

次世代地上放送の実現に向けた研究開発

中村円香

R&D on Transmission System for Next-Generation Terrestrial Broadcasting

Madoka NAKAMURA

概 要

衛星放送によるスーパーハイビジョンの試験放送・実用放送がスケジュール化され、具体的な準備が進められている中、新たな地上放送への取り組みが注目されている。当所では、地上波でもスーパーハイビジョン放送を実現するために、大容量伝送技術の研究開発を進め、これまでに多値変調技術や偏波MIMO技術によるスーパーハイビジョン映像伝送実験を成功させてきた。本研究発表では、現行の地上放送方式であるISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) を基本に、新たな技術を取り入れた次世代地上放送の検討状況を紹介する。開発中の技術として、周波数利用効率を高め、ニーズに合わせて伝送容量を選択できるよう高度化した信号構造や、復調特性の優れた誤り訂正技術、超多値変調でも安定した単一周波数ネットワークを実現できる技術を説明する。また、次世代地上放送の実現に向けた今後の予定を紹介する。

ABSTRACT

Preparations are under way for trial broadcasting of Super Hi-Vision by satellite in Japan. Moreover, studies on next-generation terrestrial broadcasting are planned. NHK STRL has been conducting R&D on large-capacity transmission technologies for terrestrial Super Hi-Vision broadcasting for fixed reception and Hi-Vision broadcasting for mobile reception over a UHF channel. We have successfully carried out Super Hi-Vision video transmission experiments using higher-order modulation and dual-polarized MIMO technologies. We are currently developing a proposed transmission system for next-generation terrestrial broadcasting, which incorporates new technologies into ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial), the current terrestrial broadcasting system. This report gives an overview of this transmission system, as well as an overview of R&D and plans for the services of next-generation terrestrial broadcasting.

1. はじめに

衛星放送によるスーパーハイビジョンの試験放送・実用放送の開始に向けた準備が進められている中、2015年7月に総務省から公表された「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告」¹⁾には、「地上放送に関する取組」として、「より効率的な伝送を実現すべく、速やかに総合的な研究開発の取組を進めて、その上で、技術的な可能性を検証するために、都市部における地上波によるパブリックビューイング向けなどの伝送実験等を検討することが考えられる」と記載されるなど、次世代地上放送の実現に向けた取り組みについても注目されている。

当所では、次世代地上放送で、固定受信向けにスーパーハイビジョン放送、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: 6MHz)で実現できる大容量伝送技術の研究を行っている。これまでに、地上波による大容量伝送技術として、超多値変調技術と偏波MIMO (Multi-Input Multi-Output) 技術^{*1}による8Kスーパーハイビジョン(以下、8K)の映像伝送実験²⁾や、偏波MIMO技術によるハイビジョンの移動受信実験³⁾を実施した。これらの伝送技術を基に、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)を検討している。

本研究発表では、この暫定仕様の内容について紹介する。また、次世代地上放送のサービスに向けた技術開発の動向や、今後の予定についても述べる。

2. 次世代地上放送のサービスに向けた技術開発の動向

衛星放送に比べて伝送容量の小さい地上放送においてもスーパーハイビジョンによる視聴を実現するために、高画質・高音質を実現できる映像・音声のフォーマットや、それに対応した高効率の符号化技術が検討されている。

映像に関しては、4Kや8Kといった高解像度化に加え、広色域化⁴⁾、輝度範囲を拡大するHDR (High Dynamic Range: 高ダイナミックレンジ) 化、階調の増加、フレーム周波数の増加など、多くの映像パラメーターにおいて画質の向上が図られている。空間解像度やフレーム周波数の増加は、映像のビットレート増加への影響が大きいですが、色域、ダイナミックレンジ、階調は、影響が小さい。これらの映像パラメーターの組み合わせにより、さまざまな画質のサービスが可能になると考えられる。

