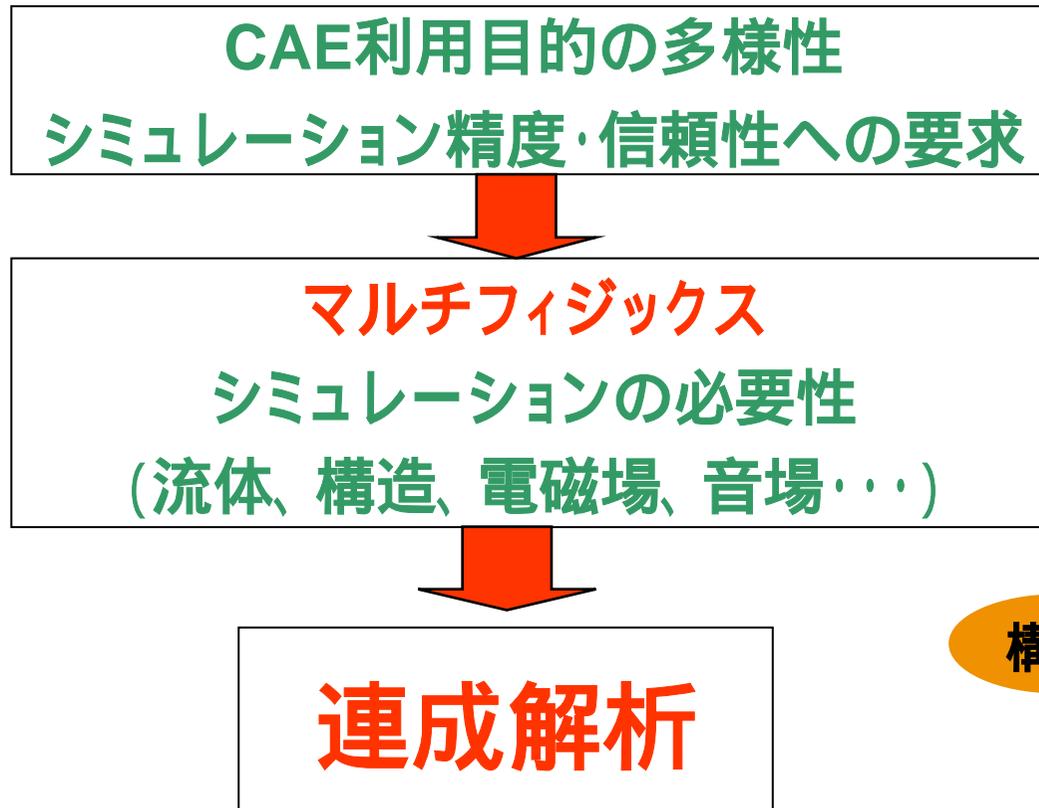


マルチフィジックス連成解析インターフェース
*MpCCI*のご紹介

株式会社 シーディー・アダプコ・ジャパン
技術コンサルティング部
森山 勝志

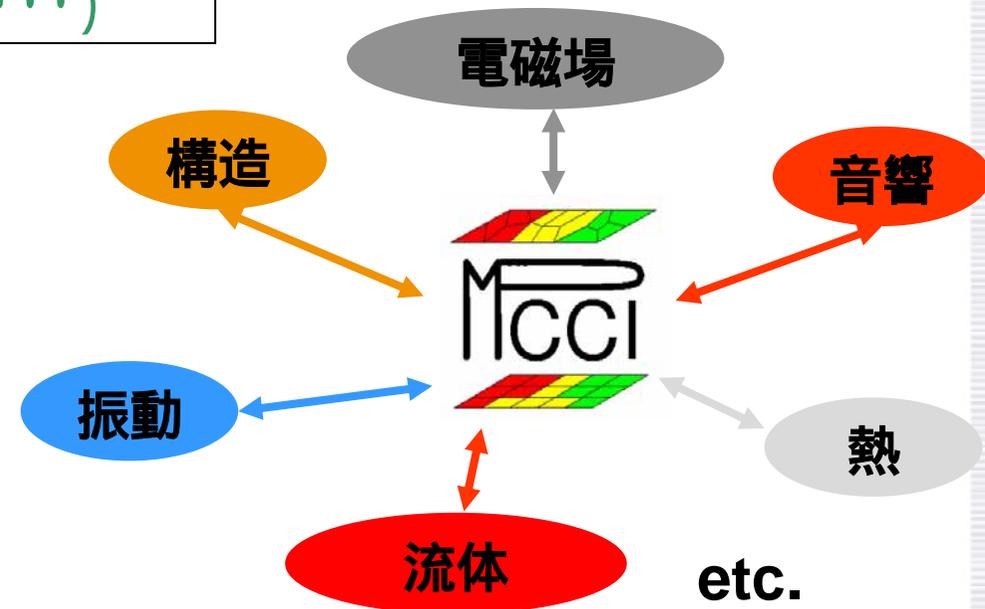


連成解析の必要性



流体 - 構造, 流体 - 電磁場

熱 - 構造, 流体振動 - 音響 など



連成解析手法

● 連成解析手法

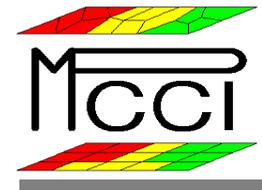
強連成

ひとつの解析ソフト内で複数の物理現象を支配する方程式を同時に解く
非線形性の強い問題で高精度
マトリックスの大規模化による計算コスト増大
異なる時間スケールを持つ物理現象の連成に不向き
統一的にあらゆる物理現象を解析できる汎用解析ソフトがほとんどない

弱連成

各物理現象を解くための専用解析ソフトを連成させて解く
非線形性の強い問題で誤差が出る可能性
計算コスト小
異なる時間スケールを持つ物理現象の連成にも適応
各分野に最適な離散化手法, 解法を持つ解析ソフトを選択できる

各ソフトを連成させ
るツールが必要



連成解析手法 (弱連成)

- 一方向連成 (One-Way Coupling)

- ✦ 解析ソフトAの結果を解析ソフトBの境界(初期)条件とする一方向のみの連成



一方向のみのデータ交換

- 双方向連成 (Two-Way Coupling)

- ✦ 解析ソフトAの結果を解析ソフトBの条件として計算. 解析ソフトBの結果を解析ソフトAの条件として計算...する双方向の連成



双方向のデータ交換

MpCCIとは

- MpCCI (Mesh-based parallel Code Coupling Interface)
 - ✦ 異なる解析ソフトを連成させ弱連成解析を可能にするインターフェース



- ✦ 独 Fraunhofer Institute for Algorithms and Scientific Computing (SCAI)で開発



- ◆ GMD (Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung: 国立情報処理研究所)のメンバー
- ◆ 研究分野: 情報, 流体, 構造, 大気, バイオなど
- ◆ STAR-CD搭載の”AMGソルバー”も開発

