

水陸両用脚車輪ロボット Ferret の研究 ～バタフライ型推進を行う第1次試作機の開発～

○田中淳也(東京工業大学) 千木崎俊太郎(東京工業大学) 広瀬茂男(東京工業大学)
Sathaporn Laksanacharoen(キング・モンクット工科大学 ノースバンコク校)

Study of an Amphibious Leg-Wheel Hybrid Mobile Robot, "Ferret" ～Development of a Butterfly Walking First Prototype～

*Junya Tanaka (Tokyo Tech) Shuntarou Chigisaki (Tokyo Tech) Shigeo Hirose (Tokyo Tech)
Sathaporn Laksanacharoen (King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok)

Abstract — This paper proposes a new type of amphibious leg-wheel hybrid vehicle called Ferret. This concept uses the vehicle body for locomotion, thus simplifying the design and actuation. The vehicle consists of four legs each with an independently driven wheel. An additional actuator rotates the legs completely around its supporting axis. The vehicle's body was made in one piece to ensure high dust and water-proof. This vehicle has high also mobility: on flat ground it is driven by four active wheels, and it is able to climb up and down stairs using its legs. It is able to steer by skid steering. The vehicle weighs 22 kg (including battery) and has been tested at speeds of 1.4 m/s on flat ground. Stair climbing experiments both indoors and out verified the mobility and robustness of this concept.

Key Words: Leg-Wheel Hybrid Mobile Robot, Stair climbing, Amphibious, Butterfly Driving

1. 序論

都市部等で水害が発生した場合、都市空間利用の高密度化・複雑化により、都市施設などの被害は甚大である。そのような状況での水難救助活動の1つとして、ヘリコプターからの情報収集が困難な地下街等の閉鎖的空間内や、崩落等の二次災害が懸念される建物内へ、遠隔操縦により、水上及び陸上(建物内等)を移動して侵入し、情報収集活動を行う水陸両用移動ロボットがあれば救助活動の大きな助けになると考えられる。

水難救助活動の支援を目的とした車両として、岩本らによる可変翼車輪という特殊な車輪で構成された走行車が提案されている[1]。従来の研究ではロボットの構成要素に着目しているものが多い。

本研究では、ロボット全体の動作に着目し、より単純な機構構成のロボットで、水難救助活動の支援を実現できるように、新たにバタフライ型推進を提案し、その動作をとりいれた情報収集型水陸両用移動ロボットの開発を目標とする。図1に本研究が想定する情報収集活動の流れを示す。

そのような目的を達成するための第1段階として、移動機構の検討を行い、建物内での階段走破が可能な第1次地上試作機を開発を行った。

そこで本報では、開発したバタフライ型推進を行う脚車輪移動ロボット「Ferret」について、そのコンセプト、各種機構、そして動作実験について報告する。

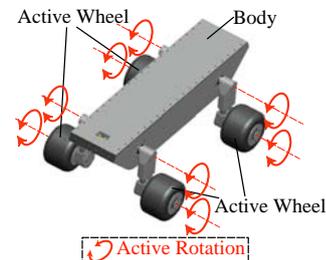


Fig.2 Basic Configuration of "Ferret"

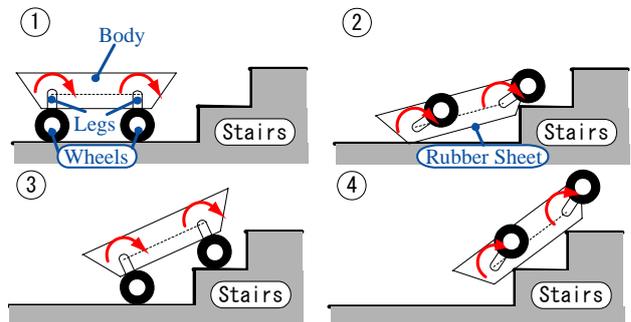


Fig.3 Sequence of Butterfly Walking

各々の脚先に独立に制御可能な1つの能動車輪と、全ての脚を同期して回転させることが可能な1つの能動回転軸の計5自由度である。全ての脚を同期して回転させることによる省自由度化によって、操縦者の負担を軽減することが可能である。

本研究で提案するバタフライ型推進とは、脚車輪移動機構において、全ての脚を同期してBody部に対して回転することにより、車輪部とBody下部を離散的に接地させ移動する移動法である。

