

# UAV-SfM 手法を用いた干潟地形変化の把握

福岡大学 正会員○伊豫岡宏樹, 福岡大学 正会員 浜田晃規  
 福岡大学 正会員 渡辺亮一, 福岡大学 正会員 山崎惟義

## 1. 目的

熊本県八代市を流れる球磨川は流路延長 115km, 流域面積 1880km<sup>2</sup>の一級河川で, 球磨川水系の本流である。また, 流域の 8 割以上が山地で, 平均年降水量は 2800mm, 河口域には約 3000ha にわたる広大な干潟を形成している。荒瀬ダムは, 球磨川の約 20 kmに位置し発電ダムとして建設当初は県内の総需要量の 16%の発電を行っていたが, その後の発電方式の多様化によって平成 20 年には 1%以下となり, 平成 24 年より 6 年間の予定で撤去事業が行われている。これは我が国で「ダム」と定義される堤体 15m を超える大型の廃ダムでは初の撤去事業である。このような大型ダム撤去に伴う物理基盤や生息生物の変化などについての知見は世界的に見ても少ない。河口域への影響について生物の生息環境を合わせて評価するためには, 物理基盤に敏感に反応すると考えられるカニ類が利用するような, 微地形の把握が必要である。物理環境を面的に評価する手法として, 衛星画像や実機の飛行機による航空写真を用いたりリモートセンシング技術は強力なツールであるが, 衛星画像の 1 ピクセルあたりの解像度はせいぜい数 cm から数十 cm 程度であり, 小型の生物が利用しているようなマイクロハビタットを評価するには十分ではない(表 1)。また, 出水など短期間での環境の変化等を評価できるようなデータそろえることは費用や撮影条件等の制限から難しい。そこで, 本研究では, 近年広く普及しはじめている無人航空機 (UAV) による低空航空写真撮影を行い, 複数の平面写真から三次元モデルを再構築する SfM (Structure from Motion) を用いて, 高解像度の干潟地形変化について検討を行った。

## 2. 方法

調査は球磨川河口干潟を対象として, 川幅が大きく広がる地点(図 1)を対象とした。UAV による航空写真撮影は, 平成 26 年 9 月 9 日および平成 26 年 11 月 8 日の大潮干潮時の前後 2 時間程度で実施した。UAV は JI S800EVO を用い, 搭載カメラは, 比較的大型の ASP-C サイズの CMOS センサーをもつ Canon EOS M と EF-M22mm F2 STM レンズの組み合わせで撮影を行った。撮影条件は, 既存の文献を参考に写真のオーバーラップ率が 65%以上となるように, 撮影高度を 50m, UAV の移動速度を 4m/s, 撮影インターバルを 2.5 秒とした<sup>1) 2)</sup>。航空写真の撮影に合わせて SfM のキャリブレーション用に配置した 8~9 か所の地表基準点 (GCP) と, 精度検証用におおむね航空標識の範囲内で 30~60 地点程の RTK 測量 (Trimble R4 GNSS) を行った。その後 SfM ソフトウェアによって地形モデルを構築し, その

表 1 手法による分解能の違い

種別	衛星名・手法	撮影高度	分解能(cm)
人工衛星 ※パナソニックセンサー	GeoEye-1	681km	41
	IKONOS	681km	82
	Pleiades	694km	70
	QuickBird	450km	61
	Skysat	595km	85
	WorldView-1	496km	50
	WorldView-2	770km	46
航空測量	航空写真	1,200m程度	12
	航空レーザ計測	2000m程度	50
マルチコプター空撮 ※22mmレンズ 画素数5184×3456での理論値	低空航空写真	300m	5.94
		200m	3.96
		100m	1.98
		50m	0.99
		20m	0.41

