

II-131 高粘度の振動流中で形成されるリップル・マーク

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 正員 本地 弘之

1. まえがき

作業流体としてグリセリン・水混合液を使用することにより、高粘度の振動流中でリップル・マークが形成されることがわかった¹⁾。この時のリップル上の流れには剥離渦が存在せず、代りに二層構造をもつ定常二次流れが形成されることが直接投影法²⁾で流れ模様を可視化することにより知られた。リップル・マークの定常波形と定常二次流れの構造との関連を調べるため、このような二層構造の発生条件が検討された。

2. 考察

波型底面上の粘性振動流は、波面の波長を λ 、振幅を α 、振動流の振動振幅を $d_0/2$ 、角振動数を ω とすれば、 d_0/λ 、 λ/δ と α/δ の三つの無次元パラメータによって完全に記述できる。ただし、 $\delta = \sqrt{2\nu/\omega}$ は振動流境界層厚さであり、 ν は流体の動粘性係数である。

図-1(a)は、粒径が 0.028 cm で粒子密度が 2.43 のガラスビーズを用いた砂層上で形成されたリップル・マークと、その上に形成された定常二次流れを示す。グリセリン・水混合液の動粘性係数は $1.2\text{ cm}^2/\text{s}$ であり、形成されたリップルの波長は 9 cm 、波高は 0.6 cm であった。 d_0 は 5 cm であり d_0 より二倍程度大きな波長をもつリップルが形成されることは興味深いことである。図-1(b)は近接して撮られた写真であり、定常二次流れは明瞭な二層構造を示し上層の渦はリップルの谷の上で対をなして下層の渦の間に割り込んでいる。リップル表面からの流れの剥離は存在せず、またパラメータ d_0/λ 、 λ/δ と α/δ の値はそれぞれ 0.6 、 18 と 0.6 であった。

図-2(a), (b)は、 d_0/λ と α/δ を微小パラメータとして $N-S$ 方程式を摂動法を用いて解析し、 $(d_0/\lambda)^1$ と $(\alpha/\delta)^1$ のオーダーまで計算した結果の一部を示す。これらの図より、 $\lambda/\delta \approx 26$ で二層構造が発生することが知られる。また、 α/δ は二層構造の発生条件にはほとんど影響せず上層の渦を波面の谷の上で下層の渦の間に割り込ませるよう作用する。図-1では、 $\lambda/\delta = 18$ ですでに二層構造が発生しており、これは d_0/λ が大きいためによりおこると思われるが、リップルの形状が正弦波形からかなり変形していることも関係しているかも知れない。

図-3(a), (b), (c), (d)、 $\lambda = 4\text{ cm}$ で $\alpha = 0.15\text{ cm}$ の模型波面を使用した可視化実験の結果を示す。使用されたグリセリン・水混合液の ν は $2.4\text{ cm}^2/\text{s}$ であり ω は 5.3 rad/s であった。どの実験も $\lambda/\delta = 4.2$ なる条件で行なわれ、微小振動による解析では二層構造が表われない領域であるにもかかわらず、 d_0 が増加し $d_0/\lambda = 1.25$ 程度になれば二層構造が発生することがわかる。

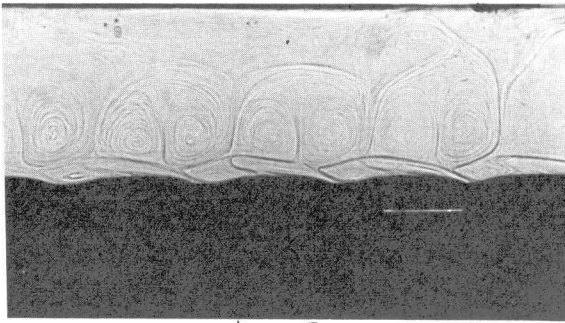
波型底面上に形成される定常二次流れに及ぼす d_0/λ の効果を調べるために、 $N-S$ 方程式の差分法による数値解析が現在続行されている。

3. おわりに

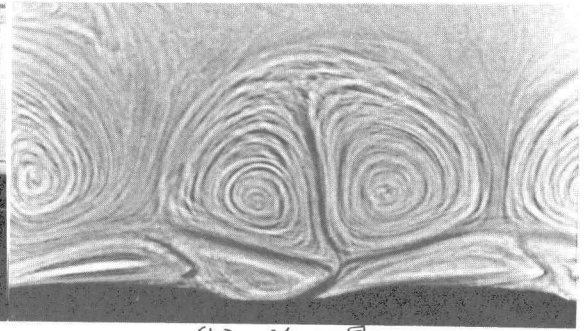
実験において経始援助として頂いた、本研究所文部技官白石洋二氏に厚く謝意を表します。

