

〔事例報告〕

音波を使った木材内部割れ測定の試み

福島 学*, 梨子木 快晴*, 沖田 和久*²

*日本文理大学工学部情報メディア学科

*²日本文理大学大学院工学研究科環境情報学専攻

An Investigation on Wood Internal Cracking Measurement Using Acoustic Signal

Manabu FUKUSHIMA*, Kaisei NASHIKI*, Kazuhisa OKITA*²

*Department of Media Technologies, School of Engineering, Nippon Bunri University

*²Department of Environmental Engineering and Applied Information Science,
Graduate School of Engineering, Nippon Bunri University

1. はじめに

木材の乾燥工程で生じる木材内部亀裂等は、外見目視により見つけることができない。しかし、これらは木材としての強度に関わるものであり、建築材の質を保証するために把握すべきことである。

木材内部を知る方法としてX線を用いるものがあり¹⁾正確に知ることができるが、コスト的または大きさ的な問題がある。一方、内部状況を知る方法として打音検査がある。打音検査は表面をたたくことにより生じる打撃音を信号源とし、木材内部に放射され内部構造に応じて減衰と反射を繰り返した音で内部を検査する手法である。内部に空洞というインピーダンスが極端に違う部位が存在することにより反射特性が変わる。一般に打音検査ではこの音色により検査を行う。

打音検査における理想的な打撃音はインパルスであるが、インパルスは物理的エネルギーが小さいため計測に必要な駆動エネルギーが得られない。しかし木材の1点に過度な圧力変化を与えることはそれによる亀裂の原因になる恐れがある。そこでインパルスの特性を持つ持続信号を使用することを検討する。

