

氏名	西 田 周 平		
学位の種類	博 士 (情報工学)		
学位記番号	情工博甲第188号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	自律型水中ロボットにおける自己組織的行動獲得システムの開発		
論文審査委員	主査	教授	延 山 英 沢
	”		岡 本 卓
	”		安 部 憲 広
	”		古 川 徹 生 (生命体工学研究科)
	助教		林 英 治
	”		石 井 和 男 (生命体工学研究科)

学位論文内容の要旨

地球の約7割を占める海洋は、未発見の種や遺伝子、レアメタル等の資源の宝庫であること、地球物理学解明への糸口として期待されている。日本近海においても、マンガン団塊や熱水鉱床などの鉱物資源、海底油田やメタンハイドレートなどのエネルギー資源の発見が相次いでいる。海洋開発や科学的調査などは、人類に大きな利益をもたらすが非常にコストがかかり、直接人類が接近するには危険な環境であるため、ロボットに代表されるような無人機械の開発が期待されている。

現在主流の水中作業ロボットは、人間が搭乗する有人潜水艇や、海上の母船とアンビリカブルケーブルでつながれているROV(Remotely Operated Vehicle)などであるが、無人無索で行動できる自律型水中ロボット(AUV: Autonomous Underwater Vehicle)は、海洋科学調査や水中作業のための次世代ツールとして期待されており、早期の実用化が望まれている。しかしながら、水中という極限環境は人間には未知な環境であり、予めロボットに対して様々な状況に対応できるようにプログラムすることは困難である。電波が使用できず、外部からの支援が困難なため、AUVには高い自律性が必要となる。

AUVの実現には、複雑な動特性に対応した運動制御システムはじめとして、環境認識システム、行動決定システム等、様々な課題が存在する。本研究では、水中ロボットにおける自己組織的行動獲得システムを提案する。環境の特徴、ロボットの動特性の変化に適応して自己組織的に制御器に調整し、行動を決定するシステムの開発を行う。限られたセンサ情報の時系列データから必要な情報を抽出し、効率的にロボットの状況判断及び行動決定をする必要がある。

自己組織化マップ(SOM: Self-Organizing Map)はKohonenの提案する脳の記憶のメカニズムを模倣したアルゴリズムで、強力なデータマイニングツールとして知られている。教示データの幾何学的関係を保ったまま、低次元化し、学習の課程で類似したデータがクラスタリングされ、特徴を抽出することが可能である。このような特徴から、環境情報やロボットの状態等のクラスタリングに適していると考えられる。

ロボットの状態及び周囲の環境の変化とロボット動特性の関係を表現した動特性データベースを自己組織的に獲得することができれば、得られたデータベースを基に幅広い動特性に対応した制御器を設計することが可能である。ロボットの行動決定システムには、ロボットがおかれた環境を自動的に認識し把握する“教師無し”アルゴリズム、及び動特性や制御則獲得のための“教師有り”アルゴリズムの両者の考え方が必要であり、両者の長所を取り入れたモジュラーネットワーク自己組織化マップ(mnSOM: modular network Self-Organizing Map)が適していると考えられる。

本論文は、第一章では、水中ロボットの開発動向を踏まえて、本研究の目的等について述べ、自律性の向上を目指し、水中ロボットにおける自己組織的行動獲得システムについて提案する。第二章では、提案システムの適用対象としている自律型水中ロボット”Twin-Burger”のシステム構成について

述べる。第三章では、ニューラルネットワークの基礎としてその概要及び学習アルゴリズムを述べる。また、本研究で情報処理システムとして用いた SOM および mnSOM の学習アルゴリズムを紹介し、代表的な適用例を示す。第四章では、提案する水中ロボットにおける自己組織的行動獲得システムの基礎システムの開発として、SOM を用いた環境認識及び行動決定システム、mnSOM を用いて作成した複数の動特性を表現したフォワードモデルマップ及び制御器を表現したコントローラマップを用いた適応制御システムについて提案する。また、”Twin-Burger”への適用を想定し、それぞれ、障害物回避システムと行動軌跡の評価値を用いた環境適応学習法、動特性の変化に対する適応制御システムへ適用した。それらのシミュレーションによる調査結果について述べる。第五章では Twin-Burger へ提案手法を適用し、実験によって調査した結果について、第六章では得られた結果に対する考察を行い、第七章は結論とする。

学位論文審査の結果の要旨

海洋分野における科学調査手段として自律型水中ロボット (AUV) が期待されている。極限環境ロボットの一つである AUV は自律的な行動が求められるが、運動制御や行動決定手法を始めとした様々な課題が存在している。本論文では、AUV の自己組織的行動獲得システムを実現するため、自己組織化マップ (SOM) を用いた環境認識及び行動決定手法、mnSOM を用いた適応型制御システムについて提案している。

SOM を用いた環境認識では、ロボットの外部環境を二次元マップとして次元圧縮し、クラスタリングする。ロボットは得られたクラスタリング情報を参照し行動を決定すると同時に、行動評価からオンラインでのマップ調整を行うシステムである。シミュレーション及び実験によりその有効性をしめしている。

mnSOM を用いた制御システムでは、ロボットのダイナミクスの変化に対して適応的に制御系を調整、更新する。動特性の変化に対し、従来法に比較して高速に調整可能であることをシミュレーションにより、提案システムが有効であることを示した。

本論文について試験を行った結果、満足な回答が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士 (情報工学) の学位に十分値するものであると判断した。