

赤外線画像を用いたプレス鋼板における微小凹凸欠陥検出手法

遠藤 賢明[†] 亀田 昌志[†] 松田 浩一[†] 長谷川 辰雄[‡]

[†]岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 [‡]地方独立行政法人岩手県工業技術センター 電子機械部

1. はじめに

製造業における金属品加工において、部品等を成型するため、金属鋼板のプレスが行われる。このとき、プレス金型から剥離した鉄粉や亜鉛粉が鋼板とプレス金型の間に入り込むことで、鋼板表面に微小凹凸が発生してしまう。この微小凹凸は製品の外観に影響を与えてしまうため、微小凹凸の発生した鋼板を後工程に渡さないための検査が必要とされる。

現在は目視による検査が行われているが、長時間の作業による疲れ等で、安定かつ高い検査精度が得られない。また、作業を行う環境において、プレス時の大きな振動や目視時の光量不足から、微小凹凸欠陥を見逃してしまう可能性が高い。

そこで目視による検査を代替する検査手法が必要とされており、自動検査手法[1]も提案されているが、検査時間・コスト・検出精度と言った問題が残っており、導入が困難な状況にある。

本研究では赤外線カメラにより画像を取得し、カラーヒストグラム[2]を用いた画像処理によって微小凹凸の持つ特徴点を抽出し、微小凹凸を可視化・自動検出する手法を提案することで自動化・高精度化・高速化・低コスト化を実現する。

2. 赤外線カメラによる画像の取得

画像処理において、光学系の決定は重要となる。そこで、有効な波長領域を決定するため、実際の鋼板が持つ分光特性についての調査を行った。分光特性の測定には自記分光光度計（日立製作所 U-3300）を用いた。この装置は近紫外線から近赤外線の領域を試料に照射し、その吸収、反射の度合いから定量分析を行うことができる。

実際の現場で用いられているプレス鋼板は図 1 のような分光特性を持っており、凹凸の大きさが大きくなるほど反射成分が増し、長波長領域でその差が顕著に表われることが分かる。

図 1 の結果に基づいて、赤外線カメラと赤外線ライトを用いた非接触式検査方式による凹凸検出手法を提案する。

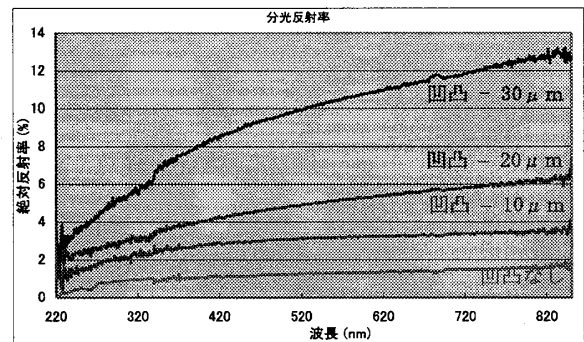


図 1 プレス鋼板分光特性

赤外線カメラによる画像の取得は、赤外線カメラと赤外線ライトの照射角度を変えて撮影実験を行い、主観評価に基づき、凹凸部と平坦部の画像濃度に最も差が出る撮影環境を用いた。決定した撮影環境を図 2 に示す。撮影環境は赤外線カメラと赤外線ライトを対角に置き、それぞれの角度を水平方向に対し 60° とした。実際に微小凹凸が発生したサンプルを撮影した画像は図 3 となる。

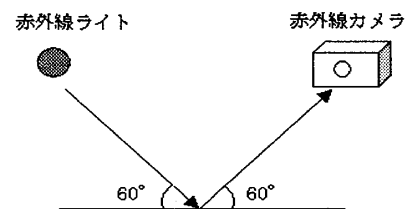


図 2 赤外線カメラによる撮影環境

3. 凹凸検出アルゴリズム

赤外線カメラで得られた画像から凹凸欠陥を抽出する手順は以下の通りである。

- 1) フィルタによるノイズ除去

Automatic detection of minute ruggedness on press steel board using infrared image.

Takaaki ENDO[†], Masashi KAMEDA[†], Koichi MATSUDA[†], Tatsuo HASEGAWA[‡]

[†]Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University.

[‡]Department of Electron and machine, Local Independent Administrative Agency Iwate Industrial Research Institute.

