

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 野口 侑要

本論文は全 5 章から構成される。

第 1 章では研究背景と目的が述べられている。磯焼けを例として海底環境の調査やインターベンションの重要性が述べられた後、ROV（遠隔操縦ロボット）や AUV（自律型海中ロボット）等の既存ツールの紹介がなされ、AUV でインターベンションを行うのは困難な現状が述べられている。そして本研究の目的として、低コストな AUV による海底マッピングおよびインターベンション実現のため、「低コスト AUV による海底 3 次元マップ作成手法」と「複雑環境下でのミッションの特性に応じたインターベンションの経路計画手法」の開発が掲げられている。

第 2 章では低コスト AUV による海底 3 次元マップ作成手法を提案している。さらに、実海域試験をもとに提案手法の有効性を検証している。本章で提案された海底 3 次元マップ作成手法は「AUV が高速（ ~ 1 [m/s]）に任意方向の壁面追従ができるため、険しい海底でも短時間の潜航で広い範囲の海底マップを作成することが可能」、「比較的安価なセンサである深度センサデータの効率的な処理により、簡単に合理的な海底 3 次元マップを作成することが可能」、「海底付近の流速場を推定可能」という特徴を持つ。本手法は AUV ” HATTORI-2” を用いた石垣島での海域試験により有効性が検証された。得られた海底の光学画像から、潜航ごとに海底 3 次元マップや流速場を推定することに成功した。また、マップの誤差評価に MSE（平均二乗誤差）を用いることが提案され、スケール誤差や流速場との比較によりその有効性を示した。

第 3 章では、インターベンションのための経路計画手法として、「複雑な環境下でも動作できること」と「ミッションの特性に応じた経路計画ができること」を特徴とする、強化学習による手法が提案された。本手法は強化学習を用いて各ターゲットに接近するローカルパスプランニングと、線形計画法を使ってターゲットを回る順番を考えるグローバルパスプランニングから構成されている。第 2 章で作成した海底モデル上でシミュレーションを行い、現実の険しい海底 3 次元マップに対して、ミッションの特性に応じた経路を計画できることを示した。また、衝突時の報酬や制御誤差を複数定義した際の結果を比較することによって、定義によって得られる性能が大きく異なることを確認した。また、計算時間削減の試みとしてランダムな海底環境情報に対して事前に強化学習をしておくことで、ある海底環境情報に対して新たに学習をすることなく経路を計画する方法の有効性を示した。

第 4 章においてはこれら二つの手法の統合の際の問題点について考察している。二つの手法で AUV のハードウェア要件が若干異なっているが、特に大きな障害ではないことを説明したあと、海底 3 次元マップと経路計画の関連について議論している。第 2 章で得られた海底 3 次元マップには 3 次元情報の欠如やスケールの誤差等の問題が含まれる場合、それが経路計画に

与える影響および解決策が議論された。また、今後の展望について述べられた。

第 5 章では各章を総括したうえで、提案手法は低コスト AUV による海底 3 次元画像マッピングおよびインターベンションを実現するための有効な手法であると結論付けている。

本研究により、高級なセンサを積まない低コストかつ小型の AUV であっても、複雑な海底環境において画像マッピングに適した低高度で追従するとともに、取得した画像データと AUV のナビゲーション情報を組み合わせることで高精度な 3 次元画像マップを生成できる可能性が示された。さらに生成された 3 次元画像マップより、ミッションの特性に応じたインターベンション経路を自動生成できる可能性が示された。これらの手法は海中探査の効率化、高精度化に貢献し、ひいては我々の海中環境への理解を深めることに貢献するものであり、海中工学に新たな知見を加えた。

なお、本論文第 2 章は、巻俊宏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1 7 2 2 字