

## 3. 4 単純な乱流流れの特徴 (p.55-63)

内容 以下の2次元の非圧縮乱流について概説

### 自由乱流の流れ

- ・噴流
- ・混合層
- ・後流

### 固体壁近傍の流れ

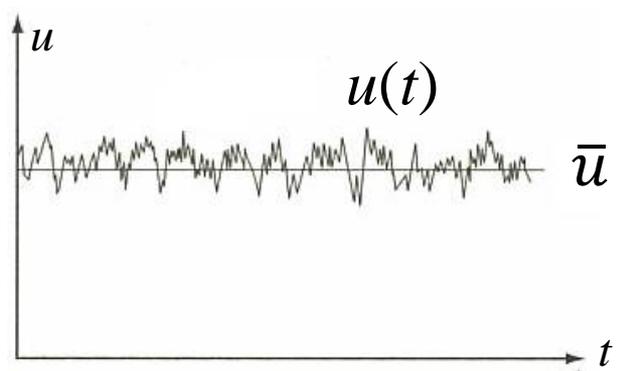
- ・平面境界層
- ・円管内の境界層

これらについて概略を説明

- ・平均流速と二次モーメントの分布の関係
- ・平板近傍の流れの説明

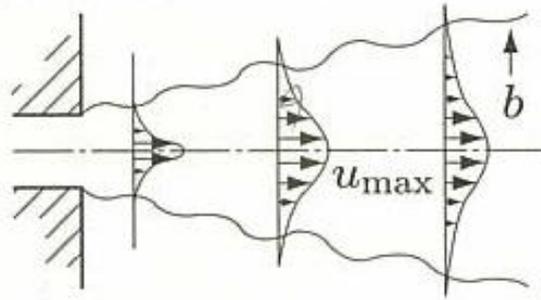
# 自由乱流流れ

$$u(t) = \bar{u} + u'(t)$$

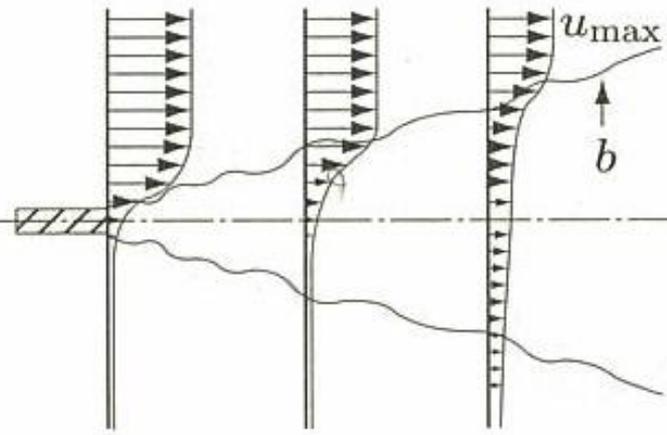


## $\bar{u}$ の分布

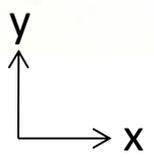
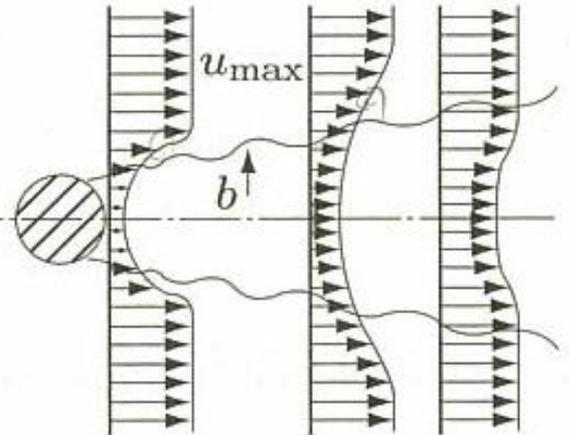
噴流



