

二足歩行ロボットの歩容学習に関する基礎研究

D-1

Basic Research on Gait Learning of Biped Robot

櫻井 鉄也¹
Tetsuya Sakurai鈴木 秀和²
Hidekazu Suzuki¹ 東京工芸大学 大学院
Graduate School, Tokyo Polytechnic University² 東京工芸大学 工学部
Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

1 緒言

近年、二足歩行ロボットは人間の入れない空間での作業用やエンターテイメント用などを目的として盛んに開発されている。その多くの二足歩行ロボットは歩行をする際、あらかじめ決められた歩行動作をする方法やリアルタイムでの複雑な計算を行い機械的に歩行させる方法などが主流となっている。しかし、人間が歩行する場合は日々の学習によって自然な歩行動作を実現している。このことから、二足歩行ロボットにおいても最適な歩容を学習によって生成できるのではないかと考えられる。そこで、本研究では二足歩行ロボットのハードウェアに最適な歩容を学習から生成することを目標とするが、この目標を達成するためには安定して動作を行うハードウェアとソフトウェア環境が必要である。その過程として二足歩行ロボットのハードウェア製作と基礎的な制御法の構築を行う。

2 ロボットの構成

2.1 ロボット要件

二足歩行ロボットの製作にあたり、全高ははじめ研究所の小型ロボットやアルデバラン ロボティクス社の Nao を参考に 600[mm] をベースとして設計を行う。また、人体の比率を元に足先から脚部の付け根までの高さを 300[mm] として脚部の製作を行った (図 1)。自由度は左右、ピッチ軸に各 3 軸、開脚のためにロール軸に各 2 軸、旋回のためにヨー軸を加えた計 12 自由度となっている。

2.2 サーボモータ制御ユニット

二足歩行ロボットは歩行する際、片脚にロボット全体の重量がかかる。そのため脚部に使用するサーボモータは必要となるトルクを満たさなければならない。また、動作や設計の妨げにならないようにするために、複数のモータを数珠つなぎで接続できるデジチェーン方式のモータが必要である。この 2 つの理由を満たすことから Dynamixel MX シリーズを採用する。Dynamixel MX シリーズの通信方法は、TTL と RS485 の 2 つが存在するが、ノイズに強いという特徴から RS485 接続を採用する。サーボモータの制御には RX62T マイコンを使用しており、PC から指示された目標位置・目標速度に対し、RX マイコン側でパケットを生成しサーボモータに送信する。

3 制御式の導出

複数のリンクが接続されている関節を試行錯誤を重ねて制御し、適切な足先位置・姿勢に動作させることは難しい。そのため、複数の関節を簡単に制御する制御式の導出を行う。導出する方法として、製作した脚部をマニピュレータとして考え、各リンクに適当な座標系を決定し同次変換行列を解いていく。このとき、脚部の付け根部分を起点とし、決定した座標系と直接リンクでつながっている次の座標系の関係をリンク図として表す (図 2)。次に、リンク図を元



図 1 製作した脚部

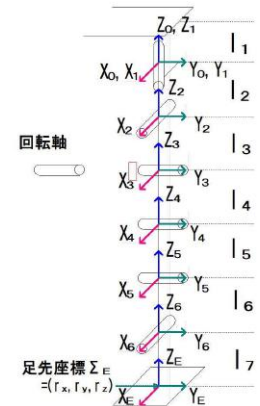


図 2 リンク図

に X 軸をロール、Y 軸をピッチ、Z 軸をヨーとし、同次変換行列の積をとり足先位置・姿勢と関節角度の関係式を導出する (順運動学)。そして、拘束条件を加えることで足先位置 (r_x, r_y, r_z) ・姿勢 (θ_1) から各関節角度を制御するための制御式を導出することができる。逆運動学より求めた制御式は下記のようなになる。

$$\theta_2 = -\theta_6 = -\tan^{-1}\left(\frac{Y}{r_z + l_6}\right) \quad (1)$$

$$\theta_3 = \pm \cos^{-1}\left(\frac{A^2 + B^2}{2l_3\sqrt{A^2 + B^2}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \quad (2)$$

$$\theta_4 = \pm \tan^{-1}\left(\frac{l_3 \sin \theta_3 + B}{l_3 \cos \theta_3 - A}\right) - \theta_3 \quad (3)$$

$$\theta_5 = -(\theta_3 + \theta_4) \quad (4)$$

$$\text{ただし, } A = -\frac{r_z + l_6}{\cos \theta_2}, \quad B = X$$

$$X = r_x \cos \theta_1 + r_y \sin \theta_1 \quad Y = -r_x \sin \theta_1 + r_y \cos \theta_1$$

また、導出した制御式を製作した脚部に搭載し、適切な関節角度が算出されていることを確認した。

4 結言

今回、脚部の製作とサーボモータの制御ユニットの製作を行った。また、製作した脚部の制御式の導出を行った。そして、導出した制御式の動作検証を行い、適切な関節角度になっていることを確認した。今後は、本研究の最終目標である二足歩行ロボットのハードウェアに最適な歩容を学習によって生成することを目指す。

参考文献

- [1] 吉川 恒夫: "ロボット制御基礎論", コロナ社, 2000
- [2] 高田 洋吾: "入門 ロボット工学", 森北出版, 2017