

電磁波を用いた物質内部の異常点等の計測技術に関する研究*

肥後 一彦*¹・小田 誠*¹

Study on Technology of Abnormal Point Measurement in Inside of Material Using Electromagnetic Radiation

Kazuhiko HIGO and Makoto ODA

本研究では、物質にミリ波を照射しその透過波または反射波を計測する方式（アクティブ方式）にて、木材の非破壊検査（腐朽、節、空洞などの内部欠陥検出など）のための装置を開発することを目的としている。今回は、透過方式の装置を用いて、木材の非破壊検査を行う上での基本性能を探るため、装置のイメージング（可視化）により節、空洞を検出する場合の寸法精度について、検証を行った。さらに、木材内部の腐朽の検出の可能性について、実際に腐朽した材のイメージング実験にて、確認を行った。

キーワード：ミリ波、アクティブ方式、木材、透過率

1 はじめに

ミリ波とは、波長が 1mm から 10mm(周波数 30GHz ~300GHz)の電波のことである。ミリ波は携帯電話等で使われているマイクロ波などの電波と比べて、空間分解能が高いため、小型・軽量のシステムを実現できる。また、可視光線、赤外線に比べて、物質の透過性が良く、あらゆる分野の非破壊検査に応用できる可能性がある。本研究では、Ka 帯 (26.5GHz ~40GHz)のミリ波を利用した木材の非破壊検査（腐朽、節、空洞などの内部欠陥検出など）のための装置の開発に取り組んでいる。

今回は、透過方式の装置を用いて、木材の非破壊検査を行う上での基本性能を探るため、装置のイメージング（可視化）により節、空洞を検出する場合の寸法精度について、検証を行った。さらに、木材内部の腐朽の検出の可能性について、実際に腐朽した材のイメージング実験にて、確認を行った。

2 実験方法

2-1 実験装置

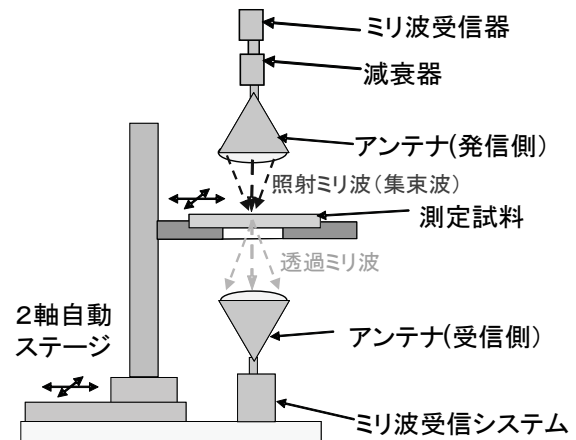


図1 実験装置（構成図）

実験は、図1の構成図で示した透過方式の装置にて行った。図1に示したように、発信側の装置と受信側の装置を測定試料を挟んで対向に置く。発信側には 35GHz(波長約 8.7mm)の単波長発信器としてガンダイオードおよびガンダイオードの出力を減衰するための減衰器を配置し、先端に両凸レンズ(両面とも非球面のレンズ)を取り付けたアンテナを通して、測定試料に向けミリ波を照射する。

受信側には、微弱なミリ波でも測定できるよう、Ka 帯ミリ波に受信感度を持つディック型の受信システムを配置した。測定試料は2軸自動ステー

* 電磁波を用いた物質内部の異常点等の計測技術に関する研究（第2報）

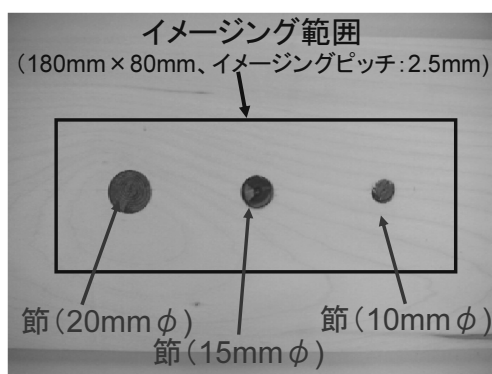
*1 機械電子部

ジに搭載されており、ステージを動かすことにより、イメージング（可視化）画像を得ることができる。なお、発信側、受信側双方において、このレンズアンテナの焦点位置が測定試料の厚み方向に対して概ね中心となるように配置し、実験を行った。また、測定試料をスキャンするピッチは2.5mmとした。

