

地上デジタル放送波の屋内電界分布の数値解析と測定

五十嵐一浩[†] 陳 強[†] 澤谷 邦男[†] 茂木 智広^{††}

[†] 東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻 〒980 8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6 6 05

^{††} 八木アンテナ株式会社 〒337 8502 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼 1406

E-mail: {ikarashi, chenq, sawaya}@ecei.tohoku.ac.jp

あらまし 地上デジタルテレビジョン放送受信アンテナを屋内に設置し、受信環境に最適なアンテナを実現するためには、屋内における放送波の電波環境を調べる必要がある。本報告では、簡単な部屋のモデルを想定し、壁の材質、放送波入射角度を変え、レイラUNCHING法を用いて、地上デジタル放送波の屋内電界強度分布をシミュレーションし、評価した。また、実環境で地上デジタル放送波の測定を行い、シミュレーション結果と比較、検討を行った。キーワード 地上デジタルテレビ放送波、屋内伝搬

1. ま え が き

2011 年 7 月の地上アナログテレビジョン放送が終了し、地上デジタルテレビジョン放送に移行する。それに伴い地上デジタルテレビジョン放送用の受信アンテナの普及が進み、様々な環境下に受信アンテナを設置することが想定され、屋内に設置する場合も考えられる。通常、屋外用受信アンテナは見通し環境に設置されるため、指向性アンテナが用いられる。しかし、屋内に受信アンテナを設置する場合、見通し外環境に設置する場合を考慮しなければいけないため、最適なアンテナの特性について検討する必要がある。

地上デジタルテレビジョン放送受信アンテナを屋内に設置し、受信環境に最適なアンテナを実現するためには、屋内における放送波の電波環境を調べる必要がある。本報告では、簡単な住宅の部屋のモデルを想定し、レイラUNCHING法を用いて、部屋モデルに平面波を入射した場合の屋内電界強度分布をシミュレーションし、その結果を考察する。また、実環境で地上デジタル放送波の測定を行い、測定環境と同様のモデルを用いた、シミュレーションと比較する。

2. 屋内電界強度分布のシミュレーション

本節では、簡単な部屋モデルを想定し、レイラUNCHING法を用い、部屋モデルに平面波を入射した場合の屋内電界強度分布をシミュレーションし、その結果を考察する。

2.1 シミュレーションモデル

住宅の部屋として、図 1 に示すシミュレーションモデルを仮定した。部屋のサイズは、 $h_1 = 3\text{m}$ 、 $h_2 = 1\text{m}$ 、 h_3

$= 1\text{m}$ 、 $w_1 = 2.6\text{m}$ 、 $w_2 = 1.5\text{m}$ 、 $w_3 = 0.55\text{m}$ 、 $l = 3.5\text{m}$ とした。部屋の内外及び窓部分は真空とした。観測面は部屋の中心である $z = 1.5\text{m}$ の xy 面とし、図 2 に示すように観測点は x 方向、 y 方向とも $\Delta x = \Delta y = 2\text{cm}$ 間隔で設置し、部屋モデル内部の電界強度分布の特徴を考察するために、9 つの領域に分けた。

