

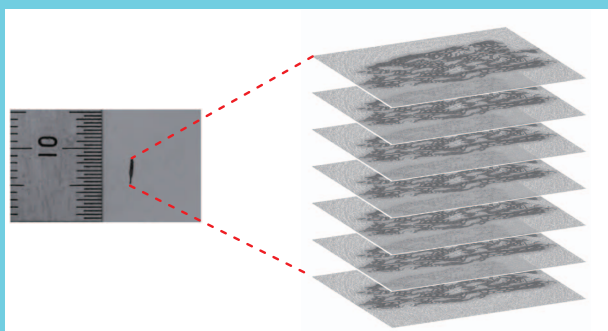
SPring-8 NEWS

68

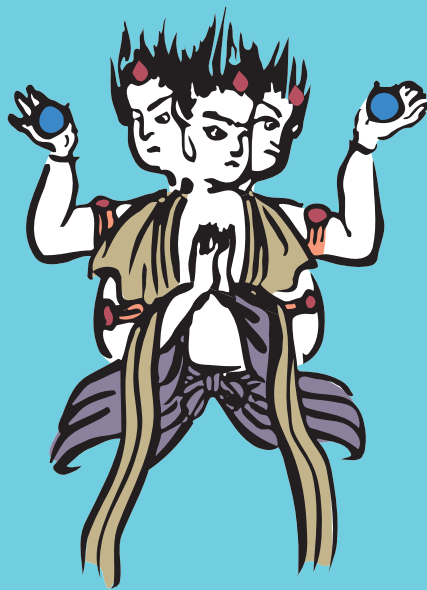
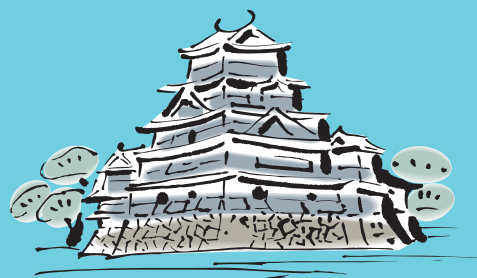
2013.5

2 研究成果・トピックス

文化財の樹種を識別する ～真の史実を解くカギに～



世親立像の木片サンプルは、長さ4mm、幅0.2mmという小ささで、しかも接合部から取れた木片のため、かなり押しつぶされて変形していた(左の写真)。SPring-8のX線マイクロCTを用いて1800枚の透過像を撮影し、フィルター逆投影法という演算処理により1300枚の断層像を再構築した(右)。



5 お知らせ

サマー・サイエンスキャンプ2013
を開催します

6 SPring-8を支える技術

電磁石

SPring-8 News アドレス

<http://www.spring8.or.jp/ja/sp8news>

SPring-8 登録施設利用促進機関
公益財団法人 高輝度光科学研究センター(JASRI)
独立行政法人 理化学研究所(RIKEN)



研 究 成 果 ・ ト ピ ッ ク ス

文化財の樹種を識別する ～真の史実を解くカギに～

木材にも個性がある

床、机、鉛筆、紙など、私たちの身のまわりには、木材でできたものがたくさんあります。「これらは何の木だろう？」そう思ったことはありませんか？道端に生えている植物は、花や実、葉の特徴から何の植物か見当がつくことは多いですが、木材となると見た目から判断するのは難しそうですね。

「木材にもちゃんと特徴があるんですよ。色や肌触り、匂いなどで判断できる場合もありますが、それが難しい場合はルーペで見たり、あるいは切片をつくって光学顕微鏡で観察することで、何の木かを見分けることができます」と話すのは、京都大学生存圏研究所教授の杉山淳司さん。木材として使われるのは主に心材の部分で、^{まさめ}柱目面、^こ木口面、^{ぐち}板目面の3つの断面を観察すれば、属レベル*^{いため}1まで特定できるそうです（図1）。

