

# 構造・複合材技術の研究開発 ～ 究極の最適構造を目指して ～

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門  
構造・複合材技術研究ユニット長  
中村 俊哉

1. 構造・複合材技術研究開発 活動概要
2. 究極の最適構造を目指して ～ バイオニックエアフレームの挑戦～
  - 2.1 研究の背景・動機
  - 2.2 研究概要と主な構成技術
  - 2.3 これまでの取り組み（1）：高機能軽量構造の研究
  - 2.4 これまでの取り組み（2）：構造ヘルスマモニタリングの研究
  - 2.5 新たな取り組み：自動積層による複合材構造最適化
  - 2.6 バイオニックエアフレーム ロードマップ
3. まとめ

# 1. 構造・複合材技術研究開発 活動概要

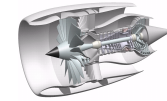
- 産業ニーズに応えるとともにシーズを生み出す構造・複合材技術の研究開発
- JAXA内外との連携（大学，企業，外部資金・プロジェクト）

JAXA宇宙部門支援  
設備供用，研究支援

大学との連携

企業との連携

研究プロジェクト等への展開

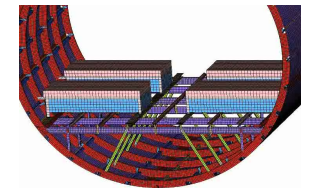


コアエンジン  
SST構造材料

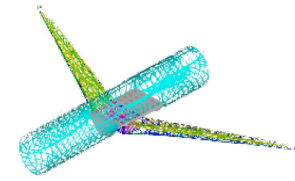
## 独自研究



高機能構造技術



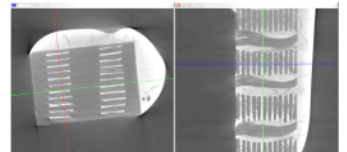
耐衝撃構造技術



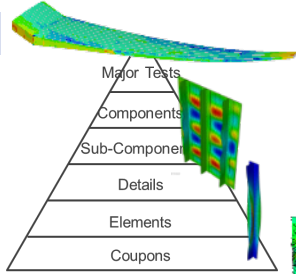
最適構造技術  
(脱ブラックアルミ・最適化構造)



リサイクルCFRP技術



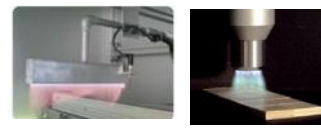
耐熱複合材料 (CMC・ポリイミド)



試験評価・構造解析技術

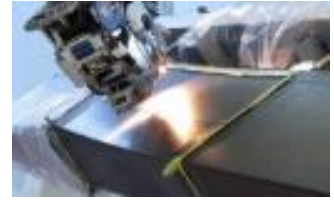


構造振動・空力弾性技術



複合材製造・評価技術

## 外部資金研究



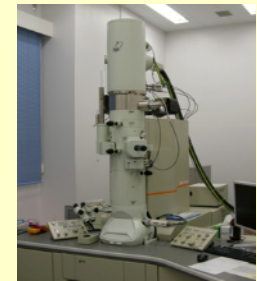
戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) ・NEDO・  
安全保障技術研究推進制度・科研費 等



