

ADCP を用いた流況と河床移動速度の同時計測技術の四万十川洪水への適用

高知高専 学生会員 ○竹内慈永 高知高専専攻科 学生会員 北村公一 高知高専 正会員 岡田将治

1. 序論

流域の源頭部から海岸までの総合的な土砂管理を推進する上で、土砂移動の特性の把握、予測手法の精度向上を図ることは重要である。そのためには、これらの土砂移動現象を精度よくモニタリングする技術の確立が重要となる。萬矢・岡田ら¹⁾は、大型移動床水路を ADCP(超音波ドップラー流速計)と RTK-GPS を併用して洪水時の流況計測と河床の移動速度を同時に計測する手法を提案している。この手法のメリットは、土砂の動きだけでなく同時に流れを計測し、両者の関係を考察できる点にある。本研究ではこの手法を 2010 年 7 月台風 6 号による四万十川の洪水流観測に適用してその有効性を検証するとともに、得られた水理諸量を考察する。

2. 四万十川不破地点を対象とした流況と河床移動速度の同時計測の概要

図-1 に本研究で用いる洪水時の流況と河床移動速度を同時に計測する手法を示す。通常、「④河川の流速」ベクトルは、「①ADCP で計測した流速」ベクトルと河床が移動していないと仮定したボトムトラック機能により得られる「③ボートの移動速度」ベクトルから算出する。しかし、河床が移動する場合には、③は「⑤の河床移動速度ベクトル」により②のベクトルのように移動したと誤って認識され、④の計測精度が低下する。この問題点に対して、RTK-GPS を用いることで「③ボート本体の移動速度」ベクトルを直接計測して④の計測精度低下を防ぐとともに、副産物として②の誤認識したベクトルから⑤の河床移動速度ベクトルが得られる。

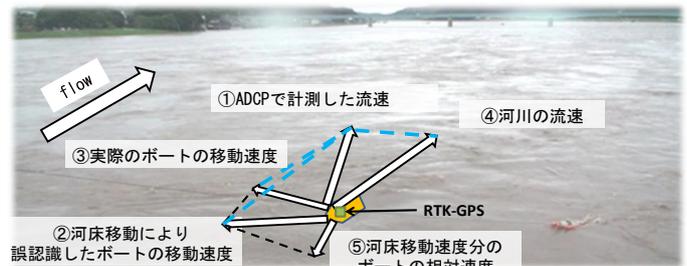


図-1 流況と土砂移動速度の同時計測のイメージ

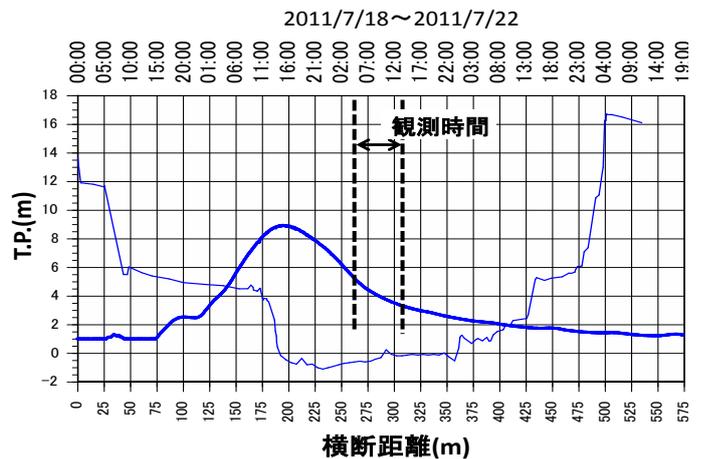


図-2 四万十川不破地点における洪水期間中の水位ハイドログラフと横断河床形状

図-2 に台風 6 号による出水時の四万十川不破地点における横断河床形状と水位ハイドログラフを示す。水位計は不破地点とその上下流に計 3 台設置しており、本手法を用いた洪水観測は 2011 年 7 月 20 日 5 時から 12 時の水位下降する (流量 $2800\text{m}^3/\text{s}$ から $1400\text{m}^3/\text{s}$) 時間帯に行っている。観測は、渡川大橋上にて横断方向に曳航観測を複数回行った。

3. 流況と河床移動速度の同時計測結果及び考察

計測結果の一例として、図-3 に 5 時 18 分～5 時 37 分 ($Q=2502\text{m}^3/\text{s}$)、図-4 に 12 時 42 分～12 時 54 分 ($Q=1428.3\text{m}^3/\text{s}$) の間にかけて観測を行った際の (a)河床移動速度、(b)横断面流速分布を示す。なお、(a)の横軸をアンサンブルデータで表示しているが、ボートを横断方向にほぼ一定速度で移動させているため、(b)の横断距離と同等に扱ってもよい。図-3 と図-4 の二つのケースの計測結果より (a)河床の移動速度は $0\sim 10\text{cm/s}$ 付近に多く集中していることがわかる。(b)の流速分布と合せて比較すると、図-3 の河床移動速度は、主流部となっている低水路区間(主流速 2.5m/s 程度)の方が高水敷区間(主流速 1m/s 以下)に比べて相対的に大きくなっていることがわかる。また、図-4 においても同様な傾向がみられる。つぎに低水路と高水敷で計測された河床移動

