

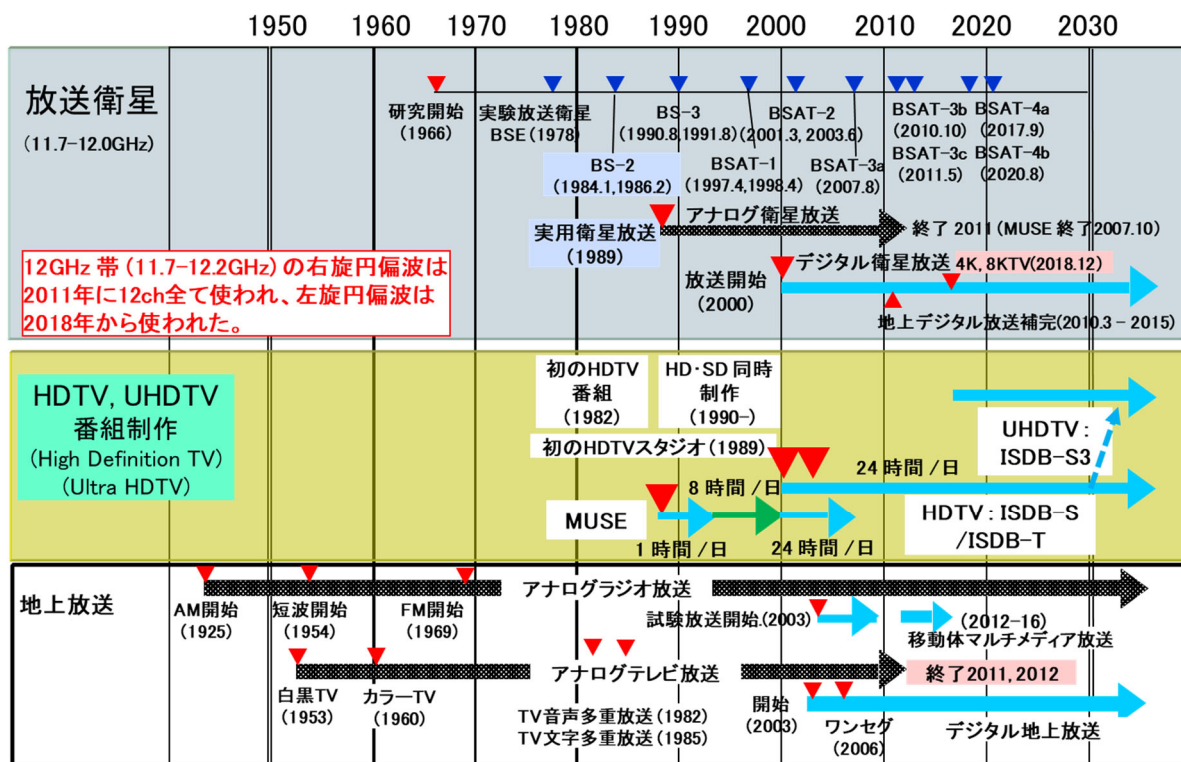
## 日本の放送衛星開発の歴史

- ・本稿は、放送衛星および衛星放送の発展に多大な貢献をされてきた正源和義氏（以下、筆者）が、これまでの開発の歩みをまとめたものである。
- ・筆者は、1982年からNHK放送技術研究所、技術局において、日本の放送衛星開発から実用化に至る初期の段階において、放送衛星の研究に携わってきた。
- ・本稿は、先人の衛星放送開始の着眼、放送衛星開発の苦難の歴史を振り返る。主として、放送衛星開発の歴史を述べるが、筆者が研究開発した衛星搭載用アンテナについても記述する。
- ・本稿では、ハードウェアの部分を放送衛星と呼び、番組、伝送方式を衛星放送と呼んで区別する。
- ・ここに記載したのは長い歴史の一部であり、詳細は末尾の参考文献で参照できる。本稿では、特に以下の文献に記載されたことを多く引用した。
  - 正源和義(2012. 1)、「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  
<https://www.ieice.org/cs/ap/wpdatt/history/lecture/rekishi201201.pdf>
  - 正源和義(2024. 4. 12)、「衛星放送の開発から実現へ」、NHK放送文化研究所『放送メディア研究』第17号,  
<https://www.nhk.or.jp/bunken/book/media/17.html>
  - 正源和義(2025. 3. 18)、「地上放送アンテナと衛星放送アンテナの歴史」、信学会 AP研歴史チュートリアルワークショップ  
[https://www.ieice.org/cs/ap/wp/wp-content/uploads/2025/04/2025\\_TWS-h4\\_Shogen.pdf](https://www.ieice.org/cs/ap/wp/wp-content/uploads/2025/04/2025_TWS-h4_Shogen.pdf)
- ・なお、本稿には、著作権の上で問題になるものが多く含まれているので、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する。
- ・本稿で引用した文献の作成にあたり、資料の提供、原稿の推敲などで関係各位の協力をいただいた。特に、NHK技術局、放送技術研究所、放送文化研究所、B-SAT、電子情報通信学会、映像情報メディア学会の諸氏に感謝の意を表す。

# 1. はじめに

衛星放送のもととなった技術は1960年代の衛星国際中継であった<sup>1</sup>。1960年ローマオリンピックでは、コマ撮りした画像を低速走査で短波回線により東京へ伝送し、これを日本のテレビ方式に変換し放送に使用した。1964年東京オリンピックでは、静止衛星シンコム3号を使ってアメリカへテレビ画像が伝送された。1965年にはインテルサット1号衛星が打ち上げられ、衛星国際伝送は商用化された。

