

## 26.異なる空間解像度の分布型流出モデルを用いた流域環境評価手法の開発

峯田 陽生<sup>1\*</sup>・糠澤 桂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宮崎大学大学院 工学研究科 (〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1-1)

<sup>2</sup>宮崎大学准教授 工学部工学科土木環境工学プログラム (〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1-1)

\* E-mail: hh17046@student.miyazaki-u.ac.jp

広域の水文水理量は、流域規模の河川環境整備にとって有益な情報である。しかし、信頼性の高い広域の水文水理量を取得するためには、多大な調査コストを要する。そこで本研究では、宮崎県小丸川上流域を対象に、250と100 mの空間解像度の分布型流出モデルを適用し、各解像度における水深と流速の再現性を比較した。結果として、流量の再現性によらず、100 m 解像度の方が水深と流速における誤差の中央値が0に近く、ばらつきも小さいことが確認された。これは、高解像度の標高データにおいて河床勾配の再現性が高まり、水深と流速の推定精度が向上したことが理由と考えられる。また、高解像度の条件下では、極端な標高差が少なくなり、ばらつきの小さい安定した解析結果を得られたと考えられる。

**Key Words :** current velocity, finer spatial resolution, hydrological analysis, water depth

### 1. はじめに

1997年の河川法改正により、各地で環境に配慮した河川整備が実施されている<sup>1)</sup>。しかし、その多くが限定的な河川区間を評価対象としており、流域規模での河川環境管理は行われていないのが現状である。河川は線的に連続的な系であるため、広域を視野に入れた河川環境評価は重要である。しかしながら、河川環境評価に重要な水文水理データの観測場所は限定的であるため、河川環境を包括的かつ広域的に評価することは難しい。流量や水深、流速を例とした水文水理量は、魚類や底生動物の生息環境に深く関わる因子としてデータの価値が高い。例えば、河床勾配の異なる区間において形成される瀬と淵においては、それぞれに選好性を示して営巣する底生動物が存在していることが知られている<sup>2)</sup>。また、瀬は水深が浅く流速が速い特徴を持ち、鮎を始めとする漁業重要種の産卵場として利用される特徴を有する。以上のように、瀬と淵に代表される河川の多様な水理学的変動は、生物群集の生活史において多面的に利用され、河川環境の評価項目として極めて重要な位置づけと言える。実際、河川管理の場においても、瀬淵の数や瀬淵における生物モニタリングなどを河川環境整備の評価項目に導入して

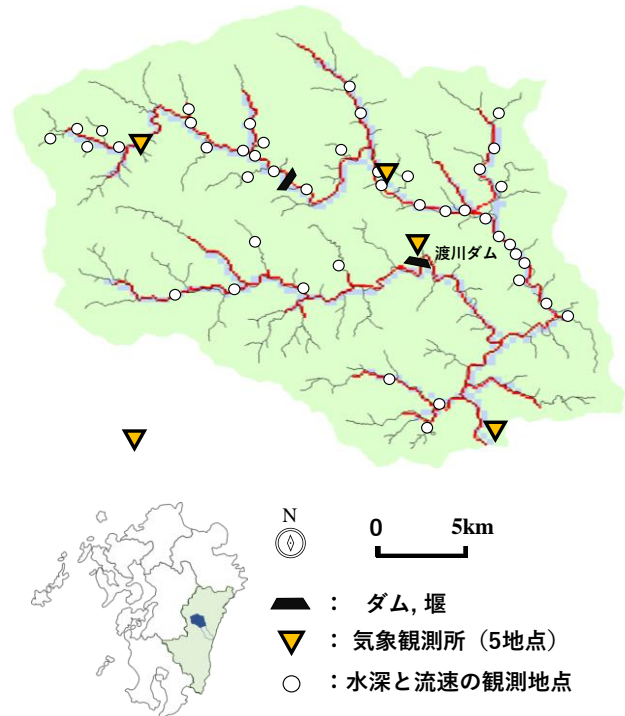


図-1 対象流域図。

黒線は国土数値情報が提供している河川ライン、青色は250 m 解像度のモデル内において河道部と定義した河川、赤色は、100 m 解像度のモデル内において河道部と定義した河川である。

