

參考資料

1 技術試験関係

**(1) 技術試験（室内試験）
結果と考察**

内容

1	試験項目	15
2	技術試験条件	
2.1	無線装置設定	16
2.2	OFDM 基準信号パラ	16
2.3	64QAM 基準信号パラメータ	17
3	デジタルチャンネル信号における受信 C/N 比に関する確認試験	
3.1	無線伝送区間における所要性能確認	18
4	デジタルチャンネルとアナログチャンネルの混在伝送検証試験	
4.1	デジタルアナログ混在伝送時におけるレベル差確認	30
5	使用測定器等一覧	42
6	用語の解説	43

1. 試験項目

(1) デジタルチャンネル信号における受信 C/N 比に関する確認試験

	試験項目	備考
3.1	無線伝送区間における所要性能確認	技術試験委託仕様書 別紙 2 2.1

(2) デジタルチャンネルとアナログチャンネルの混在伝送検証試験

	試験項目	備考
4.1	デジタルアナログ混在伝送時におけるレベル差確認	技術試験委託仕様書 別紙 2 2.2

2. 技術試験条件

2.1. 無線装置設定

本技術試験に用いる無線装置の設定を以下に示す。

- 送信機: MLC(Manual Level Control)モード
- 受信機: MGC(Manual Gain Control)モード

本技術試験においては、屋外試験時(技術試験委託仕様書 別紙 2 2.3)の降雨による受信レベルの減衰量を明らかにするため、無線装置の持つ AGC(Auto Gain Control)機能をオフにし、MGC(Manual Gain Control)モードにて試験を実施する。そのため、室内試験(技術試験委託仕様書 別紙 2 2.2 , 2.3)においても同様の設定として試験を実施する。

2.2. OFDM 基準信号パラメータ

本技術試験では、標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号として、技術試験委託仕様書 別紙 2 2.1.1(4)に記載されたパラメータの基準信号を用いる。基準信号のパラメータを以下に示す。

パラメータ	設定値
ISDB-T モード	Mode 3
階層数	1
搬送波周波数	測定対象チャンネルの中心周波数
セグメント数	13
キャリア変調方式	64QAM
内符号の符号化率	7/8 注 ¹
ガードインターバル比	1/8
時間インターリーブ長	l=1

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-OFDM 3.5 参照)

注¹: 標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号の内符号の符号化率は、今日の放送事業においては符号化率 3/4 で運用されているケースが多い。ただし、有線テレビジョン放送法施行規則の C/N 比の条件等が符号化率 7/8 として検討されたものであることから、本試験においては符号化率 7/8 を採用する。

2.3. 64QAM 基準信号パラメータ

本技術試験では、デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号として、技術試験委託仕様書 別紙 2 2.1.1(4)に記載されたパラメータの基準信号を用いる。基準信号のパラメータを以下に示す。

パラメータ	設定値
変調方式	64QAM
ストリーム形式	MPEG2-TS
誤り訂正	短縮化リードソロモン符号(204,188)
インターリーブ	I=12、M=17
伝送ビットレート	31.644 Mbps
ロールオフ率	13 %
ナイキスト帯域幅	5.274 MHz
伝送帯域幅	6MHz
擬似ランダムパターン	PRBS($2^{23} - 1$)

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-QAM 3.5 参照)

3. デジタルチャンネル信号における受信 C/N 比に関する確認試験

3.1. 無線伝送区間における所要性能確認

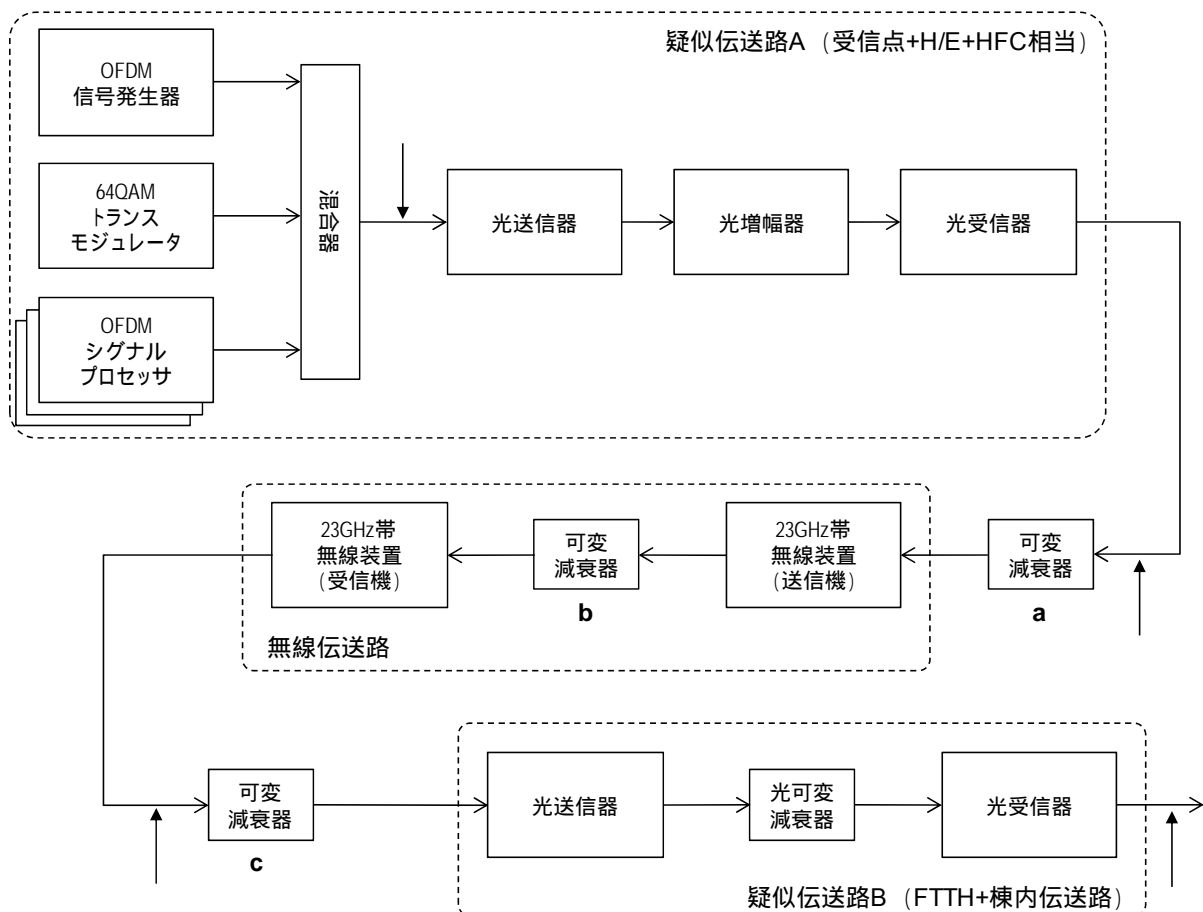
3.1.1. 目的

有線テレビジョン放送事業用固定局において、標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号、デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号を伝送する場合の、無線伝送区間における所要性能(C/N 比)の下限値を求めることを目的とする。

本試験では、無線伝送路(技術試験で用いる 23GHz 帯無線システム)を有線系伝送路と同等の総合性能(C/N 比)を持つ疑似伝送路と接続し、受信者端子における C/N 比が有線テレビジョン放送法施行規則に定められた条件(OFDM 信号においては 24dB、64QAM 信号においては 26dB)になる時の、無線伝送区間の所要 C/N 比を求める。

また、求めた所要 C/N 比を持つ無線伝送路に疑似伝送路を接続した状態で、各伝送路の出力における搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(BER)、変調誤差比(MER)を測定する。有線テレビジョン放送法施行規則では、受信者端子における性能が条件として規定されているため、C/N 比、ビット誤り率等の測定結果より、有線テレビジョン放送用伝送路として十分な性能を確保出来ている事を確認する。

3.1.2. 測定系統及び測定点



番号	測定ポイント	備考
	無線送信機入力	
	無線受信機出力	
	擬似伝送路 B 出力	受信者端子と同等(トータル性能規定ポイント)

3.1.3. 試験に用いる伝送路の性能 (性能配分)

本試験で無線伝送区間の所要 C/N 比を検討する際に用いる、各伝送路の C/N 比を以下に示す。
(技術試験委託仕様書 別紙 2 2.1.1(P6)参照)

本試験においては、無線伝送路を以下に示す性能(C/N 比)を有する擬似伝送路 A、擬似伝送路 B と接続し、受信者端子の C/N 比が有線テレビジョン放送法施行規則に定められた条件を満たす時の、無線伝送区間の所要 C/N 比の下限値を求める。

