

実河川における UAV を用いた洪水流況計測手法の開発

高知高専 学生会員 ○山崎涼太 高知高専 学生会員 吉川和弘
高知高専 正会員 岡田将治

1. 序論

実河川において適切な維持管理を行うためには、洪水時の流況（流量、流向・流速、水位・水面形等）を面的に計測することが重要である。近年の技術発展により、計測技術の高度化は進んでいるものの、洪水流況の計測は点的に行われていることが多い。一般的に洪水流況を面的に把握する場合、平面2次元および準3次元等の水理解析が用いられる。しかしながら、実測値が不足しているため、これと水理解析で得られた値の細かな対比は行われていない。洪水流況の面的な計測が可能となれば、解析値の細かな検証や水理解析モデルの高度化も期待できる。

一方、近年では UAV（Unmanned Aerial Vehicle）が河川維持管理へ活発に応用されるようになってきている。加えて、市販の UAV の性能が向上し、全天候時の飛行が可能になったことから、これを洪水流況計測にも応用できる可能性が非常に高い。そこで本研究では、実河川において UAV を用いて洪水流況を面的に計測できる基礎手法を開発した。さらに、現地での計測実験を行うことで本手法が有する計測精度を検証した。

2. UAV を用いた洪水流況の計測手法

2.1 水面形の計測手法

水面形は、以下の手順で計測する。はじめに、UAV-SfMにより河道のオルソ画像を作成する。つぎに、オルソ画像から水際線を算出することができるよう同画像中の水域を白、それ以外を黒に変換する2値化処理を行う。そして、図-1に示すように得られた2値化オルソ画像から水際線の算出を行う。これには、2値化画像から検出された輪郭を利用する。これは同画像において、白黒の境界位置に属する白色ピクセルを繋げて表現される線である。このことから、輪郭を左右岸の陸水域の境界線であり、水面形の平面的な位置を表している水際線とする。また、算出された水際線の位置座標はピクセル番号で表されているため、これをXY座標（世界測地系）に変換する。最後に、先述の処理で得られた水際線のXY座標を基に、洪水前にUAV-SfMを行うことで作成した3次元点群データから左右岸の水面形の抽出を行う。

2.2 表面流速分布の計測手法

STIV 法は、動画像を用いて洪水流の表面流速分布を計測する非接触型の画像流速計測手法である。同手法によるこれの計測原理等については、別報を参照されたい。本手法では、まず、UAV を用いて河道上空から垂直動画を連続的に撮影する。つぎに、それを用いて STIV 法による解析を行うことで、図-1 に示すように表面流速分布を面的に計測する。

3. 実河川における流況計測実験

3.1 計測箇所および計測概要

実験は、物部川の河口から 7.5km より上流 300m の区間にて実施した。まず、水面形を計測するために河道上空 46m から UAV（DJI 社製：PHANTOM 4 RTK）による空撮を行い、得られた垂直画像と画像内に予め設置した標定点座標により SfM 処理を行い、オルソ画像と 3 次元点群データを作成した。これらの UAV-SfM データと先述した方法により水面形の計測を行った。また、RTK-GNSS による約 20m 間隔の水位の縦断計測も実施し、これらの計測値との差分を取ることで本手法の水面形の計測精度を検証した。なお、RTK-GNSS による計測中に水面形の時間変動が発生することが想定された。

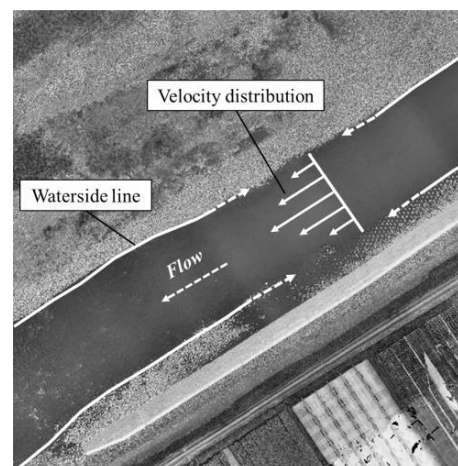


図-1 洪水流況計測のイメージ

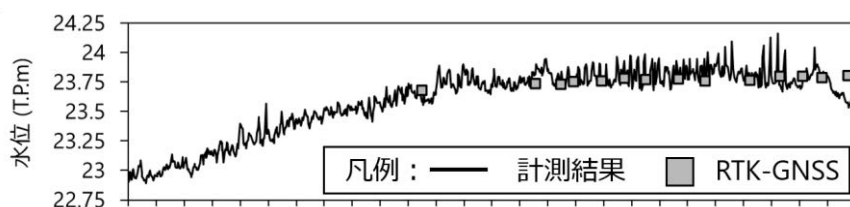


図-2 本手法により計測された水面形(左岸)

