

画像処理装置を用いた成層密度流中の物体背後に生ずる流れの解析

東北工業大学 正員 相原 昭洋
東北工業大学 正員 阿部 至雄

1. はじめに.

成層密度流中に薄い barrier のような水理構造物を設置すると、その背後に生じる強制渦 (Lee 波) によって密度混合が生じる。そこで、本研究では、物体背後の上層流に注目して、表面流速、はく離形状、Lee 波の形状について画像処理装置を用いて計測し、物体背後の流況について考察を行なった。さらに、塩水の到達高さ、内部界面の測定結果と画像処理装置より得られた流れの計測結果と合せて物体背後に生じる密度混合についても考察を行なった。

2. 実験装置および実験条件

実験に用いた水路は長さ 10 m、幅 0.4 m、高さ 0.3 m の水路で水路上流端に長さ 2.0 m、幅 0.4 m、高さ 0.105 m の広頂せきを設置し、その下流 2.5 m の位置に barrier を設けた。実験は、淡水深 $h_1 = 10.0$ cm、塩水深 $h_2 = 10.5$ cm、密度差 $\Delta\rho = 0.028\%$ とし、塩水面上からの barrier の高さ d を 4.0 cm ~ 6.0 cm まで 0.5 cm づつ変化させて 5 ケースについて行なった。(図-1 参照) また、その時の内部フルード数 $Fr_i = 0.132 \sim 0.148$ 、クーリガン数 $\Theta = 0.285 \sim 0.317$ であるので剪断流れに対して内部界面は全て安定である。流速の測定には水素気泡をトレーサとして、Lee 波の測定には barrier 前面より色素を流すことにより可視化し、TV カメラで撮影して、その画像をハードディスクに収めた後に、画像処理装置を用いて計測を行なった。その画像処理装置の構成図を図-2 に示した。また、塩水の検出には電導度を用いた。

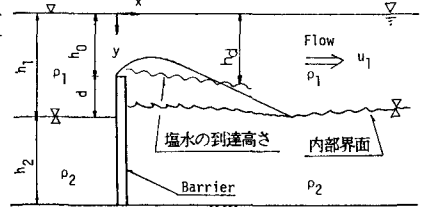


図-1 流れの模式図

3. 実験結果および考察

表面流速は、barrier 頂付近で流水断面積が減少するため急速に増大し最大となる。この表面流速を U_{max} とし、表面流速の γ 減特性を示したのが図-3 である。図によれば、コア領域、 γ 減領域とその後の表面流速一定領域に大別される。 γ 減開始は d が小さいほど早く、コアの長さは短くなる。特に $d = 4.0$ cm ではコア領域はほとんど見られず、それは噴流としての取扱いは出来ないと言えよう。また、 $d = 4.5, 5.5$ cm では表面流速の γ 減割合は噴流のそれに対して緩やかで、その γ 減部を過ると表面流速は殆んど変化しない。他方、 $d = 5.5, 6.0$ cm に対する γ 減特性は噴流の場合と類似する傾向を示すが、流程を増しても Lee 波の影響が消滅せず表面流速は変動を繰り返して一定となるまでは至らない。

次に、Lee 波の発生周期を表-1 に示した。実験によれば、barrier から発生する Lee 波の周期は 4.8 ~ 9.2 sec 程度であった。また、物体背後よりはく離する渦に関する無次元量は、ストローハル数 St とレイノルズ数 Re である。そこで、barrier 前面での界面のセキ上げによる死

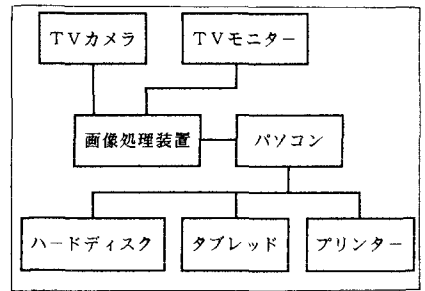


図-2 画像処理装置の構成図

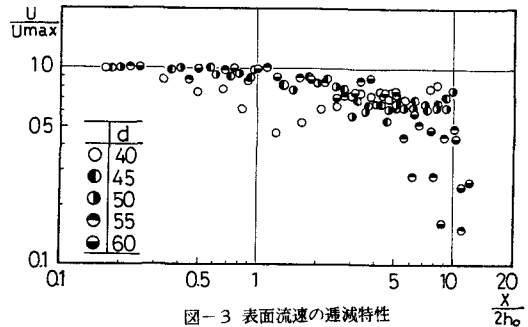


図-3 表面流速の減速特性

水域を考慮し、セキ上げられた界面より barrier 頂までの高さ d' を長さの代表値として用い St を計算すると $0.10 \sim 0.42$ と評価できた。

