

Brüel & Kjær

magazine

ブリュエル・ケアーのインターナショナル音響・振動マガジン 2007年NO.1



NVH シミュレータ・サウンドエンジニアリングの集大成
ブリュエル・ケアー 2006年企業賞
最速の騒音マッピングパッケージ Lima

目次



Remy International社の選択はPULSE 04

実稼動振動形状解析 06

2250 Light 09

NVH開発プロセスの効率的な意思決定 10

音楽が大きくなれば、耳を貸します 13

いすゞ自動車 -ディーゼルエンジン騒音の低減 14

ブリュエル・ケアーが2006年企業賞を受賞 16

英国の研究により Lima が最速の騒音マッピングソフトウェアであることを立証 17

Limaによる ManchesterとMerseyside の騒音マッピング 18

音質評価とは? 20

全ての用途に対応したトランスデューサ 24

決定論的加振力における実稼動モード解析 27

管内法音響材料試験の強化 28

残響時間計測の過去と現在 30



Contributors

Vice President, Technology & Marketing: Lars Barkler
Editor-in-Chief: Thomas Køningsfeldt
Managing Editor: Sheelagh Kononenko
Job Coordinator: Jeanette Pilgaard
Layout: Katja Kastrup, Marlene Riis, Magnus Thorbøll Ørum-Hansen
Writers: Grahame Clinch, Svend Gade, Bernard Ginn, Peter Jesper Henning, Peter Hepworth, Niels-Jørgen Jacobsen, Oliviero Olivieri, Flemming Vestergaard, Jim Weir



Editorial

ブリュエル・ケアーは、単に騒音振動計測機器を製造するだけでなく、お客様の意思決定や設計プロセスの初期段階から必要とされる会社へと進化しています。例えば、私どものツール、NVHシミュレータは、技術者やマネージャの意思決定プロセスを改善し、可能な限り初期段階において確実に正しい決定がなされることを保証します。事実、ブリュエル・ケアーの技術的ポートフォリオは(10ページ参照)、NVHシミュレータだけでなく、音質評価、官能評価、発生源経路寄与解析(SPC)などを含み、ブランドの定義から詳細設計までのすべてのNVHプロセスをカバーしています。シミュレーションとモデリングツ



スデューサの開発といった、斬新な研究と開発を最優先に進めてまいります。

社長
Karl Kristian Hvidt Nielsen



2250型ハンドヘルドアナライザ

ルは、お客様の時間と予算を節約し、目標達成を可能にします。環境騒音管理の分野において、私どもの計算システムLimaは、将来の騒音レベル予測や代替案との比較検討が必要な場合の実用的かつ適切な方法です。このLimaは、環境騒音予測の市販品の中で、最もパワフルで柔軟性に富む計算ソフトウェアパッケージであり、英国の研究によれば、最速です(17ページ参照)。Limaはソフトウェアモデリングと物理試験をシームレスに統合したユニークな製品であると誇りに思っております。

効率改善は生産性の改善と同義語ですが、ブリュエル・ケアーでは、精密かつ正確な測定を究極的に達成するという目標をかかげております。例えば、PULSE 最新のデータ収集分析プラットフォーム、2250型ハンドヘルドアナライザプラットフォーム、さらに広範囲なトラン



環境騒音計算マッピングソフトウェア Lima (上) とデスクトップNVH車両シミュレータ (下)

PULSEデータ収集分析プラットフォーム



Remy International 社の 選択は PULSE



3軸測定は、時間波形、FFTスペクトル、フォータフオール、オーバーオールレベルのRPM変化を示す

Remy International社(旧Delco Remy International社)は、全世界で展開している10億ドル規模の会社です。自動車、軽トラック、中型トラック、大型トラック、オフロード大型トラックのための、パワートレイン/ドライブトレイン、関連部品の、設計、製造、再製品化、販売を行っています。その製品は、スターターモータ、交流発電機、ハイブリッド推進モータ/ジェネレータ、エンジン、トルクコンバータ、燃料系統に及びます。Remy International社は、世界規模でアフターマーケットとOEM市場に製品を供給しています。



Greg Holbrook氏:Remy社の振動試験エンジニア

米国インディアナ州アンダーソンに世界本部、さらにアジアとヨーロッパにテクニカルセンターを有するRemy International社は、ブリュエル・ケアーPULSE™システムを同社の全社標準の音と振動測定の現地調査用システムとして選択しました。

グローバルコンピタンス

Remy社の製品には、耐久性と騒音規制を満たすための強力なNVH性能が要求されます。Greg Holbrook氏は、Remy社世界本部の振動試験エンジニアです。Krzysztof Jodlowski氏は、Remy社ヨーロッパのテクニカルセンターで、NVHチームを率いています。Remy社韓国のテクニカルセンターでは、Ik-Pil Park氏がNVHチームのリーダーです。

Greg氏はコメントします。「NVHは製品の差別化のキーであり、NVH性能は自動車メーカーや大型車OEMにとってきわめて重大です。このことから、我々はコンポーネントレベルだけでなく車両全体の試験を実施し、競合相手の製品に対して自社製品のベンチマークを行います。」

「我々のコアビジネスは交流発電機とスターターモータですが、現在ハイブリッド車の電気駆動系にもさらに力を入れており、そのために新しい試験への挑戦が求められています。」

PULSE

Greg氏は続けます。「私たちは2年前、米国、ポーランド、韓国の研究室のために、新しいNVH試験設備投資を決めました。共通の試験手順を使用して、3拠点間でテストデータとプロジェクトを簡単にやり取りするために、共通のプラットフォームを望んでいました。私たちの要求に応えられるテストと分析手法を調査し、チームの決定に基づいて、長期のNVHプランに最もよく合うと思われるPULSEの購入を決めました。決定に際し、携帯性、バッテリー駆動、コストパフォーマンス、効果的なソフトウェア保守契約という4つの要素がありました。」

「PULSEの主要なメリットの1つは、私たちの主な用途はポスト処理ではありませんが、私たちが、リアルタイムに試験を見たいという要求を満たすところにあります。これらの試験はオーダー分析、回転数、オーバーオール対速度、ピークホールド、およびパワースペクトル密度(PSD)を含みます。」とGreg氏は言います。



試験パラメータ

交流発電機において、主要な要因はベアリングノイズ、ファンノイズおよびアイドル時の高い電気ノイズであり、最近の多くのスターターモータは基本周波数だけでなく、より高い次数のノイズを発生させる減速ギアです。

またRemy社は、耐久性に影響を及ぼす車両振動についても注力しています。試験データは、異なる路面とコースにおいてPULSEで走行中に記録されます。また、この生データは耐久性試験の際に加振器の駆動に用いられます。



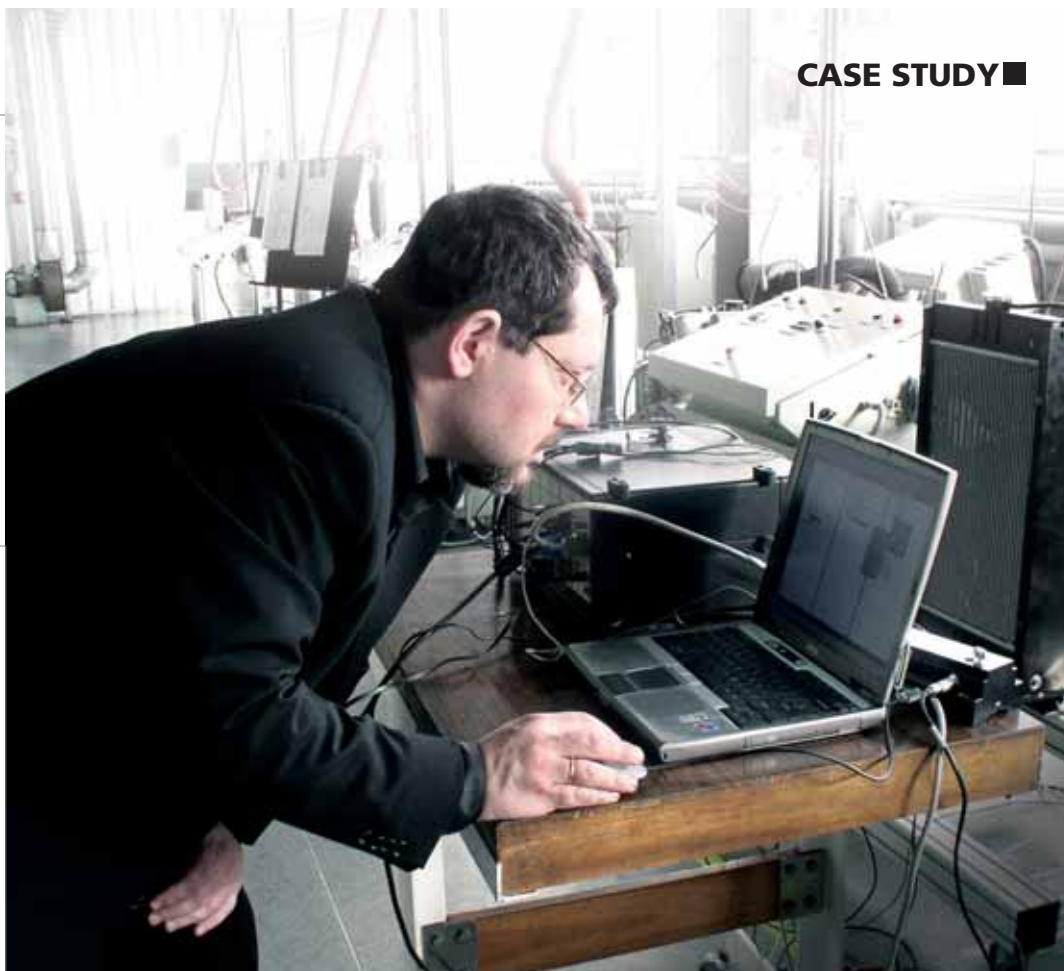
「PULSEは、我々が望み、期待した全てを実現しており、非常にうれしく思います。」

ポーランド

ポーランドのRemy社はスターターモータと交流発電機を製造しており、その多くは世界的に販売されています。

Krzysztof氏は言います。「研究開発において、私たちは仕事の多くを耐久性テストに注力しています。NVHテストは通常、生産ラインから抜き取られた製品に対して実施しますが、シミュレートされた耐用期間が経過した後も実施されます。さらに、これらの試験は私たちのお客様、私たち自身、そして規格によって定義されます。試験は、NVH性能を予測に関連付けるデザイン/実証段階で、特に重要となります。」

「さらに、OEMはスターターモータノイズにさらに重点を置いています。スターターモータノイズは、単にオーバーオールレベルだけでなく、音質に関する問題です。それゆえ私たちは200Hzから20kHzまで測定します。試験効率を最適化するため、私たちは振動レベルも同時に測定します。すべてのデータがPULSEに記録され、そのままPULSEでポスト処理できます。」と、Krzysztof氏はコメントします。



実例

エンジン始動時のNVHプロファイルをチェックするとき、ポーランドの12チャンネルPULSEシステムでは以下をモニターします。

- ・ エンジンブロック、フライホイールハウジング、スターターモータのフレーム振動
- ・ 関連した2ヶ所のノイズ
- ・ 回転数
- ・ 電流、電圧およびバッテリー電圧

すべての動的チャンネルと静的チャンネルのデータは記録され、ポスト処理されて、標準書式の報告書に添付されます。

「PULSEは莫大な試験の可能性を持っていますが、非常にフレキシブルで、簡単に使用できます。リアルタイムにデータを見ることができ、試験の必要性の変化に応じて、PULSEのチャンネル数を拡張することができます。」と、Krzysztof氏は付け加えます。

Remy社ヨーロッパのテクニカルセンターも米国と同様に、ブリュエル・ケアーのマイクロホンと加速度ピックアップを使用しています。「簡単かつ迅速に試験準備をし、誤りを最小

