



## 新幹線・航空機客室内の電磁波影響の把握 —電磁界シミュレータ OpenFDTDの性能評価—

研究・開発機関 : 株式会社EEM  
 利用施設 : FOCUSスパコン  
 計算規模 : 2ノード 1時間  
 利用ソフトウェア : OpenFDTD

### Before

- FDTD法は従来から有望視されていますが、3次元差分法であるため多くのメモリと計算時間を必要とします。セルサイズを半分にし、計算誤差を半分にすると、メモリは8倍、計算時間は16倍必要になり、本手法の産業分野への浸透は必ずしも順調ではありません。
- 計算時間短縮のためにGPUによる並列化を図りましたが、メモリ容量が大きいので大規模問題への適用には困難な問題がありました。

### 大規模問題

- FOCUSスパコンの利用により、大規模問題の計算時間を大幅に短縮することが可能になりました。さらに多数のジョブを並列処理できるので、パラメータ値を変えながら多数の計算を同時に行う時も作業効率が上がりました。
- FOCUSスパコンで稼働しているNEC SX-Aurora TSUBASA向けにFDTD法のベクトル化を実装することによって、ベクトル型スパコンを容易に利用することができる環境ができました。

### 背景と目的

機器等から発生する電磁波には厳しい規制があるため、設計の段階から実利用環境での電磁波の影響を把握しておく必要があります。シミュレーション技術を用いた電磁界の計算により電磁波を利用する機器の電気的特性を正確に知ることができます。電磁界シミュレーションは、これまでに各種のアンテナやマイクロ波機器の解析などに広く用いられ、ナノスケールの光の伝搬をも計算できます。

現在、電磁界のシミュレーションとしてはFDTD法(時間領域差分法)が広く用いられ、商用シミュレータも多数販売されています。これは電磁界の基本法則であるマックスウェルの方程式を時間領域の差分法で解く手法ですが、3次元の差分法であるために必要メモリは3次元方向のセル数の積に、計算時間はさらに周波数を掛けた値に比例するので、膨大な計算機のリソースが必要になるという実用上の大きな問題がありました。そこで、並列化に適したFDTD法のアルゴリズムのままより使いやすいオープンソースの電磁界シミュレータOpenFDTDを開発・公開しました。これには様々なハードウェア環境で実行できるような高速化技術を実装しており、それぞれの環境で高性能のシミュレーションが可能です。(表1)

ハードウェア	OpenMP	MPI	CUDA	ベクトル化
CPU	○	○		
GPU		○	○	
SX	○	○		○

表1 OpenFDTDの高速化技術

### 利用成果

#### 計算時間の短縮:

図1に異なる計算機環境での計算時間を示します。CPUと比べてGPUとSXは1桁速くなっています。これはメモリのバンド幅の違いによるものと思われます。全ての環境で2ノードは1ノードの約2倍速くなっています。

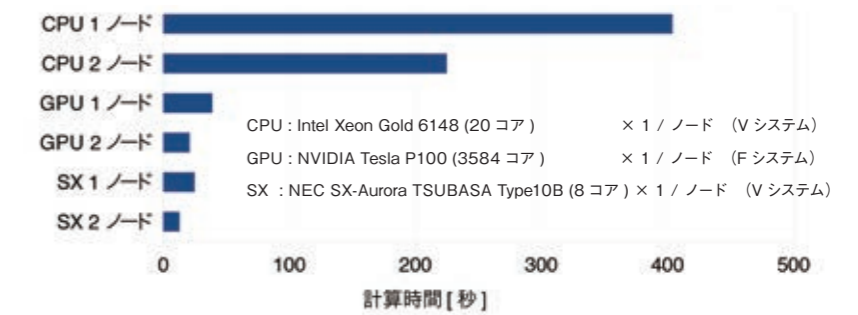


図1 各種環境の計算時間 (Nx=Ny=Nz=500, 1000step)

#### 電界分布の可視化:

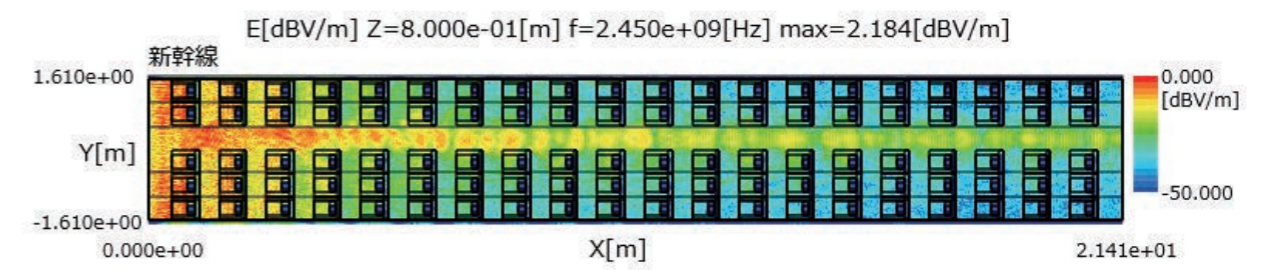


図2 新幹線車内の電界分布 (平面図)

図2に新幹線車内の電界分布を示します。送信アンテナ(アクセスポイント「AP」)は左端の天井の近くに置いてあります。電界強度は送信アンテナから離れるほど弱くなることを確認できます。また座席の上は見通し外になるのでより電界が弱くなります。このケースのように計算領域の広さが波長に比べて十分大きいときは、従来はレイトレーシング法を用いて近似的に計算することが通常でしたが、計算機的能力が上がってきたためにFDTD法を用いて厳密に計算することが可能になりました。

図3は航空旅客機内の電界分布です。送信アンテナ(AP)の位置は天井の赤い2点です。この例でも、電界強度の分布が十分に可視化できています。

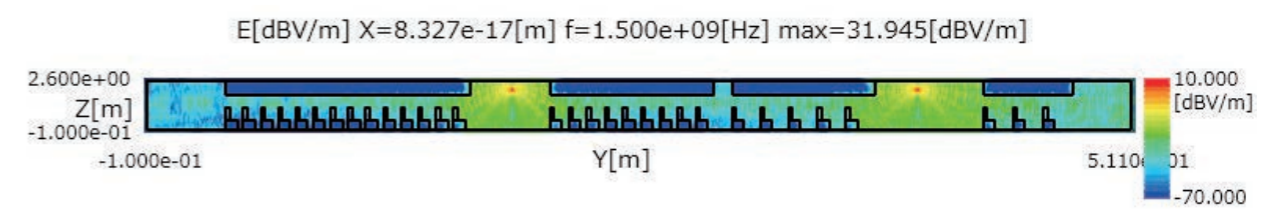


図3 航空旅客機内の電界分布 (立面図)

大規模計算のニーズは一層高くなりますが、複数のノードの使用等により対応可能となります。今後も、ベクトル型スパコンを容易に利用することができる身近な設備とすべく貢献していきたいと考えています。