

1. はじめに

本研究では、受動歩行を用いたエネルギー消費の少ない歩行ロボットの開発を目指している。受動歩行とは、アクチュエータなどの動力を用いずに重力だけで歩行が可能のためエネルギー効率が高い。ここまで、数値解析ソフトを用いて受動歩行を行い、脚と地面の衝突時におけるエネルギー消費を算出し、受動歩行ロボットの脚に鉛直ばねを用いれば、エネルギー効率が向上することが当研究室の過去の研究⁽¹⁾によりわかっている。そこで、実験装置によりばねの効用を確認するための第1段階として、実験においてばねを交換する手間を省くため、モーターを用いて可変のばね定数を再現する方法を検討する。

2. 回転ばねによるエネルギー消費の低減

衝突によるエネルギーの消費を低減するために、人間の膝関節部に回転ばねを用いる。図1のモデルの状態から脚を地面に衝突させ、回転ばねがない場合とある場合を比べてエネルギー消費の低減が可能か解析した。このとき、回転ばね定数 1.5~3[Nm/rad](0.5[Nm/rad]刻み)の4つの回転ばね定数を用いた。モデルの各部の寸法と重量を表1に示す。シミュレーションの条件は、サンプリング時間を 5×10^{-4} [s]、空気抵抗なし、非弾性、摩擦係数を1、地面の傾斜角度を 0[rad]、他方の脚先をピンジョイントで固定した。

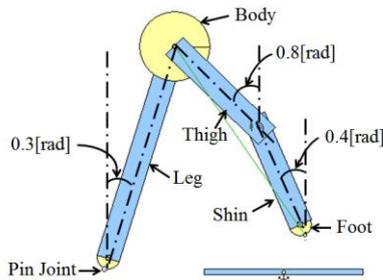


Fig.1 Robot model with spring

Table 1 Dimensions and weight of each part.

	Height (m)	Width (m)	Weight (Kg)
Body	0.120	0.120	0.416
Leg	0.380	0.040	0.466
Thigh	0.220	0.040	0.261
Shin	0.200	0.040	0.205
Foot	0.040	0.040	0.074

数値解析結果を図2に示す。回転ばねのない場合以外は、ほぼ重なっている。回転ばねがない場合は、衝突時に 0.314[J]のエネルギーを消費したが、回転ばねがある場合は、全ての回転ばね定数で約 0.261[J]と消費するエネルギーの低減が可能であった。このことから、回転ばねを用いたエネルギー消費の低減が可能であることがわかった。

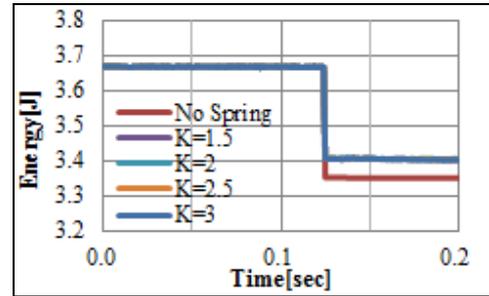


Fig.2 Mechanical energy

3. モーターを用いた可変のばね定数の再現

モーターを用いて可変の回転ばね定数を再現するために、式(1)を用いてモーターを制御する。ここで、トルクを T 、回転ばね定数を K 、回転角度を θ とする。

$$T = K \times \theta \tag{1}$$

目標角度を設定し、現在の角度との偏差により回転角度 θ を求め、式(1)に代入しトルク T を求める。モーターの出力をトルク T に設定することで、モーターで回転ばねを再現する。

実際にモーターを制御して回転ばね定数 1.0[Nm/rad]、2.0[Nm/rad]、3.0[Nm/rad]の回転ばねを再現する実験を行った。その結果を図3に示す。実験値と理論値が一致したため、モーターで回転ばねの再現が可能であることが確認できた。

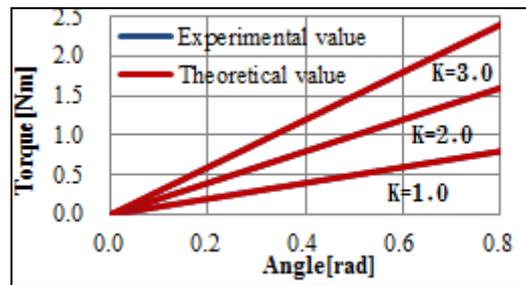


Fig.3 Reproduction of the rotational spring

4. おわりに

今回の数値解析により、回転ばねを用いることで、脚と地面の衝突によるエネルギー消費の低減が確認できた。そこで、受動歩行を用いたエネルギー消費の少ない歩行ロボットを作製するため、モーターによって回転ばねの再現が可能であることを示した。今後は実験機を用いて実際に歩行実験を行っていく予定である。

文献

- (1) 島崎太郎, “エネルギー消費の少ない歩行ロボットの研究”, 日本機械学会中国四国支部第50期総会・講演会講演論文集, No.125-1(2012), K801