

令和6年度 総務省周波数ひっ迫対策技術試験事務

成果概要（抜粋）

令和7年5月20日
事務局

STL/TTL/TSL高度化の技術的条件（想定諸元）

下線：現行方式からの相違点

	STL/TTL高度化方式		TSL高度化方式
	IP伝送方式	IF伝送方式※ ¹	
無線周波数帯	<u>6.4GHz帯（C帯）、6.5GHz帯（M帯）、7GHz帯（D帯）、7.5GHz帯（N帯）、10GHz帯（E帯）、10.5GHz帯（F帯）及び13GHz帯（G帯）</u>		
占有周波数帯域幅	7.6MHz以下	主信号： <u>5.85MHz以下</u> サービスチャネル信号：110kHz以下 全体のスペクトル：周波数間隔8.4MHzの範囲内にあること	16.2MHz以下
通信方式	単向通信方式	単向通信方式	単向通信方式
変調方式	<u>OFDM方式（キャリア変調方式※²：32QAM、64QAM、256QAM、1024QAM）</u>	主信号： <u>地上放送高度化方式用OFDM信号のものと同じ</u> パイロット信号：無変調 サービスチャネル信号：4相PSK	<u>OFDM方式（キャリア変調方式※²：QPSK、16QAM、32QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM）</u>
偏波	水平偏波又は垂直偏波 <u>又はそれらの組み合わせ（偏波MIMO）</u>	水平偏波又は垂直偏波	水平偏波又は垂直偏波 <u>又はそれらの組み合わせ（偏波MIMO）</u>
誤り訂正符号	有すること（ <u>内符号にLDPC符号、外符号にBCH符号の接続符号を想定</u> ）	規定しない（主信号に含まれる）	有すること（ <u>内符号にLDPC符号、外符号にBCH符号の接続符号を想定</u> ）
最大空中線電力	SISO/SIMO：2W、0.5W（F帯10.6～10.68GHz）、4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドみ） <u>MIMO：偏波ごとにSISO/SIMOと同じ</u>	2W、0.5W（F帯10.6～10.68GHz）、4W（伝搬路条件等による最大値）	SISO/SIMO：1W（C～D帯）、2W（M～N帯）、0.5W（E～G帯）、4W（伝搬路条件等による最大値、M～N帯及びF4～F7を除く） <u>MIMO：偏波ごとにSISO/SIMOと同じ</u>
伝送容量	SISO/SIMO： <u>約50Mbps（75.7Mbps以下）</u> <u>MIMO：約100Mbps（151.5Mbps以下）</u>	主信号： <u>地上放送高度化方式用OFDM信号のものと同じ</u> サービスチャネル信号：160kbps以下	SISO/SIMO： <u>約150Mbps（191Mbps以下）</u> <u>MIMO：約300Mbps（382Mbps以下）</u>

※¹ M/N帯は除く。

SISO：Single-Input Single-Output、SIMO：Single-Input Multiple-Output、SD：Space Diversity

※² 標準的な変調方式で無線局の審査を行い、他の回線への干渉量を増加させない場合に限り、低次又は高次の変調方式も利用可能とする。

STL/TTL/TSL高度化の技術的条件

- 最適な伝送パラメータの検討
 - ◆ 次世代STL/TTLのIP伝送方式について、所要伝送レートを50Mbps級と100Mbps級に分類して、最適な伝送パラメータの候補を検討した。R6年度当初は、占有周波数帯は8.5MHzで検討を進めたが、干渉軽減係数の検討の結果、占有周波数帯幅を、7.6MHzに変更することとし、改めてパラメータを検討。
 - ◆ 次世代TSLの伝送方式について、4K8K用FPUの所要情報レートから、最適な伝送パラメータの候補を検討した。
- プログラム伝送方式の検討
 - ◆ 室内実験でSTL/TTLで伝送された新I/Fパケットを高度化変調器に入力し、FDM/TDMに対応するOFDM信号による映像伝送とSFN構築が可能であることを検証した。
 - ◆ 次世代STL/TTL装置に2つのプログラム伝送信号（新IF/新IF、新IF/放送TS、放送TS/放送TS）の多重伝送機能を実装し、パケットロスなく伝送できること、概ね6ms以下の遅延時間を実現できる見通しを得た。
- 次世代STL/TTL回線の伝搬特性の検証
 - ◆ 長期的に海上伝搬特性を測定した結果、フェージングの影響により所要受信電力を下回ることがあった。最悪月（7月）で、回線瞬断率は回線計算の値以下であった。
 - ◆ SIMO（Space Diversity）では、2系統の受信電力が同時に所要受信電力を下回らなければビットエラーは発生していないことを確認した。
- 現時点での技術的条件のまとめ
 - ◆ 室内伝送実験により、最適な伝送パラメータの妥当性を検証した（ただし占有周波数帯幅は8.5MHz）。
 - ◆ 「干渉軽減係数の検討」を踏まえ、占有周波数帯幅を現行と同様に調整、「標準的な変調方式」の導入を検討した。

