

観測データを用いた乱流成分の分布及び周期性に関する研究

中央大学 学生会員 ○岡田 和晃
 中央大学大学院 学生会員 小石 一宇
 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

実河川における流速の計測については、Stearns(1883)による計測が最も古いものである¹⁾。その後、観測技術の向上に伴い国内外で様々な現地観測が実施されるようになった。とりわけ河川の乱流について詳細な観測が可能になったのは1960年代後半である。その後実河川において、禰津ら(1991)は3成分電磁流速系を用いて琵琶湖疎水と愛知用水で乱流計測を行い、その値が高精度の実験室データや数値計算値とよく一致することを確認した²⁾。また、日野ら(1992)は多点同時計測システムを用いて実河川洪水流中の内部構造を推定し、河川の洪水流中に大規模乱流構造が存在することを明らかにした³⁾。しかしながら、筆者の知る限りでは乱流成分の確率分布について実河川のデータを用いて行われた研究はない。

そこで本研究では、実河川の観測により得た流速のデータから乱流成分を算出し、乱流成分の確率分布がいかなる分布に従うかを分析した。

2. 観測実施概要

著者らが行った観測地点は、群馬県伊勢崎市の八斗島水位流量観測所である。観測所は利根川河口より181.5 km 地点、利根川と烏川の合流地点の3 km ほど下流の地点に位置し、河床勾配は1/500程度である。

観測期間は台風24号が関東地方を通過した2018年9月30日22時から10月1日18時の間、平水時から出水期、減水期を経て再び平水時に至るまでである。図-1は観測を実施した期間の同地点の hidro グラフである。観測機器には Teledyne RD Instruments 社製 Workhorse Monitor ADCP を用いて橋上操作観測を実施した。同地点における出水観測の経験から水面勾配と出水規模を考慮し、高速低揺動タイプのトリマラン B 型ボートを採用した。

3. 解析方法

解析には観測で取得したデータのうち、一定時間同

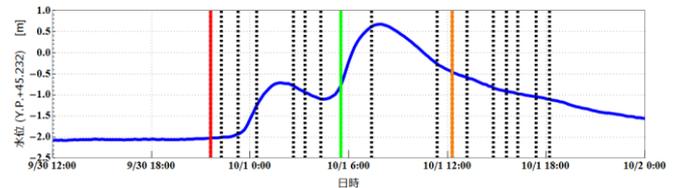


図-1.観測時間と観測実施地点の水位ハイドログラフ
 (赤線は平水時、緑線は出水期、オレンジは減水期の観測データとして用いた)

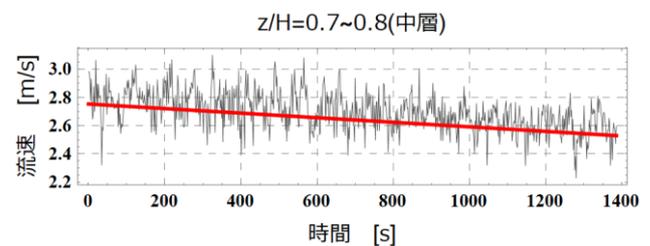


図-2 流速の時系列データの例
 (赤線は回帰直線)

一地点に観測機器を設置して観測を行う定点観測によって得た横断面の流速分布のデータを使用した。座標系は流下方向を X, 流下方向に垂直な横断方向を Y, 流下方向に垂直で河床から鉛直上向き方向を Z とし, X, Y, Z 方向の乱流成分をそれぞれ u , v , w とした。また同観測は鉛直方向に 25 cm の解像度に設定し実施したが、水位の変動を考慮し、表層、中層、低層における流速を見るために、各データを河床からの鉛直方向の高さ z を水深 H で無次元化し、10層に分割した。

乱流成分には、定点観測した流速から各定点観測毎に得た流速データの平均値を引いた値とした。平均値には算術平均、加重平均、幾何平均、調和平均、移動平均があるが、図-2 のように観測した流速にトレンドがあるので、回帰直線を求め平均値として用いた。

4. 観測結果

図-2 は図-1 中に緑色で示した出水期に観測した中層 ($z/H=0.7\sim 0.8$) の流下方向流速の時系列データの一例である。赤い回帰直線が示すように、この観測の期間中

キーワード 乱流, 流量観測

は流速が減少していく傾向があることがわかる。また、流速には 0.2~0.5 m/s 程度の幅があることが分かる。

5. 乱流成分の算出

図-3 は図-2 のデータより算出した乱流成分の時系列データ、図-4 は図-3 に示したデータのヒストグラムと確率分布曲線、図-5 は平水時(赤)、出水期(緑)、減水期(青)の中層(z/H=0.7~0.8)におけるヒストグラムを重ね合わせたものである。図-5 が示すように、平水時、出水期、減水期において、乱流成分の分布はガウス分布に従っているように見える。

