

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 R&D of broadband satellite communication systems for ocean resource research

代表研究責任者 豊嶋 守生 国立研究開発法人情報通信研究機構

研究開発期間 平成26年度～平成30年度

【Abstract】

At present, the only transmission environments available on oceans are low data rate when compared with wireless transmission speeds on land. The uplink data rate from maritime platform is up to about 500kbps in Ku-band system. If higher data rate communications will be realized, the real-time transmission of data obtained on the ocean, and remote operation of underwater robot from land bases become possible. Then the efficiency of underwater resource exploration is expected. For this purpose, NICT carried out R&D study of the earth station for research vessel. Our R&D goal in this study is realization of 10Mbps uplink from small research vessel in Japanese exclusive economic zone (EEZ). In this paper, we describe the technical issues and these solution for this R&D goal. We describe the result of R&D study and some application experiments.

1 研究開発体制

- 代表研究責任者 豊嶋 守生 (国立研究開発法人情報通信研究機構)
- ビジネスプロデューサー 安井 元昭† (国立研究開発法人情報通信研究機構†)

- 研究開発期間 平成26年度～平成30年度
- 研究開発予算 総額 394百万円

(内訳)

平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
100	81	81	81	51

2 研究開発課題の目的および意義

現在、日本近海に眠っている海底資源の存在が注目されており、メタンハイドレード、海底熱水鉱床等が将来の国産資源として期待されている。これら海底資源の調査を広い海域に渡って効率的に実施するためには、海洋上における観測データの分析や多数の知見者との調査方法の検討等が重要である。しかし、現時点で、海洋上で利用可能な通信手段である衛星通信については、現状の通信環境では数百kbps程度までの低速な通信サービスの提供がほとんどであり、大規模な観測データの分析や多数の知見者とのデータ共有等は陸上拠点を持ち帰って行うことを余儀なくされている。

本研究開発では、ICTを活用した生活資源対策として、このようなデジタルデバイド状態を解消し、海底

資源調査の効率化に資するため、海洋上の資源調査船から HDTV クラスの高精細画像のリアルタイム伝送等を実施可能とする伝送容量 10Mbps 級の通信速度を実現する衛星地球局を開発することを目的とする。

3 研究開発成果（アウトプット）

小型・軽量かつ省電力で、10Mbps クラス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。

開発した衛星地球局は、到達目標の各項目を満たすことを確認した。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とともに、開発した衛星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。

3. 1 EIRP 増加技術

現在、日本の排他的経済水域（EEZ）内において利用可能な衛星通信サービスは、海から陸方向の伝送速度で最大512kbps であり、海洋資源調査の高速化及び高効率化に必要な10Mbps を大きく下回っている。また、調査船は、衛星地球局の搭載及び運用における制約条件が、衛星地球局が搭載されている多くの船舶と比べて厳しい。

このため、海洋資源調査における運用や制約条件を考慮しつつ10Mbps の伝送速度の通信回線の成立に必要なC/N を確保するために、EIRP の大幅な増加が必要である。EIRP の大幅な増加を送信電力の増加により達成する場合は、併せて熱対策についても検討が必要となる場合がある。

高速伝送と小型化を実現するため、現状で広く普及している衛星移動体通信で使用されている L 帯及び Ku 帯より高い周波数である Ka 帯を用いる衛星地球局を提案した。情報通信研究機構（NICT）では陸上における Ka 帯移動体衛星通信の研究開発実績があり、開発品の実証に必要な Ka 帯衛星として超高速インターネット衛星「きずな」（WINDS）の利用が可能である。

開発には WINDS の海洋上ビームにて 6.5Mbps の伝送能力を有する既存車載局をベースとすることで開発期間およびコストの低減化を図った。WINDS の海洋上ビームを用いて 10Mbps の実現に必要な EIRP を試算したところ、56.5dBW 以上が必要であるが、既存車載局の EIRP は 55.5dBW 以上であり、1dB 以上の EIRP 増加が必要であった。EIRP の増加のため、アンテナ径の増加、送信電力の増加、送信機器のロス軽減の3つについて検討した。

アンテナ径の増加は基本計画書で要求される寸法を逸脱する可能性があるため、レドームサイズと合わせて検討する必要がある。送信電力の増加については消費電力の増加に直結することと、アンテナ径との関係によってはサイドローブ特性や軸外 EIRP 特性等を満足できない可能性が高いため、慎重に検討する必要がある。ロス軽減については、導波管の材質等を見直しても効果は小さいため、今回の検討からは除外した。

