



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Control of Oscillator Aggregation for Generating Homeostatic Behavior in Autonomous System [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	山内, 翔
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11520号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57147
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Sho_Yamauchi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 山内 翔

審査担当者 主 査 教 授 鈴木 恵二
 副 査 教 授 栗原 正仁
 副 査 教 授 小野 哲雄
 副 査 教 授 山本 雅人
 副 査 准教授 川村 秀憲

学位論文題名

Control of Oscillator Aggregation for Generating Homeostatic Behavior in Autonomous System
(自律システムにおける恒常的ふるまいの創発に向けた振動子群制御法)

生物には自身の構造や状態を安定に保つ恒常性が見られる。こうした生物では生物体の各器官が相互に連携し、全体として統一した調整がなされている。本学位論文ではそのような恒常的ふるまいをロボット等自律システムにて実現することを対象としている。生物における知見として、粘菌など神経系を有していない生物においても各細胞が振動子としての性質を持ち、それらの相互作用による同期現象の結果として適応的なふるまいが創発されている。そこで本学位論文では、神経系を有する生物のみならず、神経系を有しない生物にも見られる同期現象的かつ適応的なふるまいをロボットにて実現する手法の構築を目的としている。そのため環境・ロボット双方を振動子として捉える設計思想を提案している。また問題を、(A) ロボットにとっての目標状態が自明な場合と (B) その目標状態を発見しなければならない場合の2つに分け、(A) ロボットにとっての目標状態が自明な場合に Flocking アルゴリズムを用いた制御法によるアプローチ、(B) ロボットの目標状態を発見しなければならない場合には振動子群による制御法でのアプローチを取っている。Flocking アルゴリズムによるアプローチではロボットの構成要素をエージェントとみなし、単一の自律システムを一つの群れとして制御するが、この際 Flocking アルゴリズムを任意の群れ構造が表現可能な形に拡張している。更に Flocking アルゴリズムにおける同期現象的性質を分析し、Flocking アルゴリズムによる制御法が振動子群による制御とみなすことが可能であることを示している。また振動子群による制御法でのアプローチとして、振動子集合としてロボットを捉え、制御する手法を構築している。

本論文では、この課題に対するアプローチや検証実験の結果について次の構成で述べている。

第1章では実際に利用および研究されている知能ロボットの現状についてまとめている。

第2章では環境とロボットの双方を振動子の集合として捉える設計思想について述べ、その際ロボットの状態を振動子間の位相関係として記述することについて述べている。

第3章ではロボットを振動子の集合として制御する為の第一歩としてマルチエージェントシステムにおいて適応的なふるまいを生み出す自律分散制御則として知られている Flocking アルゴリズムを単一のロボットへ適用する手法について提案している。ここでは Flocking アルゴリズムを任意の群れ構造を表現可能な形に拡張している。

第4章では第3章にて構築した拡張 Flocking アルゴリズムをロボットへ適用し適応的ふるまいを創発させるための実装方法を提案しその評価を行っている。まずシミュレーションロボット及び

ヒューマノイド型の実ロボットに拡張 Flocking アルゴリズムを適用し、この時、外力や外乱に対して適応的なふるまいを創発し、指定された直立姿勢を維持し続けることが可能であることを示している。また、周囲の明るさが変化する環境において特定のマーカ位置をトラッキングするカメラシステムに拡張 Flocking アルゴリズムを適用した事例についても述べている。

第 5 章では適応的なふるまいを創発することが可能であった拡張 Flocking アルゴリズムの性質を分析し、その同期現象の性質を示している。これにより、適応的なふるまいの創発に同期現象が関与している可能性を示している。

第 6 章ではロボットを振動子の集合として制御する振動子群制御法について提案している。この手法ではロボットの状態を振動子間の位相関係として記述し、状況に応じてその位相関係の再構築及び維持を誘発する仕組みを導入している。この手法の基本的性質をシミュレーション実験によって示している。

第 7 章では第 6 章で構築した手法を冗長アームロボットに適用した事例について述べている。この冗長アームロボットはその自由度の多さから、解析的に制御することは困難になっている。そうした状況下においても提案する制御方法にて制御可能であることを示している。また外部環境を変化させることで、ロボットの内的変化および外的変化に適応可能であることを示している。

本論文で示された以上の成果によって、ロボットに同期現象を利用した恒常的なふるまいを創発させるための第一歩としてロボットの振動子群制御法を提案している。この時、問題をロボットの目標状態が自明であるか、発見しなければならないかの 2 パターンに分け、それぞれに対し Flocking アルゴリズムによる制御手法、振動子群をもちいた制御手法を提案している。また、これらの制御法の性質を評価し、Flocking アルゴリズムによる制御法、振動子群を用いた制御手法ともに複雑な環境下においても多自由度のロボットの制御が可能であり、更に内的・外的変化に対して適応的なふるまいを創発させることが可能であることを明らかにしている。また Flocking アルゴリズムの同期現象の性質を分析することにより、Flocking アルゴリズムも振動子群の制御であるとみなすことが可能であることを示している。

これを要するに、本論文は自律ロボットの恒常性創発に向けた振動子群制御手法の構築について新知見を得たものであり、自律ロボットシステム及び複雑系工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格があるものと認める。