

イスタンブールのお盆の水と油の境界面の動きの解明

～溶液と重心や支点との距離に着目して～

宮城県仙台第三高等学校

05 班

トルコのイスタンブールでは、どの角度においてもコップの中身の水面をお盆の底面と平行に保ち、こぼすことなく運搬可能であることが特徴のイスタンブールのお盆と呼ばれるお盆が存在し、家庭やレストランで使用されている。一見、私たち日本人には馴染みが無いように思えるが、日本でもラーメンを運搬する荷台に同じようなメカニズムが使用されており、そのメカニズムは慣性力を考えることで理解することが可能である。しかし、そのお盆の上に2種類の混ざり合わない液体が入ったコップを置いて揺らした結果、油の表面は揺れずに、水と油の境界面のみが大きく揺れるという不思議な動きを表した。先行研究では、その揺れが液体の粘性の差によるものであるという仮説をたてて研究を行った結果、液体の粘性の差によって揺れ方が変わることが分かったのだが、何故揺れが生じたのかというところに辿り着くことができず、未だにその原理は解明されていない。そのメカニズムを解明すべく実験を行った結果、私たちは重心との距離と傾斜方向と逆向きの慣性力が液体に影響を及ぼすことを解明した。

1 背景

トルコの首都イスタンブールの家庭やレストランで、飲み物などを運ぶ際にお盆が使用されている。そのお盆をイスタンブールのお盆という。そのお盆は、日本でも出前のバイクの荷台で使用されている。このイスタンブールのお盆を使うことで、お盆が振り子のように揺れてもお盆の上にある容器の溶液は決してこぼれない。このメカニズムは慣性力を考えることによって理解できる。先行研究により2種類の溶液を使うと表面は揺れず、境界面が揺れる。その揺れは溶液の粘性の差が関係しているとわかっている。私たちは、2種類の溶液と装置の支点との距離が異なることから支点との距離と液面の揺れとの関係調べることにした。そこで、支点とコップの距離、重心とコップの距離を変え実験をした。図1のような木材を用いて三段構造となる装置1を作った。(図1)各段に容器を置き、振り子運動させた。振り子運動している装置をスローモーションカメラで撮り、水面と油と水の境界面を観察した。

実験装置1において振り子運動させる支点から一段目、二段目、三段目までの距離を30、55、80cmとした。

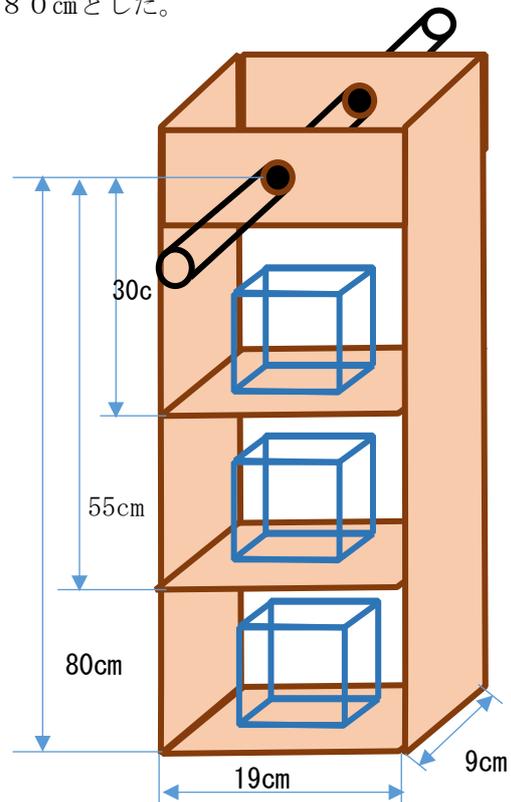


図1 実験装置1

支点との距離と揺れの間係を調べるためにそれぞれのコップに水400mlをいれ各段におき振り運動させた。二段目の水面は、容器の底と平行で揺れが見られず、一段目と三段目では揺れが大きく見られ一段目は床に平行に近くなるように、三段目は大きく外側に傾くように揺れた。

(図2)

次に、2種類の溶液を用い、油を200mlと水200mlを入れて実験を行った。密度の差により水が下層、油が上層になっている。その結果、油の表面は水の実験と同じ結果が見られたが、油と水の境界面では一段目から三段目になるにつれて揺れが大きくなっていることが分かった。(図3)

