論文審査の結果の要旨

氏名　　松田　匠未

本論文は全９章から構成される。

第１章では海底調査の背景や既存手法について述べられ、観測船や有人潜水艇、遠隔操縦式海中ロボット（ROV）に加えて自律型海中ロボット（AUV）が海底観測に使われつつあることが説明されている。また、AUV による海底の高精度広域観測の困難さが述べられている。

第２章では AUV のナビゲーションについての既存手法を列挙し、それぞれの利点と欠点が示されている。そして AUV による海底観測を実現するための問題点が挙げられた後に、複数 AUV による海底探査手法が提案され、その利点とクリアすべき課題が示されている。次に複数ロボット協調についての既存研究のレビューがなされ、提案手法が海底探査に適していることが示されている。

第３章では手法の定式化がなされている。まず性能評価と状態推定に関する基礎式が定義されている。次に、AUV の状態推定手法および、AUV 間で情報を共有するための状態圧縮手法が定式化されている。そして 3 台以上の AUV のナビゲーションに対応するモデルが示され、最後にランドマークの役割を交互に交代するためのモード遷移手法が示されている。

第４章では、シミュレーションによる提案手法の基礎的な性能評価結果が示されている。まず、従来のナビゲーション手法との比較結果が示されている。次に、状態推定手法と状態圧縮手法の性能について考察されている。シミュレーションを通して、提案手法により安定した自己位置推定と情報共有ができることが示されている。さらに、パーティクル数が状態推定結果に与える影響、熱水チムニーのような音響測位を遮る物体の影響について吟味され、また手法の拡張性について考察がなされている。

第５章では第６章、７章で扱われる実証試験で用いられる 2 台の AUV、Tri-Dog 1 と Tri-TON が紹介され、また装備している各種機器の性能について説明されている。

第６章では Tri-Dog 1 と Tri-TON による水槽試験について報告されている。2 台の AUV は全自動でランドマーク交代を 13 回行うことに成功し、総航行距離は 180m に及んでいる。試験結果は状態推定精度、情報圧縮率、ランドマーク交代プロセスについて分析され、その結果、測位誤差は１m以下、即ち総走行距離の 0.5%以下だったことが確認されている。本結果より、提案手法により長距離を高精度でナビゲーションできる可能性が示されている。

第７章では実海域での総合試験結果について報告されている。４回の潜航試験が実施され、最長で 200m 程度移動しつつ、海底の全自動観測に成功している。取得データを

解析した結果、外部の SSBL による音響測位結果に対する誤差はミッションを通して１m以下、即ち移動距離の 0.5%以下であったことが確認されている。また、もし提案手法によらず DVL と FOG だけを用いて測位したと仮定すると、測位誤差は 7～10m、即ち移動距離の 3.5～5%となると計算されたため、提案手法により測位誤差を抑えることができることが確認されている。本試験により、提案手法の実海域における有効性が示された。

第８章ではこれまでの議論を踏まえ､AUV の状態推定のための主要センサである DVL と FOG､音響測位装置の誤差要因についてその計測原理に基づき考察されている｡また、実際の海底熱水地帯に適用した場合の性能について、計測時間および測位精度を推定するとともに、将来展望について考察がなされている。

第９章では、これまでの結果をまとめ、提案手法が新たな海底広域探査ツールとして有効であると結論づけている。

本研究により、複数台の AUV が連携することで、外部支援を全く受けずに広範囲の海底を高い位置精度で観測できる可能性が示された｡2 台の AUV を用いた海域試験により、実海域での有効性も実証され、海中工学に新たな知見を加えた。AUV システム全体の測位誤差をパーティクルフィルタにより適切に評価することに成功したほか、AUV 間の情報共有のためにクラスタリングを用いた圧縮手法を採用する等、海底観測手法として実用化するための提案がなされ、海底広域探査ツールとして非常に有望である。

なお、本論文第３章、第４章は巻俊宏、坂巻隆、浦環との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析およ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。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上１，８２５字