

機関番号：12401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760191

研究課題名（和文） クローラ機能複合型歩行機械の不整地移動制御に関する研究

研究課題名（英文） Study of locomotion on irregular terrain about track-changeable walking machine

研究代表者

程島 竜一（HODOSHIMA RYUICHI）

埼玉大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：10432006

研究成果の概要（和文）：本研究では、クローラ機能複合型歩行機械の不整地移動能力を向上させることを目的とし、その知見を得るための理論的および実験的検討を行った。理論的検討では、動力学シミュレータを用いて（1）移動形態の切替え動作、（2）クローラと脚機構の複合動作を検討し、所要時間、静的安定性、消費エネルギーの観点からそれぞれを評価した。実験的検討では、改良した実験機を用いて事前に検討した切替え動作および複合動作を実現した。クローラ機構のみでは踏破不可能であった 300mm の段差を複合動作により乗り越えることに成功した。

研究成果の概要（英文）：This study has conducted to improve a locomotion on irregular terrain of track-changeable walking machine. Fundamental theoretical considerations and several experiments have conducted. As for the theoretical considerations, (1) switch motion of mobile mode, (2) hybrid motion by the combination of track and leg, are examined using dynamics simulator. They are evaluated from viewpoints of required time, static stability, and energy consumption. As for the experimental discussion, the switch motion and the hybrid motion are realized using improved prototype machine. The prototype succeeded in performing the hybrid motion and climbing up a large step that it could not by only track mechanism.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：脚クローラ複合移動体、不整地移動、機構設計、環境認識

1. 研究開始当初の背景

（1）一般に歩行機械は不整地踏破性能に関しては他の移動体より優れているが、移動効率の点では劣っている。そこで歩行機械に車輪やクローラを複合させた研究例がこれまでに多く報告されている。しかし、これらの

報告例は図 1、図 2 に示すように個別の移動機構や制御手法を組み合わせたものにしかすぎなかった。例えば図 1 では、脚の重量が増大し脚の歩行性能の低下を招く。また図 2 では、歩行中はクローラが全く機能せず余剰装置となってしまう、これも移動性能の低下

の要因となる。

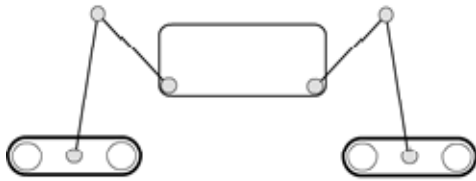


図1 脚の先に装備（重量増加）



図2 脚とは別に装備（余剰装置）

(2) そこで、これら脚クローラ複合移動体の課題であった重量増加による移動性能の低下を解消するため、申請者はこれまでにクローラベルトを脚関節駆動のためのベルトに転用する脚機構を提案した。

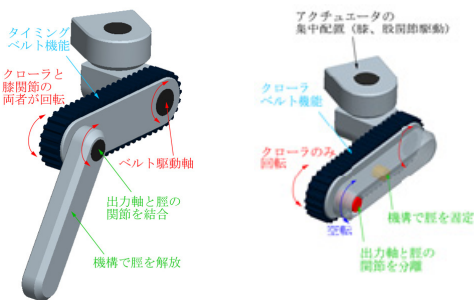
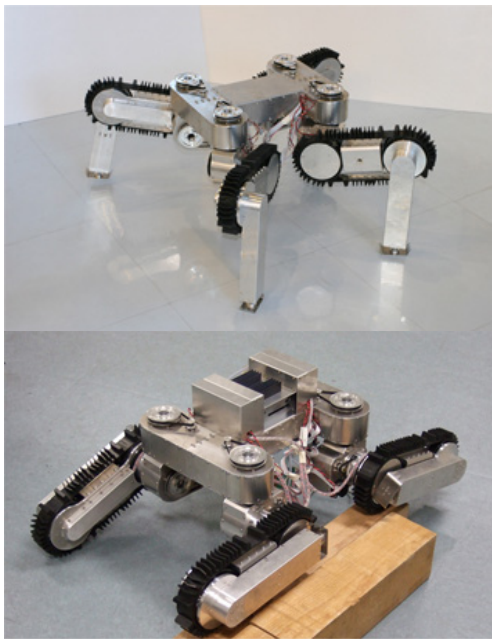


図3 先行開発した試作機

そして、図3に示す実験機を試作してまずその機械特性を実験的に検証してきた。

2. 研究の目的

(1) 先行研究により基本的な機構性能を明らかにしてきたクローラ機能複合型歩行機械の能力をさらに発展させ、その運動機能性を最大限発揮し不整地踏破能力の向上を実現することを目的とする。

(2) 不整地移動のための地図生成法とセンサシステムについて検討する。不整地ではダイナミックに地形が変化したり、センサに死角が生じたりすることが多い。そこで、新たな地図生成法とセンサシステムの構築を目指す。

