

## II-235 往復流乱流境界層の乱れの発生・発達 の可視化について

中央大学 理工学部 正会員 林 泰造  
中央大学 大学院 学生員 ○大橋 正和  
筑波大学 大学院 学生員 菱原 健

### 1. まえがき

定常平板境界層における乱れの発生・発達 の可視化については、従来より水素気泡法等により数多く行われてきた。それらの研究により、低速streakの存在、瞬間流速分布の周期的変動等が明らかにされた。一方、往復流における乱流計測、可視化による乱れの発生・発達 の研究も従来より行われてきた。<sup>1)2)3)4)</sup>本研究においては、着者が開発した、Thin Layered Milk法<sup>3)4)</sup>により往復流の乱れの発生・発達 の可視化を行う一方、X型ホットフィルムによる流れの乱流特性の計測を行い往復流乱流境界層の乱れの発生・発達 の過程を明らかにせんとするものである。

### 2. 実験装置と実験方法

本研究においては、全長17.5m、測定部断面幅75cm、高さ24cmのLundgren-Sørensen型往復流実験装置により実験を行った。可視化のためのトレーサーとしてはミルク(比重1.015)を使用し、管路底面全体に厚さ1mm以下に薄く敷き往復流発生装置のピストンストロークを静止の状態から起動し乱れの発生・発達 を管路上部より秒5コマの35mmモータードライブカメラにより記録した。位相は、水面が振り切った時を $\omega t = 0$  ( $Q = 0$ )、水面の高さが等しい時を $\omega t = 1/2\pi$  ( $Q = \max$ )とした。その際、流れの場の特性を調べるために、KANOMAX社製15mW レーザー流速計により境界層外縁の流速振幅等を測定した。また、 $\omega t = 0$ 付近の底面付近における流速の位相の先走りと鉛直方向の乱れの可視化のため水素気泡法による実験を行った。一方、前報<sup>3)4)</sup>と同様にX型ホットフィルムプローブ(TSI社製)による乱流計測を行った。

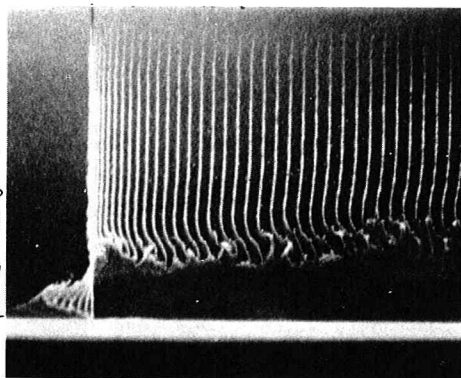
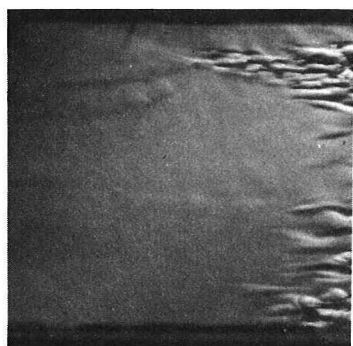


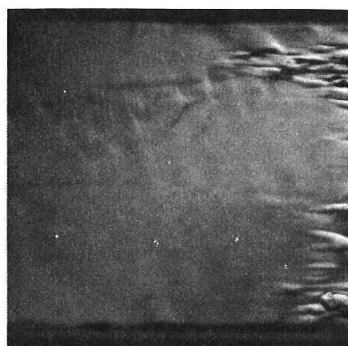
写真-1 水素気泡法による可視化  
(管路鉛直断面、 $\omega t = \pi$ 、気泡0.1 sec毎に発生)