2. 木材計測

ここでは加振機（アクチュエータ）により打撃音に相当する振動を木材に与え、聴音の代りに加速度ピックアップにより木材表面の振動を計測する。

提供された木材において、等距離の反射が予想できる位置を加振点および観測点として使用する。このため、アクチュエータを図1に示す位置に取り付ける。



図1 アクチュエータ取り付け位置

木材サンプルの CT 画像を把握するため画像データの整理を行った結果を図 2～図14に示す。なお 5 mm 毎の

CT 画像を動画にしたものはキャプションに示す参考文献の URL で見ることができる。

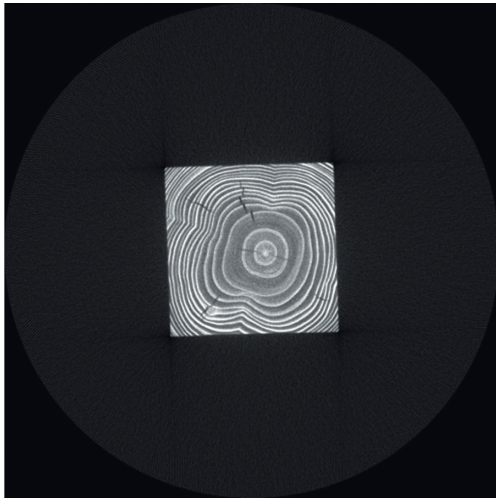


図 2 105_1_下_CT 105_1_上_CT²⁾

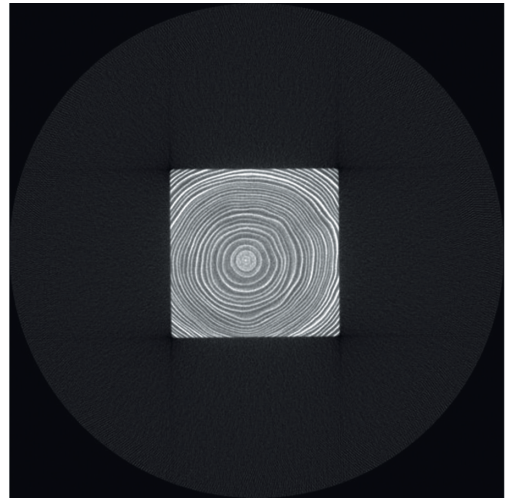


図 5 105_4_下_CT 105_4_上_CT⁵⁾

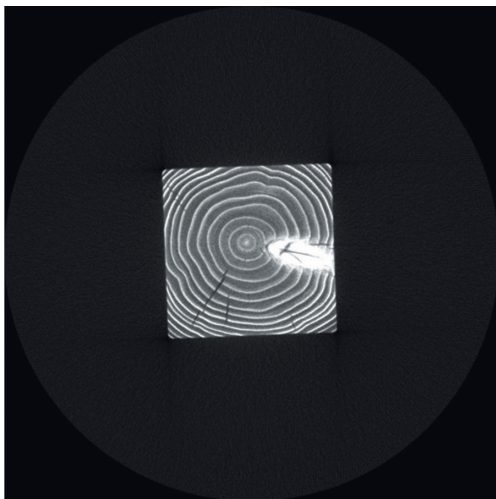


図 3 105_2_下_CT 105_2_上_CT³⁾

