

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：82105

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20597

研究課題名（和文）近赤外分光法を用いたマイクロフィブリル傾角推定方法の確立

研究課題名（英文）Nondestructive measurement for wood microfibril angle by using near-infrared spectroscopy

研究代表者

児嶋 美穂 (KOJIMA, Miho)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：30572276

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000 円

研究成果の概要（和文）：木材の材質や解剖学的特徴等を知ることは、木材利用の基盤として重要である。しかし、材質分析にはサンプル数、測定時間とも膨大なものが必要なため、多種多様な樹種について、あるいは生育環境の差異が材質に与える影響については十分な分析がなされていない。本研究では、強度特性を評価する重要な指標であるマイクロフィブリル傾角に着目し、近赤外分光法を用いた簡易かつ迅速なマイクロフィブリル傾角推定手法を確立した。植栽された気候環境、水環境、国が違う試料を用い、予測モデルの精度を比較検討した。その結果、どの条件で植栽された樹種でも、同じ予測モデルでマイクロフィブリル傾角が推定できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、様々な樹種、異なる樹幹内の部位、異なる生育地の個体から網羅的に近赤外スペクトルを解析することで、樹種や産地ごとに光学計測時にどれほど吸収光および散乱光に影響があるか検討でき、近赤外分光法の推定精度を向上させることができる。また、マイクロフィブリル傾角に影響をおよぼす因子についても抽出するものである。本研究が進展すれば、新たなマイクロフィブリル傾角の測定技術の開発へとつながるとともに、木本植物を研究する上での最大の「なぞ」であるセルロースマイクロフィブリルの配向制御機構の解明へと発展する可能性がある。

研究成果の概要（英文）：Microfibril angle was considered to be related the strength properties and physical properties of wood, such as elongation and contraction. Therefore, understanding the microfibril angles is the important for wood utilization, but it requires a lot of times, labors, and experiences for measurement. That is why the data has not been collected for a variety of wood species. We thought that if we could simplify and speed up the evaluation of wood quality with near-infrared spectroscopy, we could accumulate a vast amount of the data, and analyse the differences in the species and growing regions, as well as patterns of wood quality distribution. In this study, we examined whether the microfibril angle could predict in the same way using eucalyptus trees planted at different latitudes and in different water environments with NIR. The results showed that the same prediction model can be used to estimate microfibril tilt angles for all tree species planted under all conditions.

研究分野：木質科学

キーワード：マイクロフィブリル傾角 近赤外分光法 非破壊 環境 ユーカリ 材質

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

木材利用が天然林から人工林に移行する中、樹木の成長量やバイオマス生産量を高めるために、成長の早い早生樹の植林・利用が期待されている。今後、早生樹の利用幅が広がっていくことを考えると、早生樹の材の曲げ強度、ヤング率などの物性や、密度、繊維長、マイクロファイブリル傾角 (MFA) などの材質といった早生樹材の性質を知ることが必要である。特に、物性に大きな影響を与える MFA は、測定手順の難しさや測定時間や労力がかかることから、研究例に限られている。MFA は、木材の強度特性や伸び縮みなどの物理的性質に関係すると考えられているため、その把握は木材の利用にとって重要である。

そこで、多くの木材サンプルを迅速に測定するために、食品、農業、医薬品、林業など様々な分野で、その性質を非破壊で測定するために利用されている近赤外分光法 (NIRS) に着目した。NIRS は、800~2500nm の近赤外領域のスペクトルを拡散反射または透過させて、有機物の諸特性を分析する技術である。木材の分野でも、セルロースやリグニンの含有量、木材の密度やヤング率の予測に近赤外分光が利用されている。そこで、近赤外分光法による木材の品質評価を簡略化・迅速化できれば、膨大なデータを蓄積し、樹種や産地の違い、木材の品質分布のパターンなどを分析できると考えた。

本研究では、強度特性など物性を評価するのに重要な指標である MFA に着目し、何が MFA に影響を及ぼしているかを明らかにすることを目的に、近赤外分光法を用いた簡便かつ迅速な MFA の予測手法を確立した。

2. 研究の目的

NIRS を用い、簡易的かつ迅速な MFA 予測手法を確立することを目的とした。また、樹木の植栽場所、気候区分、水環境の違いによって、MFA の予測に違いが生じるかについて明らかにするとともに、樹齢 (未成熟材および成熟材) の影響についても明らかにすることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

