

車室内の音響シミュレーション

2015/7/30

パイオニア株式会社

商品統括部 技術開発部 オーディオ開発部 1課

長谷川 知己

-1-

本日の報告内容

- 会社概要
- ソフト導入経緯
- 音響シミュレーション紹介
 - 基礎検討
 - 実用化
- 最後に

-2-

会社概要

商号	パイオニア株式会社 PIONEER CORPORATION	
本社	神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 〒212-0031 電話番号 044-580-3211 (代表)	
創業	昭和13年(1938)1月1日	
設立	昭和22年(1947)5月8日	
代表取締役 兼 社長執行役員	小谷 進	
資本金	917億3,100万円 (2013年6月末)	
従業員数	19,404名 (連結ベース:2015年3月末)	
主要事業所	川越事業所 埼玉県川越市山田25-1 〒350-8555 電話番号 049-223-1111	
主な連結業績	(2015年3月期) 売上高 501,676百万円 営業利益 7,778百万円 当期純利益 14,632百万円	

<http://pioneer.jp/corp/info/profile/outline/>

-3-

主事業

◆カーエレクトロニクス事業

- カーナビゲーション、カーオーディオ/AVシステム/スピーカなど



<http://pioneer.jp/carrozzeria/?ref=header>

-4-

ソフト導入経緯

-5-

期待値

◆大規模解析の基盤技術構築

- 音響シミュレーションの充実
 - 複数の解析手段の確保
 - 解析対象に応じた、最適な手法を適用
- 社内環境に依存しない、シミュレーション環境構築
 - 最新の外部スパコン、クラウドを利用
 - 必要な時に、必要なリソースを利用

◆スパコンを利用した、音響シミュレーションの実現

◆候補

- Advance／FrontNoise + FOCUSスパコン

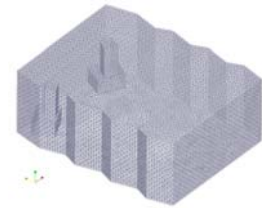
-6-

確認

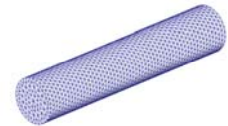
◆ ベンチマーク

- 精度
 - 過去計算結果と整合性がとれるか
 - 理論解と一致するか
- 仕様
 - プリ処理： 解析モデル作成方法
 - ソルバー： パフォーマンス
 - ポスト処理： 結果ファイル処理、可視化方法
- 外部リソース利用手順
 - スパコン利用手続き ~ ジョブ投入 ~ 結果ダウンロード