強度試験装置群



非破壊検査装置群



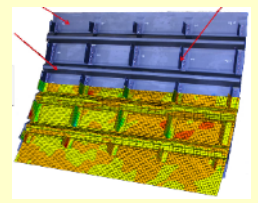
熱物性装置群



複合材製造装置



振動計測装置



構造解析ツール

## 研究設備

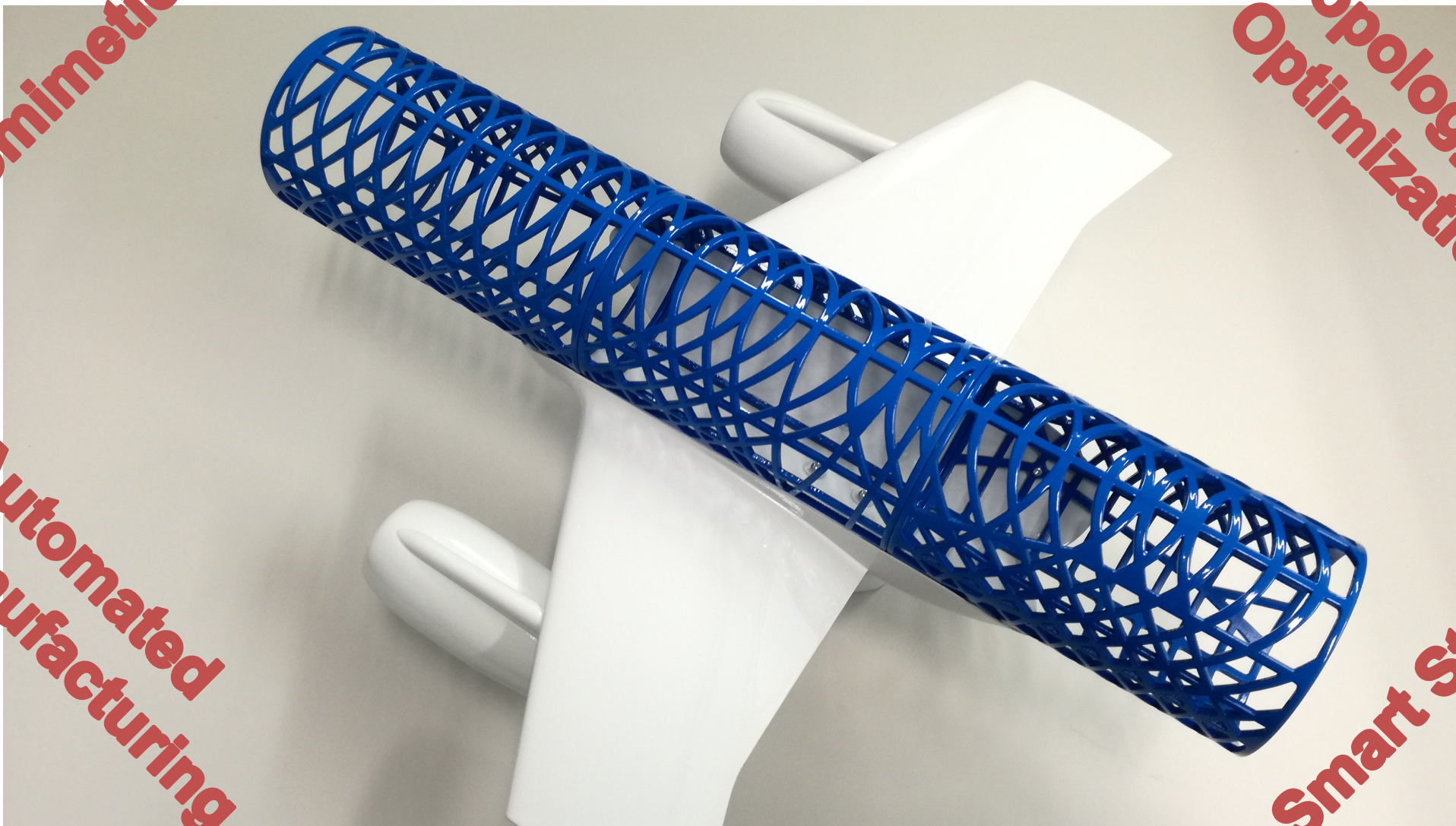
### ～ バイオニックエアフレームの挑戦～

**Biomimetics**

**Topology  
Optimization**

**Automated  
Manufacturing**

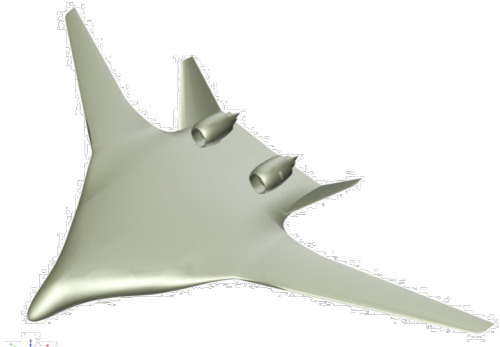
**Smart Structure**



## 機体構造・材料技術についての課題認識

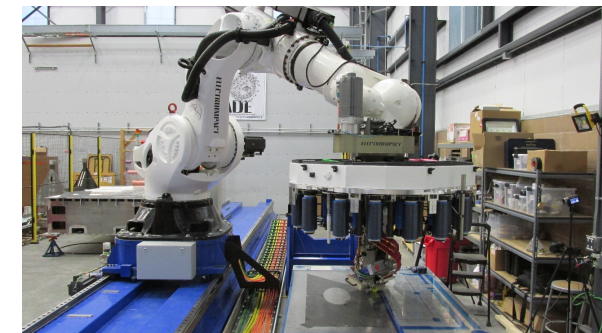
### 複合材を使いこなす技術

- 新形態航空機を可能にする構造技術.
- 航空機構造軽量化に複合材料は貢献しており、依然期待感も高い.
- しかし、従来の金属構造様式を踏襲した構造（ブラックメタル）に留まるため、機体重量や性能に期待通りの変化をもたらせていない.
- 熱硬化CFRPは、品質、生産性を意識した生産技術開発にシフト。特にプリプレグ積層の自動化技術（自動積層）.
- トポロジー最適化とそれを可能にする自動積層技術.



