

# 新型 CIVIC のビークルダイナミクス性能向上技術

## Vehicle Dynamics Performance Enhancing Technology for New CIVIC

小林 未来登\*

Mikito KOBAYASHI

山田 将也\*

Masaya YAMADA

### 要 旨

セグメント No.1 を目標に新型 CIVIC のビークルダイナミクス性能を開発した。操安性能と乗り心地性能を両立するため、高い後輪等価コーナリングパワーを有する新型リヤサスペンションを開発した。サスペンション可動部のフリクションとヒステリシスの低減により、路面からボデーへの伝達力を低減し、車体挙動を非連成とすることにより、路面に吸い付くようなコーナリング性能とフラットライド性能を両立した。デュアルピニオン式電動パワーステアリングと可変ギヤレシオを採用し、ステアリング支持剛性を向上することにより、幅広い操舵と車速領域におけるスムーズでリニアなステアフィールとハンドリングを両立した。ボデーのバルクヘッド環状構造化によるねじり剛性向上と、格子状フレーム配置によるフロア剛性向上により、リニアなハンドリング性能と、走り出した瞬間から長距離走行まで快適な乗り心地性能を実現した。これらの結果、同セグメントにおいて世界トップレベルのビークルダイナミクス性能を達成した。

### ABSTRACT

Technology was developed for the new CIVIC with the goal of achieving the top vehicle dynamic performance in the segment.

A new rear suspension with high rear equivalent cornering power was developed to achieve a balance between handling performance and ride comfort. Road-holding cornering performance and flat ride performance were simultaneously achieved by reducing the friction and hysteresis of the suspension moving parts to reduce the force transferred from the road surface to the body, and by non-coupling various vehicle behaviors. A dual-pinion variable gear ratio electric power steering system was used and the steering support stiffness was increased to simultaneously achieve both a smooth and linear steering feel and good handling over wide steering maneuver and vehicle speed ranges. Linear handling performance and good ride comfort from initial start to long-distance driving were realized through the use of body bulkheads with a ring structure that increases torsional stiffness and a lattice frame layout that increases floor stiffness. These technologies achieved top-level vehicle dynamic performance among same-segment vehicles around the world.

### 1. はじめに

2016 年モデル CIVIC (新型 CIVIC) は、Charismatic, Soulful, Comfortable を三つの柱とする「The CIVIC」をブランドコンセプトに定め、開発された。Charismatic とは、先進的で上質なデザインと居住性の高いパッケージを実現すること、Soulful とは、新しいパワートレインやプラットフォームで、優れた動的性能を有する欧州車を超越する感動的な走りを実現すること、Comfortable とは、快適な乗り心地、高い NVH 性能と、最新の快適で安心な装備を備えることを示す。特に Soulful については、お客様の期待を超えるダントツ性能を備え、CIVIC の本流であるスポーティ

さに立ち返り、コンパクトセグメントの新しい流れを創ることとした。

上記ブランドコンセプトを受け、お客様に提供するビークルダイナミクス性能の価値について検討し、安心感でお客様の期待を超え、切れのある乗り味で感動を与えることをねらいに定めた。

安心感とは、サスペンションの応答性が高く、不整地でもタイヤが路面に追従するとともに、乗員の体や頭部のぶれを抑制して目線を安定化する性能を備えていることを示す。

切れのある乗り味とは、車体の応答が俊敏で回頭性が良く、低く構える低重心な姿勢でねらったラインを逃さないことを示す。

\*四輪 R&D センター

これらをもとに、お客様に提供する具体的な走行シーンと、その時の性能項目を導いた。

安心感として、高速でも安心して運転できる直進安定性、とっさの操作でもしっかりしたスタビリティ、微小操舵からスムーズで正確なステアフィール、走り出した瞬間から長距離走行まで快適な乗り心地性能を代表項目に定めた。

切れのある乗り味としては、操舵入力に対する応答性の良さと、遅れが少なくリニアなハンドリング、路面に低く吸い付くようなコーナリング性能を代表項目と定め、彼我解析から導かれたライバルの進化の予測も踏まえた、競争力のある位置づけの物理目標値を設定した。