(3) クローラ機構と脚機構を複合した脚クローラ複合動作とその切替え動作を開発する。図4に示す歩行とクローラを切り替える移動方法、図5に示す脚とクローラを複合した移動方法について検討する。

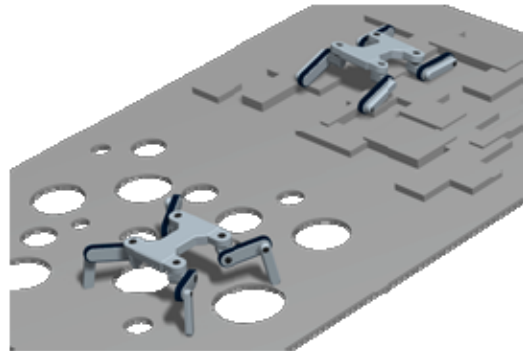


図4 脚形態とクローラ形態の切り替え

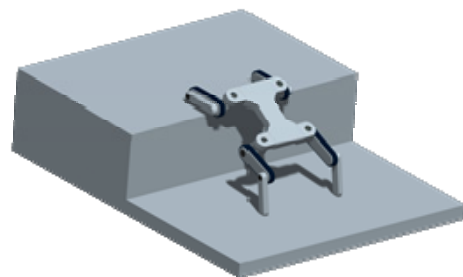


図5 後脚の補助による段差乗り越え

(4) 移動体の移動効率の向上を目的とし、アクチュエータの出力を形態ごとに切り替える二段変速機構を検討する。開発した試作機に搭載できるよう小型・軽量の構成を目標とする。

3. 研究の方法

(1) 不整地移動実験を可能にするため、試作機を自立移動型にする。搭載するバッテリー、制御PC、無線LANなどを組み込む予定である。同時にロボット内部の情報を得るためのセンサ系などを市販品から比較検討し実装する。

(2) 形状マトリクスによる物体認識法を発展させ、センサの死角域を推定することが可能な地図生成法を実現する。ロボットが移動しながら、自ら環境地図を作成することを可能とする。距離センサとしては、小型で安価なURG-04LX(北陽電機株式会社製)を用いる予定である。

(3) 不整地移動のためのセンサシステムに関する研究については、可動式の距離センサシステムを検討する。移動ロボットにとって重要な遠隔地と近接地の両方の柔軟な地図作成と地図の死角域を減少させる効果を期待している。

(4) クローラ機能を複合したハイブリッド移動制御に関する研究については、最初に計算機による動力学シミュレーションを行い、運動解析を行う。消費エネルギー、移動速度、関節負荷トルクなどの評価指標のもと、様々な可能性を検討し、それぞれを比較する。シミュレーション後、実験機に制御アルゴリズムを導入し、実機を用いて制御アルゴリズムの有効性を実験的に検証する。

(5) 形態を切替えるための判断方法に関しては、地図生成の結果得られた地形の複雑さから形態を選択する方式を取る。そして、移動ロボット自らの不整地踏破能力と比較するシステムを構築する。

(6) 移動効率の向上に関する研究では、クローラベルト駆動用アクチュエータの出力を形態ごとに最適なものに切り替える二段変速機構を導入し移動機械の性能向上を図る。市販されている二段変速機構は大型で重量が大きいいため、小型・軽量の二段変速機構を検討する。

4. 研究成果

(1) 動力学シミュレーションによる移動形態の切り替え動作、複合動作に関する検討では、複数の動作パターンを調査し、所要時間、静的安定性、消費エネルギーの観点からそれぞれを比較した。図6、図7に移動形態切替えのシミュレーション例を示す。

