

UAV を用いた砂州の地形変化についての検討*

～馬場目川を対象として～

秋田大学理工学部 藤澤 尚矢
秋田大学大学院理工学研究科 齋藤 憲寿
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

近年、全国的にゲリラ豪雨などの集中豪雨による洪水被害が多発する状況にある。秋田県においては 2017 年 7, 8 月の集中豪雨や 2018 年 5 月の浸水被害など甚大な被害が生じており¹⁾、秋田県最大の二級河川である馬場目川も非常に高い水位が観測され、左岸の堤防に洗掘が生じた。河道に形成される砂州は流れを蛇行させる大きな原因であり、河道の変遷および河岸の被災と大きく関係するため、河道管理において砂州の挙動を把握することは重要な課題とされている。しかし、国土交通省の調査²⁾によると、国管理の一級河川は全てにおいて定期縦横断測量を実施しているが、馬場目川のような二級河川等は河川数が膨大である故に定期縦横断測量の実施率は 1%程度に留まっている。そのため、河川管理において定期的な現状把握が重要であることから、簡易的に維持管理を行う手法として UAV (Unmanned aerial vehicle) に着目した。

UAV を用いた測量に関しては、小花和ら³⁾のアクセス困難な場所での測量に利用する提案や、松葉ら⁴⁾の UAV を用いた海岸地形モニタリング手法の構築などすでに多くの研究が行われており、河川においては、河合ら⁵⁾の堤防や護岸などの河川管理施設の 3D モデル化による河川管理の提案がされている。

本研究では、馬場目川を対象とし、UAV を用いて空中写真を撮影し、SfM 处理を行い、処理データから砂州の挙動を観察するとともに、砂州の挙動と水位の関係について定量的に評価した。

2. 研究方法

(1) 対象河川

図-1 に示す馬場目川は、その源を秋田県南秋田郡五城目町の馬場目岳に発し、周囲の支川を合わせて八郎潟調整池に入り、船越水道を通り日本海に注ぐ、流域面積 910.5 km²、幹川流路延長 47.5 km の秋田県最大の二級河川⁶⁾である。本研究の対象領域は図-2 に示す延長約 850 m の領域であり、川幅は領域内を通して約 30 m 程度である。また、図中赤線の矢印は流路方向を示す。



図-1 対象河川

*Study on the Sandbar of Topographical Change using UAV : As a target Babame River by Naoya FUJISAWA and Kazuya WATANABE