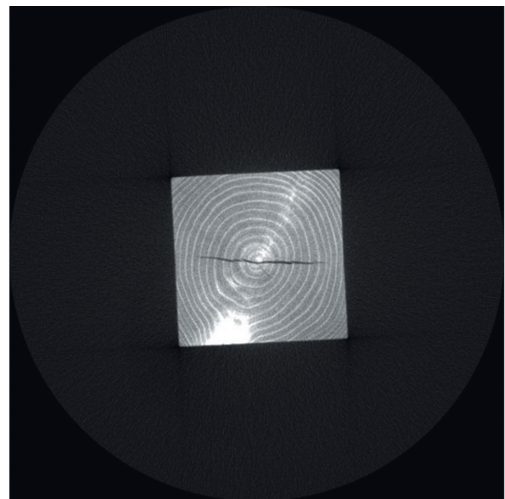


図 6 105_5_下_CT 105_5_上_CT⁶⁾

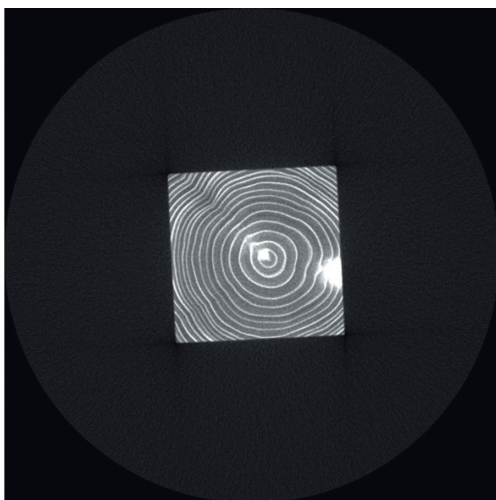


図 4 105_3_下_CT 105_3_上_CT⁴⁾

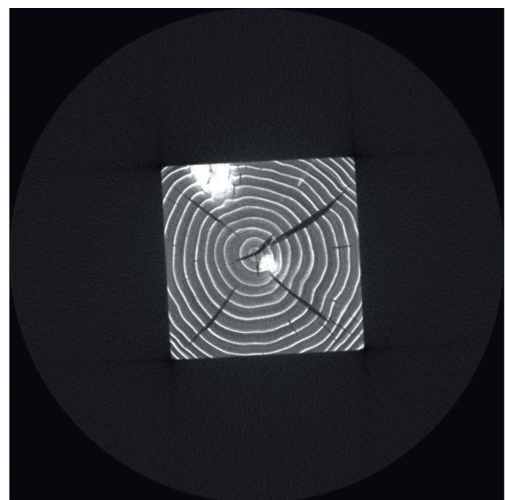


図 7 120_1_下_CT 120_1_上_CT⁷⁾

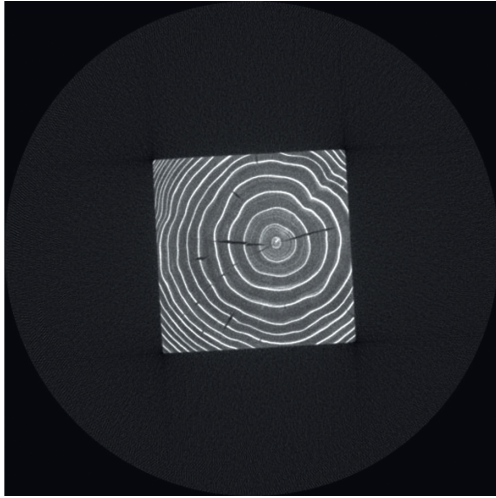


図8 120_2_下_CT 120_2_上_CT⁸⁾

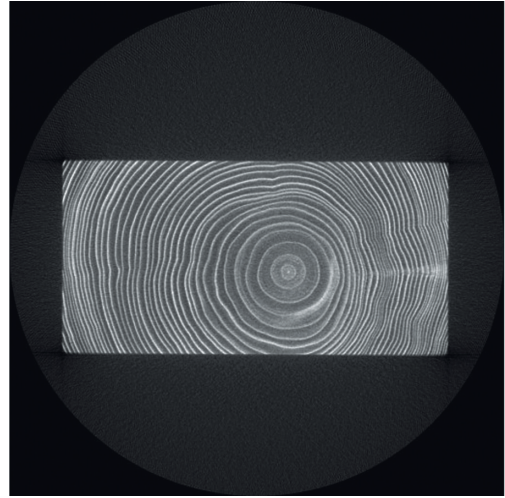


図11 240_2_下_CT 240_2_上_CT¹¹⁾

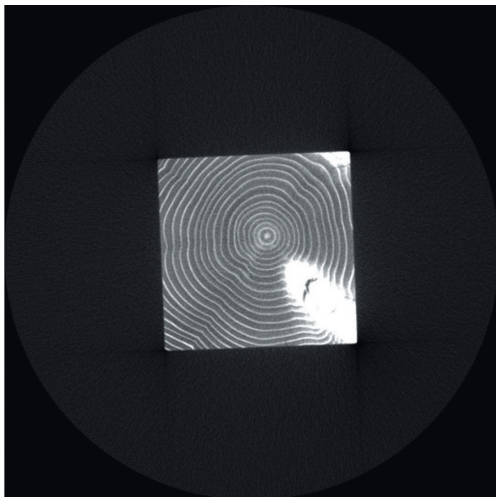


図9 120_3_下_CT 120_3_上_CT⁹⁾

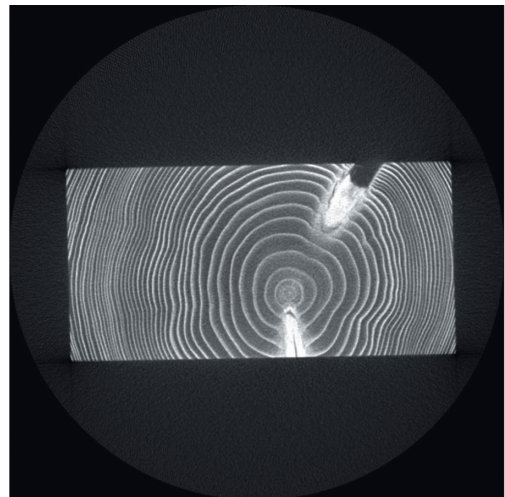


図12 240_3_下_CT 240_3_上_CT¹²⁾

