OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	軸足に錘を付けることによるヒューマノイドロボットの姿勢安定化
Author(s)	大森, 一祥
Citation	平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2019
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/71963
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式６

申請先学部　　基礎工学部　採択番号　No.7

平成３０年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏　　名	おおもり　かずあき 大森　一祥	学部 学科	基礎工学部 システム科学科	学年	３年
ふりがな 共　同 研究者氏名		学部 学科		学年	年
					年
					年

アドバイザー教員 氏名	ラミレスイクシェル	所属	基礎工学研究科 システム創成専攻
研究課題名	軸足に錘を付けることによるヒューマノイドロボットの姿勢安定化		
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）		

1. 研究の背景・目的

ヒューマノイドロボットの多くは膝を曲げて歩行する．この理由は主に２つある．１つは逆運動学により関節角度を求め動作しているロボットの場合，脚を伸ばしきるとその姿勢が特異点となり，逆運動学が解けなくなる．もう１つの理由は，脚を伸ばしたまま歩行を行うと，安定した歩行が行えない点がある．本実験では，脚に移動可能な錘を取り付けることにより，重心の真下に来るゼロモーメントポイントを軸足に移動させた．そうすると，歩行時に転倒するという可能性がかなり低くなると考えた．これにより，脚を伸ばした歩行の２つ目の問題である，安定した歩行を行えないという問題を解決できないかを検討し，人のように二足歩行可能かを実験することを目的とした．

2. ゼロポイントモーメント(ZMP)

ブコブラトビッチの定義(参考文献[3])ZMP とは，足裏全体に分布してかかっている床反力の法線成分を，ある一点にかかっていると置き換えたときの作用点のことである．二足歩行ロボットでは床が反力の作用点なので，図１に示す支持多角形内に存在する．

ロボットが片足で立って止まっていると考えるときに，目標 ZMP は重心の真下である．風や床振動などのちょっとした外乱によって目標 ZMP と実際の ZMP は完全には一致せず必ずずれる．このとき，目標 ZMP が足裏(支持多角形)から離れていたとすると，ズレが大きくなるモーメントが生じるため，ロボットは立っていられずに転倒する．逆に，目標 ZMP が足裏(支持多角形)内に存在したときに，モーメントによって転倒しそうになると，実際の ZMP が目標 ZMP を通り過ぎそうすると，逆モーメントになるため元に戻る．目標 ZMP が足裏(支持多角形)の外に出ない限りは元

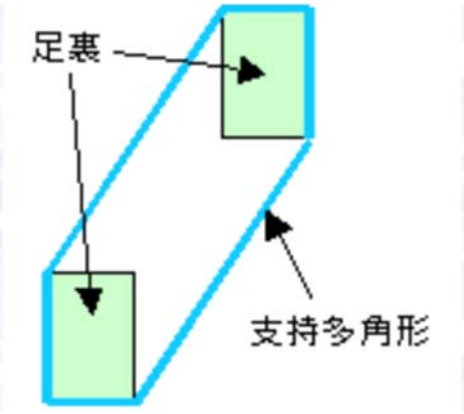

図１ZMP の存在範囲(参考文献[2])

に戻そうとするモーメントが自然と発生するため，倒れないのである．

動いているときでも同じことが起こる．止まっているときの重心の真下に相当する点が，動いているときには目標 ZMP なのだと考えれば良い．そのため，歩行パターンで目標 ZMP が支持多角形の中にあれば安定だろうと考えることができる．

本実験では軸脚の錘を下げることで，軸脚の床反力を大きくして，進める足の錘は腰付近まで持ち上げることで，進める足の床反力を抑える．これにより，腰と足の動きを少なくして目標 ZMP を軸脚の裏に発生するようにしている．

3. 設計・研究方法

図 2 BIOLOID GP

図 3 錘を動かす軸

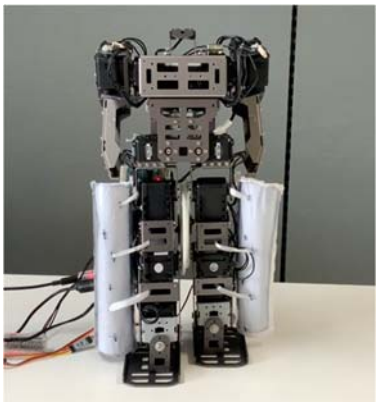

図 4 機体の外観

図 2 に示す ROBOTIS 社の BIOLOID GP の両脚についているコアドモータ 10 個と錘を動かすためのサーボモータ 2 個，200g の錘を用いて実験を行った．コアドモータ 10 個とサーボモータ 2 個の制御は Raspberry Pi 3 ModelB+上で動作させた python で制御を行うようにした．錘をモータで動かすためのもの(図 3)を 3D プリンターで作成し，モータに取り付け釣り糸で錘と結びつけた．実際に作成したものを図 4 に示す．白い筒は錘のレールであり，この中で錘を上下させることで目標 ZMP を軸脚の裏に来るようにする．

