

2022 JAPAN ZERO PROTOTYPES SUMMIT

VI-grade NVHシミュレータによって加速する NVHエンジニアリングプロセス

HBK
SVES Business Development Manager
坂本 優美子



A global powerhouse in the test and measurement landscape



35,000 CUSTOMERS SERVED

3,000+
EMPLOYEES



CUSTOMERS IN

50+

COUNTRIES
WORLDWIDE


500+
CUSTOMER
FACING
EMPLOYEES

 **300+**
EMPLOYEES
WORKING IN R&D

OWNED BY
spectris

2019
SALES
€480
MILLION



INNOVATION FOR MORE THAN

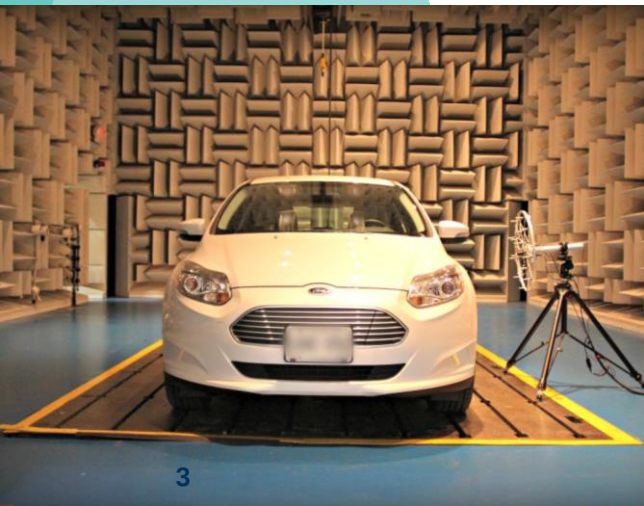
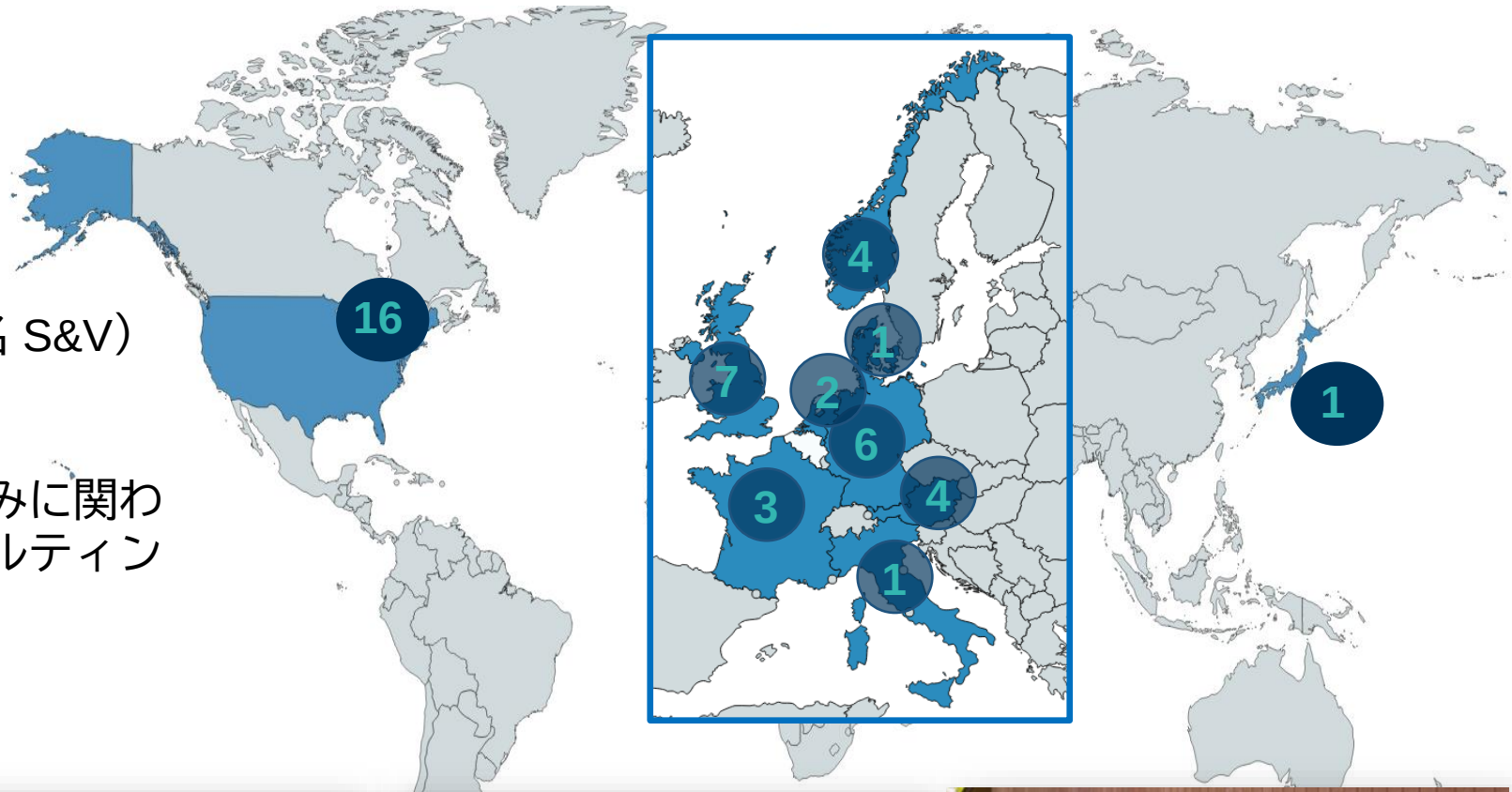
75 YEARS

Engineering Services

世界の拠点

- 北米 16名 (Canton, MI) –S&V
- ヨーロッパ 28名 (21名 ひずみ、7名 S&V)
- 日本 1名 – S&V

我々チームは、騒音、振動、力、ひずみに関わる問題を抱えたお客様のためのコンサルティングサービスに特化しています。



ESが提供するものとは？

- 自動車やその他の産業での世界有数の専門知識
- CAEエンジニアのテストデータに対する要求の深い理解
- 主要OEMとのハイレベルな開発プログラムでの豊富な経験
- 最新の見識と専門知識

