

平成 29 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 29 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発

2 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 26 年度～平成 28 年度（3 か年）

・実施主体

特殊法人

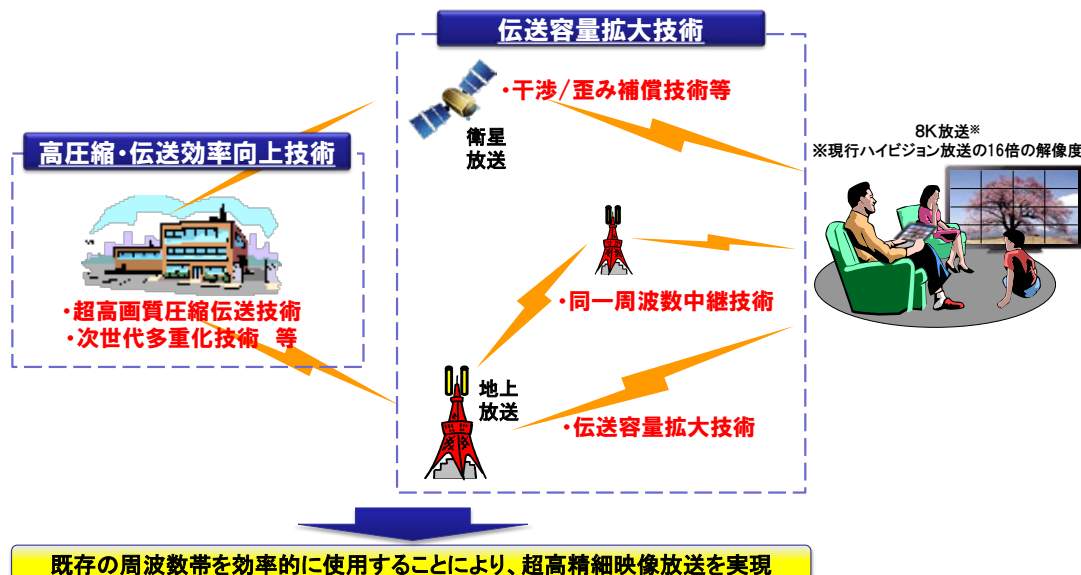
・総事業費

1, 121 百万円

平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	総 額
336 百万円	395 百万円	390 百万円	1, 121 百万円

・概 要

現行のハイビジョン放送(2K)を大きく上回る伝送容量を必要とする、超高精細度映像(4K・8K)の放送に向けて、衛星・地上放送の更なる大容量化を進めるべく、伝送容量拡大技術や高圧縮・伝送効率向上技術等を確認し、周波数のより一層の有効利用を図るもの。



技術の種類	技術の概要
伝送容量拡大技術	・衛星放送に関する干渉/歪み補償技術 大容量となる超高精細度映像の伝送を衛星デジタル放送により実現するため、衛星搭載中継器（増幅器、入出力フィルタ）で生じる振幅・位相歪みなどの非線形特性による放送信号の伝送性能劣化を抑制するとともに、高能率変調方式を適用した場合の受信信号を改善する衛星伝送歪み補償技術。

	<ul style="list-style-type: none"> ・地上放送に関する伝送容量拡大技術 現行の地上デジタル放送に「偏波 MIMO 伝送技術」、「超多値 OFDM 技術」及び「次世代 SFN 技術」等により、限られた地上放送用周波数帯域において周波数利用効率を格段に高めるための、超高精細度地上放送システムの実現に必要な伝送基盤技術。
高圧縮・伝送効率向上技術	<ul style="list-style-type: none"> ・超高画質圧縮伝送技術 解像度の異なる複数の超高精細度映像（4K と 8K）を合わせて伝送する際に、伝送路の負担を極力軽減するための新たな高圧縮・伝送効率向上技術。 ・次世代多重化技術 大容量の超高精細度映像を、パケットの大型化や制御信号の最適化等により、効率よく伝送するための新たな多重化技術。

・スケジュール

技術の種類	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
伝送容量拡大技術	設計	試作・評価	改良・総合評価 総合試験
高圧縮・伝送効率向上技術	設計	試作・評価	改良・総合評価 総合試験

