

2次元セル中の気泡の振動上昇

今野 裕介

平成20年3月13日

1 はじめに

気泡が水中を浮力で上昇する際に、振動しながら上昇する様子が観察できる。この課題演習では2次元のセルをつくり、その中を上昇する気泡の振動の様子を調べた。

2 実験

2.1 実験方法

アクリル板を用いて高さ37cm、幅7cm、隙間0.4cmの2次元セルを製作した。セルの中を水で満たし底からシリンジで空気を送って気泡をつくり、気泡の上昇の様子を高速度カメラで撮影した。

2.2 実験結果、解析

気泡のサイズを変えていくと、図1に示すように軌跡や形状に変化がみられた。気泡が小さい内は形状はほぼ円だが、大きくなるに従ってより扁平な楕円に近い形となり、変形が目立つようになるのがわかる。さらに気泡が大きくなるとクラゲの頭のような形となり、その軌跡はほとんど振動しなくなる。

振動をするものについて気泡のサイズ(面積)と振幅の関係を図2に示す。振幅は気泡のサイズが大きくなるに従って大きくなるのがわかる。

1cm

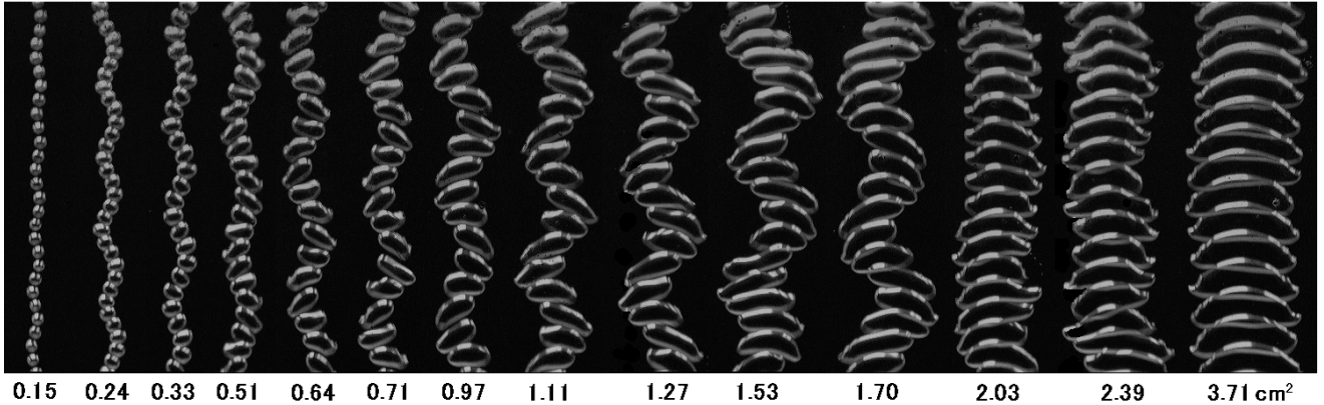


図 1: 各時間における気泡を重ねた図

気泡のサイズと振動数の関係は図 3 のようになり、振動数ははじめは気泡のサイズが大きくなるにつれて減少し、 0.5cm^2 からはだいたい一定で 4.5Hz くらいになっている。

気泡は緩和時間の後セル中を等速で上昇する。その上昇速度は図 4 のようになり、はじめサイズとともに減少し、 0.5cm^2 からはだいたい一定で $17\sim 18\text{cm/s}$ となる。

気泡と面積の等しい円の直径 d 、上昇速度 u 、 20°C の水の動粘度 ν からレイノルズ数 $Re = du/\nu$ を求めた。レイノルズ数は図 5 に示すように気泡のサイズとともに増加し、最も小さいサイズで 340、気泡がクラゲ形となり振動しなくなるところでは 3500 であった。

振動数と上昇速度から、気泡のサイズが 0.5cm^2 ($Re = 850$ 程度) より大きいときとそれより小さいときで振動の様子が異なることがわかる。そこで実際の気泡の動きの違いを観察してみた。 0.5cm^2 よりも小さいとき、気泡の形状は進行方向につぶれた楕円形で、振動の両端で回転するように向きを変える (図 1 参照)。 0.15cm^2 ほどの小さい気泡ではほぼ円形に見えるがこれも少しつぶれていて向きを変えながら振動している。 0.5cm^2 からは同じく振動の両端で向きを変えはじめるが、向きが変わりきるのに時間がかかり、変位しながら向きが変わり終わる。また、変形がみられる。気泡が大きくなるほど向きが変わるのに時間がかかるようになり、 0.5cm^2 よりも小さいときとの違いがわかりやすくなる。形状がクラゲの

