

河川の大規模乱れ (第1報)*

松岡 保正**

1. ま え が き

開水路における乱流の研究は、1960年代に、精巧な測定技術の発達や電子計算機による統計的処理方法の高度化に伴って、特に微小スケールの乱流構造の面で発展した。しかし、石原・余越^①らのように実河川における大スケール乱れに着目して河川工学に結びつけようとするものは殆どなされていない。

一方、1967年の Kline らの指摘以降、実験水路において可視化や conditional sampling により大スケール乱れの構造を明らかにしようとする試みも数多くなされる様になってきた。その結果、現在では宇民・上野^②らのものを始め、大スケール乱れをかなりうまく説明できるモデルが幾つか提唱されている。しかし、これらはあくまでも実験水路におけるモデルであって、断面形状一つをとってみても実河川とはかなり異なっており、河川工学と結びつける為には、河川乱流に関する我々の知識は余りに少なすぎる。

本研究は、石原・余越らに始まる河川の大規模乱流に関する研究を更に一歩進めようとするものである。実河川においては、流量変動を始めとして種々の条件が観測の度に変ると言っても過言では無く、数多くの観測例が必要である。第一報の段階では未だ観測例を充実させるには到っていないが、ここに一例を報告する。

2. 現 地 観 測

2・1 観測地点

流速測定は東京電力信濃川電力所の協力を得て、飯山市照岡の東京電力照岡測水所で行なった。

現地付近の略図を図1に示す。観測地点の上流約700mに大きな彎曲部が存在しており、直線に移行する地点では、観測地点あたりと比較してかなり小さい断面になっている。

また、左岸側の下流400mあたりから大きな砂洲になっており、通常は砂利を採取しているため、

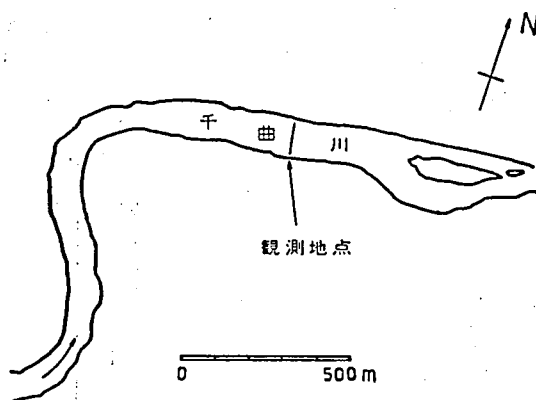


図1 現地略図

* 昭和56年2月 土木学会中部支部研究発表会において一部発表
本研究は広島大学工学部助手川西澄氏との共同研究である

** 土木工学科 助手
原稿受付 昭和56年9月30日

この上流から流れは大きく右岸へ寄って行っている。

観測地点の断面形状を図2に示す。川幅は約120m。平均水深は流量が170t/sec時で約1.7mであり、横方向にほぼ一様であると見なす事ができる。

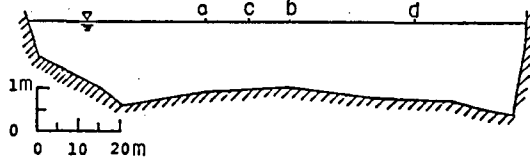


図2 観測地点横断面図

2・2 観測方法

流速の測定は、河川の横断方向に張られたワイヤーに、直径13cmの発電式プロペラ流速計を吊して行なった。流速計からの出力は直流アンプで増幅し、パイアスをかけてデータレコーダーに記録した。

流速計を吊した横方向の位置は、図2に示す。流量によって、最大流速地点が横断方向に移動する事を考慮し、できるだけ最大流速地点の両側で観測する様にした。

従来より、乱れを観測する場合は、対象とする乱流場の最大乱子が10個以上通過する時間が望ましいとされているが、時間的な制約等から今回は4時間半から5時間程度を目標とした。

2・3 データ処理

観測によって得られた流速データは、シャ断周波数0.89Hz 或いは0.089Hzのローパスフィルターを通した後A-D変換した。この時のサンプリング周波数は、前者が2.0Hz、後者が0.2Hzである。シャ断周波数0.089Hz、サンプリング周波数0.2Hzのものについてはデータの個数が少なくなってしまうので、スペクトルはF.F.T.だけでなくM.E.M.でも求めてみた。自己相関はスペクトルをフーリエ変換して求めた。また、観測中の流速変動を概観するため、A-D変換したデータを、更に、シャ断周波数0.002Hzの数値フィルターに通した後X-Yプロッターで描かせた。

