

## SNG狭帯域HD伝送の実験と検証

NHK技術局 報道施設部 (伝送)

根岸 聡 ねぎし あきら

守山正巳 もりやま まさみ

西澤宏幸 にしざわ ひろゆき

石堂裕司 いしどう ゆうじ

NHK放送技術局 報道技術センター (ニュース・ネットワーク)

小谷 崇 こたに たかし

NHK放送技術局 報道技術センター (中継)

菰生敏弘 こもう としひろ

## はじめに

NHKは平成7年よりSNGネットワークのHD化を進めてきた。平成19年度には車載局、ポータブル局の約7割がHD対応となる。現在SNGネットワークでのHD伝送は、最低でも衛星中継器 (以下、トラポンと略す) の1/2となる18MHz帯域を占有している。さらに、運用が幅狭しているときは伝送数を増やすためにトラポンの1/4となる9MHzでSD伝送している。

そこで限られた帯域内でより多くのHDキャリアを伝送するため、伝送効率が高く、誤り訂正能力が強力なDVB-S2による狭帯域HD伝送の実験および検証を行った。結果をここに報告する。

## 1. 伝送パラメータ

DVB-S2の伝送パラメータとして、5つのモードを選定し伝送実験を行った (表1)。モード①~②は従来の27MHz HD伝送の狭帯域化、モード③~⑤は従来の18MHz HD伝送の狭帯域化および9MHz SD伝送のHD化を目的として選定した。

なお、全モードとも伝送効率や所要C/Nの観点から

表1 DVB-S2伝送パラメータ

モード番号	モード①	モード②	モード③	モード④	モード⑤
占有帯域幅 (MHz)	18	18	9	9	9
変調方式	16APSK	QPSK	16APSK	16APSK	8PSK
符号化率	3/4	3/5	8/9	2/3	3/4
シンボルレート (Msps)	14.916	14.916	7.458	7.458	7.458
TSレート (Mbps)	43.202	17.303	25.652	19.201	16.240
ロールオフ率	20%	20%	20%	20%	20%

表2 DVB-S 伝送パラメータ

モード番号	モード⑥	モード⑦
占有帯域幅 (MHz)	18	9
変調方式	8PSK	QPSK
符号化率	2/3	7/8
シンボルレート (Msps)	14.912	6.912
TSレート (Mbps)	27.485	12.096
ロールオフ率	35%	40%

ロールオフ率を20%、パイロット信号をON、FECフレーム長をノーマルとした。

またマルチキャリアや隣接キャリアの影響を確認するため、現行のDVB-Sの伝送パラメータ (表2) と組み合わせた実験を行った。

## 2. 伝送実験の構成

衛星モデムはDVB-S2/DVB-S両対応変調器を使用した。送信は、表1に記載した5つのDVB-S2モードについて免許を取得した車載局で行った (写真1)。



写真1 伝送実験に使用した車載局

HPAは300W TWTAの合成方式で、アンテナ口径は1.5mである。衛星はJSAT社のJCSAT-1B号衛星を使用した。

受信は東京CS主局の7mアンテナで行い、ノイズ加算器によりキャリア対ノイズ比を変動させた。伝送実験の構成概要を図1、その諸元を表3に示す。

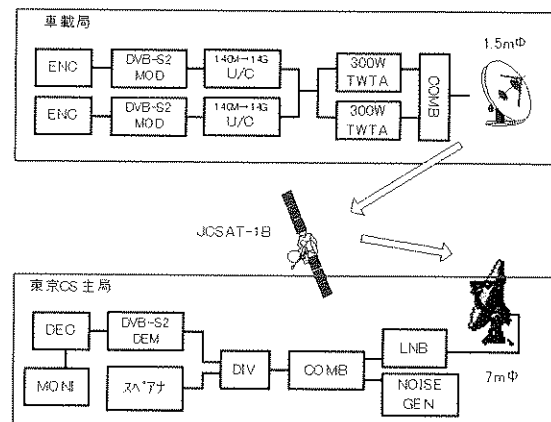


図1 DVB-S2伝送実験 構成概要

表3 DVB-S2伝送試験 諸元

送信側	送信局	車載局
	天候	晴れ
衛星	アンテナ口径	1.5mΦ
	HPA	300W×2位相合成
受信側	衛星名	JCSAT-1B
	バンド	Ku
	受信局	東京主局
受信側	天候	晴れ
	アンテナ口径	7mΦ

## 3. 伝送実験結果

## 3.1 シングルキャリアの所要C/N

車載局よりDVB-S2のシングルキャリアを送信し、東京CS主局にて受信しノイズを加算することで、その所要C/Nを測定した (図2)。

車載局の送信出力は、衛星バックオフが規定値となる運用EIRPと、JSATより許容された運用EIRP + 3 dBとした。測定結果を次に示す (表4)。

また通常の運用EIRPと運用EIRP + 3 dBの比較グラフを次に示す (図3)。

以上の結果より、HPAの動作点を3 dB上昇させて

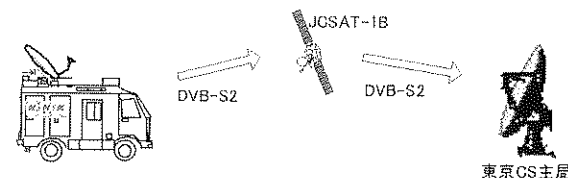


図2 シングルキャリアの伝送試験

表4 シングルキャリアの所要C/N

モード番号	占有帯域幅 (Hz)	変調方式	符号化率	所要C/N (dB)	
				EIRP=運用	EIRP=運用+3dB
①	18	16APSK	3/4	11.6	11.9
②	18	QPSK	3/5	3.2	3.6
③	9	16APSK	8/9	13.9	13.9
④	9	16APSK	2/3	10.0	10.5
⑤	9	8PSK	3/4	8.5	9.1

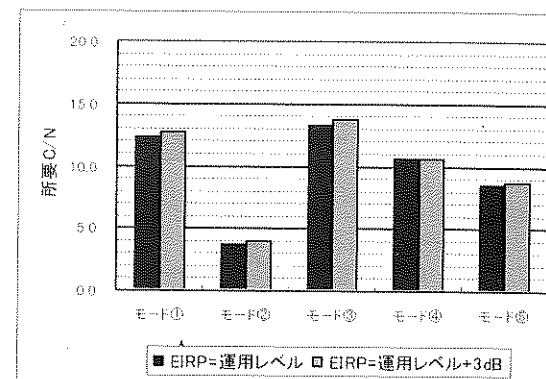


図3 EIRPによる各モードの所要C/N比較

も所要C/Nが大きく劣化することなく運用できることを確認した。

参考に、HPA出力をトランスレータにてRF折返しで測定した場合の、各モードにおけるHPA動作点-所要C/N特性を示す (図4)。衛星入力バックオフが規定値となるEIRPでのHPA動作点を0 dBとし、そこから動作点を上昇させた場合の所要C/Nの変化を測定した。通常の動作範囲では、所要C/Nにほとんど変動がないことを確認した。

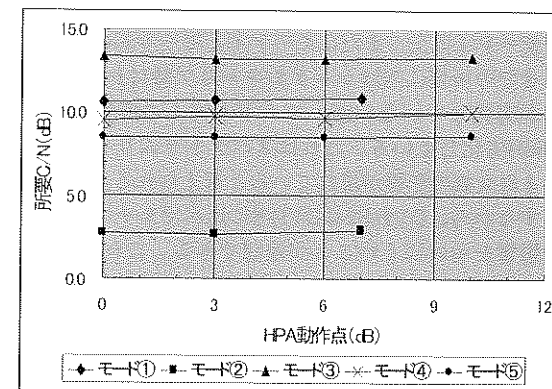


図4 (参考) HPA動作点-所要C/N特性

## 3.2 マルチキャリアの所要C/N

車載局より2つのキャリアを送信した場合の所要C/Nを測定した (図5)。組み合わせはDVB-S2のモード①と現在使用しているDVB-Sのモード⑥とし、同

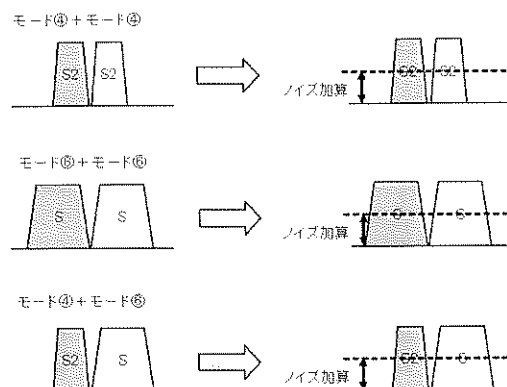
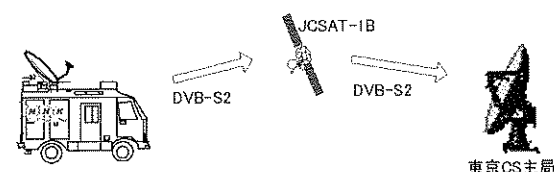


図5 マルチキャリアの伝送試験

表5 マルチキャリアの所要C/N

測定 キャリア	同時送信 キャリア	マルチ キャリア時の 所要 C/N (dB)	シングル キャリア時の 所要 C/N (dB)	差分 (dB)
モード④ (DVB-S2)	モード④ (DVB-S2)	10.2	10.0	0.2
モード④ (DVB-S2)	モード⑥ (DVB-S)	10.2	10.0	0.2
モード⑥ (DVB-S)	モード⑥ (DVB-S)	10.3	8.7	1.6

トラポンに隣接させて送信した。測定結果を次に示す(表5)。

モード④同士、またはモード④とモード⑥の組み合わせでの所要C/Nはシングルキャリア時に比べ0.2dBしか劣化していないが、モード⑥同士の所要C/Nは1.6dB劣化している。これはスペクトラムリグロスによる混変調の影響が現れていると考えられる。

すなわち、DVB-S2はDVB-Sに比べマルチキャリアの影響を受けにくいことが確認できる。これはDVB-S2の急峻なロールオフ・フィルタによる差と考えられる。

### 3.3 隣接キャリアが存在するときの影響

車載局よりDVB-S2キャリアを送信し、別の車載局よりDVB-Sキャリアを隣接させて送信した。これらを東京CS主局にて受信し、ノイズを加算することで、その所要C/Nを測定した(図6)。

