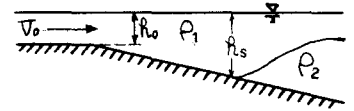


東京理科大学 理工学部 土木工学科 正員 大西 外明
 同上 学生員 〇北 島 陽一
 同上 〃 宮 本 克彦

1. 緒 論

著者らはかねてから、リモートセンシングによるわが国沿岸水域の流動特性に関する調査研究を進めているがそれによれば、均等質にみえる流れも、水面熱映像等によれば意外なほど密度流的性状を有していることを発見することが多い。同様のことが、観測パラメータとして水の濁りを選ぶ場合にもあてはまる。したがって、リモートセンシングを水理現象へ応用することを試みる場合、密度流に関する理解を持つことが必要であり、特に二成層流の概念は最も基本的な解析モデルとして重要なものと考えられる。ところで、リモートセンシングによる沿岸水域の流動特性を調べる方法は調査の目的や水域の広さ等によって多様に選ばれるが、比較的せまい水域を対象とする場合は、陸側からの排水の挙動の追跡、あるいは、密度を異にする内湾水と外洋水との相互干渉の追跡等の方法が最も一般的なものの例があり、そのさい、従来から温排水問題や河口密度流問題に関連してなされてきた成層流の研究成果を応用しよう。しかし、沿岸水域の流れ特性は海底地形に著しく影響されるのに対して、従来の排水に関する研究では、平面的にも縦断面的にも半無限の水域への表層放流モデルを解析上考えているものが多い。一方、実験的研究としては、図1に示す場合の表層水の挙動に及ぼす海底地形の影響に関しては、Saffaie¹⁾が実験を行ない、また、Pağenkov²⁾やWinif³⁾による実験値を整理して、表層水が底面を離れる分離点の水深 h_s は次式により表わされるものとしている。

$$R_s/L_s = 0.914 F_r^{-3/2} \quad (1)$$

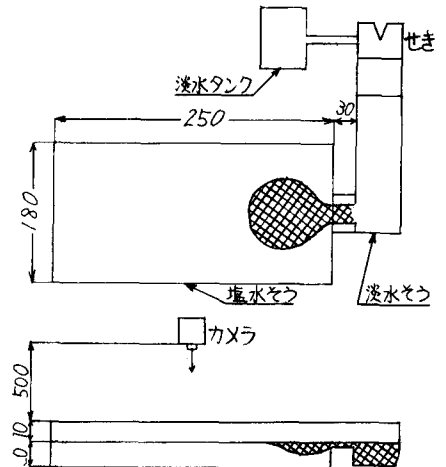


ここに $L_s \equiv u^2/\Delta\sigma$, $F_r = u/(\Delta\sigma h_s)^{1/2}$, $\Delta\sigma = (\rho_2 - \rho_1)/\rho_2$, u と h_s は放水口での表層水の流速と水深。しかし、Saffaie の実験は底こう配が $1/50$ の場合について行なわれたものであり、著者らが関心を持っている比較的急こう配の河口付近の表層流への適用性について危惧が感じられる。さらに、先に報告したように²⁾、海峡部を潮流が通過する際、岬先端に発する自由境界層ごいの渦が下流部で集積して大規模な渦対を形成することが鳴門海峡において観測されるが、このことから類推すれば、いわゆる established region における表層流は、従来の知見とはいささか趣きを異にして、大規模な渦対を含むものと予測される。

以上の観点から、室内水槽において実験を行なった。

2 水 理 実 験

1) 実験装置および方法 実験水槽は $2.5\text{m} \times 1.8\text{m} \times 0.30\text{m}$ の透明なアクリル板製であり、放水口は巾 10cm の長方形断面とし、その直下底部の水底にスロープをつけた。スロープ形状としては図1に示したように、段落 $1/20$ (Case 1), $1/10$ (Case 2), $1/10$ スロープで中央段落 $1/20$ (Case 4) とした。実験に際しては、はじめ水槽内に塩化ナトリウムを溶かした水(塩水)を深さ 20cm まどためたうえで、上流から淡水を流し、水面上 5m の位置に固定したカメラで4秒間隔で撮影することにより表層流を平面的に追跡するとともに、水路側面においたカメラによって表層流の縦断面形状を連続撮影して、その映像より



