

特集：新型マツダアテンザ

9

新型マツダアテンザのダイナミクス性能 Dynamics Performance of All-New Mazda Atenza

豊島 由忠^{*1} 池田 直樹^{*2} 吉村 匡史^{*3} 佐野 晋^{*4}
 Yoshitada Toyoshima Naoki Ikeda Tadashi Yoshimura Susumu Sano
 澤村 伸哉^{*5} 川崎 敬三^{*6} 吉井 群治^{*7} 清水 勝矢^{*8}
 Nobuya Sawamura Keizou Kawasaki Gunji Yoshii Katsuya Shimizu

要 約

新型アテンザは、“サステイナブルZoom-Zoom”を実現するべく、初代アテンザの運転する楽しさを更に進化させたオンリーワンのドライバズカーを目指した。ダイナミクス性能、特に操縦安定性能、乗り心地性能、ロードノイズ性能を徹底的に造り込み、その性能を大幅に向上させた。サスペンションは、初代アテンザの形式を踏襲するも構造を一新し、リニアなジオメトリ変化、コンプライアンス特性の最適化、サスペンション取り付け部の高剛性化、ボデーへの振動入力の低減を図った。ステアリングには、ラックドライブ式電動パワーステアリングを採用し、低速から高速まで自然で違和感のないしっかりしたステアリングフィールを実現した。また、初代アテンザで高い評価を得た車体剛性を更に向上するため、車体全体剛性と局部剛性のレベルアップに取り組み、高剛性・軽量ボデーを実現した。

Summary

New Atenza was aimed at the only one driver's car which further developed the pleasure of driving from the previous model in order to actualize “sustainable Zoom-Zoom”. Dynamics performance, especially driving stability performance, ride comfort, performance and road noise performance, were completely developed and these performances were greatly improved. The suspension type followed the previous Atenza, however, the structures are all new for linear geometry change, optimization of compliance characteristics, high rigidity of suspension mounting, and reduction of vibration input to the body. Rack-drive type electric power steering was adapted and it actualized natural and stable steering feeling from low speed to high speed without strange feeling. Moreover, to improve the body rigidity that was acclaimed with previous Atenza, it worked on the improvement of the whole and local rigidity, and actualized a high rigidity and a light weight body.

1. はじめに

新型アテンザでは、初代アテンザからの大幅な進化を目指し、ダイナミクス性能、特に「高速直進安定性」と「質の高い乗り心地」そして「クラストップのロードノイズ性能」の開発に注力した。初代アテンザでは、マツダの“Zoom-Zoom”が味わえる軽快なダイナミック性能に仕上がっていたが、高速走行で車両の挙動が、やや過敏に感じられる傾向にあった。また路面からの入力に対する感度が

高くなり、乗り心地とロードノイズという快適性に改善の余地があった。新型アテンザでは、これらの課題を高いレベルで克服し、いかなる走行シーンにおいても快適性を損なうことなく、進化したマツダの“サステイナブルZoom-Zoom”が感じられるダイナミクス性能を実現した。

本稿では、そのダイナミクス性能を実現するためのシャシー、ボデーの主要構造と操縦安定性能、乗り心地性能、ロードノイズ性能の達成性能と達成手段を紹介する。

*1 操安性能開発部
Chassis Dynamics Development Dept.
*6, 7 ボデー開発部
Body Development Dept.

*2~5 シャシー開発部
Chassis Development Dept.
*8 NVH性能・CAE技術開発部
NVH & CAE Technology Development Dept.

