

画像認識アルゴリズムによる溶接不良自動検出に関する検証

東日本旅客鉄道 正会員 ○水野 弘二
正会員 井口 重信

1. はじめに

土木構造物の品質確認検査では、専門技術者等の現地立会いにより検査を行う場合がある。一方で、部品組立等の生産現場においては、人の目の代わりとなる画像認識を用いた AI による自動検査の適用が進んでいる。土木工事においてもこれを適用できれば、専門技術者等の立会いなしに検査を行うことができ、大きな生産性向上に繋がる。そこで、溶接鋼材を対象とし、画像認識アルゴリズム自動生成ソフトを用いた良、不良判定について検証を行った。本稿では、その検証結果とアルゴリズムの判定値と、人による溶接箇所の評価値との相関性について検証した結果を報告する。

2. 検証手法の概要

アルゴリズム生成の流れを図-1 に示す。使用した画像認識アルゴリズム自動生成ソフトは、良品、不良品を指定した画像（以下、学習用画像）を学習することで、良、不良を判定できるアルゴリズムを自動生成するものである。さらに、生成したアルゴリズムに学習画像とは別に撮影した評価用の画像（以下、評価用画像）を読み込ませ、正確な良、不良判定ができるまで繰り返し学習を行い、アルゴリズムの精度を高めていくものである。アルゴリズム生成に用いた良、不良画像は、良好な溶接の鋼材と溶接不良の鋼材を製作し、それぞれの溶接箇所を撮影することで用意した。

溶接不良鋼材の写真を図-2 に、溶接不良の判定基準を表-1 に示す。溶接不良の鋼材は溶接不良種別の内、アンダーカット、ビード表面の波の高低差（以下、ビード高低差）、ピット、オーバーラップの 4 種類を製作し、それぞれのアルゴリズムを生成した。使用した学習用画像、評価用画像の枚数は、それぞれ良好な溶接画像 25 枚、溶接不良の画像 25 枚×4 種別ずつである。

画像撮影時の状況を図-3 に、撮影した画像を図-4 に示す。アルゴリズム生成において、使用する画像の照度や撮影対象物の大きさが判定精度に大きく影響を与えることから、塩ビパイプを加工し上部に照明を取り付けた撮影治具を製作し、極力一定の照度、距離において溶接箇所を撮影できるようにした。撮影した画像の内、判定に用いる範囲を指定しアルゴリズム生成を行った。判定に用いる範囲は、いずれの撮影画像も同じ位置、大きさに指定している。

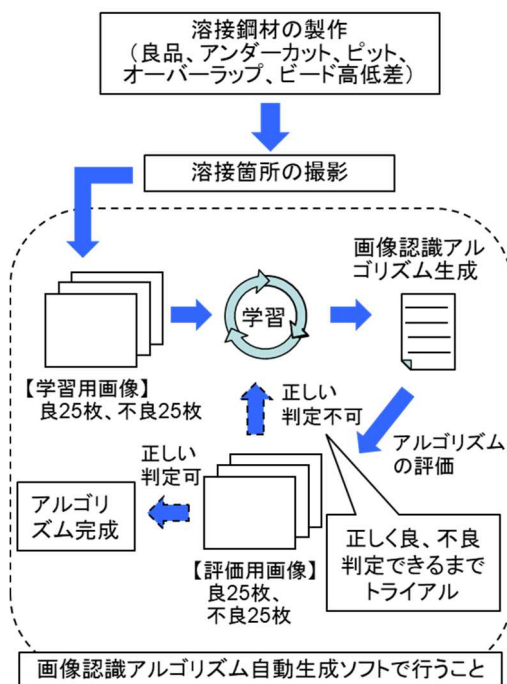


図-1 アルゴリズム生成の流れ



図-2 製作した溶接鋼材
（ビード高低差）

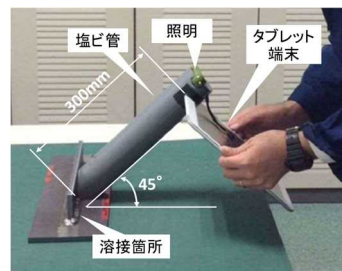


図-3 溶接箇所の撮影
状況

表-1 溶接不良の判定基準

溶接不良種別	良品とする許容値
アンダーカット	深さ0.3mm以下
ビード高低差	0.5mm以下
ピット	ピットがない
オーバーラップ	オーバーラップがない

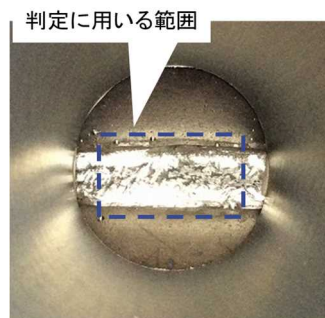


図-4 検証に用いた画像

キーワード 画像認識アルゴリズム、品質管理、AI

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6 番 26 号 東日本旅客鉄道（株）上信越工事事務所 TEL027-324-9369

3. 生成したアルゴリズムの評価

3.1 学習用画像、評価用画像の良、不良判定結果

溶接不良種別毎に生成したアルゴリズムによる判定結果を図5～8に示す。図中の青プロットは良好な溶接を撮影した画像、赤プロットは溶接不良を撮影した画像をそれぞれ判定したものである。判定値が+であれば良品、-であれば不良品に判定している。判定値は+1に近いほど良品の学習用画像に近い特徴を捉えたことを示しており、反対に-1に近いほど不良品の学習用画像に近い特徴を捉えたことを示している。

