

[特別講演] 地上 SHV 放送を目指した研究開発 — 伝送容量拡大技術および周波数有効利用技術の検討 —

土田 健一

NHK 放送技術研究所 〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11

E-mail: tsuchida.k-fy@nhk.or.jp

あらまし 4Kや8Kのようなスーパーハイビジョン(SHV)を地上波で効率的に伝送する地上 SHV 放送の研究開発が行われている。NHK では、地上 SHV 放送の実現に向けた要素技術として、伝送容量拡大技術、周波数有効利用のための SFN 技術などを検討しており、郊外の実環境においてそれらの有効性を確認してきた。また、現行の地上放送方式である ISDB-T の長所を継承しながら、伝送容量拡大などの要素技術を取り入れて周波数利用効率を高めるとともに、さまざまなニーズにも対応できるように機能を充実させた伝送方式の研究開発を進めている。本稿では、実環境での伝送実験結果とともに研究開発中の伝送方式の特徴について述べる。

キーワード 次世代地上放送, ISDB-T, 超多値変調, OFDM, 偏波 MIMO

[Special Talk] Research and Development aimed at UHD Digital Terrestrial Broadcasting

— Expanding Transmission Capacity and Effective Utilization of Frequency —

Kenichi TSUCHIDA

NHK Science and Technology Research Laboratories 1-10-11 Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo, 157-8510 Japan

E-mail: tsuchida.k-fy@nhk.or.jp

Abstract We have been developing a next generation terrestrial broadcasting system that enables Ultra High Definition Television broadcasting, such as 4K and 8K. As fundamental technologies, a large capacity transmission technology for UHD broadcasting and advanced SFN technology for effective frequency utilization have been developed. We have conducted field tests to evaluate the feasibility of them in an actual environment as well. Moreover, we are developing a preliminary specification that inherits the advantage of the current system ISDB-T, and incorporates the newly developed technologies. This report presents the results of the field test and an overview of the preliminary specification.

Keyword Digital Terrestrial Television Broadcasting, ISDB-T, High-order Modulation, OFDM, dual-polarized MIMO

1. まえがき

NHK は、地上波によるスーパーハイビジョン(SHV)放送の実現に向け、研究開発を進めている^[1]。SHV 放送はデータ量が膨大なため、SHV を地上波で放送するためには、地上波の伝送容量を拡大する必要がある。また、現行の地上放送方式である ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial)^[2]の特長を活かし、固定受信向けに SHV 放送、移動受信向けにハイビジョン並みの放送を、同時に 1 つのチャンネル(帯域幅: 6 MHz)で実現できる階層伝送も検討している。

伝送容量の拡大を目指し、熊本県人吉地区に実験試験局を設置して、偏波 MIMO (Multiple-Input

Multiple-Output) 技術, 超多値 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術および LDPC (Low Density Parity Check) 符号と BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号を接続する誤り訂正技術を使用した 8K 地上伝送実験を実施した^[3]。また、地上波による SHV 放送の実現には更なる周波数利用効率向上が必要であるため、2 種類の符号化 SFN (Single Frequency Network) 技術の実験を実施し、それらの改善効果を確認した^[4]。さらに、ISDB-T の階層伝送を改良し、将来の地上放送方式を見据えた暫定的な仕様(以下、暫定仕様)も検討している^[5]。

本稿では、これまで実施した伝送実験のうち、多地点エリア測定、符号化 SFN および超高画質圧縮伝送技

術と組み合わせた総合接続試験について述べる。また、暫定仕様について、その特長と技術を述べる。

2. 伝送実験のパラメータ

地上放送の伝送容量拡大技術、周波数有効利用技術の実証のために、熊本県人吉地区に実験試験局を設置して伝送実験を実施した。

野外実験で用いた伝送パラメータを表1に、実験試験局の送信諸元を表2に示す。キャリア変調方式は、多値化を目指し、現行 ISDB-T のキャリア変調である 64QAM の2倍の容量が伝送可能な 4096QAM まで伝送できるようにした。FFT (Fast Fourier Transform) サイズについては、現行 ISDB-T の 8k-FFT の4倍のサイズである 32k-FFT を利用している。

実験試験局の送信電力は、現行の地上デジタル放送の人吉中継局と同規模である 10W として、現行と同程度の受信エリアを確保して伝送実験を実施した。

表1 伝送パラメータ

変調方式	OFDM
占有周波数帯域幅	5.57MHz
キャリア変調	256QAM, 1024QAM, 4096QAM
FFT サイズ	32k (キャリア総数 22,465 本)
ガードインターバル比	1/32 (126 μsec)
誤り訂正符号	内符号: LDPC (r=3/4), 外符号: BCH
伝送容量	91.8Mbps (4096QAM, r=3/4) 76.5Mbps (1024QAM, r=3/4) 61.2Mbps (256QAM, r=3/4)

