

平成 17 年 9 月 26 日

PLC-J、(株) 日経ラジオ社

日本放送協会、ソニー(株)

## 高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験報告書

### 1 日程および場所

2005 年 8 月 25～26 日 (実験準備)	: 情報通信研究機構 (YRP 横須賀)
2005 年 8 月 29 日 (受信サンプル取得本実験)	: 情報通信研究機構 (YRP 横須賀)
2005 年 9 月 7 日 (実験準備)	: 日本放送協会 技術研究所
2005 年 9 月 15 日 (主観評価本実験)	: 日本放送協会 技術研究所

### 2 実験方法

PLC から短波ラジオへの干渉に関する実験は、短波ラジオへの干渉実験と、その干渉実験によって得られた主観評価用音声サンプルを用いた主観評価実験により実施した。

干渉実験は、情報通信研究機構が所有する GTEM セルを使用した。あらかじめセル入力電力と発生電界強度の関係がわかっている GTEM セルに入る正味電力を測定することで、内部の電界を測定しなくても電界強度を知ることができるため、これにより今回の実験に必要な放送波、PLC ノイズ、人工雑音を外部から遮断したセル内部に発生させた。

主観評価実験は、取得したサンプルを使用して ITU-R 勧告 BS.1284-1 二重刺激劣化尺度法 (DSIS) による音声の劣化を 5 段階で判断する 5 段階評価実験を行った。

(参考資料: 「高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験 (補足資料)」)

(参考情報: TEM セル <http://www.elena-e.co.jp/GTEM1-1.pdf>)

#### (1) 供試受信機及び周波数選定のための予備実験

卓上型受信機として現在販売されている受信機の中から、販売台数が多く、かつ周波数設定の正確さから PLL シンセサイザ方式であるソニー製 ICF-SW35 (19,800 円) を使用 (短波帯はロッドアンテナで受信) した (ICF-SW35:  $40\text{dB}\mu\text{V/m}$  において  $S/N26\text{dB}$  以上)。

実験案で検討されていた携帯型受信機 (短波帯は内蔵バーアンテナで受信) は内蔵バーアンテナが小型であり電界強度がもっと高い場所での受信にしか適していないため、今回の実験対象から除外した。

#### (2) 短波放送受信機への干渉評価サンプルの採取

① 通信中の PLC モデムの信号 (擬似電源回路網 V-LISN (V-Line Impedance Stabilization Network 経由)、② 人工雑音を模擬するノイズジェネレータの出力、③ 放送波信号 (変調度 30%) を模擬する AM 標準信号発生器の出力、3 つを合成し、TEM セルにより供試受信設備に与え、その音声出力を受信機のヘッドホン端子より録音することにより、主観評価サンプルを採取した。(図 1 参照)。

この際、人工雑音の電界強度  $N_{\text{ext}}$  及び放送波の電界強度  $E_{\text{sig}}$  がそれぞれ所定値となるよう調整しておき、PLC 信号の電界強度  $E_{\text{plc}}$  を変化させて主観評価サンプルを採取する。これを、受信電界強度の条件を変えて繰り返し、得られたサンプルを後刻 ITU-R 勧告 BS.1284-1 (音声品質の主観評価の一般的方法) に基づき評価する。

