

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 Vu Thi Hong Tham

論文題目

Construction of combinative nondestructive measurement system for wood properties

(木材物性に関する組み合わせ非破壊計測システムの構築)

論文審査担当者

主査	名古屋大学教授	土川 覚
委員	名古屋大学教授	山本浩之
委員	名古屋大学准教授	吉田正人
委員	名古屋大学准教授	山崎真理子
委員	名古屋大学講師	稲垣哲也

論文審査の結果の要旨

近年、製材品や合板などの木質材料を生産加工する現場において品質管理の重要性が増しており、非破壊で水分や密度を検査する技術が求められている。近赤外領域（波長 800-2500 nm）の吸収は、中赤外領域（波長 2500-25000 nm）における分子基準振動の倍音または結合音に由来しており、とくに、水素原子が関与する O-H、N-H、C-H の吸収が強く現れる。また、近赤外領域のモル吸光係数は中赤外領域と比較して 10^{-3} 程度と小さく、水を大量に含む有機物の非破壊測定に有利であるが、木材を対象とする場合には、表層から数ミリ程度の情報しか得られない。一方、交流電気の静電容量変化を水分値に置き換えて表示する方式では、木材表層から数センチ程度の情報が得られるが、材料密度や厚さの影響を被ってしまう。そこで本研究では、近赤外分光方式と静電容量方式を組合せた新しい測定方式・解析手法を構築し、これに基づいて単板および柱材の各種物性値を迅速・高精度に評価する手法の構築を目指した。

第1章では、静電容量法、近赤外分光法および各種多変量解析手法の概要と木材産業での非破壊計測の実態と解決すべき項目が説明されている。

第2章では、静電容量法と近赤外分光法の組合せによる単板の含水率と密度の予測結果について詳細に述べられている。まず、それぞれの手法単独で14樹種の予測精度が多変量解析に基づいて調べられた。その後、近赤外波長領域における2つの波長の吸光度変化と静電容量変化を組み合わせた検量線を作成し、単板の含水率と密度が推定された。波長 908-1676nm の範囲内で最良の予測精度を示す2つの波長が見いだされ、個別の検量モデルによって含水率および密度を予測した。この新しい方法では、樹種や測定試料の厚さに関係なく、予測値と測定値との間に強い相関関係があることが示された。生材状態から全乾状態の広い範囲で、含水率は二乗平均平方根誤差 (RMSECV) = 2.22%、決定係数 (R^2) = 0.79、密度は RMSECV=0.10 g/cm³、 R^2 =0.80 という高い精度での予測が可能となった。これらの結果は、静電容量法または近赤外分光法を個々にモデル化することによって得られたものよりも高い予測精度を示したが、とりわけ密度推定において大幅に測定精度が改善された。

第3章では、静電容量法と近赤外分光法の組合せによる柱材（スギおよびヒノキ）の含水率予測結果について詳細に述べられている。木材試料の木口面、板目目およびまさ目面それぞれで、生材状態から繊維飽和状態、繊維飽和状態から全乾状態までの静電容量値および近赤外スペクトルが測定された。第2章と同様に、静電容量法と近赤外分光法個々の測定データに基づく検量線、および静電容量法と近赤外分光法（2波長の吸光度変化）の組合せによる検量線の予測精度が比較・検討された。生材状態から繊維飽和状態までの含水率範囲では、静電容量法と近赤外分光法の組合せによる木口面での検量線予測精度がもっと高く、RMSECV=5.20%、 R^2 =0.96 となった。

繊維飽和状態から気乾状態までの含水率範囲では、僅かではあるが近赤外分光法単独で、部分的最小二乗回帰(Partial Least Squares Regression, PLS)を導入した検量線の予測精度が組合せ法よりも上回った。一方、静電容量法単独の場合は、とくに繊維飽和点以下での予測精度が著しく低下した。

第4章では、静電容量法における木材含水率と静電容量値の関係を樹種、試料密度および試料厚さを考慮して総合的に検討した結果が述べられている。14樹種の静電容量値と含水率の線形関係から樹種固有の係数を導き、これと全乾密度との関係を試料厚さ別に定式化することを試み、対数関数が最良の回帰式であることを見出した。これにより、樹種固有の係数値が静電容量、含水率および木材密度の間の関係を表現する重要なパラメータであることが明らかになった。

第5章では、本研究の総括と今後の検討事項が詳細に述べられている。

上記のように本研究では、近赤外分光方式と静電容量方式を組合せた新しい測定方式・解析手法を構築し、これによって木質単板および柱材の含水率および密度がこれまで以上の精度で迅速かつ非破壊で推定できることが明らかにされた。また、当該研究を今後進めることによって、新しい携帯型測定機器が開発できることも示唆された。よって本審査委員会は、本論文の内容が博士(農学)の学位論文として十分に価値あるものとして認め、合格と判定した。