

新しい三次元過渡電磁界解析手法の開発

背景

雷害防止には電力設備の接地系や三次元構造物での過渡現象の解明が重要であり、有限差分時間領域法(FDTD法)*¹などの三次元過渡電磁界解析法が有力な解析手段になっている。本研究所においてもFDTD法による過渡接地特性解析手法やサージ解析コードの開発が行われているが、複数の地盤や接地系・構造物がある場合など、電気定数(誘電率、導電率、透磁率)が異なる複雑な配置の取り扱いが容易ではない。また空間格子間隔が一定なため、構造が複雑な場合には多大な計算機メモリを必要とする。このため、地盤が複合する接地系や複雑な三次元構造物など、実際の条件を模擬した解析が容易ではなく、これらの取り扱いが容易な三次元過渡電磁界解析法が必要とされている。

目的

複雑な構造物や複数の地盤が取り扱える有限積分法(FI法)*²を用いた三次元過渡電磁界基本解析コードを開発し、実測結果がある三次元配置に適用してコードの妥当性を検証する。

主な成果

1. 開発した解析コードの特長

(1) 不等間隔の空間格子の採用

複雑な箇所は細かく分割し、その他の箇所は粗く分割できる不等間隔の空間格子を用いることで、一般的な等間隔格子を用いるコードに比べて、計算機メモリを大幅に節約するとともに複雑な構造を計算できるコードを開発した。

(2) 電界と磁束密度による定式化

一般的なFDTD法などの三次元過渡電磁界解析コードは電界と磁界を未知変数とするため、鉄などの磁性体があると、透磁率が異なる境界(空気・地盤と鉄の境界など)の取り扱いが難しいが、電界と磁束密度を未知変数とすることで、透磁率が異なる境界も明確に取り扱える定式化を行い、このような境界での計算精度向上を図った。

2. 解析コードの妥当性の検証

実測例がある図-1の直方体電極配置⁽¹⁾の過渡接地抵抗特性を解析した。計算値と実測値がよく一致することを確認し、解析コードの妥当性を検証した。過渡接地抵抗の実測値は補助極からの電磁波の反射の影響も含むが、図-1(c)によれば解析コードはこの影響も良く再現している。

3. 多層大地の鉄塔深礎基礎モデルの過渡接地抵抗解析への適用

多層大地の鉄塔深礎基礎モデルに解析コードを適用し、多層地盤の過渡接地抵抗特性に与える導電率の影響を明らかにした。深礎基礎モデルが2層の地盤と接する場合の解析例を図-2に示す。下層の地盤の導電率 σ が10mS/mの場合、本解析コードによる6 μ 秒後の過渡接地抵抗は2.8 Ω 、電界計算による定常接地抵抗は2.5 Ω とほぼ一致した値となり、本解析コードが多層大地の接地抵抗解析に適用できることが明らかになった。

今後の展開

基本解析コードをより複雑な接地系に適用するため、コードの並列化・ベクトル化を行うとともに、斜材などを含む一般的な構造物の形状を解析できる手法を開発する。

主担当者 電力技術研究所 高電圧・電磁環境領域 上席研究員 河本 正

関連報告書 「有限積分法を用いた三次元過渡電磁界基本解析コードの開発－過渡接地抵抗解析への適用－」
電力中央研究所報告：T03025 (2004年3月)

