

京大防災研究所 正員 工博 石原安雄
 “ “ 農修 余越正一郎
 “ “ 工修 上野鉄男

河川流れはせん断流れであり、レイノルズ応力が大きな役割を演じていることはまちがいのないところであるが、河川におけるレイノルズ応力に関する知識は非常に乏しい。本研究は流速の直角2成分を同時に測定することのできる超音波流速計¹⁾を用いて、宇治川(巾100 m, 深さ2.1 m)で水深方向の7点における u , w の同時測定を行ない、乱れの構造を明らかにしようとするものである。

観測時間は、通過時間数10秒までの乱れの性質を調べるために、6分程度としたが、ゴミの影響などのために実際に計算に使えるところはそれよりも短くなったものもある。表-1は各点における観測時間とデータ数を示したものである。表-1 観測継続時間

る。観測場所は淀地点で上流1 kmにわたって直線で断面もほぼ一様である。

図-1は各点での平均流速、 $\bar{u}$ とレイノルズ応力を流体密度で割った量、 $-\overline{uw}$ を示したものである。 $\bar{u}$ の分布についてみると、水面下30~

観測点	観測時間	データ数	水面下 60 cm	300 秒	1600
水面下 15 cm	375 秒	2000	80 "	300 "	1600
25 "	294 "	1570	100 "	200 "	1070
40 "	225 "	1200	140 "	375 "	2000

60 cmあたりに最大流速の部分があるようにみえる。しかし、同時測定でないことや測定時間が短い²⁾こともあり、平均流速分布の正確な把握は困難である。次に、 $-\overline{uw}$ の分布は河床に向かって直線的に増加しているようにみえる。それを延長すると、河床では50~60 cm^2/sec^2 となり、河床面摩擦力を $\tau_0 = \rho g H i$ (H : 水深, i : 河床勾配) から計算した値 $\tau_0/\rho = 50 \text{ cm}^2/\text{sec}^2$ とよく合う。また、通常の輸送理論的考え方からすると、水面近くの最大流速点より上の領域では運動量は水面に向かって輸送され、レイノルズ応力は符号を変えるものと理解されるが、ここではそのようなことは見られない。さらに図からは最大流速点の近くで $-\overline{uw}$ が小さくなっていることがわかる。こうした性質と、乱れの構造を詳しくみるために、 u , w および $-\overline{uw}$ のスペクトルを計算した。その結果を図-2に示すが、各周波数成分からの寄与の具合を直観的にわかるようにするために、縦軸を $m \times F(m)$, 横軸を $\log m$ で示してある。これらの図からわかることは、レイノルズ応力に寄与する乱れは低周波の部分からかなりの高周波の部分にまでわたっており、そのピークは0.03 Hzの低周波部分と0.5 Hzあたりの高周波部分、さらにはあまり顕著ではないが0.1 Hzの中間の部分にも存在する。

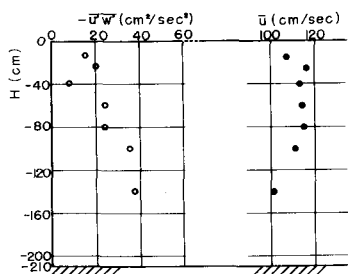


図-1 $\bar{u}$ および $-\overline{uw}$

これらのうち、通過時間が30秒($m=0.03 \text{ Hz}$)程度のもは木下博士の言う一連のボイルを、10秒($m=0.1 \text{ Hz}$)程度のもは個々のボイルを意味しているように思われる。このような運動は3次元的にとらえる必要があり、しかも図から、これらがレイノルズ応力へ寄与している割合が大きいので、

例えば平均流速分布を単純な2次元輸送理論から説明することはできない。次に、高周波部分は水深と同程度のスケールの乱れ（これ以上の周波数成分に対して局所等方向性が成立するようである）であるが、レイノルズ応力への寄与は小さい。

以上、現在までの測定結果とそれについての考察を述べたが、河川における平均流速の鉛直分布と乱れの構造との関係、さらには、形式的に $-\rho \overline{u'w'}$ で計算されたレイノルズ応力に対していろいろな構造の乱れが寄与していること、物質の輸送、拡散現象との関係などについてはまだ、明確にはわからない。

