

審査の結果の要旨

氏名 金岡秀

本論文では、航行型の自律型海中ロボット (AUV : Autonomous Underwater Vehicle)の動力学、制御及び誘導の問題を中心的なテーマとして取り扱い、流れのある環境で目的地点まで最小エネルギーで到達する手法を提案している。

第1章では、航行型のAUVの開発状況と制御の問題を概観している。

第2章では、誘導問題の基礎となるロボット動力学についての基礎的な解析手法について述べ、東京大学生産技術研究所で開発した航行型AUVのR-One Robotを対象として、CFDによる流体力微係数の解析、ロボットのモデリング、および運動の分析をおこなっている。

第3章では、前章の解析結果を基にして下位の制御手法について古典的なPID制御について述べ、R-One Robotの制御則を導き、シミュレーションによりPID制御の有効性を示している。

第4章では、流れのある海域で目標地点に最小エネルギーで到達するための最適誘導法について研究をおこなっている。海中環境において常に存在する潮流などの外乱は望ましいものではないが、これの持つ運動量をロボットの移動において積極的に利用し、所要時間の短縮や燃料消費の節減などを図ることができる。BrysonとHoによって、潮流中における船の最短時間操縦の問題は変分法で定式化されており、微分方程式としての最適誘導則も導出されている。しかし、この微分方程式は方位角を制御入力とする初期値問題であり、実際は初期値が未知なため、一般的な問題に対して適用は困難である。これに対し本研究では、与えられた潮流分布に対して常に最適な誘導経路を数値的に求めることのできる数値解法AREN (Arbitrar Reference Navigation)を開発した。この手法では、まず任意の誘導でロボットを目的の位置まで移動させる。この所要時間を参照にして、0から360度範囲の方位角に対して最適誘導則を適応する。試している初期方位が正しい初期方位であれば、参照時間に達する以前に目標点に着くことになる。ARENではこれを利用して最適誘導経路を導くのである。本手法は、様々な潮流分布に対して適用できるものであり、常に最適の誘導則が得られることをシミュレーションによって確認した。

さらに、導出した最適誘導則はHamiltonianの時間非依存性によって、潮汐のように潮流分布が時間変動する場合にも対応が可能であることを示した。また、実際に最適誘導が行われることをシミュレーションによって確認した。

第5章では、本研究の3本の柱である、1) 運動制御システムの設計及び構築において必要となるダイナミック・モデルの導出及びこれを用いたロボットの動力学

的特性解析（運動シミュレーション）に関する研究、2）運動制御システムの設計及び応用、および3）最適誘導法についての検討を総合的にこなっている。

第6章では、研究をまとめ、本研究で提案したARENがAUVが様々な外的環境に対応し、最適な行動を実現していくための方法を確立したと結論づけている。

以上のように、本論文は、AUVの最適誘導法を求めるための新しい手法ARENを提案し、AUVの展開をより有効に行うことを可能とし、これにより海中ロボット学の分野において新しい知見をもたらした。

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。