

河川におけるレイノルズ応力の分布

広島大学工学部 正員 余越 正一郎
〃 〇吉田 誠

1. まえがき

実験用水路における従来の研究では、自由水面近傍が他の領域に比して特に変わり、た乱流特性を示しているようにはみえない。しかし、河床領域から発達した渦管に起因するボイルに相当する最大乱子の特性は異なるものと思われる。そこで河川自由水面近傍に着目して、その乱流構造、特にレイノルズ応力の分布をプロベラ式流速計により測定した。

2. 観測方法

測定には、2個のプロベラ式流速計を用いた。プロベラ式流速計を α と β 平面内で平均流に対してみだけ傾いておいた場合の流速計出力 e_u は、 $f(0)=1$ 、 $g(\alpha)=df(\alpha)/d\alpha$ とすると、

$$e_u = u \cdot f(\alpha) + v \cdot g(\alpha)$$

で表わされる。ここで、 $f(\alpha)$ と $g(\alpha)$ は方向特性であり、 u 、 v はそれぞれ α 方向、 β 方向の流速である。2個の流速計を $+\alpha$ 、 $-\alpha$ の位置にX型に配置し、流速計からの出力をそれぞれ e_{u+} 、 e_{u-} とする。方向特性 $f(\alpha)$ を余弦関数として両者の和、差をとると

$$e_{u+} + e_{u-} = 2u \cdot f(\alpha)$$

$$e_{u+} - e_{u-} = 2v \cdot g(\alpha)$$

となる。この場合傾き α を $\pi/4$ とすると $f(\alpha)=g(\alpha)$ となり、データー処理が容易となる。この方法で測定を行なう場合2個の流速計の特性が等しくなければいけない。本実験に用いた流速計間に差異はほとんどなくほぼ同じ特性をもつと見なすことができた。

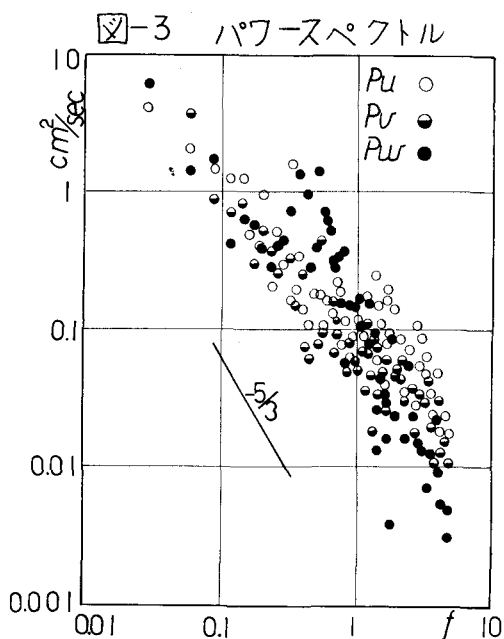
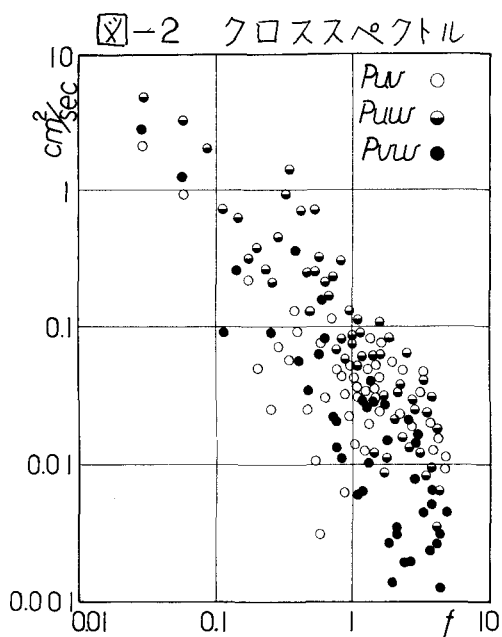
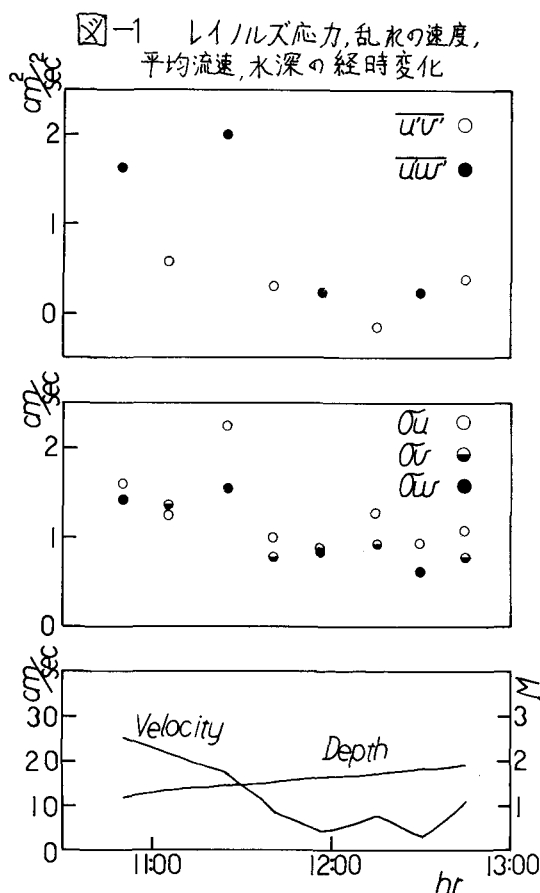
測定地点の川幅は約170m、測定時の水深は1.2~1.9mであった。水面近傍の流速変動は風の影響を受けやすく、データー処理の際にその影響を取り除くことは困難であるので、水面下35cmの位置に直径2cm、4枚羽のプロベラ式流速計をX型に配置し、流れ方向と鉛直方向、流れ方向と横断方向の2組に分け、交互に測定を行なった。流速変動は流速計の回転によって発生するパルスをもF-V変換し、磁気テープに収録した。ストローク数、L/LITを0.1とし、水深H=2m、流速 $u=50$ cm/secとして乱子の通過時間を計算すると40secとなる。測点における乱子の通過個数が10個程度あれば充分であると考えられるので、観測時間を10分とした。観測時間が短かすぎるとスペクトル低周波側の切断が生じる。

