小生物の遊泳時に見られる渦について

Vortex observed in swimming of a small animal

学 〇市川 誠司 (東洋大院) 正 菊地 謙次 (東洋大)
望月 修 (東洋大)

Seiji ICHIKAWA, Toyo University, 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama
Kenji KIKUCHI, Toyo University, 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama
Osamu MOCHIZUKI, Toyo University, 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama

Key Words : Vortex, Insect, Plankton, Swimming, Thrust

1. 緒言

アメンボ、くらげ、プラインシュリンプ、ボウフラなど小さな生物が遊泳するときに、渦対が観察される。これがなぜ発生するのかを明らかにし、この循環から推進力を見積もる方法について述べる。

Fig. 1 Vortex observed at start of locomotion: a) zooplankton, b) jellyfish, c) mosquito larva

2. 実験方法

急加速による渦の生成を模擬して、図2に示すような水中を急発進する円板の後方にできる渦の循環と力の関係を調べた。

Fig.2 Vortex formed by impulsive-started circular disk

3. 結果と考察

魚の推進では、尾鰭の後方にみられる噴流タイプの渦が観察されることからジェット推進として理解されている。これに対して、小生物が推進する際に観察される渦の回転方向は図1にみられるように後流タイプが多い。著者らはこれに疑問を持ち、小生物の推進と渦形成について調べてきた。

プランクトンの触角やクラゲの傘の先端を急に動かすことによって推進するのは観察から明らかである。そこで、図3に示すような物体によって瞬間的に引き起こされる流れを考えてみる^[1]。急に動き出した物体の先端の速度を v としよう。

Fig.3 Schematic figure to explain relation between potential vortex and observed vortex.

この物体の運動によって $v = -\text{grad}\phi$ となる速度ポテンシャル ϕ をもつ a で示したポテンシャル渦がまず形成される。このとき撃圧力 p は $p = -\rho\phi$ で表される。ここに r は流体の密度である。物体の動く速度が大きければ大きいほど渦中心の撃圧力は低くなり、ポテンシャル渦であるから渦核半径は無限小である。すなわち観察の空間分解能以下となる可能性が大きい。Kelvin の循環定理から a の渦とは異なる回転の渦 b が同時に形成される。こちらの渦は無限小である必要はないので、これが観測されることになる。ただし、循環の値は a と同じである。この物体が流体に与えたエネルギーは渦に保有される。渦のエネルギーは循環の2乗に比例する。したがって、観察された渦の循環を計測すれば渦のエネルギーが求められ、逆に物体が渦形成にした仕事を見積もることができる。したがって、この仕事から、物体が流体に与えた力、つまり推進力、を見積もれる。

4. 結言

観察される渦は撃圧力により形成される無限小渦の対となるものである。渦と物体先端の移動速度の関係から、流体に与えた力を求めることができ、その反力として推進力を見積もれる。

参考文献

[1] 今井功著、流体力学 (前編)、p.p. 105-107, 裳華房、1978.