そこで、重力とコップの距離と揺れの間係を調べることにした。重心の場所を変化させるために、三段目のコップの上に重りを乗せ重心を変えて実験をおこなった。

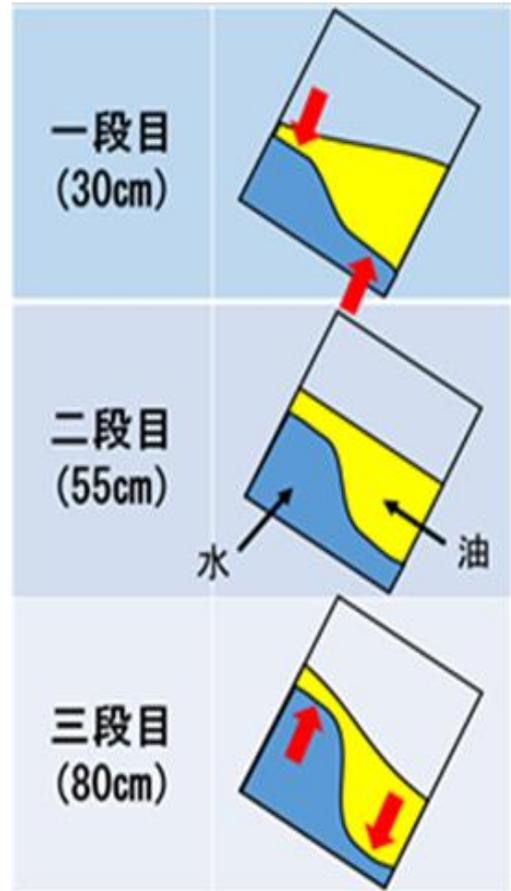


図3 油と水の結果

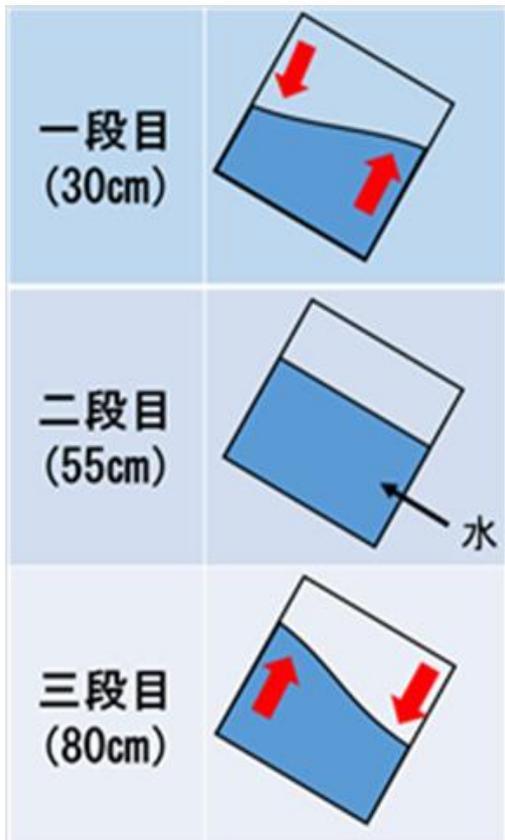


図2 水のみ結果

2. 方法

実験1では、水のみ、水と油の実験で得た結果から、水400mlを準備し、三段目の容器の上に1kgの重りを数を増やして置いて行き、振り運動の速さが0のところを観察した。

3. 結果

実験1の結果は図4のようになった。液体の表面はおもりを乗せれば乗せるほど、揺れは小さくなり、床と平行に近づいて行った。

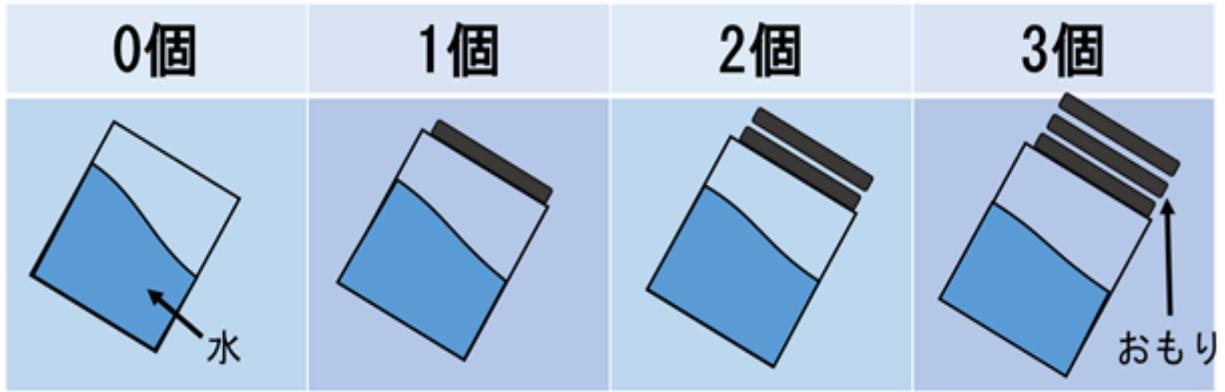


図4 実験1の結果

4 考察

実験1の結果より、容器が重心に近づけば近づくほど揺れが小さくなり、液面が容器の底と平行に近づくことが分かった。容器が重心に近づけば近づくほど揺れが小さくなるという仮説が正しかったため、水のみを容器に入れて揺らしたときの液体の動きの考察をした。

