

自然河道の水平乱流について

京大防災研究所 石原 安雄

余越 正一郎

東京都 藤本 幸満

河川の大规模水平乱れは河中をその特徴的スケールとし、水深方向にほぼ一様な性質をもつ2次元的な場を構成していて、その最小スケールは水深の約10倍程度と考えられている。従来このような大规模水平乱れに関する研究は主として拡散の方面から行なわれているが、速度場の直接測定からの研究はほとんどない。この報告は北利根川および瀬田川において行なわれている超音波断面平均流速計による観測記録を用いて、大规模水平乱れに関する二、三の解析を行ったものである。

北利根川は人工水路で観測地点は霞ヶ浦から約3km直線に流下した点で、河中は約260m、水深は約4.5mであり、流速計は流れの中央部の約巾200m、長さ50mの領域の平均流速を指示するものである。一方、瀬田川においてはびわ湖南湖から約3km流下した点で、河中は約100m、水深は4mであり、巾90m、長さ100mの領域の平均流速が求められている。しかし、瀬田川には北利根川とは異なりわん曲や中洲が存在しているうえに、測点の約1.5km下流に南郷洗堰があるために、水平乱流場はそれらの影響も受けているはずである。

まず北利根川における14時間観測記録についてみると、一見一様に見える流れにもくわしく見ると種々の周期の変動が含まれていることがわかる。Fig.1は観測結果に4種類の周期の移動平均を順次行なったものである。流速変動の性質をさらにくわしく知るためにパワースペクトルを求めたものがFig.2である。大规模水平乱れにもKolmogorovの $-5/3$ 乗則の成立する領域の存在がみられる。図において ϵ は水平乱流場におけるエネルギー伝達率、 Δt はスペクトル解析のためのデータの読取り間隔である。

次に瀬田川における36時間観測結果についても移動平均を行なったが、その1例をFig.3に示す。北利根川の場合と異なり著しい周期性がみられる。Fig.3に示したものの、および、もう1例のパワースペクトルをFig.4に示す。点線で示したものがFig.3に示したものである。平均流速は17.9 cm/s、乱れの強さは0.21である。実線は平均流速18.4 cm/s、乱れの強さは0.20の場合で、両者は観測の日時が異なっている。スペクトルの信頼限界(95%)もあわせて示した。

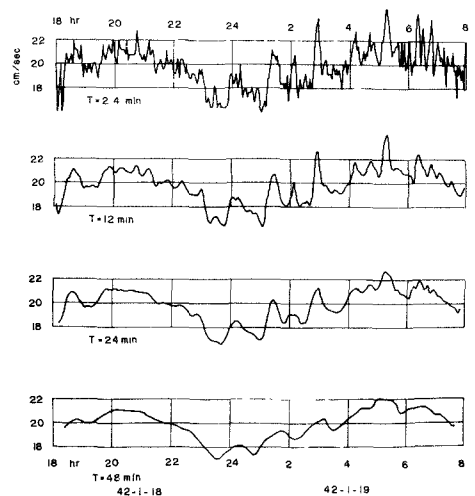


Fig.1 北利根川における流速変動。
T: 移動平均周期

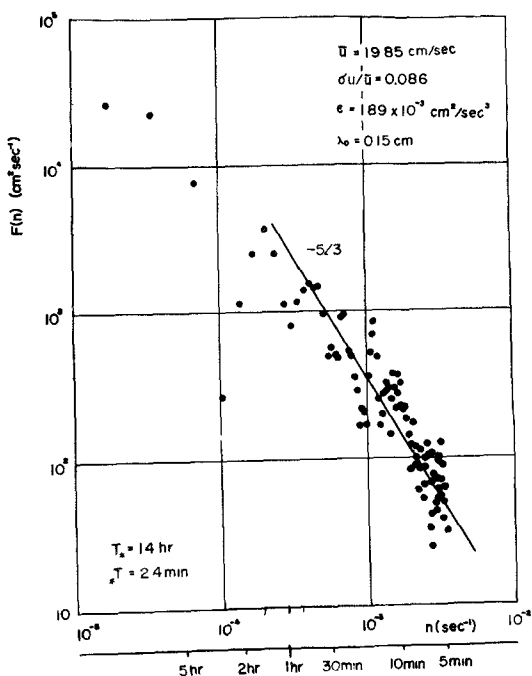


Fig. 2. 比叡川流速変動のパワースペクトル

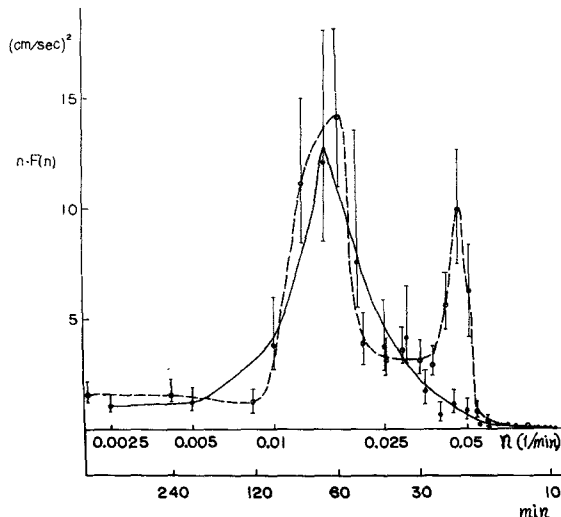


Fig. 4. 瀬田川流速変動のパワースペクトル

図に見られる周期が約70分の卓越変動は、びは湖南湖の南北方向のセイシュの周期と同じである。またFig.4の実線の方に見られないが、点線の方にはさらに周期約20分の卓越変動があり、これは南湖東西方向のセイシュの周期と一致している。このような卓越変動のため、Fig.2に見られるような水平乱流場の特性はマスクされてしまったものと考えられる。なお、スペクトルの形からみて、セイシュの周期

は水平乱流場の領域にあるが、そのエネルギーは水平乱流場には流入せず、鉛直乱流場に流入しているものと考えられる。数少ない解析結果からの推論であるが、自然河道における流れは、流路のゆがみ、セイシュその他各種条件に影響され、その水平乱流場は著しく変形される場合があり、いわゆる局所等直性の成立する領域の存在が全くわからない場合もある。したがって、自然河道の水平乱流の研究にはこのような点に特に注意しなければならない。

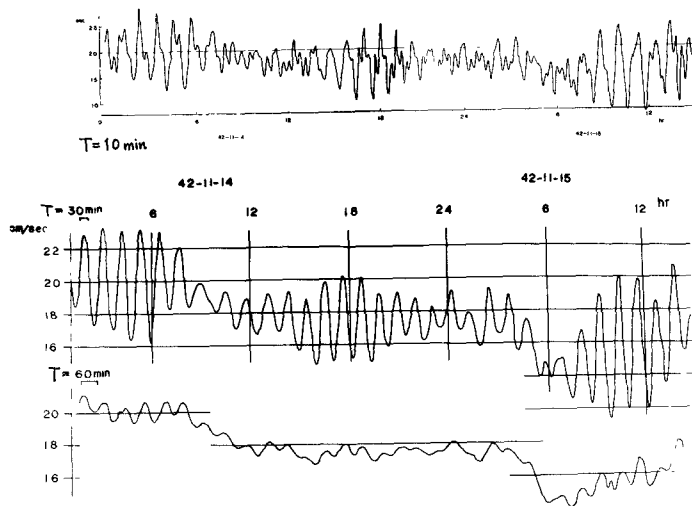


Fig. 3. 瀬田川における流速変動, T: 移動平均周期