

超広域大気海洋観測技術に向けた 海洋観測機器の位置制御技術

NTT宇宙環境エネルギー研究所では、地球環境をサイバー空間上に再現し、未来予測を可能にする地球環境未来予測技術の確立をめざしています。地球環境の状態を理解するために不可欠な海洋データを収集するため、常時・リアルタイム・広域・高密度な直接観測を実現する超広域大気海洋観測技術の研究開発に取り組んでいます。本稿では、超広域大気海洋観測技術と海洋観測の位置制御に関する取り組みについて紹介します。

しのざき ゆか ひさだ まさき
篠崎 友花 久田 正樹

NTT宇宙環境エネルギー研究所

地球環境の未来予測に向けて

NTT宇宙環境エネルギー研究所では、地球環境の再生と環境適応に向け、地球規模の観測により、サイバー空間上に地球の過去・現在を再現し、未来を予測する地球環境未来予測技術⁽¹⁾に取り組んでいます。海洋は地球の表面積の7割を占め、台風や線状降水帯などの極端気象の発生にかかわるなど、私たちの生活に大きな影響を与えています。海洋で起こる現象のメカニズム解明やモデル化には、海域での直接観測データを充実させることが重要である一方で、海洋特有の難しさがあり、十分な観測が行われていません。本稿では、IoT (Internet of Things) センサを活用し、地球規模で海洋の常時・リアルタイムかつ広域・高密度な直接観測を実現する超広域大気海洋観測技術⁽²⁾と、その主要な取り組みの1つである観測機器の位置制御技術について紹介します。

超広域大気海洋観測技術

超広域大気海洋観測技術(図1)は、

これまで直接観測が難しかった未踏領域を含む海洋のあらゆる場所にIoTセンサを配置し、超省電力・低コストでの観測をめざす観測技術です。将来的には、NTTが進める宇宙統合コンピューティング・ネットワーク⁽³⁾と連携し、IoTセンサが発するLPWA (Low Power Wide Area) の電波を低軌道衛星やHAPSなどを経由して、観測データをリアルタイムに収集する観測を実現します。本技術は、台風や線状降水帯などの気象や、海洋の微生物と栄養塩などの海洋生態系のメカニズム解明、さらにはサイバー空間上で

の地球環境のモデル化に資する海洋観測データの取得をめざします。現在、海洋観測で主に利用されているリモートセンシングでは質的にも量的にも十分ではありません。一方で、海域において常時・リアルタイムな直接観測を広範囲かつ高密度に実現するには、海洋特有の課題を解決する必要があります。代表的なものとして、観測機器の低消費電力化、通信の確保、耐候性の向上、位置制御が挙げられます。

■低消費電力化

長期間での海洋観測において、観測機器の低消費電力化は不可欠です。現

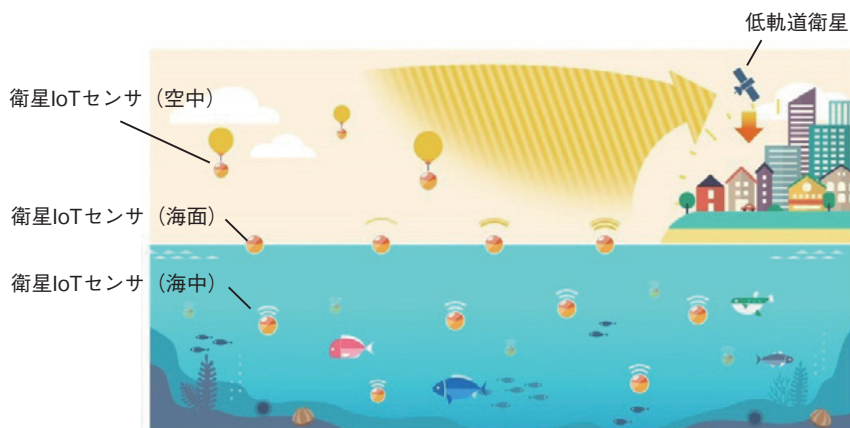


図1 超広域大気海洋観測技術

在の海洋観測では、電力をバッテリーと太陽光発電に依存していますが、陸上と比較して観測期間中のバッテリー交換は困難であり、荒天時は太陽光発電による電力供給もできません。海洋で長期的な観測をするためには、搭載するセンサや推進装置などで消費する電力を低減させることが重要となります。観測期間の長期化は観測機器の交換頻度を減らすことになり、観測コストの削減につながります。

■通信の確保

地球上のあらゆる場所に設置した観測機器から、リアルタイムに観測データを収集するためには、広範囲で大量の通信の確保が不可欠です。現在、陸上から離れた海洋でも、主に衛星通信を活用して観測データを収集することが可能ですが、一度に送信可能なデータ量に制限がある、通信コストが高価であるなどの問題があります。また、データの送受信に波の影響を受けないなど、海洋特有の環境でも安定した通信が必要です。