### ヘルスマonitoringによる構造メンテナンスの効率化

- コンディション・ベースへの期待.
- アクセスしにくい部位の検査、複合材構造への異物衝突（目視検出困難）
- 「何も検出されないメンテナンス」の削減 ⇒ 整備コスト削減，ダウンタイム削減
- 実働荷重モニタリングによるメンテナンス効率化（最適な整備間隔）



**生物は粗悪な素材で強靱な構造，運動や荷重に適応するフレキシブルな構造を実現**

## 2.2 研究概要と主な構成技術

- 情報技術（解析技術，データ処理）・自動成形（自動積層）技術の発達を背景
- 生物を一つの規範（ヒント）とし，トポロジー最適化とスマート構造のインテグレーションにより新しい機体構造（バイオニックエアフレーム）を提示
- 軽量化に加え，一体構造，部品点数削減も狙う ⇒ 複合材の特徴を最大限活用

- 将来技術
- 近いニーズ

### マルチスケール解析技術

- 最適化の基礎技術
- 複合材構造の強度を予測

### 構造ヘルスマモニタリング技術

- 構造健全性の把握
- 最適化構造の健全性を保証
- メンテナンス効率化

### モーフィング技術

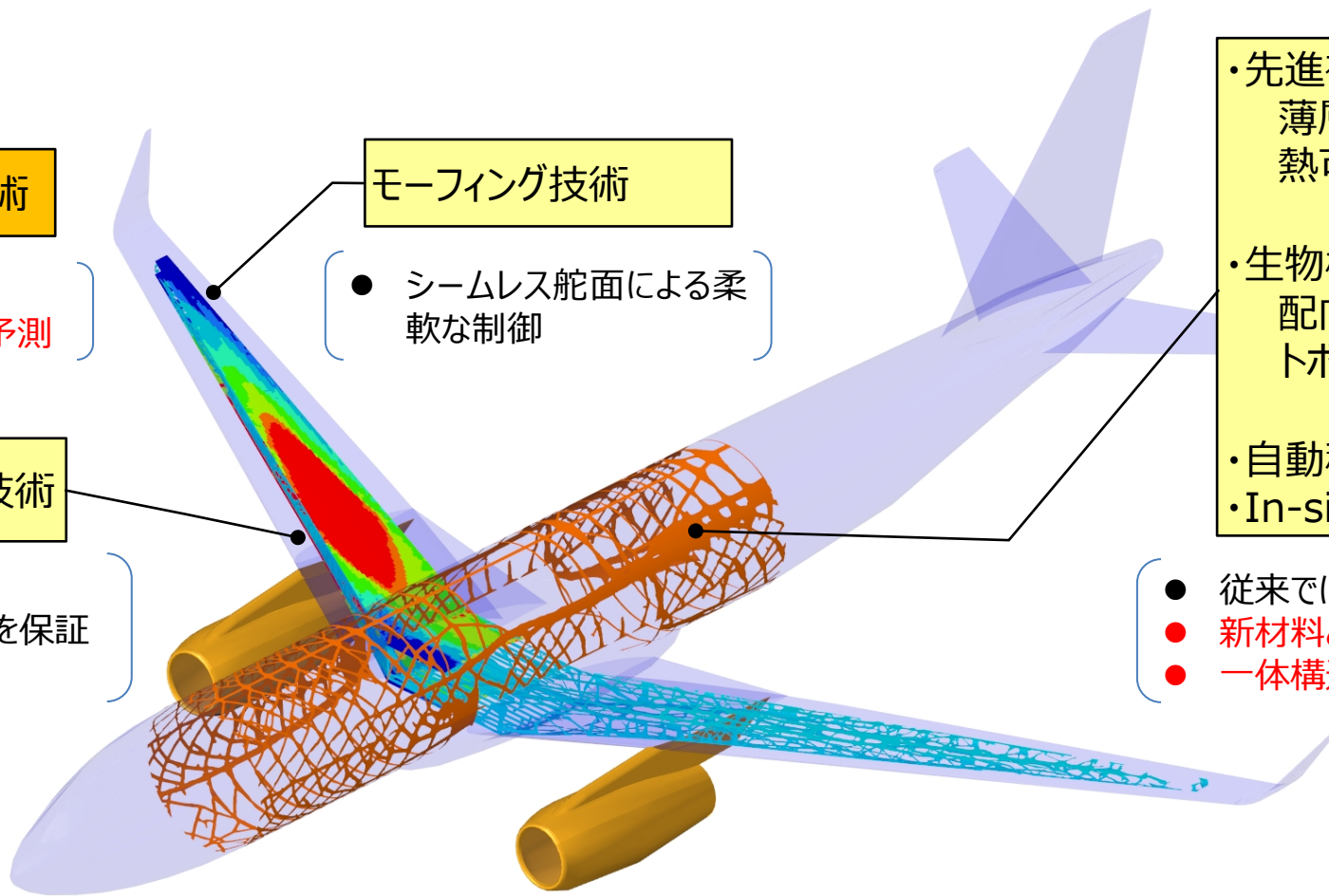
- シームレス舵面による柔軟な制御

- 先進複合材料の適用  
薄層CFRP  
熱可塑CFRP

- 生物模擬  
配向・積層最適化  
トポロジー最適化

- 自動積層技術
- In-situ Consolidation

- 従来では実現困難な構造を可能にする
- 新材料と自動成形（積層）の高度化
- 一体構造，部品点数削減

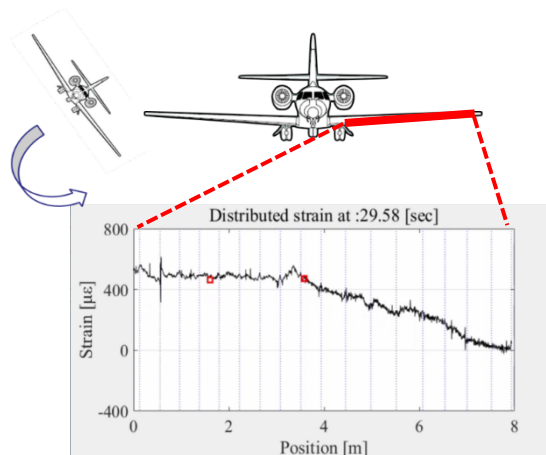
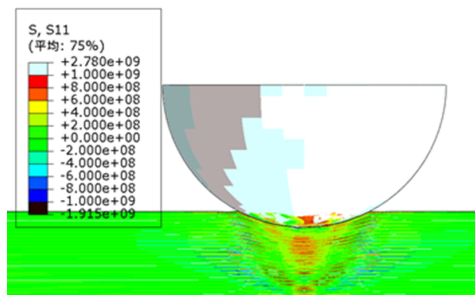


