

ESTECH.PathFinder のご紹介

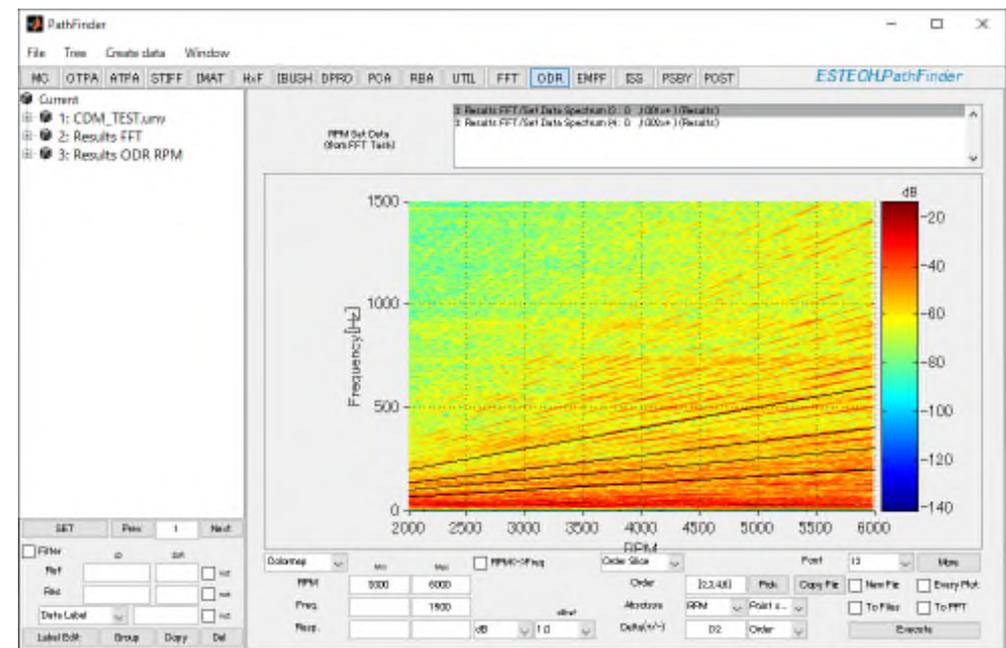
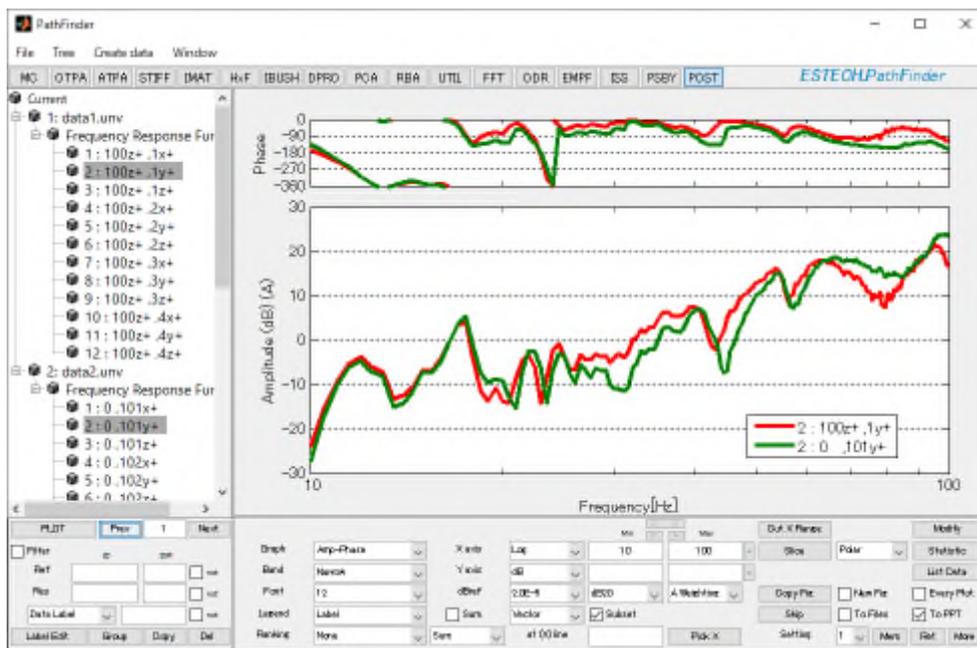
株式会社 エステック
Engineering Solutions and Technologies

