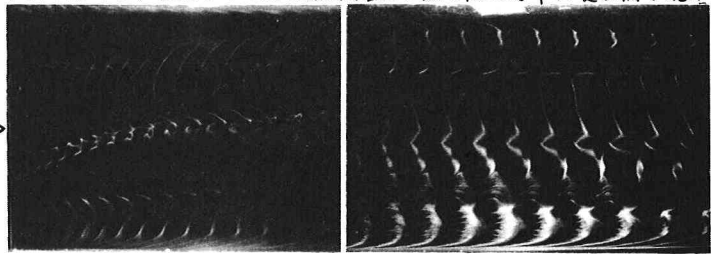
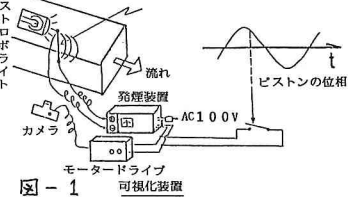
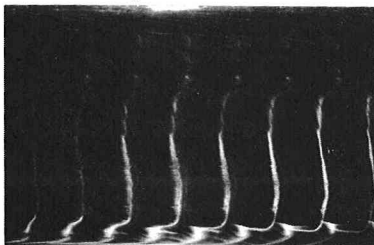
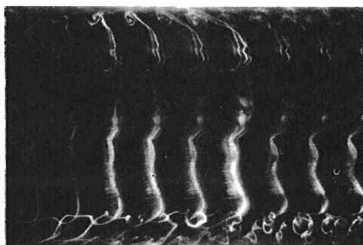
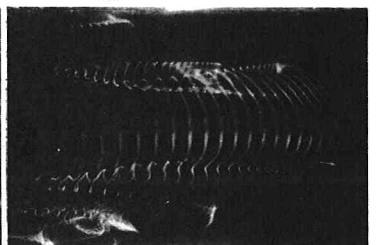


農林水産省 正会員 中山 哲 巖
 東京工業大学 工学部 正会員 日 野 幹 雄
 東京工業大学 大学院 学生員 原 輝 彦

1. はじめに: 著者らは、これまで⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾交番振動流の乱れについて研究を続けてきた。前報においては、レーザー流速計と熱線流速計を併用して乱れの時空間相関を測定し、交番振動流の乱れの構造について検討を加えた。しかし、この時空間相関は同一流軸面について乱れ構造の情報を与えるが、乱れの三次元的な構造を明らかにしえない。今回、乱れの発生・発達・拡散の諸過程と三次元的な構造の解明のために、スモークワイヤ法によって流れを可視化し、流れの全体的な挙動をとらえた。また、conditional sampling の手法により、 ω による各象限の変動特性の解析から、乱れの組織的な構造を明らかにした。以下に、その結果について報告する。

2. 可視化実験: 実験は交番振動流風洞 (全長14m, 矩形断面26cm×10cm) において行なった。流れを可視化するために図-1に示すような可視化装置を用いた。ピストン部に設けたスイッチが閉じると、カメラのシャッターが切れ、さらに発煙装置が働き、ニクロム線にあらかじめ塗布してあるパラフィンが熱により白煙となり、流れによって運ばれる。この白煙の動きをストロボを使用して撮影する。また、スイッチが閉じる位相を変えることによって任意の位相での流れの可視化が可能となる。スモークワイヤを矩形断面の流軸と垂直な2方向に張り、それぞれの場合について可視化を行なった。したがって、2方向の瞬間流速分布を知ることができ、流れの三次元性について検討が可能となった。

3. (a) 鉛直方向の流れの可視化: スモークワイヤを矩形断面の幅の狭い方向に張り、流れを可視化した結果について述べる。写真1~5は、それぞれ $\omega t = 0\pi/15, 3\pi/15, 7\pi/15, 10\pi/15, 12\pi/15$ での流れを可視化したものの一例である。なお、位相 (ωt) は風路中心での流速の集合平均が0となる位相を 0π とした。 $\omega t = 0\pi/15, 3\pi/15$ での流れは、壁面近傍ではタイムラインが整然としていて、乱れの少ないことを示している。これに対して、風路中心付近では比較的大きなスケールのタイムラインの変形がみられる。特に、 $\omega t = 0\pi/15$ では、三次元的な変形をしている。 $\omega t = 7\pi/15$ では、壁面より0.5cm程度離れた点で流速分布に変曲点が現れる。この変曲点を中心に渦が発生する。この渦は減速位相時には風路中央へ移りながら大きなスケールの渦に発達する。 $\omega t = 10\pi/15$ では、この発達過程をとらえている。 $\omega t = 12\pi/15$ では、シャッタースピード (1/2秒) の関係上、逆流までとらえ

写真-1 $\omega t = 0\pi/15$ 写真-2 $\omega t = 3\pi/15$ 写真-3 $\omega t = 7\pi/15$ 写真-4 $\omega t = 10\pi/15$ 写真-5 $\omega t = 12\pi/15$