(2) 達成目標

超高精細度映像（4K・8K）の放送は、現行のハイビジョン放送（2K）を遥かに上回る伝送容量が必要であるため、衛星デジタル放送や地上デジタル放送により伝送するためには、高度な映像圧縮伝送による伝送帯域の大幅削減や、衛星放送帯域（12GHz 帯）や地上放送帯域（UHF 帯）において、更なる周波数利用効率のよい伝送方式の開発が求められる。

本研究開発は、より伝送効率の高い変調方式や干渉／歪み補償技術等を用いることで、伝送容量拡大技術を確立するとともに、将来限られた伝送容量内での超高精細度映像配信を目指した、高圧縮・伝送効率向上技術を確立することにより、衛星・地上放送の更なる大容量化等を図るとともに、周波数の有効利用の一層の向上に資する。さらに、これら技術を世界に先駆けて開発することにより、国際標準化を通じた我が国の国際競争力強化に資する。

○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」

○政府の基本方針（閣議決定等）、上位計画・全体計画等

名称（年月日）	記載内容（抜粋）
4K・8K ロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告（平成 27 年 7 月 30 日）	5-(6) 地上放送に関する取り組み 『地上放送における 4K・8K の実現には、技術やコスト等の解決すべき課題は多い。このため、より効率的な伝送を実現すべく、速やかに総合的な研究開発の取り組みを進めて、その上で、技術的な可能性を検証するために、都市部における地上波によるパブリックビューイング向けなどの伝送実験等を検討する。』
電波政策ビジョン懇談会最終報告書（平成 26 年 12 月 26 日）	2-③ 超高精細度テレビジョン放送等の実現 『超高精細度テレビジョン放送のための素材伝送の進展や、東京オリンピック・パラリンピック等に向けた対応状況等も踏まえながら圧縮伝送技術を開発するなど、周波数の有効利用を図ることが必要である。』

<p>世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 14 日）</p>	<p>Ⅲ-1-(5)次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化 『8K に対応した放送については 2016 年に、衛星放送等における放送開始を目指す。』 『2020 年には、市販のテレビで 4K・8K 放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を整備する。』</p>
------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(3) 目標の達成状況

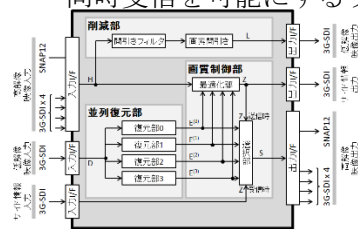
本研究開発においては、以下の技術を確立し、衛星・地上放送の更なる大容量化等の実現を図り、周波数の有効利用の一層の向上に寄与した。このことから、所期の目標を達成したといえる。

技術の種類	目標の達成状況
<p>伝送容量 拡大技術</p>	<p>【衛星放送に関する干渉／歪み補償技術】</p> <p>① 12GHz 帯放送衛星への搭載を想定した高出力固体増幅器の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ゲート長を 0.15 μm に短縮した GaN トランジスタを用いた 12GHz 帯高出力増幅器を開発し、出力 120W（効率 31%）を達成。 <p>② 衛星中継器の逆特性を利用した適応等化器の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> IMUX/OMUX¹逆特性フィルタ部及び TWTA²逆特性振幅・位相調整部で構成した適応等化器を開発し、提案型適応等化器を搭載した受信機を試作。16APSK について改善量を評価し、従来型等化器よりも 0.3dB の改善を達成。 <p>③ 高線形性増幅器を用いた 16APSK の伝送特性評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 試作した高出力増幅器にドライバンプ及びリニアライザを追加して、高線形性増幅器を構成し、16APSK の伝送特性を評価。従来の衛星放送で使用されている進行波管(TWT)に比べ、所要 C/N と出力バックオフの合計値で 1.1dB の改善を達成。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>内部 入力 出力</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">試作した高出力固体増幅器 試作した受信機</p> <p>【地上放送に関する伝送容量拡大技術】</p> <p>① 次世代 SFN³技術に対応した偏波 MIMO⁴-超多値 OFDM⁵ 変復調装置の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行の地上デジタル放送とほぼ同一の所要 C/N となる条件下（256QAM, LDPC 符号化率 2/3）で、SFN 環境においても、46.88Mbps 以上の伝送容量を確保し、現行の地上デジタル放送（64QAM, 畳込み符号化率 3/4 で 18.25Mbps）の 2 倍を超える伝送効率を達成。 実験試験局を用いて、伝搬距離が中・長距離(数 km～数十 km 程度)となる SFN 環境下における伝送特性の測定・評価を実施し、偏波 MIMO-超多値 OFDM 伝送技術と次世代 SFN 技術を確立することで、SFN 環境下においても、8K 映像が安定して伝送可能なことを確認した。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) 外観 (b) 装置内部</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">次世代 SFN 技術対応の復調装置 総合接続試験の実験システム</p>