### 3. 実験結果と考察

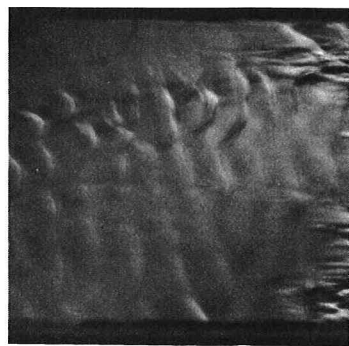
X型ホットフィルムプローブによる乱れの時間的消長の測定結果<sup>4)</sup>より往復流乱流の大きな特徴は乱れが減速期後期に発生し、加速期初期に負の乱流剪断応力が表れ最高流速を示す位相付近では乱れはほぼ完全に消滅してしまう点(再層流化)にある。写真-1は、 $\omega t = \pi$ における水素気泡法による管路鉛直方向の可視化であり、写真より位相の先走りと主流との境界面付近に大きな渦構造が見られる。乱れは減速時に作られているのであるが、それらの乱れの内 $\omega t = \pi$ になると主流から受けるエネルギーの減少により大きなスケールの渦のみがのこる。写真-1にみられる渦は、それらの渦と、加速期初期の主流と底面付近の流れの位相のずれによる負の剪断応力を表している渦と思われる。写真-2の一連の写真は、減速期後期( $\omega t = 17/8\pi \sim 17/8\pi$ )に見られる乱れの発生・発達 の可視化であり定常流において見られる乱流斑点に比べて平面的に特定位相において規則的に発生している。写真-2 (a)~(c)においては底面全体にわたり波動現象がおこり初め引き続き(d)において渦管が成



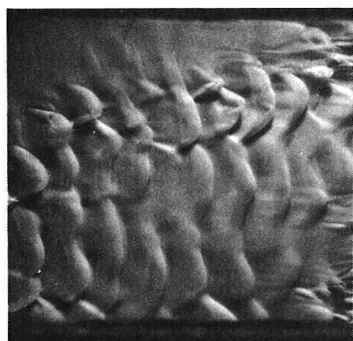
(a)  $\omega t = 10/18 \pi$



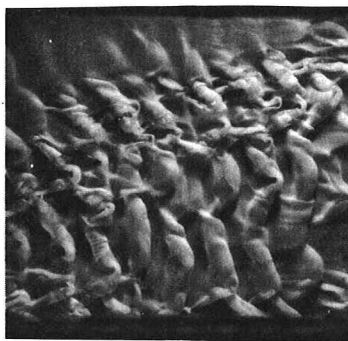
(b)  $\omega t = 11/18 \pi$



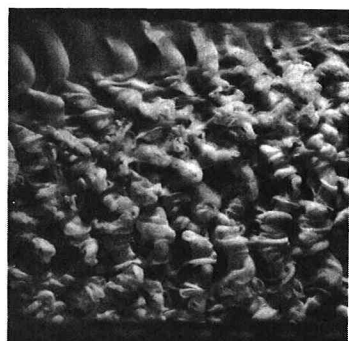
(c)  $\omega t = 12/18 \pi$



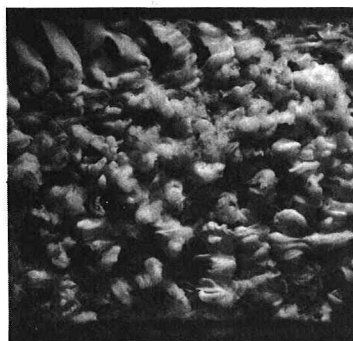
(d)  $\omega t = 13/18 \pi$



(e)  $\omega t = 14/18 \pi$



(f)  $\omega t = 15/18 \pi$



(g)  $\omega t = 16/18 \pi$



(h)  $\omega t = 17/18 \pi$

## 写真 - 2

Thin Layered Milk 法による  
可視化

(流れは左から右, 管路上面より  
撮影, 上下の寸18cm)

境界層外縁の流速振幅 50.3%

長し発達し振幅を増す。(e)においては、洞管の先端に2次不安定と思われる小さなループが見られ、(f)で洞管全体に渡り変形が起り、1部には turbulent spot と見られる突発的な乱れ、高周波攪乱が出現している。(g)、(h)と主流の速度が減少していくにつれて高周波攪乱の発生が盛んになる。乱流計測の結果、流速分布の詳細を見ると変曲点をもつ速度分布が見られる。これらの結果から、定常剪断流における Tollmien-Schlichting 波動の成長とその崩壊という壁乱流発生メカニズム<sup>5)</sup>と酷似している。往復流における非定常性は、定常流に比べて測定、データ処理において複雑で難しい一面を持っている反面乱れの発生・発達の解明に関しては、時間的に一定の周期性をもつため conditional sampling なしに測定可能であるという長所をそなえている。しかし、その非定常性が、攪乱周波数等と比較すると低く、定常流の場合の境界層流れとの比較は今後の課題である。

1) 早川・小橋(1980)第12回乱流シンポジウム 2) 日野・柏柳・中川・原(1981)第25回水理講演会 3) 林・大橋・武安(1980)第12回乱流シンポジウム 4) 林・大橋・武安(1981)第25回水理講演会 5) 西岡・浅井・飯田(1980) Nagare, 第12巻2号