

## No. 14

## 乱流楔の初期発達について

本橋 龍郎\*, 小野 清秋\*, 高橋 賢一\*

## Initial Development of Turbulence Wedge

T. MOTOHASHI\*, K. ONO and K. TAKAHASHI

*Dept. of Aerospace Eng. Nihon Univ.**\*Dept. of Mechanical Eng. Nihon Univ.*

Incipient evolution of a turbulence wedge generated behind an isolated roughness element in a laminar boundary layer is discussed in the report. The initial development of turbulence wedge is characterized with a rapid growth of the disturbed region in the spanwise direction. The so-called inflectional instability is responsible for the broke-out of the disturbance at off-center positions in the wake of the roughness element.

**Key Word :** turbulence wedge, roughness element, boundary layer transition

## ・ 緒 言

境界層中に置かれた孤立粗度下流には、速度変動を多く含む乱流楔が生成される。その発生機構については、未だ解明されているとは言い難い。乱流楔の特徴は、その板幅方向への急激な拡張にある。この特徴をうまく利用できれば、乱流領域の拡大や縮小を人工的に制御することができ大変有効であると考えられる。本報告は、乱流楔の初期発達に対する実験および数値計算の両面からの研究報告である。

## ・ 研究方法

研究は風洞実験による流れ場の計測と運動方程式を数値的に解く方法の二面から進められた。実験は、測定部が30cm角の小型回流式風洞を用いて行われた。乱流楔を発生するための粗度として、高さ・直径とも2mmの円柱を測定部に水平に置かれた平板の中央に設置し、粗度後流を熱線風速計を用いて計測した。実験装置の詳細等は、参考文献1を参照されたい。

数値計算は、三次元NS方程式をMac法を用いて解くことが行われた。粗度近傍の領域は、円柱座標、下流領域は、直交座標を用いて計算が行われた。計算の詳細についても参考文献2を参照されたい。

## ・ 研究結果

## (1) 乱流楔

乱流楔の境界は、さまざまな定義が採用されているが、本報告では、一様流速の1%以上の速度変動(rms)を有する領域と定義する。図1は、レイノルズ数700( $=Uh/\nu$ ,  $U$ :一様流速,  $h$ :粗度高さ), 粗度高さでの乱流楔の断面図である。

流れ方向に乱流領域がスパン方向に広がっていく様子が観測される。初期の広がり角度は、十分に発達した乱流楔の広がり角度である約10度比べて、小さくおよそ5度である。

## (2) 粗度直後の流れ

再循環領域(Recirculation region)が形成され、外側の領域との境界に高剪断層が発生する。高剪断層は二種類存在する。一つは、平板に垂直方向の速度勾配に基づくもので、粗度高さの4倍付近で最大値をとり、その下流では減衰する。もう一つの高剪断層は、粗度の後流に生ずる変動で、板幅方向の剪断層に基づくものと考えられる。したがって、この変動のピークは、境界層の下層に、中心線の両側に見出される。

## (3) 下流での乱れの拡張

上記の不安定性より生成される速度変動は、急激に減衰し、粗度高さの20倍程下流では、他の不安定性が発生する。この第2の不安定性は、粗度後流の中心線から離れた位置に発生し、乱流楔の初期発達を支配するものと考えられる。図2(a)は、 $x=34\text{mm}$ における等速度変動線( $z < 0$ のみ)を表している(実験)。3つのピークが観測される。 $z=-3\text{mm}$ 付近に発生するピークは、

\* 日本大学理工学部

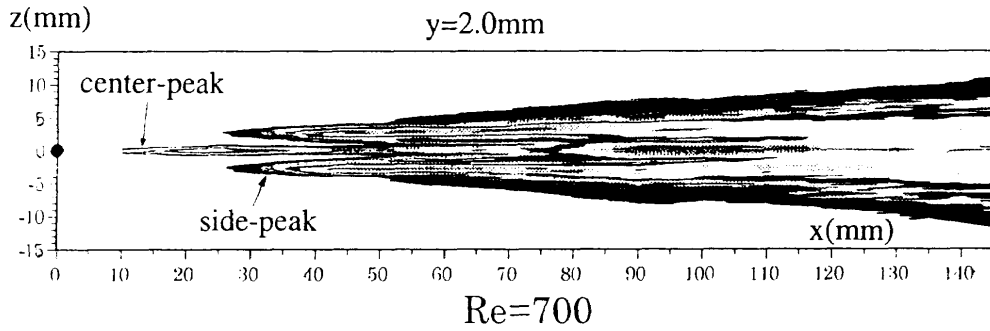


図1 乱流楔

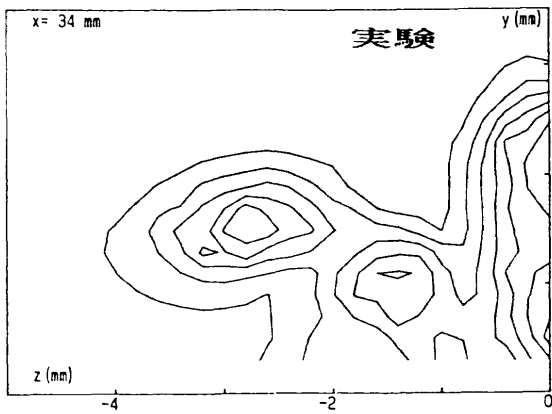


図2 (a) 等速度変動線 (実験)

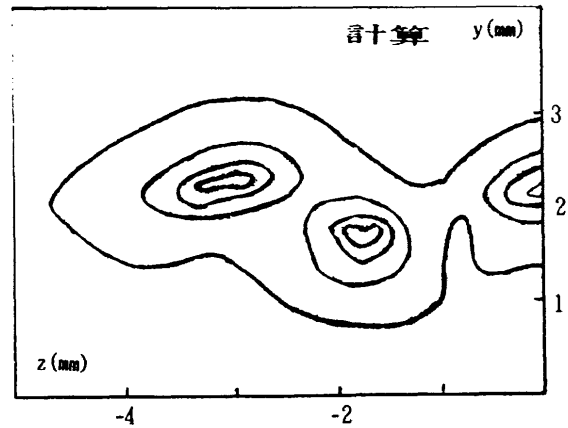


図2 (b) 等速度変動線 (計算)

下流でさらに増幅し、乱流楔を形成していく。

一方、上記の  $z = -3\text{mm}$  付近には、変曲点不安定を誘発する  $y$ -方向速度分布が観測されている。この分布は、下層に存在する馬蹄形渦の吹上により生成されると考えられる。図2(b)は、数値計算から得られて等速度変動線を表している。ピーク位置の  $z$  座標は実験データとよい一致を示しているが、 $y$  座標は、少し実験データより高いことが分かる。

#### ・まとめ

境界層中の粗度後流に発生する乱流楔の初期発達は、馬蹄形渦の誘起する変曲点不安定で説明することができる。

#### ・参考文献

- ①本橋他『馬蹄形渦による不安定性の発生』27回乱流シンポジウム, 1995
- ②小野他『孤立粗度の回復領域について』25回乱流シンポジウム, 1993
- ③Klebanoff, et al., J.Fluid Mech., vol. 237, (1992) pp. 101-187.