- ESTECH.PathFinderの概要
- ベース機能
- 伝達経路解析オプション
- その他のオプション
- お問い合わせ先

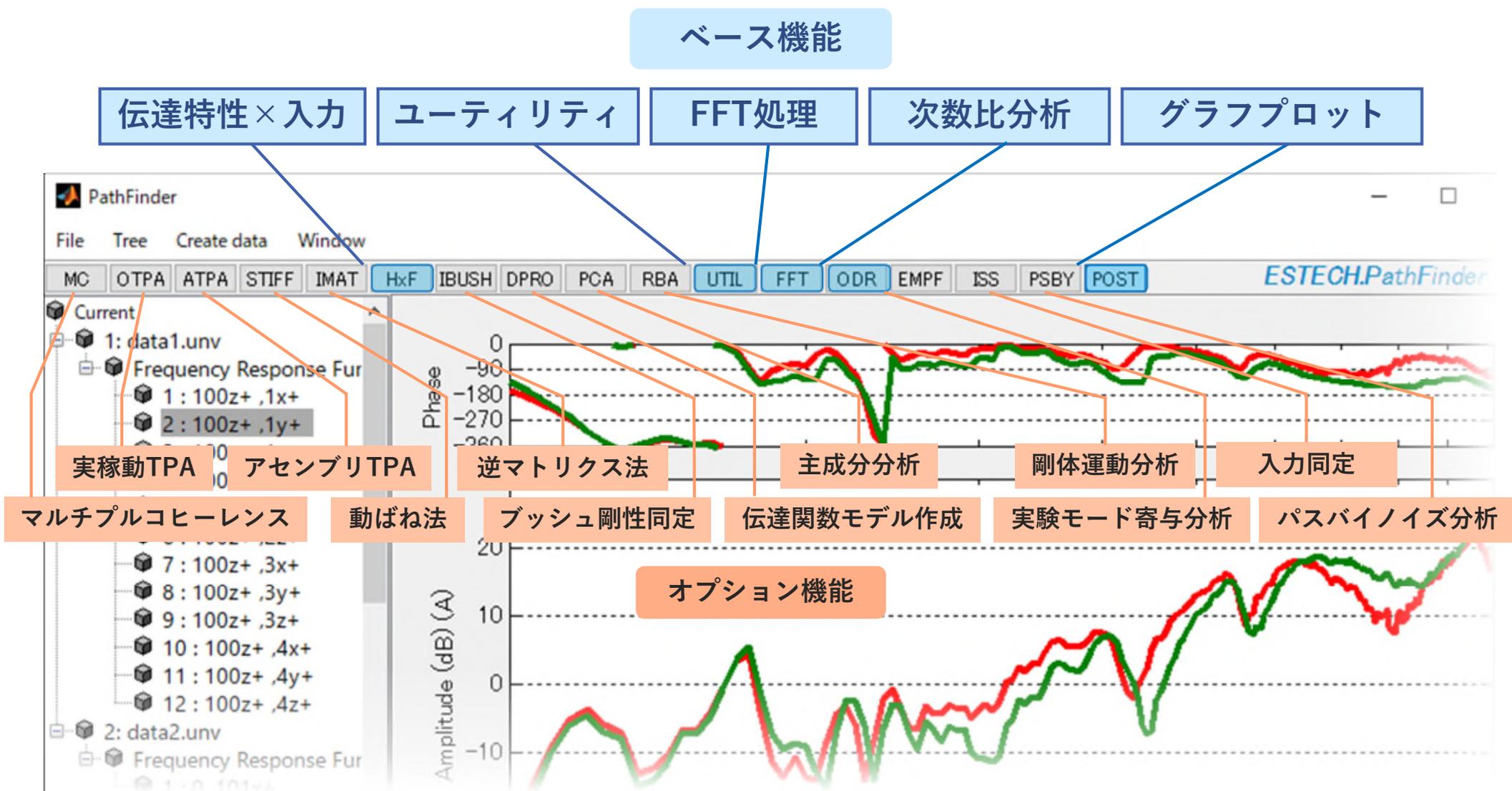
ESTECH.PathFinderの概要



- PathFinderは、伝達経路解析を効率的に処理するために、エステックのエンジニアが作成したソフトウェアです。
- 伝達経路解析だけでなく、様々な信号処理やデータ分析を効率よく実施するための機能が用意されています。



- PathFinderは17種類の分析タスクを備えています。



オプション名称	機能
ベース	基本的な信号処理、グラフプロット、ユーティリティー
マルチプルコヒーレンス寄与	複数の無相関な入力の寄与分離
従来TPA	動ばね法、逆マトリクス法、（時間軸も可能）
実稼働TPA	強制変位入力に対するTPA
アセンブリTPA	実車状態での動ばね法
ブッシュ剛性同定	実車状態でのサスペンションブッシュ剛性の同定
主成分分析	主成分分析による主要信号パターンの抽出
アドバンスドシンセシス	エンジンベンチデータを用いた車室内騒音の合成
実験モード寄与分析	実験実稼働データに対して、別途カーブフィットした固有モードを用いてモード寄与を算出
PFコマンド	テキストファイル形式のコマンドファイルでPathFinder上の各種処理を自動化
Rmotion	複数の並進方向運動データより任意の点の6剛体運動を推定
Dproperty	実験の周波数応答関数からFEMと結合可能な伝達関数モデルを作成

機能が 豊富

- ベース機能・オプション機能合わせて17種類もの分析が可能
- 実験・解析エンジニアの様々なニーズを反映

簡単

- シンプルな画面構成
- データ解析からレポート作成までシームレスに実行

コスパ

- 標準的な信号処理がオプション無しで実施可能
- 必要な機能のみ選択できるモジュール構成

対応するファイルフォーマット

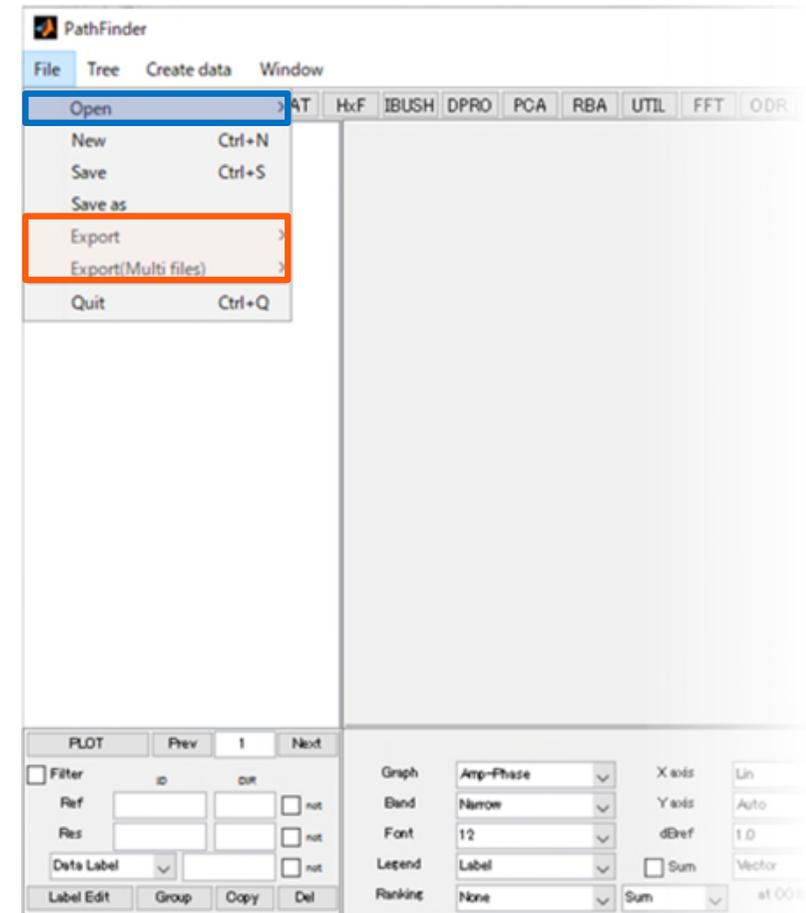
- 様々なファイルタイプの入出力に対応
- 実験データを解析（Nastran）の入力データに変換可能

入力データ

形式	拡張子	内容
PathFinder	.mat	PathFinder形式
Universal	.unv, .bunv, .uff	Dataset 58,55
WAV	.wav	
TAFFmat	.hdr	TEAC FFT Analyser
DAT	.dat	TEACデータレコーダー
DS DAT	.dat	ONOSOKKI DS2000
Nastran	.pch	SOL111,112,108,109
TEXT	.txt	TAB区切り
CSV	.csv	CSVファイル
EXCEL	.xls, .xlsx	EXCELデータ

出力データ

形式	拡張子	内容
PathFinder	.mat	PathFinder形式
Universal	.unv, .bunv, .uff	Dataset 58
WAV	.wav	
TAFFmat	.hdr	TEAC FFT Analyser
Nastran		TABLED
TEXT	.txt	TAB区切り
CSV	.csv	CSVファイル



PathFinder入出力操作画面

提供方法・使用形態

- 提供方法
 - ✓ 永続ライセンスもしくは年間レンタルライセンス
- 使用形態
 - ✓ フローティングライセンス (FlexNet)
- システム要件

PathFinder		
ハードウェア	CPU	1.8GHz以上の64bit デュアルコアプロセッサ
	メモリ	4GB以上
	空きHDD容量	2GB程度 (Matlab Runtimeのインストールに必要な領域)
ソフトウェア	OS	Windows10 64bit
	その他	Matlab Runtime2013b

ライセンスサーバー (Flexlm) ※リダンダント構成対応可能		
ハードウェア	CPU	1.8GHz以上の32bitまたは64bitプロセッサ
	メモリ	2GB以上
	空きHDD容量	100MB程度
ソフトウェア	OS	Windows10 32bit, 64bit, Windows server2012, 2016, 2019, 2022 RedHat Enterprise Linux 7.x , 8.x

