

# 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

## 2018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：B2

研究開発課題名：AI援用積層最適化によるCFRP設計・  
製造自動化技術の開発

研究期間：2018年11月1日 ～ 2019年3月31日

研究 責任者	氏名	阿部 俊夫
	所属機関	三菱重工業株式会社（中菱エンジニアリング）
	部署	防衛・宇宙セグメント航空機事業部 航空機技術部 （材料試験室）
	役職	主査

## 研究開発成果等の概要

最新鋭航空機の製造において、炭素繊維系複合材(CFRP)の高速・高自由度積層を目指した自動積層装置導入が進みつつあり、設備投資余力の大きい国が国際競争力を持つ状況となっている。

そのため、将来航空機開発に向け、日本の航空機産業の複合材技術競争力を回復させるために、自動積層を前提に CFRP に関する日本の強さを生かし、材料、製造法に関わる欠点をマテリアルズインテグレーションにより克服し、製品の設計、構造様式、さらに製品そのものを変革する必要がある。本ユニットではこれらの研究課題に対する、2018 年度の主な研究成果を以下に示す。

### (1)複合材自動積層装置の仕様決定と装置メーカーとの協議による装置設計

研究基盤となる複合材自動積層装置に要求される概略仕様を決定し、装置メーカーとの協議により装置設計を行った。

### (2)複合材内部欠陥に起因する破壊挙動の評価と材料改善項目の洗い出し

自動積層により生じる複合材プライのつなぎ目、Gap を模擬したクーポンレベル供試体を作成し、引張試験を皮切りに強度試験をスタートさせ、Gap により弾性率や強度の低下することを確認した。また、損傷プロセスや材料特性に関する知見も得られ始めた。

### (3)AFP 積層同時硬化の実現可能性の確認と技術課題の明確化

熱可塑トウプレグの自動積層同時硬化を試行し、計測レーザ加熱による温度履歴の計測手法(熱電対の設置位置や点数など)に関する知見を得た。また、成形品質向上のための成形条件最適化に向けた技術的課題を明確化した。

### (4) PEEK 複合材の改善に向けた基礎研究

ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)の部品製造性、及び製品強度の欠点を向上させるための基礎検討を実施した。

### (5)ステアリング積層複合材最適化設計に向けた多目的最適化ツール開発の目途出し

放射状基底関数(RBF; Radial Basis Function)ネットワークを用いた効率的な逐次近似最適化手法(単目的)による最適化プログラムを開発した。開発した最適化プログラムの有効性を検証した結果、従来の汎用性が高く幅広い分野で最適化ツールとして利用されている粒子群最適化(PSO; Particle Swarm Optimization)よりも 30 分の 1 程度の有限要素解析(FEM)実施回数で PSO と同程度の精度を有する解を得ることが出来た。

また、「RBF ネットワークを用いた逐次近似最適化法の探索効率改善」として、近似関数を構築するために必要となるサンプル点の新たなサンプリング方法を提案し、検証の結果、探索性能が大きく改善したことで、最適解近傍での目的関数の近似精度を向上させることができ、計算効率向上にも効果のある結果を得ることができた。

### (7)板厚のばらつきなどの不確定性を表現する数学モデル構築に向けた基礎検討

基礎検討として、単層平板内の板厚のばらつき(=不確定性)を合理的に表現するために、確率過程を導入することで、数学モデルとしての妥当性を検討した。また、制約条件への影響を定量的に評価する「制約確信度」を導入することで、近似精度が悪くても、少なくとも制約条件を満足する実行可能な解が得られることができることがわかった。