

21GHz帯衛星放送の研究

NHK放送技術研究所
正源 和義

1. はじめに

NHK放送技術研究所(以下、NHK技研)では、将来の放送を目指してスーパーハイビジョン(SHV)や空間像再生型3DTV(インテグラル方式とホログラフィ方式)の研究を行っている。SHVはハイビジョンの16倍の画素数を持つ走査線4,000本級の超高精細映像と22.2マルチチャンネル音響からなる超高臨場感映像・音響システムである。SHVの映像と音響、あるいは、空間像再生型3DTVを各家庭に送り届ける放送メディアとしては、時と場所を選ばず低コストで提供できる超広帯域の21GHz帯衛星放送が有力な手段である。本稿では、将来の放送、2009年のNHK技研公開で展示したWINDS衛星「きずな」を用いたSHV伝送の概要と意義、更に、21GHz帯衛星放送の実用化に向けた取り組みについて述べる。

2. 将来の放送

2.1. スーパーハイビジョン (SHV)

SHVはハイビジョンの16倍の画素数を持つ走査線4,000本級の超高精細映像と22.2マルチチャンネル音響から成る超高臨場感映像・音響システムである。SHV放送を実現するためには、カメラなどの番組制作機器のほかに、圧縮符号化技術、ディスプレイ、記録装置、音響再生を含む受信機器の開発が必要である。NHK技研では図1に示すロードマップを設定し、SHV機器の研究開発を行っている。2009年のNHK技研公開でWINDS衛星「きずな」を用いてSHV生カメラ映像中継と多チャンネルSHV伝送実験を実施した。2020年には、21GHz帯衛星による試験放送を目指している。

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
イベント		▲ARIB衛星伝送実験 ▲国際IP伝送実験(ロンドン～アムステルダム) ▲国際衛星伝送実験(トリノ～アムステルダム) ▲家庭視聴イメージ展示 ▲WINDS衛星生中継伝送実験(札幌～技研)		技研80周年記念				▲ロンドン五輪パブリックビューイング			▲リオ五輪パブリックビューイング			▲21GHz帯衛星による試験放送						放送百年
カメラ	▲3300万画素モノクロ撮像実験			▲フル解像度カメラ(2.5in.3板CMOS) ▲デュアルグリーン方式実用型カメラ ▲ズームレンズ						▲1.25in.3板フル解像度カメラ				▲実用型カメラ						
コーデック	▲AVC/H.264コーデック			▲高効率映像符号化装置				▲フル映像度コーデック						▲放送用実用コーデック						
伝送装置	▲高度BS衛星伝送装置 ▲フル解像度SHV機器間インターフェース			▲超高速LAN伝送 ▲ケーブルテレビ伝送技術 ▲120GHz SHV無線伝送装置 ▲WINDS伝送用広帯域変復調装置						▲21GHz帯衛星放送用変復調装置 ▲ミリ波FPU				▲地上放送用変復調装置			▲マイクロ波FPU			
記録装置 制作装置	▲ディスクレコーダー(2時間) ▲切出しレコーダー			▲圧縮記録再生機 ▲フル解像度非圧縮SSD(20分) ▲フル解像度HDD(2時間)						▲家庭用光ディスク										
ディスプレイ	▲広ダイナミックレンジプロジェクター			▲100インチ2000本PDP ▲フル解像度プロジェクター ▲超高精細PDP ▲100インチ級フル解像度LCD						▲100インチ級PDPプロトタイプ ▲100インチ級PDP							▲65インチPDP 100インチ級シート型 ▲ディスプレイ			
音響システム	▲ダウンミキシング 22.2ch→2ch, 5.1ch ▲22.2ch用ヘッドフォン			▲22.2chマイクアレイ ▲音響制作機器 ▲薄型軽量スピーカー ▲家庭再生システム				▲22.2ch收音システム ▲スタジオ制作システム ▲22.2ch仮想再生技術					▲家庭用音場生成・変換技術	▲放送用3次元音響実用コーデック						
映像フォーマット	▲デュアルグリーン方式(800万画素×4)24Gbps							▲フル解像度(3300万画素×3)72Gbps											フルスペック	

