

**No.20****周期的外乱を受けるバックステップ乱流の大規模構造について**

吉岡修哉（慶大院） 小尾晋之介（慶大理工） 益田重明（慶大理工）

**Large scale vortical structure in the periodically perturbed turbulent separated flow over the backward-facing step**

S. Yoshioka\*, S. Obi\* and S. Masuda\*

\*Dept. of Mech. Eng., Keio University

**ABSTRACT**

The large-scale vortical structure in the periodically perturbed turbulent separated flow is experimentally investigated. The perturbation with the most effective frequency on the reattachment promotion induces the highest number of vortices into the shear layer. On the other hand, the perturbation with the lower or the higher frequency than the most effective frequency introduces fewer vortices. The details of the relationship between the induced vortical structures in the shear layer and the enhancement of the momentum transport are discussed in this paper.

Key Words: *Turbulent Flow, Shear Flow, Separation, Backward-facing Step, Unsteady Flow, Flow Control, PIV***1. 緒 論**

はく離流れの再付着促進には、せん断層に対し周期的外乱を与えることが有効である。この周期的外乱は、せん断層内に大規模な渦構造を新たに導入することがこれまでに明らかにされている。再付着の促進は、この渦構造により運動量輸送が活発化することで得られると解釈されている。一方、この再付着の促進効果には外乱周波数への依存性があり、再付着が最も促進される最適周波数が存在することが知られている。しかし、周波数依存性の存在要因については現在のところ明らかでない。そこで本研究では、外乱周波数とせん断層内の渦運動の関係を明らかにし、合わせてこの渦運動がレイノルズ応力の空間分布に与える影響を調査する。そして、運動量輸送効果の周波数依存性と最適周波数の存在要因について議論する。

**2. 実験装置及び速度計測**

実験装置はテストセクションに2次元バックステップ（ステップ高さ $H=20\text{mm}$ 、拡大比1.5）を取り付けた回流式水槽である。前報<sup>(1)</sup>と同様、外乱としてステップ端より周期的な吹き出しと吸い込みを与えた（図1）。外乱周波数は、 $St=0.08, 0.19, 0.30$ と変化させた。なお $St$ は、外乱周波数 $f_e$ 、入り口チャネル部中央流速 $U_c$ 、ステップ高さ $H$ に基づく無次元周波数である。ここで、 $St=0.19$ は、再付着が最も促進される最適周波数である。速度場の計測には、自作の2次元粒子画像流速計（PIV）を用いた。計測方法はすべて前報<sup>(1)</sup>と同様である。

**3. 実験結果及び考察**

図2-4に、代表4位相角時における位相平均レイノ

ルズ応力分布を示す。位相平均レイノルズ応力は、乱流運動により位相平均場に新たに加えられる運動量輸送を表す。再付着の促進は、この乱流運動に基づく運動量輸送の活性化が原因の一つと考えられる<sup>(1)</sup>。 $St=0.08$ （図2）及び $St=0.19$ （図3）の場合には、外乱により大規模な渦構造が生成され、せん断層内を流下する現象が見られた。図中の点線は、流下する渦構造の中心部分の軌跡を示している<sup>(2)</sup>。 $St=0.19$ の場合の方が、流下する渦構造の間隔が狭い。 $St=0.30$ （図4）の場合は、渦構造の生成・流下は確認できなかったため、点線は記入していない。

図2に示す $St=0.08$ の場合、各位相時とも、位相平均レイノルズ応力はせん断層内で高い値をとる。ただし外乱の無い一般のバックステップ乱流の場合と違い、せん断層内で等値線が大きく蛇行している。せん断層内でレイノルズ応力が極大となる領域と、点線で示した渦構造の軌跡とを比較すると、極大領域は点線と点線の間にはほぼ挟まれて存在していることがわかる。すなわち、位相平均レイノルズ応力は、せん断層内を流下する渦構造に挟まれた領域で増加している。せん断層内の等値線の蛇行も、この渦構造の存在に対応していると考えられる。

