

技術紹介

溶接士視野映像の定量的評価手法の開発

Development of a Quantitative Evaluation Method for Welder's Field-of-View Image

岡本 勇也 *1
OKAMOTO Yuya

立山 義祐 *2
TATEYAMA Yoshisuke

金平 徳之 *3
KANEHIRA Noriyuki

1. はじめに

川田テクノロジーズ株式会社、および川田工業株式会社は溶接モニタリングシステムを開発し、溶接士が遮光ガラス越しに見ている視野の鮮明な映像の取得に成功しました¹⁾。この映像は溶接士からも実際に見ているものに近いと高評価をいただいているです。

一方で、得られた画像の評価は溶接士の感応評価にとどまっており、定量的な評価に至っていません。定量的な評価ができると以下のようない課題を生じます。

- ① 評価を数値で示せず改善の程度が評価できない
- ② 画像処理パラメータの自動調整ができない

これらの課題を解決するためには、感応評価に依存しない定量的評価手法の開発が必要であると考えました。つまり、「望ましい」画像の特徴を定量的に示すことです。

そのために、まず回帰分析を用いて「望ましい」画像を分類できるモデルを構築しました。次に、このモデルの分類精度を評価し、高精度に分類できた場合、そのモデルの重みから「望ましい」画像の特徴を定量的に評価できると考えました。

本稿では、溶接士視野映像の定量的評価手法の開発を目的とした回帰分析による画像評価について紹介します。

2. 定量的評価手法

(1) 「望ましい」画像の定義

溶接のアークは非常に明るい光を発している一方で、溶融池や開先部はアーク光に照らされているため、アーク光と比較して暗く、明暗差が非常に大きくなります。そこで、露光時間の異なる複数の画像を撮影し、HDR (High Dynamic Range) 合成することで、大きな明暗差を同時に可視化します。

また、HDR合成した画像は、広いダイナミックレンジを持つため、一般的なディスプレイでは表現できません。そこで、人の視覚特性を考慮してダイナミックレンジを圧縮するトーンマッピング (Tone Mapping) 処理を行い、一般的なディスプレイでの表現を可能にします。

この処理によって得られた画像と溶接士の感応評

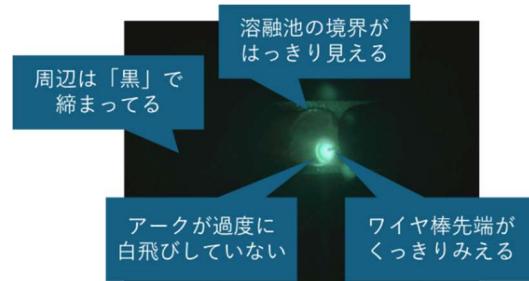


図 1 「望ましい」画像

価に基づき、図 1 に示す要素を持つ画像を「望ましい」画像と定義しました。

(2) 回帰分析

図 2 に定量的評価手法のフローを示します。(1)で得た画像を「望ましい」画像と「望ましくない」画像にラベリングします。

ラベリングした画像から式(1)に示すロジスティック回帰を用いてモデルを構築し、そのモデルを用いて「望ましい」画像であるかを分類します。ロジスティック回帰は目的変数がカテゴリカル（特に二値）の場合に、その事象が発生する確率を予測します。本評価においては「望ましい」画像の確率を予測します。

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{i=0}^m w_i x_i)} \quad (1)$$

ここで、 p : 分類確率 ($0 \leq p \leq 1$)、 w_i : 重み、 x_i : 説明変数、 m : 特徴数を示します。モデル構築では、ラベリング画像から「望ましい」画像を分類できるように重み w を計算します。

分類が高精度な場合、各特徴量の重み w からモデルが何を重視して分類したかを解釈し、「望ましい」画像の特性を明らかにできます。重み w の絶対値の大小

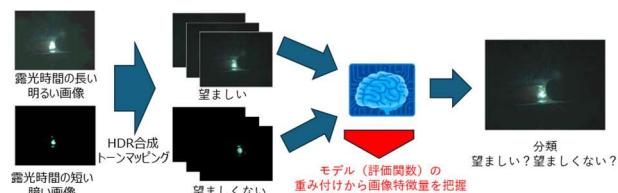


図 2 定量的評価手法のフロー

*1 川田テクノロジーズ株式会社技術開発本部技術研究所 主任

*2 川田テクノロジーズ株式会社技術開発本部技術研究所 主幹

*3 川田テクノロジーズ株式会社技術開発本部技術研究所 所長

や符号は、各特徴量が分類に与える影響の度合いと方向を数値で示します。したがって、ロジスティック回帰を用いることで「望ましい」画像を定量的に評価することができます。

