JEITA

平成17年度　デジタル放送技術セミナー

地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法

平成17年７月13日

主催：社団法人　電子情報技術産業協会
無線通信・放送システム事業委員会
放送システム専門委員会

1） 送信ネットワーク測定方法ハンドブックについて
13:35～13:50 （WG 主任／TG1 リーダ：澤田健志） 1

2） 遅延時間測定方法 13:50～14:30 （TG1 サブリーダ：塩野入賢一） 7

3） 信号品質を規定するパラメータに関する定義および測定方法
14:30～14:55 （TG3 サブリーダ：後藤剛秀） 25

＜休憩＞ 14:55～15:10

4） 放送波中継局における信号品質改善装置と測定方法
15:10～15:50 （TG4 リーダ：間瀬豊治） 33

5） 放送波中継局およびフィールドにおける各種測定方法
15:50～16:30 （TG5 リーダ：平田哲郎） 53

6） 送信機測定方法ハンドブック改訂のポイント
16:30～17:10 （TG6 リーダ：綾 美浩） 77

7） 質疑応答 17:10～17:30

JEITA

「地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法」

1. 送信ネットワーク測定方法ハンドブックについて

送信ネットワーク測定法WG
WG主任
澤田　健志（株式会社　東芝）

JEITA

背景と目的

- 背景
  地上デジタルTV放送の送信ネットワーク構築
  - 従来のアナログTV放送とは異なる
    - SFNの構築　[SFN：Single Frequency Network]
    - クリフエフェクトの回避　[クリフエフェクト：急激な受信品質劣化現象]
- 目的
  - システム性能の客観的な評価が可能な測定方法の確立
  - 測定方法を規定するための用語定義などの技術的基盤の確立

送信ネットワーク測定方法を中心とした
技術的関連事項に関するハンドブックの作成

JEITA

適用範囲

- 原則
  - 規制や遵守事項を与えるものではない
  - システム／個別機器の仕様書規定事項が優先する
- 適用範囲
  - 個別仕様書において規定されていない場合
  - 異なる機器の共通的な評価を必要とする場合

JEITA

送信ネットワーク測定法WG

WG／TG参加事業社
•放送事業社
•放送機器メーカ
•測定器メーカ
•アンテナメーカ

放送システム専門委員会
└ **送信ネットワーク測定法WG**
- **事務局**
- **遅延時間測定方法（TG1）**
- **SFN同期化方式および中継局同期化状態の測定または評価方法（TG2）**
- **等化ノイズ劣化（END）測定方法（TG3）**
- **放送波中継局信号品質改善装置と測定方法（TG4）**
- **放送波中継局およびフィールドにおける各種測定方法（TG5）**
- **送信機測定方法（TG6）**
- **ハンドブック編集TG**

JEITA

送信ネットワーク測定方法HB執筆分担

送信ネットワーク測定方法ハンドブック	WG	TG1	TG2	TG5
1. 目的	○			
2. 適用範囲	○			
3. 参照文書			○	
4. 定義			○	
5. 略語			○	
6. 構成	○			
7. 共通事項	○			
7.1適用範囲	○			
7.2送信ネットワーク			○	
7.3取り扱う主な信号形式		○		
7.4測定用試験信号		○		
7.5測定用補助試験信号		○		
7.6 測定上の注意および留意事項				○
8. SFNにおける同期化のための要件と確認方法			○	

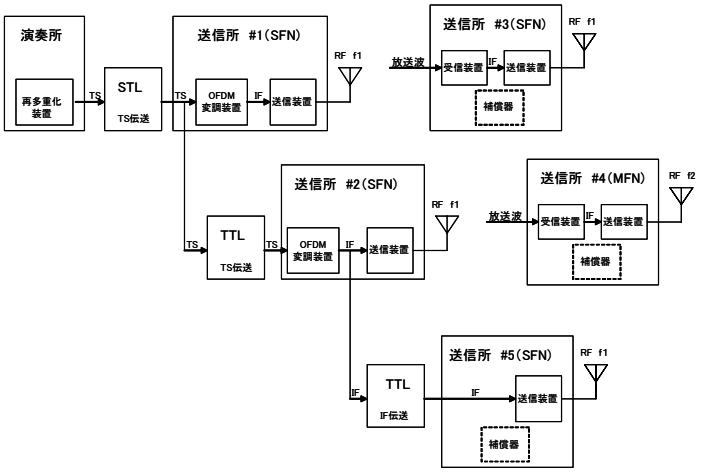
JEITA

送信ネットワーク測定方法HB執筆分担

送信ネットワーク測定方法ハンドブック	TG1	TG3	TG4	TG5
9. 遅延時間測定方法	○			
10. 放送波中継局における信号品質の改善装置と測定方法			○	
11. 放送波中継局およびフィールドにおける各種測定方法				○
付録A 信号品質を規定するパラメータに関する定義および測定方法について		○		
付録B 遅延時間測定方法	○			
付録C 補償器の個別測定方法の補足資料			○	
付録D 放送波中継に関する各種測定法の具体化例				○
付録E 無線設備規則関連				○
付録F ISDB－T信号アナライザの測定・機能概要				○
送信機測定方法ハンドブック	**TG6**			

JEITA

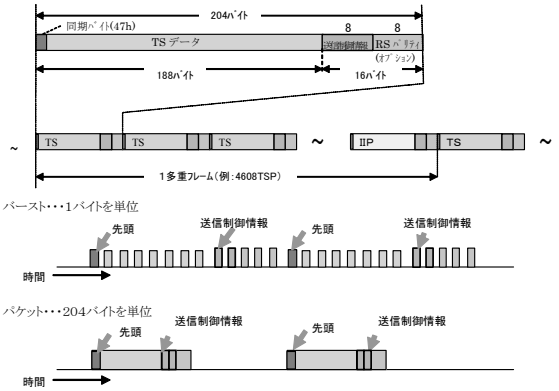
送信ネットワーク（7．2章）



JEITA

取り扱う主な信号形式（7．3章）

(1)　放送TS信号形式



(2)　OFDM信号形式　　ARIB STDB-31による

JEITA

測定用試験信号（7．4章）

実際に運用された状態の放送TS信号または同等のTS信号、もしくは変調されたOFDM信号を用いる。試験信号は個別仕様書で規定されるものとする。

- OFDM信号のパラメータ

パラメータ	値
モード	3
ガードインターバル比	1／8
時間インタリーブ長	I＝2
キャリア変調方式	64QAM
内符号の符号化率	7／8 または 3／4

- BER測定用OFDM信号
  BER測定をする際のOFDM変調器への変調データは擬似ランダム信号PRBS2^{23}-1とする。

JEITA

測定用補助信号（7．5章）

送信ネットワークの遅延時間測定のために、以下に示すような測定用補助信号を使用することができる。

(1) 基準信号
  (a) 10MHz信号
  (b) 512／63MHz信号
(2) 1pps信号
(3) TS信号におけるフレーム同期信号
  (a) 1フレーム
  (b) 2フレーム（フレーム同期識別信号について記載）
(4) OFDM信号におけるフレーム同期信号
  (a) 1フレーム
  (b) 2フレーム（フレーム同期識別信号について記載）

JEITA

測定上の注意および留意事項（7．6章）

測定に際し、本ハンドブックに共通して適用する注意すべき一般的な注意事項および留意事項などを参考として列挙

- 一般事項
  - 温度、湿度、高度などの環境条件が、測定器および測定のために使用する機器（以下、測定系機器という）の動作使用環境仕様を満たすように注意すること。
  - 測定系機器に電源を投入する前に電源電圧や接地状況アースを確認すること。　etc

- 被測定機器の動作条件
  - 被測定機器には、必要に応じ擬似空中線（ダミーロード）または終端器を接続すること
  - 特に指定しない限り、被測定機器は定格入力、定格出力で動作させること

JEITA

SFNにおける同期化のための要件と確認方法（8章）

確認方法

(1) 送信周波数の一致
　送信機単体：「送信機測定方法ハンドブック」
　補償器単体：10章
　フィールド：11章

(2) IFFTサンプル周波数の一致
　周波数偏差測定：「送信機測定方法ハンドブック」

(3) 送信波形の一致
　送信タイミングの確認：9章

JEITA

「地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法」

2. 遅延時間測定方法

送信ネットワーク測定法WG
TG1サブリーダ
塩野入　賢一（日本電気株式会社）

JEITA

遅延時間測定方法（TG1）の活動

構成員

リーダ	東芝
サブリーダ	日本電気
メンバ	東京放送、日本放送協会 東芝、日立国際電気、三菱電機、 日本通信機、池上通信機、 アドバンテスト、NHKアイテック

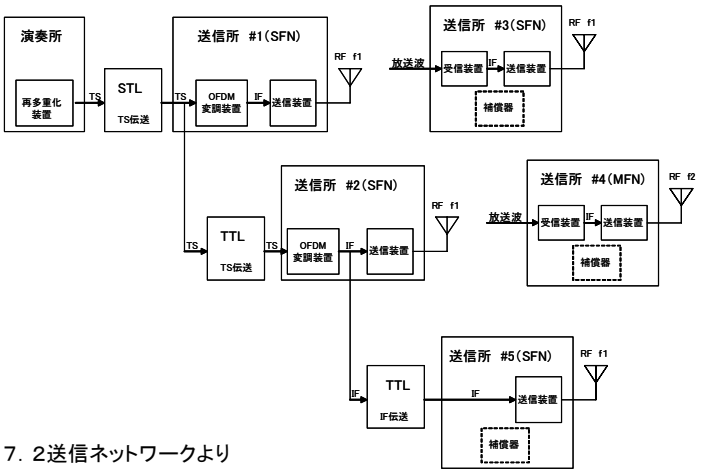
JEITA

適用範囲 （9．1項）

- 適用範囲
  - 放送ネットワークを構成する単一の伝送路における回線や機器の遅延時間、および異なる伝送路間の遅延時間差を測定するための基本的な技術情報を提供

JEITA

送信ネットワーク例

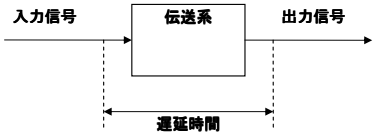


7．2送信ネットワークより

JEITA

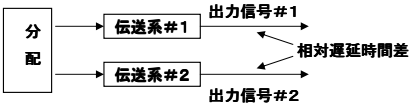
定義 （9．2項）

遅延時間　単一の伝送路における入出力信号間の遅延時間を示す



	入力信号	出力信号
1	放送TS信号	放送TS信号
2	放送TS信号	OFDM信号
3	OFDM信号	OFDM信号

相対遅延時間差　異なる伝送路間の出力信号の相対遅延時間差を示す

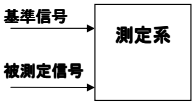


	出力信号#1	出力信号#2
1	放送TS信号	放送TS信号
2	OFDM信号	OFDM信号

JEITA

測定方法（9．3項） 測定条件の抽出

7パターンの組合せを抽出



測定系のモデル図

基準信号と被測定信号の組合せ

	基準信号	被測定信号	備　考
1	放送TS信号	放送TS信号	直接測定法
2	放送TS信号	OFDM信号	
3	OFDM信号	OFDM信号	
4	フレーム同期信号	放送TS信号	間接測定法 （同一場所での測定に限る） （1フレーム以内の測定に限る）
5	フレーム同期信号	OFDM信号	
6	1pps信号	放送TS信号	遅延時間とSTSの関係参照
7	1pps信号	OFDM信号	

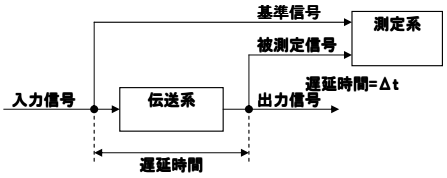
遅延時間とSTSの関係

遅延時間	STS
1フレーム以上	要
1フレーム以下	不要
	要

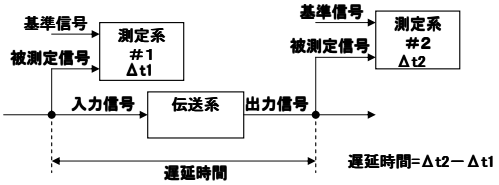
JEITA

測定方法（9．3項） 測定条件の分類

直接測定法 伝送系の入力と出力の遅延時間差を直接測定する方法



間接測定法 共通の基準信号を用いて測定結果の差分を求める方法



JEITA

測定誤差要因と測定範囲 （9．4項）

測定誤差要因

・測定装置の動作クロック周波数による測定分解能
　ASI／SPI変換クロック、IFFTサンプリングクロック

・GPSを使用する場合の誤差要因
　1pps信号

・測定装置固有の遅延時間

測定範囲

・使用する基準信号で制限され、そのまま測定限界となる
　フレーム同期信号、フレーム同期識別信号、1pps信号

JEITA

9章と付録Bの関係

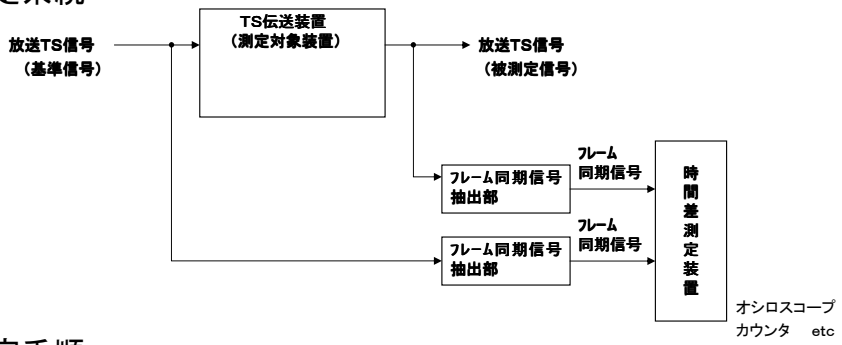
本文（9章）の測定方法の内容に関し、現時点において確立した測定器等が存在しておらず、その実現に向けての具体的測定方法案については付録（B章）として取り扱う。

	基準信号	被測定信号	本文 （9章）	付録 （B章）
1	放送TS信号	放送TS信号	9．3．3．1	付録B.1
2	放送TS信号	OFDM信号	9．3．3．2	付録B.2
3	OFDM信号	OFDM信号	9．3．3．3	付録B.3、B.4
4	フレーム同期信号	放送TS信号	9．3．3．4	付録B.5
5	フレーム同期信号	OFDM信号	9．3．3．5	付録B.6
6	1pps信号	放送TS信号	9．3．3．6	付録B.7
7	1pps信号	OFDM信号	9．3．3．7	付録B.8、B.9、B.10

JEITA

放送TS信号の遅延時間測定方法 （B.1）

測定系統



測定手順

1）各放送TS信号からフレーム同期信号抽出部にてフレーム同期信号を抽出
2）各フレーム同期信号の時間差を遅延時間として測定する

JEITA

放送TS信号の遅延時間測定方法 （B.1）

放送TS信号フレーム同期信号の抽出（例）

例1-1　IIPにおけるIIP_packet_Pointerの値より次の多重フレーム先頭TSPを検出し、フレーム同期信号先頭位置とする。

例1-2　ISDB-T_informationにおける、Byte0、bit0のframe_indicatorの‘0’‘1’の変化タイミングをフレーム同期信号の先頭位置とする。

