

氏 名	KHIN NWE LWIN		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	5 8 2 4	号
学位授与の日付	平成30年 9月27日		
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Visual Docking of Underwater Vehicle Under Turbid and Day/Night Lighting Environment (水中ロボットの混濁及び昼夜光環境下での画像に基づくドッキング)		
論文審査委員	教授 見浪 護	教授 神田 岳文	准教授 松野 隆幸
学位論文内容の要旨			
<p>Nowadays, underwater docking application plays an important role for critical activities such as battery recharging, data downloading/uploading, exploration and intervention. To do such novel works that need long duration time in the deep-sea, one of the main limitations of AUVs is restriction of power capacity. To solve this problem, underwater battery recharging with a docking function is one of the solutions to extend the operation of AUVs. The author has developed a new 3D move-on-sensing (3D-MoS) system using stereo vision for underwater battery recharging.</p> <p>This thesis presents a new method to deal with the docking for AUVs. In the first part of this thesis, the performance of the proposed system using stereo vision for real-time pose tracking was discussed and improved by tuning the real-time multi-step GA (RM-GA) parameters. In the second part of this thesis, the stability of the closed-loop dynamics of an ROV with real-time pose feedback when the deformation on the cameras images imposed by air bubbles was explored by analyzing the RM-GA's behavior. In the third part of this thesis, the docking experiments using the proposed approach that simulate for underwater battery recharging were conducted in the sea, near Wakayama City, Japan. The sea docking was conducted using an ROV as a test bed successfully. To confirm the effectiveness of the proposed docking system with a fully autonomous AUV, the docking experiment using hovering type AUV (Tuna-Sand 2: University of Tokyo) is presented in the fourth part of this thesis. The experimental results proved that the proposed system using the current non-lighting 3D marker is effective and feasible for underwater battery recharging. However, when the ROV operates in turbid water environment and night condition, the lighting from the vehicle has been confirmed not to be effective method. Therefore, a newly active/lighting 3D marker was devised to overcome the above situation of the proposed system. The proposed system that composes the optimum RM-GA parameters and the new active/lighting 3D marker under turbidity and illumination variation for real-time pose estimation was explained in the final part of this thesis. The experimental results confirmed that the proposed system can provide high homing accuracy and robustness against turbidity that enables the vehicle dock to a recharging station set at sea bottom. The successful docking operations using stereo vision cameras and 3D lighting marker have confirmed the proposed system to be effective for realizing a long duration time for autonomous intelligent robots to collect automatically rare metals at the bottom of the deep-sea.</p>			

論文審査結果の要旨

自律型水中ロボットの海底での自動充電を目的にした自動ドッキング技術の開発が期待されている。自動充電の実現は海底資源(レアメタル, メタンハイドレードなど)のロボットによる自動回収に不可欠な技術であるが, 海底泥の巻き上げによる混濁環境でのドッキングが難しいなどの技術的課題が残されている状況である。

単眼を用いたビジュアルサーボは, ドッキングのためのフィードバックを構成する技術として研究が続けられてきたが, 計測精度が悪く水中ロボットの実用的なドッキング技術として確立されていない。これに対し複眼構成のビジュアルサーボは, カメラ間の画像の差(視差)を対象物の相対的位置・姿勢計測に用いることができるためカメラ視線方向の計測精度が良くなる半面, 左右カメラに撮像される対象物上の点が空間内の立体対象物上の同一の点であることの確認が難しく, 対応点毎に復元された3次元情報には誤差が含まれるという欠点があった。

このような問題に対し本研究では, ステレオビジョンによる空間認識フィードバック系を構成し, 入力される動画像列の中で3次元マーカの位置・姿勢を計測し制御するアプローチで研究を進めている。この方法は, 水中ロボットの位置・姿勢推定を最適化問題に変換し, 実時間で解く(ビデオレート, 30画面/秒に遅れることなく位置・姿勢を推定できる RM-GA (Realtime Multistep Genetic Algorithm))方法である。海底での自動充電の実現には漆黒混濁環境下での安定したドッキング制御が不可欠であり, 本研究の成果は, (1)RM-GAのパラメータを最適に設定したことでビジュアルサーボの安定性を増加させて精度の良い嵌合制御を実現したこと, (2)発光型の3次元マーカを提案し, それが(3)漆黒混濁環境下(深海環境)での嵌合に有効であることを実証したこと, である。

以上, 本研究は深海環境下で自律型水中ロボットが充電ステーションへ自動嵌合することができるシステムを提案し, その制御システムの実用上の有効性も示しており学術的意義は高く, 博士(工学)の学位に値するものと認められる。