

## T継手のレーザー溶接のための計測用スリットレーザー像芯線検出

北海道大学 ○森下 貴文, 松下 昭彦, 金子 俊一, (株)産鋼スチール 福田 薫, 大藤 仁志

### 要旨

レーザー溶接のために画像計測技術を平板の突合せ溶接から T 継手溶接へ拡張するために, 最小二乗法を用いた計測用レーザーのエッジ領域の検出手法を提案し, またその検証実験を行った. 本論はその概要について述べる.

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

今日では溶接の分野において, 精密な溶接や微小領域の溶接が可能なレーザー溶接が注目されている. レーザ溶接はレーザーの焦点と溶接箇所との高精度な位置合わせが必要とされており, 高品質化や低コスト化および短納期化など要求を満たすためにロボットによる溶接の自動化が試みられおり, 正確な位置合わせのために画像計測の技術が用いられている.

### 1.2. 従来手法・環境

画像計測にはカメラに装備した平行な 2 つの計測用スリットレーザーを用い, 溶接対象に照射した計測用レーザー像の撮影画像よりカメラと溶接対象の位置姿勢関係を計算する.

Fig.1 に本研究におけるレーザー溶接システムの概要を示す.

また, 用いる(株)産鋼スチールのレーザー溶接ロボットは, マニピュレータ部を川崎重工業株式会社の産業用マニピュレータ F シリーズの FS20N とし, その先端にレーザー溶接システムを装備したものである. また, 本研究ではカメラのフレームサイズを 1280×1024 に設定して画像処理を行っている.

従来の手法は平板を突き合わせたものを溶接対象としており, 溶接部分であるシームラインにおけるスリットレーザーの隙間よりシームラインを検出し, 画像をシームラインより左右に, そして上下に二分したそれぞれの領域についてスリットレーザーの芯線を検出し, シームラインとレーザー芯線の情報から 3 次元位置関係を計算するものであった.

なお, 画像計測から溶接までのプロセスは, 溶接による外乱光の影響によりインプロセスでの計測は精度に難があるため, 画像計測により溶接軌道を計算して決定した軌道を倣って溶接を行うというように工程を分けており, 本提案手法

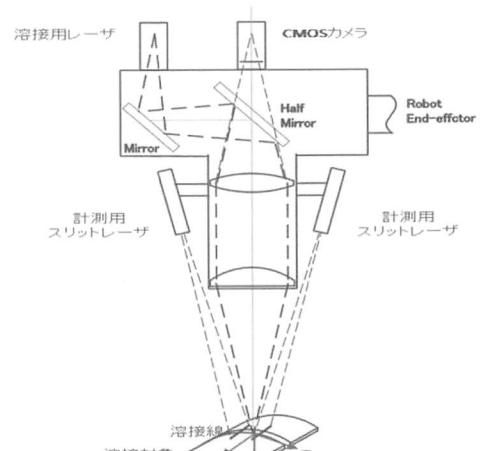
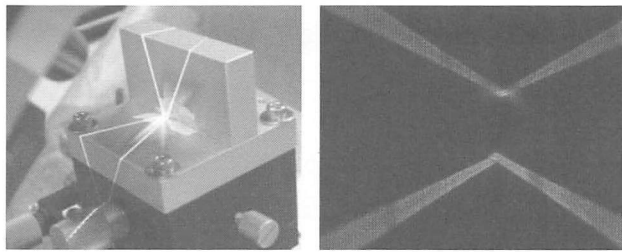


Fig. 1 レーザ溶接システム

においても同様である.

### 1.3. 溶接課題・提案手法

本研究ではパイプの挿込み接合などを想定して, Fig.2 (a) のように板の端付近における T 継手の片側溶接を対象とする. ここで, この対象ではシームラインの位置で計測用レーザー光が通過する隙間がないため平板の突合せ溶接のように計測用レーザー像に隙間ができず, Fig.2(b)のように画像上でシームラインを検出することが困難な状況が多く存在する. また, シームラインによって計測用レーザー像を分けることができないので, そのほかの方法を用いて画像上のデータを区別する必要がある. そこで本提案手法により仮エッジラインとして検出された直線の周辺領域を探索することで計測用レーザー像を検出および溶接対象の姿勢の算出, 後にその溶接対象の情報よりシームライン位置を決定する手順を提案する. またこの手法では両板の繋ぎ目部分において隙間なく接していることを前提としている.



