

## サーモカメラを用いた河川漂流ゴミ判別精度の検討

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  
 東京理科大学理工学部土木工学科

正会員 二瓶 泰雄  
 非会員 村上 周平  
 正会員 仲吉 信人

### 1. 序論

人工系・自然系ごみからなる河川漂流ごみは、防災・環境上、非常に大きなインパクトを及ぼす。防災面では、橋にせき止められた大小様々な流木や植生による堰上げを主要因とした洪水氾濫が各地で頻発している。一方、洪水時に大量に流出した流木はダム湖や河岸、海岸に漂着する“ごみ”となり、ごみの回収や処理に多くの費用や労力が必要となる。このため、漂流ごみの発生量や輸送量を把握することは極めて重要である。本研究では、河川から沿岸への漂流ごみ輸送量調査法として、漂流ごみを直接採取する方法や橋上からビデオ撮影による方法等を検討した<sup>1) 2)</sup>。また、近年、インターバルカメラの撮影画像とごみ判別用画像解析手法を用いる河川漂流ごみ輸送量の自動連続モニタリングシステムを構築し、最上川にてその有効性を検証した<sup>3)</sup>。しかしながら、この自動連続観測法では、通常の可視画像を対象とするため、夜間では漂流ごみを捉えることができない、という初歩的な課題を抱えていた。そこで本研究では、昼夜関係無い熱画像を撮影可能なサーモカメラを用いて、熱画像による河川水面上の漂流ごみの判別ができるかどうかを検証する。ここでは、現地観測(大堀川・江戸川)及び室内試験を通して、同時撮影される熱画像と可視画像の比較やいくつかの画像解析を通して、熱画像に対する漂流ゴミ判別精度を調べる。

### 2. 研究方法

(1) **サーモカメラの概要**：サーモカメラとは物体から発せられる赤外放射を計測し、物体表面温度に換算して熱画像を撮影するものであり、本研究では t660 (FLIR 製) のサーモカメラを用いた (図 1)。特徴は①熱画像の解像度が高く (640×480)、②熱画像と可視画像の同時撮影が可能、である。なお、熱画像のみなら動画撮影できるが、熱・可視画像に関しては静止画か最小 15[s]間隔のインターバル撮影のみ可能である。

(2) **現地観測概要**：サーモカメラの漂流ごみ判別試験を行うために、大堀川・木崎橋と江戸川・玉葉橋で現地観測を行った。観測日は出水時に念頭に関東地方で大雪をもたらした 2016 年 1 月 18 日である。大堀川では水位ピーク後(同日 14:07-15:19)、江戸川では増水期初期(同日 16:33-16:56)となったため、わずかな漂流ごみしかなかったため、川岸の植生・流木、研究室から持参した流木を流し、橋上から撮影した。撮影画像に、二値化や sobel filter (南ら, 2015) を用いて解析した。

(3) **室内試験概要**：ごみ判別では撮影対象の表面温度と水温の相対差が重要であるので、いくつかの気温・水温条件下の室内実験を行った。ここでは、バケツ内に模擬漂流ごみを水面付近に設置し、上方からサーモカメラで水表面とごみ表面温度を撮影した (図 2)。対象ごみは、人工系ごみを見立てた断熱材 (15×15×5cm) を選定した。実験条件には水温を 0, 10, 20[°C]、気温を 7, 18[°C]とし、ごみを気温・水温になじませる場合とそうでない場合の計 24 ケースを設定した。

機器名	t660(FLIR製)
質量	1.3[kg]
解像度	640×480[pixel]
温度測定	-40～2000[°C]
温度精度	±2[°C]



図 1 使用するサーモカメラの概要

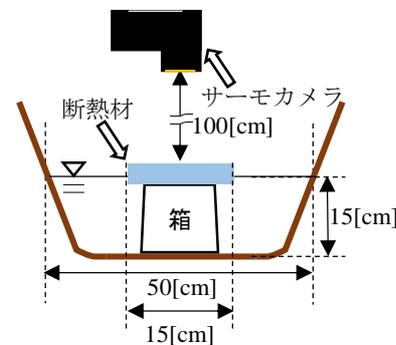


図 2 室内実験の概要

キーワード：川ごみ, 海ごみ, サーモカメラ, 画像解析

連絡先 : 郵便番号 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) 漂流ごみに関する熱・可視画像の現地撮影状況：サーモカメラによる河川漂流ごみ判別の可能性を検討するために、江戸川・玉葉橋において行われた観測結果を用いて記述する。図3は平成28年1月18日16:49において、玉葉橋下流側で撮影された画像の一部(13×15pixel)であり、可視画像と熱画像を示す。なお、両画像がわずかにずれているのは、カメラレンズの位置の差異である(図1)。これより、まず、玉葉橋のほぼ真下を通過した時(便宜的に $t=0$ sとする)、可視・熱画像において、およそ16cm程度の漂流ごみが存在しており、両画像ともに明確に判別できるのが分かる。この時、漂流ごみ上と周辺水面の温度はそれぞれ $-0.80$ 、 $1.22^{\circ}\text{C}$ であった。当日は大雪の降るような寒さであり、気温が水温よりも低かったため、空気に露出している漂流ごみ上の温度が水温よりも低下したものと考えられる。漂流ごみが流下した $t=42$ sでは両画像共にやや不鮮明になるが、その程度は可視画像のほうが顕著である。さらに、 $t=74$ sにおいて可視画像では全く判別できないが、熱画像では不鮮明ながらも判別は可能である。このように、水温とごみ表面温度の差が存在すれば、熱画像により漂流ごみの判別は十分可能である。さらに、 $t=74$ sの結果のように、斜めからの撮影においては可視画像よりも熱画像の方が優位であることが示された。

