

VI-147 ターゲットを用いない鋼構造の部材計測システムに関する開発研究

島谷建設	正会員	葭本武幸
長岡技術科学大学建設系	正会員	鳥居邦夫
長岡技術科学大学機械系	非会員	高田孝次
長岡技術科学大学建設系	正会員	宮木康幸
横河技術情報	正会員	飯田 勝

1. はじめに

鋼橋などの大型鋼構造物の製作では、仮組立にCCDカメラを用いた自動仮組検査システムが開発されている。しかし、現システムでは、ボルト孔にターゲットを取り付ける必要があるため、作業能率が悪く、ターゲットなしでボルト孔の計測が可能なシステムが要望されている。

ターゲットを用いないことにより、ボルト孔と周辺のコントラストが減少し、重心座標値を算出するのが困難となったり、CCDカメラとボルト孔の位置関係や照明によっては、ボルト孔の重心座標値が的確に得られないなどの問題が起こる。そこで、本研究では、現システムを改善して、これらの問題に対応できるターゲットなしの部材計測システムの開発を目的とした。

2. 従来の画像処理システムの適用性と新画像処理システム

従来の画像処理システムをそのまま用いて、ターゲットなしでも重心計算が行えるかを照度の変化に注目して、ボルト孔をあけた鉄板を測定対象とする実験を行って確かめた。その結果、図1のように照度が85ルクス以下になると重心座標値のばらつきが1/2ピクセル以下となり、うまく重心計算が行えないという結果となった。そこで、次の点を改良した。

- (1) 1次微分法によるボルト孔の輪郭抽出法の改良
- (2) 輪郭抽出法による重心計算に必要な2値化処理のためのしきい値決定法の改良
- (3) 幾何学的条件を考慮した重心座標値の補正式の導入

以下に、これらの改良について述べていく。

2-1 輪郭抽出法の改良

輪郭線の抽出法には、従来の処理システムで利用しているラプラシアン（2次微分法）のほかに、ソーベル、プレウィット、ロバーツという3つの1次微分法がある。この3種類の方法を用いて図1に示したデータに対して重心座標値のばらつきを求めた結果、ソーベルのオペレータを用いた場合がばらつきを最も小さくすることがわかったので、ソーベルのオペレータを用いることにした。この結果を図2に示す。図1、2より、ラプラシアンフィルタを用いた場合では、図1のように85ルクス以下では重心計算できなかったが、ソーベルのオペレータを用いることで、23ルクス程度でも重心計算を行うことが可能となった。また、ソーベルのオペレータには平滑化処理が含まれているため、平滑化を行わなくても良いという結果となった。

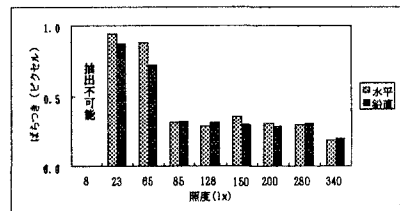


図1 ラプラシアンを用いた場合の重心座標値のばらつき

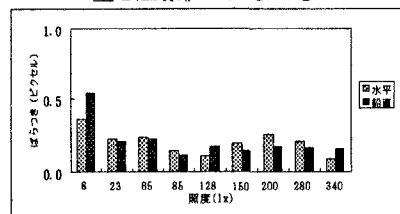


図2 ソーベルを用いた場合の重心座標値のばらつき

2-2 しきい値設定方法の改良

ターゲットなしでのボルト孔の重心座標値の算定には、撮影照度と2値化のためのしきい値が大きな影響を与える。このため、色々なしきい値決定法を試みたところ、濃度勾配を用いる方法が本システムでは良好な結果をもたらすことがわかった。そこで、本システムでは、輪郭抽出法に用いるソーベルのオペレータから得られる濃度勾配を利用してしきい値を決定する方法を用いた。その方法は、まず、ソーベルのオペレータにより画像処理範囲内の濃度勾配を算出し、処理範囲内の最大濃度勾配値を求め、連結の基点とする。次に、仮のしきい値を $(n-1)/n \times \text{最大濃度勾配値}$ ($n=2, 3, \dots, 10$) として、画像を2値化する。そして、輪郭線のつながりを確認し、輪郭線がつながったところで重心座標値を求める方法である。この方法は、エッジの部分をよりうまく抽出し、ばらつきが安定するところをしきい値とするものであり、図1で使用了画像に適用したところ、 $n=8$ とすれば良いことがわかった。

2-3 幾何学的条件を考慮した重心座標値の補正

本システムは濃度差のみでボルト孔を認識するため、得られる重心位置と計測データとして得たい板表面上での重心位置の間に、板厚分だけずれる現象が表われる可能性がある。この重心座標値のずれを、板厚を考慮した座標値の補正式を導き補正した。

この重心座標値の補正の妥当性を検討するため、測定対象の鉄板を回転させ、カメラの固定角度（カメラの視軸と鉄板のなす角度）をつけて実験を行った。その際、計測データとして得たい板表面の重心座標値を補正を行わずに直接得られるように鉄板の縁および裏に白い紙を貼った。鉄板に紙を貼った場合の重心座標値を真値とし、紙を貼っていない場合の重心座標値を引いたものについて検討した。この重心座標値の差を示したものを図3に示す。補正前ではCCDカメラの固定角度が大きくなるにつれて大きくなったのに対し、座標値の補正を行うことによって重心座標値の差をなくすることができた。

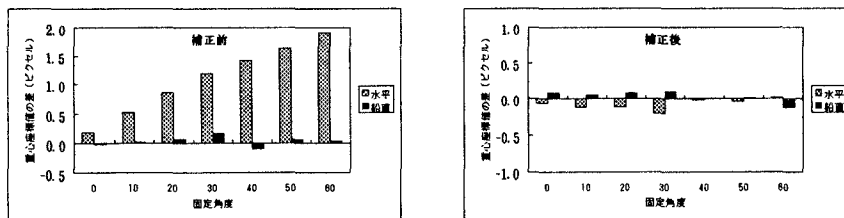


図3 補正前と補正後の重心座標値の差

3. 結論

以上のような研究によって次のような点が明らかとなった。

- ・輪郭抽出法を用いたほうがばらつきが小さく、信頼性がある。
- ・ソーベルのオペレータを用いることで、照度が50ルクス程度でもばらつきを1/2ピクセル以下にすることができる。
- ・ソーベルのオペレータを用いると平滑化を行わなくてもよい。
- ・濃度勾配を用いるしきい値決定法によって、照度条件の異なる画像でも重心座標値を的確に求めることができる。
- ・補正式を用いることで、板表面の重心座標値を求めることが可能となった。

これらの結果より、ターゲットなしでもボルト孔の重心座標値を的確に求めることが可能な部材計測システム開発の第一歩となる成果が得られたと考えている。