

「高高度無人機を活用した災害観測・予測技術の開発・実証」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..... | 5 |
| 1.1.4 構想のねらい..... | 5 |
| 1.2 構想の目標..... | 6 |
| 1.2.1 アウトプット目標..... | 6 |
| 1.2.2 アウトカム目標..... | 7 |
| 1.3 研究開発の内容..... | 7 |
| 1.3.1 研究開発の必要性..... | 7 |
| 1.3.2 研究開発の具体的内容例..... | 8 |
| 1.3.3 研究開発の達成目標..... | 9 |
| 2 研究開発の実施方法、実施期間、評価..... | 10 |
| 2.1 研究開発の実施・体制..... | 10 |
| 2.2 研究開発の実施期間..... | 11 |
| 2.3 評価に関する事項..... | 11 |
| 2.4 社会実装に向けた取組..... | 11 |

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

防災や海洋状況把握等の分野においては、俯瞰的な観測と状況の把握が重要であり、防災の分野は、加えて災害の予測、対応の判断・意思決定を繰り返す必要がある。これを踏まえ、俯瞰的な観測と状況の把握ができることと、意思決定を支援する情報システムが必要不可欠である。そのためには、観測対象に応じて多様な情報を収集できるよう、常時性・継続性を確保し、陸上のみならず、海上・海域における気象観測の空白域でのデータ取得や、より高精細な地球観測（画像取得）・気象観測を可能とするセンシング能力が必要である。

これまで我が国では、災害等における危機管理に際して、主に静止軌道上や低軌道上の衛星からの広域観測や、航空機からの機動的な観測が用いられてきた。静止軌道上の観測衛星は、常時性・継続性が期待できるが、地上から約 36,000km も離れていることから、搭載される既存のセンシング技術では高精細な画像データの取得に限界がある。低軌道上の観測衛星からのセンシングは、地球全体を広域に観測できる一方で、1日あたりの観測回数に限りがあり、常時性の確保には限界がある。また、航空機からの機動的な観測は、気象条件の影響も受けやすく、運用費も高額であるため、常時・継続的な観測への対応は困難である。

海域における気象観測については、従来、衛星や台風等の際に実施される航空機を用いたラジオゾンデ・気象レーダーによる観測が中心となっているが、常時・継続的な観測が困難であることが、海上における安全な通信を確立する上でも大きな課題となっており、具体的には、予期しない遠方への電波伝搬による情報漏洩を防止するため、気温・水蒸気場により決定される海域上空の電波屈折率の三次元分布を常時・継続的に観測した上で、通信電波（マイクロ波帯）の伝搬経路を決定することが求められている。また、得られるデータ（気温・水蒸気データ等）が限定的であり、特に低高度のデータがほぼ得られていないことが、精度の高い台風等の気象擾乱発達予測のボトルネックとなっている。

このような衛星や航空機からの観測を補完・補強し、多層的な連携を実現させる観点から注目する技術として、世界各国で技術開発が進められて

いる高高度無人機（HAPS：High Altitude Platform Station）が挙げられる。HAPS は衛星よりも高度が低い成層圏を長期滞空可能な無人機であるため、特定地域の長期間観測や高解像度の観測の実現が期待でき、また、成層圏を飛行することから気象条件の影響も受けにくいという特徴がある。HAPS はこれまで主に情報通信分野での応用を主眼に開発が進められてきたところであるが、HAPS を観測用途に応用することができれば、災害の予測、状況把握に必要な情報を、さらに高解像度かつ継続的に観測することが可能となり、高高度域からのセンシング能力の抜本的な強化が期待できる。

このように、HAPS を用いた成層圏からの観測技術や観測したデータの情報処理技術等、HAPS を観測用途に応用するための技術体系を確立することには、我が国の海洋の安全確保や防災・減災技術の高度化、我が国における独自の、新たな観測技術の自律的な確保につながる等の意義がある。さらに、HAPS を用いた観測技術は、海洋の安全確保や防災・減災分野にとどまらず、農林水産分野や気候変動分野等、他分野におけるセンシングへの応用も見込まれ、技術確立後の応用・発展にも大いに期待できる。

