

論文・解説

24

## NVH性能分析システムCPAs2の開発 Development of NVH Analysis System CPAs2

江頭 裕二\*<sup>1</sup> 川口 克也\*<sup>2</sup> 馬屋原 立裕\*<sup>3</sup>  
Yuji Egashira Katsuya Kawaguchi Takahiro Umayahara

### 要 約

CAE技術は、商品開発の有効な手段として年々その適用領域を拡大し続けてきた。一方、商品をタイミングよく市場導入するためには、開発全体の期間短縮とともに、CAE活動自体の期間短縮も重要になっている。そこで、弊社ではモデル化から評価・分析までのCAE業務の自動化と、対策部位を早期特定する性能分析機能の強化に取り組んできた。本報で紹介するCPAs2システムは、CAE業務の中で計算から評価・分析までを対象とし、様々な自動処理機能と分析機能を装備している。本報では、NVH領域におけるCPAs2システムについて概要を述べるとともにロードノイズなどの性能予測評価機能やパネル寄与率などの性能分析機能、および評価・分析データを自動生成する自動処理機能について報告する。

### Summary

CAE technology has continued to expand its applicability year after year as an effective method for product development. Meanwhile, it is increasingly important to shorten the CAE development period as well as the entire development period to bring products to the market at the right timing. With this in mind, we have worked to automate the CAE work, from the modeling to the evaluation/analysis, and to enhance performance analysis functions which allow early identification of the areas countermeasures need to be taken against. The CPAs2 system, which is introduced in this report, covers processes from the calculation to the evaluation/analysis in the CAE work, and includes a variety of automatic processing functions and analysis functions. This report outlines the CPAs2 system in the NVH field, and deals with the performance prediction evaluation function for road noise etc., the performance analysis function for panel contribution etc., and the automatic processing function for creating evaluation/analysis data.

### 1. はじめに

CAEは、商品開発の各ステージにおいて構造を決定する有効な手段として活用され、その適用は年々拡大・強化されてきた。また、その適用内容も単に性能目標を満足させるだけでなく、軽量化検討など多種多様化しており、CAEの業務量は急速に増加している<sup>(1)-(3)</sup>。このような状況の中、新しいCAE技術を確実に商品開発へ反映させるためには、CAE適用領域の拡大とともに適用業務の質と生産性の向上を同時に考えていく必要がある。

そこで、弊社は2004年からCAE自動化システムCPAs

(CAE Process Automation system)の開発を行い、モデル化と計算領域の自動化に取り組み、2006年からはCPAs2システムの開発を開始し、計算・評価・分析領域の強化を図った。

本報ではNVH性能開発領域におけるCPAs2の開発を紹介する。

### 2. 開発コンセプト

#### 2.1 開発の狙い

CAEの適用業務は、モデル化・計算・評価・分析・改善に分類される。CPAs2は計算から分析・改善までを対象と

\*1~3 NVH性能・CAE技術開発部  
NVH & CAE Technology Development Dept.

し、Fig.1に示す自動処理による評価分析期間の短縮と分析技術向上による改善サイクルの削減によって、性能目標を早期達成させることを開発の狙いとしている。

今回はPhase1として、

- ① 車種開発適用に順応する高度分析機能の開発
- ② 性能分析に必要な多量データの高速処理と自動化を実施した。

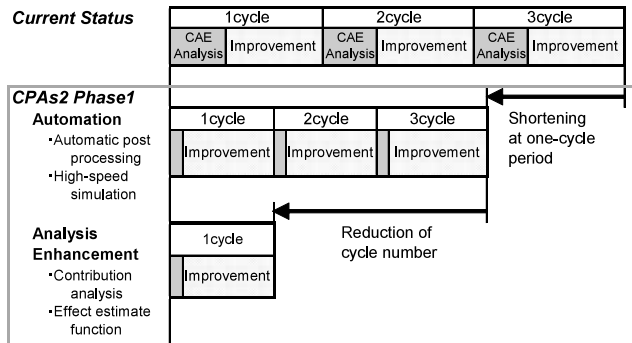


Fig.1 Purpose of CPAs2 System Development

2.2 システムコンセプト

システムは以下をコンセプトとした。

- ① 新技術を早期に実装でき、利用者への導入が簡単であること
- ② 実績あるシステムプラットフォームをベースとして、動作安定性を保証すること
- ③ リアルタイムに高機能な評価・分析業務がストレスなく実施できること
- ④ 既存の資源と環境を踏襲・共通化して必要最小限の保守体制で運用できること

