

マイクロ波の反射強度における砂州の輪郭線の機械的抽出

新潟大学工学部工学科
新潟大学大学院自然科学研究科
新潟大学大学院自然科学研究科
新潟大学工学部工学科
新潟大学理学部理学科
新潟大学災害・復興科学研究所

学生会員○大川原 大智
学生会員 大原 由暉
学生会員 茂木 大知
非会員 村松 正吾
非会員 早坂 圭司
正会員 安田 浩保

1. はじめに

河川に形成される交互砂州は、洪水時に偏流を引き起こす。近年の気候変動に伴う大規模な洪水の現状を踏まえると、河川管理の観点からその物理の把握は重要である。砂州の平面形状は、洪水により変化するが、実河川における洪水の規模や継続時間に対する砂州の平面形状の変化量や、その変形過程などは知られていない。これまでに、砂州の平面形状の把握のため、航空写真やUAVによる測量などが実施されてきた。UAVによる写真測量は、数百 m² 範囲の3次元データを数十分で測定でき、洪水前後の砂州形状は定量化可能である。しかし、砂州の動体把握のためには、洪水前後の変形量だけでなく、洪水中における連続測定による変形過程の定量化が望ましい。また、その計測は、砂州の変形過程に対して十分に早い必要がある。UAVは、夜間や悪天候においては飛行困難となる上、広範囲を対象とする場合には時間分解能が低下するため、上述の計測に適さない。

著者らは、地上マイクロ波レーダーを用いることで、広範囲・高密度かつ高頻度な連続した実河川の観測をしている¹⁾。このレーダーは、UAVによる写真測量と異なりマイクロ波を利用しているため、半径1.6kmの広範囲において空間分解能1mで約80万点の高密度な測定が可能である。また、可視光を利用しないため、昼夜と天候を問わずに均質な測定を1.25秒間隔の高頻度で24時間連続で可能である。図-1は、洪水前と洪水中の測定した反射強度の平面図を示したものであり、各点はマイクロ波の反射強度、レーダー設置位置からの水平距離が測定される。水は反射強度が小さいという、液体と固体で反射強度が異なる物理的な性質から、河川、砂州、堤防、橋梁と明瞭に識別することで、その境界を検出することで砂州の平面形状が定量的に推定可能と推測される。また、連続した測定によりその変化過程の追従も期待される。本研究では、マイクロ波レーダーにより測定された反射強度のみに基づき、洪水前後における砂州の平面形状の輪郭線の機械的抽出の方法について示す。

2. 反射強度の測定日時と比較日時の条件

反射強度の測定は2022年9月20日0時から2022年9月28日12時まで行った。その間に、2022年台風14号が日本列島に上陸した。本研究における対象とした信濃川の新潟県小千谷市では、9月24日から9月25日に

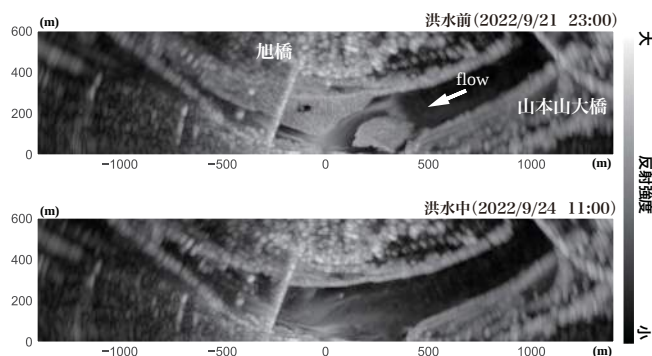


図-1 反射強度の平面図

かけて水位が平常時の42mから45mと3m程度上昇した。そのため、この台風14号の前後を洪水前後とする。砂州形状の洪水前後の比較日時は、洪水後は測定最終時点で平常時の水位42.7mの2022年9月28日12時とした。洪水前は、洪水後と同一の水位であることを条件に、国土交通省水門水質データベースより2022年9月21日23時とした。

3. 反射強度に基づく交互砂州の平面形状推定方法

測定された反射強度から、砂州の平面形状を推定する。形状推定は、観測された反射強度に対しノイズ除去を行い、その後、画像処理技術であるエッジ検出で行う。

レーダーにより観測された反射強度のノイズ除去方法は、既往研究²⁾により示されているスペクトル・サブトラクション法を用いる。平面形状推定を行うためのエッジ検出はPrewitt法やSobel法、Canny法など様々な方法が提案されているが、本研究ではLaplacian法を用いる。この方法は、二次微分を行なった結果に対してゼロクロッシング点を見ることで、エッジを検出する方法であるため、一次微分により輝度勾配を算出する他の方法と異なり、差分量の変化が大きい箇所のみを強調することができる。具体的には、各画素に対して二次微分フィルタであるLaplacianフィルタをかけることで各画素の輝度勾配を算出してエッジを検出している。また、本研究で用いるLaplacian法は輝度勾配の算出方向に依存しないエッジ検出が可能であり、砂州全体の平面形状把握が可能である。