映像符号化については、衛星放送による8K放送(以下、8K衛星放送)にはHEVC (High Efficiency Video Coding) /H.265方式⁵⁾が採用されているが、さらに高効率な圧縮を

目指す映像符号化方式の研究開発が2020年ごろを目標に進められている。次世代地上放送では、この新しい映像符号化方式と、空間解像度、フレーム周波数、色域、ダイナミックレンジ、階調といった映像パラメーターとを組み合わせることで、高画質の映像サービスが実現できると考えられる。

また、音声符号化においても、新たな取り組みが進められている。現在、MPEG (Moving Picture Experts Group) において、次世代の音声符号化方式として、MPEG-H 3D Audio⁶⁾の標準化が進められている。このMPEG-H 3D Audioは、22.2ch音響のようなマルチチャンネルオーディオをより高効率に符号化することができる。また、MPEG-H 3D Audioには、音声をオブジェクト(独立した音声チャンネル)として符号化し、受信側のスピーカー数や配置に合わせて、各チャンネルのスピーカーに信号を再配分する「レンダリング」により音声を再生する技術も含まれる。この技術を用いると、それぞれの受信機が、使用されている環境(例えば、タブレット端末とヘッドホンによる視聴、車内での視聴、リビングでの視聴など)に合わせて立体的な音響を作り出すことが可能となる。

近年は、見逃し番組視聴サービスや動画配信サービスを利用したタイムシフト視聴が増えるとともに、携帯端末で動画を視聴する機会が増えている。現行の地上放送では2013年に「ハイブリッドキャスト」がスタートし、放送と通信を連携させたサービスが展開されている。また、8K衛星放送において放送と通信を連携させたサービスを行うために、2014年にARIB (Association of Radio Industries and Businesses: 電波産業会) で、メディアトランスポート方式にMMT (MPEG Media Transport) ⁷⁾ *2を用いたマルチメディア符号化方式⁸⁾が標準化された。次世代地上放送においても、MMTを用いることで、通信との連携サービスの幅がさらに広がっていくものと考えられる。

さらに、現行の地上放送のワンセグに相当する移動受信端末向けサービスについても検討している。従来の映像・音声によるリアルタイム放送に加え、ショートビデオクリップやニュース情報の配信、アプリ向け情報サービス、緊急地震速報をはじめとする防災トリガーなど、放送と通信が互いに補完し連携した幅広いサービスの可能性について議論している。

次世代地上放送のサービスイメージや要求条件について

*1 複数の送受信アンテナや偏波を利用することで、伝送容量の拡大や信頼性の向上を実現する技術。

*2 放送や通信などの多様なネットワークを利用したコンテンツ配信に適するメディアトランスポート方式。

1表 暫定仕様 (SISOシステム) の伝送パラメーター

		ISDB-T (モード3)	暫定仕様		
FFTサンプル速度		512/63 = 8.13 MHz	512/81 = 6.32 MHz		
FFTポイント数		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		429 kHz	167 kHz		
帯域幅		5.57 MHz	5.83 MHz		
キャリアー総数		5,617 本	7,561 本	15,121 本	30,241 本
SP比率		8.3%	8.3%, 4.2%, 2.1%		
低遅延階層・TMCC比率		2.8%	2.8%		
キャリアー変調方式		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		
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 μ s	1,296 μ s	2,592 μ s	5,184 μ s
ガードインターバル比		1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128		
フレーム長		231 ms	292 ms ~ 363 ms (GI比に応じて変化)		
誤り訂正 符号	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		

は、具体的な議論が始まっている。現段階の暫定仕様は、想定されるさまざまなサービスを実現できる伝送技術として、多くの機能やパラメーターを備えている。3～5章では、暫定仕様の内容について紹介する。

3. 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-T⁹⁾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。主な特徴は下記の4つである。