1 入力多重装置（Input-Multiplexer）、出力多重装置（Output-Multiplexer）
2 進行波管増幅器（Traveling Wave Tube Amplifier）
3 同一周波数ネットワーク（Single Frequency Network）
4 水平・垂直の両偏波による複数波入出力技術（Multiple-Input and Multiple-Output）
5 直交周波数分割多重技術（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）

【超画質圧縮伝送技術】

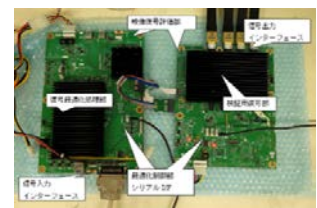
- ① 最適化超解像予測処理装置、サイド情報符号化装置および映像復号評価装置の開発
- 限られた伝送帯域で超高精細度映像の伝送を可能にする手法理論として、解像度削減、超解像復元及び最適化に基づく手法を確立し、各種パラメータ設定の最適化をリアルタイムで制御する機能改善を行い、最適化超解像予測処理装置を開発した。
 - 最適な超解像モードをサイド情報として伝送する際のデータ量削減のため、サイド情報符号化装置を開発し、約 60%のデータ圧縮を可能とした。
 - HEVC⁶方式による符号化信号の評価のため、映像復号評価部、復号最適化処理部、検証用復号部及び最適化制御部により構成した、映像復号評価装置を開発した。
 - 上述の装置を用いて、機能検証、性能評価を実施した結果、伝送路符号化・変調方式による効率向上と合わせて、現行の衛星・地上デジタル放送方式の4倍超の伝送効率向上技術を確立するとともに、4K映像伝送帯域で8K・4K同時受信を可能にするリアルタイム符号化技術を確立した。



超解像予測処理装置の構成



超解像予測処理装置

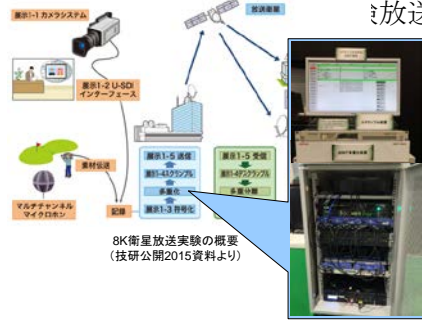


映像復号評価装置

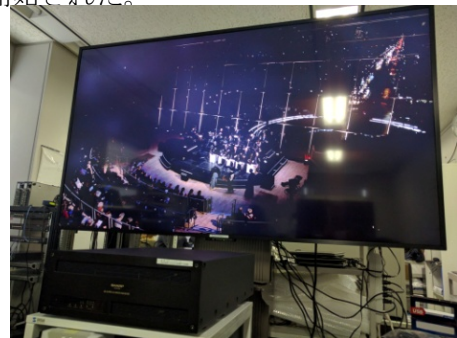
高圧縮・伝送効率向上技術

【次世代多重化技術】

- ① 伝送効率の高い運用仕様の開発
- IP上での映像・音声を多重する方式であるMMT⁷を放送伝送路へ適用するための要件を確立し、パケットの大型化によりパケットヘッダを現行の1割程度に削減できた他、伝送路容量の99%以上を実データの伝送に用いることが確認された。
 - この伝送効率の高い運用仕様については、ITU-R SG6⁸に新勧告案として提案し、2015年6月に、MMT技術を用いた放送システムに関する勧告ITU-R BT.2074として発行された。
- ② MMT対応多重化装置・多重分離装置等の開発
- 作成した伝送効率の高い運用仕様に基づき、MMT対応多重化装置と、多重分離装置及びリアルタイムデコーダを開発。
 - 当該装置を用いて、8K衛星伝送実験を行い、機能検証、性能評価を実施した結果、パケット損失もなく正常に受信・再生ができることを確認した。
 - また、本件で開発したMMTによる多重化技術は、高度広帯域衛星放送に採用され、放送が開始された。