組み合わせはモード④と、現在使用しているモード⑥ならびにモード⑦とした。測定結果を表6に、スベ

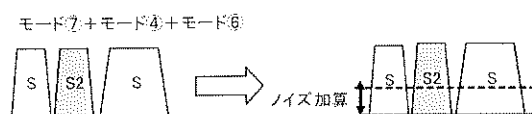
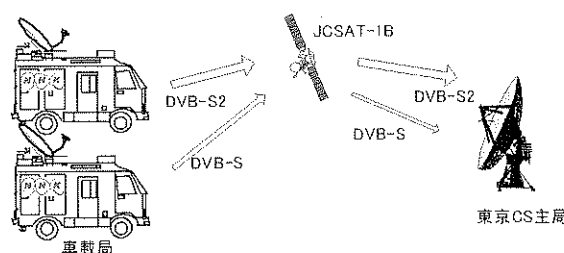


図6 隣接キャリアの伝送試験

表6 隣接キャリアの所要C/N

測定 キャリア	隣接 キャリア	隣接キャリア時の 所要 C/N (dB)	シングル キャリア時の 所要 C/N (dB)	差分 (dB)
モード④ (DVB-S2)	モード⑥ モード⑦ (DVB-S)	10.1	10.0	0.1



写真2 隣接キャリアのスペクトラム波形

クトラム波形を写真2に示す。

隣接キャリアが存在する場合もマルチキャリア同様、DVB-S2キャリアの所要C/Nにほとんど影響がないことを確認した。

### 3.4 受信C/Nマージン測定

NHKのCS固定局は、その種別によってアンテナ口径が異なる。主局は7mΦ、地方局は5mΦ、2.4mΦである。このアンテナ利得差による受信C/Nマージンの違いを主局と地方局において同時測定した。

まず車載局より運用EIRPにてDVB-S2キャリアを送

信し、各局にて受信C/Nを測定した。次に車載局の送信EIRPを徐々に下げ、各局のデコード信号が破綻する限界C/Nを測定し、マージンを計算した。

測定構成概要を図7、その諸元を表7に示す。また測定結果を表8に示す。対象はモード②～④とした。

以上の結果より、最も所要C/Nが高いモード③でもアンテナ口径の小さい放送局にて十分なC/Nマージンが確保されることを確認した。

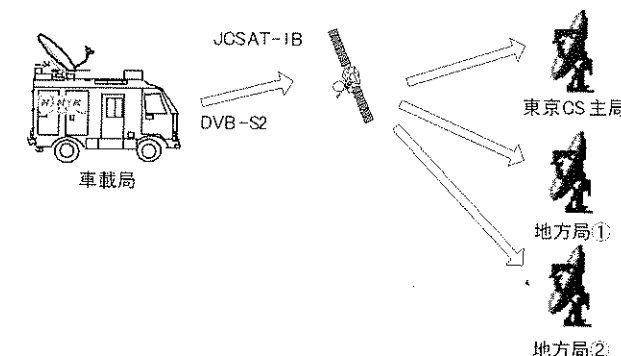


図7 受信C/Nマージン測定

表7 受信C/Nマージン測定 諸元

送信側	送信局	車載局
	天候	晴れ
衛星	アンテナ径	1.5mΦ
	HPA	300W×2位相合成
受信側①	衛星名	JCSAT-1B
	バンド	Ku
受信側②	受信局	東京主局
	天候	晴れ
受信側③	アンテナ径	7mΦ
	受信局	地方局①
受信側④	天候	晴れ
	アンテナ径	5mΦ
受信側⑤	受信局	地方局②
	天候	晴れ
受信側⑥	アンテナ径	2.4mΦ
	受信局	地方局②

### まとめ

NHKのSNGネットワークへ DVB-S2を導入するにあたっての事前検証を、実際に運用する車載局、衛星トラポン、固定局にて実施した。

本検証結果をもとに今後の車載局整備にDVB-S2を導入していく予定である。

最後に、DVB-S2へ向けての技術的検討ならびに衛星実通実験にあたって多大なる協力を頂いた、関係部局並びに関係各社に深く感謝する。

表8 受信C/Nマージン比較

モード 番号	占有 帯域幅	変調 方式	符号 化率	C/N マージン (dB)		
				東京 主局	地方局 ①	地方局 ②
①	18	16APSK	3/4	-	-	-
②	18	QPSK	3/5	17.5	16.3	14.8
③	9	16APSK	8/9	7.3	5.9	4.6
④	9	16APSK	2/3	11.2	9.6	8.1
⑤	9	8PSK	3/4	-	-	-

# SNG DVB-S.2方式の伝送特性実験と課題

日本テレビ放送網 技術統括局技術戦略センター技術計画部

石田昌之 いしだ まさゆき

日本テレビ放送網 技術統括局放送技術センター回線運用部

片柳幸夫 かたやなぎ ゆきお

日本テレビ放送網 技術統括局技術戦略センター技術開発部

牧野鉄雄 まきの てつお

## はじめに

日本テレビネットワーク30局は、SNG設備のHD化について2005年初旬から検討を開始した。ネットワーク各局個別の事情を調査し共通仕様に取り纏め、この仕様に基づき2006年4月から全国の固定局を計画的に更新した。共通仕様化と工事日程の綿密な調整は、大幅なコストダウンと短期間でSNG設備のHD化を可能とし、この結果2006年10月29日よりネットワークに向けたSNGによるニュースや番組PR用等映像素材配信をHD化した。

また、可搬地球局であるSNG中継車も、大きさやタイプを類型化し2タイプにまとめ共通仕様を作成、2006年度内にはネットワーク全局に最低1台のSNG-HD中継車の配備を完了した。「ニュース」や「ズームイン!!SUPER」等の情報番組では、スタジオ制作部分のHD化は早期から実現されていたものの、番組内の中継部分やVTR部分はSDであることが多かったが、現在、SNG設備のHD化に伴い月別のSNG伝送に占めるHD素材の割合は95%を超えている。

本誌では、日本テレビネットワークにおけるSNG HD伝送の現状と、併せてDVB-S.2に関する実通による調査・検討結果について報告する。

## 1. HD伝送を目指したパラメータの検討

日本テレビネットワークのSNG伝送はSD伝送をアナログからデジタルに移行して以来、1つのトラポンを連絡線用に2.5MHz、残りを2分割または4分割して映像（音声）伝送する方式（図1）で運用している。4分割運用時は、周波数が低い方より順に、ch1～ch4（4chモード）、2分割時は、ChA、ChB（ハー

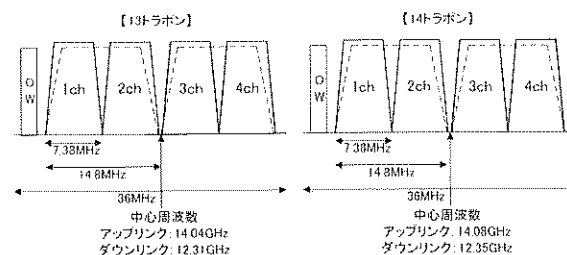


図1 日本テレビネットワークトラポン内配置

フモード）と呼んでいる。HD化をした場合もトラポンを有効利用するためには、4chモードで映像（音声）伝送することが望ましいが、HDの伝送容量を考えると、1chあたり帯域は7.38MHzであり、SDデジタル伝送で運用している8PSK変調におけるトータルビットレートは11.32Mbps程度しか確保できずHD伝送には程遠いため、HD伝送としては、ハーフモードが基本とされた。一方、伝送容量を増やすためには、位相変調に加え振幅変調を取り入れ多値化することが必須であり、2005年時点で規格化されていたDVB-DSNG（EN 301 210）方式と、ETSI（欧州電気通信標準化機構）で2005年3月にDVB-S、DVB-DSNG方式の上位規格として規格化されたDVB-S.2（EN 302 307）方式が検討の対象となった。しかしDVB-S.2方式は、2005年の早い段階から各方面で注目を集めていたが、装置はまだ実現されておらず、その特性の確認はできない状況であった。日本テレビネットワークとしてDVB-S.2方式は、検討の視野にいられたが、実機による特性確認ができない設備を全国規模におよぼ共通仕様に入れることはリスクが大きいこと、一部のネット局では、すでにDVB-DSNG（16QAM）方式によ

る装置を導入していたことから、共通仕様としては、まずDVB-DSNGの16QAM方式の導入を前提とした。

デジタル伝送において多値化を実現するためには、より十分なC/Nの確保が必須となる。回線設計と実通テストにおいて16QAM符号化率7/8は東京における降雨減衰に対するマージンが取れず現実的でないため、信頼度を確保するためには3/4とする必要があると判断した。この場合、ハーフモード（14.8MHz帯域）における伝送容量は33.8Mbpsとなる。しかし、夕方ニュースの時間帯などトランスポンダ（以下：トラポン）使用率が高い時間帯では回線が逼迫することが危惧され、従来の4chモードが併用できることが望まれた。4chモードでは伝送容量が17Mbps程度であり、このレベルのHD画質評価とコーデックのチューニングを繰り返し、低ビットレートでのHD伝送を実現させた。

このように共通仕様で導入した変復調器は当面DVB-DSNG（16QAM）対応するものであるが、DVB-S.2方式にはファームウェアのバージョンアップで対応が可能なものを選択した。また、制御装置（シスコ）のコマンドには、あらかじめ机上検討により判断したDVB-S.2方式運用パラメータを実装した仕様にとめた。

## 2. 衛星実通テスト

2005年末、スーパーバードA号衛星は、老朽化によりB2号機に移行することが決定された。16QAMの実通試験と時期的に重なったため、合せて実通試験を行うこととした。この時、回線設計結果から得られたB2号機の余裕度と実測値には乖離があり、予想以上に伝送マージンが小さいことがわかった。可搬局の送信電力には増力の余裕があったため、衛星トラポンの入力段でのアッテネータ（以下：トラポンATT）の減衰量を増やす方向に調整して送信電力を上げることとした。