こうした背景の下、本構想は、個別研究型として、センシング能力の抜本的な強化に資する支援対象とする技術として研究開発ビジョン（第二次）において定められた「高高度無人機を活用した高解像度かつ継続性のあるリモートセンシング技術」において、我が国技術の優位性の獲得を目指すものである。

1.1.2 我が国の状況

地球観測技術の観点では、安全保障、災害対応などのユースケースを中心に、これまでの1トンを超える大型の観測衛星(陸域観測技術衛星だいち等)の利用に加え、小型の観測衛星からのデータ活用が活発化してきており、国内の企業や研究所では、光学画像や合成開口レーダー（SAR：Synthetic Aperture Radar）画像を提供する分野において技術を高めてきているが、常時性等の制約もあるため、特定地域の高解像度の長期観測やその機動性の観点から、HAPS を活用した災害への対応等への必要な情報収集が期待されている。

しかし、現状の HAPS は国内外共に研究開発フェーズにある。HAPS は

固定翼型と飛行船型に大きく分類され、国内の企業においては、2020年に固定翼型 HAPS の成層圏飛行・LTE 通信技術に関する実証を海外で実施した例があるが、HAPS からの観測技術の実証については例がない。一方、民間サービスという観点では、情報通信分野の企業において、2022年より、2025年度を目標として、HAPS を活用した通信・リモートセンシングのサービス化の検討が進められているところである。

海上・海域上空の気象（気温・水蒸気・風向・風速等）三次元観測技術の観点では、従来、航空機を用いたラジオゾンデ・気象レーダーによる観測が中心となっているが、上述のとおり、常時・継続的な観測が困難であることや、取得データに制約があることが課題となっている。

ラジオゾンデについては、主に国内大学を中心とした研究チームによる、台風の眼を観測対象とした、航空機投下型ラジオゾンデ（ドロップゾンデ）による直接観測によりその技術開発が進められてきた。時速800kmで移動する航空機からドロップゾンデを投下するため、ゾンデ自体には強い耐久性が求められ、また限られた時間内に多点観測を行うためにできるだけ早く落下するような設計となっている。しかし、気象観測の観点からは、ドロップゾンデを長い時間滞空をさせ、同一地点に反復継続して投下することで、空間分解能、及び時間分解能を高めることが求められる。HAPS から投下するドロップゾンデの場合は、HAPS の移動速度が遅いため、航空機投下型と比べ高い耐久性は必要ない。また、データを受信する HAPS は上空にとどまるため、ゆっくり落下させることも可能であり、更なる軽量化とデータの高度方向の高分解能化が期待できる。

航空機搭載型の気象レーダーについては、主に研究用に開発・製作され、航空機周辺の雲内の雲・降水の分布に加え、風に関する情報の取得に用いられてきた。気象レーダーを小型化・省電力化することで HAPS への搭載を可能とし、さらに、低コストで現在の気象観測の空白域である海域上空に長期間とどまった状態で観測をすることが可能になれば、データ同化技術により気象予測精度、特に台風の経路および強度に関する予測精度を飛躍的に高め、数日先の気象予測への大きなインパクトが期待される。さらに、気象レーダーで観測された海面反射データは海面状況に関する情報を含んでいるため、海面の状況監視が可能になるようなソフトウェア開発研究も期待される。

1.1.3 世界の取組状況

世界の技術開発の状況では、フランスの企業において固定翼型の HAPS を開発しており、米国等で飛行実証を複数回実施している。2023 年度中にも通信ペイロードを搭載した飛行と通信接続の実証を控えていることから、HAPS 機体の商用化に向けて先駆けている状況であり、地球観測技術という観点では、成層圏から最大 18cm 解像度の光学画像（最新の商用衛星でも最大 30cm 程度）を取得している。一方、飛行船型については、米国環境保護庁が民間企業と協力して大気モニタリングに関する研究開発を実施している。

