

広島大学工学部 正員 川西 澄
 広島大学工学部 正員 余越 正一郎

1. まえがき

河川感潮域は水深と平均流速が大きく変化し、また密度の異なる淡水と海水が出合うため、非常に複雑な流況を呈している。そのうえ、その流況も日々異なるため、そこにおける普遍的な非定常乱流特性を見出すためには、かなり多くの観測を重ねる必要がある。潮位変化の時間スケールを考えると、個々の観測記録も長時間連続したものが必要であり、現在のところ河川感潮域における乱流特性はほとんどわかっていない。河川感潮域における測定例としては、Bowden *et al.*¹⁾や Gordon *et al.*²⁾によるものなどがあるが、いずれも潮汐周期全体にわたるものではない。

実河川で長時間安定して使用できる流速計としては現在、プロペラ流速計、超音波流速計、電磁流速計などがあるが、河川感潮域では転流付近で平均流速が非常に小さく、プロペラ流速計は時定数が大きくなって使えない。また超音波流速計もパルス時間差方式のものは、塩分濃度により音波の伝搬速度が異なるので、適当でない。

本報告は2成分電磁流速計(時定数0.1秒)を用いて、太田川放水路において u, w の同時測定を行ない、約24時間にわたるレイノルズ応力 $(-\overline{uw})$ の経時変化を調べたものである。使用した電磁流速計はセンサーの外部に磁界を作るもので、測定の精度は、きりしないものの、電導度変化の影響もほとんど受けず、本観測には適しているものと思われる。

2. 観測

観測地点は太田川放水路の河口からおよそ3kmの河川中央部である。川幅は約300m、水深は満潮時4.5mあった。河床は砂地で平坦である。使用した電磁流速計は時定数0.1秒、センサー部の形状は直径3.8cmの球形で、流速の感知範囲はセンサー表面からセンサーの直径程度である。この流速計をアルミ管フレーム(高さ110cm、幅70cm、奥行き70cm)に取り付け、河川中央部の河床におもりで固定した。河床からセンサーまでの高さは1.3mである。流速計の出力信号は約24時間連続して磁気テープに記録した。

3. 解析

現地磁気テープに収録されたアナログデータは流速計の時定数を考慮して、シャ断周波数7.03Hzのローパスフィルターに通した後、読み取り間隔0.064秒にてAD変換した。デジタル化したデータはコンピュータ用磁気テープに記録され、大型計算機で処理した。

大まかでもレイノルズ応力スベクトルを知らないと、レイノルズ応力 $(-\overline{uw})$ を求める際の時間平均長がわからない。そこでまず、流速変動記録をバンドパスフィルターによりいくつかの周波数成分に分け、それぞれの

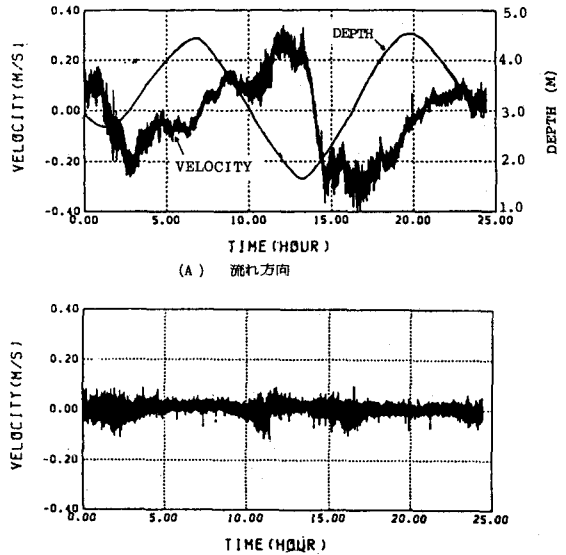


図-1 流速と水深の記録

周波数に応じた時間平均長で平均し、非定常スペクトルを求めた。

3. 結果

図-1 に流速 (u, w) と水深の記録を示す。ただし、流速はそれぞれ河口方向、鉛直上向きが正である。平均流速の変化は正弦曲線よりかなりみずんでおり、潮流は満、干潮時刻よりわずかに遅れて起きている。水深は最大 4.5 m、最小 1.7 m であり、測器の相対水深は 0.3 ~ 0.8 にわたって変化していることになる。

