K6-24

シミュレーションを用いたヒューマノイドロボットの二足歩行の制御

Control of Bipedal Robot by Simulation.

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

Abstract: This paper presents a study of control of bipedal robot using simulation. In the simulation, robots do not consume a battery and they are not broken by carelessness. And the simulation can prove its motion before a robot of the real thing is made. A balance of walking bipedal robot is considered by ZMP (Zero Moment Point). The ZMP is center point of reaction force from the ground. As long as ZMP is under the foot, the robot doesn't lose its balance. This simulation shows that the balance is kept during walking movement of the robot using the principle of ZMP.

１．　はじめに

二足歩行をするロボットは，車輪を用いる移動ロボットと比べて地面の状態の影響を受けにくい[1], また，四足等の多脚を持つロボットと比べてより素早く，小回りの利く移動が可能であり，段差への対応も優れている．そのため，将来的に災害現場において瓦礫の山の上でも安定して歩行し，迅速に人命を救助すること等が期待されている[2]．しかし，二足歩行ロボットは移動中，地についている方の足ひとつでバランスをとる必要があるため，その動作は不安定であり，制御が難しい．歩行に至るまでの動作設計における試行錯誤の過程で転倒などの強い衝撃を何度も受けると，機構の変形や精密部品の破損などに繋がり，動作設計が滞る原因となり得る．

そこで二足歩行ロボットを物理エンジンを搭載したシミュレーションソフトを用いてモデルを作製し，そのモデルを動作させることによって実機のロボットに動作させることなくその様子を確かめることが可能になる．また，用いたシミュレーションソフトは設計に用いる 3DCAD で作製されたモデルに対して解析を行うソフトであるため，ヒューマノイドロボットの部品切削，組立，配線といった過程を経る以前にその挙動を知ることも可能であるため，設計の効率を上げることもできる．

本論文では，シミュレーション上で人型ロボットの脚部関節部分に一定時間ごとに変位を与え歩行させる．このとき，歩行中のどの時間においてもロボットがバランスを崩さない，安定した歩行を行っていることを確認することを目的とする．

２．　ZMP（ゼロモーメントポイント）

安定した歩行を行っていることを確認するために，ZMP を考慮した歩行動作をさせる．ZMP とは，人型ロボットの歩行中に足の裏にかかる床反力と慣性力の合成モーメントがゼロとなる床上の点を指し，この点が床に接している足を線で囲んだ時にできる支持多角形内に収まっていれば，足の裏は床面から離れず，人型ロボットは転倒しない．また，ZMP は，平面の上に立った二足歩行ロボットが，床面を滑らずに移動する事を前提とする．

３．　歩行ロボットのモデル

Figure 1 にシミュレーションで用いる二足歩行ロボットのモデルを示す．既に組み立てられた実機とほぼ同じ形になるように作製したモデルは，高さ 522mm, 横幅 182mm, 奥行き 123mm となり, 全体の重量は 3363g 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 67.0kg・cm のトルクを発生させる．ロボットの自由度は 28 である．

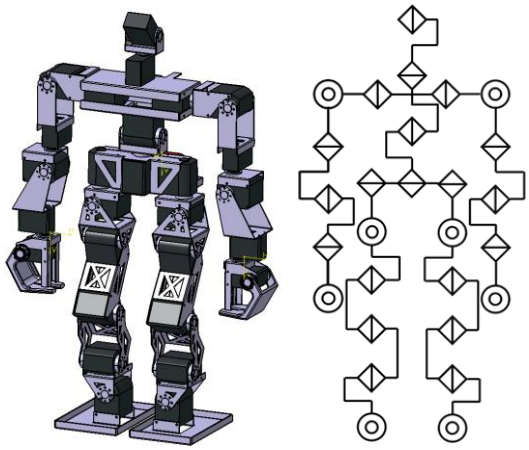

Figure 1. Bipedal Robot Model

１：日大理工・院（前）２：日大理工・教員・精機

４．　結果

４．１　シミュレーション結果

Figure 2.に実際に行なったシミュレーションによって人型ロボットが二歩前進した様子を左上から右下へ計 8 秒間の動作を 1 秒ずつに分割して示す.

