

高速度撮影画像を用いた 非接触三次元変形計測と材料モデリング

田中 克昌 工学院大学工学部機械工学科 准教授

キーワード: 高速度撮影, デジタル画像相関法, 衝撃, 非接触ひずみ計測, 材料物性取得, モデリング

概要

構造物および材料に対する信頼性を評価するための計測対象として, 変形, 応力, 振動, 腐食量など多岐にわたる. その中でも, 変形やひずみの計測は, 品質や安全性を確保する上で有効な手段である. 現在, 一般的に使用されるひずみ計測の代表例として, 接触式計測であるひずみゲージ法が挙げられる. ゲージ法は, 比較的安価な計測機器を用いて高精度にひずみが計測できることから, 幅広く利用されている. 一方で, ゲージ法によるひずみ値は, 1点1方向の平均ひずみであり, 多点計測のためには計測点数だけゲージを設置する必要がある. また, 大変形や, 脆性材料のように破壊挙動としてき裂が生じたりする場合には, ゲージによる計測が困難となる.

そのため, ゲージ法に代わる方法として, 非接触で計測が可能な光学的全視野計測法が開発され, 代表的な方法として, モアレ法, レーザホログラフィ干渉法, デジタル画像相関法 (Digital Image Correlation Method: DICM) などが挙げられる. DICMはデジタル撮影画像を用いて, 計測対象表面のランダムパターンの変化にもとづいて計測対象全体の変位やひずみを算出する手法である (図1). この有利性から, DICMは大型構造物, 電子基板, 歯周組織, 液体内の物体, 数百℃までの温度変化環境下など, さまざまな対象や用途に適用されている.

本技術は, DICMを振動や衝撃などの動的な現象に適用することにより, 振動や衝撃を受ける構造物や材料の変形やひずみを定量化し (図2), 品質管理や安全性の観点から評価につなげる. 同時に, 定量化した動的挙動をもとに, 構造物や材料のモデリングを効率よく行い, 高精度なCAEを実現する.

アピールポイント

- DICMと高速度撮影技術の組み合わせにより, 計測対象物の動的挙動を定量的に可視化することが可能
- 定量化した計測をもとに, 積層と繊維配向を表現するCFRPのモデリングや, 材料非線形性を有する樹脂やゴム材料などに対する材料モデリングを行うことが可能
- CAE解析結果との比較により, 結果の妥当性検証やモデリングに用いる材料パラメータの同定に活用することが可能

利用・用途, 応用分野

- 素材や構造物に対する機械的性質の定量化
- 振動や衝撃などに対して耐久性やエネルギー吸収が求められる製品の評価
- 計測データにもとづく材料モデリングによるCAEへの活用, およびCAEによる開発設計への支援

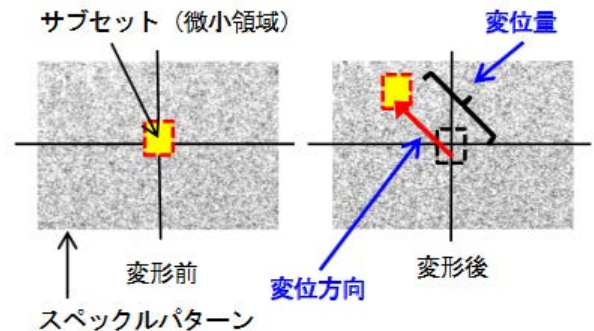


図1 DICMの原理

一般にスペックルパターンと呼ぶ模様を施し, 変形前の画像上における任意の点を中心とするサブセット内での輝度分布を求める. 変形後の画像から変形前のサブセットの輝度分布と最も高い相関を得るサブセットを探索し, その中心点を着目していた点の変形後の位置とすることにより変位を得る.

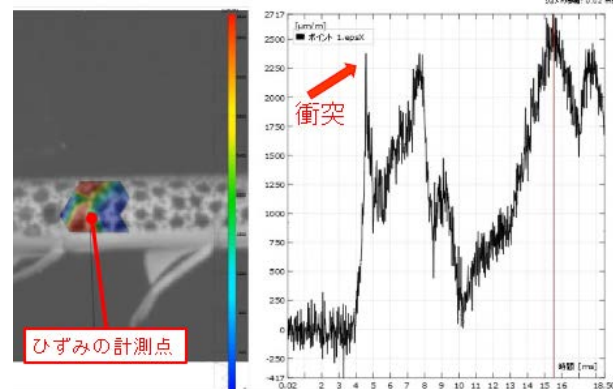


図2 衝撃時におけるひずみ応答の計測事例
ひずみゲージを用いた計測点におけるひずみ応答に加えて, その周辺のひずみ分布を定量化できる.

パイプ内部で発生する衝撃に対するひずみ分布の計測例

金属製パイプ内部で生じた衝撃に対するひずみ分布を、ひずみゲージとDICMIにより計測し、異なる材質間での分布の違いを比較した。両者の方法による衝撃点近傍のひずみがよく一致しており(図1)、DICMIによる最適な計測条件を選定できていることがわかる(図2)。また、材質間でひずみ分布の傾向が異なっており、ひずみ値が材質Bより小さい材質Aでは、より薄肉構造にできる可能性があり、最適な設計を行うための有用な情報となり得る。

