

日本の衛星放送(BS)の周波数
アナログ BS から新 4K8K 衛星放送まで
株式会社放送衛星システム



<ご注意>

- ・本資料は、一般財団法人 電波技術協会 協会報 FORN 2020 年 7 月号 No. 335, pp. 2-7 に掲載されたものです。
- ・本資料は、多くの方に閲覧してもらうことを目的に、一般財団法人 電波技術協会のご厚意により、B-SAT のホームページにおいても提供するものです。
- ・ただし、本資料には、著作権の上で問題になるものが多く含まれていますので、大学における講義等の教育目的以外の転用および無断使用はお断りします。

<謝辞>

- ・本資料作成にあたり、資料の提供、原稿の推敲などで関係各位の協力をいただきました。特に、NHK、B-SAT 諸氏、および、一般財団法人 電波技術協会 矢橋隆氏、杉山博氏に感謝します。

日本の衛星放送(BS)の周波数 ～アナログBSから新4K8K衛星放送まで～

衛星放送 (BS) の周波数と軌道は、国際的にプランとして割当てられているものと、国家間の周波数調整によって国際電気通信連合に登録されるものがある。ここではそれらの概要を述べる。



BSAT-4a イラスト (提供: MAXAR)

株式会社放送衛星システム
正源 和義

はじめに

日本の衛星放送 (BS) は、東経 110 度の実用放送衛星 BS-2 (図 1 ▼*) によって、1984 年、開始された [1]。これが世界で最初の衛星放送として国際的な学会によって歴史的に評価されている [2]。BS は 2000 年にデジタル化され、標準画像 (SD) からハイビジョン画像 (HD) に変わり、今では NHK の受信契約数は 2,200 万世帯を超えている [3]。さらに、放送衛星 BSAT-4a (図 1 ▼**) を用いて、新 4K8K 衛星放送が 2018 年 12 月 1 日より開始された [4]。MB-SAT は携帯端末向けの衛星放送であった。地上放送 (図 1 ▼*) と BS 放送 (図 1 ▼**) の 1950 年代、1960 年代の黎明期の技術研究開発については、文献 [5] に詳細を述べている。

本稿では、表 1 に示す日本の衛星放送 (BS) 周波数、軌道の国際登録手続きについて述べる。表 2 にその歴史を示す。表 1 以外の衛星放送 (BS) 周波数については文献 [1] に記載されている。

衛星放送 (BS) 周波数、軌道は、国際電気通信連合 (ITU) で各国用に定めた「プラン」で割当てられるものと、各国の必要性から関係国と行う周波数の国際調整によって国際登録されるものがある。静止軌道から放射する衛星放送 (BS) 電波の使用は国際的な取り決めに基づいて行われる。この取り決めを行うのは国連の専門機関である ITU の無線通信部門 (ITU-R) が担当し、規則や手続きは無線通信規則 (RR) に記載されている。RR はほぼ 4 年に 1 回開催される世界無線通信会議 (WRC、1992 年までは世界無線通信主