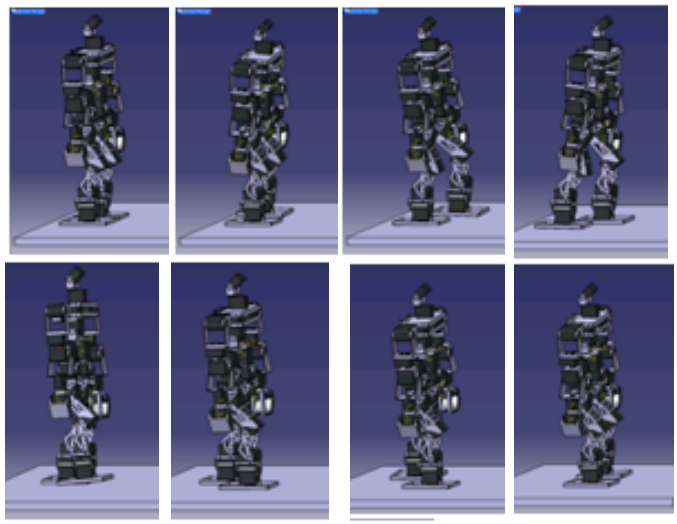

Figure 2. Simulation of Walking

４．２　歩行動作中の ZMP の変化

このシミュレーション中の二足歩行ロボットの ZMP の位置と支持多角形の範囲を，両脚支持の場合を Figure 3.，単脚支持の場合を Figure 4.にそれぞれ示す. 人型ロボットはグラフの原点の位置から右方向へ移動し，支持多角形の状態を①～⑦の順に変化させる．このとき, それぞれの状態における ZMP の位置を同色の点によって示す.

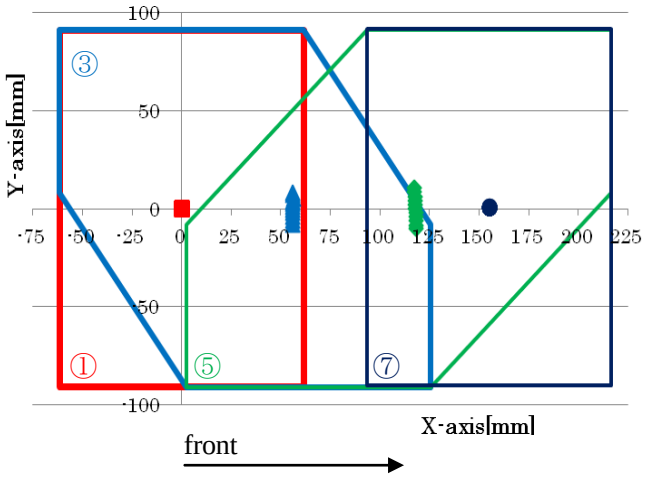

Figure 3. Position of ZMP and the Supporting Polygon at the Time of the Both Legs Support

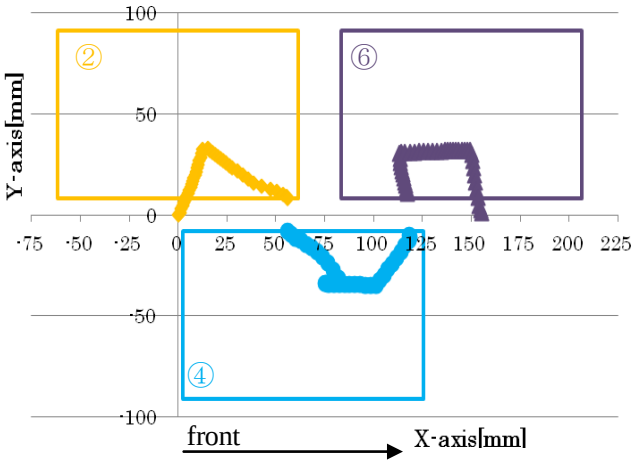

Figure 4. Position of ZMP and the Supporting Polygon at the Time of the Single Leg Support

シミュレーションによって人型ロボットを二歩前進させることができた. このときの ZMP の位置を見ると，両脚支持の状態において，ZMP は両脚による支持多角形内にすべて収まっているため，バランスが保たれている. また単脚支持の状態においても歩行中の ZMP は支持多角形内に収まっているため，この歩行動作は常にバランスを保つことが出来ているといえる.

５．　結論

本論文では，シミュレーションを用いて実機を模した人型ロボットにバランスのとれた歩行動作をさせる研究を行い, その歩行が ZMP を考慮した安定したものであることを確認した．今後はシミュレーションで作成した動作を実機にフィードバックし，その通りに動く研究などに応用すること等を試みる.

参考文献

[1] 吹田涼ほか，“無人救助ロボット群の開発” 函館工業高等専門学校紀要 第 46 号，pp17-22(2011)

[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 (2008) 1A1E20(1)- 1A1E20(2)