

超音波ドップラー流速計を用いた都市河川洪水流の乱流計測の試み

東京理科大学大学院	学生員	福地正宗
東京理科大学	正会員	二瓶泰雄
前田建設工業(株)	非会員	相場清志

1. 序論

実際の河川における流動現象を理解することは、学術的・実務的観点から極めて意義深く、そのための水理測定が数多く行われている。特に、流速計測技術は近年著しく進歩しており、画像解析技術により広域にわたる河川表面流の平面構造が計測されるとともに¹⁾、超音波ドップラー流速分布計により流速鉛直・横断分布特性の一端が明らかにされつつある²⁾。より微細な乱流構造に着目すると、室内実験スケールにおける測定例は数多く存在するものの、実河川流を対象とした乱流計測の事例は限られている³⁾。そこで本研究では、乱流計測が可能な超音波ドップラー流速計を用いて、都市河川洪水流に関する連続計測を行うことを試みる。得られた結果から、平均流速や乱れ強度、レイノルズ応力、乱れのエネルギースペクトルなどについて解析した結果の一部を以下に示す。

2. 現地調査の概要

観測サイトは富栄養化している千葉県手賀沼の主要流入河川である大堀川であり、観測地点は河口から1.5km上流である(図1)。調査は、超音波ドップラー流速計(ADV, Nortek社製)をステンレスパイプで作成した架台に上向きに固定し、河床面に設置した(計測位置:河床より36.5cm上方)。ADVの設置期間は2006年11月8日から12月6日である。ADVの設定としては、サンプリング間隔は4Hzであり、2分間連続測定し、これを10分毎に繰り返して行った。この期間内では、2006年11月19日から20日(イベント)、および11月26日から27日(イベント)という2回の洪水イベントが生じた。この洪水イベント時のデータについて、主流・横断・鉛直方向の平均流速、乱れ強度、レイノルズ応力、乱れのエネルギースペクトルを算出した。

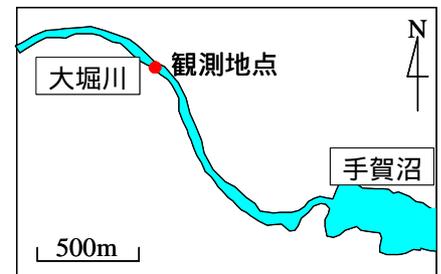


図1 観測サイト

3. 観測結果

(1) 乱流統計量の時間変化

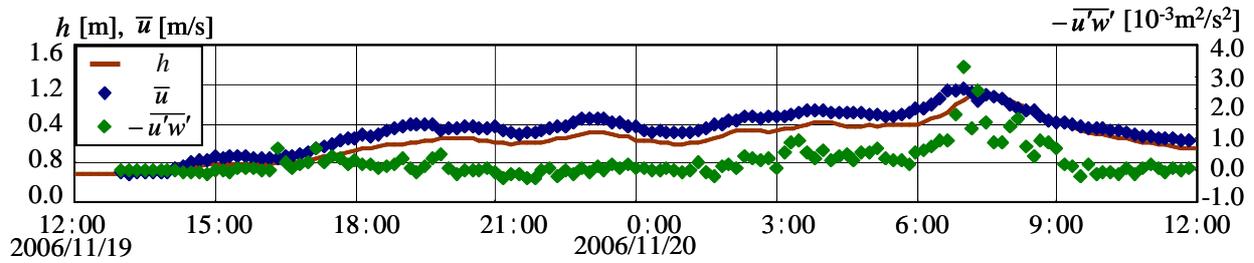
図2は洪水イベントとにおける水位 h 、主流方向平均流速 \bar{u} およびレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ の時間変化を示す。まず、洪水イベントに着目する。主流方向平均流速 \bar{u} に関しては、水位変化にตอบสนองして流速は増減し、水位がピークとなる前に流速ピークが現れている。またレイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ については、水位が上昇してもレイノルズ応力はすぐには増加せず(11月19日12時から20日2時)、水位・流速ピーク付近において急激にレイノルズ応力が大きく増加している。またレイノルズ応力のピークは、水位ピークよりも若干早く現れているように見受けられる。次に、イベントよりも洪水規模が小さい洪水イベントに着目すると、水位ピーク前に流速ピークが現れる、という点は共通しているものの、レイノルズ応力のピークは水位ピークよりも後に現われ、その値もイベントよりもかなり小さいことが分かる。

