

特集：ベリーサ

10

## ベリーサ開発におけるCAE適用技術の紹介 CAE Application Technology in VERISA Development

江頭 裕二\*<sup>1</sup> 藤川 孝司\*<sup>2</sup> 菊池 荘吉\*<sup>3</sup> 安藤 正登\*<sup>4</sup>  
 Yuji Egashira Kouji Fujikawa Soukichi Kikuchi Masato Andou  
 梶村 勇一\*<sup>5</sup> 銭谷 恒明\*<sup>6</sup> 堤 克弘\*<sup>7</sup>  
 Yuichi Sugimura Tsuneaki Zenitani Katsuhiko Tsutsumi

### 要約

ベリーサの開発では、様々なCAE技術を駆使するとともに、車種開発におけるCAE活動の最大効果を狙った新しいCAEプロセスを適用した。構想設計段階では複数のデザイン案に対する性能への影響を推定するハードポイントスタディを強化し、初期図面のポテンシャルを格段に向上させた。また、詳細設計段階では、解析期間の短縮により設計変更 CAE評価/改善 設計変更のサイクルを加速させて構造を熟成させるとともに、バラツキによるリスク対策の徹底や構造最適化によって、品質・性能を作り込んできた。その結果、早い段階で性能目標の達成に目処をつけ、初回の実車テストでは全ての目標の達成を確認することができた。

### Summary

Verisa was developed through a variety of CAE technologies. In particular, the latest CAE process was applied to maximize the impact on the actual vehicle development. In the phase of the concept design, our "hard point study" was beefed up to assess the influence of multiple styling ideas on the vehicle performance. As a result, quality of initial drawings was a whole lot improved. In the phase of the detailed design, the maturity of architectures was increased by accelerating the cycle from the ECN release, the CAE evaluation/improvements, back to the ECN release, through shortening the simulation time. At the same time, we improved quality and performance by intensifying the risk management for variations and the architectural optimization. As a consequence, we confirmed the feasibility of the performance target achievement in an early stage. It enabled us to confirm the feasibility of the achievement of all targets at the first on-vehicle test.

### 1. はじめに

ベリーサの開発では、1996年から取り組んできたMDI（マツダ・デジタル・イノベーション）を最大限に活用し、バーチャルで育成して、フィジカルで確認・検証するバーチャル/フィジカル融合型の効率的な開発を実施した。この中で、バーチャルでの育成段階は、開発初期の車のポテンシャルを引き上げる重要な段階で、それ以降の性能開発と開発期間へ与えるインパクトが極めて高い。そこで、従来からのCAE技術の強化に加え、車種開発への適

応性を高めた新たなCAEプロセスを開発・整備することで、開発初期のCAE活動を充実させた。本稿では、ベリーサ開発に新たに適用したCAEプロセスを紹介するとともにCAE適用技術について紹介する。

### 2. CAEプロセス

#### 2.1 CAEプロセス

ベリーサは現行デミオをプラットフォームとした開発が前提となっているため、デザイン変更への対応を中心としたFig.1に示すプロセスを適用した。構想設計段階では複

\*1~3 CAE部  
CAE Dept.

\*6 ボデー開発部  
Body Development Dept.

\*4 NVH性能開発部  
NVH Development Dept.

\*7 車両レイアウト・CAD部  
Vehicle Layout Engineering & CAD Dept.

\*5 衝突性能開発部  
Crash Safety Development Dept.