Krzysztof Jodlowski氏は、Remy社ヨーロッパテクニカルセンターのNVH事業を率いています

限にとどめることができるので、私はTEDS機能がとても好きです」と、Krzysztof氏はコメントします。

PULSE - 今そしてこれから

Greg氏は結論づけます。「PULSEは、私たちが望み、期待した全てを実現しており、非常にうれしく思います。PULSEは使いやすく、試験テンプレートも作りやすくなっています。すべての拠点のPULSEシステムは、グローバルにつながれたPULSE データマネージャを持っています。PULSEデータマネージャは、テストデータとレポートの保存、検索、比較を行う際に、非常に優れています。」

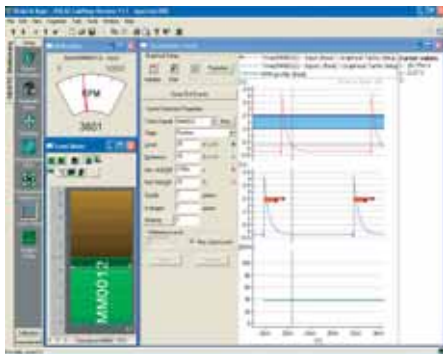
「3つの研究開発拠点におけるローカルサポートは徹底しています。しかし現在、音質にも注目しており、まだ完結したわけではありません。また、耐久試験中の振動の影響をチェックするための、OMA（実稼動モード解析）にも興味が集まっています。」

実稼動振動形状解析 - 構造系エンジニア向け多目的ツール

実稼動振動形状解析(Operating Deflection Shapes; ODS解析)は、構造力学の中で最も用途が広いアプリケーションの一つです。さらに、シンプルな実験セットアップ、簡単に行える測定、迅速な結果、および最新の測定技術によって、ODS解析は構造系エンジニア用ツールの中心的なツールといえます。

ODS解析は、Operating Deflection Shapesと呼ばれるように、実稼動状態における実際の境界条件における構造の振動パターンの特長とその可視化のために使われます。これは、構造の着目(計測)ポイントにおいて、絶対値またポイント間の相対値によって、どのように運動しているかを示します。ODS解析は、強制加振力や共振応答による構造全体の動的応答を含むため、その絶対値による動的挙動の理解と評価のために、大変役に立つ情報が得られます

一般にODS解析は、騒音や振動の測定値を基準値と比較することで、その構造を修正する必要があるかどうかを決定するために使用されます。ODS解析は、過度の騒音と振動を特定すること、回転や構造に起因する騒音と振動現象を分離すること、構造共振がどのように励振されるかまたは臨界速度に到達する



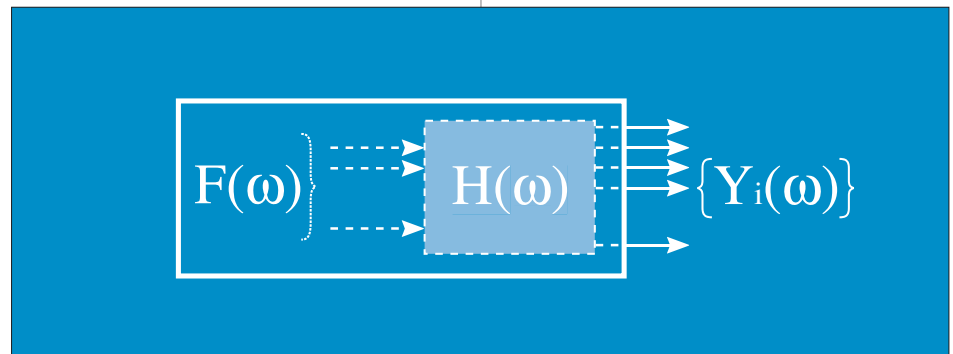
オーダートラッキング用タコ信号は、Graphical Tacho Setupを使って簡単に条件設定できます

かを観測すること、構造振動に騒音放射を関連付けること、有限要素モデル(FEM)の応答予測を検証することに使用されます。

実稼動条件は、周辺環境の変動やエンジン回転、負荷、流れなど時間により変化し、構造の物理特性(質量、剛性、減衰)も例えば温度変動により測定中に変化します。ODS解析の主な利点は、それが信号解析に基づく手法であるため、すなわち振動応答だけを測定するだけで良いということです。いかなる加振入力を仮定することなく、またどのような構造の数学モデルを作成するわけではありません。その結果、振動応答は実質的に定常であっても非定常であっても問題ありません。これは、制御された加振入力を与えられるような、構造の時不変線形モデルを仮定する実験モード解析のためのシステム解析と、正反対の考え方です。

ODSの測定は、固定または移動させる応答用センサーと参照用センサーを用いて、異なる自由度(DOF)にて行われます。自然な周囲環境のなかでは自励加振が使われるので、シェーカーやインパクトハンマーは必要とされません。

ODS解析は、3つの主要カテゴリ - 時間ODS、スペクトルODS、ランアップ/ダウンODSに分類できます。



応答信号 $Y_i(\omega)$ だけを測定します。加振入力 $F(\omega)$ や数学モデル $H(\omega)$ を仮定しません。

自動車エンジンのランアップ/ランダウン
ODS解析の準備



時間領域ODS解析

時間領域ODS解析では、振動パターンは一定の周波数レンジ内で時間関数として決定されるため、その分析対象全ての周波数成分に対する振動パターンが与えられます。時間領域ODS解析は最大変形の領域を特定するために非常に役立ちます。振動データをフィルタ処理や時間領域で編集することによって、問題領域を絞り込み、さらに詳細研究を行うことができます。

時間領域ODS解析は、あらゆるタイプの信号を扱うことができるので、過渡現象、非線形システムの挙動や、周波数変動分析などに独自に適用されます。しかし、時間領域ODS解析は、分析対象全ての周波数成分の振動パターンを提供する場合と同様に、定常信号の分析にも非常に有効です。

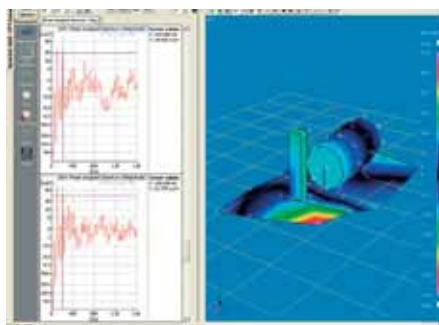
時間領域ODS解析は、各自由度のすべての時刻歴を同期アニメーションすることが基本であるため、シーケンシャル(順次の分割)計測では再現性を得ることが困難なことから、通常すべての自由度は同時に測定されます。しかし、場合によってはオーダートラックや同期トリガーを用いて、再現性を得ることができます。

スペクトルODS解析

スペクトルODS解析は、特定の周波数や次数成分に対する構造の振動パターンを調べるために使用できます。よって「離散的」振動パターンが得られます。

FFT分析に基づくスペクトルODS解析は、周波数成分が一定値に固定されている場合に使用することができます。わずかに変動する周波数の場合では、周波数成分の不鮮明さを取り除くためにオーダートラックが使用されなければなりません。スペクトルODS解析は、一定速度で稼働するように設計された機械の分析に向いていますが、避けられない速度変動の問題が残ります。スペクトルODS解析は、例えばアンバランス、シャフトのミスアライメントやガタなどがもたらす、機械の磨耗を調べるために、大変役に立つトラブルシューティングツールです。

一定の周波数や次数に対するODSを計算するために様々なテクニックが存在しています。それには自己スペクトル、相互スペクトル、伝達関数、位相付きスペクトル(Phase-Assigned Spectra; 以下PAS)が含まれます。どのような場合でも、その目的は、周波数や次数に対して、各自由度の振幅と個々の応答自由度と参照自由度間の位相を抽出するために、解



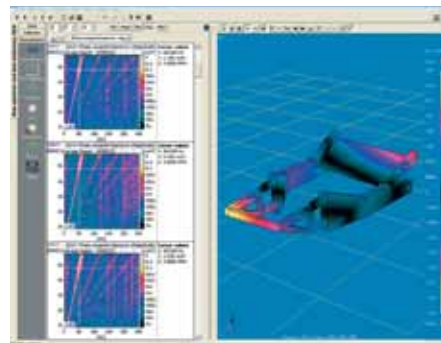
FFTベースのスペクトルODS解析。
位相付きスペクトルからピークピッキング法を用いたカラーコンタアニメーション

析を行うことです。しかし、その方法は、複数の測定データセットを使って順番に行う場合に、必ずしも信号レベルの安定性は堅牢ではありません。この場合には、最良の解決策はいわゆる比率ベースの位相付きスペクトルを使うことです。それは、全データセットで平均された参照オートスペクトルの総計値で、それぞれのデータセットについて計算された個々のPAS関数をすべてスケールリングすることで得られます。この方法で、統計的に最も良い結果が得られます。

スペクトルODS解析の異なる周波数成分(周波数や次数)についてのODSは、簡単なピークピッキング法によって抽出されます。その結果、各成分におけるODSはシェープテーブルに示され、ジオメトリモデルによってアニメーションされます。

ランアップ/ダウンODS解析

ランアップ/ダウンODS解析はスペクトルODS解析を拡張したものです。これは、回転速度の関数として特定の次数成分に対する構造の振動パターンを調査するために使用されています。これはエンジンテストベンチや大型機械のランアップ/ダウン分析に広く使用されます。



ランアップ/ダウンODS解析。
コンタープロットによる周波数と次数のカラーコンタアニメーション

次数成分は、プリスライスとして事前定義、およびまたはポストスライスとして、例えばコンタープロットやウォータフォールプロットから、抽出することができます。プリスライスは通常既知の構造に対し使用されますが、ポストスライスは未知の構造に対して、またはポスト分析が必要な場合に使用されます。どちらの場合も、ODSはスペクトルODS解析と同様の方法で計算され、計測は、同時または順番に実施されます。

オートトラッキング

スペクトルODS解析とランアップ/ダウンODS解析においてオーダートラッキング(次数比分析)を使用する場合に、良い信号条件のタコ信号を得ることが正確な基本周波数情報を提供するために重要です。しかし、多くの状況下で、例えば、密閉エンジンや狭い空間に配置されたエンジンで、直接にタコ信号を利用することが不可能、または取り出すのが難しいことがあります。

また、タコ信号にはノイズが多いため、適正なコンディショニングができない、またはタコ信号に抜けが発生することが

あります。このような場合に、専用タコプローブを使うことは、潜在的な干渉の問題や安全規則のために、しばしば許されることがあります。そのような場合では、オートトラッキングが唯一の実行可能な解決策であるかもしれません。

オートトラッキングは、ブリュエル・ケアーのリアルタイム周波数トラッキング手法です。これは、基本周波数がタコプローブ信号から直接取り出されるのではなく、振動や騒音の測定信号から間接的に抽出されます。その原理は、ベイジアン統計手法に基づく独創的で堅牢なアルゴリズムを使用しています。基本周波数(f_0)の事後分布を、測定データ(d)と信号の高調波モデル(h)を条件として、計算します。

$$p(f_0^{(n)} | f_0^{(n-1)}, f_0^{(n-2)}, f_0^{(n-3)}, \dots, f_0^{(n-N)}, d, h)$$

オートトラッキングの基本原理。

n = レコードインデックス。

N = 過去のレコード数。

オートトラッキングには、伝統的なタコメーター手法と比べて多くの利点があります。以下がその利点です:

- ・ 回転部品への直接アクセスの必要がない
- ・ 専用タコプローブやタコ信号チャンネルの必要がない
- ・ 使い易さ(タコプローブの取付け不要)
- ・ 安全対策の軽減化

オートトラッキングと組み合わせたODS解析は、非正常信号の条件における構造現象を調べるための強力な解決手段です。

ブリュエル・ケアーのソリューションできるだけ短時間で正確な結果を得るためには、使いやすく、効率的で、強力な装置を必要とします。ブリュエル・ケアーは、ODS解析、古典的モード解析、および実稼動モード解析のための、実験の準備とセットアップからデータ計測と分析を経て、最終結果の検証と報告までという、構造系の実験計測チェーンに必要な、あらゆる接続をカバーする広範囲なソリューションを提供します。

詳細は、www.bksv.comへアクセスするか、地域の代理店にご連絡ください。ブリュエル・ケアーは、お客様の構造力学系業務を支援するために、広範囲な技術文献、トレーニングコース、および製品情報を提供いたします。



