

水と油の境界面の動きと加速度の関係

宮城県仙台第三高等学校

06 班

トルコのイスタンブールのカフェでは、お茶を運ぶ際にお盆にひもを取り付けた道具を使う。このお盆を使用すると飲み物を乗せたお盆は振り子のように動くため、持ち手が手荒に飲み物を運んだとしてもコップ内の液体はこぼれることがない。このお盆はイスタンブールのお盆と呼ばれている。仕組み自体は日本で汁物をバイクで配達するときにも使用されている。このイスタンブールのお盆の容器に水と油のように混ざり合わない2種類の液体を入れてお盆を揺らすと、2つの液体の境界面が激しく揺れることが分かっている。先行研究¹⁾では2液体の粘性に着目した結果、粘性の差によって揺れの程度が変わることが判明した。また他の先行研究²⁾では振り子の支点や重心に着目し、支点からの距離が近くなるほど水面が水平に近づき境界面の揺れが小さくなり、重心に近いほど水面の水平に対する揺れが小さくなることがわかった。しかしそのメカニズムの解明までは至っていない。そこで私たちは加速度に着目して実験を行った結果、加速度方向の変化が大きな要因であることを解明した。

1 背景

イスタンブールでは、液面とお盆が平行に保たれることでコップの中の液体がこぼれない振り子のようなお盆が使われており、これをイスタンブールのお盆と言う。しかしながらイスタンブールのお盆に水と油などの二層に分かれる液体をいれた容器を乗せた場合、空気と上層の液体との境界面はお盆に平行になるものの、液体内の境界面は平行にはならず、周期的に波のように揺れていた。この現象に関して具体的な原因が判明しておらず、詳細は不明である。先行研究では粘性と揺れの関係性¹⁾、振り子の支点や重心と容器の距離と揺れの関係性²⁾については研究が行われたが、揺れの原因について解明することができていなかった。そのため私たちは振り子運動では加速度が常に変化していることから加速度の大きさや向きの変化による波の動きの変化に関する研究を行った。

るために水と油の入った容器を台車(図1)にのせて、坂を上らせた場合と下らせた場合の2通りの実験をおこなった。今回の実験で用いた装置は以下の材料を図1のように組み合わせた台車である。

- ・力学台車2台・容器・水200ml
- ・油200ml・木材・カメラ・針金

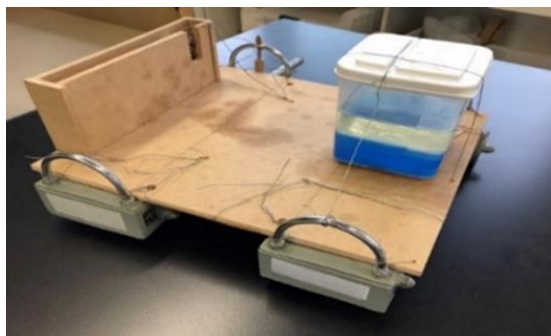


図1 実験装置

2 材料と方法〔実験1〕

実験1では等加速度運動中での様子を観察す

容器は針金で固定した。台車にはスマートフォンが取り付けられるようにしてあり、スローモーション撮影によってわずかな変化を観察できるようにした。坂を上らせる際には台車を手で押し、手が離れて外力が加わっていない状態を観察した。また先行研究¹⁾より粘性の差は変化の程度に影響を与えるのみであったため実験では入手しやすい水と油を使用した。

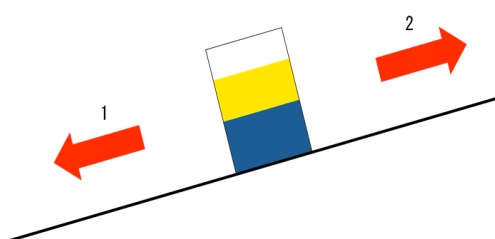


図2 実験1の方法

3 結果〔実験1〕

坂の上で静止させている状態では油と空気の境界面（以後「水面」という。）と油と水の境界面（以後「境界面」という）は両方とも水平であった。坂を下らせると水面と境界面のどちらもが斜面と平行になり、その状態で安定した。坂を上らせた場合は手が離れた位置から両面とも斜面に平行になった。