4. 歩行の実装結果

参考文献[4]の関数を用いて dynamixel のコアドモータを制御する．この関数には aspberry Pi とコアドモータの接続，コアドモータの ID 振り分け，そして，指定した関節角度にモータを動かすことを可能とする．また，コアドモータのトルクをオフにすることも可能である．歩行モーションの作成には自身で脚をモデル化し，逆運動学で関節角を求めることでも作成できる．しかし，本実験では，歩行モーションは python で動かしたいモータのトルクをオフにして脚を動かし，関節角度をフィードバックして歩行モーションを作成することにした．右足を軸足とし，左足を進めるときのモーションで指定した関節角度で動かしたロボットの画像を図 5 に示す．左脚を上げた時の状態を 2 度指定している．これは，モータの同期がうまくいかず，すべてのモータを同時に動かすことができなかったためである．左足を上げた状態を 1 度しか指定せずに動かすとすると，左脚が地面を蹴り，ロボットが後ろに倒れてしまう．そのため，脚を上げた状態を少なくとも二度は指定する必要がある．

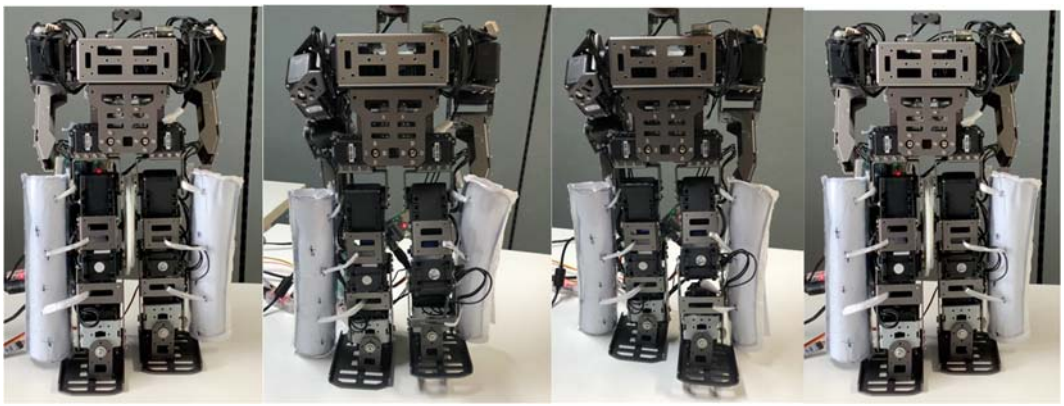

図 5 指定した姿勢

まず，錘を上下運動させなかった場合の一連の画像を図 6~8 に示す.

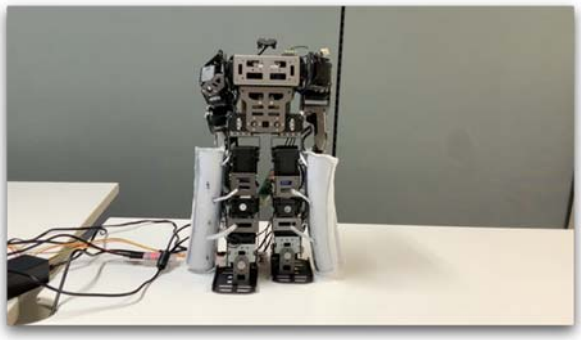

図 6 歩行モーション 1

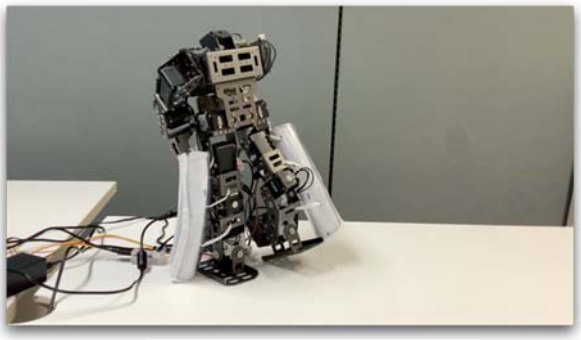

図 7 歩行モーション 2

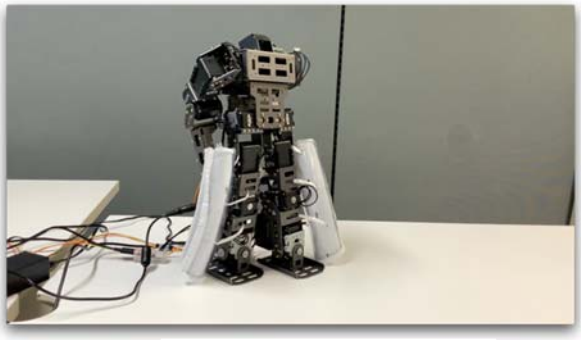

図 8 歩行モーション 3

図 7 に示すように，目標 ZMP が軸脚である右脚の裏に発生していなかったため後ろに倒れ，地面から離れているはずの左足の踵が地面についている．踵が地面についているために転倒が起こることはなかったが，ステップ幅を大きくすると転ぶことが予想される．短いステップ幅だと倒れることはなかったが，踵がついており，目標 ZMP が左脚近くに存在したためか，歩行することはなかった．つまり，左脚が前に動くことはなく，右脚を引きずって後ろに持っていく動作を行ったのである.

