

FrontISTRの産業界適用への取組みと その事例紹介

(株)先端力学シミュレーション研究所(ASTOM)
中岡紀行

1. 弊社でのFrontISTRへの取り組み
2. 産業界への普及活動
 - 専用システム化とクラウドサービス
3. FrontISTRの産業利用事例
 - 流体構造連成解析
 - ダムの耐震解析
 - CFRP製タンクの応力解析
 - 電子部品の伝熱および熱応力解析
4. まとめ

1. 弊社でのFrontISTRへの取り組み

■ 2010～2012年度の3カ年FrontISTRの開発に従事(※1)

線形静解析	等方性／異方性(熱応力解析を含む)
非線形静解析	材料非線形: 超弾性／弾塑性／熱弾塑性／粘弾性／クリープ 等方／移動／複合硬化 幾何学的非線形: Total Lagrange法／Updated Lagrange法 境界非線形(接触): Lagrange乗数法、有限すべり、摩擦
線形動解析	時刻歴応答(陽解法／陰解法)、周波数応答
非線形動解析	陽解法／陰解法、接触解析機能
固有値解析	ランチョス法、変形後解析機能
熱伝導解析	定常／非定常(陰解法)
要素タイプ	四面体／六面体／五面体／シェル／トラス／梁 1次／2次、非適合モード、選択的次數低減積分
解析支援	境界条件ステップ制御、リスタート、ユーザーサブルーティン

(※1)文科省次世代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」内の1テーマである
「大規模アセンブリ構造対応構造解析ソルバーの研究開発」プロジェクトにて開発に参加

■ 受託解析・開発へ活用

- ①FrontISTRをそのまま活用した解析サービスのご提供(PC環境からスパコン環境まで)
- ②FrontISTRをカスタマイズをし、お客様のニーズに合わせた構造解析ソルバへの拡張
- ③お客様のニーズに合わせた解析技術(FrontISTR+他ソフトを組み合わせた解析)のご提案、専用Pre/Post・マクロ機能のご提供

2. 産業界への普及活動

FrontISTRを中核に産業界で活用していくために

第一フェーズ 要素技術開発

- プリ、ポスト、メッシャー、エンジニアリング技術

第二フェーズ 専用システム化

- お客様のニーズに合わせた専用システムの開発
- FrontISTR + プリポスト + ナレッジ

第三フェーズ 専用システムのクラウド化

- 多様なユーザ層、多様な利用形態での展開

(1) FrontISTRの拡張

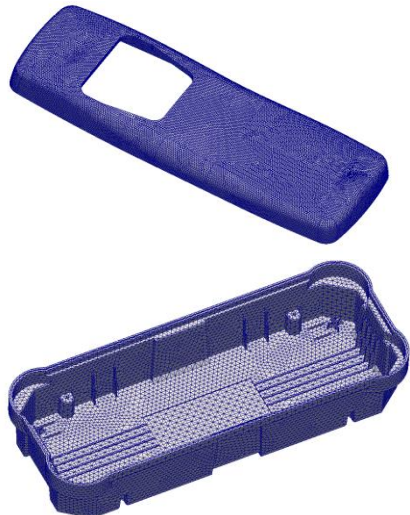
- ・お客様のニーズに合わせたソルバへの拡張
- ・他ソフトとの連携/連成解析用のシステム開発

例) 市販メッシャーからの入力ファイルの読込、
新要素の追加等のカスタマイズ
樹脂流動解析結果から樹脂の配向(異方性)を求め、FrontISTRで構造解析

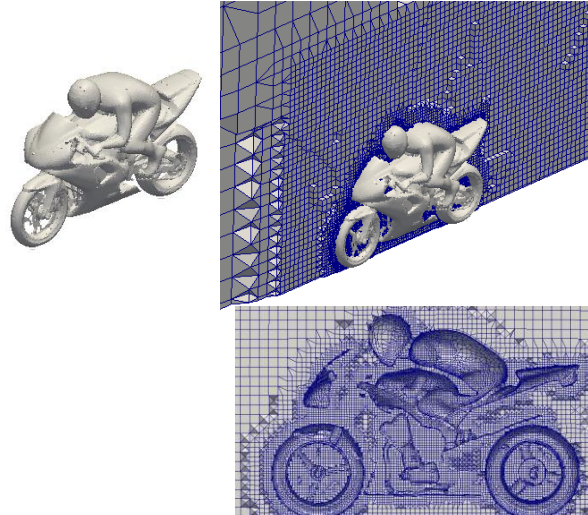
(2) プリ(メッシャー含む)

- ・条件設定を行うGUIの提供(オープンソースの可視化ライブラリ(VTK)を利用し安価に提供)
- ・大規模(1億要素)メッシュ作成も可能なメッシャーの提供
- ・市販メッシャー(HyperMesh、FEMAP)とのインターフェースの提供

