

## 屋内における地上デジタルテレビジョン放送波の測定

武田 優<sup>†</sup> 五十嵐一浩<sup>†</sup> 陳 強<sup>†</sup> 澤谷 邦男<sup>†</sup> 佐藤 智之<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 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

<sup>††</sup> 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: {takeda, ikarashi, chenq, sawaya}@ecei.tohoku.ac.jp

あらまし 屋内用の地上デジタルテレビジョン放送波の受信用の最適なアンテナを設計するためには、屋内における放送波の電波環境を検討する必要がある。本報告では屋内における地上デジタル放送波の受信電力を測定し、その分布を示す。また、2つのアンテナを置くものと仮定して、得られた受信電力の測定値から相関係数を求め、部屋の中での相関係数の一番小さいアンテナの配置を示し、累積分布 (Cumulative Distribution Function, CDF) から選択ダイバーシチ受信の効果を示す。

キーワード 地上デジタルテレビジョン放送, 相関係数, 選択ダイバーシチ受信

## Measurement of Digital Terrestrial Television Broadcasting Wave for Indoor Reception

Yu TAKEDA<sup>†</sup>, Kazuhiro IKARASHI<sup>†</sup>, Qiang CHEN<sup>†</sup>, Kunio SAWAYA<sup>†</sup>, and Tomoyuki SATO<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Department of Electrical and Communication Engineering,  
Graduate School of Engineering, Tohoku University

6-6-05 Aramaki-Aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai 980 8579 Japan

<sup>††</sup> Yagi Antenna Corporation Saitama 337 8502, Japan

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

**Abstract** To design an optimum indoor receiving antenna for digital terrestrial television broadcasting, it is necessary to evaluate radio wave environment of broadcasting wave for indoor reception. In the present report, received power of the digital terrestrial broadcasting wave is measured and its distribution is shown in a room. The correlation coefficient between the received powers of two receiving antennas is also evaluated by using the distribution of the received power and assuming two receiving antennas. Finally, the effect of selection diversity reception is obtained by using cumulative distribution function of the received power.

**Key words** Digital Terrestrial Television Broadcasting, correlation coefficient, selection diversity reception

### 1. ま え が き

2011年7月に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。それに伴って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、屋内を含む様々な環境下で受信アンテナを設置することが想定される。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。受信環境に適するアンテナを設計するためには、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、屋内において、放送局のアンテナから送信される地上デジタルテレビジョン放送波の測定を行い、得られた受信電力分布について考察する。また、ダイバーシチアンテナの効果を示すため、屋内の受信電力の空間相関を求め、部屋の中での相関係数の小さいアンテナアレーの配置を示し、選択ダイバーシチ受信の効果を示す。

## 2. 受信電力分布

### 2.1 測定法の概説

仙台ではテレビ放送が6チャンネルあり，そのうち最低と最高の470 MHz帯(13チャンネル)と560 MHz帯(28チャンネル)の受信強度を測定した．測定場所として本大学電気系1号館の建物の部屋を用いた．図1に部屋の内部と放送局の位置関係を示す．窓の垂直方向に対して60°方向から入射している．

表1 測定パラメータ．

Measurement frequency	474.5, 564.5 MHz
IF Bandwidth	100 kHz
Average	50 times
Gain of Preamplifier	25 dB
Num. of measurement points	21 × 21 = 441
Size of measurement area	1 m × 1 m ( $\Delta x = \Delta y = 0.05$ m)
Height of antenna	1.2 m