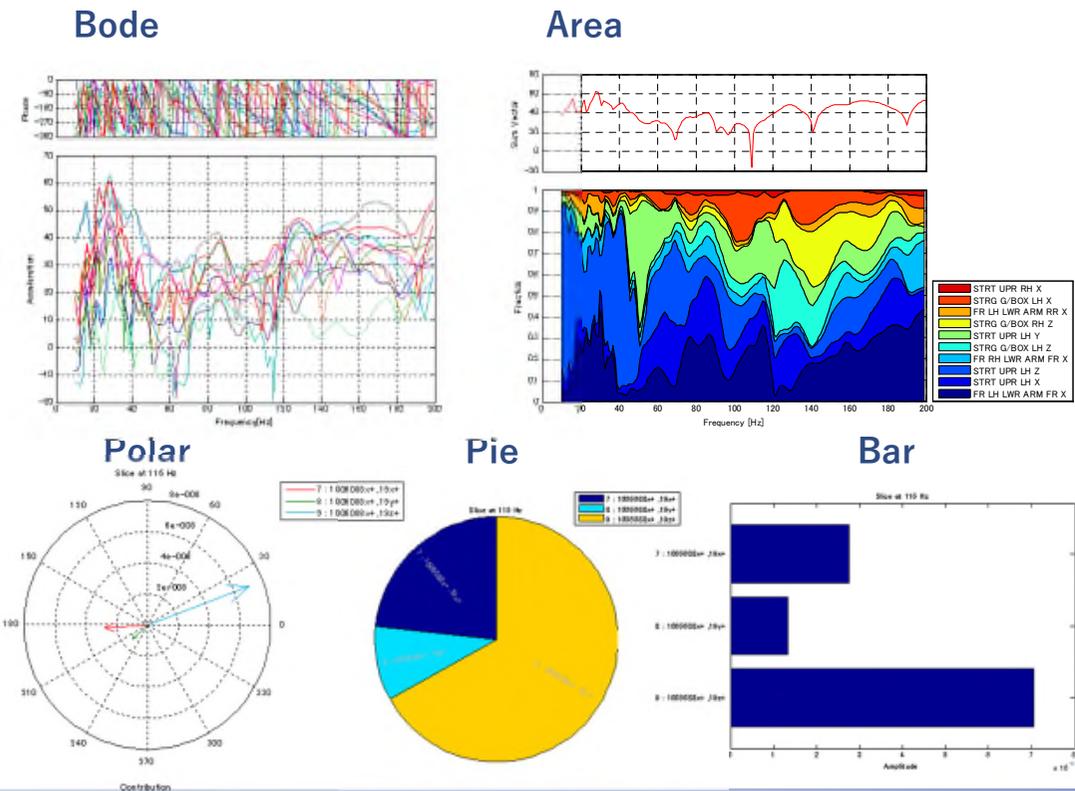
ベース機能



数多くのグラフ表示に対応

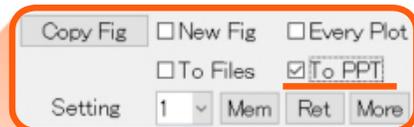
- 自由度の高い表示設定で思い通りのグラフを作成でき、効果的な分析が可能

【グラフ表示の一例】

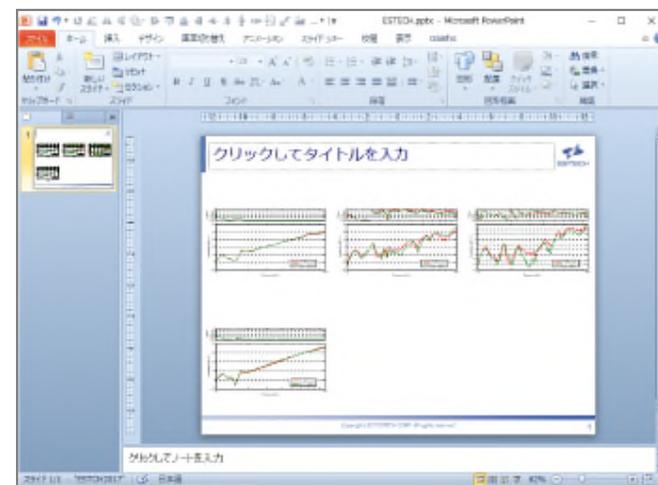


パワーポイントと連携

- レポート作成補助機能を標準搭載
- 任意の画像倍率・貼り付け位置でパワーポイントへのグラフ貼り付け



パワーポイントへ
貼り付け



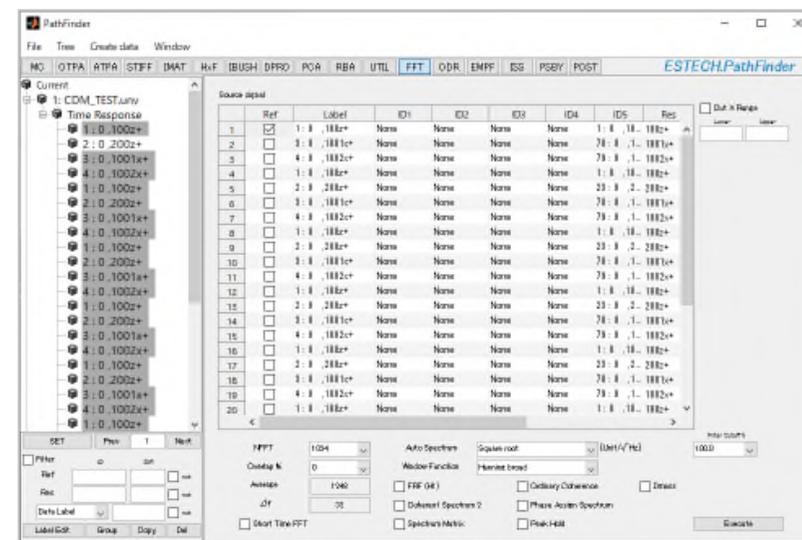


周波数分析に必要な機能を網羅

- PathFinderには、時間軸信号からFFTを用いてパワースペクトルや伝達関数（FRF）などを算出する基本的な信号処理の機能が搭載されています。
- ShortTimeFFTなどの機能も実装しています。

【機能概要】

- 設定項目 : ライン数/オーバーラップ/ウィンドウ/データの時間範囲/平均化方法
- 出力項目 : パワースペクトル/位相付きスペクトル/クロススペクトル/伝達関数/コヒーレンスなど
- Short Time FFT
- ウェーブレット解析
- 次数比分析のための回転数計算



FFT処理画面

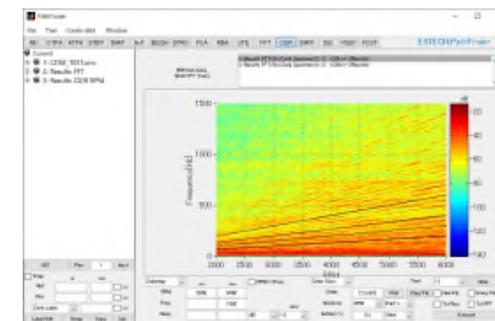


ベース機能で次数比分析もサポート

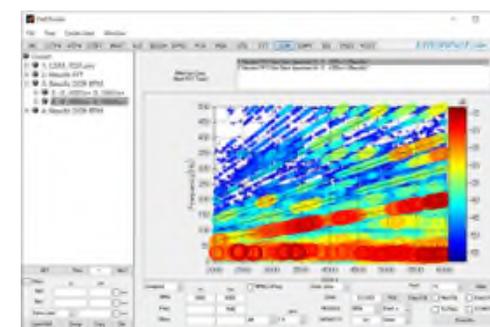
- PathFinderでは、FFTタスクで計算した回転数に対するShort Time FFTの結果に対して、キャンベル線図や次数成分の切り出しを行う次数比分析が、ベース機能で利用できます。

【機能概要】

- 分析機能項目：定比型トラッキング/定幅型トラッキング
- 表示：カラーマップ/キャンベル線図
回線数と周波数軸の入れ替え
- バンド幅（次数以外）での切り出しもサポート



