

近畿大学理工学部 正 員 江藤 剛治
 近畿大学理工学部 正 員 竹原 幸生
 近畿大学大学院 学生員 ○雑賀 敦子

1. はじめに

球を流体中で落下させるとカルマン渦により不規則に揺れながら落ちる。リングの場合はどうか。

もし非常に安定した状態で落下するならば、色々な応用が考えられる。例えばリング状のバルーンを作り、中央に計測器や小型ビデオカメラを付ければ、大気中の雨滴粒子の撮影などに威力を発揮するかもしれない。

まず予備的な研究として、透明円筒水槽中でいくつかの種類のリングを落下させて動きを観察した。

2. 実験装置と条件

[1]水槽の概形を図1に示す。

水槽は内径8.5cm、外径9.0cm、高さ82.5cmの円管に縦15.5cm、横23.5cm、幅0.5cmの底面を取り付けたアクリル製である。

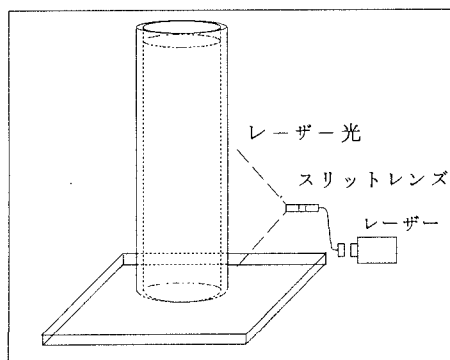


図-1 水槽の概形

[2]リング・球の特性を以下に示す。

材料はアクリル、またはテフロン製である。リングの外径13.3~4.0cm、断面の直径0.18~0.86cm、重量25.93~0.62g、体積14.0~0.19cm³である。球の直径9.95, 9.10cm、重量15.2, 0.62g、体積1.2, 0.5cm³である。

[3]水温約20℃の水道水を使用する。

[4]水に食塩を加え、食塩水濃度を調節することにより、レイノルズ数を変化させる。

[5]可視化方法としては、アルミ粉法、および独自に工夫した以下の方法を用いた。

リング・球に、ウランやアリニンプルー水溶液にコンデンスミルクを混ぜたものを塗布する方法やオロナインを水に溶かす方法を使用した。オロナイン法はアルミ粉法より詳細に可視化できる。原理はアルミ粉法と同様、粒子が扁平な結晶になっているからだと思われる。

[6]照明には、アルゴンイオンレーザーをスリットレンズで鉛直のシート光にしたものを照射する。

3. 速度・レイノルズ数

リングを水平に保ち静かに放す。

ここでレイノルズ数(Re)の計算には断面の直径を用いている。内径/外径の比が大きいときは、外径を用いることも必要になる。

リングの落下速度約6.0~35.5cm/s、レイノルズ数は267~1806になった。球では速度27.9, 41.2cm/s、レイノルズ数は2763, 11955になった。

速い落下速度のリングと遅い落下速度の球のレイノルズ数が同じオーダーである。

4. 運動の観察

[1]水の場合

図2に示すように、全般的に見て、リングはまっすぐ落下する。球は左右に振れながら落下する。

ただしリングの場合でも、速度・レイノルズ数が大きくなると、図中に点線で示すように軸のまわりを上下に振動しながら落下する。この場合も鉛直方向にはまっすぐ落下する。

[2] 食塩水の場合

低レイノルズ数での実験を行うためには、水に食塩を加え比重を大きくした食塩水にリングを落下させた。

水中落下の際、円筒水槽の壁により及ぼされる影響を考慮し、外径が小さく振動があまり見られないリング(外径4.0mm, 断面の直径0.45cm, 重量1.9g, 体積1.04cm³, 水では速度6.0cm/s, Re=267)を使用した。

以下の条件では縦方向の振動も起こらず、完全に安定した状態でまっすぐに落下した。

$$71.0(2.52\text{cm/s}) \leq Re \leq 230.5(4.62\text{cm/s})$$

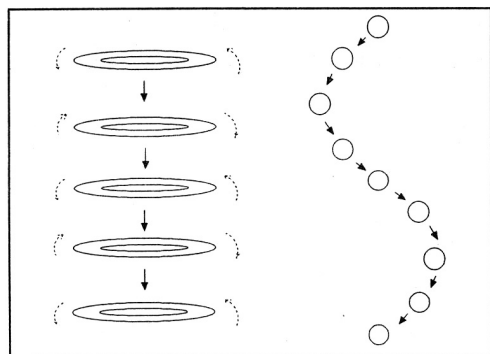


図2 リング・球の自由落下

[3] 復元力

リングには、最初多少の振動みられても、安定状態に戻ろうとする復元力が働く。低速な時ほど復元力が大きいようである。球に関しても、低速なほど蛇行の軌跡が緩やかなカーブになる。

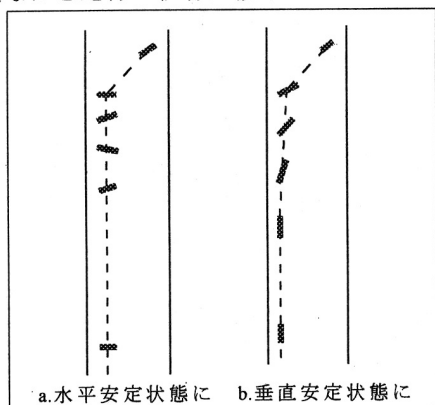


図3 安定状態に復元

復元力を観察するために、リングを斜めにして落とした。落下時に復元力が働き、水平な安定状態に戻ろうとする(図3参照)。

ただし、最初の角度が水平に対して大きいと、垂直を保って落下する安定状態なる。

5. リング周りの流れの可視化

例を写真1, 2に示す。使用するリングは食塩水の場合と同様のものを用いている。

[1] 写真1はリングにアニリンブルーとコンデンスミルク混合液を塗布したものである。リングの後流に等間隔で渦輪が並んでいることが良くわかる。

[2] 写真2はオロナイン法による可視化である。非常に安定した渦輪列が可視化されている。

(この方法は、実験中に手が荒れるので、手にオロナイン薬を塗っていて偶然発見したものである。)

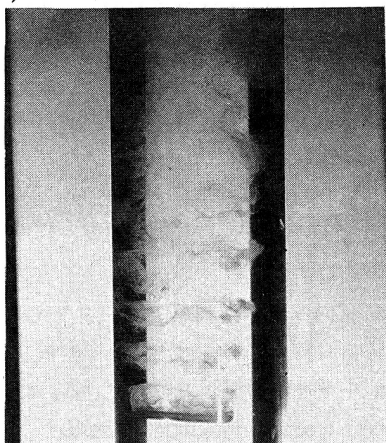


写真1 可視化実験

(アニリンブルー+コンデンスミルク混合液)

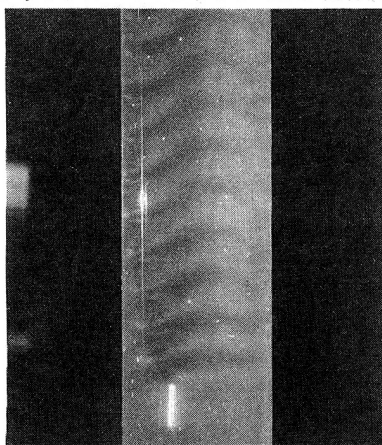


写真2 可視化実験

(オロナイン法)