2. シャシー

サスペンション・ステアリング

2.1 開発の狙い

サスペンション・ステアリングについては、剛性感のある正確なステアリング、ハンドル入力に対する応答性向上、滑らかでリニアな車両挙動を目指した。更に、しなやかな乗り心地やクラストップの静粛性を実現するために次の項目を注力ポイントとした。

- ① ジオメトリ/コンプライアンス特性の最適化
- ② サスペンション取り付け部材の高剛性化
- ③ ボデーへの振動入力の低減

2.2 構造と特徴

(1) フロントサスペンション

初代アテンザ同様のハイマウントダブルウィッシュボーン式サスペンションを採用した (Fig.1)。



Fig.1 Front Suspension

ロアアームは、2本のアームからなるダブルピボット式から一体構造のアームによるシングルピボット式に変更、路面からの外乱入力に対する微小なステア軸の動きを抑えることにより正確な操縦性を実現させた。

パワープラントやステアリングギヤボックスをマウントするペリメータフレームは、ボデーとの締結点を初代アテンザの4点から6点に増やした。これは、ロアアーム前側の取り付け部近傍をボデーフレームに結合することによるロアアーム支持剛性の向上と、サスペンションからの入力を分散することで、路面からの振動とパワープラントからの振動を大幅に低減させることが狙いである。これにより操縦安定性とNVHの両立が高いレベルで可能となった。

ダンパは、ピストン積層バルブにプリロードを付加したものを採用。これにより微振幅入力に対しても安定した減衰力を発生させることが可能となった。

アッパーとロアアームの前側ブッシュには、RX-8やロードスターに採用しているゼロストップクリアランス構造を採用し、初期からのリニアなばね特性により路面入力による前後変位を抑制し、安定性を向上させた。一方、ロアアーム後側ブッシュには、容量の大きい液体封入式ブッシュを採用し、振動減衰性、絶縁性を向上させた。

またペリメータフレーム前部には、エクステンションビームを新たに設定し、衝突時の衝撃吸収性を最適化しつつ、軽衝突時のリペアビリティも向上させている

(2) リヤサスペンション

初代アテンザ同様のE型マルチリンク式サスペンションを採用した (Fig.2)。



Fig.2 Rear Suspension

トレーリングアームのボデー側取り付け位置を25mm上方へ移動し、制動時のリヤリフト量を抑制した。更に、リバウンドストローク時のトー変化もリニアな特性としたことで車両の安定性を向上させた。またトレーリングブッシュのサイズを60mmから70mmに大径化し、充分な前後コンプライアンスを確保したことにより乗り心地性能も飛躍的に向上した。

初代アテンザで28°傾斜させていたダンパは、直立レイアウトに変更した。ダンパレバー比は先代の0.73から0.89となり、微小ストローク域でも効率よく減衰力を発生させることが可能となった。これにより、リニアで遅れない車両挙動となり、路面の変化や横風等の外乱に対する安定性も向上できた。ダンパのバルブ構造は、フロントと同じものを採用している。

アッパーアーム、ロアアームには、中間板付ブッシュを採用し、軸方向と軸直角方向の静特性と動特性を最適化することで操縦安定性と乗り心地向上だけでなくボデーへの振動入力の低減を図った。また、トレーリングアームやロアアームの共振モードをコントロールすることによる入力低減も行った。

(3) ステアリング

ステアリングシステムには、ラックと同軸にモータを配置するラックドライブ式電動パワーステアリング (Fig.3) を採用した。これはRX-8でも採用した方式であるが新型アテンザでは更に改良を加えた。具体的には、パーキング時のアシスト力を低減、かつ走行時の最適なステアリングフィーリングを確保するため、高出力で慣性の小さいブラシレスモータを開発、その上でフリクション、慣性感を低減するため、ボールスクリュウのリード長の最適化を行った (Fig.4)。これらの結果、パーキング時の操舵力を初代比18%低減するとともに、走行時には各車速に適した舵力特性を実現した (Fig.5)。

