

# 地上デジタル放送の受信実験

The Result of Field Test for Digital Terrestrial TV Receiver

川 辺 武 司\*<sup>1</sup>

Takeshi Kawabe

鈴 木 海 彦\*<sup>2</sup>

Umihiko Suzuki

## 要 旨

2003年8月、関東地区及び近畿地区で地上デジタル放送の試験放送が実施され、主に関東地区の試験放送を利用して地上デジタル受信機のフィールド実験を実施した。関東地区の試験放送は東京タワーより電波が発射され、本放送と同じ10kWで送信が行われた。国内の地上デジタル放送の伝送方式はマルチパスに強いBST-OFDM(Band Segmented Transmission of Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式が採用されている。開発した地上デジタル放送受信機が実際の放送電波を受信してフィールド環境下で設計どおりに動作することを確認した。特に弱電界特性、強電界特性、アナログ強電界下での受信性能確認を行い良好な特性を確認した。又、本試験放送波を利用して室内受信実験を行い、その可能性を確認した。本論文ではフィールド試験における結果を述べる。

In August 2003, almost all broadcasters began transmission of DTTB (digital terrestrial TV broadcasting) test signals in Kanto and Kinki regions. We evaluated our DTTB receiver using the trial transmissions in Kanto region. The DTTB signal was transmitted from Tokyo Tower with the power of 10kW, same as the full-service broadcasting. The transmission system was BST-OFDM, which has robustness against multipath distortion. In this field test, we confirmed that our DTTB receiver provided good performance, especially in situations of strong desired signal, weak desired signal and strong NTSC signal. We also tested indoor reception of the signals, and verified the usefulness of its application. This paper describes the result of the above-mentioned field test.

## まえがき

日本における地上アナログ放送は、50年余りの歳月を経て放送ネットワークが構築され完成された。地上デジタル放送は、2003年12月に本放送が開始されその第1歩を踏み出したところである。

地上デジタル放送ではUHF帯の周波数を使用してサービスが提供される。伝送方式は欧州の地上デジタル放送で使用されているOFDM方式をベースにした日本独自のBST-OFDM方式を採用している。この方式はマルチパスに強く、SFN(Single Frequency Network)の構築が容易で周波数利用効率が高い特長を持つ。又、移動受信や室内受信に適しており、セグメント構成をとることで携帯受信も可能となるなど将来のマルチメディアサービスにも対応できる。

12月の本放送を前に、8月深夜の時間帯を利用して

フルパワーによる試験放送が実施された。これまでフルパワーによる試験はなされたことがなく、この試験が最初になる。

地上デジタル放送はアナログ放送とのサイマル放送で開始され、2011年7月アナログ放送終了に向けて普及が進むが、アナログ放送からの干渉妨害を受けないデジタル放送用の周波数を確保するために、アナログ放送の周波数を干渉を生じない他の周波数へ変更するアナアナ変換が実施されている。このアナアナ変換が完了する2005年までデジタル放送の放送出力が制限される。このような状況の中、地上デジタル放送では受信障害の要因として、デジタル難視や弱電界環境、遮蔽環境のほかアナログ強電界地域でのデジタルマスク問題などが懸念されている。

本稿では2003年8月深夜に東京及びその近郊で実施した試験電波による受信実験の結果について述べる。

\*<sup>1</sup> A1239 プロジェクトチーム

\*<sup>2</sup> AV システム事業本部 液晶デジタルシステム事業部 第6 技術部

## 1. 試験放送

### 1.1 関東地区の試験放送概要

2003年8月に関東地区で実施された試験放送の概要について述べる。図1は関東地区における試験放送から本放送までの送信出力の増力スケジュールである。本放送が時期を置いて3段階に増力される事から、試験放送では各段階の電波環境を事前に確認出来る内容となっている。送信局は2003年12月に本放送開始を予定しているすべての局で実施された。2005年の最終段階を想定したフルパワー10kW送信は今回の試験放送が最初の機会となる。

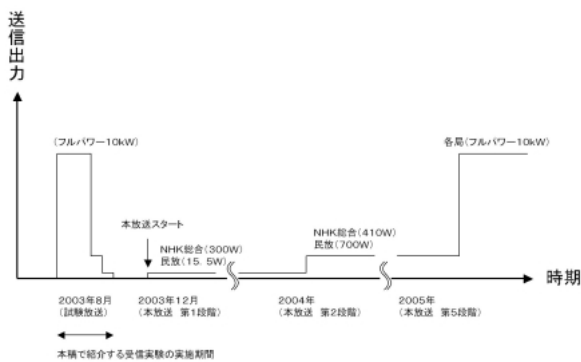


図1 関東地区の放送スケジュール

Fig. 1 Broadcast transmitted power schedule table in Kanto area.