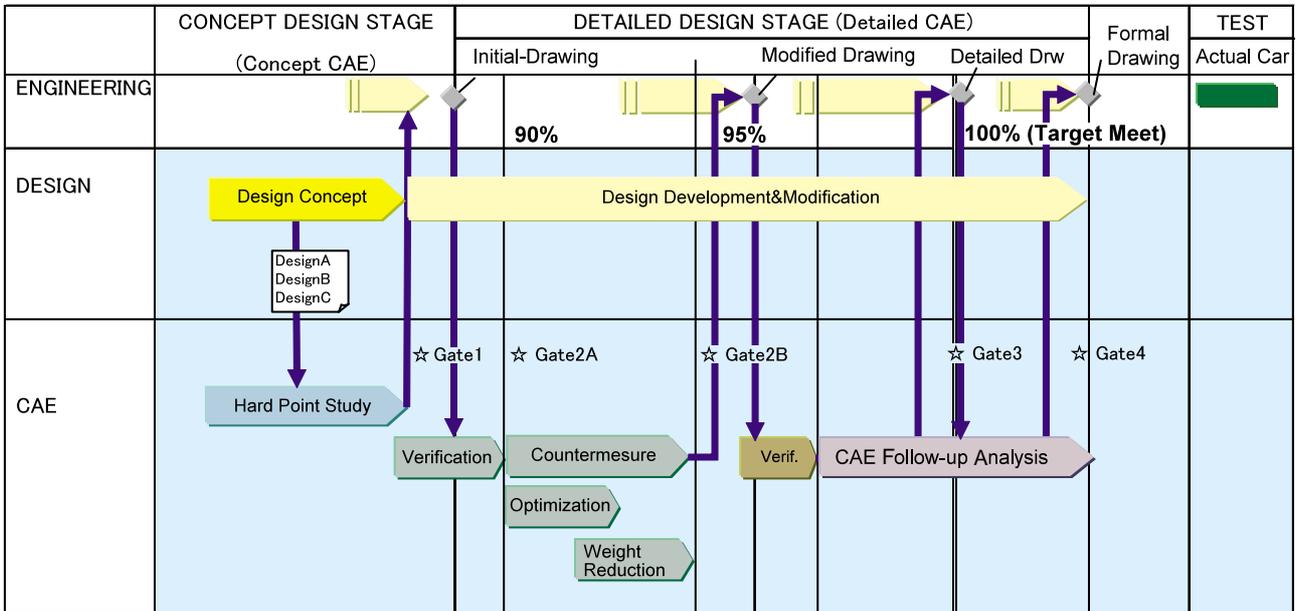


Fig.1 CAE Process

数のデザイン案に対して性能開発上の課題を推定し対策するハードポイントスタディを充実させた。また、詳細設計段階では初期図面の評価期間を短縮させて開発と解析活動との同期化を図るとともに、修正図面完成前に品質や軽量化などの十分な熟成期間を確保した。

2.2 CAEプロセスの目標

初期図面で性能検証項目の90%、修正図面で95%の目標達成、かつ目標未達は開発へ大きな影響を与えない軽微なものであること、詳細図では目標達成率100%を確保し、正式図まで100%維持を目標とした。

3. CAE適用方法

3.1 構想設計段階のCAE活動

(1) CAEの活動概要

構想設計段階のCAEは、初期図面の完成度を高めることによって、修正やり直しなどの開発の連鎖的な増加を抑制する上で重要な役割をもっている。このためCAEは以下に示す活動を実施した。

- ① 複数のデザイン案の素性を明らかにすること
- ② 各性能目標の達成シナリオを構造レベルで描くこと
- ③ 初期図面に具現化していくこと

図面がなく大規模なCAE解析が実施できないため、構想設計段階では、デザインやアサンプションの影響を推定するハードポイントスタディを行い、初期図面の性能の作り込みを行った。

(2) ハードポイントスタディ

現行デミオをベースに各諸元の変更に対する性能への感度を分析した。Fig.2は前面衝突時のフロントピラーの角度変化に対する強度との関係を示したものである。この例では角度3°の変更で5%の強度変化が認められる。このよ

うに各諸元変更に対する性能への感度を調べ、それぞれの変更量との掛け算の合計によって各デザイン案の性能を推定した (Fig.3)。基準に達しない性能は断面形状の改善や

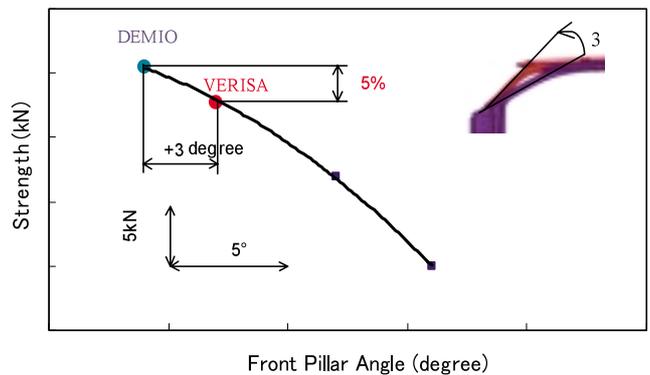
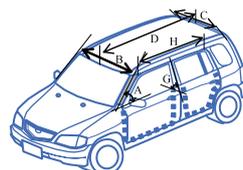