このような状況で1965年、当時のNHK会長であった前田義徳氏が衛星放送構想を発表した。なお、この前年1964年にABU(アジア・太平洋放送連合)が設立されているが、当時のアジア地域の加盟放送局の要望は開発途上国のための衛星の打ち上げと教育番組提供であった<sup>2</sup>。ABUのための放送衛星システムの検討や国をあげての放送衛星の開発が、日本での衛星放送の開始やITU(国際電気通信連合)での放送衛星プランにつながっていった。



HDTV : 2KTV, UHDTV : 4K/8KTV

MUSE : Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding、アナログハイビジョン放送技術

ISDB-S : 衛星デジタル放送伝送方式、ISDB-S3 : 高度広帯域衛星デジタル放送伝送方式、

ISDB-T : 地上デジタル放送伝送方式

図1 日本の放送の歴史

日本の放送の歴史を図1に示す。放送衛星 BS-2 によって、1984年、日本の衛星放送が開始された<sup>3~5</sup>。これが世界で最初の衛星放送として IEEE マイルストーンによって認められた<sup>6</sup>。2000年12月 BS デジタルハイビジョン(HDTV、2KTV)放送が開始され<sup>7</sup>、2018年12月、4K8K衛星放送(UHDTV、Ultra-High Definition TV)が開始された<sup>8</sup>。

本稿では、1966年の衛星放送研究開始から現在に至るまでの衛星放送の研究の歴史について

て述べる。特に、筆者が研究で取り組んできた放送衛星搭載用アンテナについても述べる<sup>9</sup>。

## 2. 衛星放送の研究開始から BS-3 までの研究の歴史

### (1) 日本における衛星放送の研究開始

1965 年 8 月に衛星放送構想を発表した当時の NHK 会長・前田義徳氏は、翌月、新聞社とのインタビューで、以下のように述べている(図2)。



図2 NHK 前田会長の衛星放送構想について伝える『電波タイムズ』記事  
(1965 年 9 月 2 日)

- 1965 年 6 月にヨーロッパ放送連合総会に出席した。アメリカのアーリーバードによる衛星中継放送の議論があり、ヨーロッパでは衛星中継放送を前提に議論されていた。人工衛星による放送もしくは世界的中継は時間の問題(実用化の時期)との印象を受けた。
- 欧米に遅れないように、衛星自体が放送のために作られた放送衛星を日本で早く打ち上げる必要がある。
- 衛星放送は、テレビ放送が経済的に全国 100%カバーするための解決策(難視聴解消)になる。
- アジア、アフリカとの結びつきを強固にできる。前年 1964 年の ABU(アジア・太平洋放送連合)の第1回総会(シドニー)で、テレビジョンの教育放送、日本から番組を提供、番組交換に人工衛星を使う要望を受けた(1964 年、当時の NHK 会長・前田義徳氏は初代の ABU 会長に就任した)。

1961 年 3 月末の NHK 総合テレビ、教育テレビの局数はそれぞれ 93 局と 24 局、世帯数で見たカバレッジは 82%と 51%であった。1969 年 3 月末の NHK 総合テレビ、教育テレビの局数はそれぞれ 655 局と 644 局、カバレッジはどちらも 95.5%であった。この当時は、年間 200 局を超える置局(テレビ電波送信所の設置)の時代であった。この後も置局は進められ、約 3500 局まで達したが、カバー率は頭打ちとなっていた。地上の送信所だけで、100%カバーすることが不可能なのは明らかになったのである。このため、衛星放送によるあまねく放送を実現しようとした。こうして NHK は会長による衛星放送構想の発表の翌年(1966 年)から研究を開始した。NHK 総合技術研究所(1971)『研究史 1960-69』には以下の記述がある。ここには衛星放送の実現に向けて、放送衛星中継器からテレビ信号の伝送方式、さらに家庭用受信機まで、多様な取り組みがなさ

れたことが記されている。

### 放送衛星の研究

当所としては、放送衛星の将来の利用形態についてのシステム工学的研究を軸に、衛星用テレビ中継器、アンテナなどの搭載機器の調査、素子、部品の宇宙環境における信頼性、太陽電池の能率改善、放送衛星に適した音声およびテレビ信号の伝送方式、衛星放送用の簡易受信機などの研究を進め、アジア放送連合の要請に応える衛星放送システムの提案をはじめアメリカ NASA の ATS-1 号衛星を利用したカラーテレビ PCM 音声多重伝送などの実験を行い、それぞれ所期の成果を収めて来た。また、衛星放送のための専用周波数帯については、地上放送との両立性、太陽雑音電波を利用した電波伝搬特性の調査結果などから 12GHz 帯が適当であるという結論に達しており、これは昭和 46 年に開催される、宇宙通信に関する世界無線主管庁会議に対するわが国の主要な提案内容の一つとなっている<sup>10</sup>。

NHK は、ABU 地域(アジア・太平洋放送連合地域)のための放送衛星設計を 1969 年の第 6 回 ABU 総会に提案した。この時の ABU-12001 衛星の軌道位置は、アジアがよく見渡せることから東経 110 度選ばれた。周波数は 4GHz 帯、UHF 帯、12GHz 帯が検討された。

ABU 地域のための放送衛星は結局実現しなかったが、東経 110 度の静止軌道位置は、日本から見ると春秋分の衛星の食が午前 2 時ごろに生じるので、放送衛星の太陽電池による発電が止まって放送を休止する時間も午前 2 時頃になるので、比較的影響が小さい。このことから、1977 年の 12GHz 帯を利用する放送衛星プランを決めた世界無線通信主管庁会議(WARC-BS)で、日本の要求により、東経 110 度が日本の放送衛星軌道として割り当てられた。