3. 観測結果

実河川において、河川の横断方向に数台の流速計を並べて長時間観測をした例は殆ど無く、記録自体が興味深い。1981年8月6日の、4チャンネル分についてのみ、得られた結果を示す。

図3は当日の流量変動記録である。8月4日の夕刻から5日にかけての雨のため一坦増水して、再び基底流量に戻ろうとするところを10時から約5時間半観測した。

この時の流速変動を図4に示す。(a)が中央から左岸寄20m、(b)が中央。(c)が中央から左岸寄10m。(d)が中央から右岸寄30mである。

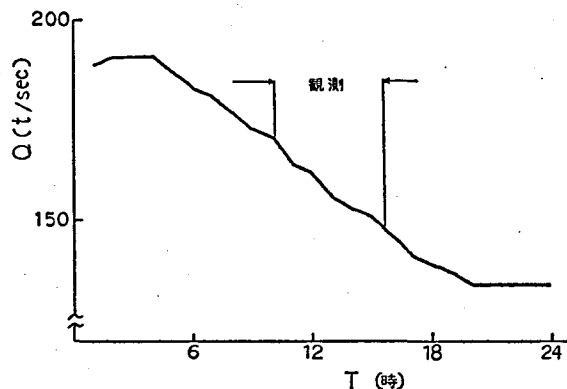
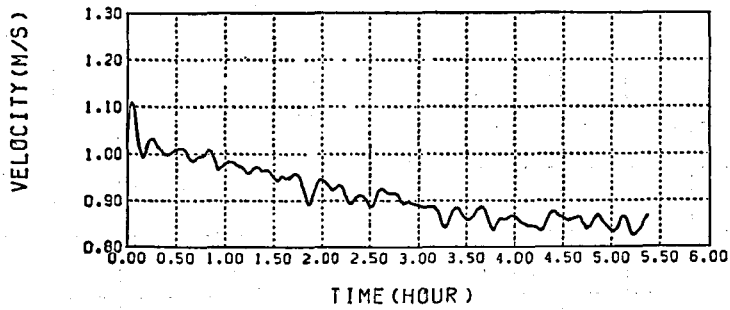
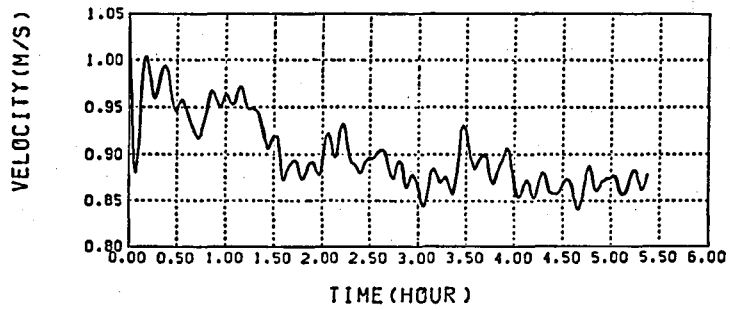


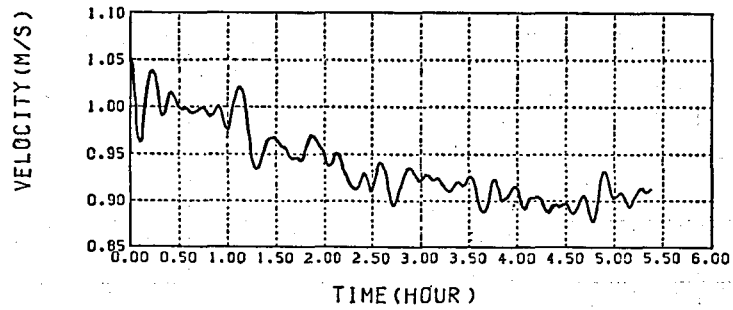
図3 流量変動記録



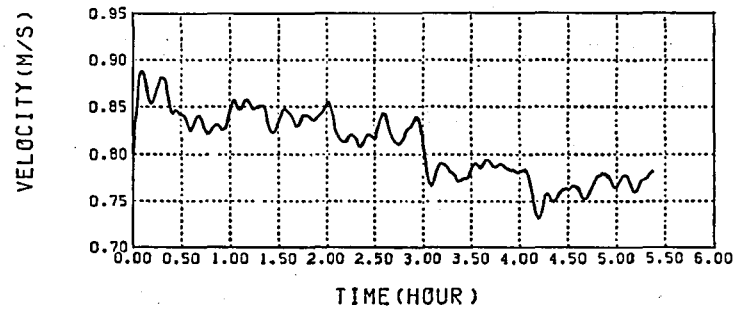
(a)



