

可視化ソフトウェア ParaViewの紹介

研究員 石井 義隆

アドバンスソフトのプリ・ポストプロセッサご紹介セミナー
2015年4月16日（木）開催
アドバンスソフト株式会社



目次

- ParaViewとは？
- 可視化とは？
- パイプラインとは？
- ParaViewの大規模事例紹介
- Advance/FrontSTRの計算結果の可視化
- Advance/FrontFlow/redの計算結果の可視化
- Advance/FrontNoiseの計算結果の可視化
- Advance/FrontSTRとAdvance/FrontFlow/FOCUS連成解析の可視化

本スライドは、ParaViewの公開サイト(<http://paraview.org/>)の内容を引用、日本語訳の内容を含みます。

Ayachit, Utkarsh (2015), *The ParaView Guide: A Parallel Visualization Application*, Kitware, ISBN 978-1930934306

ParaView とは？

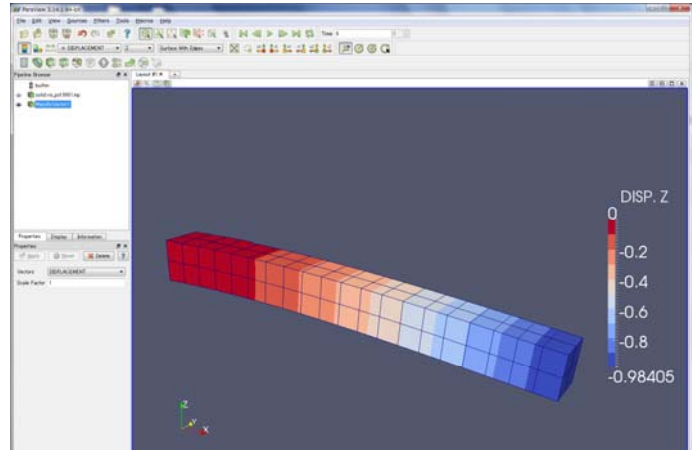
Parallel Visualization Application

2000年から米国で開発 フリーの可視化ソフト

オープンソース
マルチプラットフォーム

技術計算の研究機関、
企業など多く利用

毎月約10000件、
ダウンロード



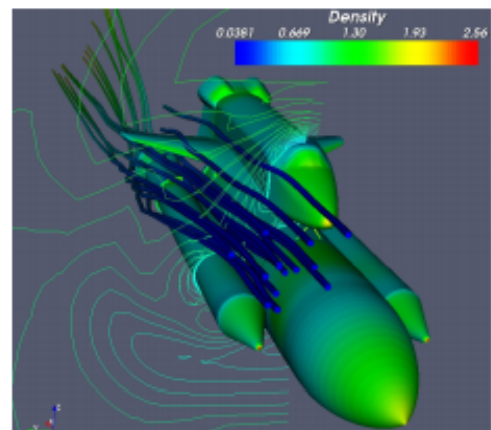
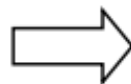
ParaView

Parallel Visualization Application

可視化とは？

グラフィカルに、わかりやすく表現すること

```
02E5640 122304 133732 032051 037934 024721 015013 052226 001662
02E5560 025537 064663 054606 043244 074076 124153 135216 126314
02E5700 144210 056426 044700 042650 165290 137087 003655 006254
02E5720 134453 124327 176005 027034 107614 170774 073782 067274
02E5740 072451 087735 147620 061064 157485 113057 155856 114689
02E5760 107204 102316 172451 046040 120223 001774 030477 046673
02E5800 171317 116055 155117 134444 167210 041405 147127 050595
02E5820 004137 048492 124015 134360 173550 053517 044636 021135
02E5840 078176 047705 113754 175477 105532 076515 177366 056333
02E5860 041023 074017 127113 003214 037026 037640 066171 128424
02E5100 067701 037406 140000 165341 072410 100032 125455 056446
02E5120 006716 071402 055672 132571 105645 170073 050876 072117
02E5140 024451 087424 114200 077733 024434 012546 172484 102945
02E5160 048223 050170 055164 164634 047154 126525 112514 032315
02E5200 016041 176055 042766 025015 176314 017284 110060 014515
02E5220 117356 030746 154234 125001 151144 163706 136237 164376
02E5240 187055 062276 163755 135466 005322 132567 078216 002655
02E5260 171466 126161 117155 065763 036177 024468 112765 055527
02E5300 003767 175367 194754 036436 172172 150758 042643 145430
02E5320 072074 000007 040627 070652 175011 002151 125132 140214
02E5340 068115 014356 015164 067027 120206 070242 033065 131334
02E5360 178601 170106 040437 127277 124446 136631 041462 116321
02E5400 020243 005602 004346 122574 124651 006634 071331 102070
02E5420 157504 160307 166330 074251 024520 134432 167273 030435
02E5440 133534 106171 144160 010652 007365 026416 150716 100413
02E5460 026630 007210 000630 121224 076033 140764 000737 003276
02E5500 114060 042647 104475 130537 066716 104754 075447 112254
02E5520 038374 144251 077734 015157 002513 173526 035531 150083
02E5540 146207 015135 024446 130101 072457 040764 165513 156412
02E5560 166410 067251 156160 106406 136770 030516 064740 022032
02E5580 142166 113707 175121 071170 076357 037233 031186 015122
02E5620 075074 016744 044055 102230 110068 038350 052765 172463
```

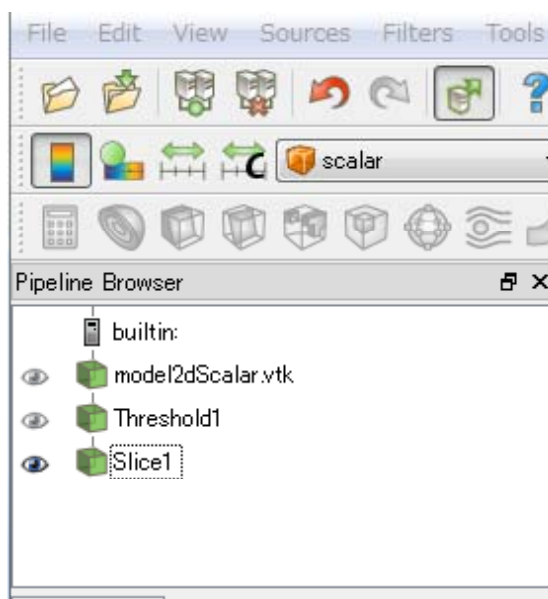


ParaView公式サイトより

<http://www.paraview.org/Wiki/images/f/f4/ParaViewTutorial42.pdf>

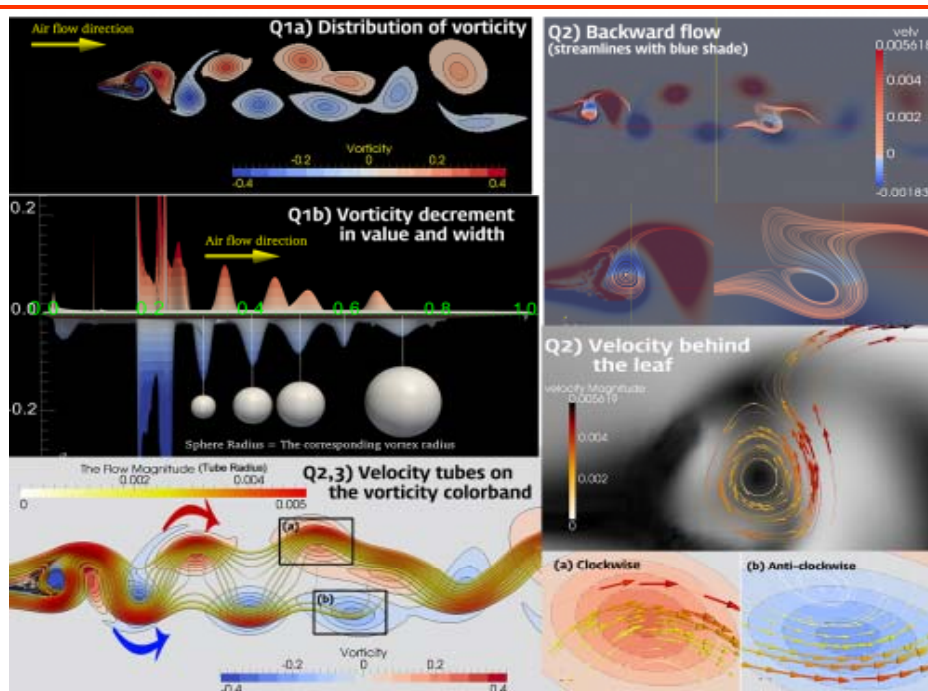
パイプラインとは？

- 加工方法・加工順を設定できる。



物体回りの流れの解析結果

ParaView公式サイトより



<http://www.paraview.org/gallery/>

葉と周りの空気の流れのシミュレーション

ParaView の開発

Parallel Visualization Application

2000年 Kitware社、米国の3国立研究所(ロスアラモス国立研究所、サンディア国立研究所、リバモア国立研究所)間の共同プロジェクトとしてParaViewの開発を開始

