



## 送信点付近に複数の方が存在する場合の伝搬損失特性の数値的検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 横田, 光広, 榊原, 昌太, 田中, 保剛, Sakakibara, Shota, Tanaka, Yasutake メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/5562">http://hdl.handle.net/10458/5562</a>

# 送信点付近に複数の人が存在する場合の 伝搬損失特性の数値的検討

横田 光広<sup>1)</sup>・ 榊原 昌太<sup>2)</sup>・ 田中 保剛<sup>3)</sup>

## Numerical Examination on Propagation Loss Properties in Case Human Bodies Exist near the Transmitter

Mitsuhiro YOKOTA, Shota SAKAKIBARA, Yasutake TANAKA

### Abstract

In mobile communications, the communication under various environments is increasing by the rapid spread of the number of the portable terminals. Therefore, many examinations have been reported about the outdoor propagation loss characteristic, and the propagation model and the presuming method are standardized. In this report, the propagation properties for the case of existing the human around the transmitter by using FDTD method. A human body is assumed to be a loss dielectric cylinder. The propagation loss are examined the effect of the passerby density and the existing the people in the backward area. It is found that the scattered field from the backward area is larger in comparison with that from the forward area.

**Keywords:** Propagation loss, Numerical techniques, FDTD method

### 1. まえがき

近年、計算機の進歩により情報処理技術の性能が高まってきたため、シミュレーションによる電磁波の解析が簡単になり莫大な手間と時間がかかる実験にとって代わるシミュレーション技術が重要視されている<sup>1)</sup>。一方、移動通信はスマートフォン、タブレット端末、無線LANを使用したノート型パソコン等の通信機器の急速な普及により屋内外の多様な環境下での通信が急増している。また、屋内環境下で端末が静止している場合に、周囲の環境変化を与えるパラメータとして運動体である人体を考慮できる新たな伝搬モデルが提案され<sup>2)</sup>、実験的な検証が行われている<sup>3)</sup>。

本論文では、屋外における自由空間を想定し、送信点、受信点を固定したとき、送信点付近に人体が複数存在する場合の伝搬損失特性について数値的に検討をする。また、人体を2次元損失誘電体円柱と仮定し電磁界理論に基づく数値的な立場から電磁波散乱問題として取り扱い、FDTD法を用いて数値的に受信電力の計算を行う。FDTD法とは、マクスウェルの連立偏微分方程式を差分化し、時間領域で解く方法であり、1966年にK.S.Yeeによって基本的なアルゴリズムが考案された<sup>4)5)</sup>。ここでは、人体を比誘電率 $\epsilon_r$ 及び導電率 $\sigma$ を持つ損失誘電体の2次元円柱と仮定し、FDTD法を用いた時間領域における損失誘電体円柱による電磁波散乱について検討する。また、吸収境界条件としてMurの二次吸収境界条件を適用している。

### 2. 数値解析

#### 2.1 問題の設定

本節では、FDTD法を用いて数値解析を行う設定について述べる。図1のように、領域を3つに分け、それぞれをグループ1、グループ2、グループ3として、人体と仮定した円柱を配置する。送信点付近には、送信点と円柱が重ならないように、送信点を中心とした半径0.35[m]の円を人体の侵入不可領域として設定する。

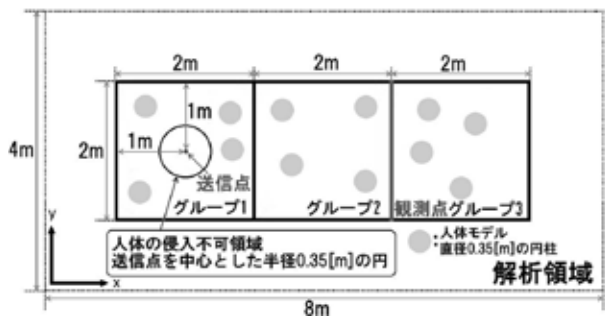


図1: 解析領域1

また、送信点付近の影響を見るために、図2のように、グループ1を2つに分け、それぞれをグループ1-A、グループ1-Bとする。

円柱の配置は、xの領域は、グループ1が $1[m] \leq x \leq 3[m]$ 、グループ2が $3[m] \leq x \leq 5[m]$ 、グループ3が $5[m] \leq x \leq 7[m]$ 、yの領域は全グループとも $-1[m] \leq y \leq 1[m]$ の範囲に設定している。この範囲内で損失誘電体円柱をランダムに配置する。時間軸の計算回数は $nt = 10000$ 回としている。

