

河川の平面形状の特微量の抽出

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員○田所 祐輝
 新潟大学災害・復興科学研究所 正会員 安田 浩保
 新潟大学工学部工学科 非会員 村松 正吾
 新潟大学理学部理学科 非会員 早坂 圭司

1. はじめに

近年、気候変動に伴う雨量の増加により、沖積河道区間に河川において砂州の存在やその移動を起因とした河岸欠損などの被害が多発している。既往の研究より、砂州の配置形態などは河川の平面形状に密接に関係¹⁾することが示されている。つまり、河川の平面形状の特微量の把握によって砂州の形状などを把握でき、それにより河道管理への貢献が期待できる。

平面形状の特微量の抽出にあたって、作業効率と測定精度の観点から、画一的に測定ができる機械的な手法が望ましい。機械的に平面形状の特微量を抽出する手法として、最近、機械学習を用いた手法²⁾が目覚ましい発展を遂げている。しかし、学習データの作成には多大な時間と労力が必要とされ、その性能は学習用データセットに依存し、その生成は作成者のノウハウが求められる。そこで本研究では、画像解析を応用した方法によって河川の平面形状の特微量を抽出する手法の開発し、砂州が発達する河川における妥当性を検証した。

2. 画像解析による平面形状の特微量抽出

本研究では、河川が撮影された空中写真(以下、河川画像)の画像解析を行い、河川の平面形状の特微量を抽出する方法を構築する。その手順は、1) 河川座標と川幅を用いて解析に用いる河川画像の生成、2) 画像の二値化の後に水面と陸地が明瞭となるように加工、3) その画像から水面幅と砂州波長を機械的に計測した。

(1) 河川画像の作成

河川画像の解析にあたっては、作業量の削減の観点から、河川の座標とそのスケールを把握し、河川のみが映る画像を取得するのが望ましい。そのため、まず国土地理院が公開する国土数値情報³⁾の河川データから任意の河川座標を抽出した。次に、芦田らが提示するレジーム則⁴⁾を用いて、河道のスケールや平面形態を規定する流量として年平均最大流量を与え、流量に与える係数を7とし大凡の川幅を算定した。算定した座標と川幅を用いて、国土地理院から図-1に示すような画像サイズが川幅と同様な正方形空中写真を機械的に取得できるようにした。

(2) 水面の抽出手法

河川の平面形状の特微量の抽出において、河川と砂州のスケールの機械的な測定が求められる。そこで、河川スケールとして水面幅、砂州スケールとして河床の表出長さ(以下、砂州波長)を計測できるように、水面と砂

州を含む陸地とで二値化処理を行うこととした。図-1から水面と陸地の違いに着目すると、水面は陸地に比べて黒っぽく且つその変化が怠慢であることが確認できる。そこで、画像を30×30で分割し、その領域内の明度の平均値と明度勾配を算定するために2D フーリエ変換を用いてパワースペクトルの平均値(以下、それぞれ平均明度、平均PSと称す)を算定した。次に水面を検出するためにk-meansを用いてクラスタリングを行なった。なお、河川画像内には水面、砂地、緑地、住宅街などの人工物が映ることが想定されるため、クラスタリング数は4と設定した。図-2は図-1にそのクラスタリング手法を実行した結果である。縦軸は算定した平均明度を平均明度の最大値と最小値の範囲で除した値を示し、横軸は算定した平均PSを平均明度の最大値と最小値の範囲で除した値を示した。図-2と図-3から、水面は砂州と比べて明度が低く、且つ緑地と比べてパワースペクトルの値が低くなる傾向があることが把握でき、その特徴から水面・砂州・植生・構造物に正確に分類できていることが確認できる。

(3) 平面形状の特微量抽出

a) 砂州波長の自動測定

河川底面に形成される砂州の幾何学形状は、流下方向に川幅の2から6倍程度となる特徴¹⁾がある。砂州波長を計測するため、図-4に示すように二値化処理した画像を連続的に重ね合わせた。レジーム則から算定した川幅は実際の水面幅に比べて1から2倍程度大きく計測されていたため、画像の重ね合わせの大きさは、算定した川幅の2倍とした。また、重ね合わせは、流下方向に連続的に生成し、画像間のオーバーラップは90%以上とした。

砂州波長の計測は、まず河川座標から流下方向を算定し、同方向軸における最長の陸地区間の長さを砂州波長として取得した。図-4中の灰線は、流下方向と同方向の軸を示すものである。これらの灰線のように横断的に縦断方向の陸地区間の長さを赤・緑線のように計測し、波長として得られるのは、陸地区間の長さが最大となった赤線となる。上記の手法では、河川画像内に複数の砂州が含まれる場合に全てを計測できないが、河川画像はオーバーラップして生成するため、砂州の波長を流下方向に連続的に計測できる。また、表出面積が小さく、砂州でない判断できる陸地等を除外できる利点がある。