Fig.2 Front Pillar Strength

	L/D	SAFETY				BODY STIFFNESS				ROOF STRENGTH (kN)	
		VERISA	DEMIO	Apl. Str. kN	Bak. Str. kNm	Roof Str. kN	Bending (0° 5°Nm)	Torsion (5°Nm/2)	L/G Dist. mm		R.S. D. mm
A. A-pillar	deg	38.3	33.9	-4.7	0.0	0.0	-1.4	-1.0	-1.0	0.0	0.0
B. F-Header	mm	1035	967.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
G. R-Header	mm	840	961	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D. Roof	mm	1973	1765	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	394.9 28
E. D-pillar	deg	61.4	68.1	0.0	0.0	0.0	1.7	-3.8	17.1	-1.0	0.0
F. End Panel	mm	786	636	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	-9.4	0.0	0.0
G. B-pillar	deg	76.3	73	0.0	-10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H. Roof rail	mm	1271	1345	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DEMIO				48.4	7.9	12.7	56.8	20.2	4.3	0	30.0
VERISA				46.1	7.1	15.2	57.0	20.1	4.5	0.3	148.5
Ratio of target meet				95.3%	99.8%	120.0%	100.4%	99.6%	95.6%	102.4%	20.2% 24



$$Y = \sum f_i(x_i)$$

Y: Performance change rate(%)  
 x<sub>i</sub>: Design change rate(mm)  
 f<sub>i</sub>: Sensitivity to performance due to design change  
 (It is based on CAE or a past analysis result.)

Fig.3 Hard Point Study of Design A

レインフォースメントの設定などを初期図面に織込んだ。この例では車両重量増の影響も加味して、現行デミオ比111%以上の強度をもつレインフォースメントを設定した。

3.2 詳細設計段階のCAE活動

(1) CAEの活動概要

詳細設計段階のCAEは、実車で起こりうる諸問題を正確に予測し、最適な構造に導く役割を担っている。このため以下の活動を実施した。

- ① 図面ベースで性能を予測し、対策を立案すること
- ② パラツキによる性能リスクを予測・対策すること
- ③ 軽量化など効率的な構造に仕上げること

この段階で注意すべき点は性能・生産など様々な情報が増加、詳細化しかつ変化する点である。その中でCAEは①開発と同期させながら予測・改善するとともに②パラツキによるリスク対応を行い、③最適な構造へ導いていく必要がある。

(2) 開発との同期化（解析期間の短縮）

日々成長する図面を性能評価するとともに改善によって図面を進化させていくためには、設計変更 CAE評価/改善 設計変更のサイクルを加速させていく必要がある。ペリーサ開発では、その重要な要因である解析期間の短縮化を進めることによって、設計活動とCAE活動を更に同期させた。

開発との同期化は最初で大規模なCAE解析を実施する初期図面の評価から同期させることが大切で、それ以降は小変更の修正のため比較的開発に追随しやすい。そこで我々はこのタイミングに二つの取り組みを実施した。

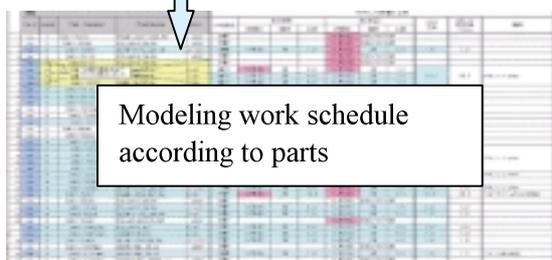
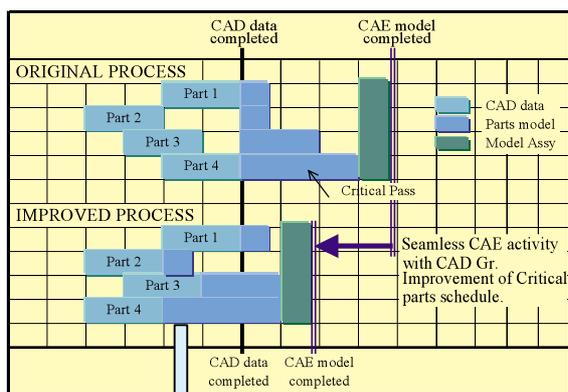


Fig.4 CAE Plan

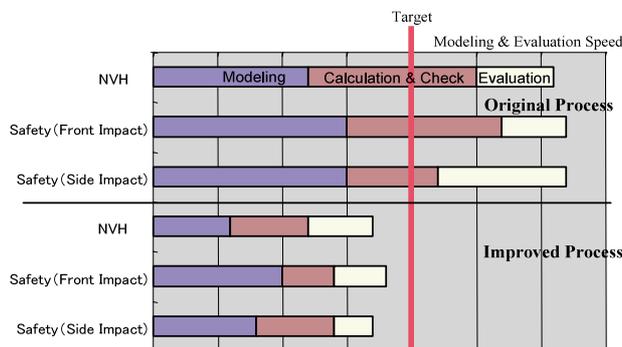


Fig.5 Short Term CAE Results (from CAD Release Completion Date to First Evaluation Completion)