3.1 ISDB-Tの機能を継承

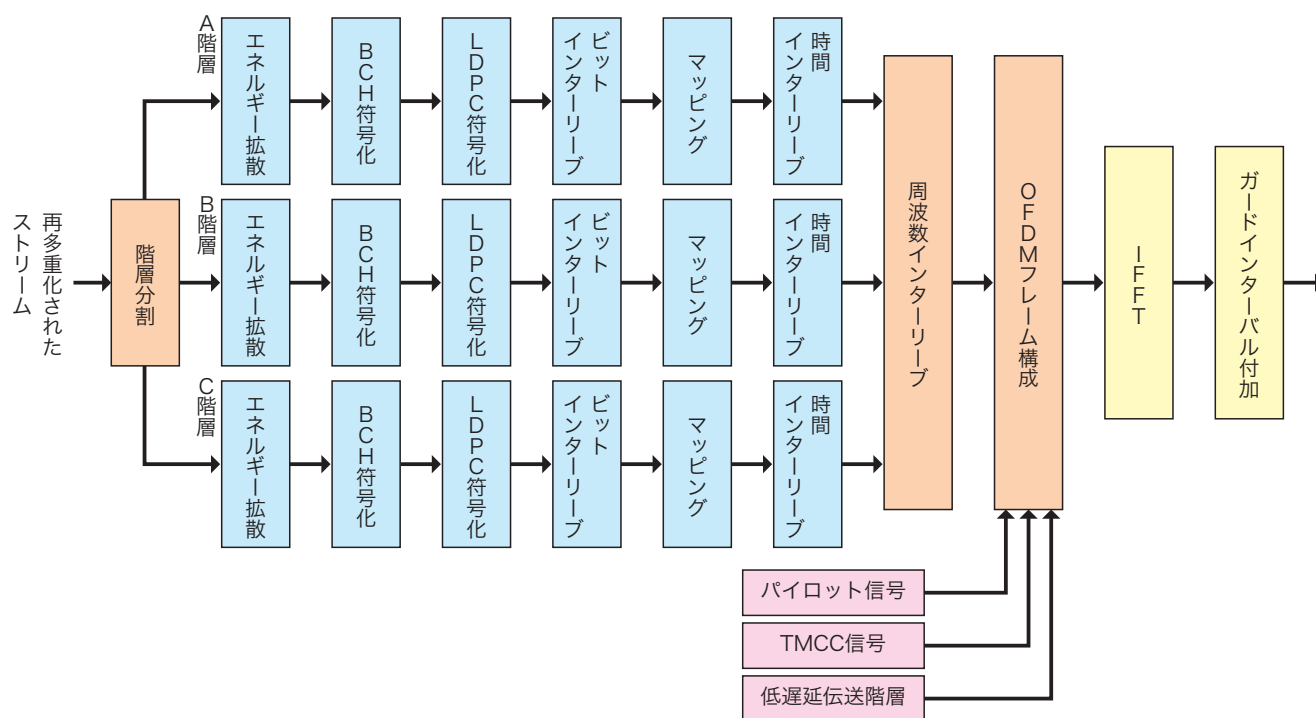
暫定仕様は、ISDB-Tと同様に階層伝送が可能である。また、限られた周波数を用いて日本全国の送信ネットワークを構築するために、ISDB-Tでも活用されている単一周波数ネットワーク (SFN: Single Frequency Network) 技術を発展させた符号化SFN技術 (4.5節参照) や、放送波中継のための等化技術を導入している。さらにISDB-Tの変調波の伝送制御に関する付加情報や地震動警報情報を伝送するためのAC (Auxiliary Channel) 信号を発展させ、低遅

延で伝送できる階層も備えており、現在、その新たな活用方法を検討している。

3.2 新たな信号構造による伝送容量の増加と柔軟性の向上

次世代地上放送でスーパーハイビジョン放送を実現するためには、伝送容量を増やす必要がある。そこで、暫定仕様ではOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号の帯域幅をISDB-Tより約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 (Fast Fourier Transform) のポイント数が最大でISDB-Tの4倍となる伝送パラメーター (モード) を備えている。FFTポイント数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、ニーズに合わせてセグメント構造や伝送パラメーターの選択肢の幅を広げている。まず、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。また、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セグメントのみであ



1図 伝送路符号化の系統図

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。

3.3 新たな特性改善技術の導入

次世代地上放送においては、伝送容量の増加とともに所要CN比（Carrier to Noise Ratio）の低減が重要である。そのため暫定仕様では、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（Low Density Parity Check）符号*3と、不均一コンスタレーション（NUC: Non Uniform Constellation）（4.4節参照）を導入している。

3.4 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（Single-Input Single-Output）システム、送受信アンテナがそれぞれ2本のMIMOシステム、SISOシステムとMIMOシステムが共存できるシステムなど、複数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。

4. 暫定仕様の概要

本章では、暫定仕様の中のSISOシステムについて、特徴的な技術を紹介する。

4.1 信号構造と伝送パラメーター

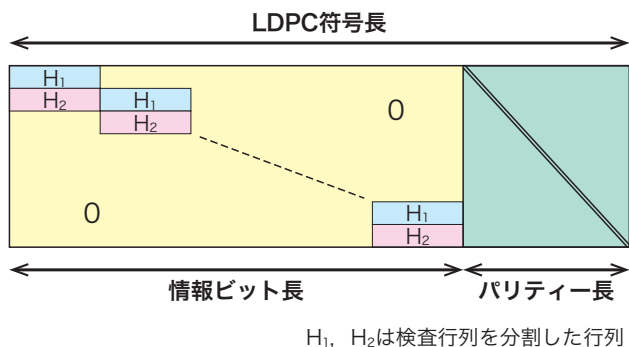
暫定仕様は、ISDB-Tと同様に階層伝送が可能で、最大

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。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 $1/6\text{MHz}$ （ $\approx 167\text{kHz}$ ）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。

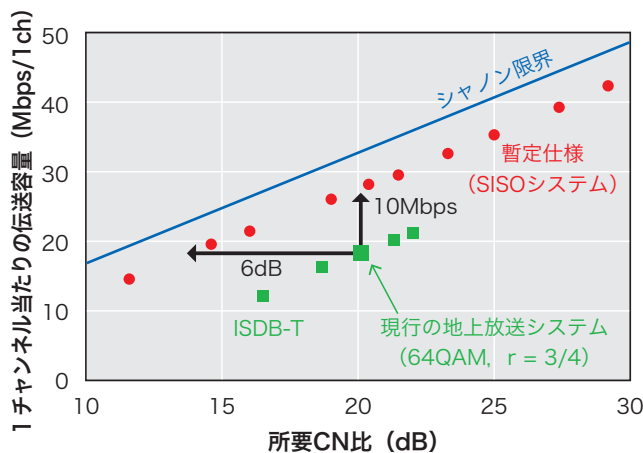
1表に、ISDB-Tと暫定仕様（SISOシステム）の伝送パラメーターを示す。暫定仕様では、OFDM信号を生成するためのサンプリングクロックの周波数をISDB-T（ $512/63 = 8.13\text{MHz}$ ）の $7/9$ 倍（ $512/81 = 6.32\text{MHz}$ ）に設定している。サンプリングクロック周波数を $7/9$ 倍にすることで、同じFFTポイント数に対するOFDM信号の有効シンボル長が $9/7$ 倍になるため、同じGI比におけるGI長も $9/7$ 倍になり、同じFFTポイント数で比較してISDB-Tより $9/7$ 倍大きい遅延量のマルチパス妨害を吸収できる。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ポイント数およびGI比で $162\mu\text{s}$ のGI長となる。

OFDM信号を復調するためのスカッタードパイロット（SP: Scattered Pilot）に関しては、複数のSP比率とSP配置を備えているため、階層ごとに異なるパイロット配置を設定することができる。また、低密度のSP比率（4.2%または2.1%）

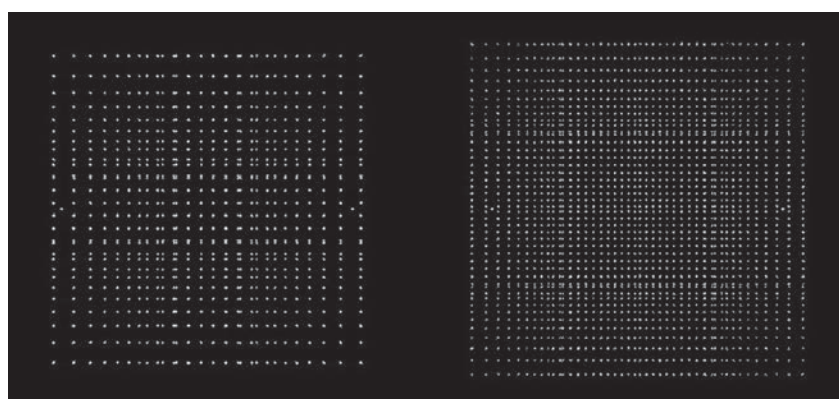
*3 低密度なパリティ検査行列で定義されるブロック符号。



2図 空間結合LDPC符号の検査行列の構造



4図 伝送容量と所要CN比の関係



3図 不均一コンスタレーションの信号点配置例 (左: 1024QAM, 右: 4096QAM)

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。

キャリア変調方式に関しては、4096QAM (Quadrature Amplitude Modulation) までの超多値変調を備えているため、大容量伝送が可能である。

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ポイント数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ポイント数によらず300ms前後になる。

4.2 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1図に示す。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*4、外符号のBCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 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*5、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フレームが構成される。最後に、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 処理を行い、GIが付加される。

4.3 誤り訂正符号

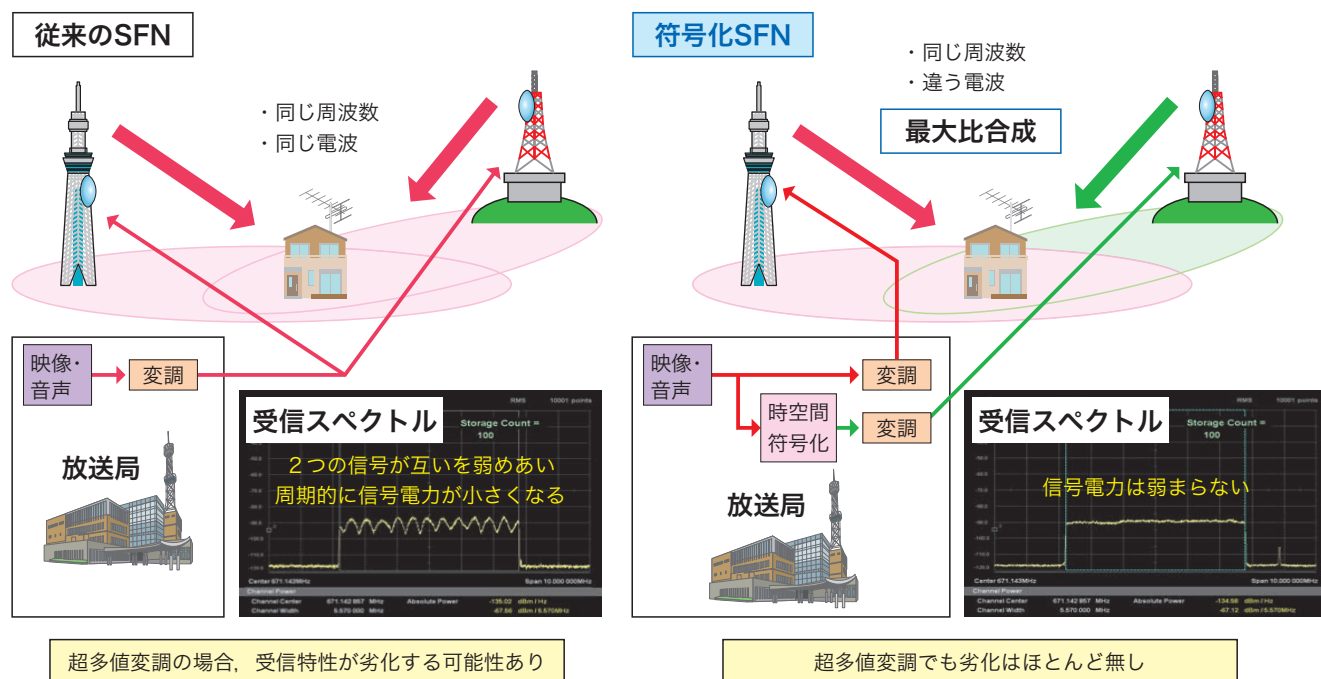
誤り訂正符号は、LDPC符号とBCH符号の接続符号を適用している。この接続符号の組み合わせは、欧州の第2世代地上デジタル放送方式DVB-T2¹⁰⁾や、わが国の高度広帯域衛星デジタル放送方式¹¹⁾に採用されており、シャノン限界*6に近い特性を得ることができるとされている。暫定仕様では、符号長の異なる3種類 (11,220, 44,880, 269,280ビット) のLDPC符号を備えている。符号長が11,220ビットあるいは44,880ビットの符号は非正則LDPC符号*7であり、後者は高度広帯域衛星デジタル放送方式と同じ検査行列を

*4 決められた生成多項式によりデータを変換し、「0」や「1」の連続を減らすことで、変調信号の特定の周波数成分が大きくなることを防ぐ信号処理。

*5 データのビット列をキャリア変調の振幅と位相に変換する信号処理。

*6 通信路の帯域幅、信号電力、雑音電力の比で表される通信容量の理論限界。

*7 パリティ検査行列の各行および各列の重みがそれぞれ一定値であるLDPC符号を正則LDPC符号と呼び、それ以外のLDPC符号を非正則LDPC符号と呼ぶ。



5図 従来のSFNと符号化SFNの違い

用いている。また、符号長が269,280ビットの符号は非正則LDPC符号を連結した空間結合LDPC符号である¹²⁾。一般的に、LDPC符号は符号長を長くすると誤り訂正能力が向上するが、LDPC符号を定義する検査行列が大きくなり、最適化が難しいとされている。空間結合LDPC符号は、同じ構造のLDPC符号を繰り返し配置し、最後に終端することで1つの大きなLDPC符号と見なすことができる符号であり、繰り返すLDPC符号の検査行列を最適化することで符号全体を最適化することができる(2図)。したがって、空間結合LDPC符号は、非正則LDPC符号に比べて最適化された長い符号長のLDPC符号を作りやすいという利点がある。

4.4 キャリヤー変調

キャリヤー変調方式は、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¹³⁾。3図に、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^{*8}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。