次に錘をつけた状態で歩行を行ってみたときの画像を図 9~13 に示す.

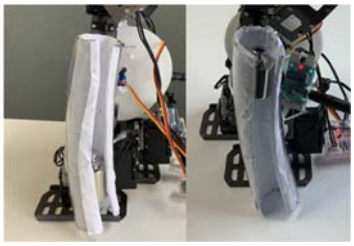

図 9 右脚を軸足とするときの錘の位置

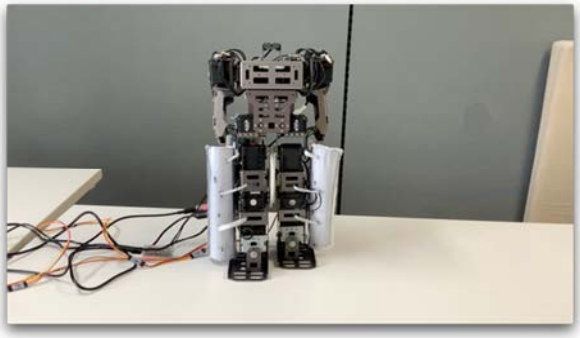

図 10 歩行モーション 1

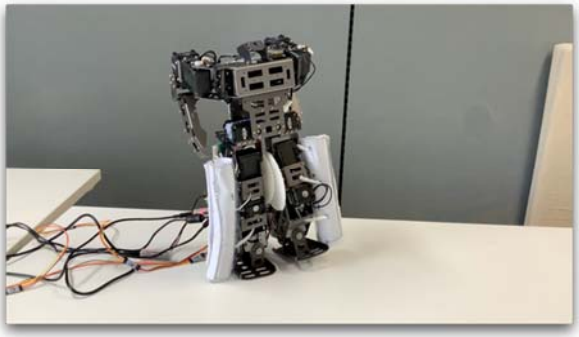

図 11 歩行モーション 2

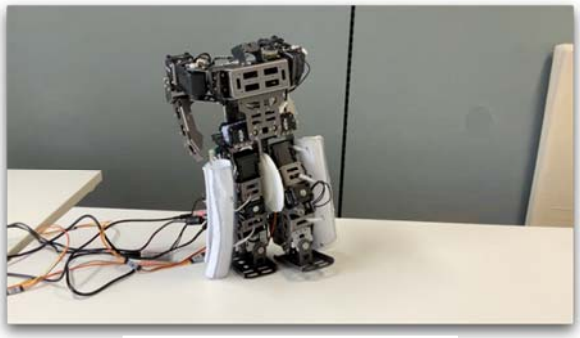

図 12 歩行モーション 3

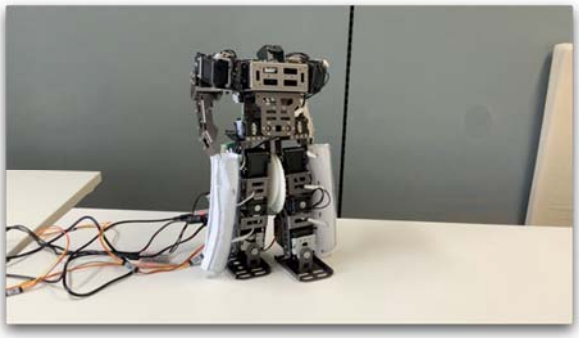

図 13 歩行モーション 4

図 11,12 の左脚をみてもらうとわかる通り，踵が上がり，歩行を可能にした．これより，錘の移動と少しの足首と腰の移動により目標 ZMP が右脚の裏(支持多角形)の中にあり，安定に歩行することが可能になったのだと思われる．しかし，少し左に傾くことは抑えることができなかった．これは重心に偏りがあるにも関わらず同じ出力でモータを動かしたために傾いたと考えられる．

左脚を軸足とした歩行のモーションをうまく作成しきれなかったため，連続で歩かせることはできなかった．しかし，錘をつけていないときと異なり，前に進むことは可能であった．途中で軸脚の足首の角度を変えていたためにロボットが不安定となっていることがわかった．しかし，転倒することなく歩行できることが多々あった．右脚を軸足としたときの歩行は常に成功していたことから，左足を軸足としたときの歩行モーションに修正を加えると安定した連続歩行が行えると考えられる．

参考文献

[1]加藤壮，大久保重範(2008)「小型ヒューマノイドロボットの歩行手法及び制御」
< https://www.jstage.jst.go.jp/article/jacc/51/0/51_0_90/_pdf/-char/ja>
[2]「ZMP(Zero Moment Point:ゼロモーメントポイント)」,
< http://www.ops.dti.ne.jp/~manva/robot/zmp.htm>
[3]「目標 ZMP と歩行の安定性」,
< http://www.ops.dti.ne.jp/~manva/robot/target_zmp_and_stability.htm>
[4]「Python Library for Robotics Dynamixel motors」
< https://github.com/HumaRobotics/dynamixel_hr>