いる事例は散見する<sup>3,4)</sup>。しかしながら、河川管理のみならず既往研究においても、広域を視野に入れて水文水理量を把握する試みはほとんど存在していないのが現状である。

本研究では、上述した問題を解決するために分布型流出モデルを利用した。分布型流出モデルは、水文水理データの観測が未実施の場所を含め広域の水文水理量を推定し、その分布情報を得ることが可能である。一般的にその空間解像度は数百m～数kmであり、河川環境評価の場における局所的な水理環境の表現とはギャップが存在する。そこで、分布型流出モデルを高解像度化させることで、水文水理データの推定精度が向上することが考えられる。しかしながら、異なる空間解像度の分布型流出モデルを比較し、高解像度化による水文水理量の再現性向上を検討した研究は存在しないのが現状である。

そこで、本研究では、宮崎県小丸川上流域を対象に、250と100m解像度の分布型流出モデルを適用し、250と100m解像度における水深と流速の再現性を比較した。

## 2. 方法

### (1) 対象領域と水文水理データ

宮崎県中部に位置する一級河川である小丸川の上流域を対象領域(図-1)とした。小丸川上流域は、上流部の流域面積302 km<sup>2</sup>の範囲と定義した。対象領域内における水深と流速の観測は、2018年11月8～10日において実施した。流速と水深は、各地点のリーチ内の瀬または淵でランダムに4箇所測定を行い、平均値を算出した。流速の測定にはプロペラ式流速計(VR-301, KENEK)を用いて、6割の深さにおける水深を対象とした。本研究では、小丸川上流域の分布型流出モデルにおいて河道部と定義した29地点を対象とした。また、モデルの校正には、渡川ダム地点の流入量データを使用した。

### (2) 入力データ

流出モデルの入力値として、地域気象観測データと地上気象観測データから降水量、気温、風速、日照時間、雲量、気圧、相対湿度を利用した(図-1)。気温、風速、降水量は観測地点のデータをもとに、重みつき距離平均法で空間補間して流域全体で面的に入力した。

標高データと土地利用データには、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が打ち上げた地球観測衛星「陸域観測技術衛星(Advanced Land Observing Satellite: ALOS)」により観測された全球数値地表モデルの30m相当解像度データセットを用いた。ArcGISソフトウェアによってこれらのデータセットを流出計算用に整備し、窪地補正され

た標高データ、流域メッシュデータ、流域面積データ、土地利用データをそれぞれ250と100m解像度で取得した。

### (3) 流出解析とモデルの校正

本研究では、宮崎県小丸川流域において開発された分布型流出モデルを使用した<sup>5)</sup>。本モデルでは、直接流をkinematic wave法、基底流を貯留関数法(式(1))、河道流をdynamic wave法、融雪にdegree-day法、蒸発散量にPenman-Monteith式を用いて計算した。河道部の河道横断面形状は矩形と仮定した。河道幅は、2020年12月1日に撮影されたGoogle Earth 7.3.4の衛星画像写真にて視認される水面幅を目的変数、前節で得た流域面積を説明変数とした冪乗関数(式(2))で回帰的に推定し、 $a=0.698, b=0.685$ を得た。

