

水中音響通信・測位装置への影響評価について

海洋利用水中技術系 * 稲葉祥梧、岡本章裕、瀬田剛広、今里元信、篠野雅彦、金岡秀、田村兼吉
JAMSTEC 渡邊佳孝、松本宙

1. 緒言

近年日本では資源探査のための有効なツールである AUV の開発が活発化している。AUV とは Autonomous Underwater Vehicle の略で、翻訳すると「自律型水中ロボット」である。従来の AUV による調査は 1 母船につき 1AUV、が原則であったが、近年になってシブタイム有効利用の観点から複数台の AUV を同時に展開する例が報告されつつある。これを踏まえ、海洋利用水中技術系では SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 課題である、次世代型海洋資源調査技術、通称「海のジパング計画」のテーマである AUV 複数運用手法等の研究開発に取り組んでいる。

複数台の AUV を同時に展開した場合、これを監視する調査船や ASV (自律型水上ロボット) は単体の AUV を監視した場合に比べ自ずと遠距離からの監視を行わなくてはならない。水中を航走する AUV の監視には電波ではなく音波を用いた測位や通信が行われるが、特に遠距離からの音響による通信・測位は外部からのノイズ (騒音) による影響を受けやすいという欠点がある。仮に雑音により AUV の音響通信・測位が不能な状態になってしまうと、船上の人間はロボットが現在何をしているのか、どこにいるのかを知る術を失い、さらに船上からの命令も受け付けられない暴走状態となってしまう非常に危険である。よって騒音対策は遠距離からの安定した AUV のモニタリングを行う上で避けられない課題である。AUV に搭載された構成機器のうち、騒音源になり得るのはスラスタ (モータとプロペラから成る AUV を駆動させる推進器) である。現在までの AUV 運用で得られた知見からもスラスタによる音響機器への影響が疑われているが、従来 AUV の騒音に関する計測や分析、評価はほとんど行われて来なかった。そこで我々は AUV に搭載される駆動装置が発する騒音の計測・解析と音響機器への影響評価、及び改善手法の研究を行っている。本稿では AUV ほばりんに対して行われた水中騒音計測実験について紹介する。

2. AUV ほばりんの駆動音観測実験

2.1 実験概要

AUV ほばりんは平成 26 年度に海技研にて建造されたホバリング型と呼ばれるタイプの AUV である。ホバリング型とは舵を使わずに搭載されたスラスタによって

自身の位置を高精度に制御する AUV であり、ほばりんには小型の艇体に合計 6 基のスラスタが搭載されている。このような特徴からほばりんではスラスタによる騒音が音響機器にとって無視できない大きな騒音であることが予想された。そこで海技研は、平成 27 年 12 月に海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 横須賀本部の無響水槽を利用し、ほばりんの水中駆動音観測実験を実施した。実験ではほばりん前方上部に搭載される音響機器の近傍にハイドロフォンを設置し (図 1 参照)、無響水槽に没水させた状態で有線接続された制御 PC からの指令により推力を 10~50N まで、10N 間隔で 5 段階に分けてスラスタを駆動させた。また、スラスタの駆動によりほばりんが動かないよう、実験中は常にローブによって固定した状態で実験を行った。

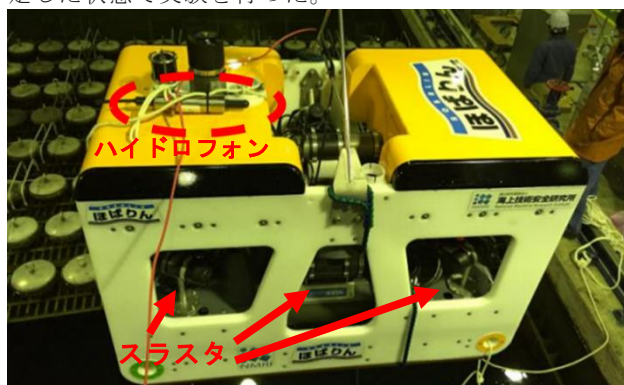


図 1 AUV ほばりんと搭載されたハイドロフォン

2.2 実験結果

実験により得られたほばりんのスラスタ騒音の波形を図 2 に示す。グラフより、全体の傾向としては推力に応じて騒音も増大する傾向であるが、推力 20N と 30N との間で一度騒音レベルが低下している事が分かる。また推力 20N 以降では不定期に瞬間的に高い音圧を有する異音が観測されており、グラフ上では縦方向の細い線として表れている。

さらに詳細を調べるため、得られた音を周波数解析することで得られたスペクトルを作図した (図 3 参照)。ほばりんに搭載されたスラスタは出力に応じて駆動音に含まれる騒音成分のピーク周波数が変化していることが分かる。騒音成分は概ね周波数の増加に従い減少する傾向にあるが、随所にピーク周波数として比較的大きな騒音成分が見受けられる。