注: r は符号化率を表す

表2 実験試験局の送信諸元

	人吉実験試験局	水上実験試験局
送信周波数	671.142857MHz	(UHF 46ch)
送信出力	水平 10W, ERP140W	水平 3W, ERP25W
ERP	垂直 10W, ERP135W	垂直 3W, ERP25W
送信高	海拔 632m	海拔 1080m

3. エリア測定

熊本県人吉地区の 82 地点で所要電界強度などの受信特性を測定した。測定地点を図1に示す。なお、本実験は、人吉実験試験局のみを送信して実施した。

図2は、82地点における、水平偏波と垂直偏波の電界強度の関係および伝搬距離と電界強度(水平偏波と垂直偏波の平均値)の関係を示したものである。図2において、●は4096QAMで誤りが発生せず受信可能であった地点、■は4096QAMで誤りが発生し受信できなかった地点を示す。また、実線は自由空間電界強度(E_0)を示す。実施した82地点のうち、65地点で4096QAMが受信可能であった。なお、電界強度の測定

値と E_0 に大きく差がある地点は、地形や建物などの遮蔽を受けていることなどを示している。

4096QAM が受信可能であった 65 地点において、アンテナによって受信信号のレベルを減少させ、受信可能となる最小の電界強度(所要電界強度)を測定した。65 地点における 4096QAM の所要電界強度の中央値は 54.3dBμV/m であった。表3は、4096QAM と同様に 1024QAM, 256QAM における所要電界強度と受信可能であったサンプル数を示したものである。各キャリア変調における所要電界強度は、1024QAM では 49.0dBμV/m, 256QAM は 44.2dBμV/m であった。

図3は、82地点における、水平偏波と垂直偏波のレベル差を 0.5dB 間隔で集計した場合の頻度分布を示す。これより、レベル差が ±1.25dB 以内で全体の 50% を、レベル差が ±3.75dB 以内で全体の 90% を占めている。

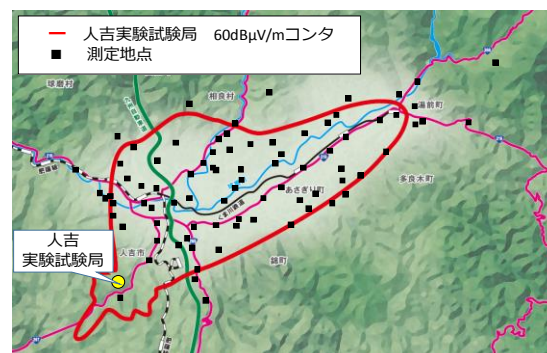
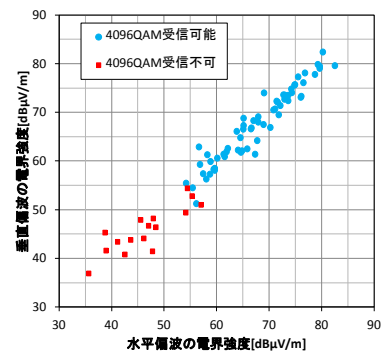
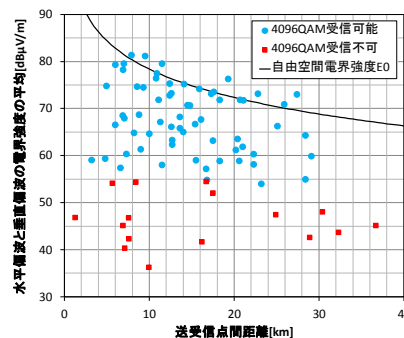


図1 測定地点



(a) 水平偏波と垂直偏波の電界強度



(b) 伝搬距離と平均電界強度
 図2 エリア測定の結果

$$E_0 = \frac{\sqrt{7GP}}{d}$$

G : 送信アンテナの利得
 P : 送信出力
 d : 送受信点間距離

表 3 所要電界強度と受信可能地点数

変調方式	4096QAM	1024QAM	256QAM
所要電界強度の中央値 [dBμV/m]	54.3 (53.5-61.1)	49.0 (48.2-55.7)	44.2 (43.2-54.1)
受信可能地点数	65 地点	69 地点	71 地点

