

「エネルギー・航空運輸機器の安全性向上に資する 高精度マルチスケール損傷評価体系の構築」

研究テーマ2「高分子基複合材料のマルチスケール損傷 評価手法の 開発とその構造ヘルスマモニタリングへの応用」

落錘低速衝撃を受けた擬似等方SACMA試験片のμフォーカスX線CT撮像観察 およびインパルスハンマ加振実験モーダル解析

青木 勇樹(千葉工大), 鈴木 浩治, 金原勲(金沢工大), 齊藤博嗣

研究背景

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)

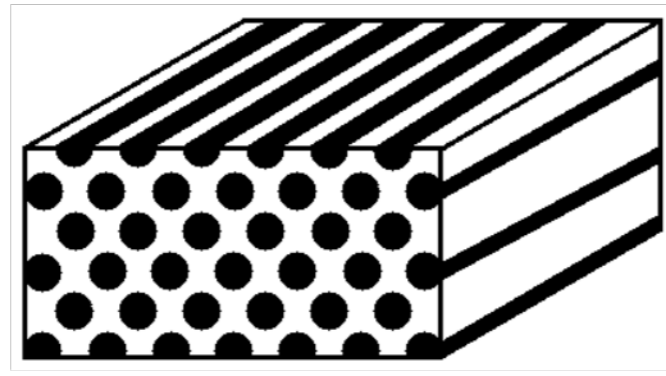
・プラスチックを母材, 炭素繊維を強化材として機械特性を強化した複合積層材料

スポーツ分野(ゴルフシャフト、釣り竿)
産業分野(航空機、自動車)
建設分野(耐震補強)へ

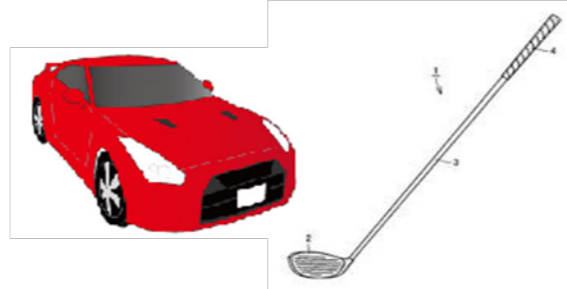
CFRPの需要が高まっている

層間剥離、層内樹脂割れによる強度の低下がなく、安心かつ安全に製品を使用したい...

**非破壊検査の重要性が高い
(例:超音波、赤外線、加振)**



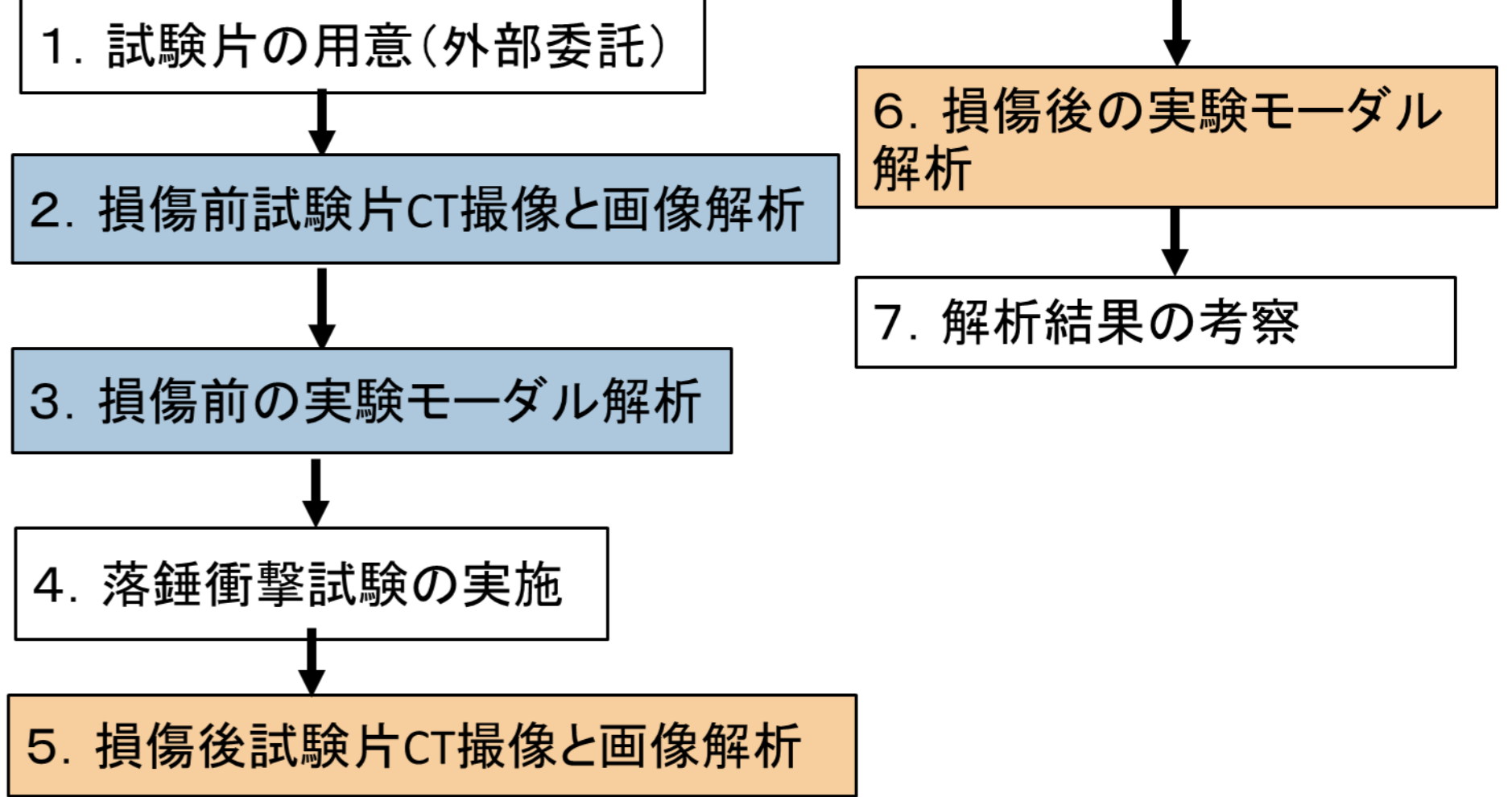
●...炭素繊維
○...樹脂
Fig.1 CFRP全体図



目的

擬似等方SACMA試験片に落錘衝撃試験を実施する。そして供試体のμフォーカスX線CT撮像観察を実施し、損傷指標となりうる量を探す。さらにインパルスハンマ加振実験モーダル解析も実施し、CFRP積層複合材の新しい非破壊検査手法の提案を目指す。

