

高解像度流速分布計による感潮水路の乱流観測

広島大学大学院	学生会員	○本宮和照
日本建設コンサルタント（株）	正会員	鳥居義仁
広島大学	正会員	川西 澄

1. 研究の背景と目的

河川感潮域は河川水と海水が接触、混合する場でその状況は両者の水量により絶え間なく変化する。しかし河川感潮域を評価する上で重要となってくる乱流量の時空間分布を測定することは従来の測定装置では困難とされてきた。本研究では、近年開発された高解像度流速分布計(HR-NDP)を用いて感潮域における密度と平均流速、乱流量の鉛直分布の関係について考察し、潮汐に伴う乱流の鉛直構造を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

(1) 測定方法

Fig.1 に示す観測地点において 2001 年 10 月 1 日 13:30 ~2 日 14:30 の期間中、流速と水質の同時測定を行った。

測定機器として流速測定に HR-NDP、水質測定に TPM クロロテックをそれぞれ河川のほぼ中央につるした。HR-NDP は $z = 0.02\text{m}$ から 0.03m 間隔で河床上 0.98m までの流速分布を 3 秒間隔で連続測定し、TPM クロロテックに関しては自動昇降ウィンチとの併用により 1 分周期で連続的に上下させて測定した。TPM クロロテックのサンプリング間隔は 1 秒、移動速度は 3cm/s である。

(2) 乱流輸送特性量の評価方法

流速の水平方向成分 u, v 、鉛直方向成分を w とすると、乱れエネルギー生成率は Reynolds せん断応力と平均速度勾配が計算できれば次式で計算できる。

$$P = -\left(\overline{u'v'} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} + \overline{v'w'} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \right)$$

一方、鉛直渦動粘性係数 A_v を用いると生成率は

$$P = A_v S^2$$

のように表わされる。ここで S は平均速度勾配である。

従って、鉛直渦動粘性係数は次式により求められる。

$$A_v = P/S^2$$

3. 結果と考察

(1) 平均流速と σ_t の深さ-時間分布

水深と σ_t の深さ-時間分布を Fig.2 に、平均流速の鉛直分布を Fig.3 に示す。平均流速は 15 分毎の鉛直分布を 10cm/s づつ右にシフトして表示しており、点でプロットしてあるのは実測値、実線は log+liner 則による近似曲線である。観測期間中大半の時間帯で流速分布は log+liner 則に従っていたが、干潮前後～上げ潮のピーク付近では逸脱していた。これに関して幾つかの原因が考えられるが、その一つとして密度の分布が挙げられる。密度が水深方向に一様に分布している時間帯では流速は log+liner 則に従っていたが、成層が河床付近まで及ぶ時間帯は log+liner から逸脱していた。この時間帯では密度は弱混合していると思われ、底層で流れ方向の密度勾配が大きくなることで上層に比べ速度が小さくなることで影響しているのではない

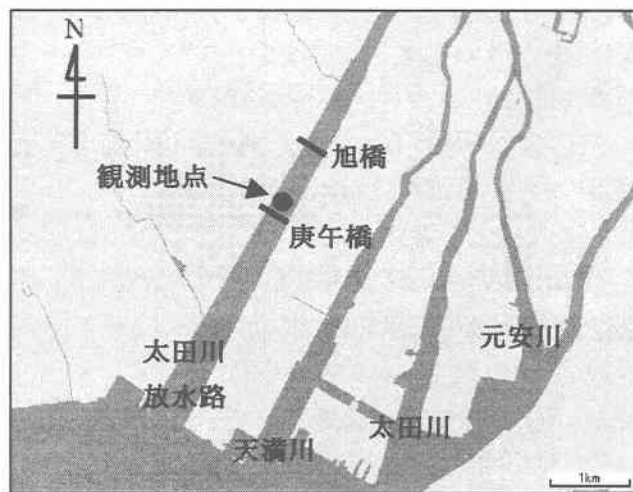
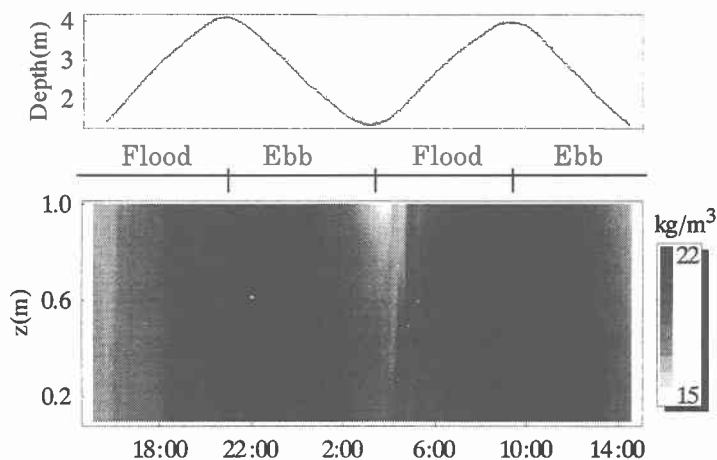


Fig.1 観測地点

Fig.2 水深と σ_t の深さ-時間分布

かと考えられる。また、転流時に働く慣性力は上層と底層に位相差を生じさせていた。干潮付近ではこのような現象が作用しあって log+liner 則からの逸脱が生じるのではないかとと思われる。