表 3-1: 各伝送路と受信者端子における C/N 比

項番	伝送路	C/N 比 ^{注1}		技術試験における伝送路	C/N 比	
		OFDM	64QAM		OFDM	64QAM
1	受信点	34 dB	-	擬似伝送路 A (1+2+3)	32.9 dB	39.5 dB
2	ヘッドエンド	45 dB	45 dB			
3	光伝送路(HFC 幹線)	41 dB ^{注2}	41 dB ^{注2}			
4	無線伝送路	27 dB	29 dB	無線伝送路 ^{注5}	27.0 dB	29.0 dB
5	FTTH 伝送路	32 dB	32 dB	擬似伝送路 B (5+6)	29.5 dB	29.5 dB
6	棟内伝送路	33 dB	33 dB			
7	受信者端子	24 dB ^{注3} 以上	26 dB ^{注4} 以上	受信者端子 (1+2+3+4+5+6)	24.0 dB 以上	26.0 dB 以上

注¹: 無線伝送路を除く各有線伝送路の性能(C/N 比)は、日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-018-1.0 より値を採用。

注²: 光伝送路(HFC 幹線相当)の C/N 比に関しては、一般的な光伝送路の実性能 C/N 比 51dB(アナログ 74 波伝送)から、一般的な相対信号レベルを考慮した値を採用。(日本 CATV 技術協会「23GHz 無線利活用に関する調査研究報告書(その 1)」(平成 20 年 9 月)より)

注³: 有線テレビジョン放送法施行規則 第二十六条の二十 第一項 表 区別六(一)
標準デジタルテレビジョン放送方式(OFDM)の受信者端子における C/N 比の条件。

注⁴: 有線テレビジョン放送法施行規則 第二十六条の十七 第一項 表 区別六(一)
デジタル有線テレビジョン放送方式(64QAM)の受信者端子における C/N 比の条件。

注⁵: 受信者端子における所要性能、無線伝送路以外の各伝送路性能から電力減算法により算出。
項番 4=項番 7-(項番 1+項番 2+項番 3)-(項番 5+項番 6) (小数点以下切り上げ)

3.1.4. 測定方法

- (1) 標準デジタルテレビジョン放送信号(OFDM 信号)試験
 - 1 OFDM 信号発生器より OFDM 信号を 1 波発生させ、 のポイントにおける C/N 比が 32.9dB になるように擬似伝送路 A を調整する(光送信器の変調度と光受信器の受光レベルを下げる)。
 - 2 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、 のポイントにおける C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定し、試験用信号として信号品質に問題が無いことを確認する。
 - 3 擬似伝送路 B への入力レベルを一定(60dB μ V/ch)にし、擬似伝送路 B の C/N が 29.5dB (FTTH 伝送路と棟内伝送路のトータル性能と同等)となるように調整する(光送信器の変調度と光受信器の受光レベルを下げる)。
 - 4 スペクトラムアナライザを用いて、擬似伝送路 A と擬似伝送路 B の入力と出力における C/N 比を測定し、擬似伝送区間における C/N 比が目標値(擬似伝送路 A: 32.9dB、擬似伝送路 B: 29.5dB)となっていることを確認する。
 - 5 可変減衰器 a(UHF 帯可変減衰器)の減衰量を調整し、送信機への入力信号レベルを 72.3dB μ V/ch に設定する(送信機出力-1.0dBm/ch 相当)
 - 6 のポイントにスペクトラムアナライザを接続し、C/N 比が 24dB(有線テレビジョン放送法に規定された受信者端子における C/N 比)になるように、無線装置間の可変減衰器 b(マイクロ波帯可変減衰器)を調整する。
 - 7 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、測定ポイント ~ における被測定信号の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。
 - 8 スペクトラムアナライザを用いて、無線伝送路の入力と出力における C/N 比を測定し、無線伝送区間における C/N 比を求める。
 - 9 OFDM シグナルプロセッサより OFDM 信号を 8 波発生させ、擬似伝送路 A に 1 で入力した信号と同じレベルで入力する。
 - 10 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、測定ポイント ~ における、複数波同時伝送時の被測定信号の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。
- (2) デジタル有線テレビジョン放送信号(64QAM 信号)試験
 - 1 64QAM トランスモジュレータより 64QAM 信号を 1 波発生させ、 のポイントにおける C/N 比が 39.5dB になるように擬似伝送路 A を調整する(光送信器の変調度と光受信器の受光レベルを下げる)。
 - 2 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、 のポイントにおける C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定し、試験用信号として信号品質に問題が無いことを確認する。
 - 3 擬似伝送路 B のへの入力レベルを一定(60dB μ V/ch)にし、擬似伝送路 B の C/N 比が 29.5dB (FTTH 伝送路と棟内伝送路のトータル性能と同等)となるように調整する(光送信器の変調度と光受信器の受光レベルを下げる)。
 - 4 スペクトラムアナライザを用いて、擬似伝送路 A と擬似伝送路 B の入力と出力における C/N 比を測定し、擬似伝送区間における C/N 比が目標値(擬似伝送路 A: 39.5dB、擬似伝送路 B:

29.5dB)となっていることを確認する。

- 5 可変減衰器 a の減衰量を調整し、送信機への入力信号レベルを 72.3dBμV/ch に設定する (送信機出力-1.0dBm/ch 相当)
- 6 のポイントにスペクトラムアナライザを接続し、C/N 比が 26dB(有線テレビジョン放送法に規定された受信者端子における C/N 比)になるように、無線装置間の可変減衰器 c(マイクロ波帯可変減衰器)を調整する。
- 7 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、測定ポイント ~ における被測定信号の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。
- 8 スペクトラムアナライザを用いて、無線伝送路の入力と出力における C/N 比を測定し、無線伝送区間における C/N 比を求める。
- 9 他の 64QAM トランスモジュレータ、OFDM 信号発生器、OFDM シグナルプロセッサより 64QAM 信号、OFDM 信号を合計 8 波発生させ、擬似伝送路 A に 1 で入力した信号と同じレベルで入力する。
- 10 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、測定ポイント ~ における複数波同時伝送時における被測定信号の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。

3.1.5. 信号配列

	CH	周波数		信号		備考
		UHF 帯周波数	23GHz 帯周波数	OFDM 信号試験時	64QAM 信号試験時	
1	20	512MHz ~ 518MHz	23402MHz ~ 23408MHz	OFDM	OFDM	
2	21	518MHz ~ 524MHz	23408MHz ~ 23414MHz	OFDM	OFDM	
3	22	524MHz ~ 530MHz	23414MHz ~ 23420MHz	OFDM	64QAM	
4	23	530MHz ~ 536MHz	23420MHz ~ 23426MHz	OFDM	64QAM	
5	24	536MHz ~ 542MHz	23426MHz ~ 23432MHz	OFDM	64QAM	被測定信号
6	25	542MHz ~ 548MHz	23432MHz ~ 23438MHz	OFDM	64QAM	
7	26	548MHz ~ 554MHz	23438MHz ~ 23444MHz	OFDM	OFDM	
8	27	554MHz ~ 560MHz	23444MHz ~ 23450MHz	OFDM	OFDM	

3.1.6. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM C/N 測定時)

測定	中心周波数	測定帯域	SPAN	RBW	VBW	検波モード	アベレージ
搬送波レベル	539.142857 MHz	5.6MHz	10MHz	30kHz	300kHz	Sample	30 回
雑音レベル N	539.142857 MHz	5.6MHz	10MHz	30kHz	300kHz	Sample	30 回

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.6 参照)

3.1.7. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM C/N 測定時)

測定	中心周波数	測定帯域	SPAN	RBW	VBW	検波モード	アベレージ
搬送波レベル	539MHz	5.274MHz	10MHz	100kHz	1MHz	Sample	30 回
雑音レベル N	539MHz	5.274MHz	10MHz	100kHz	1MHz	Sample	30 回

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-QAM 4.5 参照)

3.1.8. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM BER 測定時)

測定チャンネル	BER 測定法	測定時間
539.142857MHz	PRBS 法 (PRBS+SYNC)	60 秒 ^{注5}

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.7 参照)

注⁵: 60 秒間の測定による OFDM 信号の BER 測定における測定レンジは 1×10^{-9} 。

3.1.9. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM BER 測定時)

測定チャンネル	BER 測定法	測定時間
539MHz	PRBS 法 (PRBS+SYNC)	60 秒 ^{注6}

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-QAM 4.6 参照)

注⁶: 60 秒間の測定による 64QAM 信号の BER 測定における測定レンジは 1×10^{-9} 。

3.1.10. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM MER 測定時)

測定チャンネル	アベレージ	測定階層
539.142857MHz	100	All Layer (Conventional)

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.11 参照)

3.1.11. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM MER 測定時)

測定チャンネル	アベレージ	測定階層
539MHz	100	-

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-QAM 4.9 参照)