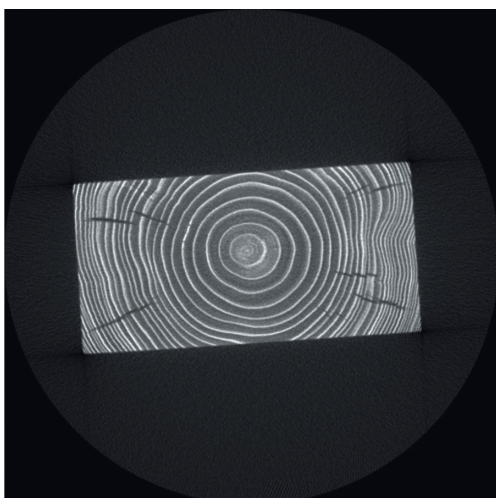


図10 240_1_下_CT 240_1_上_CT¹⁰⁾

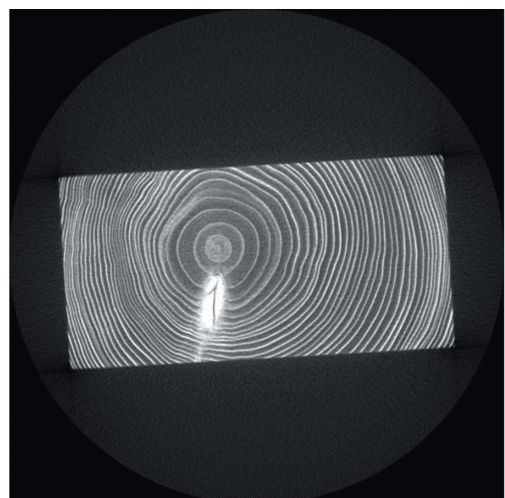


図13 240_4_下_CT 240_4_上_CT¹³⁾

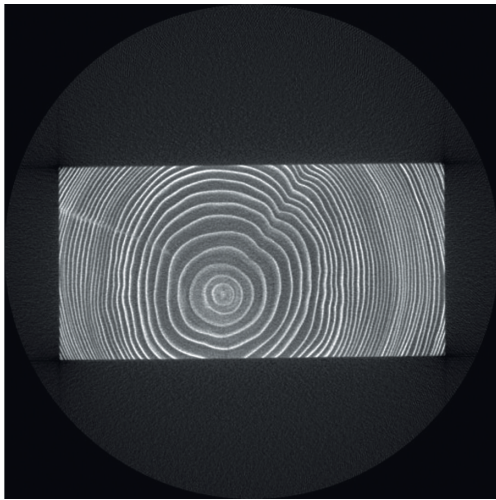


図14 240_5_下_CT 240_5_上_CT¹⁴⁾

以上のデータから、本報告で例示するサンプルは、杉(105_2・傷有り)と杉(105_3・傷無し)とする。

3. 計測と比較

3. 1 杉(105_2・傷有り)

先述のCT画像から対象範囲を抽出し予備解析する。

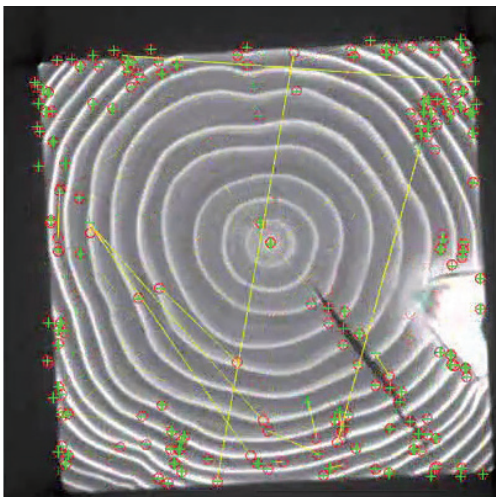


図15 105_2・傷有り¹⁵⁾

これに基づき対象木材の内部構造が図16であることが分かった。

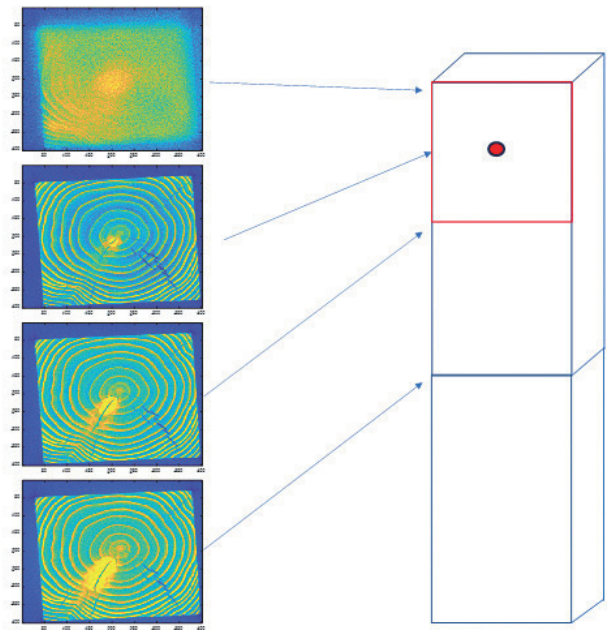


図16 対象木材(杉(105_2・傷有り))の内部予想(赤枠正方形の中心点が加振点)