判定の結果、何れの溶接不良種別においても、良好な溶接画像は良、溶接不良画像は不良として判定することができた。

特に、ピットの判定値は良、不良ともに、+1や-1付近にまとまっており、ピットの特徴を捉えた判定を行っているものと考えられる。これは、ピットは孔のありなしによる良、不良の判別であり、比較的簡単に画像の特徴を捉えることができたためと考えられる。一方で、他の溶接不良の判定値は、良、不良の中でもばらつきがあり、特徴を捉えることが難しかった可能性がある。

3.2 アルゴリズムによる判定値とビード高低差の計測値の検証

3.1において、ピット以外の溶接不良は不良箇所の特徴を捉えていない可能性が考えられた。そこで、ビード高低差を対象として、画像を改めて撮影し、2.で生成したアルゴリズムを用いた判定を行い、ビード高低差の計測値（手計測）との関係を確認した。不良箇所を捉えていれば、計測値が大きいほど、判定値は小さくなり（良品からかけ離れる）、不良箇所の大小を捉えて判定しているものと推定した。

図9に判定結果を示す。計測値でビード高低差が1.5mm程度の画像を白抜きのプロット、2.0mm程度の画像を塗りつぶしのプロットで示した。

判定の結果、ビード高低差の計測値が大きいほど、不良側に判定値が小さくなるような傾向は見られず、判定値と計測値に相関性は見られなかった。それどころか、判定した画像はすべてビード高低差（溶接不良）を撮影した画像であったが、それを良判定するケースもあった。

今回生成したアルゴリズムは、良、不良の学習用画像のどちらの特徴に近いかで判定しているが、生成したアルゴリズムは学習用画像のビード高低差を特徴として捉えているわけではないと考えられる。アルゴリズムの精度を上げ、ビード高低差が不良であることを学習させるためには、今回、学習用画像で使った25枚以上に学習用画像を増やす必要があると考えられる。また、撮影治具を用いたとはいえ、溶接箇所を毎回同じ位置、同じ大きさに撮影することは極めて難しいことであった。そのため、溶接箇所以外も判定範囲に含まれており、それが判定精度に影響を与えている一因とも考えられる。一定の環境下で安定して撮影できる手法の構築が必要と考えられる。

4. まとめ

画像認識アルゴリズムを用いた溶接不良検出について検証を行った。その結果、ピットのように特徴を捉えやすい不良は正確に判定することが可能である点を確認した。一方で、ビード高低差のようにmm単位の計測による検査を行うような不良は、特徴捉え辛く正確な判定を行うには課題がある点を確認した。

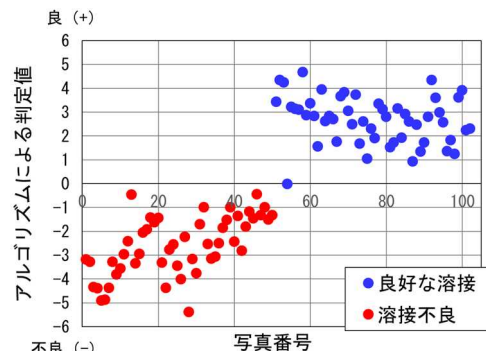


図-5 オーバーラップの判定結果

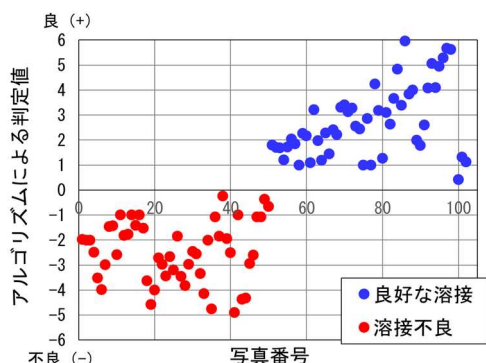


図-6 ビード高低差の判定結果

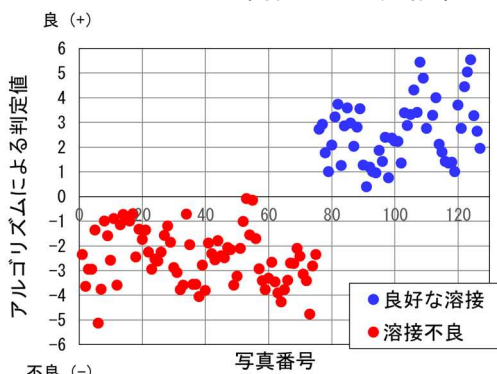


図-7 アンダーカットの判定結果

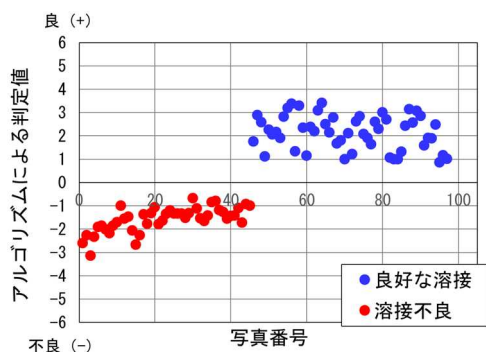


図-8 ピットの判定結果

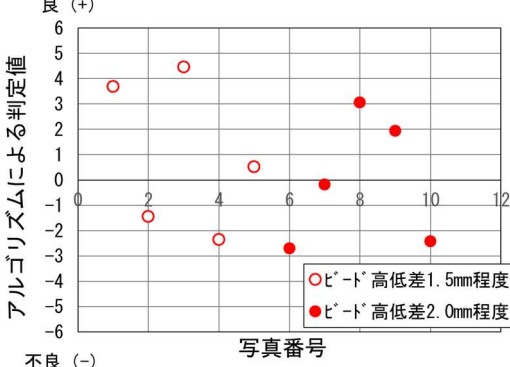


図-9 計測値と判定値の関係