## 2. 性能構築の考え方

新型 CIVIC のビークルダイナミクス性能のねらいを達成するため、以下の考え方に従い開発をおこなった。

- (1) 高い後輪等価コーナリングパワー (CP) の確保を基本に、操安性能と乗り心地性能を両立する。
- (2) 路面からボデーへの伝達力低減と、車体各挙動を非連続とすることにより、路面に吸い付くようなコーナリング性能とフラットライド性能を両立する。
- (3) ステアリングシステムの支持剛性向上とアシスト系の分離により、微小操舵から大舵角まで、低速から高速までスムーズでリニアなステアフィールとハンドリングを両立する。
- (4) ボデーの高剛性化により、操舵入力に対する遅れが少なくリニアなハンドリング性能と、走り出した瞬間から長距離走行まで快適な乗り心地性能を実現する。

## 3. 達成技術

性能構築の考え方に従い、ねらいとする性能を達成するため、これまでに培ってきた性能設計技術<sup>(1),(2)</sup>を活用するとともに、さまざまな新技術を適用した。以下に主要内容を説明する。

### 3.1. リヤサスペンション

操安性能と乗り心地性能を両立させるため、リヤに新型のマルチリンク式サスペンションを採用した。Fig. 1 にその概要を示す。

操安性能向上に必要な高い横剛性を実現するため、横方向荷重をロアアームとアッパアームが主に分担し、乗り心地性能に寄与の高い前後方向の荷重を、トレーリングアームが主に分担するようにサスペンションジオメトリを設定した (Fig. 2)。

リヤサブフレームとボデー間を 6 点リジッド締結とすることで操安性能向上に寄与の高い横方向の結合剛性を高め、横方向荷重を分担するブッシュの軸直方向を高ばね定

数化した。

その結果、外乱に対する収れん性とのバランスを考慮し、従来モデルよりロールによるアライメント変化を抑え、横力によるアライメント変化を大きくすることで等価 CP 増幅率を増加した (Fig. 3)。

横力を支持する各ブッシュに絞り構造や中間板を追加することで、高い軸直ばね定数と低いねじり方向ばね定数を両立し、サスペンション可動部のフリクション、ヒステリ

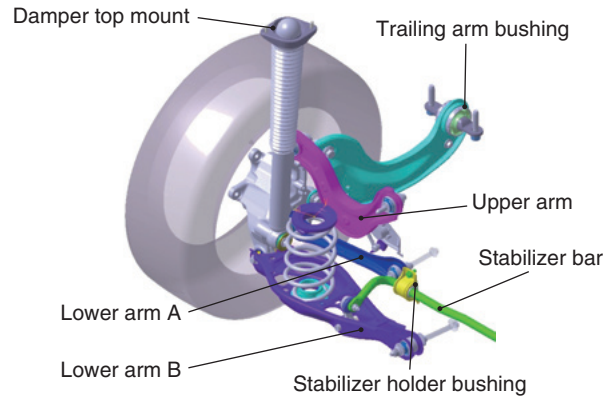


Fig. 1 Overview of new rear multi-link suspension

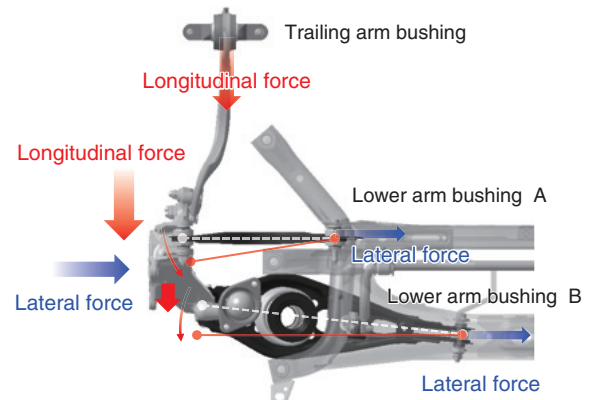


Fig. 2 Features of new rear suspension

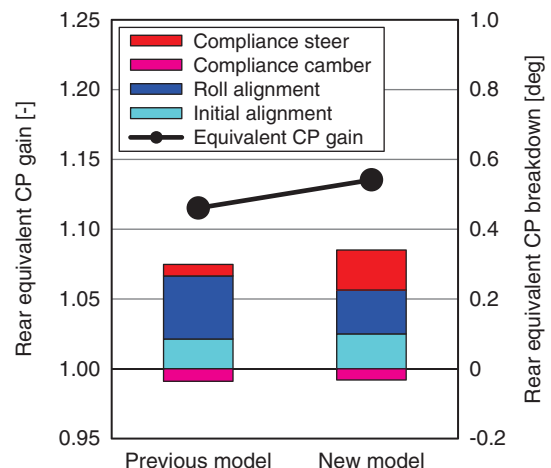


Fig. 3 Rear equivalent CP of new rear suspension

シス要素を低減することで動き出しをスムーズにした。さらに、乗り心地性能向上に寄与の高いトレーリングアームブッシュを低ばね定数化した。これらにより、操安性能と乗り心地性能の両立が可能となった (Fig. 4)。