木材の寸法等は図17に示す通りである。

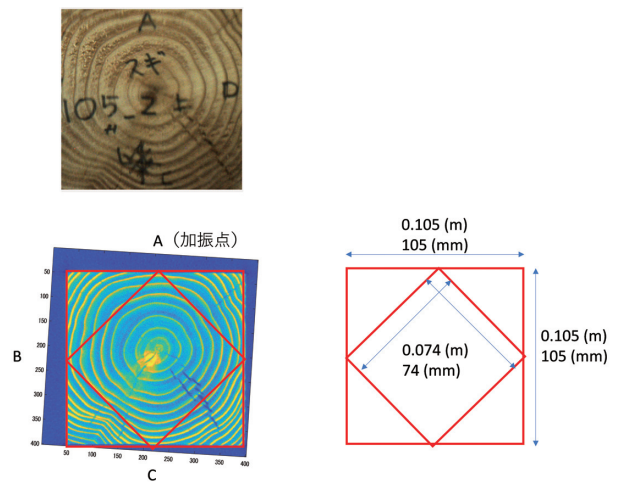


図17 木材の位置(上段:可視画像, 下段・左:CT画像)と寸法(下段・右)

この条件で、A(加振点)からB(観測点・側面)へのインパルス応答を計測した結果を図18に示す。

図左側は、上段にインパルス応答を、下段に先頭部分の横軸を距離、縦軸を振幅で示している。ここで音速を4 km/sとする。

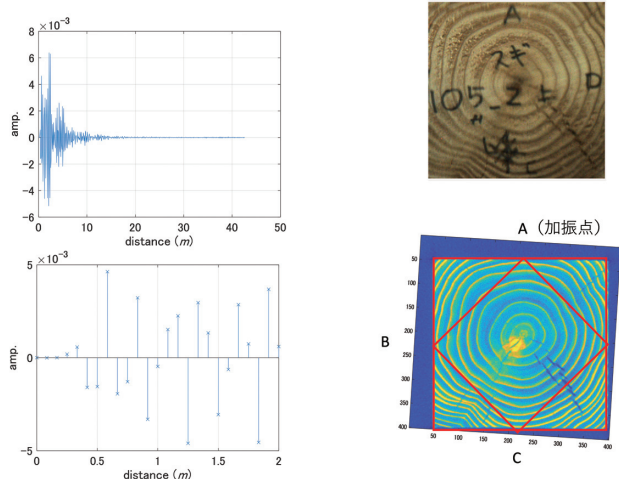


図18 A (加振点) から B (観測点・側面) へのインパルス応答

図18左側に示したインパルス応答から、木材全体に加振点からの振動が届き、木材寸法に応じた共振を生じていることを示しており、先頭拡大図から傷に応じた乱反射が生じていることが確認された。

次に、A (加振点) から C (観測点・背面) へのインパルス応答を計測した結果を図19に示す。

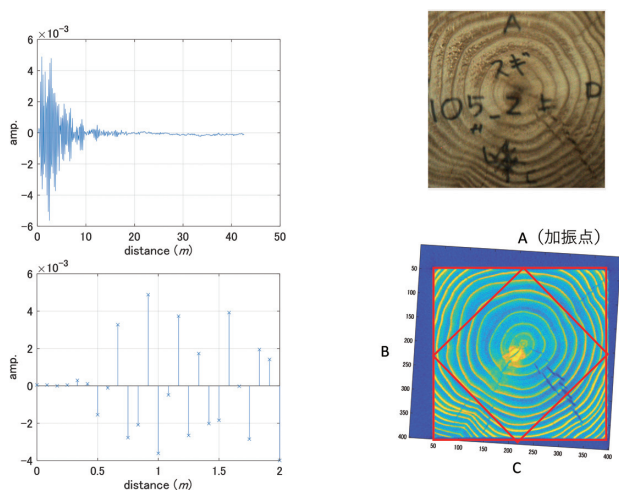


図19 A (加振点) から C (観測点・背面) へのインパルス応答

図19は図18と同様に、木材全体に加振点からの振動が届き、木材寸法に応じた共振を生じていることを示しており、先頭拡大図から傷に応じた乱反射が生じていることが確認された。

3. 2 杉 (105_3・傷無し)