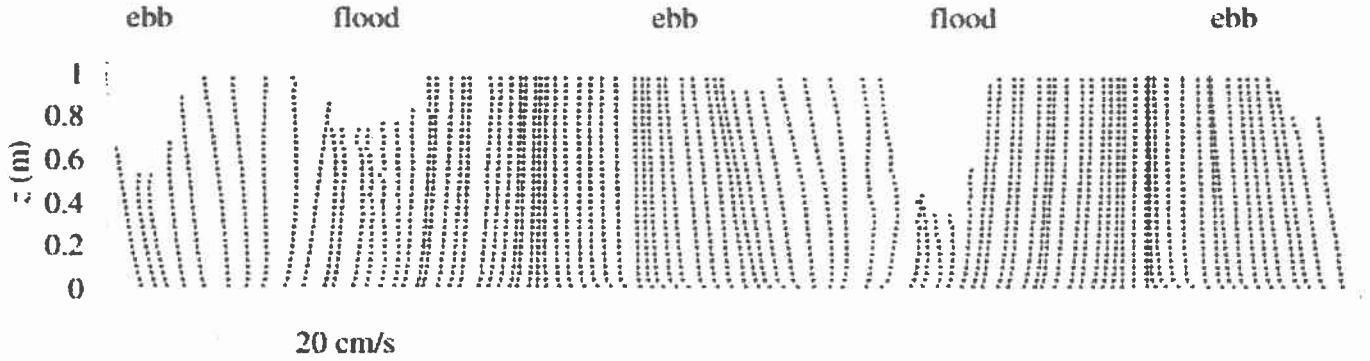


Fig.3 流速の鉛直分布と log+liner 則による近似曲線

(2) 乱流量の深さ-時間分布

レイノルズせん断応力($-\overline{u'w'}$)の深さ-時間分布 (10/1 16:00~) を Fig.4 に示す。レイノルズせん断応力は上げ潮期に大きな値を示す。鉛直分布については底層で大きく、上層に向かうにうに連れ減衰していくのがわかる。このような傾向は乱れエネルギー生成率の分布にも現れており (Fig.5), 乱れの生成が河床付近で活発に行われているものと思われる。乱れエネルギー生成率に関して下げ潮期に中層付近で値が大きくなっているところがあるが、これは先程述べた主流方向の密度差から生じる強いシアーによって乱れが発生しているものと思われ、河床以外でもシアーの影響によりエネルギーが生成されていることが分かる。エネルギー収支についてはほとんどの潮汐位相でエネルギー生成率と散逸率は大きく異なっており、エネルギー平衡が成立していなかった。

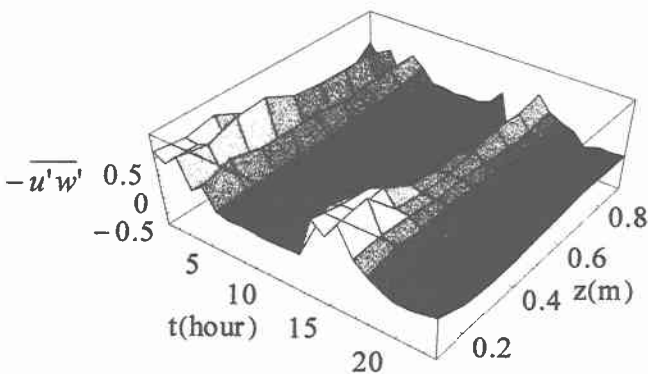


Fig.4 レイノルズせん断応力の
深さ-時間分布

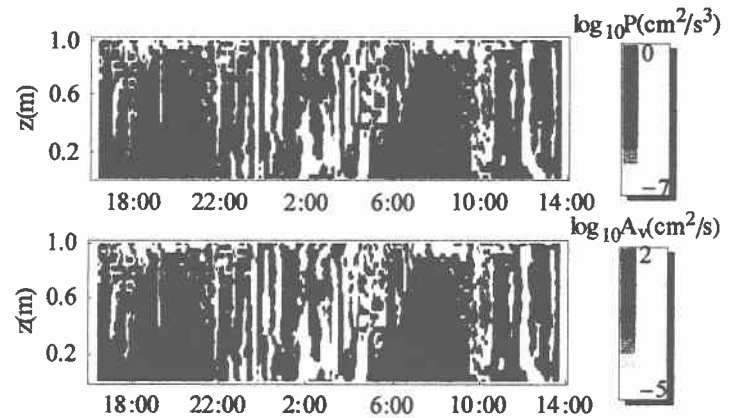


Fig.5 乱れエネルギー生成率(上)と
鉛直渦動粘性係数(下)の深さ-時間分布

鉛直渦動粘性係数の深さ-時間分布を Fig.5 に示す。ただし、一部で得られた負の値は図では白で示している $A_v = 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ に含めている。値が大きくなるのは上げ潮初期で、成層の影響が及んでくる時間帯では小さくなっている。下げ潮期に値が小さくなる理由として、主流方向に働く密度勾配によって河床付近での流速が抑えられレイノルズ応力が小さくなったことが影響しているものと思われる。

4. まとめ

- ・レイノルズせん断応力は最大流速を示す上げ潮初期に大きくなるが、下げ潮期には小さい。これは下げ潮期に河床付近で圧力勾配が大きくなることが影響しているものと思われ、他の乱流パラメータの分布も同様の傾向を示していた。
- ・乱れエネルギーの生成は一様定常な流れとは異なり河床以外でもエネルギーの生成は行われていた。エネルギー収支に関してはほとんどの潮汐位相において生成と散逸はつりあっていなかった。