# 2.3 これまでの取り組み(1) : 高機能軽量構造の研究

- これまでに培ってきた基礎となる技術
- これらの研究成果を活用, 発展
- 多くの大学, 企業と連携

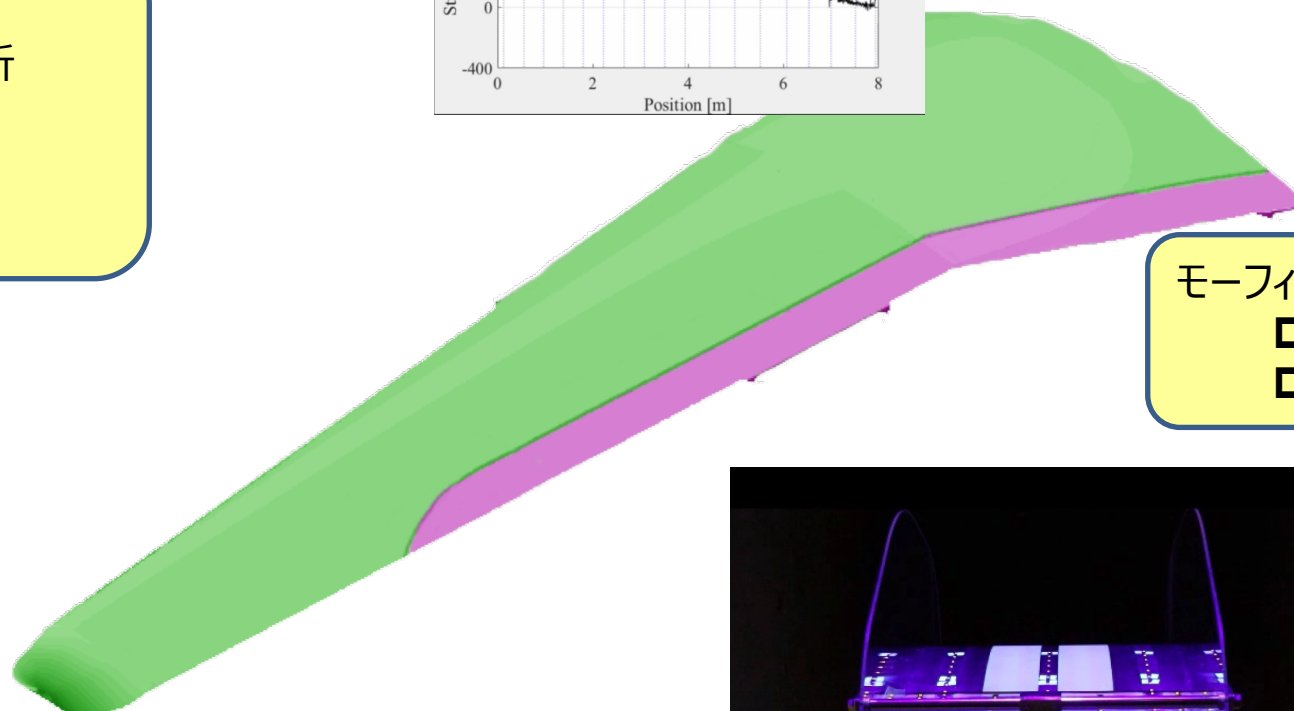
## 複合材料技術

- マルチスケール損傷解析
- 高荷重継手
- 薄層CFRP
- 自動積層



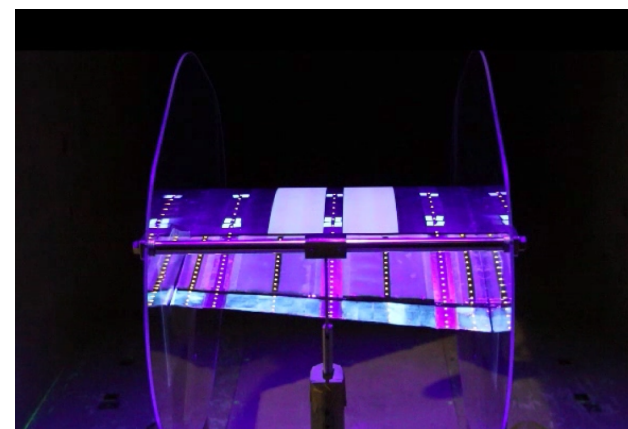
