

木製パネリングとサイディングの表面欠陥検査

リンダ・ウィルソン

マシンビジョンシステムは、製造時の誤りに起因する、パイン材の木板の表面欠陥を強調表示する。

米ダージン・アンド・クロウェル・ランバー・カンパニー社 (Durgin and Crowell Lumber Company) は、イースタンホワイトパイン材でできた屋内用パネリングと屋外用サイディングを製造している。消費者は、見た目の悪い筋やへこみが自宅の壁、天井、床にある状態を望まないため、製品を施設から出荷する前の検査は重要である。

この製材所には、100マイル (約160km) 離れた本社からホワイトパインの丸太が運び込まれる。丸太は板状に切断されて、1週間以上キルン乾燥される。その後、プレーナーミルで加工される。プレーナーミルでは、相決り

加工や実はぎ加工など、木板を特定の厚さとパターンに成形する機械である、モルダーなどによる加工が行われる。

1976年創業のこの製材所では、年間3000万フィート (約9100km) もの木板を生産している。

「製材所から出てきたばかりの木板は粗い。粗い手触りをしている。これをプレーナーに通すことで、滑らかな本棚のような仕上げにすることができる。滑らかな仕上げやパターン仕上げを行うのは、一連の高速ナイフヘッドである。それが当社の業務であり、当社の主要製品である」と、同社のセールスマネージャーを務めるアレックス・

ダラー氏 (Alex Darrah) は説明した。

手作業による 木板の等級付けと検査

この製材所では創業以来、木板の等級付けと検査を行う人材を雇用していた。

等級付けシステムは、NELMA (Northeastern Lumber Manufacturers Association) によって定められた、イースタンホワイトパインに対する規格に基づいている。等級は、木板の節の種類とサイズによって決まる。検査プロセスでは、製造工程で生じた表面欠陥を探すことが行われる。

等級付けの担当者は、節を取り除くために木板を切断することによって、高い等級を維持することができるか、それともその木板の等級を下げなければ



図1 Surface Finish Inspectorの筐体内部には、光経路を折り返すミラーが含まれている (写真提供: ポドキン社)



図2 Surface Finish Inspectorは、プレーナーミル内においてモルダーの近くに配置されている (写真提供: ポドキン社)

ばならないかを把握していた。また、圧延疵、溝、くぼみなど、木板にステイン(着色剤)を施したときに見た目が悪くなる表面欠陥を知っていて、それを見逃さなかった。

1分に50枚の木板が目の前を通過するため、彼らの判断は素早かった。

「以前は、小さなポップアップステーションがあり、3枚毎に1枚が彼らの前に送られていた。彼らはそれをひっくり返して、例えば『この端を16インチ切り落とそう』と決断する。ボタンを押せば、ラインの先の鋸によって、その木板にその処理が行われる。ただ見て仕分けしているだけではない。かなりの考察と計算を行っている」と、ダラー氏は説明した。

3つの要因が、その状態に変化をもたらした。1つ目は、「2018年にプレーナーミルが全焼して、ゼロから建設しなければならなかったことだ」とダラー氏は述べた。2つ目は、多くの企業が自動等級付けシステムを販売し始めたこと、3つ目は、製材所の3人の検査担当者が定年に近づいていたことである。人材不足の労働市場から考えて、「行き詰まりを予感した。人材を確保するのが難しい業種だったし、かなりの訓練が必要だ。効率的に等級付けができるようになるまでに、数カ月から数年かかる可能性がある」とダラー氏は述べた。

木板の自動等級付けの導入

そこで、この製材所の経営陣は、等級付けと検査の処理の自動化を決断した。

まず、2019年に自動等級付け装置を購入して設置した。加BIDグループ社(BID Group)が保有するブランドであるCOMACTのこの自動等級付け装置は、カメラとレーザの組み合わせを使用して、木板の節を分析して等級を

判定する。「この等級付け装置は、赤色系の節と黒色系の節を判別できる。黒色系の節は抜け落ちて木板の穴になる可能性がある」と、ダラー氏は説明した。

等級付け装置はこれを行うために、節の大きさを計算してその他の特性を分析し、製造工程やパッケージング工程のどこかの時点で、抜け落ちる可能性があるかどうかを判定する。続いて、木板の一部を切断するかどうかや、木板の等級を下げるかどうかを決定する。

「3人いた作業員は現在、1人になっている。この作業員は等級付けを行っているのではなく、目視検査を行っている」とダラー氏は述べた。

検査プロセスの追加

自動等級付け装置は、木材の等級分類を効率的に行うが、製造不備の検出は行わない。「イースタンホワイトパインは柔らかい」ため、製造の不備は「一日中」発生すると、ダラー氏は説明した。例えば、規格外れの木板が機械に詰まったり、ナイフの切れが鈍くなったり、ローラーが正しく位置合わせされていないかどうかが懸念される可能性がある。

「それを検出しなければ、不良の木板がどんどん出来上がってしまう。製造の不備は、できるだけ早く検出した」と同氏は説明した。

製材所の経営陣が、木板がモルダーを通過した直後に製造不備を検出する検査システムを追加するための選択肢を検討することにしたのは、そのためである。

ダラー氏は紹介を受けて、米ボドキン・デザイン&エンジニアリング社(Bodkin Design & Engineering)に連絡を取った。マシンビジョンエンジニアリングを手掛けるこの企業は、製材所の品質管理担当者が、製造工程で生

