

II-286

回転場に形成される2次元渦群の諸特性に関する実験的研究

中央大学大学院 学生員 袴田 興太郎 中央大学大学院 学生員 森田 敦子
日本工営（株） 正 員 池永 均 中央大学理工学部 正 員 志村 光一
中央大学理工学部 正 員 山田 正

1. はじめに 海洋や大気の流れといった地球上の大規模な流体運動を議論する際には、地球の自転による影響（コリオリ力）を考慮しなければならない。著者らはこれまでに噴流放出口におけるフルード数の非常に小さい流れ（以下、遅い噴流）が、回転場に多数の渦を形成し、その形成順序には規則性があること¹⁾などを実験により明らかにしてきた。本研究は回転場に形成されるこれら渦群の性質を実験的に明らかにすることを目的としている。

2. 実験内容及び方法 本研究の実験条件を表1に示す。RUN Aは噴流放出口1本を水槽中心に設置し、回転場における渦の形成順序を明らかにすることを目的としている。RUN Bは噴流放出口を4本設置（壁面より50cmの位置）し水槽内に多数の渦を形成させ、回転場における渦の性質を明らかにすることを目的としている。本実験は反時計回りに回転する直径180cm、水深35cmの大型回転水槽を用いて行い、噴流放出口は鉛直方向に2cm間隔で17点設置した。なお噴流流速は回転がない状態でトレーサの先端が放出口より10cm地点に達するまでの平均流速である。

3. 実験結果および考察 本実験の噴流流速は2.5 cm/s ($Fr=0.013$)と非常に小さいため、以下に述べる挙動は実験を撮影したビデオテープを早送り再生して初めて確認できるものである。また同一条件で実験を行った場合でも完全に現象を再現することはできないが、遅い噴流の全体的な挙動に注目すれば十分な再現性が得られた。

3.1 回転効果が遅い噴流の挙動に与える影響 図1は非回転場と回転場での遅い噴流の挙動を比較したものである。遅い噴流は、非回転場では噴流軸に対し3次元的な拡散をし、回転場では水平方向に拡散せず鉛直方向に一樣な2次元流れとなる。これは回転場において成立するテラー＝ブラウドマンの定理に従うものである。

3.2 回転場における渦の形成順序について 図2、表2は回転場における渦の形成順序を示したものである。遅い噴流は各放出口より形成された渦が互いに影響し合うまで、この挙動を繰り返す。

3.3 回転場に形成される渦対について 図2に示すように、回転場では同程度の大きさを有する時計回りの渦（渦C）と反時計回りの渦（渦UC）が対（渦対）になり存在する。渦対を構成する各渦の大きさの釣り合いが崩れ、以下に述べる渦の合体と分離が生じる。

3.4 回転場における渦の合体と分離について 噴流放出後時間が経過し、各放出口より形成された渦同士の影響が無視できなくなると、回転場に形成された渦は図3に示すように合体と分離を繰り返す。回転場における2次元渦の合体と分離は、以下のように分類することができる。

・Case A（単独渦から渦対へ）：合体を繰り返し大きくなり、かつ単独に存在している渦は、周囲流体を取り込みながら水平方向へ棒状に変形し、その後両端から時計回りの渦と反時計回りの渦を形成し、渦対を構成する。

