

割箸自動選別装置の開発

白川 真也
齊藤 光雄^{*2}

伊藤 博之^{*1}

A Development of a Half-split Chopsticks Automatic Sorting Machine

Shinya SHIRAKAWA
Mitsuo SAITOH

Hiroyuki ITOH

To save labor in manufacturing half-split chopsticks, we designed and tested a machine which was able to automatically sort them. Our machine was expected to perform all these processes: lining up chopsticks, removing large pieces, moving chopsticks without large ones sideways, removing small ones, and measuring the chopsticks selected thus. With that idea in mind, a trial machine was designed and built. Since it also was necessary to evaluate the quality of selected chopsticks, we had an image processor built in our sorting machine, and carried out sorting tests with this image-processor-built-in sorting machine. As a result, it was found that the machine performed its selection work satisfactorily without any problem that could become a trouble at all as far as sorting was concerned. The results of the experiments with the machine also are summarized as follows:

- (1) When chopsticks immediately after cutting was sorted, the rate of chopsticks of really good quality to chopsticks selected as good ones with the machine was 95.5%.
- (2) On the other hand, the rate was 91.4% when dried chopsticks were sorted.
- (3) The machine was able to soil 10.15 chopsticks per second immediately after cutting, and 5.07 dried chopsticks per second.

Keywords : half-split chopsticks, automatic sorting, image processing, labor saving

割箸, 自動選別, 画像処理, 省力化

割箸製造工程の省力化を目的に割箸自動選別装置を設計・試作し, 品質評価・選別試験を行った。結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 割箸の選別は断裁後, 整列 粗大片除去 横送り 小片除去 測定 選別の工程で行うこととし, 選別装置の設計試作を行った。試作した装置は, 問題となるようなトラブルは発生せず, 良好な作動が確認された。
- (2) 割箸の品質評価は画像処理装置を用いて行うこととし, これを選別装置に組み込み選別試験

を行った。その結果、断裁直後材は、良品として識別された中に良品が含まれる割合は95.5%であった。乾燥直後材の場合は同様に1等品が91.4%であった。

(3) 処理量は断裁直後材では10.15膳/秒、乾燥直後材では5.07膳/秒の処理が可能であった。

1. はじめに

近年、割箸の生産は中国等からの輸入の増加により価格面での競争が困難となってきたり、企業経営は苦しいものとなっている。また、農山村部での立地も多いことから若年労働者の都市部への流出が進み、このため従業員の高齢化が進んでいるとともに、人手不足・熟練作業員不足が深刻化しており、このまま推移すれば、操業規模の縮小に至らざるを得ない状況にある。

割箸製造工程の中でも特に選別工程は自動化装置の開発が遅れ、形状・変色等による製品の選別は人手に頼らざるを得ない状況にあり、また、特に習熟に期間を要する工程である。この部分での人手不足は即生産量の減少に結びつくため、早急に装置の自動化を進める必要がある。

割箸製造工程は玉切り 煮沸 断裁 選別 乾燥 元揃え 最終選別 面取り仕上げの順に行われるが、断裁直後の選別は人手不足の影響もあってあまり行われていないのが実状である。従来、この部分においては不良品（ハネ品）が3割程度出現するといわれており、選別を行わない場合、これらも後工程（乾燥・最終選別）に送られることとなり、乾燥コスト、最終選別コストの増大につながる。すなわち、この部分で選別を行っておけば次工程に流れる製品数が減少し、最終選別工程での処理量が減少することから省力化へと結び付けることが可能となる。このため、本研究では断裁直後の選別工程での自動選別装置の開発を主目的とし、下記の点について検討を行った。

- (1) 割箸の各種欠点による品質評価方法の検討
- (2) 割箸の定量供給・測定・判断・仕分けの連続化方法の検討
- (3) 割箸選別装置の実用試作機的设计
- (4) 割箸選別装置を用いた断裁直後割箸の選別
- (5) 割箸選別装置を用いた乾燥後割箸の選別