図-2 は経過時間 2 時間おきに、レイノルズ応力に対する各周波数成分の寄与の具合を示したものである。横軸は周波数の対数 \log 、縦軸は $f \times S_{uw}$ である。(ただし、縦軸のスケールが図ごとに異なっているのに注意)。 S_{uw} は u と w のスペクトル密度であり、スペクトルと横軸間の面積は共分散 ($-\overline{u'w'}$) を示している。図2をみると、レイノルズ応力に主に寄与する周波数成分は 1 Hz 程度のものであり、0.01 Hz 以下の低周波数成分はほとんどレイノルズ応力に寄与していないのがわかる。ここには示していないが、 w -スペクトルも同様な傾向を示しており、 u -スペクトルには 0.01 ~ 0.1 Hz にかけてエネルギーギャップがみられる。また、横性小領域におけるエネルギースペクトルの $-5/3$ 乗則は 1 Hz 以上の周波数成分で成立している。石原³⁾ や Bowden *et al.*^{2,4)} のレイノルズ応力測定結果と比較すると、レイノルズ応力に寄与している変動の周波数はかなり高い。この原因はよくわからない。平均流速、塩分濃度等の鉛直分布を測定してみる必要がある。

以上の結果から時間平均長を 100 秒として、レイノルズ応力の経時変化を求めたのが図3である。主流の方向が逆転しているにもかかわらず、レイノルズ応力の符号はかわっていない。したがって上げ潮時には下方から上方に運動量が輸送されていることになる。レイノルズ応力の大きさは 10 倍程度変化しているが、水深変化の位相と一定の関係があるようにはみえない。図-1 に示してある鉛直方向の流速記録と見くらべてみると、レイノルズ応力が大きいところでは、鉛直方向の流速の平均がマイナス側にずれている。(参考文献) 1) Bowden, K.F. and M.R. Howle, Observations of turbulence in a tidal current, *J. Fluid Mech.*, 17 1963

2) Gordon, C.M., and G. P. Doherty, Some observations of turbulent flow in a tidal estuary, *J. Geophys. Res.*, 78, 1973 3) 石原³⁾ 余越正一郎, 上野鉄男, 河川におけるレイノルズ応力分布について, 京大防災研究年報 12B 1969 4) Bowden, K.F., Measurements of turbulence near the sea bed in a tidal current, *J. Geophys. Res.*, 67, 1962

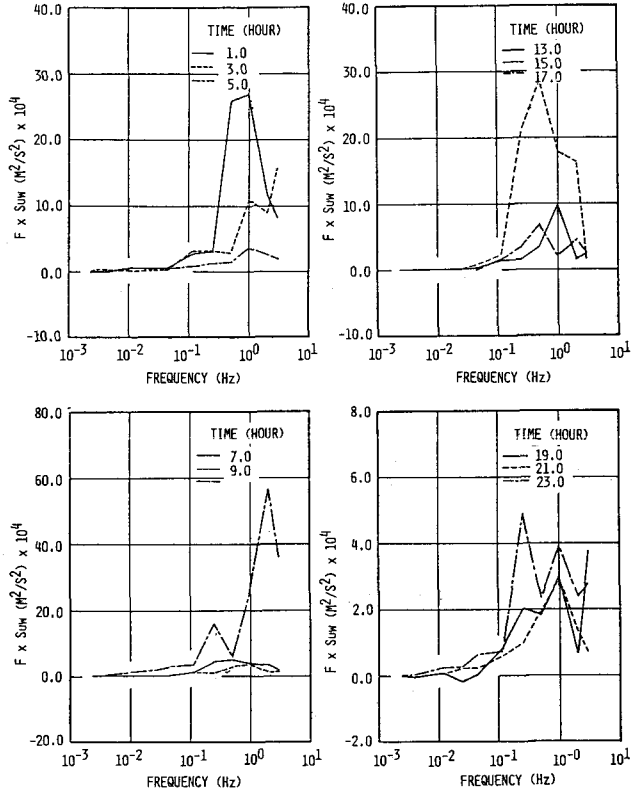


図-2 レイノルズ 応力スペクトルの経時変化

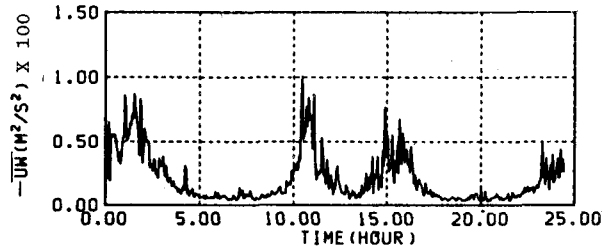


図-3 レイノルズ 応力の経時変化