

地上デジタル放送方式高度化の 伝送路符号化方式に関する中間報告

概要

2022年10月11日

一般社団法人 電波産業会
デジタル放送システム開発部会
地上デジタル放送伝送路符号化作業班

中間報告の内容／検討状況

- 検討する伝送路符号化方式
- 検討項目
- 各伝送路符号化方式の検討状況
 - 方式の特長
 - 検討状況
 - 周波数使用条件
 - 伝送路符号化方式
 - サービス例を検討するためのビットレート
- まとめと今後の作業

検討対象の伝送路符号化方式

次世代の地上放送方式に関わる伝送路符号化方式の検討

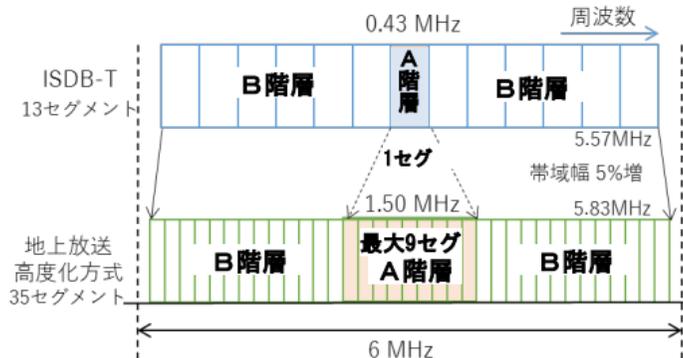
提案された方式のうち以下に示す2つについて
伝送路符号化に関する技術的条件の調査・検討を実施。

- ・ 地上放送高度化方式
- ・ 階層分割多重 (LDM※) 方式

新たなチャンネルを確保できた場合に高度化放送を実施する方式

① 地上放送高度化方式

変調方式の改善や、ガードバンドの削減により利用可能な帯域幅を増加させる等により、伝送容量を約1.7倍に向上。

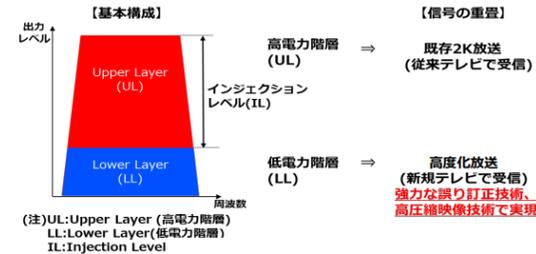


既存の2K放送と同一チャンネルで高度化放送を実施する方式

② 階層分割多重(LDM)方式

(高度化放送導入方式)

同一チャンネルにレベル差のある地デジと高度化放送の信号を重ねて送信し、受信側で各々を取り出す方式。



※ LDM : Layered division multiplexing

検討項目

各方式について主に以下の技術的条件を検討

周波数使用条件

- 適用周波数帯
- 占有周波数帯幅
- 周波数の許容偏差
- FFTサンプル周波数と許容偏差
- 送信スペクトルマスク
- スプリアス発射/不要発射の強度の許容値
- 測定法

伝送路符号化方式

- 変調方式
- キャリア変調方式
- 誤り訂正方式
- 信号帯域幅
- インターリーブ処理
- OFDMフレーム構成
- FFTサイズ
- 有効シンボル長、ガードインターバル(GI)比
- TMCC情報
- 緊急情報伝送

地上放送高度化方式の特長

- ISDB-Tの長所を継承しつつ、さらなる多機能化を実現
 - 移動受信向けサービスと固定受信向けサービスを自在に組み合わせる多様な階層伝送
 - 緊急警報放送や緊急地震速報等の低遅延・高耐性伝送
 - 時間軸上で拡張区間を設定可能。将来の新たなサービスにも対応可能



フレーム構成例 (1)



フレーム構成例 (2)

- 最新技術の導入により伝送性能を向上
 - 誤り訂正にLDPC符号を採用することによる雑音耐性の大幅な向上
 - 地デジに比べ高い多値数のキャリア変調が可能
 - 多値化による雑音耐性低下を不均一コンスタレーションにより軽減

