

Title	脚部に動吸振器を持つ2脚ロボットの高速かつロバストな歩容生成に関する研究
Author(s)	阿久津, 行裕
Citation	
Issue Date	2014-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/12016
Rights	
Description	Supervisor:浅野 文彦, 情報科学研究科, 修士

脚部に動吸振器を持つ2脚ロボットの高速かつロバストな歩容生成に関する研究

阿久津 行裕 (1210002)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2014年2月12日

キーワード: リミットサイクル型歩行, 歩容生成, 動吸振器, コンパス型モデル, 高速かつロバストな歩容.

受動歩行器をはじめとするリミットサイクル規範の歩行ロボットは, 身体に生来的に備わった動特性を積極的に利用することで高効率な歩容を生成することが知られている. 近年, 受動歩行の研究において, 人や動物の持つ身体の柔軟さに着目した研究が成されている. 河本らは直動方向に伸縮可能な粘弾性脚を持つリムレスホイール (Rimless wheel: 以下 RW) を用いて, 柔軟な脚の持つ不整地適応能力について考察した. 数値解析と実験から, 粘弾性脚 RW は段差や柔軟路面などの不整地に侵入した場合, 歩行速度の変化が少なく安定して歩行が継続可能であることを明らかにした. また, 剛体脚 RW は不整地適応能力では劣るが, 整地での歩行速度では粘弾性脚 RW よりも優れることを明らかにした. 粘弾性脚は脚の伸縮による順応性から歩容中に瞬間的でない両脚支持期を生成する. このことが整地での歩行速度を低下させる要因であるが, 一方で, 脚の柔軟性から全重心軌道 (Center of mass: 以下 CoM) の変化を低減し, ロボットがポテンシャル・バリアを乗り越えやすくなるということも知られている. これと同様の結果は田中らによっても報告されている. つまり, 粘弾性脚は歩行速度低下と引き替えに, 不整地適応能力が高いという特性をもつといえる. このように剛体脚と粘弾性脚は, 整地での高い歩行速度と不整地適応能力という二つの異なる歩容の性質を持つ. これら二つの性能は脚移動ロボットの実用においてどちらも必要不可欠といえるが, 脚フレームの構造および機械インピーダンスに依存し, 互いにトレードオフの関係にあるため, 脚フレームの交換・調節無しに両者を実現することは困難である.

ここで我々人間の脚構造に着目すると, 骨格という硬い部位の周囲を筋肉や脂肪などの柔らかい部位が包むという構造になっている. 脚部に硬さと柔らかさの双方を併せ持つことで, 人間は高速かつ不整地適応能力を持つ歩容を容易に生成可能なのではないか. そこで, 人間の持つ脚構造をロボットの脚フレームに利用することを考える.

以上のことから, 本研究では人や動物の柔軟性を模した特性を持つ機械的要素として, 動吸振器に着目する. 剛体脚をベースにすることで瞬間的でない両脚支持期の発現を抑制

し、かつ剛体脚に搭載した動吸振器によって、粘弾性脚の持つ柔軟性を間接的に付与することがねらいである。動吸振器は質量、バネ、ダンパで構成され一般的に機械振動抑制を目的として用いられるが、本研究では構成が同一であることから動吸振器という名称を用いることにする。また、付加する質量としてバッテリーや電子回路などのロボットが生来的に持つ質量を利用することで、ロボット全体の重量を増やすことなく提案する脚フレームを実現できる。

脚移動ロボットに対して動吸振器のような要素を加えることで、高性能な歩容生成を行う研究は、近年盛んに行われている。花澤、林らは、リミットサイクル型 2 脚歩行ロボットの上体に能動的上下動を行う質量を付加することで、整地での歩行高速化を達成した。彼らは、同様のモデルを用いて不整地における歩行解析を行い、不整地踏破性能が向上することも示した。Ackerman らは、6 脚ロボットに対して *Elastically Suspended Load* を付加し、そのバネ定数を調節することで、ロボットに負荷を固定して取り付けた場合より、脚移動における消費エネルギーを 24 % 削減できることを実機実験から示した。しかしながら、これらの研究では動吸振器は胴体にのみ接続されており、脚ロボットの両脚に動吸振器を搭載するような研究は成されていない。また、動吸振器が歩容に与える影響も未だ明らかとなっていない点が多い。

以上を踏まえ、本論文では剛体脚と粘弾性脚の両者の性質を持つ脚フレームとして動吸振器を搭載した剛体脚を提案し、それによる高速かつロバストな歩容生成について議論する。また、受動歩行・平地歩行解析を通して提案する脚フレームの持つ力学的特性を明らかにする。

まず、脚部に動吸振器を持つコンパス型ロボットの受動歩行解析を行い、動吸振器の効果により剛体脚よりも高速な歩容が生成可能であることを数値解析から示した。また、動吸振器の粘弾性係数を変化させることで分岐現象が発現することも明らかとなった。次に、提案する脚フレームを持つ劣駆動コンパス型 2 脚ロボットの平地動歩行解析を通して、歩行速度・脚移動効率の観点から歩行性能の評価を行った。その結果、剛体脚と比較して歩行性能が向上することを明らかにした。しかし粘弾性係数の値によっては脚移動効率が悪化してしまうことも明らかとなった。最後に、平地歩行モデルを使用しガウス分布に従って段差高さの変動する不整地での歩行性能について検討した。数値解析から、剛体脚よりも提案する脚フレームの不整地踏破性能が向上することを示した。しかし、脚移動効率の場合と同様に粘弾性係数の値によっては、逆に不整地踏破性能が悪化することも明らかにした。