ODS解析は船舶のエンジンのような大きな機械に対する振動解析のコアツールです

2250 Light

もしあなたが職場での騒音、環境騒音、製品騒音などを計測に携わり、周波数分析やロギング機能のある2250型に似たサウンドレベルメータをお探しならば、2250 Lightが最適です。あらゆる規格に対して、パワフルなサウンドレベルメータである2250 Lightは、2250型プラットフォームの多くの技術的特徴を共有しています。

120dBの広いダイナミックレンジは最高の騒音計に必須の機能です。また、ユニークなタッチスクリーンインターフェースは、今回、コントラストの高いモノクロディスプレイとなりました。2250 Lightは、測定を行ったプログラムや結果の保存用として32Mバイトの内部容量があり、またオプションでSDカード、CFカードの両方が使用できます。USBインターフェースとBZ-5503型ユーティリティソフトも2250型から継承されたもので、このソフトウェアによって測定結果の保存と閲覧を簡単に行えます。

測定については、USとEU/ISOの測定規格に適合する、全ての労働衛生パラメータを利用できます。L_{eq}の最大値と最小値測定のために、同時に2つの周波数重み付け特性を選択し、ピーク値検出にも独立した周波数重み付け特性を設定できます。また、同時に全ての統計分布も測定できます。

追加可能なオプションソフトとして、ロギングソフトウェアのほかに2種類のリアルタイムフィルタがあります。オプションのロギングソフトウェアの、2段構成のユニークなプロファイル画面によって、サウンドレベルの時間変化を示すために、全プロファイルと特定の詳細プロファイルの評価が簡単に実施できます。1/1オクターブバンドフィルタは、作業場の騒音、騒音制御、設置の騒音測定のために効果的です。一方、1/3オクターブのオプションフィルタは、より詳細な製品のノイズ診断や、環境騒音の評価を実現します。ご使用中の2250 Lightに、ロギン

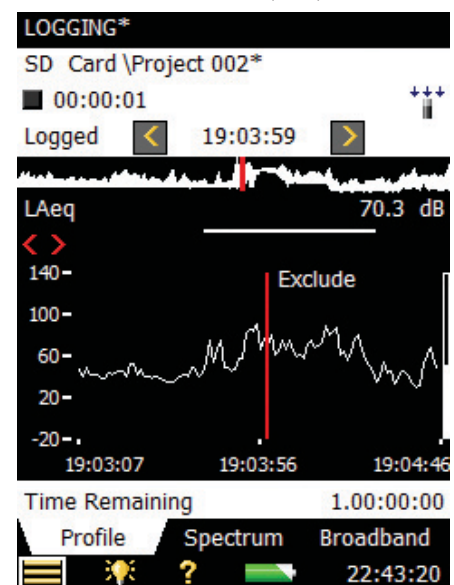


グソフトウェアと2種類の周波数分析のどちらか、または両方がインストールされていれば、オプションソフトウェアは強固に連携し、測定能力は広がります。

トレードインオプション

さらに、他の騒音計にはない特徴として、2250型にトレードイン(下取り交換)オプションが用意されています。2250 Lightを購入して数年使用した後に、2250型へのアップグレードをする場合、お持ちのハードウェアの50%で引き取ります。2250 Lightによって、多くの方々が、簡単、安全、賢明な設計の2250型プラットフォームをご利用いただけます。 ■

ロギングプロファイルと Exclude(除去)マーカの表示



NVH 開発プロセスの 効率的な意思決定

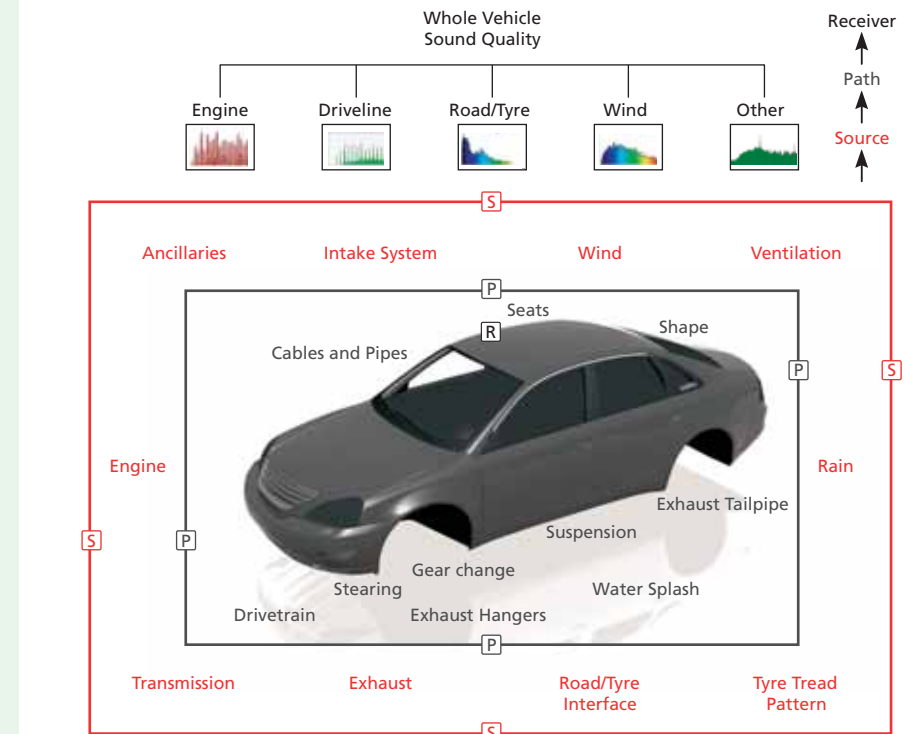
下図:フルビークルにおける
音質寄与の考え方

自動車開発におけるNVH(Noise Vibration Harshness)性能の開発は、多くの異なる要因と要求を考慮する必要があるため、もっとも困難なプロセスのひとつです。プロセスへの入力、お客様の意見からCAEモデルの解析結果までの、非常に多くの範囲に及びます。その課題は、専門家と非専門家を同様にそのプロセスに取り入れることができるため、利用可能な音と振動のデータの解釈が可能になり、車両開発プログラムに携わる他者とのコミュニケーションを可能にする、プロセスを実現することです。これにより、正しい意思決定を車両プログラムの可能な限り早期に、すなわち、時間と労力の低減をもたらします。

ブリュエル・ケアーの自動車関連ソリューションのビジョンは、お客様がコンポーネント、システム、車両において、そのターゲットを達成することです。そのためブリュエル・ケアーは、NVHプロセスのすべての段階、ブランド決定から詳細設計までにおいて使用できるツールを提供するため、そのサウンドエンジニアリング製品を拡張しました。このサウンドエンジニアリングツールには、Sound Quality(音質評価)およびJury Evaluation(官能評価)といった良く知られたツールと、最新のツールであるSource Path Contribution(発生源経路寄与解析)およびNVH車両シミュレータも含まれます。

音質 - お客様の要求

従来、お客様の好みをNVHプロセスに取り込む方法として、主観評価試験がおこなわれてきました。これらの試験は通常複数の被験者によりリスニングルームで行なわれます。選択された音が被験者に提示され、被験者はそれに対する好みを表明します。ラウドネス、シャープネス、ラフネスなどの心理音響メトリクスの線形結合を用いて主観的な意見をモデル化します。この方法は、特にコンポー



ネットについて、非常に良く実証されてきました。シートベルトリトラクタの製造ライン試験はその良い例です。車の購入を検討している人が新車を試乗するためにショールームへ行った際に、最初に車の質を知覚するのはドアの開閉音でしょう。つづいて知覚するのはシートベルトリトラクタの音でしょう。その音はラフでしょうか？それともスムーズでしょうか？良くない音質はお客様の関心を他の車に向けさせ、販売の機会を失うことになります。

リスニングルームでの主観評価試験はコンポーネントの音質評価にとって適切ですが、複雑な運転状況下における評価、例えばスーパーチャージャを変更した場合の音の評価などは制限が生じます。第1には、主観的決定に影響する車に対するインタラクティブティ(双方向的活動)が欠落しています。ドライバの振る舞いは考慮されませんし、コンテキストのフィードバックもありません。第2には、準備に非常に労力を要するため、限られた運転条件(アイドル、定速、全開加速など)しか提示することができません。また、それぞれの音源の寄与、およびその変更結果も聴取する



デスクトップNVHピークルシミュレータ

ことができません。第3には、意思決定プロセスにおいてそれぞれの評価者の意見をまとめることが困難です。

現実のお客様はNVHの専門家ではないため、どの音が不快で、どの音が魅力的なのかを客観的に記述して採点することはできませんが、与えられた選択肢に対して好みを表明することができます。ブランドマネージャおよびマーケティングマネージャはどの音がお客様を満足させるのを知る必要があります、車の造形を設計するように、音も設計を行う必要があります。NVH工

エンジニアおよびデザイナーは、お客様およびブランドマネージャにより設定されたターゲットを達成するためには、どのような変更を行えばよいかを知る必要があります。エンジニアリングの意思決定者は、その製品がお客様の要求を満たしているかどうかを知る必要があります。彼らの理想は、すべての可能な選択肢を運転し、最高の価値を提供するデザインを選択することです。

エンジニアリングツールとしてのNVHシミュレータ

NVHピークルシミュレータはこれらの制限を解決するために開発されました。それは現行車両、競合車両、ターゲット、設計代替案を含むNVHデータモデルを、更新が容易なデータベースの中で提供することによりNVHプロセスを改善します。そのデータモデルをインタラクティブな評価ツールで使用することにより、一貫性のあるターゲットセッティングと意思決定を行うことができます。要約すると、NVHピークルシミュレータは車両の音と振動を正確に、現実的な方法で再生し、2つのバージョンがあります。デスクトップNVHピークルシミュレータはオフィスまたはリスニングルーム用の完全にインタラクティブなツールです。これは評価者に“運転中”の車両の音を、仮想的なシーンと合わせて体験させることができます。これはNVHエンジニアにとって、ターゲット開発、問題の把握、設計代替案の評価を行うための根本的なツールです。インタラクティブな主観評価により、主観的な判断を捕らえることも可能です。

フルピークルNVHシミュレータは、室内に置かれた本物の車両に評価者が座ることができます。評価者は普段の操作で“運転”している間、合成された音と、例えばシート、ペダル、ステアリングの振動を体験します。車両は仮想的なシーンを表示する大型スクリーンの前に配置されます。フルピークルシミュレータはエキスパート以外の評価者にもっと現実的な、また音と振動の組み合わせ効果の研究を行うための環境を提供します。

どちらのNVHシミュレータも、車両は物理的なソースの寄与および、運転時に車室内で聴取される成分を含む階層モデルで表示されます。車両レベルと呼ぶ車両トータル音をはじめ、ソースレベルと呼ぶ、主要なソースへの音の分解も可能です。ソースにおける音、振動がどのように車室内に到達するかは、寄与



レベルで表します。寄与レベルでは発生源経路寄与解析 (Source Path Contribution; SPC) を使用します。SPCはどのように騒音と振動が車両のさまざまな経路を伝達しているかを固体伝搬、空気伝搬の両方でNVHエンジニアに理解させます。SPCのインタフェースはカスケードされたソース、パス、レシーバモデルを中心に構築されています。このユーザー定義モデルは、車両のNVH試験あるいはコンポーネント試験が実施されるすべてのソース、パス、およびレシーバを指定します。ユーザーはソース、レシーバ、インジゲータの数、分析方法、運転条件とそれに関連する必要なデータを論理的なツリー構造の中のノードとして定義します。モデルが定義されると、それは車両のターゲットカスケードの過程を示し、試験と分析に使用されます。

NVHシミュレータに必要なデータは、今日テストコースで日常的に測定されているものに、ほんのわずかが加えたものです。ターゲットセッティングのための車両レベルモデルに必要な典型的な最小の測定は、パイノール、エンジンタコ、ホイールrpmを2速での全開加速とオーバーランで測定します。ソースレベルモデルでは、ランナップおよび定速走行での負荷条件を変えて測定をするため、スロットル位置も記録します。ソースレベルのモデルでは異なる路面上の異なるタイヤでの効果を比較することができます。コンポーネントレベルのモデルでは、測定したソース強度、またはコンポーネント サブサプライヤから提供されたCAEデータの両方を持ち込むことができます。このアプリケーションの典型的な例はエンジンマウントの変更比較です。

