

# 九州シンクロトン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1909070R

BL番号：07

(様式第5号)

マイクロ X 線イメージングによる木材組織観察と樹種同定:文化財への適応その 1  
Study on micro CT technique to wood identification with morphological features:  
Application to cultural property No.1

百島則幸、芦川信雄、田籠久也  
Momoshima Noriyuki, Ashikawa Nobuo, Tagomori Hisaya

九州環境管理協会  
Kyushu Environmental Evaluation Association

- ※1 先端創生利用(長期タイプ)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記してください。
- ※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開(論文(査読付)の発表又は研究センターの研究成果公報で公表)が必要です(トライアル利用を除く)。
- ※3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※4 共著者には実験参加者をご記載ください(各実験参加機関より1人以上)。

## 1. 概要 (注:結論を含めて下さい)

神社仏閣などの木造建造物や木彫仏像などの文化財の基本情報の一つとして、用いられている木材の種類がある。しかし、樹種を調べようとするとき、文化財保護の観点から入手できる試料の量は制約を受けることが多く、少量の試料で樹木組織の観察ができるマイクロ X 線イメージングは樹種同定の有力な手段である。

本実験では、福岡県内の神社境内に設置されている古い建造物である摂社、末社から入手したごく少量の木片試料のマイクロ X 線イメージングを測定することで、1) 古材へのマイクロ X 線イメージング法の適応性の検討、2) 用いられている木材の種類を明らかにすることを目指した。

試料は0.36度毎に回転させながら、8keVのエネルギーで各角度10秒間の測定を行い、得られた画像を再構築して吸収強度の3Dデータ(1024x1024x1024ピクセル)を得た。3D画像の解析には画像解析ソフトFijiを利用した。

入手した試料は虫食いや経年劣化による脆弱化が進行していたため、最適な測定用試料サイズ(約2x2x2mm)に加工することは難しかった。得られた3D画像からは虫食いによる穴や割れの様子とともに針葉樹や広葉樹に特徴的な組織形態を確認することができた。測定した5試料はいずれも化粧材(外観が見える部分)から入手したものであるが、木口面の導管の形態から2試料は広葉樹で残りは針葉樹と推定された。広葉樹はクスノキの可能性が高く、いずれも社の外面の彫刻部分から得たものである。針葉樹の3試料は柱、長押しと壁板の部分であり、2試料に樹脂道らしい小孔が見られたことからマツと考えられた。

古材の樹種同定法として本手法の有効性を確認するとともに、建築に使用されている木材の種類を明らかにすることができた。

### (English)

When evaluating the cultural property value of shrines and temples and wooden statues, the type of wood used is one of the important basic information. However, the pieces of wood collectable from cultural properties to identify tree species is often severely restricted from the viewpoint of protection of cultural properties. The micro X-ray imaging is a useful method to identify tree species using a very small amount of wood chip samples.

In this experiments, we examined 1) the applicability of the present method to old wooden samples and 2) tree species identification of the samples, which were obtained from

Setsumatsu sha (smaller shrines managed under the shrine) in the precincts of the Shrine at Fukuoka prefecture. While rotating the sample every 0.36 degrees, 10 seconds of measurement was performed at each angle, and 1000 images were obtained, and reconstructed to obtain raw data of the distribution chart of absorption intensity (1024 × 1024 × 1024 pixels). The images were analyzed using the free software Fiji.

The old wooden samples were difficult to process to the maximum measurable size (2x2x2mm) because of degradation and worm holes. However, the 3D image showed the specific features of conifer and hardwood, and the worm holes with associated cracks were also clearly observed. Two of the 5 old wooden samples were hardwood, probably *Cinnamomum Camphora*, used outside decoration of the Setsumatsu sha. Other samples were softwood used as pillars and walls, and 2 samples may be *Pinus* due to holes like resin-ducts of the 3D image.

The micro X-ray imaging was confirmed to be useful for tree species identification to old wooden sample.

## 2. 背景と目的

樹種を同定することは様々な場面で求められることがあるが、すでに板や棒に加工されている場合は簡単ではない。加工された木材の樹種同定は、簡便な方法としては色、木目、材質などの観察があるが、ある程度の大きさや新鮮な表面がないと難しく、かつ熟練者の経験に基づく目視で行われることが一般的である。一方、顕微鏡による木材組織の観察による形態学的な同定は信頼性が高い方法ではあるが、そのためには木材の一部を入手して顕微鏡観察のための組織切片試料（3軸方向）の作製が必要となる。文化財的価値の高い建物、仏像などから組織切片試料の作製に必要な量の木片を得ることは一般的に困難であり、歴史的、地域文化的、芸術的観点から樹種同定の要望が高いにも関わらず実施できないことが多い。

放射光のマイクロX線イメージングを用いれば微小な物体の3D断層画像の作成が可能である。小さい木片からでも樹種同定に必要な3軸方向の組織画像が得られることは既知の樹種試料を用いた予備実験で確認した（課題番号：1902009T）。樹種同定に必要な3軸方向の組織画像が高分解能で得られることから本手法は樹種同定に有効な方法であるといえる。

