

平成 28 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名： 情報流通行政局 放送技術課
 評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

次世代衛星放送システムのための周波数有効利用促進技術の研究開発

2 研究開発の概要等

(1) 研究開発の概要

- ・実施期間
平成 24 年度～平成 27 年度（4 か年）
- ・実施主体
特殊法人
- ・事業費
1,179 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	総 額
412 百万円	329 百万円	209 百万円	230 百万円	1,179 百万円

・概 要

将来の次世代衛星放送（21GHz 帯等）の実現のため、近接する電波天文帯域への不要発射を抑制するための技術や降雨地域や被災地域等の特定地域のみへの放射電力を増大させるためのアンテナパターン可変技術を確立し、周波数の有効利用を推進する。

■ 広帯域急峻フィルタ技術に関する研究開発

「課題」衛星放送周波数帯では**良好な通過特性**
 ・電波天文周波数帯では**急峻に減衰**

LPF、BPFなどを組み合わせ、**広帯域急峻フィルタ技術を開発**

「目標」
 ⇒ 広帯域変調信号を低損失(1dB)、低群遅延偏差で通過
 ⇒ 電波天文帯の不要発射を65dB以上抑制

■ アンテナパターン可変技術に関する研究開発

「課題」狭い導波管への電力集中による高周波**放電を回避した高出力化**

アレー給電反射鏡アンテナを開発し、**空間合成技術を実証**

「目標」
 ⇒ 全国を均一に照射する**放射パターンを形成**
 ⇒ 放射素子の位相調整により、**特定地域を増力する放射パターンを形成**

■ 21GHz帯衛星放送システムの検証

項目ア、イで試作・評価した機器で構成された衛星中継器の**総合評価**

「目標」
 ⇒ 超高精細度映像などの伝送による**実証と性能評価**
 ⇒ **21GHz帯衛星放送システムを提案**

技術の種類	技術の概要
広帯域急峻フィルタ技術	電波天文業務との両立性確保のため、21GHz 帯衛星放送からの近接する電波天文帯域における不要発射を 65dB 以上抑制するとともに、超高精細映像等の大容量伝送を想定した 300MHz 級の広帯域信号に対応するため、約 300MHz を 1dB 程度の低損失で通過させることを可能とするフィルタ技術。
アンテナパターン可変技術	アレー給電反射鏡アンテナを用いて、各放射素子から放射される信号を空間で合成する空間合成アンテナ技術の適用により、従来の衛星放送よりも高い送信出力が必要な 21GHz 帯衛星放送であっても、耐電力性問題を回避するとともに、日本全国を一定の電力で放射し、必要に応じて、特定地域へのみの放射電力を増大させるアンテナパターンを形成する技術（増力ビーム形成技術）。

・スケジュール

技術の種類	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
広帯域急峻フィルタ技術	設計	試作・評価	改良(機能追加)	システム検証 (総合評価)
アンテナパターン可変技術	設計	試作	評価	

(2) 達成目標

次世代衛星放送の利用が想定される周波数帯（21GHz 帯等）は、現在衛星放送サービスが行われている 12GHz 帯と比較して降雨減衰が大きく、送信電力の高出力化が必要である。また、広帯域信号を使用して超高精細映像伝送を行うためには、近接する電波天文帯域における不要発射レベルを十分に抑制しなければならない。

21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムの実現のため、衛星からの送信電力を高出力化する技術と特定地域のみへの放射電力を増大させるアンテナパターン可変技術及び近接周波数帯における不要発射レベルを 65dB 以上抑制させ、低損失・低群遅延で 300MHz 級の広帯域伝送に対応する広帯域急峻フィルタ技術の開発により、降雨による電波減衰（降雨減衰）の増大を考慮した高出力化に対応し、かつ、高度な放送サービスの提供に向けた数百 MHz 幅の信号伝送を行いながら帯域外不要発射を急峻に減衰することで近接する電波天文帯域の保護を実現し、周波数の一層の有効利用に資する。

○ 関連する主要な政策

V. 情報通信（ICT政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」

○ 閣議決定等の上位計画・全体計画等

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表（平成 28 年 5 月 20 日改定 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）
- ・世界最先端 I T 国家創造宣言（平成 27 年 6 月 30 日 閣議決定）
- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 18 日 閣議決定）
- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

(3) 目標の達成状況

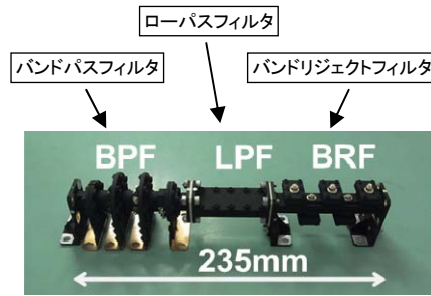
4 年間の研究開発期間を通じて、各要素技術について下表のとおり目標を高いレベルで達成して確立した。

