

ADCP を用いた洪水流観測の計測精度評価に関する研究

高知工業高等専門学校 建設工学専攻 学生会員 ○石坂直希
 株)ハイドロシステム開発 正会員 橘田隆史
 高知高専建設システム工学科 正会員 岡田将治

1. 緒言

近年、河川の流況計測において計測精度向上を目的として、新しい観測機器の開発、観測法の検討が活発に行われている。その中でも 3 成分流速分布が計測可能な ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler: 超音波ドップラー多層流向流速計, 以下 ADCP と記す) が注目されている。ADCP を中心とした計測機器の低コスト化、計測技術の向上に伴い、計測精度の評価法についても並行して検討する必要があるが、日本国内で観測の対象となる高速で、かつ水面が大きく変動する洪水流の観測精度評価については、その難しさから十分な検討がなされてこなかった。本研究では、ADCP を用いた洪水観測における計測精度の評価手法の確立を目的とし、問題とされている計測時のボートの揺動が計測値に及ぼす影響を定量的に明らかにした。さらに、検証結果を踏まえたうえで四万十川において、2009 年台風 9 号出水中の $5000\text{m}^3/\text{s}$ 規模の洪水流観測結果を用いて、岡田ら¹⁾が提案する偏差流速比および偏差流量比を適用して計測精度の検証事例を示す。

2. ボートの揺動が ADCP 計測値に及ぼす影響

大型水槽実験²⁾により、ボートが揺動する場合の ADCP の水深計測精度は、傾斜角が 15 度以下であれば傾斜補正を行わなくても 5% 以内に収まることが明らかとなった。この結果に基づいて、ボートの揺動が水深および流速分布に及ぼす影響を検討するため、利根川平成大橋下流付近において高速流の現地観測を行った。Fig.1 に ADCP の内部傾斜センサーと MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 傾斜センサー (Xbow 社製: NAV440) で計測したピッチ (縦揺れ) 角、ロール (横

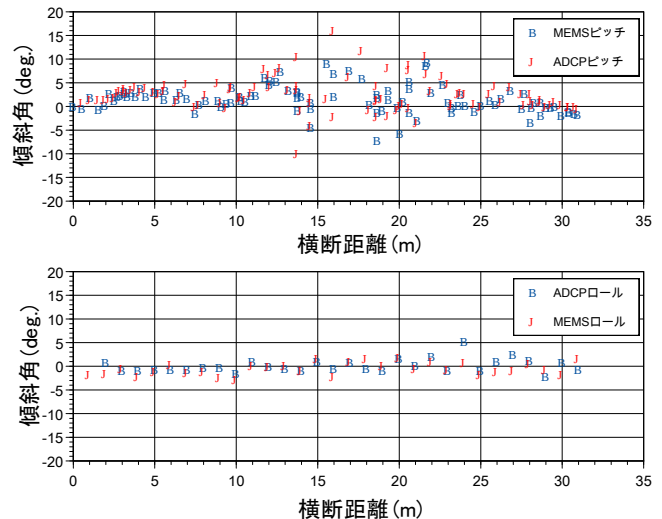


Fig.1 Oscillation of ADCP and MEMS sensor
 横断距離 (m)

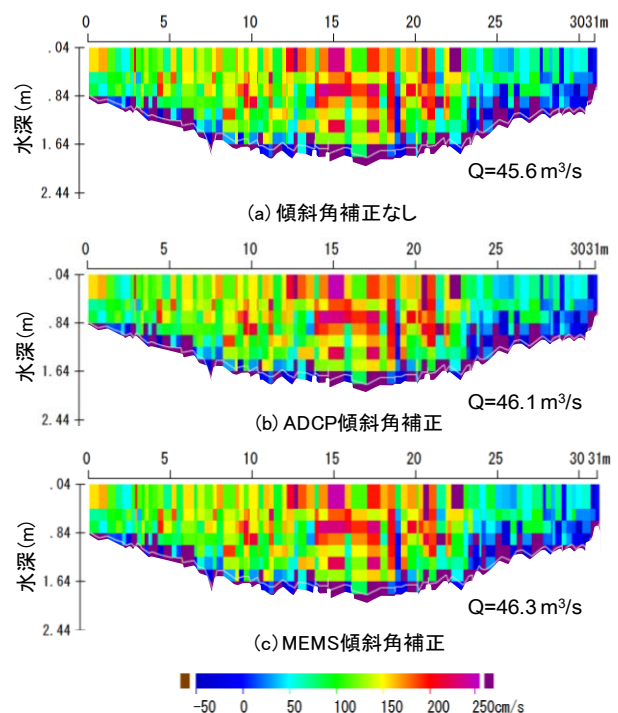


Fig.2 velocity distribution corrected by tilt angle
 measured with ADCP and MEMS sensor

揺れ) 角の時系列を、Fig. 2 に ADCP および MEMS 傾斜センサーの傾斜角補正の有無による流下軸方向の流速コンターおよび断面流量を示す。その結果、流速が毎秒 3m 以下の区間では内部傾斜センサーと外部傾斜センサーによる計測値の差はほとんど見られなかったが、毎秒 3m を超える区間では最大で 10 度前後の差が発生した。しかし、内部傾斜センサーと高精度 MEMS 傾斜センサーの計測値をそれぞれ

