

UAV を用いた馬場目川の砂州挙動と河床変動に関する研究*

秋田大学大学院理工学研究科 自見寿孝・齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

近年、全国で台風などの大雨に伴い、河川流量が増加することで洪水被害が多発している。秋田県においては 2022 年 8 月上旬から中旬にかけて県の北部を中心に総降水量 400 mm の大雨による河川氾濫、浸水被害などが生じている¹⁾。河道に形成される砂州は流れを蛇行させる大きな原因²⁾であり、河道の変遷および護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の把握は重要な課題とされている。しかし、国土交通省の調査³⁾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。被害を少なくするためには、高頻度かつ高精度なデータの蓄積が必要であるが、現状として二級河川においてこのようなデータの取得は困難である。そこで、比較的容易かつ低コストで空中写真を入手できる UAV に着目した。UAV の研究方法として粒度分布の計測⁴⁾や河川の地形計測⁵⁾、植生の遷移状況の把握⁶⁾などがあり、様々な用法で用いられている。

本研究では、馬場目川の中流域において UAV を用いて写真を撮影し、その写真から定量的に砂州の動きや変化を観察し、砂州の挙動について定量的に評価した。また、砂州上で横断測量を行い、洪水前後の河床変動を検討した。

2. 研究方法

(1) 対象河川

図 1 に対象領域である馬場目川中流域と久保観測所の位置を示す。馬場目川は流域面積 910.5 m²、幹川流路延長 47.5 km の秋田県内最大の二級河川である。図 2 に現地の横断測線と対象砂州と砂州長、砂州幅の例を示す。本研究では、対象を UAV で撮影し、SfM 技術を用いて復元した画像を用いて水面上の砂州から面積、砂州幅、砂州長を求め、水位データとともにそれらの関係を既往研究⁷⁾の結果に加えて検討した。対象領域は秋田県五城目町平の下地区に位置する河川湾曲部後の左岸の砂州である。また、水位は対象領域から 4.3 km 下流に位置する久保観測所のデータを利用した。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、図中黒線の矢印は

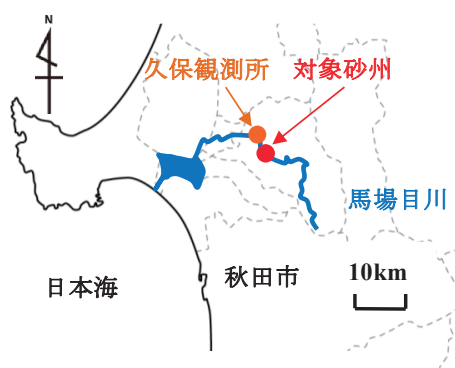


図 1 対象領域

*Study on the Behavior of the Sandbar Using UAV and Riverbed Fluctuations in Babame River by Yoshitaka JIKEN, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

流路方向を示す。対象領域を拡大した写真を図 3 に示す。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 に示す河川湾曲部後の囲まれた領域内の砂州に着目し対象とした。対象である河道内の砂州の様子を図 4 に示す。

(2) 現地観測

UAV により上空 150 m から約 215 m × 115 m の空中写真を対象領域全体 850 m 内で 50～60 枚程度を撮影する。この時縦横 80% はオーバーラップするように細かく、河川に沿って撮影を行った。現地観測は 2017/9～2022/7 の間で行った。また地上から 3 次元的に河床変動を検討するため、図 3 に示す測線上で横断測量を行った。

(3) SfM 処理

画像解析による SfM 処理を行った。撮影した空中写真を 3D モデリング化し、SfM 処理によって得られた図 2 に示す画像から対象領域内の砂州の動きを定性的に把握した。次に、図 3 の河川湾曲部後の砂州を対象とし、対象領域内の砂州の面積 A 、砂州長 L 、砂州幅 B を導出し、評価した。また、久保観測所の水位を η とした。ここで、砂州長 L は砂州の流路方向の最大の長さ、砂州幅 B は流路に対して垂直方向の最大の長さとした。

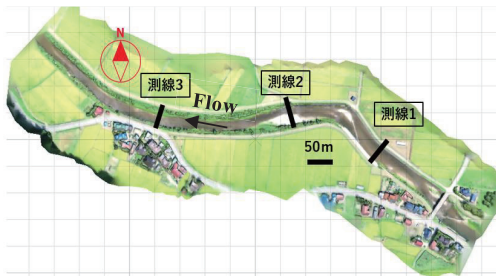


図 2 対象領域全体の様子



図 3 対象領域全体の様子



図 4 河川湾曲部後の砂州の様子

3. 結果

(1) UAV 測量結果

図5に既往研究⁷⁾(2017/9/11~2018/11/28)と本研究で観測した日の水位 η (m) と砂州面積 A (m^2) の関係を示す。これを見ると、平常水位である 0.88 m より水位が低い場合、砂州面積が急激に増加する傾向にあった。

