

ハイパースペクトルカメラによる廃棄物組成分析技術の開発（その1） ～廃棄物素材データベースの構築～

大成建設（株） 正会員 ○橋本 宏治 大久保 英也
（株）パスコ 正会員 佐藤 俊明 非会員 朱 林
（株）ディープ・センシング・イニシアティブ 非会員 小杉 幸夫 関 晴之

1. はじめに

大規模災害の発生時には、被災地の仮置場に大量の災害廃棄物が混合された状態で集積されることがある（写真-1）。集積された災害廃棄物の処理計画や仮設の処理施設（選別・焼却等）の配置計画などの策定には、災害廃棄物に含まれている可燃物、不燃物の割合などの組成情報（素材、量）が必要となる。現状は経験則の他、サンプリングによる方法で行っており、必ずしも効率的かつ定量的に対象物量の把握が行えているわけではない。一方、産業廃棄物処理施設等では、写真-1 仮置場の集積状況
廃棄物中に混入しているプラスチックの判別に近赤外線領域のスペクトル画像を用いて分別を行っている事例があり^{1)・2)}、その有効性が示されている。以上のことから、仮置場に集積される災害廃棄物の組成分析として、近赤外線領域のスペクトル情報を用いた推計手法の開発を試みた。本報では、廃棄物素材データベースの構築として、「主な廃棄物素材」、「劣化材」、「1画素中に複数の素材が混入する場合」のスペクトル情報について報告する。この構築したデータベースを「教師データ」とし、任意のスペクトル情報から素材を推計するツールについては、「ハイパースペクトルカメラによる廃棄物組成分析技術の開発（その2）」³⁾で報告する。



写真-1 仮置場の集積状況

2. 撮影方法

2. 1 広帯域ハイパースペクトルカメラ

近赤外線領域のスペクトル情報を取得する手段として、可視光領域 400nm～850nm と近赤外線領域 950nm～1700nm の反射強度を取得できる(株)ディープ・センシング・イニシアティブがドローン搭載用に開発した「広帯域ハイパースペクトルカメラ（写真-2）」を使用した。ハイパースペクトルカメラは、対象を撮影することで波長ごとに分光した反射強度の取得が可能である。可視光領域は素材の色、近赤外線領域は素材の判別に活用する。



写真-2 広帯域ハイパースペクトルカメラ

2. 2 廃棄物素材

スペクトル情報を取得する試料として、災害時に廃棄物となる建材、家財道具等を中心に選定した 350 品目の廃棄物素材（写真-3）を撮影した。内 180 品目については、屋外に 3 か月間暴露後「劣化材」として撮影した。



写真-3 廃棄物素材（一例）

2. 3 撮影方法

撮影画像への太陽光による影響を排除するため、撮影は、遮光した室内で、廃棄物素材にハロゲン光を照らして実施した。「広帯域ハイパースペクトルカメラ」から取り出した可視光領域及び近赤外線領域の分光器に接続した光ファイバーを「素材撮影用架台（図-1）」に設置した。撮影範囲は、20mm の円形（1 画素）とした。

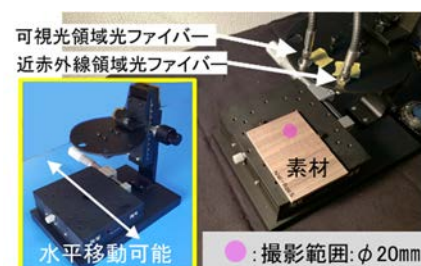


図-1 素材撮影用架台

また、1 画素中に複数の素材が含まれる場合を再現するために、廃棄物素材を乗せる台を水平方向に移動する機能を持たせ、1 画素中の素材の割合を変えながら撮影した。

キーワード 災害廃棄物，組成分析，ハイパースペクトルカメラ，近赤外線領域

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル TEL：03-5381-5194

3. 廃棄物素材データベース

3. 1 主な廃棄物素材（新材）のスペクトル情報

素材のスペクトル情報（波長ごとの反射強度を反射率に変換）を以下に示す。

- ① 木くず（生材）（図-2）：可視光領域は、右肩上がり．近赤外線領域は、1200nm, 1450nm 付近に凹部，1100nm, 1300nm 付近の凸部がある．共に反射率の値は品目により差はあるが、波形の形状は類似している．
- ② コンクリートがら（コンクリート製品）（図-3）：可視光領域は、緩い右肩上がり．近赤外線領域は、緩い右肩上がりで、1400nm から 1500nm にかけての傾きが大きい．共に、反射率の波形の形状は類似している．
- ③ 廃プラスチック（ポリスチレン）（図-4）：可視光領域は、素材の色によってばらつきがある．近赤外線領域は、1150nm 付近に凹部，1400nm から 1600nm にかけて凸部があり、反射率の波形の形状は類似している．

