D02

月面基地内利用 2 足ロボットの関節負荷解析

Analysis of Joint Load of Bipedal Robot Used in Moon Base

○正 小松 督^{*1}, 正 佐藤 純^{*1}, 高橋 良光^{*2}
Tadashi KOMATSU^{*1}, Jyun SATOI^{*1}, Yoshiteru TAKAHASHI^{*2}

^{*1} 関東学院大学 Kanto Gakuin University

^{*2} 元関東学院大学 Former member of Kanto Gakuin University

Key Words : Humanoid Robot, Bipedal Locomotion, Moon Base, Jumping and Running, Control

月面基地建設の検討が日本をはじめとしてさまざまな国でおこなわれていて、そこではロボットの活用が期待されている。われわれは基地室内で人の生活をサポートするヒューマノイドロボットを取り上げ、微小重力下での低速移動が主体で、床面が平面という特徴を反映した 2 足ロボットの運動形態について、前回エネルギー消費の面から検討した⁽¹⁾。そこで、今回はアクチュエータ出力トルクの面から検討をおこない、同じ速度で移動させる時、出力の面でも歩行は跳躍よりもモータ容量の節約になり、運動モードとして適していることがわかった。

図 1 に本研究で用いた 2 足ロボットの骨格系を示す。1 本の足は腰・膝の 2 つの関節を持ち、矢状面内の運動に限定した。また、このモデルは足首がない。図 1 で、地面において水平方向に X 軸を、垂直方向に Y 軸を設定し、 X_1 と Y_1 は腰の慣性座標系での位置を表している。また、 θ_i は各関節の絶対角度、 T_i は各関節の駆動トルク、 Fg_i は足に作用する垂直・水平方向の床から足に働く外力、 m_i は各リンク質量、 l_i はリンク長を表す。ここでは、ラグランジュの運動方程式の一般形を導出した。制御には Central Pattern Generator によるリズムジェネレータ、目標移動速度に対する速度フィードバックをおこなう速度調整システム、姿勢制御の 3 つのシステムから構成される H-CPG 制御方法を用いることとした⁽¹⁾。

シミュレーションで用いた物理的パラメータは人を参考に、 l_1 と l_3 は 0.4 m、 l_2 と l_4 は 0.45 m、 m_1 を 27 kg、 m_2 と m_4 を 0.2 kg、 m_3 と m_5 を 0.4 kg とした。徐々に増速して 0.8 m/s までの 20 秒間の運動に対して、図 2 から図 4 に膝トルクを、最大トルクと総エネルギーをまとめたものを表 1 に示す。これによりエネルギー消費に加えて、トルク負荷の面でもモータ容量が節約できる歩行運動がロボットには適していることがわかった。

Fig.1 Dynamic model.

Fig.2 Knee torque.
(walking on earth)

Fig.3 Knee torque.
(walking on moon)

Fig.4 Knee torque (running).

Table 1 Energy consumption for each motion mode

Motion mode	Maximum torque for hip [N·m]	Maximum torque for knee [N·m]	Total energy of the motion [J]
Walking (earth)	240	330	6800
Walking (moon)	62	47	1240
Running (moon)	140	441	7000

文 献

- (1) 小松督, 佐藤純, 高橋良光, “月面基地内利用 2 足ロボットの運動特性”, 第 27 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス講演論文集, No. 18-92 (2018), 1B1.