図6に既往研究⁷⁾(2017/9/11~2018/11/28)と本研究で観測した日の砂州幅 B (m) と砂州面積 A (m^2) の関係を示す。また図7に既往研究⁷⁾(2017/9/11~2018/11/28)と本研究で観測した日の砂州長 L (m) と砂州面積 A (m^2) の関係を示す。これを見ると砂州幅が 1 m 変化すると砂州面積は 100 m^2 変化しており、比例関係にあった。砂州長が 1 m 変化すると約 10 m^2 変化していた。砂州幅と砂州面積の関係を見ると、砂州幅が 1 m 長くなる毎に砂州面積は 300 m^2 増加していることが分かった。また、砂州長と砂州幅の関係を検討したところ、砂州長が大きくなると、砂州幅が大きくなることが分かった。このことから、対象砂州において、砂州面積の変化には水位と砂州幅、砂州長の全てが関わっている。そのため、砂州の流出や再形成は砂州長が変化する上流側と、砂州幅が変化する河道中心で行われていると考えられる。

図8に既往研究⁷⁾(2017/9/11~2018/11/28)と本研究で観測した日の久保観測所の水位 η (m) および砂州面積 A (m^2)、砂州幅 B (m)、砂州長 L (m) の経時変化を示す。2017/9~2018/9 にわたって砂州面積や砂州幅が大きかった理由として、図4に示す2017年集中豪雨による河川湾曲前左岸洗掘による掘削工事の影響であると考えられる。図9に洗掘が生じた左岸の様子と掘削工事後の左岸の様子を示す。その後の砂州面積・砂州幅・砂州長を見ると、洪水や融雪出水により、各パラメータの数値が小さくなるが、平常水位が続くことで砂州が回復し、砂州面積の場合 1000~2000 m^2 、砂州幅の場合 10~20 m、砂州長の場合 100~150 m の範囲で変化していることが分かった。また、久保観測所の水位は 0.8~3.0 m の範囲であった。