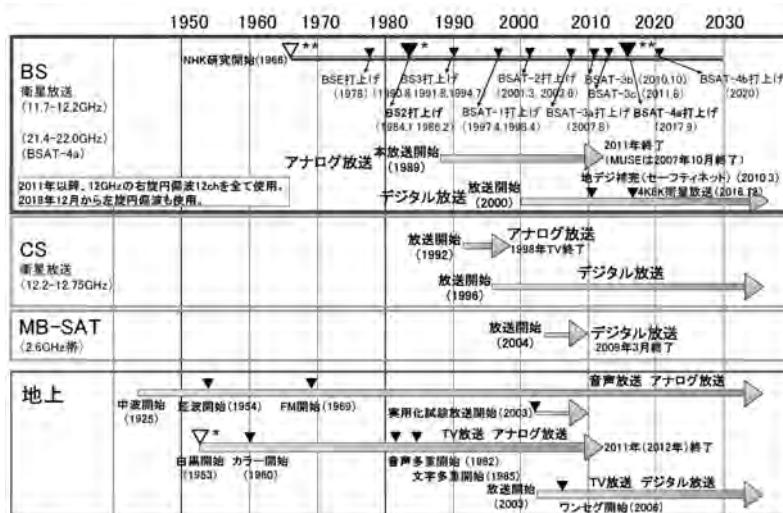


図 1 日本の放送の歴史

表 1 日本の衛星放送 (BS) 周波数、静止軌道の国際登録手続き

周波数 (GHz)	軌道 (東経)	方向	手続き	規則
11.7-12.2	110度、109.85度、109.65度	宇宙から地球	プラン調整手続き	RR AP30
17.3-17.8		地球から宇宙	プラン調整手続き	RR AP30A
21.4-22.0		宇宙から地球	調整手続き	RR 9, 11 Res. 552-555
18.1-18.4		地球から宇宙	調整手続き	RR 9, 11

RR : Radio Regulations, 無線通信規則
AP30 : Appendix 30, 付録第 30 号
AP30A : Appendix 30A, 付録第 30A 号
Res. : Resolution, 決議

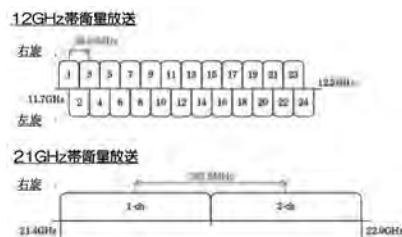


表2 我が国の衛星放送周波数、軌道獲得の歴史

年、WRC	周波数・軌道	主要な放送衛星
1977年(WARC-77)	11.7GHz-12.0GHz(ブランチ、8ch、アナログ、宇宙から地球)、東経110度	放送衛星ダウンリンクプラン
1977年~1984年	14.0GHz-14.3GHz(地球から宇宙)、東経110度	通信衛星の調整手続き
1984、1988年	ch11、ch15(アナログ、帯域幅27MHz)	BS-2a、BS-2b打上げ
1988年(WARC-88)	17.3GHz-17.8GHz(ブランチ、8ch、アナログ、地球から宇宙)、東経110度	放送衛星フィードリンクプラン
1990、1991、1994年	ch3、ch5、ch7、ch9、ch11、ch15(アナログ、帯域幅27MHz)、東経110度、109.85度	BS-3a、BS-3b、BS-3M打上げ
1992年(WRC-92)	21GHz帯(21.4-22.0GHz)BS分配	
1997年(WRC-97)	12GHz帯BS周波数検討決定	
1997、1998年	ch1~ch15のうち任意の4ch送信(アナログ、帯域幅27MHz、12/17GHz帯)	BSAT-1a、BSAT-1b打上げ
2000年(WRC-2000)	12GHz帯BS周波数(日本にデジタルで12ch割り当て、34.5MHz帯域幅、東経110度、109.85度)	放送衛星ダウンリンク、フィードリンク周波数
2001、2003年	ch1-15のうち任意の4ch送信(デジタル、帯域幅34.5MHz、12/17GHz帯)	BSAT-2a、BSAT-2b打上げ
2003年(WRC-2003)	12GHz帯BS周波数(共用条件)	
2007、2010、2011年	ch1-23のうち任意の8ch(BSAT-3a、3b)、12ch(BSAT-3c)送信(デジタル、帯域幅34.5MHz、12/17GHz帯)	BSAT-3a、BSAT-3b、BSAT-3c打上げ
2012年(WRC-2012)	21GHz帯BS周波数(共用条件)	
2013年	12GHz帯BS周波数(周波数調整資料をITU-Rへ提出(1月10日、12月27日))	
2015年(WRC-2015)	BSアナログの廃止、21GHz帯BS周波数調整資料をITU-Rへ提出(7月30日)	
2016年	12GHz帯BS左旋円偏波(周波数調整資料(6月21日)、東経110度、109.85度)	
2017年	ch1~ch23の12ch(右旋円偏波)、ch2~ch24の12ch(左旋円偏波)送信(デジタル、帯域幅34.5MHz、12/17GHz帯)	BSAT-4a打上げ
2018年	12GHz帯BS左旋円偏波(周波数調整資料(6月10日)、21GHz帯BS周波数調整資料をITU-Rへ提出(12月))	
2018年(WRC-2018)	12GHz帯BS周波数(調整完了の扱い)	
2020年	ch1-23の12ch(右旋円偏波)、ch2-24の12ch(左旋円偏波)送信(デジタル、帯域幅34.5MHz、12/17GHz帯)	BSAT-4b打上げ