頭のようになりほとんど振動しなくなる気泡の大きさでも、変形して向きを変えようとする動きがみられたが、気泡の大きさが邪魔するのか向きが実際に変わりはしなかった。

3 考察

以上の結果を踏まえて考えたことをごく簡単だがまとめる。数式をたてて理論が構築できれば良かったが力が及ばず断念した。

- 気泡が上昇する際に気泡の向きを変えるような力(変形)が生じ、振動につながるのではないか。
- 気泡が大きくなると向きが変わりにくくなり、振動の様子が変わってくる ($0.5\text{cm}^2 \sim$)。
- さらに気泡が大きくなると向きを変えるような変形ができなくなり、ほとんど振動しなくなる。

変形しない丸いビーズを水中で浮上させても振動は起こり、変形だけが振動の原因ではないが、変形によってフィードバックがはたらき振動をたすけているのではないか、との指摘を課題演習発表会で受けた。

また、気泡の後流にできる渦の列の作用によって振動がおこるという予想もあり、この課題演習でも粉末を水中に浮かべて実際に渦ができていたのがみえたが、その解析と考察までは手が回らなかった。

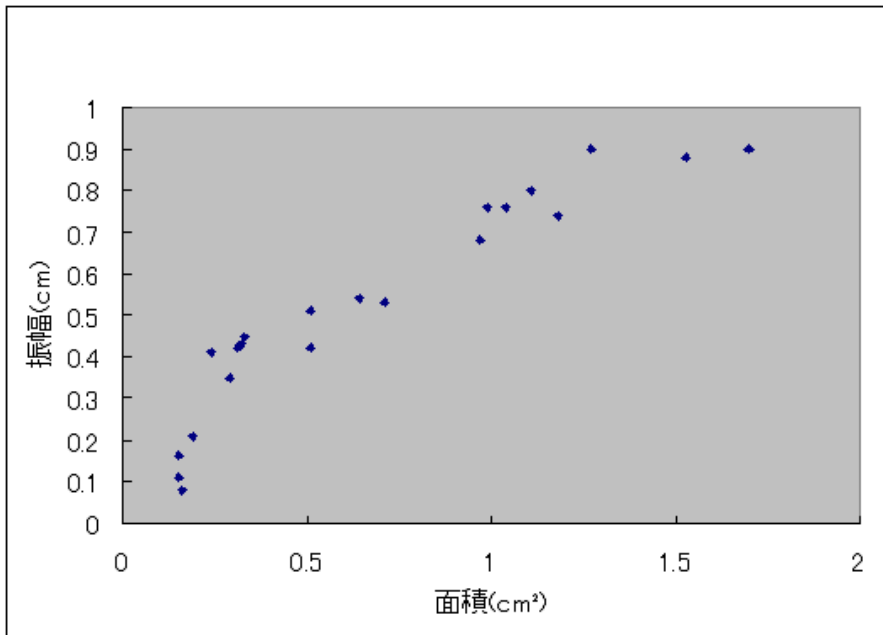


図 2: 気泡の面積と振幅

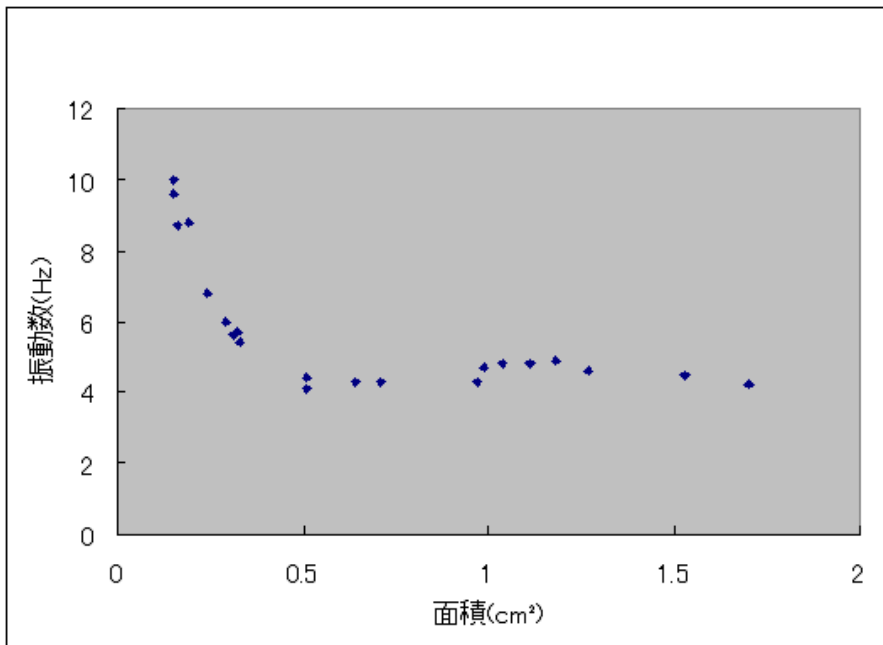


図 3: 気泡の面積と振動数

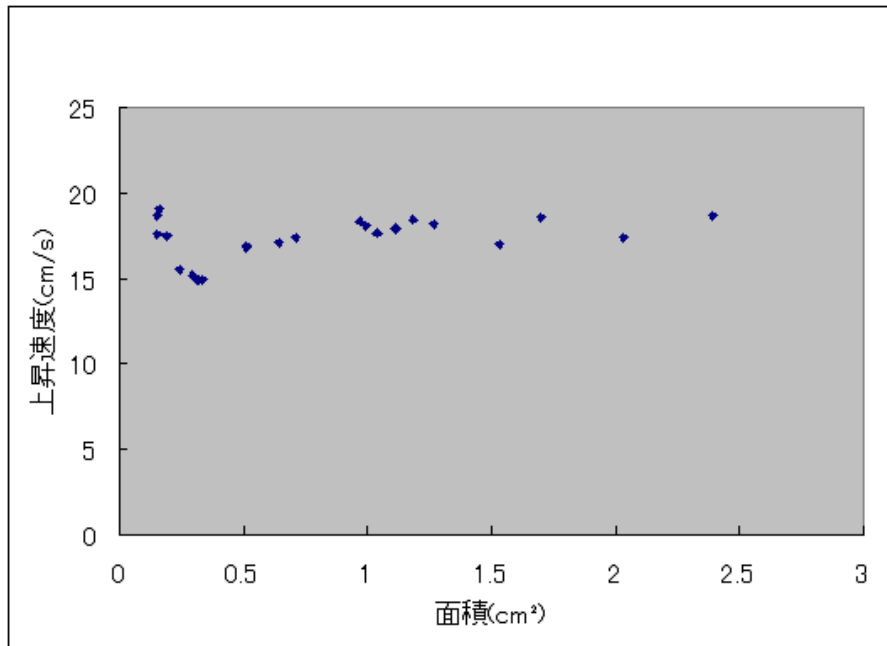


図 4: 気泡の面積と上昇速度

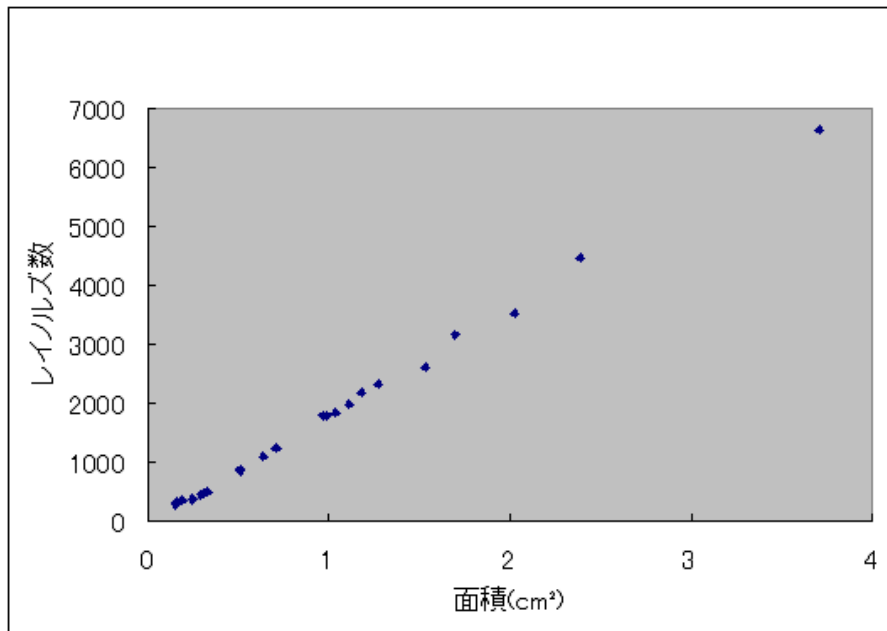


図 5: 気泡の面積とレイノルズ数