また電動化によりエンジンに対する負荷も低減させ、燃費向上にも貢献している。



Fig.3 Steering Gear

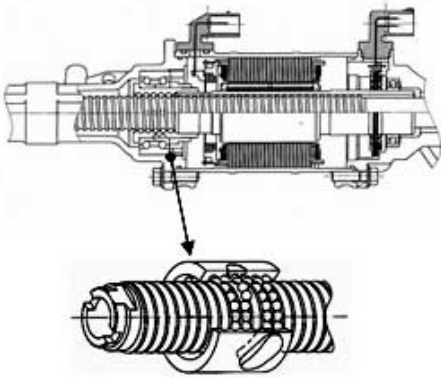


Fig.4 Brushless Motor & Ball Screw

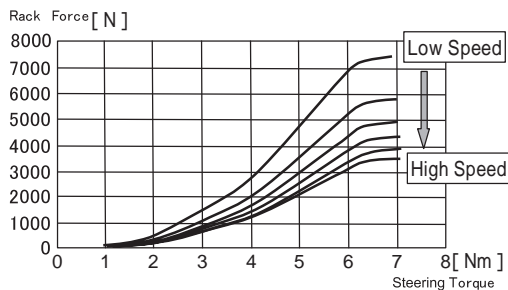


Fig.5 Steering Characteristic

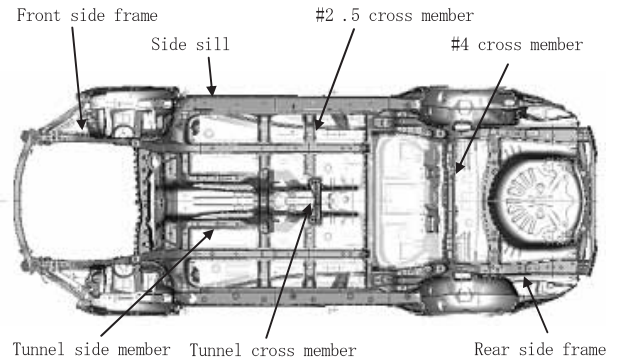


Fig.6 Body Frame Work

(2) フロントボデー構造

フロントボデー構造をFig.7に示す。

左右サスペンションタワー間をカウルメンバで結合し、剛性アップを図っているが、このカウルメンバとエプロンの結合を初代より更に強化し、フロントサスペンションタワー間の対角変位の低減により剛性感向上を実現した。

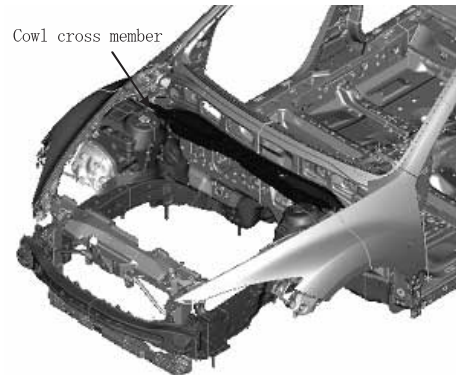


Fig.7 Front Body Structure

3. ボデー

3.1 開発の狙い

初代アテンザでも高い評価を得た車体剛性を新型アテンザでは、更に、高いハンドリング性能と高速直進安定性を達成するため、全体剛性、局部剛性のレベルアップに取り組んだ。また新たに、車体ねじり変形の位相遅れという特性にも注目し、剛性感向上策にも取り組んだ。

3.2 構造と特徴

(1) ボデーフレームワーク

アンダーボデーのフレームワークをFig.6に示す。

車体剛性の評価が高かった初代アテンザのフレームワークをベースに、トンネル裾野へのフレームの追加、#2.5クロスメンバ追加、サイドシルの大断面化、各フレーム結合部の結合強度アップなどの改善を行い、車体全体の曲げ、及びねじり剛性を向上することができた。

フロントフロアトンネル部にはトンネル下部に追加したフレーム間を結合するトンネルクロスメンバを設定し、操舵時のトンネル廻りの局部的なねじれ変形を抑制することで、特に操縦フィーリングや応答性を向上させた。

