

纖維廃棄物の分別へのAI活用の試行

機械電子科 齋藤和明 井出達樹 本間信行*

Trial use of artificial intelligence for separation of textile waste

SAITO Kazuaki, IDE Tatsuki and HONMA Nobuyuki

keywords : AI, machine learning, classification, separation

中小企業のデジタル化や産業全体のDXは国や地方自治体の政策として推進されている。

AIはディープラーニングによって精度が大きく向上し、AI等を導入した企業では効果が認められるものの、企業への導入はまだ途上にある。

我々はものづくりにAIを活用してDXを推進することを目的に、製造業等の課題解決にAIを用いた事例を示すことで企業のAI導入の動機付けになると考えた。

そこで、再生紙工場の原料として用いられるようになった廃棄衣料について、素材が分かれば古紙原料として利用しやすくなると考え、AIを活用して綿とポリエステルとで分別できるか試みた。結果、AIを活用して分別したり、混合割合を出力したりできる可能性が示唆された。

キーワード : AI、機械学習、クラス分類、分別

1 はじめに

中小企業のデジタル化の支援や産業全体のDXは、デジタル社会形成基本法（令和3年）に基づき強力に推進されている。

本県では新ビジョン後期アクションプラン（令和4年3月）においてDXによる産業構造の改革等を政策として打ち出している。

AIはディープラーニングによって精度が大きく向上し、AI等の導入効果は認められるものの、企業への導入は途上にある¹⁾。

我々はものづくりにAIを活用してDXを推進することを目的に、製造業等の課題解決にAIを用いた事例を示すことで企業のAI導入の動機付けになるとと考えた。

一方、再生紙工場では原料不足等により廃棄衣料を原料に用いる状況にある。纖維の素材は紙質に影響を及ぼすため、廃棄衣料（布）の素材別の割合が分かれば古紙原料として利用しやすくなると考えた。AIを活用して、布を主な天然纖維である「綿」と、主な化学纖維である「ポリエステル」とで分別できるか試みた。

2 方法

表1の布を、フーリエ変換赤外分光光度計FT/IR-6000（日本分光株式会社製）を用いてATR法でスペクトル測定し、結果はCSVファイルで得た。

表1 実験に用いた布

| 素材と割合 | サンプル名 |
|---------------------|---------|
| 綿100%（単一試料） | C100 |
| ポリエステル100%（単一試料） | PE100 |
| 綿45%ポリエステル55%（混合試料） | C45PE55 |
| 綿35%ポリエステル65%（混合試料） | C35PE65 |
| 綿10%ポリエステル90%（混合試料） | C10PE90 |

機械学習には、シンプルな構文、豊富な標準ライブラリ・外部ライブラリが利用でき、広く使われているプログラミング言語「Python」を用いた。

表2に示すような機能を有し、機械学習の一連の作業を自動化できるオープンソースの機械学習パッケージ「PyCaret」で処理した。

* 現 工業技術研究所 環境エネルギー科

表2 PyCaretの主な機能

| 機能 | 関数 |
|------------------|------------------|
| データ前処理の自動化 | setup() |
| 学習モデルの精度の比較の自動化 | compare_models() |
| ハイパーパラメーターの自動最適化 | tune_model() |
| モデルの評価指標の確認、可視化 | evaluate_model() |
| 作成したモデルで他のデータを予測 | predict_model() |
| モデルの可視化 | plot_model() |
| モデルの保存 | save_model() |
| モデルのロード | load_model() |

单一試料は50回ずつ測定し、測定結果そのままのデータ（3,736測定点）にターゲット（C100またはPE100）を追加してデータセットとした。PyCaretの分類のモジュールを用いた。

