

# 審査の結果の要旨

氏名 柳善鉄

本論文では水中構造物の調査任務を自動化するために移動能力が優れた自律型水中ロボット(AUV: Autonomous Underwater Vehicle)に着目し、それを協調して展開するAUVシステムについての研究をおこない、Hand-in-hand Systemを開発して複数AUVシステムの構築を提案している。

第1章では、水中構造物の調査任務について概観し、そこに展開すべきAUVの形式について議論をおこない、また、AUVを導入することの利害得失について検討している。

第2章では、AUVの任務を、1) 特定対象物のある地点まで移動してその対象物を調査する「点到達任務」、2) 対象物の全面を画像などによってくまなくスキャンする「面被覆任務」に大別し、それぞれの任務におけるAUV展開の問題点を詳細に検討している。水中構造物付近の位置同定が難しいこと、公共施設物では常時稼働させる必要があるので極力短時間で調査を行わなければならないこと、対象面をくまなくスキャンすることが難しいことなどを指摘して、この考察の上に立って、点到達任務と面被覆任務に関する問題を克服し、水中構造物の調査を自動化する手法としてHand-in-hand Systemを持った複数AUVシステムを提案している。

Hand-in-hand Systemでは、AUV間を形状がリアルタイムで計測できるスマート索により繋ぎ、これを介したAUV間相対位置の決定と通信をおこなうとしている。

第3章では、Hand-in-hand Systemを持った複数AUVシステムを構築するための基礎技術として、スマート索の利用方法、多面的な位置測定システム、および犠牲陽極のように調査の対象となる物体の画像による同定手法について議論をおこない、照明方法の提案などをおこなっている。また、Laser Pointerを利用して、AUVが一部共有する画面に位置決め用のTied Pointを設定して、これを参照することにより、AUV間の相対位置の精度およびそれぞれの画像の位置精度を向上させ、高速表面スキャンの提案をおこなっている。

第4章では、画像を利用したAUVの運動制御方法を研究史、複数AUVの展開戦略について提案している。これは、スマート索が障害物に引っかかることの対策をも含んでいる。

第5章では、提案するシステムを、テストベッドAUV「Twin-Burger 2」と「Tri-Dog 1」とに搭載し、これをスマート索で結び、実際に水中で実験をおこなうことにより、その機能の優位性を示している。具体的には、

1) 点到達実験：壁に六つの既知位置の対象物を設置し、2台のAUVのうち一台は画

像認識による対象物の定点保持を行い、他のAUVは異なる対象物までスマート索による移動を行う位置同定と移動実験。六つの対象物を巡回しながら全ての対象物の水中画像を取得することに成功している。

2)障害物回避実験：壁に突出する障害物を設置し、スマート索がその障害物に引っ掛かった場合、障害物を索の形状から探知して回避行動に移る実験。索が引っ掛かった障害物の位置を記憶して、障害物を回避するための経路計画を立て直し、目標点まで到達することに成功している。

3)面被覆実験：Laserの反射点をTied Pointとすることにより、によりパノラマ画像を作りながら同時に移動し潜航し、水槽の壁をスキャンする実験。一台のAUVの時に比べ、画角が倍近く広くなったパノラマ画像が利用でき、水槽の壁を高速でスキャンすることに成功している。

第6章では、研究を総括して、次のように結論している。

1)Hand-in-hand Systemによって水中構造物中の任意の既知点をスマート索の長さを半径とするローカル空間にまで拡張させることが可能になり、水中構造物内の既知空間の拡張が実現できる。

2)それぞれの既知点から索によって生成されたそれぞれ既知のローカル空間がすべて重なる面を持つように索の長さを調節することによって、水中構造物の内部の既知空間が拡張され、AUVの移動信頼度が向上し、AUVによる点到達任務を確実に実現することができる。

3)Hand-in-hand Systemに人工的Tied Pointを導入すれば、AUVがパノラマ画像の生成に必要な自分のカメラの位置情報を隣接するAUVの画像内に自分のカメラの位置情報を直接「書き込む」ことができ、常に一定条件の特徴点を作ることによって画像認識のための計算負担を大幅に削減し、かつ信頼性を向上させることができる。これにより、対象物を高速でスキャンする面被覆任務を実現した。

4)Hand-in-hand Systemの導入により、水中構造物の調査任務の大半を占めている点到達任務と面被覆任務がAUVによって遂行が可能となる。

以上のように、複数AUVの新しい接続方法「Hand-in-hand System」を導入することにより、AUVではこれまでには実行できなかったような広範囲な調査活動を可能とし、これにより海中ロボット学研究において新しい知見と方向性を示した。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。