シミュレーションのツールとして Wireless insite(レイ

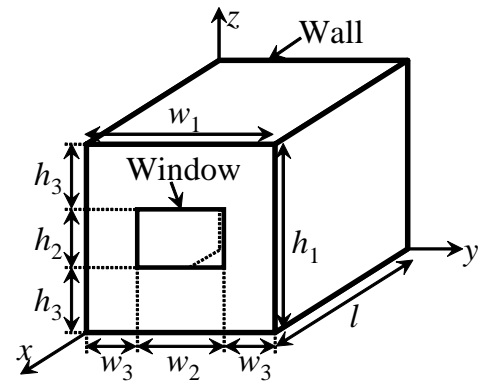


図 1 シミュレーションモデル

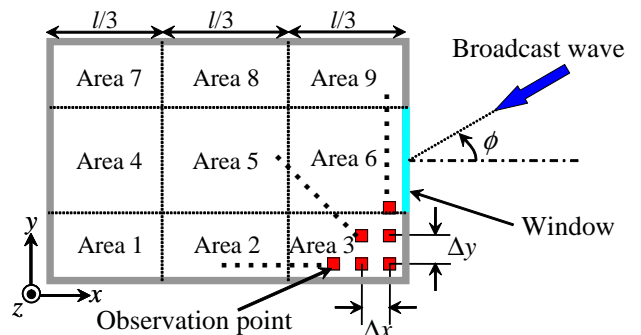


図 2 平面波の入射方向

ラウンディング法) を用い, 壁の材質, 放送波の入射角度を変化させ, シミュレーションを行った. レイラウンディング法のパラメータとして, 最大反射回数を 5 回, 最大透過回数を 3 回, 最大回折回数 2 回とした.

壁の材質は, 完全導体 (PEC) 及び, 厚さ 0.3m, 比誘電率 $\epsilon_r = 7$, 導電率 $\sigma = 0.015\text{S/m}$ のコンクリートを用いた. 入射放送波は水平偏波の平面波とし, 図 2 に示すように, x 軸に対して ϕ [°] 方向から入射する. また, 放送波は 470MHz, 620MHz の正弦波とし, 入射電力密度は 100mW/m^2 とした.

2.2 壁の材質による電界強度分布変化

壁が PEC, コンクリートとしたとき, 470MHz の放送波が $\phi = 0^\circ$ から入射したときの電界強度分布を図 3 に, 620MHz の放送波が $\phi = 0^\circ$ から入射したときの電界強度分布を図 4 に示す. どちらの周波数においても $\lambda/2$ 間隔の定在波状の分布が見られた. 周波数の違いで比べると, 620MHz のほうが 470MHz に比べて, 部屋の奥である Area 4, NLOS 環境である Area 1~3, 7~9 で電界強度が弱くなっていることがわかる. これより周波数が高いほど反射波が小さいため電界強度が弱くなると考えられる. 壁の材質で比べると, 電界分布は同様の傾向が見られるが, コンクリートのほうが金属に比べ全体的に電

