



Title	Generating moment by foot complex in bipedal walking
Author(s)	陳, 宗遠
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/88103">https://hdl.handle.net/11094/88103</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name (Chen, Tsung-Yuan)	
Title	Generating moment by foot complex in bipedal walking (二足歩行における足部機構によるモーメント生成)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>The foot structures of existing bipedal walking robots are quite different from the human foot complex. The human foot complex is a delicate mechanical structure and strong body supporter. The moments generating by the human foot complex is gaining prominence in recent years. In these moments, the vertical moment is one of the major influence factors of stable bipedal walking. The motions of the human foot complex suggest that the two main oblique joints, the oblique transverse tarsal and subtalar joints, have a high potential to appropriate generate a vertical moment. Nevertheless, the contribution of these two oblique joints on vertical moment generation is still not clear and the application of bipedal walking robots is relatively sparse. Meanwhile, it is difficult to conduct the experiment with/without foot structure by conventional approaches such as cadaver and human experiments. Since the segments of the human foot complex cannot be arbitrarily changed.</p> <p>This thesis aims to develop a series of bioinspired robotic feet to understand the contributions of the two oblique joints on vertical moments generation in walking and apply it to the bipedal walking robot.</p> <p>In Chapter 2, we focus on uncovering the contribution of the oblique transverse tarsal joint on the free moment generation. Owing to the transverse tarsal joint being very complex and still existing many points in dispute, little information has emerged on its contribution relatively. In this study, the free moment is utilized for the evaluation of the vertical moment generation. To challenge the research purpose, we develop a bioinspired robotic foot with an oblique joint through the constructive approach concept and conducted axial loading and bipedal walking experiments by a loading machine, and a musculoskeletal walking robot. The experiment results show that the deformation of the oblique joint foot induced an internal free moment when bearing the axial loading and drove the ankle rotated internally to reduce the external free moment generation in the latter half of stance phase.</p> <p>The finding of Chapter 2 raises our attention to the application of another oblique joint, the subtalar joint. In Chapter 3, we developed a bioinspired robotic foot with a functional-anatomical based subtalar joint to reduce the yaw moment generation in walking. We also evaluate the contribution of the stretch propriety of the plantar fascia on the yaw moment reduction ability. To valid the developed robotic foot, a walking experiment was conducted by utilizing the developed robotic foot, comparative conditions, and a walking simulator designed based on the rimless wheel walking theory. The results show that the largest yaw moment reduction occurred at the developed foot with the stiff plantar fascia. Especially, the resulting magnitudes had significant differences at the initial contact phase.</p> <p>Chapters 2 and 3 suggest that both two oblique joints have the contribution of suppressing the vertical moment generation. In Chapter 4, we focus on combining the two oblique joints and imitating their motions to passively compensate the yaw moment generation in walking and evaluating its contribution to the torso yaw rotation. The bevel-gear mechanism is designed to simplify the structure of two oblique joints and imitate their rotations on vertical and frontal planes. A walking experiment is conducted by the comparative conditions and a developed musculoskeletal walking robot.</p> <p>The experimental results indicate that the developed geared foot significantly suppress the yaw moment and torso yaw rotation generation during walking without precise control.</p> <p>This thesis provides new scientific findings and applications of the human foot complex. It also emphasizes the importance of human foot morphology in bipedal walking. These developed robotic feet may also impact the designs of medical devices and humanoid robots for the assistance of humans in the future.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( Chen, Tsung-Yuan )		
論文審査担当者	(職)	氏 名
	主査 教授	細田 耕
	副査 教授	石黒 浩
	副査 教授	原田 研介

## 論文審査の結果の要旨

本博士論文は、複雑な人間足部構造の安定な二足歩行に対する寄与を解明し、二足歩行ヒューマノイドへと応用することを目的として、人間の筋骨格系の特徴を模倣した生体模倣ロボット足を作成し、人間型の筋骨格歩行ロボットに装備し、歩行させることで、足部のメカニズムが自発的にどのようなモーメントを生成するかを調べる研究である。人間の足部複雑な骨格構造は、適応的な歩行運動を実現するための身体性として活用されているが、進化によって獲得された構造であるため非常に複雑で、歩行中の機能を解析することが難しい。にもかかわらず、そこに存在するメカニズムによって、安定な歩行に寄与する適切な力とモーメントを自発的に生成することができる。本博士論文では、このような人間の足部構造のメカニズムについて、

## 人間横足根関節と同等の複雑さを有する生体模倣ロボット足の試作と寄与の調査

人間横足根関節と同等の斜交軸構造を持つ中足関節と、人間の足底腱膜と同じ弾性を持つ人工筋を安装し、人間模倣斜交軸足を試作した。このロボット足を用い、垂直押し付け実験と二足歩行実験を実施して、斜交軸による内転方向の反モーメントを生じることを発見し、このモーメントが、歩行中の身体の外転を抑えることを示した

## 距骨下関節を有する生体模倣ロボット足の試作と歩行ロボットへの応用と調査

人間の距骨下関節が、歩行時に内転方向の反モーメントを生じるという仮説を検証するために、距骨下関節と足底腱膜に相当する機構を持つロボット足を作成した。実験によって、足底腱膜の伸展性が反モーメントを抑えることを確認した

## 人間足部の骨の動きを模倣したベベルギア機構の開発と歩行ロボットへの応用

人間足部の複雑な斜交構造を模したベベルギア足部機構を開発し、複雑な制御を適用せずに、地面との複雑な相互作用を生み出すことができる実験的に示した

という3つの研究を進めた。人間足部の運動の歩行への寄与を外部から観察するだけでは、運動の生成原理を理解することが非常に難しく、そのため、これまでも知見としては存在していたが、歩行ロボットによってその効果を構成論的に調べた業績は大きい。よって、本論文を博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。