ブリュエル・ケアーは効率的で操作の簡単なツールを必要とするNVHプロセスにおいて、効率的な意思決定を実現します。そして、新たに加わった製品は、生産までの過程をスムーズにするお手伝いをします。 ■



NVH車両のシミュレータのコントロール画面では、シミュレーションの試験条件と評価の設定をすることができます



SPCのソフトウェアではデータ(右側)をソースパス レシーバモデル(左側)に、手動もしくはDOF情報を用いて自動でアサインします

音楽が大きくなれば、耳を貸します

爆音をあなたの耳の代わりにHATSに引き受けさせましょう。次第に、ヨーロッパの規格EN 50332は施行されてきています。この規格は、携帯用オーディオプレーヤの許容最大音圧レベルに関するものですが、測定にはヘッドトルソ シミュレータ(Head and Torso Simulator: HATS)を使用します。

私たちが音楽を聴く方法は、当初のソニーウォークマン®(カセットベース)の発売の1979年にさかのぼり、変わり始めました。その後、携帯用CDプレーヤの普及に変化し、さらにMP3プレーヤの発売により、ヘッドホンやイヤホンを使用した携帯機器は主流になりました。昨今、増加している携帯機器はオーディオ機能を備えており、同時に、音楽プレーヤが携帯電話の役目も兼ねているか、または携帯電話が音楽プレーヤの役目も兼ねているのかも難しいところです。

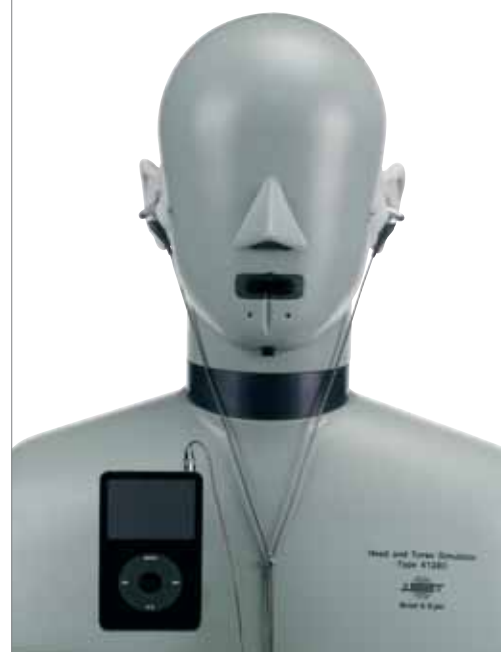
一方、聴力障害(特に子供の聴力)が心配されています。EN 50332は、携帯機器の種類とは無関係に、携帯用オーディオプレーヤ使用時の許容最大音圧レベルについて、その上限を100dBに設定しています。

この規格は、IEC 60959準拠のHATSを利用することを要求しています。IEC 60711準拠の人工耳(電気通信用語ではType3.3人工耳)を利用しなければならないことを意味します。IEC 60268-1で規定された特定のテスト信号、プログラムシミュレーションノイズは、最大音量の再生で、最

大A特性音圧レベルを30秒平均またはそれ以上にて、測定します。測定は5回繰り返され、結果は平均されます。また、測定ごとにヘッドホンを改めて取り付け直さなければなりません。その測定レベルは鼓膜における音圧レベルです。これを疫学研究に合わせるために、このレベルは自由音場の値に変換されます。この補正は、通常データのポスト処理として実施されています。しかし、PULSE™データ取得/分析システムを用いることで、この補正処理は測定中にリアルタイムに自動で実施できるようになります。 ■



ヘッドトルソ シミュレータを用いたiPodの音圧レベル試験



いすゞ自動車 ディーゼルエンジン騒音の低減

いすゞ自動車は、「運ぶを支え、信頼されるパートナーとして、豊かなくらし創りに貢献します」を企業理念として70年にわたり、トラックとその動力源であるディーゼルエンジンの製造を行っています。生産拠点は日本、タイ、ポーランド、北米などを中心に世界140カ国に年間110万台のエンジンと62万台の商用車を供給しています。また、海外開発拠点も欧州、北米、タイ、中国に設置し、現地のニーズにマッチした商品の開発を行っています。

エンジン騒音にフォーカス

いすゞの研究開発の主力は、神奈川県藤沢市にあります。開発部門では、ディーゼルエンジンの騒音低減が重要なセールスポイントと考え、その実現にフォーカスしてきました。取り扱っているのは1.7リットルから16リットルの範囲のターボ付エンジンです。

今年発売された新型エルフは、世界一厳しい排ガス規制である日本の「新長期排ガス規制」を最先端のディーゼル技術でクリアし、かつ、振動・騒音性能もクラストップの静粛性を得ております。乗用車用エンジンも、静かで燃費がよく信頼性の高いエンジンを供給することによってお客様の要望にこたえています。

最先端の騒音振動解析

エンジン騒音開発技術者は、次のようにブリュエル・ケアーについてコメントしています。「いすゞではブリュエル・ケアーの製品を30年以上、パワートレイン開発部門では20年以上にわたり使ってきました。ブリュエル・ケアーの計測機器は信頼性があり結果は正確です。また、データの収集だけでなくトータルソリューションも提供してくれます。」

いすゞの開発部門では2000年に最初のPULSEを導入して以来、現在、10数台のPULSEを使っています。小型のバッテリー



新たに開発されたD-COREターボディーゼルエンジン

駆動型5チャンネルフロントエンドは車載計測やフルポータブルシステムが要求されるアプリケーションに使用しています。また他のPULSEシステムをテストベンチでも使用しています。

さらに、音響計測用に驚くほど幅広いレンジのブリュエル・ケアーのマイクロホンアレイを所有しています。

また、「音響ホログラフィに加えて、エンジンの振動と音源との相関をとるために実験モード解析と実稼動モード解析(OMA)技術を使用しています。このように幅広い計測システムを用いて、ディーゼルエンジンの音源探査を容易に、かつ、迅速に行えるので、騒音低減を提案することができます。

ビームフォーミングシステムは大活躍をしており、トラブルシューティングに要する時間を大幅に短縮することができ、約75%の短縮ができたケースもあります。」というコメントもいただいています。

エンジン試験は、専用試験ベンチで実施され、試験データは、PULSEで収集・分析して

セントラルサーバに記録されます。必要であれば、データは試験を行いながらリアルタイムで見ることができます。



ISUZU NEXT-GENERATION DIESEL D-CORE

トランスデューサ

いすゞは、膨大な数のトランスデューサを保有しておりTEDS(Transducer Electronic Data Sheets)の用途が増加しています。TEDSトランスデューサはセットアップ時間を短縮し間違いを減らします。マイクロホンはブリュエル・ケアーのもので、加速度計もブリュエル・ケアーのものを多く使用しています。風洞やテストコースまたは道路試験用に何個かのサーフェスマイクロホンを購入しました。

担当者は、次のようにまとめます。「私たちのゴールは、絶え間なくディ・ゼルエンジンの騒音を下げ続けることです。開発と試験の時間を短縮できる、最新の技術と高精度な計測システムに投資していきます。ブリュエル・ケアーをデータ収集システムのパートナーとして選んでおり、申し分ないサービスとサポートをブリュエル・ケアーから受けています。」



ブリュエル・ケアーの
計測機器は
信頼性があり
結果は正確です……



ブリュエル・ケアーが 2006年企業賞を受賞



昨今、部品の不具合や保証のリコールを市場は寛大には受け入れなくなっています。それに伴い、自動車技術者への要求は増加し常に挑戦を求められています。車両の信頼性・使いやすさ・操安性によりブランドの評判は向上したり、崩壊したりしています。Automotive Testing Technology International誌は、このような市場背景を考慮し、サービスや供給をおこなった自動車技術者と企業を対象に賞を設けました。厳選な投票の結果、最初の“企業賞”としてブリュエル・ケアーが選ばれました。

境界を広げる活動

ブリュエル・ケアーが“企業賞”を受賞した理由をGraham Johnson氏（英国のAutomotive Testing Technology International誌の報道担当）は次のようにコメントしています。「キーポイントは、ブリュエル・ケアーは製品を販売しているだけでなく、NVHの開発プロセス改善への貢献や研究開発を行っている点です。特にデトロイト(米国)に新設さ



れたアプリケーション・リサーチ・センターには、試験技術と開発の真に進むべき方向であると感銘を受けました。さらにブリュエル・ケアーのNVHピークルシミュレータの活動にも大変興味を持ちました。」

Automotive Testing Technology International誌の主担編集者John Challen氏は次のようにコメントしています。「私たちはいくつかの要素をもとに決定しました。米国におけるブリュエル・ケアーの施設（アプリケーション・リサーチ・センター）とNVHシミュレータのフィールドにおける活動が決定的なファクターです。NVHは巨大な領域でありNVHシミュレータは重要なトピックです。ブリュエル・ケアーは、境界を広げ、自動車業界がよりよい車を作ることを可能にしています。」

ブリュエル・ケアーの社長Karl Kristian Hvidt Nielsenはこの受賞に際して次のように述べました。「この受賞はブリュエル・ケアーが自動車業界に対して力強くNVHソリューションを改善し推進していることを評価された非常に重要なものです。我々は、自動車開発のプロセスの改善を支援することに力を入れたいという、強い願いをもっており、この姿勢が業界に直接認識されたものであると大変誇りに思います。特に、NVHシミュレータが業界に与えるインパクトは、NVHの属性を企画から開発された車までを管理可能にする、革新的な最初のステップであると認識しています。」

アプリケーション・リサーチ・センター
ブリュエル・ケアーと、MSC(Material Sciences Corporation)社、Link Engineering社の3社は、NVH分野のリーディングカンパニーです。3社はパートナーとして、6500平方フィート（6040平方メートル）のアプリケーション・リサーチ・センターを米国ミシガン州カントンに保有しています。このユニークな新施設は、自動車製造業やその部品サプライヤ、電気音響と電話機、家電などの工業界で音響振動を最適化されたい方々を支援します。



英国の研究によりLimaが 最速の騒音マッピングソフトウェア であることを立証

2006年6月に、フィンランドのTampereで開催されたEuronoise 2006（詳細情報は www.bksv.com/4112.asp をご覧ください）において、Hepworth Acoustics Limited社は、イギリス政府向けに実施された騒音マッピングの計算時間に関する研究論文を発表しました。この研究は、DefraのNoise Research Advisory Service (NRAS) 契約の支援を受けて実施され、ブリュエル・ケアー 7812型 Lima™環境騒音計算マッピングソフトウェアを含む、5種の市販の騒音マッピングソフトウェアの計算時間と結果精度の両面から計算効率を検討しました。研究は、イギリス国内の道路交通計算規格(Calculation of Road Traffic Noise 1988; CRTN)にしたがった計算に注目して実施されました。

この研究は、2段階で行われました。第1段階では、ソフトウェアからもっとも正確な計算結果を得ると考えられる計算設定を明確にするために、プロジェクトチームはソフトウェアパッケージの詳細な理解を得ることが必要とされました。これらの設定を“ベンチマーク”設定と呼んでいます。まったく同一の騒音モデルを各種の騒音マッピングパッケージへインポートし、ベンチマーク設定を用いてそのモデルを計算し、計算時間を記録しました。

初期の試験では、LimaとソフトウェアパッケージCだけがベンチマーク設定において48時間内の10m分解能で1km²の計算面積を計算できることがわかりました。他のソフトウェアでは、許容可能な48時間以内に計算を終了させるために、計算ポイント数を抑えて使用されました。

ベンチマーク計算の結果から、Limaがポイントあたりに11.4秒の計算時間という平均計算時間において最高速の騒音マッピングソフトウェアであることが、明らかになりました。



外枠は試験モデルとして使用されたモデルエリア
内枠は計算エリア

ベンチマーク設定で計算した場合の
各騒音マッピングソフトウェアの計算時間

	Lima	B	C	D	E
全計算時間(時間)	31.7	48.7	36.9	39.9	25.7
計算ポイント数	10000	40	9050	40	1200
ポイント毎の計算時間(秒)	11.4	4383.0	14.7	3600.0	77.0