同研究所付属の材鑑調査室は、木材の鑑定や木材標本の管理をおこなっている全国で有数の施設です。指定文化財に使われている古材の収集や鑑定もおこな

っており、現在、約1万8000点以上の木材標本を管理しています。法隆寺や清水寺、二条城といった歴史的建造物由来の古材も集められています。

ただし、貴重な文化財の場合は、故意に木片を切り取ることは、もちろんできません。「展示会や改修工事などで動かした際に、小さな破片が偶然はがれたりすることがあるので、それを分析に使います。経年によって劣化が進んでいるので、非常にもろく、切片をつくって顕微鏡で観察するには限界があります。しかも、その文化財からは2度とサンプルが手に入らない可能性もあるので、他の研究者も使えるようになるべくそのままの形で残しておきたいのです」。そこで、杉山さんが注目したのがSPring-8の放射光を用いた観察法です。いったいどのような方法なのでしょうか。これまで解析した文化財の例をもとに教えてもらいましょう。

仏像は何の木？

奈良県にある興福寺所蔵の^せ世親立像は、日本肖像彫刻史における最高傑作として知られています。修理の際に足元の台座からはがれ落ちた木片（表紙白枠内の左）をもとに、杉山さんはその樹種を調べることにしました。杉山さんが解析に用いたのは、SPring-8の医学・イメージングII ビームライン（BL20XU）のX線マイクロCTという装置です。「原理は、人間ドックの検査

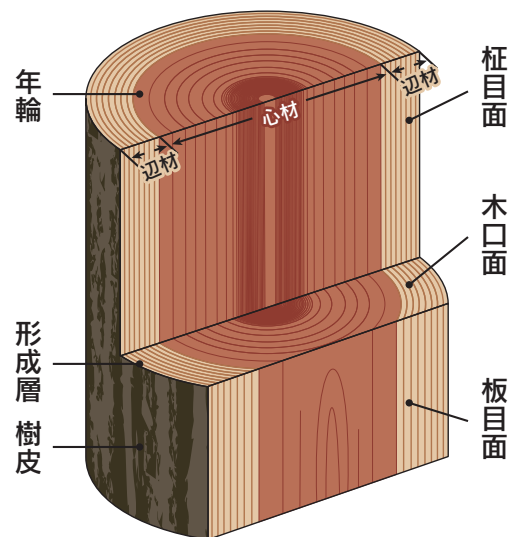


図1. 幹の構造。外側から樹皮、形成層、辺材、心材の順に構成される。樹種を識別する際は、木の繊維方向に直角に切断した木口面、繊維方向に平行に切断した面で中心軸を含む柱目面、中心軸を含まない板目面の3方向の切片を観察する。

この記事は、京都大学生存圏研究所の杉山淳司教授にインタビューして構成しました。

などに使われるCTと同じです。寝台に寝転がり、ドーナツ型の機械の中を通過すると、身体の輪切り画像が得られますよね。これは360度方向からX線を照射し、体内を透過したX線量のデータをコンピュータで処理することで身体の断面画像を再構築しています。一般の医療用CTは0.1mm～1mm程度の分解能ですが、SPring-8のX線は非常に強く、平行に発することができるので、0.5マイクロメートル（1マイクロメートル=1000分の1mm）という高い分解能をもち、小さな木片でも樹種を判別できるくらいの細かな構造を観察することができます。

今回の実験では、サンプル台に木片を固定し、サンプル台ごと0.1度ずつ回転させながらX線照射をおこない、得られた透過像のデータを演算処理して、1300枚の木口面の断層像を再生しました（表紙白枠内の右）。さらに、樹種を判別しやすいよ

うに3D像に構築したのが図2です。これからいったい何がわかるのでしょうか。

「図2bに写っているのは道管の境目です。小学校で習うように、道管というのは土壌から枝や葉へと水を送る役割をしています。もっと詳しく見ると、道管は筒状の形をした1つの死細胞で、これが垂直方向につながって水の通路をつくっています。本来、細胞は閉じた袋なので、水を通すには道管と道管の境目に孔をあける必要があります、この孔の形状が樹種の判別のポイントになるのです」と杉山さん。例えば、大きな孔が1つだけあいた単せん孔、階段状に孔があいた階段せん孔、複数の小さな孔があいた多孔せん孔など、植物によっていくつかのタイプがあるそうです（図2の右）。「図2bの中央に13本程度の棒が並んでいますよね。これは階段せん孔であることを示しています。さらに、他の断面図から得られ

た特徴も含めて、この木はカツラ属であることが判明しました」。

従来のように切片をつくっていたら、木片は粉々になっているところですが、もちろんこの木片は今も元の状態で保管されています。「識別に有効な断面を定めて、ちょうどいい厚さで切片をつくるには、経験と熟練を要します。道管のせん孔が観察できるように切片を切り取るのも、実際はすごく難しいんですよ。でも、X線マイクロCTを使えば、サンプルを傷つけることなく、必要な断面をいくらかでも再生することができます。つまり、“無限に切片をつくることのできるバーチャルな木材組織”を作製できるのです」。

韓国の仮面が日本に!?