### (2)BS-3 までの研究の歴史

日本では、図 1 に示すように、1978 年 4 月、世界に先駆けて実験用中型放送衛星 BS-E を打ち上げて、1982 年 1 月までの 3 年以上にわたって実験放送を実施した。

さらに、1984 年 1 月、放送衛星 BS-2a を打ち上げた。残念ながら、3 本搭載した TWTA(進行波管増幅器)のうち 2 本が軌道上で故障し、1 チャンネルの放送となったが電波は定常的に発射され、放送は継続された。BS-2a の 1 年後に打ち上げられる予定だった BS-2b は地上で TWTA の試験を念入りに行い、予定より約 1 年遅れて、1986 年 2 月に打ち上げられ、同年 12 月から NHK 2 チャンネルの定常放送が開始された。

BS-2a 搭載 TWTA の故障原因、BS-2b 搭載 TWTA の対策について、齋藤成文『日本宇宙開発物語、国産衛星にかけた先駆者たちの夢』に以下の記述がある<sup>11</sup>。

放送衛星 BS-2 号 a(1984.1 打ち上げ)は 3 本の TWT のうち、2 本が動作不能となり、1 チャンネル放送となった。しかし、2 チャンネル常時使用を目的としていたため、大きな社会問題になった。打ち上げ前の放送衛星 BS-2 号 b (1986.2 打ち上げ)の TWT の熱真空試験(電源オン、オフの繰り返し)を行ったところ、30 サイクルほどで TWT3 本とも不具合の前兆が観測された。従来の数サイクル試験だけで飛翔したとすると、数カ月で三台の中継器全部が断となっていた。

電極支持棒に付着したバリウムを流れるリーク電流が不具合の直接の原因である。対策として、電子銃付近の温度を下げるため、サーマルシャントと呼ばれる厚さ 1.3mm の銅板を成形し

て、電子銃外圍部とパネル基板に接着させ、熱伝導によって電子銃外圍部の温度を下げた。

熱真空試験の結果、30本のTWTのうち、正常動作するものは2本であった。最後の一本はトムソンから後で納入されたSSO(偶発的送信断)対策をしたという31本目のTWTであった。このTWTの熱真空試験を行い、40サイクルの試験を乗り切った。

中村有光技師長のBS-2号搭載TWTに対しての強い自信があればこそ、NHKの衛星放送有料化(1989年、BS-2b)に踏み切られたのではないかと考えている。

今当時を振り返って、もしあの時、31本目のTWTが無かったら、たぶんBS-2号は打ち上げられず、我が国の衛星放送は今日とは相当違った道を行っていたにちがいない。

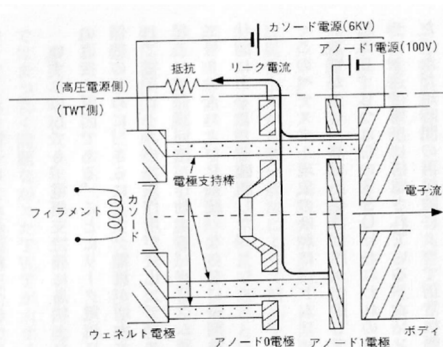


図5-4 TWTの電子銃部概念図

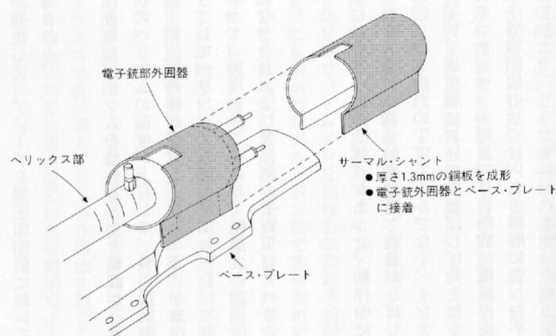


図5-5 TWT熱シャント取り付け状況

文献[11]より引用

当時、欧米では国主導の衛星放送開発が滞る中、日本の衛星放送は、100W級の送信出力、2~4チャンネル、45cm受信アンテナ、低損失コンバーター<sup>12</sup>というシステムで1984年から継続して衛星放送電波を送出し、成功を収めたことは特筆すべきことである。アメリカの衛星放送は日本から学び、45cm受信アンテナでシステムをくみ上げたといわれる。

衛星は全国を一挙にカバーできるため、放送に最も適している。また、地上放送の難視聴問題を一挙に解決することができた。当時の衛星放送のテレビ映像は走査線525本の標準テレビジョンで、伝送方式もアナログで変調はFM(周波数変調)であった。これは、地上放送のAM(振幅変調)より雑音に強く、また電波の反射波による混信がないため、ゴースト(山などで反射した電波が、直接届く電波より遅れてアンテナに届くことで、映像が二重・三重にダブって映る現象)のない鮮明な画像を直接家庭に送り届けることができた。なお、音声信号に関しては、デジタル(PCM)符号化したのち、数チャンネル分を時分割多重し、5.727272MHzの副搬送波をデジタル変調(4相DPSK, Differential Phase Shift Keying)して映像信号と周波数多重し、FM変調された。音声はすでに高品質な特長を先取りしていた。