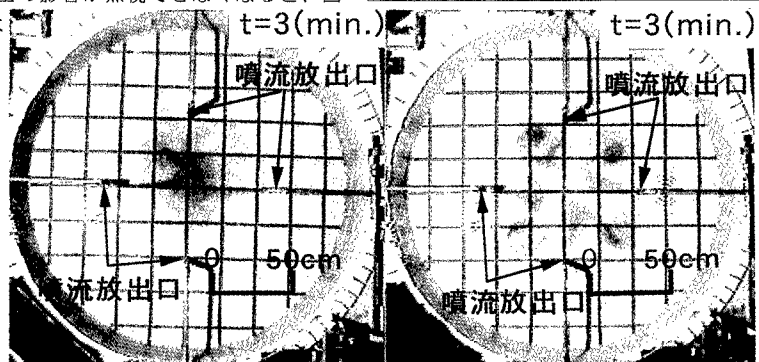
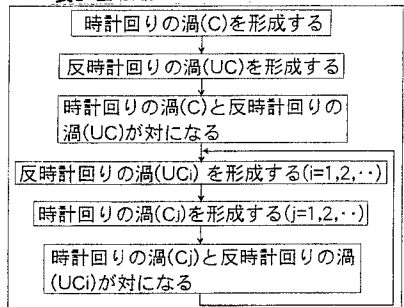
・Case B（渦対から渦対へ）：渦対を構成する渦の一方が、他方比べ

表1 実験条件

実験番号	放出口の条件	回転周期 T (s)	ロスビー数 Ro	エタン数 E
A	放出口：1本	0	—	—
		45	0.050	2.9×10^{-5}
		60	0.069	4.1×10^{-5}
		90	0.100	5.8×10^{-5}
B	放出口：4本	0	—	—
		45	0.050	2.9×10^{-5}
		60	0.069	4.1×10^{-5}
		90	0.100	5.8×10^{-5}

水 深： $h=35$ (cm)
噴流流速： $u=2.5$ (cm/s)
フルード数： $Fr=0.013$
 $Ro=V/2\omega L$ （代表スケール L ：噴流が広がる最大スケール $=180$ cm）
 $E=\nu/2\omega L^2$ （代表スケール L ：水深 $h=35$ cm）

表2 回転場における渦の形成順序



非回転での挙動 (RUN B-1)

回転場での挙動 (RUN B-2)

図1 非回転場と回転場での遅い噴流の挙動の比較

キーワード：遅い噴流，2次元渦，コリオリ力，テラー＝ブラウドマンの定理

連絡先：東京都文京区春日1-13-27 中央大学理学部土木工学科 (03-3817-1805)

