

海洋資源調査のための次世代衛星通信技術に関する研究開発

実施研究機関：国立研究開発法人情報通信研究機構
研究開発期間：H26年度～H30年度
研究開発費：H26年0.99億円、H27年0.8億円、H28年0.81億円、H29年0.81億円、H30年0.5億円 計3.9億円
担当課室名：国際戦略局 宇宙通信政策課

1. 研究開発概要

(1) 目的

資源の安定的・効率的な確保は、国の安全保障にも直結し得る重要な課題であり、我が国近海に眠る海底資源の開発を推進するため、衛星通信を活用して洋上のブロードバンド環境を構築することにより、海底資源の調査の飛躍的な高度化・効率化の実現を目指す。また、さらなる応用分野として、船舶の運航管理、船舶におけるブロードバンドサービス等のさらなる高度化、海上の遠隔監視等に資することを目指す。

(2) 政策的位置付け

- 本研究開発は、以下の政策文書に位置付けられている。
- 科学イノベーション総合戦略(平成25年6月閣議決定) 第2章1.3.(3) エネルギー源・資源の多様化
 - 海洋基本計画(平成25年4月閣議決定)第2部 1(1)イ 共通基盤等の整備
 - 世界最先端IT国家創造宣言(平成25年6月閣議決定) IV.2. 世界最高水準のITインフラ環境の確保
 - ICT成長戦略(平成25年6月総務省) 資源問題×ICT
 - 平成26年度宇宙開発利用に関する戦略的予算配分方針(平成25年6月内閣府宇宙戦略室決定) Ⅲ.1.C 通信・放送衛星

(3) 目標

i. 政策目標

国立研究開発法人海洋研究開発機構等が運用する調査船に本研究開発により開発する衛星地球局を搭載し運用することにより、メタンハイドレード、海底熱水鉱床等、将来の国産資源として期待される海底資源の調査の高速化及び効率化に貢献する。
この他、さらなる応用分野として、船舶の運航管理、船舶におけるブロードバンドサービス等のさらなる高度化、海上の遠隔監視等に資することを目指す。

ii. 研究開発目標

調査船に搭載し運用することが可能であり、伝送速度10Mbps級を達成する調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局を開発する。

2. 研究開発成果概要

小型・軽量かつ省電力で、10Mbps級の伝送速度を実現する資源調査船に搭載可能な衛星地球局を開発した。開発した地球局は、到達目標の各項目を満たし、特に、重量は目標の-15kg、消費電力は目標の50%削減を実現し、軽量化・省電力化について目標を大きく上回った。また、実証実験を通じて、開発した衛星捕捉・追尾機能の向上技術により海洋上での大きな動揺においても通信が確保されること、開発した地球局が実際に通信サービスを展開する商用衛星に適用可能であることを確認した。



開発した衛星地球局

項目	到達目標	開発結果
設置寸法	1×1×1.5m以内	0.99×0.99×1.1m (アンテナ径80cm)
重量(アンテナユニット)	100kg以下	84.5kg
通信速度	10Mbps以上	10Mbps以上
追尾誤差	±0.2° 以内	±0.15° 以内
駆動範囲	Az: 360° 連続	Az: 360° 連続 El: -20° ~160°
消費電力(運用時)	1000W以下	500W

開発した衛星地球局の主な性能と目標との比較

○ EIRP (Equivalent Isotropic Radiation Power) 増加技術

海洋上で10Mbpsの伝送速度を実現するため、EIRPの増加方法として、アンテナ径の増加、送信電力の増加の観点から検討を実施。アンテナ径については、アンテナドーム及びアンテナ支持構造の再設計により、内部の空間を広げることが可能とし、到達目標寸法を満たしつつ、従来の65cmから80cmに大型化することに成功した。

また、送信電力については、電力増幅素子に既存のガリウム砒素(GaAs)ではなく、消費電力及び動作許容温度に優位性のある窒化ガリウム(GaN)を新規に採用。これにより、消費電力を抑えつつ送信電力を増加させることに成功した。