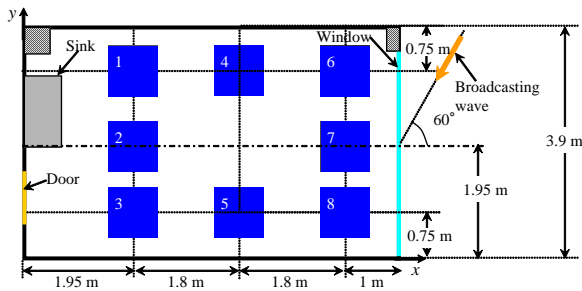


図1 測定に用いた部屋と測定エリアの配置図．

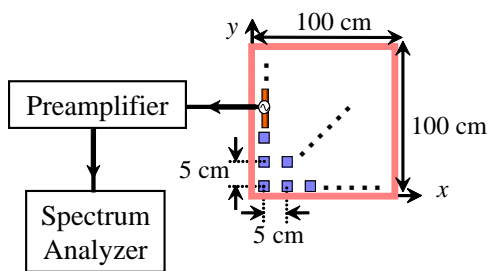


図2 測定エリアと測定系．

### 2.2 受信電力分布の結果

474.5 MHzにおける電界の $x$ 成分の受信電力 $P_x$ 成分を図3に示す．窓に近い部分は定在波がはっきり表れていることがわかる．受信電力は窓付近は高く部屋の奥に行くにつれて小さくなっている．図4は474.5 MHzにおける電界の $y$ 成分の受信電力である． $P_x$ 成分に比べて定在波に乱れが見られる．Area8では定在波が立たず，屋外の環境と同じ状況であると考えられる．図5は564.5 MHzにおける受信電力 $P_x$ である．波長に対応した多数

の定在波が見られる．図6に564.5 MHzにおける受信電力 $P_x$ を示す．474.5 MHzと564.5 MHzを比較すると $P_x, P_y$ 共に564.5 MHzの方が強い．これは13チャンネルの送信eirp24 kWに対して28チャンネルの送信eirpが27 kWと大きいためであると考えられる．また，2つの周波数で窓付近の定在波がはっきりと表れている．

