

報告書の要約

指定課題に申請する場合は、右欄に『指定』と記入して下さい。

**指定**

助成番号 平成31年2月25日付 第20-1号	研究開発テーマ名		高性能な自律型水中ロボットを核としたロボット群による水中構造物の全自動モニタリング手法
	助成研究者	ふりがな氏名	まつだ たくみ 印
		所属	東京大学生産技術研究所

研究概要

本研究では、高度な測位性能を有する自律型水中ロボット（親機 AUV）とシンプルな AUV 群（子機 AUV 群）による水中構造物の全自動モニタリング手法の開発を行う。一般的に AUV による海洋調査は調査船の支援を受けて実施されるが、調査船の高い運用コストによって、定期的な調査は難しいという欠点を有している。これまで海底ステーションをベースとした調査手法の開発に取り組んできたが、ステーションとの通信圏内では正確な調査ができないため、調査エリアが限定的であった。そこで高性能な測位性能を有する親機とシンプルな子機群を組み合わせることで自由に効率的な全自動調査を実現する。提案システムを水中構造物周辺に展開することで、AUV 群による構造物の全自動点検を可能とする（図 1）。子機が親機に固定された状態で AUV 群を港から展開し、親機は調査エリアまで子機群を運搬する（図 1-A）。親機は調査エリアで子機群を展開し、子機群は親機を測位基準として構造物周辺での調査・点検作業を行う（図 1-B）。子機は単体では正確な測位はできないが、自身のセンサ情報をもとに自己位置を確率的に推定し、親機との音響相対測位をもとに親機と同等の測位精度を実現する。そして観測終了後、子機は親機にドッキングして、親機に運搬される形で帰港する（図 1-C,D）。子機に要求される測位性能は高くなく、またエネルギーも最小限で良いため、子機は低コストで小型なものでも十分である。本研究により、構造物周辺での AUV 群による全自動調査を実現するために必要な基盤技術が確立される。

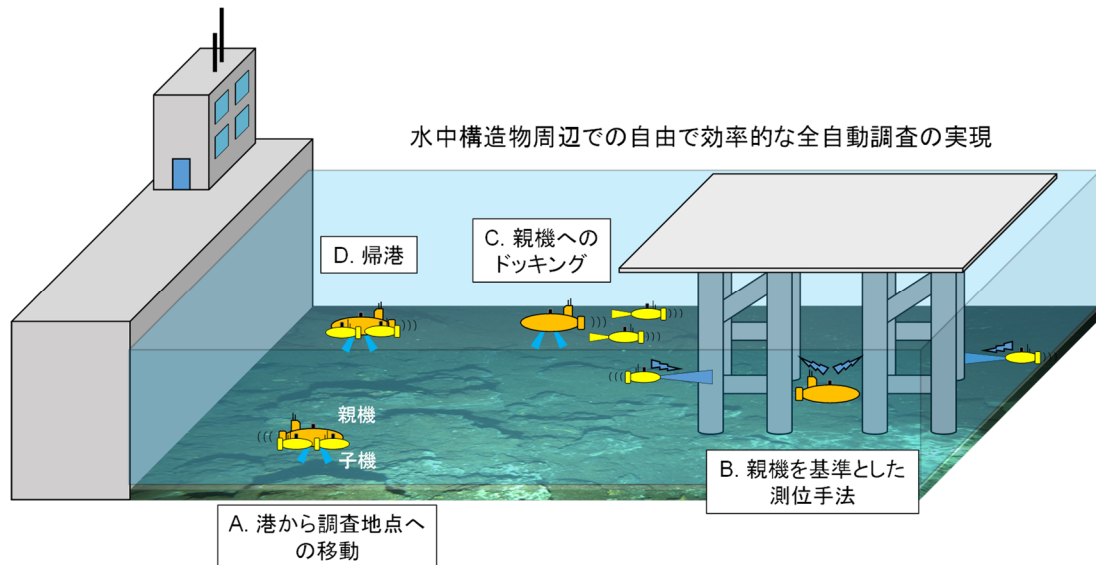


図 1. 高性能な AUV を核とした AUV 群による水中構造物の全自動モニタリング手法。

### 手法概要

提案手法では 1 台の高性能な測位性能を有した親機との音響測位に基づき子機群は自己位置を推定する。子機単体では高い測位性能を有していない場合にも親機との相対測位により、親機と同等の精度で海洋調査を実施することが可能になる。

