

化学コミュニケーションに基づいた群ロボットの協調行動

Cooperative Behavior of Multi-Robot System based on Chemical Communication

○ 早川美里、菅原研

○ Misato Hayakawa, Ken Sugawara

東北学院大学 教養学部 情報科学科

Department of Information Science, Tohoku Gakuin University

キーワード: 群ロボット(mulri-tobot)、分業(division of labor)、比率制御(proportion regulation)、変動遷移確率モデル(dynamic probability model)

連絡先: 〒981-3193 仙台市泉区天神沢 2-1-1 東北学院大学教養学部情報科学科

TEL/FAX 022-773-3306, E-mail: sugawara@cs.tohoku-gakuin.ac.jp

1. はじめに

複数台のロボットが協調し機能する群ロボットシステムにおいて、ロボット間のコミュニケーションは必要不可欠な要素である[1-3]。一般的にロボット間のコミュニケーションには電波、光、音などの物理的なメディアが用いられている。一方、生物の個体間コミュニケーションに目を向けると、物理的なメディアの他に、フェロモンのような化学的なメディアも積極的に用いられている。

化学的なメディアには、情報の発信元が発信場所から移動しても情報がしばらく場に残る特徴がある。いわゆる「場を介した個体間のコミュニケーション」が可能となり、工学的なロボットシステムでの積極的な応用を検討する価値はあると考えられる。本稿では、化学コミュニケーションを導入した群ロボットシステムのひとつの具体例として、比率制御を伴う分業ダイナミクスへの適用について論じる。

2. 群ロボットの分業と比率制御

群ロボットに求められる作業が複雑化していくと、そこには分業を行う必要性が出てくる。その際、作業全体の効率を考慮すると作業の種

類や難易度によって各作業に割り当てられるべきロボットの台数には最適な比率が存在する場合が多い。したがって故障やトラブルなどで機能しなくなったロボットが出てきた場合、作業効率を低下させないために、他のロボットが作業を切り替えることでその比率を一定に維持し続けることが必要となる。ただし、作業の切り替えには何らかの「コスト」が発生するため、他の作業への不必要な作業変更を極力行わないようにすることも併せて重要となる。そこで、必要以上に作業変更することなく台数比率を予め設定した最適な比率に調整されるよう制御するための比率制御モデルを構築することが求められる。分業における比率を制御するアルゴリズムは、これまでもいくつか提案されてきたが[4]、本稿では遷移確率に基づいた比率制御手法を導入する。

3. 変動確率モデル

分業を発生させる最も単純な方法は状態遷移確率を用いるものである。従事する作業を内部状態と対応させ、内部状態が変化すると作業を切り替えるものを考える。すると各作業に携わるロボットの台数比を遷移確率(p_1, p_2, p_3)の相対

的な比で表すことができる。これを単純遷移確率モデルと称する。一方、遷移確率の値自体は遷移のしやすさそのものを意味することに注目すると、遷移確率を変動させる係数を導入することで実質的な遷移時間をコントロールすることが可能となる。これを変動遷移確率モデルと呼ぶ。

ここで問題となるのが遷移確率を変動させる係数をどのように表現するかという点である。この問題を解決するために本研究では化学物質を導入する。各ロボットは揮発性の物質を放出する機能、ならびにその物質を検出する機能を有するものとする。作業場に各作業に対応した化学物質を残すと、それぞれのロボットはその物質の濃度からシステムの状態を間接的に検出することが可能となる。この物質濃度と確率変動係数を関係付けることで状況に応じた実質的な遷移確率を表現することが可能になる (図1)。