以上を基に、Table 1に示すシステム仕様を決定し、自社開発を行った。

Table 1 System Specifications

Item	Contents
OS	Windows
Framework	MS .NET Framework
Graphic Library	MS DirectX
Analysis Processing	On Local PC
Calculation Processing	Network w/ Super Computer

また、システム構成はFig.2に示すように共通機能を含むプラットフォーム上に、NVH性能別の機能を搭載する形となっている。

RNA	DNA	BNA	IVA	LUA
Road Noise	Drumming	Booming Noise	Idling Vib.	Lock up Vib.
<b>CPAs2 Common Framework v2.5</b>				
Multidimensional data management, Data comparison, Document management, Controller panel control, Panel control, Process tree control, Process completion & panel/activation control				
<b>Microsoft .NET Framework 1.1</b>				

Fig.2 System Framework

3. CPAs2の機能

3.1 CPAs2システムの機能概要

CPAs2システムはユーザインターフェース部と計算制御部で構成される (Fig.3)

ユーザインターフェース部では、①解析標準に基づく必要最小限の計算データ定義機能と、②インタラクティブに評価・分析できる性能予測評価機能や性能分析機能を装備している。これらの機能は社内ネットワークに接続されたクライアント上で利用することができる。

計算制御部では、③NASTRANデータの自動生成から計算までを制御する計算自動処理機能と、④レポートングやユーザインターフェース部で評価・分析をリアルタイムに実施するためのデータフォーマットへ変換する自動ポスト処理機能が装備されている。

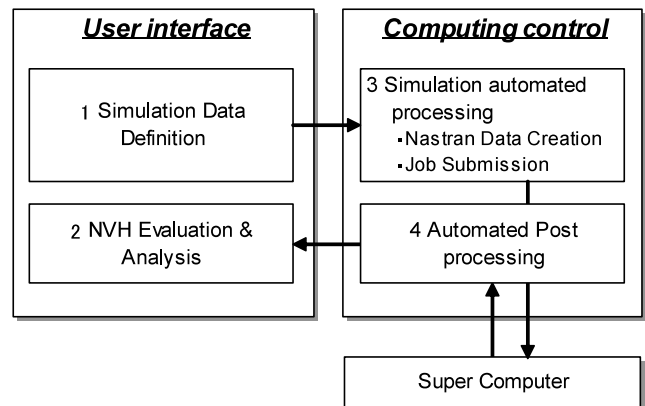


Fig.3 Outline of System Function

3.2 性能予測評価機能

性能予測評価機能は、現在低周波2項目および中周波3項目からなる計5項目のNVH性能をサポートしている。基本的にサスペンション、エンジンマウントから車体へ入る荷重を入力したときのNVH性能を以下の周波数域で評価するものである。

(1) 低周波NV

アイドル振動、ロックアップ振動の評価ができる。フロア、ステアリングなどの各部の振動や車内音の評価が可能である。

(2) 中周波NV

エンジンこもり音、ロードノイズ、ドラミングの評価ができる。1/3オクターブ評価や狭帯域での評価および目標とする性能を確保するために特定周波数域の車内音を下げた改善量を見積もるなどの機能を備えている。

3.3 性能分析機能

(1) 経路分析

エンジンマウントやサスペンションなどから車体へ入る荷重に対して、音への寄与が高い入力源を特定することができる。機能としては、任意の周波数に対して各入力経路

から発生する音圧 (SPL<sub>i</sub>) や、車体取付け部のポイントイナータンス (PI) および振動入力パワー (Wi) などの分析と、各周波数で音の入力源を分析するカラーマップ表示機能を備えている。また、擬似的に任意の入力を減少させて改善効果を推定することも可能である (Fig.4)

(2) 4PLOT分析

4PLOTとは、任意入力点からの音圧 (SPL<sub>i</sub>)、車体入力点のポイントイナータンス (PI)、入力荷重 (F) および車体感度特性 (SPL/F) のグラフを表したものである。入力量の変化、もしくは車体感度や車体取付け部の剛性の変化を調べることで、車内音へ影響を与えた特性を特定することができる (Fig.5)

(3) パネル寄与率分析

要素別パネル寄与と領域別パネル寄与の2つの機能がある。

要素別パネル寄与分析は、音のなりやすさを示すP/Q特性や体積加速度Qおよび音への寄与率を、任意の周波数で分析できるようにしている (Fig.6)。また、Fig.7に示すパネル振動抑制効果推定機能によって、擬似的に一部のパネルの体積加速度を抑圧させたときの改善効果を推定することができる。