(3) リヤボデー構造

4ドアセダンのリヤボデー構造をFig.8に示す。

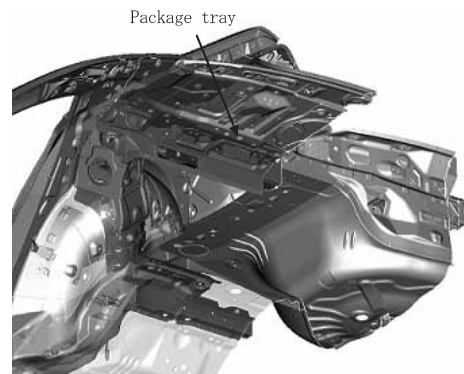


Fig.8 Rear Body Structure (Sedan)

前述のリヤダンパ直立レイアウトに加えて、このダンパ取り付け部のブレースにより局部剛性を高めることで、リヤダンパ特性を改善し高速走行でもよりリニアに追従するリヤサスペンションが実現した。また、このダンパ取り付け部の上下をCピラー/パッケージトレイ部環状構造とすることで、パッケージトレイの対角変位を14%改善し、剛

性感向上を実現した。

ハッチバック車，ステーションワゴン車のリヤボデー構造をFig.9に示す。

リフトゲート開口部が大きいハッチバック車，ステーションワゴン車においてはリヤボデーの剛性が重要であり，特にその開発に注力した。ダンパ取り付け部からCピラー，リヤヘッドにかけての連続した補強部材を設定した。また，開口部の上部コーナやDピラーにレインを最適に設定し，開口部周りを閉断面の環状構造で強化することで，ハッチバック車でありながらセダン並みの捻り剛性を実現し，リヤボデーの対角変位を58%改善することができた。

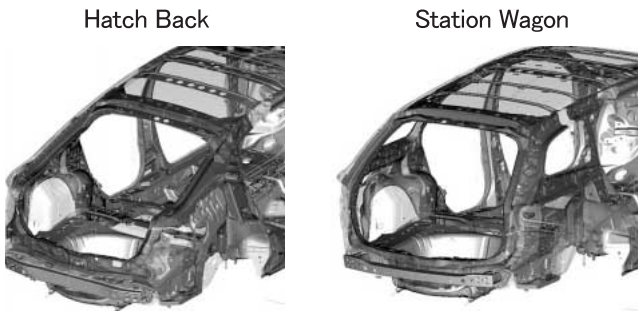


Fig.9 Rear Body Structure

(4) キャブサイド構造

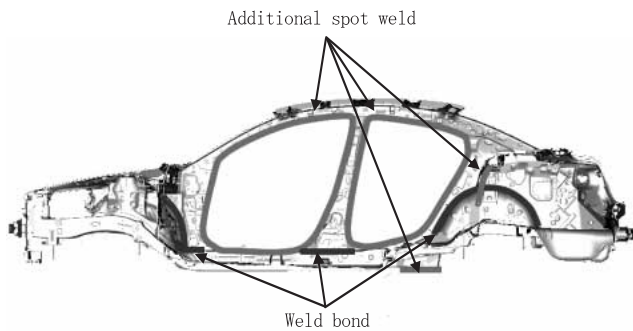


Fig.10 Cab Side

CX-9の開発より取り組んでいる，車体ねじり変形の位相遅れの改善に注力し，剛性感の向上を狙った。開口の大きいフロントドア，リヤドアの開口部を中心にスポット溶接を追加し，更に前後のホイールハウスインナの接合部へウェルドボンドを採用した (Fig.10)。またフロントヘッドジャンクション，リヤヘッドジャンクションのガセット化，ルーフレインとレインレール部の結合強化なども織り込み，大幅な剛性感の向上を達成し，重厚で質感の高い走行フィールを得ることができた。

(5) アタッチメント

空力アップグレードに対しては，フロントタイヤ前に馬蹄形ディフレクター，フロア下にアンダーカバー，リヤタイヤ前にエアガイドを設定することでフラットな床下を実現しベストインクラスの空力性能CD値0.27を達成し，高速直進安定性，燃費を改善できた (Fig.11)。またフロア

