



プロペラ推進型壁面移動ロボットの移動機構と壁面移動実験

メタデータ	言語: Japanese 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): Wall-climbing robot, Thrust force, Propeller, Pilot assist system, Radio control 作成者: 宮城, 弘守, 西, 亮, Nishi, Akira メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/1826">http://hdl.handle.net/10458/1826</a>

# 21朝22 プロペラ推進型壁面移動ロボットの移動機構と壁面移動実験 Mobile Mechanism of the Wall-Climbing Robot using Thrust Force of Propeller and a Result of Outdoor Tests

○正 宮城 弘守(宮崎大) 正 西 亮(宮崎大)  
Hiromori MIYAGI, Miyazaki University, 1-1, Gakuen Kibanadai Nishi, Miyazaki  
Akira NISHI, Miyazaki University

Four quite different types of wall-climbing robot model have been developed in our laboratory. The third type can move speedy on a wall by using the thrust force of propellers and the drive force of wheels.

In this paper following articles are briefly described.

- 1) Outline of the third type of wall-climbing robot
- 2) Propulsive force and wheel drive controller
- 3) Pilot assist radio control system
- 4) A result of outdoor tests

**Keywords:** Wall-climbing robot, Thrust force, Propeller, Pilot assist system, Radio control

## 1. はじめに

当研究室では、これまでに4つのタイプの壁面移動ロボットの研究を行ってきた<sup>1) 2) 4)</sup>。ここで紹介するのはそのうちの第3のタイプで、プロペラの推進力でロボット自身の重量を支えながら、車輪駆動力を利用して連続な鉛直壁面を高速移動する形式である<sup>3)</sup>。

第2章でこのロボットの概要を述べ、第3章でロボットを浮揚し壁面上を車輪駆動力を利用して移動する機構について述べる。第4章で遠隔無線操縦による制御方法を述べ、第5章で壁面移動実験の模様

を紹介する。最後に第6章でプロペラ推進型壁面走行ロボットのこれまでの研究成果をまとめる。

## 2. ロボットの概要

Fig. 2にロボットの概要をFig. 3に制御機器を示す。ロボットの寸法は、長さ1.76m幅0.93m高さ0.73m(プロペラを含む)でアルミ材を主体に作られており、全備重量は20kgで可搬重量2kgである。ロボットを浮揚し壁面に押しつけるため、直径0.55mの木製固定ピッチプロペラを上下で反転駆動している。推力軸の方向は、上を12°、下を20°壁面方向に傾けて固

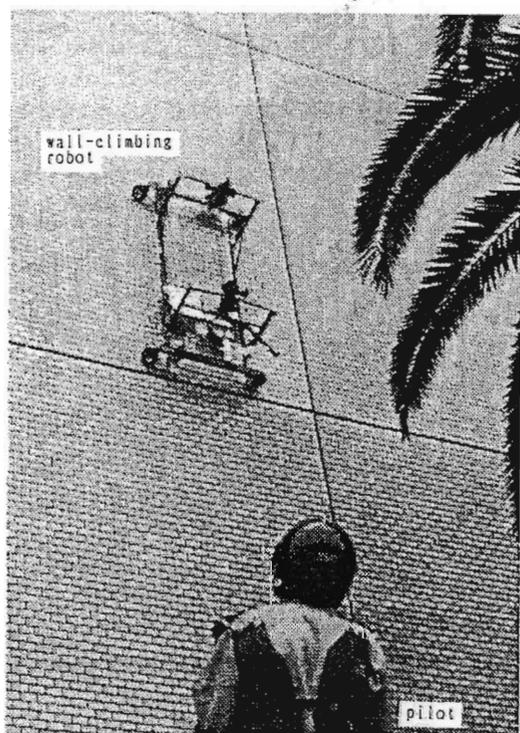


Fig.1 photograph of a outdoor test (synchronized steering control method)

定している。プロペラ動力は上下とも56ccの2ストロークサイクルガソリンエンジンからクランク軸直結で得ており、最大出力約5PS/7,000rpmで114Nの推力を発生する。

移動は4輪に取り付けた定格出力3.2WのDCギアードモータとステアリング機構で制御しており、移動速度は安全のため約0.5m/sに制限している。モータの電源は9.6v1,700mAhのNi-Cdバッテリーを使用している。

