

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise最新動向セミナー

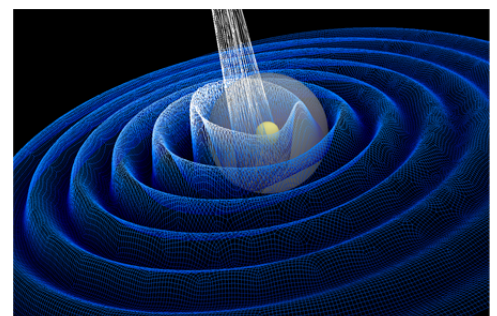
2017年6月8日(木) 開催

プログラム

13:30~13:40 (10分)	主催者あいさつ アドバンスソフト株式会社のご紹介	1
	研究主席 原田 昌紀	
13:40~14:00 (20分)	音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の概要	5
	研究員 徳永 健一	
14:00~14:20 (20分)	音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 無限要素新機能のご紹介	25
	代表取締役社長 松原 聖	
14:20~14:40 (20分)	音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 解析実施手順のご説明	37
	研究員 田之上 文彦	
14:40~15:00 (20分)	休憩	
15:00~15:40 (40分)	ユーザー様ご活用事例 「鉄道の環境騒音対策としての活用事例」 公益財団法人鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 防振材料 佐藤 大悟様	※資料は非公開です
15:40~16:00 (20分)	音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 解析事例のご紹介	57
	研究員 田之上 文彦	
16:00~16:20 (20分)	汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP のご紹介	69
	主任研究員 徳永 健一	
16:20~16:30 (10分)	価格および関連サービスのご紹介、質疑応答	営業部 東田 想太 ※資料は非公開です

memo

Advance Soft



アドバンスソフト株式会社のご紹介

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

会社概要

名称 アドバンスソフト株式会社
(英文社名 AdvanceSoft Corporation)

本社 〒101-0062
東京都千代田区神田駿河台4-3
新お茶の水ビル17階
TEL: 03-6826-3970
FAX:03-5283-6580

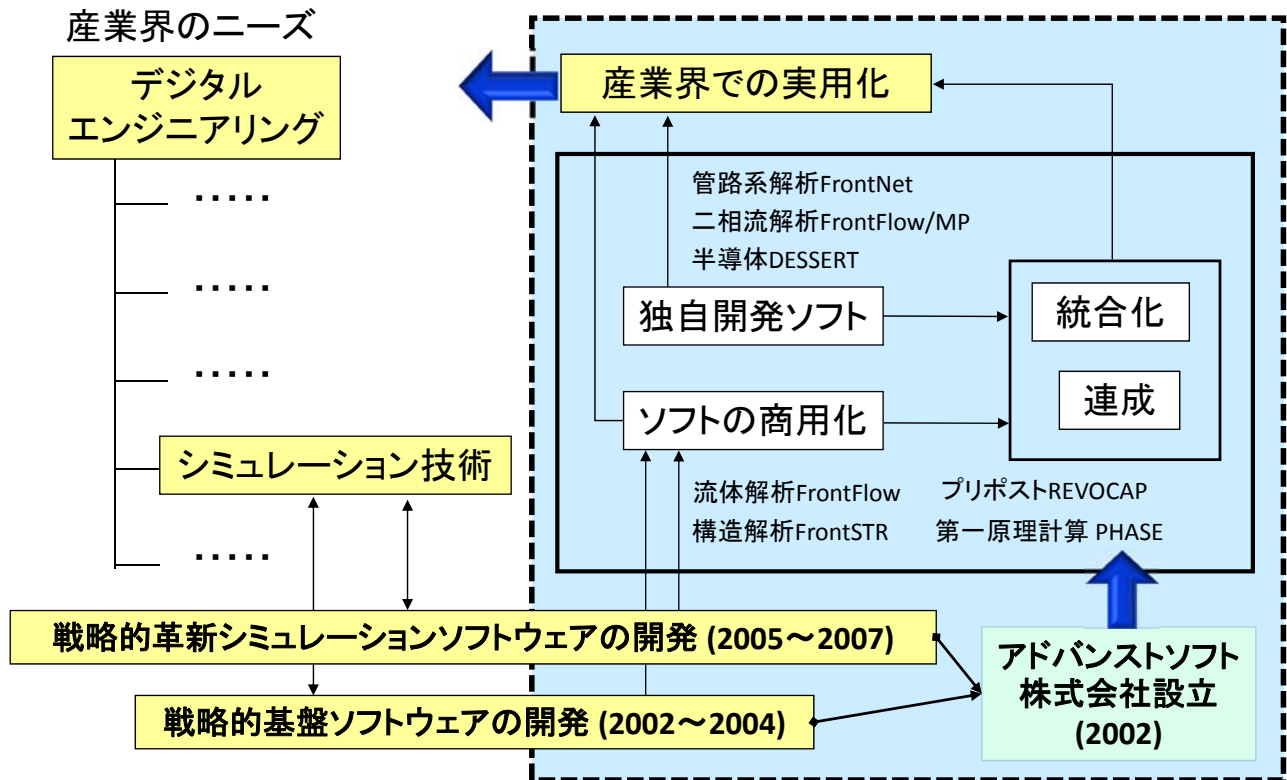
設立 2002年(平成14年)4月24日

資本金 3,724万円

社員数 96名(2017年5月16日時点)

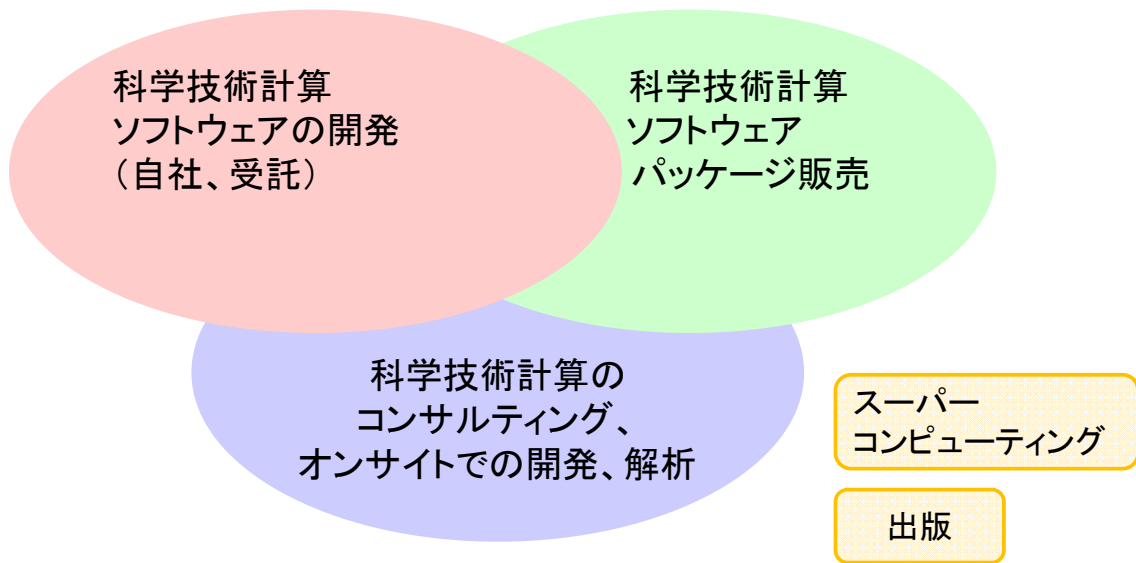
事業部	部	業務概要
第1事業部	技術第1部	・ナノ材料の第一原理計算、量子化学計算やメソ領域の開発など
	技術第2部	・プリポスト・可視化システム・連成システム開発、構造解析エンジニアリングなど
	技術第6部	・次世代TCADシステムの開発 ・環境関連の開発、解析業務
第2事業部	技術第4部	・混相流に係わる次世代流体システム開発など
第3事業部	技術第3部	・乱流、燃焼、化学反応等に係わる次世代流体システム開発など
	技術第7部	・J-PARCに係わるプロジェクトの実施等 ・発電・化学プラントやライフライン等の管路系流体解析エンジニアリング業務、次世代流体解析システム保守・販売サポート
第4事業部	技術第5部	・原子力・エネルギー利用に係る安全性解析など
—	総合企画部	・スーパーコンピューティングサービス ・防災シミュレーション ・コンサルティングサービスの提供 ・解析サービスの提供
営業本部	営業部	・お客様窓口

アドバンスソフトとは



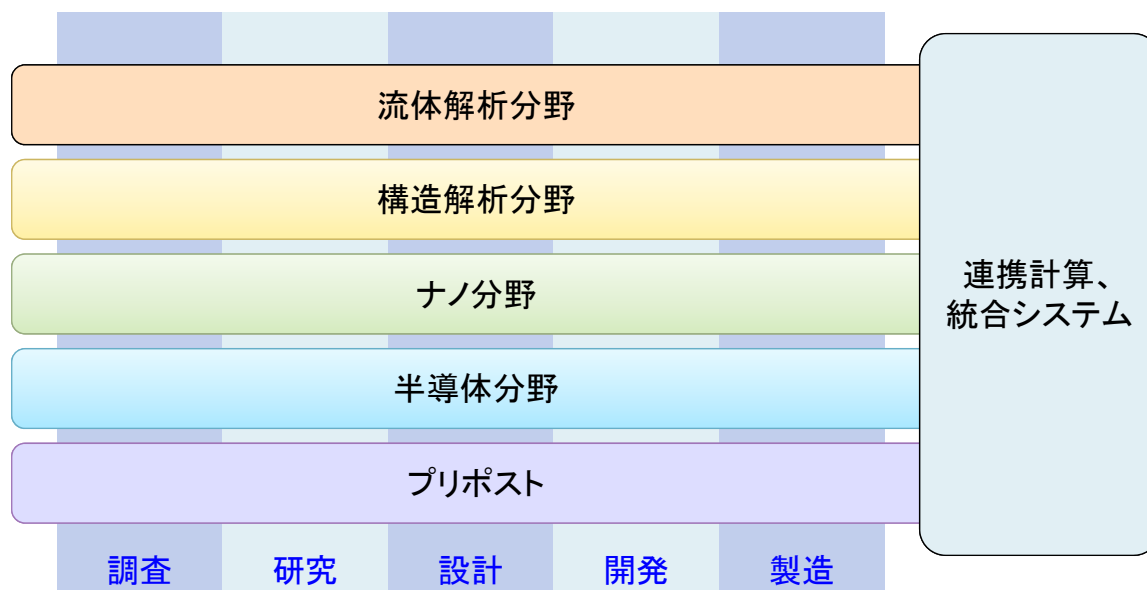
事業内容

アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。

事業分野



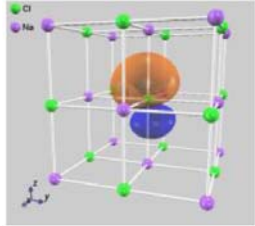
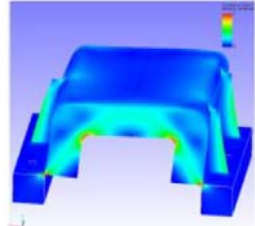
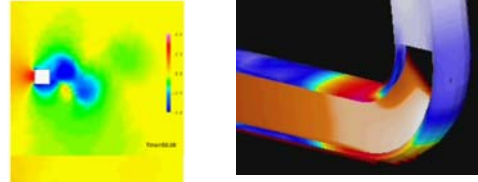
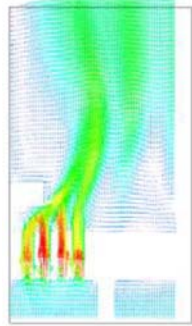
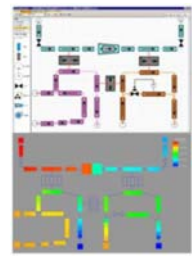
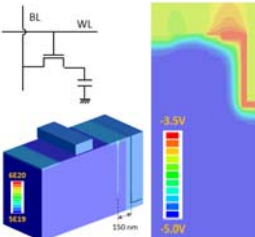
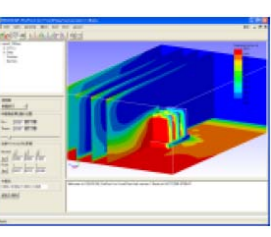
産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、
科学技術計算によるソリューションをご提供します。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

ソフトウェア名称	解析内容
Advance/PHASE	第一原理計算ソフトウェア
Advance/FrontSTR	構造解析ソフトウェア
Advance/FrontNoise	音響解析ソフトウェア
Advance/TCAD	半導体プロセス・デバイスシミュレータ
Advance/REVOCAP	構造解析・流体解析プリポストプロセッサ
Advance/FrontFlow/red	流体解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MP	気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/FOCUS	高速流・爆発解析ソフトウェア
Advance/FrontNet	管路系1次元流体解析ソフトウェア群

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

アドバンスソフトのパッケージソフトウェア

<p>ナノ</p> <p>Advance/PHASE</p> 	<p>構造</p> <p>Advance/FrontSTR</p> 	<p>流体</p> <p>Advance/FrontFlow/red Advance/FrontFlow/FOCUS</p>  <p>Advance/FrontFlow/MP</p>  <p>Advance/FrontNetシリーズ</p> 	
<p>半導体</p> <p>Advance/TCAD</p> 	<p>プリポスト</p> <p>Advance/REVOCAP</p> 		

※上記は主要パッケージを掲載しています。詳細は弊社HP(www.advancesoft.jp)をご参照ください。

facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

<http://www.facebook.com/advancesoft.jp>

<http://www.youtube.com/user/advancesoft>



音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoiseの概要

第1事業部 徳永 健一

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

ご紹介内容

- WHAT
 - Advance/FrontNoiseはどんなソフトウェアか
- HOW
 - Advance/FrontNoiseで解析を実行するには
- WHICH
 - Advance/FrontNoiseが他と比べて優れている点は

WHAT

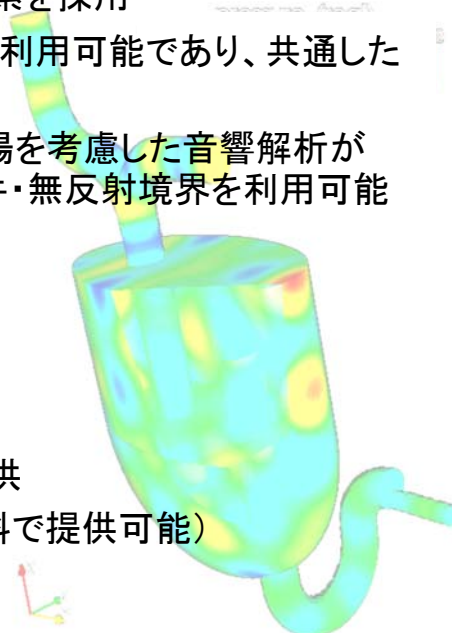
Advance/FrontNoiseはどのようなソフトウェアか

Advance/FrontNoiseとは

- 有限要素法の音響解析ソフトです。
- 入力
 - 音が伝播する領域の有限要素メッシュ
 - 壁などの境界条件
 - 音源の周波数と強さ
- 周波数領域の解析で求めるもの
 - 周波数ごとに有限要素メッシュのすべての点における音響速度ポテンシャル
- 時間領域の解析で求めるもの
 - 時間ごとに有限要素メッシュのすべての点における音圧と粒子速度
- 注意：音源が不明な場合は解析できません

Advance/FrontNoiseの特長

- 機能
 - 形状適合性の高く、十分な精度のテトラ要素を採用
 - 周波数領域と時間領域解析機能の双方が利用可能であり、共通したデータを利用可能
 - 周波数領域解析機能では、温度場、流れ場を考慮した音響解析が可能であり、周波数依存性のある境界条件・無反射境界を利用可能
- 大規模高速計算のさらなる強化
 - 並列手法は、領域分割を利用可能
 - 最大規模では、テトラ8億要素の解析実績
- 合理的な価格
 - 並列計算における並列数無制限版をご提供
 - ソルバのご提供(専用プリポストも別途有料で提供可能)



商品構成

- ① 周波数領域解析プログラム
- ② 時間領域解析プログラム
- ③ 前処理用ツール(データ変換、メッシュ細分化など)
- ④ 連成解析用マッピングプログラム
- ⑤ 後処理用ツール(可視化用ファイル変換、観測点結果抽出など)

すべてを含めたパッケージとなっています。(旧バージョンではオプションとなっていたものも含まれています)

関連するソフトウェアとして専用のプリポストプロセッサ Advance/REVOCAPをご用意しています。

Advance/FrontNoise過去（開発経緯）

Ver1.0	Ver.2.0	Ver.2.4	Ver.3.0	Ver.3.1	Ver.4.0	Ver.4.1	Ver.4.2
2006 Apr.	2007 Apr.	2008 Apr.	2008 Oct.	2009 Oct.	2011 Oct.	2012 Apr.	2014 Jun.
数千節点	10万	100万			1000万	数1000万	
境界要素法	有限要素法に切り替え	行列反復法導入	速度・温度導入	透過損失ツール	領域分割並列化	大規模並列版 時間領域版	流体連成 構造連成
消音器での実証解析							
← 構造音響連成 →			← 音響構造連成 →				
					← 並列化 →		
					← 内部流れの流体音響連成 →		

Advance/FrontNoise現在（VerUp内容）

Ver.4.3	Ver.5.0	Ver.5.1
2015 Mar.	2016 Mar.	2017 Jun.
数千万節点		
周波数応答解析との連成機能 スパコン対応（8億要素の計算）	Lagrange法の導入（不連続な物理量の扱い）	無限要素の導入 連成解析、時間領域解析、周辺ツールすべてを含めたひとつのパッケージに
← 様々な手法での精度の検証 →		
← 時間領域、周波数領域の比較検証 →		

Advance/FrontNoise未来(ロードマップ)

Ver.5.2	Ver.5.3
2017 Dec.	2018 Jun.
数千万節点	
無限要素+一定流れ場	構造音響強連成解析機能
メモリ節約 入力データバイナリ化 ABAQUS変換機能拡張 後処理で粒子速度	領域分割の改良による高速化

基礎方程式(1)

$P(x,t)$: 音圧 $V(x,t)$: 粒子速度

ρ : 密度 c : 音速

連続の式

$$\frac{dP}{dt} + K \cdot \text{div}(V) = 0 \quad K = \rho c^2 : \text{体積弾性率}$$

運動方程式

$$\rho \frac{dV}{dt} + \text{grad}(P) = 0$$

基礎方程式(2)

音響速度ポテンシャルを導入する 音響速度ポテンシャル $\Psi(x, t)$

$$\begin{aligned} \text{粒子速度 } V(x, t) &= \text{grad}(\Psi(x, t)) & \nabla^2 V(x, t) &= \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 V(x, t)}{\partial t^2} \\ \text{音圧 } P(x, t) &= -\rho \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t} & \nabla^2 P(x, t) &= \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P(x, t)}{\partial t^2} \end{aligned}$$

波動方程式が得られる

$$\nabla^2 \Psi(x, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial t^2}$$

評価したい値

$$\text{音圧レベル } SPL = 10 \cdot \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad P_0 = 2 \times 10^{-5} [Pa]$$

基礎方程式(周波数領域)

$$\nabla^2 \Psi(x, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial t^2}$$

定常的な波を仮定する。右式を代入する。 $\Psi(x, t) = \sum_{\nu=1, \infty} \varphi_{\nu}(x) e^{-i\omega t} \quad \omega = 2\pi\nu$

波動方程式を
フーリエ変換

$$\begin{aligned} \sum_{\nu=1, \infty} \nabla^2 \varphi_{\nu}(x) e^{-i\omega t} &= \frac{1}{c^2} \sum_{\nu=1, \infty} \varphi_{\nu}(x) \frac{\partial^2}{\partial t^2} e^{-i\omega t} \\ &= - \sum_{\nu=1, \infty} \frac{\omega^2}{c^2} \varphi_{\nu}(x) e^{-i\omega t} \end{aligned}$$

各周波数を比較して

$$\nabla^2 \varphi(x) + k^2 \varphi(x) = 0 \quad k = \frac{2\pi\nu}{c}$$

※ φ の添え字の ν を省略した

基礎方程式(周波数領域、場の速度あり)

$$\begin{aligned}
 & \left(1-M_x^2\right) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \left(1-M_y^2\right) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \left(1-M_z^2\right) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \\
 & - \left(2M_x M_y \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} + 2M_y M_z \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z} + 2M_z M_x \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x}\right) \quad \text{in } \Omega \\
 & - 2ik \left(M_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} + M_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} + M_z \frac{\partial \varphi}{\partial z}\right) + k^2 \varphi = 0 \quad \text{周波数毎に音響速度ポテンシャルを解く} \\
 & k = \frac{2\pi\nu}{c} \quad M_x = \frac{u}{c} \quad M_y = \frac{v}{c} \quad M_z = \frac{w}{c} \\
 & \updownarrow \\
 & P(x) = -\rho(-i\omega\varphi(x) + v_0 \cdot \nabla\varphi(x)) \quad \text{音響速度ポテンシャルから音圧を求める} \\
 & \updownarrow \\
 & V(x) = \text{grad}(\varphi(x)) \quad \text{音響速度ポテンシャルから粒子速度を求める}
 \end{aligned}$$

※ 温度が分布を持つ場合には音速 c が場所毎に変化する。

基礎方程式(まとめ)

- 時間領域
 - 連続の式と運動方程式を直接連立させて解く
- 周波数領域
 - 音響速度ポテンシャルについての波動方程式をフーリエ変換して、周波数についての方程式にして解く
 - 場の速度がある場合は修正項がある

境界条件

周波数領域での境界条件(数学的には混合境界条件を与える)

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial\varphi(x)}{\partial n} = f(x) \quad \text{on } \partial\Omega$$