3.1.12. 結果

(1) 標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号試験

A) 無線伝送区間における所要性能

受信者端子(測定ポイント)での OFDM 信号の C/N 比が 24dB となる時の各伝送路の性能(C/N 比)を以下に示す。

表 3-2: 受信者端子における OFDM 信号の C/N 比が 24dB となる時の伝送路の性能(測定結果)

項目	各伝送路の C/N 比 [dB]			受信者端子における C/N 比 [dB]
	擬似伝送路 A	無線伝送路	擬似伝送路 B	
目標値	32.9	-	29.5	24.0
測定結果	33.5	26.7	29.5	24.3

各伝送路の C/N 比と、その総合性能となる受信者端子における C/N 比の関係は、以下の示す電力加算法を用いて計算する事が出来る。

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10} \left(10^{\left(\frac{C/N_A}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_B}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_W}{10}\right)} \right)$$

C/N_A: 擬似伝送路 A の C/N 比 [dB]

C/N_B: 擬似伝送路 B の C/N 比 [dB]

C/N_W: 無線伝送区間の C/N 比 [dB]

C/N_{Rx}: 受信者端子における C/N 比 [dB]

ここで、本試験に用いた無線伝送路、擬似伝送路の C/N 比を上記の式に当てはめると、以下の通りとなる。

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10} \left(10^{\left(\frac{33.5\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{29.5\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{26.7\text{dB}}{10}\right)} \right) = 24.3\text{dB}$$

よって、測定結果と電力加算法による計算結果が等しい事が分かる。

本試験において、各伝送路、及び受信者端子における C/N 比を目標値と完全に一致させる事は困難である。そのため、各伝送路、及び受信者端子における C/N 比を目標値とした時の、無線伝送区間における C/N 比を、電力加算法を用いて算出した。

無線伝送区間の C/N 比は以下の式により導ける。

$$C/N_W = -10\log_{10} \left(10^{\left(\frac{C/N_{Rx}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{C/N_A}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{C/N_B}{10}\right)} \right)$$

本試験における受信者端子、並びに擬似伝送路の C/N 比の目標値を上記の式に当てはめ、標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号を送信する場合の、無線伝送区間における所要 C/N 比を求める。

$$C/N_w = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{-24.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{-32.9\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{-29.5\text{dB}}{10}\right)}\right) = 26.3\text{dB}$$

計算結果より、受信者端子(測定ポイント)における OFDM 信号の C/N 比が 24.0dB となる時の、無線伝送区間の C/N 比は 26.3dB であった。

表 3-3:受信者端子における OFDM 信号の C/N 比が 24.0dB となる時の伝送路の性能(計算結果)

項目	各伝送路の C/N 比 [dB]			受信者端子における C/N 比 [dB]
	擬似伝送路 A	無線伝送路	擬似伝送路 B	
電力加算法による計算結果	32.9	26.3	29.5	24.0

B) 各測定ポイントにおける信号品質

受信者端子(ポイント)での C/N 比が 24dB となる時の、測定ポイント ~ における信号品質を以下に示す。

表 3-4:受信者端子の C/N 比が 24dB となる時の各測定ポイントにおける信号品質(OFDM 1ch)

項目	OFDM 信号 1 波伝送時の測定結果		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	76.8	62.6	77.3
C/N 比 [dB]	33.9	26.1	24.3
BER	エラーフリー	エラーフリー	1.7×10^{-7}
MER [dB]	32.2	24.6	23.2

表 3-5:受信者端子の C/N 比が 24dB となる時の各測定ポイントにおける信号品質(OFDM 8ch)

項目	OFDM 信号 8 波伝送時の測定結果		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	76.7	62.2	77.3
C/N 比 [dB]	33.8	25.8	24.1
BER	エラーフリー	1.2×10^{-8}	3.4×10^{-7}
MER [dB]	32.2	24.3	23.0

測定結果より、受信者端子(測定ポイント)における信号品質は、OFDM 信号を 1 波伝送した場合において、BER が 1.7×10^{-7} であり、リードソロモン符号による誤り訂正後にはエラーフリーとなることから、受信者端子における品質として十分であることが分かる。

OFDM 信号を 8 波伝送した場合の測定結果についても、BER、MER とともに 1 波伝送時と大きな差異は見られず、複数波伝送の際にも必要となる無線伝送区間の性能は同程度であると判断出来る。

受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーションを以下に示す。

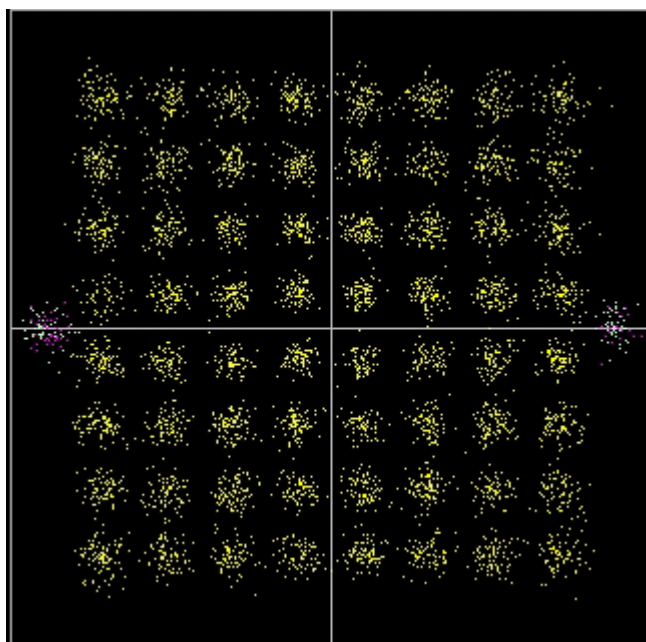


図 3-1:受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーション(OFDM 1 波伝送時)

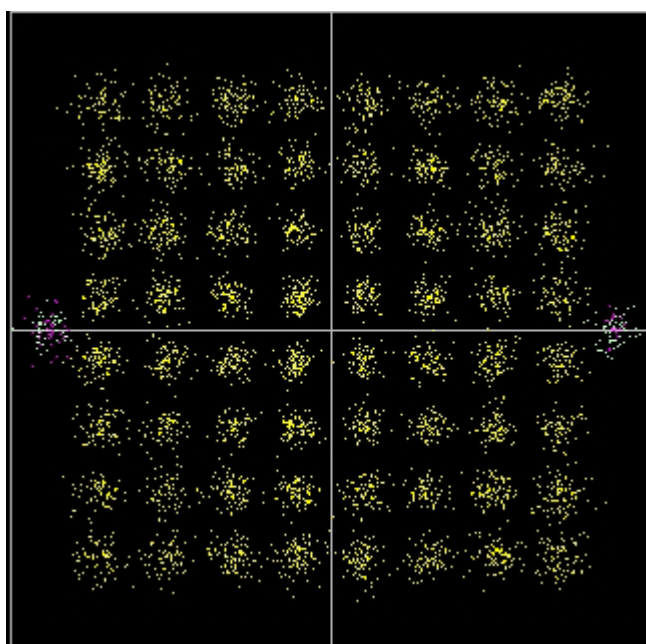


図 3-2:受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーション(OFDM 8 波伝送時)

受信者端子における OFDM 信号のコンスタレーションは、C/N 比の劣化によりコンスタレーションの広がりは発生しているが、位相雑音や歪の影響によるコンスタレーションの回転等は生じていなかった。また、OFDM 信号を 1 波伝送した場合と、8 波伝送した場合において、コンスタレーションに大きな違いは生じていない事が確認出来た。

(2) デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号試験

A) 無線伝送区間における所要性能

受信者端子(測定ポイント)で 64QAM 信号の C/N 比が 26dB となる時の各伝送路の性能を以下に示す。

表 3-6: 受信者端子における 64QAM 信号の C/N 比が 26dB となる時の伝送路の性能(測定結果)

項目	各伝送路の C/N 比 [dB]			受信者端子における C/N 比 [dB]
	擬似伝送路 A	無線伝送路	擬似伝送路 B	
目標値	39.5	-	29.5	26.0
実測値	39.6	29.2	29.6	26.2

各伝送路の C/N 比と、その総合性能となる受信者端子における C/N 比の関係は、以下の示す電力加算法を用いて計算する事が出来る。

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{C/N_A}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_B}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_W}{10}\right)}\right)$$

C/N_A: 擬似伝送路 A の C/N 比 [dB]

C/N_B: 擬似伝送路 B の C/N 比 [dB]

C/N_W: 無線伝送区間の C/N 比 [dB]

C/N_{Rx}: 受信者端子における C/N 比 [dB]

ここで、本試験に用いた無線伝送路、擬似伝送路の C/N 比を上記の式に当てはめると、以下の通りとなる。

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{39.6\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{29.2\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{29.6\text{dB}}{10}\right)}\right) = 26.2\text{dB}$$