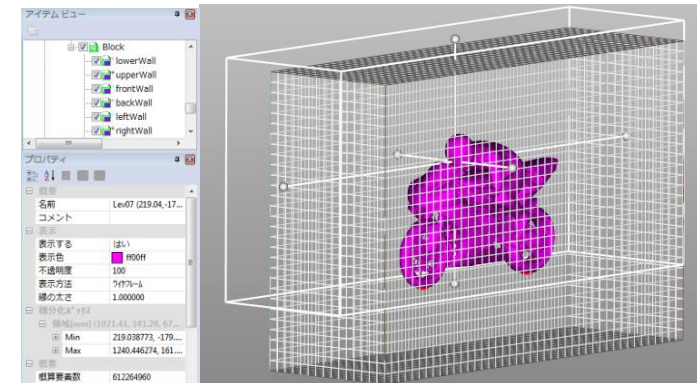
汎用テトラメッシャー



混成要素メッシャー



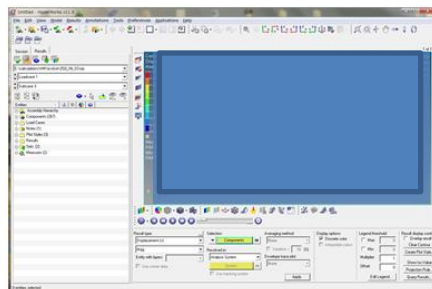
GUIを用いた解析条件設定



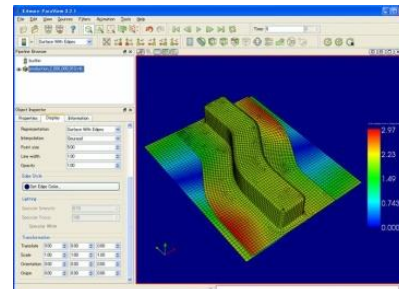
(3) ポスト

- ・自社開発のPOST機能の提供
- ・市販POST(HyperView、FEMAP)、フリーのPOST(Paraview)とのインターフェースの提供

HyperView

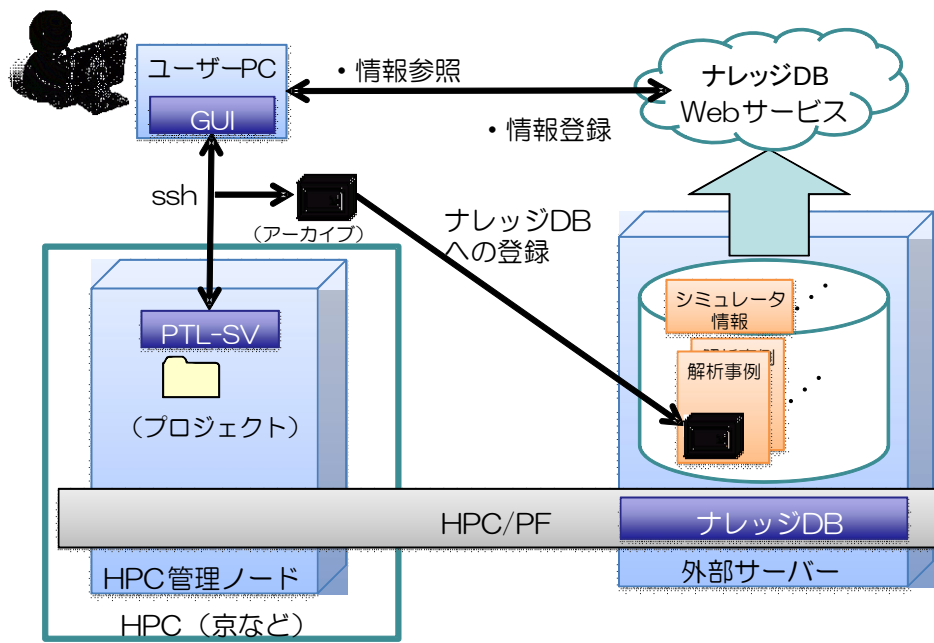


Paraview

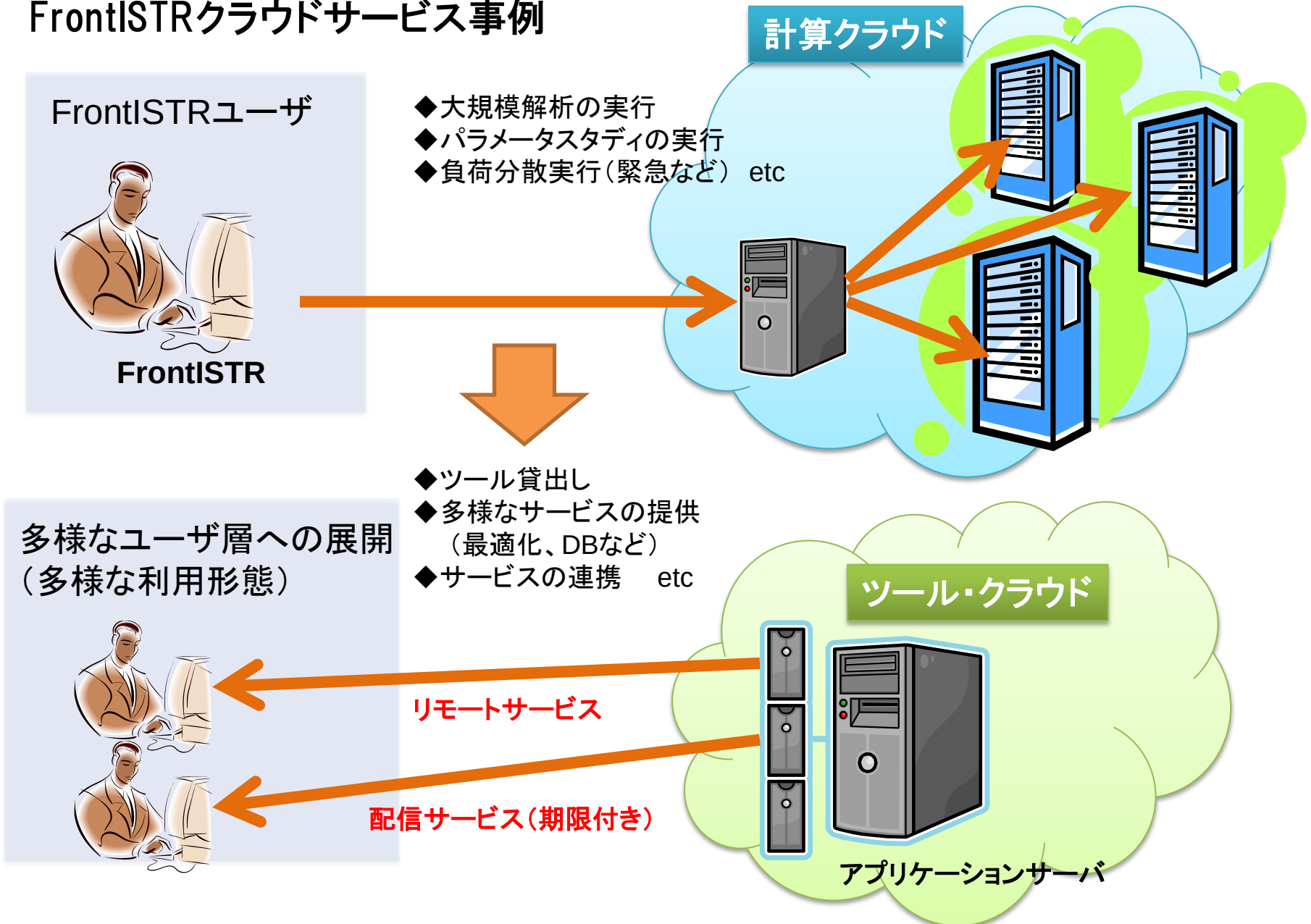


(4) ナレッジ

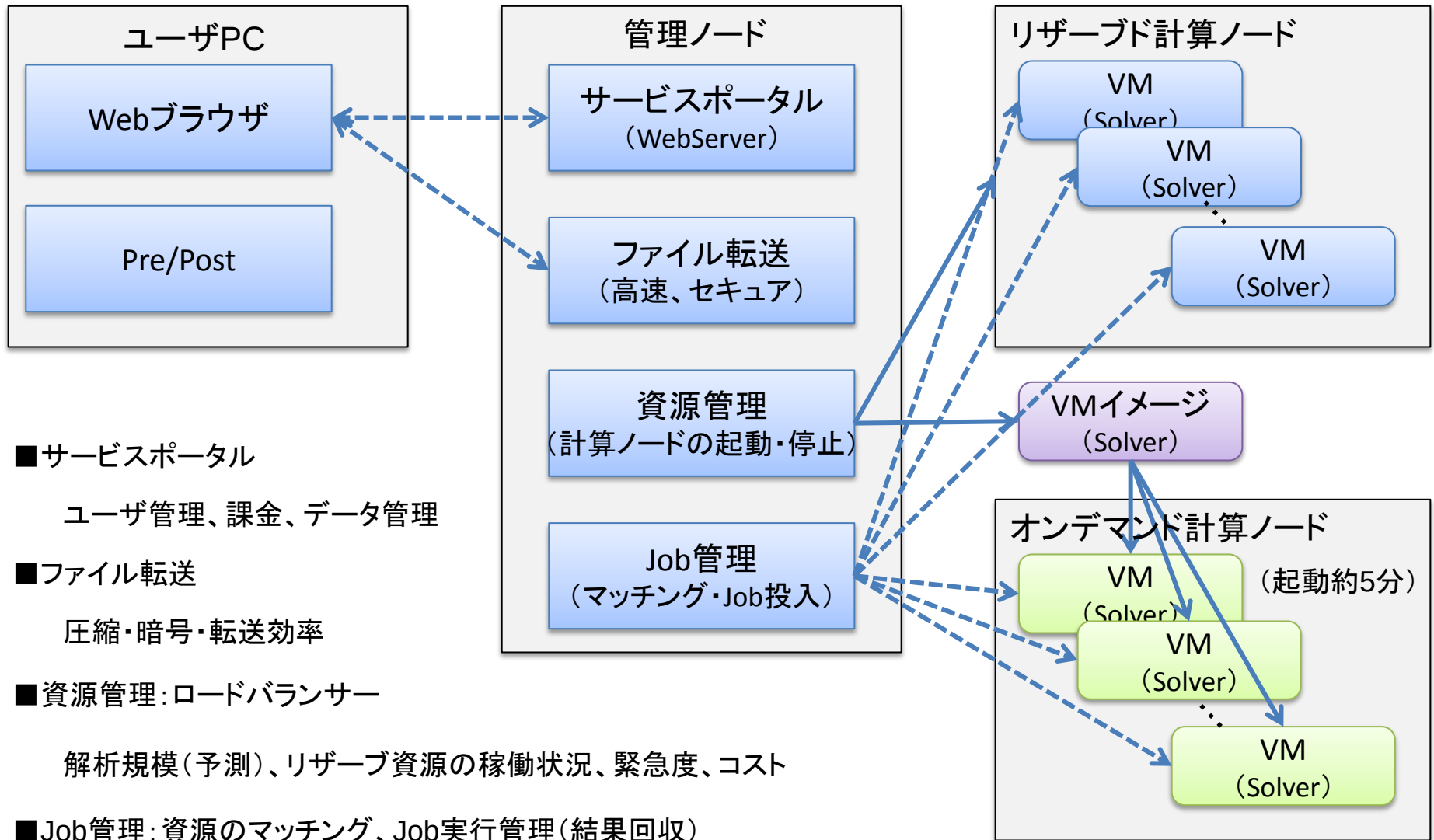
- ・専用のデータベースからWebブラウザで利用できるシステムの提供
- ・HPC/PF(ハイパフォーマンスコンピューティング/プラットフォーム)システムの活用も視野



FrontISTRクラウドサービス事例



計算クラウドの実現(構築中:一部試用開始)



