

## 画像ベクトル表示によるき裂自動認識技術

(株)東芝 兼本 茂、久保 克巳、佐久間 正剛

東芝エンジニアリング(株) 仏円 隆 法政大学 齊藤 兆古

白百合女子大学 堀井 清之

### 要 旨

現在、溶接施工後の目視検査(VT)は熟練検査員により行われている。検査の客観性を保つためには、検査員のスキルに依存しない手法が必要とされる。本報告では、デジタル画像処理による目視観察自動化の試みとして、画像ベクトル法による欠陥抽出手法を開発し、その有効性を検証した。

キーワード 画像ベクトル法、溶接欠陥、デジタル画像処理、3次元再構成

### 1. 緒言

現在、溶接施工後の目視検査では、熟練検査員によって、割れ、表面ポロシティ、アンダーカット、オーバーラップなどの欠陥の有無を検出している。また、プラントの高経年化により、溶接構造物の健全性を確認するために、疲労割れ、孔蝕などの検査の必要性も増えている。検査手法は、直接目視や映像情報を用いた間接目視法により行われているが、人間による検査では技術者個々のスキルと欠陥状況の個体差に依存する。換言すれば検査の客観性の維持が最大の課題である。このような問題点を解決するため、我々は、近年広範な普及がなされているデジタル計算機の巨大なデータ処理能力を前提とする画像処理技術を開発している。本報告で提案する画像ベクトル法は、従来の間接目視検査法を完全に自動化する可能性を示唆している。

### 2. 欠陥抽出処理アルゴリズム

溶接部の欠陥検査は熟練した検査員を前提とすれば容易な作業である。しかし、映像情報を前提とするデジタル画像処理技術による間接目視検査は、被検査対象が溶接部のように凹凸形状を含む場合に困難を生じる<sup>1)</sup>。これは、医者が個々の患者の総合的症状から診断を行う場合と同様に、目視検査が被検査対象の表面情報のみならず凹凸情報を勘案せねばならないことを意味する。すなわち、熟練した検査員は表面のテクスチャが有する多面的な特徴を総合的に把握し、その特徴と異なる部位の濃淡の変化が連続する輪郭線の集合を欠陥として適応的に認識すると考えられる。換言すれば、人間の目視検査は必然的に検査員の習熟度へ依存する。本研究は、目視検査自動化の第1段階として、2次元映像情報に基づく間接目視検査の自動化を意図している。具体的には、被検査対象の画像が有する色彩・輝度情報の連続的空間変化情報を抽出する画像ベクトルを用いた欠陥候補抽出処理手法の開発である。

表面欠陥の検出処理過程は 濃淡画像読み込み 回転ベクトル算出・閾値処理、ベクトル方向を考慮した細線化処理、端点・端点連結・分岐点認識による連結処理、ベクトル方向を考慮したループ検索処理、欠陥候補領域分離抽出・欠陥タイプ識別、からなる。画像読込後、以下の関係式によりベクトル化輝度画像を求め、他の複数特徴量に基づく閾値処理、細線化を経て欠陥候補のみを選択的に抽出する処理を行う。回転ベクトル画像は、注目画素(i, j)における4方向のベクトル化処理であり、同様な一次差分処理により求めることができる<sup>2)</sup>。

$$x, y = \frac{u_{j+1} - u_{j-1}}{2} i - \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2} j \quad (1)$$

回転ベクトルは勾配ベクトルと同じ長さで、その向きは、欠陥箇所のように濃淡が極端に変化している領域の周囲の輪郭線方向にほぼ等しく、欠陥周囲部の回転ベクトルの連結処理により欠陥輪郭線を抽出することが出来る<sup>3)</sup>。図1に線状欠陥の回転ベクトル演算結果の一例を示す。同図から、回転ベクトルが欠陥の輪郭に沿って右回りに連なっていることがわかる。図2は、溶接表面における円状欠陥の抽出処理フローを示す。画像入力後、まず濃淡情報およびベクトル強度情報を用いた閾値処理、細線化処理により処理領域を決定する。次に、細線化された線図形の端点・分岐点を認識して線分化し、各線分の方向を回転ベクトルより求める。この方向情報を用いて、分岐点ごとに線分の連結処理を行う。

連結処理後、欠陥候補である右回りに連なっている領域を分離し、抽出する。欠陥候補領域分離・抽出後、欠陥候補特微量評価に基づく欠陥タイプの識別においては、円状欠陥・線状欠陥・ノイズの3タイプに検出された欠陥候補を分類するための特微量として、輪郭内部の欠陥面積のほか、複雑度(=欠陥周囲長) $2/(欠陥面積)$ 、ベクトル分布不均一度を評価指標として欠陥形状識別を行った。ベクトル分布の不均一度とは、抽出した欠陥の輪郭を構成する各点の回転ベクトルの方向頻度を評価するものであり、輪郭形状が円状であれば不均一度はより小さくなると考えられる。その結果を図3に示す。同図から、線状欠陥、円状欠陥及びノイズが特微量空間上の異なる領域に分布しており、これらの分離が可能であることが判る。本方法により円状欠陥と線状欠陥の識別に有効な方法であること、欠陥に対する精度向上が図れることを確認した。

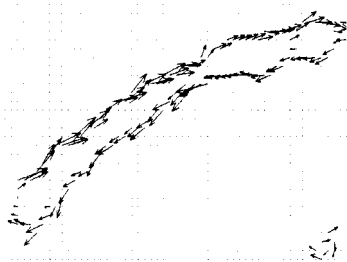


図1 欠陥輪郭の回転ベクトル

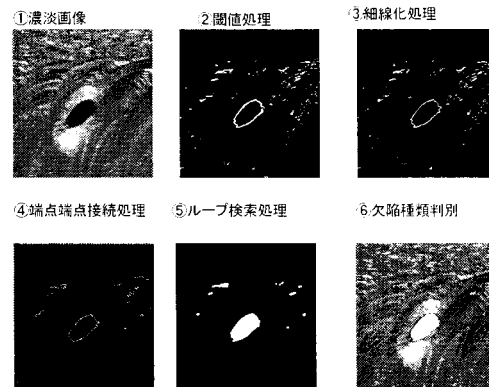


図2 一連の輪郭抽出処理

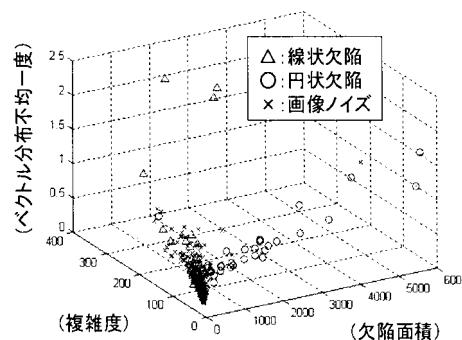


図3 欠陥特徴の分布

### 3. 結言

方位トレンドの連結・細線化処理と組み合わせた画像回転ベクトル法による材料欠陥目視検査アルゴリズムを構築し、その有効性について検証試験を行なった。実際の溶接試験片の表面欠陥に対して適用した結果、本手法が実際の溶接部に現れる欠陥の形状識別に有効な手法であることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 久保克巳他、溶接ビード表面外観検査装置の開発、第8回外観検査の自動化ワークショップ、精密工学会、(1996)
- 2) 斎藤兆古、Mathmaticaによる画像処理入門、朝倉書店(1998)
- 3) 久保 克巳他、デジタル画像処理による目視観察の自動化、平成11年秋季大会講演概要集, p.99 - 102., 日本非破壊検査協会(1999)