

未来社会創造事業 探索加速型  
「持続可能な社会の実現」領域  
終了報告書(探索研究期間)

令和3年度  
研究開発終了報告書

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：横関 智弘]

[所属 東京大学 大学院工学系研究科・准教授]

[研究開発課題名：5D デジタルツイン技術による複合材料の長期持続使用]

実施期間：令和元年11月1日～令和4年3月31日

## § 1. 研究実施体制

### (1)「東大」グループ(東京大学)

- ① 研究開発代表者:横関 智弘 (東京大学大学院工学系研究科、准教授)
- ② 共同研究者:水口 周 (東京大学大学院工学系研究科、准教授)
- ③ 研究項目
  - ・マルチスケール疲労解析
  - ・構造モニタリングによる疲労損傷評価

### (2)「JAXA」グループ(宇宙航空研究開発機構)

- ① 主たる共同研究者:熊澤 寿 (宇宙航空研究開発機構 構造・複合材技術研究ユニット、主任開発研究員)
- ② 研究項目
  - ・高精度観察に基づく複合材の疲労マイクロ破壊メカニズム評価

## § 2. 研究実施の概要

炭素繊維複合材料 (CFRP) の長期持続使用を実現することを目的とし、シミュレーションとモニタリングを連携させた疲労損傷予測ツール(5D デジタルツイン技術)の開発を行った。ボイドや樹脂き裂の生成・成長、トランスバースクラック発生・累積といった複合材料の損傷プロセスを表現可能な、連続体損傷力学に基づく力学的特性・損傷モデリング手法の構築を行った。繊維・樹脂を考慮したマイクロスケール解析と複合材の1層を均質化させてモデリングするメゾスケール解析の連携を実現し、メゾスケールにおいて疲労損傷則を有限要素解析に組み込むことで、複合材の疲労損傷シミュレーション手法を開発した。複合材の疲労寿命や長期疲労後の残留強度予測を可能とし、CFRP (CF/Epoxy 材)の実験結果と比較することでシミュレーション手法の妥当性を検証した。また、疲労負荷中の構造モニタリングに適した手法として、レイリー散乱光を用いた光ファイバモニタリングを適用し、複合材の疲労負荷中に発生・累積するトランスバースクラックの検出・同定に成功した。複合材の物性計測や構造モニタリングにより損傷状態を推定するスキームを構築し、実構造の損傷状態を推定し、シミュレーションとの連携で世寿命を予測するため方法論を確立した。