

受動車輪を用いた 2 足ロボットにおける安定化制御

1. 緒言

現在,研究が行われている二足ロボットの移動方式として,脚による移動が多く用いられているが,車輪などの移動方式を持つロボットと比べ,移動効率が劣っている.

よって本研究では,脚部先端に受動車輪を設け,歩行の為の機構を共有しつつ,車輪走行を行わせる事により,高効率の移動を可能とする 2 足ロボットの開発を目指す.現状の研究で使用している実験機(図 3(a))は,転倒防止のため補助アームが設けられている.これは本来,研究を行っていく上で必要ないものである.

そこで,補助なしで倒立する手段として,倒立振子の安定化制御を受動車輪による移動機構を用いて実現するため,数値シミュレーションによる検討を行った.

2. 受動車輪による推進力

図 1 において,車輪に力 F が加わる時,車輪には,車輪回転の接線方向に F_n と,法線方向に F_t が発生する.本体速度を V とする時, F_t, F_n は次の式で表される.

$$F_t = -\text{sign}(V \times \cos \theta(t) + \dot{L}(t) \times \sin \theta) \times \mu_t \times W \quad (1)$$

$$F_n = -\text{sign}(V \times \cos \theta(t) + \dot{L}(t) \times \cos \theta) \times \mu_n \times W \quad (2)$$

ここで, W はロボットの重量である. $\dot{L}(t)$ は,時刻 t における股の開閉度を表している. μ_t は,車輪回転方向のこがり動摩擦係数であり, μ_n は,車輪回転軸の法線方向への動摩擦係数である.本体速度 V と, F_n, F_t の y 成分を合成し本体質量 M で割ったものが加速度となる.

基本動作として,ロボットの足を図 2 のように,(1)から(5)に動かすと,ロボットは矢印方向に前向き速度を得る.逆に,(5)~(1)に足を動かすと,矢印方向の逆に後ろ向き速度を得る.

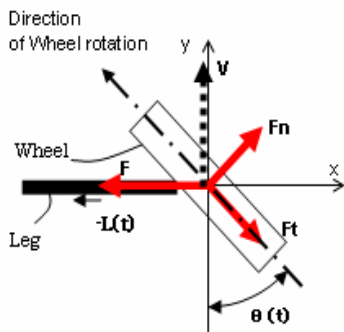


図 1 力関係

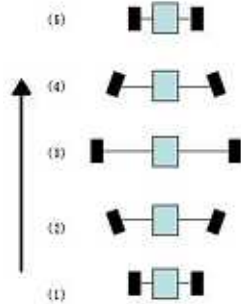
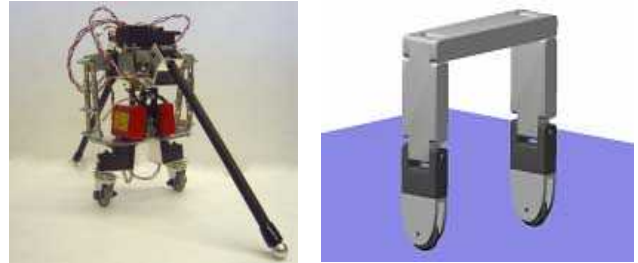


図 2 ロボットの動き

3. 数値シミュレーション

シミュレーションには MSC.visualNastran4D と MATLAB/Simulink を用い,受動車輪型 2 足ロボットの実験機を 図 3(a),簡易モデルは実験機を基に形状,寸法,可動範囲を決定,Pro/ENGINEER で作成し,図 3(b)に示す.モデルの脚の開閉角速度を入力,モデル上部の角速度を出力とし,PID 制御を用いて解析,検討を行った.また,P,I,D それぞれのパラメータの決め方には限界感度法を用いた.PID 制御のブロック線図を

図 4 に示す.ここで,実験機,シミュレーションモデルでの前進,後進などの基本動作を行えることは確認済みである.



(a) 実験機

(b) シミュレーションモデル

図 3 ロボット全体図

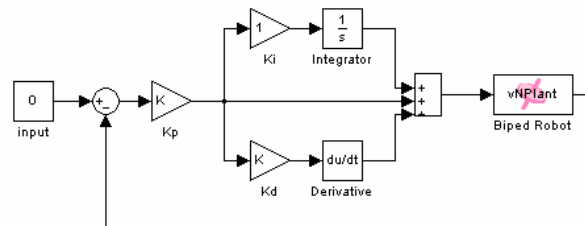


図 4 ブロック線図

4. シミュレーション結果および考察

シミュレーション開始時は脚の開閉可動範囲の中間位置に設定し,前後どちらに倒れても対応できるようにした.車輪角度はさまざまな角度でシミュレーションを行ったが,今回は一例として 50 度で固定した場合を取り上げる.シミュレーションモデルに 1deg/s の角速度を与えた場合のモデル上部の角速度の時間による変化を 図 5 に示す.グラフより,角速度がゼロに収束し,安定していることがわかる.また,シミュレーションモデルは脚の開閉を小刻みに繰り返しながら倒立状態を維持した.このことから脚の開閉により倒立することが確認できた.

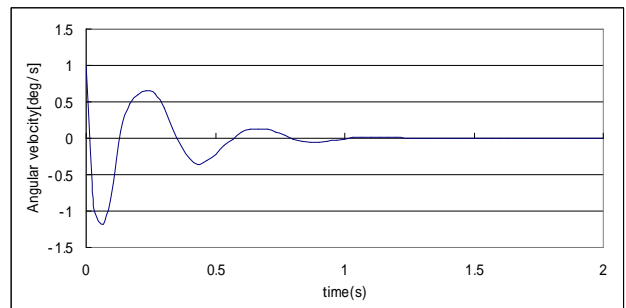


図 5 シミュレーション結果

5. 結言

本研究では,受動車輪を用いた二足ロボットに関してシミュレーションにより脚の開閉によって倒立制御が可能であることが確認できた.

今後は,倒立しながら前進する動きについて,シミュレーション,実験機にて検討していく.