カラーマップ



キャンベル線図



豊富なデータ処理機能

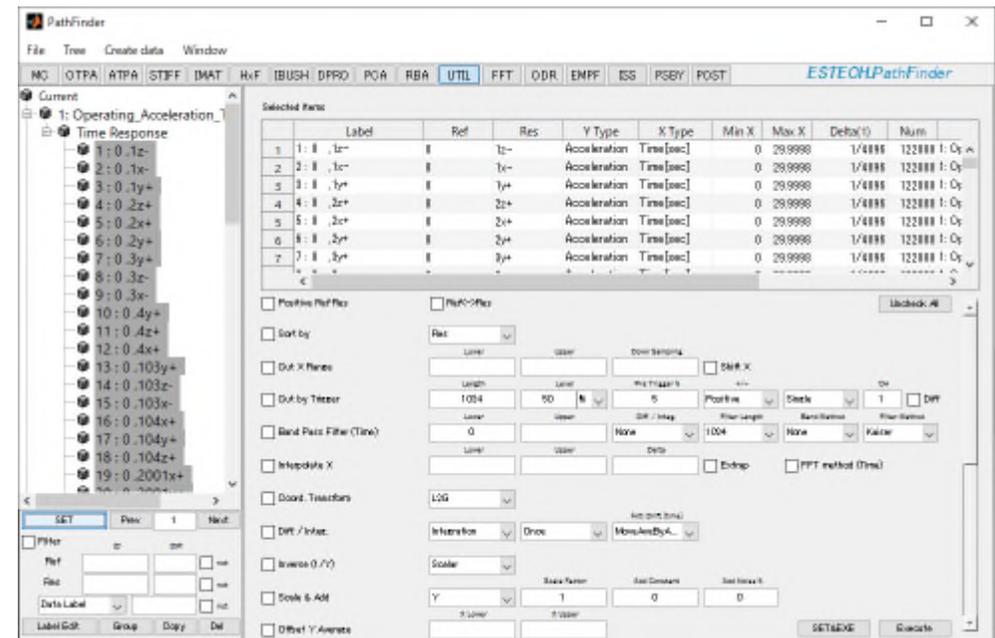
- PathFinderには、データの並べ替えや切り出し、バンドパスフィルターなど、データの前処理や後処理に利用することができる便利な機能が数多く搭載されています。

データ編集機能

- 線形補間/座標変換
- 並べ替え/切り出し（トリガー信号を基準としたデータ切り出しも可能）
- データタイプの変更
- データ成分の抜き出し（実部、虚部、振幅成分、位相成分など）

フィルタ機能

- ローパス/ハイパス/バンドパスフィルタ
- オクターブバンド（1/3-1/12）
- 周波数バンド（任意幅）
- 移動平均



ユーティリティ画面



演算機能・関数処理も充実

- PathFinderは、基本的な演算機能から、聴覚補正や人体特性重みづけまで、数多くの演算機能・関数処理に対応しています。

対応する演算機能・関数処理

- 2乗・平方根・3乗・立方根/複素共役/逆数の計算
- 微分積分（周波数軸および時間軸）
- 絶対値/平均値/RMS値
- 合計値の算出（ベクトル和/エネルギー和/振幅の和）
- オフセット/データの最大値で正規化
- 離散フーリエ変換/逆離散フーリエ変換
- デシベル計算（Y値から $10\log(Y)$ 、 $20\log(Y)$ を計算あるいはその逆を計算）
- 聴覚特性重みづけ（A,B,C,D,K特性）
- 人体特性重みづけ（人体D,K特性）
- 回転パルスから回転数の算出、回転数と周波数の相互変換
- 時間軸データに対する包絡線の計算



2つのデータの加減乗除から畳み込み積分まで可能

- Hに伝達関数、Fに入力特性をセットし掛け合わせることで寄与が算出できるほか、2つのデータに対する加減乗除が可能のため様々なデータ処理に利用できます。

【使用例】

□ TPAで寄与計算

H：伝達関数 × F：入力

□ 相対変位

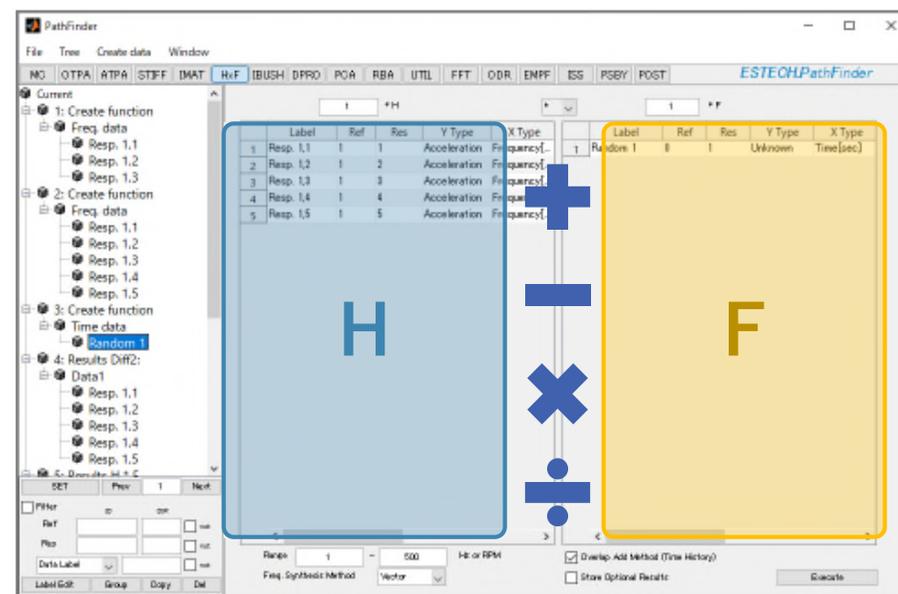
H：変位 - F：変位

□ 応答倍率

H：加速度 ÷ F：加速度

□ 畳み込み積分

H：伝達関数（周波数軸） × F：入力（時間軸）



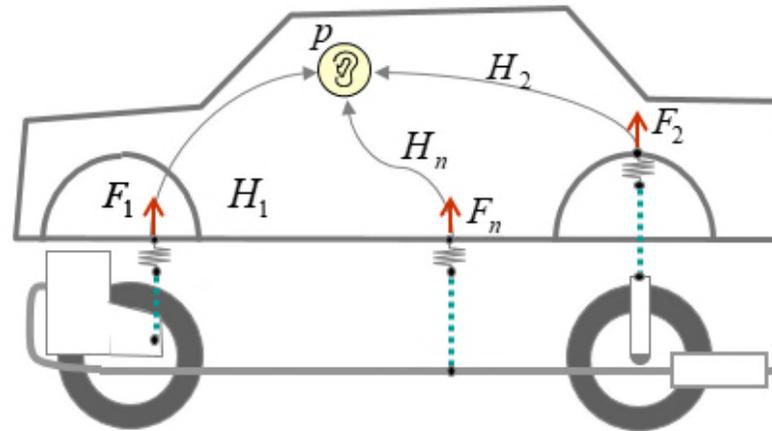
データ同士の演算画面

伝達経路解析オプション

- 従来TPA
- 実稼働TPA
- アセンブリTPA
- アドバンスドシンセシス
- マルチプルコヒーレンス寄与

伝達経路解析とは

- 伝達経路解析 (Transfer Path Analysis)は、自動車の車室内振動騒音の分析において、着目応答 (振動・騒音) に対する、各コンポーネント (エンジン、排気系、駆動系、サスペンション等) 振動の寄与を求める手法です。
- 各コンポーネントの実稼働入力と伝達関数を掛け合わせたものが、各コンポーネントの寄与になります。



$$p = \underbrace{H_1 F_1}_{\text{入力点1の寄与}} + \underbrace{H_2 F_2}_{\text{入力点2の寄与}} + \dots + \underbrace{H_n F_n}_{\text{入力点nの寄与}}$$