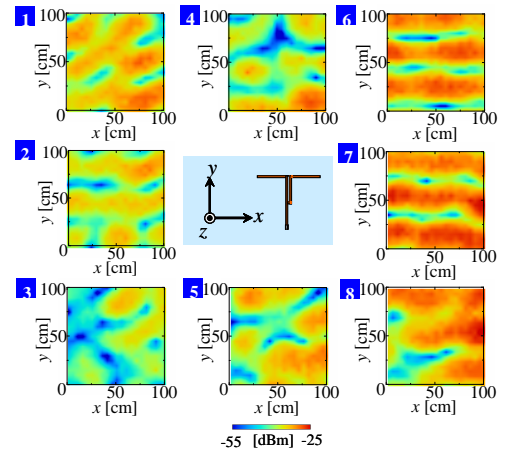


図3 474.5MHzにおける各エリアの $x$ 成分の受信電力分布．

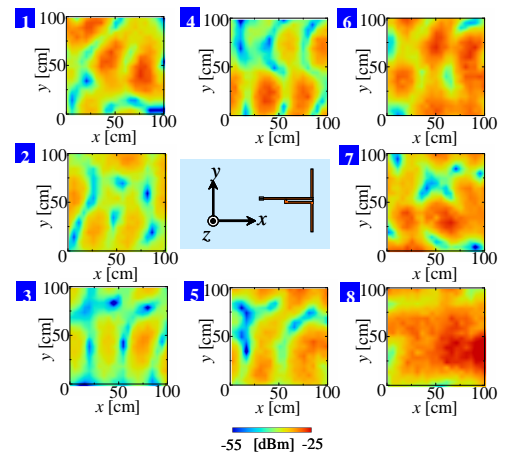


図4 474.5MHzにおける各エリアの $y$ 成分の受信電力分布．

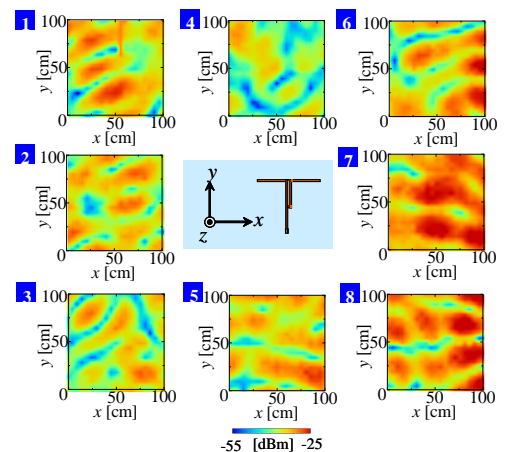


図5 564.5MHzにおける各エリアの $x$ 成分の受信電力分布．

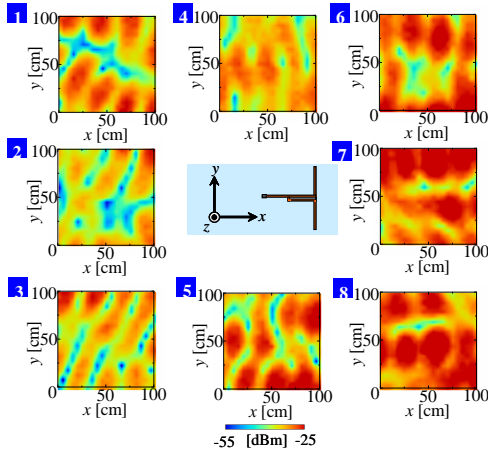


図 6 564.5MHz における各エリアの  $y$  成分の受信電力分布.

### 3. 相関係数の生成

#### 3.1 相関係数の算出

得られた受信電力の  $P_x, P_y$  の結果を用いて, アンテナを 2 つ置いたと仮定したときの受信電力相関係数を

$$\rho = \frac{\sum_{n=1}^N (p_{1i} - \bar{p}_1)(p_{2i} - \bar{p}_2)}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (p_{1i} - \bar{p}_1)^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N (p_{2i} - \bar{p}_2)^2}} \quad (1)$$

を用いて求めた.

ここで,  $p_{1i}$  はアンテナ 1 の受信電力,  $p_{2i}$  はアンテナ 2 の受信電力を表わす. また,  $\bar{p}_1$  はアンテナ 1 の受信電力の平均値,  $\bar{p}_2$  はアンテナ 2 の受信電力の平均値を示している. 受信電力から受信電力の平均値を引いているので相関係数の値は -1 から 1 の範囲で変動する. ただし, アンテナ 1, 2 の受信電力は 2 つのアンテナがそれぞれ単体で置かれた場合の受信電力であり, 2 つのアンテナの相互結合は考慮していない.

アンテナ 1, 2 の位置における受信電力  $(P_x, P_x), (P_x, P_y), (P_y, P_x), (P_y, P_y)$  の組み合わせで図 7 に示すように 2 つの受信アンテナを  $x$  軸に平行に設置した場合と  $y$  軸に平行に設置した場合についてアンテナの間隔  $d$  を変化させ, それぞれの間隔における相関係数を求めた. 従って, 1 つのエリアでアンテナの間隔  $d$  を変化させ, 8 種類の相関係数を求めていることになる.

#### 3.2 相関係数の結果

図 8~11 は 2 つのアンテナを  $x$  軸,  $y$  軸に平行に設置した場合の各エリアにおける相関係数の結果を示す. 各エリアにおいて周期的な変化が見られ, 受信電力分布の図で定在波がはっきり表れているエリアでは相関係数の差が顕著に表れていることがわかる.

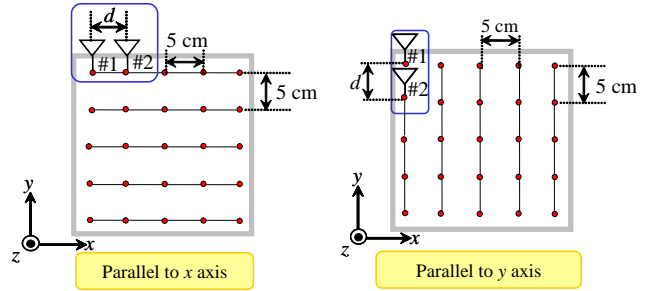


図 7 空間相関の計算法.

