

中央大学理工学部 学生員○笠井 雅広

中央大学大学院 学生員 宮崎 誠

中央大学理工学部 正会員 日比野忠史

中央大学理工学部 正会員 山田 正

1. はじめに 海洋や大規模な湖沼の流れ、または地球大気の運動などを議論する際には、地球の自転による影響が重要になってくる。そこで著者らは、回転の影響を受ける流体の複雑な挙動を解析することを目的として大型の回転水槽を製作した。本論文では、その回転水槽を用いて行った基礎的な実験を通して明らかになった回転流体のいくつかの特質を述べる。

2. 回転水槽の概要 本実験で用いた水槽は200 cm×200 cmの正方形で深さ30 cmであり、中心が回転軸から偏心がないように設置されている。図1に示すように回転装置はモーターと2つのプーリー減速機構からなり、周期7秒～900秒の範囲で天盤を回転させることが可能である。回転天盤は最大5トンのものが乗っても異常がないように考慮されている。また、天盤上には着色水(トレーサ)を貯めておくためのタンク及び水槽内の様子を撮影するためのビデオカメラを設置した。

3. 実験内容及び方法 本研究では以下の3つの実験を行った。①同じ条件の実験を2度行い、実験の再現性を調べる。②水深及び噴流流速を一定にし種々の回転数で水槽を回転させ、噴流がコリオリ力の影響を受け始めるロスビー数を調べるとともに、ロスビー数による挙動の違いを観る。③回転周期及び噴流流速を一定にし、種々の水深で水槽を回転させ、水深がコリオリ力の影響を受けている噴流に与える影響を観る。表1には上述した①～③の実験条件が示されている。ただし噴流流速は、回転がない状態でトレーサの先端が噴出口から1 m地点に達するまでの平均流速である。また、ロスビー数 Ro は慣性項とコリオリ力の比で表され、

$$Ro \equiv \frac{V/t}{2\Omega V \sin \phi} = \frac{V}{2\Omega L \sin \phi}$$

となる。本論文でのロスビー数の導出に際しては、代表速度 V として上述した噴流の平均流速を用い、角速度 $\Omega = 2\pi / \text{回転周期}$ 、水平スケール $L = 1 \text{ m}$ (噴流の拡がる最大スケール)、 $\sin \phi \approx 1$ とする。

これらの実験を行う前に、周期30秒～900秒の範囲で正方形水槽中の水が剛体回転するかを確認する予備実験を行ったが40～60分の回転時間で剛体回転する事を確認した。よって実験に際しては、水を張ってから約1時間水槽を回

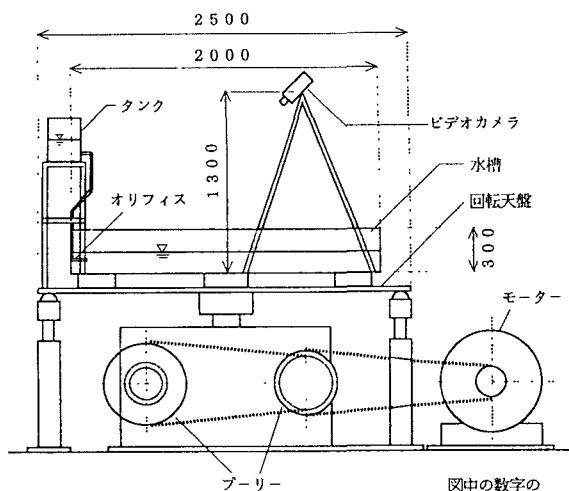


図1 回転水槽の概略図

表1 実験条件

		水深	噴流流速	回転周期	ロスビー数
①	RUN1	20 cm	4 cm/s	90 s	0.29
	RUN2			150 s	0.48
②	RUN3	20 cm	4 cm/s	0 s	—
	RUN4			80 s	0.25
	RUN5			150 s	0.48
	RUN6			410 s	1.31
	RUN7			540 s	1.72
	RUN8			710 s	2.26
③	RUN9	25 cm	5 cm/s	80 s	0.31
	RUN10	5 cm			
	RUN11	7.5 cm			
	RUN12	10 cm			
	RUN13	20 cm			

転させた後、水槽の側壁の中心部分からオリフィスによってトレーサを噴流(噴出口付近の流速は約10cm/s)で流し、ビデオカメラによりその挙動を撮影した。また、噴流の噴出口は全ての実験において水面下1cmとした。

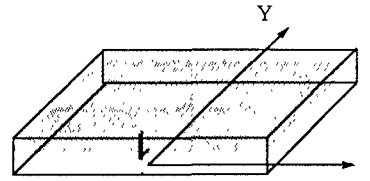


図2 座標系

4. 実験結果及び考察 再現性を観る実験においては、対象としているものが乱流であるため全く同じ現象は起こり得ないが、境界の影響がない範囲で噴流の全体的な挙動に注目すれば十分な再現性が確認できた。