## 光ファイバ分布ひずみ計測

- 構造ヘルスマニタリング
- 荷重同定



## モーフィング舵面

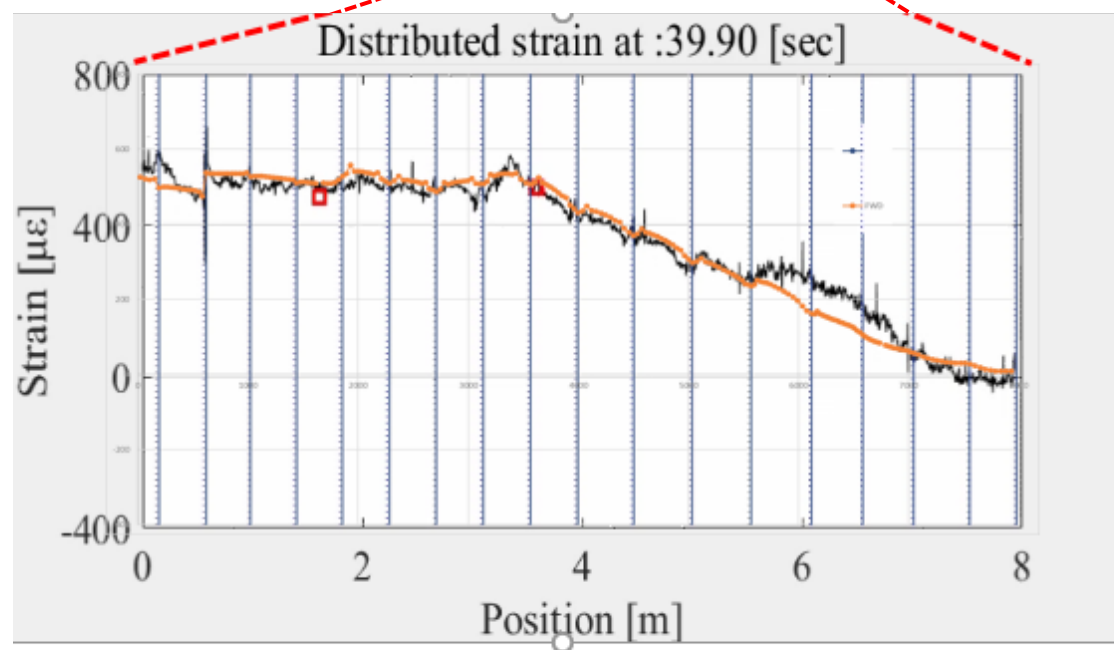
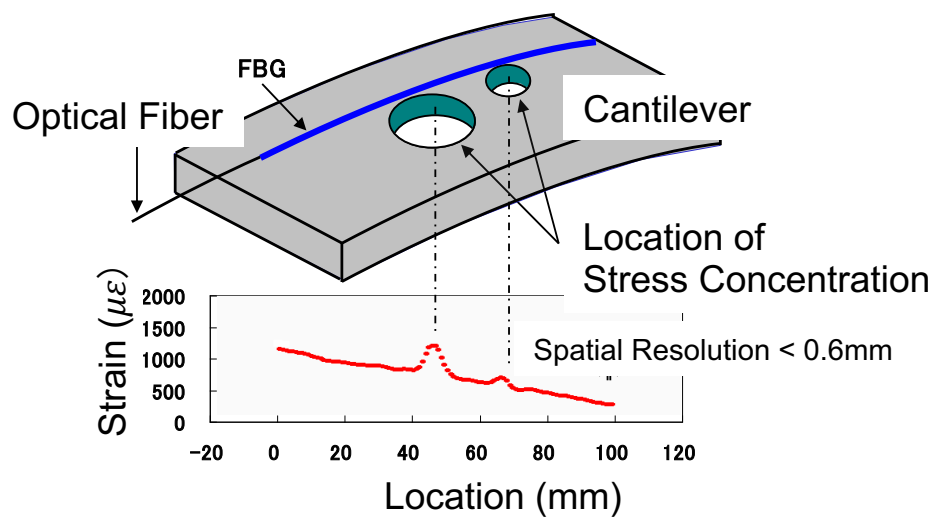
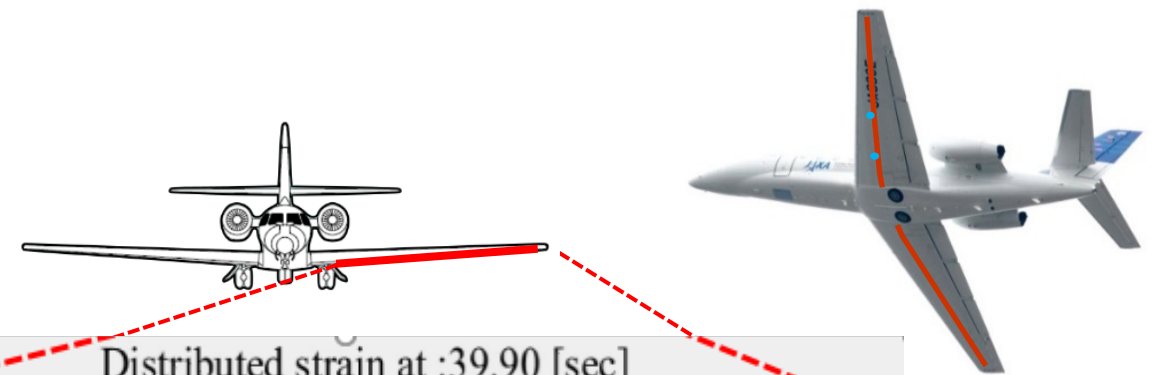
- コンプライアント機構
- 形状記憶合金アクチュエータ