境界条件	$\alpha(x)$	$\beta(x)$	$f(x)$	備考
時系列圧力	$i\omega\rho$	0	$-p_i(x)$	流体音響連成
時系列速度	0	1	$v_i(x)$	構造音響連成
時系列 変位・加速度	0	1	$-i\omega u_i(x), -\frac{1}{i\omega} a_i(x)$	構造音響連成
インピーダンス	$i\omega\rho$	$-Z$	0	壁面の境界
完全反射	0	1	0	デフォルト
完全吸収	$i\omega\rho$	ρc	0	ρc 境界

音源

- 点音源
 - 音源の大きさが波長に比べて十分に小さい音源
 - 点音源から放射された音波は球面状に伝播
 - 各点の音の強さは、音源からの距離の2乗に反比例する
- 線音源(2次元解析の時のみ対応)
 - 音源の厚みが波長に比べて十分に小さい線状の音源
 - 無限に長い均一な線音源から放射された音波は円筒状に伝播
 - 各点の音の強さは、音源からの距離に反比例する
- 面音源
 - 平面的な広がりをもった音源
 - 無限に広い均一な面音源から放射された音波は平面状に伝播
 - 各点の音の強さは、減衰しない

物性値

- 周波数領域解析の場合
 - 場の速度、温度を与えることができます。
 - 多孔質体を模擬した材質を与えることができます。
- 時間領域解析の場合
 - 速度、温度は場で一定の値を与えます。

有限要素法

- 四面体要素のみを利用する。
 - 形状適合性が高い。
 - 容易にメッシュを作成することが可能である。
 - 問題規模は(要素数ではなく)節点数に依存するため、四面体が不利になることはない(四面体を利用したからといって、問題規模が大きくなることはない)
- 四面体1次要素を利用する。
 - ポテンシャルを解くのみなので、四面体2次要素を利用するメリットがない。
- 定式化にはGalerkin法を利用する。
- 境界条件は混合境界条件のみ。

数値解法

- 方程式の解法
 - 有限要素法を適用して離散化しています。
 - 離散化した基礎方程式は、複素係数の大規模連立一次方程式となります。
 - 複素数の変数の数は、節点数と等しい。
 - その連立方程式には、大規模解析にも実績のある疎行列用反復解法を適用しています。
 - 周波数領域解析の場合、ひとつの周波数に対して、1回の線型方程式を解きます。

時間積分(時間領域解析)

- 時間方向の離散化はFDTD法(時間領域差分法)を拡張して利用しています。
 - 前の時間の音圧と速度の微分から現在の音圧を求めます。
 - 前の時間の速度と音圧の微分から現在の速度を求めます。
 - この2つを交互に繰り返します。

$$\frac{dP}{dt} + \kappa \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{P^n - P^{n-1}}{\Delta t} + \kappa \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0$$

$$\rho \frac{du}{dt} + \frac{\partial P}{\partial x} = 0 \quad \longrightarrow \quad \rho \frac{u^n - u^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial x} = 0$$

$$\rho \frac{dv}{dt} + \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad \longrightarrow \quad \rho \frac{v^n - v^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial y} = 0$$

$$\rho \frac{dw}{dt} + \frac{\partial P}{\partial z} = 0 \quad \longrightarrow \quad \rho \frac{w^n - w^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial z} = 0$$

大規模計算

- MPIによる並列化(周波数領域)
 - 疎行列用反復解法の処理を中心に並列化しています。
 - 大規模問題に適用できるデータ構造としています。
- MPIによる並列化(時間領域解析)
 - メッシュを内部で自動的に分割しています。
 - FDTD法を並列で処理しています。
- ユーザは領域分割を意識する必要なし
 - 実行時に「mpirun -np 並列数」を付けるかどうかだけの違いです

データ作成(前処理)周辺ツール

ツール名	プログラム名	概要
メッシュ細分化	refine	要素の1辺を1/2にして細分化する
点音源作成	psgen	二重局音源、四重極音源を境界条件に変換する
ABAQUS形式変換	aba2inp	メッシュフォーマット変換
fv形式変換	fv2inp	メッシュフォーマット変換
OpenFOAM形式変換	foam2inp	メッシュフォーマット変換
境界条件可視化	bcs2inp	境界条件ファイルを可視化ファイルに変換
境界条件フォーマット変換	bcvconv	古い境界条件のフォーマットを新しいフォーマットに変換
節点検索	nfind	座標から節点番号を検索
入力データチェック	inpchk	整合性のチェック
境界条件データの面方向をそろえる	modbcs	面の向きを修正する

連成解析

- マッピングツールを使って片方向の連成解析が可能です。
 - 構造解析(固有値解析)の結果を音響解析の周波数領域解析の境界条件にマッピングします。
 - 構造解析(時刻歴応答)の結果をフーリエ変換したものに対し、周波数領域解析の境界条件にマッピングします。
 - 流体解析の時系列結果からLighthill乱流応力テンソルの2階微分を求めて、音響解析のメッシュにマッピングして音源の条件とします。

解析結果(後処理)周辺ツール

ツール名	プログラム名	概要
計算結果粗視化	coarse	細分化した結果を戻す
UCD形式変換	rsl2inp	可視化フォーマット変換
結果編集	getnval	結果ファイルから特定の節点の値を取り出す
バイナリ結果編集	getnvalbin	結果ファイルから特定の節点の値を取り出す
固体表面データの可視化	bcsrsl2inp	計算結果の表面データを可視化ファイルに変換
リスタートファイル作成	rsl2res	リスタートファイルへ変換
結果の比較	difrsf	解析結果の比較

周波数領域での解析機能

項目	内容	
基礎方程式	(1) 音響速度ポテンシャルに関する波の方程式を周波数空間に変換した方程式 (2) 空間的に分布する場の流れおよび空間的に分布する温度を考慮可能 (3) 空間的に分布する多孔質音響伝播媒体を考慮可能 (4) 構造物の固有値解析結果を利用した構造音響連成透過音解析が可能	
解析領域	内部領域、および、外部領域(外部領域での外部境界は ρc 境界で与える)	
物性値等	速度	場の速度を指定可能(デフォルト:速度0)
	温度	場の温度(音の伝播媒体)を要素毎に指定することが可能(デフォルトは均一媒体)
	多孔質	多孔質を模擬した場の材質を指定することが可能
境界条件	面での音源	面(壁境界)に対して、周波数毎に音圧または粒子速度を設定可能
	点音源	節点に対して、単極子、双極子、または、四重極子のパラメータを設定可能
	音響インピーダンス	面(壁境界)に対して、周波数毎に音響インピーダンスを設定可能
	外部境界	面(外部境界)に対して、 ρc 境界を設定可能(音響インピーダンスを与える機能の一部)
数値解法	離散化手法	有限要素法
	利用可能な要素	四面体一次要素
	並列計算	自動領域分割によりMPIで並列化
	行列解法	GMRES系列の反復法をデフォルトとし、各種反復手法および前処理手法が利用可能
	大規模計算実績	4億要素・8000万節点(四面体一次要素)
解析結果	周波数毎の音響ポテンシャル、音圧、音圧レベルを、バイナリ形式でファイル出力	
プリポスト	Advance/REVOCAP for FrontNoise	

時間領域での解析機能

項目	内容	
基礎方程式	音圧と粒子速度の波の方程式を時系列で解く	
解析領域	内部領域、および、外部領域(外部領域での外部境界は ρc 境界で与える)	
物性値等	場で一定とする	
境界条件	点音源	節点に対して、単極子、双極子、または、四重極子のパラメータを設定可能
	音響インピーダンス	面(壁境界)に対して、周波数毎に音響インピーダンスを設定可能
	外部境界	面(外部境界)に対して、 ρc 境界を設定可能(音響インピーダンスを与える機能の一部)
数値解法	離散化手法	有限要素法
	利用可能な要素	四面体一次要素
	並列計算	自動領域分割によりMPIで並列化
	時間積分	陽解法、FDTD方式をFEMに適用した手法
大規模計算実績	4億要素・8000万節点(四面体一次要素)	
解析結果	音圧等を指定された出力間隔でファイル出力、定点の音圧等の時系列データをファイル出力、音圧等のある区間で平均化して出力	
プリポスト	Advance/REVOCAP for FrontNoise	

HOW

Advance/FrontNoiseで解析を実行するためには

※詳細は次の講演でご説明します。

入力データ

- 解析制御データ
 - ケース名、全体の計算条件などを指定します。
- メッシュ
 - 四面体1次要素のメッシュファイルを作成します。
- 境界条件
 - メッシュの境界面を定義するファイルと境界面ごとの境界条件を定義するファイルを作成します。
 - 無限要素を利用する場合はその位置情報を定義するファイルを作成します。
- 音源
 - 音源の位置を定義するファイルと位置ごとの音源条件を定義するファイルを作成します。

入力データの作成

- ① プリポストプロセッサAdvance/REVOCAP for FrontNoiseを使う
 - ✓ 形状ファイルを与えてメッシュ生成ができます
 - ✓ 境界条件の設定が画面で確認しながら行えます
- ② 周辺ツールを使ってメッシュデータを変換
 - ✓ すでにメッシュファイルがある場合はこの方法でもできます
 - ✓ 解析制御ファイルなどはエディタなどを使って編集する必要があります

メッシュのサイズについて

- 音響解析を実施する場合は一般的にメッシュサイズ(要素の1辺の長さ)を波長の1/8以下にすることが望ましいです。
- 既存のメッシュのメッシュサイズを半分にする細分化するツールも活用できます。
- 高周波の解析を実施するときは要素数が増えて大規模解析が必要になります。

周波数 [Hz]	波長 [m]	推奨 ΔX [m]
200	1.650	0.206
400	0.825	0.103
600	0.550	0.069
800	0.413	0.052
1000	0.330	0.041
1200	0.275	0.034
1400	0.236	0.029
1600	0.206	0.026
1800	0.183	0.023
2000	0.165	0.021

出力ファイル

- 計算結果ファイル
 - Advance/FrontNoiseの計算結果のすべての情報が含まれています。
 - 結果ファイルから後処理ツールを使って、特定座標の値、特定の周波数の可視化用ファイルを作成することができます。
 - 無限要素を利用した場合は、有限要素と無限要素の結果の両方が含まれています。
- 無限要素情報ファイル
 - 無限要素を利用した場合に、後処理で必要な情報を含むファイルが作成されます。

出力結果の後処理

- 変換ツールを用いて、可視化用のフォーマットに変換し、Advance/REVOCAP または ParaView などの可視化ソフトで可視化することができます。
- 結果編集ツールを用いて、特定の点での周波数ごと(時刻ごと)の物理量を取り出して、Excelなどの表計算ソフトでグラフを作成することができます。

実行方法

- 周波数領域解析

```
いくつかの環境変数などの設定  
$ mpirun -np 並列数 fnfem < 解析条件名.dat
```

- 時間領域解析

```
いくつかの環境変数などの設定  
$ meshpart -n 分割数 -ascii 解析条件名  
$ mpirun -np 並列数 fntime < 解析条件名.dat
```

- 後処理(例)

```
# 指定座標の値を取り出してCSVファイルに出力  
$ ls *.rsl | getnvalbin 座標 メッシュファイル.inp > 結果.csv  
# 結果ファイルを可視化用ファイルに変換  
$ rsl2inp メッシュファイル.inp 結果ファイル.rsl 可視化用ファイル.inp
```

WHICH

Advance/FrontNoiseが他と比べて優れている点は

要望を反映したバージョンアップ

- ユーザーからの要望を優先的に開発いたします。
- お客様のご要望に応じた、機能追加などのカスタマイズも承ります。

- 例えば
 - 透過損失を算出するツールを追加
 - お客様がお持ちの音源データを変換するツールの提供
 - メッシュ、物性値の入力機能の拡張
 - お客様がお持ちの流体解析、振動解析の結果をマッピング
 - 流れと温度のある音響解析への要望

他のソフトウェアとの連携

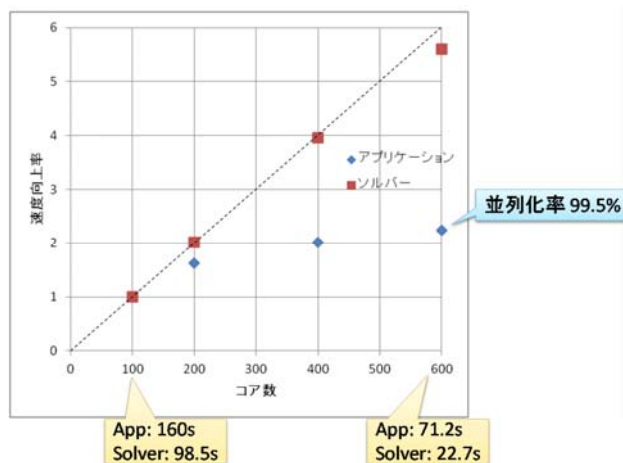
- パッケージに含まれる連成解析用マッピングプログラムを利用して、連成解析ができます。
- 当社の流体解析ソフト Advance/FrontFlow/red
 - 音源を流体解析から求める流体音響連成解析
- 当社の構造解析ソフト Advance/FrontSTR
 - 構造解析の振動を音源とする構造音響連成解析
 - 音響解析の音圧を構造解析の境界条件にする音響構造連成解析
- その他の解析ソフト
 - お手持ちの構造解析結果や流体解析結果をマッピングして利用する場合は、お問い合わせください。

スーパーコンピュータへの対応

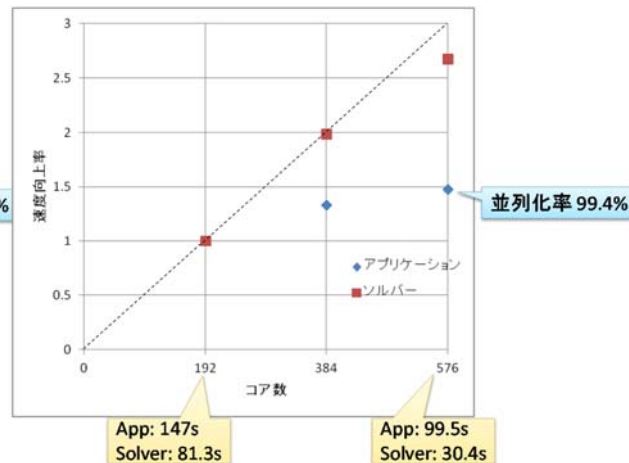
- 地球シミュレータ 大規模共有メモリシステム (SGI UV2000)
- 「京」利用支援用スーパーコンピュータ (FUJITSU PRIMEHPC FX10)
- FOCUSスパコン(Dシステム) (Cray H2312)
- 8億要素のモデルで動作検証、並列性能を実施
- FOCUSスパコンの動作検証済みアプリケーション

並列性能

- SGI UV2000



- FUJITSU PRIMEHPC FX10



ご協力: 国立研究開発法人海洋研究開発機構 様

ご協力: 一般財団法人高度情報科学技術研究機構 様

THANK YOU!

Advance/FrontNoiseの導入、受託解析などをぜひ
ご検討ください

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise 無限要素新機能のご紹介

第1事業部 技術第2部

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

ご紹介の内容

- ① 無限要素の意味
- ② 無限要素の原理
- ③ 無限要素の検証

- 本説明の詳細は下記を参照ください。
 - 松原聖、尾川慎介; “音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoiseへの無限要素の導入”, アドバンスシミュレーション, vol.23 (2016.12)
- 当社が発行する技術雑誌「アドバンスシミュレーション」の定期購読については、当社担当営業までお問合せください。

無限要素の意味

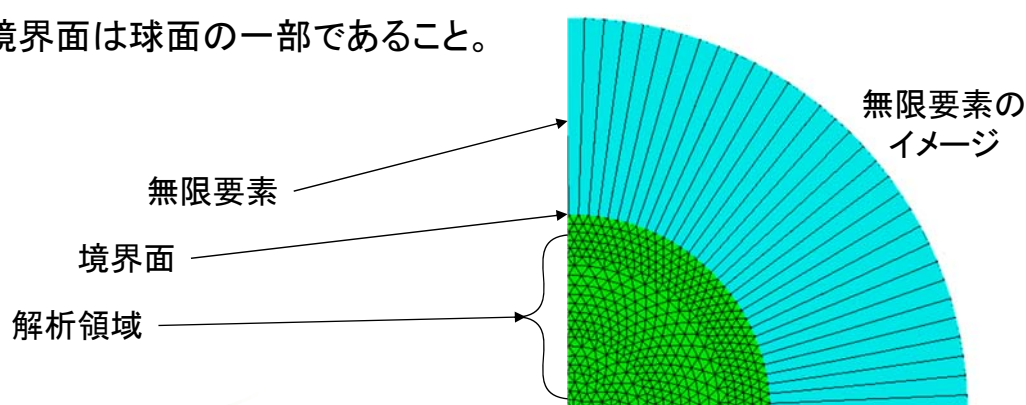
- 無反射境界のモデル化
 - 本ソフトウェアでは、これまでpc境界による吸収境界を模擬する機能のみであった。これに対して、より精度の高い無限要素を導入した。
 - これまでの境界条件の指定と同様の使い方が可能である。
- 解析領域の外部領域の解を求める
 - 観測点までの解析領域を設定する必要があったが、解析領域の外側の物理量を求めることができる無限要素を導入した。
 - 観測点および観測面は解析の後で設定することができる。
 - 解析領域を小さくできるため、解析規模を小さくできる。すなわち、処理時間の大幅な短縮が可能である。

各数値解法の比較

項目	有限要素法	無限要素を利用可能な有限要素法	境界要素法
処理速度	○	○	△
使用記憶容量	○	○	△
内部問題	○	○	○
外部問題	△	○	○
温度速度不均一	○	○	×
吸音材厚みあり	○	○	×
大規模問題	○	○	×

無限要素とその制約条件

- 無限要素とは
 - 解析領域のうち吸収境界として設定していた「面」に無限要素を張り付ける。ユーザは面を指定するのみ。
 - 本ソフトは四面体ソルバであるため、境界面は三角形メッシュである。したがって、無限要素は高さ無限大の三角柱要素となる。
- 無限要素の制約条件
 - 境界面は球面の一部であること。



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

5

無限要素の定式化

- 基礎方程式 (Helmholtz方程式) と境界条件 (Sommerfield Radiation Condition)。【有限要素の極限としての取り扱い】
- テスト関数を乗じて要素内で積分、形状関数で近似した式を代入し、積分を評価する。【通常の有限要素と同じ】
- Atkinson-Wilcox展開を根拠として、形状関数はLagrange補間と $\exp(i\omega r)$ の積とする。【Atkinson-Wilcox展開は無限級数であるが、有限で打ち切るため、近似が入る】
- テスト関数は、積分が収束するための条件を満たすために遠方で2乗のオーダーで減衰する関数とする。積分はGauss-Legendreの数値積分で正確に評価できる。【無限級数を有限で打ち切ったため多項式の積分となり、正確に積分評価可能】
- これらの式変形を行って、プログラムに持ち込む。【式の詳細はアドバンスシミュレーションに記載】

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

6

27

定式化; 離散化

$$\text{div}(\text{grad } \varphi) + k^2 \varphi = 0$$

有限領域を無限大にした極限

$$r \left(\frac{\partial \varphi}{\partial n} + ik\varphi \right) \rightarrow 0 \text{ as } r \rightarrow \infty \longrightarrow \frac{\partial \varphi}{\partial n} = -ik\varphi \text{ at } r = R \rightarrow \infty$$

$$\varphi(x) = \sum_i \varphi_i N_i(x) e^{ik(r-r_i)} \longleftarrow \varphi(x) = e^{ikr} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{G(\theta, \phi, \omega)}{r^n}$$

Atkinson-Wilcox展開

$$N_i(x) = \left(\frac{r_i}{r} \right)^q \prod_{j \neq i} \frac{(r_j - r)}{(r_j - r_i)} \quad \text{Lagrangeの補間}$$

$$-\int_{\Omega} \text{grad}(w_j(x)) \text{grad} \left(\sum_i \varphi_i N_i(x) e^{ik(r-r_i)} \right) dv + k^2 \int_{\Omega} w_j(x) \sum_i \varphi_i N_i(x) e^{ik(r-r_i)} dv$$

一般的なGalerkin法での定式化

$$= ik \int_{\Omega} w_j(x) \sum_i \varphi_i N_i(x) e^{ik(r-r_i)} ds$$

定式化; 積分の計算

$$E_{i,j} = e^{-ik(r_i-r_j)} (K_{i,j} + ikC_{i,j} + k^2 M_{i,j})$$

$$K_{i,j} = -\int_{\Omega} (\nabla D_j(x) N_j(x) \nabla N_i(x) + D_j(x) \nabla N_j(x) \nabla N_i(x)) dv$$

Ω は無限要素ひとつの内部

$$C_{i,j} = \int_{\Omega} (D_j(x) N_j(x) \nabla N_i(x) - \nabla D_j(x) N_j(x) N_i(x) - D_j(x) \nabla N_j(x) N_i(x)) dv - \int_{\partial \Omega} D_j(x) N_j(x) N_i(x) ds$$

$$M_{i,j} = \int_{\Omega} (-D_j(x) N_j(x) N_i(x) + D_j(x) \nabla N_j(x) N_i(x)) dv$$

$$D_j(x) = \frac{r_j^2}{r^2}$$

$$N_i(x) = \left(\frac{r_i}{r} \right)^q \prod_{j \neq i} \frac{(r_j - r)}{(r_j - r_i)}$$

変数変換

1/rに関する多項式を被積分関数とする形に持ち込むことができる。
最後は、Gauss-Legendreの積分公式(有限領域での多項式積分)

