

1. 緒言

2 脚歩行のロボットが、近年注目されている。しかし、人間と比べるとエネルギー効率が悪い。その問題を解消するため受動歩行ロボットの研究が様々な所で行われているが、それらでも着地時に脚が地面と衝突することでエネルギーの消散が生じている。そこで本研究では、エネルギー消散の低減を目的とする。

本報では、シミュレーションにおいてコンパスモデルを作製し単純ばねの有無により着地時にどの程度のエネルギー消散が生じているかを検討した。また、着地時にばねに蓄えられたエネルギーが、その後、有効なエネルギーとして利用されているか見るために、歩行1周期での歩行シミュレーションを行い、エネルギーの推移も調べた。

2. 着地時シミュレーション

歩行においての脚が地面に衝突する状況を再現するため、Fig.1 のようなコンパスモデルを作成し、両脚の開きの初期設定を0.5radとした。また、今回作製したモデルは、胴体部中心と足部上部を接続点とし、前脚に単純ばね要素を取り付けている。各部位の寸法と重量を Table1 に示す。

このモデルの胴体部に初速度 1.0m/s を水平方向に与えて、地面と衝突させた。ここで、ばね要素は取り付けずに固定したものと、ばね定数を 500~3000N/m にしたもので行った。ばねがなく固定したものとばね定数 $k=500\text{N/m}$ の力学的エネルギーを Fig.2 に示す。

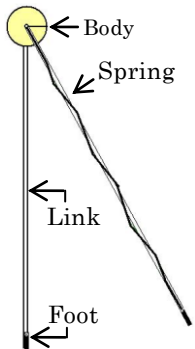


Table1 Model's length and mass

	Height	Width	Mass
Body	0.100	0.100	8.000
Link (front)	0.805	0.010	0.001
Link (rear)	0.760	0.010	0.001
Foot	0.040	0.010	1.000

Units: Length[m],Mass[kg]

Fig.1 Compass model with spring

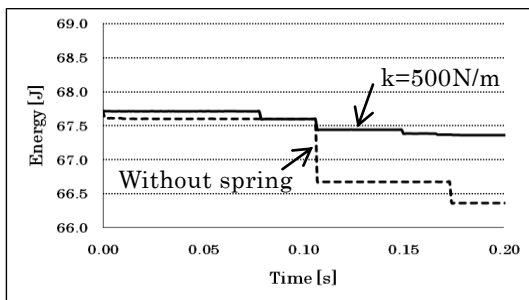


Fig.2 Mechanical energy (Landing simulation)

Fig.2 において、0.107 秒の時に足部が地面と衝突している。ばねがなく固定したものは力学的エネルギーが急激に低下しており、衝突によりエネルギーが消散していることが見て取れる。また、ばねがある場合は、ばねを取り付け

ていない場合に比べて、衝突時のエネルギー消散が 0.76J 程少なくなっている。ばねがあることで脚が地面と衝突したときにばねにエネルギーが蓄えられており、エネルギー消散の抑制効果があることが分かる。

3. 歩行シミュレーション

歩行1周期の中で、ばねに蓄えられたエネルギーが有効に利用できるか、Fig.1 のばね要素が取り付けられているコンパスモデルを用い、エネルギー推移を見る。ここでは、ばね要素のばね定数は 500~3000N/m としている。

着地時のシミュレーション同様、モデルの胴体部に初速度 1.0m/s を与え、後脚が前に来て地面と衝突するまでのシミュレーションを行った。

結果、ばねが弱い場合にはモデルは前方に転倒し、ばねが強い場合には着地した時のばねの反発の方が強くなり前に進まなくなる。これは、歩行周期とばね周期によるものである。それらが合った場合のばね定数 $k=1800\text{N/m}$ の時の力学的エネルギー推移を Fig.3 に示す。

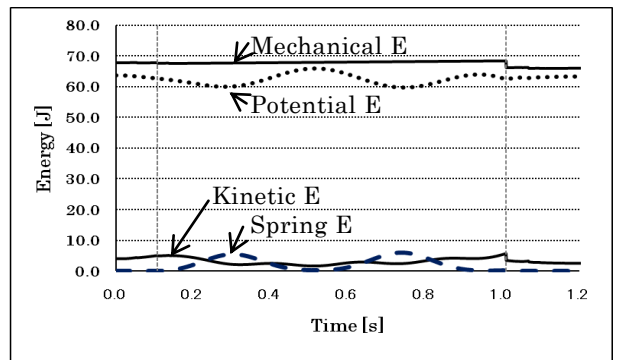


Fig.3 Mechanical energy (Walking simulation)

Fig.3 を見てわかるように、0.107 秒の時に前脚が地面に衝突した後、ばねが縮み弾性エネルギーが上昇している。その後、伸びる時に運動エネルギーを 0.5J 上昇させている。再度、ばねが伸縮し、1.010 秒の時に後脚が地面に衝突し、エネルギーは減少している。運動エネルギーは、前脚が衝突する時と後脚が衝突した時に比べて 1.0J 程上昇している。また、全体の力学的エネルギーは、歩行中保存されているのがわかる。この事より、着地時に蓄えられたエネルギーがその後有効に使われていることが分かる。

4. 結言

本研究では、コンパスモデルを作成し着地時の状況を再現することで、どの程度エネルギーが消散しているかを調べた。そして、そのモデルにばねを用い、着地時のエネルギー消散の低減を図った。その結果、ばねを付加することにより着地時のエネルギー消散に対して、抑制効果があることが確認できた。また、歩行中、ばねに蓄えられたエネルギーが有効に利用されているか検討した。その結果、歩行周期とばね周期のあう適切なばね定数を設定することでエネルギーが有効に使われ、モデル単体でも歩行が可能であることが確認できた。