STL/TTL/TSL高度化の共用条件

- 次世代STL/TTLの干渉計算手法の検討
 - ◆ 次世代STL/TTLの占有周波数帯幅変更前の最適な伝送パラメータに対する標準的な回線距離や標準受信入力、最大受信入力を検討した。
 - ◆ 現行STL/TTLから次世代STL/TTLの所要C/Nの変更に伴う、雑音配分や混信保護比の考え方を整理した。
- STL/TTLの干渉軽減係数の検討
 - ◆ STL/TTLの混信保護比や干渉軽減係数（IRF）を机上計算で導出し、IRF表を作成した。
 - ◆ 他システム実機による室内干渉試験を実施し、机上計算のIRFの妥当性を検証した。

STL/TTL/TSL高度化の技術的条件の検討（最適な伝送パラメータの検討）

内容: 次世代STL/TTLの最適な伝送パラメータの候補を検討した。

成果:

- 次世代STL/TTLのIP伝送方式について、要求条件や移行方法を考慮したプログラム伝送信号の多重の組合せから所要伝送レートを見積り、50Mbps級と100Mbps級に分類して、最適な伝送パラメータの候補を検討した（表1）。
- なお、R6年度当初は、占有周波数帯幅を8.5MHzで検討を行っていたが、その後、干渉軽減係数（IRF）を検討する過程で、占有周波数帯幅を7.6MHzに変更することとした（後述）。

表1 次世代STL/TTLの伝送パラメータ候補

分類	伝送パラメータ			所要C/N (理論値) [dB]	機器劣化 [dB]	占有周波数 帯幅 [MHz以下]	等価雑音 帯域幅 [MHz以下]	雑音指数 [dB]	伝送容量 [Mbps]	備考
	空間多重	変調方式	符号化率							
次世代 50Mbps	SISO	256QAM	14/16	24.1	3	8.5	8.5	4 (G/バンドを除く) 5 (G/バンド)	52.478	・不均一コンスタレーション (NUC)
		1024QAM	11/16	24.0					51.337	
		1024QAM	12/16	26.1					56.090	
次世代 100Mbps	MIMO	256QAM	14/16	24.1	3	8.5	8.5	4 (G/バンドを除く) 5 (G/バンド)	104.955	・LDPC符号 (Short)
		1024QAM	11/16	24.1					102.674	
		1024QAM	12/16	26.0					112.181	



分類	伝送パラメータ			所要C/N(計 算値) [dB]	占有周波数帯幅 [MHz以下]	伝送容量 [Mbps]	備考
	空間多重	変調方式	符号化率				
次世代 50Mbps	SISO	256QAM	14/16	24.1	7.6	48.56	・不均一コンスタレーション (NUC)
		1024QAM	11/16	24.0		47.48	
		1024QAM	12/16	26.1		51.88	
次世代 100Mbps	MIMO	256QAM	14/16	24.1	7.6	97.08	・LDPC符号 (Short)
		1024QAM	11/16	24.1		94.93	
		1024QAM	12/16	26.0		103.76	

内容: 次世代TSLの最適な伝送パラメータの候補を検討した。

成果:

- 次世代TSLの伝送方式について、FPUで伝送された映像信号を中継するシステムとして4K8K用FPUのOFDM方式をベースに検討し、4K8K用FPUの所要情報レートから次世代TSLの最適な伝送パラメータの候補を検討した（表2）。符号化後の映像情報レートをこの伝送容量に収める運用が必要となる。

表2 次世代TSLの伝送パラメータの候補

FPUの運用モデル	所要情報レート※	所要レートを満たすパラメータ（8192点FFT）		
		SISO	MIMO	
4K	移動中継	75Mbps	64QAM(5/6)	16QAM(2/3), 32QAM(1/2)
	固定中継(標準画質)	100Mbps	256QAM(5/6), 1024QAM(2/3)	16QAM(5/6), 32QAM(2/3)
	固定中継(高品質)	150Mbps	4096QAM(5/6)	64QAM(5/6), 256QAM(2/3)
8K	移動中継	150Mbps	同上	同上
	固定中継(標準画質)	200Mbps	—	256QAM(5/6), 1024QAM(2/3)
	固定中継(高品質)	300Mbps	—	4096QAM(5/6)

STL/TTL/TSL高度化の技術的条件の検討（プログラム伝送方式の検討）

内容:

- 再多重化装置、STL/TTL装置、変調器を新しいプログラム伝送信号のインターフェース仕様（新I/F仕様）に対応させた。室内実験でSTL/TTLで伝送された新I/F packetsを高度化変調器に入力し、FDM/TDMに対応するOFDM信号による映像伝送とSFN構築が可能であることを確認した。
- STL/TTL装置に2つのプログラム伝送信号の多重伝送機能を実装し、室内実験により機能検証を行った。

成果 1：新I/F仕様の検証

- FDM/TDM構造の伝送パラメータを設定し、新I/Fの規定に沿ったパケットが送出されることを確認した（図1）。
- 次世代STL/TTL変復調器によるTTL区間1段および2段で伝送した新I/F packetsを高度化変調器に入力し、同期制御情報で設定した遅延時間で同一の変調波が生成され、SFNが構築可能であることを確認した（図2、3）。
- FDM構造/TDM構造に対応する高度化方式のOFDM信号を生成でき、映像が破綻なく伝送可能であることを確認した。

