

Application News

疲労・耐久試験機サーボパルサ™

電気自動車用モーターアウターケースの耐久試験および動的3次元DIC解析

木村 元史¹、蝦名 広大²、品川 勝²
1 島津製作所、2 島津テクノロジー

ユーザーベネフィット

- ◆ モジュールやアウターケースなどの自動車部品を試験片に加工することなく、実物のままひずみ分布の解析が行えます。
- ◆ 試験機のデータ（試験力やストローク）とDIC解析の結果を同期させ、試験力-撮影フレームのグラフ表示や負荷時のひずみ分布のカラーマッピング表示が可能です。
- ◆ 任意の箇所でのひずみ（縦、横、せん断、主）および変位の解析が可能です。

■はじめに

近年、温室効果ガスの排出量削減に向けて、脱炭素化への流れが加速しています。その中でも自動車産業の電気自動車（EV）へのシフトが、脱炭素社会の実現において重要な役割を担っています。

EVの軽量化を目的として主要な部品が軽量のアルミダイカストで製造されています。ダイカストは生産性が高く経済的で、複雑な形状の加工が可能です。一方、ダイカストに用いられるアルミ合金は、粘り気が少なく脆い特性を持つ材料であり、内部に欠陥が生じやすいという問題があります。さらに、これらの部品は軽量化を追求する過程で肉厚が薄くなり、構造が複雑化しています。

その結果、疲労強度などの機械的特性が低下する可能性があります。実際の走行中に受ける高速回転や振動に対する評価が必要とされています。

今回は、EVで実際に使われているモーターアウターケース（モーターハウジング）の耐久試験および動的3次元DIC解析*1の事例を紹介します。

*1 DIC解析とは

物体の表面に施されたランダムなパターンを、物体の変形前後で比較し、パターンの移動量を測定する手法です。今回、ランダムパターンはスプレーを用いて試料の表面に塗布しました。

■供試体情報

図1に供試体の写真、表1に供試体情報を示します。本供試体は公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構 次世代自動車センター浜松様からお預かりしたものです。DIC解析を行うために、負荷部周辺にランダムパターンをスプレーで塗布しました。また、ひずみ値を比較するために、背面にひずみゲージを貼り付けました。

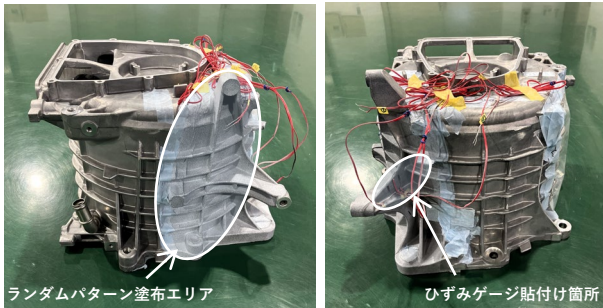


図1 供試体写真（左）正面 （右）側面

表1 供試体情報

部品	: モーターアウターケース
材質	: アルミ合金
加工方法	: アルミダイカスト

■使用装置

耐久試験には、実物の供試体を試験するために、フレーム下部にT溝定盤を配置し上部マウントアクチュエータを採用した疲労試験機EHF-UV（図2）を使用しました。EHF-UVの広い試験空間は様々な供試体や実物・構造物の動的評価に適しています。

試験機および計測システムの構成をそれぞれ表2、3に示します。DIC解析カメラは、3次元解析を行うために2台使用しています。

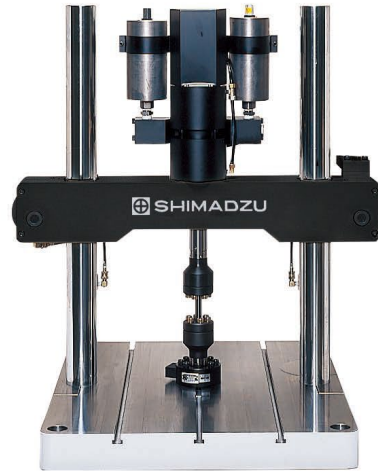


図2 疲労試験機EHF-UV 写真

表2 試験機情報

試験機本体型式	: EHF-UV020KNA-040
治具	: 専用つかみ具
ロードセル	: 10kN
試験ソフトウェア	: Windowsソフトウェア for 4830

