

構造物を構築する群ロボット"CHOBIE"

自律行動実現のための機構と制御

Group Robots Forming a Mechanical Structure "CHOBIE" -Mechanism & Control for Autonomous Group Behavior-

鈴木 陽介 (東工大) 正 小関 道彦 (東工大)
正 木村 仁 (東工大) 正 伊能 教夫 (東工大)

Yousuke SUZUKI, Michihiko KOSEKI, Hitoshi KIMURA and Norio INOU,
Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Group robots named CHOBIE cooperatively transform a mechanical structure. Cell robots, the agent of CHOBIE, have 2-way slide motion mechanisms for large stiffness of the structure. In this system, the same algorithm is required for each cell robot in order to compose the system independent of the number of group robots. For the purpose of realizing basic modification of structure, this study proposes an algorithm for "crawl motion" for linear locomotion of whole robots. To avoid concentrated loads on one cell robot, this paper also discusses the position of load sensor with results of FEM and experiments.

Key Words: Group Robots, Cellular Robot, Structural Formation

1. はじめに

自律分散システムの利点は、環境の変化に対する柔軟性とシステム全体の耐故障性能に優れている点である[1]。もし変形や自己修復などの機能をもつ自律分散型群ロボットが実現されれば、様々な作業を遂行可能であることが期待される。

そこで本研究ではこのような自律分散型システムのひとつとして構造物を構築する群ロボット「CHOBIE」を提案している[2]。本研究では構造物の変形や構成数の変更が可能だけでなく、各ロボットが自身の応力状態(負荷)を検知して相互通信しながら変形することによって負荷の集中を回避するシステムの実現を目的とする。

本稿では構造物の基本的な全体変形アルゴリズムとしてのクローल動作と、最適な負荷センサの位置に関する考察について述べる。

2. 本機構の特徴

本研究で提案する群ロボット「CHOBIE」の構成単位であるセルロボットは、構造物の構築を目的としたため構造物の強度を維持する必要があると考えられる。そこで本機構は2方向のみにスライド移動可能な構造とし、非移動時の固定機構も搭載した。本機構の外観と仕様を図1および表1に示す。

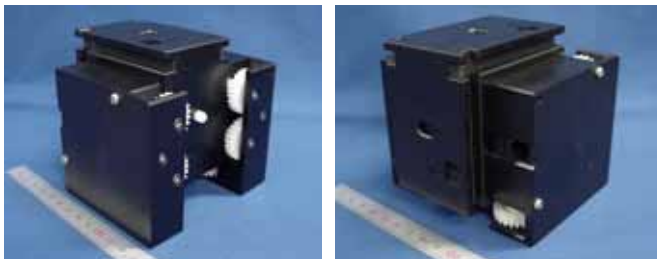


Fig.1 Drive and locking mechanism of cell robot

Table1 Specification of cell robot

Main Material	ABS
Size	80 × 80 × 100 [mm]
Mass	600 [g]

3. クローल動作のアルゴリズム

本研究では全体形状の変形を実現するために、基本的な動作として平面上をクローラのように移動するクローल動作を提案する(図2)。

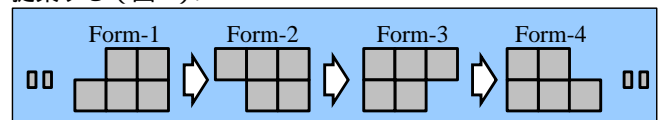


Fig.2 Crawl motion

CHOBIEのような自律分散システムでは、搭載アルゴリズムは同一で、かつシステムを構成する個体数に依存しないことが望ましい。また、本機構ではセルロボットが横に移動する際には横一列に、縦に移動する際には縦一列に並んだセルロボット全てが同時に移動する必要がある。このように複数のロボットが同時に移動するためには各ロボットの同期方法も重要な課題となる。したがって搭載アルゴリズムに要求される事項は以下の2つである。

搭載アルゴリズムがシステムの構成数に依らない

システムの構成数に依存しない同期動作の実現

簡単のため本報告では奇数台のセルロボットからなるシステムが構成数に依らずに変形、移動するアルゴリズムについて議論する。

一般的にはシステムの構成数が未知である場合、構造物全体の形状を同一のアルゴリズムで認識するのは困難である。そこで、構造内のある特徴的な位置に存在するセルロボットが暫定的なマネージャとなって移動の可能性を判断し、各ロボットにモータ駆動指令を伝達する方式を採用した。

奇数台のセルロボットがクロールを行う際には、台数に依存せず図2に示した4つの全体形状のパターンが存在する。各形状においてモータを駆動すべきセルロボットは一意に決定されるため、どれか一つのセルロボットが全体形状を判断できればそのセルロボットがマネージャとして機能することが可能である。このマネージャの決定までの流れを以下の() ~)および図3に示す。

