



オンラインセミナー 無限要素・機械学習による 音響解析の最前線 — Advance/FrontNoise 最新動向セミナー

2025 年 10 月 9 日 (木) 開催

プログラム

1. アドバンスソフト株式会社のご紹介 主催者あいさつ 1
2. Advance/FrontNoise 概要と次期バージョンのご紹介 5
3. 解析事例紹介: 無限要素を用いた解析 23
4. 機械学習を活用した音響解析事例のご紹介 33
5. 汎用プリポスト Advance/REVOCAP_PrePost のご紹介 48
6. 価格と関連サービスのご紹介 57

AdvanceSoft



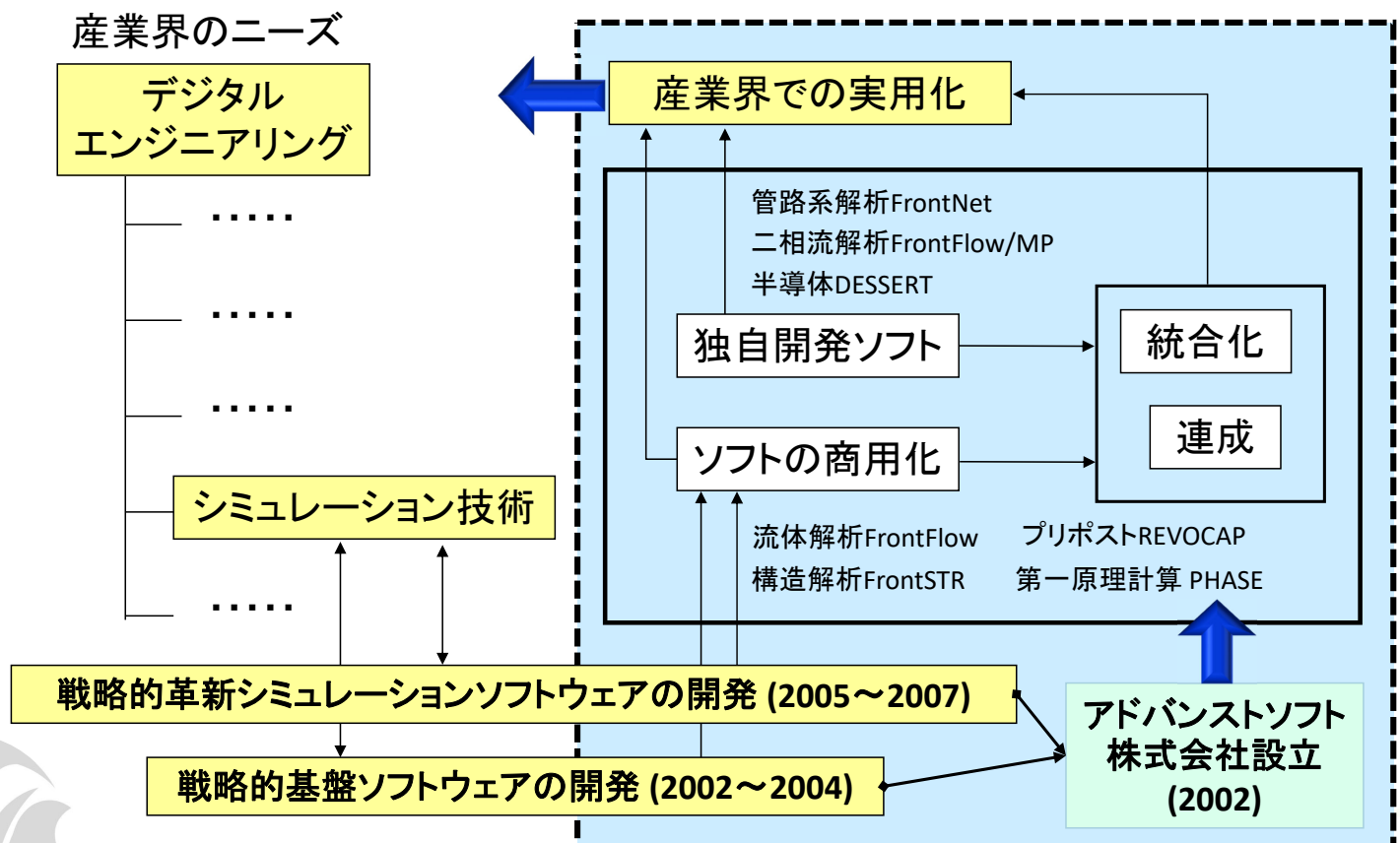
アドバンスソフト株式会社のご紹介

無限要素・機械学習による音響解析の最前線 —
Advance/FrontNoise 最新動向セミナー
2025年10月9日（木）
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1

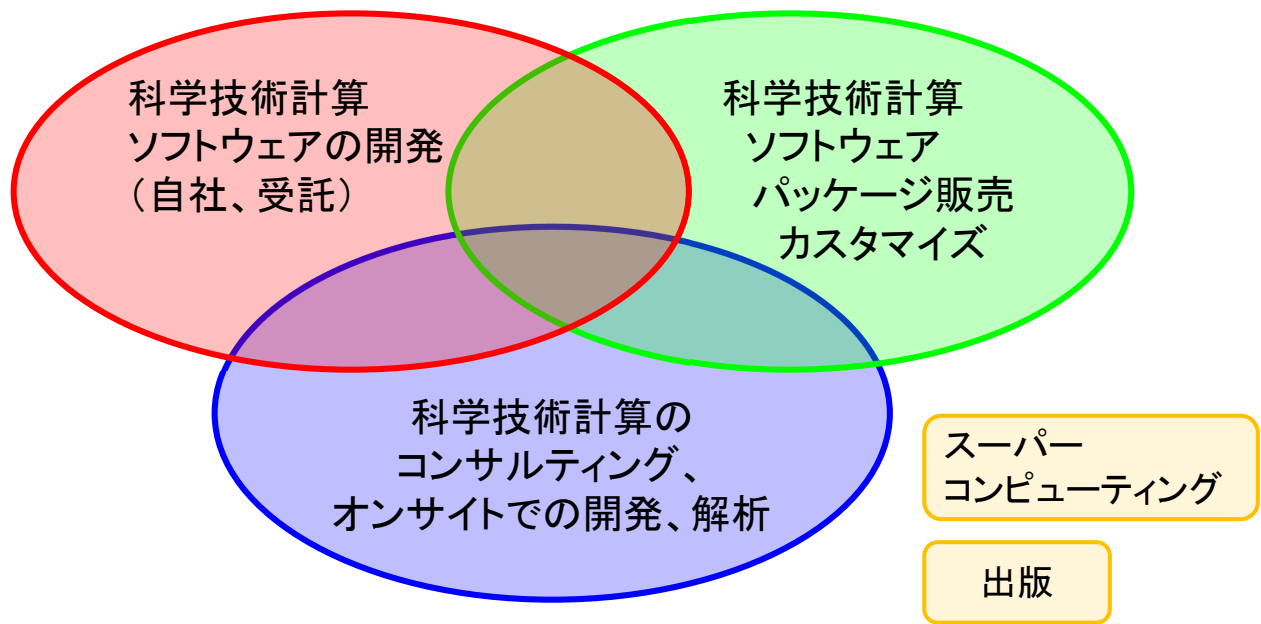
アドバンスソフトとは



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

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。

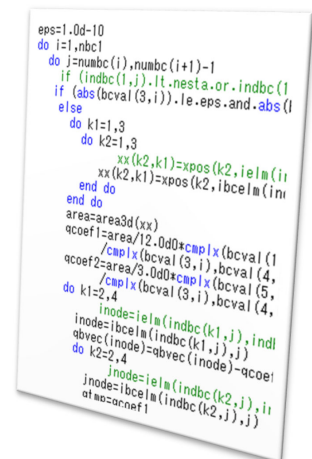
アドバンスソフトの特徴

- ・ シミュレーションソフトウェアの開発力
 - 自社でソースコードを所有し、事業化
 - ニーズに対し自社でカスタマイズが可能
 - 計算原理とその限界を熟知した技術者

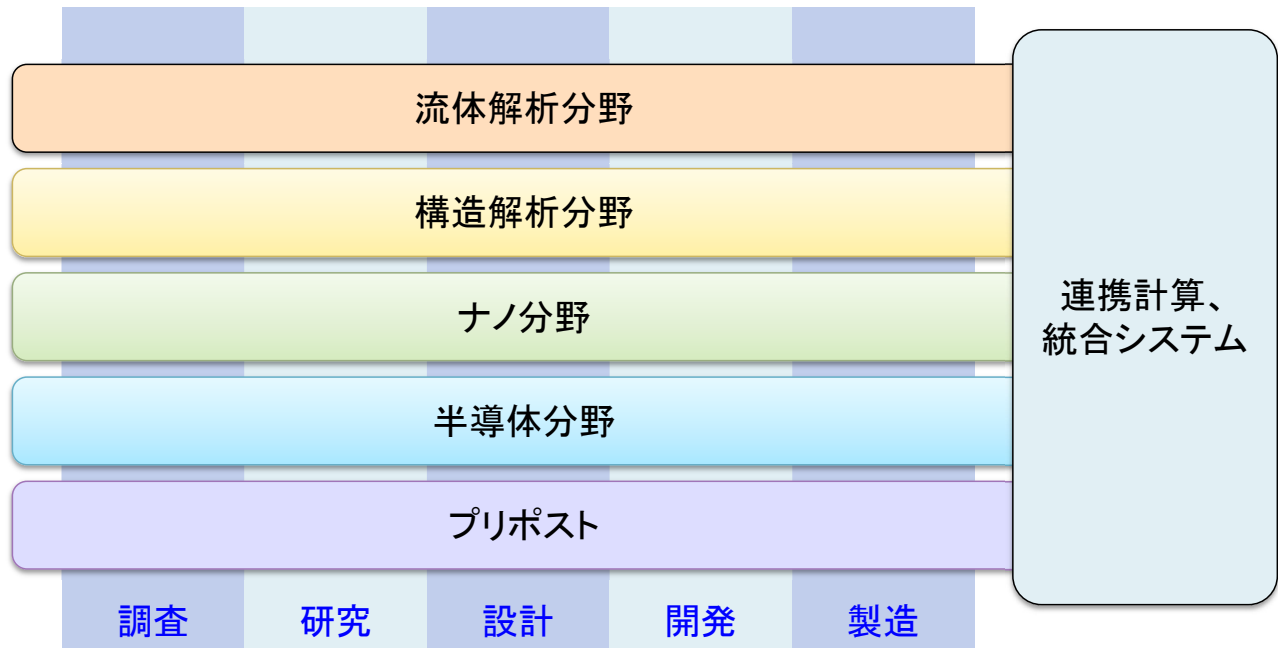


✓ 幅広い分野

- ナノから構造・流体分野の幅広い技術
- 製造業・原子力から材料・半導体産業までの幅広いニーズに対応
- お客様に多種多様な提案が可能

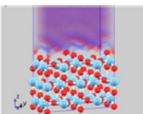
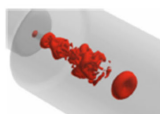
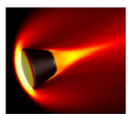
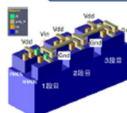
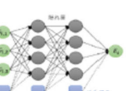
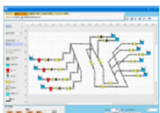
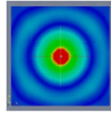
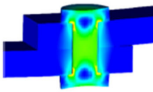
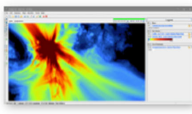
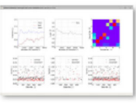
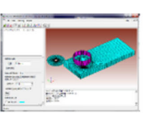
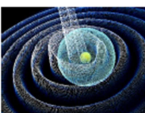


事業分野



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。

ソフトウェアご紹介

第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE 密度汎関数理論に基づき、物質の性質を原子・分子レベルから解析する第一原理計算ソフトウェアです。 	ナノ材料 GUI 付属 ナノ材料解析統合 GUI Advance/NanoLabo 材料解析ソフトウェア QuantumESPRESSO と LAMMPS に対応した総合 GUI です。 	流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red 非圧縮性から圧縮性流れまで、広範囲で複雑な流れに対応した汎用 3 次元流体解析ソフトウェアです。 	流体 圧縮性流体解析ソルバー Advance/FOCUS-i 非構造格子に対応した圧縮性流体解析ソルバーです。特に超音速や超音速の流れに適しており、高い並列化効率で計算出来ます。 
大規模 3 次元 TCAD システム Advance/TCAD 超微細半導体デバイスからパワーデバイスまで、高度な機能と使いやすい GUI を備えた 3 次元 TCAD システムです。 	半導体デバイス GUI 付属 ニューラルネットワーク分子動力学システム Advance/NeuralMD Neural Network Potential に基づいた分子動力学のソフトウェアです。第一原理計算の結果を教師データとして分子力場を作成します。 	流体 気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP 沸騰と凝縮を伴う気液二相流の流動特性や伝熱特性を 3 次元で解析するソフトウェアです。 	流体 管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet 配管や流体機器から成る管路系内流体に対する 1 次元過渡解析の実用的なソフトウェアです。 
大規模電磁波解析ソフトウェア Advance/ParallelWave マクスウェル方程式を FDTD 法で 3 次元に解く電磁波解析ソフトウェアです。アンテナの電波解析から光の干渉や回折を考慮した光波解析まで幅広く適用できます。 	光波・電磁波 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR 固体の変形や熱伝導を、有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。 	流体 大気拡散影響予測システム Advance/Emerg 大気拡散物質の挙動予測と影響評価のためのソフトウェアシステムです。 	AI・機械学習 深層学習用ツール Advance/iMacle 機械学習のうち、ニューラルネットワークによる深層学習に特化、最小限の機能に絞り込んだ比較的軽いツールです。 
汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP 解析の一連の流れをスムーズに行う事を実現した汎用プリポストプロセッサです。 	プリポスト 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 環境騒音、機器内の共振等における音場を有限要素法を用いた 3 次元で解析するソフトウェアです。 	自社による開発（国プロ含む） 開発チームによる質の高いサポートサービス カスタマイズや機能追加も応相談 並列数無制限（追加料金なし）	

ソフトウェアの解析事例

解析事例Webページをご覧ください。

アドバンスソフト 事例集

検索

<http://case.advancesoft.jp>

- ソフトウェア名からだけでなく、産業分野別、解析分野別の検索が可能となりました。
- 最新の事例を掲載しました。今後も逐次最新事例を紹介します。

産業分野別	解析分野別
自動車・運輸	流体
材料・化学	爆発・燃焼
産業機械	構造
航空宇宙	振動音響
エレクトロニクス	ナノ・バイオ
建設土木	プリポスト
原子力	半導体デバイス
エネルギー	光・電磁波
環境・防災	

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・最新バージョンの紹介

技術第2部 徳永健一

無限要素強化・機械学習による音響解析の最前線
Advance/FrontNoise 最新動向セミナー
2025 年 10 月 9 日（木）
アドバンスソフト株式会社

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise の概要・最新バージョンの紹介

Advance/FrontNoise の概要

Advance/FrontNoise Ver. 6.3 の概要

アドバンスソフト株式会社では音響解析に関して以下のサービスをご提供しています

ソフトウェアパッケージ (Linux版のみ、年間ライセンス)

周波数領域ソルバー (波動方程式)

- ・有限要素法 (FEM)
- ・周波数ごとに速度ポテンシャルと構造物の変位 (構造音響強連成の場合) の行列式を解く

時間領域ソルバー (波動方程式)

- ・有限差分時間領域法 (FDTD)
- ・各時間ステップの音響材料の音圧と粒子速度を陽的に解く

ユーティリティツール

- ・プリツール: 入力データ作成支援、連成データ作成支援
- ・ポストツール: 3次元可視化ファイルの生成、CSVデータの作成などの結果評価に関する支援

クラウドサービス (Ver. 6.1~)

(月間/年間かつ計算回数のライセンス)

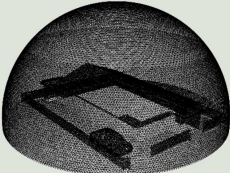
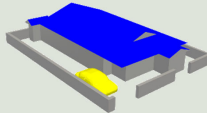
Advance/FrontNoise/Ray (幾何音響学)

- ・音線法
- ・各時間ステップでそれぞれの音粒子の運動を追跡する



パッケージソフトウェアをご購入いただいたお客様には、1か月間ライセンスをお付けいたします

Advance/FrontNoise と Advance/FrontNoise/Ray の違い

No.	項目	Advance/FrontNoise	Advance/FrontNoise/Ray
1	計算手法	有限要素法 (FEM) / 有限差分時間領域法 (FDTD)	音線法 (Sound ray tracing method)
2	解析の種類	周波数領域 / 時間領域	時間領域
3	メッシュ	必要: 四面体1次要素で音が伝わる空間すべて 	不要: 必要に応じて境界面 (構造物) 
4	計算コスト	高い (節点数 → 多、周波数 → 高ほど負荷は大)	低い (最初の音線の数に依存)
5	計算精度	高い	あまり高くない (回折、散乱が計算できない)
6	想定される対象	あまり大きくない機器や建物の解析 (周波数や音速にもよる)	巨大な構造物を含む広い領域の解析
7	ご利用環境	ご自身の Linux やスパソコン	クラウド

