、図 5 で示すような材積測定を行うために撮影した原木の木口面の画像データは伐採位置と時間が特定されており、



図 2 測定の様子

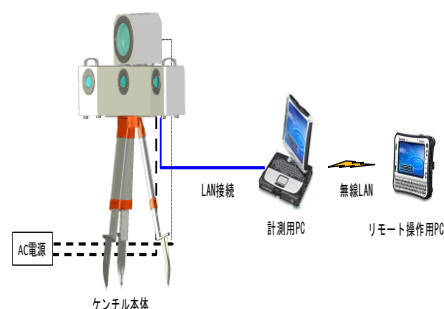


図 3 測定システムの概略



図 4 原木流通管理システム



図 5 測定画面の写真

これを利用することにより新たな付加価値を生めないかと考え、木口面の年輪紋様の画像を情報化し、人間の指紋のように個体識別に利用できる可能性について研究した。木材の個体識別法として IC タグやバーコードを添付する方法が研究されているが、これは脱落の心配や加工時に支障が生じる場合があり、年輪という個体の特徴を情報化することにより、確実に経済的

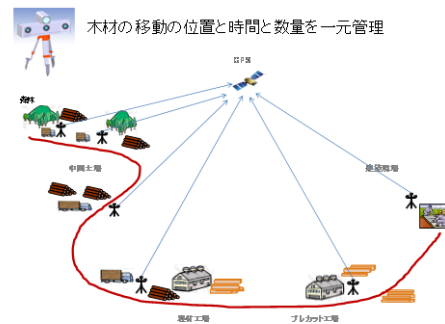


図 6 木材の流通

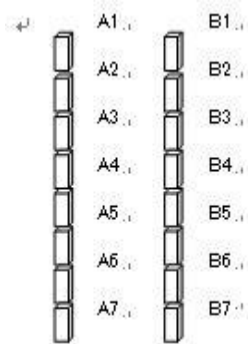


図 7 7ヶ所カット位置

な個体認識方法にならないかと考えた。木材の流通は図 6 に示す通り複雑で広範囲にわたるが、この履歴を表示する技術開発が出来れば、合法性の判別や各種認証材の識別や産地の特定等に応用できる可能性がある。本研究は、そのきっかけとなることを目標とした。

まず、スギ乾燥材の平角材について、図 7 のようにカットした木口面画像を図 8~13 のように加工し、91 通りについて、同一個体間の年輪紋様の画像と、異なる個体間の年輪紋様の画像の正規化距離を求め、両者を識別する最も良い正規化距離の閾値を求めることにより、同一個体か異なる個体かを識別することが、ある程度可能であることが分かった。(表 1) しかし、材の曲がり等により、その閾値の最適値の決定は困難であり、識別能も高くなかった。

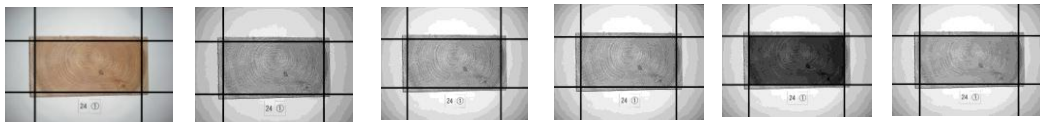


図 8 トリミング 図 9 グレー化 図 10 画素の縮小 図 11 平滑化 図 12 引下げ 図 13 引上げ

この結果を踏まえ、より識別能を上げるために年輪の中心位置を考慮した特定の矩形領域での、画像間の比較（正規化距離の計算）が有効であろうと考えた。つまり得られた木口面の画像から、その年輪中心の位置が特定できれば、その芯部分を中心に、固定された大きさの領域の画像間の比較（正規化距離の計算）を行うことにより、より識別能を上げられるのではないかを検証した。

年輪中心位置を特定する方法として、まずテンプレート・マッチングによる年輪の中心の位置決めを試みた。図 14 に他の画像からのテンプレート・マッチングによる中心位置の例を示した。しかし、テンプレート画像によるマッチングでは、中心を正確に識別できるレベルではなかった。

次に年輪の中心位置を正しく識別するために、円のハフ変換を用いる方法を用いた。図 15 にハフ変換法による中心位置の例を示した。その結果、円のハフ変換法がテンプレートを用いるより対応性があり、実現可能性が高いことが分かった。

そこで二値化した画像を円のハフ変換法により、年輪の中心位置を自動判定し、その位置を中心とした矩形領域間の正規化距離を測定することにより、91 通りについて年輪紋様による材の個体認識を試みた。領域を補正する前の正規化距離と誤判別率の結果を表 1 に、補正後の結果を表 2 に示した。補正前の最適誤判別率は 23%で閾値 53 であったが、補正後の最適誤判別率は 2%で閾値は 55 であった。誤判別率向上のためにハフ変換法による中心位置を自動判別し、その位置を中心とした矩形領域での正規化距離の測定による個体識別法の有効性を確認した。また、年輪画像情報化による個体識別の実現ための予想される注意点や課題と対策についてまとめた。

表 1 補正前の正規化距離による誤判別確率

距離	50	51	52	53	54	55	56	57	58
正判別数	68	68	69	70	68	68	66	65	65
誤判別数	23	23	22	21	23	23	25	26	26
誤確率	25%	25%	24%	23%	25%	25%	27%	29%	29%

表 2 補正後の正規化距離による誤判別確率

距離	50	51	52	53	54	55	56	57	58
正判別数	79	83	85	86	88	89	87	86	86
誤判別数	12	6	6	5	3	2	4	5	5
誤確率	13%	9%	7%	5%	3%	2%	4%	5%	5%

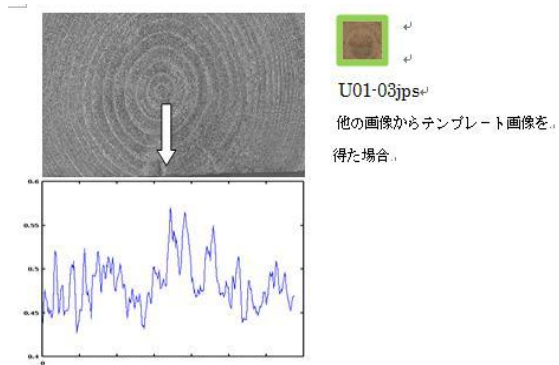


図 14 他の画像からのテンプレートの例

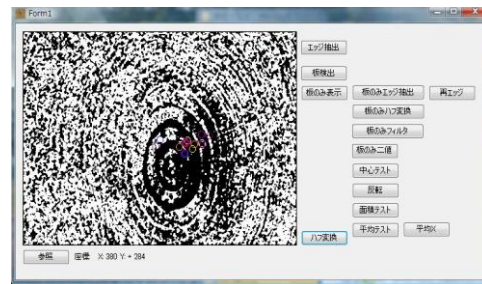


図 15 ハフ変換による中心位置