3. FrontISTRの産業利用事例

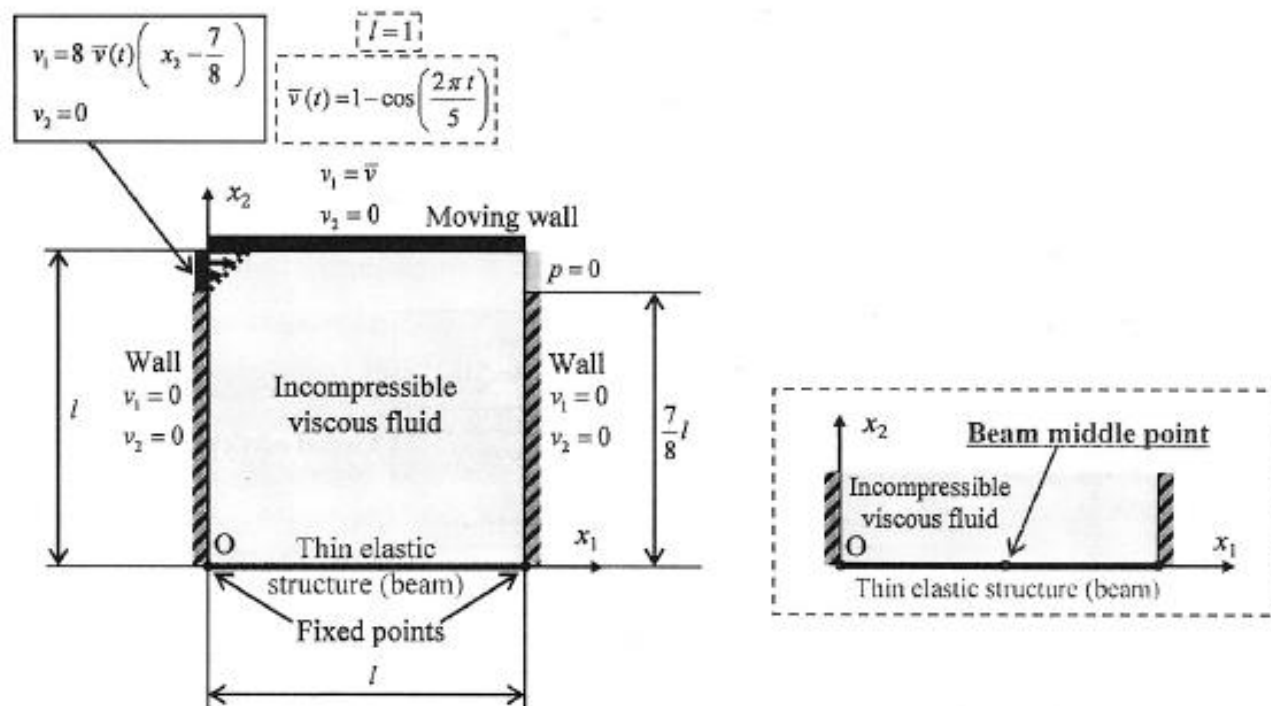
課題名	業界	目的	FrontISTR使用理由	お客様の声
流体構造連成解析	電気機械	双方向連成解析機能 検証および実証	大規模並列対応 カスタマイズ可能	
ダムの耐震解析	電力	被災原因の分析	大規模並列対応 カスタマイズ可能	未知の現象の解 明への糸口が見 つけられた。
CFRP製タンクの応力 解析	自動車部品	メゾスケールでの応力 集中	カスタマイズ可能 直交異方性	既存の設計方法 では、得られない 結果が興味深い。
電子部品の伝熱およ び熱応力解析	自動車部品	温度上昇および反り	大規模並列対応 輻射伝熱解析 熱応力解析	

目的	分離反復法による流体構造双方向連成解析システムの機能検証
FrontISTR利用理由	REVOCAP_Coupler, FrontFlow/blue, FrontISTRによる流体構造双方向連成解析の検証および実証解析業務のため
成果	ベンチマーク問題の底辺薄膜キャビティ流れと、フィン付き角柱において参照論文と近い結果を得た。 風力発電用風車の双方向連成解析を成功させた。