2. 品質評価方法

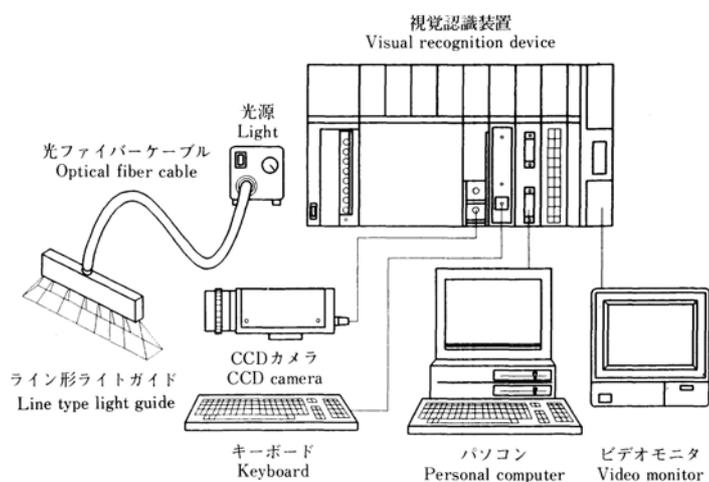
2.1 検出欠点の範囲

選別工程は前述のように断裁直後と面取り仕上げ直前の2回に分けて行われている。通常断裁直後の選別は割箸の形状を成していない等の明確な欠点を持つもののみを仕分けし、面取り仕上げ直前の工程では割箸の欠点すべてを識別し、仕分けする。断裁工程では、煮沸して十分に水分を含んだ原木からロータリーレースで単板切削し割箸に断裁されるため、この部分では材のあばれは少なく、含水率の高低による材色の変化が大きい。この工程通過後は乾燥工程に至り、この中で繊維傾斜の乱れ等により変形したり、変色等が明瞭となる。断裁直後の欠点の識別は乾燥工程での変化を予測して識別することが望ましいが、完璧に行うには困難が予想される。そこで、主として断裁直後工程での材幅過大、材長不足、割れ、欠け等の形状不良、腐れ、変色等材色不良の顕著なものについて認識・選別することとし、装置の構成を行った。

また、装置の性能についてその可能性を探るため、最終選別工程を想定したすべての欠点についての識別能力を検討した。

2.2 装置の構成

従来、色や画像の情報を検出する種々のセンサの研究開発がなされ製品化されてきたが、これらは人間の目に比べると識別能力ははるかに劣っているとされてきた。一方、作業員による目視検査は個々の作業員ごとにばらつきがあり、先入観、長時間の作業に耐えられないなどの難点がある。しかし、近年、集積回路の飛躍的進歩やCAD、グラフィックス分野での新しい表現手法の開発により、これらを導入した安価で高性能な工業用画像処理装置が開発されるようになった。そこで、前述のように割箸の顕著な欠点について認識・選別を行うとの前提条件に基づき、割箸の識別は画像処理装置を用いて行うこととした。



第1図 装置の構成
Fig. 1. Composition of the devices

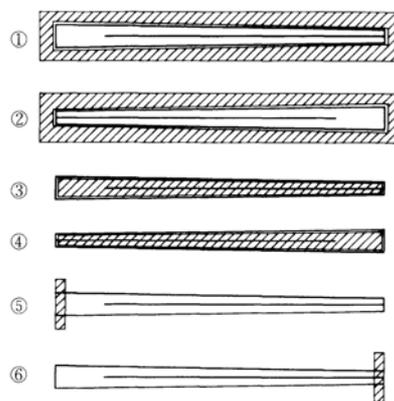
画像処理装置はオムロン形F300視覚認識装置を使用した。装置の構成を第1図に示す。装置は電源ユニット、イメージプロセッシングユニット、入出カユニット、カメラユニット、プログラムユニット、RS-232Cユニット、I/Oユニット、メモリカードからなる画像処理装置本体と、ビデオモニタ、キーボード、コンソール（簡易入力装置）、CCDカメラ、光源によって構成され、このほかに実験データ収集用にRS-232Cを介してパソコンと接続した。

なお、照射光はハロゲンランプ光源を光ファイバケーブルを介して接続されたライン形ライトガイドにより長さ180mm、幅40mmの長方形の照射光とし、これを対向上に前後位置をずらして設置した。カメラレンズの焦点距離は8.5mmである。

2.3 画像処理

画像処理装置の原理はカメラで割箸を撮像し、撮像された濃淡画像を2値化・演算処理して良否の判定をするものである。本研究においては良品の割箸の材色^{しきい}を白、背景および節・腐れ等の欠点部分を黒になるように2値化の閾値を設定し、演算処理部分では白画素部分のみを対象に画素数を計測・認識・判断し、出力を行った。

また、カメラから取り込まれた1画面分の画像から測定対象となる範囲を指定し、その範囲について白画



第2図 断裁直後材用各種ウィンドウの設定
Fig. 2. Setting up the window for cut materials

素を計測する「ウィンドウ」の設定を行った。断裁直後の割箸では第2図に示す6種類のウィンドウを設定した。以下にウィンドウの計測内容を示す。

①、②は割箸の材幅過大計測用ウィンドウである。材幅が大きい場合白画素がこのウィンドウにはみ出し、はみ出した画素数が許容範囲を超えた場合、不良品の判定がなされる。したがって白画素の基準値（基準となる良品割箸における最良の測定値）は0である。

③、④は割箸の輪郭より一回り小さく設定されており、輪郭を除いた割箸の白画素計測を行う。良品の場合すべてが白画素となり、不良品の場合、欠点部分が黒画素となることにより白画素数が減少する。この白

