



文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
 「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」
 大規模アセンブリ構造対応マルチ力学シミュレーターの研究開発
 Research and Development for Next-generation Information Technology of MEXT
 "Research and Development of Innovative Simulation Software"
 Large Scale Assembly, Structural Correspondence, Multi Dynamics Simulator
 東京大学生産技術研究所 —— 革新的シミュレーション研究センター

分類	マルチ力学解析シミュレーション
キーワード	マルチ力学解析、プレポスト、インターフェースモデル、モデル細分
開発者	吉村 忍、杉本振一郎、米村 望、清河 和久、徳永 健一、佐藤 昌宏
作成年月	2010年6月
コード名	REVOCAP_Coupler、REVOCAP_PrePost、REVOCAP_Refiner
使用言語	C、Fortran90、C++、Ruby

◆大規模アセンブリ構造対応マルチ力学シミュレーター REVOCAP システムについて

本プロジェクト「次世代ものづくりシミュレーションシステム」の「大規模アセンブリ構造対応マルチ力学シミュレーターの研究開発」での大規模アセンブリ構造とは、実際に設計現場にて使用されている複数の部品から構成されているアセンブリ構造体を指し、またマルチ力学とはいわゆる連成解析（マルチフィジックス解析）のことをいう。主なマルチ力学解析には流体-構造解析、熱-流体-構造解析などがあげられる。これらは現在、小規模なモデルでは解析が行われているが、大規模なアセンブリ構造体（実機アセンブリ構造体）をターゲットとしたマルチ力学解析については実用化されていないのが現状である。このため、実際に行われている解析は、構成要素に対して流体・構造・磁場単体で行われており、精度的に不十分なものであった。

それらの問題を解決するために本サブグループでは、PCクラスターから次世代スパコンなどの超並列計算機にも対応可能な大規模アセンブリ構造体マルチ力学シミュレーター、REVOCAPを開発している。REVOCAPシステムはマルチ力学エンジン REVOCAP_Coupler、プレポストシステム REVOCAP_PrePost、モデル細分モジュール REVOCAP_Refiner からなり、今年度はこれらのβ版を公開する。REVOCAPシステムの概略図を示す（図1）。

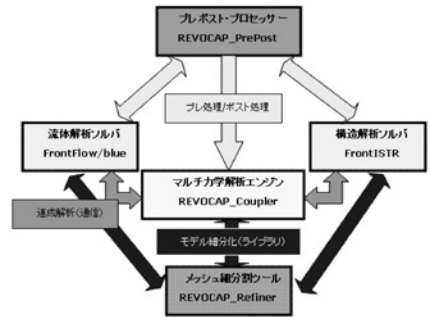


図1 REVOCAP システム概念図

◆大規模アセンブリ構造対応マルチ力学解析エンジン REVOCAP_Coupler について

本システムは、文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの開発プロジェクト」のもとで開発され、2007年12月に公開された REVOCAP_Coupler の改訂版である。異なる力学現象間の連成現象を解析（マルチフィジックス解析）することを目的として、異なる単一力学現象ソフトウェア間での物理量の交換を行うシステムである。

◆マルチ力学解析エンジンの機能

流体、構造、熱、電磁場などの単一力学現象ソフトウェアを効率的に統合して活用した革新的汎用連成解析システムを開発することを目的に、異なる単一現象解析ソフトウェアの連成する物理量を相互に接続する仕組みを提供する。本システムでは汎用性を重視して分離型弱連成解析を採用する。本システムにおける「連成解析」とは、2種類以上の異なる力学・電磁気学的現象などが相互関連する複合現象を対象としている。連成解析においては構造、流体、電磁場、熱、それぞれの単一力学現象解析ソフトウェアの連成する物理量を相互に接続する仕組みが必須である。本システムでは、各現象間の物理量の交換に関して、各現象で異なるメッシュのトポロジー（位相）にも対応する。また大規模アセンブリ構造対応の、並列環境で稼動する単一力学現象ソフトウェアに対応するため、MPI 並列環境で稼動する。本システムと、それぞれの単一力学現象ソフトウェアが連携するための API を含むライブラリが提供される。連成解析用の境界条件作成は REVOCAP_PrePost で行なうこと

