

# 構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTR の大規模解析と連成解析への取り組み

第1事業部 技術第2部 第9課 大家 史

アドバンスソフトの構造解析ソフトウェア  
Advance/FrontSTR最新動向セミナー  
2013年11月12日(火)  
アドバンスソフト株式会社

## 本日の内容

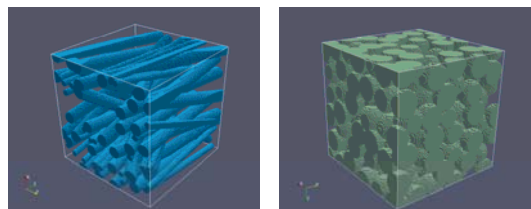
- 大規模解析への取り組み
  - 単に大きなモデルを扱うのではなく、その有用性について示す
- 連成解析への取り組み
  - 連成の組み合わせとその方法について紹介

## 大規模解析への取り組み

## 大規模解析の有用性

- CAD補正をシンプルに済ませる
  - 細かいパーツもそのままメッシュにする
- 解析上の応力集中を回避する
  - 溶接部分や面取り部分
- 微細モデルをそのまま解析する
  - 繊維モデルや粒状モデルの性質を検証

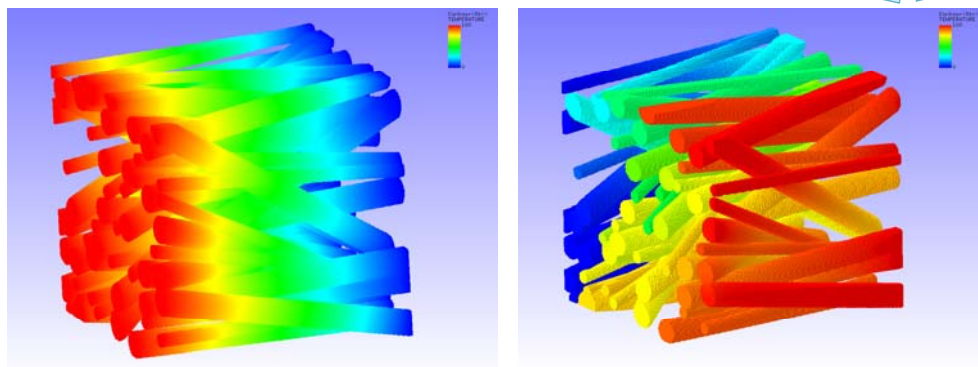
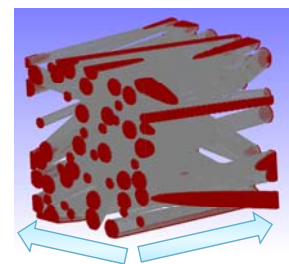
モデルの工夫より  
まず解いてみる



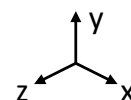
# 微細モデルの例 ファイバーモデル

## – ファイバーモデルの熱伝導解析

- 節点数 2837355, 要素数 2425850
- 両端面に0度と100度を設定した定常解析
- Z方向およびX方向の解析を行った



Z方向は均一な分布だが、X方向はつながりにより局所的な分布が表われる



# バラスト軌道の数値解析

- 微細モデルの実例 提供: 鉄道総合技術研究所軌道力学研究室

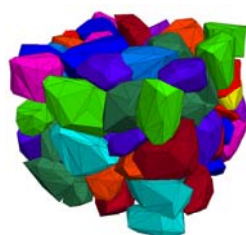
## – 目的

- バラスト劣化の解明

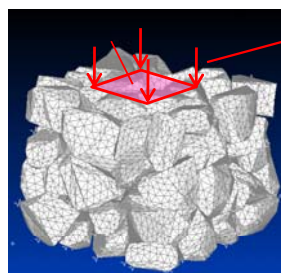
## – モデル作成

- 3次元デジタイザで複数の碎石形状取得
- DEMにより締め固めを行ったものをFEMモデル化

締め固め (DEM)