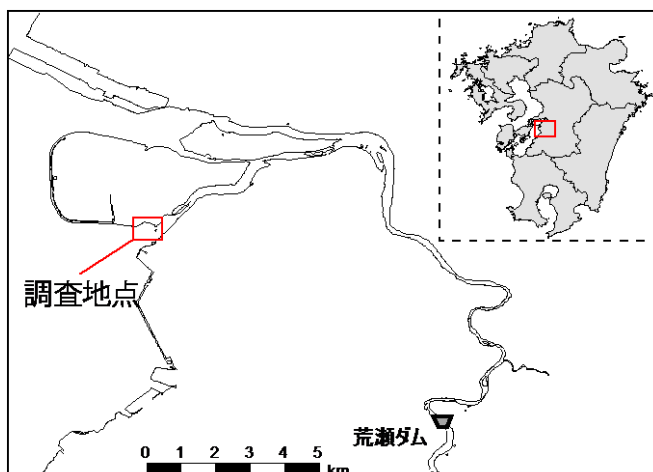


図 1 調査地点

標高と RTK 測量によって得られた標高を比較し, 精度を確認した後, 9 月と 11 月の地盤高の変化を GIS 上で算出した。SfM ソフトウェアには Agisoft PhotoScan Ver.1.04 を用いた。

## 3. 結果

SfM によるオルソ画像および地形モデルを図 2 から図 5 に示す。オルソ画像は撮影区間の端部で歪みがみられたがカニの巣穴が観察できる程度の高い精度で再現ができていた。地形については, オルソ画像と比較すると滞筋や砂堆等の微地形も再現されているが, 波浪やハレーションによって写真ごとに写り方が変わるような水際部や水面はうまく再現されなかった。RTK 測量と SfM による地形モデルの鉛直精度を比較すると, 標高差の標準偏差が 3 cm 程度と RTK 測量の誤差の範囲内ととらえても差し支えない程度

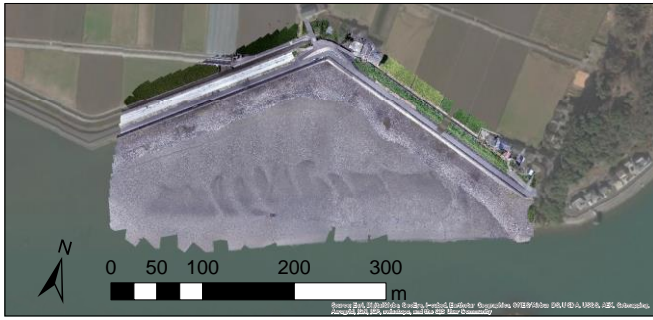


図2 オルソ画像 (9月)

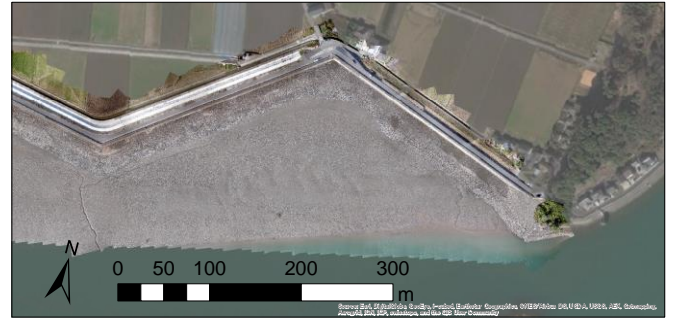


図4 オルソ画像 (11月)

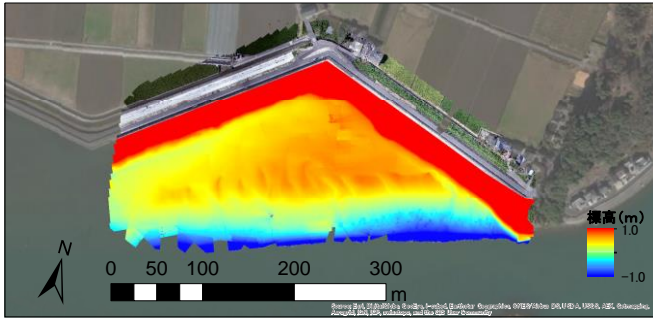


図3 SfMによる地形モデル (9月)