混合層



後流



$u_{max}$ ; 各位置でのuの最大値  
 $b$ ; 流れに垂直な方向の層の厚さ

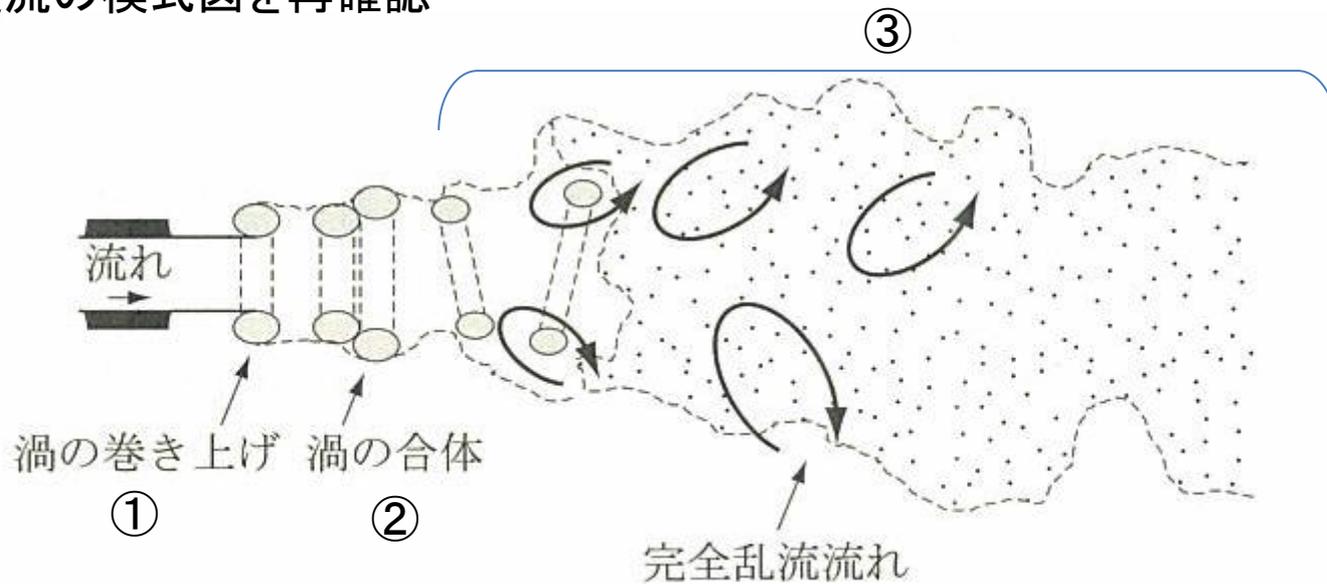
どれも平均速度分布に変曲点が存在する。

「一つ以上の変曲点を持つ流れは、一般に、約10以上のレイノルズ数において長波長の乱れを増幅する。」p.49.

コルモゴロフスケールより大きい渦

# 自由乱流流れ 噴流

p.49の噴流の模式図を再確認



流れが開口部を出た後、層流流れは開口部に非常に近くで渦を巻く。その後、渦が組み合わさることで、より大きな単一の渦が生成される。さらに少し下流では、3次元の乱れが渦を大きく変形し、渦の区別がつかなくなる。流れは非常に多くの小さなスケールの渦を生成しながら崩壊する。そして、流れはすぐに完全乱流流れへと遷移する。混合層と物体後方の後流も同じような現象を示し、遷移と乱流流れを引き起こす。

# 自由乱流流れ 噴流

水中での水ジェット(中央断面をLIFにより撮影) レイノルズ数2300

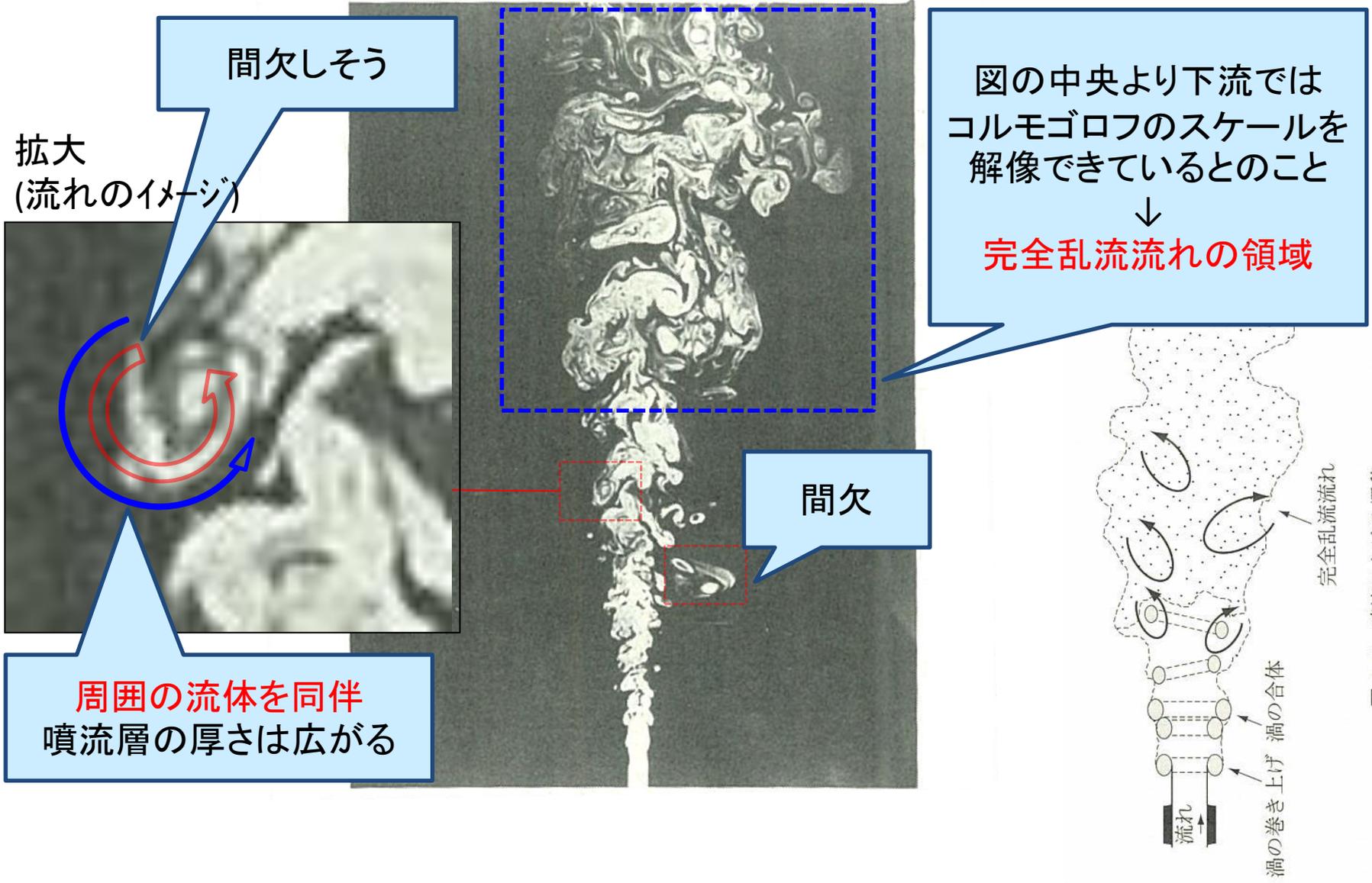


図 3.5 噴流における遷移

# 噴流の平均流速と二次モーメントとの関係

源からある距離より先では流れの構造は源に依存せず、次式となる

$$\frac{U}{U_{\max}} = g\left(\frac{y}{b}\right)$$

x が十分大きい場合上式はx に依存しない  
⇒ 自己保存

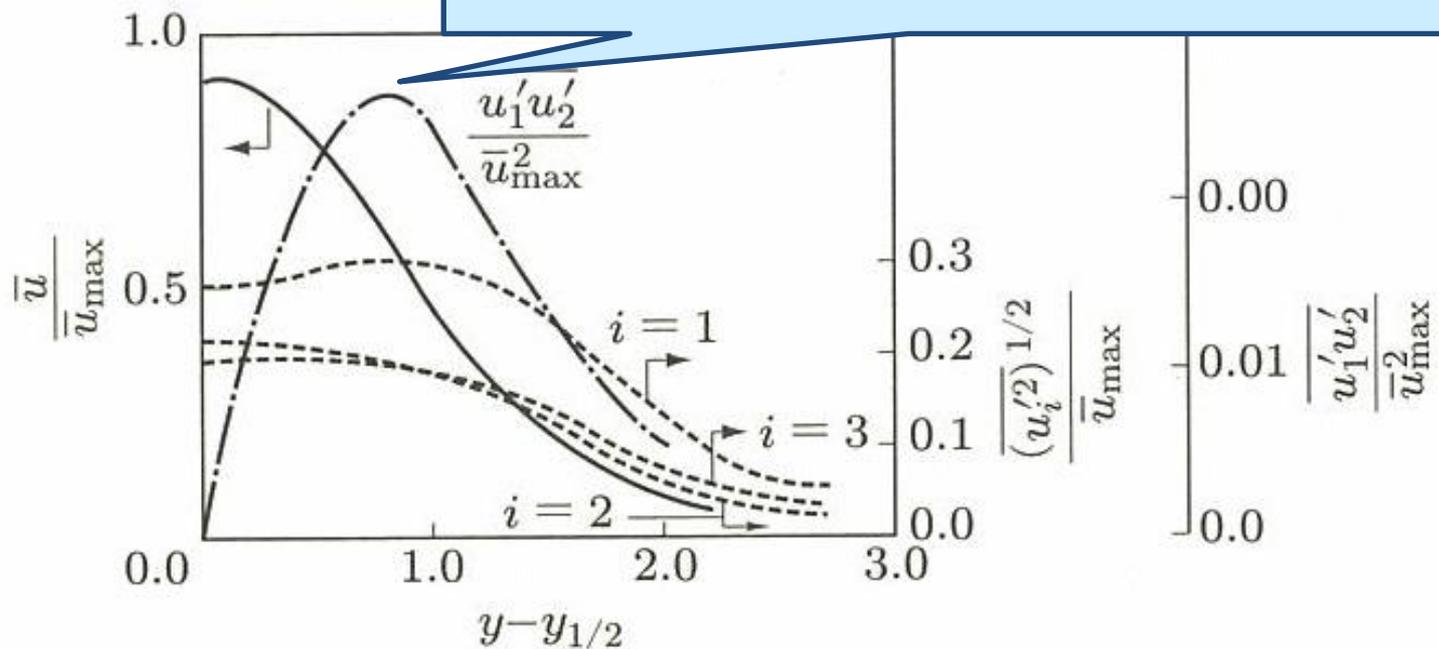
$$\frac{\overline{u'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_1\left(\frac{y}{b}\right)$$

$$\frac{\overline{v'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_2\left(\frac{y}{b}\right)$$

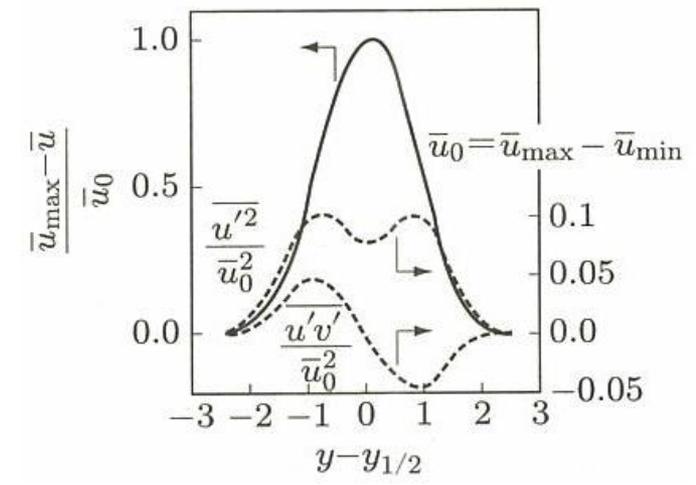
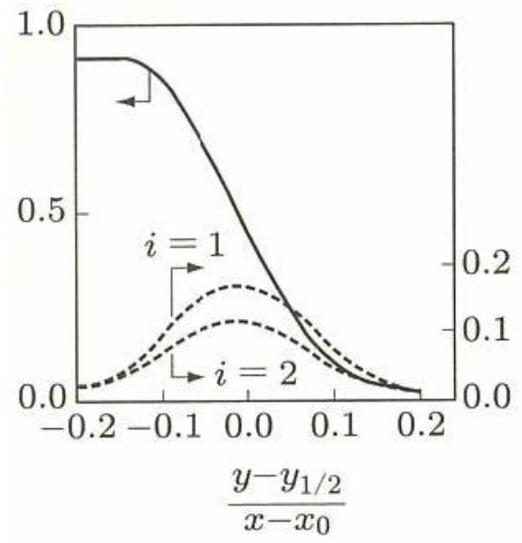
$$\frac{\overline{w'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_3\left(\frac{y}{b}\right)$$

$$\frac{\overline{u'v'}}{U_{\text{ref}}^2} = f_4\left(\frac{y}{b}\right)$$

Uの勾配が最大のところで最大値をとる。



# 混合層と後流の場合



$$\frac{U - U_{\min}}{U_{\max} - U_{\min}} = f\left(\frac{y}{b}\right)$$

混合層の場合

$$\frac{U}{U_{\max}} = g\left(\frac{y}{b}\right)$$

噴流の場合

$$\frac{U_{\max} - U}{U_{\max} - U_{\min}} = h\left(\frac{y}{b}\right)$$

後流の場合

$$\frac{\overline{u'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_1\left(\frac{y}{b}\right)$$

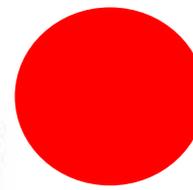
$$\frac{\overline{v'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_2\left(\frac{y}{b}\right)$$

$$\frac{\overline{w'^2}}{U_{\text{ref}}^2} = f_3\left(\frac{y}{b}\right)$$

$$\frac{\overline{u'v'}}{U_{\text{ref}}^2} = f_4\left(\frac{y}{b}\right)$$

噴流の場合と同様の取扱い

# 平面境界層内の流れ

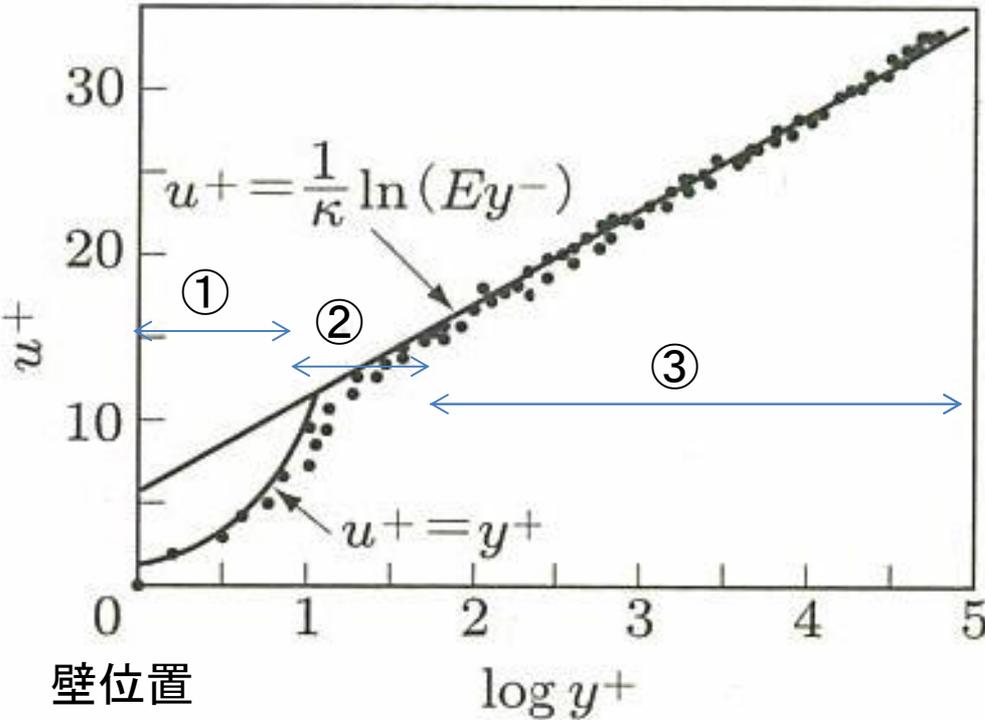


例えば直径10cmの配管で水が1m/sで流れている場合、 $y^+$ はいくらになるの？

$y^+$ はどのくらいかを判定する乱流ならfanning, 層流ならハーゲンポアズイユ式で、

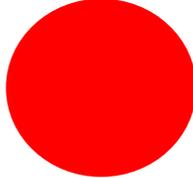
Moody線図や、その関係式を使って求める。