この結果アップリンクとダウンリンクそれぞれの回線におけるC/N差は少なくなり、バランスをとることで全体のC/Nが改善された。

トラポンATTを調整したうえで、移行前のB2号機をお借りし、東京、仙台、岩手、札幌、稚内といった衛星コンタの中心から外側に向けて可搬中継車を移動させ、8PSKと16QAM変調での伝送特性を確認するテストを行った。また、トラポンATTを変化させた時、それぞれの変調方式における伝送状況がどう変化するか確認を行った。このテスト結果から日本テレビネットワークのDVB-DSNGにおける標準パラメータおよびトラポンATTの適正値が決められ現在の運用となった。

## 3. DVB-S.2の検討

日本テレビでは、DVB-S.2については2005年当時より机上検討を行い、運用パラメータを想定していたが、2006年秋にメーカーで変復調器のファームウェアが変更できるようになったため、本社地球局（以下：SOC）および2台のSNG中継車（以下：102号車、604号車）をDVB-S.2対応に改修し、これらの装置で実通による特性データ取得および実際のOAでの確認を行った（写真1）。

DVB-S.2は図2のように位相変調に振幅変調を加えるAPSK方式とすることで多値化を図っている。方式としては3層にして最大32APSKを実現している。このときの帯域利用効率率は1シンボルあたり5ビットとなる。

また、同心円状に配置されているAPSKはQAMのように極端なピークを持たないため、非線形領域を有するトラポンには有利とされている。

誤り訂正方式はLDPC（Low-Density Parity Check）codes+ BCH codesの組合せとなっており、従来の畳



写真1 102号車、604号車による伝送テスト

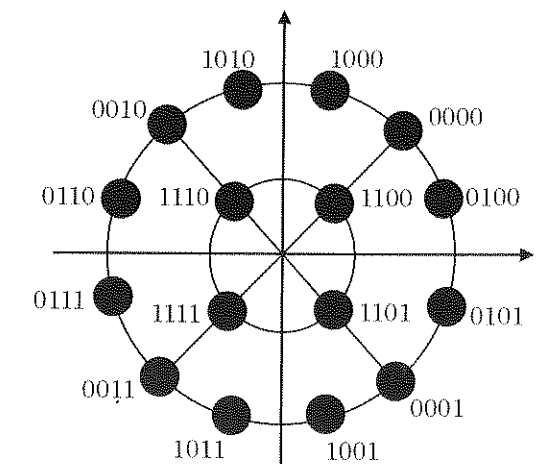


図2 DVB-S.2 Constellation

## DVB-S.2によるHD-SNG伝送

み込み+RSに比べて強力である（この測定結果については後述する）。また、符号化率の設定は  $1/4 \sim 9/10$  と広範囲である。

#### 4. シンボルレートの検討

DVB-S.2方式では、デジタルフィルタの特性が向上したことにより、低い（急峻な）ロールオフ率の設定が可能となった。実機にはロールオフ率が35%のほかに25%、20%の設定があり、チャンネル帯域当たりのシンボルレートを上げ、伝送ビットレートを向上させることが可能である。電波法では、帯域内のエネルギーが99%集中する帯域幅が問われるが、デジタル伝送方式では、送信側で $\sin X/X$ 関数の逆特性であるアパーチャ特性とルート配分されたロールオフ特性が組み合わせられたフィルタが掛けられることから、積分により99%のエネルギー領域を計算することが可能である。

表1は、積分による計算値とスペクトラムアナライ

表1 シンボルレートと帯域幅  
DVB-S 2方式 ロールオフ率20% 送受ルート配分時

シンボルレート (Mbaud)	99%帯域		-20dBポイント	
	計算値 (1.0731)%	実測値	計算値 (1.1744)%	実測値
6.524	7.001	7.024	7.662	7.680
6.650	7.136	7.160	7.810	7.820
6.700	7.190	7.191	7.868	7.910
6.750	7.243	7.245	7.927	7.940
6.800	7.297	7.299	7.986	8.000
6.850	7.351	7.375	8.045	8.060

参考: DVB-S ロールオフ率35%

シンボルレート (Mboud)	99%帯域		-20dBポイント	
	計算値 (1.1667)%	実測値	計算値 (1.3053)%	実測値
6.144	7.168	7.160	8.020	8.000
12.2226	14.289	14.270	15.954	16.000

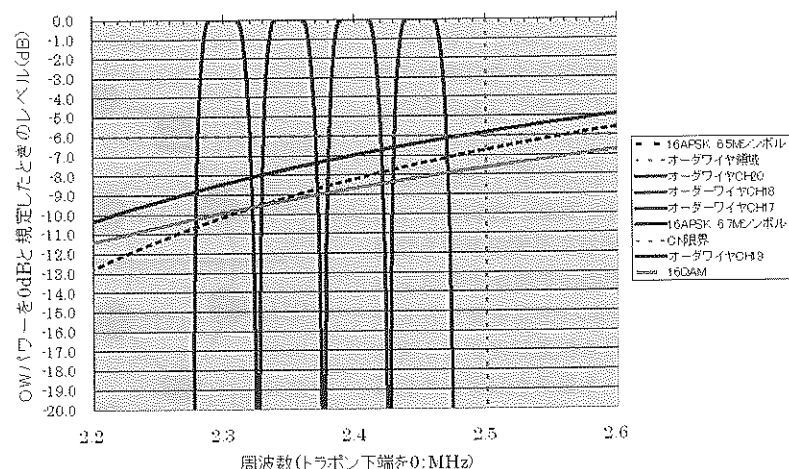


図3 連絡回線とテレビ波の干渉

ザーによる実測値を比較して示すもので、両値はよく一致している。DVB-SやDVB-DSNG方式で免許されている占有帯域幅が7.38MHzの場合、99%帯域は実測で7.160MHzとなる。このときのシンボルレートは6.144 Mboudとなる。同じ99%帯域をDVB-S.2のロールオフ20%で検討すると、シンボルレートは6.65 Mboudとなる。

このようにデジタルフィルタの特性によりシンボレートは十分変更可能である。また、表1にはキャリアレベルから20dB減衰するポイントを併せて示した。これは、表2に示すように、衛星伝送系の総合C/Nがほぼ20dBとなっていることによる。

## 5. オーダーワイヤーとの干涉

日本テレビネットワークのトラボン運用は、前述のようにトラボンのOW用（2.5MHz幅）を除いた33.5MHz帯域を2分割または4分割して運用している。4分割時の搬送波間隔は8.375MHzとなる。トラボン下端（2.5MHz幅）の連絡線（オーダーワイヤー：OW）は、50KHz間隔にSCPCキャリア（QPSK符号化率1/2）が音声・制御回線・DAMA電話回線用として配列されている。ch1テレビ信号とは隣接していることもあり、ロールオフ率を見直す場合は、テレビ信号から連絡線への干渉に対する検討が必要となる。そこで、BER測定と実聴試験を行い、ch1からOWへの影響について検証した。図3は、ch1に隣接した連絡線4回線とch1のテレビ波のスペクトラムの関係をHzあたりの電力で示したものである。OWは、符号化率1/2のQPSKで運用されているので、限界C/Nは約6dBである。斜めに横切る3本の曲線は、上からシンボルレート6.7Mbaud、6.524MbaudのDVBS-2（ロールオフ率20%）、そして現在運用中の6.144Mbaud（ロールオフ率35%）の信号である。

BER測定と実聴試験の結果、シンボルレート6.524 Mbaudが妨害を与えない限界(BERが $10^{-6}$ 以下)であることが確認された。搬送波配置を変更すれば、さらにシンボルレートの増大が可能ではあるが、現状の運用に与える影響、設備改修コストを考えれば変更の可能性は低い。よって日本テレビネットワークの現行トラポン配置からするとシンボルレート6.524 Mbaudでの運用が望ましいことになる。また、当然のことながらこのシンボルレートは、テレビ波同士が隣接干渉を起こす可能性もない。

## 6. DVB-S.2の実通試験

実通試験は、トラボン内に1/4帯域で1波伝送した場合から、トラボン内に1/4帯域で4波伝送した場合まで多岐に渡るケースを想定して行った。また、トラボンATTの変更によりアップリンクC/Nを改善した場合も検討対象とした。

試験方法は、102号車を被測定系としてもう一台604号中継車を麹町社屋の駐車場に配置し、ここから汐留SOCまでの伝送についての試験とした。

実通試験に先立ち回線設計を表2に示す。

送信は、102号車（アンテナ径1.4mφ）としたが、受信は、102号車、SOC（アンテナ径5mφ）それぞれとした。各アップリンクは同じ条件であるが、受信アンテナ径の違いからダウンリンクC/Nに差が生じる結果となり、受信アンテナの利得が高いSOCの方が102号車より総合C/Nで2dB程有利となった。

また、同じ1/4波伝送においてロールオフ率とシンボルレートの関係からDVB-S.2の方が、等価雑音帯域幅が狭くなりC/N的に有利となった。

実通試験の結果と考察は、それぞれ7、8、9章に示す。

表2 回線設計モデル

送信場所(東京・静岡)		DVB-S		DVB-S2		単位
		ローloff	35	ローloff	20	
		本村受	102受	本村受	102受	
①	可航局のERP	57.60	57.60	57.60	57.60	dB
	★送信電力	24.00	24.00	24.00	24.00	W
②	上り回線の伝播損失	206.52	206.52	206.52	206.52	dB
③	衛星受信アンテナ(G/T)	11.90	11.90	11.90	11.90	dB-K
④	上り回線雑音伝達 ★送信帯域幅	159.41 8.29	159.41 8.29	159.66 7.93	159.66 7.83	dB/K MHz
⑤	上り総合C/N(1-2+3-4)	22.40	22.40	22.65	22.65	dB
⑥	上り回線のC/N劣化(仮定値)	30.00	30.00	30.00	30.00	dB
⑦	③と⑥の総合C/N表示	21.70	21.70	21.92	21.92	dB
⑧	衛星の送信アンテナ利得	56.00	56.00	56.00	56.00	dBW
⑨	衛星ラジスタポダのバックオフ	14.00	14.00	14.00	14.00	dB
⑩	下り回線の伝播損失	205.40	205.40	205.40	205.40	dB
⑪	地球高受信アンテナ利得(G)	54.30	43.10	54.30	43.10	dB
⑫	下り回線雑音(dBET)	136.32	142.88	136.57	143.13	dBW
⑬	下り総合C/N(8+9-10+11)	27.22	22.58	27.47	22.83	dB
⑭	下り回線のC/N劣化(仮定値)	30.00	30.00	30.00	30.00	dB
⑮	⑬と⑭の総合C/N	25.28	21.86	25.54	22.07	dB
⑯	A+B-B	30.15	18.77	30.25	18.08	dB

