

低空航空写真を用いたハビタットの把握手法に関する研究

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

生物多様性に配慮した河川改修や多自然川づくりを実施する際は、生息場の物理的環境と生物の生息を関連付けて現状を把握し、設計に反映させる必要がある。物理環境を広域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を取ることは費用や撮影条件の制限から難しい。

近年、ラジコン等の無人航空機(UAV)の性能が飛躍的に向上し、広く普及しはじめている¹⁾。特に電動のマルチローターヘリコプターにデジタルカメラ・ビデオカメラを搭載して実機の航空機と干渉しない高度で航空撮影では、条件によっては1ピクセルあたり数mmの解像度での写真の撮影が可能で、衛星画像や実機の飛行機と比べ撮影条件の設定の際の自由度が高い調査計画を立てることができるようになった(表1)。また、複数の二次元画像から三次元モデルを再構築するSfM(Structure from Motion)技術を用いることで、航空写真から容易に三次元的な地形を再現することが可能となり、測量業務をはじめさまざまな面での応用が期待されている²⁾。本研究では、マルチコプターを用いた低空航空写真およびSfMを用いて、河川ハビタットを三次元的に評価する手法について検討を行なうことを目的としている。今回は特にSfMによる三次元モデルの精度について評価するため河口干潟で航空写真撮影を行い、SfMによる地形モデルの作成およびその精度の検討を行った。

2. 方法

航空写真撮影は平成26年8月21日に八代市の球磨川河口干潟、平成26年12月21日に福岡市の今津干潟にていずれも大潮の干潮時に行った。カメラを搭載するUAVとしてDJI S800EVOおよびDJI F450、カメラはCanon EOS MおよびGopro3⁺ silver editionを用い、井上(2014)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150mおよび50m、UAVの移動速度を4m/sとした。撮影条件を表2に示す。あわせてSfMのキャリブレーション用に配置した8~9か所の航空標識上と、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

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
	ALOS/PRISM	692km	250
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

表2 撮影条件

撮影条件	場所	UAV	撮影高度(m)	カメラ	35mm換算 焦点距離(mm)	画素数 (M pixel)	撮影間隔 (sec.)
Case1	球磨川河口干潟	S800EVO	150	EOS M	35	18	4.5
Case2	球磨川河口干潟	S800EVO	50	EOS M	35	18	2.5
Case3	球磨川河口干潟	F450	50	Gopro	23	5	2
Case4	今津干潟	F450	50	Gopro	23	5	2

によって地形モデルを構築し、その標高とRTK測量によって得られた標高を比較した。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1から図4に示す。オルソ画像は撮影区間の端部で歪みがみられ、特に画角が大きいカメラを用いたCase3、Case4で顕著であったが、いずれの条件でもオーバーラップする写真が多い部分では、十分な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濡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。特に今津干潟は、球磨川河口干潟に比べ干満の差が小さく、撮影時にタイドプールや高含水比の泥が露出しており、このような部分もまたオリジナルの航空写真にハレーションや波がみられ、作成された地形モデルは部分的に不自然なものとなった。RTK測量とSfMによる地形モデルの鉛直精度を比較すると、高解像度カメラでの撮影であったCase1、Case2はRTK測量と地形モデルとの標高差の標準偏差が3cm程度とRTK測量の誤差の範囲内にとらえても差し支えない程度の精度であった(表3)。Case4の比較的標高の低い箇所ではSfMによって評価された標高のばらつきが大きい(図5)、前途のような水際付近やタイドプールが