管庁会議 WARC) で改定される。

表1には、日本の衛星放送の周波数を示したが、世界的には、ダウンリンク(衛星から地球)として11.7-12.7GHz、フィードリンク(地球から衛星)として17.3-18.1GHzの周波数が地域ごとに分配され、全ての国に静止軌道位置と周波数がプランとして割当てられている。これらの周波数はプランバンドと呼ばれる。

ITU-Rでは、図2に示すように、世界を3つの地域(Region)に分けている。第一地域は、欧州、アフリカ、中東、ロシアなど、第二地域はアメリカ大陸など、第三地域はアジア、オセアニアで構成される。世界的な周波数の分配は、基本的に地域ごとに行われる。しかし、第一地域と第三地域は陸続きであるため、周波数分配ばかりでなく、規則、手続きの面でも共通していることが多い。

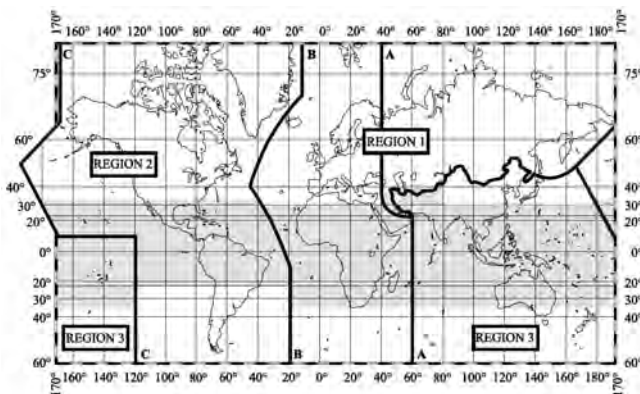


図2 ITU-Rにおける世界の地域分け(RRより)

表3に衛星放送プランバンドの地域ごとの分配を示す。第一地域は、国の数が多く、かつ経度(東西)方向に狭く、緯度(南北)方向に長いので、ダウンリンクとして、11.7-12.5GHzの800MHzの帯域幅が分配されている。これは、800MHzを400MHzずつ分ければ、同じ軌道を2つ(偏波も逆にすれば4つ)の国で使えるので、東西方向に軌道が狭い第一地域に適した周波数分配である。日本が属する第三地域は11.7-12.2GHzの500MHzの帯域幅が分配されている。ロシアは第一地域であるが、12.2-12.5GHzの300MHz帯域幅がプランとして割当てられている。日本は右旋円偏波だけであるのに対し、ロシアは右旋と左旋の両方の偏波が割当てられている。なお、次節で述べるBSアナログ周波数のプランのときは、日本は8チャンネルの割当てであった。

表3 衛星放送プランバンドの地域ごとの分配

ダウンリンク(衛星から地球)		
第一地域	第二地域	第三地域
11.7-12.5GHz 衛星放送		11.7-12.2GHz 衛星放送
	12.2-12.7GHz 衛星放送	
フィードリンク(地球から衛星)		
第一地域	第二地域	第三地域
17.3-18.1GHz 衛星放送 フィードリンク	17.3-18.1GHz 衛星放送 フィードリンク	17.3-18.1GHz 衛星放送 フィードリンク

第二地域は12.2-12.7GHzの500MHz帯域幅がプランとして割当てられており、第三地域とは周波数重複のない帯域が選ばれている。他方、フィードリンク周波数は、全地域で17.3-18.1GHzの800MHzの帯域幅が分配されている。日本は17.3-17.8GHzの500MHzの帯域幅、ロシアは17.8-18.1GHzの300MHzの帯域幅でプラン割当てが行われている。

アナログBS周波数

1977年に開催されたWARC-BS(World Administrative Radio Conference - Broadcasting Satellite)で、第一地域と第三地域の衛星放送ダウンリンク(衛星から地球方向)のプランが決められた。日本には、東経110度の静止軌道に、チャンネル1から15までの奇数チャ

特別企画：放送衛星/測位衛星

ンネルが8つ (11.7-12.0GHz)、右旋円偏波で割当てられた。

日本が東経 110 度の軌道位置を選んだのは、春分、秋分の日を中心とした約 6 週間、放送衛星が地球の影に入って太陽光が当たらなくなることによって（食という）、太陽電池による発電ができなくなり、放送が途切れる時間帯を夜中の午前 2 時頃にするためであった。当時はバッテリー技術が進んでおらず、太陽電池の発電がなくなると衛星放送を停止しなければならなかったためである。