モデルの校正は、パラメータの中で相対的に低流量条件下における流量再現性が高かった貯留関数法の係数 $k$ を対象とし、250と100m解像度ごとに渡川ダム地点において実施した。校正期間を2018年7月～12月における25%分位数以下の流量である期間(以後、低水流量期間)と水深・流速の観測日である2018年11月8～10日の期間(以後、水深・流速観測期間)とした。それぞれの校正期間で最も流量再現性が高かった $k$ の値を使用し、水深と流速の精度検証を実施した。次に、水深と流速の再現性において感度が高かった河道幅の係数 $a$ を定数倍させることで、水深・流速の再現性に与える影響を考察した。

$$S = kq^p \quad (1)$$

$$W = aA^b \quad (2)$$

ここで、 $S$ :見かけの貯留高(m)、 $k, p$ :係数、 $q$ :遅滞時間遅れの流出高(m/s)、 $W$ :河道幅(m)、 $a, b$ :係数、 $A$ :流域面積(km<sup>2</sup>)である。

## 3. 結果

### (1) モデルの校正

250m解像度では、低水流量期間において $k=40$ 、水深・流速観測期間において $k=60$ の場合が最も流量再現性が高かった(表-1)。100m解像度では、低水流量期間において $k=70$ 、水深・流速観測期間において $k=90$ の場合が最も流量再現性が高かった。また、250m解像度の $k=40, 60$ と100m解像度の $k=90$ における流量誤差には大きな違いが見られず、100m解像度の $k=70$ において流量誤差が比較的大きいことが確認された。

河道幅は前章で推定した回帰式の係数 $a$ を0.5倍させた

場合において、水深・流速における高い再現性が確認された。よって、次節以後は、河道幅の回帰式の係数 $a$ を0.5倍させた場合における水深・流速の結果を使用している。なお、この条件下において流量はほとんど変化しないことを確認している。

## (2) 250, 100 m 解像度における水深・流速の再現性

図-2の箱ひげ図は、250, 100m 解像度の最適な  $k$  値における水深・流速の観測値との差を示している。250m 解像度では、 $k$  の値が変化しても水深・流速の中央値に大きな変化は見られなかったが、水深・流速観測期間の流量再現が高かった  $k=60$  において、水深のばらつきが小さくなったことが確認された。100m 解像度では、低水流量期間の流量再現が高かった  $k=70$  と比較して、水深・流速観測期間の流量再現が高かった  $k=90$  の方が、水深・流速誤差の中央値が0に近いことが確認された。

250m 解像度と100m 解像度における水深・流速誤差を比較した結果、流量の再現性によらず、100m 解像度の方が水深・流速誤差の中央値が0に近く、ばらつきも小さいことが確認された。高解像度の標高データの方がメッシュ間における実際の河床勾配の再現性が高く、結果として観測値との誤差が小さくなったことが考えられる。また、高解像度の条件下では、極端な標高差が少なくなり、安定した解析結果を得られることで、解析結果のばらつきが小さくなったと考えられる。

水深・流速の外れ値は、250m 解像度と100m 解像度に共通して、小丸川本川や支流の最上流端付近のメッシュにおいて検出された。これは、これらメッシュがモデルの境界条件を与えるメッシュに近接しており、比較的計算が不安定なことが影響していると考えられる。また、250m 解像度と比較して、100m 解像度の方が水深・流速の外れ値が小さく、100m 解像度において水深の外れ値は確認されなかった。

## 4. まとめ

宮崎県小丸川上流域を対象に、250と100m 解像度の分布型流出モデルにおける水深と流速の再現性を比較した。結果として、流出モデルの高解像度化を行うことで、河川環境整備にとって重要である水深・流速の水文水理量の再現性が向上することが確認された。

**謝辞**：本研究の遂行にあたり、宮崎県企業局からダム諸量データを提供頂いた。また、科学研究費補助金（19K15101、糠澤桂）の助成を受けた。併せて深甚なる

表-1 100m と250m 解像度の最適なパラメータ値 ( $k$ ) における流量の誤差。

観測日	解像度 ( $k$ の値)	250m		100m	
		( $k=40$ )	( $k=60$ )	( $k=70$ )	( $k=90$ )
2018/11/8	観測値との差 (m <sup>3</sup> /s)	0.08	0.26	-0.66	-0.04
	観測値との比率 (%)	5%	17%	-44%	-3%
2018/11/9	観測値との差 (m <sup>3</sup> /s)	-0.10	-0.06	0.01	0.48
	観測値との比率 (%)	-8%	-4%	1%	39%
2018/11/10	観測値との差 (m <sup>3</sup> /s)	-0.47	-0.36	-0.37	0.00
	観測値との比率 (%)	-35%	-26%	-27%	0%

