

ADCPを用いた流量観測時のボートの揺動が水深計測値に及ぼす影響

高知高専 専攻科 学生会員 ○石坂直希
 高知高専 環境都市デザイン工学科 正会員 岡田将治
 ハイドロシステム開発 正会員 橘田隆史

1. はじめに

近年、河川流況や河床変動の解析技術の向上とともに、その検証データとして使用するために詳細な三次元の流況計測が可能なADCP (Acoustic Doppler Current Profilers: 超音波ドップラー多層流向流速計) が多く用いられるようになった。それに伴ってADCPを使用した流況観測の高精度化が求められている。既往の研究¹⁾において、ADCPを搭載したボートが揺動する場合、計測精度が大きく低下する可能性が指摘された。本研究では、大型水槽を用いて高精度傾斜センサーをADCP搭載ボートに設置して種々の周期で揺動させた実験を行い、ADCPの傾斜角および水深に関する計測特性を明らかにする。

2. 大型水槽を用いたADCP搭載ボートの揺動実験

本研究で使用したTeledyne RDI社製のADCPは、鉛直下向きに対して20°の傾きで4方向に超音波を発射し、戻ってくるまでの時間から水深を、ドップラー効果を利用して各水深における流速分布を計測している。図-1に示すように、ADCP本体が計測中に傾斜する場合には、ADCPに内蔵された傾斜センサーによって計測値の補正を行うが、液面式の傾斜センサーを使用しているため、洪水流のような短い周期で水面が揺動する場合、センサーの特性上、傾斜を追従できずに計測精度が低下する可能性がある。そこで、本研究では幅25m×奥行25m×水深5mの大型水槽を用いて、ADCPを設置した浮体に高精度の傾斜センサー(Xbow社製: NAV440)を搭載し、手動で揺動を与えて、ADCP内部の液面検知式傾斜センサーと外部傾斜センサーでピッチ(前後方向)角度、ロール(横方向)角度計測を行った。また、ADCPでは同様に4方向の水深計測も併せて行った。実験条件として与える揺動周期を決定するに当たっては、2007年8月に行った四万十川の洪水流況観測時¹⁾のボートの揺動周期の値(1~2秒程度)を参考に、4秒、2秒、1.5秒、1秒に設定し、各周期について4回の計16回実験を行った。傾斜角度については、ADCPの内蔵傾斜センサーと外部に取り付けた傾斜センサーの計測値を比較することによって考察が可能であるが、水深計測値の比較については、ADCPで直接計測した4つの水深データと外部傾斜センサーで計測したピッチ角度(θ_{pitch})、ロール角度(θ_{roll})から次式(1)~(4)を用いて水深(BD1(前)、BD2(後)、BD3(右)、BD4(左))を計算した。

$$BD1 = \frac{H}{\cos \theta_{pitch} \cdot \cos(20 + \theta_{roll})} \quad (1)$$

$$BD2 = \frac{H}{\cos \theta_{pitch} \cdot \cos(20 - \theta_{roll})} \quad (2)$$

$$BD3 = \frac{H}{\cos(20 + \theta_{pitch}) \cdot \cos \theta_{roll}} \quad (3)$$

$$BD4 = \frac{H}{\cos(20 + \theta_{pitch}) \cdot \cos \theta_{roll}} \quad (4)$$

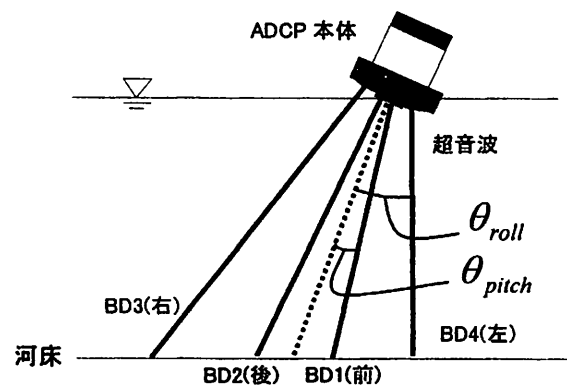


図-1 ADCP を搭載したボートの揺動が計測値に与える影響

ここで、 H は大型水槽の水深であり、5mを用いている。外部傾斜センサーで計測されたピッチ角・

ロール角は、ADCPの液面式傾斜センサーに比べて高精度で計測を行うと考えられているため、傾斜角度および水深ともに外部傾斜センサーの値を基準として比較を行うこととする。

