

円筒容器内の回転流体に生じる振動現象

*池田 剛志(東大理学部)・伊賀 啓太・渡邊 俊一・横田 祥・新野 宏・三澤 信彦(東大大気海洋研)

1. はじめに

地球や惑星の大気中に見られる渦の中には、軸対称性が崩れて様々な構造を持つものがある。このような現象は円筒容器を用いた室内実験でも簡単に作ることができ、水面の形が多角形になる現象が報告されている。

本研究では水面中心部が軸対称から多角形へと移り変わる回転数領域よりも低い回転数領域で見られる、容器外側の水面が大きく振動する状態と軸対称で振動がない状態を繰り返す「振動現象」の起こる特定の回転数領域に注目して、この流れの性質を詳細に調べた。

2. 室内実験

内径168[mm]の円筒容器に深さ H [cm]まで水を入れて、容器の底に取り付けられた半径150[mm]のプレートを ω で回転させる実験を行った。回転数を十分大きくすると水面の軸対称性が失われ、容器中心部の水面に楕円が形成される。ここでは、それよりも低い回転数から徐々に回転数を上げて中心部に楕円形が形成されるまでの水面の様子を観察し、特に「振動現象」に関して繰り返しの間隔、波数、振幅などの特徴を調べた。

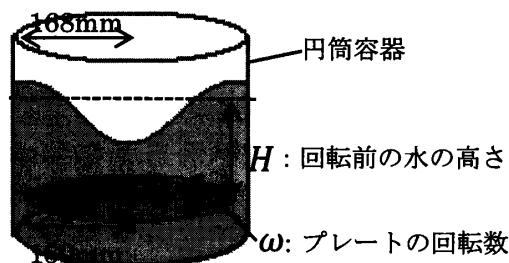


図 1: 室内実験の略図

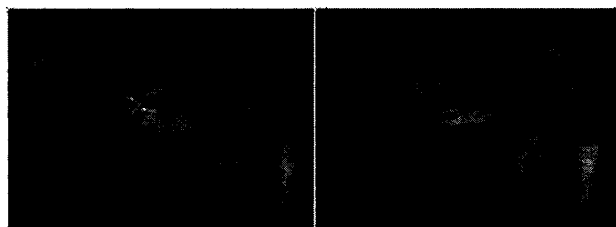


図 2: 振動現象(左: 軸対称状態、右: 振動状態)

今回の実験を行った回転数の範囲では大きな振幅を伴う振動現象は $\omega \sim 130$ [rpm]付近で観察され、その振動波の波数は3であった(図2)。振動波の回転速度は80[rpm]程で、プレートの回転数に比べて小さく、容器壁側沿いに伝わる重力波に近い速度であった。振

動の繰り返しの間隔は短い時で15[s]、長い時で150[s]で、初期水深 H が深いほど、またはプレートの回転数 ω が大きいほど短くなっていた。振幅は5~35[mm]で、繰り返しの間隔が短いほど小さかった。

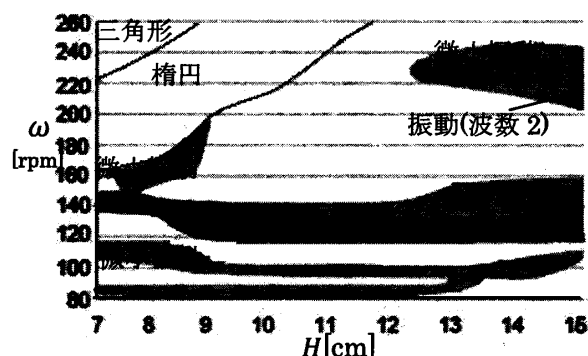


図 3: 振動現象の発生領域

さらに波数3の振動以外にも振幅の小さな微小振動現象が発生する領域や、波数2の大きな振動を示す領域も見られた。初期の水の深さ H と回転数 ω に対して見られた振動現象の様子は図3のようにまとめられる。

3. 振動発生条件

容器内での水の基本流は、中心付近では底のプレートとほぼ同じ剛体回転をしているのに対し、外側は内側に比べて回転速度が遅くなっている。また、水の深さは中心に向かうほど浅くなっているため、層の厚さの変化に伴う地形性ロスビー波が存在する。回転プレートと逆向きに伝播する地形性ロスビー波が基本流に流された位相速度と、外壁に沿って回転プレートと同じ向きに伝わる重力波の位相速度が近くなることで不安定が生じ、振動現象が起こった可能性がある。両者の位相速度が近くなる条件から、周方向の波数に対応して、振動が生じる回転数が限定的に決まると考えられる。

4. まとめ

円筒容器内を回転する流体で発生する振動現象に関して、波数や繰り返しの間隔・振幅などの特徴が分かった。さらに、振動現象の水深や回転数などの依存性から、振動現象の発生条件の説明を試みた。今後は流速分布の測定などを行なって振動現象をさらに詳細に調べ、振動発生メカニズムに迫ってきたい。