### 1.2 関東地区試験放送の内容

試験放送が実施された日時と送信電力は表1の通りである。深夜の時間帯を利用し2時間程度の送信が行われた。3段階の送信出力で実施している。

放送内容にテストストリームと記載したものは、地上デジタルテレビジョン受信機テストセンター協議会、実験電波作業班で作成したハイビジョン映像・音声・データ・EPG等からなる試験放送用に簡略化されたコンテンツが送信された。PNと記されたものは、擬似ランダム信号の送信であり、受信性能を定量的に評価するもので映像や音声等のコンテンツは送られていない。また各放送局のチャンネル配置は本放送と同じ

表1 試験放送のスケジュール

Table 1 Schedule of test signals.

月日	時間	送信電力	放送内容
8月6日(水)	2:35~4:30	10kW(段階的に増力~3:15する)	テストストリーム
8月7日(木)	2:35~4:30	10kW	テストストリーム
8月8日(金)	2:35~4:30	10kW	テストストリーム
8月11日(月)	2:30~4:30	10kW	PN
8月18日(月)	2:00~4:30	NHK総合 410W 民放 700W	テストストリーム (段階的~2:05)
8月19日(火)	2:35~4:30	NHK総合 300/1.2kW 民放 15.5/62W	テストストリーム

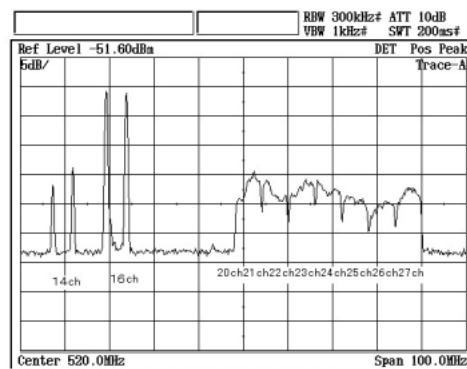


図3 試験放送の受信スペクトラム波形

(デジタル波:-53~58dBm。都内測定)

Fig. 3 Spectram waveform of test signals.

チャンネルで実施された。各チャンネル配置を図2に示す。図3にフルパワー(10kW)時のスペクトラム波(UHF帯のみ)を示す。

## 2. 受信実験概要

### 2.1 実験項目と条件

本実験は、受信機の最大および最小入力受信性能、隣接チャンネル妨害受信性能、室内における受信確認の合計4つの項目について実施した。

それぞれの項目に対し、ARIB規格値などから測定ポイントにおける測定条件となる目標値を設定した。

【関東広域圏】 送信場所:東京(東京タワー)

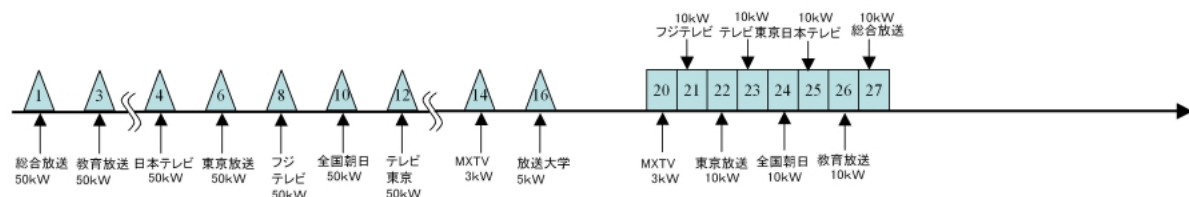


図2 関東地区の放送チャンネル配置

Fig. 2 Broadcast channel arrangement table in Kanto area.

表2 実験項目と目標値

Table 2 Field test item and target value.