ベンチマークモデル



整合性確認

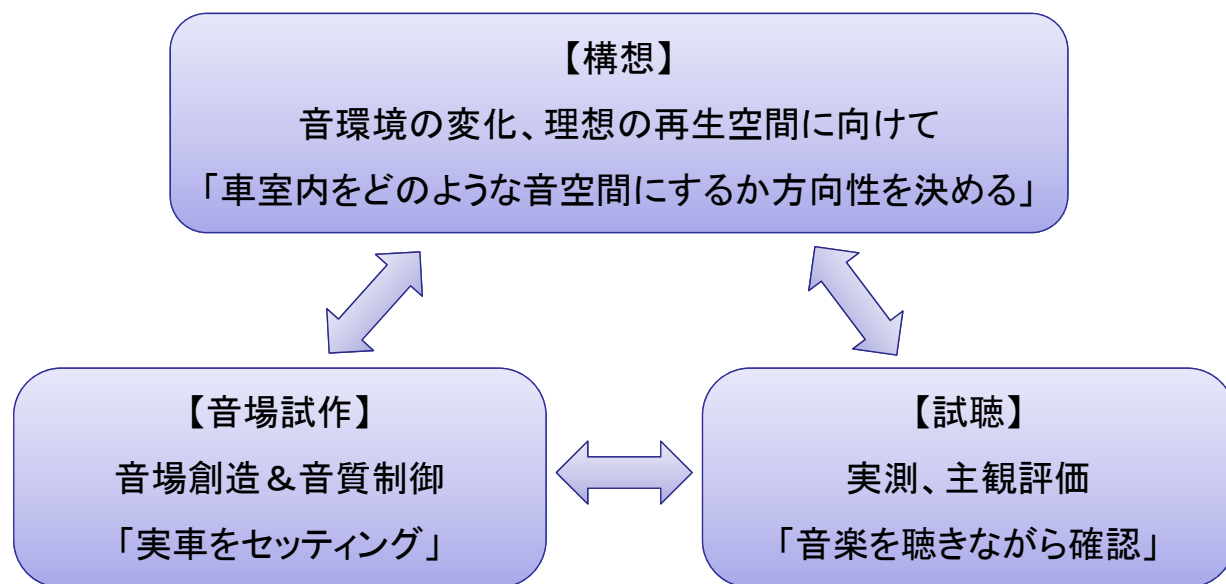


理論解との比較

◆ 報告書を納品していただき、ソフトの導入に至る

音響シミュレーション紹介

パイオニアにおける、車内音場創りの基本的手順



- ◆ シミュレーションを上手く使いこなすことにより、構想段階で、車やスピーカなどの実物を使わないで、検討を進めていく

-9-

車室内音響シミュレーションの概要

◆ 基礎検討

- 簡易モデルでの基礎実験（2002年～） *
 - 物性値の取り扱い検討

◆ 実用化

- 実車への適用検討（2005年～） *
 - CADモデル化
 - 精度確認
- 設計への適用（2007年～）
 - スピーカ配置等の検討に利用
- 人体形状モデルの導入（2014年～）

◆ ソフトウェア

- Advance/FrontNoiseの利用（2013年後半～） *

*の一部をご紹介します

-10-

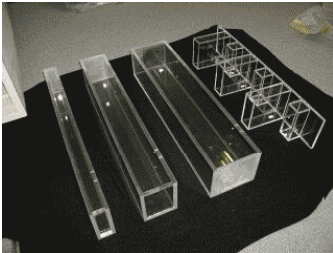
基礎検討

◆ 物性値の取り扱い

簡易模型(1/2サイズ:アクリル製)



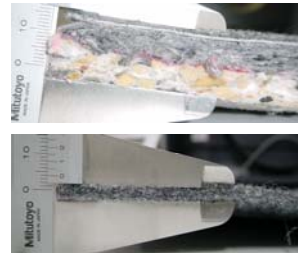
部材



座席模型

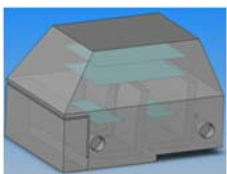


床カーペット

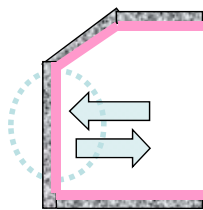


壁面の扱い

■ 適度な吸音率を設定すると、精度が改善

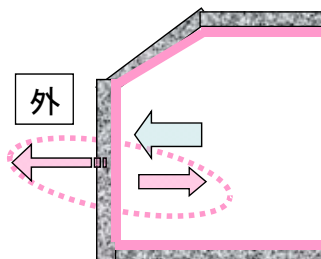


壁面
(アクリル製)



