

Title	局所的相互作用に基づいた群ロボットの未知作業環境への適応的移動
Author(s)	花田, 洋輔
Citation	
Issue Date	2007-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/3621
Rights	
Description	Supervisor: 丁 洛榮, 情報科学研究科, 修士

局所的相互作用に基づいた 群ロボットの未知作業環境への適応的移動

花田 洋輔 (510081)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2007 年 2 月 8 日

キーワード: 群ロボット, 群移動, 環境適応, 局所的相互作用, マグロの群泳.

近年, 自律移動ロボットがグループで動作することで, 多くの協調作業を達成できることから群ロボット工学 (swarm robotics) に関する研究が注目されている. 低機能な自律移動ロボットを複数台用いることで, 一台の高性能ロボットを用いた場合に対して, 効率性や耐故障性, コスト減, 汎用性などのアドバンテージを得ることができる. それゆえ, 群ロボット工学はチーム単位での活動が必要とされる化学物質の漏洩源特定や消防活動, あるいは体内診療活動, 監視・警備活動, 搜索・救助活動などの多岐にわたる分野での応用が期待されている.

群ロボットがこれらの共同作業の実行を可能にするために必要不可欠な基本的機能が群移動 (flocking) である. 群移動とは群ロボットが相互の繋がりを維持しながらある場所から別の場所へ移動を行うものである. 特に, 今日ではタスクをうまく達成できることから障害物が存在している未知環境下での群移動が注目されつつある. 群ロボット工学は 1 台の高性能ロボットを用いるよりも, 多数台の低機能なロボット群の協調により共同作業を達成させることを目的とするため, チーム単位としての群移動制御の観点が重要視される.

群移動の分野において挙げられる重要な課題は“環境による制約の存在下で与えられた任務を協調的に達成するためには群ロボットはどのようにして未知環境において移動を行うか”である. この疑問に対し, 本稿でのアプローチははじめにロボットに次の弱い仮定を与える. 互いに識別できる固有番号を持たない (anonymous), リーダーロボットを事前に選任しない, 共通の大域的な座標系を与えず各ロボットの局所的な座標のみを持ちうる, 過去の動作を記憶するためのメモリがない (oblivious), 相互の情報伝達は行うことができない, 未知の作業環境で動作するために環境情報を事前に与えない. これらの仮定により, “群ロボットが大域的な情報取得・伝達手段を用いずに近傍のロボットとの局所的な相互作用を行いながら未知の環境の幾何学的な制約条件下において群移動が可能になる”問題について取り組んだ. この目的のために, マグロの群において観察される適応的

な群泳としての維持，分裂，統合の3つの行動モデルに着目した．魚の群泳行動は海中の様々な環境の幾何学的制約条件に適応可能な群移動の適例である．魚の群は群泳中において，巨大な岩石や捕食者などの環境の制約条件に直面した際，瞬時の判断の基，グループを分裂，あるいはその後再び一つの群に統合することができる．例えば，マグロの群泳で観察される局所的な幾何学モデルはダイヤモンド形状のフォーメーションを表す．この幾何学モデルを用い，マグロは3つの興味深い群泳行動を表す．群泳中の幾何学的なフォーメーション形状の維持，障害物や捕食者からの分裂による回避，そして分裂した群れからの統合である．したがって，本稿ではマグロの群泳行動で観察される環境に適応した秀逸な群泳行動を群ロボットの自律的適応方法の模倣対象とした．

本稿は群ロボットが障害物が存在している環境内を自律的に群移動をすることが可能な Adaptive Flocking アルゴリズムを提案する．Adaptive Flocking アルゴリズムは Team Maintenance 問題，Team Partition 問題，Team Unification 問題の三つの sub-problem への解法提案問題へと置換する．つまり，Team Maintenance 問題，Team Partition 問題，Team Unification 問題の解法としてのアルゴリズムをそれぞれ提案することで Adaptive Flocking アルゴリズムを確立する．各アルゴリズムの入力は制御周期毎に各ロボットのローカル座標で得た他ロボットの位置と環境情報である．出力として各ロボットはアルゴリズムによって移動目標位置を取得する．Adaptive Flocking アルゴリズムを周期毎に実行するときに，各ロボットは最初に隘路が存在するか否かを確認する．そこに隘路が存在した場合，ロボットは Team Partition アルゴリズムを実行し環境に適応した分裂を行う．隘路を確認しなかったロボットは，次に自身が属するチームの外側に配置するロボットが存在しているか否かの確認により Team Unification を行うか否かの判断を行う．群れの外側に位置しているロボットがさらに外側にロボットを認識した時，Team Unification アルゴリズムを実行し，統合を行う．このいずれの状況も認識しなかったロボットは Team Maintenance アルゴリズムを実行し，近傍のロボットとの相互作用により群れを維持し移動を行う．このような計算を制御周期毎に実行することで，群ロボットは環境に適応しながら群移動することが可能となる．

Adaptive Flocking 問題はロボットに障害物環境内を自律的に移動する方法を制御することで解決される．したがって，本稿では提案手法の有効性を示す二種類のシミュレーション結果を紹介する．第一のシミュレーションは未知環境下でのチームを維持した適応的移動である．与えられたゴールに向かって局所的に相互作用することで群れは静止したゴールに向かって移動する．ゴールに向かって移動する途中で障害物に遭遇した群れはサイズを縮小するように効果的に環境に適応できる二つのチームに分裂した．センサ範囲が有限であるために環境が見えていないメンバーがいるにも関わらず，近傍のロボットに追従することで環境に適応するように分裂が可能となった．第二のシミュレーションは移動するゴールに対する適応的移動である．シミュレーション条件は静止したゴールのときと同様であるが，ここでは群れが障害物による制約条件に関わらず移動するゴールを追従するかどうかを確認した．このシミュレーションではロボットはゴールが動く軌道を事前に

知らされていない．ゴールが動き始めるときに群れは追従を開始する．障害物に直面したロボットは幾何学的な形状を維持したまま複数のチームに分裂，あるいは一つのチームへの統合を行った．その結果，群ロボットは環境に適応しながら移動するゴールに向かって群移動を行うことができる．

提案手法のシミュレーションを行った結果，分散制御，自己組織化，自己安定，決定論的手法の特徴が明らかになった．分析結果は提案手法が環境変化に対しても適応的に群移動が可能で，シンプルかつ効果的なアプローチであることを示した．本稿で提案した Adaptive Flocking アルゴリズムは群ロボットを実世界へ適用するため第一歩である．例えば，移動するゴールの追従例として，化学物質の漏洩源特定や，被災地におけるの搜索・救助活動に応用が可能であると考えられる．