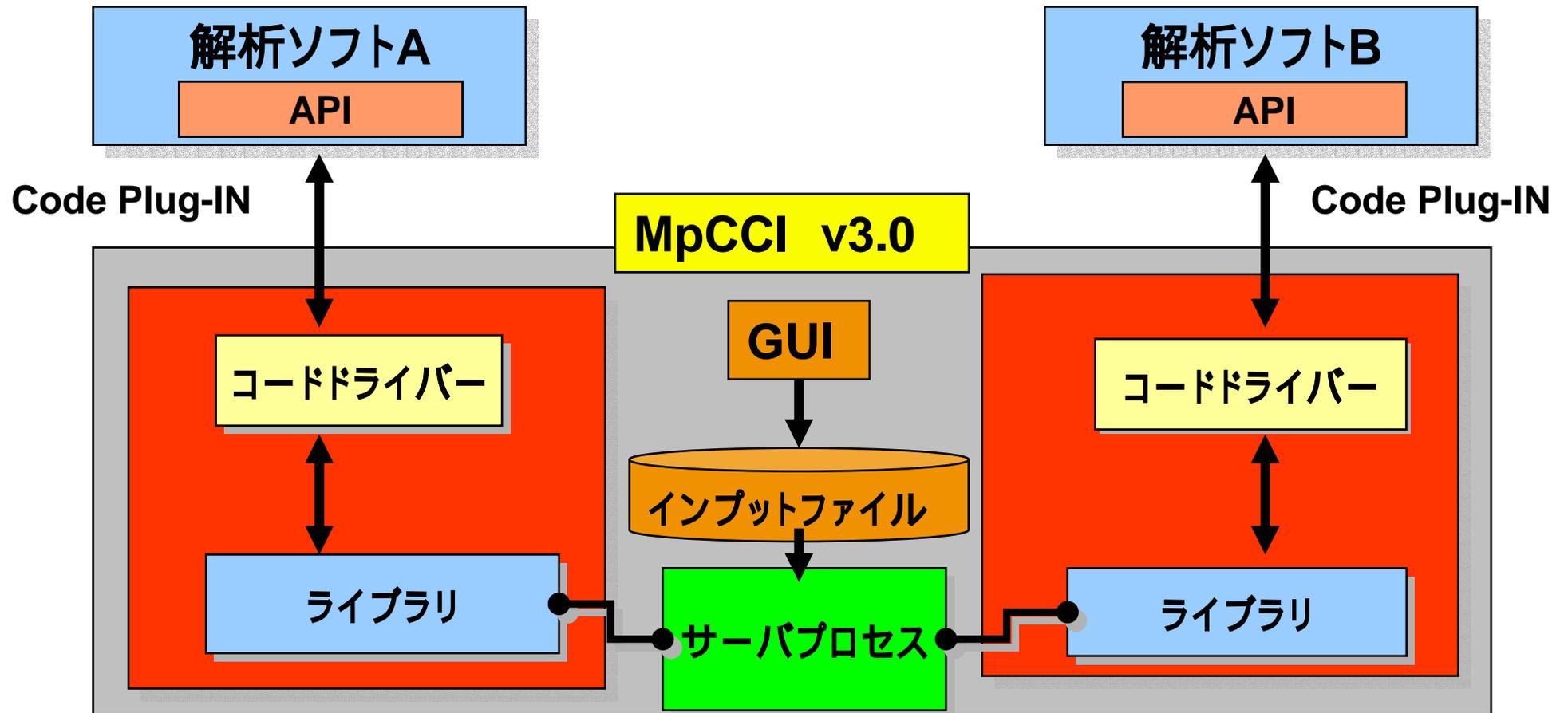
MpCCIの特徴

- MpCCI v3.0 7月リリース予定
- 様々な解析ソフトとのインターフェース
- 同期対応等フレキシブルなコミュニケーション形態
- 優れたデータマッピング機能
 - ✦ 様々な物理量の交換
 - ✦ 異なるメッシュ間でのデータマッピング
 - ✦ 高速かつ高精度な内挿補間アルゴリズム
 - ✦ 豊富な要素形状タイプへの対応
- グリッドモーフィング機能によるメッシュ移動問題への適応
- GUIベースの簡便な設定方法と結果可視化機能
- 一方向連成用マッピングツール
- ユーザーカスタマイズ機能による拡張性

様々な解析ソフトとのインターフェース

- 様々な解析ソフトに対応したインターフェース: Code Plug-In
 - ✦ 流体解析用ソフト
 - ◆ STAR-CD, FLUENT, など
 - ✦ 構造解析用ソフト
 - ◆ ANSYS, ABAQUS, PERMAS, など