従来TPA：動ばね法

■ マウント剛性×相対変位より算出する方法

- 実稼動時の取り付けマウントの相対変位を計測
- 車体側加速度とコンポーネント側加速度を積分し変位を計算
- マウントのバネ定数およびロスファクタから間接的に力を算出

$$F = (1 + jl)K(x_b - x_c)$$

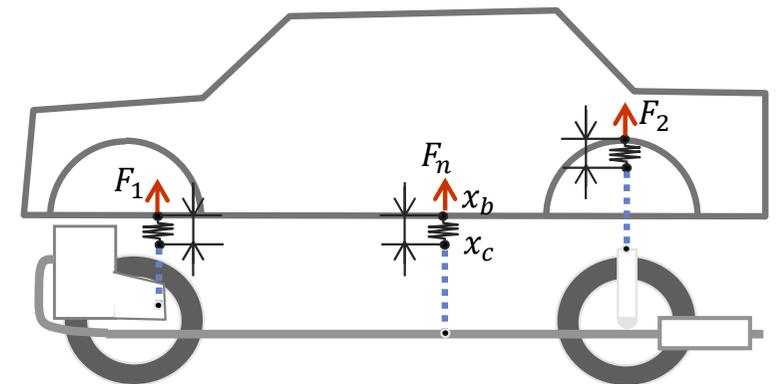
$(1 + jl)$ ロスファクタ
 j は虚数
 K バネ定数
 $(x_b - x_c)$ 相対変位 (複素数)

■ マウント剛性値の精度が影響

- 実験で別途測定
- 周波数依存、振幅依存などの非線形性

■ 剛結合の部分には使えない

- 相対変位が無いので力を求めることが出来ない
- 非常に硬いブッシュでも同様



従来TPA：逆マトリクス法

■ 伝達関数マトリクスの逆行列より算出する方法

- 各結合自由度間の伝達関数を、自己応答も含め全て計測し、各周波数ライン毎に以下のように並べ、伝達関数マトリクス H の形にした後、逆行列をとり動剛性マトリクス D を算出
- 動剛性マトリクスに実稼動時応答を掛けることで、実稼動時入力を算出

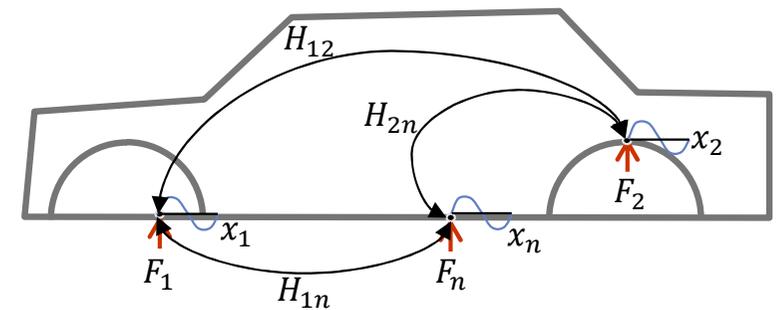
$$\begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & \cdots & H_{1n} \\ & H_{22} & \cdots & H_{2n} \\ & & \ddots & H_{3n} \\ & & & H_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_3 \end{Bmatrix}$$



$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \cdots & D_{1n} \\ & D_{22} & \cdots & D_{2n} \\ & & \ddots & D_{3n} \\ & & & D_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_3 \end{Bmatrix}$$

$$\{F\} = [H]^{-1}\{x\}$$

HやDは周波数ライン毎に異なる値

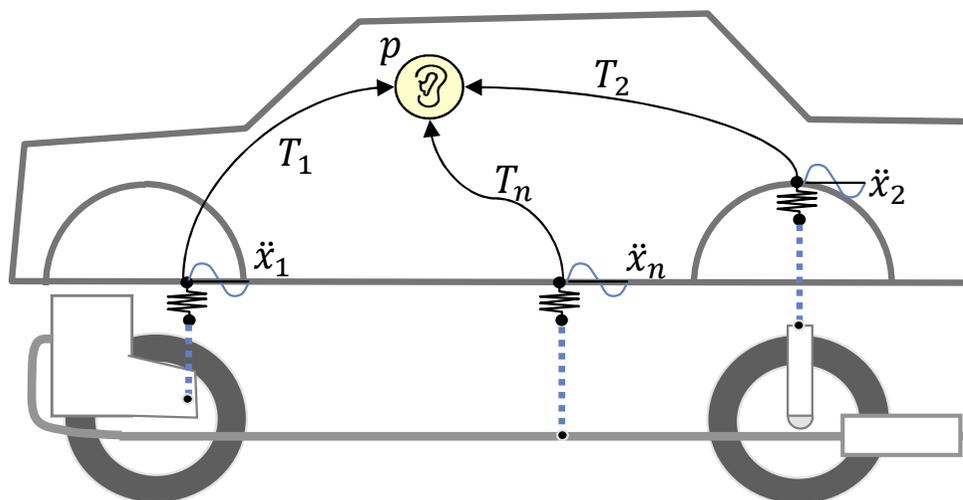


■ 剛な結合に対しても適用可能

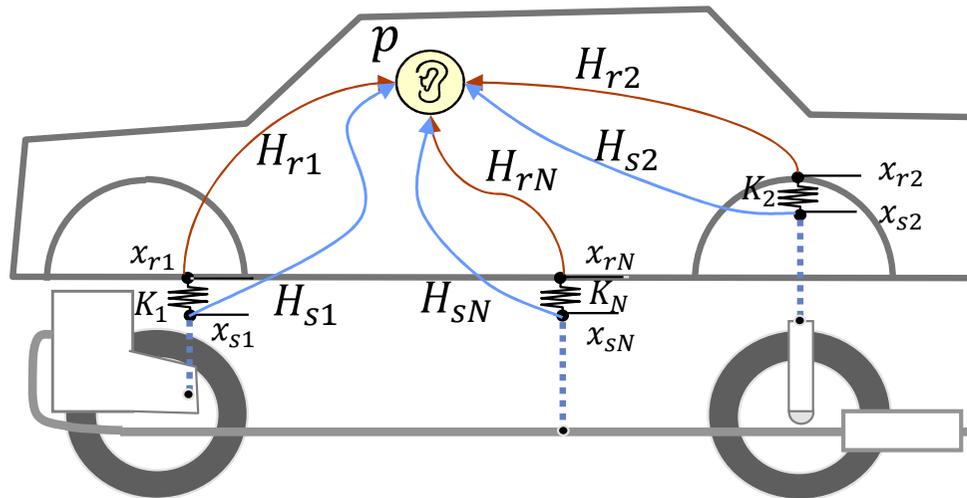
- 計測誤差などにより逆行列計算が出来ない場合や、逆行列計算時に誤差が拡大する場合がある（特異値分解により回避）
- 予測している経路以外に入力があると正確な計算ができない

- 振動源付近の加速度応答（および音圧応答）を参照信号として、着目騒音に対する伝達特性（音圧/加速度or音圧/音圧）を算出し、実稼働時の参照点応答との掛け算の和で着目応答を表現
 - 伝達特性・参照点応答共に実車実稼働実験より計測
 - 強制変位入力に対する寄与と解釈できる

$$p = \sum T_n \ddot{x}_n$$



- トリムドボディ化せずに各結合点からの入力寄与を算出
 - アセンブリ（車両）状態の伝達特性および実稼動振動から、結合点の寄与を算出
 - トリムドボディ化の必要なし→大幅な工数削減
 - ブッシュ剛性は既知とする
 - アセンブリ状態の力入力に対する寄与