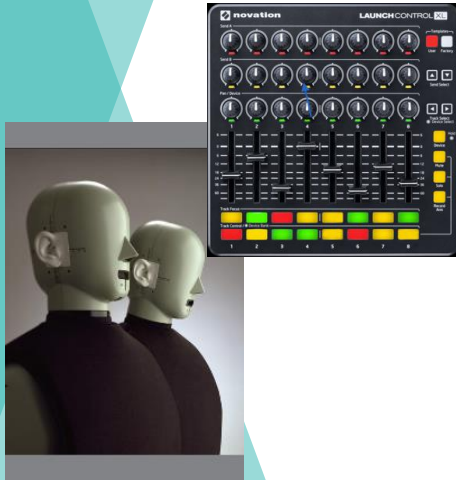


プロジェクトの例:

- NVプロセスの最適化
- 車両NVHの統合プログラムとトラブルシューティング
- CAEモデルのコリレーション
- SVQ (Sound Vibration Quality) ターゲットの開発
- 試験の標準化
- 技術移転



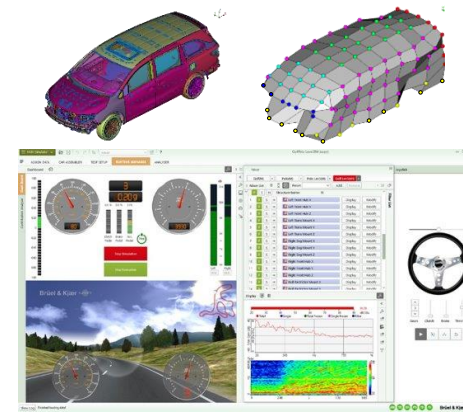
HBK Engineering Services – アプリケーションツール



Sound Design



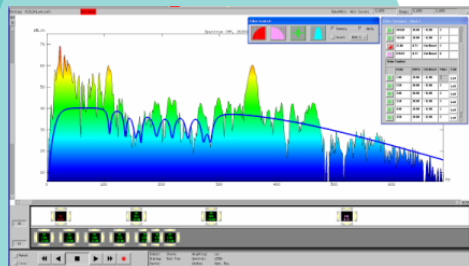
Leading Edge Hardware
& Software



Hybrid Simulation Tools



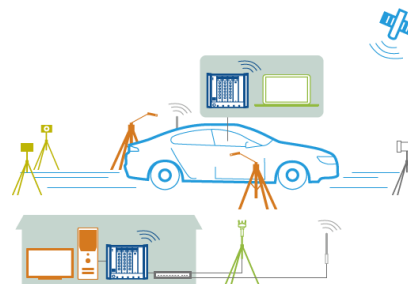
Sound & Vibration
Troubleshooting



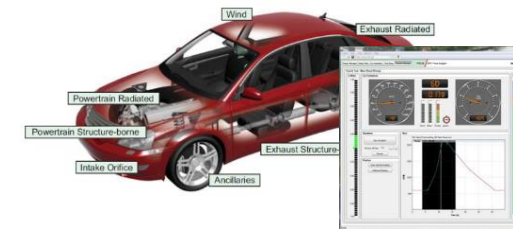
Sound Quality Engineering



Material Testing



Pass-by Noise

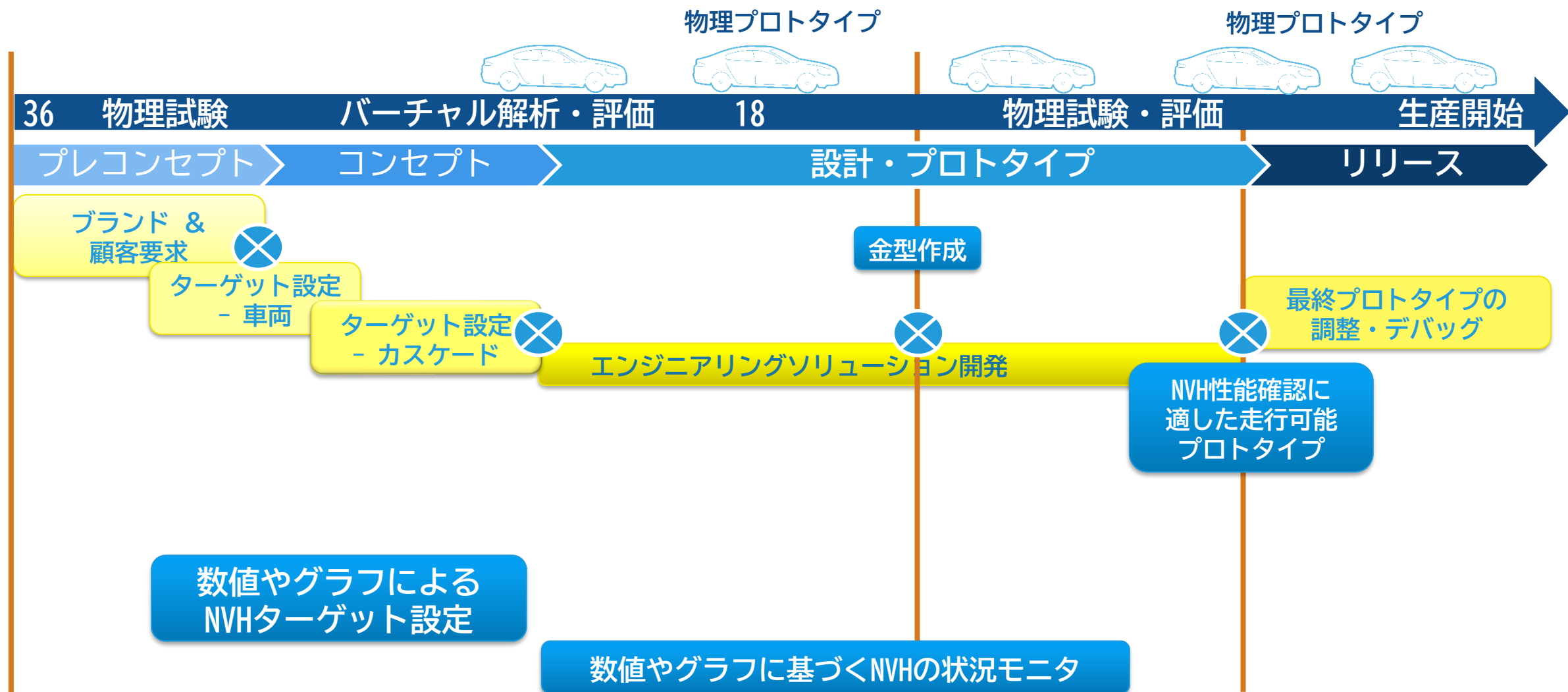


Source-Path-Contribution
(Transfer Path Analysis)

