バイオメカニカルな跳躍メカニズムの提案

Proposal of jump mechanism based on biomechanics

○坂井康樹, 百生 登*, 大島 徹*
小柳健一*, 松野隆幸*, 藤川智彦**

富山県立大学 工学部 機械システム工学科
*富山県立大学 工学部 知能デザイン工学科
**富山商船高等専門学校 電子制御工学科

Sakai Yasuki, Dept. of Mechanical systems Engineering, Toyama Prefectural Univ.

*Noboru Momose, *Toru Oshima, *Ken-ichi Koyanagi, *Takayuki Matsuno,

Dept. of Intelligent Design systems Engineering, Toyama Prefectural Univ.

**Tomohiko Fujikawa, Dept. of Electronically controls engineering, Toyama Nat. Coll. of Mar. Tech.

1. 結論

近年、ヒューマノイドロボットをはじめ、様々な動物規範型ロボットが開発されている。動物規範型ロボットの移動は脚を使った歩行が基本である。ロボットによる歩行動作の生成には膨大な計算を瞬時に行うことが必要とされ、それらはコンピュータの進歩により実現されている。しかし、さらに移動速度が速い走動作や、その基本となる跳躍動作ではさらに高速な計算が必要となる。一方、モデルとなった動物は、走行、跳躍など現在のロボットでは困難な瞬発的な動作を容易に実現している。瞬発的な動作において、神経伝達速度などを考慮すると中枢神経系の関与は薄く、反射程度の単純な制御のみで、動物特有の筋骨格のメカニズムにより、それらの動作が実現されていると考えられる。動物とロボットの筋骨格のもっとも大きい構造的差異は、動物特有の二関節筋であり⁽¹⁾、この二関節筋が動物の四肢の運動制御に重要な役割を果たしていることが示唆されている^{(2),(3)}。本研究では、動物の筋配列を参考としたリンク機構において、跳躍動作時の二関節筋機構の優位性を解析的に明らかにする。

2. 脚メカニズム

動物の四肢は1つの関節にのみ作用する単関節筋と、2つの関節に同時に作用する二関節筋からなる。下肢の二関節筋であるヒップ筋の跳躍動作への有効性の検証^{(2),(3)}などから、高速・高出力な運動に対しにて、二関節筋が大きく関与していることが示唆されている。本研究では多リンクのモデルに、動物の二関節筋を模倣し、2つの関節をまたぐ平行リンクを配したモデルについて検証を行った。Fig.1に検証に用いた

Fig.1 Multi-link jump model

単関節駆動のみのモデル(model(a))と、単関節駆動のモデルに平行リンクを配したモデル(model(b))を示す。単関節駆動のみの model(a)は既存のロボットの脚メカニズムに相当する。

3. 解析

モデルの脚先で発揮される出力の方向が系の重心方向を向くことにより、回転運動が抑えられ安定した跳躍を行うことができる。また跳躍動作において回転運動を抑制することは、各関節のトルクを有効に使用していると言える。モデルを集中質点系とすると、単関節駆動のみのmodel(a)では、脚先での出力の方向が系の重心を向くためには、各関節のトルク T_i が式(1)を満たすように制御する必要がある。 h_i は脚先と重心を結ぶ直線までの各関節の距離である。

$$h_i / T_i = \text{const.} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

model(a)に対し、平行リンクを配した model(b)では、隣り合う関節が平行リンクにより、互いに拘束を受け関節トルクが調整される。 n 番目までの全ての隣り合う関節間に平行リンクを配すると、各関節トルクは床反力が系の重心を向くように調整される。また、平行リンクによって関節トルクの伝達がおこるため、 n 個の関節すべてにトルクを与える必要はない。駆動する関節数を削減した場合においても、その数に関係なく関節トルクが調整され、床反力は重心方向を向く。

コンピュータシミュレーションから、質点のレイアウトにより床反力の方向が変化することを確認した。質点が重心に集中するにつれ、床反力の重心方向からのずれが小さくなる。これはモデルによる検証内容と一致する。

4. 結論

本研究で提案した平行リンクを用いた脚モデルは、床反力が調整されることによる制御の単純化、平行リンクによる動力伝達によりアクチュエータ数が削減でき、重量の軽減にも寄与する点から、跳躍動作において単関節駆動のみの脚メカニズムと比較し優位であると言える。

参考文献

- (1) T.Oshima, T. Fujikawa, M. Kumamoto: Actuator Arrangement and Motion form of Vertebrate Leg, J. Robotics & Mechatronics, 14(3), 262-269, (2002)
- (2) G. J. van Ingen Schenau, M. F. Bobbert, A. J. van Soest: The Unique Action of Bi-articular muscles in Leg Extensions, Multiple Muscle System, J. M. Winters and S. L-Y. WooEds, Springer-Verlag, 639-652, (1990)
- (3) T. Spägle, A. Kistner, A. Gollhofer, Modelling, Simulation and Optimization of a Human Vertical Jump, J. Biomechanics, 32, 521-530, (1999)