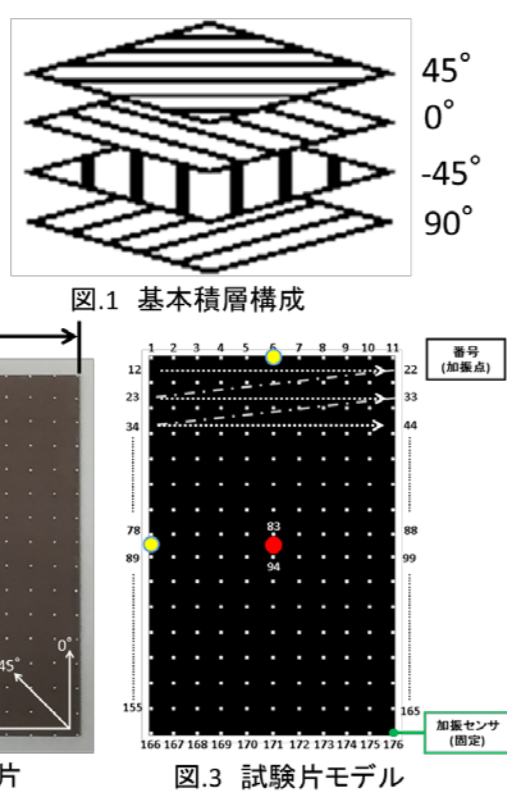
研究の流れ



供試体

試験片

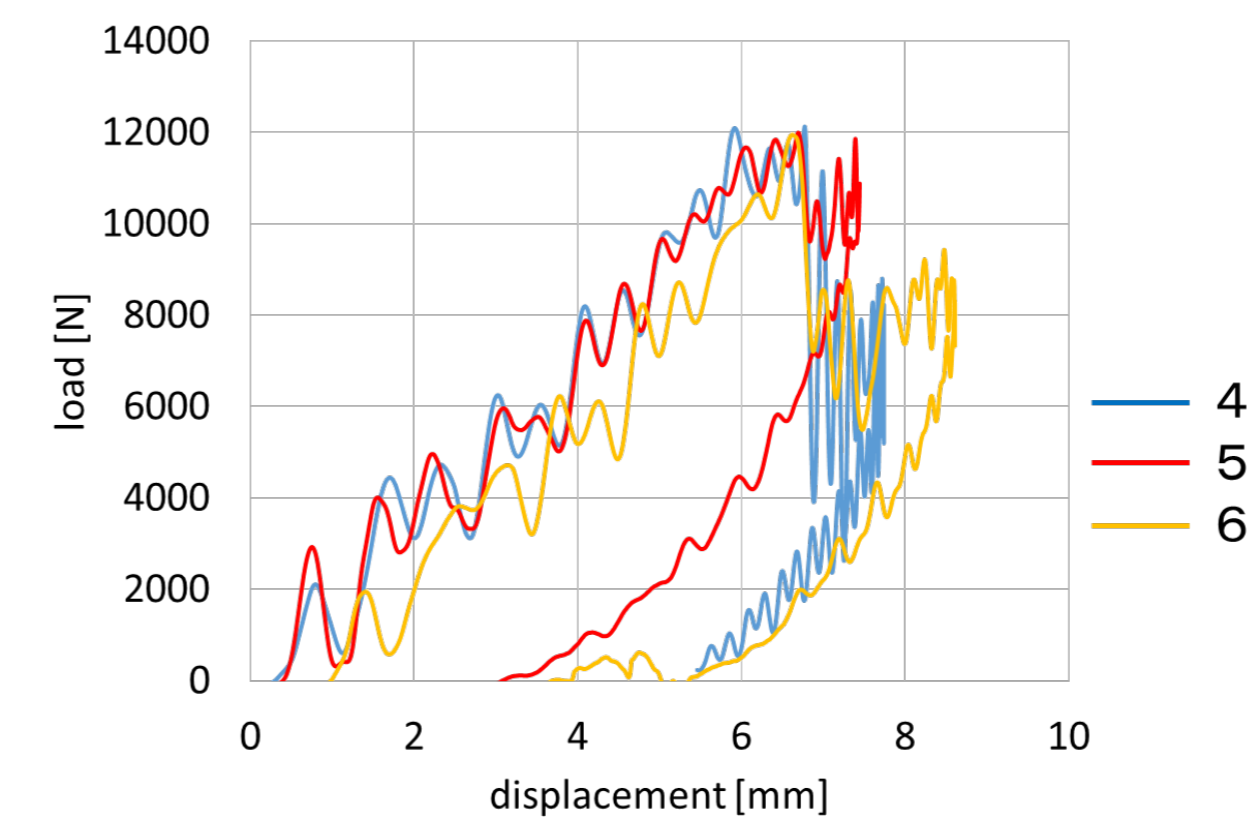
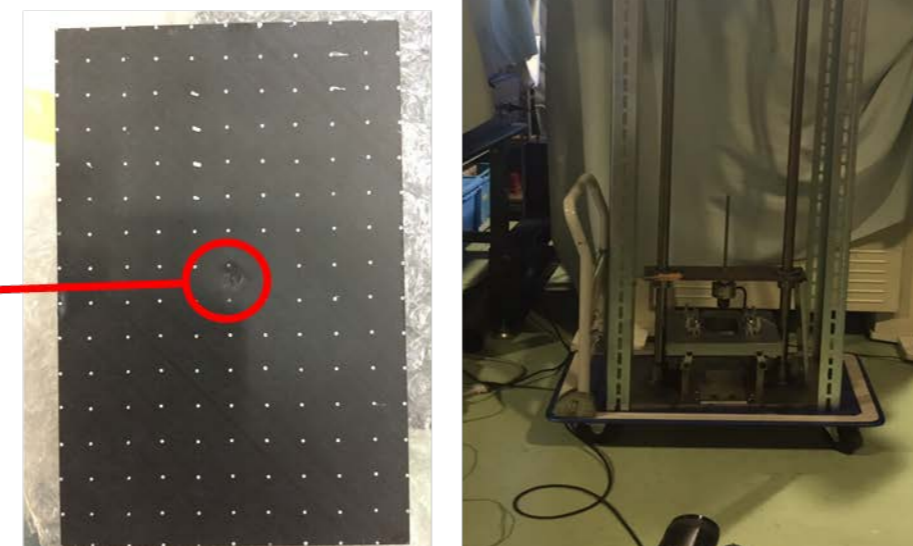
- ・材質
CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic (三菱レーヨンパイロフィルプリプレグ)
- ・積層構成
疑似等方 [45/0/-45/90]_{4s} (層数: 32層)
- ・寸法
150mm × 100mm × 4mm
- ・研究で使用する枚数
3枚



落錘衝撃試験

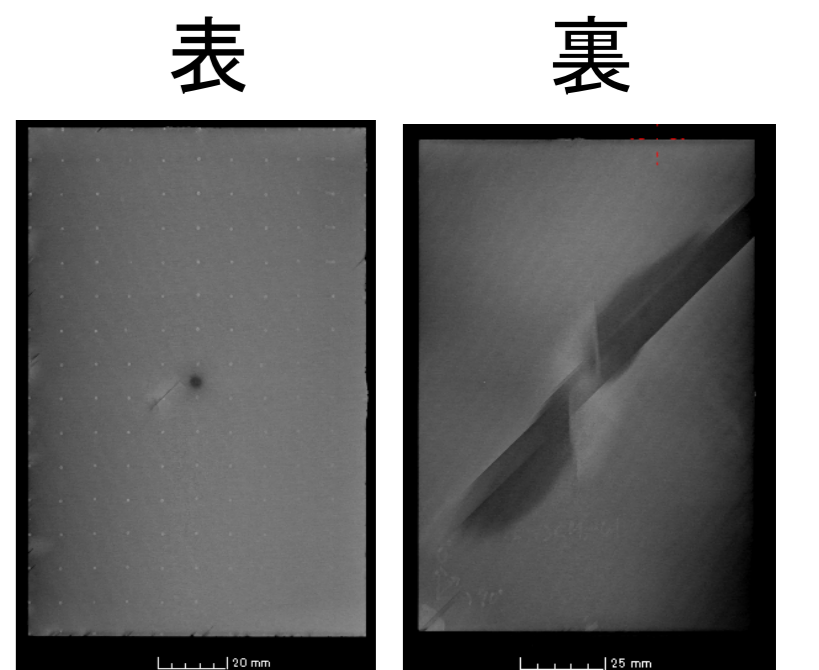
落錘衝撃試験機
総重量97kg
打撃部4.346kg
試験高さ1800mm
幅500mm
奥行き300mm
打撃部最大落下高さ1100mm

破壊部分



試験片4,5,6のストライカの荷重と変位の関係(11.7J/mm)

