

剥離点近傍における流れの組織性に関する研究

徳山高専 学 ○岡成信正
徳山高専 正 佐賀孝徳
徳山高専 正 渡辺勝利

1. はじめに

自動車など、輸送機関の抵抗軽減は、省エネ、低炭素社会を構築する上で重要であり、剥離現象の解明と制御が重要な鍵となる。本研究は流れの可視化を用いて、剥離点近傍の流れ構造の特徴について考察を行う。

2. 実験概要

本実験では、水路勾配を 1/1000、長さ 10m、幅 60.5cm、高さ 15cm の透明アクリル樹脂製の滑面開水路を用いた。上下流端には、整流用ハニカム(直径 4 mm、長さ 3.2 cm)と水位調節用堰をそれぞれ設置した。剥離現象の観察のため、実験に用いた円柱は $D=8\text{cm}, 6\text{cm}, 4\text{cm}$ である。円柱の上流部と、下流部の剥離点近傍に水素気泡発生装置を設置し、 $Re=2575\sim9441$ で 8 回変化させた 24 ケースの水平断面視の撮影を行った。実験装置の概要を図-1 に示す。実験条件を表-1 に示す。

3. 円柱周りの剥離せん断層特性

図-2 は、図-4 の Time in による合成画像の作成に必要な説明図を示す。図-2 の(a), (b), (c)は図-4 の 3 ケース, CASE1, CASE13, CASE7 の(a), (b), (c)に対応し、それぞれ $L/D=0.5, 1, 1.5$ における線画像を 0.1sec 間隔で 2400 枚積層して合成画像を作成した。

図-3 は、図-4 の合成画像の概略を表す。図の番号はそれぞれ、①逆流領域、②剥離せん断層、③物体外部の主流線の時系列変化を示している。図-4 における流れの時間経過に伴う特徴について、図-3 を用いて説明する。剥離後の剥離せん断層は上下に存在する流線の影響を受け時間経過に伴い揺動している。また、せん断層下部の逆流領域の流線は時間の経過に伴って上昇する傾向があり、剥離せん断層上部の主流流れは、一定の周期特性を持ちながら U 字に弧を描き、上下変動を繰り返す現象が観察された。

図-4 より、せん断層内に多数の渦形象をした曲線が観察された。この曲線は、時系列で移動する剥離せん断

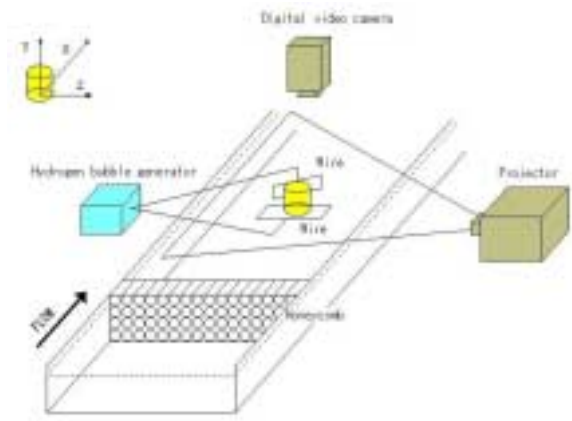


図-1 実験装置

表-1 実験条件

Case	水深H(cm)	$Re(U_m H/\nu)$	直径D(cm)	$Re(U_m D/\nu)$	$U_m(\text{cm}^3/\text{s})$
1	13.0	2575	8.0	1595	1.7
2	13.0	2575	6.0	1188	1.7
3	13.0	2575	4.0	792	1.7
4	13.2	3841	8.0	2328	2.6
5	13.2	3841	6.0	1746	2.6
6	13.2	3841	4.0	1164	2.6
7	12.8	5694	8.0	3559	3.9
8	12.8	5694	6.0	2669	3.9
9	12.8	5694	4.0	1779	3.9
10	12.6	9441	8.0	5994	6.6
11	12.6	9441	6.0	4496	6.6
12	12.6	9441	4.0	2997	6.6
13	13.0	4742	8.0	2918	3.2
14	13.0	4742	6.0	2188	3.2
15	13.0	4742	4.0	1459	3.2
16	13.0	8567	8.0	5272	5.8
17	13.0	8567	6.0	3954	5.8
18	13.0	8567	4.0	2636	5.8
19	12.8	7562	8.0	4726	5.2
20	12.8	7562	6.0	3545	5.2
21	12.8	7562	4.0	2363	5.2
22	12.5	6579	8.0	4211	4.6
23	12.5	6579	6.0	3158	4.6
24	12.5	6579	4.0	2105	4.6