2002年10月 最初のParaViewリリース

2005年9月 Kitware社、サンディア国立研究所、CSimSoft
ParaView Ver. 3.0の開発を開始

ユーザー・インターフェイス改善、
データ分析機能の向上 : Ver.2から大規模改良。

2007年5月 ParaView Ver. 3.0リリース

2013年6月 ParaView Ver. 4.0リリース



Ver. 4.0

さまざまな研究機関および政府機関と協力により
ソフトウェアの開発およびリリースが継続

ParaView の開発方針

Parallel Visualization Application

- ① オープンソース、マルチプラットフォーム
- ② 分散メモリの大規模データセットを処理する計算モデル
- ③ オープンで柔軟かつ直感的なユーザーインターフェイス
- ④ オープンな標準に基づく拡張可能なアーキテクチャ

ParaView の動作環境

Parallel Visualization Application

- ・分散メモリ並列計算機、共有メモリ並列計算機、シングルプロセッサで実行可能
- ・Windows版、Mac OS Xや Linux、IBMのBlue Gene、クレイXT3、様々なUnixワークステーション、クラスタやスーパーコンピュータ上でテスト

ソフトウェア

- ・データ処理とレンダリングエンジン
: 可視化ツールキットVTKを利用
- ・ユーザーインターフェイス : Qtで記述

ParaView の主な機能

Parallel Visualization Application

- 構造格子・非構造格子
- コンター図・ベクトル図
- 断面図、等高線・等値面
- クリップ処理・断面処理・しきい値処理
- 変数の演算・ベクトル演算
- データプローブ・各種ファイル形式の読み込み・出力
- スプレッドシートによるデータ確認
- Pythonスクリプトによるカスタマイズ

など

ParaView 利用可能なデータ形式

Parallel Visualization Application

境界適合曲線座標系を含む構造データ、非構造データ、多角形、画像、マルチブロックとAMRのデータタイプを処理可能

さまざまなファイル形式をサポート。

(例) VTK(新旧、パラレル、アスキーとバイナリ)、市販ソフトウェア、STLを含む多角形のファイル形式など、次のスライドにファイル形式一覧。

ParaView 利用可能なファイル形式

Parallel Visualization Application

AVS UCD Reader	MFIXReader	VRML reader
BYU reader	Meta Image Reader	XDMF reader
COSMO reader	OpenFOAMReader	XML Hierarchical Box Data reader
CSV reader	PDB reader	XML Image Data reader
DEM reader	PLOT3D reader	XML Multi-Block Data reader
EnSight Master Server reader	PLY reader	XML Partitioned Image Data reader
EnSight reader	PNG reader	XML Partitioned Polydata reader
Exodus reader	POP reader	XML Partitioned Rectilinear Grid reader
ExodusIIReader	PVD reader	XML Partitioned Structured Grid reader
FLUENTReader	Partitioned Legacy VTK reader	XML Partitioned Unstructured Grid reader
Facet Reader	Phasta reader	XML Polydata reader
Gaussian Cube reader	Restarted Sim Exodus Reader	XML Rectilinear Grid reader
Image reader	Restarted Sim Spy Plot Reader	XML Structured Grid reader
LSDynaReader	SESAME reader	XML Unstructured Grid reader
Legacy VTK reader	Spy Plot reader	XYZ reader

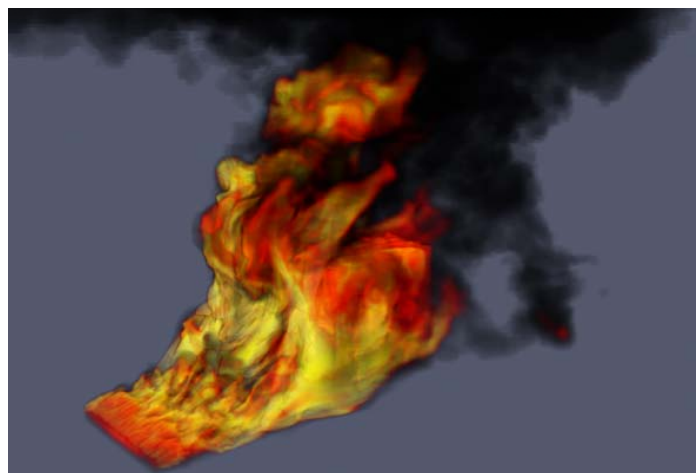
各種のファイルフォーマットを利用により、市販の商用可視化ソフトウェアを利用中の方も、ParaViewに乗り換えることが可能

ParaView の大規模事例紹介1

Parallel Visualization Application

(公式サイトより)

連成モデルの火災シミュレーションの可視化



<http://www.paraview.org/gallery/>

ガスの温度

1.5億自由度

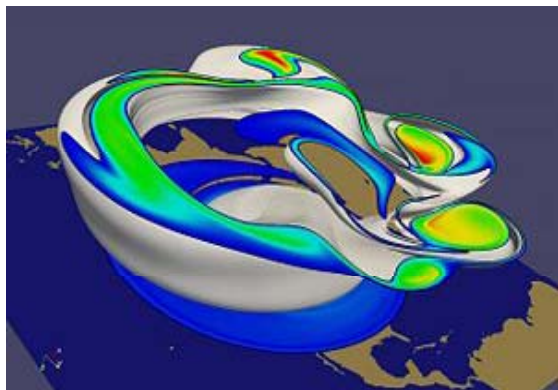
流体領域・輻射領域・
熱伝導領域を
シミュレーション。

ParaViewのVolume
レンダリングで描画

ParaView の大規模事例紹介2

Parallel Visualization Application (公式サイトより)

オゾン層破壊の解析の可視化



<http://www.paraview.org/gallery/>

気候シミュレーション
における極渦崩壊

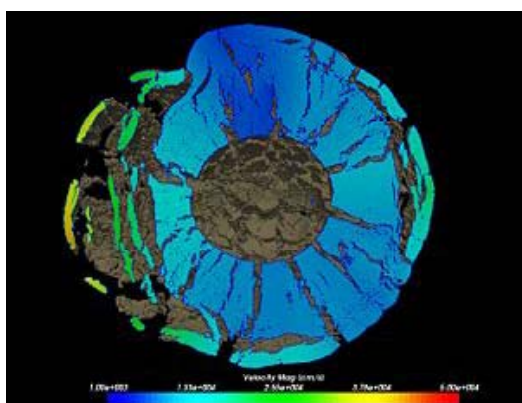
高緯度にトラップされた
周極ジェットのスミュレーション
(オゾン層破壊の一因)

10億メッシュ以上、1kmの解像度

ParaView の大規模事例紹介3

Parallel Visualization Application (公式サイトより)

小惑星破壊のスミュレーションの可視化



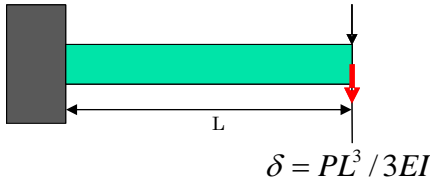
<http://www.paraview.org/gallery/>

$2.1 \times 10^8 \text{m}^3$ (500m × 600m × 700m)