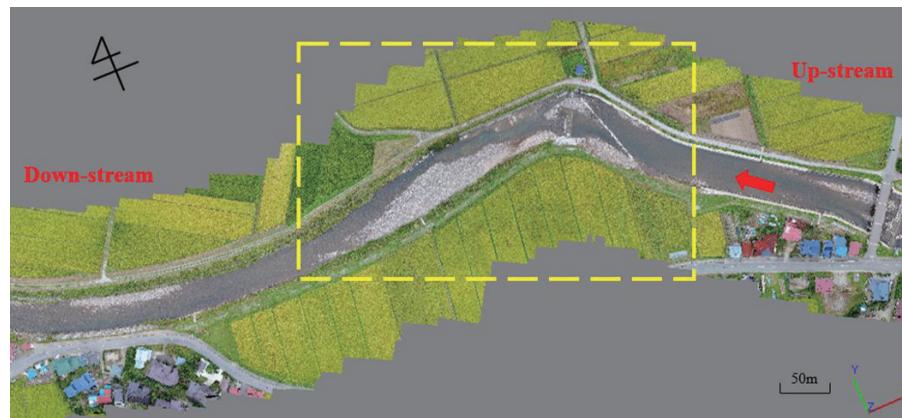


図-2 対象領域全体の様子（延長約 850m）

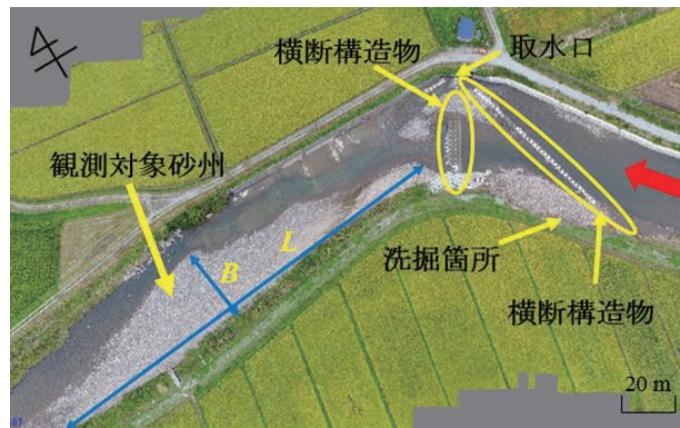


図-3 対象領域の拡大図(図-2 の破線で囲まれた領域)



写真-1 洗掘が生じた左岸の様子（2018 年 8 月 22 日撮影）



写真-2 観測対象の砂州の様子（2018 年 8 月 22 日撮影）

図-3は図-2中の破線内の拡大図である。左岸では、写真-1に示す2017年7,8月の集中豪雨により洗掘が生じた場所がある。また、河川右岸の湾曲部には農作業用の取水口があり、低水位時において水が溜まるように横断構造物によって水路を狭窄しているため取水口付近には砂州が生じている。本研究では図-3に示す領域内河川左岸の湾曲部後の砂州に着目し、観測対象とした。観測対象砂州の斜め写真を写真-2に示す。

(2) 現地観測

UAVにより上空150mから1枚あたり約215m×115mの空中写真を対象領域の全体850m内で50~60枚程度を撮影し、縦横80%程度オーバーラップするように、河川に沿って撮影を行った。表-1に今回使用したUAVのスペック、表-2にカメラのスペックを示す。なお、カメラの画像サイズはアスペクト比16:9を採用した。現地観測は水位平常時の2017年9月11日、2018年8月3日、11月28日、増水時の2018年8月22日、9月7日の計5回行った。

(3) SfM処理

撮影した空中写真をソフトに取り込んで3Dモデリング化を行い、PhotoScanによるSfM処理によって得られた画像から観測対象の砂州の挙動を定性的に把握するとともに、観測対象の砂州の面積 A 、砂州長 L （砂州の流路方向の最大の長さ）、砂州幅 B （流路に対して垂直方向の最大の長さ）を導出した。

また、水位 η については図-1に示す久保観測所のデータを利用した。なお、観測対象において平常時の水位は0.88m付近であった。

3.結果・考察

河道に砂州が形成されている状態で河岸浸食が発生する流量が流れると、通水直後から河岸浸食が発生する⁷⁾ため、砂州の形態の把握は重要である。また、砂州形態が変化する水理条件は桑村ら⁸⁾の実験によって確認されており、平常時の砂州形状や流路の蛇行形状だけでなく、洪水ピーク付近の砂州形態や砂州形状、水流の蛇行を想定することが重要であると述べている。よって降雨などイベントの前後における考察が必要であると考え、水位と砂州の挙動

表-1 UAVのスペック

重量	1388 g
対角寸法	350 mm
最大上昇速度	5 m/s
最大下降速度	3 m/s
ホバー精度	垂直:±0.5 m/水平:±1.5 m
最高速度	50 km/h
飛行時間	約30分

表-2 カメラのスペック

センサー 画像サイズ	1インチCMOS、有効ピクセル数:2000万画素
	アスペクト比3:2:5472×3648
	アスペクト比4:3:4864×3648
	アスペクト比16:9:5472×3078



図-4 2017年9月11日の様子

の関係性を考慮することにした。

まず、図-4 に示す 2017 年 9 月 11 日の様子では、湾曲部後の砂州によって河川の流路が最小で 6.8 m と川幅の 2, 3 割程度の大きさになるまで狭窄している。また、観測水位は 0.81m であり、水位は平常時よりも低い状態であった。

