



新潟県立高田高等学校 回転水槽実験の歩み

①初代(H28)「フルーツの実験における波形の変化の条件」

1.研究の目的

- ①実験槽にアルミニウムの粉の波形がはっきりと出る条件を調べる。
- ②赤外線カメラを使い温度変化を可視化し波形変化の要因を理解する。

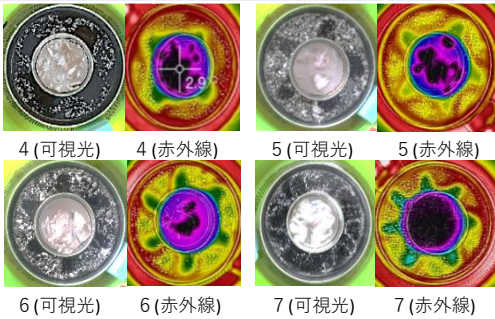
2.実験方法

- ①回転数による波形の現れ方(温水温度30°Cで一定)
 - 回転数を5rpm,7rpm,8rpm,9rpmに変えてそれぞれ実験を行った。
- ②温度差による波形の現れ方(回転数0.84rad/sで一定)
 - (1)温水の温度を25°C,35°C,45°Cの順に変えて実験を行った。
 - (2)温水の温度をそれぞれ一定にして実験を行った。
 - (3)温度を上昇させつつ、測定する温度ごとに波形を破壊し、再び波形を構築させる実験を行った。

3.結果

①回転数と波形の数

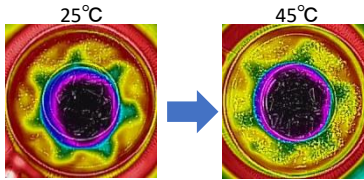
回転数[rpm]	角速度[rad/s]	波形の数
5	0.52	4
7	0.73	5
8	0.84	6
9	0.94	7



②温度差と波形の現れ方

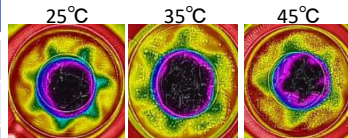
(1)温度上昇と波形の数

温度[°C]	波形の数
25	7
35	6
45	6



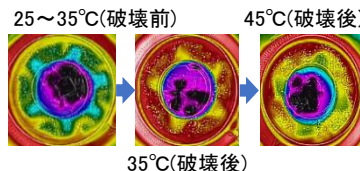
(2)温度と波形

温度[°C]	波形の数
25	7→6
35	6
45	5



(3)温度上昇による波形の変化

温度[°C]	波形の数
25	6(直前多数)
35	5(直前6)
45	4(直前5)



(それぞれ波形の破壊を起こすまで波形の変化なし)

4.考察

- ①回転数を上げるほど波形の数は増加する。
- ②(1):温度変化による波形を変化させる力は弱い。
- ②(2):温度ごとの安定の波形が存在する。
- ②(3):(2)時点の波形を崩すことによりその温度における安定の波形を構築させることができる。
- ②(2)と(3)を比べ各温度における波数が少なくなっているが、これは温度を持続的に上昇させた際に、実験槽内の温度が上昇していたためと考えられる。

②二代目(H29)「フルーツの実験における温度変化の研究」

1.研究の目的

実験槽の流体内部の運動について理解を深める。

2.仮説

外槽と中央槽の間の流体は対流が生じているため、流体内部の温度変化と流体の運動が関係している。

3.実験方法

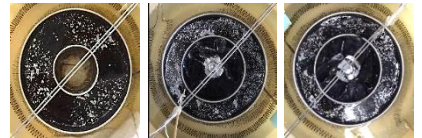
昨年度と同様。器の大きさによる波数への影響と、実験槽の温度分布の2つについて着目し実験を行った。

- ①実験槽と中央槽の大きさ(直径7cm,10cm,12cm,15cm,18cm,20cm)を変え、器の大きさによる波数の影響を調べる。
- ②実験槽に温度センサーを取り付け、実験槽内部の温度分布を調べる。

