E-7

動力学シミュレーションを利用したヒューマノイドロボットの二足歩行動作生成

Generate of Bipedal for Humanoid Robot Using Dynamics Simulation.

○石井　雅也[1]，高藤　美泉[2]，齊藤　健[2]，内木場　文男[2]
*Masaya Ishii[1], Minami Takatou[2], Ken Saito[2], Fumio Uchikoba[2]

Abstract: This paper presents a study of control of bipedal robot using simulation. When making a motion with actual robot, there is a risk of failure of the robot by the fall. Therefore, create a simulation that model of the robot performs a walking before making the actual robot. And it outputs the result to the actual robot, if it is possible to perform the same motion, which means that it is stable motion created. In this paper, we compare the actual robot and simulation of the walked, make a study of the difference. And confirm that it is a possible motion making the robot in this way.

１．　はじめに

ヒューマノイドロボットは，腕によって作業を行い，脚によって自立移動を行う人型のロボットである．二足歩行ロボットは，車輪移動ロボットの優れた移動速度やエネルギー効率を持たないが，車輪が苦手とする段差や悪路への対応が可能で[1]，四足歩行のロボットと比べて移動時のバランス制御が難しいが，体高に対する横幅を小さくすることができるので[2]，細い空間を移動することに長けている．ヒューマノイドロボットは人と同等の作業・動作が可能であると期待されており，将来的には人員の足りていない現場における代替労働力，及び人間にとって危険な作業を代わりに行うことができると考えられ，その実用化に向けて広く研究されている．

従来のロボットの動作生成方法は，まず設計したロボットを実機で作製し，それを直接動かして作るというものであった．そのようなモーション作成の過程では，バランスの不十分なモーションを出力することでロボットが転倒する場合があり，その衝撃で外装の破損や骨組みの変形が起こってしまうと，動作生成が滞る原因になり得る. そのような状況を回避するために，ロボットを設計した段階で動きを把握する方法として，3 次元 CAD で作成したロボットのモデルを物理エンジンを搭載したシミュレーションソフトで解析し，ロボットのモーション生成方法と同様に一定間隔ごとに角度情報を入力する歩行シミュレーションを行う．これによって作成されたモーションが実機における動作と一致するのであれば，従来のロボットの動作生成を行う為の部品切削，外装作製，組み立て，配線等にかける時間やコストをかけることなく、かつ実機を作製した際の動作生成もシミュレーション結果を用いることでバランスのとれたモーションを再現させることが可能となる．

本論文では，ヒューマノイドロボットの 3 次元モデルを歩行させるシミュレーションを作成する．また，プログラムを用いてシミュレーション結果を変換し，実機のヒューマノイドロボットを歩行させ，それぞれの歩行を比較する．

２．　ヒューマノイドロボットの 3 次元モデル

Figure 1 にシミュレーションに用いるヒューマノイドロボットのモデルを示す. ロボットは, 総自由度 22, 全長 366[mm]，脚の長さ 206[mm]となり，足裏の大きさは，縦 124[mm]，横 81[mm]となり，全体の重量は 1571[g]である．関節部分はサーボモータによって駆動し, 脚部に用いられているサーボモータは 14.0[kg・cm] のトルクを発生させる．