図-5 に示す 2018 年 8 月 3 日の様子では、砂州が河川の流路が最小で 8.2m と川幅の 3 割程度になるまで狭窄している状況である。また、観測水位は 0.88m であり、対象領域の平常時に近い状態であった。

図-6 に示す 2018 年 8 月 22 日の様子では、図-5 と比べて湾曲部後の砂州の面積が 2947.0m² から 1159.7 m² まで小さくなっている。河川の流路は最小で 18.0m と川幅の 6 割程度まで広がっていた。また、観測水位は 1.18m で平常時より高く、降雨によって水位が上昇したことで砂州が小さくなっていた。

図-7 に示す 2018 年 9 月 7 日の様子では、湾曲部後の砂州において、図-6 と比べて砂州の面積が 1159.7 m² から 1153.1 m² まで小さくなっている。一部分が流出している様であったが、観測水位は 1.24m であり、8 月 22 日よりさらに水位が上昇していたため、部分の流出ではなく、水位上昇による変化と考えた。

図-8 に示す 2018 年 11 月 28 日の様子では、再び湾曲部後の砂州が河川の流路を狭窄するように砂州が拡大している様子であった。しかし、砂州の面積は 1665.2 m²、河川の流路は最小で 14.8m と川幅の 5 割程度であり、2018 年 8 月 3 日と同じような状態には戻らなかった。また、観測水位は 0.89m であり、対象領域のほぼ平常時の水位であった。

8 月 22 日と 9 月 7 日は 8 月 15 日の降雨により河川の水位が急増していた期間であつ



図-5 2018 年 8 月 3 日の様子



図-6 2018 年 8 月 22 日の様子



図-7 2018 年 9 月 7 日の様子



図-8 2018 年 11 月 28 日の様子

表-3 湾曲部後の面積の算出結果

Date	Area[m ²]	η [m]	L[m]	B[m]
2017/9/11	3124.4	0.81	204	26.3
2018/8/3	2947.0	0.88	133	19.4
2018/8/22	1159.7	1.18	123	13.6
2018/9/7	1153.1	1.24	121	12.1
2018/11/28	1665.2	0.89	132	16.7

たため、空中写真で確認することが可能である水面上の砂州は小さくなっていた。ここで、本研究は水面より上の砂州の形態の把握のみ行っていたため、今後は断面測量を行い、水面下の砂州の形態の把握も一緒に行う必要がある。

11月28日は降雨後に水位が平常に近い状態に戻っているが、砂州は降雨イベント前より1000m²近く減少していたため、これは降雨イベントにより砂州が流出したのではないかと考える。

次に、対象砂州の A , L , B と撮影時の水位 η について表-3に示す。 A , L , B についてはSfM処理によって得た3Dモデルからソフト内の面積計算、測距を用いて導出した。これらより η と対象砂州の A , L , B それぞれとの関係性について検討した。 η と A の関係を図-9、 η と B の関係を図-10に示す。 A , L , B の関係を図-11に示す。水位が平常時の0.88m以下の場合、 A , L , B 全てにおいて急激に増加するが、大雨などにより水位が上昇した場合は緩やかに減少した。図-11では A の増加に対して L よりも B の増加が大きく、 B が敏感に変化することを把握した。また、表-3に示す8月3日と11月28日を比較した場合、 η と L はほぼ同じ値であるが A は 1281.8 m²、 B は 2.7 m 減少した。これは、8月15日の降雨により水位が上昇し、砂州が掘削され、河川流路が拡大したと考える。よって A の変化は L よりも B が大きく作用すると考える。