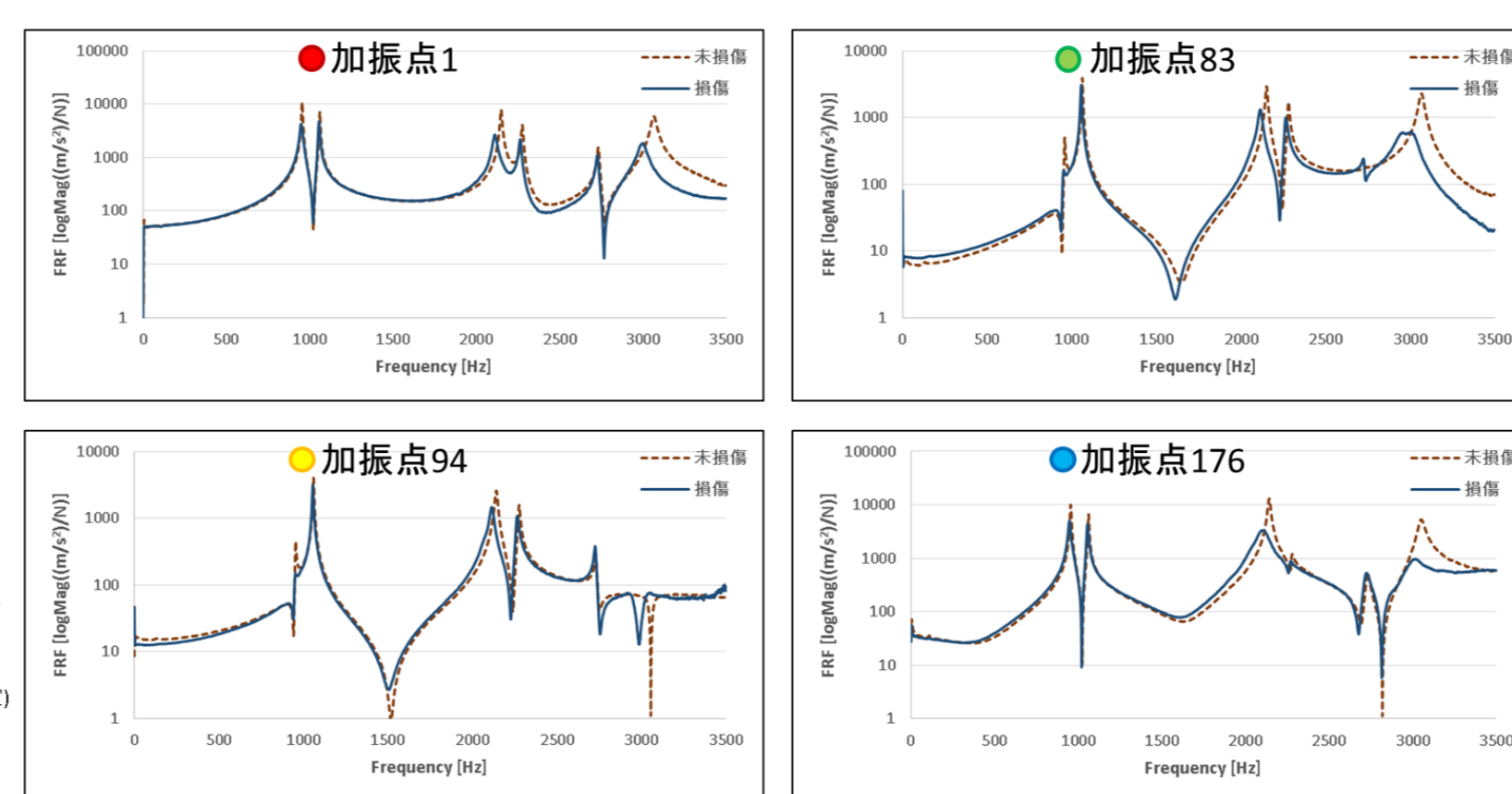
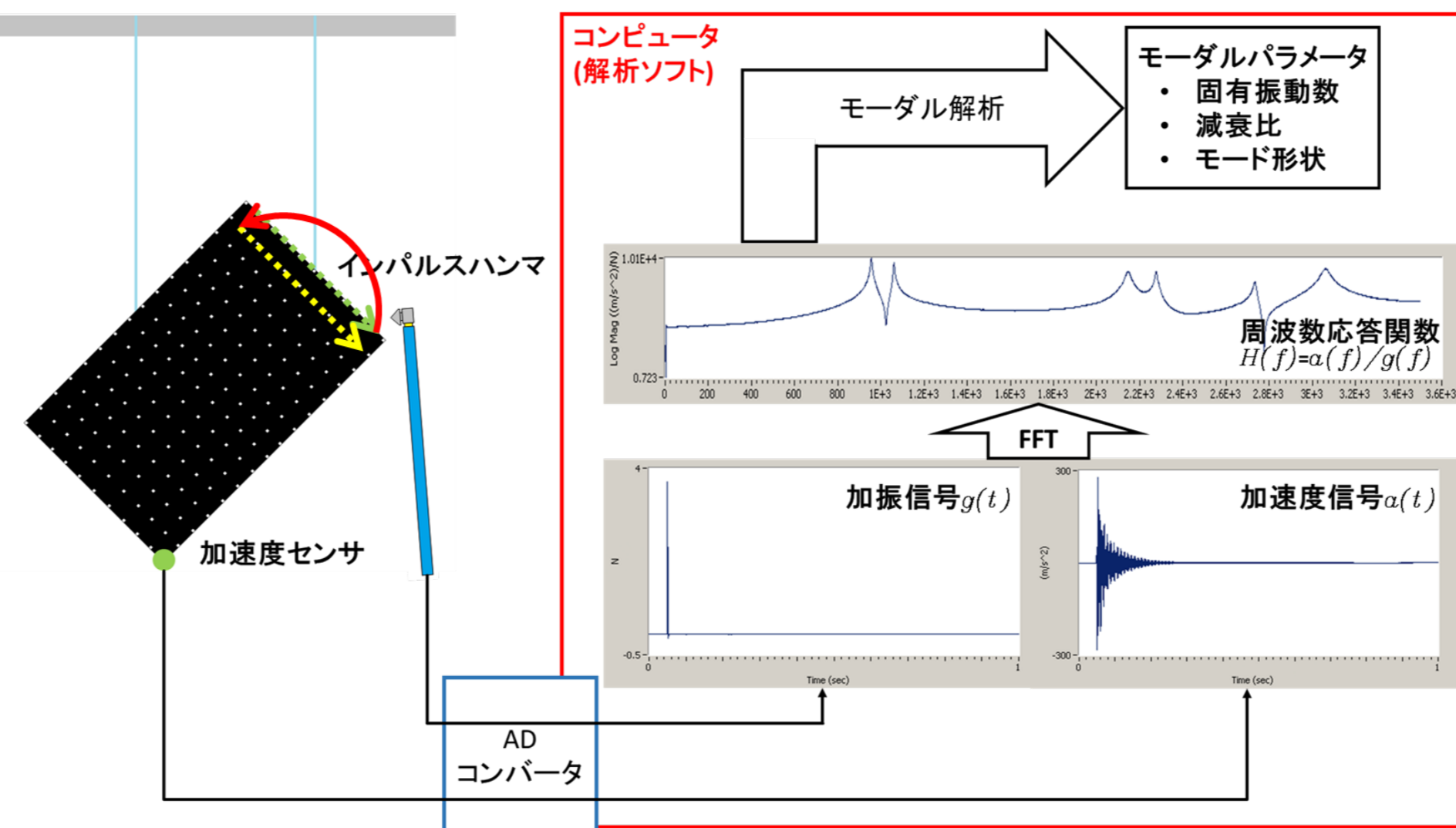
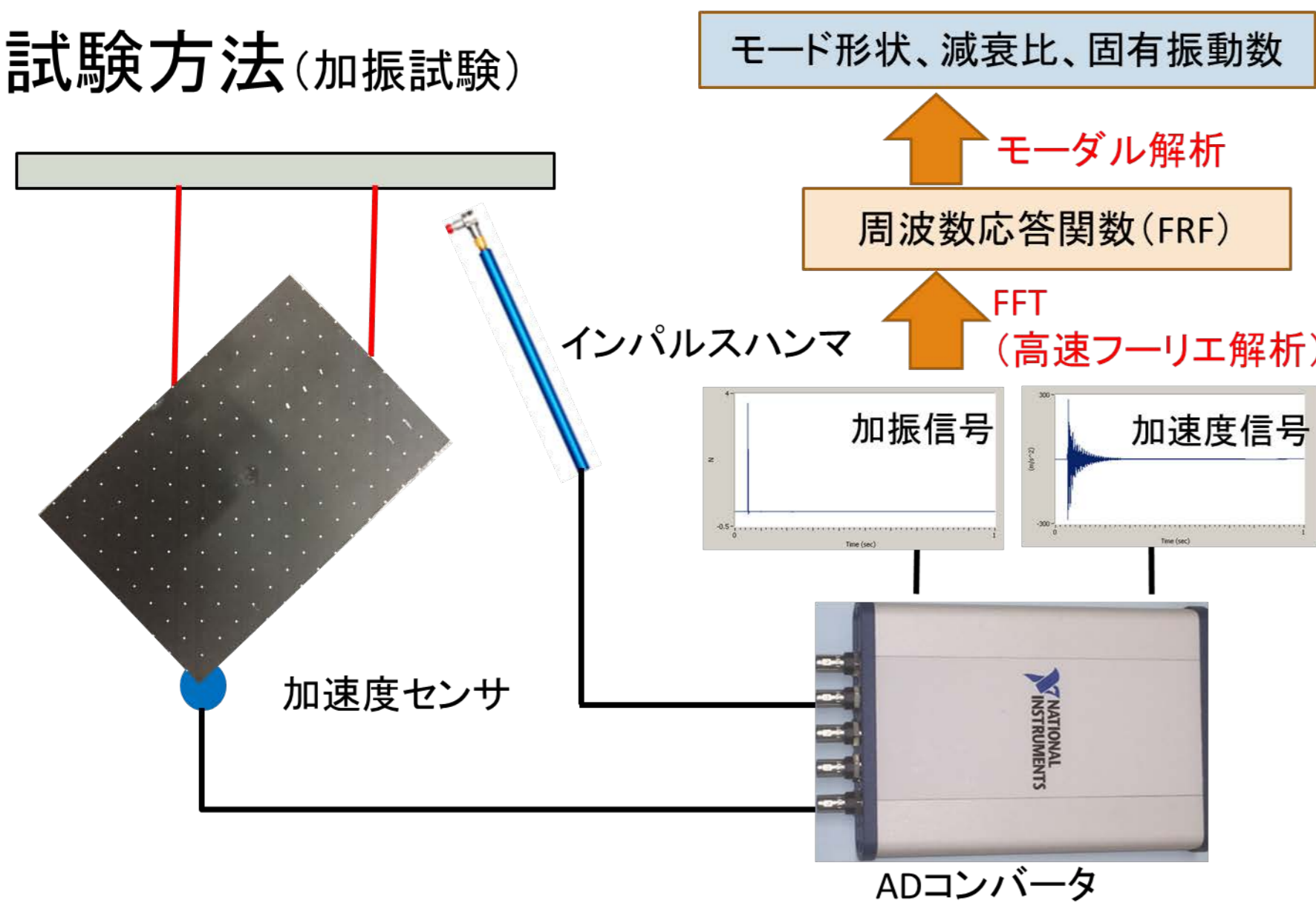
μフォーカスX線CT撮像



