

要 旨

雑音を多く含む画像中から低コントラストの領域を検出する場合、単純な雑音除去処理や微分処理は効果を示さないことが多い。そこで本報告では多雑音画像から濃度勾配ベクトルを導出し、そのベクトルから投票により検出したい領域を検出するための手法を提案する。また多雑音とされている溶接部 X 線透過写真フィルム画像を例として取り上げ本手法を用いその画像から低コントラストである溶接欠陥領域の検出を試みる。

1. 緒言

画像技術を応用した製品の外観検査は、加工工程における表面欠陥検査や組立工程における実装部品の検査など多くの成果を上げてきた。現在も製品のますますの微細化、高品質化の傾向にあり一層の高性能化が進められている。本研究では、これまで困難とされてきた多雑音画像中からの低コントラスト欠陥を検出するための手法を提案し、溶接部内部欠陥の検出を例として取り上げ提案する手法の有効性を示す。

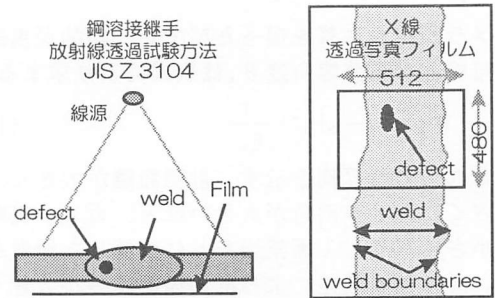


Fig.1 画像の入力

2. 画像の入力

対象とした欠陥は鋼板突き合わせ溶接部の内部に生じた欠陥で、Fig.1 に示すような JIS Z3104 規定に準じて採取された X 線透過写真から CCD カメラで図中の溶接線をまたぐ四角の枠領域 (32.5×30.5mm) を溶接線直角方向に 512 画素、溶接線方向に 480 画素、濃度階調数 256 の画像として入力したものである。溶接部に空洞、異物混入などの欠陥があれば X 線の透過率の変化から濃度の低い欠陥領域がフィルム上に現れることになる。

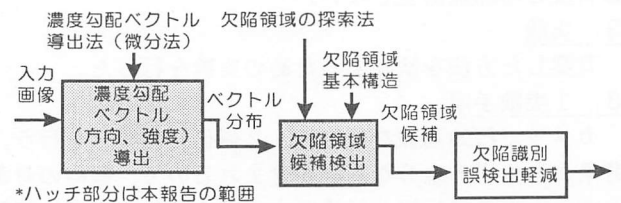


Fig.2 本研究の流れ

3. 欠陥検出のための手法の提案

本研究の対象となる溶接部 X 線フィルム画像は多雑音であり、検出すべき欠陥像は低コントラストであるという特徴を持つ。従って、画像認識のための一般的な前処理である雑音除去処理や微分による強調処理は有効とならない場合が多い。そこで本研究では、これらの処理を行わずに濃度勾配ベクトルを導出し、特にその方向に着目し、その分布を見ることにより欠陥領域の検出を試みる。欠陥検出までの流れは Fig.2 に示す通りである。

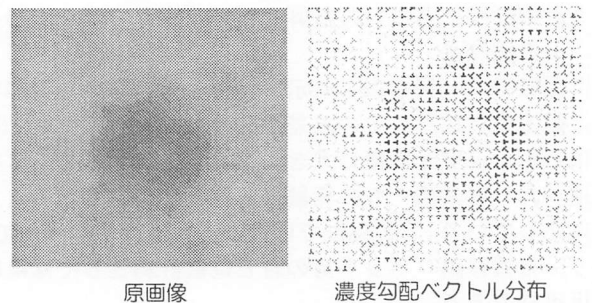


Fig.3 濃度勾配ベクトルの分布

4. 濃度勾配ベクトルの導出方法

濃度勾配ベクトルの“大きさ” G 、“方向” θ は、 x - y 座標上での (x, y) における濃度値を $f(x, y)$ 、 x 方向の微分値 $f_x(x, y)$ 、 y 方向の微分値 $f_y(x, y)$ とすると以下の式によって導出される。

$$G(x, y) = \sqrt{f_x^2(x, y) + f_y^2(x, y)} \quad \dots\dots (1)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \{ f_y(x, y) / f_x(x, y) \} \quad \dots\dots (2)$$

なお、 $f_x(x, y)$ 、 $f_y(x, y)$ を導出する際には 5×5 pixel の

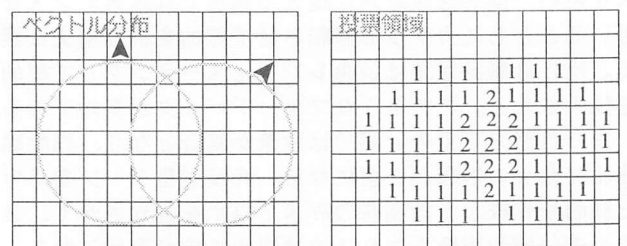


Fig.4 ベクトルからの投票

Sobel の微分オペレーターを用いた。この微分オペレーターは最も頻繁に使用されエッジ検出には最良とされている。5×5 という大きさは、

- ・対象像のコントラストが低いため大きめの微分オペレーターを用い欠陥の境界付近の強調をはかる。
 - ・大きすぎる微分オペレーターは、小さな幅の欠陥を除去してしまう恐れがある。
- を考慮し決定したものである。

