

構造物を構築する群ロボットシステム

Collective construction by simple swarm robots

○土井洋平*, 菅原研*, 松澤茂*

Yohei Doi*, Ken Sugawara*, Shigeru Matsuzawa*

*東北学院大学

*Tohoku Gakuin University

キーワード : 群ロボット (swarm-robot) 構造物構築 (construction) 自律分散 (distributed autonomy) 動的平衡 (dynamic equilibrium)

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 松澤研究室
土井洋平, Tel.: (022)773-3306, Fax.: (022)773-3306, E-mail: s1057243@izcc.tohoku-gakuin.ac.jp

1. はじめに

近年では危険性などの問題から群ロボットによる構造物の建造保守が期待されている¹⁾. 人工的な構造物は一般的に集中管理・制御によって構築される. 一方, 自然界に目を向けてみると, 分散管理・制御によって構造物が造られるという現象が見られる. 例えばシロアリは局所的な情報のみで自分の体の何百, 何千倍の大きさにもなるアリ塚を造る. 群ロボットシステムによる構造物構築は, 構造物自体が多数のモジュラーロボットで構成されるものと移動ロボットが材料を組み上げることで構造物を造るものに大別できる. モジュラーロボットにはモジュール同士の結合を変えて, 全体の構造を自己組織するものが多い. 先行研究として, 伊能らによる構造物を構築するセルロボット²⁾や, 村田ら M-TRAN³⁾などが上げられる. 一方, 移動ロボットによる材料組み上げの例として, フィールドに置かれている材料を押しつけて領域を造る方法⁵⁾や, Deneubourg らによる非常にシ

ンプルなアルゴリズムで分散物を収集する方法⁴⁾などが研究されている.

2. 研究目的

本研究の最終目的は「自己組織性」「自己修復性」「適応性」を持つ構造物を造る移動ロボット群システムを提案することである. 本稿では, Deneubourg のアルゴリズムを基に, アルゴリズムを複雑にすることなく, シンプルなルールのままで幾何学的な構造物を構築する群ロボットシステムについて論じる. 具体的なタスクとして, 基本的な幾何学構造物を構築することを取りあげる.

3. 研究手法

3.1 ロボットの動作

Deneubourg の分散物収集アルゴリズムのしくみは以下のようにになっている.

- エージェントは材料を「持っている」「持っていない」のいずれかの状態である
- エージェントの基本行動はランダムウォークである
- エージェントが材料に衝突した場合の動作は以下の二種類である
 - － 材料を持っていた場合、材料を置く
 - － 材料を持っていない場合、材料を拾う

このアルゴリズムは材料の解釈がロボットの情報によって変わるという特徴を有する。ロボットは複雑なアルゴリズムで動いているわけではないにも関わらず、材料側と自分の状態によって動作が変わるということは非常に興味深い。群ロボットシステムはシステムサイズにおける、拡張性、冗長性、故障に対するロバスト性を高めることが重要とされているので、ロボットがシンプルなルールで動くということは重要な要素である⁶⁾。以上の理由から、本研究のロボットの動作は Deneubourg のアルゴリズムを基に行う。

3.2 材料に情報を付加する

Deneubourg のアルゴリズムは非常にシンプルで有用性が高い。しかし、材料は等方的に伸びてしまうため、任意の形状の構造物を造ることはできない。そこで本研究では、群ロボットシステムの特徴を活かし、任意の形状の構造物を造るために、材料に情報を付加し、その情報に基づいて材料の設置場所を指定することで任意の形状の構造物を構築する。このしくみを導入することにより、ロボットを複雑にすることなく任意の形状を構築することが可能になると考える。情報はカウンタになっている。カウンタを持つ材料は、自分の持つカウンタに基づいて設置場所を指定する情報を出す。指定されている設置場所に設置された材料は設置情報を出している材料から、カウンタを授受され、その

