



Title	Studies on Bipedal Robots with Adjustable Whole-Body Dynamics Using Actuator Network System
Author(s)	Ahmad, Abedallah Mohammad Huthaifa
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/82317">https://doi.org/10.18910/82317</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( HUTHAIFA ABEDALLAH MOHAMMAD AHMAD )	
Title	Studies on Bipedal Robots with Adjustable Whole-Body Dynamics Using Actuator Network System (アクチュエータネットワークシステムを用いた全身の動特性を調整可能な二足歩行ロボットの研究)
Abstract of Thesis	
<p>A human body functions the best when all the parts operate together as a coherent unit. The natural walking behavior of humans, for instance, results from the interaction among all the parts of the body, and it is not merely a result of the dynamics generated by each leg separately; the synergy between the two legs and the way they interact with each other, along with their interactions with other limbs, plays a major role in the adaptive walking behavior of humans. Therefore, to realize a robot with adaptable behavior, it should be enabled to adjust its morphology accordingly in response to environmental changes. From this perspective, recent studies have considered variable compliant actuation to change the physical characteristics of the robot as it interacts with the environment. Robots with this ability showed a variety of efficient stable motions during contact with the environment. However, having locally variable compliant parts with independent dynamics under the same body may be insufficient for achieving adaptability in diverse environments. To extend the idea of variable compliant actuation, from being used locally to the level of whole-body dynamics, in the present study, we used the principle of Actuator Network System (ANS) in developing our robots.</p> <p>To test the feasibility of using ANS in legged robots, we started by developing an eight-legged rimless wheel robot with ANS that allows energy transfer among limbs. With this simple mechanism that resembles bipedal robots' dynamics, experiments were conducted to examine how changing the connection patterns between legs will influence the efficient behavior of the robot. As the experimental results showed, to obtain optimum efficiency during the different gate phases, the robot needs to select a different connection pattern respectively.</p> <p>Since the feasibility of implementing ANS was proven on an approximate representation of bipedal robots, the next step of this study was to develop an actual bipedal robot with ANS. The developed robot utilizes the principle of actuator network system to manipulate its whole-body dynamics. With its adaptive morphology, the current robot is able to adjust the physical characteristics of its legs (compliance and stiffness), as well as changing the way its legs are interacting with each other and the environment. The main finding of the experiments conducted with this robot is that the robot performance in varying environments cannot be at its best with a single body morphology, but it needs to appropriately change its whole body dynamics for better adaptation.</p> <p>For the next step of our research, we investigated the influence of adding an upper-body to the bipedal robot on its stable walking behavior. The movement pattern of the added upper-body (the way it oscillates) depends on the type of interactions created with other limbs since all body parts are mutually interconnected through an actuator network system. Throughout the experiments, various connection patterns between the lower and upper body parts were tested. The results clearly demonstrated the significance of engaging upper-body movements through its interaction with other body parts during locomotion. The robot with a fixed (motionless) upper-body exhibited unstable walking behaviors, however, once the same upper-body was involved and interacted properly with other body parts, its movement helped to retrieve the stable behavior of the robot.</p>	

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( HUTHAIFA ABEDALLAH MOHAMMAD AHMAD )	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主査 教授 石 黒 浩
	副査 教授 原 田 研 介
	副査 教授 細 田 耕
<b>論文審査の結果の要旨</b>	
<p>本博士論文では、多様な環境で効率的に歩行できるロボットの実現を目標とし、空気圧アクチュエータ間の相互接続をバルブによって切り替えることで、環境との相互作用に伴うロボットの身体動作を調整可能なメカニズム（アクチュエータネットワークシステム（ANS））を実装した歩行ロボットの開発と、本ロボットを様々な環境で歩行させた際のふるまいを調べる実験が報告されている。なお、本論文の内容は、3編のジャーナル論文（1編は2021年2月時点で投稿中）と2編の国際会議論文をまとめたものである。</p> <p>第2章では、ANSの原理と利点について説明している。</p> <p>第3章では、リムレスホイール型の受動歩行ロボットOCTANSの開発と、ANSによる脚間のエネルギー伝達の有無による歩行開始時の床の角度とロボットの移動距離の変化について報告している。</p> <p>第4章では、ANSを実装した2足歩行ロボットの試作機と、歩行時の胴体の振動について報告している。</p> <p>第5章では、ANSを実装した2足歩行ロボットPedestriANSの、様々な床面上での歩行特性を実験によって調査し、アクチュエータ間の接続の状態との関係について解析し報告している。</p> <p>第6章では、前述の歩行ロボットに振り状の2本の腕を装着し、脚間の接続に脚と腕の接続も加えたネットワークを切り替えた際の歩行特性について報告している。</p> <p>本研究の貢献は、ロボットと環境との相互作用において、ロボットの身体が持つ物理的特性がロボットのふるまいを決定する形態学的計算に対し、ANSというロボットの全身の物理特性を変化させるメカニズムを導入することで、環境に合わせて身体の物理的特性を調整し、環境に対する歩行時のふるまいを変化させられるロボットを開発したことである。また、そのふるまいの違いを、実験を通じて明らかにしたことである。ソフトウェアによる制御ではなく、歩行ロボットの全身の物理的特性を環境に合わせて変えるアプローチは独創性が高い。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。</p>	