

「先端センシング技術を用いた海面から海底に至る海洋の鉛直断面
の常時継続的な観測・調査・モニタリングシステムの開発」に関する
研究開発構想（プロジェクト型）

令和4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.....	3
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.....	8
2.1 研究開発の実施・体制.....	8
2.2 研究開発の実施期間.....	8
2.3 評価に関する事項.....	9
2.4 社会実装に向けた取組.....	9

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

我が国は、広く海上に展開する 6 千余りの島々で構成されており、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。

一方、「第 3 期海洋基本計画」（平成 30 年 5 月 15 日閣議決定）では、最近の情勢として、我が国の領海や排他的経済水域（EEZ）を取り巻く情勢は厳しさを増しており、領海侵入、違法操業・調査等、我が国の海洋権益はこれまでになく深刻な状況にさらされているといった、海洋をめぐる安全保障上の情勢変化が指摘されている。係る状況を踏まえ、同計画では、我が国の「総合的な海洋の安全保障」に向け、「我が国の領海等における平和と安定を維持し、国民の生命・身体・財産の安全の確保及び漁業、海洋開発等の海洋権益の確保、ひいては国民の安心の確保といった国益を長期的かつ安定的に確保するために、海洋に関する情報収集・分析・共有体制を構築するとともに、主として我が国自身の努力によって必要な抑止力・対処力を強化する。」ことを基本的な方針としている。さらに、「新たな可能性を有する海洋資源開発や海洋エネルギー開発への期待」も踏まえれば、海洋における脅威・リスクをはじめとする海洋状況の早期把握が肝要である。

こうした中、同計画においては、①世界最先端の革新的な研究開発の推進、②広域な海洋の情報を高精度かつ効果的に取得するための省人化・無人化や衛星の活用、③海洋の状況を把握しこれを適切に共有する海洋状況把握（MDA）の取組を重点施策としているほか、特に海洋モニタリングについては、④リアルタイム性のみならず常時継続的な運用、人的リソースに起因する課題の克服や海洋活動の基盤となる先端技術による革新を重視している。これらの先端技術による革新は、その重要性に鑑み、我が国としての自律性の確保も念頭に行うことが必要である。

本構想は、プロジェクト型として、これら①～④に照らし、総合的な海洋の安全保障に資する支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第一次）

において定められた「先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術」及び「観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術」において、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

現状、我が国には、様々な海中を観測する技術があり、魚群探査並びに水温及び流速の計測には音響センサ（音波ビーム、超音波、音響トモグラフィ等）が利用されている。また、地殻構造探査で得られた水中部のデータを用いて水中温度構造推定が試みられたこともある。さらに、海底ケーブル式観測システムとして、日本海溝海底地震津波観測網(S-Net)、地震・津波観測監視システム(DONET)が整備され、地震・津波の観測に活用されている。振動・音響等を観測する光ファイバセンサとしては、分布型音響センサ（Distributed Acoustic Sensor）が挙げられ、物理探査分野では従前より用いられている。より広い範囲で、海洋環境・海況・自然現象・人工現象を含め様々な海洋状況を経時的に観測・把握できる技術は確立されていない。

1.1.3 世界の取組状況

より広い範囲で、様々な海洋状況を経時的に観測・把握する技術としては、例えば北米においては、主に地震津波観測のため、海底ケーブルを用いた海洋観測システムの開発がなされた実績があるほか、音響センサを地殻構造探査、魚群探査、水温及び流速の計測へ応用する研究等がなされている。光ファイバによる干渉型の音響センサについては、2000年以前よりアメリカ海軍調査研究所から論文が出ており、当初の論文では15kmの伝送距離で実証試験がされている。その後、100km程度の伝送や、光中継器を使用した数百kmの伝送に関する論文が欧米で発表されているが、民需向けの長距離伝送可能かつ高強度なケーブルとそれに内装可能な海底敷設型の光ファイバによる音響センサの実績は無い。

1.1.4 構想のねらい

本構想は、広い海域や水中における観測対象の増加とともに、膨大な海洋データの科学的な収集・分析が必要となっていることから、先端センシング

技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術を開発するとともに、観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術を開発することで、海面から海底に至るまでの海洋全般の海洋環境・海況・自然現象・人工現象等の経時的な観測及び分析を行うシステムの構築を目指し、我が国技術の優位性の獲得を目指す。

これにより、我が国の総合的な海洋の安全保障に資する、水産資源の変動の観測、排他的経済水域における外国漁船の違法操業の監視といった公的利用に加え、船舶の安全航行、水産資源管理等の民生利用に活用され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、先端センシング技術として、振動・音響等を高感度かつパッシブに検知する最先端のセンサと、それにより得られたデータをリアルタイムに地上へと伝送するケーブルからなる海洋モニタリング技術を開発し、これを用いた海面から海底に至る空間の観測技術を確立する。さらに、観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術の開発等に取り組み、これらを組み合わせることで、主として海洋の鉛直断面を通過した物体・生物の個体識別、通過様態（位置、速度、移動方向など）が時刻履歴とともに把握できることを念頭に置いた海洋観測・調査・モニタリングシステムを構築する。本システムについて、研究開発開始から10年後に行う海域での実証試験における目標は、それぞれの技術ごとに以下のとおりとする。これにより、その後の展開あるいは社会実装に繋げていく。