# 2.4 これまでの取り組み（2）：構造ヘルスマモニタリング

## 光ファイバセンサによる分布ひずみ計測の飛行試験

- 実験用航空機「飛翔」により，多様な飛行状況における胴体と主翼のひずみ分布を計測
- CFD・FEMによる解析結果と良い対応が得られた



- 光ファイバ分布ひずみセンサー
- 空間計測ピッチ  $< 1.0\text{mm}$
- 計測周期  $> 150\text{Hz}$

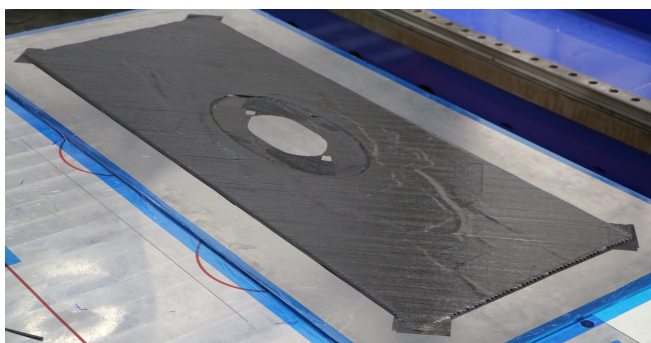
黒：光ファイバによるひずみ計測データ  
赤：FEMとCFDで計算された最大ひずみ分布

バンク飛行時の主翼ひずみ応答 (60 deg., 2G)

