

傾斜サーマルの流動初期の挙動

山口大学大学院 学○中園康二 山口大学工学部 正 羽田野袈裟義
山口大学工学部 正 朝佐孝二 宇部短期大学 正 松本治彦
建設技術研究所 正 矢野晶人

1.はじめに

周囲流体より密度の大きな流体が斜面上に放出されることにより生じる下層傾斜密度流は、海洋の乱泥流、貯水池の濁水密度流、山地斜面の冷気流は自然界における傾斜密度流の典型例であり、水工学と密接な関係がある。また、乱泥流の発達・減衰は初期フルード数と初期掃流力／限界掃流力比に支配される²⁾。このため、傾斜密度流の流動初期の運動を詳細に調べることは重要であると考えられる。

本研究は傾斜密度流のうち傾斜サーマルに着目し、昨年の実験結果¹⁾に、代表スケールを導入して、流れの状態を無次元表示し、関連する物理量の間の依存関係を検討した。

2.実験の概要²⁾

実験は次のように行われている。まず、水路の上流部にゲートを設け、水槽内に水道水を供給した後、着色した食塩水をゲート上流部に貯めた。そして、両者が落ち着いた後、ゲートを上部に開放して短時間の塩水供給を行っている。実験条件は、勾配 $i=1/4 \sim 1/40$ 、相対密度差 $\Delta\rho/\rho=0.005 \sim 0.020$ 、塩水の供給体積量を $V=1 \sim 3(l)$ の間で変化させ、45 通りの実験を行っている。まず、VTR に収録し、画像解析により形状を測定した。

3.実験結果および考察

3-1.流動状態の分類

流出直後、下層流体先端部は流動厚さを増大させながら進行していく。この流動状況は図-1 のように 3 つの T_{type} に分類できる。

- (A) 先端部が膨れ、先端部と後続部の間で顕著なくびれが見られる。
- (B) 先端部は膨れるが顕著なくびれは見られない。
- (C) 先端部から後続部の間で層厚はほぼ一定である。

実験によれば、ゲート開放後の流れは $C \rightarrow B \rightarrow A$ のパターンで変化する。この変化のプロセスを時間スケール、速度スケール、長さスケールを用いて検討する。Bonnetaze³⁾らは開放交換流れの解析において、

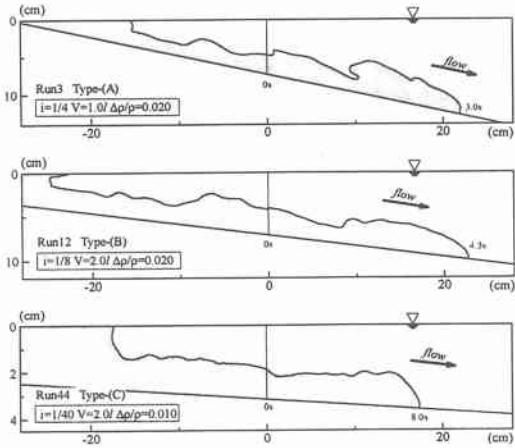


図-1 流動状況の分類 上から(A), (B), (C))

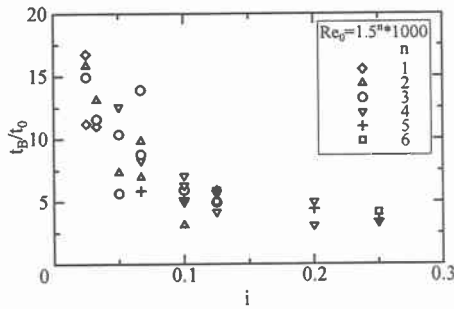


図-2 流動状況の遷移時刻

ゲート位置での初期層厚 H_0 を用いて次のような時間スケール t_0 、速度スケール u_0 、および長さスケール H_0 を定義した。

$$t_0 = (H_0 / g')^{1/2} \tag{1}$$

$$u_0 = (g'H_0)^{1/2} \tag{2}$$

ここに、 g は重力加速度であり $g' = g\Delta\rho/\rho$ である。

次にゲートを開放してから A および B に移行するまでの時間をそれぞれ t_A および t_B とし式 (1) を用いて無次元化した。図-2 は t_B の結果を示している。また、図中の Re_0 はレイノルズ数で次式で与えられる。

