

色情報およびニューラルネットワークを用いた廃電子基板における原料分類法

佐々木 一音^{†1}, 中村 悦郎^{†1}, 景山 陽一^{†1}, 川村 茂^{†1}, 白井 光^{†1},
石沢 千佳子^{†1}, 関口 秀一^{†2}, 鳥井 岳人^{†3}, 小川 啓太^{†4}

^{†1}秋田大学, ^{†2}DOWA マネジメントサービス,
^{†3}DOWA テクノリサーチ, ^{†4}DOWA メタルマイン

1. 背景・目的

電子基板には、金、銀、ならびにパラジウムなどの経済的価値の高い金属が含まれている。このため、非鉄金属製錬所では、廃棄された電子基板(以下、廃基板)から主要金属の抽出および製錬が行われている^[1]。廃基板はその出自により様々な種類(マザーボード、拡張ボード、CPU等)が存在し、構成成分も多様である。このため、廃基板の種類や構成成分によって分類し、適切な処理方法を選択する必要がある。現在、処理方法の判定は、過去の処理実績を基にして作業員の目視判断により行われている。しかしながら、この作業は判断数が多く、廃基板の種類も多岐にわたることから、作業員にとって負担が大きく、多くの時間を要する。したがって、処理方法の判定作業を自動化することは、廃基板のリサイクルを行う上で、処理コストの削減および作業の効率化に寄与すると考える。

そこで本研究では、廃電子基板の画像および構成成分の情報を活用し、廃電子基板の原料分類を自動化するアルゴリズムの開発を目的とする。本稿では、複数の基板が写った画像を対象とし、色情報およびニューラルネットワーク^[2](以下、NN)を用いた廃電子基板の原料分類化に関する検討を行った。

2. 使用データ

本研究で対象とする基板画像は、1つの品名に対して複数存在し、同一品名の画像どうしでまとめられている(以下、ロット)。本稿では、廃基板の一例として、拡張ボード系基板(500ロット)とCPU(500ロット)を使用した。拡張ボード系基板画像の例を図1に、CPU画像の例を図2に示す。

3. 提案手法

3.1 概要

はじめに、任意に選定した複数枚の基板画像(以下、学習データ)から画像特徴量を算出する。次に、この画像特徴量を入力した場合に、対応する基板

の種類を出力するようにNNモデルの学習を行う。最後に、学習データ以外の基板画像(以下、テストデータ)から得られる特徴量をNNモデルに入力し、その出力結果をもとに基板判定精度の評価を行う。

3.2 除外領域の選定

基板画像の下部には、基板データを記した付票が含まれている。基板以外の情報を棄却することを目的として、画像の下部領域を処理対象から手動で除外した(図3参照)。

3.3 画像特徴量の算出

使用データから50ロットの画像を任意に選定し学習データとした。HSV表色系^[3]に着目し、学習データの各ロットにおける2枚目の画像をロットの代表画像とし、①~③の特徴量を算出した。

① 色相値

画像中の基板における色相値は、画像の分類に有用であると考えられる。しかしながら、色相値は、撮影環境の変化によって変動するため、取得した色相値と実際の基板の色には差異が生じると考える。このため、表1に示すように、色相値を24段階に区分(以下、色相区分)した。なお、各区分の境界における色相値が5だけ重複するように設定している。対象ロットについて、画像の画素数に対する各色相区分における画素数の割合を算出し、色相値に関する特徴量 $f_{ci}(i:1\sim 24)$ とした。

② 端子部の画素数を用いた変動係数

拡張ボード系基板には黄色の端子部が存在するため、その分布から画像中の基板の分布を知ることが可能であると考えられる。そこで、端子部の画素数に着目し、変動係数^[4]を算出した。算出方法を以下に示す。

- i. 色相値 32~82, 彩度 20~100, 輝度 30~100の画素を端子部に分類した。なお、各数値の範囲は予備検討により決定している。
- ii. 端子部に該当する画素を白画素、その他の画素を黒画素として2値画像(以下、端子部マスク画像)を作成した。端子部マスク画像の例を図3に示す。
- iii. 端子部マスク画像の左端から右端方向に5画素間隔で垂線を設定し、各垂線上の白画素数を算出した。これを用いて、対象ロットの