(2) 熱画像に基づく画像解析精度：このような熱画像に対して Sobel filter と二値化による画像解析を行った結果を図4に示す。ここでは、図3(a)における熱画像に対する結果であり、ごみ判別の閾値は sobel filter では $5^{\circ}\text{C}$ 、二値化では $0.57^{\circ}\text{C}$ である。このように、閾値を調整すれば、両手法共にごみ判別を面的に良好に行えている。そこで、同じ漂流ごみを対象に連続して撮影した11枚の熱画像に対して、sobel filter と二値化の画像解析結果を真値(可視もしくは熱画像から目視でカウント)の画素数で除したもの(ごみ評価率)を図5に示す。水表面と漂流ごみ上の温度及び両者の温度の差の時間変化も表示する。これより、水表面とごみ表面の温度差は $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ に維持され、結果として、両画像解析結果によりごみ判別が十分可能となっていることが分かる。なお、sobel filter には一部に大きな誤差が含まれるが、これは閾値の設定に問題があり、今後修正する。

(3) 画像解析精度に対する温度差の影響：ごみ評価率に対する温度差(=漂流ごみ表面-水表面)の影響を調べるために、室内実験結果により得られた両者の相関図を図6に示す。ここでは、二値化のみの結果を示す。これより、ごみ評価率は概ね80%を越え良好な精度であるが、温度差が $1.80^{\circ}\text{C}$ 以下になると80%以下の評価率も見られる。

参考文献：

- 1) 二瓶・若月：土木学会論文集 B, Vol.66, No.1, pp.19-24, 2010.
- 2) 尾ノ井ら：土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.69, No.4, pp.I\_769-I\_774, 2013.
- 3) 南ら：土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, pp.I\_1225-I\_1230, 2015.

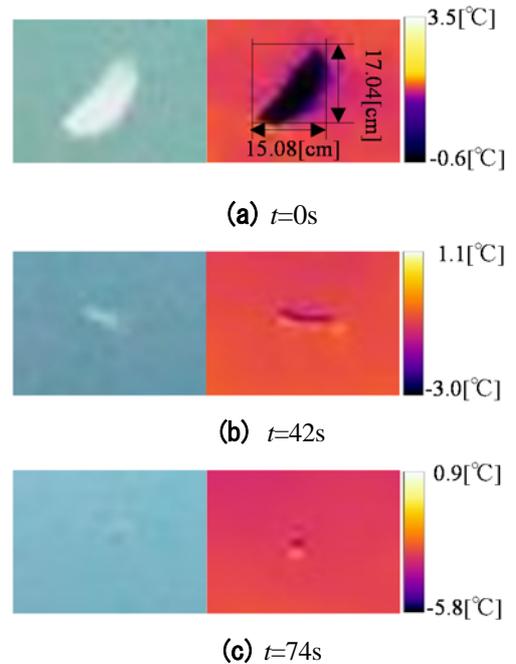


図3 河川漂流ごみに関する可視画像(左)と熱画像(右)(江戸川・玉葉橋, H28/1/18 16:49撮影, 撮影開始を $t=0$ とする)



図4 sobel filter (左)と二値化(右)による画像解析結果(図3(a)と同じデータ)

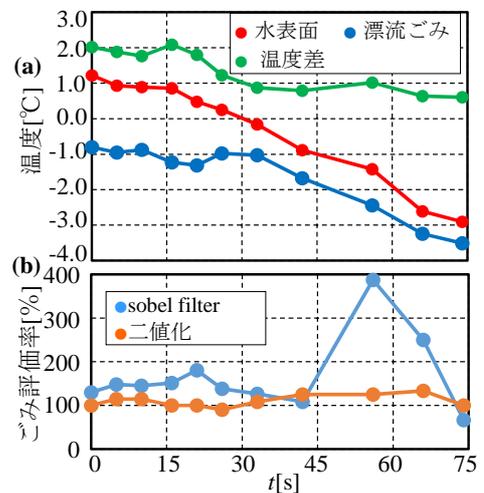


図5 水表面・漂流ごみ上の温度と両者の温度差(a)と画像解析結果(b)の時間変化

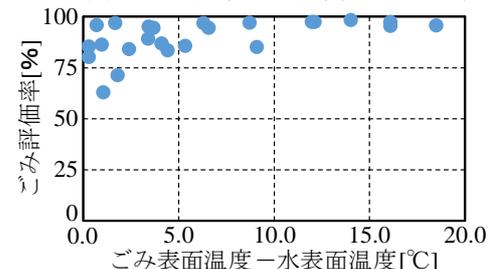


図6 ごみ評価率と温度差の相関図(室内実験)