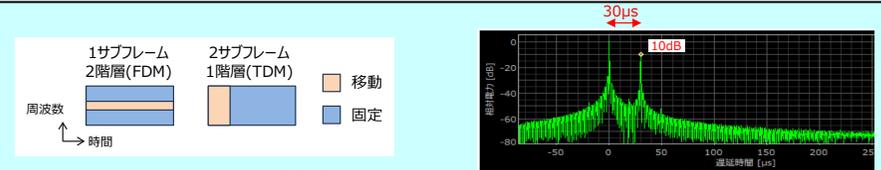


図1 FDM/TDM構造 図2 SFN環境での遅延プロファイルの測定結果

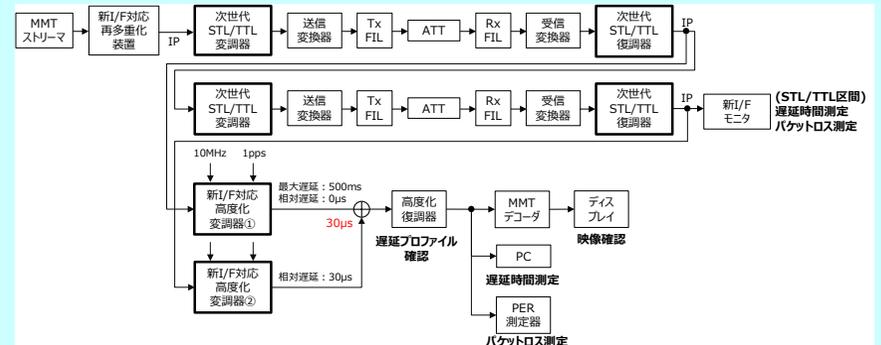


図3 室内実験 接続システム

成果 2：STL/TTL装置の複数プログラム伝送信号の多重伝送機能の検証

- 次世代STL/TTL装置に2つのプログラム伝送信号（新I/F/新I/F、新I/F/放送TS、放送TS/放送TS）の多重伝送機能を実装し、パケットロスや遅延時間を評価した（表1）。結果として、パケットロスなく映像伝送できることを確認した。
また、概ね6ms以下の遅延時間を実現できる見通しを得た。
- 地デジのプログラム伝送信号（放送TS）の多重方法を見直し、ACデータを含むISDB-T情報を欠落させずにレートを20Mbps以下に削減して伝送可能とした。

表1 室内検証結果

多重 組合せ	遅延時間 [µs]		PER	映像確認	
	新I/F	放送TS	新I/F	新I/F	放送TS
新I/F+ 新I/F	5,941	-	0.00	○	-
新I/F+ 放送TS	5,613	5,678	0.00	○	○
放送TS + 放送TS	-	6,159	-	-	○

内容:

- 未取得期間のマイクロ波TTL回線の伝搬特性を取得して分析した。
- STL/TTLの回線品質向上について検討し、尤度比選択の手法に効果があることをフィールド実験で確認した。

成果1：次世代TTL回線の伝搬特性の長期観測

- 6月～10月まで東山-津間IP-TTL回線のSIMO（Space Diversity）の伝搬特性を測定した。
- SIMO測定の結果から、東山-津間の回線は、フェージングの影響により所要受信電力を下回ることがある。観測データから計算した回線瞬断率は、最悪月でも回線計算の値以下であること、及びSIMOでは、2系統の受信電力が同時に所要受信電力を下回らなければビットエラーは発生していないことを確認した。

	6月	7月	8月	9月	10月	期間合計
測定時間[秒]	159000	286084	315793	277726	127007	1587752
所要受信電力以下[秒] (M _H のみ)	32	127	26	39	0	236
SISO回線瞬断率	2.01E-04	4.44E-04	8.23E-05	1.40E-04	0	1.49E-04
所要受信電力以下[秒] (S _H のみ)	116	130	82	77	0	413
SISO回線瞬断率	7.30E-04	4.54E-04	2.60E-04	2.77E-04	0	2.60E-04
所要受信電力以下[秒] (M _H S _H 同時)	0	3	0	0	0	3
SIMO回線瞬断率	0	1.05E-05	0	0	0	1.89E-06
ビットエラー発生[秒]	0	1	0	0	0	1
ビットエラー発生率	0	3.50E-06	0	0	0	6.30E-07

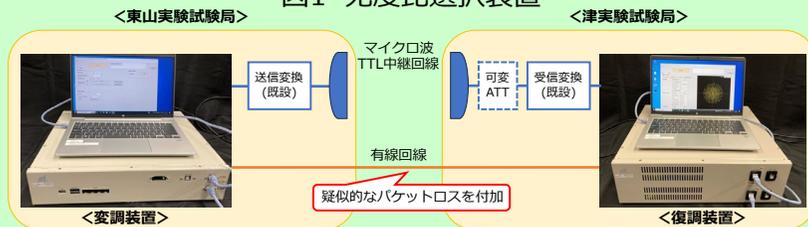
東山-津間回線瞬断率 (SISO計算値): 3.39×10^{-3}
 東山-津間回線瞬断率 (SIMO計算値): 4.34×10^{-5}
 伝送パラメータ: 256QAM 符号化率14/16
 SISO所要受信電力: -77dBm