b) 水面幅の自動測定

水面幅の測定は砂州波長測定とほぼ同様の手法であ



図-1 作成した河川画像の一例

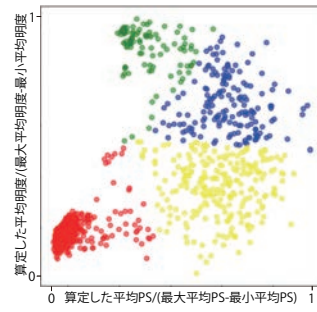


図-2 平均明度と平均 PS で分類

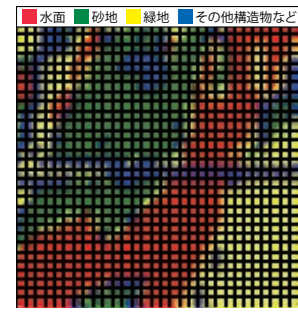


図-3 クラスタリングの結果

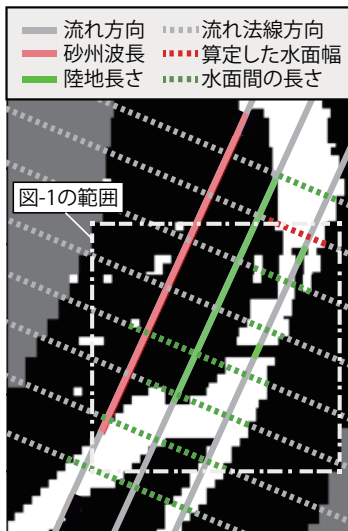


図-4 砂州波長と水面幅測定概念図

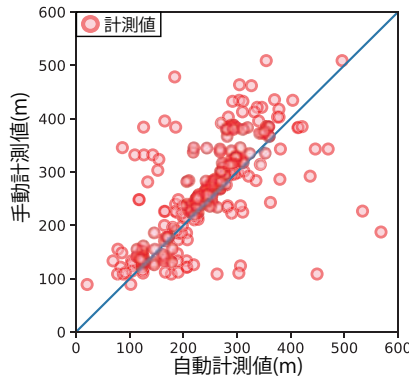


図-5 砂州波長：手動計測値との比較

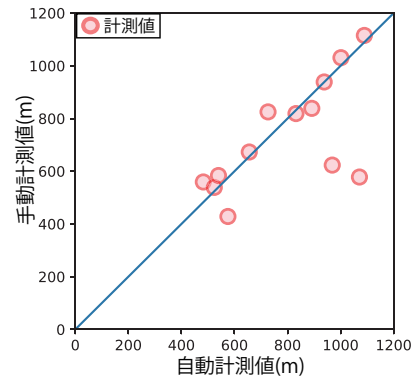


図-6 水面幅：手動計測値との比較

る。まず河川座標から流下方向を算定し、その法線方向を河川の横断方向として算定した。次に同軸方向の水面間の距離を算定し、中央値となる地点を水面幅として取得した。図-4中の灰点線は同方向の軸を可視化したもので、縦断的に横断方向の水面間の距離を赤緑点線のように計測した。正常に水面幅が計測されていない地点の計測することを防ぐため、中央値となる赤点線の地点を水面幅として計測した。

3. 妥当性の検証

本章では、構築した手法の妥当性を検証するため、従来の手法を模して空中写真から手動で水面幅と砂州波長を計測し、本手法の計測値と比較する。なお、対象河川は、流路全長に渡り砂州が形成されている典型的な砂州河川として知られている、新潟県の信濃川(与作橋から山本山大橋区間)とした。

図-5は構築した手法により機械的に計測した砂州波長と手動による計測値を比較した図である。本手法で計測した砂州波長のうちの8割ほどは手動の計測値と比べて100 m以内の違いに留まり、両者はよく一致した。ただし、本手法により機械的に計測できた砂州波長の数は、対象区間の砂州の半数程度に限定されたため、砂州波長の計測手法の改良の余地は残る。

図-6は構築した手法により機械的に計測した水面幅と手動した計測値を比較した図である。図-6から水面幅は295枚中260枚が手動計測値との差が100 m以内

であることが確認され、良好に水面幅を機械的な測定でできることが分かる。一方で、両者の差が顕著に現れた地点もあった。その主な原因は、手動計測値の算定方法との違いと推察される。手動計測では、予め座標とその長さ測定し、機械的な計測値の最地点との比較をしている。そのため、急激に水面幅が変化する砂州区間などでは両者で差が大きく生じる場合があり得る。

4. 終わりに

本研究では、まず、画像解析を応用して機械的に河川の平面形状の特徴量を抽出する手法の構築した。次に、その妥当性を検証した。本研究で構築した手法により機械的に計測された8割ほどの数の砂州波長は手動による計測値と比べて100 m以内の違いに収まり、水面幅は295枚中260枚が手動による計測値との差が100 m以内であることが確認された。本手法により砂州河川の平面形状の特徴量を機械的に抽出できることを示した。

参考文献

- 1) 山本晃一, 構造沖積河川学-構造特性と動態-, 山海堂, 2004
- 2) Carbonneau, P. E. et al, Adopting deep learning methods airborne RGB fluvial scene classification, Remote Sensing of Environment, Vol.251, 112107, 2020
- 3) 国土地理院 国土数値情報, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 4) 芦田和男, 高橋 保, 水山高久, 流路工に関する水理学的研究, 新砂防 Vol.97,1975