ダンパトップマウントは、入力分離構造とすることで耐久性能を保持したまま、低密度、低圧縮な材料の使用を可能とした。さらにゴム材からウレタン材へ変更することにより、大振幅域で減衰性を高め、ばね上共振付近の制振性を向上した。

また、タイヤサイズが17インチ以上のグレードではボデーへの入力が増加するため、液体封入式のトレーリングアームブッシュを採用した。これにより、高速走行時の車体振動や接地性、ハーシュネスの収れん性を向上した (Fig. 5)。

### 3.2. フロントサスペンション

フロントサスペンションは、従来モデルと同じストラット式としたが、ねらいとする操舵入力に対し遅れが少なくリニアなハンドリング性能を達成するためサスペンションジオメトリを見直した (Fig. 6)。

新型モデルでは、各ブッシュの機能を分離するためL型

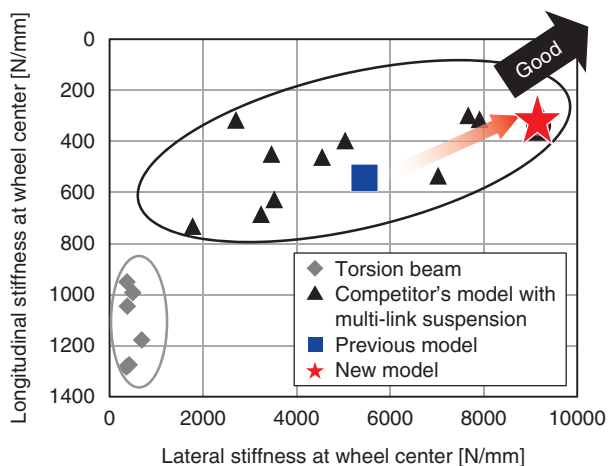


Fig. 4 Rear suspension lateral and longitudinal stiffness at wheel center

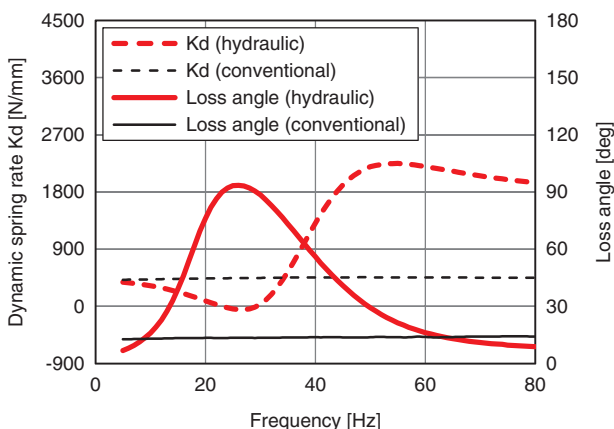


Fig. 5 Characteristics of rear hydraulic trailing arm bushing

ロアアームを採用した。

Fig. 7 に従来モデルと新型モデルの比較を示す。

従来モデル [Fig. 7(a)] では、操安性能に必要な横剛性に対して、ロアアームブッシュとコンプライアンスブッシュで荷重を分担するため、乗り心地性能に寄与の高いコンプライアンスブッシュの低ばね定数化が容易ではなかった。

一方、新型モデル [Fig. 7(b)] では、ロアアームをL型形状とすることにより、横方向の力を高剛性のロアアームブッシュが分担し、前後方向の力を低剛性のコンプライア