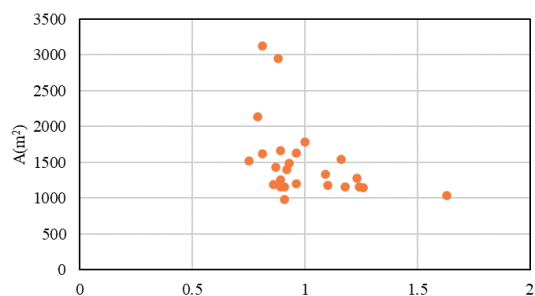


図5 水位と砂州面積の関係

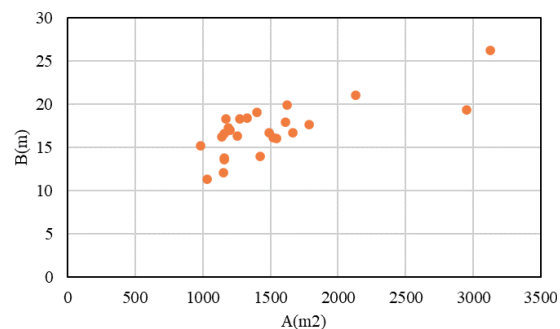


図6 砂州幅と砂州面積の関係

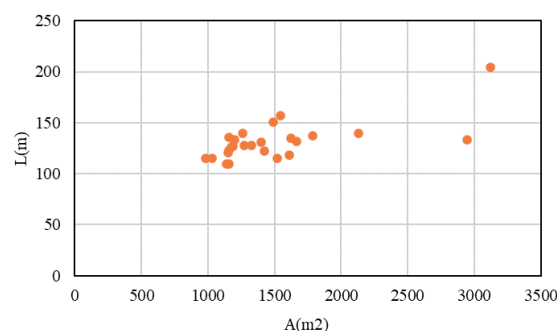


図7 砂州長と砂州面積の関係

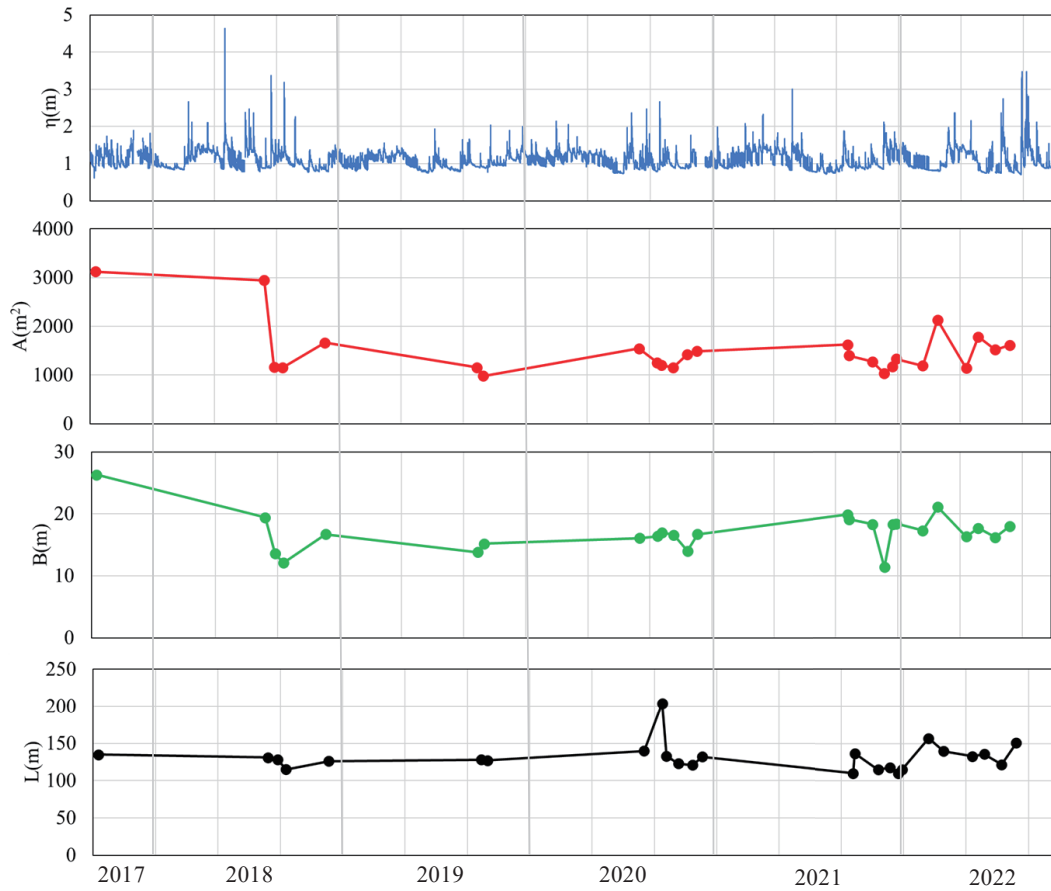


図 8 水位と砂州の経時変化



図 9 河川湾曲前における工事前(上)と工事後(下)の様子

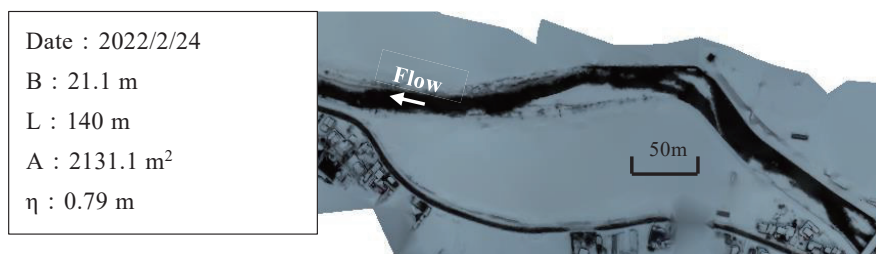


図 10 融雪出水前の砂州の様子



図 11 融雪出水中の砂州の様子

図 10, 図 11 に 2022 年の融雪出水前の砂州の様子とその直後に測量した融雪出水中の砂州の様子を示す。図 8 の水位データを見ると、2017 年の集中豪雨以来最も砂州面積が大きい日が観測された日は 2022/2/24 であった。これを見ると馬場目川では冬季は積雪により、河川の上流から水が供給されない日が続くため、通常水位を下回り、砂州の発達が進む。一方で 4 月に入ると融雪による出水の影響で流量が大きく、砂州の一部または全てで浸水することが分かった。2022/4/20 の水位 1.26 m では、砂州の上流側で浸水が見られた。砂州幅・砂州長から評価すると、水位の上昇による砂州面積の減少は水衝部である上流側が原因であると考えられる。