試料として、(1) 3 つの異なる地域 (熱帯、亜熱帯、温帯に近い亜熱帯地域) から採取した *Eucalyptus grandis*、(2) 水環境の異なる植林地から採取した Hybrid *Eucalyptus* (クローン) を用いた。各サイトで、胸高直径が異なる試験木を選び、各個体の胸高部位から東西南北 4 ヶ所の長方形の試料を採取し、MFA 測定用の試料として用いた。試料は、従来のエックス線回折装置 (XD-D1w; Shimadzu) にて MFA を測定後、同じ試料を用いて近赤外スペクトルを測定した。測定面は、すべて板目面とした。NIR 測定は、NIR 光ファイバプローブを装着した MATRIX-F 分光器 (Bruker Optics) を用いて、スポット (直径 3mm) の拡散反射スペクトルを 12000-4000 cm^{-1} (830-2500 nm) の範囲に 4 cm^{-1} 間隔で収集した。すべてのスペクトルは、 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $65\pm 5\%$ で取得した。(1) と (2) のそれぞれで作製した MFA の予測モデルセットにテストサンプルを当てはめて予測値を計算させた。最終的に、(1) と (2) のそれぞれの NIR スペクトルから MFA 予測モデルを作製し、そのモデルにテストサンプルを当てはめて予測値を計算させた。その後、エックス線回折装置で得られた MFA の値と比較し、近赤外分光法による MFA の予測精度を検討した。予測モデルには 8 割のデータを、テストサンプルには 2 割のデータを使用した。

4. 研究成果

(1) 3 つの異なる緯度・気候区分で採取した試料を用いたところ、2 つの植林地での予測精度は高い精度であった。予測精度の低かった植林地では、他の植林地よりも MFA の値のばらつ

きが小さく、これが予測精度の低さに影響したと考えられる。過去の研究で、同一植林地内では成長速度に関わらず、木材の材質はほぼ一定であることが報告されている。つまり、同一植林地内だけで予測モデルを作製した場合、データのばらつきが小さく、予測精度が悪くなる可能性がある。MFA を高い精度で予測するためには、生データのばらつきを大きくし、様々な植林地からサンプリングした試料で予測モデルを作製する必要があると考えられる。

(2) 水環境の異なる3つの植林地から採取した試料を用いて、MFA の予測精度を検討した。その結果、どの植林地でも MFA の予測精度が非常に低いことが示された。従来の方で測定した MFA の値を見ると、(1) と同様にばらつきが小さいことがわかった。(1) の植林地は樹齢 16 年以上で商業伐採樹齢に達していたが、(2) の植林地は樹齢が3年のため、まだ伐採年齢に達しておらず、幼木が多かった。そのため、試料に多くの未成熟材が含まれ、予測精度が劣った可能性が考えられる。

(1) および (2) でそれぞれの植林地を合わせた予測モデルを作製した結果、(1) と (2) の両方で実測値と予測値で相関関係がみられた ((1) $r^2=0.62$, (2) $r^2=0.48$) (図 1)。(1) について、個々の植林地ごとに作製した予測モデルよりも3つの植林地を合わせた予測モデルの方が予測精度が高かった。このことは、全試料を用いることでデータ数が増え、値にばらつきが見られたためと考えられる。(2) の全試料を用いた予測モデルでも同様の結果がみられ、植林地ごとに作製した予測モデルよりも全ての植林地を合わせた予測モデルの方が精度が高いことがわかった。しかしながら、どちらの予測モデルについても、MFA の値が大きい試料、つまり未成熟材部は予測値が外れる傾向がみられ、未成熟材の MFA 予測が難しいことが示唆された。つまり、未成熟材部については、予測モデル自体を別途作製する必要があり、未成熟材部の MFA は成熟材部の MFA とは異なる性質があると示唆された。

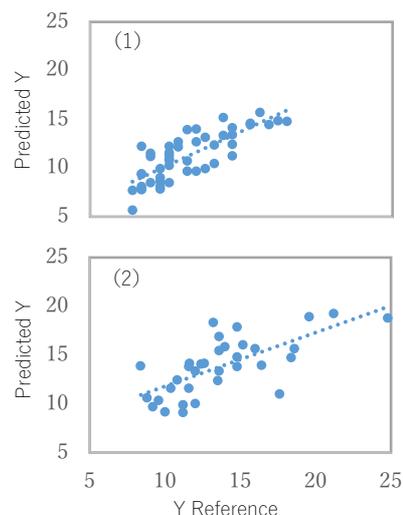


図 1. (1) と (2) それぞれ全てのデータを合わせて作製した予測モデルを用いて算出したテストサンプルの予測値 (Predicted Y) とエクソ線回折装置から得られた値 (Y Reference) の相関関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 倉田洋平、児嶋美穂、渡辺憲、安部久
2. 発表標題 近赤外分光法による木彫像の非破壊樹種判別 アルゴリズムの違いによる予測精度の比較—
3. 学会等名 第38回近赤外フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 倉田洋平、児嶋美穂、山岸松平、安部久
2. 発表標題 近赤外分光法による能面の非破壊樹種判別
3. 学会等名 第73回木材学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	倉田 洋平 (Kurata Yohei) (00608953)	日本大学・生物資源科学部・講師 (32665)	
研究協力者	安部 久 (Abe Hisashi) (80343812)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・領域長 (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------