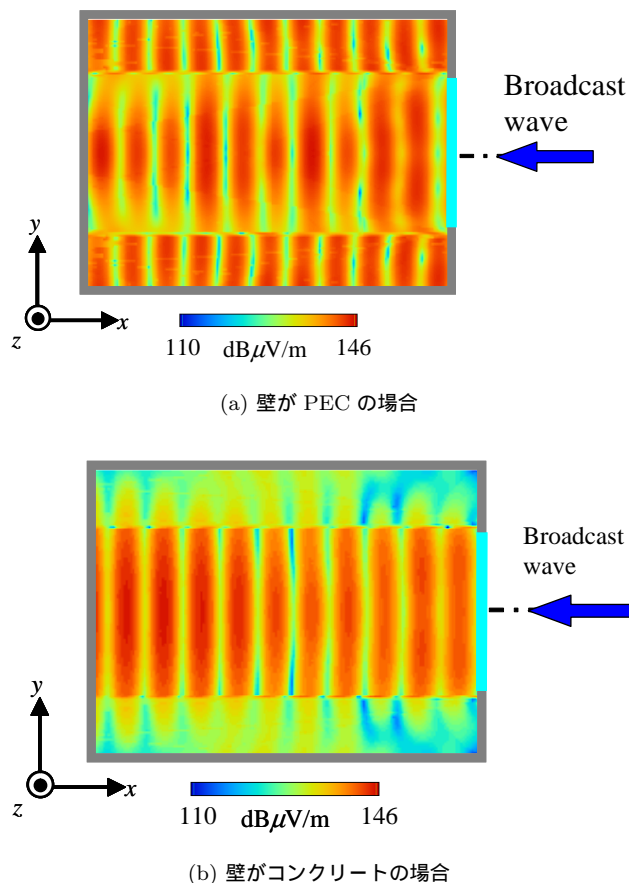


図 3 470MHz の放送波が $\phi = 0^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

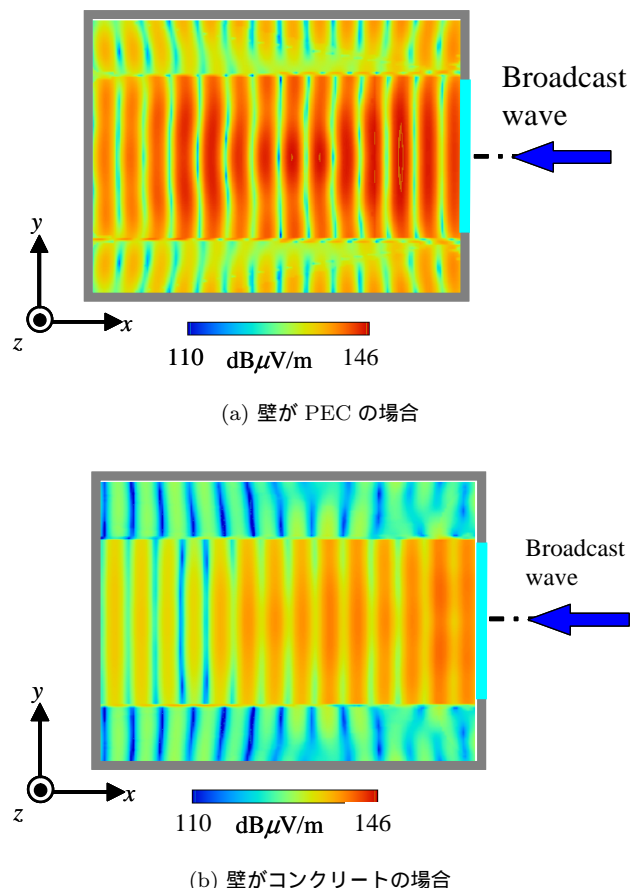


図 4 620MHz の放送波が $\phi = 0^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

界強度が弱くなっていることがわかる. NLOS 環境である Area 1~3, 7~9 の電界強度は特に弱くなっている. これはコンクリートは波を透過するため, 反射波が小さくなるためである.

2.3 放送波の入射方向による電界強度分布変化

壁をコンクリートし, 620MHz の放送波入射した場合の電界強度分布を示す. 図 5 は $\phi = 15^\circ$ 方向から, 図 6 は $\phi = 30^\circ$ 方向から, 図 7 は $\phi = 45^\circ$ 方向から, 図 8 は $\phi = 60^\circ$ 方向から入射した場合の電界強度分布である. すべての場合において, 直接波が到達する LOS 環境では強い電界強度が見られるが, それ以外のエリアを見ると電界強度は弱くなっている. 入射角度が $\phi = 15, 30^\circ$ では, Area8 付近では到達する反射波が弱いいため, 入射角度が $\phi = 45, 60^\circ$ に比べ電界強度が弱くなっている. また, 入射角度が大きいくほど電界強度の強いエリアと弱いエリアの差が少なくなっている.

電界分布は入射角度を変化させてもランダムな分布にならず, 電界強度の強弱はあるが, $\phi = 0^\circ$ から入射したときと同様に定在波状の分布が見られる. そのため, ある程度決まった方向から電波が観測できると考えられる.