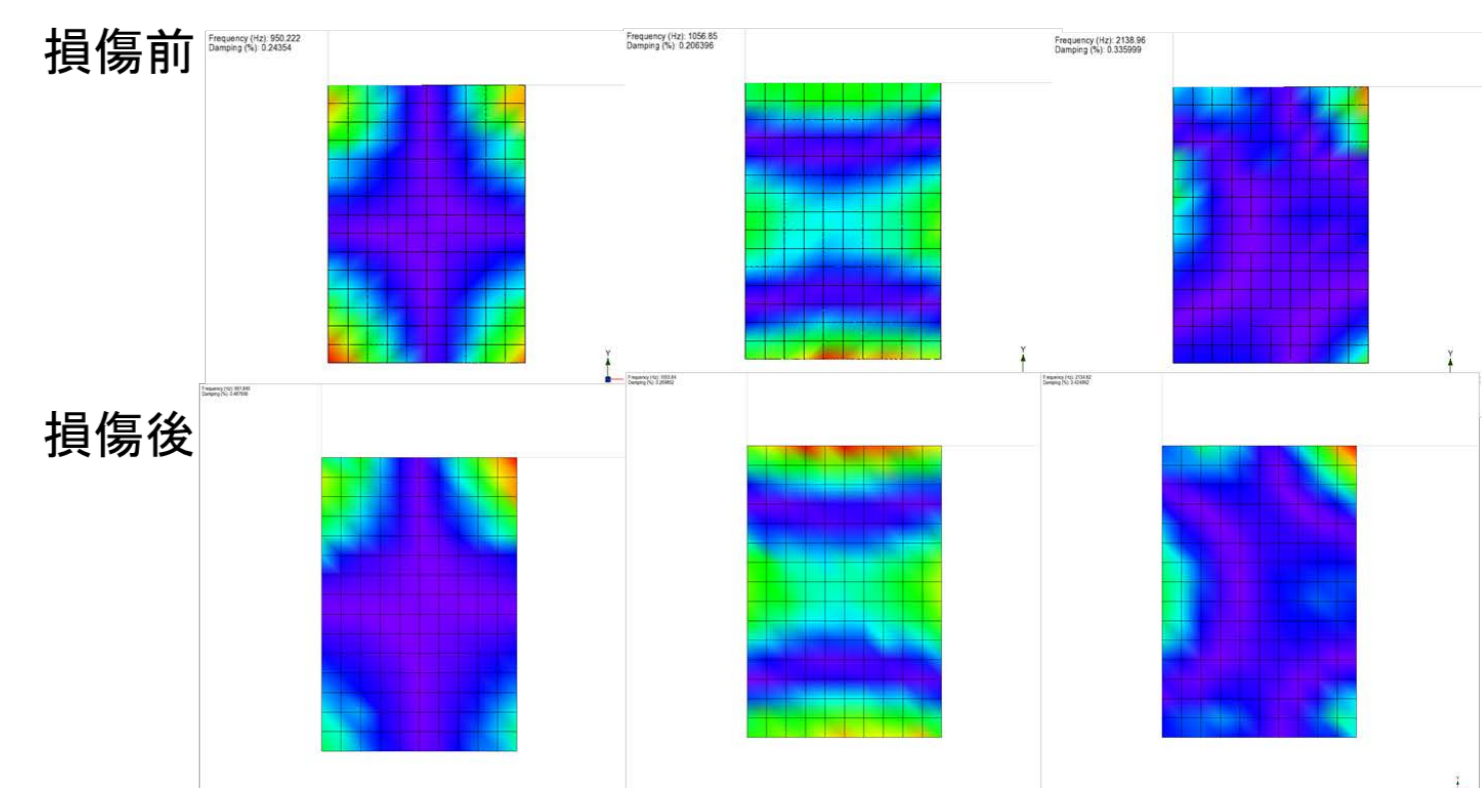
QSI-01-AI28J

実験モーダル解析

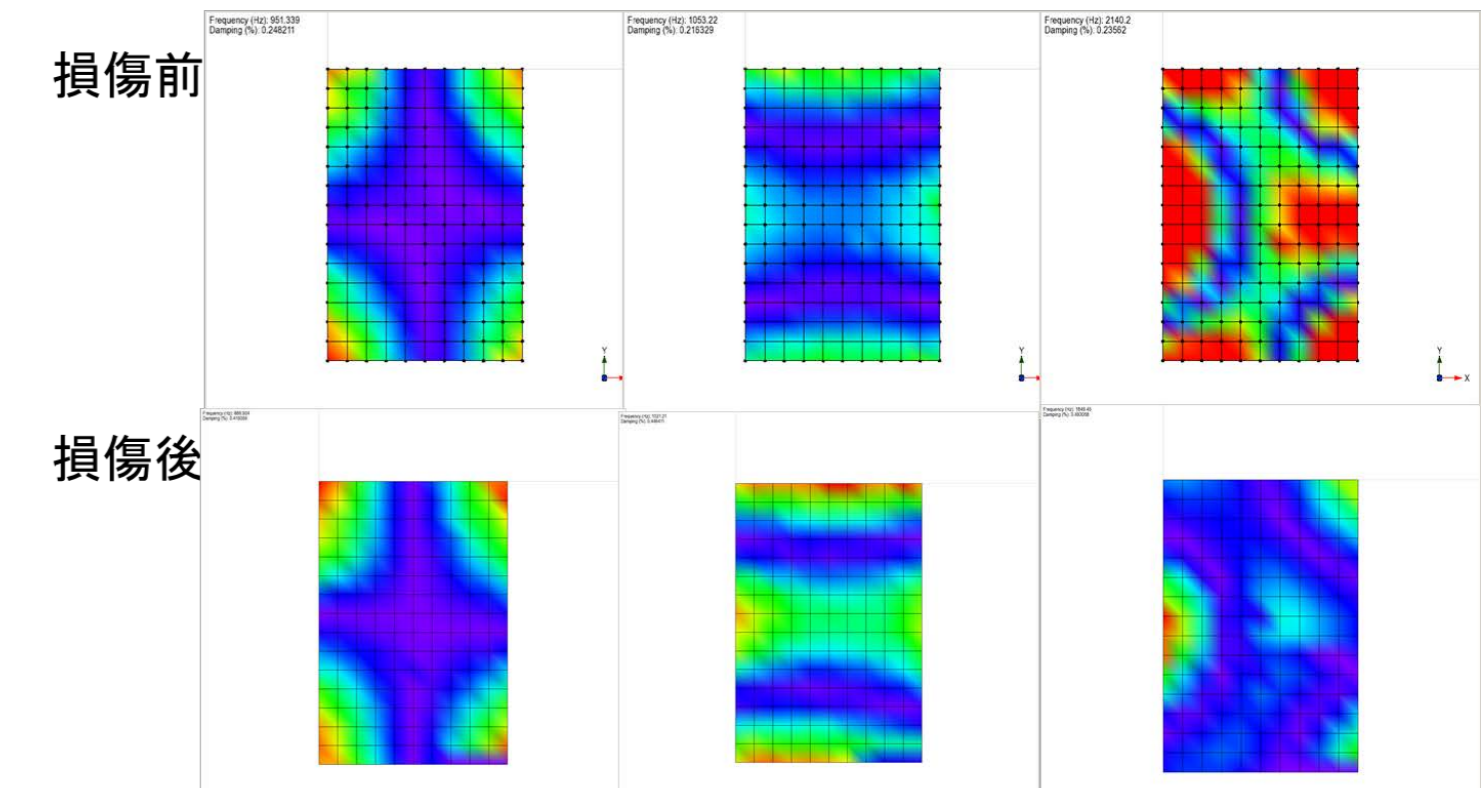
試験方法(加振試験)



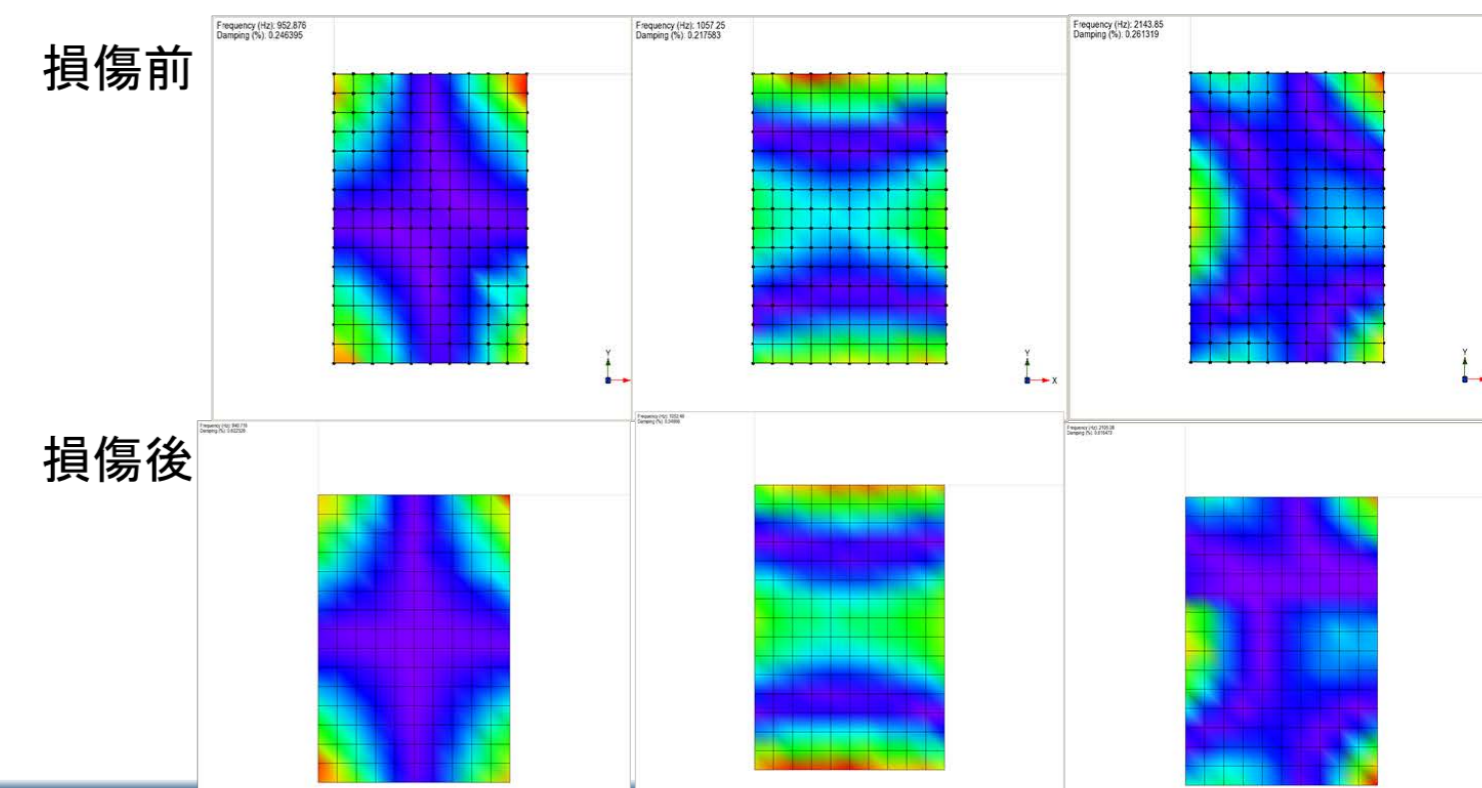
振動1~3次モード比較(試験片2) ※左から1次, 2次, 3次



振動1~3次モード比較(試験片5) ※左から1次, 2次, 3次



振動1~3次モード比較(試験片8) ※左から1次, 2次, 3次



結論

本研究では擬似等方SACMA試験片に落錘衝撃試験を実施した。そして供試体のμフォーカスX線CT撮像観察を実施し、さらにインパルスハンマ加振実験モーダル解析も実施した。今後、CFRP積層複合材の新しい非破壊検査手法の提案を目指していく。

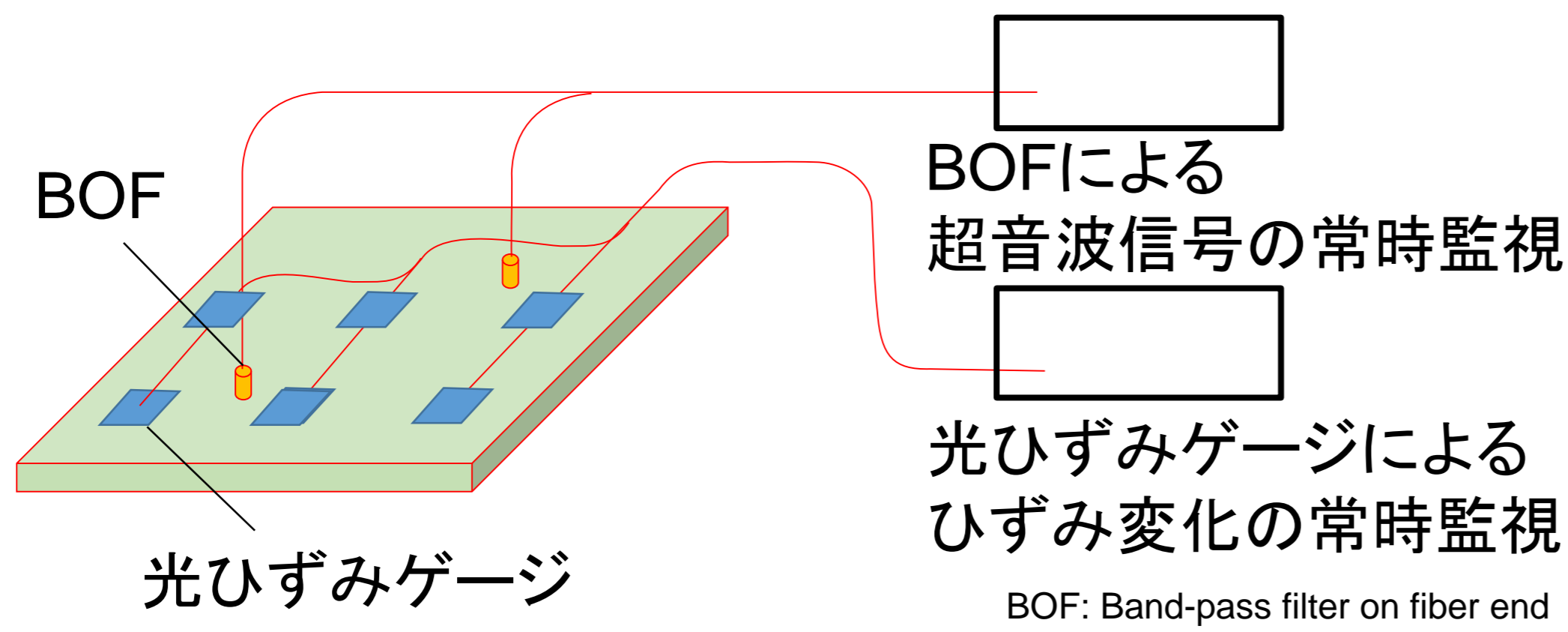
「エネルギー・航空運輸機器の安全性向上に資する 高精度マルチスケール損傷評価体系の構築」