<sup>1)</sup> 電気システム工学科担当教授

<sup>2)</sup> 電気電子工学科学部生

<sup>3)</sup> 電気電子工学専攻大学院生

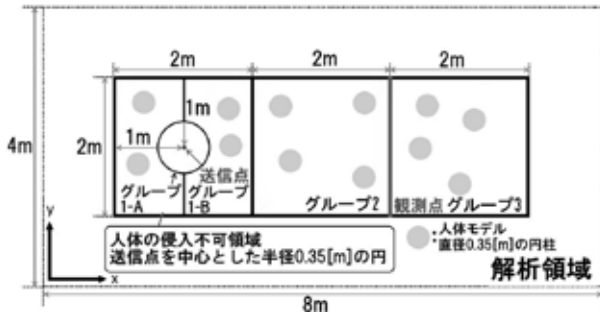


図2: 解析領域2

セル数  $4000 \times 2000$ 、周波数  $f = 3.35[\text{GHz}]$ 、波長  $\lambda = 8.955 \times 10^{-2}[\text{m}]$ 、セルサイズは  $\Delta x = \Delta y = 2 \times 10^{-3}[\text{m}]$  とする。人体と仮定した円柱のパラメータとして、比誘電率  $\epsilon_r = 50$ 、導電率  $\sigma = 2[\text{S/m}]$  とし<sup>6)</sup>、直径  $0.35[\text{m}]$  としている。入射波には式 (1) の線波源で連続波を用いる。

$$E_z(i, j) = \sin(2\pi f n \Delta t) \quad (1)$$

## 2.2 試行回数の設定

本節では、本研究を行う上で、試行回数を何回に設定するのが妥当かということについて調べる。図1のグループ1、グループ2、グループ3のそれぞれに4人ずつ人体を配置した場合に、試行回数を30回、50回、70回と変化した場合の平均受信電力を比較する。図3、表1にその結果を示す。図3の平均受信電力は、受信電力を試行回数で割ったものである。また、表1の平均受信電力は、受信電力を観測データ数で割ったものである。

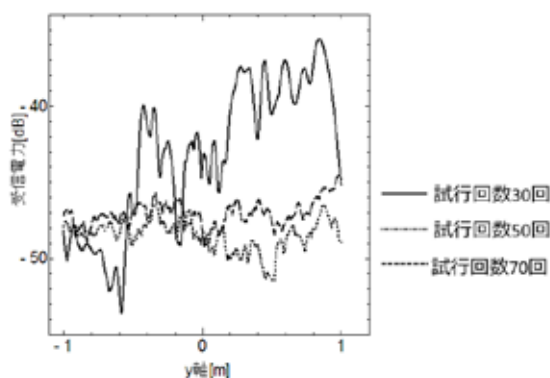


図3: 試行回数を変化させた場合の平均受信電力

図3より、試行回数30回では受信電力分布の偏りが大きいことが確認できるが、試行回数50回や70回では、受信電力分布に大きな差はなく、平均受信電力の差が1[dB]以下であることがわかる。また、計算にかかる時間は、プロセッサ Intel(R) Core(TM)i7, CPU2.80[GHz]、メモリ 4[GB]、の32ビットオペレーションシステムを用いて、1回の試行計

表1: 試行回数を変えた各グループの平均の受信電力

試行回数 [回]	平均受信電力 [dB]
30	-43.10
50	-48.51
70	-47.07

算時間は約150分であり、計算時間やデータの偏りを考慮して、以下では試行回数は50回として計算を行う。

## 2.3 人体の配置パターンと人数を変化させた場合

本節では、人体の配置パターンを変化させることによる受信電力への影響について調べる。図1に示したグループに人体を配置することによる受信電力への影響を見るために、受信電力の比較を行う組み合わせとして、グループ2のみ、グループ1と2、グループ2と3に人体を配置する場合の比較、グループ1と2と3、グループ2と3に人体を配置する場合の比較を行う。人体は各グループに4人ずつ配置する場合と、6人ずつ配置する場合の比較をそれぞれ行う。図4から図7に人体を配置するグループと人数を変化させた場合の平均受信電力分布を示す。また、表2から表5に各グループの平均受信電力を示す。

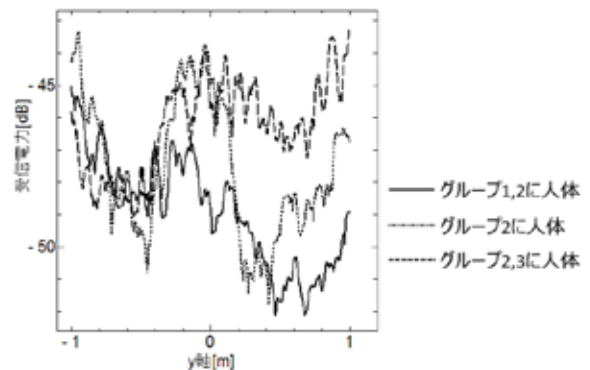


図4: 人体4人でのグループ2、グループ1と2、グループ2と3の平均受信電力

表2: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1,2	-48.93
グループ 2	-47.60
グループ 2,3	-46.33