完全反射

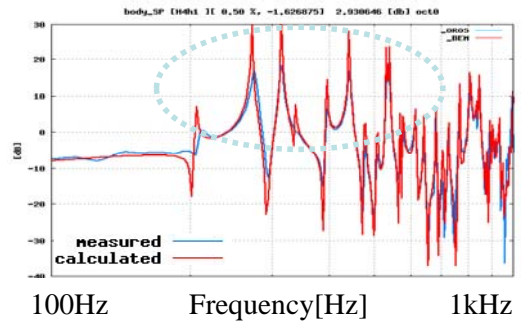
完全
反射



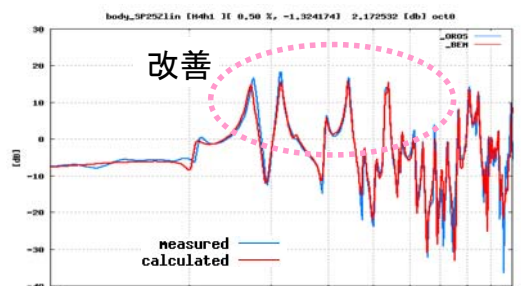
外

透過
と損失を
考慮

青:実測 赤:解析



100Hz Frequency[Hz] 1kHz

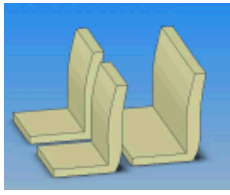


100Hz Frequency[Hz] 1kHz

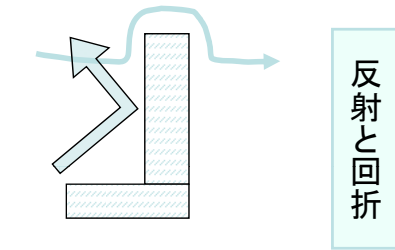
座席の扱い

- 音の透過の影響が大きい場合、座席を媒質として扱くと、精度が改善

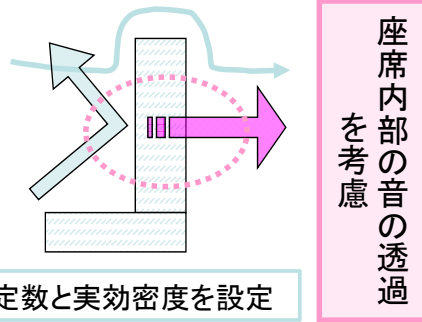
青:実測 赤:解析



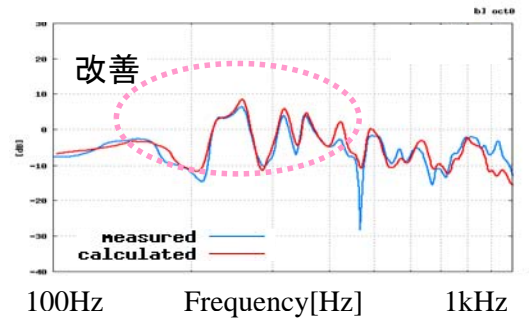
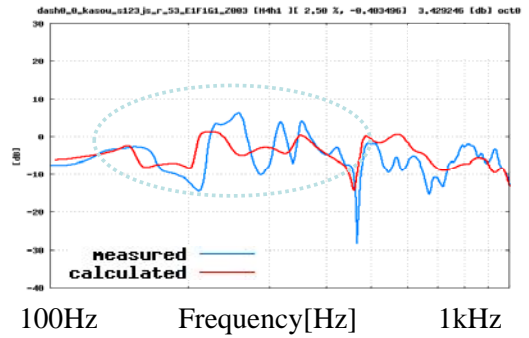
座席模型
(ウレタン製)



表面に音響インピーダンス設定



媒質に伝播定数と実効密度を設定

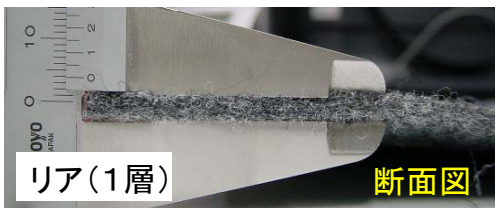


床材の扱い

- 適切な物性値の設定が困難な場合、一律の吸音率を設定



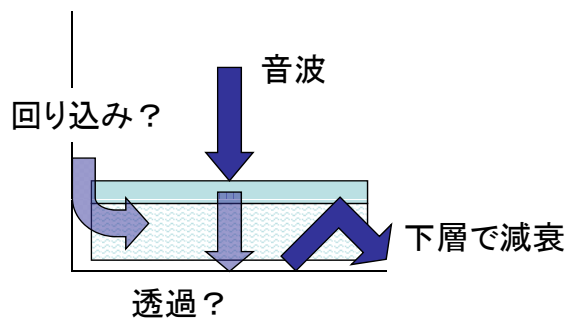
フロント(4層)



リア(1層)

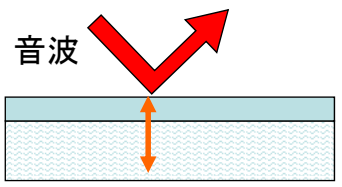
断面図

床カーペット
(多層構造)