最終的に、3.3 項に示す省電力化も考慮し、これまで NICT で WINDS 向けの衛星地球局で使用してきた既存電力増幅素子 GaAs に代えて、消費電力及び動作許容温度の点で優位性のある新規電力増幅素子 GaN を採用した電力増幅部を開発した。また、レドームの再設計を行うことで、レドーム外径に対してレドーム内部の空間を広げることが可能とし、既存の車載局と同程度の設置直径でアンテナ径を 65cm から 80cm に大型化することが可能となった。

これらの研究開発により、既存車載局と同じ送信電力で EIRP を 2dB 以上増加することが可能となり、小型衛星地球局における EIRP 増加技術を確立した。

3. 2 衛星捕捉・追尾性能の向上技術

調査船は、商用衛星地球局が搭載されている多くの客船や貨物船等と比べて船体が小さいものも含まれており、その結果、本研究開発の対象となる衛星地球局は大きな動揺の条件下においても運用することが求められる。このため、衛星捕捉・追尾性能の向上が必要である。

陸上移動体と比較して、波の動揺の影響が大きいため水平方向（E1 方向）の駆動範囲を広げる必要がある。搭載を想定している調査船を保有する国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）とも情報交換を行うとともに、動揺状況のシミュレーションを実施し、アンテナの水平方向（EL 方向）の駆動範囲を既存車載局の 20° までから、-20° まで駆動可能とすることとした。

アンテナ支持構造の見直しを行い、設置外形 1m×1m×1m のレドーム内に収容可能で水平方向に-20° まで動作可能なアンテナを開発した。捕捉・追尾の制御においては、信号遮断時のアンテナポジション維持機能を実装し、シャドウイング等からの素早い捕捉復帰を行うとともに、追尾精度±0.15° 以内を実現し、船舶搭載衛星地球局の捕捉・追尾技術を確立した。

3. 3 省電力技術

調査船は、海洋資源調査のための様々な機器を搭載しており、衛星地球局のために供給できる電力には大きな制約があるため、省電力化が必要である。

3.1 項の電力増幅部の研究開発と連動し、新規電力増幅素子を用いた電力増幅部及び動作許容温度の高温化による冷却システムの変更を実施した。新規電力増幅素子（GaN）は従来品と比較して電力変換効率が高く、発生熱量の低減が可能である。これに加えて、動作許容温度範囲が従来品の GaAs の 75°C 程度であるのに対して、GaN では 125°C 程度まで許容できるため、エアコンでの冷却ではなく、ファンを用いた熱交換システムの利用が可能である。

これらを組み合わせることで開発のベースとした既存車載局と比較してアンテナ室外装置（ODU）部分で 50%程度の省電力化を実現した。

3. 4 調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局（WINDS 実証用）

3.1～3.3 項の各課題を統合し、調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局を開発した。開発した調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の外観を図 1 に示す。

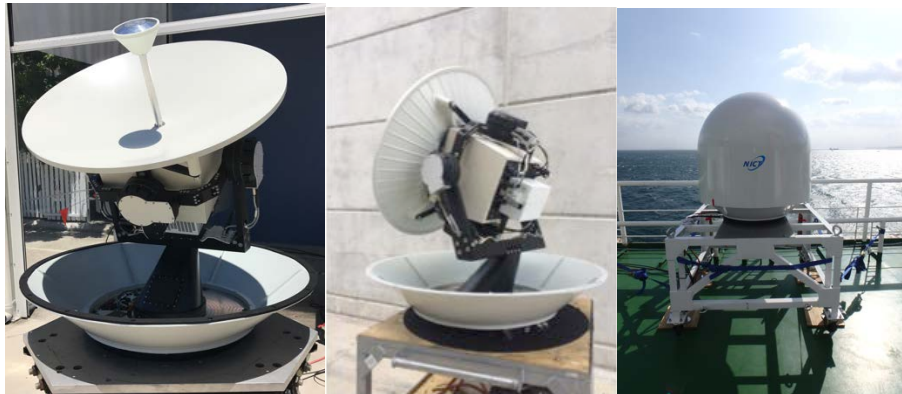


図 1 調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の外観

また、表 1 に基本計画書の到達目標に基づく設計要求と設計のベースとした既存小型車載局及び今回

開発した調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の機能性能の比較を、基本計画書の到達目標との対比を表2にそれぞれ示す。表2のとおり、開発した地球局は全ての項目において到達目標を満たすとともに、重量、電源容量については、到達目標を大幅に超える成果を実現した。特に電源容量については約50%の省電力化となり、目標を大幅に超えて実現した。