検討状況（地上放送高度化方式）

今回までに以下赤字の項目について主に検討

周波数使用条件

- **適用周波数帯**
- 占有周波数帯幅
 - **周波数オフセット**
- 周波数の許容偏差
- **FFTサンプル周波数と許容偏差**
- 送信スペクトルマスク
- **スプリアス発射/不要発射の強度の許容値**
- **測定法**

伝送路符号化方式

- **変調方式**
- **キャリア変調方式**
- **誤り訂正方式**
- **信号帯域幅**
- インターリーブ処理
- **OFDMフレーム構成**
- **FFTサイズ**
- **有効シンボル長、ガードインターバル(GI)比**
- TMCC情報
- 緊急情報伝送

周波数使用条件 (案)

周波数使用条件	地上放送高度化方式	
	条件	理由
適用周波数帯	UHFテレビジョン用 周波数帯	既存のテレビ放送用を利用
周波数オフセット	+1/18 MHz(0.056 MHz)	信号がチャンネル端の周波数を超えないことを考慮
占有周波数帯幅	TBD	TBD
周波数の許容偏差	TBD	SFNを考慮
FFTサンプル周波数	512/81 MHz (6.320988 MHz)	キャリア間隔の逆数である有効シンボル期間において、Mode 3では8192点、Mode 4では16,384点、Mode 5では32,768点が均等にサンプルされる値
送信スペクトルマスク	TBD	TBD
スプリアス発射/不要発射の強度の許容値	無線設備規則第7条に準拠する	有害な干渉を与えないため

地上放送高度化方式における周波数オフセット

- 現行地上デジタル放送と同じ+1/7 MHzとした場合、信号がチャンネルの右端を越えてしまうことから、これを越えないオフセット値の検討を実施
- 実験の結果、周波数オフセット値は+1/18 MHz (55.555...kHz) とすることとした。(参考資料あり)

	現行地上デジタル放送	地上放送高度化方式 (ノーマルモード)
チャンネル幅	6 MHz	
セグメント数	13	35
セグメント幅	6/14 MHz	6/36 MHz
1/3セグメント幅	2/14 = 1/7 MHz	2/36 = 1/18 MHz
信号配置	<p>5/14 MHz</p> <p>1/14 MHz</p> <p>+1/7 MHz</p> <p>左端</p> <p>チャンネルの中心</p> <p>右端</p> <p>周波数</p>	<p>5/36 MHz</p> <p>1/36 MHz</p> <p>+1/18 MHz</p> <p>左端</p> <p>チャンネルの中心</p> <p>右端</p> <p>周波数</p>

伝送路符号化方式（案）

項目	適用技術、値
システム	SISO
変調方式	OFDM
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (QAMは均一コンスタレーションと、不均一コンスタレーションに対応)
誤り訂正方式	LDPC符号（内符号） + BCH符号（外符号） (LDPC符号の符号化率は2/16～14/16まで13通り)
信号帯域幅	5.83 MHz(ノーマルモード), 5.57 MHz(互換モード※ ¹)
セグメント数	35(ノーマルモード), 33+調整帯域(互換モード)
FFTサイズ(モード)	8k(3), 16k(4), 32k(5)
有効シンボル長（モード）	1296 μ s(3), 2592 μ s(4), 5184 μ s(5)
GI比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/256, 800/(FFTサイズ)※ ²
ビットレート	1.26～53.78 Mbps
緊急情報伝送	TBD

※¹ 互換モード：帯域中央の33セグメントに1セグメント未満のキャリア数から構成される調整帯域を追加

※² 800/(FFTサイズ)：現行地上デジタル放送で運用しているGI長と同じ126 μ sとなるパラメータ

地上放送高度化方式のサービス例

- 固定受信向けサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	固定受信	30.7 Mbps

- 固定受信向けと移動受信向けのサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	移動受信	0.97 Mbps
番組1	固定受信	27.2 Mbps