背景 & 補足

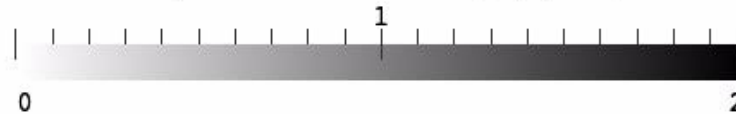
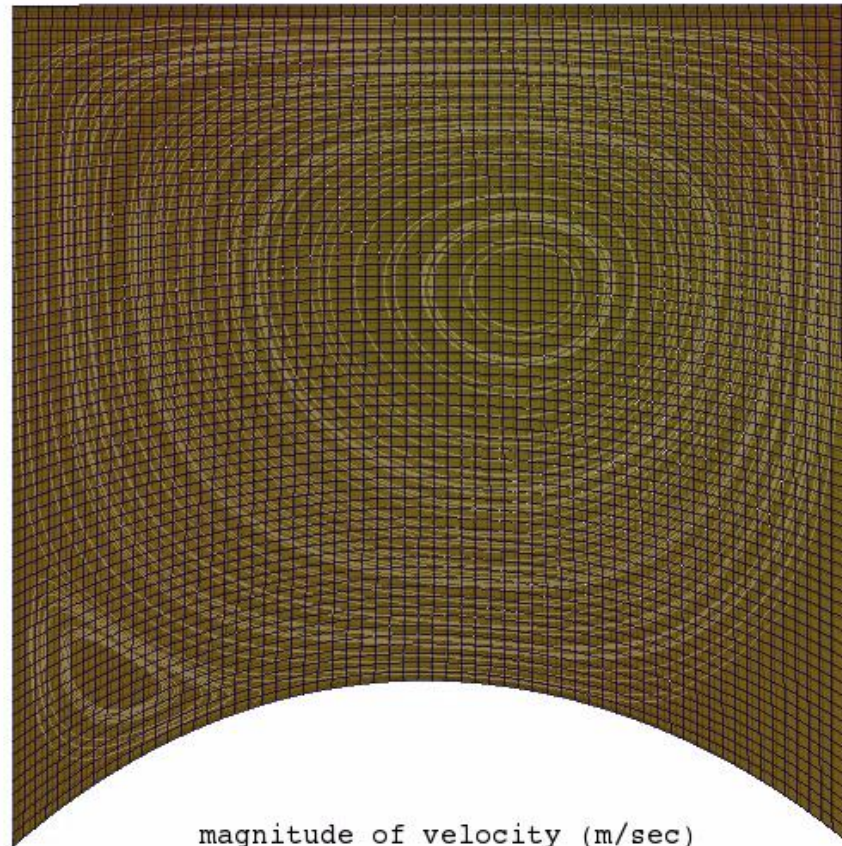
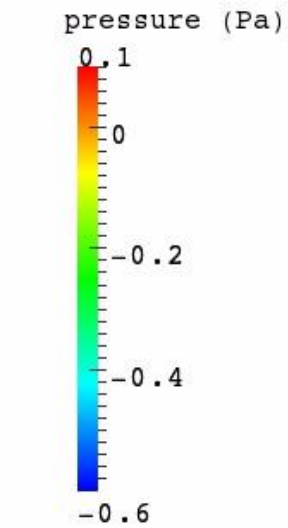
東京大学 吉村先生の下に、弊社の流体力学を熟知した技術者と構造担当技術者の連携により、流体構造双方向連成解析の検証作業を実施した。

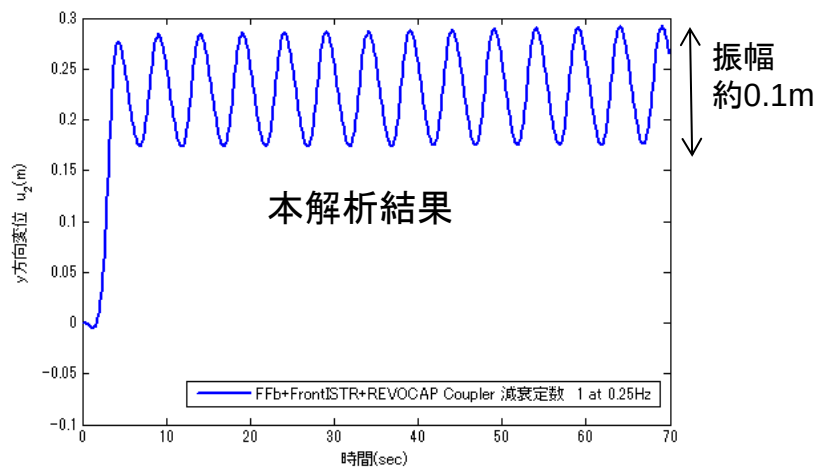
流体構造双方向連成解析において、解析が不安定になりやすい要素が、構造側起因であるか、流体側起因であるのかを判断することは容易ではないが、双方向連成解析におけるノウハウの蓄積に貢献することができた。



底辺薄膜キャビティ流れ (Hashimoto and Ono, 2010)

