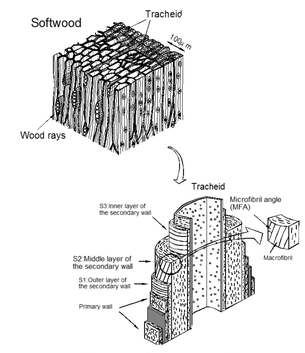
近赤外ハイパースペクトラルイメージング法を活用した木材品質の非破壊評価

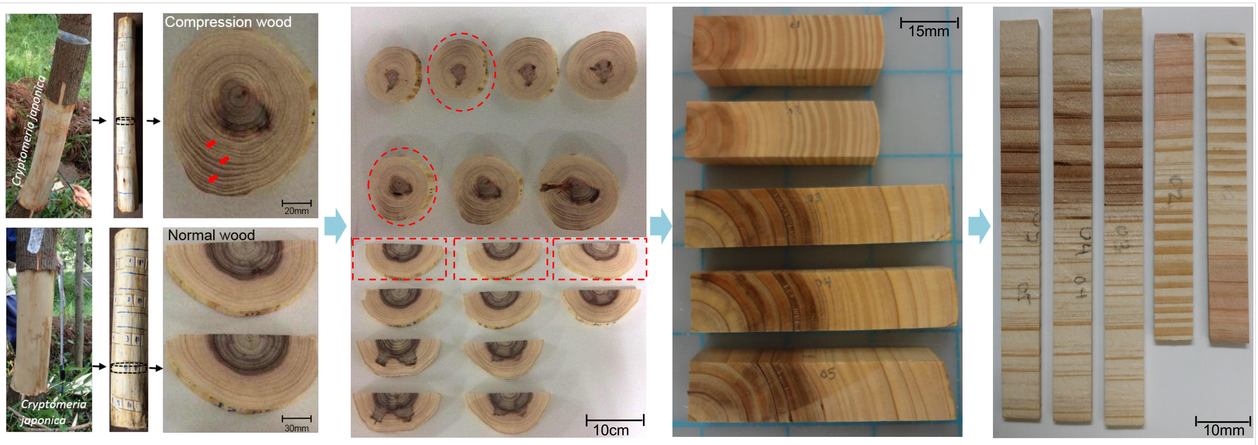
馬　特, 稲垣　哲也, 土川　覚
名古屋大学大学院生命農学研究科
〒464-8601　愛知県名古屋市千種区不老町　TEL/FAX: 052-789-4157　E-mail: ma.te@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. 背景



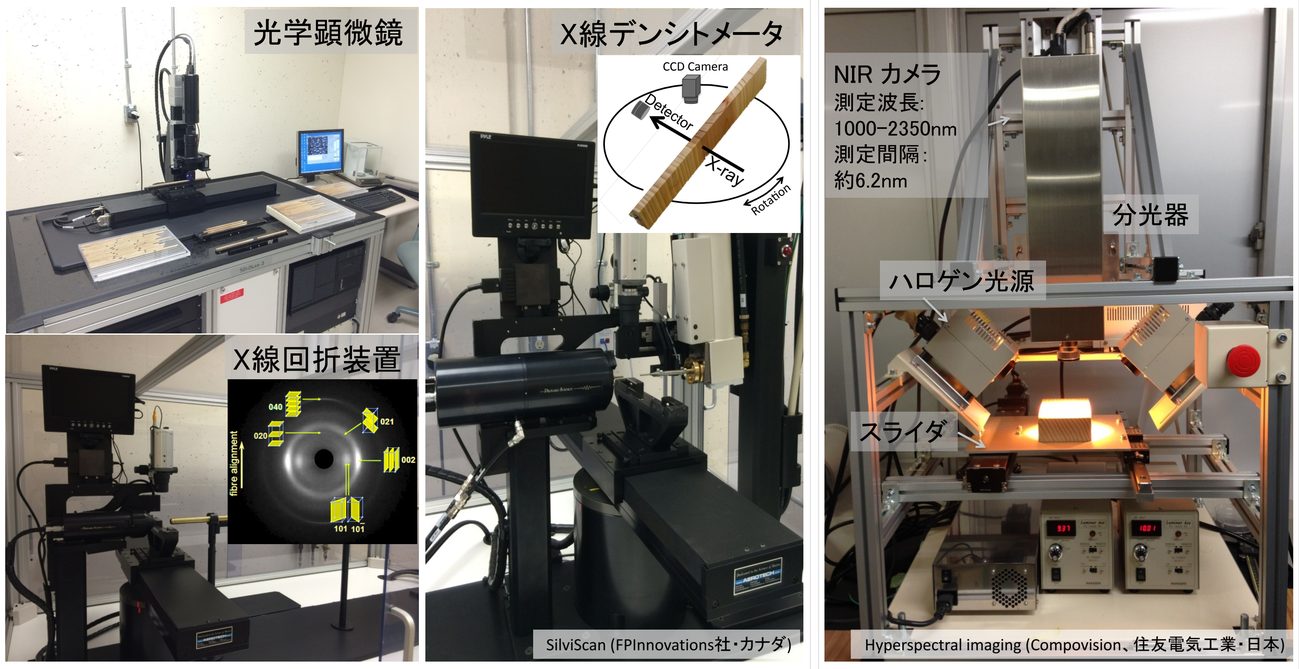
製材品のバラツキを正しく把握することは、林産業において非常に重要である。木材の密度およびミクロフィブリル傾角（MFA）は材質に大きな影響を与えるが、高い空間分解能でそれらの値を測定することは難しく、とくにMFAの材内変動は品質評価に十分反映されてないのが現状である。近年、分光分析と画像解析を融合させたハイパースペクトラルイメージング（HSI）法が開発され、スペクトル情報を各画素レベルで取得し従来のスペクトル解析をそのまま面情報として展開できるようになった。この方法を活用すると、試料の品質評価が全面にわたって高空間分解能で実現可能となる。本研究では、近赤外HSI法と多変量解析を用いてスギ材(*Cryptomeria japonica*)の密度とMFAの可視化を試み、同法による材質マッピングについて検討した。