図1 SHV 機器の研究開発ロードマップ

2.2. ダウンロード放送

近年、PC(パソコン)による映像視聴やインターネットに接続されたテレビによるハイビジョン映像のビデオオンデマンド(VOD)視聴などが可能になり、将来的には放送コンテンツのダウンロードサービスも期待される。ダウンロードの伝送路として放送波を用いれば通信路のふくそうの問題を解決できるだけでなく、高速伝送路である衛星放送波の特長を生かした高速ダウンロードサービスがあまねく全国で可能となる。

このサービスでは、放送伝送路を用いてニーズの高いコンテンツを一斉に配信し、通信伝送路を用いてそのライセンスを配信する。放送波の場合は一方向であり、個別のリクエストに応えることはできない。しかし、見逃し番組の再送信や過去の人気のある番組を特集して伝送することの需要は大きいと考えられる。

2.3. 3DTV

NHK技研では、1960年代に3DTVの基礎的な研究開発を開始した。2眼式立体映像技術の研究成果は立体ハイビジョンとして応用されつつある。さらに高度な立体映像として、空間に光学像を形成できる像再生型立体映像を目指している。像再生型は、実物を見るのと同じ効果をもつため、目に疲労を与えず立体映像を再現できる。現在は、像再生型立体映像としてインテグラル方式とホログラフィ方式の研究が行われている。

3. WINDS衛星「きずな」を用いたSHV衛星伝送(2009年の技研公開)の意義

NHK技研では、21GHz 帯衛星放送の実現に向けた広帯域伝送実験を行っており、今までにSHV伝送実験を行うための300MHz級の広帯域変復調器を試作し、基本性能評価などを行った。2009年の技研公開では、18GHz帯の広帯域(最大1.1GHz)WINDS衛星「きずな」を利用し、NHKとNICTが共同で、札幌市から当所まで世界で初めてSHVカメラ映像と22.2マルチチャンネル音響のリアルタイム中継を行うとともに3番組の多重衛星伝送実験を行った。WINDS衛星「きずな」は、JAXA((独)宇宙航空研究開発機構)とNICTが共同で開発し、2008年2月23日に種子島宇宙センターから打ち上げられた超高速・広帯域の実験通信衛星である。

WINDS衛星「きずな」を用いたSHV伝送実験の構成を図2に示す。SHVカメラおよび22.2マルチチャンネル音響収音用のマイクロホンアレイをさっぽろテレビ塔の地上90mの展望台に設置

