

平成 22 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局 電波部衛星移動通信課

評価年月：平成 22 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

衛星通信における適応偏波多重（APDM）伝送技術の研究開発

2 達成目標

人工衛星を用いた移動体通信の周波数需要に応えるため、衛星通信の利用が進んでいる Ku 帯（14/12GHz 帯）周波数の一層の有効利用に資する適応偏波多重（APDM: Adaptive Polarization Division Multiplex）伝送方式について研究開発を行い、最大で 2 倍程度の周波数有効利用を実現する。

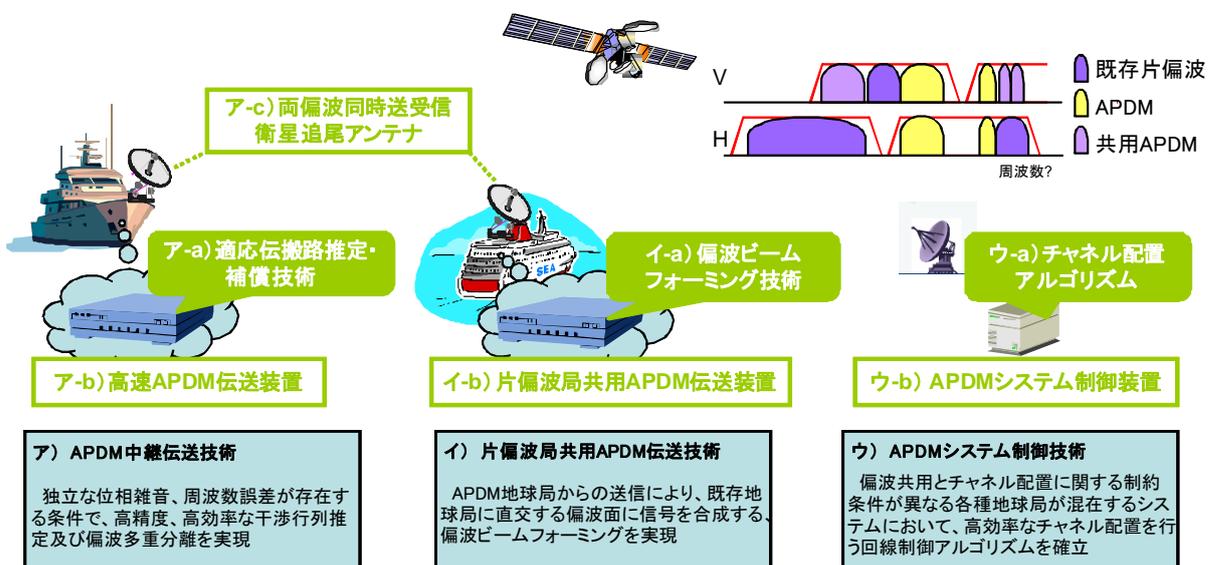
3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

- ・実施期間 平成 19 年度～平成 21 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業等（研究開発受託者）
- ・概要

Ku 帯において船舶や航空機といった移動体に搭載される無線局（地球局）が移動中に複雑な偏波追尾制御を用いなくても安定した衛星通信が実現できるようにするため、両偏波（水平偏波/垂直偏波）を用いて適応的に多重伝送する（適応偏波多重）伝送方式について、次に示す事項の研究開発を行う。

- ・独立な位相雑音、周波数誤差が存在する条件で、高精度、高効率な干渉行列推定及び偏波多重分離技術
- ・両偏波の送受信アンテナによって、既存地球局に直交する偏波面に信号を送信合成（偏波ビームフォーミング）する技術
- ・各種地球局が混在するシステムにおいて、高効率なチャンネル配置を行う回線制御アルゴリズム
- ・概要図



・総事業費

(総額) 769 百万円

(内訳)

平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
219 百万円	332 百万円	218 百万円

(2) 事業等の必要性及び背景

衛星通信システムには、広域性、同報性、耐災害性といった特長があるため他の通信手段より優れた役割を担う可能性を有し、取り分け航空機や船舶といった移動体でのデジタル・ディバイド解消に向けた通信システムとして、人工衛星を用いた移動体向けの衛星通信システムの需要が非常に高まっているところである。