混合試料は5回ずつ測定し、同様にデータセットとし、作成したモデルで予測を実行し、得られた各素材の確率を平均して混合割合とした。

3 結果および考察

单一試料の測定結果を図1に示す。2種のスペクトルには特徴があり、目視で分別可能である。

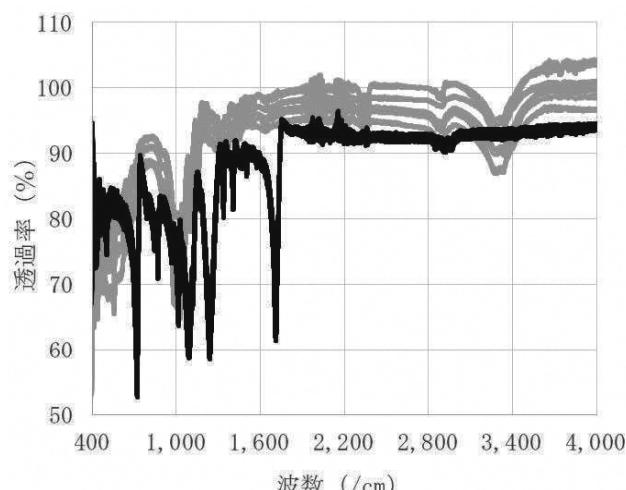


図1 布（单一試料）のFTIR測定結果
— : C100、— : PE100。

单一試料の測定データについてPyCaretで前処理し、各モデルの精度比較した結果（一部を抜粋）を図2に示す。多くのモデルで良く分類できている。

| Model (モデル) | Accuracy (正解率) |
|------------------------------------------------------------|-------------------|
| lr Logistic Regression (ロジスティック回帰) | 1.0000 |
| knn K Neighbors Classifier (近傍法分類器) | 1.0000 |
| nb Naive Bayes (単純ベイズ) | 1.0000 |
| dt Decision Tree Classifier (決定木分類器) | 1.0000 |
| ridge Ridge Classifier (リッジ回帰分類器) | 1.0000 |
| rf Random Forest Classifier (ランダムフォレスト分類器) | 1.0000 |
| gbc Gradient Boosting Classifier (勾配ブースティング分類器) | 1.0000 |
| lda Linear Discriminant Analysis (線形判別分析) | 1.0000 |
| et Extra Trees Classifier (エクストラツリー分類器) | 1.0000 |
| lightgbm Light Gradient Boosting Machine (ライトグリーピングマシン) | 1.0000 |
| svm SVM – Linear Kernel (サポートベクターマシンの一種) | 0.9857 |
| ada Ada Boost Classifier (アダブースト分類器) | 0.9571 |
| qda Quadratic Discriminant Analysis (二次判別分析) | 0.7667 |

図2 各モデルの精度比較結果（一部抜粋）

一例としてエクストラツリー分類器(et)のモデルを作成・最適化し、評価指標を可視化した図の一つを図3に示す。分類できていることが良く分かる。

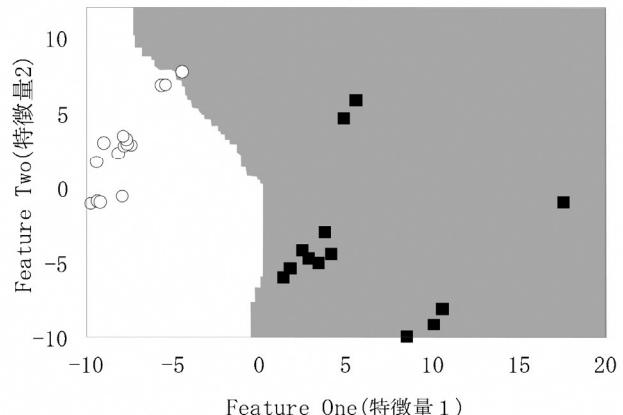


図3 解析結果の一例 (Decision Boundary (決定境界))

■ : C100、○ : PE100。
[特微量はデータセットの特徴を数値化したもので、tune_model関数で抽出される]

单一および混合試料の測定結果を図4に示す。混合割合は目視では判別が難しい。

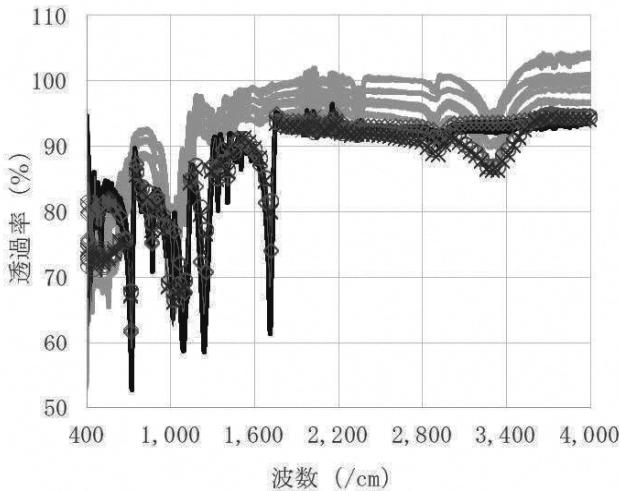


図4 布（单一及び混合試料）のFTIR測定結果
—:C100、◊:C10PE90、○:C35PE65、＊:C45PE55、—:PE100。

混合試料の測定データについて、先に作成したモデルで、予測した結果を表3に示す。表3から、綿とポリエステルの混合割合を概数程度には知ることができた。布の綿とポリエステルの混合割合を出力できる可能性が示唆された。

表3 混合試料を作成したモデルで予測した結果 (et)

| サンプル名 | 予測結果 | | 予測結果から算出した混合割合 |
|---------|---------|----------|-------------------|
| | C100の確率 | PE100の確率 | |
| C10PE90 | 0.1833 | 0.8167 | 綿18% ポリエステル82% |
| C35PE65 | 0.3425 | 0.6575 | 綿34% ポリエステル66% |
| C45PE55 | 0.3286 | 0.6714 | 綿33% ポリエステル67% |

分別する技術や方法を確立すれば、ハイパースペクトルカメラや自動選別機と組み合わせることで、実際に分別できると考える。

4 まとめ

布の繊維の素材の混合割合を、AIを用いて簡単に概数を知ることができた。

AIの工業利用の動機付けになれば幸いである。

参考文献

- 1) 総務省：令和3年版情報通信白書. (2021.7.30 発行)