図4に示す各グループに4人配置したとき、グループ1と2のように送信点付近に人体を配置した場合は、グループ2のみの送信点付近に人体を配置しない場合と比較して、表2より、平均1.33[dB]減衰している。また、図5のよう

に各グループに6人配置したときも同様に、表3より、平均4.68[dB]の減衰が確認できた。さらに、図4と図5において、グループ2と3のように受信点後方に人体を配置した場合は、研究室での先行研究から、受信電力が大きくなることが分かっている<sup>7)</sup>。本研究でも、同様の結果が得られた。これは、受信点後方に配置された人体による反射が影響していると考えられる。

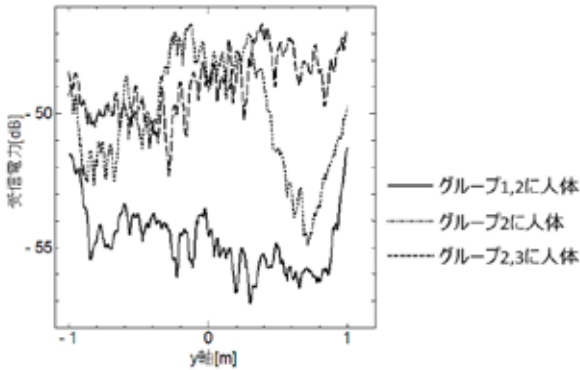


図5: 人体6人でのグループ2、グループ1と2、グループ2と3の平均受信電力

表3: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1,2	-54.84
グループ 2	-50.16
グループ 2,3	-48.96

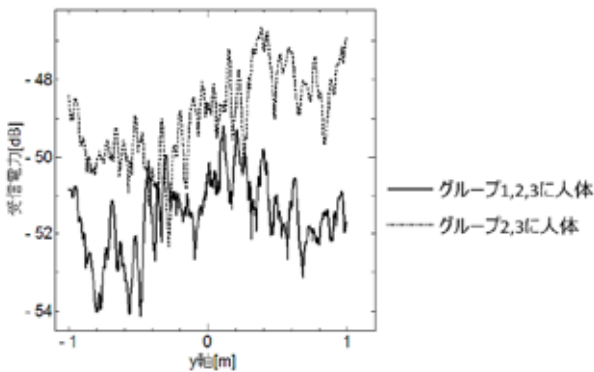


図6: 人体4人でのグループ1と2と3、グループ2と3の平均受信電力

図6のように各グループに4人配置したとき、グループ1に人体を配置する場合と配置しない場合では、表4より、

表4: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1,2,3	-48.51
グループ 2,3	-46.33

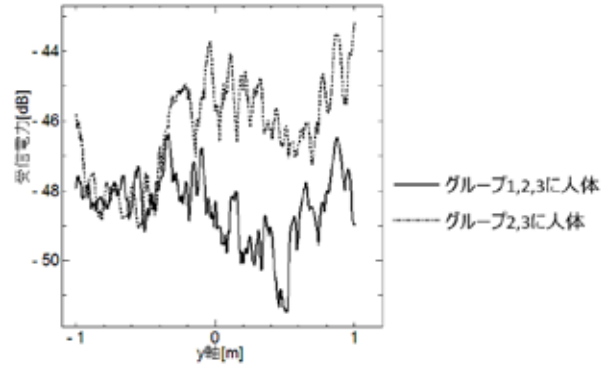


図7: 人体6人でのグループ1と2と3、グループ2と3の平均受信電力

表5: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1,2,3	-55.70
グループ 2,3	-48.96

平均2.18[dB]減衰している。各グループに6人配置したときも同様に、表5より、平均6.74[dB]の減衰が確認できた。

#### 2.4 送信点付近のみに人体を配置した場合

本節では図2のようにグループ1を送信点後方のグループ1-A、送信点前方のグループ1-Bに分け、それぞれに人体を配置した場合の受信電力への影響について調べる。図8から図9に各グループに4人ずつ、6人ずつ人体を配置した場合の平均受信電力分布を示す。また、表6から表7に各グループの平均受信電力を示す。

表6: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1-A	-37.29
グループ 1-B	-44.36
入射波	-37.33
グループ 2	-47.60