他の素材を含めて、近赤外線領域では、素材によりスペクトル情報に様々な特徴がみられ、同じ素材の場合反射率の波形の形状は類似していることが多い．

3. 2 劣化材のスペクトル情報

劣化材の内、木くず（生材・ひのき）のスペクトル情報を図-5 に示す．新材と比較して劣化材は、可視光領域、近赤外線領域共に、反射率は全体的に低くなっているが、波形の形状は類似している．他の素材も同様の結果が得られている．なお、太陽光（紫外線）による変色を伴う劣化は、組成が変化している可能性があるため、今後撮影し比較する予定である．

3. 3 1画素中に複数の素材が混入する場合の検証

木くず（生材・ひのき）とコンクリートがら（コンクリート製品・コンクリート）を1画素中の割合を変えながら撮影した混合素材スペクトル情報を図-6 に示す．1画素中の比率を変えて取得したスペクトル情報と、素材単体から計算で求めたスペクトル情報を比較した結果、両者に大きな差はみられなかった．これにより、1画素中に複数素材が含まれる場合に得られるスペクトル情報は、素材単体のスペクトル情報から計算で求められることを確認した．

4. まとめ

「広帯域ハイパースペクトルカメラ」を用いることで各廃棄物素材の特性が把握できることが確認できた．そして、1画素中に複数の素材が混入した場合であっても、単体の素材から撮影したスペクトル情報で混合状況を再現できることを確認した．これらの結果から構築した廃棄物素材データベースを基に、素材推計ツールの開発を進めている．

参考文献

- 1) 長場 景子, 進藤 智則：フィンランド発・ディープラーニングのすごいロボット, NIKKEI Robotics, No.19, 2017.2
- 2) 代田率, 坂本広美, 牧野宏書, 桜井敏郎, 米田健一, 平林漸：近赤外線を用いた廃プラスチックの材質識別に関する研究, 神奈川県環境科学センター研究報告, 22号, pp.8-14, 1999.12
- 3) 佐藤俊明, 朱林, 橋本宏治, 守屋雅之, 小杉幸夫, 渡邊ゆり：ハイパースペクトルカメラによる廃棄物組成分析技術の開発（その2）～廃棄物素材推計ツールの試作～, 土木学会令和5年度全国大会第78回年次学術講演会, 発表予定（2023年3月現在）

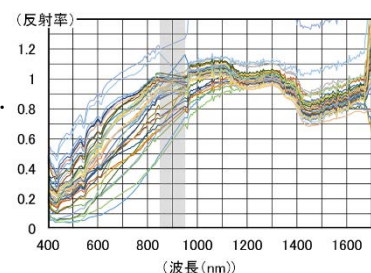


図-2 スペクトル情報
（木くず（生材 44 品目））

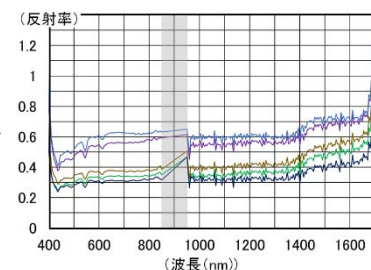


図-3 スペクトル情報
（コンクリート製品 5 品目）

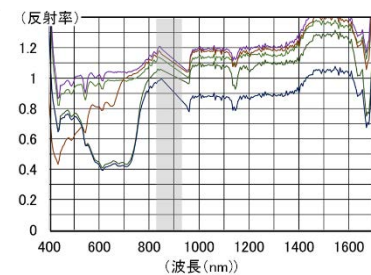


図-4 スペクトル情報
（ポリスチレン 6 品目）

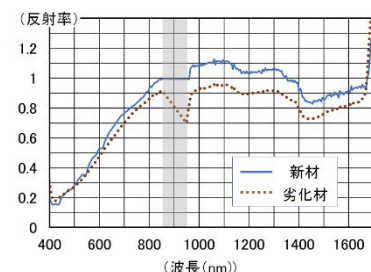


図-5 劣化材スペクトル
情報（木くず（ひのき））

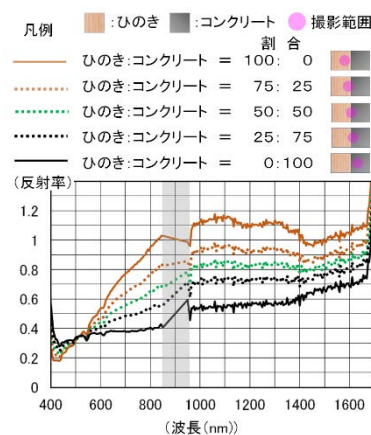


図-6 混合素材スペクトル
情報（ひのきとコンクリート）