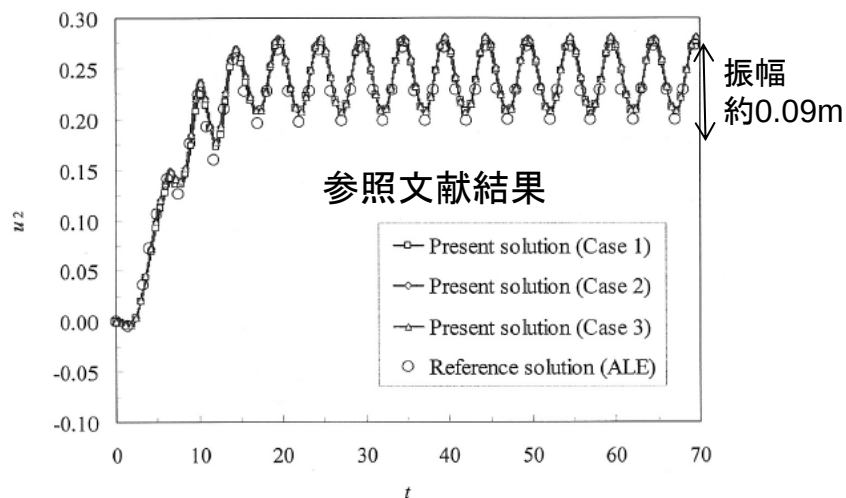
Time: 20.0sec



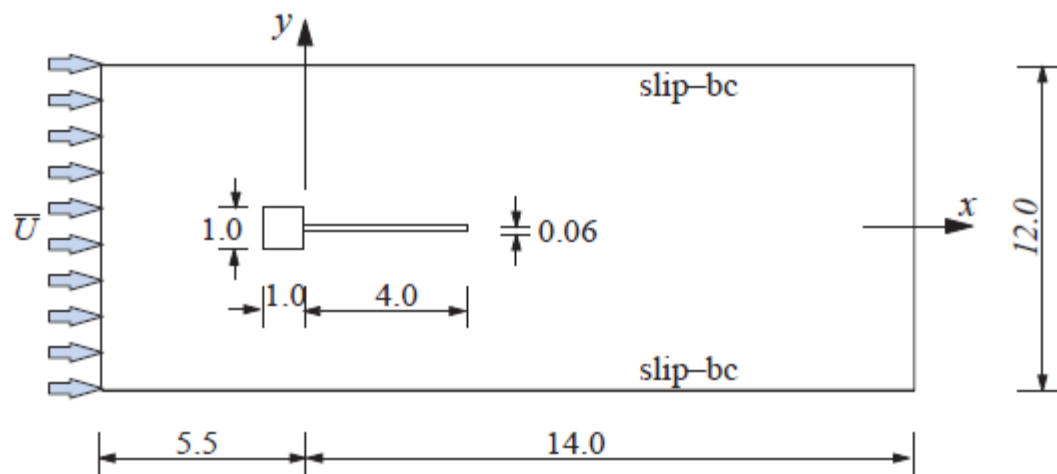


●まとめ

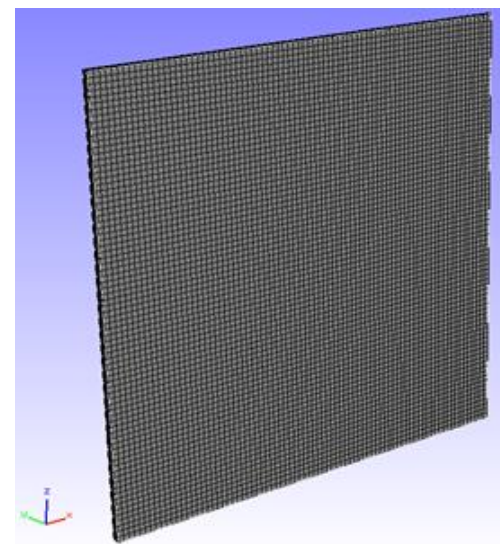
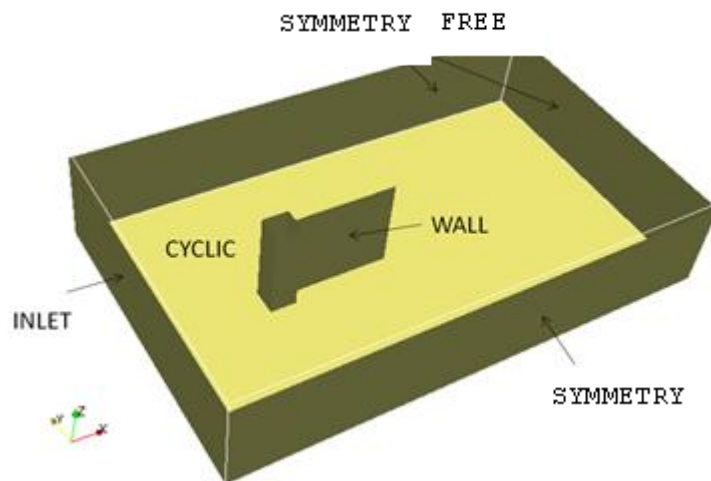
- ・非常に薄い薄膜の大変形双方向連成解析が安定的に計算可能なことが確認できた。
- ・振幅は二次元参照解とほぼ同じ値となった。



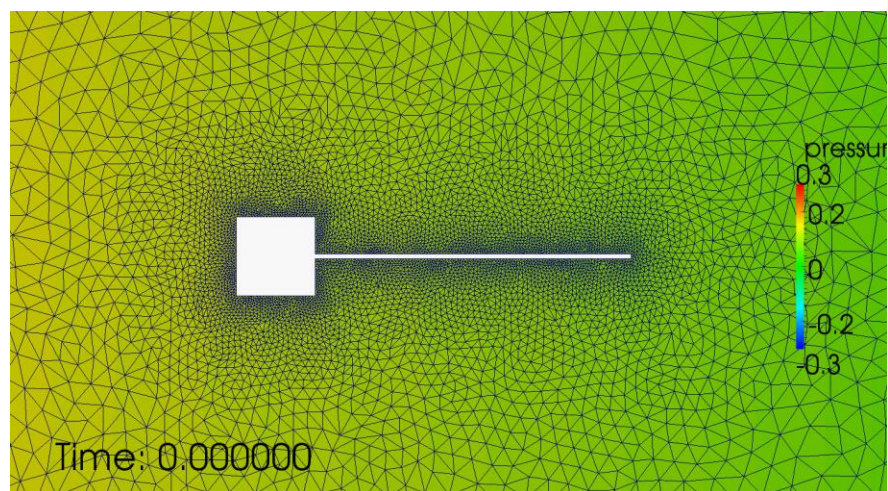
底辺薄膜の中央部での垂直方向変位の時間歴の比較 上図: 本解析結果、下図: 2次元参照解(Hashimoto and Ono, 2010)



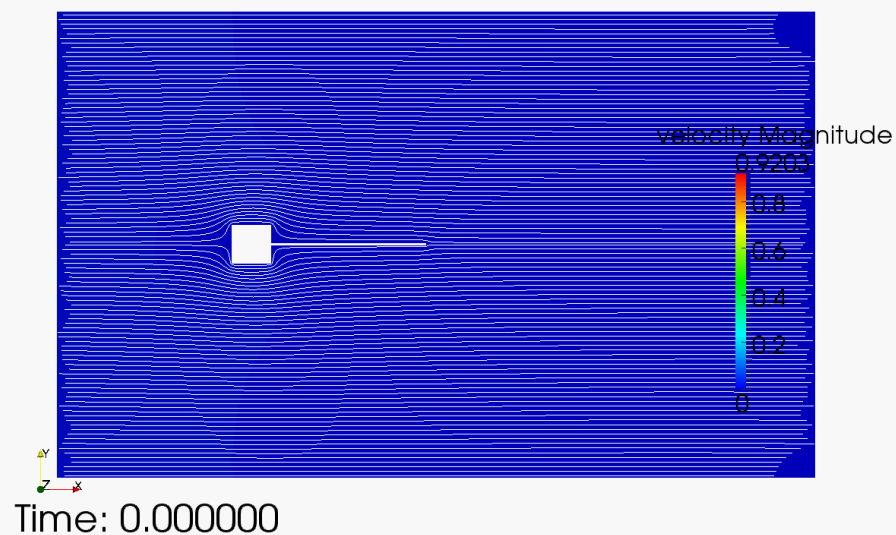
流れの中に置かれたフィン付き角柱



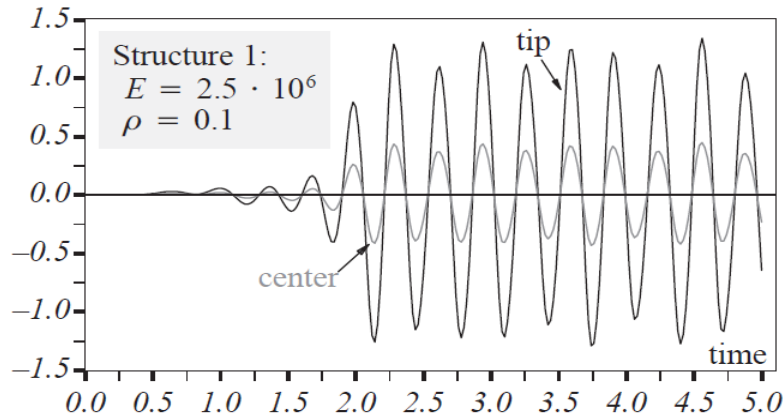
構造メッシュ(六面体要素)
節点数45,927、要素数38,400
(厚み方向6層、縦80×横80)