研究テーマ2「高分子基複合材料のマルチスケール損傷 評価手法の
開発とその構造ヘルスマモニタリングへの応用」

炭素繊維複合材料の 光ヘルスマモニタリング方法の開発

松田 健太郎 遠藤 隆昭 長瀬 亮

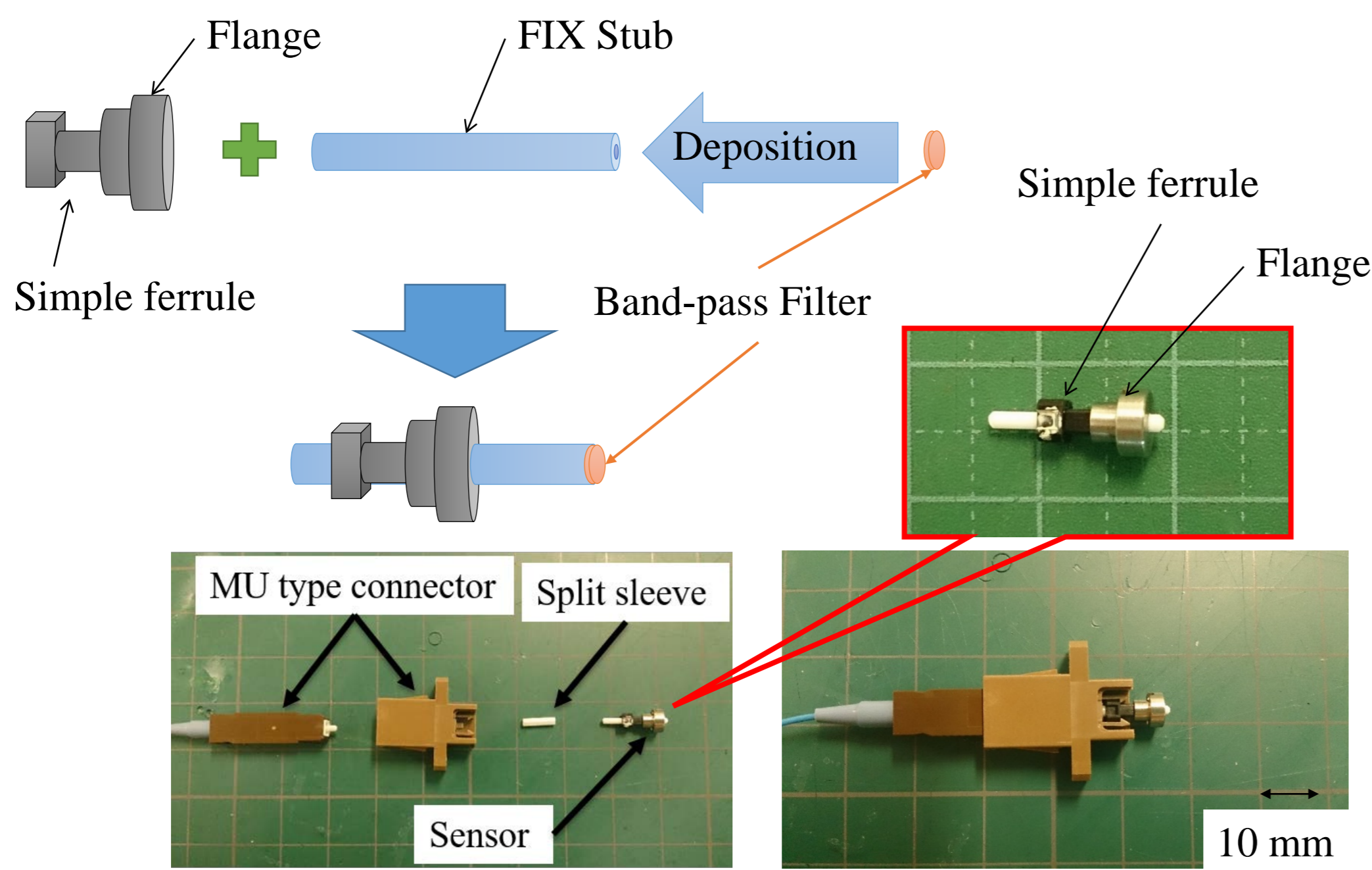
研究背景



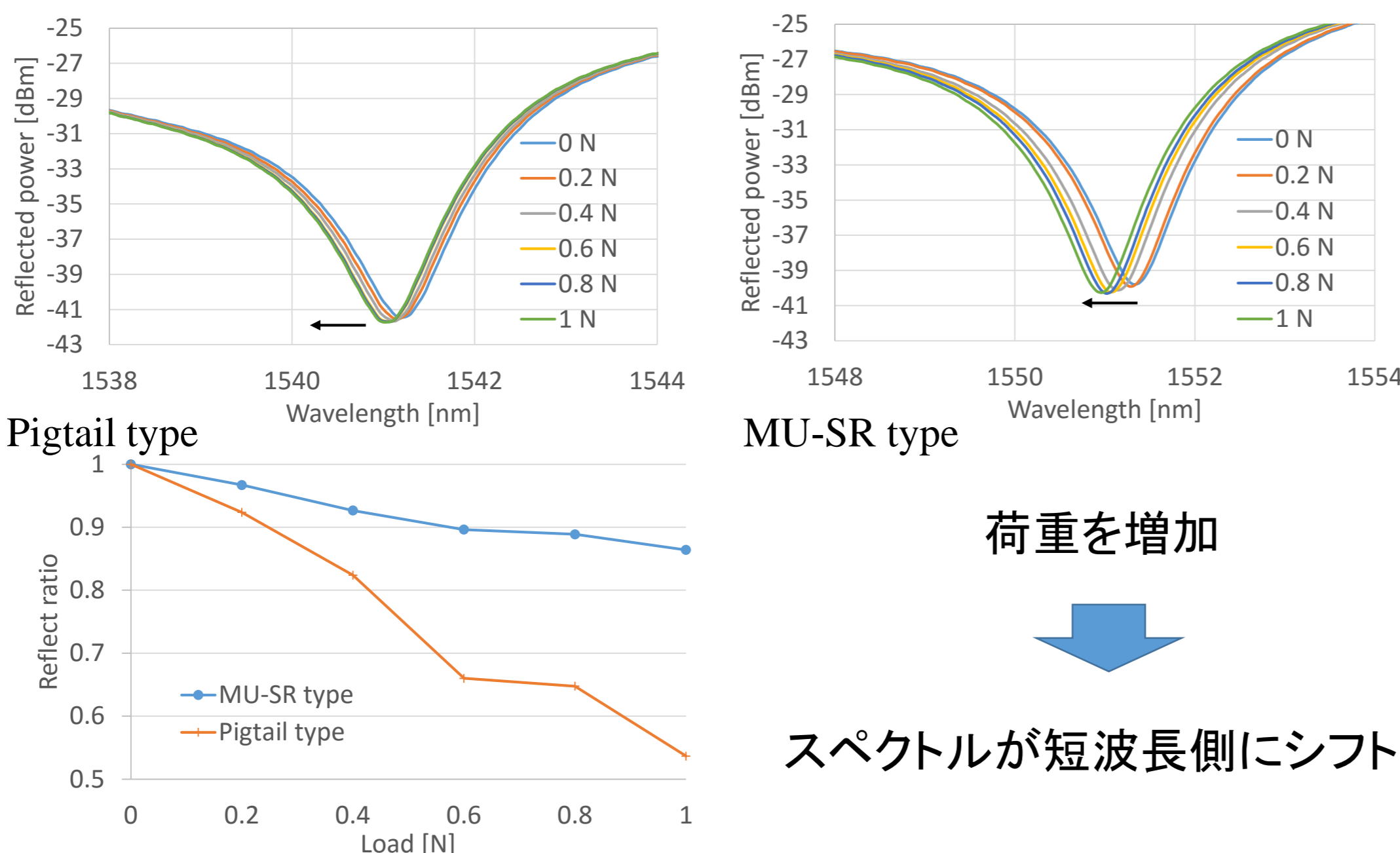
炭素繊維複合材料の経済的な劣化診断

- 炭素繊維複合材料に損傷が発生した瞬間の微小な振動の検出
- 光ファイバによる多点同時ひずみ計測

誘電体多層膜を用いた光ファイバセンサ

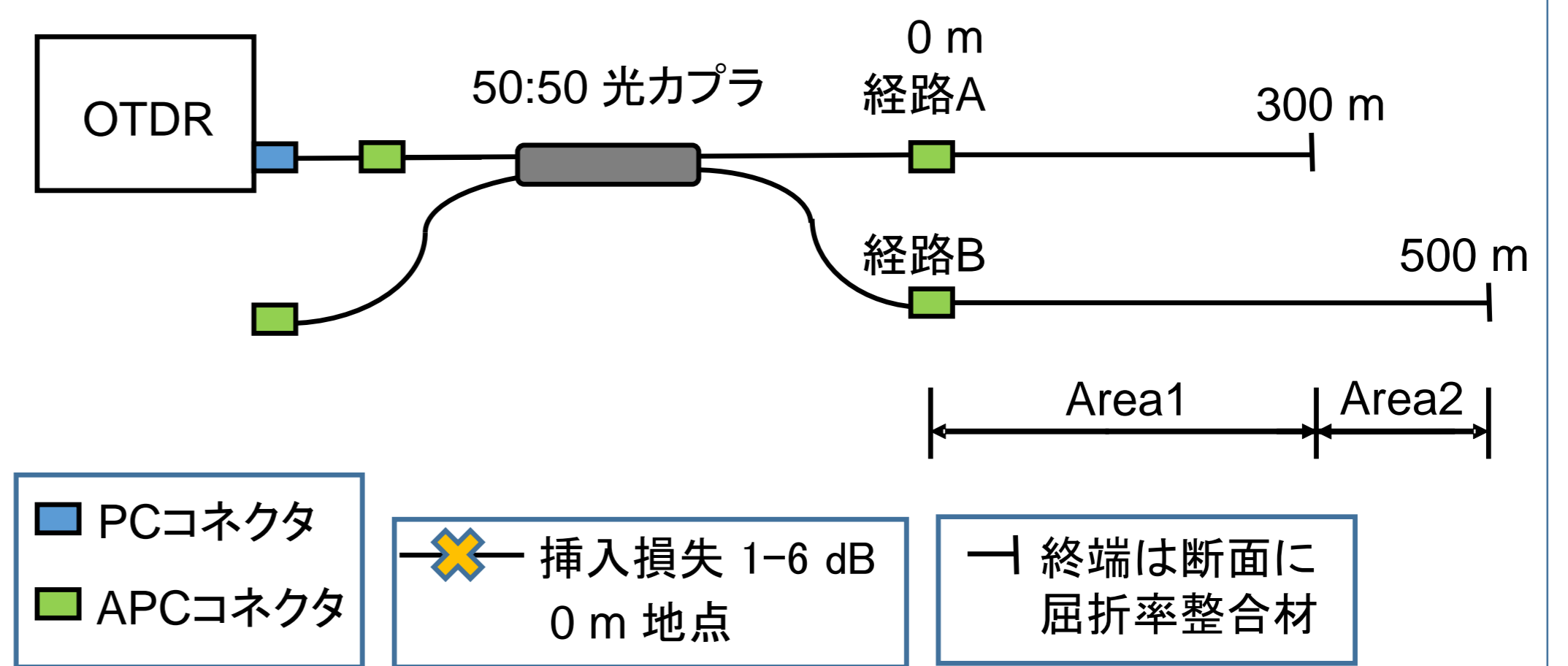


誘電体多層膜による光センサと光コネクタ接続部を一体化した小型センサ

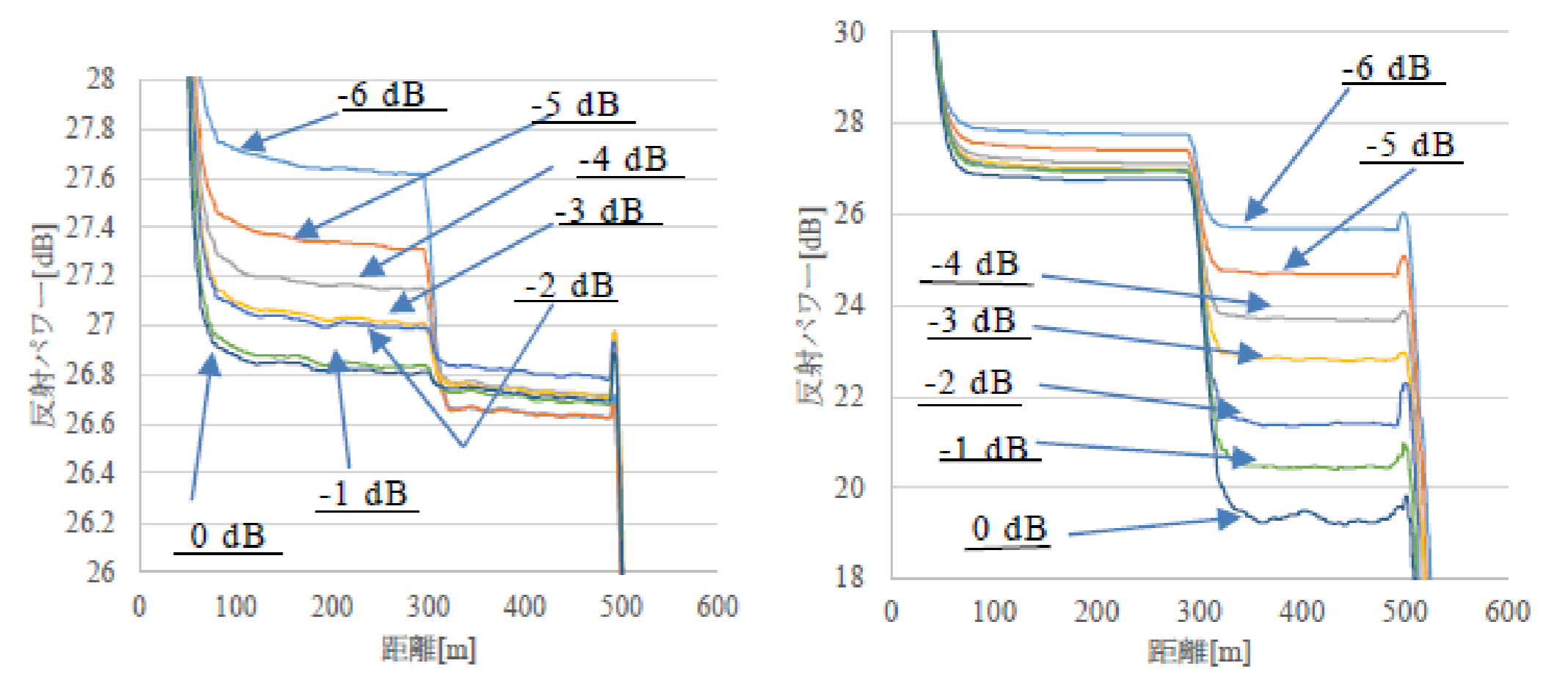


基本的特性を確認

分岐光線路における 損失変動測定



終端までの距離が異なる分岐光線路



分岐光線路における損失変動測定

経路、距離と損失量を特定できることを確認

「エネルギー・航空運輸機器の安全性向上に資する 高精度マルチスケール損傷評価体系の構築」

