

# FDTD 法に基づくサージ解析プログラム (VSTL REV) の高速化とその鉄筋コンクリート造建築物の雷サージ解析への適用

キーワード：三次元構造物，雷サージ，FDTD 法，並列計算，GPGPU

報告書番号：H13009

## 背景

直撃雷あるいは近傍雷に起因して建築物内部に発生した電磁界あるいは電子機器に接続された電線に発生した異常サージによって、電子機器が障害に至ることがある。雷から建築物内の電子機器を保護するためには、落雷時に建築物内部に発生する電磁界を予測し、適切な対策を施す必要がある。このため、これまで、VSTL REV<sup>注1</sup>を用いて鉄骨造の建築物内部の電磁界を予測し<sup>[1]</sup>、雷保護規格<sup>注2</sup>で言及されるグリッド状シールド<sup>注3</sup>による電磁界低減効果を定量的に評価してきた。しかし、鉄筋コンクリート造の場合にはその構造の細かさから計算量が膨大となるため、落雷時に建築物内部に発生する電磁界を予測することが非常に困難となる。

## 目的

落雷時に鉄筋コンクリート造建築物内部に生じる電磁界を予測するために VSTL REV を高速化し、建築物構造、グリッド状シールドが電磁界へ与える影響を明らかとする。

## 主な成果

### 1. VSTL REV の高速化

並列および GPU (graphics processing unit) コンピューティングにより、複数の GPU に基づく並列計算に VSTL REV を対応させ、高速化を実現した。16 個の GPU で構成される計算機を用いて、配電用変電所クラスの 60 m × 30 m の接地網の過渡電位上昇特性を計算した場合 (図 1)、CPU を用いた並列計算<sup>注4</sup>に比べて、1/44 に計算時間を短縮することが可能であった (図 2)。VSTL REV の高速化により、従来の CPU を用いた計算に比べて、計算精度やパラメータ評価の精度を向上させることが可能となる (表 1)。

### 2. 鉄筋コンクリート造建築物の雷サージ解析

鉄筋コンクリート造建築物 (図 3) を対象として雷サージ解析を実施し、直撃雷および近傍雷が発生した際に建築物内部に発生する電磁界を計算した (表 2)。これにより、コンクリートの存在や鉄筋コンクリート構造 (壁の存在、壁の構造) が建築物内部の電磁界に大きく影響し、最大で 80 dB 程度変化すること、建築物内部 (3 階) に布設したグリッド状シールドによって電磁界が 7 ~ 14 dB 低減されることが分かった。

以上により、VSTL REV の高速化を実現するとともに、直撃雷および近傍雷において、鉄筋コンクリート造建築物の構造が建築物内部の電磁界に与える影響および電磁界に対するグリッド状シールドの有効性を定量的に明らかとした。

注 1 Virtual Surge Test Lab. Restructured and Extended Version の略。FDTD 法に基づくサージ解析プログラム。

注 2 建築物内の電気及び電子システムに関する雷保護規格 IEC Standard 62305-4 (2010), JIS Z 9290-4 (2009)