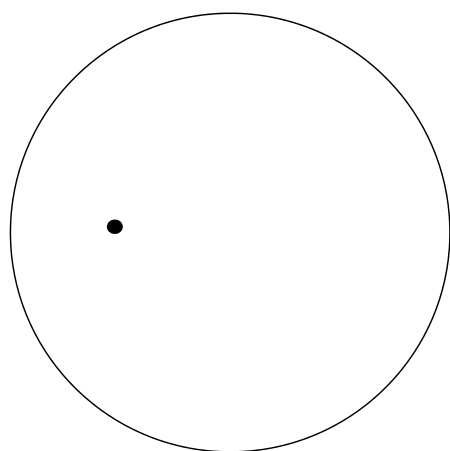
無限要素定式化のまとめ

- 無限要素の定式化
 - 無限点を含む基礎方程式と境界条件を記述し、無限要素での離散化を行った。
 - 離散化で求めた要素行列を数値積分で評価してプログラムで計算できる量にした。
 - 無限要素の要素行列を、有限要素法で作成する全体行列に足し込むことで、解析が可能となる。
- 無限要素を使う場合の注意
 - 無限要素の数は、放射境界と指定した境界面の三角形の数と一致する。
 - 無限要素の放射方向節点数 q とすると、節点の数は、境界面の三角形を構成する節点の数に q を乗じた数だけ増加する。

無限要素の基礎検証

- I. 偏心した位置にある点音源からの放射音の解析
- II. ダクト出口反射率の解析
- III. 大規模解析; 球表面からの放射

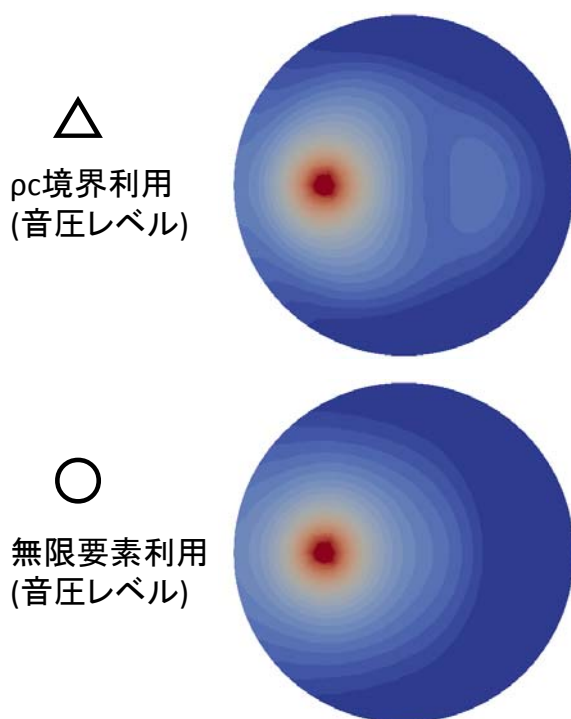
基礎検証1 ; 解析条件



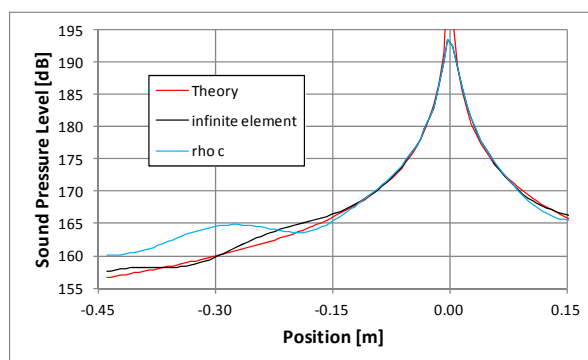
【偏心位置に音源】
音源は空間の1点、境界は透過境界
解析領域の偏心した位置に音源

項目	内容
形状	半径0.3mの球
座標	球中心を原点(0,0,0)とする
音源	体積速度1.0[m ³ /sec]の点音源
音源位置	(0.16, 0, 0)
音速	344 [m/sec]
密度	1.19 [kg/m ³]
周波数	1kHzの1周波数のみ
外側境界	無限要素を貼り付ける。
メッシュ幅	0.02 [m]
要素数	114,666要素
節点数	20,796節点
境界面の数	6,800面

基礎検証1 ; 無限要素とpc境界比較

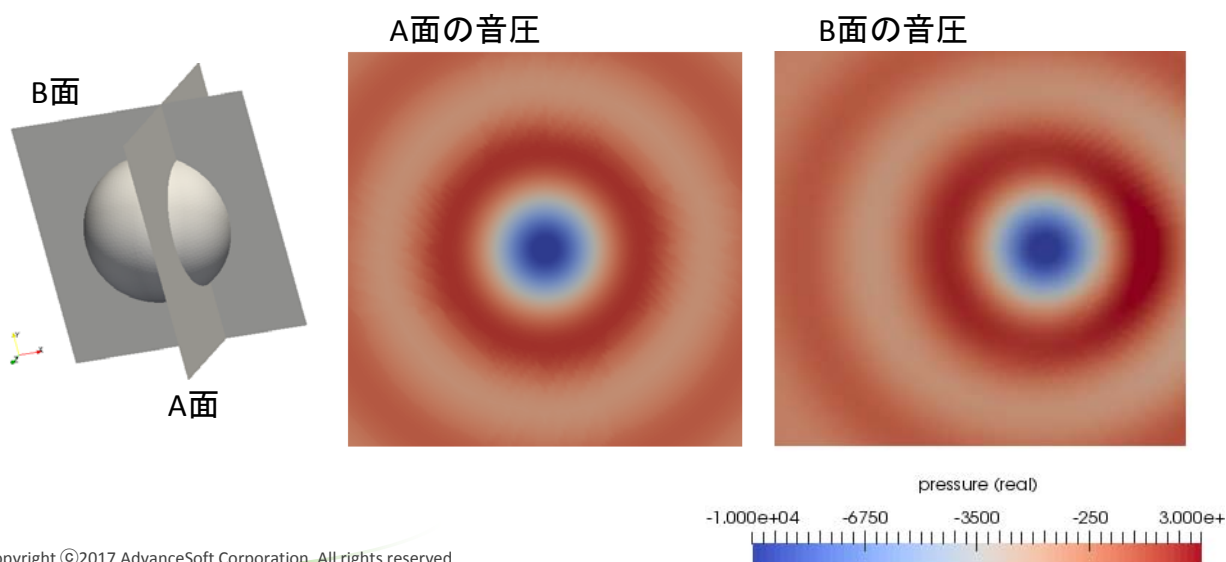


- 無限要素は精度の高い吸収境界として機能する。
- pc境界よりも無限要素を利用した解析の方が、解析解とよく一致する。



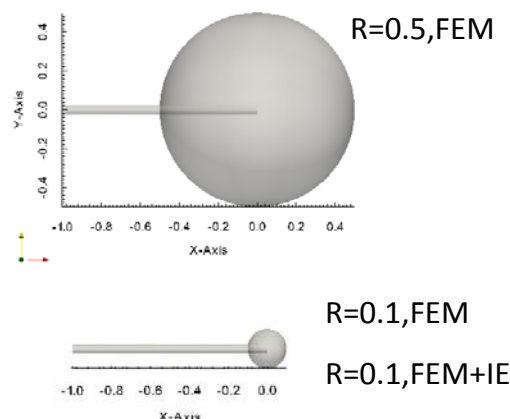
基礎検証1 ; 観測面での解析結果

- 点音源の解析解と一致(解析領域内の有限要素内)
- 観測面の値も解析解と一致(解析領域外の無限要素内)



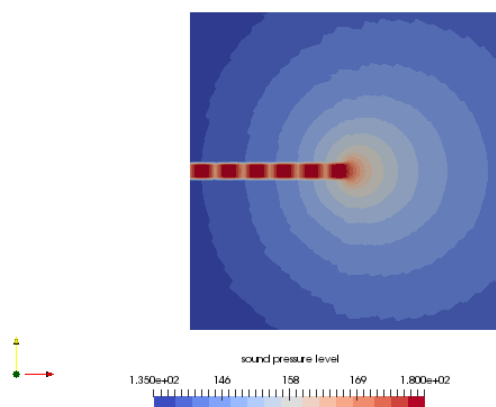
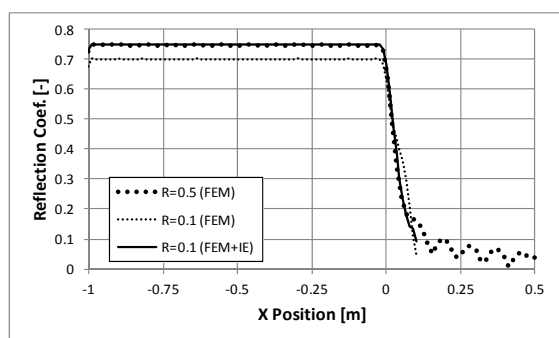
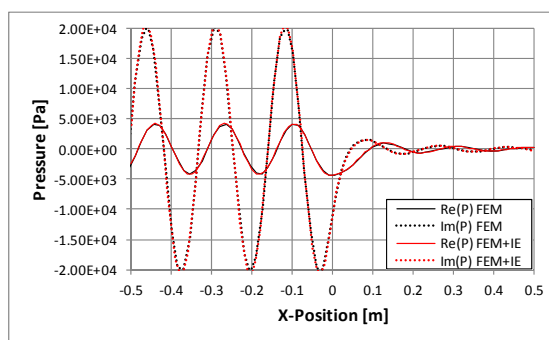
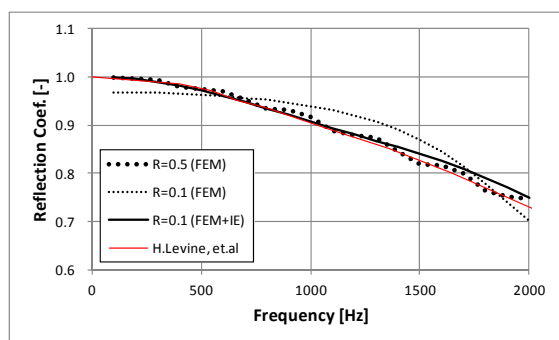
基礎検証2 ; 解析条件

- 波長よりも十分に小さい半径を持つ円筒ダクトから無限に広い空間への音の放射について解析を行う。
- ダクト出口における反射率を解析結果と理論解とで比較する。
- 出口でのバッフルなし/ありのケースで100Hz ~ 2kHzを検証した。

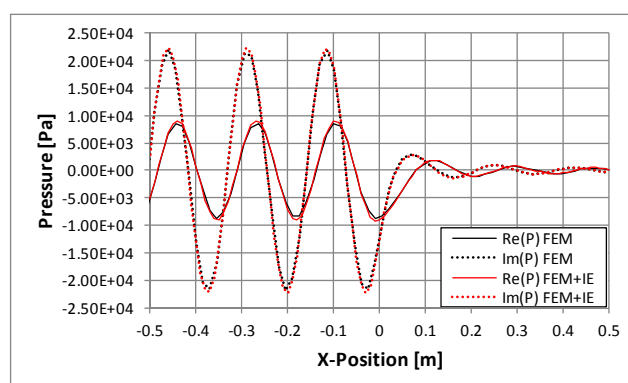
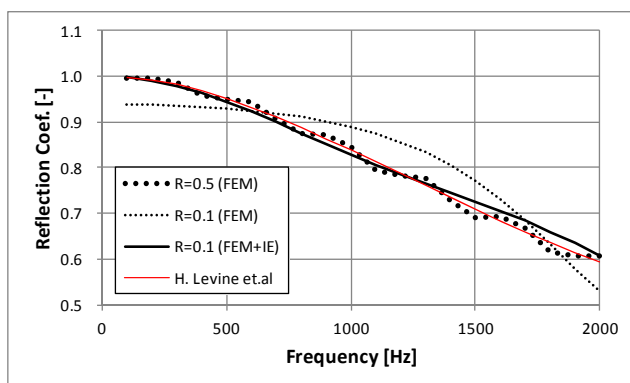
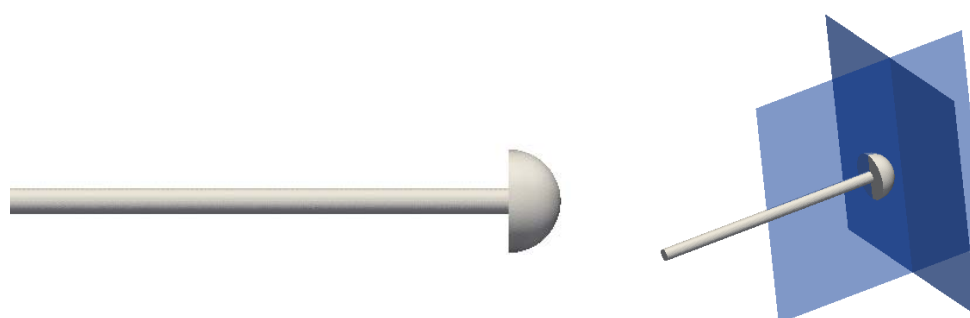


ケース名	ダクト長さ	ダクト径	出口外側半径	条件
R=0.5 FEM	1.00m	0.05m	0.50m	ρc 境界
R=0.1 FEM	1.00m	0.05m	0.10m	ρc 境界
R=0.1 FEM+IE	1.00m	0.05m	0.10m	無限要素

基礎検証2; 解析結果 (バツフルなし)

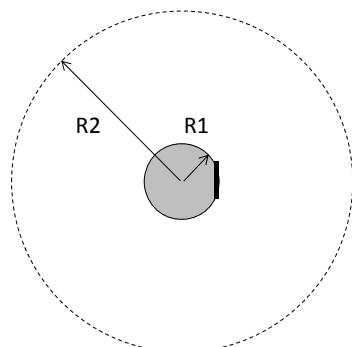


基礎検証2; 解析結果 (バツフルあり)

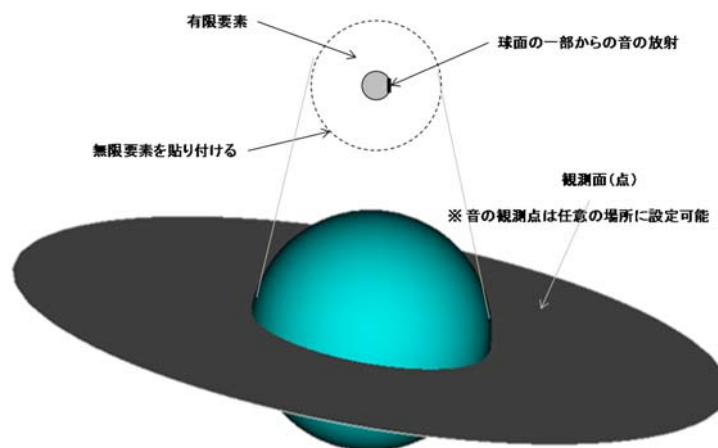


基礎検証3; 大規模計算

- 球の表面の一部を音源とする放射音の計算
- 音源は内部球表面の一部
- 解析領域は球殻領域



- ① 半径R1の球表面の一部から音の放射
- ② 半径R2の領域を有限要素に分割
(有限要素は四面体一次要素利用)
- ③ 半径R2の外の領域を無限要素で分割
(無限要素は三角柱5次要素利用)

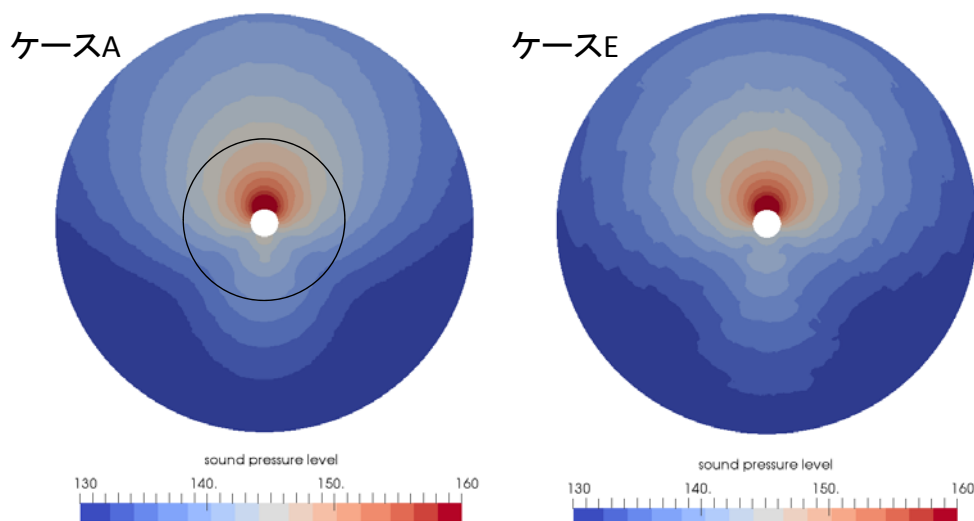


基礎検証3; 解析条件

分類	無限要素		有限要素のみ	
	A	B	E	F
ケース名				
周波数	1 kHz	2 kHz	1 kHz	2 kHz
内部境界半径	0.1	0.1	0.1	0.1
外部境界半径	0.5	0.5	1.5	1.5
外部境界	無限要素	無限要素	ρc 境界	ρc 境界
有限要素数	370,123	2,960,984	4,794,970	38,359,760
節点数	66,247	512,548	836,804	6,556,851
無限要素数	19,204	76,816	—	—
無限要素節点数	38,416	153,640	—	—
並列数	12	12	12	12
処理時間 [sec]	19.2	391	270	8480
ソルバー反復回数	264	911	578	1129

基礎検証3 ; 1kHz解析結果比較

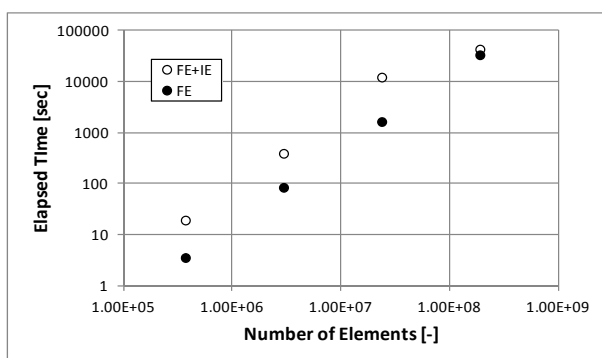
- 半径0.5mの球を解析領域とした無限要素を利用した解析結果と、半径1.5mの球を解析領域とした有限要素解析結果と比較した。
- ほぼ同じ解を得られている。処理時間が無限要素が数十倍高速。



基礎検証3 ; 大規模計算

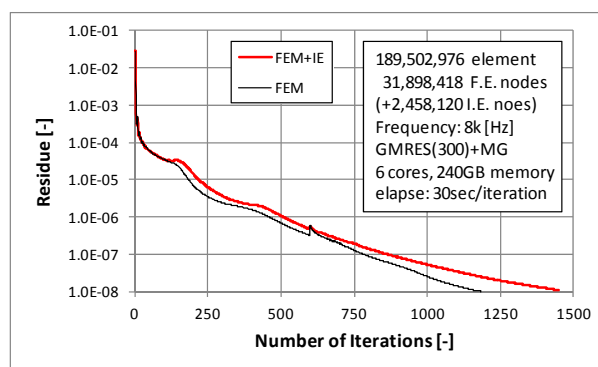
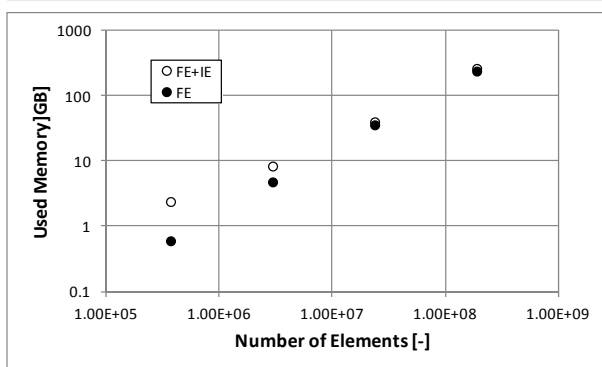
ケース名	A	B	C	D
周波数	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
内部境界半径	0.1	0.1	0.1	0.1
外部境界半径	0.5	0.5	0.5	0.5
外部境界	無限要素	無限要素	無限要素	無限要素
有限要素数	370,123	2,960,984	23,687,872	189,502,976
節点数	66,247	512,548	4,025,810	31,898,418
無限要素数	19,204	76,816	307,264	1,229,056
無限要素節点数	38,416	153,640	614,536	2,458,120
並列数	12	12	12	12
使用メモリ	2.4GB	8.4GB	40GB	264GB
処理時間 [sec]	19.2	391.0	12,200	43,200
ソルバー反復回数	264	911	3,564	1450

基礎検証3; 大規模計算



無限要素を利用した解析の処理時間と同じ規模の ρ C境界の処理時間を比較した。

← 処理時間の比較
 ← 使用メモリの比較
 ← 収束回数の比較



まとめ

- 無限要素を実装し、性能評価を行った。
- ρ C境界より無限要素は高精度であり、解析領域外(無限要素内)の物理量を求めることができるメリットがある。
- また、無限要素を利用した場合には、解析領域を小さくできるメリットがある。したがって、処理速度を数十倍高速化することが可能である。メモリも同程度に節約できる。
- 無限要素を利用した解析の処理時間と使用記憶容量は、要素数・節点数が同等の従来の解析(無限要素を利用しない解析)程度となる。
- 今後、無限要素の領域に一定の流れがある場合の無限要素機能の実装を進める。

