

木材表面欠陥検出AIとPLC連携による品質判定支援システム

sse09-01 重光 京樹 Email:chung1392@gmail.com Github:chung1392

開発における問題点

背景

- ・製材品の等級は、表面の節・割れの大きさと数で決まる
- ・現状はレーザー反射方式の検査装置と作業員の目視による二重検査
- ・既存の検査装置はすでにPLCに接続され、設備として動いている

課題

- ・装置が高価で、検出対象や基準を変えたいときの柔軟性が低い
- ・反射信号のフィルタリング設定が複雑で、精度が調整者の技量に依存する
- ・水分の多い木材では反射が悪く、検出精度が落ちる

手法・ツールの適用による解決

1. 検出モデル

- ・物体検出モデル YOLO11s に、木材欠陥検出向けに提案された構造DSPPF・CSAM を実装
- ・学習データを実物写真のみの ver2 (train 1,044枚) へ入れ替えて再学習

2. 評価の設計

- ・mAP ではなく現場の運用基準（クラス別の見逃し率）で評価

3. システム実装

- ・欠陥の種類・寸法・位置を mm へ換算し、A/B/C/NG を判定
- ・MC Protocol で検出結果を既存PLCのデータレジスタへ書込

提案システムの構成と実装

① 撮影

グローバルシャッター USBカメラ (1920×1200 / 90fps)。搬送中でも像が歪まない方式を選定

② 検出

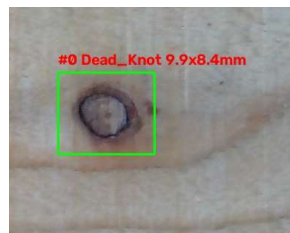
YOLO11s + DSPPF・CSAM (imgsz 1280) で、節・割れなど7クラスを検出

③ 換算・判定

検出枠を mm へ換算して幅・高さ・面積と木材基準のX/Y座標を算出し、A/B/C/NG を判定

④ PLC連携

MC Protocol で D100~D189 へ書込。欠陥8件ぶんと推論時間を1スキャンで転送



実際の検出結果（緑枠＝検出位置、赤字＝AIが読み取った寸法）。節・割れとも1個ずつ寸法・位置を算出し、A/B/C/NGを判定する

木材欠陥検出性能の評価

■ ① データセットと測り方

データセット（実物写真のみ・7クラス）：train 1,044枚/val 99枚、imgsz 1280
YOLO11s + DSPPF + CSAM を 58epochs で学習（best = epoch40）。評価は mAP だけで見ず、運用点 conf 0.25・IoU 0.5 での見逃し率（1-Recall）で判断する

■ ② 検証結果（学習データを ver2 へ入れ替え）

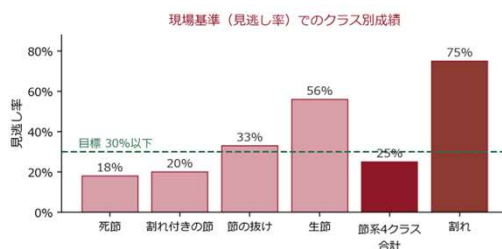
指標	旧データ 110ep	ver2 58ep	改善
Precision	0.297	0.649	×2.18
Recall	0.342	0.524	×1.53
mAP50	0.280	0.565	×2.02
mAP50-95	0.120	0.273	×2.27

■ ③ クラス別の見逃し率（conf 0.25・IoU 0.5）

クラス	GT	見逃し率	クラス	GT	見逃し率
死節	65	18%	生節	18	56%
割れ付き節	59	20%	割れ	4	75%
起点	11	27%	ヤニ	10	100%
節の抜け	24	33%	節系4クラス	166	25%

※ 割れ・ヤニは評価データが4件・10件と少なく判定できていない

結果と今後の課題



● 節系4クラスの見逃し率 25%（Recall 0.747）で目標 30%以下を達成

● 寸法誤差 平均 0.27mm・位置誤差 平均 1.13mm（系統誤差の補正後。目標 ±5~10mm 以内）

● MC Protocol で PLC への書込・読み返しまで動作を確認

今後の課題：別日・別ロットでの再検証、割れの寸法表現（OBB等）、基準マーカによる原点・スケールの自動決定

スマートエスイー：スマートシステム＆サービスおよびDX推進を担う人材の産学連携育成