	実験項目	受信環境の目標値	ARIB規格値	場所
(1)	強電界地区での性能評価	強電界-20dBm付近の受信電力の地域	-20dBm以上	東京都港区
(2)	弱電界地区での性能評価	弱電界-75dBm付近の受信電力の地域	-75dBm以下	茨城県下館
(3)	アナログ強電界地区での性能評価	アナログ強電界D/U 50dB以上の地域	—	東京都中央区
(4)	室内受信	ビル内などの室内環境での受信	—	千葉市美浜区

また、測定ポイントの選定にあたってはあらかじめアナログ放送波による事前調査を行い、絞込みを実施した。送信パラメータはMode3, G.I=1/8, 変調方式: 64QAM, 符号化率: 3/4, 時間インターリーブ: 2 (B階層 12seg) に対する目標値としている。

## 2・2 実験結果概要

実験結果の概要を以下に述べる。(詳細結果は3. 実験詳細で記載)実験結果の主観評価から各項目で良好に受信が可能であった事がわかる。

尚、表3の受信電力は(1)(2)(4)は27ch (NHK総合)を(3)は26chのNHK教育の測定値を記載している。主観評価は1分間の画像監視を行い、ブロックノイズが発生確認されなければ○、時々発生を△、受信不能を×とした。

図4にD-PAより発行されている関東地区のカバーエリア(目安)を示す。図中のエリア分けは以下の通りである。

実線内のエリア: 第一段階 (2003年12月)

点線内のエリア: 第二段階 (2004年末)

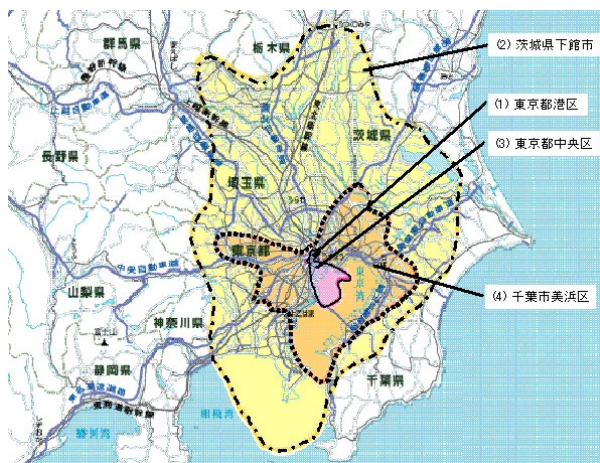


図4 関東地区のカバーエリアと各測定ポイント  
(資料: D-paより入手し加工)

Fig. 4 Broadcast cover area and each measurement point in Kanto area.

表3 実験結果の概要

Table 3 Result of field test.

	測定ポイント		受信環境	実験結果	
	場所	東京タワーからの距離		受信電力	主観評価
(1)	東京都港区	約400m	送信タワー近傍の強電界	-17dBm	○
(2)	茨城県下館	約81km	フリンジ付近の弱電界	-75dBm	○
(3)	東京都中央区	約4km	D/U50dB付近	-73.4dBm	○
(4)	千葉市美浜区	約26km	ビル内	-55~-37dBm	○

一点差線内のエリア: 最終段階 (2005年末)

また、本実験を行った各ポイントを図中の(1)~(4)に示す。

## 3. 受信実験詳細

受信実験の詳細について解説する。

### 3・1 測定項目:

デジタル放送の評価では受信電力による測定だけでは状態判定が難しく、信号の品位に相当するC/N値とデータの誤り率の状態を表すBER値を測定する必要がある。このことから本実験では以下の項目について測定を行った。

#### (1) 受信電力 (dBm)

受信機入力端の受信電力をスペクトラムアナライザ(電測車ではアンリツMS8901, 室内受信ではアドバンテストU3641)で測定し、帯域換算(5.57MHz)した値を用いた。