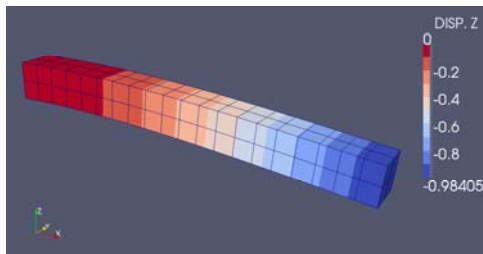
の小惑星の中心で
10メガトン級の爆発。

128可視化ノードで
並列でParaViewを使用。

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRによる 片持ち梁の曲げの構造解析

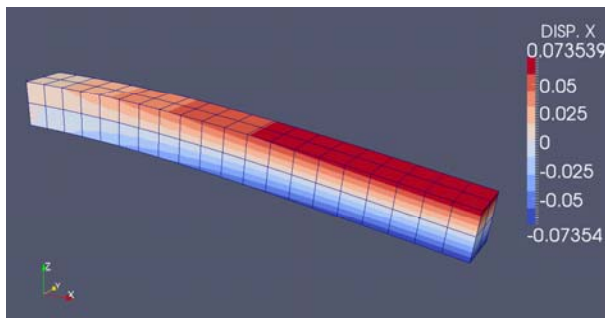


ヤング率: E	4000.0 kgf/mm ²	長さ:L	10.0 mm
ポアソン 比:ν	0.3	断面積:A	1.0 mm ²
荷重P	1.0 kgf	-	-

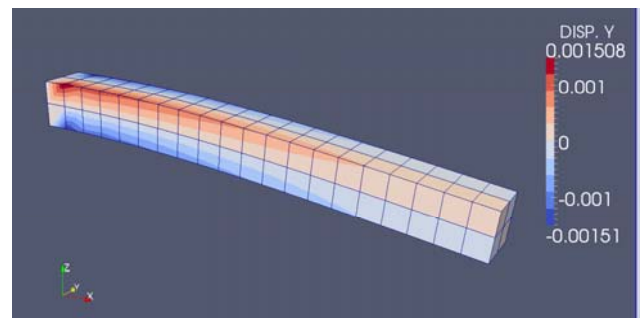


理論解 $\delta_{max} = -1.0$
 FrontSTR $\delta_Z = -0.98405$
 6面体1次、80要素

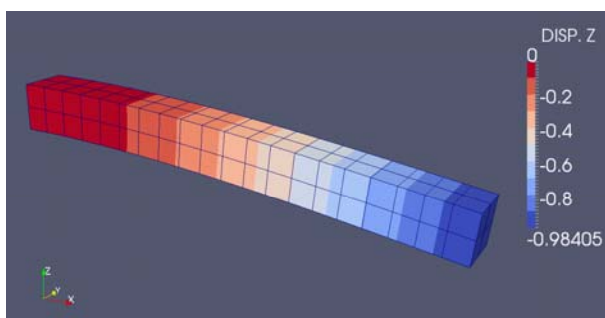
構造解析、変位の変形・コンタ図



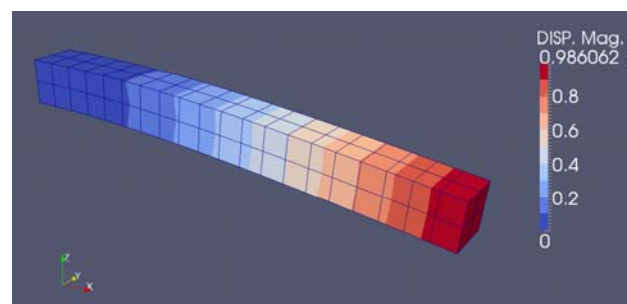
X変位



Y変位

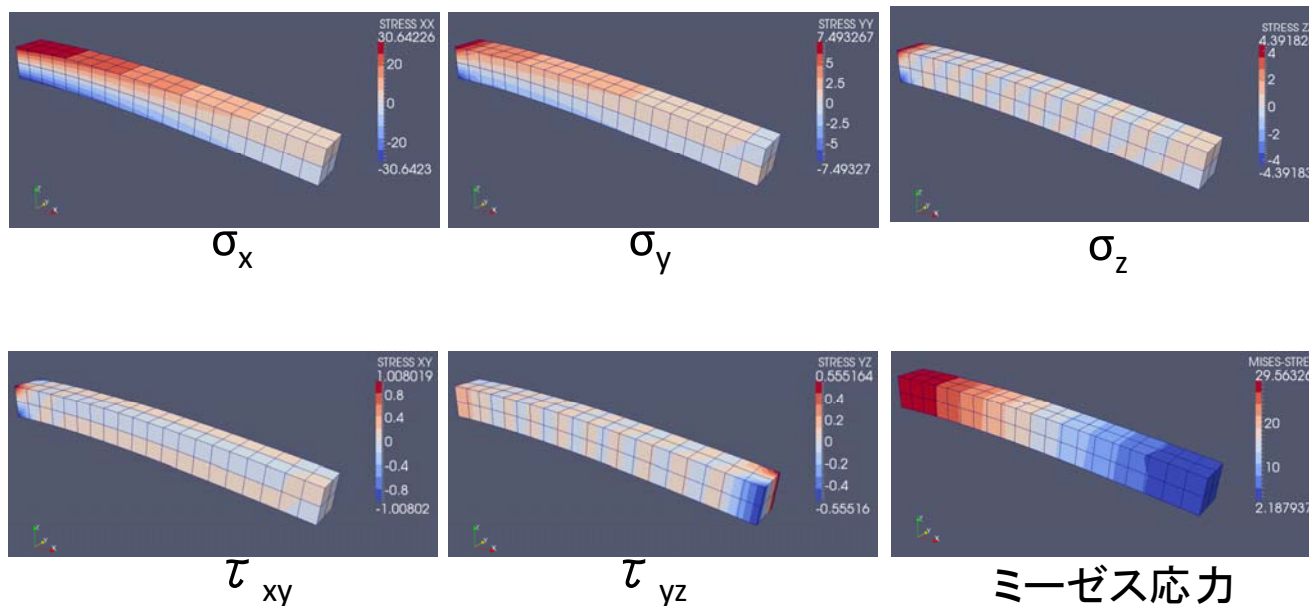


Z変位



変位(絶対値)

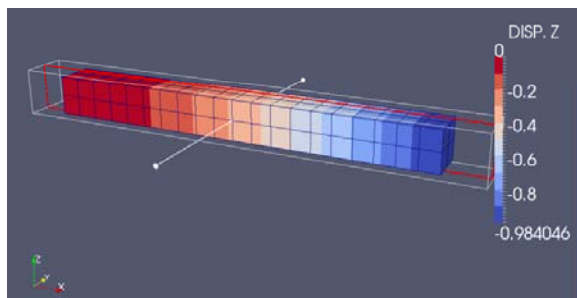
構造解析、応力の変形・コンタ図



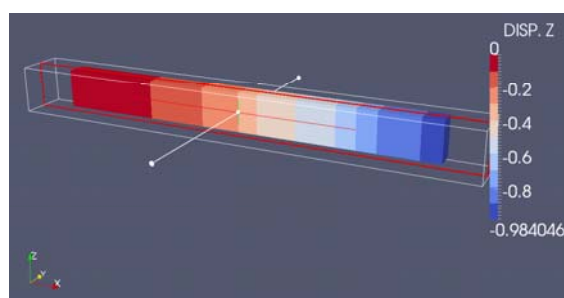
構造解析、物理量一覧

	ラベル	物理量
1	DISPLACEMENT	変位 X、Y、Z
2	STRAIN	ひずみε ε _{XX} 、ε _{YY} 、ε _{ZZ} 、ε _{XY} 、ε _{YZ} 、ε _{ZX}
3	STRESS	応力σ σ _{XX} 、σ _{YY} 、σ _{ZZ} 、τ _{XY} 、τ _{YZ} 、τ _{ZX}
4	MISES-STRESS	ミーゼス応力
5	REACTION-FORCE	反力 F _X 、F _Y 、F _Z

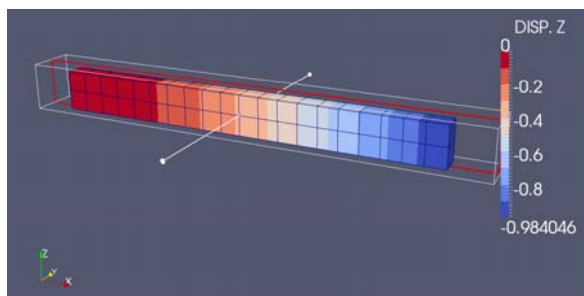
断面図の描画



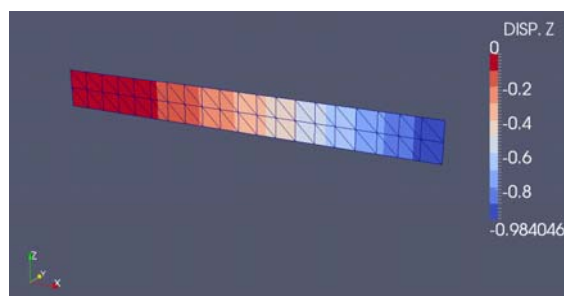
断面指定



奥側切り出し

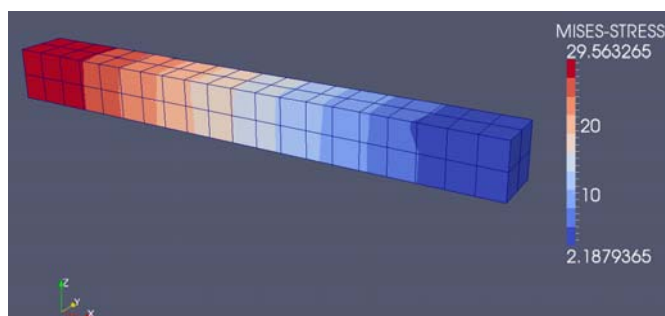


手前側切り出し

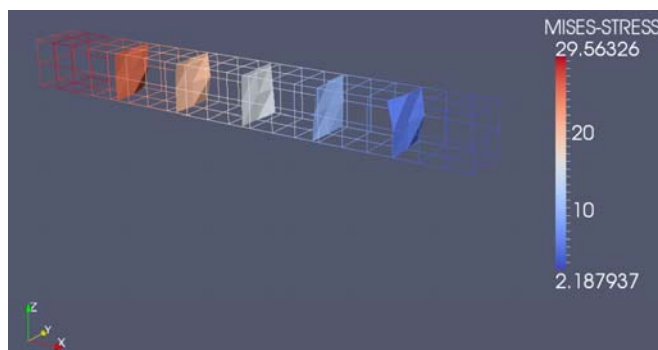


スライス(断面)

