

## 自動形状選別装置の開発

山崎 亨 史

### はじめに

自然の産物である丸太を原材料とする製材業では、これまでは大径で良質の天然木から作業者が経験や勘によって価値歩留まりが上がるように製材を行ってきました。しかし、このような製材を行える大径良質な原木は減少し、人工林木を含め曲がり、ねじれ、節などの多い中小径低質なものが増えてきているのが現状です。

一方、製材業を取り巻く環境は、需要の停滞、それに伴う製品価格の低迷、製品輸入の増加、非木質の工業製品との競合によるシェア低下などの問題を抱えています。また、木材産業は製造業の中で製造原価が高く、低収益であることが指摘されています<sup>1)</sup>。

このような状況から、現在の製材業には価値歩留まりの重視よりも能率向上によるコストダウンを図ることが重要となります。あわせて、熟練し

た作業者の高齢化、人手不足などを補うため、作業の合理化も図らなければならなくなってきました。

また、加工・組立工程を中心とする住宅構造用部材生産のF A化システムの開発に際しては、住宅の施工スケジュールを基本とした部材の・安定供給が必要であり、それにともない原材料となる製材の適正な供給管理が不可欠となります。しかし現在の製材の方式は多様な販売対象を背景とした見込み生産が主体となっており、今回想定した一連の木材加工工程の中で加工・組立工程の生産管理システムと密接に結びつくような効率的な製材システムとはなっていません。

そこで、製材工場の生産性の向上を図るとともに製材品の生産管理を行う上で重要となる材料の選別技術の自動化に着目し、製材工程の中で価値歩留まりに大きく影響する小割り工程の自動化を

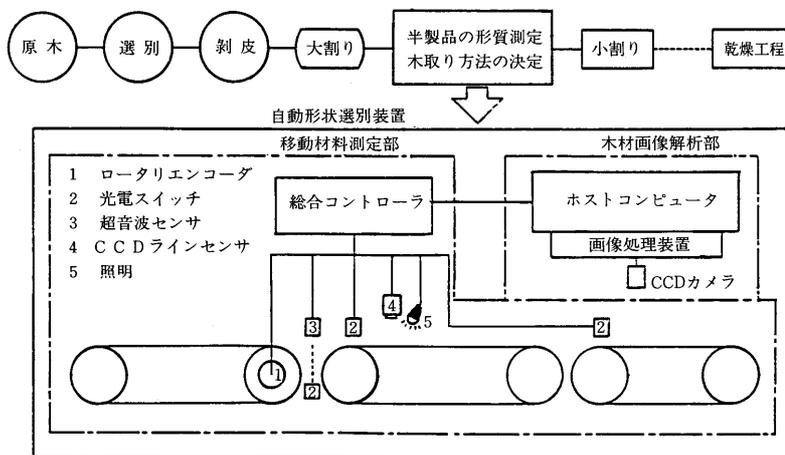


図1 自動形状選別装置の概念

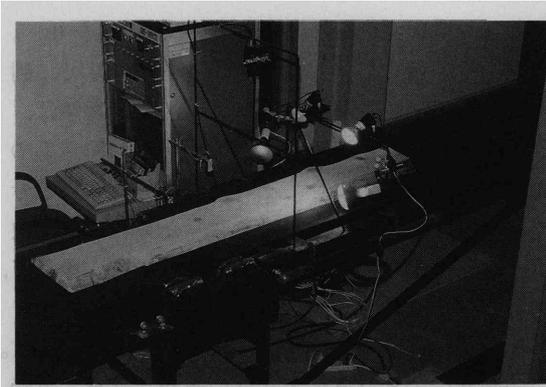


写真1 自動形状選別装置による耳付き材の測定

目指した自動形状選別装置の開発に着手しました(図1)。

この自動形状選別装置は、大割り工程と小割り工程の間に組み込むことを想定しています。このため小割り機械の能力と同等以上の能率で測定できる必要があります。そこで自動測定を行う際、大割り機械(送材車付き帯のこ盤)から小割り機械への搬送の間に測定できるようにコンベアにセンサ類を取り付け、材料が移動している間に測定する方法を採用しました。材料の形状は1枚ごとに異なるため各センサは非接触型としています(写真1)。