今回測定した試料は、福岡県内にある神社境内の摂社、末社から入手した木片である。樹種は不明で、X線測定を行った時の試料の軸方向の配置も不明であり、試料の形状もまちまちであった。文化財の建材調査では今回のように軸方向が不明で、様々な形状の試料が対象になると思われる。

本実験の目的は、1) 古材への本手法の適応性の検討、2) 使用されている樹種を同定することである。

## 3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

### 【試料】

試料の実態顕微鏡写真の例を図1に示す。中央に大きな虫食い穴と  
思われるものが観察され、穴の内側部分は少しこい茶色で他の部分の色とは異なっている。他にも同じような色の部分が確認される。これらの部分は虫食いの影響を受けた組織であると思われる。イメージング画像では試料内部に大きく組織が欠落した部分が確認され、その部分に組織とは明らかに異なる遺物様の残渣らしきものが確認された。



図1 古材試料

### 【実験方法】

木片試料を測定ホルダーに取り付けた様子を図2に示す。木片試料はプラスチックシートをパイプ状に丸めた穴の上部に入れ、穴の下側に爪楊枝を差し込み、その爪楊枝を測定ホルダーに固定している（図2）。バイオイメージングビームラインBL-07を使用して、試料を0.36度毎に回転させながらX線エネルギー8keVで10秒の測定を実施した。今回は5試料を測定した。

最初に測定した試料の画像はほんの少しではあるが焦点不足が見られた。これは丸めたプラスチックシート内の試料が振動により若干測定中に動いたためと思われる。使用したプラスチックシートが柔らかいことが原因と考えられたため、プラスチックシートの代わりに外

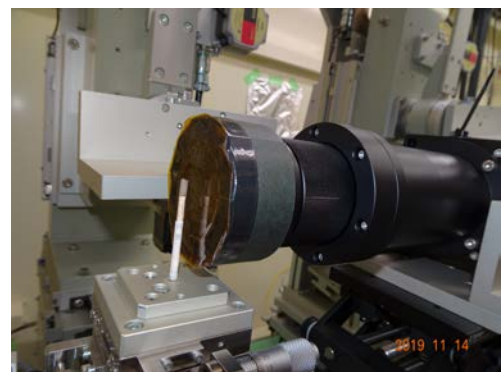


図2 試料固定と測定の様子

形 3 mm、内径 2 mm で厚さ 0.5mm のプラスチックパイプを使用することにした。以降は鮮明な画像が得られるようになった。

#### 【解析の方法】

CCDカメラへの記録は2048x2048x2048ピクセルの画像であるが、2x2x2ピクセルで統合することで1024x1024x1024ピクセルのデータ量の画像として再構築を行った。3D画像の観察は画像解析ソフトFijiを利用した。

#### 4. 実験結果と考察

測定した5試料の木口面の組織画像から2試料は広葉樹と考えられた(図3)。導管の形(大きな円状の穴)や配置などは予備実験で測定したクスノキに似た特徴を示していることがわかる(図4)。さらに柾目面や板目面に観察される組織形態を比較することで、この2試料はクスノキと推定された。これらの試料は神社境内にある別々の社から得られたものであるが、いずれも社の外側に飾りとして作られている彫刻部分から得たものであり、クスノキが彫刻部分の素材として利用されていた可能性を示している。



図3 社の彫刻部分から入手した試料

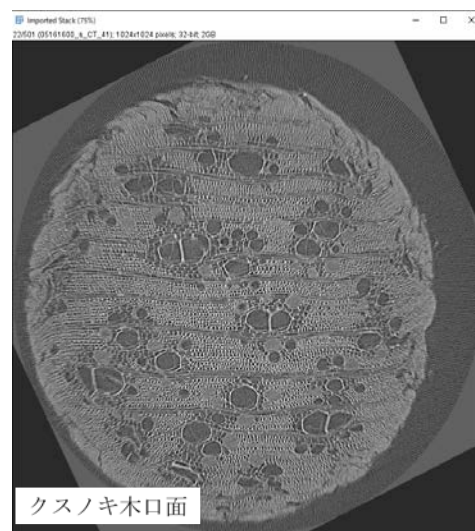


図4 クスノキの木口面画像

残りの3試料は木口面の組織画像からいずれも針葉樹であると考えられた。そのうち図5に示す試料は社の内部にある柱から得たものであるが、樹脂道らしき二つの小さい穴(図5の右側部分)が木

