

九州大学 応用力学研究所 正員 本地 弘之
九州大学 応用力学研究所 正員 金子 新
九州大学 応用力学研究所 学生員 松永 信博

1. まえがき

波型底面上を粘性流体が振動するとき、定常な二次流れが生じることを、Lyne¹⁾は限られた条件のもとで、解析を行ない、日野ら²⁾はグリセリンの中で、模型波面の波長に比べ微小な振幅で波面を振動させることにより、二次流れを可視化している。ここでは実際の sand ripple 上に形成される現象に接近するため、作業流体として水を用い、流体を振動させることにより日野らと同様の実験を行なった。その結果、振動流境界層は波面のごく近傍に限られ、日野らの可視化した境界層内での二次流れは認められず、波長のスケールをもつ逆向きの二次流れが形成されるという興味ある事実が見い出された。

2. 実験装置および方法

図1に示されているように、実験水槽として無段変速機付きモーターによってピストンを駆動し、流体を往復運動させる閉鎖型振動流水槽を用いた。ピストンの振幅はクランクの腕の長さを調節することによって、最大10cmまで自由に変わることができる。また振動数も1.7Hzまで自由に変わることができる。テストセクションの両側面および上面は写真撮影のため、それぞれ磨き板がガラスおよびアクリル板で作られている。テストセクションの下部には、厚い砂層を形成し通常の sand ripple の実験を行なう時のため、サンドピットが設けられている。テストセクションの断面は15×15cmであり、ピストンは内径13cmのアクリル製円筒内を往復運動する。また一様な振動流を得るために水路の曲り部分には、ガイドベーンが取り付けられている。実験は模型波面(波長4.3cm、波高0.7cm)を用いた場合と、平均粒径0.0125mmのガラスビーズをサンドピットにしきつめた場合の二種類を行なった。使用した模型波面は実際に形成された sand ripple の一例を模写して作成したものである。ただし、ガラスビーズの比重は2.65である。

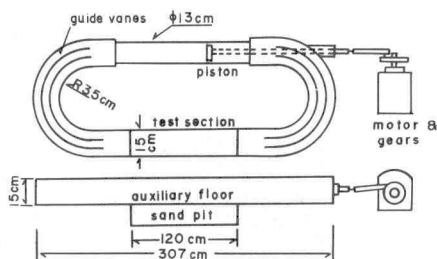


図1 実験水槽

3. 実験結果および考察

写真1は、アルミ粉末をトレーサーとして用い、模型波面の波長に対し微小に流体を振動させたときの定常二次流れを露出時間15秒で写真撮影したものである。これによると一波長の間に一対の渦が形成され、その渦はほぼ波面の波長のスケールに相当する高さまでおそんでいる。この実験において $\delta \sim \sqrt{2\nu/\omega}$ (ν : 動粘性係数, ω : 角振動数) で与えられる振動流境界層の厚さは、0.05cm程度のオーダーであることから、この定常二次流れは境界層外で形成されていることがわかる。グリセリンを用いた日野らの実験が境界層内での定常二次流れを可視化しているのに対し、また日野らの二次流れが波面の山をけさんで一対をなしているのに対し、ここで認められる二次流れが、むしろ谷をはさ

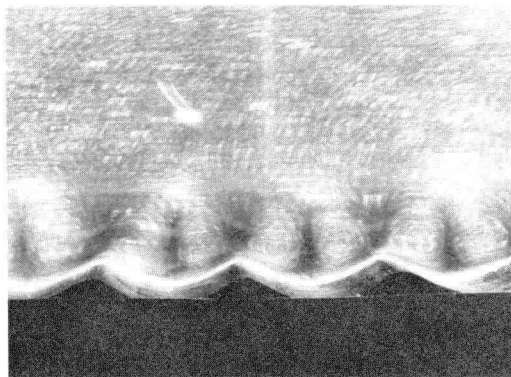


写真1 アルミ粉末法によって可視化された波面上の二次流れ
実験条件: 流体の振動幅 0.6 cm 振動数 1.65 Hz
 $\nu = 0.013 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 露出時間 15 秒

んで対をなしていることは、非常に興味深い。

写真2は、電解沈殿法において模型波面の表面より溶解したはんだをトレーサーとして用いた同様な二次流れを撮影したものである。このことから二次流れの回転方向は波面の谷で上昇し、山で下降していることがわかる。この現象は、静水中で微小振動する球のまわりに形成される境界層外の二次流れ³⁾と同種のものと考えられる。写真1は二次流れの流線模様を示し、写真2は近似的に流線線を示しているが、この二次流れは定常であるため二つのパターンはよく似ていることがわかる。