研究テーマ2「高分子基複合材料のマルチスケール損傷 評価手法の
開発とその構造ヘルスマモニタリングへの応用」

ひずみ計測による構造モデルの逐次データ同化 - 複合材料構造ヘルスマモニタリングへの適用に向けて -

秋田剛, 鈴岡拓也, 鈴木浩二(千葉工業大学)

1. 研究背景

複合材の構造ヘルスマモニタリング手順 1

- ① 計測・検出
 - 非運用時
 - ・ 目視による検査, X線による検査, 超音波診断, etc.
 - 運用時
 - ・ 振動計測, ひずみ計測, etc.
- ② システム同定・診断
 - システム表現
 - ・ パラメトリック, ノンパラメトリック
 - ・ 時間領域, 周波数領域
 - 運用形態
 - ・ 一括処理, 逐次処理
- ③ 補修

本研究のターゲット 2

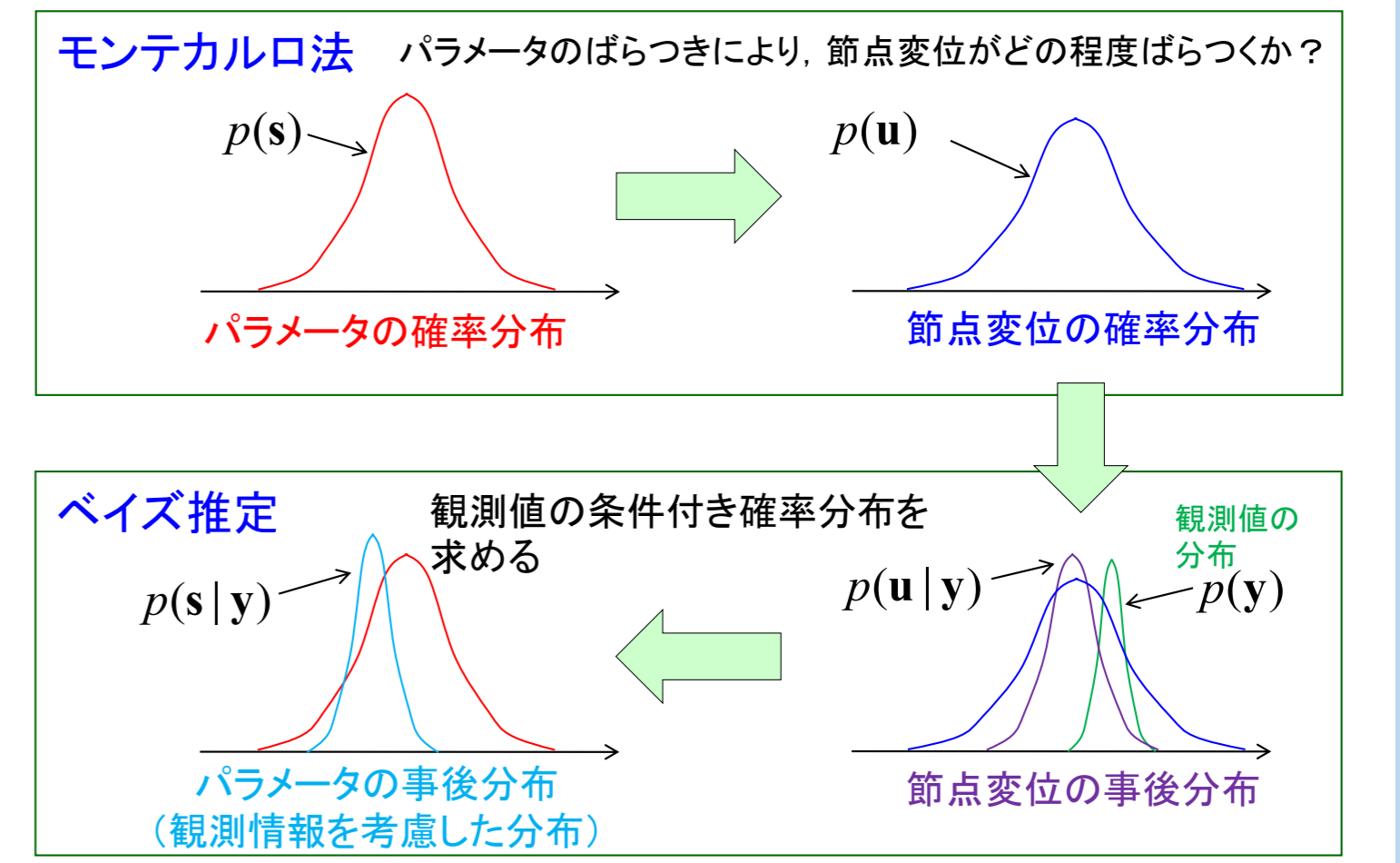
- ① 計測・検出
 - 運用時
 - ・ ひずみ計測
 - ② システム同定・診断
 - システム表現
 - ・ パラメトリック
 - 運用形態
 - ・ 逐次処理
- FBGセンサー等の多点多点ひずみ同時計測を使った逐次システム同定法について検討!
- 逐次データ同化の適用