放送衛星の電波は、赤道上空約 36,000km の静止軌道から地球に向かって照射されるので、どうしても国境を越えて外国にも漏れてしまう。このため、外国衛星との有害な干渉を避けるため、国際的に決められた周波数と軌道を使い、電波の技術基準も国際的に統一したものとしなければならない。このような周波数の分配や、技術基準は国連の一機関である国際電気通信連合 (ITU) が行っており、NHK は放送衛星関連の会合に初期の段階から参加し、寄与してきた。12GHz 帯 (11.7-12.2GHz) 放送衛星の場合、プランによって、世界各国に平等に周波数と軌道を与えている。

1977 年の WARC-BS (世界無線通信主管庁会議、放送衛星) で、第一地域 (欧州、アフリカなど) と第三地域 (アジア、オセアニア) の全ての国に、12GHz 帯の周波数と軌道が割り当てられた。日本は、東経 110 度の軌道位置に、8 つのチャンネルが割り当てられた。なお、フィーダリンク (地球から衛星への放送番組の伝送) については、1988 年の WARC-ORB で 17GHz 帯 (17.3-17.8GHz) の割り当てが行われた<sup>13</sup>。

### (3) 焦点となった送信アンテナの開発

次に、BS-2 や BS-3 に反映された衛星機器の開発技術について述べる。日本の放送・通信衛星の開発は、BS-2、BS-3 までは、実験用衛星計画、次に、技術開発と実用の相乗りという形で、国の宇宙開発計画として進められてきた。ユーザー (NHK、NTT) は計画総開発費の 60~65% を、残りを国が技術開発費として負担し、宇宙開発事業団が国内メーカーに衛星を発注する形態がとられた。

表 1 に国産放送衛星の変遷を示す。1990 年、1991 年打ち上げの BS-3a、BS-3b では、83% の国産化率 (衛星を構成する部品・機器・システムのうち、どれだけを国内で製造・開発したかを示す割合) を達成した。

表 1 国産放送衛星の変遷

BSE (実験放送衛星)	1978(昭53)年打上げ@米国, デルタロケット 約350kg (静止軌道上初期) 2トラポン(100W)+予備1 約154億円(国) 東芝, 国産化率 15%	(1) 衛星放送システムの技術的条件の確立 (2) 制御, 運用技術の確立 (3) 受信効果の確認
BS-2a, 2b (実用放送衛星)	1984(昭59)年, 1986年(昭61年)打上げ@種子島, N-IIロケット 約350kg (静止軌道上初期) 2トラポン(100W)+予備1 約262億円 *1(NASDA, RRL, NHK) 東芝, 国産化率 31%	(1) テレビジョン放送難視聴の解消等 (2) 放送衛星に関する技術の開発
BS-3a, 3b (実用放送衛星)	1990(平2)年, 1991年(平3年)打上げ@種子島, H-Iロケット 約550kg (静止軌道上初期) 3トラポン(120W)+予備3 約374億円*2 (NASDA, CRL, NHK, WOWOW) 日本電気, 国産化率 83%	(1) BS-2サービスの継承. 沖縄, 小笠原等の離島を含む日本全土への衛星放送サービス. (2) 増大かつ多様化する放送需要に対処 (3) 特色(a)高出力化(120W), (b)多チャンネル化(3ch), (c)長寿命化(5→7年), (d)国産技術の採用(アンテナ, 中継器, AKM等)