### 音響測位手法

子機は親機を基準として、親機との音響信号のやりとりによって自己の状態（位置と方位）を推定する（図 2）。親機はそれぞれの子機の位置を計測するための 1 対 1 の測位と宛先を指定しないブロードキャスト発信を交互に行う。ブロードキャスト発信ではすべての子機はこの信号を受信できるため、各子機に搭載された複数の受波器（ハイドロフォン）で子機から見た親機の方角を計測する。1 対 1 の測位とブロードキャスト測位を全ての子機について順番に行う。

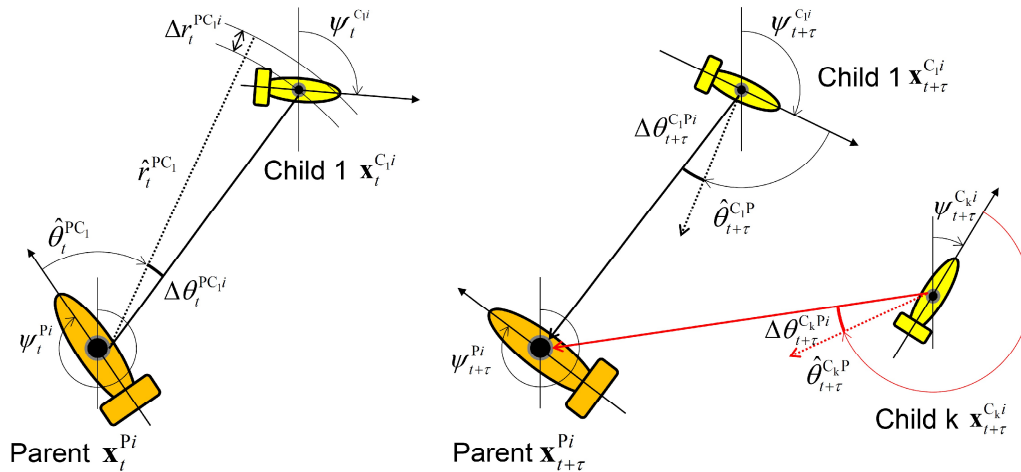


図 2. 親機を基準とした子機群の音響測位手法（上面図）.

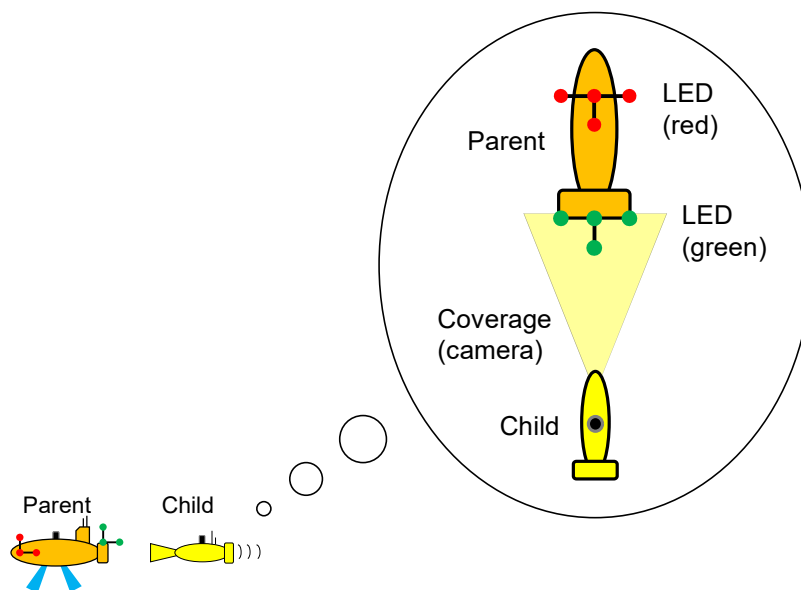


図 3. 子機の近距離測位・制御手法.

