

近赤外線カメラを用いた川ゴミ輸送量の連続モニタリングシステムの開発

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学理工学部土木工学科
東京理科大学理工学部土木工学科

学生員 ○ 藤山 朋樹
正会員 片岡 智哉
正会員 二瓶 泰雄

1. 序論

海ゴミの問題は、経済や環境に影響を与え深刻な問題と世界中で認識されている。海ゴミを減らす、回収する試みがなされている。有効な対策を打つためにゴミの量や堆積分布、種類、発生源の把握が必要である。海ゴミの8割は陸域起源とされているが、どのようなゴミがどこからどのようにして来ているかは、具体的なことはわかっていない¹⁾。著者らは、陸域からの輸送経路と考えられる河川におけるゴミ輸送量調査を2008年から行っている。当初はネットを用いて水表面を漂流するゴミを直接採取したが、この手法は人手と労力を要したため、ビデオカメラを用いて橋上から河川表面を撮影しゴミ輸送量を推定した²⁾。これに続き、可視光のタイムラプスカメラを現地に設置し、川ゴミの自動連続モニタリングシステムを構築した³⁾。このように、着実に川ゴミモニタリング手法は進展しているが、夜間計測ができておらず自動連続観測の欠測が生じていることが大きな課題である。

そこで本研究では、夜間でも撮影可能な近赤外線カメラを導入し、河川における川ゴミ輸送量の昼夜連続モニタリングシステムの開発を行うことを試みた。また、本システムの有効性を検証するために、大河川（江戸川）と中小河川（千葉県・大堀川）での現地実証試験を行った。

2. 研究手法

(1) 本モニタリングシステムの概要

本システムは、現地河川での水表面の連続撮影と撮影動画の画像解析の二つから構成される。現地観測では、**図-1**に示すように、近赤外撮影ができるトレイルカメラ（SP2, ㈱ハイク製）と光量不足を補う赤外線投光器（波長 850nm, 照射距離 180m, 照射角 15 度, シーンエレクトロニクス製）を用いる。それぞれに付属する太陽光パネル、バッテリーから成り、投光器の消費電力を抑制するため、赤外線感知センサーを用いて夜間のカメラ撮影時のみ発光するようにした。画像解析では、**図-2**に示すように、撮影された動画を静止画に分割し、設定した検査線内における各画素上の RGB の合計値輝度 P を時間的につなぎ合わせた STI（Space-Time Image）を作成する。この STI に対して微分して輪郭を抽出する Sobel Filter と平滑化 Smoothing による処理を行い、各画素の色勾配 P が閾値 P_{th} を超えていればゴミと検出し、白黒の二値化画像を作成する。

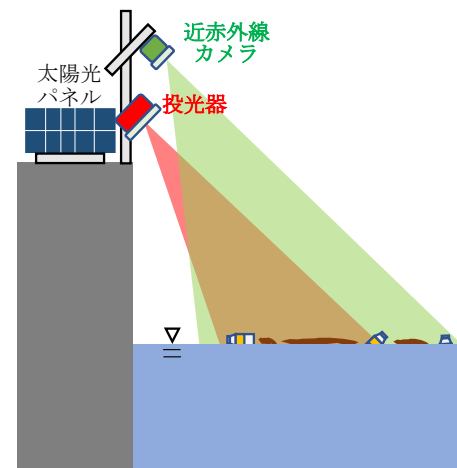


図-1 本モニタリングシステムの概要

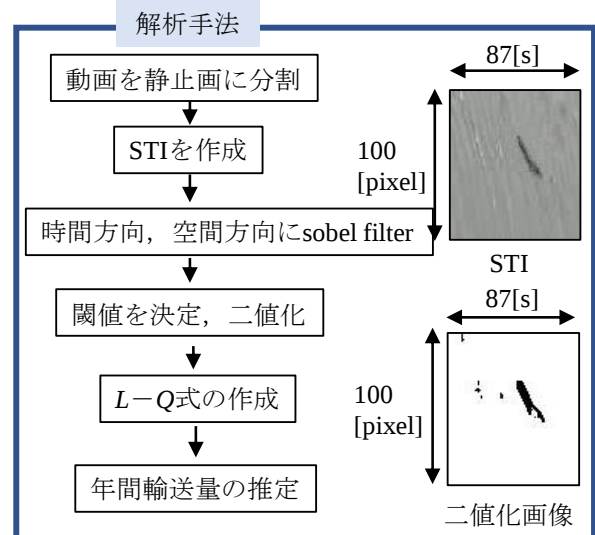


図-2 画像解析フロー

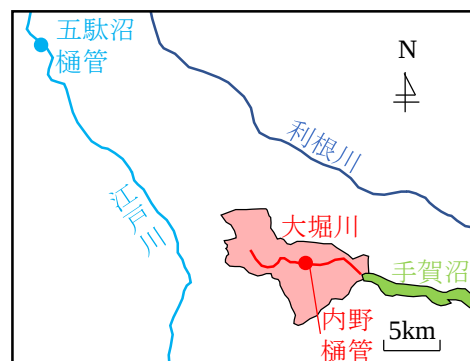


図-3 観測サイト

キーワード：近赤外線カメラ、川ゴミ、海ゴミ、画像解析、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

(2) 現地観測の概要

観測サイトは江戸川・五駄沼樋管（河口から 45km）と大堀川・内野樋管（同 3.8km）の 2 ヶ所である（図-3）。観測期間は江戸川では 2017/7/7～2018/1/25、大堀川では 2017/7/26～2018/1/25 である。撮影間隔・時間は、江戸川では 1 時間ごとに 60s、大堀川は 10 分ごとに 10s 間とした。カメラ画質には WVGA（1024×576）を用いた。

