

空中移動撮影された河川ビデオ画像の流速画像解析手法の開発

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

1. はじめに

河川の流れの観測方法には、定点や測線上で局所的な流れを観測する方法と平面的に流れを把握しようとする方法がある。前者で代表的なものにはプローブタイプの計測器、電波流速計あるいは ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) などがある。後者で代表的なものには、ボート搭載型の ADCP をジグザグに走行させる方法や航空写真あるいは空中ビデオ映像から画像解析により河川表面流速分布を求める方法がある。特に、後者の画像情報を利用する方法は長い河道区間に渡って河川流を調査できるメリットがあり、その結果は平面二次元的な数値計算の検証用のデータとしても活用できる。空中撮影のビデオ画像から表面流速分布を算出する方法としては Fujita and Kunita¹⁾により Aerial LSPIV (Large-Scale Particle Image Velocimetry) が提案され、有人ヘリコプターから移動しながらビデオ撮影した淀川洪水時の流れの解析結果が示されている。しかしながら、この手法においては移動映像のブレを補正するために、一部分手作業による煩雑な処理が必要な点に短所があった。本研究では、この問題点の解決を図るために最近の知的画像処理技術を導入し、ブレが含まれる数百枚以上の連続画像のブレ補正をほぼ自動的に実行できるアルゴリズムを開発した。

2. ブレ補正手法

今回対象とするのは、ビデオカメラをほぼ真下に向け、河道に沿って両岸を写しこみながら移動撮影された動画である。ここではこれをナビゲーションモード（略してナビモード）の撮影と呼び、ホバリング撮影（ホバモード）²⁾とは区別する。ナビモードで問題となるのは、撮影対象の範囲が時々刻々と変化する点であり、画像を1枚ずつ処理して水面以外の背景を各画像で一致させても、ヘリの移動とともに画像間で共通する部分がなくなっていくため、マッチングが困難となる。そこで、本研究では一つの方針として、ある長さの河道区間を撮影したビデオ画像から、その区間全体をカバーする一回りサイズの大きなパノラマ画像を作成することとした。このパノラマ画像は、水面とそれ以外の領域を区別するために、水面を黒く塗りつぶしたパノラママスク画像（図-1）を生成するために利用する。もう一つの方針として、中継リファレンス画像の概念を導入し、移動に伴って撮影範囲が減少する点を解消した。すなわち、ある程度移動が進んだ時点で後述の画像マッチングの基準となるリファレンス画像を切り替える（中継する）ことを繰り返すわけである。リファレンス画像とは、それに引き続く画像の背景を一致させる基準の画像であり、例えば画像の相対的な移動量が8%程度となったときに切り替えるとする、新旧のリファレンス画像の間の画像変換係数を記憶させておくことで、全体的な個々の画像の位置関係を特定できる。

紙面の都合上詳細な説明は省略するが、各画像に含まれる背景（道路、樹木、家屋などの本来静止している画像部分）が一致するように連続する画像を逐一変形していけば、あたかも空中の静止した点から撮影したような映像を生成することが可能となる。そのために、本研究では特徴点の検出と特徴量を記述するアルゴリズムとして著名な SIFT や2枚の画像間の平行移動、回転量、拡大率を高精度に算出する RIPOCなどを駆使している。詳細については、

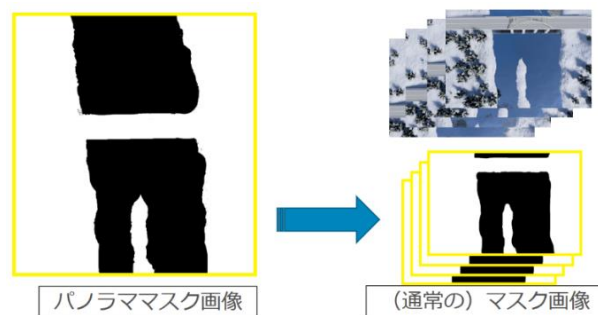


図-1 パノラママスク画像

キーワード：河川表面流速分布観測、SIFT、RIPOC、有人ヘリ

連絡先 〒657-0013 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL 078-803-6439