M_H:メインアンテナH偏波
 S_H:サブアンテナH偏波
 ※ここでの回線瞬断率の式
 = 所要受信電力を下回った時間[秒] ÷ 測定時間[秒]

成果2：STL/TTL回線の回線品質向上の検討

- 東山-津実験試験局に、尤度比選択装置※（図1）を設置してフィールド実験を実施し、無線回線のみ比べてエラーフリーとなる所要受信電力を下げることを確認した。（図2）。

図1 尤度比選択装置



※：誤り訂正符号化データを無線回線（STL/TTL）で伝送するとともに、IPパケットに変換して有線回線で伝送し、パケットロスなしで受信したパケットから符号化データに戻してビット尤度比を割り当て、無線回線の受信信号から検出したビット尤度比と比較して選択し誤り訂正を行う装置

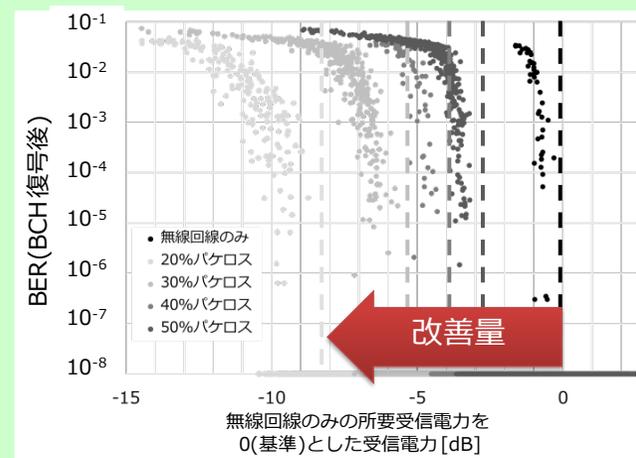


図2 受信電力対BER特性

STL/TTL/TSL高度化の技術的条件の検討（現時点での技術的条件のまとめ）

内容: マイクロ波伝搬路を模擬した室内実験により妥当性の検証を行い、技術的条件案を取りまとめた。

成果:

- マイクロ波伝搬路を模擬した室内伝送実験により最適な伝送パラメータの妥当性の検証を行った。
- 「干渉軽減係数の検討」を踏まえ、提案方式について占有周波数帯幅を現行と同様に調整、及び「標準的な変調方式」の考え方※の導入を行った。
- 今年度の技術試験事務の調査検討状況を踏まえ、現時点での技術的条件案を取りまとめた（表1）。

表1 次世代STL/TTL（IP伝送方式）の技術的条件案 抜粋

項目	現行TS伝送方式	次世代STL/TTL（IP伝送方式）	理由
無線周波数帯	B～G/C/D及びM～N/C/D	C～G/C/D及びM～N/C/D	B/C/Dの周波数移行を反映
変調方式	64QAM	OFDM方式 サブキャリア変調方式：（32QAM、64QAM）、256QAM、1024QAM	伝送容量拡大とマルチパスによる伝送性能劣化を抑えるため、MIMOとの親和性のため
空間多重方式	未検討	MIMOの導入	伝送容量拡大のため
伝送容量	40.2Mbit/s以下	SISO：約50Mbps、MIMO：約100Mbps	ユースケースで想定される多重伝送を行うために必要
空中線電力の最大値	2W 0.5W(F/C/D: 10.60GHz～10.68GHz) 4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ）	SISO：変更なし MIMO：偏波ごとの空中線電力の最大値が現行TS伝送方式と同じ	所要熱雑音C/Nや回線断率、回線距離は現行STL/TTLと同様な値を想定しているため
周波数配置（周波数間隔）	B～G/C/D：9MHz M～N/C/D：10MHz	変更なし(B/C/Dを除く)	現行システムとの置き換えを可能とするため
偏波	水平偏波又は垂直偏波	水平偏波又は垂直偏波又はそれらの組み合わせ	偏波MIMOを実現するため
占有周波数帯幅の許容値	7.6MHz以下	変更なし（7.6MHz以下）	隣接固定回線システムとの共用条件（IRF）を維持するため
誤り訂正機能	有すること	有すること（内符号にLDPC符号、外符号にBCH符号の連接符号）	伝送耐性の強化のため
搬送波電力対熱雑音電力比	30.8dB以下 （理論C/N24.5dB + 機器劣化3dBの所要C/N27.5dBの47%）	現行と同様な値を次世代用に規定（所要C/N（理論C/N + 機器劣化）のC/N配分による値）	現行システムとの置き換えを可能とするため
標準的な変調方式	未検討	標準的な変調方式について無線局の審査を行い、与干渉を増加させない条件のもと、低次の変調方式又は高次の変調方式を用いることを可能とする	柔軟な運用を可能とするため

※ 所要C/Nが現行システムと同様な値となる変調方式を「標準的な変調方式」とし、標準的な変調方式について無線局の審査を行い、与干渉を増加させない前提で、伝搬路の状況、ユースケース等により低次、または高次の変調方式が使用可能な仕組み。

これにより、例えば、伝搬路が劣悪な時には低次の変調方式で伝送耐性の強化が可能、伝搬路が良好な時には高次の変調方式で伝送容量の拡大が可能となる。

STL/TTL/TSL高度化の共用条件の検討（STL/TTLの干渉計算手法に関する検討）

内容:

- 次世代STL/TTLの最適な伝送パラメータに対する標準的な回線距離や標準受信入力、最大受信入力を検討した。
- 所要C/Nの変更に伴う雑音配分や混信保護比の考え方を整理した。

成果1： STL/TTL（IP伝送方式）の回線パラメータの規格値の検討

- 次世代方式を導入する回線区間は、現行方式の回線区間と同一になることが想定されるため、それぞれの方式間で与干渉、被干渉の条件が同一となるように、標準受信入力および最大受信入力を設定した。回線パラメータと所要C/Nをもとに、次世代方式の回線設計を行い標準的な回線距離を設定した。

多重方式	伝送パラメータ		所要C/N [dB]	標準的な回線距離 (C/D/M/Nバンド)	標準受信入力 ^(注1) ^(注2) [dBm]	最大受信入力 [dBm]
	変調方式	符号化率				
SISO	256QAM-NUC	LDPC ^(注3) 14/16	27.1 ^(注4)	50km	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
	1024QAM-NUC	LDPC ^(注3) 11/16	27.0 ^(注4)	50km	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
	1024QAM-NUC	LDPC ^(注3) 12/16	<u>29.1</u> ^(注4) ^(注6)	<u>36km</u> ^(注6)	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
MIMO	256QAM-NUC	LDPC ^(注3) 14/16	27.1 ^(注4)	50km	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
	1024QAM-NUC	LDPC ^(注3) 11/16	27.1 ^(注4)	50km	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
	1024QAM-NUC	LDPC ^(注3) 12/16	<u>29.0</u> ^(注4) ^(注6)	<u>36km</u> ^(注6)	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)
SISO	現行64QAM	トレリス 5/6	27.5 ^(注4)	50km	-58.5+Fmr/2 (C/Dバンド) -54.5+Fmr/2 (M/Nバンド)	-36 ^(注5)

(注1) Fmr：目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン
 (注2) 同一周波数配置を行わない場合。同一周波数配置を行う場合は+3dBを加算する。
 (注3) LDPC符号はShort符号
 (注4) 機器劣化3dBを含む。
 (注5) M/Nバンドにおいて、単一受信の場合は-44dBmとする。
 (注6) 下線は、現行方式の規格値（所要C/N27.5dB、回線距離50km）を満たさない項目

成果2： STL/TTL（IP伝送方式）の雑音配分および混信保護比の検討

- 現行方式と干渉条件が同一となるように、次世代方式の雑音配分を設定した。下線は混信保護の許容値を示す。

多重方式	伝送パラメータ		所要C/N [dB]	熱雑音 (47%) [dB]	歪み雑音 (2%) [dB]	干渉雑音 (51%) [dB]	干渉雑音 内訳 下線は混信保護の許容値
	変調方式	符号化率					
SISO	256QAM-NUC	LDPC 14/16	27.1	30.4	44.1	30.1	同一経路 35.6dB <u>38.6dB</u> ×2波 異経路 31.6dB 34.6dB×2波
	1024QAM-NUC	LDPC 11/16	27.0	30.3	44.0	30.0	同一経路 35.5dB <u>38.5dB</u> ×2波 異経路 31.5dB 34.5dB×2波
	1024QAM-NUC	LDPC 12/16	<u>29.1</u>	<u>32.4</u>	<u>46.1</u>	<u>32.1</u>	同一経路 37.6dB <u>40.6dB</u> ×2波 異経路 33.6dB 36.6dB×2波
MIMO	256QAM-NUC	LDPC 14/16	27.1	30.4	44.1	30.1	同一経路 35.6dB <u>38.6dB</u> ×2波 異経路 31.6dB 34.6dB×2波
	1024QAM-NUC	LDPC 11/16	27.1	30.4	44.1	30.1	同一経路 35.6dB <u>38.6dB</u> ×2波 異経路 31.6dB <u>34.6dB</u> ×2波
	1024QAM-NUC	LDPC 12/16	<u>29.0</u>	<u>32.3</u>	<u>46.0</u>	<u>32.0</u>	同一経路 37.5dB <u>40.5dB</u> ×2波 異経路 33.5dB <u>36.5dB</u> ×2波
SISO	現行64QAM	トレリス 5/6	27.5	30.8	44.5	30.5	同一経路 36.0dB <u>39.0dB</u> ×2波 異経路 32.0dB <u>35.0dB</u> ×2波

STL/TTL/TSL高度化の共用条件の検討（STL/TTLの干渉軽減係数の検討）

内容:

希望波を現行STL/TTL（TS方式）、干渉波を次世代STL/TTL（IP方式）とし、現行TS方式と次世代IP方式の互換性を考慮して干渉軽減係数を検討し、IRF表（IRF：Interference Reduction Factor）を作成した。