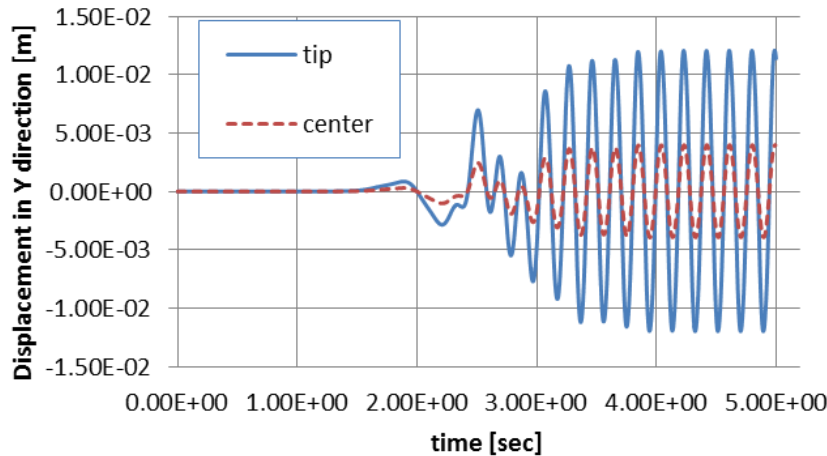
圧力分布とALEメッシュ変形



流跡線と速度分布



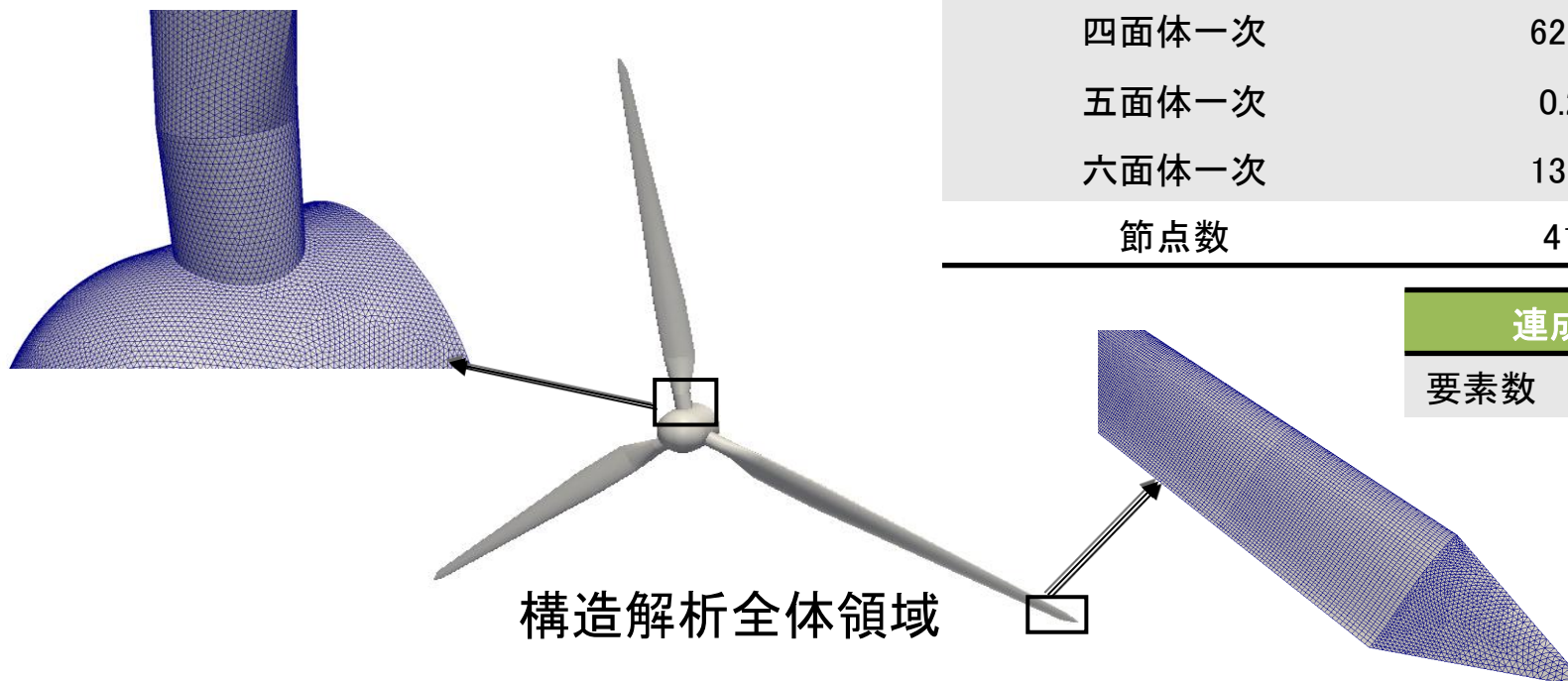
フィン中央部(center)と先端部(tip)の垂直方向変位の時間履歴:
 縦軸の単位はcmである (Wall and Ramm, 1998)



フィン中央部(center)と先端部(tip)変位の時間履歴

●まとめ

- ・安定的な双方向連成解析を実行できた。
- ・得られた結果の振幅0.025mは2次元解析の参考文献と同程度、周波数は5Hz付近にピークを持っており、参考文献値3.3Hzより大きい結果となり、2次元と3次元解析の差異が見られた。



要素数

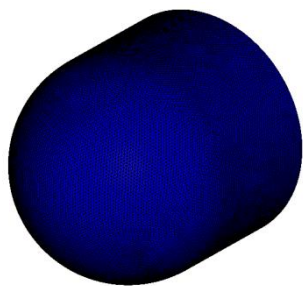
四面体一次	62.3万
五面体一次	0.2万
六面体一次	13.4万
節点数	41万