木材の識別が、国際関係に影響を与えた例もあります。16世紀末の豊臣秀吉による朝鮮出兵

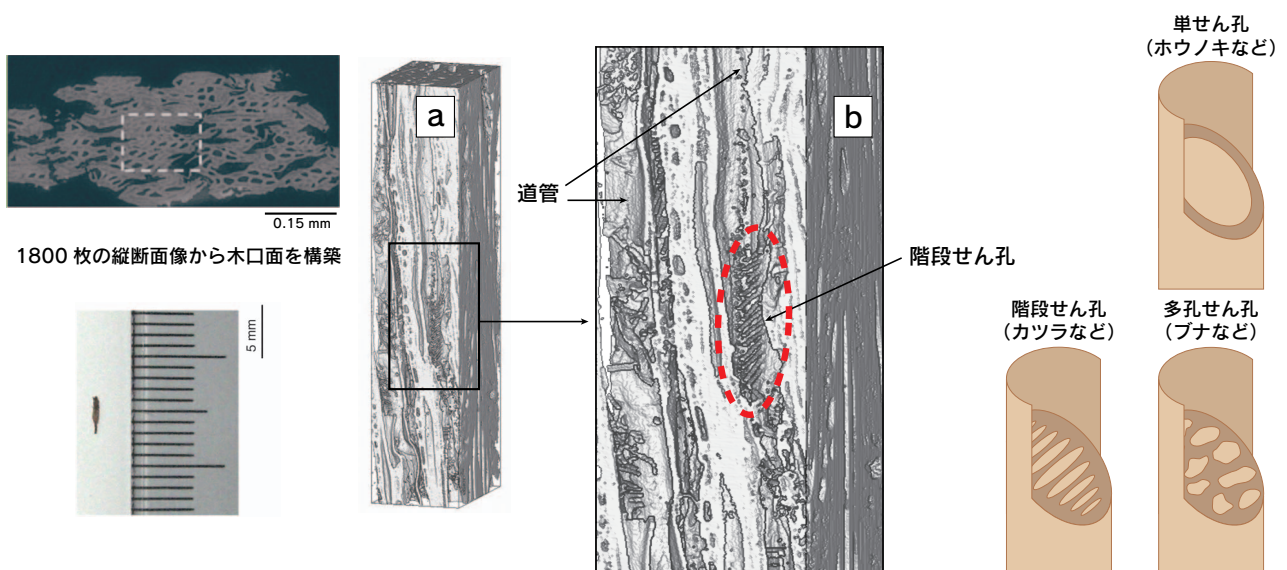


図2. 道管のせん孔が鮮明に観察できるように構築した3D像 (a) とその拡大図 (b)。道管のせん孔には単せん孔、階段せん孔、多孔せん孔がある。興福寺の世親立像は、目視による識別ではカツラかホウノキだろうと見られていたが、カツラは階段せん孔、ホウノキは単せん孔であり、今回の解析からカツラであることが科学的に証明された。



写真1. 熊本県八代市の個人宅で、仏壇の下から木製の古面が発見された。古面から剥離した1×1×7mmの破片を分析に使った。(写真提供：八代市立博物館)

の際に、農民が朝鮮から持ち帰ったとされる木製の古い仮面が、2007年1月、熊本県八代市で発見されました(写真1)。このニュースを受け、韓国では、この仮面が韓国で国宝に指定されている河回面^{ハフエ}のうち、消失して現在は伝わっていないピョルチエ面ではないかと物議を醸し、新聞の1面に報道されるなど大きな注目が集まりました。