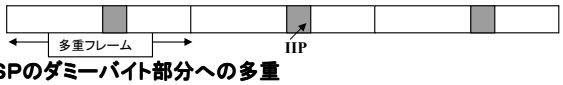
例1-3　Byte2、bit4-0とByte3、bit7-0のTSP_counterの12ﾋﾞｯﾄの値が000hとなるタイミング期間を、フレーム同期信号とみなす。

（例1-2および例1-3については放送TS信号とフレーム同期信号のタイミング関係において必要に応じて補正を行う。）

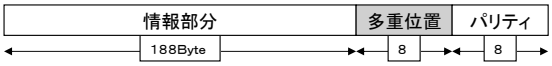
JEITA

送信制御情報の放送TS信号への重畳

TSP化して無層階層TSP（IIP ISDB－T Information Packet）として多重



各TSPのダミーバイト部分への多重



	伝送項目	説明	多重位置	
			ダミーバイト	無効階層
1	TMCC識別	00：BSデジタル 10：地上デジタルTV 11：地上デジタル音声	○	
2	バッファリセットフラグ	同期化装置バッファリセット制御	○	
3	緊急放送用起動制御	緊急警報放送実施期間の指定	○	○
4	TMCC変更先頭パケットフラグ	変更の先頭パケットの指定	○	
5	フレーム先頭パケットフラグ	多重フレームの先頭パケットの指定	○	
6	フレーム同期識別	偶数、奇数フレーム期間の指定	○	○
7	TSP毎の階層情報	A，B，C、NULLの階層区別 IIPパケット、ACパケット指示	○	
8	伝送パラメータ切替指標		○	○
9	TSPカウンタ	多重フレームの先頭パケットを0とし パケットの順番でインクリメント	○	
10	TMCC（mode、GI含む）	TMCCおよび変調器制御情報		○
11	放送ネットワーク制御情報	SFN時の遅延等の制御情報		オプション
12	AC信号	ACで送出する情報	オプション	オプション

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

IIP（ISDB－T_information_packet） シンタックス

データ構造	ビット数	ビット列表記
ISDB-T_information_packet(){	8	bslbf
TSP_header{	1	bslbf
sync_byte	1	bslbf
transport_error_indicator	1	bslbf
payload_unit_start_indicator	13	uimsbf
transport_priority	2	bslbf
PID	2	bslbf
transport_scrambling_control	4	uimsbf
adaptation_field_control	16	uimsbf
continuity_counter	160	bslbf
}	8	uimsbf
payload{	8	uimsbf
IIP_packet_pointer	8	uimsbf
modulation_control_configulation_information( )	8	bslbf
IIP_branch_number		
last_IIP_branch_number		
network_synchronization_information_length		
network_synchronization_information( )		
for(i=0;i<(159- network_synchronization_information _length);i++){		
stuffing_byte(0xFF)		
}		
}		
}		

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

IIP（ISDB－T_information_packet） シンタックス

シンタックス	説　　明
sync_byte	TSP 同期バイト。0x47(‘0100 0111’)。
transport_error_indicator	使用しない。常に ‘0’ とする。
payload_unit_start_indicator	常に ‘1’ とする。
transport_priority	使用しない。常に ‘0’ とする。
PID	事業者定義とする。但し、地上デジタルテレビジョン放送用として同一PIDを使用する。
transport_scrambling_control	使用しない。常に ‘00’ とする。
adaptation_field_control	常に、‘01’（ペイロードのみ）とする。
continuity_counter	ISO/IEC13818-1の規定どおりに使用する。
IIP_packet_pointer	ISDB-T_Information_Packetの多重フレーム内での多重位置から次の多重フレーム先頭までのパケット数を表わす。値は、多重フレームの最後のTSPを0とし、ISDB-T_Information_Packetの多重位置から次の多重フレームの先頭に向かってTSP単位で数えた値とする。
IIP_branch_number	当該IIPの枝番号を表す。network_synchronization_informationが159バイト以内に収まらないときのために、network_ ynchronization_informationは複数パケット（サブIIPパケット）に跨らせることができる。IIPパケット毎にこの枝番号（サブIIPパケット）を巡回させる。サブIIPパケット中の最初にあらわれるパケットのIIP_branch_numberは、0x00である。
last_IIP_branch_number	サブIIPパケットの最後のIIP_branch_numberを表す。すなわち、サブIIPパケットが1パケットのみで構成されるとき（network_synchronization_informationが159バイト以内に収まるとき）は、0x00を指定し、サブIIPパケットが2パケットで構成されるときは0x01を指定する。
network_synchronization_ information_length	後続のnetwork_synchronization_informationの長さをバイト単位で指定する。この長さは必ず159以下の値とする。

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

ISDB－T_information　シンタックス

データ構造	ビット数	ビット列表記
ISDB-T_information(){		
TMCC_identifier	2	bslbf
reserved	1	bslbf
buffer_reset_control_flag	1	bslbf
switch-on_control_flag_for_emergency_broadcasting	1	bslbf
initialization_timing_head_packet_flag	1	bslbf
frame_head_packet_flag	1	bslbf
frame_indicator	1	bslbf
layer_indicator	4	bslbf
count_down_index	4	bslbf
AC_data_invalid_flag	1	bslbf
AC_data_effective_bytes	2	bslbf
TSP_counter	13	bslbf
if(AC_data_invalid_flag==1)		
stuffing_bit	32	bslbf
else{		
AC_data	32	bslbf
}		
}		

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

ISDB－T_information　シンタックス

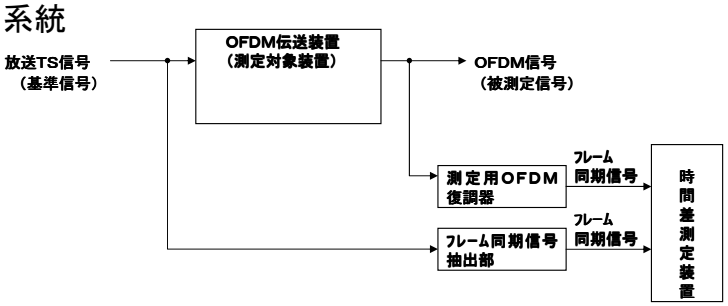
Byte	bit	シンタックス	説明
0	7	TMCC identifier （TMCC識別）	= 1 = 0　地上デジタルTVを識別
	6		
	5	reserved（リザーブ）	'1'とする。
	4	buffer_reset_control_flag （バッファリセットフラグ）	同期化装置バッファリセット制御信号。 バッファリセットを行なう時は'1'。 通常は'0'。
	3	switch-on_control_flag_for_emergency_broadcasting （緊急放送用起動制御）	緊急警報放送における受信機起動制御信号。 緊急警報放送実施期間は'1'。 通常は'0'。
	2	initialization_timing_head_packet_flag （変更指示）	変更の先頭パケットで'1'となる。通常は'0'。 （伝送パラメータ切り替え指標をカウントダウンし'1111'に戻ったフレームの先頭パケットで'1'）
	1	frame_head_packet_flag （フレーム先頭フラグ）	多重フレームの先頭を識別。 偶数、奇数フレームにならず、多重フレーム先頭のパケットで'1'、それ以外で'0'。
	0	frame_indicator （フレーム同期識別）	OFDMフレームの偶数フレーム(w0)期間中は　'0' OFDMフレームの奇数フレーム(w1)期間中は　'1'。
1	7-4	layer_indicator （TSP毎の階層情報）	当該TSPが伝送される階層などを示す。 '0000'：A階層、B階層、C階層の何れでも伝送されないNull-TSP '0001'：A階層で伝送されるTSP '0010'：B階層で伝送されるTSP '0011'：C階層で伝送されるTSP '0100'：A階層、B階層、C階層の何れでも伝送されないが、ACデータを伝送するTSP '0101'～'0111'：事業者が独自のデータを多重するTSP '1000'：A階層、B階層、C階層の何れでも伝送されないが、IIPを伝送するTSP '1001'～'1111'：事業者が独自のデータを多重するTSP
	3-0	count_down_index （伝送パラメータ切替指標）	TMCC情報に記述される伝送パラメータ切替指標。
2	7	AC_data_invalid_flag （ダミーバイト部分に多重するACデータフラグ）	ダミーバイト部分にACデータが付加されていない場合 '1' ダミーバイト部分にACデータが付加されている場合　'0'
	6-5	AC_data_effective_bytes（実際に放送波にて伝送するACデータのバイト数）	'00'：1Byte使用、 '01'：2Byte使用、 '10'：3Byte使用、 '11'：4Byte使用（ダミーバイト部分にACデータが付加されていない場合も含む） Byte4-7の中で、使用するByteの位置は事業者毎に指定する。
	4-0	TSP_counter （TSPカウンタ）	多重フレームの先頭パケットを0とし、パケットの順番で1ずつインクリメントするカウンタ。 NULL-TSPやIIP、ACデータを伝送するTSP等も含めてインクリメントする。
3	7-0		

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

放送TS信号とOFDM信号の遅延時間測定方法 （B.2）

測定系統



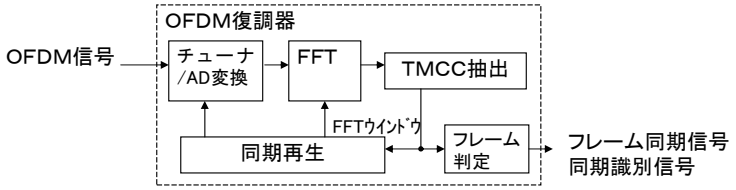
測定手順

1）放送TS信号からフレーム同期信号抽出部にてフレーム同期信号を抽出
2） OFDM信号から測定用OFDM復調器にてフレーム同期信号を抽出
3） 各フレーム同期信号の時間差を遅延時間として測定する

JEITA

放送TS信号とOFDM信号の遅延時間測定方法 （B.2）

OFDM信号フレーム同期信号の抽出（例）

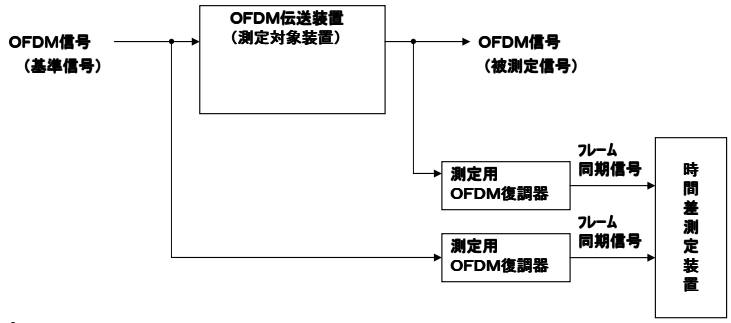


OFDM復調（FFT処理）を行いTMCC信号を抽出する。
TMCC信号の同期部（B1～B16：w0、w1）を検出し、変化タイミングより
フレーム同期信号を生成する。
w0とw1から奇数／偶数フレームを検出し、同期識別信号を出力する。

JEITA

OFDM信号の遅延時間測定方法 （B.3）

測定系統



測定手順

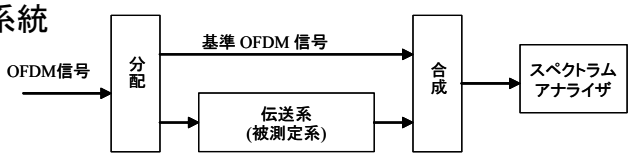
1）各OFDM信号から測定用OFDM復調器にてフレーム同期信号を抽出
2）各フレーム同期信号の時間差を遅延時間として測定する

