

「海中作業の飛躍的な無人化・効率化を可能とする海中無線通信技術」に関する研究開発構想（個別研究型）

令和5年12月
内閣府
文部科学省

目次

1 構想の背景、目的、内容.....	2
1.1 構想の目的.....	2
1.1.1 政策的な重要性.....	2
1.1.2 我が国の状況.....	3
1.1.3 世界の取組状況.....	3
1.1.4 構想のねらい.....	4
1.2 構想の目標.....	4
1.2.1 アウトプット目標.....	4
1.2.2 アウトカム目標.....	5
1.3 研究開発の内容.....	6
1.3.1 研究開発の必要性.....	6
1.3.2 研究開発の具体的内容例.....	6
1.3.3 研究開発の達成目標.....	7
2 研究開発の実施方法、実施期間、評価.....	7
2.1 研究開発の実施・体制.....	7
2.2 研究開発の実施期間.....	8
2.3 評価に関する事項.....	8
2.4 社会実装に向けた取組.....	8

1 構想の背景、目的、内容

1.1 構想の目的

1.1.1 政策的な重要性

四面を海に囲まれた我が国は、広く海上に展開する1万4千余りの島々¹で構成されており、その歴史を通じて、物資輸送の場として、あるいは食料確保の場として積極的に海洋を利用してきた。また、これまでも海洋に関する様々な調査・研究が行われ、未利用のエネルギー・鉱物資源の存在や、海洋が地球環境の変化に大きく関連していることが明らかになってきたこと等、海洋には今後の人類の発展に深く関わる解明すべき多くの課題がある。このような海洋国家である我が国において、多様な海洋政策の実施や海洋における脅威・リスクの早期察知のためには、先端的な技術による海洋調査・観測等の実施及びそれによって得られる海洋の科学的情報を活用し、これを適切に共有する海洋状況把握（MDA：Maritime Domain Awareness）が重要である。

また「第4期海洋基本計画」（令和5年4月28日閣議決定）では、海域で発生する自然災害の防災・減災、海洋産業における利用、包括的・持続的な海洋調査・観測を含めた科学的知見の充実等のためにも海洋におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進することが必要と述べられており、海洋におけるDXの推進のためには、データの通信・伝送を含む海洋における情報インフラの整備を推進することが重要であるとされている。特に、洋上や海中における大容量のデータ通信技術の進展に応じ、同技術を海洋データの伝送に取り入れることで、より効率的・効果的な海洋調査・観測の実現を目指す位置づけられた。

さらには、総務省が策定した「Beyond 5G 推進戦略」（令和2年6月公表）においても海洋も含め信頼性・拡張性等の高い通信の実現が求められており、海洋における通信インフラの構築の重要性が高まっている。

また、近年では研究開発用に加えて、民間企業等において産業用の自律型無人探査機（AUV：Autonomous Underwater Vehicle）や遠隔操作型無人探査機（ROV：Remotely Operated Vehicle）が開発され商品化されているほか、総合海洋政策本部においてAUV戦略の策定が進められているなど、

¹ 令和5年2月28日、国土地理院発表

水中ロボットに関する技術開発が加速されている。こうした水中ロボットをより効果的に活用するためにも海中を含む海洋における通信手段の確保・強化は必須である。

現在の海洋における通信インフラとしては主に音響通信が用いられているが、通信距離が数 km 程度と長く、回折等により見通し外でも信号の補足が容易といった長所に対し、通信速度が遅く（数 10kbps）、水中映像や観測データ等の大容量データを伝送することができないことや、通信遅延が多く、遠隔制御ではリアルタイム性を確保することが難しいなどの課題がある。加えて、音響が届く範囲で通信の傍受が可能であるなど、情報セキュリティの観点においても課題を有している。

本構想は、個別研究型として、海洋における通信手段の確保・強化を目的に、新たに支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第二次）において定められた「海中作業の飛躍的な無人化・効率化を可能とする海中無線通信」について、我が国技術の優位性の獲得及びこれに繋がり得る自律性の確保を目指すものである。

1.1.2 我が国の状況

我が国は、従来から海中での無線通信に用いられている音響通信において、300km の長距離でデータ通信に成功し、有人潜水船「しんかい 6500」から母船への高速画像伝送を実現するなど、最先端の技術を有している。

また、水中光通信においては、我が国は産業化などの観点では欧米に後れをとっているものの、民間企業から水中光通信装置が発売されており、潜水士との通信や水中ロボット間で光通信を試みる研究開発が、複数の大学や企業で続けられている。加えて、水深 1,000m において 1Gbps による距離 100m 超の高速海中光通信の実証に世界で初めて成功するなど、優れた実績を有している。現在は、水中光通信特有の外乱による影響や指向性の課題解決に向けた研究開発が進められている。

1.1.3 世界の取組状況

世界では、欧米において、石油・天然ガス開発企業や軍事関連の研究開発投資を背景に、海中ロボットや水中観測機器に関する産業が発達しており、我が国と比べて多数の水中光通信装置が商品化され、エネルギー開発、

