

鳥の歩容が身体の大きさによって異なる理由

伊藤慎一郎¹

¹ 工学院大学 (新宿区西新宿 1-24-2)

The reason why the walking gaits of the birds varies according to physical sizes

Shinichiro Ito¹

¹Kogakuin University (1-24-2 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677)

The bird varies the way of walking by physical size. A relatively big bird does bipedalism by right and left legs alternation. There are no big birds by hopping with two pairs of legs together like a sparrow. Generally, the movement of the creature is optimized by the living form, and the physical form changes, too. And the optimal motion is classified with emergency motion and normal motion. The walking gait is the least cost of energy consumption. From the viewpoint of energy cost, both of the walking of a big bird and the hopping of a small bird should be a movement of the least cost of energy consumption related to their physical structure.

1. 初めに

鳥は身体の大きさによって歩容が異なる。ダチョウなどの大きな走鳥類は元より、セキセイインコ程度の鳥でも、足を左右交互に出す二足歩行をする。一方、スズメのように小さな鳥は二足を揃えてホッピングで移動するが、ホッピングする鳥には大きな鳥はいない。一般に生物の動きはその生活形態によって最適化され、身体の形態も変化する。そして最適な動きは緊急時の動きと平常時の動きに二分される。歩容に関しては、後者の動きになり、それはエネルギー最小の動きとなる。それではどうして大きな鳥と小さな鳥で歩容形態が異なるのであろうか？

肉食動物は草食動物、小動物を餌とする。そのために草食動物、小動物は捕食者から逃げるための走力を身に付ける必要がある。小鳥たちは少ないエネルギーコストで常に速く移動する術が必要となる。

それではなぜ大きな鳥たちは二足歩行で、小鳥たちはホッピングするのであろうか？ T. J.

Dawson ら[1]はカンガルーが Fig. 1 に示すように移動速度が時速 6~7km/h 以下の時は 4 足歩行あるいは尻尾まで使った 5 足歩行し、また、消費エネルギーと歩幅も速度に比例して大きくなることを見出した。しかしながら 7km/h 以上になると二足ホッピングを始める。歩幅は速度に比例して大きくなるが、消費エネルギーは速度が上がるにつれて逆に減じていることを報告している。すなわちカンガルーは移動速度に応じてエネルギーコストの少ない動き方をしているのである。これはカンガルーの大きな後ろ足の構造がエネルギーコストに大きく関係している。カンガルーの後ろ足の巨大なアキレス腱と靭帯がバネの役割をして着地エネルギーをこれらに貯めて、次のステップに吐き出すことで連続ホッピングのエネルギーコストを下げているとしている。

これをヒントに鳥の歩容の違いを身体の構造から本研究では解析した。

2. 解析方法

フルード数による歩きの分類：歩きに関するフルード数は運動エネルギーと位置エネルギーの比であり、以下の式で表すことができる。

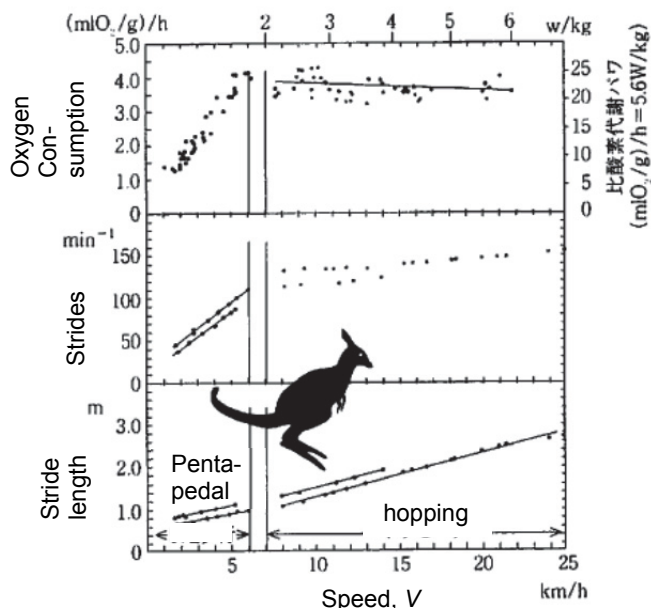


Fig.1 Walking and running of Kangaroos

$$Fr = \frac{v^2}{gL} \approx \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mgL} = \frac{\text{Potential Energy}}{\text{Kinetic Energy}}$$

Eq. 1

ここで、 m は動物の体質量、 v は歩行速度、 L は足の長さであったり、重心までの長さであったりするが、本研究では重心までの長さ（胴体の中心）としている。一般的に $Fr \approx 0.5$ は歩行から走行に変移する大きさである。このフルード数を用いて、各種鳥の歩行速度を分類してみた。また身体の高さから逆算して、ホッピングする鳥の歩行速度を推定してみた。

