次世代木材評価システムの開発：

高精度と高速性を両立する新しいアプローチ

名古屋大学大学院生命農学研究科　HARTANTO Benedictus Reynaldo　（指導教員名：稲垣　哲也）

【研究の概要】

日本の木材自給率を向上させるためには、品質・性能の確かな製品を安定的に供給する競争力の高い製材加工体制の整備が不可欠です。含水率は木材の強度的性質に大きく影響する重要な品質ですが、日本住宅木材技術センターにより認定されている含水率計（マイクロ波減衰方式や高周波容量方式）はいずれも木材密度の影響を大きくうけるため高精度・高速の測定は困難です。木材は生物材料であるが故に同じ樹種であっても個体や部位間で密度が大きく異なるためです。つまり現行技術では「製材・製造工場において全品・全部位の含水率が基準値以下であることを保証する」のは難しいと言わざるをえません。その結果、測定された含水率が実際の含水率より低く見積もられた（つまり乾燥が不十分な）木材がそのまま製品製造に用いられ、これが製品の割れの原因になることもあります。そこで本研究では、スギ・ヒノキを対象に、安価なカメラで撮影した画像から（アンサンブル学習モデルを導入することで）木材の全乾密度および含水率を高精度に推定する手法を開発しました。

【実験方法】

日本各地９地域から収集したスギ・ヒノキ試料（図１）を対象に、調湿処理後に重量・寸法・電気容量値を測定し、表裏面の可視画像を取得しました。得られたデータに機械学習・アンサンブル学習（図２）を適用することで、全乾密度・含水率・節等級を高精度に推定するモデルを構築しました。

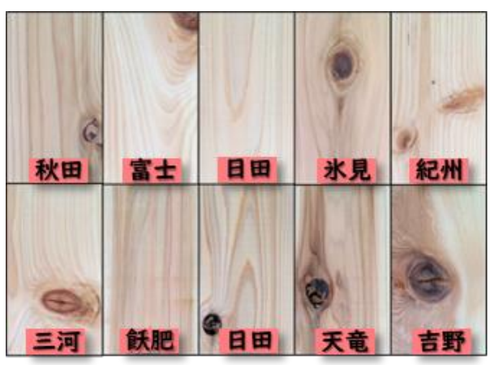

図１．試料表面の RGB 画像

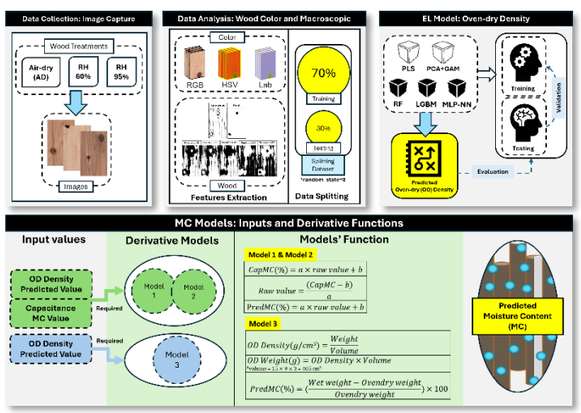

図２．解析の概要

【実験結果】

取得した木材画像を Python で解析しました。まず RGB・HSV・Lab の 3 色空間から色特徴量を抽出し、平均値・標準偏差・歪度などを含む 27 種類の統計的特徴を得ました。さらに、閾値処理によって晩材・辺材・心材・節といった構造の割合を算出し 7 種類のマクロ的特徴量を追加しました。また、JAS1083 に基づき、無節・小節・中節・大節の 4 区分に分類する節検出アルゴリズムを開発しました。これらの抽出特徴量を入力変数として、PLS、PCA＋LinearGAM、LightGBM、ランダムフォレスト、MLP ニューラルネットワークを組み合わせたアンサンブル学習（EL）モデルにより、木材の全乾密度を予測しました。さらに、全乾密度と含水率（MC）の関係に基づいて、線形回帰分析を用いた含水率予測モデルを構築しました。その結果、全乾密度（図 3）では決定係数 R^2＝0.94、RMSE＝0.01 g/cm^3、含水率（図 4）では R^2＝0.85、RMSE＝8.33%という高い予測性能を示しました。

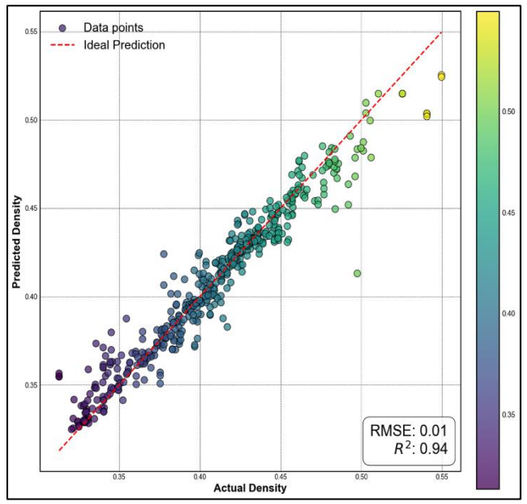

図 3．全乾密度予測結果
（実測値と予測値の関係）

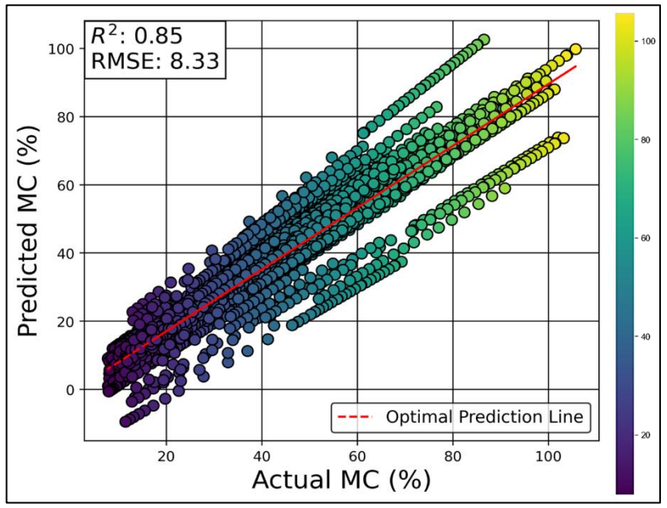

図 4．含水率予測結果
（実測値と予測値の関係）

【将来展望】

本研究で開発した高精度な非破壊評価技術を製材工場の実ラインに実装することで、木材の品質管理を自動化・効率化できる可能性があります。さらに、高分解能で得られる密度・含水率分布を活用し、木材強度性能の予測や新たな構造利用への展開が期待されます。

当研究課題は、（公財）PHOENIX 木材合板・博物館の令和 6 年度
研究助成金による支援を受けた研究成果です。