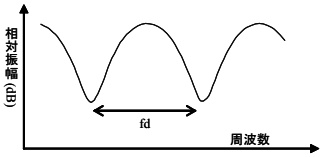
JEITA

OFDM信号の直接測定法による遅延時間測定方法 （B.4）

スペクトラムアナライザ法

測定系統





合成信号の振幅周波数特性

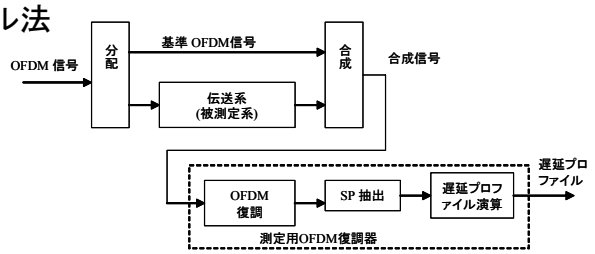
周波数間隔fd（MHz）の逆数＝遅延時間td（μsec）

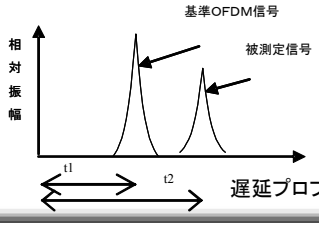
JEITA

OFDM信号の直接測定法による遅延時間測定方法 （B.4）

遅延プロファイル法

測定系統





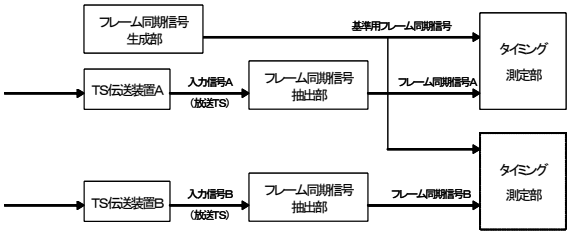
遅延時間差　t2－t1

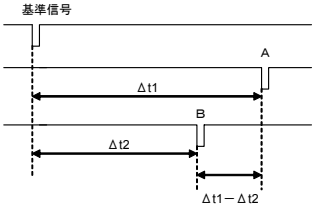
遅延プロファイル特性

JEITA

フレーム同期信号と放送TS信号の遅延時間測定方法 （B.5）

測定系統





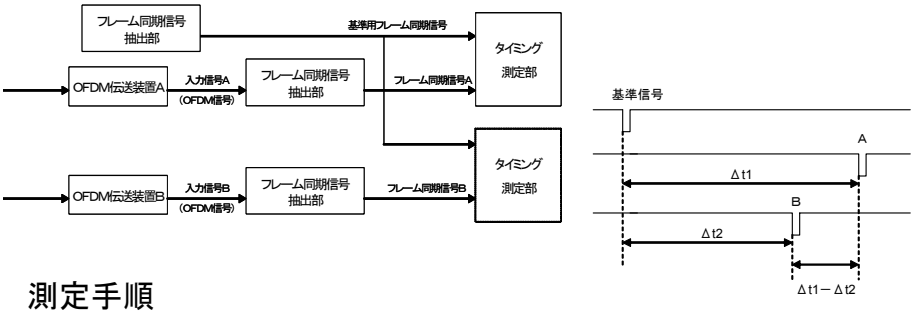
測定手順

基準用フレーム同期信号と各放送TS信号から抽出したフレーム同期信号との遅延量差Δt1、Δt2を求め、Δt1－Δt2を算出することにより相対的な遅延量を求める

JEITA

フレーム同期信号とOFDM信号の遅延時間測定方法 （B.6）

測定系統



測定手順

基準用フレーム同期信号と各OFDM信号から抽出したフレーム同期信号との遅延量差Δt1、Δt2を求め、Δt1－Δt2を算出することにより相対的な遅延量を求める

JEITA

1pps信号と放送TS信号の遅延時間測定方法 （B.7）

測定手順

演奏所

GPSの1pps信号を用いて送信時刻（STS：synchronization_time_stamp）を測定する。 Δt1

放送TS中のIIPに、送信時刻（STS）を含む遅延時間情報を多重して送信所に伝送する。

測定点（送信所）

TS分離部でSTS情報とフレーム同期信号の抽出を行う。

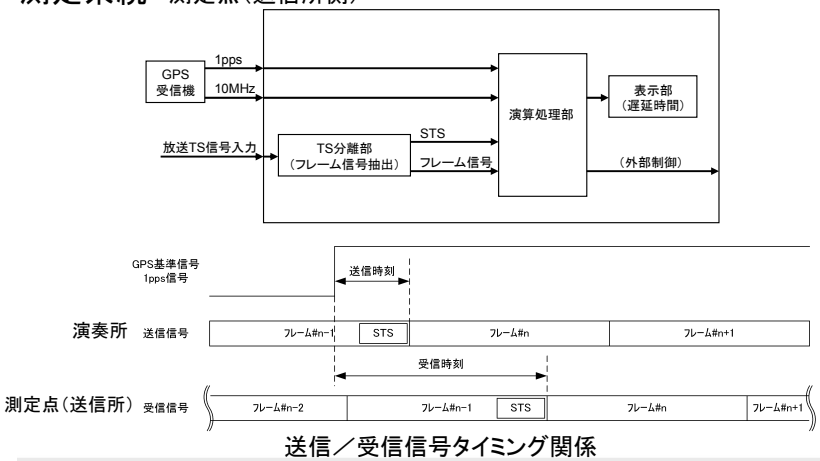
GPSの1pps信号に対するフレーム同期信号の時間差を測定する。Δt2

演奏所から測定点までの遅延時間 Δt2－Δt1

JEITA

1pps信号と放送TS信号の遅延時間測定方法 （B.7）

測定系統 測定点（送信所側）



送信／受信信号タイミング関係

JEITA

NSI(network_synchronization_information)シンタックス

データ構造	ビット数	ビット列表記
network_synchronization_information(){	8	uimsbf
synchronization_id	24	bslbf
if(synchronization_id==0x00){	24	bslbf
SFN_ synchronization_information{	8	uimsbf
SFN_ synchronization_information_header{	12	uimsbf
synchronization_time_stamp	1	bslbf
maximum_delay	1	bslbf
}	1	bslbf
equipment_loop_length	1	bslbf
for(i=0;i<equipment_loop_length/5;i++){	24	bslbf
equipment_control_information{	32	rpchof
equipment_id	8	bslbf
renewal_flag		
static_delay_flag		
reserved_future_use		
time_offset_polarity		
time_offset		
}		
}		
}		
CRC_32		
}		

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

NSI(network_synchronization_information)シンタックス

シンタックス	説　明
synchronization_id	0x00:　　当該方式。SFN_synchronizaion_informationが付加される。 0x01～0xFE:将来の拡張用 0xFF:SFN_synchronizaion_informationは付加されない。
SFN _synchronization_information	SFN網における遅延時間の制御を含めた同期制御情報
synchronization_time_stamp	基準時刻との時間差。 10MHzの周期を単位として表現される(100ns単位)。 次のtmcc_synchronization_wordが'0'である多重フレームの先頭(開始時刻)が、送信所への回線の送出出力(例:STLへの出力)においてGPS等の時刻基準から取得される直近の1pps信号に対して遅延している時間を示す。
maximum_delay	最大遅延時間。送信所への回線の送出出力(例:STLへの出力)時刻に対して、SFN網における各送信所の送信アンテナから放送波を発射するまでの時間間隔。※注1。 10MHzの周期を単位として表現される(100ns単位)。 なお、この値には1秒未満の値[0(0x000000)～9999999(0x98967F)の範囲]を設定する。
equipment_loop_length	後続のequipment_loop全体の長さを表わす。 byte単位で表現する。
equipment_control _information	各送信所ごとに、遅延時間の調整量や固定遅延値を個別に制御するための情報。
equipment_id	equipment_control_informationによって制御する各送信所を指定する。

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

NSI(network_synchronization_information)シンタックス

シンタックス	説　明
renewal_flag	更新フラグ。 static_delay_flag,time_offset_polarity,time_offsetの値を更新する場合に、更新するequipment_idのequipment_control_information内の当フィールドを更新する。また、maximum_delay値の更新時には、全てのequipment_control_information(全てのequipmentループ)内の当フィールドを更新する。 なお、当フィールドは、'1'と'0'をトグルで更新する。
static_delay_flag	固定遅延フラグ。SFNの遅延制御はGPS等の基準時刻から遅延時間を調整する場合と、基準時刻を用いないで送信所に固有・固定の遅延時間を割り当てる場合が考えられる。 固定遅延フラグは後者の制御を行なう場合に"1"とする。このとき、制御情報はtime_offsetのみが有効であり、この値のみを遅延制御に使用する。
reserved_future_use	将来の拡張用bit。'1'とする。
time_offset_polarity	後続のtime_offsetの極性。正値の場合は'0'を指定し、負値の場合は'1'を指定する。 static_delay_flag='1'の場合は必ず'0'を指定する。
time_offset	10MHzの周期を単位として表現される(100ns単位)。 このフィールドの意味は、static_delay_flagの値によって変わる。 [static_delay_flag= '0' のとき] maximum_delayに対する各放送所における遅延時間の調整量を示す※注1。この値は、time_offset_polarityで示される極性と併せて、－1秒 < time_offset < 1秒 (当該フィールドの指定値としては、[0(0x000000)～9999999(0x98967F)])の範囲内で指定する。 [static_delay_flag= '1' のとき] 基準時刻を用いないで放送所に固有・固定の遅延時間を設定する場合の遅延時間を示す注1。この値は、1秒未満 [0(0x000000)～9999999(0x98967F)]の範囲内で指定する。

ARIB STD－B31付属資料より

JEITA

1pps信号とOFDM信号の遅延時間測定方法 （B.8）

測定手順

演奏所

GPSの1pps信号を用いて送信時刻（STS：synchronization_time_stamp）を測定する。 Δt1

放送TS中のACデータ領域に、送信時刻（STS）を含む遅延時間情報を多重して送信所に伝送する。

測定点（送信所）

OFDM変調器にてACキャリア部に変調する。

OFDM変調波を復調し、ACデータ領域TS分離部でSTS情報とフレーム同期信号の抽出を行う。

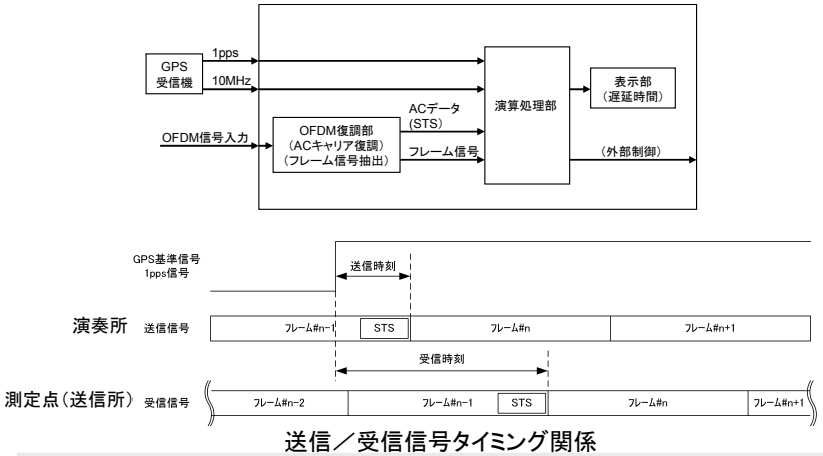
GPSの1pps信号に対するフレーム同期信号の時間差を測定する。Δt2

演奏所から測定点までの遅延時間 Δt2－Δt1

JEITA

1pps信号とOFDM信号の遅延時間測定方法 （B.8）

測定系統 測定点（送信所側）



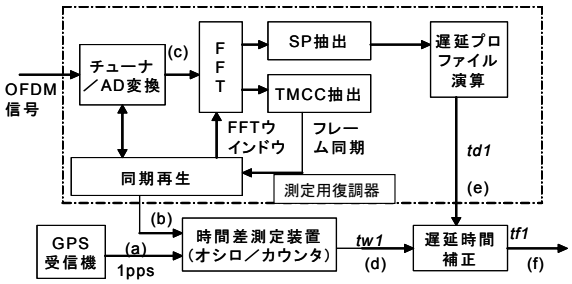
送信／受信信号タイミング関係

JEITA

FFTウィンドウタイミングを遅延プロファイルで補正する方法（B.9）

基準信号に対するOFDM送信出力のフレーム先頭の遅延時間差を測定する

測定系統



(a) 時刻基準信号、(b) OFDMフレーム先頭シンボルのFFTウインドウタイミング、
(c) FFT入力信号、(d) (a)と(b)の時間差データ、(e) (b)と(c)の時間差データ、
(f) 遅延時間測定結果

JEITA

FFTウィンドウタイミングを遅延プロファイルで補正する方法（B.9）

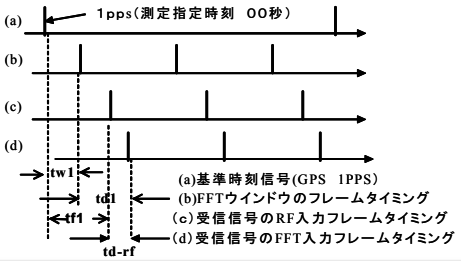
測定手順

1）1ppsと 測定用復調器のOFDMフレーム先頭シンボルのFFTウインドウタイミングの時間差tw1を測定

2）測定用復調器の遅延プロファイル演算機能を用いてFFTウインドウ先頭と有効シンボル先頭の時間差td1を算出

3）tw1、td1、チューナ遅延時間td-rf、ｶﾞｰﾄﾞｲﾝﾀｰﾊﾞﾙTgより遅延時間tf1を算出

$$tf1 = tw1 + td1 - td\text{-}rf + Tg$$

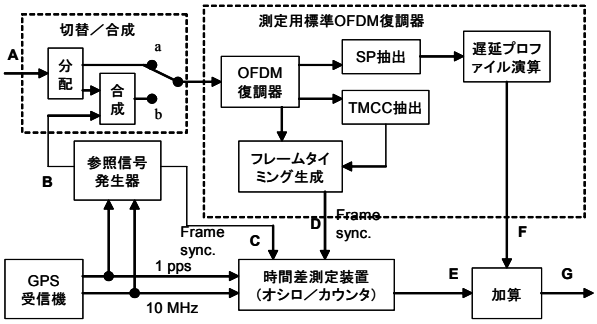


JEITA

参照信号との比較を行う方法 （B.10）

基準信号に対するOFDM送信出力のフレーム先頭の遅延時間差を測定する

測定系統



A：被測定OFDM信号、 B:参照OFDM信号、 C：参照信号のフレーム同期信号、
D：復調OFDM信号のフレーム同期信号、 E：1ppsとCまたはDの時間差、
F：AとBの遅延時間差、 G：遅延時間測定結果

JEITA

参照信号との比較を行う方法 （B.10）

測定手順

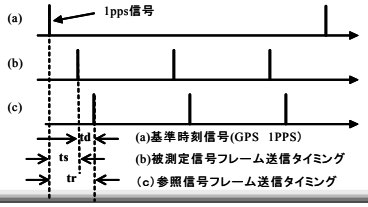
(a) ステップ1：概略遅延時間測定

- 参照信号のフレーム同期信号と被測定OFDMの同期信号がガードインターバル長以内となるように、参照信号の発生タイミングを調整
- 調整後、1ppsと 参照信号のOFDMフレーム同期信号の時間差を測定 tr

(b) ステップ2：精密遅延時間測定

- 被測定OFDM信号と参照用OFDM信号の合成信号を入力
- 遅延プロファイル演算機能を用いて、相対遅延時間差を測定 td
- 1ppsを基準とした被測定OFDM信号のフレーム同期の遅延時間tsを算出

遅延時間 ts = td- tr



JEITA

「地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法」

3. 信号品質を規定するパラメータに関する定義および測定方法について

送信ネットワーク測定法WG
TG3サブリーダ
後藤　剛秀（アンリツ株式会社）

JEITA

等価ノイズ劣化（END）測定方法（TG3）の活動

構成員

リーダ	日立国際電気
サブリーダ	アンリツ
メンバー	ＮＨＫアイテック、アドバンテスト、日本通信機、三菱電機

JEITA

ハンドブックの記載内容（付録Aにて）

- 定義および測定
  - 等化ノイズ劣化（END）、等価C／N、変調誤差比（MER）の定義・関係
  - 基本測定法と注意点
- 測定帯域幅について
  - OFDM波のレベル測定に対する考え方
  - 信号電力・雑音電力の測定
  - ETSI（DVB－T）の例

JEITA

信号品質を規定するパラメータ

- デジタル放送における信号品質
  - 正常に復調可能かどうか
    - 誤り率（ビタビ訂正後で2×10^{-4}をしきい値）
  - 送信ネットワークの評価
    - ネットワークではエラーフリーがほとんど
    - アナログ的評価（感覚的）のパラメータの導入
      - END，等価CN，MER
    - マージンの把握

信号品質を規定するパラメータを整理

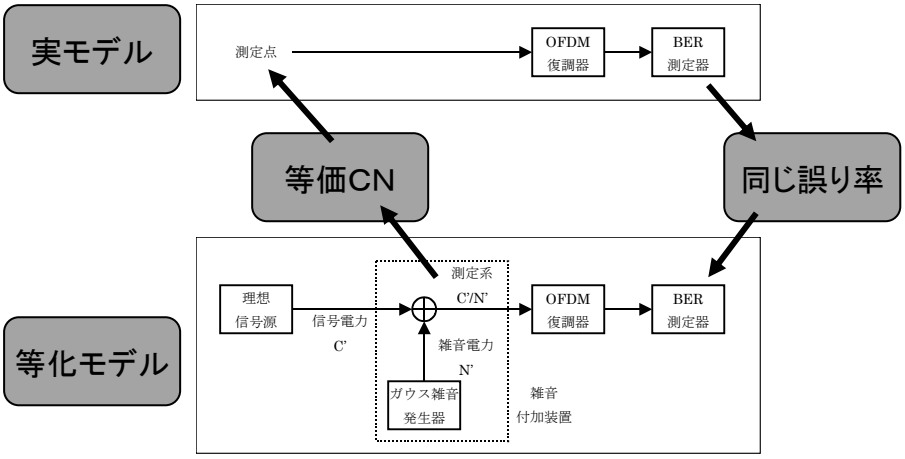
JEITA

等価C／Nとは？

- ネットワークや各機器で発生する品質劣化要因をガウス雑音に換算したもの
- 同じ誤り率が得られるガウス雑音印加時のC／Nを等価C／Nと定義
- 変調パラメータに依存せず、同一基準で評価できる
- 品質劣化要因に依存せず、同一基準で評価できる