図 3 に示すように、右旋円偏波は、送信側から見て電波の向きが時間と共に、右回りで回転するものである。衛星通信は直線偏波を使うものが多いが、直線偏波は地上の場所によって、傾き角が異なる。衛星放送は各家庭で受信することから、受信アンテナの傾きを調整しなくてもよくすることが望ましい。これが、円偏波を採用した理由の 1 つである。右旋円偏波と左旋円偏波はアンテナで分離することができるので、2 つの偏波で同じ周波数を重複して使うこともできる。

WARC-BS では、技術基準も決められ、1 チャンネルの帯域幅は 27MHz、変調方式は周波数変調 (FM) とした。外国衛星との干渉評価基準として、等価混信保護マージン (EPM, Equivalent Protection Margin) を採用した。これは、図 4 に示すように、複数の外国衛星からの干渉を全て足し合わせた自国の衛星放送への影響 (C/I_{agg} 、自国衛星の希望波と、全ての (WRC-2000 以後は経度差 ± 9 度以内の) 外国衛星の干渉波の比) が、混信保護比と比べてどれだけ余裕があるかを、両者の差で表わした指標である [6]。混信保護比は許容しうる被干渉度で、WARC-BS 時点のアナログ衛星放送では 31dB であった。

世界で最初の衛星放送を始めた日本の BS-2 はダウンリンクにプランの周波数を使ったが、フィーダリンク (地球から衛星方向) は 14GHz 帯 (14.0-14.3GHz) を使った。14GHz 帯は通信衛星用の周波数で、プランではなく、調整手続きを経て、国際登録した。図 5 に現在の衛星調整手続きの流れを示す。後述する BS

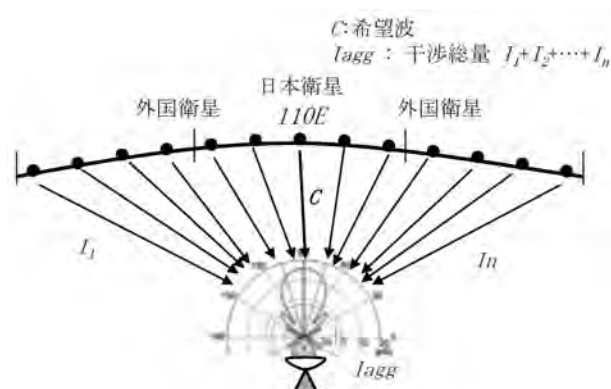


図 4 EPM の計算

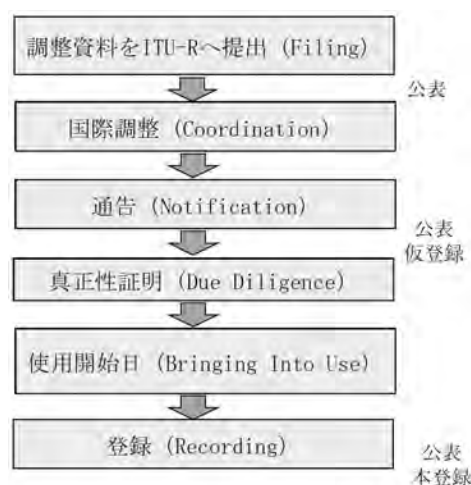


図 5 現在の衛星調整手続き

左旋円偏波や 21GHz 帯衛星放送周波数の国際登録は調整手続きによっている。

1977 年の WARC-BS では、静止軌道上の放送衛星から地上までのダウンリンク方向の周波数と軌道の割当てが行われたが、テレビ番組を地上から放送衛星に供給するアップリンク周波数と軌道の割当てはされていなかった。衛星放送ではこのようなアップリンクのことをフィーダリンクと呼んでいる。

衛星放送用フィーダリンクのプランは 1988 年開催の WARC-ORB (WARC-Orbit) で決められた。日本には、東経 110 度で 17GHz 帯 (17.3-17.6GHz) の奇数チャンネルの 1 から 15 までの 8 チャンネルが割当てられた。軌道位置や放送波の変調方法、帯域幅などは、ダウンリンクと同じである。