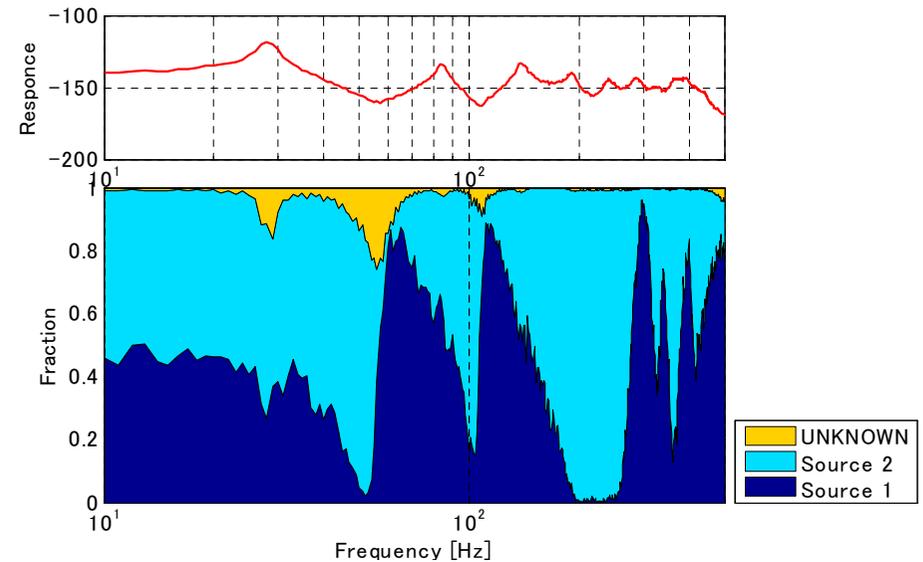
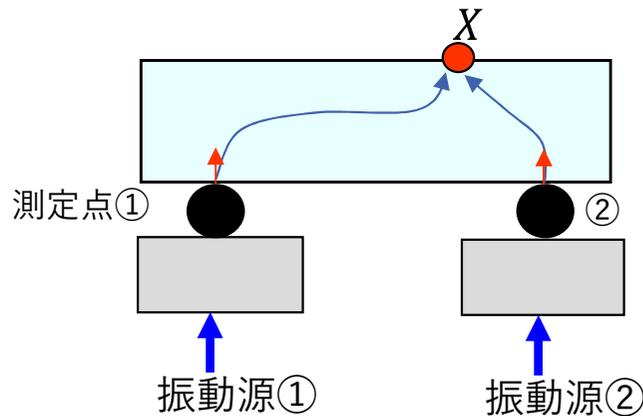
- 従来TPAの寄与（Free-Free車体の入力点寄与）とは異なる
 - アセンブリ状態のブッシュ寄与
 - 感度に近い

- 時間軸TPA（従来TPA, アセンブリTPA）における高速計算機能
 - エンジン実稼働振動・騒音等の長時間の時間軸TPA分析計算において、信号の合成計算（シンセシス）が高速な手法で実施されます。

- パスバイノイズ計算機能
 - パスバイノイズとパスバイノイズに対する寄与解析を行うことができます。

- アドバンスドシンセシスは使用に際しては、別途コンサルティング業務を実施し、お客様のデータに対する適用方法の検討が必要となります。

- 複数の無相関な振動源からの入力を受けるシステムの各成分が混合された応答からそれぞれの入力成分の割合を算出する
 - 振動源と思われる場所および評価応答にセンサーを配置し、実稼動状態のデータより、応答に含まれるそれぞれの入力成分の割合を算出
 - 応答信号に対する入力の測定漏れの判断が可能（測定されていない入力成分の割合も計算される）



その他のオプション

- ブッシュ剛性同定
- 主成分分析
- 実験モード寄与分析
- PFコマンド
- Rmotion
- Dproperty

■ 実車状態での加振実験結果からブッシュ剛性を推定

- 通常、ブッシュやマウントの動剛性計測は単品状態でプリロードを負荷した振動試験を行う必要があるが、実車状態（非分解）の加振実験結果よりブッシュ剛性を逆算

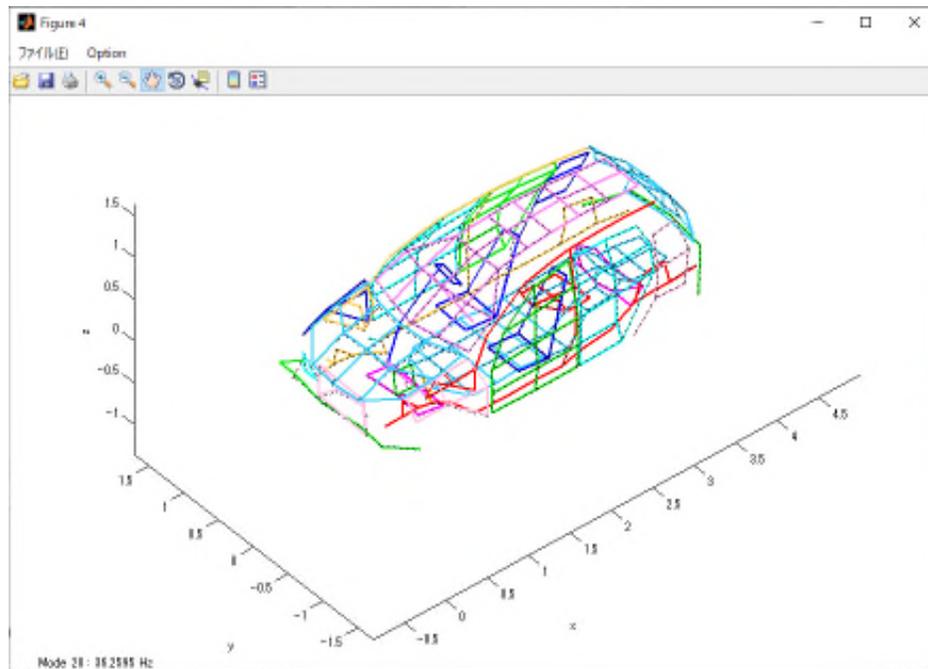
■ 適用事例：RRサスペンションブッシュ剛性の同定

- 結合点自由度 : $5点 \times 3方向 = 15$ 自由度
- 加振ケース数 : 15（結合点近傍）
- Rrサスペンションブッシュ 3点 \times 3方向の剛性とロスファクタを算出