8K衛星伝送実験の概要



高度広帯域衛星放送の試験放送

6 高効率映像圧縮符号化技術 (High Efficiency Video Coding)
 7 多様な伝送路に対応したメディア伝送方式 (MPEG Media Transport)
 8 国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) 第6研究委員会 (SG6: 放送業務)

3 政策効果の把握の手法

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。この観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 29 年 6 月 19 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。

4 政策評価の観点・分析等

○研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績からの分析

研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績については、下表に示すとおり。特に、国際標準化について、衛星放送伝送方式に関しては、ITU-R SG4 WP4B 会合において、超高精細度テレビジョン放送の衛星伝送方式に関する新勧告 (B0. 2098) が承認・発行された他、次世代多重化技術に関しては、ITU-R SG6 WP6B⁹会合や ISO/IEC¹⁰の関連会合において、MMT を用いた多重化に係る運用仕様をまとめた新勧告（それぞれ BT. 2074、ISO/IEC TR 23008-13）が承認・発行されるなど、当初目標を達成できており、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 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	1 件 (1 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)	2 件 (2 件)	5 件 (4 件)	6 件 (6 件)	13 件 (12 件)
その他の誌上発表数	7 件 (0 件)	7 件 (0 件)	5 件 (1 件)	19 件 (1 件)
口頭発表数	14 件 (6 件)	16 件 (0 件)	8 件 (1 件)	38 件 (7 件)
特許出願数	3 件 (0 件)	7 件 (0 件)	2 件 (0 件)	12 件 (0 件)
特許取得数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国際標準提案数	10 件 (10 件)	5 件 (5 件)	7 件 (7 件)	22 件 (22 件)
国際標準獲得数	2 件 (2 件)	2 件 (2 件)	5 件 (5 件)	5 件 (5 件)
受賞数	1 件 (0 件)	3 件 (1 件)	3 件 (3 件)	7 件 (4 件)
報道発表数	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)

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：「査読付き誌上発表論文数」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およ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：「その他の誌上発表数」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。

⁹ 国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) 第 6 研究委員会 (SG6：放送業務) の作業部会 (WP6B：放送サービスの構成及びアクセス)

¹⁰ 国際標準化機構 (International Organization for Standardization) と国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)

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）」および「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	<p>通信・放送サービスを取り巻く環境が大きく変化している中、超高精細度映像による新たな放送に対するニーズが高まっており、世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 14 日決定）においても、次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化として、『8K に対応した放送については 2016 年に、衛星放送等における放送開始を目指す。』や『2020 年には、市販のテレビで 4K・8K 放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を整備する。』ことが求められている。</p> <p>超高精細度映像の放送は、現行のハイビジョン放送を遥かに上回る伝送容量が必要であるため、衛星デジタル放送や地上デジタル放送により伝送するためには、高度な映像圧縮伝送による伝送路帯域の大幅削減や、衛星放送帯域（12GHz 帯）や地上放送帯域（UHF 帯）においてさらに周波数利用効率のよい伝送方式の開発が求められおり、これらの技術開発によって、現在割り当てられている衛星放送や地上放送の周波数帯域を拡大することなく、超高精細度映像を用いた新たな放送サービスを実現するための伝送基盤技術を早期に確立し、より一層の電波の有効利用を行う必要があったもの。</p> <p>よって、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、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他、外部の有識者から構成される本研究開発の運営委員会や、外部有識者による継続評価会において、研究開発の進捗状況の確認や今後の進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>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、伝送容量を拡大する技術として、伝送効率の高い変調方式や干渉／歪み補償技術、時空間符号化を応用した次世代 SFN 技術等を確立した他、高圧縮・伝送効率向上技術として、従来の映像圧縮伝送技術よりも更に伝送効率を高めた新たな高圧縮・伝送効率向上技術や、IP パケットを用いた MMT による多重伝送方式を確立することで、限られた伝送容量内での超高精細度映像の伝送を可能とし、周波数の有効利用に資することができた。</p> <p>また、本研究開発の成果の一部は、国際標準化機関における勧告に反映されるなど、我が国の国際競争力強化に大きく貢献した。</p> <p>さらに、本研究開発で開発した 16APSK 等の多値変調やロールオフ率低減による衛星放送の伝送容量拡大技術や MMT による多重化技術については、高度広帯域衛星デジタル放送（衛星 4K・8K 放送）の伝送技術、多重化技術に採用され、2016 年 8 月には試験放送が開始された他、これに関連し、当該放送を受信するための受信機や、STB を開発するために必要となる MMT 解析装置や MMT 記録・再生装置が複数のメーカーから販売されるなど、社会的・経済的効果があった。</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、衛星及び地上放送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、成果の一部は、2018 年 12 月から実用放送が開始される高度広帯域衛星デジタル放送（衛星 4K・8K 放送）で活用されるなど、新たな放送サービスに対する国民のニーズに応える形となっており、広く国民の利益にも繋がっていると考えられる。</p>