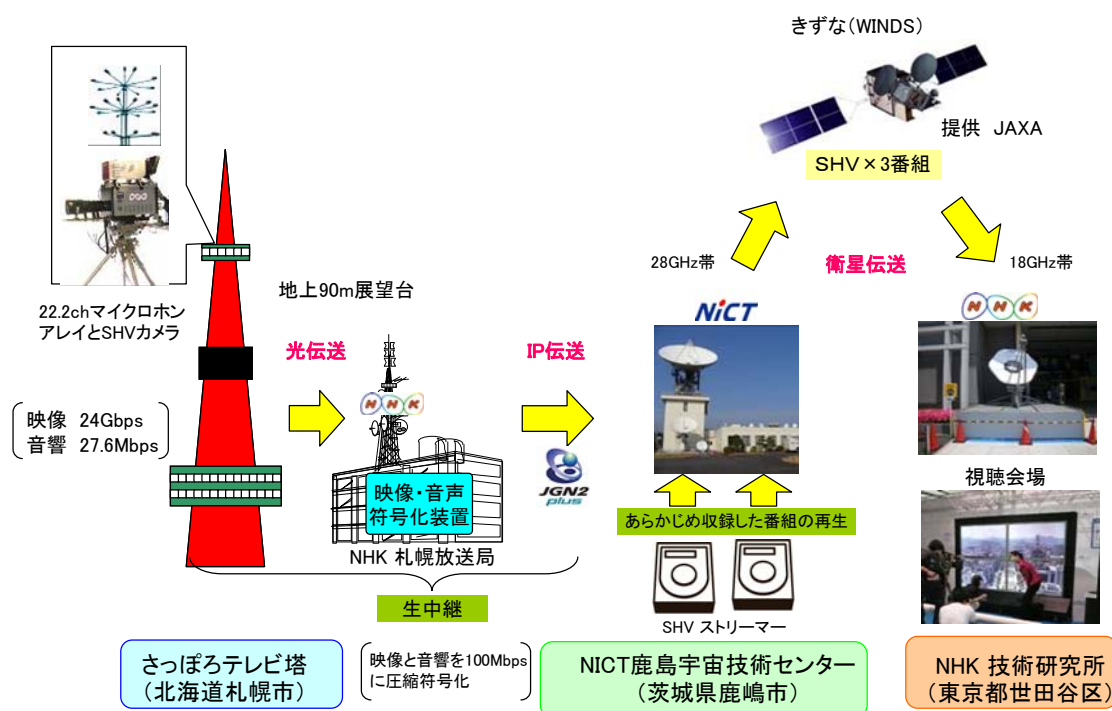


図2 WINDS衛星「きずな」を用いたSHV伝送実験(2009年の技研公開)の構成

し、圧縮符号化した信号を超高速・高機能研究開発テストベッドネットワークであるJGN2plusを利用して茨城県の鹿島までIP伝送した。アップリンク地球局として利用したNICT鹿島宇宙技術センターにおいて、2つのSHVストリーマー(あらかじめ圧縮符号化したTS信号)と多重し、合計3番組のSHV信号を、WINDS衛星を介して当所まで衛星伝送した。

SHVのWINDS衛星伝送パラメーターを表1に示す。SHVの圧縮符号化方式にはH.264を使用し、映像・音響合わせて100Mbps(伝送TSレート)に圧縮した。変調方式は、通常は8PSK(2/3)とし、降雨時にはQPSK(3/4)とした。

表1 SHVのWINDS衛星伝送パラメーター

アップリンク中心周波数	28.05GHz
ダウンリンク中心周波数	18.25GHz
使用中継器帯域幅	300MHz
衛星EIRP(実験時)	66 dBW
送信アンテナ径	4.8m
受信アンテナ径	2.4m
変調方式	QPSK/8PSK
シンボルレート	250Mbaud
伝送ビットレート	370Mbps (QPSK 3/4) 500Mbps (8PSK 2/3)
ロールオフ率	0.2
伝送帯域幅	300MHz
誤り訂正方式	LDPC+BCH
映像・音響伝送TSレート	100Mbps/番組
SHV信号多重方式	時分割多重
多重数	3

WINDS衛星「きずな」を用いたSHV衛星伝送実験の意義は以下のとおりである。

- (1) 世界初の衛星によるSHV生カメラ映像中継と多チャンネルSHV伝送。
- (2) 世界初の18GHz帯衛星によるSHV伝送。
- (3) 世界初の「IPネットワーク+衛星」接続によるSHV伝送。
- (4) 世界初のH.264圧縮符号化SHV信号のIP伝送。
- (5) 世界初の映像ビットレート100Mbpsに圧縮したSHV信号の伝送。

本格的な多チャンネルSHV衛星放送の実現のために、今回の実験で広帯域伝送が可能であることを確認できた意義は大きい。

4. 21GHz帯衛星放送と研究課題

将来のSHV放送や、空間像再生型の3DTV放送では大容量の伝送が必要である。12GHz帯放送衛星のチャンネルはプランで日本に割り当てられた12チャンネルの利用が埋まりつつあること、帯域幅が34.5MHzであることから、全国に向けて安価に上述の将来の大容量放送サービスを提供するには、21GHz帯(21.4-22.0GHz)衛星放送が適している。

21GHz帯衛星放送に関する研究課題を図3に示す。このうち、伝送技術に関する研究課題は、以下のものがある。

- (1) 広帯域(大容量)伝送技術
- (2) 降雨減衰補償技術
- (3) 衛星中継器技術(信頼性、電波天文業務保護)

広帯域伝送技術は、帯域幅、多重技術(パケット長、IP伝送)、高速誤り訂正符号技術、高レート変調技術などである。21GHz帯衛星放送のシステムパラメーター例を表2に示す。8PSK3/4では情報レートは544.5Mbpsであり、SHV 多チャンネル伝送が可能である。