よって、測定結果と電力加算法による計算結果が等しい事が分かる。

各伝送路、及び受信者端子における C/N 比を目標値とした時の、無線伝送区間における C/N 比を、電力加算法を用いて算出した。

無線伝送区間の C/N 比は以下の式により導ける。

$$C/N_W = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{C/N_{Rx}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{C/N_A}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{C/N_B}{10}\right)}\right)$$

本試験における受信者端子、並びに擬似伝送路の C/N 比の目標値を上記の式に当てはめ、デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号を伝送する場合の、無線伝送区間における所要 C/N 比を求める。

$$C/N_w = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{-26.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{-39.5\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{-29.5\text{dB}}{10}\right)}\right) = 29.0\text{dB}$$

計算結果より、受信者端子(測定ポイント)における 64QAM 信号の C/N 比が 26.0dB となる時の、無線伝送区間の C/N 比は 29.0dB であった。

表 3-7: 受信者端子における 64QAM 信号の C/N 比が 26.0dB となる時の伝送路の性能(計算結果)

項目	各伝送路の C/N 比 [dB]			受信者端子における C/N 比 [dB]
	擬似伝送路 A	無線伝送路	擬似伝送路 B	
電力加算法による 計算結果	39.5	29.0	29.5	26.0

B) 各測定ポイントにおける信号品質

受信者端子(ポイント)での C/N 比が 26dB となる時の各測定ポイントにおける信号品質を以下に示す。

表 3-8: 受信者端子の C/N 比が 26dB となる時の各測定ポイントにおける信号品質(64QAM 1ch)

項目	64QAM 信号 1 波伝送時の測定結果		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	82.3	64.5	76.9
C/N 比 [dB]	39.9	29.0	26.2
BER	1.5×10^{-8}	6.2×10^{-8}	1.1×10^{-5}
MER [dB]	34.5	25.9	23.4

表 3-9: 受信者端子の C/N 比が 26dB となる時の各測定ポイントにおける信号品質(64QAM 8ch)

項目	64QAM 信号 8 波伝送時の測定結果		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	82.1	64.3	76.8
C/N 比 [dB]	39.5	28.9	26.2
BER	7.5×10^{-9}	9.6×10^{-8}	1.3×10^{-5}
MER [dB]	34.4	25.8	23.3

測定結果より、受信者端子(測定ポイント)における信号品質は、64QAM 信号を 1 波伝送時の BER が 1.1×10^{-5} となっており、リードソロモン符号による誤り訂正後はエラーフリーとなることから、受信者端子における品質として十分であることが分かる。

OFDM 信号と同様に、デジタル信号を 8 波伝送した場合の 64QAM 信号の測定結果についても、BER、MER とともに 1 波伝送時と大きな差異は見られず、複数波伝送の際も必要となる無線伝送路の性能は同程度であると判断出来る。

受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーションを以下に示す。

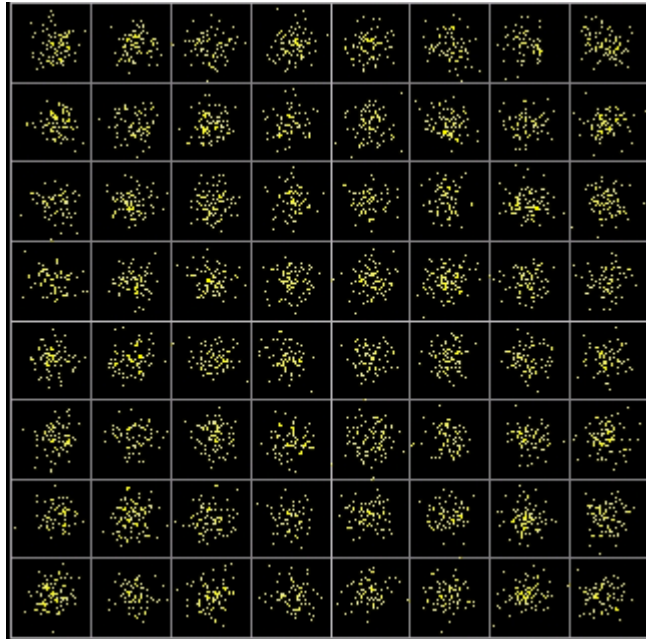


図 3-3:受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーション(64QAM 信号 1 波伝送時)

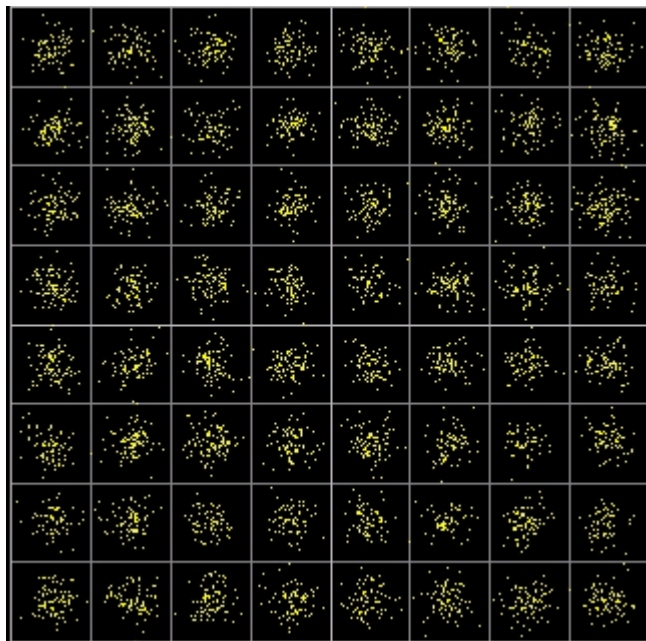


図 3-4:受信者端子(測定ポイント)におけるコンスタレーション(64QAM 信号 8 波伝送時)

受信者端子(測定ポイント)における 64QAM 信号のコンスタレーションは、C/N 比の劣化によりコンスタレーションの広がりは発生しているが、位相雑音や歪の影響による、コンスタレーションの回転等は生じていなかった。また、64QAM 信号を 1 波伝送した場合と、8 波伝送した場合において、コンスタレーションに大きな違いは生じていない事が確認出来た。

測定結果より、無線伝送路を擬似伝送路(無線伝送路前段にデジタル放送受信点(OFDM のみ)・ヘッドエンド・HFC 等の光伝送路、無線伝送路後段に FTTH 伝送路・棟内伝送路を想定)に接続した場合の無

線伝送区間の所要 C/N 比は、OFDM 信号を伝送する場合においては 26.3dB、64QAM 信号を伝送する場合においては 29.0dB であった。

以上の結果より、無線伝送路を日本 CATV 技術協会の標準規格に準拠した一般的な CATV 有線伝送路に接続した場合、

- ・標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号において 26.3dB 以上
- ・デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号において 29.0dB 以上

の C/N 比を無線伝送区間において確保できれば、有線テレビジョン放送法施行規則に定められている受信者端子における C/N 比(OFDM 信号においては 24dB 以上、64QAM 信号においては 26dB 以上)を満足すると考えられる。