表3 計測システム

DIC解析ソフトウェア	: VIC-3D Correlated Solutions製 (撮影はVic-snap10)
DIC解析カメラ	: boA5328-100cc (画素5328×4608) BASLER製×2台
ひずみゲージ	: KFGS-5-120-C1-11L1M2R (GL=5mm)
ブリッジボックス	: DBT-120A-1 120Ωゲージ用
動ひずみアンプ	: DC-97A

■ 耐久試験

耐久試験の様子を図3に示します。耐久試験は供試体の突起部に対して鉛直に負荷を加えるため、試験機上部アクチュエーターのピストン先端にロードセルと自在継手を取り付け、供試体突起部と連結しました。供試体の下部は、ステップクランプと試験機本体のT溝定盤に取り付けたT型ナットを用いてボルトで固定しました。

試験条件は表4に示します。

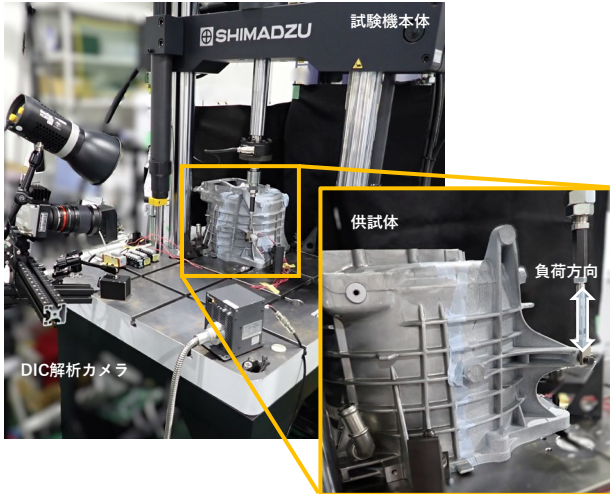


図3 試験の様子

表4 試験条件

波形	: ハーバーサイン波
制御モード	: 試験力
最大	: 1000N (試験機から見て引張方向)
最小	: 0N
試験周波数	: 0.5Hz

■ 試験機ストロークと解析変位の比較

試験機で測定したストローク値とDIC解析にて算出した鉛直変位値(Y)を比較しました。図4に変位のカラーマッピングを示します。変位値は図4に示すPoint R0とPoint R1の2か所を測定しています。

図4の左は最小負荷時(0N)を示し、右は最大負荷時(1000N)を示しています。左右を比較すると、最小負荷時は全体にわたって変形が微小なのに対し、最大負荷時は突起部の先端に向かうにつれて大きな変形が観察される分布となっていることがわかります。

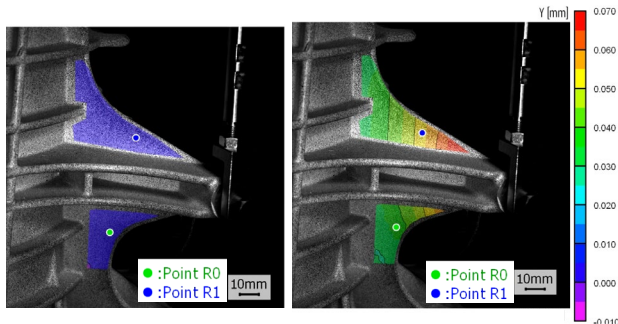


図4 鉛直変位分布図 (左) 最小負荷時 (右) 最大負荷時

図5に変位-撮影フレームグラフと試験力-撮影フレームグラフを示します。撮影フレームレートは5fpsのため、1フレーム当たり0.2秒です。変位-撮影フレームグラフと試験力-撮影フレームグラフの横軸は同一次元です。以降、グラフの横軸は全て同条件です。Point R0とPoint R1のDIC解析にて算出した変位値(DIC displacement R0 および R1)が試験力(Force)とストローク(Stroke)と遅れなく同位相であることがわかります。

