



## 壁面移動ロボット推力押付タイプの基礎研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本機械学会 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 日高, 義浩, 東, 正之, 宮城, 弘守, Hidaka, Yoshihiro, Azuma, Masayuki メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/1827">http://hdl.handle.net/10458/1827</a>

# 壁面移動ロボット 推力押付タイプの基礎研究

## The study of New type of Wall-Climbing Robot

准 ○日高 義浩 (宮崎工業高等学校)      准 東 正之 (延岡ろう学校)  
 正 宮城 弘守 (宮崎大学)

Yoshihiro HIDAKA , Miyazaki Prefectural Miyazaki technical high school,9-1,tenmann-machi,Miyazaki  
 Masayuki AZUMA , Miyazaki Prefectural Nobeoka deaf school  
 Hiromori MIYAGI , Miyazaki University

The use of a Wall-Climbing Robot for rescue, wall inspection and fire fighting has been anticipated for a long time. We have developed a new type of Wall-Climbing Robot. This robot presses itself on the wall using thrust force of a propeller. It can move not only on a vertical wall, but also on the ceiling and on the inclined wall. We call it "Force Presses Type".

**Key Words:** Robotics, Mechatronics, Wall-Climbing Robot, vertical wall, ceiling, Thrust Force, Propeller

### 1. はじめに

最近、鉄道のトンネルやマンションの壁面部分からコンクリート片が落下する事故が多発している。もし、車輛や通行人に当たれば怪我をするであろう。この防止には、まず落下しそうな壁面部分を検査する必要がある。作業場を組めば人間が行うことができるが、コストがかかり、時間もかかる。壁面移動ロボットを用いればコスト・時間の削減が可能と考えられる。また、高層ビル火災において直接人命救助は困難としても、救難用具の運搬や避難誘導の情報伝達手段としても用いることができるだろう。

このような目的のため、多くの壁面移動ロボットが開発されている<sup>1)~3)</sup>。吸盤タイプは、壁面の凸凹を乗り越えて移動できるが移動速度が遅く、プロペラタイプは高速移動ができるが壁面の凸凹を乗り越えられない。これに対し、鉛直壁でも天井面でも移動できるプロペラタイプを考え、テストした。

### 2. 安全に移動するための条件

#### 2.1 機体のモデル

これまでに開発されたプロペラタイプは約 20 kgで、使用時に手軽に持ち運べるものではなかった。今回研究開発した壁面移動ロボットは、機体の形状が正三角形であり、プロペラの推力により壁面上に押し付けるタイプである(以下「推力押付タイプ」とする)。図1に推力押付タイプのモデル図を示す。

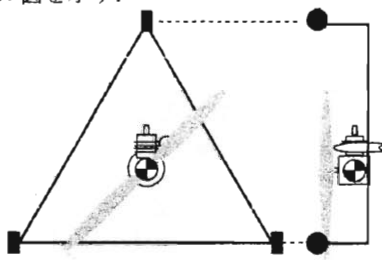


Fig.1. Model of Force Presses Type

プロペラを用いたタイプは宮崎大学の宮城らのプロペラ推進走行タイプ<sup>4)</sup>で実証されている。このタイプは鉛直以下の勾配壁面でしか移動できない。その原因は、機体重量

をプロペラ推力の上向き成分で支えており、その方向が機体に固定されていることによる。これに対して推力押付タイプは、プロペラ推力を壁方向に向けて機体を壁面に押し付けているため、車輪摩擦で充分であれば鉛直壁面を、 $\mu < 1$ ですべらないなら天井でも落下せずに移動できるはずである。設計のための安全条件を確認し、それに基づいて機体を作成しテストした。この結果を報告する。

#### 2.2 安全条件

##### 2.2.1 鉛直壁面上での安全条件

壁面移動ロボットには、常にはがれ落下とすべりの危険性がある。このモデルで鉛直壁面のすべらない、はがれない条件は図2より、下式のとおりとなる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{すべらない条件} \\ T - \frac{mg}{\mu} > 0 \dots\dots\dots 1) \\ \text{はがれない条件} \\ F_1 = \frac{1}{3L} (L \cdot T - a \cdot mg \cdot \cos \theta) > 0 \dots\dots\dots 2) \\ F_2 = \frac{1}{3L} (L \cdot T + a \cdot mg \cdot \cos (60^\circ - \theta)) > 0 \dots\dots 3) \\ F_3 = \frac{1}{3L} (L \cdot T + a \cdot mg \cdot \cos (60^\circ + \theta)) > 0 \dots\dots 4) \end{array} \right.$$

ここで、 $F_1 \sim F_3$ は各車輪が推力によって押し付けられる力、 $T$ はエンジンの推力、 $L$ は機体重心から下車輪までの距離、故に上車輪までの距離は $2L$ となる。 $a$ は壁面から機体重心までの距離、 $\mu$ は摩擦係数、 $\theta$ は機体の傾きである。

##### 2.2.2 傾斜壁面上での安全条件

次にトンネル等の内壁を移動する場合について考えてみる。図3のように垂直壁面でない場所を移動することができる。傾斜壁面の角度を $\phi$ とした場合のすべらない、はがれない条件は、下式のようになる。

すべらない条件

$$T - mg \left( \frac{\cos \phi + \mu \cdot \sin \phi}{\mu} \right) > 0 \dots \dots 5)$$