(2) 水位と主流方向平均流速、乱れ強度、レイノルズ応力の相関関係

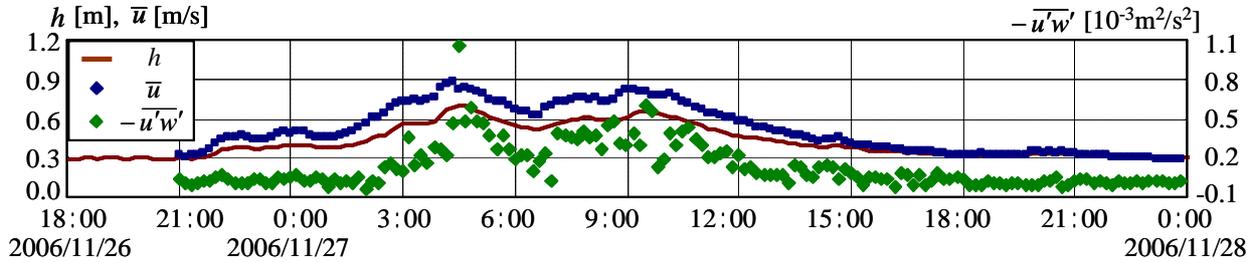
図3は水位 h と主流方向平均流速 \bar{u} 、乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ 、レイノルズ応力 $-\overline{u'w'}$ の相関を示したものである。まず平均流速 \bar{u} について着目すると、両洪水イベントとともに増水期の流速の方が減水期の流速よりも大きく、よく知られたループを描いている。そのループは洪水規模の大きいイベントの方が大きくなっている。一方、乱れ強度 $\sqrt{u'^2}$ については、イベントでは増水期の値がわずかに減水期よりも大きいものの、イベントでは増水期と減水期では同程度の値となっている。類似した傾向

キーワード：超音波ドップラー流速計，河川乱流，非定常性，乱流構造

連絡先：郵便番号 278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501 (内線 4072)

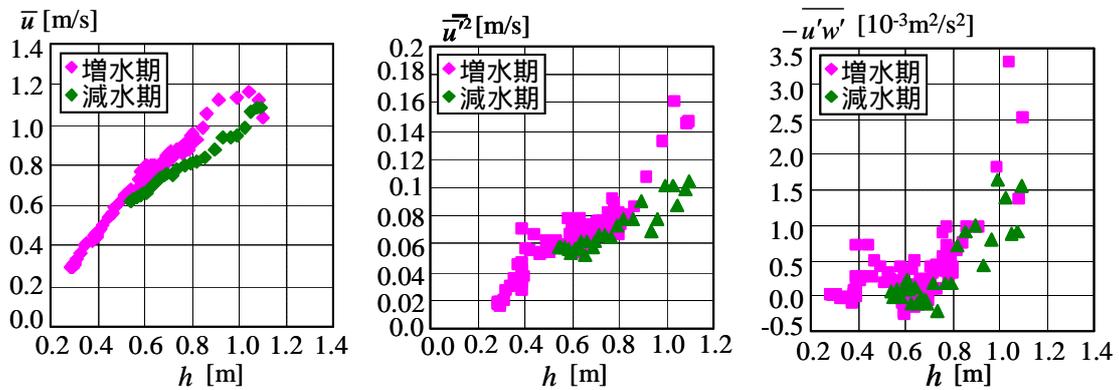


(a) イベント (2006年11月19日から20日)

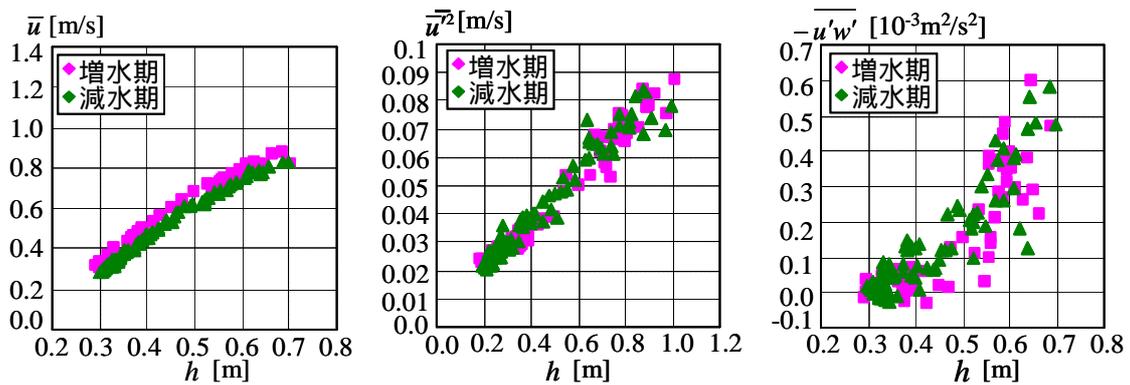


(b) イベント (2006年11月26日から27日)

図2 洪水中における水位,主流方向平均流速,レイノルズ応力の時間変化



(a) イベント (2006年11月19日から20日)



(b) イベント (2006年11月26日から27日)

図3 水位と主流方向平均流速,乱れ強度,レイノルズ応力の相関関係

は,レイノルズ応力 $-u'w'$ についても確認されている.以上より,洪水規模が大きく非定常性が顕著になると,増水期における乱流統計量が減水期の値よりも大きくなっており,従来の室内実験の結果⁴⁾が定性的に確認された.

参考文献

1) 藤田:ながれ, Vol.26, No.1, pp.5-12, 2007, 2)二瓶:ながれ, Vol.26, No.1, pp.13-20, 2007, 3)日野ら:水工学論文集, Vol.36, pp.175-180, 1992, 4) Nezu et al., J. Hydraul. Eng., Vol.123, No.9, pp.752-763, 1997.