(a) 溶接対象 (b) 計測画像

Fig. 2 溶接対象と撮影画像

## 2. 最小二乗法を用いたレーザ像検出

計測用レーザ像の芯線検出では、従来までの手法を用いて、各レーザ像の存在する範囲を全探索することでも検出可能であったが、1つの画像に対して数分の時間を要してしまうため、探索の範囲を絞り時間を短縮する必要がある。そこで今回は最小二乗法を用いた方法により、仮エッジラインを検出しその周辺を探索領域とすることで処理時間の短縮を試みた。また、この仮エッジラインの精度によってどの程度の範囲を探索するとレーザ像として最適な直線を検出かが決まり、つまり短縮可能な時間も決定される。

### 2.1. 画像周長パラメータ表現( $p_1$ - $p_2$ パラメータ)

直線を表すパラメータ表現として直線の画像周長における座標を用いる。さらに、その座標を画像原点からの左回りの周長によってパラメータ化し表現する。これにより直線をパラメータ  $p_1$ - $p_2$  を用いて表すことができる。ただし  $p_1 < p_2$  の関係を満たすものとする。例を Fig.3 に示す。

### 2.2. 最小二乗法による仮エッジライン検出

処理は中央から上下それぞれの半面ごとに行う。まず、最小二乗法を適用する特徴点は、Sobel フィルタを適用して垂直方向の明度勾配値を導出、画像を垂直方向に探索し各列ごとに最大値(上エッジ情報)と最小値(下エッジ情報)となる点とする。ここで画像上には左右のレーザ像・上下エッジの計4本の検出すべき直線が写っており、それぞれを区別して検出する必要がある。そこで、Fig.4 に示すように、探索する特徴点の始点(探索領域の左端)を定め、そこから探索幅  $L$  までの範囲の特徴点について最小二乗法で直線を求め、その直線に投票する。次に始点を探索距離  $d$  だけずらして同様に繰り返し画像全域を探索する。そして、傾きにより直線を区別し投票値が最大のものを最適な直線として検出する。

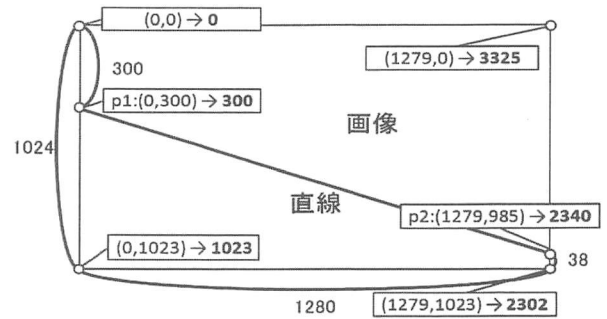


Fig. 3  $p_1$ - $p_2$ パラメータ(画像周長パラメータ)

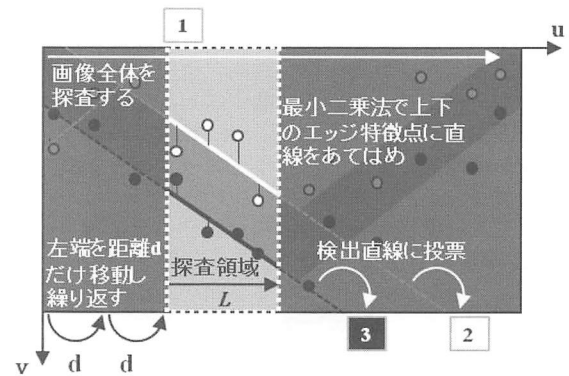


Fig. 4 仮エッジライン検出

## 3. 精度検証実験

### 3.1. 検証用画像の撮影実験

Fig.2(a)のように精密ステージに固定した計測用試料の撮影を行った。ロボット姿勢は予め決定し固定する。精密ステージによって姿勢に変化を与え、計38姿勢で各10枚ずつ、合計380枚の撮影を行った。

### 3.2. 仮エッジライン検出の検証

上記の撮影実験によって得られた画像について計測し、従来手法による全探索の結果(真値とする)との比較を行う。

1画像あたりの検出時間は、従来手法による全探索では2~3分ほどかかっていたのに対し、同環境において0.2~0.4秒ほどとかなり短縮される見込みが確認できた。また、検出直線の端点が真値の直線の端点より50pixel以上離れているときを失敗としたときの失敗率は5%以下であった。

## 参考文献

- [1] 山中 将裕, “北海道大学 大学院 情報科学研究科 システム情報科学専攻 修士論文”, SSI-MT79073188, 2009/02/20