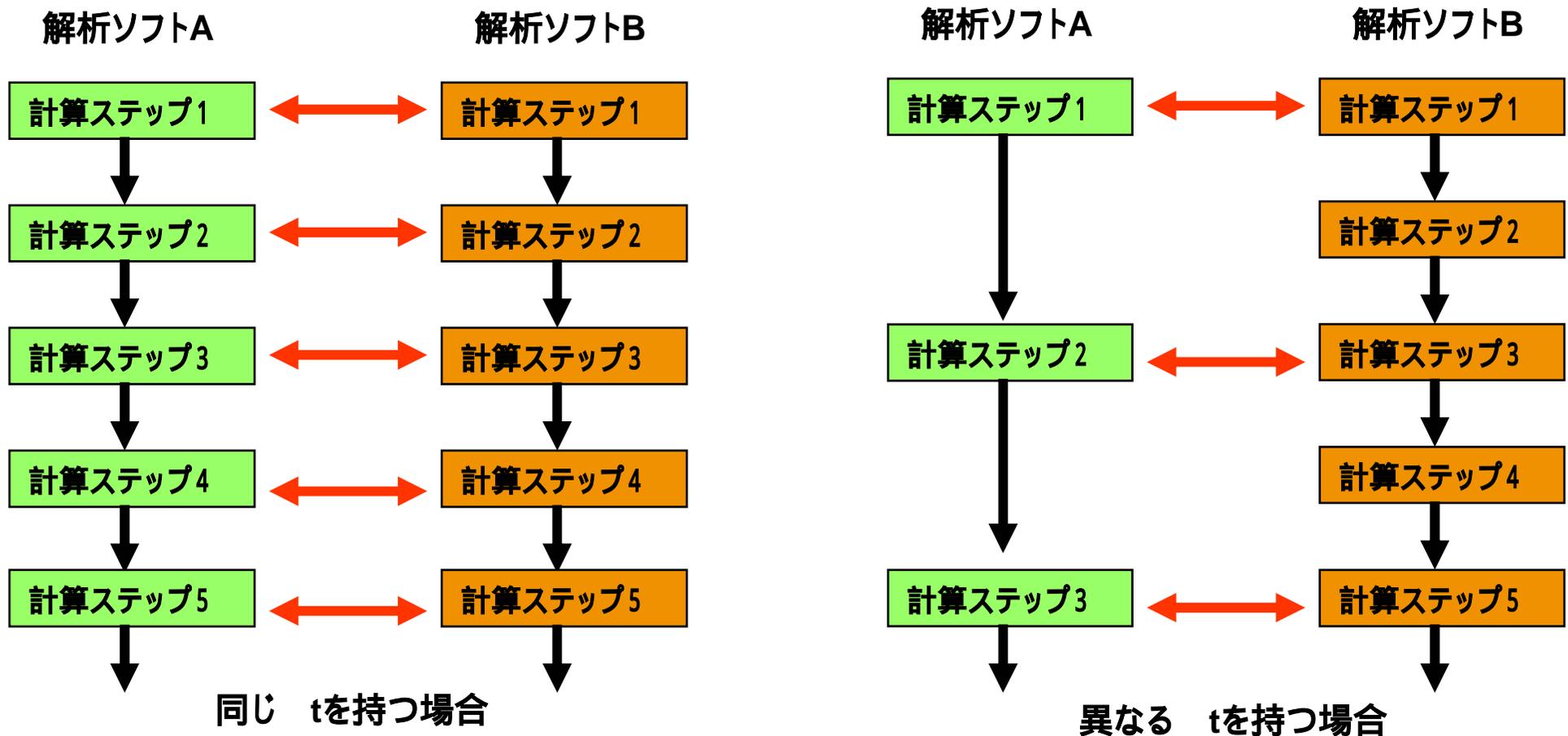
MpCCI v3.0のシステム構成



各種プラットフォーム (UNIX, LINUX, Windows) に対応
異なるプラットフォーム間での連成も可能

コミュニケーション形態

- 同期対応などフレキシブルなコミュニケーション形態
- 時間スケールの異なる物理現象にも柔軟に対応可能



連成解析で交換されるデータ

- 様々な物理量の交換が可能

CFDコード

構造コード

時間, 時間刻み

時間, 時間刻み

壁面にかかる力

壁面にかかる力

変位

変位

温度

温度

熱流束

熱流束

各種ソース項

各種ソース項

各種物性値

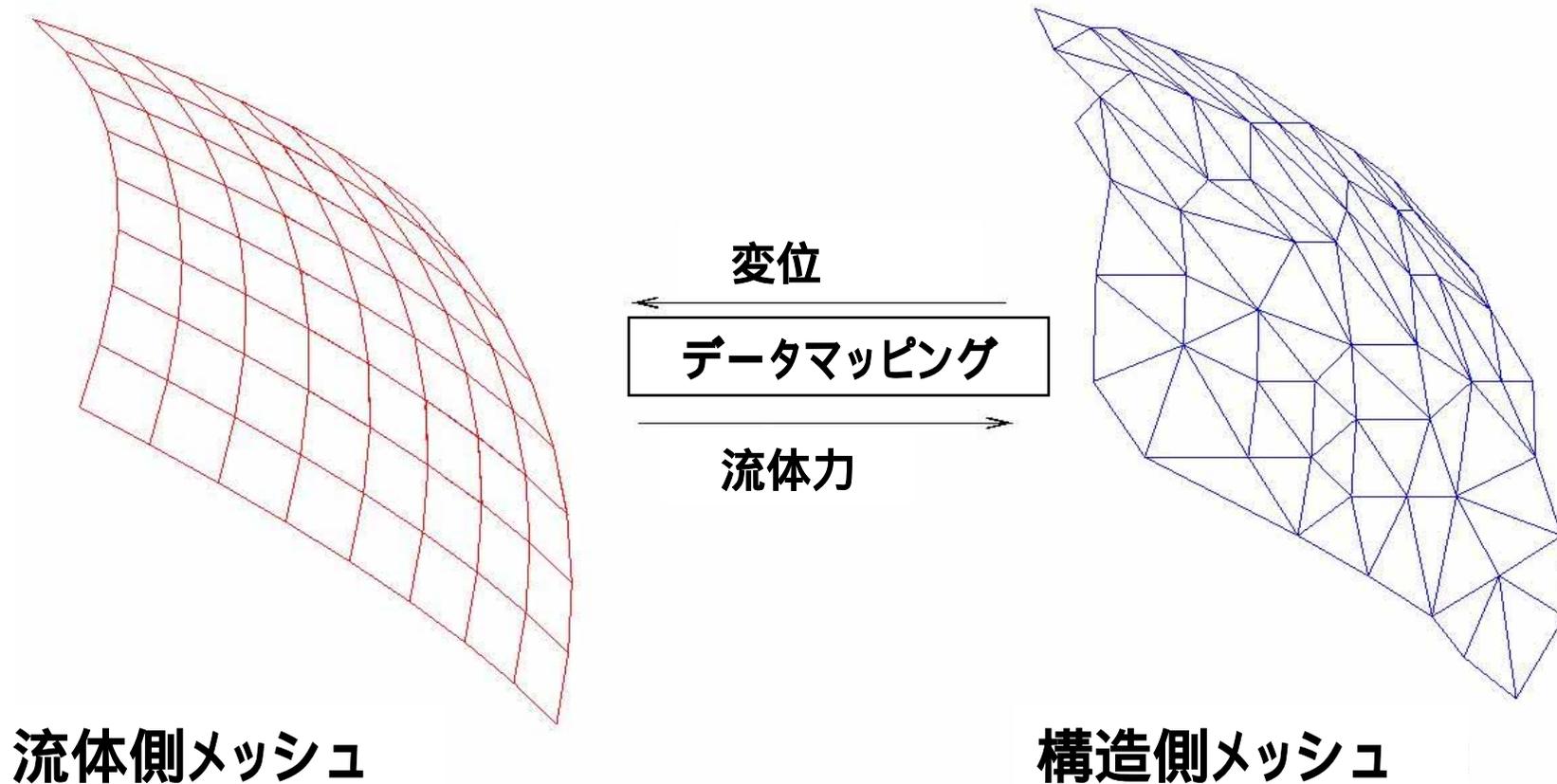
各種物性値

など...

など...

