

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14043

研究課題名(和文)サーモカメラを用いたサイズ別流木輸送量の自動連続モニタリング手法の開発

研究課題名(英文)Development of an automatic and continuous monitoring system for debris wood in rivers with thermography

研究代表者

二瓶 泰雄(Nihei, Yasuo)

東京理科大学・理工学部土木工学科・教授

研究者番号：60262268

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、河川の流木輸送量の自動連続モニタリングシステムの開発・実用化を最終目標として、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とを試みた。ここでは、現地観測(大堀川・江戸川)及び室内試験におい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た。その結果、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。また、二値化及びsobel filterによる画像解析は、適切な閾値を用いればごみ判別を十分可能である。

研究成果の概要(英文)：To develop an automatic and continuous monitoring system for debris wood in rivers, we attempted to confirm whether image processing of thermography is available to detect the floating litter and debris wood on water surface in rivers. In this study, we conducted field measurement and laboratory experiments to compare the thermal and visible images for floating litters and evaluate the accuracy for detecting the floating litters. The results indicate that the image processing of thermography can detect the floating litters when there is the difference of temperature between water surface and floating litter. It is also noted that the processing processes with the binarization and sobel filter are useful to detect the floating litters by using appropriate parameters.

研究分野：水工水理学

キーワード：流木 サーモカメラ 河川 画像解析 海ごみ 川ごみ 洪水氾濫

1. 研究開始当初の背景

流木は、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による堰上げを主要因とした洪水氾濫が各地で頻発し、流木が大きな流れの阻害要因となっている。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、流木の発生量や輸送量をサイズ別に把握すると共に、これらの知見に基づく流域圏の流木管理技術を構築することは喫緊の課題である。既存の流木発生・輸送量モニタリングとしては、ダム湖における出水後の流木回収量データを用いる方法が挙げられる。流木の回収量は輸送量の総和であると類推されるが、ダムの放流・ゲート開放状況によっては一部の流木がダム下流域に流出するなど正確さに欠けるとともに、流木サイズ情報は皆無である。また、北見工大・寒地土木研究所のグループは、国内外で唯一ビデオ撮影による流木モニタリングを試みているが、流木を目視判定するなど流木モニタリングの自動化には遠い。

一方、研究代表者は、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、出水時に漂流ごみが集中的に輸送されることを定量的に初めて捉えた。

2. 研究の目的

上記の漂流ごみ輸送量調査法では、流木のような巨大ごみを対象とせず、かつ、輸送量調査の自動化も成し遂げられていなかった。それに加えて、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した。ここでは、現地観測（大堀

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]

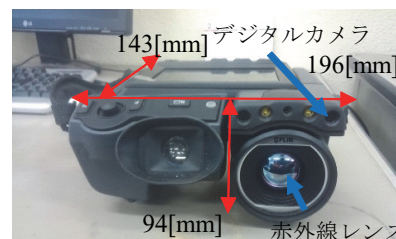


図1 使用するサーモカメラの概要

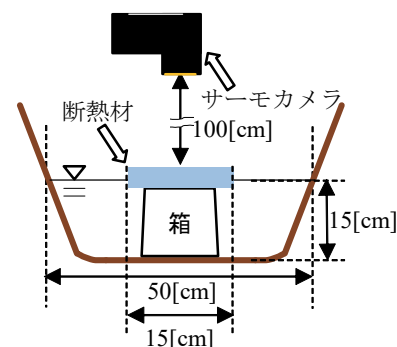


図2 室内実験の概要

川・江戸川) 及び室内試験において、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ごみ判別精度を調べた。

3. 研究の方法

(1) サーモカメラの概要：サーモカメラとは物体から発さ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：サーモカメラによる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。

4. 研究成果

（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°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

