

〔報告〕 X線CTによる被害材の調査と害虫の活動検出への応用

鳥越 俊行*・木川 りか・原田 正彦*²・小峰 幸夫*³・
今津 節生*・本田 光子*・川野邊 渉

1. はじめに

X線CTスキャナ（コンピューター断層撮影，以下CT）は，測定対象物の内部を非破壊・非接触で調査できることから，医療や産業の分野で数多く用いられている。九州国立博物館では，産業用のCTを文化財調査用に改良したCT（Y. CT Modular320 FPD，YXLON International社製）を2006年に導入し，さまざまな大きさや材質の文化財を調査している^{1,2)}。等身大の木彫像や小型出土鉄製品などについて短時間に高精度な調査が可能であることから，館藏品や展示借用の際に調査依頼のあった文化財などを毎年300点以上調査している。

等身大の木彫像の構造を知ることがを目的に導入された本装置であったが，文化財害虫の食害調査に用いると立体的な食害状況を明瞭に認識できたことから，2008年より木造建造物など建築部材の生物劣化に対する調査を開始した³⁾。CTを用いると，測定対象資料の現在の食害状況が分かると同時に，時間をおいて同一資料を複数回調査することにより食害の時間経過をも調べることが可能と考えられる。前報³⁾ではオオナガシバンムシの三次元的な食害の様子について報告を行った。生態のよく分からない文化財害虫に対する三次元的な食害の進行状況や活動の検出手段としてCT調査は有効であることから，本報ではオオナガシバンムシの食害の経時変化を調べた結果と，さらにその応用として殺虫処理の有効性の検討事例について報告する。

2. 資料の調査方法と測定条件

今回調査を行った資料は，栃木県日光市輪王寺の被害材である。測定には九州国立博物館の文化財用大型X線CTスキャナ（図1）を用い，博物館施設内での調査であるため測定の際に害虫が逃げ出さないよう透明フィルム（エスカル，三菱ガス化学株式会社製）に密封した状態で行った。今回の測定では，できるだけ広範囲を一度に測定すること，また数mm大の幼虫

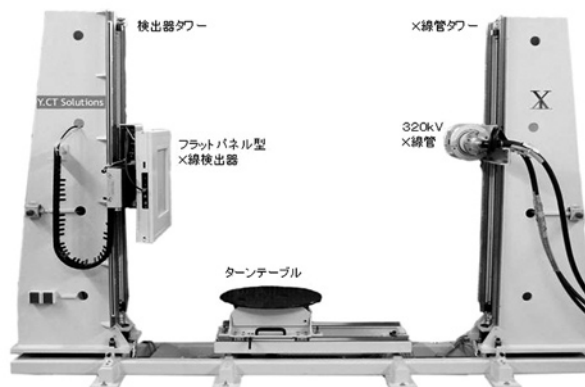


図1 X線CTスキャナの概要

*九州国立博物館

*²財団法人日光社寺文化財保存会

*³財団法人文化財害虫研究所

を確実に検出することを念頭に、 $\phi 30\text{cm} \times$ 高さ 30cm の範囲を空間分解能 0.3mm 、1回転あたり6分の条件で実施した。経時変化の観察については、節や釘の影響を軽減するため管電圧 220kV 、管電流 2.0mA の条件で8個の資料に対して時間をおいて複数回測定を行った。また殺虫処理の有効性の検証については、幼虫を検出した材を分割し、 CO_2 で2週間殺虫処理（室温 25°C ）したものと未処理のものそれぞれを 160kV 、 1.5mA の条件で3回測定した。

なお、測定データの解析には Volume Graphics 社の VGStudioMAX 2 64bit 版を用いた。

3. 調査結果

今回 CT 調査した8点の被害材は、いずれも目視で食害を受けていた。CT で材の内部に空洞や虫糞の詰まった部分があるが幼虫は見つからない材と、複数匹幼虫を検出した材があったが、被害材の外観からは両者の判断は困難であった。幼虫を検出した材は、1資料あたり数匹のものから30匹程いるものまでさまざまであった。