また、民間サービスという観点でも HAPS が研究開発・実証フェーズの状況であるため、世界でも HAPS の地球観測サービスは未だない。

気象観測については、世界的に見ても HAPS を用いて実施している例はなく、海上気象情報のほとんどが衛星観測によって取得されている。また、詳細な気象情報が必要な場面では衛星観測を補完するため、ドロップゾンデや気象レーダーを用いた航空機観測により大気状態を計測するのが一般的となっている。こうした観測は主に国の機関を中心に実施されており、米国海洋大気庁（NOAA）や台湾中央気象局・台湾大学が台風接近時等を中心に雲内の詳細な風の解析を含む気象データを取得している。

海外ではフィンランドの企業において航空機搭載型ドロップゾンデが製造されているが、日本のものよりも重く、軽量化という観点では我が国が優位性を有している。

1.1.4 構想のねらい

本構想により、特定地域を長時間滞空可能な HAPS による海洋状況把握や自然災害への対応に必要な情報を観測する技術を確立することで、低軌道衛星や航空機によるリモートセンシングを補完・補強し、我が国周辺の状況把握を可能とするセンシング能力の向上を狙う。従来技術では困難とされてきた陸上及び海上・海域における気象並びに海面状況の常時観測を可能とし、HAPS への気象レーダー・ドロップゾンデの搭載と、高精度かつ持続的なセンシングとを両立するため、これらの小型・省電力化技術や観測データの解析技術等を開発し、我が国の海洋の安全確保及び災害対応

向上に貢献することを目指す。

1.2 構想の目標

1.2.1 アウトプット目標

本構想は HAPS を活用したセンシング技術の確立を目指し、研究開発の最終目標として、開発した機器類を HAPS に積載し、実際に成層圏を飛行している HAPS から、高い感度での観測と観測したデータの送受信・解析の実証を行うことを目指す。このため、以下に掲げる内容のとおり各技術開発の目標を定める。

<災害観測・予測用の HAPS 搭載型レーダー・ドロップゾンデ等のセンシング技術>

- HAPS からの大気観測に加え、海面監視が可能となる気象レーダーの技術開発
- HAPS への搭載を見越した気象レーダーの小型化・省電力化及び成層圏下を想定した耐環境性能の向上（航空機搭載型の気象レーダーと同等か上回る性能を省電力で実現する HAPS 搭載用の気象レーダーを目指す。）
- 気象レーダーの観測データから降水域における降水・水平風の鉛直分布、異物の有無等を含む海面状況を解析する技術の開発
- 上記のリモートセンシング技術を補完し、HAPS から投下して機動的な 3次元観測センサーとなるドロップゾンデの研究開発（2週間～1月程度連続してより高精度な観測を実現するため、軽量化・小型化し可能な限り多数のドロップゾンデの搭載を目指す。）

<HAPS による観測データの解析・情報処理技術>

- 受信した観測データから、災害による陸上の被害箇所の自動抽出や、物体検知や異物の有無等を含む海面状況の自動抽出を行うデータ解析技術の開発
- HAPS に搭載したセンシング機器（本構想にて開発する気象レーダーのみならず、光学センサー、SAR、ライダー等を含む）に対し、より適切なエリアの観測を指示する技術の開発と、観測データをリアルタイムで安全に送受信する通信技術（既存技術の活用も含む）の実証
- 上記で開発されたデータ解析結果を活用し災害対応に資する情報とし

て分析を行うための、データ解析結果を他の災害情報と統合させて地図上へ可視化する技術の開発

1.2.2 アウトカム目標

HAPS を観測用途として活用するための技術とデータ解析・情報処理技術を確立することにより、我が国の海洋の状況把握や防災・減災技術の高度化を通じた安全・安心の確保に貢献するとともに、欧米企業等を中心に開発が進められてきた HAPS の技術に関して、我が国の民間企業等への技術移転の可能性把握による民間投資の拡大等、幅広い主体への寄与が期待される。具体的には、気象予測事業者などに向けた気象観測データの提供や、公的には災害時における機動的な観測、海上の異物発見等が想定される。