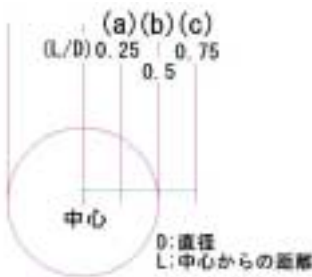


図-2 説明図

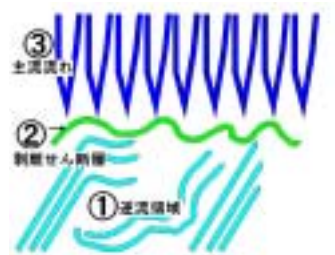


図-3 概略図

渦の曲線であり、これらの渦の個数を 80 秒間で計測した。その結果、渦の発生回数は、Re 数約 3000 まで増加し、それ以上の Re 数での渦の発生回数は減少する傾向が示された。以上より、Re 数値の領域によって剥離渦の発生回数に特徴があることが明らかとなった。また、流れの可視化を行い流れ場の特徴について観察した結果、Re 数の増加に伴い、剥離せん断渦の形成速度や移動速度の上昇が認められた。

図-4 の CASE 7 (C) に矢印で記しているような、逆流領域での巻き返しの強い流線について調べた。その結果、後流のカルマン渦発生割合の約 $1/3 \sim 1/2$ 程度の発生率で間欠的な流れが逆流域に存在していることが示された。

2点間における剥離角度変化

図-5は剥離点近傍の流れ場の様子について示した図である。この図の剥離点付近から約1.5cmの間で、剥離せん断層の角度について1秒間隔で80秒間プロットしたデータを図-6のグラフに記した。図-6より、Re数792,1585では角度変化の振幅の幅が大きく、逆にRe数2918,3559では振幅の幅が小さくなっていることが認められる。これらを、可視化で得られた円柱周りの渦の発生パターンと比較した。その結果、剥離角度は剥離渦に大きく影響されており、発生頻度の増加、渦形状の縮小化によって剥離角度が小さくなることが示された。

図-7は図-6のデータの平均値である。剥離角度の平均値が上下変動している境界に注目して、図-8の圧力抵抗係数のグラフと比較した。図-8 (b)は図-8(a)の拡大図を表しており、圧力抵抗の傾きが変化する領域を縦の線で記し、平均剥離角度の各頂点であるRe数1585,2918を図-8(b)に記した。

圧力抵抗係数の傾きはRe数約1600まで下降し、その値を境に緩やかに上昇を続け、Re数約3000を境に急激に上昇していた。一方、平均剥離角度値はRe数約1600を境に上下し、Re数約3000を超えたあたりから上昇していた。以上より、平均剥離角度は圧力抵抗係数の変動と対応していることが認められた。また、剥離角度変化の周期のヒストグラムについて調べた結果を図-9に記した。図-9からRe数1585のデータまではRe数増加に伴い周期が短くなり、Re数1585～2918では反対に周期が少し長く、Re数2918以上のデータでは周期が急激に短くなることが示された。以上より、平均剥離角度と剥離角度の変動周期は圧力抵抗係数に深い関わりがあることが示され、今

