

1. 研究背景と目的

近年では、HONDA の ASIMO に代表される 2 脚歩行ロボットが現実には登場するようになった。しかし、これらには、人間に比べてエネルギー消費が非常に大きいという問題がある。この問題を解消するために、受動歩行ロボットの研究が様々な所で行われているが、それらでも着地の際には、脚が地面と衝突する事で大きなエネルギー消散が生じる。

本研究は、このエネルギー消散の低減を目的としている。

本論文では、シミュレーションにおいて、体の各部位に実際の人間と同程度の質量を有する簡易モデルを作製し、着地の状況を再現する事で、どの程度のエネルギー消散が生じているか検討した。そして、そのエネルギー消散を抑制するために、モデルにバネを取り付け、その時のエネルギーの様子も調べた。また、着地時にバネに蓄えられた弾性エネルギーが、その後有効なエネルギーとして利用できるか見るために、3 脚の簡易モデルも作製し、エネルギー変化を調査した。

2. 胴体付き脚モデルでのシミュレーション

**2-1 胴体付き脚モデル** 胴体付き脚モデルとは、胴体部、上腿部部、下腿部および足部から成り、各部位が実際の人間と同程度の質量を持っているモデルである。各部位は、股関節、膝関節ならびに足首関節で回転バネにより結合されている。その外観を Fig.1 に示す。また、各部位の寸法と質量および各関節部のバネ定数を Table 1, 2 に示す。

このモデルを Fig.1 のように脚が鉛直方向に対して 15° の角度を成すような姿勢にし、地面から 15 cm の高さに位置させ、水平方向に 1.0 m/s の初速を与えて地面に落下させた。これは歩行において着地時に脚が地面に衝突する状況を再現している。この時のモデルの力学的エネルギーを Fig.2 に示す。

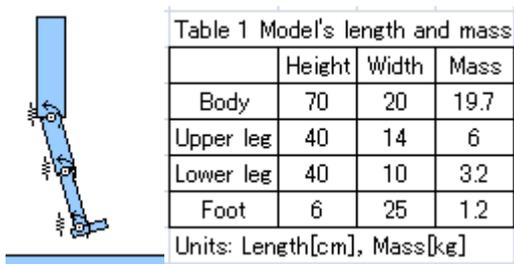


Fig.1 Leg model with body

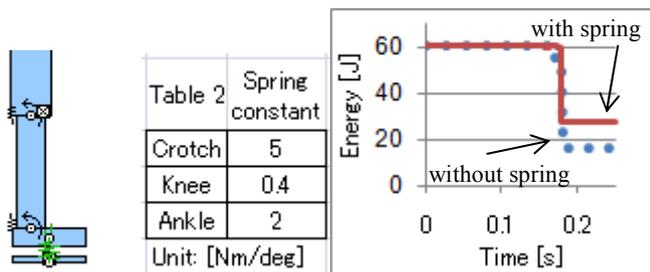


Fig.3 Model with spring

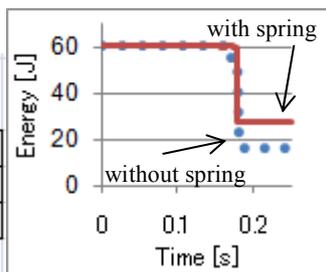


Fig.2 Mechanical energy

Fig.2 において、0.18 秒の時にモデルは地面に衝突しているが、この時、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大きく消散している事が見て取れる。

**2-2 胴体付き脚モデル(バネ付加)** 前節でのエネルギー消散を低減させるため、Fig.3 のようにモデルの足裏部にバネ要素を取り付けたモデルを作製した。ここで、足裏部バネのバネ定数は 8000 N/m としている。

このモデルにおいて 2-1 節と同様のシミュレーションを行い、その時の力学的エネルギーの変化を Fig.2 に示す。

Fig.2 において、モデルにバネ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量が 10 J 程少なくなっており、バネがあることで一定のエネルギー消散抑制効果があることがうかがえる。

3. 3 脚モデルでのシミュレーション

2-2 節では、着地時にバネが縮んでバネにエネルギーが蓄えられている。このエネルギーがその後有効に利用できるか調べるために、Fig.4 のような 3 脚を有するモデルを作製した。このモデルでは、Leg1 を支持脚として、バネを付けた Leg2 がまず地面に衝突し、次に Leg3 が地面に着いて、この脚が支持脚となり Leg2 が蹴り出し脚になった時に、バネのエネルギーがモデルに与える効果を見ている。

モデルに対して、水平方向に 1.0 m/s の初速を与えシミュレーションを行った時の力学的エネルギーの推移を Fig.5 に示す。

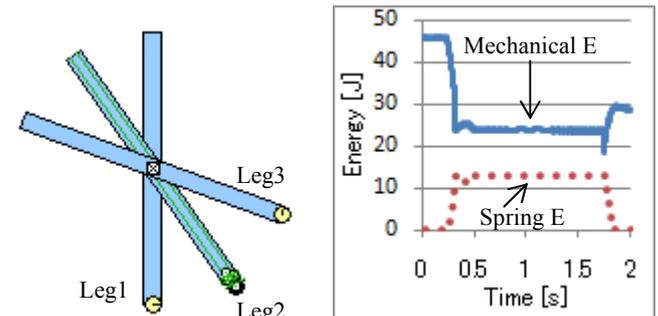


Fig.4 3-leg-model

Fig.5 Mechanical energy (3-leg-model)

Fig.5 において、0.32 秒の時に Leg2 が、また 1.74 秒の時に Leg3 が地面に着地している。0.32 秒の時には、力学的エネルギーが 22 J 減少しているが、バネのエネルギーとして 13 J は保存されており、衝突により 9 J が消散している。また、1.74 秒の時には、Leg3 の衝突後、Leg2 の縮んでいたバネが伸展してモデルに 13 J のエネルギーを与え、その結果として力学的エネルギーが 5 J 増加している。8 J は Leg3 の衝突により失われている。

この事から、着地時にバネに蓄えられたエネルギーがその後、有効に利用できていることが分かる。