

II-477

潮流によって形成される島の後流についての実験的研究

埼玉大学大学院	学生員	田中明広
埼玉大学工学部	正員	浅枝 隆
埼玉大学工学部	正員	Vu Thanh Ca

1. はじめに

海洋における島や岬は潮流によって後流渦を形成する。これらの後流渦は島の背後で海水を取り込み、漁業、水質等において少なからず影響を与える。これらの後流渦を細部に至るまで詳しく調べてみると、様々な興味深い流動特性があることが最近解ってきた。

従来、このような障害物によってできる渦は二次元流れとして研究されており、渦の状態についてはレイノルズ数、すなわち平均流速と障害物の幅の積を動粘性係数で割った無次元パラメータで整理されることが広く知られている。しかしながら、島の後流のように水平方向に比べて鉛直方向の長さスケールが極端に小さい流れ場では、底面摩擦による影響が大きくなるために、二次元流れと同様に扱うことはできなくなることが予想される。

PingreeとMaddock(1980)はこのような偏平な流れ場でのレイノルズ数として運動方程式における移流項と摩擦項の比を提案している。

$$R = U \frac{dU}{dx} / \frac{\tau}{\rho H} = \frac{H}{C_o L} \quad (1)$$

ここで、Hは水深、Lは島の幅、 C_o は底面摩擦係数である。

一方、Volanskiら(1984)は水深の小さい海域における後流の形成は粘性底層と二次的な流れと渦度と角運動量の相互作用であるととして Island wake parameter P を提案している。

$$P = \frac{UH^2}{K_z L} \quad (2)$$

本実験における流れの状態は十分に発達した乱流のそれではないため、鉛直方向の速度分布は線形に近くなる。したがって、

$$\frac{\tau}{\rho} \Big|_{z=0} = (C_o U^2) - K_z \frac{U}{H} \quad (3)$$

式(3)と式(2)から、

$$P = \frac{H}{C_o L} \quad (4)$$

式(4)は $R = P$ ということを含意する。

2. 実験概要

幅50cm、深さ40cm、長さ19mの可変勾配水路の中央部に、角に丸みをつけた長方形の島を設置して、水深を0.37cmから2.19cm、平均流の流速を1cm/sから21.6cm/sの真水を通して後流の状態を調べた。尚、水路の底面は水理学的に滑らかな状態となっている。実験装置の概略を図1に示す。

後流の可視化は平均流と後流のそれぞれに二種類の染料を流して後流域を際立たせるようにした。後流域内の流れを調べるに当たっては水平方向については発泡スチロールの小片を浮かべ、また鉛直方向についてはアルミニウムの粉末を水に溶かして平均流と共に流し、スリットを通した光を当てて連続的に写真を撮り、解析した。

実験条件を表1に、またCollinsとPattiaratchi(1984)による実海域での調査結果を表2に示す。

3. 実験結果と考察

3-1. 後流のパターン

後流のパターンは次の三つに大別することができる。一つめは後流が全くできないタイプ(no wake)、二つめは定常な双子渦ができるタイプ(stable)、そして三つめはカルマンボルテックスと呼ばれるように島の両端から渦が交互にできて流されてゆくタイプ(shedding)である。後流のパターンとP値との関係を

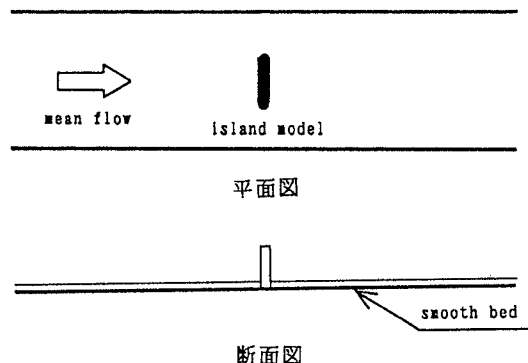


図1 実験装置の概略

図2に示す。図から一般に、 $P < 1$ の時は後流域はできず、 P が1付近で定常な双子渦が形成され、 P が更に大きくなると交互に放出される渦となっていることがわかる。

3-2. 後流のスケール

後流の幅と P 値の関係を図3に示す。図の縦軸は後流の幅を島の幅で割って無次元化しており、黒丸はstableのタイプを、白丸はsheddingのタイプを表している。少々ばらつきがあるものの、 P 値の増加と共に後流の幅は大きくなっていることがわかる。また、sheddingの増加率はstableの増加率よりも小さく、したがって、stableからsheddingへの移行時には速やかに後流の幅は減少して行くことが予想される。

