

審査の結果の要旨

氏名 近藤逸人

今日、海洋が地球システムに及ぼす影響の大きさが計り知れないものであることが分かっているにもかかわらず、海に関する観測態勢は陸上あるいは空中に比べると極めて貧弱である。これは、海中を観測することが技術的に容易でないことによる。近年、自律的に水中を航行しながら調査活動をおこなえる水中ロボットが世界的に開発されるようになり、実用的な科学調査活動にも用いられるようになってきた。しかし、陸上のロボットのように、マニピュレーションを含む高度な行動はできていない。それは、海中環境中の対象物をセンシングし、それを行動にフィードバックすることが困難であるからである。本論文では、このような困難を克服するための手法を論じ、画像撮影による対象物の調査を前提として自律型水中ロボットに自律的に観測させる新しい手法を確立して、新しい水中観測の手法を提案している。

観測行動手法の研究開発において重要な部分は、ロボット周囲の状況と対象物のセンシングとそれに基づいた航法の開発である。本論文では、そこに焦点を当てて、水中での新しいセンシング手法を導入して、新しい航法を開発している。

観測行動の目的を画像撮影による対象物の調査と位置づけることで、センシングの手法としてレーザを用いた測距システムを開発している。水中では光の減衰も激しく、マリンスノーなどの懸濁物もあるため、画像ベースのナビゲーションには否定的な考えを持つ向きもある。しかし、対象物を観測する際には、TVカメラによる撮影が水中で最も基本的かつ有効な手段である。これに着目し、その画像をナビゲーションにも利用することは理にかなっていると判断している。開発したレーザ測距システムにより、超音波センサでは得られなかったピンポイントの測距が可能となり、測定精度も良好であることから、観測対象物の発見や位置計測、さらに対象物の形状に沿って、姿勢をリアルタイムで制御しながら移動するトレース行動などを実現することができた。これまでほとんど超音波センサに頼らなければならなかったために解決が困難であった高解像度高精度のセンシングを可能にしている。

また、新しい航法として、磁場の歪からくる磁針方位の不確実性の問題を克服し、対象物との相対位置を検出することにより、補正する総合的な手法を開発している。まず、観測対象物が存在する領域に関しては、あらかじめ大まかな位置情報をロボットに持たせ、推測航法によりその領域まで航行させる。この時点で、測位の誤差により位置決めの信頼性はすでに低下している。観測領域に到達したら、ヨー運動のみで周辺の探索をおこない、レーザ測距システムを用いて周辺に存在する観測対象

物を、ロボット内部の地球固定座標系マップにマッピングする。得られるマップ情報は、ロボットが定点に留まってヨーのみを運動させていることから、1つの観測対象物に関し、ロボットの中心座標から、発見された観測対象物の中心座標に向けたベクトルを求めることができる。このベクトル方位により、磁場の歪を補正することができる。これをLIUM (Localization Involving Uncertainty of Magnetic bearings)と名づけている。

観測対象物を発見した後は、それに接近して形状をトレースしながらカメラによる観測をおこなう。対象物の形状をトレースする手法にも、レーザ測距システムを用いることを提案している。すなわち、ロボットの頭部に3本設置したレーザポイントから照射されるレーザビームの反射点をCCDカメラでとらえ、対象物の距離と角度を求めることができる。これらの情報をもとに、ロボット運動を制御することで、対象物の形状をトレースする行動を可能とした。この手法をMOST (Method for Object Shape Tracing) と名づけている。また、以上の観測行動手法を総称してMOOD (Method for Object Observation in Detail) と名づけている。

こうした新しいロボット行動システムを実ロボットに搭載して実験的に検証あるいは実際の観測をおこなって観測現場で検証するために、高機能のテストベッドロボット「Tri-Dog 1」を研究開発している。ハードウェア構成、ソフトウェア構成共に汎用性と実験効率の良さを念頭に世界的にも最新鋭の水中ロボットシステムの製作をおこなっている。ソフトウェアシステムの構築では、分散アーキテクチャを開発することで、システムの改良とインタフェースの作成を容易にしている。

開発した「Tri-Dog 1」にMOODを搭載し、(1)平面状壁面のトレース、(2)曲面を持つ壁面のトレース、および(3)パイル状構造物のトレース、の基礎実験を実施し、MOSTと開発したTri-Dog 1の全体システムが壁面観測に適していることを確認した。

基礎実験の結果を受けて、総合実験としてMOOD全体を適用し、橋脚を模擬した3本のパイル状構造物が存在する領域における観測行動実験をおこなった。この結果、磁場の歪みがある環境下でも3本のパイルを次々に発見し、観測することに成功している。これらの実験結果から、提案したMOODとTri-Dog 1のシステムの有効性を確認した。

以上のように、新しい観測行動手法MOODの適用により、自律型水中ロボットはこれまでには実行できなかったような総合的な調査活動を可能とし、さらに、自律機ばかりでなく遠隔操縦機にも広く適用することが可能であることを示した。

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。