

特集：Virtual Testing

3

側面衝突のVirtual Testing Virtual Testing of Side Impact

伊藤 司^{*1} 安藤 誠一^{*2} 伊東 紀明^{*3}
Tsukasa Ito Seichi Ando Noriaki Ito
尾川 茂^{*4}
Shigeru Ogawa

要約

マツダでは、全社横断型プロジェクトとしてVirtual Testing (以下VT) の概念を導入し、事前検証技術の強化に取り組んでいる。衝突安全性能開発の領域でも、自動車の安全性能に対する市場要求に対応し、高い衝突安全性能を有する車体構造や新しい安全装備などの開発を短時間でかつ高効率に進めるため、VTを開発プロセスの中で積極的に取り入れている。本稿では、側面衝突の開発におけるCAEモデル化技術の精度向上と実験評価技術の取り組みについて紹介する。

Summary

Mazda has introduced the concept of Virtual Tests and strengthened proactive simulation technology. In order to respond to the increasing market demands for higher safety performance of vehicles, we should develop body structure and new safety equipment with high efficiency in a short time, and have been positively performing Virtual Tests in development processes. This paper introduces Mazda's activity for the accuracy improvement in CAE modeling technology and experiment evaluation technology for the development of side impact protection.

1. はじめに

近年のコンピュータの演算速度向上に伴い、有限要素法 (Finite Element Method, 以下FEM) に基づく数値解析を用いて複雑な現象をシミュレートすることが自動車の性能開発の領域で一般的になっている。当社では1980年代前半よりスーパーコンピュータを導入しFEMシミュレーションの技術開発を進めてきており、衝突性能開発の領域では開発費用の削減と効率化の面から必要不可欠な技術となっている。このような中、特に側面衝突の領域においては、従来の車体構造のモデル化に加えて傷害値評価用のダミーのモデル化が必要となり、大規模なモデルのシミュレーションが必須となっている。

本稿では、FEMシミュレーションを中心としたCAEと部品やユニットでのテスト評価技術を組み合わせることによるVTの衝突性能開発への適用について述べる。

2. 側面衝突性能開発プロセスと課題

衝突性能は、複雑な車体システムや各種の内装システムにより決定され、それぞれが複雑に絡み合っている。このため、我々は衝突性能開発を効率的に進める方法として、車体全体性能から車体システム、内装システムに性能をカスケードし、部品レベルで開発/育成を行い、CAEやユニットテスト等で検証を行った後、最終的な実車テストで確認するという開発プロセスを推進している。VTはこの開発プロセスを進めていく上での中心技術となっている。

側面衝突性能の開発では、Fig.1に示すように、開発初期の車体特性の目標設定、車体各部および内装構造の具現化、車体全体の性能検証の領域にVTを活用する開発プロセスを行っている。この側面衝突性能の開発プロセスを実現するためには、実現象を定量的に把握する実験・解析技術を開発しながら、CAEの予測精度を向上させることが最重要課題である。以下、これらの取り組みについて述べる。

*1, 2 CAE部
CAE Dept.

*3, 4 衝突性能開発部
Crash Safety Development Dept.

3. CAE予測精度の向上

CAEの予測精度を改善するために、車両に搭載されるダミーモデル、車体各部の強度とそのバランス、内装の衝撃吸収性の予測精度向上について述べ、更に精度向上した各部分モデルの組み合わせによる車両全体モデルでの精度向上について以下に説明する。

3.1 ダミーモデルの精度向上

ダミーモデルの精度向上のため、Fig.2に示すようにダミーの内部構造の忠実な再現と、ダミーの部品・サブアセンブリ・全体アセンブリ各構造単位で、段階的にユニットテストで整合取りを実施した。最終的な全体アセンブリのユニットテスト結果に対するCAEの結果の一例をFig.3に示す。ダミー信号の最大値などピンポイントの値だけでなく、時間履歴での応答まで高い精度で再現が可能となった。