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise 解析実施手順のご説明

第1事業部技術2部5課 田之上文彦

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

内容

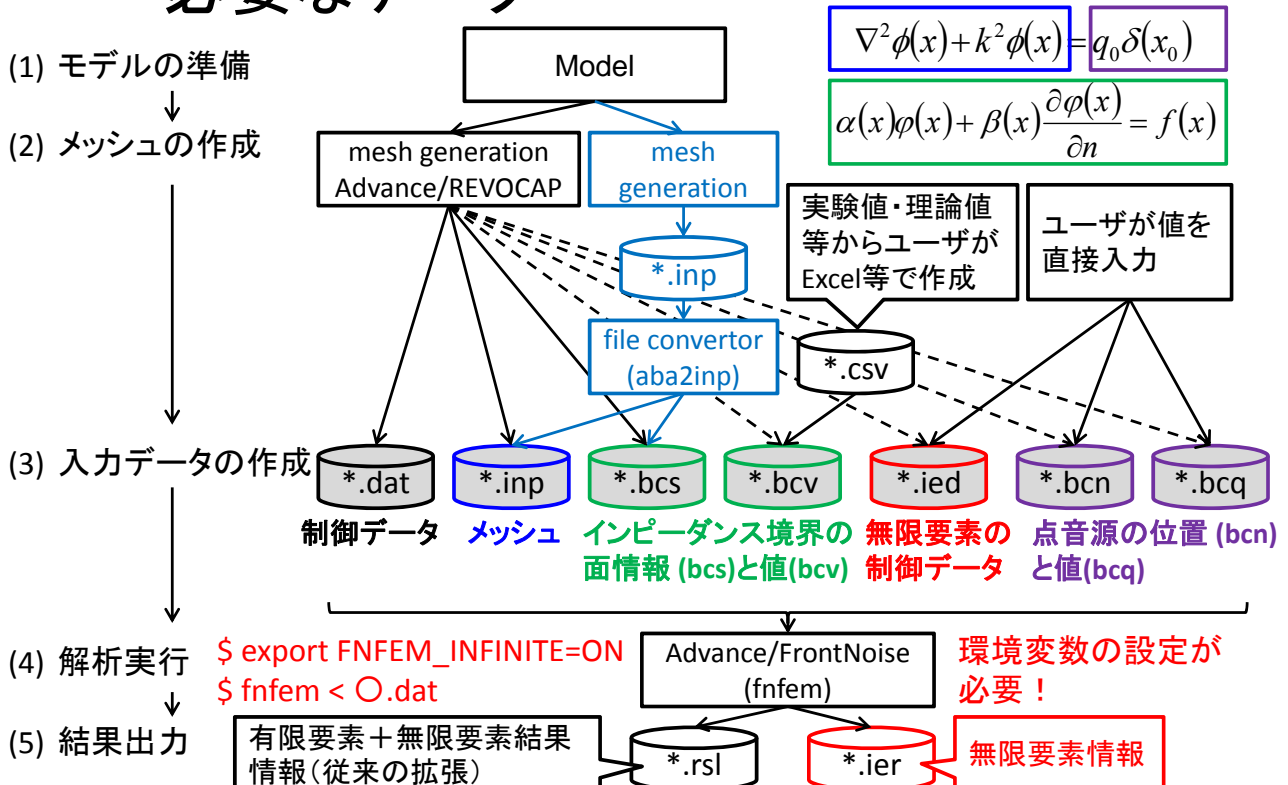
1. 音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseにおける、無限要素を用いた解析の流れ
2. 解析手順のご説明 ～無限遠境界の例～
3. 無限要素を用いた解析結果可視化の流れ
4. 解析結果可視化手順のご説明 ～無限遠境界の例～
5. まとめ

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1. 音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseにおける、無限要素を用いた解析の流れ

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1.1 無限要素を用いた音響解析の流れと必要なデータ



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1.2 入力データの説明

項目	ファイル名	代表的なファイル作成方法
メッシュ	*.inp	メッシュ作成ソフト(Advance/REVOCAP)で作成する。または、メッシュ作成ソフトで作成したファイルをコンバートして作成する。
境界条件(面音源を含む)を面に与える場合	*.bcs	メッシュ作成ソフト(Advance/REVOCAP)で作成する。または、メッシュ作成ソフトで作成したファイルをコンバートして作成する。
	.bcv	実験値・理論値・文献値からexcel等で条件を作成して、csvでexportしたファイルを.bcvファイルとする。
無限要素を面に張り付ける場合	*.ied	メッシュ作成ソフト(Advance/REVOCAP)で作成する。または、手入力等で無限要素の入力データを作成して*.iedファイルとする。
点音源を節点に与える場合	*.bcn	メッシュ作成ソフト(Advance/REVOCAP)で作成する。または、メッシュ作成ソフトで作成したファイルをコンバートして作成する。または、節点探索ツールnfindを利用する。
	.bcq	手入力等で音源ファイルを作成して.bcqファイルとする。

$$\nabla^2 \phi(x) + k^2 \phi(x) = q_0 \delta(x_0)$$

$$\alpha(x)\phi(x) + \beta(x)\frac{\partial \phi(x)}{\partial n} = f(x)$$

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

参考: ファイルの拡張子名の由来

*.inp AVS-UCD形式の拡張子(.inp)に従った

*.bcs 境界条件BCを面音源等の面Surfaceに与える

*.bcv 境界条件BCの値Valueを与える

*.ied 無限要素(Infinite Element)のデータ(Data)

*.bcn 境界条件BCと類似の形式で点音源を節点Nodeに与える

*.bcq 境界条件BCと類似の形式で点音源の値Qを与える

$$\nabla^2 \phi(x) + k^2 \phi(x) = q_0 \delta(x_0)$$

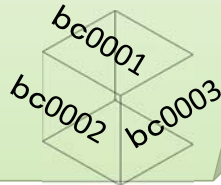
$$\alpha(x)\phi(x) + \beta(x)\frac{\partial \phi(x)}{\partial n} = f(x)$$

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1.3 境界条件(面音源を含む)を面に与える場合 (*.bcs, *.bcv) ~書式~

*.bcs

```
bc0001 <-「bc」で始まり、それ以降は任意
Element No. Node1 Node2 Node3
Element No. Node1 Node2 Node3
... (境界面に含まれる要素番号と節点の定義)
Element No. Node1 Node2 Node3
bc0002 <-次の境界面
Element No. Node1 Node2 Node3
Element No. Node1 Node2 Node3
...
Element No. Node1 Node2 Node3
bc0003
...
bcxxxx
...
```



*.bcv

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial\varphi(x)}{\partial n} = f(x)$$

```
周波数1 αRe αIm βRe βIm f <-bc0001
周波数1 αRe αIm βRe βIm f <-bc0002
... (境界条件の順番と対応)
周波数1 αRe αIm βRe βIm f <-bcxxxx
周波数2 αRe αIm βRe βIm f <-bc0001
...
周波数2 αRe αIm βRe βIm f <-bcxxxx
周波数3 αRe αIm βRe βIm f <-bc0001
...
周波数3 αRe αIm βRe βIm f <-bcxxxx
...
(解析する周波数の数だけ、繰り返す)
```

1.3 境界条件(面音源を含む)を面に与える場合 (*.bcs, *.bcv) ~条件~

*.bcv

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial\varphi(x)}{\partial n} = f(x)$$

境界の種類	$\alpha(x)$	$\beta(x)$	$f(x)$	備考
音圧	$i\omega\rho$	0	$-p(x)$	流体音響連生
速度	0	1	$v(x)$	
変位	0	1	$-i\omega u(x)$	構造音響連生
加速度	0	1	$(-i\omega)^{-1} a(x)$	
インピーダンス	$i\omega\rho$	$-Z$	0	壁面の境界
完全反射	0	1	0	デフォルトの値
完全吸収	$i\omega\rho$	ρc	0	ρc 境界

※ $\omega = 2\pi f$, ρ : 密度, c : 音速

1.4 点音源を節点に与える場合

*.bcn

Node No. (ノード1)
 Node No. (ノード2)
 Node No. (ノード3)
 ...
 Node No. (ノードn)

*.bcq

$$\nabla^2 \phi(x) + k^2 \phi(x) = q_0 \delta(x_0)$$

周波数 $q_{0 \text{ Re}}$ $q_{0 \text{ Im}}$ (ノード1)
 周波数 $q_{0 \text{ Re}}$ $q_{0 \text{ Im}}$ (ノード2)
 周波数 $q_{0 \text{ Re}}$ $q_{0 \text{ Im}}$ (ノード3)
 ...
 周波数 $q_{0 \text{ Re}}$ $q_{0 \text{ Im}}$ (ノードn)

1.5 無限要素を面に張り付ける場合

*.ied

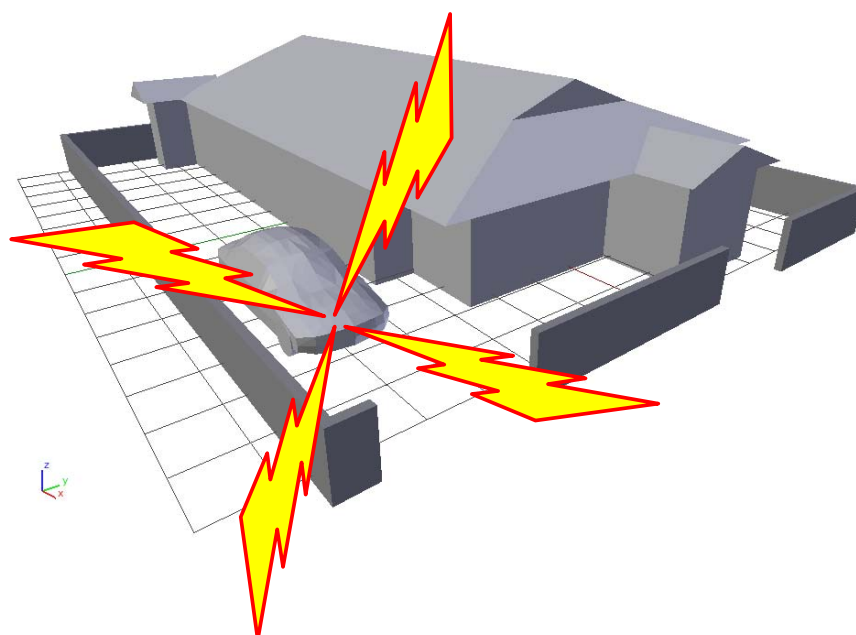
無限要素グループの数n
 境界ブロック番号1 球の原点X1 球の原点Y1 球の原点Z1 球の半径1
 境界ブロック番号2 球の原点X2 球の原点Y2 球の原点Z2 球の半径2
 ...
 境界ブロック番号n 球の原点Xn 球の原点Yn 球の原点Zn 球の半径n

2. 解析手順のご説明 ～無限遠境界の例～

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.1 解析モデル

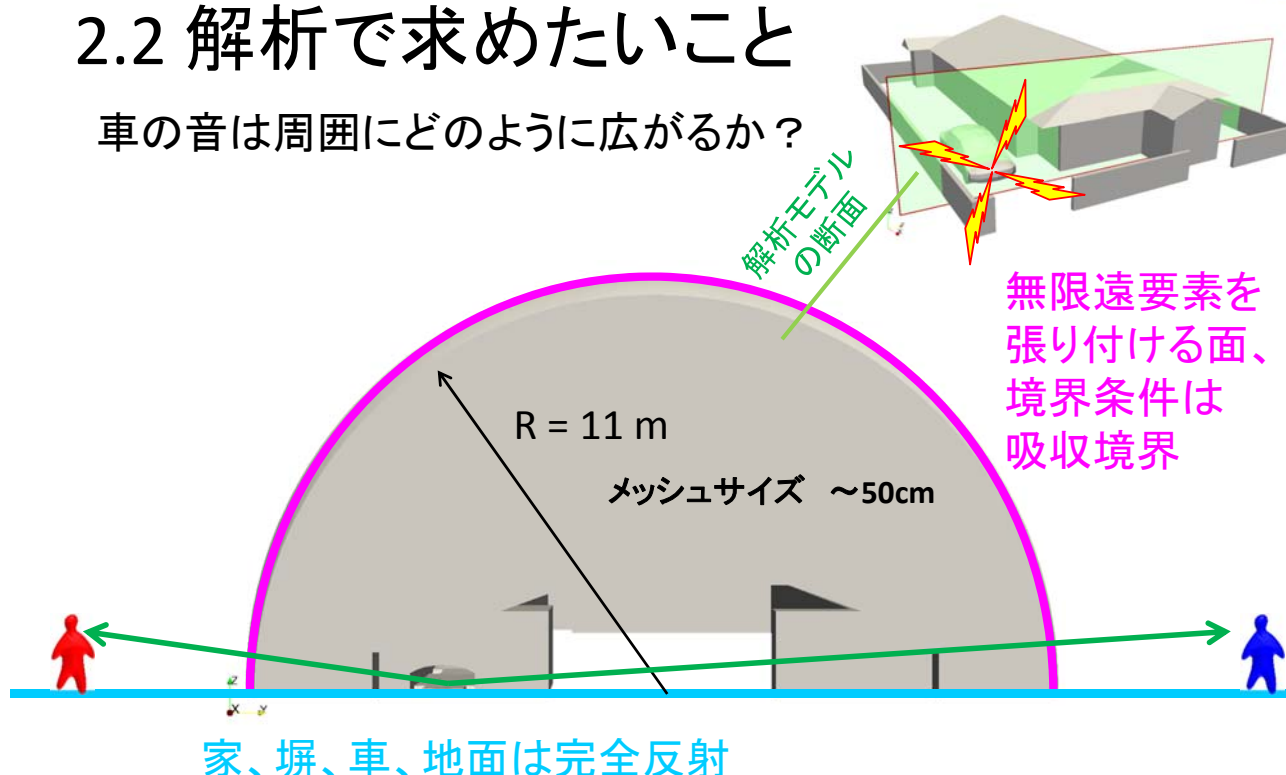
車の音は周囲にどのように広がるか？



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.2 解析で求めたいこと

車の音は周囲にどのように広がるか？



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.3 条件の設定～制御ファイル～

制御ファイル(*.dat)

項目	値	単位
音速*1	343.62	m/s
空気密度*2	1.1956	kg/m ³
開始周波数	63	Hz
終了周波数	63	Hz

$$\begin{cases} c = 331.5 + 0.6T \\ \rho = \frac{P}{R(T + 273.15)} \end{cases}$$

```

Model Name      = car01
Sound Velocity  = 343.62
Density         = 1.195608343
Start Frequency = 63
Final Frequency = 63
Frequency Step  = 10
Max Iteration   = 25
Output Level    = 1
Msglevel        = 3
END
    
```

*1 : 気象庁より、2016年6月の東京の平均気温 $T = 20.2$ °Cから音速を計算。

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s3.php?prec_no=44&block_no=47662
[Accessed 29 May 2017]

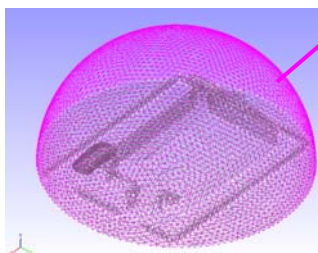
*2 : 気象庁より、2016年6月の東京の平均気圧 $P = 1006.6$ hPaと*1の気温をもとに状態方程式から空気密度を計算。空気(乾燥)のガス定数は、 $R = 287$ J/kg/Kとした。

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s3.php?prec_no=44&block_no=47662&year=&month=&day=&view=a6 [Accessed 29 May 2017]

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.3 条件の設定～インピーダンス境界～

インピーダンス境界の面情報(*.bcs)
...自動生成



```
bc00001
 111 1 2 3
 191 1 2 3
 316 1 2 3
... ..
147610 1 3 4
149059 1 3 4
```

インピーダンス境界の面の値(*.bcv)

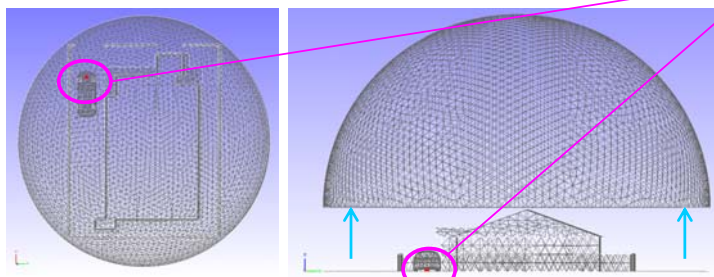
項目	値
α_{Re}	0
α_{Im}	473.2704126 ← $i\omega\rho=2\pi f\rho$
β_{Re}	410.8349387 ← ρc
β_{Im}	0
f	0

```
63 0 473.2704126 -410.8349387 0 0
```

※無限要素を設定する場合は不要
吸収境界の例

2.3 条件の設定～点音源～

点音源の位置情報(*.bcn)



```
3108
```

※ Advance/REVOCAPでは、面を視覚的に移動
することができるため、境界面や車を移動させて、
隠れた節点を容易に選択することができる

点音源のエネルギー(*.bcq)

節点番号	実部	虚部
3108	1	0

```
63 1.0000E-03 0
```

2.3 条件の設定～無限要素の設定～

無限要素の計算制御データ(*.ied)

境界ブロック 番号	球の原点座標 (m)			球の半径 (m)
	X	Y	Z	
1	0	0	0	11.0

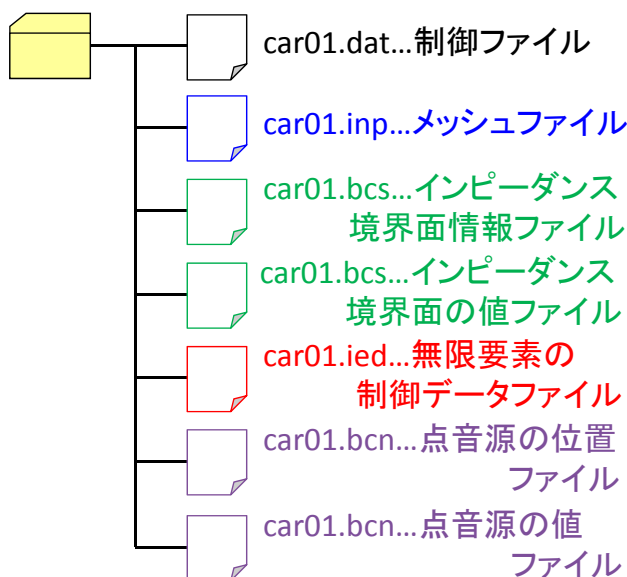
1 ←無限要素数
1 0 0 0 11.0
 ↑1番目の境界ブロック

※ *.bcs

```
bc00001
  111 1 2 3
  191 1 2 3
  .....
147610 1 3 4
149059 1 3 4
```

2.4 解析の実行

ファイル構成 (ModelName : car01)



実行コマンド

※ 実行前に環境変数の設定が必要です。

```
$ export FNFEM_INFINITE=ON
$ fnfem < car01.dat
```

$$\nabla^2 \phi(x) + k^2 \phi(x) = q_0 \delta(x_0)$$

$$\alpha(x) \phi(x) + \beta(x) \frac{\partial \phi(x)}{\partial n} = f(x)$$

2.4 解析の実行

無限要素の場合に出力される標準出力

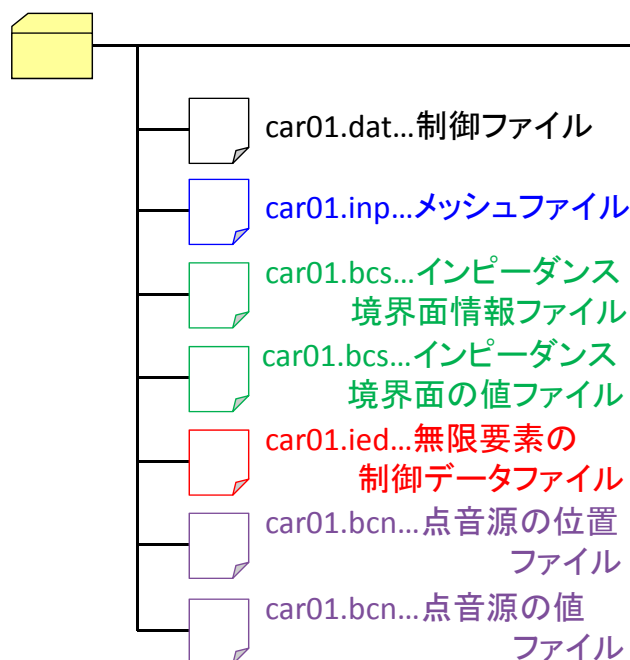
```
< infinite element >
- number of surface : 1
- surface number : 1
- origin-X of ie : 0.000000E+00
- origin-Y of ie : 0.000000E+00
- origin-Z of ie : 0.000000E+00
- radius of ie surface : 1.100000E+01
- ie surface information :
  > m,average,radius : 1 1.100D+01 1.100D+01
  > std.dev. max err. elem.: 1.435D-06 4.532D-06 116272
- number of nodes in IE : 5
- dim. in Gauss Integral : 4
- node coordinate in IE :
  1.00000000E+00 1.50000000E+00 2.00000000E+00 2.50000000E+00
  3.00000000E+00
- number of IE surfaces : 7142
- number of IE surf. nod : 3641
- number of IE all node : 14564
- gauss coef. in IE :
  -8.61136312E-01 -3.39981044E-01 3.39981044E-01 8.61136312E-01
  3.47854845E-01 6.52145155E-01 6.52145155E-01 3.47854845E-01
...

