

粗さの不連続面に沿う流れについて

神戸大学工学部 正員 笈 源 亮

神戸大学工学部 正員 藤田 一 郎

奥 村 組 正員○中村 誠 喜

1. まえがき

本研究は、河床や森林と草原の境界などに存在する粗さの状態が異なる流れをモデル化したものである。このような流れは一樣な粗面上の流れとは異なり、粗さの違いによって左右で境界層の発達の様子が異なるために、粗さの境界では明らかに三次元的な流れが生じていると考えられる。したがって本研究では主として粗さの不連続面上に生じる流れの乱れ特性、エネルギー収支等に関して検討を行なった。

2. 実験装置

実験に使用した風洞の測定断面は高さ、幅、長さがそれぞれ $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 200\text{ cm}$ である。一樣流中の風速は 7.6 m/sec である。粗度配列は図1に示すように流れに向かって右側を細密状態、左側を集中度（床面積に占める粗度要素の面積比率）で20%、40%、60%とした。粗度は粒径 1.2 mm のガラス粒子を用いた。

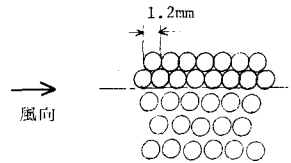


図1 粗度配列

なお、レイノルズ応力 $\overline{u'v'}$ 、 $\overline{u'w'}$ は、それぞれ乱れ強度 $\sqrt{\overline{u'^2}}$ と $\sqrt{\overline{v'^2}}$ 、 $\sqrt{\overline{w'^2}}$ の積より求めた。

3. 乱れ特性について

集中度を40%にした配列で、leading edgeからの距離が 180 cm 、粗度要素の頂点からの高さが 1 cm の断面での平均流速、乱れ強度、レイノルズ応力を示したのが図2である。平均流速分布は高速側（細密状態）から低速側へなめらかに減少する部分（本研究では混合領域と名付ける）が存在する。この混合領域の部分で、 u' 、 v' 、 w' とも増加し、レイノルズ応力も増加している。このことは、混合領域で横方向の shear が働いていることを意味していると考えられる。

集中度を変化させて左右の粗さの差を小さくすると平均流速分布の高速側から低速側への減少割合が小さくなり平滑化される。また、乱れ強度、レイノルズ応力も変化量が少なくなる傾向にある。

図2と同じ断面でのひずみ度、とがり度をそれぞれ

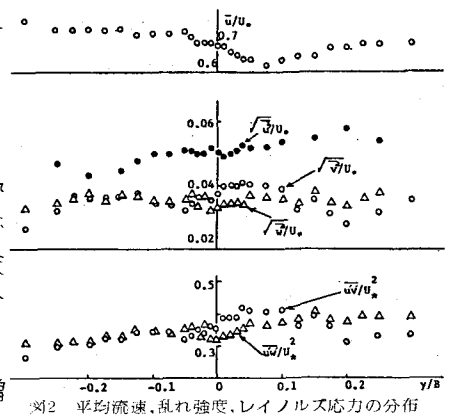


図2 平均流速、乱れ強度、レイノルズ応力の分布

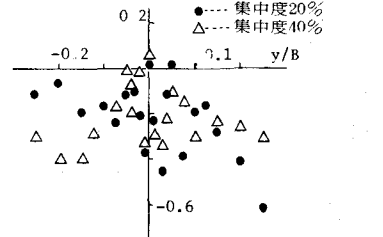


図3 ひずみ度

図3、図4に示す。ひずみ度は混合領域で正の値に近づく傾向がみられ、とがり度は全体にわたって3よりも小さい値を示しており、流速変動は正規分布よりもすばい分布をしていると考えられる。

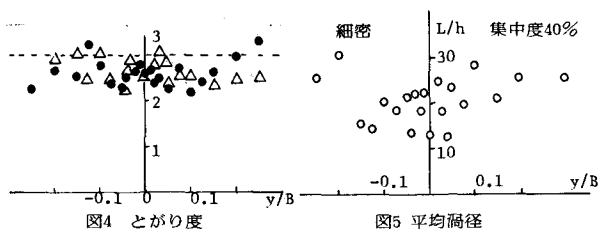
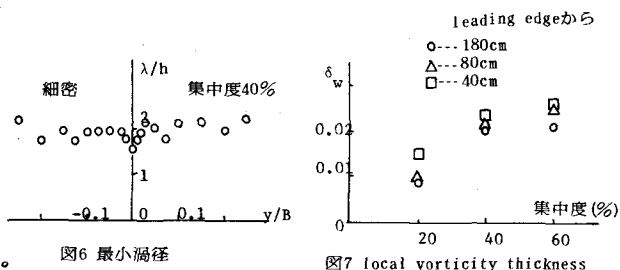


図2と同じ断面での平均渦径、最小渦径を図5、図6に示す。混合領域で平均渦径は若干増大し、最小渦径は減少する傾向にある。これは、混合領域でより有効に乱れエネルギーを逸散していることを意味している。



次に、式(1)で表わされる local Vorticity thickness δ_w を算出した。

$$\frac{1}{\delta_w} = \left(\frac{1}{\Delta U} \frac{\partial U}{\partial y} \right)_{\max}$$

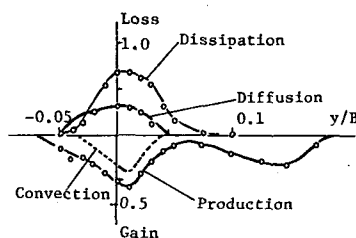
ここに $\left(\frac{\partial U}{\partial y} \right)_{\max}$ は流速勾配の最大値 $\Delta U_{\max}$ は流速差の最大値

結果を図7に示す。粗さの差が小さくなるに従って δ_w の値が逆に増大しており、渦塊の拡散の度合いが大きいことが推測される。

4. エネルギー収支

高さ方向断面のエネルギーは、粗さの差による影響が少ないと考えられる付近では、ほぼ二次元乱流境界層に似た分布形を示すのに対し、粗さの境界面上では、発生項と散逸項だけが卓越しているとはいいがたく、他の項を無視することはできない。

横方向断面のエネルギーは、混合領域外では一定値を保ち、混合領域で増大する傾向がある。混合領域で増大するのは、混合領域へのエネルギーの供給が他の領域よりも多いためであり、いわゆる自由せん断流の影響であると考えられる。また、混合領域外におけるものは乱流境界層からの影響と考えられる。自由せん断流の影響と考えられる部分だけを取り出したのが図8である。図8は、二次元 mixing layer の分布形に類似している。したがって本研究の混合領域は、平均流速分布とエネルギー収支から考えて、乱流境界層と自由せん断流の合わさったものであるといえる。



細密状態 集中度40%
leading edgeから180cm
粗度からの高さ1cm

5. あとがき

本研究では、粗度配列を片側に常に一定にしていたが、今後は両側の配列を変化させて乱れの構造を解明する必要があると考えられる。