

Title	粘弾性脚を持つ歩行ロボットの歩容生成と不整地適応に関する研究
Author(s)	河本, 隼治
Citation	
Issue Date	2012-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10400
Rights	
Description	Supervisor:浅野文彦, 情報科学研究科, 修士

粘弾性脚を持つ歩行ロボットの歩容生成と 不整地適応に関する研究

河本 隼治 (1010019)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2012 年 2 月 6 日

キーワード: Limit cycle walking, Gait generation, Double-limb support, Viscoelasticity, Irregular ground.

1990 年に McGeer によって提唱された受動歩行に代表されるリミットサイクルを規範としたアプローチは、高効率な歩行運動を実現する有効な手段として注目されている。受動歩行とは、動力源を一切持たない単純な構造のロボットが緩やかな斜面を歩き下る現象である。ロボットが持つ力学的特性を積極的に利用することで、まるで人間が歩いているかのような「自然な」歩行を生成することが可能である。歩行運動は人間の体の形状が持つ力学的特性によって生まれる受動的な現象であり、複雑な制御系設計に依らず、系のダイナミクスを活用することで容易に生成できることが示され、多くの研究者が受動歩行ロボットについて研究・開発を行ってきた。

実用的な歩行ロボットの不可欠な条件として、コンクリートなどの整った路面から、砂地・泥地などの様々な悪条件を持つ路面にまで幅広く適応し、安定な歩行運動を継続する技能を持つことが挙げられる。これまでに行われてきた受動歩行研究においては、遊脚と床面との衝突に関して、

- (a) 遊脚（前脚）先端が接地する際、非弾性衝突により跳ね返ることなく床面に拘束される
- (b) 同時に前支持脚（後脚）は速やかに床面から離れ、無時間的に支持脚交換が完了する

という仮定をおくのが常であり、運動方程式は単脚支持状態（Single-limb support；以下 SLS）のみを考慮したものとなっていた。そして、これに非弾性衝突式により定まる状態の更新則を加えることで、精密な数学モデルが導出されたと認識していた。しかし、SLS のみを考慮したモデルでは、コンクリートのように堅く整った路面では安定歩容を生成できるが、砂地や泥地などの柔らかい路面では同じ制御則での歩容生成が難しいという問題があった。そして、人間の歩行は約 65 % の立脚相と約 35 % の遊脚相から形成されており、このサイクルの中で両脚支持状態（Double-limb support；以下 DLS）は約 10 % を占める

ことが知られていることから、SLS のみの受動歩行が人間に近い自然な歩行形態であるとする主張に対しても、しばしば批判がなされてきた。受動歩行ロボットの不整地適応能力の低さは、これまで幾度も指摘されてきた大きな弱点であり、脚の順応性や DLS の影響を無視した数学モデルが、人間の歩行運動原理を知る手段として妥当であるかという議論は、収束しないまま現在に至っている。

これらの問題を解決する方法として、粘弾性脚の順応性の利用が考えられる。脚の順応性は人間が安定かつ多様な歩行運動を実現する上で不可欠な要素であり、ロボットのリミットサイクル型歩行においてもその効果を発揮するものと期待される。以上の観点から本研究では、ロボットの脚に粘弾性脚を用いることによって生み出される順応性を利用し、DLS の生成を通して不整地に適応する歩行を目指した。まず、粘弾性脚を持つ Rimless wheel を用いて受動歩行による基本的特性の解析を行った。支持脚交換の衝突直後に後脚が地面から離れないという衝突モデルを考えることにより、DLS を含む安定な定常歩行が実現可能であることが分かった。次に、上体と制御トルクを付加することにより、DLS を含む平地歩行の実現を試みた。上体の前傾姿勢を維持するように制御を行うことによって、安定な平地歩行が実現可能であることを示した。更に、上体を持つ 2 脚モデルへと拡張を行った。上体を維持する制御と共に遊脚の運動制御を行うことによって、安定な 2 脚歩行が実現可能であることを示した。最後に、段差と柔軟路面を用いて、不整地への適応能力を考察した。SLS のみの剛体脚モデルと比較することによって、粘弾性脚モデルは不整地踏破において有利であることを示した。