この移動形態の長所として、

- ・進行方向に対して重心位置を前後に調整でき、前後の車輪にかかる負荷荷重を偏在できる
- ・Body下部を接地させることにより、重心位置を低くでき、安定性が向上する。また、Body下部の接地面積を大きくすることにより、接地時に荷重が分散し、砂地や泥炭地等で安定性を確保できる。
- ・踏破能力は、車輪径のみの依存ではなく、Body部先端の高さ、脚長、車輪径によって調整できる。

などが挙げられる。これらにより(2)揚陸能力及び(3)不整地踏破能力が向上すると考えられる。

また、脚車輪移動機構の車輪部を水上移動の際に

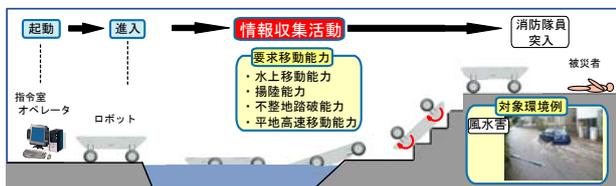


Fig.1 Overview of rescue activity

2. 水陸両用脚車輪ロボット「Ferret」の概念

水上及び陸上で活動するロボットの移動能力には(1)水上移動能力、(2)揚陸能力、(3)不整地踏破能力、(4)平地高速移動能力、等の高い移動能力が要求される。またこれに加えて機体構成として、信頼性向上のための省自由度化、可搬性を考慮した小型・軽量化が求められる。

本研究で開発した「Ferret」の駆動系構成図を図2、提案するバタフライ型推進の概要図を図3に示す。車輪構成として、省自由度化を考慮しつつ、3輪構成に対して安定性が高い4輪構成とした。ついで駆動系は

は、車輪をスクリーとして使用することによって(1)水上移動能力を、平地移動の際には、通常の車輪として使用することによって(4)高速移動能力を向上させることができると考えられる。

3. 脚車輪ロボット「Ferret」の機構構成

3.1 「Ferret」の設計

本研究で開発した「Ferret」の外観及び寸法値を図4に示す。

車体構成として、防水性を高めるためにBody部は溶接接合とした。また障害物踏破時に車体の滑落を防止するため、Body下部に材質がアクリル・ウレタン・ゴムの共重合発泡体の衝撃吸収材シートを貼付した。車体重量は22[kg] (バッテリー含む)である。機体寸法値は、不整地として建物内の蹴上げ160[mm]、踏み面300[mm]の一般的な階段を昇降可能のようにシミュレーションソフト「ADAMS」を用いて算出した。

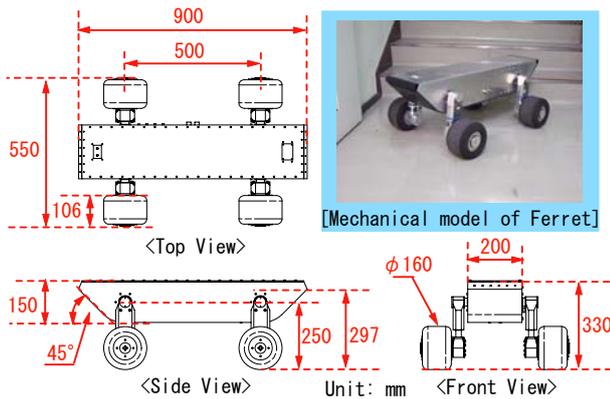


Fig.4 Overview and Dimensions of "Ferret"

3.2 脚車輪機構

開発したFerretの脚車輪部の内部構造を図5に示す。車輪の駆動用アクチュエータとして減速比1:18の70[W]DCモータを用いた。過負荷防止機構として、ゴム製リングの摩擦を利用した滑動式のトルクリミッタ機構を導入した。車輪の素材は水上移動を考慮して、独立気泡のPEライトを使用した。また、車体の不穩定問題を回避するために2組のコイルバネを平行に配置したサスペンションを介して車輪を支持した。