異なるメッシュ間でのデータマッピング

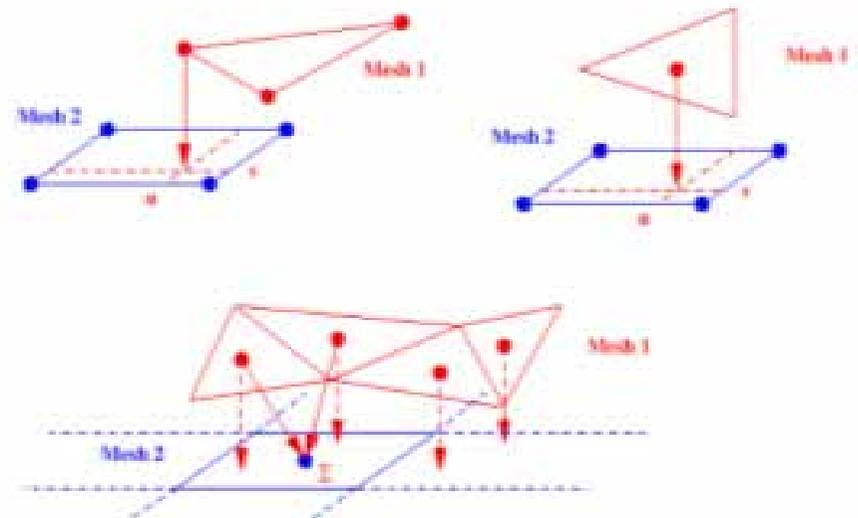
- 異なるメッシュ形状を持つ解析コード間での連成が可能



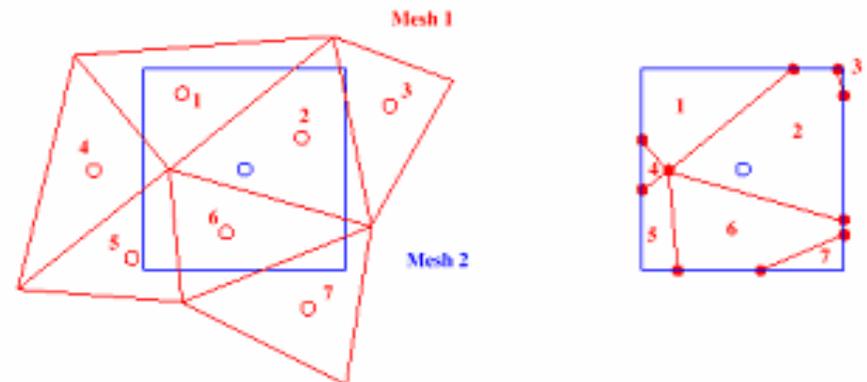
高速かつ高精度な内挿補間アルゴリズム

- 高速アルゴリズムを使用した近傍点のサーチ
- 高精度な内挿補間アルゴリズム

要素 - 要素間, 要素 - 節点間, 節点
- 節点間 でのマッピングに対応



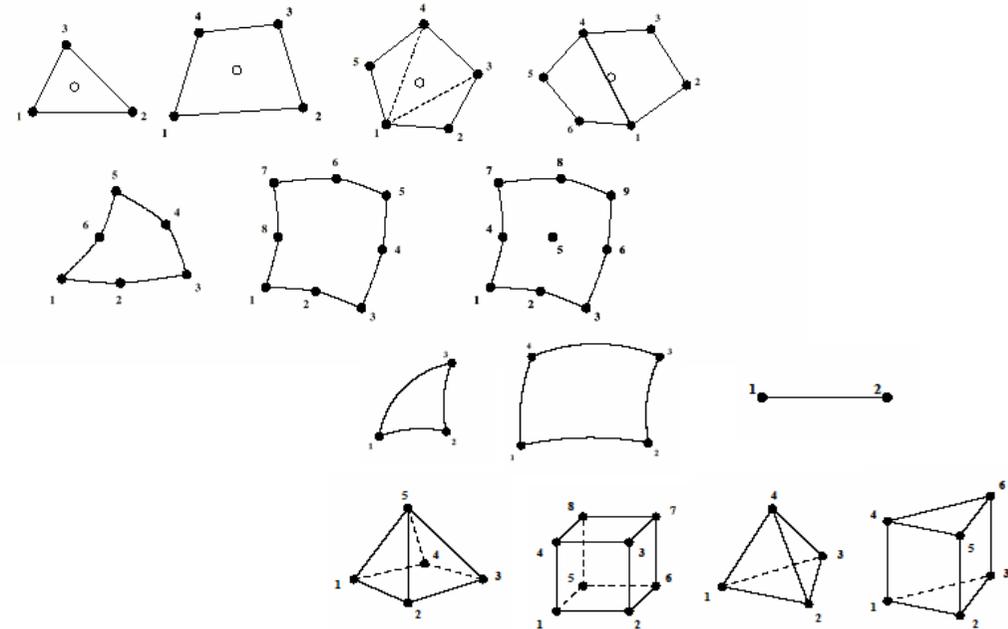
投影面積を考慮した高精度内挿補間



豊富な要素形状タイプへの対応

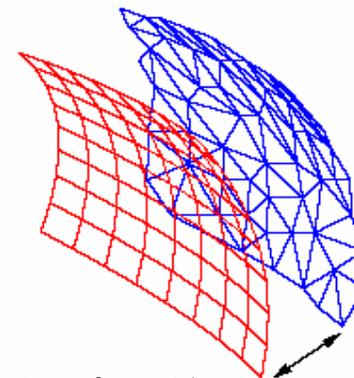
● 対応可能な要素タイプ

- 1D, 2D, 3D
- ライン, テトラ, ヘキサ, プリズム, ピラミッドなど
- 二次要素

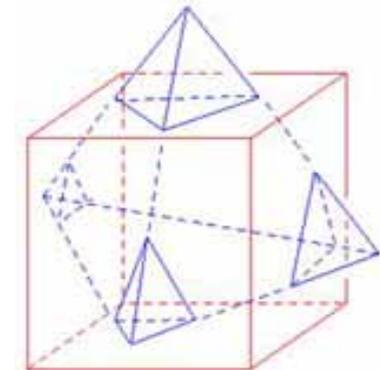


● 各物理量に対応した連成

- 表面カップリング
 - ◆ 構造物の表面にかかる力, 熱流束など面要素間でのカップリング
- 空間カップリング
 - ◆ 体積力, 各種ソース項など空間要素間でのカップリング



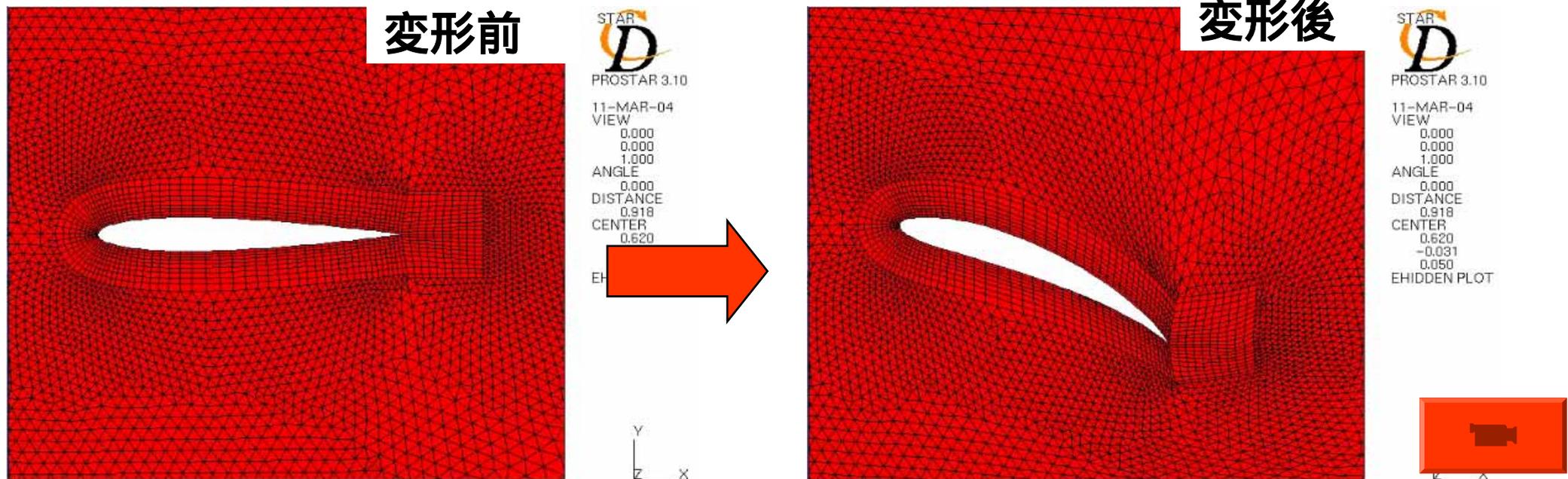
表面カップリング



空間カップリング

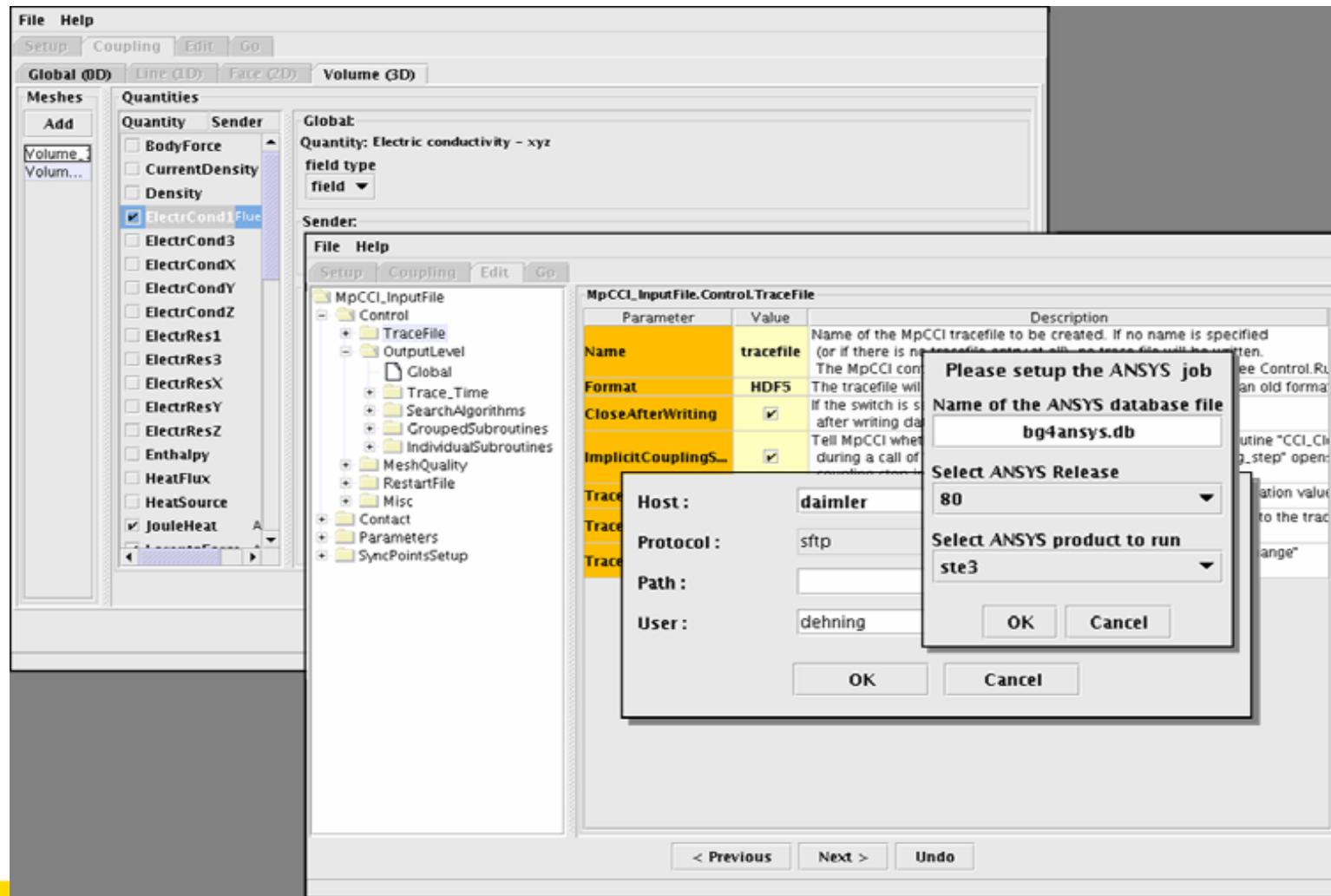
グリッドモーフィング

- 流体 - 構造連成時のメッシュ移動問題への柔軟な適応
- グリッドモーフィング
 - ✦ メッシュの各節点がバネで接続されているという概念 (SBM: Spring-based mesh Morphing)
 - ✦ 境界層メッシュの直交性保持機能, 形状クォリティーチェック機能
 - ✦ STAR-CD用