```

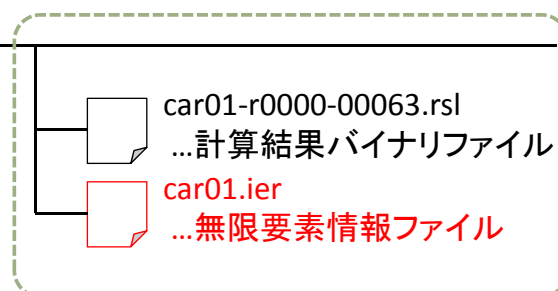
Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.5 解析の実行結果

ファイル構成 (ModelName : car01)



出力されたファイル (63 Hzの結果)

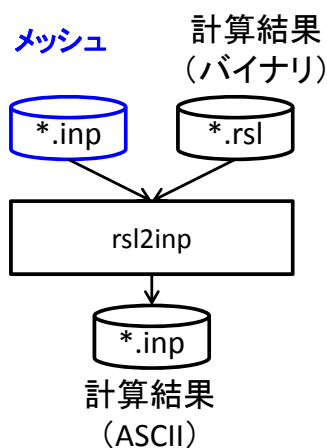


Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3. 無限要素を用いた解析結果可視化の流れ

3.1 有限要素領域の結果処理

UCDファイルの作成

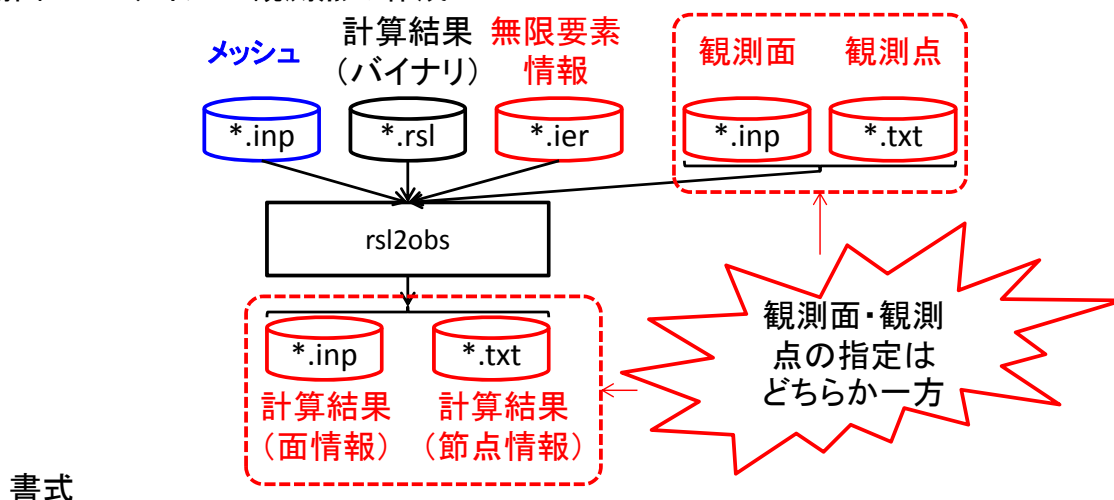


書式

rsl2inp メッシュファイル 計算結果バイナリファイル UCD出力ファイル名

3.2 無限要素の結果の結果処理 (有限要素含む)

観測面UCDファイル／観測点の作成



rsl2obs 無限要素の境界番号 メッシュ(*.inp)・無限要素情報のヘッダ(*.ier)
 計算結果(*.rsl) 観測面(*.inp)／観測点(*.txt) 出力結果(*.inp／*.txt)
 オプション1 オプション2 オプション3

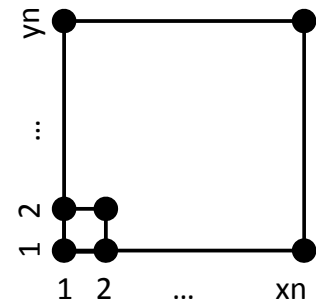
3.2 無限要素の結果の結果処理 (有限要素含む)

rsl2obs オプションコマンド

位置	記号	項目	内容	備考
オプション1, 2, 3	なし	観測面モード	可視化ファイルを入力・出力ファイルとする。 =inp all	デフォルト
オプション1	txt	観測点モード	テキストファイルを入力・出力ファイルとする。	
	inp	観測面モード	可視化ファイルを入力・出力ファイルとする。 ※ txtとinpは同時に指定できません。	デフォルト
オプション2	fast	高速処理モード1	球の半径の外は、解析領域外とみなす。	
オプション3	off	高速処理モード2	有限要素内でも無限要素内でもない領域は値を0として出力する。	
	all	領域外モードの計算指定	有限要素内でも無限要素内でもない領域は無限要素からの外挿で値を求める。 ※ offとallは同時に指定できません。	デフォルト

3.2 無限要素の結果の結果処理 (有限要素含む)

観測面フォーマット (*.inp)
AVS-UCD形式の四角形を利用した形式



(例)

節点数 N_n	要素数 E_n	各節点のデータ数	各要素のデータ数	モデルのデータ数
1	座標 X_1	座標 Y_1	座標 Z_1	
2	座標 X_2	座標 Y_2	座標 Z_2	
3	座標 X_3	座標 Y_3	座標 Z_3	
...				
N_n	座標 X_{N_n}	座標 Y_{N_n}	座標 Z_{N_n}	
1	1 quad	節点1	節点2	節点 X_{n+2} 節点 X_{n+1}
2	1 quad	節点2	節点3	節点 X_{n+3} 節点 X_{n+2}
3	1 quad	節点3	節点4	節点 X_{n+4} 節点 X_{n+3}
...				
E_n	1 quad	節点 $(Y_{n-1})X_{n-1}$	節点 $(Y_{n-1})X_n$	節点 $Y_n \cdot X_n$ 節点 $Y_n \cdot X_{n-1}$

※各節点のデータ数、各要素のデータ数、モデルのデータ数は0とする。

3.2 無限要素の結果の結果処理 (有限要素含む)

観測点フォーマット (*.txt)

```
座標 $X_1$  座標 $Y_1$  座標 $Z_1$ 
座標 $X_2$  座標 $Y_2$  座標 $Z_2$ 
座標 $X_3$  座標 $Y_3$  座標 $Z_3$ 
...
座標 $X_{S_n}$  座標 $Y_{S_n}$  座標 $Z_{S_n}$ 
```

変換後の出力フォーマット (*.txt)

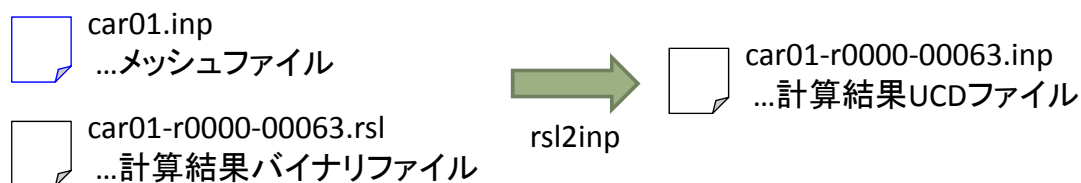
```
1 RF1  $\phi_{1_{Re}}$   $\phi_{1_{Im}}$   $\phi_{1_{abs}}$   $P_{1_{Re}}$   $P_{1_{Im}}$  SPL1
2 RF2  $\phi_{2_{Re}}$   $\phi_{2_{Im}}$   $\phi_{2_{abs}}$   $P_{2_{Re}}$   $P_{2_{Im}}$  SPL2
3 RF3  $\phi_{3_{Re}}$   $\phi_{3_{Im}}$   $\phi_{3_{abs}}$   $P_{3_{Re}}$   $P_{3_{Im}}$  SPL3
...
 $S_n$   $RFS_n$   $\phi_{S_n_{Re}}$   $\phi_{S_n_{Im}}$   $\phi_{S_n_{abs}}$   $PS_n_{Re}$   $PS_n_{Im}$   $SPLS_n$ 
```

記号	説明
RF	領域フラグ。 (1:有限要素、2:無限要素、3:1と2以外)
$\phi_{Re/Im/abs}$	音響ポテンシャルの実部、虚部、絶対値。
$P_{Re/Im}$	圧力の実部と虚部。
SPL	音圧レベル。

4. 解析結果可視化手順のご説明 ～無限要素境界の例～

4.1 有限要素領域の結果

UCDファイルの作成

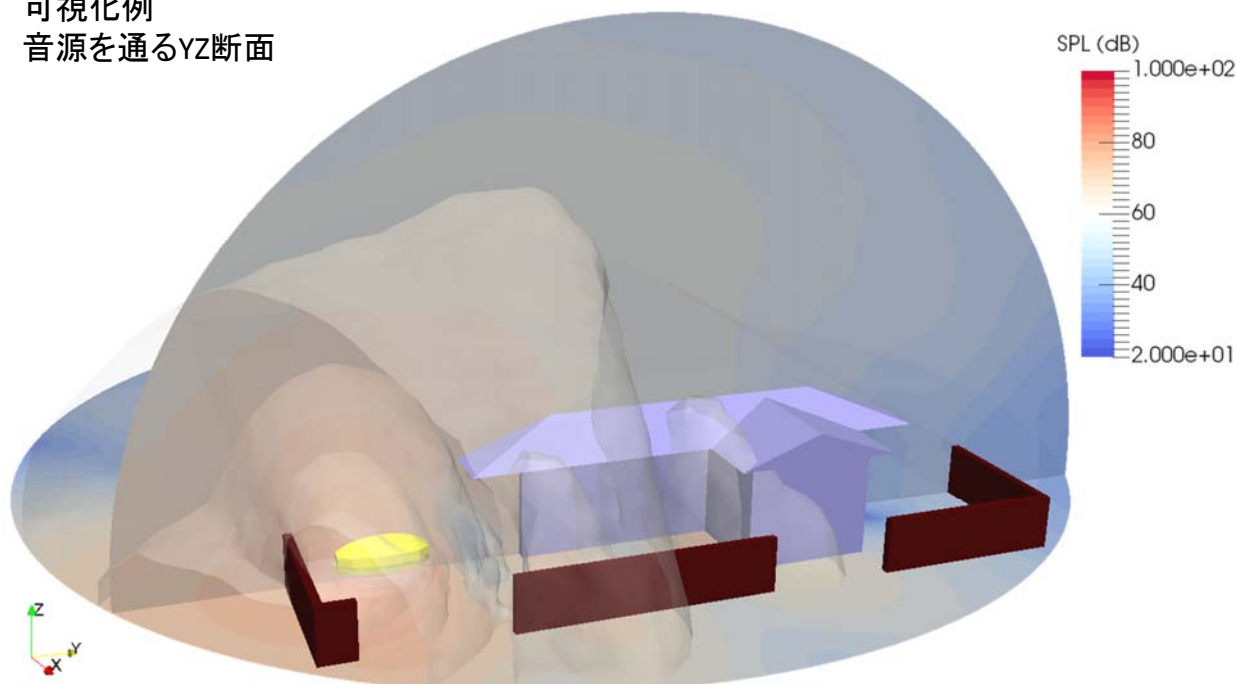


コマンド

```
$ rsl2inp car01.inp car01-r0000-00063.rsl car01-r0000-00063.inp
```

4.1 有限要素領域の結果

可視化例
音源を通るYZ断面

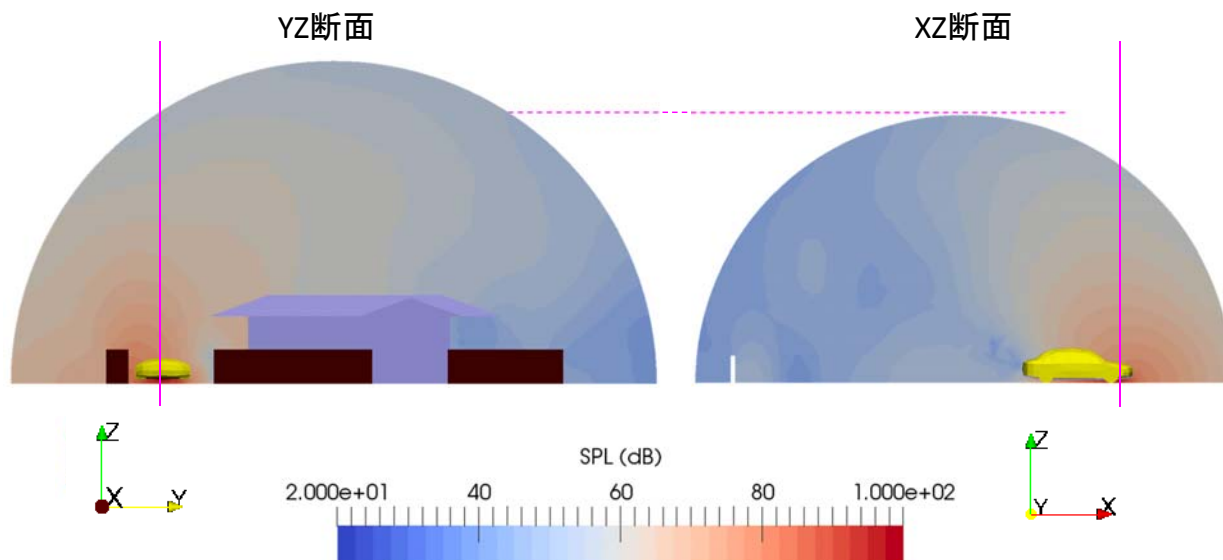


Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

コンターは60~90 dBの範囲で5 dBおき

4.1 有限要素領域の結果

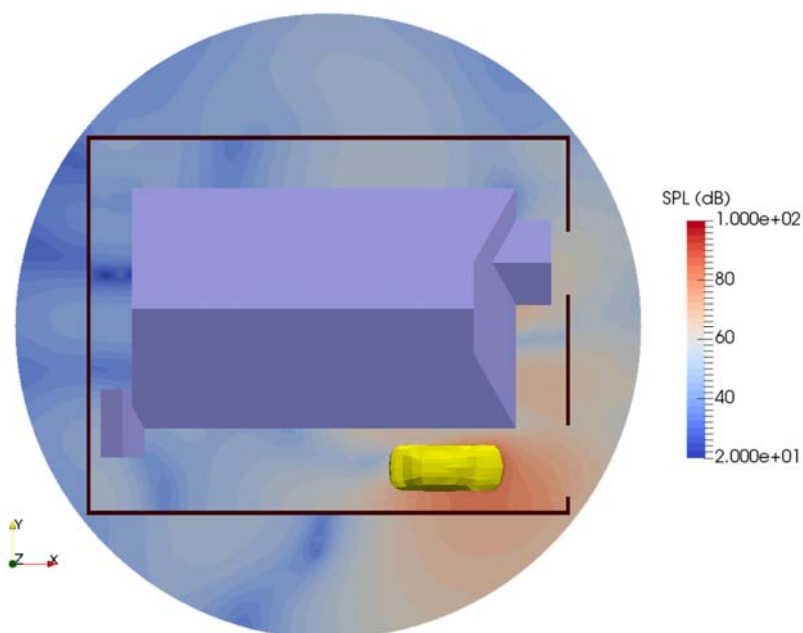
可視化例
音源を通るYZ断面とXZ断面



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4.1 有限要素領域の結果

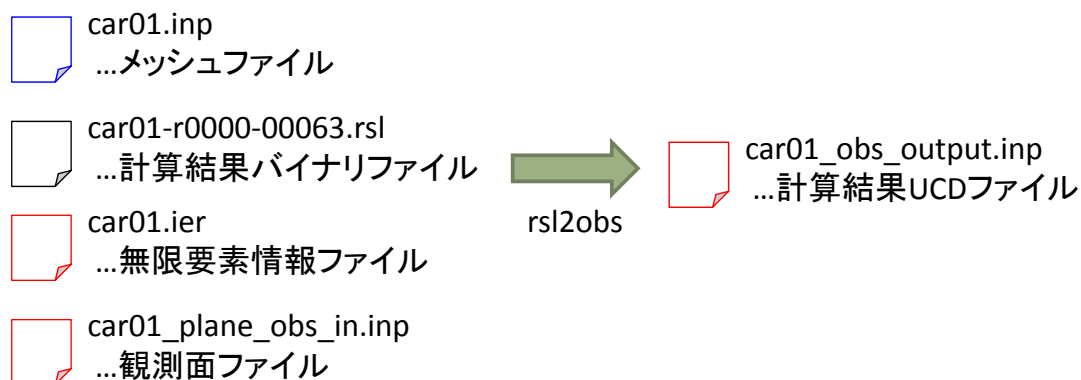
可視化例
XY断面 (Z=50 cm)



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4.2 有限要素領域以外の結果～観測面～

観測面結果の作成



コマンド

```
$ rsl2obs 1 car01 car01-r0000-00063.rsl car01_plane_obs_in.inp
car01_plane_obs_out.inp off
```

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4.2 有限要素領域以外の結果～観測面～

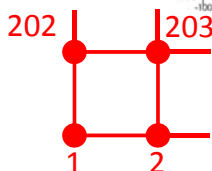
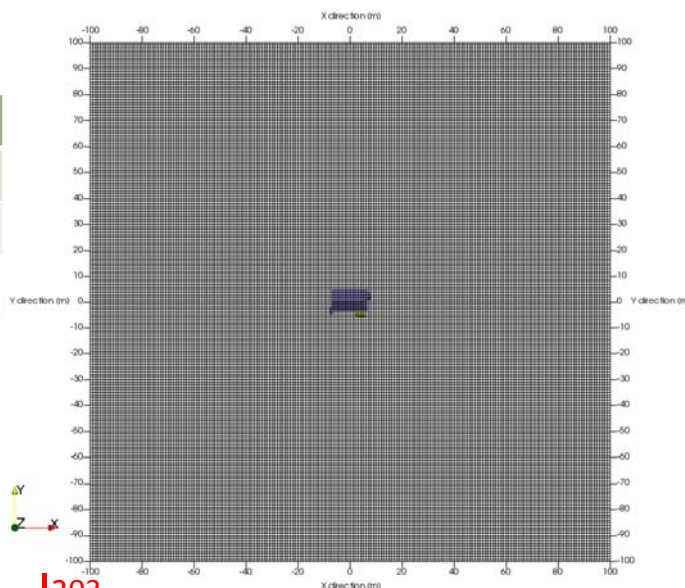
観測面ファイル(*.inp)

項目	値	単位
節点数	40401 (201 × 201)	—
刻み幅	1.0	m

car01_plane_obs_in.inp

```

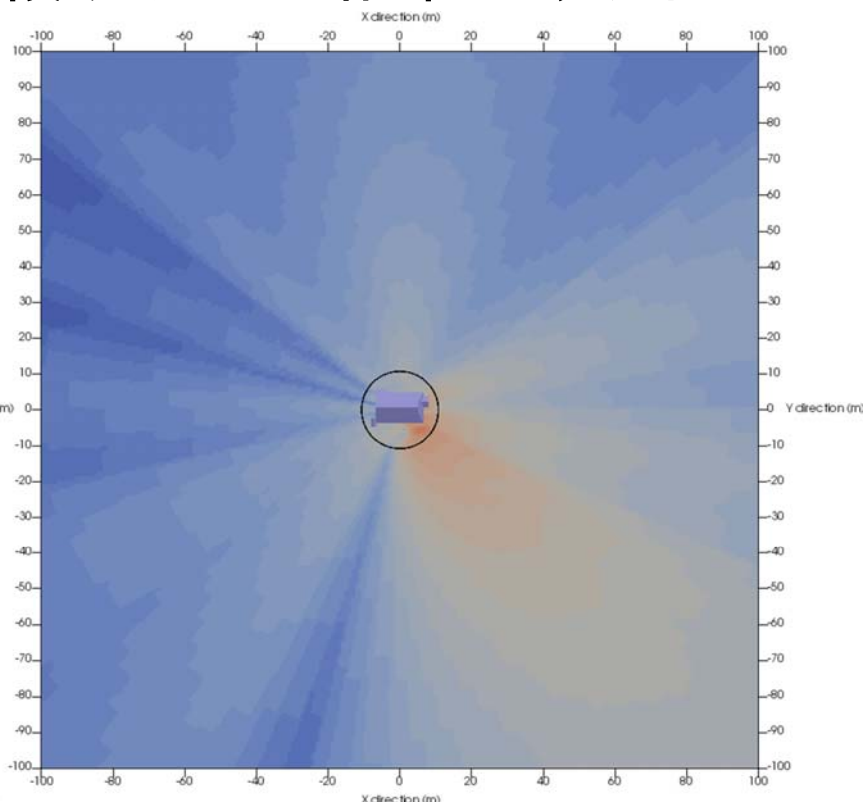
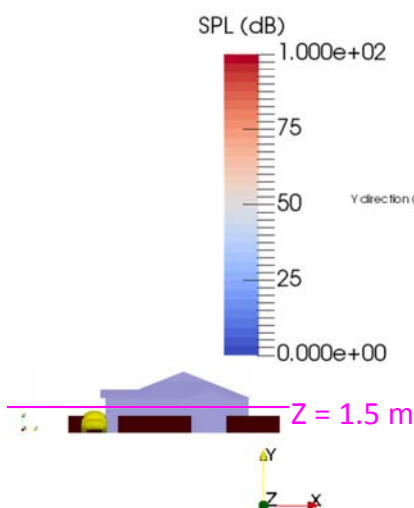
40401 40000 0 0 0
1 -100 -100 1.5
2 -99 -100 1.5
3 -98 -100 1.5
4 -97 -100 1.5
...
40401 100 100 1.5
1 1 quad 1 2 203 202 ←
2 1 quad 2 3 204 203
3 1 quad 3 4 205 204
...
40000 1 quad 40199 40200 40401 40400
    
```



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4.2 有限要素領域以外の結果～観測面～

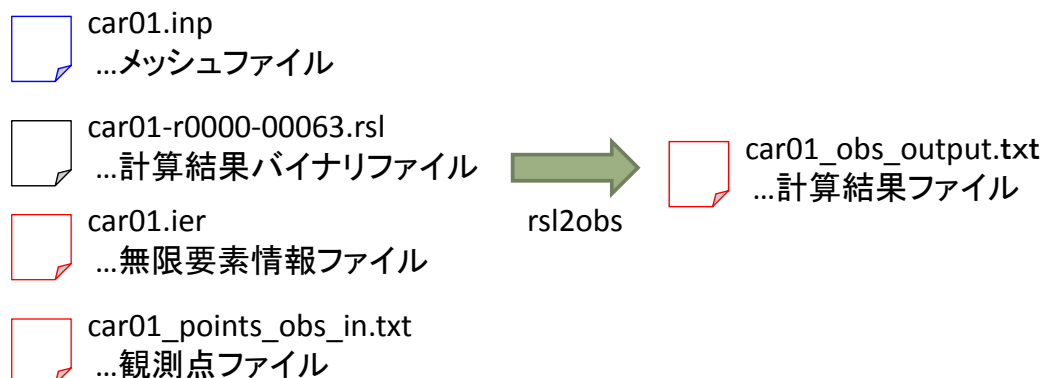
可視化例 (Z = 1.5 m)
 円内は有限要素、
 円外は無限要素



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4.3 有限要素領域以外の結果～観測点～

観測点の作成



コマンド

```
$ rsl2obs 1 car01 car01-r0000-00063.rsl car01_points_obs_in.txt
car01_points_obs_out.txt txt off
```