適切な物性値を設定するのは困難

一律の吸音率を設定

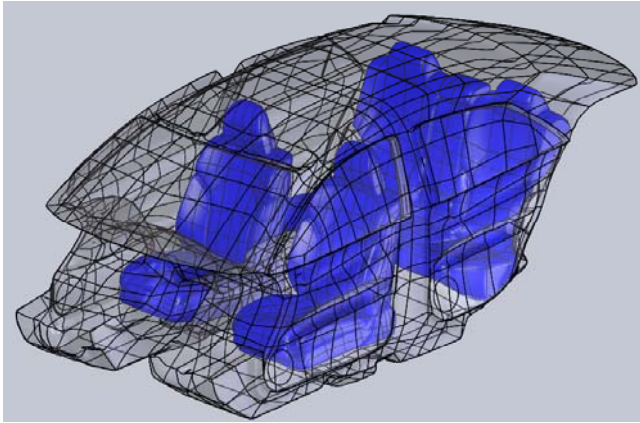


実用化

◆ 実車への適用

- 車室内、座席形状を計測
- <実車> ⇒ 3D-CADモデル化
 - 非接触型3次元形状測定器

3D-CADモデル

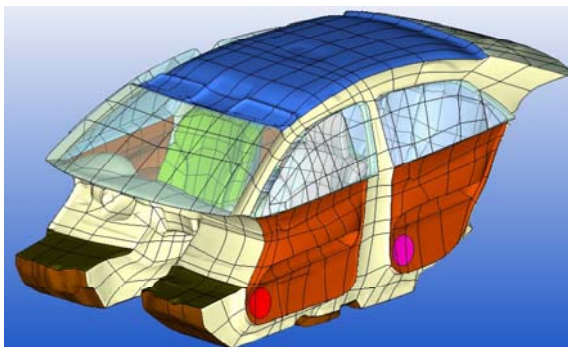


車室内の写真(イメージ図)



解析条件設定

- 境界条件 …… 基礎検討を元に、物性値を設定
解析モデル



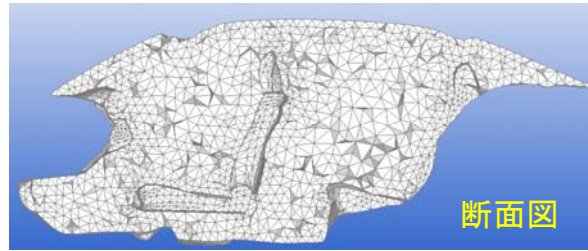
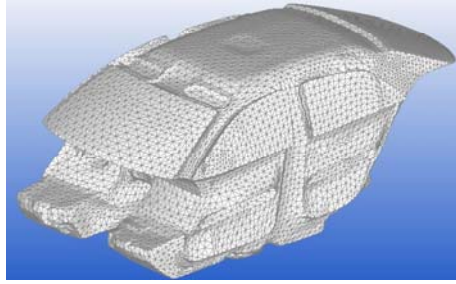
実際の座席



境界条件	物性値 (音響インピーダンス) 音源 (速度一定加振)
窓、トリム、天井、床、ピラー等	透過・損失を考慮
座席	吸音性を考慮
足元	ダッシュボード裏への音の周り込みによる、エネルギー損失を考慮
音源(スピーカ面)	一定速度加振

解析モデル作成

- メッシュ生成 … 有限要素法用にメッシュ生成
4面体1次要素 (50mmメッシュ)モデル



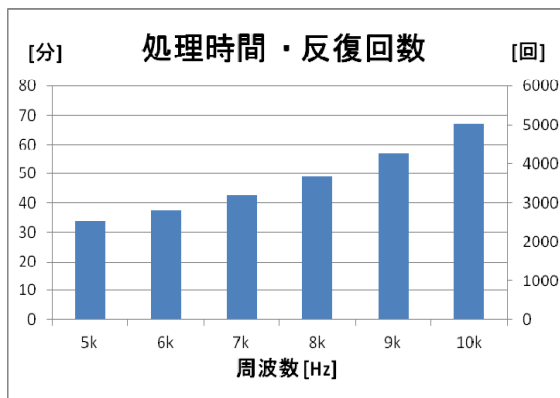
- 解析周波数に応じて、メッシュを細分化する

細分化回数 (メッシュサイズ)	節点数	要素数	解析周波数[Hz]
ベース (50mm)	4万	20万	~1.25kHz
1回 (25mm)	30万	160万	~2.5kHz
2回 (12.5mm)	220万	1250万	~5kHz
3回 (6.25mm)	1720万	1億	~10kHz

