

II-60 振動格子の乱れによる密度界面の連行

九州工業大学 工学部 正会員 浦 勝

九州工業大学 大学院 学生員 ○採問 倭一

九州工業大学 工学部 学生員 相良 謙

1 緒言 密度界面における連行現象を明らかにするためには乱れの特性和界面変動の性質を把握することが必要である。本報告はこの目的で行われた一連の研究のうち、特に密度界面変動のスケールと連行のスケールを可視化し乱れの測定結果との対応を示し、さらに密度界面厚さについて得られた結果を述べたものである。

2 乱れの特 性 振動格子による乱れの特性的については小松らによって均質流体中で実験が行われ、乱れの水平および鉛直方向成分の乱れ強さ u' , w' と乱れの積分スケール l_x , l_z , 組織的渦スケール L_x , L_z の特性が明らかにされた。その結果 u' , l_x , L_x に関して式が与えられている。

$$\begin{aligned} u'/f_0 S_0 &= 0.220 (S_0/M)^{1/2} \cdot (Z/M)^{-5/4} \quad (1) \\ l_x/M &= 0.14 \cdot Z/M \quad (2) \\ L_x/M &= \begin{cases} 1.0 & (0 < Z/M < 1.14) \\ 0.88 \cdot Z/M & (1.14 \leq Z/M) \end{cases} \quad (3) \end{aligned}$$

ここに、 M : 幅 d の正方格子のメッシュ($M/d=5$)
 S_0 : 格子の振動ストローク
 f_0 : 格子の振動数
 Z : 格子の振動中心からの鉛直距離

3 実験方法 実験は1辺が25.4cmの正方形断面をもつ深さ40cmの直方体水槽中に、塩水(密度 ρ_2)と淡水(ρ_1)によって相対密度差 $E=(\rho_2-\rho_1)/\rho_1$, 界面位置 $Z=D$ に密度二成層場を形成し、上層(淡水)内で正方格子($d=1.0$ cm, $M=5.0$ cm)を鉛直方向に振動($f_0=4.0$ Hz)することにより行われた。(装置の詳細は前報に述べた)密度界面の可視化にあたっては二成層場を形成する過程で境界面にのみフルオレセンで着色した中間密度($\rho_2=(\rho_2+\rho_1)/2$)の塩水を注入し、水槽の側面と底面からスリット光を当て撮影を行った。一方、界面混合層の厚さの値は前報以後得られた鉛直密度分布の測定結果を再整理したものを用いた。

4 密度界面の変動スケールの可視化 乱れの測定結果からの類推によれば格子の振動中心からの距離 $Z=D$ に存在する密度界面には式(2),(3)で示される丈、小2つの値で代表される渦径をもつ乱れ渦が式(1)で表わされる強さをもって衝突し、界面に変動を与え連行に寄与しているものと考えられる。そこでこれらの乱れ渦が密度界面の変動にどのように対応しているかを見るため界面位置を約5cmごとに設定し振動格子の乱れによる界面変動の可視化を行った。その結果を図1~4に示す。各国の(a)は界面に衝突する渦スケール l_x を、(b)は連行のスケール L_x を示したものである。なお図の下側には式(2),(3)より得られる渦スケールを記している。これらの結果は l_x に、 L_x にはほぼ対応しており、振動格子による連行は次の様にして行われると考えられる。すなわち、 l_x で代表される小スケールの渦が界面に鋭く貫入し界面を破き、界面近傍に界面混合層を形成した後、 L_x で代表される大スケールの渦がこの界面混合層を乱流域へと取り込み、非乱流域から乱流域への物理量の移動が行われるというものである。

5 界面混合層厚さ 界面混合層の厚さ δ は鉛直密度分布より $\delta=(\rho_2-\rho_1)/(\partial\rho/\partial Z)_{Z=D}$ として求めた。図5に $S_0=2$ cmの場合の界面混合層厚さの無次元量 $E\delta/\alpha^2$ と局所Re数 $E\delta l_x/\alpha^2$ の関係を示す。これより $E\delta/\alpha^2=A \cdot E\delta l_x/\alpha^2$ と見られる。その他の S_0/M に対しても同様に1乗則に従うことが得られ、 δ は l_x に比例することが示された。図5中に示す様に比例係数は S_0/M によって僅かに異なっていることがわかった。それゆえ δ の無次元量 δ/l_x と測定時におけるPéclet数 $Pe=\frac{U l_x}{\nu}=\frac{U' l_x}{\nu} \cdot \frac{\rho}{\rho_2} = Re \cdot Sc$ との関係を求めこれを図6に示した。ここに ν は動粘性係数、 K は塩水の分子拡散係数であり、本実験ではSchmidt数 $Sc=\nu/K$ は定数であるので、乱れ

の Re 数が δ/l_x に与える影響が示されている。これより Re 数がおちちれ Re 数が増大するにつれて δ/l_x は僅かに減少する傾向にあり、最終的には約 0.6 程度の一定値に収束するものと考えられる。(図 6 に示す範囲は標準偏差の範囲を示すものである。)