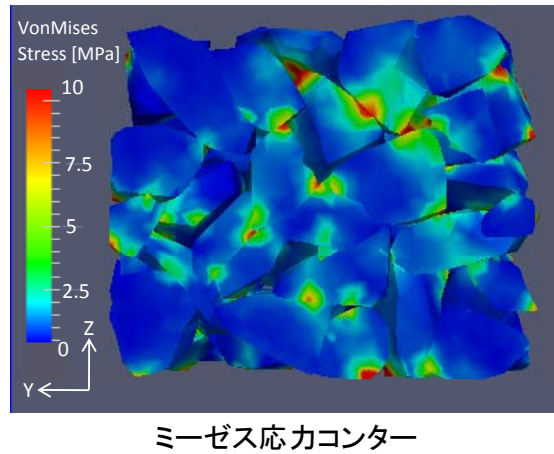
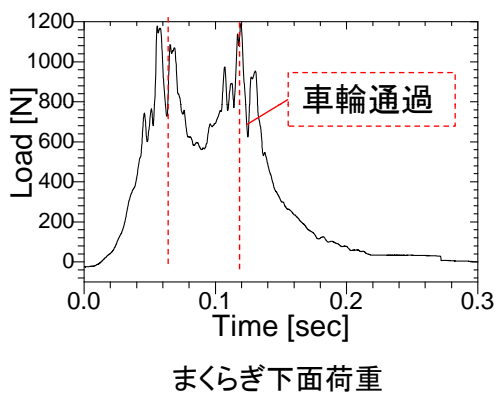
FEMモデル



荷重点

# バラスト軌道の数値解析

## – 荷重条件と応力コンター



応力解析により砕石稜角部に非常に大きな応力が作用する

モデルを大きくして検討予定

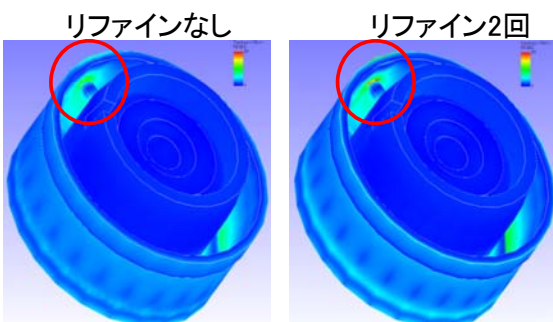
# 並列性能の計測(大規模)

## 解析対象

静応力解析(四面体二次要素)

リファイン	要素数	節点数
なし	684,807	1,008,911
1回	5,478,456	7,707,758
2回	43,827,648	60,089,084