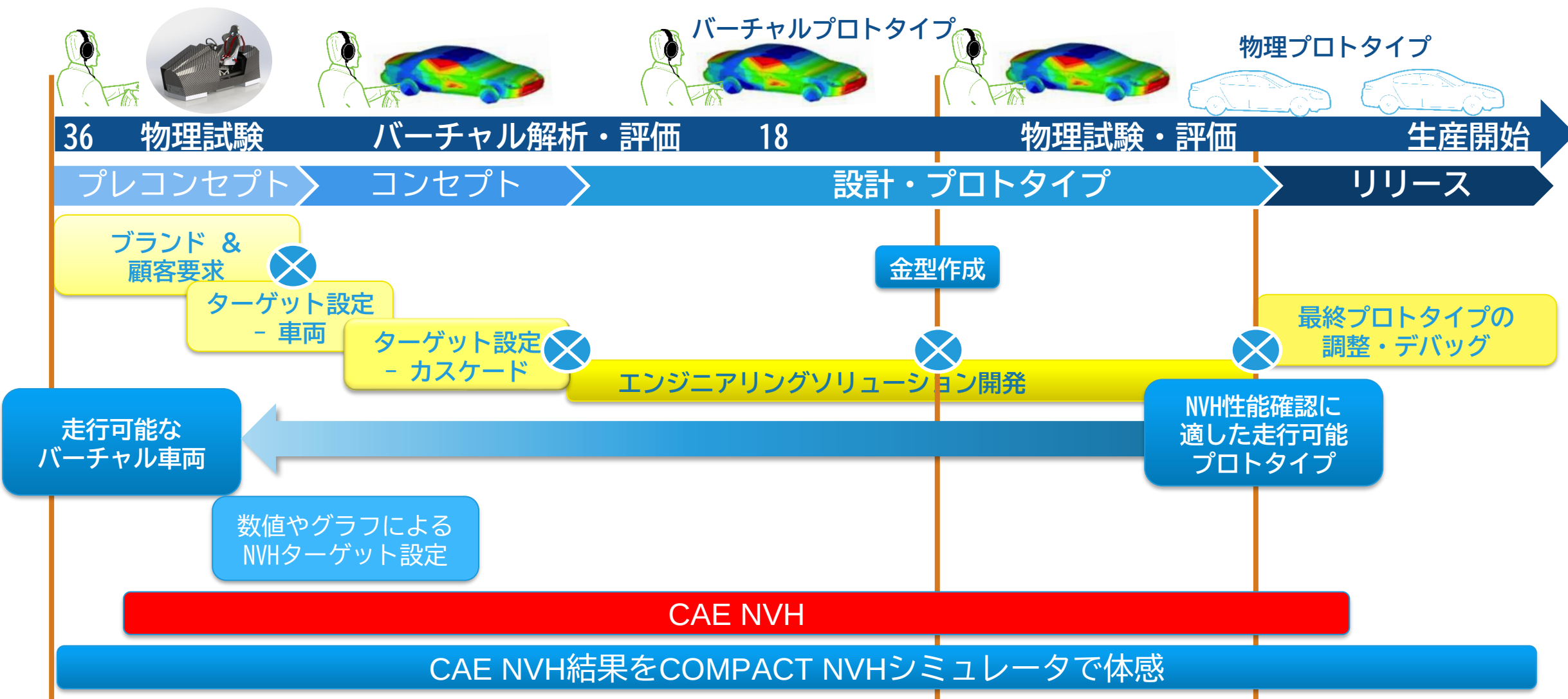


Structural Testing

従来の車両開発プロセス



VI-grade COMPACT NVHシミュレータによるNVHエンジニアリング

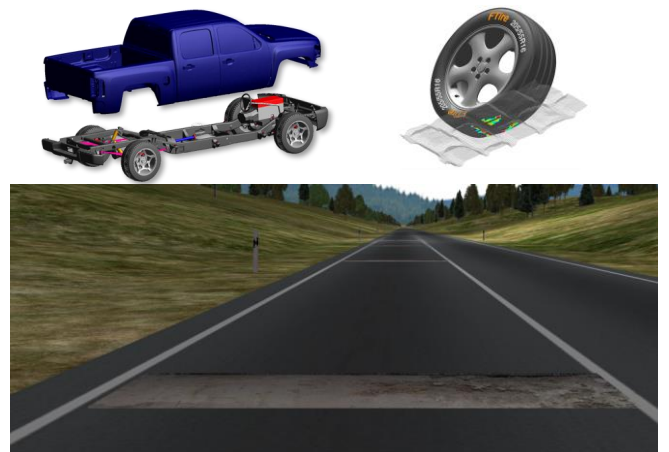


NVHシミュレータの活用事例

- ▲ メインの目的：
 - 物理プロトタイプに頼らないNVHエンジニアリング
- ▲ プロジェクト例：
 - サウンドと振動両方を含むベンチマーキング
 - 官能評価（主観評価）
 - ターゲット設定
 - NVHエンジニアリング
- ▲ 最新事例：
 - 突起乗り越し
 - ドライブラインNVH（ジャダー）