制御は地上から無線操縦で行い、地上のパーソナルコンピュータを操縦機につないでオペレータの操縦負担を軽減している。ロボットの本体には、コンピュータを搭載していない。

### 3. 推力及び移動制御機構

ロボットを壁面上で浮揚するためのエンジン動力は、実験中はプロペラ推力の鉛直方向成分がロボットの重量にはほぼ釣り合うスロットル位置で固定している。実際にはエンジンの回転数が微妙に変化するが、摩擦抗力によって車輪が滑るようなことはない。スロットルのコントロールを制御系から切り放すことによって、制御システムが簡素化され、信頼性が向上した。

壁面へロボットを押しつける力は、プロペラの推力成分62.7Nと下部プロペラ後流の偏向板による揚力8.5Nの計70.7Nである。また車輪荷重は上(前)2輪

の合計が53.3N、下(後)2輪の合計が17.3Nで、後輪の荷重が小さいが、弱風時の実験では問題がなかった (Fig. 4)。

ロボットの重量はプロペラ推力で支えているので、弱風状態では車輪駆動力に必要な動力は僅かである。また、4輪合計の最大摩擦力を49.4Nとすると(摩擦係数 $\mu=0.7$ )、無風状態ならロボットの傾斜角度が13.0°までは耐えられる。実際には第4章に示す方法で傾斜角度を安全な範囲に修正するので、車輪が滑ってロボットが墜落するようなことはない。

### 4. 移動制御方法

プロペラ推力の大きさと方向を固定して使用するこのタイプのロボットでは、傾斜角度を鉛直に保つことが重要である。従って移動制御システムもこのことを考慮して構成されている。

Fig. 5に示すのは、このロボットの制御方法の概要で、aが上下(前後)のステアリングを接続棒で機械的に連動した古いタイプのもので、bが上下のステアリングを別々に制御できるよう改良した新しいタイプのものである。

aの制御方法では、ステアリングがきられた状態で車輪を差動(前輪または後輪を制動)させて傾斜角度を修正した。少々ぎこちない動きではあるが、傾斜角度の修正は十分行えた。ロボットの傾斜角度

