

日本電信電話公社 正会員 原 輝彦
 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 宇賀田 康男

1. はじめに: 著者らは、これまで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、スモーク・ワイヤ法を用いて流れを可視化し、流れの全体的な挙動について解析をした。また、乱れ成分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。今回は、より詳細な可視化実験を通じて、乱れ成分の変動特性を調べた。以下、その結果について報告する。

2. 可視化実験: 実験は全長14m、矩形断面26cm×10cmの交番振動流風胴において行なった。流れの可視化は、スモーク・ワイヤ法で行なった。ニクロム線にあらかじめ塗布した流動パラフィンを、通電時に発生するジュール熱によって気化させて白煙とし、それをトレーサとして流れを可視化するのだが、通電時の電流も通電時間を調整することによって、煙をタイムラインにすることもや流脈にすることもができる。今回は後者の方法を用いた。交番振動流は定常流と異なり、流れの状態が位相によって変化するので、その変化に追随した方法が必要である。図-1は、可視化実験の概略を示しているが、このとき、発煙装置・カメラのシャッター・ストロボとともに風胴のピストン部に設置してある接点スイッチで制御され、任意の位相のときに各々の装置が作動するようにしてある。なお、実験条件は表-1に示すとおりである。

3. 実験結果: 写真1・2・3は縦断面方向(矩形断面の幅の狭い方向)の流れを可視化したものである。

発煙時の位相と遅延時間は各々示したとおりである。写真1は、流れの逆転直後の流れの状態を示している。壁面近くには振動流の先走り現象が見られる。流脈には比較的大きな変形が見られる。また、直前の減速位相末期に存在する渦と回転方向が同じ渦が見られる。これは、直前の減速位相に壁面近傍で発生した渦が減衰しきれずに残ったものと思われる。振動流の加速位相に見られる乱れは、この減衰しきれずに残った乱れであると考えられる。写真2は、最大流速付近の流れの状態を示している。流脈の変形は写真1より弱く、乱れのレベルは低くなっている。壁面近くにおいても、流脈に著しい変形が見られず、この位相においては激しい乱れは発生しない。写真3は、減速位相初期の流れの状態を示している。断面中央付近の流脈には著しい変形は見られないが、壁面近くでは流脈に著しい変形が見られる。これは、振動流において減速位相に壁面近傍より乱れが爆発的に発生することを示して

振動周期	T	3.2sec
流速の振幅	\hat{U}	290cm/sec
振動流境界層厚さ	$\delta = \sqrt{2\nu/\omega}$	0.39cm
	$Re = \hat{U}D/\nu$	19300
	$R\delta = \hat{U}\delta/\nu$	756
	ストークスのパラメータ $\lambda = \frac{d}{\delta}$	12.8

