

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：24780169

研究課題名(和文)木質文化財の現場調査を目的とした新規手法の基礎的研究

研究課題名(英文)Basic study on new nondestructive method for wood identification of wooden heritages

研究代表者

田鶴 寿弥子(水野寿弥子)(Tazuru, Suyako)

京都大学・生存圏研究所・助教

研究者番号：30609920

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：木質文化財の調査は、その起源や歴史的背景、木材選択をはじめとして様々な知見を齎す。しかし木質文化財は文化財であるがゆえ破壊が禁じられており、非破壊手法が求められてきている。本研究では非破壊かつオンサイトでの樹種識別を可能とする手法の開拓として、近年様々な分野で活用されている近赤外分光法(FT-NIR)を活用した樹種識別について、手法の基礎的研究を行った。その結果、現生のニヨウマツ類(アカマツとクロマツ)では心材部分を用いることで識別が可能であった一方、歴史的古材のアカマツとクロマツではでは判別不可という結果がでるなど、課題も見つかった。その原因解明のためにも継続した研究の必要性が見出された。

研究成果の概要(英文)：Identification of wooden heritages has provided beneficial information on the origin, historical background, wood selection and also new perspectives. Destruction of wooden heritages is prohibited. Only non-destructive analysis is allowed. In this regard, non-destructive and onsite analysis methods has been desired. In this research, near-infrared (NIR) spectroscopy, which is known as a rapid, accurate and reproducible, was applied for wood identification. When using the non-degraded heartwood materials, we have successfully designed a procedure to identify *P. densiflora* and *P. thunbergii* employing a combination of NIR spectroscopy and multivariate analysis. However, evaluation of the models using wood samples from traditional construction indicated that this technique is insufficient to be applied to historical and archeological materials. Therefore, we conclude that further research is required.

研究分野：文化財科学

キーワード：樹種識別 非破壊 近赤外分光法

1. 研究開始当初の背景

近年、文化財への科学的アプローチはその重要度を増している。特に木質文化財の科学的調査は、そのものの起源や歴史的背景、木材選択、木材流通をはじめとて様々な知見を齎す。

中でも木質文化財の「樹種」に関する情報は、考古学・美術・建築といった人文・科学両領域で植生・使用樹種の歴史の変遷などの体系化に有効となってきた。近年、仏像彫刻に使用された樹種を総合的に同定した結果、長年ヒノキと考えられていたものの多くがカヤであることが判明し、仏教經典に記載された柏木の概念が翻った研究<sup>(1)</sup>に代表されるように、文化財の樹種調査はより重要度を増している。

従来、木材の樹種識別では、木材から3断面を切りだし、プレパラートを作成し、顕微鏡で観察する(図1)という、一連のいわゆる破壊を伴う手法が一般的であった。しかし木質文化財は文化財であるがゆえ破壊が禁じられており、例え移動や修理時などに遊離した試料が入手できた場合でも、そのサイズには限界があり、小さいものでは1 mm程度であるものも少なくなかった。このような極小試料については、放射光X線を用いたマイクロCT(図2)を適用するなど、様々な、非破壊的手法による樹種識別手法の開拓が進められてきた<sup>(2)</sup>。



1、木材試料について3断面を作成してプレパラート作成



2、光学顕微鏡で観察して同定する

図1 光学顕微鏡による樹種識別の方法

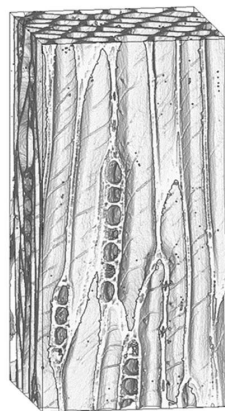


図1 放射光マイクロCTを用いて獲得できる木材微小片内部3次元像



図3 歴史的建造物の修復工事(上2枚)において取り外された部材(下2枚)

近年では、仏像の内部調査のために博物館などで撮影されたCT画像を用いた画像認識による識別も、進められている<sup>(3)</sup>。この手法では、得られるCTデータの解像度は低く、通常木材の樹種を特定するために必要とされる組織構造を観察することはできない。しかしながら各木材のCT画像にはそれぞれの組織構造に基づいた特有の特徴が現れていることから、グレーレベル同時生起行列を用いたテキスト解析で高い精度が得られている。

一方、組織構造が非常に類似した樹種については、画像解析では精度が低下する可能性も示唆されている。さらに文化財を調査するにあたっては、仏像や神像をはじめとした木彫像、ならびに建造物の部材(図3)など、その場から持ち運びできないものも多く、博物館に移動してCTを撮影することが不可能なものも少なくないことから、現場で行うことができる簡便な樹種調査法が求められてきている。

そこで、非破壊・簡便・オンサイトという3つの課題をクリアする近赤外分光分析(NIR)による樹種調査に注目した。近年は木材分野<sup>(4)</sup>のみならず文化財の材質や表面性状計測にも用いられている。これは近赤外領域の光をモノにあて、スペクトルを元に物質の状態を推測する技術である。手法の基礎的研究を行うことにより、現生材ならびに歴史的な古材(文化財)における樹種の判別にかかる情報の獲得、しいては知見の抽出をめざすものである。

(参考文献)

(1)金子啓明 他3名,日本古代における木彫像の樹種と用材観 - 七・八世紀を中心に -, MUSEUM, 555, 1998, 他3報.