Advance/FrontNoise の商品構成

Advance/FrontNoise には
以下が含まれます

- 周波数領域ソルバー CUI
- 時間領域ソルバー CUI
- ユーティリティツール群 CUI
 - メッシュ形式の変換
 - 解析結果の処理
 - 連成解析向けのマッピング など
- Advance/FrontNoise/Ray
 - 音線法ソルバー GUI (クラウド)
 - 1か月限定

以下は含まれません

- 当社製品
 - プリポストプロセッサ GUI
Advance/REVOCAP_PrePost for FrontNoise
- サードパーティ
 - CAD ソフト
 - メッシャー
 - 可視化ソフト など

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise の概要・最新バージョンの紹介

周波数／時間領域ソルバー

目次：周波数／時間領域ソルバー

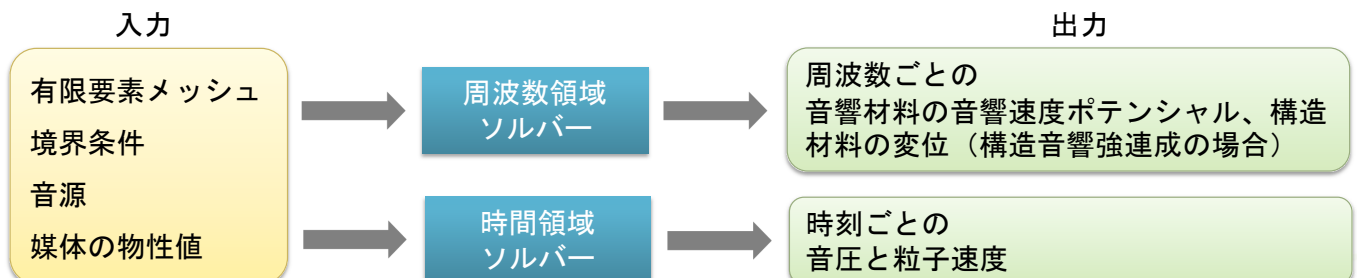
- ・ 周波数領域／時間領域ソルバーの概要
- ・ 周波数／時間領域ソルバーの利用イメージ
- ・ 周波数ソルバー
- ・ 時間領域ソルバー
- ・ 大規模計算

基礎方程式／定式化のご参考

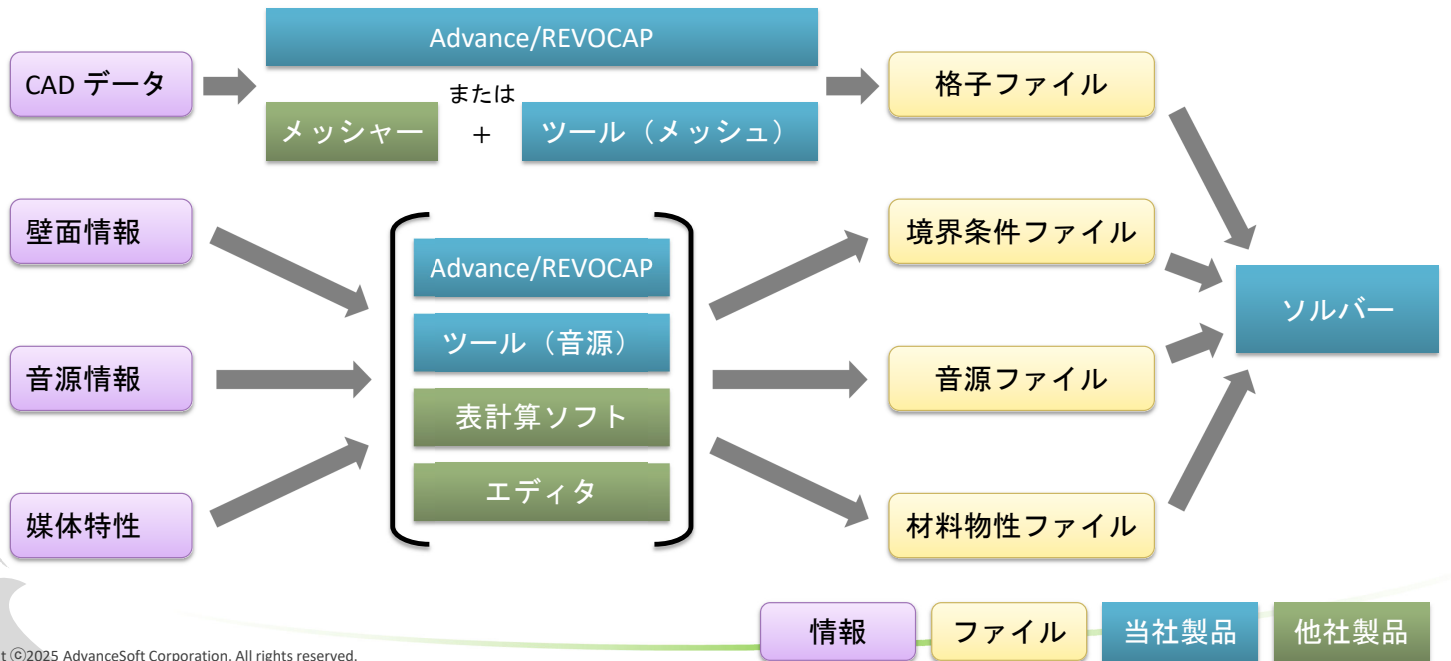
- ・ 「音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の時間領域解析機能およびその並列処理性能」、アドバンスシミュレーション Vol. 19
- ・ 「音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の解析手法」、アドバンスシミュレーション Vol. 15
- ・ 「音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の構造音響強連成機能」、アドバンスシミュレーション Vol. 27

周波数領域／時間領域ソルバーの概要

- ・ 音源を入力して波動方程式を解きます
- ・ 周波数領域ソルバー
 - － 有限要素法(FEM)で離散化し、任意の周波数における音響材料の音響速度ポテンシャルと構造材料の変位(構造音響強連成の場合)の行列方程式を解きます
- ・ 時間領域ソルバー
 - － 有限差分時間領域法(FDTD)方式をFEMに適用した手法で、各時間ステップの音響材料の音圧と粒子速度を陽的に解きます

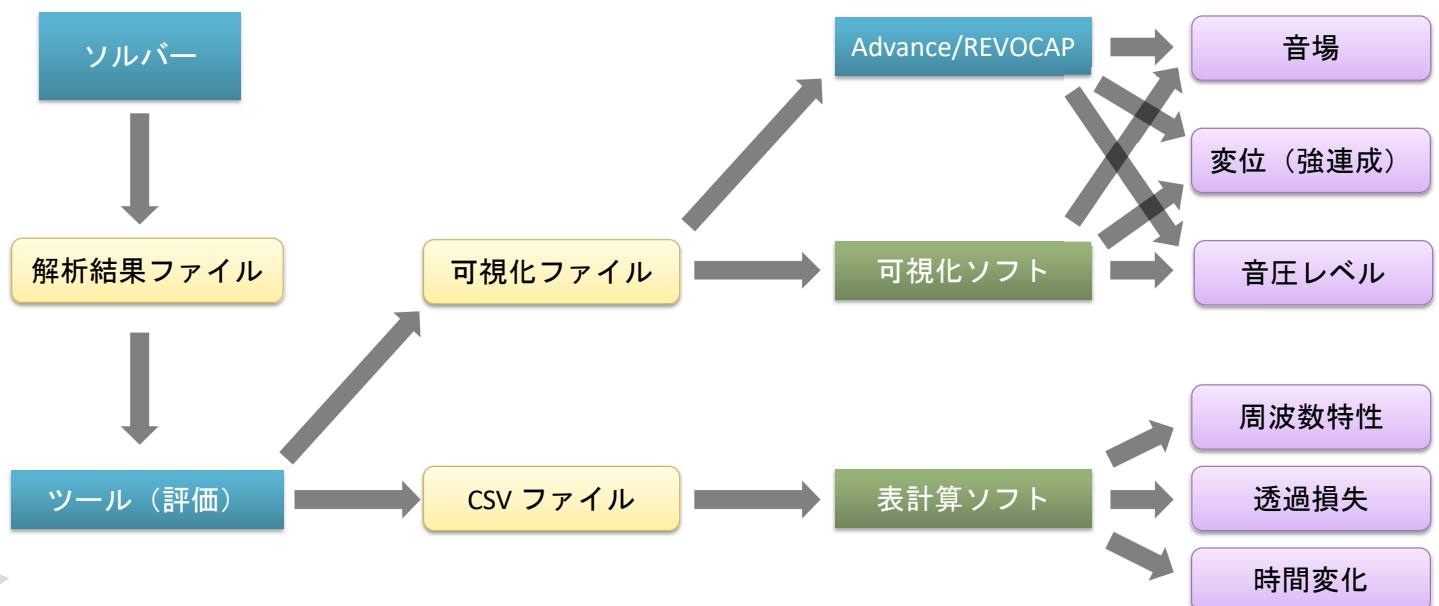


周波数／時間領域ソルバーの利用イメージ (プリ処理)



9

周波数／時間領域ソルバーの利用イメージ (ポスト処理)



周波数領域ソルバーの基礎方程式(1)

音響速度ポテンシャルに関する波動方程式

$$\nabla^2 \Psi(x, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial t^2} \xrightarrow{\text{Fourier展開}} \nabla^2 \phi_v(x) + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \phi_v(x) = 0$$

線形弾性体の運動方程式（構造音響強連成）

$$\rho \frac{\partial^2 U_j(x, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{jk}}{\partial x_k} + B_j \xrightarrow{\text{Fourier展開}} -\rho \omega^2 u_{v,j}(x) - \frac{\partial \sigma_{jk}}{\partial x_k} = 0$$

音響 → 構造への作用 ※ Advance/FrontNoise では体積力 B_j は扱いません
...構造材料表面の応力は、音響材料から受ける音圧と等しい

$$\sigma_{jk} n_k = n_j \iint P_v(x) ds = -i\omega n_j \iint \rho \phi_v(x) ds \quad n_j: \text{面の法線ベクトル}$$

構造 → 音響への作用
...音響材料の粒子速度は構造材料の振動速度と等しい

$$\nabla \phi_v(x) = -i\omega u_{v,j}(x)$$

評価したい値

周波数ごとの音圧レベル

$$SPL_v = 20 \log_{10} \frac{P_v}{P_0} [\text{dB}]$$

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa}$$

$\Psi(x, t)$	音響速度ポテンシャル	m^2/s
$\phi_v(x)$	Ψ の周波数成分	m^2/s
$V_v(x)$	粒子速度($= \nabla \phi_v(x)$)	m/s
$P_v(x)$	音圧($= -\rho \frac{\partial \phi_v(x)}{\partial t}$)	Pa
ρ	密度	kg/m^3
c	音速	m/s
$U(x, t)$	変位	m
u_v	U の周波数成分	m
σ	応力	Pa
B	体積力	N/m^3

添え字のは v 周波数を表します

周波数領域ソルバーの基礎方程式(2)

- 媒質に速度分布がある場合、補正項が加わります
- 媒質に温度分布がある場合、音速や密度が位置によって変化します
- 媒質が多孔質である場合、音速や密度が複素数で定義されます
 - 虚部で減衰を表現します
- 無限要素による無反射境界を利用できます
 - 完全吸収境界として利用可能
 - 計算に含まれていない外部領域の音響速度ポテンシャル、音圧を算出可能
- 構造音響強連成が解析できます
 - 構造材料が含まれていると、自動的に構造音響強連成解析が実施されます
 - 構造材料は、計算精度を高めるために自動的に四面体二次要素に変換されます

周波数領域ソルバーは周波数ごとに複素係数の大規模連立一次方程式を解きます

周波数領域ソルバーの境界条件

- 数学的には混合境界条件を与えます

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

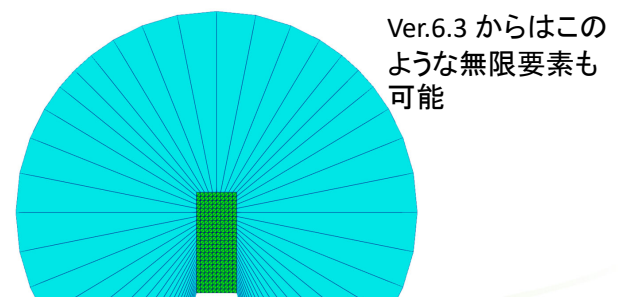
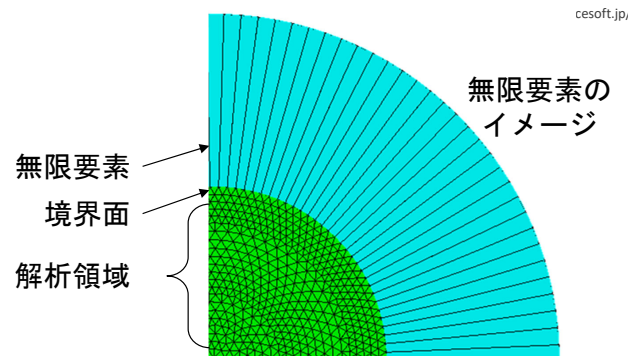
境界条件	$\alpha(x)$	$\beta(x)$	$f(x)$	備考
圧力	$i\omega\rho$	0	$-P(x)$	面音源 (P は圧力)
速度	0	1	$-V(x)$	面音源 (P は圧力)
変位	0	1	$-i\omega u(x)$	面音源
加速度	0	1	$\frac{a(x)}{-i\omega}$	面音源
インピーダンス	$i\omega\rho$	$-Z$	0	壁面の境界
完全反射	0	1	0	デフォルト
無反射	$i\omega\rho$	ρc	0	ρc 境界

無限要素を利用した解析

- 解析領域の外側の音場を計算する
- より精度の高い完全吸収境界のモデル化でもある
- 観測点及び観測面は解析の後で設定できる
- 解析領域を小さくすることができ、処理速度やメモリが節約できる
- Ver.6.3 から境界面が球面でなくても解析可能

2種類の完全吸収（放射）境界の相違点

	ρc 境界	無限要素
法線方向以外の反射	防げない	防げる
境界面の形状	任意	凸形状
外部領域の音場	不明	計算可能



「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

構造音響強連成解析

- 構造物の変位を変数とした弾性体の時間領域の運動方程式を周波数領域に変換し、音響の方程式と連立させて解く。
- 音響と構造の間の相互作用
 - 音響⇒構造: 圧力を分布荷重にする
 - 構造⇒音響: 変位の時間微分と粒子速度の釣り合い
- 4面体1次要素を内部で2次要素に変換して計算する。

$K_{\text{音}} + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2$	連成項	ϕ	=	f
連成項	$K_{\text{構}} - \omega^2 M$	$\hat{u}$		$\hat{F}$

反復法で計算する際に音響の項と構造の項で異なる前処理を適用することで、反復階数を大きく改善することができる

運動方程式（時間領域）

$$M \frac{d^2 u}{dt^2} + Ku = F$$

変位の Fourier 級数展開

$$u(x, t) = \sum \hat{u}_v(x) e^{-i\omega t}$$

運動方程式（周波数領域）

$$-\omega^2 M \hat{u} + K \hat{u} = \hat{F}$$

「音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の構造音響強連成機能」、アドバンスシミュレーション Vol. 27

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

15

周波数領域ソルバーの音源

- 点音源
 - 音源の大きさが波長に比べて十分に小さい音源
 - 放射された音波は球面状に伝播
 - 音の強さは、音源からの距離の2乗に反比例して減衰
- 面音源
 - 平面的な広がりをもった音源
 - 放射された音波は平面状に伝播(※)
 - 音の強さは減衰しない(※)
- 二重極音源
 - 流体音響連成解析で用いる
 - 壁面の圧力変動に由来する音源
- 四重極音源
 - 流体音響連成解析で用いる
 - 媒質内の乱流に由来する音源 (Lighthillテンソルの2階微分)

※ 無限に広い均一な面音源の場合

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

16

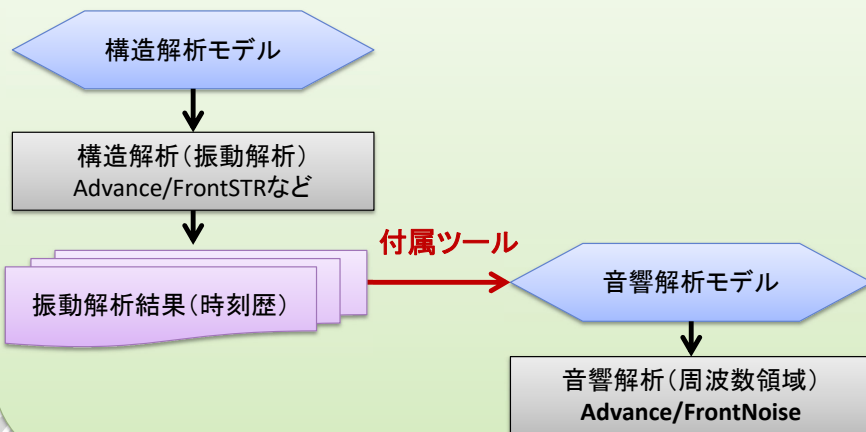
周波数領域ソルバーの解析機能

項目		内容
基礎方程式		・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 ・構造物の振動も同時に解く構造音響強連成解析
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pc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） 無限要素の領域に一定速度を指定
	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
	構造	強連成解析のための構造の物性値の設定
音源	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
	点音源	節点に対して、単極子、二重極、または、四重極のパラメータを設定
境界条件	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
	外部境界	面（外部境界）に対して、pc境界を設定（音響インピーダンスを与える機能の一部）
	無限要素	面（外部境界）に対して、無限要素を設定
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