日本では、1994 年打上げの BS-3N に 17GHz 帯受信機が搭載されたが、実際には BSAT-1a が打ち上げられた 1997 年から 17GHz 帯をフィーダリンクとして使っている。

放送衛星は、地上放送のテレビ送信局を静止軌道上

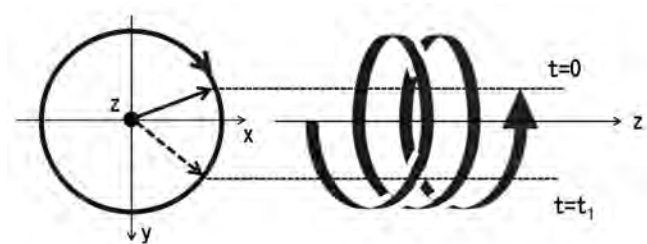


図 3 円偏波 (右旋円偏波)

(赤道から高度 36,000km) の宇宙空間に設置したものと同一である。こうすることで、衛星 1 機で日本全国を一挙にカバーできる。地上の送信網で全国をあまねくカバーしようとする、膨大な数の送信所が必要で、どうしても難視が残ってしまう。衛星放送を始めた理由の 1 つは、衛星のもつ広域性で、難視解消を達成することであった。もう一つの利点は、地上アナログ放送では周りの地形や建造物の影響でマルチパスがテレビ画面にゴーストとなって現れるのに対し、衛星放送ではマルチパスがあっても BS 受信アンテナが抑圧するので、高画質が保たれることである。

デジタル BS 周波数

1990 年代に入ると、衛星放送のデジタル化、受信機の低雑音化による性能向上、受信アンテナ放射パターン改善の技術進展があり、放送衛星送信出力の低減、周波数共用基準の見直し、各国割当てチャンネルの増加を目標にして、12GHz 帯衛星放送と、17GHz 帯フィーダリンクのプランの見直し（再プラン）を行うことが WRC-97 で決定された。

WRC-2000 までの再プランの間、ITU-R には、会議間代表グループ (IRG) と技術専門家グループ (GTE) が設立され、再プラン案が検討された。第三地域では、アジア・太平洋電気通信共同体 (APT) の中に、APT 技術専門家グループ (AGTE) が設立され、アジア太平洋放送連合 (ABU) 技術局の専門家が議長を務めた。筆者も AGTE のサブグループの議長を務めてこの検討に参画した。WRC-2000 で第三地域の各国に 12 チャンネルずつ割当てられたが、その最初の提案は ABU から出したものである。アナログ衛星放送プランと比べて、WRC-2000 でチャンネル数を増やせた理由は、デジタル化で干渉が強くなったため外国衛星との間隔をより狭く選べたこと、バッテリー性能向上で食期間中の放送が可能になったため、軌道がより自由を選べたことがある。

我が国に関する、WRC-2000 の再プランの結果は以下のとおりである。

- (1) アナログの 8 チャンネル (ch1-ch15) に加えて、デジタルで 12 チャンネル (ch1-ch23、右旋円偏波) が割当てられた。新たに割当てられたチャンネルを追加 4 チャンネルと呼んだ。
- (2) 静止軌道は、東経 110 度と 109.85 度の 2 つの軌道位置が割当てられた。これは、日本では通常運用の放送衛星の他に 0.15 度軌道を離して予備衛星を運用していたためである。

(3) チャンネル当たりの帯域幅のプランの原則は 27MHz であるが、日本は、衛星デジタル放送の規格である 34.5MHz の値が認められた。端のチャンネルは、ガードバンド (11.7-11.714GHz、17.3-17.314GHz) と周波数重複する。しかし、放送波用フィルタの帯域幅は BS アナログ放送の時とは変わらず (例えば、38.36MHz)、テレメトリ (衛星状態を地上に伝送)、コマンド (衛星への指令) の周波数は、放送波用フィルタの帯域の外側に選択しなければならないので、従前の設計条件と変わらない。