図3に BS-2 (1984 年打ち上げ)に搭載されたアンテナとその放射パターンを示す<sup>14, 15</sup>。

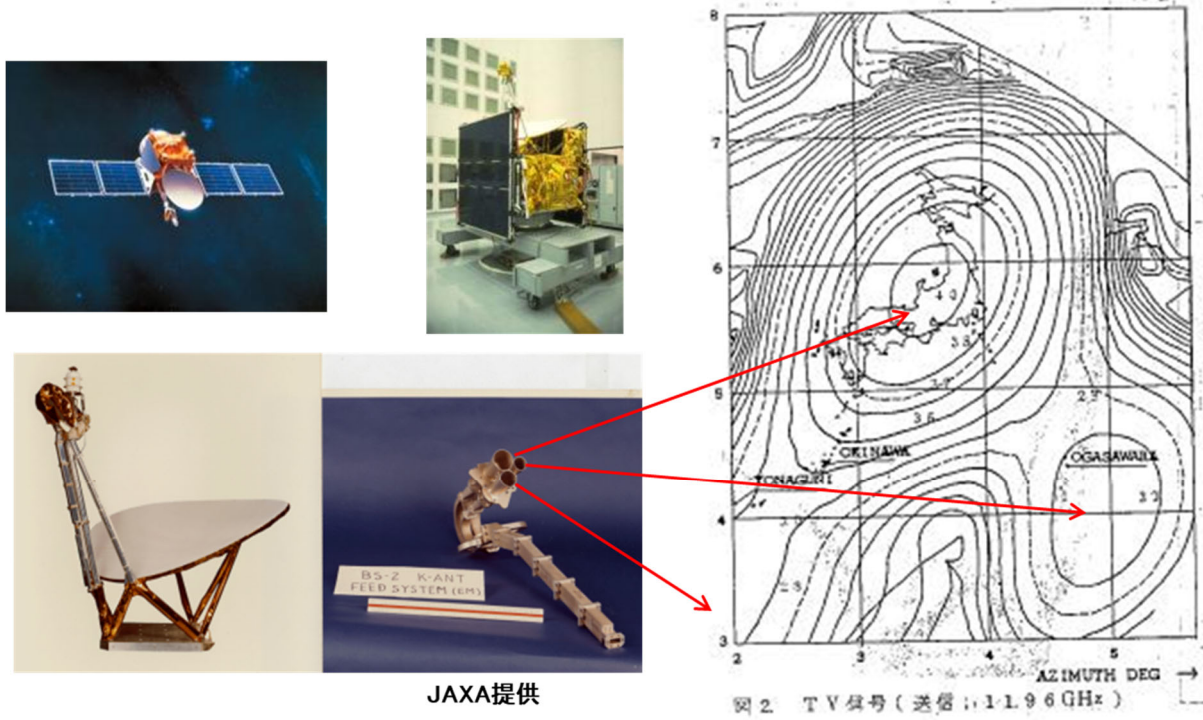


図3 BS-2 衛星搭載アンテナと放射パターン

BS-2 アンテナは 3 本の給電ホーンとオフセットパラボラ反射鏡との組み合わせであったが、図3からわかるように、本土と沖縄用に 1 本ずつの円形ホーンでカバーしているにも関わらず、沖縄ビームは沖縄を外れているため、沖縄方向のアンテナ利得が低かった(32dBi 程度)。このため、BS-3 では沖縄方向のアンテナ利得を上げることが課題であった。そのためには、BS-2 で本土用と沖縄用に分かれていた 2 本のホーンを 1 つにまとめ、代わりにホーン開口の形状を円から楕円に変えればよいので、NHK 技研では給電ホーンに使うことを目標に、楕円コルゲートホーンの開発を進めた<sup>16</sup>。

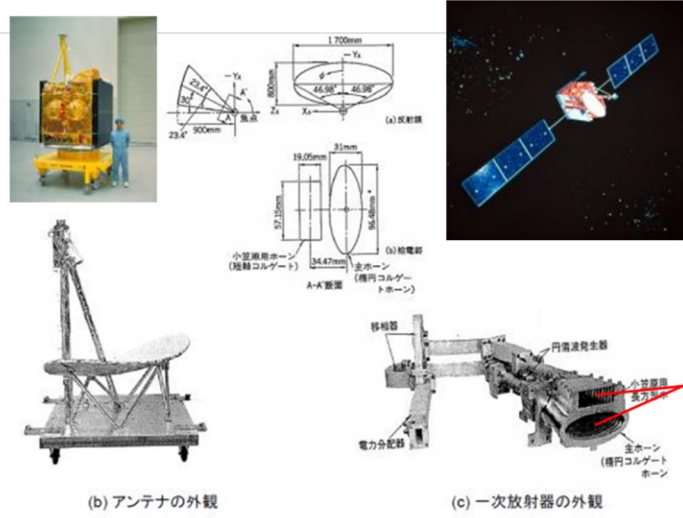


図1.4 BS-3搭載アンテナ<sup>(9)</sup> JAXA提供

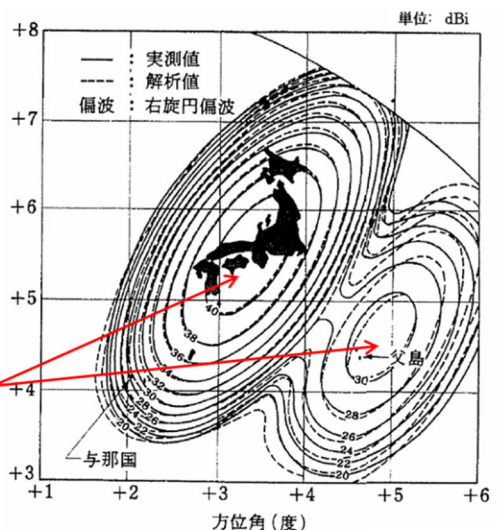


図1.5 BS-3搭載アンテナの放射パターン<sup>(9)</sup>

図4 BS-3 衛星搭載 アンテナと放射パターン

図4に BS-3 (1990 年打ち上げ)に搭載されたアンテナの放射パターンを示す<sup>17</sup>。楕円コルゲートホーンが本土と沖縄をまとめてカバーするので、BS-2 と比べて沖縄のアンテナ利得が 4dB 程度向上している(36dBi 程度)。

放送衛星搭載用 TWTA(進行波管増幅器)については、BS-3 で性能と信頼性を向上させた TWTA の国産化を目標に、NHK 技研で 1978 年からヘリックス型 100W TWTA の開発を開始した(図5)<sup>18</sup>。TWTA は真空管であるため、ヒーターで電極を温めて電子を放出させる。この電子銃がヘリックス(金属の渦巻線)の中を走行する。電波はヘリックスの線路に沿って伝搬し、電子銃のもつエネルギーが電波に乗り移ることで電波の増幅が行われる。

当時の TWTA の開発目標は、広帯域化(27MHz という帯域幅で動作)、低電圧動作(数 kV の電圧が必要)、小型・軽量化、効率の改善と信頼性の確保(故障しないこと)である。これらの目標を達成するためにヘリックスの巻き線のピッチを電子銃の走行速度に合わせて変えたり、ヘリックス内の走行を終えた用済みの電子を集めるコレクターを電子の速度に合わせて 4 段に分割したことなどである。試作した 100W TWTA は出力 141W、効率 47%を得た(個体増幅器では 20%程度である)。この TWTA について予備的な振動試験、および、真空チャンバー内での試験を実施した。最も重要な信頼性確保のために、TWTA の連続動作試験を行い、1980 年から 1983 年まで、累積動作時間は約 8 万時間に達し、それ以後も続けられた。



図5 12GHz 帯TWTA(進行波管増幅器)

