

電磁界解析とスパース性を利用したイメージングの高精度及び高速化検討 High-precision and High-speed Imaging on the Basis of Sparsity with Electromagnetic Field Analysis

○加藤義樹¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²

*Yoshiki Kato¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: In recent years, the introduction of millimeter-wave radar to detect foreign objects on airport runways has been considered. Runway monitoring requires radar with a wide detection range and high accuracy, but wide-area analysis necessitates a huge amount of data, and interference with other structures becomes an issue. Compressed sensing technology, which takes advantage of the sparsity of the solution, is applied to imaging using the FDTD method, an electromagnetic field analysis method, to enable high-precision and high-speed target location.

近年、空港滑走路において異物を検知するミリ波レーダーの導入が検討されている^[1]。滑走路の監視には広い検知範囲と高い精度が要求されるレーダーが必要であるが、広範囲の解析には膨大なデータ量が必要であることや他の建造物との干渉が問題となる。このような要求に応えるために、電磁界解析手法の一つであるFDTD法(Finite-Difference Time-Domain method)を用いて対象物を識別し高精度のイメージングを行う^[2]。提案法では、FDTD法を用いて微小散乱体からの電磁波応答波形を網羅的に取得し、参照応答波形として使用する。ターゲットとなる異物からの応答波形と参照応答波形から凸最適化問題を立て、解のスパース性を利用した圧縮センシング技術を用いてターゲット位置を特定する^[3]。本報告では、圧縮センシングによるイメージングにて、データ量を削減した際の計算時間及びターゲット位置推定精度などを検討する。

提案法では、以下の凸最適化問題を解くことでターゲット位置の特定ができる。

$$\begin{aligned} & \text{minimize } \|\mathbf{x}\|_1 \\ & \text{subject to } \|\mathbf{A}_c \mathbf{x} - \mathbf{y}_c\|_2 \leq \text{error} \end{aligned}$$

ただし、 \mathbf{x} はターゲット位置を示すベクトル、 \mathbf{A}_c は微小散乱体からの応答波形を記録した行列、 \mathbf{y}_c はターゲットからの応答波形を記録したベクトル、 error は誤差の許容範囲である。

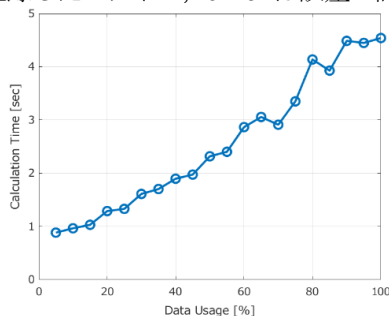


Figure 1. 凸最適化問題の計算時間

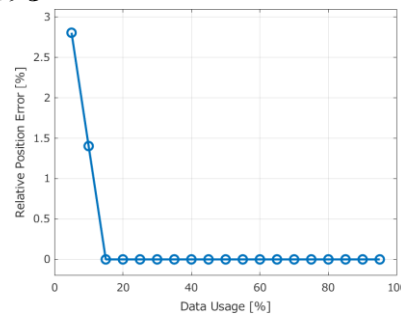


Figure 2. ターゲット位置推定精度

図1は、FDTD法によって記録した電磁波応答波形データの利用率を変え、凸最適化問題の計算時間を評価した。データ使用量を削減することで、ターゲット位置推定の計算を高速化することができる。図2では、データ利用率を変化させた場合のターゲット位置推定精度を評価する。ここで、誤差率はデータ利用率100%の位置を参照値として求めた。データ利用率を5%としても2.8%程度の誤差率で位置推定ができることがわかる。これらに加えて、電磁界解析部についての計算負荷削減や、より詳細な応答波形を得ることを検討する。

参考文献

- [1] 米本成人, 河村暁子, ニッ森俊一, 森岡和行: 滑走路異物検知用光ファイバ接続ミリ波レーダシステム, 電子情報通信学会誌, Vol.101, No.2, pp.146-152, 2018年.
- [2] 宇野亨: 数値電磁界解析のためのFDTD法-基礎と実践-, コロナ社, 東京, 2016年.
- [3] 永原正章: スパースモデリング-基礎から動的システムへの応用-, コロナ社, 東京, 2017年.

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・教員・電気