画素数が許容範囲を下回った場合、不良品の判定がなされる。基準値はウィンドウ内すべての画素数である。

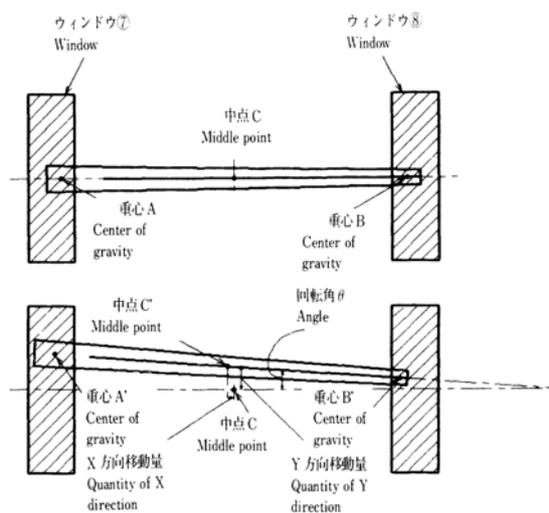
⑤、⑥は割箸の先端と元端の材幅計測用ウィンドウである。先端の幅が狭い場合か、元端の幅の広い場合不良品の判定がなされる。基準値は標準割箸における画素数である。

割箸の測定を行うには前述のウィンドウが正確に割箸上に位置していなければ正確な測定は行えない。本装置では長期間の使用によって測定タイミングのずれや割箸の微妙な傾きが発生し、一定位置における正確な計測を行うのは困難と考えられたため、あらかじめ基準の位置を設定しておき、任意の位置に置かれた割箸との位置差を計算し、それに基づきウィンドウを割箸上に移動させる処理を行って測定した。第3図(上)に示すようにウィンドウ⑦とウィンドウ⑧にあらかじめ設定した割箸の元部分の重心位置をA、先部分の重心位置をB、AとBを結んだ線分の中点をCとする。ここで第3図(下)に示すように任意の位置に割箸が置かれ、ウィンドウ⑦およびウィンドウ⑧の重心位置を演算するとA'、B'、A'とB'を結んだ線分の中点C'が求まる。ここでA-Bを結んだ直線とA'-B'を結んだ直線の傾斜の差分より回転角 θ 、中点Cと中点C'の差分よりX、Y方向の移動量を求めることができる。基準値は傾斜角0度でウィンドウ⑦と⑧の

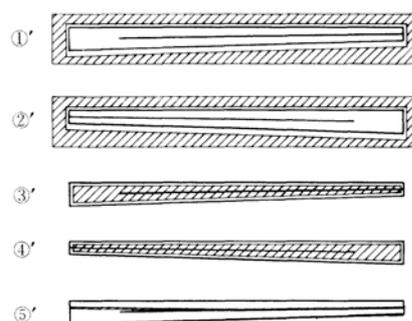
中点が求めればよいわけであり、ウィンドウ内全画素である。

位置ずれ修正は1画素単位でしか行えず、小数点以下の微妙な修正は不可能であることから若干の修正誤差が生じ、材幅がぎりぎりの割箸の場合測定誤差となる場合が生じるため、各ウィンドウごとに計測値の許容範囲をもうけた。また、良品の割箸でも $\pm 1\text{mm}$ 程度の幅の広狭があり、ウィンドウ③、④は最も幅の狭い割箸を基準として作成し、ウィンドウ①、②は最も幅の広い割箸を基準として作成した。このため、このウィンドウ間のできる片側で幅 1mm 程度の隙間に欠点部分^{すき}が存在した場合の計測は不可能である。

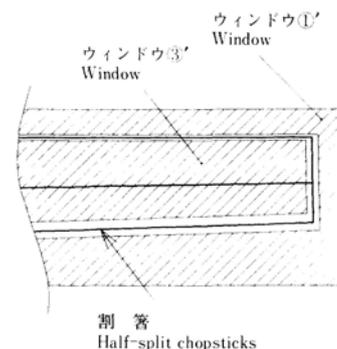
乾燥後の割箸は断裁直後の割箸に比較して前述のように材の変形が大きく、断裁直後の割箸と同様の位置ずれ修正では高精度の測定ができない。すなわち、左右の重心位置によりウィンドウ位置を修正していたのでは、材幅の広狭に余裕を持たせるためにウィンドウ



第3図 位置ずれ修正
Fig. 3. Position correction



第4図 乾燥終了材用各種ウィンドウの設定
Fig. 4. Setting up the window for dried materials



第5図 乾燥終了材用ウィンドウの詳細
Fig. 5. Details of the window for dried materials

の設定を甘くせざるを得ず、このため材の曲がり等の微妙な欠点が検出できない。そこで乾燥材用にはランレングス検出という手法を用いた。これは2値化した画像の白黒境界部分を検出し、その部分にウィンドウを移動させる手法である。これは割箸前端中央部の位置に正確にウィンドウを移動させて測定することができるもので、これにより断裁面部分の変形を検出することが可能となるのである。乾燥後の割箸計測用ウィンドウを第4図および第5図に示す。断裁直後と異なるのはウィンドウ①'、②'においてウィンドウの境界を割箸前端に接近させたことである。これは割箸の前端にウィンドウを正確に移動し、割箸の曲がり等の変形を検出するためである。その他は断裁直後の場合とほぼ同様に行った。ただし、この手法は演算処理時間が多くかかり、また、割箸前端の平行精度が要求される。