用いて流速計測値を補正し、流量を算出してもその差は2%程度と有意な差は見られなかった。

3. 四万十川における2009年台風9号洪水観測データの計測精度評価

2章で示した結果から、洪水時においても平水時と同様に岡田らの提案する ADCP の移動観測時の計測精度評価が可能であることを明らかにした。そこで、2009年に現地観測を行った四万十川の洪水流観測結果に計測精度評価を適用し、流量観測精度について考察する。Fig.3に ADCP で計測した流量 $5095\text{m}^3/\text{s}$ 時の (a) 傾斜角、(b) 流速分布、(c) 偏差流速分布、偏差流量および偏差流量比、(d) 偏差流速比分布を示す。横軸は観測開始点(右岸水際)からの横断距離を表している。Fig.3(a)の傾斜角と Fig.3(b)の流速分布を併せてみると、低水路区間の流速が 2m/s を超える流れ場では、ピッチ角が定常的に7度~10度となっており、ロール角は滞筋部(横断距離 $40\text{m}\sim 360\text{m}$ 付近)において揺動がみられる。つぎに、岡田らが計測精度評価指標として提案する偏差流速をボートの単位移動距離(本観測では 5m に設定)あたりの超音波発射数から、横断分布にしたものが Fig.3(c)である。ボートを移動させる速度によって、偏差流速は異なるものの、流速計測値に含まれる誤差の標準偏差は $1\text{cm/s}\sim 4\text{cm/s}$ である。この偏差流速を断面積分したものが偏差流量 QD であり、計測された断面流量 Q との比が偏差流量比である。流量が $5095\text{m}^3/\text{s}$ の場合、偏差流量 QD は $79.9\text{m}^3/\text{s}$ であり、偏差流量比は 1.6% である。つぎに、Fig.3(d)に示す各グリッドの流速値と偏差流速の比をみると、全断面を通して $1\sim 2\%$ であるが、構造物の後流の影響を受ける領域では流速が小さい分、偏差流速比は 12% 程度まで大きくなっている。偏差流速比を断面全体で平均すれば、前述の偏差流量比と基本的に同じであるが、計測した各グリッドの計測精度を評価できる指標として有効である。

4. おわりに

本研究で行った現地観測により、ADCP を搭載したボートが計測時に揺動することによる計測値への影響は最大で2%程度であると定量的に明らかにした。この結果から、岡田らが提案する評価指標を洪水流量観測結果に適用可能であることを明らかにし、四万十川洪水流量観測結果の精度評価を行った。その結果、ADCP で計測された断面流量に含まれる誤差流量の比を表わす偏差流量比は、 $5095\text{m}^3/\text{s}$ で 1.6% であった。この成果により、これまでに行われてきた ADCP を用いた洪水流観測に係わるデータ処理法および計測精度評価法がほぼ確立できたといえる。

参考文献

- 1) 岡田将治, 橘田隆史, 森本精郎, 増田稔: ADCP 搭載無人ボートを用いた四万十川具同地点における洪水流観測, 水工学論文集, 第52巻, pp.919-924, 2008.
- 2) 石坂直希, 岡田将治, 橘田隆史: ADCP を用いた流量観測時のボートの揺動が傾斜角及び水深計測値に及ぼす影響, 土木学会全国大会 第64回年次学術講演会講演概要集, II -036, 2009

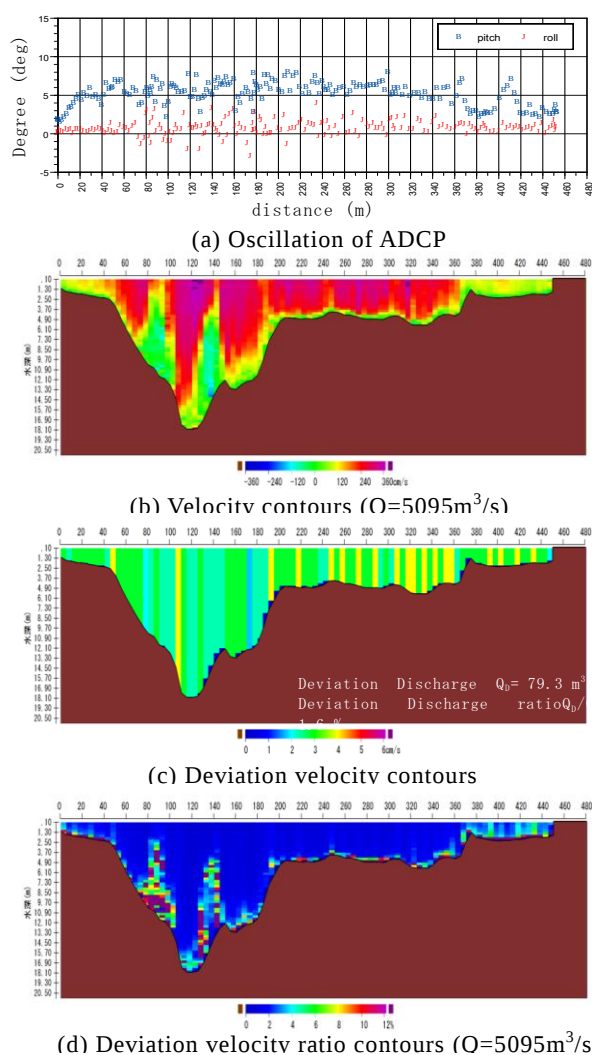


Fig.3 Measuring result of the flood flow in the Shimanto River at Gudo point using ADCP