

イスタンブールのお盆の応用

宮城県仙台第三高等学校 理数科05班

イスタンブールのお盆は現地のレストランなどで飲み物を運ぶ際に使われる。お盆は振り子運動をして飲み物はその遠心力によってこぼれない仕組みとなっている。この仕組みはラーメンの出前バイクにも利用されている。先行研究から水と油の混合液体が入ったコップをお盆に乗せて振り子運動させたとき、油面と底面が常に平行な一方で境界面は傾いていることがわかった。一方で液体の内部の動きについては解明されていないことが多かった。そこで周期が同じであればイスタンブールのお盆の運動である振り子運動、平面上での単振動どちらも境界面が同じような動きになると仮説を立てて実験を行った。しかし内部の動きの解明には至らなかったため次に社会に応用できないかと考え次の実験を行った。最初の実験より液体の動きをイスタンブールのお盆の運動である振り子運動と、平面上での単振動で同じ周期で比較した結果、異なる動きをしたことから重心の位置が異なる運動も異なると考えた。このことから私たちは紐ありの状態に周期を合わせ曲面で運動させることで重心を等しくし、紐なしでのイスタンブールのお盆の再現を試みた。イスタンブールのお盆と同じ軌道で運動できるように曲面を作り、曲面の最上部からコップを載せた台車を離し往復運動させたところイスタンブールのお盆と同じ運動をした。しかし再現はできたものの左右と上下の二次元での運動であったため今後は前後も加えた三次元での運動の実験を行っていきたい。

1 背景

トルコの都市イスタンブールではレストランやカフェでお茶などを運ぶ際にイスタンブールのお盆が使われている。イスタンブールのお盆とはお盆に紐が付いた振り子の形をしており、紐の先に付いた取っ手を持って運ぶことで振り子運動をし、遠心力によってコップの水の水面が底面と平行を保ち、中身がこぼれないという特徴を持っているお盆である。一見日本に馴染みが無いように見えるこのお盆だが、日本でも出前でラーメンを運ぶデリバリーバイクにもこの仕組みが使われている。先行研究よりイスタンブールのお盆に乗せた際油と水のようになり2層に分かれる液体の境界面を観察したところ特異なら傾きを見せた。しかし液体内部の動きは解明されていない。そこで私たちはその研究を

引き継ぎ、またイスタンブールのお盆の原理を応用するための実験を行った。



(図1)

2 仮説

先行研究で液体の境界面の動きに関する周期に関連した実験は行われていなかった。私達は周期に着目し、周期が同じであれば平面の運動と振り子運動で境界面の動きは同じになるのではないかと考え、実験を行った。

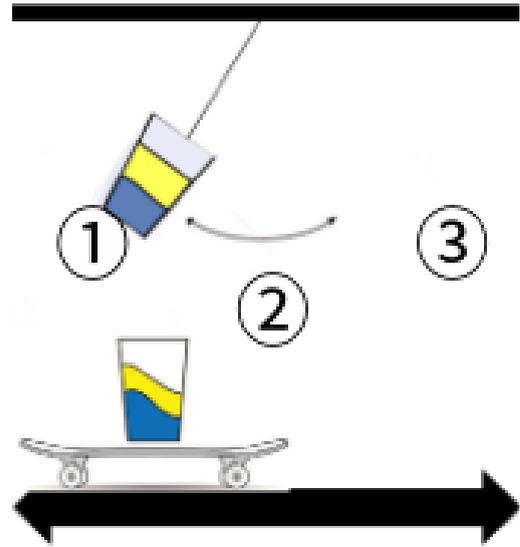
3 材料、方法(実験1)

実験方法

- ・支点から容器の底面までの長さが150cm になるよう紐で固定
- ・容器をスケートボードに乗せレーザーポインターの動きに合わせて同じ周期で平面運動させる(図2)

使用した容器

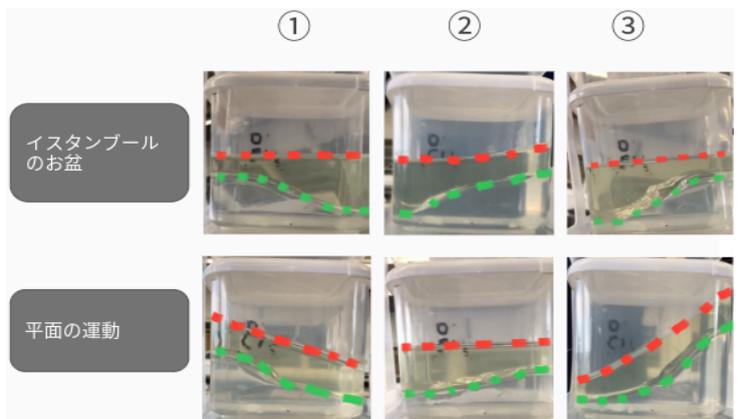
- ・プラスチック製
- ・縦9cm×横9cm×高さ10cm
- ・容器+液体の質量…0.449kg
- ・水200ml
- ・油200ml



(図2)

4 結果(実験1)

実験結果は(図3)のようになった。図の赤色の点線は液体の表面、緑色の点線は液体の境界面をそれぞれ表している。写真のように、境



(図3)

界面の動きはイスタンブールのお盆と平面の運動でそれぞれ異なる動きをした。(図3)