3. データー処理

収録した流速変動をエイリアシングを防ぐためにローパスフィルターを通し、その出力をAD変換した。実際に行なったサンプリング周波数は10Hzで、直角2方向の流速の同時サンプリングを行なった。トレンドを除去した後、 β 方向の流速変動成分を計算しレイノルズ応力を求め、さらにFFTによりスペクトルを求めた。計算に用いたデーターは1024個、すなわち102secの記録である。

4. 結果

図-1は、レイノルズ応力、乱れの速度($\sigma_u = \sqrt{u'^2}$)及び流れ方向の平均流速の計算結果と水深の経時変化を表わしたものである。この図からは、顕著な傾向は見出せなかった。これは、計算に用いたデーター長が102secと短いことも原因の一つにあげられると思われる。なぜなら図-1に示した量の値はすべて大きな寸法の乱れ、すなわち低周波成分によって支配されるものであるから、データー長が短い場合には、測点を通過す



る大きな乱れの数が少なくなり, その統計的特性を正しくとらえることができないからである。また感潮河川を対象としているので, 水深, 平均流速が時間とともに変化していることも影響しているのではないかとと思われる。レイノルズ応力に対するいろいろな階級の乱れの寄与の状態をさらにくわしく知るために, 図-2にクロススペクトルの実数部を示した。実数部は負の値を取るが図示の都合上正で表わしている。図-3に比ベ勾配が急で高周波からの寄与の割合が小さいことが認められる。図-3に, パワースペクトルを示す。この図よりかなりの周波数帯域にわたって $-5/3$ 乗則がよく成立していることが認められ, 感潮河川にも慣性領域の存在が認められる。

5. あとがき

プロベラ式流速計を用いて河川におけるレイノルズ応力の実測を行ない上記の結果を得た。今後は, 3方向の流速変動を同時に測定できる装置を用いるとともに, 観測時間を大として研究を継続していく必要がある。