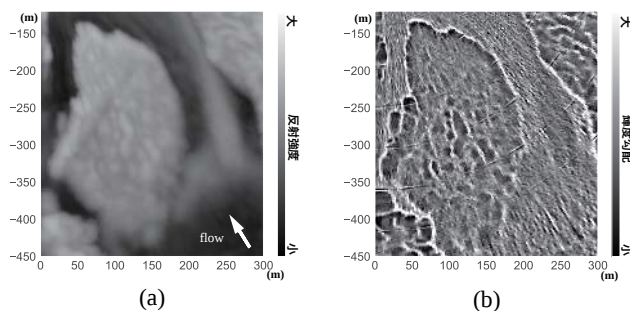


図-2 砂州平面形状の推定

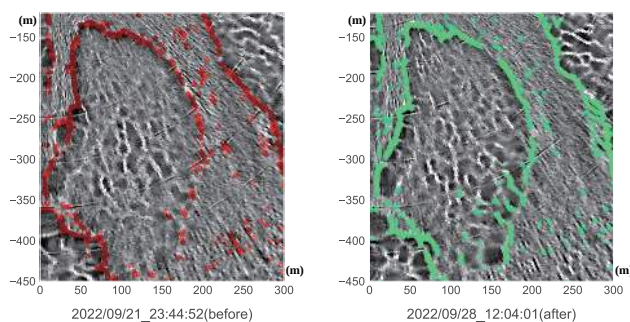


図-3 砂州平面形状のエッジ検出結果

4. 交互砂州の平面形状推定

図-2 (a) は測定データのうち砂州付近のみに拡大し、ノイズ除去後の反射強度の平面図である。ただし、本研究では、砂州が明瞭に確認できる箇所に限定した。

次に、砂州の平面形状の定量的な把握のためにエッジ検出を行う。前述した方法により、エッジ検出を行なったのが図-2 (b) である。各点は、空間的な輝度勾配を表していて、白色になるほど輝度勾配が大きいことを意味している。この輝度勾配に対して、閾値を与え、それ以上の点をプロットしたのが図-3 であり、左が洪水前、右が洪水後で赤・緑点がそれぞれ閾値以上の輝度勾配を表している。洪水前後で、閾値は同一であり、エッジが適度に検出されるように調節を行なった。また、本手法では河川内の浮遊物などもエッジが検出されたため、その除去を行なった。その際、砂州などの固体と比べて河川水面において反射強度の時間変化が大きいことに着目し、その標準偏差の大きい点を除去した。以上より、洪水前後において、砂州の平面形状を定量的に検出した。

5. 洪水前後における交互砂州の推定形状の比較

前章において検出された洪水前後の測定データより、洪水前後における砂州の平面形状の比較を行う。図-4 は、図-3 における検出点を洪水前後で重ねた図であり、赤点が洪水前、緑点が洪水後を示している。

洪水の前後において、砂州の平面形状の比較をすると、左岸砂州は、全体として右岸方向に1m程度、変化していることが確認できる。また、右上の右岸砂州においては、左岸砂州よりも大きく右岸方向に変化しており、2m程度、変化していることが確認できる。この結果は、左上の岸の検出点が同一箇所で一致していることから、洪水前後において測定データの位置情報のずれは少ないと

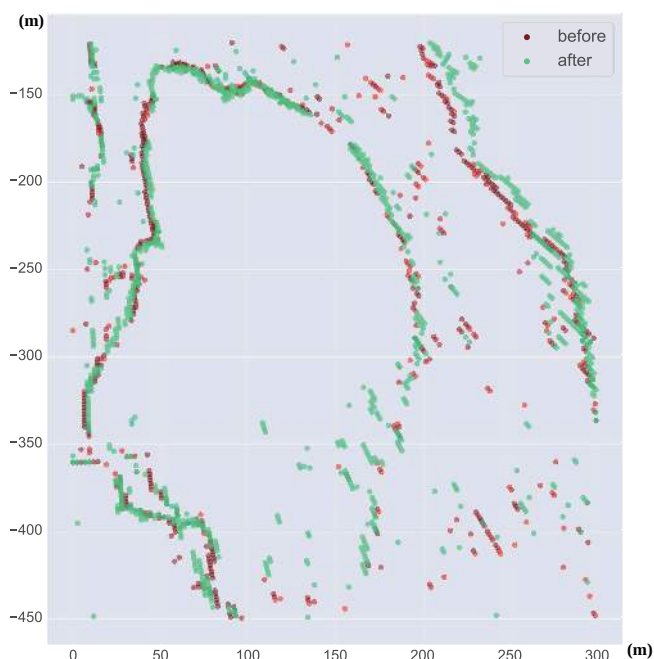


図-4 洪水前後のエッジ検出結果の比較

判断できる。したがって、マイクロ波レーダーを用いることで交互砂州において洪水後、砂州の平面形状が変化していると考えるのが妥当であろう。また、右岸砂州の方が左岸砂州よりも大きく動いている。その要因として、河道の湾曲部内側は流速が速いとされており、それにより右岸砂州の方がより洗掘されたことが推察される。

6. おわりに

本研究では、マイクロ波レーダから得られる広範囲かつ高頻度に得られる反射強度データに基づき実河川における砂州の平面形状変化の推定を試みた。その結果として、ノイズ除去と画像処理技術であるエッジ検出の Laplacian 法を組み合わせることにより、これまでの UAV を用いた写真測量では困難であった洪水の前後における砂州の平面形状の変化を定量化できることを示した。

本研究では、二時刻かつ限られた範囲での評価に留まった。今後、交互砂州全体の変形や変形の過程を評価することに加え、取得したデータの座標情報より洪水前後の砂州の平面形状の変化のより定量的評価を行うことで、砂州の現象についての理解がなされ、河川管理の効率化が期待できる。また、高頻度に得られるマイクロ波レーダから反射強度データに基づき物理量を推定できる可能性があり、実河川における観測ビッグデータに基づく実河川における砂州の変形機構の初めての定量的な理解が期待できる。

参考文献

- 1) 茂木大知, 大原由暉, 安田浩保, 他 6 名: マイクロ波レーダーによる河川モニタリングの概念実証, 河川技術論文集, 第 27 巻, pp.619-624, 2021.
- 2) S.F. Boll: Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction, IEEE Trans.on ASSP, 27(2), 113-120, (1979).