先述の CT 画像から対象範囲を抽出し予備解析する。

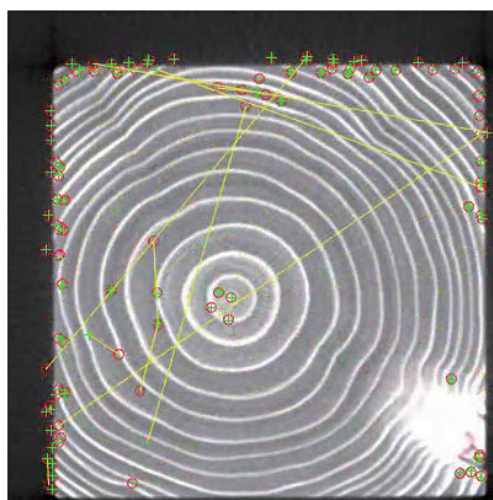


図20 105_3・傷無し¹⁶⁾

これに基づき対象木材の内部構造が図21であることが分かった。

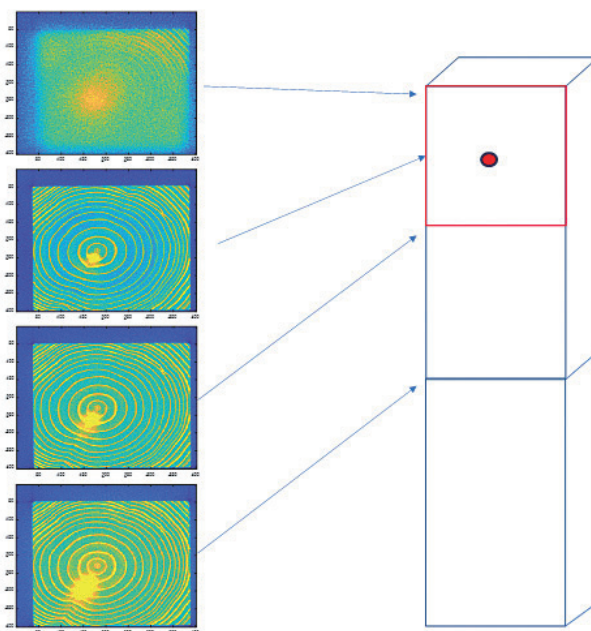


図21 対象木材 (杉 (105_3・傷無し)) の内部予想 (赤枠正方形の中心点が加振点)