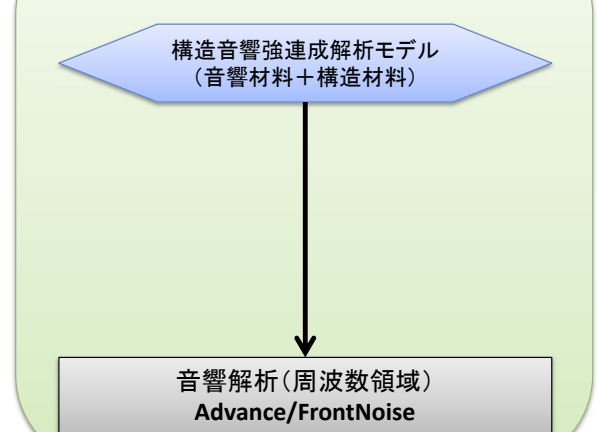
構造音響連成解析機能

- ・構造解析ソフトによる時刻歴の振動解析結果を利用した連成解析
- ・データの受け渡しには付属のツールを利用（フーリエ変換、境界条件の作成）

構造音響弱連成解析

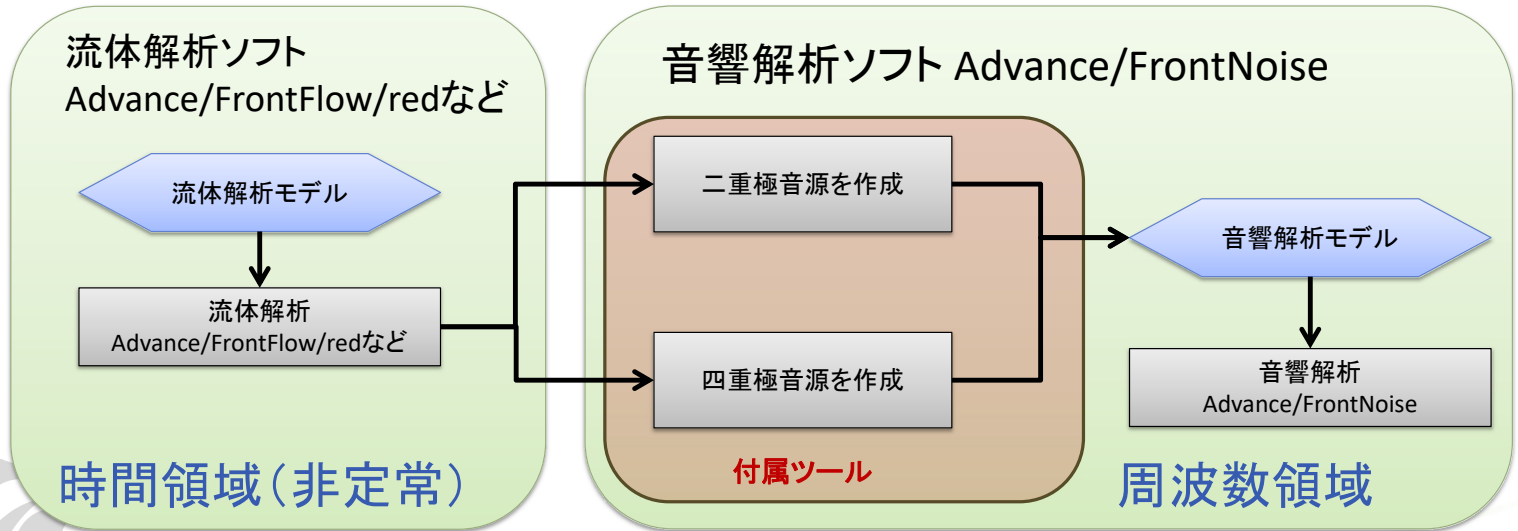


構造音響強連成解析



流体音響弱連成解析機能

- 流体解析ソフトによる非定常解析結果を利用した連成解析
- データの受け渡しには付属のツールを利用(フーリエ変換、境界条件／音源の作成)



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

19

時間領域ソルバーの基礎方程式

連続の式

$$\frac{\partial P(x, t)}{\partial t} + \kappa \cdot \text{div}[V(x, t)] = 0$$

差分化

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

運動方程式

$$\rho \frac{\partial V(x, t)}{\partial t} + \text{grad}[P(x, t)] = 0$$

差分化

$$\begin{aligned} \frac{u^n - u^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial x} &= 0 \\ \frac{v^n - v^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial y} &= 0 \\ \frac{w^n - w^{n-1}}{\Delta t} + \frac{\partial P}{\partial z} &= 0 \end{aligned}$$

境界条件

- インピーダンス境界
- 吸収境界 (pc境界、インピーダンス境界の1つ)
- 完全反射境界 (デフォルト)

音源

- 点音源

評価したい値

音圧レベル

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \text{ [dB]}$$

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa}$$

$V(x, t)$	粒子速度	m/s
$P(x, t)$	音圧	Pa
u, v, w	V の各軸方向の成分	m/s
κ	体積弾性率 (= ρc^2)	Pa
ρ	密度	kg/m ³
c	音速	m/s

時間領域ソルバーは陽解法で時間発展の方程式を解きます

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

20

時間領域ソルバーの解析機能

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pc境界で与える）
物性値等		場で一定とする
音源	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
境界条件	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
	外部境界	面（外部境界）に対して、pc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
ブリポスト		Advance/REVOCAP for FrontNoise

大規模計算

- MPIによるプロセス並列を採用
 - 周波数領域ソルバーでは、
 - 線形ソルバー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を採用しています
 - 時間領域ソルバーでは、
 - メッシュを内部で自動的に分割しています
 - 自動的に分割したFEMメッシュを並列で処理しています
- ユーザーは並列化の詳細を意識する必要はありません
- 各種スーパーコンピュータにも対応しています
 - SGI UV2000, FUJITSU PRIMEHPC FX10, Cray H2312, 富岳
 - 8億要素のモデルで動作検証

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise の概要・最新バージョンの紹介

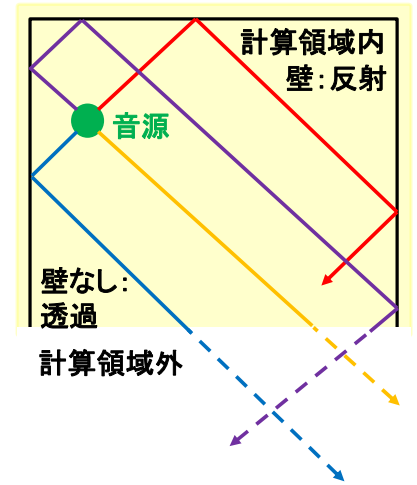
Advance/FrontNoise/Ray

目次: Advance/FrontNoise/Ray

- 音線法とは
- 音源
- Advance/FrontNoise/Ray の初期音源
- 境界面
- 計算結果: 音粒子の分布
- 計算結果: エネルギー

音線法とは

- 音源から放射される「音線」を計算します
 - 幾何音響学に基づく手法 → メッシュ不要
 - 回折や散乱は模擬できないため、厳密な解を得ることは難しい
- 波動方程式に基づく手法よりも計算負荷は小さい
 - 各音線に対して位置や強度などの情報と、境界面や計算領域の情報があればよい
- 建築や土木など、大空間を扱う分野に需要があります
- 伝搬経路がわかるため、逆問題として設計にフィードバックしやすい



厳密な解は求めないが、有限要素法や有限差分時間領域法では取り扱うことができないような巨大な空間を解析したいニーズに対応

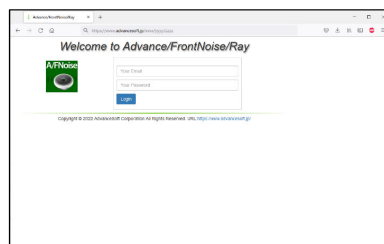
Advance/FrontNoise/Ray

- 音源を入力して幾何音響学の問題を解きます
- 音線法ソルバー
 - 音源から多数の音線を射出して、音線を追跡します

入力

解析領域
初期音源
境界面
エネルギー評価領域

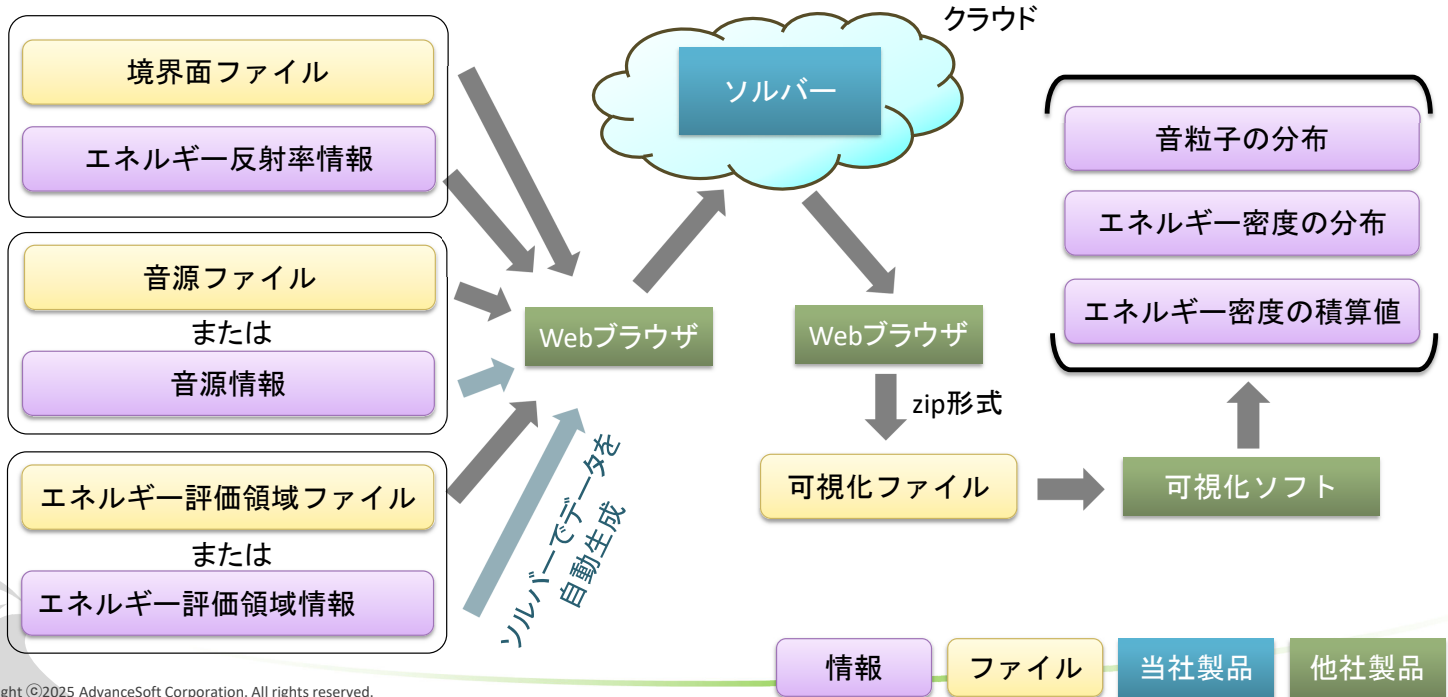
Webブラウザ



出力

時刻ごとの
音粒子の位置
音粒子のエネルギー
エネルギー密度 (評価格子)
時刻までの積算値 (評価格子)

Advance/FrontNoise/Ray



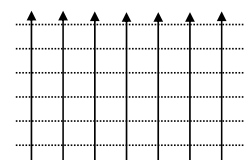
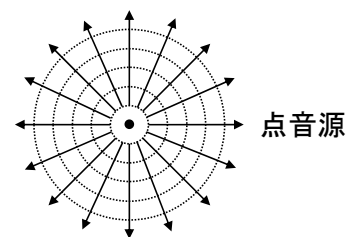
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

27

音源

音源の種類

- 球面波
 - 音源から遠いほど同じ半径の球面の単位面積を通過する音線が減少
- 平面波
 - 各音線は並行を保ったまま直進



面音源

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

28

Advance/FrontNoise/Ray の初期音源

- 初期状態の音粒子の位置、エネルギー、速度ベクトルを与えます
- 音粒子の個数を与えて自動生成することもできます
- 入力ファイルで与える場合は、VTK UnstructuredGrid 形式で与えます
 - CELL_TYPE は全て 1 (= VERTEX) とします
 - POINT_DATA に Power という名前で音響パワー (W) のスカラー値を格納します
 - POINT_DATA に Direction という名前で音粒子の速度ベクトル (m/s) を格納します

```
# vtk DataFile Version 4.0
sound ray tracing
ASCII
DATASET UNSTRUCTURED_GRID
POINTS 100000 double
-10682.2 -35678.1 65.6111
-10718.9 -35642.7 55.1714
-10680.3 -35659.2 64.1061
...
CELLS 100000 200000
1 0
1 1
1 2
...
CELL_TYPES 100000
1
1
1
...
POINT_DATA 100000
SCALARS Power double 1
LOOKUP_TABLE default
0.7
0.7
0.7
...
SCALARS Direction double 3
LOOKUP_TABLE default
213.797 109.713 268.056
30.5677 286.481 215.857
223.669 204.055 -194.766
...
```

位置

エネルギー

速度ベクトル

VTK UnstructuredGrid のフォーマット

<https://examples.vtk.org/site/VTKFileFormats/>

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

29

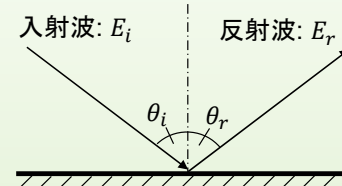
境界面

- 音を反射または吸収する壁をポリゴンデータで与えます
- 音は透過しません
- 境界面にはポリゴンデータごとに反射率を与えることができます (Webブラウザ上で設定)
- 次の形式のポリゴンデータを読み込むことができます

形式	拡張子
Standard Triangulated Language	.stl
Wavefront	.obj
Polygon File Format	.ply
VTK UnstructuredGrid (三角形だけで構成されているもの)	.vtk

VTK 形式で cell_data に reflectivity という名前の値が格納されている場合は、それを三角形の面の反射率として計算可能

AdvanceSoft
<http://www.advancesoft.jp/>



考慮するエネルギー

- E_i : 境界面への入射
- E_r : 境界面での反射
- E_l : 境界面での欠損

考慮しないエネルギー

- E_t : 境界面を透過

保存式

- $E_i = E_r + E_l + E_t$
- $E_t = 0$

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

30

音粒子の分布

- ・ ファイル形式は VTK UnstructuredGrid 形式です
- ・ 音粒子の位置、速度ベクトル、エネルギーが出力されます
- ・ 初期音源として再び利用できます

音粒子の分布ファイル (.vtk) に含まれるデータ

項目	単位	次元	データ名	キーワード	
音粒子の位置	m	3	—	POINTS	音粒子の位置や格子の形状
格子の節点接続情報	—	2	—	CELLS	
格子の種類 ※	—	1	—	CELL_TYPES	
音響パワー	W	1	Power	POINT_DATA	音粒子が持つ物理量
速度ベクトル	m/s	3	Direction	POINT_DATA	

※ 値はすべて 1 (= VERTEX) です

エネルギーの評価

- ・ ファイル形式は VTK ImageData 形式です
- ・ 評価領域で与えられた構造格子に音粒子が通過した回数で評価したエネルギーの値が出力されます

エネルギーの評価ファイル (.vti) に含まれるデータ

項目	単位	次元	データ名	キーワード
当該ステップで通過した音線の音響パワーの時間空間平均 (= エネルギー密度)	J/m ³	1	EnergyDensity	CELL_DATA
今までに通過した音線のエネルギーの和	J/m ³	1	TotalEnergyDensity	CELL_DATA

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise の概要・最新バージョンの紹介

バージョンアップの概要

Ver. 6.3 の更新内容

- 2025年12月リリース
- 有限要素法と音線法の接続
 - 音線法の初期音源の作成
- 無限要素の強化
 - 境界面形状の緩和
- 構造音響強連成のソルバー改善
 - 構造解析と音響解析のそれぞれの部分で異なる前処理を適用