断裁直後の割箸の良否の総合判断はウィンドウ①、③、⑤、⑥の組み合わせ、ウィンドウ②、④、⑤、⑥の組み合わせにおいて、組み合わせ内のすべての測定値が許容値内であった場合のみ良品とし、これ以外を不良品とすることとした。乾燥終了材の場合は、ウィンドウ①'、③'、⑤'の組み合わせで同様の判断を行う

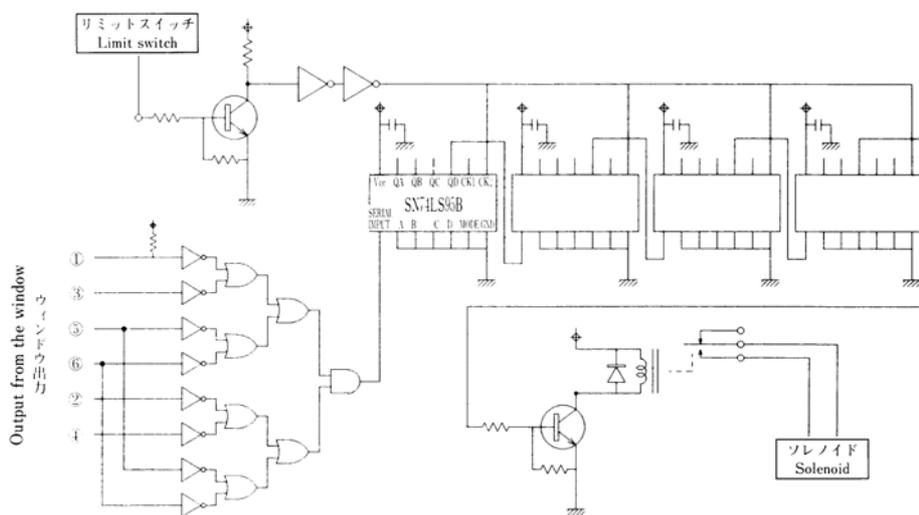
こととした。また、後述するが機械装置の構造上、検出部分と仕分け部分が離れているため、判断結果をいったん記憶し、一定の間隔をおいて出力しなければならない。これらを画像処理装置のソフトで対応することは可能であるが、処理時間がかかるため、第6図に示す外部回路を作成した。これは各ウィンドウの出力をそれぞれ論理回路に接続し、判断結果をリミットスイッチからの同期によりシフトレジスタに書き込み、同様動作を順送りするものである。順送りされたデータは最終的にトランジスタ、リレーを介してソレノイドに出力される。

照明は前述のようにライン形ライトガイドにより均一に照射されるようになっているが、多少の照明むらがあり、特に微妙な色合いの正確な測定は困難となる。

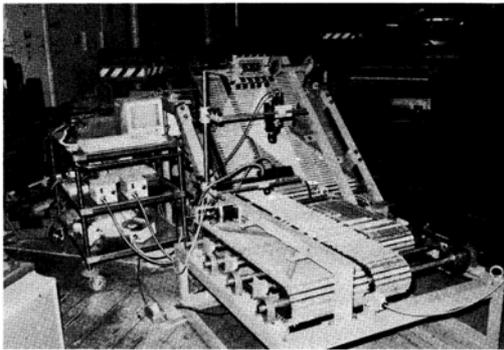
そこで本研究ではあらかじめ割箸と同一の単板を用いて照明の状態を登録しておき、測定の際に照明むらと測定値を合成することにより計測値を補正した。

3. 割箸選別装置の設計・試作

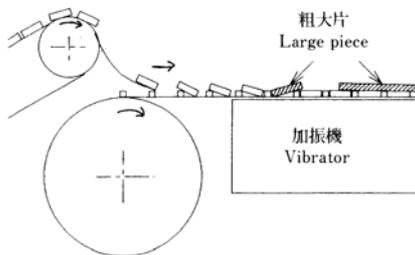
割箸の選別は断裁後、整列→粗大片除去→横送り→小片除去→測定→選別の工程で行うこととし、選別装置の設計を行った。装置の全景を第7図に示す。