### 材料の形を測定する

耳付き材の木取りを決定するには、まず必要となる材料が採れるかどうか判断するため、その耳付き材の寸法を知る必要があります。

そこで、コンベア上を移動する耳付き材の形状を自動的に測定する方法として次のような方式を採用しました。

厚さは超音波センサを用いて、あらかじめ求めたセンサー基準面距離と材料を検出した際のセンサー材料距離の差から求めます(図2)。

長さはコンベアのローラの軸に取り付けたロータリエンコーダを用い、光電スイッチが材料を検出している間のパルスカウント値とローラの周囲長から算出します。

幅に関しては、材積歩留まりだけで木取りを決めるならば木表幅だけでいいのですが、価値歩留

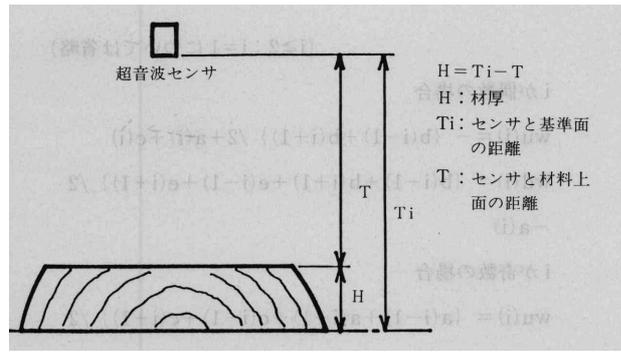


図2 材厚の測定方法

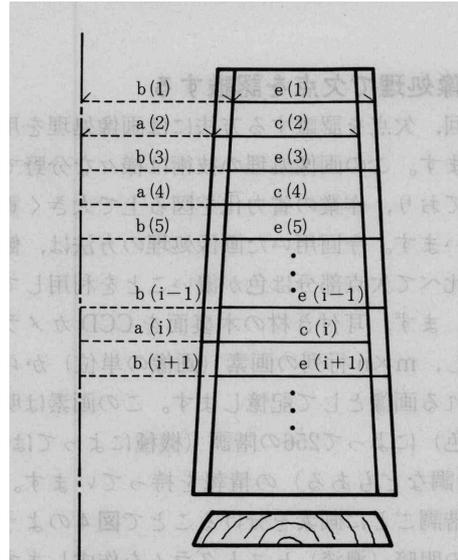


図3 木表と木裏の幅測定方法

まりを考慮して木取りを決めるならば、節の立体的な形状が必要となります。その立体形状を求めるにはその耳付き材が丸太の状態、髄からどれだけ離れているかを推定しなければなりません。この推定に木裏の幅も必要となります。そこで木表幅と木裏幅を同時に測定するため、材料の左右斜め上の照明を交互に点灯させることにより丸身(耳)部分に影を作ります。この状態で明るい部分の長さや基準点からの距離をCCDセンサで測定し、次の式によって測定位置  $i$  における木表幅  $wu(i)$  と木裏幅  $wd(i)$  を測定します(図3)。このためには背景を黒くしておく必要があります。

(i : i=1については省略)

i が偶数の場合

$$Wu(i) = -\{b(i-1)+b(i+1)\}/2+a(i)+c(i)$$

$$Wd(i) = \{b(i-1)+b(i+1)+e(i-1)+e(i+1)\}/2 - a(i)$$

i が奇数の場合

$$Wu(i) = \{a(i-1)+a(i+1)+c(i-1)+c(i+1)\}/2 - b(i)$$

$$Wd(i) = -\{a(i-1)+a(i+1)\}/2+b(i)+b(i)$$

### 画像処理で欠点を認識する

今回、欠点を認識する方法には画像処理を用いています。この画像処理の技術は様々な分野で使われており、作業の省力化を図る上で大きく貢献しています。今回用いた画像処理の方法は、健全部に比べて欠点部分は色が濃いことを利用しています。まず、耳付き材の木裏面をCCDカメラで撮影し、 $m \times n$ 行列の画素（画像の単位）から構成される画像として記憶します。この画素は明るさ（色）によって256の階調（機種によっては64、512階調などもある）の情報を持っています。次に、階調ごとに画素を分けることで図4のような画像の明暗（濃淡）ヒストグラムを作成します。このヒストグラムを用いて健全部の山と欠点の山の間にしきい値（境界とする値）を求め、このしきい値を境に2値化を行います。2値化とは複数の階調からなる画像をしきい値を境に2つの階調に分けることをいいます（今回の場合、しきい値