(4) 周波数共用基準として、外国衛星電波の自国内での電力束密度 (pfd、power flux density) *1 の閾値を決めた。欧州からは、EPM 基準の廃止が提案されたが、日本が反対し、pfd と EPM の 2 つの基準が併存することになった。これら 2 つの基準のうち少なくともどちらか 1 つを満たせば、干渉は許容されるとみなされる。WRC-2000 で EPM 基準を残したことが、後々、BS 左旋円偏波の獲得に寄与することになる。混信保護比の値はアナログ衛星放送では 31dB であったが、デジタル衛星放送では干渉が強くなったので、21dB まで低減した。それだけ、周波数共用が容易になったことを意味する。

(5) 日本のサービスエリア (ビームで表される) は従来のものが継続した (図 6)。



図 6 WRC-2000 後の各国の放送衛星プランビーム [7]

*1 衛星から発せられた電波は伝搬とともに減衰するが、pfd は、衛星電波が地上に到達したときの電力を表す。pfd 閾値は、1 つの外国衛星からの干渉量が雑音の 6% くらいになるように、外国衛星と自国衛星との軌道差の関数として決められ、無線通信規則に記載されている。EPM は外国衛星からの被干渉量によって値が変わるのに対し、pfd 閾値は外国衛星からの干渉量に関係なく一意に定まる絶対値である。

特別企画：放送衛星/測位衛星

日本では、2000年12月からデジタルBS放送が始まり、HD放送が本格化した。2011年7月アナログBS放送が終了し、追加4チャンネルも含めて日本のプラン12チャンネル全てを使ったデジタルBS放送が開始された。

新4K8K衛星放送周波数

2018年12月に始まった新4K8K衛星放送では、左旋円偏波の4K8K放送だけでなく、右旋円偏波を用いた4K衛星放送も行われた[3]。しかし、スーパーハイビジョン放送の開発を進めていた当時は、放送衛星プランの12チャンネルは全て埋まっており、新しい周波数の開拓と国際登録を行う必要があった。ここで、新しい周波数とは、12GHz帯、17GHz帯プランバンドの左旋円偏波（偶数チャンネル）や新しい電波型式D7W^{*2}、さらに21GHz帯の周波数をさす。これらの調整実績と国際登録の経緯を表4に示す。

表4 新しいBS放送用周波数、軌道の調整実績

周波数 (GHz)	11.7-12.2↓ 17.3-17.8↑	21.4-22.0↓ 18.1-18.4↑
調整資料提出日	2013年1月10日 2013年12月27日	2015年7月30日
通告提出日	2016年1月4日	2018年2月6日
仮国際登録日	2016年6月21日	-
本国際登録日	2018年6月10日	-

表中、矢印の↓はダウンリンク（衛星から地球）、↑はフィーダリンク（地球から衛星）を表す。

2013年に提出した、12GHz帯、17GHz帯の左旋円偏波の調整資料では、チャンネル当たりの帯域幅を34.5MHzだけでなく、51.75MHz（1.5ch分）や69MHz（2ch分）など、5つの帯域幅を記載した。これは、既存の34.5MHz帯域幅と同じにして、16APSK^{*3}のような周波数利用効率のよい方式を採用するか、帯域幅を広げて、代わりに従来と同じ変調方式を使って、サービス時間率を維持しつつ、即ち、降雨で衛星放送サービスが切れる時間を短く維持しつつ、伝送容量をあげるかの判断ができていなかったためである。前者は衛星電波の強さが同じなら、既存の衛星放送より、降雨で画像が破綻する時間が長くなるという問題がある。この問題の解決のためには、衛星電波の強さを大きくする必要がある。

^{*2}Dは振幅変調と位相変調の組合せ、7はデジタル信号が2つ以上、Wはテレビ、音声、データの組合せを表す。APSK(Amplitude Phase Shift Keying、振幅位相シフトキーイング)変調がこの例である。

^{*3}16種類の振幅、位相の組合せで変調する方式で、衛星1トランスポンダ（34.5MHz帯域幅）で約100Mbpsの情報、即ち、8KTVなら1番組、4KTVなら3番組を伝送できる。

実は最初、103.5MHz（34.5MHzを3ch分）も提出したが、BR（ITU-R無線通信局）のソフト^{*4}で処理できないことがわかり、撤回した。なお、この問題は、レポートITU-R BO.2019の改定や、WRC-15でのアナログ放送衛星プランの廃止（第一、第三地域）で解決した。