また、これらの技術の確立により、次のとおり 21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムが実現するとともに、周波数の一層の有効利用に資することができ、所期の目標を達成した。

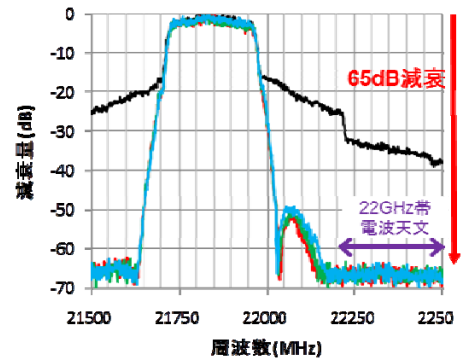
- ・広帯域急峻フィルタ技術の確立により、約 250MHz 幅の広帯域で良好な伝送特性を確保しつつ、電波天文業務が使用する近接周波数帯（22.21-22.5GHz）への不要波成分を十分に抑圧することが可能となり、大きなガードバンドを設けることなく、21GHz 帯衛星用周波数帯の有効利用が可能となった。
- ・アンテナパターン可変技術の確立により、衛星中継器の耐電力の向上による高出力化が可能となり、変調方式の多値化による単位周波数当たりの情報伝送量の向上が図られ、超高精細映像伝送に必要な伝送容量の確保が可能となるとともに、衛星の限られた電力を有効に活用し、降雨による電波減衰（降雨減衰）等による受信不良状態の低減を図ることが可能となった。

技術の種類	目標の達成状況
広帯域急峻フィルタ技術	開発した 21GHz 帯広帯域急峻フィルタについて、熱真空環境下において電気特性を評価した結果、帯域内振幅偏差を 0.8dBp-p 以下、挿入損失を目標値である 1 dB 以内、帯域内群遅延偏差は 5.0ns-p 以下で良好な帯域内特性を確認した。 シンボルレート 250Mbaud で動作する広帯域変調器及び広帯域復調器、21GHz 帯 TWT と組

み合わせて、熱真空試験により 22GHz 帯及び 43GHz 帯の電波天文帯域における帯域外不要波抑圧を評価した結果、22GHz 帯電波天文帯域における減衰量は 65dB 以上、43GHz 帯電波天文帯域における減衰量は 80dB であり、21GHz 帯放送衛星を最大出力で送信した場合にも電波天文業務との両立性を確保できることを確認した。



図：広帯域急峻フィルタ試作品



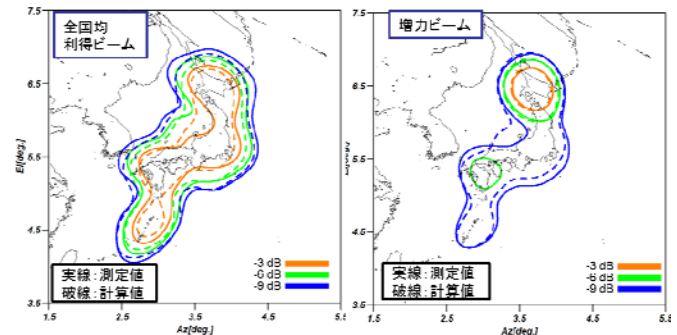
図：対域外不要波抑圧

32 系統の 5 ビット制御 MMIC (モノリシックマイクロ波集積回路) デジタル移相器及び減衰器で構成するビーム形成回路 (BFN)、一体化構造の 32 素子ホーンアンテナアレー、軽量で熱変形の小さい炭素繊維三軸織物によるメンブレン構造とした反射鏡を組み合わせてアレー給電イメージングリフレクタ及びアレー給電鏡面修整アンテナを構成し、日本をサービスエリアとする放射パターンを形成・評価した結果、全国を均一利得で照射可能なこと、一部の地域のみをアレー給電イメージングリフレクタの場合は 5～7 dB、アレー給電鏡面修整アンテナの場合は 2～4 dB 増力する放射パターンが形成可能であることを確認した。