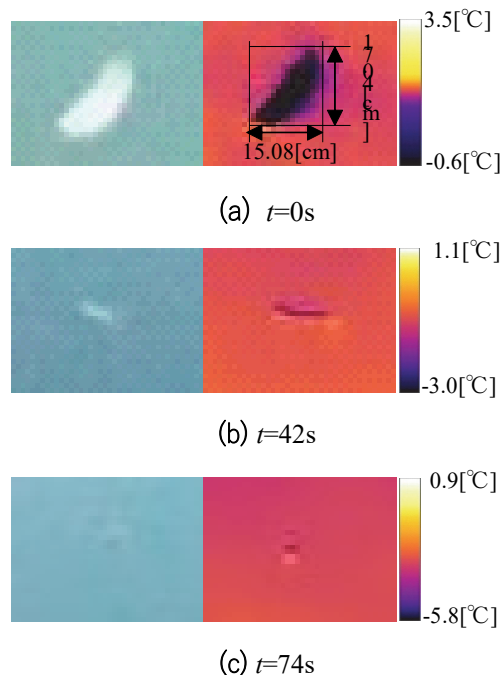


図 3 河川漂流ごみに関する可視画像（左）と熱画像（右）（江戸川・玉葉橋，H28/1/18 16:49 撮影，撮影開始を $t=0$ とする）

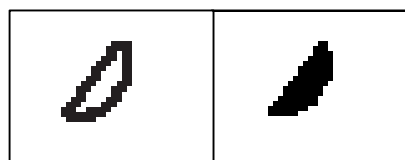


図 4 sobel filter（左）と二値化（右）による画像解析結果（**図 3(a)**と同じデータ）

$t=42$ 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°C、二値化では 0.57°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

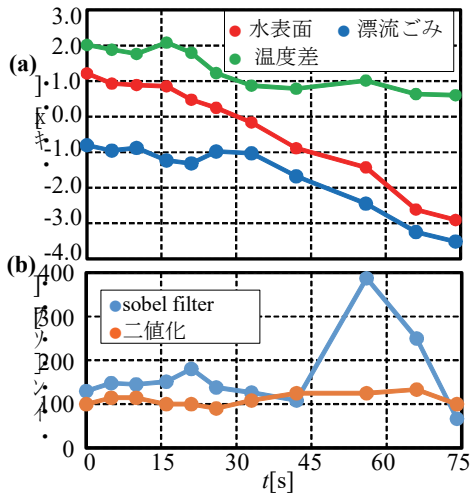


図5 水表面・漂流ごみ上の温度と両者の温度差 (a) と画像解析結果(b)の時間変化

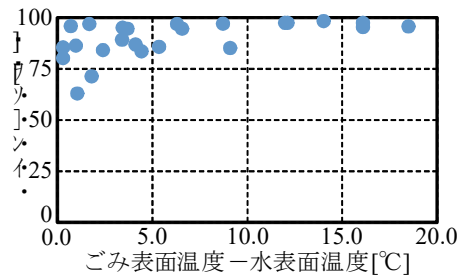


図6 ごみ評価率と温度差の相関図(室内実験)

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1~2°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°C以下になると80%以下の評価率も見られた.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 船本優月・二瓶泰雄・南まさし:江戸川・最上川におけるGPSフロート調査に基づく河川漂流ゴミ挙動の検討, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.72, No.4, pp. I_979-I_984, 2016(査読有).
- ② 南まさし・二瓶泰雄・西島拓駿・片岡智哉・日向博文:最上川における漂流ごみ全体及び流木輸送量の把握と漂流ごみ対策技術の検討, 河川技術論文集, Vol.22, pp.499-504, 2016(査読有).
- ③ 二瓶泰雄・村上周平・仲吉信人:サーモカメラを用いた河川漂流ゴミ判別精度の検討, 土木学会年次学術講演会講演概要集第2部, Vol.71, pp.65-66, 2016(査読無).

[学会発表] (計4件)

- ① 船本優月:江戸川・最上川におけるGPSフロート調査に基づく河川漂流ゴミ挙動の検討, 第60回水工学講演会, 東北工業大学八木山キャンパス(宮城県・仙台市), 2016.3.15.
- ② 二瓶泰雄:最上川における漂流ごみ全体及び流木輸送量の把握と漂流ごみ対策技術の検討, 2016年度河川技術に関するシンポジウム, 東京大学農学部弥生講堂(東京都文京区), 2016.6.2.
- ③ 二瓶泰雄:サーモカメラを用いた河川漂流ゴミ判別精度の検討, 第71回土木学会年次学術講演会, 東北大学川内北キャンパス(宮城県仙台市), 2016.9.8.
- ④ 二瓶泰雄:河川流水中におけるマイクロプラスチック調査, 第14回海ごみサミット2016三重会議, 伊勢市観光文化会館(三重県伊勢市), 2016.10.28.

[図書] (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/hydraulab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

二瓶 泰雄 (NIHEI Yasuo)

東京理科大学・理工学部土木工学科・教授
研究者番号：60262268

(2) 研究分担者

仲吉 信人 (NAKAYOSHI Makoto)

東京理科大学・理工学部土木工学科・講師
研究者番号：90706475

大槻 順朗 (OHTSUKI Kazuaki)

東京理科大学・理工学部土木工学科・助教
研究者番号：10618507

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし