

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

2021年度 研究開発成果等報告書

課題名：統合型材料開発システムによるマテリアル革命

チーム番号：C5

研究開発課題名：セラミックス基複合材料の航空機エンジン部材化技術の開発

研究期間：2021年4月1日 ～ 2022年3月31日

研究 責任者	氏 名	香川 豊
	所属機関	学校法人片柳学園 東京工科大学
	部 署	片柳研究所
	役 職	教授

研究開発成果等の概要

CMC 材料・部材を航空機エンジンへ適用するためには高温長時間使用時での性能を保証する高度な技術を融合することが必須である。本研究開発では、CMC 材料・部材開発の利用に役立つことができるシステムの構築を行っている。システムには、CMC プロセスの課題解決に役立つ、性能保証できるプロセス条件設定のための複合化モジュール、性能を保証する危険欠陥分布を抽出するための組織解析モジュール、長時間使用した後の劣化を予測するための危険性判定モジュールから構成されており、これら三つのモジュールの開発を推進している。

(1) 複合化モジュール（三菱重工航空エンジン、東京大学、東京工科大学）

溶融反応含浸法（RMI : Reactive Melt Infiltration）を用いたプロセス条件において、Si 含浸可能な組成条件を変化させたUD積層、0° /90° 積層プリフォームの作製と含浸挙動データ取得のための実験方法を確立した。繊維強度劣化を予測するサブモジュールの構築と反応機構を考慮した溶融Si含浸過程をシミュレートする含浸シミュレータを作製した。今後、繊維強度低下、含浸挙動を満足するプロセス条件の予測法を検討し、その結果をCMC製造に活用していく予定である。

(2) 組織解析モジュール（IHI、東京工科大学）

科学情報可視化ミドルウェアを利用し、X線 CT データ可視化システムを作成した。深層ニューラルネットワークを利用した3次元ボクセルデータに対する自動認識プログラムを検討し基本認識アルゴリズムを完成した。開発した自動化プログラムを用いて繊維束・マトリックス・ポアの3種類についてラベリングを行った結果、手動認識による結果と比較して極めて高い一致率を得ることができた。さらにこの識別結果をもとに三次元有限要素メッシュの品質改良手法の検討を行いき裂発生進展の力学解析時間の効率化を図ることができた。今後、3次元構造識別アルゴリズムを用いた低ノイズの識別化を実現し大規模解析への展開を図っていく予定である。

(3) 危険性判定モジュール（川崎重工業、宇宙航空研究開発機構、東京工科大学）

実部材を模擬した試験片を用い、実環境を模擬した高温疲労における劣化損傷挙動を検討した。CMC の損傷を、混合モードによるき裂の物理的損傷と酸化による化学的損傷とに分離し、それぞれの寄与を実験的に評価した。部材レベルの数値シミュレーションにそれぞれの損傷プロセスを取り入れ損傷挙動全体を再現する検討を行った。今後、高温環境下での長時間劣化予測のモジュールに取込む手法を検討していく予定である。

(4) 基板統合プラットフォーム（東京工科大学、宇宙航空研究開発機構）

他の課題の実現に向けた CMC 特有の試験評価に関する基盤技術の開発を推進している。CMC の実環境下での耐久性評価技術として、高出力光源と高速走査ガルバノミラーとのアクティブ加熱制御により、使用環境を模擬した急加熱／冷却の繰返しによる加速加熱試験を想定し 1400℃までの安定的な加熱と水蒸気雰囲気での加熱を検証した。全体加熱型力学試験装置による CMC 小型試験片を用いて大気中 1500℃までの高温力学特性データを取得する手法を確立した。各種モジュールを連成するパラメータの提案と三次元計算力学手法を組み入れたバーチャルテスト法の実現を推進している。