

UAVを用いた河床形状測量の精度向上に関する検討

宮崎大学工学部 学生会員 ○武智仁志
宮崎大学工学部 正会員 入江光輝

第1章 はじめに

大規模な土砂移動を伴う河川では、治水安全度維持のために頻繁な河床形状測量が必要とされる。また、ダム等による流砂系の遮断が環境上の問題となる昨今では通砂等の土砂移動の健全化対策が試みられるが、その効果としての土砂移動量の定量的な評価手法が必要とされている。

UAVを活用した地形測量技術は、比較的安価に少ない労力で実施可能なことから、高頻度の実施が必要とされる上記のような対象への適用が検討されてきている。上治ら¹⁾は山地河川を対象にUAVによる空撮とステレオ画像解析によるStructure from Motion(SfM)写真測量の精度検証を実施した。画像解析結果と測量で得た標高真値を比較した結果、誤差は数cm程度で同手法の有効性が示された。また、河原²⁾らはUAVからのレーザー測量による広範囲の地形把握を試み、植生密度の高い河畔においてパルスレートや照射角度の設定によって高い精度で地表面標高が得られることを示しているが、レーザー測器自体やその重量負荷によるUAV大型化によるコスト上昇の課題は残る。

著者らのグループも、昨年度より耳川水系西郷ダム直下の通砂による土砂移動のモニタリングを目的として、UAV空撮によるSfM画像解析による定期測量を開始した³⁾。UAVによる空撮時には、地上に三次元座標が既知である地上基準点Ground Control Point(以下GCP)を設置するが、対象サイトの立ち入り制限などによってGCPの空間的な配置バランスが悪かったり、GCP設置数が少なかったりした場合には、精度に問題を生じさせる場合がある。そこで本研究では一般的な兩岸を斜面に挟まれた河道という地形特性を対象にして、誤差を生じさせうる要因、すなわちバランスの良くないGCP配置や限られた数のGCPがどの程度の誤差を生むのかについて検証を行うこととした。

第2章 調査方法

2-1 解析対象

解析対象としたのは昨年度の調査でも対象とした耳川水系西郷ダム下流である。同ダムではダム下流部での河床材料の粗粒化やアーマー化といった河川環境劣化が問題となっている。この問題を解決するためにダム通砂運用が実施され実際に土砂移動も確認されている。その効果もあり現在では比較的多様な地形をしている。

昨年度はGCPを図-1中に白マークで示した4地点のみ設けたが、SfM画像解析の結果について、十分な精度検証を行っていなかった。上治らが対象とした山地河川に比べてやや勾配が緩やかで、堆積する砂礫が比較的均質な地表面模様を呈する本対象では、

画像解析時に生じる誤差精度やその特性が異なることが推測される。



図-1 GCP設置地点

2-2 解析手順

解析はUAV(DJI社製Phantom4Pro)による空撮を行い、SfM画像解析ソフトPhotoScan Professional Edition(Agisoft社製)によるステレオ画像解析によってDSMを作成したのち、ArcGIS(ESRI社製)上で検証地点のメッシュを抽出し、別途行った水準測量結果と比較して誤差評価を行った。まず、このサイトに標高既知点として図-2のように23のポイントを設けた。これらの地点の標高をトータルステーションにより、水平位置をGPSにより測量した。この23の地点の一部をGCPとしてメッシュサイズ0.5mのDSMを作成し、残りの点の精度を検証した。

2-3 解析パターン

GCPとして使用する地点の選定のパターンは以下の4通りである。

1. 昨年GCPの4点
2. 調査サイト全体を囲むような5点
3. 調査サイト全体を囲むような10点
4. 調査サイト全体を囲むような15点

昨年解析に使用した4点は図-1に示した通り河道に沿って概ね一直線上にGCPを配置していた。それ以外の3パターンについては調査範囲の四隅とそれを補完するような中央付近の地点を選定して配置した。GCP5点の選定はGCPの位置関係がサイコロの5の目のように配置した。GCP10,15点の選定を行う際にはGCP5点よりも詳細に調査サイト外周を囲むとともにできるだけ等間隔に内部の地点数を増やすことに注意した。

第3章 結果,考察

3-1 解析結果

GCP4,5,10,15点の解析結果を図-2に示す。図中の横軸(ポイント No.)は図-1の番号と対応している。

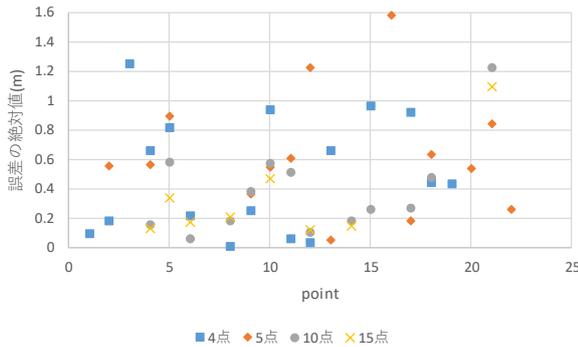


図-2 検証点の誤差(絶対値)

極端に大きく出た誤差は省かれており,GCP4点の時には3地点で10m以上の誤差,GCP5点の時には4地点で約2mの誤差が出ている.誤差の絶対値の平均は4点の時2.615m,5点の時0.831m,10点の時0.381m,15点の時0.335mとなっている.