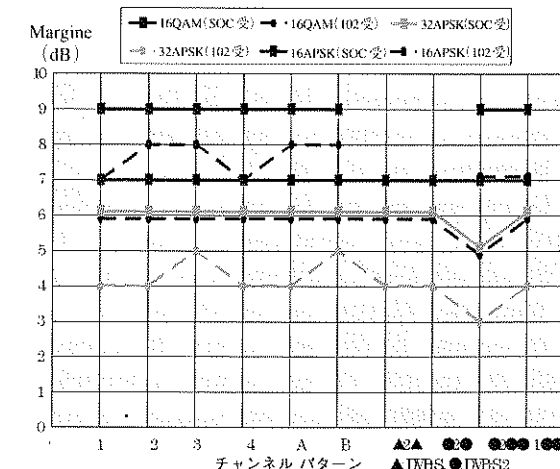


図4 測定されたC/Nマージン

## SNG DVB-S.2方式の伝送特性実験と課題

## 7. マージン測定

従来のRS符号を内符号とする誤り訂正手法では、外符号を解いた結果のBERが $10^{-4}$ を越えるか否かを判定材料としていた。しかしLDPC符号、BCH符号を用いるDVB-S2方式ではこの手法は当てはまらない。

また、BER測定は急峻なカーブとなるため時間的制約のある実通試験での測定手法には有利と云えない。

そこで適度に解像度の高い野球中継の素材15秒間を1周期として、この素材の映像・音声が入りなく伝送できるかどうかを判定ポイントとし、1dBステップで送信電力を減力し、誤りが発生しない限界（以下：限界点）の減衰量を測定した。これをマージン量（所要C/Nと等価的な値）と定義した。その結果を図4に示す。図中、1～4、A、Bは、トラボン内で単独送信した場合の搬送波の位置を、数字の左右に▲や●があるのは、トラボン内で別キャリアによる送信が行われていることを示す。結果として、以下のことが確認された。

① 1/4トラポンによる1波伝送、同時3波、4波伝送、1/2トラポン伝送等によるC/N劣化はほとんどない。

②テレビ波の搬送波間隔に対してシンボルレートは、低い値であり隣接チャンネルの影響はない。

③32APSK (符号化率  $r = 3/4$ ) の16QAM ( $r = 3/4$ ) に対する所要C/Nの差は、SOC受信時で1dB、102号受信で2dBであった。

また、16APSK ( $r = 2/3$ ) は、16QAM ( $r = 3/4$ ) に対して逆に 2 dB のマージンを稼ぐことができた。表 1 で行った回線設計に対して 102 号車の送信電力を 1 dB ずつ減衰させていった時 (実通実験で ATT を 1 dB ずつ挿入したことに等価) の総合 C/N の変化を計算によって求めた結果が表 3 となる。送信電力の



表3 アッテネータの減衰量とC/Nの変化

アッテネータ減衰量 (dB)	DVB-S		DVB-S.2	
	本社受	102受	本社受	102受
1波伝送時 Up&Down LINKマージン	10	10.58	9.07	10.80
	9	11.57	10.07	11.78
	8	12.55	11.05	12.77
	7	13.53	12.04	13.75
	6	14.51	13.02	14.73
	5	15.49	14.00	15.71
	4	16.47	14.97	16.69
C/Nが28.5dB考慮した 場合のC/N値 Up&Down LINKマージン	10	10.51	9.03	10.72
	9	11.48	10.00	11.69
	8	12.44	10.98	12.65
	7	13.39	11.94	13.60
	6	14.33	12.90	14.54
	5	15.26	13.85	15.46
	4	16.17	14.78	16.37

変化量は、アップリンク回線とダウンリンク回線それぞれに真数で影響するので、単純に1dBステップで変化するわけではない。さらに、表の下段には、IMにより28.5dBに相当するC/N劣化が発生したと想定した場合の値を示す。IMの影響による所要C/Nの劣化は僅かであり、1トラボン4波伝送時のIMの影響は少ないことがわかる。図4の実測結果からも、読み取ることができる。

表中の網掛けは図4の実験における限界点でのATT挿入量を示す。これにより、計算値による限界C/Nは、図4の測定結果と表3の計算値から

- ①16QAM ( $r = 3/4$ )  $\approx 13.3$ dB
- ②32APSK ( $r = 3/4$ )  $\approx 15.2$ dB
- ③16APSK ( $r = 2/3$ )  $\approx 11.8$ dB

と推定できる。16QAMは、32APSKと16APSKのほぼ中間に位置することがわかる。

## 8. LDPC符号+BCH符号の訂正能力の強さ

SOCの制御装置には、誤り訂正前のBER (RAW-BER) を表示する機能がある。この数字は、受信直後の誤り率を表す。102号車の測定値は、102号車が限界点となった時のSOCに於けるBERであり、SOCでの受信にとっては問題のない誤り発生数である。図5に制御装置に表示されたBERを示す。

- SOC受信時の誤り率の値を見ると
- ①16QAM ( $r = 3/4$ ) 時  $\approx 0.020$
- ②32APSK ( $r = 3/4$ ) 時  $\approx 0.045$
- ③16APSK ( $r = 2/3$ ) 時  $\approx 0.055$

となっている。これらの値から、DVB-S.2は、DVB-DSNG方式に対して、2倍以上の誤りビットが発生しても訂正する能力を持っていることがわかる。これは、LDPC符号+BCH符号の訂正能力の強さを示すものであり非常に興味深い結果である。

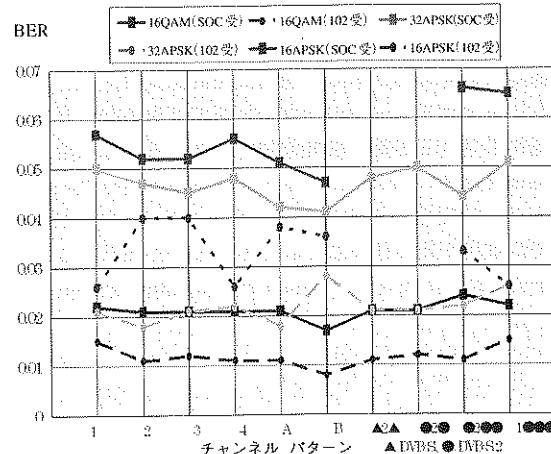


図5 制御装置に表示されたBER

## 9. 衛星アッテネータの実験

可搬局からアップリンクし地球局で受信する場合、表2のとおり、アンテナの特性差からアップリンクC/Nの方がダウンリンクC/Nより悪い値となる。

そこで、トラボンATTを大きく設定し、相対的に送信電力を大きくすれば、結果としてアップリンクC/Nが改善され、総合C/Nも向上することとなる。

表4は、SOCで受信した場合に、トラボンATTの減衰量を1dB、2dBを増やし、所要C/Nの変化を測定した結果である。表5には、102号車を受信した場合の所要C/Nの変化を示す。

表4、表5より全般的にトラボンATTを増加するとアップリンクC/Nが改善され期待された効果を見ることができる。

表4 アッテネータ値とマージン量の変化 (SOC受信)

トラボンATT値	1	2	1●●●●●	2●●●●●
DVB-S	0	7	7	7
16QAM	1	9	8	7
$r=3/4$	2	10	9	9
DVB-S.2	0	9	9	9
16APSK	1	11	11	10
$r=2/3$	2	12	11	10
DVB-S.2	0	6	6	5
32APSK	1	7	7	7
$r=3/4$	2	8	8	7

表5 アッテネータ値とマージン量の変化 (102受信)

トラボンATT値	1	2	1●●●●●	2●●●●●
DVB-S	0	6	6	5
16QAM	1	7	6	6
$r=3/4$	2	8	8	7
DVB-S.2	0	7	8	7
16APSK	1	9	9	8
$r=2/3$	2	9	9	8
DVB-S.2	0	4	4	3
32APSK	1	6	4	4
$r=3/4$	2	6	6	5

## 10. トラボンシミュレータの実験

トラボンの性能としてはどの程度の余裕度があるか実際にトラボンシミュレータを宇宙通信株式会社にお借りして測定した。

トラボンシミュレータの構成を図6に示す。

今回測定に使用したトラボンシミュレータは、27MHz×2本、36MHz×2本、54MHz×2本（または108MHz×1本）となる。スーパーバードC号機Kuバンドトラボンに搭載されたものと同型でリニアライザ機能を搭載しており新しいスーパーバードB2号機とはほぼ同等の性能となる。試験構成図を図7に示す。実験では、HD-VTRを素材として36MHzのトラボンに最大4波伝送した場合の対トラボン出力バックオフ（以下：OBO）対総合C/Nを求めた。