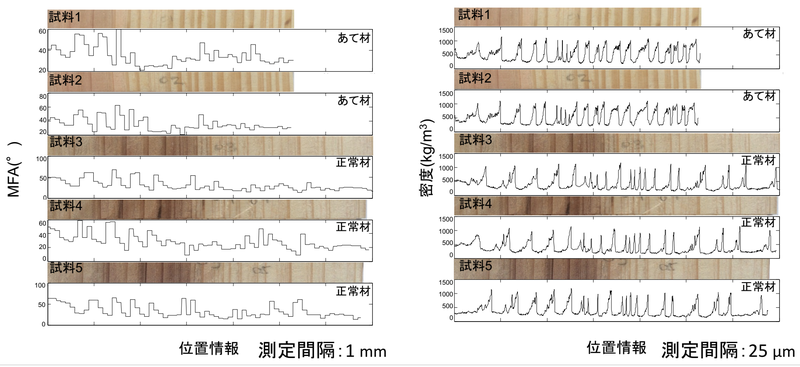
2. 実験試料



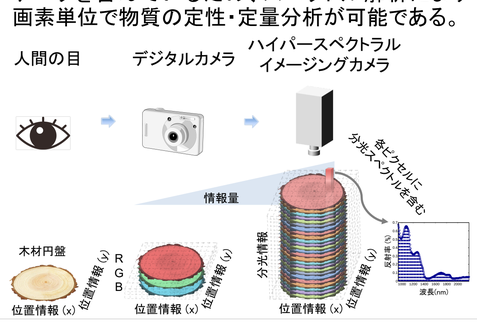
1. 2本のスギ丸太（正常部位とあて部位）から厚さ15mmの円板を合計12枚採取した。
2. 1ヶ月自然乾燥させ、目視で5枚の円板を選別した。それらを半分に切断し、繊維方向15mm、接線方向15mmの棒状に加工した。
3. 棒状木材試料の含水率を平衡状態（約8%）になるまで、湿度40%、温度20℃で保管した。
4. 密度測定に影響を及ぼす樹脂を除去するために、アセトン溶液に試料を12時間を浸漬し、70℃でソックスレー抽出処理（8時間）を行った。その後、湿度40%、温度20℃で、再度自然乾燥させた。
5. 最後に、繊維方向7mm、接線方向2mmの試料を5枚作成した。

3. 密度、MFAおよび分光画像の測定





ハイパースペクトラルデータは各画素にスペクトルデータを含んでいるため、スペクトル解析により画素単位で物質の定性・定量分析が可能である。



4. 各材質の可視化処理とモイレ反応法によるあて材部位の同定

Partial Least Squares (PLS) 回帰分析に基づいてSilviScan（X線回折に基づく迅速材質測定装置：カナダ　FPInnovations所有）で実測したスギ材の密度およびMFAとHSI装置（Compovision、住友電気工業）で測定した近赤外スペクトル（2次微分とSNVによる前処理）との関係を探索した。PLS回帰分析は多変量回帰分析の一種で、変数間に相関がある説明変数データを用いるときに最も効果的に回帰式を算出できる解析手法である。最後に、各PLS予測モデルを使い密度およびMFAの可視化を試みた。また、可視化結果を検証するため、モイレ反応法によるリグニンおよびゼラチン状層の染色後に試料を光学顕微鏡で観察し、あて材部位を同定した。

