

日本債券信用銀行 正 員○松本 晃
神戸大学工学部 正 員 道奥康治
清水建設(株) 正 員 不二秀人

1. はじめに

水温成層化した貯水池に風応力が作用した場合、内部セーシュが発生し、振動する躍層界面と沈木・岩石など池底粗度との相互作用によって境界混合が生ずる。図-1に示すように境界混合によって発生した希釈水塊は周囲水との浮力差によって水平方向の密度流を誘起し、池内物質の輸送・再配分をもたらす。Ivey & Corcos は図-2のような実験モデルにより境界混合現象を再現した¹⁾。しかし彼らの研究においては、物質輸送量を把握する上で必要な流速計測が行われていない。本報では乱流モデル解析により境界混合現象の流動特性などを検討する。

2. 初期・境界条件

図-2中の境界条件のもとに二層系密度場における境界混合現象を再現する。上下端及び右端は non-slip の固定境界とする。左端では粗度振動により生成される一定の乱流エネルギーとその散逸量 (k_0, ϵ_0) を与え、平均流速は0とする。(k_0, ϵ_0) に関しては振動格子の乱流特性に関する松永らの実験値²⁾ に一定の係数 C_s を乗じて与える。初期には

平均流・乱れがともに存在しない。

3. 支配パラメーター

代表スケールとして、

- (a) $L_0 = a$: 格子の振幅,
- (b) $U_0 = af$: 振動速度,
- (c) $t_0 = L_0/U_0 = 1/f$: 振動周期,
- (d) $T_0 = \Delta T$: 初期温度差, を考

える。諸量は次のように規準化される。

($\tilde{x}, \tilde{z}, \tilde{t}$) = ($x/a, z/a, ft$)

: 無次元座標系,

- (i) ($\tilde{u}, \tilde{v}$) = (u, v)/(af) : 無次元流速ベクトル, (ii) $\tilde{T} = T/T_0$: 無次元水温 (または密度)。基礎方程式系ならびに初期・境界条件を規準化すると支配パラメーターとして、① $R_i = \alpha g \Delta T / af^2$: 二層系の Richardson 数 (α は熱膨張係数, g は重力加速度), ② $\tilde{H} = H/a$: 無次元水深, ③ $\tilde{L} = L/a$: 無次元水路長, ④ $R_{*s} = a^2 f / \nu$: 格子 Reynolds 数, などが導出される。ここでは、特に Richardson 数 R_i の影響に着目して解析をすすめる。

4. 境界混合にともなう密度場・流動場の変遷

まず、Ivey & Corcos¹⁾ の Case-17 ($R_i = 0.72$) で得られた密度分布の経時変化に適合するように C_s を

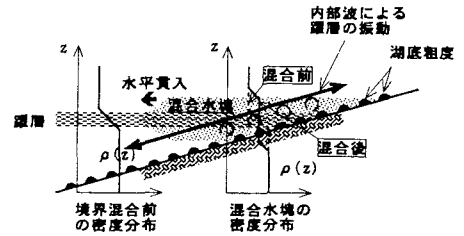


図-1 境界混合現象の模式図

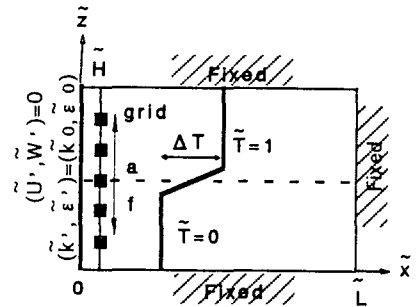


図-2 境界条件

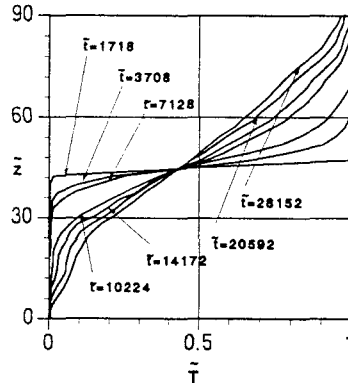


図-3 (a) 実験結果¹⁾

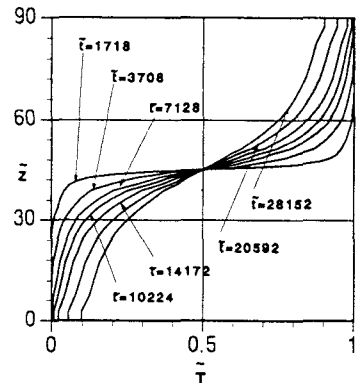
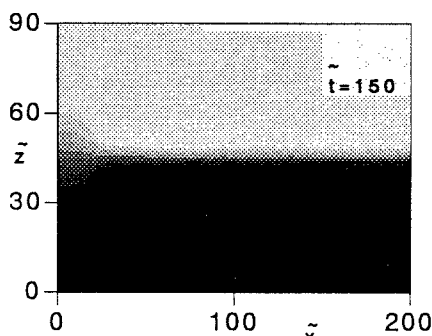