このような背景を踏まえ、現在、Ku 帯では従来から利用されている VSAT (Very Small Aperture Terminal ; 超小型衛星通信用地球局) 等固定通信の利用に加え、ESV (Earth Stations on board Vessels ; 船上地球局) といった従来に比べ大容量伝送を可能とする移動体向けの衛星通信システムが導入されつつある。また、Ku 帯は国際的な利用が進んでおり、我が国では新たな軌道位置を確保することが困難となりつつある。そのため、低い周波数帯からの移行先としての受け皿等、今後の周波数需要に対応するためには、既存の Ku 帯のより一層の周波数有効利用を図っていく必要がある。

一方、Ku 帯において、移動体で衛星通信を利用する場合、移動に伴う偏波角度の変化に対し、高い交差偏波識別度 (XPD : Cross Polarization Discrimination) を保つため、アンテナの偏波追尾機構が必要である。しかしながら、偏波追尾機構を備えたアンテナは、複雑な制御が必要なため高価となり、かつ安定に精度を保つことが困難なことから、Ku 帯における移動体向け衛星通信サービスでの課題となっている。今後、移動体で衛星通信をより一層、普及促進するためには、偏波面を自動で追尾する複雑な制御回路を不要とし、小型・軽量で安価なアンテナで通信が可能な伝送方式について検討することが必要である。

このため、国や行政が本研究開発を積極的に実施することで、新たな周波数需要に的確に対応し、周波数利用の効率化や高い周波数への移行を可能とする、電波資源の拡大に資する周波数を効率的に利用する技術、周波数の共同利用を促進する技術、高い周波数への移行を促進する技術の実現を図り、電波の公平かつ能率的な利用を確保することによって、需要の増加に伴う周波数のひっ迫により生じる混信・ふくそうを解消又は軽減する技術を導入することが求められている。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

- 上位の政策：政策 14 「電波利用料財源電波監視等の実施」
- IT 新改革戦略 (平成 18 年 1 月 19 日)
 - 2 IT 基盤の整備
 - (1) デジタル・ディバイドのない IT 社会の実現
 - デジタル・ディバイドのないインフラの整備 —ユビキタス化の推進—
- 国会附帯決議
 - ・衆議院・総務委員会 (平成 16 年 4 月 13 日)
「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」
 - ・参議院・総務委員会 (平成 16 年 5 月 11 日)
「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

4 政策効果の把握の手法

本件の評価に当たっては、衛星通信において最大で 2 倍程度の周波数有効利用を実現するという達成目標に対し、下記の評価指標を設定し、実施計画書に記載された定量的もしくは定性的目標に対する達成状況の把握を実施する。また、技術的側面として特許出願件数、さらに、国際標準化の側面として、学会への論文投稿や国際機関への文書提出状況からも評価を行った。

なお、本研究開発の効果の把握に当たり、透明性・実効性を高めるため、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において評価を行った結果も参考とする。

<評価指標>

○APDM 中継伝送技術

偏波多重伝送時に偏波間に独立な位相雑音、周波数誤差が存在する条件で、高精度、高効率な干渉行列推定及び偏波分離実現の可否

○片偏波局共用 APDM 伝送技術

APDM 地球局からの送信により、既存地球局に直交する偏波面に信号を合成する偏波ビームフォーミング実現の可否

○APDM システム制御技術

チャンネル配置制約が異なる各種地球局が混在するシステムにおいて、高効率なチャンネル配置を行う回線制御アルゴリズム確立の可否

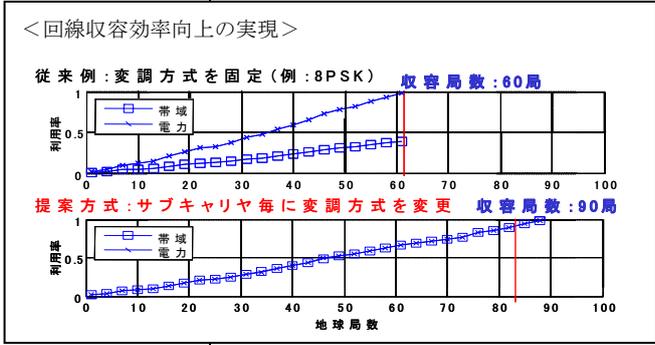
5 目標の達成状況

技術成果として、APDM 中継伝送技術について、干渉行列推定及び偏波多重分離による偏波間干渉除去が可能な伝送装置と両偏波対応衛星追尾アンテナの開発、片偏波局共用 APDM 伝送技術について、偏波角制御を行うビームフォーミングと振幅・位相誤差を更正するアルゴリズムを考案しアンテナの偏波角誤差量の推定・補償を実現、APDM システム制御技術について、適応変調・符号化方式の概念を加えた回線制御アルゴリズムを開発し回線収容効率向上を実現した。

