

# ステレオカメラを用いた溶接ビードのマーキング箇所の断面形状推定

吉村 光顕\* 池 勇勲\*\* 梅田 和昇\*\*\*

\*中央大学大学院理工学研究科精密工学専攻 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

\*\*北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1

\*\*\*中央大学理工学部精密機械工学科 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

E-mail: \*yoshimura@sensor.mech.chuo-u.ac.jp, \*\*ji-y@jaist.ac.jp, \*\*\*umeda@mech.chuo-u.ac.jp

あらまし 本研究では、ステレオカメラを用いた溶接ビード検査システムを提案する。一般的に溶接ビードの検査には、専用の測定器やレーザ光を用いた溶接検査ツールが用いられている。しかし、レーザ光を用いた溶接検査ツールでは、測定物の表面が鏡面に近いほど計測精度が低下するという問題がある。そこで、提案するシステムでは、任意の溶接箇所をマーキングを行う。その後、小型のステレオカメラを用いてマーキング箇所の溶接ビードを検査する。三角測量の原理を利用してマーキング部の三次元情報を取得し、溶接ビードの接合具合を評価する。実験により提案手法の有効性を示している。

**キーワード** アーク溶接、ステレオカメラ、溶接ビード、3次元復元、マーキング

## 1. 序論

溶接方法の一つにアーク溶接がある。アーク溶接をした溶接箇所には、図1に示す溶接ビードという盛り上がりが生じる。溶接ビードの検査は、専用のスケールを用いて抜き取り検査を行うか、レーザ光を利用した溶接用検査ツールを利用する。しかし、専用のスケールを用いた場合では、全数検査を行うことができない。また、レーザ光を用いた検査ツールは、機器のサイズが大きく、溶接された材料の表面が鏡面に近いと計測精度が低下する問題点がある。高野らは、スポット光レーザセンサによりビード形状の計測を行う研究を行った[1]、しかし、レーザ光を利用した計測は周囲の光環境の影響を受ける可能性がある。

そこで、本研究では、任意の溶接箇所をマーキングを行い、小型ステレオカメラを用いて溶接ビード形状を取得する手法を提案する。本手法は、周囲の光環境の影響を受けにくく、溶接箇所の検査を簡単に行うことが可能である。

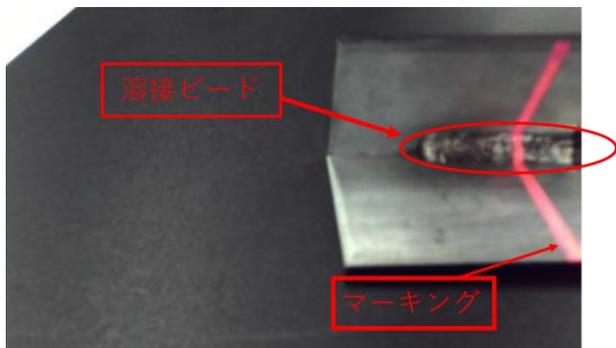


図1 マーキングを施した溶接ビード

## 2. 提案手法

### 2.1 マーキング箇所の検出

ステレオカメラで撮影したカラー画像のRGB値にしきい値を設定しマーキング部分を抽出する。安定した検出を行える色として蛍光ピンクをマーキン

グに使用する。この場合の閾値は以下の通りである。

$$R \geq 135, \quad G/R \leq 0.91, \quad B/R \leq 0.92 \quad (1)$$

### 2.2 マーキング箇所の断面形状推定

マーキング部分の抽出結果に対してステレオマッチングを用いてステレオ画像の視差を求めることで、マーキング箇所の断面形状を推定する。図2に示すように、抽出したマーキング画像の横軸上の中心座標を用いて視差を算出する。そして、三角測量の原理を用いて、マーキング部の3次元情報を取得する。



図2 マーキング抽出

### 2.3 溶接箇所の評価

溶接継手の状態を評価するためには、図3に示す溶接ビード部の脚長  $S$  と余盛り高さ  $\Delta a + a$  を求める必要がある[2]。そのために、取得した三次元点を主成分分析 (PCA) で二次元に圧縮し、射影変換を用いて断面方向に投影する。測定対象物の平面を検出するために、変換した2次元情報からRANSAC[3]を用いて直線を検出する。検出した直線からずれた点群を溶接ビードとみなす。その結果から脚長と余計な高さを計算する。