第一点は、従来の出図を基点にしたCAEの計画から、CADデータの作成からCAEの評価までを一つの工程と考えた計画に変更した点である。Fig.4に示すように①各製品のCADデータの完成日をCAEモデリングの開始日に合わせ、②モデリングに時間がかかる部品については早めにCADデータを完成させた。これによりCADデータの作成からCAEの評価までの工程を最短にした。

第二点は、計算時間の短縮を図ったことである。例えばNVHの場合、ドア部品などをモジュール化し計算時間を短縮させるなどの工夫を行った。

以上の取り組みによって出図から全ての性能を評価するまでの期間を約55%に圧縮し開発との同期化を図った (Fig.5)。

(3) リスク対応

CAEの予測結果は実車の評価結果と等しくない場合がある。その要因は、解析自体の精度の問題や材質などのパラツキによるもの、またカスケードした部品目標の精度に関するものなど様々である。そこで以下に示す二つの活動を実施した。

- ① パラツキ対策：特に衝突の場合、急激に特性が変わるスポット破断や部材崩壊の有無によって予測結果が

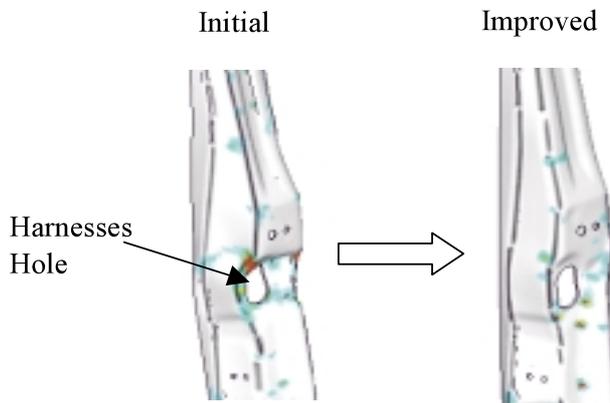


Fig.6 Plastic Strain

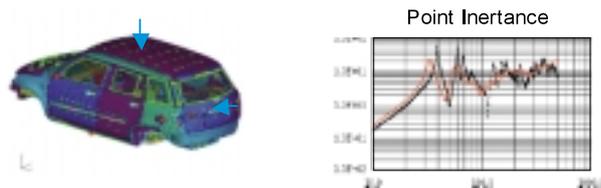
大きく変わってくる。Fig.6は側面衝突時のセンターピラーの塑性歪を示している。センターピラーは変形速度など全て目標を満足していたが、ハーネス穴周辺に大きな塑性歪が見られ、材質などのバラツキによって部材崩壊に進展する可能性がある。このような箇所を集中的に調査/分析し対策を行った。

- ② 総合評価：車両特性は多くのユニット特性から構成され、一つのユニット特性の変化が車両特性へ大きな変化をもたらす場合がある。単に車両特性の評価にとどまらずユニットレベルにおいても綿密な評価・分析を実施した。Fig.7はNVHの総合評価の例である。ポイントインータンス評価ではサスペンションなどの入力系や音に影響しやすい車室内パネルにおける新たな共振の発生や振動レベルの増幅を調査・対策し (Step1), 音響感度評価では入力系から音になるまでの伝達経路の改善を行い (Step2), 最終的にロードノイズなどの車両特性を評価した (Step3)

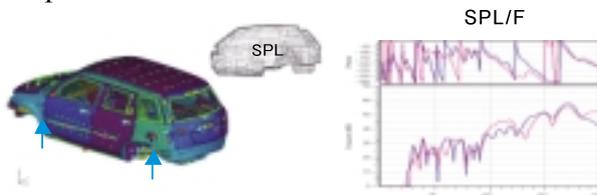
(4) 構造最適化

構造最適化を図る場合、例えば衝突を優先して衝突用部品を先に決めるなど構造を確定しやすいように構造最適化の順番を計画した。また、軽量化検討では、性能への影響が懸念される範囲全てを網羅的に検証し慎重に構造を決めていった。以下に事例を紹介する。