実験に用いる短波放送受信機等の条件を表 1 に示す。また、実験を行った周波数は実環境でノイズ

の多い 3MHz 帯を希望したが PLC モデムの出力が平坦でなかったため、日経ラジオ社の 3 つの周波数の内、真ん中の 6.055MHz を使用した。

受信電界強度約 30dB( $\mu$ V/m) の場合に使用する外部アンテナとしては、ソニー製ループアンテナ AN-LP1 (9,800 円) を使用した。

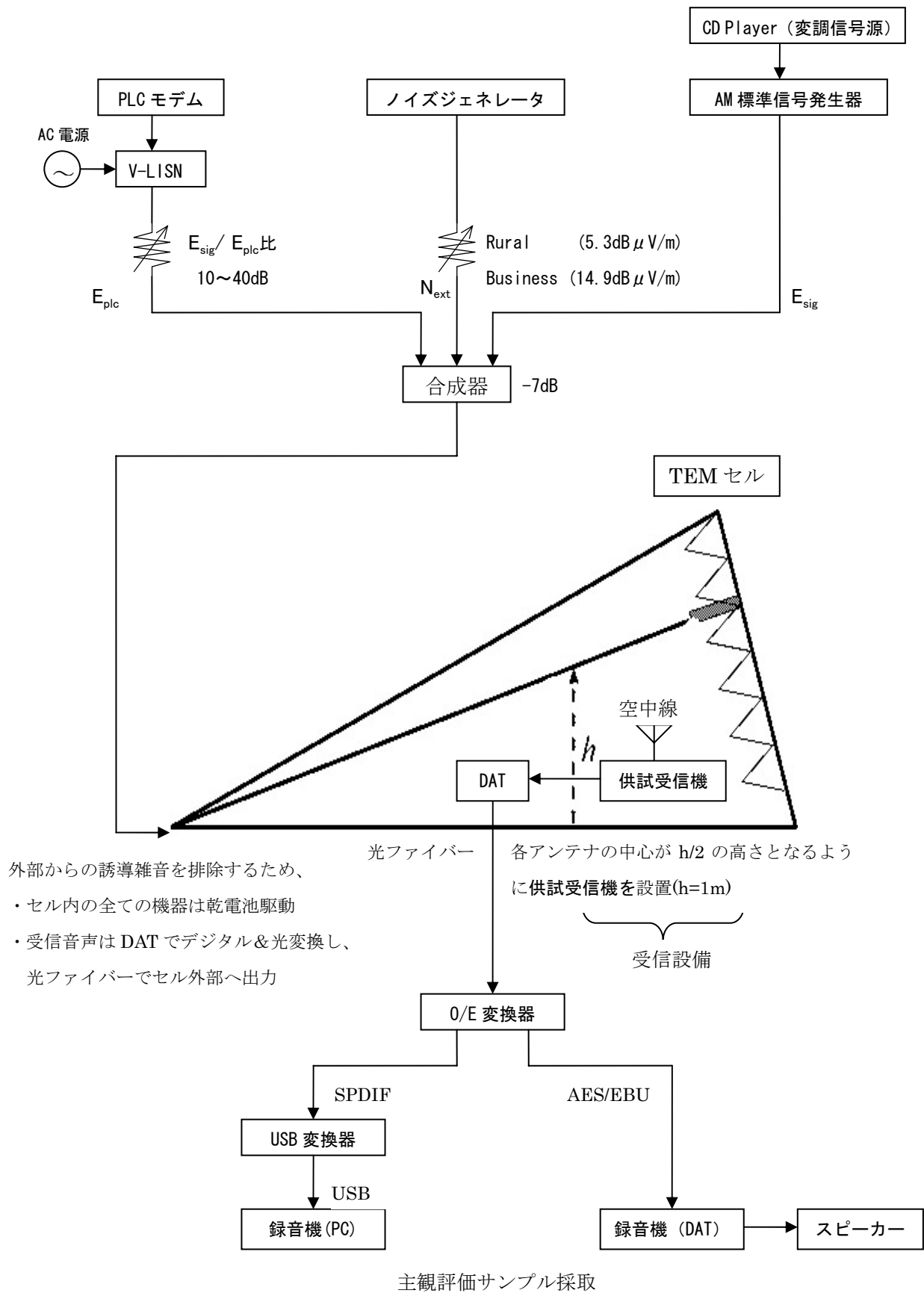


図 1 実験系統図

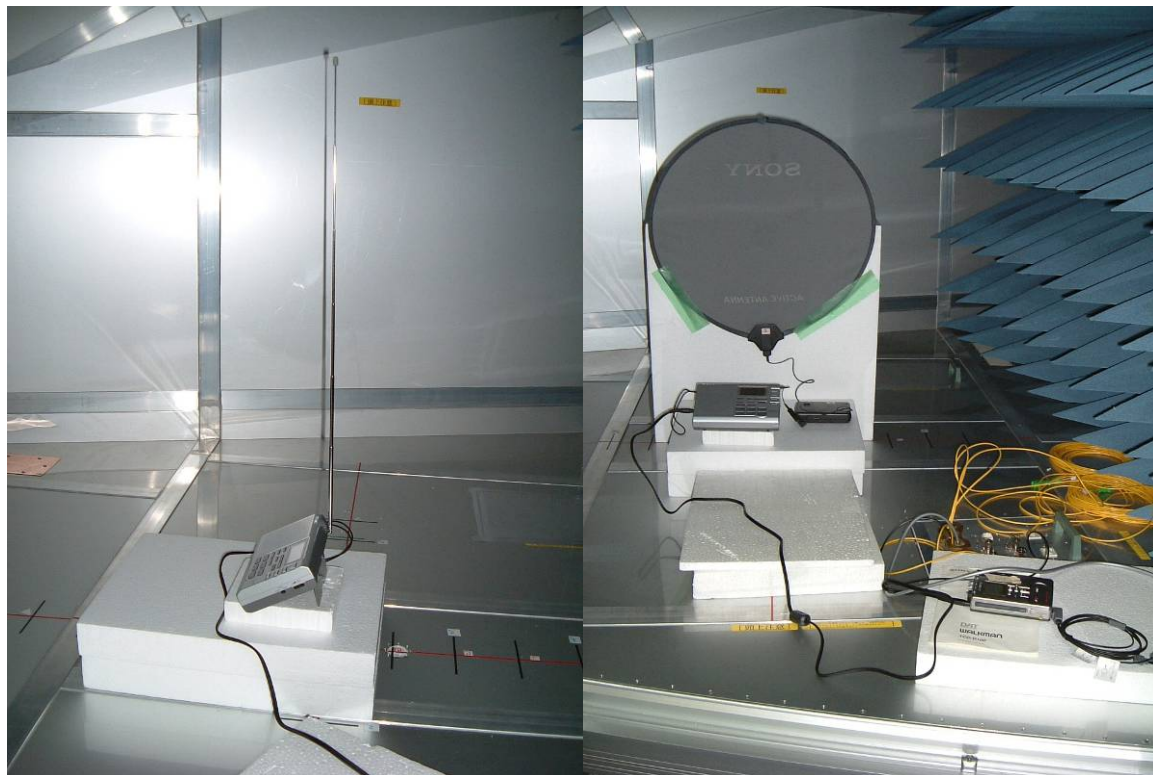


図2 実験環境の例 (GTEM セル内に設置した受信機)

表1 短波放送受信機等の条件

受信機	アンテナ	放送波電界強度 ( $E_{sig}$ ) <sup>注1</sup>	人工雑音電界強度 ( $N_{ext}$ ) <sup>注2</sup>	PLC モデムの信号の 電界強度 ( $E_{plc}$ ) <sup>注3</sup>
卓上型 受信機	ロッド アンテナ	40dB( $\mu$ V/m)	Rural	$E_{sig}/E_{plc}$ 比 10~40dBの範囲 (2dB 間隔) (詳細は表3参照)
			Business	
卓上型 受信機	ループ アンテナ	30dB( $\mu$ V/m)	Rural	
			Business	

注1 放送波電界強度は、短波ラジオの所要電界強度とする。国際的には 40dB( $\mu$  V/m) (The WARC HFBC(2), Geneva 1987)、国内 30dB( $\mu$  V/m)。電界強度の規定は無変調搬送波信号により測定する。

注2 人工雑音電界強度は、放送波の搬送波周波数における ITU-R 勧告 P.372-8 (電波雑音) に示す Rural (5.3dB  $\mu$  V/m, BW=9KHz) 又は Business (14.9dB  $\mu$  V/m, BW=9KHz) の人工雑音電界強度とする。

注3 PLC モデムの信号の電界強度は、放送波の搬送波周波数において、無線通信規則付録第 11 号に規定する短波放送(DSB)の必要周波数帯幅 9kHz で測定する。