3-3. 後流域内の流速

現地観測によれば後流域内の水平方向の流速は周囲の流れと同じオーダーになることが確認されている。しかしながら、二次元流れでは後流域内の流速は周囲の流れと比較して極端に小さくなることが実験からも解っており、このことから島の後流は二次元流れとして扱うことができないといえる。図4に後流域内の流速と流下方向の島からの距離との関係を表す。図の横軸は距離を島の幅で無次元化した値、縦軸は後流域内の流速を平均流の流速で無次元化した値を示し、黒丸は順流方向を、白丸は逆流方向の流速について表す。図から距離の増加と共に、流速は大きくなり、島の幅分の位置では大体10分の1の範囲であり、島の二倍の長さの位置では平均流と同じ値になっていることがわかる。

3-4. 下降流

観測によれば島の後流域と周囲の流れとの水表面での境界線において浮遊物が縞状に集積することが確認されている。このことから境界面において下降流の存在が予測できる。今実験では初めてこの下降流を確認することに成功した。図5は $P = 2.0$ の状態での下降流の流速分布を示す。縦軸と横軸は図4と同様、平均流の流速と島の幅でそれぞれ無次元化してある。この下降流の流速は100分の1のオーダーと極めて小さく、大体島の幅分の範囲内で存在することがわかる。

4. おわりに

今回の研究で島の後流は実験室内で実現象をかなり精度よく再現できることがわかった。また実観測では確認することのできなかった下降流を確認し、流速を得たことは大きな収穫であった。今後は P 値と下降流の定量的な関係について研究を進める予定である。

参考文献

1. Charitha Pattiatichi(1986); ISLAND WAKES AND HEADLAND EDDIES A COMPARISON BETWEEN REMOTELY SENSED DATA AND LABORATORY EXPERIMENTS, Journal of geophysical research vol. 92
2. Wolanski, E. (1984); ISLAND WAKES IN SHALLOW COASTAL WATERS, Journal of geophysical research

表1 実験条件

番号	平均流速 (cm/s)	平均水深 (cm)	島の幅 (cm)	Re	P
1	3.9	1.45	14.5	1359.04	11.05
2	3.99	1.23	14.5	478.99	6.69
3	10.6	0.72	14.5	752.37	5.09
4	21.6	0.94	14.5	2044.93	48.83
5	3.53	1.28	14.5	438.88	6.38
6	12.26	1.4	14.5	1666.56	10.74
7	5.56	0.48	14.5	261.61	1.4
8	2.69	0.38	12.5	101.45	0.47
9	6.28	0.74	12.5	756.88	9.65
10	4.4	2.19	12.5	923.17	17.24
11	3.2	2.01	12.5	816.86	16.33
12	4.16	2.19	12.5	872.81	17.28
13	1.52	1.19	12.5	845.83	8.5
14	1.95	1.51	12.5	285.82	5.7
15	5.36	1.28	5.4	668.95	26.22
16	3.68	0.35	5.4	126.09	1.34
17	1	0.84	5.4	82.61	2.01
18	6.1	1.52	5.4	899.97	27.59
19	3.78	1.47	5.4	538.91	24.24
20	3.61	0.82	5.4	116.99	1.15
21	3.9	0.67	5.4	255.95	5.21
22	6.9	0.37	5.4	253.42	2.89
23	5.8	0.39	2	224.45	7.11
24	3.1	0.39	2	118.44	3.65

表2 実海域における値

記号	平均流速 (m/s)	平均水深 (m)	島の幅 (m)	Re	P
a	0.25	40	481.5	12	0.8
b	0.5	40	481.5	24	1.1
c	0.6	40	481.5	29	2
d	0.5	12	100	0.5	7
e	2.5	50	370	9	16.9
f	2	30	7400	14.8	2.4
g	1.5	30	7400	11.1	1.8
h	0.5	2	185	0.9	1.1

図2 後流の状態と P 値の関係 図3 後流の幅と P 値の関係

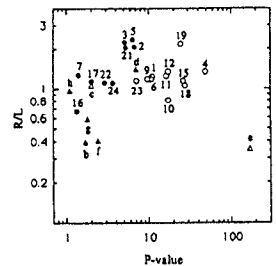
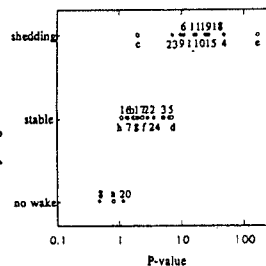


図4 後流域内の流速分布

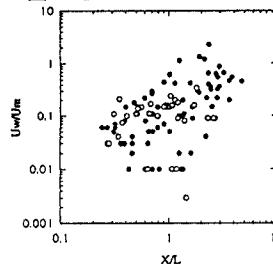


図5 下降流の流速分布