- ）全セルロボットが全方向に信号を送る
- ）上または下から信号を受けたセルロボットは左右への送信を停止する
- ）周囲からの信号の組合せにより形状を判断する

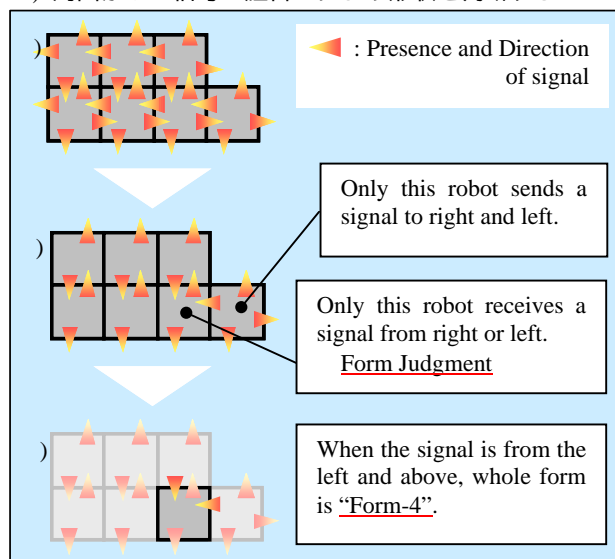


Fig.3 The method of judgment of whole form

各ロボットの同期動作の実現に関しては、駆動するセルロボットが一列に連続して並んでいることを利用した手法を用いた。横移動開始時の手順を以下に示す。

左端から右端へ順番に信号を伝達する

- ・ 固定を解除しない限り右に信号を渡さない
- ・ 信号が右端に到達するのは全てのセルロボットが固定を解除し終わった直後となる

右端から左端へ順番に信号を伝達する

- ・ 右からの信号を受け取ったセルロボットは左に信号を送ると同時に駆動を開始する

縦移動時は上記において左端が下端、右端が上端に入れ替わる。本手法を用いた場合、隣接するセルロボット同士の駆動開始時間のずれは理論的には信号の伝達に要する時間に等しい。実際の通信速度は測定値で約 $10\mu s$ であり、セルロボットの最大移動速度は約 60mm/s であるから、ロボットは $0.6\mu m$ 程度のずれしか生じないことになる。したがって本手法は実用上かなり多数のロボットの同時移動に適用可能であると考えられる。

4. 動作実験

実際に提案アルゴリズムを搭載したセルロボットについて、同一のアルゴリズムで3台および5台の動作実験を行った。その結果、いずれも正常にクローल動作を行うことを確認した。動作実験の様子を図4および図5に示す。

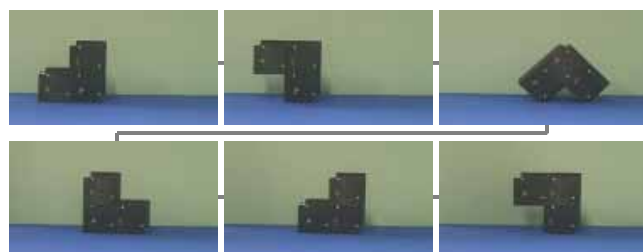


Fig.4 Operation test with three cell robots

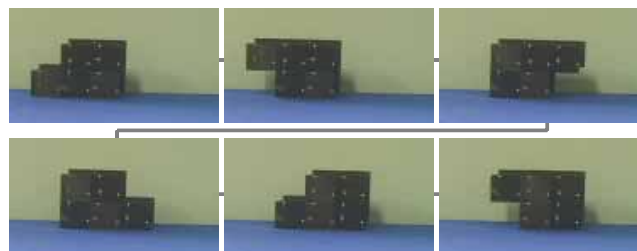


Fig.5 Operation test with five cell robots

5. 最適な負荷センサの位置に関する考察

既に本研究において、セルロボットに作用する負荷を検知するセンサとしてひずみゲージが有効であることが確認されているが、最適なセンサ位置についての議論はまだされていない。そこで今回は最適な負荷センサの位置に関して以下の手順で検討を行った。

セルロボットに大負荷が発生し得る力学条件を想定

各力学条件について有限要素解析によりひずみが生じ易い位置および方向を特定

特定した各位置にひずみゲージを実機に設置し、想定した力学条件を再現して実際の出力を測定

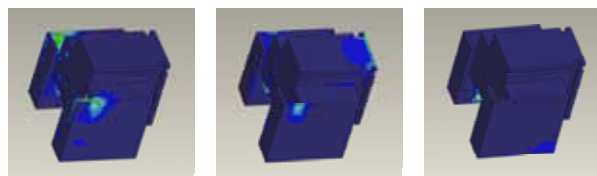


Fig.6 Results of FEM

実験の結果、各力学条件に対するひずみゲージの出力変化には、設置位置によって以下の2通りの特徴が存在した。

- 全ての力学条件において比較的输出力大きい
- 特定の力学条件においては出力が大きい、その他では小さい

セルロボットの破壊を避けるためには多様な負荷を検知できるaのような位置が理想的であると考えられる。ただし、bのような位置が各力学条件について存在すれば、セルロボットは負荷に加え自身の周囲の状態も検知できる。すなわち、そのセルロボットがどのように行動すれば自身の負荷を軽減できるかが分かる。しかし、この方式ではひずみゲージを多数設置する必要がある、構造および制御法には更なる検討が必要であると考えられる。

6. 結論

クローल動作について構成数に依存しないアルゴリズムを考案し、行動の際の手順や同期の取り方に関して複雑な変形動作への応用の可能性を示した。また、ひずみゲージの最適な貼付位置に関して考察を行い、ひずみが大きな位置とその特徴を数値解析と実験により確認した。

文献

- [1] 長田 正; 自律分散をめざすロボットシステム, オーム社, 1995
- [2] 伊能教夫・小関道彦・南賢吾・小林広和; 構造物を構築する群ロボットの運動機構, ロボティクス・メカトロニクス講演会'02 講演論文集 [No.02-6], (CD-ROM)1P1-L12, 2002