木材の寸法等は図22に示す通りである。

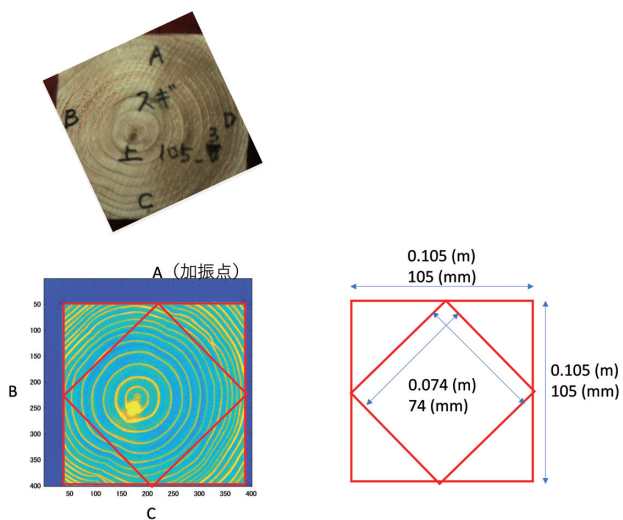


図22 木材の位置（上段：可視画像，下段・左：CT画像）と寸法（下段・右）

この条件で、A（加振点）からB（観測点・側面）へのインパルス応答を計測した結果を図23に示す。

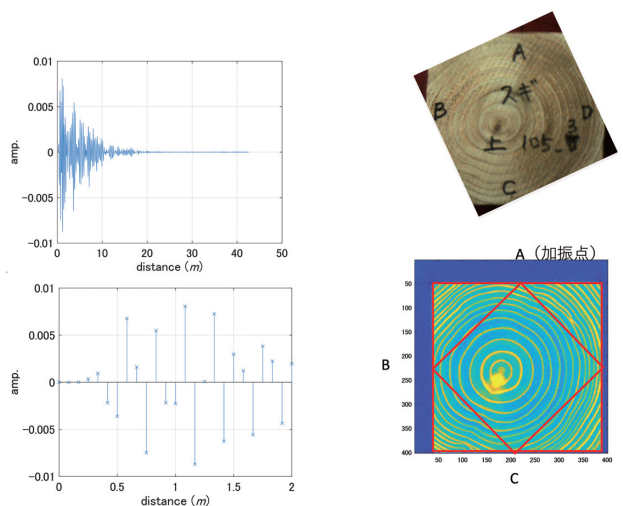


図23 A（加振点）からB（観測点・側面）へのインパルス応答

図23左上のインパルス応答を見ると図18と異なり、傷による減衰を生じていないことがわかる。また図23左下のインパルス応答初期部拡大図においても、木材寸法に起因する反射パターンが優位であることを示している。

次に、A（加振点）からC（観測点・背面）へのインパルス応答を計測した結果を図24に示す。

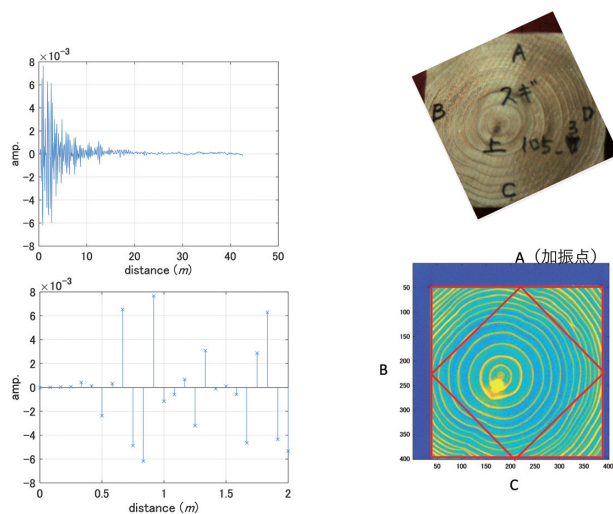


図24 A（加振点）からC（観測点・背面）へのインパルス応答

図24は図23同様に木材寸法に起因する反射パターンが顕著に表れていることを示している。

3. 3 傷の有無による比較

杉（105_2・傷有り）（以下、傷有）と杉（105_3・傷無し）（以下、傷無）の比較を行う。図18, 図19（傷有）と図23, 図24（傷無）に示したインパルス応答（左上）を図25に示すように比較する。

