

平成 25 年度 TSUBAME 産業利用トライアルユース 成果報告書

利用課題名 大規模施設内における無線通信システム用アンテナに関する基礎検討
英文: A Study on the Antenna for Radio Communications System in a Large-scale Institution利用課題責任者 斎藤 裕
Yutaka Saito所属 株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所
Panasonic System Networks R&D Lab. Co., Ltd.
<http://panasonic.co.jp/avc/psnrd/>

邦文抄録 (300 字程度)

従来、幾何光学的手法は、無線通信システムの屋内電波伝搬特性の解析に用いられてきた。この手法は、高周波における極めて複雑な構造の解析には、計算精度が低下するため適さない。一方、FDTD 法などの電磁界シミュレーションは、複雑な構造を解析するために用いられてきた。しかしながら、屋内環境のような大規模な解析モデルを解析する場合には、計算資源が不十分な一般的な PC では計算不可能であった。本稿では、2.4GHz 帯の無線 LAN システムを解析対象として、大規模工場モデルにおける電波伝搬特性を計算するために、TSUBAME2.5 を効果的に活用する。計算ノード数と計算時間の関係を示し、その有用性を検証した。

英文抄録 (100 words 程度)

The geometric optics method has been generically used for analyzing of the indoor radio wave propagation characteristics for wireless communication systems. This method is unsuitable for analysis of the extremely complicated structures at high frequency since its calculation accuracy degrades for these conditions. On the other hand, the electro-magnetic field simulation such as the FDTD method is usually used to analyze for the complicated structures. In the case of analyzing the large-scale analysis model such as the indoor environment, however, this method is impractical under the condition that the calculation is performed on the stand-alone PC with insufficient calculation resource. In this paper, the TSUBAME2.5 is effectively-utilized in order to calculate the radio wave propagation characteristics in the large-scale factory model with the 2.4 GHz wireless LAN system. The relationship between the number of computing nodes and computation time is showed, and the usefulness is demonstrated.

Keywords: Electro-magnetic field simulation, Large-scale institution model, Wireless LAN

1. まえがき

従来、屋内に設置された無線通信システムの通信性能を評価するために、屋内における電波伝搬特性の解析が行われてきた [1]。その中でも、特に大規模な屋内環境、例えば、店舗や工場などの施設内における電波伝搬の解析には、一般にレイトレース法 [2] などの幾何光学的解析手法が用いられてきた。

しかし、近年屋内で利用される無線通信方式が多様化しており、その周波数帯域は、例えば、ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの数十 kHz 帯から無線 LAN の数 GHz 帯まで広範囲となっている。また、屋内の壁などの遮蔽物が複雑な構造を有する場合やそれらの透過が支配的な要因となる場合において、レイトレース法では高い精度が得られないという課題があった。

一方、上記のように、広い周波数帯域と複雑な屋内構造に対応した屋内の無線通信システムの特性評価を行う方法として、屋内環境と無線機器に搭載されるアンテナなどのすべての構造物に対して FDTD 法 [3] などの電磁界シミュレーション手法を適用することが考えられる。

電磁界シミュレーションでは、解析周波数の波長の数十分の 1 程度の大きさでの空間メッシュ分割が必要となり、例えば、数十 m の大きさを持つ大規模施設内部すべてに対して数 GHz の解析周波数を適用することを想定すると、数十億個のメッシュ分割が必要となる。現在一般的な電磁界シミュレーションで用いられている PC 環境においては 1 億個程度のメッシュ数が限界であり、数 GHz 帯で計算ができる解析空間の上限は概ね乗用車 1 台程度の大きさであった。

そこで筆者らは、上記のような大規模な施設内部すべてを対象とした電磁界シミュレーションにスーパーコンピュータ TSUBAME2.5 [4] を活用することを検討している。本稿では、解析空間として一辺の長さが 30 m 程度の工場施設と、周波数として無線 LAN の 2.4 GHz 帯を選定したシミュレーション結果や、計算ノード数と計算時間の関係を示し、その有用性を検証したので報告する。

