

滑りやすい路面における2足歩行ロボットの安定歩行のための一構成法

80023327 山本紘樹

指導教員 大西公平教授

1 はじめに

2足歩行ロボットのこれまでの研究は、足底に滑りにくい材質を用いることにより、地面との接触面において十分に大きな摩擦力が得られるものと仮定して行われてきた。今後は制御によってもスリップおよび転倒の防止を考慮する必要があるといえる。本論文では、歩行中のスリップ検出法、ZMPを用いた転倒危険性の指標を提案し、滑りやすい路面での安定歩行の実現を目的とする。

2 スリップ検出法

提案するスリップ検出法は支持脚足平の加速度情報を用いており、加速度が生じたときにスリップしたとみなすものとする。本研究では加速度センサで得られる足平の加速度を用いてスリップの判定を行った。歩行する際、ノイズの影響により足平の加速度は振動してしまうため、実際にスリップの検出を行う際には閾値(α_{thre})を設定する必要がある。スリップ検出の法を式(1)に示す。また、 α_w は絶対座標系での支持脚足平の加速度を表す。

$$\begin{aligned} -\alpha_{thre} < \alpha_w < \alpha_{thre} & : \text{定常歩行状態} \\ \alpha_w < -\alpha_{thre} \text{ OR } \alpha_{thre} < \alpha_w & : \text{スリップ状態} \end{aligned} \quad (1)$$

3 ZMPを用いた転倒危険指標

ロボットの支持脚が加速度 α で地面を滑る時、滑りの加速度 α によって変化するZMPは式(2)で表される。

$$\Delta ZMP = -\frac{z_{cog}}{g}\alpha \quad (2)$$

ZMPが支持脚の接地面に留まれば歩行の安定性は保証される。そのため、 α が式(3)を満たす間はスリップが生じても転倒することはない。 X は足平の長さを表す。

$$-\left(\frac{X}{2} - X_{zmp}\right)\frac{g}{z_{cog}} < \alpha < \left(\frac{X}{2} + X_{zmp}\right)\frac{g}{z_{cog}} \quad (3)$$

4 転倒防止歩行

滑りやすい路面を安定に歩行するためには、式(3)で決定した転倒危険指標を用いて歩行中に軌道修正を行う必要がある。転倒危険指標に対する割合で加速度の安定限界を決定する。安定限界に加速度が到達すると次のステップから速度を落とし、限界以上の加速度が生じないように制御を行う。これによって滑りやすい路面で転倒をせずに安定に歩行を行うことが可能である。

5 実験結果

5.1 スリップの検出

本実験では、歩行中(3歩目と6歩目)に足元の床をずらすことにより滑りを実現した。図1より、スリップ時に加速度の変化を検出しているのが確認できる。

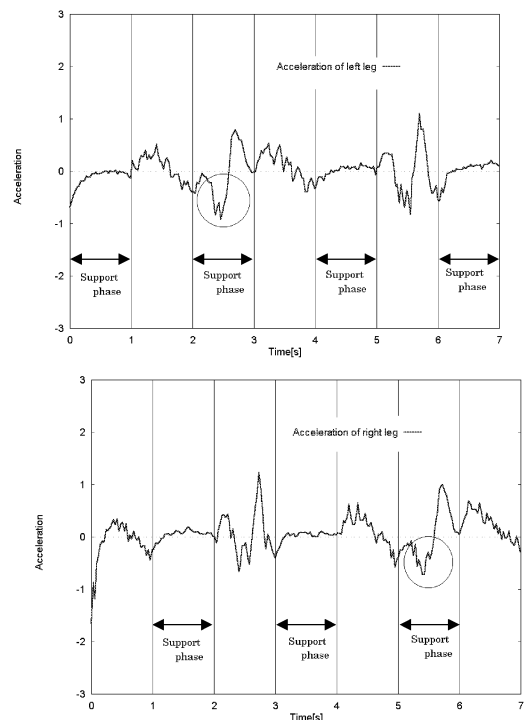


図1: スリップ検出実験

5.2 滑りやすい路面での連続歩行

本実験では、足底にキャスタを付けて滑りやすい環境を作った上で歩行速度を $0.02[m/s]$ から $0.02[m/s]$ ずつ毎ステップごとに速度を上げて歩行した。また、ここでは安全限界を転倒危険指標の80%に設定した。このときの実験結果を図2に示す。4秒付近で安定限界に達したため、次のステップから速度を抑えて歩行を行っていることが確認できる。また、転倒せずスリップを抑えて歩行していることが確認できる。比較のため図3に転倒危険指標をそのまま用いて速度を $0.10[m/s]$ まで増加させて歩行した際の足平の加速度を示す。

- [3] 高西淳夫 : ”上体の運動によりモーメントを保証する2足歩行ロボット” 日本ロボット学会誌, Vol.11, No.3, pp.348-353(1993)

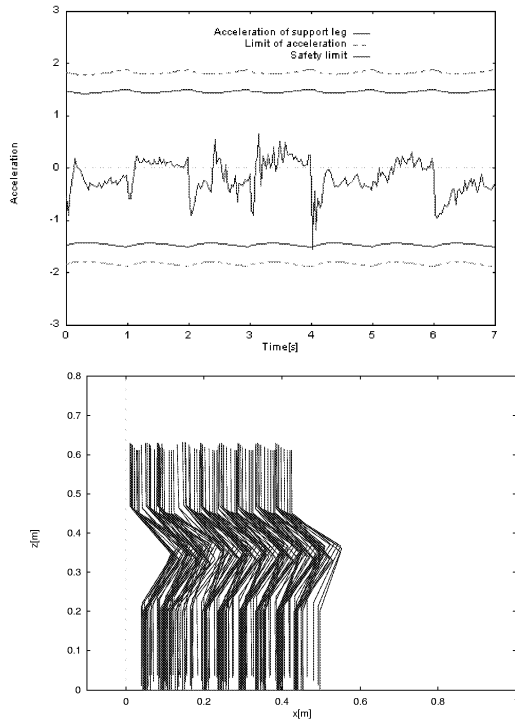


図 2: 連続歩行時の支持脚加速度およびスティック線図

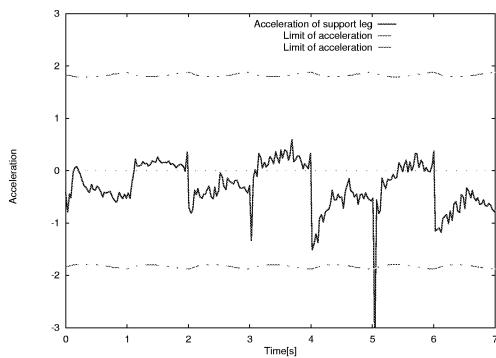


図 3: 提案手法を用いないときの支持脚加速度

6 結論

本研究では、スリップ検出法、および、転倒危険性の指標を提案し、滑りやすい路面での安定歩行を実現した。提案手法の有効性は実機を用いた実験によって確認された。

参考文献

- [1] H. Yamamoto and K. Ohnishi, "An Approach to Stable Walking on Unknown Slippery Floor for Biped Robot" IECON, 2001.
- [2] T.Noguchi, H.Kura, M.Nagao, S.Ishii, H.Ochiai, T.Ukai, "Change of Acceleration on Foot by Slip during Gate" The 73rd JSME Fall Annual Meeting, Vol.4, pp.44-45, 1995