Ver. 7.0 の開発予定

- 構造音響強連成の境界条件の拡充
- 入力形式の改修
 - 構造音響強連成の境界条件の拡充に対応
- 音線法について、媒質による減衰と透過機能の追加

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise の概要・最新バージョンの紹介

ご清聴ありがとうございました

解析事例紹介：無限要素を用いた解析

技術第2部 田之上文彦

無限要素強化・機械学習による音響解析の最前線

Advance/FrontNoise 最新動向セミナー

2025年10月9日（木）

アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

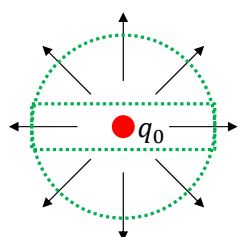
内容

1. 基本検証

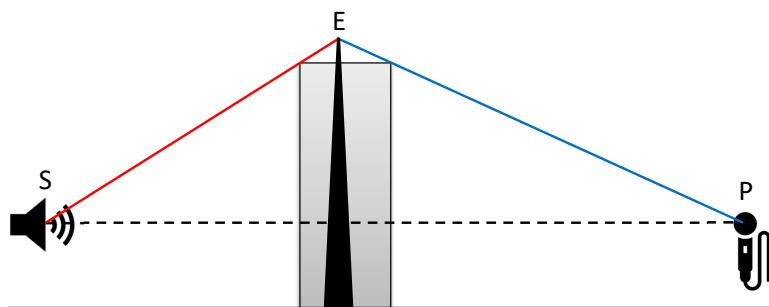
- 無限要素境界形状の外部領域の結果への影響評価

2. 防音壁の解析

- 無限要素境界を用いて、防音壁の反対側の外部領域における音圧レベルを評価する。



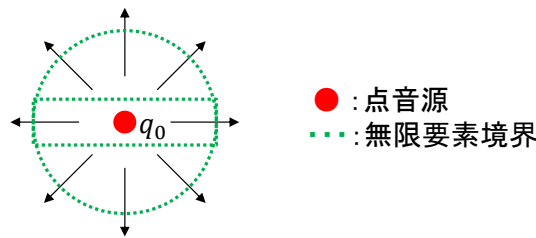
● : 点音源
--- : 無限要素境界



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1. 基本検証 概要

- 点音源からの放射問題の解析を行う。
- 無限要素境界の形状が球面の場合と直方体の場合について、比較と検証を行う。

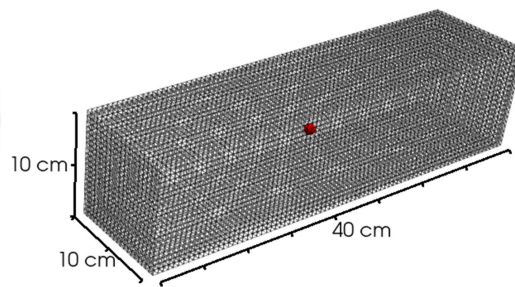
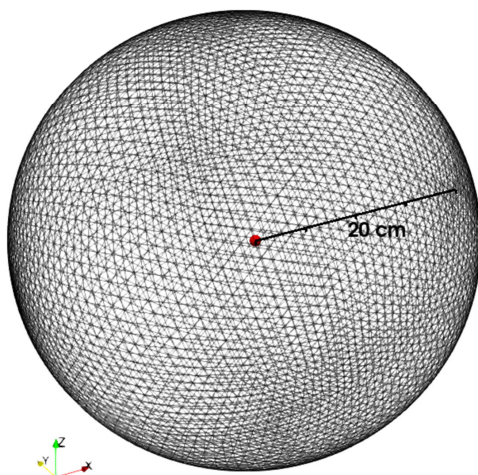


1. 基本検証 有限要素モデル

有限要素モデルは、以下のモデルを作成した。

(a)

(b)

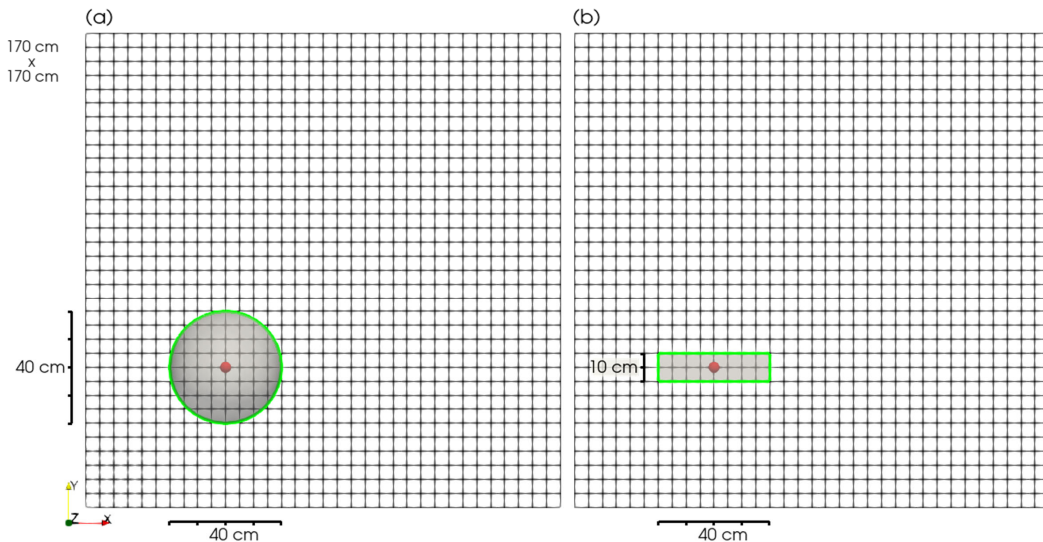


項目	(a)	(b)
形状	球	直方体
メッシュサイズ (cm)	0.5	0.5
節点数	88,641	35,721
要素数	512,000	192,000

※ 赤丸は点音源の位置と無限要素の中心位置を示す

1. 基本検証 観測用のメッシュ

無限要素の値をマッピングするメッシュ



- 寸法は170 cm × 170 cm。
- メッシュサイズは 5 cm。
- 赤丸は点音源と無限要素の中心位置。
- 緑線は無限要素境界面を示す。

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

5

1. 基本検証 解析条件

解析条件および材料パラメータ

項目	値	単位
解析周波数	865	Hz
点音源※	4.62×10^{-5}	m ³ /s
音速	346.0	m/s
空気密度	1.0	kg/m ³

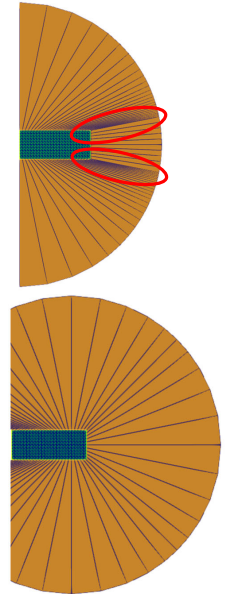
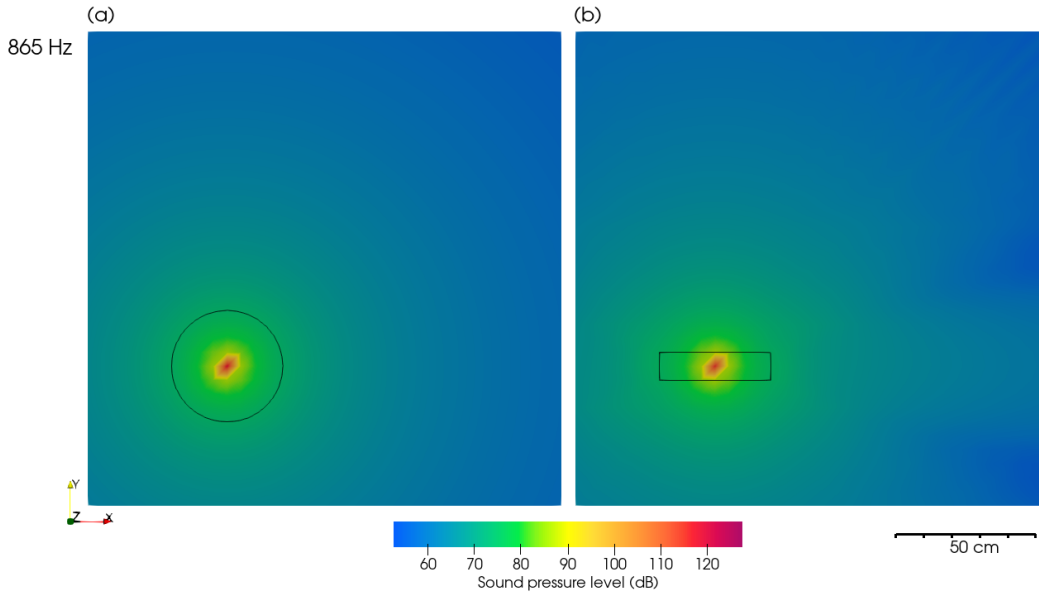
※ 1 m離れた地点で音圧レベルが 60 dB となるように設定

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

6

1. 基本検証 音圧レベルのコンター図

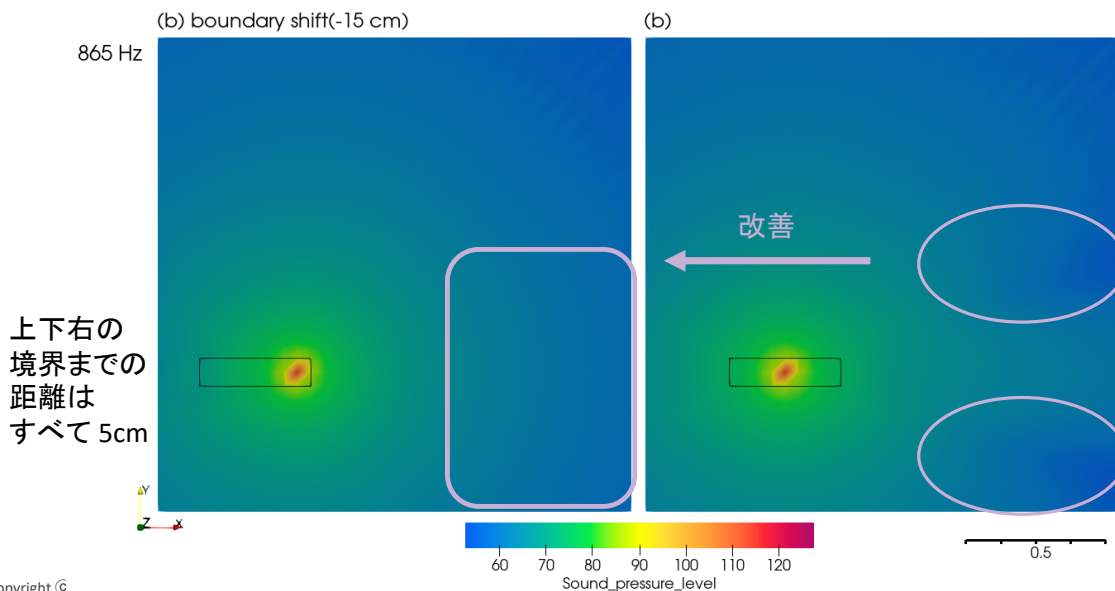
(b) はコーナーの延長上で誤差が生じる→無限要素の形がいびつになるため。



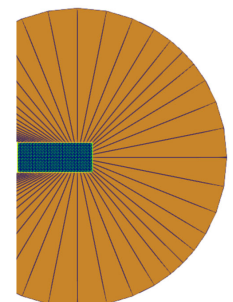
7

1. 基本検証 音圧レベルのコンター図

無限要素中心と音源が上下右の境界面と等距離になるように、有限要素をシフト



外部領域で広い範囲を正確に見たい場合は、無限要素の中心から対象となるように無限要素境界の形状を設定したほうがよい。



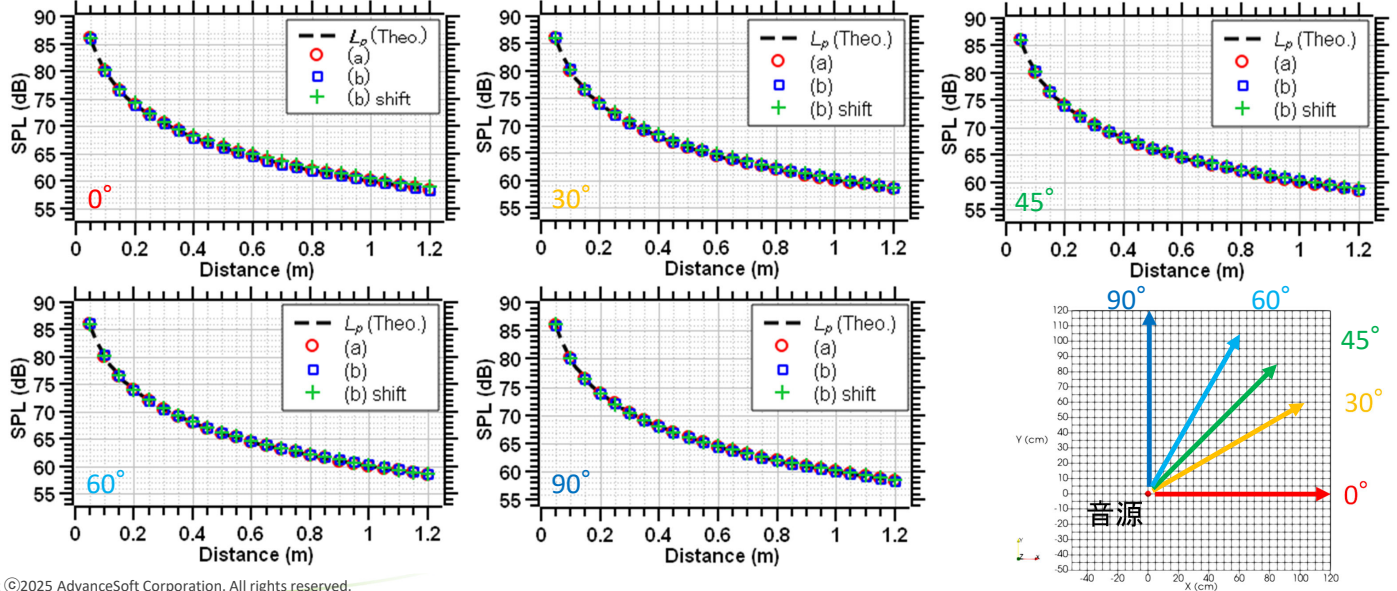
8

1. 基本検証 音圧レベルの減衰特性

$$L_p(r) = 20 \log_{10} \left(\frac{\omega \rho q_0 / 4\pi r}{p_0} \right)$$

$p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$, q_0 : 点音源の体積速度の絶対値 (m^3/s)

音源からの音圧レベルの減衰は、理論値とほぼ一致した。



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

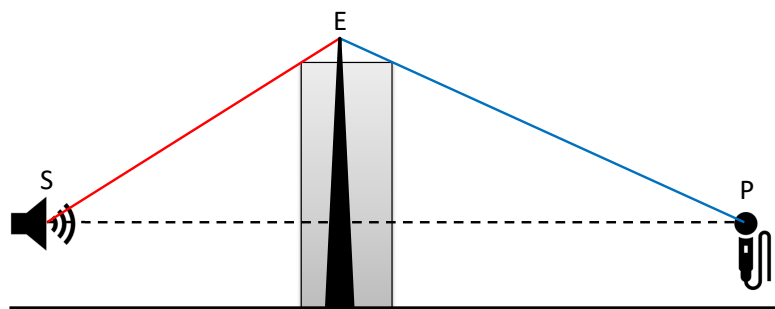
9

1. 基本検証 まとめ

- 境界面の形状を球と直方体にした場合について、点音源の放射問題を題材として無限要素における外部領域の算出の検証を行った。
- 直方体の場合、コーナーの部分の遠方では、無限要素の形状に起因する誤差が見られた。
 - 各境界面と無限要素の中心との距離が等しくなるように境界面を移動することで、改善が見られた。
 - 外部領域で観測したい範囲がある場合は球面に、観測しない場合は平面などにして要素を節約することが可能。
- X軸方向から時計回りに0°、30°、45°、60°、90°の直線上において、理論値と計算値の音圧レベルを比較した。
 - すべての結果で音圧レベルは理論値とほぼ一致した。

2. 防音壁の解析概要

- 無限要素境界を利用して、防音壁の解析を行う。
- 前川の近似式による計算結果と比較する。

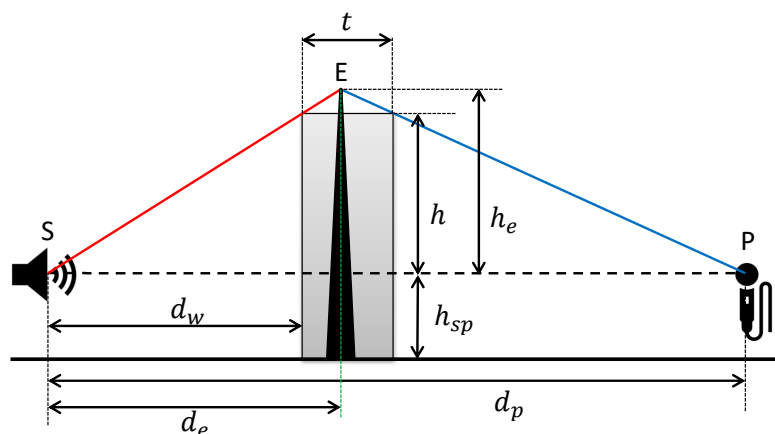


Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

11

2. 防音壁の解析モデル

以下のモデルについて、音源と壁近傍までを含む有限要素を作成する。



項目	記号	値	単位
音源から壁までの距離	d_w	150	cm
壁の厚み	t	19	cm
音源から観測点までの距離	d_p	3.5—20	m
音源や観測点の高さ	h_{sp}	50	cm
音源や観測点から壁の上端までの高さ	h	150	cm