等値面描画

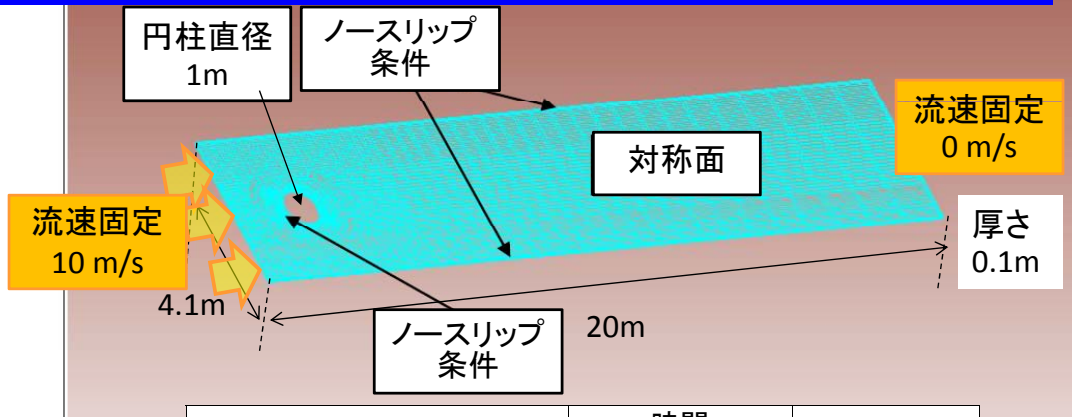


ミーゼス応力5~25kgf/mm²間、5kgf/mm²ごとの等値面



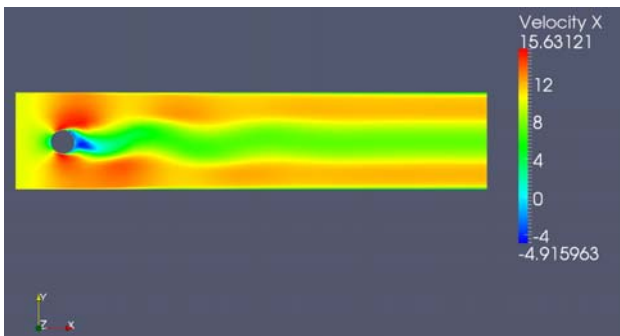
例2

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/redによる円柱非定常流れ解析



	非定常解析	時間積分法	Euler陰解法
流体	非圧縮性流体 空気 (粘性係数は変更)	移流項	80%一次風上差分
		圧力解法	SIMPLE法
時間刻み	0.01 s	乱流モデル	なし

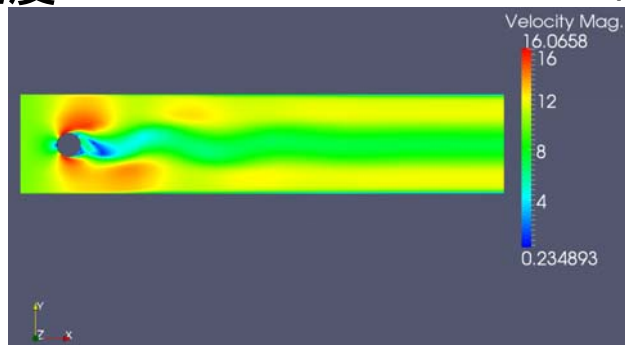
流体解析結果のコンタ図



X速度



Y速度



流速の絶対値

流体解析結果のコンタ図



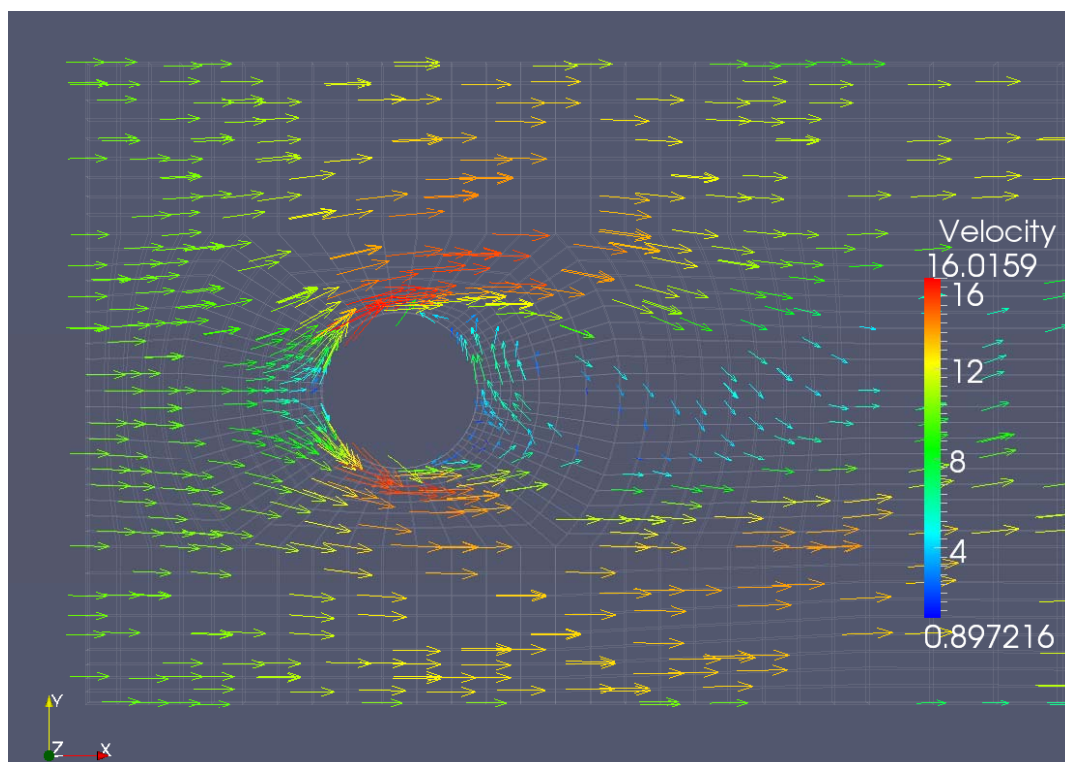
圧力

流体解析・物理量一覧

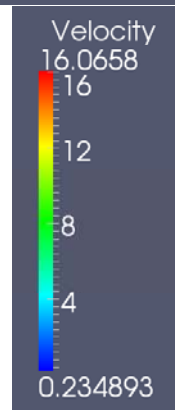
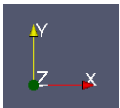
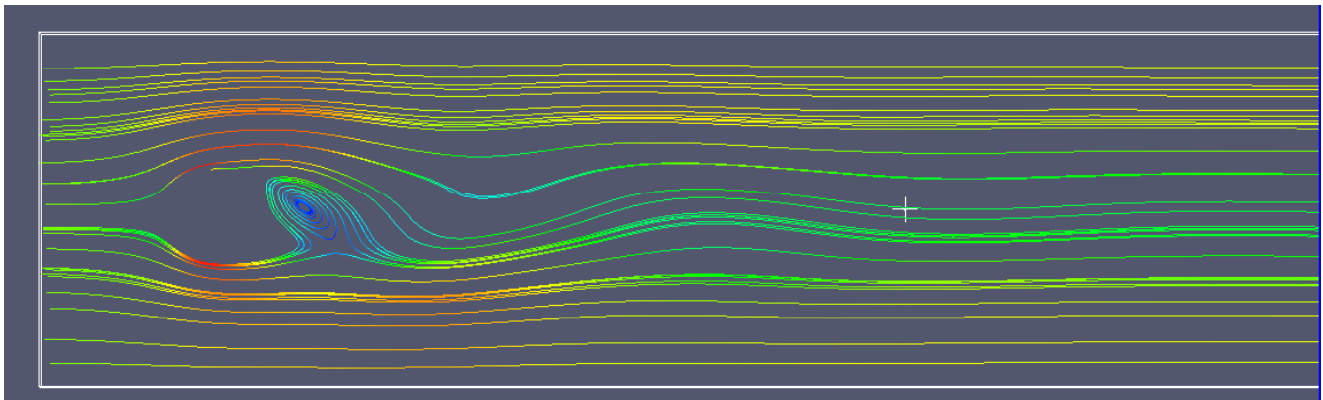
物理量	ラベル	出力条件
圧力 [Pa]	Static_pressure	デフォルトで出力
マッハ数	Mach_number	デフォルトで出力
密度 [kg/m ³]	Density	デフォルトで出力
温度 [K]	Static_temperature	デフォルトで出力
分子粘性 [Pa・s]	Molecular_viscosity	乱流モデルが「なし(層流)」または「DNS」の場合に出力。それ以外はオプションで指定した追加時
乱流粘性 [Pa・s]	Turbulent_viscosity	乱流モデルが「なし(層流)」「DNS」のどちらでもない場合に出力
流速 [m/s]	Velocity	デフォルトで出力
化学種の質量分率	Mass_fraction_(化学種名)	デフォルトで出力
乱流エネルギー [m ² /s ²]	RANS_K	k-εモデルまたはk-ωモデルの計算時に出力
乱流エネルギー散逸率 [m ² /s ³]	RANS_eps	k-εモデルの計算時に出力
比散逸率 [1/s]	RANS_omg	k-ωモデルの計算時に出力