3.2 車体強度バランス検討モデルの構築

車体強度バランス検討モデルは、車体の各部強度と車体変形の間接関係を予測するツールである。これによって、開発初期に車の基本形状に見合った車体各部の必要強度を定量的に予測することができる。

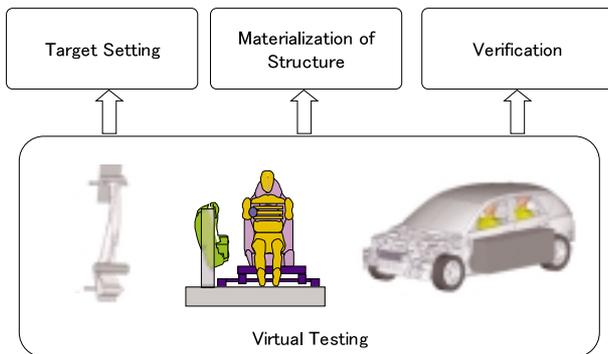


Fig.1 Development Process



Fig.2 Dummy Model

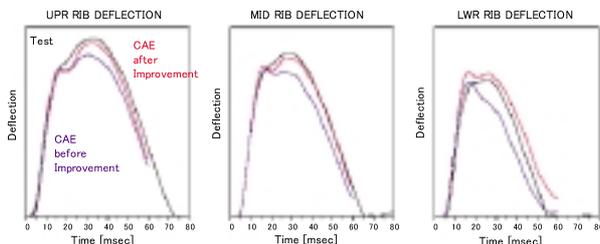


Fig.3 Dummy Simulation Result

的に予測することができる。

モデル構築のポイントは、衝突体からの負荷が車体各部にどのように伝わるかを正しく把握することである。このため、実車現象を模擬しながら車体各部の伝達荷重が計測できるユニットテスト方法を開発し、更に様々な構造の車について伝達荷重を定量的に求めた。ここから得られた知見をもとに、Fig.4に示すような車体の簡易バネマスモデルを構築した。このモデルを用いた実車テストにおける車体速度のCAE予測の一例をFig.5に示す。実車での衝突現象に対して妥当な予測精度が得られた。

3.3 車体各部強度の評価手法の構築と精度向上

車体各部強度を定量的に把握する方法として、Fig.6に示すように車体各部の強度特性を評価する手法を開発した。この手法と前述した車体強度バランス検討モデルを組み合わせることにより、車体各部が適切な強度になるようCAEモデルの詳細構造を作りこみ、実際の現象との検証を行うことが可能となる。更に、この評価手法を使って、CAEモデルの車体各部特性の予測精度を向上した。単純化した条件下でCAEとテストを対比できるため、予測誤差の要因が特定しやすく、かつ予測誤差低減手段の効果を定量的に把握しながら、精度向上することができた。このモデルのユニットテスト結果に対するCAE結果の一例をFig.7に示す。