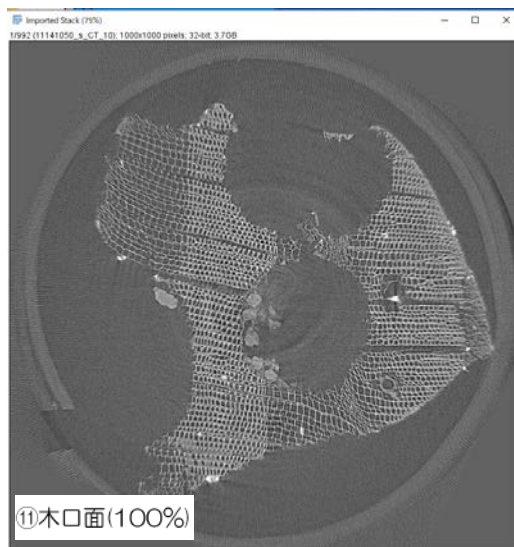


図5 社の柱部分から入手した試料

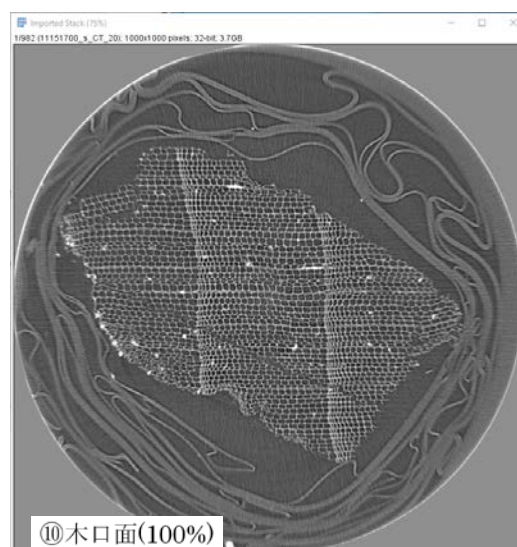


図6 社の壁板部分から入手した試料

口面に観察されている。この特徴からマツの仲間と推定される。図の中心部や上の部分には大きく組織が欠落した場所があり、木材組織とは明らかに異なる遺物様の残渣らしきものが中心部の穴の内壁に付着していることが確認される。

図6の試料は、社の室内の壁板として使用されている木材から得たものであるが、年輪境界は鮮明で、仮道管の壁厚は早材と晩材であまり違いがなく均一に見える。このことからヒノキの仲間と思われる。晩材部分の仮道管の壁が厚く成長する樹種では、木口面の晩材部分は穴の小さな仮道管が蜜に詰まっている。マツと思われる図5は壁が厚く成長した仮道管が晩材部分を占める様子が見て取れ、明らかに図6とは異なる特徴を示している。

経年劣化により脆弱になった木材試料、そして虫食いを受けた木材試料でも高い分解能でイメージング画像が得られたことから、古材についても組織形態観察にマイクロX線イメージングが有効であることが確認できた。また、分析した5種の試料について、画像から針葉樹と広葉樹の区別は容易であり、樹種はクスノキ(図3)、マツの仲間(図5)、ヒノキの仲間(図6)と推定された。歴史が古い神社仏閣の解体修理のときに行われた調査において建材としての使用が確認されている針葉樹としては、マツの仲間(マツ科)ではマツ属、カラマツ属、ツガ属、モミ属などがあり、ヒノキの仲間(ヒノキ科)ではアスナロ属、ヒノキ属、スギ属などがある。

今回は、予備実験で得ていたクスノキの3D画像と未知試料の組織画像を比較することで種としてのクスノキまで推定ができたが、それはクスノキが極めて特徴的な組織形態をもっているからと言える。上述したように今回は科までは容易に区別することができた。現状の3D画像の分解能からすると明確な特徴をもつ樹種については属レベルまでの同定は可能と思われる。

## 5. 今後の課題

多くの樹種について3断面の顕微鏡写真の報告はあるが、ある断面に限定された情報で数も限られている。本手法の特徴は一つの木片試料の任意面の断面画像を容易に得られることであり、これが樹種同定における大きな利点となる。また、イメージングはスタック画像であることから導管や仮道管の空間分布の特徴を連続画像として捉えることができる。

今回の実験から本手法の適応において考慮すべき以下の点が明らかになった。

- (1) 3軸方向で得られている顕微鏡写真を同定に利用することはできるが、写真は薄い切片試料で得られたもので3D画像とは本質的に分解能や色合いが違う。従って同定は既知の樹種の3D画像と比較して行うべきである。
- (2) 広葉樹は針葉樹に比べると比較的同定は容易かも知れない。広葉樹は木口面に観察される導管のサイズや分布、板目面に観察される放射組織の形態や分布に特徴性が高く、本装置から得られる3D画像でそれらの特徴を観察できる可能性が高いからである。一方、針葉樹は木口面と板目面で属を区別するための特徴はある程度は観察できたが、属の同定に有効な放射組織と仮道管の接合面の壁孔を板目面の画像からは確認できなかった。壁孔の形態を観察するためには更に高い分解能が必要である。

## 6. 参考文献

広葉樹の識別 IAWAによる光学顕微鏡的特徴リスト、海青社、1998年

針葉樹の識別 IAWAによる光学顕微鏡的特徴リスト、海青社、2006年

古建築に用いられた木の種類と使用位置について—中世から近世への変化を中心として—、伊原恵司、保存科学、No.28、25-62(1989)

7. 論文発表・特許 (注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果) ありません。

8. キーワード (注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3)  
樹木組織、マイクロX線イメージング

## 9. 研究成果公開について

② 論文(査読付)発表の報告 (報告時期： 年 月)

② 研究成果公報の原稿提出 (提出時期： 2021年 3月)