符号化率が 3/4 の場合

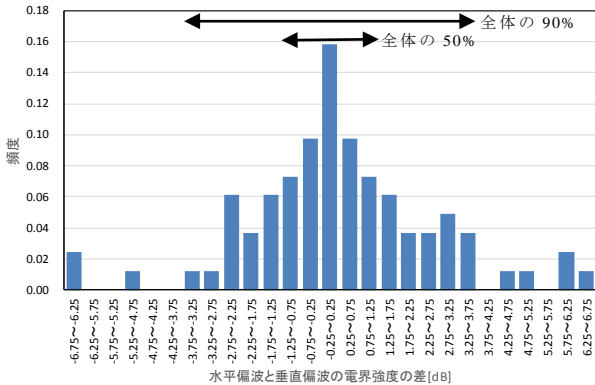


図 3 水平偏波と垂直偏波の電界強度差の頻度分布

4. 符号化 SFN の実験

地上波による SHV 放送の実現には更なる周波数利用効率向上が必要であるため、2種類の符号化 SFN 技術の実験を実施し、それらの改善効果を確認した。

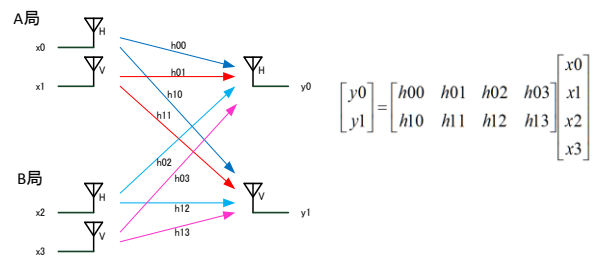
図 4 に符号化 SFN 実験の伝送モデルと符号化 SFN 技術の復号処理の概要を示す。伝送するデータキャリアシンボル (S_0, S_1, S_2, S_3) は、A 局では水平偏波で (S_0, S_2) を、垂直偏波で (S_1, S_3) を送信する。現状の地上デジタル放送で使用されている SFN 技術 (従来 SFN) では、A 局と B 局の信号が同じであるため、双方が同じレベルで受信される地点では互いに信号を弱め合う周波数と強め合う周波数が生じる場合があった。

上記課題を解決するために、A 局と B 局の同一偏波間で時空間ブロック符号を構成する符号化 SFN 技術を検討した。OFDM システムでは、時間方向と周波数方向、それぞれ隣接するデータキャリアシンボルを組としたブロック符号化が考えられるため、双方の符号化について試作装置に実装した。時間方向に符号化する STC (Space Time Coding) -SFN では、図 4(b) に示すように水平偏波で送信する時間方向に並んでいるデータキャリアシンボル (S_0, S_2) を組として符号化し、A 局からは (S_0, S_2) を、B 局からは ($-S_2^*, S_0^*$) を送信する (*は複素共役)。垂直偏波で送信するデータキャリアシンボル (S_1, S_3) も同様に時間方向で符号化して送信する。一方、周波数方向に符号化する SFC (Space Frequency Coding) では、水平偏波で送信する周波数方向に並んでいるデータキャリアシンボル (S_0, S_2) を組として符号化し、A 局からは (S_0, S_2)

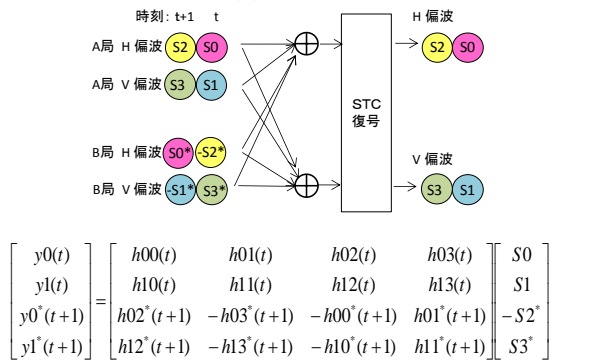
を、B 局からは ($-S_2^*, S_0^*$) を送信する。垂直偏波で送信するデータキャリアシンボル (S_1, S_3) も同様に周波数方向で符号化して送信する。符号化 SFN 技術を用いた場合、A 局と B 局の送信信号が符号化されており、受信点で双方が同じレベルで受信されても、互いに信号を弱め合う周波数が生じない。

受信側では、図 5 に示す SP (Scattered Pilot) 信号からチャンネル応答を算出し、受信信号とチャンネル応答を用いた処理によって、互いに干渉することなく、A 局と B 局の送信信号を復号している。

上記技術を使用することで送信ダイバーシチ効果が得られるため、A 局と B 局の受信電力比が小さい地点において、受信品質の向上が期待できる。そこで、フィールドにおける伝送特性を評価した。図 6 は、実験試験局 (A 局: 人吉局, B 局: 水上局) と測定地点の位置関係を示した図、図 7 は、受信信号の一例である。本実験では、各地点にて受信アンテナの直下に挿入した可変抵抗減衰器で受信装置への入力電力を減衰させ、受信装置がエラーフリーで受信できる最小の入力電力を所要電力として従来 SFN と符号化 SFN で比較した。なお、人吉局の送信出力を 10W, 3W, 1W と変えて送信し、各地点において A 局と B 局の受信電力比が異なる 3 データを取得した。図 8 はキャリア変調 256QAM における各地点の従来 SFN と符号化 SFN の所要電力差を示す。これより、符号化 SFN は従来 SFN よりも所要電力が小さく、その傾向は A 局と B 局の受信電力比が小さいほど所要電力差は大きかった。また、STC-SFN と SFC-SFN を比較すると、両者は同等な改善効果であった。