防衛、研究開発などの用途で用いられている。しかしながら、我が国と同様に外乱による影響などの課題を解決した商品化には至っていない。

水中における通信手段の確保は海洋における様々な活動の基盤であり、特に近年諸外国において水中光通信の研究が加速していることも踏まえると、我が国の総合的な海洋の安全保障及び自律性を確保していく観点から研究開発を加速度的に行っていくことが重要である。

1.1.4 構想のねらい

本構想では、今般研究開発が加速している水中ロボットとの連携を見据え、音響通信より通信速度が速く、遅延が少ない光通信技術の性能を向上させる研究開発を行い、海域で発生する自然災害の防災・減災、海洋産業における利用、包括的・持続的な海洋調査・観測を含めた科学的知見の充実、海洋権益確保に向けた我が国の海域の管理や境界画定交渉における活用、将来的なシーレーン沿岸国との MDA 協力における活用可能性等に役立てることを目的とする。

水中光通信は、音響通信と比較して、通信速度が速く大容量データの送受信が可能であり、光速のため通信遅延をほぼ無視できることに加え、より複雑な暗号化が可能なことから情報セキュリティにも優れているなど、音響通信にはない長所がある。したがって、頑健な通信インフラの構築のためには、音響通信に加え、光通信技術を確立し、用途に応じた使い分けができることが必要不可欠である。そのため、本構想では前述したとおり、未だ技術の確立ができていない光通信技術の性能向上に焦点を当てる。これにより、海域で発生する自然災害に関する事象や排他的経済水域等における海洋資源の調査、外交・安全保障における活用といった公的利用に加え、洋上風力発電設備や海底ケーブルなどの水中インフラの点検や養殖場のモニタリングなどの民生利用に活用されるなど我が国の総合的な海洋の安全保障及び持続可能な海洋の構築に資することが期待される。

1.2 構想の目標

1.2.1 アウトプット目標

本構想では、海中において、大容量、低遅延でセキュアな通信が可能な光通信技術を確立し、一定範囲内でのデータ送受信が可能な通信環境を構

築するため、研究開発における目標を以下のとおりとする。

- 太陽光などの外乱の影響を緩和もしくは補償する技術及び指向性の課題を解決する技術を開発するとともに、海中において以下に掲げるエリア構築型および遠距離トラッキング型のいずれかまたは両方の型により一定の距離における光通信が可能なシステムを構築する。また、いずれの型においても、実環境を想定した上で、音響通信との組み合わせや環境影響に配慮し、高解像度の映像を遅延なく送受信が可能な通信速度（10Mbps 程度）の安定した通信が可能となるようにするとともに、最終的には沿岸域で一般に想定され得る光の透過度のあらゆる条件下で活用可能であることを実海域において実証すること。なお遠距離トラッキング型においては、今後の社会実装を見据え、光源等が AUV 等水中ロボットに搭載可能な規模となるよう留意すること。
 - 海中インフラの維持管理で活用できるよう場面に応じた一定の範囲（例えば、洋上風力発電設備の点検を目的とする場合は核となる機器を中心に半径約 20mの球または半球状）において、範囲内に複数の通信機器を設置し、すべての通信機器と同時に通信することが可能な技術（エリア構築型）
 - ターゲットとする用途に応じた一定程度の遠距離（例えば、大陸棚において鉛直方向の通信が可能となる約 200m）にある通信対象の位置を捕捉し、自動で光軸を合わせることにより通信を可能とする技術（遠距離トラッキング型）

1.2.2 アウトカム目標

上記のアウトプット目標により、水中ロボットと海底観測機器間や水中ロボット同士等の海中における光通信が確立される。その結果、現在は通信環境から隔絶された海中での観測等において、水中ロボットを介して陸上とデータ共有が可能となる。また、通信範囲内での遠隔操縦や、多数の水中ロボット間でのデータ共有なども可能となる。また、通信の用途・環境等で、既存の音響通信技術と使い分けが可能となり、海洋における通信の利便性が向上する。

これらにより、通信環境から隔絶した海中における準リアルタイム観測や海中ロボットのより高度な制御の実現を通じた海中作業の無人化・効率

化が可能となり、我が国における技術の優位性の獲得、及びこれに繋が
り得る自律性の確保に資する。

1.3 研究開発の内容

1.3.1 研究開発の必要性

海洋環境・海況・海洋の自然現象等の観測を行うには、時間・空間的に
密な計測が重要である。こうした高密度の観測において、AUV 等の水中ロ
ボットの活用が効果的であるが、その活用のためには一定範囲内で安定的
な大容量・高速無線通信が可能な海洋インフラの強化が重要である。しか
しながら、前述のとおり既存の音響通信のみではこれら要求を満たす事が
難しく、また水中光通信はまだ技術成熟度が低い。そのため、高密度の観
測の実現には水中光通信の安定性向上は不可欠であり、試作試験等を通じ
た開発・検証を行うことが必要である。