2 つ以上のチャンネル信号をまとめたり、逆に、分離したりするマルチプレクサーについては、NHK 技研は当時日本に割り当てられた 8 チャンネル用の開発を進めた。地球から放送衛星に送られてくる電波はこの 8 チャンネルがまとまって受信され、12GHz 帯に変換される。こののち、個々の 8 つのチャンネルに分波し(入力マルチプレクサー)、各チャンネルを TWTA で増幅し、再度 8 つのチャンネルを 1 つの電波にまとめている(出力マルチプレクサー)。従来のマルチプレクサー技術では次隣接チャンネル(チャンネル 1 と 3 など、奇数番号チャンネル間隔)での干渉量を抑制する必要があった。この目標達成のため、従来実用化されていなかった楕円関数型 2 重モードフィルタという特性のよい新しい技術を用いたマルチプレクサーの研究開発を進めた(図 6)。

所要特性を検討した結果、次隣接チャンネルでの最小減衰量を 55dB とし、分波器(入力マルチプレクサー)に 40dB、合波器(出力マルチプレクサー)に 15dB を割り当てた。分波器用として 6~8 段の、合波器用は 4 段の楕円関数型フィルターが適していることを明らかにし、従来のチェビシェフ型と比べ段数の低減と帯域内伝送特性の改善を図った。開発したフィルターの特性をもとにマルチプレクサーの設計仕様を定め、BS-3 の開発に反映させた<sup>18</sup>。

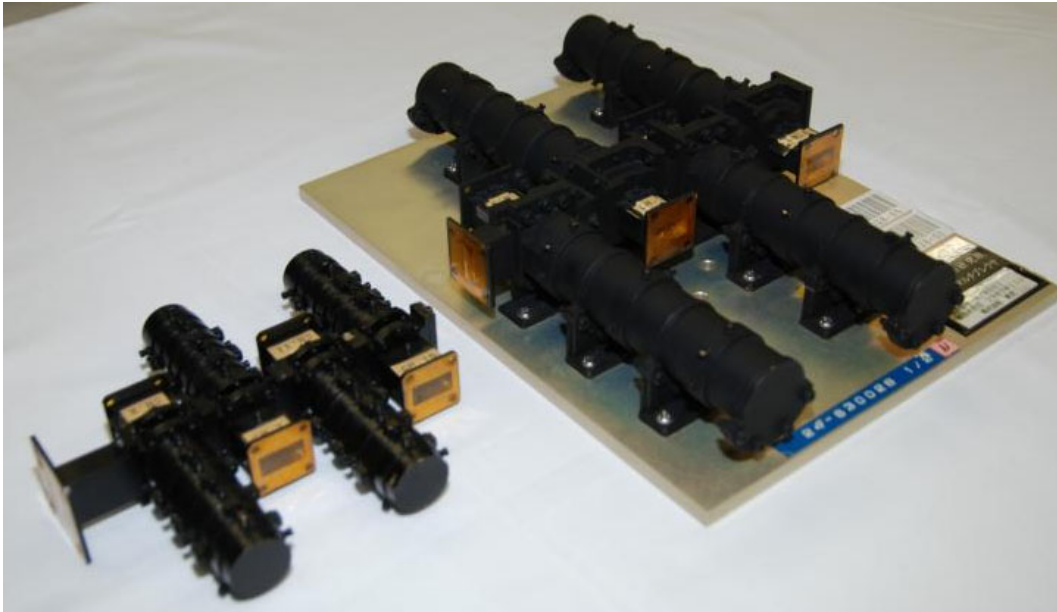


図6 楕円関数型2重モードフィルターを用いたマルチプレクサー

### 3. BS-3 以降のミッション搭載機器研究の歴史

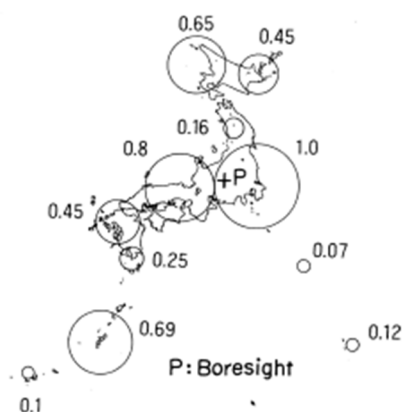
#### 日本の地形に合わせた成形ビームアンテナの開発

BS-3 アンテナは楕円ビームで日本をカバーしているため陸上だけでなく海上に放射される電波が多い。このため、衛星から見た日本の地形に合わせた高度な成形ビームを実現するという課題が残されていた。このようなアンテナが実現できると日本向けの衛星放送サービスの改善になるばかりでなく、近隣諸国への干渉電波の強さも弱めることができ、近隣諸国との周波数共用が容易になるという利点もある。NHK 技研では、BS-3 以降の放送衛星に搭載することを目的に、日本の地形に極めてよく合う高精度な成形ビームを放射する鏡面修整アンテナの研究を行った<sup>19, 20</sup>。

アンテナの放射パターンはアンテナ鏡面に励起される電流の振幅と位相分布の形で決まる。例えば、図7(2)のような放射パターンが欲しいとき、それに対応するアンテナの電流分布をどう求めるかといういわば逆問題の解決が課題であった。筆者らは、パラボラ反射鏡の給電部に、図7(1)のように、仮想的に複数のホーンを並べ、その給電電力を変えることで、図7(2)のように、日本の形に合う成形ビームを得た。仮想マルチホーンの意味は、計算上はこのようなホーンの配置は可能だが、物理的にはホーン同士がぶつかり合うため、そのようなホーンの並びは実現できないことを意味している。この時、仮想マルチホーンのビームがパラボラ鏡面上にあたってできる電流の位相分布を図7(3)に示す。この後は、給電ホーンを 1 本にし、鏡面に凹凸をつけることで、図7(3)の位相分布を実現している。