物理量	ラベル	出力条件
分子粘性 [Pa·s]	Molecular_viscosity	乱流モデルが「なし(層流)」または「DNS」の場合に出力。それ以外はオプションで指定した時
乱流粘性 [Pa·s]	Turbulent_viscosity	乱流モデルが「なし(層流)」「DNS」以外の場合に出力
定圧比熱 [J/(K·kg)]	Specific_heat(Cp)	オプションで指定した時
音速 [m/s]	Speed_of_sound	
壁面距離 [m]	Distance_from_wall	
熱伝導率(層流) [W/(m·K)]	Laminar_Thermal_Conductivity	
渦熱伝導率 [W/(m·K)]	Eddy_Thermal_Conductivity	
有効熱伝導率(層流+乱流) [W/(m·K)]	Effective_Thermal_Conductivity	
拡散(層流) (拡散係数×密度) [Pa·s]	Laminar_Diffusivity_(化学種名)	
渦拡散 (拡散係数×密度) [Pa·s]	Eddy_Diffusivity	
有効拡散 (拡散係数×密度) [Pa·s]	Effective_Diffusivity_(化学種名)	
比熱比	Ratio_of_Specific_Heats	
粘性応力テンソル [Pa]	Viscous_Stress_Tensor_xx	
レイノルズ応力テンソル [Pa]	Reynolds_Stress_Tensor_xx	

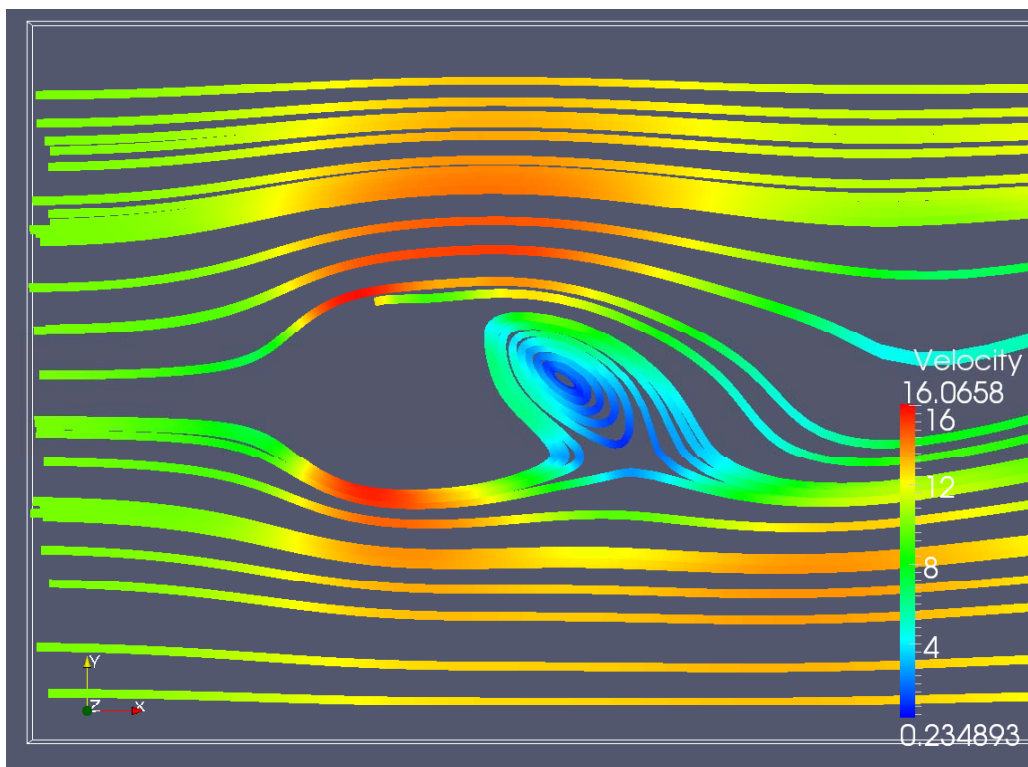
ベクトル図



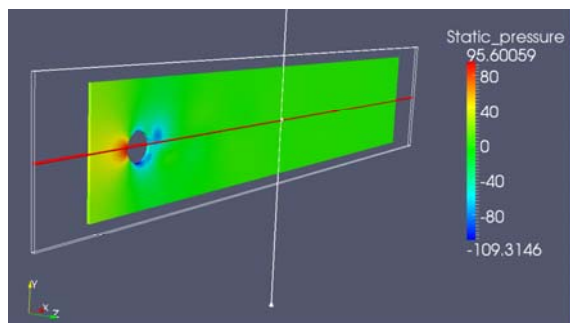
流線



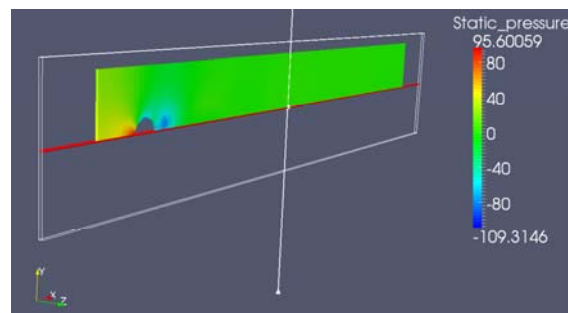
流線 (リボン線、拡大)