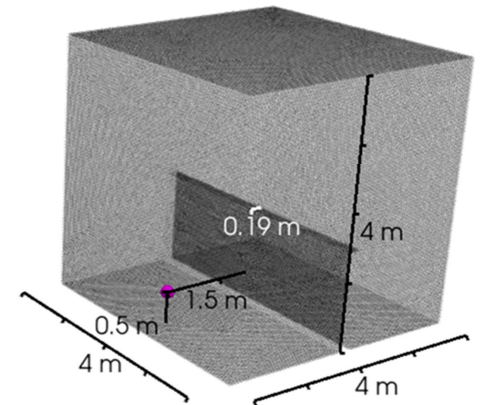
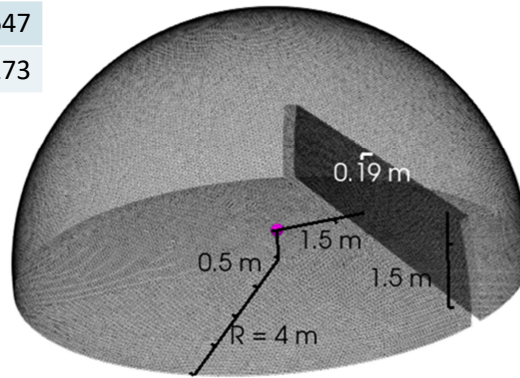
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

12

2. 防音壁の解析 有限要素モデル

半球型のモデルと立方体型のメッシュを作成した。ピンク色は点音源の位置であり、無限要素の中心は点音源直下の境界面上の点とした。

項目	半球	直方体
節点数	930,062	471,647
要素数	5,374,485	2,700,173



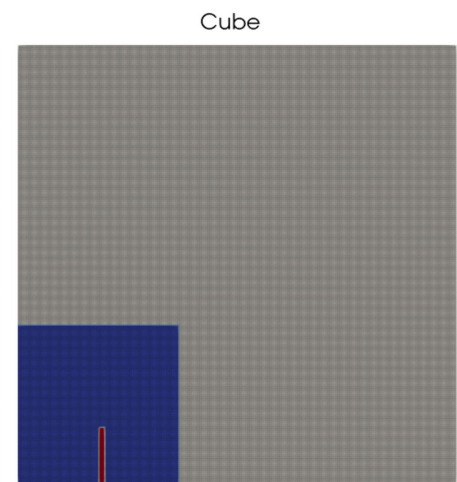
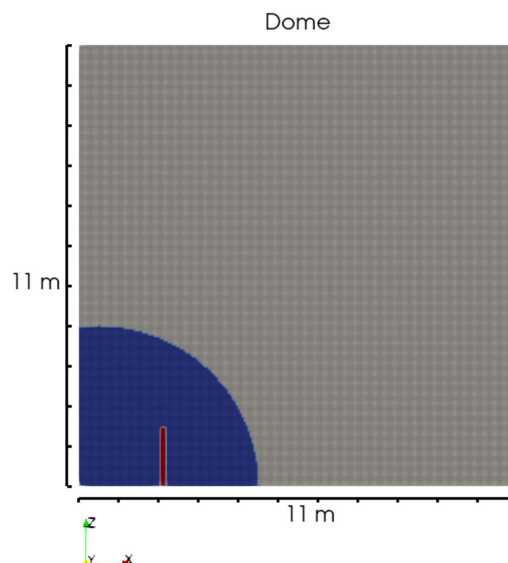
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

13

2. 防音壁の解析 観測用メッシュ

メッシュサイズは 5cm

- 青: 有限要素と重複する領域
- 赤: 壁
- 白: 外部領域



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

14

2. 防音壁の解析 解析条件

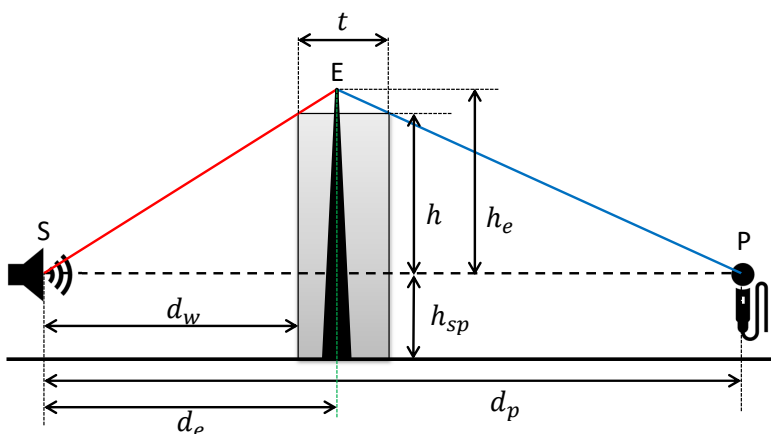
解析条件および材料パラメータ

項目	値		単位
解析周波数	63	125	Hz
点音源※	6.3×10^{-4}	3.2×10^{-4}	m ³ /s
音速	346.0		m/s
空気密度	1.0		kg/m ³

※ 放射問題において 1 m 離れた地点で音圧レベルが 60 dB となるように設定

2. 防音壁の解析 近似式

- ・ 前川の方法を用いて観測点Pの音圧レベルを近似する。
- ・ 地面の反射の影響は考慮しない。



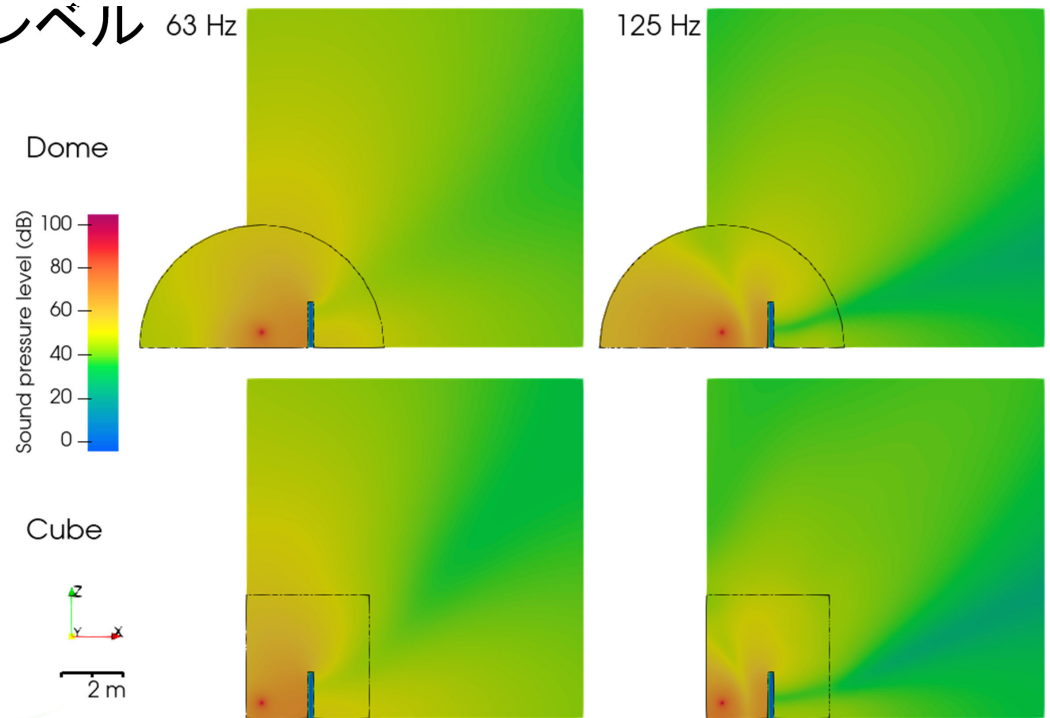
$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{\omega \rho q_0 / 4\pi r}{p_0} \right) - ATT$$

- ・ $ATT = 10 \log_{10}(20N)$
- ・ $N = \frac{\delta}{\lambda/2}$
- ・ $\delta = (\overline{SE} + \overline{EP}) - \overline{SP}$
- ・ $\overline{SE} = \sqrt{d_w^2 + h_e^2}$
- ・ $\overline{EP} = \sqrt{(d_p - d_w - t)^2 + h_e^2}$
- ・ $\overline{SP} = d_p$
- ・ $h_e = \frac{h}{d_w} d_e$
- ・ $d_e = \frac{d_w d_p}{d_p - t}$

2. 防音壁の解析

解析結果：音圧レベル

球面の場合と同等の音圧レベルのコンターが得られた。



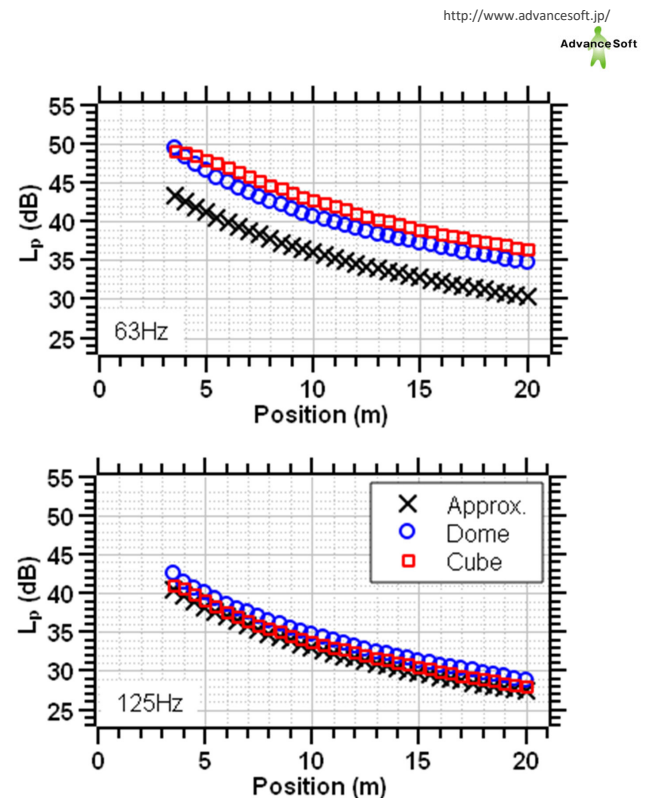
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

17

2. 防音壁の解析

解析結果：音圧レベル

- 63 Hzでは近似式は解析結果よりもおよそ 6 dB ほど低かった。
 - 前川モデルでは、地面からの反射は考えられていない。
 - 6dB ほど高い原因は鏡像音源の影響であると考えられる。
- 125 Hzでは近似式と解析結果は同程度であった。
 - 地表面の影響による過剰減衰により、音圧レベルが低下し、反射を考慮していない前川モデルとの差が小さくなったと考えられる。



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

18

2. 防音壁の解析 まとめ

- 防音壁の反対側への音の伝搬の解析を行った。
- 無限要素境界面の形状が半球と立方体の2ケースについて評価した。
- FEMの計算結果は形状によらず、同程度であった。
- 防音壁の反対側の音圧レベルについて、前川モデルの近似式と比較した。
 - 63 Hz では、前川モデルよりも音圧レベルがおおよそ 6dB 高かった。
 - 前川モデルでは地面の反射がモデル化されていない。
 - 音圧レベルが前川モデルよりもおおよそ 6 dB 高いのは、地面からの反射によるものと考えられる。
 - 125 Hz では、前川モデルよりも音圧レベルがおおよそ 1～2 dB 高かった。
 - 地表面の影響による過剰減衰により、音圧レベルが低下し、反射を考慮していない前川モデルとの差が小さくなったと考えられる。

解析事例紹介：無限要素を用いた解析

ご清聴ありがとうございました

機械学習を活用した音響解析事例の ご紹介

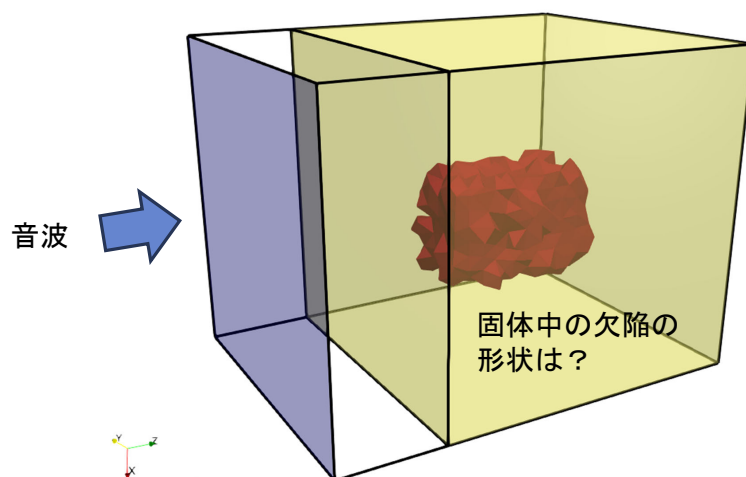
技術第2部 田之上文彦

無限要素強化・機械学習による音響解析の最前線
Advance/FrontNoise 最新動向セミナー
2025年10月9日（木）
アドバンスソフト株式会社

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

内容

1. 音響解析と機械学習について
2. 非破壊検査への応用事例

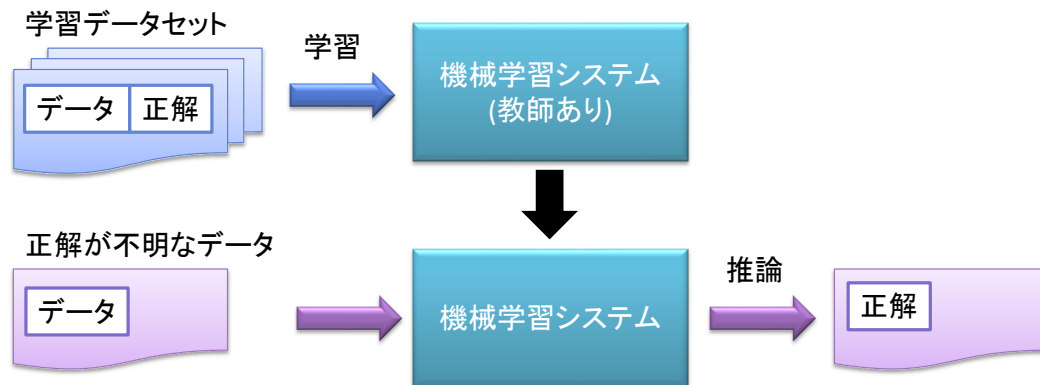


Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1. 音響解析と機械学習について 機械学習（教師あり）

多くの機械学習は、教師あり学習を行っている。

- データと正解の学習データセットを入力して、システムにデータを学習させる。
- 学習結果から、正解が不明なデータから正解を推測する。



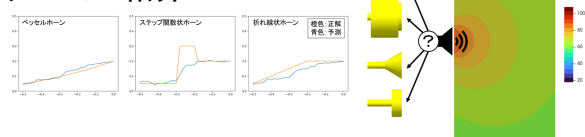
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

3

1. 音響解析と機械学習について 機械学習が用いられる分野

- 音声認識
 - 文字起こし
 - ノイズ除去
 - ノイズリダクション
- FEMや音線法の守備範囲外

- 環境騒音の予測
- 代理モデル
 - 音響解析結果を学習し、計算せずに解析結果を求める。
- 形状予測
 - 2024年のセミナーでご紹介



FEMや音線法の守備範囲

- 非破壊検査

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

4

1. 音響解析と機械学習について

音響解析と機械学習の適用例(1)

環境騒音解析や代理モデルの報告例

- 環境騒音予測
 - 都市の特定の場所において、長期の騒音を予測
Navarro, Juan M., and Antonio Pita. 2023. "Machine Learning Prediction of the Long-Term Environmental Acoustic Pattern of a City Location Using Short-Term Sound Pressure Level Measurements" Applied Sciences 13, no. 3: 1613. <https://doi.org/10.3390/app13031613>
 - 環境都市騒音の予測モデルをNeural Networkで解析
N, Genaro, Torija A, Ramos-Ridao A, Requena I, Ruiz P D, and Zamorano M. "A Neural Network Based Model for Urban Noise Prediction." The Journal of the Acoustical Society of America 128 (2010): 1738–1746. <https://doi.org/10.1121/1.3473692>
 - 代理モデル
 - Kriging代理モデルに基づく膜型音響メタマテリアルの低周波音絶縁最適化設計
Peng, Wang, Jie Zhang, Meng Shi, Jiang Li, and Shaoyun Guo. 2022. "Low-Frequency Sound Insulation Optimisation Design of Membrane-Type Acoustic Metamaterials Based on Kriging Surrogate Model." Materials & Design 225 (December): 111491. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111491>
- 2023年11月22日のセミナーでご紹介

1. 音響解析と機械学習について

音響解析と機械学習の適用例(2)

非破壊検査の報告例

- 打音検査
 - 機械学習のデジタル打音検査高度化への適用
松永 嵩, 小川 良太, 匂坂 充行, 藤吉 宏彰, 石井 元武, 礪部 仁博, 山田 知典, 吉村 忍, 機械学習のデジタル打音検査高度化への適用, 日本計算工学会論文集, 2021, 2021 巻, 1 号, p. 20211002. <https://doi.org/10.11421/jsces.2021.20211002>

1. 音響解析と機械学習について 本セミナーのターゲット

非破壊検査に着目し、以下の研究内容に対して、音響解析＋機械学習の実用性について検討する

杉本恒美, 杉本和子, 川上明彦, 歌川紀之. 遠距離音波照射加振を用いた非接触探査法の欠陥検出アルゴリズム. コンクリート工学年次論文集. 2017, Vol.39, 1849-1854頁.