CASE STUDY

Limaの計算時間が最高速を記録
 広く認識されていることに、ベンチマーク計算で計測された計算時間に比べて、より現実的な計算時間を求めるために、騒音マッピングソフトウェアを効率的な設定で利用できることは極めて重要です。この研究の第2段階では、計算時間と予測精度の効率設定の効果について検討されました。その目的は、設定適用の結果として1dB以上の誤差をもたらすことなく、可能な限り計算時間を短縮することでした。効率設定は最初個別に試験を行い、次に組み合わせの効果を確認するために同時に試験を行いました。広範囲の試験の後で推奨設定を求めておき、さらに計算設定の精度に関する全体の影響を確認するために、1km²の計算面積全体に対する計算が実施されました。

	Lima	B	C	D	E
全計算時間(時間)	3.9	22.2	36.9	400.8	86.4
計算ポイント数	10000	10201	9050	10201	10000
ポイントあたりの計算時間(秒)	1.4	7.8	14.7	144.3	31.1

最適化された設定で計算した場合の
 各騒音マッピングソフトウェアの計算時間

Limaの場合、有効な効率設定を使うことで、結果を1dBの95%信頼区間を維持しながら計算時間を88%短縮できることが確認されました。この結果、ポイントあたりの平均計算時間は1.4秒になりました。他のソフトウェアパッケージと計算時間を

比較することで、Limaは、2番目に高速なソフトウェア³と比べて5倍以上高速であることがわかりました。*

* 7810型 PredictorはLima CTRN計算コアを使用しているのと同じように高速な計算速度を得ることができます。

LimaによるManchesterとMerseysideの騒音マッピング

イギリスにおける騒音マッピングの最新の成果は、イングランド騒音分布プロジェクト(the Noise Mapping England project)です。イギリスにおいて20の主要な町、都市、地域をカバーするもので、全体で15の契約がイギリス政府によって与えられました。Manchesterの2つの契約と Liverpool/Birkenhead地域に対する2つの契約は、環境コンサルタントのEntec UK Limited社と共同研究しているHepworth Acoustics Limited社が落札しました。

ManchesterとLiverpool/Birkenhead地域は、政府によって与えられた、2つの最大地域でした。両地域を合わせると約2000km²をカバーし、計算は832km²以上の面積で行われました。2つの契約地域の範囲に対して、プロジェクトの中心になるLima騒音マッピングソフトウェアを用いる騒音専門家チームと、GISチームのプロジェクトチームに分けられました。



詳細情報を提供する騒音チームによって反復プロセスが展開され、GISチームに対して、政府から提供されるCDS(Central Data Service)の騒音マップデータからLimaに対するモデルの入力を設計するように、指示されました。これは主として、GIS環境に対して一対一で直接変換できるLimaソフトウェアのデータ変換機能にて実現されました。

このプロジェクトチームは、Limaに対するGISデータを最適化することに加えて、精度と計算時間について、モデルデータの単純化の影響を評価するために、一連の試験も



実施しました。単純化と計算設定によって生ずる誤差が政府にて指定された1dB基準を超えないことを保証するように、これらのモデル試験が実施されました。また同時に、Limaで利用可能な効率設定について同様の検討も行いました。これらの試験は、GISチームによって作成されたすべてのモデルデータ仕様の基礎となりました。

騒音モデルの計算は、6台のDual 3.2GHz Intel® Xeon®ワークステーションから構成される、12-coreのLima計算サーバによって行われました。計算を分散させるため

に、Limaの「タイリングモード」機能を利用しました。この機能は、大きな騒音モデルを一連の小さなモデルつまりタイルに分割します。各タイルはそれ自身の計算コアで別々に計算され、それによって計算を分散します。この機能は、高レベルの冗長性を許容しながら同時に計算時間を短縮するため、大きな面積の騒音マッピングに必須です。

全体で850万ポイントをこえる規模の計算を一ヶ月以内に完了しました。すべての結果はLimaからネイティブのGISフォーマットへLimaのデータコンバータによってエクスポートされ、次に騒音マップと統計値を生成するGISチームへフィードバックされました。

プロジェクトの組織化と管理、さらにLimaの計算速度およびデータ変換ツールの結果として、ManchesterとLiverpool/Birkenheadの契

約地域は、英国政府に対して1番最初にマッピング計算作業を完了しました。プロジェクトについてのより詳細な情報についてはpeter.hepworth@hepworth-acoustics.co.ukのPeter Hepworth 氏にコンタクトを取るか、www.hepworth-acoustics.co.ukのウェブサイトをご覧ください。 ■

下図と前ページ:
ManchesterとLiverpool/Birkenheadの
住宅密集地の騒音マップ



音質評価とは?

Svend Gade M.Sc., ブリュエル・ケアー・ユニバーシティ アソシエイトプロフェッサ

製品が発生する音は、今日そのデザイン、性能、色、重量、価格などと並んで、重要なパラメータといえます。このような傾向は、20年以上前に自動車産業で始まり、現在でも自動車産業で最先端の音質開発が進んでいます。その理由として、自動車メーカー間の競争が激しいこと、多くの自動車品質や性能の点での差別化が難しいことが挙げられます。それゆえに、競合他社の車よりもいい音の車であれば、販売に有利となるチャンスを得ることができるのです。

近年、音質評価に対する興味は、家電メーカーなどの“音を発する”製品を扱う産業のほぼ全体に、広がっています。製品における物理設計のパラメータとしての音質評価は、主にアメリカ、ヨーロッパ、日本において、発展してきました。他の国でも、音質の悪い製品の販売が困難になるにつれて、今後急速に発達することが見込まれます。

なぜ音質の改善が必要か?

人がどのように音を知覚しているのかを明らかにする学問分野を、心理音響学と呼びます。この学問は設計、開発を行うエンジニアの教育に非常に重要な分野です。製品が発する騒音は、その製品とユーザー間のコミュニケーションの一部であり、その製品の機能やパワーを反映した心地よい音でなければなりません。

製品音の心地よさは、主観的に知覚され、個人に依存します。それゆえ、製品の設計者にとって、大きな挑戦のひとつとなります。つまり、一意には定まらず、しかも時期や流行によって変化する嗜好を持つ対象顧客層に対して、製品音を最適化する必要があるのです。心地よい音でも時が経つにつれて飽きられ、新しい別の音に置き換える必要が生じます。過去の設計ツールは新しいものに取り替わります。たとえば、広く使われるA特性は騒音に対しては適切ですが、音に対しては使うことができません。3種類の異なる掃除機は、



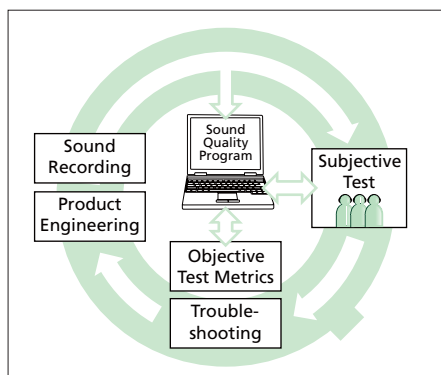
音質評価試験のために
ヘッドトルソ シミュレータによる
車室内音の収録

等しいA特性音圧レベルであっても、まったく異なる音を持っているのです。

一方、騒音制御においては静かであることが目標となりますが、音質の観点からはそうはいきません。製品音は、常に適切なオペレーションのために、たとえば電気ドリルがオーバーロードしたときや、自動車がラフ路面に出くわしたときなど、警告として必要とされます。

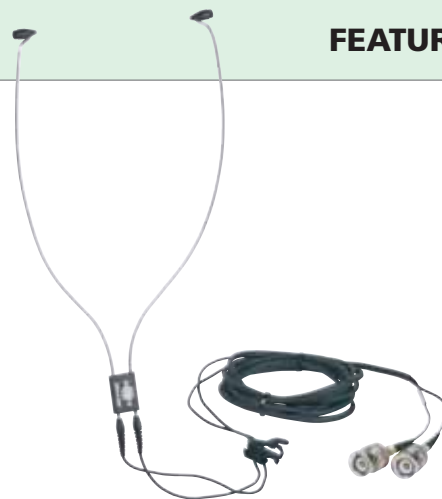
音質評価による作業

音質評価による作業は反復的なプロセスです。多くの場合、最適化されるべき音を発する製品のプロトタイプから始まります。プロトタイプと競合製品両者の音を、可能であればヘッドトルソシミュレータ(HATS)を用いて録音します。次に、製品のエンドユーザを意味する審査員に対して、最初のリスニングテストを行うことができます。もし、このリスニングテストでプロトタイプの方が高く評価されれば、仕事は完了です。



音質評価を行うことはインタラクティブなプロセスです

バイノーラルマイクロホンはヘッドトルソシミュレータ(HATS)が使用できない場合にも使用できます



もし、プロトタイプの方が劣ると判断された場合には、その音を詳細な分析のために音質評価(Sound Quality)ソフトウェアに適用します。結果として、不十分な音だと判断される原因と考えられる周波数成分が見つかるでしょう。その編集機能を用いて、不要な成分を除去した音のシミュレーションが可能です。新たに行ったリスニングテストによって、その変更箇所が受け入れられれば、次はトラブルシューティングと不要な成分を発生する

原因箇所の特定です。その後、プロトタイプを修正し、再度音の録音、リスニングテストを実施します。

もしまだプロトタイプの評価が低いならば、再度音を分析し、別の修正を試みます。作業を効率化するために、さまざまな客観試験 - メトリクス - を利用できます。メトリクスとは、例えば、ある音がどのくらい粗いかと言った、音の特定の性質を示す値です。この値の増加が対応する音質が改善されることがわかっている場合には、製品の変更シミュレーションの最適化や、リスニングテストにかかる時間の短縮のために、このメトリクスを用いることができます。

サウンドレコーディング

音のサンプルの収録は、一般的に音質評価ソフトウェアを用いて、車の中などでもオンラインで行なわれます。校正された音響信号は、ポスト処理やリスニングテストのためにハードディスクに保存されます。HATSを用いた録音であれば、音場の指向性の情報を持った信号を得ることができるため、ヘッドホンを用いて忠実に再現されます。録音用システムは、ポータブル(軽量)で、かつバッテリー駆動できなければなりません。

すべての録音が適切に校正されていることも非常に重要です。校正されていない音データはポスト処理においても、リスニングテストにおいても役に立ちません。通常、音響校正器を用いて、校正は自動的に行なわれます。

指向特性があまり重要ではなく、コストや録音の複雑さが問題となるような場合には、1本のマイクロホンによる計測も可能です。しかし、リスニングテストは忠実なものとはなり得ませんし、不確かなものかもしれないという仮定の上で行われるに過ぎません。再生はモノラルでのみ可能です。

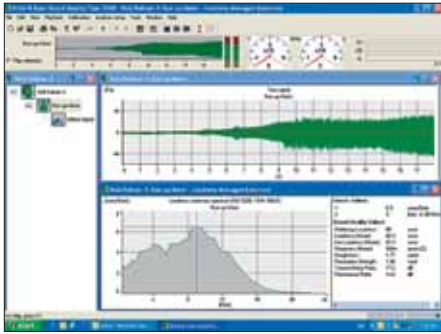


音の編集

音の編集は、時間領域、周波数領域の両方で行います。さまざまなツールを用いて、製品が発する音を変更することを目的とします。この編集作業は、単一周波数成分や高調波成分を減らしたり、加えたりすることから、任意成分の周波数の変更、信号の復調、時間応答の制限、その他の音とのミキシングまでの、多岐にわたります。音質評価ソフトウェアの編集システムのトレーニングを受けた方であれば、与えられた音の音質を改善するのに有用な編集機能がどれなのか、すぐわかるようになるでしょう。しかし、その後の主観リスニングテストで元の信号よりも変更された信号のほうが良いと判断されるまで、仕事は終わりません。ウォーターフォールやコンタープロット、さらに周波数表示のズームや分解能の変更を含む、さまざまな表示フォーマットは、編集方法を選択する際の助けとなります。

