

デジタルステレオビジョンによる広領域ひずみ場計測システムの開発

名古屋大学大学院 正員 館石和雄

1. はじめに

鋼製橋脚などを対象とした低サイクル疲労現象を解明するためのひずみ計測システムとして、ステレオビジョンの技術を応用し、画像取込み後、比較的短時間でひずみの計算結果を表示できるシステムの開発を行った。ここでは撮影された画像の自動処理方法に重点をおいて報告する。

2. ひずみ計測方法

本研究では、図1に示すようなコンクリート充填鋼管試験体に対して行った正負繰返し交番载荷試験結果をモデルとしてシステムの開発を行った。この試験体の場合、基部の近傍に局部座屈、き裂などが発生することがわかっているため、そこをひずみの計測領域とする。载荷に先立ち、試験体にはあらかじめペンキによって標点を設けておく。図-1中の写真の黒い小点が標点である。それぞれの载荷段階において、適当な間隔を開けて配置した2台のデジタルカメラによって計測領域を撮影し、画像をとりこむ。使用したデジタルカメラは一般撮影用に市販されているものであり、その仕様は表-1に示す通りである。撮影された標点の3次元座標をステレオグラフィを用いて求め、载荷前後における標点の変位を計測することにより測定領域のひずみ場を求める。

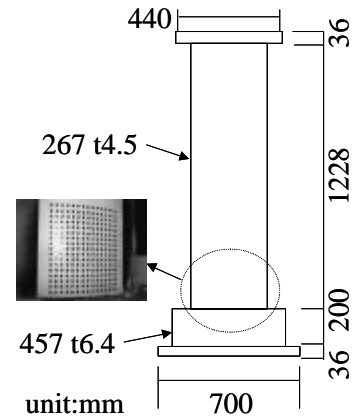


図-1.試験体の形状・寸法

3. 処理の自動化

撮影した画像は 1280×1000 画素のグレースケールのビットマップファイルとして記録した。载荷前の画像の例を図-2(a)に、試験が進行し局部座屈が生じた後の画像の例を図2-(b)に示す。この例に示すように、画像には次のような特徴がある。

- ・光の反射などによって見えない標点が存在する。
- ・座屈変形の性格上、標点の横方向の並びの変化は比較的少ないが、縦方向の並びは座屈変形に伴って大きく変化する。
- ・試験体の周辺環境が写り込んでいる。

システムの自動化に当たっては、以上の特徴から生じる様々な制約を考慮する必要がある。本手法において採用した自動処理の方法を以下に示す。

(1) 画像前処理

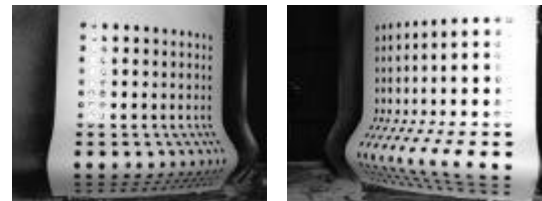
撮影画像には計測領域以外の周辺環境も写り込んでいるので、まず、計測領域のみを自動的に抽出する。使用したアルゴリズムは境界追跡アルゴリズムを改良したものである。境界線追跡によって得られた計測領域の境界線を図-3に、計測領域を自動抽出し、さらに2値化処理を行った後の画像を図-4に示す。この画像に対してラベリングを行い、黒の連結成分を標点であるとしてそれぞれの重心を求め、標点の座標とした。

(2) 標点の対応付け

ステレオビジョンで最も問題となるのは、ステレオ画像の対応関係を決定することである。ここでは、ステレオ画像の対応付けを直接行うのではなく、その標点は何行目、何列目に属するかを両画像について別々に判定することによ



(a) 载荷前（初期状態）



(b) 局部座屈発生後

図-2 撮影画像の例

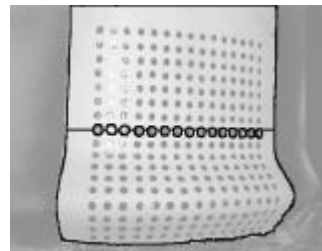


図-3 計測領域境界の追跡結果

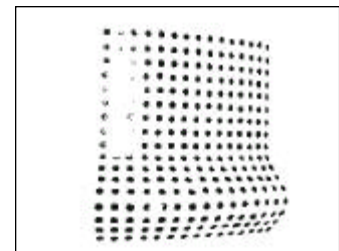


図-4 標点の自動抽出結果

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-3741 FAX 052-789-3738

キーワード：ひずみ計測，ステレオビジョン，画像計測，画像処理，低サイクル疲労

て、左右画像における標点の対応関係を決定することとした。具体的には、Hough変換法などで用いられる投票と多数決原理を応用した手法によって各標点の所属行を求め、その後、テンプレートマッチングによって所属列を決定した。

