

氏名（本籍）	白井 光（秋田県）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	工博甲 第237号
学位授与の日付	平成29年 3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学資源学研究科・電気電子情報システム工学専攻
学位論文題目（英文）	リモートセンシングデータを用いた 震災廃棄物量推定に関する検討 (Study to Estimate the Amount of Disaster Waste Using Remote Sensing Data)
論文審査委員	(主査) 教授 景山 陽一 (副査) 教授 西田 眞 (副査) 教授 五十嵐 隆治 (副査) 教授 水戸部 一孝

## 論文内容の要旨

2011年に発生した東日本大震災において、津波により広範囲の地域が被災した。現在、被災地域では復旧、復興に向けて、様々な取り組みが行われている。その基礎となる震災廃棄物の仮置き場設置および処理費用の見積もりなどを行うためには、広範囲で発生した震災廃棄物量を見積もり、広範囲の被災状況を迅速に推定する手法の開発が不可欠である。今後、大規模な地震の発生が予想されており、その種類と被害程度によってアルゴリズムは変化するものの、津波などの平面的な被害が生じる状況下において、震災前後における土地被覆状況の変化に着目した震災廃棄物量推定法の開発は最重要課題である。

一方、広範囲の情報を瞬時に取得可能なリモートセンシングは、震災廃棄物量推定に有用であると考えられる。これまでに、航空写真を用いて津波により倒壊した建築物を自動抽出する手法に関する検討が行われている。しかしながら、津波による倒壊建築物および非倒壊建築物が混在する地域において、判別が比較的困難となる課題を有する。また、航空写真を用いて土地被覆分類を行う場合、分解能の高さに起因し、データの持つ情報が複雑になるため、土地被覆分類が困難となる。このため、5m から 15m 程度（中程度）の分解能を有するリモートセンシングデータを用いた震災廃棄物量の推定が行われている。具体的には、震災廃棄物量推定を目的として、人工衛星 THEOS より取得されたマルチスペクトルデータ（THEOS データ）を用いた土地被覆分類手法に関する検討が行われている。すなわち、精度良く被災廃棄物量の推定を行うため、複数のクラスから構成されるピクセル（ミクセル）を考慮して得られた分類結果を基に、ミクセルを分解しデータの分解能を疑似的

に向上させた。しかしながら、上記手法では分解能を 5m 程度まで向上させたものの、被災建築物の把握に必要とされる 1m~2m 程度の分解能を再現するまでには至らなかった。このため、震災廃棄物量推定を行うためには、より高分解能なリモートセンシングデータを対象とし、①ミクセルを考慮した土地被覆分類手法の開発および②被災建築物数を推定し、その結果を基に震災廃棄物量を推定する手法の開発が不可欠である。

そこで本論文では、震災廃棄物量推定法の開発に関する上記課題について研究を行い、工学上の進歩に寄与することを目的とする。すなわち、人工衛星 RapidEye により取得されたマルチスペクトルデータ (RapidEye データ) を対象として、①ミクセルを考慮した土地被覆分類手法および②震災廃棄物量推定手法を提案することで、リモートセンシングデータを用いた被災状況推定手法を開発するためのアプローチを示し、工学上の進歩に寄与することを目的とする。本論文は全 4 章により構成されている。

第 1 章を緒論とし、本研究の背景および目的を述べ、本研究に対する筆者の立場を明らかにした。さらに、本論文の主題である震災廃棄物量推定に関する検討について、現在までの研究状況を概観するとともに、本論文の内容について述べている。

第 2 章では、震災廃棄物量推定を目的とし、震災発生後に取得された RapidEye データを用いた土地被覆分類に関する検討を加えた。従来研究では、THEOS データを用いて検討を行った。しかしながら、THEOS データの分解能は 15m であるため、分解能を 5m 程度まで向上させたものの、被災建築物把握に必要とされる 1m~2m 程度の分解能を再現するまでには至っていない。そこで本論文では、分解能が 6.5m である RapidEye データを用いて、ミクセルを考慮した土地被覆分類手法に関する検討を行った。この結果、リモートセンシングデータの分解能を 6.5m から約 2m へ疑似的に向上させ、被災した建築物の把握が可能になることを明らかにした。また、土地被覆分類結果と地図などを参考に作成した基準画像との一致率は 89.9%となっており、提案手法は RapidEye データの分解能を疑似的に向上させる土地被覆分類手法として有用であることが示された。

第 3 章では、震災発生前後に取得された RapidEye データを用いた震災廃棄物量推定に関する検討を加えた。第 2 章では、震災発生後に取得された RapidEye データを対象とし、ミクセルを考慮した土地被覆分類に関して検討を行った。しかしながら、震災前後に取得された RapidEye データを用いて、土地被覆状況の変化を把握し、その結果を基に被災した建築物数を推定するまでには至っていない。また、推定した被災建築物数および一棟当たりの発生廃棄物量 (発生原単位) を用いて、発生した震災廃棄物量を推定するまでには至っていない。そこで本論文では、震災発生前後に取得された RapidEye データを用いた震災廃棄物量推定手法に関する検討を加えた。はじめに、震災発生前後に取得された RapidEye データを用いて土地被覆分類を行った。次に、土地被覆分類結果を基に被災領域を推定し、被災領域推定結果および対象地域における建蔽率情報などを用いて、被災建築物数を推定した。最後に、推定した被災建築物数および発生原単位を用いて震災廃棄物量を推定した。この結果、約 85%の精度で被災建築物領域を推定可能であることが明らかと

なった。また、対象地域における建蔽率を 40%と仮定した場合、被災建築物数推定結果は実際の状況と類似する結果を得た。さらに、対象地域内のすべての建築物が“全壊”相当の被害を受けたと仮定した場合、実際の状況と類似した結果を得ており、提案手法は震災廃棄物量推定の要素技術になり得ることが示された。

第 4 章は結論とし、本論文で得られた主な成果と本論文の工学的意義および今後に残された課題について述べている。

## 論文審査結果の要旨

当学位審査委員会は、平成 29 年 2 月 6 日（月）午後 0 時 50 分から午後 1 時 50 分まで、理工学部 5 号館 101 講義室にて、公開による論文公聴会を開催した。その後、景山陽一審査委員会主査、西田眞審査委員、五十嵐隆治審査委員、水戸部一孝審査委員出席のもと、論文内容と関連事項に関して詳細な質疑応答を行うとともに、口頭による学力の確認を行った。

審査委員からは、

- (1) RapidEye データと航空写真におけるコストの違いについて
- (2) 従来手法で使用した THEOS データの特徴について
- (3) 発生原単位における定義の根拠について
- (4) 分類結果において複数の土地被覆物が混在するリスクについて
- (5) 震災廃棄物量推定における推定精度の目標値について
- (6) 提案手法を他地域へ適用する可能性について

などの質問が行われたが、申請者から明確な回答が得られた。

本研究に関する原著論文は 3 編である。また、国際会議における英語での発表を行っていることなどから判断して、博士（工学）としての学力が認められる。よって、白井光氏は博士（工学）として十分な資格があるものと判定した。