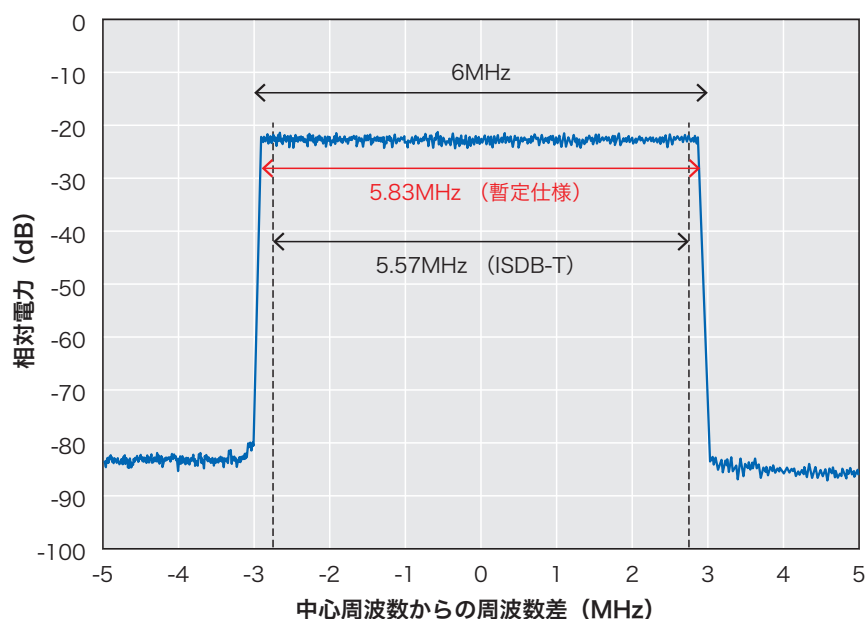
4図に、SISOシステムにおける1チャンネル(6MHz)当たりの伝送容量と所要CN比の関係を示す。FFTポイント数は16k, GI比は1/16, セグメント数は35セグメント, スキャッ

タードパイロットの周波数方向の間隔は12キャリアーとして、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6dB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。

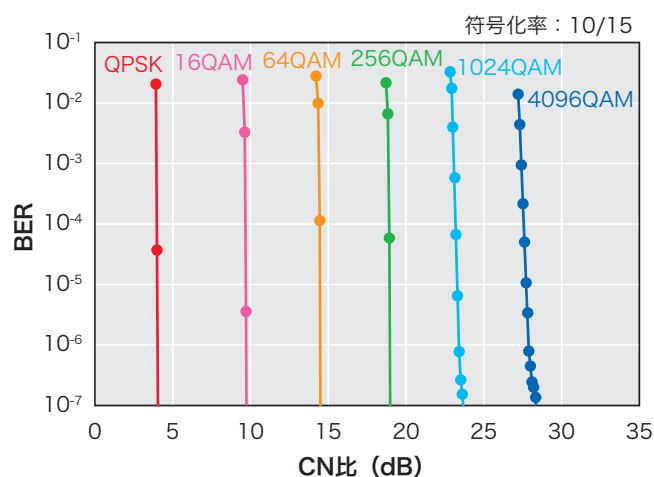
4.5 符号化SFN技術

現行の地上放送では、SFNを用いることで、限られた周波数を効率的に利用している。次世代地上放送で超多値変調が用いられる場合においても、安定したSFNを構築できるように、暫定仕様では2つの送信所間の送信信号を時空間符号化して伝送する符号化SFN技術¹⁴⁾を導入している。5図に従来のSFN技術と符号化SFN技術の違いを示す。従来のSFNは、2つの送信所から同じ周波数で同じ電波が送信されるため、2つの受信信号の電力差が小さく、かつ逆位相で到来してしまうと、互いの信号を弱めあい、特に超多値変調では受信特性が劣化することがあった。一方、符号化SFN技術を用いると、2つの送信所から同じ周波数で互いに符号化された電波、つまり異なる電波が送信されるため、2つの送信所からの信号は弱め合うことは

*8 信号点配置上で隣接する信号点同士のビット列の違いが1ビットである信号点配置。



6図 変調装置の出力スペクトル



7図 変復調装置のCN比対BER特性

なく、超多値変調を用いても受信特性の劣化が少ない。この符号化SFN技術を用いることで、安定したSFNの構築が可能になる。

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。6図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ー変調方式のCN比対BER (Bit Error

Rate) 特性を7図に示す。7図の測定においては、FFTポイント数は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10/15とした。全帯域を用いた場合の伝送容量は、キャリアー変調方式が1024QAMのときに32Mbps、キャリアー変調方式が4096QAMのときに39Mbpsとなった。