成果： 干渉軽減係数の導出、IRF表の作成

- IRFの導出に用いた計算式を図1に示す。ここで、計算に用いた ΔF の分解能は100kHzとした。
- 希望波を現行STL/TTL（TS方式）、干渉波を次世代STL/TTL（IP方式）とし、干渉波の占有周波数帯幅（OBW）を8.5MHzから7.5MHzまで変化させてIRFを計算した。
その結果、干渉波のOBWを7.7MHz以下とすることで、隣接チャンネル干渉に相当する周波数差 ± 9 MHzのIRF値は、現行規格の40dBを満足することが分かった。（図2）
- 以上の検討より、他システムへの与干渉量を現行TS方式と同等とするためには、次世代IP方式のOBWは現行TS方式と同様の7.6MHz以下とすることが望ましい。

$$IRF_{\Delta F} = 10 \log \left(\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \{Wd(f) \cdot Td^2(f) \cdot Rd^2(f)\} df}{\int_{-\infty}^{+\infty} \{Wi(f - \Delta F) \cdot Ti^2(f - \Delta F) \cdot Rd^2(f)\} df} \right)$$

ただし、

- ΔF : 干渉波と希望波の周波数差
- $Wd(f)$: 希望波の電力スペクトル
- $Wi(f)$: 干渉波の電力スペクトル
- $Td(f)$: 希望波の送信機フィルタの選択特性（電圧比）
- $Rd(f)$: 希望波の受信機フィルタの選択特性（電圧比）
- $Ti(f)$: 干渉波の送信機フィルタの選択特性（電圧比）

図1 干渉軽減係数（IRF）の計算式

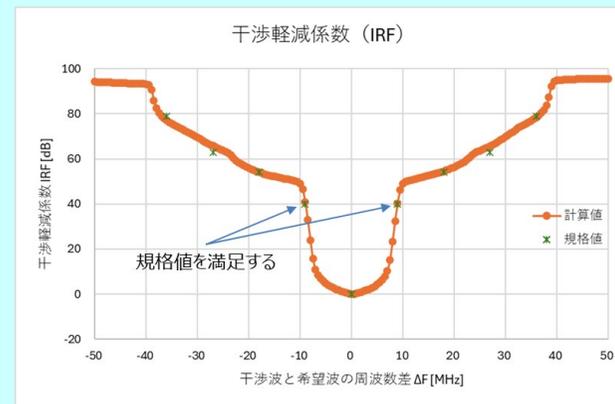
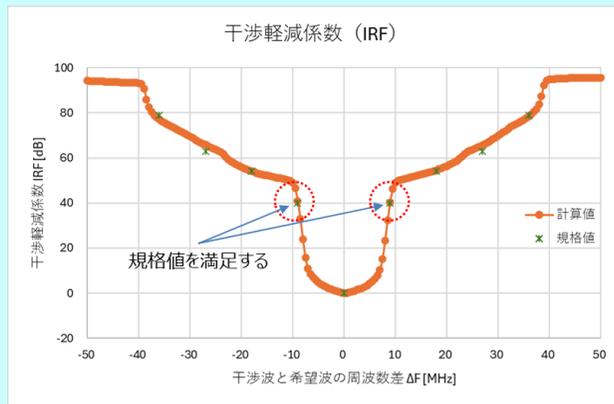


図2 現行STL/TTL(希望波) 対 次世代STL/TTL(干渉波)のIRF特性

- 現行TS方式のOBWと互換性をもたせて次世代IP方式のOBWを7.6MHz以下とした場合のIRF表を表1に示す。この条件下では、次世代IP方式のIRF値は現行規格を満足するため同じ値となる。

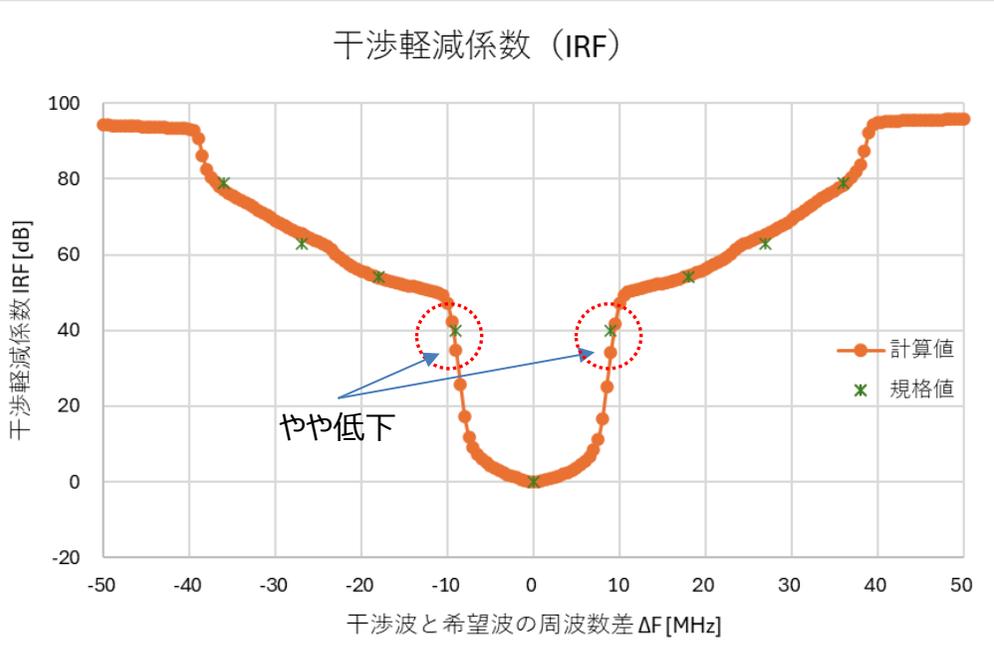
表1 希望波を現行TS方式、干渉波を次世代IP方式とした場合の干渉軽減係数（IRF）