Multibody Model

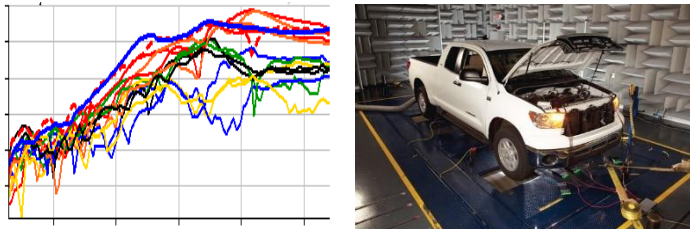


テストとCAEによるバーチャルプロトタイプのNVH評価

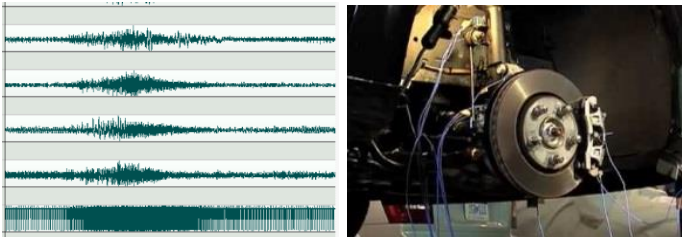
テストデータ



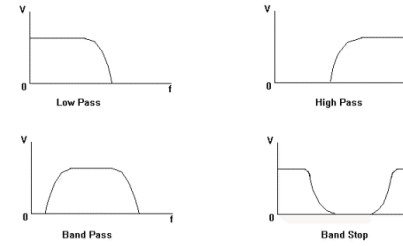
テストコースでの実車データ



システムテスト



サブシステムテスト



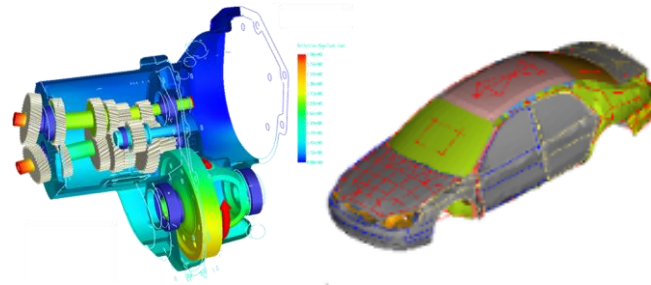
編集された伝達経路/フィルタ



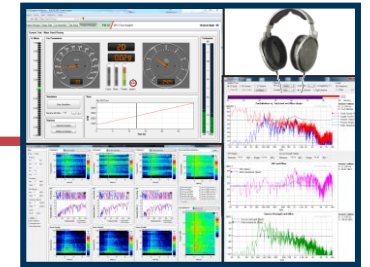
パワートレインモデル



フルビークルCAE



体感



サウンドの再生

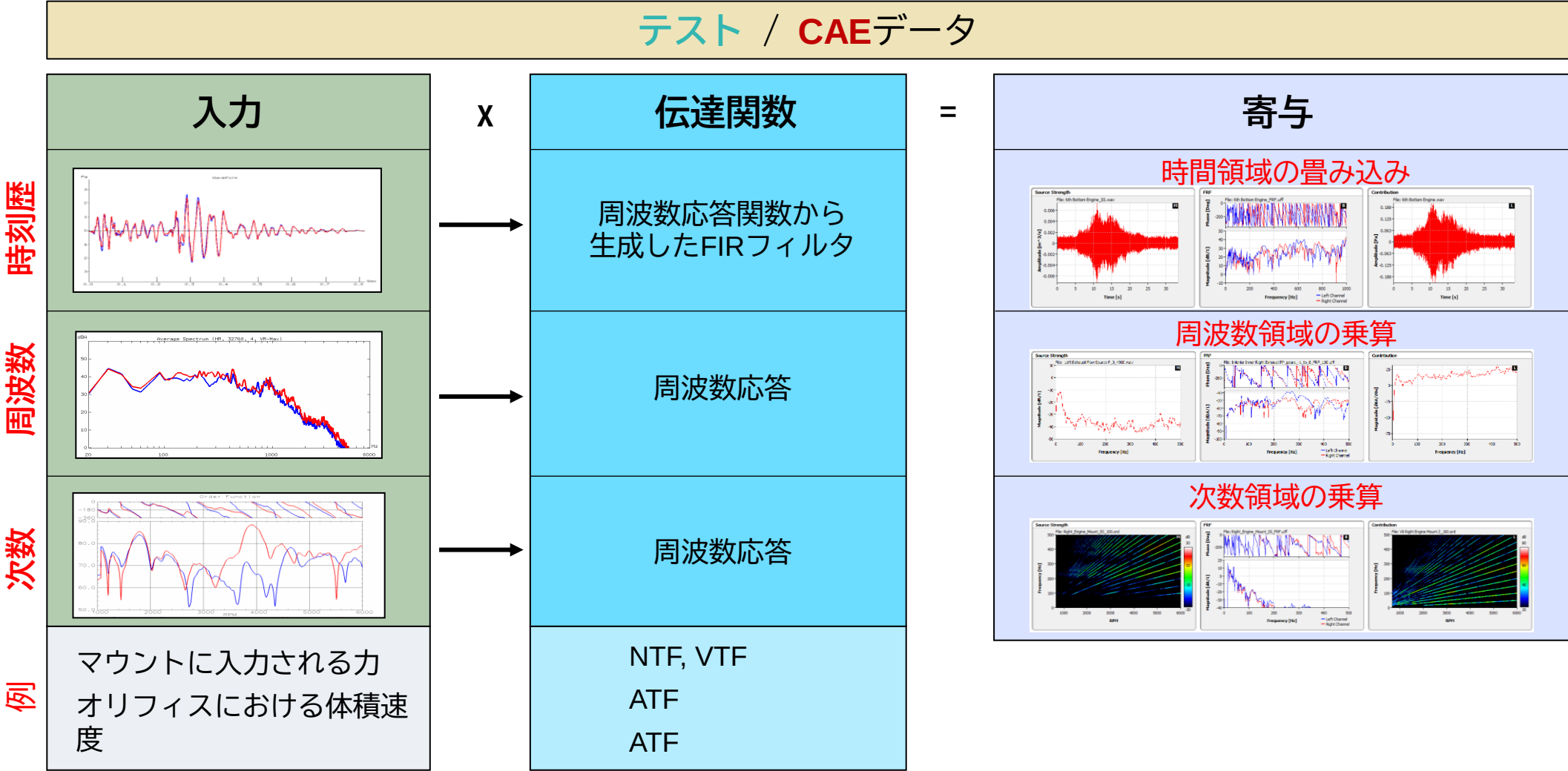


インタラクティブなサウンド再生



サウンドと振動の再生

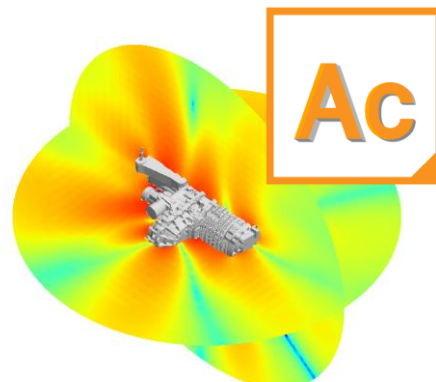
Source Path Receiverモデル



バーチャルパワートレインのNVH評価



マウントの力



音源強度

Ac

Actran



$$\frac{P}{F_1}, \frac{P}{F_2}, \dots$$



$$\frac{P}{Q_1}, \frac{P}{Q_2}, \dots$$

実測データ

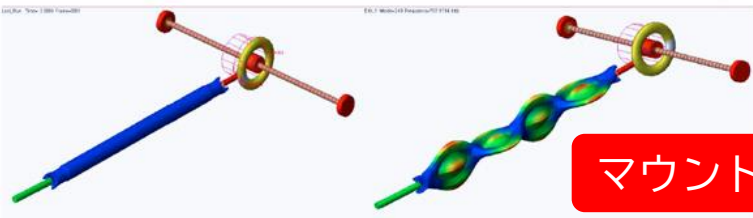


バーチャルプロトタイプ



ドライブトレインがた打ち音の可聴化

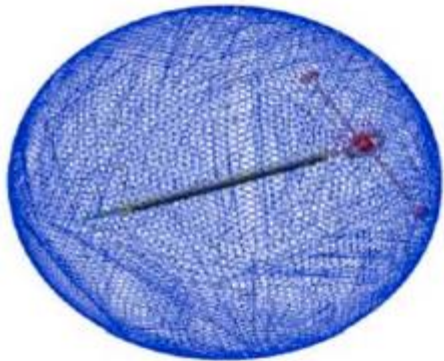