また、本事業の成果から生まれた製品やサービスが我が国のみならず、海外でも利用されることを目指す。本事業で確立された技術が、海洋状況把握分野・防災分野に限らず、農林水産業や気候変動等、他分野でも応用され、民生利用による製品・サービスへと展開されることを期待する。

1.3 研究開発の内容

1.3.1 研究開発の必要性

<災害観測・予測用の HAPS 搭載型レーダー・ドロップゾンデ等のセンシング技術>

台風などの海洋由来の自然災害については、災害観測・予測、被災状況把握のために海上の空気中の水蒸気や気圧・風速等の観測技術や観測データの情報処理システムが重要であるが、陸上設置のレーダー等の既存技術では海上での観測が困難である。このため、海洋由来の自然災害の情報把握精度向上には、海洋上から継続的かつ高精度に観測する技術の開発が求められる。

衛星に搭載するセンサーやレーダーは、解像度が低いために建物 1 棟単位での把握が困難であることから、高解像度なものが求められる。一方で、航空機に搭載する場合は、衛星よりも高解像度の撮影が可能だが、燃料の限界や気象条件による制約があるため、長時間の観測は困難である。HAPS からの観測であれば、任意の地域・タイミングで成層圏を含む上空

にとどまることができるため、継続的な繰り返し観測が可能だが、HAPS は可搬重量や使用可能電力量の制限が厳しいことから、センサーやレーダーの解像度を高く保ちながら小型化と省電力化及び耐環境性能の向上のための技術開発が必要である。

また、天候によらない海上の空気中の水蒸気や気圧・風速等を高精度に観測することで、海洋由来の自然災害の災害観測・予測、被災状況把握の精度向上を図る必要がある。ドロップゾンデは上空から投下され落下しながら天候に妨げられずに直接観測を可能とする技術であるが、一般的には航空機から投下されることから、成層圏での耐久性能や作動時間の向上のための技術開発が必要である。

<HAPS による観測データの解析・情報処理技術>

HAPS による俯瞰的観測と状況把握を実現し、的確な対応の判断・意思決定へ繋げるためには、被災エリアを確実に観測し、把握までの時間を短縮化あるいはリアルタイム化することが必須である。そのためには、オンボードによるデータの前処理や、データの送受信を行う通信の高速化、通信内容の暗号化等の対応が必要である。したがって、観測データを高速かつ安全に送受信可能とする情報処理技術や通信技術の開発が必要である。

HAPS から取得することが可能な大量の観測データに基づき、人間による視覚的な把握にとどまらず、対応の判断・意思決定に繋げるためには、陸上の被害箇所、海上の漂流物などの異常箇所の抽出など、高次情報の抽出が必須となる。そのためには、AI に代表されるデータ解析等の情報処理技術が必要である。

さらに、HAPS の観測データと解析処理が行われた情報は、衛星や航空機等による観測データや、様々な機関により作成される各種データ・情報を活用した統合的な分析を行い、判断・意思決定に活用される必要がある。そのためには、地理空間情報として統合処理と可視化を行う情報技術が必要である。したがって、災害対応を見越した統合分析技術および可視化技術の開発が必要である。

1.3.2 研究開発の具体的内容例

<災害観測・予測用の HAPS 搭載型レーダー・ドロップゾンデ等のセンシング技術>

- 大気中の降水分布・風の測定、海況情報の取得・解析（特に海面付近の風速の推定）、海の異常物体の観測等を高解像度で行える、HAPS への搭載を念頭に置いた規模・消費電力のフェイズドアレーレーダー等の気象レーダーのインテグレーション技術開発
- 成層圏を飛行する HAPS から投下し、大気中及び海面の温度・気圧・風速・水蒸気量の計測、海中の磁気の計測が可能なドロップゾンデの技術開発
- 取得された観測データをデータ同化技術により、高精度な三次元気象場（気温・水蒸気・気圧等）を復元し、気象予測を可能とする技術の開発
- 当該研究開発を通じて得られた気象レーダー、ドロップゾンデ等の HAPS 搭載の実証実験、実装に向けた妥当性検証等