4. デジタルチャンネルとアナログチャンネルの混在伝送検証試験

4.1. デジタルアナログ混在伝送時におけるレベル差確認

4.1.1. 目的

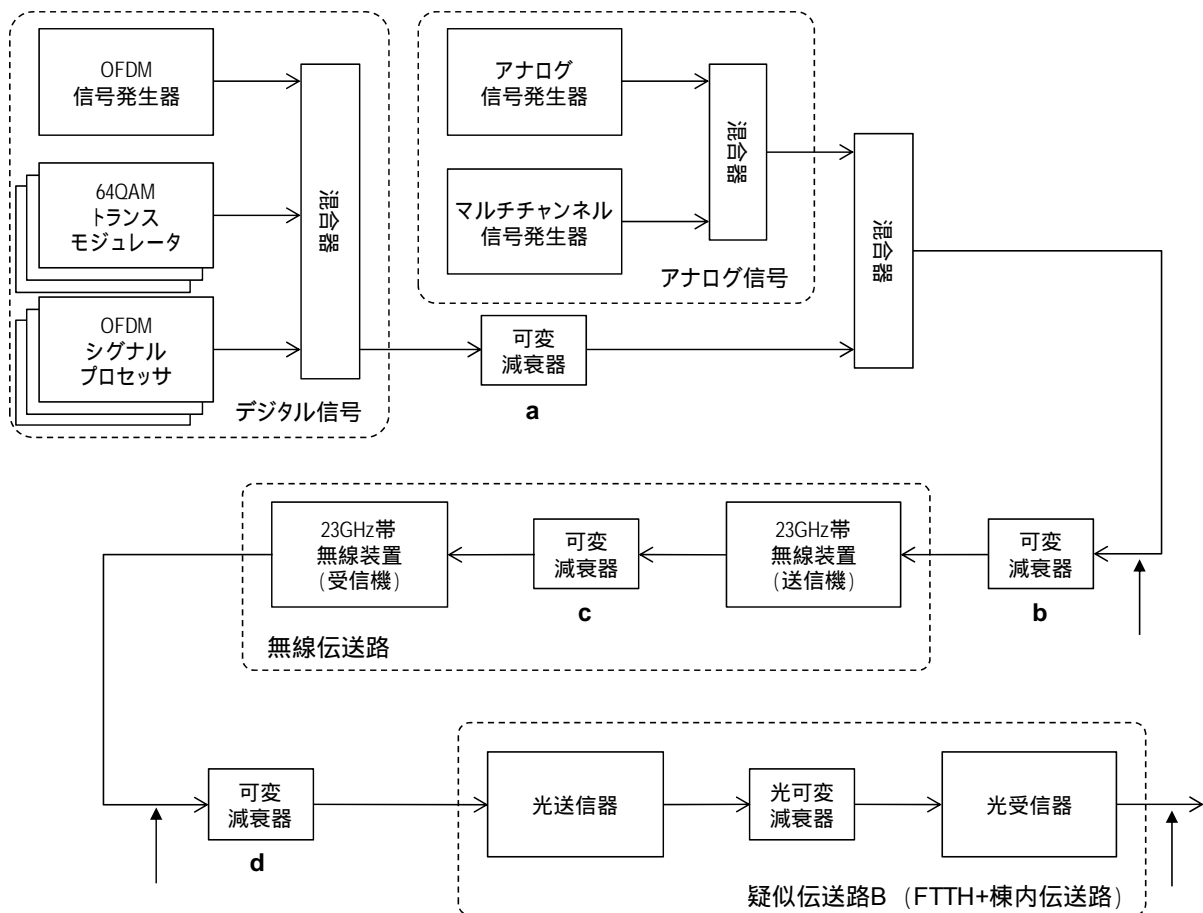
有線テレビジョン放送事業用固定局において、デジタルチャンネル信号(OFDM、64QAM)とアナログチャンネル信号(NTSC-VSB-AM)を混在伝送する場合の、無線伝送区間におけるデジタルチャンネル信号とアナログチャンネル信号のレベル差の最大値について検討する事を目的とする。

本試験では、無線伝送路へ入力するデジタルアナログ混在信号のうち、アナログ信号のレベルを一定とし、デジタル信号のレベルを可変させて試験を実施する。

無線伝送路、並びに後段に接続した擬似伝送路を経由した受信者端子におけるデジタル信号の C/N 比を測定し、C/N 比が有線テレビジョン放送法施行規則の C/N 比の条件(OFDM 信号においては 24dB、64QAM 信号においては 26dB)を満足する時の、アナログ信号に対するデジタル信号のレベル差を求め、デジタルアナログ混在伝送時において許容されるレベル差の最大値を求める。

また、アナログ信号の画像評価を行い、デジタル信号によるアナログ信号の画像への影響を調査する。

4.1.2. 測定系統及び測定点



番号	測定ポイント	備考
	無線送信機入力	
	無線受信機出力	
	疑似伝送路 B 出力	受信者端子と同等(トータル性能規定ポイント)

4.1.3. 測定方法

- 1 擬似伝送路 B への無変調信号の入力レベルを一定(81.5dBμV/ch)にし、擬似伝送路 B の C/N が 41.5dB (FTTH 伝送路と棟内伝送路の NTSC-VSB-AM に関するトータル性能と同等) となるように調整する(光送信器の変調度と光受信器の受光レベルを下げる)。(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-018-1.0 参照)

表 4-1: FTTH 伝送路と棟内伝送路を想定した有線伝送路の所要性能

	FTTH 伝送路	棟内伝送路	有線伝送路合計
C/N 比 [dB]	44.0	45.0	41.5

- 2 スペクトラムアナライザを用いて、擬似伝送路 B の入力と出力における C/N 比を測定し、擬似伝送路間における C/N 比が目標値となっていることを確認する。
- 3 無線伝送路の入力に無変調信号(CW)を入力し、 のポイントに接続したスペクトラムアナライザによる測定結果を確認して、無線伝送区間の C/N 比が 45dB になるように、無線装置間の可変減衰器 c(マイクロ波帯可変減衰器)を調整する。
- 4 マルチチャンネル信号発生器と信号発生器より無変調信号を合計 16 波発生させ、送信機への入力信号レベルを 80.8dBμV/ch に設定する。(送信機出力 6.5dBm/ch 相当)
- 5 OFDM 信号発生器等より OFDM 信号を 5 波、64QAM トランスモジュレータより 64QAM 信号を 3 波発生させ、送信機への入力信号レベルを 70.8dBμV/ch に設定する。(送信機出力 -3.5dBm/ch 相当)
- 6 のポイントにスペクトラムアナライザを接続し、OFDM 信号の C/N 比が 24dB になるように、可変減衰器 a(UHF 帯可変減衰器)を調整する。
- 7 のポイントにおける無変調信号(CW)と、OFDM 信号のレベル差を確認する。
- 8 デジタル TV シグナル・アナライザを用いて、各測定ポイントにおける被測定信号(OFDM 信号)の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。
- 9 無線伝送路、並びに擬似伝送路 B に OFDM 信号を 1 波入力し、デジタル TV シグナル・アナライザを用いて入力と出力における C/N 比を測定し、無線伝送区間、擬似伝送路における C/N 比を確認する。
- 10 のポイントにスペクトラムアナライザを接続し、64QAM 信号の C/N 比が 26dB になるように、可変減衰器 a(UHF 帯可変減衰器)を調整する。
- 11 のポイントにおける無変調信号(CW)と、64QAM 信号のレベル差を確認する。
- 12 各測定ポイントにおいて、被測定信号(64QAM 信号)の搬送波レベル、C/N 比、ビット誤り率(短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正前の BER)、変調誤差比(MER)を測定する。
- 13 無線伝送路、並びに擬似伝送路 B に 64QAM 信号を 1 波入力し、デジタル TV シグナル・アナライザを用いて入力と出力における C/N 比を測定し、無線伝送区間、擬似伝送路における C/N 比を確認する。
- 14 19ch、28ch の無変調信号を停止し、アナログ TV 変調器からカラーバー等の映像信号を変調させた NTSC 信号を発生させる。
- 15 OFDM 信号、64QAM 信号、NTSC 信号の送信機への入力信号レベルを、無変調信号と同等に設定する。
- 16 のポイントに、テレビ受信機を設置し、表示される映像に対して、総務省告示 130 号に準じ

た画像評価(主観評価)を実施する。

- 17 、 のポイントにスペクトラムアナライザを接続し、画像評価時の NTSC 信号の搬送波レベルと C/N 比を測定する。
- 18 デジタル信号(OFDM 信号と 64QAM 信号)のレベルがアナログ信号(無変調信号と NTSC 信号)に対して-1dB となるよう、可変減衰器 a (UHF 帯可変減衰器)を調整する。
- 19 16～17 と同様の手順で、 、 のポイントにおける NTSC 信号の搬送波レベルと C/N 比を測定し、画像評価を実施する。
- 20 以降、デジタル信号のレベルを 1dB 単位で低下させ、アナログ信号とのレベル差-15dB まで同様の測定と評価を実施する。

4.1.4. 信号配列

	CH	周波数		信号	備考
		UHF 帯周波数	23GHz 帯周波数	OFDM 信号試験時	
1	14	476MHz～482MHz	23366MHz～23372MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
2	15	482MHz～488MHz	23372MHz～23378MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
3	16	488MHz～494MHz	23378MHz～23384MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
4	17	494MHz～500MHz	23384MHz～23390MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
5	18	500MHz～506MHz	23390MHz～23396MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
6	19	506MHz～512MHz	23396MHz～23402MHz	CW (NTSC)	NTSC-VSB-AM 相当 画像評価時は NTSC
7	20	512MHz～518MHz	23402MHz～23408MHz	OFDM	
8	21	518MHz～524MHz	23408MHz～23414MHz	OFDM	
9	22	524MHz～530MHz	23414MHz～23420MHz	OFDM	被測定信号
10	23	530MHz～536MHz	23420MHz～23426MHz	64QAM	被測定信号
11	24	536MHz～542MHz	23426MHz～23432MHz	64QAM	
12	25	542MHz～548MHz	23432MHz～23438MHz	64QAM	
13	26	548MHz～554MHz	23438MHz～23444MHz	OFDM	
14	27	554MHz～560MHz	23444MHz～23450MHz	OFDM	
15	28	560MHz～566MHz	23450MHz～23456MHz	CW (NTSC)	NTSC-VSB-AM 相当 画像評価時は NTSC
16	29	566MHz～572MHz	23456MHz～23462MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
17	30	572MHz～578MHz	23462MHz～23468MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
18	31	578MHz～584MHz	23468MHz～23474MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
19	32	584MHz～590MHz	23474MHz～23480MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
20	33	590MHz～596MHz	23480MHz～23486MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
21	34	596MHz～602MHz	23486MHz～23492MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
22	35	602MHz～608MHz	23492MHz～23498MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
23	36	608MHz～614MHz	23498MHz～23504MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当
24	37	614MHz～620MHz	23504MHz～23510MHz	CW	NTSC-VSB-AM 相当

