

スキャニング・画像処理技術を利用した合板の欠点検出 自動化の可能性

ヤコブ サンダック¹⁾, 森山正浩²⁾, 大谷 忠¹⁾, 田中千秋¹⁾,
瀧本義彦³⁾

¹⁾ 島根大学総合理工学部, ²⁾ 島根大学医学部, ³⁾ 島根大学生物資源科学部

The Possibility of Automatic Defect Detection of Plywoods using Scanning and Image Processing Techniques

Abstract

The automation of manufacturing processes has been advanced in the plywood industry. However, the automation has not been realized in the defect detection process of the finished product yet. The possibility has been investigated to detect the defect in surface and core of plywood automatically using methods to distinguish the difference in color, smoothness, and density of plywood by the scanning and image processing techniques. The results obtained in the study are summarized as follows:

Color video camera can be used for detection all defects affected by abnormal surface color such as glue spot, knots, splits.

It is possible to detect defects of plywood automatically by processing the difference in flatness using laser beam radiated on the plywood surface.

External and internal defects of plywood boards can be detected by analyzing thickness and density variations obtained with X-ray absorbance analyses.

1. はじめに

高品質な輸入合板が安価で市場に出回っている今日、製造工程を改良し、製造原価を安くすることが国産合板の生き残るための唯一の方法であるといっても過言でない。技術革新の結果、多くの製造各工程で自動化、省力化が実現している。しかし、未だ自動化が実現していない工程が幾つかある。その例として、単板、製品の選別工程が挙げられる。

合板工場では、通常製品検査に3名の作業者が従事し、1名は製品が運ばれるベルトコンベアを運転しながら、合板の表面と片側面の状態を検査する。他の2名はそれぞれ合板裏面と他方の側面を検査する。検査項目は、節、割れ、パンク、穴、汚れ、トンネル、厚みムラなどである。熟練工がJASを始めとする様々な基準に従って、先述の検査項目を経験から目視で選別するが、100m/分に及ぶ生産速度の下で全ての項目を正確に選別することは至難の業である。その上、判断基準が作業者によって異なること、その基準が同一作業者でも精神・肉体的条件によって異なることなので、選別のバラツキは大きい。したがって、生産された製品を市場

規格に基づいて正確に選別する自動化技術を確立することは、製品価格を安くする上で¹⁾、また、高品質製品の製造技術を向上させるという観点から意義深いことといえる。

本報では、製品選別の自動化の可能性を検討する。木材表面の色、密度、表面平滑さの違いを識別する方法⁴⁾を利用すると合板を自動的に選別することができる筈である。この方法を利用した広葉樹製材検査の自動化が実用化段階²⁾、³⁾に近づいている。

2. 実験

合板表面の異常部を検出するために用いた装置を図1に示す。すなわち、本装置は3CCDカラービデオカメラ(ビクターKY-F57)、レーザ光線照射装置(Z-レーザー社、Z-12)、Y-ZNCテーブル(中央精機)及び異常部を検出するために作成したソフトプログラムを内蔵するパーソナルコンピュータで構成される。3CCDカラービデオカメラの解像度は、水平及び垂直方向に対して共に2.75pix/mmである。

3 CCD カラービデオカメラ及びレーザー光線照射装置を垂直方向に移動する NC テーブルに装着し, 30 mm × 20 mm × 12 mm の供試 5 プライからまつ合板(図 2-1)を NC テーブルの水平方向移動テーブルに置いた後, 異常部検出方法 1 として, 合板表面を 3 CCD カラービデオカメラで撮影する。異常部検出方法 2 としてレーザー光線を合板に照射し, 合板表面上の凹凸に対するレーザー光線挙動を, 合板を水平方向に 2.5mm 毎移動させ, 3 CCD カラービデオカメラで撮影する方法を検討した。従って, 解像度は水平及び垂直方向に対してそれぞれ 0.4pix/mm, 2.75pix/mm である。



- ① 3 CCD カラービデオカメラ
(ピクチャー-KY-F57)
- ② レーザー光線照射装置
(Z-レーザー社, Z-12)
- ③ Y-Z NC テーブル (中央精機)
- ④ パーソナルコンピューター

図 1 合板表・裏面異常部検出装置

供試合板には, 図 2-1 に示されるように異常部として表板に接着剤によるよごれ, 節穴, 生節, めくれ, プレスマーク, 裏板に接着剤によるよごれ, 生節, 変色, 研磨むらが認められる。