6 まとめ 以上より連行とは Re が代表される小スケールの渦が界面に鋭く貫入し界面近傍に境界面混合層を形成し、その境界面混合層を Re が代表される大スケールの渦が上層の混合層へと取り込むといった一連の過程で行われている現象であると考えられる。またこの連行の過程において存在する界面混合層の厚さというものも、小スケールの渦の貫入を考慮する場合に非常に重要であるが、この値も全ての条件において Re に比例するが、その係数はおちちれ Re 数が大きくなるにつれて僅かではあるが減少する傾向にあり、最終的には Re の約 0.6 倍程度の一定値に収束すると考えられる。最後に、

御指導戴いた九州大学橋本一郎教授、小松利光助教、松永信博助手、協力戴いた本学卒業生の諸氏に感謝の意を表わします。

(参考文献)

- (1) 小松・浦・松永・仲敷；西部支部年報(1984)
- (2) 浦・他；理工大研報(工学) No.39 (1979)

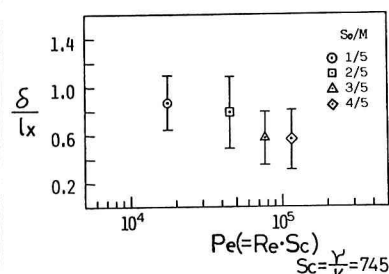
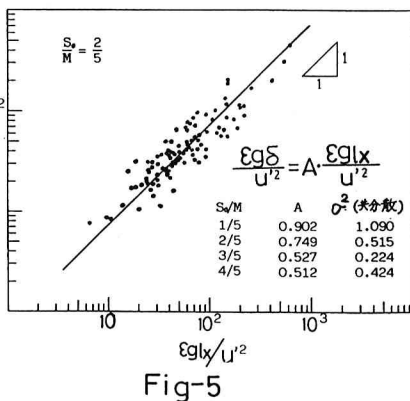
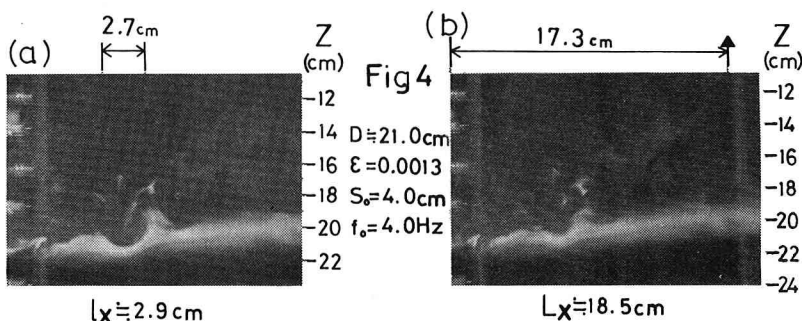
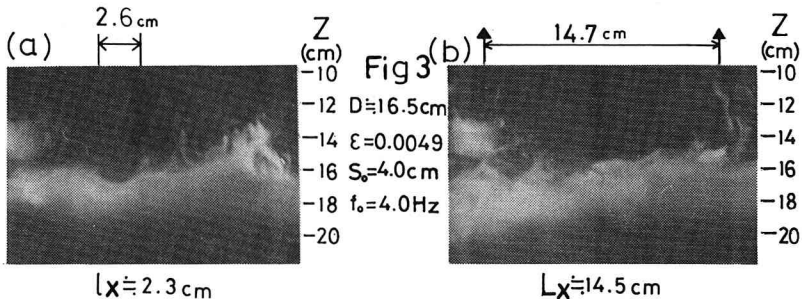
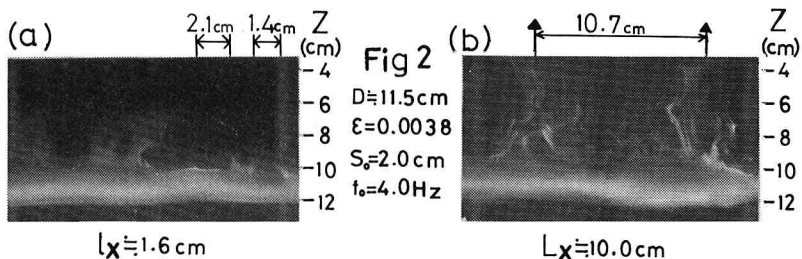
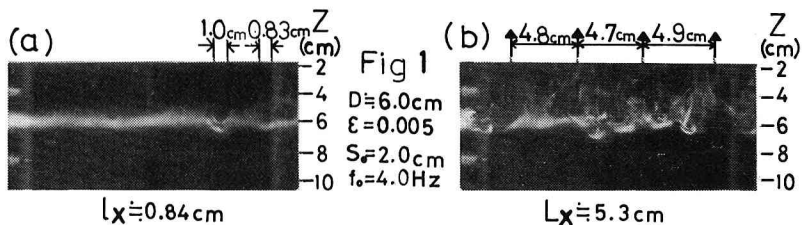


Fig-6