#### (2) C/N (carrier to noise ratio) (dB)

本稿で述べるC/N値は受信機内のコンスタレーションより算出したS/N値から換算した値である。マルチパスの影響による誤差を含む簡易的なものである。

#### (3) BER値 (bit error rate)

BER値としては受信機内部のビタビ誤り復号後のビット誤り率を使用し、受信状態がエラーフリーであるかの判定を行った。

#### (4) 主観評価

受信機の映像表示状態を表し、測定者の目視により3段階で評価した。1分間測定しブロックノイズ発生無しを○、時々発生を△、受信不能を×で判定した。

#### (5) マルチパス

スペクトラムアナライザにより観測評価した。同時に遅延プロファイルの評価も実施した。

### 3・2 受信測定系統図と使用機器

受信測定系統図と使用機器について述べる。

強電界受信, 弱電界受信, アナログ強電界受信では, 図5に示す電測車を使用して測定した。

電測車に搭載した測定機器の一覧を表4に示す。

電気通信技術審議会答申における回線設計で想定されている受信アンテナ(14素子八木アンテナ)を搭載した。測定系はC/N値やBER値測定の他, RFキャプチャ装置によるRF信号の記録も可能とし, 複雑な受信波もラボにて確認実験が行える様にした。

表5に電測車の車両設備を示す。電測車の仕様検討および導入にあたっては, 放送波の微弱な電波を扱うため, 電源の仕様に注意して設計した(電源容量:

2.3kVAまで対応)。バッテリー増強, 無停電化や交流波形品位改善機能(発電機の矩形波に近い波形を滑らかなSIN波形とする機能)を搭載した。

写真1は電測車の外観である。

室内受信実験では, 建物の一室を使用して測定を行った。室内受信実験における測定系を図6に示す。アンテナは三脚にて固定し, スペアナ及び受信機にて受信電力, C/N値, BER値の測定を行い, 液晶モニターにより受信映像の主観評価を行った。

室内受信実験で使用した測定機器の一覧を表6に示す。アンテナは1/4波長のダイポールアンテナを使用した。

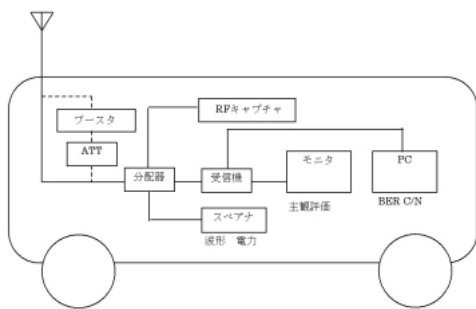


図5 電測車系統図

Fig. 5 Measurement apparatus system of measurement vehicle.

表4 電測車搭載の測定機器

Table 4 Measurement apparatus of installation on measurement vehicle.

機器	仕様および目的
アンテナ	14素子八木アンテナ。利得7.0~12.2dB。
アッテネータ	管電927D
分配器	6分配
受信機	電波環境測定専用
モニター	受信機からの映像表示用
PC	受信機から取り出したC/N, BER等のデータ表示およびログ記録
RFキャプチャ	1チャンネル分のRFデータを記録。
スペクトラムアナライザ	スペクトラム波形の確認・記録。アンリツMS8901

表5 電測車の車両設備

Table 5 Equipment of measurement vehicle.

項目	仕様	詳細
基本機能	4名乗車	運転者のほか, 測定要員等3名搭乗可能
	測定機材ラック搭載	スペアナ, RFキャプチャ装置等搭載
	2名分作業スペース確保	ロングタイプのワゴン車でスペース確保
アンテナ搭載機能	10m高アンテナポール装備	電動による伸縮, 回転可能 (電通技審で規定の10m高までカバー)
電源供給機能	AC100V供給可能 無停電化対応	ダイナモ増強により2.3kVA供給可能 エンジン停止で約30分間使用可能 交流波形品位も確保



写真1 電測車の外観

Photo 1 Appearance of a measurement vehicle.

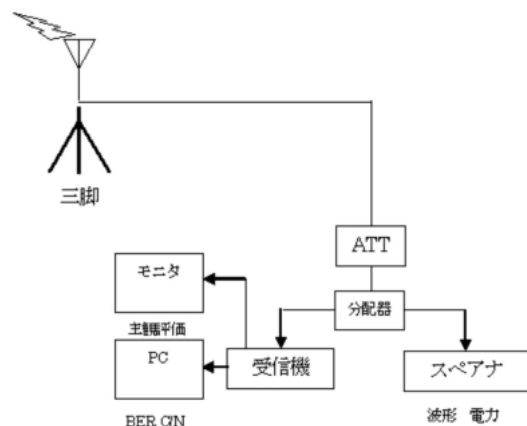


図6 受信測定系統図

Fig. 6 Measurement system.

表6 室内受信で使用した機器

Table 6 Apparatus of indoor measurement.