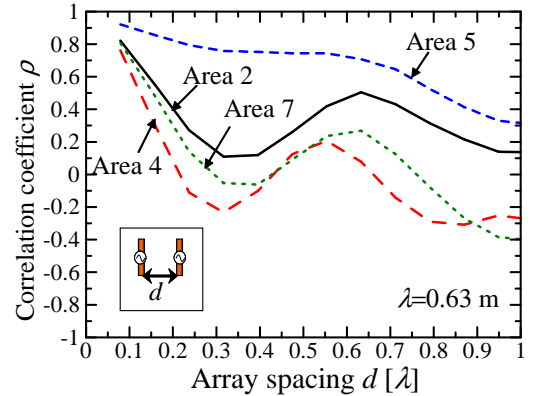


図 8 アンテナを  $x$  軸に平行に設置した場合の空間相関 (474.5 MHz).

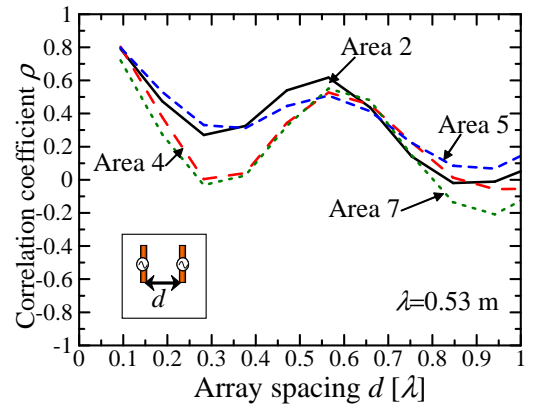


図 9 アンテナを  $x$  軸に平行に設置した場合の空間相関 (564.5 MHz).

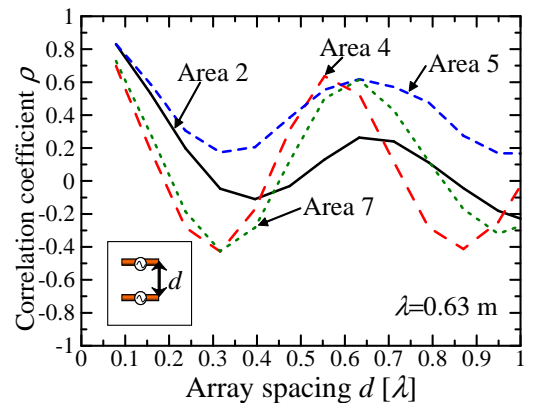


図 10 アンテナを  $x$  軸に平行に設置した場合の空間相関 (474.5 MHz).

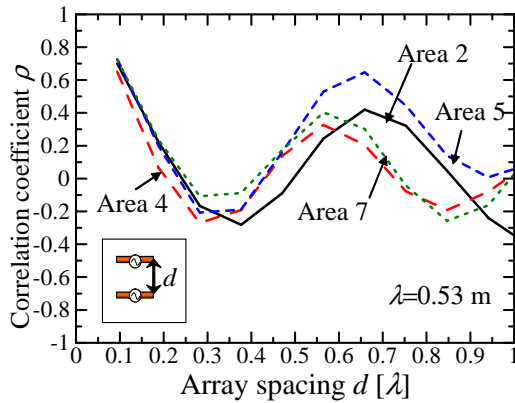


図 11 アンテナを  $x$  軸に平行に設置した場合の空間相関 (564.5 MHz) .

### 3.3 相関係数の小さいアンテナアレーの配置

図 12, 13 に 474.5 MHz と 564.5 MHz における各エリアの相関係数の 1 番小さいアンテナアレーの配置を示す. 相関係数が 1 番小さい条件 (具体的には 2 つのアンテナの間隔, アンテナ 1 の偏波-アンテナ 2 の偏波-設置方向 (平行な軸)) を示し, そのときの相関係数の値を表 2 に示す. この結果から, はっきりとした定在波が表れるエリアでは同じ偏波を持つアンテナを用いた場合に相関係数が小さくなりそれが最適な配置となることがわかった. 定在波がはっきり表れなかったエリアでは定性的な配置は見られなかった. さらにエリアによって最適な配置が異なることがわかった.