このとき、トラボンATTを通常設定値である15dB

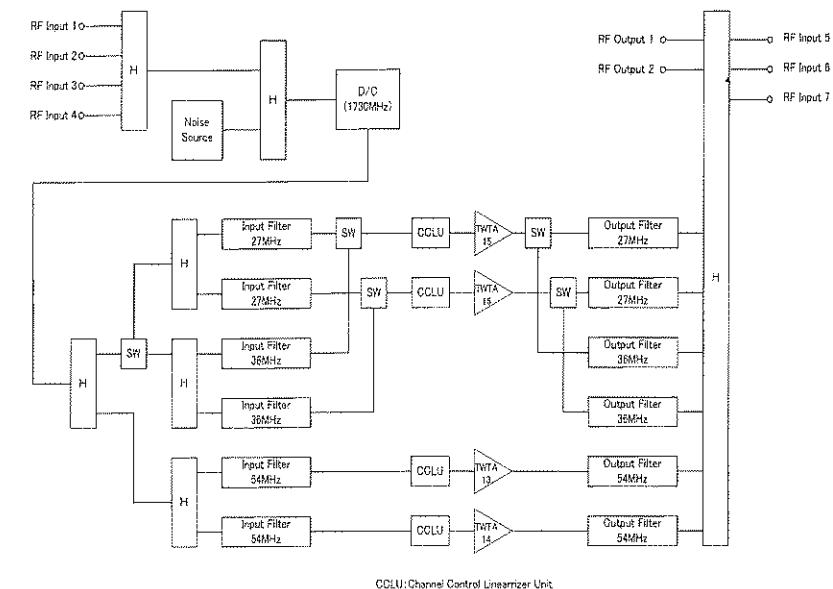


図6 トラボンシミュレータブロック図

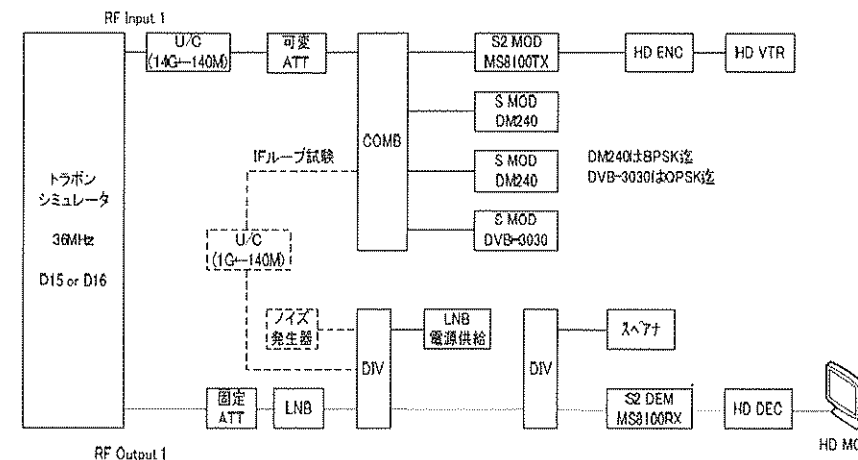


図7 試験構成図

を中心に2dB増の17dBおよび、極力小さくした場合の10dB、極力大きくした場合の20dBのトラボン動作についても動作確認を行った。

まずトラボン内に1/4波伝送した場合の結果を図8に示す。

同一OBOにおいてはトラボンATTを大きくすると、アップリンクC/Nが改善され、総合C/Nが改善されることが確認された。また、トラボンはリニアライザを搭載していることから、OBOをゼロに近づけるような極端な値に対しても線形領域は広く確保されていることが図より伺える。

トラボン内に4波伝送した場合のOBO対総合C/Nを図9に示す。

図8と比べるとトラボン内で飽和する傾向が見受けられ、OBOを設定値より小さく（トラボンの入力を大きく）していくと、ある領域を超えて総合C/Nが劣

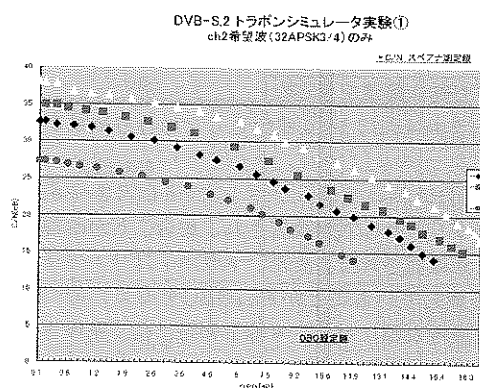


図8 トラボン内1/4波伝送のOBO対C/N

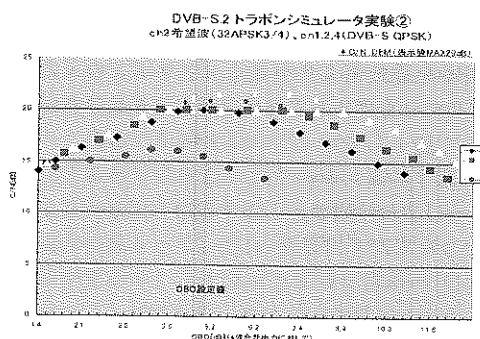


図9 トラボン内4波伝送のOBO対C/N

化している様子が伺える。しかしながら、通常運用しているOBOの設定値はC/N最大値付近に設定されており、32APSKにおいてもC/Nの余裕がありトラボン内4波伝送としても問題ないことが確認できる。

トラボンATTを大きくするとアップリンクC/Nはより改善される。ここで実運用を想定した場合も確かにトラボンATTを大きくすることによる地球局からのアップリンクC/Nの改善は可能である。しかし、あまりATTを大きくすると地球局からの放射電界が強くなり隣接トラボンや他の衛星への影響が懸念されるほか、地球局TWTの非線形性によりサイドロブブリグロスなどの発生が懸念される。トラボンシミュレータによる実験結果から、トラボンATTの値として通常運用している15dBはC/N的にも適当な値と考えられる。現状設備のレベルダイヤから考えるとトラボンATTを大きくしてアップリンクC/Nを改善してもあまり意味はなく、ITU (WRC) 等でも規定されている隣接衛星に対する影響や、送信電力を上げることによる中継車の負担を考えると得策とは言えない。

例えば、電力を2dB改善するためには地球局側のパワーを24Wから38Wへ増力する必要がある。報道現場では1台の中継車から同時に2素材を送信することもあり、この場合76Wの電力を必要とするためTWTの能力を考えると現実的ではない。トラボンATTの

設定はこのほか、ネットワーク全局の地球局パワーを調整する必要があるコスト的にも慎重な検討を要する。

### 11. DVB-S.2を実運用する場合の課題

#### (1) 送信電力

前述のとおりDVB-S.2を導入する場合、ロールオフ率を0.20とし、伝送ビットレートを高くすることが期待される。この場合、従来のDVB-DSNGとの混在運用を考慮すると、伝送1波あたりの帯域内電力は一定に保つ必要がある。日本テレビネットワークの運用パラメータを例にすると、DVB-DSNGとDVB-S.2両方式のシンボルレートはそれぞれ6.524と6.144Mboudであるので、相対的にS.2方式のパワーは、0.26dB下げる必要がある。例えば、可搬局等が運用する場合、スペクトラムアナライザの音面上に規定パワーのラインを引き、管制側(SOC)からそのラインに電力を誘導しているが、S.2方式を運用する場合は、その規定ラインより若干低めに設定する必要がある。ただし0.26dBの差であり、特段の問題はないと考えられる。しかし、将来、シンボルレートをさらに大きく変更する場合に、仮にシンボルレートを7.74Mboudと設定すると電力の相対差は、1dBとなりパワーを使い分ける運用が必須となる。

#### (2) 送信電力とシンボル間距離

次に、DVB-DSNG (16QAM) とDVB-S.2 (16APSK) 両方式のコンスタレーションの第1象限を図10に示す。

ABCDが16QAM、EFGHが16APSKのシンボル点とする。Aの座標をI=1、Q=1とする。符号化率を3/4とした場合、DVB-S.2の規格では16APSKの内側の点Eの距離|E|と外側の円周上の点F、G、Hの距

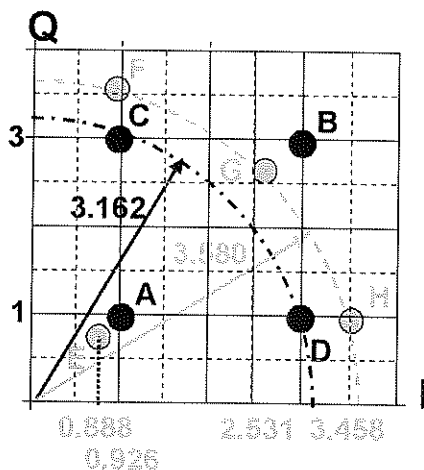


図10 DVB-SとDVB-S.2のシンボル間距離

離 $|F|=|G|=|H|$ の比は、2.85と規定されているので、

$$|F|=2.85 \times |E| \dots (1)$$

次に、16QAMと16APSKの平均電力を一定とし、Hの距離および座標を計算すると、

$$|E|=1.256 \dots (2)$$

$$I=Q=0.888$$

と求められる。このように求められた各シンボル点の座標や距離を表6に示す。この時、16APSKの内側の円周上の4つのシンボルの間の距離は、1.776、外側の円周上の16のシンボルの間の距離は、1.852となる。これは、16QAM最小シンボル間距離「2」に対して小さい値となるためC/Nの面では16QAMに対して不利であることがわかる。誤り訂正方式が異なるため、直接の比較はできないが、16QAMのシンボル点Aと16APSKのシンボル点Eが、同一C/Nを得るためにはDVB-S.2のほうがパワーが必要となる。

参考のために、シンボル点Hの最小シンボル間距離を2となるようパワーを変更すると、表6のように、約1.268倍(1.14dB)の増力が必要となる。

表6 各シンボル点の位置と電力

点	座標		距離	平均電力	平均電力との比(dB)
	I	Q			
A	1	1	$\sqrt{2}=1.414$	10.0	-6.990
B	3	3	$3\sqrt{2}=4.243$		-2.553
C	1	3	$\sqrt{10}=3.162$		1.000
D	3	1	$\sqrt{10}=3.162$		1.000
E	0.888	0.888	1.256	10.0	-8.020
F	0.926	3.458	3.580		1.077
G	2.531	2.531	3.580		1.077
H	3.458	0.926	3.580		1.077

16QAMと16APSK(r=3/4)のシンボル間距離を同じにした場合

E	1.000	1.000	1.414	12.68	-8.022
F	1.043	3.893	4.031		1.075
G	2.850	2.850	4.031		1.075
H	3.893	1.043	4.031		1.075

#### (3) 高周波増幅器とDVB-S.2

共通仕様にて実際に導入した高周波増幅器において出力を上げていき、サイドロブブリグロスを観測すると①32APSK、②16APSK、③16QAM、④QPSK・8PSKの順にリグロスが発生することがわかった。QPSKや8PSKの位相変調のみの場合と異なり、振幅変調を併用した方式は、リグロスの影響を受けやすいことがわかったが、なぜQAM方式よりAPSK方式がリグロスを発生しやすいのか、そのメカニズムについては現在調査中である。以上の結果は、DVB-S.2方式でAPSKによる振幅変調を運用する場合、増力により隣接チャンネルに対して妨害を与える可能性があり、更なる確認実験が必要と考えられる。