異常部検出方法 1 では, 撮像をハードディスクに記録した後, ナショナルインスツルメント社のソフトウエア LabView とパーソナルコンピューターにより, RGB 画像の画像処理を行った。供試合板の画像処理時間は 7.7ms, 異常部の形状, 寸法計測に 11.0ms, ノイズ除去に 37.7ms を要した。異常部であることを識別する閾値として接着剤によるよごれ, 接着剤によるよごれとそれ以外の異常部に対してそれぞれ以下の通りとした。

正常部 A : $R \in (101, 255), G \in (91, 255), B \in (81, 255)$

接着剤によるよごれ B: $R \in (0, 64), G \in (0, 64), B \in (0, 79)$

接着剤によるよごれとそれ以外の異常部 C : $R \in (0, 100), G \in (0, 90), B \in (0, 80)$

とした。

異常部検出方法 2 では, 2.5mm 毎のレーザー光線によるスキャニング像を 2 値化し, 合板全面の凹凸マップを作成した。

2 値化する場合の閾値は $T \in (0, 200)$ とした。

凹凸マップ作成時においてセンサーとレーザー光線の距離をピクセルで表し, 大きな凹部に対する閾値は $T \in (0, 138)$, 中程度の凹部に対する閾値を $T \in (138, 145)$, 凸部の閾値は $T \in (155, 255)$ とした。凹凸マップを作成後, フィルターを用いノイズや無視できる小さな異常部を除去した。スキャニング像の処理時間は 10ms であった。

異常部検出方法 3 として, 医療用 X 線撮影装置を利用した。供試合板を最適照射条件で X 線撮影した後, X 線フィルムスキャナー (解像度: 2.75pix/mm) を介して撮影結果をデジタル化し, X 線吸収量がベニアの厚さ, 密度差により異なるという原理を利用して異常部を検出する独自のソフトウェアを内蔵するパーソナルコンピューターを用い, 異常部を検出した。異常部を検出に要する時間は 18.ms であった。(2 値化処理に 1.3ms, ノイズ除去に 16.3ms を要した。)