機器	仕様および目的
アンテナ	1/4波長ダイポールアンテナ
アッテネータ	菅電927D
分配器	2分配
受信機	電波環境測定専用
モニタ	受信機からの映像表示用
PC	受信機から取り出したC/N, BER等のデータ表示およびログ記録
スペクトラムアナライザ	受信電力測定。スペクトラム波形の確認。アドバンテストU3641

### 3・3 実験結果

以下今回の実験結果について詳細を述べる。

#### (1) 強電界環境による受信結果

強電界地域でフロントエンドの初段アンプ飽和による受信劣化を確認する目的で実験を行った。

##### <測定日時と場所>

日時：8月6日（水）午前3時15分～午前4時25分

場所：東京タワー東方約400m

測定地点から東京タワーは見通せる環境。

##### <送信条件>

送信チャンネル：21ch～27ch

送信パラメータ：Mode3, G.I=1/8,

変調方式：64QAM, 符号化率：3/4

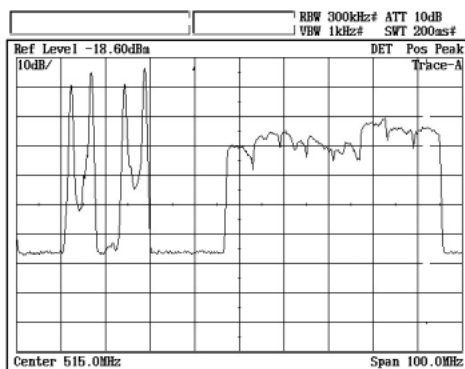


図7 強電界におけるスペクトラム波形

Fig. 7 Spectram waveform in strong desired signal.

表7 強電界における測定結果

Table 7 Measurement result in strong desired signal.

	受信電力	C/N	主観評価
27ch	-17.1dBm	32.7dB	○
26ch	-17.9dBm	32.4dB	○
25ch	-17.8dBm	32.2dB	○
24ch	-25.3dBm	32.6dB	○
23ch	-25.5dBm	32.4dB	○
22ch	-29.4dBm	31.4dB	○
21ch	-32.5dBm	27.5dB	○

時間インターリーブ：2（B階層, 12seg）

送信電力：10kW（21ch～27ch）

##### <測定>

電測車の八木アンテナにて21ch～27chの各チャンネルの受信電力とC/N値を測定。

##### <結果>

図7に受信した全チャンネルのスペクトラム波形を示す。試験放送では全てのデジタル放送がフルパワーで一斉送信され、14chと16chのアナログ放送も同時送信された。

各チャンネルの測定結果を表7に示す。27chにおいて最大の受信電力-17.1dBmが得られた。C/Nは22ch～27chで31.4dB以上、21chで27.5dBとなった。

ARIB規格値である最大入力-20dBmを超える多波受信環境でも良好な受信特性を示した。

#### (2) 弱電界環境による受信結果

ARIBに定める弱電界-75dBmでの受信環境で受信機が正常に動作する事を確認する目的で受信実験を行った。

##### <測定日時と場所>

日時：8月7日（木）午前2時38分～午前4時25分

場所：茨城県下館市

東京タワーからの距離：約北北東81km

##### <送信条件>

送信チャンネル：21ch～27ch

送信パラメータ：Mode3, G.I=1/8,

変調方式：64QAM, 符号化率：3/4,

時間インターリーブ：2（B階層, 12seg）

送信電力：10kW（21ch～27ch）

##### <測定>

アンテナ高は10mに固定、27chにおいて最も電力が高くなるように方向調整し、受信電力とC/N値を測定。

##### <結果>

各チャンネルの測定結果を表8に示す。測定ポイントはフリッジエリア近傍にあたり、受信電力は

表8 弱電界における測定結果

Table 8 Measurement result in weak desired signal.