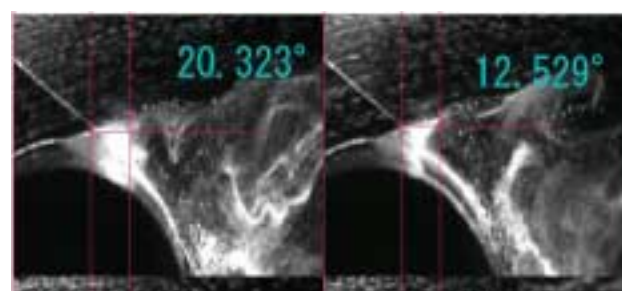
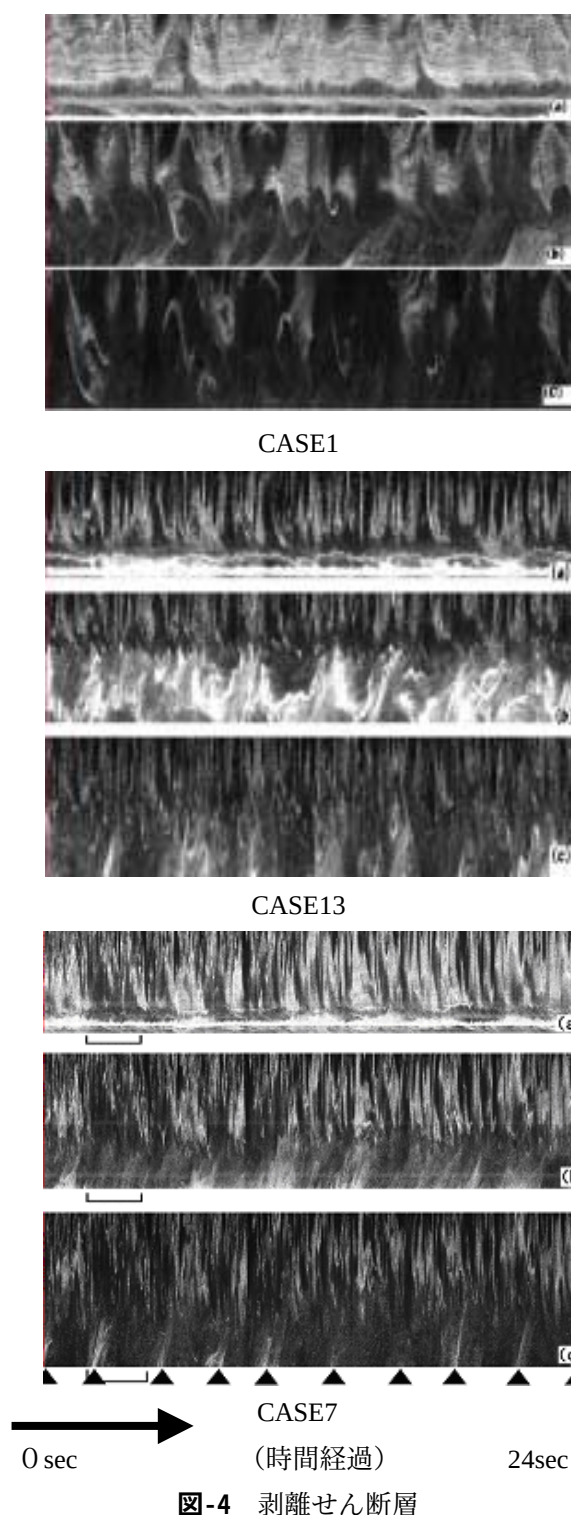