(2) Mizuno-Tazuru S et al., Wood identification of wooden mask using a

synchrotron X-ray micro-tomography, Journal of Archaeological Science, 37, 2842-2845, 2010.

(3)Kobayashi K et al., Automated recognition of wood used in traditional Japanese sculptures by texture analysis of their low-resolution computed tomography data, Journal of Wood Science, DOI 10.1007/s10086-015-1507-6, 2015.

(4)Watanabe Ken et al., Species separation of aging and degraded solid wood using near infrared spectroscopy, 植生史研究, 19, 2011.

## 2. 研究の目的

本研究では非破壊・簡便・オンサイトでの樹種識別を可能とする手法の開拓として、近年様々な分野で活用されている近赤外分光法 (FT-NIR) を活用した樹種識別について、基礎的研究を行い、それによりこれまで樹種識別が適用できなかった文化財からの樹種情報の抽出を目指すこととした。ゴールは、数百年単位で経年劣化を経ていることが明らかな木質文化財に対し、ポータブル型 FT-NIR によるオンサイトでの樹種識別であることから、まず現生材を用いて卓上型 FT-NIR によるスペクトルの獲得、処理、判別分析のための検量線モデル構築といった基礎的データの蓄積を目的とし、その後それらを一連の古材にも適用することで、スペクトルを用いた判別分析ならびに判別精度向上に必要な波長領域の特定をすすめることとした。

また、それまでの研究で、経年劣化による FT-NIR スペクトルへの影響も推察されていたため、スペクトルを用いた年代推定の可能性も視野に入れ、基礎的データの蓄積を行うこととした。

本研究では特に、木材の組織学的特徴が類似しており顕微鏡観察では識別が不可能である形態が類似した樹種について、FT-NIR による識別を検討することとした。例えばアカマツとクロマツはニヨウマツ類に属し、古くから建造物をはじめとした文化財に多くつかわれてきているが、これらは顕微鏡観察による組織観察では分類が困難な樹種である。歴史的建造物において、アカマツとクロマツがどのように使い分けされているのかといった情報を得るためにも、FT-NIR によるデータ蓄積、解析をすすめた。

## 3. 研究の方法

本研究では、京大生生存圏研究所に保管管理されている針葉樹・広葉樹を含む木材試料約 15-20 種や歴史的な古材を対象とし、卓上型 FT-NIR 装置を用いてそれぞれの FT-NIR スペクトルデータを獲得した。まず現生材についてのこれらのデータに二次微分と

いった処理を加え、検量線の構築、判別分析といった工程を行うことにより、判別分析のための知見を蓄積した (図 4)。その後同様に、顕微鏡観察により樹種が判明している歴史的建造物由来の古材についても同様の処理を行い、判別精度などの精査をおこなった。

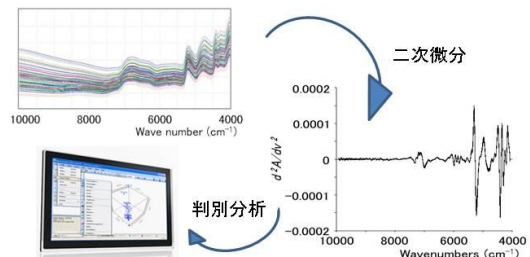


図 4 近赤外分光法による樹種識別調査の流れ。様々な試料から得られた NIR スペクトルデータを二次微分し、検量線を構築したのち判別分析を行う。

## 4. 研究成果

卓上型 FT-NIR を用いた結果、現生材については、例えばヒノキとカヤ、ケヤキとハリギリ、スギとモミなど、様々な樹種について判別が可能であることが判明した。

特筆すべき研究結果としては、ニヨウマツ類 (図 5) の判別分析が挙げられる。ニヨウマツ類に属するアカマツとクロマツは、外見からは樹皮の色の違いなどによって分類が可能であるが、組織構造での分類は非常に困難である (図 5)。