■耐候性の向上

台風のような荒天下において、安定した海洋観測を実現するためには、過酷な環境であっても、観測の継続が可能な観測機器の耐候性の向上が不可欠です。海上は陸上と異なり、電子部品

の水没や塩害などの環境対策が必要となります。また、波や風による揺れが常に存在し、特に台風のような強い風や高い波により、致命的なダメージを受ける可能性があるため、海洋環境を想定した観測機器の開発が重要です。

■位置制御

海流や風などの影響を受ける海域において、広範囲で高密度な観測を実現するためには、観測機器を偏りなく配置する位置制御が不可欠です。海底にアンカーを設置してケーブルで係留することで、位置を固定する方法もありますが、水深の深い海域では、設置の難易度が高く、定期的なメンテナンスにより大きなコストがかかります。一方で、スクリュープロペラやウォータージェットなどの推進装置により位置制御する場合には、貴重な電力を消費するため、観測期間への影響があります。

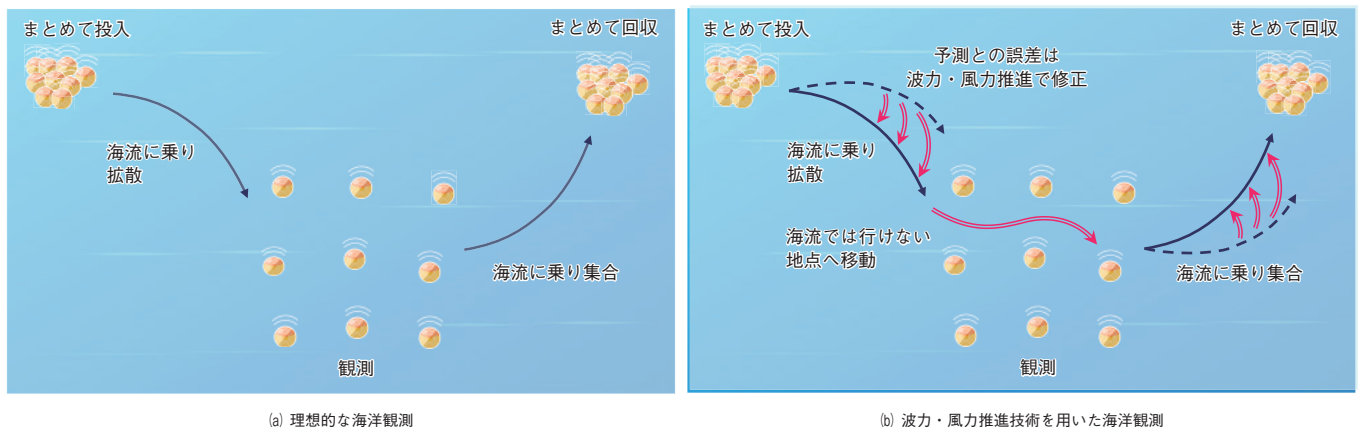
以降では、超広域大気海洋観測技術の確立に向けた海洋観測機器の位置制御技術について、詳しく紹介します。

超広域大気海洋観測技術の確立に向けた位置制御技術

超広域大気海洋観測技術を活用した海洋観測では、大量の衛星IoTセンサを偏りなく広域に配置し、観測データを収集することをめざしています。さ

らに、メンテナンスや交換が必要なタイミングで、これらの衛星IoTセンサを回収できるようにします。例えば図2(a)のように、衛星IoTセンサを1カ所にまとめて投入し、格子状に自動的に配置することで、指定の領域を観測することが可能となります。これらの衛星IoTセンサを効率良く回収するには、1カ所に集合させるのが理想です。このような理想に対し、現状のブイなど推進装置を持たない観測機器を用いた場合、海流や風に流されることで、観測密度の偏りが生じます。さらに、海洋に散らばった大量の観測機器の回収には、膨大なコストがかかるため、そのまま投棄されているのが現状です。観測機器の中には、電力などを動力源とした推進機器により移動制御を行うケースがありますが、低消費電力化が求められる長期的な海洋観測には不向きです。このような課題を克服し、前述した理想の観測を実現するためには、海流や波、風などの外力を活用しながら、衛星IoTセンサを所定の位置に配置する位置制御技術の確立が必要です。