2-2 節、空洞の検出寸法精度について

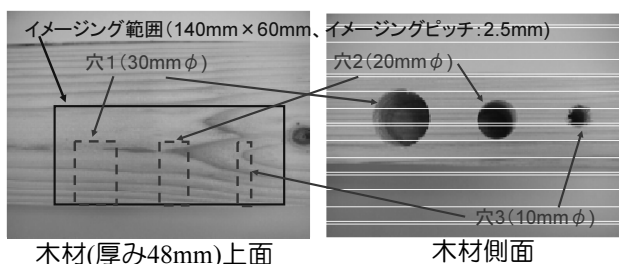
一般的に木材の節は、表面の節と裏面の節とで位置がずれている場合が多いため、実際の節では検証ができない。そこで、表面と裏面の位置がずれていない場合の節を想定した試料として、厚み10mmの杉板材からφ20mm、φ15mm、φ10mmの節を取り出し、図2のように10mm厚のホウ板材に空けた貫通穴（φ20mm、φ15mm、φ10mmの3箇所）に当該節を埋め込んだものを作成し、イメージング実験を行った。

一方、空洞については、図3のように厚み48mmの杉板材を用意し、側面からドリルでφ30mm、φ20mm、φ10mmの穴を開け、上面からミリ波を当て、イメージングを行った。



木材(厚み10mm)上面

図2 節の実験用試料（ホウ板材）



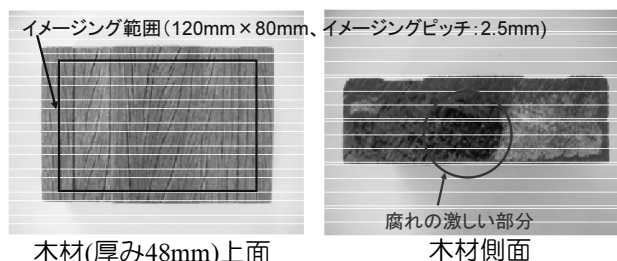
木材(厚み48mm)上面

木材側面

図3 空洞の実験用試料（杉板材）

2-3 腐朽材のイメージングについて

測定試料として、図4のような厚み48mmで材の一部が腐朽しているものを用意した。本試料は、図4の側面写真からも分かるように、中央部分に腐朽の激しい箇所が存在する。本試料についてイメージング実験を行った。



木材(厚み48mm)上面

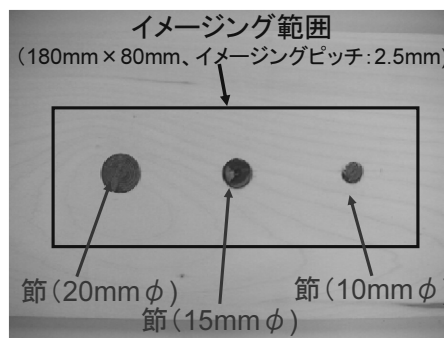
木材側面

図4 腐朽の実験用試料（イペ板材）

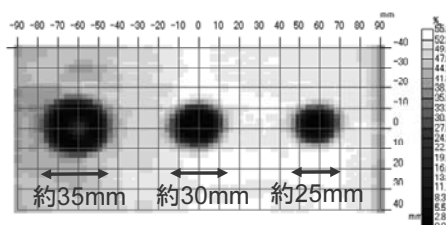
3 実験結果及び考察

3-1 節、空洞の検出寸法精度について

節の場合の実験結果を図5に示す。周辺と比べて節により透過率が低下している範囲が、実際の節の大きさより、大きめに検出されていることが分かる。（各節において、実際の節の大きさより、約15mm程度大きくなっている。）これは、本装置の空間分解能に起因するものであると考えられる。



