

摩擦駆動車輪を有する情報収集ロボットの走行特性

Maneuver Performance on Information Gathering Robot with Wheel Mechanism Driven by Friction

○学 深沢 恒平(日大) 正 内田 康之(日大) 田中 宏二(日大) 寺山 大介(日大)

Kouhei FUKASAWA, Nihon University Yasuyuki UCHIDA, Nihon University

Kouji TANAKA, Nihon-University Daisuke TERAYAMA, Nihon University

We have been researching on an information gathering robot. Before a rescue team enters to save the people who encountered the damage in a disaster and the terrorism spot safely, this robot searches for a safe course for the rescue team, dangerous equipments and the victim. We have developed a small light weight and portable robot which can enter narrow space. This robot has a wheel mechanism driven by each friction of which a transmission is simple. In this study, we confirmed the maneuver performance of one robot on various ground, and propose a coupling of multiple robots to improve that performance more.

Key Words: Friction Drive, Information Gathering, Rescue

諸 言

原発事故や大規模震災などが発生した現場では、訓練を積んだ救助隊員でも二次、三次災害が起こる危険性を考えると、むやみに現場に突入することは非常に危険である。そこで、被災者を安全に救助するために、救助隊が突入する前に安全な経路や、危険物の探索といった情報収集を、人に代わって行う情報収集ロボットの研究が行われている。我々は小さく軽く持ち運びが容易で、狭いところにも侵入でき、動力伝達機構を簡素化した、摩擦駆動車輪を有する情報収集ロボットを試作した。

ここでは、ロボットの走行特性に関して、様々な条件下で実験的に確認した結果について報告するとともに、さらなる走行特性の向上を目標とし、複数台のロボットを連結するために考案した連結機構の効果について報告する。

試作したロボットの概要

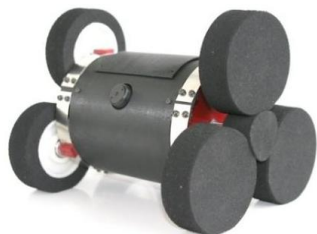


Fig.1 Prototype robot

摩擦駆動車輪方式

モータからの動力は内輪を介し外輪に伝達される。外輪と内輪に柔らかいゴムタイヤを使用することで動力を伝達しやすくしている。また外輪は板ばねにより支持されており、この板ばねとスポンジの効果と合わせることで落下などの衝撃を緩和、分離し内部に伝達しにくくしている。また路面と接する外輪は自重により板ばねが変化するため内輪との接触力が増し、動力を効率的に伝達することができる。

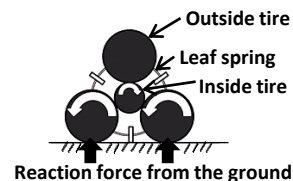


Fig.2 Wheel mechanism driven by each friction

デザインコンセプト

- ・狭隘な空間にも入り込める
自動車の最低地上高を目安とし、ロボットの全高は最低地上高である0.15[m]以下とした。
- ・救助隊員が携行しやすい
救助隊員は30[kg]弱の荷物を携行するので、負担とならないよう質量は1[kg]以下とした。
- ・狭隘な空間でも小回りが利く
信地旋回や超信地旋回が行えるスキッドステア方式を採用した。
- ・傾斜(坂道)も登坂可能
道路を造る際に使用される道路構造令から、14[%](8°)以上の傾斜を登坂できるようにした。

Table.1 Specification of robot

Length	0.130[m]
Width	0.154[m]
Height	0.120[m]
Weight	0.6[kg]

走行特性把握実験

実験目的

上記した試作ロボットが本当にデザインコンセプトにあるような要求や性能を満たしているかを確認するために、様々な条件下で走行させ要求を満たしているか、また、どのような走行特性があるのかを調べる。

実験条件

路面: 平地、砂利道、RSF(Random Step Field)
傾斜角: 8,16,24,32[°](砂利道時のみ4,8,12[°])
速度: 低速(0.16[m/s]) 中速(0.34[m/s]) 高速(0.43[m/s])

実験項目

直線走行実験: 直線に走行させた時の軌跡をとり、ずれがないかを確認した。また、直線走行時のロボットの走行速度も計測した。
旋回走行実験: 緩旋回、信地旋回、超信地旋回時の軌跡からずれを確認した。
斜面登坂実験: 登坂できる傾斜角を算出し、実際に走破できるかを確認した。
段差踏破実験: 踏破できる段差高さを算出し踏破できるか確認した。
落下実験: 板ばねの物性値から落下させても破壊しない高さを算出し、実際に落下させその高さまで耐えられるか確認した。



