

九州工業大学	正	浦	勝
九州工業大学	大学院	学	○ 足田 芳徳
九州工業大学	学	原	孝史
九州工業大学	学	川越	克彦

1. はじめに

安定に密度成層化された水域において、上層に何らかの外乱力が加わると、静止状態にある下層水が、成層界面を越えて上層に連行される。そこで、密度二成層の内部境界面の連行現象を検討するための基礎的実験として、二成層の上層において、椅子を振動させることによって乱れを発生させ、界面位置の時間的変化、濃度変化などを測定した。今回は、内部波高を測定したので、主としてこれについて述べる。

2. 実験装置

実験装置は前報¹⁾に述べたが、内寸 $25.4 \times 25.4 \times 40$ cmのアクリル樹脂の容器内に、図-1に示すような椅子を底面より30.5 cmの位置にセットし、深さの原点は、椅子の中心位置とした。密度分布の測定は、四電極電導度計のプローブを図-1のM位置で上下させ、深さとともに、X-Yレコーダーに記録させた。また、内部波の測定は、Exp. 108のみであるが、図-1のWの位置に内部波高計のプローブをセットし、時間的変動をデーターレコーダーに記録した。

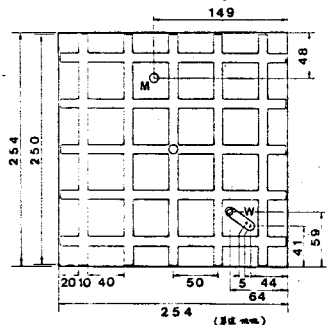


図-1

3. 連行速度

水槽内の鉛直密度分布の測定結果の一例を図-2に示す。同図は、縦軸

に椅子からの距離Dを下向きを正にとり、横軸は、図に示すスケールを用いて密度を表わしたものであり、下層密度は、測定中一定で、 $\rho_2 = 1.0083 \text{ g/cm}^3 = \text{const.}$ である。各密度分布図の上側の数値は、測定時刻をmin.で表わしたものである。鉛直密度測定に要する時間は、約40秒である。これらの図より、上下層の中間密度を示す位置を界面位置Dとして、Dの時間的変化を示したものが、図-3である。これより、界面低下速度は、界面が椅子に近いと大きい、遠ざかると急速に減少することがわかる。連行速度 U_e は、平均流速が0であるから、 $U_e = dD/dt$ で表わされる。 U_e の深さ方向変化などについては、前報²⁾である程度明らかにしたが、新たにを行ったメッシュM=5cm、椅子ストローク $Z_0=4$ cm、椅子振動数 $f=4 \text{ Hz}$ の実験結果を図-4に示す。同図は、連行係数 U_e/fZ_0 と無次元化レイリー数 $Ri_0 = 4\pi^2(D+D_0)/(fZ_0)$ の関係を示したものである。これより、連行係数 U_e/fZ_0 は、

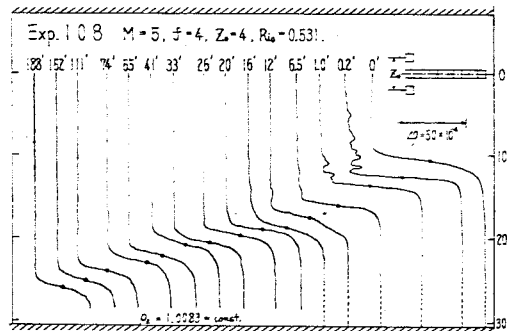


図-2

前報²⁾である程度明らかにしたが、新たにを行ったメッシュM=5cm、椅子ストローク $Z_0=4$ cm、椅子振動数 $f=4 \text{ Hz}$ の実験結果を図-4に示す。同図は、連行係数 U_e/fZ_0 と無次元化レイリー数 $Ri_0 = 4\pi^2(D+D_0)/(fZ_0)$ の関係を示したものである。これより、連行係数 U_e/fZ_0 は、

$$\frac{U_e}{fZ_0} = \phi_2 \left(\frac{D}{M} \right)^{-7} \cdot Ri_0^{-\frac{3}{2}}$$

