

氏名	池田 将晃
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4956号
学位授与の日付	平成26年 3月25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5条第1項該当)
学位論文の題目	水中探査用マンタロボットの推進制御に関する研究
論文審査委員	教授 渡辺 桂吾 教授 見浪 護 教授 鈴森 康一

学位論文内容の要旨

本論文は水中探査のために開発したマンタロボットの推進を制御するための方策を提案するものである。水中ロボットの推進機構として多く用いられてきた物にスクリュープロペラがある。この機構は高速に広範囲を探索する際に有利であるが、音の発生による観測対象の忌避や回転翼によって周囲のものを傷つける恐れがあり、生物の観測には適さない。一方で水生生物を模倣した機構はエネルギー効率が低いものの、静音性や生物を傷つけるリスクが小さいという点で有利である。また水生生物の魚類の推進運動の内、Rajiformタイプは胸びれのみを用いて推進するため、機構的、運動的な模倣が容易であり、胴が扁平であるため狭い場所の探査に適すると考えられる。さらに、魚類を模倣した推進機構はひれや胴を振動させる必要があるが、この振動を自律的に生成するために生物の神経系由来の神経振動子は適していると考えられる。これらのことから、本論文では神経振動子を用いたマンタロボットの推進制御手法を提案し、基礎的な実験と数値シミュレーションを通して提案手法の有効性を確認する。

本論文で取り組む内容は波状に動くひれを用いた推進機構による水中ロボットの推進制御であり、目的の推進速度に合わせて自律的にひれの振動を変化させ、推進運動を実現することを目標とする。制御対象の水中ロボットとしてマンタロボットを用い、ひれの振動を自律的に変化させるためには神経振動子を用いることとする。まずマンタロボットの推進性能を知るために基礎的な実験を行い、胸びれの振動とマンタロボットの推進速度の関係を調査する。胸びれの振動を正弦波形で表現し、その振幅や周波数、位相差の変化によってマンタロボットの推進速度がどのように変化するか調査する。また神経振動子によって推進運動を実現できることを確認するため、神経振動子を用いてマンタロボットの胸びれの運動生成法を提案する。本論文では神経振動子として松岡振動子を用い、神経振動子の自励振動のみを用いた場合と正弦波を導入した場合について提案し、それぞれの有効性について議論する。さらに姿勢を考慮した場合の神経振動子を提案し、その有効性について議論することで推進方向の変更が可能であることを数値シミュレーションにより確認する。ここではロボット自身のヨー角と目的のヨー角との差を神経振動子へフィードバックし、左右の胸びれの振幅変化の様子から進行方向を変化するために十分な動作を実現できることを確認する。最後に、上述した基礎的な実験に基づいて神経振動子を設計する方法を提案する。基礎的な実験の中で特に胸びれの振幅を変化させた場合のロボットの推進速度について注目し、最小二乗法を用いて求めた近似関数を適用した神経振動子を設計し、目標の推進速度に応じた胸びれ動作の変化を確認する。

論文審査結果の要旨

水中ロボットの推進機構として用いられてきたスクリュープロペラは、高速で広範囲の探索に有利であるが、音による観測対象の忌避や回転翼による周囲の生物への傷害の恐れがあり生物観測に適さない。一方、水生生物を模倣した機構はエネルギー効率が低いものの、静音性や生物を傷つけにくい点で有利である。特に、魚類の推進運動の中でRajiformタイプは主に胸びれのみ用いて推進するため、機構的かつ運動的な模倣が容易であり、胴が扁平であるため狭い場所の探査に適すると考えられる。

本論文は水中探査用に開発したマンタロボットの推進を制御するための方策を提案したものである。まず基礎的な実験を行うことでマンタロボットの推進速度と胸びれの振動との関係を明らかにし、ロボットの水中推進への有効性を実証した。次に推進原理に基づく潜水法を提案し、実験により有効性を実証した。また、胸びれの運動を生物の神経系に由来する神経振動子により実現する手法と、姿勢を考慮した神経振動子の設計法を提案し、シミュレーションによりこれらの有効性を確認した。さらに、前述した基礎的な実験に基づいて神経振動子を設計する方法を提案し、胸びれの振幅とロボットの推進速度に注目した近似関数を適用した神経振動子を用いて目標の推進速度に応じた胸びれ振幅の変化をシミュレーションにより実現することで提案手法の有効性を確認した。

このように本研究は生物模倣型的水中探査ロボットの一種であるマンタロボットの推進制御において、推進特性を調査するための基礎的な実験を実施し、その推進原理に基づく潜水運動方法と、神経振動子による胸びれ運動方法の提案、および推進特性に基づく神経振動子による推進制御を示したものである。これらの成果はロボット工学、特に魚型の水中探査ロボットの技術の発展に寄与するものである。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に判断し、博士(工学)の学位に値するものと判断する。