

長 崎 県 正員 須見 徹太郎
 東京工業大学 正員 日野 幹雄
 同 上 正員 離岡 和夫

1. はじめに

吹送流における乱れは、表面せん断層内での運動量の鉛直輸送機構や、湖沼や貯水池等での温度躍層の侵食機構に密接に関連しているが、これまでのところその実態を十分解明するまでには至っていない。こうした中で、著者らは先に、吹送流の表面乱流境界層中の大規模渦構造や、層流から乱流への遷移領域で明瞭に見られる streak 構造を流れの可視化実験により明らかにした結果を報告している¹⁾。本報告は、前報に引き続いて吹送流の組織的な乱流構造を明らかにする目的で可視化実験を行った結果を述べたものであるが、今回は特に、遷移域での streak 構造と縦渦との関係、縦渦からの三次元的な渦構造の成長、さらには乱流域での大規模渦構造への発達という点に焦点を絞った実験を行った。

2. 実験装置と実験方法

実験には前報に示した吹送流型成層密度流の実験のための風洞付水槽(4m×15cm)をそのまま使用し、水深を10.5cmに設定して実験を行った。また実験にあたっては、前報と同様、風波の発生を抑え実験条件を簡単にするために、ラウリル硫酸ナトリウムを水中に溶かし込ませた。設定風速は風路入口の中心部で約5.9 m/sとした。

3. 遷移領域での streak 構造と縦渦

写真1は層流から乱流への遷移領域をアルミ粉法により可視化したものである。流れは左から右で、水面下5mmの位置に水平スリット光を当て、水路上方より撮影した。写真中数本の streak が見られるが、これらの streak の無次元間隔は $y^+ \approx 120$ で¹⁾、発生位置は時間的にあまり変動しない。写真2は同様の領域を水素気泡法を用いて可視化したもので、流速の大きい部分と小さい部分がかなり周期的に並んでいるのがわかる。写真3、4はこの領域を水路側方より水素気泡法によって可視化したもので、写真3は高速の streak 部分に、写真4は低速の streak 部分に対応している。

写真5は、遷移域の上流側の水面下5mmの位置にタングステン線を張って水素気泡をシート状に出し、図1(a)に示すように水面に対して45°の断面で可視化したものである。写真の上から下の順で乱流域に近くなっている。これを見ると、写真5(a)では水素気泡のシートは横断方向に波状に変形しているが、カ



写真1

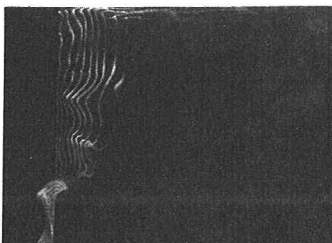


写真3

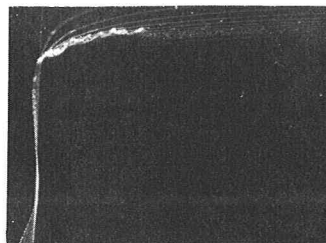


写真4

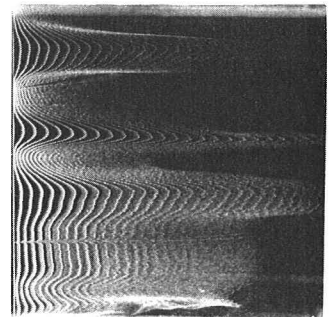


写真2

ラースリット法による可視化（そのカラー写真は講演時に発表の予定）により、シートの沈み込んでいる箇所は高速の streak 部分に、また浮き上っている箇所は低速の streak 部分に位置することが確認されている。写真5(b),(c)ではシートの沈み込む部分がさらに鋭くなり、渦に巻き込まれた形になっているのがわかる。さらに、乱流域に近い写真5(d)では、ヘアピン渦を輪切りにしたような渦封が流体の沈み込む位置より発生していることが確認できる。

以上述べたことから、最初に示した streak 構造は縦渦に関連したものであり、その縦渦からは乱流域に近づくにつれてヘアピン渦状の渦構造が成長してくることが明らかになった。そこで、以下にこの streak 構造から三次元的な渦構造への発達過程を説明し得るモデルを考える。

図2は、写真2,3,4より予想される流軸方向平均流速の断面分布と縦渦の関係の模式図である。ただし、この図で示される縦渦は対称なものであるが、実際には写真5(b),(c)で示すような非対称なものも存在する。このような流速場では図中に一点鎖線で示すような位置に変曲点が存在するが、このような変曲点はもともと攪乱に対して不安定な点であり、ここから不安定波（～渦）が発生すると考えるとそれは平均流速場の持つシア効果によって引き延ばされ、その結果図3に示すようなヘアピン渦に発達していくと考えられる。ただし、ここで示したモデルは現段階ではあくまでも仮説的なものであり、今後の実験によって詳細に検証する必要がある。

4. 乱流境界層中の渦構造

写真6, 7は、乱流境界層中に色素を注入し、それぞれ図1(a)と(b)に示すような断面で可視化したものである。写真6には数個の渦封が見えており、写真7では舌状の構造が見える。これらの可視化写真は、Head²⁾が示したものと類似のヘアピン渦状の渦構造の断面を示したものであると考えられる。

<参考文献>

- 1) 日野・難岡・須見：第28回水理講演会論文集，1984。
- 2) Head et al. : J. Fluid Mech., 107, 1981.

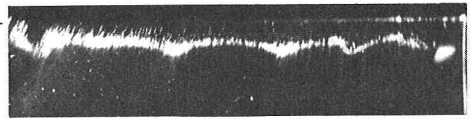


写真5(a)

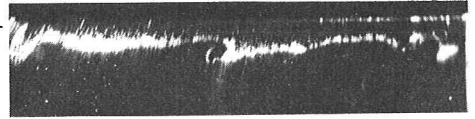


写真5(b)



写真5(c)



写真5(d)

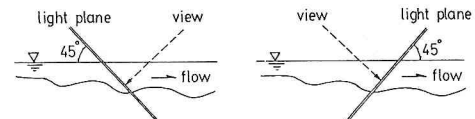


図1(a)

図1(b)

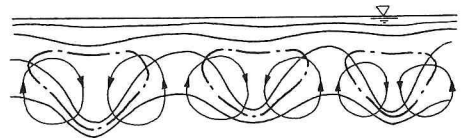


図2

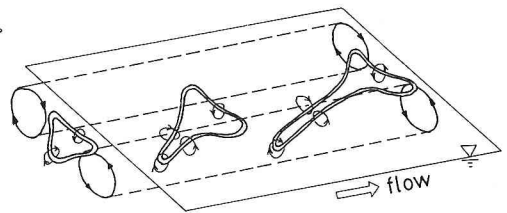


図3



写真6

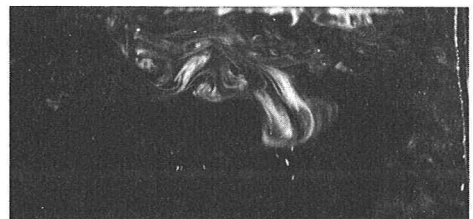


写真7