

漂流予測シミュレーションモデルの高精度化・高機能化に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○鈴木聖悟

九州大学大学院 正 会 員 井手喜彦 山城 賢 杉村佳寿

1. はじめに

近年激甚化する豪雨・台風により流木等の漂流物は、漁業、海岸保全施設、生態環境など多岐に悪影響を与える。漁業においては流木の衝突が懸念され、数か月間船が出せないことや、のり養殖、引き網漁への被害もある。また海岸に漂着した流木は消波ブロックの働きを阻害し、二次災害を引き起こす可能性がある。このような二次災害を軽減させるべく、九州地方整備局は、漁船や近隣住民による目撃情報を頼りに漂流物の捜索を行っているが、現状では目的の漂流物を回収できる確率は50%程度と高いとは言えない。本研究では、代表的な漂流物である流木の回収効率の向上を目的とし、風から漂流物が直接受ける抗力、乱流拡散過程、漂流物の漂着の影響を、複雑な海岸線を精度良く再現できる非構造格子モデルに組み込むことで漂流予測シミュレーションモデルを高精度化した。また、逆解析機能や、外部データの読み込み機能の追加などモデルの高機能化にも取り組んだ。

2. 漂流予測シミュレーションモデルの高精度化・高機能化

非構造格子を採用した海洋流動モデル FVCOM(Finite Volume Community Ocean Model ver.3.2)を用い、内部に組み込まれている粒子追跡モデルを改良して流木の漂流予測モデルを開発した。デフォルトの粒子追跡モデルは海水と同密度を有した質点の追跡に対応しているため、浮き沈みする質点を海面に固定することで流木の浮力を表現した。また、流木が直接受ける風の抗力の影響を考慮するために、漂流速度に土門ら¹⁾の表-1の式(1)を採用した。また、ランダムウォークによる乱流拡散過程を表-1の式(2)により組み込んだ。既往研究を参考に K_h は $0.5m^2/s$ とした。加えて、漂流物の漂着を再現するため設定した任意の水深より浅い位置に粒子が到達すると停止する機能、漂流物の漂着位置から流出した位置を特定できる逆解析機能、計算速度を上げるため予め計算しておいた流速データを外部ファイルから読み込む機能等の追加など、モデルの高機能化も行った。

表-1 漂流計算に用いた式

$V = V_c + V_w + kU_{10}$	$k = \sqrt{q_a C_{da} A_a / q_w C_{dw} A_w}$	(1)	$X^{t+\Delta t} = X^t + V\Delta t + R\sqrt{2K_h\Delta t}$	(2)
V :風応力を考慮した漂流速度	U_{10} :海上10m風速	C_{da}/C_{dw} :抗力係数比	X^t :現在の位置ベクトル	
V_c :海流成分による漂流速度	q_a :大気密度	A_a/A_w :投影面積比	R :正規乱数	
V_w :吹送流による漂流速度	q_w :海水密度		K_h :水平渦拡散係数	

3. 計算の概要

計算領域は図-1の範囲とし、最小メッシュサイズは500m、最大メッシュサイズは5kmとした。気象外力(気圧、風)としてGPV(時間解像度1時間、水平解像度5km)データを計算メッシュに線形内挿した。潮汐はNAO.99Jbによる予測値を開境界に与えた。河川流量は九州地方の1級河川19本を考慮し、国土交通省水門水質データベースの流量データと、アメダスの降雨量データを基に、IRICソフトウェアによる予測値を与えた。計算期間は令和4年度台風14号が来襲した2022年9月15日9時~9月24日21時とした。台風14号は豪雨を伴う非常に強い勢力であったことから、九州地方の各所で漂流物被害が見られた。図-1に報道等による情報を基に被害のあった地域とその漂着日をまとめる。流木が流出した日時は正確に把握することが難しいため、9月18日9時から9月20日9時までの2日間、流木が流出した球磨川、五ヶ瀬川、大分川、大野川、大淀川、耳川と図-1の流木漂着場所から近い1級河川の松浦川、山国川、番匠川、川内川の河口から流木を1時間毎に放出した。また、流木の挙動のランダム性を考慮して1度に50本放出し、水深30cm以下で漂着する条件で計算を行った。