じた木板の表面欠陥を検出する処理を支援する、マシンビジョンソリューションを設計した。

Surface Finish Inspectorと呼ばれるこのソリューションにより、製材所の品質管理担当者は、制御室、工場フロア、ダラー氏のオフィスなど、任意の場所に設置されたコンピュータ画面上で、木板の状態を確認することができる。Surface Finish Inspectorは、その日の稼働を終えるまで画像を保存するため、製材所の作業員は欠陥を、後からさかのぼって確認することができる。

2022年にこの工場に導入されたSurface Finish Inspectorは、2×1.5×6フィート(60×45×180cm)の筐体に収容されている。システムを覆うことで、無制御の周辺光がイメージング処理に干渉しないように設計されている。画像は、木板がコンベアシステムによって筐体の中を通るときに撮影される。

このシステムの構成要素は以下のとおり。

- ・Phoenix GigE POEモノクロカメラ(加LUCID Vision Labs社製)
- ・固定焦点Cマウントレンズ(米VST America社製)
- ・CMOSセンサ「IMX 267」(ソニー製)
- ・LED構造化照明
- ・フォールドミラー
- ・筐体

筐体で覆われたマシンビジョンシステムは、木板がコンベア上を流れる2つのラインに1台ずつ、合計2台設置されている。マシンビジョンシステムは、木板がモルダーを通った直後に配置されており、作業員が画像をリアルタイムに確認して、問題を修正するために生産ラインを止める必要があるかどうかを判断する時間を、最大限に確保できるようになっている。モルダー



図3 ダージン社は、ホワイトパインでできた屋内用パネリングと屋外用サイディングを製造している(写真提供:ダージン社)

は、製造工程の中で等級付け装置よりも前に設置されている。

作業員が木板を十分に詳しく確認できるように、構造化照明システムが採用されている。マシンビジョンシステムは、欠陥を強調するだけでなく、毎分842フィート(約257m)の速度で移動する木板のフレームを停止する。ボドキン社のチームは、フレームレート12.5fps、撮影距離750mm、焦点距離16mmのシステムを設計した。12インチ(約30cm)幅の木板が収まるように、撮影領域サイズは16インチ(約40cm)となっている。

「木板はほぼ月面のように表示されて、小さなくぼみや欠陥が浮かび上がった状態になる」と、ダラー氏は付け加えた。

カメラシステムによって撮影された画像は、隙間がないように連結または結合されるため、作業員は木板を連続的に確認することができる。両方のシステムからの画像が1台のPCで処理される。

実装時の課題

このシステムの設計と実装時に、エンジニアらは数多くの実装課題を解決した。

彼らが直面した最大の課題は、製材所に既に設置されているコンベアや機械に配慮して、空いているスペースに収まるシステムを構築することだった。

この問題を解決するために、ボドキン

社のチームは、各筐体の内部にミラーを配置した。「照明経路を折り返すことにより、ライトシールド(ボックス)のサイズを縮小することができた。折り返しを行わない場合、ライトシールドを非常に長くする必要があり、システムは不自然なほど大きくなる」と、ボドキン社社長のアンドリュー・ボドキン氏(Andrew Bodkin)は述べた。

ボドキン社のチームは、レンズ選定プロセスにおいてもシステムサイズの問題に対処した。

「購入済みのソニーのPregiusチップ(チップ不足で購入の選択肢は限られていた)に十分に適合するほどテレセントリックなものを探すために、多数のレンズをテストした。最初にテストしたのは、ニコンの35mmフィルム用のレンズだった。しかしそれは、焦点距離が長すぎて都合よくパッケージ化することができず、それよりも焦点距離が短いレンズは、遅すぎてモーションブラーを除去できないか、ピネッティング(画像の中心部と比べて周辺部の明るさが低くなる現象)が大きすぎて画像を連結する時に妥当な性能が得られなかった」と、ボドキン氏は説明した。

同チームはテストの結果を受けて、VST America社の製品を選択することにした。

ボドキン社のチームは、マシンビジョンアルゴリズムをC++で記述した。

もう1つの課題は、イメージング処理に対する製材所の生産機械からの干渉のリスクだった。特に、検査システムから、画像の処理と監視が行われる制御室のPCまでの距離が長いために、これが懸念された。ボドキン氏によると、100フィート(約30m)のイーサネットケーブルをテストしたところ、「それは問題なく動作した」という。

しかし、製材所の電気技師らは、250フィート(約76m)の配線を生産システムの実装に使用していた。「それは非常に低速だった。1秒に6枚撮影できればいいほうだった」とボドキン氏は述べた。

ボドキン社の指導を受けて、電気技師らが配線の長さを125フィート(約38m)に短縮したところ、マシンビジョンシステムの性能は劇的に向上した。

同社は、Surface Finish Inspectorにリモートからアクセスできるため、カメラの設定を変更したり、製材所の作業員と協力して変更作業を行ったりと、必要に応じてシステムに微調整を加えることができる。

結果

このシステムは、この製材所に良い結果をもたらした。「さまざまな事象の検出に役立っているという点で、ここにいる全員の意見が一致している。ほぼ1時間に数件の検出がある。導入して直ちに、これまで検出できなかったことが検出できるようになった」と、ダラー氏は述べた。

ダラー氏は、欠陥製品に伴うコストがすぐに膨れ上がることも指摘した。顧客に発送したトラックいっぱいのパネリングが製材所に返品される場合は、特にそうである。「そうした問題を早期に検出することのメリットは非常に大きい」と同氏は述べた。