表-1 実験条件

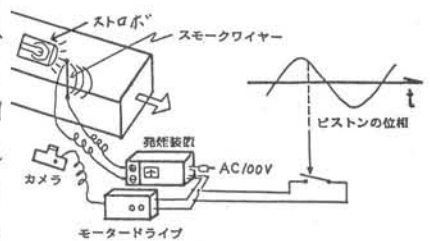


図-1 可視化装置

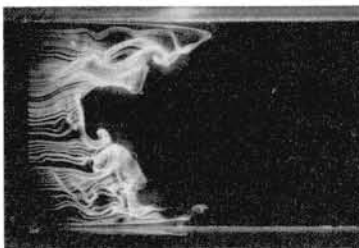


写真1 $\omega t = 0\pi$
 $\Delta t = 102 \text{ mS}$

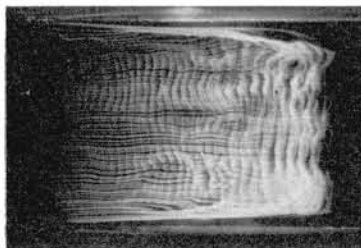


写真2 $\omega t = 0.48\pi$
 $\Delta t = 68 \text{ mS}$

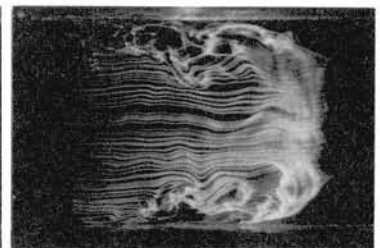


写真3 $\omega t = 0.634\pi$
 $\Delta t = 71 \text{ mS}$

いる。写真4は、減速位相末期の流れの状態を示している。減速位相に壁面近傍で発生・発達した乱れが断面の中央方向へ広がってゆく様子をとりあげている。

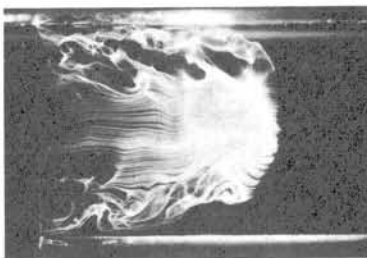


写真4 $wt = 0.805\pi$
 $\Delta t = 110 \text{ ms}$

写真5・6・7・8・9は横断面方向（矩形断面の幅の広い方向）の壁面近傍（壁面からの高さ $Y = 0.3 \text{ cm}$ ）の流りを可視化したものである。発煙時の位相と遅延時間は各々示したとおりである。写真5は、流れの逆転直後の流れの状態を示している。流脈が複雑に変形し、先端が不規則に凹凸をなしていることから、この位相の乱れは不規則で空間的な広がり狭いと考えられる。写真6は、加速位相の流れを示している。縦断面方向の可視化では顕著な乱れが見られない位相であるが、壁面近傍では高速領域と低速領域にわかれるほぼ規則的な凹凸が見られる。しかし流脈は平行であることから流れは層状であり、この位相では定常壁面乱流で見られるようなバースティングはまだ生じていない。写真7は、最大流速付近の流れの状態を示したものである。この位相においても高速領域と低速領域が平行に並んでおり、組織的な乱れは見られない。写真8は、減速位相初期の流れを示している。写真では右半分は流脈が激しく乱れているが、左半分は依然として高速領域と低速領域にわかれる構造が保たれている。これは、減速位相の乱れの発生が横断面方向に一斉に生じるのではなく、場所的に、発生する時刻がずれることを示している。右半分の低速領域では煙がらせん状になっており、バースティングによく似ている。流速計等の結果によれば、減速位相に発生する乱れは、定常壁面乱流のバースティング現象と類似の構造をしていることがわかってきている。写真9は、減速位相末期の流れを示している。乱れは横断面方向全体に広がっている。しかし、多くの可視化実験から、この位相において壁面の近傍で発生・発達した乱れはほとんど断面中央部まで広がっていないことがわかった。

4. 結論：流れの可視化を行なうことによって次のようなことがわかった。1). 加速位相の乱れは、その前の減速位相に発生した乱れが減衰しきれずに残ったものである。2). 加速位相に壁面近傍において、高速領域と低速領域よりなる縞状の構造が発生する。3). 減速位相に壁面近傍で発生する乱れは、定常壁面乱流のバースティングとよく似ている。4). 断面中央部は、一周期間を通じて組織的な乱れが存在しない。

5. 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乱れの発生とエネルギー輸送機構」(課題番号34205 研究代表者・日野幹雄)の補助により行なわれたもので、謝意を表す。

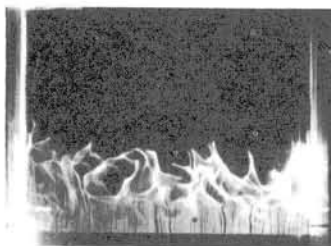


写真5 $wt = 0\pi$
 $\Delta t = 112 \text{ ms}$

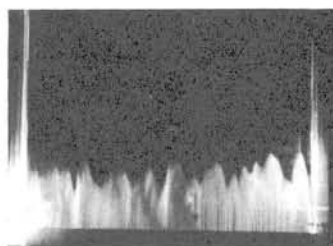


写真6 $wt = 0.328\pi$
 $\Delta t = 62 \text{ ms}$

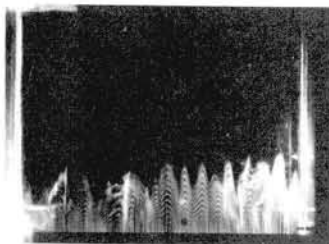


写真7 $wt = 0.48\pi$
 $\Delta t = 62 \text{ ms}$

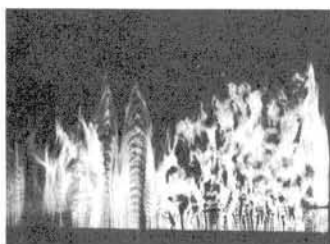


写真8 $wt = 0.647\pi$
 $\Delta t = 80 \text{ ms}$

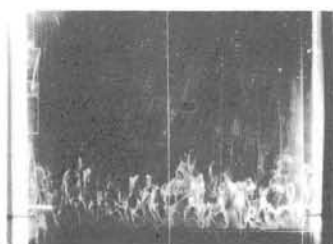


写真9 $wt = 0.790\pi$
 $\Delta t = 88 \text{ ms}$