(a) 伝送モデル



(b) STC-SFN の復号処理

図 4 符号化 SFN 技術の概要

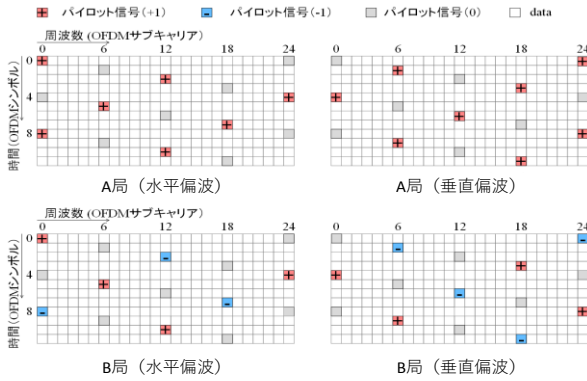


図 5 SP パターン

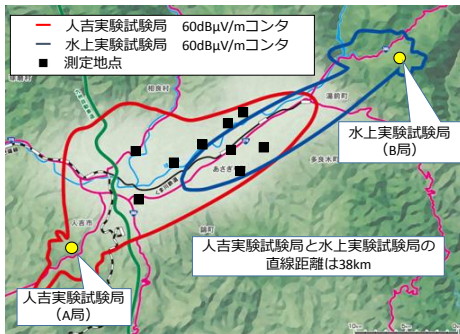
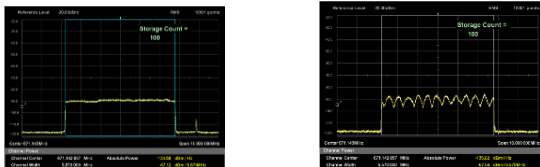


図 6 符号化 SFN の実験地図



(a) 符号化 SFN 送信時 (b) 従来 SFN 送信時
図 7 受信信号の例

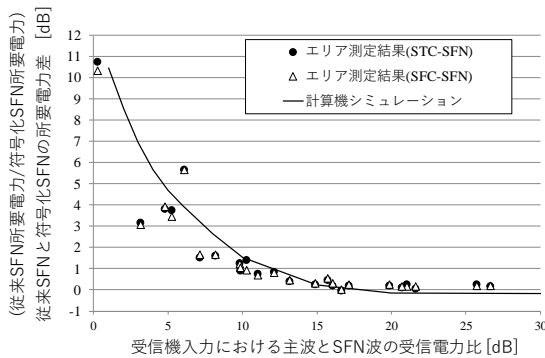


図 8 符号化 SFN の改善効果

	全データ	主波と SFN 波の受信電力比が 5~12dB の範囲
STC-SFN の改善効果	平均 1.8dB	平均 2.0dB
SFC-SFN の改善効果	平均 1.8dB	平均 2.0dB

図 8 符号化 SFN の改善効果

5. 総合接続試験

符号化 SFN 技術を組み込んだ変復調装置と、HEVC 符号化技術を組み込んだ符号化装置とを組み合わせた次世代地上放送の総合接続試験を、平成 28 年 11 月に

人吉地区で実施した^[6]。

人吉実験試験局、水上実験試験局の双方の電波が到来するあさぎり町の施設「農村女性の家」に実験会場を設けた。両局から従来 SFN と符号化 SFN を切り替えて送信し、それぞれの受信特性を比較した。また、HEVC で圧縮された 8K 映像信号と MPEG-4 AAC で圧縮された音声信号を両実験試験局から符号化 SFN で送信、実験会場で受信・復号して 85 インチ 8K LCD で表示した。なお、総合接続試験に使用した変調パラメータは、4096QAM, STC-SFN とした。また、受信アンテナ方向を水上局として実施した。そのときの、受信信号の 2 局間の受信電力比は、5.7dB (水平偏波) および 11.5dB (垂直偏波) であった。

図 9 に総合接続試験時における符号化 SFN 実験の評価手順を示す。単局送信時の所要電界強度は 56.1dB μ V/m である。従来 SFN における 2 局送信時の所要電界強度は 59.5dB μ V/m となり、単局送信時より 3.4dB 劣化した。そして、符号化 SFN による 2 局送信時の所要電界強度は 57.8dB μ V/m となり、従来 SFN に比較して、1.7dB 改善されたことがわかる。

図 10 に総合接続試験に使用した機器を示す。本実験において、SFN 環境下で 8K 映像が安定して伝送できることを確認した。

なお、ここまでの研究は、総務省の電波資源拡大のための研究開発「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」による委託研究として実施した。

ステップ	イメージ図	所要電界強度 (4096QAM)
1 1波	<p>A局のみ送信 人吉局 水上局</p>	56.1 μ V/m
2 従来 SFN	<p>従来 SFN 人吉局 水上局 同一信号を送信</p> <p>1波時から3.4dB劣化</p>	59.5 μ V/m
3 次世代 SFN	<p>次世代 SFN 人吉局 水上局 符号化して送信</p> <p>符号化 SFN は、電力の大きい SFN 波到来で、1波時よりも受信特性が改善 従来 SFN による 2 波時から 1.7dB 改善</p>	57.8 μ V/m