写真3は、平均粒径 0.0125 cm のガラスビーズをサンドピットにしきつめ、流体の振動幅 9.6 cm および振動数 0.8 Hz の条件のもとで sand ripple (波長 5.3 cm 波高 0.8 cm) をあらかじめ形成させておき、続いて流体の振動幅 1.8 cm 振動数 1.5 Hz に急変させたときの sand ripple の崩壊過程を示している。急変後の実験条件は、写真2に対するものとほぼ同じになっている。波型底面の波長に比べ流体の振動幅が微小であるとき、前述したような二次流れは、sand ripple を平坦にする方向に作用するものと考えられ、写真3に示された sand ripple の崩壊過程を矛盾なく説明できる

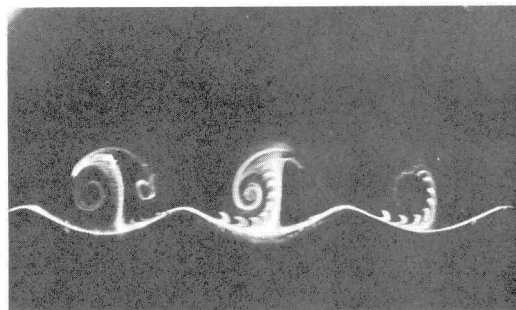
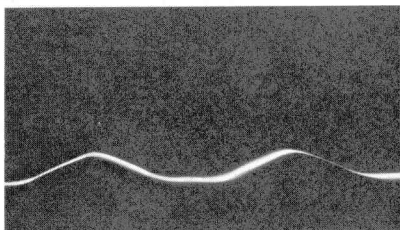
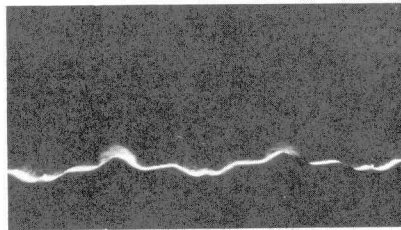


写真2 電解沈殿法により可視化された波面上の二次流れ
[実験条件: 流体の振動幅 1.2 cm , 振動数 1.65 Hz
 $\nu=0.014\text{ cm}^2/\text{sec}$, 振動開始後 13 sec 露出時間 $1/60\text{ sec}$]

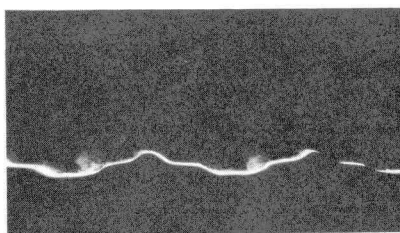
A
開始



B
52秒後



C
1分52秒後



D
6分25秒後

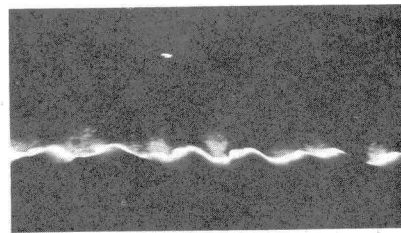


写真3 sand ripple の崩壊過程

[実験条件: 流体の振動幅 1.8 cm , 振動数 1.65 Hz , $\nu=0.011\text{ cm}^2/\text{sec}$, 平均粒径 0.0125 cm , 比重 2.65 , 露出時間 $1/60\text{ sec}$]

4. あとがき

今まで議論してきた定常二次流れは、sand ripple の波長に比べ流体の振動幅が小さい場合に形成されるものである。実際には、流体条件に適合した sand ripple が形成されるわけであり、波面上の流れは、はく離現象を伴った複雑なものとなっている。その時に sand ripple 上に形成されるであろう定常二次流れを可視化することが、今後の課題である。

最後に、実験において終始御助くださった文部技官白石洋二氏に感謝いたします。

- <参考文献> 1) W. H. Lyne : "Unsteady Viscous Flow over Wavy Wall" J. F. M. 1971, vol 50, pp33~48
2) 日野幹雄, 藤崎治男 : "波型底面上の粘性振動流" 第22回海岸講演会論文集 1975, pp35~40
3) N. Riley : "On a Sphere Oscillating in a Viscous Fluid" Quart. Journ. Mech. and Applied Math. Vol 19, 1966