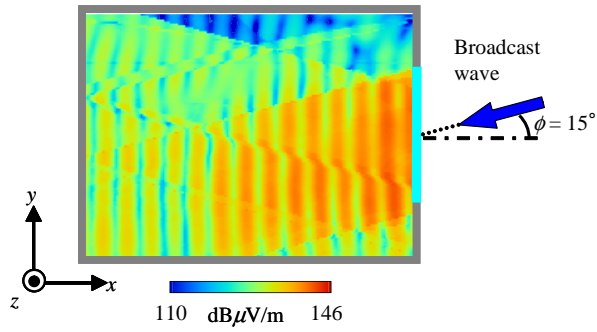


図 5 620MHzの放送波が $\phi = 15^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

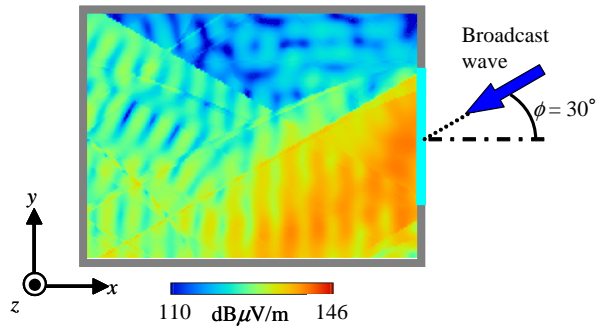


図 6 620MHzの放送波が $\phi = 30^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

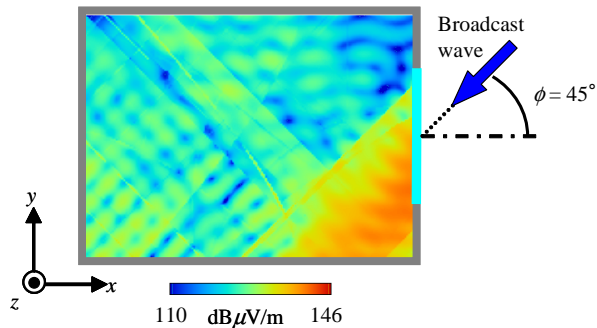


図 7 620MHzの放送波が $\phi = 45^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

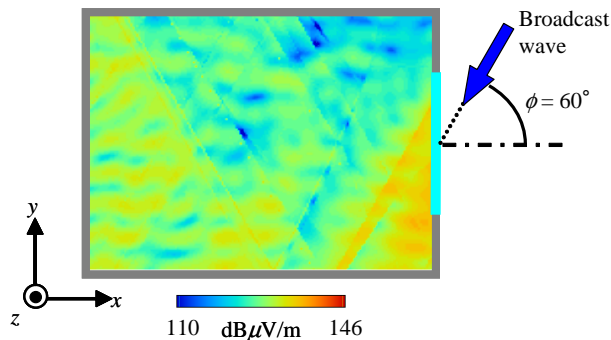


図 8 620MHzの放送波が $\phi = 60^\circ$ から入射した場合の電界強度分布

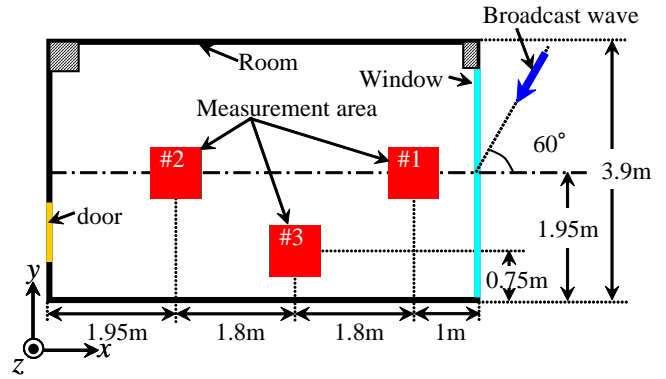


図 9 測定部屋及びシミュレーションモデル

3. 屋内電界分布の測定

本節では、実際の部屋の3カ所で電界強度分布の測定を行い、測定を行った部屋と同様のモデルでシミュレーションを行った結果と比較し、結果を評価する。

3.1 測定環境及びシミュレーションモデル

測定を行った部屋及びシミュレーションモデルを図9に示す。放送波は地図上の位置関係から入射方向を算出し、入射角度を 60° とした。測定及びシミュレーションで用いた周波数は $506 \sim 512\text{MHz}$ の放送波を用いた。測定エリアは特徴をつかむため窓正面の#1、部屋の奥の#2、壁側の#3の3ヶ所とし、高さ 1.2m の位置で $1\text{m} \times 1\text{m}$ を、 2.5cm 間隔で測定を行った。

シミュレーションでは放送波の入射電力密度は $100\text{mW}/\text{m}^2$ とした。壁は2節で用いたコンクリート壁と同様とし、部屋の内外及び窓部分は真空とした。