の形で表わされ、前報²⁾の式(6)と同じ形になり、連行係数は、 Ri_0 の $-\frac{3}{2}$

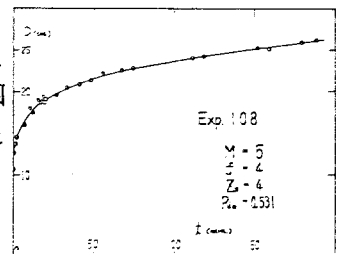


図-3

乗、揺りからの相対距離(ρ/η)の -7 乗に比例して減衰していくことがわかる。これは、 Z_0 によって変わるが、これについてはなお、さらに検討を加える。

4. 密度境界面の変位量について

振動揺りによる密度境界面の挙動を把握するため、これまで界面における密度の変動周期を電導度計のプローブを用いて求めてきたが、今回は、同時に内部派高計を用いて界面の変位量 η を測定し、その統計的性質を調べた。また、全ての資料の整理を終えていないので、揺りからの界面位置 D が、20.3, 22.7, 26.2 cmの場合について示す。ここで、派高を求める際の難点は、上層水の密度が連行現象によって、時々刻々、増大していくので、出力電圧に影響を与えることである。変位量の相関係数を図-5に示す。これより、いずれの位置においてもかなり周期性の高い性質を示し、特に、この実験では、 $D=22.7$ cmにおいて、隔り時間が十分大きいところでも、周期性の高いことがわかる。次に、変位のスペクトルを図-6, 7, 8に示す。いずれも、低周波側の傾向を見るため、 $\Delta t=0.56$ sec, データ数 $N=512$ で、MEM法を用いてスペクトルを計算した。ただ、図-7は、高

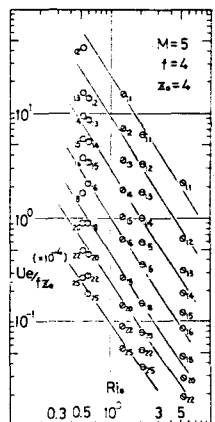


図-4

周波側の傾向を見るため、 $\Delta t=0.2$ および 0.1 sec も計算した。これより、卓越周波数が揺りからの距離 D とともに小さくなっていくこと、つまり、卓越周期は、 $T=11.4, 13.0, 14.3$ sec と増加していくことがわかる。また、ピーク周波数より高周波側の減衰ベキ乗が、橋、小松³⁾の -7 乗則に近く、界面変動は、内部派的挙動というより、乱れによる界面変動とみらべきことがいえるであろう。さらに、高周波成分も調べた図-7より、揺りの振動数 $f=4$ Hz 近くと、その半分 $f=2.2$ Hz にかなり高い変動スペクトルピークがみられ、揺りによる乱れの影響がみられる。このように他の Case も高周波側の傾向を見るため、 Δt を 0.1 以下で解析する予定である。

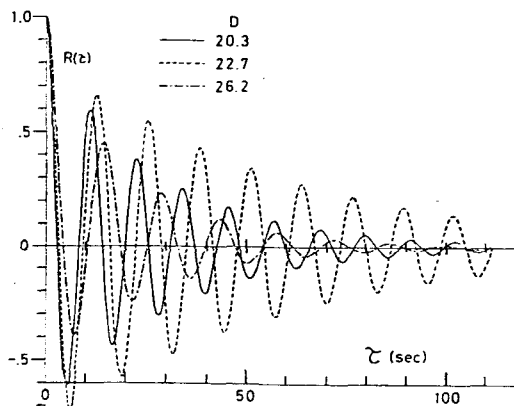


図-5

また、これから先、揺りからの距離の小さいところの変動スペクトルを求めることにより、乱れの影響がさらにくわしく解明されると思われる。

最後に、御指導いただいた九州大学工学部 橋本一郎教授に、実験に協力いただいた本学 西村直人技官に謝意を表す。

(参考文献)

- 1) 浦田：水工実験(工学) No.39 p.41(1977)
- 2) 浦田：工学部研究報告 p.17(1980)
- 3) 橋本・小松：水工学論叢(1981)

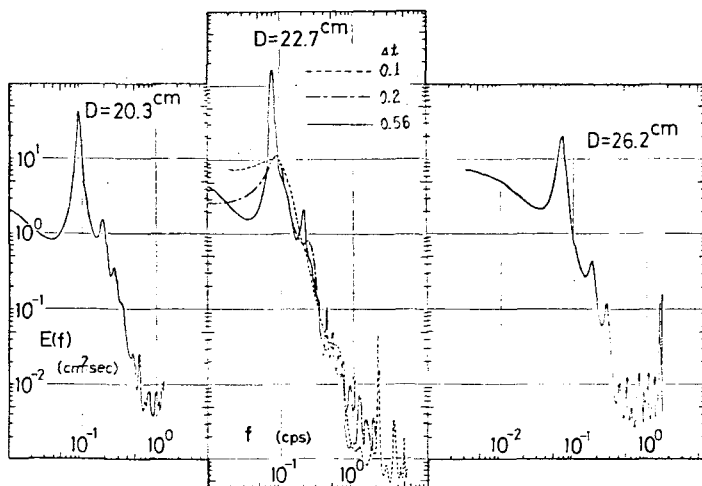


図-6

図-7

図-8