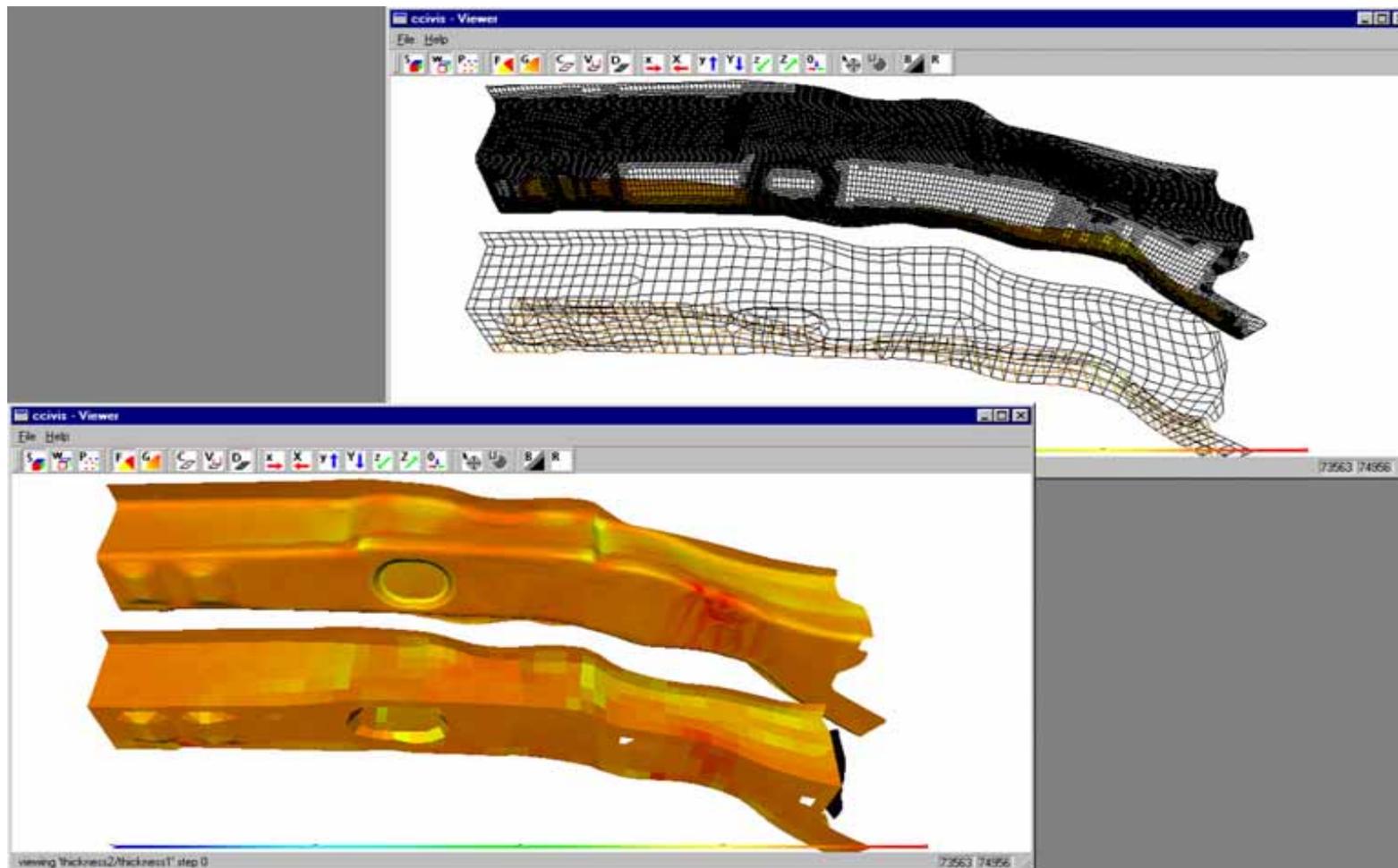
GUIベースの簡便な設定方法

- ユーザーフレンドリーな設定用GUIを搭載
 - ✦ 解析に必要な各種設定が可能



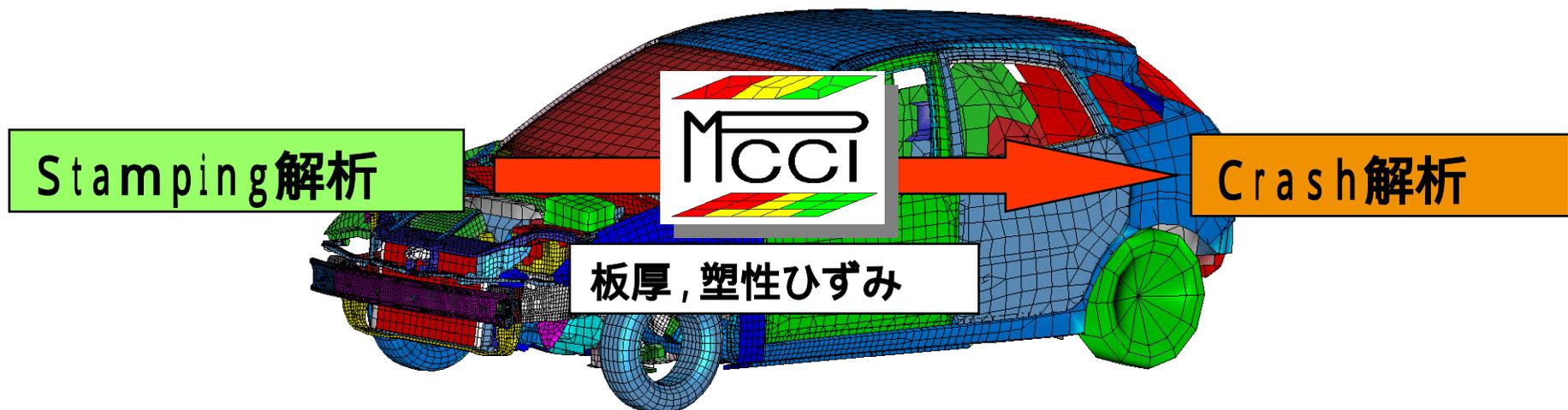
結果可視化機能

- CCIVIS: 結果可視化機能を搭載
 - ✦ データマッピングの視覚的把握が可能



一方向連成用マッピングツール

- データマッピング機能を利用し一方向連成を簡単に行うツールを装備
- 例1: 自動車のStamping(板成型)解析の結果をCrash(衝突)解析の条件にする
- 例2: 流体解析の温度結果を熱応力解析の条件にする など.

