

力学機能のナノエンジニアリング  
2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

塩澤 大輝

神戸大学 大学院工学研究科  
准教授

接着接合ナノ構造の非破壊力学強度解析技術の確立

## 研究成果の概要

疲労損傷過程における高分子接着剤におけるき裂発生過程のメカニズムをテラヘルツ、赤外線および可視光の計測に基づいて解明する事を目標とする。樹脂材料(ポリカーボネード, PC)および接着剤単体試験片(エポキシ樹脂接着剤, EP)に対して、疲労試験中に赤外線サーモグラフィによる熱弾性応力測定およびテラヘルツ TDS 計測を行い、疲労き裂発生に伴う温度変動およびテラヘルツ吸収特性の変化を観察した。

赤外線計測では、繰返し負荷下における熱弾性温度変動から、不可逆なエネルギー散逸成分を抽出するための解析手法を構築した。本手法は特異値分解 SVD を用いて、画像内の特徴的な信号成分を抽出する。本手法を用いて、高精度に熱弾性応力解析が可能であること、二次、三次の主成分変動成分を抽出できることが分かった<sup>1)</sup>。

可視-赤外線同期計測を用いて、疲労試験中の熱弾性温度変動を計測した。PC および EP 試験片ともに、疲労損傷過程において熱弾性温度変動に含まれる高調波成分が観測された。金属材料ではこの高調波は、塑性変形に起因したエネルギー散逸による温度変動と考えられており、樹脂材料においても、構造変化や損傷形成に伴うエネルギー散逸が観測されるものと考えられる。熱可塑性樹脂である PC では、疲労試験の初期過程において高調波温度成分の変化の大きな増加と減少が見られたのに対して、熱硬化性樹脂である EP 試験片では疲労試験中では大きな変動は見られずほぼ一定値を示し、破断直前に増加する傾向が見られた。これは、EP 試験片は架橋反応による三次元網目構造を有しているのに対して、熱可塑性樹脂の PC 試験片は分子鎖の絡み合いを有する構造のため、疲労き裂発生メカニズムが異なっていることを示唆するものと考えられた<sup>2)</sup>。

疲労試験過程における構造変化を評価する手法としてテラヘルツ計測を行った。変位制御による低サイクル疲労試験中にテラヘルツ計測を行ったところ、繰返し負荷数とともに 0.65THz での吸収率の低下が見られており、構造変化を検出できる可能性があることが分かった<sup>3)</sup>。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Thermoelastic Stress Measurement Using SVD Thermo-Component Analysis”, Y. Uchida, T. Kanade, D. Shiozawa, T. Sakagami, *Experimental mechanics*, 63, pp. 337–347, (2023), <https://doi.org/10.1007/s11340-022-00894-y>
- 2) 森脇優太, 辰巳大騎, 山本 将, 塩澤大輝, 小川裕樹, 阪上隆英, 赤外線計測を用いたポリカーボネート樹脂の疲労損傷過程の観察, 日本機械学会 関西支部 2022 年度関西学生会卒業研究発表講演会, (2023)
- 3) 赤外線・テラヘルツ電磁波を用いた樹脂材料の疲労損傷評価, 田和醇也, 辰巳大騎, 森脇優太, 山本 将, 塩澤大輝, 阪上隆英, 小川裕樹, , 日本機械学会 第 98 期定時総会講演会, (2023).