

(様式第 1 3 号)

## 学 位 論 文 要 旨

氏名: 堤 晴彩

題目: 多次元情報に基づいた木材変動の包括的評価

(Comprehensive assessments of wood variation based on the multi-dimensional data)

本論文は、所与の木材のその性質・状態を評価するうえで、座標系の取り方に依存しないという概念のもと、3つの目的をもって研究を実施した。

1つ目の目的は、近赤外 (Near InfraRed, 以下 NIR) 分光法といった光学的手法以外で、複数の木材性質を同時に評価できる手法を探索することである。この目的の背景としては、複数の木材性質を同時に評価できる NIR 分光法は、木材の質を保証するために有用な手法といえるが、決して NIR スペクトルデータといった特定の座標系に依らずとも、所与の木材の性質というのを表現できるはずであるという発想に基づく。そこで本研究では、立木を打撃して得られる振動スペクトルを用いて含水率、密度およびヤング係数といった複数の木材性質を同時に非破壊的に推定できるかを試みた。Lasso モデル、PLS モデルの 2 つのモデルを用いて推定した結果、特に含水率と密度については高い精度で推定できることが分かった。このことから、NIR スペクトルのみならず、立木を打撃して得られる振動スペクトルを用いても含水率や密度といった複数の性質を同時に推定できるといえる。

2つ目の目的は、物理学的な考察を用いて木材の状態やその変動を評価することである。木材は多次元的な性質が協調的に変動する系であると考えられると、直接的に知り得る限られた性質だけでなく、その背後に隠れた性質の変動を含めた包括的な評価ができるアプローチ方法も必要であると考えられる。つまり、個別に各性質の“値”を追いかけるのみならず、互いの性質が連動し“変化”することに目を向けた、木材を“系”と捉える包括的な視点により木材の状態やその変化を評価する必要がある。そこで本研究は、木材の状態やその変動を評価するために、“系”を扱う物理学的考察に基づき、その端緒とすべく、既往の研究で高い正の相関があるとされている木材の密度と収縮率に着目し研究を進めた。同じ密度値である材でも、実測しその分布をみると、収縮率は大きくばらつくことが読み取れるが、その要因として、1. 細胞壁の分子構造の分布の状態、2. 木材の細胞壁分布の状態が考えられる。本研究では 1. 細胞壁の分子構造の分布の状態に対して NIR スペクトルを用い、2. 木材の細胞壁分布の状態に対しては木材の断面における光学顕微鏡画像のフーリエ変換から得られたスペクトルをデータとして用いて、物理学的アプローチに基づき考察した。結果として、両スペクトルの解析ともに、早材を多く有する低収縮率グループは高収縮率グループと比較し、固有値分布が狭く、ヘルムホルツの自由エネルギーが小さく、エントロピーが大きくなった。一方、晩材を多く有する高収縮率グループはその逆となった。これらの研究は NIR スペクトルと顕微鏡のパワースペクトルといった異なる情報源からの解析であったが、結果に整合性が担保でき、既往の研究知見や実際の光学顕微鏡における木材構造の観察結果と両研究結果が一致した。よって、物理学的考察に基づいて所与の木材の状態やその変動を評価できると示唆される。

3つ目の目的は、木材という資源を通して物理学的考察から地域資源をその地域で使う意義に対して新たな視点を探索することである。地域資源をその地域で使うという事象も多次元的な要因が互いに影響し合いながら変動している複雑な事象であり、また、持続可能な環境のあり方が強く問われるようになった近年では、経済学等の視点のみならず、自然科学の視点からも地域資源を使う意義を考えることが求められている。そこで本研究では、地域資源を使う意義を、その地域の情報を多く蓄積していると考えられる木材という資源を通して物理学的考察から検討する。研究の端緒として、地域資源をその地域で使う意義について、これまでどのような視点から考えられてきたのかを整理した結果、経済学等の社会的な視点が多いことがわかり、一方で、現場の実体験としては地域資源を地域で使うことは自然の仕組みに逆らわない方法であるのではないかと考えられている場合があることがわかった。このことを踏まえ、木材（木樽）という地域資源を用いた地ビール事業を例に、物理学的考察に基づいて研究を実施したところ、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。確証を持った明確な答えを導くためにはさらなる研究が必要となるが、地域資源をその地域で使う意義を問うために、物理学的視点を取り込むといった新たな提案をできたことは意義が大きいと考えられる。

以上、本論文は3つの目的を柱として構成された。所与の木材の実態を捉えるうえで、座標系の取り方に依らないという概念に基づき物理学的に考察することは、多数の要素によって複雑に構成された事象や物体の実態を簡明に表現するために役立つ。木という生物をさらに深く理解するためには、木材を多自由度の物理“系”と捉えた新たな視点も重要であるといえる。