(b)

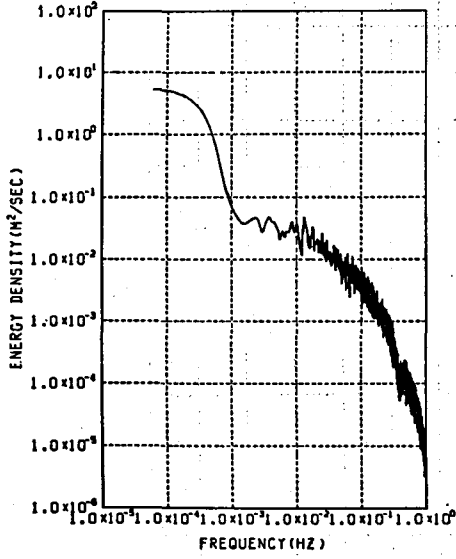


(c)

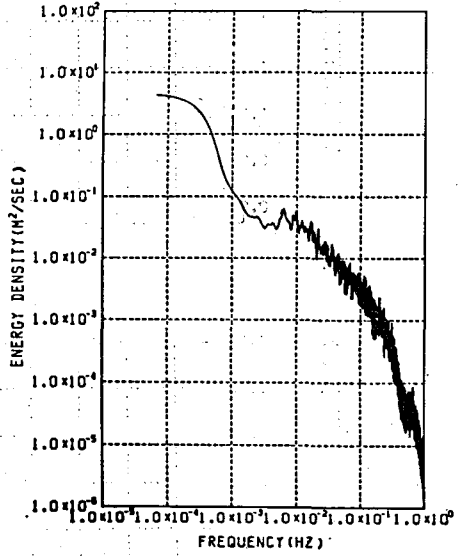


(d)

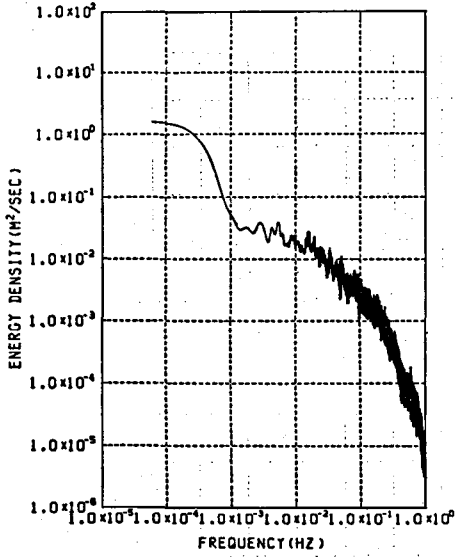
図4 流速変動記録



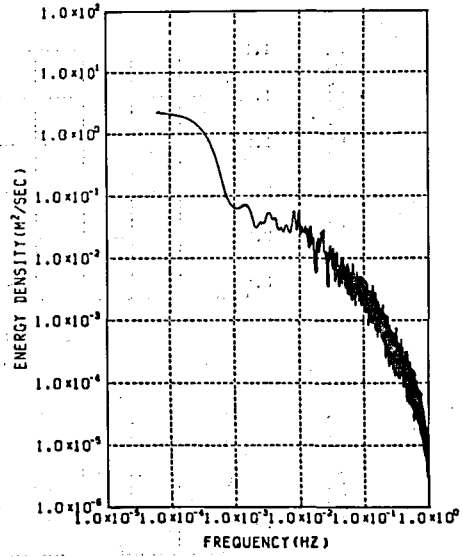
(a)



(b)



(c)



(d)

図5 エネルギースペクトル密度

流速計の鉛直方向の位置は、観測終了時で、(a)が1.54m, (b)が1.35m, (c)が1.48m, (d)が1.75mである。河床は砂礫であり20cm~30cm程度の厚さが有ると推察される。

図5は、もとのデータを0.89Hzのローパスフィルターに通した後、サンプリング周波数2.0HzでA-D変換し、32768個のデータを用いてFFTにより求めたものである。

この結果を見ると、河川乱流場の2重構造性が明瞭に伺える。また、中間乱子領域における $-5/3$ 剰則を適用してエネルギー逸散率を求めると、大体 $0.10\text{cm}^2/\text{sec}^3$ から $0.18\text{cm}^2/\text{sec}^3$ となり、余越⁽⁹⁾が宇治川で求めた値と比較すると、いくらか小さい値となっている。

