

Title	二足歩行系の力学と制御に関する研究
Author(s)	宮崎, 文夫
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33052">https://hdl.handle.net/11094/33052</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名・(本籍)	宮崎文夫
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 5510 号
学位授与の日付	昭和 57 年 1 月 19 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 **二足歩行系の力学と制御に関する研究**

論文審査委員 (主査) 教授 有本 卓  
(副査) 教授 福岡 秀和 教授 角谷 典彦 教授 鈴木 良次  
教授 増渕 正美

### 論 文 内 容 の 要 旨

ヒト化(hominization)の一大要因と言われる二足歩行の機能を解明することは、バイオニクスの恰好のテーマであり、これまでも様々な観点からのアプローチがなされている。中でも、多くの脚要素の協調動作を可能にしている筋力の制御メカニズムの解明は、工学的には最も興味ある問題である。しかしながら、二足歩行運動の多自由度性が大きな障害となり、これまでの研究は人間とかけ離れた力学モデルによる議論に終始していた。

本研究は、二足歩行のダイナミックの構造に着目することによってこの多自由度性に起因する問題を解消し、人間に直結した特徴的な筋力の制御メカニズムを明らかにしたものである。本研究ではまず、ダイナミックスの構造的特徴を抽出するために必要な運動方程式の陽な表現方法を、任意の自由度を有する二足歩行系に対して導出した。この方法によれば、両脚支持状態、片脚支持状態、ジャンプ状態、膝関節による運動拘束状態など物理的拘束条件が刻々と変化する過程のみならず、拘束条件変化時の撃力の影響についても容易に定式化できる。さらに、上部部への質量集中という機構上の特徴から、二足歩行ダイナミックスが特異摂動型のシステム構造を有していることを明らかにした。筋力の制御メカニズムは、このようなシステム構造から自然に導かれ、基本的には歩行運動中の遅い運動モードに対応する重心位置の変化と速い運動モードに対応する各脚部の相対位置の変化のそれぞれを支配する筋力制御系に階層的に分離された構造となる。この筋力制御系によれば、人間と同様の不安定性を積極的に利用した歩行の実現が可能となるばかりか、外的環境に起因する歩行周期の変動に適応した歩行パターンの自律的発生も可能になり、その階層構造性は生理学的見解とも合致する。さらに本研究では、本制御系が様々な物理的拘束条件のもとでも有効であることを理論的に確認した。

また、本制御系を用いた場合の何周期にもわたるグローバルな歩行の安定性についても解析し、歩行の定常性能を向上させるために、歩幅を調整する方法を導いた。以上の筋力制御系を、最終的には試作した二足歩行機械に適用し、人間の平常歩行に近い高速の連続歩行動作が実現できることを実証した。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は、人間型の二足歩行の運動を解析し、二足歩行を実現するために新しい制御系を提案し、それを試作した二足歩行機械に適用した実験結果をまとめたものである。

人間型のダイナミックな歩行の機械による実現は、長い間制御技術者の夢であったが、本論文では、多くの脚要素の協調動作を可能にする筋力の制御メカニズムを解明することによって、その目標に向けて第一歩を踏み出している。すなわち、二足歩行のダイナミックの構造的特徴を運動方程式の中で陽に表わす方法を示し、これにより、両脚支持状態、片脚支持状態、ジャンプ状態、膝関節による運動拘束など、物理的拘束条件が刻々と変化する過程を定式化し、さらに、拘束条件の変化時点における撃力の影響も定式化している。次いで、上部部に質量が集中している構造上の特徴から、二足歩行のダイナミクスが特異摂動型のシステムで表現できることを示し、筋力の制御メカニズムを自然に導びいている。すなわち、重心位置の変化が遅い運動モードに対応し、各脚部の相対位置変化が速い運動モードに対応する。後者はローカルなフィードバック制御によって、支配でき、こうして筋力制御系を階層的に分離して構成できることを示している。そして、この方式が様々な物理的拘束条件のもとで有効に働くことを理論的に、かつ、計算機シミュレーションによって確認している。また、何周期にもわたるグローバルな歩行の安定性についても解析し、歩行の定常性能を上げるために、歩幅を調整する方法を導びいている。

これらの結果を最終的には試作した二足歩行機械に適用し、人間の歩行に近い高速の連続歩行が実現できることを実験的にも実証している

このように、本論文はバイオメカニクスおよび機械制御の分野に新しい知見を加え、機械工学に大きく貢献したものであり、学位論文として価値あるものと認める。