JEITA

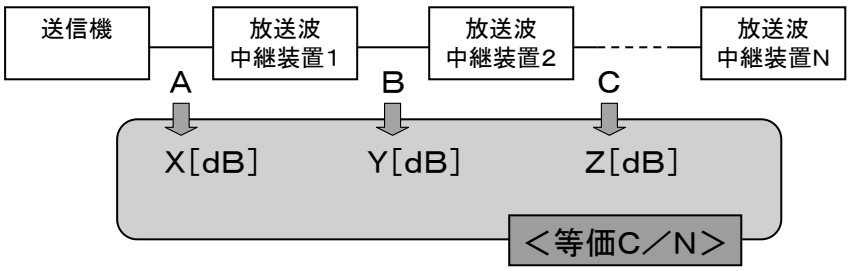
等価C／Nとは？



JEITA

等価C／Nによるネットワーク評価

- 測定点
  - 等価C／Nを求める



JEITA

等価C／Nを求めるには？

- 誤りが発生しない場合、等価C／Nの大小は不明
  （最低〇dB以上あるということだけ分かる）

等価C／Nを求めるためのパラメータ＝END

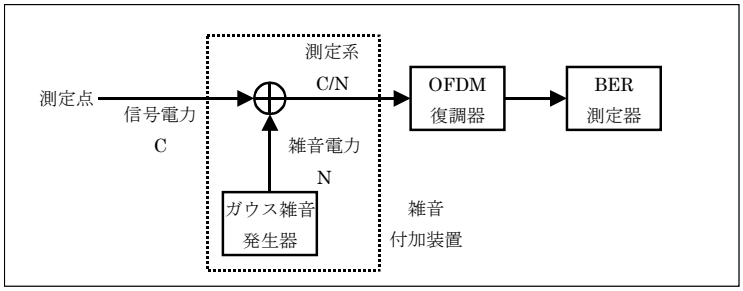
- ある誤り率（ビタビ訂正後で2×10^{-4}）になるまでガウス雑音を印加
- 印加した信号対ガウス雑音比と理論値との差をENDとする

JEITA

等価C／Nを求めるには？

- ある誤り率（ビタビ訂正後で2×10⁻⁴）になるようにガウス雑音を印加
- 測定されたENDから等価C／Nを計算

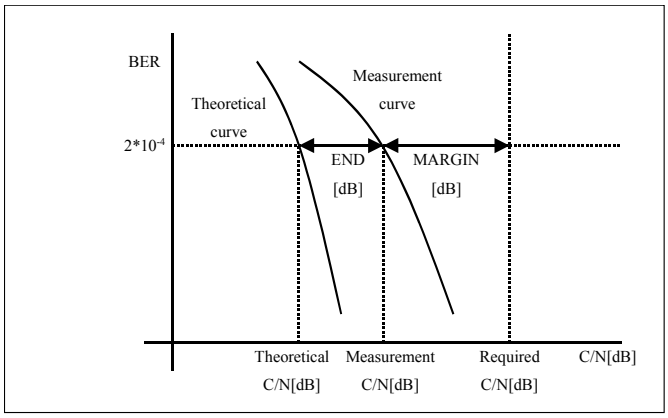
$$CN_{equ} = -10\log_{10}\{10^{\wedge}(-CN_{theo}/10) - 10^{\wedge}(-(CN_{theo} + END)/10)\}$$



JEITA

等価C／Nを求めるには？

- ENDの定義



JEITA

測定の注意点

- 高い等価C／Nを求めるほど、ENDの測定確度が高く求められる

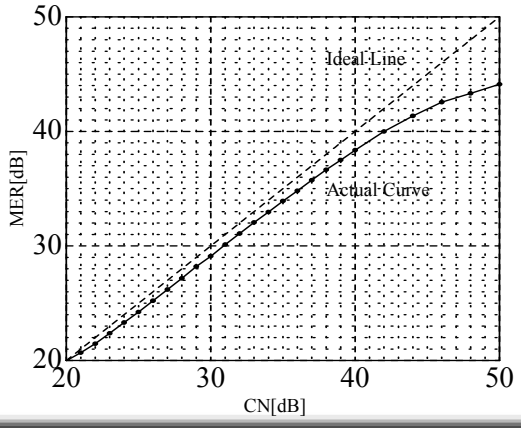
表 A-2　64QAM 変調、畳み込み符号化率 3/4 の場合※

測定信号 等価 C／N［dB］	END［dB］ （20.1dB 基準）	測定系 C／N［dB］
22	4.60	24.61
24	2.36	22.37
26	1.38	21.39
28	0.86	20.87
30	0.56	20.57
32	0.38	20.39
34	0.27	20.28
36	0.20	20.21
38	0.16	20.17
40	0.13	20.14

JEITA

MERによる方法

- ガウス雑音とMERとの関係（一例）



JEITA

その他

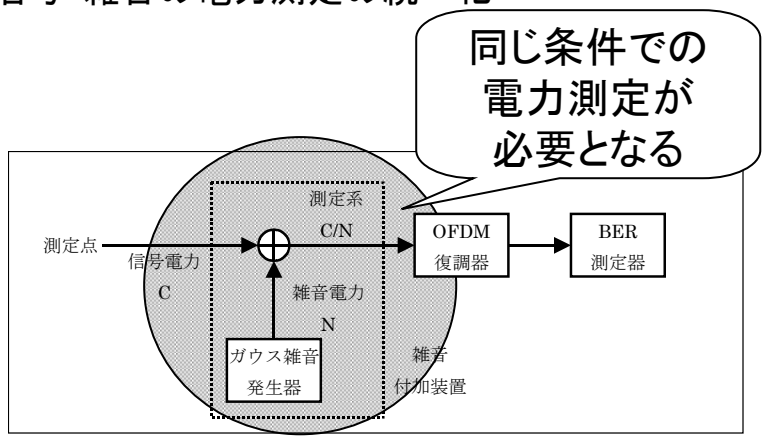
- パラメータを求める要素
  - 基本測定モデル
  - 測定帯域幅の統一化

測定への理解／共通化

JEITA

測定帯域幅の共通化

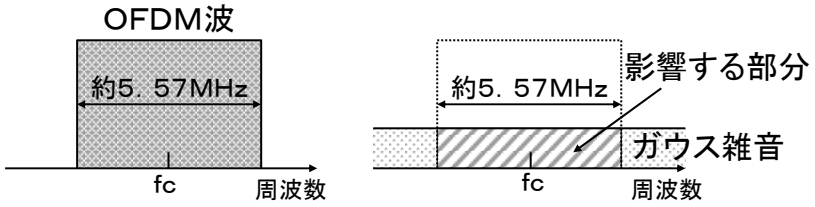
- 信号･雑音の電力測定の統一化



JEITA

測定帯域幅の共通化

- OFDM波はある一定以上の帯域幅では電力はほぼ一定
- ガウス雑音は帯域幅によって電力値が異なる



測定帯域幅を5．6MHzに一本化

JEITA

「地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法」

4. 放送波中継局における信号品質改善装置と測定方法について

送信ネットワーク測定法WG
TG4リーダ
間瀬　豊治（日本無線株式会社）

JEITA

放送波中継局における信号品質改善装置と測定方法（TG4）の活動

構成員

リーダ	日本無線
サブリーダ	日本放送協会
メンバ	東京放送、日本放送協会、東芝、日本電気、松下電器産業、日立国際電気、三菱電機、NHKアイテック、アンリツ、電気興業、日立電線

JEITA

適用範囲

- 適用範囲
  - 放送波中継局における信号品質改善装置の種類、定義、および、その測定方法に関する情報を提供する

JEITA

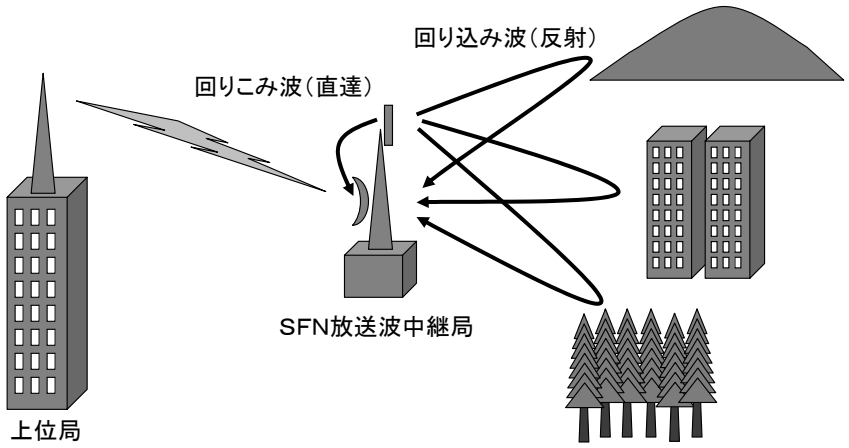
信号品質改善装置（補償器）の種類

補償器の種類	機能
回り込みキャンセラー	SFN局における送受アンテナ間の結合により生じる送信信号の劣化を補償し、中継装置の等価C／Nを改善し、あるいは、発振を防止する
ダイバーシティ受信装置	マルチパスやフェージングによる受信信号の品質劣化を補償する
同一チャンネル干渉除去装置	同一チャンネルの干渉波による受信信号の品質劣化を補償する
C／Nリセット装置	多段中継などに起因する受信信号の品質劣化を補償する

等化判定装置はダイバーシティ受信装置の1ブランチ入力機器として扱い、
ダイバーシティ受信装置測定方法のうちの必要な測定項目を適用する

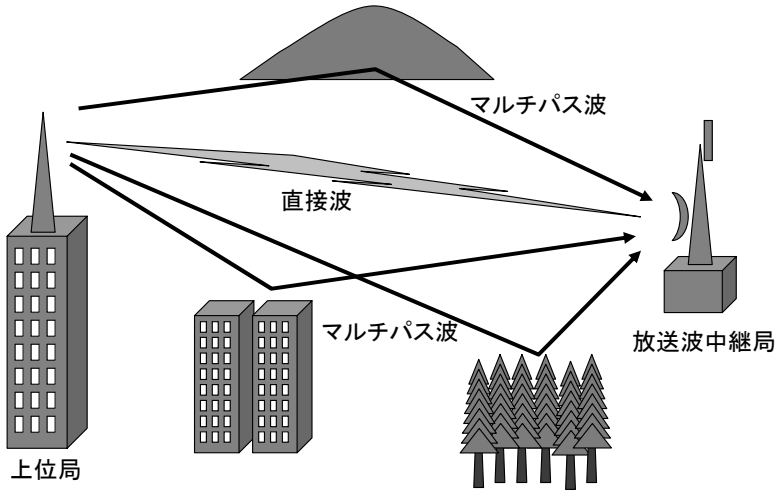
JEITA

回り込みによる品質劣化



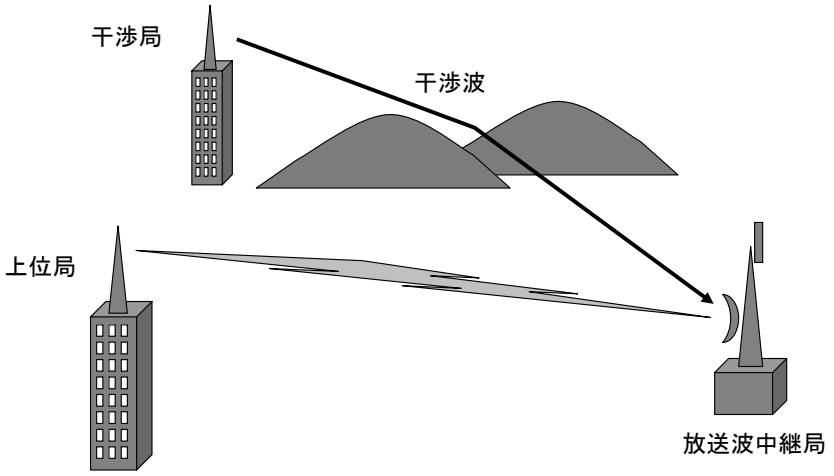
JEITA

マルチパス、フェージングによる品質劣化



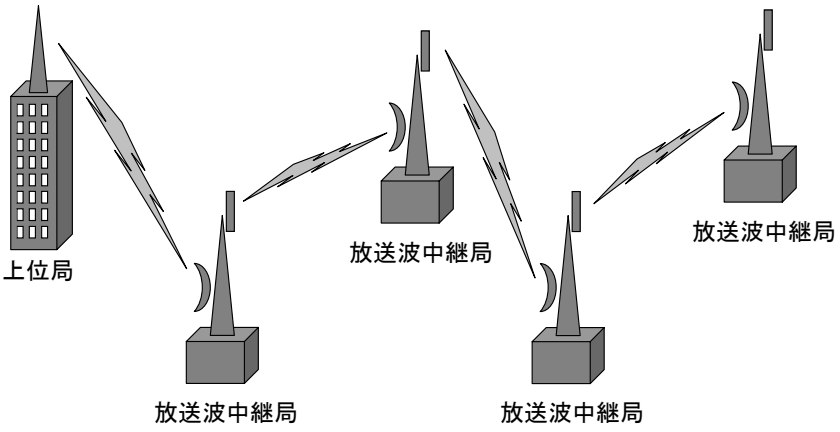
JEITA

同一チャンネル干渉波による品質劣化



JEITA

多段中継などに起因する品質劣化



JEITA

１０章と付録Cの関係

本文（１０章）の測定方法は、補償器によって補償すべき状態を模擬する系をRF帯、IF帯のどちらで構成するかが異なっている。

RF帯で系を構成している補償器であっても、IF帯で系を構成することが可能であり、その逆もまた、可能である。
本文で規定していない系を付録（C.１章）として取り扱う。

また、本文は上位局マルチパスを模擬する系も含まれているため、非常に多くの測定器を使用する必要がある。
使用する測定器の数を減らすために上位局マルチパスを模擬しない構成を簡易測定系統として付録（C.２章）にて取り扱う。