領域別パネル寄与分析は、任意にパネルを分割し、音響放射量の大きいパネルを特定するとともに、各パネルの位相関係を分析することができる。

(4) 音響モード寄与

車室内空洞共鳴モードとの連成寄与を分析する機能である。連成によって車内音が高くなっている共振を分離することで車内音を改善できる (Fig.8)

(5) 音響モード表

車室内空洞共鳴モードの一覧表が自動生成される。どの周波数域にどんなモードが存在するか判別することができる (Fig.9)

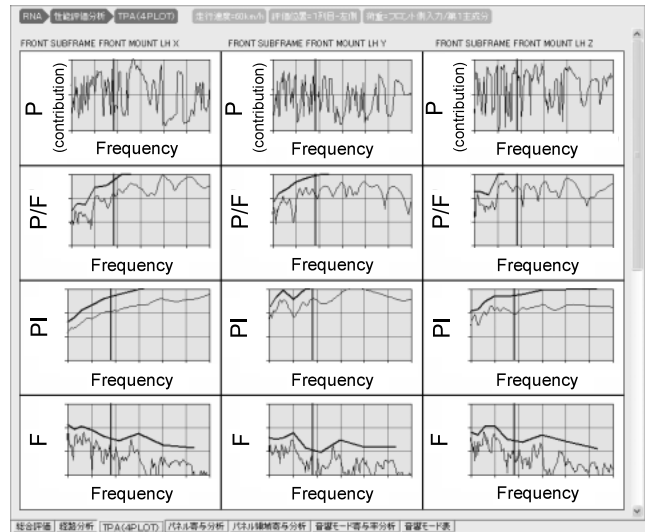


Fig.5 4PLOT Analysis

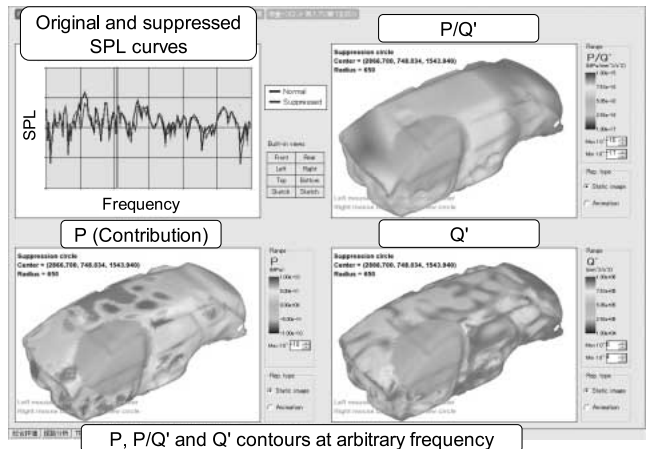


Fig.6 Panel Sound Contribution Analysis

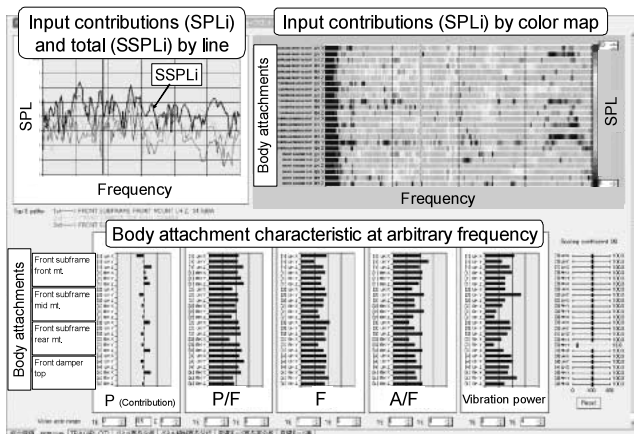


Fig.4 Load Path Analysis

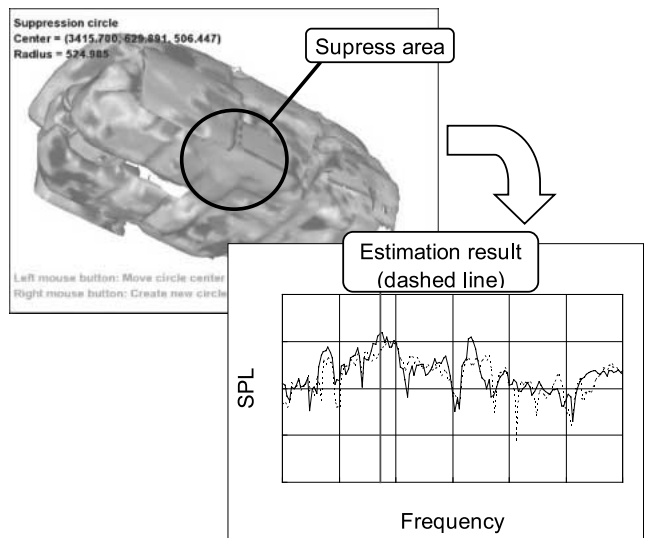


Fig.7 Function to Estimate Effect of Measures