連成界面

要素数	151868
-----	--------

構造解析全体領域

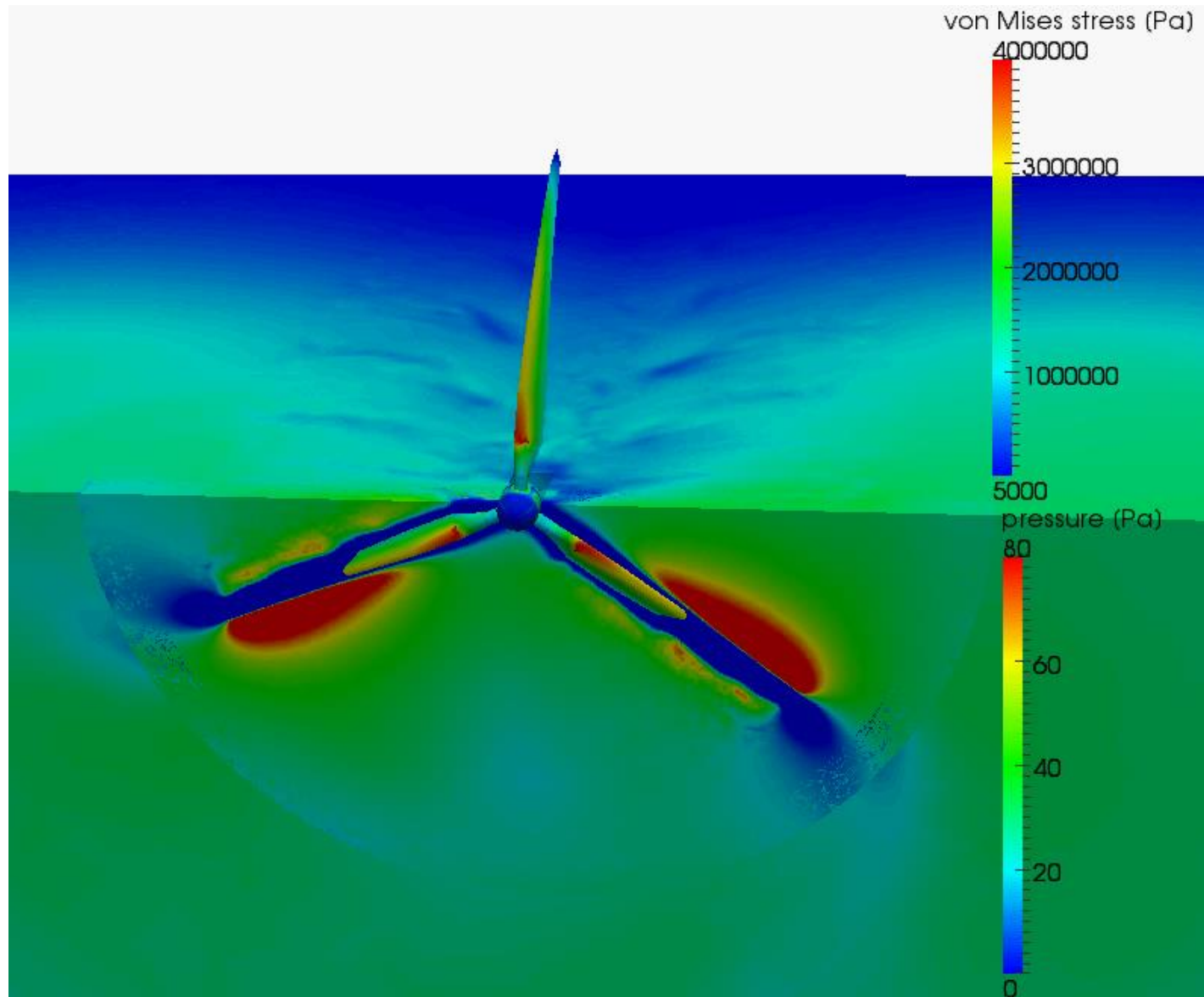
ハブ・ナセルの模擬



	ヤング率 (GPa)	ポアソン 比	密度 (kg/ m3)	体積 (m3)	重量 (kg)
ハブ	161	0.27	7100	0.989	7022
3 枚 翼 (GFRP)	16.7	0.06	2100	1.752	3679
合計	17				10701

翼はGFRP相当の等方性モデル





目的	2次元軸対称解析では再現することが出来ない、現象を捉えて、CFRP製タンクの設計を最適化するため
FrontISTR利用理由	FrontCOMP_moldにより作成される、水素燃料タンクモデルが数百万から数億要素規模になり、大規模解析が不可欠である。そのため、大規模並列化が可能かつ、カスタマイズが可能なFrontISTRで計算を実施した。

背景 & 補足

ASTOMでは、メゾスケール水素燃料タンクモデル作成ソフトのFrontISTRと同じ『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』において開発されたFrontCOMP_moldを、プロジェクト終了後も継続的に開発作業を行っており、それで作成されたモデルの解析にFrontISTRを使用している。

実績としては、約300万要素の4面体1次要素を使用した接触を含む解析や、約8500万要素の4面体1次要素を使用した弾性解析を実施している。

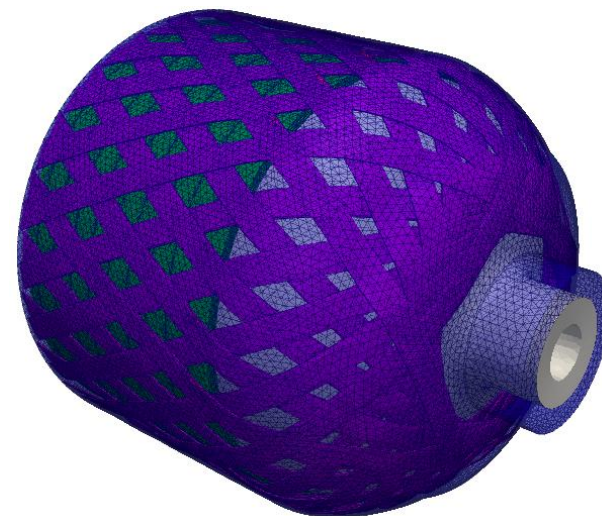
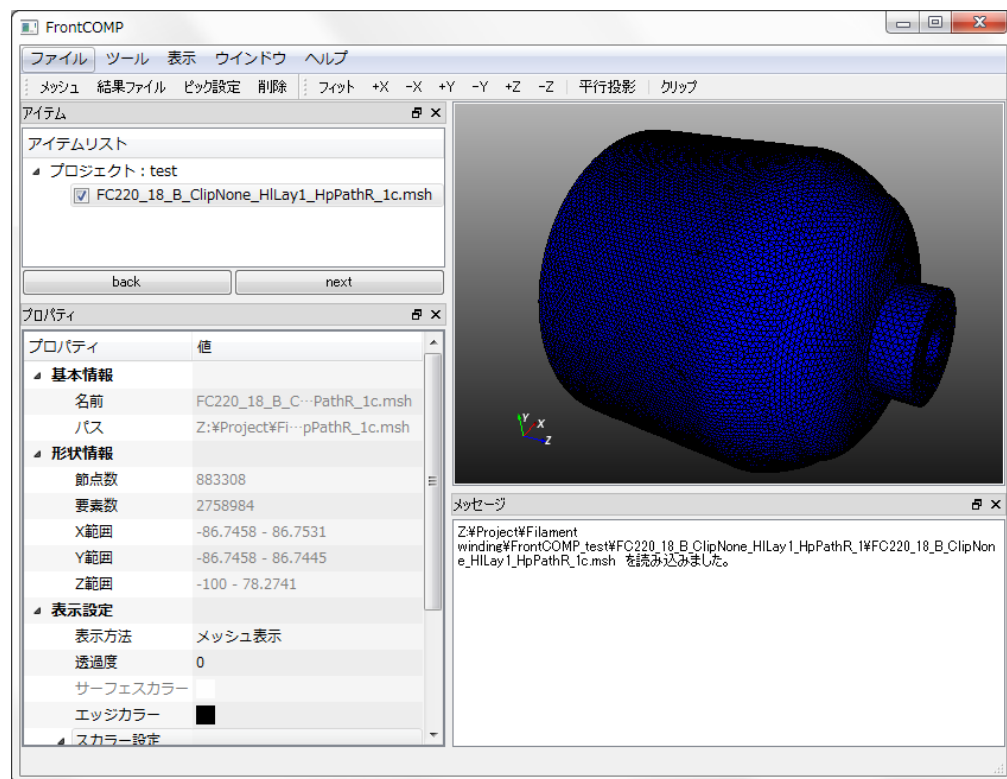