表1 主要機能性能の比較

設計要求		既開発 小型車載局	調査船搭載用プロトタイプ 衛星地球局
設置寸法	1×1×1.5 [m]以内 (船外装置)	0.99×0.99×0.8m [m] (別途エアコン要、0.63× 0.44×0.19 [m])	0.99×0.99×1.1 [m]
アンテナ径	N/A	65 cm	80 cm
伝送速度	10 Mbps 以上	6.5 Mbps (WINDS APAA エリア)	10 Mbps 以上 (WINDS APAA エリア)
EIRP	> 56.5dBW	> 55.5 dBW	58.1 dBW
重量	100 kg 以下 (ODU)	117 kg (エアコン含む)	84.5 kg
駆動範囲	Az 方向無限回転	Az: 360° 連続 E1: 20° ~160° X-E1: ±15°	Az: 360° 連続 E1: -20° ~160° X-E1: ±15°
追尾誤差	±0.2° 以内	±0.2° 以内	±0.15° 以内
消費電力	1,000 W 以下	1,435 W 以下 (設計値) 約 1,000 W (運用時)	850 W (設計値) 約 500 W (運用最大時)

表2 到達目標と開発結果の対比

項目	要求条件	開発結果
寸法	ODU:1×1×1.5[m]以内 IDU:19” ラック収納可	ODU: 0.99×0.99×1.1 [m] IDU: 19” ラック収納可
重量	ODU:100kg 以下 IDU: 20kg 以下	ODU:84.5kg IDU:14kg
電源容量	ODU:1,000W 以下 IDU: 200W 以下	ODU:500W 以下 IDU:170W 以下
電源雑音	ディーゼル発電機の 交流電源品質	MIL-STD-461F 準拠
動作温度	ODU:-20~+50 度 C IDU: 0~+50 度 C	ODU:-20~+50 度 C IDU: 0~+50 度 C
湿度	100%	MIL-STD-810method 507.4 100%RH
耐風速	30m/sec	30m/sec
防水	JIS 等級 IP56	IP56

振動	船舶振動下でも運用可能	MIL-STD-810F Method 514.5
衝撃	耐クレーン衝撃	MIL-STD-810 Method 516
通信速度	10Mbps 以上;気象条件により 500kbps, 1Mbps, 2Mbps を選択可能	10Mbps 以上 (免許申請は最大 30Mbps) 500kbps, 1Mbps, 2Mbps を選択可能
動揺補償誤差	25 度/6 秒で±0.2 度以内	25 度/6 秒で±0.15 度以内
追尾範囲	Az 方向に無限回転で追尾可能	Az : 360° 連続 E1 : -20° ~ 160° X-E1 : ±15°
その他	国内法令および国際的取決めの遵守	サイドローブ特性 (ITU-R S. 580-6) 軸外 EIRP 特性 (ITU-R S. 524-9) 等

動揺台（モーションプラットフォーム）による試験の様子と調査船搭載時の初期捕捉の状況をそれぞれ図 2、図 3 に示す。モーションプラットフォームでは、地上での機能・性能確認として、到達目標の 25 度/6 秒の条件で船上の動揺状態を模擬し、WINDS のビーコンを用いて動揺条件下での初期捕捉、捕捉後の最大動揺条件での動揺補償誤差の測定を行い、目標を満足することを確認した。