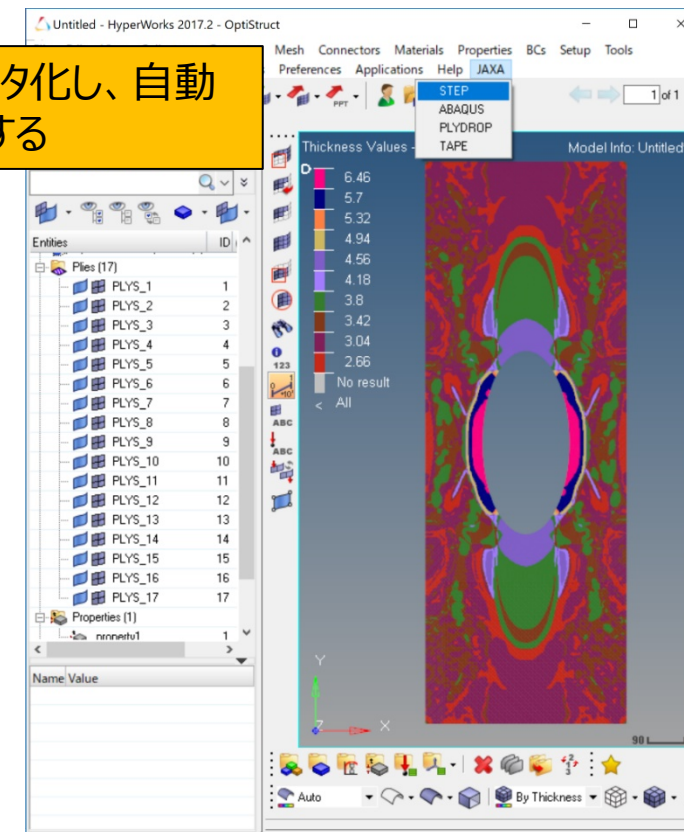
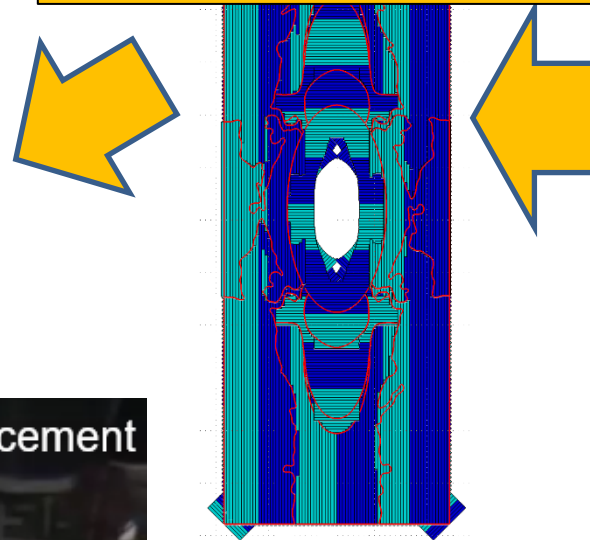