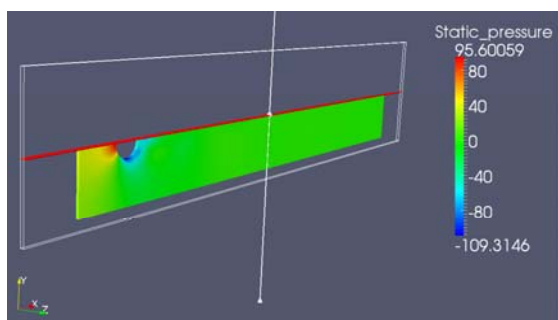
断面図の描画



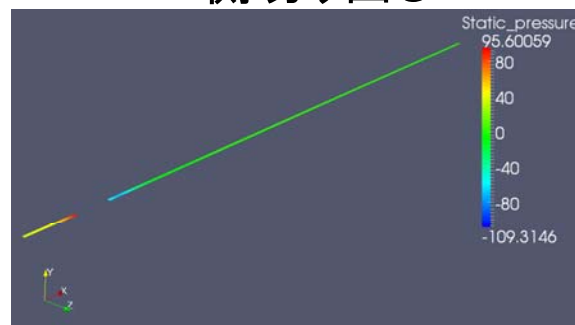
断面指定



上側切り出し

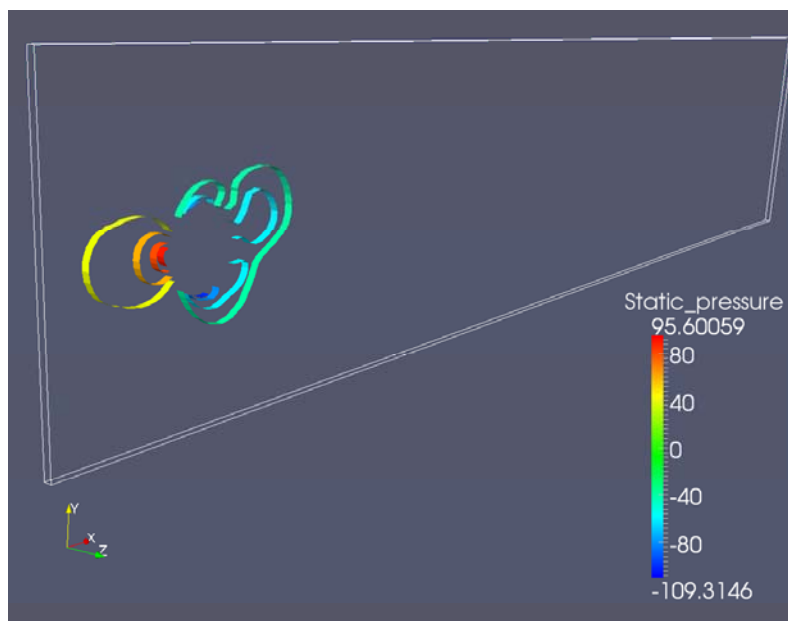


下側切り出し



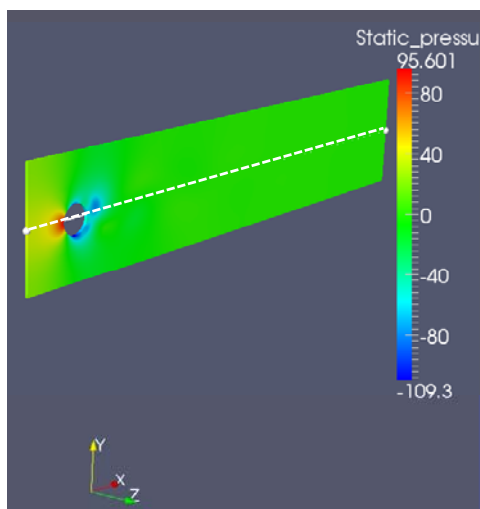
スライス(断面)

等値面

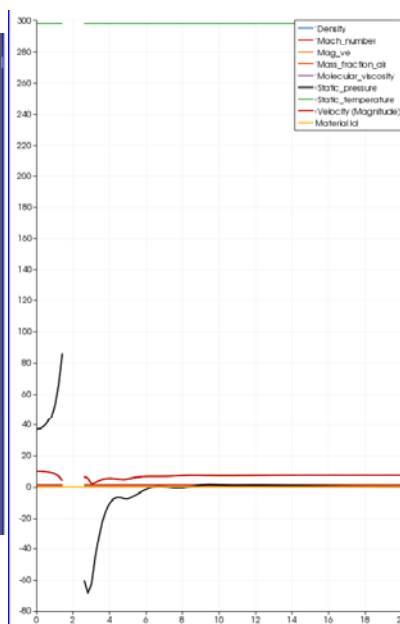


圧力-100、-80、-60、-40、
40、60、80、90Paの等値面

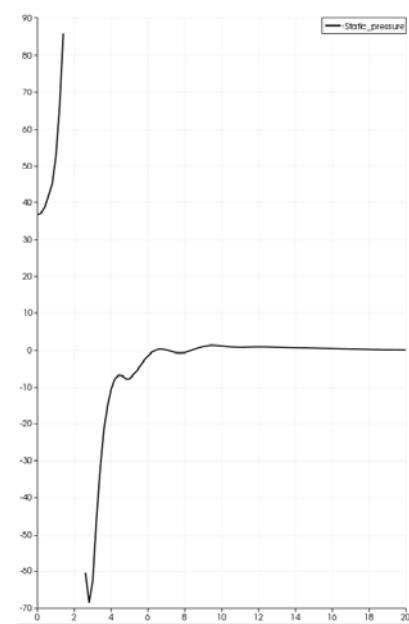
線分上の値のプロット



線分の指定



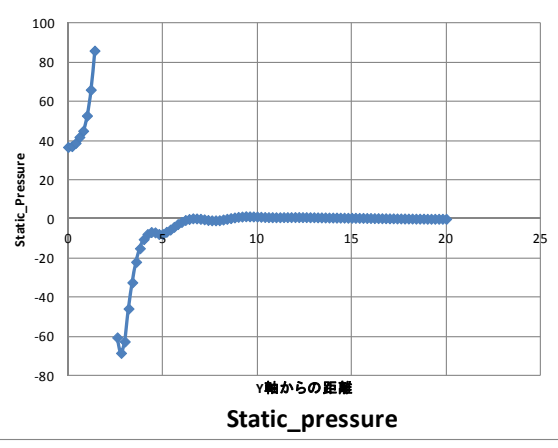
各種成分



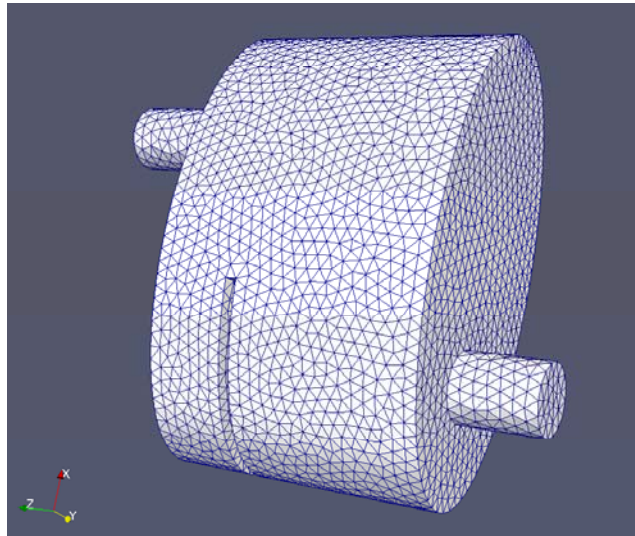
圧力

csvファイル出力、Excelでグラフ描画

Static_press	Mach_num	Density	Static_tem	Molecular	Velocity0	Velocity1	Velocity2	Mass_fract	Mag_wel	Material Id	vtkVal/Pi/arc_length	Points 0	Points 1	Points 2
25.72	9.9999	1.145	298.15	0.001	9.9999	0.000166	0	1	9.9999	0	1	0	-2	0.05
37.13	9.9318	1.145	298.15	0.001	9.9318	0.049129	0	1	9.9318	0	1	0.2	-1.9	0.05
41.908	9.7662	1.145	298.15	0.001	9.7662	0.112195	0	1	9.7662	0	1	0.1	-1.6	0.05
44.995	9.6495	1.145	298.15	0.001	9.6495	0.20534	0	1	9.6495	0	1	0.6	-1.4	0.05
52.733	9.1579	1.145	298.15	0.001	9.1579	0.36654	0	1	8.9801	0	1	0.8	-1.2	0.05
65.978	8.7116	1.145	298.15	0.001	8.6409	0.57069	0	1	8.1579	0	1	1	-1	0.05
85.91	8.3771	1.145	298.15	0.001	8.3462	0.81617	0	1	6.7116	0	1	1.2	-0.9	0.05
110.828	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	1.4	-0.6	0.05
111.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	1.6	-0.4	0.05
112.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	1.8	-0.2	0.05
113.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	2	0	0.05
114.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	2.2	0.2	0.05
115.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	2.4	0.4	0.05
116.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	2.6	0.6	0.05
117.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	2.8	0.8	0.05
118.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	3	1	0.05
119.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	3.2	1.2	0.05
120.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	3.4	1.4	0.05
121.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	3.6	1.6	0.05
122.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	3.8	1.8	0.05
123.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	4	2	0.05
124.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	4.2	2.2	0.05
125.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	4.4	2.4	0.05
126.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	4.6	2.6	0.05
127.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	4.8	2.8	0.05
128.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	5	3	0.05
129.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	5.2	3.2	0.05
130.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	5.4	3.4	0.05
131.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	5.6	3.6	0.05
132.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	5.8	3.8	0.05
133.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	6	4	0.05
134.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	6.2	4.2	0.05
135.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	6.4	4.4	0.05
136.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	6.6	4.6	0.05
137.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	6.8	4.8	0.05
138.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	7	5	0.05
139.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	7.2	5.2	0.05
140.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	7.4	5.4	0.05
141.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	7.6	5.6	0.05
142.1	8.028	1.145	298.15	0.001	8.028	1.1617	0	1	3.9771	0	1	7.8	5.8	0.05