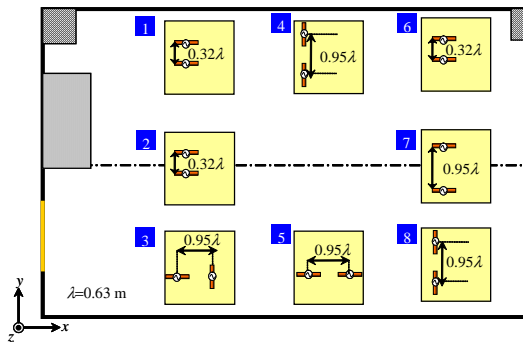


図 12 空間相関が最小となるアンテナの配置 (474.5 MHz) .

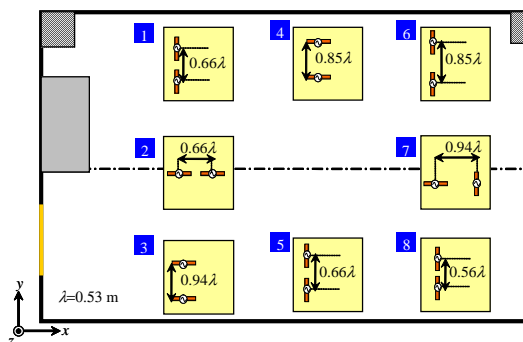


図 13 空間相関が最小となるアンテナの配置 (564.5 MHz) .

表 2 空間相関が最小となるアンテナの配置と相関係数 .

Area	474.5MHz			564.5MHz		
	Spacing	Direction	$\rho$	Spacing	Direction	$\rho$
1	$0.32\lambda$	$x-x-Y$	-0.43	$0.66\lambda$	$y-y-Y$	-0.42
2	$0.32\lambda$	$x-x-Y$	-0.42	$0.66\lambda$	$x-x-X$	-0.36
3	$0.95\lambda$	$x-y-X$	-0.24	$0.94\lambda$	$x-x-Y$	-0.32
4	$0.95\lambda$	$y-y-Y$	-0.35	$0.85\lambda$	$x-x-Y$	-0.33
5	$0.95\lambda$	$x-x-X$	-0.43	$0.66\lambda$	$y-y-Y$	-0.37
6	$0.32\lambda$	$x-x-Y$	-0.73	$0.85\lambda$	$y-y-Y$	-0.34
7	$0.95\lambda$	$x-x-Y$	-0.67	$0.94\lambda$	$x-y-X$	-0.44
8	$0.95\lambda$	$y-y-Y$	-0.47	$0.56\lambda$	$y-y-Y$	-0.38

## 4. 選択ダイバーシチ受信の効果

図 14, 15 は Area7 での 474.5 MHz と 564.5 MHz における相関係数の値が最も小さいアンテナアレーの配置のとき, 選択ダイバーシチにより受信電力の強い方のアンテナの電力値を用いて CDF を求め, 1 つのアンテナの場合と比べてダイバーシチ効果を求めた. CDF=1%のとき, ダイバーシチアンテナを用いた場合の効果を比較すると 474.5 MHz では 13.6dB, 564.5 MHz では 9.7dB のダイバーシチ利得が得られることがわかった.

表 3, 4 は CDF=1%のときの, 474.5 MHz と 564.5 MHz における各エリアでの, 各成分の受信電力と選択ダイバーシチ受信を行った場合の受信電力を示している. 各エリアともダイバーシチ効果が表れていることがわかる.