### 近距離測位・制御手法

子機が親機に回収される際に、子機は親機に対して近距離で高精度な測位を行う必要がある。音響だけでは十分な精度を実現できないため、子機は親機に搭載された2種類のLED マーカーをカメラで認識し、親機に対する光学測位によって相対位置と姿勢を制御する(図3)。ドッキング時の衝撃を最小限に抑えるため、親機と子機はともにホバリングした状態で、子機は親機に対して微速で接近し、ドッキングする。

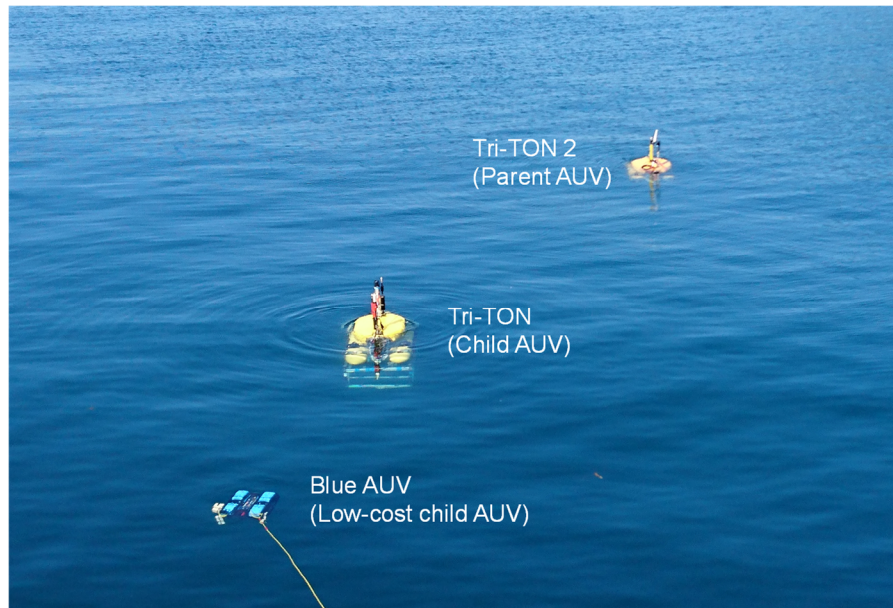


図4. 3台のAUVによる海域試験の様子。

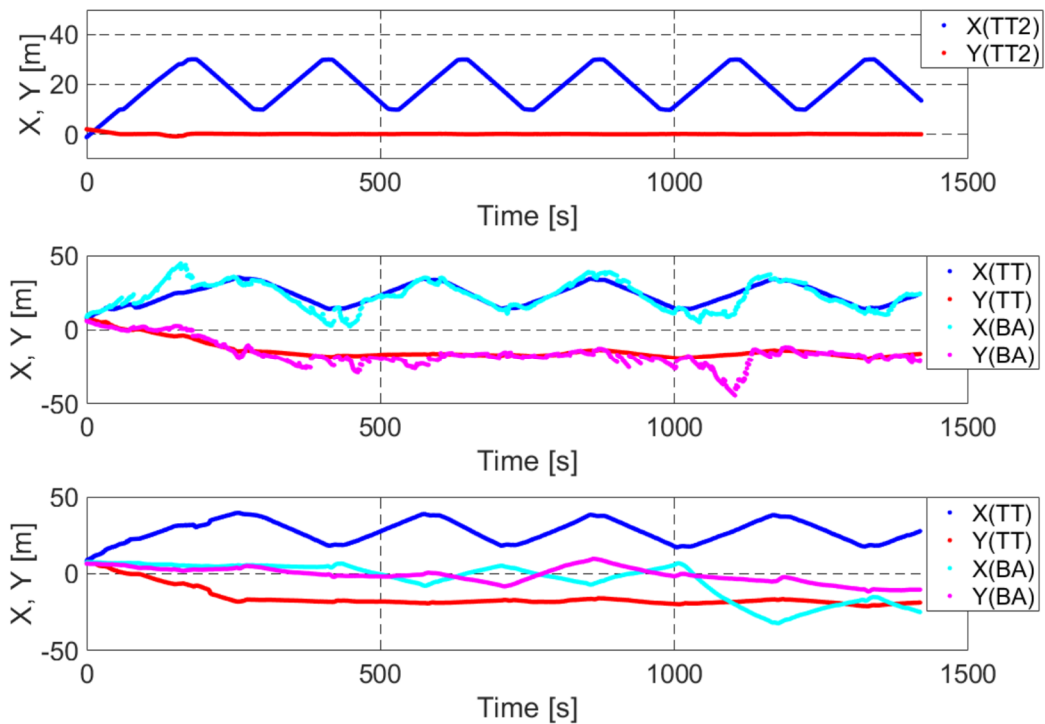


図5. 3台の水平位置の時系列データ(上: TT2, 中央: TTとBA(BAが親機との測位を実施した場合), 下: TTとBA(BAが親機との測位を実施しない場合)).

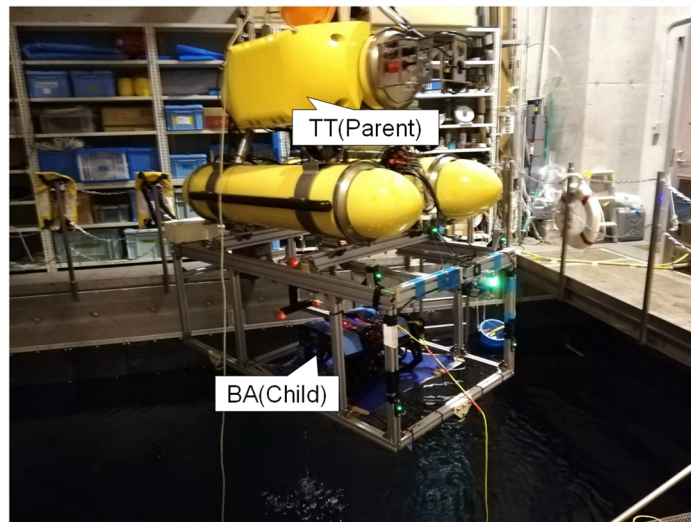


図 6. 親機・子機同時揚収の様子.