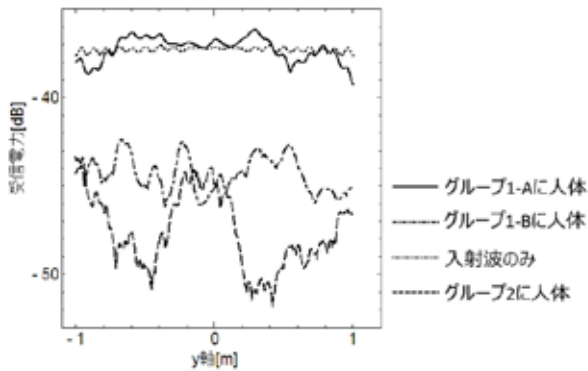


図 8: 人体 4 人での送信点付近の平均受信電力

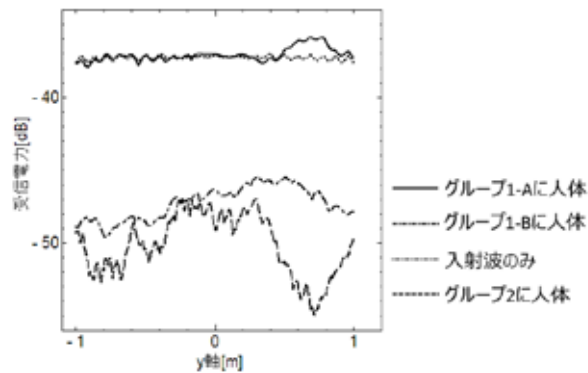


図 9: 人体 6 人での送信点付近の平均受信電力

表 7: 各グループの平均の受信電力

グループ	平均受信電力 [dB]
グループ 1-A	-37.13
グループ 1-B	-47.32
入射波	-37.33
グループ 2	-50.16

図 8、図 9 とともに、比較のために、入射波のみの場合、グループ 2 のみに人体を配置した場合の受信電力も示している。図 8 のようにグループ 1-B に 4 人配置した場合の減衰量は、グループ 2 のみに人体を配置した場合と比較して、表 6 より、平均 3.24[dB] 大きく、図 9 のようにグループ 1-B に 6 人配置した場合の減衰量は、グループ 2 のみに人体を配置した場合と比較して、表 7 より、平均 2.84[dB] 大きくなっている。送信点付近のみに人体を配置した場合、送信点後方であるグループ 1-A に人体を配置した場合には、受信電力への影響がほとんど見られなかった。モーメント法を用いた送信点付近に人体が存在する場合の伝搬損失特性の検討では<sup>8)</sup>、送信点後方に人体が存在する場合に、受信

電力の減衰量が平均で 1.38[dB] 小さくなっている。しかしながら、本研究では、送信点後方に人体を配置し、人体が入射波を反射をしても、送信点から受信点までの距離があるため、伝搬距離による減衰により、受信電力への影響が確認できなかったと考えられる。また、送信点前方であるグループ 1-B に人体を配置した場合には、送受信点間に人体を配置したのと同様になるため、グループ 2 のみに人体を配置した場合と同様に受信電力の減衰が確認できた。グループ 1-B は、グループ 2 と比較して、x の領域が半分と狭く設定している。そのため、配置する人体の数を多くすれば密度が高くなる。そのため、人体を増やすことにより、受信電力へと与える影響が大きくなったと考えられる。

### 3. まとめ

本論文では、送信点付近に人体が存在した場合、伝搬損失がどのような影響をうけるのかについて FDTD 法を用いて数値解析した。送信点及び受信点を固定し、送信点付近に人体が複数存在する場合の伝搬損失特性について数値的に検討を行い、存在する人数の影響について考察した。また、観測点後方に人体が配置した場合の受信電力の影響を調べ、人体が存在しない場合に比べて大きくなることを確認した。

今後の課題として、送受信点間の距離や他の通行人密度の影響、試行回数をさらに大きくした場合などが挙げられる。

### 参考文献

- 1) 安達 三郎, “電波伝送工”, コロナ社, 1981.
- 2) 藤井, 太田, “屋内・周辺環境下における伝搬変動モデルの提案 (その 1)”, 電子情報通信学会信学技報, AP2006-55, 2006.
- 3) 太田, 藤井, “人体による電波の遮蔽特性に関する実験的検討”, 電子情報通信学会信学技報, AP2008-159, 2009.
- 4) 宇野 亨, “FDTD 法による電磁界およびアンテナ解”, コロナ社, 1998.
- 5) A. Taflove, “Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method”, Norwood, Artech House, 1995.
- 6) C. C. Johnson, A. W. Guy, “Nonionizing electromagnetic wave effects in biological materials and systems”, Proc. IEEE, Vol.60, pp.692-718, 1972.
- 7) 小手川 隆弘, “受信点後方に複数の人が存在する場合の伝搬損失特性の数値的検討”, 平成 25 年度宮崎大学工学部電気電子工学科卒業論文, 2014.
- 8) 田中 貴之, “送信点付近に人体が存在する場合の伝搬損失特性の数値的検討”, 平成 25 年度宮崎大学工学部電気電子工学科卒業論文, 2014.