6. 今後の予定

今後は、次世代地上放送と次世代の映像符号化技術を組み合わせ、地上波1チャンネルでスーパーハイビジョン放送を実現するための研究開発を進める予定である。

次世代の映像符号化技術の開発と並行して、次世代地上放送の暫定仕様については、通信との連携技術、多重化技術、階層伝送技術などを詳細に検討し、さらなる特性改善を進めていく。また、装置の試作や大規模実験等を通じて、従来の地上放送の受信アンテナや受信設備を使ったスーパーハイビジョン放送の検証に取り組んでいく。さらに、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、現行の地上放送との相互干渉の抑制やSFN技術のさらなる改良など、次世代地上放送の送信ネットワーク整備に向けた検討を進めていく。

次世代地上放送の導入に向けては、現行の地上放送から円滑に移行するための移行用チャンネルや、スーパーハイビジョン放送の魅力を伝えるための専用チャンネルなどの検討、そして全国にスーパーハイビジョンを届けるためのチャンネルの検討が必要となる。

7. むすび

本研究発表では、次世代地上放送の実現に向けて、次世代地上放送のサービスに向けた技術開発の動向、暫定仕様の特徴と概要、今後の予定について述べた。暫定仕様は、ISDB-Tの特徴を継承しながら、新たな伝送技術を導入することで、ISDB-Tに比べて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となっている。

今後は、暫定仕様の改良を進めるとともに、次世代の映像符号化技術と組み合わせて、地上波1チャンネルでスーパーハイビジョン放送を実現するための研究開発を推進していく。

参考文献

- 1) 総務省：“「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告」の公表,” http://www.soumu.go.jp/main_content/000370906.pdf (2015)
- 2) 齋藤, 部, 朝倉, 土田, 斉藤, 渋谷：“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)
- 3) 成清, 宮坂, 竹内, 中村, 土田：“空間分割多重MIMO伝送方式の野外移動受信実験～ ISDB-Tの移動受信特性との比較～,” 映情学技報, Vol.39, No.47, BCT2015-81, pp.11-14 (2015)
- 4) Rec. ITU-R BT.2020, “Parameter Values for Ultra-High Definition Television Systems for Production and International Programme Exchange” (2012)
- 5) ISO/IEC 23008-2, “Information Technology - High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments – Part 2 : High Efficiency Video Coding” – Rec. ITU-T H.265, “High Efficiency Video Coding”
- 6) ISO/IEC 23008-3, “Information Technology - High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments – Part 3: 3D Audio”
- 7) ISO/IEC 23008-1 : 2014, “Information Technology - High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments - Part 1 : MPEG Media Transport (MMT) ”
- 8) 電波産業会：“デジタル放送におけるマルチメディア符号化方式(第2世代)(1.4版),” ARIB STD-B62 (2016)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 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(2.1版),” ARIB STD-B44 (2016)
- 12) 朝倉, 村山, 部, 齋藤, 斉藤, 渋谷：“次世代地上放送に向けた伝送技術－空間結合LDPC符号の一検討－,” 映情学技報, Vol.37, No.39, BCT2013-90, pp.9-12 (2013)
- 13) 部, 朝倉, 齋藤, 斉藤, 渋谷：“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)
- 14) 齋藤, 部, 朝倉, 佐藤, 岡野, 土田：“熊本・人吉地区での次世代SFN実験,” 映情学年次大, 33D-2 (2015)



なかむら まどか
中村 円香

2000年入局。仙台放送局、技術局を経て、2006年から放送技術研究所において、スーパーハイビジョンの光伝送技術、デジタルラジオマイク伝送技術、モバイルマルチメディア放送技術、次世代地上伝送技術の研究に従事。
現在、放送技術研究所伝送システム研究部 上級研究員。