

回転水槽実験における流体内部の測定

新潟県立高田高等学校 理数科 石田舞心 (3年) 霜鳥彩羽 (3年)

はじめに

気象現象を身近な方法で再現しようと考え、回転水槽実験に着目した。今回は、流体内部の対流運動について明らかにすることを研究の目的とした。

研究等の方法

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、北半球の北緯30度以北の大気の循環を模したものである。常温水の入った水槽を実験槽とする。

(図1, 2参照) 実験槽に現れる波形は中央槽と外槽の温度差によって生じるものであり、偏西風の動きと対応している。外槽の温度を $50^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 程度に保ち、回転数およそ 1rad/s で台を回転させる。実験槽に生じる波形の蛇行の様子を通常のカメラと赤外線カメラで撮影した。

- ① 浮沈子を用いた観測: 実験槽内の中層から下層でとどまる物体を用いて流体内部の運動の軌跡を観測する。実験にあたって、浮沈子に適した物体の作成のため、様々な材料を組み合わせることで比重の調整を試みた。
- ② 糸を用いた観測: 1cm 程度に切り、水に浸けてなじませておいた糸を予め実験槽に沈めた状態で装置を回転させ、糸の運動の様子から実験槽下層の対流運動を観測する。
- ③ 染料を用いた観測: 波形が安定したところで染料を下層に注入する。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で確認された染料の運動の様子から実験槽下層の対流運動を観測する。染料にはマーブリングセットを用いた。対照実験として、全ての水槽に常温水を入れ、同様の観測を行った。



図1 装置模式図



図2 実験装置

結果と考察

- ① 浮沈子を用いた観測: 手作業での比重の調整は難しく、目的とした物体の作製はできなかった。
- ② 糸を用いた観測: 実験槽下層に圧力差があれば、それに対応して糸の疎密が現れるのではないかと考えたが、糸が均等に広がり集まってしまうため、動かなかったため、観測には至らなかった。
- ③ 染料を用いた観測: 下層に注入した染料は表層とは逆回りに対流し、波形を描いた。下層の波形と表層の波形は半波長程度ずれている(図3, 4参照)。この実験は染料の拡散が速く、2~3分程度で軌跡が追えなくなってしまうため、長時間の観測はできなかった。対照実験として常温水だけで行った場合、対流運動がないため染料が拡散する速さは非常に遅く、拡散の仕方の特徴は見られなかった。



図3 下層での染料の様子

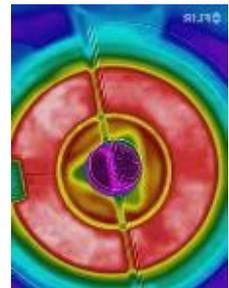


図4 赤外線画像

(表層での対流の様子)

結論と展望

今回の研究で、下層でも対流運動があり、その運動は表層の運動とは逆向きで、波形は半波長程度ずれていることがいくつかの実験で確認された。波形のずれは、地球上での上空と地上付近における気圧の分布のずれと類似している。今後はこの実験の追試を行い、この事象についてさらに究明する必要がある。また、逆向きに運動するメカニズムも明らかにしていきたい。

参考文献

- (1) 平成30年度高田高校課題研究
大野杏佳・川瀬ひな子・長崎由実 (2018)
フルーツの実験における流体の温度変化
- (2) 「一般気象学」小倉義光 著 東京大学出版会