

小型海中ロボットの位置同定のための信号処理に関する研究

長崎大学 大学院生産科学研究科

下尾 浩正

近年、地球環境問題が各所で取り上げられ、海洋においても環境の汚染や資源の枯渇が問題となっており、海洋環境調査の必要性が高まっている。ダイバーや船舶によつての環境調査は、調査費用、作業効率、安全などの面で問題があり、より安全に実施するためにしばしば海中ロボットが利用されている。しかし、海中を自由自在に三次元航行することを目指した海中ロボットは、複数の推進器を備えるために船体が大型化することに加えて、支援船や設備などが大がかりとなり、実用するに当たって制限があった。この問題を解決するために、佐世保高専では手軽に利用できかつ軽量でコンパクトな小型海中ロボットの開発研究を行ってきた。これまでに開発された海中ロボットは、推進器の各プロペラのピッチを独立に可変なバリベック機構といった特徴を持ち、単一の推進器のみで三次元航行を可能とすることによって、コンパクト化が実現されている。本海中ロボットを狭所や複雑な箇所でも利用するために、既存の GPS、INS（慣性航法装置）、水中音響（超音波）を用いると位置同定精度が数 m 程度の精度となり、実用上の大きな障害となっていた。

本研究では、浅海域の利用を前提とした小型海中ロボットの位置同定の高精度化について取り組んだ。その結果、水中音響（超音波）を用い、空中で実現されている高精度測距方式を海中に導入する事によって、測距精度を数 cm 単位に向上し、かつ高密度なデバイスを用いてコンパクトに実現できることを明らかにした。さらに、リアルタイム信号処理を行うに当たって有効な FPGA を用いる処理方式を提案した。

まず、第 1 章では本研究の背景とこれまでに開発されている海中ロボットについて概観し、本研究の位置づけを述べた。

第 2 章では、研究対象とした小型海中ロボットの仕様詳細について示した。小型海中ロボットは推進器に独自の特長を有しており、単一の推進器のみで三次元の航行が可能である。海中ロボットは実用性を持たせるため、GPS、深度センサー、電子コンパス、衝突防

止ソナーから得られるセンサーデータを用いたナビゲーションシステムを搭載している。海中ロボットはラジコンプロポを用いての手動操縦、ノートパソコン上に現在位置を表示可能とした。開発したナビゲーションシステムの有効性評価のために、河口における表層域の環境調査を行い、濁度、塩分濃度、クロロフィル、および水温の分布の海洋環境調査結果を得た。

第3章では、小型海中ロボットを狭所やダイバーが移動困難な箇所で有効利用するための高精度なポジショニングシステムの開発について述べた。海中ロボットのナビゲーションは、表層域の環境調査においてはGPSを用いて行っていたが、深度が増すにつれて電波が微弱になるためGPSを用いたナビゲーションが困難となる。そこで、空中測距に利用されている複数波長の超音波を用いる方式を水中測距に導入した。本方式のコンパクトなシステムはFPGAを用いて実現した。開発したシステムを小型海中ロボットに搭載し、無響水槽で実験を行ったところ、7m以内で高精度なナビゲーション結果を得た。

第4章では、コンパクトなポジショニングシステムを開発するにあたって必要となる高速信号処理手法を実現するために、FPGAを用いた信号処理のハードウェア設計手法とその評価結果について述べた。FPGAの並列性を積極的に活用したハードウェアを設計することによって高速処理を実現する手法について検討し、Cプログラムのステートメントレベルの並列性を活かしたハードウェア設計手法を用いることによって、一般的なプログラムの処理速度が向上した。また、演算部とメインメモリ間のデータ読み書きと演算を並列実行するような細かな並列化を実現することにより処理速度を向上させた。

第5章では、本論文を総括し、結びとした。