図3 実験1の結果

4 材料と方法〔実験2〕

実験2では加速度の大きさが変化する運動中の様子を観察するために実験1で用いた台車の前後にバネをとりつけ、そのバネの他端を壁に固定した。ただし用いたバネはプラスチック製であり伸ばした時の縮まろうとする力はあるが縮めた時の広がろうとする力はない。この台車を2つのバネのつり合いの位置から片側に引き、離すことで単振動をさせた。最初に台車を放してからつり合いの位置までは加速度の大きさが変化し、つり合いの位置の前後で加速度の向きが変化しその後は増減を繰り返すため、台車を引いた位置、引いた位置とつり合いの位置との中間、つり合いの位置、振動の2つの端点の5か所についてスローモーション動画の中から静止画を切り抜いて観察した。

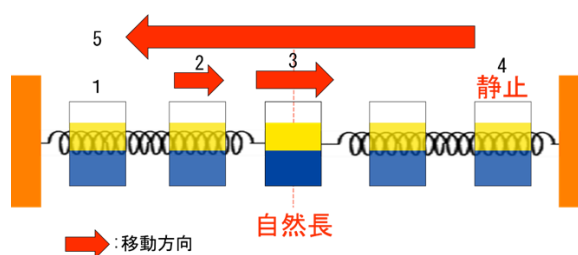


図4 実験2の方法

5 結果〔実験2〕

手を放した直後に水面と境界面の両方が同じ方向に大きく傾いた。その後、つり合いの位置に近づくと傾きは小さくなりつり合いの位置で両方も水平になった。つり合いの位置を越してから境界面のゆれが見られるようになった。また振動の端の2点が境界面の揺れが最も大きくつり合いの位置では水平となった。

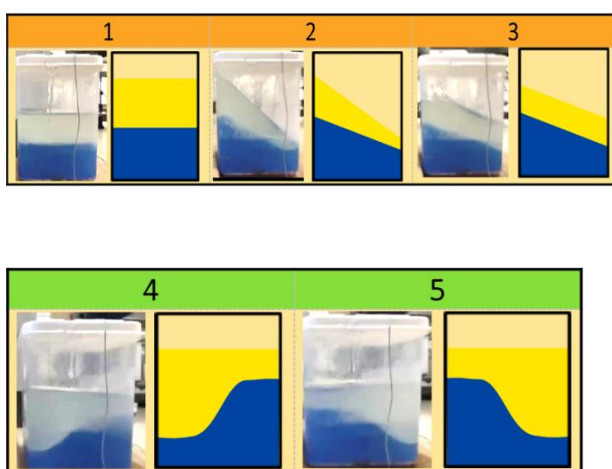


図5 実験2の結果

6 考察

実験1は台車にかかる力が重力のみであるため坂を上らせる場合と下らせる場合の両方で等加速度運動である。また実験2において手を放してからつり合いの位置までは加速度の大きさのみが変化する運動であり、つり合いの位置の前後では加速度の向きも変化する。実験1、実験2でのつり合いの位置までの結果から等加速度運動や加速度の大きさの変化するだけでは揺れが見られないことが分かった。また実験2のつり合いの位置を通過した後から揺れが見られたことから揺れを起

こすには2液体を加速度の向きを変化させながら運動させる必要があるとわかった。また、液体を振り子運動させた際も最下点を通過するまでは境界面の揺れは見られず、通過後から揺れができ最高点で揺れが最大になる事と今回の実験を比較しても結果が一致していることがわかる。

7 今後の展望

今回の実験では加速度の向きが現象に大きな影響を与えていることが分かったが、それが具体的にどのようにして影響を及ぼしているかは解明できていない。また、今回の実験では出来る限り運動を簡単にするために直線運動についてのみ観察をしたが、円運動との違いがあるか、またあるとしてもどのような違いなのかを確認できていない。よって今後は実験2のような単振動と振り子運動との周期などの振動の条件をそろえたうえで2つの差異を観察をしたり、加速度との関連性の深い慣性力に着目している先行研究²⁾の研究結果との比較などによって更にメカニズムの解明に努めていきたいと考えている。

8 参考文献

- 1) 平成29年度 課題研究「イスタンプ
ールのお盆に乗せた2層の液
体の動き」
- 2) 平成30年度 課題研究「イスタンプ
ールのお盆の水と油の不思議
な動きの解明」