Step1 - Body Vibration Characteristic



Step2 - Body Acoustic Sensitivity



Step3 - Road Noise and Booming Noise

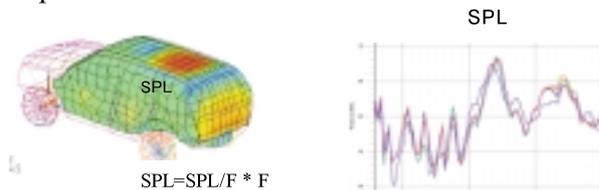
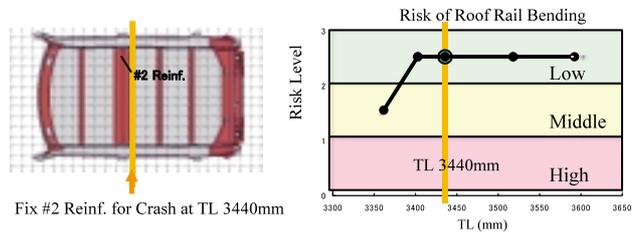


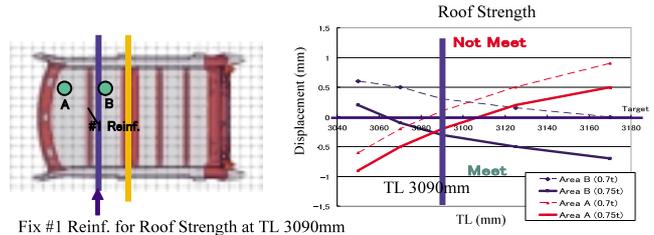
Fig.7 NVH Integrated Evaluation

Step 1 #2 Reinf. Location for Crash



Fix #2 Reinf. for Crash at TL 3440mm

Step 2 #1 Reinf. Location for Roof Strength



Fix #1 Reinf. for Roof Strength at TL 3090mm

Fig.8 Cross Functional Layout Optimization

Weight Reduction (WR) Verification List

WR Opportunity	W90%	Front Impact	Side Impact	Rear Impact	NVH	Stiffness/Strength	Recommend	
REIN-FRONT RAIL	A Area 50mm Cut	0.226	High Risk	Available	Available	Available	Low Risk	Recommend
	A Area SW 2pts Cut	0.080	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
	B Area Cut	0.080	High Risk	Available	Available	Available	Low Risk	Recommend
	ABE Area Cut	0.262	High Risk	Available	Available	Available	Low Risk	Recommend
REIN-FRONT RAIL	Remove	0.176	Low Risk	Available	Available	Available	Low Risk	Recommend
REIN-ROOF RAIL	Low Area 50mm Cut	0.054	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
REIN-B PILLAR	T 2.3 → 2.0	0.184	Available	High Risk	Available	Available	Available	Recommend
PILLAR-ROUT	T 8.9 → 8.8	0.126	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
REIN-CORNER	H Area 50mm Cut	0.084	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
	H Area 50mm Cut & T 1.6 → 1.2mm	0.486	Available	Available	Available	Available	Low Risk	Low Risk
REIN-B PILLAR	Flange Trim Cut	0.020	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
REIN-C PILLAR	T 1.2 → 0.8mm	0.220	Available	Available	Low Risk	Available	Low Risk	Recommend
PLATE-ANCHOR	T 1.6 → 1.4mm	0.086	Available	Available	Available	Available	Available	Recommend
							W/R 1.35 kg	

Fig.9 Cross Functional Weight Reduction Optimization

- ① 最適配置：Fig.8はルーフレインフォースメントの最適配置の検討例である。優先度の高い側面衝突に寄与するNo.2レインフォースメントから最適位置を決定し、No.2以外のレインフォースメントはルーフレ張り剛性と積雪強度から配置を決定した。
- ② 軽量化：エネルギーや応力などの分析結果から軽量化案を抽出し、Fig.9に示すように各性能への影響を検証して軽量化を実施した。

4. CAE適用結果

Fig.10は各ゲートでの目標達成率を示している。Gate2A (初期図面の評価) では、構想段階のハードポイントスタディによって目標としていた目標達成率90%以上をほぼ満足することができた。その後、順調に達成率をあげGate3時点 (詳細図の評価) で目標達成率を100%に導くことができた。実車テストによる評価でも目標達成し、早い段階



Fig.10 Result of New CAE Process

で開発を完了させることができた。

### 5. おわりに

ベリーサ開発において、長年取り組んできたCAE技術と新たなCAEプロセスを適用した。その結果、高い性能・品質作りに貢献するとともに、開発効率の面でも大きな成果をあげることができた。今後もCAE技術とCAEプロセスを進化させ、お客様に喜びを感じていただける車作りを目指していきたい。

### 著者



江頭裕二



藤川孝司



菊池荘吉



安藤正登



村村勇一



銭谷恒明



堤 克弘