

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
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：小柳 潤]

[学校法人東京理科大学 基礎工学部・准教授]

[研究開発課題名：エントロピー損傷に基づく熱可塑CFRPの寿命定量化]

実施期間：令和元年11月1日～令和2年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「FEM」グループ(東京理科大学)

① 研究開発代表者:小柳潤 (東京理科大学材料工学科、准教授)

② 研究項目

- CFRP の破壊シミュレーション
- 粘弾粘塑性構成則の構築
- エントロピー損傷の実測

(2)「MD」グループ(伊藤忠テクノソリューションズ)

① 主たる共同研究者:森一樹 (伊藤忠テクノソリューションズ, 研究員)

② 研究項目

- PA6の分子シミュレーション
- 分子シミュレーションと現実系の GAP 補完法の開発

(3)「実証」グループ(京都工芸繊維大学)

③ 主たる共同研究者:大谷章夫 (京都工芸繊維大学機械工学科、准教授)

④ 研究項目

- PA6 の成型, および時間依存機械的特性評価
- PA66 の成型, および時間依存機械的特性評価

§2. 研究開発実施の概要

本研究では、エントロピーを指標とした損傷に基づいた熱可塑 CFRP の余寿命および残存強度を定量的に予測する技術の構築を目指している。CFRP の破壊は炭素繊維の破断や、樹脂の微小クラック、また繊維/樹脂界面のはく離といった微視的損傷の複合的な蓄積から成り、金属材料の破壊より複雑で理解が難しい。また、樹脂は時間依存性を有するため、耐久性の議論となるとさらに複雑である。本研究では、分子レベルからのミクロな時間依存現象を解明し、CFRP のマクロな寿命特性を把握する。19 年度に実施した主な研究成果としては、①炭素繊維/樹脂の界面における接着度合いを求めることができる分子シミュレーション技術を開発したこと、②樹脂破壊に関して、分子シミュレーションから実験室での破壊強度を予測する手法を提案したこと、③有限要素解析においてエントロピー損傷を考慮した粘弾粘塑性構成則を汎用ソフト ABAQUS に実装したことを挙げたい。①、②は分子シミュレーションに関わることであり、本研究の目的を達成するための礎となる部分であるため初年度である 19 年度にエフォートを注いだ。その結果、分子シミュレーションを実施して界面エネルギーを計算することで、界面強度を推定できる技術を構築することができた。また実際の値より大きく見積もられる分子シミュレーションで予測

される樹脂の破壊強度に関して、ワイブル統計に従ったデータ整理を介することで、実験値を推定できる手法を確立した。また、③有限要素解析ソフト ABAQUS へのエントロピー損傷を考慮した時間依存構成則の実装を独自に開発したユーザーサブルーチンによって実現し、有限要素解析の汎用性を大きく拡大した。20 年度はエントロピーの計量および実験検証をメインとし、熱物性測定により CFRP の余寿命・残存強度の定量化を実現する技術の開発を推進する。