# 2.5 新たな取り組み：自動積層による複合材構造最適化

- 孔周りの複雑なひずみ分布に対応した不均一厚さの板を自動積層で成形



得られた最適積層結果を形状データ化し、自動積層装置用のテープデータに変換する

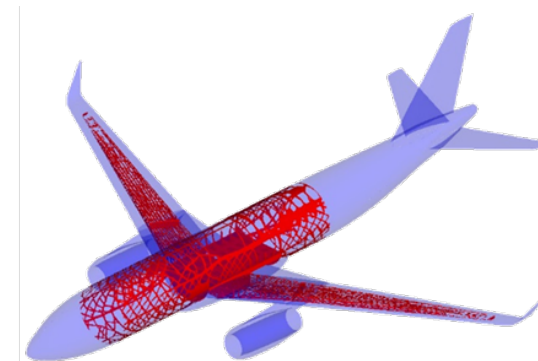
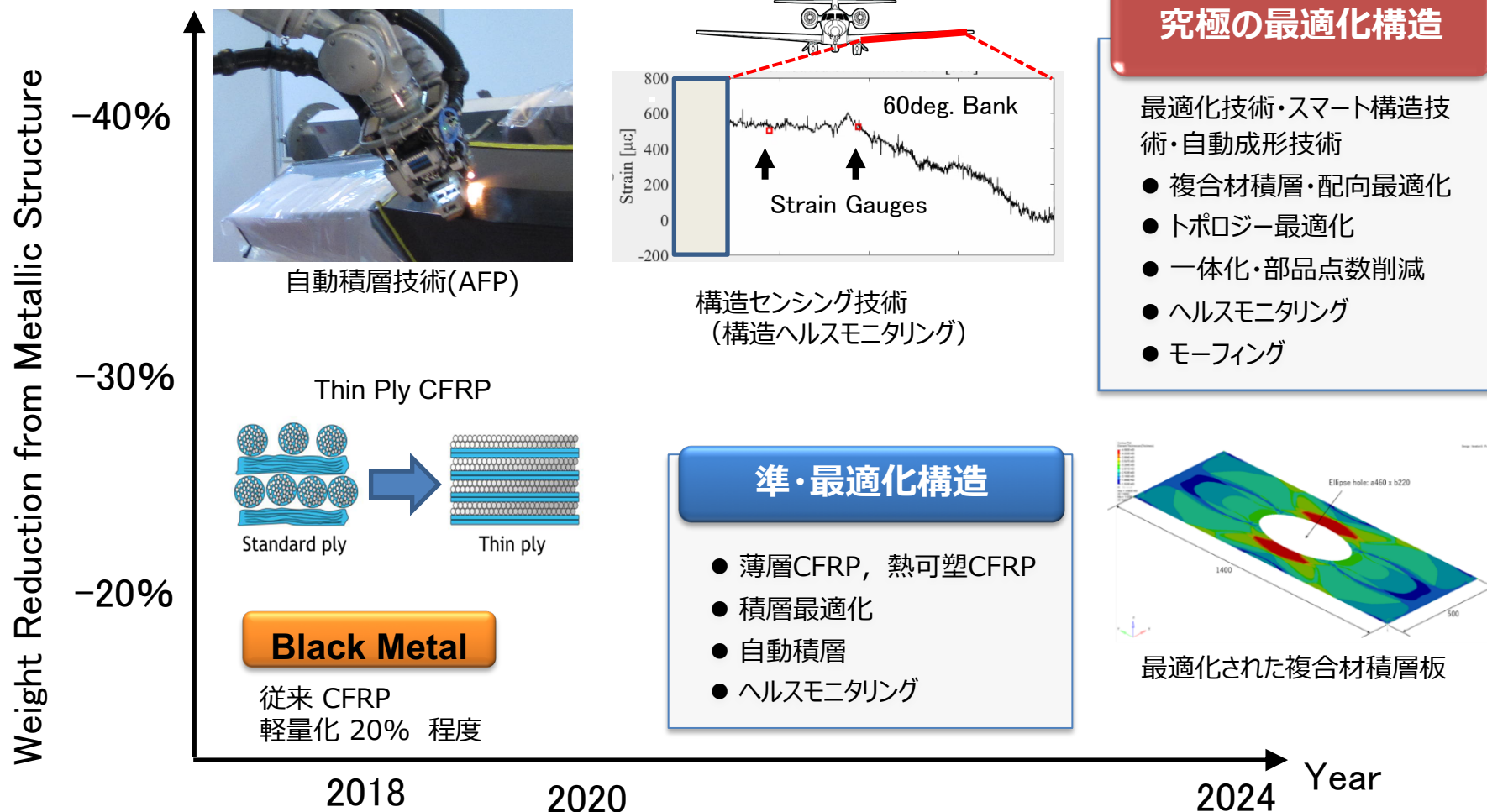


ひずみ分布に合わせた外板厚を自動積層で実現  
→ 44%重量軽減

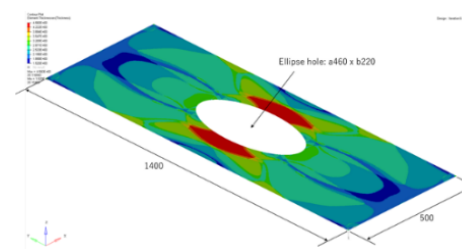
トポロジー最適化で補強部材配置を最適化し  
構造全体の軽量化を目指す

# 2.6 バイオニックエアフレーム ロードマップ (2018~)

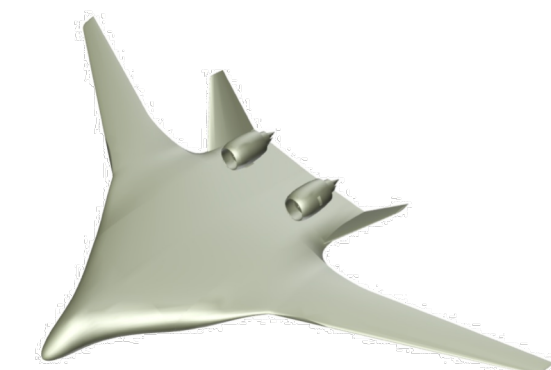
- 先進的な複合材（薄層化複合材，熱可塑複合材）を活用した脱ブラックメタル構造の実現
- トポロジー最適化技術とスマート構造技術の統合，自動成形技術による実現



トポロジー最適化



最適化された複合材積層板



新形態/構造様式

## 【産業界のニーズに応える研究】

- 外部連携も活用した，産業界の課題へ取り組む研究

## 【将来を見据えた研究】

- 長期的視点とシーズ創成のための基礎的研究
- 「究極の最適構造」を目指した研究
  - トポロジー最適化、スマート構造、自動成形
  - 複合材を最大限活用する技術
- 試験評価技術を強味とする実証的研究

# ご清聴ありがとうございました