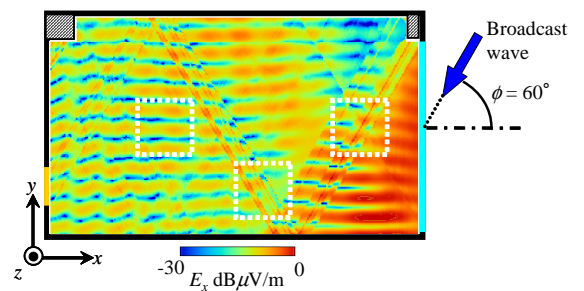


図 10 電界 E_x のシミュレーション結果

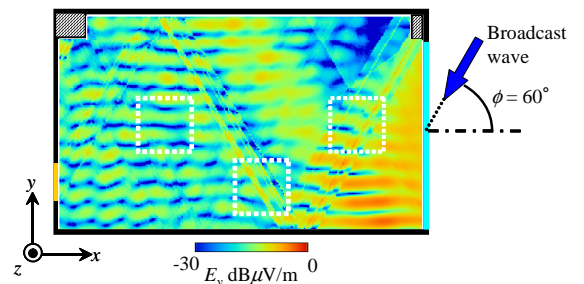
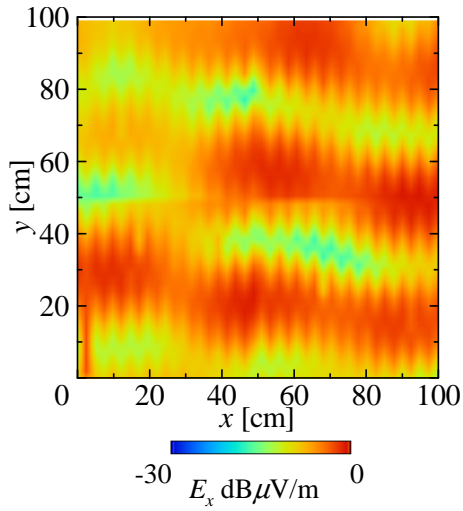
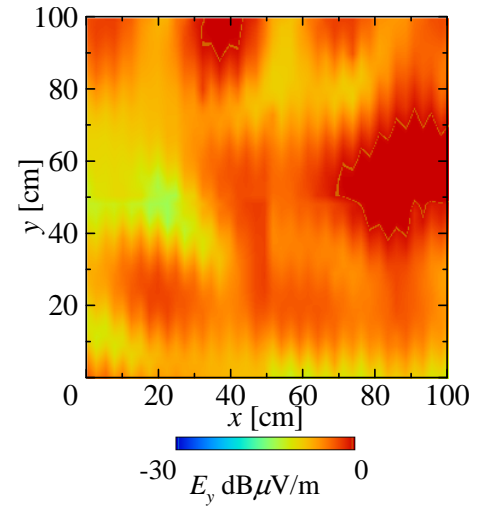