## 解析結果(ミーゼス応力分布)

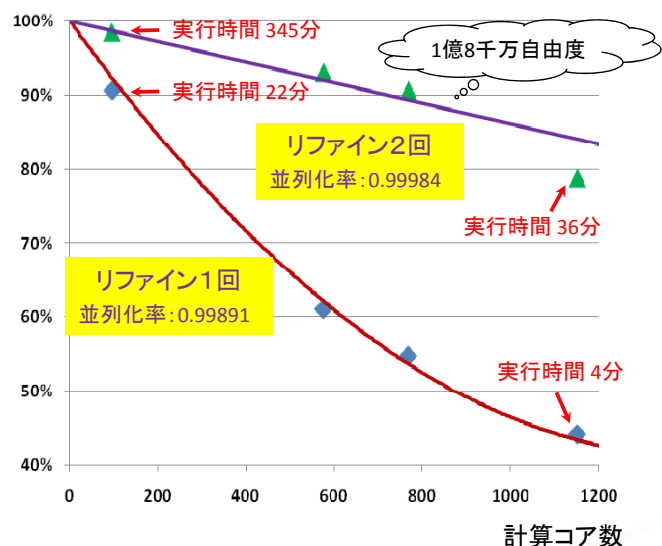


## 使用計算機

計算科学振興財団さま FOCUSスパコン

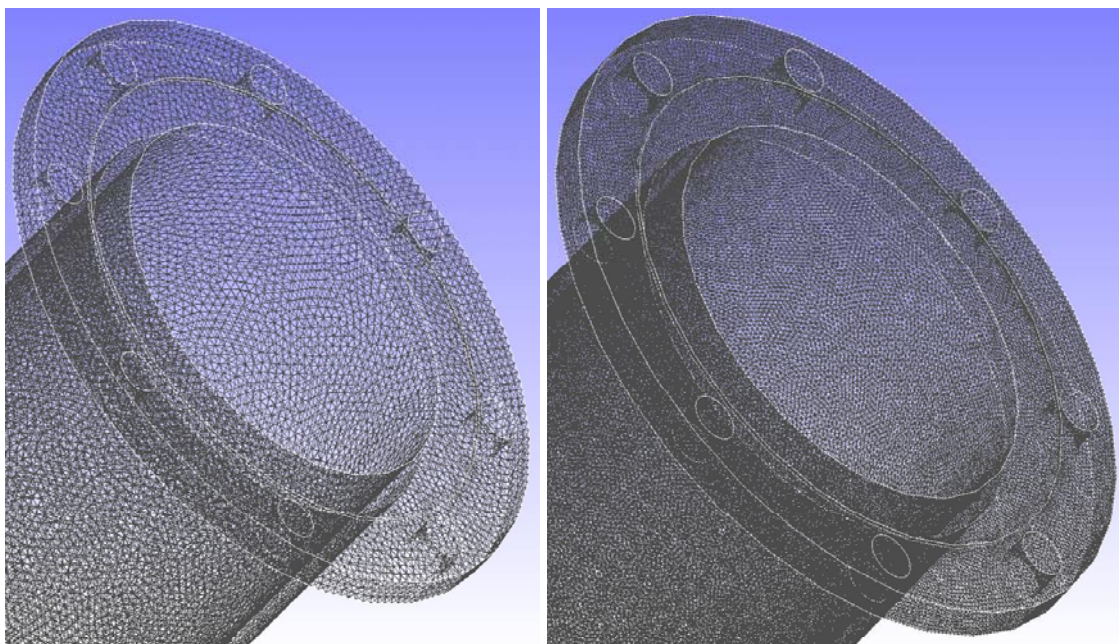
並列化効率( $T_1/(n \times T_n)$ )

◆▲ : 計測    - - : 近似



# REVOCAP\_Refinerのメッシュ細分化

オリジナル  $\xrightarrow{8倍規模}$  リファイン

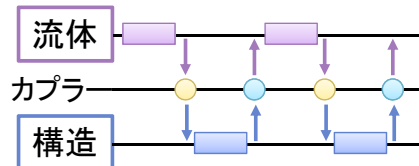
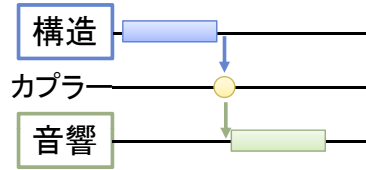


## 連成解析への取り組み

# 連成解析のバリエーション

流体、構造、音響解析間での連成解析

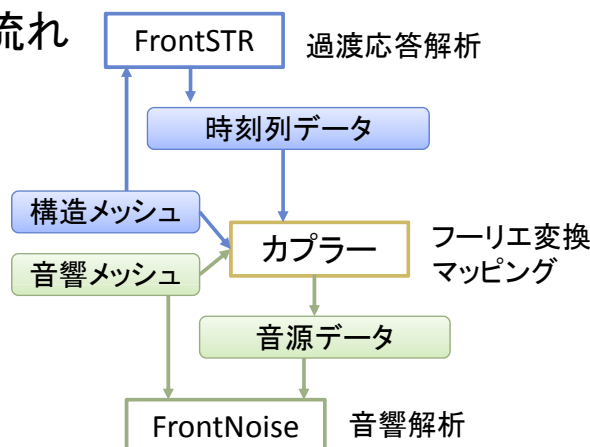
- 片方向連成
  - データ受け渡しは一回のみ
  - 流体⇒構造、構造⇒音響など
- 双方向連成
  - データ受け渡しはステップごと
  - 流体⇔構造など
- モード解析を利用した双方向連成
  - 固有値解析＋流体解析(モード解析モジュール組込)
  - 流体⇔構造



## 片方向連成の例 構造音響連成

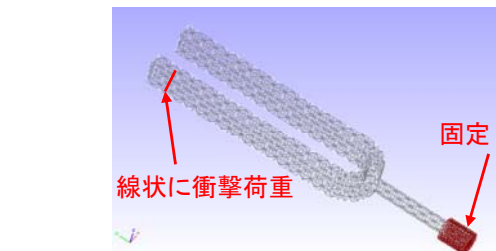
- Advance/FrontSTR⇒Advane/FrontNoise
  - 概要
    - 構造解析で求めることができた構造物表面の振動を周波数領域に変換し、音響解析の音源とする
    - 構造解析領域の外側を音響解析の解析領域となる

