

# 河川漂流ゴミ輸送量の新たな自動連続モニタリングシステムの開発と最上川への適用

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻  
 東京理科大学工学部土木工学科  
 (株)大林組  
 国土交通省国土技術政策総合研究所  
 愛媛大学大学院理工学研究科生産環境工学専攻

学生員 ○南 まさし  
 正会員 二瓶 泰雄  
 非会員 西島 拓駿  
 正会員 片岡 智哉  
 正会員 日向 博文

## 1. 序論

海岸に漂着・堆積するゴミ(海ゴミ)は景観や水底質環境の悪化などの環境面や処理費用・労力という観点から、国際的な沿岸環境問題となっている。これらの海ゴミの起源は、その8割が陸域と目されていることから、海ゴミ対策を流域圏にわたり行うためには、陸から河川、海岸までに至るゴミの発生・輸送・漂着過程を明らかにすることが第一ステップである。これに対して著者らは、出水時の河川を対象として、漂流ゴミの直接採取やビデオモニタリング、GPSフロート調査を行い、河川における漂流ゴミの9割程度が植生などの自然系ゴミであること、漂流ゴミが川岸に漂着・流出を繰り返して流下していることを明らかとしたが、これらのモニタリングは自動連続化なされていない。そこで本研究では、水表面の撮影画像から漂流ゴミを抽出できる画像解析手法<sup>1)</sup>を用いた河川漂流ゴミ輸送量の自動連続モニタリングシステムを構築し、最上川における漂流ゴミ輸送量を把握することを試みる。

## 2. 研究方法

**(1) 本手法の基本的枠組み:** 本手法は、河川水表面の自動連続撮影、インターネット経由による撮影画像の転送、画像解析法に基づく漂流ゴミ判別と輸送量算出、という3つの部分によって構成される。本研究では、通信手段を備えたWEBカメラを用いることはコスト上負荷が大きいことや河川周辺は通信環境が良好でないため、通信手段を持たないインターバルカメラを使用する。そのため、画像転送部分については実施していない。

**(2) 現地観測概要:** 本研究の観測サイトは図1に示す山形県・最上川の中流域に位置する下野水道橋(河口から+114km)と平塩橋(河口から+132km)の2断面である。河川上を漂流するゴミを効率的に捉えるために、下野水道橋に3台、平塩橋に2台のインターバルカメラを橋の欄干に鉛直下向きに設置する(図2)。インターバルカメラとしては、一定時間間隔で長期間、静止面の自動連続撮影が可能なタイムラプスカメラ(CBR-TLC200, BRINNO社製)を使用した。カメラの撮影モードは、解像度1280×720[pixel]、撮影間隔は10秒である。観測期間は地点毎に異なるが、概ね2014年6月~2015年1月である。これらの期間中には、台風1408, 1418, 1419号が来襲し、このうち台風1408号は年最大規模の出水となっている。本研究では、これらの台風出水を主な解析対象とする。

**(3) 画像解析方法:** 前述した現地観測によって得られる画像群には図3左側のようにゴミがバラバラに存在し流下している場合(バラバラ型)と右側のようにかたまって流下している場合(塊型)がある。これらに対して、尾ノ井ら<sup>1)</sup>と同様、sobel filterにより求められるRGBの合計値 $P_n$ の空間勾配 $P'$ が、ある閾値を上回るものを漂流ゴミとして漂流ゴミの判別を行うとバラバラ型ゴミの抽出は概ね良好にできるが、塊型ゴミの抽出はできない。そこで、塊型ゴミの場合には、色の空間勾配 $P'$ に対して移動平均操作を行い、それに対して新たに閾値 $P'_{th}$ を選定し、漂流ゴミの判別を行った。