2. 逐次データ同化の非線形FEMへの適用

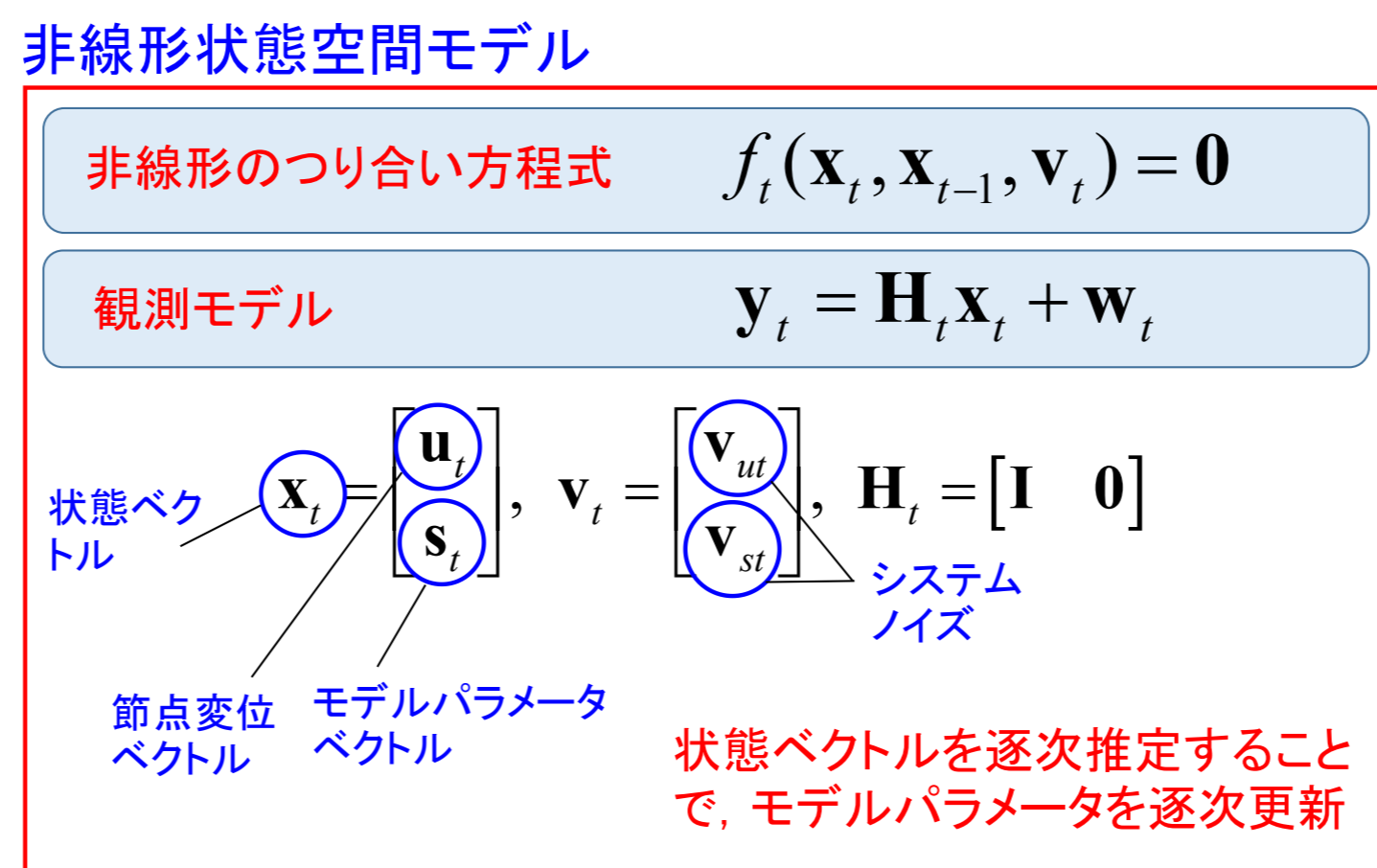
逐次データ同化法 5

- ・ 古典的方法
 - カルマンフィルタ.....線形問題, ホワイトガウシアンノイズ
 - 拡張カルマンフィルタ.....弱非線形問題
 - ・ 状態空間表示できる低次元の物理モデルが対象!
- ・ 計算統計学的方法 本研究で適用
 - アンサンブルカルマンフィルタ.....任意の非線形問題
 - 粒子フィルタ.....任意の非線形問題, 任意の確率分布
 - ・ 状態遷移を計算できれば良く, 線形化も不要
 - ・ 熱・構造・流体などの複雑で大規模な非線形数値シミュレーションモデルを物理モデルとして採用可能

