

## 水中浮遊発電機を想定した球体の 6 自由度剛体運動の検討

鹿児島大学工学部 学生会員 ○榎孝太

鹿児島大学工学部 正会員 長山昭夫

### 1. 背景・目的

現在，水中浮遊発電機を利用した海流発電の実用化に向けた研究が進められている．既往研究における発電機周りの場の評価や発電量の検討は，発電機が静止状態で検討しているものが多い．しかしながら係留されている発電機は，3 次元的に移動するため静止状態とは異なる．これまでの曳行された球体周辺の場の検討は，新行内ら (2018) が曳行球体の背面での負圧が静止球体の 2 倍程度になることを報告している．

そこで本研究では，自由振動する水中浮遊発電機周りの場の再現のため，係留された球体を対象に 6 自由度剛体運動の解析を行い，係留条件を変化させた場合の球体周りの場の変動について検討を行った．

### 2. 計算条件

計算領域を図-1 に示す．X 軸を流入方向，Y 軸を流入直交奥行方向，Z 軸を流入直交鉛直方向とする．球体直径を 0.02m，質量 0.22kg，球体周りは液体で満たし流入速度  $U=0.2\text{m/s}$  とすると  $Re=4,000$  の条件になる．また本研究では静止した球体を静止球体，3 次元的に移動する球体を振動球体と称する．計算は静止球体を対象に定常状態になるまで行い，その後に振動球体の各 case に計算結果を引継ぎ実施した．表-1 に各 case における球体の拘束条件を示す．本報では各軸方向の運動を制限し，曳行ワイヤを想定した固定点は球体重心位置とした．今回は図-1 に示す P01 から P06 の点にける圧力・流速・乱流エネルギーを取得し検討を行った．

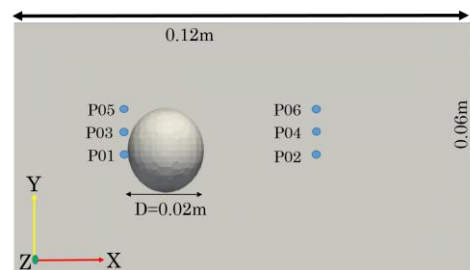


図-1 計算領域とサンプリング位置

表-1 各 case における拘束条件

| case | 球体      | 拘束条件    |
|------|---------|---------|
| 1    | static  | —       |
| 2    | dynamic | Z 軸     |
| 3    | dynamic | X 軸     |
| 4    | dynamic | Y 軸     |
| 5    | dynamic | X 軸 Y 軸 |

### 3. 計算結果

図-2 に流入口斜め前方視点からの case1 と case4 の  $t=5.0\text{s}$  時点の圧力分布を示す．この図より case1 においては最前表面部で最大圧力が発生，側面では負圧が発生していることが確認できる．一方，振動球体である case4 では最前表面部で最大圧力が発生することは静止球体と同じであるが，側面における負圧が偏在していることがわかる．次に流速の Stream Line の比較を行った．まず静止球体の case1 における流線は球体周りで一様，球体側面付近で加速，背面で減速するといった一連の現象を確認した．さらに振動球体後方の流線の検討を行い，その結果を図-3 に示す．図中の Time は形成された渦の形状が判別可能な時間を示す．これらの図より球体後方に渦が形成され，この渦は球体の拘束条件により形状

が異なることがわかる. case2 では Z 軸に回転する渦の発達が多く見られ, case3 と case4 では X 軸と Y 軸方向を軸として回転する渦の発達が多く見られた.

さらに球体背後の流速及び背面圧力に着目し拘束条件と回転軸の関係を調べた. 本報では流下方向である X 軸における流速の最大値と最小値を図-4 に示す. この図から静止球体の case1 では最大流速が 0.12m/s となり, 振動球体ではどの case においても静止球体の最大流速よりも大きくなり case2 と case3 では 47%増加, case4 では 86%増加することがわかる. また最小流速については case2 と case3 では 0.04m/s の逆流が発生し, case4 では逆流は発生しないことも確認できる. 次に各 case における球体の移動量を比較した結果, case4 が最も移動量が多く case2 と case3 はほぼ同程度となった. そして, 球体背面での圧力は case4 において負圧の偏在が他の case よりも大きくなった. 以上を総合すると, 一定流下においては球体の拘束条件により球体背面における負圧の偏在が生じ球体の移動量が変動する. その結果, 背後での渦の形成に違いが生じると考えられる.

#### 4. まとめ

- (1)静止球体の圧力場の特徴を再現できた.  
また振動球体の側面では負圧が偏在することを確認した.
- (2)振動球体背後の形成渦の形状と回転軸は拘束条件により異なることを確認した.
- (3)拘束条件により球体背面の負圧の偏在が生じる. この負圧の偏在の変動に伴い, 球体の移動量も変動する. その結果球体背後に形成される渦が異なることが確認できた.

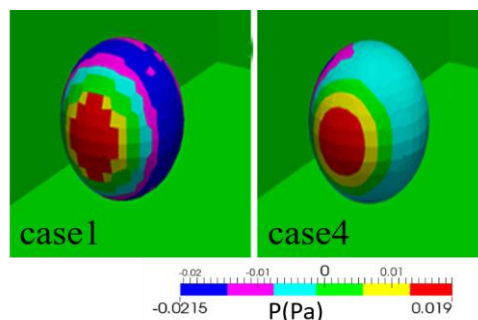


図-2 圧力分布の比較(case1,case4)

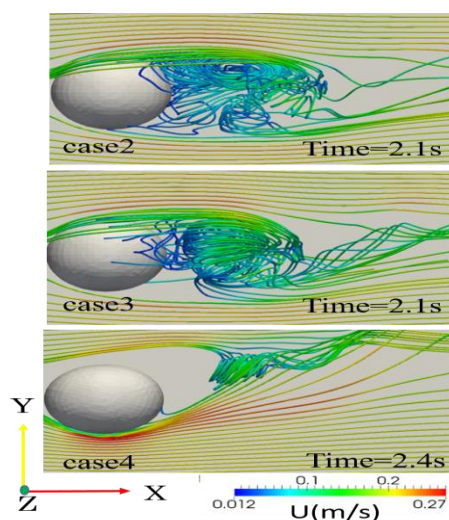


図-3 流速 Stream Line の可視化

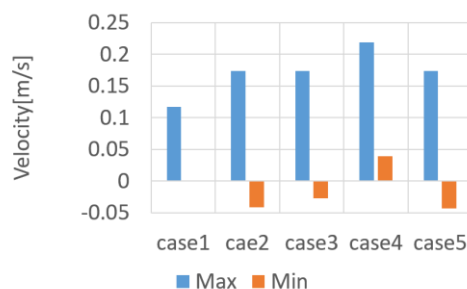


図-4 X 軸方向流速の最大値と最小値

#### 5. 今後の検討

拘束条件を増加させ, 相対的な移動量の変動における球体周りの各場の変動を検討し, その後対象形状を実際の発電機に変更した場合の検討を行いたい.