

二次元チャンネル流の再層流遷移における乱れエネルギーの減衰について Turbulence Energy Decay in a Relaminarizing Two-dimensional Channel Flow

○奥村雄志, 信州大院, 長野市若里 4-17-1, E-mail:t06a106@shinshu-u.ac.jp

松原雅春, 信州大, 長野市若里 4-17-1, E-mail:mmatsu@shinshu-u.ac.jp

Takeshi OKUMURA, Faculty of Engineering, Shinshu University, Wakasato 4-17-1, Nagano

Masaharu MATSUBARA, Faculty of Engineering, Shinshu University, Wakasato 4-17-1, Nagano

The relaminarization in a channel flow, which has decreasing mean velocity due to expansion of the end wall distance, has been investigated by means of flow visualization and hot-wire measurements. The flow visualization shows that the relaminarization around Reynolds number is 1300 and that there exist the characteristic streaky structures before the relaminarization. Turbulence energy decay of the streamwise component also supports that the Reynolds number of relaminarization is under 1390 though the detail measurements of the turbulence energy are needed to decide the precise critical Reynolds number.

1. はじめに

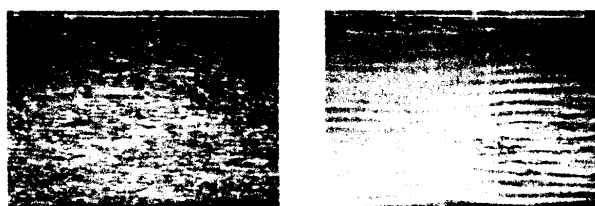
チャンネル流において臨界レイノルズ数以下であっても初期に強い攪乱を与えることで流れは乱流状態となるが、レイノルズ数を下げていくと攪乱はやがて減衰し層流となる。このとき乱流が維持される最小のレイノルズ数である限界レイノルズ数付近に見られる攪乱は乱流を維持するメカニズムと強く関係していると考えられる。

本研究ではチャンネル流において流路をスパン方向に拡大することでレイノルズ数を減少させ、流れを再層流化させている。この再層流化現象を可視化実験と熱線流速計で計測した結果から限界レイノルズ数を特定する。

2. 実験方法および実験装置

本実験装置は全長が 3500 mm, チャンネル幅は 5 mm で, プロウ, ノズル部, 助走区間, 拡大部, 試験部から構成されている。流れは絞り比 29 のノズルによって縮流され, 長さ 1000 mm, スパン幅 190 mm の助走区間に流入する。初期攪乱として直径 0.5 mm の 2 本のトリッピングワイヤを設置し, 助走区間で一旦乱流状態となる。次に流れは長さ 1000 mm, スパン幅が入り口で 190 mm, 出口で 260 mm の拡大部へと入り, ここでレイノルズ数は約 0.73 倍に減少する。さらに流れは長さ 700 mm, スパン幅 260 mm の試験部へと流入する。本実験において流速および乱れ強さの測定には直径 2.5 μm の白金線をセンサとする I 型プローブを用い, 定温度型熱線流速計を用いた。測定は試験部入り口から 100 mm, 及び 500 mm の 2 ケ所で行った。レイノルズ数は代表長さをチャンネル幅 d , 代表速度を幅方向平均流速 U_m として算出した。座標系は流れ方向を x , 壁垂直方向を y , スパン方向を z とし, 原点は試験部入り口の壁面上とした。

また, 可視化実験は同じ装置を試験部が 2000 mm で, 全長が 5120 mm の回流型水槽とし, 試験部入り口から 1700 mm の位置にガラスの窓を設け, そこで可視化実験を行った。



$Re = 2680$

$Re = 1520$

Fig. 1 Flow visualization of relaminarization.

3. 実験結果及び考察

可視化実験より, 再層流遷移過程では小さいスケールの縞構造と大きいスケールの縞構造が存在し, この縞構造はレイノルズ数によって空間的に占める割合が異なり, 乱流から層流への逆遷移は急激に起こらず段階的に起こることが確認された。さらに, 熱線流速計による平均流速分布から, $Re = 1880$ 以上の分布は $y/d = 2.5$ を境に壁近くではポアズイユ分布より加速し, チャンネル中心側では減速し, $Re = 2360$ では壁近くで剪断が強く中心側では緩やかに速度変化をする発達した乱流分布とよく似た分布となっている。また, 乱れ強さ分布からは, 白抜きのプロットではどの分布も壁付近にピークを持っているが, 黒抜きのプロットでは $Re = 1130, 1390$ ではどの壁からの距離においても乱れが減少し, $Re = 1630$ 以上では壁付近にピークを持ち続けている。よって, $Re = 1390$ 以下では再層流化していること, $Re = 1630$ 以上では何らかの攪乱が維持していることが確認できた。何らかの攪乱が維持できる最小レイノルズ数を厳密に決めるには, さらなる攪乱成分の測定が必要と思われる。

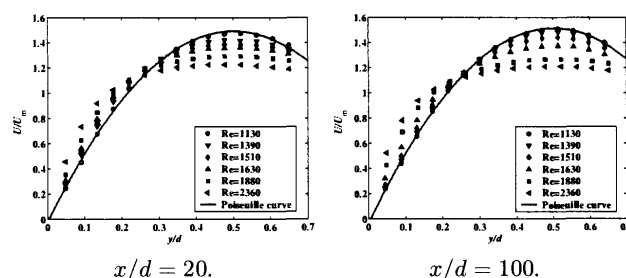


Fig. 2 Mean velocity profiles.

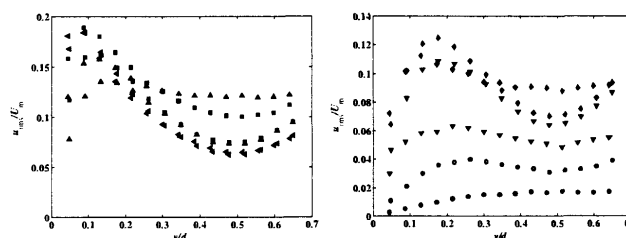


Fig. 3 Profiles of the streamwise velocity fluctuation. $\triangle: Re = 1630, \square: Re = 1880, \nabla: Re = 2360, \circ: Re = 1130, \diamond: Re = 1390, +: Re = 1510$. Open marks are for $x/d = 20$ and solid marks are for $x/d = 100$.