

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292109

研究課題名(和文) 木彫像の樹種識別技術の高度化

研究課題名(英文) Sophisticated techniques for identification of wood utilized for historically valuable statues

研究代表者

安部 久 (ABE, Hisashi)

国立研究開発法人 森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員

研究者番号：80343812

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本の木彫像に多く用いられている10種の木材の判別が、非破壊方法である近赤外分光法によって可能であるか検討した。その結果、波長領域830-1150 nmを用いると、木彫像によく用いられているカヤ材が判別でき、波長領域1150-2400 nmを用いると、針葉樹材と広葉樹材が判別できることが確認された。ここで得られた樹種判別モデルを用いて、寺社等に保管されている実際の木彫像の分析を行ったところ、波長領域1150-2400 nmを用いたモデルで針葉樹材と広葉樹材が判別され、実際の木彫像にも適応可能であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：To identify wood species of historically valuable wooden statues in a non-invasive manner, the applicability of near infrared (NIR) spectroscopy was examined using reference wood samples of 10 species.

It was confirmed that the wood of *Torreya nucifera* can be separated from other wood species using NIR at wavelengths of 830-1150 nm, and that softwood and hardwood can be distinguished using NIR at wave lengths of 1150-2400 nm. Spectra obtained from wooden statues estimated to have been carved 100 - 1000 years ago were tested. These spectra were then divided into two clusters using the latter wavelengths, corresponding with either softwood or hardwood species. These results suggest that NIR spectroscopy is a powerful technique for the identification of historically valuable wooden statues made from either softwood or hardwood.

研究分野：木材組織学

キーワード：木彫像 樹種識別 針葉樹 広葉樹 NIR カヤ VOC

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本の歴史的に価値がある木彫像の樹種を調べることは日本の文化を理解する上で重要である。そういった木彫像から微細な木材片が偶然剥離してくる場合がある。これらの木材片の顕微鏡観察によって、徐々に樹種が調べられ、仏像に用いられる樹種の用材観に変遷があることが分かってきた(たとえば)

(2) しかし、それらの多くは文化財として価値があり、非破壊での樹種識別方法の開発が望まれている。

2. 研究の目的

(1) 近赤外分光法を用いて、非破壊で木彫像に用いられる樹種を判別する方法を開発する。

(2) 上記で開発された方法を、実際に寺社や博物館に保管されている木彫像に適用し、どの程度の精度で樹種を判別することが可能かを調べる。

(3) 木材の匂いの成分である揮発性有機化合物(VOC)による樹種識別の可能性を検討する。

(4) 実際に寺社や博物館に保管されている木彫像からVOCを採集し、木材の樹種識別のための有用性を検証する

3. 研究の方法

(1) 日本の木彫像に多く用いられている10樹種(針葉樹5種(カヤ、ヒノキ、スギ、コウヤマキ、アスナロ)、(広葉樹5種(トチノキ、カツラ、クスノキ、ヤマザクラ、ケヤキ))の木材の樹種判別が近赤外分光法を用いて非破壊で可能であるか検討した。森林総合研究所が所蔵する木材標本を用いて、波長領域 830-2500nm の拡散反射スペクトルを収集し、二次微分スペクトルを用いて主成分分析を行い、そのプロットのパターンから樹種判別の可能性を検討した。

(2) 実際に寺社、博物館に保管されている様式などから制作後数百年から1000年経過していると推定される実際の木彫像等34点から472の近赤外スペクトルを収集した。それらをもとに、標本から得られた樹種判別の方法の木彫像への適用可能性も検証した。

(3) 森林総合研究所の木材標本庫に保管された木材標本(カヤ、ヒノキ、スギ、コウヤマキ、クスノキ、アスナロ)をそれぞれスマートバッグに入れ40に設定した恒温器に入れ、20分間放置して試験片からVOCを放散させた後取り出した。これらのスマートバッグに、内部のVOCをサンプリングポンプを用いてVOC捕集用吸着管に捕集した。捕集したVOC

は、ガスクロマトグラフィー質量分析装置により分析した。

(4) 実際に寺社、博物館に保管されている木彫像数十体から放散するVOCをサンプリングポンプを用いてVOC捕集用吸着管に3~16時間捕集した。捕集したVOCは、ガスクロマトグラフィー質量分析装置により分析した。