- 2) カラーヒストグラム[2]を用いた領域抽出
- 3) ラベリング処理
- 4) 面積閾値処理

3.1 ノイズ除去

実際に撮影された画像にはライトの照明ムラやレンズの埃、電子ノイズといった高周波ノイズが発生する。よって前処理としてノイズ除去のための移動平均フィルタを適用した。フィルタサイズは凹凸の大きさを考慮し、 3×3 [pixel]とし、複数回の繰り返し処理を行う。

3.2 カラーヒストグラム抽出

凹凸欠陥領域は他の正常領域と比べ、面積も小さく、異なった RGB 値を持つといった特徴を利用する。プレス鋼板の画像中の同じ RGB 値を持つ画素をカウントし、各輝度値の出現頻度を調べる。出現頻度が低い領域はノイズもしくは凹凸、出現頻度が高い領域は凹凸がない鋼板領域であると判定する。出現頻度が低い領域を抽出し、抽出された領域を欠陥領域、抽出されない領域を正常領域としてクラスタリングする。

3.3 ラベリング処理

カラーヒストグラムで抽出された各領域に対し、各領域に番号を付け、面積等の特徴を計算する。

3.4 面積閾値処理

ラベリング処理では凹凸欠陥の領域の面積が計算される。抽出された領域から基準面積以上の領域を抽出し、凹凸欠陥領域とする。この処理により、ノイズ除去で取りきれなかったノイズと、凹凸欠陥領域とを分離する。

4. 実験

本手法の有効性を示すために実際に使用される鋼板での実験を行った。

赤外線画像の取得には Nikon D-70 (改造品) を用い、撮影時の解像度は約 250dpi である。対象面としては、プレス鋼板に高さ $30 \mu\text{m}$ から、人の目で確認できる限界である高さ $10 \mu\text{m}$ までの 4 種類の凹凸を対象とした。

実験では図 2 で示した撮影パラメータを用いて凹凸の画像を取得し、凹凸欠陥抽出アルゴリズムを適用した。

高さ $10 \mu\text{m}$ の凹凸欠陥を赤外線カメラで撮影した画像は図 3 となり、最終的に抽出された結果は図 4 となる。

本手法を適用したことで、凹凸欠陥が正しく検出されていることが分かる。抽出精度について表 1 に示す。全ての凹凸について光量を変えて、複数回の撮影と抽出処理を行った。全ての凹凸にて 80% 以上の精度で凹凸が抽出できた。以上の結果により、提案手法の有効性が示された。

また、本システムは赤外線カメラと赤外線ライト、画像処理装置のみで構成され、低コスト化が実現できる。凹凸検出アルゴリズムも単純であり、 50cm 角のプレス鋼板の検査が 10sec. 程度で可能なことから、高速化も実現できる。

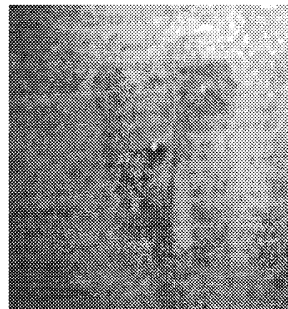


図 3 赤外線画像

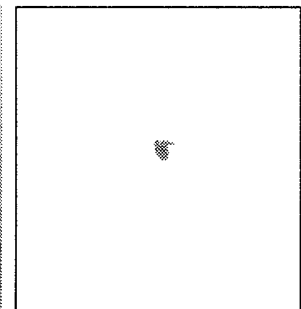


図 4 抽出結果

表 1 抽出精度

凹凸の高さ	抽出枚数	抽出精度
$30 \mu\text{m}$	5 / 5	100%
$20 \mu\text{m}$	4 / 5	80%
$15 \mu\text{m}$	4 / 5	80%
$10 \mu\text{m}$	5 / 5	100%

5. むすび

本稿では赤外線を用いたプレス鋼板の画像取得法と凹凸抽出アルゴリズムを提案した。また、実験で $10 \mu\text{m}$ までの凹凸を抽出することで、本研究の有効性を示した。

今後の課題としては、実際の鋼板加工に則した湾曲面に発生した凹凸を検出することが必須となる。

参考文献

- [1] 生田, 田中, 久間, “外観検査における欠陥特徴の自動学習,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.106, no.155, pp.43-47, 2004.
- [2] 柏木, 大恵, 寺田, “カラー画像におけるエッジ部分の特徴とカラーヒストグラムを用いたエッジ検出法,” 電気学会論文誌 C, vol.120-C, no.5, pp.715-723, 2000.