メッシュ細分化ツール
refineコマンドを利用する

計算

- ジョブ投入 (6.25mmモデル) ~10kHz計算
(例) FOCUSスパコン (Dシステム、6ノード、120並列) 計算ログ



ソルバー

Advance/FrontNoise Ver. 4.3
設定(環境変数)
FNFEM_GMRES = 300
FNFEM_SOLVER = 36
FNFEM_RELTOL = 1.0e-6

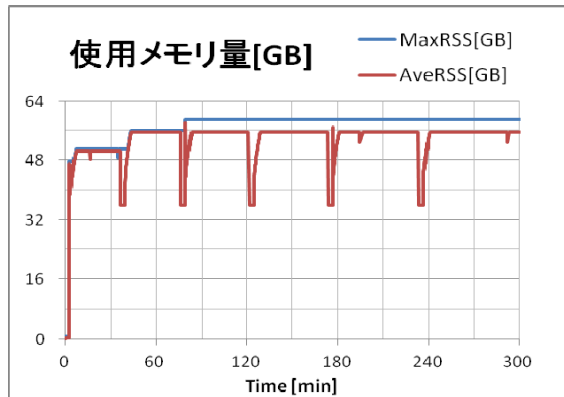
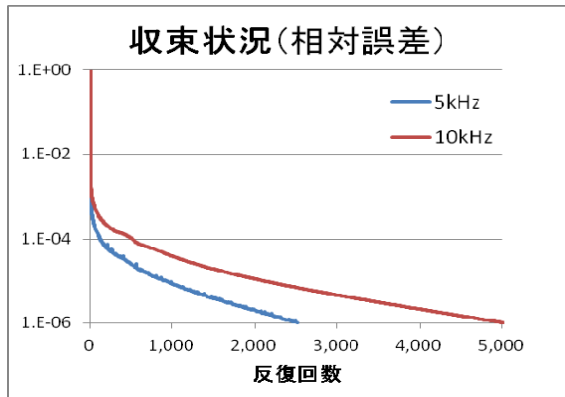
FOCUSスパコン(Dシステム)

Intel Xeon E5-2670 v2 (2.5GHz)
× 2CPU(計20コア)/ノード
64 GB/ノード
Infiniband-FDR(56Gbps) × 1/ノード

	処理時間	情報
Total Time	310分	6周波数計算 (Dシステム、6ノード・120並列)
Input	3分	入力ファイルサイズ(.inp): 7GB
Solver	290分	性能: 0.80秒 / iter.
Output	17分	出力ファイルサイズ(.rsl): 600MB/freq.

計算

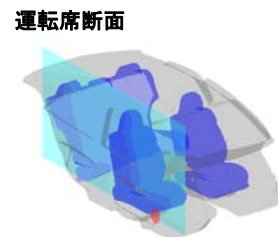
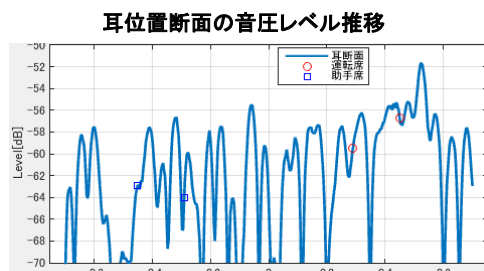
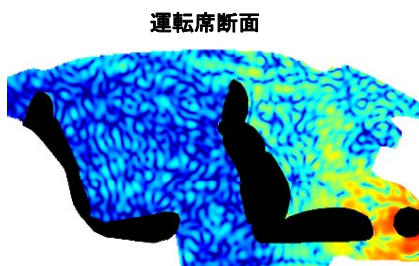
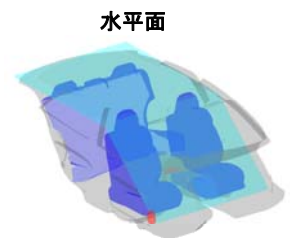
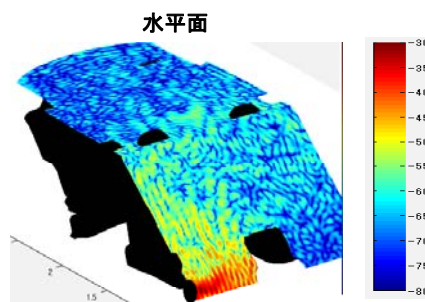
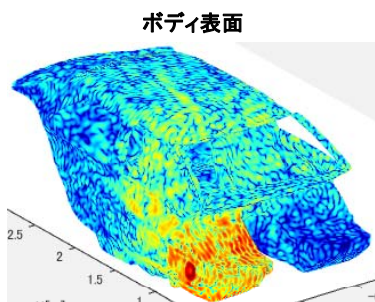
- ジョブ投入（6.25mmモデル）～10kHz計算
（例） FOCUSスパコン（Dシステム、6ノード、120並列） 計算ログ