干渉波の送信側フィルタ有無	希望波	干渉波	干渉波のOBW [MHz]	干渉波と希望波の中心周波数差 [MHz]									備考
				-36	-27	-18	-9	0	9	18	27	36	
有	現行TS	現行TS	7.6	79	63	54	40	0	40	54	63	79	規格値
有	現行TS	次世代IP	7.6	79	63	54	40	0	40	54	63	79	

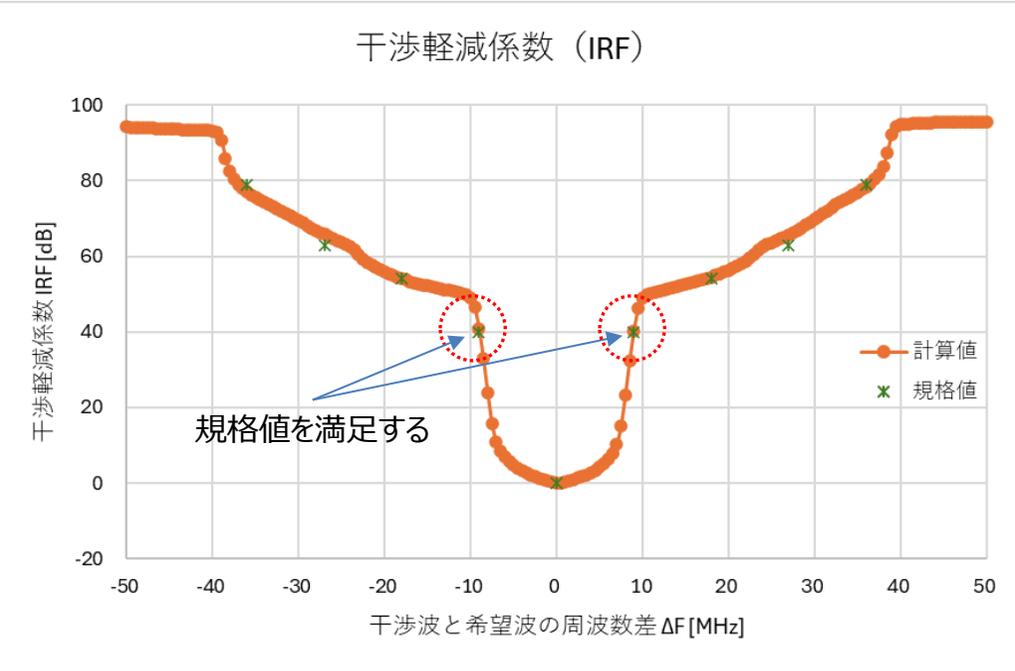
【参考】 STL/TTL/TSL高度化の共用条件の検討 (STL/TTLの干渉軽減係数)

机上計算によるSTL/TTLの干渉軽減係数の検討 (詳細)

- 次世代STL/TTL (IP方式) の干渉軽減係数の検討
 - ✓ 希望波を現行STL/TTL (TS方式)、干渉波を次世代STL/TTL (IP方式) とした場合のIRFの計算結果を示す。
 - ✓ 次世代STL/TTLのIRFは、占有周波数帯幅 (OBW) =8.5MHzの場合は、周波数差±9MHzのときに現行STL/TTLの規格値をやや下回り、規格を満足しない。
 - ✓ 同方式のOBW=7.7MHzの場合は、周波数差±9MHzのときに現行STL/TTLの規格値を上回り、規格を満足した。この条件であれば、現行のTS方式とIRFに関する互換性が確保できることが分かった。



干渉波 次世代STL/TTL (OBW=8.5MHz)



干渉波 次世代STL/TTL (OBW=7.7MHz)

STL/TTL/TSL高度化の共用条件の検討（STL/TTLの干渉軽減係数）

内容： 実機を用いた室内干渉試験により、机上計算で求めた次世代STL/TTLのIRF（干渉軽減係数）の妥当性を検証した。

成果 1： 実機を用いた室内干渉試験により机上計算で求めたIRFの妥当性を確認

- JEITA地上デジタル放送 送信機測定ハンドブック（第2版）に準じて、IRFの測定を行った。（希望波のみで所要C/Nの50%の状態（所要C/N+3dB）とし、干渉波を加えて所要C/NになったときのD/UからIRFを計算）
- 現行TS伝送方式と次世代IP伝送方式のSTL/TTL装置の組合せによる室内干渉試験を実施し（図1）、隣接（周波数差9MHz）／隣々接（同18MHz）／隣々々接（同27MHz）の関係でIRFを測定した。
- 占有周波数帯幅（OBW）が8.5MHzの場合、現行TS伝送方式と次世代IP伝送方式の装置の送信スペクトル特性は、ともに送信スペクトルマスクの現行基準を満たすが（図2）、現行TS伝送方式のIF段のSAWフィルタの減衰特性が比較的緩やかな機種（受信変換器A）を用いた場合には、「周波数差：9MHz（隣接チャンネル）、希望波：現行TS伝送方式、干渉波：次世代IP伝送方式」の場合に、IRFの現行規格を満たさない結果となった（表1の赤字の部分）。これは、机上計算と同様な結果である。
- この結果に基づき、次世代方式のOBWを、現行と同様の7.6MHzに変更することとした。

