

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

氏名	全 齊全 (ちゆあん ちーちゆあん)
学位の種類	博士 (工学)
授与番号	甲 第 696 号
授与年月日	2010 年 9 月 25 日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
学位論文の題名	Analysis of a Crawler Robot with Environmentally-adapted Mobility and its Modular Design (環境適応移動可能なクローラロボットの解析と そのモジュール化設計)
審査委員	(主査) 馬 書根 (立命館大学工学部教授) 川村 貞夫 (立命館大学工学部教授) 平井 慎一 (立命館大学工学部教授)

< 論文の内容の要旨 >

(和文)

本論文では従来の車輪型移動ロボット、歩行ロボット、キャタピラ型移動ロボットが抱える課題を解決するために、遊星歯車機構を減速機とする機能及び、一つのアクチュエータの入力から二つの同軸且つ同回転方向の出力が得られる出力分解機能を応用した、新しいクローラ機構を提案した。本クローラ機構は遊星歯車機構の出力分解機能を有効的に利用して全くの制御無しで“移動モード”、“段差乗越えモード”、“姿勢復帰モード”の三種類の運動パターンを実現し、障害物等に遭遇したときに運動パターンを自律的に切り替え、その克服を可能にしている。また、本クローラ機構の最大の特徴は、外部環境との接触による衝撃力を劣駆動の出力へ放出できる点にあり、耐久性と信頼性及び環境への適応性に優れた構造となっている。

二つのクローラ機構ユニットを前後に繋ぐことでデュアルクローラ型ロボットが構成される。このデュアルクローラ型ロボットは各ユニットに取り付けられた一つのアクチュエータの制御を有効的に組み合わせることにより、様々な姿勢をとることが可能である。本研究では、デュアルクローラ型ロボットの実現可能な姿勢を、転がり摩擦も考慮した場

合のロボットの準静力学解析によって明らかにするとともに姿勢の遷移についても述べ、実機実験を用いてその妥当性を検証した。

そして、提案したクローラ機構の探査・災害救助用ロボットへの用途拡大を目指し、本研究では防水防塵機能をもった本クローラ機構のモジュール化設計を行なった。モジュール化設計したクローラユニットをロボット本体に簡単に接続することで、クローラ型ロボットを素早く容易に構築することができる。実機実験では、モジュール化設計されたクローラユニットの有用性を検証し、単一クローラユニットが障害物等に遭遇したときに三種類の運動パターンを自律的に切り替えて受動的に克服できることと、四つのクローラユニットで構成されたクローラ型ロボットが受動的な障害物回避のみでなく能動的に障害物を回避できることを明らかにした。

(English)

To address the difficulties of the traditional wheeled, legged, and tracked robots, we have proposed a novel crawler mechanism, in which a planetary gear reducer is employed as the transmission device and provides two outputs in different forms using only one actuator. The novel proposed crawler is designed with excellent adaptability to the environment. The crawler can negotiate the encountering obstacle via the mechanism-realized three locomotion modes without any control planning. Another premier feature of the crawler mechanism is the absorption of impact energy through specifically-designed redundant mechanism when collisions inevitably occur between the crawler and the environment.

A dual-crawler-driven robot which is equipped with two crawler units can generate several configurations through cooperatively controlling the two actuators distributed in both crawler units. To figure out what postures can be generated by the introduced dual-crawler robot, quasi-static analysis of the robot is conducted while taking the rolling resistance into consideration and its realizable postures can be obtained numerically. The posture transition of the robot is also discussed subsequently. Experiments are conducted to verify the quasi-static analysis for each configuration.

To enlarge the application of the crawler mechanism in exploring and rescuing robot systems, we proposed a modular concept for the crawler mechanism, and achieved corresponding mechanical design of a modular crawler with waterproof and dust-proof qualities. Through connecting four of modularized crawler units to a robot body, a four-module-driven robot is realized via convenient assembly at the interface. Experiments are carried out to verify the proposed concept and mechanical design. A

single-module crawler can well perform the proposed three locomotion modes for negotiating obstacles. The four-crawler-driven robot has good adaptability to the environment and can get over obstacles both passively and actively.

< 論文審査の結果の要旨 >

本論文の貢献は以下の通りである。

- 新しいクローラ機構を導入し、その運動解析を行なった。本機構は障害物等に遭遇したときに運動出力を自律的に切り替えられ、受動的に克服できること、一方、障害物との接触による衝撃力を劣駆動の出力から放出できるなどの特徴を計算機シミュレーションと実機実験で検証した。
- デュアルクローラ型ロボットの実現可能な姿勢を、転がり摩擦も考慮した場合のロボットの準静力学解析によって明らかにするとともに姿勢の遷移についても議論し、実機実験を用いてその妥当性を検証した。
- 防水防塵機能をもった本クローラ機構のモジュール化設計を行なった。モジュール化設計したクローラユニットをロボット本体に簡単に接続することで、クローラ型ロボットを容易に構築することができる。

本論文の審査に関して、2010年7月29日(木)10時30分～11時45分 機械システム系演習室において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者全斉全に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、モジュール化設計したクローラユニットのスケーリング問題、動的解析の必要性、衝突解析で摩擦を考慮する必要性などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。