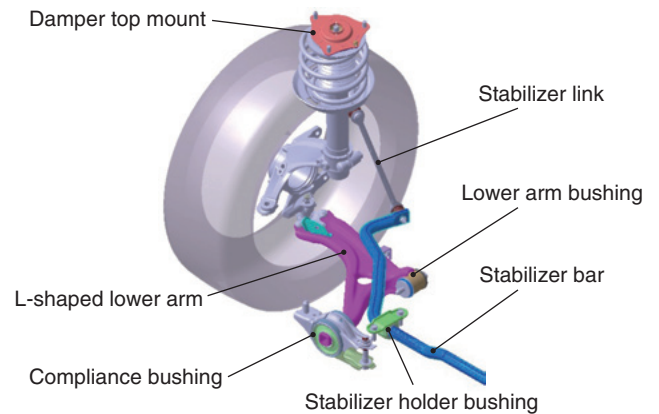
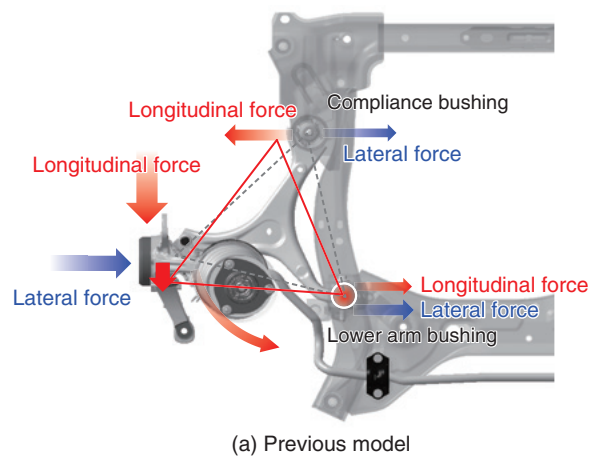
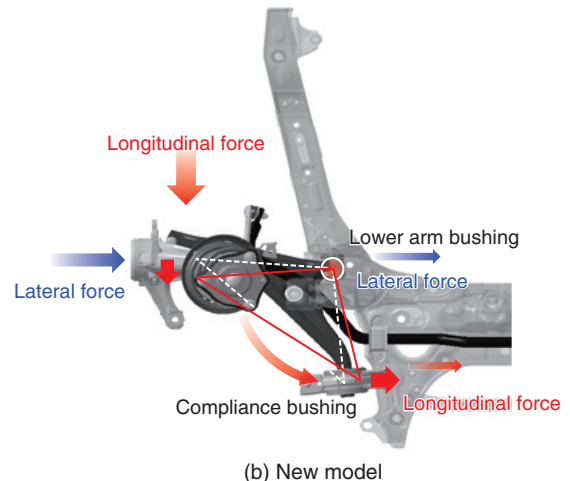


Fig. 6 Overview of front strut suspension



(a) Previous model



(b) New model

Fig. 7 Features of new front suspension

ンスブッシュが分担することにより、操安性能と乗り心地性能の両立が可能となる。

Fig. 8 にホイールセンタ位置におけるサスペンションの左右剛性と前後剛性の関係を示す。新型サスペンションではセグメントトップレベルの高い横剛性と低い前後剛性の両立を達成することができた。

コンプライアンスブッシュは、上下ストローク時の可動軸がねじり方向となるように変更し、かつ、ねじり方向のばね定数を低減した。さらに、液体封入式とすることで、ホイールセンタ前後共振領域 (10 Hz - 20 Hz) を高減衰化し、高速走行時のステアリングシミや車体振動を低減し、ハーシュネスの収れん性を向上した (Fig. 9)。

また、従来モデルよりスタビライザを高ばね定数化し、メインスプリングを低ばね定数化することにより、車体のロール固有値を上げつつバウンスとピッチの固有値を下げ、車体挙動を非連成とした。その結果、ロール応答性、追従性が向上し、接地荷重変動とロール量を低減した。さらに、低く路面に吸い付くようなコーナリングフィールを実現するため、フロントのロールセンタ高を従来モデルに対して半分以下に低減した。

