

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18090

研究課題名(和文) 高速リミットサイクル歩行を実現する全身協調歩行制御の開発

研究課題名(英文) Development of whole body walking control for high-speed limit cycle walking

研究代表者

花澤 雄太 (Hanazawa, Yuta)

九州工業大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：40714770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高速リミットサイクル規範型歩行を実現するために、脚運動だけでなく全身を使った歩行の生成方法の開発に関する研究を行った。2足歩行の生成は近年まで主に下半身運動のみに関する研究が中心であったが、より高速な歩行を実現するためには、腕の振り運動や胴体の運動なども考慮する必要があると考えた。主な成果として、まずイナーターの効果を利用した新たな走行ロボットの提案が挙げられる。ロボットの上下動にイナーターを作用させることで、脚ロボットの走行速度を改善できるものである。さらに、腕の振りを簡易機構である揺動質量の上下動を利用して推進力を発生する機構を有する移動ロボットを開発した。

研究成果の概要(英文)：In this study, I investigated a walking generation method using the whole body motions to achieve high-speed limit cycle walking. Biped walking generation methods using lower body motions were studied. We however consider that walking generation methods using effects of arm-swing motions and inclining torso posture to achieve high-speed limit cycle walking. We first showed a novel running robot with an inerter. The robot can improve the running speed using inerter effects, since the inerter can change the natural period of the up-and-down motion of the robots. Moreover, we developed a novel mobile robot with a wobbling mass. This robot achieves level ground walking using effects of up-and-down motions of the wobbling mass. The periodic up-and-down motion of the wobbling mass generate propulsive effects of the robots. So, our mobile robot can walk on level ground with vertical torso posture.

研究分野：脚式移動ロボット

キーワード：legged robot biped walking mobile robot

1. 研究開始当初の背景

エネルギー効率に優れた2足歩行を実現するために、受動歩行を規範としたリミットサイクル歩行が研究されてきた。しかしながら、現在のリミットサイクル歩行はエネルギー効率に主眼を置いたものが多く、移動速度を改善しようとする研究はあまり見られなかった。また、リミットサイクル歩行を生成するために下半身運動を利用する方法は数多く提案されていたが、腕の振り運動や胴体姿勢の利用といった全身運動の利用した例はあまり見られなかった。

2. 研究の目的

本研究では、全身運動を利用して高速なリミットサイクル規範型歩行を実現するための制御則や機構を開発する。これによって、これまでは困難であったエネルギー効率に優れ、かつ高速なリミットサイクル歩行の実現を達成することが目的である。

3. 研究の方法

まずは、ヒトの歩行、あるいは動物の運動などを観察・調査し、歩行を高速化する全身運動において重要な要素を抽出する。次に、この要素を組み込んだ数学モデルを構築し、数值的、あるいは解析的に歩行を高速化するメカニズムを導き出す。このメカニズムを利用してリミットサイクル歩行を高速化する制御アルゴリズムや機構を開発する。

4. 研究成果

(1) 遊脚先端軌道の非対称化による歩行の高速化手法の提案

リミットサイクル歩行中の遊脚先端軌道に着目し、遊脚運動がロボットに及ぼす反力について解析した。結果、遊脚軌道を矢状面の胴体中心線に対して非対称に設計することで、歩行が高速化されることを示した。

