画像解析技術を用いた鉄スクラップの自動解析システム(EMMA)の開発
—鉄鋼材生産による CO_2 ゼロエミッションを目指して—

1. 背景

鉄鋼材生産による CO_2 排出量は、世界の製造業全体の 25%と最も大きい。地球温暖化対策は、2015 年末のパリ協定合意以降、CO_2 排出業種への風当たりは強まり、特に鉄鋼業における CO_2 削減は緊急かつ重要な問題である。

鉄鉱石を原料とした高炉法と比較して、鉄スクラップを原料としたリサイクルによる製鉄法である電炉法は、CO_2 排出量を 1/4 に低減出来る環境負荷の小さな製鉄法である。鉄鋼材を効率的にリサイクルすることが鉄鋼生産由来の CO_2 を削減する重要な対策の一つであるが、リサイクル過程で鉄以外の不純物が混入することで、鉄鋼材の機能低下を引き起こすことが知られている。鉄リサイクルを促進し、CO_2 を削減するためには不純物の混入を防ぎ、鉄の品位を維持するリサイクルの実現が求められる。

不純物混入の防止のためには、不純物混入量に応じたスクラップ等級分類・不純物を含む異物の検出及び除去が求められる。一方、鉄鋼スクラップのリサイクルを行う電炉メーカーは、運び込まれる大量の鉄スクラップの品質・異物混入検査を、現場作業員の目視で行っており、品質と作業効率に大きな課題を抱えている。この工程が、鉄鋼材リサイクルの促進に大きな歯止めをかけている。

2. 目的

本プロジェクトの目的は、画像解析技術を用いた鉄スクラップの自動解析システムの開発である。このシステムにより現状目視で行われる検査作業を代替し、高効率・高精度な不純物混入制御を実現する。加えて、本システムをベースとし、不純物量に基づいた定量的かつ客観的な新しい鉄スクラップの価格設定システムを策定する。これにより SDGs の主要目標である鉄鋼生産の CO_2 排出抑制を実現すると共に、スクラップ取引の健全化とコスト削減によるビジネス課題解決を目指す。

3. 製品・サービスの内容

画像解析を用いた、鉄スクラップの分類及び異物検出システムのプロトタイプを開発した。

分類では、品種レベル・等級レベルでの 2 種の分類システムを構築した。鉄スクラップは、大まかな由来別に品種区分（建築由来のヘビーや、加工工場由来の新断など）が規定されている。品種分類では、ヘビー・シュレッダー・新断・ダライ粉の主要 4 品種の分類を行った。以下に、各品種の画像例を示す。結果、未知のテストデータにて 100%の精度での分類を達成した。

図 1 鉄スクラップ品種画像例

加えて、鉄スクラップは品種ごとに、長さや厚みといった基準で、より詳細な等級区分が規定されている。品種の中で、最も流通量が大きいヘビー（全体の 60%）について、HS, H1, H2 の 3 等級の分類を行った。結果、未知のテストデータにて 93%の精度での分類を達成した。以下に等級画像例を示す。ヒアリングの結果、現場専門員の等級分類精度は、80%程度であり、対象種でのスクラップ分類では目視での作業代替に必要な精度を達成した。

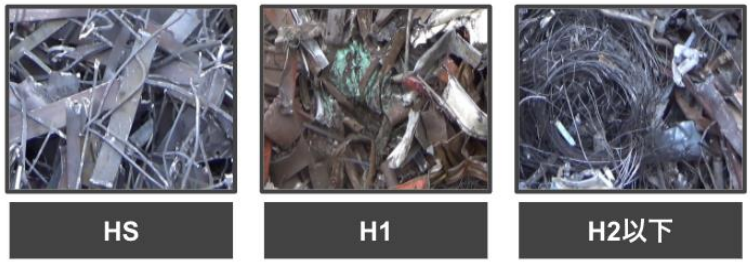

図 2 ヘビースクラップ等級画像例

異物検出では､鉄スクラップ中に混入する Cu や Sn といった不純物を多く含む､様々な種類の異物の検出が求められる。本プロジェクトでは、特に重要な異物 4 種であるコンプレッサー、モーター、電装品、バルブの検出モデルを構築した。未知のテストデータに対し、80%の精度で検出を行うことができた。以下に検出結果例を示す。ヒアリングの結果、現場専門員の検出精度は、50%程度であり、コンプレッサーの検出に関して、目視での作業代替に必要な精度を達成した。

