

トンレサップ川の流況の ADCP による観測と精度低下要因

Flow observation of the Tonle Sap River by ADCP and cause of decrease in observation accuracy

○藤井秀人*, 中村恭志**, Sarann Ly*** Sambo Lun***

Sokchhay Heng***, 藤原洋一****, 星川圭介***** 中田正人*****

Hideto Fujii¹, Takashi Nakamura², Sarann Ly³, Sambo Lun³,

Sokchhay Heng³, Yoichi Fujihara⁴, Keisuke Hoshikawa⁵ and Masato Nakata⁶

1. はじめに

トンレサップ湖は東南アジア最大の淡水湖でメコン河の影響により雨期と乾期で大きく面積が変化し、雨期の面積は最大 14,500km²、乾期は 2,500km² 程度である。トンレサップ湖はトンレサップ川によりメコン河につながっている (Fig.1)。トンレサップ湖とメコン河の水位差により季節的に順流と逆流を繰り返すユニークな流況によりトンレサップ湖と氾濫域は非常に多様な生態系が形成されている。トンレサップ湖の流入量は自己流域が 34%、湖面への直接降雨が 12.5%、メコン河からの逆流が 53.5% を占める (Kummu et al., 2014)。本研究では、トンレサップ川の流況を明らかにするため、RTK-GPS を装備した ADCP を用いた約 1 年間の観測値について、その精度や精度低下の要因について考察を行う。

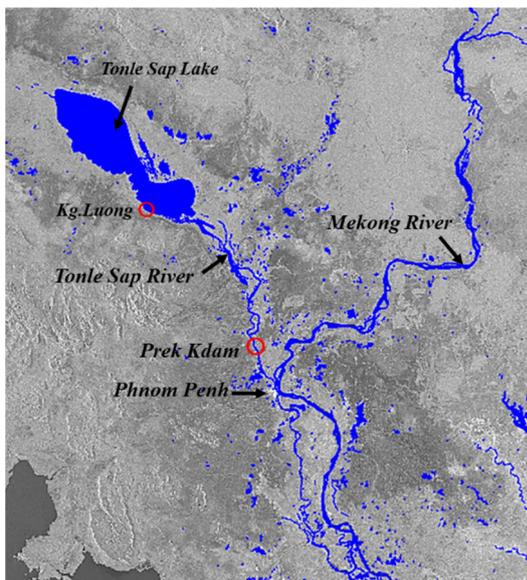


Fig.1: Location of observation site

2. 調査方法

観測はトンレサップ川の Prek Kdam 水位観測点 (川幅約 600m, 水深 10-16m 程度) で、2017 年 3 月～2018 年 3 月まで、原則 2 週間に 1 回の頻度で 22 回実施した。観測は ADCP と RTK-GNSS を搭載した HydroBoat-II を小型船で曳航する moving boat 方式で行った。ADCP は Xylem の River Surveyor M9 を用いた。なお、M9 は 0.5Mhz を 1 本、1Mhz と 3Mhz を各 4 本搭載している。

3. 結果

1) 観測値の変動係数による分類

ADCP の観測値は一般的に往復また 2 往復の観測を行い、観測値の変動係数 (%) から観測値の良否を判断する。22 回の観測結果について変動係数を 5% 以下、5～10%、10～20% で分類するとそれぞれ、17 回、4 回、1 回となった。

2) ADCP 値の水力モデル計算値との比較

ADCP データの精度を評価するため観測値を 1 次元水力モデル (Fujii et al., 2003) の計算値と比較した。両者の NSE (Nash Sutcliffe Model Efficiency) は 0.92 となった (Fig.2)。

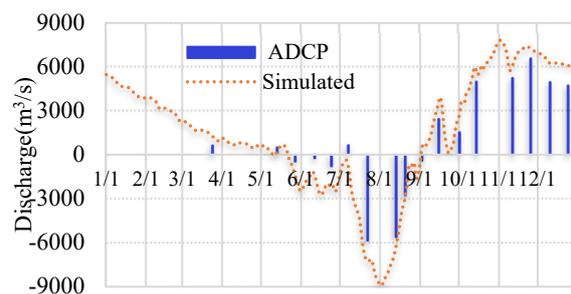


Fig.2: Comparison of ADCP discharge with 1-D hydraulic model at Prek Kdam in 2017

* 山形大学農学部, Faculty of Agriculture, Yamagata University

** 東京工業大学大学院総合理工学研究, Dept. of Environmental Science and Technology, Tokyo Institute of Technology

***カンボジア工科大学, Institute of Technology of Cambodia

**** 石川県立大学生物資源環境学部, Fac. of Bio-resources and Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University

***** 富山県立大学工学部 Fac. of Engineering, Toyama Prefectural University

***** ザイレムジャパン, Xylem-Japan

キーワード: ADCP, 流量観測, トンレサップ川, 季節的脈動

4. 考察

観測精度の低下要因は多数あるが以下では、空気巻込による SNR(Signal Noise Ratio)の減衰、高濃度水中浮遊物によるボトムトラッキング (BT) エラーについて考察する。