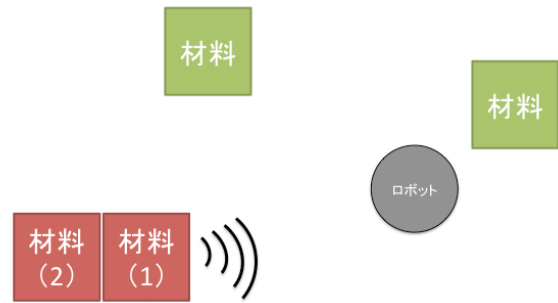


Fig. 1 情報を持つ材料とロボットの関係

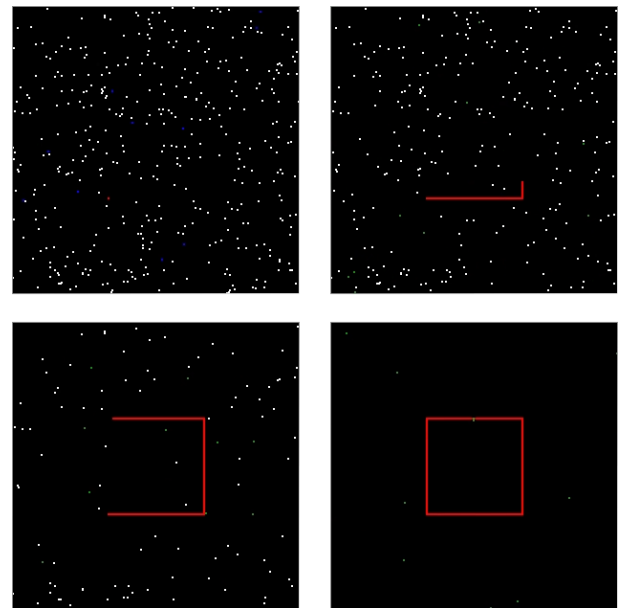


Fig. 2 四角形に材料を設置するように情報に材料を持たせた結果

カウンタを基に次の材料の設置情報を出す。カウンタによって情報を出す方向の指定、情報を出さないなどの条件指定を行うことで、構造物を任意の形状で組み上げることができる。構造物を構築するためには、カウンタを持ち、不動の始点となる材料が必要になる。カウンタを持たない材料もカウンタを持つ材料に隣接するように置かれることによって、カウンタを持つブロックになる。このように、材料間で情報の授受が行われるしくみなので、ロボットのアルゴリズムに大きく変更を加えることなく任意の構造物を構築することが可能になる。Fig.1 に材料間の情報伝達の例を示す。

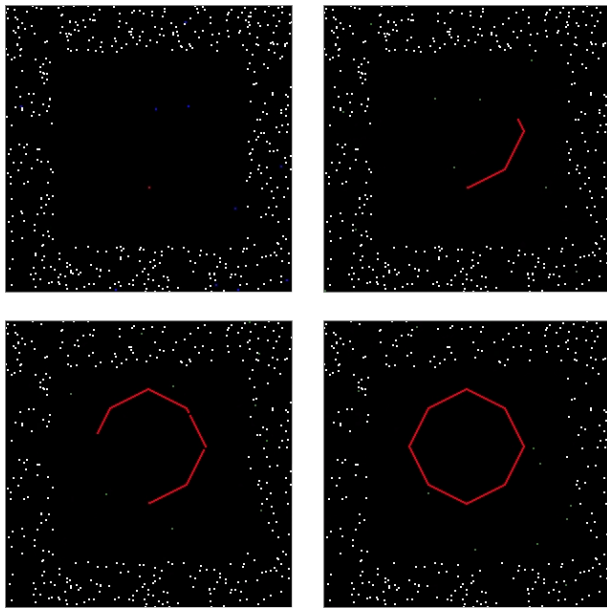


Fig. 3 八角形に材料を設置するように情報に材料を持たせた結果

4. 結果

今回のシミュレーションの条件は以下のようになっている

- 離散空間
- ロボットは8近傍に移動可能
- フィールドは高さ300ピクセル, 幅300ピクセル
- ロボットの台数10台
- ブロック数
 - － 四角形 400個
 - － 八角形 500個

条件に基づいて四角形と八角形の構造物が設置されるように設置情報の条件指定し, シミュレーションを行った結果 Fig.2 と Fig.3 のようになった. ロボットの動作は3.1で述べたようにDeneubourgのアルゴリズムに基づいている, そのため, 情報を持つブロックも拾われるが, 材料は一箇所に留まることなく, 入れ替わる. し

かし, 材料の入れ替わりの中でも, 構造物としての形を維持することができていた. 材料数が構造物より多い場合は安定して構造物を構築することができる. 一方, 材料数が構造物より少ない場合は入れ替わりが激しく行われるが, 構造物の大枠は崩れることはなかった.

5. まとめ

構造物に必要な材料の数よりも, 分散している材料が少ない場合でも, 生成と崩壊のバランスによって, 構造物の形が大きく崩れることなく, 形を維持できることが分かっている. 今後, 生成と崩壊のバランスをどのように成り立っているか, また, 設置情報の指定を変えることにより, 複雑な構造物を構築することが可能であるかという問題に取り組む.

参考文献

- 1) 高玉佳樹, 大谷雅之:大規模構造物組み立てにおける複数移動ロボットの主従関係交換によるデッドロック回避:52-3, 271-276(2013)
- 2) 鈴木ら: 力学環境に適応する群ロボット-自律分散同期型制御による構造物の構築:日本ロボット学会誌, 26-1, 74/81 (2008)
- 3) 黒河ら: 変形し移動する自立モジュール型ロボット (M-TRAN) :日本ロボット学会誌, 21-8, 855/859 (2003)
- 4) J.L.Deneubourg, S.Goss, N.Franks, A.Sendowa-Franks, C.Detrain, L.Chrietien : The dynamics of collective sorting robot-like ants and ant-like robots. :The first international conference on simulation of adaptive behavior on From animals to animats 356/363 (1990)
- 5) C.Parker, H.Zhang : Robot Collective Construction by Blind Bulldozing:Systems, Man and Cybernetics, 2002 IEEE International Conference 2, 59/63 (2002)
- 6) ジョージ・A・ベーキー: 自律ロボット概論, 毎日コミュニケーションズ (2007)