

ヒューマノイドロボットの摺足移動制御シミュレーション

小枝 正直[†] 植野 真行[†] 芹澤 敬之[†]

大阪電気通信大学 総合情報学部[†]

1 はじめに

現在のヒューマノイドロボットは連続的な足踏み動作により移動する手法が主に用いられている。これは障害物の少ない場所での移動には適しているが、例えば瓦礫の散乱する狭隘環境や劣姿勢（伸脚、前屈、屈脚など）では、脚運動が制限されて移動が困難である。このような状況での移動方法の一つとして、摺足による移動が試みられている[1-4]。摺足移動では脚の上下動が不要で両足が常に地面に接地しているため、安定した移動が可能である。しかし従来研究では、短距離の移動や微小な角度の方向転換しか扱われていない。

そこで本研究では動力学シミュレータ上に構築した等身大ヒューマノイドロボットを用いて摺足並進・回転移動制御を行い、従来より大きな移動距離と方向転換を実現した。

2 等身大ヒューマノイドシミュレータ概要

動力学ライブラリ ODE(Ver. 0.11-1, 倍精度)を用い、等身大ヒューマノイドロボットを構築した。関節は下半身のみで各脚 6 自由度、全体で 12 自由度を有し、配置は図 1 の通りである。20 歳台成人男性をモデル[5]として、リンク長や重量配分を決定した。各パラメータは表 1 の通りである。本シミュレータでは、各関節は目標角度に対して比例制御により駆動される。また床面の動摩擦係数は 0.2 に設定した。

3 摺足並進移動と方向転換

左方向へ摺足並進移動するために、足の角度と脚ヨー軸回転を制御する。足角度を適切に制御することにより足裏に掛かる圧力分布が変化し、移動方向を変更できる。左並進移動時の各関節目標角度を図 2 に示す。右並進移動時は足のピッチ角を反転させる。また方向転換のためには上体を前傾・後傾することで実現する。

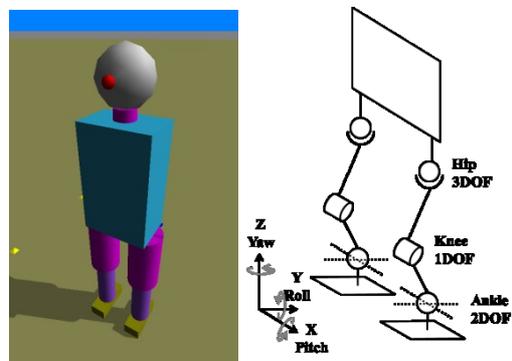


図 1 ヒューマノイドシミュレータ

表 1 モデルパラメータ

身長	1706.0 [mm]
膝下高	429.6 [mm]
股下高	759.7 [mm]
頸側点高	1440.0 [mm]
ヒップ幅	340.3 [mm]
臀部厚径	255.3 [mm]
大腿囲	536.4 [mm]
下腿最大囲	366.8 [mm]
足長	249.4 [mm]
足幅	96.3 [mm]
足囲	247.8 [mm]
座位頸椎高	653.2 [mm]
全頭高	237.1 [mm]
体重	64.9 [kg]
片脚	10.0 [kg]

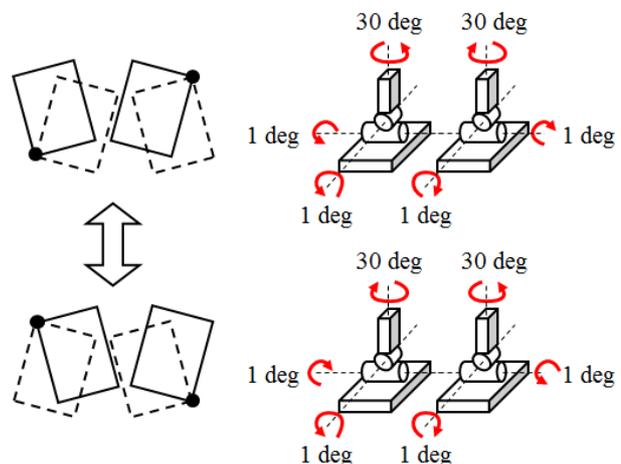
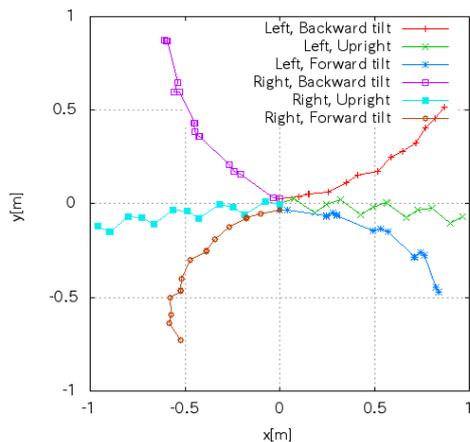