試作したアンテナを図7(4)に示す。この設計法で、任意形状で、かつ、日本の地形に忠実に沿

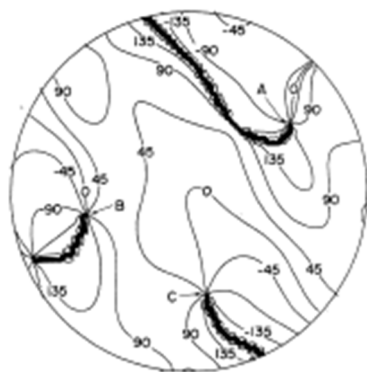
う複雑な形状の放射パターンを得ることができたことは、画期的なことであった。しかし、図7(3)には3か所、等位相線が密集している部分がある。これらの場所では位相が180度から-180度に変化しており、位相的には連続であるが、実際に鏡面を削るときは不連続な段差になり、加工上の難しさがあった。図7(4)のアンテナを製造したメーカーの方もこの段差のある鏡面の加工にとても苦労したと、後になって伺った。



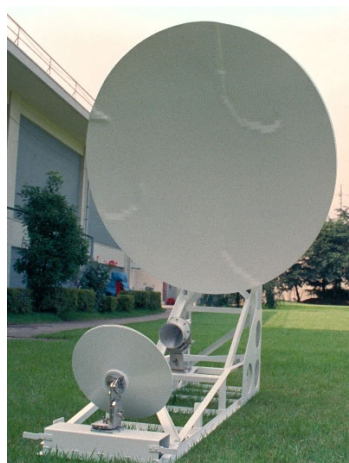
(1)仮想マルチホーンの配置



(2)放射パターン



(3)パラボラ鏡面上にできる電流の位相分佈



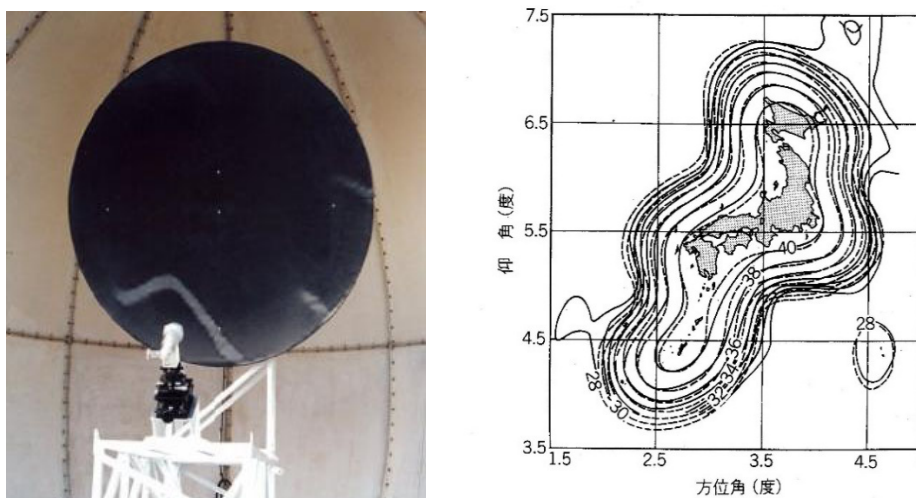
(4) 試作したアンテナ

図7 仮想マルチホーンを用いた鏡面修整アンテナ(反射鏡2枚)

鏡面段差を解消する鏡面修整高度成形ビームアンテナの設計法として、日本の地形にあった放射パターン上に多数の利得拘束点を設け、アンテナ鏡面を細かく分け初めに設定した目標利得に近づけられるように、各点に誘起される電流の位相を順次変えて、位相分佈を求めた。この計算量は膨大であり、コンピュータの力を借りて初めて可能となるものであった。このようにして、日本の地形にあった放射パターンを実現する12GHz帯放送衛星用に設計試作した鏡面修整アンテナ(反射鏡1枚)と放射パターンを図8に示す<sup>21~23</sup>。

鏡面修整アンテナは、給電ホーンが1本で構造が簡便であり、かつ、サービスエリアの形に忠実な成形ビームを作ることが可能である。従って、鏡面修整アンテナは放送衛星に最も適した方式であるといえる。鏡面修整技術が開発され、ほぼ任意の自由な形状の成形ビームアンテナが実現できるようになったが、アンテナ技術の発展ばかりなく、大型の衛星が打ち上げられるよう

になったこと、膨大な計算を処理できるコンピュータが出現したことが背景にある。日本の放送衛星 BSAT シリーズは 1997 年打ち上げの BSAT-1 以降、今日まで、全て鏡面修整アンテナが使われている。



破線：計算値、実線：測定値

図8 鏡面修整アンテナ(反射鏡 1 枚)と放射パターン

#### 4. おわりに

日本の衛星放送の技術の進展や変遷、歴史を概観した。日本は世界に先駆けて、衛星放送の実現に取り組み、実用化の面でも成功を収めた。これは、いち早く衛星の将来性に気付いた先見の明、キーとなる技術である受信コンバーターなどの研究に取り組んだこと、その結果として小型受信アンテナの使用が可能になったこと、さらには、番組面、サービス開発面での貢献が大きい。