第6図 シフトレジスタ回路
Fig. 6. Shift register circuit

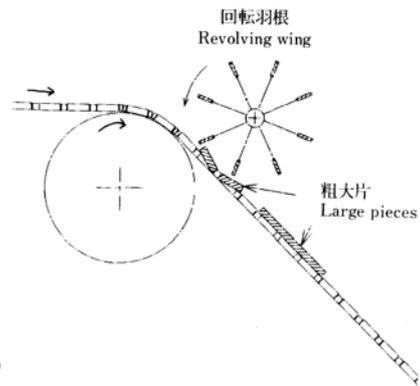


第7図 割箸自動選別装置
Fig. 7. Half-split chopsticks automatic sorting machine



第8図 整列機構
Fig. 8. Mechanism for the chopsticks in order

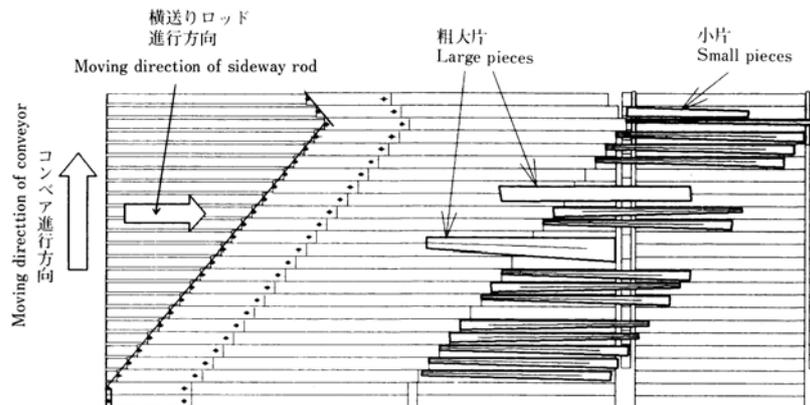
整列機構を第8図に示す。これは断裁工程より送られてきた割箸をコンベア上に取り付けられたパレット（内幅16mm）に整列させる工程で、断裁後の割箸はシュートにより落下し、通常良品はパレットの仕切に当たることにより斜めに落下してもパレットの形状に沿った姿勢となり、パレット内に整列される。しかし、



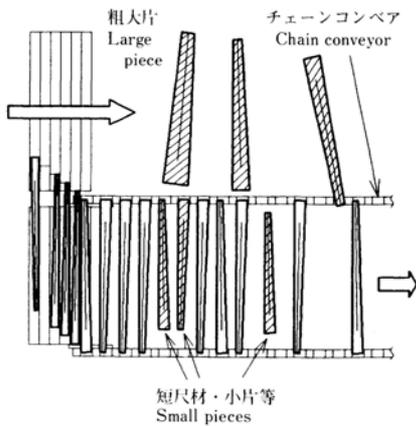
第9図 粗大片除去機構
Fig. 9. Mechanism to remove large pieces

2膳続けて落下した場合や落下タイミングがずれた場合、必ずしもこのことがあてはまらないため、コンベア下部に加振機を設け、コンベア全体を振動させることによりパレット内に収める機構とした。またこの工程では材幅が16mmを超える粗大片の場合はパレット内から一部飛び出し、一本箸や小片等の欠点材はパレット内に収まることとなる。

粗大片除去機構を第9図に示す。ここでは整列工程から送られてきた割箸の中で、パレット内に収まらなかった粗大片を除去する。コンベアを進行方向下方へ傾斜させ、回転羽根を良品割箸上端から1~2mm程度上方の位置に設置し、粗大片のパレットから飛び出した部分をこれに接触させコンベア下方へ落下させる。この回転羽根部分を通過後、粗大片以外の良品割箸・



第10図 横送り機構
Fig.10. Mechanism to move sideways



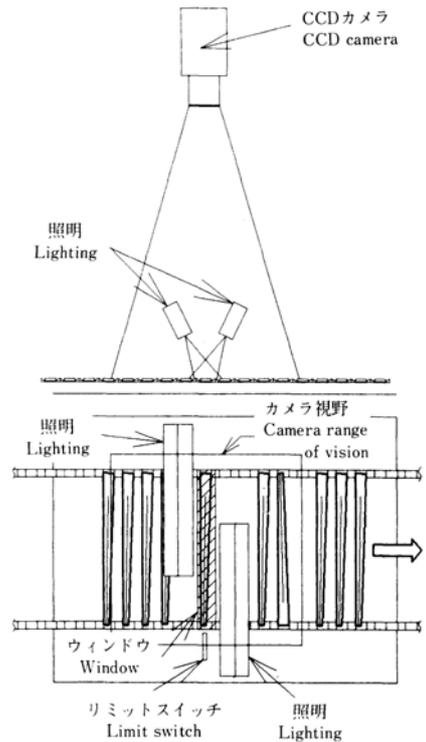
第11図 短尺材・小片除去機構
Fig.11. Mechanism to remove small pieces

小片は横送りロッドにより押し出され、横移動が開始される。一度落下した粗大片はコンベア下部まで落下しなくともロッド上に載ってしまうことにより、正規の位置まで押し出すことができず、次工程で落下する。第10図に横送り機構を示す。