高厚・高比重に関連する異常部の閾値: $T \in (0, 129)$ 低厚・低比重に関連する異常部の閾値: $T \in (157, 255)$ とした。

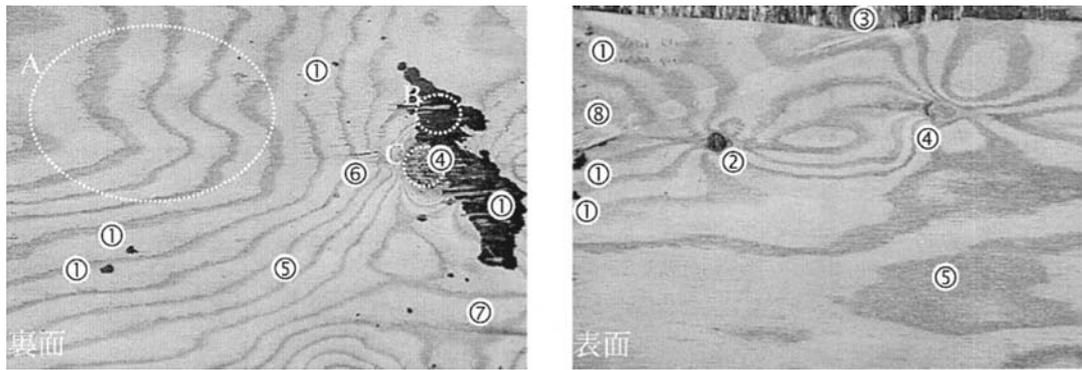
3. 結果及び考察

3. 1 合板異常部検出法 1

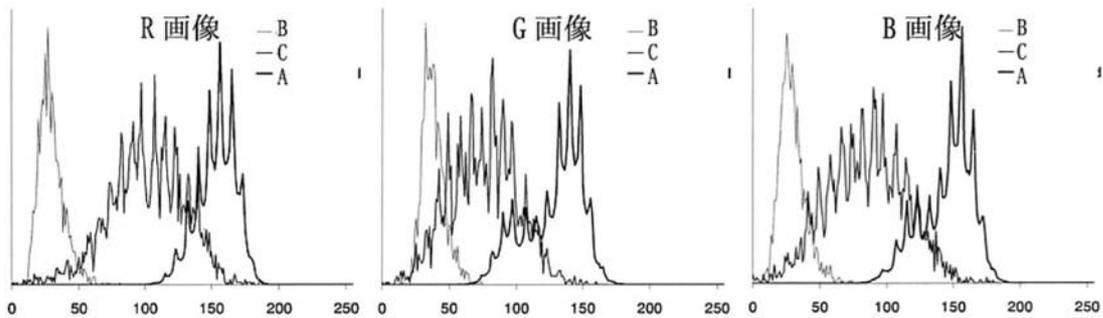
RGB 画像 (図 2-1) における正常部, 接着剤によるよごれ, および接着剤によるよごれとその他の異常部の濃度ヒストグラムを図 2-2 に示す。正常部, 接着剤によるよごれ, 接着剤によるよごれとその他の異常部 3 者が上述の閾値によって識別されているのがわかる。この閾値を基に, 2 値化した処理結果を図 2-3 に示す。図 2-1 の RGB 画像と処理画像を比較すると, 接着剤によるよごれ, 節穴, 生節, めくれに原因する異常部が白い部分として, 正常部は黒色として検出されるのがわかる。

3. 2 合板異常部検出法 2

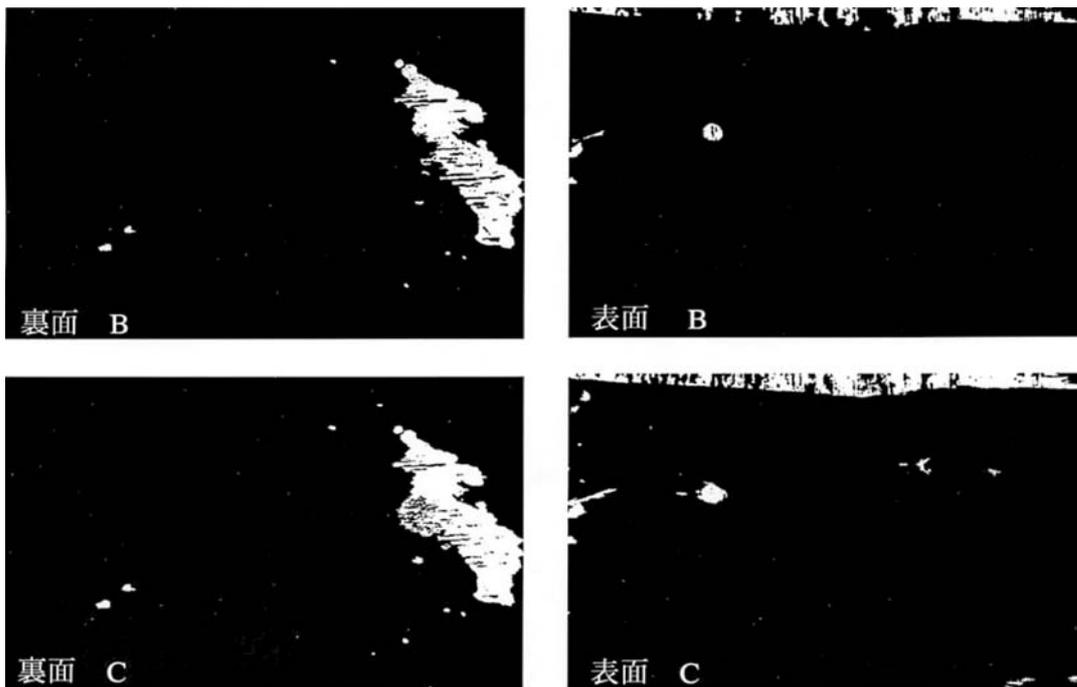
レーザー光線によるスキャニング写真を図 3-1 に, 合板表面における凹凸の濃度ヒストグラム, A-A 点における凹凸挙動を図 3-2, 3-3 に示す。閾値により合板の凹凸の程度が分類されている。即ち, 閾値により大きな凹部 (図 3-3 中①, ③), 中程度の凹部 (図 3-3 中②) の存在が示されている。合板全面に対する結果を図 3-4 に示す。プレスマーク, めくれ, 節, 研磨むらという表, 裏板に存在する凹凸に関係する異常部を白い部分で検出しているのが見える。



1 : RGB画像



2 : 濃度ヒストグラム



3 : 処理結果

図2 RGB画像を基に検出した合板表・裏面の色に関する異常部

- ① 接着剤によるよごれ, ② 節穴, ③ めくれ, ④ 生節, ⑤ 木目, ⑥ 割れ, ⑦ 変色, ⑧ プレスマーク
- A: 正常部, B: 接着剤汚れによる異常部, C: 接着剤汚れと他の異常部

