

Title	揺動質量を持つ連結型リムレスホイールの歩行解析と性能向上の検討
Author(s)	田中, 大樹
Citation	
Issue Date	2012-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/10433
Rights	
Description	Supervisor:浅野 文彦, 情報科学研究科, 修士

揺動質量を持つ連結型リムレスホイールの歩行解析と 性能向上の検討

田中 大樹 (1010041)

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: Passive dynamic walking, Combined rimless wheel, Wobbling mass, Efficiency, Synchronization.

受動歩行に関する研究は 1990 年に McGeer によって提唱されて以来、現在に至るまで世界中で盛んに行われてきた。これまでの受動歩行研究は 2 脚歩行器についてのものが主であったが、近年では多脚歩行器に関する研究も行われるようになってきた。Smith らは 2 つの受動歩行器を連結し解析を行ったが、そのモデル化には近似が多く用いられ、数値解析結果の厳密さには欠けるものであった。また Remy らはコンパス型歩行器を 2 台連結したものについて解析を行い、2 つの歩行器が次第にシンクロしていくこと、4 周期歩容が不安定であることを示した。さらに吉兼らは、4 脚受動歩行器の胴体リンク部に粘弾性を与えるモデルについて解析し、胴体要素が歩容に及ぼす影響について検証した。

これらの研究に加えて、筆者らは 2 つのリムレスホイール (Rimless wheel; 以下 RW) を連結した連結型リムレスホイール (Combined rimless wheel; 以下 CRW) について解析と実機による実験的検証を行い、前後の脚の間に適切な位相差を与えることで歩行速度が向上することを示した。その要因として位相差を与えることによりポテンシャル・バリア (Potential barrier; 以下 PB) の挙動が変化したこと、衝突時の速度拘束やコピアンが切り替わることの 2 つが挙げられる。PB は一歩行周期中に位置エネルギーが最大となる姿勢のことを言う。先行研究では、PB 到達までの距離あるいは上下動を小さくすることが、歩行速度向上の一因であるのではないかと考察した。単体の RW の場合は PB を変化させることはできないが、CRW においては前後の脚間に位相差を与えることにより PB を変化させることが可能である。位相差を与えることによる高速化は歩行器に駆動力を付加する必要が無いという利点を有している。もう一方の要因である衝突時の速度拘束やコピアンは、衝突のパターンに応じて切り替えて用いる。衝突の前後で失われるエネルギーはこのコピアンによって変化し、同時衝突における損失はそうでない場合に比べて大きなものとなる。その結果、同時衝突と連続衝突の間で歩行速度に大きな差が生じた。

一方、歩行中に生じる胴体の上下動に着目した研究がなされている。Alexander は犬の臓器をバネ・ダンパーを持ち胴体に内蔵された揺動質量として見ると、走行中の臓器の振

動が横隔膜の上下動を助け、呼吸を補助するような揺動運動であることを示した。Romeらは、人間の歩行中に生じる胴体の上下動を利用する発電システムを開発した。従来は固定したままのバックパックをフレーム部と荷重部に分離し、バネによって両者を接続することで歩行中に生じる振動を電気エネルギーに変換することができている。また、このシステムを改良したものをを用い、荷重部が振動する場合の方が肩に掛かる力が減少し、そうでない場合に比べて歩行に必要なエネルギーを減少させることも示した。また、この揺動質量と受動歩行を組み合わせた研究として、中西らは胴体内部で左右に揺動する質量を用いた歩行運動の発現について検証し、木林らは揺動運動を用いて歩容を制御するロボットを開発した。

以上の観点から、本論文では受動歩行器の性能指標の1つである歩行速度に注目し、受動的な要素として上下に振動する揺動質量を付加することによる性能向上について検討した。先行研究では位相差を与えることによって幾何学的に変化したPBが、歩行の高速化に対して大きな影響を有すると考察した。この位相差を与えずにCRWの全重心軌道を平坦化する手法として、胴体リンクにバネによって接続される揺動質量を追加したモデルについて検討を行った。その結果、揺動質量を持つ方が歩行速度が向上するという結果が得られた。さらに高速化の要因はバネの弾性係数によって異なる2つが存在し、揺動質量と胴体リンクの上下動の位相の関係によって高速化の要因が切り替わることを考察した。加えて、歩行速度以外の性能評価方法として段差の乗り越え可能性について検証し、この点でも揺動質量を持つモデルの方が優れていることを示した。また、これらのシミュレーション結果を実験器により検証し、結果の妥当性を示した。