

球のオートローテーションの CFD 解析

CFD Analysis on Autorotation of Sphere

学籍番号： 20T7016A 氏名： 小松 祥大 指導教員： 坪井 一洋

1. はじめに

一般に、等速運動する物体に働く流体力は、風洞実験を行うことにより詳細に測定可能である。しかし、自由落下等の加速度運動をする物体は、周囲の流体から力を受け、物体に非定常な流体力が発生する可能性がある。そのため、加速度運動をしている物体の運動条件を風洞実験で再現することは難しい[1].

そこで、先行研究では、球の並進運動に加え、より現実に近い条件である回転運動を考慮した CFD 解析が行なわれた。そして、運動条件の違いによる結果の比較を行い非定常流体力の解明が試みられた[2].

本研究では、自由落下にともないオートローテーションが発生する球を想定した CFD 解析を行う。先行研究よりも流体の粘性の効果を大きくすることで、オートローテーションという現象をより明瞭に再現し、周囲に現れる渦が球の運動にどのような影響を及ぼすかに関して詳細な知見を得ることが目的である。

2. シミュレーション結果

球の落下方向をz軸の負の方向にとり、水平方向にx軸とy軸をとる。ここで、先行研究ではレイノルズ数を $Re = 2 \times 10^4$ としていたが本研究では $Re = 1 \times 10^4$ とした。

自由落下する球に発生するy軸まわりの流体トルク N_y の時間変化を Fig. 1 に示す。横軸は無次元化された時間 t^* 、縦軸はy軸まわりの流体トルク N_y を表している。

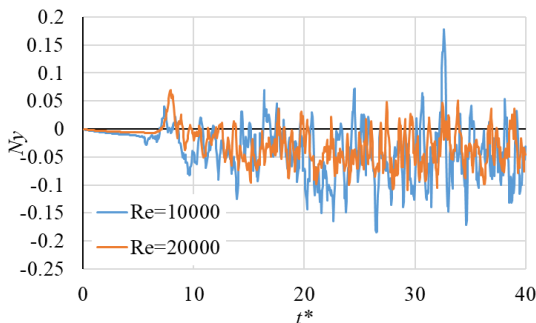


Fig. 1 Fluid torque around y-axis

また、球まわりの気流の等圧線を可視化した結果を Fig. 2 と Fig. 3 に示す。Fig. 2 は粘性が大きいときの結果であり、Fig. 3 は粘性が小さいときの結果である。等圧線の可視化結果はす

べてx-z平面内である。図に表示されている等圧線の色は、赤が高圧部、青が低圧部、緑が高圧部と低圧部の間の圧力の大きさを表している。

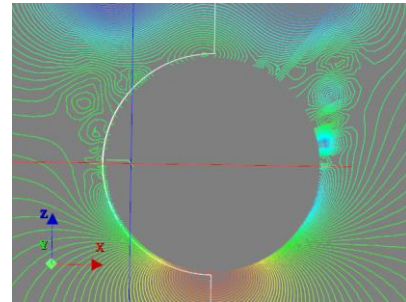


Fig. 2 Isobar ($Re = 10000, t^* = 6.6$)

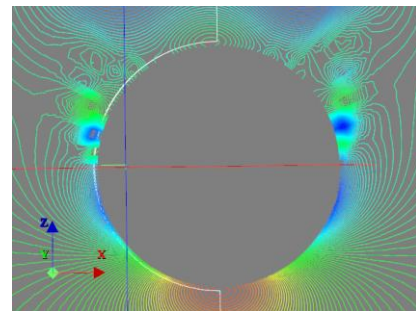


Fig. 3 Isobar ($Re = 20000, t^* = 6.6$)

$t^* = 6.6$ のとき、粘性が大きいときは周囲の気流に非対称性が生じているが、粘性が小さいときは対象であることがわかる。また、Fig. 1 の $t^* = 6.6$ 付近に注目すると、粘性が大きいと N_y の変動の開始が早くなることが明らかになった。

3. まとめ

自由落下する球まわりに現れる渦が球の運動にどのような影響を及ぼすかを明らかにするために CFD 解析を行った。レイノルズ数の異なる計算結果を比較することで、粘性が大きいほうが気流の非対称性が早く発生し、球の運動を不安定にさせることがわかった。これは、球の回転運動とまわりの流れ場の相互作用が原因であると考えられる。

参考文献

- [1] 溝田武人：スポーツボールの飛行に観る空力不安定現象の面白さ、日本風工学会誌 第33巻3号, pp.222-231, (2008)
- [2] 溝井翔太：自由落下する球と気流の相互作用に関する CFD 解析、茨城大学工学部機械システム工学科卒業論文(2021)