JEITA

補償器の測定系統

n系統のOFDM変調IF信号（中心周波数：37.15MHz）を入力し、1系統の出力を有する補償器の基本的な測定系統

JEITA

測定時の共通設定条件

(1) 補償器への入力レベル、および、補償器からの出力レベルは定格レベルに設定する。

(2) ノイズ帯域は5.6MHzとする。

(3) 測定器、測定系の校正を行う。

(4) 周波数の測定においては、測定器をルビジウム発振器、もしくは、それ以上の周波数精度を持つ発振器に同期させた上で、測定を行う。

JEITA

共通測定項目（入出力測定項目）

項目	測定項目	回り込みキャンセラー	ダイバーシティ受信装置	同一チャンネル干渉除去装置	C／Nリセット装置
入出力測定	入出力周波数	○	○	○	－ (入力側のみ)
	入出力信号レベル	○	○	○	－ (入力側のみ)
	入出力 インピーダンス	○	○	○	○ (入力側のみ)
	スペクトルマスク	○	○	○	－
	相互変調歪	○	○	○	－
	帯域外領域のスプリアス発射 及びスプリアス領域の不要発射	○	○	○	－
	占有周波数帯域幅	○	○	○	－

JEITA

共通測定項目（性能測定項目）

項目	測定項目	回り込みキャンセラー	ダイバーシティ受信装置	同一チャンネル干渉除去装置	C／Nリセット装置
性能測定	等価C／N特性(静特性・動特性)	○	○	○	－
	MER特性	○	○	○	－
	振幅周波数特性	○	○	○	－
	群遅延時間特性	○	○	○	－
	AGC特性	○	○	○	－
	同期性能(引き込み範囲・時間)	（○）	○	○	－
	IRF特性	○	○	○	*1

*1：C／Nリセット装置は、出力信号がTSであるため、他の補償器と異なる測定方法をとる必要がある。
C／Nリセット装置の測定方法は、個別測定方法で規定する。

JEITA

共通測定項目（その他）

項目	測定項目	回り込みキャンセラー	ダイバーシティ受信装置	同一チャンネル干渉除去装置	C／Nリセット装置
その他	遅延時間、入力ブランチ間遅延時間差	○	○	○	*1
	消費電力	○	○	○	○

*1：C／Nリセット装置は、出力信号がTSであるため、他の補償器と異なる測定方法をとる必要がある。
C／Nリセット装置の測定方法は、個別測定方法で規定する。

JEITA

入出力測定項目の測定に使用する測定器

項目	測定項目	入力側測定器	出力側測定器
入出力測定	入出力周波数	OFDM変調器	ISDB－T信号アナライザ、または、周波数カウンタ
	入出力信号レベル	OFDM変調器	電力計、または、スペクトラムアナライザ
	入出力インピーダンス	ネットワークアナライザ	
	スペクトルマスク	OFDM変調器	スペクトラムアナライザ
	相互変調歪	OFDM変調器	スペクトラムアナライザ
	帯域外領域のスプリアス発射及びスプリアス領域の不要発射	OFDM変調器	スペクトラムアナライザ
	占有周波数帯域幅	OFDM変調器	スペクトラムアナライザ

JEITA

性能測定項目の測定に使用する測定器

項目	測定項目	入力側測定器	出力側測定器
性能測定	等価C／N特性(静特性・動特性)	OFDM変調器 マルチパス・フェージングシミュレータ	雑音付加装置 OFDM復調器 BER測定器
	MER特性	OFDM変調器	ISDB－T信号アナライザ
	振幅周波数特性	OFDM変調器	スペクトラムアナライザ
	群遅延時間特性	ネットワークアナライザ	
	AGC特性	OFDM変調器	電力計、または、スペクトラムアナライザ
	同期性能(引き込み範囲・時間)	OFDM変調器	（同期検知モニタ）
	IRF特性	干渉波信号源、OFDM変調器 可変減衰器、合成器	雑音付加装置 OFDM復調器 BER測定器

JEITA

その他の共通測定項目の測定に使用する測定器

項目	測定項目	入力側測定器	出力側測定器
その他	遅延時間、 入力ブランチ間遅延時間差	OFDM変調器 分配器	減衰器、合成器 ISDB－T信号アナライザ
		IF遅延器	
	消費電力	OFDM変調器	終端器
		電源装置、電力計	

JEITA

回り込みキャンセラーの機能

受信信号を解析 （回り込み成分の遅延時間、振幅、位相を検出）
回り込み成分のレプリカを生成
レプリカを受信信号から差し引く （回り込み成分をキャンセル）
発振状態を検出した場合に送信波を一時的に停止 その後、再度送信を開始する
送信開始時に送信電力を徐々に増力 （必須機能ではない）

JEITA

回り込みキャンセラーの測定のポイント

- 測定系で模擬する状況
  - 上位局の出力Ｃ／Ｎ
  - 上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング、
    受信Ｃ／Ｎ
  - 回り込み波に対するマルチパス、フェージング

JEITA

回り込みキャンセラーの測定に使用する測定器

- 模擬する状況と使用測定器

上位局の出力Ｃ／Ｎ	雑音付加装置
上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング	マルチパス・フェージングシミュレータ
受信Ｃ／Ｎ	雑音付加装置
回り込み波に対するマルチパス、フェージング	マルチパス・フェージングシミュレータ

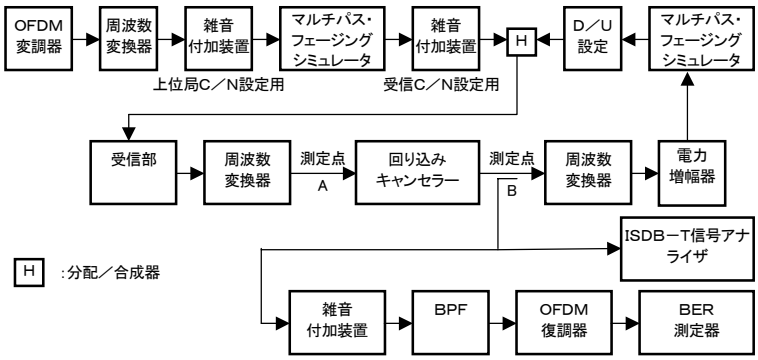
JEITA

回り込みキャンセラーの測定項目

	測定項目	備考
(1)	D／U対等価C／N D／U対等価C／N劣化量	BER法、MER法の2種
(2)	発振限界D／U	
(3)	回り込みキャンセル性能 ・BER特性 ・所要C／N ・MER	パラメータ ・回り込み波毎のD／U ・回り込み波毎の変動周波数 ・回り込み波毎の変動パターン

JEITA

回り込みキャンセラーの測定系例



JEITA

ダイバーシティ受信装置の機能（周波数領域処理タイプ）

受信OFDM信号をブランチ毎にFFT処理 （周波数領域信号のキャリアシンボルに変換）
OFDM信号のサブキャリア毎にブランチ間で合成
合成後の信号のC／Nが最も高くなるOFDM信号のサブキャリア毎の合成係数を生成 （最大比合成）
合成後のキャリアシンボルを判定
IFFT処理をして時間領域信号に変換
ガードインターバルを付加して出力

JEITA

ダイバーシティ受信装置の機能（時間領域処理タイプ）

受信OFDM信号をブランチ毎にFFT処理 （周波数領域信号のキャリアシンボルに変換）
合成後の信号のC／Nが最も高くなるOFDM信号のサブキャリア毎の合成係数を生成 （最大比合成）
合成係数をIFFT処理 （時間領域のタップ係数に変換）
タップ係数をトランスバーサルフィルタに設定 （各ブランチの受信OFDM信号に重み付け）
重み付け処理された各ブランチの受信OFDM信号を合成して出力

JEITA

ダイバーシティ受信装置の測定のポイント

- 測定系で模擬する状況
  - 上位局の出力Ｃ／Ｎ
  - 上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング、
    受信Ｃ／Ｎ

JEITA

ダイバーシティ受信装置の測定に使用する測定器

- 模擬する状況と使用測定器

上位局の出力Ｃ／Ｎ	雑音付加装置
上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング	マルチパス・フェージングシミュレータ
受信Ｃ／Ｎ	雑音付加装置

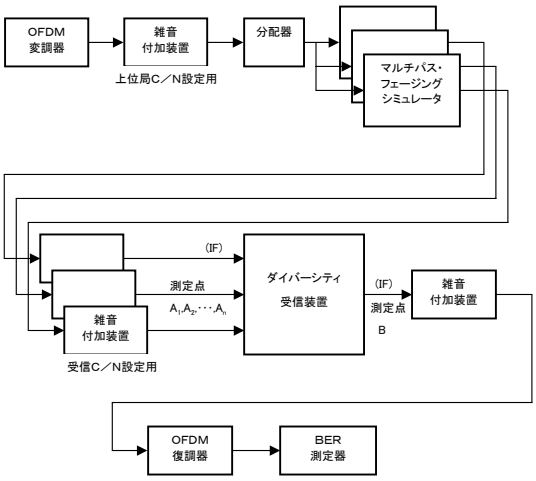
JEITA

ダイバーシティ受信装置の測定項目

	測定項目	備考
(1)	改善効果	BER法、MER法の2種 パラメータ ・パス数 ・変動パターン ・ドップラー周波数 ・位相 ・遅延時間 ・D／U

JEITA

ダイバーシティ受信装置の測定系例



JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の機能（周波数領域処理タイプ）

受信OFDM信号をFFT処理 （周波数領域信号のキャリアシンボルに変換）
OFDM信号のサブキャリア毎に各ブランチのキャリアシンボルを合成
合成後の信号の誤差が最も小さくなるように合成係数を生成（例、MMSE規範）
合成後のキャリアシンボルを判定
IFFT処理をして時間領域信号に変換
ガードインターバルを付加して出力

JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の機能（時間領域処理タイプ）

受信OFDM信号をFFT処理 （周波数領域信号のキャリアシンボルに変換）
OFDM信号のサブキャリア毎に各ブランチのキャリアシンボルを合成
合成後の信号の誤差が最も小さくなるように合成係数を生成（例、MMSE規範）
合成係数をIFFT （時間領域のタップ係数を求める。）
タップ係数をトランスバーサルフィルタに設定 （各ブランチの受信OFDM信号に重み付け）
重み付け処理された各ブランチの受信OFDM信号を合成して出力

JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の測定のポイント

- 測定系で模擬する状況
  - 上位局の出力Ｃ／Ｎ
  - 上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング、
    受信Ｃ／Ｎ
  - 干渉波数
  - 干渉波の到来角度

JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の測定に使用する測定器

- 模擬する状況と使用測定器

上位局の出力Ｃ／Ｎ	雑音付加装置
上位局からの受信波に対するマルチパス、フェージング	マルチパス・フェージングシミュレータ
受信Ｃ／Ｎ	雑音付加装置
干渉波数	合成器（干渉波合成数）
干渉波の到来角度	移相器（遅延線）

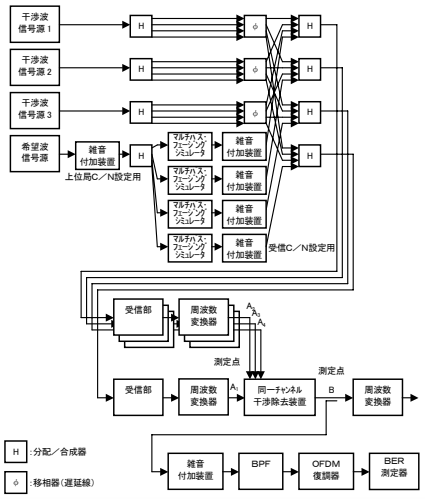
JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の測定項目

	測定項目	備考
(1)	D／U対等価C／N D／U対等価C／N劣化量	BER法、MER法の2種 パラメータ ・干渉波D／U ・干渉波の到来角度

JEITA

同一チャンネル干渉除去装置の測定系例



JEITA

C／Nリセット装置の機能

IF（37.15MHz）のOFDM変調信号を復調 （ISDB－T準拠のTSを出力）
OFDM変調信号のモード、ガードを自動識別
OFDM変調器にISDB－T準拠のTSを入力することで、C／Nリセット効果を得る
PRBS（擬似ランダム信号）で変調されたOFDM変調信号を復調しBERの測定信号を出力

JEITA

C／Nリセット装置の測定のポイント

- 測定系で模擬する状況
  - 受信C／N
  - マルチパス干渉
  - 回り込み干渉
  - アナログ放送信号干渉

JEITA

C／Nリセット装置の測定に使用する測定器

- 模擬する状況と使用測定器

受信C／N	雑音付加装置
マルチパス干渉	干渉信号付加装置 （マルチパス・フェージングシミュレータ）
回り込み干渉	干渉信号付加装置 （遅延線、合成器）
アナログ放送信号干渉	干渉信号付加装置 （アナログ放送信号発生器、合成器）

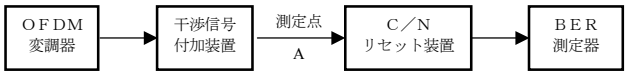
JEITA

C／Nリセット装置の測定項目

	測定項目	備考
(1)	ガウス雑音対BER特性	限界C／Nを測定
(2)	マルチパス干渉対BER特性	限界D／Uを測定
(3)	回り込み干渉対BER特性	
(4)	アナログ放送信号干渉対BER特性	
(5)	遅延時間	

JEITA

C／Nリセット装置の測定系例



JEITA

「地上デジタル放送の送信ネットワーク測定方法」

5. 放送波中継局およびフィールドにおける各種測定方法

送信ネットワーク測定法WG
TG5 リーダ
平田 哲郎（日本通信機株式会社）

JEITA

TG5の活動

- 構成員

リーダ　日本通信機

サブリーダ　アドバンテスト，アンリツ、パナソニックモバイルコミュニケーションズ

メンバ　NHK，NTV，TBS，東芝，池上通信機，日本電気，日本通信機，日本無線，NHKアイテック，松下電器産業，三菱電機，電気興業，八木アンテナ，日立電線

（合計17社）

JEITA

目的

- 放送ネットワークの維持管理 のための測定
  - ノードごとに区切って、その運用状態を把握・評価
  - 放送電波の受信状態の把握・評価

JEITA

適用範囲

- 放送波中継局（放送ネットワークの1ノード）
  - 前段から送信された放送波の受信品質の測定
  - 放送運用中の送信信号の測定
- フィールド
  - 放送電波の受信品質の測定

JEITA

留意点

- 放送波中継局における測定
  - 受信信号の測定 ： 受信放送波の状態を正確に把握
    ・・・中継用受信アンテナ出力端子での測定
    （測定の機会：中継局の設置時とメンテナンス時）
  - 送信信号の測定 ： 放送運用中の送信信号の把握
    ・・・出力モニタ端子での測定
    ＊受信した放送波の品質の影響を含む総合的特性
- フィールド測定
  - 固定受信と移動体受信を意識した測定。アンテナの形式など、測定に必要な条件については、本書の範囲外なので触れていない。

JEITA

測定項目と対象測定点（1）

項目	測定内容	対象測定点		
		受信アンテナ端子	入力モニタ端子	出力モニタ端子
1	信号電力	○	△	○
2	等価ノイズ劣化（END）	○	△	○
3	遅延プロファイル	○	△	-
4	同一チャンネル干渉波	○	△	-
5	BER	○	△	○