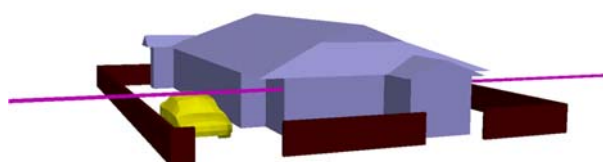
観測点の場合は省略不可！

4.3 有限要素領域以外の結果～観測点～

観測点ファイル (*.txt)

項目	値	単位
範囲	X=5.6375 -120 ≤ Y ≤ 120 Z=1.5	m
節点数	27	—
刻み幅	2.0 (-10 ≤ Y ≤ 10) 15.0 (15 ≤ Y)	m

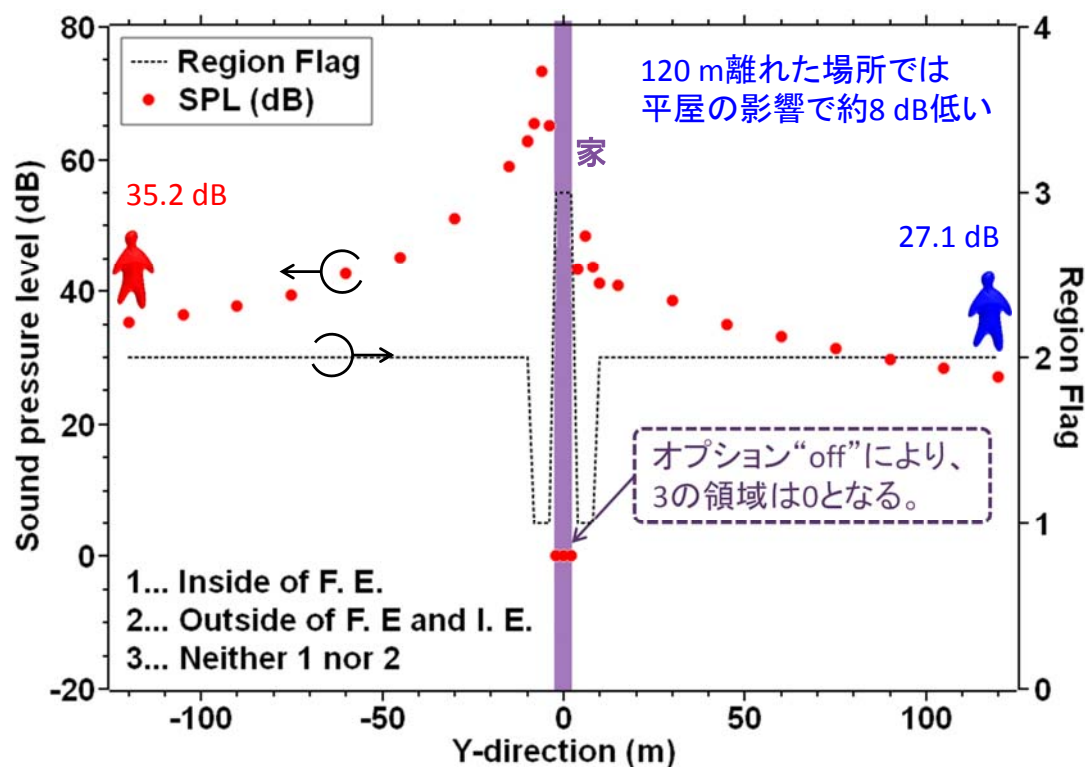
↓長さ240 mの軸上に配置



car01_points_obs_out.txt

```
5.637508E+00 -1.200000E+02 1.500000E+00
5.637508E+00 -1.050000E+02 1.500000E+00
...
5.637508E+00 -1.500000E+01 1.500000E+00
5.637508E+00 -1.000000E+01 1.500000E+00
5.637508E+00 -8.000000E+00 1.500000E+00
...
5.637508E+00 8.000000E+00 1.500000E+00
5.637508E+00 1.000000E+01 1.500000E+00
5.637508E+00 1.500000E+01 1.500000E+00
...
5.637508E+00 1.050000E+02 1.500000E+00
5.637508E+00 1.200000E+02 1.500000E+00
```

4.3 有限要素領域以外の結果～観測点～



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

5 まとめ

- 無限要素に必要なデータと解析の流れについてご説明しました。
- 周波数解析を例として、無限要素を使用した解析方法をご説明しました。
- 無限要素の結果処理の流れについてご説明しました。
- 無限要素を使用した周波数解析結果を例として、無限要素における平面コンターの作成方法と観測点における物理量の抽出方法についてご説明しました。

ご清聴ありがとうございました。

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise 解析事例のご紹介

第1事業部技術2部5課 田之上文彦

音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

内容

1. 解析の概要
2. 音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseによる時間領域解析手順
3. 入力データ
4. 解析結果
5. まとめ

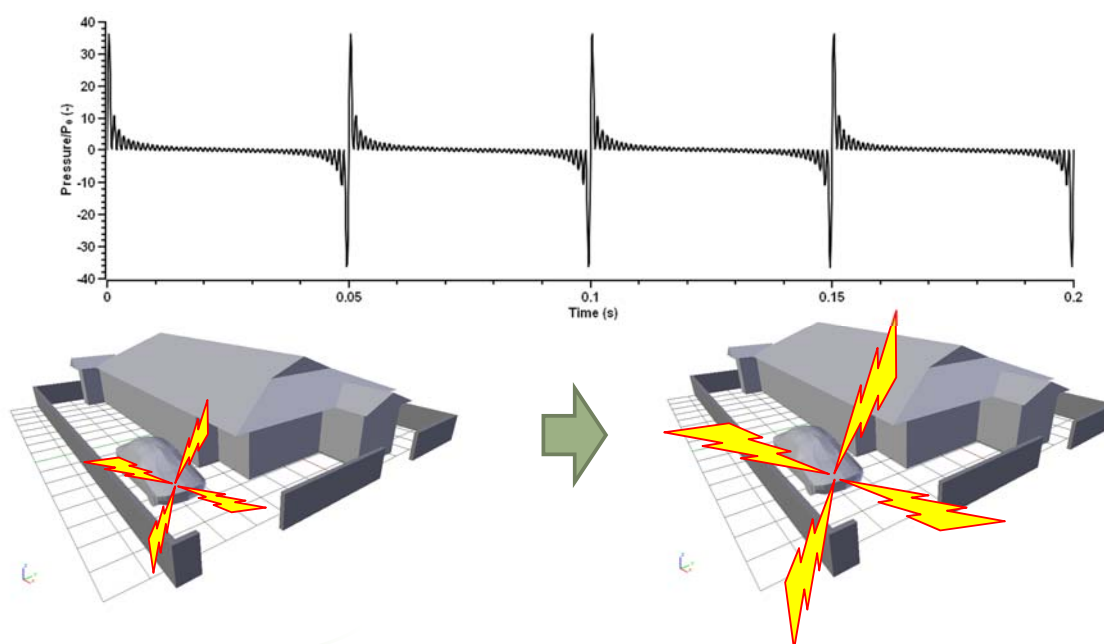
Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1. 解析の概要

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1.1 解析モデル

車の音は時間とともに周囲にどのように広がるか、
圧力で評価する

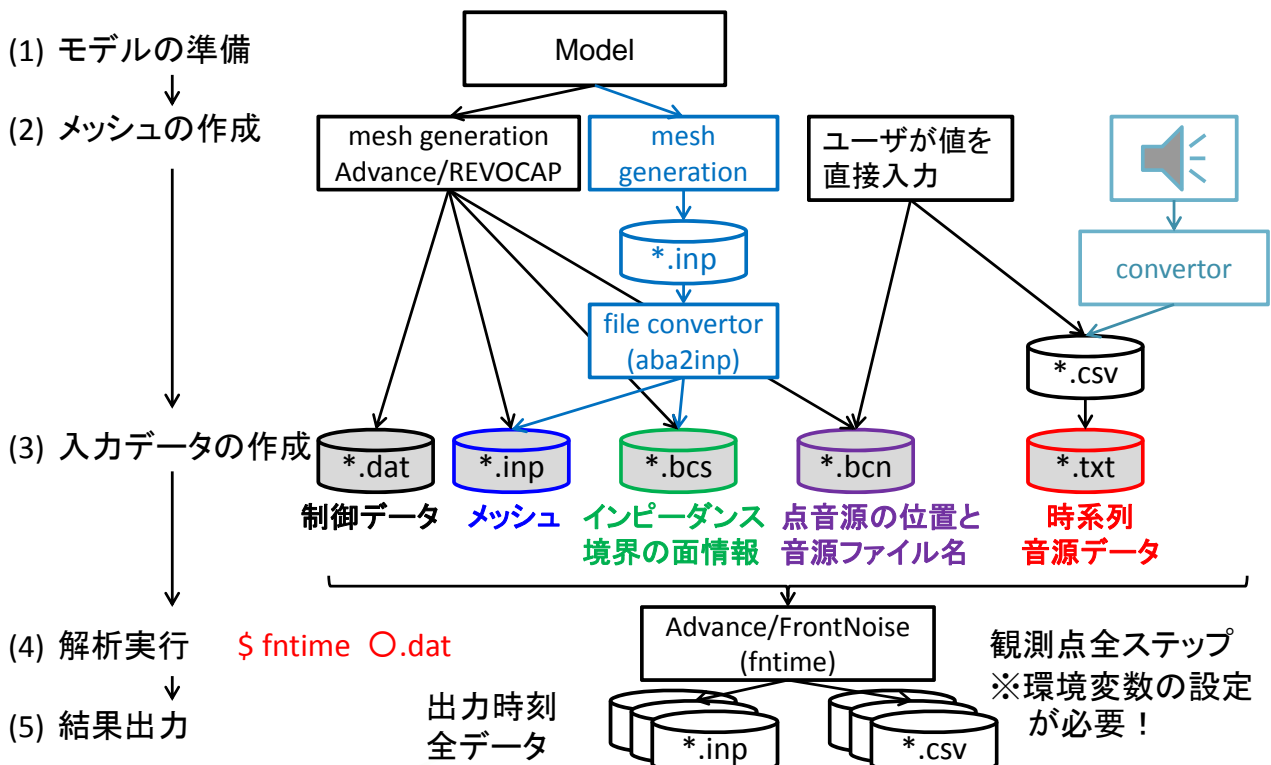


Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2. 音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseによる時間領域解析手順

Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.1 無限要素を用いた音響解析の流れと必要なデータ



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

2.2 制御データ

*.dat

モデル名
 密度 (kg/m³)
 音速 (m/s)
 解析開始時間 (s)
 解析終了時間 (s)
 解析タイムステップ (s)
 スナップショット出力間隔

注意: 記述の順番は固定

2.3 境界面の条件

*.bcs

```
bc0001 ←完全反射の要素グループ
  Element No.  Node1  Node2  Node3
  Element No.  Node1  Node2  Node3
  ...
  Element No.  Node1  Node2  Node3
bc0002 ←完全吸収の要素グループ
  Element No.  Node1  Node2  Node3
  Element No.  Node1  Node2  Node3
  ...
  Element No.  Node1  Node2  Node3
```

要素数 N_{bc1} を確認

実行時に環境変数として与える
`$ export FNTIME_RHOC= $N_{bc1} + 1$`

2.4 点音源の時間履歴を節点に与える

*.bcn

```
Node No. 音源ファイル名 (ノード1)
Node No. 音源ファイル名 (ノード2)
Node No. 音源ファイル名 (ノード3)
...
Node No. 音源ファイル名 (ノードn)
```

*.csv (音源ファイル)

圧力で指定(環境変数 **FNTIME_BCVEL=OFF**)

```
時刻1 (s)  圧力1 (Pa)
時刻2 (s)  圧力2 (Pa)
時刻3 (s)  圧力3 (Pa)
...
時刻t (s)  圧力t (Pa)
```

速度で指定(環境変数 **FNTIME_BCVEL=ON**)

```
時刻1 (s)  U1 (m/s)  V1 (m/s)  W1 (m/s)
時刻2 (s)  U2 (m/s)  V2 (m/s)  W2 (m/s)
時刻3 (s)  U3 (m/s)  V3 (m/s)  W3 (m/s)
...
時刻t (s)  Ut (m/s)  Vt (m/s)  Wt (m/s)
```

U:X方向の速度、V:Y方向の速度、W:Z方向の速度

2.5 観測点

実行前に環境変数として指定

```
$ export FNTIME_MONITOR=Node1,Node2,...
```

3. 入力データ

3.1 制御ファイル

制御ファイル (*.dat)

項目	値	単位
音速*	343.62	m/s
空気密度*	1.1956	kg/m ³
開始時間	0	ms
終了時間	50	ms
時間刻み	0.2	μs
UCD結果出力間隔	1000	step

```
car01          model name
1.195608343    rho
343.62         sound velocity
0.0e0          start time
0.05           end time
0.2e-6         delt t
1000           output interval
```

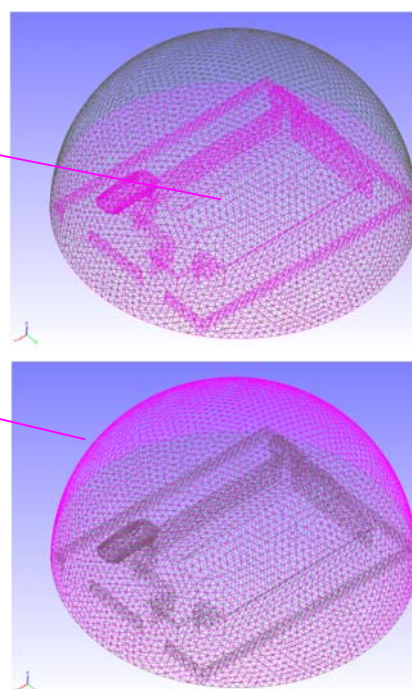
※2列目以降はコメントとして扱われる

3.2 境界の面情報

```

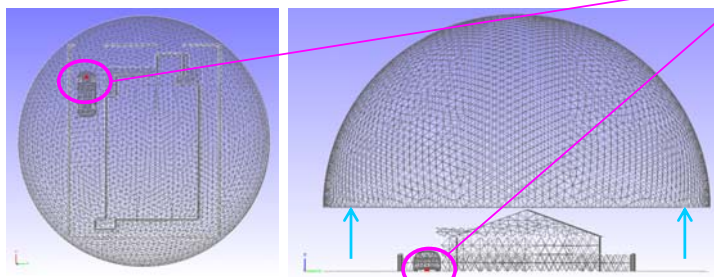
bc00001
  9 1 4 3
 25 1 3 2
... ..
47827 1 2 4
47831 1 3 2  9144個
bc00002
 111 1 2 3
 191 1 2 3
... ..
147610 1 3 4
149059 1 3 4

```



3.3 点音源

点音源の位置情報(*.bcn)



```

3108 sin-20to1000.txt

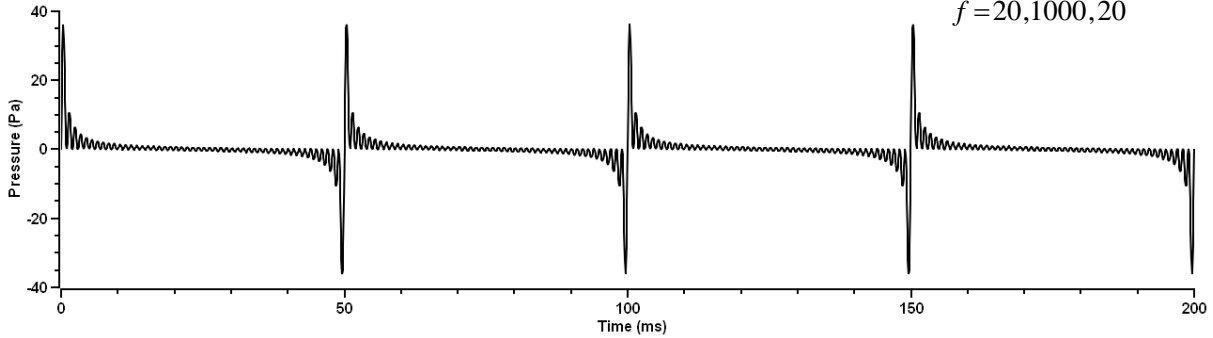
```

※ Advance/REVOCAPでは、面を視覚的に移動することができるため、境界面や車を移動させて、隠れた節点を容易に選択することができる

3.3 点音源

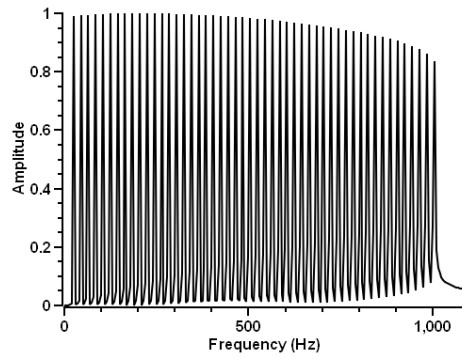
点音源の時間履歴 (*.txt)

$$p(t) = \sum_{f=20,1000,20} \sin(2\pi ft)$$



sin-20to1000.txt

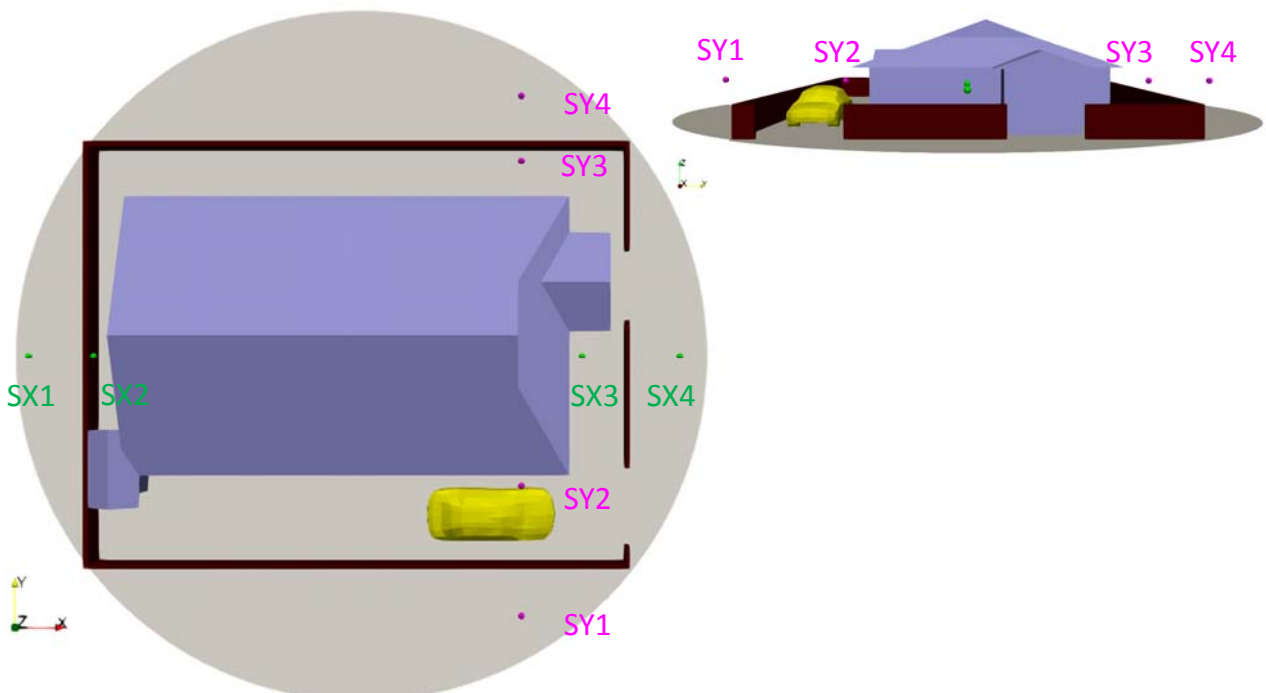
```
0.00000 0.0000000000
0.00010 15.4916373246
0.00020 27.9674212859
.....
0.19990 -15.4916373254
0.20000 -0.0000000009
```



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3.4 観測点

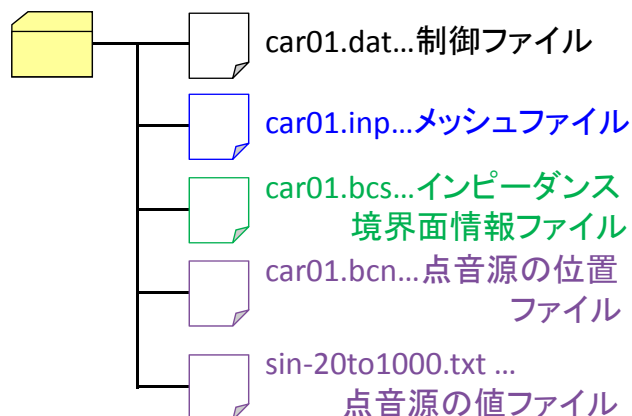
SY1~SY5、SX1~SX4の9点を設定



Copyright ©2017 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3.5 解析の実行

ファイル構成 (ModelName : car01)