解析の流れ

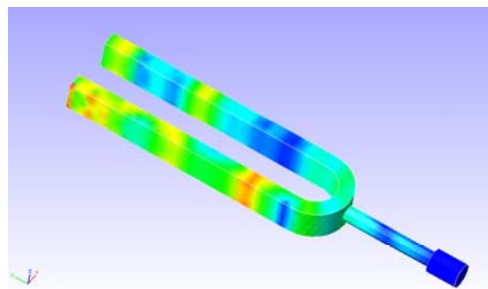


# 構造音響連成 構造解析

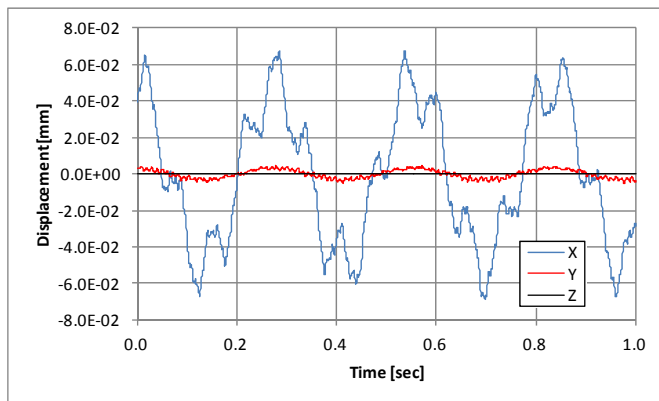
## • 解析モデルと結果



音叉モデル  
 節点数:10447 要素数:6030  
 材質:鋼  
 Newmark-β法 Δt=0.0004(s)  
 0.0~5.0(s)間解析し、4.0~5.0(s)を利用



変形図コンター (t=0.04)

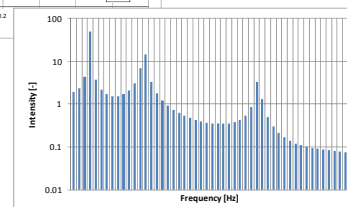
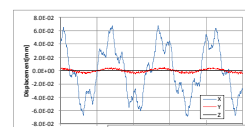
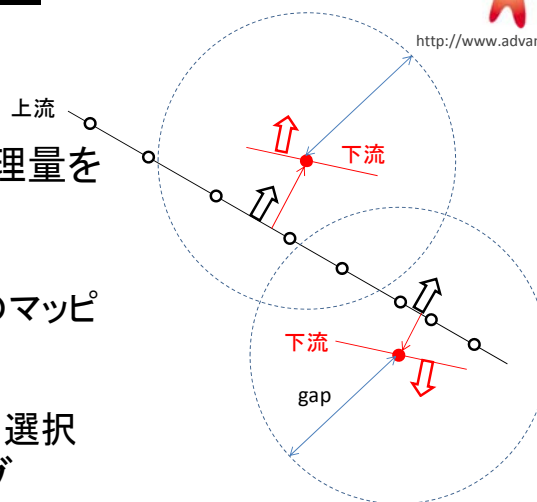


表面節点上の時刻歴応答

# 構造音響連成 カプラー

## • マッピング

- 格子系から異なる格子系に物理量を補間して渡すこと
- 面から面へのマッピング
  - 上流の面から下流の節点へのマッピング
  - ギャップの概念の利用
  - 法線方向を利用する/しないの選択
- 体積から体積へのマッピング
  - 上流の節点から下流の節点へのマッピング
  - 近接点探索、バケット法を利用
  - 数百万節点から数百万節点のマッピングで1時間程度で処理可能