ができる。今年度は、連成可能な要素を従来の四面体一次/二次、六面体一次に加えて、三角柱一次、四角錐一次要素にも拡張し、これら複数種類の要素が混在したメッシュによる連成解析に対応した。また新機能として、モデル細分化モジュール REVOCAP_Refiner を組み込むことで、メッシュ細分化を行ったモデルでの連成解析に対応した。

◆大規模アセンブリ構造・マルチ力学対応プレポスト REVOCAP_PrePost について

本システムは、文部科学省次世代 IT 基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発プロジェクト」で開発した REVOCAP_Visual、REVOCAP_Mesh を改良・発展させ、昨年度公開した Ver1.3 の改訂版である。

REVOCAP_PrePost は次世代ものづくりシミュレーションシステムで使用されるソルバおよびソルバ間の連成解析に対応した、大規模アセンブリ構造・マルチ力学に対応するプレポストである。今年度は FrontISTR と FrontFlow/blue の組み合わせ

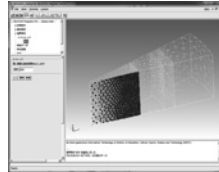


図2 REVOCAP_PrePost による REVOCAP_Magnetic プレ処理の例

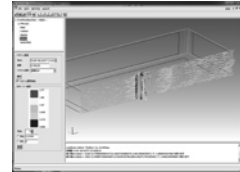


図3 REVOCAP_PrePost による FrontFlow/blue の流れ場の断面ベクトル表示

せて REVOCAP_Coupler を用いた流体・構造連成解析のプレ処理に対応し、またソルバ単体のプレポストとして、REVOCAP_Magnetic、ADVENTURE_Solid に対応した。従来からあるプレ処理、ポスト処理機能について、REVOCAP_Refiner のための設定、成分ごとのコンター表示、ベクトル表示、などの機能拡張を行った。

REVOCAP_PrePost は下記ライブラリを利用している。

- GUI ライブラリ：FxRuby (<http://www.fxruby.org/>)
- CAD ライブラリ：Open CASCADE (<http://www.opencascade.org/>)
- 3D グラフィックスライブラリ：OpenGL (<http://www.opengl.org/>)
- ADVENTURE (<http://adventure.sys.t.u-tokyo.ac.jp/jp/>)

◆大規模アセンブリ構造・マルチ力学対応モデル細分化モジュール REVOCAP_Refiner について

本システムは、「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」で開発された流体解析ソルバ FrontFlow/blue、構造解析ソルバ FrontISTR およびマルチ力学モジュール REVOCAP_Coupler に組み込んで、100 億自由度級での大規模並列解析を実現するためのモデル細分化モジュールである。メッシュ生成および境界条件の設定などのプリ処理と、並列環境で実行するための領域分割を行った後、ソルバ内のオンメモリでモデルの細分を行うため、従来の大規模解析でボトルネックとなっていたメッシュ生成や大規模モデルにおける境界条件の設定、大規模モデルの領域分割などの問題を回避することができる。

今回公開する βバージョンでは、四面体、六面体、三角柱、四角錐要素およびそれぞれの 1 次要素、2 次要素の細分に対応する。FrontISTR および FrontFlow/blue 単体の解析でも REVOCAP_Refiner のモデル細分機能が利用できる。

◆モデル細分の事例

FrontISTR に REVOCAP_Refiner を組み込んで行った大規模解析の例を示す。

	オリジナル	Refine1 段	Refine2 段
全体図			
詳細図			
節点数	約 7 万	約 56 万	約 450 万
要素数	約 28 万	約 245 万	約 2000 万
計算時間	約 20 秒	約 5 分	約 1 時間半
CG 法反復回数	994	2018	4189

(執筆責任者：徳永健一)