

X線画像を用いた金属部品内部の欠陥検出

川井 将人† 服部 公央亮† 田口 亮† 梅崎 太造†

本野 明大‡ 兼松 佳弘‡

名古屋工業大学大学院† 明和eテック‡

1. まえがき

工業製品の生産において品質検査の主流は目視検査であるが、現在では画像処理技術を活用した自動検査が普及しつつある。工業製品における鋳物製品は、物体内部に欠陥が発生しやすい。しかし、従来の画像処理による品質検査では、物体の表面部分の傷や凹みに関しては検査することができるが、物体内部の欠陥に関しては、検査することができない。物体の内部欠陥検査における従来手法として、X線検査がある。X線検査^[1]は、高速で高感度なデジタル撮影が可能であるが、従来は目視検査が主流である。そこで今回は、画像処理技術を用いることで、自動X線検査の実現を目指す。本研究では、良品のX線画像をマスタ画像として用い、検査対象となるテスト画像を局所的に差分することで、微細な欠陥を検出するという手法を検討する。

2. 実験環境

2.1 撮影システム ラインセンサカメラによる光学系を用いた撮影システムを図1に示す。

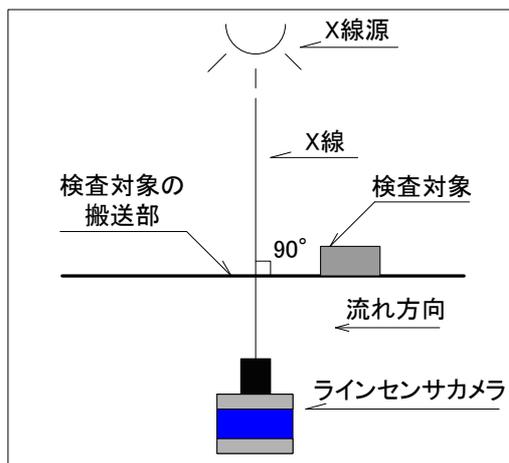
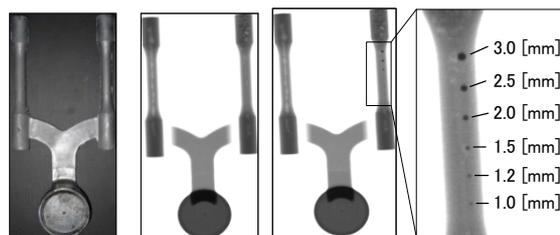


図1 撮影環境

撮影方法は、センサカメラ方向へのX線照射を用いて、ラインセンサでスキャンニングすることで、検査対象に対して垂直に撮影を行う正透過である。

2.2 データ 本実験では、図2(a)に示すテストピースを用いる。本研究でこのテストピースを用いた理由は、形状がシンプルであり、テストピースの輪郭部分などから特徴が得られやすいためである。このテストピースをX線検査装置で撮影して得られた画像をマスタ画像として用いる(図2(b))。また、テスト画像撮影時には、テストピース上にテスト片を設置し、それを欠陥とみなした。本研究では、60枚のテスト画像を用いて実験を行う。



(a) テストピース (b) マスタ画像 (c) テスト画像 (d) 欠陥部分拡大図
図2 テストピースおよびX線画像

3. X線画像による欠陥検出

3.1 提案法 マスタ画像とテスト画像を差分することで、テスト画像の欠陥領域を検出することを試みる。しかし、X線検査装置で撮影する際、得られた画像毎に、テストピースの角度や位置などが異なるため、単純に得られた画像同士を差分することはできない。そこで、前処理として画像補正を行うことでその問題を解決する。さらに、画像補正をする際、角度や位置のずれや歪みが十分に補正できない場合に対応するため、局所差分処理を適用する。これにより、微小の局所的なずれや歪みを吸収することができる。最終的に二値化処理を行い得られた領域を欠陥とみなす。

3.2 画像補正 図3に示すマスタ画像とテスト画像からSURF特徴量^[2]により128次元の特徴ベクトルを持つ特徴点を抽出する。それぞれの特徴点間のユークリッド距離が最小となるものを求め、閾値処理により特徴点同士を対応付ける。ユークリッド距離を求める式を式(1)に示す。