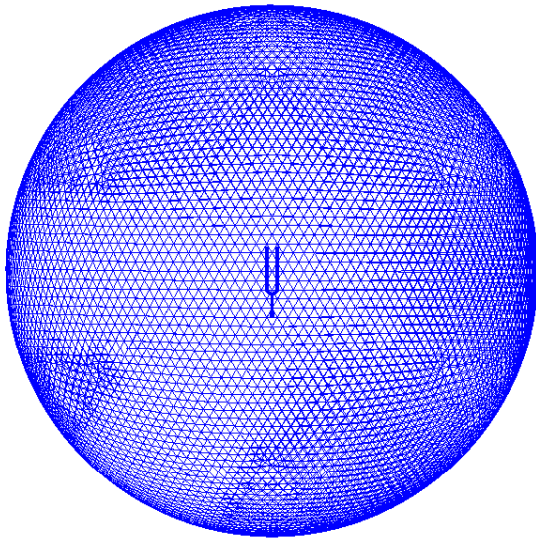


## • フーリエ変換

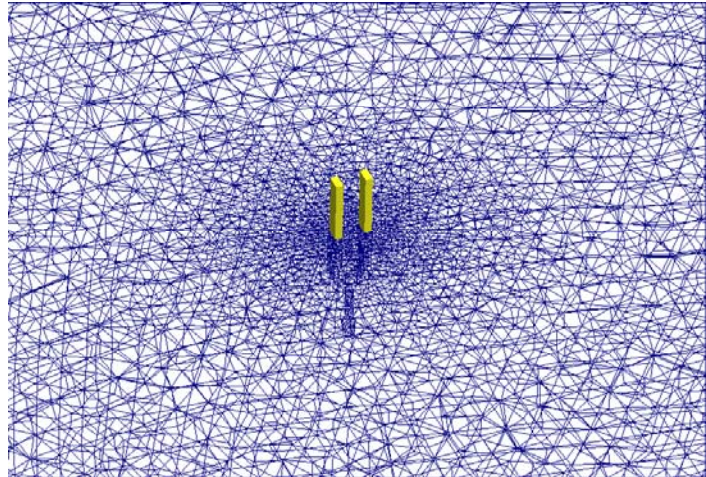
- 時刻歴データ⇒周波数データ

# 構造音響連成 音響解析

- 音響解析モデル

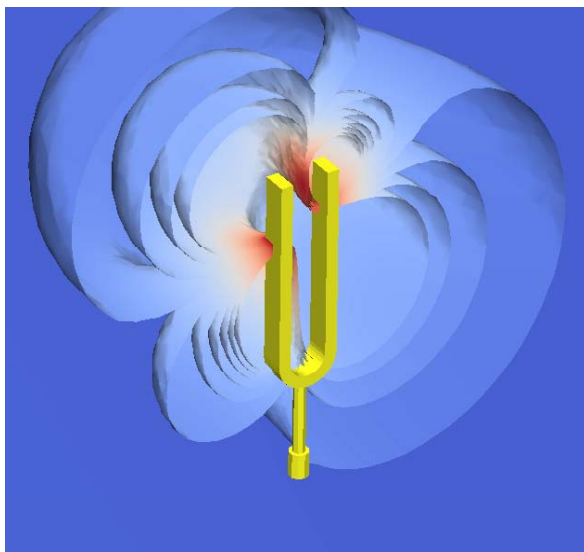


形状を模擬するため、および、音源の再現性を高めるために、音叉付近のメッシュを細分化

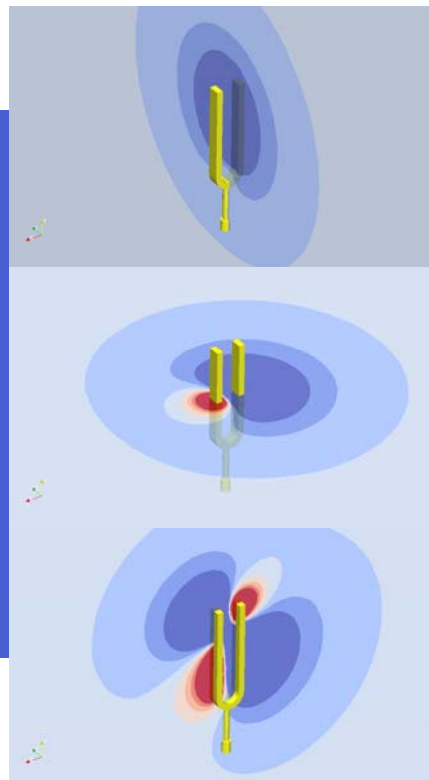


# 構造音響連成 音響解析

– 100Hz解析結果



音響速度ポテンシャル



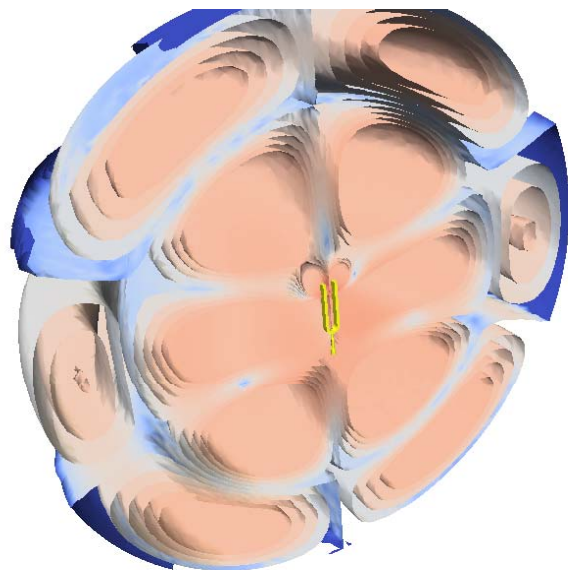
X方向断面

Y方向断面

