

針葉樹製材における小割り工程の自動化

- 自動小割り指示装置の試作 -

山崎 亨史
中田 欣作^{*2}

窪田 純一^{*1}

Automation of Resawing Process for Structural Lumber

- Trial manufacture of an auto cants measure system (optimizer foredger) -

Michifumi YAMAZAKI
Kinsaku NAKATA

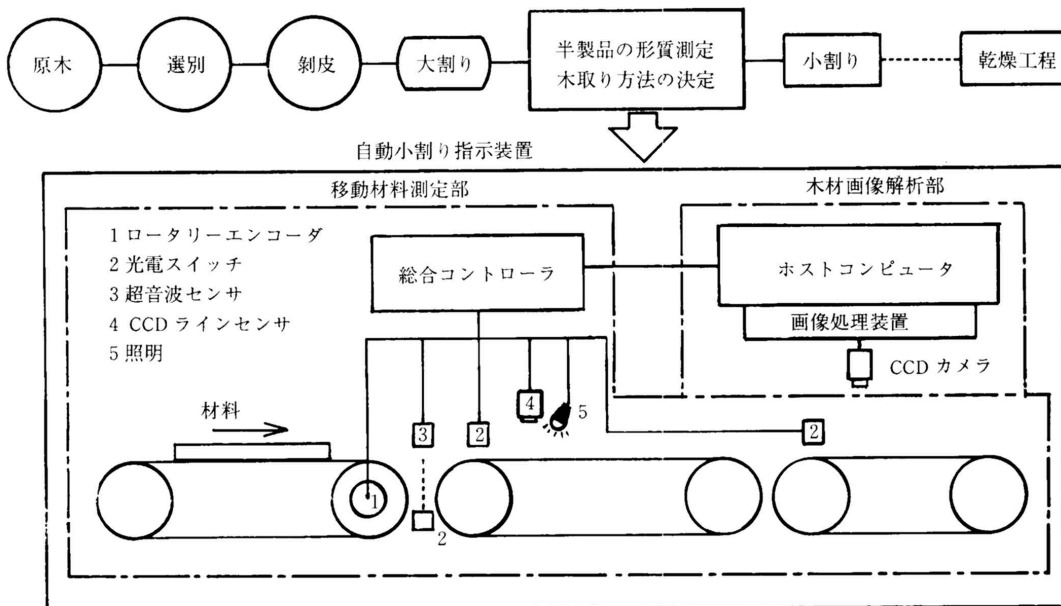
Junichi KUBOTA

1. 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、中小径低質なものが増えてきているのが現状である。

さらに、木材工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おり¹⁾、これから製材業が生き残るためには能率向上によるコストダウンが必



第1図 自動小割り指示装置の概略

要と考えられる。

そこで、製材工場の生産性の向上を図るとともに製品の生産管理を行な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目指した自動小割り指示装置の開発に着手した(第1図)。

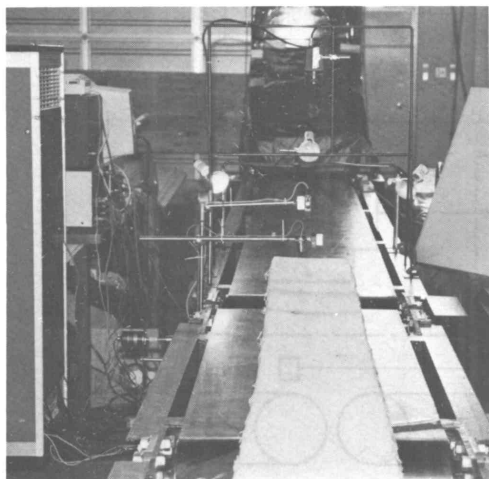
本研究は中小企業庁補助による「木材高度利用複合化システム開発事業」の一部として行われたもの²⁾で、平成3年度日本木材学会北海道支部研究発表大会(1991年10月、旭川市)において発表したもの³⁾の要旨である。

2. 自動小割りの指示装置の概要

2.1 形状測定方法

自動小割り指示装置は、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る。そこで自動測定を行う際、大割り機械から小割り機械への搬送の間に測定できるよう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とした(第2図)。形状測定方法は次のとおりである。

厚さについては超音波変位センサを用いて、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間距離の差から求める。



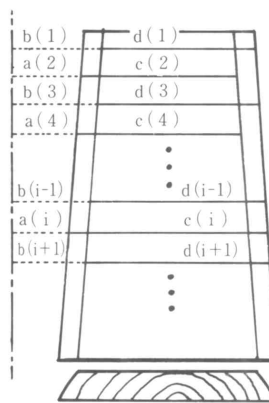
第2図 試作機による測定

左側に画像処理装置、ホストコンピュータ、コントローラ、奥に CCD カメラを取り付けた暗箱

長さはコンベアのローラーの軸に取り付けたロータリーエンコーダを用い、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ーの周囲長から算出する。

