

## マルチコプター撮影映像を用いた Aerial STIV の開発と ADCP による精度検証

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○能登谷 祐一  
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 藤田 一郎

## 1. 研究の目的

近年マルチコプターの民間利用が急速に広がっている。個人による空撮映像や農薬散布、災害調査などがあげられるが、河川工学の分野においては植生分布計測などが行われているものの河川流速計測を行っている例はほとんどない。これは風やモーターなどにより、映像にブレが生じることが障害となっているためである。河川流速観測にマルチコプターを活用することで、空中からの視点から低価格かつマクロに現象を観測することが可能となる。さらに地上に固定したカメラによる従来の表面流速解析<sup>1)</sup>では標定点の設置とその位置を正確に測量する必要があったが、ホバリングさせたマルチコプターによる観測では標定点の設置が不要となり労力の削減が見込まれる。このように河川における現象を捉える上でマルチコプターの活用は非常に有効な手段となりうる。そこで本研究では知的画像処理の技術を応用し、観測動画を高精度にブレ補正する処理を自動化し、表面流速を解析する実用的な Aerial STIV を開発した。

## 2. ブレ補正手法

STIV<sup>1)</sup>により表面流速を解析するためには最低 10 秒程度のブレがない動画が必要である。すなわちマルチコプターに搭載したカメラのフレームレートが 30fps である場合、300 枚程度のフレーム画像に含まれるブレを補正しなければならない。この処理を SIFT アルゴリズムと RIPOC アルゴリズムを応用することで自動化する。なお、本研究ではフレーム画像の左右もしくは上下二辺に河岸や静止した地上の物体が映されており、地上面と平行な軸方向の回転ブレは微小であることを想定している。

ブレ補正処理はあらかじめ定めたリファレンス画像と各フレーム画像に映る静止物体パターンのピクセル座標位置が一致するようにフレーム画像を射影変換することによりなされる。射影変換は  $x$  軸平行移動量、 $y$  軸平行移動量、回転量、拡大率を表す変数 4 つにさらに 2 つ加えた 6 つのパラメータ値が必要である。

SIFT は 2 枚の画像中から特徴点を抽出し、その周辺の輝度情報から特徴量を記述する。この特徴量から画像間の特徴点同士を対応付け、6 組以上の対応付けがなされることで特徴点座標からパラメータ値を算出できる。詳しくは参考文献を参照されたい<sup>2)</sup>。SIFT は局所的に類似したパターンが画像中に散在する場合誤った対応付けがなされる場合が多く、マッチングが困難となることや、映像中に動体があるときには場合によって多数枚のマスク画像を用意する必要があるという欠点がある。RIPOC はフーリエ変換の位相成分に注目したものである。回転量と拡大率を画像の極座標変換を施すことで平行移動量に置き換える処理などがあるがこちらも詳細は参考文献を参照されたい<sup>3)</sup>。サブピクセルレベルの高精度で補正することが可能で画像中に類似したパターンが散在しているものや動体に対して頑健であるが、 $x$  軸平行移動量、 $y$  軸平行移動量、回転量、拡大率のみの算出となり、射影変換を行うことができない欠点を持つ。

そこで RIPOC により概算値を算出し、設けた閾値を超える誤差で SIFT による対応付けがなされたものを除外することで、信頼度の高い射影変換行列を作成することとした。この処理をフレーム画像の枚数分繰り返すことでブレが補正された動画となる。

ブレ補正後の動画に対して検査線を設定し STIV の処理を行うことで表面流速を解析することが可能となる。これにより実用的な Aerial STIV が実現できた。

## 3. 実河川への適用

4 月 21 日に新潟県魚野川根小屋橋地点にてマルチコプターを使用し撮影した動画に対して Aerial STIV を  
 キーワード Aerial STIV, 河川流速観測

連絡先 〒657-0013 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部 TEL078-881-1212

適用する．使用したのはプロ仕様の高性能マルチコプター（ルーチェサーチ社，直径 85cm，高さ 45cm，重量 3.8kg）で，機体下に取り付けたデジタル一眼カメラでハイビジョン動画撮影を行った．本機は上空においても非常に安定なホバリング飛行を実現できたが，それでも画像のブレは生じた．