	受信電力	C/N	主観評価
27ch	-74.2dBm	22.2dB	○
26ch	-73.5dBm	19.5dB	○
25ch	-74.3dBm	23.2dB	○
24ch	-74.6dBm	21.9dB	○
23ch	-74.9dBm	22.6dB	○
22ch	-75.2dBm	19.4dB	○
21ch	-75.8dBm	18.7dB	○

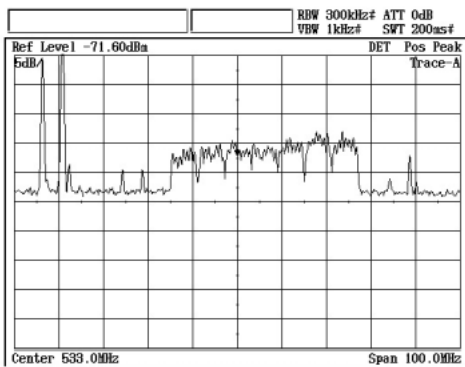


図8 弱電界におけるスペクトラム波形  
Fig. 8 Spectram waveform in weak desired signal.

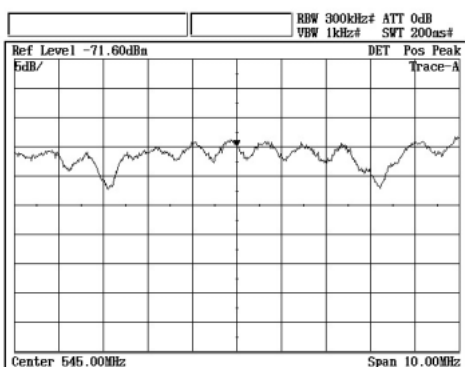


図9 25chの信号を拡大表示した波形 (Span : 10MHz)  
Fig. 9 Waveform of 25-channel signal.

-75.8dBm ~ -73.5dBm (21ch ~ 27ch) である。C/Nは18.7dB ~ 23.2dBの範囲となり、エラーフリーで受信可能であった。

図8は測定ポイントのスペクトラム波形である。デジタル放送波の受信C/Nが悪くなっている様子がわかる。

図9は図8における25chを拡大表示したスペクトラム波形である。1μs程度のマルチパスの影響を受けている様子がわかる。

(3) アナログ強電界環境下による受信結果

アナログ放送の強い地域で、デジタル放送が15.5W (小電力) 時に受信機が正常に動作する事を確認する実験を行った。16chのアナログ放送波を対象として、24ch ~ 26chのデジタル放送波の測定を実施した。

<測定日時と場所>

日時：8月19日 (火)

午前2時38分~午前4時29分

場所：有明

東京タワーからの距離：有明=東約4km

<送信条件>

送信チャンネル：26ch ~ 24ch

表9 アナログ強電界における測定結果  
(アナログ放送受信電力：-19dBm)

Table 9 Measurement result in NTSC strong wave.

	受信電力	放大とのD/U	C/N	主観評価
26ch	-73.4dBm	-54.4dB	17.4dB	○
25ch	-71.5dBm	-52.5dB	24.5dB	○
24ch	-65.2dBm	-46.2dB	26.1dB	○

送信パラメータ：Mode3, G.I=1/8,  
変調方式：64QAM, 符号化率：3/4,  
時間インターリーブ：2 (B階層, 12seg),  
送信出力：15.5W (26ch ~ 24ch)

<測定>

電測車のアンテナ高を10mとし、16chのアナログ放送と26ch ~ 24chのデジタル放送のD/U比が最大となるように調整して、受信電力、C/N値、BER値を測定した。合わせてスペクトラム波形の記録と主観評価を行った。

<結果>

測定ポイントは、16chアナログ放送の受信電力が-19dBm、デジタル放送の受信電力が-73.4dBm ~ -65.2dBm (26ch ~ 24ch)、D/U比は-54.4dB ~ -46.2dBの範囲にあるアナログ強電界環境下である。

各チャンネルの測定結果を表9に示す。

26chにおいて、D/U=54.4dBが最大となり、この時のC/Nは17.4dBでブロックノイズは発生しなかったが、受信マージンはほとんど無い状況である。しかし、都内複数箇所測定を実施したがフィールドにおいてD/U=54.4dBを大きく越える環境は見つけれなかった。受信性能としては問題のない特性であると考えられる。

(4) 室内受信

フィールドとは異なり、電力の減衰、変動が激しく反射が多く発生する室内環境にて、受信性能把握実験を行った。

<測定日時と場所>

日時：8月6日 (木) 午前2時30分~午前4時30分

場所：千葉市美浜区 ビルの14F

測定地点は東京タワーから約26km

建物から東京タワーを見通せる環境

<送信条件>

送信チャンネル (周波数)：27ch

送信パラメータ：Mode3, G.I=1/8,

変調方式：64QAM, 符号化率：3/4,

時間インターリーブ：2 (B階層, 12seg)