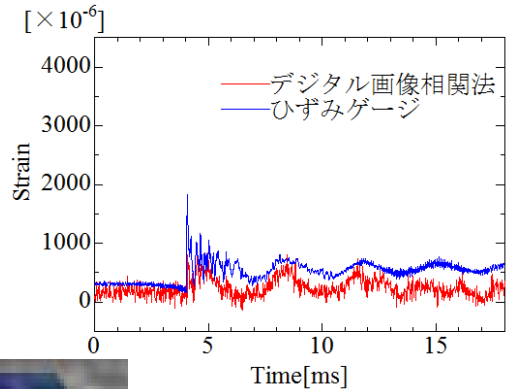


図1 ひずみ応答の比較

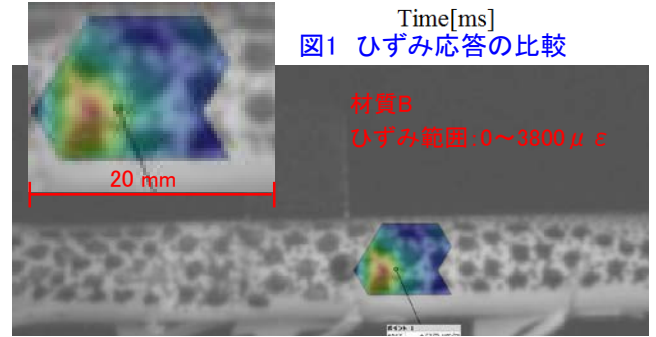
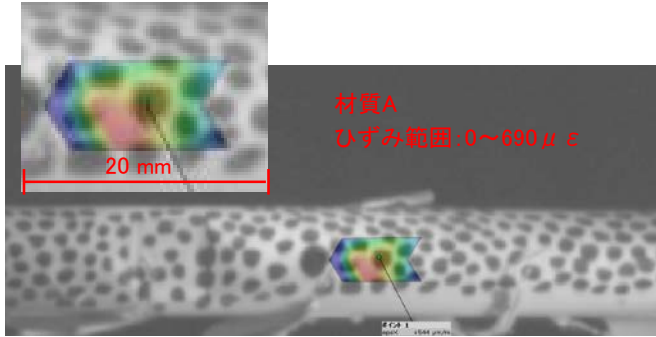


図2 パイプ表面におけるひずみ分布

板状構造物に対する衝撃時のひずみ分布の計測例

板状の樹脂製保護材が衝撃を受けた際のひずみ分布を可視化するとともに、保護材のエネルギー吸収特性を定量化した。時刻とともにひずみの分布や大きさが変化する様子が確認できる(図3)。異なる材料に対するエネルギー吸収特性の比較から、衝突条件や素材による衝撃吸収特性を評価でき、使用環境に適した素材の選定につなげられる。

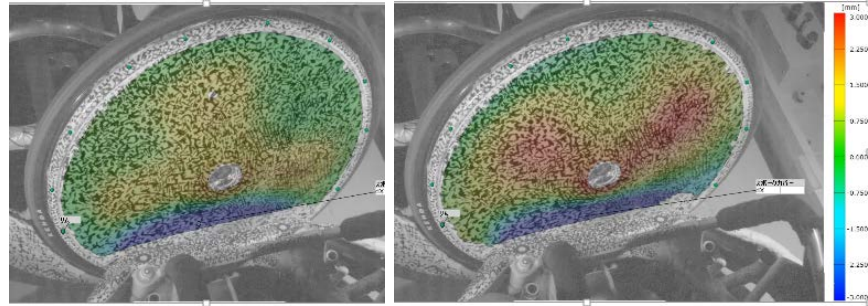


図3 板状構造物に対するひずみ分布の時間変化

計測した動的挙動をもとに材料モデリングを行った事例

発泡性高分子材料に対する衝撃試験から荷重および変形を取得し、有限要素法による材料モデリングを行った。試験結果と解析結果はよく一致しており(図4)、高精度なモデリングにより、衝突中における構造物の挙動を可視化できる(図5)。これにより、材料の評価に加えて最適な構造を開発設計するための指針の提案に活用できる。

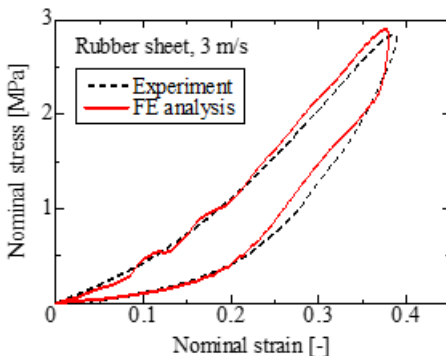


図4 試験結果と解析結果の比較

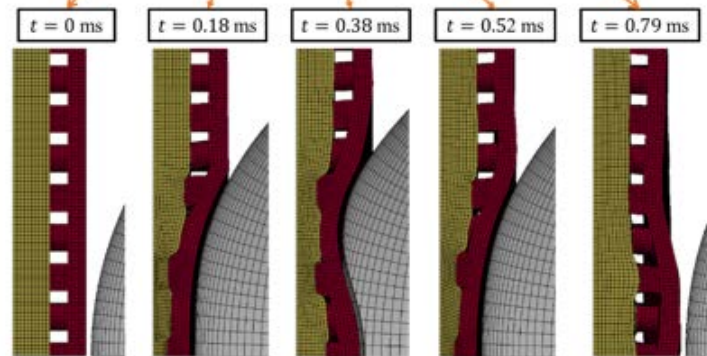
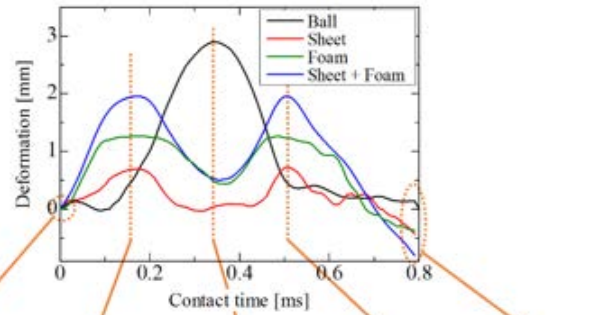


図5 衝突中における構造物の変形挙動の可視化