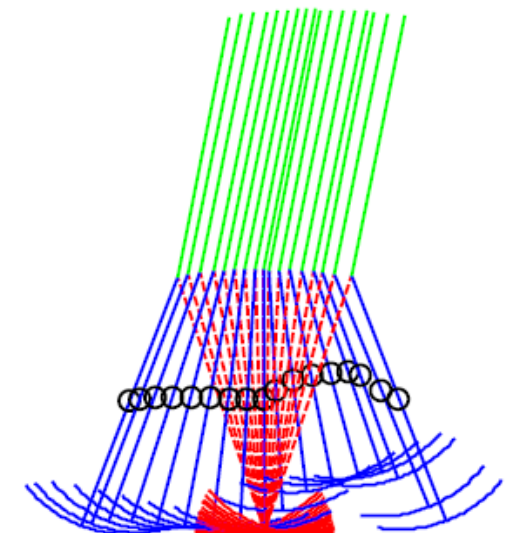


図1 非対称遊脚軌道歩行

(2) 非対称弾性を有する足首機構の提案

エネルギー効率に優れたリミットサイクル歩行を実現するために、足首に弾性要素を付加する手法がこれまでに提案されている。しかしながら、この足首弾性が高速な地面の蹴り出し運動を妨げるデメリットを生み出す。そこで、足首の弾性を非対称に設計することで、高速な蹴り出しは妨げることなしに、エネルギー効率の良いリミットサイクル歩行が生成されることを示した。

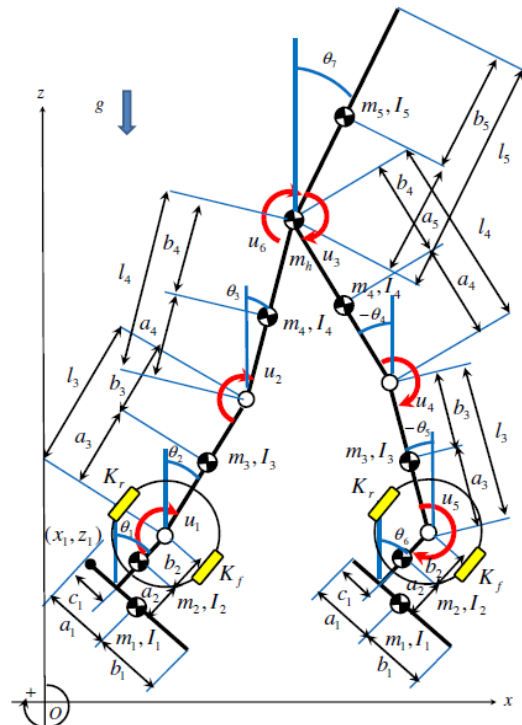


図2 非対称弾性を有する歩行モデル

(3) イナーターを有する一脚走行ロボットの提案

バネを有する伸縮脚を有する一脚ロボットの走行性能は、バネと胴体質量によって決定される上下動の固有周期によって大きく左右される。しかしながら、この固有周期の自由な設計は困難であった。なぜなら、ロボットの質量バランスやバネ係数を変化させなければならないためである。そこで、従来のバネに加えて、イナーターを利用することで、上下動固有周期の自由な設計が可能となる。その結果、より高速な走行を実現する固有周期の設計が可能となった。

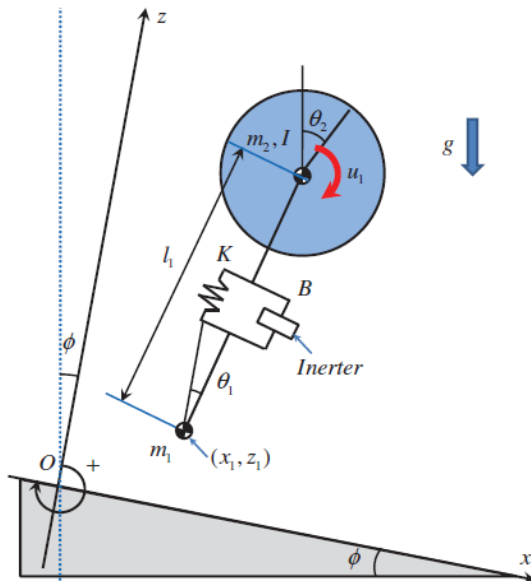


図 3 イナーターを有するロボットモデル

(4) 揺動質量の上下動が生み出す推進力を利用したリムレスホイール型移動ロボットの開発。

腕の振り運動を低次元化した機構として揺動質量の上下動機構を提案している。このメカニズムの実機検証を兼ねて、新しい移動ロボットを開発した。このロボットは、揺動質量の上下動が生み出す効果のみで移動が可能となるため、ヒトのように胴体の鉛直姿勢を保ったままでの移動が可能である。