- 固定受信向けと移動受信向けおよび高耐性音声のサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1 (音声)	移動受信	68.8 kbps
番組1		0.98 Mbps
番組1	固定受信	25.5 Mbps

※データレートの算出パラメータは別紙参考資料参照

地上放送高度化方式のサービス例

- 2番組の例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	移動受信	2.2 Mbps
番組2		
番組1	固定受信	22.9 Mbps
番組2		

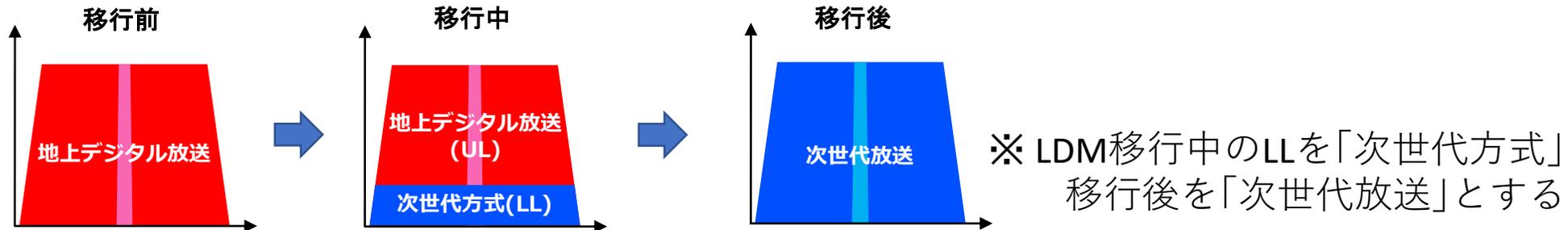
- 6番組の例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	固定受信	30.7 Mbps
番組2		
番組3		
番組4		
番組5		
番組6		

番組数と事業者数の読み替えはデータレートの的には可能。ただし、そのような使い方をする場合、仕組みの検討が必要。

LDM方式の特長

- 地上デジタル放送（UL）に、レベル差をつけた次世代方式（LL）を重畳
 - 地上デジタル放送と同一チャンネルに次世代方式を重畳するため、新たな周波数を必要としない。
 - 既存の地上デジタル放送受信機は、新たな操作をすることなく、地上デジタル放送（UL）の受信が可能。次世代方式（LL）は、新たなLDM対応受信機で受信できる。
 - UL・LLの変調方式、レベル差を適切に選択することで、必要な伝送容量、サービスエリアを得ることができる。
 - 地上デジタル放送（UL）終了時、次世代放送にスムーズな移行が可能。
 - 送信設備は、変調器等一部の機器をLDM対応機器に置換することで導入でき、送信機や送信空中線はそのまま使用できる。



検討状況（LDM方式）

今回までに以下赤字の項目について主に検討

周波数使用条件

- **適用周波数帯**
- **占有周波数帯幅**
 - **周波数オフセット**
- **送信周波数の許容偏差**
- **FFTサンプル周波数と許容偏差**
- 送信スペクトルマスク
- **スプリアス発射/不要発射の強度の許容値**
- 測定法

伝送路符号化方式

- 変調方式
- キャリア変調方式
- 誤り訂正方式
- **信号帯域幅**
- **インターリーブ処理**
- **OFDMフレーム構成**
- **FFTサイズ**
- **有効シンボル長、ガードインターバル(GI)比**
- **TMCC情報**
- 緊急情報伝送

周波数使用条件（案）

周波数使用条件	LDM方式	
	条件	理由
適用周波数帯	UHFテレビジョン用 周波数帯	既存のテレビ放送用を利用
周波数オフセット	+1/7 MHz(0.143 MHz)	地上デジタル放送の規定に準拠
占有周波数帯幅	5.7 MHz	地上デジタル放送の規定に準拠
周波数の許容偏差	1 Hz	SFNを考慮
FFTサンプル周波数	512/63 MHz (8.126984 MHz)	地上デジタル放送の規定に準拠
送信スペクトルマスク	TBD	TBD
スプリアス発射/不要 発射の強度の許容値	無線設備規則第7条 に準拠する	有害な干渉を与えないため