木材(厚み10mm)上面



木材上面からの
イメージング結果

図5 節のイメージング結果

一方、空洞の場合の結果を図6に示す。穴を空けた個所については、穴と穴周辺部との境界に、

透過率が低い領域（以下、「境界領域」と呼ぶ。）ができていのが分かる。この境界領域は、穴の側面が生じているものと思われる。なお、この境界領域は一定の幅を持っており、その幅の中心部分の左右の間隔がおおよそ穴の大きさに該当している。したがって、境界領域を観測すれば、穴形状・大きさが確認できるものと考えられる。しかし、10mmの穴については、透過率が低くなる領域しか現れていない。空洞の場合、原理的には穴部分は周辺部よりミリ波透過率が高くなるはずであるため、この程度の穴径になると、空洞として正しく検出できないことが分かる。

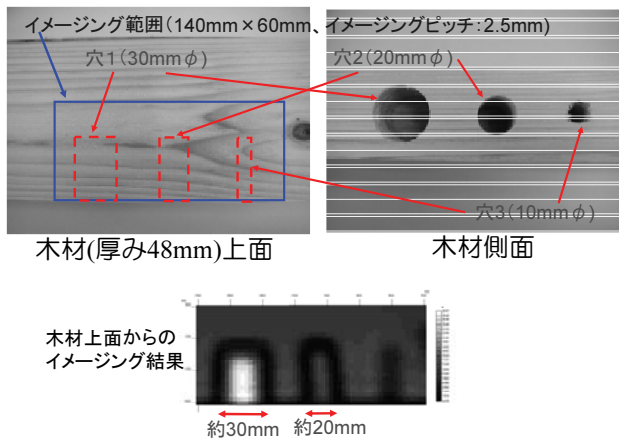


図6 空洞のイメージング結果

3-2 腐朽材のイメージングについて

実験結果を図7に示す。本試料は中央部分が特に腐朽が激しいが、この領域で主にミリ波透過率が高くなっていることがわかる。本結果は、腐朽している箇所を発見できる可能性があることを示唆するものである。

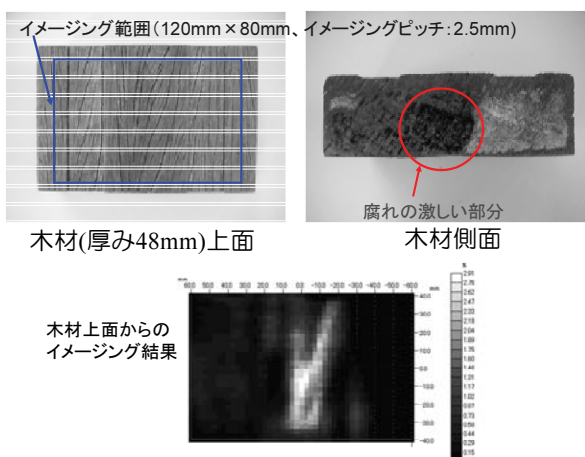


図7 腐朽のイメージング結果

4 まとめ

イメージング（可視化）により節、空洞を検出する場合の寸法精度について、検証を行った。さらに、木材内部の腐朽検出の可能性について、実際に腐朽した材のイメージング実験にて確認を行った結果、以下のことが判明した。

- ・節は、実際の節の大きさより、一定の大きさで大きめに検出されることが分かった。
- ・空洞については、木材と空洞との境界における一定幅で透過率の下がる領域が検出されるが、その境界領域の中心部分の間隔が、空洞の大きさであることが分かった。しかし、穴径が小さくなると、この境界領域が影響して、空洞として正しく検出されないことが分かった。
- ・実際の腐朽材でイメージング実験を行ったところ、腐朽している箇所を発見できる可能性があることを確認した。