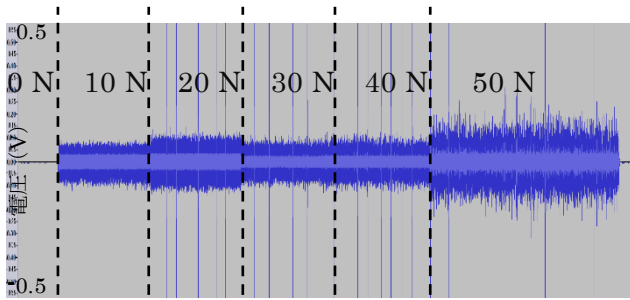


図2 スラスト駆動音の波形

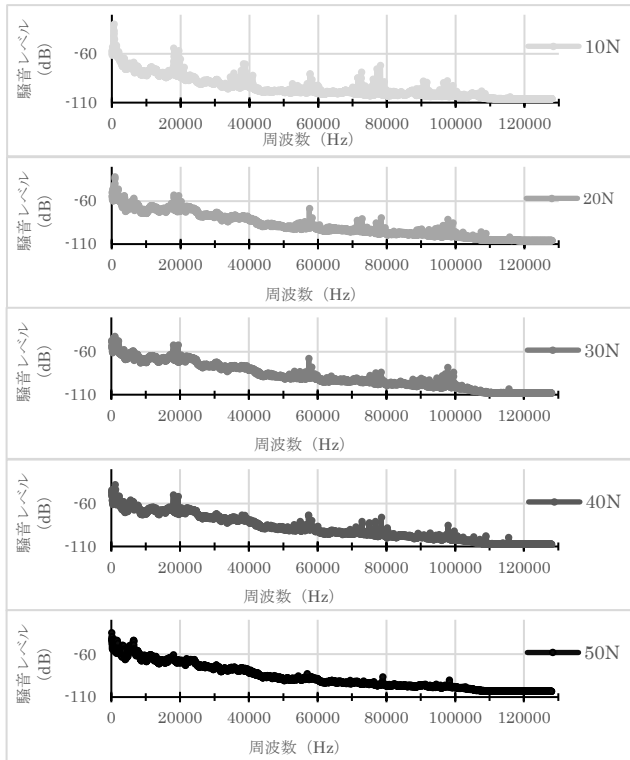


図3 スラスト駆動音のスペクトラム

2.3 騒音成分の考察

図3に見受けられるピーク周波数のうち、グラフ中の推力10~20Nにおける1kHz未満の周波数帯に強い騒音ピークが見受けられる。このピークは30N以降では消失していることから、何らかの共振現象が騒音源であると考えられ、図2に見られる20~30Nにかけての騒音の減少はこの騒音成分が消失したためと予想される。

図3中のピーク周波数のうちいくつかは、出力の上昇、即ち回転数の上昇に合わせて高周波数へとシフトしていく事が見取れる。これらは歯車などのスラストの回転運動に関連する騒音源によるものと推測される。一方で推力に依らず周波数一定の騒音成分が各所に存在しており、これらは回転運動とは別の要因により生じた騒音であることが予想される。

2.4 音響機器への影響の解析

波形グラフに細い線状に記録されていた瞬間的に大きな音圧を有する異音についてスペクトラム等から解析を行ったところ、いずれも20kHz~30kHzにかけて

のチャープ信号を含む人工的な音である事が分かった。ほばりんには該当する信号を問い合わせ信号に返信する形で発信するSSBL(音響測位装置)トランスポンダが搭載されているが、実験時に信号は放出していなかった。そのため観測された信号音は騒音によってトランスポンダが誤作動を起こしたものと考えられる。トランスポンダの問い合わせ信号は19.5~21kHzの間で設定可能であり、実験時は21kHzであった。該当する周波数帯のスペクトラムを拡大したものを図4に示す。所々に騒音成分のピーク周波数が存在している事が見取れるが、特に19.4kHz付近に存在するピークが顕著であり、過去のAUV運用時の知見として知られていた設定周波数19.5kHzの際の測位乱れの原因を示唆している。この騒音成分は推力に依らず一定の周波数である事から、騒音成分の原因としてはスラスト回転運動に直接関わらない部位によるものと考えられるが、原因個所の特定は今後の課題である。

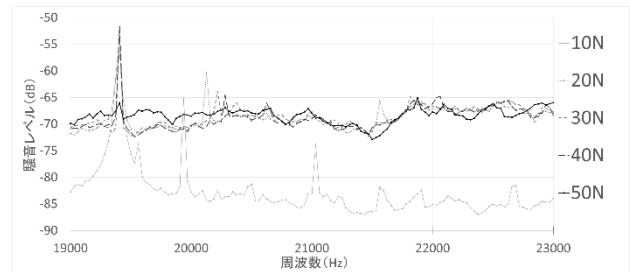


図4 SSBL使用周波数帯のスペクトラム

3. まとめと今後の展望

AUVの騒音解析のため、騒音計測実験を実施した。実験結果について解析を行い、騒音の大きさは単純にスラストの推力と比例しない、騒音成分には推力増大に従いピーク周波数が高周波へシフトする物としない物がある、音響機器使用周波数帯に強い騒音成分が存在するといった騒音の特性を明らかにした。今後は具体的な騒音の発生源を特定する他、音響機器への影響低減手法についても研究を進める予定である。

謝辞

本研究は、SIP課題「次世代海洋資源調査技術」の一部、「AUV複数運用手法等の研究開発」の研究資金により実施しています。

参考文献

岡本章裕、瀬田剛広、田村兼吉：海底熱水鉱調査用ホバリング型AUV(自律型水中ロボット)の開発、海上技術安全研究所 第15回研究発表会講演集、pp.262-263 (2015)