

# APPLICATION OF MIXED MODELS TO STUDY WOOD PROPERTIES OF TEAK PLANTED IN GHANA

アジチュム ジェリー オポン

<https://hdl.handle.net/2324/6787671>

---

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (農学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏名	アジチュム ジェリー オポン (ADUTWUM JERRY OPPONG)		
論文名	APPLICATION OF MIXED MODELS TO STUDY WOOD PROPERTIES OF TEAK PLANTED IN GHANA (混合モデルの適用によるガーナ産チーク材の木材性質に関する研究)		
論文調査委員	主査	九州大学	教授 久米 篤
	副査	九州大学	教授 古賀 信也
	副査	九州大学	教授 松村 順司
	副査	九州大学	助教 阪上 宏樹
	副査	九州大学	助教 長谷川 益己

## 論文審査の結果の要旨

樹木は時空間にわたって発達していく存在で、木部は肥大成長と高さ成長によって空間に広がり、植栽から始まり、成長による年輪増加を経て、伐採により終了する。樹木の成長・発達過程において、高さ成長を担う一次分裂組織と直径成長を担う二次分裂組織は、内生的・外生的な要因によって制御され一体化されているが、その結果得られる木材は、その特性、特に比重と心材の色に複雑な不均質性を示す。木材の質的データは、通常、空間的・時間的相互依存性を含み、樹木の成長過程の重要な情報を読み取ることが可能である。本論文は、ガーナで植栽されたチーク (*Tectona grandis* L.f.) の材形成の時空間的過程とその発達を調査し、統計的な解析を行うことで、その諸特性を明らかにしたものである。

木材性質の変動において観察されたパターンの生成過程を明らかにするために、材質データに含まれる空間的・時間的相関を扱う混合効果モデルを開発し、適用している。混合効果モデルは、固定効果とランダム効果の両方を含み、固定効果は成長モデルを反映し、ランダム効果はデータ中のノイズ成分をモデル化し、その共分散構造を示すものとして設定している。6つの高さ階級、2つの側面(同じ木の方位別側面)、および10の相対的半径位置(時間要因を反映)のデータを用いて、反復測定結果の分析により全体の変動について説明を試みている。頂端分裂組織の発達は空間的相関、形成層分裂組織の発達は時間的相関によってモデル化している。

木材の各形質間における空間的相関と時間的相関はほとんど有意であり、木材性質の変化を示すために選択されたモデルは、木質データに内在する相関を考慮する必要があることを示している。さらに本研究は、高さ方向の空間的相関が下から上に向かって増加することを示し、頂端分裂組織の成熟機構に起因する現象であり、中心部(髄)から形成層(樹皮)にかけて時間的相関が低下するのは、樹冠が形成層分裂組織に及ぼす影響が減少しているためと考察している。同一樹幹の異なった方位間の相関は比較的低く、形成層の活動や木材形成における遺伝的応答に環境が強く影響していることを示唆している。多くの場合、半径方向の成長率は、木材の比重と心材色と統計的に有意な関係を示さず、チーク材の比重を支配する決定的な要因は樹齢と樹高であることを示している。

相関関係を解析した結果、樹幹内の木材特性の顕著な変動パターンを明らかにし、方位角で区切られた同じ年齢の形成層で形成された木材の発達関係を示す空間相関の  $r^2$  は概して 0.30 より小さいことを明らかにしている。このことは、同一樹幹の各方位における内生的な要因が異なるため、方位方向で分けられた同一の形成層が形成する木材形質がある程度独立して発達しうること示している。また、空間的相関が低いことは、樹木が発達した外部条件が空間的に一定でないことを反

映している一方で、高さ方向の空間的相関の低さは、高さ間の距離幅がメートル単位と大きかったことに起因する現象であることを示した。

結論として、これらの解析結果は、樹幹内の空間的・時間的相関はチーク材形成過程の重要な背景情報であり、このような関係を考慮すると、木材全体の質的性質の分布をより正確に予測して利用することが可能であることを示している。

以上、本論文は、ガーナで植栽されたチーク木材の変動パターンについて、時空間的な相関解析によって明らかにしたものであり、高品質なチーク材の育成から利用、さらに利用を考慮したうえでの収量の評価技術の開発に貢献する、サステイナブル資源科学および木質資源理学の発展に寄与する価値ある業績と認める。よって、本研究者は博士（農学）の学位を得る資格を有するものと認める。