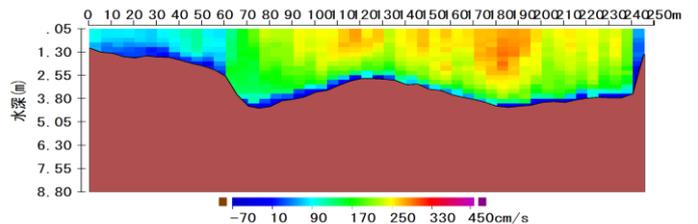
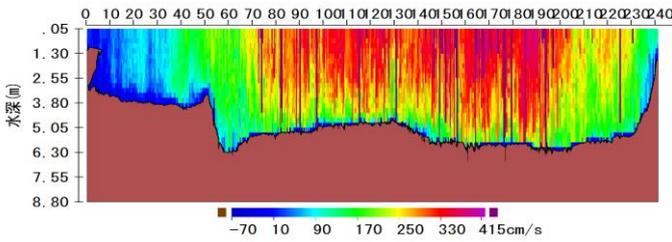
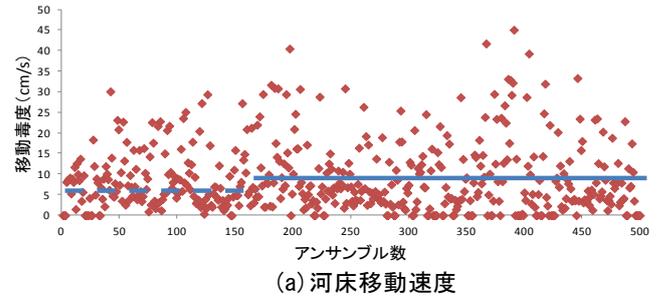
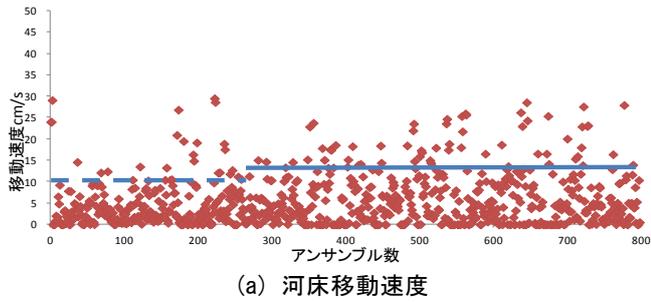


図-3 5時18分～5時37分の計測結果

図-4 12時42分～12時54分の計測結果

速度について考察した。ここでは、流れによって河床底面に作用するせん断応力を $\tau_* = \rho U_*^2$ とするときの摩擦速度 U_* と比較する。流を等流と仮定した場合、摩擦速度 U_* は、

$$U_* = \sqrt{ghI_e} \quad \dots (1)$$

で表される。ここに、 g :重力加速度(m/s²)、 h :低水路の平均水深(m)、 I_e :計測地点のエネルギー勾配である。図-3に示した計測時間における水面勾配は 1/3417、低水路区間の平均水深は 5.68m であったことから、式(1)から算出される摩擦速度は 0.130m/s であった。高水敷区間の平均水深は 3.80m で摩擦速度は 0.104m/s と算出された。同様に、図-4の計測時間における水面勾配は 1/4406、低水路区間の平均水深は 3.80m であったことから、摩擦速度は 0.092m/s であった。高水敷区間の平均水深は 1.35m で摩擦速度は 0.055m/s と算出された。このことから、図-3(a)、図-4(a)で示した低水路および高水敷の河床移動速度に近い値を示していることがわかった。

4. 結論

本研究では、四万十川を対象として萬矢・岡田ら¹⁾の手法を用いた洪水流と河床移動速度の同時計測を行い、計測結果から算出した河床移動速度のデータと流速分布のデータ、算出した摩擦速度を考察した。その結果、表面流速が 3m/s を超える洪水流においても流況と河床移動速度が計測可能であることを確認した。さらに、低水路と高水敷における河床移動速度と、等流と仮定した場合の河床に作用する摩擦速度を求めて比較した結果、ほぼ同様の値であることがわかった。この結果は ADCP によって洪水流と河床の移動速度の観測が可能となって初めて得られたものであり、砂礫の移動現象を解明する上で有益な知見となった。今後は ADCP で計測された流速分布から得られる摩擦速度と河床の移動条件や限界掃流力との関係について考察する予定である。また、今年度も仁淀川において ADCP および RTK-GPS を併用した洪水流況と河床移動速度の現地観測を計画しており、これらの観測結果、さらに数値解析等からの考察も行う予定である。

参考文献

- 1) 萬矢敦啓, 岡田将治, 江島敬三, 菅野裕也, 深見和彦: ADCP を用いた摩擦速度と掃流砂量の算定手法, 水工学論文集, 第 54 巻, 2010 年 2 月
- 2) 国土交通省総合土砂管理小委員会報告: 流砂系の総合的な土砂管理に向けて, 平成 10 年 7 月
- 3) 国土交通省: 河川砂防技術基準同解説計画編, 第 4 節総合的な土砂管理, pp.21