下アンダーカバーは吸音性能を有する材料を使用することで室内の静粛性も改善した。

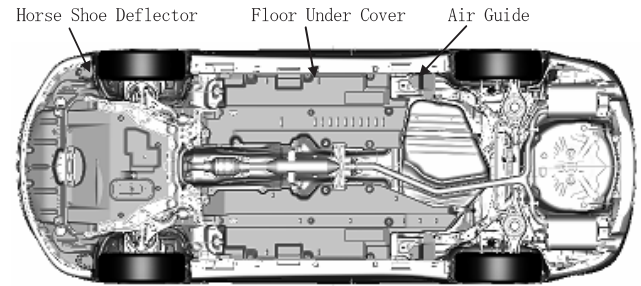


Fig.11 Attachment

3.3 達成性能

以上のボデー構造を織り込んで，操縦安定性に関するボデーの全体剛性は，初代アテンザから曲げ剛性32~45%，ねじり剛性14~30%向上することができた。局部剛性は，リヤの応答遅れに影響の高いパッケージ対角 (セダン)，L/G開口部対角 (ハッチバック，ステーションワゴン) 変位に関して14~58%改善することができた (Table 1)。併せて，車体位相遅れの低減，ハイテン化や構造最適化を行うことで，性能を向上させながら，投影面積当たりの車体重量を同等とすることを達成した。

Table 1 Progress Rate of Rigidity

	Progress Rate of Rigidity (%)		
	Sedan	Hatch Back	Station Wagon
Bending Stiffness	32%	45%	33%
Torsional Stiffness	14%	30%	25%
Diagonal Displacement	14% (Package Tray)	58% (Lift Gate)	39% (Lift Gate)

4. 達成性能と達成手段

4.1 操縦安定性能

(1) 目標と達成性能

目指したのは，中低速では，軽快に扱やす。しかし剛性感とステアリングの正確さが感じられる上質なステアリング性能。高速では，走行シーンを選ばずその安心感と運転する楽しさを提供できる安定性である。

その達成性能を操縦安定性能の評価チャートで示す (Fig.12)。初代アテンザの性能から，剛性感 (Rigid) 正確さ (Precise) として，安定性 (Stable) を特に向上させた。評価結果でもその性能は，バランス良くポテンシャルが向上したことがわかる。本項では，剛性感 (Rigid)，正確さ (Precise)，安定性 (Stable) をいかに向上させたのか一部を紹介する。

(2) 達成手段

① 剛性感 (Rigid)

注力したのは，車体剛性の育成である。初代アテンザでも高い剛性感を実現しているが新型アテンザで追求したのは上質を感じさせる剛性感。そのために，今までにない高

い車体剛性の育成が必要となった。中でも車両の箱感（キャビンが硬い箱であるように、ドライバとの一体感が感じられる感じ）育成には特に注力し、安心して操縦を楽しめる剛性感を目指した。その結果、初代アテンザ比較で最大58%まで向上させた。また、より箱感を引き出すために、ルーフ周りの締結を強固にして荷重伝達を、できる限りルーフ回りでさせることで、箱感を更に向上させた。その高い車体剛性は、今までにない安心感を実現した。

② 正確さ (Precise)

ここでは、フロントサスペンションと電動パワーステアリングがキーである。フロントサスペンションには従来4点マウントペリメータだった所を6点マウント化した。追加したマウントは、フロントロアアーム締結に最も近くフロントタイヤの追従反力をよりダイレクトに受ける部分である。ここにマウントを持つことで、ペリメータの変位が抑えられ、よりリニアにフロントサスペンションをストロークさせ「正確さ」をサポートする。ペリメータフレームの変位比較結果を示す (Fig.13)

また、電動パワーステアリングには、前項で説明したように、モータ慣性力を更に小さく抑えるために、新型アテンザではブラシレスモータを採用した（磁気コイルが軸と分離され回転慣性力が小さい）。この採用により、更に正確なステアリング性能を実現することが可能になった。

③ 安定性 (Stable)