3-2 考察

極端に大きな誤差が生じたGCP4,5点についてオルソ画像を用いてGCPの水平位置を確認したところ本来のGCP設置地点とは大きく離れた地点を示していた.同様の方法でGCP10,15点の場合も水平位置を確認したところ大きな水平位置のずれは確認されなかった.本研究では対象範囲の面積約8,000m²を200枚程度の写真に収めているが,GCPの設置数については解析結果より5地点では不十分であり,10地点以上が好ましいと考えられる.これら4パターンの誤差を比較すると,GCPが多くなるほど誤差のばらつきが小さくなるという結果が得られた.

またGCP4,5点を比較したところ,5点の方がオルソ画像上での水平位置のずれや誤差の振れ幅が小さいことが分かった.したがって,GCPの配置バランス(調査域を大きく囲むか否か)もUAVでの地形測量を行う際の誤差要因になりうるということが確認された.

さらに,今回の解析ではGCP数を増やしたり,空間的な配置バランスを改善したりしても数十cm以上の誤差が生じた.この誤差を生じさせた要因としてUAVの飛行速度や1メッシュに対するGCPの代表性がないことなどが関係していると考えられる.

測量会社によるUAV測量実績や既往の研究ではUAVの飛行速度は約4.0-5.0m/sで飛行するのが一般的²⁾だが,今回の研究では7.0m/s以上の飛行速度で調査を実施した.これによって写真の解像度が下がり,誤差が生じた可能性がある.特に地表面の外観が均質な砂礫が堆積したエリアが多い本研究の対象領域では撮影時のブレによる解像度低下が複数枚の写真を統合する際のズレを引き起こしやすくなると考えられる.また,視差評価を行う点の選定時にも一様パターンの続く地表面上に適切な特徴点を見出すことが困難になりやすく,できるだけブレの少ない写真が望まれる.

GCPのメッシュ内の代表性については,GCPを設置した場所が十分な面積の平地ではなかったことやGCPを小石などで固定していたことなどが原因でその地点の代表性が失われてしまったため,解析精度が下がったのではないかと考えられる.

第4章 最後に

4-1 まとめ

本研究では一般的な兩岸を斜面に挟まれた河道という地形特性を対象にして誤差を生じさせる要因の検証を行った.それにより,以下のことが示された.

- 1) UAVによる地形測量を行う際に,GCPは調査サイト全体を囲むようにかつ,空間的配置バランスが取れるように配置する必要がある.
- 2) ある程度起伏がある現場でUAVによる地形測量を行う際には,約8,000m²あたり10地点以上のGCPが必要である.

現段階では上記の4パターンしか解析・比較を行っていないが,標高を偏らせた場合の誤差(GCPを標高が低いところだけに配置した場合標高が高いところで誤差がどのように生じるのか)など誤差の要因は他にも考えられる.このような誤差の解析も行い,精度向上を行いたい.

4-2 今後の課題

今回の研究では標高差が約30mあるサイトにおいて,誤差数十cmという結果を得た.誤差を生じうる要因はGCP数や配置バランスだけではなく,飛行速度やGCPの設置点周辺の水平性も関係していると考えられた.UAVとSfMによる測量は少ない労力で広域の地形把握が可能で,今後より一層の普及が期待されるが,これらの誤差要因をさらに精査し,高精度化のためのノウハウの蓄積と方法の基準化が必要と考えられる.

また,著者らはここで示した西郷ダム下流以外にも,総合土砂管理の進められている耳川水系の大内原,山須原ダム下流部でも同様の調査を行っている.これらのサイトにおける精度評価も行いながら,地形特性に応じた最適手法についても議論していきたいと考えている.

参考文献

- 1) 上治雄介,山川陽祐:UAVによる空中写真測量技術を用いた河床形状測量における精度検証,筑波大学農林技術研究第5号,9-20,2017
- 2) 渡辺豊,河原能久,北真人:UAVを用いたレーザ測量の河川地形の精度評価,土木学会論文集B1(水工学)Vol.73,No.4,I_553-I_558,2017
- 3) 塩月崇文:耳川水系ダム通砂による河床変動に関する調査,2017