水平乱流場における最大乱子をエネルギースペクトルのピークから求めると、(a), (b), (c), (d)の順でそれぞれ川幅の、26倍, 21.6倍, 22.6倍, 19.5倍になる。

次に、図6に自己相関関数を示す。既にエネルギースペクトル密度の図から明らかではあるが、ここでもラグタイムの小さい所で相関が急減し、その後は緩やかに漸減するという典型的な2重構造のパターンが見られる。

2点間の流速の相互相関を図7に示す。相互相関には

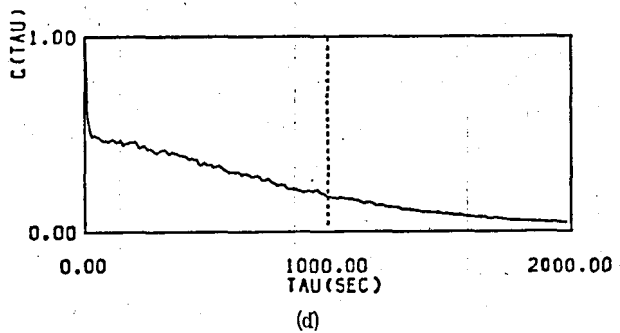
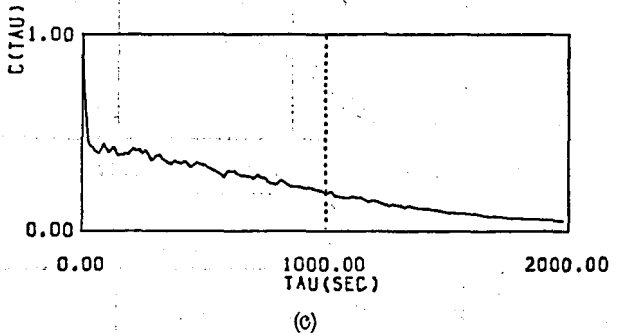
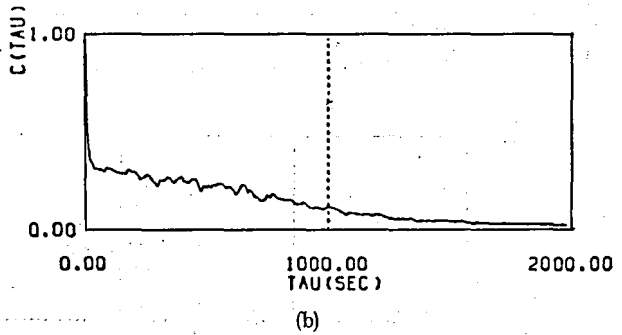
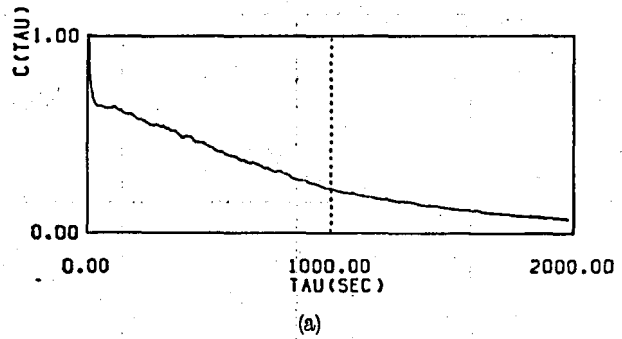
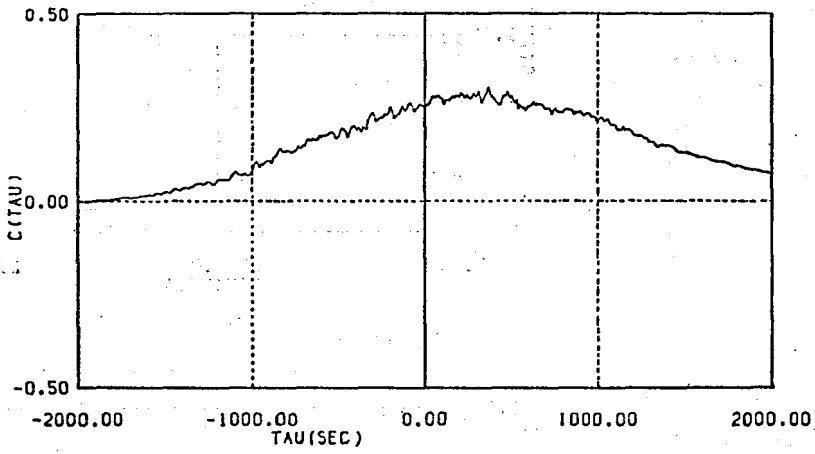
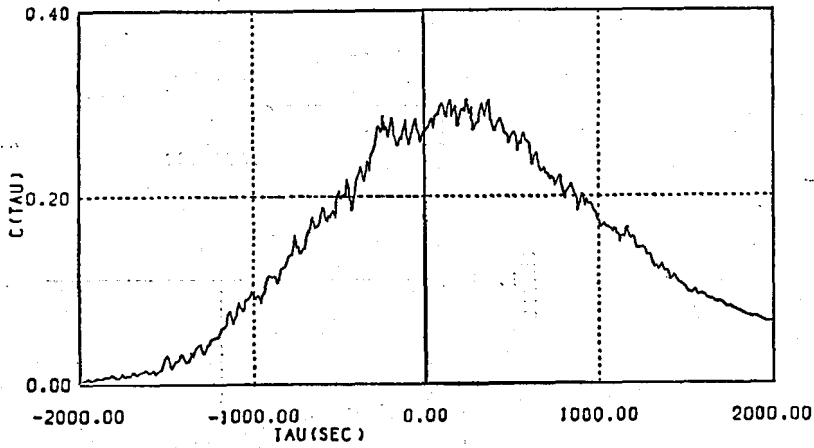