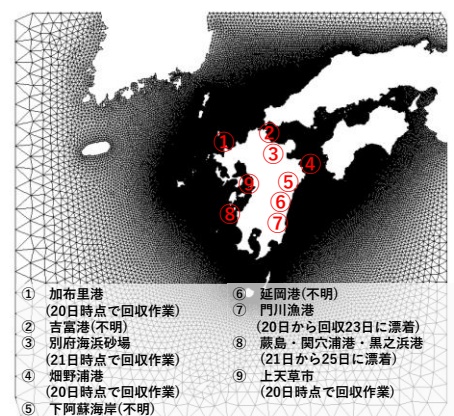


図-1 計算メッシュと回収場所

4. シミュレーション結果と考察

図-2,3に2日毎のシミュレーション結果を放出した時間帯に分けて示す。放出した河川ごとに色分けをして表示し、漂着被害のあった地域を四角で囲っている。流木流出があった6つの河川(球磨川, 五ヶ瀬川, 大分川, 大野川, 大淀川, 耳川)のシミュレーション結果と実際の漂着場所の比較を行う。球磨川(薄青)では, 18日放出の流木は八代海を南北方向に大きく移動し, やがて八代海北部に漂着した。その後19日放出の流木は徐々に南方に流れていき, 23日頃には八代海南部の阿久根に到達する。この結果は上天草を中心に八代海全域で流木が見られ, 後に阿久根に流木が漂着した状況と一致している。五ヶ瀬川(赤)では, 18日放出の流木は北上し, 下阿蘇海岸付近に漂着した。流木被害の大きかった延岡港は五ヶ瀬川の河口であったことから大量の流木が漂着したとみられる。19日放出の流木は海岸線を沿って南下したため, それらの流木が門川漁港に漂着した可能性が高い。大分川・大野川(青・黄緑)では, 流木は一部別府湾内に流入し, それらが別府地域に漂着したと考えられる。別府湾外に流れ出た流木は21日頃には宮崎県沖合まで流れ着いた。門川漁港では数日間に渡って流木が漂着したことから, それらの流木が門川漁港に漂着した可能性も考えられる。大淀川・耳川(緑・橙)では, 18日放出の流木は直後は北上したが, 暫くすると19日放出の流木と同様に志布志湾, 鹿児島湾まで海岸線を沿って南下した。その周辺で漂流物被害は見られていないが, 何れかに漂着している可能性はある。

次に以上の6つの河川からの流木漂着が見られなかった加布里港, 吉富港, 畑野浦港の地域について考察する。まず, 加布里港について, 松浦川(黄)は19日3時頃から台風による流量が増え始めたが, 図-3より19日放出の流木は加布里港に漂着していないことが分かる。加布里港には泉川が流入しており, 本計算では流出させていないが, 泉川から流出した流木が漂着した可能性が高い。吉富港については山国川の河口であり, いずれの図からも山国川から発生したものが漂着している。畑野浦港は番匠川(紫)や五ヶ瀬川(赤)からの流木が付近を漂流したが, 入り組んだ湾内に流れ着いた流木はなかった。畑野浦湾には畑野浦川が流入しており, 本計算では考慮していないが, そこから流出した流木が堆積した可能性もある。

5. おわりに

非構造格子モデルFVCOMをベースに, 風応力・乱流拡散過程・漂着を考慮した高精度なモデルの開発を行った。また, 逆解析や外部ファイルからの流速データの読み込み機能などを追加し高機能化にも取り組んだ。構築したモデルを用いて令和4年台風14号に伴い九州沿岸に流出した流木の挙動に関する数値シミュレーションを行い, 回収情報との比較および各河川の漂着物の挙動について詳細な考察を行った。

参考文献

- 1) 土門 明, 泉谷 尊司, 石橋 邦彦: 風, 波と流れによる漂流物の抗力係数および漂流予測に関する研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, pp.1_1031-1_1036, 2012.

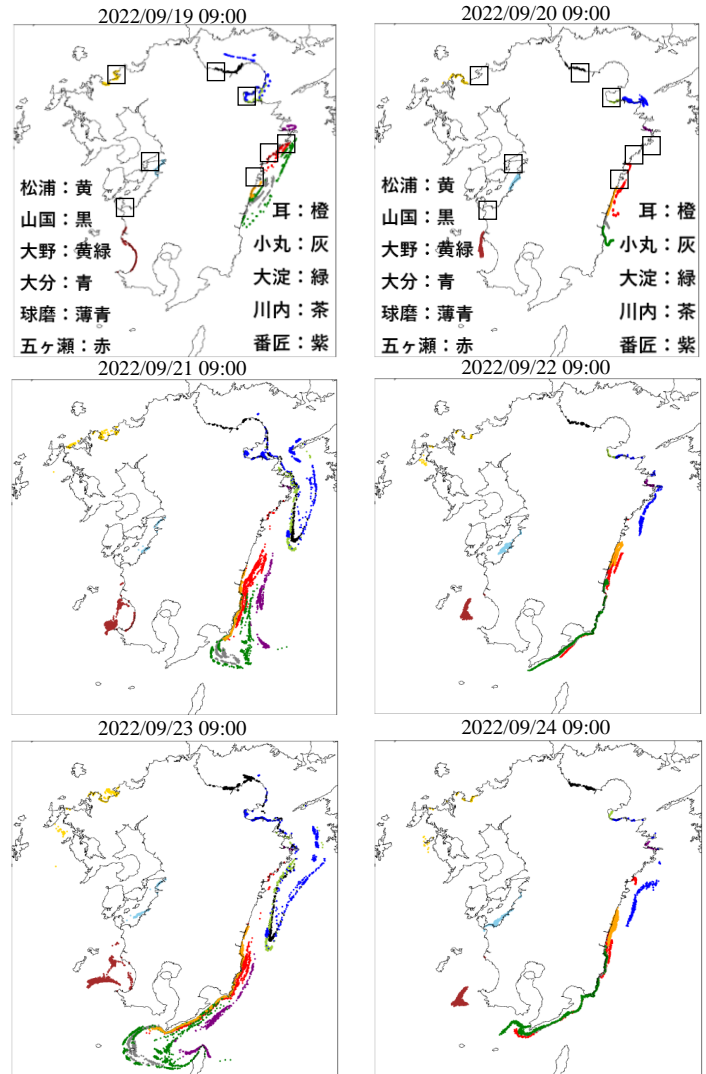


図-2 9月18日9時~19日9時に放出した流木の2日毎の漂流地点

図-3 9月19日9時~20日9時に放出した流木の2日毎の漂流地点