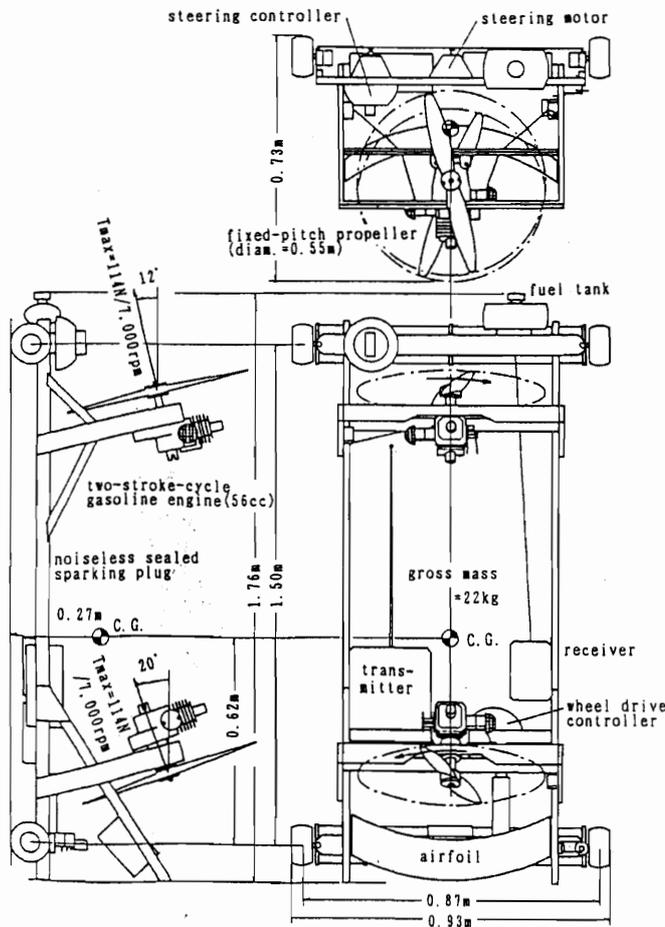


Fig. 2 Wall-climbing robot

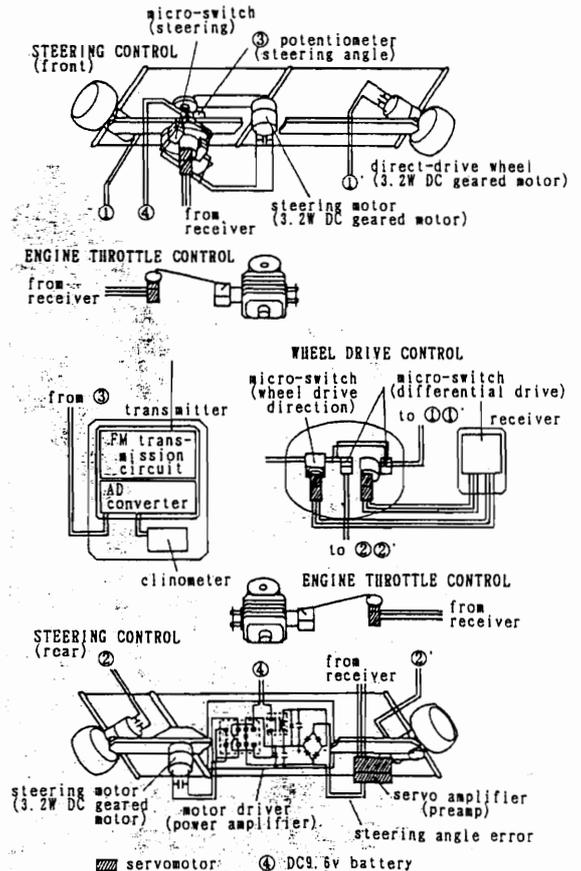


Fig. 3 Propulsive force and wheel drive controller

は無線機で地上に送信されてきているので、コンピュータで自動修正することも可能であったが、エンジンのイグニッションノイズ等による誤作動の対策が十分でなかったため、オペレータが傾斜修正の方向をマニュアル操作するようにした。差動させる車輪を進行方向によって刻々変化させる必要があり、誤りのないようコンピュータで処理した。この方法による壁面走行実験は、2年行っており、その間のロボット本体の全面改修などによってノイズ対策はほぼ満足できるレベルに達した。そこで、直進中でもロボットの傾斜角度の修正が可能で、bのタイプへの改良を行った。

bの制御方法では、ステアリング角度の大小によって、aと同じに車輪を差動させる方法と、ステアリングを差動させる方法とを使い分ける。正常状態

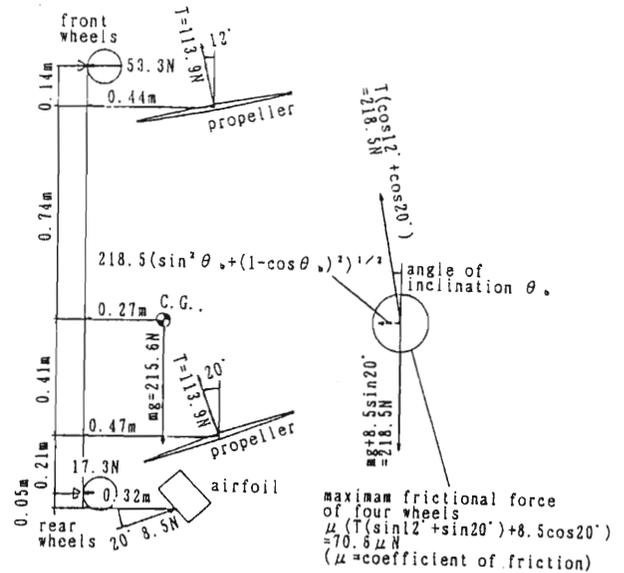
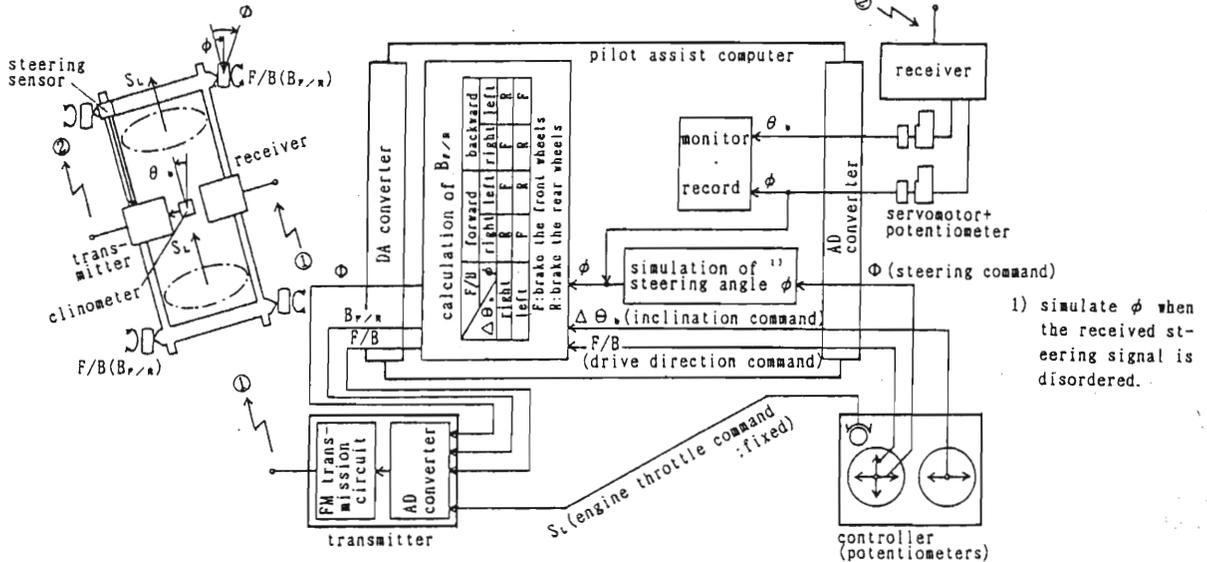