3. 3 合板異常部検出法 3

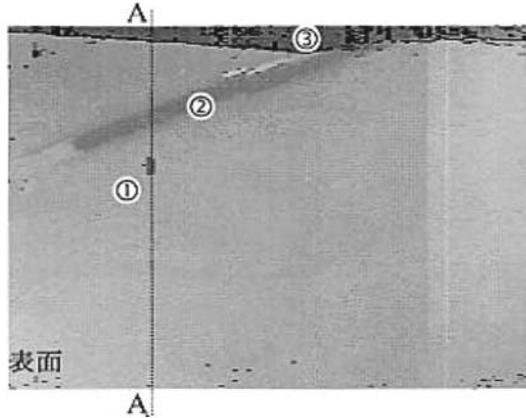
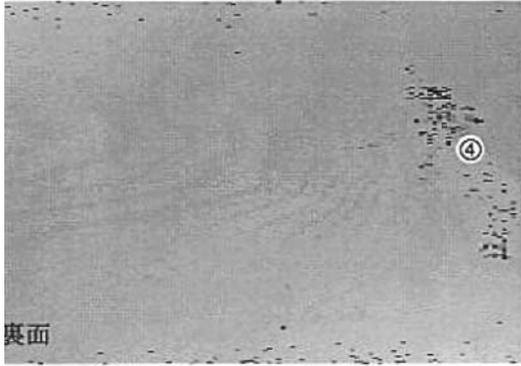
図4-1に X 線フィルムスキャナーを介して得られた

スキャニング写真, 図4-2にその濃度ヒストグラムを示す. 正常部, 高厚・高比重部, 低厚・低比重部を識別しているのがわかる. 2 値化結果を図4-3に示す. 低厚・低比

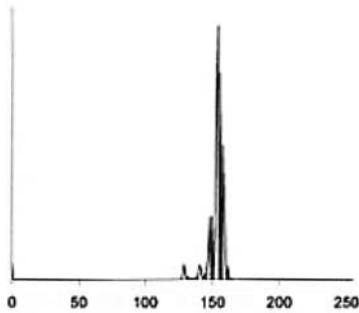
重の処理結果では,割れ,節穴,めくれを,また,高厚・高比重部の処理結果では,プレスマーク,節という異常部を白い部分として検出している。

検出方法3の低厚・低比重部で検出される②の形状以上の方法の1つを利用すると,合板に存在する異常

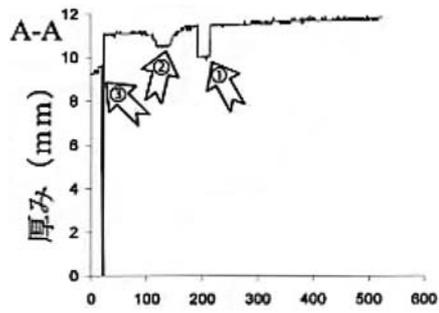
部を検出することは可能である。しかし,検出された異常部の具体的な名称を特定することはできない。このことを可能にするには,上述の検出法を組み合わせる方法が考えられる。例えば,裏板①に対しては,検出方法1で検出されるが,検出方法2,3で検出されない。