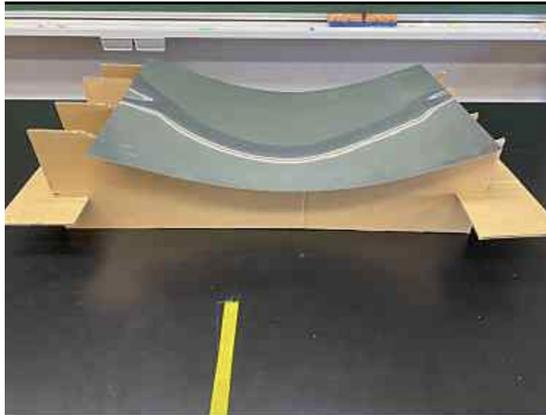
5 仮説(実験2)

実験2では液体の重心がイスタンブールのお盆に乗せたいと同じ動きをすればイスタンブールのお盆に載せた時と同様水面が平行に保たれると仮説を立て実験を行った。

6 材料、方法(実験2)

今回の実験では以下のものを用意した。

- ・台車
- ・プラスチック容器
- ・水
- ・段ボール(図4)
- ・40cm × 60cmのアルミ板(図4)
- ・力学台車



(図4)

図5の写真は力学台車と容器を固定したもの。図6は一般的なイスタンブールのお盆を再現したもの、図7は私たちが紐なしで振り子運動を再現した様子だ。

実験内容は、一般的なイスタンブールのお盆の水の表面と紐なしのイスタンブールのお盆の水の表面を比較した。条件は、紐の長さと同半径をどちらも0.667mにして、周期が1.5秒になるように設定した。曲面半径とは曲面の接点から接線を2本ひき、その接線に垂直な線の交点を取り、接点と交点の長さを表している。また、この周期は10回測って、その値の平均をとった。水の質量は229.8g、力学台車の質量は491.1gだった。周期も質量も同じ値であるので、紐なしのイスタンブールのお盆の重心と一般的なイスタンブールのお盆の重心を比べることができる。はじめに一般的なイスタンブールのお盆を揺らした。そのときに、イスタンブールのお盆の軌道と紐なしのイスタンブールのお盆の弧が同じ長さになるように揺らした。揺れている状態の動画を撮影し、水面の様子を確認した。次に紐なしのイスタンブールのお盆を静止させ、最高点で台車を離した。出来るだけ摩擦を小さくし、振り子運動をさせた。こちらも動画を撮り、水面の様子を観察した。また、それぞれの動画を最高点からもう一方の最高

点まで9つの画像にわけ、image Jという画像を分析することが可能であるソフトを使い、2つの重心をグラフに起こし、グラフを比べた。



(図5)



(図6)

(図7)



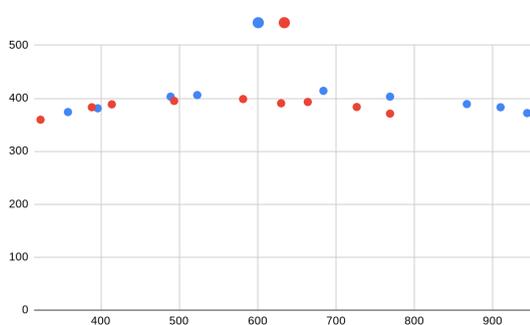
7 結果(実験2)

今回はImage Jという画像を分析することが可能であるソフトを使用して液体の重心の位置を出した。以下の写真(図8)撮った動画を9つに分割した写真をこのように写真の左上を原点として横をX軸、縦をY軸として重心の位置をXY座標で表して以下のようなグラフにした(図9)。赤い点が紐ありのイスタンブールのお盆で青い点が紐なしのイスタンブール

のお盆を表している。また紐なしのイスタンブールのお盆ではどの位置でも水面が平行を保った。(図9はXY座標で表しているため単位なし)



(図8)



(図9)

8 考察

実験1

自分たちの仮設では周期が同じであれば、境界面の動きが同じ様になると予想していたが今回の結果から周期が同じでも境界面の動きが全く違うことがわかった。そもそもイスタンブールのお盆の方は水面が揺れていないため油の層の厚さが薄くなったり厚くなったりするが直線運動の方では水面も傾くため油の層の厚さが均等になっていることが多かった。また振り子の運動をしている方は揺れの中心のようなものがあったが、直線運動の方にはなく代わりに水面と境界面の動きが似ていた。このことから内部の水、油の動き方が全く違うのではないかと考えた。

実験2

紐がある場合、紐がない場合どちらにおいても、液体の重心の位置を表しているグラフが同じような形をしていること、またどの位置においてもイスタンブールのお盆の特徴である底面と平行を保つとい

う特徴が見られたため私達はこれらの2つのことからどちらも同様の動きをしていると考えたため仮説が合っていたと結論づけた。

9 展望

これからは三次元での実験を行う、使う装置を小さくして応用をきかせやすくする、傾斜角度を変えて多くのデータを取得していくということを行っていきたい。

10謝辞

この研究を進めるにあたり、北野先生には担当の先生として多くのご指導をいただき、多くのアドバイスやご協力をいただきましたので、ここに感謝の意を表したいと思います。

11 参考文献

仙台三高

平成31年度 課題研究「イスタンブールのお盆の水と油の不思議な動きの解明」

平成30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」

平成28年度 課題研究「イスタンブールお盆の原理の解明」

写真1お茶とカラギョス・写真でイスラーム

<https://mphot.exblog.jp/5904753>