はがれない条件

$$F1 = \frac{1}{3L} \{ L \cdot T - mg (L \cdot \sin \phi + a \cdot \cos \phi) \} > 0 \dots \dots 6)$$

$$F2 = \frac{1}{6L} \{ 2L \cdot T - mg (2L \cdot \sin \phi - a \cdot \cos \phi) \} > 0 \dots \dots 7)$$

$$F3 = \frac{1}{6L} \{ 2L \cdot T - mg (2L \cdot \sin \phi - a \cdot \cos \phi) \} > 0 \dots \dots 8)$$

となる。

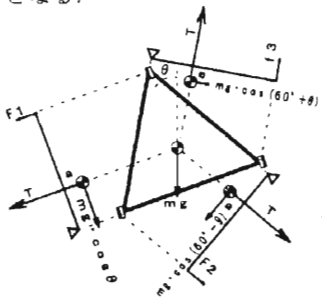


Fig2. The coordinates of model on the vertical wall

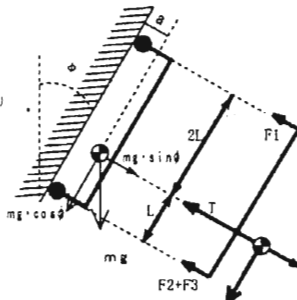


Fig3. The coordinates of model on the inclined wall

### 3 モデルとシミュレーション

#### 3-1 機体モデル

機体モデルの諸元を表1のように設定し、2章の条件式が満足されるかをシミュレーションにより確かめた。図4は鉛直壁面での安全条件に関するもので、図5は壁面傾斜時でのシミュレーションである。

Table1. The specification of the model

The distance th the center of gravity a=0.12m			
Frictional coefficient $\mu=0.7$			
Total weight mg=13N	Maximum thrust T=20N		
Height 3L=0.3cm	Width W=0.36m		

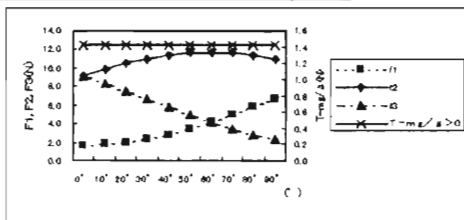


Fig4. Safety conditions (The vertical wall)

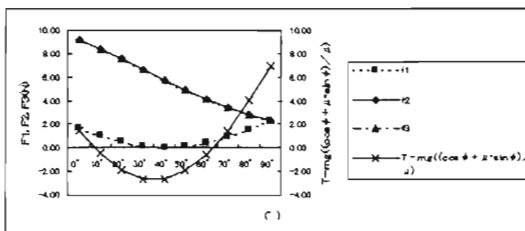


Fig5. Safety conditions (The inclined wall)

この結果、壁面傾斜時の20°~60°では、はがれ及びすべりが発生することがわかる。だが、鉛直壁面と天井面では安全条件以内であるため、試作モデルを製作し実験を行っ

た。

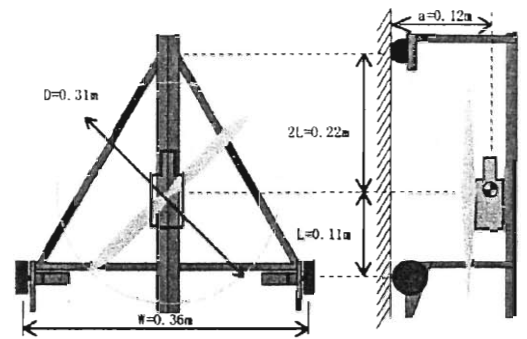


Fig6. Test model

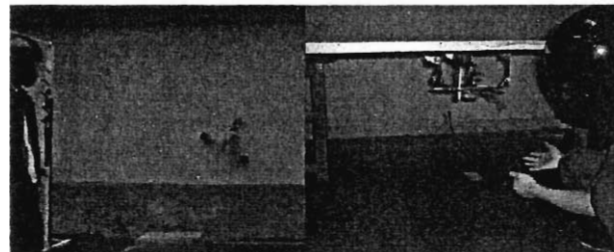


fig7. Case 1 (vertical wall)

Fig8. Case 2 (ceiling)

#### 3-2 試作モデルの実験

推力押付タイプの試作モデルを図6に示す。図7は鉛直壁面上で、図8は天井面での実験である。この実験は無風状態で実験を行った。

#### 4. さいごに

プロペラの推力を利用して、垂直壁面・天井などを移動できるロボットを開発した。摩擦力が充分であればいろいろな壁面に対応できるであろう。また、無風時での実験しか行っていないため、強風時の対策も必要となる。本報では、垂直壁面・天井での安全条件について検討した。その結果以下の事柄が明らかになった。

- (i) エンジンを1機しか搭載していないため、反トルクが発生し、一部操作しにくい。そのため、エンジンを2機にして反トルクをうち消す必要がある。
- (ii) 鉛直壁面・傾斜壁面上での安全条件を導いた。
- (iii) 20°~60°の傾斜壁面では、落下する。

今後、さらに制御要素等を追加することによって、より安全で、直角壁面まで移動できるロボットが期待できるであろう。

#### 文 献

- 1) 西ほか3、垂直壁面移動ロボットの安全性、宮崎大学工学部研究報告、第30号、1984、pp121-127
- 2) 西・江口、吸盤を持つ二足歩行ロボットの研究、宮崎大学工学部研究報告、第31号、1985、pp119-127
- 3) 広瀬、長久保、歩行型壁面移動ロボット、日本ロボット学会誌、10巻5号、1992、pp575-580
- 4) 西・宮城、推進力による壁面移動ロボットの研究、日本機械学会論文集C編、57巻543号、1991、pp179-185
- 5) 尾崎、壁面移動ロボットのための飛行制御装置の基礎的研究、宮崎県高等学校教育研究会工業部会誌、1993、pp114-122