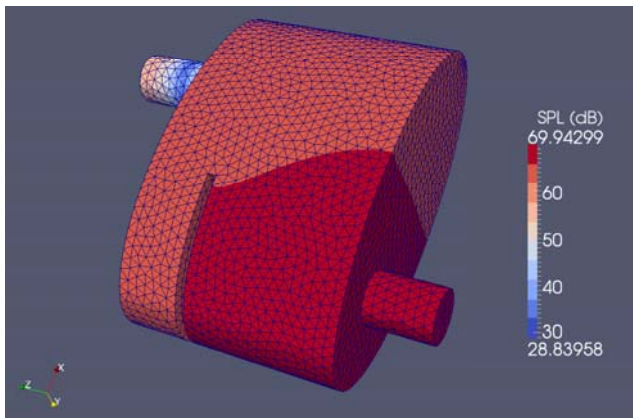


音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseによる マフラーの音響解析

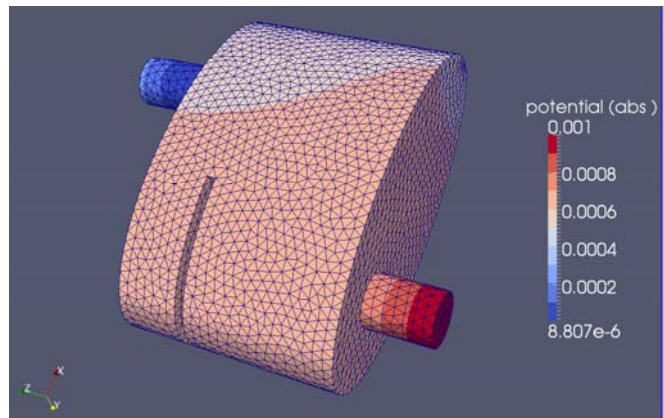


マフラーの形状

音響解析結果

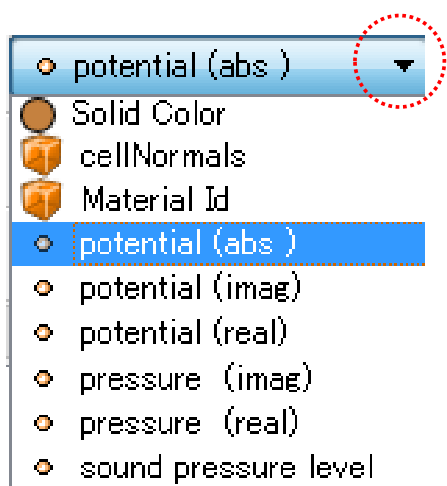


音圧レベル(dB)



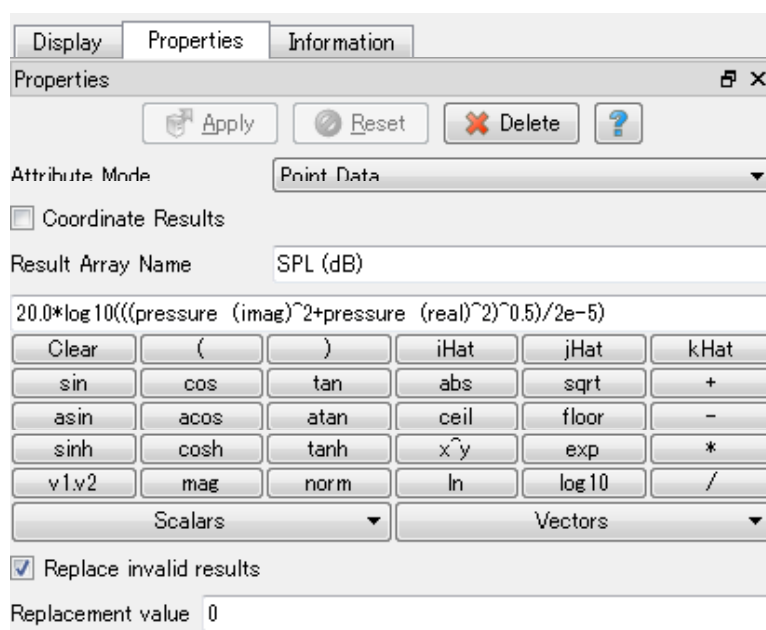
音響ポテンシャル

音響解析描画成分の選択



potential (abs)	:	音響ポテンシャル(絶対値)
Solid Color		
cellNormals		
Material Id		
potential (abs)	:	音響ポテンシャル(絶対値)
potential (imag)	:	音響ポテンシャル(虚部)
potential (real)	:	音響ポテンシャル(実部)
pressure (imag)	:	音圧レベル(虚部)
pressure (real)	:	音圧レベル(実部)
sound pressure level	:	音圧レベル

数値計算機能



Properties

Apply Reset Delete ?

Attribute Mode: Print Data

Coordinate Results

Result Array Name: SPL (dB)

$20.0 * \log_{10}(((\text{pressure (imag)})^2 + \text{pressure (real)}^2)^{0.5}) / 2e-5$

Clear	()	iHat	jHat	kHat
sin	cos	tan	abs	sqrt	+
asin	acos	atan	ceil	floor	-
sinh	cosh	tanh	x^y	exp	*
v1.v2	mag	norm	ln	log10	/

Scalars Vectors

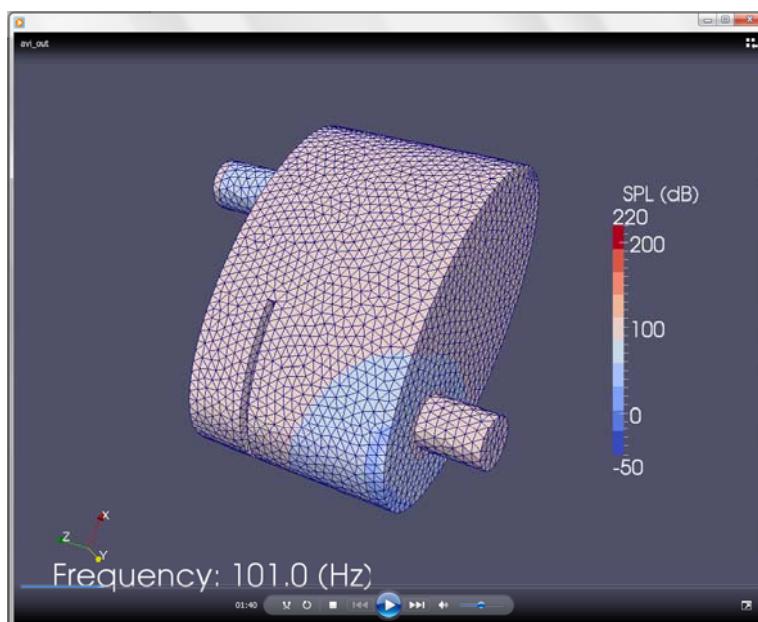
Replace invalid results

Replacement value: 0

入力したファイルの
数値を用い計算を行い、
成分を追加可能。

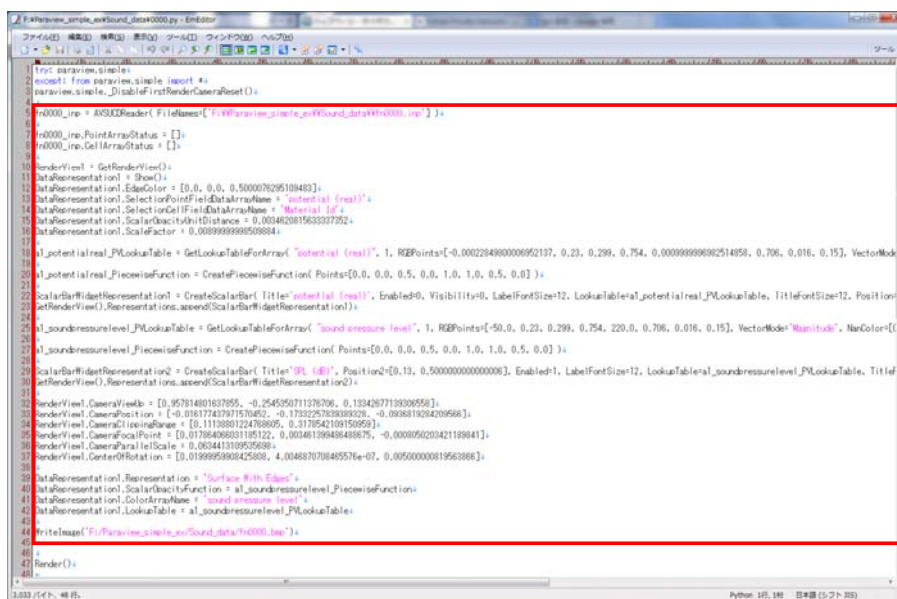
音圧レベルSPLの計算例
(音圧レベルSPLは、
デフォルトで出力されます)

動画ファイル出力機能



音圧レベル(dB)