3. 結果と考察

(1) ゴミの抽出状況

本解析法によるゴミの抽出状況を見るべく大堀川における 2017/10/22 14:10 の撮影動画を例として、目視によるゴミ判別結果と本画像解析法による二値化画像を図-4 に示す。ここでは、二値化の際の閾値は 220 であり、STI 全体から横軸 10s、縦軸（空間）576pixel の分を抽出している。これを見ると、STI 内に点在しているゴミを本画像解析法では概ね捉えられている。ただし、目視で見られたゴミの形状等は正確にとらえられておらず、非常に小さなゴミも抽出できていない部分がある。

(2) 本解析法のゴミ判別精度

上記結果は閾値の設定により大きく変わる。いくつかのサンプル画像（河川毎に約 15）に対して、目視でゴミ判別された画素数と、本解析法により様々な閾値により得られるゴミの画素数を求め、最も両者が近くなる閾値（最適閾値 P'_{ths} ）を求めた。この P'_{ths} と STI 全体における P' の標準偏差 P'_{std} の相関図を図-5 に示す。これより、昼・夜共に、概ね良好な相関性が確認された。そこで、各 STI に対して P'_{std} を求め、図-5 中の近似式より P'_{ths} を算出して得られたゴミの画素数と目視の結果を図-6 に示す。ここでも江戸川を対象とし、STI 内でゴミ判別された画素数を計測時間で除している。また、図-5 と同じデータのみならず、用いていないデータ（図中緑マーク）も表示する。これより、閾値決定に用いたデータに関しては夜間は誤差範囲 30% 未満の範囲に収まったが、昼間や他データでは大きく外れているものも散見される。これは、強風で水面波が立ったことや、水面上の光の反射が顕著であったことが原因と考えられる。

(3) ゴミ輸送量の時系列データの算定

ゴミ輸送量と流量、 P'_{std} の時系列データを図-7 に示す。ここでは、各 STI に対して得られる単位時間当たりのゴミ画素数から、ゴミ輸送量に換算している²⁾。これより、本解析法によりゴミ輸送量は連続的に算出できており、目視データとも一致する部分もある。しかしながら、ハッチを掛けた部分ではゴミ輸送量が不自然に大きく、目視データとも差がある。この時、 P'_{std} は大きくなっており、上述した波や光のノイズの影響と思われる。

謝辞：本研究の一部は、ダウ・ケミカル日本㈱の支援により行われた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Jenna R. Janbeck, Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegel, Miriam Perlyman, Anthony Andady, Ramani Narayan, Kara Lavender Law: Plastic waste input from land into the ocean, *Science*, Vol.347, ISSUE 6223, pp.768-770, 2015.
- 2) 尾ノ井龍仁, 二瓶泰雄, 片岡智哉, 日向博文: 河川漂流ゴミ

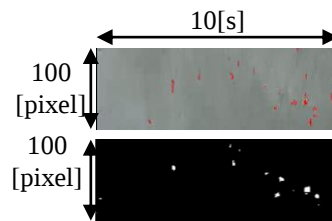


図-4 目視（上）と本解析法（下）によるゴミ判別結果の比較（大堀川，2017/10/22 14:10）

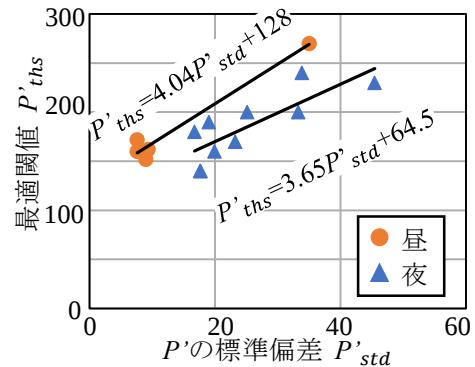


図-5 標準偏差 P'_{std} と最適閾値 P'_{ths} の関係（江戸川）

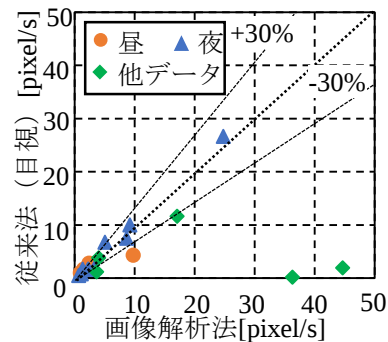


図-6 目視と画像解析結果の比較（江戸川）

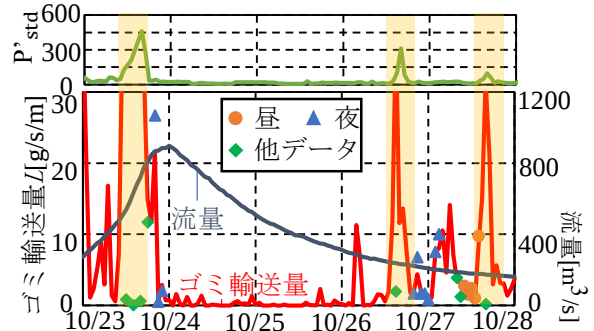


図-7 ゴミ輸送量と流量、 P'_{std} の時間変化（江戸川）

輸送量に関する自動モニタリング技術の検討, 水工学論文集, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.4, pp.769-774, 2013.

- 3) 南まさし, 尾ノ井龍仁, 二瓶泰雄, 西島拓駿, 堀田琢哉, 船本優月, 金子博, 大谷明, 片岡智哉, 日向博文: 河川漂流ゴミ輸送量の自動連続モニタリング手法の開発と最上川観測への適用, 水工学論文集, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, pp.1225-1230, 2015.