The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Studies of Bipedal Walking Robot with Human-Like Neuro-Musculoskeletal Structure
Author(s)	進, 寛史
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/70661
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　進　寛史　）	
論文題名	Studies of Bipedal Walking Robot with Human-Like Neuro-Musculoskeletal Structure （ヒト型の神経筋骨格構造を有した歩行ロボットに関する研究 ）

論文内容の要旨

既存の２足歩行ロボットの多くが，様々な環境変化に対して適応的かつ効率的な歩行を実現するために，環境の認識や運動計画等の複雑な計算を必要とする．それに対し，ヒトは身体や神経系を通した形態学的演算が複雑な計算を肩代わりすることで高効率かつ適応的な動作を実現していると言われている．そこで，ヒトの神経筋骨格構造が歩行動作に与える形態学的利点を説明するとともに，それを利用した身体構造が従来のロボットの構造や制御手法よりも，適応的で効率的であることを示すことを本論文の目的とする．

この神経筋骨格システムは環境変化に対する反応特性から３つの要素に分解することができる．複雑な構造や粘弾性特性から潜在的なフィードバックループを発現する筋骨格構造，この筋構造と脊髄で構成される局所フィードバックを有する下位中枢系，それらに対して動作の指令をする上位中枢系の３つの要素である．これらは相互に重要な働きをしており，ヒトの神経筋骨格構造が有する形態学的利点を利用したロボットの実現には，これらの要素すべてがヒトの身体の構造や機能の観点から構成される必要がある．

本論文では，これら身体構造、神経構造、歩行指令の3つの要素を実現する方法を提案する．第１章では，既存のロボットとヒトの動作実現方法を比較し，本研究の目的と内容を紹介する．第２章では、筋骨格構造に着目する．その形態学的な利点を説明することでロボットの歩行を容易にする機械的構造を提案し、ロボットを用いた歩行実験によってその機構の有用性を説明する．第3章では脊髄系に着目する．筋自己受容器の特徴的な信号の形態学的利点を説明し，ヒトの自己受容器信号と同様の信号を再現できる人工自己受容器を開発する．第4章と第5章ではヒトの歩行生成手法の実現を目指す．第4章では、ヒト歩行の特徴を再現することのできるモデルを提案する．第5章では、ヒト歩行の特徴を再現しつつ，定常的に歩行することのできる制御モデルの提案と検証をする．最後に，第６章ではこれらの結果をまとめるとともに，今後の課題について議論する．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　進　寛史　）		
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，人間の身体構造や神経回路，制御則から知見や仮説を得て，人間のような筋骨格・神経回路を持つ二足ロボットを設計，結果的に人間のような適応的な歩行の実現を目指した研究である．人間の筋骨格構造や神経回路は極めて複雑であり，そこから生み出される歩行は，さまざまな環境変化にも柔軟に適応することができる．その背後に存在する運動に関する原理を調査し，ロボットに再現することで，計算量や適応性において，従来のロボットより優れた設計法や制御法が得られ，人間のような歩行が実現できる可能性がある．

これらを踏まえ，本論文では，二足歩行を実現するための要素を，身体構造，感覚機構と歩行制御手法に分類し，シミュレーションや筋骨格ロボットによる歩行実験を通して，人間の形態が有する利点や，身体構造をうまく利用する手法を示している．

１） 人間の腰部の複雑な筋骨格構造に着目し，中殿筋に見られる平面筋構造が，脚の姿勢によってその機能を変化させるという仮説を立てた．この仮説によれば，支持脚となっているときには剛性が大きくなり，遊脚となっているときには小さくなって振出しを阻害しなくなるという機能変化が，中枢からの神経支配ではなく，脚の姿勢変化によって起こる．この仮説を，３次元的な筋骨格構造を再現したロボットの歩行実験によって検証した．

２） 筋を制御する下位中枢である脊髄反射をできるだけ忠実に再現するための，各空気圧人工筋に設置する自己受容センサを開発し，生物と同等の自己受容信号を発生することができることを示した．

３） ヒューマノイドの身体をばね・質量系と捉え，歩行と走行を統一的に扱える制御系を提案，シミュレーションによって，目標速度を変えるだけで歩行から走行への遷移が可能であることを示した．

以上のように，本論文は，人間の複雑な身体構造と神経回路，さらに制御則について，一定の仮説を立て，これらをロボット実験，あるいはシミュレーションによって検証し，もって適応的二足歩行の実現を狙った一連の研究成果であり，その学術的貢献は大きい．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．