以上の方法で、導出した濃度勾配ベクトルの分布の例を Fig.3 に示す。ベクトルの大きさすなわち勾配の強さは相対的に階調数 256 の濃淡画像の濃度値で示し、強い方が濃く表してある。方向は便宜上凸形状の突出方向とし、導出された方向は 8 方向に近似して画素ごとに表示した。

5. ベクトル分布からの欠陥領域検出方法

まず、欠陥領域はその周辺よりも暗いという事実に着目する。微分値の値は小さいかもしれないが欠陥の境界付近での濃度勾配の方向は外向きである。従って欠陥領域は外向きの濃度勾配ベクトルで囲まれることになる。例えば Fig.3 の中央部に見られる欠陥は外を向くベクトルで囲まれているのが確認できる。従って、導出されたベクトル分布から外側を向くベクトルで囲まれる領域を検出するための手法が要求される。

本研究では、上で述べた欠陥領域を検出するため欠陥領域の可能性のある領域に投票し欠陥領域を検出するための手法を提案する。まず、投票のための領域を原画像と同じ大きさで用意しておく。そしてある一つのベクトルに注目しそのベクトルから欠陥領域と考えられる投票領域に投票する。例えば検出したい欠陥領域が円形であるとすれば Fig.4 (左) の二つのベクトルから Fig.4 (右) に示す領域に投票されることになる。これをすべてのベクトルについて行うと外向きのベクトルで囲まれた領域の投票数が大きな値を持ち、欠陥領域に相当する投票数が大きな値を持つ。この手法には以下のような利点が考えられる。

- ・コントラストの低い濃度の落ち込み領域（欠陥領域）の検出が可能である。
- ・緩やかな輝度変化に影響されることなく欠陥検出を行うことができる。
- ・ノイズによるある程度のベクトルのばらつきがあっても欠陥領域は検出される

6. 実験

以上の手法により、行った実験の結果の一例を Fig.5 に示す。投票する領域の形状は半径 10pixel の円形とした。溶接部欠陥は「円形」「ある程度幅のある縦長」「線状」に分けることができると考え、はじめの二者は鋭角を持つ形状などはなく、ほとんどの欠陥が円連結によって表現できることから円領域への投票で検出できると考えている。「線状」の欠陥検出のためにはさらに別の投票の仕方を考えなくてはならない。Fig.5(a)は溶接部線フィルム画像の欠陥付近の濃度分布の 3D 鳥瞰図で、雑音の様子と欠陥領域のコントラストの低さを表している(結果と比較しやすいように濃度値を反転)。 (b)は(a)から導出された投票領域の様子を表している。

7. 考察

Fig.5 の結果から、本手法は雑音に強くコントラストの低い欠陥領域の検出に有効であることが確認される。しかしながら検出したい欠陥の大きさによって最適な投票領域が異なることが予想されすべての大きさの欠陥に対応した投票を行うことが要求される。この問題については、投票領域に大きさの軸を増やす、重み付けをした投票、などによる解決の手法を検討中である。

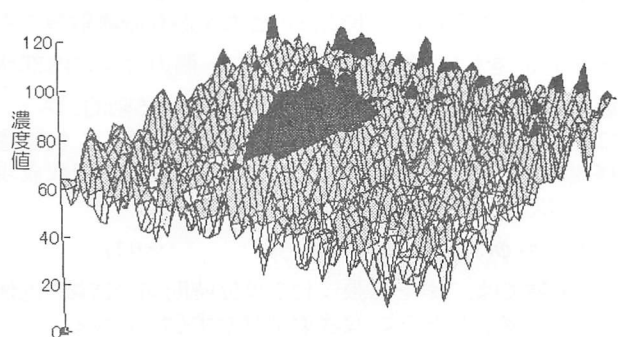
8. 結言

本手法のように濃度勾配ベクトルの方向を用いることは低コントラスト像を検出するための重要な情報となる。さらに「投票」を用いることにより雑音による誤った情報があっても全体としては安定した対象物の検出が行えることを確認した。しかし、上述したように様々な大きさや形状への対応を考えた時、本手法はまだ完全なものではなく改良が必要で、さらにシステムの信頼性の向上を目指す必要がある。

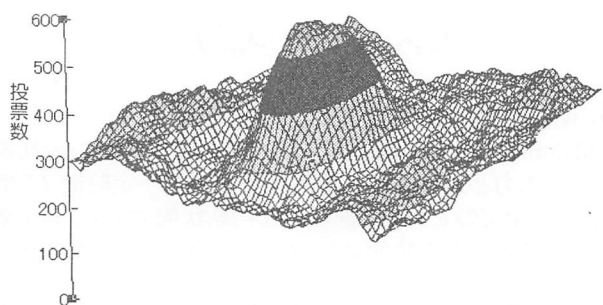
本研究を進めるに当たり、快く X 線写真の提供をしてくださった電気通信大学の石井明先生に謝意を表します。

参考文献

- [1]石井明：“溶接欠陥を例とした低コントラスト欠陥の検出”、精密工学会誌、Vol.61,No.5,(1995.5)
- [2]佐藤晋也、洪川勝久、岸浪建史：“X 線透過写真における溶接欠陥の自動検出（第一報）～濃度勾配ベクトルによる欠陥検出の検討～”、1996 年度密工学会春季大会学術講演論文集,(1996.3)



(a) 原画像



(b) (a)の投票領域

Fig.5 実験結果