

写真測量を用いた渓流域の簡易的空間把握手法

福岡大学工学部 学生会員 ○赤間 功基

福岡大学工学部 正会員 伊豫岡 宏樹

1. はじめに

流域を構成する地質やその構造が異なることで、それぞれの河川独特な物理・化学環境が構成され、その影響が生態系へも波及している。溪流における河道管理手法を確立していくにあたり、地質は重要なキーワードであり、河床材料、流量変動や水の交換量、水温、水質などの物理・化学的環境の違いや底生動物、間隙生物等に着目し、地質間の生態系の構造や機能の違いを評価する試みが行われている。しかし、ステップ・プール構造や、巨石の存在などの複雑な地形が、溪流の理解を進めるためには、その地形を3次元的に把握することが必要である。地形を詳細に把握する手法として、3D スキャナや移動型 3D-Lider などがあるが、いずれも設置に時間がかかることや使用する機器が高価なため、溪流での実用のためのハードルは高い。また、近年急速に普及が進んでいる UAV (Unmanned aerial vehicle) などを用い、移動しながら撮影した複数の平面写真から三次元モデルを構築する SfM (Structure from Motion) 技術により、撮影範囲全体のオルソ画像や地形モデルを迅速かつ安価に得ることが可能となっているが、樹林に覆われた溪流では GPS 信号の受信に難があり、そもそも UAV を飛行させることが難しい。本研究では、溪流を徒歩で移動しながら撮影した連続撮影より、SfM を用いて溪流の河道形態を詳細に把握し詳細な地形モデルの作成することを目標とした。

2. 方法

写真撮影に先立ち、撮影区間の上下流にわたって後述する測量点および Ground Control Point (GCP) として使用する地点を明確にするために測量用の杭の設置および石灰を用いた $\phi 10$ cm のマーキングを行った。SfM に用いる写真は、小型アクションカメラ (GoPro Hero5 session) にスタビライザー (Feiyu WG2) を組み合わせたシステムを使用し、河川を移動

しながら可能な限り高い位置から斜め前方を2秒ごとに撮影した。一方向の撮影では、巨石などの被写体の裏側をとらえることができないため、溪流を 50m 程度の区間に区分し、各区間が若干の重複するように往復しながら1区間に対して基本的に1往復半の撮影を行った。また、複雑な地形や広い河道区間は、撮影していない範囲が出ないように適宜追加の撮影を行った。

GCP 及び精度評価に用いるための測量については、トータルステーション (SOKIA SET4000) を用い、前途したマーキング箇所について最初の機械設置場所の座標を $(X, Y, Z) = (0\text{m}, 0\text{m}, 0\text{m})$ とした相対座標を求めた。

写真測量は、菊池川流域の河川規模、勾配の近い2つの地質 (溶結凝灰岩、花崗岩) の溪流について行った。SfM によって作成された3次元地形モデルは、河川上を覆う樹木などの不要な点群の除去を行った後、DSM のラスタデータとして保存し GIS 上で GCP として使用しなかった測量点との誤差を測定することでその精度を評価した。

3. 結果

溶結凝灰岩 450m 程度、花崗岩 180m 程度の地形モデルの作成できた。モデル作成に用いた写真数は、それぞれ 2495 枚、1156 枚であった。また、GCP にはおおむね等間隔にそれぞれ 16 地点および 11 地点の測量点を使用した。作成された地形モデルを、図 1、図 2 に示す。それぞれ GCP に用いなかった測量点での精度は、溶結凝灰岩で $\text{RMSE}=17.7\text{cm}$ ($n=18$)、花崗岩で $\text{RMSE}=4.5\text{cm}$ ($n=14$) となった。

4. 考察

GIS より作成した縦断形状を図 3、図 4 に示す。平均的には、いずれも 1/20 程度の勾配であるが、溶結凝灰岩の溪流では部分的に数メートルに及ぶ大きなステップがみられる一方、花崗岩の溪流では、ステップは大きくても 1m 程度であり、地質による縦

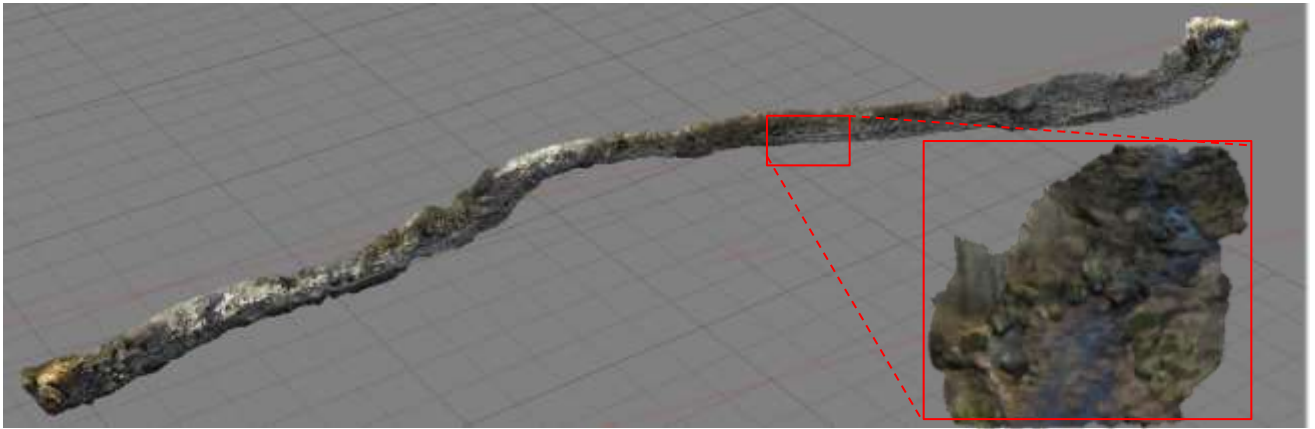


図1 地形モデル (溶結凝灰岩)