5. 結果および考察

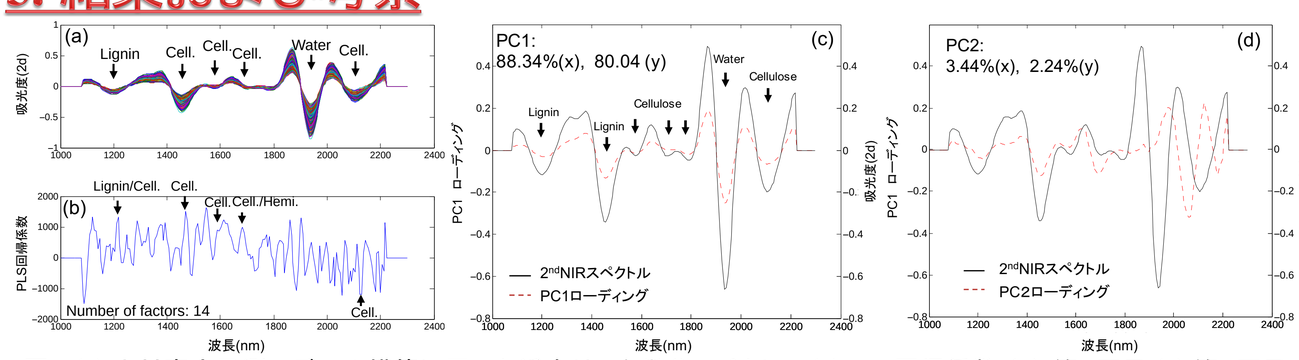


図1. (a) 木材密度予測モデルの構築に用いた近赤外2次微分スペクトル (b) PLS回帰係数（c）第1因子 (d) 第2因子

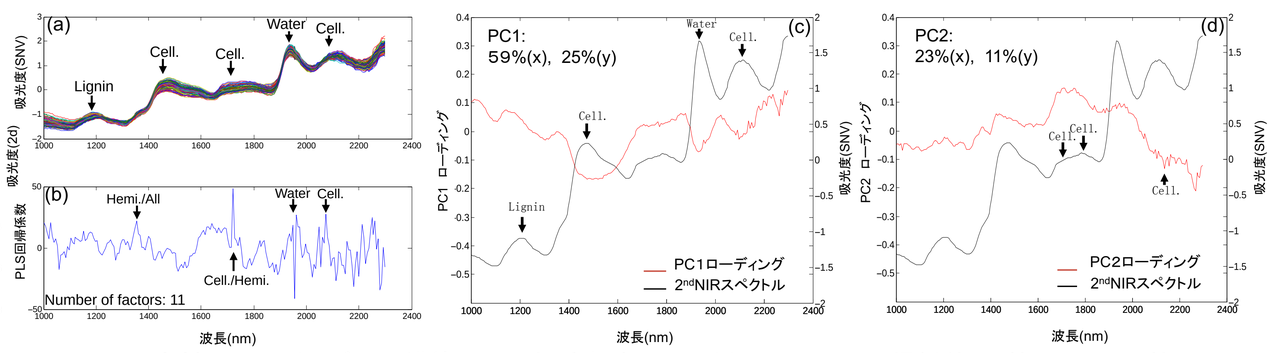


図2. (a) 木材MFA予測モデルの構築に用いた近赤外SNVスペクトル (b) PLS回帰係数 (c) 第1因子 (d) 第2因子

図1と図2に予測モデル構築に用いた近赤外スペクトル（2次微分とSNVによる前処理）と各波長におけるPLS回帰係数を示す。セルロースおよびリグニンによる吸収の違いが予測モデルの構築に大きな影響を与えていることが確認できた。