そこで、観測機器に海流や風を活用した位置制御能力を保有させる位置制御技術として、2つの研究開発を進めています。1つが、漂流予測情報⁽⁴⁾に



(a) 理想的な海洋観測

(b) 波力・風力推進技術を用いた海洋観測

図2 位置制御技術

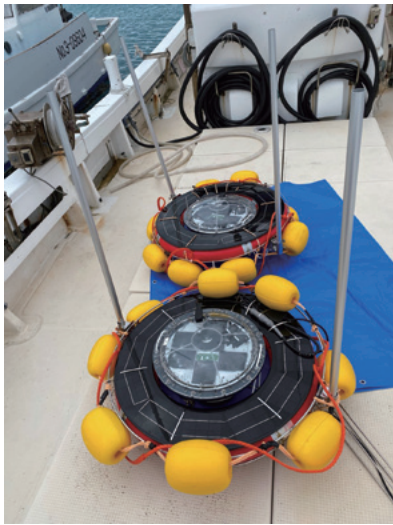


図3 漂流ブイ

よる位置制御技術です。海域での観測機器は海流や風の影響を受けて海面を漂流します。この漂流を活用することで、位置制御を実現します。もう一つが、波力・風力推進技術です。波・風を活用し、観測機器に推進力を付加して位置制御をする技術です（図2(b)）。これらの技術を組み合わせることで、電力を使わずに位置制御を行う海洋観測の実現をめざしています。

■漂流予測情報による位置制御技術

ある地点に投入した浮体が、海流等の影響を受けてどのように漂流するかを予測するのが漂流予測です。漂流予測では、気象庁の海流や風の予報データをインプットとし、浮体の形状によって海流と風の影響をどの程度受けるかをモデル化することで、浮体の移動方向と移動量を予測します。衛星IoTセンサの海域での動きを予測し、投入場所や時間を調整することで、移動を制御します。現在の漂流予測は精度が低く、予測精度の向上が不可欠ですが、予測と実績を比較するための観測データが少なく、高度化が進んでいない状況です。私たちは、漂流観測を継続的に実施することで、観測データ

を蓄積し、漂流予測精度の向上をめざしています。

2023年3月に沖縄県の宮古島沖で、漂流予測精度の検証のため、水温計とGPSを搭載した漂流ブイ（図3）による漂流観測実証を開始しました。海流や風の漂流ブイへの影響をモデル化し、漂流予測を行うとともに、実際に漂流観測を行うことで、漂流予測の精度検証を行っています。漂流予測と漂流軌跡の乖離を解析して原因分析することで、予測精度の向上に向けた予測モデルの検討と必要なインプットデータの収集を進めています。

■波力・風力推進技術

海域での位置制御では、観測機器を漂流させることで位置制御を行うとともに、衛星IoTセンサの位置を修正する推進力を観測機器に付加することが重要です。海洋観測において、周囲の環境から無限に供給可能な波や風を動力源とすることで、電力を使わない推進手法を確立し、波や風を直接推進力に変換できる推進器の開発をめざしています。動力源に波力・風力の両方を活用することで、天候の変化に合わせて柔軟に推進力を得られる技術を検討しています。また、超多数での運用を想定しているため、観測機器の保管場所や、設置・回収時の船舶への積載を考慮した、全長1 m、重さ25 kg程度の小型な観測機器を目標に研究開発を進めています。現在、波力や風力を推進力に変換できる仕組みを設計し、シミュレータを活用して仮想的な検証を行っています。検証結果に基づいて試作機を製作し、推進力の検証と観測機器の改良を進めていきます。

今後の展望

本稿では、超広域大気海洋観測技術のうち、観測機器の位置制御に関する取り組みについて紹介しました。長期

的な海洋観測の発展に向けて、電力に依存しない位置制御技術の実現が大きな課題となっています。超広域大気海洋観測技術では、海流や風を活用し、漂流予測に基づいて衛星IoTセンサを漂流させ、波力・風力推進技術を活用した位置制御を実現します。海域での観測データを充実させることで、海流などの物理現象の正確なモデル化が可能になります。さらに台風・線状降水帯や、生態系の研究にも有効な、多種多様な検討材料を集めることができ、さまざまな分野で研究の発展が期待できます。2023年の夏には台風予測精度向上に向けた台風観測を計画しており、本稿で紹介した漂流予測を用いて、漂流ブイを台風の進路上に設置し、台風通過前後の海水温の変化等を観測する実験の検討を進めています。

■参考文献

- (1) <https://journal.ntt.co.jp/article/20365>
- (2) <https://www.rd.ntt/research/SE0008.html>
- (3) <https://journal.ntt.co.jp/article/19855>
- (4) <https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN2/gyoumu/hyoryu.html>



(左から) 篠崎 友花 / 久田 正樹

海洋の観測環境を整備することで、海洋のデジタル化や地球環境未来予測技術に貢献します。

◆問い合わせ先

NTT宇宙環境エネルギー研究所

企画担当

TEL 0422-59-7203

E-mail se-kensui-pb@ntt.com