注 3 ワイヤ等で構成した格子状のファラデーケージ。

注 4 OpenMP に基づく CPU (Core i7 K293) の 4 コアを用いた並列計算。

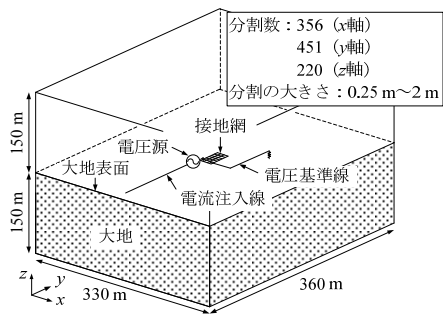


図1 配電用変電所クラスの接地網の過渡電位上昇特性を計算した配置

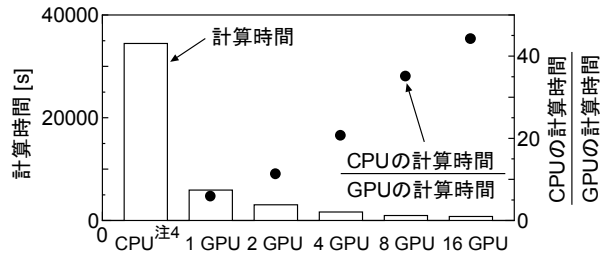


図2 CPU と GPU の計算時間の比較

表1 VSTL REV の高速化の利点

| 項目  | マルチコア CPU で実行               | 16 GPU で実行                                  |
|---|-----------------------------|---|
| 実用的な雷サージ解析における最小セルサイズ                     | 数 10 cm のオーダー               | 数 cm のオーダーであり、より詳細な解析モデルの構築が可能              |
| 分割数を 700 × 700 × 700 としたときに 1 日で計算可能な時間範囲 | 最小セルサイズを数 10 cm とすると数 μs 程度 | 最小セルサイズを数 10 cm とすると 100 μs を超える時間範囲まで計算が可能 |
| 計算時間を 1 日としたときに、1 日で評価可能なパラメータ数           | 1 つのパラメータのみ                 | 数 10 を越えるパラメータに対する計算が可能であり、より厳密な評価が可能       |

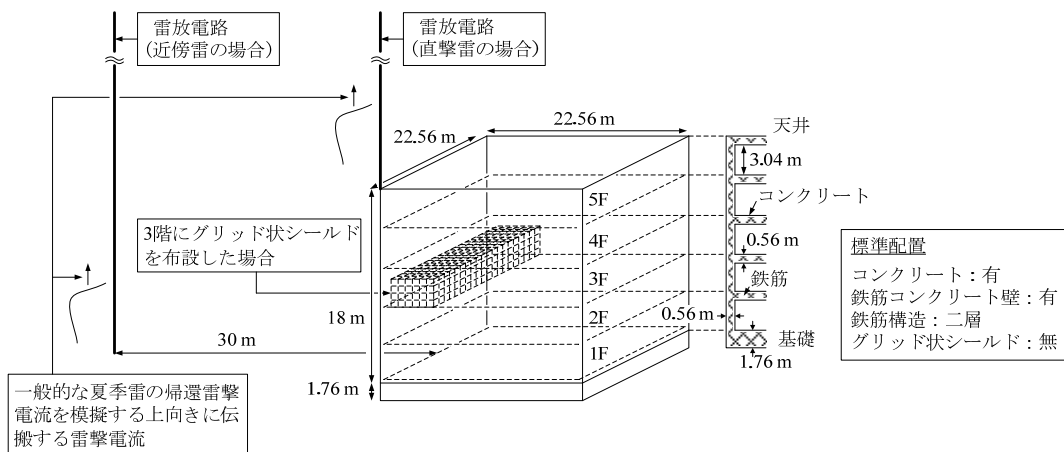


図3 鉄筋コンクリート造建築物の計算モデル

表2 建築物構造の電界、磁界（波高値）に対する影響（3階）

| ケース | 建築物構造                  | 電界に対する影響     | 磁界に対する影響     |
|-----|------------------------|--------------|--------------|
| 1   | 建築物全体のコンクリートを無視した場合    | -43 ~ -6 dB  | 0 dB         |
| 2   | 壁の鉄筋コンクリートを全て取り除いた場合   | -76 ~ -37 dB | -39 ~ -32 dB |
| 3   | 壁の鉄筋を二層構造から単層構造に変更した場合 | -12 ~ -11 dB | -14 ~ -10 dB |
| 4   | 3階にグリッド状シールドを配置した場合    | +13 ~ +14 dB | +7 ~ +8 dB   |

$$\text{電界あるいは磁界に対する影響} = 20 \log_{10} \left( \frac{\text{標準配置の電界あるいは磁界の波高値}}{\text{各ケースの電界あるいは磁界の波高値}} \right)$$

|         |  |
|---------|--|
| 関連研究報告書 | [1] 「FDTD 法を用いた建築物雷撃時の内部過渡電磁界解析コードの開発—簡易モデルを用いた解析コードの妥当性の検証—」 H05007 (2006)                  |
| 研究担当者   | 立松 明芳 (電力技術研究所 雷・電磁環境領域)   |
| 問い合わせ先  | 電力中央研究所 電力技術研究所 研究管理担当スタッフ<br>Tel. 046-856-2121 (代) E-mail : eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp |

報告書の本冊 (PDF 版) は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。