

3次元モデルに対する建物侵入損失に関する基礎的検討

川畑侑生* 横田光広**
 (*宮崎大学工学研究科**宮崎大学工学部)

1 はじめに

近年の通信技術の進歩は目覚ましく、スマートフォンをはじめとする無線 LAN を導入した電子機器などが急速に普及している。このような環境下で使用される無線端末は周囲の環境変化による伝搬変動を大きく受ける。屋外-屋内伝搬環境における建物侵入波の伝搬特性については、実験的検討と理論的検討の両方が行われているが、理論的検討では幾何光学的解析 [1] がほとんどであり、電磁界解析は少ないようである。

本報告では、自由空間に建物モデルを複数想定し、建物に侵入する電波が、隣の建物の影響をどれだけ受けるか FDTD 法を用いて数値的に検討する。また、地面を自由空間から土に材質を変えた場合についても同様に、シミュレーションを行い数値的に検討する。なお、吸収境界条件として Mur の 2 次吸収境界条件を適用し、送信アンテナとして微小ダイポールアンテナを使用している。

2 数値計算及び考察

図 1 に示すモデル図のように縦 5[m]、横 11[m]、奥行き 3[m] で自由空間の仮想領域を作り、その中に 2[m] × 2[m] × 4[m] の 2 階建ての建物と 2[m] × 2[m] × 4[m] の一階建ての建物を設置した。このとき、建物の床、壁、天井の厚さは全て 0.2[m] であり、窓は地面から 0.5[m]、2.5[m]、壁から 0.3[m] の位置に 1[m] 四方のものを仮定した。一階建てと二階建ての建物との距離は 4[m]、一階建てと送信アンテナの距離を 2[m] とした。また、送信アンテナの高さは 1.5[m]、窓と建物の真ん中を貫く線上に設置した。これを基準とした上で、一階建ての建物を左に 2[m] ずらしたとき、地面を自由空間から土に変えたときの 4 通りについてシミュレーションを行った。本実験で使用する 3 次元部屋モデルの材質はコンクリートとし、比誘電率 $\epsilon_r=2.0$ 導電率 $\sigma=0.2[\text{S/m}]$ に設定した。また、土の媒質定数は、比誘電率 $\epsilon_r=3.0$ 導電率 $\sigma=0.001[\text{S/m}]$ に設定した。平均受信電力の式を下に示す。

$$P = 20 \log_{10} \frac{\sum_{t=T_1}^{T_1+T} \sqrt{E_x(t)^2 + E_y(t)^2 + E_z(t)^2}}{T} \quad (1)$$

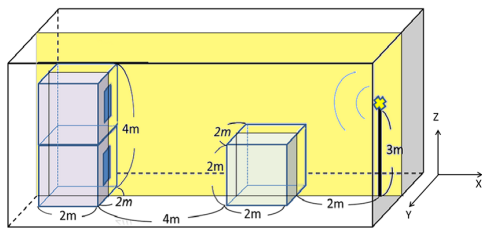


図 1: モデル図 (黄色平面は観測面を示す)

図 1 のモデル図で地面が自由空間のときの結果を図 2 に示す。このとき 2 つの建物間の距離は 4 m である。また、地面を自由空間から土に変えたときの結果を図 3 に示す。それぞれの図の 1 階と 2 階の受信面に届く YZ 平面の平均受信電力を表 1 に示す。

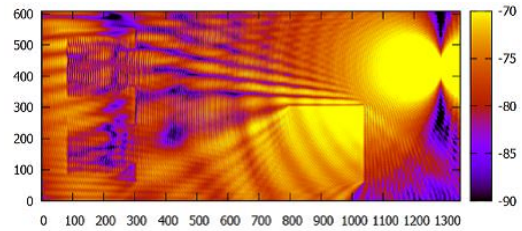


図 2: 地面が自由空間の場合の Y 面における平均受信電力 (建物間 4 m)

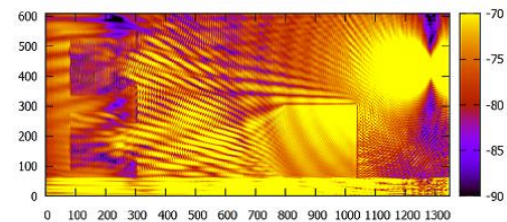


図 3: 地面が土の場合の Y 面における平均受信電力 (建物間 4 m)

表 1: 自由空間と土の平均受信電力の比較
 建物間が 4[m] のとき

	1 階 [dB]	2 階 [dB]
自由空間	-81.25	-81.89
土	-81.04	-81.90

どちらの図も送信点から出た電波が一階建ての建物の上で反射しており、建物の裏側にも波の回折によって極端に電力が低い場所がないのが見て取れる。また、表から 1 階は自由空間より土の方が 0.2[dB] ほど高く、2 階はほとんど変わらない結果となった。それは、図からも分かるように地面を土にすると送信アンテナからの直接波と土からの反射波が合成し、強め合っているためだと考えた。2 階は土からの反射波が届かないため、変化なかったと考えられる。

3 むすび

本報告では 3 次元部屋モデル内の受信電力が隣接する建物の影響をどのように受けるかを FDTD 法を用いて平均受信電力を求めることで数値的に比較検討を行った。今後の課題として、建物を透過するときの透過損失や、床や壁で反射するときの反射損失が生じたり、土が含む水の量の変化によって伝搬特性が変化するため、それらを考慮した計算が求められる。

参考文献

- [1] 多賀 登喜雄:”室内における UHF-TV 電波の到来波特性の推定 (1) -窓を開口とする侵入派の幾何学計算法-”, 信学技法, AP2006-55, 2006.07