3-1. 経時変化の調査

経時変化の調査については、調査した8資料のうち特に幼虫が多く見られた被害材A（図2，3，4）について述べる。資料は昭和の修理材①と古材②を組み合わせた状態で透明フィルムに密封し測定を行った。今回の測定では、直径 30cm の範囲を一度に測定したため、長さ 40cm の本資料は左右の端部が切れて円筒状に表示されている。

本資料は2009年8月7日に最初に測定し、約100日後の11月16日に再度測定を行った。なお、資料は8月から11月にかけて室温 26°C から 23°C の室内で保管していた。8月7日および11月16日に被害材Aの中央付近のほぼ同じ位置を撮像した縦方向断層画像を図4に示す。

目視とCT像の観察から、この資料は上にある昭和の修理材①よりも、下側の古材②の方に被害が顕著にみられ、また材の合わせ目部分や材の中心近くに顕著な被害を被っていることが分かった（図3，4の黒丸囲い部）。食害を受けた部分の多くは食べかすが詰まっており、空洞になっている部分も見られた。図4の画像では、白丸で囲った部分に幼虫が検出された（幼虫は水分を多く含むため白く表される。なお放射状に伸びる白い部分は節）。図4-1の丸で囲った位置にいた幼虫三匹のうち二匹は図4-2ではいなくなり、新たに別の二匹がこの断面に現れている。CTは三次元観察ができるため、8月7日と約100日経過した11月16日の画像を比較検討したところ、ほとんどの幼虫は位置が数cm変化している、すなわち活動していることが確認された。



図2 CTでの被害材A測定の様子

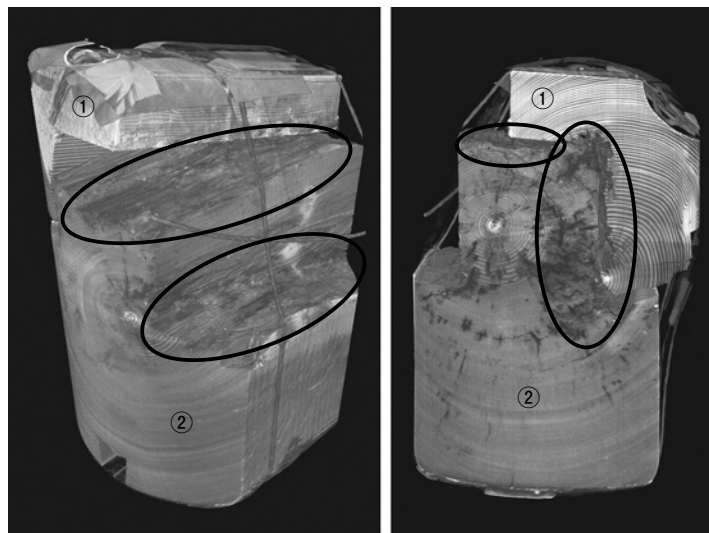


図3 被害材Aの三次元画像
(右斜め上方よりみたものと左側面よりみたもの)