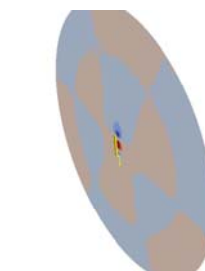
Z方向断面

# 構造音響連成 音響解析

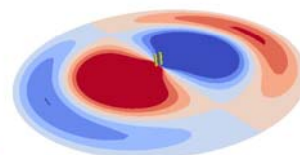
- 1000Hz解析結果



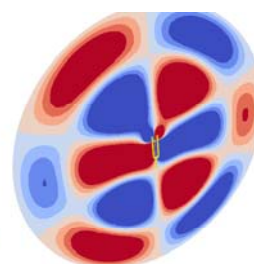
音響速度ポテンシャル



X方向断面



Y方向断面



Z方向断面

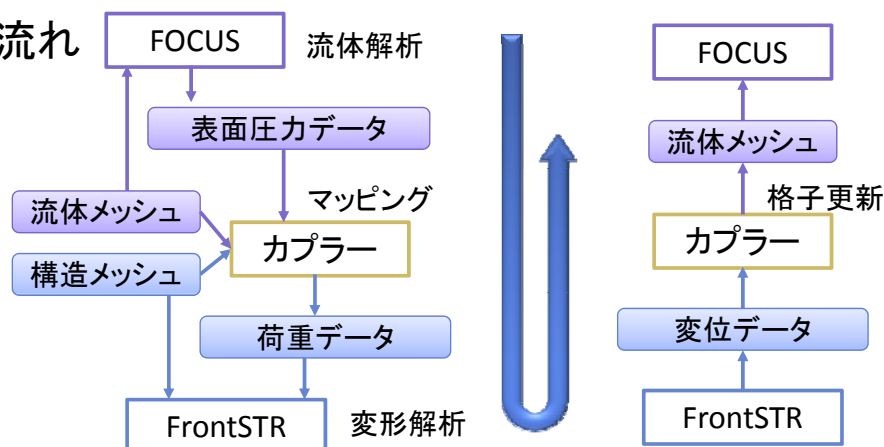
# 双方向連成の例 流体構造連成

- Advance/FrontFlow/FOCUS ⇔ Advance/FrontSTR

- 概要

- 流体解析で求めることができた構造表面の圧力をカプラーにより変換し、構造解析の荷重とし、変形解析を行う。
- 変形した表面の情報から、流体の格子情報を更新する。