4.1.5. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM C/N 測定時)

測定	中心周波数	測定帯域	SPAN	RBW	VBW	検波モード	アベレージ
搬送波レベル	527.142857 MHz	5.6MHz	10MHz	30kHz	300kHz	Sample	30 回
雑音レベル N	527.142857 MHz	5.6MHz	10MHz	30kHz	300kHz	Sample	30 回

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.6 参照)

4.1.6. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM C/N 測定時)

測定	中心周波数	測定帯域	SPAN	RBW	VBW	検波モード	アベレージ
搬送波レベル	533MHz	5.274MHz	10MHz	100kHz	1MHz	Sample	30 回
雑音レベル N	533MHz	5.274MHz	10MHz	100kHz	1MHz	Sample	30 回

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-QAM 4.5 参照)

4.1.7. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (NTSC C/N 測定時)

測定	中心周波数	測定帯域	SPAN	RBW	VBW	検波モード	アベレージ
搬送波レベル	509.25MHz	-	10MHz	30kHz	300kHz	Peak	-
雑音レベル N	509.25MHz	4MHz	10MHz	30kHz	300kHz	Sample	30 回

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.6 参照)

4.1.8. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM BER 測定時)

測定チャンネル	BER 測定法	測定時間
527.142857MHz	PRBS 法 (PRBS+SYNC)	60 秒 ^{注1}

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.7 参照)

注¹: 60 秒間の測定による OFDM 信号の BER 測定における測定レンジは 1×10^{-9} 。

4.1.9. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM BER 測定時)

測定チャンネル	BER 測定法	測定時間
533MHz	PRBS 法 (PRBS+SYNC)	60 秒 ^{注2}

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-QAM 4.6 参照)

注²: 60 秒間の測定による 64QAM 信号の BER 測定における測定レンジは 1×10^{-9} 。

4.1.10. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (OFDM MER 測定時)

測定チャンネル	アベレージ	測定階層
527.142857MHz	100	All Layer (Conventional)

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA-STD-010-OFDM 4.11 参照)

4.1.11. デジタル TV シグナル・アナライザの設定 (64QAM MER 測定時)

測定チャンネル	アベレージ	測定階層
533MHz	100	-

(日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-QAM 4.9 参照)

4.1.12. 結果

受信者端子における OFDM 信号の C/N 比が 24dB となる時のデジタル信号のレベルは、アナログ信号に対して-13dB、64QAM 信号 C/N 比が 26dB となる時のデジタル信号のレベルは、アナログ信号に対して-11dB であった。

表 4-2: 受信者端子における C/N 比が有テレ法の条件となる時のデジタル、アナログ信号のレベル差

	OFDM	64QAM
アナログ信号に対する デジタル信号のレベル差[dB]	-13	-11

受信者端子における OFDM 信号の C/N 比が 24dB 以上となるレベル差(-13dB)の時の、各測定ポイントにおける信号品質を以下に示す。

表 4-3: OFDM 信号伝送試験時の各測定ポイントにおける信号品質(レベル差:-13dB)

アナログ信号とのレベル差 [dB]	-13		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	71.3	68.2	75.6
C/N 比 [dB]	45.6	28.0	24.5
BER	エラーフリー	1.5×10^{-7}	1.7×10^{-6}
MER [dB]	40.5	28.2	23.9

受信者端子(測定ポイント)における測定結果に着目すると、BER が 1.7×10^{-6} となっており、リードソロモン符号による誤り訂正後にはエラーフリーとなることから、アナログ信号との混在伝送によるデジタル信号への影響は許容できる範囲であると判断出来る。

受信者端子における 64QAM 信号の C/N 比が 26dB 以上となるレベル差(-11dB)の時の、各測定ポイントにおける信号品質を以下に示す。

表 4-4: 64QAM 信号伝送試験時の各測定ポイントにおける信号品質(レベル差:-11dB)

アナログ信号とのレベル差 [dB]	-11		
測定ポイント			
搬送波レベル [dBμV]	72.6	69.5	76.6
C/N 比 [dB]	46.2	29.3	26.0
BER	1.4×10^{-8}	1.9×10^{-8}	8.4×10^{-6}
MER [dB]	36.5	26.1	23.0

受信者端子(測定ポイント)における測定結果に着目すると、BER が 8.4×10^{-6} となっており、リードソロモン符号による誤り訂正後にはエラーフリーとなることから、アナログ信号との混在伝送によるデジタル信号への影響は許容できる範囲であると判断出来る。

ここで、受信者端子における C/N 比が目標値となった時の、各伝送路の C/N 比について以下の方法に基づいて算出した結果を示す。

- 信号を 1 波伝送した時の測定結果による各伝送路の C/N 比
- デジタルアナログ混在時の各測定ポイントにおける C/N 比から、電力減算により算出した各伝送路の C/N 比

表 4-5: OFDM 信号伝送試験時の各伝送路の C/N 比

項目	アナログ信号とのレベル差 [dB]	C/N 比 [dB]	
		無線伝送路	擬似伝送路
無変調信号 1 波伝送時の C/N 比	-	45.7	42.0
OFDM 信号 1 波伝送時の C/N 比	-13	31.8	26.9
デジタルアナログ混在時の C/N 比	-13	28.1	27.0

表 4-6: 64QAM 信号伝送試験時の各伝送路の C/N 比

項目	アナログ信号とのレベル差 [dB]	C/N 比 [dB]	
		無線伝送路	擬似伝送路
無変調信号 1 波伝送時の C/N 比	-	45.5	41.6
64QAM 信号 1 波伝送時の C/N 比	-11	33.4	29.3
デジタルアナログ混在時の C/N 比	-11	29.3	28.8

信号を 1 波伝送した時の無線伝送区間における C/N 比の測定結果に着目すると、アナログ信号とデジタル信号の C/N 比の差は、OFDM 信号においては-14dB、64QAM 信号においては-12dB となり、帯域換算による C/N 比の差を考慮すると、無線伝送区間におけるデジタル信号とアナログ信号のレベル差と相違無い値となった。

ここで、デジタル信号、アナログ信号混在時の各測定ポイントにおける C/N 比から、電力減算により算出した無線伝送区間の C/N 比に着目する。デジタルアナログ混在時における無線伝送区間の C/N 比は、信号を 1 波伝送した時の測定結果と比較して、OFDM 信号が 3.7dB、64QAM 信号が 4.1dB 低い値となっている。これは無線伝送区間の雑音成分が、熱雑音以外の要因で増加した事によるものであると考えられる。

本試験における各伝送路の C/N 比が目標値(アナログ信号伝送において無線伝送区間=45dB、擬似伝送路=41.5dB)となる時の、アナログ信号と OFDM 信号の C/N 比を計算によって求める。

各伝送路の OFDM 信号の C/N 比は以下の式により求められる。

$$C/N_{\text{OFDM}} = C/N_{\text{AM}} + \text{Dif} + Y$$

C/N_{OFDM} : OFDM 信号の C/N 比 [dB]

C/N_{AM} : アナログ信号の C/N 比 [dB](目標値)

Dif: アナログ信号に対するデジタル信号のレベル差 [dB]

Y: 帯域換算(OFDM=5.6MHz、アナログ=4MHz)による補正值

上記の式を用いて、アナログ信号に対して-13dB のレベルで伝送されている OFDM 信号の、無線伝送区間における C/N 比(理論値)を求める。

$$C/N_{\text{OFDM}} = 45\text{dB} - 13\text{dB} - 1.5\text{dB} = 30.5\text{dB}$$

同様に、擬似伝送路 B における OFDM 信号の C/N 比(理論値)は以下となる。

$$C/N_{\text{OFDM}} = 41.5\text{dB} - 13\text{dB} - 1.5\text{dB} = 27.0\text{dB}$$

この時の受信者端子における OFDM 信号の C/N 比は、以下に示す電力加算法を用いて計算する事が出来る。

$$C/N_{\text{Rx}} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{C/N_{\text{W}}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_{\text{B}}}{10}\right)}\right)$$

C/N_B: 擬似伝送路 B の C/N 比 [dB]

C/N_{Rx}: 受信者端子における C/N 比 [dB]

C/N_W: 無線伝送区間の C/N 比 [dB]

$$C/N_{\text{Rx}} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{30.5\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{27.0\text{dB}}{10}\right)}\right) = 25.4\text{dB}$$