（注）○：重要項目、△：参考項目、－：測定不要と考えられる項目

JEITA

測定項目と対象測定点（2）

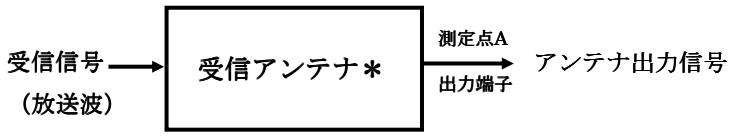
項目	測定内容	対象測定点		
		受信アンテナ端子	入力モニタ端子	出力モニタ端子
6	ＭＥＲ	○	△	○
7	帯域内振幅周波数特性	○	△	○
8	スペクトルマスク	－	△	○
9	スプリアス発射および不要発射	－	－	○
10	周波数偏差	○	△	○

（注）○：重要項目、△：参考項目、－：測定不要と考えられる項目

JEITA

測定系統（1）

・ 受信アンテナ出力での測定
（放送波中継局またはフィールドでの測定）

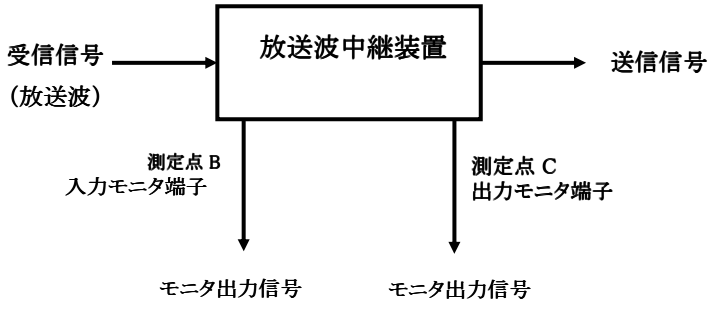


＊ 放送波中継局の場合　：中継用受信アンテナ
フィールド測定の場合：測定用の受信アンテナ
（本ハンドブックではアンテナの形式には言及しない）

JEITA

測定系統（2）

・ 放送波中継局での測定



JEITA

各測定項目

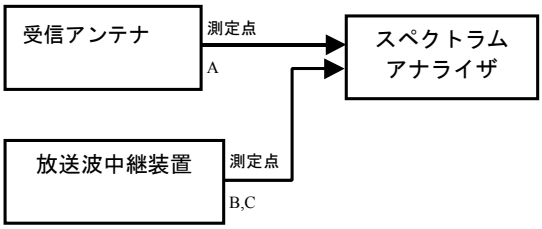
JEITA

信号電力（1）

目的:　放送中継局またはフィールドでの受信信号/送信信号の電力確認。

測定系統および測定方法:

・スペクトラムアナライザ



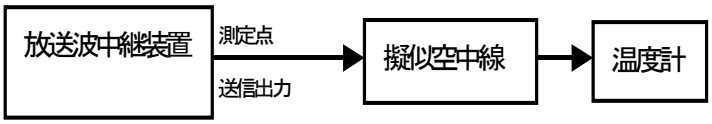
設定:　Span=10MHz,RBW=30kHz,VBW=300kHz
Detection Mode=Sample,BW=5.6MHz
チャンネル電力測定機能で測定

JEITA

信号電力（2）

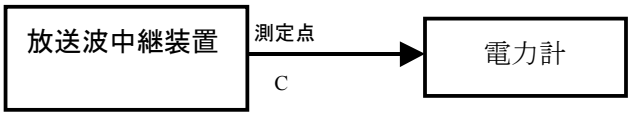
測定方法(つづき):

・擬似空中線（ダミーロード）の温度上昇から電力に換算（参考）



擬似空中線の温度上昇を測定して校正カーブから電力を算出する。

・電力計



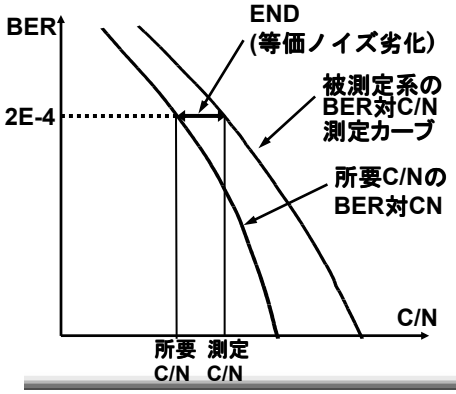
電力計指示値と校正値から電力を求める。

JEITA

等価ノイズ劣化（END）

■ 目的

放送波中継局、フィールドでの伝送路特性を評価



■ 等価ノイズ劣化(END)
Equivalent Noise Degradation

伝送路の信号品質劣化量を等化なガウス雑音に置き換えたもの

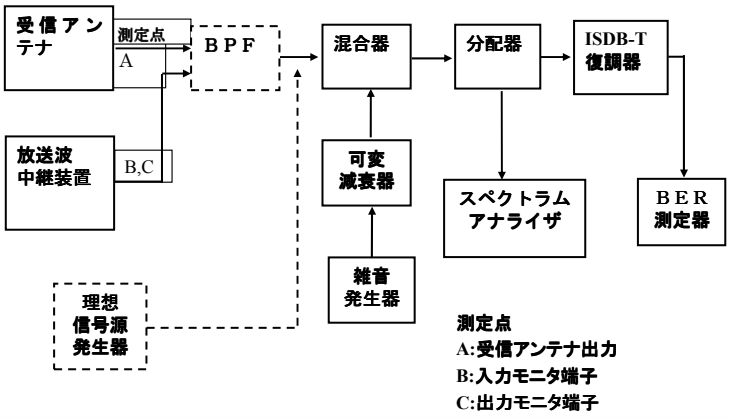
■ 等化C／N

等化ノイズ劣化量と等価な影響を与えるC／N

JEITA

END（2） 測定系統

■ 測定系統図



JEITA

END（3） ENDの測定方法

- 測定手順
  - (1) 測定信号の電力を測定
  - (2) ビタビ復号後でBER=2×10^{-4}となるように ガウス雑音を付加
  - (3) 雑音電力を測定してC/Nを求める
  - (4) (1)～(3)の手順で測定系のみのC/Nと 被測定系のC/Nを測定する
  - (5) 求めたC/Nから等価C/NとENDを計算

JEITA

END（4） ENDの測定方法

- 計算式

$$\text{等価C/N(dB)} = -10\log_{10}\left(10^{-\frac{\text{測定系のみのC/N}}{10}} - 10^{-\frac{\text{被測定系のC/N}}{10}}\right)$$

$$\text{END(dB)} = -10\log_{10}\left(10^{-\frac{\text{所要C/N}}{10}} - 10^{-\frac{\text{等価C/N}}{10}}\right) - \text{所要C/N}$$

- 中継装置自身の等価C/NとENDの測定

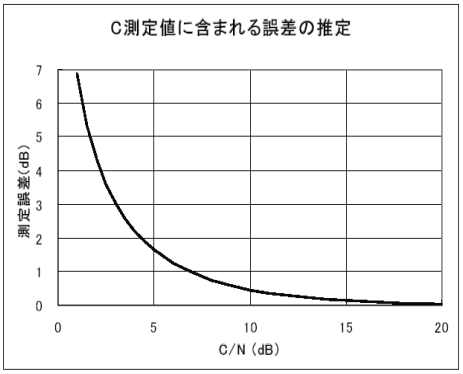
$$\text{等価C/N(dB)} = -10\log_{10}\left(10^{-\frac{\text{入力モニタ端子C/N}}{10}} - 10^{-\frac{\text{出力モニタ端子C/N}}{10}}\right)$$

$$\text{END(dB)} = -10\log_{10}\left(10^{-\frac{\text{所要C/N}}{10}} - 10^{-\frac{\text{等価C/N}}{10}}\right) - \text{所要C/N}$$

JEITA

END（5） C/N測定

- 不要成分による電力測定の誤差補正



- C/N真値=C真値-N真値

$$C真値 = 10\log_{10}\left(10^{\frac{C測定値}{10}} - 10^{\frac{N測定値}{10}}\right)$$

$$N真値 = 10\log_{10}\left(10^{\frac{N測定値}{10}} - 10^{\frac{測定器ノイズ}{10}}\right)$$

JEITA

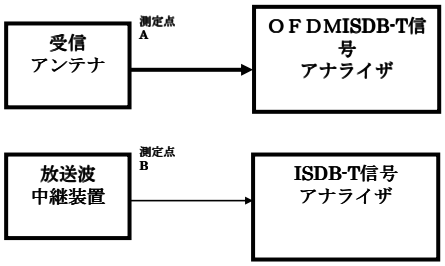
遅延プロファイル（1）

- 目的
  - 受信信号の電波伝搬特性の調査
  - 補償器の性能やシンボル間干渉などに影響し得る伝送信号の品質の評価

JEITA

遅延プロファイル（2）

測定系統



注）遅延プロファイルの測定原理については、「地上デジタル放送送信機測定方法ハンドブック」を参照

JEITA

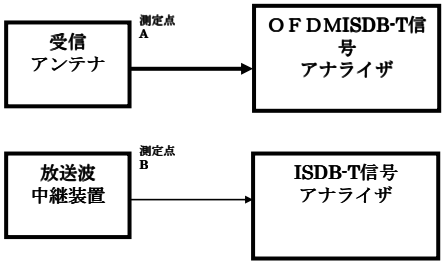
同一チャンネル干渉波（妨害波）（1）

- 目的
  - 伝送信号の受信特性に関わる品質の評価のため受信信号に含まれる干渉波（妨害波）の有無の検出またはD／Uの測定を行う

JEITA

同一チャンネル干渉波（妨害波）（2）

測定系統

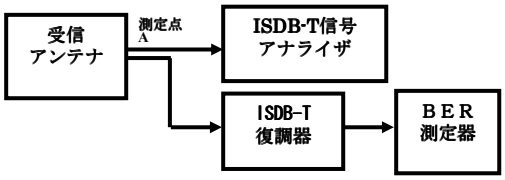


- 測定原理など
  - 付録D 参照

JEITA

BER

- 目的
  - 伝送信号の劣化の程度を評価
- 測定系統

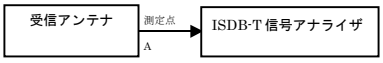


JEITA

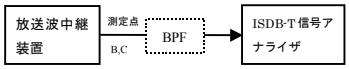
MER

目的:　放送中継局またはフィールドでの伝送信号に含まれる雑音、歪み等の影響を評価する。

測定系統:



放送中継局またはフィールドでの測定



放送波中継装置での測定

測定方法:

ISDB-T信号アナライザを用いて受信信号および送信信号のMERを測定する。

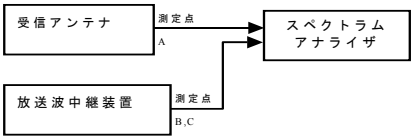
JEITA

帯域内振幅周波数特性（1）

目的:放送波中継局およびフィールドにおいて、受信特性に影響しうる伝送信号の品質評価のため、各放送CHの帯域内振幅周波数特性を測定する。

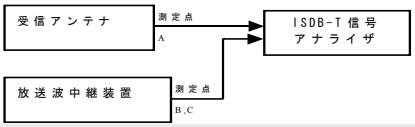
測定系統:

(a) スペクトラムアナライザを用いた測定



【測定点】
受信アンテナ出力端子A
入力モニタB、出力モニタC

(b) ISDB－T信号アナライザを用いた測定

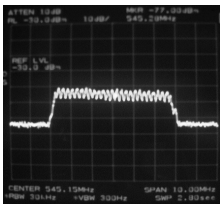


【測定点】
受信アンテナ出力端子A
入力モニタB、出力モニタC

JEITA

帯域内振幅周波数特性（2）

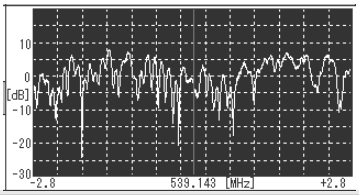
(a) スペクトラムアナライザを用いた測定



【測定条件】
SPAN ： 10 MHz　　RBW ： 30 kHz
VBW ： 300 kHz 以下
DETECTER ： SAMPLE

・RBWを考慮した測定が必要
・SFNによる複数波の合成に注意

(b) ISDB－T信号アナライザを用いた測定



【測定条件】
伝送モード、ガードインターバル比を設定。

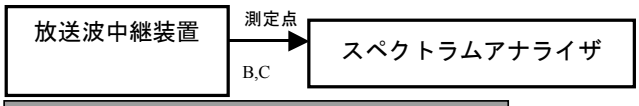
・SFNによる複数波の合成に注意

JEITA

スペクトルマスク（1）

目的: 放送波中継局の伝送信号の品質評価のため、
送信信号スペクトルを測定し、スペクトルマスクの規定を満足していることを確認する。

測定系統および測定方法:



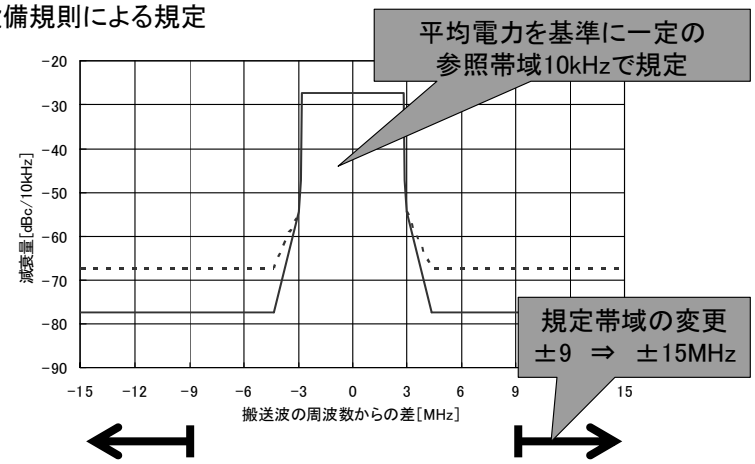
【測定点】
(a) 入力モニタB・・・必要に応じ測定する。
(b) 出力モニタC

【測定条件】
SPAN : 30 MHz、RBW : 10 kHz、VBW: 300 Hz 以下
DETECTER ： positive peak

JEITA

スペクトルマスク(2)

◆無線設備規則による規定



JEITA

スプリアス発射および不要発射

- 目的
  - **電波の能率的な利用を阻害し得るような信号品質を確認するため**
  - 放送運用中において送信信号に含まれるスプリアス領域での不要発射の強度を測定
- **留意点**
  - 放送運用中には変調波での測定のみ。帯域外領域でのスプリアス発射の強度を測定することは出来ない

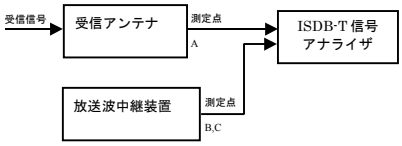
  （帯域外領域でのスプリアス測定は、無変調信号で実施する必要があるため）

JEITA

周波数偏差

目的:　放送ネットワークでは周波数を管理するこ とが重要項目の一つである。放送波中継局の受信信号と送信信号の周波数偏差から送信周波数偏差を測定する。

測定系統:



測定方法:

・放送波中継装置の送信周波数偏差

送信周波数偏差(Hz)=(送信周波数の実測値-送信周波数の規定値)
-(受信入力周波数の実測値-受信入力周波数の規定値)

※測定が困難な場合は、中継装置の局部発振器の周波数を測定し代用可能。

・フィールド測定における受信信号の周波数偏差

周波数偏差(Hz)=周波数の実測値-周波数の規定値

JEITA

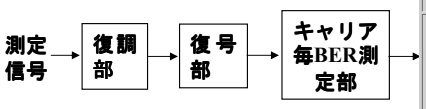
付録D

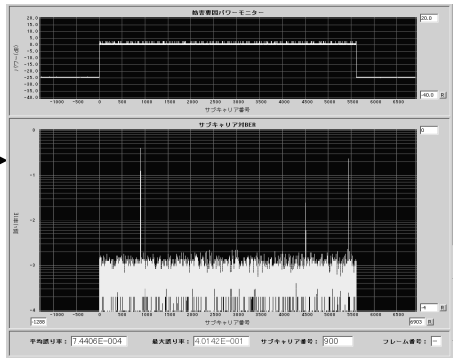
- 内容
  - 同一チャンネル干渉波の検出・測定の各種原理
  - BERの各種測定原理
  - 受信信号および送信信号のMERから放送波中継装置の等価C／Nを求める方法
  - デジタル放送波受信マージン量の測定原理

JEITA

キャリア毎BER測定方法と測定シミュレーション

- 復調、復号したキャリア毎のデータからBERを測定する方法で、伝送帯域内の誤り率の分布から妨害干渉波の種類を推定することができる



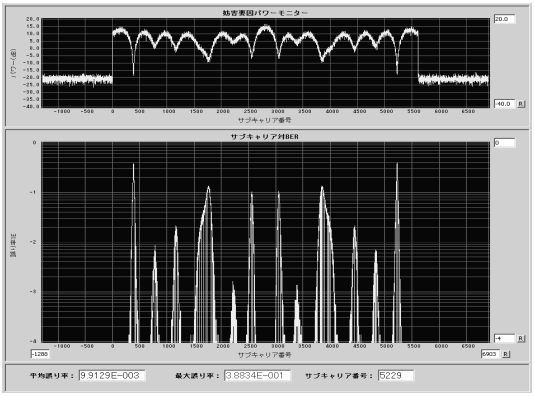


アナログTV波の混信妨害を想定したシミュレーション

JEITA

BER測定シミュレーション例キャリア毎

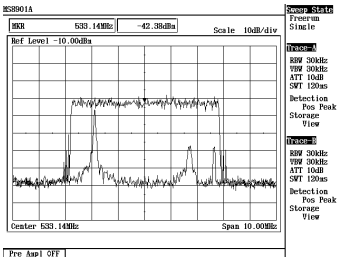
- 固定受信のスタティックな6パスのマルチパスで受信環境が悪化したケースをモデル化した例



JEITA

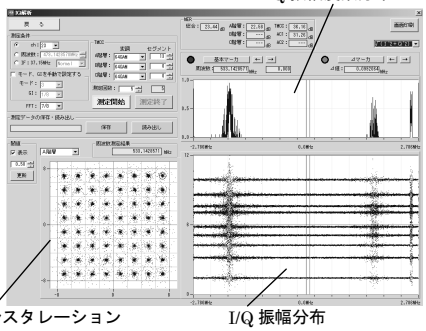
実放送波のフィールドでの監視

キャリア毎のI/Qデータによる妨害波検出方法：



デジタル・アナログ同一チャンネル
混信妨害のイメージ波形

解析

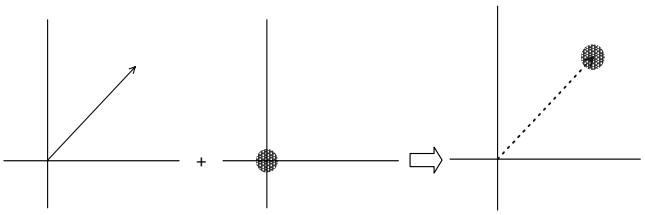


帯域内に存在している妨害波の影響を、I/Q振幅分布、I/Q振幅度数分布から確認することができる。

JEITA

復調出力利用の妨害波検出と測定方法（1）

ISDB-T信号の復調出力信号より、各キャリア毎について理想コンスタレーションとエラーベクトルの電力差を求める

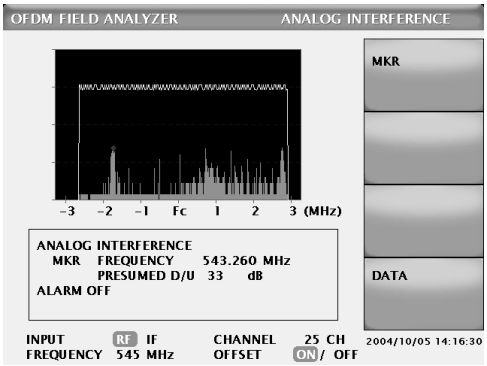


希望波　　干渉波　　復調出力

JEITA

復調出力利用の妨害波検出と測定方法（2）

ISDB-T伝送信号と干渉波とのD／Uを推定する



ISDB-T伝送信号と干渉波との同時表示例

JEITA

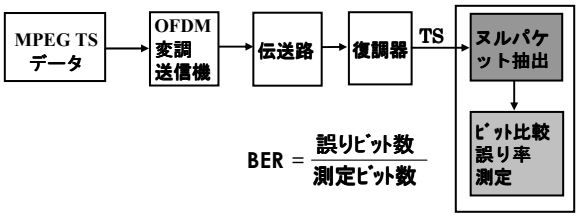
BERの測定方法

- Null Packet測定法
  TSに含まれるNull PacketでBERを測定する方法
  運用状態で測定可能、測定時間はNull Packet量で決まる
- 簡易BER測定法
  ビタビ復号、RS複合の誤り訂正を利用して測定する方法
  運用状態で測定可能、訂正不可の範囲では使用できない
- PRBS測定法
  PRBSデータでBERを測定する古典的な方法
  運用状態での測定は不可
  送信側の試験信号挿入と受信側での測定位置対応が必要

JEITA

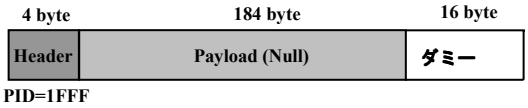
Null Packet測定法

- Null Packet測定原理



$$BER = \frac{\text{誤りビット数}}{\text{測定ビット数}}$$

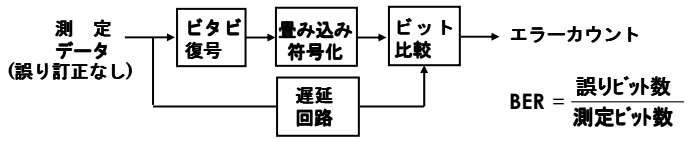
Null Packet



JEITA

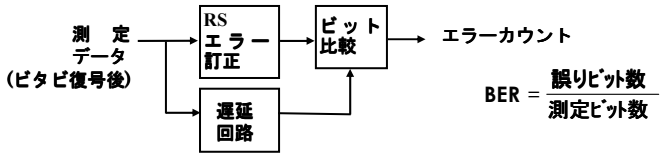
簡易BER測定法

- ビタビ復号を利用した測定法



$$BER = \frac{\text{誤りビット数}}{\text{測定ビット数}}$$

- RS訂正を利用した測定法

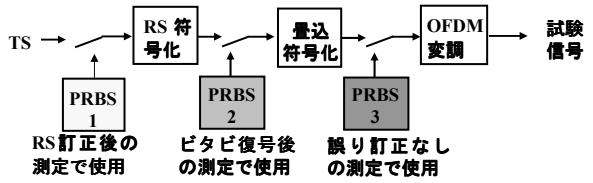


$$BER = \frac{\text{誤りビット数}}{\text{測定ビット数}}$$

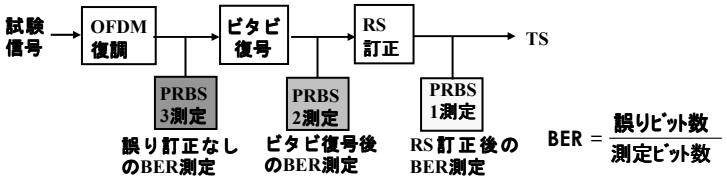
JEITA

PRBS測定法

- 信号発生側に必要な機能



- 測定側に必要な機能

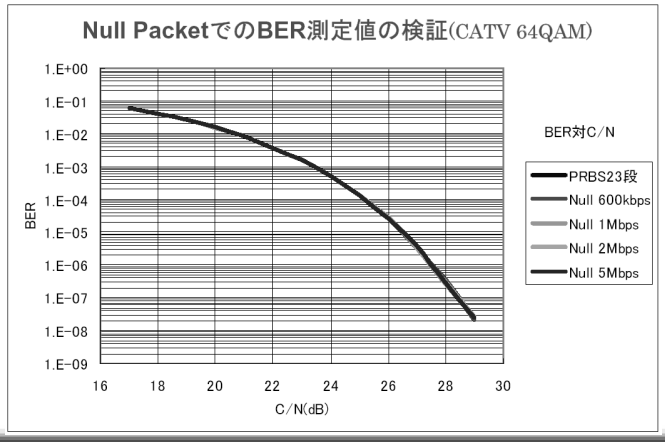


$$BER = \frac{\text{誤りビット数}}{\text{測定ビット数}}$$

5－39　　デジタル放送技術セミナー

JEITA

Null Packet とPRBS測定法の比較

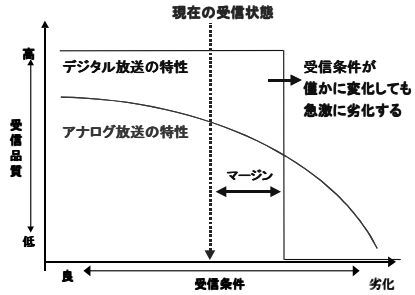


5－40　　デジタル放送技術セミナー

JEITA

デジタル放送波受信マージン量の測定（1）

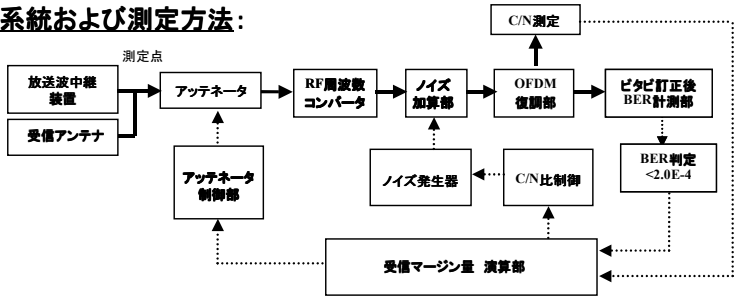
目的:
デジタル放送の受信品質は、アナログ放送のように映像や音声の段階的な劣化で確認することが出来ない。受信可能な限界点付近では受信状態の僅かな劣化でも、急激に劣化してしまう。従ってデジタル放送で受信可能なエリアなどを確認する際には、**受信している状態の余裕度（マージン量）を定量的に把握する**ことが重要となる。



JEITA

デジタル放送波受信マージン量の測定（2）

測定系統および測定方法:



(a) アッテネータによる受信レベルマージン量の測定方法
入力部にアッテネータを接続し、段階的に受信レベルを減衰させ測定。

(b) ノイズ加算によるC／Nマージン測定方法
中間周波数信号に対し、ノイズ加算しC／Nマージンを測定。

(c) C/N測定による簡易C／Nマージン測定方法
C／N測定値と所要C／N理論値よりマージン量を算出する。

JEITA

付録E 「無線設備規則」関連

１１章との関連

・スペクトルマスク

・スプリアス発射および不要発射

JEITA

付録F ISDB－Tアナライザ（1）

・ ISDB-T伝送信号の測定
従来の測定器では測定が困難な項目がある。

・ 「ISDB-T信号アナライザ」の定義
ISDB-T伝送信号復調機能と信号解析機能を有して
各種の測定が可能な測定器を想定し、
本ハンドブックでは「ISDB-T信号アナライザ」と呼ぶ。

JEITA

付録F　ISDB－Tアナライザ（2）

- 測定・機能概要の例を紹介
  - コンスタレーション表示
  - BER　:ON-AIR（放送番組）利用
  - 遅延プロファイル
  - 干渉波（妨害波）
  - BER対C／N
  - END、等価C／N
  - MER
  - スペクトルマスク
  - 他

JEITA

「地上デジタル放送送信機測定方法」

6. 送信機測定方法ハンドブック改訂のポイント

送信ネットワーク測定法WG
TG6リーダー
綾　美浩　（日本電気株式会社）

JEITA

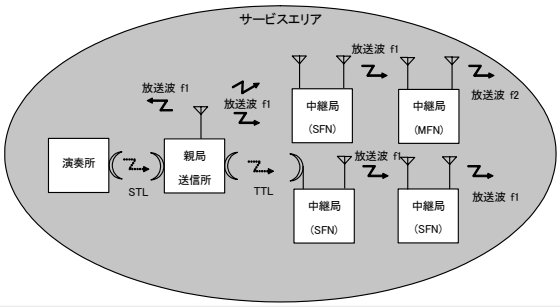
TG6　活動

- 構成員
  - リーダー　日本電気
  - サブ・リーダー　東芝
  - メンバー　NHK、TBS、日本無線
    松下電器産業、日立国際電気
    三菱電機、アンリツ、営電

JEITA

送信機測定法ハンドブックの概要

- 対象装置
  - 送信機
  - 放送波中継装置
  - STL / TTL装置（IF伝送方式）
  - STL / TTL装置（TS伝送方式）



JEITA

送信機測定法ハンドブックの概要

- 測定項目

項目	測定内容	対象装置			
		送信機	放送波中継装置	ＳＴＬ／ＴＴＬ装置（ＩＦ伝送）	ＳＴＬ／ＴＴＬ装置（ＴＳ伝送）
1	周波数偏差	○	○	○	○
2	信号電力	○	○	○	○
3	占有周波数帯幅	○	○	○	○
4	スペクトルマスク	○	○	○	○
5	スプリアス発射および不要発射	○	○	○	○
6	ＩＦＦＴサンプル周波数偏差	○	－	－	－
7	位相雑音	○	○	○	○
8	振幅周波数特性	○	○	○	○
9	群遅延時間特性	○	○	○	○
10	遅延時間	○	○	○	－
11	相互変調歪	○	○	○	○
12	ガウス雑音対ビット誤り率特性	○	○	○	○
13	入力電界対ビット誤り率特性	－	○	○	○
14	消費電力	○	○	○	○
15	入力信号	○	－	－	－
16	インピーダンス	－	○	○	○
17	出力端不整合範囲	○	○	○	○
18	ＭＥＲ特性	○	○	○	－
19	映像・音声実視聴	○	○	○	○
20	ＡＧＣ特性	－	○	○	○
21	入力検知動作	－	○	○	○
22	雑音指数	－	○	○	○
23	ＩＲＦ特性	－	○	○	○