#### 水槽・海域試験

提案手法を図 4 に示した AUV Tri-TON 2 (以下 TT2) と Tri-TON (以下 TT) に実装した. さらに BlueRobotics 社の製品である BlueROV2 に自律制御プログラムおよび提案手法を実装した. 上記の 3 台を用いて海域での性能評価試験を実施した. 音響測位手法については, 親機である TT2 を基準に TT および BA もほぼ同等の測位精度を実現できる結果が得られた (図 5). また近距離測位・制御手法では, 親機として用いた TT を基準に BA は一定の相対距離を維持しつつ, 自律航行できる結果が得られた. さらに本手法を発展させることで, 水槽環境において親機 TT に子機 BA がドッキングすることに成功し, 親機による子機回収も可能であることを示した. 図 6 に親機・子機同時揚収の様子を示す.

#### 結論

本研究では高度な測位性能を有する AUV (親機) とシンプルな AUV 群 (子機群) による水中構造物の全自動モニタリング手法の開発を行った. 親機を基準とした音響と光学による相対測位によって, 子機群も親機と同等に高精度な測位を実現しつつ水中構造物の定期調査を可能とする. Tri-TON 2, Tri-TON, Blue AUV を用いて水槽・海域環境において子機が単体では実現できない測位精度で海洋調査を実施できることを示した.