

334 マーク溶接の自動制御(Ⅹ)

デジタル画像処理によるすみ肉溶接の検出

大阪大学溶接研究所 荒田吉明 大阪大学工学部 丸尾大

" 工学部 井上勝敬 " " " 〇小川芳一

片山鉄工(株) 柴田泰

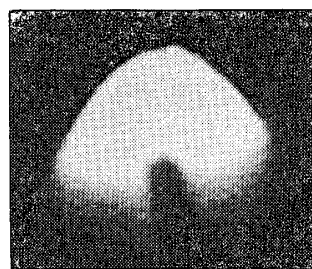
溶接画像に適当なコンボリューション処理を施すことにより、画像の特徴を検出することができ、そこで、すみ肉溶接の際得られる画像からワイヤ像、エッジ像を強調するために、この処理法を適用する場合の効果、問題点について報告する。

1. コンボリューション処理

任意の関数を f 、検出したパターンを示す関数を g とするとき、シュワルツの不等式より $\int f \cdot g \leq (\int f^2 \int g^2)^{1/2}$ が任意の積分領域で成立する。ただし等号はある定数 C に対し、 $g = C \cdot f$ のとき、かつそのときのみ成立する。すなわち相互相関をとると、その値は f が g の並進を含めた定数倍であるとき最大値をとることになる。つまり任意の関数 f がどの程度関数 g に一致するかは、両者の相互相関をとり、その大きさに基づいて判断すればよい。たとえば、縦方向の境界線は図1に示すマトリクスを用いた処理により、認識することができ、

0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	1	-1	0	0	0

図1 縦線抽出マトリクス



2. すみ肉溶接像の特徴

写真1に示すように、すみ肉溶接像において明部はアーク光像を、アーク光の上部に突き出ている暗部はワイヤ像、そしてアーク光を示す明部と暗部との境界はエッジ像を示している。ところでこの像は、明暗の境界部はある幅をもったぼやけをいじる。これをデジタル化し、図2に示すように

$$\phi_{100} = \frac{\sum_{k=a}^{b-1} [f(k) - f(k+1)]^2}{|f(a) - f(b)|} \times \frac{100}{|f(a) - f(b)|}$$

なるパラメータでぼやけの程度を表わすと、理想的に先鋭なエッジでは $\phi_{100} = 100$ であり、ぼやけるにしたがって ϕ_{100} は減少する。写真1におけるぼやけは、エッジ部で $\phi_{100} \approx 45$ 、ワイヤ部で $\phi_{100} \approx 35$ である。ここで使用した観測系において、対象物が焦点位置からずれることによるぼやけの特性を図3に示す。これより、エッジ像、ワイヤ像ともかなりぼやけられている。また、すみ肉溶接像では時間とともに、エッジとワイヤの位置関係が変化するためだけでなく、写真2に示すように、同一の溶接条件においてもエッジ像下部の形状が変化する。これはワイヤに先行する溶融金属、あるいはスプラッタによって、アーク光が立ちざられるためである。

3. 処理結果

写真1 下向きすみ肉溶接像

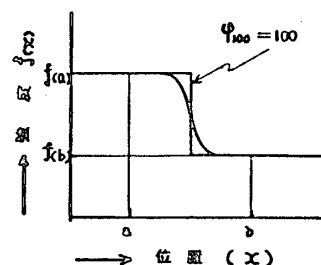


図2 強度分布概念図

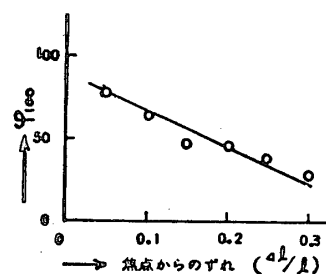


図3 観測系特性

すみ肉溶接像における左右のエッジを、それぞれ負、正の傾きをもち直線、ワイヤを傾き90度の直線と仮定し、前項で述べたばかり、局所的な形状の変化を考慮したマトリクスを決定し、処理を行った。ワイヤに対しては、ぼやけの影響を除くひとつとぼしの差分を行ない、かつ縦方向の直線を抽出するマトリクス図4(a)により図4(A)を得た。左エッジ、右エッジに対しては同様にひとつとぼしの差分を行ない、それぞれ負、正の傾きの直線を抽出するマトリクス図4(b)(c)により図4(B)(C)を得た。ここぞ直線の抽出を施すことにより、エッジ下部の形状が変動し、両エッジの交点を観測できぬときでも、エッジ全体の形状からその交点を認識することが出来る。これら、像の各部の特徴に適したマトリクスを組み合わせて、一度の処理でワイヤ、左右エッジ像を抽出するマトリクス図4(d)を決定し、図4(D)を得た。