図 9 総合接続試験時の符号化 SFN 評価手順と改善効果



(a) 復調装置ほか (b) HEVC デコーダ, 8K LCD
図 10 総合接続試験に使用した機器

6. 地上放送の高度化技術の研究開発

平成 28 年度より、総務省の電波資源拡大のための研究開発として「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発」^[7]が進められている。研究開発の中では、次世代地上放送に向けた技術を組み込んだ変復調装置の試作や都市部での大規模な実験試験局を利用した実験などが予定されており、地上波での SHV 放送の可能性の検証に取り組んでいく予定である。本章では、試作装置の仕様のもととなる暫定的な仕様(以下、暫定仕様と記す)について述べる。

6.1. 暫定仕様の特徴

暫定仕様は、現行の地上放送方式である ISDB-T の長所を継承しながら、新たな信号構造や伝送技術を取り入れて周波数効率を向上させるとともに、さまざまなニーズに対応できるように機能を充実させている。主な特徴を下記に示す。

1) ISDB-T の機能を継承

暫定仕様は、ISDB-T と同様に階層伝送が可能である。また、限られた周波数を用いて日本全国の送信ネットワークを構築するために、ISDB-T でも活用されていた SFN 技術を発展させた符号化 SFN 技術 (4 章参照) を導入している。

2) 新たな信号構造による伝送容量の増加と柔軟性の向上

暫定仕様では OFDM 信号の帯域幅を ISDB-T より 5% 拡大することによって伝送容量を増やしている。また、FFT サイズが最大で ISDB-T の 4 倍となる伝送パラメータ (モード) を備えている。FFT サイズを大きくすることで、OFDM 信号の有効シンボル長が長くなり、ガードインターバル (GI : Guard Interval) を同じ長さに設定した場合でも、伝送シンボル全体の時間長に占める GI の割合 (以下、GI 比) は小さくなり、伝送容量を拡大することができる。

また暫定仕様では、セグメント構造や伝送パラメータの選択肢の幅を広げている。セグメント数を 13 から最大 35 に増やし、各階層のビットレートを細かく調整できるようにしている。ISDB-T では部分受信用に用意されたセグメントが中央の 1 セグメント分のみであるのに対して、暫定仕様では部分受信部のセグメント数を調整できる信号構造にしている。さらに、パイロット間隔、変調多値数の選択肢を増やすことで、ニーズに合わせて各階層の伝送容量や受信特性を選べるようにしている。

表 4 暫定仕様の伝送パラメータ (ISDB-T との比較)

	ISDB-T (モード 3)	暫定仕様(SISO システム)		
FFT サンプル速度	512/63 = 8.13 MHz	512/81 = 6.32 MHz		
FFT サイズ(ポイント数 N_{FFT})	8k (8,192)	8k (8,192)	16k (16,384)	32k (32,768)
セグメント数	13	最大 35		
セグメント帯域幅	483 kHz	167 kHz		
占有帯域幅	5.57 MHz	5.83 MHz		
キャリア総数	5,617 本	7,561 本	15,121 本	30,241 本
SP 比率	8.3%	8.3%, 4.2%, 2.1%		
TMCC 比率	2.8%	2.8%		
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM 均一コンスタレーション, 不均一コンスタレーション		
OFDM フレーム当たりのシンボル数	204	224	112	56
有効シンボル長	1,008 ms	1,296 ms	2,592 ms	5,184 ms
ガードインターバル (GI) 比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 800/ N_{FFT}		
OFDM フレーム長	231 ms	292 ms - 363 ms (GI 比に応じて変化)		
内符号	畳み込み符号	LDPC 符号		
外符号	リード・ソロモン符号	BCH 符号		

3) 新たな特性改善技術の導入

暫定仕様では、所要 CN 比 (Carrier to Noise Ratio) を低減するため ISDB-T で使用されている畳み込み符号よりも誤り訂正能力が高い LDPC 符号と、不均一コンスタレーション (NUC : Non Uniform Constellation) を導入している。

4) 複数アンテナを使用したシステムの高機能化

暫定仕様では、送受信アンテナがそれぞれ 1 本の SISO システム、送受信アンテナがそれぞれ 2 本の MIMO システムといった複数のアンテナによるシステムが想定されている。アンテナ数を増やすことで伝送容量の増加や受信特性の改善が見込まれる。

次節に、暫定仕様の中の特徴的な技術を示す。

6.2. 暫定仕様の技術

6.2.1. 信号構造と伝送パラメータ

表 4 に、ISDB-T と暫定仕様 (SISO システム) の伝送パラメータを示す。暫定仕様では、1 チャンネル分の周波数帯域幅である 6MHz を 36 分割した 1/6 MHz (≒167kHz) を 1 セグメントとして、最大で 35 セグメントを使用できるようにしている。これにより、伝送信号の帯域幅を ISDB-T より約 5% 増やすことができる。OFDM 信号を生成するためのサンプリングクロックの周波数を ISDB-T ($512/63 = 8.13\text{MHz}$) の 7/9 倍 ($512/81 = 6.32\text{MHz}$) に設定している。サンプリングクロック周波数を 7/9 倍にすることで、同じ FFT サイズに対する OFDM 信号の有効シンボル長が 9/7 倍になるため、同じ GI 比における GI 長も 9/7 倍になり、同じ FFT サイズで比較して ISDB-T より 9/7 倍大きい遅延量のマルチパス妨害を吸収できる。例えば、現在の地上放送では $126\mu\text{s}$ の GI 長が用いられているが、暫定仕様では同じ FFT サイズおよび GI 比で $162\mu\text{s}$ の GI 長となる。