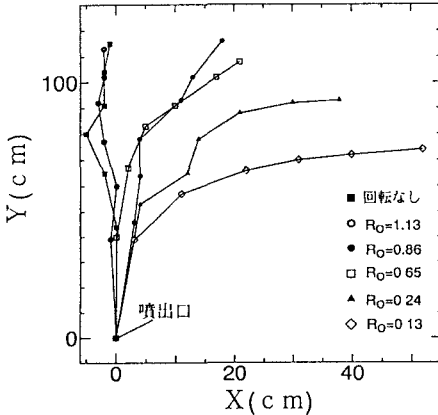


図3 トレーサの先端位置(図4中の×点)の軌跡

図4は実験②の結果を5秒おきに30秒後までトレースしたものである。 $Ro=2.26$ (RUN8)の時は回転なし(RUN3)の場合とほぼ同じ挙動を示し噴流に対するコリオリ力の影響はほとんどない。 $Ro=1.72$ (RUN7)では噴流がコリオリ力の影響を受け始め15秒後ぐらいから曲がり始めている。以下回転周期(ロスビー数)が小さくなるにつれ噴流の曲がりが大きくなり、曲がり始める時間も早くなっている(図3)。

図5は実験③の結果である。水深を10cmとした実験(RUN12)では水深20cm(RUN13)の時とほぼ同じ位置で噴流が曲げられているので底面摩擦の影響を受けていないことがわかる。水深7.5cm(RUN11)では噴流の曲がりには水深20cm(RUN13)と比べて小さい。これは底面摩擦がコリオリ力により噴流が曲げられるのを妨げているためである。水深5cm(RUN10)でも7.5cm(RUN11)の時とほぼ同じ位置で噴流は曲げられていた。水深を2.5cm(RUN9)にすると底面摩擦の影響をさらに強く受け、水深7.5cm(RUN11)、5cm(RUN10)の時よりも噴流の曲がり小さくなるのがわかる。

5. まとめ (1)今回の実験で噴流がコリオリ力の影響を受け曲げられることが確認できた。(2)噴流がコリオリ力の影響を受けはじめるのは $Ro=1$ のオーダーである。(3)コリオリ力の影響を受けている噴流は水深が浅くなると底面摩擦の影響も受け、噴流の曲がりには小さくなる。

<謝辞> 本研究の遂行に当たり、文部省科学研究費試験研究(b)(1)(代表:山田 正)を受けている。ここに記して感謝の意を表す。

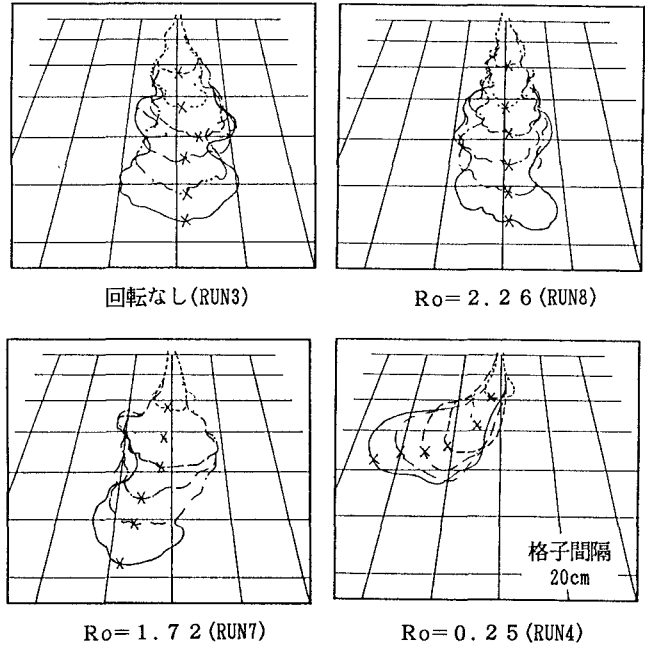


図4 ロスビー数による噴流の軌跡の違い

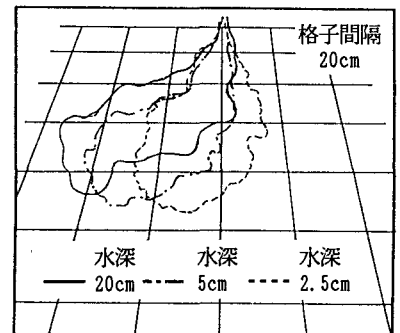


図5 水深が異なる場合の噴流の軌跡の違い(15 s 後)