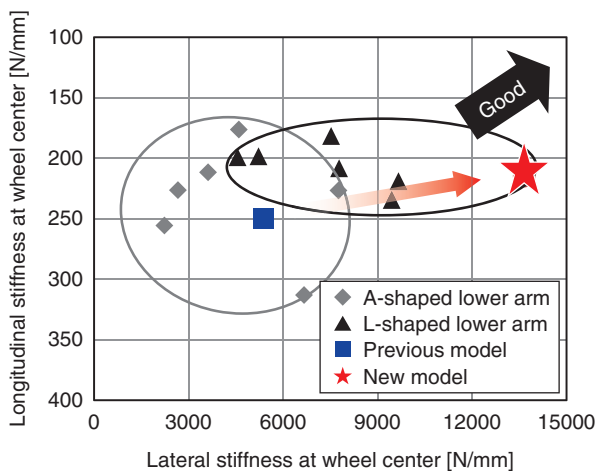


Fig. 8 Front suspension lateral and longitudinal stiffness at wheel center

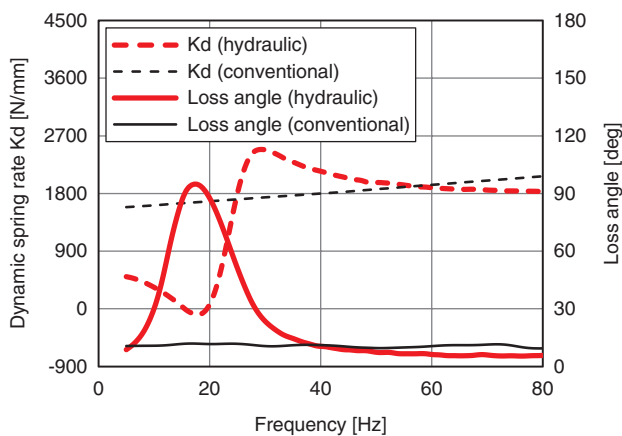


Fig. 9 Characteristics of front hydraulic compliance bushing

### 3.3. ステアリング

ステアリングシステムには、ねらいとする微小操舵からスムーズで正確なステアフィールを得るため、モータアシスト機構がステアリング機構と分離されているデュアルピニオン式電動パワーステアリングを採用した (Fig. 10)。

ステアフィールに寄与する横方向の支持剛性向上のため、ステアを追加しギヤボックスの締結剛性を上げた (Fig. 11)。

さらに、ステアリングホイール上の振動を低減するため、ステアリングシャフト、ステアリングハンガのパイプ径を大径化し、コラム支持剛性を上げ、上下、左右支持剛性を向上した (Fig. 12)。

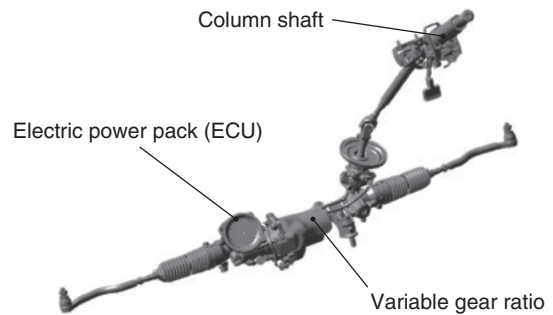


Fig. 10 Overview of dual pinion variable gear ratio electric power steering system

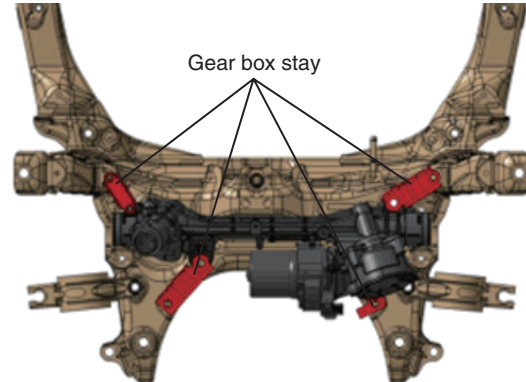


Fig. 11 Steering gear box stays

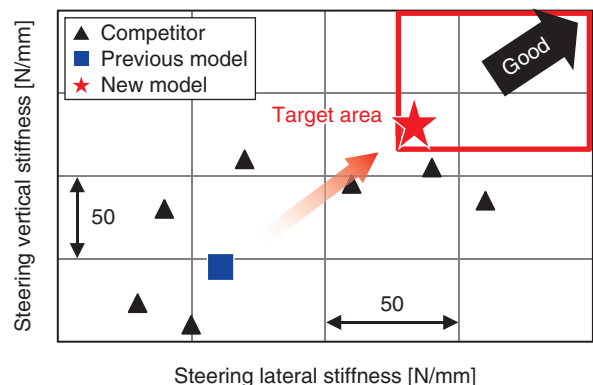


Fig. 12 Steering lateral and vertical stiffness

また、可変ステアリングギヤレシオを用いることで、低速での回頭性の良さと、高速での安定性の両立を図った (Fig. 13)。

### 3.4. ボデー剛性

新型モデルでは、操舵入力に対する遅れが少なくリニアなハンドリング性能や、走り出した瞬間から長距離走行まで快適な乗り心地性能を達成させるため、サスペンション入力点からキャビンへの構造、稜線の連続性をコンセプトに、ボデー構造を見直し、入力荷重をスムーズに伝達させる構造とした。

