

Date of Submission:

平成 30年 2月 26日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 041104 号	Supervisors 指導教員	内山 直樹
Applicant's name 氏名	間宮 祥太朗			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	2足ロボットの用途拡大のための機構設計と実験検証 (Mechanisms Design and Experimental Verification for Expansion of Applications of Biped Robots)
----------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

多くの先進国において平均寿命が向上し、また出生率が低下したことにより少子高齢化が進み、これに伴い不足する社会的労働力を補てんする必要がある。人間に代わり作業を行わせるため、人間の生活環境に適した形態を持つ2足ロボットが期待されている。2足ロボットは本質的に不安定系であり、2実用的な用途の拡大には、歩行の安定化や軟らかい地面や凹凸を有する地面などの様々な不整地への適応が必要である。多くの2足ロボットには底が硬く平らな足が用いられており、不整地歩行においては着地時の衝撃および接地の不安定性が問題となる。これらの問題を解決するため、ばね機構を備え地面との接触部を工夫した足およびそれを用いた着地制御法を提案し、有効性を示した。また、それに下記の着地制御法の適用し、不整地への着地実験によってそれらの有効性を検証した。提案する足機構は軟らかい地面での沈み込み、凹凸からの滑落の可能性を小さくするため地面との接触部が平面であるが、接触面を4つに分割し移動可能とすることで接触の不安定性を補う。接触面の移動は、面の法線方向への並進移動のため、地面による機構の拘束が起こりにくい。また、各並進機構が備えるバネの変位から足に作用する床反力およびトルクを求められる。整地に対して着地を行った場合の床反力とトルクを計測し、目標値として設定する。不整地への着地において、仮想の整地に対する実際の地面の高さと傾きがあった場合の床反力とトルクを目標値へ近づけるよう足高さや角度を制御することで、整地を想定して着地を行うロボットの姿勢への影響を軽減する。

また、上記課題に対し、人間の生産性向上の面からも検討を行った。作業者の肉体的負担軽減や、下肢機能の低下した高齢者の自立歩行支援を目的としたパワーアシストスーツ(PAS: Power Assist Suit)が注目されている。現在のPASの問題として、移動効率の低さが挙げられる。各脚関節のアクチュエータは上体自重を支えるために出力の多くを消費し運動に利用できる出力は限られており、エネルギーを効率よく利用できていない。また、構造的に制限が多いためアクチュエータの出力に限界がある。PASの移動の際のエネルギー効率改善のため、その下肢に注目し、脚歩行の鉛直・水平方向の運動成分に対し、鉛直方向の動作のみ支持する方式を提案した。下肢用PASにおいては自重を支えることが重要であり、鉛直方向に駆動する直動アクチュエータのみを用いることで構造を単純化できる。また、支持脚時においてのみ自重を補償し、遊脚時にはアクチュエータを駆動しない効率的で簡易な制御方式の応用が可能になる。鉛直方向と水平方向の動作を分離するために、本研究ではパンタグラフ機構の応用し、実験によってその有効性を検証した。

以上の研究より、2足ロボットの不整地適応性の向上および低自由度の下肢用自重補償機構の構成に関する知見が得られた。

Date of Submission:

平成 30年 2月 26日

Department Mechanical Engineering	Student ID Number 学籍番号	第 041104 号	Supervisors 指導教員	Naoki Uchiyama
Applicant's name 氏名	Shotaro Mamiya			

Abstract

論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位 論文名	2 足ロボットの用途拡大のための機構設計と実験検証 (Mechanisms Design and Experimental Verification for Expansion of Applications of Biped Robots)
-----------------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Due to decreasing birthrate and aging population in many developed countries, it is necessary to compensate for the shortage of social workforce. Robotic systems are expected to provide such workforce. In particular, biped robots can be suitable partners of human beings because of not only their appearance but also locomotion ability in human living environment including stairs, steps and uneven terrains. However, current commercially available biped robots are mainly used only for entertainment purpose, and they are seldom used to support human physical activities such as industrial tasks, housework and nursing. The author considers two main reasons for biped robots not to be used in the above area. One reason is that biped locomotion is intrinsically unstable, and its safety in human living environment is difficult to be guaranteed. Another reason is that most biped robots consist of many links and actuators, and hence several problems arise such as difficulty in control system design, heavy weight and increase of production cost. This study presents design of two mechanisms for stable locomotion and lower degrees of freedom.

First, the author presents a design of a foot mechanism with landing control for stable locomotion on rough terrain. Many biped robots have feet whose soles are rigid and flat. Such a foot may not be suitable for biped walking on rough terrain. Hence, a foot structure is required to adapt to an unknown ground surface with unknown geometry and hardness. The proposed foot structure consists of four flat soles with springs that can independently move in the vertical direction and reduce the impact force from the ground. The spring displacement is used to measure the reaction force and torque from the ground. The designed landing controller that feedbacks the measured reaction force and torque achieves stable landing on the ground. The effectiveness of the proposed foot structure is verified by comparative experiments with the other type of foot mechanism on the flat ground, soft ground, and protrusion existing ground.

Second, regarding to the lower degrees of freedom for a biped structure, the author presents a mechanism design for supporting human lower limb motion, which aims at reducing physical burdens of human workers and elderlies. Many wearable assist mechanisms for human motion have actuators with similar configuration of human joints, so sophisticated structures and controllers are generally required. In addition, a larger number of actuators increases the robot weight, which brings lower energy efficiency and higher cost. In order to solve these concerns, this study considers a mechanism design to reduce the required number of actuators. This study proposes a pantograph-based mechanism for supporting human's lower limb motion, by which human locomotion is divided into vertical and horizontal components. The proposed simple structure, which employs only one actuator for each leg, supports only a vertical motion component that is highly affected by human weight. The effectiveness of the proposed structure is verified by experiments with several human wearers by measuring myoelectricity of their legs. Peak values, average values and variance of the measured myoelectricity were compared with/without the proposed mechanism.

Finally, the author summarizes the design and experimental results of the proposed foot mechanism of a walking robot for improving the uneven terrain adaptability and the human upper body weight compensation mechanism with a single degree of freedom for each leg. Their effectiveness and future work for practical implementation are also described.