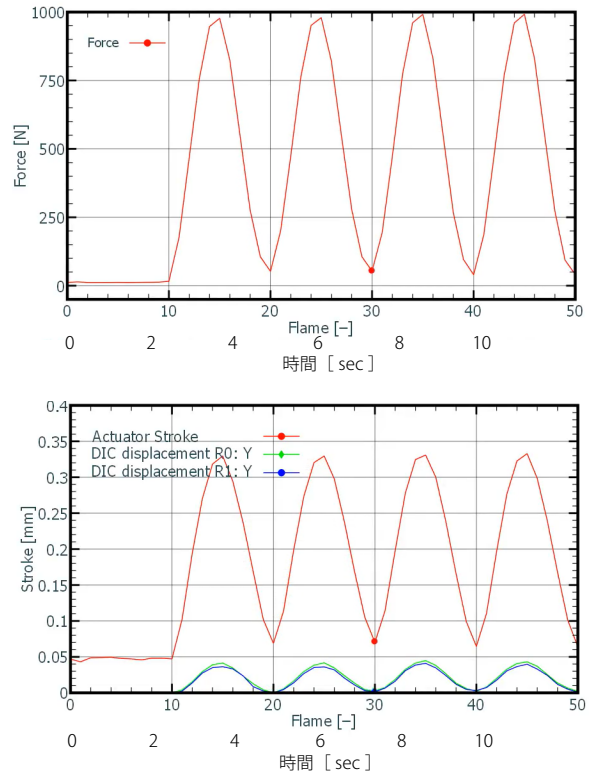


図5 (上) 試験力-撮影フレームグラフ
(下) 変位-撮影フレームグラフ

■ ひずみゲージと解析ひずみの比較

ひずみゲージで測定したひずみ値とDIC解析にて算出した縦ひずみ値(eyy)を比較しました。図6に縦ひずみのカラーマッピングを示します。ひずみゲージは図6に示すPoint R2の位置の背面にStrain gage4を貼り付けています。

図6の右の最大負荷時では、突起部上部はマイナス(圧縮)方向にひずみが発生しているのに対し、下部はプラス(引張)方向にひずみが発生し、上下で変形方向が逆転しています。

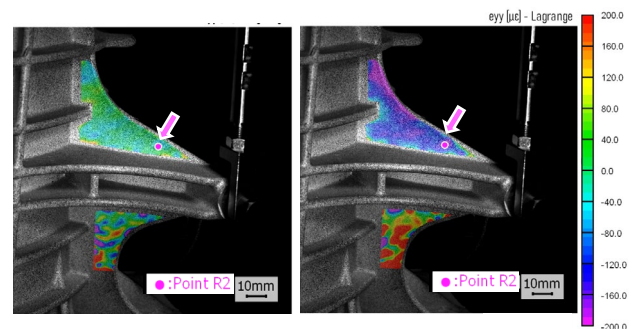


図6 縦ひずみカラーマッピング (左) 最小負荷時 (右) 最大負荷時

図7にひずみ-撮影フレームグラフと試験力-撮影フレームグラフを示します。試験力と各ひずみ値の位相が180度反転していることがわかります。変位と同じくひずみにおいても遅れがないことがわかります。

同一箇所のひずみを測定しているPoint R2とStrain gage4を比較すると、同位相で重なり合っており、DIC解析によって得られたひずみ値はひずみゲージの測定値と近いことがわかります。DIC解析を使用することで、複数のひずみゲージを使用することなく、任意の箇所におけるひずみ値を推定することが可能となります。

