

ASER 次世代衛星基盤技術開発

Advanced Satellite Engineering Research Project

<異種材料を含む大型構造体用複合材料製造設計技術開発>

CFRP等の複合材料は、軽量、高剛性で熱変形が少ないことから衛星、航空機、高速車両等の構体への適用が進められていますが、加熱成型時の歪や割れが発生しやすく比較的小型なあるいは単純形状の成形に限られ、大型構造体や、金属継ぎ手、接着剤等を使用する精密構造体には適していないとされています。しかし質量軽減のためには大型で複雑な構造体を一体で加熱成形する複合材料製造設計技術の開発が必要となっています。

(1) 熱特性及び製造プロセスを含めた複合材料製造設計技術

本研究開発では、CFRP構造体の使用条件および製造条件（材料の種類、温度条件等）による熱特性、成形歪を考慮した、製造プロセスを含む製造設計アルゴリズムを開発し、短期間かつ机上シミュレーションにより精度良く設計する技術を確認致しました。

本研究開発の成果の、製造設計ツールは、一般産業分野にも適用できるものです。

(2) 複合材料を用いた精密大型構造体の一体成形技術の開発

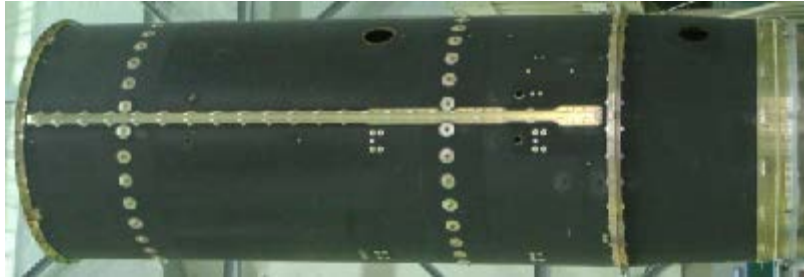
従来、複合材料の使用は、製造プロセスの影響による複合材料成形品の変形を考慮することなく、単純形状の複合材料を金属製の締結部品等を介して接合していました。本研究開発においては、前項(1)の製造プロセスを含む製造設計アルゴリズムを利用し、精度の高い複合材料大型構造体を一体成形にて製造し、部品点数の削減による軽量化と高信頼性を達成することを目的としております。特に、複合材料表皮とハニカムコアをコキユア成形（同時硬化）とすることで、工程の短縮と製造コストの削減も目指し、準天頂衛星を含む次世代衛星のセントラルシリンダをコキユア成形による一体成形技術の開発を行ないました。

平成15年度は、高さ1m程度の要素技術評価モデルを試作、単純形状のコキユア成形による一体成形技術の開発を行いました。

平成16年度はより実機セントラルシリンダに近い構成で、高さ2~3m程度の供試体を製作しました。平成17年度は、その供試体を用いて静荷重試験を実施し、その後、実機サイズ（直径1.3m程度、高さ4m程度）の開発モデルを製作し、大型化に伴う製造技術の開発を行いました。

平成18年度は衛星実機相当の各種インタフェースを反映した認定モデルを製作し、静荷重試験を行いました。

平成19年度から平成20年度にかけて、宇宙実証用検証モデルを製作して総合評価試験を実施し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）へ引渡しました。その後、準天頂衛星初号機「みちびき」（平成22年9月11日打上げ）に搭載され、軌道上実証を実施し、開発した技術が妥当であることを確認しました。



セントラルシリンダ検証モデル（宇宙実証用モデル）

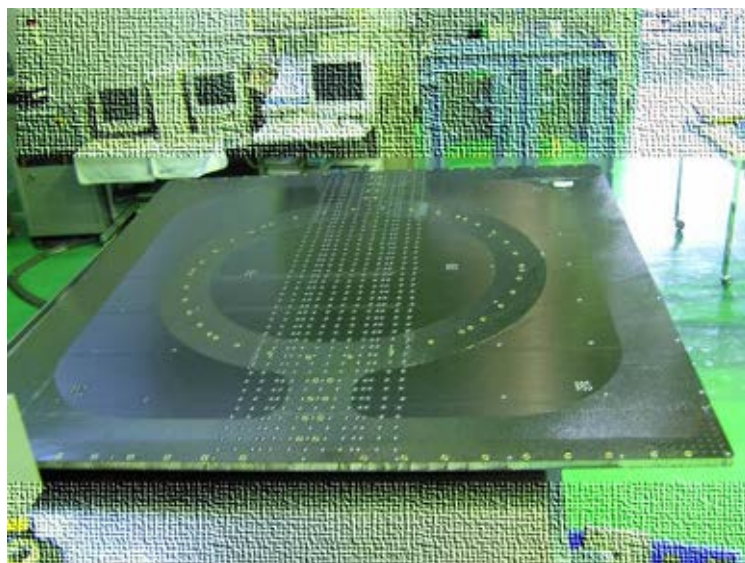
(3) 異種材料間の接合面を有する複雑構造体の成型技術の開発

衛星においては、低膨張率、軽量化の利点から複合材料を、熱伝導性の利点から金属材料（ヒートパイプ等の熱デバイス）を用いており、今後の次世代衛星においては、ますます高性能な機器（高発熱機器）の搭載が進み、複合材料を使用しながらも、熱制御の観点から金属材料を利用したいという要求が高まっています。この異種材料間においては、各々の熱膨張率が異なるため、従来の製造法を用いた場合、両者の界面において、製造プロセスに起因する熱応力が発生し、異種材料間の接合面では場合によっては、破壊が生じることもあり、非常に問題となっていました。

本研究開発においては、開発した製造設計アルゴリズムを基に、製造プロセスに依存する熱応力を評価し、複合材料の材料及び積層構成等を最適設計することで、熱応力による破損がなく、複合材料の利点と金属材料の利点を併せ持った構造体の設計を可能とする技術開発を行っています。

平成 15 年度は、単純形状 1 m 角程度の金属部品と接合面を有する複合材料部品の製造技術の開発を行い、目標とする複合材料パネル全体としての熱膨張率 5 ppm/K 程度の供試体を製作しました。

平成 16 年度は衛星パネルにおいて適用されるダブラ等の特異点を模擬し、1 m 角程度のサイズで熱膨張率 5 ppm/K 以下の供試体を設計、試作しました。平成 17 年度は 2 m 角程度のサイズで熱膨張率 5 ppm/K 以下の実機相当サイズに拡大した供試体を製作することにより、製造規模拡大に伴う製造技術の複雑さを克服する技術の開発を行いました。平成 18 年度は 2 m 角程度のサイズで熱膨張率 5 ppm/K 以下の実機相当サイズの供試体に、他構造との結合点を有し、アンモニアガスを入れた実機相当のヒートパイプを埋め込み、複合材料表皮に高熱伝導 CFRP を配向するという将来の衛星開発に必要な設計、試作を行い、最終目標の達成を確認しました。



検証モデル