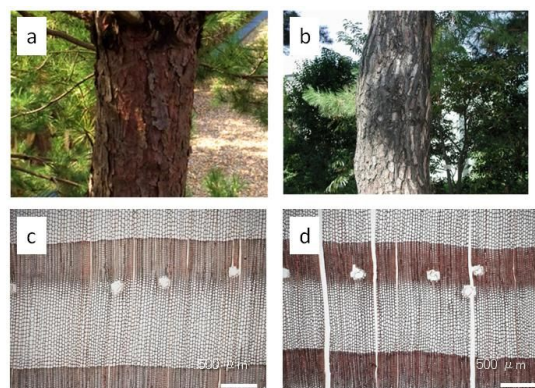


図 5 アカマツ(a)とクロマツ(b)は、樹皮などでの分類は可能だが、組織構造(アカマツc、クロマツd)での分類は困難である。

本研究により現生材のニヨウマツ類 (アカマツとクロマツ) では木材の髓に近い部位である心材部分を用いることで、識別が可能であることが判明した (図 6)。これは、これ



まで顕微鏡観察では識別が困難とされてきたニヨウマツ類の識別に一石を投じる結果であり、非常に有益であった。一方辺材(樹皮に近い方)についてはいまだ識別のための判別精度が低く課題が残っている。

一方で、歴史的古材のアカマツとクロマツではおそらく経年劣化の影響とみられるが、判別精度が大きく低下した。その原因は経年劣化による吸着水をはじめとした成分の変化と考えられるが、詳細は今の段階では未解決であり、古材の判別分析においてどのような解析を行うかが、今後の重要な課題となっている。さらにオンサイト調査に必要な、卓上型とは若干性状が異なる「ポータブル型NIR装置」での検量線構築などが課題として残っている。

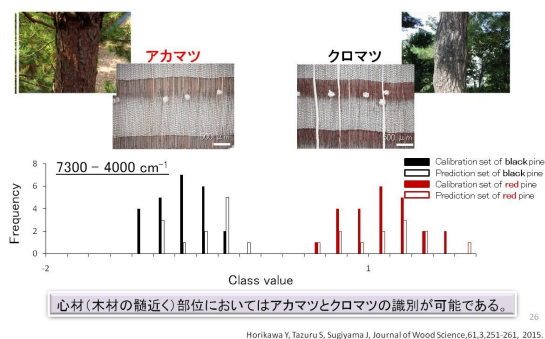


図6 心材部分(木材の髓に近い方)を用いることで、ニヨウマツ類に属するアカマツとクロマツの識別が可能であった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) Yoshiki Horikawa, Suyako Mizuno-Tazuru, Junji Sugiyama, Near-infrared spectroscopy as a potential method for identification of anatomically similar Japanese diploxylons, *Journal of Wood Science*, 61,3, 2015, 251-261.  
DOI 10.1007/s10086-015-1462-2

〔学会発表〕(計10件 講演会含む)

(1) 田鶴寿弥子 杉山淳司, 歴史的建造物におけるアスナロ属利用の一考察, 日本木材学会大会, 2016年3月27日, 名古屋.

(2) Suyako Tazuru Mizuno, Yoshiki Horikawa, Junji sugiyama, Application of NIR spectroscopy to identify diploxylons used

for historical buildings, 日本文化財科学会第31回大会, 2014年7月5日, 奈良

(3) 田鶴寿弥子 杉山淳司, 獅子・狛犬における木材選択, 日本木材学会松山大会, 2014年3月13-15日, 愛媛.

(4) Suyako Tazuru, Yoshiki Horikawa, Junji Sugiyama, NIR spectroscopic investigation of anatomically similar wood species, 8th Pacific Regional Wood Anatomy Conference Annual Meeting of International Academy of wood science 2013, China.

(5) 田鶴寿弥子, 杉山淳司, 新旧手法の適用による神像彫刻の樹種識別調査, 日本木材学会大会, 2013年3月27-29日, 岩手.

(6) Suyako Tazuru, Junji Sugiyama, Wood identification of wooden deities using X-ray micro-CT imaging, 8th Joint Seminar of CKJ on Wood Quality and Utilization of Domestic Species, (International Symposium on Wood Quality and Utilization 2013) 2013, Korea.

(7) 田鶴寿弥子, マイクロCTを用いた木質文化財の樹種調査, SPring-8木材科学ワークショップ 進歩する木のかがく/ 第308回生存圏シンポジウム, 2016年3月18日, 京都.

(8) 田鶴寿弥子, 木づかいの匠, 日本, 第12回生存圏研究所公開講演会, 2015年10月25日, 京都.

(9) 田鶴寿弥子, 新旧手法を併用した木質文化財の樹種調査からみえること, 日本材料学会木質材料部門委員会 第282回定例研究会 日本材料学会木質材料部門委員会, 2013年6月27日, 京都.

(10) 田鶴寿弥子, 木質文化財の樹種調査からみえること, 京都大学森林科学公開講座 京都大学, 2013年10月27日, 京都.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田鶴 寿弥子 (TAZURU, Suyako)  
京都大学生存圏研究所・助教  
研究者番号：30609920

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：