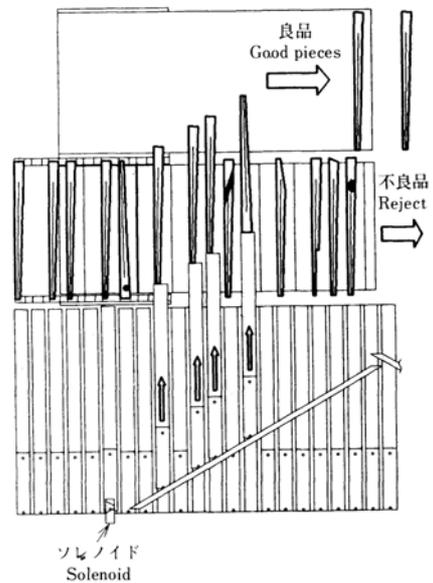
短尺箸・小片除去機構を第11図に示す。ここでは横送り工程から送られてきた良品と短尺材の仕分けを行う。横送り機構において割箸等は並走する別のパレットに一度載せ換えられ、載せ換え終了後再びチェーンコンベアに載せ換えられる。チェーンコンベアは良品割箸の先端・元端部分のみを支持して走行するため、長さの短い割箸や小片等は下方へ落下する。また、前述のように正規の位置まで押し出されなかった粗大箸は両端をチェーンコンベアで支持できないことから落下する。

測定機構を第12図に示す。ここではチェーンコンベアにより送られてきた割箸について前述の画像処理装置を用いて良否の判別を行う。上方にCCDカメラ、照明を設置し、チェーンコンベア下部を黒色塗装し背景を形成している。測定は基準のウィンドウ位置に割箸が移動した時点で測定開始の信号を発生するように光ファイバー式リミットスイッチを配置し、信号受信後前述のアルゴリズムにより良否の判断を下し、シフトレジスタ回路へ信号を送る。

仕分け工程を第13図に示す。この工程は前述の横送



第12図 測定機構
Fig.12. Measurement mechanism



第13図 仕分け機構
Fig.13. Dividing mechanism

り機構と同様の機構とし、良品のみを横送りし、不良品はコンベア上を直進する。割箸は計測後チェーンコンベアからパレットコンベアに載せ換えられる。良品の仕分けはソレノイドにより横送りロッドを横送り用ガイドレールに載せることにより良品が並走するコンベアに移動し、仕分ける。画像処理装置の判断信号はいったんシフトレジスタ回路へ送られる。シフトレジスタ回路ではリミットスイッチから信号入力があるごとにデータが順送りされ、ソレノイド位置に当該割箸が到着した時点でデータが出力されソレノイドを動作させる。ソレノイドが上方に移動することにより横送りロッドのガイドが移動し、進行方向斜め前方に傾斜したガイドレールに沿って移動することにより良品は並走するコンベア上に押し出される。不良品は積送りロッドが移動せず、そのまま送材される。

4. 識別試験

4.1 試験材

試験材は滝上産業株式会社で製造された割箸の中から断裁直後のシナ割箸1780膳、乾燥後のシナ割箸2012膳の欠点材・非欠点材を無作為に抽出し、その判定精度について検討を加えた。

選別基準は滝上産業(株)の基準に従い、下記のとおりとした。

(1) 形状：断裁直後、乾燥後共に割箸の形状を成していないものは不良品（2等以下）。形状のバランスがとれていれば標準の割箸より±1mm程度の幅の広

狭は良品。

(2) 腐れ：断裁直後は木材組織が完全に破壊されている腐れは不良品。組織の破壊までいかない軽い変色は良品。大きな目立った死節は不良品、あまり目立たない死節は良品。乾燥後は全て2等以下。

(3) 小節：断裁直後は目立たない生き節・死節は良品。生き節の大きなもの、目立つ死節、乾燥後割箸の変形を発生させるとされる節は不良品。乾燥後はすべて2等以下。

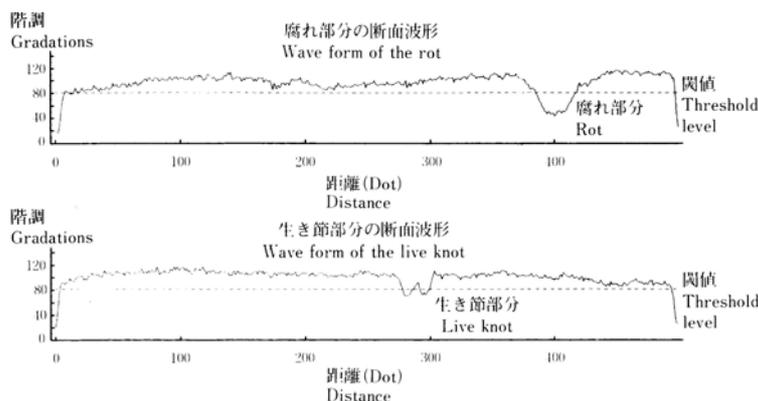
(4) 良品：(1)～(3)以外のもの。

4.2 試験結果および考察

第14図に腐れ、生き節部分の階調の波形を示す。これらの図を見ると欠点部分は明確に識別できることが分かる。しかし、閾値の上下のみで判断すると、健全部においても閾値に接近した部分が存在し、閾値の設定次第では非欠点部分も欠点として認識する可能性があると考えられる。そこで、欠点部分の特徴として、階調変化が急激で、かつ線上に連なる領域をエッジ部分と定義したエッジ抽出処理を行って欠点部分の明確化を図る必要があると判断し、この処理を行った後2値化した。

