

不整地での走行を可能とした全方向移動機構の開発

Development of an omnidirectional moving mechanism for rough terrain moving

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1180101 種田 健人

1. 緒言

近年、災害地などの不整地での活躍を目的としたレスキューロボットの開発が盛んに行われている。このようなロボットが不整地での活躍において懸念されるのは地形の起伏による転倒である。通常のロボットでは一旦転倒してしまうと、起き上がるのが困難であるため、それ以降の走行が不可能になり活動に支障が生じる。

そのために先行研究⁽¹⁾では、その転倒のリスクを失くすために無方向性ロボットの研究開発を行っている。無方向性ロボットとは、転倒という概念を取り除くことができ、転倒しても走行性能を失うことなく移動することができ、かつ特殊なホイールを搭載することによって、全方向移動を可能としている。しかし、このホイールでは不整地での走行に対応することができない。

本報告ではこれまでの成果を参照し、不整地での走行を可能とした全方向移動機構を提案する。その移動機構の設計、ここではこれまでの試作をもとに特にメカニズムについて説明する。

2. 従来の様々なホイール

本研究では無方向性ロボットのの一つとして無方向性四輪車の開発を行っている。図1に無方向性四輪車の外観を示す。無方向性四輪車はひねりによる動作と形状の双方により無方向性を実現したロボットである⁽¹⁾。しかし、節2.1に述べるとおり、本ロボットに搭載されているホイールでの不整地での走行に向いていない。本研究は不整地を走行できる移動機構を開発し、本ロボットに取り付ける。すなわち転倒に強くてかつ不整地でも走行できるロボットの開発を目標とする。



Fig.1 Non-direction Four-wheeled Mobile Robot

2.1 メカナムホイール

無方向性四輪車には図2に示すメカナムホイールが4つ備わっている。メカナムホイールには車輪の車軸に対して45度傾いた複数のフリーローラが取り付けられている。このローラの作用により通常車輪としての動きに加えて、斜め方向への駆動力により様々な動作を可能としている⁽¹⁾。しかし、走行中にこのフリーローラの隙間に砂利などの異物が入り込むことにより、フリーローラが動かなくなり、その結果様々な動作が不可能になることがある。

2.2 クローラ

軌道輪、転輪、遊動輪（誘導輪）を囲むように一帯に接続

された履帯・シューの環であり、軌道輪でそれを動かすことによって不整地での車両の移動を可能にするもの⁽²⁾。おもに建設機械に用いられることが多いが、近年ではレスキューロボットにもクローラが用いられることも多い。しかし、クローラでは全方向移動することができず、狭い空間での作業が困難となる。図3には千葉工業大学で開発されたクローラを用いたレスキューロボット、Kenafを示す⁽³⁾。



Fig.2 Mecanum wheel



Fig.3 Kenaf (Chiba Institute of Technology)

2.3 Liddiard wheel

今回開発するにあたって参照したのが、図4に示す Liddiard wheel である。

カナダの発明家、ウィリアム・リディアードによって開発された。この Liddiard wheel は特別に設計されたリムとタイヤを持ち合わせている。リムプレートの上にはフリースピナーローラが取り付けられており、リムのハブ上には電動スピナーローラが取り付けられている。これらの電動スピナーローラが動作するとラバータイヤは水平に回転する。このとき、フリースピナーローラもまたラバータイヤと共に回転し、ラバータイヤを支えるような役割をする⁽⁴⁾。それを図5に示す。



Fig.4 Liddiard wheel

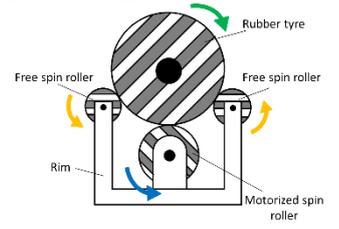


Fig.5 cross-sectional view

この Liddiard wheel を自動車と同様に4つ用いて、図6のようによすべてのホイールを同じ方向に回転させると、車体は横移動ができる。また、図7のように斜めに対向するホイールをそれぞれ反対方向に回転させると、車体はその場で旋回ができる。

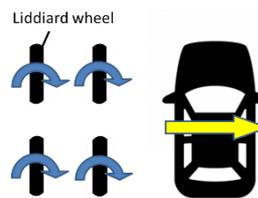


Fig.6 Lateral movement

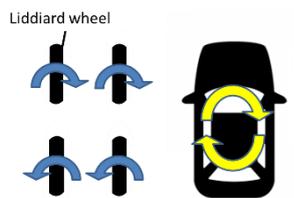


Fig.7 Turning

3. 提案する移動機構

Liddiard wheel を参照し設計した新しい移動機構を図8に示す. Liddiard wheel と同様にフリースピンローラ, 電動スピローラを有することによって全方向移動を可能とし, かつ2つのリムをラバータイヤで繋げることによってクローラのように不整地での走行も可能にするのではないかと考える.

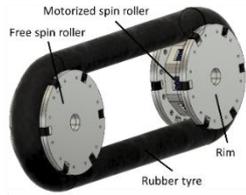


Fig.8 New moving mechanism

図9のように車体の両側に取り付け, 両方のホイールを同じ方向に回転させると車体は横移動ができる. また図10のように, クローラと同じく, それぞれのホイールを反対方向に回転させると, 車体はその場で旋回ができる.