木表幅と木裏幅は同時に測定する方法として、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、この状態で明るい部分の長さ基準点からの距離を CCD ラインセンサで測定し、測定位置における木表幅と木裏幅を算出する。同一箇所でも左右のデータを測定するには搬送を止める必要がある。そこで実用上の時間的制限から、第3図に示す式を用いて算出した。この場合、背景を黒くする必要がある。

価値歩留まりの算出には欠点を測定をする必要がある。今回、欠点を認識する方法には画像処理(画像処理装置 ADS 製 PIP4000 及びホストコンピュータでの画像処理ソフト SPIDER)を用いた。画像処理の方法として、健全部に比べて欠点部分は色が濃いことを利用している。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)から構成されるデジタル信号の画像として記憶する。この画素は明るさによって 256 階調の情報を持っている。次



第3図 材幅測定概念

($i \geq 2$: $i = 1$ については省略)

i が偶数の場合

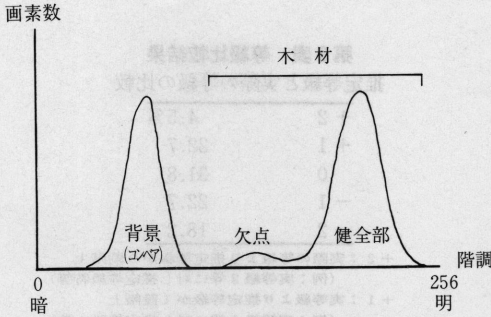
$$wu(i) = -|b(i-1) + b(i+1)| / 2 + a(i) + c(i)$$

$$wd(i) = |b(i-1) + b(i+1) + d(i+1) + d(i+1)| / 2 - a(i)$$

i が奇数の場合

$$wu(i) = |a(i-1) + a(i+1) + c(i-1) + c(i+1)| / 2 - b(i)$$

$$wd(i) = -|a(i-1) + a(i+1)| / 2 + b(i) + d(i)$$



第4図 画像の明暗(濃淡)ヒストグラム

に、画像の明暗ヒストグラム(第4図)を作成する。このヒストグラムを用いて健全部の山と欠点部の山(モード)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値化を行う。木材の場合、同一樹種でも色の違いがあり、固定しきい値では問題が多いため、しきい値を自動的に決定する方法としてモードがない場合でもしきい値を決定できる判別分析法⁴⁾を用いた。2値化された画像は、ラベル付け処理によって隣接画素を一かたまりの連結成分とし、その成分に一連の番号を付ける。そのラベル画像のラベル数が欠点の数となる。次に、ラベル画像の外接長方形の座標を求める処理により、位置と大きさを求める。この画素による位置と大きさの値に1画素当たりの実寸値をかけ実際の大きさに換算する。ただし、欠点以外のノイズも含むため、一定の大きさ以下を取り除いた。

2. 2 木取りの自動化

上記のようにして得られた形状と欠点のデータから、耳付き材を小割りする木取り方法を計算するプログラムを作成した。

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る。次に有効幅から材種と本数を求め、組合せと採材位置の異なっていくつかの木取りパターンを求め、木取りパターンごとに各材料の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ている。なお、試作ということで、価値歩留まりについてのみで木取りを決定したが、実用に際しては、

需要に応じた製品の生産については生産量のフィードバックによる調整が可能なプログラムにする必要がある。

等級を求めるためには、製品の各材面に現れる節の大きさを求める必要がある。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する。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る。

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する。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

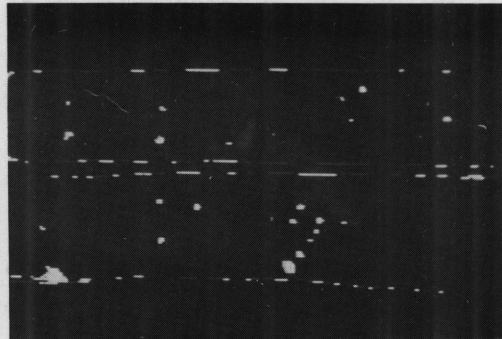
3. 性能試験結果

エゾマツ・トドマツ耳付き材を用いて試作した装置の性能試験を行った。形状測定結果を簡単に説明する。厚さについては、ほぼ正確な値が得られた。しかし、ばらつきを考えると歩切れの検出には向いていないことが分かった。

長さについても、ほぼ正確な値が得られた。しかし、この方法では材料とコンベアの間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となる。

幅については、木表で実際より大きい値の場合がある。この原因として、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、本来影となるべきところまで照明があたることによる。

木裏幅についてはほぼ正確な値が得られた。しかし、



第5図 画像処理結果を示すモニター

第1表 節の認識率

	10mm以上の節の認識率 (%)	
	白黒画像	赤色情報画像 (R 情報)
平均	86.7(86.7)	91.6(94.9)
最大	100.0(100.0)	100.0(100.0)
最小	50.0(50.0)	64.2(75.0)
標準偏差	16.8(16.8)	10.2(8.4)

() は節以外と判断した節を含む

第2表 節の大きさの測定精度

	測定値 / 実測値	
	横 (幅) 方向	縦 (長さ) 方向
平均	0.99	1.90
最大	5.00	9.25
最小	0.21	0.34
標準偏差	0.49	1.37