安定性能の要は、「リヤサスペンションの完成度で決まる」といっても過言ではない。新型アテンザではリヤダンパのレイアウトに最も大きい改良を加えた。従来の傾斜レイアウトから直立レイアウトに変更。これにより、高速走行でも今まで以上にリニアに追従するリヤサスペンションが実現され、低いダンパ減衰力でもより高い安定性が達成できた。その改善効果を周波数応答特性の比較結果で示す (Fig.14)

4.2 乗り心地性能

(1) 目標と達成性能

目指したのは、小入力の吸収性を高め、微振動を抑えながら、高い車体剛性を採用し、今まで以上に、上質で減衰感ある乗り心地である。その達成性能を乗り心地性能の評価チャートで示す (Fig.15)

初代アテンザからは、剛性感 (Rigidity), 減衰感 (Damping), 入力のシャープさ (Sharpness) が向上していることがわかる。以下は、操縦安定性能と同じように、その達成レベルと手段の一部を紹介する。

(2) 達成手段

① 剛性感と減衰感

高い車体剛性により実現したのはいうまでもないが、ここで注力した特性が、車体捻り剛性の位相遅れ改善である。これによって大小色々な路面入力に対して、今までよりも安定した振動吸収性、及び減衰感が達成でき、今までにない上質な乗り心地を実現した。

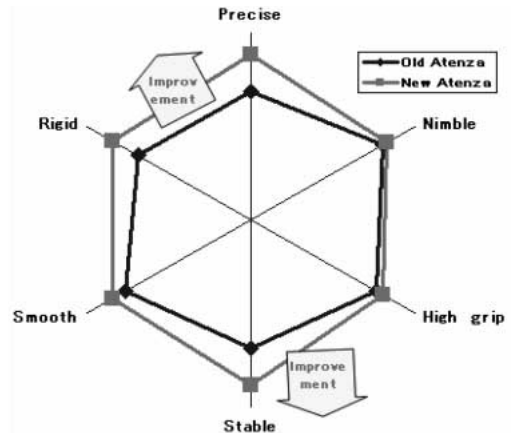


Fig.12 Steering/Handling Result

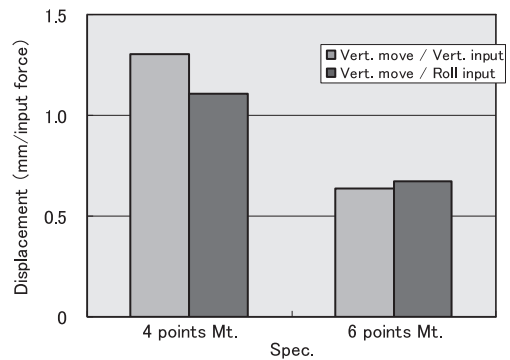


Fig.13 Perimeter Frame Displacement (4P.Vs.6P.Mt.)

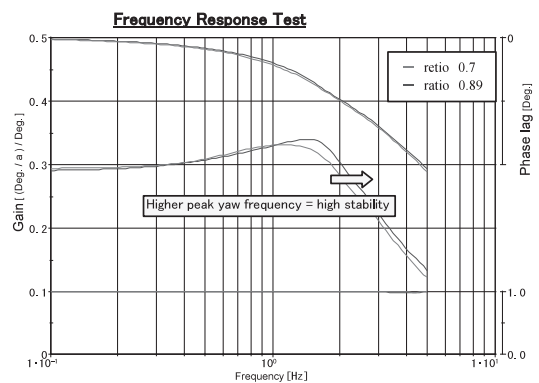


Fig.14 Effect of Damper Layout

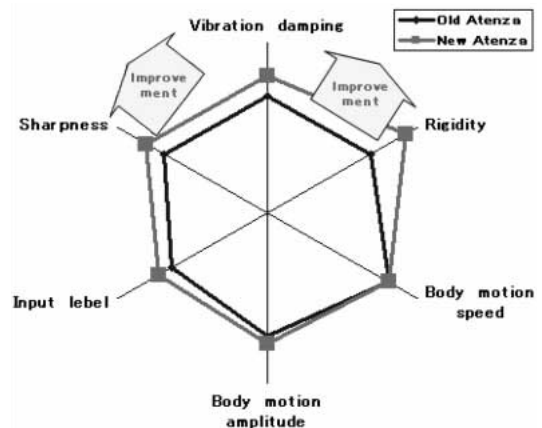


Fig.15 Ride Comfort Result

② 入力のシャープさ (Sharpness)