ドライブラインのマルチボディモデル



マウントの力

Source: MSC Software

音響モデル



音源強度

Source: MSC Software



$$\frac{P}{F_1}, \frac{P}{F_2}, \dots$$



$$\frac{P}{Q_1}, \frac{P}{Q_2}, \dots$$

実測データ

$$\{SPL\} = [H_{SB}]\{F\} + [H_{AB}]\{\dot{Q}\}$$

バーチャル車両



タイヤ試験スタンドを用いたタイヤノイズ合成

HBK タイヤ試験スタンド

Blocked Force用
周波数/時間領域SPC

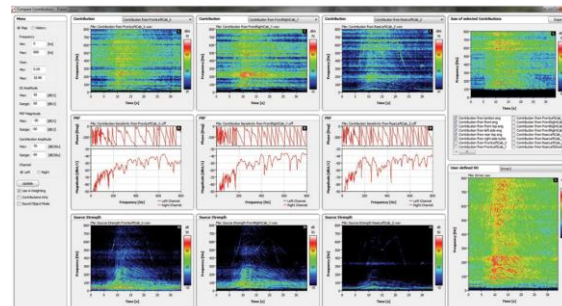
車両伝達関数



バーチャル車両

$$\dot{Q} = iFFT \left([H_{Source}^{Indicator}]^{-1} \right) * p_{indicator}$$

$$F = iFFT \left([H_{Source}^{Indicator}]^{-1} \right) * a_{indicator}$$



$$\frac{P}{F_1}, \frac{P}{F_2}, \dots$$

$$\frac{P}{Q_1}, \frac{P}{Q_2}, \dots$$

バックグラウンドノイズ
パワートレイン、風切り音



構造伝搬ロードノイズ評価

Ad

Adams

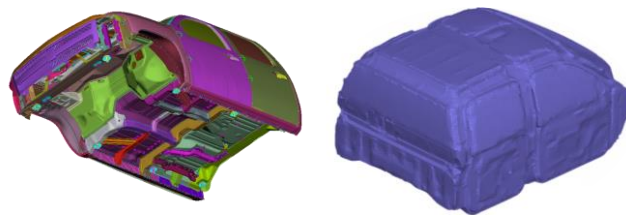
マルチボディシミュレーション



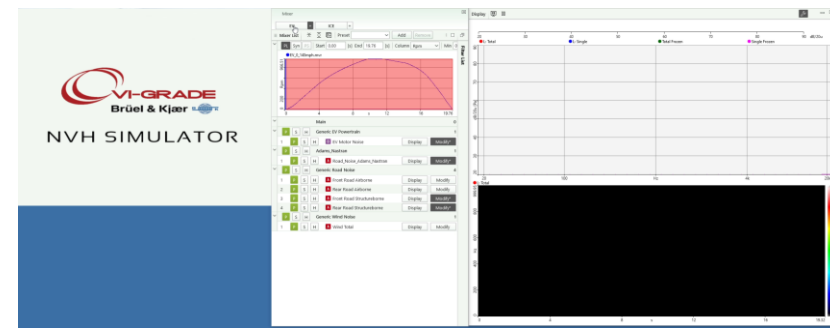
Na