操舵入力に対する遅れが少なくリニアなハンドリングを達成するため、路面からの入力伝達するサスペンションの取り付け点周辺の剛性向上を中心に、フロント、リアバルクヘッドの環状構造化によりねじり剛性を強化した (Fig. 14)。

乗員の足が触れるフロア面での振動を低減するため、フロアへ格子状フレームを配置 (Fig. 15) し、さらに板厚を従来モデル比で約 60% 厚くすることにより、キャビン曲げ剛

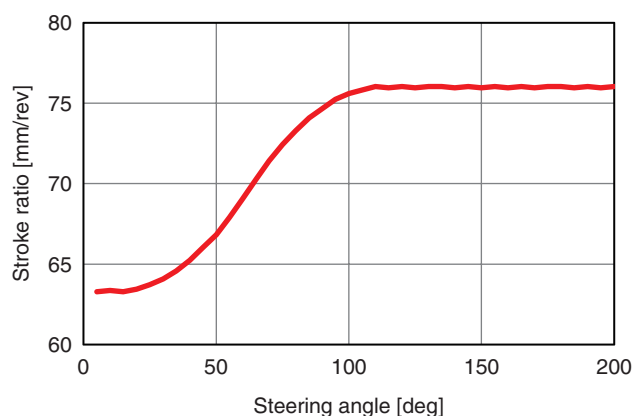


Fig. 13 Steering ratio characteristics

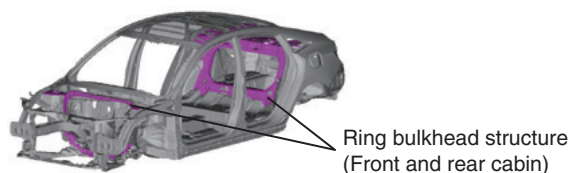


Fig. 14 Front and rear bulkhead structure

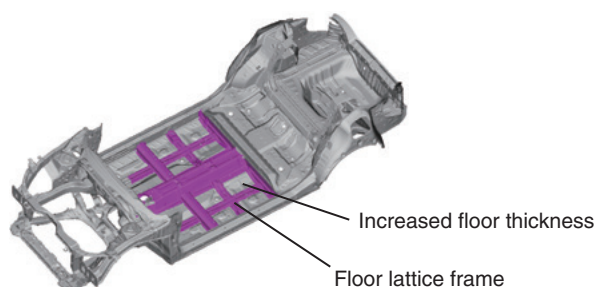


Fig. 15 Floor stiffness reinforcement items

性とフロア剛性を向上した。

また、Fig. 16 に示すようにフロアブレースを追加することによりトンネル開きモードのレベルを低減した<sup>(3)</sup>。

さらに、サスペンションからの入力に対する感度が高い箇所を CAE にて抽出し、応力集中を抑制する対策を実施した。しかし、ダイナミック性能においては CAE では表現することが容易ではない操安性能と乗り心地性能に高い感度を持つ箇所がある。これらについてはテストドライバーの感性により、形状の見直しやスポット打点の追加など、細部の煮詰めをおこなった (Fig. 17)。

これらの対策により、従来モデルに対し、静ねじれ剛性は 25%、フロア曲げ剛性は 57% 向上した。

Fig. 18 に示すように、4 柱加振機による台上試験結果において、フロントのダンパ取付点から前席のシート取り付け点までの伝達感度を従来モデルに対して低減することができた。