実行コマンド

※ 実行前に環境変数の設定が必要です。

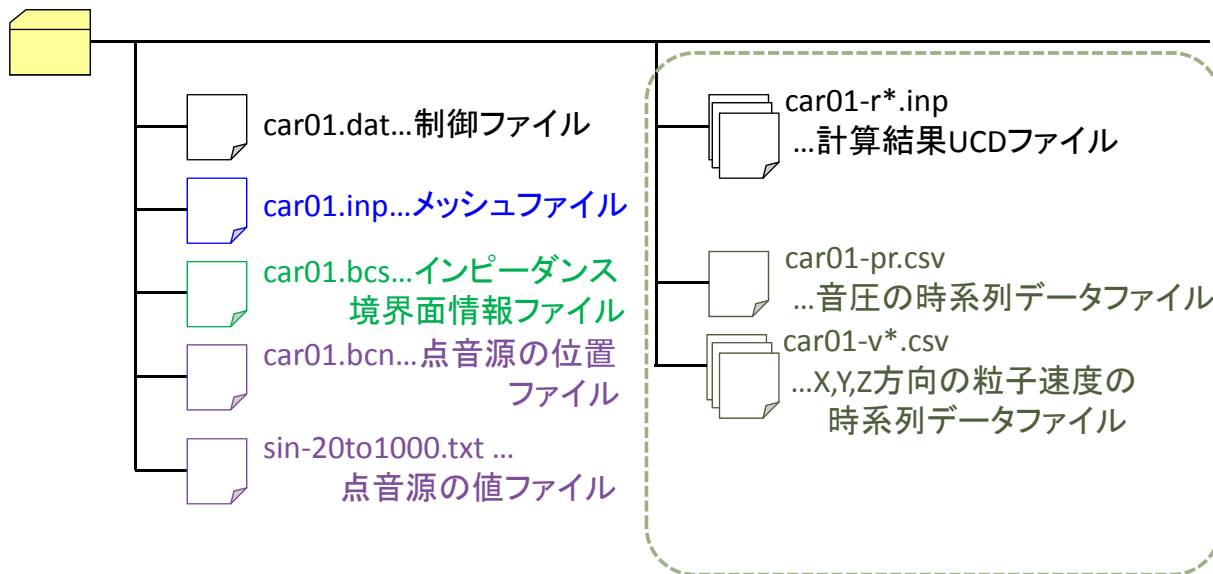
```
$ export FNTIME_RHOC=9145
$ export FNTIME_BCVEL=OFF
$ export FNTIME_MONITOR=
1037,1804,26510,24021,28265,23438,
18291,16290,8849
$ fntime car01.dat
```

※ “FNTIME_MONITOR=”の後に節点番号を羅列することによって、節点番号の物理量の時刻履歴が履歴ファイルに保存されます。

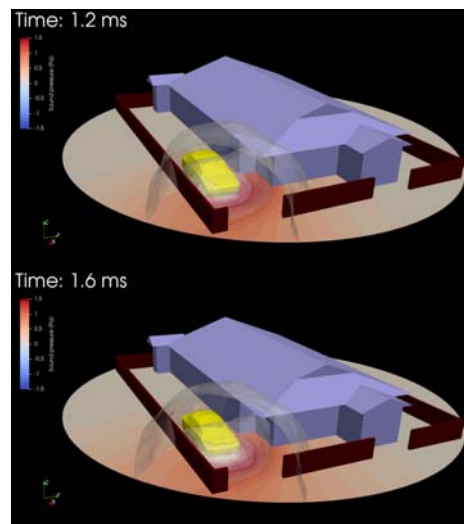
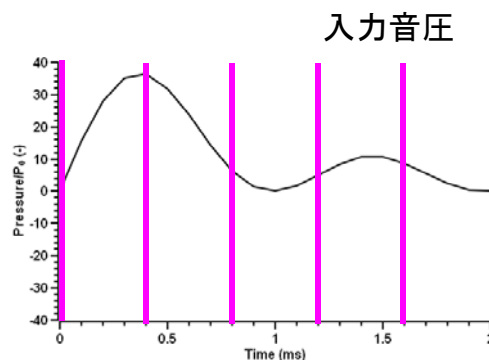
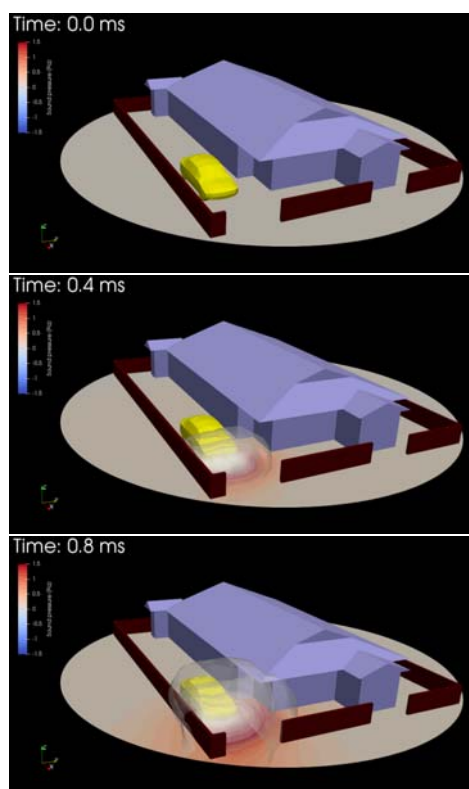
4. 解析結果

4.1 解析の実行結果

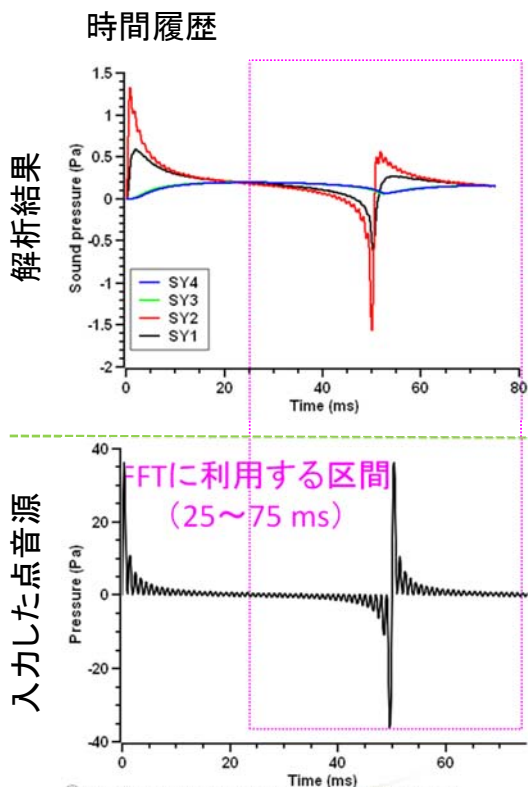
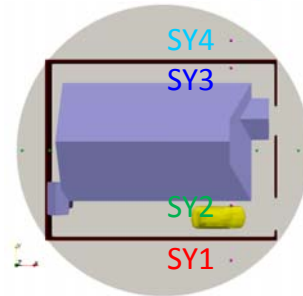
ファイル構成 (ModelName : car01)



4.2 音圧コンター図

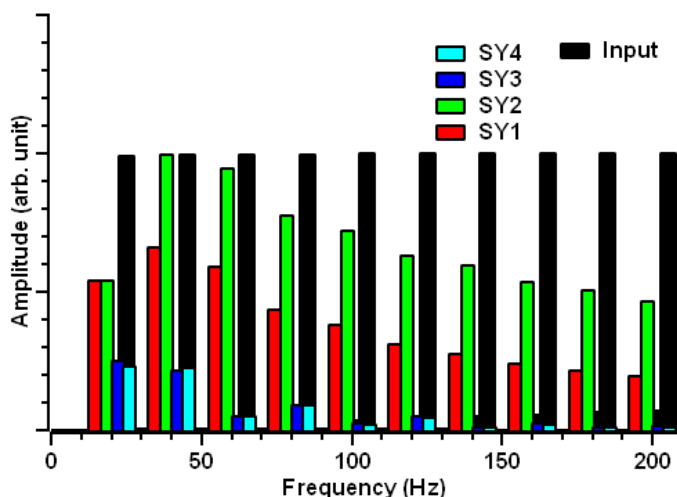


4.3 観測点における圧力履歴

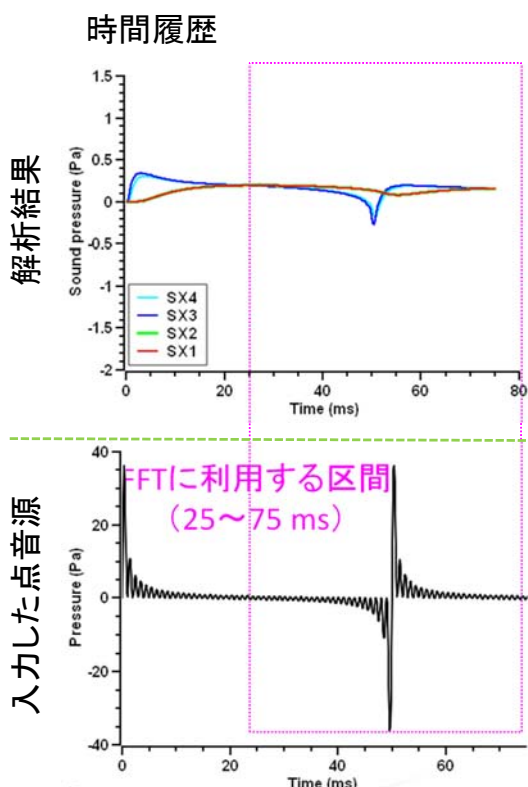
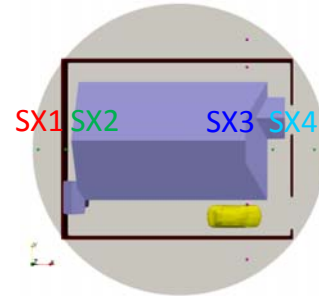


周波数成分

家を超えると50 Hz以上の成分は伝播しにくい

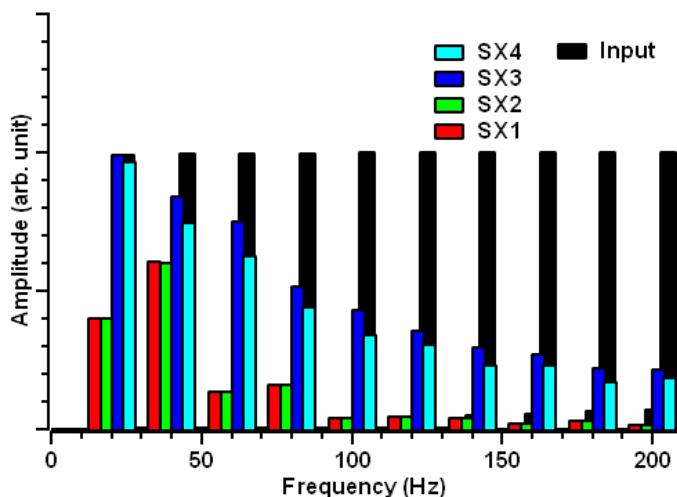


4.3 観測点における圧力履歴



周波数成分

家の裏側では、40 Hz以上の周波数は伝播しにくい



5 まとめ

- 時間領域の音響解析の流れをご説明しました。
- 時間領域の解析事例をご紹介しました。

ご清聴ありがとうございました。

汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAPのご紹介

第1事業部 徳永 健一

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise最新動向セミナー
2017年6月8日（木）
アドバンスソフト株式会社

内容

- Advance/REVOCAPの概要
- Advance/REVOCAPを使った無限要素を用いたモデルの作成方法

Advance/REVOCAPの概要

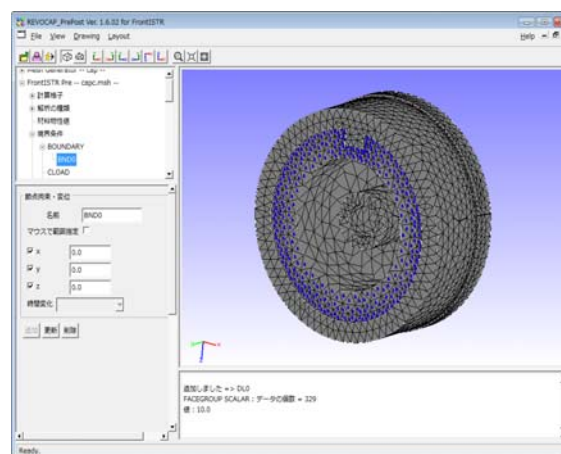
Advance/REVOCAPとは

有限要素法、有限体積法を用いた構造解析ソフト及び流体解析ソフトのための汎用プリポストプロセッサです。

特にAdvance/FrontFlow/redとAdvance/FrontSTRの専用の入力GUIを備え、解析者の手間を削減します。

その他、Advance/FrontFlow/MP、Advance/FrontFlow/FOCUSおよびAdvance/FrontNoiseに対応しています。

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された、連成解析用のプリポストプロセッサ REVOCAP_Visual、および文部科学省次世代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」で開発されたREVOCAP_PrePostをアドバンスソフトが機能を拡張して商品化したものです。

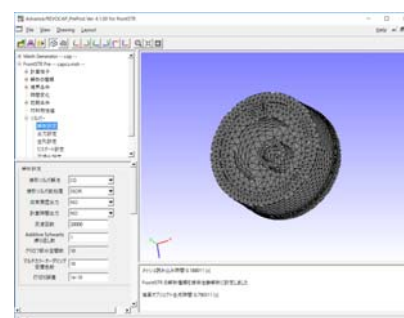


開発経緯

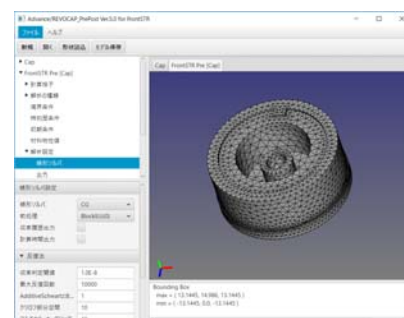
革新PJ	イノベーションPJ	V2.0	V2.2	V3.0	V3.1	V3.2	V4.0
2005～2008	2008～2012	2009 Jul.	2010 Jul.	2012 Jul.	2012 Dec.	2014 Feb.	2015 Sep.
		FFr	FSTR	FFr FSTR	FSTR	FFr Noise FOCUS	FFr MP FSTR
連成解析	大規模アセンブリ				シェル		

バージョンアップ内容と今後の計画

V4.1	V5.0
2016 Oct.	2017 秋(予定)
FFr FSTR Noise	FSTR Noise
それぞれのソルバーの最新バージョンに対応 FrontNoise無限要素対応	GUIの基本ライブラリを変更し、設計を見直します。 入出カルーチンの高速化を行います。 Windows、Linux および Mac に対応予定です。



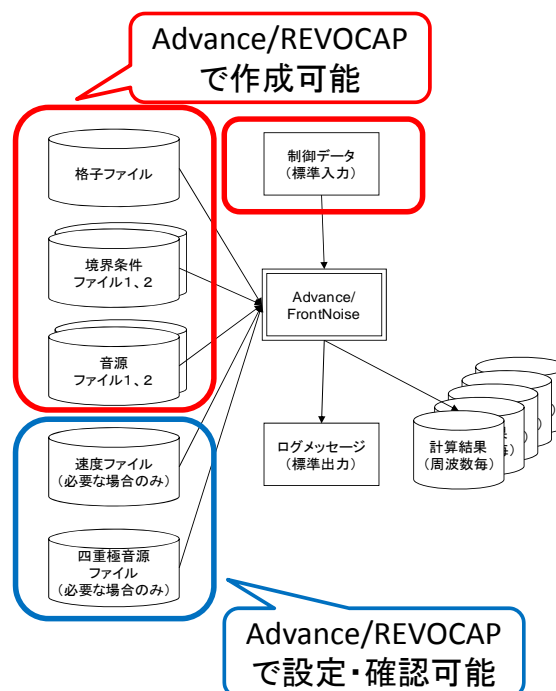
Ver.4



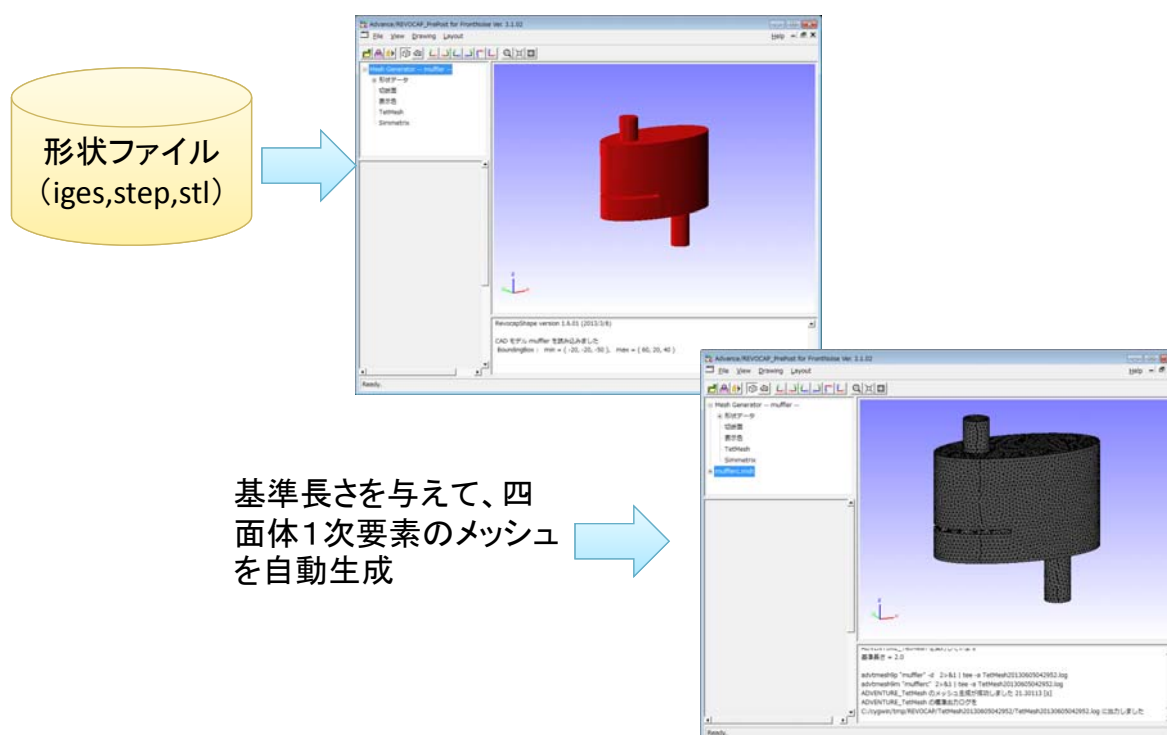
Ver.5

入出力機能

- Advance/FrontNoiseのファイル形式に対応(コンバータ不要)
- 4面体自動メッシュ生成機能
- 境界条件編集機能
- 無限要素設定機能
- 音源探索機能
- 解析モデル出力機能
- 結果ファイルの可視化機能



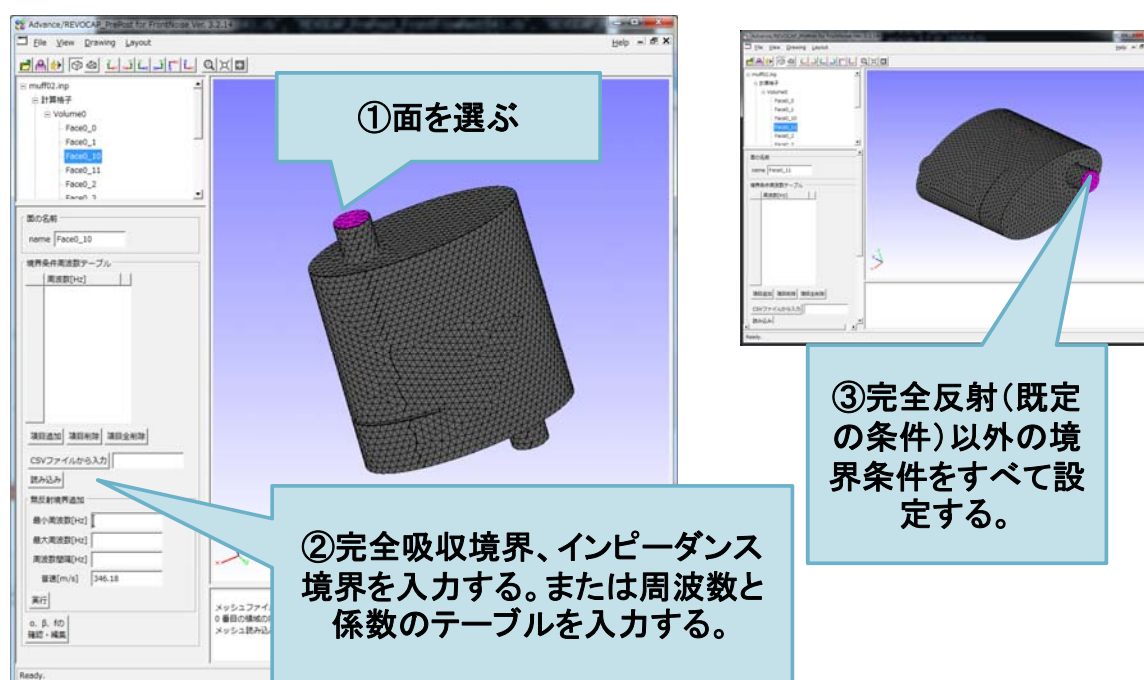
形状ファイルからメッシュ生成



メッシュ生成パフォーマンス

- ADVENTURE_TetMeshとSimmetrixの2つのメッシュ生成エンジンを内包
- ADVENTURE_TetMesh
 - 大規模メッシュの生成が可能
- Simmetrix
 - Robustなオートメッシュ生成
- パフォーマンス
 - Windows7 64bit Core i7 3.6GHz 16GB
 - 200万要素約2分で生成
 - 2000万要素を約20分で生成
 - (64GBメモリ環境で)1億要素のメッシュ生成も可能！