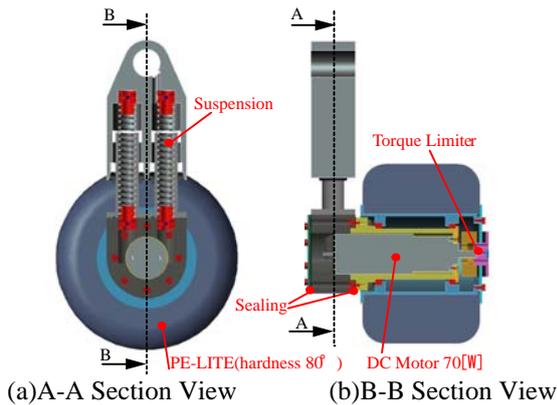


Fig.5 Ferret Vehicle Leg Design

3.3 脚駆動系と胴体構造

Body内部の構造を図6に示す。左右の脚車輪はスリップリングを有する1本のシャフトで結合されている。Body内部に固定された減速比1:5の75[W]DCモータからの動力は、ハーモニックドライブ(減速比1:160)の先端に取り付けられたスプロケットから金属チェーンを介して前後の脚車輪のスプロケットへ伝達され(減速比1:2)、それにより前後の脚車輪が同期して回転する。Body内部のバッテリーから脚先の能動

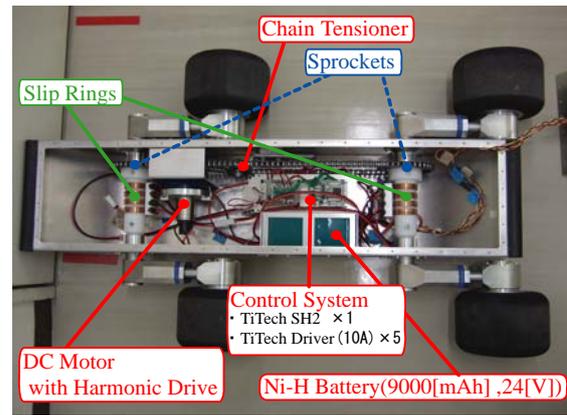


Fig.6 Ferret Vehicle Body Design

車輪へのエネルギー供給は、配線の振れを防止するためスリップリングを介して供給している。

4. 動作実験

以下の実験において「Ferret」の操作は無線操縦で行なわれ、操作者は常にロボット全体を目視で確認しながら操作している。

4.1 平地直進走行実験

今回選定した車輪部のアクチュエータにおいて、バッテリー搭載時の直進速度が、1.4[m/s]であることを確認した。

4.2 旋回動作実験

進行方向に対して重心位置を前後に調整し、前後の車輪にかかる負荷荷重を偏在することによって、旋回抵抗を小さくし、旋回動作を行えることを確認した。

4.3 階段走破実験

階段走破実験の様子を図7に示す。3種類の階段(蹴上げ160[mm]: 踏み面300[mm], 蹴上げ160[mm]: 踏み面400[mm], 蹴上げ145[mm]: 踏み面270[mm])で階段走破を行なえることを確認した。また、Body下部に貼付した衝撃吸収シートが、車体の滑落を防止できることを確認した。

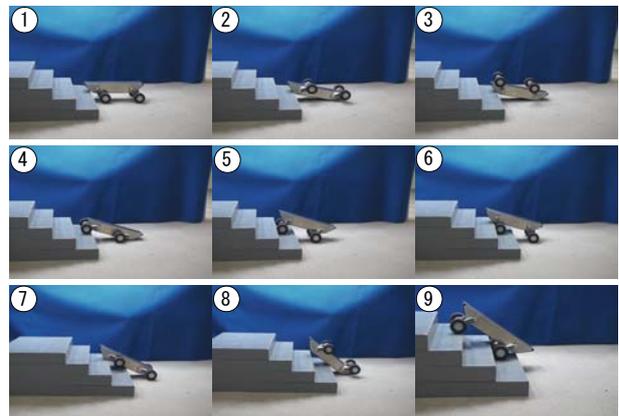


Fig.7 Experiment of going up stairs (R:145, T:270)

5. 結論と今後の展望

本論文では、バタフライ型推進を行い不整地走破可能な脚車輪移動ロボット「Ferret」の開発について述べた。4章での動作実験の結果、この移動形態による有効性の一端が示された。

今後は、脚車輪部の防水性を高め水上での移動について検討を行なっていくとともに、カメラ等の外部情報収集機器を付与することによって、実用的な「情報収集ロボット」の開発を行う。

参考文献

- [1]H.Okada, T.Iwamoto, K.Shibuya: "Water-Rescue Robot Vehicle with Variably Configured Segmented Wheels", Journal of Robotics and Mechatronics Vol.18 No.3,2006 pp.278-285