図 2 摺足並進移動

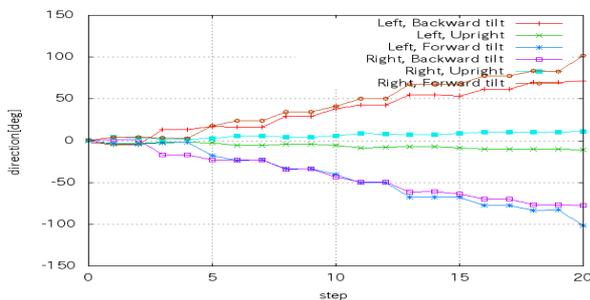
Shuffling Motion Control for Humanoid Robot Using Dynamics Simulator

[†] Masanao. KOEDA, Masayuki UENO and Takayuki SERIZAWA

[†] Osaka Electro-Communication University, Faculty of Information Science and Arts



(a) 移動軌跡



(b) 方向変化

図3 摺足移動制御

ロボットの初期位置は原点，初期姿勢は Y 軸負方向である．前傾・後傾角度は鉛直軸から 5[deg]とし，左右それぞれの方向に 20 ステップだけ並進移動させた．このときのロボットの軌跡と胴体角度を計測してグラフ化したものが図 3 である．20 ステップで 1[m]程度の並進移動と，90[deg]程度に方向転換され，前傾・後傾角度を適切に調整することで方向転換制御が可能であることが分かる．

4 目標位置・姿勢制御

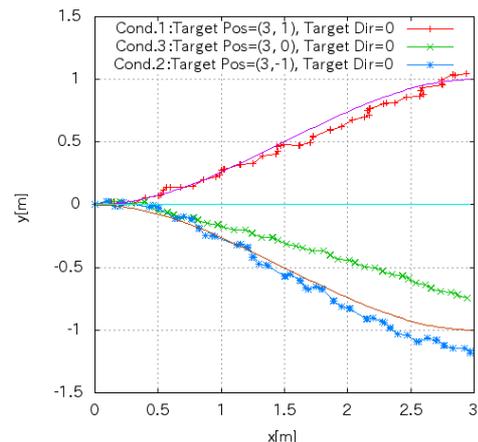
前傾・後傾角度 θ にフィードバック制御して目標位置・姿勢へ移動させた．実験は以下の 3 条件で行った．最終目標位置 x_d, y_d ，最終目標姿勢 g_d として，

条件 1 : $(x_d, y_d) = (3, 1)[m]$ ， $g_d = 0[deg]$

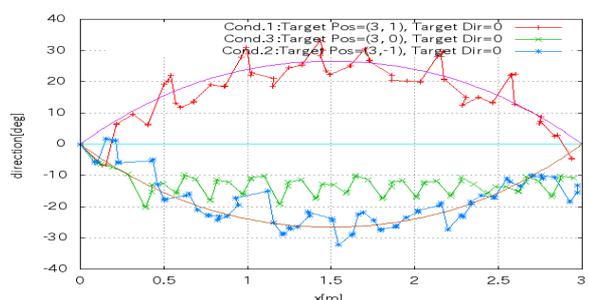
条件 2 : $(x_d, y_d) = (3, 0)[m]$ ， $g_d = [deg]$

条件 3 : $(x_d, y_d) = (3, -1)[m]$ ， $g_d = 0[deg]$

である．本実験ではロボットは左並進移動し続け，現在位置 $x_c = x_d$ で終了とした．始点位置・姿勢および目標位置・姿勢を滑らかに結ぶ 3 次曲線とその導関数から， x_c での目標姿勢 g_{cd} を算出する．現在姿勢 g_c と g_{cd} との差 $d = g_{cd} - g_c$ から $\theta = K_p d$ でフィードバックした． K_p は比例ゲインで実験的に $K_p = 0.1$ とした．



(a) 移動軌跡



(b) 方向変化

図4 目標位置姿勢制御

また $-5 \leq \theta \leq 5$ に制約して転倒を防止した．

実験結果を図 4 に示す．図 4(a)の移動軌では，から条件 2 において目標位置との差がやや大きい条件 1, 3 ではほぼ正確に到達していることが分かる．図 4(b)の方向変化も同様で条件 1, 3 において，目標角度に追従して制御できたが，条件 2 ではややずれが発生した．

5 おわりに

ヒューマノイドロボットの摺足移動制御制御法を提案し，シミュレーションにより有用性を確認した．単純な動作と制御方策で中距離移動と方向角制御が実現できた．現在は関節角度制御を基とした移動のため，移動精度や安定性には難がある．今後は胴体の姿勢角や足裏圧力などの情報を用いてこれらの問題に対処する．

文献

[1] M. Koeda et al., "Shuffle Parallel Translation and Pivot Turn of Humanoid Robot in Dynamics Simulator", AIMS2013, pp. 189-192.
 [2] M. Koeda et al., "Shuffle Turn and Translation of Humanoid Robots", ICRA2011, pp. 593-598.
 [3] K. Hashimoto et al., "Realization of Quick Turn of Biped Humanoid Robot by Using Slipping Motion with Both Feet", ICRA2011, pp. 2041-2046.
 [4] K. Miura et al., "Analysis on a Friction Based "Twirl" for Biped Robots", ICRA2010, pp. 4249-4255.
 [5] 日本人の人体計測データ 1992-1994, 人間生活工学研究センター(1997).