アンテナパターン可変技術



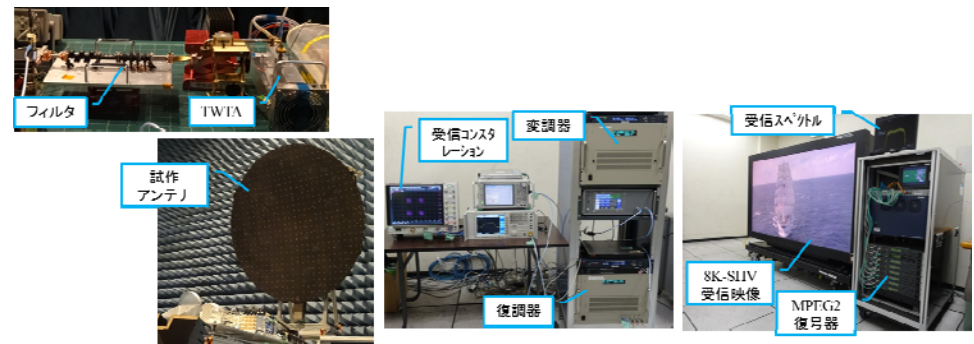
図：アレー給電反射鏡アンテナ試作品



図：放射パターン測定結果

広帯域急峻フィルタ及びアレー給電反射鏡アンテナを接続し、21GHz 帯中継器を模擬した広帯域信号伝送試験により、ビーム制御が伝送性能に与える影響はほとんど無いこと、8 K スーパーハイビジョン信号を良好に伝送できることを確認した。

21GHz 帯衛星放送システムの検証



図：21GHz 帯中継器を模擬した広帯域伝送試験

3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成28年6月28日）において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数、国際標準提案件数等も調査し、必要性・有効性等を分析した。

○研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績

研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績から、数多くの論文発表や21GHz帯放送衛星搭載用の反射鏡アンテナや広帯域フィルタ等に係る特許出願など、本研究開発成果の実用化を視野に入れた取組を達成できており、本研究開発の必要性、有効性等が認められた。

主な指標	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	合計
査読付き誌上发表論文数	0件(0件)	1件(1件)	0件(0件)	1件(0件)	2件(1件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0件(0件)	7件(7件)	6件(6件)	3件(3件)	16件(16件)
その他の誌上发表数	0件(0件)	1件(0件)	2件(0件)	1件(0件)	4件(0件)
口頭発表数	2件(0件)	8件(0件)	2件(0件)	3件(0件)	15件(0件)
特許出願数	1件(0件)	9件(0件)	6件(0件)	3件(0件)	19件(0件)
特許取得数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
国際標準提案数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
国際標準獲得数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
受賞数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
報道発表数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
報道掲載数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等及び査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」及び「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	2020年オリンピック・パラリンピック東京大会の開催等を契機として、現行の地上デジタルテレビ放送の4倍(4K)・16倍(8K)の画素数により高精細で立体感、臨場感ある映像を実現する4K・8Kの超高精細度放送に対する国民のニーズが高まっており、超高精細映像伝送を行う衛星放送システムの実現が期待されているが、次世代衛星放送の利用が想定される周波数帯(21GHz帯等)は、現在衛星

	<p>放送サービスが行われている 12GHz 帯と比較して降雨減衰が大きく、送信電力の高出力化が必要である。また、広帯域信号を使用して超高精細映像伝送を行うためには、近接する電波天文帯域における不要発射レベルを十分に抑制しなければならない。</p> <p>本研究開発の実施は、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送の実現に向けた技術的課題（近接する電波天文帯域における不要発射レベルの十分な抑制及び送信電力の高出力化）を解決するために不可欠なものであったことから、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、衛星放送システムに関する専門的知識や研究開発実績を有する受託者が蓄積したノウハウを積極的に活用することにより、効率的に研究開発が進められた。</p> <p>また、外部専門家・外部有識者（学術機関、衛星運用事業者、衛星機器メーカー等）及び受託者で構成される「次世代衛星放送システム研究開発運営委員会」が設置され、研究開発の進捗状況や課題を共有するとともに、課題解決に向けた研究の進め方や成果の取りまとめ方等について助言を受けるなど、効率的な実施のための情報交換が積極的に行われた。</p> <p>さらに、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施した。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発の実施により、広帯域急峻フィルタ技術やアンテナパターン可変技術など、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送を実現するための課題解決に資する技術が確立されたことにより、高度な放送サービスの提供に向けた数百 MHz 幅の信号伝送を行いながら帯域外不要発射を急峻に減衰することで近接する電波天文帯域の保護を実現し、かつ、降雨による電波減衰（降雨減衰）の増大を考慮した高出力化に対応することが可能となり、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムが実現するとともに、周波数の一層の有効利用に資することができた。</p> <p>さらに、東経 110 度における 21GHz 帯衛星放送の静止衛星軌道及び使用周波数帯の権利確保に向け、平成 27 年に ITU に我が国が提出した登録申請の内容に近接周波数帯の不要発射を抑制させる本研究開発の成果が反映され、諸外国との調整の促進が期待されることから、衛星軌道・周波数に係る国際権益の確保なども着実に実施されることにより、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムの実用化にも寄与している。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発の成果は、21GHz 帯放送衛星用周波数の有効利用の一層の向上に寄与するものであることから、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となる。また、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムの実現により、新たな放送サービスに対するニーズに対応することができ、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会の開催等を契機として、4 K・8 K の超高精細度放送に対する国民のニーズが高まっており、かつ、諸外国においても、例えば韓国では 4 K 地上放送を目指した実験等が実施され、米国では次世代放送の技術標準の検討が行われるなど、放送の高画質化に向けた取組が世界的に進展していることから、我が国においても超高精細映像伝送を行う新たな衛星放送サービスを早期に実現する必要がある。</p> <p>また、世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表（平成 28 年 5 月 20 日改定 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）においても、「平成 30 年には B S・110 度 C S による 4 K・8 K 実用放送を開始すること」や「平成 32 年には、4 K・8 K 放送が普及し、多くの視聴者が市販のテレビで 4 K・8 K 番組や放送番組とインターネット経由のコンテンツが連動して表示されるスマートテレビに対応したサービスを受用できる環境を実現すること」が目標（マイルストーン）として記載されており、国として超高精細映像伝送を行う衛星放送システムの実現に不可欠な本研究開発に早期に着手する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発により、近接周波数帯における不要発射レベルを 65dB 以上抑制させ、低損失・低群遅

