

平成 21 年 4 月 17 日現在

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18206026

研究課題名（和文）

環境適応推進を行う水陸両用ヘビ型ロボットの機構と制御の研究

研究課題名（英文）

Study of Mechanism and Control of Terrain-Adaptive Amphibious Snake-like Robots

研究代表者

広瀬 茂男（Hirose Shigeo）

東京工業大学・大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻・教授

研究者番号：70108215

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ヘビ型ロボット，水陸両用ロボット，環境適応，索状能動体，配管検査，レスキューロボット，多関節機構，蛇行推進

1. 研究計画の概要

申請者 1972 年に世界で初めてヘビ型ロボットでほふく推進実験に成功してから現在に至るまで、多くの形態のヘビ型ロボットを試作研究し、地上のみならず水中移動も実現してきた。本研究は申請者らのヘビ型ロボットの研究をさらに発展させ、その運動機能性を最大限発揮する機構系、センサ系、そしてコントロール系の開発研究を集大成し、ヘビ型ロボットの設計論と制御理論を体系化する。そしてその成果を基に現実的な用途に利用可能な実用型ヘビロボットを実現することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

現在までに、以下の成果が得られている。

(1) スクリュー型の旋回部材を防水型の磁気カップリングで駆動する、多関節駆動体 ACM R6 を試作した。基本動作には成功したが、使用できる環境が限られると判断し、第 1 次試作までで研究開発を打ち切った。

(2) 弾性棒の曲げ変形を利用した 3 自由度の伸縮・屈曲関節で構成される節を複数直列に連結した水陸両用のヘビ型ロボット ACM S1 を次に開発した。そしてこれにより尺取り虫型の動作による前進・後退運動と、旋回運動などを実現し、著しく狭隘で沼地のような環境ではその移動性が有効に発揮できることを明らかにした。

(3) 隣接する 2 つの関節を同時に駆動する従来よりも可動範囲が大きく、そして、直径 40mm と小型化を最大限追求した小型ヘビ型ロボットの機械モデルを開発した。この機械モデルは、取り扱いが容易であるため、これ以降の多様な推進様式に関する実験的検証を行うために有効に利用できることを確認した。

(3) すでに提案されているヘビ型ロボットの 3 次元運動学の基礎式をより完全な形にして導出し、多様な関節構成を持つヘビ型ロボットを統一的に扱える制御手法を構築した。

(4) 3 次元ヘビ型ロボットの移動力学の基礎式を導出した。これを用いてヘビの効率的な移動方法であるサイナス・リフティング滑走の力学解析を初めて行い、これまであまり注目されていなかったその移動様式としての効果を定量的に示し、実験でその結果を裏付けた。

(5) サイナス・リフティング滑走とは逆に蛇行体型の中心部を浮かす推進体形は、自然界のヘビは行わない動作であるものの、移動環境の摩擦状態が劣悪な場合には有効であることを発見し、それを「セントラル・リフティング滑走」と名付け、その有効性を上記した小型ヘビ型ロボット機械モデルの走行実験で検証した。またその操舵法についても検討した。

(6) 新しい光学式之多軸力センサを開発し、それを装備した対環境接触計測型之多輪型ヘビ型ロボットを開発した。そして、凹凸面での対地適応走行を実現した。

(7) 一方向に可動範囲が大きく防水型の新しいヘビ型ロボット ACM R7 を開発した。そして、尺取り虫運動や、両端を連結してループ状になったの推進などを実現した。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

これまでヘビ型ロボットの性能向上のための機構、センサ系について試作を重ね、従来にない特徴を持つデバイスの設計法が得られている。また制御理論の統一方法も得られており、これまで世界的にもまったくなされていない設計論と制御理論の体系化を実現しつつある。また、この開発期間内に5種類のそれぞれ特徴あるヘビ型ロボットの開発と動作実験を行い、導入した制御理論の有効性も確認している。このような成果は世界的にも注目を浴びており、多くの研究者からのコンタクトがあり、ノルウェーからは研究者が数ヶ月滞在するなど国際的な研究が進められている。ただし本当の意味での最終的な目的である実用型ヘビ型ロボットの実現には、残念ながらまだ至っていない。この方向の研究は最終年度に集中的に実施し、具体的な工学的な用途に適合した動きを生成できるヘビ型ロボットを構成したいと考えている。

4. 今後の研究の推進方策

ヘビ型ロボットの設計論と制御理論を体系化する。同時に、これまで個々に研究を進めてきた機構・センサ系・制御理論を統合したヘビ型ロボットを開発する。さらに、関節部に柔軟性とトルクリミット機能を導入した実環境内で柔軟で適応的に動作可能なロボットシステムを実現し、本研究で開発して来たヘビ型ロボットの設計論・制御理論を統合し具体的な工学的な用途に適合した動きを生成できるヘビ型ロボットを構成する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

1. Shigeo Hirose, Hiroya Yamada, Snake-Like Robots, Machine Design of Biologically Inspired Robots, IEEE Robotics & Automation Magazine, 16, 1, 88-98, 2009/05/11. 2009 (査読有)
2. 山田浩也, 広瀬茂男, 索状能動体の研究—一般化された ACM 移動力学の基礎式と sinus-lifting 滑走の解析—, 日本ロボット学会誌, Vol. 26, pp. 801-811, 2008 (査読有)
3. S. Sugita, K. Ogami, G. Michele, S. Hirose, K. Takita, A Study on the Mechanism and Locomotion Strategy for New Snake-Like Robot Active Cord Mechanism - Slime model 1 ACM-S1, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 20, pp. 302-310, 2008 (査読有)
4. 山田浩也, 広瀬茂男, 索状能動体の研究—多関節体幹による連続曲線近似法—, 日本ロボット学会誌, Vol. 26, pp. 110-120, 2008 (査読有)

[学会発表] (計2件)

1. 山田浩也, 広瀬茂男: 索状能動体の部分体幹浮上型滑走の考察と Center-lifting の提案, ロボティクスシンポジウム第14回, 53-58, 2009/3/15, 北海道登別市
2. 大橋太朗, 山田浩也, 広瀬茂男: 大きな屈曲可動範囲を有する水陸両用ヘビ型ロボット ACM-R7 の設計に関する研究, ロボティクスメカトロニクス講演会'講演予稿集 2008, 2A1-H21, 2008/6/8, 長野県長野市

[その他]

ホームページ

<http://www-robot.mes.titech.ac.jp/home.html>