

# 構造物を構築する群ロボットの運動機構

## Motion Mechanisms of Cellular Robots

### Forming a Mechanical Structure

正 伊能 教夫 (東工大)      正 小関 道彦 (東工大)  
南 賢吾 (東工大)          小林 広和 (東工大)

Norio INOU, Michihiko KOSEKI, Kengo MINAMI and Hirokazu KOBAYASHI,  
Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

This study deals with group robots adaptively forming a mechanical structure. The group robots consist of identical cellular robots having same functions. In this paper, we proposed a cellular robot which slides into another robot by moving along the connecting face. The proposed robots were assembled in hardware and the performance test proved to be successful.

**Key Words:** Group Robots, Autonomous Distributed Systems, Sliding cellular robot, Structural Formation

#### 1. 緒言

近年、同じ機構と機能を持つ多数の自律ロボットが、分離・結合を繰り返しながら与えられた作業を行う自律分散型群ロボットシステムが注目されている。この種の機械システムを用いることによって、自己変形、自己修復といった従来の機械にはない新しい機能が実現可能であり、新しい分野での活躍が期待されている。村田らが開発したモジュール型ロボットは、ロボット同士の組み替えによって形態を変えながら移動することに成功している<sup>(1)</sup>。しかし、このロボットの形態変化は回転式の駆動によって行われているため、一台のモジュール型ロボットが大きなモーメントを発生させることは困難と考えられる。

本研究では、移動荷重を支持して対岸へ橋梁状の構造物を構築するセルロボットに必要な機能を検討し、力学環境に応じて自律的に構造を変化するセルロボットの開発を目指している。この目的を達成するためには、一度に複数のロボットを移動させる必要があり、これに適した運動機構を開発する必要があると考えている。本稿では、移動機能と結合・分離機能を実現する機構を提案し、製作したハードウェアによる動作検証について報告する。

#### 2. スライド移動型セルロボット

多数のロボットが結合して機能する群ロボットシステムでは、個々のロボットの微小な位置・角度のずれが全体の構造変形を困難にする可能性がある。そのため、製作誤差による個体差が小さく、さらに結合時の位置・角度を正確に保つ機構がセルロボットに要求される。しかし、これらの要求を複雑な機構で実現したのでは、製作誤差の増大と耐故障性の低下を招く恐れがある。

そこで、移動機構を単純化し、図 1 に示すように隣接するセルロボットとの結合面に対してスライド移動することで分離・結合を行う、スライド移動型セルロボットを考案した。

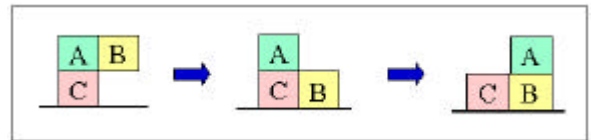


Fig.1: Sliding cellular robots

このセルロボットは、削り出し加工を施した板材を 3 枚張り合わせることで製作する(図 2(a))。3 枚の板材のうち、左右の板材(側板)にはそれぞれ 4 個のホイールが実装されており、中央の板材(中板)には溝が刻まれている。駆動の際には結合面のホイールが四輪駆動し、隣のセルロボットに刻まれた溝の中を進むことによってスライド移動を行う(図 2(b))。この機構では、板材を張り合わせて製作するために 3 枚の板材の平行が保たれ、また、2 枚の側板の距離が中板の厚さに等しくなるため、結合時にロボット同士の位置・角度を正確に保つことが可能である。さらに、板材を削り出して製作することによって製作誤差が減少し、同時に組み立て工数が削減した。

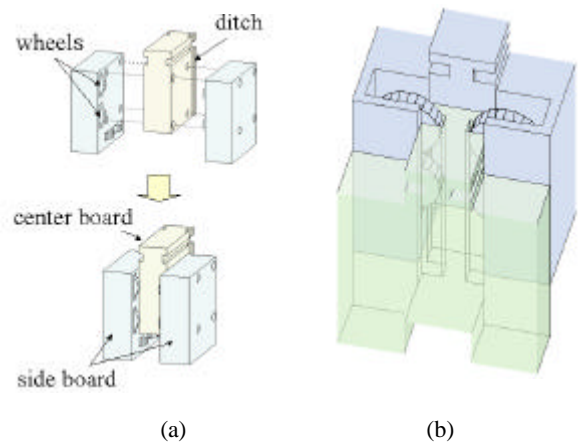


Fig.2: Assembly of the proposed cellular robot (a) and connecting face driven by wheels (b)

図3にスライド移動型セルロボットの内部機構を示す。2枚の側板は全く同じ構造であり、それぞれ1つのモータと4つのホイールが組み込まれている。また、中板には2本のドライブシャフトが組み込まれており、両面に側板を張り合わせることで2方向における四輪駆動を実現した。ここで、ホイールの部材にはプラスチックギアを用いており、溝に低弾性ゴムを貼付することによって摩擦力を得ている。

この機構を構成する要素のうち中板に組み込まれているのはドライブシャフトのみであるため、中板の厚さは容易に変更可能である。このため、ドライブシャフト以外のスペースに制御基盤やセンサ、バッテリー等を組み込む予定である。