Defective detection inside the metal parts using x-ray image

† Masato Kawai · Nagoya Institute of Technology

† Koosuke Hattori · Nagoya Institute of Technology

† Ryo Taguchi · Nagoya Institute of Technology

† Taizo Umezaki · Nagoya Institute of Technology

‡ Akihiro Motono · Meiwa e-tec

‡ Yoshihiro Kanematsu · Meiwa e-tec

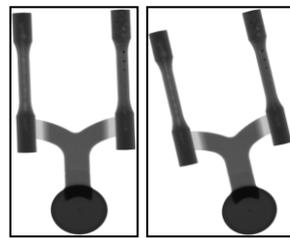
$$d = \sqrt{\sum_{i=0}^{127} (\vec{u}_i - \vec{v}_i)^2} \quad (1)$$

d : ユークリッド距離

\vec{u}_i : マスタ画像の特徴ベクトル

\vec{v}_i : テスト画像の特徴ベクトル

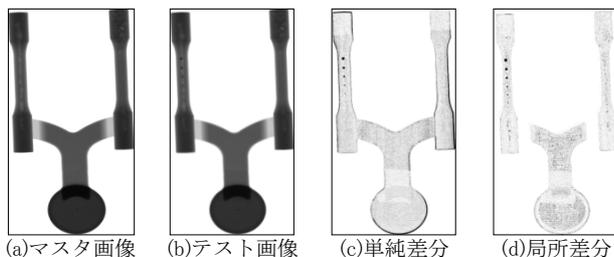
全特徴点から得られた対応点を用いて、マスタ画像とテスト画像間の射影変換行列を求める。ここで、射影変換行列を求める際、全対応点のペアを用いると、



(a)マスタ画像 (b)テスト画像
図3 画像補正

外れ値が存在する場合に正しい射影変換行列が得られない。その問題を解決するために LMedS 推定^[3]を用いて、対応点のペアのランダムな部分集合(4 ペア)を繰り返し生成し、この部分集合から、最小二乗法を用いて射影変換行列を推定する。得られた射影変換行列を用いて画像補正する。

3.3 局所差分 画像補正の際のずれを吸収するため、局所差分を用いる。単純に差分した画像と局所差分を適用した画像をそれぞれ示す(図4)。図4(c)の単純差分の画像を見ると、テストピースの輪郭部分が消えていないことが分かる。一方、図4(d)の局所差分を用いることで、画像補正の際のずれや歪みを吸収できている。



(a)マスタ画像 (b)テスト画像 (c)単純差分 (d)局所差分
図4 単純差分および局所差分

3.4 二値化処理による欠陥検出 局所差分後、二値化処理を行うことで欠陥検出率を調べた(図5)。結果より、2.0 [mm]以上の欠陥の検出は100 [%]成功した。しかし、欠陥サイズが小さくなるに従い検出率が減少し、1.0 [mm]の欠陥においては27 [%]しか検出できない。

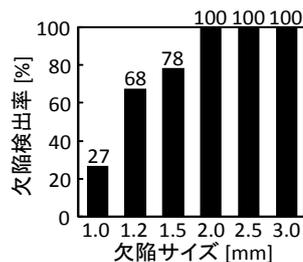


図5 欠陥検出率

4. 考察

画像補正を行い、その後、局所差分処理を適用することで、全てのサンプルで画像補正の際のずれを吸収できた。しかし、1.5 [mm]以下の欠陥が検出できないサンプルがある。検出成功例(図6)と失敗例(図7)をそれぞれ示す。この結果から、検出成功例では、物体の薄い部分に欠陥が置かれている。そのため、輝度値の変化が大きくなるので、欠陥検出に成功した。一方、検出失敗例では、物体の厚い部分に欠陥が置かれている。そのため、輝度値の変化が小さくなるので、欠陥検出に失敗した。この結果から、物体の厚さに対して輝度補正をかける必要があると考えられる。

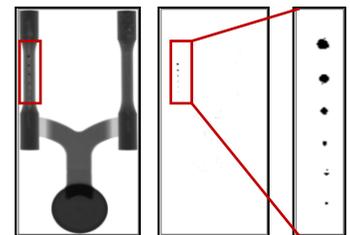


図6 検出成功例

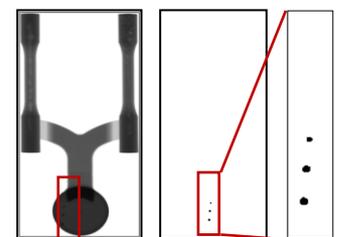


図7 検出失敗例

5. むすび

本研究では、X線検査装置により撮影されたX線画像を用いて欠陥検出を自動で行うシステムに関する手法を検討した。結果、1.5 [mm]以下の欠陥が検出できないサンプルが存在した。その原因として物体の厚さが検出結果に大きく影響している。そのため、物体の薄い部分に置かれた欠陥に比べて厚い部分に置かれた欠陥の検出が難しい。今後物体の厚さに応じた輝度補正をかけることで、検出率の向上を目指す。また、本研究では検査対象として、シンプルな形状をした実験用のテストピースを用いたが、今後様々な工業製品に汎用的に使用可能な手法の構築を目指す。

参考文献

[1]鈴木隆之, “デジタル X 線画像の技術紹介”, 軽金属溶接, Vol46, No.11, pp.506-510, 2008.
 [2]HERBERT B, “Speeded-Up Robust Features (SURF)”, Computer Vision and Image Understanding 110, pp.346-359, 2008.
 [3]彦坂直孝, “相対視差画像を用いた LMedS 推定による平面領域検出”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2007, 1P1-K01(1)-(4), 2007.