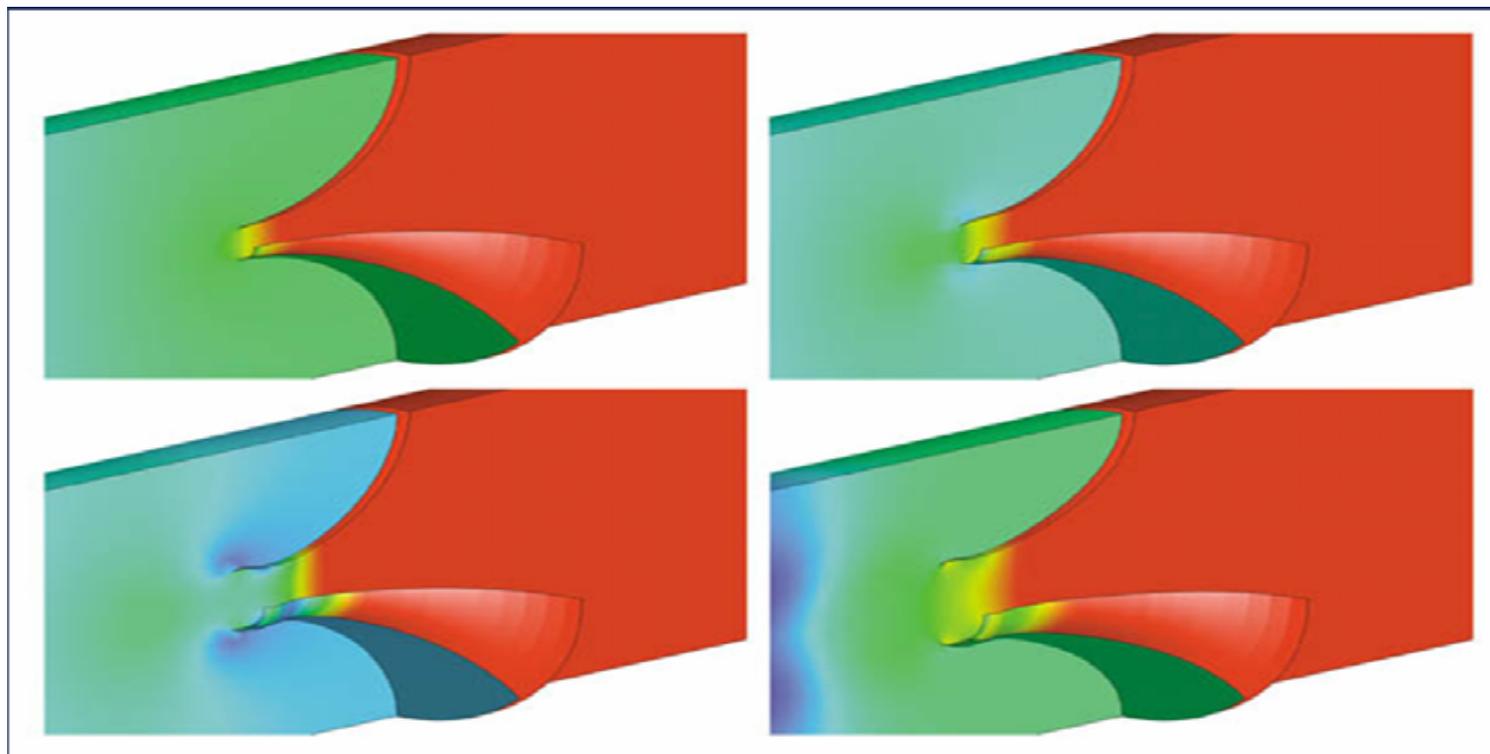


ユーザーカスタマイズ

- **ユーザーカスタマイズによる拡張性**
 - ✦ 個々の機能がライブラリ化
 - ✦ データ連成タイミングなどの変更
 - ✦ 交換データに任意の物理量を指定可能 など

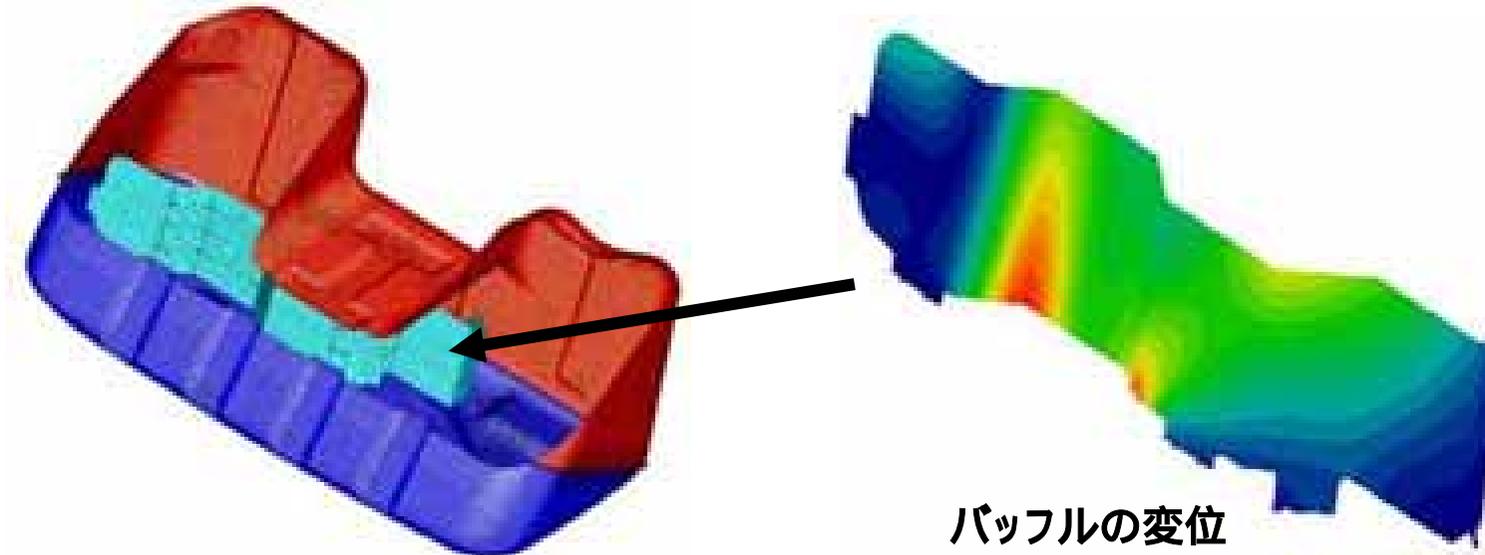
解析事例

- 人工心臓弁流動解析 : 流体 - 構造連成



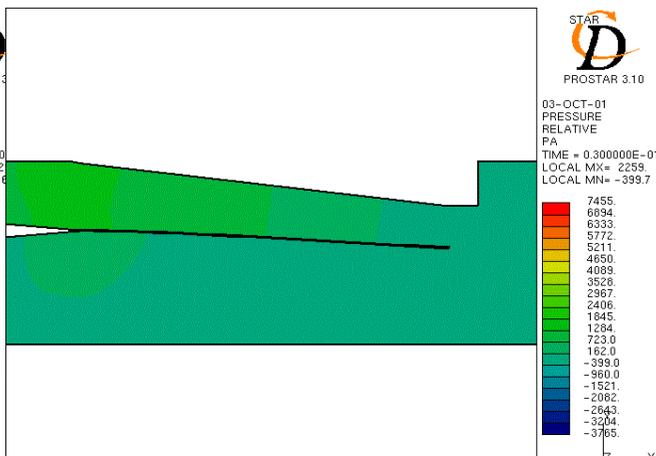
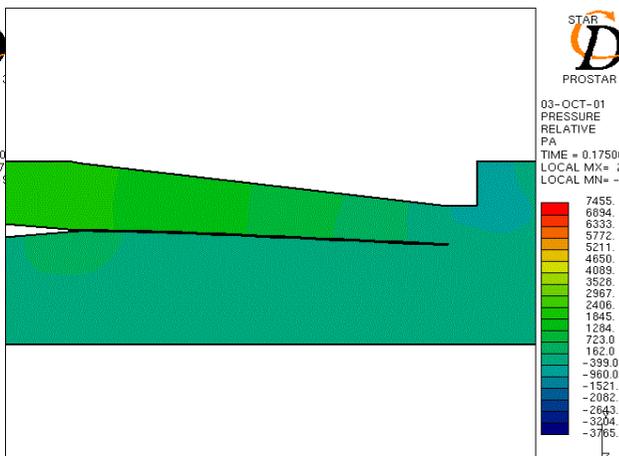
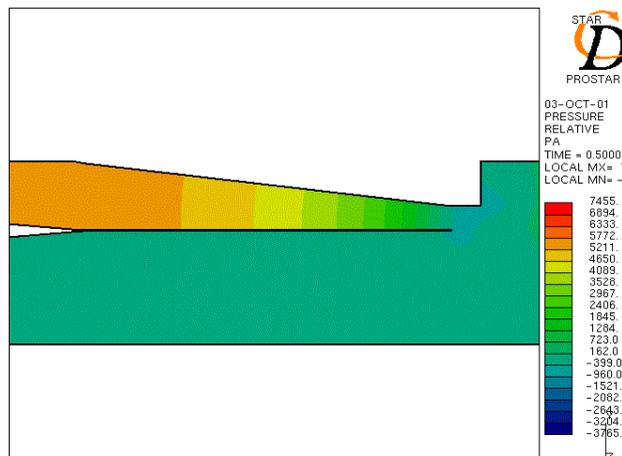
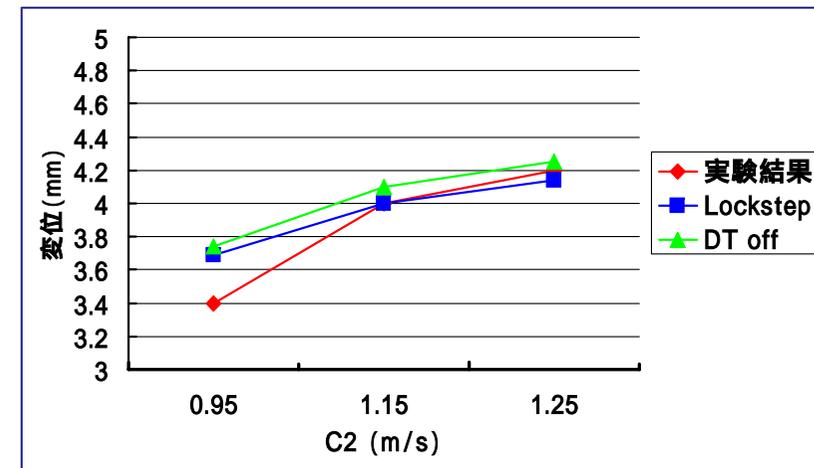
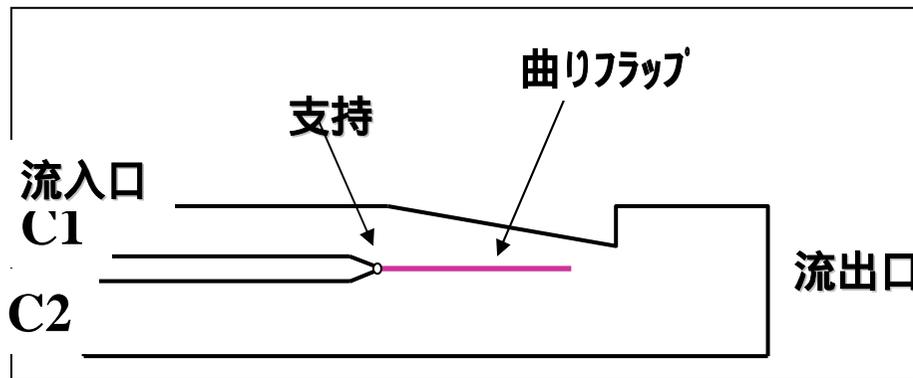
解析事例

