

エネルギー消費の少ない歩行ロボットの研究

知能機械力学研究室

西内良太

1. 緒言

現在、多くの研究者が人間型 2 足歩行ロボットを研究しており、ホンダの ASIMO, SONY の QRIO 等の多様なロボットが世の中に存在する。これらのロボットは動歩行を実現しているが人間と比べて歩行時のエネルギー効率が悪いという大きな相違点がある。この問題を改善するために研究されているのが受動歩行ロボットである。このロボットは前述の人間型歩行ロボットと比べて構造が単純であり、モータ等の駆動源は搭載していない場合が多く、位置エネルギー、機体に働く慣性力を効率的に利用することで歩行する。

人間は各関節を連動させることで慣性力、位置エネルギーを歩行動作に利用し、エネルギー効率の高い歩行を行うが、現状の人間型ロボットではエネルギー効率よりも歩行の安定性が優先されている。

本研究では、足底の形状が接地時のエネルギー損失に大きく関わっていると考え、受動歩行ロボットとして最も一般的なコンパス型受動歩行ロボットを基本とした 3D モデルを作成し、それをを用い数値シミュレーションを行うことにより、位置エネルギー、慣性力を効率良く歩行に用いる足底形状の検討を行う。

2. シミュレーションおよび考察

研究に使用したシミュレーションモデルを図 1 に示す。2本の支柱の間に膝関節を設けた脚部を設置することにより、左右への転倒を防止した状態で、擬似的に接地時の歩行動作を再現する。この際、動力は一切使用しない。本研究では、シミュレーションを行うのに剛体マルチボディシステムの汎用動的解析プログラムである MSC.visualNastran4D を用いた。

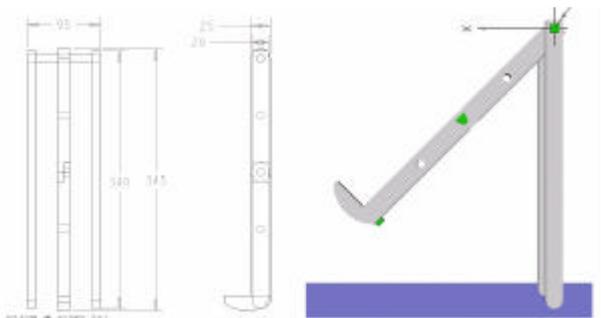


Fig.1 Shape of the model

また、足底形状によるエネルギー効率の変化を調べるために 3 種の曲率の異なる足先モデルを作成した。このようなロボットでは踵接地時と足先の接地時の 2 度エネルギー損失が発生するが、足裏を曲面にすれば、踵接地時の損失は発生するものの、その後は、踵から順次接地し、ロボットが自然と前傾姿勢になるような動作を行えば、そのプロセスでのエネルギー損失はなくなり、足底が平面の際には発生する足先が接地したときの衝突によるエネルギー損失は回避できると考え、3 種類の足先モデルはいずれも足裏形状が曲面とした。

寸法、外観を図 2 に示す。

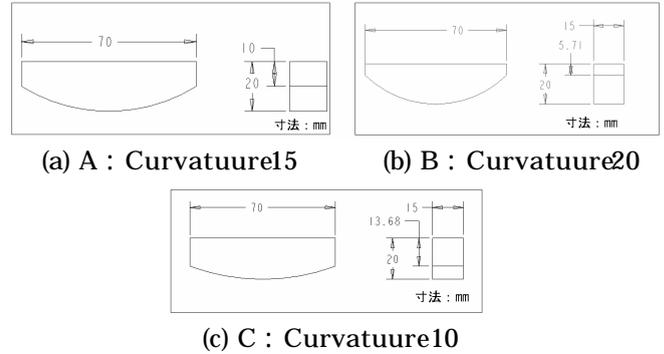


Fig.2 Shape of the foot ahead

図 3 は A, B, C のシミュレーションモデルについて、支柱を地面と直角にし、腰部と支柱の角度を 45 度にして前傾させ、一步踏み出した状態で停止させた際のモデル上端の進行方向への速度を示したものである。

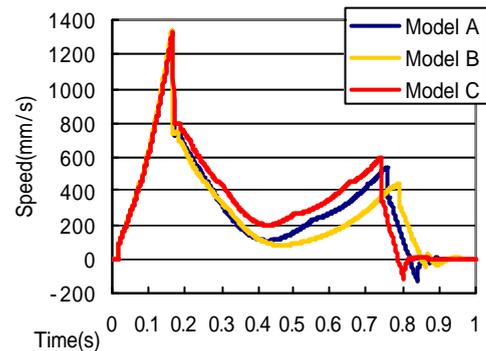


Fig.3 Speed of the top of model

0.1 秒から 0.2 秒の間に起きている急激な減速は、足先が地面に衝突した瞬間のエネルギー損失を示している。その後は曲率の違いに従い速度が変化している。図 3 より C モデルの前傾速度が最も速く、最も上端速度が遅いのは B モデルであることが見て取れる。C モデルは最も曲率が小さいモデルであり、B モデルは最も大きいモデルであることから、曲率が小さいほど前傾速度が速くなると言える。0.2 秒から 0.4 秒の間に速度の減少が見られるが、これはモデルが直立し、足底の中心部が接地している際、踵部分が浮いている形になり、後方に重心が移動することで前傾のスピードが鈍ってしまうためだと考えられる。

3. 結論

ロボットが歩行を行う際、足底形状が接地時のエネルギー効率に与える影響をシミュレーションにより検討した結果、曲率が小さいほど効率が良いという結果が得られた。今後はモデルの姿勢、初期速度、足首稼働部の追加等、条件を変化させシミュレーションを行うとともに、その結果を基に実機を製作する予定である。