「仮面は劣化が激しく、触れるとぼろっと破片が落ちるくらい脆い状態でした。顎の破損部から落ちた破片のサンプルは、内部がスポンジ状なので、とても切片をつくることはできません。そこで、SPring-8のX線マイクロCTを使うことにしたのです。木質文化財は、今回のように激しく劣化している場合が多いのですが、X線マイクロCTでは、虫食いなどによる孔以外の部分を選択的に観察できるので打っ

てつけです」と杉山さんは言います。

分析結果から、道管は単せん孔であることがわかり、その他の細胞の特徴や構造をもとに、この木はヤナギ属であることが判明しました(図3)。「河回面

は伝統的にハンノキが使われるので、この仮面は河回面ではありません。韓国の国宝級のものではないとわかったのでホッとしましたが、これが韓国の仮面だとすれば、現存する河回面より古い年代の可能性があります、大変貴重なものです」。

今後は大きなサンプルも

このように木材の識別は歴史学や考古学に重要な知見をもたらし得るので、杉山さんの研究室には、鑑定の依頼を受けている文化財の木材サンプルがまだまだたくさんあります。

「今後は、さらに多様な木質文化財についての情報も記録していきたいと思っています。例えば、年輪のパターンのデータを集めれば、年代の特定に役立ちます。X線マイクロCTに関して言えば、分解能は満足していますので、今後は現状よりも大きなサンプルを非破壊で見える方法はないか検討しているところです」。

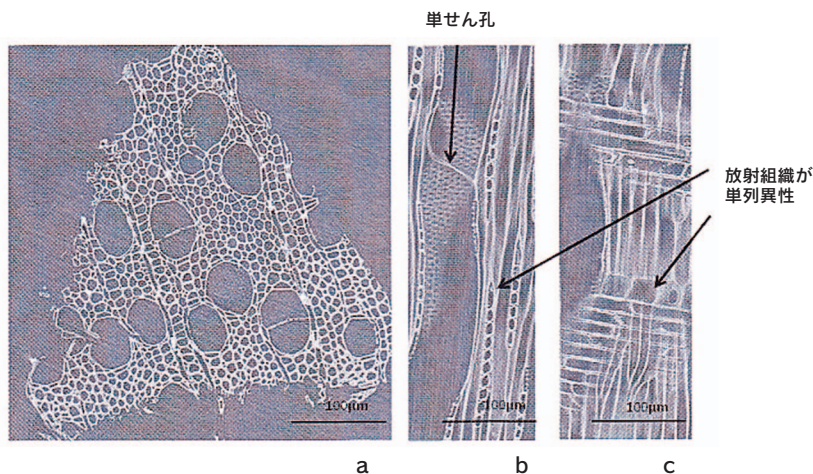


図3. SPring-8のX線マイクロCTを使って得られた八代古面のサンプルの断面像
a: 木口面、b: 板目面、c: 柁目面。道管は単せん孔、放射組織*2が単列で異性型であることがわかった。

用語解説

*1 属

分類学において、“科”の下、“種”の上に位置する階級。例えば、山桜はバラ科サクラ属ヤマザクラ。

*2 放射組織

植物の維管束内を放射方向に走る細胞群のこと。細胞の並びが1列(単列)のものと複数列(多列)のものがあり、また、細胞の形がすべて同じ場合を同性、異なる場合を異性という。

取材・文：サイテック・コミュニケーションズ 秦 千里

column コラム 見えるものには理屈がある

学生のころから“見ること”を研究手段にしていた杉山さん。修士課程のころは、電子顕微鏡を使って植物の細胞壁の主成分であるセルロースの可視化に取り組んでいたそうです。「非常に難しいテーマでした。分子を見るには倍率を上げる必要がありますが、そうすると電子線でセルロースが焼かれてしまいます。当時、指導してもらっていた先生には、当時の技術でセルロースを見るのは理論的には不可能だと言われました」。ところが杉山さんが実験を継続して電子顕微鏡で撮影したところセルロースが写ってしまったのです。セルロースの分子を見たのは世界でも初めてです。