暫定仕様は、ISDB-T と同様に階層伝送が可能で、最大 3 階層 (A 階層, B 階層, C 階層) に加えて低遅延伝送階層を多重することができる。各階層では、誤り訂正符号長, 符号化率, キャリア変調方式, 時間インターリーブ長, パイロット配置を独立に設定することができる。OFDM 信号を復調するためのスキッタードパイロット (SP : Scattered Pilot) に関しては、低密度の SP 比率 (4.2% または 2.1%) を選択することにより、伝送容量を増やすことも可能である。

さらに暫定仕様では、フレーム当たりのシンボル数についても工夫をしている。ISDB-T と同様にフレームごとに同期信号が挿入されているため、フレーム長が長くなると同期に要する時間やチャンネル切り替え時間が長くなる。そのため、暫定仕様では FFT サイズに応じてフレーム当たりの OFDM シンボル数を変えている。これにより、フレーム長は FFT サイズによらず 300ms 程度になる。

6.2.2. 伝送路符号化

SISO システムにおける伝送路符号化の系統図を図 11 に示す。複数のデータストリームが再多重化された入力ストリームは階層ごとに分割され、それぞれエネルギー拡散, 外符号の BCH 符号化, 内符号の LDPC 符号化, ビットインターリーブ, マッピング, 時間インターリーブ処理が施される。次に、階層内、階層間で周波数インターリーブ処理が行われた後、パイロット信号, TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control) 信号, 低遅延伝送階層とともに OFDM フレーム構成される。最後に、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 処理を行い、GI が付加される。

6.2.3. キャリア変調

キャリア変調方式は、伝送容量や所要 CN 比に応じて、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM から選ぶこ

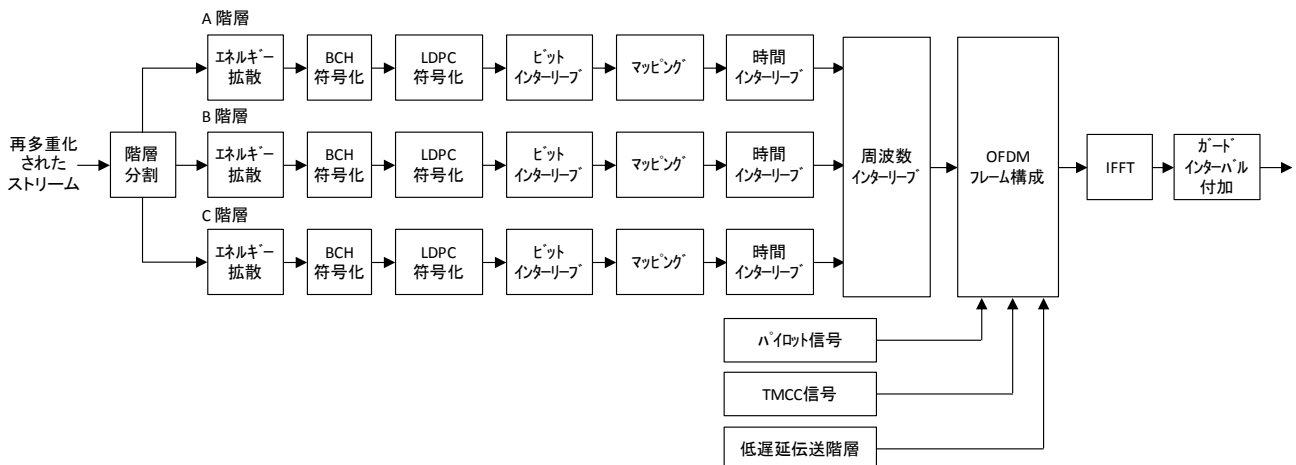
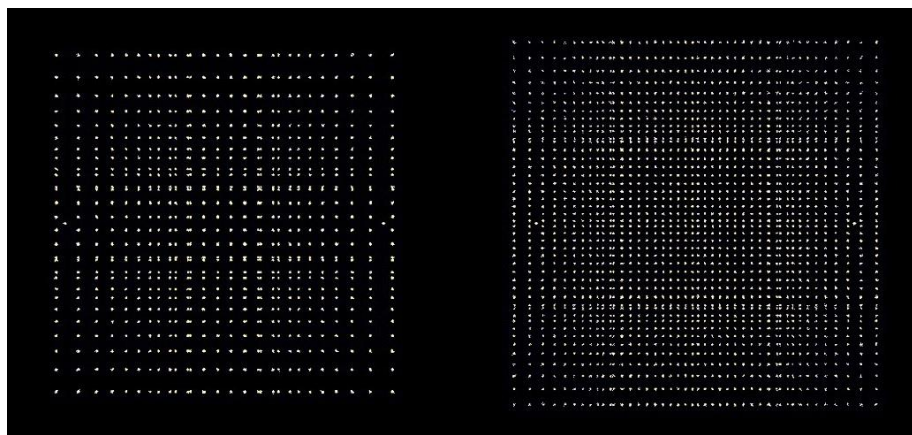