以下となる欠点部分を階調 255、それ以外を0）。今回しきい値を自動的に決定する方法として、判別分析法<sup>2)</sup>を用いました。2値化された画像は、ラベル付けという処理によって隣接した同階調の画素をひとまとめにし、その連結成分ごとに番号を付けます。この番号付けを行った連結部分が欠点であり、番号の数が欠点数となります。そして、画素の行・列番号が欠点の座標位置を表し、行・列それぞれの最大と最小の差が大きさとなります。この画素による位置と大きさの値から計算で実際の大きさを求めることができます。ただし、この段階では欠点以外の細かいノイズを含んでいるので、一定以下の小さい成分はノイズとして取り除きます。

### 木取りの自動化を図る

以上のようにして得られた形状と欠点のデータは、耳付き材を小割りする木取り方法を計算することに利用されます。

木取り方法を決めるにあたって、まず木表の形状から材料を採ることのできる有効幅を求めます。次に有効幅から材種と本数を求め、組み合わせと採材位置の異なっていくつかの木取りパターンを考えます。木取りパターンごとに各材料のJAS等級と材種によって決めた価値数を計算し、そのパターンの総価値数を求めてそれらと比較し、総価値数の最も高くなったパターンを最適木取りとします。今回作成したプログラムは、等級決定に最も影響する節に対象を絞りました。

JAS等級を求めるためには、製品の各材面に現われる節の大きさを求めなければなりません。それには節の立体形状の推測が必要になります。そこで、耳付き材の厚さと木表・木裏の幅の値を用いて髄からの距離を推定します。この場合、元の丸太の断面が円であり、髄はその円の中心にあると仮定しています。次に、髄からの距離と厚さを用いて木裏で認識した節の木表での位置と大きさを算出します。この場合にも、節が髄を頂点とする円錐であるという仮定を用いています。

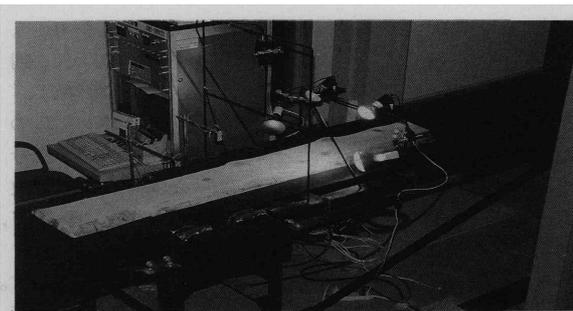


図4 画像の明暗階調ヒストグラム

## 試作機の性能

試作した自動形状選別装置で耳付き材を測定した結果を簡単に述べると次のようになります。

厚さについては、ほぼ正確な値が得られました。しかし、バラツキを考えると歩切れの検出には向いていないことが分かりました。

長さについても、ほぼ正確な値が得られました。しかし、この方法では材料とコンベアの上に滑りがあると実際より大きい値となるので注意が必要です。

幅については、木表で実際より大きい値の場合があり、バラツキも大きくなっていました。この原因としては、木表幅と木裏幅の差が大きく耳部分の傾斜が水平に近い場合、**図5**のように本来影となるべきところまで照明があたってしまうためと思われます。しかし、このような耳付き材は丸太の外側に近いものであり、大割り段階で外側からは板などの薄いものを採り従来どおりの小割りを行うことで解決できるでしょう。木裏幅についてはほぼ正確な値が得られました。しかし、バラツ

キもあります。その原因としては木表にも共通することですが、算出する際のデータの半分はその位置の前後の実測値で推定した値を用いているため、凹凸がある場合に対応できていないことが原因の一つと思われます。

節の認識については、10mm以上の節の8割強を認識することができました。大きさについては横（幅）方向、縦（長さ）方向ともバラツキがありました。実測値に対する測定値の比の平均は横方向ではほぼ1.0となっています。これに対し、縦方向は実際より大きい値となっています。これらの原因として、色のはっきりしない節は実際より小さく認識することが多いのに対し、大きく認識するものは節を変色など他の欠点と一緒に認識してしまうためと考えられます。ただし、縦方向については、節径比の算出に関係しないのでJAS評価のうえでは特に問題はありません。

画像処理の結果例を**写真2**に示します。白い部分が欠点として認識した部分です。

測定に要する時間は、1枚の測定には形状測定約20秒、画像処理約20秒のあわせて約40秒となっています。しかし、形状測定を終え画像処理を始めた段階で次の材料の形状測定を始めることで20秒に1枚処理することができます。