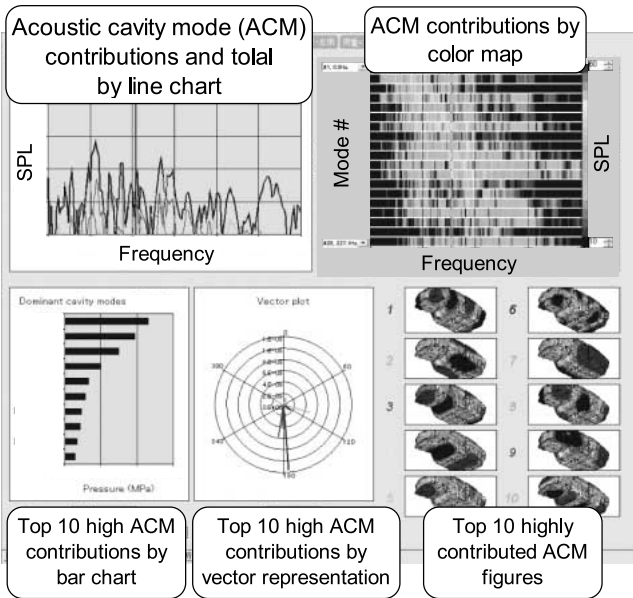


Fig.8 Sound Contribution Rate of Each Panel Area

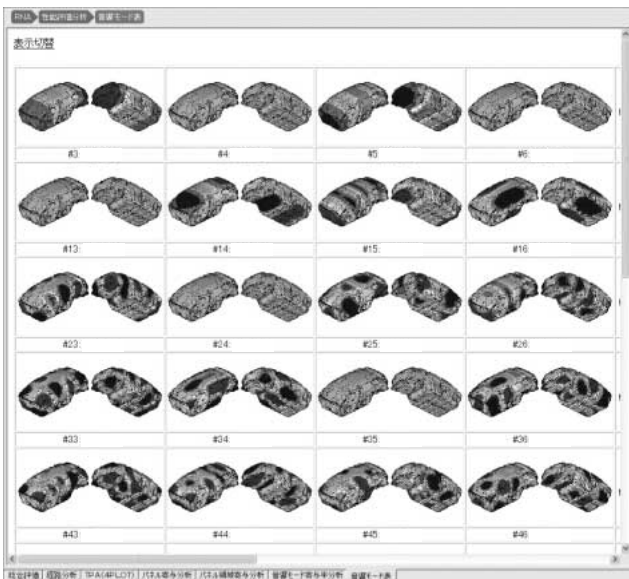


Fig.9 Acoustic Cavity Mode

3.4 自動処理機能

(1) 計算自動処理機能

計算モデルデータ、荷重データを設定するだけで、標準の解析条件に基づいてNASTRANデータを生成し計算投入するまでを自動で処理する。また、評価・分析に必要な車体感度や体積加速度などのデータを、Fig.10に示すように一回の計算の中で出力させている。

(2) 自動ポスト処理機能

ジョブの実行状況は自動ポストが監視し、計算終了後、計算出力データをもとに車内音などの性能予測値や寄与率などの分析用データに変換する。例えば車内音は、各部の車体感度と入力荷重を乗算し、ベクトル和もしくはRSSの処理により計算され、PI特性の場合はモーダルパラメータからモーダル周波数応答解析により計算される。

これらのデータは評価・分析がリアルタイムに実施できるように中間データへ変換される。また、標準的に利用する分析結果は、所定のフォーマットでEXCELデータとして出力される。