ている。この写真からの流速付近では、流れが比較的大きなスケールの三次元性を示すことがわかる。これは、最初に述べた $wt = 0\pi/15$ のものと同様の運動を示している。

以上のことから、乱れの発生・発達・拡散の諸過程をまとめると、i) $wt = \pi/2$ 付近で流速分布に変曲点が見られる。(壁面より 0.5 cm 付近) この点を中心に渦が発生し乱れが生じる。ii) $wt = 2\pi/3$ 付近で強い負の圧力勾配のために、壁面付近でさらに激しい乱流運動が生じる。iii) i), ii) の壁付近の乱れは、0流速時に現われる大きなスケールの運動によって風路中心に運ばれる。

3. (b) 横断方向の流れの可視化：次に、スモークワイヤを矩形断面の幅の広い方向に張り(壁面より 0.5 cm の高さ)、流れを可視化した結果について述べる。写真6～8は、それぞれ $wt = 3\pi/15, 6\pi/15, 9\pi/15$ の流れを可視化したものの一例である。 $wt = 3\pi/15$ では、流れの非一様性が現われているが、 $wt = 6\pi/15$ では、高速領域・低速領域としては、さり認められる。 $wt = 9\pi/15$ では、高速領域の先端のタイムラインが切れており、この部分で流体が高速回転をしていることがわかる。したがって、この部分で激しい乱れが発生していると考えられる。また、低速領域では、タイムラインがらせん運動しているように見え、この部分での縦渦の存在を示していると考えられる。

以上のことから、高速領域では横断方向の渦度が大きく、一方低速領域では流軸方向の渦度が大きいことがわかる。また、激しい乱れは高速領域で起っている。

4. 組織的な構造：図-2は、レイノルズ応力に寄与する4成分($\overline{u'u'}$, $\overline{u'v'}$, $\overline{v'u'}$, $\overline{v'v'}$)について、壁面より 0.3 cm の高さで、それぞれの成分ごとに位相平均したものに発生確率を乗じたものである。乱れが発生する $wt = \pi/2$ 付近から、各成分とも比較的大きな値を示す。特に、低速流体塊の噴出し(Ejectionタイプ)が顕著であり、これは横断方向の可視化実験の高速領域の乱れと対応している。図-3は、 $\overline{u'u'}$, $\overline{v'v'}$ をそれぞれの乱れ強度で無次元化した場合の分布を示したものである。位相は $wt = 23\pi/32$ である。乱れがかなり大きくなった時点でも、負のレイノルズ応力に寄与する流体内部の相互作用が比較的大きいことがわかる。

5. 総括：流れを可視化することにより、流れの三次元性を見出した。特に、横断方向での低速領域と高速領域の規則的な配列は、一般の乱流境界層に見られないもので興味深い。また、加速初期・減速末期に現われる大きなスケールの運動についても興味深く、これらの組織的な構造の検討が今後の課題である。

6. 謝辞：本研究は、文部省科学研究費・一般研究(A)「交番振動流におけるエネルギー輸送機構」(課題番号 342035; 研究代表者 日野幹雄)の補助により行なわれたを記し、謝意を表す。

参考文献：1) 日野・相柳・中山; 第24回水講演文集 2) 相柳・日野・中山; 第35回年講 3) 日野・相柳・中山・原; 第25回水講演文集 4) 林・大橋・武安; 第25回水講演文集

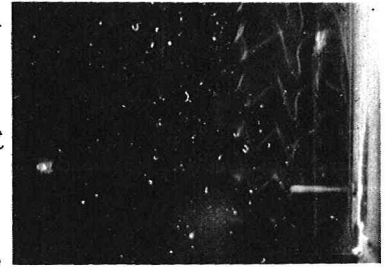


写真-6 $wt = 3\pi/15$



写真-7 $wt = 6\pi/15$

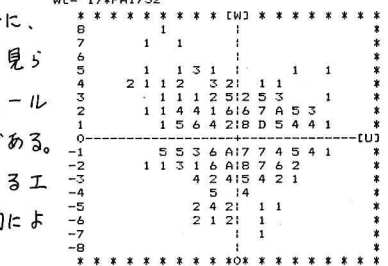
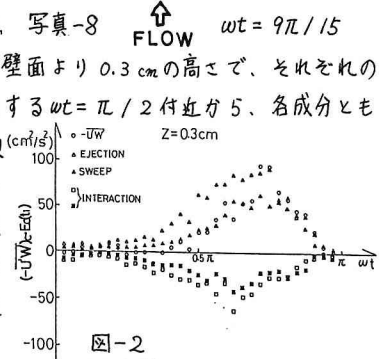
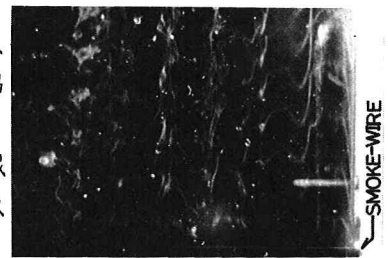


図-3
 $Lu(I) = 0$ $Lw(I) = 4$
 $A=10, B=11, C=12, D=13, E=14,$
 $G=296$