3.4 内装の衝撃吸収特性評価手法の構築と精度向上

側面衝突においてBピラーやドアでは、衝突することで引き起こされる変形と、乗員への衝撃を吸収するための変形現象が同じ場所で発生する。このような複雑な現象の中

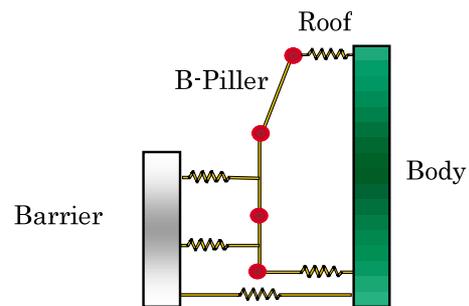


Fig.4 Side Impact Spring-mass Model

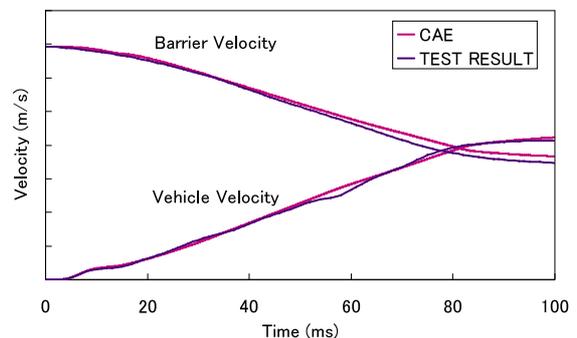


Fig.5 Simulation Result

から、内装の衝撃吸収特性を分離し内装特性を把握するユニットテスト手法を開発した。Fig.8にドアの衝撃吸収特性のユニットテスト方法を、Fig.9にドアのCAEモデルを示す。またこの手法を用い、前節の車体強度のCAE精度検証と同様に、内装モデルの精度向上を実施した。このモデルとユニットテスト結果の比較をFig.10に示す。CAEで内装のつぶれ荷重を精度よく再現することが可能となった。

3.5 車両全体モデルの精度向上と問題点

これまで述べてきた、ユニットでの精度を向上したモデルを組み合わせた結果、Fig.11に示すように、車両全体の

CAEでも車体変形速度等の精度は向上してきた。しかしながら現状では、ダミーの傷害値予測を含めた車両全体の解析予測においては、Fig.12に示すように、ダミーの傷害値を精度良く予測できていない。これは、前節までに述べてきたような各種特性の予測誤差が累積していることに加え、車種固有の衝突現象に対しCAE精度検証が完全には行えておらず、想定外の現象にCAEが追従しきれていないことが原因と考えられる。

4. ユニットテスト装置の活用

実車テストのCAE予測において、予測精度を低下させる要因の一つに、ダミーに対する内装の衝突位置や衝突荷重分布がある。内装とダミーが、精度検証時に打撃した位置や角度・速度と異なる条件で衝突する場合、その状況を定性的に表したCAE結果は得られるが、ダミーの傷害値の定量精度は保証されていないといえる。