2. 解析モデルと計算条件

図 1 において、モデル (a) は、メッシュ数を 1 億メッシュ相当とした建物モデルである。モデル (b) は、メッシュ数が約 27 億の中規模サイズの工場モデルで、モデル (c) は、メッシュ数が約 67 億の大規模サイズの工場モデルである。また、建造物はコンクリート (比誘電率 $\epsilon_r = 5.5$) とガラス (比誘電率 $\epsilon_r = 4.82$) で構成している。電磁波の放射源として、2.4GHz の半波長ダイポールアンテナを Y 軸と平行になるように屋内に設置した。

電磁界計算には、有限積分法を用いた電磁界シミュレータである CST 社の MW-Studio [5] を用いており、表 1 に示すコンピュータで計算を実行している。TSUBAME2.5 については、1 ノードあたりの性能を示している。

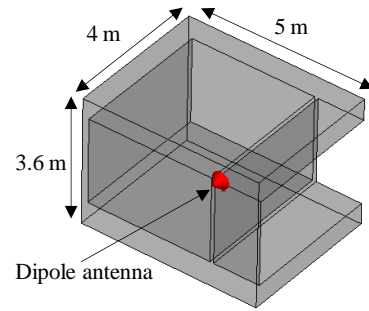
表 2 に計算条件の概要を示す。メッシュ数の異なる 3 つのモデルに対し、各条件に示すノード数で電磁界シミュレーションを実行した。モデル (a) では、比較対象の PC と TSUBAME2.5 で計算時間の比較を行う。モデル (b)、(c) では、比較対象の PC では計算機の能力が不足しているため、TSUBAME2.5 で複数ノードを用いた解析を行い、規模の大きさと計算時間を比較する。

なお、本稿では、主に GPU を使った計算時間に焦点を絞り比較した結果を示す。また、計算結果の一例として、工場モデル内部の電界分布を示す。

3. 解析結果

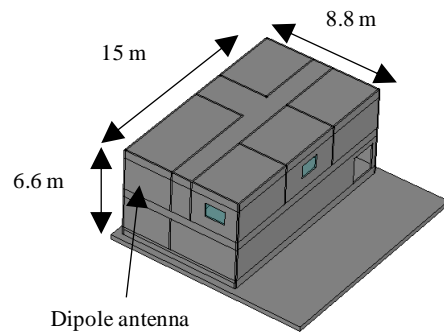
図 2 にモデル (a) での計算時間とノード数の関係を示す。1 億メッシュ規模のモデル (a) では、TSUBAME2.5 の 1 ノードでの計算時間が比較対象の PC に比べ半減している。これは、GPU の並列駆動数が増えたことによる効果と考えることができる。さらにノード数を増やすことで、計算時間が短縮されているが、16 ノード以上になると短縮効果はほぼなくなる。このことは、解析空間の再結合処理のために重複して計算している境界部分の割合が大きくなるため、並列計算の効果が小さくなることを意味している。

図 3 に、モデル (b) 及び (c) での計算時間とノード数の関係を示す。27 億メッシュ規模のモデル (b) では、ノード数を増やすことで計算速度はおよそ 3.4 倍となり、計算時間を短縮できる。また、67 億メッ



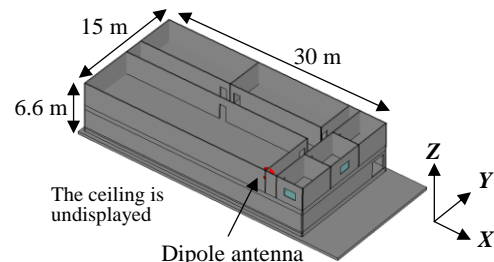
125,476,168 mesh cells

Model (a)



2,751,480,634 mesh cells

Model (b)



6,760,899,558 mesh cells

Model (c)

Fig.1 Simulation models.

Table 1 Computer specifications.

	PC	TSUBAME2.5(1 node)
CPU	8 core Xeon 2.9G	12 core Xeon 2.93G
Memory	48 GByte	54 GByte
OS	Windows 7 professional 64bit	Suse Linux Enterprise Server
GPU	Tesla C2075 × 2	Tesla K20X × 3
GPU Memory	12 GByte	18 GByte

Table 2 Simulation conditions.