(2) 横断測量結果

図 12, 13, 14 に洪水前後の測線 1, 2, 3 の横断測量結果を示す。対象領域において平常水位は 0.88 m 付近であり、水位 2 m 前後の洪水で砂州は浸水していた。久保観測所のデータによると、この期間に氾濫危険水位 3.4 m を超えた日が 2 日間、水位 2 m を超えた日が 6 日間存在した。これを見ると、対象領域の上流側に位置する測線 1 では河道中心から右岸側で最大 30 cm 堆積が見られた。砂州が存在する測線 2 では左岸側で洪水後土砂が洗掘されており、河道中心では土砂が堆積していた。横断測量結果から、砂州面積の変化に水位と河道中心の影響が関係しているのではないかと考えられる。

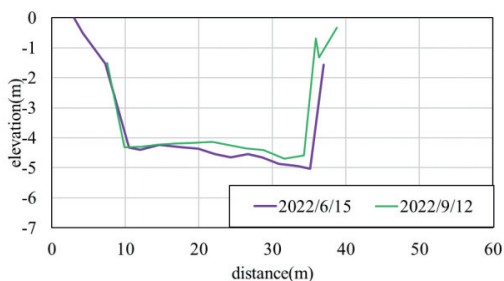


図 12 測線 1 の横断測量結果

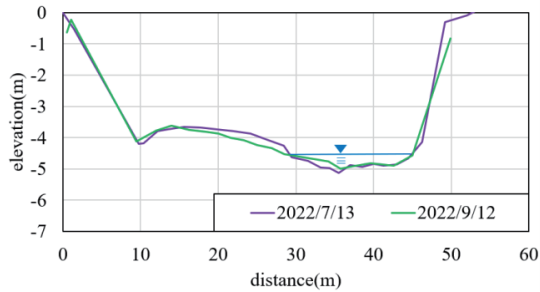


図 13 測線 2 の横断測量結果

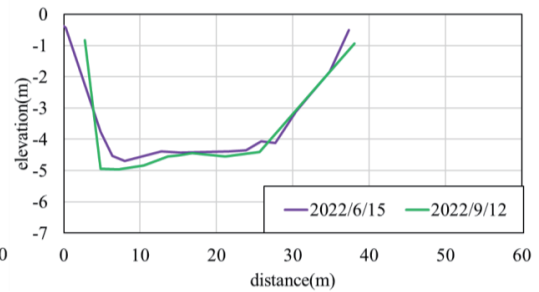


図 14 測線 3 の横断測量結果

下流側に位置する測線 3 では左岸側で最大 20 cm 洗掘が生じており、対象領域全体で土砂の流出、堆積が確認できた。

4. おわりに

本研究では、UAV の空中写真から砂州面積と水位、砂州幅、砂州長の関係を定量的に検討した。その結果、研究対象である馬場目川中流域では融雪出水と洪水の影響で砂州の流出と再形成が繰り返されていることが分かった。砂州の流出や再形成は上流側と河道中心で行われていると考えられる。また、横断測量結果から、2022 年 8 月豪雨による洪水で、対象砂州において堆積と洗掘が見られ、砂州面積の変化に水位と河道中心の影響が関係していると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり科学研究費補助金 (20H00256, 代表: 風間 聡) の助成を受けた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 秋田地方気象台: 秋田県災害時気象資料
<https://www.jma-net.go.jp/akita/data/saigai/pdf/saigai_20220808_15akita.pdf> (2022/11/3 閲覧)
- 2) 清水義彦, 岩見収二, 加藤千恵: 砂州の樹林化と河岸条件が単列蛇行流路の形成に及ぼす影響に関する数値実験, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.72, No.4, pp.I_781-I_786, 2016.
- 3) 河川管理の状況と課題—国土交通省
<www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/.../dai01kai/dai01kai_siryou2.pdf> (2022/12/11 閲覧)
- 4) 寺田康人, 藤田一郎, 浅見佳世, 渡辺 豊: UAV による撮影画像を用いた洪水前後の砂州上粒度分布の計測, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.71, No.4, pp.I_919-I_924, 2015.
- 5) 原田守啓, 荒川貴都, 大井照隆, 鈴木英夫, 沢田和秀: UAV と水域可視化処理による河川地形計測手法の検討: 河川技術論文集, 22 巻 p. 67-72, 2016.
- 6) 津田将行, 尾島 勝, 仲嶋 一, 中越信和: 芦田川下流試験域における UAV 空撮による河床変動に関する調査・解析, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.77, No.2, pp.I_793-I_798, 2021.
- 7) 藤澤尚矢, 渡辺一也, 齋藤憲寿, 植木洸太郎: 馬場目川を対象とした河道内砂州の挙動に関する検討, 土木学会論文集 G(環境), Vol.75, No.5, pp.I_275-I_280, 2019.