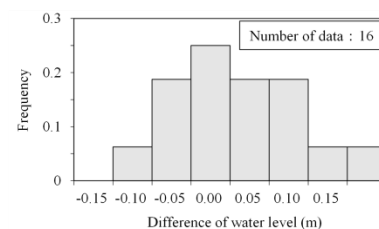


図-3 図-2 の差分のヒストグラム

め、この有無を把握することを目的として、計測区間に圧力式自記水位計を2器設置し、これによる水位計測を10分間隔で実施した。その結果、計測実験中の水面形の時間変動は、ほとんど生じていないことが確認された。つぎに、STIV法による表面流速分布の計測を行うために、川幅全体が画角内に写るよう UAV の飛行高度を82mまで上げ、30秒程度の垂直動画を連続的に撮影した。これを用いて検査線の長さおよび間隔をそれぞれ10m、2.0mとし、STIV法により表面流速分布の算出を行った。また、計測区間を対象としSTIV解析の検査線間隔に合

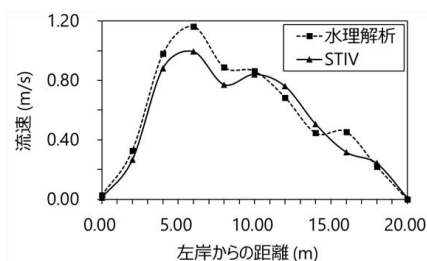


図-4 STIV法・水理解析で得られた流速分布の比較

わせて2.0m×2.0mグリッドの河道モデルを作成し、iRICソフトウェアのNays-2DHを用いて上流端境界条件を自記水位計により計測された水位を基に逆算した流量(5m³/s)、下流端境界条件を等流計算により求めた水位とした定常かつ固定床の平面2次元水理解析を行った。これにより得られた流速分布とSTIV法により計測された表面流速分布の比較を行った。河道地形にはUAV-SfMにより得られた3次元点群データを、粗度係数には0.03をそれぞれ与えた。

3.2 計測結果

図-2に本手法により計測された水面形(左岸)と他手法により計測された水位の比較、図-3にそれらの差分のヒストグラムを示す。同図を見ると、それぞれの計測値が概ね一致していることが確認できる。本手法および他手法により計測された水位の差分の平均 μ は0.36cm、標準偏差 σ は8.1cmであり、水位差 $\pm\sigma$ 未満の範囲に全データの65%、 ± 10 cm未満の範囲に全データの88%、 $\pm 2\sigma$ の範囲に全データの94%が入っていた。このことから、本手法は ± 10 cm程度の十分な水面形の計測精度を有しているものと判断できる。また、当実験において計測された水面形の解像度は、約3点/mであった。従来の数km間隔で計測された水位に基づく水面形と比較すると、本手法は極めて高分解能にこれを計測できることが示された。

図-4にSTIV法および水理解析により得られた流速分布の比較を示す。これらを見ると、平面2次元の水理解析で得られた流速は水深方向に平均化された値であるため、それぞれの解析値に多少の差異はあるものの、概ねこれらが一致していることが確認できる。これより、UAV-STIV法は良好に表面流速を算出できていると判断でき、同手法を用いて洪水流の流速分布を面的に計測できる可能性が示唆された。

4. 結論

本研究では、実河川において従来手法と比較して水面形や表面流速分布といった洪水流況を面的に計測できる基礎手法を開発した。さらに、物部川で実施した現地計測により、本手法は良好な精度で流況計測ができることを明らかにした。一方で、本手法のみで広範囲の河川の洪水流況を全て計測するのではなく、これと既存の流況計測技術とを組み合わせることで、より効率的に洪水流況を計測できることも示された。今後はUAVの航行速度等についても検討をし、洪水の中の実河川において短時間かつ面的な流況計測実験を行う。

参考文献

1) Fujita, I., et al.: Development of a nonintrusive and efficient flow monitoring technique: The space time image velocimetry (STIV), International Journal of River Basin Management, Vol.5, No.2(2007), pp.105-114.