3. 画像の特徴量計算手順

2章で説明した手法の特徴量計算手順を示します。

(1) データセット作成

溶接作業を 30 通りの露光時間で撮影した画像 (640×480 pix)から HDR 合成を行い、トーンマッピングのパラメータをランダムに設定して画像を生成しました。その画像を「望ましい」画像と「望ましくない」画像にラベリングしました(図 3)。「望ましい」画像は 231 枚、「望ましくない」画像は 678 枚でした。



(a)「望ましい」画像 (b)「望ましくない」画像
図 3 データセット例

(2) マスク設定

図 1 のように、特徴は画像全体ではなく、アーク、溶融池、およびワイヤのように局所領域で計算する必要があります。そこで、局所領域の計算のために、図 4 に示すマスクを設定しました。

画像の高輝度部から 200pix 四方の領域 R を切り出した後、アーク、ワイヤ、溶融池上端、および溶融池下端の 4 領域を抽出するマスクを実装・作成しました。計算では領域 R と各領域マスクの合計 5 領域で行いました。

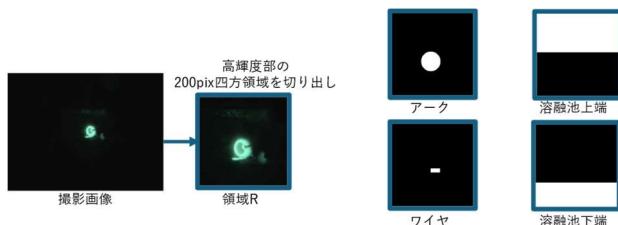


図 4 設定したマスク

(3) 特徴量計算

特徴量は一般的な統計値として用いられる中央値、最小値、最大値、および分散と GLCM (Gray-Level Co-occurrence Matrix, グレーレベル共起行列) を用いました²⁾。GLCM は画像のテクスチャ、つまり質感やパターンを数値的に表現する手法です。

また、GLCM は対象となるピクセルペアの距離と角度を指定する必要があり、ここでは上方向に 1, 2, 4 画素隣をピクセルペアとしました。ピクセルペアが近

い場合にはより局所的に、遠い場合にはより広汎な質感を表現します。

5 領域それぞれでこれら 22 個の特徴量を計算し、合計 110 次元をロジスティック回帰の説明変数として用いました。

4. 結果

ロジスティック回帰を用いて「望ましい」画像を正しく分類できるかを確認しました。分類精度の結果は 89.3%で、高精度に分類できることがわかりました。表 1 に重みの絶対値が大きい領域・特徴の上位 5 個を示します。表より、例えば溶融池下端では明度分散が負の重みを持つため、明度分散が小さい、つまり溶融池下端の明るさが均一であるほど「望ましい」画像と判断できます。

したがって、重みにより画像のどの領域がどの程度「望ましい」画像に影響するかを評価する計算手法を確立できました。

表 1 重みの絶対値が大きい特徴・領域

領域	特徴名	重み
溶融池上端	GLCM 相違度 (1 画素上)	2.31
溶融池下端	明度分散	-2.28
画像全体	GLCM 相違度 (4 画素上)	2.02
溶融池下端	GLCM 同質性 (4 画素上)	-1.31
画像全体	GLCM コントラスト (1 画素上)	-1.28

5. おわりに

本稿では、溶接士視野映像の定量的評価手法の開発について紹介しました。本手法を用いることで溶接士の感応評価にとどまっていた評価方法を定量的に評価することができました。今後は、モデルのさらなる精度向上、モデルを活用した合成パラメータ調整方法の開発を行います。

本研究においては東京都市大学の張英夏教授、ならびに研究室の皆様には多大なるご指導とご支援を賜りました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 岡本勇也、林篤史、津山忠久、布施直彦、金平徳之、北川悟. 2025. 溶接士視野映像を用いた溶接中データ統合システムの開発. 川田技報, Vol.44.
- S. Singh, D. Srivastava and S. Agarwal, "GLCM and its application in pattern recognition", International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI), Dubai, United Arab Emirates, pp. 20-25(2017).