降雨減衰補償技術としては、伝送によるもの(パリティ時差送信方式などの非リアルタイム伝送方式)、衛星中継器によるものが考えられる。非リアルタイム伝送では番組は記録装置に蓄えられるので、パッケージメディアと競合するとも考えられる。パッケージメディアでは降雨遮断の現象はないので、非リアルタイム伝送でも降雨減衰によるデータ欠落のないことが要求される。非リアルタイム伝送方式では、再送や誤り訂正技術により衛星出力は小さくてもよいと考えられがちであるが、例えば、12GHz帯衛星を対象にパリティ時差送信方式を用いてシミュレーションを行った結果では、データ欠落をほぼなくするために必要な待ち時間は、降雨減衰マージン3dB、5.9dB、9dBに対して、各々、約50時間、200分、180分であり、実用的には5dB程度以上の降雨減衰マージンが必要である。

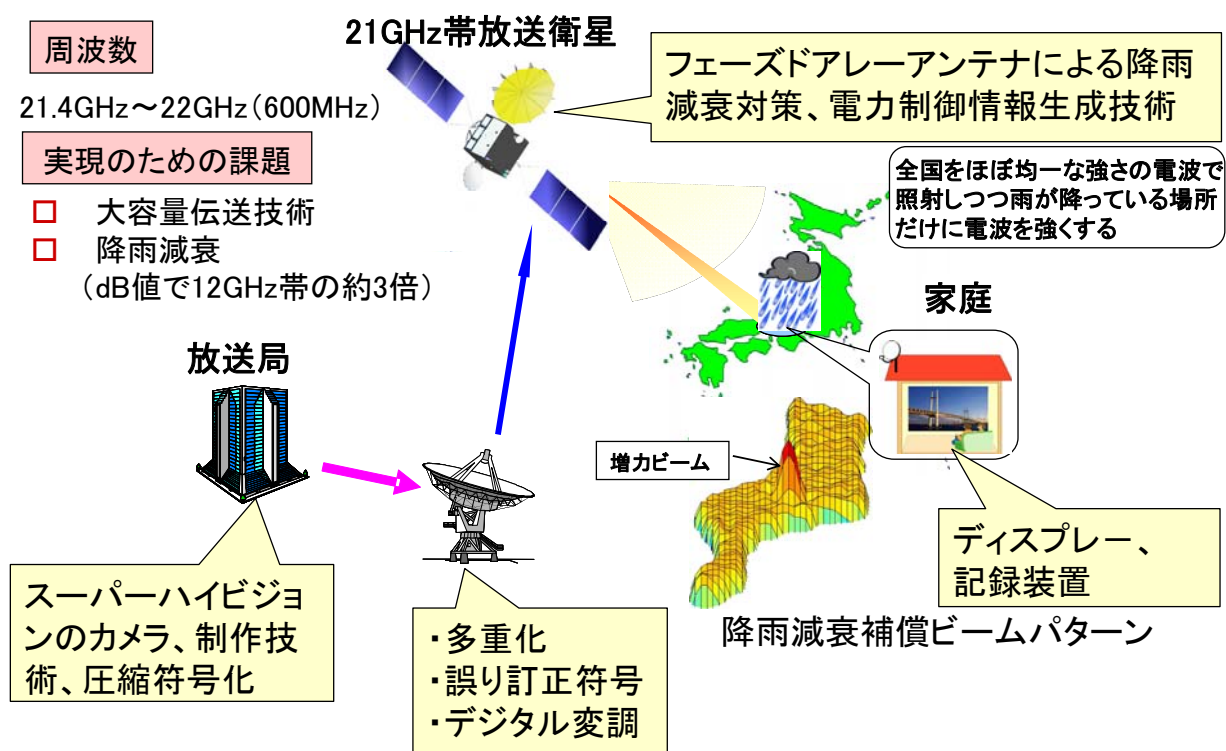


図3 21GHz帯衛星放送に関する研究課題

表2 21GHz帯衛星放送のシステムパラメーター例

衛星軌道位置	東経110度	
受信アンテナ径 (cm)	45	
受信機NF (dB)	1.5	
変調方式(符号化率)	QPSK(1/2)	8PSK(3/4)
所要C/N+バックオフ (dB) *1	2.8	9.6
ロールオフ率	0.1	
占有帯域幅 (MHz)	252.3	
シンボルレート (Mbaud)	247.6	
伝送レート (Mbps)	247.6	544.5