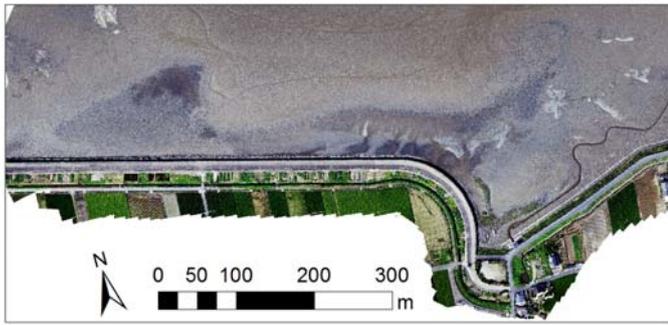


図1 オルソ画像（球磨川河口干潟）

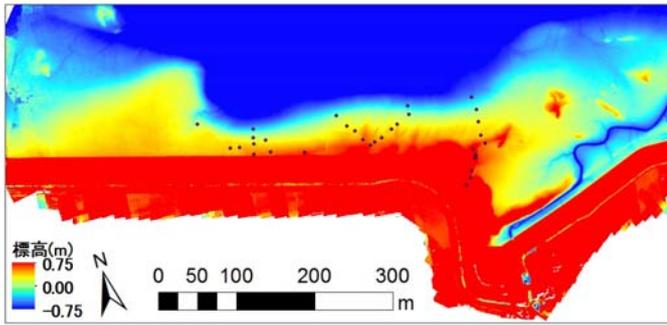


図2 SfMによる地形モデル（球磨川河口干潟）

多く存在するような場所である。その他の部分についてはおおむね良好な再現結果が得られた。

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で歪みが大きかった。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、数 cm~10cm 程度のばらつきに抑えられていたが、補正情報のない部分については、これよりも精度は悪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ことが必要である。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

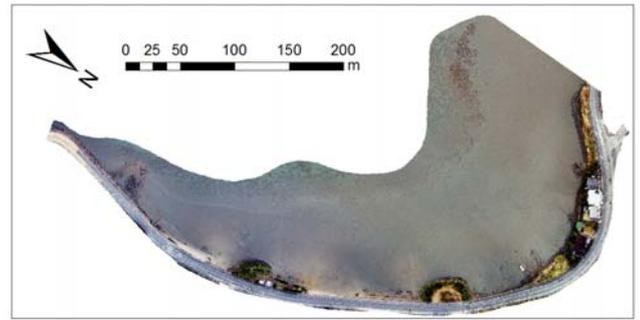


図3 オルソ画像（今津干潟）

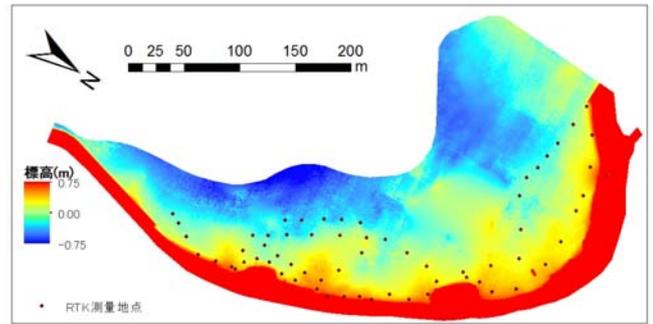


図4 SfMによる地形モデル（今津干潟）

表3 RTK 測量と SfM による地形モデルの比較

撮影条件	RTK測量と3Dモデルの標高の差		
	地点数	平均(cm)	標準偏差(cm)
Case1	33	1.4	2.7
Case2	33	0.6	3.7
Case3	33	1.4	5.2
Case4	64	-1.0	6.3

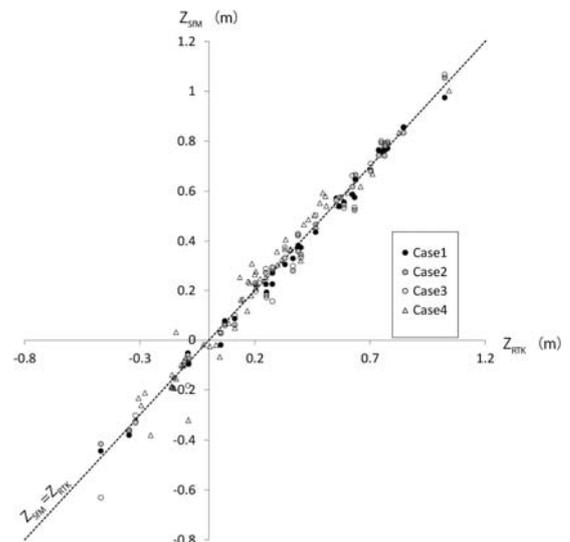


図5 RTK 測量と SfM による地形モデルの標高

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きと考えられる。

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.