

回転水槽実験における流体内部の可視化

中里 天音 齊藤 麻衣 矢崎 千尋 綿貫 寛華

抄録

この実験は本校において今年で4年目になるが、昨年からは、流体内部に注目した実験を行っている。我々は実験槽内の三次元的な対流を可視化することで、流動の仕組みを解明することを試みた。実験の結果、流動の速度変化に伴って上昇流や下降流が発生していると考えられる。

1. 研究の背景と目的

昨年度の研究で「上層と下層の対流が反対の向きで半波長ずれている」という事実が確認された。そこで我々は、回転水槽内を可視化して、流動の仕組み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動の可視化を試みた。

2. 実験方法・結果

実験1: 波形ができたところで染料を実験槽表層と下層に注入し、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を参照して、実験槽の対流運動を観察する。以下実験装置と撮影の条件は同様。

⇒上層に注入した染料が重力によって落下、中層を可視化することはできなかった。

実験2: 染料を実験槽下層のみに注入し観察する。

⇒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しているようであった。

実験3: ナイロンパウダー混合液を実験槽下層に注入し撮影する。

⇒上からの画像では外槽側の渦が二つ以上発生しているものも確認できた。また、横からの画像から中層に分布しているナイロンパウダーが少ないことが分かった。

3. 考察

上層では、外槽側から中央槽側へ向かう流れがあるため、コリオリの力は回転と同じ向きにはたらく。蛇行に伴って流れの両側に渦が発生し、これらの渦は遠心力を伴うため、流れもこの力を受ける。圧傾度力と遠心力のはたらく向きに注目すると、中央槽側の渦から受ける遠心力と圧傾度力は同じ向きであるため流れを加速させる。一方、外層側の渦から受ける遠心力と圧傾度力は逆向きであるため流れを減速させる。このため加速した流体が減速した流体の下に潜り込むため下降流ができる。逆に、減速した流体は加速した流体に追いつけず下にあった流体が浮き上がり上昇流ができる。これらの上昇流・下降流は鉛直下向きに真っすぐであるため上層の波形と下層の波形は約半波長ずれる。

下層では、中央槽側から外槽側へ向かう流れがあるため、コリオリの力は回転と逆の(時計回りの)向きにはたらく。このために下層の流れは上層の流れと逆向きになる。その後の運動の仕組みは、上層と同様である。

また、上層でできた上昇流・下降流は下層の渦に、下層でできた昇流・下降流は上層の渦に吹き込むため、渦は高圧性や低圧性となる。

4. 結論

流体内部の流動は、右図のようになる。

この図は、実験槽を半径方向に切り開き伸ばしたものである。



5. 参考文献

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