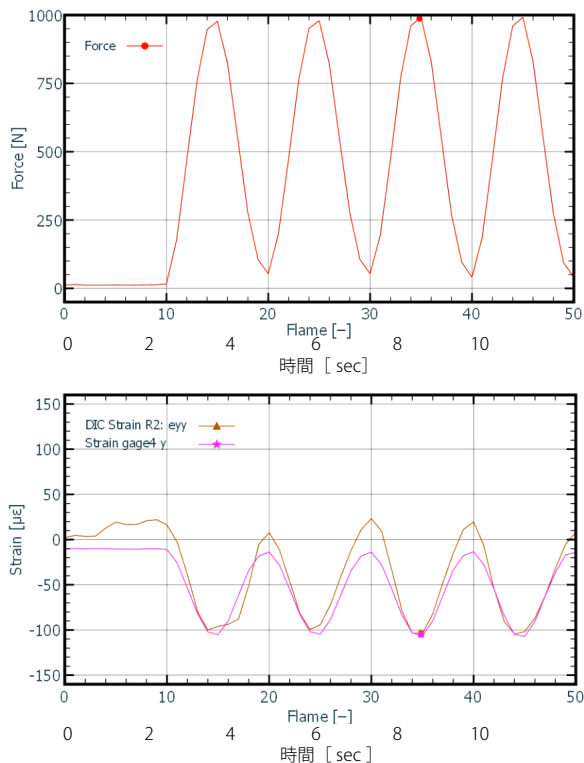


図7 (上) 試験力-撮影フレームグラフ
(下) ひずみ-撮影フレームグラフ

図8に横ひずみ値(exx)のカラーマッピングを示します。

左の最小負荷時と右の最大負荷時で分布にほとんど変化が見られないことがわかります。

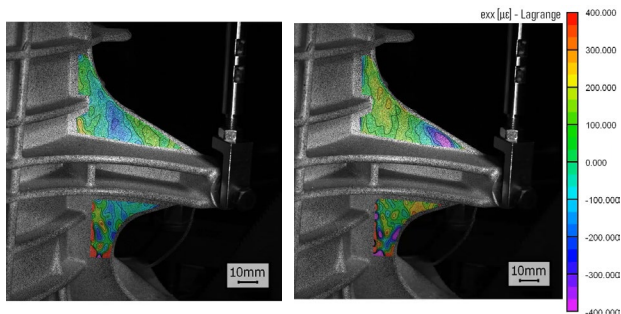


図8 横ひずみカラーマッピング (左) 最小負荷時 (右) 最大負荷時

■ 主ひずみのベクトル表示

DIC解析にて算出した主ひずみ方向ひずみ値(e1)のカラーマッピングとベクトル表示を行いました。結果を図9に示します。

突起部に対して鉛直方向に負荷を加えていますが、主ひずみは下から上に向けて反時計回りに回転していることがわかります。これは供試体が片持ち梁状であり、曲げモーメントが加わっているためです。

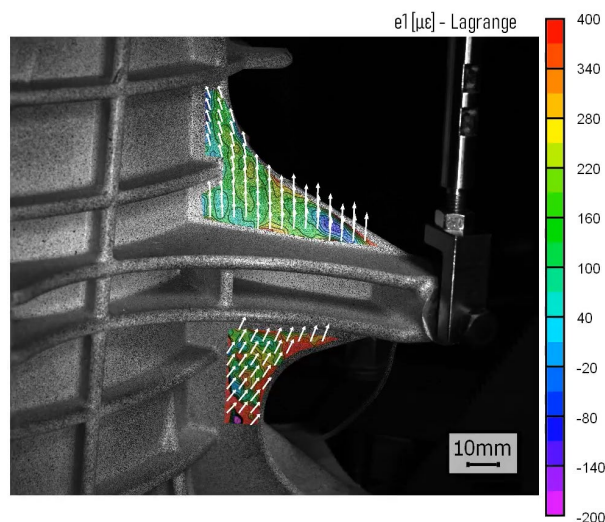


図9 主ひずみカラーマッピングおよびベクトル表示

■ まとめ

EV用モーターアウターケースに疲労試験機を用いて耐久試験を行い、3次元DIC解析にて評価しました。

DIC解析にて算出した変位およびひずみは、試験機のストロークおよびひずみゲージと比較した結果、同位相での測定が可能であることがわかりました。DIC解析では任意の箇所を指定してひずみ値を算出することができ、同じ箇所のひずみゲージの測定結果と近い値を示しました。

また、主ひずみ方向のひずみ値カラーマッピングの作成が可能であり、さらに主ひずみ方向のベクトル表示も行うことができます。この機能にて、本試験では供試体に曲げモーメントが加わっている様子を観察することができました。

疲労試験機を使用した耐久試験における動的3次元DIC解析により、実物のままひずみ分布の解析が可能となります。これにより、今後の電気自動車 (EV) の開発に寄与することが期待されます。

<謝辞>

本アプリケーションの作成にあたり、公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構 次世代自動車センター浜松様には、供試体をご提供いただき多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

サーボバルサは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

＞ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



＞ EHF-Uシリーズ

動的・疲労試験機 サーボパルサ

関連分野

＞ 自動車

＞ 工業材料・マテリアル

＞ 金属材料

＞ 価格お問い合わせ

＞ 製品お問い合わせ

＞ 技術お問い合わせ

＞ その他お問い合わせ