MSC Nastran

有限要素シミュレーション

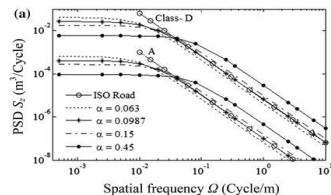


VI-grade NVHシミュレータによる
NVH評価

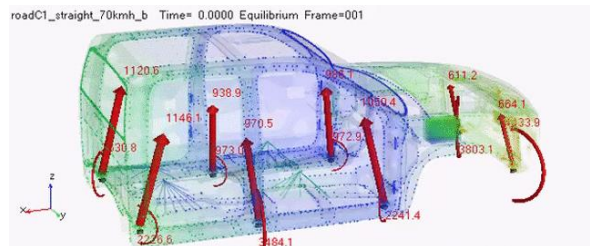


Ftire モデル

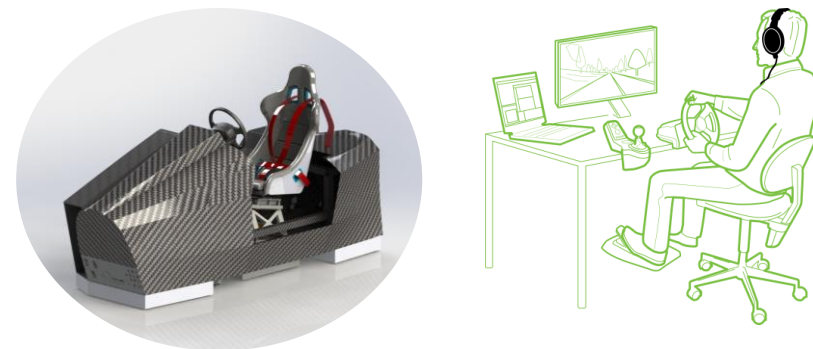
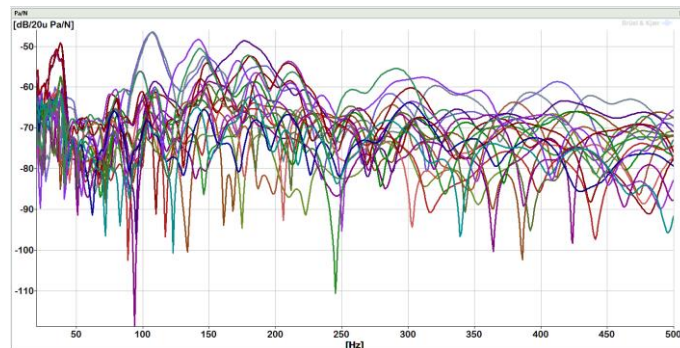
PSD ロードプロファイル



キャブマウントの力 - 6DOFs
10 から 110kph



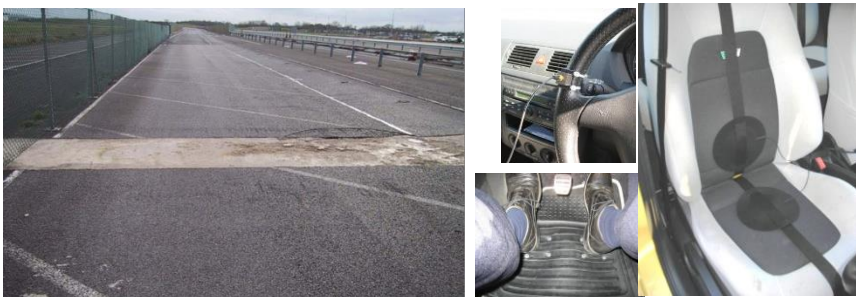
運転席耳位置、振動再現位置までの
伝達関数 (Pa/N, ms⁻²/N)



サウンドと振動の主観的な知覚
に基づいて設計を決定

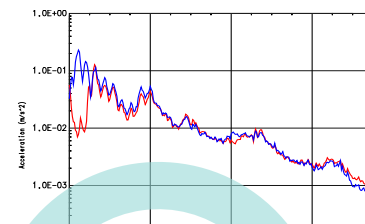
CAEデータを用いたNVH乗り心地評価

実車計測



FVSでの評価 (10 – 150 Hz)

FVS vs. Measurement

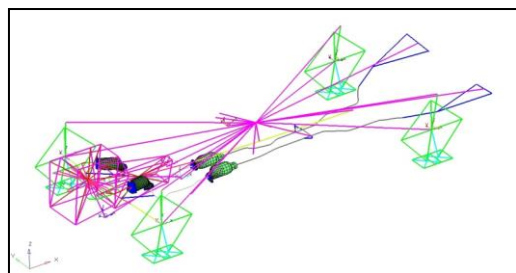


Mean Seat X, Y & Z

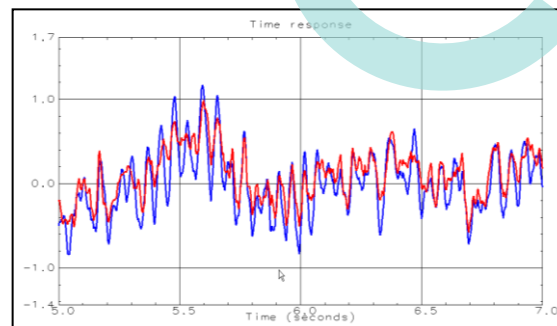

NVH SIMULATOR



コリレーション



CAEモデル



CAEでの設計変更 (マウント)

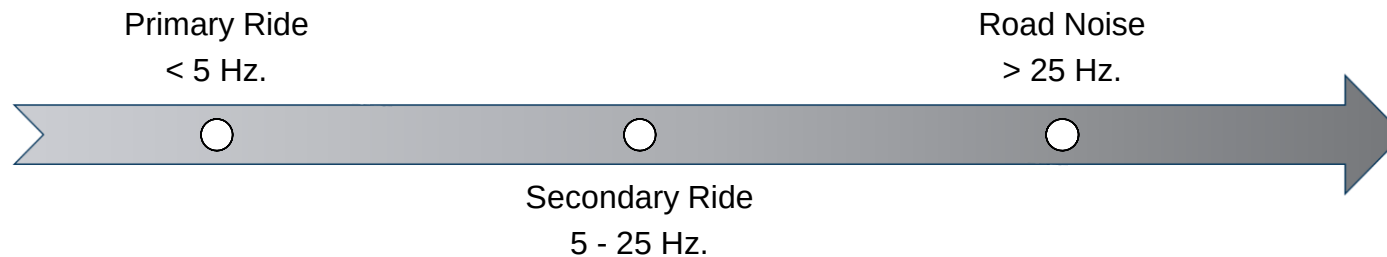
- ▲ サウンドと振動の主観的な知覚に基づいて設計を決定
- ▲ キーとなる設計パラメータを特定し、最適化することができる