4. 研究成果

(1) 10種の木材標本を用いた分析では、波長領域 830-1150 nm を用いた主成分分析の第1主成分と第2主成分のスコアプロットでは、木彫像に多く用いられているカヤのプロットが他の樹種のプロットと別れてグループとなった(図1)。一方、波長領域 1150-2400 nm を用いた場合には、針葉樹のプロットと広葉樹のプロットが別れることが確認された(図2)。このように、分析に使用する波長領域によって判別可能な樹種が異なることが分かった。

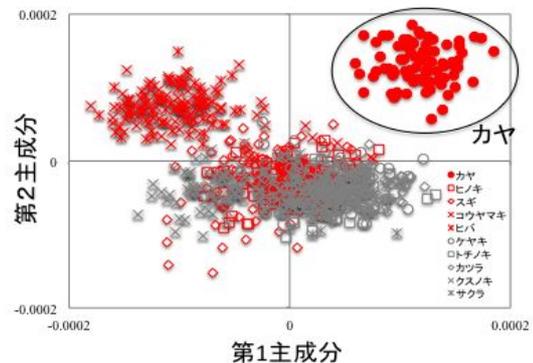


図1 波長(830-1150 nm)領域を利用した主成分分析

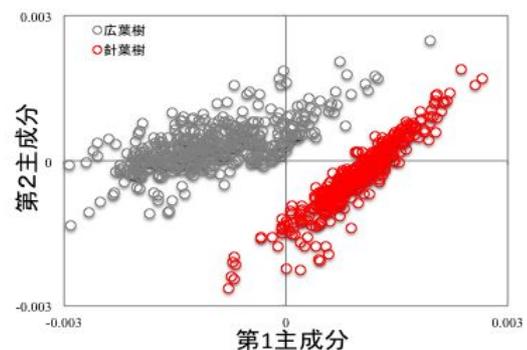


図2 波長(1300-2500 nm)の領域を利用した主成分分析

(2) 上記で得られた樹種の判別モデルを実際の木彫像から得られた近赤外スペクトルに適用してみると、波長領域 830-1150 nm を用いたカヤを判別するモデルではカヤ材の検出には成功しなかったが、波長領域 1150-2400 nm を用いた針葉樹材と広葉樹材を分離するモデルでは、木彫像から得られたス

ペクトルを用いた場合でも、針葉樹材と広葉樹材の主成分プロットが分離していることが確認された(図3)。これらの結果から、制作後数百年以上の長い期間保管された木彫像においても、近赤外分光法を用いて針葉樹材と広葉樹材を非破壊で判別できる可能性が示唆された。針葉樹材と広葉樹材は新しい材面であれば目視で判別が可能であるが、制作後長期間外部の環境にさらされ、表面が変色、変質した実際の木彫像では目視で区別が付きにくくなる。今回の研究で得られた結果は、特に木目が平滑であるカツラ材で制作された木彫像を判別するのに有効であると考えられる。

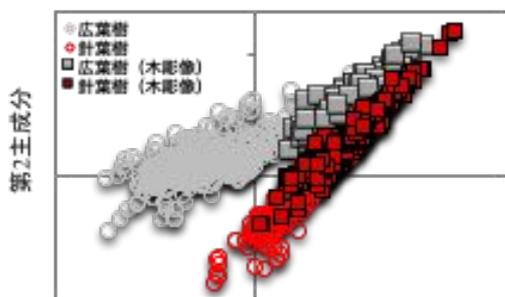


図3 木彫像から得られたスペクトルの波長(1300-2500 nm)を用いたモデルへのプロット

(3) 木材標本を用いて木彫像に使用される樹種から放散する VOC を測定したところ、カヤからはヌシフェラル、クスノキからはカンファーと推定できるピークが検出され(図4)、これらは樹種識別に有用であると考えられた。

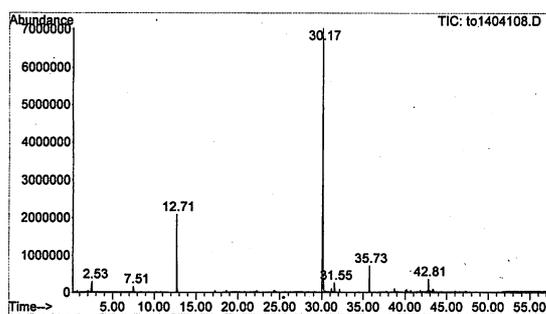


図4 クスノキ材からのVOCの質量分析の結果

(4) 制作後長期間経過した木彫像からも、木材由来の VOC が検出された。この理由の一つとして、時間の経過とともに木材に微小な割れが少しずつ発生し、この部分から新たに VOC が放散する可能性が考えられる。木彫像からの VOC と木彫像が安置されている室内の VOC をガスクロマトグラフィー質量分析装置により分析・比較することにより、木彫像から由来する VOC を特定することができる。