筆者が専門とする放送衛星搭載用アンテナについては、鏡面修整アンテナという新しい技術を導入することで、日本の地形によく合う成形ビームを実現させることができた。これによって、固定ビームについては一定の成果を見た。衛星は放送が最も適したアプリケーションであり、複雑な地形に合わせて日本の国土の隅々まで放送電波を届けるには、構造が簡単で高度な成形ビームが得られる鏡面修整アンテナが最も適している。実際、東経 110 度の放送衛星には、BSAT-1 から BSAT-4 シリーズまですべて鏡面修整アンテナが採用されている。

なお、今後、12GHz 帯より高い周波数を放送衛星に使おうとした場合、降雨減衰が大きくなるという問題がある。しかし降雨量は場所によって時間とともに変化する性質があるので、降雨量、降雨減衰量に応じて、地域によって放射電力を時々刻々変えられるような放送衛星が望まれる。このような軌道上でビーム形状を変えられるアンテナが今後の開発課題である。

放送衛星の開発は当初、国策として進められ、日本の技術力の向上に寄与してきた。最近では、衛星上で復調、変調を行うような衛星の開発も進められている。今後、日本の技術がより発展し、ますます放送衛星が発展するような取組が望まれる。

正源 和義 しょうげん・かずよし



東北大学 工学研究科情報工学専攻修士課程修了。博士(工学)。NHK 放送技術研究所にて、放送衛星システム、アンテナ伝搬技術、伝送技術の研究に従事し、特に放送衛星搭載用成形ビームアンテナ実用化に貢献。NHK 技術局、B-SAT など、ITU-R(国際電気通信連合 無線通信部門)、ABU(アジア・太平洋放送連合)などの国際対応に従事。WRC-2000(世界無線通信会議)の 12GHz 帯放送衛星再プランに寄与。

(株)放送衛星システム コンサルタント

参考文献

- 1 遠藤敬二編(1994)、『NHK における宇宙中継に関する技術開発史』、兼六館出版
- 2 野村達治(1974)、「放送衛星問題の行方」、『国際電気通信連合と日本』、日本 ITU 協会
- 3 日本放送協会(1984)、「放送衛星 2 号システムの概要(放送衛星特集)」、『技研月報』Vol. 27
- 4 遠藤敬二・泉武博・森下洋治・金原晃・高尾廣・今西正徳(2001)、『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
- 5 横山正基(2015)、「衛星放送実用化の道のりー安定な衛星放送システム実現までの苦難の道ー」、『通信ソサイエティマガジン』、No.32,
- 6 IEEE(1984)、“Milestones, First Direct Broadcast Satellite Service“  
[https://ethw.org/Milestones:First\\_Direct\\_Broadcast\\_Satellite\\_Service\\_1984](https://ethw.org/Milestones:First_Direct_Broadcast_Satellite_Service_1984)
- 7 NHK、「テレビ放送の歴史」、(NHK アーカイブス)  
<https://www2.nhk.or.jp/archives/articles/?id=C0010507>
- 8 総務省(2023 年 4 月)、「衛星放送の現状」  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000730686.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000730686.pdf)
- 9 正源和義(2011)、「放送アンテナ技術の変遷」、『映像情報メディア学会技術報告』、Vol. 35 No.41 pp.23-28
- 10 NHK 総合技術研究所(1971)、『研究史 1960-69』
- 11 齋藤成文(1992)、「日本宇宙開発物語、国産衛星に向けた先駆者たちの夢」、三田出版会
- 12 内海要三(2007)、「衛星放送受信技術」、MWE2007
- 13 正源和義(2020)、「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～」、『電波技術協会報』、No.335  
<https://www.b-sat.co.jp/wp/wp-content/themes/b-sat/img/page/broadcasting-satellite/frequency.pdf>
- 14 日本放送協会(1984)、「放送衛星 2 号システムの概要(放送衛星特集)」、『技研月報』、Vol. 27
- 15 梶川実他(1983)、「放送衛星 2 号搭載用アンテナ(PFM)の開発」、『昭和 58 年電子情報通

信学会総合全国大会講演論文集』、S7-S8

- 16 正源和義(1991)、「だ円コルゲートホーンの溝の深さの設計と速度分散特性」、『電子情報通信学会論文誌』、Vol.J74-B2、No.5、pp.309-316
  - 17 外山昇・正源和義(1984)、「コルゲートホーン～放送衛星搭載用アンテナへの応用～」、『NHK 技研月報』、Vol. 27、pp.54-58
  - 18 山本海三・矢沢紀彦・森下洋二・佐々木誠・野本俊裕(1990)、「放送衛星 3 号の開発に反映された TWTA およびマルチプレクサーの研究」、『NHK 技研 R&D』、No.11 pp.1-7
  - 19 正源和義・王丸謙治(1990)、「鏡面修整オフセット複反射鏡による放送衛星搭載用成形ビームアンテナ」、『電子情報通信学会論文誌』、Vol. J73-2、No.10、pp.528-535
  - 20 正源和義, 西田勇人(1992)、「鏡面段差をなくした放送衛星搭載用鏡面修整複反射鏡成形ビームアンテナ」、『電子情報通信学会論文誌』、Vol.J75-B2、No7、pp.447-455
  - 21 K. Shogen, H. Nishida, N. Toyama (1992)、“Single Shaped Reflector Antennas for Broadcasting Satellites”, IEEE Trans. Antennas & Propag.,Vol.40, No.2, pp178-187
  - 22 正源和義・西田勇人・外山昇(1992)、「放送衛星搭載用 1 枚鏡面修整アンテナ」、『NHK 技研 R&D』、No.22、pp.15-26
  - 23 正源和義(2012.1.18)、「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」、電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究会報告  
<https://www.ieice.org/cs/ap/wpdat/history/lecture/rekishi201201.pdf>
-