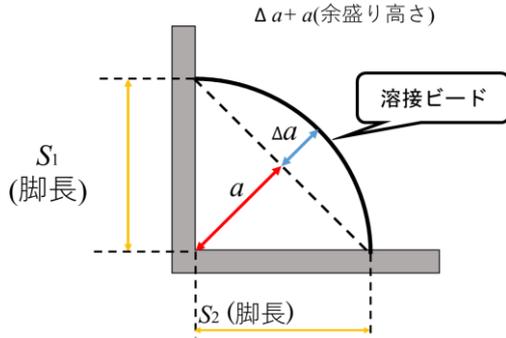


図3 脚長, 余盛り高さ

### 3. 実験

#### 3.1 実験条件

溶接ビード上のマーキング部の断面形状を推定する実験を行った。実験では、2枚の金属板を垂直に溶接した図4に示す測定対象物を用いた。ステレオカメラには、Stereo Labs ZEDを用いた。基線長は120mmである。ステレオカメラと金属板との距離を変え、距離ごとに5枚の画像を撮影した。脚長と余盛り高さの真値は、光切断法を利用した測定器であるShape Grabberにより取得した

#### 3.2 実験結果

実験結果を図4~7、表1~3に示す。図4~7は、距離100mmでの溶接ビード検出結果であり、ステレオカメラのカラー画像(図4)、マーキング部画像の抽出結果(図5)、2次元平面上に投影した3次元点の抽出結果(図6)、検出された直線と抽出された溶接ビード部(図7)をそれぞれ示している。図7に示すように、溶接ビード部の形状が良好に取得されている。

断面形状は距離90mm~165mmで正しく取得できた。距離90mm, 100mm, 165mmでの計測結果を表1~3に示す。各距離で余盛り高さ、脚長とも、小さな誤差で計測できている。



図4 カラー画像

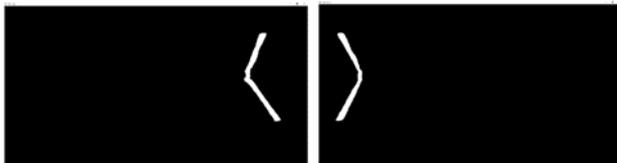


図5 マーキング抽出画像

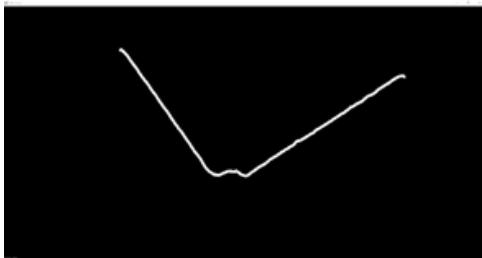


図6 2次元平面上表示

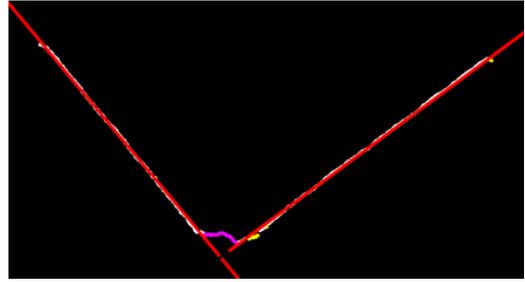


図7 直線検出, 溶接ビード検出

表1 真値との比較(90mm)

	余盛り高さ [mm]	脚長1 [mm]	脚長2 [mm]
真値	3.20	2.51	2.42
平均	3.32	2.90	2.91
標準偏差	0.14	0.27	0.16
誤差	-0.12	-0.39	-0.49

表2 真値との比較(100mm)

	余盛り高さ [mm]	脚長1 [mm]	脚長2 [mm]
真値	3.20	2.51	2.42
平均	2.90	2.61	2.50
標準偏差	0.08	0.37	0.26
誤差	0.30	-0.10	-0.08

表3 真値との比較(165mm)

	余盛り高さ [mm]	脚長1 [mm]	脚長2 [mm]
真値	3.20	2.51	2.42
平均	3.21	2.84	2.77
標準偏差	0.16	0.16	0.23
誤差	-0.01	-0.33	-0.35

一方、距離170mm以上では、上手く脚長や余盛り高さが取得できなかった。この原因は、撮影距離が長いために点群の合計点数が不足していたことが考えられる。

### 4. 結論

本論文では、ステレオカメラを用いて任意の溶接点にマーキングを行い、溶接ビードの検査を行うシステムを構築した。実験により90mm~165mmで断面形状の推定が可能であることを示した。今後の課題は、より長距離での計測を実現することである。

### 文 献

- [1] 高野 悠敬, 山本 光, 高谷 透, 早川 泰夫, スポット光レーザセンサによる開先およびビード形状の計測, 溶接学会論文集, 第1号, pp.51-58, 2000.
- [2] 谷本 圭司, 吉田 真章, 俣野 雄紀, 林 琢真, 三次元溶接ビード検査システムの開発, 日本機械学会年次大会, 2013.
- [3] Kai Zhou, Guoliang Ye, Xiangdong Gao, Kaihong Zhong, Jianwen Guo, and Bing Zhang, Weld Bead Width and Height Measurement Using RANSAC, International Conference on Control and Robotics Engineering, (ICCRE), pp.35-39, 2019.