「先生も驚くだろうと思って電話をしたら、“見えた結晶格子間の距離はいくらですか？”と問われて答えられず、“さすが冷静、科学者なり”と感銘を受けました。理屈がないと信じてもらえない科学の厳しさを知る半面、見えるものには理屈があることを教わりました。また、自分で新しいものや理屈が作れる面白さを知って、研究者になろうと思ったきっかけでもありました」。



古面の表面を観察している杉山教授

次号研究成果・トピックス予告

LED照明の欠点である“まぶしさ”と“発光面積の狭さ”を克服
—新発見の蛍光体で人にやさしい白色LEDを実現—（仮題）

お知らせ

サマー・サイエンスキャンプ2013を開催します

SPring-8/SACLAキャンパスでの2013年度サマー・サイエンスキャンプを8月5日(月)～8日(木)に開催します。サイエンスキャンプは、高等学校、中等教育学校後期課程、高等専門学校(1～3学年)等に在籍する生徒が、最先端の科学技術を直接体験して学び合う科学技術体験合宿プログラムです。先進的な研究施設や実験装置がある研究現場で実体験し、第一線で活躍する研究者、技術者から直接講義や実習指導を受けることにより、理数の才能を育てることを目的として、(独)科学技術振興機構(JST)と全国の大学・研究機関・企業等が協力して毎年全国各地で開催しています。

SPring-8/SACLAキャンパスでのキャンプでは、施設見学や講義を通じて、放射光やX線レーザーといった最先端の光とその利用について理解を深めるとともに、「電磁加速器をつくってみよう」、「波の世界を見よう」、「タンパク質分子の形とは？」のテーマの中から1つを選択し実習を受けます。また、科学講演会やバーベキューを囲んでの楽しい交流会も予定しています。

高校生のみなさん、ぜひご応募ください。

応募ほか詳細はこちら(5月中旬募集開始) → <http://rikai.jst.go.jp/sciencecamp/>



2012年度サマー・サイエンスキャンプ 実習風景



偏向電磁石／円型軌道を描かせるために電子の進行方向を少しずつ曲げる。

四極電磁石、六極電磁石／マイナスの電気を帯びた電子同士が反発しあうのを抑え、レンズのように電子を円形軌道上に集めたり質の高い電子集団を作る働きをする。

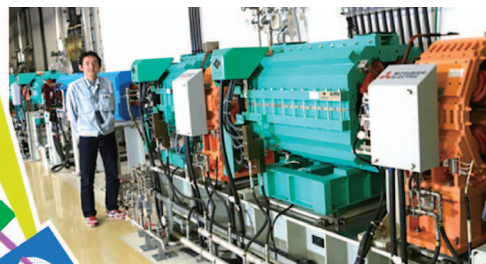
電磁石の配置(平面図)

偏向電磁石(88台)

四極電磁石(470台)

六極電磁石(300台)

放射光



電子は1つの集団につき約100億個がひとかたまりになっており、数10から数100個の集団が蓄積リング内を周回している。

電磁石の性能が蓄積リングの放射光源としての性能を決めます。SPring-8では、磁極の加工精度は約0.01mm、リング全周にわたる電磁石の設置誤差は平均で0.05mmです。装置は鉄の塊なので、偏向電磁石の重さは5トンもあります。他の電磁石も重く、これらの装置をわずかな誤差で設置し維持することは大変です。電磁石の位置がばらばらに変わらないよう、数台まとめて同じ架台の上に乘せるなどの工夫をしていますが、今でも電磁石の位置を常に監視しています。

また、電磁石に流れる電流の変動は10万分の1程度に抑えられています。1997年にSPring-8の放射光利用が始まった後も電磁石系の改良による放射光の性能向上を図ってきました。性能が良くなるとそれまで気が付かなかった更に改良を必要とする部分が見えてきます。現在でも電磁石の追加や改造を常に行い続け、SPring-8の放射光は世界のトップレベルを走り続けています。

(加速器部門 深見健司)

読者の皆様からのご要望にお応えして「SPring-8を支える技術」を連載することになりました。SPring-8は最先端の研究施設として様々な技術に支えられています。毎回違う装置を紹介します。

SPring-8 Newsは SPring-8ホームページでもご覧いただけます。
読者アンケートも実施していますので、感想をお聞かせください。

施設見学の申込み

スプリング8見学

検索

問合せ TEL(0791)58-1056