送信電力：10kW (27ch)

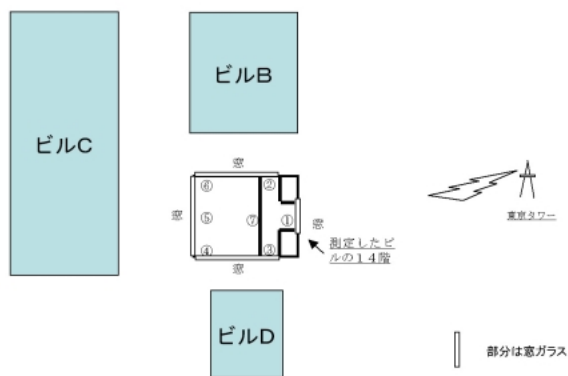


図10 測定ポイントとビルの位置関係

Fig. 10 Position of measurement point and surrounding building.

表10 室内受信の測定結果

Table 10 Measurement result of indoor reception.

フロア	ポイント	電力	C/N	受信状態
14F	①～⑥	-55～-37dBm	22～32dB	○ 受信可能
	⑦	-65dBm	10dB	× 受信不可

#### <測定>

受信アンテナは1/4波長ダイポールアンテナを使用し、ビル14階の7箇所を受信電力とC/N値の測定を行った。アンテナ高は各測定ポイントでフロアから約1mの高さに設置し、C/N値が最も良好となるアンテナ方向に調整した。チャンネルは27chを測定した。

図10は測定ポイントとビルの位置関係である。(中央の白抜きの四角い部分が測定を行ったビル)ビルは東京タワー方向に障害物はなく見通し可能な位置にある。しかし、それ以外は3方向を他のビルに囲まれた環境となっている。測定ビル内の①～⑦で示した場所が測定ポイントである。

#### <結果>

測定サンプルは少ないが、東京タワーから26km離れた中電界地域で周辺をビルに囲まれた②～⑥の環境であっても、窓際で受信電力が-55dBm以上であれば受信可能であることが確認された。又、東京タワーに対して反対側や側面の窓であっても、ビル反射により受信可能となる事がわかった。但し、部屋中央⑦では受信電力が-65dBmと落ち込み受信不能となった(表10)。

## 4. 考察

受信実験全体を通じて、フィールド環境下では常に複合的に受信障害要因が存在しており、受信機にとって厳しい受信条件となることが判明した。本稿で紹介した4項目(強電界、弱電界、アナログ強電界、室内受信)の受信実験でも、例えば弱電界環境で同時にマルチパスも発生しているなど、本来目的としている障害要因に他の障害要素が少なからず加わっている。限られた実験ではあるが、今回こうした厳しい条件下においてほぼ全ての項目で受信不能やブロックノイズ発生のない良好な受信結果を得たことから、難視聴環境下でも限界性能の高い受信が可能であるという感触を得た。今後も放送波を利用した様々な環境下での受信実験を継続し、より確実な評価を行い受信機の性能改善を行っていく。

## むすび

地上デジタル放送は昨年12月より本放送が開始されたばかりである。東名阪では2005年を目標に段階的増力を行い、最終のフルパワーへ移行しサービスエリアを拡大していく。移行過程では、当初想定されていなかったアナログ放送との干渉問題や、アンテナ系を含めた受信システムとして考慮しなければならないブースター障害などにより受信障害が発生する可能性がある。本稿で述べた受信実験はフィールド環境のごく一部に過ぎないが、今後もフィールド環境下で受信実験を継続することで受信機の受信性能向上を図り、デジタル難視聴等の視聴者への影響を軽減し、デジタル放送普及へ貢献していきたい。

## 謝辞

本実験を実施するにあたり、ご指導頂きました関係各位に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 齊藤洋一, “デジタル無線通信の変復調”, (社)電子情報通信学会(1996).
- 2) 永塚, 都竹, “増幅器によるOFDM信号劣化に関する基礎的検討”, 映像情報メディア学会年次大会(1998).
- 3) NHKアイテック監修, “全国放送周波数帳”(2002.7).  
(2004年2月9日受理)