(3.17)式により、壁近傍の速度分布を得る。

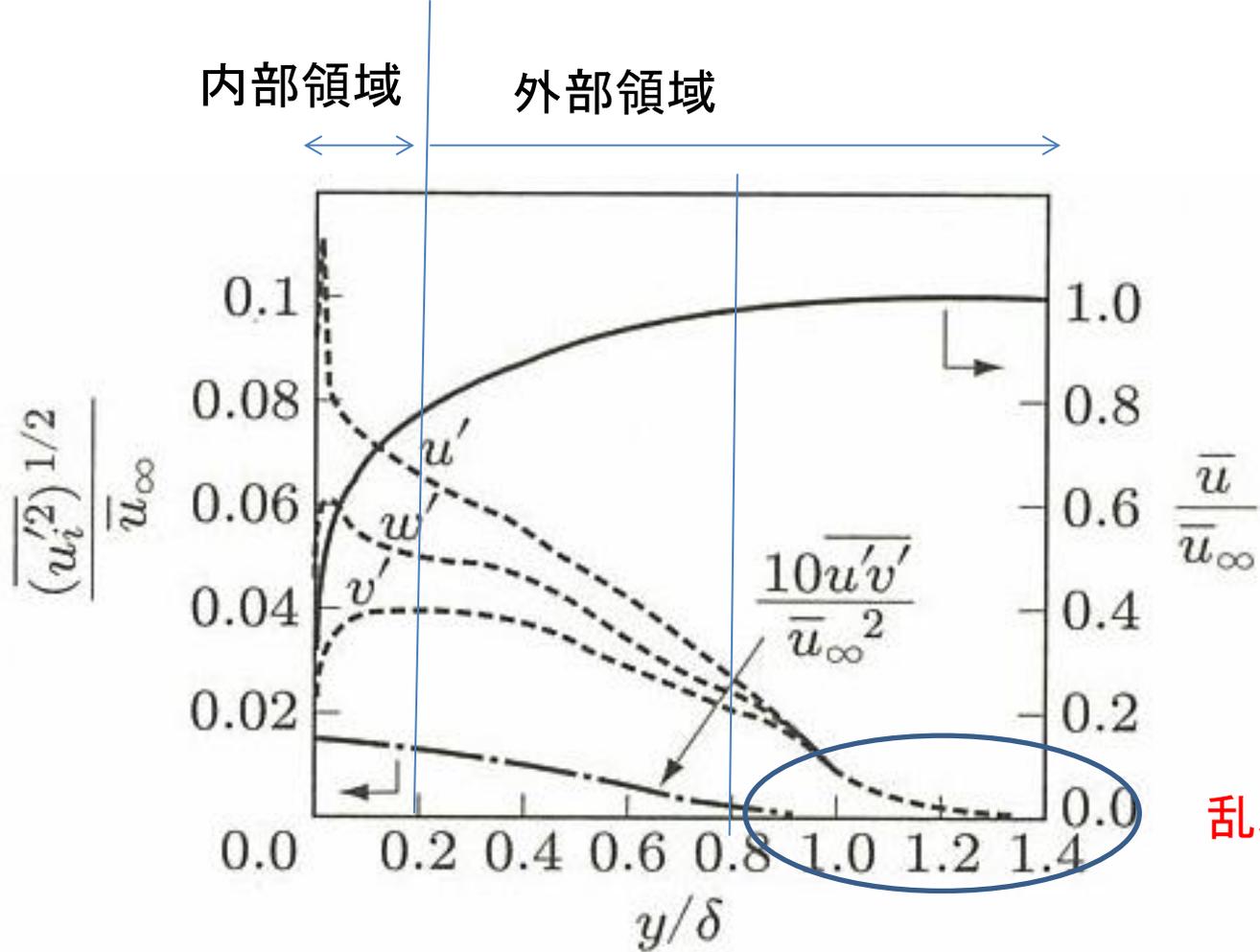


- 1 内部領域：壁の層の厚みの全体の10~20%であり、せん断応力はほとんど一定で、壁のせん断応力  $\tau_w$  と等しい。この領域内には三つの領域が存在する。
  - ① 内部層：粘性応力が表面に近い流れを支配する
  - ② バッファ層：粘性と乱流応力が同じような大きさとなる
  - ③ 対数層：乱流（レイノルズ）応力が支配する
- 2 外部領域あるいは後流則の層：壁から離れた慣性力支配の中心の流れである。直接粘性の影響を受けない。

# 平面境界層内の流れの平均速度分布と二次モーメント



$\delta$ を境界層厚さだとしたら、 $y/\delta=1.0$ で境界層外部の領域といえる。  
 だとしたら、内部と外部領域の境界は0.2ではないのではないか？  
 ⇒改めて確認する。P.62ページの内容を反映すると、0.2に内部領域と外部領域の境界線はこなそう。P61には0.2くらいで対流層が終わると書いてある。  
 他の書籍見て確認する。



乱れが等方的