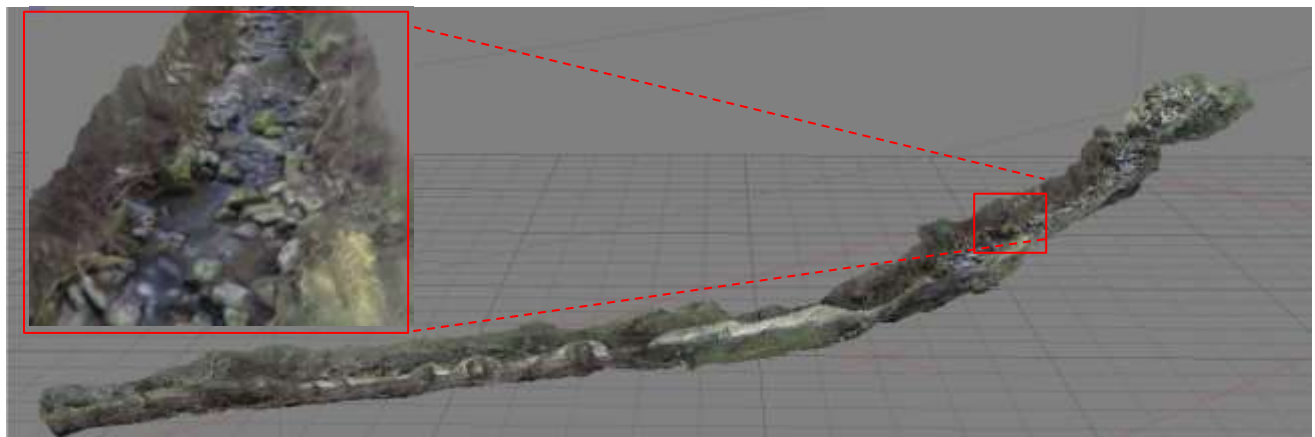


図2 地形モデル (花崗岩)

断面形状の違いが見て取られた。また、花崗岩の溪流では、比較的勾配が一定であるが、溶結凝灰岩の溪流ではフラットな区間が多く続くことも見て取れる。

地形モデルについては花崗地質については鉛直方向のRMSEが5cm以下となり、十分実用的な精度を持っていた。モデル作成については、斜め前方を撮影することにより、縦断方向に不要な点群が発生することや、河道内の樹林などのデータを除去することが重要な作業であった。また、撮影の際にUAVを用いた撮影に比べ被写体が近くなるため、地形条件や移動方向によっては写真のオーバーラップ著しく小さくなり、分割して作成した地形モデルを統合などのモデル作成上でのノウハウが必要であった。今回は、スタビライザーを用いた撮影ではあったが、溪流は光量が少ないため、シャッター速度を比較的長くとる必要があり、手振れによる品質の悪い写真が生じる問題があった。しかしながら、本手法は従来の手法と比較して調査が1日で終了する等簡便であり、作成された地形モデルを用いることで、これまで、詳細な地形の考慮が難しかった溪流域での3

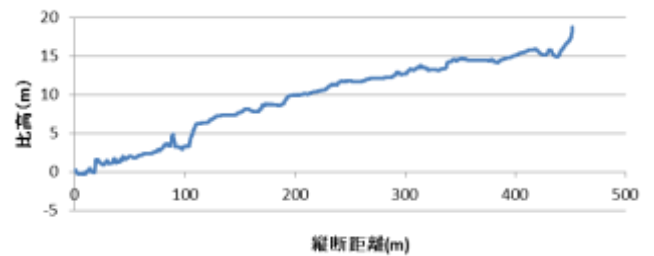


図3 縦断形状 (溶結凝灰岩)

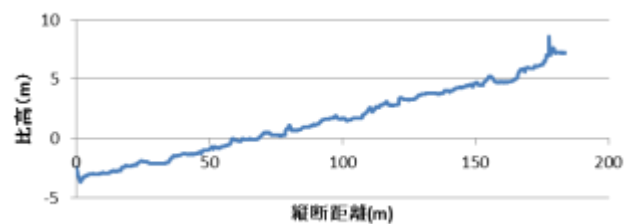


図4 縦断形状 (花崗岩)

次元的な物理条件を考慮した河道管理がより簡易に行える可能性が示された。

参考文献

- 1) 伊豫岡宏樹ら, UAV-SfM による地形モデルの干潟ハビタット評価への適用, 土木学会論文集 G(環境), 71/7, III_131-III_136, 2015.