まず、以下に示す手法によって所属行の決定を行う。配置した標点の行数を n_y 、列数を n_x としたとき、[step1] 標点を y 座標が小さい順（画面下方にある順）に n_x 個取り出す。[step2] 取り出した n_x 個の標点の中から任意の3点を選び、それを通る2次曲線を求め、係数を保存する。すべての3点の組み合わせについてこれを行う。[step3] 2次曲線の係数のヒストグラムを作成し、最も頻度の多い値を取り出す。その係数によって表される2次曲線を検知線とする。[step4] 検知線との距離がある値以下のものを同じ行に属する標点として記憶し、以下の処理の対象からはずす。[step5] [step1]へ戻る。

以上の処理をすべての標点の所属行が定まるまで繰り返す。続いてテンプレートマッチングによって所属列を決定した。テンプレートとしては前段階で求められた標点座標を用いた。

以上の処理により、各標点の所属行、所属列が定まると同時に、欠落点の行、列位置が定められる。欠落点については、周辺の標点の座標を元にして補完を行う。以上のように自動抽出した標点の重心とその対応関係により、すべての標点の3次元座標およびひずみを求めた。

4. システムの適用例

本システムを実際の画像に適用した。使用したパーソナルコンピュータの性能は PentiumII 600MHz, 256MByteRAM, 使用したプログラム言語は Visual Basic ver 6.0 である。部材軸方向 (y 方向) ひずみの計算結果を図-5に示す。引張時には全体が引張りひずみに、圧縮時には、座屈の頂部では引張りひずみが、座屈の裾部では圧縮ひずみが生じており、合理的な結果となっている。参考までに、本システムを用いずに、標点の抽出などを手作業で行った場合のひずみの計算結果を図-6示すが、基部付近でのひずみの値にやや違いがみられるものの両者の値はよく一致しており、本システムによっても的確に処理が自動化できていることがわかる。一对の画像の処理を行ってひずみを計算するまでの所要時間は、画像解像度に手を加えない場合には253秒ほどであった。しかし画像の解像度を落とし、標点の対応関係の決定までの処理を縮小画像に対して行うことにより高速化が図れる。縮小画像として面積比16分の1の画像に対して処理を行った場合の処理時間は約50秒であった。

5. まとめ

ステレオビジョンによってひずみを計測するシステムを開発した。本システムでは、計測領域の抽出、標点の抽出、標点の対応付けなどの処理がすべて自動的に行える。特に、標点の対応付けを、画像そのもののマッチングで行うのではなく、各標点の重心の位置関係から行うことにより高速化を実現した。

参考文献

- 1) 館石和雄, 荒木昭俊: 写真測量を用いた鋼材座屈部のひずみ計測, 土木学会第53回年次学術講演会概要集 I-A, pp.260-261, 1998
- 2) 館石和雄, 村田清満: 画像計測によるコンクリート充填鋼管部材のひずみ測定, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.1537-1544, 1999
- 3) 谷口慶治: 画像処理工学基礎編, 共立出版, 1996
- 4) 松山隆司, 久野義徳, 井宮淳 編: コンピュータビジョン, 新技術コミュニケーションズ, 1998

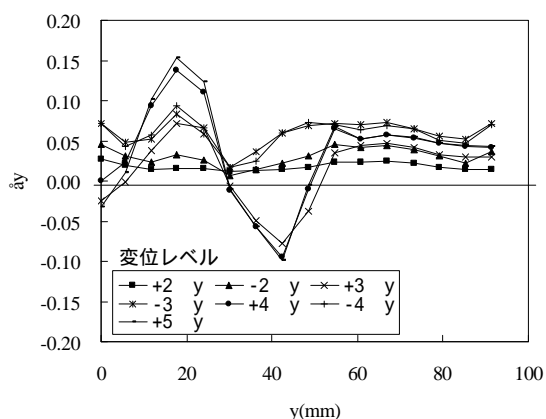


図-5 ひずみ計測結果

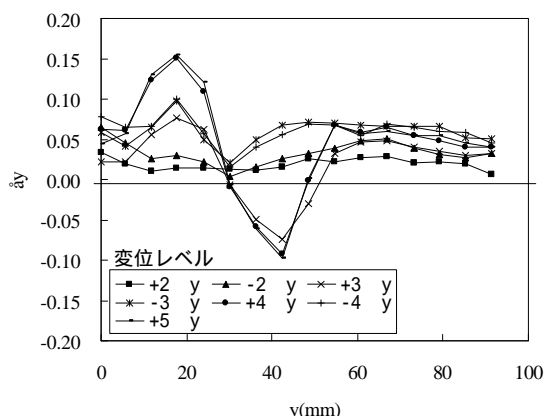


図-6 マニュアルによるひずみ計算結果