

キーワード

情報技術, 不確定性定量化, 実験計測, ペリダイナミクス, 深層学習

Information Technology, Uncertainty quantification, Experimental measurement, Peridynamics, Deep learning

研究内容

高度情報技術, データサイエンスおよび知能化技術を援用し, 機械工学分野の諸問題に対する新たな解決法を開発する. これまでの具体的な研究課題例をいくつか示す.

[1] 機械材料の定量的強度推定に関する研究

- 数値シミュレーションによる先端機能材料の特性推定は, 新材料開発や機械設計に大きく貢献する.
- 特に不均質材料においては, 微視的な材料特性や組織, が複雑または不確定性を有するため, 定量的な高精度推定が困難である. これに対し, 下記の主要テーマでの解決を目指している.

- (1) 複合材料の微視的な特性評価のためのその場観察・計測手法の高精度化
- (2) 微視構造のランダム性の評価およびそれらを考慮した解析法
- (3) 強度推定のための数値シミュレーション手法の検討

- まず, 微視領域の観察においては, 撮影機器における画像ノイズなどが計測誤差の原因となる.
- そこで計測誤差を低減するために, デジタル画像相関法 (DIC) で計測された変位場に Kriging 法を適用し, ランダムノイズを含む変位場の空間的確率場を考慮してひずみ場を推定する手法 (K-DIC) を提案した. また, 複合材料の微視的な不均質性を考慮するために領域分割法を併用した手法を提案し, ひずみ場計測の高精度化を行った[1]. 図1に微視的その場観察と計測の概要を示す.
- 現在, 得られた計測データを用いて, 数値シミュレーションの高精度化を検討している.

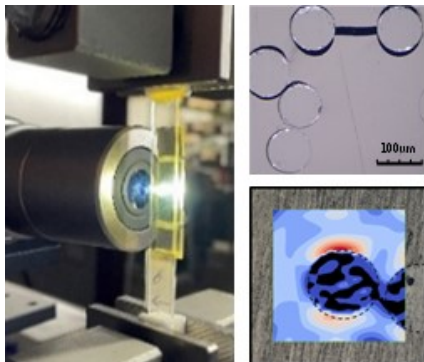


図1 微視的その場観察と計測

- 次に, 実際の繊維強化複合材料の微視構造は複雑であり, 強化材である繊維配置に偏りがあるなどのばらつきが存在する問題の解決法を検討した.
- 具体的には, 実試験片における繊維配置の空間的なランダム性の評価手法およびそれを考慮した解析手法を提案[2]し, 実材料の微視構造の繊維分布を踏まえた応力場の特徴を再現できた.
- また, 定量的強度推定においては, 複合材料の変形・応力場および破壊状態のシミュレーションが重要となる.
- 複合材料の介在物の微視的幾何学的変化が応力場に及ぼす影響の解析に対して, 重畳メッシュ法を利用した場合に従来問題であった応力の解析精度を改善する再局所化法を提案している[3]. また, マルチスケール確率応力解析の効率的な評価手法[4]の開発も行った.
- さらに, 近年注目されつつあるペリダイナミクスを当該問題に適用することで繊維強化複合材料の複雑な微視的破壊状態の定量的予測を試みている.

[2] 深層学習を用いた複合材料の応力推定

- 現実的な複合材料の強度推定解析のために, 上記とは別の視点での代替的な解決案として, 機械学習 (AI) の当該問題への有効性を検証し, 新たな解析・評価手法の検討をしている.

最近の業績

- [1] Yuki Arai and Sei-ichiro Sakata, Microscopic full field strain measurement of unidirectionally fiber reinforced plastics with the Kriging-digital image correlation and region splitting method, *Composite Structures*, Vol.260, Article.113513, pp.1-23, 2021.
- [2] Yuki Arai, Keitaro Fukuda and Sei-ichiro Sakata, Random Field Modeling of Microstructure in Unidirectional Fiber-Reinforced Plastic Using SEM-Image and Image Processing for Multiscale Stochastic Stress Analysis Considering Random Fiber Arrangements, *Advanced Engineering Materials*, Vol.24(5), Article.2101259, pp.1-12, 2022.
- [3] Sei-ichiro Sakata, Yatfei Chan and Yuki Arai, On accuracy improvement of microscopic stress/stress sensitivity analysis with the mesh superposition method for heterogeneous materials considering geometrical variation of inclusions, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol.121(3), pp.534-559, 2020.
- [4] 新井悠希, 坂田誠一郎, 多数粒子の位置変動を考慮した逐次局所近似による粒子強化複合材料のマルチスケール確率応力解析, 日本機械学会論文集, 88 巻 911 号, p.22-00083, 2022.