

## ミニロボットの悪路走行機構の開発

東京工業高等専門学校 ○市川真輝, ◎角田陽, 多羅尾進

### 要旨

代表寸法が 10mm 程度の自立型のミニロボットは、狭所作業などでの活躍が期待されるものの実用的な汎用性のある設計指針は明確とはいえず、試行錯誤的な製作となっている。本研究では、この指針の明確化の第 1 段階として、まずは砂地などの悪路走行機構の開発と設計指針の確立を目的とする。無限軌道やタイヤ型等のミニロボットを実際に製作・試走させ、それらの結果をもとに、ミニロボットにおける最適な悪路走行機構を模索する。

### 1.はじめに

近年、あらゆるロボットの小型化・高性能化が要求されており移動ロボットやヒューマノイドなど、さまざまなロボットが小型化されてきている。しかし、例えば倒壊した建物内やエジプトのピラミッド内部などを探索するためのロボットは、多くのセンサを搭載していたり、走行を安定させたりするために、比較的ロボットの筐体が大きくならざるをえず、現状以上の小型化は難しくなっている。そのため目的地までの通路がきわめて狭い場合、探索が不可能となる場合もある。

そこで本研究では小型ロボットにおける走行の安定化を最終目標に掲げ、狭所かつ砂地や砂利道といった悪路でも安定して走行することが可能な走行機構の開発をめざす。

なお、その際の評価の指標として精密工学会で毎年開催されている国際マイクロメカニズムコンテスト(以下 MM コンテストとする)<sup>1)</sup>の基準を採用した。

### 2.ミニロボットの概要

#### 2.1 ミニロボットのコンセプト

本研究では、MM コンテストにおける障害物走破・作業マイクロメカニズム無線操作部門の大きさ制限である幅 20mm、奥行き 20mm、高さ 30mm をミニロボットの大きさの目標とする。また走行機構にはクローラータイプの機構を採用し、ミニロボットの筐体には同コンテストの課題であるサイコロの目を変えるための機構を搭載することとする。

#### 2.2 走行機構の概要

過去の MM コンテストにおいてタイヤタイプの走行機構の場合、車輪が空転している場面が多く見受けられた。そのため本研究では、まずは、工事車両のキャタピラ方式のクローラータイプの走行機構を採用することにした。また接地面が平面の場合、滑ってしまうことが考えられるのでクローラー外周部に一定間隔で突起を設けることとする。Fig. 1 にシリコンゴムを加工して製作した走行機構用ベルト(幅 1mm、厚さ 2mm)の写真を示す。クローラー外周部には前述したように幅 1mm、高さ 1mm の突起を 1mm 間隔に配置されるような加工を施している。またその効果の検討用に、クローラの幅および突起について、幅 1.5mm、間隔 1.5mm と幅 2mm、間隔 1mm のものを同様に製作した。



Fig. 1 Example of crawler type driving mechanism

#### 2.3 クローラータイプのミニロボット筐体の概要

Table 1 にモータの仕様<sup>2)</sup>、Table 2 にクローラータイプのミニロボットの仕様、Fig. 2 にミニロボットの筐体の設計概略図、Fig. 3 に製作したクローラータイプの組立後の写真を示す。筐体および駆動輪、従動輪を ABS 樹脂の 3 次元プリンタで試作した場合の総重量は 9.92g であった。モータの大きさおよび前述したサイコロの目を変えるための機構を搭載することを考慮し、モータは筐体上部に取り付けている。また走行機構用ベルトをモータから従動輪への動力伝達と兼用とし、モータの制御および通信を行う基板は筐体上部に取り付けることとした。

サイコロの目を変える機構は Fig. 2 における左下、ミニロボットの前方の①に示す部分である。この機構では、サイコロの角を突起によりすくい上げそのまま前進することでサイコロを傾け、サイコロの重心がサイコロを回転させたい方向、つまり突起とは逆方向に傾いた後にミニロボットを後退させることでサイコロの自重を利用して 90 度ずつ回転させる方法によりサイコロの目を変える。

Table 1 Motor specifications

項目	仕様
名称	超小型モータ
型番	CL-0614-10250-7
電圧	DC3.7[V]
無負荷時回転数	46000±10%[rpm]
停動トルク	7.85×10 <sup>-4</sup> [Nm]