1.3.2 研究開発の具体的内容例

社会実装後の運用イメージを明確にした上で試作システムによる検証を
行う。それに向けた研究開発の具体的内容として考えられる項目やその進
め方を以下に例示する。

- 外乱による影響を緩和もしくは補償する技術の開発

太陽光などの外乱による影響を緩和するため、海中での距離減衰が小
さい波長に最適化するとともに、高輝度かつ高応答の光デバイスを開
発するなど、水中でより遠距離かつ高速に映像などの大容量データを
伝送するための光源の開発や、ノイズを低減する信号処理等の技術を
開発する。また、セキュリティや低消費電力等を考慮した符号化や変
調方式の選定を行い、海中における光通信に適した通信プロトコルを
設計する。

- 指向性の課題を解決する技術の開発

通信を行う光軸がずれることにより生じる通信不良を防ぐため、複数
の光送受信部を、障害物を避けて任意の位置と方向に配置することに
より死角を無くし厳密な光軸合わせを不要とする技術や、光軸がずれ
ても直ちに自動で光軸を合わせ直すことができるよう複数の光軸合わ
せ手法を組み合わせて目標を追尾する技術などを開発する。

- 海中において一定範囲内で通信可能な光通信環境の構築
水中ロボット等と海中の観測拠点等との連携などの実運用を見据え、上記で開発した要素技術を用いて、海中にエリア構築型または遠距離トラッキング型の一定距離における光通信環境を構築・実証するとともに、AUVの充電を行う海中ステーション等の既存の技術を統合・システム化するなど、社会実装を見据えた実証を行う。

1.3.3 研究開発の達成目標

外乱の影響や指向性の課題を解決した水中光通信技術を確立するとともに、実海域における実証試験を行い、一定の距離における大容量・高速光通信が可能な環境（構想全体としてエリア構築型・遠距離トラッキング型の両方）を構築する。

なお、提案者の設定した個別の達成目標を基本としつつ、文部科学省及びJSTのサポートの下、採択後、研究開発を開始するにあたって行う研究計画の調整にて定めると共に、研究開発開始後においては、協議会における意見交換の結果も踏まえ、必要な場合、見直しを行う。

2 研究開発の実施方法、実施期間、評価

2.1 研究開発の実施・体制

当該構想のアウトプット目標をより詳細に設定するため、研究開発対象となり得る技術動向を踏まえ、プログラム・オフィサー（PO）、当該関係分野の有識者、関係府省等による意見交換を経た上で研究公募を行い、研究開発課題を決定し、産官学の複数の研究代表者による研究開発を行う。その上で、POの指揮・監督の下、研究代表者が研究開発構想の実現に向け責任を持って研究開発を推進する。JST等の助言に基づき、研究に参加する主たる研究者のそれぞれが、適切な技術流出対策を行うよう体制を整備するとともに、研究インテグリティの確保に努め、適切な安全保障貿易管理を行うよう、これらを推進すると共に、研究開発に必要な事項を行う。

研究開発成果を民生利用のみならず公的利用につなげていくことを指向し、社会実装や市場の誘導につなげていく視点を重視するという本プログラムの趣旨に則り、研究代表機関、研究代表者はPO及び研究分担者との協議の上、知的財産権の利活用方針を定めることとする。その際には、研

究開発途中及び終了後を含め、知的財産権の利活用を円滑に進めることができるように努めることとする。

なお、研究開発成果の利活用にあたりその成果にバックグラウンド知的財産権が含まれる場合には、その利活用についても同様に努めることとする。

2.2 研究開発の実施期間

各研究開発課題の実施期間は原則5年以内とする。構想全体で最大45億円程度の予算を措置する。(複数の研究開発課題を実施することとなった場合は、各課題の合計額が45億円程度となるよう各課題に配分する。)

2.3 評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価については原則、研究開発の開始から3年目に中間評価とし、研究開発終了年に事後評価を実施する。具体的な時期やステージゲート評価の目標等の設定については、担当するPOが採択時点でマイルストーンを含む研究計画とともに調整した上で、JSTが決定するものとする。

2.4 社会実装に向けた取組

本構想は、海中における光通信の技術を確立することにより、AUVやROV等の高度な活用が可能となり、海中作業の飛躍的な無人化・効率化を目指すものである。また、このためには、研究代表機関又は研究代表者と、潜在的な社会実装の担い手として想定される海中調査や海底通信ケーブル、海底資源、海洋エネルギーに関係する行政機関や民間企業等との間で、海中における観測機器等の情報通信の状況についての情報共有や、社会実装イメージや研究開発の進め方を議論・共有する取組等の伴走支援が有効である。

したがって、今後設置される協議会を活用し、参加者間で機微な情報も含め、社会実装に向けて研究開発を進める上で有用な情報の交換や協議を安心して円滑に行うことのできるパートナーシップを確立することが重要であり、関係者において十分にこの仕組みの運用を検討する必要がある。なお、協議会の詳細は別に示す。また、POは研究マネジメントを実施す

る際には、協議会における意見交換の結果も踏まえるものとする。