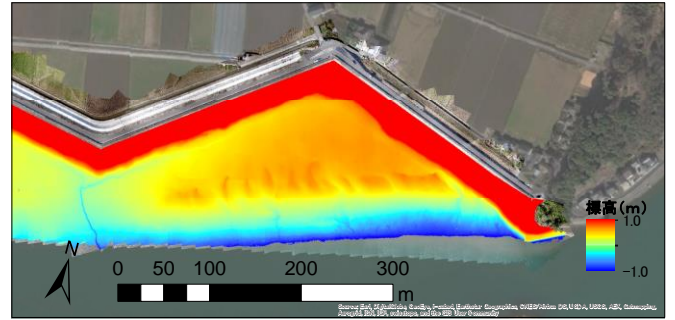


図5 SfMによる地形モデル (11月)

の精度であった。図6に9月と11月干潟の標高の偏差を示す。±10 cm程度の変化が見られており、東側の護岸近くに土砂が堆積している傾向がうかがえる。また汀線近くでは標高の減少が見られた。

#### 4. 考察

オルソ画像については、ハビタットの評価を行うのに十分実用的な精度を持っており、特に高解像度カメラで撮影したオリジナル画像と同程度の解像度で出力した場合、ベントスの巣穴や、生物自体を確認することも可能であった。三次元モデルについては、ソフト上でカメラ自体の歪み補正を加えているが、作成された地形モデルは、モデル作成のための写真情報の少ない端部に歪みが大きかった。標高の精度については、RTK 測量との併用で座標補正を行った範囲内では、標準偏差数 cm~10cm 程度に抑えられていたが、補正情報のない端部については、精度はさらに低いと考えられるため、地形モデル作成の際は対象範囲をカバーするような検証用のデータを合わせてとっておく必要がある。また、UAV による撮影自体は数十分程度で行うことができるが、撮影された写真を補正するため対空標識の設置やその測量に時間がかかるため、今回使用した RTK 測量をはじめ、ノンプリズムトータルステーションを用いたり既知の三角点を利用したりするなどの効率的な調査計画を立てる必要がある。今回の検討には加えていないが SfM ソフトウェアの設定条件によっても精度が大きく左右されるため、その使用方法についても熟知しておく必要がある。

本手法によって生物生息空間を簡便に把握することが

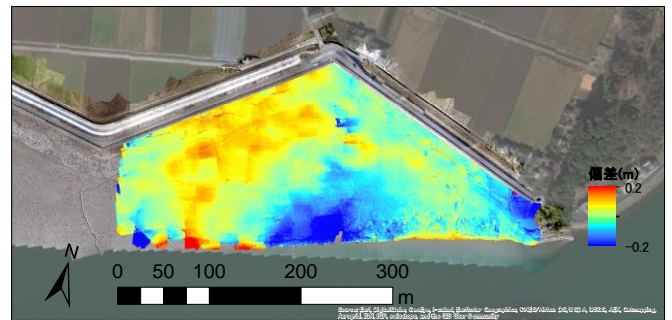


図5 RTK 測量と SfM による地形モデルの標高

可能となり、今回検討したような詳細な微地形を合わせて評価することに加えて、UAV に搭載可能なマルチスペクトルカメラやリモートセンシング技術を用いることで、河川ハビタットを三次元的に評価する手法が今後ますます広がっていくと考えられる。

本研究の期間内には大きな出水がなかったため、底質のドラスティックな変化は見られなかったが、今度同様な調査を継続していくことで、三次元的な地形変化及びそれに伴う生物の対応について知見を積み重ねる必要がある。また、これらの地形の変化について、ダムの影響をどのように分離していくかも検討課題である。

#### 参考文献

- 1) 井上公, 内山庄一郎, 鈴木比奈子, 自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術,” 防災科学技術研究所研究報告, vol. 81, pp. 61-98, 2014.
- 2) 内山庄一郎, 井上公, 鈴木比奈子, SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, vol. 81, pp. 37-60, 2014.