

デジタル画像相関法 (DIC) による非接触変位測定精度検証

機械電子科 長津義之 山口智之 大澤洋文 太田幸宏

Evaluating the Accuracy of Displacement Measurement Using Digital Image Correlation

NAGATSU Yoshiyuki, YAMAGUCHI Tomoyuki, OOSAWA Hirofumi and OHTA Yukihiro

Keywords : digital image correlation(DIC), displacement measurement, 3D scanner, thermal displacement, thermostatic chamber

非接触測定であるデジタル画像相関法(DIC)は、大型部品の恒温槽内での熱変形測定における有用な手法である。そのDICの変位測定について、移動ターゲットを測定することにより、誤差を評価した。恒温槽外及びガラス窓越しの恒温槽内の変位測定を行った結果、各々の測定誤差が得られた。また、撮影距離及び視野中央から離れた箇所の測定並びにカメラの観察方向の測定では、誤差が拡大することが確認された。

キーワード：デジタル画像相関法(DIC)、変位測定、3D スキャナ、熱変形、恒温槽

1 はじめに

デジタル画像相関法(DIC)は、対象の表面に形成されたパターンの変化をカメラで認識することで、外力や熱により生じたひずみ・変位を測定する手法である。簡便な前処理を行うだけで非接触の測定が可能であり、当センターでは、材料や製品の強度試験に加え、恒温槽内のガラス窓越しの大型自動車部品の熱変形測定等に利用している。しかし、その測定精度の詳細、特に測定位置による誤差の変動については、これまで検討されていなかった。そこで、恒温槽内での計測も含めDICの変位測定精度の検証を行った。

2 方法

図1のように、ターゲットを自動ステージ(OMSM20-85、シグマ光機株)によりXYZ各軸方向に±10mm移動させ、その移動指示値と、DICによる変位測定値との差を誤差とした。自動ステージの各軸の位置決め精度は、予め三次元測定機UPMC850CARAT(Carl Zeiss AG製)で測定し、±10mm移動時で最大 $5.3\mu\text{m}$ であった。DIC用カメラは2台のカメラを備えたATOSCore500(GOM GmbH製)で、撮影距離の視野は $500\times 300\text{mm}$ である。

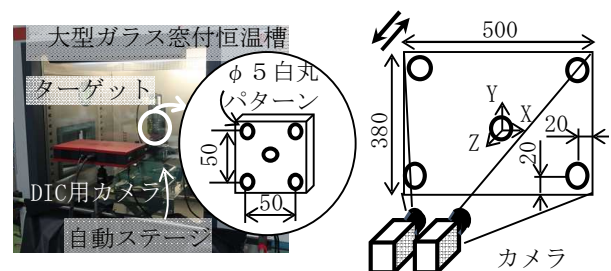


図1 DICによる変位測定精度検証方法

左図：精度検証法(恒温槽内)、右図：カメラ視野と測定位置。○：ターゲット設置位置(右図)。長さ単位はmm。原点はカメラの撮影距離かつ視野中心。Z軸はカメラ観察方向。

ターゲットの設置位置を、Z軸座標値一定で、カメラの視野中央と視野の4隅(視野端)の5箇所とし、各軸の変位測定を行った。その後、ターゲット設置位置をZ軸方向に移動させ、同様に各軸の変位測定を実施した。変位測定は、ターゲットを自動ステージにより各軸方向へ規定量移動させた後、それぞれ10回行った。DICツールはARAMIS(GOM GmbH製)を使用し、恒温槽外測定と、大型ガラス窓越し(恒温槽内)の測定を行った。

3 結果と考察

恒温槽外及び内で、各軸方向に±10mm ターゲットを移動させた際の変位測定最大の誤差を表1に示す。恒温槽外の最大誤差は0.097mm、恒温槽内では0.136mmであり、恒温槽内の測定では誤差が増大した。誤差の傾向として、カメラの撮影距離から離れた箇所(ターゲット設置位置(Z座標値)の絶対値が大)や視野端では精度が低下した。加えて、Z軸方向では、他の軸方向と比較して誤差が大きかった。また、今回使用した自動ステージの位置決め精度は、槽内測定の最大誤差の約4%であり、精度検証用に十分な精度と考えられる。

表2は、カメラの撮影距離にターゲットを設置した際の変位測定10回の平均値の最大誤差である。恒温槽内測定では、測定値の偏り(平均値のずれ)が増大した。一方、測定値の平均値を用いることにより、カメラの撮影距離における恒温槽内測定の最大誤差が、0.053mmから0.029mmに低減した。

恒温槽内の最大誤差や偏りの増大は、ガラス面上の微小な付着物やキズの影響に加え、ガラス越しの像のゆがみ補正の限界が原因と推測される。また、測定値の平均値を取ることで、光学ノイズの影響が抑制され、最大誤差が低減したと推測される。

自動車の内/外装パネル等の500mm角以上の大型部品では、高温環境(100℃超)の最大熱変位が5~20mm程度のもも多い。そのような対象の評価では、今回利用したDIC装置は実用的な精度を有すると考えられる。また、対象が小型であり、より精度が高い測定を要求される際には、カメラ視野中央及び撮影距離付近に対象を設置し、さらに計測の平均値を用いることにより、恒温槽内においても誤差0.03mm以下の測定も可能である。

4 まとめ

恒温槽内のガラス窓越し測定を含むDICの変位測定精度の評価を行った。その結果、各軸10mm移動の恒温槽外及び内の最大誤差はそれぞれ0.097mm及び0.136mmであった。また、(1)撮影距離から離れた位置、(2)視野端、(3)カメラ観察方向の測定、では誤差が増大することが明らかになった。

表1 各軸方向の変位測定最大の誤差

各軸±10mm移動時の、ターゲット移動指示値とDICによる変位測定値の差の最大値(絶対値)。太字は恒温槽内外各々の最大値。単位は全てmm。

(1)X軸方向±10mm移動時最大誤差

ターゲット設置位置(Z座標値)	恒温槽外		恒温槽内	
	視野中央	視野端	視野中央	視野端
140	0.013	0.009	0.026	0.039
0	0.008	0.020	0.018	0.044
-90	0.008	0.026	0.036	0.088
-180	0.009	0.047	0.043	0.093

(2)Y軸方向±10mm移動時最大誤差

ターゲット設置位置(Z座標値)	恒温槽外		恒温槽内	
	視野中央	視野端	視野中央	視野端
140	0.010	0.014	0.007	0.043
0	0.017	0.021	0.010	0.024
-90	0.015	0.035	0.015	0.025
-180	0.010	0.038	0.019	0.088

(3)Z軸方向±10mm移動時最大誤差

ターゲット設置位置(Z座標値)	恒温槽外		恒温槽内	
	視野中央	視野端	視野中央	視野端
140	0.015	0.022	0.033	0.136
0	0.021	0.024	0.026	0.053
-90	0.037	0.073	0.039	0.079
-180	0.036	0.097	0.085	0.126

表2 各軸方向の変位測定10点平均値の最大誤差

(ターゲットは撮影距離に設置)

各軸±10mm移動時の、ターゲット移動指示値とDICによる変位測定10回の平均値との差の最大値(絶対値)。ただし、視野端では、4箇所のうち、その値が最大のもの。太字は恒温槽内外各々の最大値。単位は全てmm。

移動軸	恒温槽外		恒温槽内	
	視野中央	視野端	視野中央	視野端
X	0.001	0.004	0.012	0.029
Y	0.011	0.012	0.004	0.006
Z	0.005	0.004	0.015	0.023