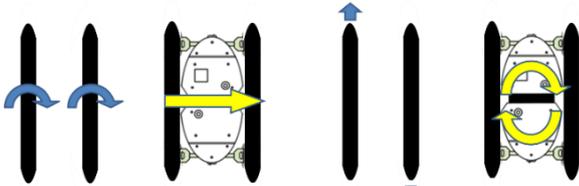


Fig.9 Lateral movement

Fig.10 Turning

3.1 試作モデル

図11に試作モデルの外観を示す. 3DプリンタおよびCNCフライスをを用いて作製する. リム径は125mmでLiddiard wheelのおよそ3分の1のサイズである. また幅を57.6mmとした. ラバータイヤには市販の直径36.5mmのエアーホースを使用することを想定して, フリースピンローラの直径を12mmに設定した.

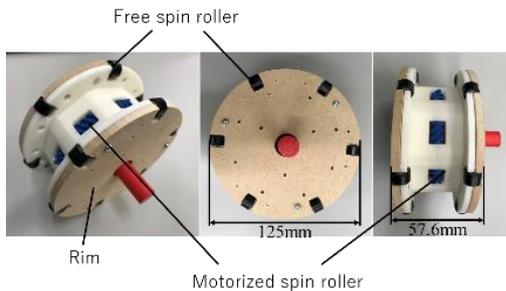


Fig.11 Appearance of new design

小型化するにあたって, 電動スピローラの代わりにウォームギヤ機構を使用する. ウォームを電動スピローラに見立て, ウォームホイールを用いてウォームを回転させることができる. 図12のように, 各ウォームに噛み合うようにウォームホイールを取り付けることによって, 1つのモータですべてのウォームを回転させることができる.

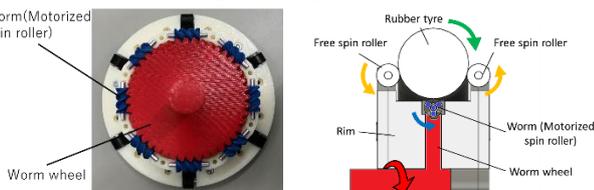


Fig.12 cross-sectional view

ウォームの概要を表1に示す. 通常ウォーム機構は, ウォームを駆動軸としてウォームホイールを回転させるもの. し

かしセルフロックがかからないようにすることによってそれが可能となる. その条件として, 基準円筒進み角が安息角より大きくなること. 今回の場合だと安息角はおよそ 24° とわかった. 基準円筒進み角は図13のように, それよりも大きい 28° に設定した. またウォームとラバータイヤとの接地面を増やすために, 今回あえて歯先円直径を小さくした.

Table 1 Overview of worm

Item	Symbol	Formula
Axial module	m_x	1.5
Normal pressure angle	α_n	20°
No. of threads	z	3
Reference diameter	d	8.38 mm
Reference cylinder lead angle	γ	28°
Addendum	h_a	1.50 mm
Tooth depth	h	3.38 mm
Tip diameter	d_a	11.4 mm
Root diameter	d_f	4.63 mm

□ : set value

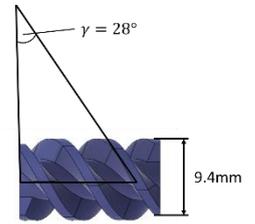


Fig.13 Worm

1つのウォームホイールで1つのウォームを回転させることはできたが, 1つのウォームホイールで8つのウォームを回転させることはできなかった. その理由の1つに3Dプリンタの精度が原因であるのではないかと考える.

ウォームを回すことはできなかったが, エアーホースを取り付けてみた. 2つのリムを連結させる前に, 図14のように, Liddiard wheelのように1つのリムに取り付けてみた. しかし, エアーホースの柔軟性がなく, 硬かったために半ば無理やり取り付けてみたところ, エアーホースがつぶれてしまった. これでは, ウォームが回転してもゴムチューブを回転させることは難しいのではないかと考える.



Fig.14 Prototype

4. 結言

本報告では, 従来の全方向移動可能なホイール Liddiard wheel とクローラを組み合わせた新たな移動機構を提案した. Liddiard wheel よりも小型化されるにあたって, 電動スピローラにはウォームギヤ機構を用いることにした. 今後の展開としては, ゴムチューブを回転させるためには, もっとウォームを大きく設計する必要があると考える. しかしそれは難しそうなので, ゴムチューブを回転させるための他の機構を検討する. また, ゴムチューブには, もっと柔軟性のあるもの, つまり径の小さいものを選ぶ必要がある. それに伴って, リムの設計もし直していく.

文献

- (1) 原口 雅尚, 王 碩玉, 王 義娜: “超音波センサと則域センサを併用した障害物認識法”, 第29回 BMFSA2016, pp.2, 2016年
- (2) Wikipedia: “無限軌道”, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%84%A1%E9%99%90%E8%BB%8C%E9%81%93>
- (3) 千葉工業大学未来ロボット技術研究センター: “Kenafの特徴”. <http://www.furo.org/ja/robot/kenaf/index.html>
- (4) PATENTYOGI: “Explainer Video – This is how Liddiard Wheels work”. 2016-7-8. <https://patentyogi.com/william-liddiard/explainer-video-liddiard-wheels-work/>