Fig.4 Wheel load and frictional force

a: synchronized steering control method



b: advanced steering control method

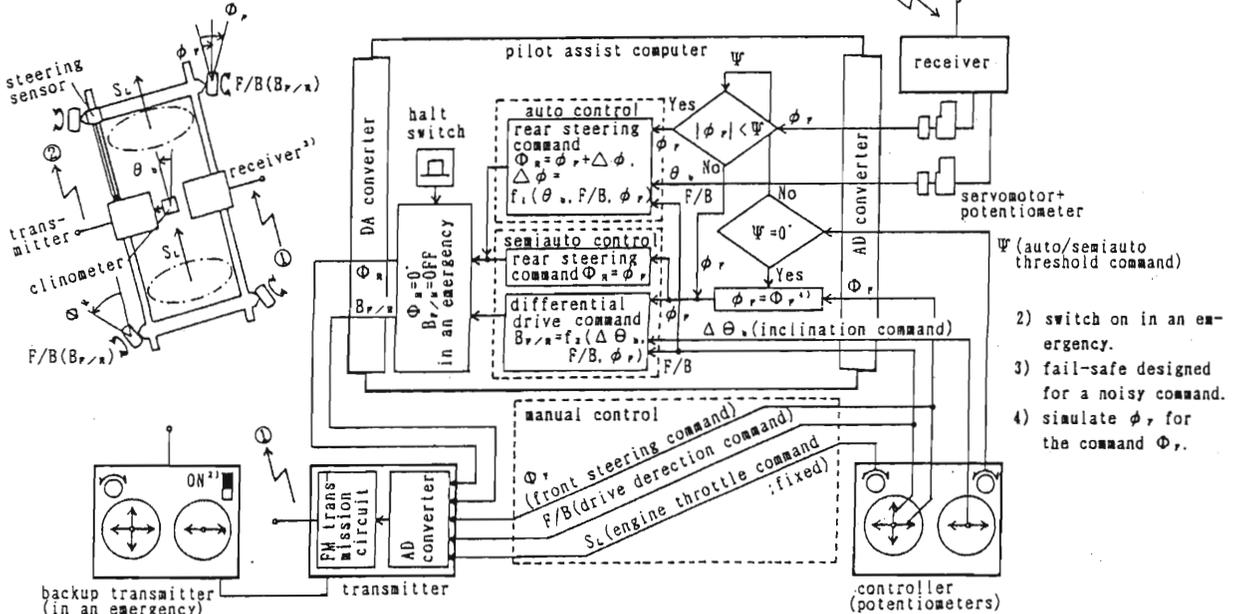


Fig.5 Pilot assist radio control system

では、ステアリング角 $\phi_r$ が小さい場合に自動的に作動するオートコントロールと、ステアリング角に関係なく常時作動するセミオートコントロールの並列処理が行われる。異常が生じるとその程度に応じて次のような措置が行えるシステムとしており、2重3重の操縦安全性が確保されている。