FOCUSスパコン（物理メモリ使用量）
sstatコマンド(ジョブステータス情報の表示) 利用
MaxRSS: ジョブ全てのタスクの最大値
AveRSS: ジョブ全てのタスクの平均値
情報を取得する

可視化

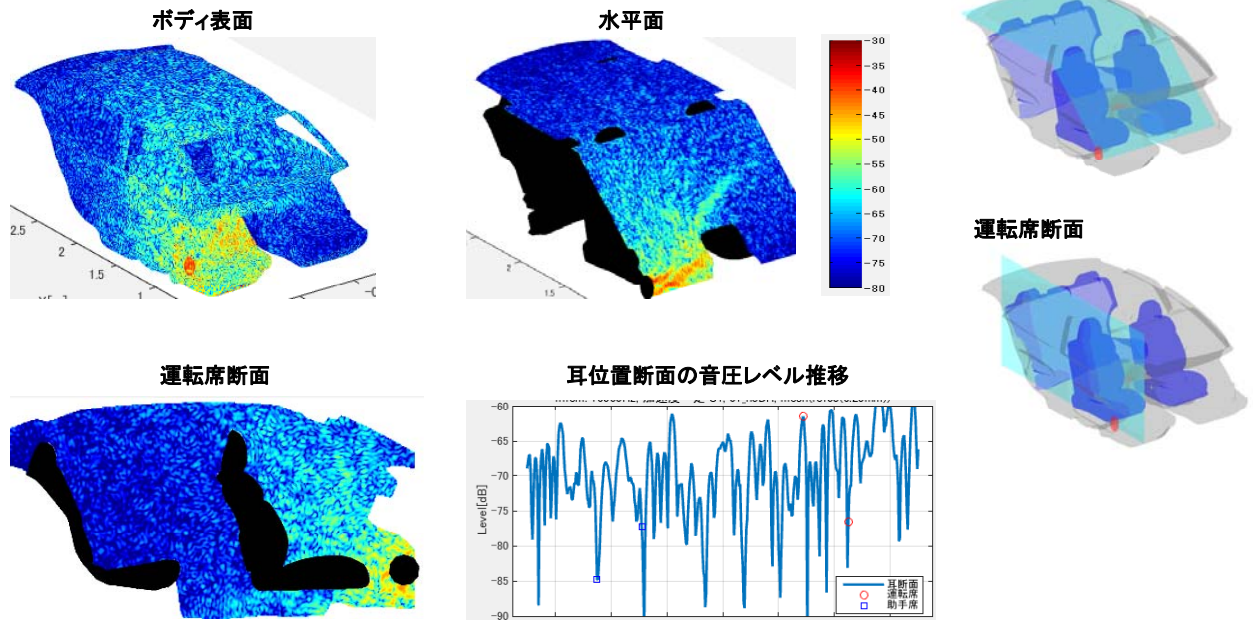
- 結果の可視化（5kHz）
FR面加振（加速度一定） 音圧分布 と推移グラフ



可視化

■ 結果の可視化 (10kHz)