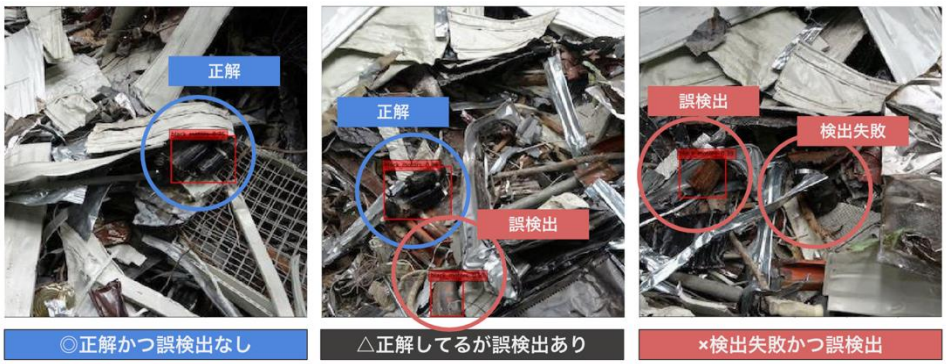

図 3 コンプレッサー検出結果例

4.　新規性・優位性

分類では、マクロ情報とミクロ情報の情報抽出の最適化を行った点に新規性がある。鉄スクラップは、部材の長さや由来といったマクロ情報に加え、厚みや腐食具合といったミクロ情報を元に分類が行われる。そこで、本プロジェクトはスケールの最適化を行うことで、高精度な分類システムを実現した。

異物検出では、入手困難な教師データを拡充した点に新規性がある。従来、異物検出のための教師データは、スキルを持った専門員が、大量のスクラップ画像から異物を発見し、ラベリングすることで作成されてきた。しかし、重なり合う鉄スクラップ中から異物を発見しラベリングするのは大変な手間を要し、データ量の確保に長期間が必要となる上、専門員のラベリングに多大なコストが必要であった。一方で、本プロジェクトでは、入手困難なデータの拡充を行った。結果、現場専門員の検出精度を大きく超える検出システムを構築した。これは、世界において初の試みであると考えられる。

5.　事業普及（または活用）の見通し

我々の顧客は、鉄スクラップのリサイクルを行う電炉メーカーである。日本の粗鋼生産量は 1 億トン（世界 3 位）と大きく、現在日本には電炉メーカーが約 50 社存在する。各社において、不純物混入と人件費の面でコストが発生しており、本システムを導入することで、日本全体で年間 178 億円のコスト削減・売上向上が可能である。加えて、より高価な鉄鋼材の生産を可能とすることで、販売単価の上昇も見込まれる。市場動向としては、地球温暖化に伴う CO_2 排出削減が強く求められていること、また、鉄スクラップ発生源となる国内の鉄鋼蓄積量は年々増加しており、国内だけで十分に需要を満たすことが可能であることから、今後の電炉需要の増大が見込まれる。現在主要電炉メーカーと連携を行っており、データ提供や実証実験を行っている段階であり、今後現場への実用、日本全体への普及を行っていく。その後、日本の 21 倍の電炉市場が広がる世界において、本システムの普及を図る。

6.　期待される波及効果

6.1 鉄鋼材リサイクルの促進

これまで、リサイクル鋼材は不純物混入が前提とされ、鉄筋棒鋼といった低グレード材の生産が主であった。本システムの実用により、従来発生していた人件費や、不純物混入による材料費の高騰・歩留まりの低下といったコストの削減が望まれるのみではなく、より高価な鉄鋼材の生産を可能とすることで、販売単価の上昇が望まれる。これにより、リサイクルの飛躍的な促進が期待される。

6.2 鉄スクラップ取引の健全化

鉄スクラップは、その処理量の多さから、現場専門員の目で全てを正確に把握し、公正な取引を行うのは限界がある。本システムを実用化し、従来現場専門員が把握しきれなかったスクラップ全体を解析することで、適切なスクラップ価格設定を実現し、

鉄スクラップ取引の健全化が期待される。

6.3 非鉄金属スクラップへの技術応用

鉄スクラップはその処理プロセスにおいて、ベルトコンベアなどで単体分離されることがなく、常にバラ積みの状態で、複数の等級が混じり合って存在しているため、画像解析応用が困難であり、特に教師データの作成に障壁がある。技術応用によりデータ拡充を行った本プロジェクトの当該技術は、今後鉄スクラップ以外の非鉄金属スクラップと言ったバラ積みで処理される廃棄物への応用がなされる可能性があり、関連産業へのインパクトが期待される。

7. イノベータ名（所属）

田島圭二郎（東京大学）
佐伯真（株式会社 FiNC Technologies）

（参考）関連 URL（起業した会社の HP、製品・サービスのサイトなど）

https://eversteel.co.jp/