BRソフトは、日本が申請した5つの帯域幅のチャンネルが互いに干渉しあうという計算をしていたため、見かけ上、EPMが劣化してしまった。放送衛星の規則には、グルーピングという概念があり、複数の衛星パラメータ（ここではチャンネルの帯域幅が複数存在）があってもそれらは同時には電波を発射しないので、これらのパラメータ間では干渉は起こらないとして処理するものである。しかし、チャンネルの帯域幅に関してはこの機能がBRソフトには入っていなかったのである。このため、通告の段階で、1チャンネル当たりの帯域幅を34.5MHzだけに絞ることで、干渉の少ない状態で国際登録できた。

外国との調整会議では、外国衛星からの干渉量、降雨で衛星放送画像が破綻する時間率の増加という指標で評価することで[8]、合意に達した。

韓国については、東経113度と116度に韓国の衛星がある。韓国の衛星は偶数チャンネルで左旋円偏波を使っているため、日本は左旋円偏波について調整が必要であった（図7）。pfd基準では、日本の衛星の送信電力を韓国方向で、プランビームの電力と比べて18.7dBだけ低減（1/74）が必要だったのに対し、EPM基準では2.9dB（1/2）の低減でよく、日本のだ円のプランビームの形状を、図8（ITU-Rの公表資料から引用）の日本の地形に合わせた成形ビームとすることで、韓国方向のpfd値を基準値以下に十分下げられることがわかった。これは、WRC-2000でEPM基準を維持したことの効果が10年以上たって現れたことを意味している。

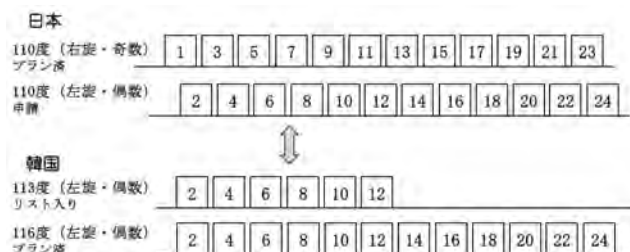


図7 韓国衛星と日本衛星の周波数重複の関係

^{*4}BRが各国から申請された衛星資料（調整のための衛星パラメータや通告の情報など）を審査（干渉計算を含む）を行うために使うソフトウェア。主管庁に公開されている。

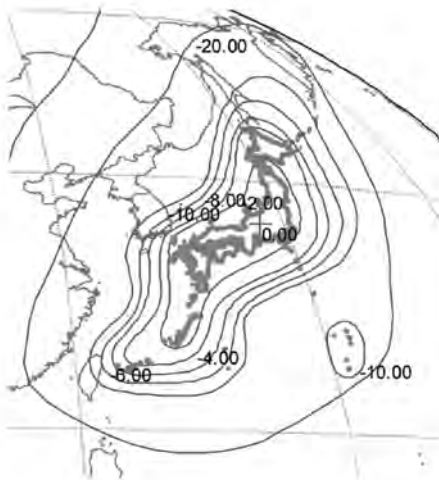


図8 調整後に通告した日本の放送衛星の成形ビーム

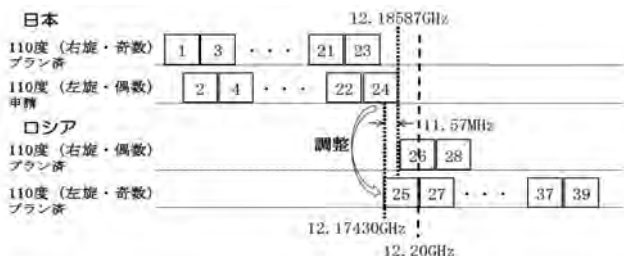


図9 ロシア衛星と日本衛星の周波数重複の関係

ロシアについては、東経110度の同じ位置を日本とロシアで共用して使うことになっている。周波数はロシアが12.2-12.5GHz、日本が11.7-12.2GHzで基本的にすみ分けて使えるはずのものである。しかし、図9に示すように、日本の24chとロシアの25chが11.57MHzの帯域幅で周波数重複がある。しかも、ロシアは、他の慣例と異なって、奇数chを左旋円偏波で使うので、日本の24chと同じ偏波になる。このことが周波数共用や調整を難しくしている。