その後、調査船に搭載し、地上試験で確認した機能性能が実海域上でも確保されていることを確認した。



図 2 6 軸モーションプラットフォームによる捕捉追尾性能確認

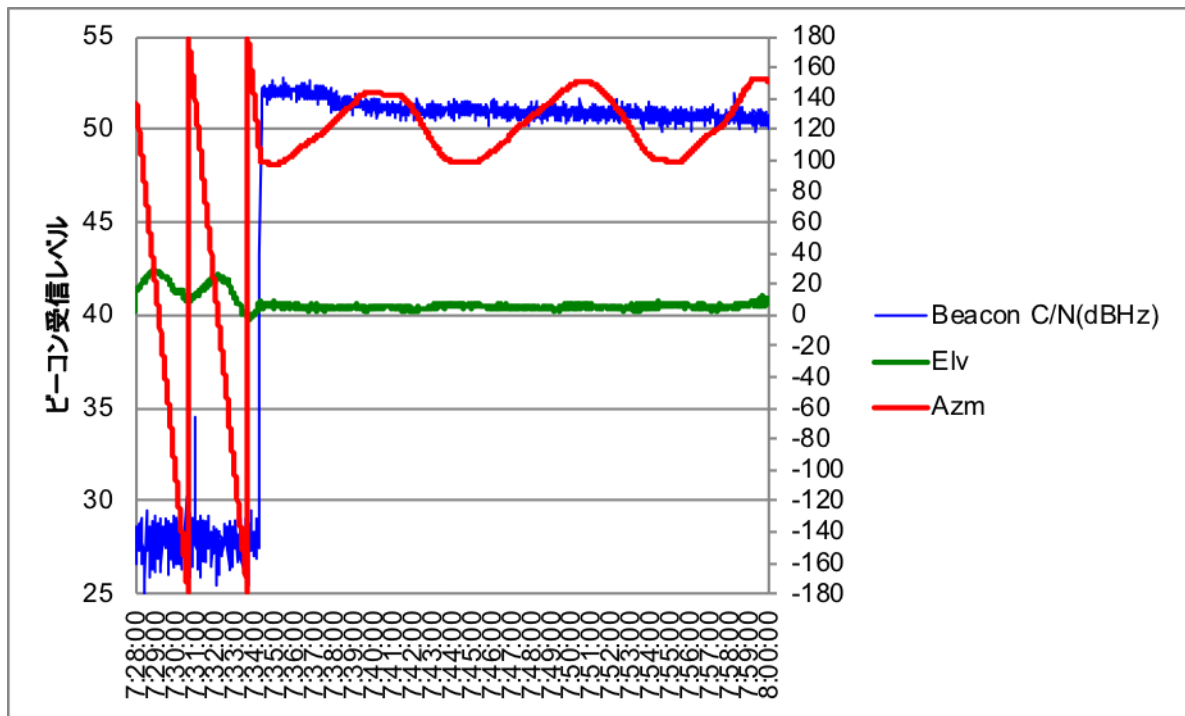


図3 船舶搭載時の衛星初期捕捉と追尾状況

上記の機能性能に加え、海洋上で 10Mbps クラスの高速伝送が実現可能であることを実証した。実証段階では日本近海での Ka 帯商用通信衛星のサービスが存在しないため、WINDS を用いて実証実験を実施した。開発した調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局は JAMSTEC 保有の調査船及び民間調査船、小型漁船に搭載し、実海域上での実証実験を実施した。実海域上での実験期間中は 10Mbps で画像伝送、TV 会議、データ共有等のアプリケーションが概ね安定して実行された。捕捉・追尾機能についても約 54 時間の連続運用を実施し、シャドウイング等による遮断後の捕捉・追尾復旧を含めて安定して動作することを確認した。

実証実験においては、実海域上の調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局と鹿島宇宙通信技術センターとの間で双方向 10Mbps での回線確立を確認した。実験時の天候は晴天～小雨、海況は最大で sea state2(小波程度、波の高さが 0.1～0.5m)であったが、いずれの条件下においても双方向 10Mbps での回線構築が可能であった。なお、参考として、20Mbps での回線構築を晴天条件下で実施し、回線確立を確認した。このことから、10Mbps 回線においては実力値として数 dB 程度のマージンが見込める。

その他、回線品質に関する測定として UDP によるパケットロス測定と TCP によるスループット測定を実施した。パケットロス測定では、10Mbps の回線で UDP データを双方向同時に 3 時間連続伝送し、パケットロスが発生しないことを確認した。スループットについては、TCP/IP の輻輳制御に hydra を用いて測定を行い、最大 7.5Mbps のスループットを得た。

3. 5 調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の商用通信衛星対応化

3.4 項で開発した調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の性能を維持し、商用通信衛星に適用可能であることを確認した。

WINDS と一般的な商用通信衛星では通信用周波数以外に、偏波 (WINDS : 直線偏波、商用通信衛星 : 円偏波)、捕捉追尾に使用するビーコン波の形式と周波数が異なる。このため、電力増幅部 (BUC)、受信部