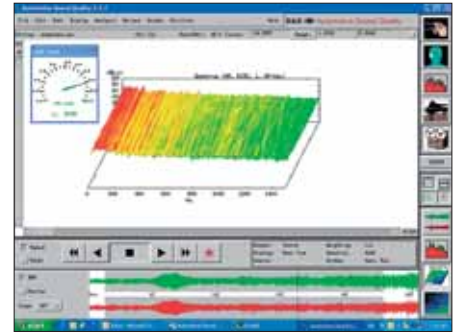
主観評価試験

製品の音質の最終評価は常に、製品の購入を考えている人によって行なわれます。それ



ブリュエル・ケアー 7698型 コンシューマ製品用音質評価ソフトウェアを使用したラウドネス表示とメトリクス計算

ブリュエル・ケアー BZ-6047型 オートモーティブ音質評価ソフトウェアによるリアルタイムウォーターフォール表示



ゆえに、主観リスニングテストは製品設計の際に非常に重要な役割を果たします。このテストは、最大限の注意と精度を以て、全設計プロセスにわたって行なわれる必要があります。リスニングテストは一般的に16人を対象に行なわれます。試験の際には人口統計学的状態、経済、潜在顧客になり得る見込みなどを考慮して、被験者は慎重に選ばれます。

ほとんどの場合において、ヘッドホンを用いて信号が提示されます。この方法により、すべての被験者に同一の音を提示し、不要な音がある程度除くことができます。さらに、ヘッドホンを用いた音の再生は、HATSでの録音を忠実に再現する唯一の方法です。

通常2種類の方法が用いられます。一対比較法では、AとBというペアの音が順番に被験者に提示されます。各ペアに対して、被験者は好ましい音を選択します。SD法(Semantic Differential Technique)試験では、被験者は音の特性を評価します。例えば、信号の特性、滑らかさ対粗さが7段階で評価されます。中間値の4は滑らかでも粗くもないことを意味します。

メトリクス

音質評価で用いられる最も重要なパラメータ、またはメトリクスは、Zwickerラウドネス計算値(Nゾーン)に基づくものです。これらは人間の音の知覚を表す多くの心理音響学の特性を反映しており、音の固有特性についてひとつの値を与えるという利点があります。ここでは、最も重要な3つを紹介します:

- 変動強度(Fluctuation Strength)は4Hz付近の低周波で最大になる、周波数と振幅の変調を表す尺度で、非定常ラウドネスの計算を基にしています。

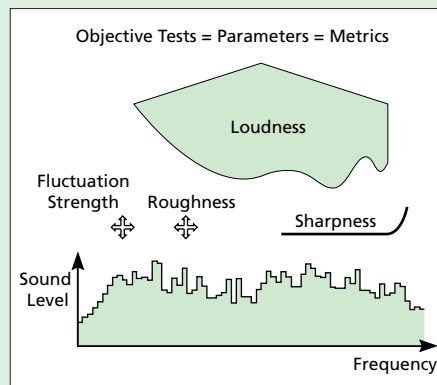
$$F \approx \frac{\Delta L}{(f_{\text{mod}}/4\text{Hz}) + (4\text{Hz}/f_{\text{mod}})} \text{ Vacil}$$

ここで、 ΔL は変調度、 f_{mod} は変調周波数です。

- ラフネス(Roughness)は70Hz付近での変調の際に最大となること以外は、変動強度と似ています。単位はAsper(アスパ)です。
- シャープネス(Sharpness)は信号の周波数スペクトルに含まれる高周波の総量を表す尺度です。これは、定常、非定常ラウドネス両方の計算を基にしています。

$$S = 0.11 \frac{\int_0^{24\text{Bark}} N' \cdot g(z) \cdot z \cdot dz}{\int_0^{24\text{Bark}} N' \cdot dz} \text{ Acum}$$

ここで、 $g(z)$ は臨界帯域 z (つまり周波数)に依存する重み係数です: $z \leq 16$ のとき $g(z) = 1$ $z > 16$ のとき $g(z) = 0.066 e^{-0.171z}$



定常信号のZwickerラウドネス計算は規格化されています。一方、ほとんどの実生活内での信号は非定常です。

ラフネスや変動強度、シャープネスの解説や導出公式はありますが、これらが極めて正確だというわけではありません。つまり、音質分析装置のメーカーごとにこれらのメトリクスの実行方法は異なり、その結果も異なります。現在、ANSIやDINでは、メトリクスの規格化に取り組んでいます。

その他のメトリクス

音質評価によく用いられるその他の客観計測-メトリクス-の例をここで示します:

- PleasantnessとアノイアンスはZwickerラウドネス、変動強度、ラフネス、シャープネスの重み付け和を基にした、結合メトリクスです。
- Tone to Noise Ratioは、信号中の純音の割合を示す尺度です。
- Prominence ratioは、隣接した帯域における騒音に対するひとつの臨界帯域での騒音の量を表します。
- TonalityまたはPitchは、複合信号において“周波数”をどれほど強く知覚するかを表す尺度です。
- 会話妨害レベル(Speech Interference Level; SIL)、明瞭度指数(Articulation Index; AI)、STI(Speech Transmission Index)はすべて通話経路の品質に関する尺度です。音質のアプリケーションにも用いられます。
- Kurtosis(クルトシス)は時刻歴信号のインパルス性の尺度です。基本的に、すべての時間サンプル(信号の平均レベルからの差)の和を4乗し、正規化することで得られます。この方法では、音を含むインパルスを過大評価し、kurtosis値が高い場合は通常、音質はあまりよくありません。

音質メトリクスの最適化

製品の音質を最適化する際には、どれほどよい音に改善されたのか最終的に判断するのは人間だということを決して忘れてはいけません



Jury試験は一般にヘッドホンによる再生で行われます

ん。つまり、製品音は主観リスニングテストを完璧にパスしなければならないのです。リスニングテストは時間とコストがかかり、音質の編集やシミュレーションプロセスとは独立しています。それゆえに、心理音響学的な研究に基づく客観メトリクスは主観試験の補足となります。メトリクス計算は安価で、速く、オンライン処理が可能です。ですが、リスニングテストと一致する結果が得られた場合に限り、その代用とすることができるのです。

最大の挑戦は、メトリクスのセットを設計することです。例えば、主観試験と嗜好に対して、ひとつの数値として正確かつ信頼できる相互関係を与える個々の重み付けがされた、いくつかのメトリクスの組み合わせることです。音質を扱う多くのメーカーでは、この問題に真剣に取り組んでいます。各メーカーはその結果を企業秘密とみなしているため、研究成果を公表することはまずありません。一方で、その結果が製品特有のものとなることが多く、その他のメーカーで直接使用することはほとんどできません。メトリクスが完全に主観試験に取って代わることはありえないだろうといわれています。メトリクスには相互に補い合うパートナーが必要です。

製品の品質管理を強く求められるため、サブサプライヤも音質に対する要求を満たさなければなりません。当然、そのためにサブサプライヤは主観試験に依存することができませんが、よく対応の取れたメトリクスを開発しなければなりません。

トラブルシューティング

適切な音が識別されてリスニングテストで実証されたら、次に製品を再度設計しなおさなければなりません。音質編集やシミュレーションの際に、必要となる信号の変更を明確に記録しておきます。次に、製品のどの部分が除去されるべき過度の周波数成分に関連しているのかを特定します。または、誤ったもしくは不要



な方向から到来する音を探します。この作業には、ブリュエル・ケアーのすべての音響振動分析ツールが役立ちます。基本的な騒音振動分析からインテンシティマッピングまたはビームフォーミングによる音源探査、実稼動振動形状 (Operational Deflection Shapes; ODS) 解析、そして近距離音響ホログラフィ (Near-field Acoustical Holography; NAH) を用いた音場の完全なモデル化まで、広範囲のツールをご利用いただけます。

製品エンジニアリング

その製品がどのような音であるべきか、また不要な音がどこで発生しているのかわかることで、あとは製品のエンジニアリングを再び行うことだけとなります。製品がシンプルで、機械パーツが少なければ、これは比較的容易なプロセスです。しかし構造が大きく、多くの相互作用するパーツがある場合、非常に複雑に

なります。時として、必要な再設計は大変な労力が必要となるため、音質の要求を満たすように初めから再設計することになります。

そのため、音質が重要な製品パラメータであるならば、新しい製品開発やエンジニアリング設計プロセスの際に音質についても設計仕様に含まれるべきです。設計の初期段階で行うことで、後々の煩わしい調整やコストを抑えることができます。要求される音の仕様を、音質分析システムによるリスニングテストによって統合、承認することができ、製品設計を開始するときには、すべての準備ができています。

参考文献

Zwicker E., Fastl H.: *Psychoacoustics, Facts and Models, Second Updated Edition*, Springer-Verlag, 1999

全ての用途に対応した トランスデューサ

あらゆるアプリケーションに対応したトランスデューサを提供することは、ブリュエル・ケアーの目標のひとつです。この数ヶ月で、以下に紹介するいくつかの新しい製品を発表しています。しかしながら、お客様の抱える多くのアプリケーションは標準的な製品では満足されない特別な仕様が必要となるため、特別な設計が必要とされます。ブリュエル・ケアーはこの点に大変注目しており、2006年には我々のユーザーとの直接の共同作業により、多くの特別に設計された製品を開発しました。このことは、航空宇宙、飛行試験、海洋、一般のモニタリング等の多くの異なるアプリケーション分野にあてはまります。お客様が同じような要求をお持ちであれば、どうぞブリュエル・ケアーにご連絡ください。



新しい振動トランスデューサ
全身振動計測用シート加速度ピックアップ、IEPE衝撃加速度ピックアップ、低周波数域での位相のシフト0度でDCから計測することのできるMEMS加速度ピックアップシリーズ。

水中加速度ピックアップソリューション
湿気がある場所や海中などでの振動測定に適した堅牢な加速度ピックアップおよび、防滴または一時的な水中測定用スーパーローノイズケーブルという新しい12つの製品。

新しいINEXUSコンディショニングアンプ
コンディショニングアンプに対するユーザーのニーズに合わせた10の新しいINEXUS™製品。

新しい音響トランスデューサ
厳しい環境にも耐える偏極型自由音場1/4インチマイクロホン、3つの新しいTEDSマイクロホン、2つの新しいアレイマイクロホン。

4515-B型 3軸DeltaTron シート加速度
ピックアップ - 0.4Hzまで測定

4515-B型 シート加速度ピックアップは全身振動測定用に設計されています。これは、3軸加速度ピックアップとそれを収納する半剛体のニトリルゴムディスクで作成されており、ISO 7096、ISO 2631、さらにISO 10326.1に適合しています。これは着席した人間の下に置き、適切な負荷がかかったシートの表面振動測定ができ、また、人体に密着して使用することもできます。その場合、人体表面の垂直方向、前後方向、横方向の振動を検出します。この加速度ピックアップの感度は100mV/gですが、他の用途で使用したい場合にはシートパッドから取り外すことができます。もう一つの特徴は0.4Hzまで測定できることです。



8339型、8339-001型 IEPE衝撃加速度
ピックアップ

8339型及び8339-001型は低インピーダンスの圧電型加速度ピックアップです。これらは、相当に高レベルの連続した振動、機械的な衝撃やパイロショックの測定に適しています。出力信号とグラウンド信号の間のグラドループを防ぐために、取り付け面は絶縁されています。加速度ピックアップの取り付け面に、固定用の10-32UNFネジを用いて、試験対象物の完全な動きをひずみ無しに圧電素子に伝えます。8339型は感度0.2mV/gで、その測定レンジは20000gです。8339-001型は感度0.1mV/gで測定レンジ50000gになります。また、近々、測定レンジ80000gの新しいタイプを発表する予定です。



DC応答加速度ピックアップの新しいレンジ

ブリュエル・ケアーは、DCまで位相シフト0度の測定を実現する、MEMS加速度ピックアップの新シリーズを発表しました。DC応答加速度ピックアップは低ノイズで電子回路を内蔵し、差動入力でもシングルエンド入力でも $\pm 2V$ のフルスケールにて出力します。センサーは運動、傾斜、輸送、道路負荷試験やシミュレーション、飛行試験と同様の環境的な要求などの広範なアプリケーションに適しています。ブリュエル・ケアーは温度補償に関して数種類用意しており、 -55 から $+120$ の範囲で安定した温度特性が得ら