図6 自己相関



7-1



7-2

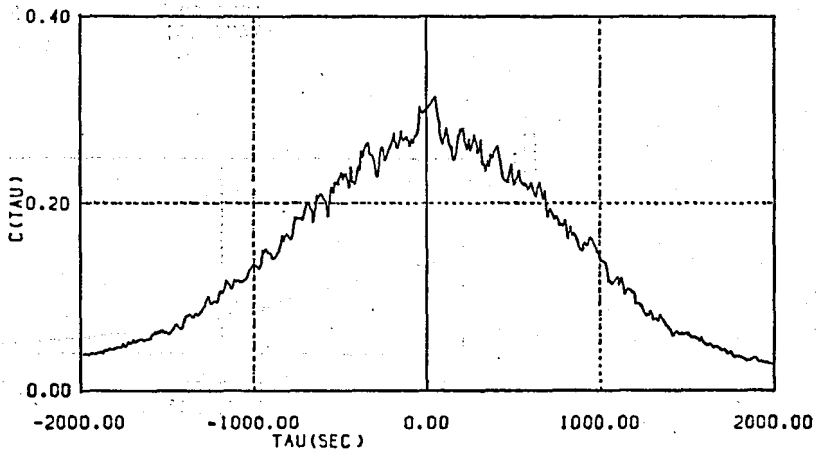


図7 相互相関 7-3

0.089Hzのローパスフィルターを通過させたデータを用いた。

7-1は(b)と(a)の相関, 7-2は(b)と(c)の相関, 7-3は(b)と(d)の相関である。7-1, 7-2からすると左岸寄のほうが中央より数分進んでいる。一方, 右岸寄と中央の位相差は余り無い様である。

4. あとがき

実河川における流れは, まえがきでも触れた様に, 観測する度に異なると言っても過言ではない。本研究は未だ緒についたばかりで観測例も少なく, 河川乱流として普遍的な結論を述べるには到らず, 観測結果の一例を報告するにとどめた。

得られた結果のうち, 水平最大乱子のスケールは殆ど川幅の20倍前後に分布しており, 余越の唱える10倍の倍になっている。このあたりも, 今後の研究を通じて究明して行かねばならない。また, 流量変動に起因するものや, 主流位置の変動によるものを如何にして乱流と区別するかについても考え方を確立する必要がある。

末筆ながら, 本研究を進めるにあたり適切なる御教示を賜わった広島大学工学部余越正一郎教授, および信州大学工学部富所五郎講師に感謝の意を表す。また, 観測にあたり施設面, 人員面で御協力いただいた東京電力信濃川電力所の方々, データ解析に御尽力いただいた広島大学工学部大学院生繁山信治君に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 石原英雄・余越正一郎: 河川の乱流構造に関する一考察, 京郷大学防災研究所年報, 第13号 B, pp.323~331, 1970.
- (2) 宇民 正・上野鉄男: 可視化法による大スケール乱れに関する研究(2), 京都大学防災研究所年報, 第20号B-2, pp.331~354, 1977.
- (3) 余越正一郎: 河川の大規模乱れ, 京都大学防災研究所年報, 第10号 B, pp.199~206, 1967.