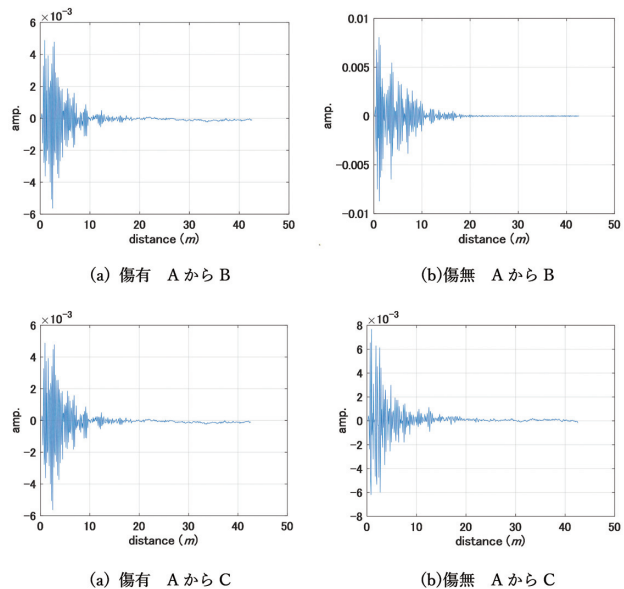


図25 A（加振点）からB（観測点・側面）・C（観測点・背面）のインパルス応答

図25は傷有の場合、乱反射に似たパターンが発生していることを示していることが確認された。

次に、図18図19（傷有）と図23図24（傷無）に示したインパルス応答初期部（左下）を図26に示すように比較する。

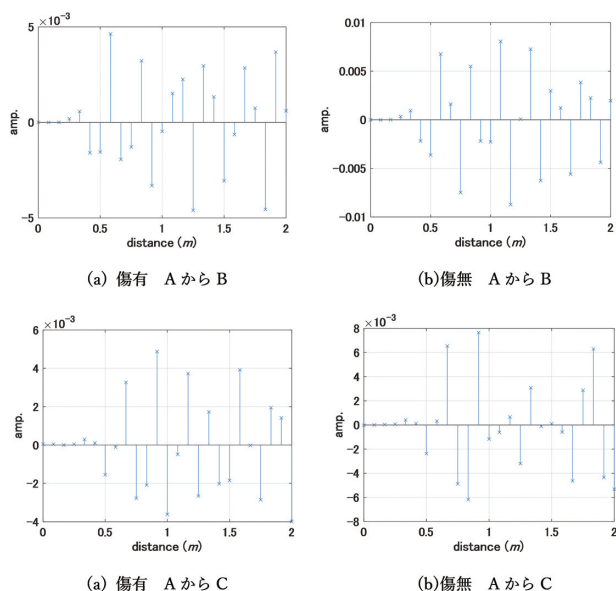


図26 A（加振点）からB（観測点・側面）・C（観測点・背面）のインパルス応答初期部

図26は、図25と同様に傷有において乱反射パターンが顕著であることを示している。

4. おわりに

木材内部の割れの状態を測定する技術を開発するための予備的検討として、打音検査に着目した測定技術開発の可能性を確認した。

ここでは、1) 打音検査がインパルス応答計測であること、2) 打音官能検査における音色の違いが木材の傷による乱反射に起因すること、に着目した。

1) はアクチュエータによる加振と加速度計による計測で行い、木材内部の割れ等の状況に応じた反射パタンの計測が可能であることを確認した。

2) はインパルス応答全体および初期部の時間構造および打音官能検査における音色の要因が計測データから検出可能であることを確認した。

以上のことから、予備的検討としてここで用いた計測手法により、更なるサンプルの分析および更なる解析を進めることで、木材内部の割れ等の状態を計測する技術の開発が可能であると判断する。

参考文献

- (1) 長野県林業総合センター, “病院の X 線 CT スキャナで木材の内部を観察”, <https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/seika/gijyutsu/documents/136-3.pdf> (2023年6月14日アクセス)
- (2) 105_1_下_CT <https://youtu.be/KqE-gZwCS9Q>
105_1_上_CT <https://youtu.be/Q1Pf72Ufauw>
- (3) 105_2_下_CT <https://youtu.be/DITGUONA7M8>
105_2_上_CT <https://youtu.be/iI9POZ8ID5c>
- (4) 105_3_下_CT <https://youtu.be/H7iKvBZhhd8>
105_3_上_CT https://youtu.be/RHPg6_oF_Wc
- (5) 105_4_下_CT <https://youtu.be/p37CW-TKtnY>
105_4_上_CT <https://youtu.be/NrKCghpbBis>
- (6) 105_5_下_CT <https://youtu.be/eytgoZBvC9Q>
105_5_上_CT <https://youtu.be/gkEVT9yqkyA>
- (7) 120_1_下_CT <https://youtu.be/skgfl7-o5gM>
120_1_上_CT <https://youtu.be/9xawrytIsFw>
- (8) 120_2_下_CT https://youtu.be/Nhd1PqY5w_Y
120_2_上_CT <https://youtu.be/-f2yyKMWlls>
- (9) 120_3_下_CT <https://youtu.be/ApmfNln-K0g>
120_3_上_CT <https://youtu.be/YBZ-ttjx8y8>
- (10) 240_1_下_CT <https://youtu.be/jTksdfLnWb8>
240_1_上_CT <https://youtu.be/2LBYbfyUZjc>
- (11) 240_2_下_CT <https://youtu.be/EDyaMX3I0K0>
240_2_上_CT <https://youtu.be/05V9SZKYc1I>
- (12) 240_3_下_CT <https://youtu.be/9bqNdWzJhXg>
240_3_上_CT <https://youtu.be/AMHK-cQC0Og>
- (13) 240_4_下_CT <https://youtu.be/ODJGZ68YUFs>
240_4_上_CT <https://youtu.be/zAGxfEa6ixk>
- (14) 240_5_下_CT <https://youtu.be/Qdh8NXNhR2I>
240_5_上_CT <https://youtu.be/LDftlYky100>
- (15) <https://youtu.be/INTsPO-oQCc>
- (16) <https://youtu.be/7hE0aery4zs>