延で 300MHz 級の広帯域伝送に対応する広帯域急峻フィルタ技術及び衛星からの送信電力を高出力化する技術と特定地域のみへの放射電力を増大させるアンテナパターン可変技術を確立したことにより、高度な放送サービスの提供に向けた数百 MHz の信号伝送を行いながら帯域外不要発射を急峻に減衰することで近接する電波天文帯域の保護を実現し、かつ、降雨による電波減衰（降雨減衰）の増大を考慮した高出力化に対応することが可能となり、21GHz 帯において超高精細映像伝送を行う衛星放送システムが実現するとともに、周波数の一層の有効利用に資することができた。

また、多くの論文の発表、特許の出願、衛星軌道・周波数に係る国際権益の確保なども着実に実施されるなど十分に目標を達成しており、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

<今後の課題及び取組の方向性>

4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 中間報告（平成 26 年 9 月 総務省）においても、「衛星放送に関する 2018 年の目標として、可能な限り早期に BS 等において 4K 及び 8K の実用放送の開始を目指す」とされており、本研究開発の成果を踏まえ、21GHz 帯放送衛星システムの実用化に向けて取り組んでいく。

具体的には、4 年間の研究開発期間を通じて、21GHz 帯衛星放送システムの実現に必要な個別の要素技術に関する目標を達成したことから、今後は実用化等による成果展開を目指し、実用化の主体となる放送事業者やメーカ等と密に連携しつつ、実用化に向けた技術課題の検討、平成 29 年打上げ予定の次期放送衛星を利用した実証実験の実施、国際標準化の推進等を進めていく。

併せて、我が国の 21GHz 帯衛星放送に係る衛星軌道位置及び周波数の確保に向けて、本研究開発の成果を反映し、諸外国との調整を進めていく。

5 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 6 月 28 日）において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、外部有識者から以下の御意見を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・広帯域急峻フィルタ及びアンテナパターン可変技術の両者について、十分に目標を達成する成果が得られている。
- ・特殊法人単独の体制であるが、効率的に実施され、経済的効率性も妥当であった。
- ・本研究開発の成果は電波天文保護及び降雨減衰克服に寄与するであろう。また、広帯域急峻フィルタやアレー給電反射鏡アンテナによるアンテナパターン可変技術は実用性が高いと考えられる。
- ・多数の特許申請を行っている。

6 評価に使用した資料等

- 新成長戦略（平成 22 年 6 月 18 日 閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>
- 新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/100511honbun.pdf>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月 30 日 閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryoul.pdf>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表（平成 28 年 5 月 20 日改定 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/koteihyo_kaitei.pdf
- 電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月 総務省）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000334592.pdf
- 周波数再編アクションプラン（平成 27 年 10 月改定版）（平成 27 年 10 月 総務省）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000175.html

○4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 中間報告（平成26年9月 総務省）

http://www.soumu.go.jp/main_content/000312825.pdf

○電波資源拡大のための研究開発の実施（総務省）

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>