1: レーザ光線スキャリング写真



2: 濃度ヒストグラム

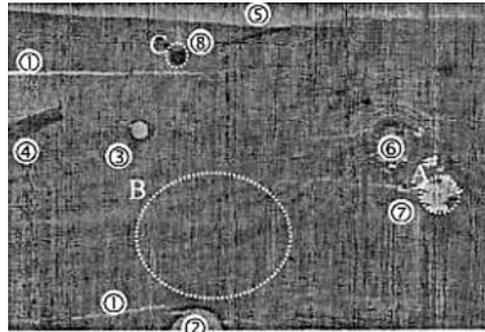


3: ピクセル地点

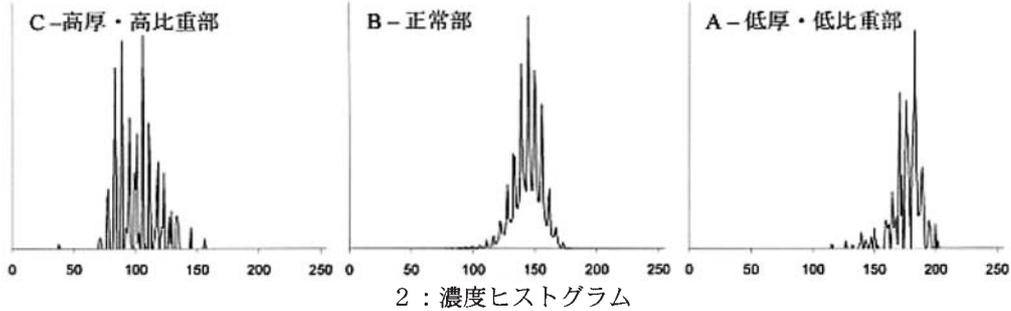


4: 処理結果

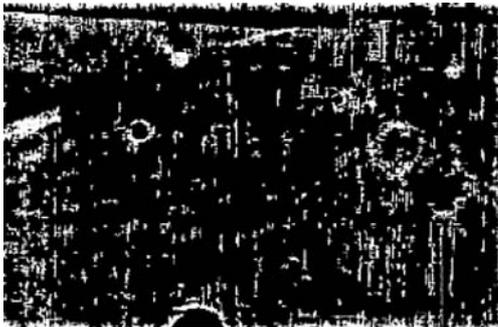
図3 レーザー光線スキャニングにより検出された合板表・裏面の異常部
① 節穴, ② プレスマーク, ③ めくれ, ④ 研磨むら



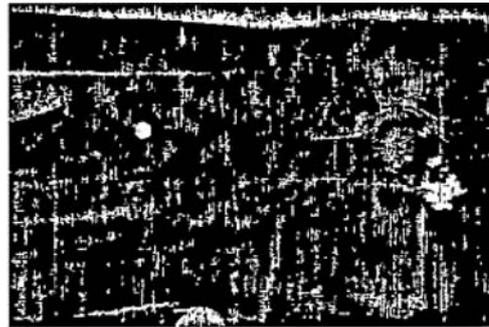
1 : X線スキャリング写真



2 : 濃度ヒストグラム



3 : 処理結果 (高厚・低比重部)



3 : 処理結果 (低厚・高比重部)

図4 X線処理により検出された異常部

- ① 芯板割れ, ② 芯板穴, ③ 裏面節穴, ④ 裏面プレスマーク, ⑤ 裏面めくれ,
⑥ 表面節, ⑦ 表面割れ, ⑧ 芯板節

したがって、裏板①は、接着剤によるよごれである。表板②、③に対しては、検出方法1、2で検出され且つ検出方法3の低厚・低比重部で検出される。②の形状が検出方法1、3では丸い。③の形状が検出方法1、3では長い。これらの情報から表板②、③は、それぞれ節穴、めくれであると判断する方法である。これを実現するには、CCDカラーカメラ、CCDデジタルカメラ、レーザー変位計、軟X線カメラを使用し、それぞれから検出された異常部を組み合わせ、ファジィ制御、ニューラルネットワーク法等を利用し、異常部の名称を特定し、JASを始めとする様々な基準に従って自動選別する方法5)が考えられる。

4. 結論

合板表面及び芯板に存在する異常部を自動的に検出する方法を検討した。結果は以下の通りである。

- 1) 3 CCD カラービデオカメラで撮影した合板表面のRGB画像から合板表面の色に起因する異常部を検出することは可能である。
- 2) 合板表面に照射したレーザー光線の挙動から合板表面の凹凸に起因する異常部を検出することは可能である。
- 3) 合板をX線スキャニングすることにより厚さの違い、密度の違いに起因する異常部を検出することは可能である。

5. 文献

- 1) H. Huber, C. McMillin, J. P. MCKinney (1985)
Lumber defect detection abilities of furniture rough mill employees. Forest Products Journal 35(11/12):

- 79-82
- 2) R. W. Conners, D. E. Kline, T. H. Drayer (1997) Machine vision Technology for the Forest Products Industry. Computer Magazine (July)43-48
 - 3) D. E. Kline, C. Surak, P. A. Arman (2000) Evaluation of a Multi-Sensor Machine Vision System for automated Hardwood Lumber Grading. Proceedings of 4th International Conference on Image Processing and Scanning Wood, 75-87
 - 4) B. Bond, D. E. Kline, P. A. Arman (1998) Characterization of Defects in Lumber Using Color, Shape, and Density Information. Proceedings of FUSION'98 International Conference II: 581-587
 - 5) J. Sandak, C. Tanaka (2001) Expert Systems in Band-Sawing. Proceedings of 15th International Wood Machining Seminar, 281-292