

二重回転円筒水槽における波動現象の研究 ～PIVによる波動の可視化と検出した流速の考察～

*舛田あゆみ、筆保弘徳（横浜国立大学）

1. はじめに

回転円筒水槽実験は、傾圧不安定波を模擬する室内実験として、1940年代から Fultz(1940) や Hide ら(1969) によって研究されている。過去の研究により、回転流体中に出現する自由振動の存在領域が定性的に解明され、発生する波動と温度傾度、回転速度の関係がレジーム・ダイアグラムとして報告されている。しかし、これらの波動観測は目視で行われており、定量的な波動の理解には至っていない。また、当時の技術では、回転速度や温度傾度固定が困難であった。そこで本研究では、回転速度と温度傾度を電氣的に制御できるよう特別に設計された二重回転円筒水槽を用いて実験を行った。そして、近年の流体可視化技術の一つである Particle Image Velocimetry (PIV: 粒子画像流速測定法)を用いることで数値的な波動の解析を行った。

2. 実験方法

本研究では、水を入れた円筒水槽の水平方向に、地球大気に模した温度傾度を与えて回転させ、地球の自転運動と南北温度差の影響により発生する傾圧不安定波の再現実験を、488 回行った。波動流速の解析は、流体に浮かべた粒子の動きを画像の輝度差によって数値化する PIV 手法を用いた。

3. 結果

実験波動をレジーム・ダイアグラムにまとめ、先行研究と比較した。本研究で用いた実験装置による結果は、回転速度に関する先行研究との大きな差異はない。しかし、流体水深と温度傾度の条件設定によっては、先行研究とは異なる波動が生じることが明らかになった(図1)。また、実験で発生した波動の流速分布を PIV 解析した結果、4 cm・6.0rpm・dt20 の実験波動の代表流速は 6.0mm/s と検出された(図2)。

4. 考察

実験水槽と地球の円周、基本流を考慮した相似則を用いて、現実大気と実験波動を比較した結果、実験の流速 6.0mm/s は約 35m/s に相当し、ジェット気流速度(40m/s)と室内実験の流速は、定量的にも傾圧不安定波を模擬していることが明らかとなった(表1)。

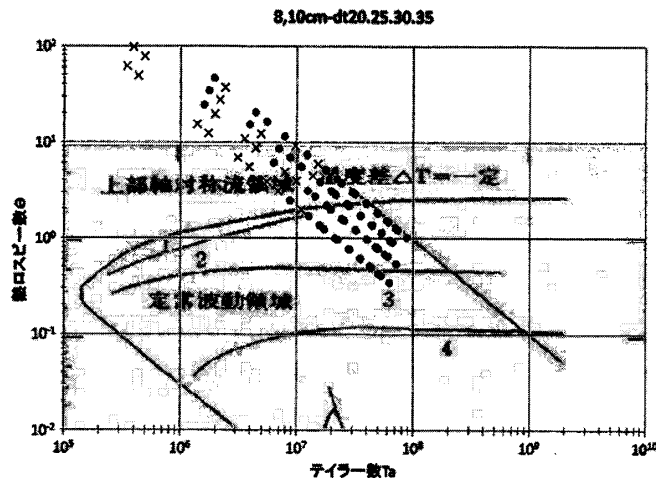


図1 Regime Diagram ×は波動無発生、●は波動の発生を表す。先行研究と異なる結果。水深が深くなる、また温度傾度が大きくなるほど先行研究との差異が観察された。

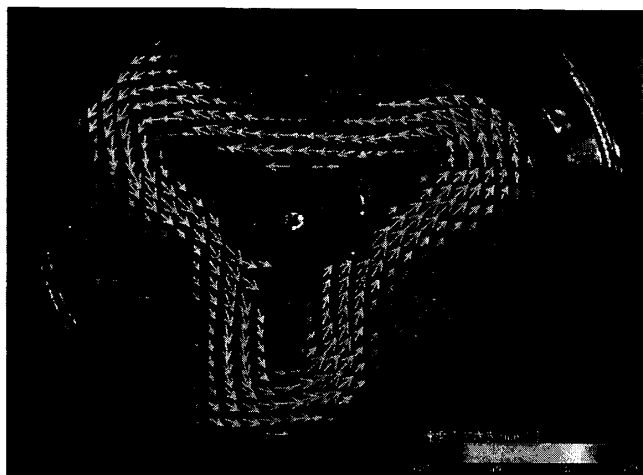


図2 4 cm・6.0rpm・dt20 で発生した波動の PIV 解析。矢線は速度を表す。

表1 地球と室内実験の比較

地球		回転水槽
28322950m	中緯度(45°)円周	565 mm
86400s	周期	10s
40m/s	代表流速	6.0 mm/s

謝辞

本研究で使用了二重回転円筒水槽は、福井県立大学田島俊彦教授より譲り受け、(株)富士機設工業熊取谷様に特別に設計していただきました。PIV 解析において横浜国立大学工学研究院西野耕一教授にご教授を賜りました。また、ご助言、激励をいただきました気象実験クラブ佐藤元代表に感謝申し上げます。