観測動画にブレ補正処理を施し，その効果を差分画像により確認した．差分画像は以下の式で求められる．

$$E(u, v) = |F(u, v) - R(u, v)|$$

なお， $u, v$ はピクセル座標であり  $E, R, F$ をそれぞれ差分画像，リファレンス画像，フレーム画像とする．すなわち差分画像について輝度値が 0 に近い値となるピクセルが多いほどブレ補正が上手くいっていることを示す．リファレンス画像，フレーム画像の双方に十分映されていると考えられる範囲についてブレ補正前差分画像（図 1）及びブレ補正後差分画像（図 2）の輝度値ヒストグラムを図 3 に示す．

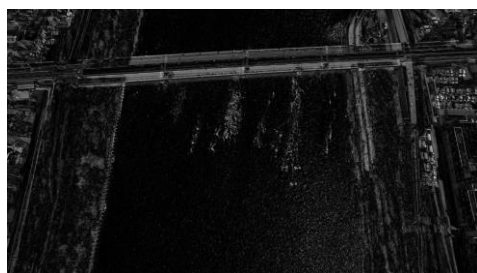


図 1 補正前差分画像

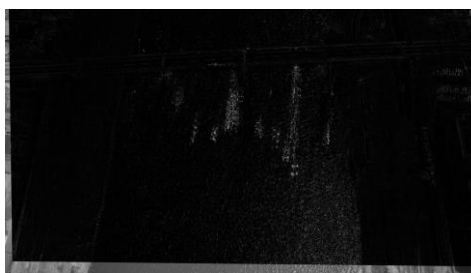


図 2 補正後差分画像

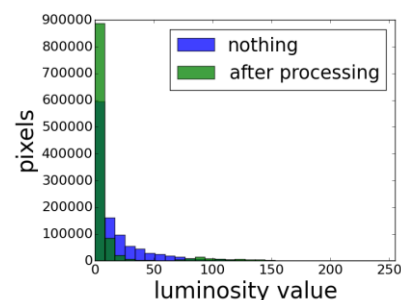


図 3 輝度値ヒストグラム

Aerial STIV は広範囲の表面流速分布を比較的容易に算出することができる点が利点の一つである．図，図に ADCP による流速分布と Aerial STIV による流速分布を示す．ADCP は水深 25cm の点でのデータを用いているため厳密に比較することはできないが，大きな差異は確認できない．

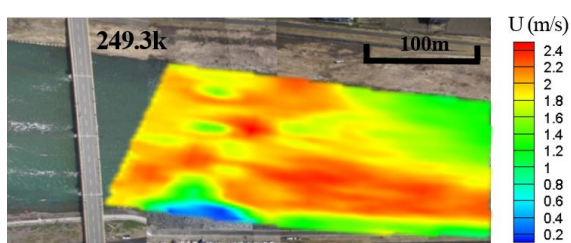


図 4 ADCP による表面流速

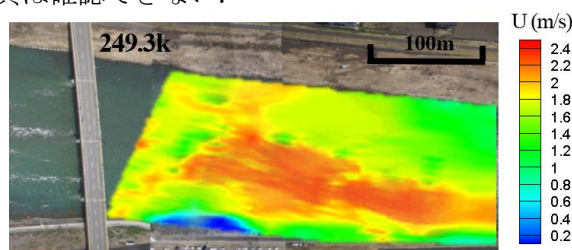


図 5 Aerial STIV による表面流速

#### 4. 結論

マルチコプターを使用して撮影した映像に含まれるブレを高精度に補正することで実用的な Aerial STIV を開発し，魚野川における表面流速を算出した．さらに既存の手法である ADCP によって得たデータと簡単に比較し，その有用性を確認した．

#### 謝辞

本観測において土木研究所やルーチェサーチ社をはじめとする多くの方々の協力を頂きました．ここに深い感謝の意を表します．

#### 参考文献

- 1) 藤田一郎，椿涼太：時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測．河川技術論文集，Vol. 7，pp. 57- 60，2003．
- 2) David G Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International journal of computer vision, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110, 2004.
- 3) 青木孝文，伊藤康一，柴原琢磨，長嶋聖．位相限定相関法に基づく高精度マシンビジョンピクセル分解能の壁を越える画像センシング技術を目指して．In Fundamental Review, 第 1 巻, pp. 30- 40. IEICE, 2007.