

遺传的アルゴリズムを用いた地中空洞推定

Underground Cavity Estimation using Genetic Algorithm

佐藤 裕真[†] 中村 航希^{††} 柴田 随道^{†, ††}

Yuma Sato[†] Koki Nakamura^{††} Tsugumichi Shibata^{†, ††}

[†] 東京都市大学知識工学部情報通信工学科 ^{††} 同大学院総合理工学研究科情報専攻

[†] Department of Information and Communication Engineering, Tokyo City University

^{††} Graduate School of Integrative Science and Engineering, Tokyo City University

1. はじめに

日本では大きく交通インフラが発達し、その裏で設備の老朽化も進んでいる。しかし、日本の道路全体を人の力だけで定期的に点検、管理を行うのは不可能である。

我々は、実測により得られる電磁波後方散乱応答と計算モデルにより得られる応答を比較し、モデルの構成パラメータを最適化する地中空洞推定法の最適化手法について検討を進めてきた。本研究では先行研究^[1]の粒子群最適化法と遺传的アルゴリズムを比較することを目的とした。

2. 伝送線路等価回路モデルと誤差汎関数

本研究では、図1のように地中を平行多層構造で近似し伝送線路等価回路に置き換え、反射係数を計算することで計算モデルにおける後方散乱応答 $H(\omega, \epsilon_1, \dots, \epsilon_L, \epsilon_{L+1})$ を計算した。また、今回は FDTD 法により計算される結果を実際の地中から得られる後方散乱応答 $\bar{H}(\omega)$ と見做し、両応答を比較する誤差汎関数を以下のように定義する。

$$\Omega(\omega, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_L, \epsilon_{L+1}) = \sum_{\omega=\omega_1}^{\omega_{26}} \frac{|H(\omega, \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_L, \epsilon_{L+1}) - \bar{H}(\omega)|}{|\bar{H}(\omega)|} \quad (1)$$

3. 地中空洞推定

地中 1m の位置に 50cm の空洞が空いている構造を想定し、真値における土の比誘電率は 6.76、大気中の比誘電率は 1.0 とした。計算モデルは地中 5m を各層 25cm で 20 分割し、21 次元の最適化問題とした。また、初期値の取り方による推定結果のばらつきを確認するため探索は 10 周行い、最大世代を 10,000 とした。シミュレーションの条件を表1に示す。結果全ての探索で土部分の比誘電率が 5.856~6.999、空洞部分の比誘電率が 1.003~1.077 と推定され、高い確率で空洞を発見できる程度の推定結果を得ることが出来た。また 27~83 世代目の時点で空洞を推定できる程度の解が得られていることが確認できた。

4. 粒子群最適化法との比較

今回行ったシミュレーションと先行研究^[1]の粒子群最適化法の場合を同じ条件と地中構造で比較した。最も評価値が良かった周の世代数(更新回数)に対する誤差汎関数の変化を図2に示す。最終的な空洞推定精度(誤差汎関数値)は粒子群最適化法のほうが優れている。一方、初期の収束性は遺传的アルゴリズムが 27~83 世代目、粒子群最適化法が 101~261 回目まで空洞を同定できる程度の解が得られる結果となった。

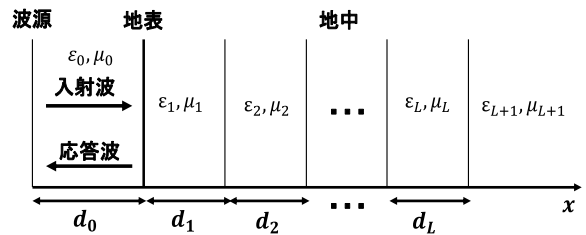


図1 地中の平行多層構造近似

表1 シミュレーション条件

個体数	80
最大世代数	10,000
選択方法	エリート保存
交叉方法	BLX- α
突然変異方法	一様乱数を足す
選択率	40%
交叉率	50%
突然変異率	10%

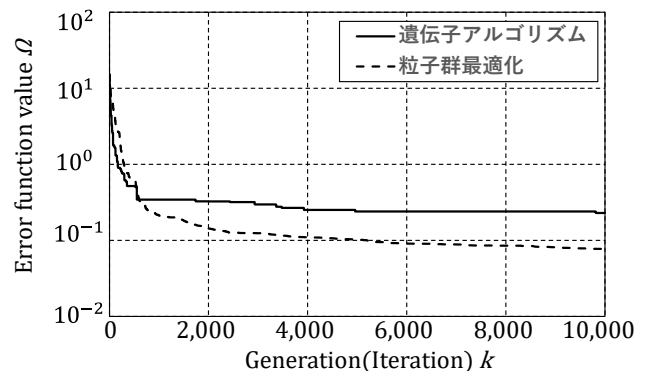


図2 誤差汎関数値の推移の比較

5. まとめ

遺传的アルゴリズムを用いて地中空洞推定をすることができ、空洞推定精度、及び推定速度の観点で粒子群最適化法と遺传的アルゴリズムの比較をすることができた。

参考文献

[1] 中村, 鄭, 柴田, “多層構造等価回路モデルの粒子群最適化による地中空洞推定”, 電気学会論文誌, Vol. 141, No. 12, pp. 1371-1379, 10.1541/ieejieiss.141.1371, 2021.