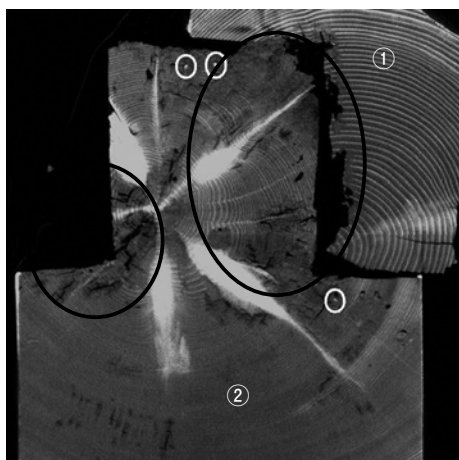


図4-1 8月7日の左側面からみた中央付近の縦の断層

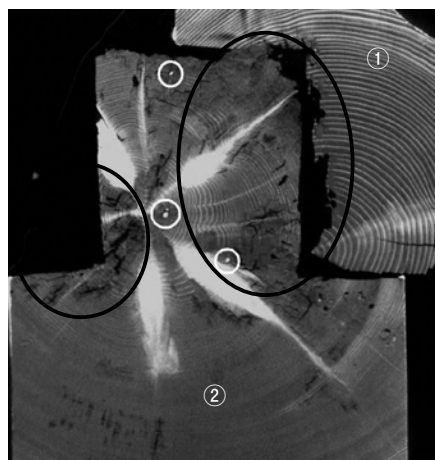


図4-2 11月16日での4-1と同位置の縦断層像

3-2. 殺虫処理の有効性検討への応用

被害材Aと同様に、CTで幼虫を検出した被害材B(図5)を2片に分割し殺虫処理の有効性の検討に用いた。図5中の左の部材(図6)はCO₂による殺虫処理を実施し、図5中の右の部材(図8)は殺虫処理を行わなかった。なお、CO₂殺虫処理は25℃の条件下で2週間実施した。殺虫処理後、九州国立博物館へ資料が到着した12月2日に測定し、再測定を12月7日に実施した。なお、この期間は22℃の室内に資料を保管していた。

殺虫処理済みの部材片では、12月2日と7日の結果を重ね合わせたところ幼虫の位置に変化が見られなかった(図7)。これに対して、未処理の部材片では同様に重ね合わせたところ幼虫の位置に変化が見られ(図9:口絵参照)、活動を検出した。

処理済みの部材では、恐らく幼虫が死んだために幼虫の位置に変化が見られなくなったと考えられ、今後実際に部材を解体して致死を確認するとともに、ほかの処理事例にも応用できるかどうかの検討を重ねていく予定である。