1) 空気巻込による SNR の減衰

Fig.3 は、6/11 往路の観測における SNR 信号の例である。右図は、正常な SNR の減衰パターンを示す。4 本のビームはほとんど分離せずに川床に到達している。一方、左図は、ビームの 1 本が表層で分離している。6/11 の観測では、トランスデューサーの喫水深が 2cm と浅かったため、ボートの動揺 (ピッチとロール) が大きいと、水面とトランスデューサーの間に空気が巻き込まれ、そのビームは SNR が大きく減衰し ADCP 観測流速の精度低下要因になる。この例では水深 9-10m で SNR は 10db にまで低下している。

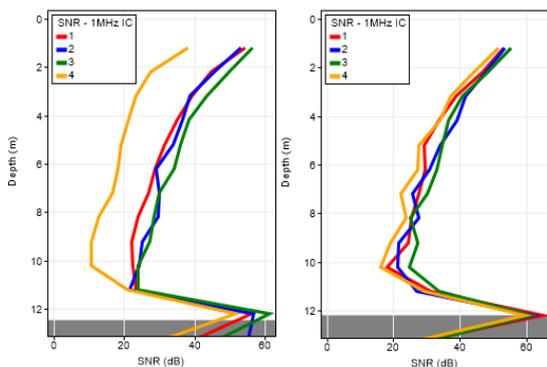


Fig.3: SNR attenuation pattern (June 11 onward survey)

Left: one beam has separated, Right: four beams remain together.

2) 高濃度水中浮遊物による BT エラー

Moving Boat で得られた観測値はボート移動速度を差し引いて河川の流速を求める。GPS を搭載した ADCP は、GPS 参照と BT 参照の 2 種類の方法でボート移動速度を求めることができる。BT 観測が正常に行われた場合は、BT 参照値を用いるがそうでない場合は GPS 参照で得られた位置から求めたボート移動速度を用いる。(RTK-GPS 受信が正常な場合は、GPS 参照を用いる。) 7/22 の観測では、128 回の BT エラーが発生した。Fig.4 は流量 6, 173m³/s と最大逆流量を示した 7. 22 往路の観測値を図化したもので、a) 垂直ビーム (0.5Mhz) と BT ビーム (4 本の 1.0Mhz 平均) から得た水深の比較、b) GPS 参照と BT 参照のボート位置の軌跡と流速の比較、c) GPS 参照による測定断面の鉛直 2 次元流速分布、d) 1.0Mhz ビームの反射強度を示す。

頻繁に起こる BT エラーは、以下により発生したと考えられる。①流速が速いため河床最深部に高濃度の浮遊砂が流れていた。②トランスデューサー喫水深が 2 cm と浅く HydroBoard-II のピッチが大きく空気巻込によるビーム分離が多発した。③上記①、②により 1.0Mhz 帯ビームにおいて SNR が著しく減少し BT エラーが多発した。

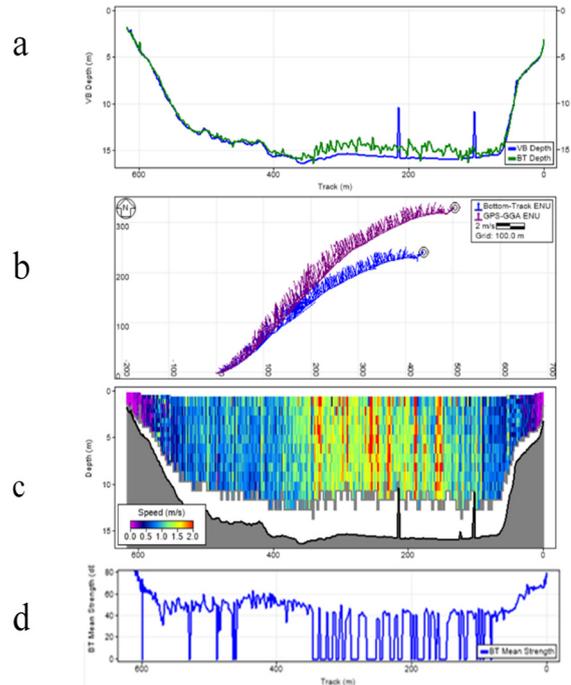


Fig.4: Water depth, boat locus, flow velocity distribution, and reflection intensity of BT beam on July 22

5. まとめ

順流と逆流を繰り返すトンレサップ川の流況を RTK-GPS を搭載した ADCP を Moving Boat 式の観測を行い、22 回中 17 回の観測で往復誤差が 5% 以内の精度で観測することができた。しかし、TD 喫水深が浅く流量が大きい場合は、高濃度の水中浮遊物が河床付近に発生し BT エラーが多発し、BT 参照でなく RTK-GPS による位置情報 (GPS 参照値) が有効なケースがあることが知見として得られた。

参考文献

- Kummu M, Tes S, Yin S, Adamson P, Józsa J, Koponen J., Richey J. and Sarkkula J. (2014): Water balance analysis for the Tonle Sap Lake-floodplain system, Hydrological process, 28, 1722-1733.
- Fujii, H., Garsdal, H., Ward, P., Ishii, M., Morishita, K., Boivin, T. (2003): Hydrological roles of the Cambodian floodplain of the Mekong River, International Journal of River Basin Management. 1, 253-266.