

内部波の形態と乱れ

九州大学 学生員 ○荒谷 康太
 九州大学 正会員 松永 信博
 九州大学 正会員 椿 東一郎
 九州大学 正会員 小松 利光

1. まえがき

二層流の内部境界面においては、しばしば内部波が発生・発達し、進行量や界面抵抗に大きな影響を与える。成層剪断流れによって生じる内部波において著者らは、主として、界面での流速より小さな波速をもつ長周期の波(L-P波)と大きな波速をもつ短周期の波(S-P波)とが重畳した形態をとる場合について調べてきた。本報告は、流下方向において内部波がとる形態変化を明らかにし、流れ場の局所的な特性と関連づけることを目的としている。

2. 実験装置及び実験方法

図-1は、使用した実験装置の概略図を示している。水槽は、長さ6m、幅26cm、高さ30cmの両面アクリル製の水平水路で、静止した塩水($\rho_s=1.0068$)の上に淡水($\rho_f=1.0002$)を循環させることにより2層剪断流を作った。上層水と下層水とが初めて接する上流端では攪乱・混合を防ぐために界面にガイドとして平板を設置した。一方水路下流端では、内部波の反射及び淡水の密度増加を取り除くため強制排水にならないよう界面近傍の流体を排水した。なお排水によって流れ場が非定常にならないよう淡水を補給し、水路底部に設置した

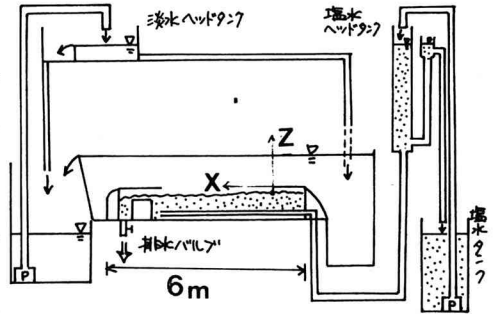


図-1

パイプにより場所的に均等に塩水を補給した。流速の測定には、V型2方向ホットフィルム流速計を用い、塩分濃度の測定には、4電極電導式アローブを用いた。流速変動と濃度変動の同一点同時の記録が得られるように濃

図-2

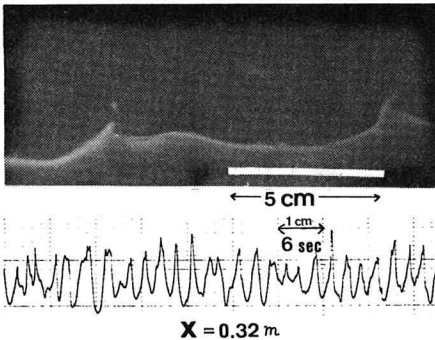


図-3

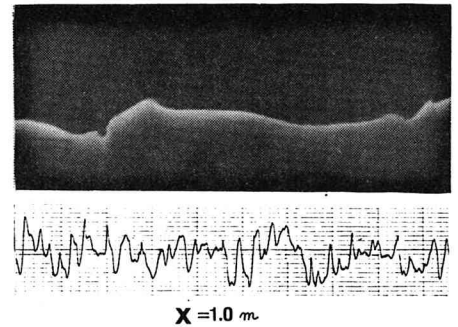


図-4

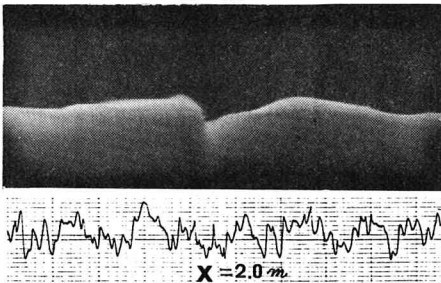
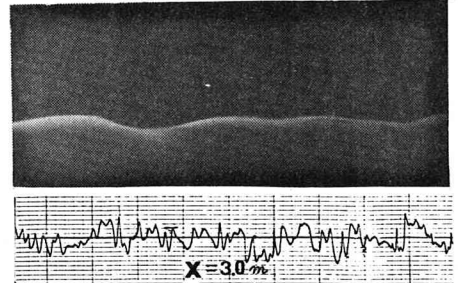


図-5



度計とホットフィルムを4mm程度離して取りつけ、さらに濃度と流速の鉛直分布を得ることができるよう濃度計とホットフィルムをポイントゲージに取りつけた。内部波高の測定には、抵抗式内部波高計を使用した。実験条件は、上層平均流速 $U=5.07$ cm/s、上層水深 $h_1=8.4$ cm、下層水深 $h_2=9.0$ cm、内部フルード数 $Fi=\sqrt{(U^2/g h_1)}=0.69$ であった。測定は $X=0.32$ m, 1.0 m, 2.0 m, 3.0 mの4箇所で行い、同時に界面の様子を写真撮影した。

3. 実験結果

3-1. 内部波形態 図2～図5は、それぞれ、 $X=0.32$ 、1.0、2.0、3.0 mにおける内部波の様子と内部波形の時系列の一部分を示したものである。 $X=0.32$ mにおいては、主に波峰が尖って谷が平らな波が存在しており、T. ANDOW¹⁾等は、この波を界面流速より大きい波速をもつ波としてP波と呼んでいる。内部波形の時系列より周期は約2秒であり、また波の峰から下層流体が上層流体へ進行される様子が写真より分かる。 $X=1.0$ mにおいては、写真よりS-P波と波峰が平らで谷が尖った波(L-P波)とが混在している様子が分かる。内部波の時系列からも明らかなように周期が1.5秒程度の長周期の波に周期1～2.5秒の短周期の波が重畳している。 $X=2.0$ mでは、比較的L-P波の様相が顕著となり、上層流が波の谷から下層流体中に進行される様子が分かる。 $X=3.0$ mにおいてL-P波とS-P波が混在しているが波の振幅は、幾分か小さくなっている。

3-2. 平均量 α とレイノルズ応力 図6～図9は、各々の位置における平均流速分布 $\bar{U}$ 、平均密度分布 $\bar{\rho}$ とレイノルズ応力の鉛直分布を示している。平均密度分布の流下方向の違いは見られず、界面でシアーな分布をしており、中間層はほとんど形成されていない。平均流速分布は、下流に行く程界面付近での速度勾配が小さくなり、断層層が次第に発達していることが分かる。レイノルズ応力の分布は、いずれも界面近傍で最大値をとるが、下流方向に行く程その値は小さくなっている。また、S-P波が顕著に見られる $X=0.32$ mでは、レイノルズ応力の最大値は平均界面より上で生じているが、L-P波が顕著となる下流に行く程、最大値は平均界面より下で生じる傾向がある。

4. 結論

内部波の形態は、流れ方向に変化する。上流付近では、主として、S-P波が発達し、尖った波峰が砕波することによって、下層流体が上層流体に進行される。一方下流域では、S-P波とL-P波が混在して下流に行く程L-P波の様相が顕著となっている。この場合、進行は、波の谷から上層流体を下層流体中に取り込むように行なわれる。内部波形態がこのように流下方向に変化するのは、主として、断層層の発達に起因していると考えられる。

(参考文献)

- (1) ANDOW, T., K. HANAWA and Y. TOBA (1991) : Experimental Study on Internal Waves in a Stratified Shear Flow. (JOSJ Vol. 37, pp. 179~192)