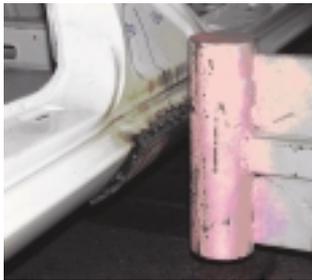


Fig.6 Body Strength Test

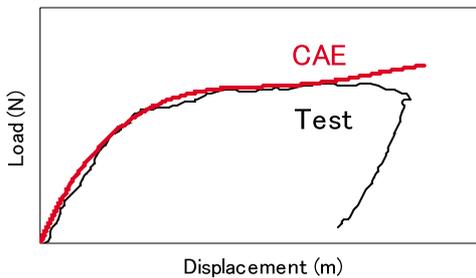


Fig.7 Body Strength Simulation Result

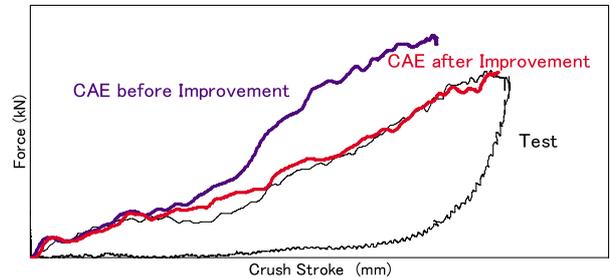


Fig.10 Door Impact Simulation Result



Fig.8 Door Impact Test

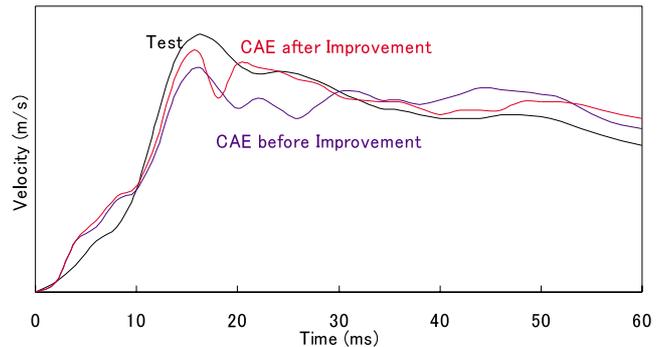


Fig.11 Body Characteristic Simulation Result



Fig.9 Door Impact Simulation Model

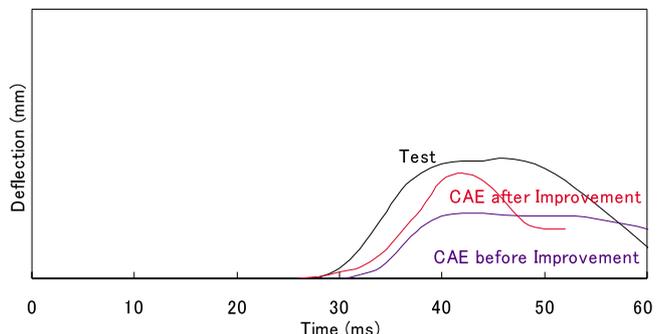


Fig.12 Dummy Injury Simulation Result

そこで、Fig.13に示すようなクラッシュシミュレータを活用し、予測を補正する方法を開発した。本装置は、実車と同等の車体速度を再現でき、かつ台上にキャビン内部の構造をセットして動きを制御し、様々な衝突状況を試行できる装置である。この装置を活用してCAEで計算された車体・内装挙動に近い挙動を発生させ、その状況下でのダミーの傷害値をCAEと比較し、CAEのダミーモデルの精度を検証する。この精度検証結果を踏まえてCAEモデルを改良し、ダミーの傷害値の予測精度を向上することが可能である。

Fig.14にクラッシュシミュレータで検証した結果を受けて改良したモデルによるCAEのダミー腰部の予測結果と、テストの傷害値を比較した例を示すが、高い精度でダミーの傷害値を予測することが可能となった。

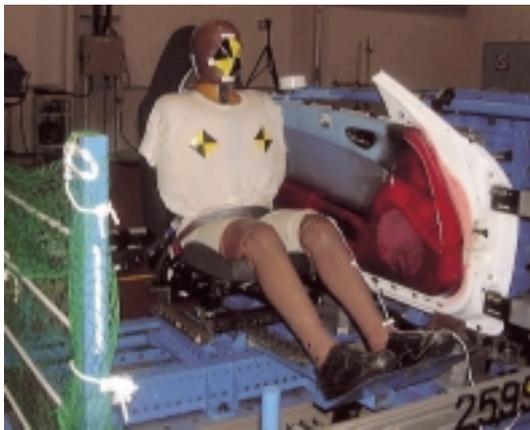


Fig.13 Side Impact Crash Simulator

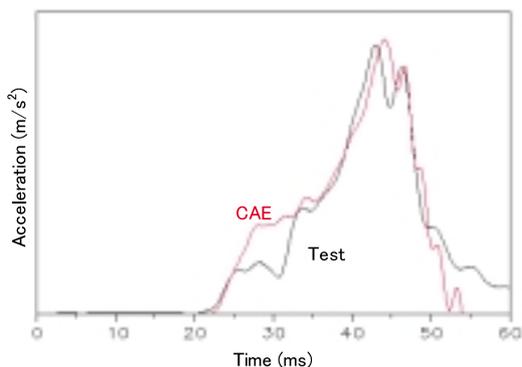


Fig.14 Modified Injury Value Prediction

5. まとめ

側面衝突における開発初期の目標設定、構造の具現化、車体全体の性能検証の領域に活用できるVTの技術について紹介した。今後、更なる精度の向上により予測精度の改善を行い、より強力な開発ツールとなりうるよう技術開発を進める。

著者



伊藤 司



安藤 誠一



伊東 紀明



尾川 茂