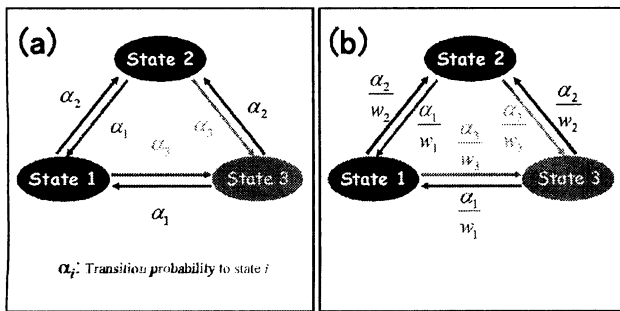


図1 単純遷移確率モデルと変動遷移確率モデル

4. 実験

4.1 シミュレーションによる検証

本提案の有効性を議論するためにコンピュータシミュレーションを行った。ここでは基地と三箇所の作業場との往復による「荷物運び作業」を想定した。

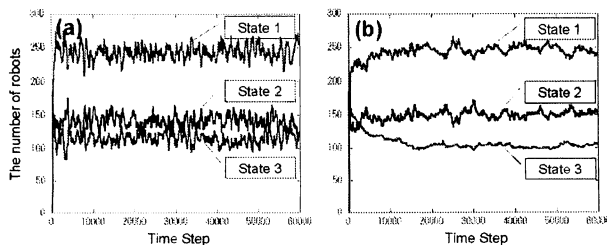


図2 各作業に従事する台数の時間変化

単純確率モデルに比べ、確率変動モデルは台数比率誤差が安定していることが分かる (図2)。

4.2 実機実験による検証

プロジェクタを用いて Computer Graphics で化学物質の拡がり表現するシステム V-DEAR (Virtual Dynamic Environment for Autonomous Robots)を用いて6台のロボットで実験した結果を図3に示す[5]。

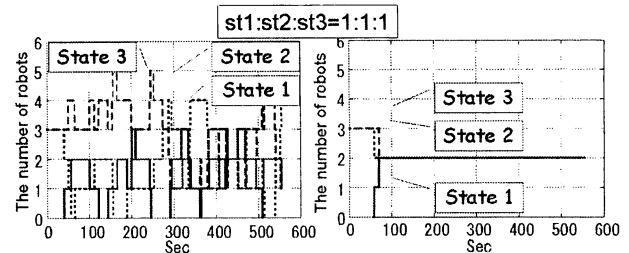


図3 V-DEARを用いたロボット実験

ロボットの台数比が設定した比率に合っていない状態から速やかに設定した比率へ調整されるようにロボットが作業を変更しており、さらに一旦定常状態が保たれるとロボットは作業の変更を行わないことが分かる。

5. おわりに

現在、アルコールセンサーを搭載したロボットを試作し、滴下したアルコールの状態によって行動を変える予備実験を行っている。アルコール濃度と量の最適化を図り、それを基に分業アルゴリズムを組み入れた群ロボットシステムを構成して実験を行っていく予定である。

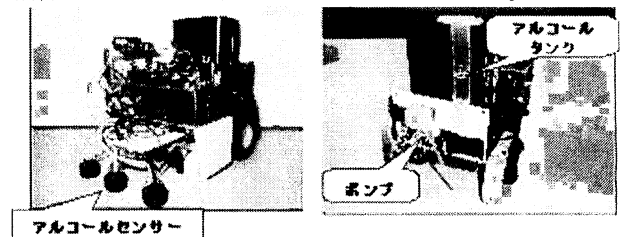


図4 アルコール滴下機構を有するロボット

参考文献

- [1] G. A. Bekey 著 (松田晃一・細部博史訳)、「自律ロボット概論」、毎日コミュニケーションズ (2006).
- [2] Y.U.Cao, A.S.Fukunaga and A.B.Kahng: "Cooperative Mobile Robotics: Antecedents and Directions," Autonomous Robots, 4, pp.7-27 (1997).
- [3] 長田 正、石川 正俊、浅間 一、「自律分散をめざすロボットシステム」、オーム社 (1995).
- [4] E.Bonabeau, M.Dorigo and G.Theraulaz: Swarm-Intelligence, Oxford University press (1999).
- [5] T.Mizuguchi, K.Sugawara: "Proportion regulation in task allocation systems", Trans. IEICE, E89A, No.10, pp.2745-2751 (2006).