れます。このシリーズには6種類の感度の物が用意されています(表参照)。

加速度ピックアップは内部でシールドされており、酸化アルミニウム被膜により電気的には絶縁されています。感度素子は密閉されています。この組み合わせにより、 $10000g$ を超える過酷な環境においても壊れることはありません。

型番	フルスケールレンジ $ms^{-2}(g)$	振幅応答 $\pm 5\%$
4570/-D	$\pm 20(2)$	0 - 250 Hz
4571/-D	$\pm 100(10)$	0 - 400 Hz
4572/-D	$\pm 300(30)$	0 - 700 Hz
4573/-D	1000(100)	0 - 1500 Hz
4574/-D	2000(200)	0 - 1500 Hz
4575/-D	5000(500)	0 - 1500 Hz

推奨コンディショニングアンプ

PULSEをフローティングモードで使用すると、差動測定が可能になり、優れたSN比を低いフルスケールレンジにおいても得ることができます。これは低レベルの測定を非常に高い分解能で行うことができます。また、2697型 差動アンプまたはENDEVCO Model 136でも差動測定が可能です。さらに、ブリュエル・ケアーのNEXUSシリーズのコンディショニングアンプもAC測定をサポートします。



5958-A型 水中加速度ピックアップ

5958-A型 水中加速度ピックアップの製造が私どものデンマークの新しい製造工場にて開始され、再リリースされました。

この堅牢な加速度ピックアップは、湿気がある場所や海中などでの振動測定に最適で実用的です。ギアボックスや、ポンプ、パイプラインの内部などの様々な液体に浸される環境での機械モニタリングにも適しています。このユニットは水深450m相当の $4.5 \times 10^6 Pa$ 以上での圧力試験を受けています。

この加速度ピックアップは、低インピーダンスのDeltaTron加速度ピックアップであって、内部的にシールド、絶縁され、感度は $1mV/ms^{-2}$ ($10mV/g$)です。筐体の材質はステンレスですが、ポリウレタンケーブルジャケットとニトリルゴム締め具とで一体化され、油、溶剤、グリース、ガンリンに対して耐性があります。ケーブルは最長200mまで用意できます。

AO-0692型 防滴ケーブル

AO-0692型は、防滴または一時的な水中測定用に設計されたスーパーローノイズケーブルです。このケーブルは10-32UNFコネクタをトップまたはサイドに持ち、密封されたチャージ型またはDeltaTron型加速度ピックアップとの使用を想定しています。ケーブルはIP67に従い評価され、水深2mで2週間の試験に成功しました。プラグの材質をチタンとすることで腐食を避け、防水用ゴムグロメットはオイルやグリース、日光、一般的な天候条件に耐えることができます。このケーブルにより、一般的には不適切と思えるような濡れた環境や厳しい環境において、ブリュエル・ケアーの高い性能を持った加速度ピックアップを使用できるようになります。



新しいINEXUS
コンディショニング製品群

10種類の新しいINEXUS製品を発表することにより、ブリュエル・ケアーはユーザーのコンディショニングアンプに対する要求の多くをカバーします。我々は既存の製品レンジを異なるチャンネルの組み合わせや入力チャンネル、フィルタの組み合わせにより拡張しました。チャージ、マイクロホン、DeltaTron、インテンシティに関わらず、我々のコンディショニング製品群はお客様のご要求に合わせています。

もっとも重要な2つの製品は、1チャンネルマイクロホンコンディショニングアンプ(2690-A-0S1型)と、新しい3チャンネルチャージコンディショニングアンプ(2692-A-0S3型)です。2692-A-0S3型は3軸加速度ピックアップとの使用に適しています。含まれるフィルタ、ゲイン設定、校正機能は標準と同様です。

詳細情報はブリュエル・ケアー・ジャパンにお問い合わせください。



入力	注文型番	備考
マイクロホン	-2690-A-0S1-	1チャンネルマイクロホンコンディショニングアンプ
チャージ	-2692-A-0I2-	2チャンネルチャージコンディショニングアンプ 積分フィルタ付き
	-2692-A-0P1-	1チャンネルチャージコンディショニングアンプ 常時電源ON
	-2692-A-0S2-	2チャンネルチャージコンディショニングアンプ
	-2692-A-0S3-	3チャンネルチャージコンディショニングアンプ
Deltatron	-2693-A-0I1-	1チャンネルDeltaTronコンディショニングアンプ 積分フィルタ付き
	-2693-A-0S1-	1チャンネルDeltaTronコンディショニングアンプ
	-2693-A-0S2-	2チャンネルDeltaTronコンディショニングアンプ
	-2693-A-0P4-	4チャンネルDeltaTronコンディショニングアンプ 常時電源ON
混合	-2693-A-0M4-	2チャンネルチャージ / 2チャンネルDeltaTronコンディショニングアンプ

4954型 偏極型自由音場
1/4インチマイクロホン

ステンレスダイアフラムのレーザー溶接という特徴により、この3.16mV/Pa感度のマイクロホンは厳しい環境であっても幅広いレンジの音響測定に適しています。ユニット毎の位相整合は非常に良く一致しているため、スケールモデル試験などの高周波アレイアプリケーションなどに最適です。



TEDSマイクロホン

ブリュエル・ケアーは4954型偏極型自由音場1/4インチマイクロホンを基本として、3つのTEDSマイクロホンをリリースしました。

- 4954-A型:4954型及びSMBコネクタ付きDeltaTronプリアンプのセット
- 4954-B型:4954型及び10-32UNFコネクタ付きDeltaTronプリアンプセット
- 4954-A-011型:4954型及び2mのケーブル付き2670型プリアンプのセット



アレイマイクロホン

現在の4935型および4951型アレイマイクロホンは、近く4957型および4958型に切替われます。4957型は10kHzまでの汎用アレイマイクロホンですが、4958型は20kHzまでの精密測定用で、個々の周波数特性を実数と虚数の両方で表現するための、多項式のTEDSデータが含まれます。この情報は個々の特性を補正することにより、マルチチャンネル測定の性能を向上させます。両マイクロホンともDeltaTronプリアンプと組み合わせられ、通常はSMBコネクタですが、オプションで10-32UNFコネクタを選択することができます。



決定論的加振力における 実稼動モード解析



実稼動モード解析(Operational Modal Analysis; OMA)の入力に使用する構造の応答は決定論信号を含むことがあるため、それによって得られるモーダルパラメータは大きく影響を受けます。そのことから、決定論信号を自動的に検知し、潜在的にモード情報を含む確率論信号を破壊しないように、これらの影響を実質的に除去するというロバストな方法が開発されました。

現実の環境における正確な結果を得るために、実際の運転下における構造試験の実施は、ますますその機会が増えていきます。実稼動形状解析(Operating Deflection Shapes; ODS)は、ある運転条件下での構造の実際の振動を測定し、可視化します。これに対して、OMAは構造の応答出力のみを測定することに基づくため、測定しない入力信号としてアンビエント(周辺環境に存在)条件かつ自然に稼動する力を使用します。一般的なモビリティベースのモード解析に替わる方法として、実際の運転下における正確なモデル化のため、あるいは構造への加振が困難な場合に適用されます。

OMAで用いるアルゴリズムは、入力の力が確率論信号であることを仮定しています。このことは、ビル、タワー、橋梁、海上構造物など、風、波浪、交通、地盤の微振動など、おもに周辺環境の力により負荷が発生する建築構造物にしばしば当てはまります。しかし、多くの機械構造において発生する負荷は、より複雑であることがよくあります。典型的には、それらの負荷信号は、回転部分からの決定論的信号と自励振動による確率論的信号の組み合わせです。それらは、たとえば、前者は高調波振動としてベアリングから起因し、後者は広帯域振動として燃焼あるいは乱流および路面からの振動に起因します。しかし、土木工学における

構造においても同様に、空調、タービン、発電機などに起因する決定論的信号が重畳する広帯域の応答を示すことがあります。

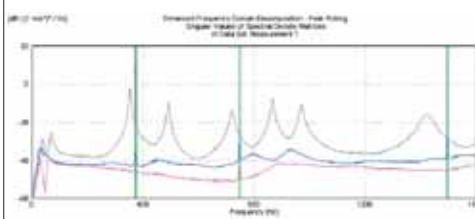
決定論信号が特定モードの共振周波数近くにある場合は、モードの推定を誤ってしまう危険が大きくなります。決定論信号を事前に単純なフィルタにより除去することは、多くの場合、モードの(伝達関数の)極を変化させてしまうため、適用できません。従来の周波数領域法を使用する場合には、決定論信号はモードの1自由度(SDOF)応答の外に存在する必要があるため、1自由度応答の狭い帯域のみを使用して推定する場合、質の悪い推定をもたらす可能性があります。時間領域の確率的小空間同定(Stochastic Subspace Identification; SSI)法を使用する場合、モードと決定論信号の両方を推定し、減衰の値からその両者を識別することができます(決定論的信号は理論的には減衰がゼロになる)。しかし、(欠点として)決定論信号と確率論信号の両方の情報を抽出するには、非常に長い時刻歴データが必要になります。

決定論信号を扱う新しい手法

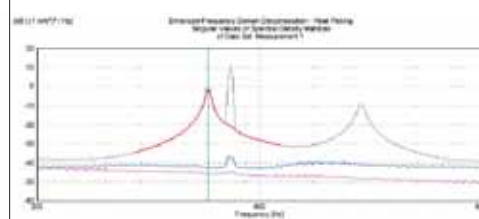
最近、決定論信号を扱う新しいロバストな方法がブリュエル・ケアー OMA アプリケーションに追加されました。この手法は2つのステップで行います。最初に、広く用いられているクルトシス(kurtosis)処理を応用して決定論信号を検知し、マークをつけます。次に、拡張周波数領域分解(Enhanced Frequency Domain Decomposition; EFDD)法において、1自由度応答からの補間によって決定論信号を取り除きます。これは、フィルタ処理を含まないため、元の確率論信号はそのまま保持できます。その後で、モードパラメータは補間されたSDOF応答から推定できます。

この新しい手法はいくつかの利点があります。決定論信号がまさにモードのピークに存在する場合の影響さえも取り除くことができ、良い推定結果を得ることができます。この手法は、決定論信号に関する周波数とレベルに対する予備知識を必要とせず、効率的な計算と非常に単純な操作で実施することが可能です。

この新しい手法により、決定論信号が存在する場合の実稼動モード解析がこれまでより、より簡単かつ確実に行えるようになりました。



374Hzの決定論的信号およびその2次、4次高調波の自動検知。



374Hzの決定論的信号をSVD(Singular Value Decomposition)カーブの補間により除去。

管内法音響材料試験の強化

ブリュエル・ケアーは、PULSE™ 11の発表に合わせ、管内法透過損失測定のための新しいソフトウェアをリリースしました。これにより、測定できる音響特性が増え、音響材料試験ソリューションを継続的に強化します。

産業界における需要

多くのお客様がより静かな自動車の車室内を求めるため、自動車産業では車室内での音響快適性が大きな懸念事項となりました。そのため、設計プロセスにおける防音材性能の最適化はより一般的な役割を担うようになりました。航空機産業では、お客様の音響快適性および航空機の燃料消費削減のために、新しい、より軽い構造の両方が焦点となっているため、革新的な音響材料ソリューションが必要です。一般に、より厳しい必要条件として多層構造のノイズコントロールトリートメントの遮音性能は、より厳しい質量拘束を伴うことが多いため、設計段階における対象周波数範囲での透過損失を調整することで、洗練された予測モデルの利用が必要となります。さらに、予測モデルの検証とその校正のために、構成す

機体胴体の設計では、内壁と外壁の間に用いられる材料の音響特性に特に注意を払います

る材料の音響および機械特性の正確な実験計測が必要となります。

これらの産業界の課題に起因して、騒音制御材料の防音特性測定についての関心が増えています。さらに残響室 - 残響室、残響室 - 無響室などの高価な音響試験室を必要とする、標準測定法の要求以外に、正確かつ再現性のある防音特性データの提供を可能とする、短時間かつ費用対効果に優れた測定方法の要求が増えています。