以上により、消費電力の増加を伴わず、10Mbpsの伝送速度に必要なEIRPを得ることに成功した。

○ 衛星捕捉・追尾性能の向上技術

波の動揺の影響が大きい洋上で、調査船で使用される小型船舶であっても安定的に通信を確保するため、衛星捕捉・追尾機能の向上技術の開発を行った。特に、波の動揺により、仰角が0° 以下になる状況を考慮し、アンテナ支持構造を再設計し、水平方向のアンテナ駆動範囲を-20° まで拡大。外形寸法を目標値内に納めつつ、追尾精度は±0.15° を実現した。

○ 省電力化技術

海洋上において使用できる電力に大きな制約があるため、電力増幅部の省電力化技術を開発した。特に、新規電力増幅素子として、従来品(GaAs)と比べ電力変換効率の高いGaNデバイスを採用することで、高い電力変換効率と発生熱量の低減を図った。加えて、動作許容温度範囲が従来品(GaAs)の75℃程度から125℃まで拡大したことにより、低消費電力な冷却システムを採用可能となり、全体として50%程度(1000W→500W)の省電力化を実現した。

○ 衛星地球局の調査船への搭載による実証実験

開発した衛星地球局を、政策目標である海洋研究開発機構(JAMSTEC)が保有する調査船を始め、複数の民間調査船等に搭載し、実海域での実証実験を実施した。波の動揺(最大Sea State2の状態)に対して、衛星追尾機能による衛星からの安定的なビーコン信号の受信を確認するとともに、10Mbpsの安定的な双方向回線の確立を確認した。また、陸上拠点とのTV電話会議やリアルタイムネット動画配信を実施し、開発した衛星地球局の有効性を確認した。

3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等

＜政策目標(アウトカム目標)の達成状況＞

終了評価時に策定したアウトカム指標(追跡調査に向けたベンチマーク)

アウトカム指標	目標年度	数値目標等	調査方法	終了条件
海洋資源調査のための通信システムの提案	令和3年	JAMSTECの保有調査船で運用可能なシステムの提案	調査船のニーズを考慮した仕様の策定	JAMSTECとの間で仕様及び運用条件についての合意
汎用性のある通信システムへの展開	令和5年	技術課題の研究開発成果の社会展開	地球局製造メーカー等への展開状況	研究開発成果の製品への適用またはテストベッド等での実証実験実施

○ 終了評価時に策定したアウトカム指標に対して、「海洋資源調査のための通信システムの提案」に関しては、JAMSTECに提案を行っているが合意には至っていない。また、「汎用性のある通信システムへの展開」に関しては、商用衛星にも適用できる地球局を開発済みであり、技術試験衛星9号機等を使用した実証実験を検討中という状況である。具体的に実施した事項等は、以下のとおり。

- ・本研究開発で開発した地球局をJAMSTECが運用する調査船「かいいい」に搭載し、超高速インターネット衛星「きずな」を使用した実証実験を実施した。船上で所望の衛星追尾精度(±0.2°)および10Mbpsでの双方向通信を確認し、海底資源調査の高速化及び効率化に貢献できることを確認した。また、ラ・プロランジェ深海工学会の水没潜水艦同定プロジェクトに参加し、調査の様子を船上から衛星経由でリアルタイムで伝送し、インターネットで放映した。さらに、視聴者からの質問に船上の専門家が回答する双方向通信も実施した。
- ・「きずな」を使用して実証実験を実施し成果を出してきたが、「きずな」は平成31年2月に運用を終了した。また、平成30年度に商用通信衛星に対応可能なコンポーネントの開発を行い実験を実施したが、想定していた商用通信衛星が一般ユーザへのサービス提供を行わず、その後、本研究で開発した衛星地球局の展開先となる商用通信衛星の検討を行ったが利用可能な衛星を見つけることができていない。
- ・そのため、今後、技術試験衛星9号機や他のKa帯商用衛星等を利用して、社会展開につなげるべく実証実験を実施することを想定しており、国内外の関係事業者に対し調整やヒアリングを進めていく。また、JAMSTECとは、共同実験実施に向けた情報交換を行っている。