伝送路符号化方式 (案)

項目	適用技術、値	
	UL	LL
変調方式	OFDM	
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (QAMは均一コンスタレーションと、不均一コンスタレーションに対応)
誤り訂正方式	畳込み符号 + リードソロモン符号 (畳込み符号の符号化率は1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8の5通り)	LDPC符号 + BCH符号 (LDPC符号の符号化率は2/16 ~ 14/16まで13通り)
信号帯域幅	5.57 MHz	
セグメント数	13	
FFTサイズ(モード)	2k(1), 4k(2), 8k(3)	
有効シンボル長(モード)	252 μ s(1), 504 μ s(2), 1008 μ s(3)	
GI比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	
ビットレート	3.651~23.234 Mbps	1.074~46.063 Mbps
緊急情報伝送	ACキャリア	TBD

LDM方式のサービス例

移行前

地上デジタル放送 (ISDB-T)



ワンセグ

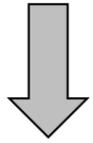


2K



現行受信機 16.85Mbps

416kbps



移行中

地上デジタル放送(UL) + 次世代方式(LL)



ワンセグ



2K



現行受信機 14.97Mbps

416kbps

次世代方式①

2K



次世代方式受信機 2.17Mbps

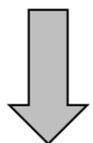
+

次世代方式②

4K



次世代方式受信機 13.15Mbps



移行後

次世代放送



受信できません



現行受信機

4K



次世代方式受信機 22.25Mbps

2K



次世代放送を部分受信 588kbps

※次世代方式①に比べて次世代方式②は、大きな伝送容量を確保するため伝送可能エリアは狭くなる。

まとめと今後の作業

- 地上放送高度化方式

- 周波数使用条件について、FFTサンプル周波数、周波数オフセットなどを検討して、周波数オフセット値を定めた。
- 伝送路符号化方式について、フレーム構成、変調方式、誤り訂正方式などについて検討し、同方式によるサービス例とビットレートなどを算出した。
- 今後、伝送路符号化方式の未検討項目について議論を進める。