透過損失ソリューション

数年前に、ブリュエル・ケアーは、標準的な2マイクロホンインピーダンス管キット（垂直入射吸音率測定のみ）に対して、4マイクロホンおよび平面波管キットを追加し、垂直入射透過損失を測定できるようにしました。サンプルを透過した音響パワーは一般的に材料の特性と管の終端条件に依存しますが、PULSEの垂直入射透過損失算法として、2負荷法を採用することで、測定時における実際の管



の終端条件に関係なく、あたかもサンプルの背後が完全無響終端であるかのような垂直入射透過損失が得られます。つまり、2負荷法では、終端条件の設定が困難で、実現するのに非常に高コストな完全無響終端は不要です。

測定装置およびセットアップはより現実的音響試験室に比べて低コストです。測定管にすばやく取り付けることができる、小面積のサンプルだけが必要です。さらに、管内で平面波音場を発生させることで、高い再現性をもつ試験条件が保証されます。しかし、このインピーダンス管による垂直入射透過損失と、一般的な音響試験室でサンプルを使用して測定した一般的なランダム入射透過損失との間には、必ずしも密接な関係がないことに注意が必要です。

PULSE 11での機能拡張

ブリュエル・ケアーは、市場要求に対応した革新的ソリューションを提供する責任と絶え間ない努力の一部として、7758型 管内法音響材料試験の一部である、PULSE透過損失ソフトウェアの機能を拡張しました。

これには、2負荷法として科学文献で幅広く使われている、伝達マトリクス表現が採用されました。さらに、試験サンプルが前後方向で対称になっている場合に測定時間が半になる新しい手順（1負荷法）を導入しました。特に、均一な特性をもつ音響要素の伝達マトリクスについては、多層構造のノイズコントロールトリートメントにおける全体の伝達マトリクスを予測する場合に役立ちます。

新しいソフトウェアでは垂直入射透過損失のほかに、注入エネルギーに対するサンプル内部で消失したエネルギー比や、多孔質材料サンプルの特性インピーダンスおよび複素波数(=伝搬定数を虚数 j で割ったもの)などが得られますので、グラスファイバーや繊維質材料のような実効流体モデルのモデル化が可能となります。特性インピーダンスおよび複素波数(または、導出される複素密度と複素音速)は、任意形状材料の有限要素モデルあるいは境界要素モデルの検証および校正をするときに必要となります。

このソフトウェアは、実際の操作の利便性を最適化するためのユーザーインターフェースの改良や、試験生産性の大幅向上



PULSEフロントエンド、PCおよび4206-T型 透過損失管キット

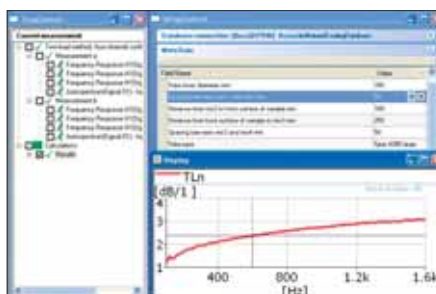
などの、広範囲にわたる新しい特徴が含まれています。透過損失などのデータはデータベースに保存されるようになり、データの閲覧、比較、社内でのデータ共有の効率が向上します。また、平均および標準偏差計算などのバッチ測定の統計レポートが容易に作成できます。

詳しくは以下を参照ください:

O. Olivieri, J. S. Bolton and T. Yoo, "Measurement of transmission loss of materials using a standing wave tube", *Proc. INTERNOISE 2006* (2006)

B. H. Song and J. S. Bolton, "A transfer matrix approach for estimating the characteristic impedance and wave numbers of limp and rigid porous materials", *J. Acoust. Soc. Am.*, 107 (3), 1131-1152 (2000)

J. S. Bolton, R. J. Yun, J. Pope, and D. Apfel, "Development of a new sound transmission test for automotive sealant materials", *SAE Technical Papers*, Doc. No. 971896 (1997)



4206-T型 透過損失管キットと7758型を用いた垂直入射透過損失計測の例

残響時間計測の過去と現在

Jim Weir, サウンドレベルメータ プロダクトマネージャ

「すみません、もう少し大きな声で話してください。」と、私のすぐ後ろに座っていた級友が要求しました。物理学科2年目の有機化学の講義でのことでした。実験教室には25名の生徒が御影石の作業机にまばらに座っていました。それぞれの学生は、炭水素化合物の識別に役立つ情報を聞き逃すまいと、耳をそばだてていました。私は有機化学が嫌いでした。さらに悪いことに、この教室では教授の声が反響して聞き取りにくいものでした。金属製の椅子がコンクリートの床に当たると、まるでそわそわした気持ちが増幅するかのようでした。私の目は、一音節も聞き逃すまいとするかのように教授の唇に一心に集中していました。数名の生徒は既に話を聞くことを諦めており、分子構造図やよくある元素周期表で簡素に飾られたコンクリートの壁をあてもなくぼんやりと眺めていました。

「さっきより聞こえますか?」教授は黒板から1メートルほど前に進み出ながら尋ねました。ほぼ同じタイミングで少なくとも半数の生徒が教室中に響き渡るキーキーやゴトゴトといった不協和音をたてながら椅子を1.2センチ前に詰めた。一度、反響が収まると、教授はカルボン塩酸(carboxylates)とアルカリ(alkaline)試薬について続きを話始めたのだが、「炭素繊維アルコール依存症(carbon fiber alcoholics)」と私には聞こえていました。古い教室の高い天井は奈落の底を作り出していて、教授が発する貴重な言葉たちはそこで何分間もさまよった後、めちゃくちゃな順序で私の耳に届いているようでした。その思いからあたりを見回すと、蒸気暖房機器が不協和音を発していることに気が付きました。反響音の中で話を聞き取る能力を試すという、教授の授業計画に荷担しているかのようでした。

幸運なことに、この教室で正確に言葉を聞き取る能力だけで合否が決まるわけではなかったようでした。また、有機化学のクラスでもらった成績は決して良いとは言えませんが、私は物理科学への興味を失うことはありません

でした。このような経験が多くの音響技師の記憶には刻み込まれています。私達は、音に対する興味や好奇心を持っていて、人々がただ我慢するしかないと思っている悲惨な状況を測定し、評価するツールも持っています。

私たちはEyringとSabineの音響学を学ぶことができました。当初は、ポリマービニール製のいわゆるレコード盤から1/3オクターブバンド幅のピンクノイズを再生して、ブリュエル・ケアーの



2203型騒音計、レベルレコーダのチャートによって残響時間計測を行うものでした。またこの当時は、午後の半日の時間をかけて、紙送りと各々のバーストノイズとの位置合わせと、RT60用プロトラクタ(残響時間読み取り専用定規)を各々の残響カーブに合わせて読み取ることと格闘していました。おそらく、この30年間のテクノロジーの進化を知らずにいたため、この単調な仕事に耐えられたのでしょう。実験報告は金曜日までに監督者の机に提出しなければならぬのですから。

2250型による簡便な残響時間計測
2006年10月に、ブリュエル・ケアーは最新世代のサウンドレベルメータである、2250型にBZ-7227型残響時間計測アプリケーションを追加発表しました。残響時間計測が、これまでにならぬほど、簡単に行えるようになりました。

まず、2250型は、すべての音響研究者が歓迎する、前例のない測定レンジを提供してくれます。2250型は、たったひとつの測定レンジしか持っていません。その測定レンジは、痛覚限界領域の140dB音圧レベルからノイズフロアまで、またある周波数では人間の可聴下限領域に近くまでの、卓越したものです。世界で初めてデジタルオクターブ分析装置を開発製造した会社から、今、最先端DSP技術による桁外れなスピードとリニアリティを持つパラレルフィルターが実現されたのです。内蔵型の音声とテキストメモ機能は、測定の切れ目ごとに内容を記述できるので、音響研究者にとって役に立つ機能です。高解像度のカラータッチ画面や信号機指示機能は、測定状況を全体的に把握できるユーザーGUIを提供し、機器セットアップパラメータやユーザープリファレンスの調整をより効率的に行えます。

残響時間計測のアプリケーションでは、ブリュエル・ケアーは、音響技術者への手助けとなる、さまざまな革新技術を取り入れました。第1に、複数の音源と受音点を1つの操作の中で扱って、しかもその位置レイアウトは画面に図式化されて表示されます。

挿入された図を見てください。ベテランの音響技術者は、従来法の減衰や集合減衰の平均法を、業務にあわせて簡単に選択できます。経験の無い音響技術者であっても、顔文字(赤と黄色のスマイリーアイコン)によって、潜在的な二重スローブ残響減衰、過度の暗騒音、他の測定異常などを注意してくれるので重宝します。



Application Specialist Leif Slot Christensen making reverberation measurements at the trend-setting new highschool in Nærum, north of Copenhagen, Denmark

測定スパンに合うようにズームしてくれる内蔵ノイズ発信器は、使用するスピーカシステムに無駄なエネルギーを与えなくても済むように、ブリュエル・ケアー製品のスピーカであるオムニパワーとオムニソースなどの周波数分布において、最適なイコライゼーション機能が装備されています。また残響時間計測にインパルス加振をを使いたければ、自動繰り返し機能を選択できる、簡便なトリガー設定によって、一人でも短時間で高速に一連の測定ができます。

もちろん、これだけではありません。部屋の残響特性としてインパルス応答をwavファイルで記録するために、2250型のBZ-7226型サウンドレコーディングオプションを使うこともできます。このwavファイルは、部屋の対策前後の比較や、7841型 DIRAC室内音響計算プログラムなどでファイルをインポートすることで追加の音響解析をすることができます。教室や、役員室、教会、公会堂、コンサートホールなどでは、いまだに音響問題は発生していて、残響時間計測の必要性はあるにもかかわらず、そのためのツールは改善されていませんでした。

2250型とBZ-7227型残響時間計測アプリケーションについては、お近くのブリュエル・ケアーのセールスオフィスまでご連絡ください。

モジュール プラットフォーム

2250型はソフトウェアモジュールと革新的ハードウェアの組み合わせにより、ハンドヘルドアナライザとして環境、労働、産業騒音の応用分野において、高精度な測定のための専用ソリューションとして活用できます。

新しいソフトウェアモジュールは簡単に追加でき、測定要求の変化に応じ、機能拡張が行えるので、現在そして将来にわたり、投資を無駄にしません。

現在、利用可能なソフトウェア:

- **周波数分析ソフトウェア** - 1/1オクターブと1/3オクターブリアルタイムフィルタ分析
- **ロギングソフトウェア** - 1秒から24時間間隔の、広帯域データとスペクトルの記録
- **拡張ロギングソフトウェア** - 連続測定およびロギングデータの期間レポート作成
- **サウンドレコーディングオプション** - 信号の特定および音源の記録のためのレコーディング機能
- **残響時間ソフトウェア** - 作業場、教室、住居、オーディトリア、公共空間の音響測定

2250型は、簡単で安全かつ賢明なものになるように、ユーザーと共同で開発されました。

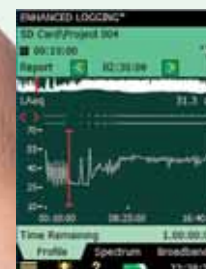
詳細情報は、ブリュエル・ケア・ジャパンにお問い合わせいただくか、www.type2250.comをご覧ください。



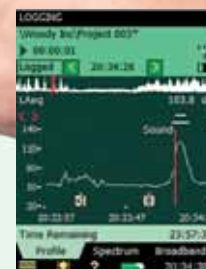
Frequency Analysis Software



Reverberation Time



Enhanced Logging Software



Sound Recording Option



HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum · Denmark · Telephone: +45 4580 0500
Fax: +45 4580 14 05 · www.bksv.com · info@bksv.com

ブリュエル・ケア・ジャパン

スペクトリス株式会社 ブリュエル・ケア事業部

東京都品川区北品川1丁目8番地11号 (ダヴィンチ品川II) TEL. 03(5715)1612
大阪府大阪市淀川区宮原3丁目5番地24号 (新大阪第一生命ビル) TEL. 06(4807)3261
愛知県名古屋市中区錦1丁目20番19号 (名神ビル) TEL. 052(220)6081
<http://www.bksv.co.jp> info_jp@bksv.com

2250型 ハンドヘルドアナライザ

Brüel & Kjær