	<p>なお、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・選定を行ったものである。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、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、かつ、諸外国においても、例えば韓国では、地上波による4K放送を目指した実証試験が実施され、また、米国では次世代放送の技術標準であるATSC3.0の検討が進められるなど、放送の高画質化に向けた取り組みが世界的に進展している状況であり、我が国においても超高精細度映像伝送を行う次世代放送サービスの実現に向けて、早期に研究開発に取り組む必要があったところ。</p> <p>世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月14日決定）においても、次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化として、『8Kに対応した放送については2016年に、衛星放送等における放送開始を目指す。』や『2020年には、市販のテレビで4K・8K放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を整備する。』と記載されており、国策として次世代放送サービスの実現に向けた研究開発を優先的に着手する必要があったもの。</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>

5 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発では、伝送効率の高い変調方式や干渉／歪み補償技術等を開発し、伝送容量拡大を可能とする要素技術を確立するとともに、超解像予測処理技術やMMTを用いた多重化技術等を開発し、超高精細度映像の高圧縮化技術及び伝送効率向上技術を確立することにより、衛星デジタル放送や地上デジタル放送による、超高精細度映像の伝送を実現し、周波数の一層の有効利用に資することができた。特に、本研究開発で開発した衛星放送の伝送容量拡大技術、MMTを用いた多重化技術については、国際標準化を獲得するとともに、2018年12月から実用放送が開始される高度広帯域衛星デジタル放送に採用され、2016年8月には試験放送が開始されるなど、世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月14日決定）に記載された、『8Kに対応した放送について2016年に衛星放送による放送開始』という国策としての目標達成にも大きく貢献した。

また、多くの論文の発表、特許の出願、国際標準化に係る活動なども着実に実施され、当初目標を十分に達成しており、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>

地上放送に関する取り組みとして、4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合第二次中間報告（平成27年7月 総務省）において、『地上放送における4K・8Kの実現には技術やコスト等の解決すべき課題は多い。このため、より効率的な伝送を実現するべく、速やかに総合的な研究開発の取組を進めて、その上で、技術的な可能性を検証するために、都市部における地上波によるパブリックビューイング向けなどの伝送実験等を検討することが考えられる。』と提言されたことを踏まえ、本研究開発の成果も活用しながら、引き続き総合的な研究開発の取組を進めていく必要がある。

具体的には、現行の地上テレビジョン放送の特徴（移動体受信や中継局ネットワークによる放送エリア拡大）を継承したまま、現行の約4倍の伝送効率向上を可能とする技術について、本研究開発の成果も活用しながら、平成28年度以降も引き続き研究開発に取り組んでいく。（平成28年度から、地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発を実施中。）

6 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29年6月19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等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- 目標の達成度については、計画に沿って目標を達成している。対外発表数や、標準化への取組なども十分な成果を挙げている。
- 実施体制については、受託者だけでなく、有識者による運営委員会も構成されており妥当である。
- 経済的効率性については、得られた成果は予算に対して適切なものと考えられる。
- 総合的に見ても大変有益であったと考えられる。

7 評価に使用した資料等

- 4K・8K ロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告（平成 27 年 7 月 30 日）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu11_02000058.html
- 電波政策ビジョン懇談会最終報告書（平成 26 年 12 月 26 日）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 14 日）
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it_kokkasouzousengen.pdf
- 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合 <電波利用料>
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>