Raw materials classification method of spent substrate using color information and neural network
Kazune Sasaki^{†1}, Etsuro Nakamura^{†1}, Yoichi Kageyama^{†1},
Shigeru Kawamura^{†1}, Hikaru Shirai^{†1}, Chikako Ishizawa^{†1},
Shuichi Sekiguchi^{†2}, Takato Torii^{†3}, Keita Ogawa^{†4}
^{†1}Akita University, ^{†2}DOWA Management Service, ^{†3}DOWA
Techno-Reserch, ^{†4}DOWA Metals & Mining

画像における垂線方向の変動係数 f_{v1} を算出した。

- iv. 端子部マスク画像の上端から下端方向に 5 画素間隔で平行線を設定し、各平行線上の白画素を算出した。これを用いて、対象ロットの画像における平行線方向の変動係数 f_{v2} を算出した。

③ 直線の本数

画像中の基板の枚数を推定するために、端子部マスク画像の白画素に対して直線検出処理⁴⁾を施した。検出された対象ロットの画像における直線の本数を算出し、直線の本数の特徴量 f_L とした。

4. NN モデルの作成処理

はじめに、学習データから取得した 3 つの画像特徴量 f_{ci} , $f_{vj}(j:1,2)$, f_L に対して、対応する基板の種類をもとに、「拡張ボード系基板」または「CPU」のいずれかをラベルとして付与した。次に、画像特徴量を入力した場合に、これに対応する基板の種類を出力するように NN モデルの学習を実施した。なお、NN による判定精度は、中間層の層数およびユニット数、ならびに学習回数によって異なる。そこで、中間層の層数を 2 パターン(1 層または 2 層)、ユニット数を 3 パターン(3~5 ユニット)、学習回数を 5 パターン(1000~5000 回まで 1000 回刻み)に設定し、合計 30 パターンの学習条件について学習を行った。

5. NN モデルの評価実験

作成した NN モデルについて、基板の判定精度に関する評価を実施した。はじめに、テストデータから得られる画像特徴量を NN モデルに入力した。次に、出力された基板の種類が入力画像の種類と一致している場合を判定成功とし、判定成功率を算出した。これらの処理をすべての学習条件に対して実施した。

6. 実験結果および今後の予定

学習回数を 4000 回に設定した場合の実験結果を表 2 に示す。すべての学習条件のうち、中間層の層数が 2 層、ユニット数が 4 ユニット、学習回数が 4000 回の場合において、最大となる 81.1% の判定成功率を得た。このことは、3 種類の画像特徴量および NN による学習が基板処理方法の判定に有用であることを示唆している。本稿では、拡張ボード系基板および CPU 基板を対象として検討を行った。今後は、これら以外の種類の基板についても検討を行う予定である。

7. 謝辞

本研究に使用した廃電子基板画像を提供くださった DOWA グループおよび小坂製錬株式会社関係各位に深く御礼申し上げます。



図 1 拡張ボード系基板画像例 図 2 CPU 画像例



除外領域

図 3 端子部マスク画像の例

表 1 色相区分と色相値の対応

色相区分	色相値	色相区分	色相値
①	345~360, 0~4	⑬	165~184
②	0~19	⑭	180~199
③	15~34	⑮	195~214
④	30~49	⑯	210~229
⑤	45~64	⑰	225~244
⑥	60~79	⑱	240~259
⑦	75~94	⑲	255~274
⑧	90~109	⑳	270~289
⑨	105~124	㉑	285~304
⑩	120~139	㉒	300~319
⑪	135~154	㉓	315~334
⑫	150~169	㉔	330~349

表 2 実験結果(学習回数 : 4000 回)

第 1 層	第 2 層	判定成功率
3	3	68.1%
3	3	79.6%
4	3	66.9%
4	3	70.7%
4	4	81.1%
5	5	61.2%

参考文献

- [1] DOWA ホールディングス(株)ホームページ:<http://www.dowa.co.jp/>(Accessed:2020/1/9)
- [2] 小高知宏:「基礎から学ぶ人工知能の教科書」Ohmsha (2019)
- [3] 日本色彩学会編:「新編 色相科学ハンドブック」東京大学出版会 (2011)
- [4] Bellcurve 統計 WEB:<https://bellcurve.jp/statistics/course/5929.html>(Accessed:2020/1/9)
- [5] S.Suzuki. and K.Abe., “Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following.” CVGIP 30 1, pp 32-46 (1985)