

学位論文審査の結果の要旨

Summary of Doctoral Dissertation Examination

氏名/Name	堤 晴彩
審査委員 Examining Committee	Chief Examiner 主 査 藤本 高明 (印)
	Assistant Examiner 副 査 芳賀 弘和 (印)
	Assistant Examiner 副 査 久保 満佐子 (印)
	Assistant Examiner 副 査 日置 佳之 (印)
	Assistant Examiner 副 査 永松 大 (印)
題目 Title	多次元情報に基づいた木材変動の包括的評価
審査結果の要旨 (2,000字以内) /Summary of Doctoral Dissertation Examination (Within 1200 words)	
<p>大規模建築物の木造化やセルロースナノファイバーを原料とした機能性材料開発にみられるように、近年、木材の利用形態は日増しに多様化、高度化している。その結果、原材料である木材に対してより確かな品質・性能が求められている。しかし、木材は樹木の成長の結果として得られる資源であるため、一般にその材を特徴づける諸性質が著しく変動する。そのため、他の均質系材料と異なり、製造加工工程における品質管理が容易ではない。例えば、伐採直後の高含水率の木材を乾燥処理する場合、含水率が処理経過とともに減少することは言うまでもないが、それと同時に、材の寸法、強度、組織構造等が連動して変化する。この事例からも分かるとおり、木材の品質を適正に管理するためには、ある特定の性質の変化を追跡するだけでなく、多数の性質が協調的に変動する様子を包括的に評価する必要がある。</p> <p>本研究ではまず、ある任意の性質の変動をそれ以外の多数の性質（説明変数）によって推定するための統計モデルの構築を試みた。ここで注目すべきは、説明変数として木材の性質とは直接的には関連しない振動スペクトル（木材を打撃することによって得られる多次元情報）を採用したことであり、結果としてそのようないわば間接的な情報によっても木材の諸性質を評価できることを確認した。既往の研究から赤外・近赤外スペクトルやラマンスペクトルのような化学情報によっても様々な木材性質を評価できることが示されていることとあわせると、木材諸性質と間接的情報との間をつなぐ統計モデルは数学的には一次形式の集合とみなせ、それらが双対空間をなしていると解釈できる。さらに、何らかの方法で計測した任意の木材性質はある特定の座標系への写像といえ、したがって多様体論的な視点に立てば、座標系に依存しない木材に内在する変動を考察するという着想につながる。</p>	

これをうけ次の実験として、任意の木材サンプルの集合（アンサンブル）から得られた行列データの固有値分布にもとづいて、その木材系の内在的状态を評価できるか検討した。なぜなら、固有値をもとめるための特性方程式は、適当な基底変換に対して不変であるからである。加えて、物理学的なコンテキストによれば、固有値はその物理系のエネルギー状態を表すことが知られている。したがって、木材系から得られた固有値分布は、特定の座標系によらない内在的な状態を表しているとともに、その系に対する物理的状态の簡明な解釈を与える。本研究では、物理的状态が巨視的にも微視的にも明確に異なる二つのアンサンブルに対して、それらの固有値分布を比較することにより両者の本質的な違いを明らかにできるか検討した。具体的には、ほぼ同じ密度でありながら顕著に収縮率が異なる二つのアンサンブルを準備して、各々から近赤外スペクトル行列データを収集した。同行列の固有値集合より Helmholtz 自由エネルギーおよび Shannon エントロピーを計算したところ、収縮率の高いアンサンブルの方が前者の値は高く後者の値は低い結果となった。これは既往の知見から類推される物理学的描像と矛盾することはなく、したがって固有値分布は各木材系の内在的な様子を簡明に表していると考えられた。さらに、このアプローチが特定の座標系によらないということを確認するために、近赤外スペクトルとは別の情報を用いて同様の検討を行った。すなわち、両アンサンブルより得た顕微鏡画像データ（木材細胞の配列の違いを反映している）をフーリエ変換することによって、木材の形態的周期性を表すスペクトル行列を収集した。この行列データに対する固有値分布より算出した熱力学関数は近赤外スペクトルの場合と一致した結果であったことから、固有値分布の座標変換に対する不変性を検証できた。

最後に、本手法の実践的な応用として、地域資源をその地域で活用する、すなわち地産地消の意義を、物理学的な視点から考察した。本研究では、木材（木樽）という地域資源を用いた地ビール製造に着目し、固有値分布にもとづく物理学的考察を実施した。その結果、それぞれのサンプルグループに対してエントロピーを定量的に明示することができ、地域資源をその地域で使う意義に対し、これまでにはなかった切り口から提案できた。従来、地域資源をその地域で使う意義は主に経済的観点から議論されてきたために、物理学的視点を取り込むといった新たな提案をできた意義は大きいと考えられる。

これら一連の研究は、木材という複雑な天然資源を正しく評価するうえで全く新しい視点を与えるものである。以上を総合して、本研究は博士（農学）の学位論文として十分な価値を有すると判断した。