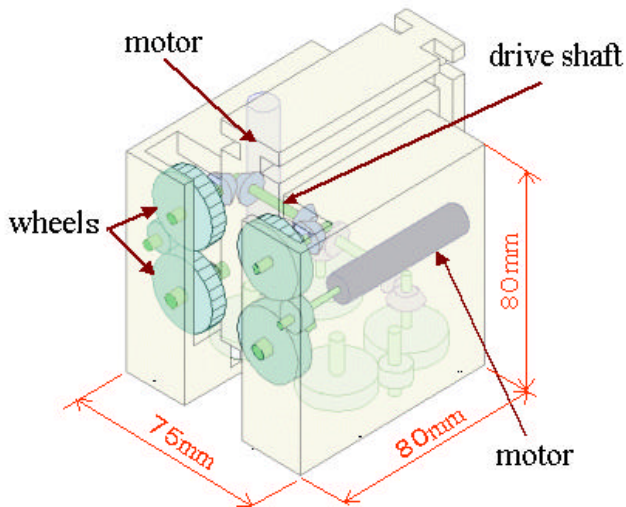


Fig.3: Inner structure of the proposed cellular robot

### 3. 動作試験

上述したスライド移動型セルロボットの基本仕様を表1に示す。このセルロボットを3台製作し、動作試験を行った。

#### 3.1 移動実験

提案するセルロボットによって構築される構造物が自律的に変形可能であることを確認するため、3台のスライド移動型セルロボットを用いて移動実験を行った。実験の様子を図4に示す。この実験では、セルロボットに設置したマイクロスイッチにより駆動するセルロボットを自動的に切り替えることで、左右方向から上下方向への連続移動を行った。その結果、マイクロスイッチのような簡単なセンサを用いた運動制御でも、構造物の自律的な変形が可能であることを確認した。

Table 1: Specification of the cellular robot

|             |              |                           |     |
|-------------|--------------|---------------------------|-----|
| Size (mm)   | 80 × 80 × 75 | Maximum driving power (N) | 20  |
| Weight (kg) | 0.5          | Driving velocity (mm/s)   | 7.6 |
| Material    | ABS          | Number of parts           | 101 |
| Actuators   | motor × 2    | Varieties of parts        | 23  |

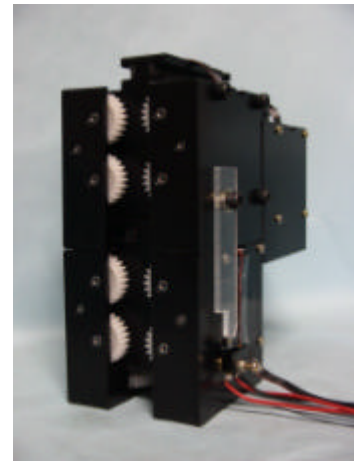


Fig.4: Experiment of structural transformation

#### 3.2 応力検知実験

セルロボットによって構築される構造物が力学環境に応じて形状を変化させるためには、セルロボットが自身にかかる応力を検知する必要がある。そこで、提案するセルロボットの応力検知実験を行った。この実験では、歪みゲージを貼付したセルロボットに負荷と除荷を3回繰り返し、歪みゲージの電圧を測定した。実験結果を図5に示す。この実験により、負荷時と除荷時でヒステリシスが存在するものの、最大負荷時の電圧がほぼ等しい値を示すことを確認した。

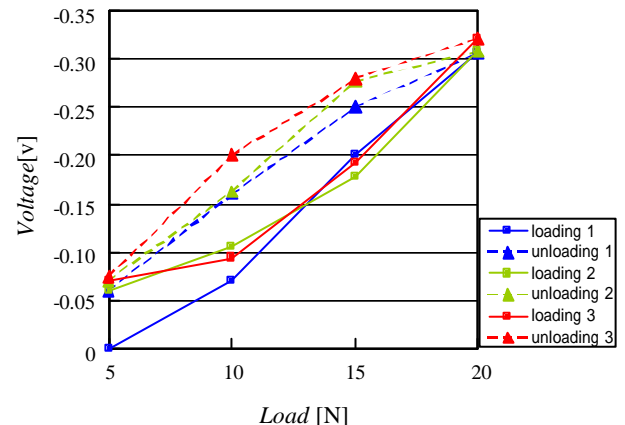


Fig.5: Results of the load sensing experiment

### 4. 結論

構造物を構築するセルロボットとして、隣接するセルロボットに対してスライド移動が可能なスライド移動型セルロボットの機構を提案した。そして、製作したセルロボットを用いて動作実験を行い、構造体の形状変化および応力検知が可能であることを確認した。

#### 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費（COE 形成基礎研究費スーパーメカノシステム, No.09CE2004）の援助によって行われた。

#### 参考文献

- (1) S.Murata, E.Yoshida, K.Tomita, H.Kurokawa, A.Kamimura and S.Kokaji; Hardware Design of Modular Robotic System, Proc. of 2000 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and System, CD-ROM, F-AIII-5, 2000