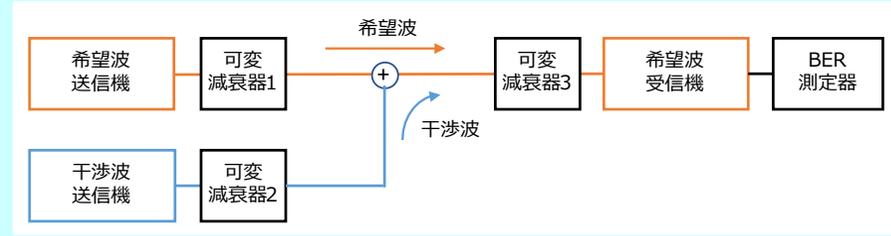


図1 室内干渉試験 接続システム



図2 送信スペクトル特性

表1： 受信変換器Aを用いた場合のIRF測定結果（単位：dB）

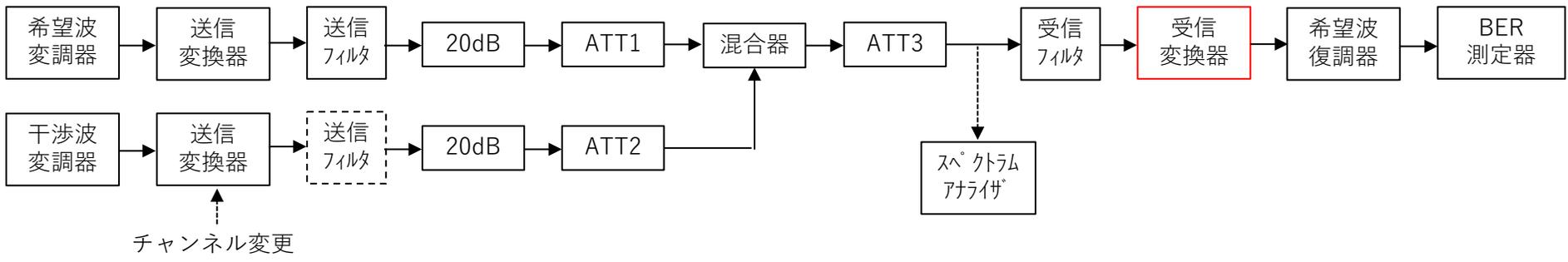
希望波	干渉波	周波数差 [MHz]			備考
		9	18	27	
現行規格 (TS方式対TS方式)		40	54	63	審査基準
現行 TS伝送方式	現行 TS伝送方式	46.5	73.5	95	上隣接
		44	71	89	下隣接
現行 TS伝送方式	次世代 IP伝送方式	37.5	72.5	94	上隣接
		35	79.5	85.5	下隣接
次世代 IP伝送方式	現行 TS伝送方式	54.5	78	> 96.5	上隣接
		55	69.5	87.5	下隣接

【参考】 STL/TTL/TSL高度化の共用条件の検討（STL/TTLの干渉軽減係数の検証）

机上計算で求めたIRFの妥当性を、実機を用いた室内干渉実験により確認（詳細）

- JEITA地上デジタル放送 送信機測定ハンドブック（第2版）に準じてIRFの測定法を検討し（希望波のみで所要C/Nの50%の状態（所要C/N+3dB）とし、干渉波を加えて所要C/NになったときのD/UからIRFを計算）、室内干渉実験を行った。

■ 試験方法



- 希望波受信機出力の誤り率が所要BER※1になるように、入力レベルを可変減衰器1及び3により設定し、この電力をP₀とする。
- P₀を3dBアップしたレベルをP₃とし、この時の受信機のC/Nを求める。

$$P_3 = P_0 + 3 \text{ (dBm)}$$

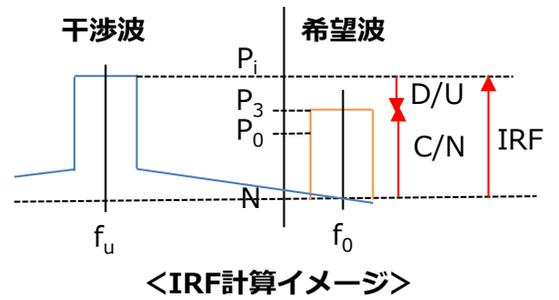
希望波の周波数 f_0
 干渉波の周波数 f_u
 周波数差 $\Delta f = |f_0 - f_u|$

- 干渉波の電力を可変減衰器2により変化させ、誤り率が所要BERになるようにする。
- この時の干渉波のレベルをP_iとし、D/U※2を算出する。

$$D/U = P_3 - P_i \text{ (dB)}$$

- オフセット周波数 Δf のときのIRFは次式により求める※3。

$$IRF = C/N - D/U \text{ (dB)}$$



※1：誤り訂正後にエラーフリーとみなせる誤り率（システムにより異なる）
 ※2：それぞれのチャンネルパワーで計算
 ※3：（参考）搬送波電力対干渉波電力比（C/I）の定義
 $C/I = D/U + IRF$