Fig3.Graveled path



Fig.4 Random Step Field

斜面登坂実験

NE安定余裕による理論値の算出

移動ロボットが転倒するときに描く重心Gの軌跡の最高点: h_{max} と重心の初期位置: h_0 との差: SNE が0となるような傾斜角: θ の時が転落する傾斜角である。

$$SNE = h_{max} - h_0, \quad h_{max} = (X_g^2 + Z_g^2)^{1/2}$$

$$h_0 = X_g \sin \theta + Z_g \cos \theta$$

$$X_g = 0.035 [m], \quad Z_g = 0.05 [m], \quad h_0 = 0.061 [m]$$

を用いて計算すると $\theta = 34^\circ$ の時に h_{max} と h_0 が最も近い値になったので、最大傾斜角は 33° とした。

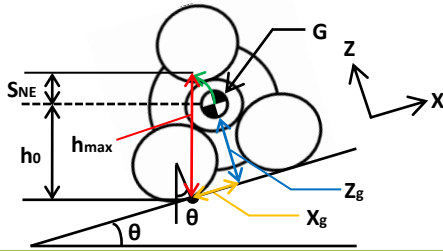


Fig.5 Normalized energy stability margin

実験目的

デザインコンセプトでの 8°]以上登坂という要求を満たしているか確認するとともに、走行時の様子を観察する。また、先の理論値通りに転落するかも確認する。

実験方法

8°]から 8° 刻みに傾斜角度を上げていき、何度まで登坂できるかを確認し、走行時の様子を観察する。

実験結果及び考察

8°]刻みで実験を行った場合、 24°]までは登坂できたが、 32°]の時に登坂出来ずその場で停止してしまった。そこで 24°]から 1° 刻みで実験を行ったところ 26°]までは問題なく登坂できたが、 $27, 28^\circ$]では左右にずれが生じるようになり、 $29 \sim 33^\circ$]では登坂せずその場で空転してしまい、 34°]では転落した。

理論値通りの傾斜角で転落するという結果を得られたが、それよりも低い $27 \sim 33^\circ$]の傾斜角で登坂時にずれが生じたり、その場で空転して登坂できないという結果となった。

理由としては内輪と外輪間の摩擦が少なく、ロボットを前進させるだけの動力を伝達できなかったためではないかと考えられる。改善点としては内輪の径をもう少し大きなものに変えるなどして内輪外輪間の摩擦を大きくすることを考えている。

Table.2 Running slopes

Oblique angle [°]	Possibility of running	Notes
8, 16, 24	○	No problem
32	×	stop

Table.3 Running slopes(in units of 1°)

Oblique angle [°]	Possibility of running	Notes
24 ~ 26	○	No problem
27, 28	△	Curve
29 ~ 33	×	Stop
34	×	Fall

連結機構考案

考案目的

試作したロボットは単体でも運用できるが、複数台連結することで単体では乗り越えられない障害物を越えられるといった、走破性能を向上できる連結機構を考案する。



Fig.6 Connected mechanism

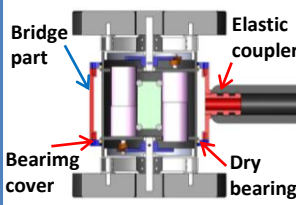


Fig.7 Parts assembly

段差踏破実験

実験方法

ロボット単体での乗り越え高さ: $0.020 [m]$ から $0.005 [m]$ 刻みに高くして実験を行い、走破性能が向上しているか確認し、また走行時の様子を観察した。また一台目と二台目のロボットの内輪径を変えて実験を行いどのような性能を示すか観察した。



Fig.8 Appearance when running

デザインコンセプト

- 姿勢変化が容易
ロボット本体をドライベアリング内蔵の部品で支持することで、本体ごと円周方向に回転させる。
ロボット同士の連結部品は適度に柔らかいスポンジを使用

- 連結時の質量も軽く
ロボットを試作した時のコンセプト通り携行時の負担を軽減するために、連結部品を取り付けた状態での質量を $1 [kg]$ 以下とした。

Table. 4 Specification of robot

Length	0.130[m]
Width	0.154[m]
Height	0.120[m]
Weight	0.68[kg]

実験結果及び考察

一台目と二台目で内輪径が同じ時も変えて行った時も、ロボット単体時の時よりも高い走破性能を有する結果となった。

また動力を多く伝達できる $0.030 [m]$ の内輪を使用した場合、後ろのロボットに取り付けるほうが踏破できる段差高さが大きくなるので、最低でも三台を連結することでさらなる走破性能の向上が得られるのではないかと考えている。

Table. 5 Result of a measurement

Size of Inside tire	Height got over
0.022[m]	0.025[m]
0.022[m] and 0.030[m]	Large size in first 0.030[m]
	Large size in second 0.040[m]

結言

全高 $0.120 [m]$ 、質量 $0.6 [kg]$ と小型で軽量で携行性が高く、救助隊員の負担を軽減できるロボットを試作でき、様々な条件下で走行実験を行ったことで試作したロボットの性能や特性、改善点などを把握することができた。また連結機構を有することで、ロボット単体では不可能であった高い段差を乗り越えられることも確認できた。

今後は先に述べたように内輪と外輪の摩擦力の向上や三台連結した時の走行性能を調べるほか、外輪を支持する板ばねの取り付け方の改善や無線もしくは有線でのロボット操縦機構を取り入れていく予定である。