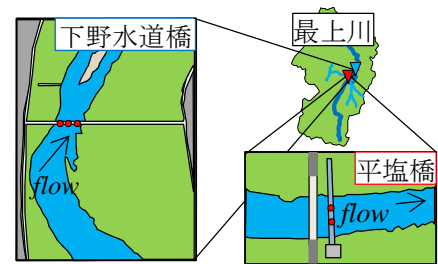


図1 観測サイト

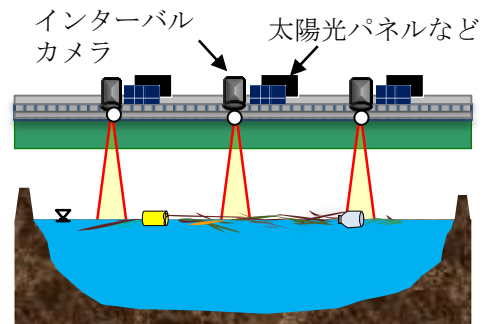


図2 インターバルカメラの設置概要

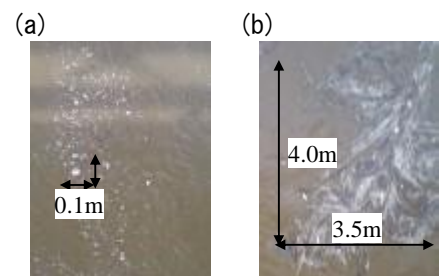


図3 河川漂流ゴミの存在形態(バラバラ型(a)と塊型(b))

キーワード: 河川漂流ゴミ, 画像解析, 海ゴミ, インターバルカメラ, 出水

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL: 04-7124-1501 (内線 4069) FAX: 04-7123-9766

3. 結果と考察

(1)河川漂流ゴミ輸送量の推定精度：本画像解析手法のキーポイントとなる漂流ゴミ判別のための最適閾値 $P'_{ths}$ の設定を自動的に行うために、水面におけるRGBの合計値 $P_n$ を指標とし、 $P'_{ths}$ と $P_n$ の相関関係をゴミの存在形態別(バラバラ型と塊型)に作成した(図4)。これより、バラバラ型と塊型どちらも水面におけるRGBの合計値 $P_n$ が大きいほど最適閾値 $P'_{ths}$ が線形的に増加しており、それぞれ図中に示す近似直線が得られた。これらの近似直線の相関係数は各々0.821と0.903であり、どちらも概ね良好な相関関係が得られた。また、上述の最適閾値の算出式より得られた閾値を用いたゴミ判別の精度を検証するために、従来までの目視による判別結果と本手法の推定結果の相関図を作成した(図5)。その結果、本推定値は誤差±15%以内に入る。これより本手法はゴミ判別や輸送量算定を精度よく行える方法であることが示された。

(2)出水時最上川の漂流ゴミ輸送量の時間変動特性：出水時最上川における河川漂流ゴミの輸送状況を把握するために、最上川の上流側(平塩橋)と下流側(下野水道橋)の断面全体を単位時間あたりに通過する漂流ゴミ輸送量 $L$ の時間変化を図6に示す。ここでは、例として2つの橋のデータが良好に取得できた台風1418号の結果を図示している。これより、両地点共に、漂流ゴミ輸送量は流量とともに増加し、流量ピーク時に漂流ゴミも概ねピークを向かえている。また、両地点の漂流ゴミ輸送量を比べると下野水道橋>平塩橋という大小関係となっており、これは流量規模の違いを反映しているものと思われる。

(3)年平均ゴミ輸送量の推定と比較： $L-Q$ 関係を両地点で作成し、2014年における年平均ゴミ輸送量を推定し体積換算した結果を図7に示す。最上川から日本海へと流出するゴミ輸送量を東京湾への流出量<sup>2)</sup>と比較すると、およそ4倍近い量となり、最上川周辺域の海ゴミ問題が顕在化している。また、各地点における流域面積は、本川・平塩橋地点は2898km<sup>2</sup>、二地点間の支川(寒河江川・須川)は1164km<sup>2</sup>であることから、単位流域面積あたりの漂流ゴミ輸送量は支川からの方が大きい。これは、平塩橋上流に位置する上郷ダムにより漂流ゴミがトラップされている影響であると推察される。