*1 情通審答申書「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」
(2008年7月29日) 参考資料3 衛星伝送実験付録より

衛星中継器による降雨減衰補償として、衛星送信電力を増大させる方法がある。電力増力の方法として、一律に全国のe.i.r.p.を上げる方法、サービス時間率が全国でほぼ一定になるようにe.i.r.p.に傾斜をつける方法(以上、固定ビーム)、同一周波数で全国ビームを作りつつ強い雨が降っている地域だけの送信電力をあげる方法(再成形ビーム)がある。全国均一の利得に固定した放射パターンと188 素子フェーズドアレーアンテナによる放射パターンを制御するアンテナについて、表2のパラメーターをもとに、東京において年間サービス時間率99.9%を確保する送信電力を検討した結果、両者とも約1kWとなることがわかった。

電力制御を行う衛星では、全国的に送信電力を上げる衛星に比べて総合衛星送信電力を低減できる利点はあるが、サービス時間率が全国で確保できるかの検証と電力制御情報の生成などが研究課題である。2003年から2005年までの全国の30分間隔のAMeDAS降水量データを21GHz帯降雨減衰に換算したデータを用い、全国ビームの降雨減衰マージン5dB、増力ビームの直径200km、送信電力増力量7dBとしてシミュレーションを行った結果、東京では12GHz帯衛星放送とほぼ等しい99.9%のサービス時間率が得られた。現在は、実際のフェーズドアレーアンテナの素子数や構造を想定し、降雨減衰補償増力ビームを形成するためのアレー給電位相分布を設定しつつ、サービス時間率をシミュレーションすることに取り組んでいる。

衛星中継器技術については、増幅器をはじめとする中継器の信頼性、22GHz帯電波天文業務を保護するための衛星搭載フィルタ技術が課題である。さらに、偏波(直線/円)の決定や地上受信アンテナ放射パターン技術基準策定も重要な研究課題である。

5. むすび

本稿では、将来の放送(SHV、ダウンロード放送、空間像再生型3DTV)、2009年の技研公開で展示したWINDS衛星「きずな」を用いたSHV伝送の概要と意義、更に、21GHz帯衛星放送の実用化に向けた取り組みについて述べた。12GHz帯放送衛星はプランで日本に割り当てられた12チャンネルの利用が埋まりつつあり、大容量伝送が必要な将来の新しい放送を時と場所を選ばず低コストで各家庭に提供するには、広帯域伝送が可能な21GHz帯衛星放送が適している。

21GHz帯衛星放送システムによるSHVなど、将来の放送サービスの実用化により、以下のことが実現できる。

- (1) より豊かな国民生活の創出
高臨場感の超高精細放送サービスを低コストで全国あまねく提供できる。
- (2) 新たな産業の創製
新しいディスプレイや記録機器関連の消費拡大など産業界へ経済的な貢献ができる。
- (3) 周波数資源の確保
降雨減衰の補償技術を開発することで21GHz帯の利用が拡大できる。

21GHz帯衛星放送を実現するためには、降雨減衰補償技術や圧縮信号の広帯域伝送技術を開発する必要がある。また、サービス品質・時間率などの検証が必要である。さらに、21GHz帯放送衛星は、コンポーネントそのものに新規性がある。従って、21GHz帯実用衛星の前に実証衛星を使って検証実験を行う必要がある。

SHV機器の研究開発ロードマップでは、2020年21GHz帯衛星による試験放送を設定しており、今後、衛星技術や関連する技術の研究、技術基準策定に取り組んでいく。■

著者紹介



正源 和義（しょうげん かずよし）

1979年、東北大学大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年、NHK入局。盛岡放送局、放送技術研究所、技術局を経て、2003年から放送技術研究所にて将来の衛星放送、無線伝送技術に関する研究に従事。現在 同所 研究主幹。工学博士。電子情報通信学会フェロー。