図-3 (b) 本解析結果

試行錯誤的に同定した。結果 ($\tilde{T}$ の鉛直分布) を図-3に示す。このように得られた C_s を用いて二層系密度場における境界混合現象を再現する。図-4は $R_i=10^{-3}$ の場合の密度分布の経時変化例である。境界混合により形成された希釈水塊は水平方向に貫入する。これにともない図-5のように上下層内で一對の鉛直循環流を形成する。これに対し Richardson 数の大きな $R_i=1.0$ の場合には、水平方向に均一に近い密度分布が維持されたまま混合が進む(図-6)。この時の流速場は図-7であり、循環流の水平方向流速は図-5の場合より大きい。すなわち、 R_i の増加とともに密度の水平方向への再配分効果が大きくなる。

参考文献

- 1) Ivey, G.N. and Corcos, G.M.: Boundary mixing in a stratified fluid, J.Fluid Mech., Vol.121, pp.1-26, 1982.
- 2) 松永・杉原・小松: 振動格子によって発生する乱れ特性, ながれ, 11, pp.254-265, 1992 年



(4-a)

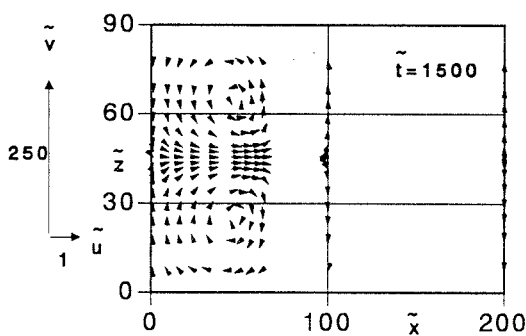
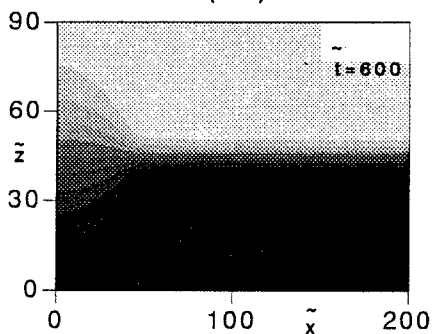


図-5 流速ベクトル図($R_i=10^{-3}$)



(4-b)

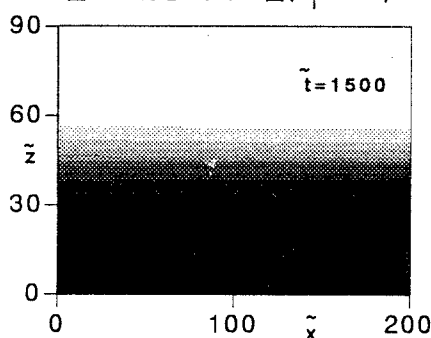
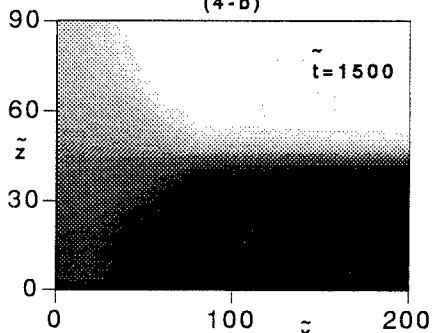


図-6
密度場($R_i=1.0$)



(4-c)

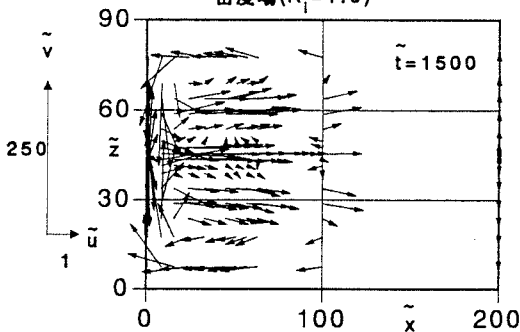


図-7 流速ベクトル図($R_i=1.0$)

図-4 密度場の経時変化($R_i=10^{-3}$)