(LNB)、ビーコン受信部、偏波部、地球局制御部を新たに商用通信衛星用に開発し、調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局と組み合わせて機能性能を確認した。製作したコンポーネント及び地球局の外観を図4、図5に示す。各コンポーネントはWINDS向け調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局と周波数以外の電氣的・機械的インターフェースを合わせてあり、コンポーネントを入れ替えることでWINDS対応と商用通信衛星対応を切り替え可能とした。コンポーネント入れ替え後も防水性能を維持するため、地球局制御部(船内装置)以外はすべてWINDS向け調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局のレドーム内部に収容可能となっている。

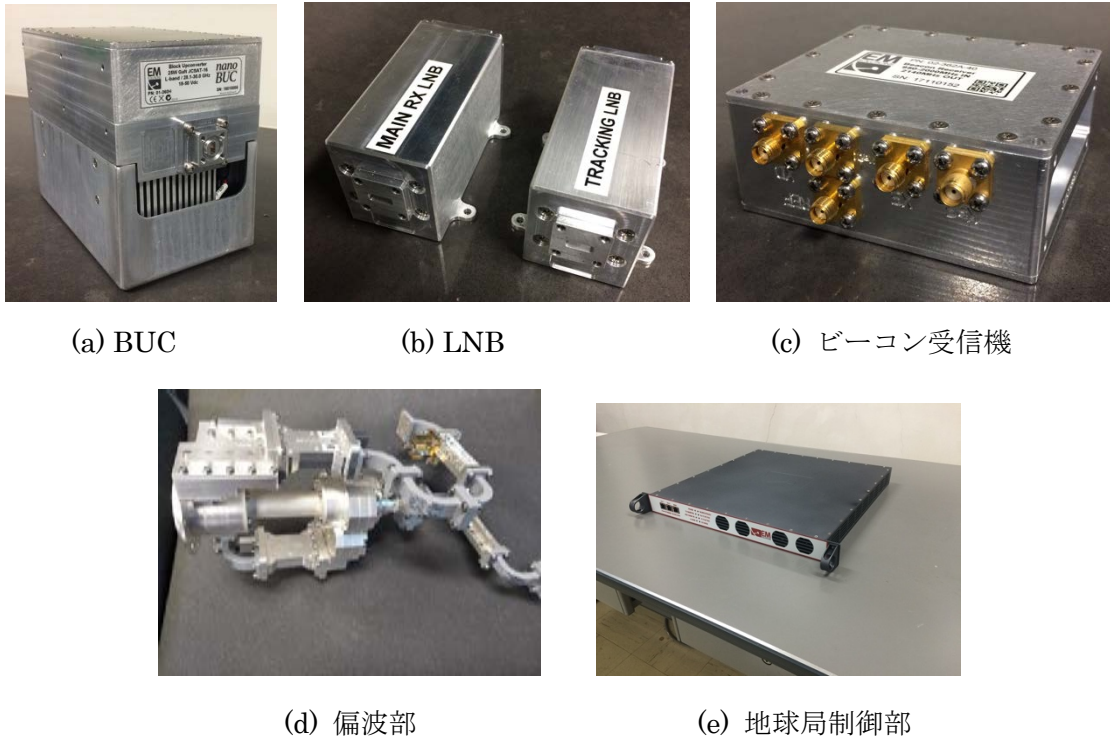


図4 商用通信衛星用コンポーネント



図5 商用通信衛星地球局

これらのコンポーネントをWINDS向け調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局と組合せて機能性能を地上試験で確認した。主要機能性能について地上試験の結果をWINDS向け調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の開発結果を比較したものを表3に示す。

表 3 主要機能性能の開発結果比較

要求仕様		WINDS 用	商用衛星対応
設置寸法	1×1×1.5 [m]以内 (船外装置)	0.99×0.99×1.1 [m]	0.99×0.99×1.1 [m]
アンテナ径	N/A	80 cm	80 cm
EIRP	N/A	58.1 dBW	> 57.9 dBW
重量	100 kg 以下 (ODU)	84.5 kg	83.2 kg
駆動範囲	Az 方向無限回転	Az: 360° 連続 E1: -20° ~160° X-E1: ±15°	Az: 360° 連続 E1: -20° ~160° X-E1: ±15°
追尾誤差	±0.2° 以内	±0.15° 以内	±0.15° 以内
消費電力	1,000 W 以下	850 W (設計値) 約 500 W (運用時)	600 W (設計値) 約 450 W (運用時)
送信周波数・偏波	N/A	28.05~28.6GHz 直線偏波	28.6~28.8GHz 左旋偏波
受信周波数・偏波	N/A	18.25~18.8GHz 直線偏波	18.8~19.0GHz 右旋偏波
ビーコン周波数	N/A	18.9GHz 直線偏波	19.447GHz 右旋偏波