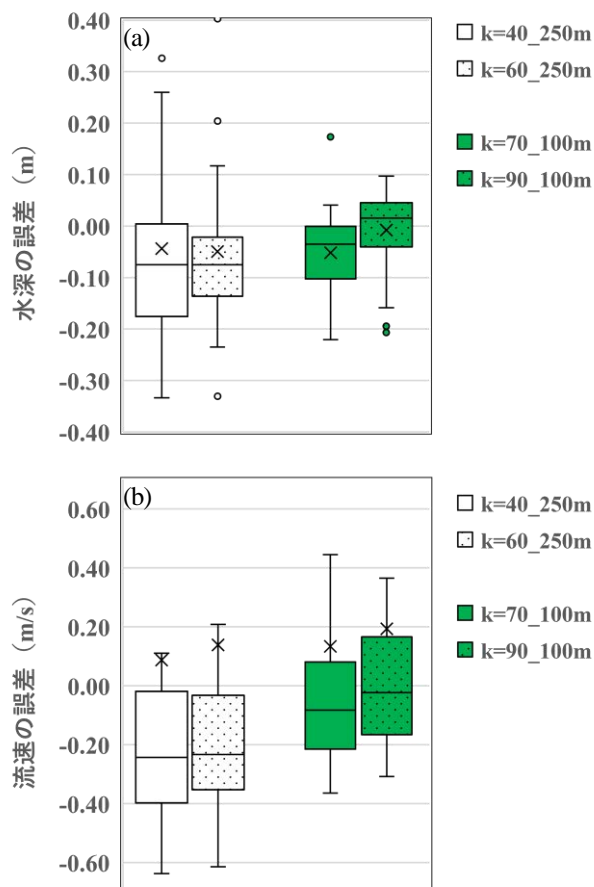


図-2 250, 100m 解像度の最適なパラメータ値 ( $k$ ) における (a) 水深と (b) 流速の観測値との誤差。

×印は平均値を示している。可視性を維持するために一部外れ値を省いている。水深は最大で 0.78m、流速は最大で 5.20m の外れ値がある。

謝意を表す。

## 参考文献

- 国土交通省：令和 3 年度全国多自然川づくり会議  
mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyou/tashizen/gaiyou\_R03.html

(閲覧日 R4.07.24) .

- 2) 田中凌央, 糠澤桂, 宇都宮将, 鈴木祥広: 瀬-淵の水理学的変動を考慮した機械学習による底生動物分布モデルの構築, 土木学会論文集 G (環境), 2022 (受理済) .
- 3) 土交通省九州地方整備局: 小丸川水系河川整備計画, [http://www.qsr.mlit.go.jp/miyazaki/site\\_files/file/omaru\\_keikaku/pdf/sakueti/honbun.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/miyazaki/site_files/file/omaru_keikaku/pdf/sakueti/honbun.pdf) (閲覧日 R4.07.24) .
- 4) 国土交通省: 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第10回 山地・ダム・河道・河口海岸領域ワーキンググループ問題・課題評価資料【河道領域】, [http://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20220520154647-1.pdf](http://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20220520154647-1.pdf) (閲覧日 R4.07.24) .
- 5) 井上優希, 峯田陽生, 糠澤桂: 分布型流出モデルを用いた小丸川流域における過去40年間の気候・流況変化の評価, 土木学会論文集 G (環境), 2022 (受理済) .