参考文献⁴⁾⁵⁾を参照されたい。

3. 有人ヘリによる淀川洪水撮影動画への適用

本研究で開発した手法の適用例として、文献1)で用いられた有人ヘリから撮影された動画の再解析を試みた。撮影対象は淀川の洪水流であり、ここでは三川合流部から下流域のある部分を30fps(frame per second)で撮影した約35秒間(1072枚)の動画を解析した。合成した高精度パノラマ画像とそれにPIVを用いて求めた表面流速ベクトルをプロットした結果を図-2に示す。撮影当時の洪水流は低水路満杯状態の大規模な洪水であり、河川表面には多様な波紋が発生していたため、単純なパターンマッチングに基づくPIVでも比較的良好に流速ベクトルが得られている。ただし、河口から29.8km付近の左岸側(図中の点線で示した付近)では、光の反射が弱く波紋の視認性が低かったこともあり、流速分布に乱れが見られた。この部分の異常ベクトルを除外すると、最大流速は3m/s程度であり、この結果は文献1)に示された結果とよく一致した。ここで重要な点は、文献1)では2枚ずつ準マニュアル的にブレ補正をしていた点が解消され、1072枚にも及ぶ連続画像のブレ補正を自動的に、短時間に処理できるようになった点である。

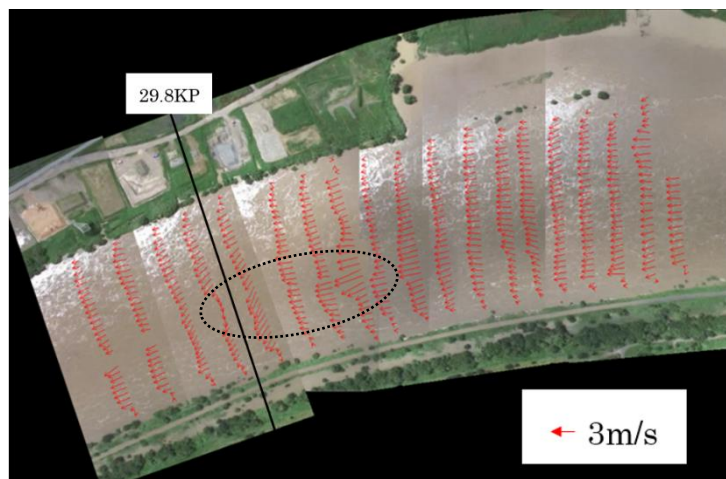


図-2 淀川表面流速ベクトル分布
(河口から29.8km地点で河川幅約310m)

ただし、河口から29.8km付近の左岸側(図中の点線で示した付近)では、光の反射が弱く波紋の視認性が低かったこともあり、流速分布に乱れが見られた。この部分の異常ベクトルを除外すると、最大流速は3m/s程度であり、この結果は文献1)に示された結果とよく一致した。ここで重要な点は、文献1)では2枚ずつ準マニュアル的にブレ補正をしていた点が解消され、1072枚にも及ぶ連続画像のブレ補正を自動的に、短時間に処理できるようになった点である。

4. 結論

本研究では、空中で移動しながら撮影された動画のブレを自動的に補正するアルゴリズムを開発し、淀川の洪水流動画に適用して良好な結果を得た。近年では、有人ヘリコプターだけではなく、いわゆるドローンの安定性が増し、河川流の撮影機会が増えることも予想されるが、本アルゴリズムはそのような動画から定量的な流速情報を抽出できる手法として今後のさらなる利用が期待される。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費(研究代表者: 藤田一郎)および河川整備基金(研究代表者: 藤田一郎)からの支援を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Fujita, I. and Kunita, Y.: Application of aerial LSPIV to the 2002 flood of the Yodo River using a helicopter mounted high density video camera, Journal of Hydro-environment Research, Volume 5, Issue 4, December 2011, Pages 323–331, 2011.
- 2) Lowe, D. G.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints, International Journal of Computer Vision, Vol.60, No.2, pp.91-110, 2004.
- 3) 青木孝文ら: 位相限定相関法に基づく高精度マシンビジョン一ピクセル分解能の壁を超える画像センシング技術を目指してー, Fundamentals Review, Vol. No.1, pp.30-40, 2007.
- 4) 藤田一郎・能登谷祐一・霜野 充: マルチコプターから撮影されたブレ動画の高精度補正に基づく Aerial STIV の開発, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.71, No.4, I_829-I_834, 2015.
- 5) 能登谷祐一・藤田一郎・建口沙彩: ナビゲーションモードに対応した空中撮影動画のブレ補正と洪水流計測への適用, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.72, No.4, I_877-I_882, 2016.