参考文献：

- 1) Kaneko & Honji : Double structures of steady streaming in the oscillatory viscous flow over a wavy wall, (Journal of Fluid Mechanics 投稿中)
- 2) Hino & Fujisaki : International Symposium on Flow Visualization, Tokyo, Oct. 1977, PP229-234



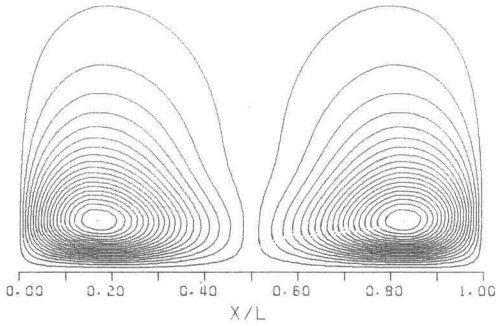
(a) 遠景



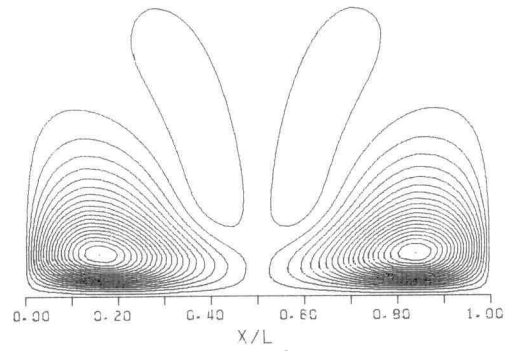
(b) 近景

図-1 高粘度の振動流中で形成されたリップマークと流れの可視化

$$d_0/\lambda = 0.6 \quad \lambda/\delta = 18 \quad \alpha/\delta = 0.6$$

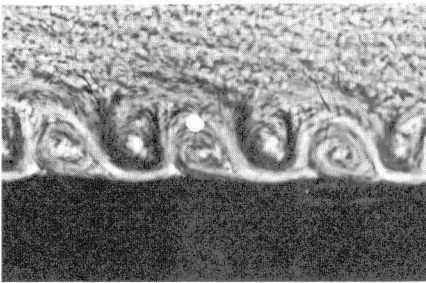


(a) $\lambda/\delta = 24$ $\alpha/\delta = 0.6$

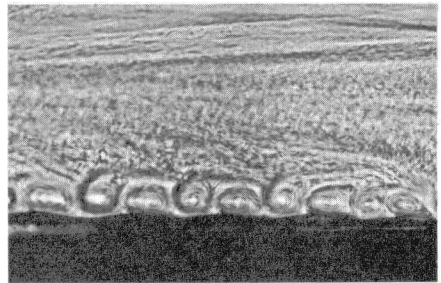


(b) $\lambda/\delta = 30$ $\alpha/\delta = 0.6$

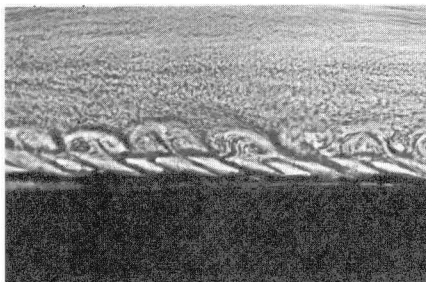
図-2 微小振動条件のもとでの解析結果



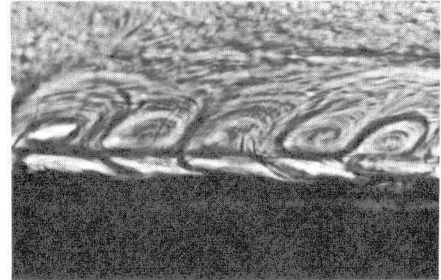
(a) $d_0/\lambda = 0.5$, $\lambda/\delta = 4.2$, $\alpha/\delta = 0.16$



(b) $d_0/\lambda = 1.0$, $\lambda/\delta = 4.2$, $\alpha/\delta = 0.16$



(c) $d_0/\lambda = 1.25$, $\lambda/\delta = 4.2$, $\alpha/\delta = 0.16$



(d) $d_0/\lambda = 1.75$, $\lambda/\delta = 4.2$, $\alpha/\delta = 0.16$

図-3 模型波面上の定常二次流れの可視化