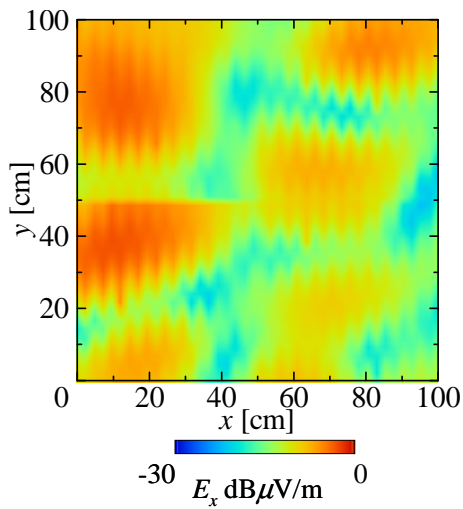
図 11 電界 E_y のシミュレーション結果



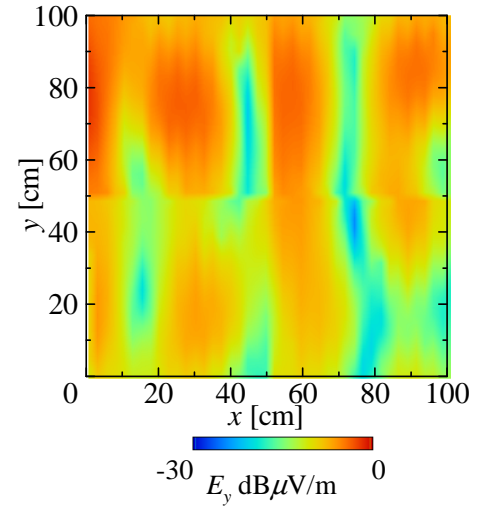
(a) #1 の電界分布



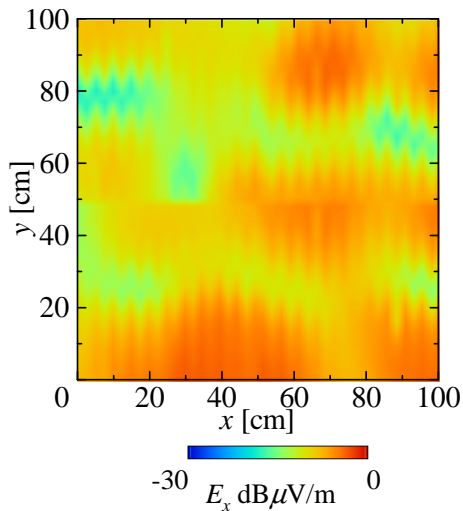
(a) #1 の電界分布



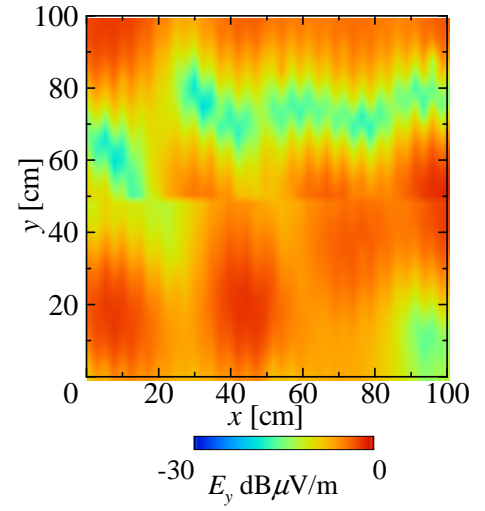
(b) #2 の電界分布



(b) #2 の電界分布



(c) #3 の電界分布



(c) #3 の電界分布

図 12 電界 E_x の測定結果

図 13 電界 E_y の測定結果

3.2 測定結果とシミュレーション結果の比較

図 10, 11 にシミュレーションにより求めた E_x , E_y 成分の電界分布を示す。図 12, 図 13 に測定した #1 #2 #3 の E_x , E_y 成分の電界分布を示す。これらの電界は最大値を

0dB μ V/m として規格化している。

シミュレーション結果は、2 節で示した結果と同様に縦方向の定在波分布が得られた。図 12 より電界の E_x 成分は #1 #2 #3 において縦方向の定在波が見られ、#1 #2 #3

の電界の強さの関係もシミュレーション結果と同様な傾向が見られる．図 13 より電界の E_y 成分は #1 ではランダムな強い電界が見られた．#2 では横方向の定在波，#3 では縦方向の定在波が見られた．シミュレーション結果では，部屋全体に縦方向の定在波が見られ，#3 は同様の傾向が見られるが，#1 #2 に関してはシミュレーションとは異なる結果となった．これは，実環境では入射波は強度の強い直接波だけではなく，建物に反射して入射してくる波の影響があると考えられる．そのため，シミュレーションモデルにおいてそのような干渉波をどの程度考慮する必要があるか考えなければならない．

4. ま と め

簡単な部屋モデルを想定し，レイラウンチング法を用い，部屋モデルに平面波を入射した場合の屋内電界強度分布をシミュレーションを行った．入射角度，入射角度を変化させることによりそれぞれの特徴を示した．実環境で電界分布を測定を行い，シミュレーション結果と比較を行った． E_x 成分は概ね一致した結果が得られたが， E_y 成分は異なる結果となった．