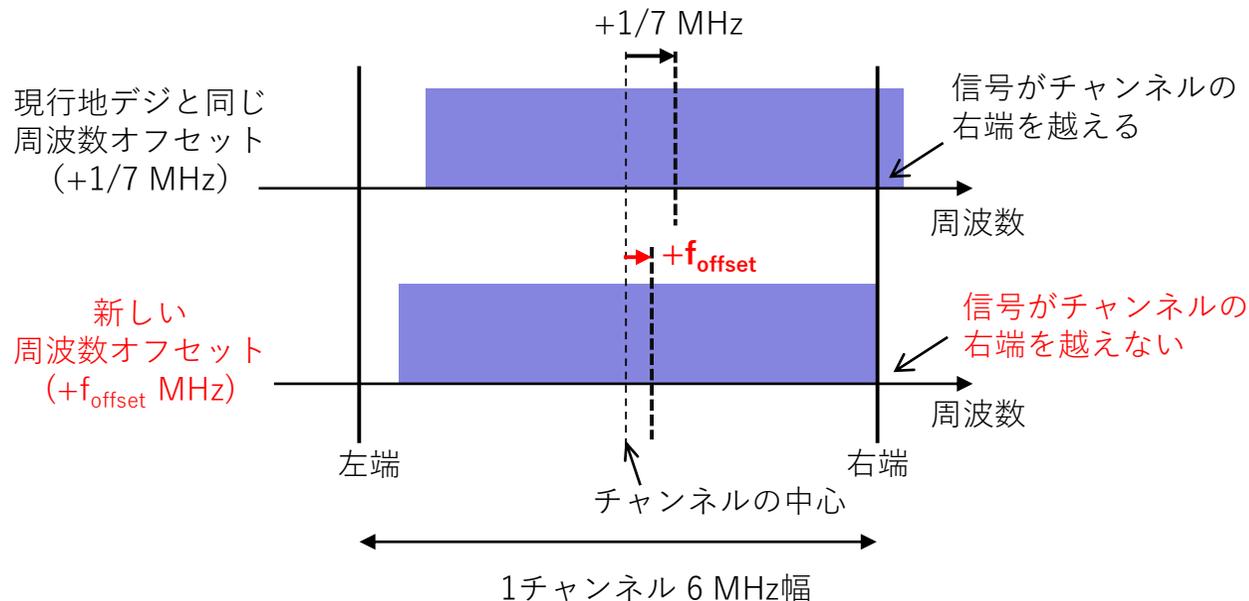
- LDM方式

- 周波数使用条件について、現行の地上デジタル放送の規定値をベースに検討し、一部未確認項目を除き、現行規定値を適用できることを確認した。
- 伝送路符号化方式については、地上デジタル放送とLDM方式の共通部、LDM固有部の分類分けを行った。
- 今後は、具体的な伝送路符号化方式の規定、および現行地上デジタル放送終了後の次世代放送方式の規定を行う。
- 伝送ビットレート毎によるサービスイメージ例、今後の課題について検討を行う。

參考資料

地上放送高度化方式における周波数オフセットについて (1)

- 地上放送高度化方式の信号帯域幅は、ノーマルモード (5.83 MHz幅)、互換モード (5.57 MHz幅) から選択可能
- ノーマルモードにおいて、現行地上デジタル放送 (地デジ) と同じ周波数オフセットを適用した場合、信号がチャンネルの右端を越えないオフセットの値を検討
- ノーマルモードにおいて、信号がチャンネルの右端から越えないよう現行地デジと異なる周波数オフセットが必要

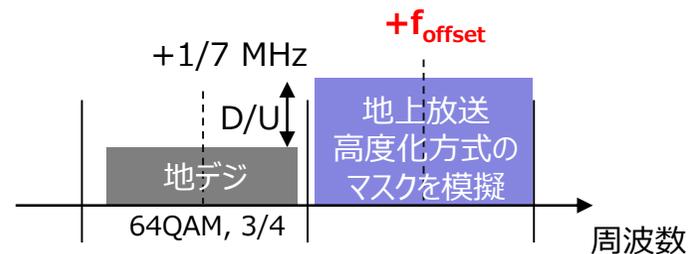
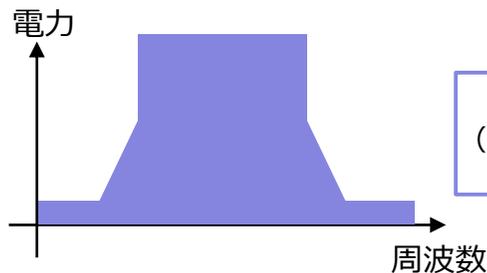


地上放送高度化方式における周波数オフセットについて (2)

- 2022年7月22日にNHK放送技術研究所において、地上デジタル放送伝送路符号化作業班と、地上放送高度化方式検討TG合同の公開実験として実施
 - 地上放送高度化方式のスペクトルマスク（案）を模擬した信号で、地デジへの隣接チャンネル干渉の許容限を室内実験で評価
 - 地上放送高度化方式のスペクトルマスク（案）は、地デジのスペクトルマスクの信号帯域幅を拡張したものを使用

