

1. 緒言

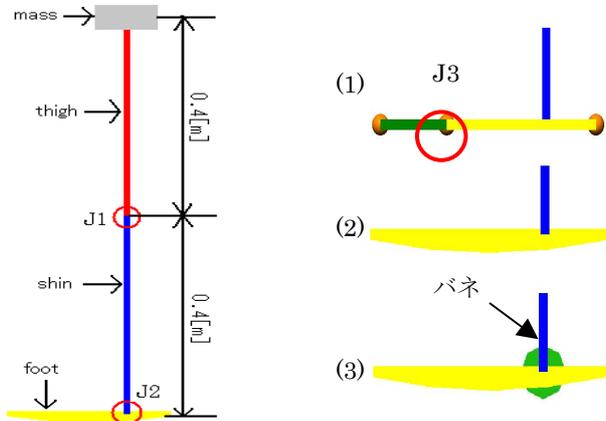
現在、2足ロボットによる走行の研究が多く行われている。しかし、現状の2足ロボットの走行速度は人間の走行速度には達していない。2足ロボットの定常走行においては、跳躍時に系に流入したエネルギーと着地時に逸散するエネルギーが等しくなっていると考えられる。したがって、2足で高速走行するためには、着地時のエネルギー損失をできるだけ抑制することが有効であると考えられる。本研究ではより構造が簡単な一脚跳躍ロボットで、着地時のエネルギー損失がより小さいと考えられる足のモデルを2つ提案し、それぞれのモデルがどの程度有利であるか、連続跳躍を行う際の1回目の着地時のエネルギー収支を比較、検討する。

2. 数値解析及び解析モデル

剛体マルチボディの運動のシミュレーションにはMSC.visualNastran4DとMATLAB/Simulinkを使用した。モデル寸法は、ヒトの脚部の寸法を考慮して設定し、足の形状が

- (1)足先に足指関節を有するモデル
- (2)足が曲面状のモデル
- (3)曲面状で足首にバネを有するモデル

の3つを作製した。曲面モデルとそれぞれの足の形状を図1に示す。シミュレーションに用いたモデルは、上腿、下腿、足の3つと、バッテリー等を積載した状態を想定したmassから構成され、各モデルは膝関節(J1)、足首関節(J2)を、(1)は2つの関節に加え回転ばねで拘束した足指関節(J3)を有している。massは固定、2つの関節にはモータを搭載し、直立姿勢から傾斜後massがある一定の角度になるとJ1に角速度、J2にトルクを与え跳躍動作を行っているが、着地制御は行っていない。(3)のモデルは、試行錯誤によりバネ定数 $0.0017[\text{Nm}/\text{deg}^2]$ 、減衰定数 $0.002[\text{Nm sec}/\text{deg}]$ とした。今回は、Y軸方向の運動は拘束し、X-Z平面の二次元上のみで動作解析を行った。



(a) 曲面型モデル (b)各モデルの足の形状  
図1 一脚跳躍ロボットのシミュレーションモデル

3. 解析結果および考察

図2に(1)と(2)の、図3に(2)と(3)のエネルギーの総和Eを比較したグラフを示す。全モデルは共に1回目の着地に成功、2回目の跳躍に失敗という結果になっている。それぞれのグラフの着地前後のエネルギー差は、(1)は $14.59[\text{N m}]$ 、(2)は $13.52[\text{N m}]$ 、(3)は $12.88[\text{N m}]$ となり、(1)より(2)が、(2)より(3)が損失の抑制に有利であることが分かる。また2つの図よりそれぞれの跳躍開始時間がずれていることが分かるが、今回は着地時のエネルギー収支についてのみを検討する。まず(1)より(2)が損失を抑制できるのは、接地が平面形状では不連続だが曲面形状では連続になり、速度損失が抑制できるためと考えられる。(2)より(3)が損失を抑制できるのは、バネにより急激な運動量変化が抑えられたことが考えられるが、上下方向の速度を出力し検討した結果、着地後すぐに跳躍動作を開始してしまい、バネがあまりたわまらずに弾性エネルギーを蓄えることができなかったため、あまり有効に活用できていないと分かった。

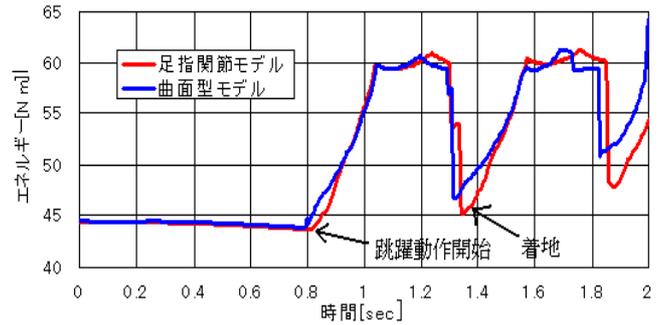


図2 (1)と(2)のエネルギー総和

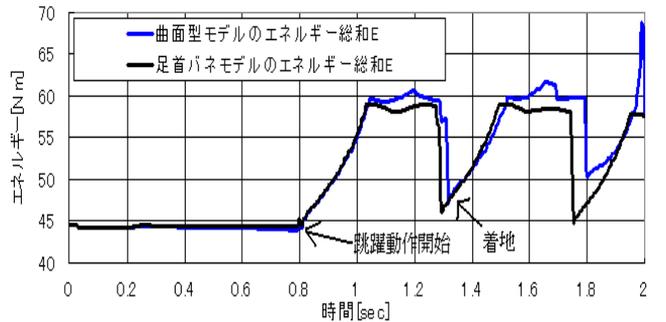


図3 (2)と(3)のエネルギー総和

4. 結言

今回の研究で、足の形状による違い、バネの有無では、平面より曲面、曲面でバネ無しより有りが着地時のエネルギー損失を抑制することができる可能性を示した。今後、制御やバネ定数の変更を行い、よりバネを有効に活用し更にエネルギー損失を抑制することを考えている。