更に、上質な乗り心地の実現には、微振動 (小さい入力に対する吸収性) を抑える必要がある。そのため、新型アテンザでは、サスペンションのブッシュにも注目した。目指したのはストロークの十分取れたサスペンション (コンプライアンス特性) である。

フロント&リヤサスペンションともに、従来モデルからは改良しているが、特に大きい改良は、リヤサスペンションである。トレーリングブッシュサイズ拡大とサスペンションポイントの改良で、ブッシュでの微振動吸収性と併せて、サスジオメトリでの入力吸収性も改善した。下記グラフは、乗り心地の達成特性データの一部を示す (Fig.16)。

Floor vibration level

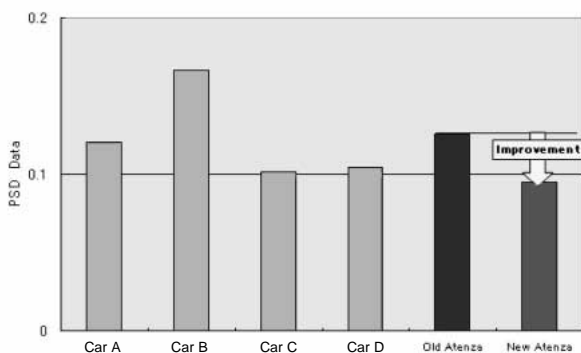


Fig.16 Ride Data at Rough Road

4.3 ロードノイズ性能

新型アテンザでは初代アテンザから静粛性を大幅に改善した。中でもロードノイズ性能はサスペンションブッシュに対し要求が相反することが多い操縦安定性と整合を取りながら、操縦安定性に悪影響を及ぼさない改善策を織り込むことによりロードノイズと操縦安定性の両立を行った。ホイール剛性の改善、サスペンションへのダイナミックダンパ設定、車体の弱点部位へてこ入れによりロードノイズを低減した。車体の改善にはCAE解析と実車の分析を繰り返し、現行の弱点であったダッシュパネル周辺、センターフロア、ルーフパネルへ数々の対策を織り込み車体音響感度を改善 (音になり難い車体を実現) している。次のグラフは粗粒路走行時のロードノイズ音圧を示す (Fig.17)。

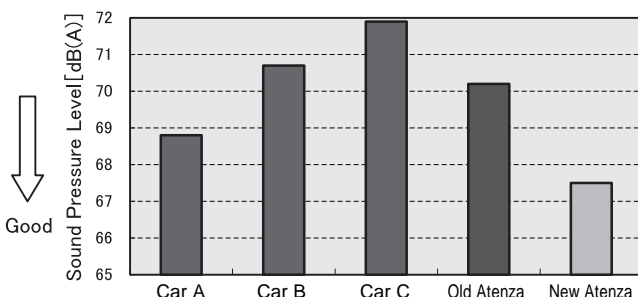


Fig.17 Coarse Road Noise Overall Level

5. おわりに

以上、新型アテンザのダイナミクス性能について狙いの性能とその性能を実現するための構造を簡単に紹介した。

“Zoom-Zoom” を更に進化させた “サステイナブル Zoom-Zoom” を実現するため、開発チームが一体となって意欲的に取り組んできた結果、初代アテンザで高い評価を得た優れたダイナミクス性能を大幅に進化させることができた。

著者



豊島由忠



池田直樹



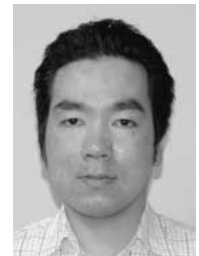
吉村匡史



佐野 晋



澤村伸哉



川崎敬三



吉井群治



清水勝矢