地上放送高度化方式の送信スペクトルマスク（案）のブレイクポイント

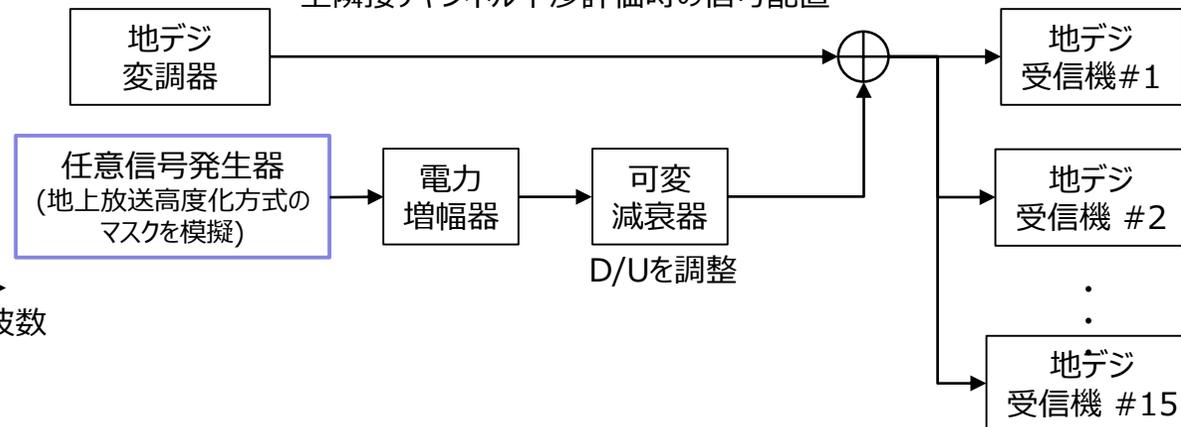
中心周波数からの差 [MHz]	相対減衰量 [dB]
-4.36	-50
-3.00	-27
-2.92	0
2.92	0
3.00	-27
4.36	-50



地デジの映像が破綻するD/Uを評価



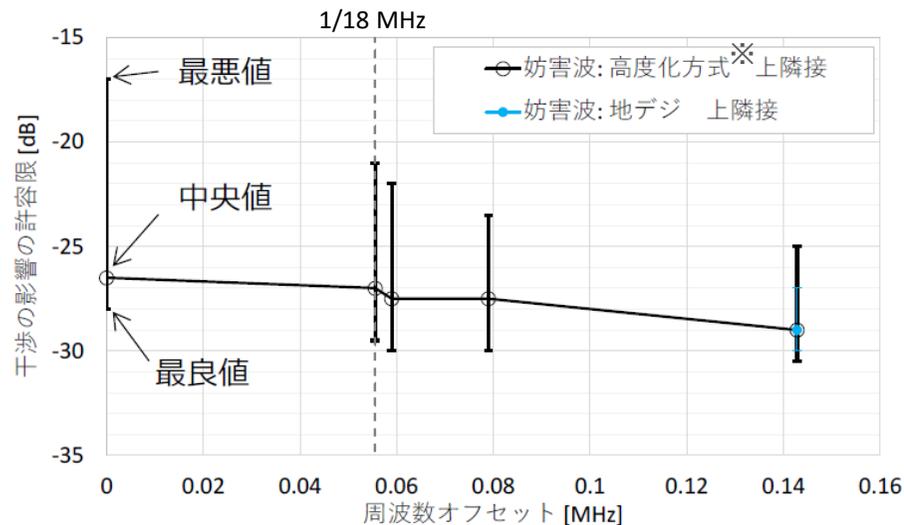
上隣接チャンネル干渉評価時の信号配置



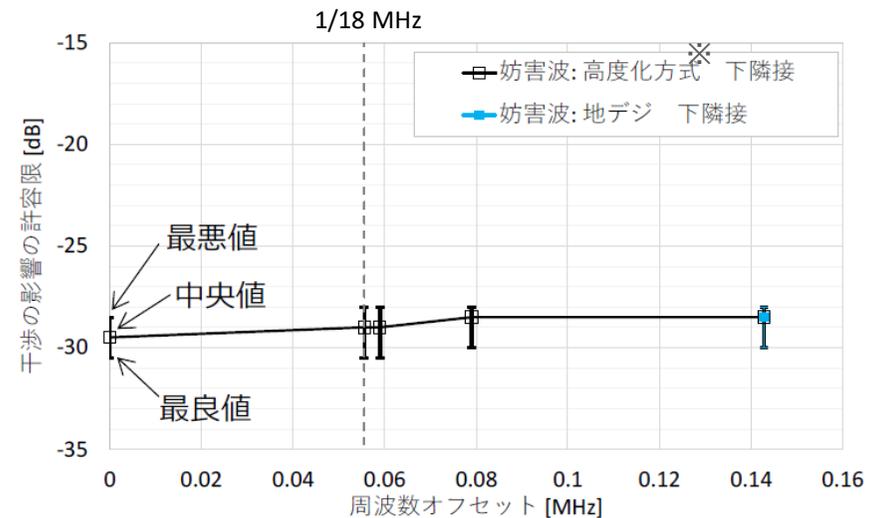
地上放送高度化方式における周波数オフセットについて (3)