境界条件の編集方法



点音源の設定方法

① 節点番号、または座標で音源の位置を指定

音源の位置を3D画面で確認することができます

② 音源の周波数ごとの係数のデータファイル(csvファイル)を選ぶ

多孔質媒体の設定

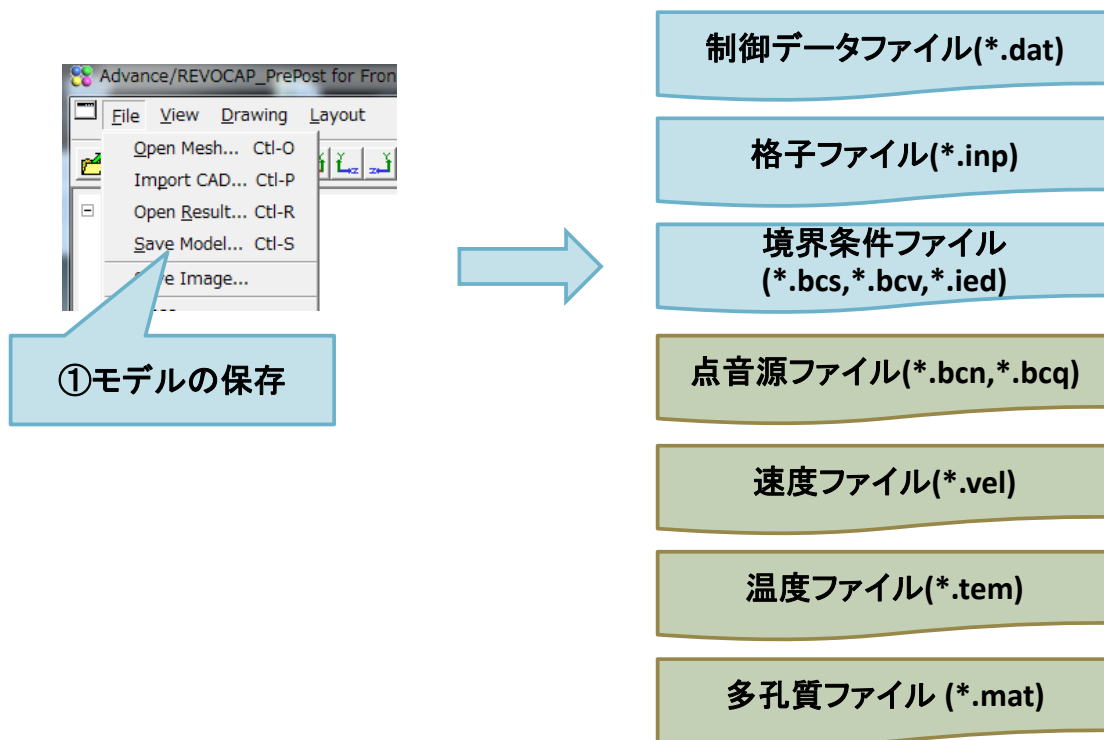
① 領域を選択する

② 実効密度、複素音速の数値データ(csvファイル)を選ぶ

③ 実効密度、複素音速の数値の編集と確認

周波数	実効密度実部	実効密度虚部	複素音速実部	複素音速虚部
100.0	1.0	0.23	300.0	-40.0
200.0	1.0	0.23	300.0	-40.0
300.0	1.0	0.23	300.0	-40.0

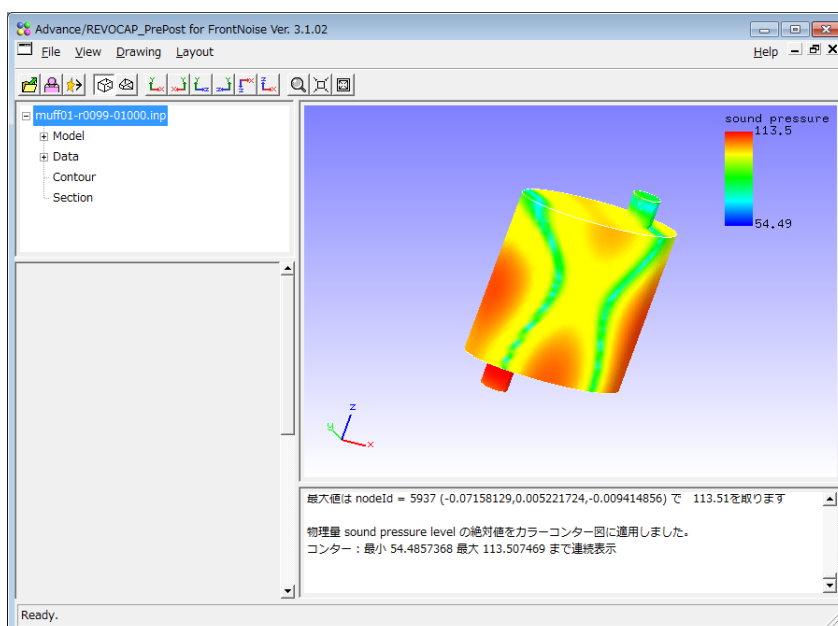
解析モデルを出力する



結果の可視化する

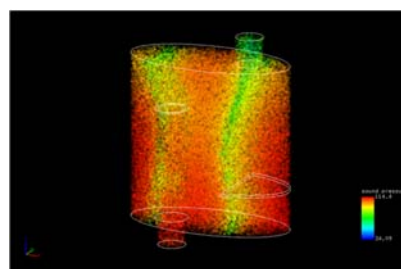
計算機サーバでの計算結果をPCにコピーして可視化します。

コンター表示
断面表示
等値面表示
などの可視化機能を利用することができます

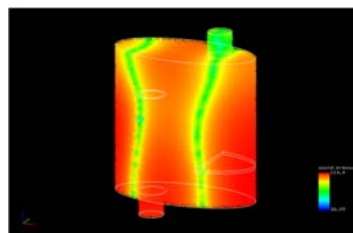


特殊な可視化手法:ボリュームレンダリング

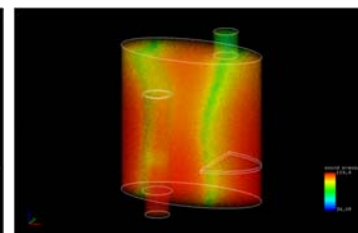
- 連続体を不透明で自己発光する粒子群で表現します(PBVR)。
 - ポリゴンではなくて、点を描画します。
 - 描画点の個数は制御可能であるため、大規模なモデルの可視化手法として有効です。
- 従来多くの可視化ソフトでなされてきた空間の物理量の分布を不透明度で表すものとは別の方法です。



粒子数を少なくして描画すれば、大規模モデルに対しても軽量の可視化が可能



粒子数を増やすと表面コンター表示に近い可視化が可能



粒子数を変えずにリピートレベルを増やすといわゆるボリュームレンダリング的な可視化が可能

Advance/REVOCAPの基本情報

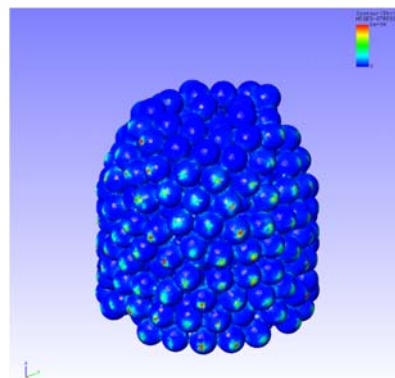
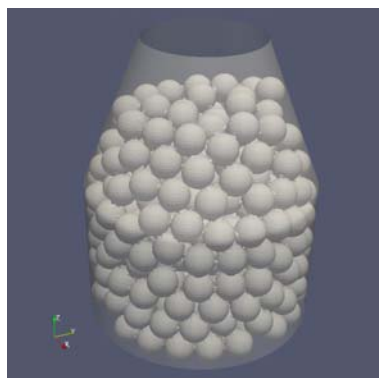
動作環境	Windows7 (64bit)、Windows10 (64bit) その他の OS についてはお問い合わせください
形状モデル読み込み	IGES(5.3)、STEP、STL
メッシュ生成	四面体自動メッシュ生成、押し出しメッシュ生成、2次要素対応、粗密制御対応
計算格子読み込み	FrontNoise メッシュ形式、ADVENTURE_TetMesh形式、 (その他各種のフォーマットに対応いたします。詳細はお問い合わせください。) 四面体、六面体、三角柱、四角錐
プリ処理	境界条件周波数テーブル設定機能、音源設定機能、速度場設定機能、 温度場設定機能、周波数設定機能、媒体設定機能
ポスト処理	カラーコンター、等値面、切断面、ボリュームレンダリング
推奨PCスペック	メインメモリ2GB以上 (1千万要素以上の大規模モデルを扱う場合は16GB以上を推奨します) 空きHDD500MB以上 ビデオメモリ256MB以上(大規模モデルを扱う場合は1GB以上を推奨します)

Advance/REVOCAPの派生ツール

• 微細構造モデリングツール

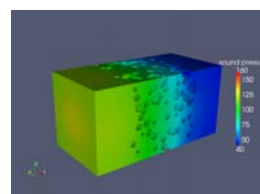
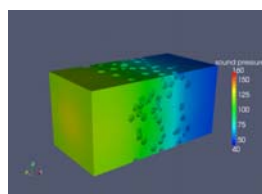
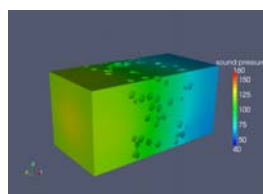
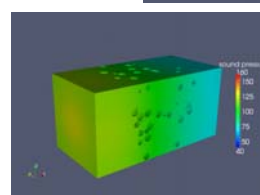
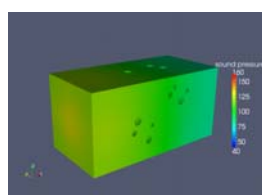
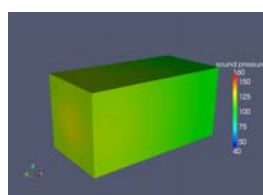
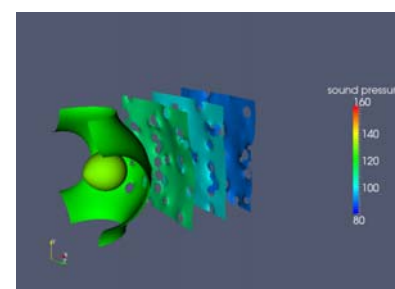
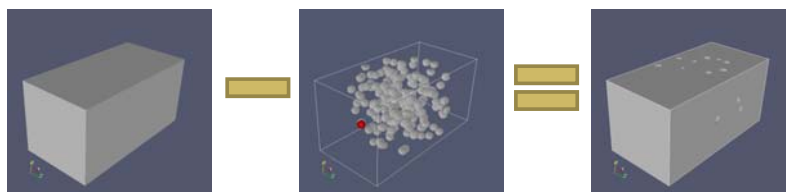
Advance/REVOCAP_PorousModeler

- 多孔質体、繊維、粉体などの構造をマクロな物性で近似せずに、そのままの構造でFEMなどで解析するためのメッシュを作成します。
- 複雑形状の内部への粉体充填構造のメッシュ作成も可能です。



PorousModelerの例

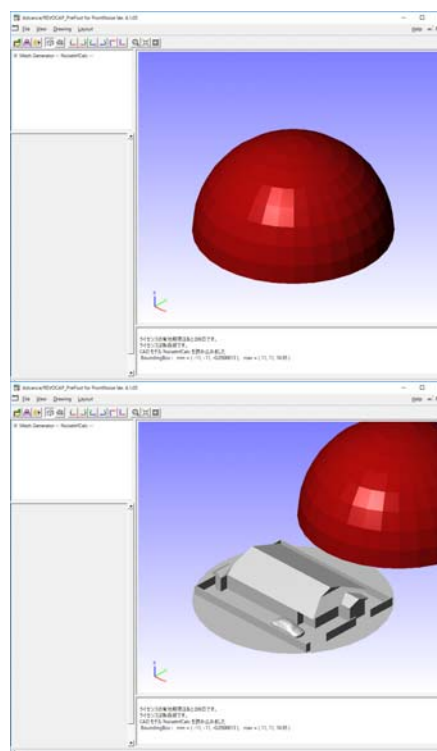
空間領域から微小球体を除いた領域での音響解析
微小球体の手前(赤い点の位置)に点音源を置いた



Advance/REVOCAPを使った無限要素を用いたモデルの作成方法

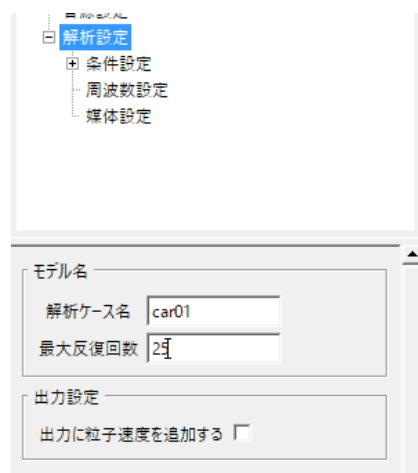
モデル読み込み

- ① FileメニューからImportCADを選択して、形状データを読み込みます。
- ② このモデルは無限要素のため半球の境界を持っているので、マウスで選択して移動させて内部を確認します。



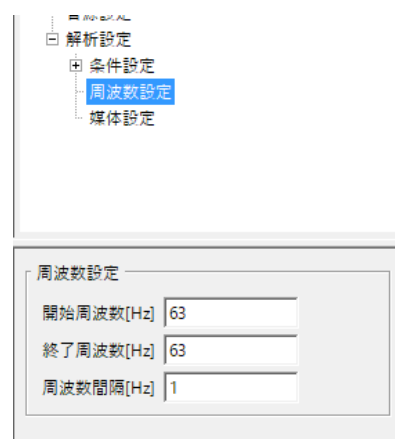
解析設定

- ① ここでは先に解析設定を行います。ツリーから「解析設定」を選択し、モデル名は car01、最大反復回数は25にします。



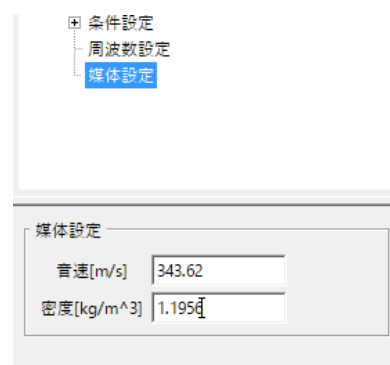
周波数設定

- ① 「解析設定」のツリーの下に「周波数設定」があります。ここでは単一の周波数だけ解析することにして、最大、最小とも63として、間隔は1とします。



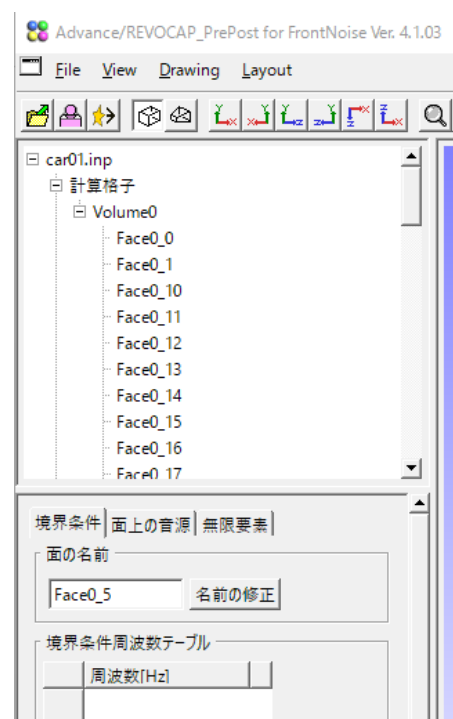
媒体設定

- ① 「解析設定」のツリーの下に「媒体設定」があります。ここでは音速と空気密度を東京の平均気温、平均気圧から算出した値を用います。



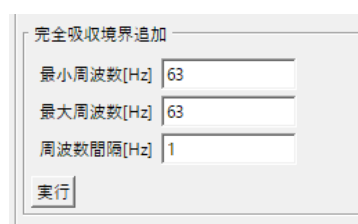
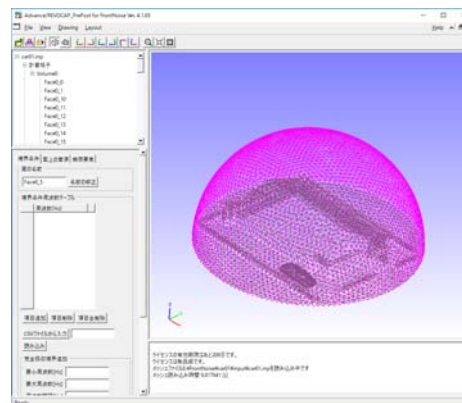
境界面の確認

- ① ツリーメニューの計算格子の下を展開すると、領域と境界面が表示されます。



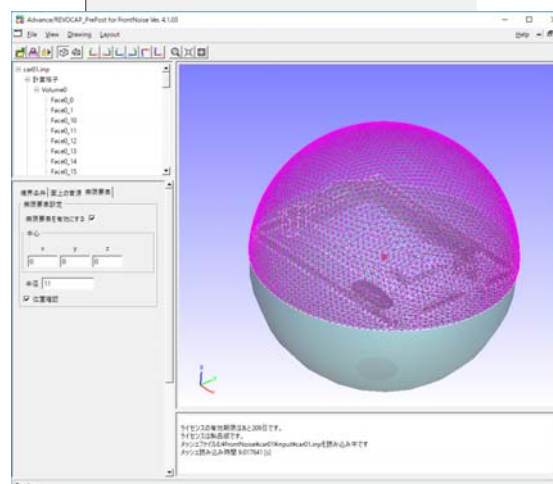
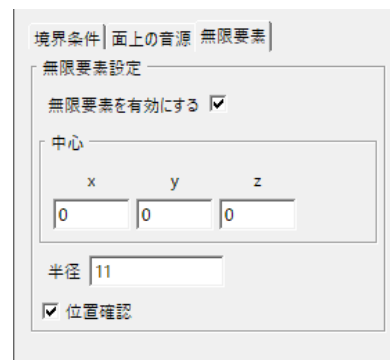
境界条件の設定

- ① 3D画面で半球の面を選択します。
- ② 条件入力画面で完全吸収境界を追加します。最大周波数、最小周波数とも63Hz、間隔は1Hzとします。(無限要素を有効にするときはダミーの条件になります)



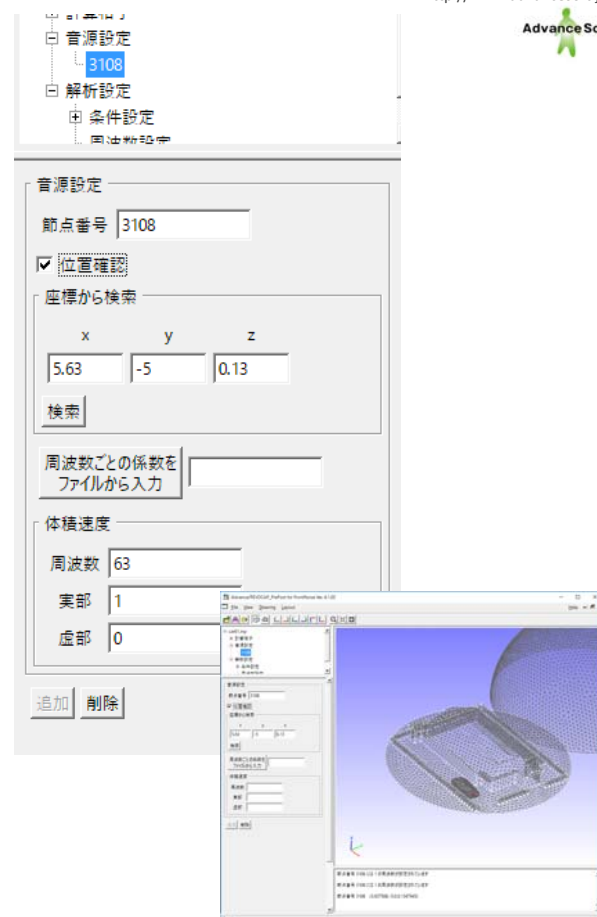
無限要素の設定

- ① 境界条件設定タブで「無限要素」を選択します。「有効にする」のチェックをONにします。
- ② 中心を(0,0,0)半径を11として、位置確認チェックボタンをONにして、半球と位置がほぼ重なっていることを確認します。



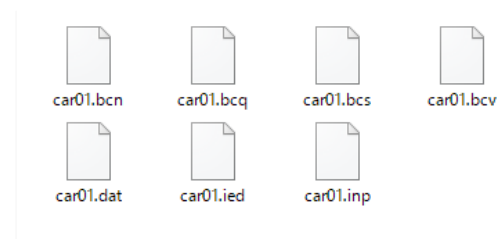
音源の設定

- ① ツリーの「音源設定」を表示します。体積速度を周波数63Hzで実部1、虚部0とします。
- ② エンジンの位置に近い節点を音源にします。(5.63, -5.0, 0.13)に近い節点番号を探して追加します。



モデルの保存

- ① ファイルメニューの「SaveModel」から解析モデルを適当なフォルダに保存します。
- ② メッシュファイル、境界条件ファイル、無限要素ファイル、音源ファイル、解析制御ファイルが出力されます。



Advance/FrontNoiseを便利に使うために、ぜひAdvance/REVOCAPを活用してください



* Advance/FrontFlow/red、Advance/FrontSTR は、東京大学生産技術研究所計算科学技術連携研究センターが実施した文部科学省 IT プログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト、および、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」プロジェクトの成果（ソフトウェア）をアドバンスソフト株式会社が商品化したものです。アドバンスソフトはこれらのプロジェクトに参加し、ソフトウェアの開発を担当しましたが、その成果を独自に改良して商用パッケージソフトウェアとし、販売保守を行っております。

警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立てる用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。