上記の結果より、アナログ信号の C/N 比を目標値とした時の、OFDM 信号の受信者端子における C/N 比は 25.4dB であり、有線テレビジョン放送法施行規則に定められた受信者端子における C/N 比の条件(24dB 以上)と比較して 1.4dB 高い値となった。

表 4-7: OFDM 信号伝送における各伝送路と受信者端子の C/N 比

項目	アナログ信号とのレベル差 [dB]	各伝送路の C/N 比 [dB]		受信者端子における C/N 比 [dB]
		無線伝送路	擬似伝送路 B	
測定結果より求めた C/N 比	-13	28.1	27.0	24.5
各伝送路の C/N 比を目標値とした時の OFDM 信号の C/N 比 (理論値)		30.5	27.0	25.4

受信者端子における C/N 比が 24dB となる時の各伝送路の C/N 比は、以下に示す通りそれぞれ 1.4dB 減じることが可能である。

$$C/N_{\text{Rx}} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{30.5\text{dB}-1.4\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{27\text{dB}-1.4\text{dB}}{10}\right)}\right) = 24.0\text{dB}$$

以上の結果より、受信者端子における C/N 比が 24dB となる時の OFDM 信号のアナログ信号に対するレベル差の最大値は、測定結果より求められた-13dB から 1.4dB 大きい-14.4dB であると推察できる。

各伝送路の C/N 比が目標値(アナログ信号伝送において無線伝送区間=45dB、擬似伝送路=41.5dB)となる時の、アナログ信号と 64QAM 信号のレベル差を計算によって求める。

各伝送路の 64QAM 信号の C/N 比は以下の式により求められる。

$$C/N_{64QAM} = C/N_{AM} + Dif + Y$$

C/N_{64QAM} : 64QAM 信号の C/N 比 [dB]

C/N_{AM} : アナログ信号の C/N 比 [dB](目標値)

Dif: アナログ信号に対するデジタル信号のレベル差 [dB]

Y: 帯域換算(64QAM=5.274MHz、アナログ=4MHz)による補正值

上記の式を用いて、アナログ信号に対して-11dB のレベルで伝送されている 64QAM 信号の、無線伝送区間における C/N 比(理論値)を求める。

$$C/N_{64QAM} = 45\text{dB} - 11\text{dB} - 1.2\text{dB} = 32.8\text{dB}$$

同様に、擬似伝送路 B における OFDM 信号の C/N 比(理論値)は以下となる。

$$C/N_{64QAM} = 41.5\text{dB} - 11\text{dB} - 1.2\text{dB} = 29.3\text{dB}$$

この時の受信者端子における 64QAM 信号の C/N 比は、以下に示す電力加算法を用いて計算する事が出来る。

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{C/N_W}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{C/N_B}{10}\right)}\right)$$

C/N_B : 擬似伝送路 B の C/N 比 [dB]

C/N_{Rx} : 受信者端子における C/N 比 [dB]

C/N_W : 無線伝送区間の C/N 比 [dB]

$$C/N_{Rx} = -10\log_{10}\left(10^{\left(\frac{32.8\text{dB}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{29.3\text{dB}}{10}\right)}\right) = 27.7\text{dB}$$

上記の結果より、アナログ信号の C/N 比を目標値とした時に、アナログ信号に対して-11dB のレベルで伝送した 64QAM 信号の受信者端子における C/N 比は 27.7dB であり、有線テレビジョン放送法施行規則に定められた受信者端子における C/N 比の条件(26dB 以上)と比較して 1.7dB 高い値となった。

表 4-8: 64QAM 信号伝送における各伝送路と受信者端子の C/N 比

項目	アナログ信号とのレベル差 [dB]	各伝送路の C/N 比 [dB]		受信者端子における C/N 比 [dB]
		無線伝送路	擬似伝送路 B	
測定結果より求めた C/N 比	-11	29.3	28.8	26.0
各伝送路の C/N 比を目標値とした時の 64QAM 信号の C/N 比 (理論値)		32.8	29.3	27.7

受信者端子における C/N 比が 26dB となる時の各伝送路の C/N 比は、以下に示す通りそれぞれ 1.7dB 減じることが可能である。

$$C/N_{Rx} = -10 \log_{10} \left(10^{\left(\frac{32.8\text{dB} - 1.7\text{dB}}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{29.3\text{dB} - 1.7\text{dB}}{10} \right)} \right) = 26.0\text{dB}$$

以上の結果より、受信者端子における C/N 比が 26dB となる時の 64QAM 信号のアナログ信号に対するレベル差の最大値は、測定結果より求められた -11dB から 1.7dB 大きい -12.7dB であると推察できる。

アナログ信号に対して、OFDM 信号を -14.4dB、64QAM 信号を -12.7dB のレベル差で伝送した時の、各伝送路の C/N 比と、受信者端子における C/N 比の計算値を以下に示す。

表 4-9: デジタル信号伝送における各伝送路と受信者端子の C/N 比(計算値)

項目	アナログ信号とのレベル差 [dB]	各伝送路の C/N 比 [dB]		受信者端子における C/N 比 [dB]
		無線伝送路	擬似伝送路 B	
OFDM 信号伝送における C/N 比	-14.4	29.1	25.6	24.0
64QAM 信号伝送における C/N 比	-12.7	31.1	27.6	26.0

以上の結果より、受信者端子において、有線テレビジョン放送法に定められた C/N 比の条件(OFDM 信号においては 24dB 以上、64QAM 信号においては 26dB 以上)を満足するアナログ信号とデジタル信号のレベル差は、OFDM 信号においては -14.4dB、64QAM 信号においては -12.7dB であると考えられる。

以上より、本試験における、デジタル信号のアナログ信号に対する最大のレベル差は、

- ・標準デジタルテレビジョン放送(OFDM)信号においては -14.4dB
- ・デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号においては -12.7dB

であった。

また、その時の受信者端子におけるデジタル信号の C/N 比は、有線テレビジョン放送法施行規則に定められた C/N 比の条件(OFDM 信号においては 24dB、64QAM 信号においては 26dB) を満足すると推察できる。

デジタル信号のレベルを変化させた時の、アナログ信号の画像評価の結果、並びにその時の測定ポイント、における搬送波レベル、C/N 比の測定結果を以下に示す。
 画像の評価は、総務省告示第 150 号に準拠し実施した。

表 4-10: 画像評価結果一覧

デジタル信号とのレベル差	19ch					28ch				
	画像評価	搬送波レベル [dB μV]		C/N 比 [dB]		画像評価	搬送波レベル [dB μV]		C/N 比 [dB]	
0dB	3	81.5	88.6	36.7	35.7	3	81.3	88.3	36.5	35.4
1dB	3	81.4	88.5	37.6	36.3	3	81.3	88.4	37.5	36.2
2dB	3	80.8	88.6	37.9	37.0	3	80.8	88.6	37.9	37.0
3dB	3	81.4	88.6	38.8	37.3	3	81.6	88.7	39.0	37.4
4dB	3	81.5	88.5	39.7	37.6	3	81.8	88.9	40.0	38.0
5dB	3	81.6	88.6	39.9	37.9	3	81.2	88.4	39.5	37.7
6dB	3	81.2	88.6	39.5	38.0	3	80.9	88.3	39.2	37.7
7dB	3	81.6	88.7	40.7	38.3	3	81.5	88.6	40.6	38.2
8dB	3	81.6	88.7	40.4	38.3	3	81.7	88.7	40.5	38.3
9dB	3	81.7	88.5	40.8	38.3	3	81.8	88.6	40.9	38.4
10dB	3	81.5	88.6	40.8	38.3	3	81.8	88.9	41.1	38.6
11dB	3	81.7	88.6	40.8	38.3	3	81.9	88.8	41.0	38.5
12dB	3	81.6	88.6	41.2	38.4	3	81.5	88.5	41.1	38.3
13dB	3	81.2	88.7	41.1	38.5	3	80.9	88.4	40.8	38.2
14dB	3	81.8	88.7	41.2	38.6	3	82.0	88.9	41.4	38.8
15dB	3	81.8	88.7	41.2	38.5	3	81.9	88.7	41.3	38.5

アナログ信号の画像評価の結果は、デジタル信号のレベルによらず 3 という結果となった。テレビ受信機で表示した画像には多少のビート妨害が発生しているものの、デジタル信号のレベルをアナログ信号と等しくした場合も、-15dB のレベル差とした場合も画像が大きく乱れる事はなかった。

デジタル信号をアナログ信号と同時に伝送させる運用時には、一般的にデジタル信号のレベルを-5~-10dB 程度低くして運用するケースが多いと考えられるが、レベル差がついた状態でデジタル信号によってアナログ信号の画像に影響が出る可能性は低いと推察できる。