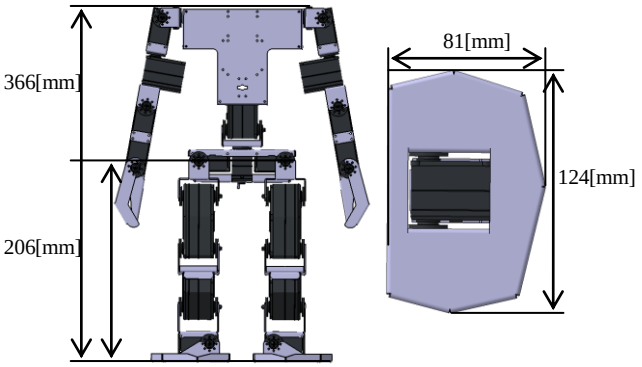

Figure 1. Model of the Robot

３．　歩行シミュレーション

Figure 2 にこのモデルが二足歩行を行うシミュレーションの様子を示す．このシミュレーションにおけるロボットの歩行距離は 234[mm]である．

１：日大理工・院（前）２：日大理工・教員・精機

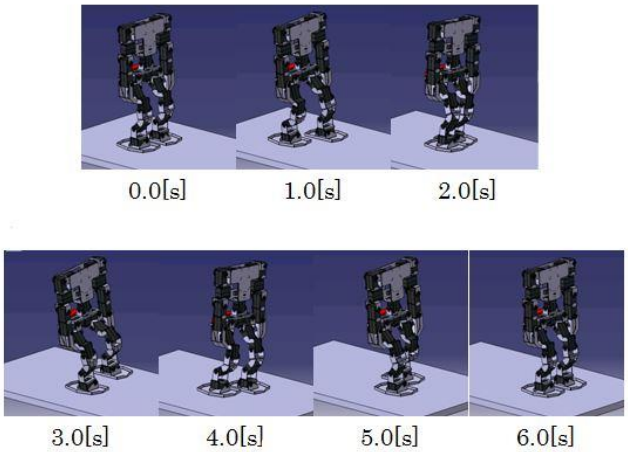

Figure 2. Simulation of the Walk

４．　実機における歩行動作

Figure 3 にシミュレーション結果を利用して作成した実機の歩行モーションの様子をシミュレーションと比較して示す．各時間におけるロボットの姿勢は同じように見えるが，実機のロボットは歩行中，シミュレーションでは見られなかった前後への振れが確認された．原因として挙げられるのは，サーボモータのホーン部における振れや，ロボットを構成する金属部品の外力によるたわみである．シミュレーションでは，これらのモデルは完全な剛体として解析されているので，モーションに誤差を生じさせている．

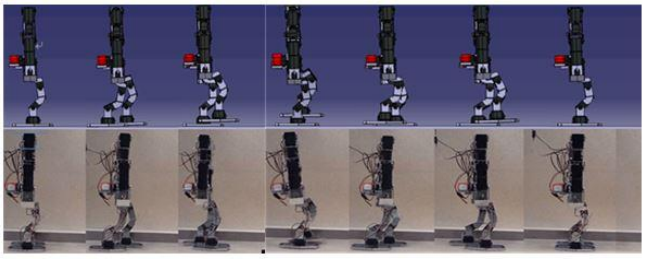

Figure 3. Comparison between Actual Robot and Simulation

また, Figure 4 に時間経過による両足の横方向へのずれを示す．シミュレーションでは歩行開始から終了までほとんどずれが見られなかったことに対して，実機では歩行終了時には進行方向の右側へずれていくのが分かる．モーションの誤差によって，着地位置にわずかなずれが発生したことが考えられる．これにより，実機における歩行距離は 184[mm]と，シミュレーションの歩行距離のおよそ 8 割に留まった．

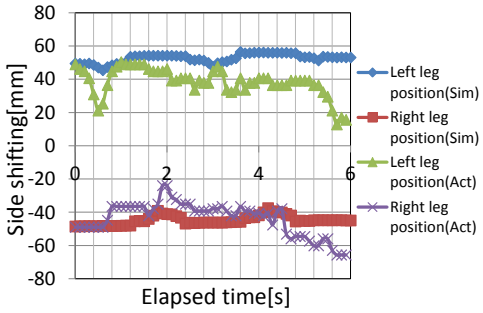

Figure 4. Wide Gap of the Actual Robot

５．　結論

本論文では，ヒューマノイドロボットの 3 次元モデルを作成し，歩行シミュレーションにより歩行動作生成を行った．その結果を実機のヒューマノイドロボットに出力し実機の二足歩行が可能であることを確認した．これにより，動作生成中の転倒等の事故を回避したモーション作成を行うことができ，実機作製以前にモーションについて検討できることが分かった．実機に出力された歩行動作は，シミュレーションと同じようにヒューマノイドロボットを動作させたが，シミュレーションと比較し姿勢維持や移動距離を完全に再現する事ができなかった．

今後の課題として，実機の動作をシミュレーションにフィードバックし歩行の補正を行うことで，シミュレーションで実機の動作の再現を行い，より精度の高いシミュレーションを利用することで安定した動作生成を目指す．

参考文献

[1] 岩村 誠人ほか，“車輪型移動ロボットの高速走行制御に関する研究”　福岡大学工学集報 第 93 号，pp.1-22，2014

[2] 中村正行ほか，“足歩行ロボットの障害物環境下での足先着地点最適化(脚移動ロボット)”　ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 1A1E20(1)-1A1E20(2)，2008