### まとめ

以上の実験では、16QAM方式に対して、DVB-S.2方式は、伝送ビットレートを増やすことが可能であり、有効性が確認された。

ただし、DVB-S.2方式の主な技術要素には①誤り訂正方式と②APSK方式の2つがある。誤り訂正に関しては、訂正可能な誤りの発生数が2倍以上であることから、その有効性が明確であるが、②のAPSK方式に関しては、実際には、同一電力の場合、QAM方式に比べ、シンボル間距離を小さく運用していること、さらに、調査中ではあるが、増幅器の非線形歪の影響を受けやすい現実と直面していることがわかった。レベル変化を伴わない位相変調に比べ、振幅変調の併用には慎重な対応が必要である。

①、②の技術要素の効果をそれぞれ独立に確認することができれば理想的である。また現状の規格にはないが、誤り訂正方式をLDPC+BCHとして16QAM変調した場合どのような伝送特性結果を得られるか興味深いところである。

実験レベルでは、送信側の減力によりマージン量を測定するのが一般であるが、SNGの実際の運用においては、例えば、降雨減衰の障害が発生した場合、発局側が送信出力を増力することで伝送断を回避することとなる。この違いから、実験レベルでのマージン量が、現実運用時の送信側の増力にどれだけ活かせるかは、前述の高周波増幅器の特性、さらには衛星トランスポンダ入力段のアッテネータの設定等とあわせて慎重に検討すべき課題と認識している。また、1台の可搬局から2波(2素材)を同時に伝送するケースも多く、この場合も増幅器の特性がより重要となる。

日本テレビネットワークでは、早期からSNGのHD化に取り組み、ネットワーク30社全体としてはDVB-DSNG (16QAM) 方式により、すでに95%の素材伝送のHD化を実現している。一部中継車では、引き続きDVB-S.2方式による伝送を実施しているが、ネットワーク全体での導入には、変調系にまだ解決すべき課題があるとの認識であり、もう少し時間をかけて検討する予定である。

今回の実験・検討には、三菱電機、宇宙通信株式会社、および日本テレビネットワーク各社にご協力いただいた。この場をお借りして御礼申し上げる。

### 参考文献

- [1] 石田他: "日本テレビネットワークにおけるSNG伝送HD化検討", ITE Technical Report Vol.30.No.4, pp.9-12 BCT2006-14 (Jan 2006).
- [2] 石田他: "SNG DVB-S.2方式の伝送実験", ITE Technical Report Vol.31.No.3, pp.1-4 BCT2007-64 (Jul 2007).

# JNN系列SNG次世代HD化に向けたDVB-S.2伝送の検討

TBSテレビ 技術本部 技術局

梅津圭一 うめつ けいいち

関 昭一 せき しょういち

藤井 全 ふじい あきら

平林雅之 ひらばやし まさゆき

## はじめに

SNGシステムは放送局にとっては不可欠な素材伝送手段となっている。我々JNN系列においても1989年のアナログSNGを皮切りに、1999年のデジタル化を経て運用開始からすでに18年が経過しているが、その運用件数は2006年度において約15,000件、7,000時間(290日)にも上る。

JNN系列のSNGシステムは、2008年から2009年にかけて全局の次世代HD化を行う予定である。

現在、新たなシステム構築検討を開始しているが、それに先立つこと現在に至るまで約2年間に渡り、衛星トランスポンダ(36MHz) 1/4帯域でのHD伝送を実現するべくDVB-S.2変復調方式の検討を行ってきたので、その検討経緯を中心に報告するとともに、次世代JNN系列SNGシステムの内容についても一部報告する。

### 1. 1/4帯域HD伝送の必要性

現在SD伝送においては、36MHzトランスポンダ1/4帯域を使用して同時4伝送が行われている。なお、JNNで一部稼働中であった既存HD伝送方式(8PSK、16QAM)は、最小1/2帯域が必要であった。

JNN系列全体においてHD化を実現するためには、現在の運用需要ならびにSNG帯域課金の料金の観点からもSD伝送と同様の1/4帯域でのHD伝送の実現が必須条件であった。

既存HD伝送方式では1/2帯域→1/4帯域にともなう伝送レートの低下および回線マージンからも十分なHD伝送は困難であった。

### 2. DVB-S.2選択に至るまで

#### (1) 黎明期 2005年4月～

すでにETSI(欧州通信規格協会)のサイト等の情

報で、DVB-S.2規格が策定されていたことは知っていたが、実際に製品化されているのか? 製品化でなくとも変復調器として形となっているのか? 掴みかねている状況であった。

ちょうど同時期にNAB2005に参加する機会を得て、DVB-S.2の現況について確かめることができた。

NAB2005の会場では、写真1に示すように、数こそ少なかったもののETSIのお膝元であるヨーロッパ

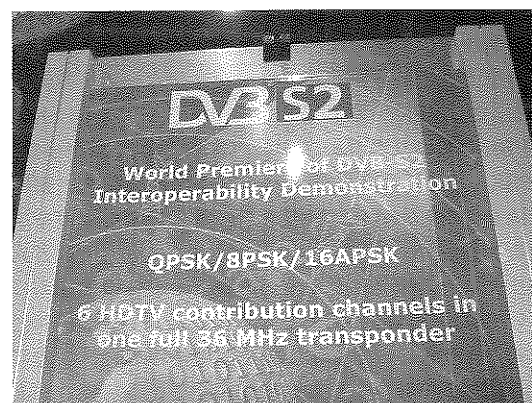
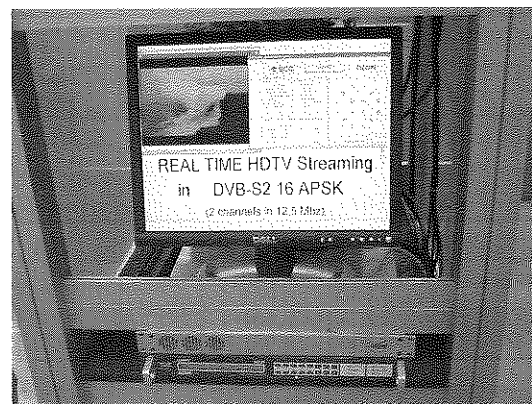


写真1 NAB2005の会場にて

の製造メーカーを中心にすでに製品化されているものが展示されていた。

#### (2) 初期検討期 2005年10月～

NAB2005での視察結果を元に、1/4帯域実現のためにはDVB-S.2方式は不可欠であると判断、JNN系列標準形式とすべく検討を開始した。情報を集めるとともに特性検討を行うため、ヨーロッパの製造メーカーのDVB-S.2変復調器を入手した。

TBSのSNG中継車にて免許取得、TBS本社との間で伝送実験を行い基本データを取得するとともに、2005年11月JNN系列全局のSNG技術担当者に対するデモを実施した(写真2)。

デモでは、MPEG2コーデック+16APSK、32APSKについて伝送を行い、伝送特性の他に画質等についても確認していただいた。

1/4帯域22Mbps程度(16APSK)において評価の結果は良好であり、1/4帯域HD伝送について十分に運用が可能であると実感できた。

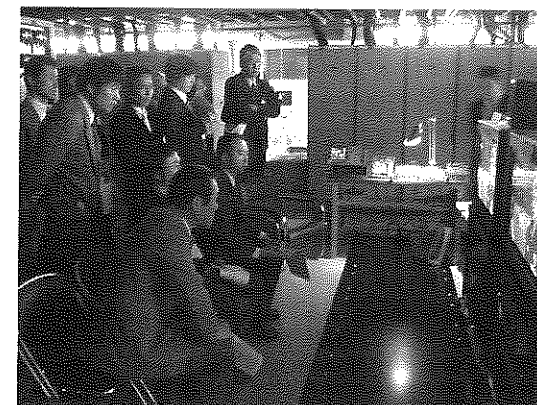


写真2 JNN系列内でのデモ(2005年11月)

#### (3) 本格検討期 2006年4月～現在

JNN系列の標準形式とすべく、伝送パラメータの策定を目指して、詳細検討を開始した。

この段階においては、海外製に加えて国内メーカー製品も対象に加えて、IP折り返しによるベンチテスト、衛星伝送テストを進めていった。

また、JNN系列全局での導入を考慮して、それぞれの局の設備状況に合わせた確認テストについても実施、現在もさらに詳細検討を継続中である。

### 3. 伝送パラメータ策定にあたって

#### (1) DVB-S.2の特長

DVB-S.2方式では、以下の特長が挙げられる。

①従来方式よりも強力な誤り訂正能力を有する

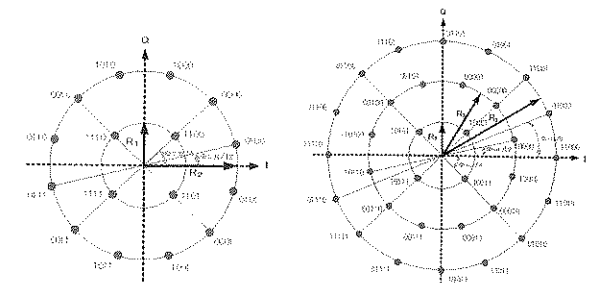


図1 16APSK、32APSKのコンスタレーション

LDPC、BCH符号を用いている

→回線マージンの確保(2~3dB改善)

②16APSK、32APSKの多値変調方式が標準

→1/4帯域での高伝送レート確保

③ロールオフ率0.20と急峻な特性を有している

→周波数帯域の高効率利用が可能

以上の特長から、より高効率な伝送、帯域拡張、隣接キャリア間隔の密接化による周波数帯域の有効利用などが実現できることになる。

#### (2) 占有帯域幅の検討

JNN系列では、基地局間でハブリモットコントロールシステム(HRC)を導入している関係などもあり、既存SD伝送キャリアとDVB-S.2による新HDキャリアとの同一トランスポンダ内での運用は想定していなかったが、あくまでも既存SDキャリアとの共存が可能であるか、隣接キャリアの影響はどの程度であるかを観点において帯域幅の検討を行った。

