

ハイスピードカメラを用いたマダラシミの移動速度解析

千歳科学技術大学 ○奥田 直人、平井 悠司、下村 政嗣、青木 広宙

要旨

摩擦は自動車の機構や人工関節など、様々な分野で問題にされており、このような問題を生物の構造を模倣して改善することができると考えられている。生物の表面の摩擦力を測定するためには、その生物の普段の移動速度がわかっていなければ、本来のその生物が持つ摩擦特性を明らかにすることができない。そこで、本研究では、土や紙など狭い環境で生活するマダラシミを対象とし、ハイスピードカメラを用いて撮影し、移動速度の経時変化を画像解析により算出したので報告する。

1. はじめに

摩擦は、自動車の機構や人工関節など、様々な分野で問題にされている。自動車であれば、ピストンとシリンダ間で摩擦が発生し本来移動するエネルギーの大部分をそこで損失する。他にも、車体と大気間で発生する流体摩擦によってエネルギーを浪費している。人工関節では、ソケット部の摩耗によりその摩耗粉が発生し人体に害を与える。このように摩擦の問題を改善することはエネルギーや医療の問題解決に大きく貢献することにつながる。この問題を改善する一つの方法として、生物の表面構造の模倣が挙げられる。

生物の表面には様々な表面がある。例えば海を速く泳ぐサメの肌にはディブレット構造があり、整流効果と呼ばれる現象により流体摩擦の低減をしている^[1]。このように生物の表面には、その生物が必要とする実現するための機能を携えている。

今回、われわれは摩擦の問題を解決するための検体を行う上で、土や紙等の狭い環境下で生活するマダラシミに注目した。狭い空間で生活しているマダラシミは、その表面に摩擦や摩耗が発生することから、それらを防ぐ表面構造を持っていると考えられる。その摩擦特性を測定するためには、マダラシミが普段どの程度の速度で生活しているかを知る必要がある。そこで本研究ではハイスピードカメラを用いてマダラシミを撮影し、画像解析により移動速度の算出を行なった。



Figure 1. *Thermobia domestica* (firebrat).

2. 実験方法

白い容器の中に白色の布地を貼付け、ハイスピードカメラ（カシオ社製 EXILIM PRO EX-F1）、ライト（白色蛍光灯）を設置し、容器内を移動するマダラシミを撮影した(Figure 2.)。

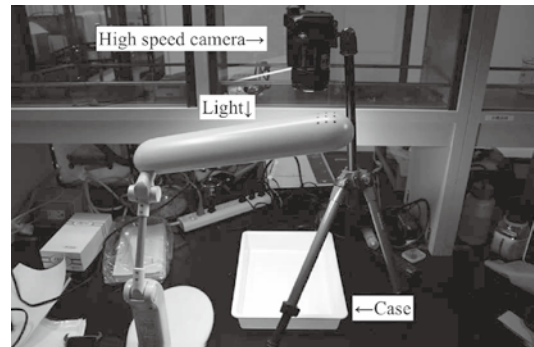


Figure 2. Configuration of measurement system.

白い布地は横 18.5 cm、縦 28.0 cm で、ハイスピードカメラのフレームレートは 300 fps である。撮影したカラー動画画像をフレーム分割し、各フレームに対して単純平均法を用いてグレースケール変換を行なった。

$$(R+B+G)/3 = V \quad (1)$$

R は赤の画素数、 B は青の画素数、 G は緑の画素数、 V はグレースケールの輝度である。

その後、グレースケール変換した画像を 50 以下の輝度を黒、それ以上の輝度を白となるように閾値処理し 2 値画像に変換した後(Figure 3.)、マダラシミに該当する画素からなる領域のラベリングを行なった。

そしてマダラシミの重心(x_g, y_g)を以下の式から求めた。

$$x_g = 1/n \sum_{i=0}^{n-1} X_i \quad (2)$$

$$y_g = 1/n \sum_{i=0}^{n-1} Y_i \quad (3)$$

x_g は重心の X 座標、 y_g は重心の Y 座標、 n はラベリングされた画素数、 X_i は横の画素数、 Y_i は縦の画素数、 i は行数である。そして、重心座標の変化からマダラシミの移動速度を求めた。

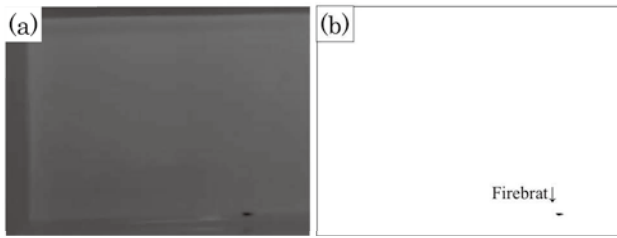


Figure 3. (a) Original image and (b) Binary image.