<先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術>

技術の満たすべき要件

- 海洋の鉛直断面の観測・調査・モニタリングシステムを通過した物体・生物の個体識別、通過様態（位置、速度、移動方向など）が時刻履歴とともに把握できるよう、当該システムは最先端のセンサと伝送ケーブルから構成される先端センシングケーブル、自律型洋上航走体を組み合わせたものとして、以下の要件を実現できるようにすること。
 - ▶ 常時継続的に観測・調査・モニタリングする海洋の鉛直断面の広さ：

長さが約 300km 以上、水深が約 100m から約 1,000m 以浅

- 先端センシングケーブルによる観測と自律型洋上航走体による海中及び海面の観測を組み合わせた海洋の鉛直断面での観測の実現
- 海中及び海面において取得する海洋環境データ：海面上の気象データ、海中の温度・塩分
- 先端センシングケーブルにより振動・音響等を高感度かつパッシブに検知するとともに、海中及び海面の振動・音響等の伝搬に大きな影響を与える水温や電気伝導度などの環境データを様々なセンサにより海面から観測し、これらを組み合わせるにより海洋の鉛直断面の状況を経時的に観測・把握できるものとする。
- 観測、監視体制を適切に運用できるようにするため、最先端のセンサが多数配置されたケーブルからリアルタイムで取得される観測データと自律型洋上航走体の観測データとを統合して逐次処理できる手法を構築すること。

<観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術>

技術の満たすべき要件

- 上述の先端センシングケーブルや海面からの様々なセンサが観測する多様かつ膨大な情報の中から AI・ビッグデータ解析技術等を活用し、以下を実現する手法を確立すること。
 - 自然物や人工物を含む物体や事象を観測・識別する
 - 物体の個体識別、量、通過様態（位置、速度、移動方向など）の詳細情報を抽出する
 - 上記の識別・抽出技術によって、海底から海面までの膨大な観測データを連携させることで、海面から海底に至るまでの海洋全般の海洋環境・海況・自然現象・人工現象等の経時的な分析を行う統合的な処理システムを構築する

1.2.2 アウトカム目標

上記のアウトプット目標により、本構想で開発する技術で、海面から海底に至るまでの海洋全般の海洋環境・海況・自然現象・人工現象等の経時的な観測及び分析が可能となる。これにより、水産資源の変動の観測、排他的経

済水域における外国漁船の違法操業の監視、船舶の安全航行、水産資源管理（漁量・漁獲資源の同定）等を実現する。また、その際、開発されるケーブル及び自律型洋上航走体をはじめとしたハードと解析技術等のソフトの両面において国内リソースを可能な限り活用し、その技術向上を図ることで、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

海面から海底に至るまでの海洋全般の海洋環境・海況・自然現象・人工現象等の経時的な観測及び分析を可能とする技術を確立するためには、海面から海底まで先端センシング技術を用いて観測する技術と、膨大な観測データから特徴量を抽出・解析し統合的に処理する技術をそれぞれ開発し、これらを社会実装後の運用イメージを明確にした上でシステムとして統合しなければならない。しかしながら、これらの開発事項はまだ技術成熟度が低いいため、試作試験等を通じて個々に開発・検証を行うことが欠かせず、さらにシステムとしてこれらを統合させての検証を行う必要もある。

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。

<先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術>

- 先端センシングケーブルの開発

海面から海底に至るまでの海洋全般の海洋環境・海況・自然現象・人工現象等の経時的な観測に向けて必要な主な技術の一つとして、水深約100～300m以浅の海底に約100km程度にわたって敷設される先端センシングケーブルを開発する。

研究開発開始から5年目を目途に、船舶交通が輻輳し、海洋生物が一定程度生息する水域などに敷設し、試作機として後述の海面・海中の観測と組み合わせた海洋の鉛直断面の観測体制の構築を目指す。

- 海中及び海面における観測

自律型洋上航走体の技術開発、実証を行い、実海域での任意の測線に沿った経時的な観測が実施可能となる運用形態を確立する。観測項目に関しては、先端センシングケーブルと組み合わせることを念頭に、観測対象に対して必要となるものを選定して、自律型洋上航走体への実装を行う。

- 海底観測機器を用いたデータ取得

既存センサを活用した海底観測機器による観測を実施し、AIによる識別技術確立等に必要となる観測データを取得する。また、それらのデータを先端センシングケーブルのセンサ配置検討にも利用する。

<観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術>

- 上述の技術で観測した多様かつ膨大なデータから、AI・ビッグデータ解析技術等により、以下の技術的課題を解決し、有用な情報を抽出・解析できる手法を開発する。

- 環境音・人工音(船舶等)・生物音(魚群等)のパッシブデータを用いた自動判別手法の確立
- 人工音のおおまかな類別(大型、小型、それ以外)技術の開発、生物音のおおまかな類別(海生哺乳類、音を出す魚群)技術の開発
- 水上・水中の物体の通過様態(位置、速度、移動方向など)の検出法の開発