### (3) 実験に必要な設備及び機材等

実験に必要な設備及び機材等を表2に示す。

表2 設備及び機材の一覧

品名	規格又は型番	数量
TEM セル エレナ電子 EGT-1100	使用周波数帯: 3.9~26.1MHz 暗雑音:0dB $\mu$ V/m 以下 使用可能供試品最大寸法: 600mm 立方以上	1
PLC モデム	(OFDM)	1台
PLC モデム	(SS)	1台
V-LISN	V-LISN	1台
可変減衰器	2~3dB ステップ	2台
ノイズジェネレータ	Agilent E4438C	1台
変調信号源	CD プレーヤー	1台
標準信号発生器	Panasonic VP-8121B	1台
送信信号合成器		1個
スペクトラム アナライザ		1台
短波ラジオ	SONY ICF-SW35	1台
短波ラジオ用外部アンテナ	SONY AN-LP1	1台
ポータブル DAT	SONY TCD-D100	1台
O/E 変換器	MOTU 308	1台
USB 変換器	M.Audio Audiophile USB	1台
録音機	DAT (TASCAM DA45HR) PC (IBM THINKPAD R51)	各1台
モニター用スピーカー	FOSTEX 6301B	1台
主観評価環境	再生機、ヘッドフォン等 DAT(TASCAM DA45HR) STAX Lambda Nova Signature STAX SRM-3, SRM-1/MK2	24人分
評定者	非専門家	24人
その他ケーブル等		適宜

#### (4) 音声の主観評価方法

(2)で採取したサンプルを使用して主観評価実験を行う。表3に主観評価実験の条件を、図3に機器接続系統図を示す。

表3 主観評価実験の条件

評価法	二重刺激劣化尺度法 (DSIS) 提示: 基準音(11秒) - 評価音(11秒)
基準音	表1に示す放送波電界強度とITU-R 勧告 P.372-8(電波雑音)に示す人工雑音環境下での受信音
評価音	表1に示す PLC モデムからの雑音をさらに加えた環境下での受信音
評価尺度	5段階劣化尺度 5: (妨害が)分からない 4: 分かるが気にならない 3: 気になるが邪魔にならない 2: 邪魔になる 1: 非常に邪魔になる
放送サンプル	2種: P1: スピーチ(女性)、P2: 音楽(男性+伴奏)、
平均変調度	30% (ITU-R 勧告 BS.703 と同じ。)
人工雑音	ノイズジェネレータによる。
PLC モデム	SS 方式 及び OFDM 方式
PLC による電界強度	2dB間隔で $E_{sig}/E_{plc}$ 比 10~40dBの範囲を取得し、そのうちから評価が1~5に散らばるようなサンプルを選択した。
評定者	24人、非専門家
音声の提示	開放型ヘッドフォン