図-4 に比較的、規則的な渦状運動をしている Lee 波に着目して求めたアスペクト比を示した。図中の番号は Lee 波の渦列の順を示している。アスペクト比は等方性乱流で得られている値 2.0 より小さい値を示し、barrier の高さ d との明瞭な相関はほとんど見られていない。しかし、渦列が進むにつれて、その形状は剪断変形し流下方向に広がる傾向を示す。

次に、内部界面の高さと塩水の到達高さを図-5, 6 に示した。図中の鎖線は Lee 波の生じている領域を示し、一点鎖線は剥離領域を示している。

図より、内部界面は barrier 背後で、はく離流れによって逆向きの流れが生じるため塩水の滞留が見られ逆向きの勾配となっている。また、その滞留域の長さは barrier の高さ d の約 5 倍程度と考えられる。一方、 $d=4.0\text{cm}$ では他のケースと異なる流況を見せ、barrier 背後では塩水の滞留は見られず内部界面の勾配は流下方向に増す通常の剪断流れのそれと同じ状況を呈している。

次に、塩水の到達高さについて見ると、barrier 前面から供給される塩水と、Lee 波の界面破壊によって生じる密度混合の範囲は、はく離領域内と考えられ大きく見積っても d の約 10 倍程度と思われる。また、塩水の到達高さは、barrier 背後で最も増大し、その後急激に減少している。従って最初にはく離する Lee 波によって最も強く、界面が破壊され下層塩水が上層に巻き上げられるものと思われる。また、 $d=4.0\text{cm}$ と d が低くなると塩水の到達高さの傾向は他の場合と異なり、barrier は内部界面上にある粗度の様子が役割を示すことが示唆される。

4. あとがき

成層密度流中の物体背後の流れについて実験を行った結果、Lee 波によって物体背後に生ずる密度混合の範囲は、barrier の高さ d の約 10 倍程度となるものと思われる。さらに d が低くなると表面流速の急減特性からも知れる様に噴流としての取扱いが出来なくなるが、今後さらに検討を加えたい。本実験を遂行するにあたり本学学生 工藤 裕君、船木智正君に協力を得た、ここに付記し感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 相原, 阿部: 成層密度流中の物背後に生ずる流れの構造と密度混合に関する実験的研究, 第 41 回年講 1986.11. pp. 471~472

表-1 Lee 波の発生周期

d (cm)	d' (cm)	T (sec)	St	$Re=U_0 d'/\nu$
4.5	1.6	9.2	0.10	8.1×10^2
5.0	2.1	6.1	0.17	8.6×10^2
5.5	2.3	4.0	0.29	1.0×10^3
6.0	3.9	4.8	0.49	1.1×10^3

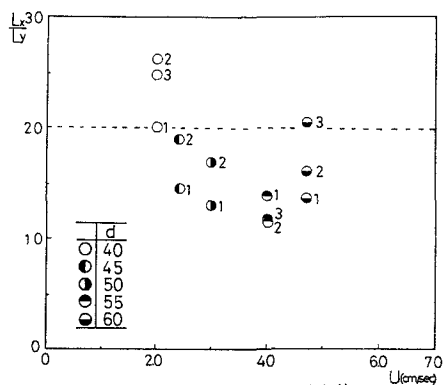


図-4 Lee 波のアスペクト比

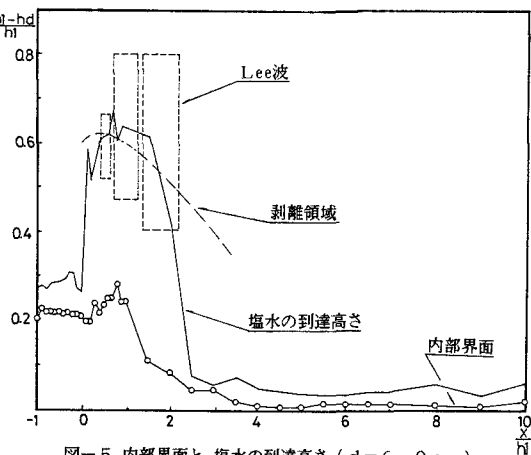


図-5 内部界面と 塩水の到達高さ ($d=6.0\text{cm}$)

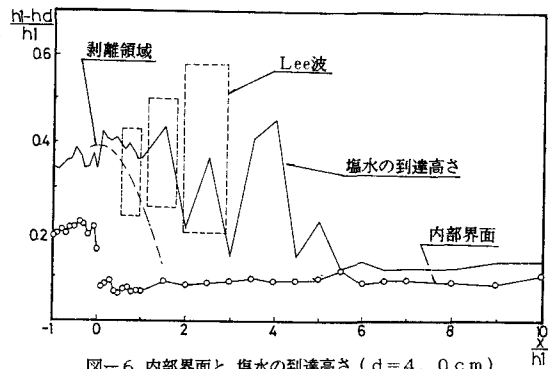


図-6 内部界面と 塩水の到達高さ ($d=4.0\text{cm}$)