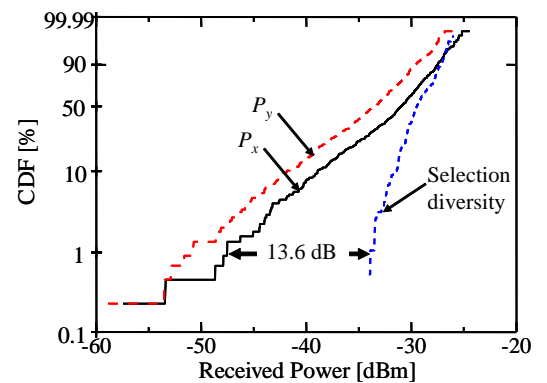


図 14 474.5MHz における Area7 でのダイバーシチ効果 .

表 3 474.5MHz のダイバーシチ効果 .

Area	$P_x$ [dBm]	$P_y$ [dBm]	diversity [dBm]
1	-49.6	-56.4	-42.3
2	-52.9	-50.0	-42.7
3	-55.5	-54.5	-44.8
4	-55.9	-51.8	-45.0
5	-52.9	-51.6	-42.5
6	-52.9	-46.0	-36.2
7	-47.5	-50.7	-33.9
8	-49.3	-41.0	-38.2

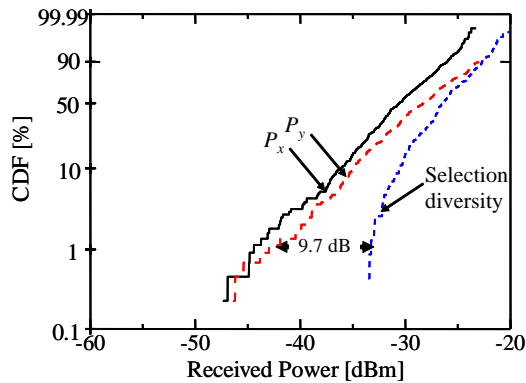


図 15 564.5MHz における Area7 でのダイバーシティ効果 .

表 4 564.5MHz のダイバーシティ効果 .

Area	$P_x$ [dBm]	$P_y$ [dBm]	diversity [dBm]
1	-50.5	-50.9	-41.8
2	-49.1	-52.5	-39.3
3	-51.2	-52.4	-41.4
4	-52.9	-45.5	-44.4
5	-47.2	-48.8	-40.4
6	-50.1	-43.7	-35.2
7	-44.4	-43.0	-33.3
8	-50.0	-41.3	-34.3

## 5. ま と め

屋内における地上デジタル放送波の伝搬を測定し、受信電力の分布を示した。また、2つのアンテナを置いたものと仮定して、得られた受信電力の測定値から相関係数を求め、相関係数が最も小さい場合の2つのアンテナの配置を示し、ダイバーシティの効果を示した。相関係数の小さいアンテナの配置を用いた場合の選択ダイバーシティの効果は大きいことがわかった。

## 文 献

- [1] 井上真豪, 陳 強, 澤谷邦男, 坂内功治, “地上デジタルテレビ放送波の屋内伝搬環境の数値解析”, 信学技報 AP2008-94
- [2] 五十嵐一浩, 陳 強, 澤谷邦男, 茂木智広, “屋内における地上デジタル放送波の強度分布と空間相関係数のシミュレーション”, 信学総合大会 2010 年 3 月
- [3] 奥村善久, 進土昌明, “移动通信の基礎”, 電子情報通信学会 (1986)
- [4] 坂本雄児, 田村顕成, 畑善之 “屋内における電波伝搬特性”, 信学技報, CS1995-58
- [5] 矢吹旭, 豊田輝隆, 西正博, 吉田彰顕, “UHF 帯 TV 放送波を用いた電波特性の検討”, 信学技報, AP 2001-161
- [6] 多賀登喜雄, “室内における UHF-TV 電波の到来波特性の推定”, 信学技報, AP 2006-38
- [7] 多賀登喜雄, “移动通信環境における並列配置ダイポールによる空間ダイバーシティ枝の特性”, 信学論 J75B No. 6 p370~