ロボットからの情報が断たれた場合、コントローラでオート/セミオートのしきい値 $\Psi$ をセミオート側いっぱいに変更して車輪差動だけで傾斜角度を操作する。この時のステアリング角度命令は前後とも同じ値を出力する。コンピュータの演算処理にミスを生じた場合には、割り込み操作により、あらかじめ設定した後輪ステアリング角度( $0^\circ$ )と車輪差動スイッチOFFの信号を送信機に出力する。コンピュータが暴走した場合には、緊急用操縦機に切り替えてマニュアル操作だけでロボットを回収する。不測の原因で無線操縦信号が乱された場合には、受信機のフェイルセーフ機能が働いて、スロットルを維持したままロボットの移動が停止される。

## 5. 壁面移動実験

Fig.1は第4章のaの制御方法による屋外実験の一コマである。本学工学部の6階建てのビルの壁面(高さ25m幅8m)を利用しており、燃料搭載量、駆動用バッテリー及び受/送信機バッテリーの容量の関係で、始動準備を含め最長15分程度の移動実験を実施している。

bの制御方法については現在、装置の作動確認を進めており、屋外実験の結果はビデオ収録して報告する。

## 6. おわりに

平成2年以来プロペラ推進型壁面走行ロボットの研究を続けてきた結果、本ロボットの実用性の確認はほぼ完了した。それは以下のとおりである。

1. プロペラの推進力を利用してロボットを浮揚する方法では、吸盤吸着等従来の方法によるよりも大きな動力を必要とし、一般に騒音レベルも高いが、車輪駆動の動力が小容量のバッテリーで足りるので、無線化(自立化)が容易である。
2. 制御性と安全性を重視した結果、4輪に常時駆動(制動)力を加え移動速度を約0.5m/sに制限してきたが、車輪駆動用モータの減速比を小さくするか車輪に空転/制動機構を追加すれば、相当高速で移動させることも可能で、高速移動性が要求される用途に適している。その場合にはプロペラ推力も同時に制御する必要がある。
3. このモデルでは、ステアリングの角度が左右45°程度に制限され、斜め方向への移動しかできなかったが、機構を改善すれば真横への移動も可能である。その場合の傾斜角度修正には、前後の車輪を差動させる制御方法が利用できる。

4. 地上のパーソナルコンピュータによる操縦支援システムを利用した結果、制御プログラム作成の手間が軽減され、研究が容易に行えた。この結果をもとに今後はコンピュータ搭載型に改良し、ロボット1台と無線操縦機1台による簡素なシステムに変更することが望まれる。

5. 本研究で使用した、地上のコンピュータと壁面上のロボットとを無線相互通信で結ぶ操縦支援システムでは、高度な情報処理、外部との通信ネットワーク形成等のシステムの拡張が容易で、今後はその用途での利用を考えていく必要を感じる<sup>4)</sup>。

6. 今年、産業用のラジオコントロール周波数として73MHz帯の6波が指定された。これまでホビー用との混信に苦慮しながら産業用無線操縦機器の開発にあたってきた関係者には朗報であるが、ドイツで認められているようなラジオコントロール用周波数帯を利用した機器側からの情報伝送は日本では実現していない。産業用無線操縦機器の安全な運用を考えるうえでも、相互通信可能な送受信システムが望まれることを本研究を通じて痛感したことを申し添える。

最後に本研究を進めるにあたり協力頂いた各位に、この誌面をかりてお礼申し上げる。

川崎重工業(株)にはガソリンエンジンを、三和電子機器(株)には無線操縦機器を無償提供頂いた。(株)こうべ技研の古市精克氏と小松ゼノア(株)研究開発センターには、イグニッションノイズの対策につきご指導頂いた。

## 参考文献

- 1) 西・ほか2名、垂直壁面移動機構の設計、ロボ学誌、2-3(1984)、39.
- 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、31(1984)、119.
- 3) 西・宮城、推進力による壁面移動ロボットの研究(第1報)、機論、57-543、C(1991-11)、179.
- 4) 宮城・西、飛行型壁面移動ロボットの遠隔位置・高度計測システム、第5回ロボットセンサシンポジウム講論集、(1996)、投稿.