

河川の合流点を考慮した一次元河床変動モデルの提案

立命館大学大学院理工学研究科 ○水野裕斗・北村一貴

立命館大学理工学部環境都市工学科 里深好文

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 小竹利明・山田拓

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 木下篤彦・柴田俊

アジア航測株式会社 岡野和行・井之本信

1.はじめに

近年、土砂・洪水氾濫が増加している。平成23年の紀伊半島大水害では支川で生産された土砂が河川合流部に堆積し、堤防決壊・河川氾濫が生じた^[1]。

河川合流部付近は複雑な流れにより顕著な土砂堆積が生じるなど危険な地点であり、数値計算を行う際には、河川合流点の影響が十分考慮された河床変動モデルを使用することが望ましい。

しかし、現在使用されている計算モデル（以下、既存モデルとする）は、本支川が平行に近い角度で合流すると仮定されており^[2]、合流点の影響が十分に考慮されていない。

本研究では、河川合流部を模した水路実験で得た知見をもとに、河川の合流点を考慮した一次元河床変動モデルを提案した。また、水路実験の結果と照らし合わせることで提案モデルの優位性を示した。

2.実験概要

図1のように、水路幅0.7mの本川水路と水路幅0.4mの支川水路を直角に合流させ実験を実施した。それぞれの水路には土砂を敷きならし（平均粒径1.5mm、河床厚3cm）、本川と支川それぞれの水路上流部から水と土砂を供給した。供給土砂量は平衡給砂量を与えることとし、供給流量は、図2に示すハイドログラフに従って供給した。カメラで撮影した画像をもとに、合流部付近の河床変動量を計測した。

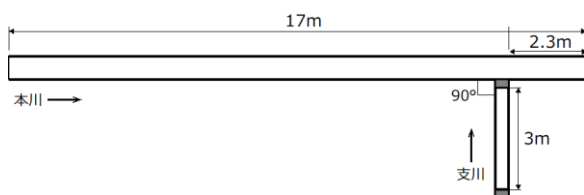


図1：実験水路概要

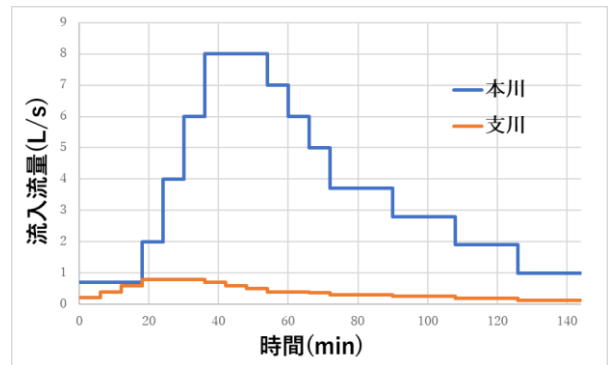


図2：水路実験のハイドログラフ

3.実験結果から得られた知見

実施した水路実験から以下のような知見を得た。

- ・本支川流れの大部分は合流部で混ざらず流下する
- ・合流部の本支川流れの境界は時間的に変化する

本川の上流では水位上昇、流速低下が生じた。これは支川流れの影響を受け、河川の合流部で本川幅が縮小し、流れが阻害されたためだと考えられる。

4. 新合流モデル

本研究で提案する合流モデルでは、合流点から一定の区間を合流エリアと定めた（図3緑枠部分）。合流エリアにおける本支川の川幅を時間的に変化させ、本支川流れの境界を再現する。

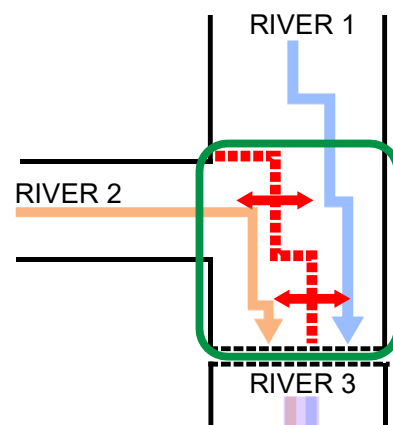


図3：新モデル概要

4-1. 基礎方程式

本研究で用いた基礎方程式を以下に示す。なお、せん断応力は Manning 則を用いて算出し、流砂量式は 芦田・道上の式^[3]を採用した。

(1) 連続式 (質量保存則)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} = 0$$

(2) 河床連続式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial qb}{\partial x} \frac{1}{(1-\lambda)} = 0$$

(3) 運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - g \frac{n^2 u^2}{h^3} - \frac{\tau}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right)$$

