

複数欠陥の安定検出を目的とした Hilbert 変換による Lamb 波の位相情報可視化

Phase Visualization of Lamb Waves Using the Hilbert Transform for Stable Detection of Multiple Defects

○石川周男<sup>1</sup>, 伊藤洋一<sup>2</sup>, 大隅歩<sup>3</sup>

\*Chikao Ishikawa<sup>1</sup>, Youichi Ito<sup>2</sup>, Ayumu Osumi<sup>2</sup>

Abstract : We propose a phase imaging method using the Hilbert transform to overcome the signal attenuation problem in conventional ultrasonic testing for multiple defects. In this study, our method is applied to the results of a Finite Element Method (FEM) simulation of Lamb waves in a defective plate.

1. はじめに

超音波を用いた非破壊検査において、金属薄板を伝搬する Lamb 波の振幅特性に着目した手法は、欠陥部通過時の波動の散乱や反射及び伝搬に伴う距離減衰により検出精度が低下する問題があった。

これを解決するため、減衰の影響を受けにくい波動の位相情報に着目した方法を検討している。[1]

本研究では、Hilbert 変換を用いた位相イメージングが、従来の振幅を用いる方法では困難であった複数欠陥の検出に対し有効であることを、数値シミュレーションにより明らかにする。

2. 位相画像の作成方法

Fig.1 に、画像の作成方法を示す。本研究での位相画像は、有限要素法 (FEM) による Lamb 波の伝搬シミュレーションによって得られたデータに対し、以下の手順で作成する。

- ① はじめに、解析モデル上の可視化領域内に設定した各測定点において、モデル表面を伝搬する Lamb 波の時間波形を取得する。
- ② 得られた時間波形データに対して Hilbert 変換を施し、瞬時位相波形を算出する。
- ③ 抽出した各位相情報を、測定点の座標に対応させて2次元平面上に格納し、位相画像を生成する。

なお、FEM シミュレーションには、COMSOL Multiphysics 6.3 を使用し、圧力音響(過渡)インターフェースの Westervelt 方程式を用いた。Fig.2 及び Table 1 にシミュレーションに用いるモデルと解析条件を示す。

3. 位相情報結果による可視化結果

位相情報を基に作成した画像は、振幅減衰の影響を受けることなく、複数の欠陥を同程度の精度で可視化

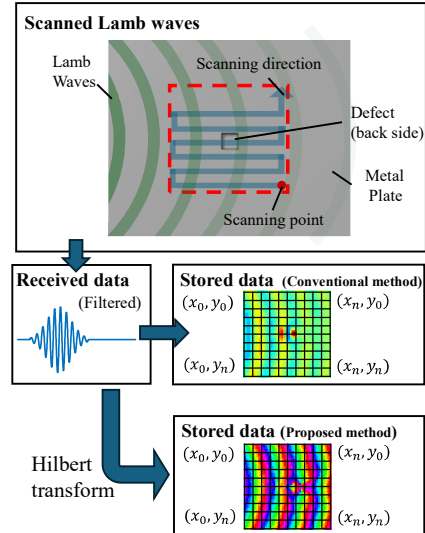


Fig.1 Overview of imaging methods

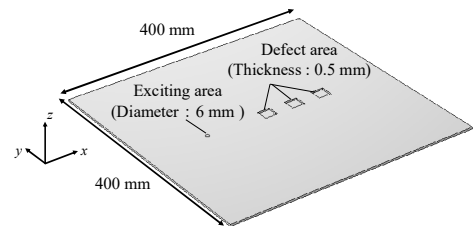


Fig.2 Simulation model

Table 1: Simulation parameters.

Mesh shape	Tetrahedron
Number of meshes	About 143,000
Mesh size	0.47 ~ 4.6 mm
Time resolution	0.5μs
Analysis time	400μs

できることを確認した。

4. まとめ

本研究では、複数の減肉欠陥を有する金属薄板の FEM シミュレーションを行い、得られた波形に Hilbert 変換を適用させた位相イメージングを試みた。

その結果、従来の振幅情報では検出が困難であった伝搬経路上の複数欠陥をより高品質に可視化できることを確認し、本手法の有効性を示した。

参考文献

[1] 石川周男, 他, 信学技報, vol.124, no.317, US2024-61, pp. 10-13, 2024

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大名誉教授 3 : 日大理工・教員・電気