4.結果

①容器の大きさによる波数への影響

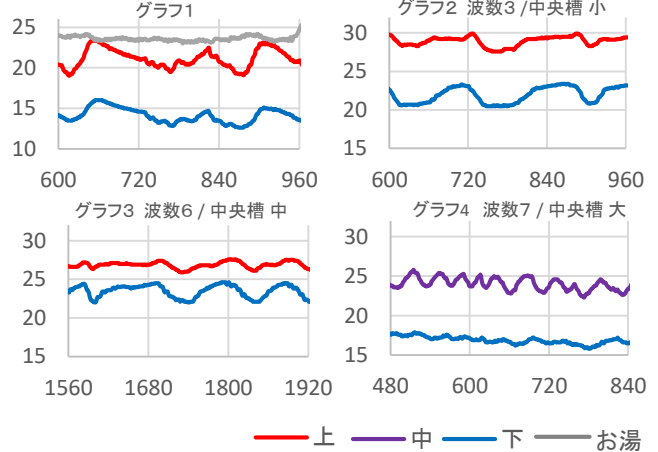
可視光画像



赤外線画像



・2つの水槽の大きさの比率(実験槽の直径/中央槽の直径)が大きいと波数は少なくなる。(グラフ2~4参照)



②実験槽の温度分布

- ・高温槽の温度が一定であっても実験槽内部の温度は変化し、上層と下層の水温は運動して変化する。(グラフ1)
- ・実験槽中層で測定した温度が正弦曲線を描いている。(グラフ4) → 中央部中層部では温度変化がより明瞭に現れる。
- ・通常のカメラや赤外線カメラで、実験槽の波の渦が減衰したり成長したりする様子が観測できた。

5.結論・展望

- ・波数が内径(外槽の大きさ)によって変化する。
- ・対流運動によって流体内部の温度も変化している。
- ・波数は変化しないが波の形は不規則に変動する。
⇒実験槽の流体の圧力を測定することが必要。
流体に擾乱を与えると、波形から切り離された渦が観測される。
今後この興味深い現象についても理解を深めたい。

③三代目(H30)「回転水槽実験における流体内部の測定」

1.実験の目的

実験槽内部の流動を明らかにする。

2.仮説

実験槽上層と中央層の温度変化が連動しているという結果から、中央層でも上層と同様に流体運動がある。

3.結果

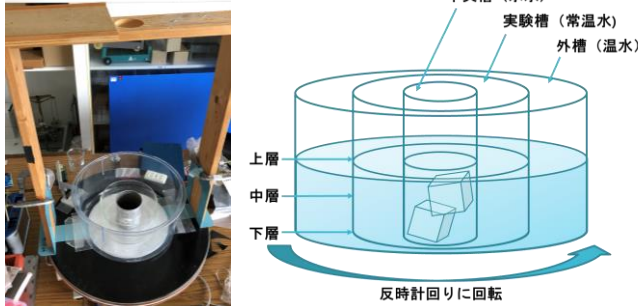
下層に注入した染料は上層とは逆回りに対流し、波形を描いた。下層の波形と上層の波形は半波長程度ずれている。



回転水槽実験における流体内部の可視化

1. 回転水槽実験とは？

円筒形の水槽を3つ重ねて外側の水槽から順に温水、常温水、氷水を入れ、回転台に乗せて回転させることで、中緯度地域の大气の循環を模したものである。実験槽に現れる波形は、偏西風の動きと対応している。



2. 研究の背景と目的

昨年度の研究結果で明らかになった「上層と下層の対流が反対の向きで半波長ずれている」という事実について、回転水槽内を可視化することで、その原因を明らかにしたいと考えた。そのために本研究では、まず実験槽・中層の流の可視化を試みた。

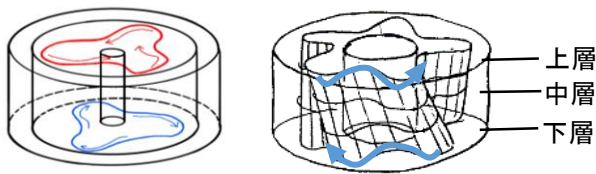
3. 実験方法

○実験器具

- ・円筒形水槽 (透明) (外槽から順に直径29・19・7.5cm)
- ・電動回転装置・iPad Air (可視光画像)・FLIR ONE (赤外線カメラ)
- ・染料 (マッピングセット) (赤、青)
- ・ナイロンパウダー

○実験方法: 外槽の温度を50°C~20°C程度に保ち、6秒に一回転速さの台を回転させ、赤外線画像で波形が確認されてから実験を開始する。実験槽に生じる波形の蛇行の様子を可視光カメラと赤外線カメラで撮影した。