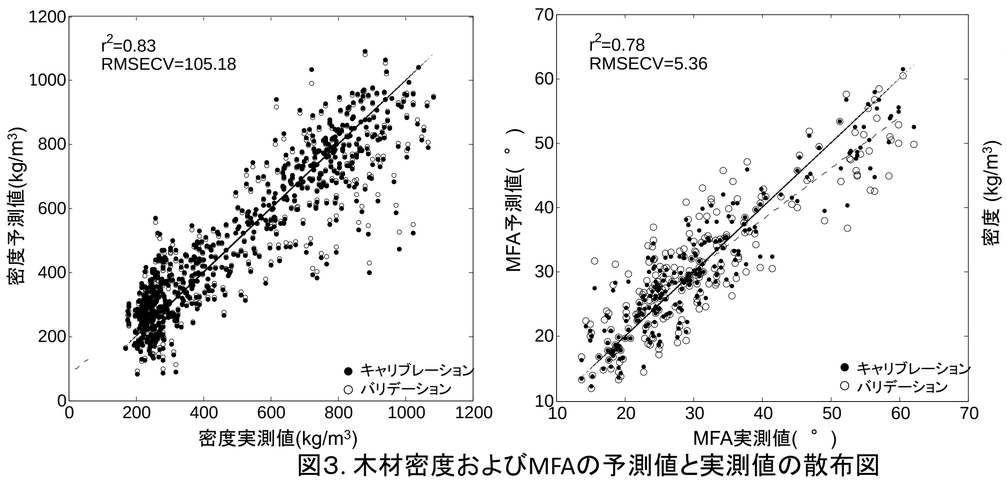


図3. 木材密度およびMFAの予測値と実測値の散布図

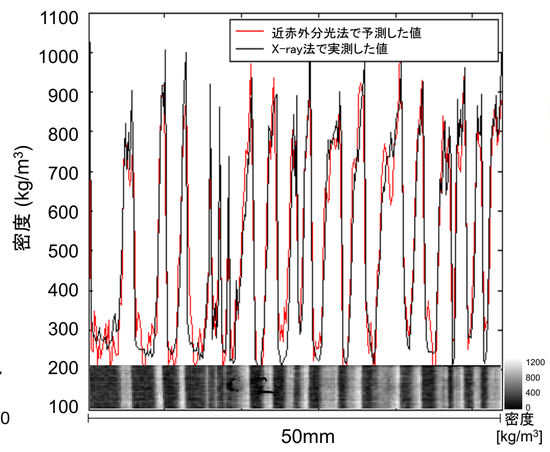


図4. スギ材(あて部位)密度の可視化結果

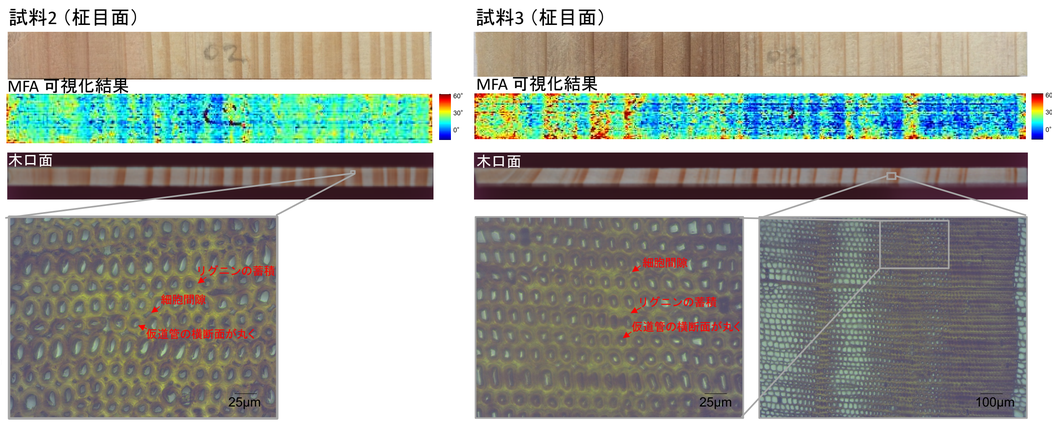


図5.スギ材(あて部位と正常部位)MFAの可視化結果とモイレ反応よるあて部位を検証した結果

図3に木材密度とMFAの実測値（X-ray）および予想値（NIR）の散布図を示した。両者に高い相関があり、予測モデルの有効性が確認できた。図4にスギ材(あて部位)密度の可視化結果を示す。晩材およびあて材部位が早材部位より密度が高くなっていることや晩材から早材になると密度が一気に下るなどの特徴が確認できた。図5にスギ材MFAの可視化結果とモイレ反応によってあて部位を検証した結果を示す。正常部位では未成熟材から成熟材まで、MFAが下がる傾向が見られた。さらに、成熟材部位で観察されたMFAが高い部位はあて材部位であることがモイレ反応観察によって確認できた。

6. 結論

本研究では、近赤外ハイパースペクトラルイメージング法とPLS回帰分析を活用し、スギ材密度およびMFAを高空間分解能（156 μm)で可視化を試みた。MFA可視化画像を利用することによって、あて材部位の同定が迅速・正確に実施できることを見出した。