- 音波による加振のため、音響ソルバで完結する
- 変位の検出はSLDVで行うが、解析では固体表面の振動を取得可能

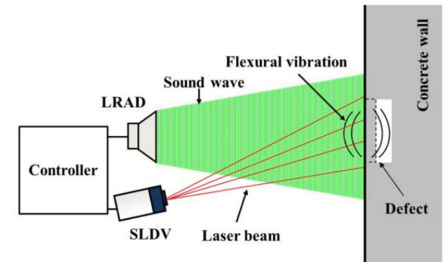
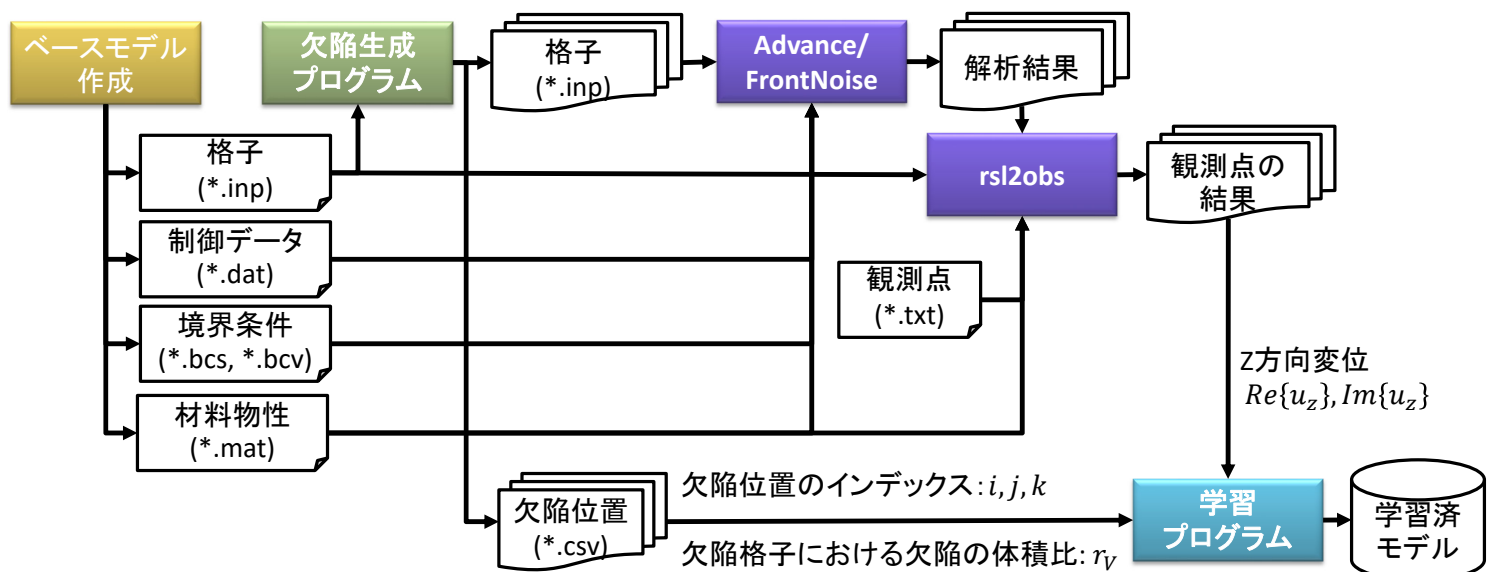


図-1 非接触音響探査の基本構成図

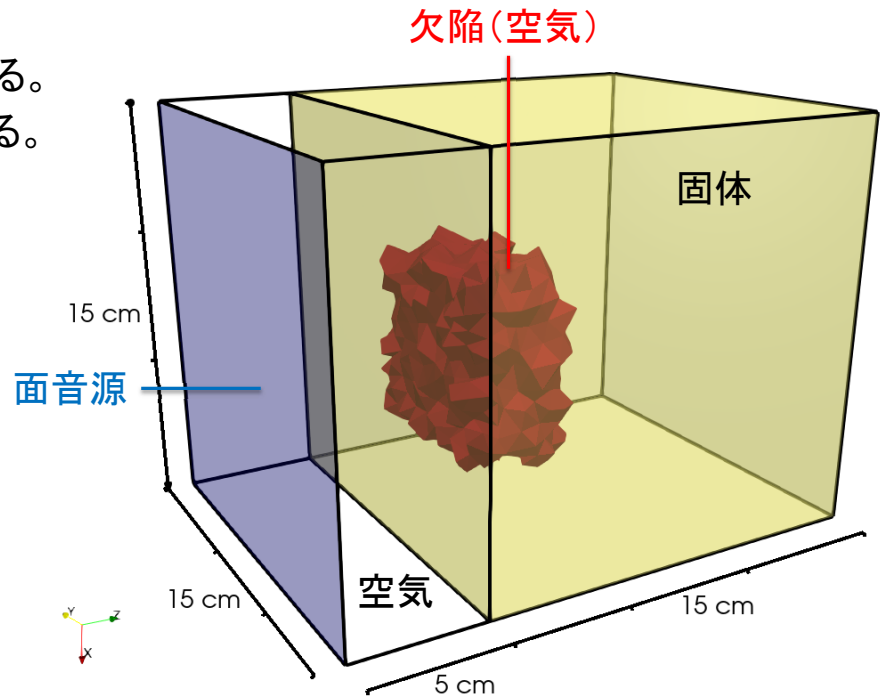
文献の図1

2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析＋機械学習システムの構成



2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析

- 構造音響強連成解析を実施する。
- 空気の境界面に面音源を与える。
- 空気の側面は ρc 境界とする



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

9

2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析: 実行手順

- 音響要素と構造要素の材料番号を区別して四面体一次要素のメッシュを生成する。
- 材料物性ファイル(*.mat)で構造要素の材料番号に構造要素の材料物性を定義する。
- 構造要素の材料番号を持つ要素はソルバ内部で自動的に四面体二次要素に変換される。
- 構造要素と音響要素の連成面は自動的に抽出され、境界条件が処理される。

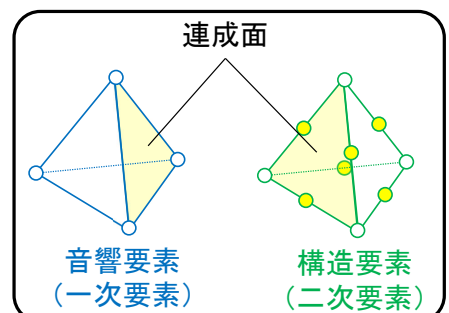
ID=1 TYPE=structural
density=480.0 young_modulus=0.7E+09 poisson_ratio=0.45
ID=2 TYPE=acoustic
density=1.184 sound_velocity=346.75
ID=3 TYPE=acoustic
density=1.184 sound_velocity=346.75

材料物性ファイル
(* .mat)

ソルバ内部で自動的に処理



- 構造要素の二次要素化
- 連成面の抽出



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

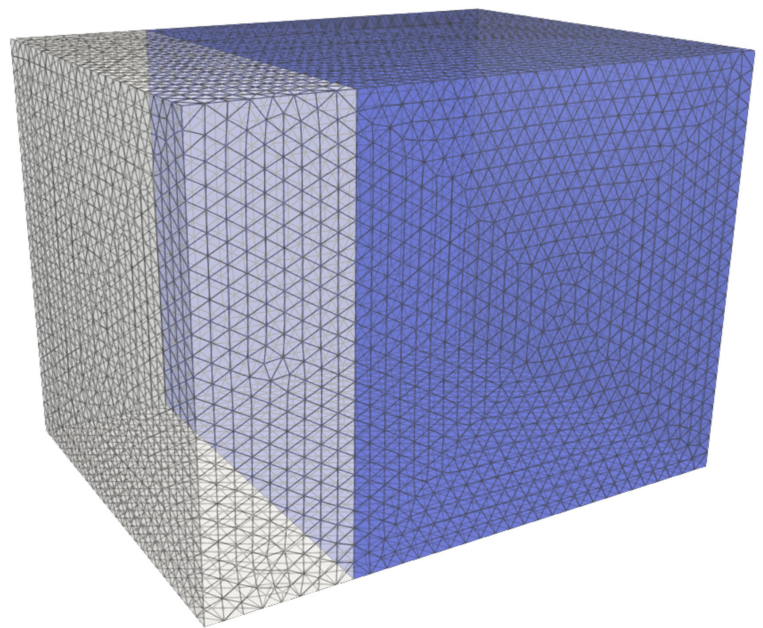
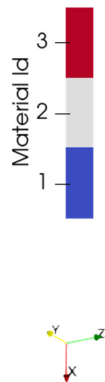
10

2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析: モデルの作成

ベースモデル

項目	値
節点数(一次要素のみ)	25,401
要素数	137,436

Material Id	物性
1	固体
2	空気

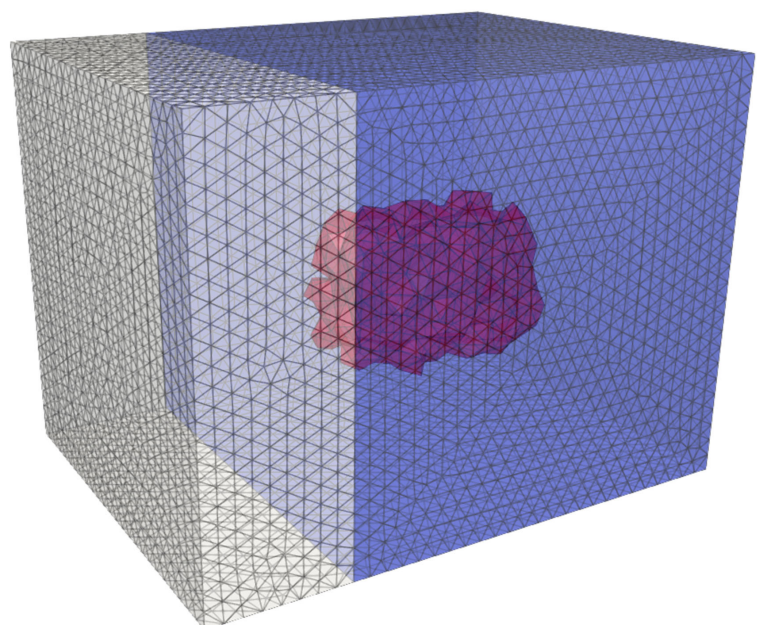
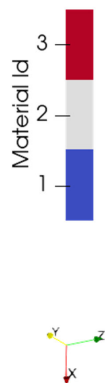


2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析: 欠陥生成

欠陥モデル

1. ベースモデルの固体部分にランダムなbounding boxを作成する。
2. 要素の節点が1点でもbounding boxに含まれた場合は、要素の材料番号を3に書き換える。

Material Id	物性
1	固体
2	空気
3	固体



2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析：欠陥生成

欠陥モデル

1. ベースモデルの固体部分にランダムなbounding boxを作成する。
2. 要素の節点が1点でもbounding boxに含まれた場合は、要素の材料番号を3に書き換える。

25401	137436	0	0	0
1	-0.477953E-01	-0.156106E-01	0.126079E+00	
2	-0.535177E-01	-0.134807E-01	0.126721E+00	
3	-0.533039E-01	-0.172170E-01	0.122220E+00	
....				
25399	-0.664623E-01	0.417162E-01	-0.105003E-01	
25400	0.454633E-01	-0.616121E-01	-0.412234E-01	
25401	0.247559E-02	-0.619443E-01	-0.920911E-02	
1	1 tet: 1 2 3 4			
2	1 tet: 5 6 7 8			
3	1 tet: 5 9 10 8			
....				
137434	2 tet: 18847 21208 18846 18834			
137435	2 tet: 18601 19531 19995 19602			
137436	2 tet: 18602 19994 19531 21835			

節点番号

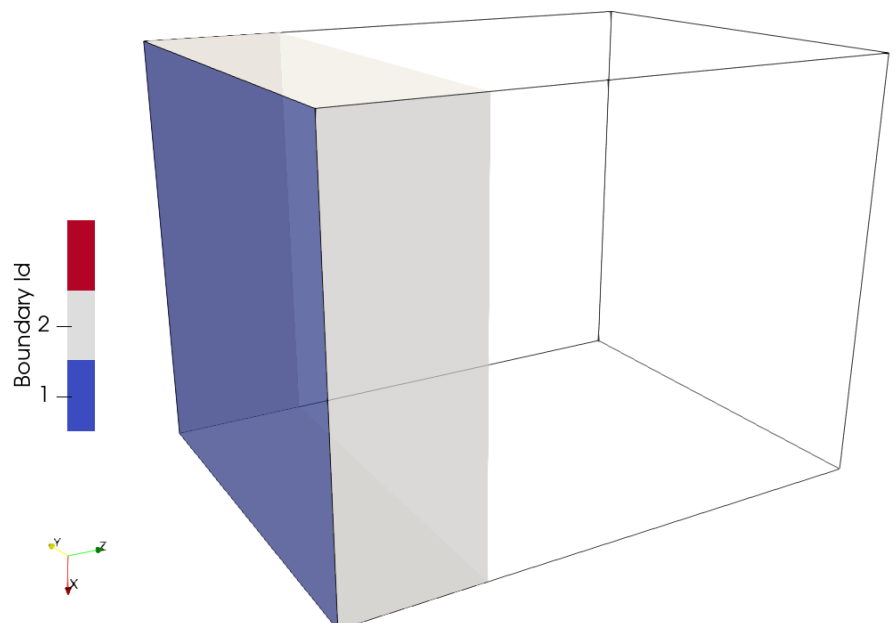
要素の節点番号

材料番号

2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析：境界条件

境界条件

Id	場所	境界条件
1	空気の上面	面音源
2	空気の側面	pc境界



2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析: 解析条件

解析条件

項目	値	単位
解析開始周波数	4.2	kHz
解析終了周波数	5.8	kHz
周波数刻み	10	Hz

- 解析では木材を想定
- 木材の材料異方性は考慮しない

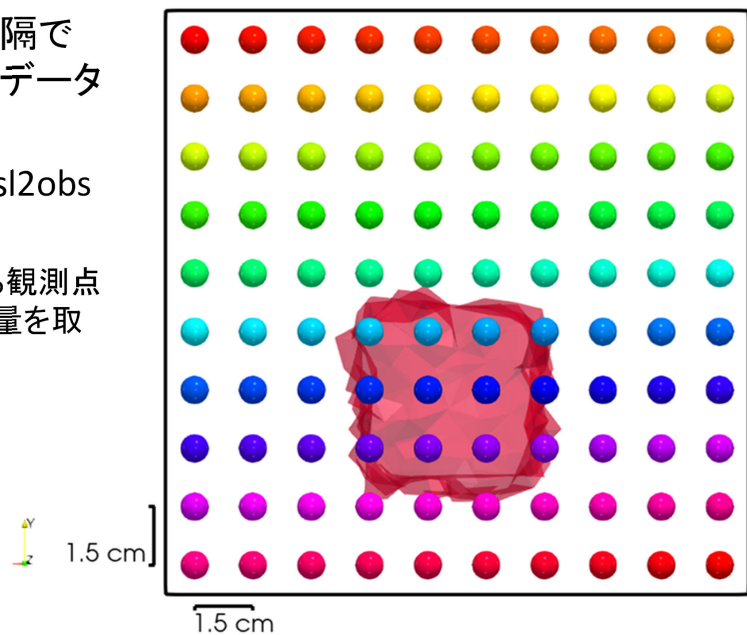
材料物性値(空気)

項目	値	単位
音速	346.75	m/s
空気密度	1.184	kg/m ³

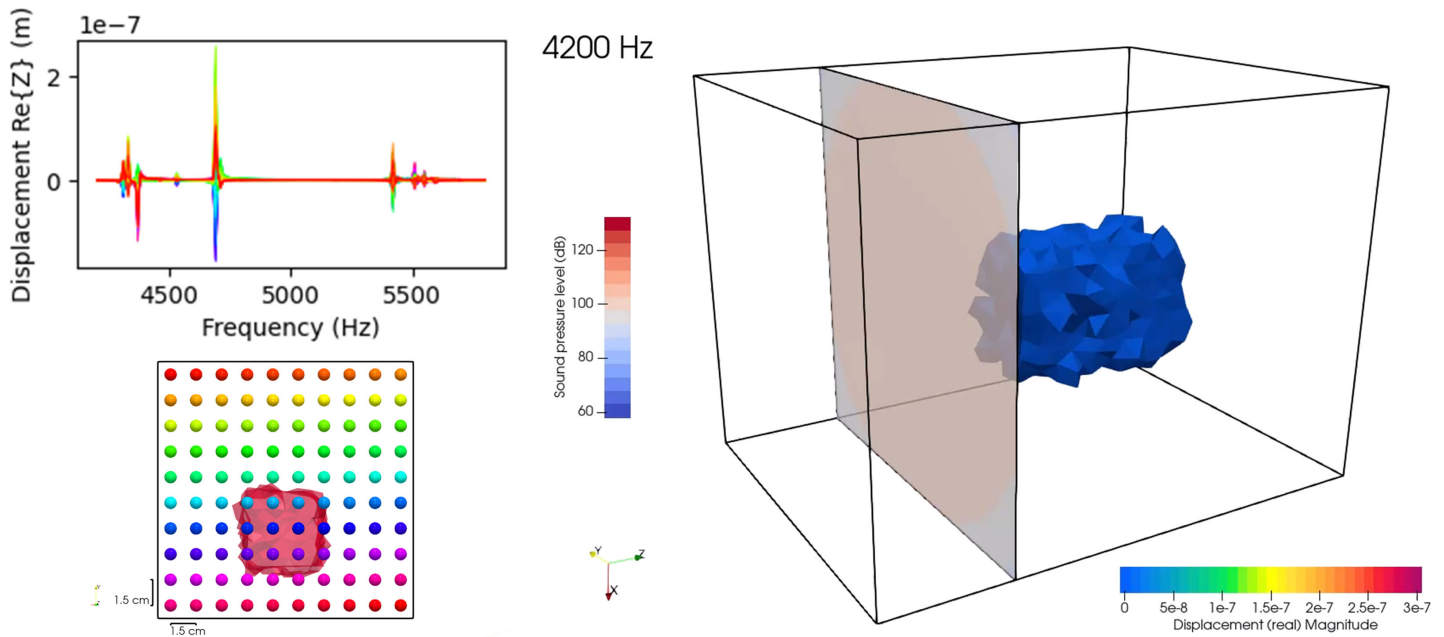
項目	値	単位
ヤング係数: E	0.7	GPa
ポアソン比: ν	0.45	-
密度: ρ	480	kg/m ³