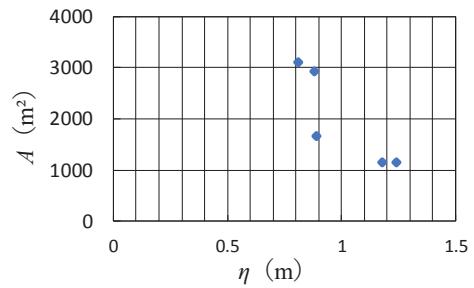


図-9 水位と砂州の面積の関係

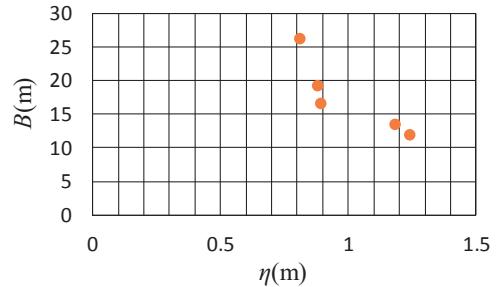


図-10 水位と砂州幅の関係

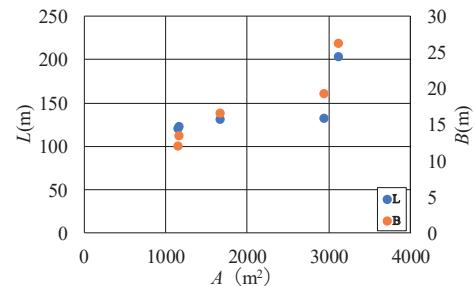


図-11 面積と砂州長と砂州幅の関係

4.まとめ

本研究では、河川管理の手法の一つとして、UAV を用いて空中写真を撮影し、SfM 处理を行った画像から、砂州の挙動を検討し、以下の結論を得た。

- 1) UAV を用いて撮影した空中写真に SfM 处理を行うことにより、砂州の動きの定性的把握や砂州の A , L , B を簡易的に導出することができる。
- 2) 8月3日と11月28日において η , L はほぼ同じ値であるが、 A , B は大きく変化したことから A の変化において B が大きく作用すると考える。
- 3) 対象領域内における η と A , L , B は、 η が平常時 0.88 m 以下になると急激に増加し、降雨によって水位が上昇した時は緩やかに減少した。

今後は、UAV 測量による水面上の砂州の形態の把握とともに、河川横断面測量を行い、水面下の砂州の形態の把握を行う。また、水面上の砂州と水面下の砂州の関係性についても検討していく。

謝辞：本研究を行うにあたり、秋田県秋田地域振興局より馬場目川の水文データを提供して頂いた。ここに記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 気象庁：災害をもたらした気象事例（平成元年～本年）
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html (2018/12/3 アクセス)
- 2) 河川管理の状況と課題－国土交通省
www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseiseishin/...dai01kai/dai01kai_siryou2.pdf (2019/1/6 アクセス)
- 3) 小花和宏之, 早川裕式, ゴメス クリストファー：UAV 空撮と SfM を用いたアクセス困難地の 3D モデリング, 地形, Vol35, No.3, pp283–294, 2014.
- 4) 松葉義直, 佐藤慎司, 波多野景治：静岡県福田浅羽海岸のサンドバイパス吐出口周辺における UAV を用いた地形変化監視手法の適用, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol 72, No.2, I_853-I-858, 2016.
- 5) 河合悠希, 窪田諭：3 次元モデルを用いた河川管理施設の維持管理システムの提案, 情報処理学会研究報告, Vol2015-IS134, No.4, 2015.
- 6) 秋田県：二級河川馬場目川水系 河川整備基本方針, 2007.
<http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/10601> (2018/12/17 アクセス)
- 7) 河上将尊, 渡邊康玄：河岸浸食に及ぼす交互砂州の影響に関する水理実験, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 72, No. 2 (応用力学論文集 Vol. 19), I_593-I_600, 2016.
- 8) 桑村貴志, 渡邊康玄：砂州形態が変化する水理条件下の砂州の挙動, 北海道開発土木研究所月報, No.602, 2003.