ここに、h:水深, u:流速, z:河床高, qb:単位幅流砂量, λ:空隙率, ρ:水の密度, p:圧力, τ:せん断応力, ε:カルマン定数, g:重力加速度である。

5. 結果・考察

水路実験と同じ条件で、シミュレーションを実施した。なお、合流点から 0.8m (支川幅 2 つ分) を合流エリアとし、合流エリアにおける本川の川幅は水路実験の結果をもとに図 4 のとおりに設定した。図 5 は、支川ピーク後、本川ピーク後、実験終了時の合流部周辺の河床変動量縦断形を示している。

既存モデルでは、合流部付近でも一様に土砂堆積が生じた。一方提案モデルでは、合流部付近で局所的に土砂堆積が生じ、実験で計測された土砂堆積と同様の傾向が再現された。

6. おわりに

本研究では、河川合流点の影響を考慮した一次元の河床変動モデルを提案し、水路模型実験と同様の傾向が再現されることを示した。

しかし、提案モデルで計算を行うためには合流エリアの川幅を設定する必要があり、合流部における本支流流れの境界位置を予測できる手法を検討することが今後の課題である。

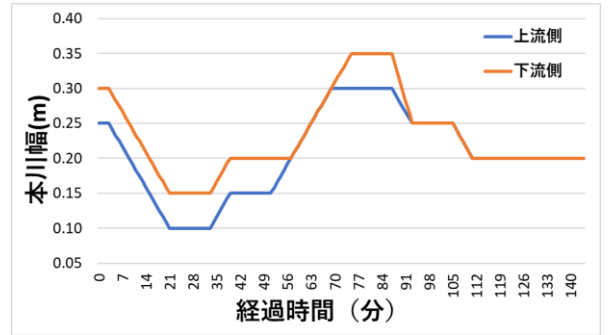


図 4：合流エリア本川川幅

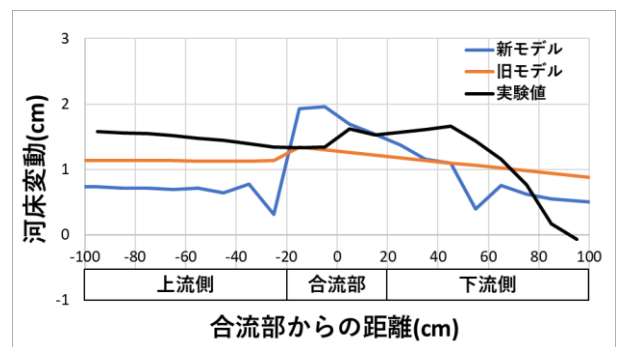
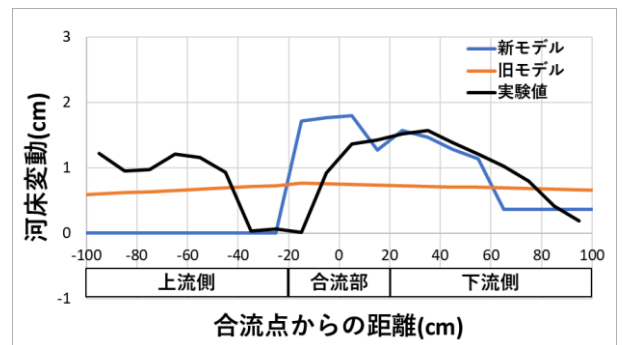
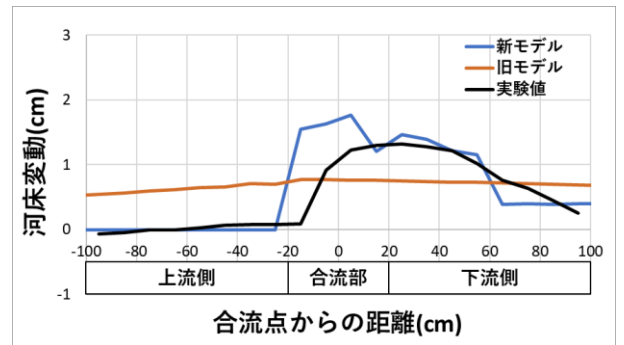


図 5：合流部周辺の河床変動量

参考文献

- [1] 那智勝浦町, 紀伊半島大水害 平成 23 年 9 月 町を襲った台風 12 号の記録, 平成 25 年 3 月.
- [2] 中谷ら (2012), 支川合流を考慮した土石流数値シミュレーション手法の検討, 砂防学会研究発表会概要集, 78-79
- [3] 芦田ら (1972), 移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集, 206, p56-69