＜新たな市場の形成、売上げの発生(GDP等増大)、国民生活水準の向上＞

- ・フェリー運用会社が自社フェリーへの衛星通信の導入を検討しており、開発した地球局に興味を持っている。当該フェリーは、現状、携帯電話網を使用しているが、航路上で使用できない箇所があり、解決策を探している。そのため、上述の技術試験衛星9号機等を使用した実証実験を共同で実施し、その後の導入につなげたいと考えている。

＜知財や国際標準獲得等の推進＞

- ・超高速インターネット衛星「きずな」を使用してデータを取得し、標準化機関へ寄与文書等を入力する予定であったが達成できていないことから、技術試験衛星9号機等でデータを取得し、その後、寄与文書等の入力を行うことを目指す。

4. 研究開発成果（アウトプット目標）から生み出された科学的・技術的な効果

＜新たな科学技術開発の誘引＞

- 船舶搭載用地球局を技術試験衛星9号機用に開発した。
 - ・ GaNを使用した電力増幅器、省電力化に寄与する熱交換システムを採用している。
 - ・ アンテナ径：65cm、20W BUC、Tx周波数：29.5-30.0GHz、Rx周波数：19.7-20.2GHz
 - ・ 重量：61.3kg、消費電力：485W
 - ・ これらは、当初開発した熱交換システムを採用し、GaNを使用した増幅器という技術を発展させ、技術試験衛星9号機用船舶搭載地球局を実現させたものであり、また、送受信偏波を切り替え可能という新たな技術開発要素を含んでいることから、新たな科学技術開発を誘引したものであると言える。
- 本研究開発成果を活用した陸上移動帯衛星通信用地球局を開発している。



技術試験衛星9号機用船舶搭載地球局

5. 副次的な波及効果

＜副次的な波及効果＞

- ・超高速インターネット衛星「きずな」運用中からJAMSTECやラ・プロンジェ深海工学会と共同実験を実施しており、衛星運用終了後も海洋関係者や衛星事業者、地球局製造業者と情報交換を行った。
- ・異分野との交流については、スペースICT推進フォーラムに参加し、フォーラムメンバーとの意見交換を行っており、技術試験衛星9号機等を使用した実験を通して、地球局の導入を推進していきたいと考える。

6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

＜アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況＞

・海洋関係者であるJAMSTECやラ・プロンジェ深海工学会と本研究開発期間中に共同実験を実施しており、開発した調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の展開について、JAMSTECを始めとする海洋関連機関、衛星通信事業者、地球局製造業者等との情報交換等を実施してきた。

＜周知広報活動の実績＞

・学会発表等において本研究開発の成果を広く取り込んで発表を行っている。

主な成果発表は下記となる。

- 菅 智茂、外、「WINDSを用いた海洋ブロードバンド衛星通信の研究」、日本航海学会航法システム研究会、2019年5月
- 辻 宏之、外、「航空機・船舶向けブロードバンド衛星通信」、電子情報通信学会誌、2019年12月
- Takashi Takahashi、外、「The Result of WINDS Experiments of NICT」、ICSSC2019、2019年10月
- Morio Toyoshima、「Research and development of satellite communication technologies at the National Institute of Information and Communications Technology and future prospects」、JC-SAT2019、2019年10月
- 吉村 直子、「海洋高速衛星通信の現状と今後」、日本財団リカレントセミナー、2020年9月
- 吉村 直子、「NICTにおける海洋高速衛星通信にむけ取り組み」、スペースICT推進フォーラム第8回検討会、2021年7月
- 吉村 直子、外、「WINDSを使用した海上通信実験報告」、日本航空宇宙学会誌、2021年8月
- 高橋 卓、外、「ETS-9での実験計画(RF系)」、第66回宇宙科学技術連合講演会、2022年10月

技術試験衛星9号機等を使用した実証実験を通して、研究成果の普及に努めたい。

6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

＜その他の特記事項に係る履行状況＞（研究開発終了後も行うべきものについて）

・基本計画書「6 その他」に記載されている事項に対する提案である人材確保・育成、研究開発成果の情報発信については適切に履行したが、標準化への取組みが履行できていない。