JEITA

送信機測定法ハンドブックの概要

- 測定方法記載例

占有周波数帯幅

(1) 目的

送信電力の99%が占める周波数帯域幅を測定する。

(2) 測定系統

(3) 測定点

・E

(4) 測定方法

1) 方向性結合器を測定点に挿入し、方向性結合器の出力にスペクトラムアナライザを接続する。
2) スペクトラムアナライザでOFDM信号の99%エネルギー帯域幅を測定する。
3) スペクトラムアナライザの設定は下記とする。

中心周波数	ＳＰＡＮ	ＲＢＷ	ＶＢＷ	検波モード
変調波 中心周波数	20MHz	10kHz	300Hz 以下	ポジティブ ピーク検波

JEITA

改訂の目的

- 目的
  - 電波法関連法規改定の対応
    スプリアス、スペクトルマスク規定の見直し
  - ２４時間放送化の対応
    可能な限り放送中に測定できるようにした
  - 記述の見直し

JEITA

主な改訂項目

- 測定ポイントおよび測定用信号
- スペクトルマスク
- スプリアス
- 振幅周波数特性
- IM
- MER測定
- 無線設備規則関連

JEITA

測定ポイントおよび測定用信号

- 測定ポイント

  空中線共用器出力で性能が規定されている場合は、測定点Eは空中線共用器出力となる。

- 測定用OFDM信及び変調パラメータ

  –測定用OFDM信号

  BER測定の場合は、基準測定信号として擬似ランダム信号（PRBS 223-1）を変調データに使用したOFDM信号とする。その他の測定項目に関しては実信号（実際の放送で使用されている信号、或いはこれに準ずる信号）を用いてもよい。

  –変調パラメータ

  Mode3、キャリア変調方式64QAM、畳み込み符号化率7/8（または3/4）、ガードインターバル長126μs（1/8）。

JEITA

スペクトルマスク

- 改訂のポイント
  - –測定範囲
    中心周波数から±15MHz
  - –規定値
    RBW=10kHzで測定したときの平均電力からの減衰量で規定。
  - –複数波同時増幅を行う場合の測定法を規定
    複数波を同時に出力した状態で測定する。

JEITA

スペクトルマスク

- 補正値

帯域内の場合、-27.4dB=10log(10KHz / 5.6MHz)となるが、スペクトラムアナライザによっては、補正値が必要となる。補正値は、予め以下の方法で求めておき、測定値から補正値C(dB)を引く。

・ 0dBm（或いはこれに近い値）のCW信号をスペクトラムアナライザに入力し、最大のRBWで測定値を求める。（この値をA(dB)とする。）

・ 上記CW信号と同じ電力のOFDM信号をスペクトラムアナライザに入力し、RBWを10kHzとして測定値を求める。（この値をB(dB)とする。）

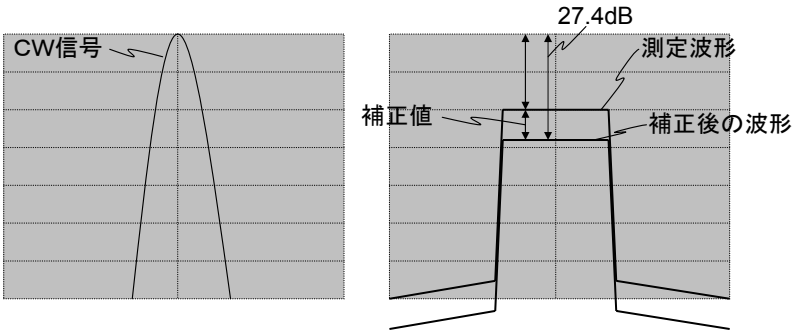
・ 補正値C(dB)＝27.4－(A(dB)－B(dB))

測定したスペクトラム波形が帯域内で、RBWを10kHzとしたとき（平均電力－27.4dB）となるように補正値を設定する。

JEITA

スペクトルマスク

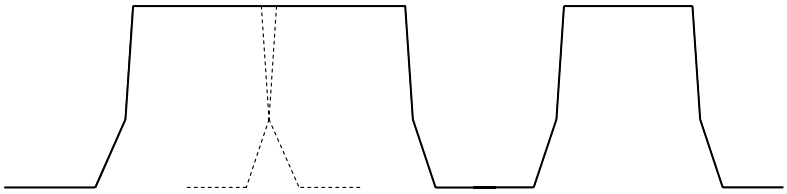
- 補正値



JEITA

スペクトルマスク

- 複数波同時増幅を行う場合は、複数波を同時に出力した状態で測定する



隣接チャンネル間については、平均電力Pからの減衰量
-27.4dB/10kHzを上限とすることができる

JEITA

スプリアス（スプリアス発射および不要発射）

- 改訂のポイント
  - 測定項目
    帯域外領域でのスプリアス発射
    スプリアス領域での不要発射
  - 測定範囲
    測定する範囲を規定

JEITA

スプリアス（スプリアス発射および不要発射）

- 用語の定義
  - スプリアス発射
    必要周波数帯外における1又は2以上の周波数の電波の発射であって、そのレベルを情報の伝送に影響を与えないで低減することができるものをいい、高調波発射、低調波発射、寄生発射及び相互変調積を含み、帯域外発射を含まないもの。
  - 帯域外発射
    必要周波数帯に近接する周波数の電波の発射で情報の伝達のための変調の過程において生ずる周波数の電波の発射。
  - 不要発射
    スプリアス発射及び帯域外発射。

JEITA

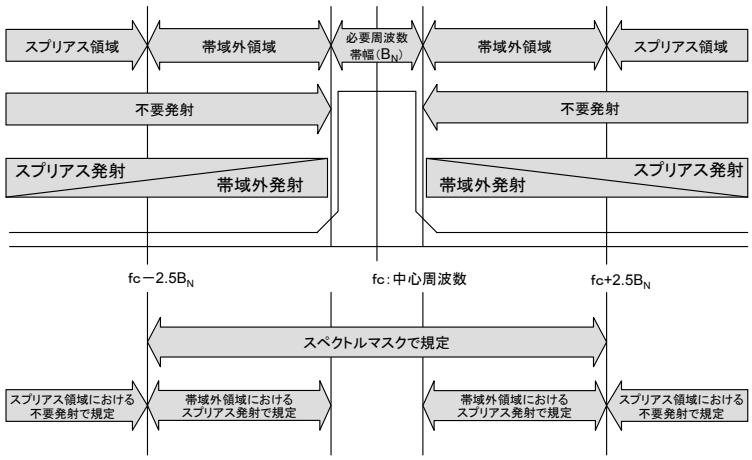
スプリアス（スプリアス発射および不要発射）

- 用語の定義
  - –スプリアス領域
    帯域外領域の外側のスプリアス発射が支配的な周波数帯。
    （中心周波数から±15MHz以上離れた範囲）
  - –帯域外領域
    必要周波数帯の外側の帯域外発射が支配的な周波数帯 。
    （必要周波数帯の外側で中心周波数から±15MHz未満の範囲）

（改訂電波法施行規則第2条63より）

JEITA

スプリアス（スプリアス発射および不要発射）



JEITA

スプリアス（スプリアス発射および不要発射）

- 測定項目
  - –帯域外領域（中心周波数から±15MHz未満の範囲）でのスプリアス発射の測定
    - •**無変調信号**で測定する。
    - •スペアナの設定

中心周波数	ＳＰＡＮ	ＲＢＷ	ＶＢＷ	検波モード
スプリアスの周波数	30MHz	100kHz（30MHz～1GHz）	ＲＢＷの10倍程度	サンプル検波

  - –スプリアス領域（中心周波数から±15MHz以上離れた範囲）での不要発射の測定
    - •**変調信号**で測定する。
    - •スペアナの設定

中心周波数	ＳＰＡＮ	ＲＢＷ	ＶＢＷ	検波モード	備考
測定範囲を含むように中心周波数とＳＰＡＮを設定する		10kHz～100kHz（30MHz～1GHz） 0.1MHz～1MHz（1GHz以上）	ＲＢＷの3～10倍程度	ポジティブピーク検波	スプリアスの有無を確認するとき
スプリアスの周波数	20MHz	100kHz（30MHz～1GHz） 1MHz（1GHz以上）	ＲＢＷの10倍程度	サンプル検波	

JEITA

スプリアス（スプリアス発射および不要発射）

- 測定範囲
  - –中心周波数が300MHzを超え600MHz以下の場合、
    測定範囲は30MHzから3GHz。
  - –中心周波数が600MHzを超え5.2GHz以下の場合、
    測定範囲は30MHzから5倍の高調波まで。

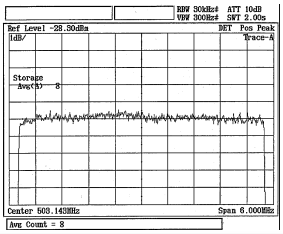
JEITA

振幅周波数特性

- 測定方法追加
  - スペクトラムアナライザを用いる方法を追加
    - 信号はOFDM変調信号。（放送中の測定可）
    - スペアナの設定

中心周波数	ＳＰＡＮ	ＲＢＷ	ＶＢＷ	検波モード
変調波 中心周波数	6MHz	30kHz	300Hz	ポジティブ ピーク検波

    - 測定例



JEITA

相互変調歪

- 複数波同時増幅を行う場合
  - 最下チャンネルの送信中心周波数から-3.3～-3.5MHz離れた範囲と最上チャンネルの送信中心周波数から+3.3～+3.5MHz離れた範囲の最大値を測定する。

JEITA

MER測定

- 測定に関する注意事項追加
  - ConventionalとLayer

    ConventionalとLayerを選択できる測定器ではConventional値を用いる。（Conventionalはパイロットを含む全サブキャリアを測定しているのに対して、Layerではデータのみのサブキャリアを測定している。このため、Conventional値はLayerに比べて約0.7dB良い値となる。）
  - RFとIFの測定限界

    測定点B（変調器出力）はIF信号であるのに対し、測定点C，D，EはRF信号である。測定器によってはIF信号とRF信号で測定限界が異なる場合がある。測定器の測定限界値を把握した上で測定することが望ましい。（一般的な測定器の測定限界はIF入力で44dB程度、RF入力で42dB程度である。）

    また、測定器の測定限界付近では測定値がばらつく場合もある。必要に応じて平均をとっても良い。

JEITA

無線設備規則

- 改訂のポイント
  - スペクトルマスク

    測定範囲、規定値

    2．5W以下の無線設備に対する規定値緩和措置が追加

    複数波同時増幅を行う場合の規定が追加
  - スプリアス発射および不要発射

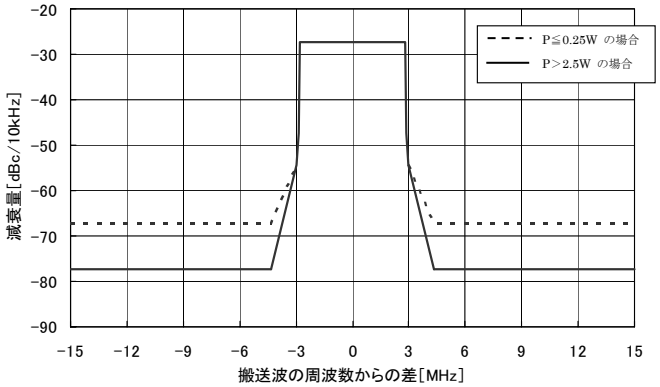
    スプリアス発射と帯域外発射の概念の導入

    許容値の変更

JEITA

無線設備規則

・スペクトルマスク



JEITA

無線設備規則

・スペクトルマスク

–送信スペクトルマスクのブレークポイント

搬送波の周波数からの差	平均電力Pからの減衰量	規定の種類
±2.79MHz	-27.4dB/10kHz	上限
±2.86MHz	-47.4dB/10kHz	上限
±3.00MHz	-54.4dB/10kHz	上限
±4.36MHz	-77.4dB/10kHz*	上限

–軽減措置

自局の放送区域内で隣接チャンネルが標準テレビジョン放送（デジタル放送を除き、自局の実効輻射電力の10 倍未満の実効輻射電力によるものに限る。）に使用されない場合、空中線電力0.25W を超え2.5W以下の無線設備にあってはー(73.4 + 10 log P) dB/10kHz、空中線電力が0.25W 以下の無線設備にあってはー67.4dB/10kHz とする。

JEITA

無線設備規則

- スペクトルマスク
  - 複数波同時増幅時の規定

    複数波同時増幅を行う無線設備の場合は、複数波同時に出力して測定する。このとき、隣接チャンネル間については、平均電力Pからの減衰量－27.4dB/10kHz を上限とすることができる。複数波のチャンネルが連続していない場合は隣接チャンネルに該当しない。

JEITA

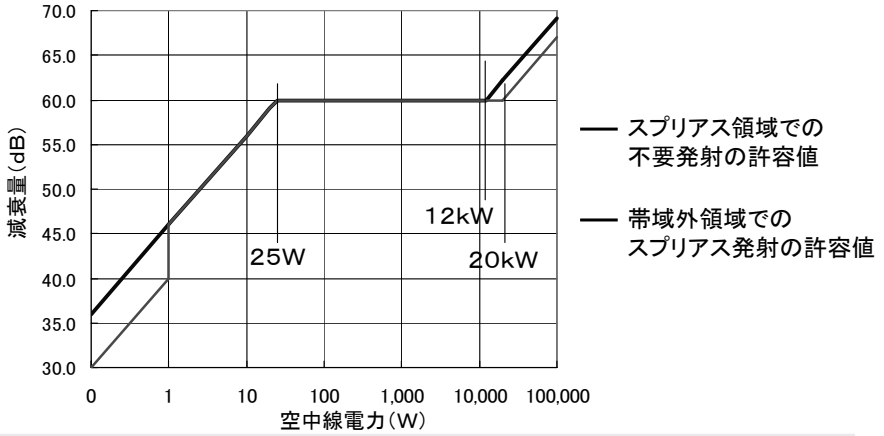
無線設備規則

- スプリアス発射および不要発射の許容値

空中線電力	帯域外領域における スプリアス発射の許容値	スプリアス領域における 不要発射の強度の許容値
25Wを越えるもの	20mW以下であり、かつ、 基本周波数の搬送波電力 より60dB低い値	12mW以下であり、かつ、 基本周波数の搬送波電力 より60dB低い値
1Wを越え25W以下	25μW以下	25μW以下
1W以下	100μW以下	

8kWを越える送信設備の場合、スプリアス発射の許容値は、
スペクトルマスクに規定する値を準用する

JEITA

無線設備規則

・スプリアス発射および不要発射の許容値