図-5 剥離点近傍の流れ場

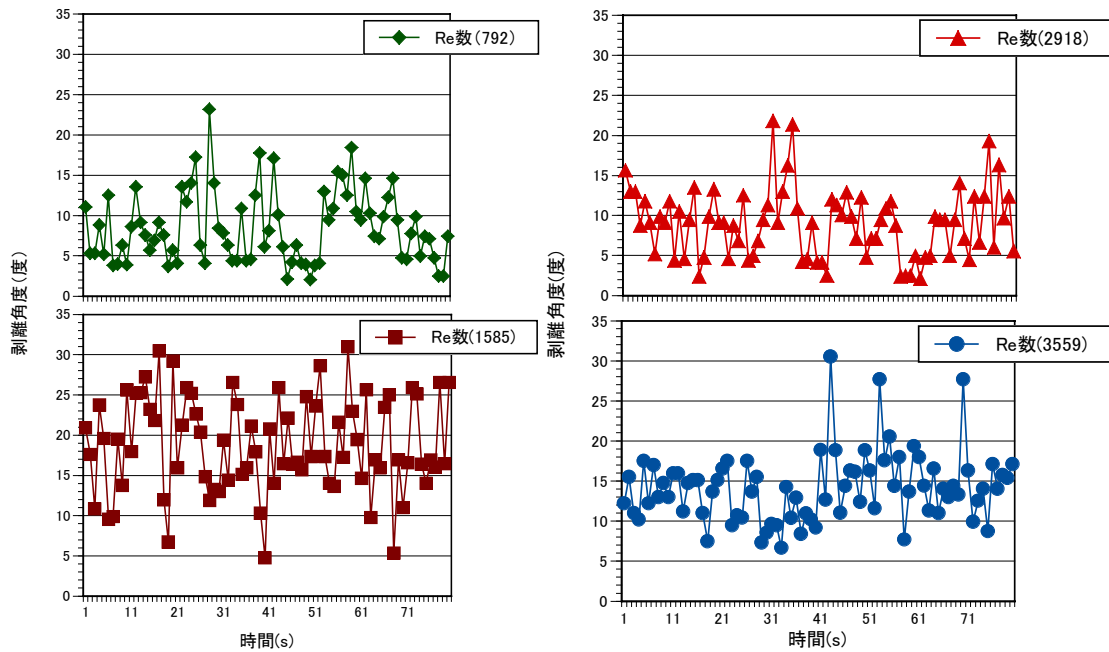


図-6 剥離角度の時系列変化

後さらに詳しく調べる必要がある。

5. 結論

以下に,本論における主要な結論を示す。

1. 剥離後の剥離せん断層は上下に存在する流線の影響を受け,時間経過に伴い揺動する現象が観察された。
2. Re 数の増加に伴い,剥離せん断渦の発生位置が剥離点に近づき,発生周期の短い,小さな渦が多数表れる。
3. 逆流域に存在する強い巻き返し流線は,カルマン渦の発生割合の約 1/3～1/2 程度の発生率で間欠的な流れが逆流域に存在することが明らかとなった。
4. 剥離角度及びその振動特性は,圧力抵抗との間に深い関わりがあることが示された。

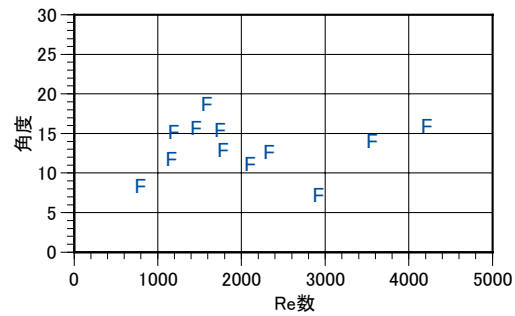


図-7 平均剥離角度

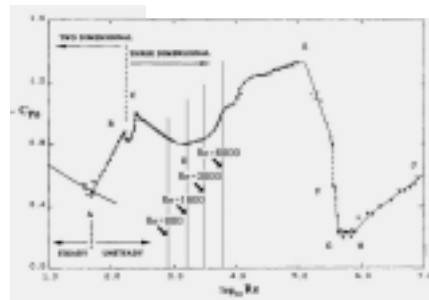


図-8(a) 圧力抵抗係数

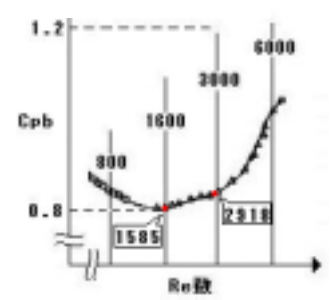


図-8(b) 拡大図

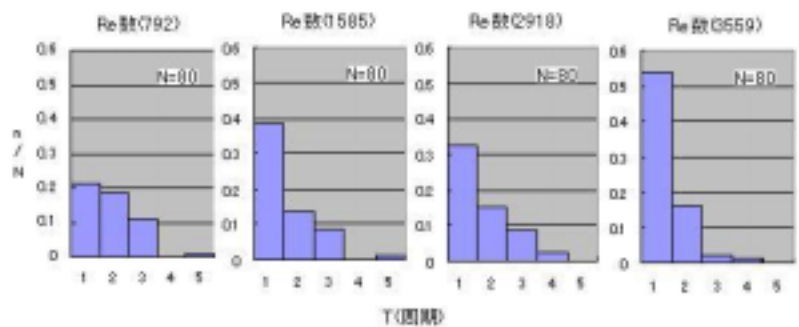


図-9 角度変化の 1/2 周期のヒストグラム

参考文献

- 1) H.K.Williamson: VORTEX DYNAMICS IN THE CYLINDER WAKE ,Ann Rev Fluid Mech.,Vol.28,pp.477-539,1996.