3. 結果

図2は大きさの異なる各種の鳥の歩行速度とその形態を記したものである。大きな鳥達に比べて、スズメのホッピングスピードは極めて大きいことがわかる。鶴は大きな身体にも関わらず、歩行速度は低い。これを前述したフルード数に変換したものが図3である。鳥の歩行は0.2以下であるのに対して、走りは1.0を超え、ホッピングに至っては1.8以上であることがわかる。図4は体長と歩行速度の関係を示す。歩行速度と体長はほぼ線形な関係にあり、これを用いて体長0.09[m]のスズメが仮に歩いたと仮定すると0.16[m/s]の歩行速度となり実際の1.3[m/s]の10分の1程度の大きさになることがわかる。

4. 考察

歩行する鳥の小さな鳥達は絶えず捕食者から狙われていることを考慮すると、Fig.4で示すようなゆっくりした速度で歩行すると簡単に捉えられてしまう。

一方ホッピングする鳥達の足と二足交互で歩行する鳥達の足の形状を比較すると、Fig.5に示すようにホッピングする鳥は、逆折れの膝に見られがちな踵の部分のアキレス腱と足先の靭帯が極めて発達しており、かつ、その角度が鋭角であり、ホッピングのエネルギーを貯めやすい構造になっているのに対し、二足交互歩行をする鳥たちは、踵（逆折れ膝）の角度が直線的であるか、あるいはアキレス腱が非常に短く、ホッピングのエネルギーを貯めにくいことがわかる。この体の構造により、小さな鳥はホッピングにおいてもエネルギーを消費せずに移動できると推測する。

4. 結論

鳥の歩容形態についてエネルギーコストと脚の構造から考察し、小さな鳥は移動速度の高いホッピングにおいてもエネルギーを消費せずに高速移動できることがわかった。

References

T. J. DAWSON* & C. R. TAYLOR, Energetic cost of locomotion in Kangaroos, Nature 246, 313 - 314 (30 November 1973); doi:10.1038/246313a0

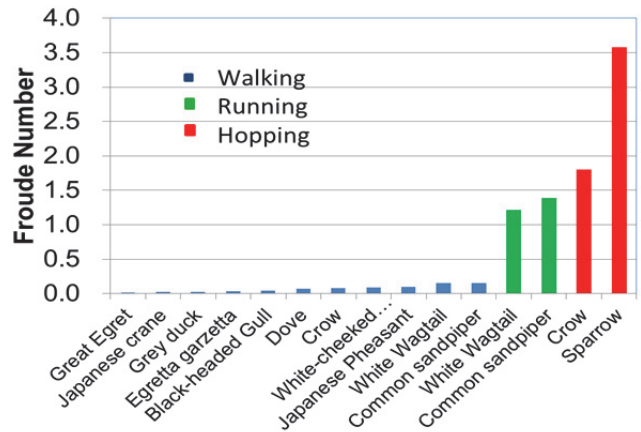
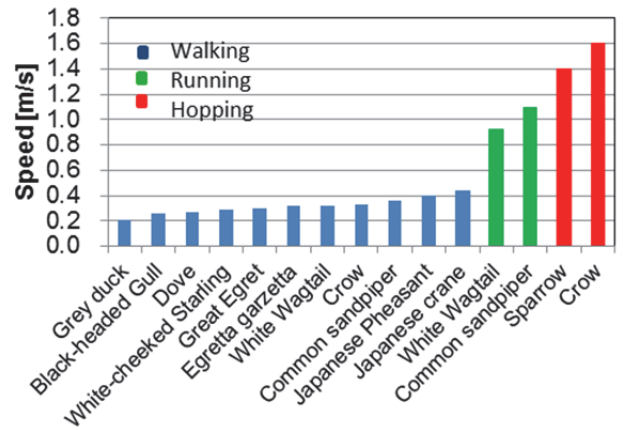


Fig.3 Walking Froude numbers of birds

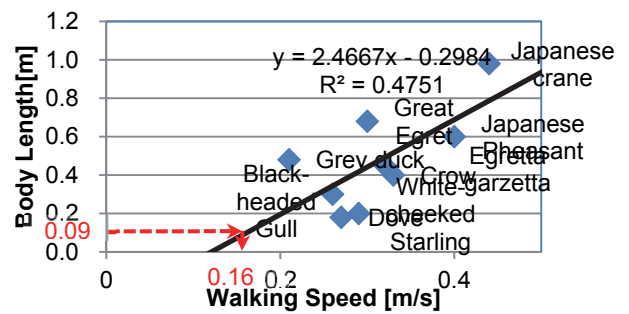


Fig.4 Prediction of walking speed of sparrows if they walk.

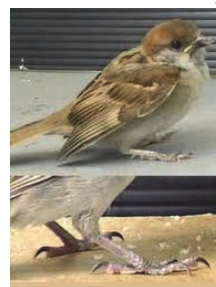


Fig.5 Structure of legs for hopping bird and walking bird