◆ 標準化への取組み

実海域にて取得したデータを標準化寄与文書等に取りまとめることを計画していたが、データ取得を計画していた超高速インターネット衛星「きずな」が平成31年に運用を終了したため、標準化会合等への情報提供には至っていない。技術試験衛星9号機等を使用して必要なデータを取得し、情報提供に努めたいと考えている。

◆ 人材確保・育成

有期研究員を雇用し、本研究開発に従事させていた。研究開発終了後も技術試験衛星9号機等での実証実験に向け、主担当として船舶搭載地球局の開発や実証実験時にパートナー候補であるJAMSTECやフェリー関係者との会合に出席し、実験計画の具体化に向け調整を行った。

◆ 研究開発成果の情報発信

学会発表等において本研究開発の成果を広く取り込んで発表を行っている。

主な成果発表は下記となる。

- 菅 智茂、外、「WINDSを用いた海洋ブロードバンド衛星通信の研究」、日本航海学会航法システム研究会、2019年5月
- 辻 宏之、外、「航空機・船舶向けブロードバンド衛星通信」、電子情報通信学会誌、2019年12月
- Takashi Takahashi、外、「The Result of WINDS Experiments of NICT」、ICSSC2019、2019年10月
- Morio Toyoshima、「Research and development of satellite communication technologies at the National Institute of Information and Communications Technology and future prospects」、JC-SAT2019、2019年10月
- 吉村 直子、「海洋高速衛星通信の現状と今後」、日本財団リカレントセミナー、2020年9月
- 吉村 直子、「NICTにおける海洋高速衛星通信にむけ取り組み」、スペースICT推進フォーラム第8回検討会、2021年7月
- 吉村 直子、外、「WINDSを使用した海上通信実験報告」、日本航空宇宙学会誌、2021年8月
- 高橋 卓、外、「ETS-9での実験計画(RF系)」、第66回宇宙科学技術連合講演会、2022年10月

技術試験衛星9号機等を使用した実証実験を通して、研究成果の普及に努めたい。

7. 政策へのフィードバック

＜国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性＞

- ・従来の海洋調査においては、調査船と陸上との間での通信環境が不十分であったことから、取得データを陸上に持ち帰ってから分析する必要があったほか、専門の知見を有する研究者等の助言をリアルタイムに得られないなどの課題があった。本研究開発は、このような課題を解消するため、衛星通信を活用して調査船にブロードバンド環境を構築し海底資源調査を高度化・効率化することを目指したものであり、当時の技術的状況に鑑みれば、Ka帯を使用した衛星通信用システムの開発という手法を採ったことも含めて、プロジェクト設定は妥当であると考えられる。
- ・また、本研究開発は海洋調査の高度化・効率化という国として対応する必要がある社会的意義が高い課題の解決を目指したものであり、当時の衛星通信のサービス提供コスト等の状況に鑑みれば、民間による技術開発に期待するのではなく国が実施することが妥当であったと考えられる。

＜プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィードバック＞

- ・研究開発実施期間においては、海底資源の調査の高速化及び効率化に資する地上局の開発及び地上局をJAMSTECが保有する調査船を始め、複数の民間調査船等に搭載し、実海域での実証実験を実施するなど、研究開発目標の達成に向けて適切な取組みがなされた。
- ・他方で、研究開発実施期間の終了後は、使用できる通信衛星が制限されたこともあって当初期待していたとおりの成果が得られておらず、成果展開・普及が十分とはいえない。今後は、内外の研究開発やサービスの動向を踏まえて、本研究開発の位置づけを明確化し、装置の海外展開等も含め、開発技術の今後の社会展開を、実施研究機関において責任をもって主体的に検討していく必要がある。これらの点を踏まえ、今後の政策においては、研究開発の実施後においても適切に社会展開に資するアウトカム目標の達成に向けた取組が行われるよう、より具体的な計画の策定を促す等の措置が必要と考えられる。