図 11 伝送路符号化の系統図



(a) 1024QAM-NUC (b) 4096QAM-NUC

図 12 不均一コンスタレーションの一例

とができる。また暫定仕様では、マッピングの信号点配置を不均一化することで伝送特性を改善する不均一コンスタレーション (NUC) を導入している^[8]。図 12 に、1024QAM と 4096QAM に NUC を導入した場合の信号点配置例を示す。各信号点に対するビット割り当ては、グレイコード化した信号点配置を用いている。NUC を導入すると振幅が大きくなる信号点があるが、全信号点の平均電力は均一コンスタレーションと同じになるよう正規化している。

図 13 に、SISO システムにおける 1 チャンネル (6MHz) 当たりの伝送容量と所要 CN 比の関係を示す。FFT サイズは 16k, GI 比は 1/16, セグメント数は 35 セグメント, SP 比率は 8.3% として計算機シミュレーションにより算出した。ISDB-T と比較すると、同じ所要 CN 比で伝送容量を約 10Mbps 増やすことができ、同じ伝送容量で所要 CN 比を約 7dB 低減することができる。MIMO システムを用いると、伝送容量を最大 2 倍に増やすことができる。暫定仕様では、ISDB-T に比

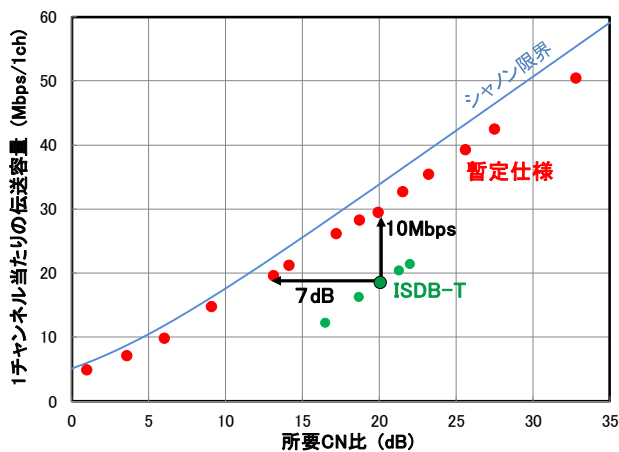


図 13 伝送容量と所要 CN 比の関係

べて 2-5 倍 (30-80Mbps) となる大容量の情報が伝送でき、サービスの要求条件に合わせて階層伝送の容量を柔軟に選択することができる。

6.2.4. 誤り訂正

誤り訂正符号は、LDPC 符号と BCH 符号の接続符号を適用している。この接続符号の組み合わせは、欧州の第 2 世代地上デジタル放送方式 DVB-T2^[9]や、わが国の高度広帯域衛星デジタル放送方式 ISDB-S3^[10]に採用されており、シャノン限界に近い特性を得ることができるとされている。

6.2.5. 変復調装置の試作

暫定仕様の特性を検証するために、単一階層の SISO システムに対応した変復調装置を試作した。図 14 に変調装置の出力スペクトルを示す。伝送信号の帯域幅は 5.83MHz であり、ISDB-T の帯域幅である 5.57MHz より広いことが確認できる。また、変調装置と復調装置を接続したときの白色ガウス雑音 (AWGN : Additive White Gaussian Noise) 環境における各キャリア変調方