- 測定結果

- 地上放送高度化方式の周波数オフセット f_{offset} を0 Hz, +1/18 MHz, +59 kHz, +79 kHz とし、干渉波を高度化方式のスペクトルマスク (案) を模擬した信号、希望波を地デジ信号として、地デジ受信機全15 台の干渉の許容源を測定した結果を示す。ここで、許容限は、正常受信可能なD/Uの最小値と定義し、0.5 dB 刻みで測定を実施した。
- 地デジの伝送パラメータを運用パラメータ(64QAM, 3/4)とした場合の受信機全15 台の上隣接チャンネル干渉の許容限の最悪値、中央値、最良値また、下隣接チャンネル干渉の結果は下図のとおり
- 実験結果をもって地上放送高度化方式の周波数オフセット値を1/18 MHz とすることとした。



上隣接チャンネル干渉の測定結果



下隣接チャンネル干渉の測定結果

※地上放送高度化方式のスペクトルマスク (案) を模擬した信号

各サービス例のパラメータ（地上放送高度化方式）

地上放送高度化方式のサービス例についてのパラメータを下表に示す

- ①固定受信向けサービス例、②固定受信向けと移動受信向けのサービス例、
- ③固定受信向けと移動受信、④2番組の例、⑤6番組の例

	サービス		FFT サイズ	GI比	セグメント 使用比率	キャリア変調	LDPC符号化率	データレート [Mbps]	所要C/N [dB]
①	番組1	固定	16k	800/16384	35/35	256QAM	12/16	30.7	19.7
②	番組1	移動	16k	800/16384	4/35	16QAM	7/16	0.97	5.7
	番組1	固定			31/35	256QAM	12/16	27.2	19.7
③	番組1	移動音声	16k	800/16384	2/35	QPSK	2/16	0.0688	-4.3
	番組1	移動			4/35	16QAM	7/16	0.98	5.7
	番組1	固定			29/35	256QAM	12/16	25.5	19.7
④	番組1・2	移動	16k	800/16384	9/35	16QAM	7/16	2.2	5.7
	番組1・2	固定			26/35	256QAM	12/16	22.9	19.7
⑤	番組1-6	固定	16k	800/16384	35/35	256QAM	12/16	30.7	19.7

各サービス例のパラメータ（LDM方式）

- LDM方式のサービス例に示すパラメータを下表に示す。

	使用階層	サービス	セグメント数	キャリア変調	畳込み符号化率* /LDPC符号化率	データレート [Mbps]	所要C/N [dB]
移行前	A階層	移動	1	QPSK	2/3*	0.416	6.0
	B階層	固定	12	64QAM	3/4*	16.85	19.1
移行中	UL(A階層)	移動	1	QPSK	2/3*	0.416	6.1
	UL(B階層)	固定	12	64QAM	2/3*	14.97	19.6
	LL(次世代方式①)	固定	13	QPSK	4/16	2.17	19.4
	LL(次世代方式②)	固定	13	16QAM	12/16	13.15	32.2
移行後	A階層(次世代放送)	移動	1	16QAM	7/16	0.588	6.2
	B階層(次世代放送)	固定	12	256QAM	11/16	22.25	19.0

注) ・モード3、ガード比1/8で試算。

・所要C/Nの数値は実測値。