<HAPS による観測データの解析・情報処理技術>

- HAPS に対して適切な観測エリアを指示し、搭載センサー（本構想にて開発する気象レーダーのみならず、光学センサー、SAR、ライダー等を含む）により確実な観測を行うと共に、観測データを高速かつセキュアに送受信を行うための情報処理技術および通信技術に関する技術開発
- 観測データから被災地等の把握を高度化するデータ処理、陸上の構造物被害や浸水エリア、海上の漂流物等の被害箇所や異常箇所等の情報を自動抽出するデータ処理に関する技術開発
- 観測データや処理データから、判断や意思決定へ高度に利活用するための、地理空間情報技術を活用した統合分析および可視化技術開発
- 上記の各技術開発の統合的な利用に基づく実証及び検証の実施

1.3.3 研究開発の達成目標

技術体系の確立を目指すため、産学官により HAPS 搭載型観測機器等の技術開発や妥当性検証に資する研究を実施する。3年程度を目途として、協議会等を活用しながら産学官のコミュニティを編成し、それぞれの応用先における技術の妥当性検証や技術移転の可能性を把握し、一定の目途をつける。

なお、開発した災害観測・予測技術及び解析・分析技術の実証に当たっ

ては、経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて先行する NEDO 事業「高高度無人機による海洋状況把握技術の開発・実証」における実証用機体・センサーの活用も考慮すること。

<災害観測・予測用の HAPS 搭載型レーダー・ドロップゾンデ等のセンシング技術>

- 各技術開発を進め、応用先に応じて HAPS 搭載型レーダー・ドロップゾンデ等による災害観測・予測に係る観測機器を製作し、HAPS に搭載して観測機器の性能を実証する。研究開発開始から5年程度を目途に、HAPS 搭載型観測機器等の公共・民生利用の応用先（ユースケース）を想定した上での妥当性検証や技術移転の可能性把握を行い、一定の目途をつけることで、将来的な政府機関、民間企業等での利用につなげる。

<HAPS による観測データの解析・情報処理技術>

- 各技術開発を進め、災害時における適切な観測エリアの指示、観測データの高速かつセキュアな通信、観測データから解析モデルに基づく自動抽出結果の出力、他の災害情報と組み合わせた統合分析を連続して行い、得られた分析結果を地理空間情報として可視化するシステムを構築し、実証実験において一連のプロセスを実証する。研究開発開始から5年程度を目途に、観測データや解析データの公的・民生利用の応用先に係る妥当性検証や技術移転の可能性把握を完了し、将来的な政府機関、民間企業等でのシステム利用につなげる。

上述を踏まえ、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。また、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、必要に応じて研究計画の見直しを行う。

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等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する。

PO の指揮・監督の下、研究代表者（研究開発課題の実施責任を法人が担う場合は当該法人を含む。以下同じ。）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、研究代表者は、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ともに、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もつなげていくことを指し、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 65 億円程度の予算を措置する。

2.3 評価に関する事項

自己評価は毎年実施する。外部評価の実施時期は原則、研究開発の開始から 3 年目に中間評価、研究開発終了年に最終評価を実施する。具体的な時期については、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、HAPS を観測用途として活用した観測技術手法の確立により、

従来技術では困難とされてきた海上の常時観測を通じて海洋由来の自然災害の情報把握精度向上に加え、これまで欧米企業等で進められてきたHAPSの応用に関する我が国技術の優位性獲得等を目指すものである。このためには、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、成層圏からの観測にも耐える高解像度で小型かつ省電力なセンサー・レーダー技術の開発や、これまで観測できなかった海洋上の空気中の水蒸気等の観測技術に係る妥当性検証、技術移転の可能性把握等、実装イメージ及び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。