乗り心地評価のための寄与解析

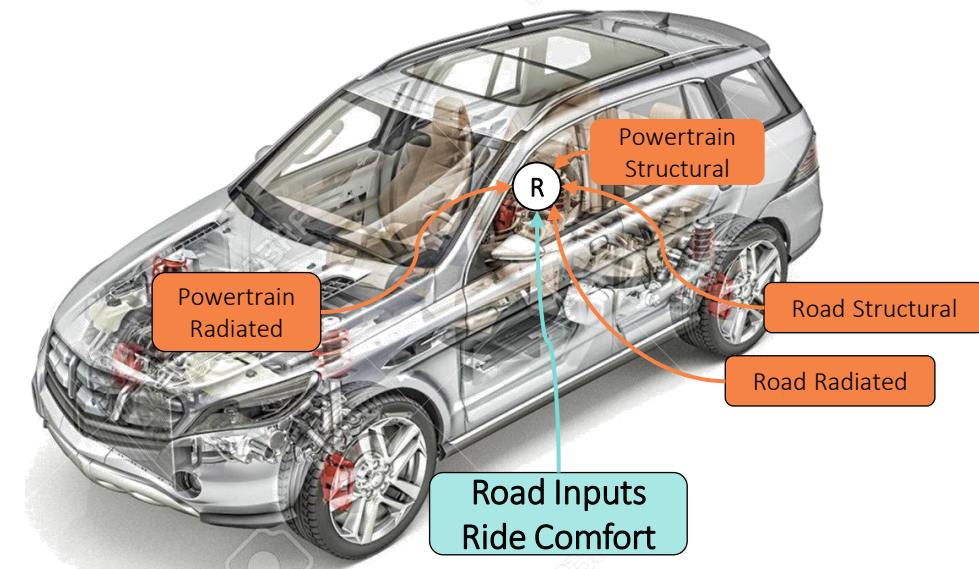
- ▲ 寄与解析（SPC, TPA）が、様々な音源、振動源からのレシーバにおける寄与を同定するツールとして使われている
- ▲ 各径路からの寄与は、力や音源強度などの入力と車体感度から計算される



- ▲ パワートレイン、ロードノイズ、その他のシステムを担当する振動騒音のチームでは、「乗り心地」は20 Hz以上の現象を示すことが多い



- ▲ これまで適用されてきた手法をさらに低い周波数に適用することで、乗り心地やSecondary Rideの現象などのにも拡張することが可能



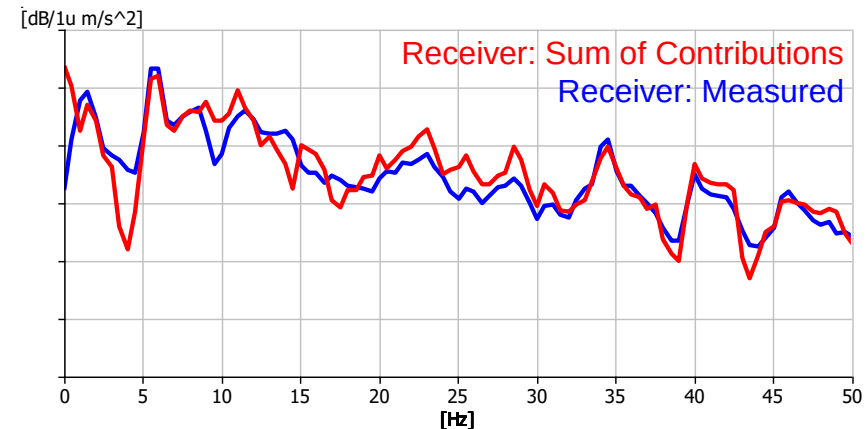
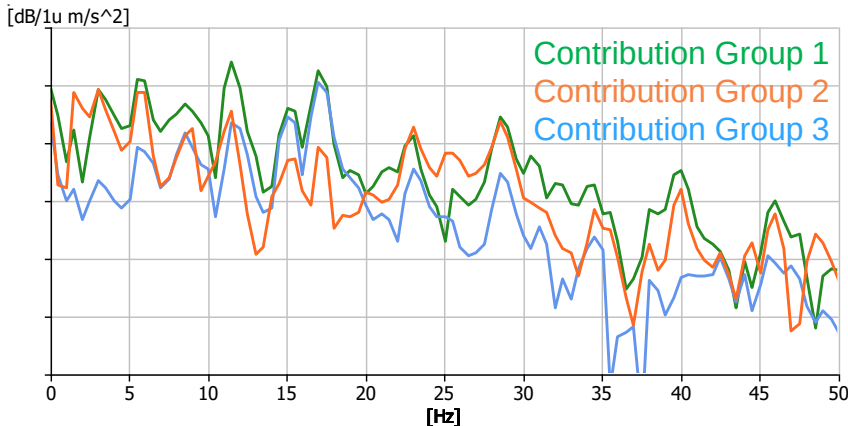
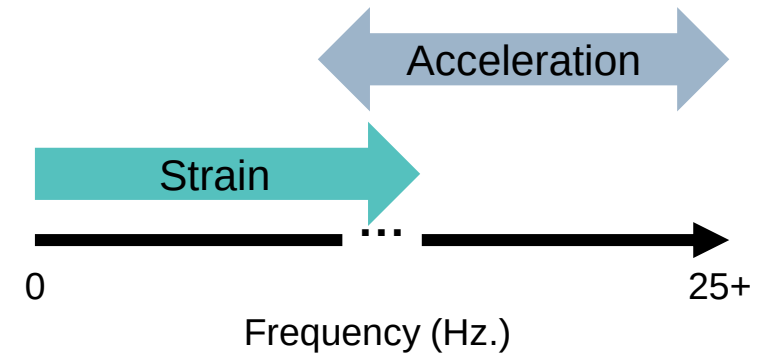
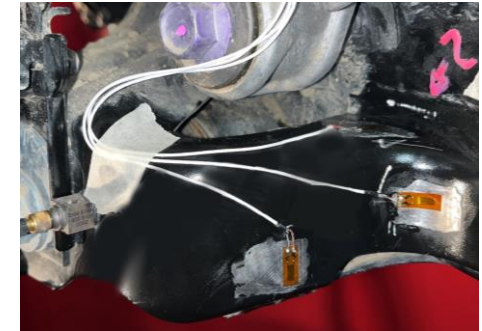
乗り心地評価のための寄与解析