さらに、図-5 で示したデータより尖度、歪度、1 次から 4 次までのキュムラントを算出した。すると、歪度は-0.20、尖度は 3.42、1 次から 4 次までのキュムラントはそれぞれ 2.2×10^{-5} 、 1.4×10^{-2} 、 3.2×10^{-4} 、 8.1×10^{-5} 、となった。

6. 結論

本研究の結論を以下に示す。

- 1) 平水時、増水期、減水期において、u, v, w 方向の乱流成分は概ねガウス分布に従っていることが実河川のデータから得ることができた。しかし、それぞれのキュムラントの値より完全なガウス分布ではない。
- 2) 乱流成分の平均値に大きな差はなく、減水期と比較し、出水時の分散が大きくなっている。

今後、それぞれの乱流成分においてスペクトル解析を行うことにより、実河川における乱流成分の周期性を確認する。

参考文献

- 1) Stearns, F. P. ;Trans. of ASCE, vol. 12, No. 216, pp.331-338, 1883
- 2) 禰津家久, 中川博次, 瀬谷和彦 ; 琵琶湖疎水の 3 次元乱流計測, 水工学論文集, Vol.35, pp.345-350,1991.
- 3) 日野幹夫, 孟岩, 村山宣義 ; 多点同時計測システムによる実河川洪水流中の 3 次元大規模乱流構造の測定, 水工学論文集, Vol.36, pp.175-180, 1992

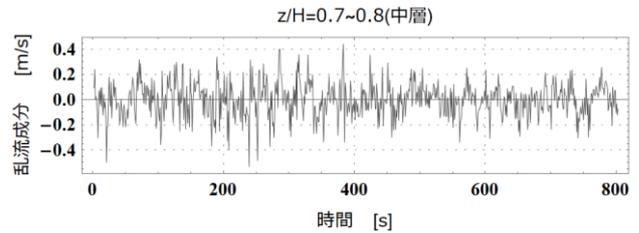


図-3. 乱流成分の時系列データ

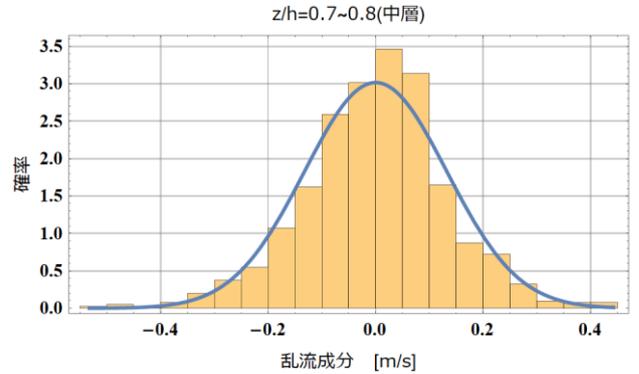


図-4. 図-3 に示したデータのヒストグラムと確率分布曲線

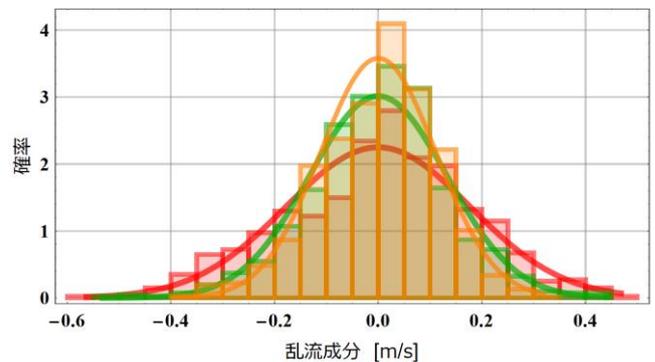


図-5. 平水時、出水期、減水期の乱流成分ヒストグラム (赤色は平水時、緑色は出水期、オレンジ色は減水期)

表-1 それぞれの洪水期におけるキュムラント

	キュムラント			
	1次	2次	3次	4次
ガウス分布	標準偏差	分散	0	0
平水時	-0.00042	0.03136	-0.00121	-0.00018
出水期	-0.00090	0.01747	-0.00044	0.00026
減水期	0.00000	0.01239	-0.00055	0.00004

表-2 それぞれの洪水期に平均・分散・尖度・歪度

	平均	分散	尖度	歪度
ガウス分布	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
平水時	0.000139	0.185059	2.747063	-0.293110
出水期	-0.000320	0.155764	3.314966	-0.252600
減水期	-0.000040	0.128128	3.310216	-0.426300