FR面加振(加速度一定) 音圧分布と推移グラフ



-21-

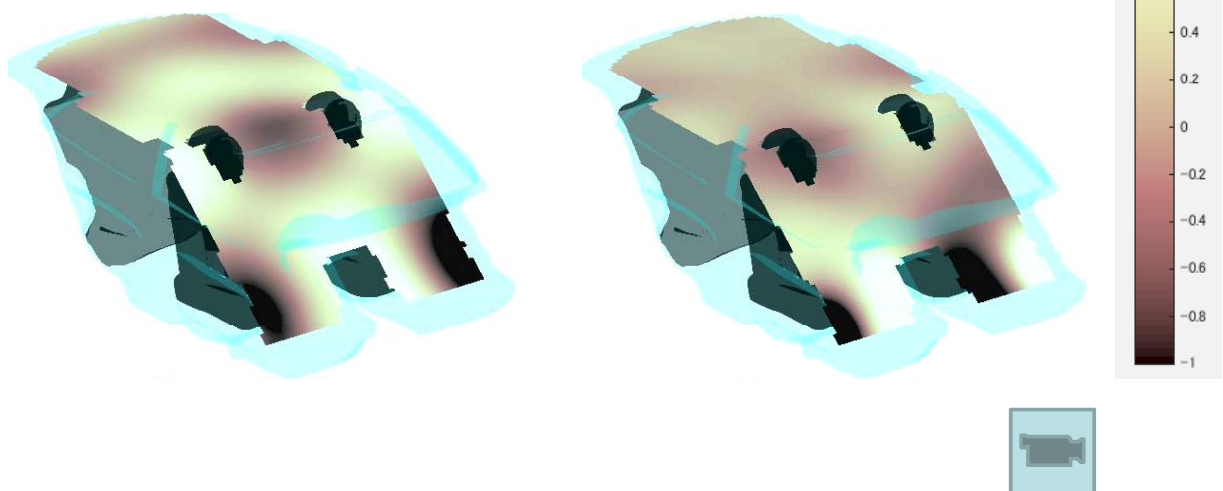
可視化

■ 音の伝播の様子 (デモ)

信号処理前後の音の伝わり方の違いを振幅で表示

左右のスピーカを同時に再生

運転席に同時に音が届くように再生



◆ 車室内をどのような音空間にするか方向性を練る

-22-

最後に

-23-

技術サポート

◆ 一覧 (Advance/FrontNoise)

- 音圧の符号、境界の法線方向の向きについて
 - 境界要素法と定式化に違いがある (マニュアルに記載いただく)
- 反復解法が収束しない
 - GMRESパラメータ、前処理手法を変える (ご提案いただく)
- 計算途中でエラー
 - ノード数とプロセス数をモデル規模に応じて設定 (カット&トライ)
- その他
 - 使い方、各種コマンドの修正・機能追加等、サポートしていただきました

-24-

期待する事

◆ 一覧 (Advance/FrontNoise)

- ソルバー
 - 必要メモリ量削減、反復解法収束の強化
 - 外部音響放射解析の実現
- プリポスト機能
 - 必要メモリ量の見積もり機能
 - ログ出力の充実
 - 簡易可視化機能
- 動作環境
 - 様々なクラウド環境での実行
 - 従量課金制への対応、など

-25-

車室内の音響シミュレーション

◆ まとめ

- ソフト導入
 - スパコンを利用した、音響シミュレーションを実現
- 音響シミュレーション紹介
 - 基礎検討
 - ✓ 壁面、座席、床材の物性値の取り扱いを決定
 - 実用化(実車への適用)
 - ✓ 形状測定により、3D-CADデータ化
 - ✓ 解析モデル作成 ~ 計算
 - ✓ 可視化による、結果の評価を実施

◆ シミュレーションを用いた、スピーディな検討が可能となる

-26-

ご清聴ありがとうございました

-27-

参考

◆ 学会発表、投稿等

- 2005年5月 (社)自動車技術会 春季学術講演会
 - 今西、長谷川 『境界要素法と実測による車室内音場解析』
- 2006年5月 (社)自動車技術会 春季学術講演会
 - 長谷川、今西 『境界要素法と実測による車室内音場解析(第2報)』
- 2008年 VOL.18 NO.1,パイオニア技術論文
 - 長谷川、今西 『車室内音場シミュレーション技術の開発』
 - ✓ http://pioneer.jp/corp/crdl_design/crdl/rd/18-1.php
- 2015年 (財)日本オーディオ協会 JASジャーナル3月号 (Vol.55 No.2)
 - 太田 【特集:カーオーディオ】『車内音場創りを支える基盤技術』

◆ 外部リソース

- FOCUSスパコン 公益財団法人 計算科学振興財団
 - <http://www.j-focus.or.jp/>

-28-

以上

-29-

【製品説明会】音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise 事例および基礎セミナー
2015年7月30日(木)開催
発表資料(ver.3.0) 提出版
パイオニア株式会社、長谷川 知己
最終更新日: 2015/7/22

-30-