2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析: 変位データの取得位置

- 固体表面上において、1.5 cm 間隔で 10 × 10 の格子点を決定し、変位データの取得位置とした。
- 格子点の変位は付属ツールの rsl2obs で取得する。
 - 観測点を含む要素の節点の値から観測点の値を補間して、観測位置の物理量を取得する。



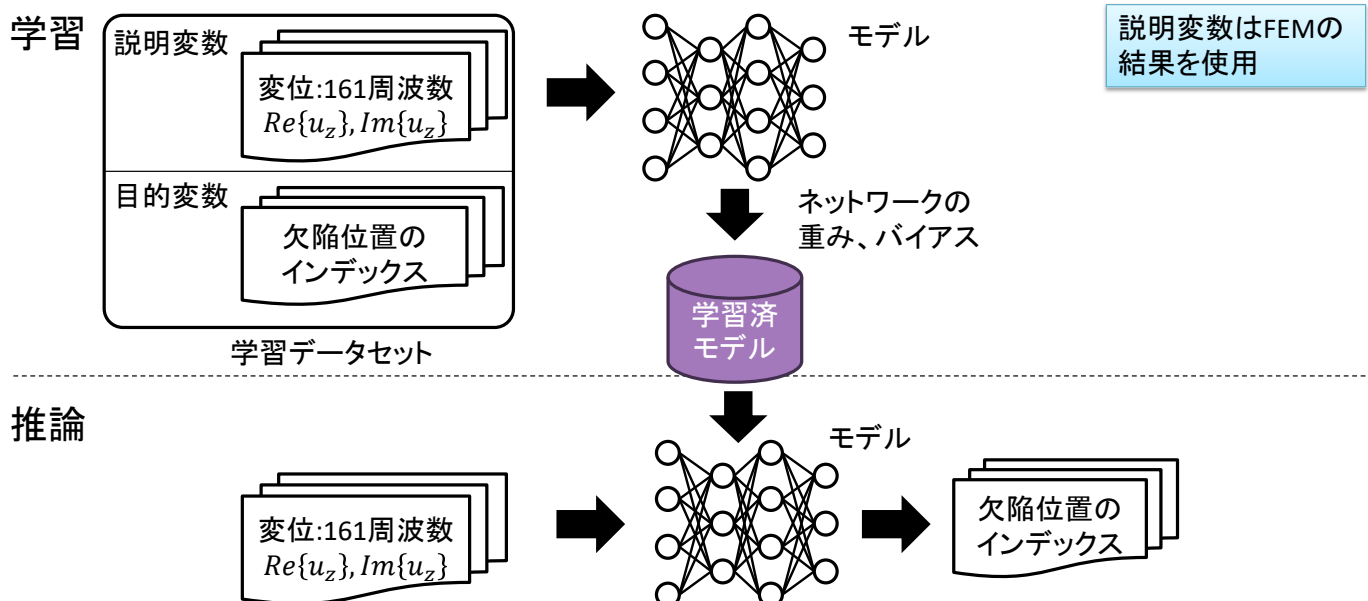
2. 非破壊検査への応用事例 構造音響強連成解析：解析結果例



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

17

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：機械学習システムの構成



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

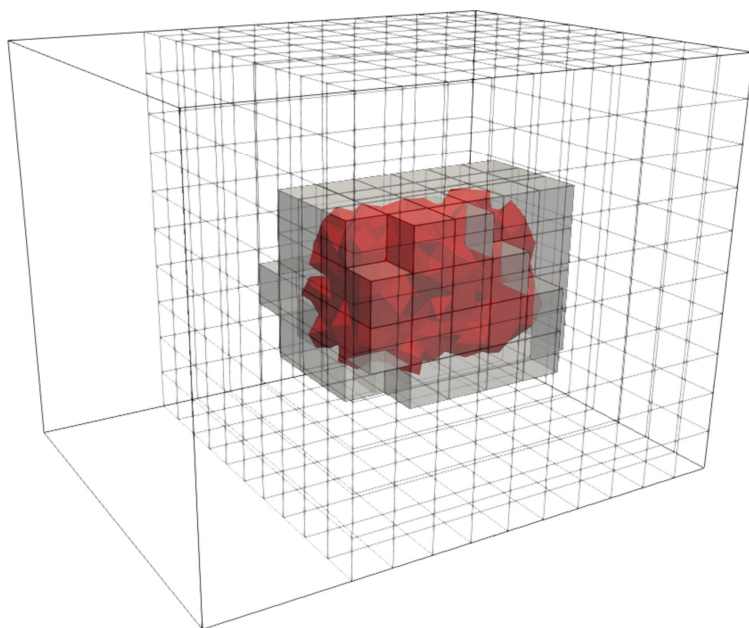
18

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：目的変数の作成

目的変数

1. 固体部分に構造格子を作成。
2. 構造格子に含まれる欠陥要素(四面体要素)の体積を計算。
3. 欠陥の体積が0よりも大きい格子のインデックス(i, j, k)と構造格子の体積に対する欠陥の体積の割合を出力

構造格子の作成、体積比の計算は
Advance/REVOCAP_PorousModelerに付属する
スクリプトを使用



2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：目的変数の作成

目的変数

1. 固体部分に構造格子を作成。
2. 構造格子に含まれる欠陥要素(四面体要素)の体積を計算。
3. 欠陥の体積が0よりも大きい格子のインデックス(i, j, k)と構造格子の体積に対する欠陥の体積の割合を出力

構造格子の作成、体積比の計算は
Advance/REVOCAP_PorousModelerに付属する
スクリプトを使用

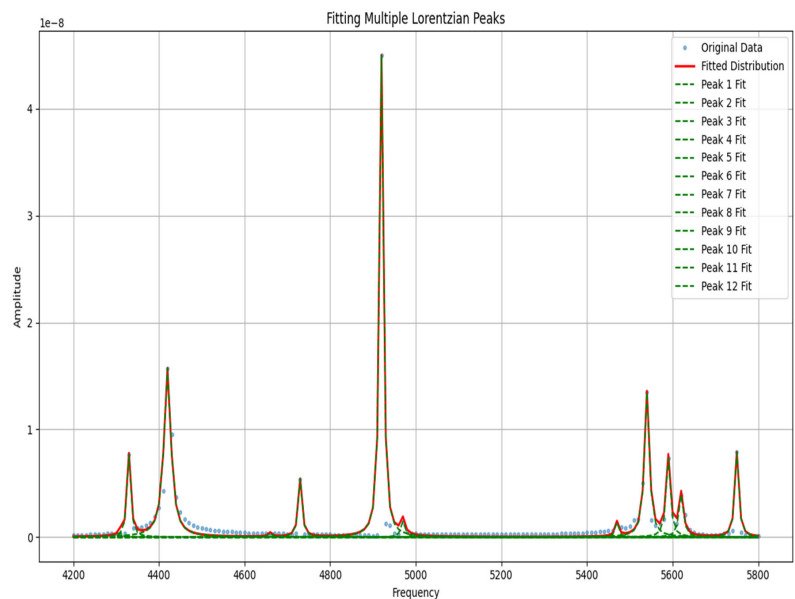
```
3,1,1,2.5975556107223982e-05  
3,1,2,0.04385198760727886  
3,1,3,0.025146384762979045  
...  
6,5,3,0.012934203306968308  
6,5,4,0.004389176002655417  
7,4,3,0.0022991369979749876
```

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：前処理

説明変数のデータの前処理

1. 各観測点で計測された振幅スペクトルを計算。
2. スペクトルに対してピーク検出。
3. 見つかった各ピークを元に多峰性ローレンツ分布をフィッティングしピーク振幅と、減衰比を取得。

➤ このように一連の処理によって、生スペクトルデータから共振周波数に関連した本質的な特徴だけを抽出されることを期待する。



スペクトルにローレンツ分布をフィットさせたグラフ
青点：スペクトルデータ、赤線：フィット分布、
緑線：赤線を構築する個々の分布

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：学習モデル

- モデル：入力された周波数応答データから、材料内部の3次元マップ(10x10x10)を予測するモデル。周波数処理部と空間処理部を持つ。
 - 周波数処理部：各観測点(100点)の周波数応答から、その空間点の「特徴」を抽出。
 - 空間処理部：周波数処理で得られた特徴量を、U-Netというエンコーダ、デコーダ構造を持つ画像解析で実績のある構造で処理
- 損失関数：平均二乗誤差 (MSE)。
 - 予測値と正解値の差の二乗の平均で、一般的な回帰問題で用いられる。
- オプティマイザ：Adam
 - 汎用で安定的なオプティマイザで広く用いられる。
 - 学習率はスケジューラで管理し、学習の停滞を検知すると学習率を一定の割合で引き下げる。

2. 非破壊検査への応用事例

機械学習：学習条件

項目	値
バッチサイズ	16
最大エポック数	500
早期終了の条件(何エポック改善しない場合に終了するか)	50
データ総数	345
トレーニングデータセット数	34
テストデータセット数	311

2. 非破壊検査への応用事例

機械学習：評価方法

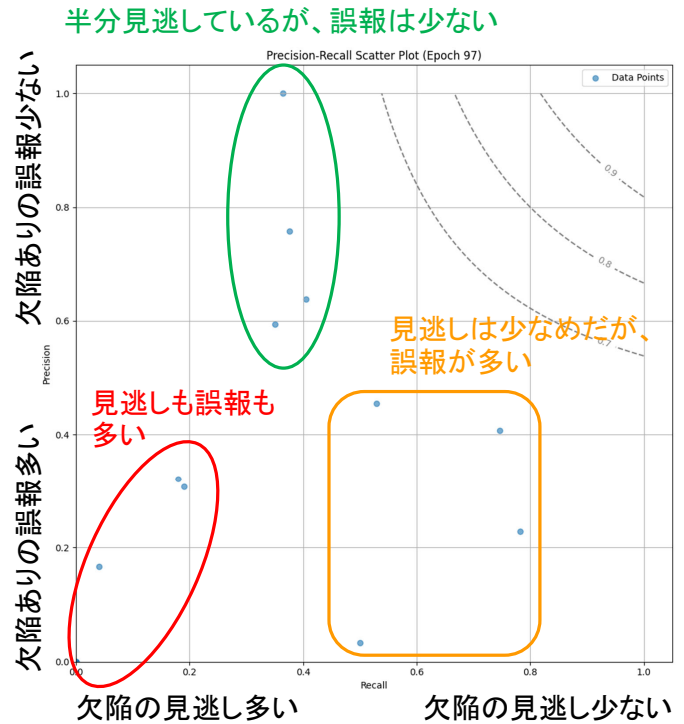
- 適合率 (Precision): $P = \frac{TP}{TP+FP}$
 - 「欠陥あり」と予測したセルのうち、正解した割合。**1に近いほど誤報が少ない。**
- 再現率 (Recall): $R = \frac{TP}{TP+FN}$
 - 実際に欠陥があるセルのうち、「欠陥あり」と予測できた割合。**1に近いほど見逃しが少ない。**
- F1スコア: $F1 = \frac{P \times R}{P+R}$
 - P と R のバランスを取った指標。(適合率と再現率はトレードオフの関係にあることが多い)

項目	記号	内容	種別
True Positive	TP	欠陥のあるセルを正しく「欠陥あり」と予測した。	正解
False Positive	FP	欠陥のないセルを誤って「欠陥あり」と予測した。	間違い
True Negative	TN	欠陥のないセルを正しく「欠陥なし」と予測した。	正解
False Negative	FN	欠陥のあるセルを誤って「欠陥なし」と予測した。	間違い

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：適合率と再現率

解析結果は以下の3パターンとなった。

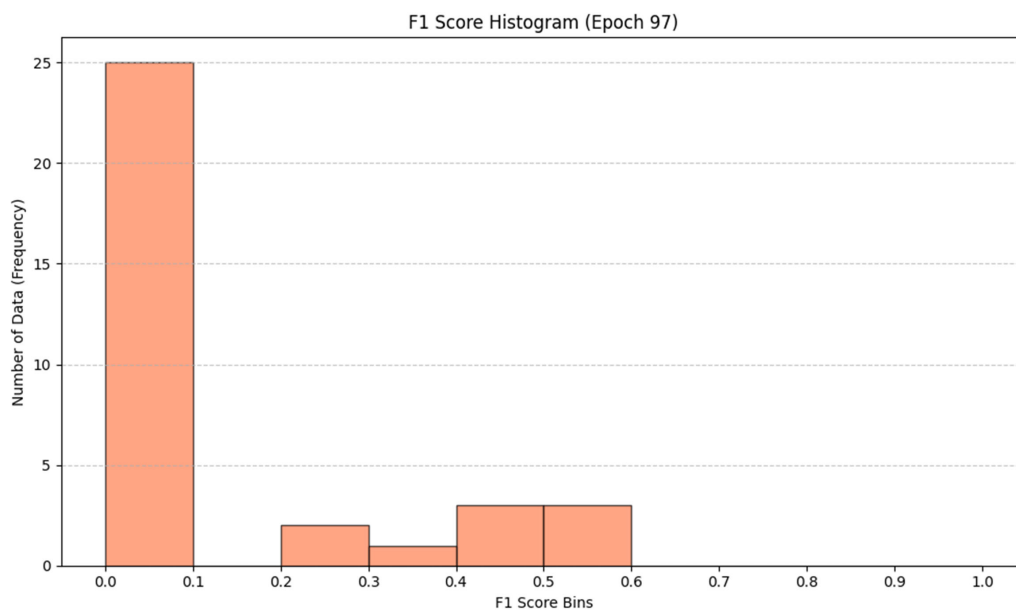
- 慎重タイプ：欠陥のある格子の見逃しは多いものの、欠陥のない格子を誤って「欠陥あり」とした誤報は少ない。
- 数打つタイプ：欠陥のある格子の見逃しは少ないものの、欠陥のない格子を誤って「欠陥あり」とした誤報が多い。
- 嘘つきタイプ：欠陥のある格子を検出できず、欠陥のない格子を「欠陥あり」と報告。



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

25

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：F1スコア



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

26

2. 非破壊検査への応用事例 機械学習：考察

周波数 4.2 kHz～5.8 kHz では、微小な位置の違いを検出するのは困難。

- 固体中の縦波の速度： $v_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} = \sqrt{\frac{0.7 \times 10^9 (1-0.45)}{480(1+0.45)(1-2 \times 0.45)}} \approx 2 \text{ m/s}$
- 波長： $\lambda = \frac{v_p}{f} \rightarrow 41 \text{ cm} \leq \lambda \leq 56 \text{ cm}$
- 分解能の限界 $\lambda/2 \rightarrow 20.5 \text{ cm}$

今回のモデルを評価するためには、さらに以下の作業が必要

- 周波数特性にノイズを加える。
- 周波数特性にノイズを加えた「欠陥が全くないモデル」を学習やテストに混ぜる。
 - 欠陥があるのか無いのかの区別ができるかどうか分かる。

2. 非破壊検査への応用事例 まとめ

- 固体表面を音波で加振したときの周波数スペクトルから、機械学習によって欠陥を識別可能かどうか検討した。
- 学習データセットは、音響構造強連成解析を使用して生成した。
- 適合率（「欠陥あり」と予測したセルのうち正解した割合）、再現率（実際に欠陥があるセルのうち、「欠陥あり」と予測できた割合）、適合率と再現率のバランスを取った指標としてF1スコアで評価を行った。
- 適合率と再現率は3つのクラスに分かれ、F1スコアは 0.6 以下であった。
 - 適合率は高いが再現率は低い 欠陥の見逃しは多いが欠陥ありの誤報は少ない。
 - 適合率は低いが再現率は高い 欠陥の見逃しは少ないが、結果ありの誤報は多い。
 - 適合率も再現率も低い。
 - 今回のスケールでは数 mm ～ 数 cm オーダーの検出は難しい。
- 今回の周波数の条件 (4.2 kHz ～ 5.8 kHz) では、欠陥の有無の判別には利用できる可能性がある。
- モデルの妥当性評価のためには、さらに、周波数特性にノイズを加え、欠陥のないモデルも追加して学習やテストを行う必要がある。