- 解析の流れ

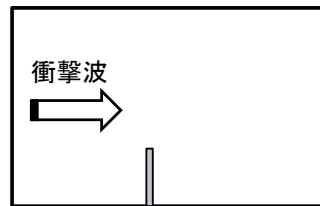


# 流体構造連成 モデル

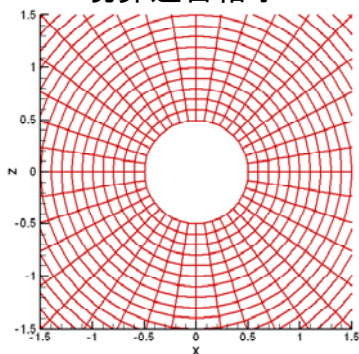
- 解析モデル

- 衝撃波が通過し壁を变形させる

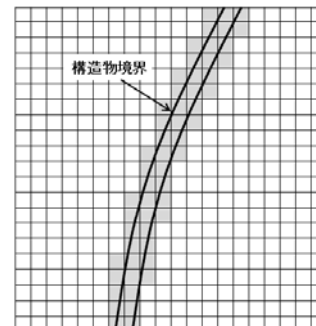
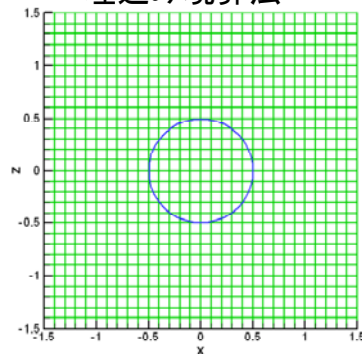
- 境界条件の扱い



境界適合格子



埋込み境界法



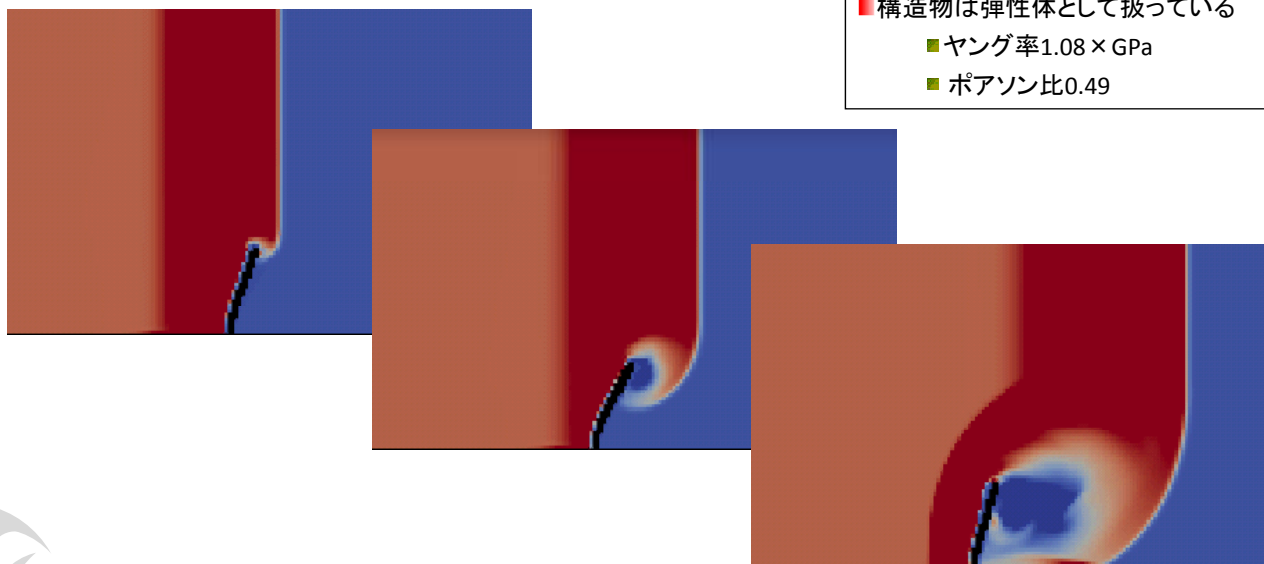
- 境界適合格子の場合は物体に沿う格子を用いる
- 埋込み境界法 (Immersed Boundary法、IB法) では物体境界が流体計算の格子へ埋め込められる

埋込み境界法での境界壁のイメージ

# 流体構造連成 解析結果

- 大変形を伴う連成解析

- 衝撃波で部材が折れ曲がる様子



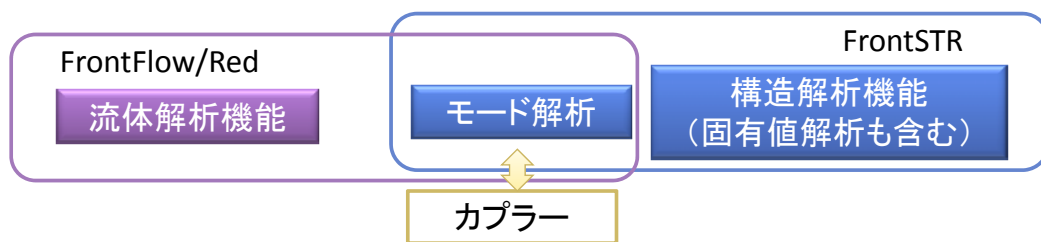
- 圧力比10の衝撃波が通過した際の構造物の様子
- 格子数は12万要素を用いた
- 構造物は弾性体として扱っている
  - ヤング率  $1.08 \times \text{GPa}$
  - ポアソン比 0.49