- 燃料タンクスロッシング解析 : 流体 - 構造連成
 - ↳ 燃料のスロッシングによるバッフルの変形



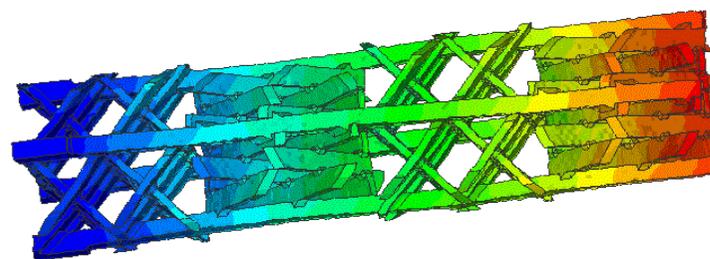
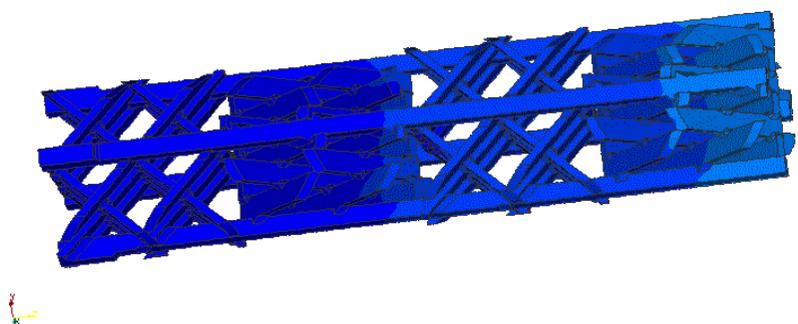
解析事例