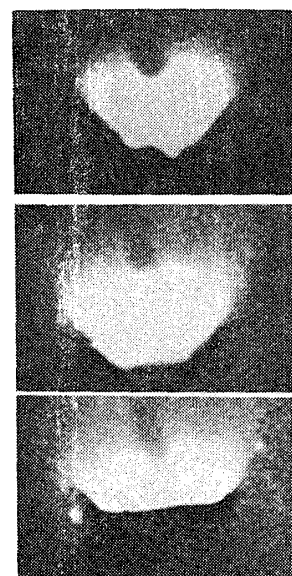


写真2 変動例

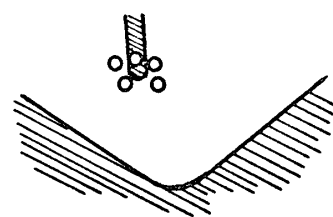


図5 ワイヤ位置 検出結果

また、ワイヤ位置だけを抽出したいときは、図4(e)(E)に示すように、ワイヤのパターンをマトリクスとして用いれば、そのパターンともっとも一致する点としてワイヤ位置を検出することが出来る。連続した数画面にわたって、この処理方法によって得たワイヤ位置の検出結果を図5に示すが、この方法により、ワイヤ位置だけを簡単に知ることが出来る。

エッジ像の変動のため、この処理法で得た抽出像からは位置を正確に検出できない場合があり、今後、検定も同時に行なうリアルタイムのエッジ位置検出法を検討する。

0 0 0 1 0-1 0 0	0-1 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1 0	0-1 0 1 0-1 1 0	-1-1-1-1-1-1-1-1
0 0 0 1 0-1 0 0	1 0-1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 1 0-1	1 0-1 1 0 0 0-1	-1-1-1-1-1-1-1-1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 1 0-1 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0-1 0	0 1 0 0 1-1 1 0	-1-1-1-1-1-1-1-1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 1 0-1 0 0 0	0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 1 2-1-2 0 0	1 1 0-1-1 0 1 1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 1 0-1 0 0 0	0 0 1 2-1-2 0 0	1 1 1-1-1 1 1 1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 0 0 1 0-1 0	0 1 0-1 0 0 0 0	0 1 0 0 1-1 1 0	1 1 1-1-1 1 1 1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 0 0 0 1 0-1	1 0-1 0 0 0 0 0	1 0-1 1 0 0 0-1	1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 1 0-1 0 0	0 0 0 0 0 0 1 0	0-1 0 0 0 0 0 0	0-1 0 1 0-1 1 0	1 1 1 1 1 1 1 1
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

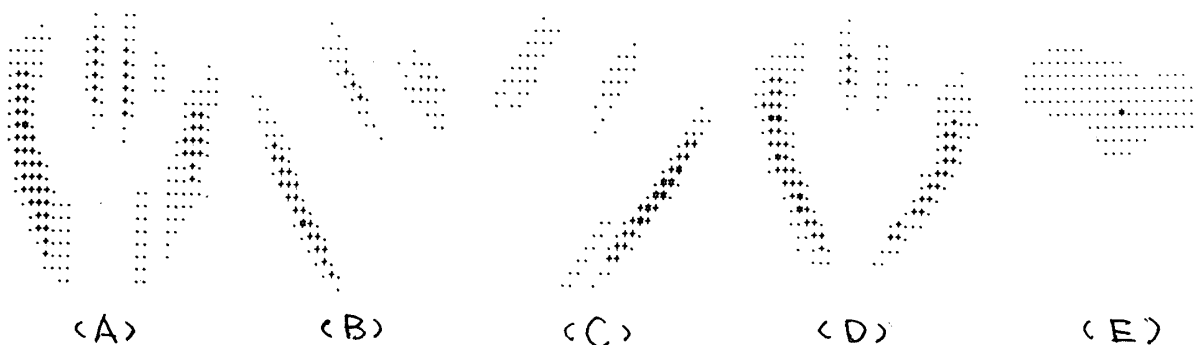


図4 マトリクス および 処理結果