4.2.1 断裁直後材の識別性能

第1表に断裁直後の割箸の選別結果を示す。断裁直後の割箸には反り、曲がり、ねじれ等の欠点はなく、また、生き節は良品として次工程に送られる。また、材色の濃淡は含水率の高低に左右され、この時点では乾燥後の材色判断は困難である。したがって、材色に



第14図 各種欠点部分の断面波形
Fig.14. Section wave form of the defect

第1表 断裁直後材の選別結果
Table. 1 Sorting result of cut materials

欠点種類 Kind of defects		選別結果 Result of sorting	全測定数 Total	良品 Good pieces	不良品 Reject	落下 Fall
形状不良 Forms of reject	反り Warp					
	曲がり Bend					
	カップ Cup					
	ねじれ Twist					
	材幅大 Larger than the standard		12	1	11	
	材薄 Thin pieces		7	7		
	割裂面不整 Stlip reject		10		10	
	段違い Difference in level					
	材短 Short pieces		188		176	12
	面粗れ Rough surface		13	10	3	
その他 Others		224	5	103	116	
材色不良 Discolor	腐れ Rot		165	8	157	
	汚れ Stains					
	変色 Discolor					
	木口汚れ Stains of cross section		21	21		
生き節 Live knot	1 mm以下 under 1 mm		24	21	3	
	2 mm～4 mm		13	4	9	
	5 mm以上 over 5 mm		31	23	8	
良品 Good pieces		1072	1048	21	3	
総数 Total		1780	1148	501	131	

よる良否の判断を極力避けるよう閾値を低く設定している。欠点を識別できなかった材薄、面粗れ、木口汚れは照明を上方から照射し、上方で撮像するというセンサ配置上、検出が困難であり、他の補助センサを使用する等により、解決が可能と考えられる。腐れ・死節で検出できなかったものは材端部分に欠点が位置するものであり、今回の測定方法での検出は困難である。

第2表に選別精度を示す。本装置により良品として選別されたものの中で、目視により良品と確認されたものは95.5%であった。同様に不良品は93%が不良品として選別できている。不良品と判断された良品は高含水率により材色が濃くなっているものが多く、良品の生き節でも不良品と判断されたものは生き節自体の色が濃いものである。

次工程を考慮した場合、健全材の中への不良品の混入は最終選別で仕分けられるため、多少は許容されるが、不良品の中への健全材の混入はそのまま廃棄されることとなり、歩留まり低下を招くこととなる。今後は閾値の設定等の調整により、健全材中への不良品の混入を多くし、不良品中への健全材の混入を少なくすることで、より歩留まりの低下を防ぐことが可能と考えられる。

4.2.2 乾燥直後材の識別性能

本選別装置は断裁直後の割箸の選別を目的として検討・設計したが、乾燥後の割箸への適応を探るため、測定アルゴリズムを変更し、選別試験を行った。したがって1等と2等以下の2種類の選別しか行えない。第3表に乾燥後の割箸の選別結果を示す。この中では

第2表 断裁直後材の選別精度
Table. 2 Sorting precision of cut materials

確認結果 Result of verification	選別結果 Result of sorting	全測定数 Total	良品 Good pieces	不良品 Reject	落下 Fall	不良品+落下 Reject+Fall
総数(膳) Total (pieces)		1780	1148	501	131	632
良品(膳) Good pieces (pieces)		1140	1096	41	3	44
不良品(膳) Reject (pieces)		640	52	460	128	588
選別精度(%) Sorting precision (%)			95.5			93.0

第3表 乾燥終了材の選別結果
Table 3. Sorting result of dried materials
(膳 pieces)

欠点種類 Kind of defects	選別結果 Result of sorting	全測定数 Total	1等 1st grade	2等以下 Under the 2nd grade	落下 Fall
形状不良 Forms of reject	反り Warp	75	11	28	36
	曲がり Bend	142	18	124	
	カップ Cup	26	2	24	
	ねじれ Twist	78	15	41	22
	材幅大 Larger than the standard	35		33	2
	材薄 Thin pieces	8	2	6	
	割裂面不整 Stlip reject	104		104	
	段違い Difference in level	212	2	210	
	材短 Short pieces	56			56
	面粗れ Rough surface	27	9	18	
その他 Others	110	2	66	42	
材色不良 Discolor	腐れ Rot	15		15	
	汚れ Stains	13	1	12	
	変色 Discolor	142	5	137	
	木口汚れ Stains of cross section				
生き節 Live knot	1mm以下 under 1mm	26	4	22	
	2mm～4mm	29	2	27	
	5mm以上 over 5mm	12		12	
良品 Good pieces	902	775	123	4	
総数 Total	2012	848	1002	162	

