

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗

京都大学工学部 正員 井上 和也

京都大学大学院 学生員 竹林 征三

1. まえがき

互いに密度のわずかに異なる二流体より成る二層流の境界面に生ずる内部波は、このような流れの流速分布や境界面における抵抗係数および境界面を通しての上下二流体の混合過程などに入きなる影響を及ぼすものと考えられる。しかし、静止した下層流体の上をこれよりわずかに密度の小さい上層流体が流下する場合に、その境界面に発生する内部波の特性については、いまだ十分に解明されてはいないといえる。本報は、淡水より成る二層流の種々の流下距離における内部波の波動記録に、従来より波浪に対してなされている統計的な解析法を適用して、その二、三の特性について実験的に考察しようとするものである。

2. 実験装置および測定方法

実験水路は全長6^m、幅25^{cm}、境界面の長さ4^mで、上、下層の水深は任意に変化させられる。実験にあたっては下層を静止させ、また、境界面において混合が生じているときには塩水を補給して境界面の高さが一定になるようにした。

内部波の測定は、1^{mm}隔てた長さ10^{cm}の2本の白金線電極間の電気抵抗の変化をペン書きオシロで記録させた。また、流速分布の測定はサーミスタ流速計を用いて行ない、平均濃度分布は試料を内径1^{mm}の細管で抽出しその電導度より測定した。

本報では流下距離に伴う内部波などの変化を知るため、測定は、流速分布および平均濃度分布については、上層流と下層流の接する流入端からの流下距離 $x=5, 10, 20, 100, 200$ ^{cm}の6断面、内部波については、 $x=5, 10, 20, 50, 100$ ^{cm}の5点において同時に、それぞれ水路中央線に沿って行なわれた。 $x=200$ ^{cm}での内部波は、下流端($x=400$ ^{cm})での上層流のせき上げの影響が現れたので測定していない。

3. 実験結果とその考察

表-1は、0.2秒毎に読み取られた境界面変位 $\eta(t)$ より求められる波高 H (Zero-up Crossによる)の平均波高 $\bar{H}$ 、 $1/3$ 最大波高 $H_{1/3}$ 、 $1/10$ 最大波高 $H_{1/10}$ および最大波高を示したものである。ここで、 γ_1 、 γ_2 は $\eta(t)$ の歪み度、とがり度であり、 χ^2 、 D_f は、変動 η の確率分布がGauss分布であるとしたときの χ^2 -検定値と自由度である。(

x (cm)	$\bar{\eta}^2$ (mm ²)	γ_1	γ_2	$\bar{H}$ (mm)	$\frac{H_{max}}{\bar{H}}$	$\frac{H_{1/3}}{\bar{H}}$	$\frac{H_{1/10}}{\bar{H}}$	χ^2	D_f
5	3.05	-0.310	2.93	4.34	2.20	1.47	1.77	37.2	14
10	1.37	-0.487	3.16	2.94	2.49	1.48	1.88	74.9	12
20	0.536	-0.520	3.34	1.78	2.14	1.51	1.83	48.6	12
50	0.478	-0.304	2.82	1.64	1.89	1.49	1.74	37.9	12
100	0.440	-0.254	3.07	1.38	2.29	1.52	1.89	22.0	13
Rayleigh分布としたときの値						1.59	2.03		
$q=55.5$ ^{cm²/sec} , $\varepsilon=\frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_2}=0.0197$, $\bar{h}_1=7.39$ ^{cm} , $\bar{h}_2=18.39$ ^{cm}									