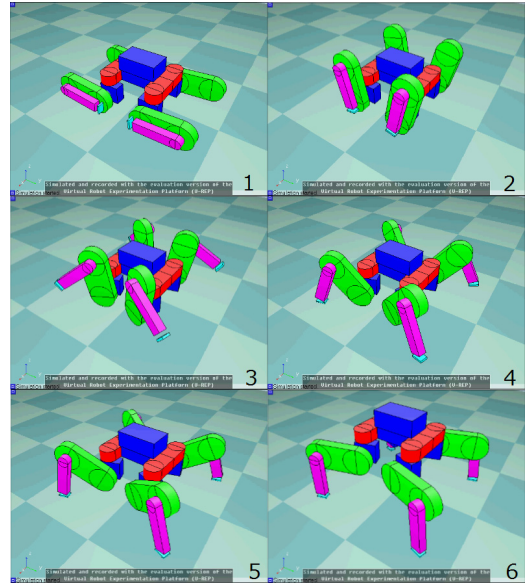


図6 移動形態の切替えシミュレーション

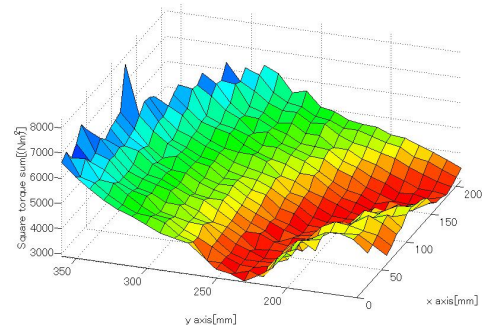


図7 形態切替え動作中における関節トルク解析の一例

(2) 動力学シミュレーション結果に基づいて、試作機により移動形態切替えの実験を行った。その様子を図8に示す。

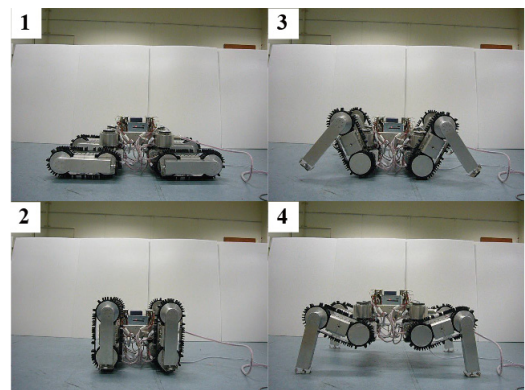


図8 移動形態切替え実験

実験は、クローラ形態から脚形態への移行を想定したものである。所要時間、静的安定性、消費エネルギーなど、動力学シミュレーション

時に考慮した評価基準を最大限満足する移動形態の切替え動作をそれぞれ実現できることを確認した。

(3) 複合動作実験に関しても、事前に検討した動力学シミュレーションにより、大規模段差踏破実験を行った。図9にその時の様子を示す。脚長およそ500mmに対して段差高さ300mmであるが、クローラ形態では踏破不可能だった段差を後脚で補助することにより踏破可能となった。

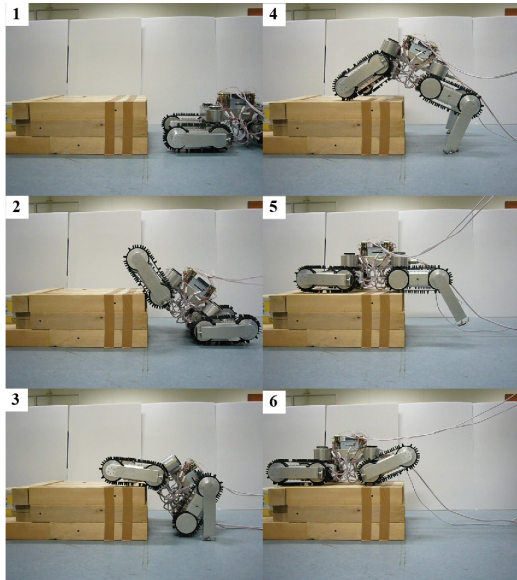


図9 後脚の補助による大規模段差の踏破

滑らかな動きではないものの、シミュレーションで検討した動作が実現できており、良好な結果が得られた。

(4) 環境認識技術に関しては、提案されていた形状マトリクスによる物体認識法と小型のレーザレンジファインダを用いたセンサシステムにより、地形を測定する実験を行った。計測には時間を要したため、リアルタイム性は損なわれたものの、不整地環境の三次元構造を取得できることを確認した。提案した手法は、計算方法と測定方法を改善することで、今後さらに発展させることができると考えている。

(5) 複合移動体の移動効率を向上させることを目的とし、複合移動体に搭載する小型二段変速機構を検討した。摩擦板を介して、高速駆動ギヤとラチェットを組み込んだ低速駆動ギヤにより駆動軸を駆動させる方式を試みた。変速機の空転期間の発生や摩擦トルクの課題もあるが、コンパクトな構成とすることができた。

5. 主な発表論文等
(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1件)
程島竜一、福村泰明、天野久徳、広瀬茂男、クローラ可変型4足歩行ロボット TITAN X の開発 - 脚機構の基本設計と動作実験 -、日本ロボット学会誌、査読有、28巻、7号、2010、872-879

〔学会発表〕(計2件)
Ryuichi Hodoshima, Yasuaki Fukumura, Hisanori Amano, Shigeo Hirose, Development of Track-changeable Quadruped Walking Robot TITAN X -Design of Leg Driving Mechanism and Basic Experiment-, Proceedings of 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 査読有, (20101020), Taipei, Taiwan, pp.3340-3345
程島竜一、福村泰明、天野久徳、広瀬茂男、クローラ可変型4足歩行ロボット TITAN X の開発 -第2報：全体構成と基礎動作実験-、第27回日本ロボット学会学術講演会、査読無、(20090915)、横浜市、神奈川県、1P2-06

〔その他〕
 ホームページ等
<http://design.mech.saitama-u.ac.jp/index.html>

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

6. 研究組織
 (1)研究代表者
程島 竜一 (HODOSHIMA RYUICHI)
 埼玉大学・大学院理工学研究科・助教
 研究者番号：10432006

(2)研究分担者
 ()
 研究者番号：

(3)連携研究者
 ()
 研究者番号：