写真3は、既存SDキャリア(占有帯域幅7.38MHz)に囲まれたDVB-S.2キャリア(占有帯域幅8MHz)であり、限界C/N確認のためにキャリアレベルを下げていた状態である。キャリア間隔は、既存の8.5MHzとなっている。このような測定を繰り返していくとともに、連絡回線(以降OW)および今後想定しているIP

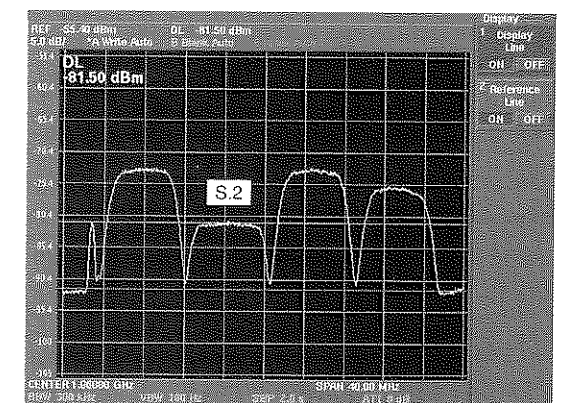


写真3 既存SDキャリアとDVB-S.2キャリア



## DVB-S.2によるHD-SNG伝送

伝送システムとの兼ね合いも含めて、占有帯域幅を1/4帯域モードで8MHz、1/2帯域モードで16MHzと設定することとした。

### (3) 伝送パラメータ

DVB-S.2採用にあたり、表1に示すJNN系列伝送パラメータを想定して、伝送テストを実施した。

「標準モード」が基本となるが、回線の安定している基地局間（系列本社間）の伝送などでは「基地局間高画質モード」、降雨時を考慮した「降雨時モード」、さらに回線を極力生かすための「降雨時SDモード」を想定している。「降雨時SDモード」については、伝送テストにおいて、非常に低C/Nでも運用可能であることがわかったため、本来の「ニュース中継のSNG」の観点から選択可能としている。

表1 JNNにて想定している伝送パラメータ

想定	変調方式	1/4帯域 伝送レート	1/2帯域 伝送レート
標準	16APSK 5/6	22.785Mbps	45.570Mbps
基地局間高画質	32APSK 3/4	25.624Mbps	51.248Mbps
降雨時	8PSK 2/3	13.689Mbps	27.378Mbps
降雨時、SD	QPSK 1/2	6.82Mbps	13.653Mbps

## 4. 回線マージン測定テスト

### (1) 実験の目的

DVB-S.2方式を導入するにあたっては、JNN系列各局の設備状況を想定した検討が必要であるが、特に以下の問題について主眼を置いた。

#### ①回線設計値と実測値の比較

#### ②JNN系列小口径アンテナ局での受信マージン

JNN標準モードとして想定している16APSK 5/6における回線マージン計算結果を図2に示す。これは、衛星側入力にATTを挿入することによって、回線マージンを確保することも考慮して計算された結果である。

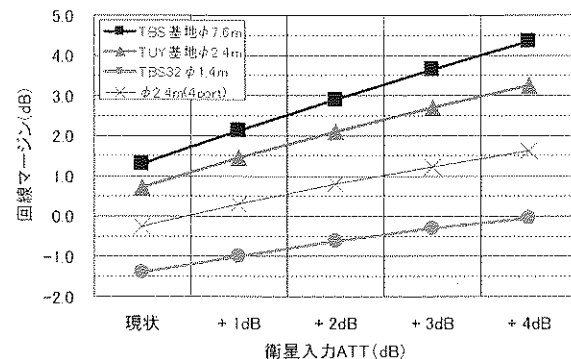


図2 16APSK 5/6 回線設計（衛星折返し）

この結果より、現状（衛星入力ATT0dB）では小口径アンテナ基地局（山形TUY口径2.4m）のみならずTBS主局（口径7.6m）においても、回線マージンは2dB以下と十分なマージンが得られていない状況であり、車載局に至っては、マイナスマージンとなる計算結果も得られていることがわかる。

このままでは運用に供することは困難であり、この計算結果を検証するとともに衛星入力ATT挿入の所要C/N改善の効果を確かめるべく伝送テストを行った。

### (2) テスト概要

テスト諸元を表2、テストシステムを図3、テストの様子を写真4に示す。

送信車載局からの出力を徐々に低下させていき擬似的な低C/N状態として、TBS本社、小口径アンテナ局（口径2.4m、山形TUY殿）、車載局折返しの各受信ポイントにおいて受信映像/音声の破綻が生じた値を限界C/N値として記録した。

この作業を、各変調方式、符号化率ごとに、衛星入力ATTが現状（0dB）、+3dB、+4dBと変更した状態で測定を行った。

表2 伝送テスト諸元

使用衛星	スーパーバードB2号、#2トランスポンダ
送信場所	TUY本社（山形市）
天候	晴れ
送信局	TBS32車載局、アンテナφ1.4m、HPA 350Wシングル
受信局	TBS本社（φ7.6m）、TUY本社（φ2.4m）、TBS32（折返し）
電波型式	8M00D7W（1/4帯域）、16M0G7W（1/2帯域）
変調方式	32APSK、16APSK、8APSK、QPSK
ロールオフ率	$\alpha = 0.2$
フレーム	Normal
使用変復調器	三菱電機製 MS-8100TX、RX
使用コーデック	三菱電機製 MH-2500E、MH-2500D、MH-2700D

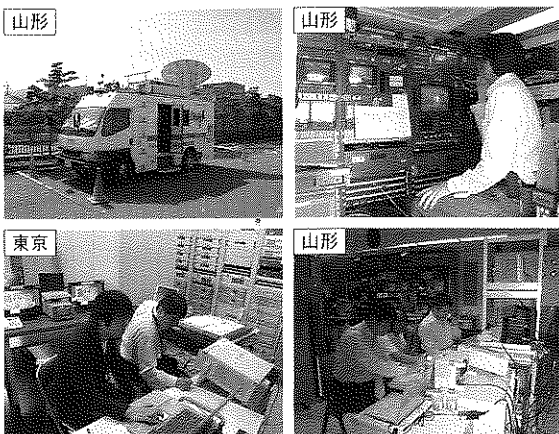


写真4 伝送テストの様子（山形、東京）

## JNN系列SNG次世代HD化に向けたDVB-S.2伝送の検討

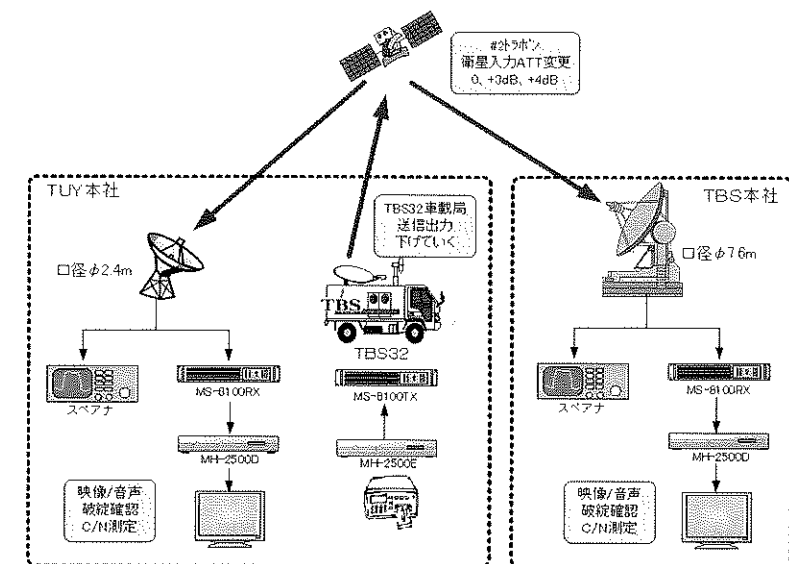


図3 DVB-S.2伝送テストシステムイメージ

### (3) 回線マージン測定結果

図4に衛星入力ATT 0dB（現状）およびATT +4dB挿入時の回線マージンの測定データ一例を示す。この結果より、衛星入力ATT挿入による回線マ

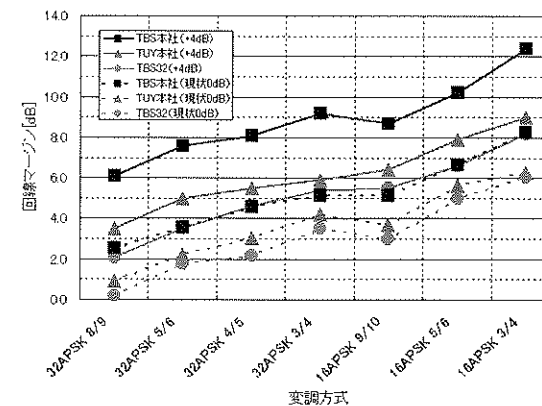


図4 衛星入力ATT 現状、+4dB時の回線マージン

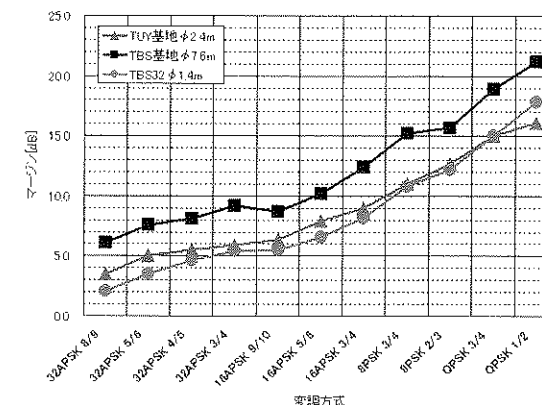


図5 衛星入力ATT+4dB時における回線マージン

ジン改善効果が、各受信ポイントともに4dB程度得られていることがわかる。

また、衛星入力ATT+4dB挿入時における、各変調方式ごとの回線マージン測定結果を図5に示す。

我々が降雨時SDモードに選択しているQPSK 1/2の回線マージンが非常に高いことがわかる。

### (4) 回線設計値と実測値の比較

衛星入力ATT挿入による効果とは別に、懸念されていた回線設計と実測値を比較したものを表3に示す。

受信マージンが懸念されていた小口径基地局（口径2.4m）および車載局（口径1.4m）折り返しにおいて、衛星入力ATT 0dB（現状）、ATT+4dBともに回線設計値よりも5dB以上良好な結果が得られ、十分運用に供することができる結果が得られた。