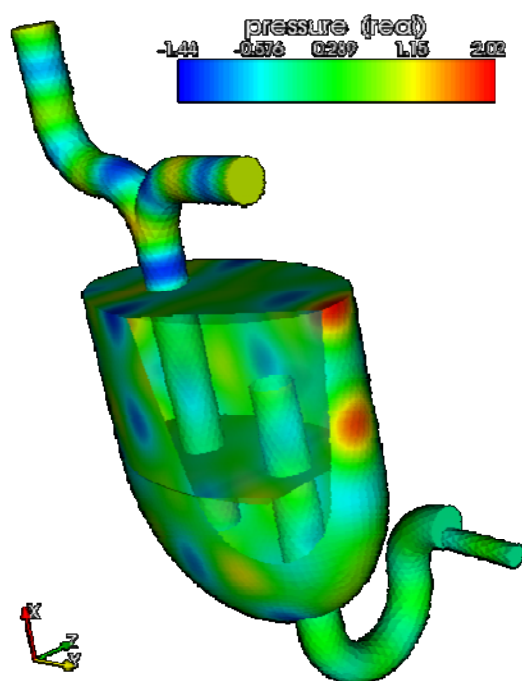
スクリプトでトレース機能



Pythonスクリプトで
ParaViewの
操作を記録。

再描画、
ステップ毎の
複数枚の
描画などに便利。

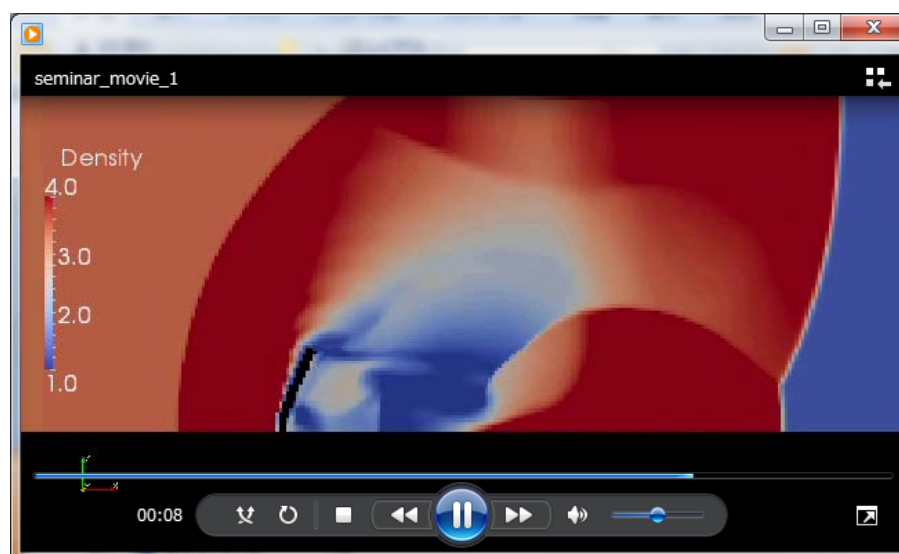
断面図



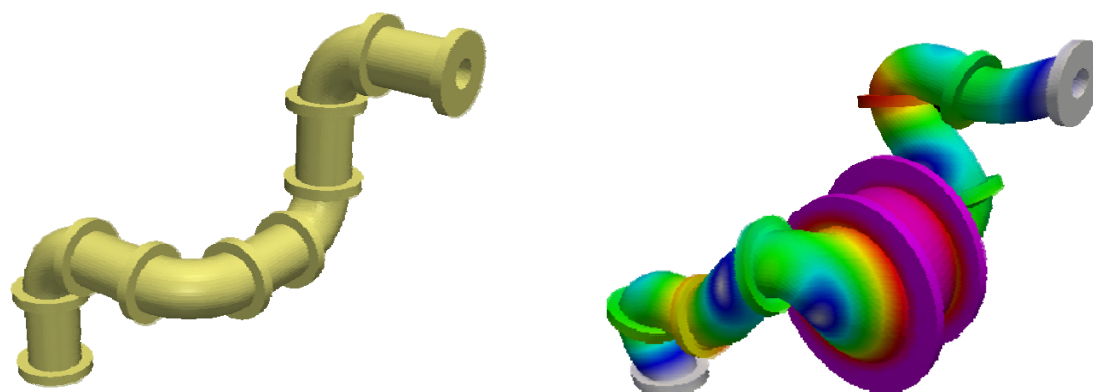
マフラーの音圧レベル

断面の表示可能。
マフラーの複雑な
内部も見え、
現象の理解に貢献

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRと
高速流解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/FOCUSの
連成解析結果の可視化



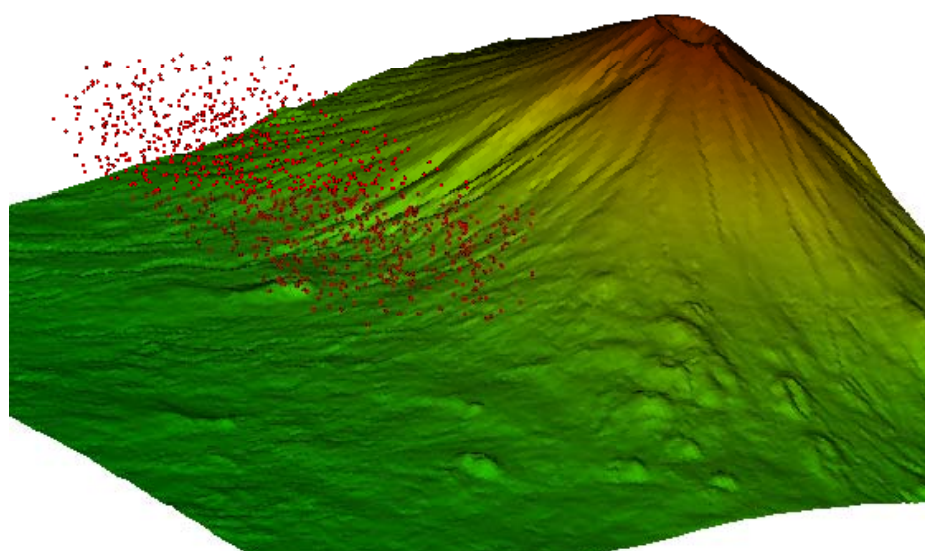
構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRによる パイプの構造解析結果の可視化



パイプの変位図

色は変位のコンタとともに、**変位量の1000倍**で描画。

富士山のまわりの気流と粒子可視化



ParaViewを用いて地形データと重ね書きが出来ます。

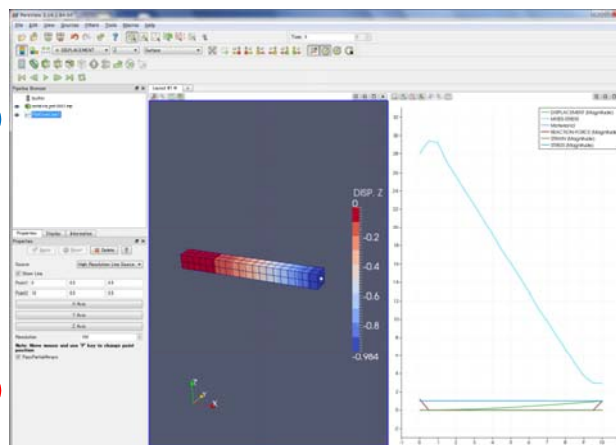


通常の描画に加え、**多機能**
データ解析も可能

英語表記。

日本語解説書が少ない。

操作がわかりにくい。**問題点**



商用可視化ソフトの代替となるParaViewの利用サポート
コンサルコンサルティング事業を提供

当社から提供するサービス

これまでの実績

お客様からの特注の受託開発ソフトの
可視化ソフトとしてParaViewの業務を実施

- ・導入コンサルティング
- ・可視化スクリプト作成
- ・ユーザートレーニング

ParaView 形式へコンバート

コンバート対象:

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/redの解析結果

構造解析ソフトウェアAdvance/FrontSTRの解析結果

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseの解析結果

お客様のファイル形式

ParaView 利用サポートサービス

Parallel Visualization Application

- ① ParaViewの使い方のコンサルティング、ユーザートレーニング
- ② ParaViewへのファイルのコンバート、可視化スクリプト、データ処理スクリプトの作成
- ③ ParaView利用方法のサポート等

サービスから除外する項目

ユーザー独自のデータ・スクリプトを利用したParaView動作に関する回答、および、ParaViewのバグ対応、ハードウェアとの相性問題の対応、当社ソフトウェアユーザーの方で当社ソフトウェア以外のデータについての利用方法

ParaView 利用サポートサービス、および

従来通り、当社ソルバーと一体化して

利用するためのプリポストAdvance/REVOCAPと併せて利用することで、利便性が向上