## 自動形状選別装置の有効性

試作した装置を用いて耳付き材を測定し、そのデータで決定した木取り方法に合わせて実際に挽材した製品の等級と木取り決定の際に推定した等

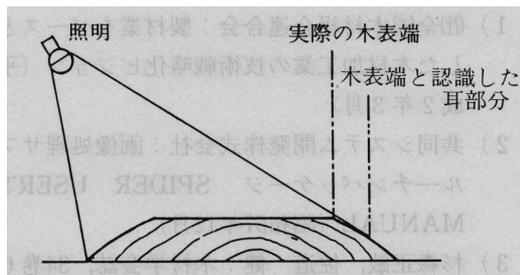


図5 木表幅の誤差原因

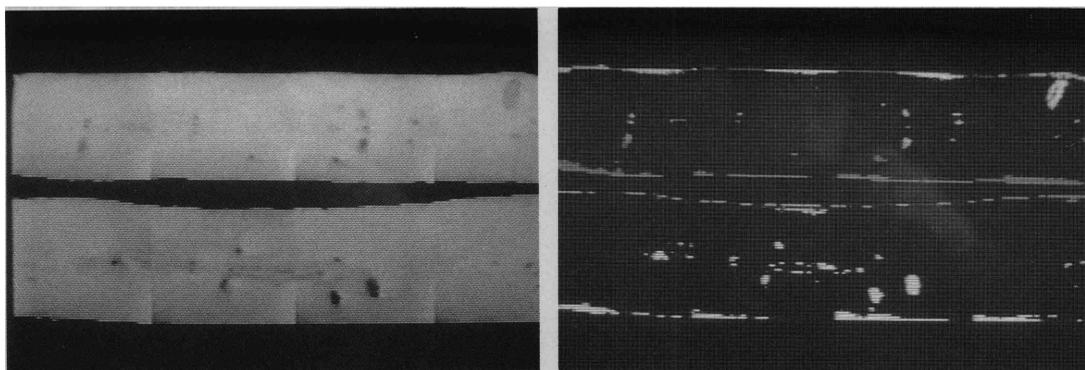


写真2 画像処理による欠点の認識（左：生画像 右：結果）

表1 推定等級と実測等級の比較

出現率 (%)		注)
+ 2	4.5	+ 過大評価
+ 1	22.7	0 適正評価
0	31.8	- 過小評価
- 1	22.7	
- 2	18.2	

級の比較を行いました。結果を表1に示します。この表では、実測等級より推定等級が2段階上になった場合を+2（例えば、実等級2等に対し推定等級が特等である）というように表しています。

この結果、推定等級と実測等級が同じ（適正評価）となったものの出現率は32%と約1/3でした。利用上安全側となるマイナス（過小評価）となったものは41%で、逆にプラス（過大評価）となったものは27%でした。過大評価の原因としては、節を節以外の欠点と誤認したり、欠点として認識できなかったことが挙げられます。これに対し、過小評価の場合は、木裏の節から木表の大きさを推定する際、実際より大きく推定することにより、これは推定の際用いた節を円錐と仮定しましたが、実際には初めのうちは円錐状で、途中からそれまでよりも肥大量が小さくなるためです<sup>3)</sup>。この他に両者の原因として、仮定した髓の位置と実際の位置とのズレなどが挙げられます。

### おわりに

小割り工程の自動化を図るため、自動形状選別装置の開発を進めてきました。人手不足が問題に

なっている現在、製材業でも後継者の育成が思うように進まず、製材工場の3K（危険、汚い、きつい）対策が叫ばれています。一方、今回の測定対象の耳付き材は厚さ54mm、幅30cm、長さ3.65mの生材であり、重さは50kgにもなります。人間がこのような重量のある耳付き材の両面を見て木取りを決めるのは難しく、単純な木取りになりがちです。

これに対して、開発した自動形状選別装置では、現段階で等級の推定精度が約3割でした。このように試作機はまだ満足できるものにはなっていませんが、今後改良を重ね、製品の等級予測に基づく自動木取りが実現できるようになれば、道内の製材業にとって省力化という大きな課題の解決に貢献できるものと思われれます。

いずれにしても、この装置の精度を高めるには、節、腐れ、変色などの各種欠点の画像処理による正確な欠点認識、それらの木材内部での形態などの資料の収集・研究が必要でしょう。

### 参考資料

- 1) (社)全国木材組合連合会：製材業をベースとした木材加工業の技術戦略化ビジョン（平成2年3月）
- 2) 共同システム開発株式会社：画像処理サブルーチンパッケージ SPIDER USER'S MANUAL（昭和57年12月）
- 3) 杉森正敏, 佐道 健：木材学会誌, 34巻6号, 473 - 478（1988）

（林産試験場 製材科）