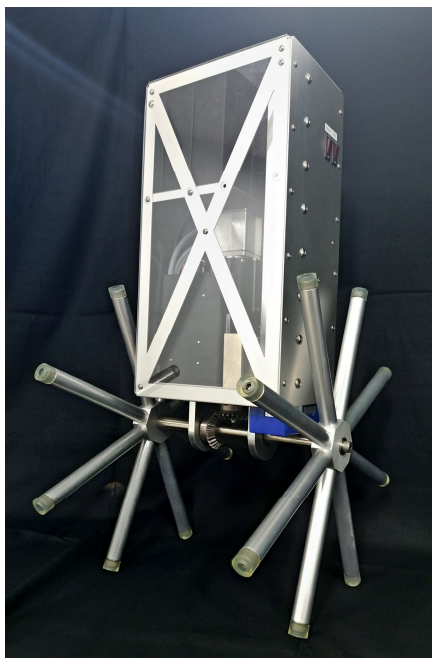


図 4 移動ロボット RW-3

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 2 件)

Yuta hanazawa and Fumihiko Asano ``Asymmetric Swing-leg Motions for Speed-Up of Biped Walking'', journal of robotics and mechatronics, vol.29, no. 3, pp. 490-499, 2017. 査読有

花澤雄太, 浅野文彦 ``ゴムの非対称配置による足首機構を利用した高効率 2 足歩行'', 計測自動制御学会論文集, vol.53, no.5, pp.327-334 2017. 査読有

〔学会発表〕(計 11 件)

花澤雄太, ``揺動質量を用いたリムレスホイールの平地歩行'', 計測自動制御学会第 18 回システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2017. 査読無

Yuta hanazawa, Rin takano and Masaki yamakita, ``Inerter effects for running robots with mechanical impedance'', in Proc. IEEE International conference on robotics and biomimetics (ROBIO), pp. 996—1001, 2017. 査読有

花澤雄太 ``足首弾性の非対称性が作り出す平面足 2 足ロボットの歩行変化'', 第 35 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2017. 査読無

花澤雄太, 浅野文彦 ``偏心リムレスホイールの移動原理に基づく 2 脚步容'', 日本機械学会 Robomech2017 予稿集, 2017. 査読無

Yuta hanazawa and fumihiko asano, ``Biped walking generation based on mimicking or rotational eccentric rimless wheel''. in Proc. SICE annual conference, pp.825—830, 2017. 査読有

花澤雄太, 浅野文彦 ``揺動質量の能動上下

動とイナーターを組み合わせた2脚歩行の高速化", 計測自動制御学会第17回システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2016. 査読無

花澤雄太, 高野凜, 山北昌毅 ``斜面を利用した高効率かつ漸近安定な SLIP モデルの走行制御 ", 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016. 査読無

花澤雄太, 高野凜, 山北昌毅 ``イナーターを有する高速走行に適した I-SLIP モデル ", 第34回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016. 査読無

花澤雄太, 浅野文彦 ``ゴムの非対称配置による足首機構のプロトタイプ設計と性能改善", 日本機械学会 Robomech2016 予稿集, 2016. 査読無

花澤雄太, 浅野文彦 ``非対称なゴムを足首に有する2足ロボットの高速歩行", 計測自動制御学会第16回システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2015. 査読無

花澤雄太, 浅野文彦 ``大きな質量を有する胴体の運動を利用した3次元リミットサイクル2足歩行", 第33回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2015. 査読無

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://yhanazawa.wixsite.com/hanahp>

6. 研究組織  
(1)研究代表者  
花澤 雄太 (HANAZAWA, Yuta)  
九州工業大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号: 40714770