$$Re_0 = H_0(g'H_0)^{1/2} / \nu \tag{3}$$

ここに、 ν は水の動粘性係数である。図より t_B/t_0 は

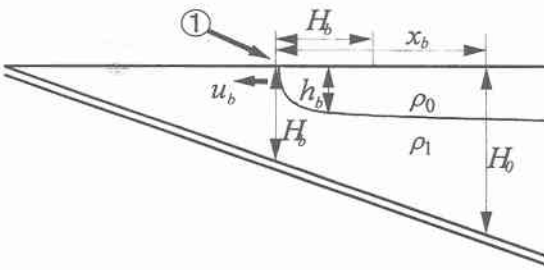


図-3 後退諸量の定義

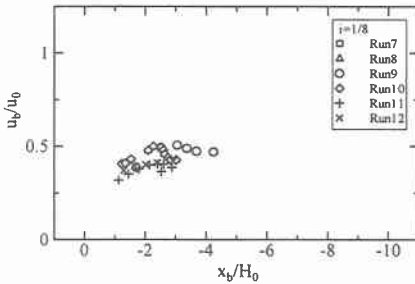


図-4 潜り点の移動速度

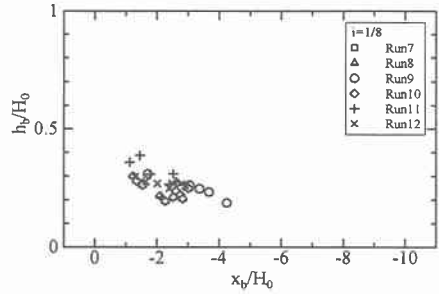


図-5 h_b/H_0 の変化

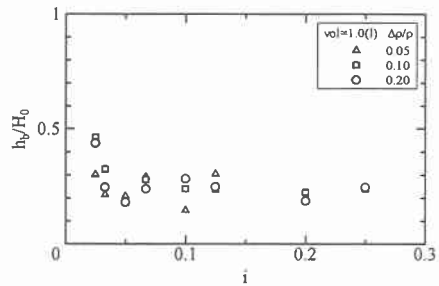


図-6 h_b/H_0 と勾配 i の関係

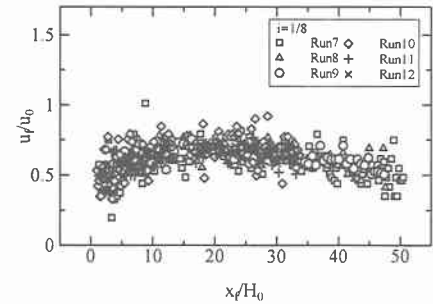


図-7 先端移動速度の変化

底面勾配が急なほど、そして Re_0 が大きいほど値は小さく、流況の遷移が早いことを示している。

3-2. ゲート上流部の流れ

ゲート上流部の流れは上層流体による表面補償流である。この流れを記述するため、ゲート位置より上流部の流れの諸量を図-3 のように定義する。 h_b は流れの先端厚さであるが、これは潜り点から H_b 下流にとった長さにあたる上層流厚さの平均としたものである。

3-2-1. 潜り点の移動

図-4 は潜り点の移動速度 u_b の変化例を無次元形で示したものである。図より u_b/u_0 は増加して 0.5 程度の一定値に漸近している。

3-2-2. 上層流の先端厚さ

図-5 には上層流先端厚さ h_b と潜り点位置 x_b の関係を無次元化して表示している。図-6 より無次元化された上層流先端厚さは初期塩水体積と初期相対密度差によらず、0.5 程度の値から減少し、0.2~0.3 に漸近している。次に、無次元化された上層流先端厚さ h_b/H_0 の漸近値の実験条件による変化を図-6 に示す。勾配が最も緩やかなケースを除くと h_b/H_0 は 0.2~0.3 程度の値となっている。

3-3. 下層流先端部の運動

下層流先端部の諸量はゲート位置から先端までの

距離を x_f 、先端移動速度を u_f とした。先端移動速度について述べる。

傾斜サーマルは流動開始後加速して最大流速に達した後漸減することが明らかにされている。図-7 は先端移動速度の変化を無次元にしたものである。 u_f/u_0 は漸増して最大値に達した後漸減する。 u_f/u_0 の最大値は 0.7 程度である。

参考文献

- 1) 羽田野袈裟義：密度流先端部の流動機構に関する研究，九州大学学位論文，1983
- 2) 中園康二ら：傾斜サーマル初期流動について，第 54 回年講，pp556-557, 1999
- 3) Bonnetaze, R. T., Huppert, H.E, and Lister, J.R : Particle-driven gravity currents, J.Fluid Mech., Vol. 250, pp339-369, 1993