

伝搬解析における FDTD 法の誤差に関する一検討

A Study on the Error of the FDTD Method in Propagation Analysis

畠田 斐呂

指導教員 前山 利幸

拓殖大学 大学院 工学研究科 前山研究室

キーワード FDTD 法、電磁解析、大規模領域

1. まえがき

近年、IoT デバイスは急速に普及し、屋内における利用も加速している。周波数は 900MHz 帯が割り当てられており、900MHz 帯は電波の回り込みが大きく、伝搬損失は少ないため伝搬特性が優れている。しかし、オフィスでは鋼製の家具や什器など電波を反射する材料を多く使用している為、反射の影響により通信時のデータ伝送速度遅延や混信が生じる場合がある[1]。筆者らは通信不良により固定機器がフェードアウトする場所を明らかとする為に、精密な電波伝搬特性を求める事を目的として研究に取り組んでいる。精密な電磁解析を行う為に、電磁界解析手法である FDTD 法を使用している[2]。

FDTD 法は波源のモデルを作成する必要がある。そのため、アンテナの性能に変化が生じ、供給した電力をそのまま空間に放射されているとは限らない。波源を理想アンテナの利得に近づけ、アンテナの反射損失を小さくする事で、波源による伝搬損失の誤差を減らす必要がある。

さらに伝搬の基本式と比較することで FDTD 法を伝搬解析に利用することを検証する。

2. 波源について

EEM-FDM[3]は電界強度([dBV/m])を出力しており、文献[4]より伝搬損失への換算は以下の式を用いる。

$$L_p \text{ [dB]} = P_r \text{ [dBW]} = E_i \text{ [dBV/m]} - 27.42$$

しかし、この式は理想的な半波長ダイポールアンテナの利用が前提となる式であるため、理想的なアンテナを実現しないと換算した結果は間違った値になる。そこで、理想的な利得のダイポールアンテナを作成し、解析を行った。

Fig.1 に解析空間とアンテナ、Table 1 に FDTD 法の解析条件を示す。FDTD 法の解析空間は設計周波数 1GHz の自由空間波長の 1/20 となる 15mm で離散化しており、吸収境界はアンテナから 10λ 離し、セルのアスペクト比を 1:1 にして誤差が生じないように設計した。アンテナは良い共振を得る為に、折り曲げダイポールを採用した。

解析結果から Fig.1 のアンテナは 700MHz で共振していることがわかる。これは折り返し部分の影響で波長が長くなったためと考える。VSWR は 1.127、反射損失は -24.503dB となった。利得は 2.13dB となり、半波長ダイポールアンテナの理想的な利得である 2.14dB に近づき、比較的理想的となった。以降はこのアンテナを用いて比較を行う。また、観測周波数は共振した 700MHz とする。

Table 1 FDTD method parameters.

Analysis space	6×6×6 (x×y×z) m
Cell size	15mm
Frequency	1GHz
Absorbing Boundary Condition	P.M.L (8 layers)
Antenna	$\lambda/2$ dipole (V-polarization)

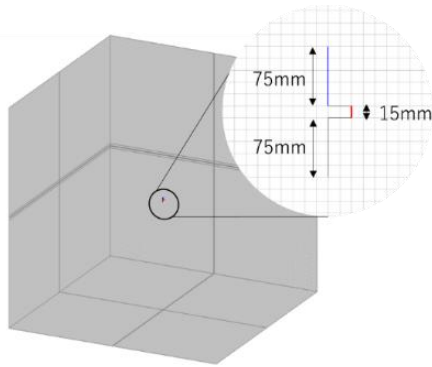


Fig. 1 Transmit antenna.

3. フリスの伝達公式との比較

自由空間モデルを構築し、フリスの伝達公式と比較を行う。Fig. 2 に解析空間、Table 2 に FDTD 法の解析条件を示す。評価周波数を 700MHz の解析空間は 15mm のセルサイズで離散化し、解析空間は 12m×12m×4.5m とした。波源は 2 章で設計したダイポールアンテナを使用する。

$y=0m, z=0m$ で x 軸上の信号強度を Fig. 3 に示す。Fig. 3 から解析結果とフリスの伝達公式は一致していることが判る。また、その差の平均値は 0.56dB となった。

Table 2 FDTD method parameters.

Analysis space	12×12×4.5 (x×y×z) m
Cell size	15mm
Frequency	700MHz
Absorbing Boundary Condition	P.M.L (8 layers)
Antenna	$\lambda/2$ dipole (V-polarization)

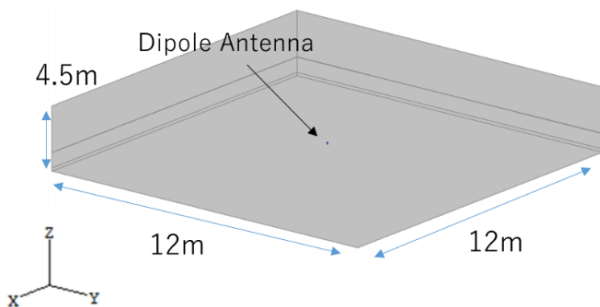


Fig. 2 Free space model.

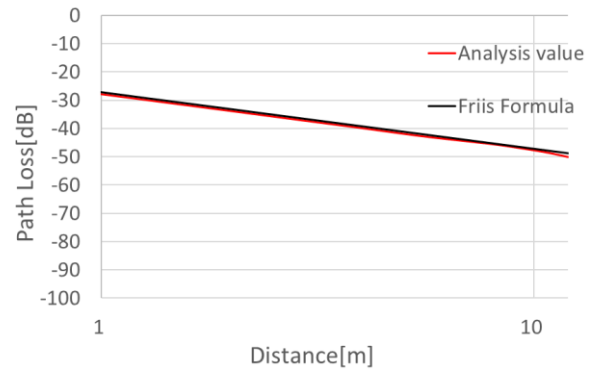


Fig. 3 Path loss on the x -axis
($y = 0 \text{ m}, z = 0 \text{ m}$).

4. まとめ

波源の利得を理想に近づけ、解析を行った。解析結果とフリスの伝達公式を比較した結果、伝搬損失の誤差は 0.56dB となったがわずかな誤差が存在する。その原因については今後も検討を行う。

文献

- [1] 目には見えない「音と電波」の問題が一目瞭然!
<https://www.shimztechnonews.com/hotTopics/news/2004/s040427.html>
- [2] 宇野享, FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社, 1998.
- [3] EEM-FDM
http://www.e-em.co.jp/fdm/eem_fdm.htm
- [4] 鳶田他, “屋内大規模空間における電磁解析手法の検討,” 信学技報, vol.119, no.168, AP2019-51, Aug. 2019.