見かけの重力が液面に垂直だとすると、見かけの重力の方向は図5の線の方になる。見かけの重力は重力と慣性力の合力である。重力は鉛直下向きであるから、重力は図5の矢印のようになる。

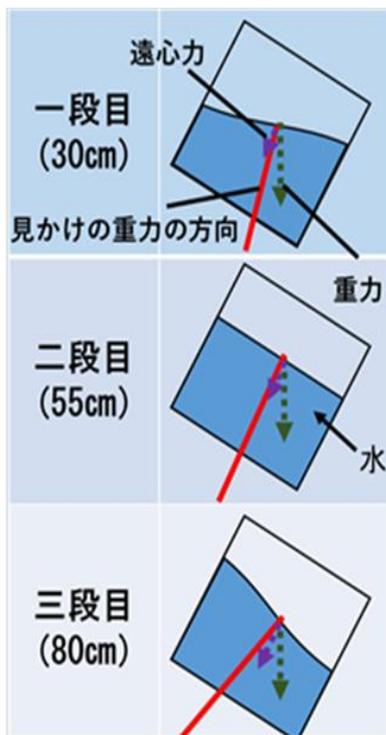


図5 力の矢印1

また、この実験装置は振り子運動をしていて、加速度の変化する円運動をしているため、慣性力は、遠心力と傾斜方向と逆向きの慣性力の2種類に分けられる。遠心力の大きさは支点からの距離に比例しており、向きは容器の底に垂直であるため、遠心力は図5の矢印のようになる。

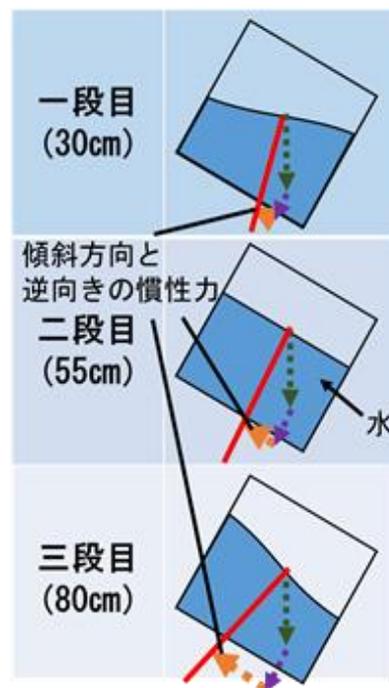


図6 力の矢印2

見かけの重力は慣性力と重力の合力であり、傾斜方向と逆向きの慣性力の向きは容器の底に平行であるため、傾斜方向と逆向きの慣性力は図6の矢印のようになり、支点からの距離が大きくな

ると、この慣性力も大きくなければならないということが分かった。しかし、支点からの距離が大きくなると、この慣性力の大きさに差が生じる原因を説明することはまだできていない。しかし、私たちは、この傾斜方向と逆向きの慣性力が、三段目の液面が揺れた原因と深く関係しているのではないかと考えている。

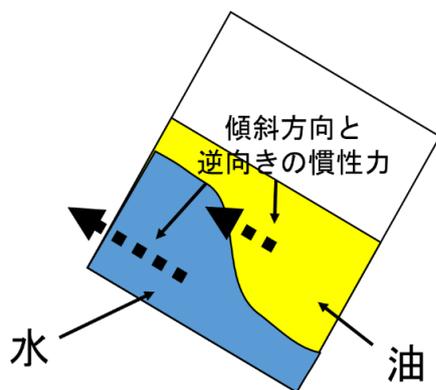


図7 二層構造の時の傾斜方向と逆向きの慣性力

また、水と油の二層構造にした時にも、水と油で支点からの距離が異なるため、この慣性力の大きさの違いが影響を及ぼし、油の表面は揺れずに、水と油の境界面のみが揺れるのではないかと考えている。しかし、具体的にどのような影響を及ぼしているのかということは解明できていない。

4 今後の展望

私たちは今回の実験で水と油の境界面に生じた波が、図3のように、波の中心が動かなかったことから、両端が腹で中心が節の定常波であると予想した。また、慣性力が及ぼす影響についても詳細を調べればメカニズムの解明につながると考える。

5 参考文献

1. 平成28年度 課題研究

「イスタンブールのお盆の原理の解明」

宮城県仙台第三高等学校

2. 平成29年度 課題研究

「イスタンブールのお盆に乗せた2層の液体の動き」

宮城県仙台第三高等学校