長い年月のうちに木材の VOC 成分も変化する可能性があり、これについては、今後、同一樹種で比較的最近伐採された木材から放

散する VOC との比較結果を蓄積していくことで検討を進める予定である。

#### <引用文献>

金子啓明, 岩佐光晴, 能城修一, 藤井智之, 日本古代における木彫像の樹種と用材観 7・8 世紀を中心に, MUSEUM 555 巻, 1998, 3-53

金子啓明, 岩佐光晴, 能城修一, 藤井智之, 日本古代における木彫像の樹種と用材観 11 8・9 世紀を中心に, MUSEUM 583 巻, 2003, 5-44

#### 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 3 件)

Abe H., Watanabe K., Ishikawa A., Noshiro S., Fujii T., Iwasa M., Kaneko H., Wada H., Non-destructive method for species identification of historical wooden artifacts using NIR spectroscopy: separation of softwood and hardwood. Proceedings of 22nd Wood Machining Seminar, (査読無) Vol. 2, 2015, pp. 157-164.

安部 久, 渡辺 憲, 石川 敦子, 能城修一, 藤井 智之, 岩佐 光晴, 金子 啓明, 和田 浩, 近赤外分光法を用いた木彫像用材の非破壊的な樹種識別 -木材標本を用いた分析-, 木材保存, (査読有), 41 巻 4 号, 2015, 162-170.

Watanabe U., Abe H., Yoshida K., Sugiyama J., Quantitative evaluation of properties of residual DNA in *Cryptomeria japonica* wood, Journal of Wood Science, (査読有) Vol. 61, No. 1, 2015, pp. 1-9.

[学会発表](計 5 件)

安部 久, 可視-近赤外領域の光の通りやすさの違いを用いたカヤ材とヒノキ材の判別, 第 66 回日本木材学会大会, 2016 年 3 月 27 日~2016 年 3 月 29 日名古屋大学(愛知県・名古屋市)

安部 久, 近赤外分光法を用いた木質文化財の非破壊的な樹種識別の可能性, 第 31 回近赤外フォーラム, 2015 年 11 月 25 日~2015 年 11 月 27 日, 筑波大学(茨城県・つくば市)

石川 敦子, 長期間蔵置された木彫像から放散する VOC の測定, 第 31 回日本木材保存協会年次大会, 2015 年 5 月 26 日~5 月 27 日, メルパルク東京(東京都・港区)

安部 久, 近赤外分光法を用いた木彫像用材の樹種識別, 第 65 回日本木材学会大会, 2015 年 3 月 15 日~2015 年 3 月 18 日タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

Watanabe U., Residual DNA extracted from timber and its effectiveness for identification of wood species. XXIV IUFRO World Congress, 2014年10月5日～2014年10月11日, Salt Lake City (USA).

〔図書〕(計 1件)

金子 啓明, 岩佐 光晴, 藤井 智之, 能城修一, 安部 久, 東京美術, 仏像の樹種から考える古代一木彫像の謎 成城学園創立100周年記念シンポジウム報告書, 2015, 1-159.

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等  
なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

安部 久 (ABE, Hisashi)  
国立研究開発法人森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員  
研究者番号: 80343812

(2)研究分担者

石川 敦子 (ISHIKAWA Atsuko)  
国立研究開発法人森林総合研究所・木材改質研究領域・チーム長  
研究者番号: 00353574

和田 浩 (WADA Hiroshi)  
東京国立博物館・学芸研究部・室長  
研究者番号: 60332136

渡邊 宇外 (WATANABE Ugai)  
千葉工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 70337707

渡辺 憲 (WATANABE Ken)  
国立研究開発法人森林総合研究所・加工技術研究領域・主任研究員  
研究者番号: 90582734

(3)連携研究者

大平 辰朗 (OHIRA Tatsuro)  
国立研究開発法人森林総合研究所・バイオマス化学研究領域・室長  
研究者番号: 40353619