自動ポスト処理の計算は並列処理により短時間で出力され、ジョブの進捗状況はモニターで確認することができる。

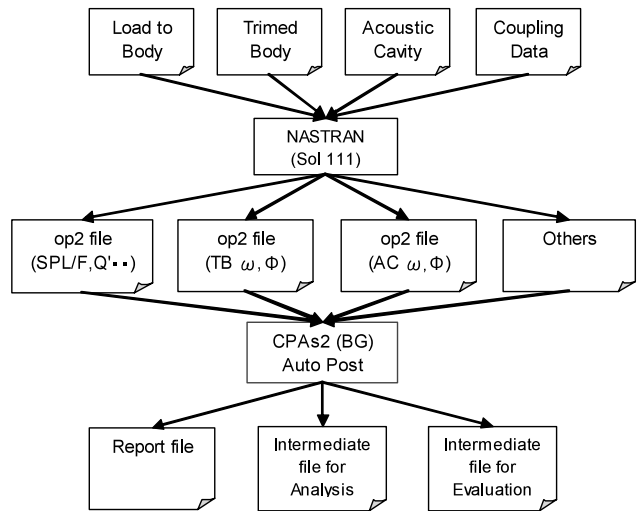


Fig.10 Processing Flow for NASTRAN Computation

4. 成果

CPAs2システムの稼働は日々上昇し、現在では、CPAs2システムを用いた開発に完全移行した。各商品開発では、CPAs2の各種分析機能が性能改善に活用されている。

計算から分析までの工数は当初の狙い通り従来比27%の工数に圧縮し、計算時間含めて1日で評価・分析ができるようになった (Fig.11)。

システム開発の生産性は、費用対機能開発数が従来平均値比約4倍に改善しており、短時間で車種開発へ技術展開できるシステムに改善できている (Fig.12)。

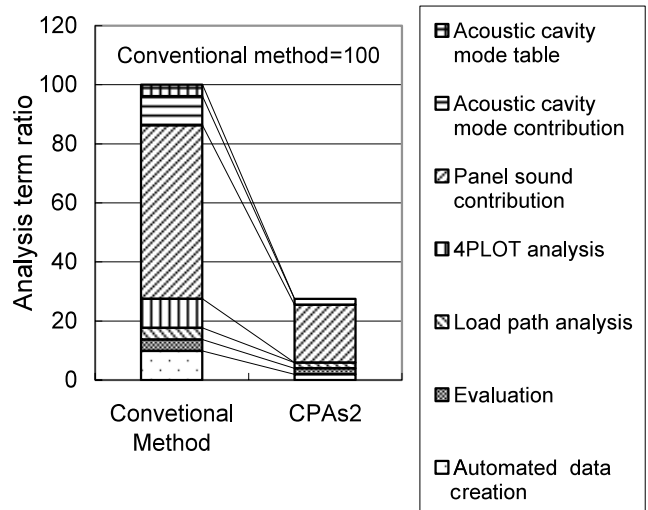
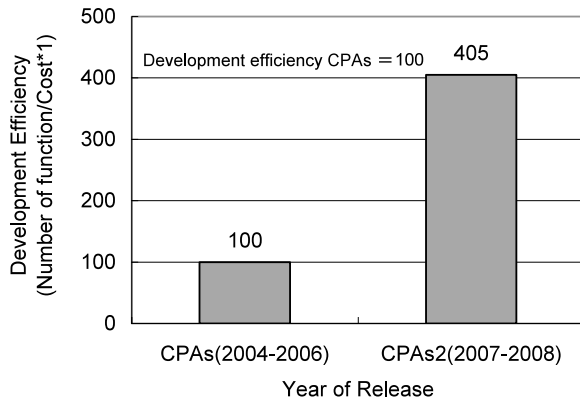


Fig.11 Analysis Term-Efficiency



\*1 Cost: include both development and maintenance cost  
The function development from the calculation to the analysis is targeted.

Fig.12 Development Efficiency

## 5. おわりに

今回、“技術とシステムの融合”を合言葉に開発し、今まで処理しきれなかった膨大なデータの分析が可能となり、商品開発に活用することができた。現在は“プロセスとシステムとの融合”を合言葉に、各開発ステージにおける性能課題や改善状況を見える化することで迅速な対応ができるように性能ステータス管理機能の強化を実施している。また、ニーズが高い軽量化検討の機能強化と効率化など様々な適用状況に対応したシステムへと成長させていく予定である。

## 参考文献

- (1) 渡辺ほか：設計支援システムWISEの紹介，自動車技術，Vol.49，No.1，p.70-76（1995）
- (2) 川口ほか：最大エントロピー法を用いたロバスト性最適化設計法，自動車技術会学術講演会前刷集，No.974，p.165-168（1997）
- (3) 江頭ほか：ペリーサ開発におけるCAE適用技術の紹介，マツダ技報，No.23，p.53-57（2005）

## 著者



江頭裕二



川口克也



馬屋原立裕