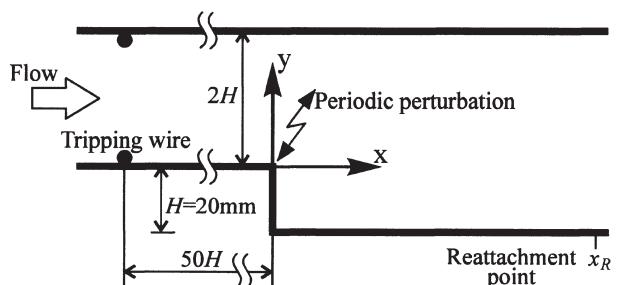
図3に示す $St=0.19$ （最適周波数）の場合は、明確

図1 テストセクション

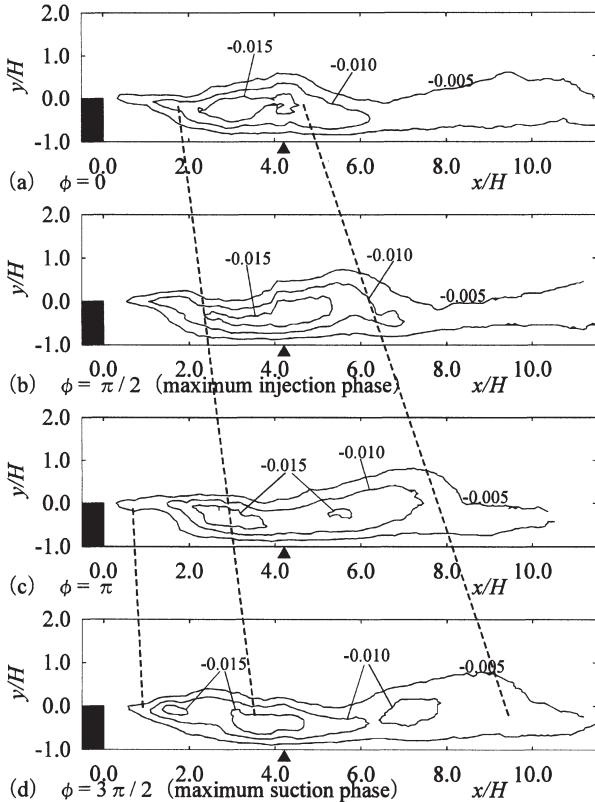


図2 位相平均レイノルズ応力  $\langle u'v' \rangle / U_c^2$   
 $St=0.08$

な等値線の蛇行は見られないものの、せん断層内にはいくつかの極大領域がみとめられ、それらは点線に挟まれる領域に存在している。この周波数の場合は、導入される渦構造の間隔が $St=0.08$ の場合より狭いため、極大領域の間隔も狭くなり、結果としてレイノルズ応力が増加する領域が拡大している。

一方 $St=0.30$ の場合には(図4)、渦構造が導入されないため、渦運動による極大領域は認められない。

以上より、最適周波数の場合には、導入される渦構造の数が最も多くなり、それによるレイノルズ応力の増加が顕著になること明らかになった。

#### 4. 結 論

周期的外乱を受けるバックステップ流れにおける、運動量輸送効果の外乱周波数依存性を検討した結果、以下の結論を得た。再付着が最も促進される最適周波数では、せん断層内に最も多くの渦構造が導入され、運動量輸送の活性化が最も顕著になる。一方、最適周波数より低い周波数では、導入される渦構造が少ないため、また高い周波数では渦構造そのものが導入されないため、運動量輸送効果が少なく、最適周波数時ほど再付着が促進されない。

#### 文 献

- (1) S. Yoshioka et al., Y. Nagano et al. (Eds.), *Turbulence, Heat and Mass Transfer-3* (2000) 605.
- (2) S. Yoshioka et.al., 4th JSME-KSME Thermal Engineering Conference, submitted.

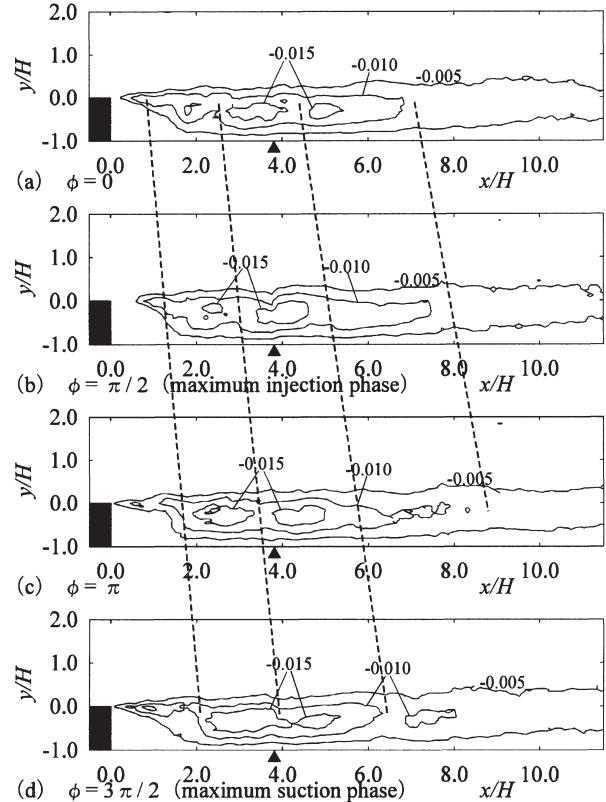


図3 位相平均レイノルズ応力  $\langle u'v' \rangle / U_c^2$   
 $St=0.19$

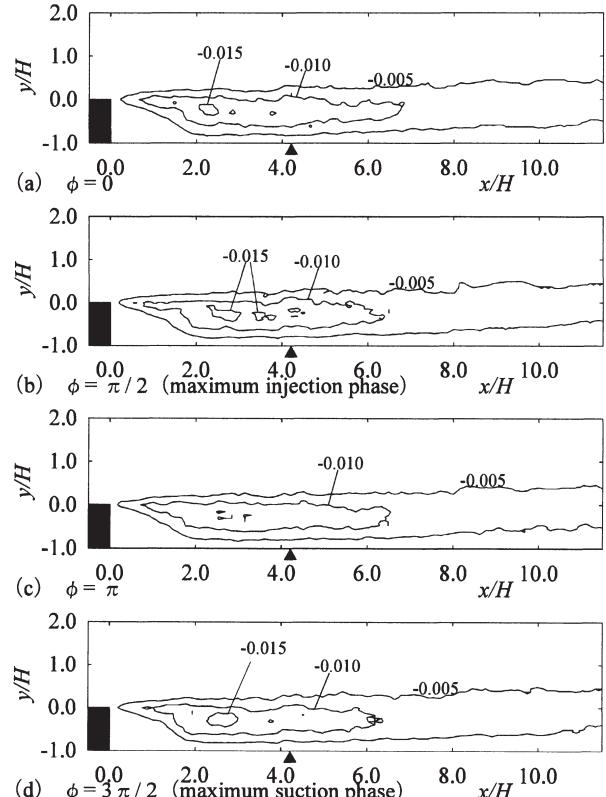


図4 位相平均レイノルズ応力  $\langle u'v' \rangle / U_c^2$   
 $St=0.30$