地上試験の結果、周波数が異なる以外はコンポーネントを入れ替えたことによる機能性能の劣化はなく、WINDS APAA と同等性能を持つ商用衛星に適用することで 10Mbps の回線構築が可能である。

地上試験実施後、商用通信衛星での実通試験を実施するため、無線局免許申請を行い、無線局設備の点検データ取得を実施した。総合試験の一環として商用通信衛星折返しでの 10Mbps 回線を構築し、UDP データ伝送を行い、商用通信衛星での回線確立を確認した。本結果により、周波数及び偏波を変更しても機能性能が維持できることが確認でき、本研究開発の成果が商用通信衛星に適用可能であることを確認した。

4 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた取組みの実施状況

研究開発運営委員会を設置し、外部の有識者からの助言をいただき、研究開発の方向性や内容について、最新のサービス動向やニーズ、技術動向等を踏まえ、幅広い観点から検討を行い、研究開発を実施した。また、各種展示会や NICT オープンハウス等での動態展示やパネル展示による周知・普及活動に加え、一部ユーザに対する見学会等を実施するなど、実用化を見据え、ユーザニーズを踏まえた研究開発を行った。

実証実験として、調査技術の高度化に係る航海調査と連携し、JAMSTEC が保有する調査船に開発した地球局を搭載し、10Mbps の通信回線を構築した。その結果、調査実施内容や調査海域の情報共有及び即時的な計画変更の実施が可能となり、効率的な調査航海の実施に貢献した。

資源調査以外のアプリケーションへの適用として、一般社団法人ラ・プロンジェ深海工学会、株式会社ドワンゴとの連携による潜水艦・沈没船探査プロジェクトでのネット配信実験を実施した。本実験においては、

探査を実施している船舶上と陸上のネット配信視聴者の双方向間でコメントのやりとりが可能であり、知見のある視聴者のコメントが潜水艦特定に大きく貢献した。このことから、資源探査等においても、乗船者以外の多くの知見者との情報共有による資源調査の効率化への貢献は大きいと考えられる。

この他にも港湾工事等への応用（掘削機等の遠隔操縦による無人運用化）や貨物船等の無人航行への適用についても問合せがあり、連携を図っている。

5 政策目標（アウトカム目標）の達成に向けた計画

開発した地球局の商用通信衛星での展開については、実用化に向けて、引き続きユーザとの意見交換や、衛星事業者、地球局製造業者等の関係各所との調整を継続する。また、Ka 帯での移動体ブロードバンド衛星通信システムである ESIM (Earth station in motion) や技術試験衛星 9 号機 (ETS-IX)、衛星 5G への適用等について、関係機関との連携を計画している。

加えて、研究開発成果の普及のため、実海域にて取得した伝搬に係るデータを、ITU等の国際標準化機関に対する標準化寄与文書等にとりまとめることを計画している。

6 査読付き誌上発表論文リスト

無

7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

[1] Naoko Yoshimura, Takashi Takahashi, Amane Miura, Morio Toyoshima, “Feasibility Study of Broadband Satellite Communications System for Research Vessel”, the 30th International Symposium on Space Technology and Science 2015-j-07（平成 27 年 7 月 8 日）

8 その他の誌上発表リスト

[1] 吉村直子、“海洋上通信を高速化する衛星通信技術の現状と将来展望”、日本船舶海洋工学会誌（KANRIN）72 号 pp28-32（平成 29 年 5 月）

[2] 吉村直子、片山典彦、高橋卓、三浦周、豊嶋守生、“海上高速衛星通信ネットワークの実現へ”、電波技術協会報（FORN）9 月号 pp26-29（平成 29 年 9 月）

[3] 著者名、“タイトル”、掲載誌名 Vol.00 No.00 pp000-000（発表年月日）：

9 口頭発表リスト

[1] 吉村直子、片山典彦、高橋卓、三浦周、豊嶋守生、“海洋資源調査のためのブロードバンド衛星通信”、電子情報通信学会 2015 総合大会 依頼シンポジウム（滋賀県草津市）（平成 27 年 3 月 11 日）