CFRPタンク製造装置

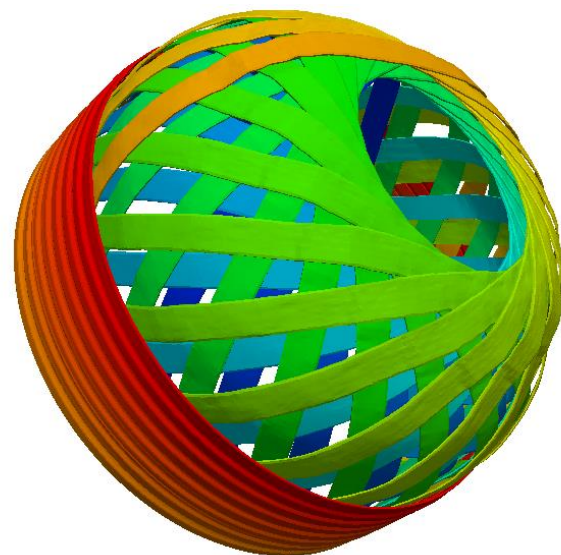


水素タンク

CFRP製タンクの応力解析 ②



モデル例 1



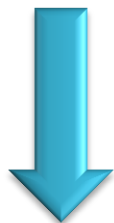
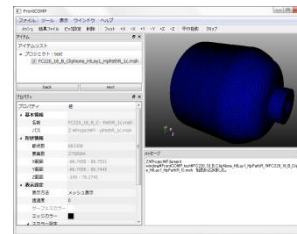
モデル例 2

FrontCOMP_moldの操作画面

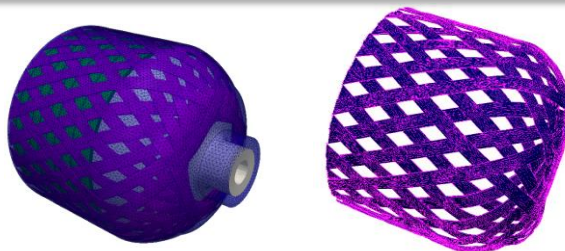
東京大学生産技術研究所 革新的シミュレーション研究センターより受託

ライナー形状、タンク長さ、フィラメントワインディングの巻き回数を入力

FrontCOMP_mold
メッシュ作成

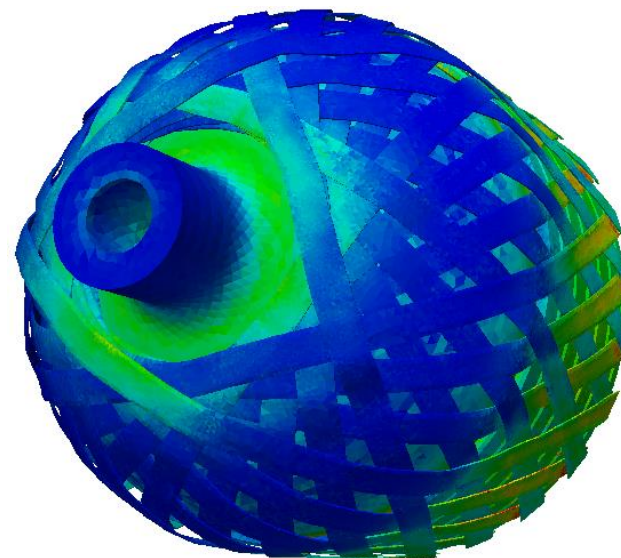


メッシュデータ
繊維束方向データ

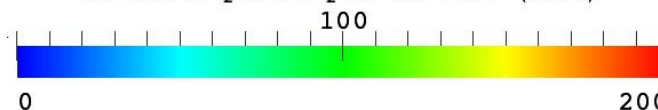


FrontISTR
(構造解析の実施)

繊維束モデル化による、強度・疲労破壊予測への精度向上への期待



maximum principal stress (MPa)



FrontISTR Ver 3.3改

使用機能

!SOLUTION, TYPE=NLSTATIC !STATIC	接触解析を含む大変形弾性解析
!ELASTIC, TYPE=USER	ユーザー定義材料物性値により、直交異方性の導入

カスタマイズ

OpenMPによる並列化の拡大	要素剛性マトリックス作成時にも並列化に対応 (DirectMKL使用時)
繊維配向の入力	要素ごとに定められた繊維配向に対応するために、別ファイルにより入力
ポスト処理用ファイル	バイナリのresファイルから、要素解の主応力や主ひずみなど必要な物理量を計算し、vtuフォーマットのファイル作成

4. まとめ

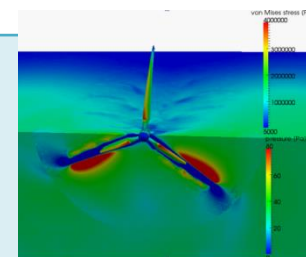
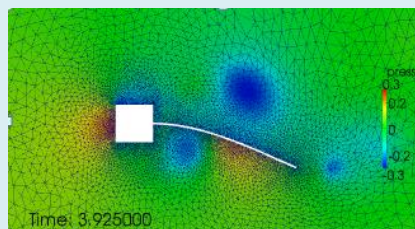
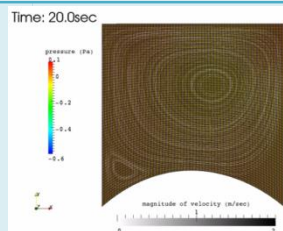
産業界への普及活動

- 専用システム化とクラウドサービス
- URL <http://www.astom.co.jp/>

FrontISTRの産業利用事例

課題名

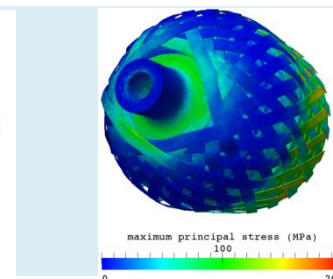
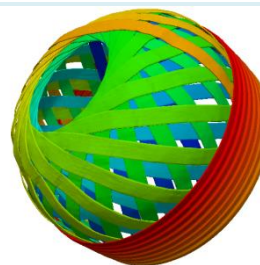
流体構造連成解析



ダムの耐震解析



CFRP製タンクの応力解析



電子部品の伝熱および熱 応力解析