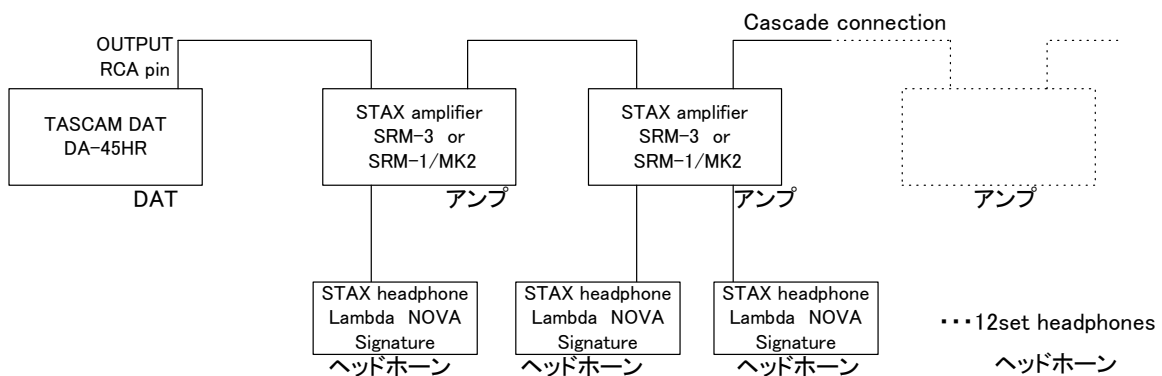


図3 主観評価実験の機器接続系統図

### 3. 主観評価実験結果

主観評価実験結果を図4～図7に示す。それぞれの結果に OFDM 方式と SS 方式の結果を記載した。

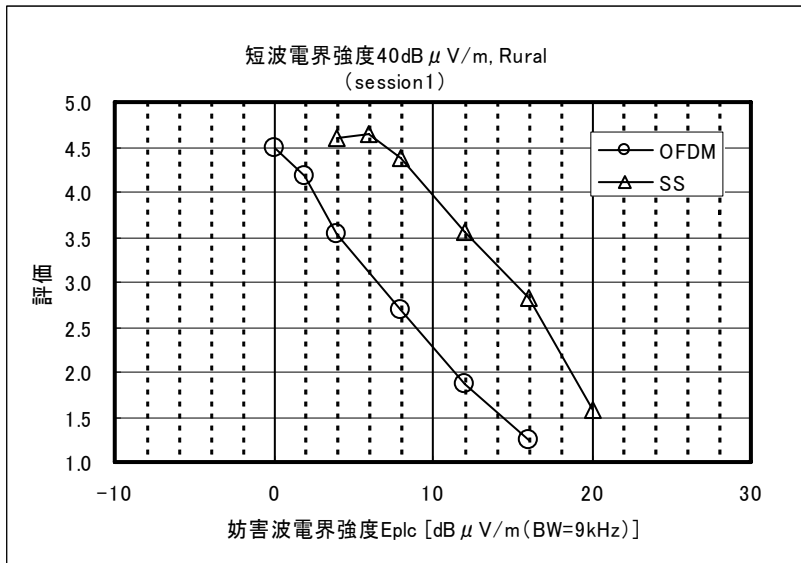


図4 短波ラジオ電界強度 40dB  $\mu$ V/m, 人工雑音 Rural

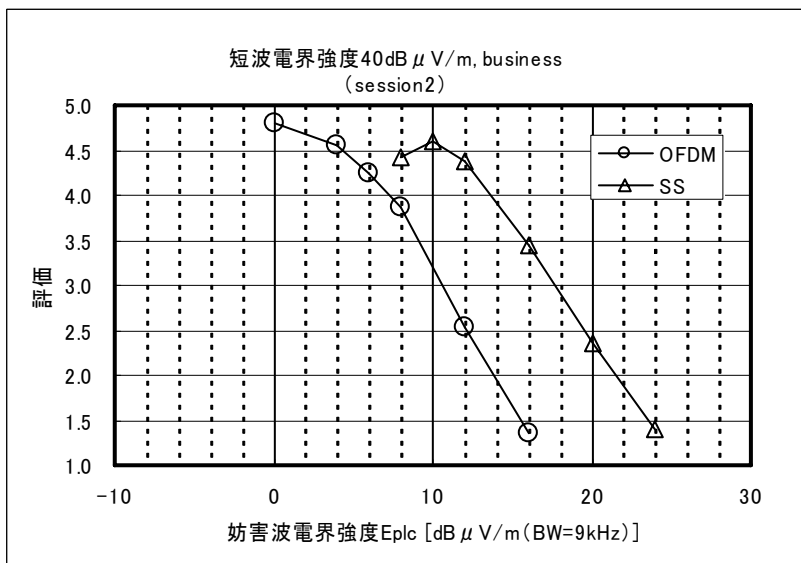


図5 短波ラジオ電界強度 40dB  $\mu$ V/m, 人工雑音 Business

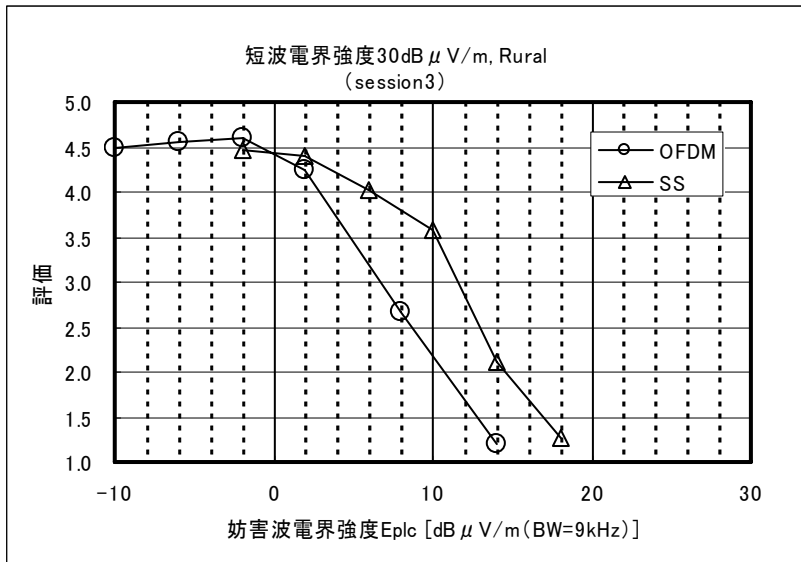


図6 短波ラジオ電界強度 30dB  $\mu$ V/m, 人工雑音 Rural

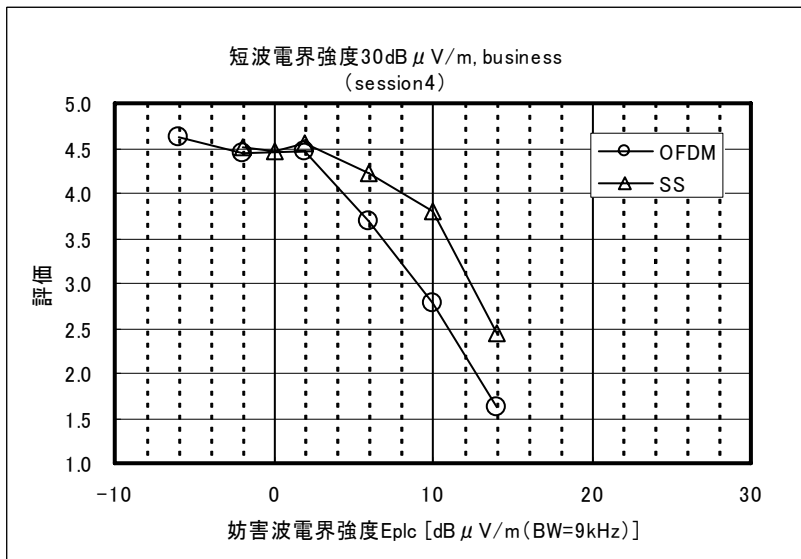


図7 短波ラジオ電界強度 30dB  $\mu$ V/m, 人工雑音 Business

以上



## 高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験 (補足資料)

### 1. GTEM セルの内部電界

図1のようにセプタム高を $h$ とすると、GTEMセルの中心(高さ $h/2$ )における電界強度の理論値は、以下の式で求められる。ただし、 $P_{net}$ はGTEMセルで消費される正味の電力、 $Z_0$ は測定系の特性インピーダンス( $50\Omega$ )である。

$$E = \frac{\sqrt{P_{net} Z_0}}{h} \quad (1)$$

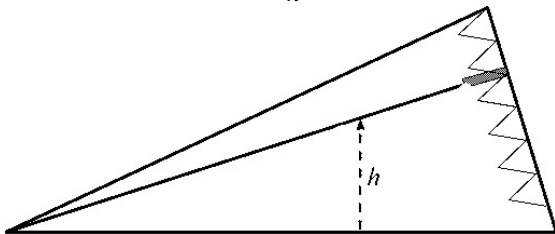


図1 GTEMセルの内部電界強度

実際には、GTEMセルは従来型のTEMセルと比較して電界強度の周波数特性が平坦ではない。そこで、光電界センサ(OEFS-2, トーキン製)を使用して、図2の中心点CTRにおける周波数特性を測定した。