[2] 吉村直子、高橋卓、三浦周、豊嶋守生、“海洋ブロードバンド通信の実現にむけた取組”、電子情報通信学会総合大会（福岡県福岡市）（平成 28 年 3 月 18 日）

[3] 片山典彦、吉村直子、高橋卓、山本伸一、岩切直彦、豊嶋守生、“NICT における海洋向け通信技術の研究開発”、Wireless Technology Park（WTP）2016（東京ビッグサイト）（平成 28 年 5 月 26 日）

[4] 豊嶋守生、門脇直人、“IoT/5G 時代の衛星通信技術”、周波数資源開発シンポジウム（東京、明治記念会館）（平成 28 年 7 月 15 日）

[5] 吉村直子、“海洋上通信を高速化する衛星通信技術の現状と将来展望”、日本船舶海洋工学会東部支部ワークショップ（東京大学）（平成 28 年 10 月 12 日）

[6] 吉村直子、高橋卓、三浦周、辻宏之、若菜弘充、豊嶋守生、“調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局の開発”、電子情報通信学会 2017 総合大会（愛知、名城大学）（平成 29 年 3 月 22 日）

[7] 吉村直子、“NICT における海上高速衛星通信ネットワーク実現に向けた取組”、Wireless Technology Park（WTP）（東京）（平成 29 年 5 月 26 日）

[8] 吉村直子、“海洋資源調査のためのブロードバンド衛星通信”、電子情報通信学会衛星通信研究会（名古屋）（平成 29 年 7 月 28 日）

[9] 吉村直子、高橋卓、三浦周、辻宏之、菅智茂、豊嶋守生、“調査船搭載用プロトタイプ衛星地球局を用いた実証実験”、電子情報通信学会総合大会（東京）（平成 30 年 3 月 22 日）

[10] 吉村直子、“洋上通信の現状と将来”、第 61 回海中海底工学フォーラム（東京大学）（平成 30 年 4 月 13 日）

[11] 吉村直子、“洋上通信の現状と将来展望”、海上自衛隊開発隊群 平成 30 年度研究開発成果発表会（会場自衛隊船越合同庁舎）（平成 30 年 6 月 13 日）

[12] 菅智茂、吉村直子、片山典彦、高橋卓、川崎和義、小園晋一、豊嶋守生、“ブロードバンド衛星通信による洋上映像伝送実証実験”、電子情報通信学会 2018 年ソサイエティ大会（石川県金沢市）（平成 30 年 9 月 11 日）

[13] 吉村直子、“海洋・宇宙連携のインフラとしての衛星通信システム”、海洋・宇宙産業連携推進検討会 第 2 回会合（(一社)日本航空宇宙工業会）（平成 31 年 3 月 12 日）

1 0 出願特許リスト

無

1 1 取得特許リスト

無

1 2 国際標準提案・獲得リスト

無

1 3 参加国際標準会議リスト

無

1 4 受賞リスト

無

1 5 報道発表リスト

（1）報道発表実績

[1] “長崎・五島列島沖 旧日本海軍・潜水艦「伊 58」特定プロジェクト 水中ロボットによる潜水艦調査を独占生中継”、平成 29 年 8 月 9 日

[2] “日本海・若狭湾 ドイツ生まれの潜水艦 旧日本海軍「呂 500」探索プロジェクト 海底探査を生中継 ～みんなで「呂 500」を探そう～”、平成 30 年 6 月 11 日

（2）報道掲載実績

[1] “長崎沖に旧日本軍潜水艦”、毎日新聞夕刊、平成 29 年 8 月 28 日、他関連掲載（地方紙、業界紙含む）

研究開発による成果数

	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)
その他の誌上発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口頭発表数	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	4 件 (0 件)
特許出願数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
特許取得数	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)
国際標準獲得数	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)
報道発表数	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)

	平成 29 年度	平成 30 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)
その他の誌上発表数	2 件 (0 件)	0 件 (0 件)	2 件 (0 件)
口頭発表数	3 件 (0 件)	4 件 (0 件)	1 3 件 (0 件)
特許出願数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
特許取得数	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)
国際標準獲得数	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)
報道発表数	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)
報道掲載数	6 0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	6 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。

注5：PCT 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こと。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こと。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。