研究開発開始から5年目を目途に、海域試験において解析手法が活用できるかの検証を行う。

1.3.3 研究開発の達成目標

船舶交通が輻輳し、海洋生物が一定程度生息する水深約100~300m以浅の水域において、海面から海底までの海洋の状況を観測できる先端センシングケーブルの試作機(100km程度)や観測機器に、データの自動判別手法を組み合わせた試作システムの検証を行い、海底から海面までの経時的な観測・調査・モニタリング(主として海洋の鉛直断面を通過した物体・生物の個体識別、通過様態(位置、速度、移動方向など)を時刻履歴とともに把握)が可能であることを確認する。この際、最終的な実証システム(長さ300km程度)による、より広範囲な海域での実証試験を視野に入れ、これ以降の研究開発に向けて、試作システムの検証で発生した不具合や課題を

明確化する。

より具体的には、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

海洋の鉛直断面の観測・調査・モニタリングシステム構築に向けて、試作システムによる実証試験を行う研究代表機関を決定する。

期間中、研究代表機関、関係府省等による意見交換を経て、試作システムに必要な技術について新たな研究機関による研究開発が適切とプログラム・ディレクター（PD）が判断した場合には、その研究開発について公募を行うものとする。その場合、研究代表機関から公募を行うことも可能とする。

上記視点を踏まえ、PD の指揮・監督の下、研究代表機関又は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、研究に参加する機関・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 PD 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

研究開発開始から「1.3.3 研究開発の達成目標」まで5年程度とし、この期間の予算として最大80億円程度を措置する。

本構想では、「1.2 構想の目標」の達成に向け、研究開発開始から10年以内を限度に、5年程度を超えて継続することを可能とする。したがって、5年程度を超えて継続することを現時点で構想し得る場合は、研究開発開始から10年以内で実証システムにより実証試験を行って「1.2.1 アウトプット目標」を達成するまでの計画と、その計画の達成により「1.2.2 アウトカム目標」以外に実現が見込める潜在的な社会実装についても提出を推奨する。

5年程度を超えて継続する場合には、内閣府、文部科学省が、外部評価の結果等を踏まえ、関係府省と調整の上、当該継続期間に措置する予算を示す。

なお、5年以内で実証システムを完成させることが可能である場合はこの限りではなく、実現性があり可能な限り早い時期で完成できることが望ましい。

項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目
スマートセンシング技術の研究開発		試作機開発・製造・敷設				実証機開発・製造・敷設				
自動判別・類別技術の研究開発		自動判別法	類別技術の研究開発			類別技術の高度化				実証システム試験
自律型洋上航走体など観測機器を用いた海洋観測		識別処理開発のためのデータ取得				実証機設置域のベースライン観測				
			自律型洋上航走体の運用試験			洋上観測・監視体制の構築				

研究開発の進め方のイメージ

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、5年程度を目途にステージゲート評価を実施する。さらに5年程度を超えて継続する場合には、終了年までの間に1回以上中間評価を設けるものとする。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PD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、海洋の鉛直断面の観測・調査・モニタリングシステムを構築することにより、水産資源の変動の観測や水産資源管理（漁量・漁獲資源の同定）、大型哺乳類の生態監視、排他的経済水域における外国漁船の違法操業の監視、海底地震等の自然現象で引き起こされる海中・海底で生じる様々な変動の検知等を実現することを目指すものである。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関係行政機関や民間企業等との間で、海洋の鉛直断面の常時観測が求められる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・共有する取組が有用である。個々の要素技術を捉えるだけでなく、組合せによるシステム化、様々なセンシング等により得られたビッグデータの処理、設計製造へのデジタル技術の活用を踏まえて各種開発を進めていく。また、収集されたビッグデータのなかには機微なものが含まれ得ることを踏まえ、社会実装の際にどのように取り扱うのかを事前に検討をする必要もある。加えて、社会実装後のモニタリングの継続的な実施における課題、例えば、システムの維持管理や、データの収集・伝送・解析・利活用における管理・運用、実施主体、運用コスト、技術の維持・向上、イノベーションの促進、人材確保・育成についても、事前に検討をする必要がある。定期的な点検や保守管理、故障時の対応、モニタリング終了時の対応、自律型洋上航走体と漁船との接触の回避・安全確保、保険、使用目的に応じたシステムの最適な活用方法等の課題の検討も順次進めつつ、潜在的な社会実装の担い手につなげていくことや将来の運用に関する枠組みも検討していくものとする。

例えば、本構想以外における研究開発において、本構想で開発する先端センシングケーブルに接続可能であって、本構想で想定していない現象を測定可能なセンシング技術が開発された場合、それが本構想のねらいに合致したものであれば、協議会も活用し、実証システムに当該センシング技術を導入することを検討することも考えられる。

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、PD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。