Table 2 Specifications of mini robot of crawler type

項目	仕様
筐体サイズ	15.5mm×19.5mm×17.5mm
駆動輪サイズ	φ 4mm
従動輪サイズ	φ 6mm

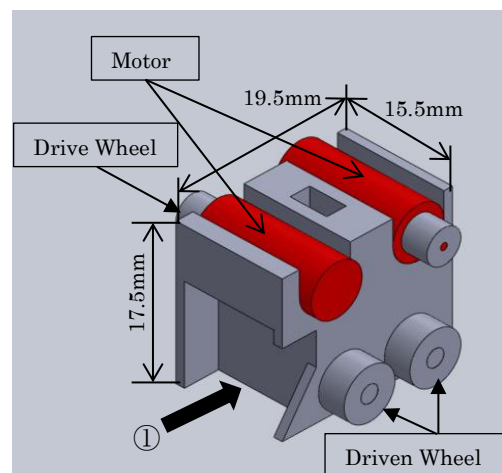


Fig. 2 Design schematic of mini robot

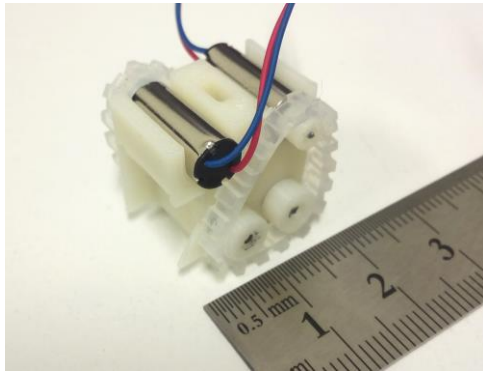


Fig. 3 Prototype of mini robot of crawler type

#### 2.4 タイヤタイプのミニロボットの概要

クローラータイプのミニロボットとの性能比較用にタイヤタイプのミニロボットも製作した。Table 3 にタイヤタイプのミニロボットの仕様、Fig. 4 に製作し組立後の写真を示す。走行性能の比較を行うために、走行機構以外の大きさ等の仕様はクローラータイプのミニロボットと同様とした。ただしタイヤ同士が干渉してしまうため従動輪の距離は大きめに設定した。また、接地面の状態をクローラータイプのものに近づけるために、車輪外部部にシリコンゴムベルトを装着しクローラータイプの走行機構と同様にシリコンゴムと地面が接地するようにした。

Table 3 Specifications of mini robot of tire type

項目	仕様
筐体サイズ	13mm×20mm×19mm
従動輪サイズ	φ 4mm
駆動輪サイズ	φ 6mm
タイヤサイズ	φ 10mm

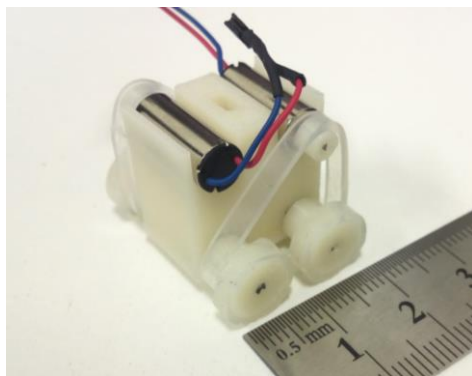


Fig. 4 Prototype of mini robot of tire type

#### 3.評価方法

本研究では前述したクローラータイプおよびタイヤタイプの走行機構それぞれを搭載したミニロボットを用いて、平地、砂地、砂利道の3種類の路面で300mmの区間を走行させ、要した時間を比較し評価を行う。またクローラータイプの走行機構に用いるベルトの突起の幅、間隔を変えたものをそれぞれ用いて同様に比較、評価を行う。

なお、走破性能についてはMMコンテストの障害物走破・作業マイクロメカニズムのコースおよびそれに近い疑似コースを用いて走破性の有無を確認する。

#### 4.結果および考察

Fig. 5 は、タイヤ走行機構およびベルトの突起の幅、間隔を変えたクローラータイプ走行機構について、各路面での走行に要した時間を5回測定した平均値およびばらつきを示している。

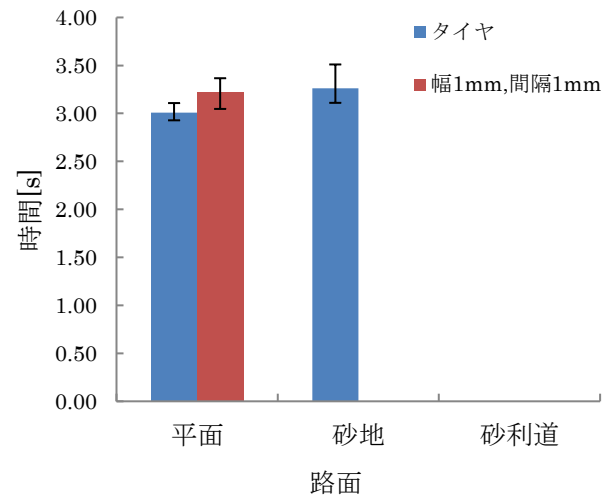


Fig. 5 Results of running test

平面においてはクローラータイプよりタイヤタイプの走行機構の方が要した時間は少なかった。モータは同じ回転数で稼働しており、要した時間の少ないタイヤタイプの方が滑りが少なかったと考えられる。またデータのばらつきもクローラータイプと比べて少なく比較的安定して走行できている。すなわち、タイヤタイプの方が平面における走行には適している。

クローラータイプの走行機構では、走行試験10回中8回程度の割合で走行中に転倒してしまい、安定した走行ができない場面が多く見受けられた。走行時間の測定も困難であった。これはミニロボットの重心が高い位置に存在していたこと、接地面がミニロボットの中央部にあったことあるいは接地面積が小さかったこと等が原因と考えられる。これらはミニロボットの筐体を金属で製作するあるいは筐体下部に重りを設置することで重心を下げることや接地面を増やすことにより解決が見込まれる。

粒径が1mm以上の砂利道においてはクローラータイプおよびタイヤタイプ走行機構ともに走行が安定せず、走行時間の測定が困難であった。これはミニロボット筐体と地面との距離が1mm程度しかないため、接地が良好とならないことが原因と考えられる。

#### 5.結論

走行試験結果から走行時の滑りが少なく、かつ比較的走行が安定していたタイヤタイプの走行機構が悪路走行機構に適しているといえる。しかしクローラータイプの走行機構の走行を安定させることができればタイヤタイプよりも高い悪路走行性能を望めると考えられるので、ミニロボットの改良を重ねたい。

#### 参考文献

- 1)公益社団法人 精密工学会 マイクロ/ナノシステム研究専門委員会主催 第11回国際マイクロメカニズムコンテスト <<http://www.micro.mse.kyutech.ac.jp/MM/new/>>(2018/1/30 アクセス)
- 2)千石電商オンラインショップ せんごくネット通販 <<http://www.sengoku.co.jp/index.php>>(2018/1/31 アクセス)