○仮説: 昨年度の課題研究より、実験槽上層と下層が運動しているという結果から、下の図1のようになると考える。



波の概形

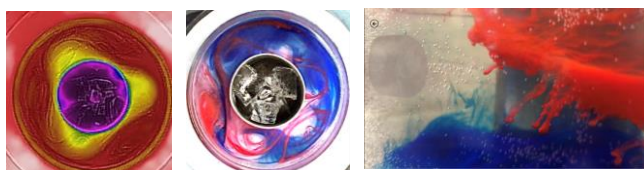
図1

4. 実験① 目的: 上層からの下降流と下層からの上昇流を可視化する⇒2色の染料を用いた観察

波形が安定したところで染料を実験槽上層と下層に注入し、染料の運動を実験装置上部に取り付けたカメラの赤外線画像と可視光画像、さらに実験槽横に取り付けたカメラの可視光画像を参照して、実験槽の対流運動を観察する。

結果①

上層に注入した染料が重力によって落下してしまい上手く中層部分を可視化することはできなかった。



赤外線画像

可視光画像

可視光画像

上からの画像

横からの画像

5. 実験② 目的: 下層からの浮き上がりのみを可視化する ⇒1色の染料を用いた観察

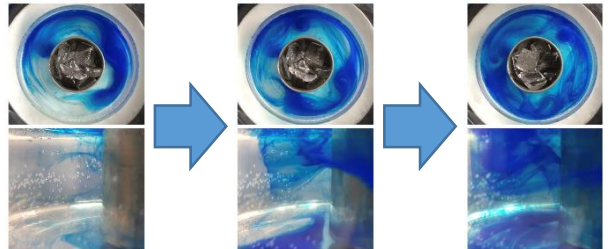
実験装置の条件は実験①と同様にして、染料を実験槽下層のみに注入し、実験①と同様に撮影する。



QRコードから動画見れます!

結果②

- 横から撮影⇒上下方向の対流運動
- 上昇流は中央槽側から外槽側へ向かう中腹で
- 下降気流は外槽側から中央槽側に向かう中腹で発生



6. 実験③ 目的: 下層からの浮き上がりを可視化する ⇒ナイロンパウダーを用いた観察

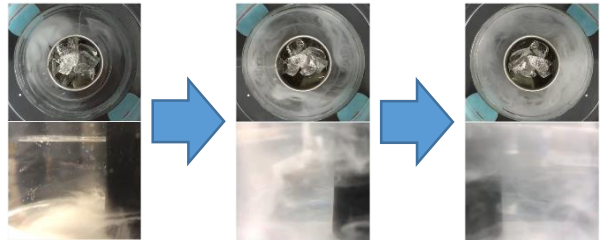
実験装置の条件は実験①と同様にして、ナイロンパウダーと水の混合液を実験槽下層に注入し、実験①と同様に撮影する。



QRコードから動画見れます!

結果③

- 横から撮影⇒上下方向の対流運動
- 上からの画像⇒外槽側の渦が2つ以上発生
- 横からの画像⇒中層に分布しているナイロンパウダー少ない



7. 結論・考察・展望

実験から、内部の流動は図2のようになると考えた。

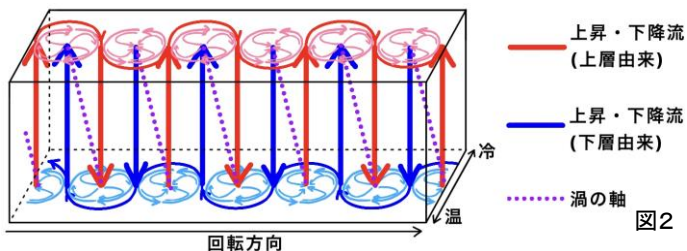


図2

今後は、各方向に加わる力のベクトルを数値化したい。また実験③において低圧性の渦が二つに分裂した原因を探っていきたい。

8. 参考文献

- (1)H31年度高田高校課題研究
回転水槽実験における流体内部の測定(2019)
- (2)大気大循環
http://fnorio.com/0041circulation_of_atmosphere1/circulation_of_atmosphere1.htm
- (3)色と形で気象予報士！ <https://irokata7.com/>