# モード解析を利用した双方向連成

## • Advance/FrontFlow/Red ⇔ Advance/FrontSTR

### – 概要

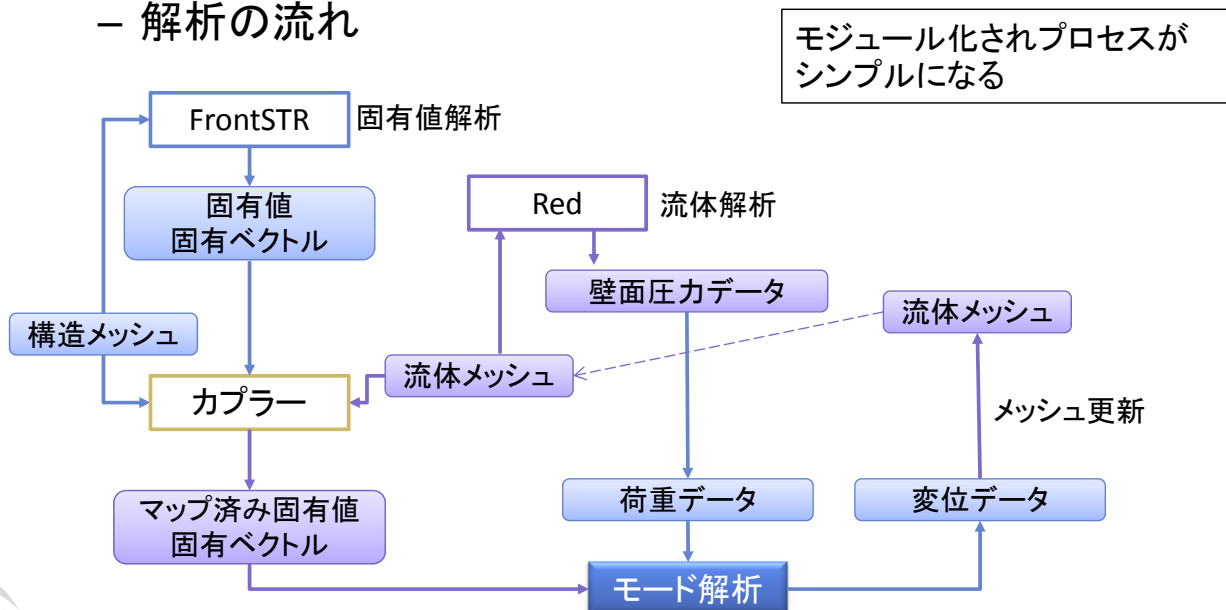
- 構造解析部分のみで固有値解析を行い、固有値・固有ベクトルをあらかじめ算出しておく。これを流体ソルバに入力する。
- モード解析部分をモジュールとして分離し、流体ソルバに組込む
- 流体解析を行い、構造表面の圧力データから、構造解析用の荷重を算出する。
- 組込まれたモジュールでモード解析を行い変形量を得る
- メッシュを更新する



# モード解析を利用した双方向連成

## • Advance/FrontFlow/Red ⇔ Advance/FrontSTR

### – 解析の流れ



# まとめ

- 大規模解析への取り組み
  - モデル化の工夫よりとりあえず解いてみる
  - 微細モデルへの適用
    - 実例: バラスト軌道の数値解析
- 連成解析への取り組み
  - 片方向連成
    - 例: 音叉 Advance/FrontSTR⇒Advane/FrontNoise
  - 双方向連成
    - 例: 衝撃波 Advance/FrontFlow/FOCUS⇔Advance/FrontSTR
  - モード解析を利用した双方向連成
    - 例: 構造物後流渦による流路変形  
Advance/FrontSTR⇒Advance/FrontFlow/red