こうした技術開発を一体のシステムとして構築し、衛星を利用した実証実験を実施した結果、従来利用されてこなかった偏波面の利用が実現可能となることにより、当初の2倍程度の周波数有効利用が確認された。

達成状況を下表に示す。

	目標	達成状況
APDM 中継伝送技術	衛星中継器からの受信信号に対し、効率 $\geq 95\%$ 、劣化 $\leq 1\text{dB}$ を実現する基本アルゴリズムを確立、シミュレーション及び実験で有効性を検証を行う。	フレーム効率：9.7% 特性劣化量：0.5 dBを達成
	両偏波の同時送受信が可能な衛星追尾アンテナの開発。	APDM 伝送装置とアンテナを接続し、船舶動揺を与えた場合において、規定値の0.2度以下の指向誤差で衛星補足追尾を確認
片偏波局共用 APDM 伝送技術	劣化 1dB 以内で周波数共用伝送が可能な基本アルゴリズムを確立し、実装した片偏波局共用 APDM 伝送装置の開発を行う。	XPD $> 27\text{dB}$ BER 特性劣化 $< 0.8\text{dB}$ を達成 ※XPD：交差偏波識別度
APDM システム制御技術	両偏波を用いる地球局（APDM 局）及び片偏波局が混在する状況において、両偏波のチャンネル配置を地球局性能（APDM 局、片偏波局等）に応じて管理するアルゴリズムを確立し、さらに適応変調を加えて高機能化を行う。	DAMA による回線割当を確認。 スループットを評価し、設定値と測定値（衛星実験・IF 実験）がほぼ一致するのを確認。



また、本研究開発では、下表のとおり、論文発表、国際機関 ITU-R（国際電気通信連合無線通信部門）での寄与文書提出、特許出願等を行った。

外部発表一覧を下記に示す。

投稿種別	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	合計
査読論文	-	1	-	1
国際会議	-	6	5	11
研究会	-	6	7	13
総合大会等	3	8	8	19
特許	1	7	3	11
標準化	-	1	3	4
合計	4	29	22	59

6 目標の達成状況の分析

(1) 有効性の観点からの評価

本研究開発の実施により、2倍程度の周波数利用効率の向上が実現可能であることが確認され、所期の期待された効果が得られている。

(2) 効率性の観点からの評価

本研究開発の実施に当たっては、APDM 技術に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する研究所や衛星通信事業者の研究者のノウハウを活用することにより、民間企業の知見を活かした効率的な研究開発が実施できている。

(3) 必要性の観点からの評価

周波数の有効利用を可能とする偏波多重方式を用いた移動体向けの衛星通信システムは、一衛星システム内での容量増大・周波数有効利用に加えて、低周波数帯を利用した移動体衛星通信システムの Ku 帯への移行の促進及び周波数ひっ迫対策に資するため、本研究開発の必要性は高い。

(4) 公平性の観点からの評価

本研究開発は、無線局の免許人その他の無線通信の利用者の利益となるものであり、電波利用料を支弁して実施する研究開発として十分な公平性を有している。

(5) 優先性の観点からの評価

周波数がひっ迫している 6GHz 帯以下の周波数で使用している既存の衛星通信システムの一部を Ku 帯の高い周波数帯へ移行させることが必要であるという状況をかんがみると、Ku 帯における一層の周波数有効利用を図ることができる本研究開発は、低い周波数帯からの移行先としての受け皿になる等、今後の周波数需要に対応するため、優先的に実施する必要がある。

(6) 今後の課題及び取組の方向性

本研究開発により、衛星を利用した周波数の有効利用に資する技術が開発されたが、航空・海上分野の通信利用は陸上で利用されている無線通信に比べ、依然として十分に開発されているとは言えず、今後も様々な技術による新たな研究開発を推進していく必要がある。

7 政策評価の結果

本研究開発により、Ku 帯における衛星通信の周波数利用効率が当初の目標どおり達成し、移動体向けの衛星通信がより一層普及促進することが期待できるなど、所期の目標を達成できており、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

8 学識経験を有する者の知見の活用に関する事項

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合（第9回）」（平成22年5月24日）において、「所期の目標は達成できている」との評価をいただいたため、本研究開発の評価に活用した。

9 評価に使用した資料等

- 電波政策ビジョン（平成 15 年 7 月 30 日）
- IT 新改革戦略（平成 18 年 1 月 19 日：IT 戦略本部決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/060119honbun.pdf>