分離水深 h_s と分離点の位置を求めた。なお上層流の流量測定のために 30° 三角せきを淡水槽の脇に設け、淡水槽の淡水はウォーターブルーにより青色に染色しおき、試験開始時、流量が定まらない間の淡水は導水路に貯め、せきの流量が一定に達したのちに塩水槽へみちびいた。淡水放流中の塩水槽水位は下流端に設けた超流せきにより一定に保った。淡水と塩水の比重は比重浮標計で一定し、表1に示す値とした。この表1には放水口位置での淡水の流量 Q 、水深 h_0 、流速 U_0 、内部フルード数 F_0 、も併記してある。

表1 実験条件

番号	$\rho_1 (\text{g/cm}^3)$	$\rho_2 (\text{g/cm}^3)$	$Q (\text{cm}^3/\text{s})$	$h_0 (\text{cm})$	$U_0 (\text{cm/s})$	F_0	番号	$\rho_1 (\text{g/cm}^3)$	$\rho_2 (\text{g/cm}^3)$	$Q (\text{cm}^3/\text{s})$	$h_0 (\text{cm})$	$U_0 (\text{cm/s})$	F_0		
Case 1	1	1.005	1.040	140	0.8	17.5	3.40	Case 3	1	1.005	1.035	70	0.7	10	2.24
	2	"	1.035	"	"	"	3.67		2	"	"	140	0.8	17.5	3.67
	3	"	1.030	"	"	"	4.01		3	"	1.025	"	"	"	4.47
	4	"	1.025	"	"	"	4.47		4	"	1.020	"	"	17.5	5.15
	5	"	1.020	"	"	"	5.15		5	"	1.015	"	"	"	6.30
	6	"	1.015	182	"	"	8.19		6	"	1.010	"	"	"	8.88
	7	"	1.010	140	"	"	8.88	Case 4	1	1.005	1.045	140	0.8	17.5	3.19
Case 2	1	"	1.030	70	0.7	10.0	2.45		2	"	1.030	100	0.7	14.3	3.50
	2	"	1.032	140	0.8	17.5	3.86		3	"	1.020	140	0.8	17.5	5.15
	3	"	1.030	"	"	"	4.00		4	"	1.015	"	"	17.5	6.30
	4	"	1.025	"	"	"	4.47		"	1.010	"	"	"	8.80	
	5	"	1.020	"	"	"	5.15								
	6	"	1.015	"	"	"	6.30								
	7	"	1.030	"	"	17.5	6.30								
	8	"	1.010	"	"	"	8.88								

2) 実験結果と考察

(i) 分離水深(h_s)に及ぼす底勾配の影響 底勾配が $1/50$ あたりのSafaeiによる提案式、式(1)に対応させるため、Case 2とCase 3の実験結果から h_s/L_s と F_0 の関係を求めて図示したのが図2である。これによりわかるように、 $\log(h_s/L_s)$ と $\log(F_0)$ の間にはほぼ直線的関係が成立するものの、この直線の勾配は底勾配が大きくなるにつれて減少している。すなわち、この流れの場合につき次式が得られる。

$$\text{底勾配 } 1/20 \text{ のとき} : h_s/L_s = 1.578 F_0^{-1.630} \quad (2)$$

$$\text{底勾配 } 1/10 \text{ のとき} : h_s/L_s = 1.799 F_0^{-1.421} \quad (3)$$

なお、 $1/10$ 勾配(中央段落ち)のCase 4については次式が得られる。

$$h_s/L_s = 1.553 F_0^{-1.460} \quad (4)$$

(ii) 表層流内の渦対 写真はCase 2-5 ($F_0=5.15$)の場合の表層流の平面形状の時間的変化を示す。実験に際して

は、周囲水の表層流内への混入状態を可視化するために、淡水放水前の塩水表面にパンテックを一面にまいておいた。放水開始直後には表層水は沖合い方向と共に、底勾配のゆるいときほど横方向にも拡がるが、噴流の発達につれて自由境界面ごとの渦によって表層内に混入され、やがてコア部が明確に形成され、この後も周囲の塩水をコア部から連行しつづける。一方コア部下流の表層内では、一対の渦が周囲水内の旋回流と独立に形成されて、低速で自走していく。これと類似の現象が自然水域においても存在することを示唆するリモートセンシングデータがえられているが、これについては講演時に示す。