生き節は欠点とみなされ2等以下となる。また、1等に選別された割箸の中で、1等か2等かの微妙な判定を要するものはすべて2等と判定し、同様に2等に選別された割箸の中で、1等か2等かの微妙なものはすべて1等と判定した。第4表に乾燥後の割箸の選別精度を示す。1等材のうち91.4%が選別できている。反り、ねじれ、面粗れ、材薄は前述のとおりセンサの配置上検出は困難である。これらを他の補助センサで対応するとした場合は95%程度の検出能力となる。2等以下に選別されたものの中での1等割箸は、そのほとんどが材色が若干濃いためにセンサの能力上2等以下に選別されたものである。他に材幅が1等の許容値内であるにもかかわらず微妙な変形等により2等以下と判定されたものが含まれる。人手による選別の中でも材色に関わる選別の場合は単純に色の濃淡のみで仕分けをしているわけではなく、木理や色調等を含めた人間の美的感覚により仕分けを行っている場合が多く、本研究の手法では同等の選別は困難であり、今後検討を要すると思われる。この選別後の割箸は製品として出荷されるため、1等製品中への2等以下製品の混入はクレーム対象となり、2等以下製品中の1等製品の混入は、歩留まりの低下となる。したがって前述の補助センサを用いて選別精度を向上させた場合、歩留まりの低下を許容すれば自動選別に利用することが可能と考えられる。

4.2.3 選別速度

選別速度の測定は画像処理装置よりBUSY信号をストレージオシロで取り込み、BUSY信号波形の間隔が最短となるようコンベア速度を調整し、その時のコ

第4表 乾燥終了材の選別精度
Table 4. Sorting precision of dried materials

確認結果 Result of verification	選別結果 Result of sorting	全測定数 Total	1等 1st grade	2等以下 Under the 2nd grade	落下 Fall	2等以下+落下 Under the 2nd grade + Fall
総数(膳) Total (pieces)		2012	848	1002	162	1164
良品(膳) Good pieces (pieces)		902	775	123	4	127
不良品(膳) Reject (pieces)		1110	73	879	158	1037
選別精度(%) Sorting precision			91.4			89.1

第5表 選別速度
Table. 5. Sorting speed

	断裁直後 After cutting	乾燥後 After drying
コンベア速度 Conveyor speed (m/min)	11.60	5.80
処理速度 (ms/膳) Disposition speed (ms/piece)	98.53	197.07
処理量 (膳/sec) Quantity of disposition (pieces/sec)	10.15	5.07

1 ms = 1/1000sec.

ンベア速度をデジタル回転計により測定した。

第5表に選別速度の実験結果を示す。前述のように断裁直後と乾燥後では測定アルゴリズムが異なるため、処理速度には2倍の開きがある。現在の割箸製造工程における断裁機の断裁速度は0.2秒/膳程度である。また、現行の最終選別を人手による1日当たりの処理量から換算するとその速度は0.6秒/膳程度である。これらから、断裁工程においては現段階で十分対応が可能であるばかりでなく、複数台の断裁機で製造された割箸を1台の選別機で選別することも可能になるものと考えられる。また、この工程においてロータリーレース切削された単板の送入は断続的に行われ、一枚の単板の断裁後、次の単板の断裁までには数秒の時間が空くため、断裁後の割箸は必ずしも一定間隔で送材されない。このため、断裁後の割箸をストックする等の機構を付加すればさらに多くの断裁機を受け持つことも可能になってくると考えられる。また、最終選別工程においても同様のことが当てはまり、省力化へ結び付けることが可能と考えられる。

5. まとめ

(1) 選別工程は断裁直後に設けるものとし、定量供給・測定・判断・仕分けの連続化を下記のように行

うこととし、実用機的设计試作を行った。

割箸断裁後、加振機によりパレット内に整理させる。

粗大割箸を回転ブラシにより除去する。

割箸を横方向に移動し、チェーンコンベアに乗せ換えることにより小片を除去する。

画像処理装置により良品・不良品の識別を行う。

選別装置により不良品を別のコンベアに乗せ換える。

(2) 割箸の品質評価は画像処理装置を用いて測定・判断を行うこととし、装置を導入して実験を行った。

その結果、断裁直後の割箸に関しては、健全材の95.5%が健全材として識別できた。乾燥後の割箸の場合は1等材の91.4%が1等材として識別できた。識別できなかった欠点の多くはセンサ配置上物理的に検出困難なものであり、補助センサの導入により精度の向上を図る必要がある。

(3) 断裁直後の処理速度は約0.1秒/膳の認識が可能となった。現行の断裁速度は0.2秒/膳であり十分対応可能であることが確認された。また、機構の改良、機械精度の向上、ソフトの改良により更に高速の識別を行う可能性を見いだすことができた。

文 献

- 1) 辻内順平：応用画像解析，共立出版（1981）
- 2) 田丸秀行：コンピュータ画像処理入門，総研出版（1985）
- 3) フジ・テクノシステム：画像処理産業応用総覧（1994）

- 技術部 機械科 -

- *1 滝上産業株式会社 -

- *2 技術部 製材科 -

(原稿受理 16. 10. 11)