Model	Mesh cells	Calculation computer	Nodes for calculation
(a)	125,476,168	PC	1
		TSUBAME	1, 8, 16, 32
(b)	2,751,480,634	TSUBAME	32, 64
(c)	6,760,899,558	TSUBAME	64

シユ規模のモデル (c) では、3.2 時間で計算できることを確認した。また、空間領域分割や空間分割データの再結合に要する時間等を加えた総計算時間はおよそ 8 時間であった。

図 4 は、モデル (c) の XZ 面電界分布を示したものである。アンテナからの放射が、建造物による反射や透過を繰り返して、離れた場所に到達していることが分かる。この結果の妥当性の詳細な検証については、実際の環境における測定結果との比較検討を進めていく予定である。また、今回対象とした工場モデルに限らず、その他の様々な計算モデルについても 検証を進めていく予定である。

4. まとめ

本稿では、スーパーコンピュータ TSUBAME2.5 を用いて、大規模工場モデルの電磁界シミュレーションを実行し、その計算能力を検証した。一辺の長さが 30 m 程度の工場施設内における 2.4 GHz 帯アンテナの電磁界シミュレーションを 67 億メッシュ規模のモデルにおいて実行した結果、8 時間で計算が完了することを確認した。

今後は、様々な計算モデルに関して詳細な 検証を進め、より高い周波数帯への適用、大型の構造物を含むアンテナ特性の解析、さらにはワイヤレス電力伝送システムの漏えい電磁界特性解析などへの活用を検討していく予定である。

参考文献

- [1] 細谷良雄監修, 電波伝搬ハンドブック, リアライズ社, 1999
- [2] 今井哲郎, 他: “レイトレース法を用いた屋内エリア推定システム,” 信学技法, RCS 96-168, Feb. 1997.
- [3] 宇野亨 著, FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社, 1998.
- [4] 青木尊之, 他: “流体解析・電磁界解析に適した GPU コンピューティングと大規模計算化,” 2012 信学ソ大 S47-S48, Sep. 2012.
- [5] 電磁界シミュレータ MW-Studio (<http://www.cst.com/>)

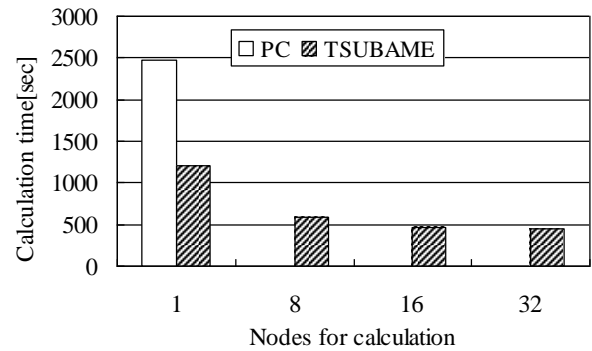


Fig.2 Calculation time of model (a).

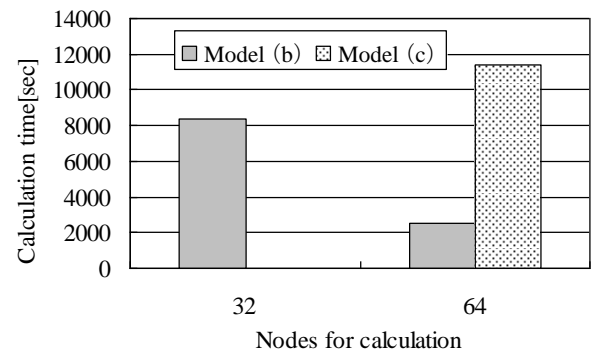


Fig.3 Calculation time of model (b) and (c) using TSUBAME.

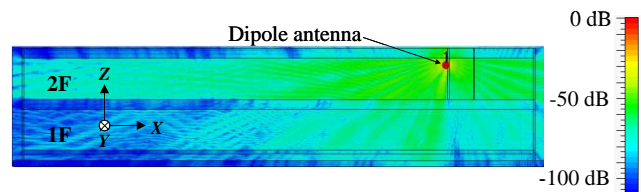


Fig.4 Relative electric field distribution of model (c).