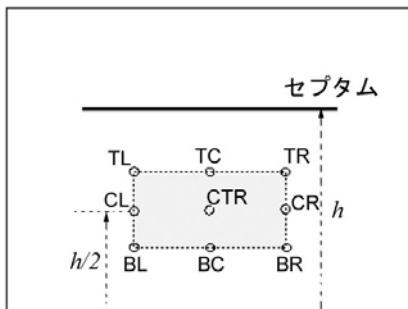
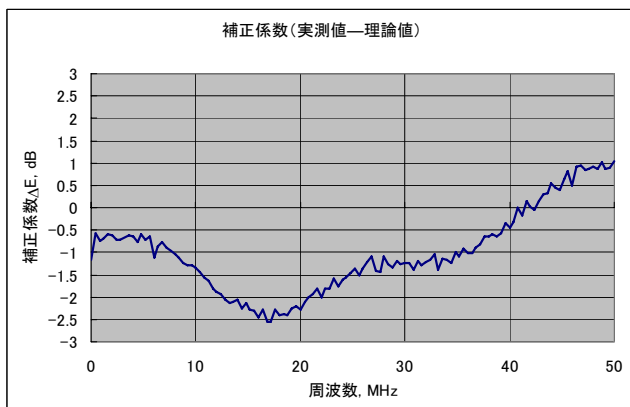


図2 GTEMセル断面と測定点



### 図3 電界補正係数

電界強度のセンサによる実測値より(1)式で計算される理論値を引いたものを補正係数 $\Delta E$ としたとき、補正係数の周波数特性は図3のとおりとなる。同図において、電界強度は(1)式より求められる理論値に補正係数を加算することで求められる。すなわち、GTEMセルに入る正味の電力を測定することで、内部の電界を測定しなくても、前述の方法で電界強度を知ることができる。なお、光電界センサの特性については次節を参照のこと。

### 2. 光電界センサの特性

アンテナ/センサのアンテナ係数 $F_c$ は、アンテナに入射する電界を $E$ 、アンテナの端子電圧を $V_0$ としたとき、以下の式で定義される。

$$F_c = \frac{E}{V_0} \quad (2)$$

光電界センサのアンテナ係数を、従来型のTEMセルにおいて測定した結果を図4に示す。

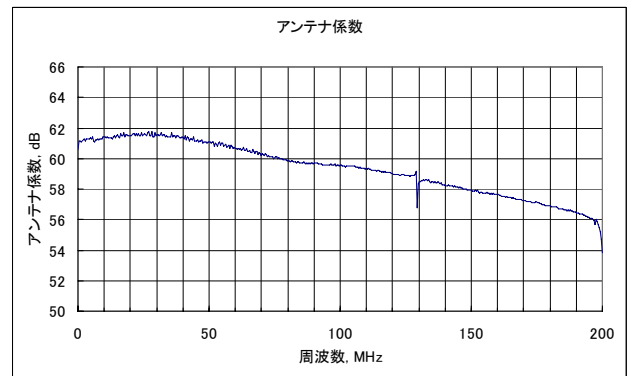


図4 光電界センサのアンテナ係数

### 3. GTEMセルの電界均一性

図2における中心点CTRでの理論電界は式(1)で求められるが、中心以外の点では中心における電界強度より幾分か値が上下にずれる。そこで、図2の9点の観測点において電界強度を光電界センサで測定し、各点における中心点CTRに対する電界強度の偏差をプロットしたものを図5に示す。同図より、まずセプタムに近い点は中心より電界強度が大きく、逆に床導体に近い点では中心より電界強度が小さい。約12MHz以下では、偏差は $\pm 3\text{dB}$ 程度あるが、30MHz以上では偏差は $\pm 1.5\text{dB}$ 程度となっている。ゆえに、容積の大きい被試験機器を設置する場合には、電界強度の場所による偏差に注意する必要がある。

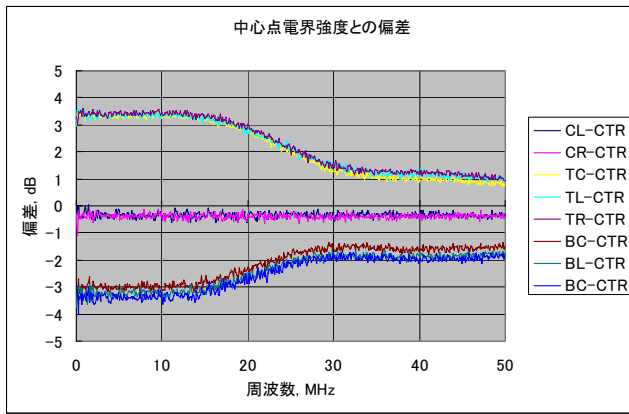


図5 中心点電界強度との偏差