21GHz帯衛星放送は、その広帯域性を活かして、現在の新4K8K衛星放送の衛星トランスポンダ1本あたりの伝送容量約100Mbpsを超えるサービス、例えば、高精細なVR（バーチャルリアリティ）映像や三次元テレビの実現が期待される。

なお、WARC-ST (Satellite) 1971年では、22GHz帯（22.5-23.0GHz）が第三地域だけの放送衛星業務に分配された[1]。この分配のもととなった提案をしたのは日本であった。当初21.2-21.7GHzを主張したが合意が得られず、22.5-23.0GHzで妥協した。日本は1964年から高品位テレビ（後のハイビジョン）を研究していたので、このような提案を行った。WARC-92で22GHz帯の放送衛星業務への分配は破棄され、

21GHz帯（21.4-22.0GHz）に変更された。

現在、ダウンリンクは、21.4-22.0GHzの600MHz帯域幅が国際登録できる見通しを得たが、フィーダリンク周波数は18.1-18.4GHzの300MHzの帯域幅の見通ししか得られていない。さらに300MHzの帯域幅の確保が課題である。

むすび

本稿では、日本のBS放送用周波数獲得の経緯を概観した。衛星は一挙に全国に電波を届けられるので、放送に適している。他方、外国衛星との干渉混信が起こりやすいため、その使用には国際協調が欠かせない。新しいサービス（ポストUHD-TV放送）には新しい技術基準、規則が必要であり、従って、新しい周波数の開拓が必要である。新しい周波数ならば、従来の技術、規則にとらわれない新しい技術の適用が可能になる。

今後に残された課題と対策は以下の通りである。

- (1) 12GHz帯BS放送ダウンリンク、17GHz帯フィーダリンクは、チャンネル24の半分についてロシアの調整合意を得るための調整努力が必要。
- (2) 12GHz帯BS放送左旋ダウンリンク、17GHz帯左旋フィーダリンクは、調整手続きで国際登録したため、有効期間が30年である（2048年6月10日まで）（AP30/30A 4.1.24）。失効する前に、改めて新規の申請を提出し、調整手続きを経て登録が必要。
- (3) 21GHz帯BS放送ダウンリンクは600MHzの帯域幅（21.4-22.0GHz）があるが、フィーダリンクは300MHz帯域幅（18.1-18.4GHz）しかない。あと300MHz確保のための調整、国際登録が必要。

<参考文献>

- [1] 遠藤敬二、泉武博、森下洋治、金原晃、高尾廣、今西正徳：「放送衛星の基礎知識 ～BSデジタル放送を中心として～」、兼六館出版（2001-1）。
- [2] "First Direct Broadcast Satellite Service, 1984," Engineering and Technology History Wiki, https://ethw.org/Milestones:First_Direct_Broadcast_Satellite_Service_1984.
- [3] 総務省、衛星放送の現状、[令和元年度第4四半期版]（令和2年1月1日）。
- [4] A. Kikuchi, "The launch of 4K/8K Advanced Satellite Broadcasting and Related Technologies and Developments," ABU Digital Broadcasting Symposium (2019.3).
- [5] 正源和義、"放送アンテナ技術の発展とスーパーハイビジョン時代への課題"、信学会AP研アンテナの歴史委員会特別講演、2012.1. http://ap.ei.tuat.ac.jp/index_j.php, <http://ap.ei.tuat.ac.jp/tmp/rekishi201201.pdf>.
- [6] K. Shogen, T. P. Viet, "Characteristics and Applicability of Frequency Sharing Criteria in the Broadcasting Satellite Link", IEICE Trans. Commun., Vol.E102-B, No.12, pp.2297-2303, December 2019. https://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=B&lang=E&year=2019&fname=e102-b_12_2297&abst
- [7] 正源和義、"解説・報告 放送衛星に関するITUの動向"、NHK技研R&D、No.85, pp.16-23, 2004.
- [8] K. Shogen, M. Kamai, S. Nakazawa, S. Tanaka, "Impact of Interference on 12GHz Band Broadcasting Satellite Services in terms of Increase Rate of Outage Time Caused by Rain Attenuation", IEICE Trans. Commun., Vol. E-99-B, No.10, pp.2121-2127, October 2016.