*1：FDTD法は微分形式のMaxwell方程式を差分して電磁波の時間的変化を追う方法で、直方体や立方体などの六面体形状しか取り扱えない。

*2：FI法は積分形式のMaxwell方程式を要素形状に応じた積分路で定式化して解くため、六面体形状のほかに三角柱などの形状も取り扱え、要素形状に柔軟性がある。

4. 電力流通／流通設備の社会との調和

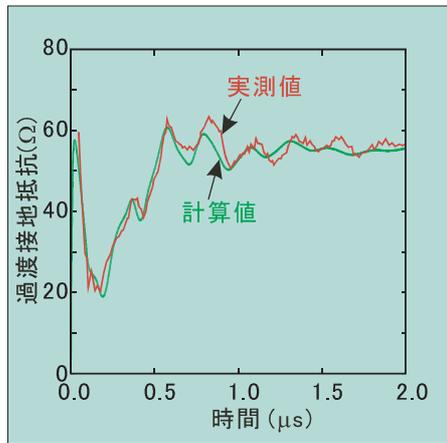
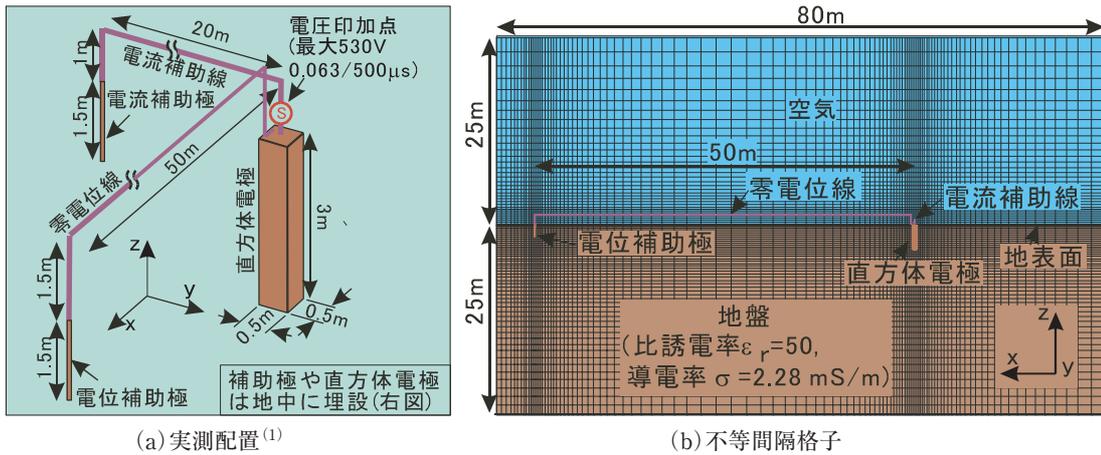


図-1 直方体電極配置の過渡接地抵抗

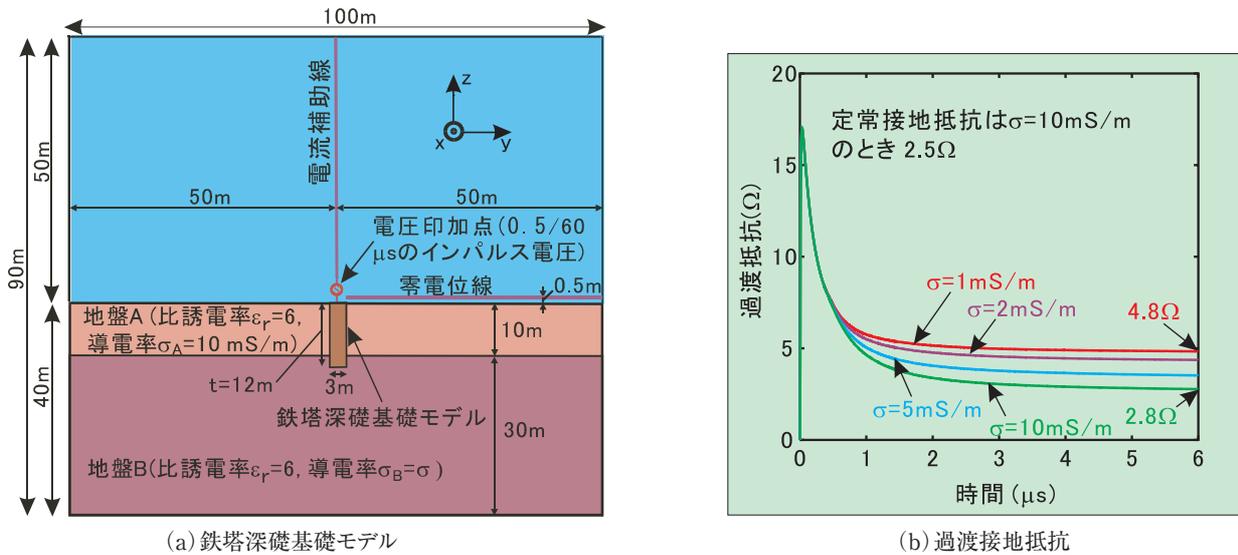


図-2 多層大地の過渡接地抵抗

参考文献 (1) 「電磁界解析に基づく新しい過渡接地抵抗解析手法の実証」電力中央研究所報告:T99043 (2000年3月)