- フラップ流れ解析: 流体 - 構造連成
 - ✦ 流れによるフラップの変形

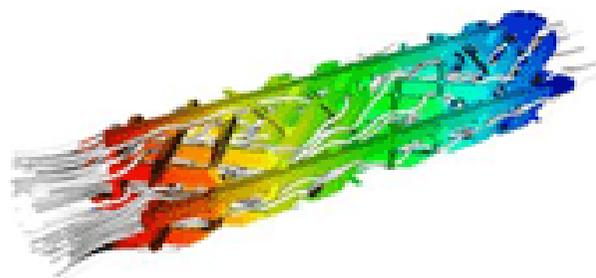


解析事例

- **スタティックミキサー流動解析：流体 - 構造連成**
 - ✦ ポリマー混合, 300気圧の高圧によるミキサーの変形



ミキサーの変位



CFD

ミキサーにかかる力



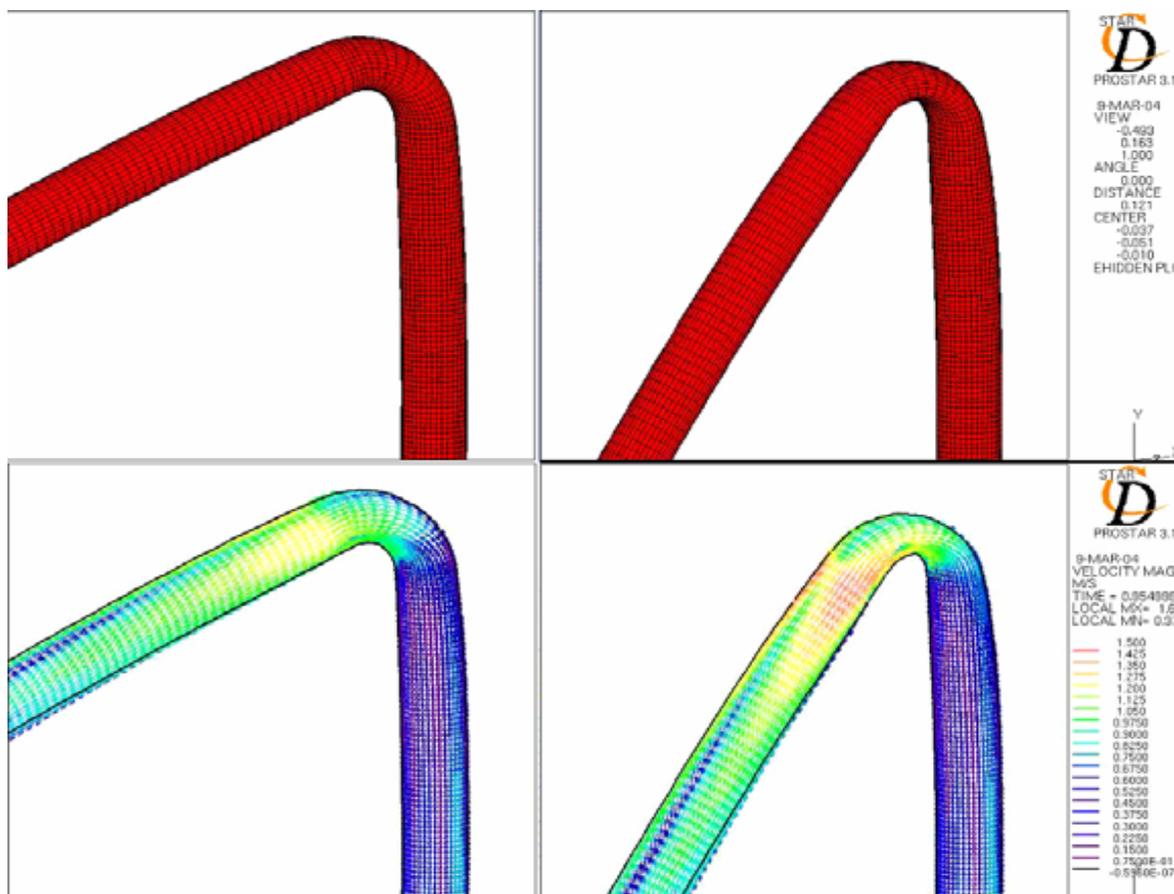
構造

変位



解析事例

- **パイプの変形：流体 - 構造連成**
 - ✦ **パイプの変形による流れの変化**



CFD

変位

パイプ内壁にか
かる力

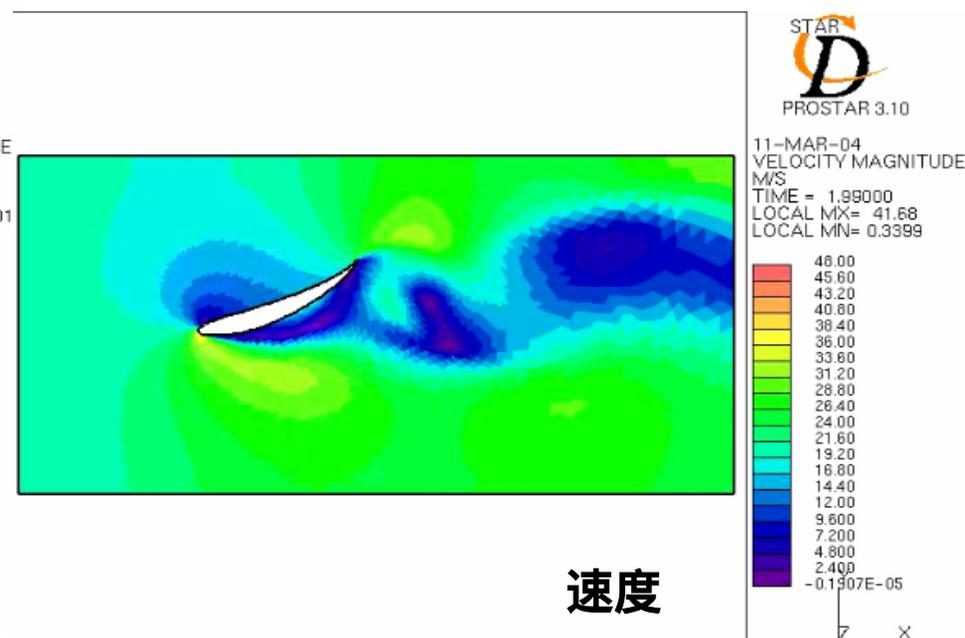
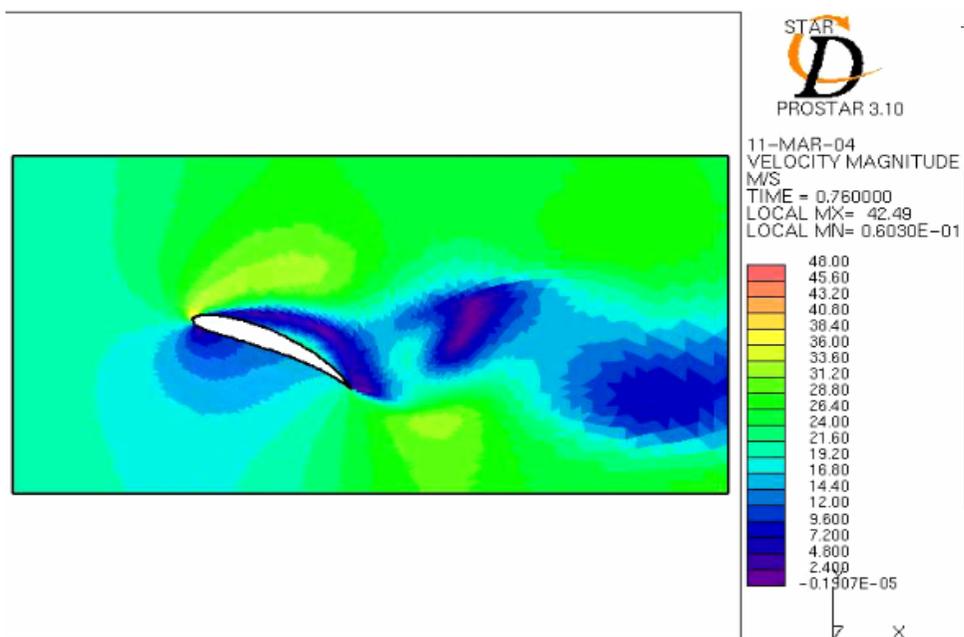
構造

パイプの変形



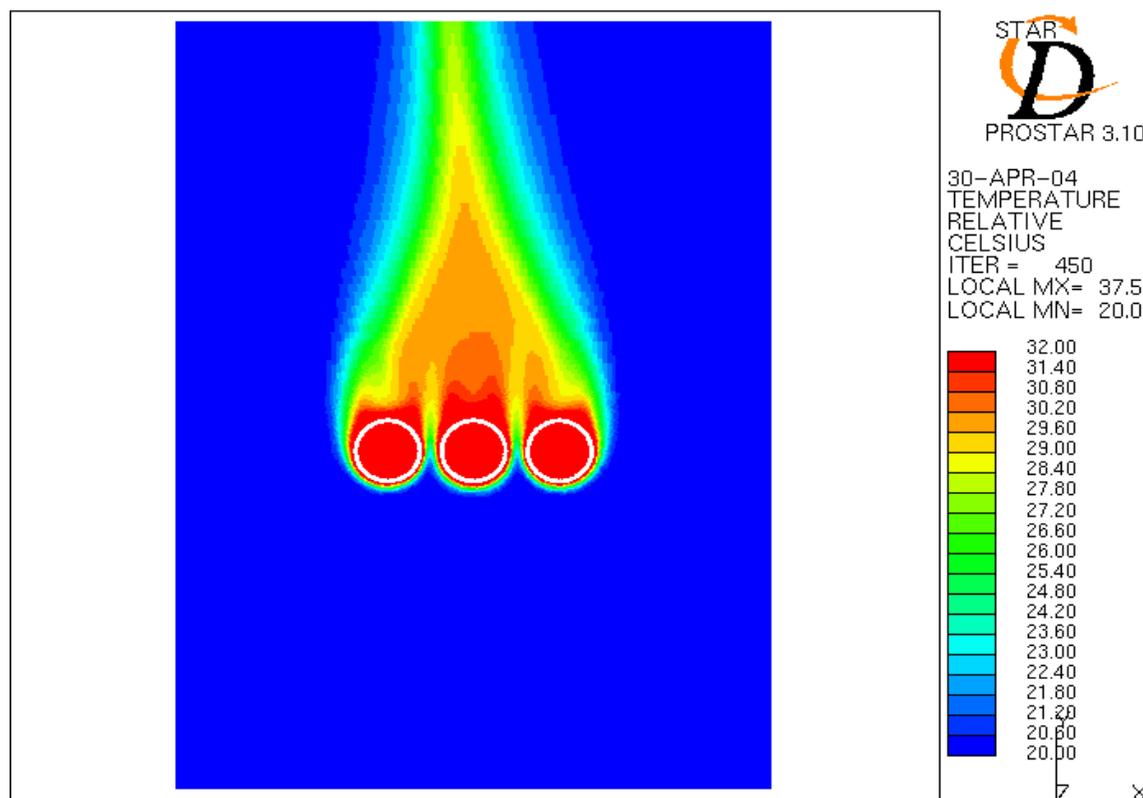
解析事例

- 翼の振動： 流体 - 構造連成
 - ✦ 翼の振動による流れの変化

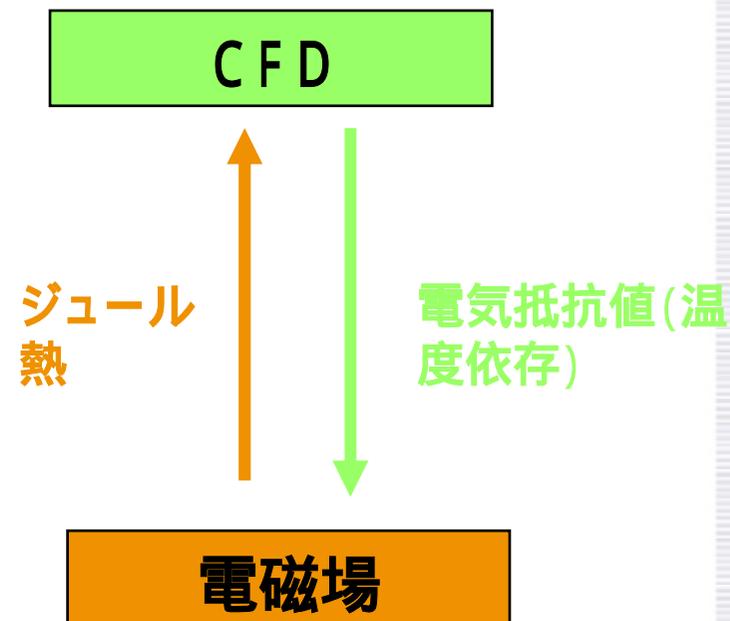


解析事例

- 電線周りの自然対流解析： 流体 - 電磁場連成
 - ↳ 電流が流れる銅線のジュール発熱による自然対流



温度





CDAJ ユーザーズミーティング 2004 1.2_July
Solution by Products, Technologies & Services