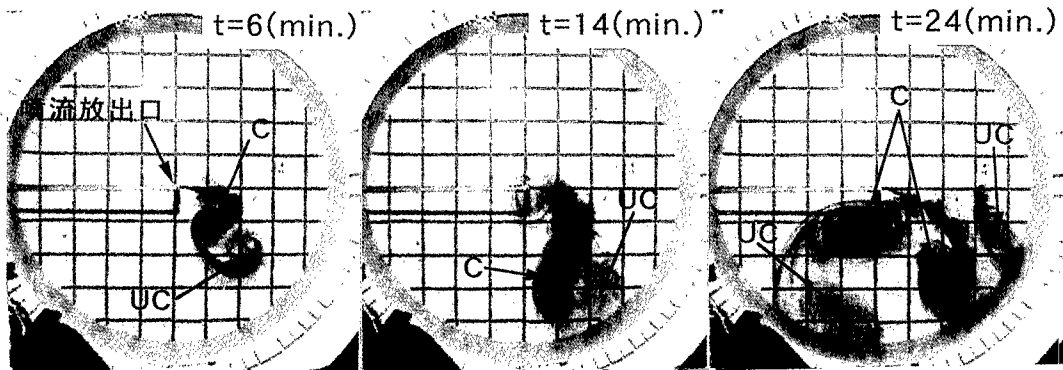
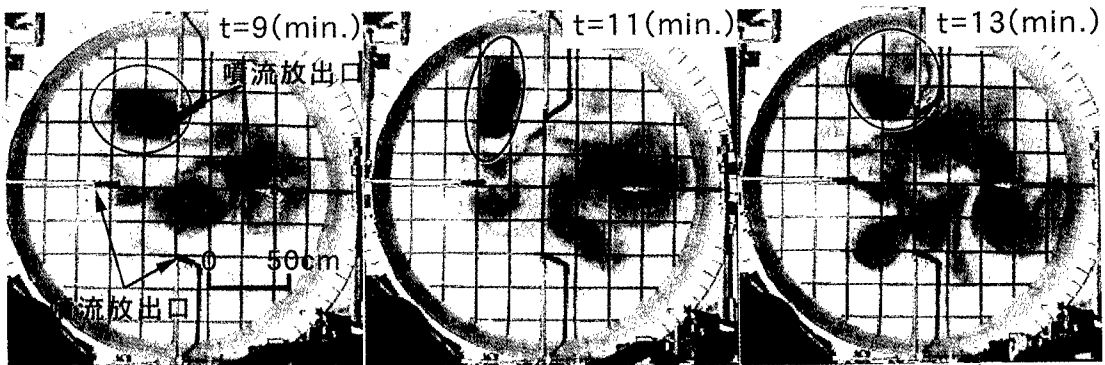
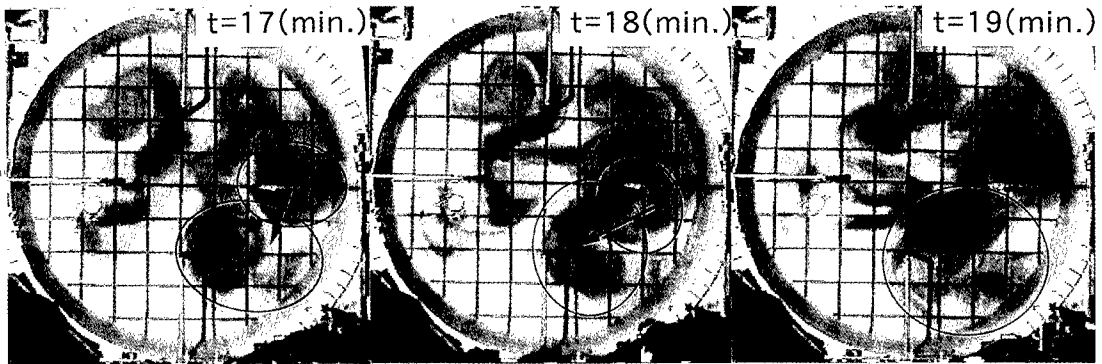


図2 回転場における渦の形成順序(RUN A-3)



t=9(min.)~13(min.)における○内の渦は単独渦から渦対への変形(Case A)を表している



t=17(min.)~19(min.)における○内の渦は渦対から渦対への変形(Case B)を表している

図3 回転場における渦の合体と分離(RUN B-3)

小さい場合、小さい方の渦が周囲の渦を取り込むことにより、渦対を構成する各渦の大きさが釣り合うようになる。

回転場に形成された渦は、合体と分離を繰り返し大きな渦へと遷移していく(カスケード・アップ)が、Case A, Case Bの生じる場所及び時間は全くランダムである。

4.まとめ 1)回転場に存在している渦は、時計回りの渦(渦C)と反時計回りの渦(渦UC)が渦対を形成する傾向がある。 2)回転場に単独で存在する渦は、周囲流体を取り込みながら水平方向に変形し、その後両端が時計回りの渦と反時計回りの渦を形成し渦対を構成する。 3)この渦対を構成している各渦の大きさの釣り合いが崩れると、小さい方の渦に周囲流体が取り込まれ、新たな渦対を形成する。 4)回転場に形成された渦は合体と分離を繰り返すことにより、大きな渦へと遷移していく。

参考文献 1) 袴田興太郎・大東淳一・池永均・山田正・内島邦秀:遅い噴流が回転場に形成する渦の性質に関する実験的研究, 土木学会第52回年次学術講演会第2部, pp. 808-809, 1997. 2) 森田敦子・池永均・袴田興太郎・大東淳一・山田正:遅い噴流が回転場に形成する渦の形成機構と諸特性, 第25回土木学会関東支部, pp. 288-289, 1998