



分類	材料シミュレーション
キーワード	炭素繊維強化複合材料、有限要素法、熱伝導解析、樹脂硬化解析、残留応力解析、損傷発展解析
開発者	小笠原朋隆、キム サンウォン、吉川暢宏
作成年月	2013年3月
コード名	FrontCOMP
使用言語	Fortran90、C、C++

◇ソフトウェア開発の目的

炭素繊維強化複合材料（Carbon Fiber Reinforced Plastic、CFRP）は航空機のみならず、燃料電池自動車用高圧水素容器や風車への活用が図られ、軽量化の利点を最大限に活かす設計と製造の方法論が求められている。一般には、製造効率を高めれば欠陥の発生頻度も上がるので、求められるのは強度信頼性評価を的確に行い得る方法論である。その新機軸を打ち立てるため、繊維束と樹脂を区別するメソスケール有限要素モデルを基盤に据えたソフトウェアを開発している。

◇ソフトウェアの構成

主要な開発構成モジュールとその機能を列挙する。

- (1) 賦型プロセスシミュレーター（FrontCOMP_mold）
 - ・ 曲面の離散化と測地線探索
 - ・ 測地線を立体交差化
 - ・ 経路および樹脂部境界面を作成し内部に四面体有限要素を生成
- (2) 硬化プロセスシミュレーター（FrontCOMP_cure）
 - ・ 樹脂の自己発熱を考慮した熱伝導解析と硬化度解析機能
 - ・ 硬化度から決定される収縮と熱膨張を考慮した構造解析実施
 - ・ 粘弾性体として流動解析を模擬
- (3) 損傷発展シミュレーター（FrontCOMP_damage）
 - ・ 繊維束および樹脂単体に対する強度試験から損傷発展則を設定
 - ・ 繊維強化複合材料の的確な強度信頼性評価が可能

(4) 統合化プラットフォーム

- ・ FrontCOMP_mold、FrontCOMP_cure、FrontCOMP_damage の有機的運用
- ・ 材料 DB 損傷ナレッジ DB 等各種 DB の作製と活用

◇高圧水素スタンド用蓄圧器の強度評価と最適設計

フィラメントワインディングより製造される繊維束メゾ構造を忠実にモデル化することで局所的な応力集中を評価し、従来のマクロスケールモデルでは不可能な合理的基準による強度評価が可能となった(図1)。硬化プロセスで発生する過昇温や、樹脂欠陥による強度低下についても合理的評価が可能であり、製造効率と強度間のトレードオフ問題を解決する有効なツールとなり得ることを示した。メゾスケールパラメータである、繊維束の寸法やメゾ構造トポロジー、さらには樹脂の破断強度と伸びや硬化特性まで含めて、最適化が可能となった。

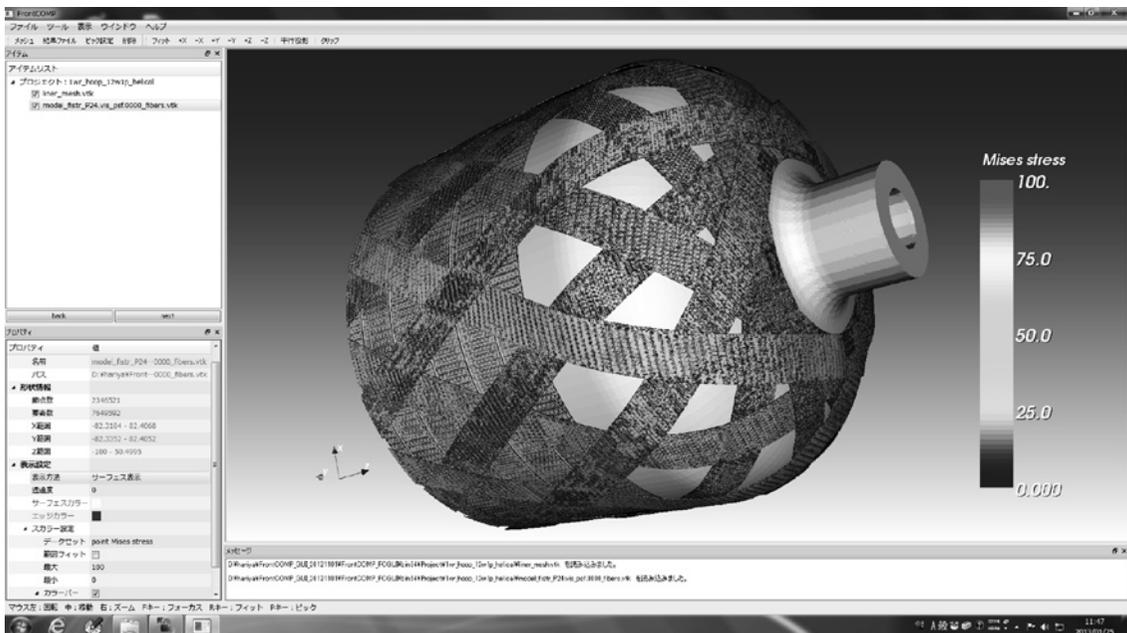


図1：高圧水素蓄圧器のメゾスケール応力解析

(執筆責任者：吉川暢宏)