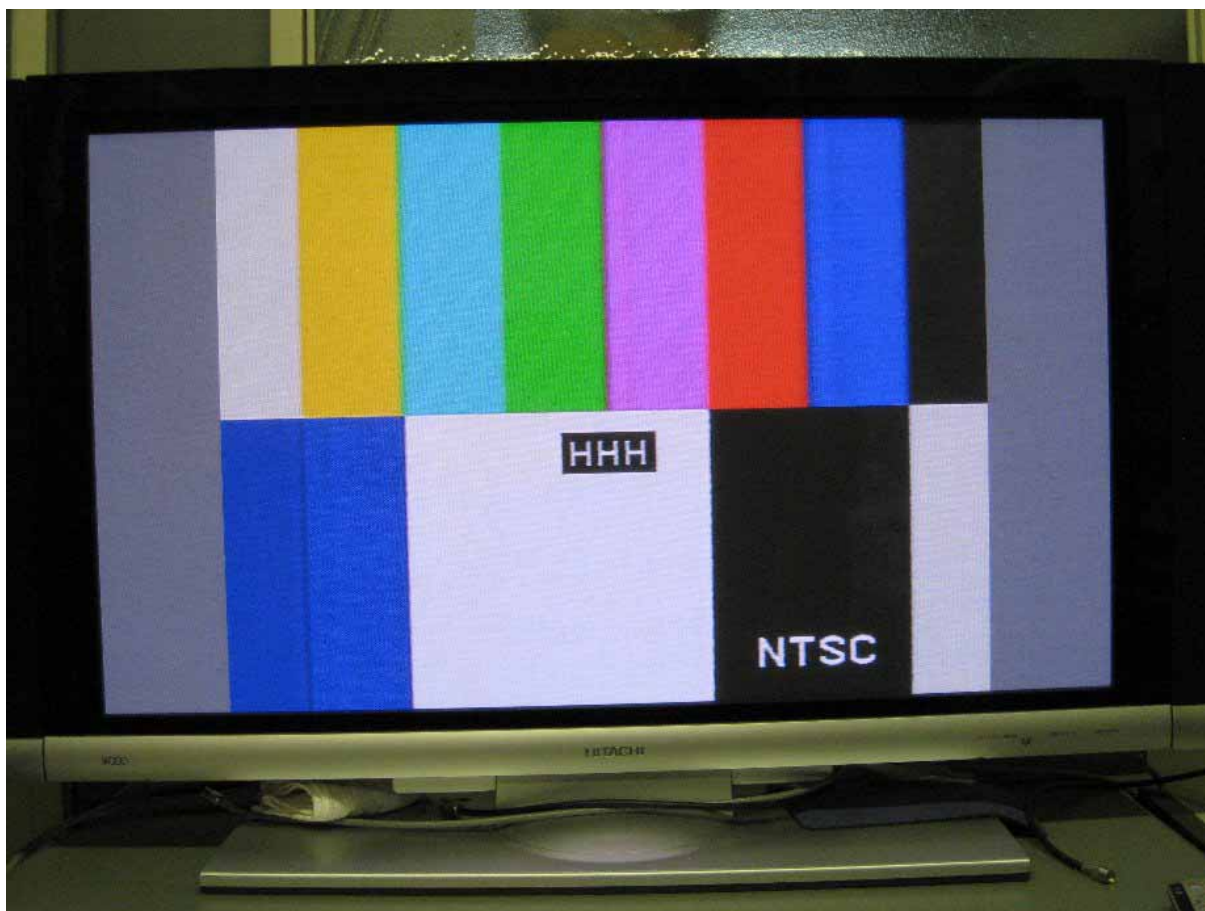


図 4-1 : 画像評価時の画像例(デジタル信号のレベル=アナログ信号のレベル-10dB)

5. 使用測定器等一覧

本技術試験に使用した測定機器一覧を以下に示す。

表 5-1:技術試験に使用した測定機器等一覧

品名	製造会社	型式	数量	備考
23GHz 帯無線送信機	京セラコミュニケーションシステム(株)	MOT-23632	1台	
23GHz 帯無線受信機	京セラコミュニケーションシステム(株)	COR-23634	1台	
デジタル TV シグナル・アナライザ	(株)アドバンテスト	R3466	2台	
スペクトラムアナライザ (位相雑音測定器)	アジレント・テクノロジー(株)	E4448A	1台	
アナログ信号発生器	アジレント・テクノロジー(株)	E8257D	1台	
マルチチャンネル信号発生器	アジレント・テクノロジー(株)	NBT9109	1台	
OFDM 信号発生器	アンリツ(株)	8940A	1台	
UHF 帯可変減衰器	アンリツ(株)	MN61B	3台	
雑音発生器	多摩川電子(株)	TSG-125	1台	
OFDM シグナルプロセッサ	古河電気工業(株)	FH-SP-M4203B	2台	
OFDM シグナルプロセッサ	古河電気工業(株)	FH-SP-M4201A	5台	
64QAM トランスモジュレータ	古河電気工業(株)	FH-TM-M1101A	2台	
オールチャンネル TV 変調器	古河電気工業(株)	FH-MD-T1127A	1台	
TV シグナルプロセッサ	古河電気工業(株)	FH-SP-T1024A	1台	
シグナルレベルメータ	リーダー電子(株)	LF 986	1台	
マイクロ波帯可変減衰器	Weinschel, inc	9012-9	1台	
マイクロ波帯可変減衰器	Weinschel, inc	9012-70	1台	

6. 用語の解説

本技術試験に使用した用語、略語の解説を以下に示す。

表 6-1:技術試験に使用した測定機器一覧

用語・略語	解説
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing 直交周波数分割多重。多数の搬送波に分割して変調するデジタル変調方式であり、日本および欧州の地上デジタルテレビジョン放送に採用されている。搬送波 1 本当たりの変調速度が遅いため反射妨害に強い特徴がある。搬送波の変調方式は QPSK, 16QAM, 64QAM などを使用する。
QAM	Quadrature Amplitude Modulation 直交振幅変調。搬送波の位相と振幅を同時に変化させるデジタル変調方式。16 値、64 値、256 値の QAM 信号が実用されている。
RS 訂正	短縮化リードソロモン(204,188)符号による誤り訂正。
ガードインターバル(GI)	Guard Interval OFDM 信号において、1 つのシンボル(符号の組み合わせ)を伝送する時間(有効シンボル長)に対して、ある一定期間同じ信号を余分に送り続けると、受信側ではこの時間内の遅れ又は進み信号(ゴースト)の影響を受けていない期間の信号を取り出して復調する事ができる。この余分に送出する時間をガードインターバルという。
内符号、外符号	誤りを生じる伝送路で伝送するデジタル信号には誤り訂正符号を付加して伝送し、受信側でこの信号を利用して誤りを訂正する。 地上デジタル放送では、リードソロモン(RS)符号と畳み込み符号により、二重の誤り訂正を行う。RS 符号、畳み込み符号の順に符号化(復号化の順序は逆)するため、伝送路から見て内側にある畳み込み符号を内符号、外側にある RS 符号を外符号と呼ぶ。
C/N 比	Carrier to Noise ratio 搬送波電力対雑音電力比
BER	Bit Error Rate ビット誤り率。誤ったビット数対伝送された全ビット数の比。
MER	Modulation Error Ratio 変調誤差比。QAM 方式において、搬送波平均振幅とデジタルデータの値に対応する搬送波の理論的な振幅、位相と実際の振幅、位相の差の平均(変調誤差)との比。
等価ノイズ劣化 (END)	Equivalent Noise Degradation デジタル伝送システムの評価方法の一つ。決められた BER 値(例えば RS 訂正前で 1×10^{-4})が得られる実際の C/N 比と同じ BER 値が得られる理論 C/N 比との差で表わす。
コンスタレーション	Constellation 多値変調方式において、デジタルデータの組み合わせ(シンボル 16QAM では 4 ビット、64QAM では 6 ビット、256QAM では 8 ビット)に対応する搬送波の振幅、位相の関係を図に表示したもの。

PRBS 信号	<p>Pesudo Random Binary Sequence</p> <p>擬似ランダムパターンの2値符号(一般的には$2^{23}-1$の繰り返し周期をもつものが使用される。)で、OFDMのBER値を測定する時の基準符号として用いられる。</p>
CTB	<p>Composite Triple Beat</p> <p>複合3次歪</p> <p>3次ひずみにより生じる周波数の異なる3信号による和差ビート。多チャンネルケーブルテレビシステムでは、アナログテレビ映像搬送波のCTBが問題となる。</p>
CSO	<p>Composite Second Order</p> <p>複合2次歪</p> <p>2次ひずみにより生じる周波数の異なる2信号による和差ビート。多チャンネルケーブルテレビシステムでは、CTBに比べアナログテレビ映像搬送波のCSOは影響が小さい。</p>

(日本CATV技術協会 標準規格 JCTEA STD-010-OFDM 2.6 参照)