3. 実験結果

マダラシミの移動の軌跡を Figure 4. に示す。

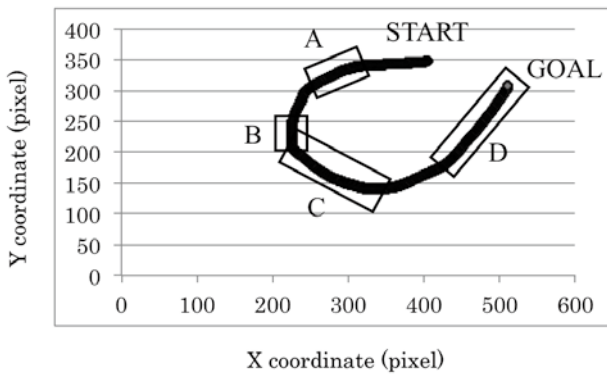


Figure 4. Movement locus of firebrat.

直線に近い軌道部分を A、B、C、D とした。0.1 秒毎に算出されたマダラシミの速度を Figure 5. に示す。

この結果からマダラシミの移動速度の範囲は 40~90 mm/s であることが明らかとなった。また、この時の平均速度は 65.24 mm/s であった。

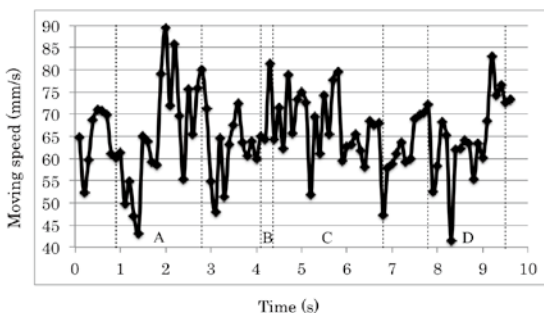


Figure 5. Movement speed of firebrat.

Figure 5. の結果の速度分布を Figure 6. に示す。この結果から 60~70 mm/s の速度が大きく、直線に近い軌道 A、B、C、D での速度は 60~70 mm/s と同等か、それ以上の速度で移動していることがわかった。

4. 考察

同じ陸上で移動するアリの速度と比較すると^[2]、マダラシミはアリよりも秒速 10 mm 程度速く移動することがわかった。マダラシミはアリより速く動くことから、本来、マダラシミの体表面で大きな摩擦や摩耗が

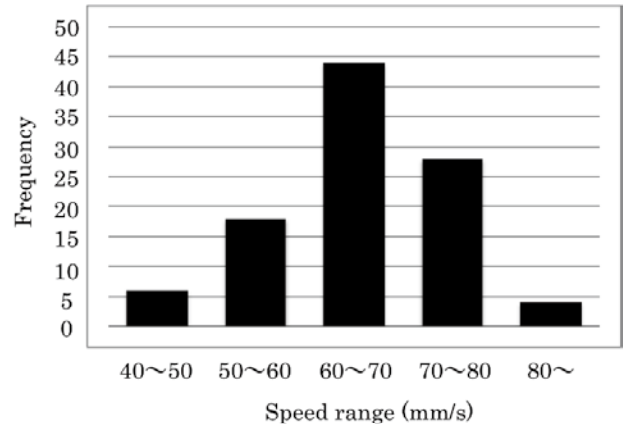


Figure 6. Histogram of movement speed.

発生しているものと考えられた。しかし、それでは体表面を傷つけてしまうため、マダラシミの体表面には摩擦や摩耗を抑える特性があるものと示唆された。

5. おわりに

本実験ではハイスピードカメラを用いてマダラシミを撮影し、画像解析により移動速度の算出を行なった。その結果、マダラシミの移動速度は 60~70 mm/s であることが明らかとなった。マダラシミと同様、陸上で移動するアリの速度と比較するとマダラシミの方がアリより秒速にして 10 mm 速く移動していることがわかった。この結果からマダラシミは、摩擦や摩耗を低減する体表面を持っているものと示唆され、マダラシミの表面構造とその機能について分析することは摩擦低減に有効であると考えられた。

今後は、この実験結果をもとに、マダラシミの摩擦力測定を行ないたいと考えている。

参考文献

- [1] S.A. WAINWRIGHT, F. VOSBURGH, J. H. HEBRANK: "Shark skin: Function in Locomotion ", SCIENCE, 202, 17, 1978
- [2] 井口豊, 柴明: "クロヤマアリの移動速度", 昆虫と自然, 23(13), 24, 1988