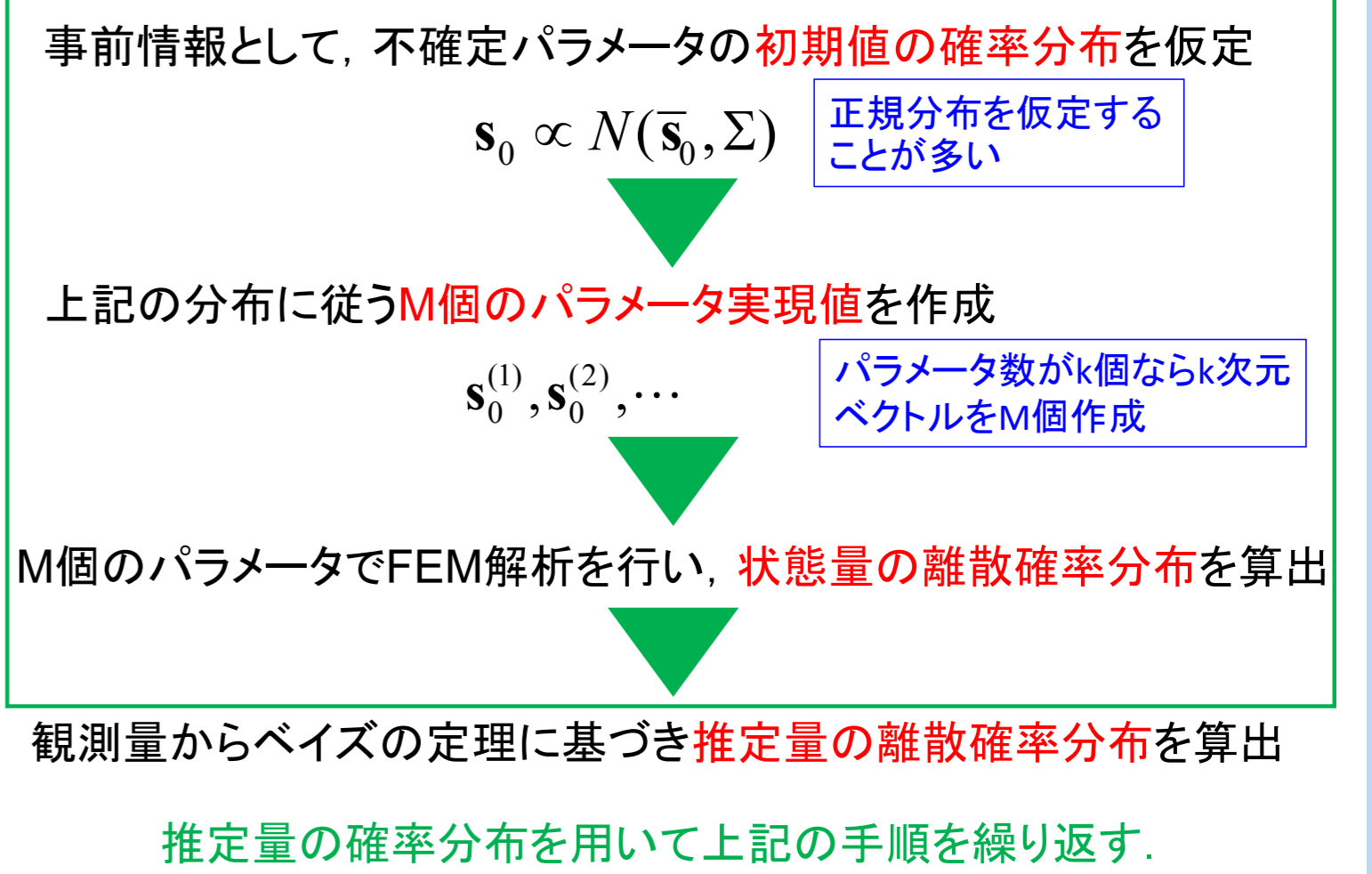
データ同化における確率分布の評価 7



非線形FEMにおける逐次データ同化法 6



データ同化における状態量推定 8

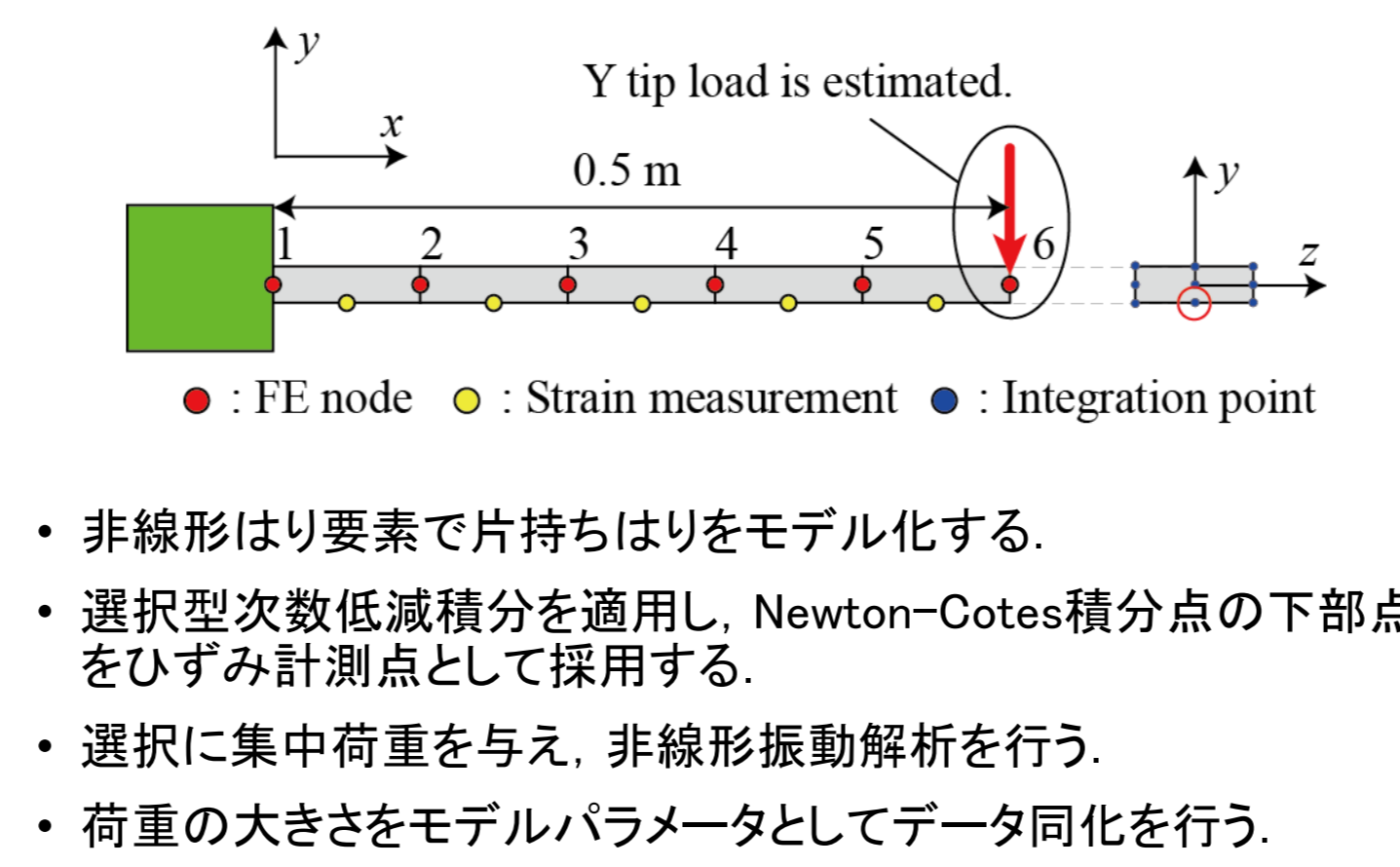


データ同化の適用について 3

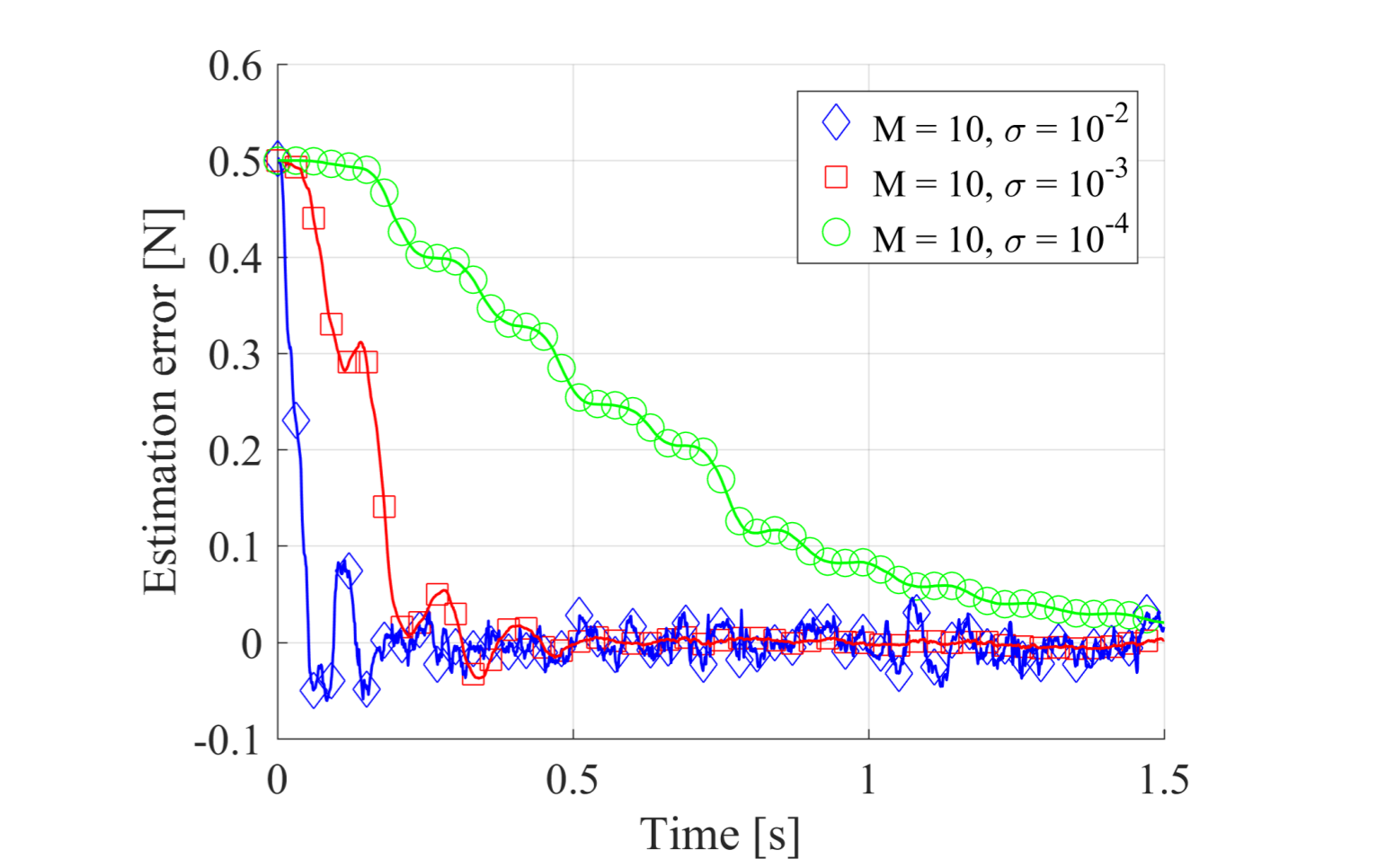
- 現状の数値シミュレーション(決定論的アプローチ)
- ・ ノミナルの数学モデルに基づく予測計算
 - 予測精度を向上させるためには, 測定データを用いたオフラインでのモデル修正が必要となる。
 - 「現在までの測定データをもとに高精度モデルを作成して温度や変形の予測をしたい」という場合, 大きな手間がかかる。
 - 計算結果の統計的な信頼性評価が困難である。
- データ同化手法の適用(統計論的アプローチ)
- 数値計算と統計的推定のシームレスな結合
 - モデル修正や統計的な評価の自動化が可能
 - 大規模計算(熱解析・構造解析)との組み合わせが可能

3. 非線形はり要素への適用と数値実験

数値実験モデル 9



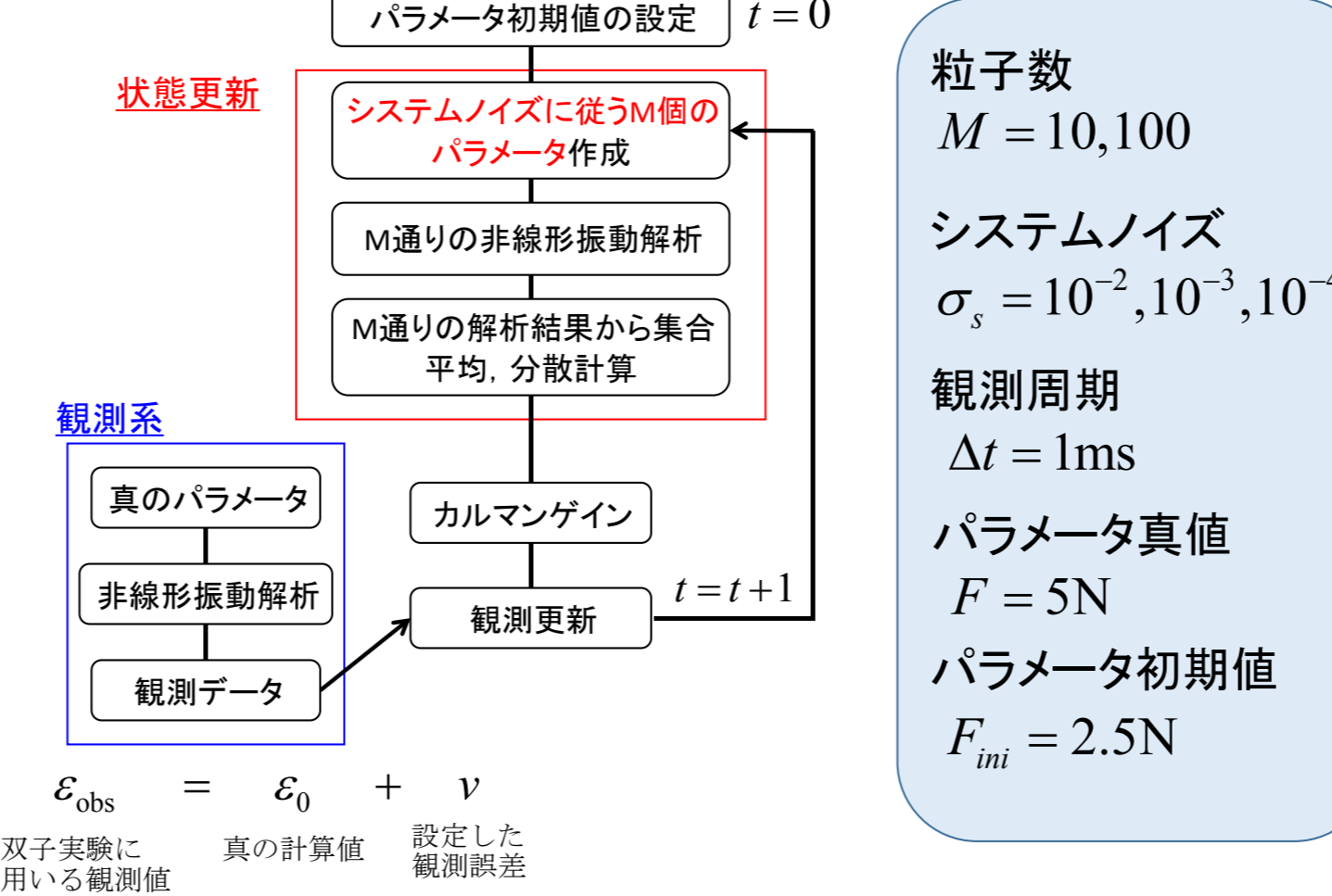
実験結果1 (M = 10) 11



どのように使うか? 4

- ・ 非線形有限要素法の構造モデルを用いたシステム同定に適用
 - ・ 非線形有限要素解析モデルを利用した, パラメトリックな構造ヘルスマモニタリングの構築
 - ・ データ同化で求められる同定結果の統計量を使って, 異常診断の高度化
 - ・ データ同化では逐次推定が可能のため, 運用時での異常診断システムの構築
- ・ FBGセンサー等のひずみ計測システムの組み込み
 - ・ データ同化では各種センサー入力を容易に組み込み可能
 - センサー配置の提案, 必要精度の見積もり等

双子実験 10



実験結果2 (M = 100) 12