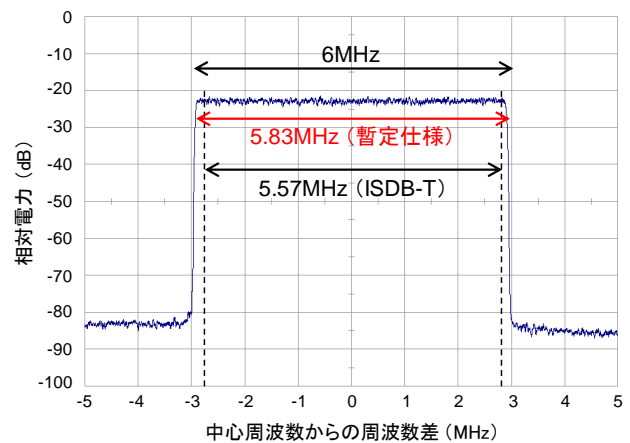


図 14 暫定方式のスペクトル

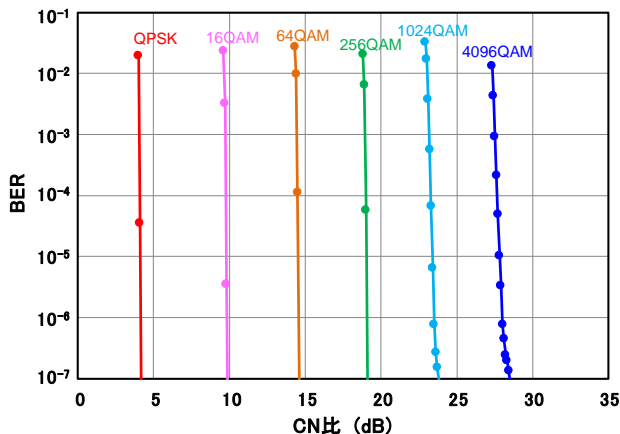


図 15 暫定仕様の BER 特性

式の CN 比対 BER (Bit Error Rate) 特性を図 15 に示す。図 15 の測定においては、FFT サイズは 16k、GI 比は 1/16、SP 比率は 8.3%、LDPC 符号の符号長は 269,280 ビット、符号化率は約 10/15 とした。全帯域を用いた場合の伝送容量は、キャリア変調方式が 1024QAM のときに 32Mbps、キャリア変調方式が 4096QAM のときに 39Mbps となった。

7. まとめ

地上放送に関する伝送容量拡大技術の開発、周波数有効利用技術の開発を実施した。超多値 OFDM 変調技術、誤り訂正符号化技術、偏波 MIMO 技術と符号化 SFN 技術を組み合わせて、実環境で地上波での 8K 伝送を検証する総合試験を実施し、地上波の SFN 環境下においても、8K 伝送が可能な伝送パラメータがあることを確認した。

さらに、ISDB-T の特徴を継承し、伝送容量拡大や柔軟性を改良した暫定仕様の検討を進めた。暫定仕様は、ISDB-T に比べ 2-5 倍の大容量伝送が可能となり、ニーズや送受信システムに合わせて伝送容量や受信特性を選択できるような仕様である。総務省の電波資源拡大のための研究開発として「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発」で開発している試作装置は暫定仕様をもとに製作している。試作装置を用いて大規模な実験試験局を利用した実験などが平成 30 年度より予定されており、地上波での SHV の検証に取り組んでいく。

次世代地上放送の実現には、伝送方式の開発と並行して、映像符号化技術、通信との連携技術などを進展させることが必要となる。また、限られた地上放送用周波数の中で次世代地上放送を導入できるように、空

き周波数の検討や送信ネットワーク構築に向けた検討も必要となる。

これらの検討を進めることにより、地上 SHV 放送の実現に向けて研究開発を進めていきたい。

文 献

- [1] S. Saito et al.: "8K Terrestrial Transmission Field Tests Using Dual-Polarized MIMO and Higher-Order Modulation OFDM", IEEE Transactions on Broadcasting, vol.62, no.1, pt.2, p.306-315(Mar.2016)
- [2] 一般社団法人電波産業会: "地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式標準規格(2.2 版)", ARIB STD-B31, 2014 年
- [3] 齋藤進, 萩拓也, 朝倉慎悟, 土田健一, 齊藤知弘, 澁谷一彦: "偏波 MIMO-超多値 OFDM 方式を用いた 8K スーパーハイビジョン地上波伝送実験", 映情学技報, Vol.38, No.8, BCT2014-45, pp.53-56, 2014 年
- [4] 齋藤進, 萩拓也, 朝倉慎悟, 佐藤明彦, 岡野正寛, 土田健一: "熊本・人吉地区での次世代 SFN 実験", 映情学年次大, 33D-2, 2015 年
- [5] 竹内知明, 佐藤明彦, 宮坂宏明, 朝倉慎悟, 萩拓也, 齋藤進, 成清善一, 中村円香, 村山研一, 岡野正寛, 土田健一, 澁谷一彦: "次世代地上放送に向けた暫定仕様の検討", 映情学年次大, 31A-1, 2016 年
- [6] 白井規之, 佐藤明彦, 朝倉慎悟, 竹内知明, 中村円香, 村山研一, 岡野正寛, 井口和久, 三須俊枝, 松尾康孝, 岩村俊輔, 北島周, 土田健一: "熊本・人吉地区における 8K スーパーハイビジョンの SFN 地上伝送実験", 映情学年次大, 11C-2, 2017 年
- [7] 総務省: "平成 28 年度における電波資源拡大のための研究開発に係る提案公募の結果", http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban_09_02000192.html,
- [8] 萩拓也, 朝倉慎悟, 齋藤進, 齊藤知弘, 澁谷一彦: "次世代地上放送に向けた伝送技術 - Non-Uniform Mapping による超多値信号の伝送特性改善 -", 映情学技報, Vol.38, No.5, BCT2014-30, pp.117-120, 2014 年
- [9] ETSI EN 302 755 V1.4.1: "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)", 2015 年
- [10] 一般社団法人電波産業会: "高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式標準規格(2.0 版)", ARIB STD-B44, 2014 年