

非対称電極配置を用いた電気インピーダンストモグラフィ法の開発と 欠陥検出精度の向上

Development of Electrical Impedance Tomography with Asymmetric Electrode Configurations for Improving Defect Detection Accuracy

東理大先進工 °皆川 敬哉, 石原 大夢, 金子 怜司, 中田 大輝, 相川 直幸, 生野 孝

Tokyo Univ. of Sci., °Keiya Minakawa, Hiromu Ishihara, Reiji Kaneko, Taiki Nakada,

Naoyuki Aikawa, Takashi Ikuno

E-mail: tikuno@rs.tus.ac.jp

電気インピーダンストモグラフィ (EIT) 法は, 測定試料の外表面から電流を注入した際, 外表面に生ずる測定電位データをもとに逆問題を解くことで, 試料内部の導電率分布を可視化する非破壊検査技術である. 対象内部に欠陥がある場合, 欠陥の情報 (形状等) に応じた電場分布が試料内部に形成されるため, 特徴的な電位が外表面に現れる. この特徴量を用いて逆問題を解くため, 欠陥の情報により電場分布が大きく変動するほど導電率分布の分解能が向上することが知られている^[1]. 従来の回転対称の電極配置では, 対称性の影響で, 正方形の欠陥に対しその角や辺を明確に反映した電場分布を得ることが難しく, 逆問題を解くと欠陥が円形に可視化される課題があった^[2]. そこで本研究では, 欠陥の情報に応じた特徴的な電場分布を形成することを目的に, 回転非対称電極を採用し, シミュレーションと実験の両面から正方形欠陥の形状再現を試みた.

直径 100 mm, 導電率 $\sigma=0.1$ S/m の 2 次元円形母材内に, 様々な形状の欠陥 ($\sigma=10^7$ S/m) を異なる位置に配置した試料を, 有限要素シミュレーター (COMSOL Multiphysics 6.2) 上で作成した. これらに対し, 回転対称および回転非対称の 8 つの電極位置における電流注入時の電位データ (計算値) を学習データセットとし, それぞれの電極配置に対する学習モデルを構築した.

Figure 1(a)にテストモデルを示す. 外接円が直径 40 mm の正方形を母材中央に配置した. 各学習モデルを用いて再構成された導電率分布を Fig. 1(b)と Fig. 1(c)に示す. 再構成画像と正解画像の画素値の誤差を root mean square error (RMSE) を用いて評価した. 従来の回転対称電極配置における RMSE 値は 32.4, 回転非対称電極配置における RMSE 値は 8.8 となり, RMSE 値は 72.7%減少した. 以上のように, 回転非対称電極を用いることにより正方形欠陥をうまく可視化できることを明らかにした.

当日は, 実材料を用いた実測定データへの適用を通じて, 本手法の実用性についても紹介する.

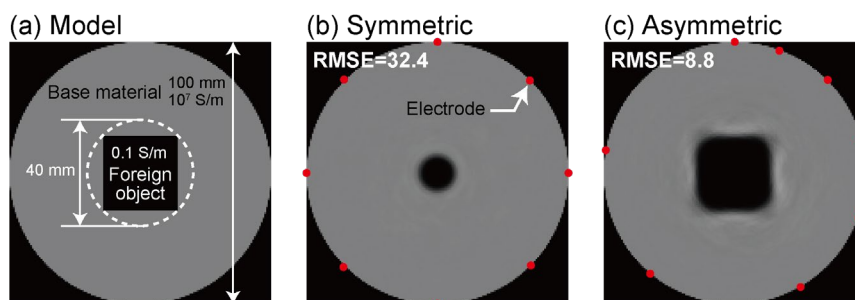


Figure 1. (a) Model of conductivity mapping. Reconstructed images with (b) symmetric and (c) asymmetric electrode configuration.

[1] K. Minakawa et al. AIP Advances, **14**, 015210 (2024).

[2] R. Kaneko, K. Minakawa et al. 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 23a-P05-60