今後、こうしたことがらを考慮しつつ、河川における乱流をいろいろな方向から精密に測定を続けることにより、明らかにしていく。最後に、観測にあたってご協力いただいた建設省淀川工事事務所に謝意を表します。

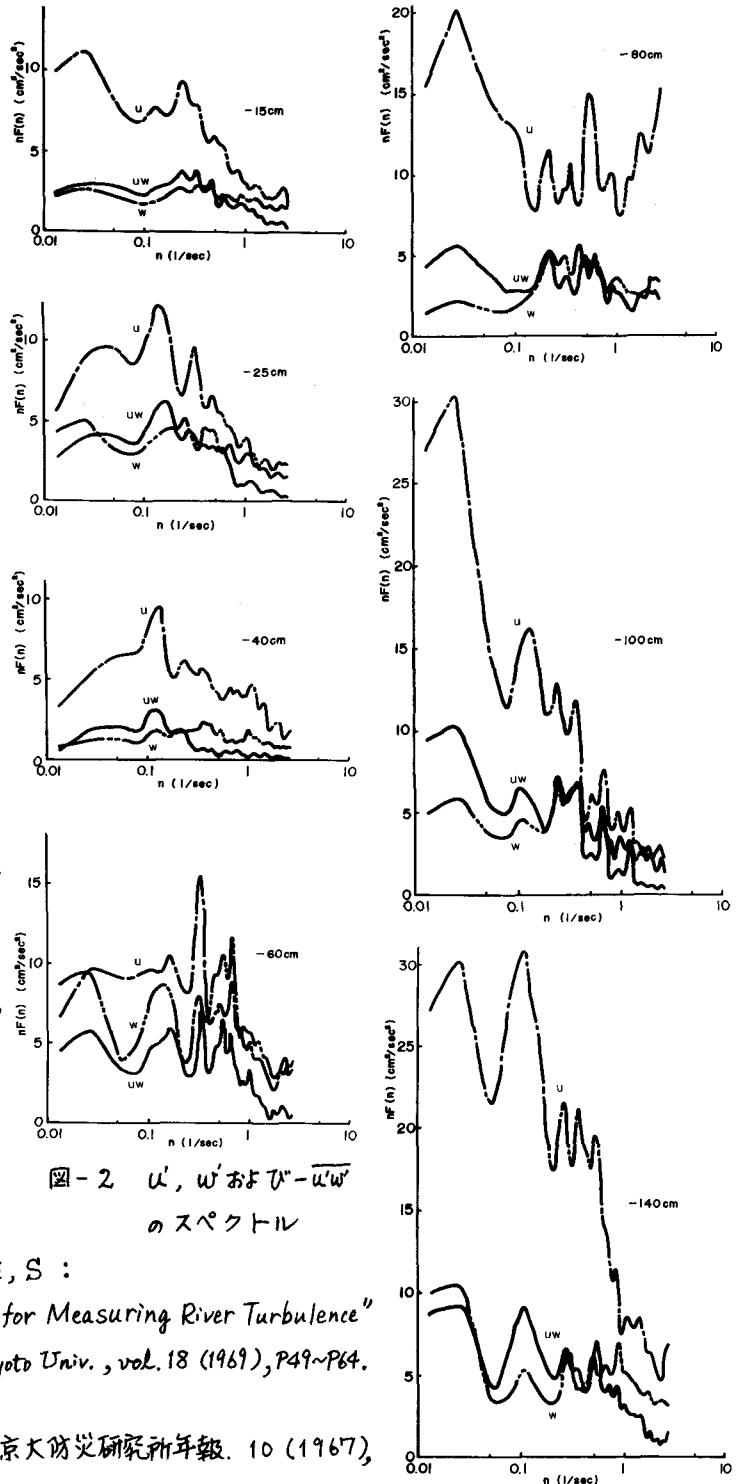


図-2 u' , w' および $-u'w'$ のスペクトル

参考文献

- 1) Ishihara, Y. and Yokosi, S :
"Ultrasonic Flowmeters for Measuring River Turbulence"
Bull. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ., vol. 18 (1969), P49~P64.
- 2) 余越正一郎:
"河川の大規模乱れ" 京大防災研究所年報. 10 (1967),
P199~P206.