機械学習を活用した音響解析事例のご紹介

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_PrePostのご紹介

技術第2部 徳永健一

無限要素強化・機械学習による音響解析の最前線
Advance/FrontNoise 製品セミナー
2025年10月9日（木）
アドバンスソフト株式会社

Advance/REVOCAP_PrePostとは

有限要素法、有限体積法に対応した汎用プリポストプロセッサです。

文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発

2005-2007「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」

2009-2012「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」

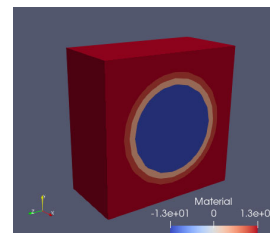
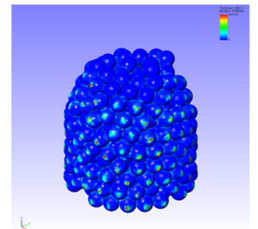
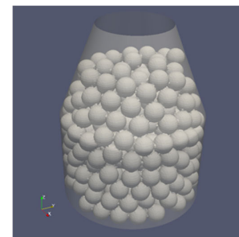
で開発されたソフトウェアREVOCAP_PrePostを
アドバンスソフト社が商品化したものです。

Advance/REVOCAP の商品構成

- Advance/REVOCAP_PrePost
 - FrontNoise (音響解析)、FrontSTR (構造解析) 用のプリポストプロセッサ
 - GUI で FEM モデルを作成、結果の可視化
- Advance/REVOCAP_PrePost 付属スクリプト
 - PrePost を補う処理を行う CUI で動作する python スクリプト群
 - メッシュ変換、フーリエ変換、補間 (連成解析)、単純形状メッシュ作成
 - FrontNoise、FrontSTR には商品の一部として付属する
- Advance/REVOCAP_PorousModeler
 - 微細構造をFEMで解析するためのメッシュ作成ツール

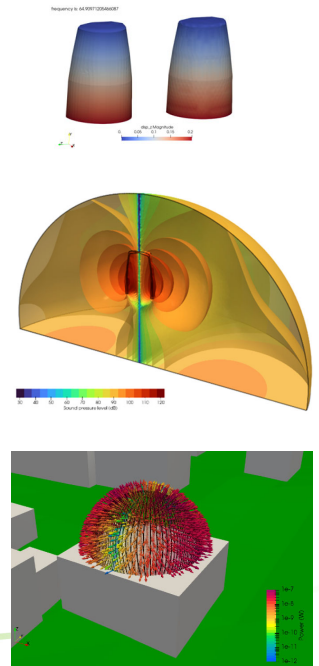
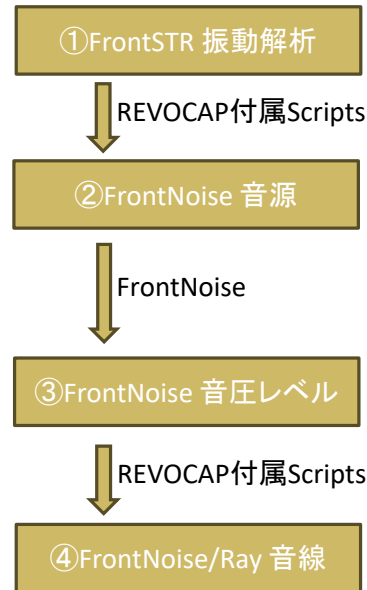
Advance/REVOCAP_PorousModeler

- 微細構造をFEMで解析するためのメッシュ作成ツール
 - 多孔質体、繊維、粉体などを、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。
 - 個別要素法の機能が含まれており、複雑形状の内部の粉体充填構造のメッシュなども作成可能です。
 - 粉体周りの触媒層など、複数材料のメッシュ生成にも対応しています。
 - 生体組織、母材と充填剤などのCT画像からのメッシュ作成も可能です。
 - 機械学習などで活用するための python インターフェイスを整備しました。
- 多孔質構造の評価機能



Advance/FrontNoise 解析手順の一例

1. Advance/REVOCAP付属Scriptsを使って Advance/FrontSTR の計算結果から Advance/FrontNoise の境界条件を作成します
2. Advance/REVOCAP_PrePost を使って Advance/FrontNoise の解析モデルを作成します
3. Advance/REVOCAP_PrePost を使って Advance/FrontNoise の解析結果を可視化します
4. Advance/REVOCAP付属Scriptsを使って Advance/FrontNoise_Ray の音源データを作成します



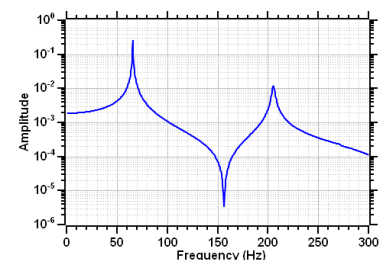
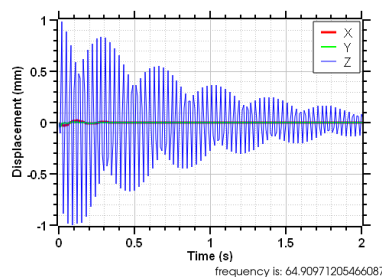
Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

5

振動解析から面音源

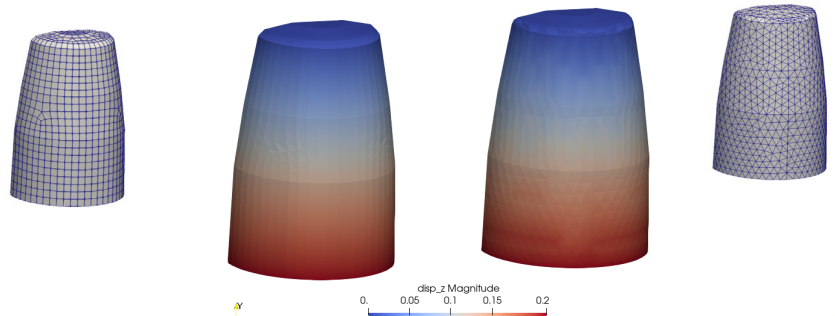
- Advance/FrontSTR の時刻歴応答解析の結果をフーリエ変換

revo_fft fft.yaml



- 振動の周波数特性を音響解析の面音源にマッピング

revo_mapper mapper.yaml



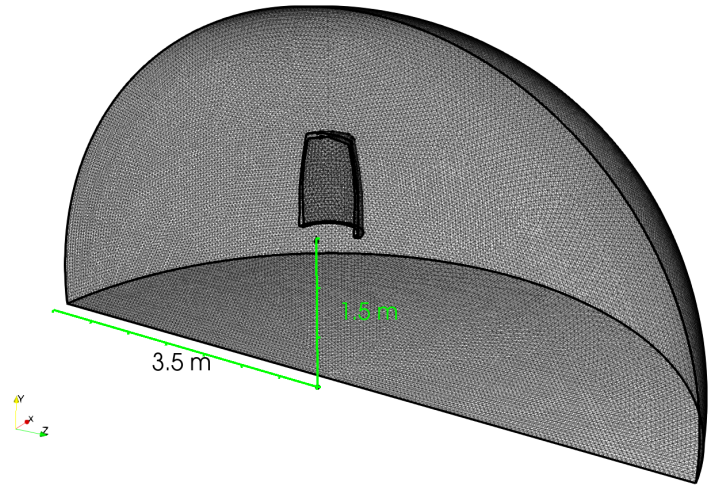
※revo_fft および revo_mapper は Advance/REVOCAP_Scripts で提供されるコマンドです。

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

6

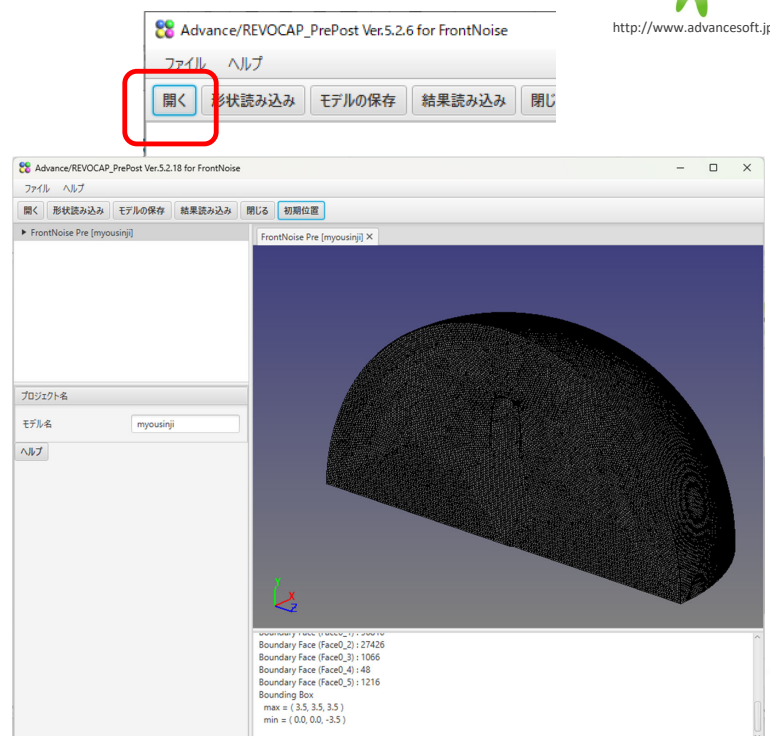
Advance/REVOCAP_PrePostでの設定

- 梵鐘のモデル
- 1/2対称モデル
- 音響物性(空気)
 - 密度 1.225 kg/m³
 - 音速 340.0 m/s
- 境界条件
 - 梵鐘の表面 マッピング結果を使う
 - ドーム面 無限要素境界
 - 地面 完全反射
 - 対称面 完全反射
- 計算周波数
 - 5 ~ 300 Hz



メッシュの読み込み

- Advance/REVOCAP_PrePost には自動メッシュ生成機能も付いていますが、ここではあらかじめ作成されたメッシュを取り込むことにします。
- FrontNoise 形式、NASTRAN 形式、MicroAVS 形式、ADVENTURE_TetMesh 形式の四面体メッシュを読み込むことができます。
- 「開く」ボタンを押して、読み込むメッシュを選択します。



解析の周波数範囲

- 左上のツリーを展開して上から順番に設定していきます。
- 計算する周波数の範囲を決めます。
- ここでは5Hzから300Hzまで5Hz刻みで与えます。
- オクターブバンドで設定する(1オクターブごとの周波数の個数)こともできます。



物性値の設定

- 音響解析を行う媒質の物性を設定します。
- 代表的な空気と水の値はあらかじめ与えられています。
- ここでは空気に設定します。

(今回は使わない機能)

- 周波数ごとに特性を与えることもできます。
- 構造音響強連成解析の場合の構造物の物性もここで設定します。



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

- Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

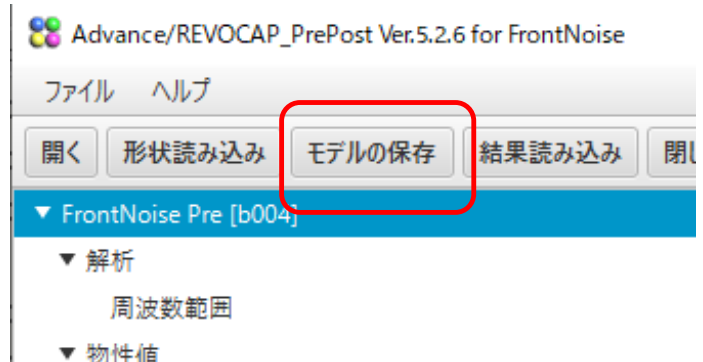
線形ソルバの設定

- 線形ソルバのツリーを展開します。
- それほど大きくないモデルの場合は直接法(DIRECT)がおすすめです。
- 大規模並列解析をする場合は反復法(GMRES2)がおすすめです。
- 今回は反復法にします。



モデルの出力

- ツールバーの「モデルの保存」ボタンを押して、Advance/FrontNoiseの計算に必要なファイル一式を保存します。
 - 制御データファイル dat
 - 格子ファイル inp
 - 材料物性ファイル mat
 - 境界条件ファイル bcs bcv
 - 無限境界面定義ファイル ied



Advance/FrontNoiseの解析実行

- 境界条件ファイルを結合します。
 - REVOCAP_PrePost で作成された無限要素境界
 - REVOCAP 付属スクリプトで作成された振動解析の結果をマッピングした面音源
- モデル一式を計算機環境にコピーして Advance/FrontNoise を実行します。

```
mpirun -np 4 fnfem
```

- 計算結果を可視化可能な形式に変換します

```
rsl2inp myousinji myousinji-r0019-00100.rsl myousinji-r0012-00065.inp
```

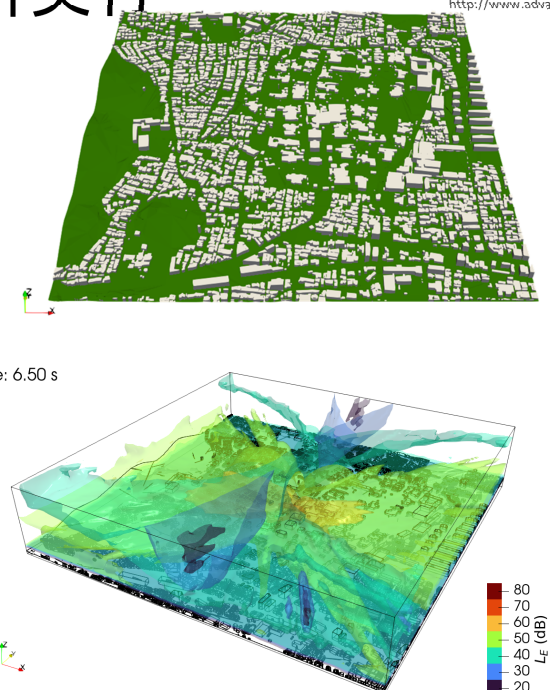
- FrontNoise/Ray の解析の入力データにするため音線データに変換します

```
noise2ray myousinji.bcs myousinji-r0012-00065.inp myousinji-ray.vtk
```

Advance/FrontNoise/Ray の解析実行

- 市街地の建物データ、標高データはPLATEAUプロジェクトで公開されているデータを利用します。当社の Advance/PLATEAU Platform を利用して CityGML から STL データに変換します。
- FrontNoise の計算結果から得られた初期音線データを用いて FrontNoise/Ray を実行します。

Time: 6.50 s



Advance/FrontNoise を活用するため、
Advance/REVOCAP_PrePost の導入を
ぜひご検討ください

価格および関連サービスのご紹介

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



価格のご案内

■ 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise

年間ライセンス → ￥2,000,000- (税別)

買取ライセンス → ￥6,000,000- (税別)

保守サポート → ￥1,000,000- (税別)

■ 音線法音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise/Ray

年間ライセンス → ￥1,000,000- (税別)

月間ライセンス → ￥100,000- (税別)

■ 汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP

年間ライセンス → ￥1,300,000- (税別)

買取ライセンス → ￥3,900,000- (税別)

保守サポート → ￥650,000- (税別)

ー保守サポートサービスを含む（最新バージョンの使用権、E-mailによる問い合わせ対応）

ー買取ライセンスは、次年度以降に保守サポートが必要となります。

ー教育機関向け（アカデミック版）はライセンス料金半額になります。

Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



価格のご案内

■ メッシュ作成ツールキット Cube-it floating

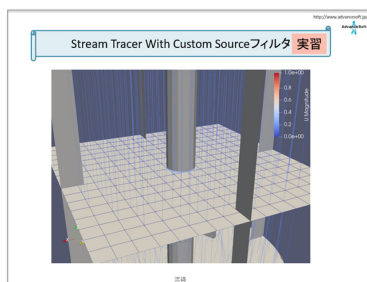
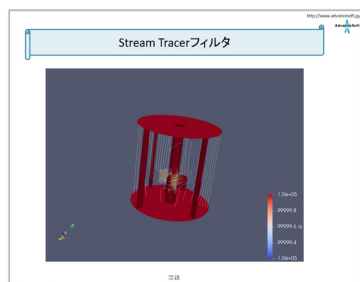
年間ライセンス → ￥1,625,000- (税別)

■ オープンソース 可視化ツール ParaView 関連サービス

利用サポート → ￥400,000- (税別)

トレーニング → ￥130,000- (税別)

講習会 → 応談



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.



アドバンスソフトの開発・解析サービス

お客さまのご要望に応じて科学技術計算ソフトウェアの新規開発、機能追加、受託解析等のサービスをおこないます。

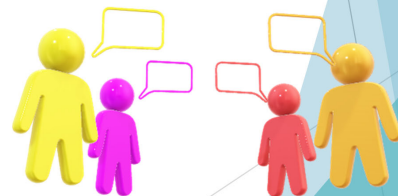


1. 流体・構造・ナノ関連など幅広い分野のソフトウェアを開発し、解析経験がある技術者がお客様のご要望をお伺いいたします。

2. 最適な解析方法をご提案いたします。

3. お客様のご了解が得られましたら、モデリングを行い、解析を実施いたします。

4. 解析結果を可視化し、解析結果の評価や考察を行なって報告書を作成いたします。



Copyright ©2025 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.





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。