▲ 入力同定に際し、複数のタイプのセンサーを使用

- 加速度ピックアップ: 従来からNVH評価で用いられている（中高周波数）
 - 低周波数では、構造は加速度ピックアップでとらえるのに十分なモードを持たないことがある
- ひずみゲージ: 低周波数における力の同定を補完することができる

▲ 寄与解析によって、乗り心地に関する応答に最も寄与する、重要な経路やシステムを特定

- 例：フロント/リア レフト/ライト サスペンション、アッパーアーム、ロアアーム、パワートレインなど



乗り心地評価のための寄与解析 – 応用例

評価指標の開発

- 乗員の主観評価結果と高い対応関係を示す客観指標を策定

ベンチマーク評価

- 競合と比較して、マーケットでの現在の状況を理解

ターゲット設定とそのカスケード

- 乗員の体感に対して、ターゲットを設定
- 入力と車両感度に切り分けて、サブシステムにターゲットをカスケード

トラブルシューティング

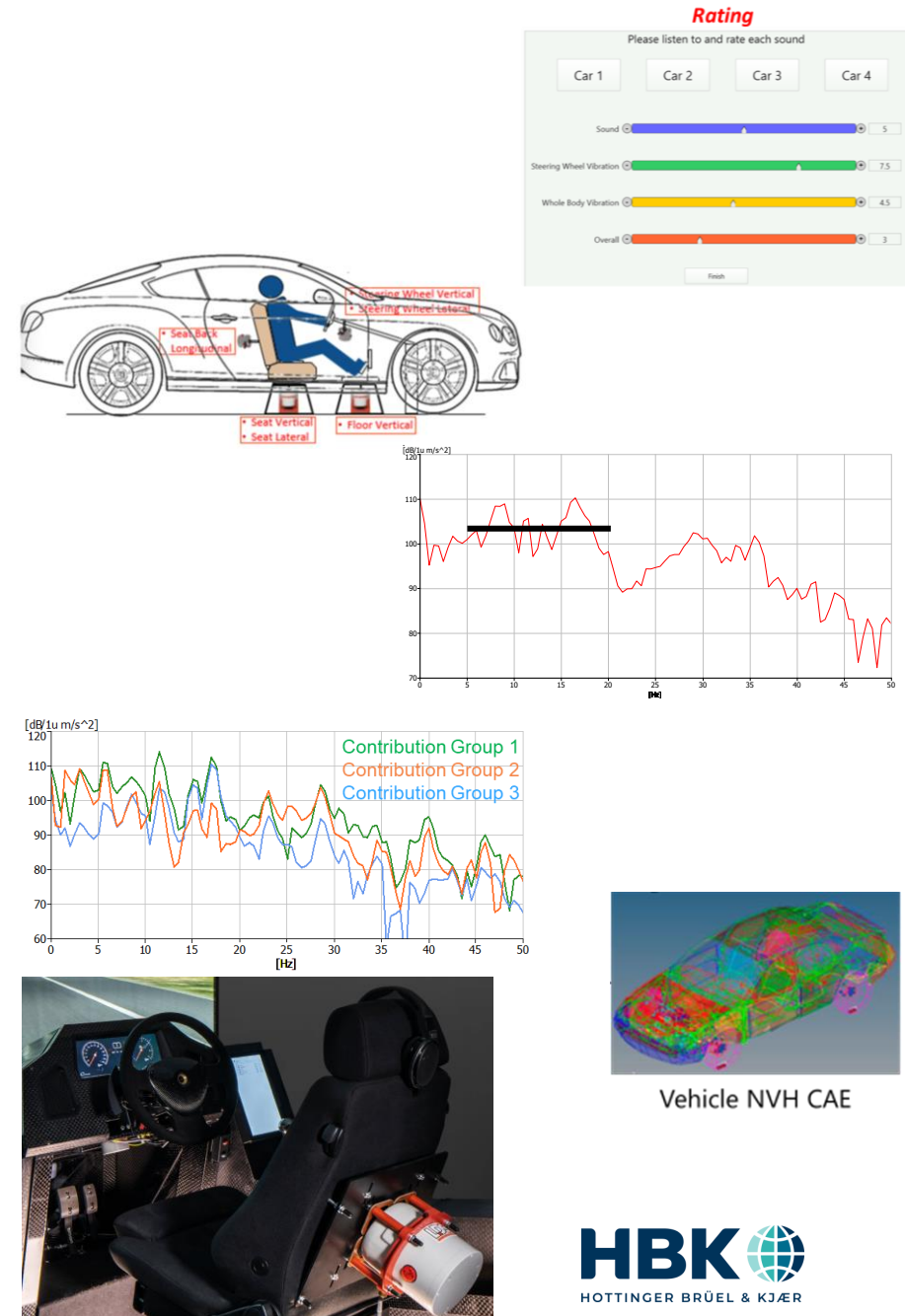
- キーとなる寄与の根本原因を分析

シミュレーション

- テストと解析データを統合して、新しいデザインの反復確認のバーチャル評価

官能評価

- シミュレータを用いた体感による評価



まとめ

- ▲ VI-grade NVHシミュレータを用いたNVHプロセスの改善の可能性を示した
 - CAEシミュレーションと実験データを組み合わせることで、バーチャルプロトタイプを構築し、物理プロトタイプのない中でのNVH評価を実現する
 - 人間が知覚することで判断がなされるサウンド、振動を、同期のとれた状態で、絶対レベルで提示することでより確実な意思決定を行うことが可能となる
- ▲ 実験、CAEシミュレーションも含め、HBKではNVHシミュレータを活用したお客様の課題解決を支援



Thank You

www.hbkworld.com

www.bksv.com

www.hbm.com



www.hbkworld.com | © HBK – Hottinger, Brüel & Kjær | All rights reserved

CONFIDENTIAL - EXTERNAL