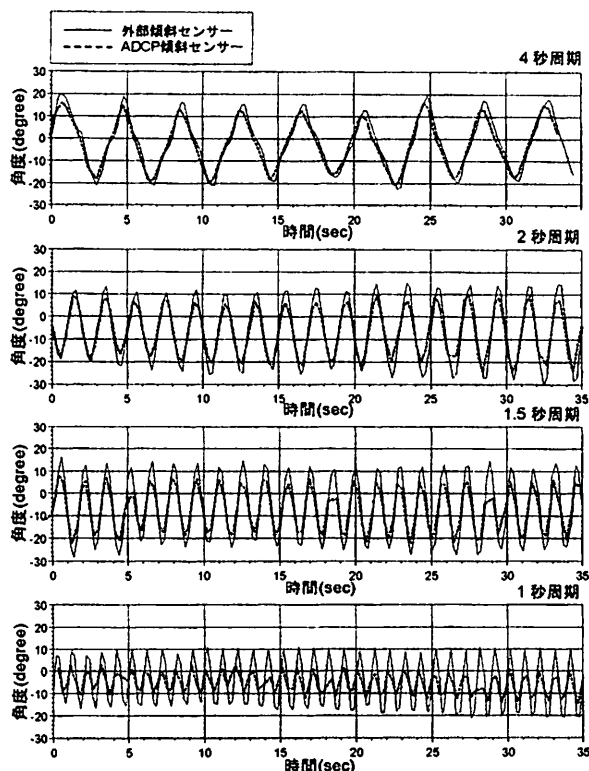


図-2 ADCP と外部傾斜センサーのピッチ角計測値の比較

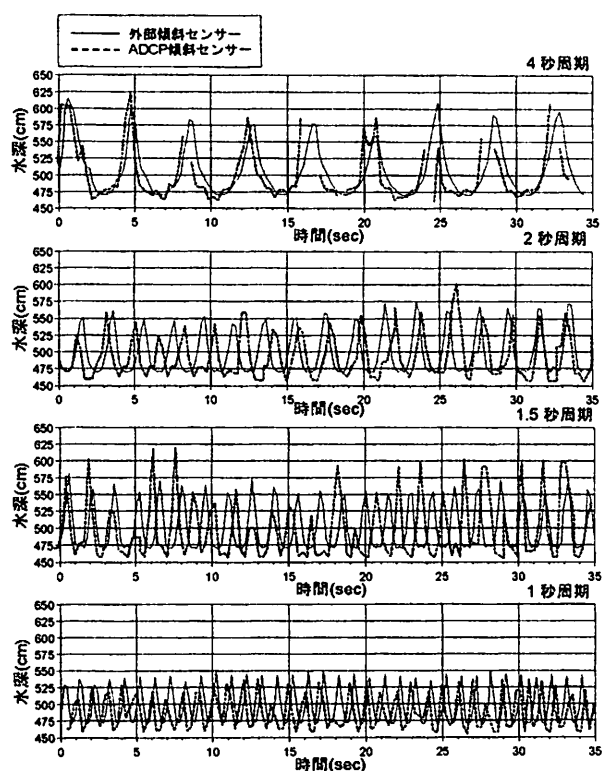


図-3 ADCP と外部傾斜センサーの水深(BD3)の比較

3. ADCPの傾斜角および水深計測値の計測特性

傾斜角の計測結果は、各周期4回ずつ行い、ほぼ同様な結果が得られたことから、代表的な結果を図-2に示す。なお、各傾斜センサーのデータは、機器の性能上、外部傾斜センサーが0.20秒で、ADCP内蔵傾斜センサーは0.28秒ごとに出力される。図より、揺動周期が4秒の場合には、外部傾斜センサーに対してADCPは約2°程度小さく計測している。また1秒周期においては、外部傾斜センサーが10°を計測しているのに対して、ADCPは8~9°の値となっている。これ結果より、揺動周期が四万十川の洪水時の水面変動に相当する1~2秒程度に短くなると、ADCP傾斜センサーの計測精度が低下する可能性があることが明らかとなった。図-3に各周期におけるADCPの水深計測値と外部センサーのピッチ角・ロール角から算出した水深値の比較である。4秒周期におけるADCPと外部センサー水深計測値の差は最大6.3%となっており、1秒周期では最大10%となっている。ピッチ角計測と同様に揺動の周期が短くなるとADCP計測値と外部センサーの水深値の差は大きくなった。

4. おわりに

本研究では ADCP と外部傾斜センサーを用いて揺動実験を行い、その結果 ADCP は揺動の周期が短くなるとピッチ角・ロール角を追従することができず、1 秒周期の揺動では傾斜角を 8~10°小さく計測する。水深計測では、揺動の周期が短くなると計測精度が低下し、1 秒周期の揺動では約 10%計測精度が低下する。ADCP の計測特性として、ピッチ角・ロール角計測、水深計測ともに揺動の周期が短くなると計測精度が低下することが明らかとなった。水深計測値については、ADCP に内蔵される傾斜センサーと独立した 4 つのビームで計測しているために 10%程度の精度低下であるが、流速計測値は傾斜センサーで計測された角度から角速度に変換した後に算出しているため、さらに大きな精度低下を生じる可能性がある。今後は、ADCP の揺動が流速値に及ぼす影響を検討し、その特性を明らかにするとともに、揺動の影響を考慮した補正方法の開発を行う予定である。

参考文献

- 1) 橋田隆史, 岡田将治, 新井励, 下田力, 出口 恭: ラジコンボートを用いた ADCP 移動観測の計測精度評価法に関する一考察, 河川技術論文集, 第 14 巻, 2008 年 6 月