表 - 1

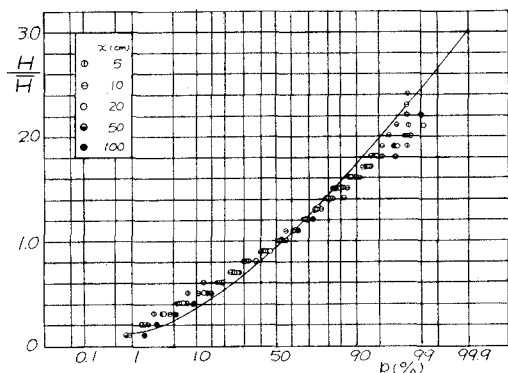


図-1

頻度分布の両端に近い頻度10以下の部分は、まとめて計算している)。また、 $\bar{h}_1$ は単位幅流量であり、 $\bar{h}_1$ 、 $\bar{h}_2$ はそれぞれ上、下層の平均水深である。表-1の χ^2 の値より、流下距離が増すとともに、 η の分布はGauss分布に漸近することがうかがわれるが、その適合度は必ずしもよいとはいえない。図-1は、同一の資料から波高の累加分布を求めた結果である。図中の曲線は、Rayleigh分布を表す。表-1の $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ の値および図-1より、波高の分布とRayleigh分布との適合はあまりよくないことが見られる（得られた波の数が少ないため検定はできなかった）。このことは、波高のとり方や η の分布とGauss分布とのずれによるほかに、図-1で流下距離による変化の認められないことより、 η のスペクトル幅の広いことによるものと思われる。

図-2は、 η の分散 $\bar{\eta}^2$ ($\chi=5$ cmの値を基準にとる)の流下距離にともなう変化を示したものである。図より明らかに内部波が流下距離の増大にしたがって減衰していることが見られる。内部波は、風波に比してさわめて短かい流下距離（短時間）で発達しているが、これは実験水路のわずかな不整によるものか、あるいはこのような流れの特徴的なものであるのか、現段階では結論を下せない。内部波の減衰をスペクトルを通して見ると図-3のようであって、風波の場合のようにとくに高周波側での減衰が著しいといった傾向は顕著に認められない。

図-4は、流下距離にともなう上層の流れ方向の塩分フラックスの変化を示したもので、ここで C は塩分濃度、 C_0 は下層のそれである。積分は水深方向に、自由表面より、 $C=0.05C_0$ になるまじの範囲でとられている。流下距離の短かい間で急激に増加するが、 X の増加にともなうその変化が小さくなるが見られる。これらのことは、さきに述べたことと対応するものと考えられるが、現在のところこれらの関連について論ずることは困難である。

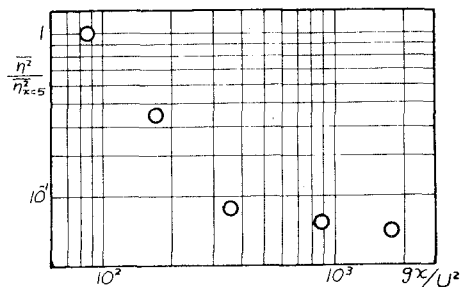


図-2

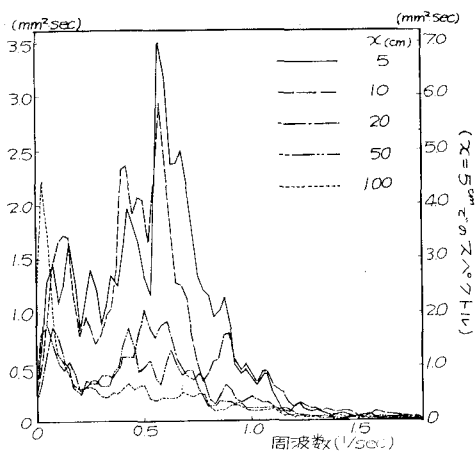


図-3

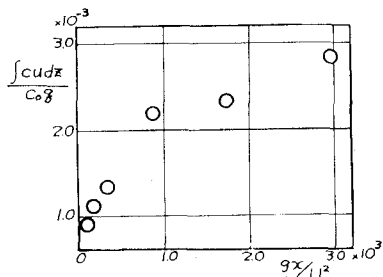


図-4