ばらつきも大きい。その原因としては木表にも共通するが、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る。

次に、欠点認識について画像処理の結果例を第5図に示す。白い部分が欠点として認識した部分である。節の認識結果を第1, 2表に示す。第1表の右の赤色情報画像とは、光の3原色である赤・緑・青 (RGB) のうち赤色情報だけを抽出し白黒同様に処理したものである。これは、画像処理による節の認識は他の2色に比べ赤色が有効であるという結果⁵⁾を参考にして、このように白黒より良い結果が得られ、10mm以上の節の約9割を認識することができた。これ以降は赤色情報画像を用いることとした。

大きさについては第2表のように横 (幅) 方向、縦 (長さ) 方向ともばらつきがあるが、実測値に対する測定値の比の平均は等級に影響する横方向ではほぼ1となった。これに対し、縦方向は実際より大きい値となった。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、大きく認識したものは変色等の他の欠点と一緒に認識してしまうためと考えられる。

次に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き材した製品の等級と木取り決定の際に推定した等級の比較を行った。なお、本試験は構造用製材の日本農林規

第3表 等級比較結果

推定等級と実際の等級の比較

+ 2	4.5%
+ 1	22.7
0	31.8
- 1	22.7
- 2	18.2

- + 2 : 実際の等級より推定等級が2段階上
(例: 実等級2等に対し推定等級特等)
- + 1 : 実等級より推定等級が1段階上
(例: 実等級2等に対し推定等級1等)
- 0 : 実等級と推定等級が同じ
- 1 : 実等級より推定等級が1段階下
(例: 実等級1等に対し推定等級2等)
- 2 : 実等級より推定等級が2段階下
(例: 実等級1等に対し推定等級格外)

第4表 手計測による実測値からの推定等級との比較

	本表の節から算出		木裏の節から算出	
+ 2	19.2%		7.7%	
+ 1	23.1		7.7	
0	34.6		53.8	
- 1	23.1		30.8	
- 2	0.0		0.0	

格の制定前に行っており、それ以前の規格に準じている。

結果を第3表に示す。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等に対し推定等級特等である) というように表している。このように、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31.8%と約半であった。利用上安全側となるマイナス (過小評価) となったものは40.9%で、逆にプラス (過大評価) となったものは27.2%であった。このような結果の原因としては、節を節以外の欠点と認識したこと、認識できない節があったことがあげられる。

また、節の立体形状の推定の影響も考えられる。そこで参考に手計測による形状及び欠点の実測値を用いて木取りを算出した際の等級比較結果を第4表に示す。この結果、装置による測定同様木裏の節を基にした場合、適正評価の割合が53.8%と高く、利用上安全側の過小評価は30.8%、過大評価は15.4%と低くなっている。これに対し、木表側の節から算出した場合、過大評価が最も多く42.3%、次に適正評価で34.6%、過小評価は23.1%であった。このように、木表の節から木取りを求める場合、過大評価の傾向が強くなり、逆に

木裏の節の場合、過小評価の傾向がある。これは節を円錐と仮定しているが、実際には節の発生段階では円錐状であるが、途中からそれまでより肥大量が小さくなるため⁶⁾と考えられる。すなわち、木表の節から心裏の大きさを推定した場合、実際よりも小さくなってしまい、逆に木裏から木表を推定すると実際よりも大きく推定してしまう結果を引き起こす。

4. おわりに

製材工程の合理化を目指す中で、製品の価値に最も影響する小割り工程の自動化のため、自動小割り指ホ装置を試作した。本装置は測定精度並びに欠点の立体形状の把握の点で問題が残る。しかし、エッジャなどの小割り機械と連動させた場合、これまでの材幅だけで木取りしていたのに比べ強度の高いものが得られるようになると考えられる。

構造用製材の日本農林規格は目視等級区分においてもそれ以前の規格より強度の面を重視した規格であり、節の位置について規定されている。材縁部と中央部の区別は節の心がある箇所では区別されるが、本方式では節の心の認識まで行うことは難しく、等級の推定の誤差はこれまで以上となると推測される。しかし、

採材する材料において欠点の位置をある程度指定することで、これまで以上に強度を重視した木取りが可能となると考えられる。

文 献

- 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弾力化ビジョン(1990)
- 2) 北海道林務部：木材高度利用複合化システム開発事業、第1部 要素技術研究開発成果報告、第2部、システム技術開発成果報告(1991)
- 3) 山崎亨史ほか2名：日本木材学会北海道支部講演集、23、10 - 14(1991)
- 4) 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(1982)
- 5) 大崎紘一ほか2名：日本機械学会論文集(C編)、53(490)、1291 - 1296(1987)
- 6) 杉森正敏ほか：木材学会誌、34(6)、473 - 478(1988)

- 技術部 製材科 -
 - *1 企画指導部 企画課 -
 - *2 奈良県林業試験場 -
 (原稿受理 15.3.19)