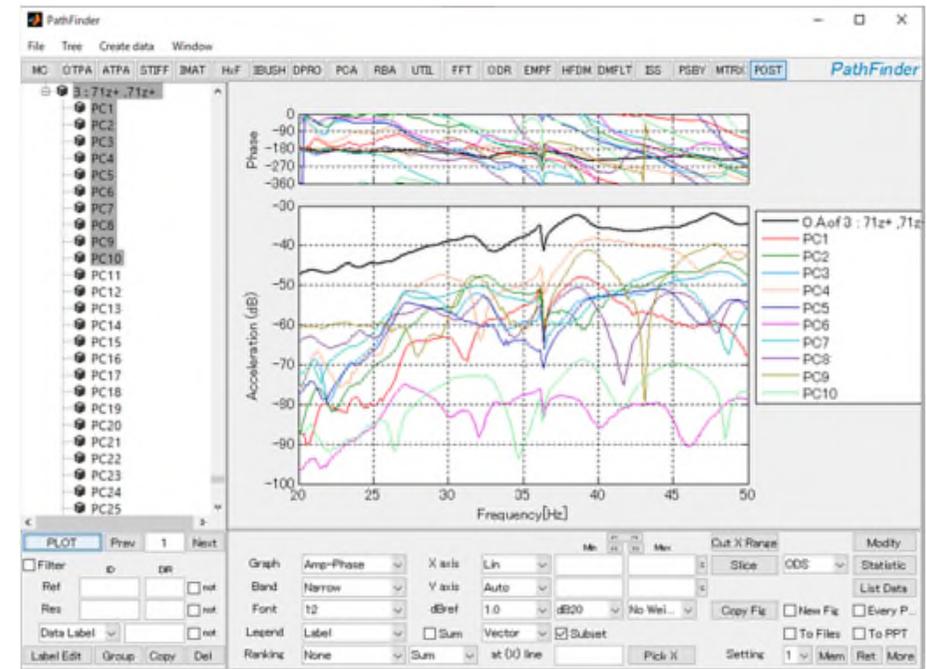


■ 実稼働データに対する主成分分析機能

- 実稼働変形に含まれる主要な変形成分を、独立なベクトルとして抽出
- 抽出したベクトルを用いて実稼働データを座標変換し、主成分応答や実稼働応答に対する主成分の寄与を算出



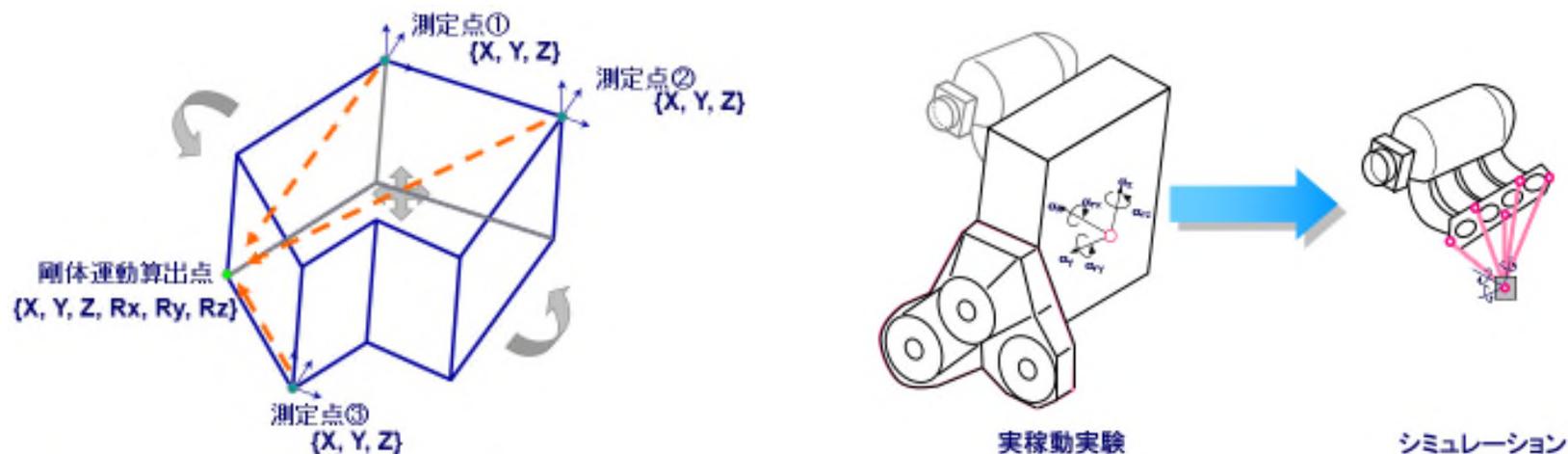
主成分ベクトル表示



主成分応答表示

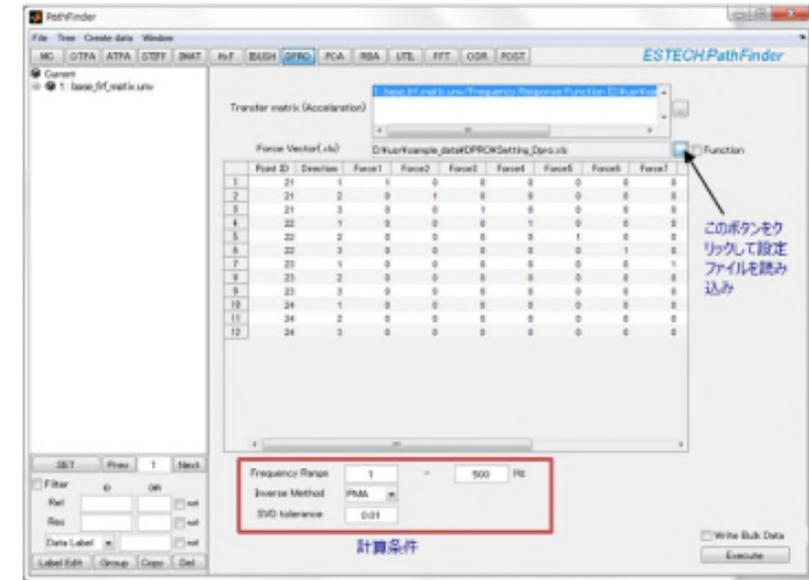
- 供試体を剛体と仮定した場合の任意点の剛体運動（6自由度）を推定
 - 複数点（3点以上）の伝達関数データと座標情報を入力
 - ユーザが指定する任意の座標の運動量を算出

- 適用例
 - 振動応答や強度耐久シュミレーションに用いる実稼働入力力の算出
 - 実験的に測定不可能な部位など、測定点以外の運動データ推定
 - ESTECH.[I]property（別ソフトウェア）を用いて、推定した剛体運動から慣性特性を推定