4. まとめ

- 1) 橋上からの垂直撮影画像とゴミ判別を可能とする画像解析法を組み合わせた河川漂流ゴミ輸送量の自動連続モニタリングシステムを構築し、従来までの目視によるゴミ判別と比べて、作業時間および労力を大幅に削減することに成功した。
- 2) 本画像解析手法のゴミ輸送量推定結果は、目視による従来法と比較すると、その差は±15%以内に入っており、ゴミ判別を高精度に行うことができ、その有用性が示された。
- 3) 最上川から日本海へと流出する年平均ゴミ輸送量は160000m<sup>3</sup>であり、これは東京湾へと流出する量のおよそ4倍近くになり、最上川流域における有効な流入量削減策が必要であることが定量的に示された。

参考文献：1)尾ノ井ら，水工学論文集，Vol.69，No.4，2013。  
2)二瓶ら，海岸工学論文集，Vol.57，2010。

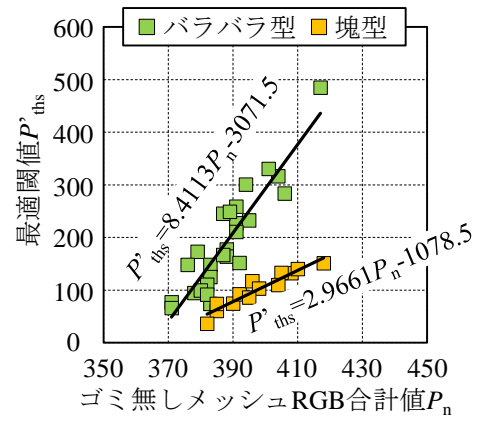


図4 水面におけるRGBの合計値と最適閾値の相関関係

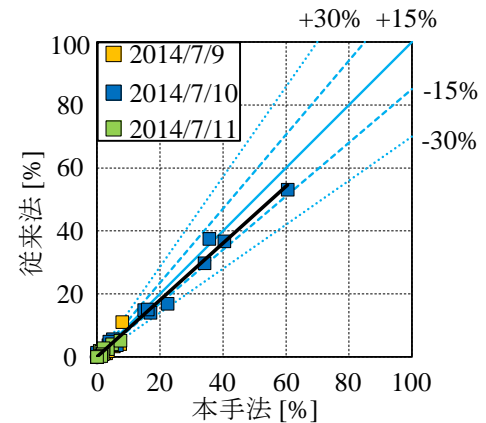


図5 漂流ゴミ判別精度の比較

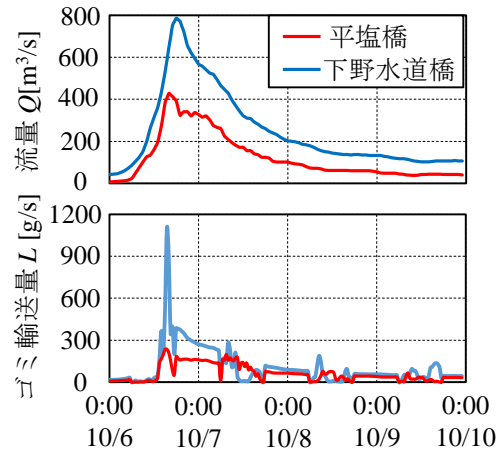


図6 両断面におけるゴミ輸送量の時間変化

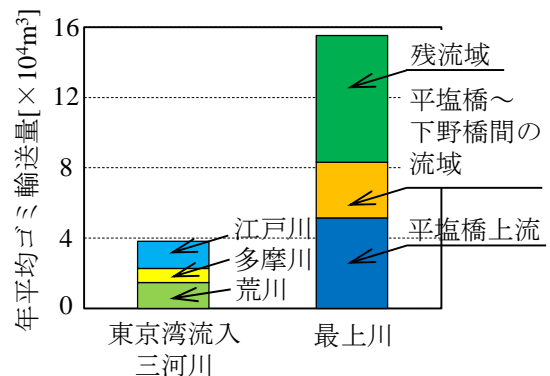


図7 年平均ゴミ輸送量の比較