図5 殺虫処理に用いた被害材B

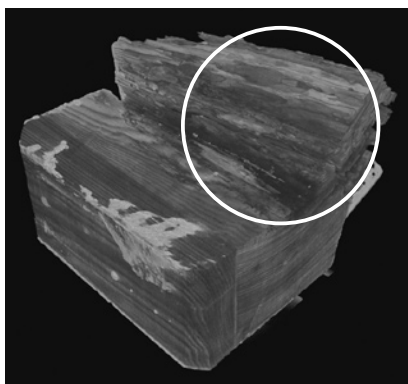


図6 被害材B左側の三次元画像

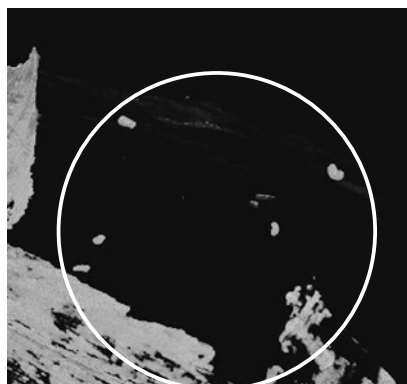


図7 木質部を透過させ重ね合わせた三次元画像（図6の白丸部分を透過表示）

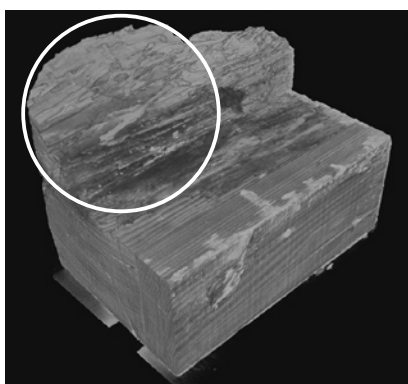


図8 被害材B右側の三次元画像

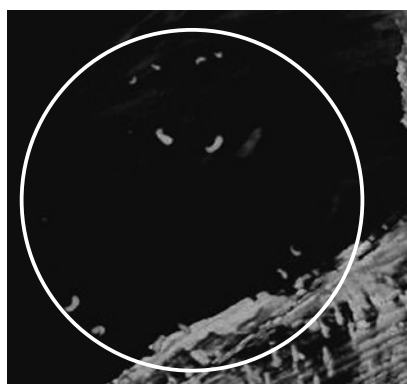


図9 木質部を透過させ重ね合わせた三次元画像（図8の白丸部分を透過表示）

* 図7と9には幼虫以外に建築部材表面に塗られている漆塗装膜が写っている

4. まとめ

今回のX線CT調査において、被害材に対して複数回X線を照射し撮像したが、幼虫は死ぬことなく活動していた。このため、CTの調査では幼虫の具体的な位置を知ることができることを利用し、日にちをおいて撮像し位置を比較することで、害虫の活動を判定する、つまり経時観察が可能となる。また、害虫の動きを比較検討することで、殺虫処理の効果判定などに応用できる可能性が示された。

九州国立博物館のX線CTスキャナは装置の構造上移動させることができないため、建造物の現地調査に活用することはできない。しかし、部材の一部を調査資料として送ってもらうことで、食害の様子、幼虫の数や大きさ・位置などを短時間に非破壊で具体的かつ詳細に知ることができる。現地で実施可能な音波や電磁波などを用いた調査手法では、具体的な幼虫の数やその位置、食害の程度などを詳細に把握することが難しいが、CTの調査と相互検証することで、木造建造物などにおける手間と費用を軽減した簡易調査法の確立や現地における簡易調査法の測定精度向上に役立つことが期待される。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、公表を快くご許可いただきました輪王寺の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 鳥越俊行, 今津節生: 文化財の健康診断装置 - 文化財用X線CTスキャナ -, 東風西声, 2, 111-114 (2006)
- 2) 鳥越俊行, 今津節生: 文化財用X線CTスキャナによる文化財の調査について, 東風西声, 4, 103-111 (2009)
- 3) 木川りか, 鳥越俊行, 今津節生, 本田光子, 原田正彦, 小峰幸夫, 川野邊渉: X線CTスキャナによる虫損部材の調査, 保存科学, 48, 223-231 (2008)

キーワード: X線CTスキャナ (X-ray Computed Tomography); オオナガシバンムシ (*Priobium cylindricum*); 歴史的建造物 (wooden historic building); 殺虫処理 (pest treatment)

Investigation of Damaged Wooden Objects and Application of X-ray CT to Detect Insect Activity

Toshiyuki TORIGOE^{*}, Rika KIGAWA, Masahiko HARADA^{*2},
Yukio KOMINE^{*3}, Setsuo IMAZU^{*}, Mitsuko HONDA^{*} and Wataru KAWANOBE

Damage by wood borer insects is often observed with wooden objects or wooden historic buildings. X-ray CT (computer tomography) is a non-destructive method used to look into inside conditions of cultural objects. We tried to observe the change over time of damaged objects using X-ray CT and to detect the activity of some insects. By measuring damaged objects repeatedly, it was found that the activity of some insects was detectable as changes in their position inside the objects.

Usually, it is not easy to appraise the effect of pest controlling treatment on wood borer insects in actual damaged wooden pieces. Thus, we tried an application of X-ray CT to learn the effect of treatment in these cases.

We divided a wooden block which was infected by *Priobium cylindricum* into two pieces. Only one piece was treated with approximately 60% CO₂ for two weeks to eradicate insects. Then the activity of insects in both wooden pieces was observed over time by X-ray CT.

Changes in the position of insect larvae were clearly shown in the non-treated wooden piece. On the other hand, no change was observed in the treated wooden piece. It was possible to estimate the effect of treatment of insect eradication by comparing the activities of insects over time by X-ray CT.

^{*}Kyushu National Museum ^{*2}Nikko Cultural Assets Association for the Preservation of Shrines and Temples

^{*3}Japan Institute for Insect Damage to Cultural Properties