■ 伝達関数 (FRF) をNastranモデルに変換

- 実験で取得したFRFの有限要素モデルへの変換
- 大規模有限要素モデルのFRFによる自由度縮約



■ 適用事例

- 車体伝達関数 + ホイールFEMモデルのハイブリッドモデル



実験による車体伝達関数


Dproperty
による変換

**Nastran
バルクデータ**

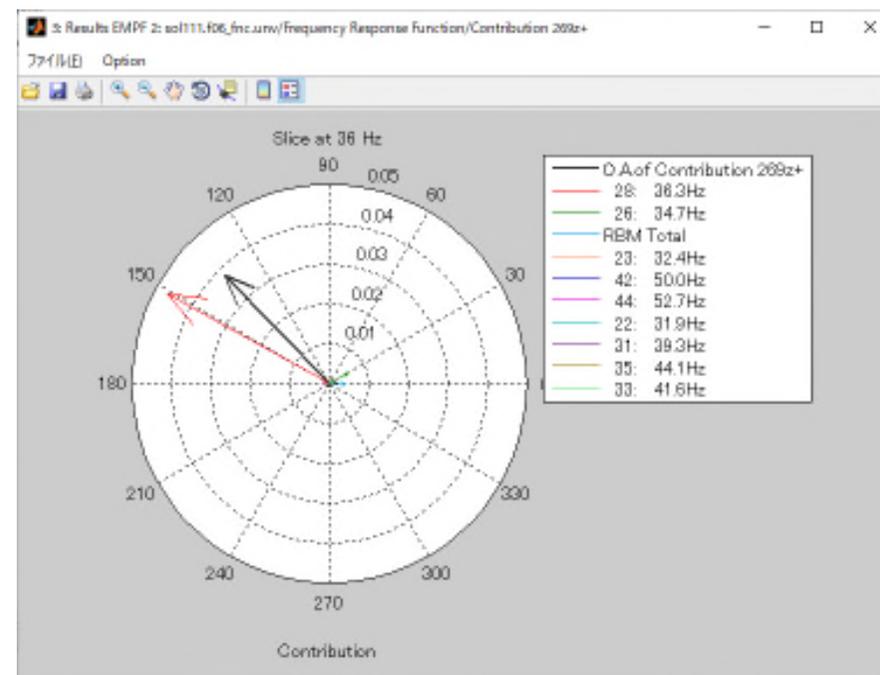
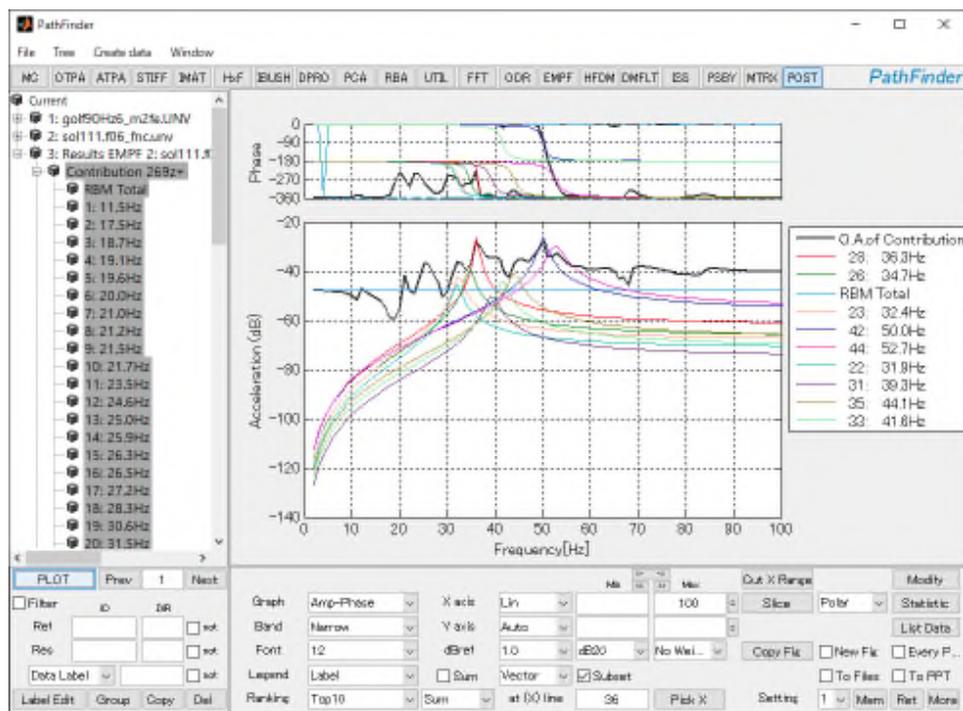
+



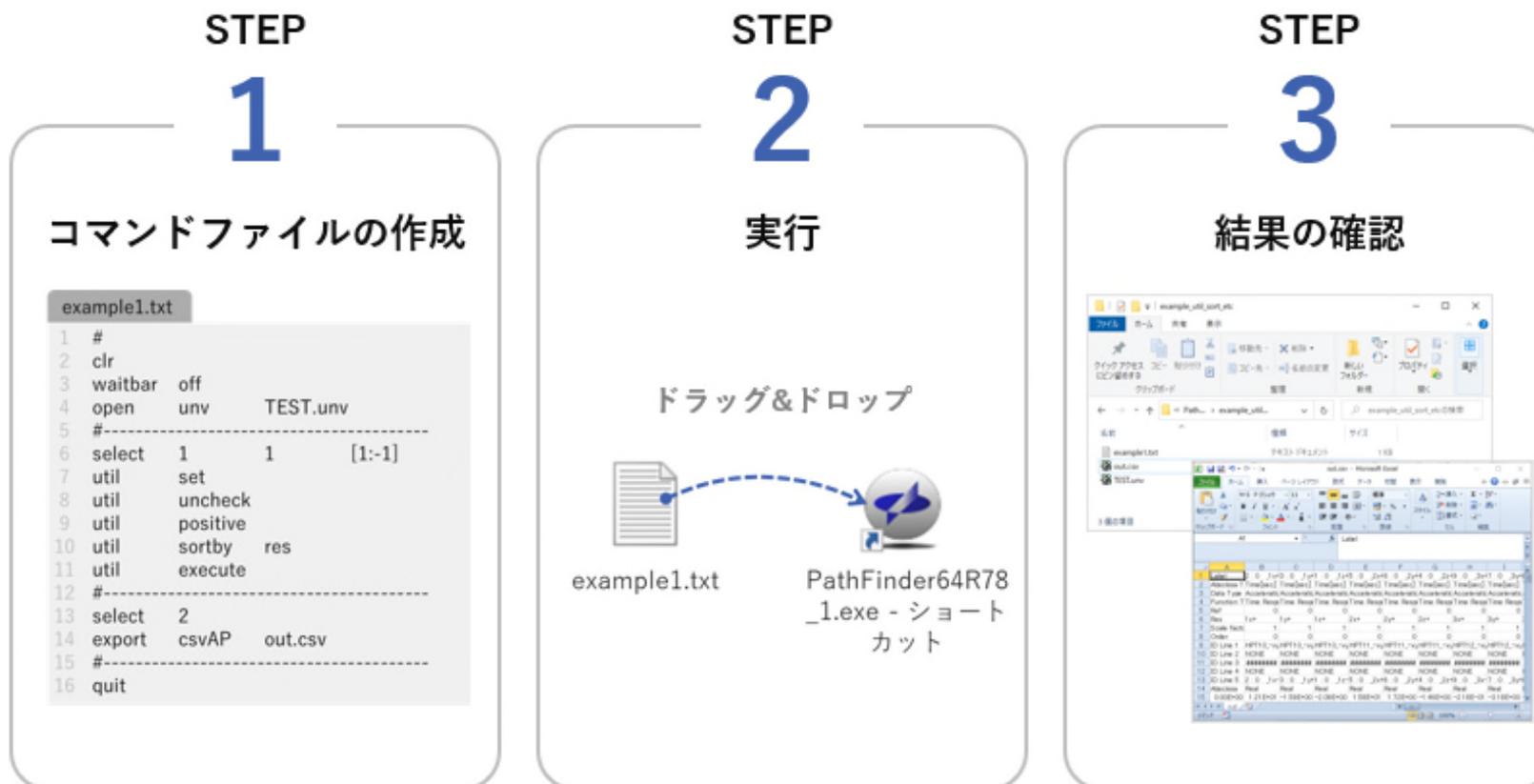
FEMモデル

ハイブリッドFEMモデル

- モードシェイプを用いて、実稼働データに対するモード寄与を算出
 - 外部で算出したモードシェイプ情報をUNVファイル形式で読み込み
 - 各モードの変形成分が実稼働変形の中にどのくらい含まれているか算出



- テキストファイルに記述されたコマンドでPathFinderの自動処理を行う機能
 - ファイルの読み込みや書き出し
 - データの選択、各タスクの条件設定と実行
 - 簡単なループ処理



株式会社エステック (ESTECH Corporation)

- TEL 045-661-1661
- MAIL g-sw-support@Estech.co.jp
- HP <http://www.estech.co.jp/>