表3 回線設計と実測値の比較

衛星 入力 ATT	帯域	マージン [dB]					
		φ7.6m TBS基地		φ2.4m 小口径局		φ1.4m 車載局	
		設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値
<1/4帯域> 16APSK 5/6	0dB	1.3	6.7	0.7	5.7	-1.4	5.0
	+4dB	4.3	10.2	3.3	7.9	0.0	6.6
<1/4帯域> 32APSK 3/4	0dB	-1.0	5.1	-1.6	4.2	-3.7	3.5
	+4dB	2.0	9.2	1.0	5.9	-2.3	5.4

## 5. その他検証と今後の課題

### (1) 送信出力バックオフ

衛星入力ATTを挿入することによって回線マージンは確保することは可能であるが、送信局にとってはその分出力アップを余儀なくされることになる。



DVB-S.2の誤り訂正方式であるLDPC、BCH符号は非線形性に対し強いとされているが、16APSK、32APSK変調方式は振幅変調成分も含まれており、バックオフの影響は精査する必要がある。

出力バックオフの値による回線マージンの劣化量の測定例を示したものが表4である。バックオフ(OBO)が十分に確保できていない状態であると回線マージンが劣化することがわかり、特に16APSK、32APSKでは、その影響が顕著であることがわかる。

今回のテスト結果も含めた、350W TWT HPAにおける衛星入力ATT挿入時における運用電力、バックオフ量の実測値を示したものを表5に示す。

今回のテスト結果から、衛星入力ATT+4dB挿入時においても送信出力22Wとバックオフは1/4帯域で10dB以上確保できており影響は少ないことが明らかになったが、1/2帯域含めてさらに検証を行う予定である。

表4 出力バックオフ(OBO)による所要C/Nの変動

	IF折返し 所要C/N	所要C/N ( )内はマージン変動量			
		OBO 10dB	OBO 6dB	OBO 3dB	OBO 0dB
QPSK 1/2	1.6dB	1.7dB (-0.1dB)	1.5dB (+0.1dB)	1.7dB (-0.1dB)	2.0dB (-0.4dB)
8PSK 2/3	7.1dB	7.3dB (-0.2dB)	7.5dB (-0.4dB)	7.8dB (-0.7dB)	7.8dB (-0.7dB)
16APSK 5/6	12.3dB	12.2dB (+0.1dB)	13.0dB (-0.7dB)	13.7dB (-1.4dB)	14.8dB (-2.5dB)
32APSK 3/4	13.9dB	13.6dB (+0.3dB)	13.6dB (-0.5dB)	16.5dB (-2.6dB)	20.4dB (-6.5dB)

表5 衛星ATT挿入時の運用電力の計算値と実測値

350W HPA 想定		衛星入力ATT量に対する運用電力値			
		ATT+3dB		ATT+4dB	
		1/4帯域	1/2帯域	1/4帯域	1/2帯域
計算値	出力	24W	48W	30W	60W
	バックオフ	11.6dB	8.6dB	10.7dB	7.7dB
実測値	出力	19W	35W	22W	40W
	バックオフ	12.7dB	10.0dB	12.0dB	9.4dB

## (2) 隣接キャリア間隔

JNN系列では、DVB-S.2のロールオフ率0.20の急峻なフィルタ特性を利用して、極力キャリア間隔を狭めて帯域の有効利用を図ろうと考えている。

現在IF接続テストの段階ではあるが、キャリア間隔ゼロにおいても影響のないことを確認しており、周波数変動時を考慮してキャリアが重なる状態についても調べたが、-400kHzまでは隣接キャリアのON/OFFの影響も受けず、伝送状態も良好であった。

今後、衛星伝送実験により精査して、図6に示すよ

うにキャリア間隔ゼロをJNN標準とする予定である。

## (3) 衛星伝送テストの徹底

以上、述べてきたように様々な検討を行ってきたが、設備機材の準備状況などから、まだ十分な衛星伝送テストが実施できているとは言い難い状況である。

今後TBS主局にて初期設備が大幅導入されてくることを受け、より綿密な衛星伝送テストを行っていく。

特に、隣接キャリア間隔ゼロの詳細検討、衛星コンタの低いエリア(北海道、沖縄等)における回線マージンの測定、出力バックオフの影響などの確認を、衛星伝送テストを徹底して行い検証する予定である。

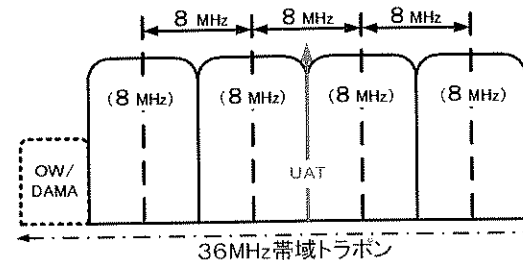


図6 キャリア間隔ゼロ

## 6. JNN系列次世代HD化の概要

DVB-S.2方式に加えて、JNN系列SNG次世代HDシステムにおける技術ポイントを以下に示す。

### (1) 基地局間HRCシステム

すでに既存SNGシステムでも導入していた主局から系列基地局の機器監視制御を行うHRCシステムを更新して導入する。

- ・映像送受信制御、バンド、モード制御
- ・OW送受信制御、バンド
- ・機器状態監視、アラーム監視

### (2) IF周波数の1GHz(L-Band)化

変調器およびOWモデム等の機器において、新規開発の「IF 1GHz版」を採用する予定である。

メリットとしては、以下が挙げられる。

- ・IF140MHzで生じる、連絡無線かぶりの低減
- ・U/Cの出力周波数範囲が14.0~14.5GHzと500MHz帯域全てをカバーするため、同一偏波のトラポン変更設定が不要
- ・U/C1台を複数の変調器で共用可能となる
- ・U/C内にシンセサイザ回路が不要となり、部品点数削減、信頼性向上が見込める

### (3) H.264コーデックの採用

映像符号化方式としては、従来のMPEG2に代わっ

てH.264方式を採用する予定である。

DVB-S.2変復調方式によって、HD狭帯域伝送が可能になったが、やはりより高画質を実現するためにも、現在進捗著しいH.264コーデックを採用する方針である。

現在画質も含めた、詳細仕様検討が進められている。

### (4) 衛星IP伝送システム

OW(オーダーワイヤ)帯域を、現行システムから整理と狭帯域化を図るとともに、先述した映像本線のキャリア間隔をゼロとすることによって、OWと映像本線間に空き帯域を2.45MHz設けて、BOD(Bandwidth On Demand)方式のIP通信機能を実現する予定である。

具体的な詳細仕様は現在検討中であるが、各中継車と主局との間で、IP通信を64Kbps~1.536Kbpsの通信速度の範囲で、運用状況に合わせて自動的に速度調整やキャリア配置をするシステムを構築予定である。

無線LANや携帯電話等とアクセス速度を比較すれば、遅いことは否めないが、非常災害時に運用するSNG中継車という観点で、公衆インフラが不通になった場合でも、インターネット網への接続機能を有して、WEBの閲覧(JNNで運用を行っているWebによるSNGブッキングシステムも含めて)やメールなどの運用を可能とする予定である。

なお、現行システムにおけるDAMA電話は、継続設備する。

### (5) SNG中継車へのSSPA採用

今回の次世代HD化では、JNN系列全体で、30台以上のSNG中継車の一斉更新が行われる。

新SNG中継車においては、DVB-S.2、H.264コーデック、IF 1GHz化、IP伝送システムの導入に加えて、SNG中継車独自設備として、新たに(株)東芝で開発中の高出力SSPAを全面採用する予定である。

従来のHPAは、TWT="たま"のため、不具合発生率も高かったが、SSPAは固体化デバイスであり、安定性、信頼性が向上することが期待できる。

運用面においても、プリヒートやクールダウンの必要性がなく、オペレーターの負担を軽減でき、特に緊急時には、直ちにアップリンクすることが可能となる。TWTとSSPA各方式の比較を表6に示す。

## まとめ

今回DVB-S.2の伝送テスト、特性解析を行い、JNN系列標準として採用できる目処がついた。

なお、極力回線マージンを確保するために、衛星ATTは+4dB挿入とする予定であり、今後、さらに検証を加え、伝送パラメータを確定していく。

JNN系列の次世代HD化運用開始までは、まだ時間的余裕があるので、さらに仕様検討を進め、次世代HD化にふさわしいシステムを構築する所存である。

また、現在仕様検討中であるため、検討状況により、今回報告とは、仕様が変わる可能性も十分有り得る。

最後に、本伝送テストに際して多大なるご協力をいただいた、宇宙通信(株)、三菱電機(株)、(株)東芝、(株)テレビユー山形の関係各位に感謝いたします。

表6 TWT方式とSSPA方式の比較

	TWTA	SSPA
出力電力	TWT単体で高出力可能	単体では、高出力化が難しいので多段構成となる
大きさ	SSPAより小型	TWTより大型になる
デバイスの寿命	進行波管のため、定期交換が必要	固体化デバイスのため、寿命による交換は不要
運用電力	直線性が良くないので、バックオフを大きくとる必要がある	直線性が良いので、TWTより、少ないバックオフで運用可能
起動・終了 プリヒート・クールダウン	必要 起動に時間がかかる	必要なし 電源ONですぐに使用可能。
運用の安定性	進行波管のため、放電現象があり、保護回路が必要 高圧電源が必要	固体化デバイスのため、放電現象は発生せず、保護回路が不要 高電圧も不要