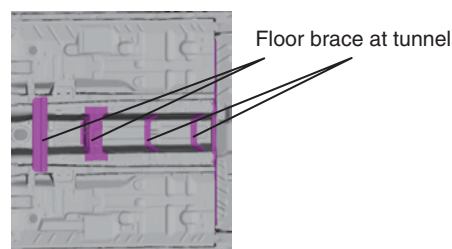


Fig. 16 Floor braces at tunnel

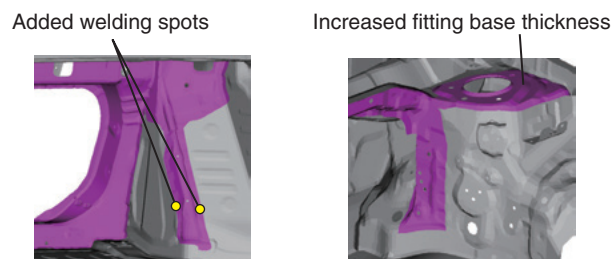


Fig. 17 Body stiffness enhancement points

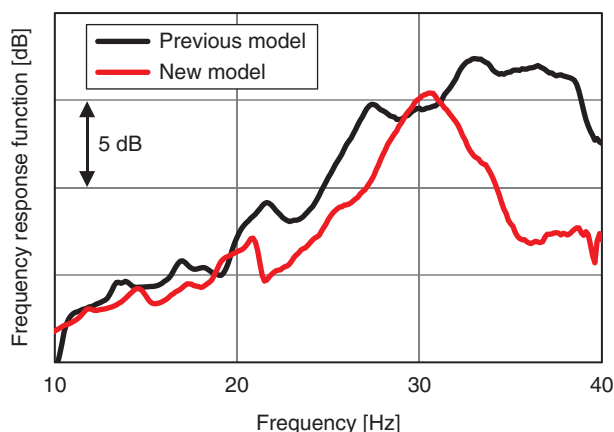


Fig. 18 Frequency response function of front input

#### 4. 完成車性能達成度の検証

ねらいとする目標性能の達成度を実車テストにより確認した。以下に代表的な結果を示す。

高速でも安心して運転できる直進安定性として、従来モデルに対してヨーレート頻度を低減し、セグメントトップレベルを達成した (Fig. 19)。

ヨーレート頻度とは、直進走行時に生じるヨーレート変動成分の平均振幅を示す。

微小操舵からスムーズで正確なステアフィールとして、100 km/h からのターンイン時のヨーレートに対するステアリングトルク特性において、ねらいとするスムーズでリニアな操舵トルクの立ち上がりを達成した (Fig. 20)。

走り出した瞬間から長距離まで快適な乗り心地性能として、低周波数域でのフラットライド (0.5 Hz - 3 Hz) と中周波数域でのフラットライド (3 Hz - 8 Hz) をプロットし、同セグメントトップレベルを社内指標上で達成した (Fig. 21)。

また、ハーシュネス性能を、インパクトショック、ショック音、収れん性より指標化し、同セグメントトップレベルを達成した (Fig. 22)。

応答性の良さと操舵入力に対する遅れが少なくリニアなハンドリング性能として、ヨーレートゲインとヨーレート

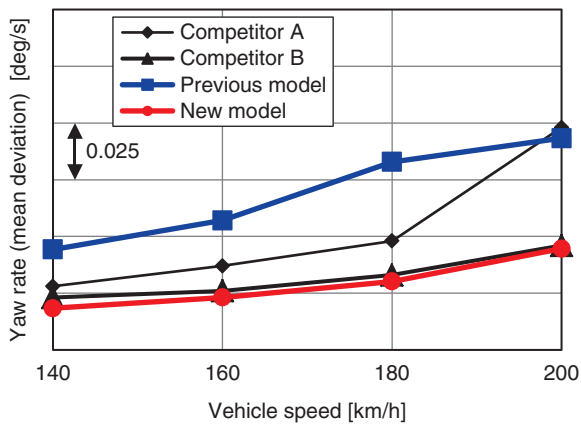


Fig. 19 High speed directional stability

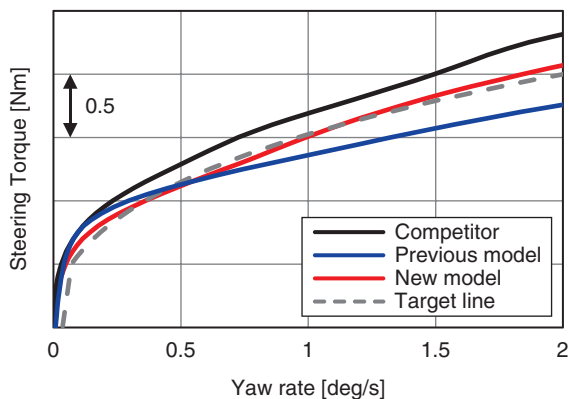


Fig. 20 Steering torque characteristics

ゲインの周波数依存性で表現した。その結果、操舵周波数に依存せず高い追従性を達成した (Fig. 23)。

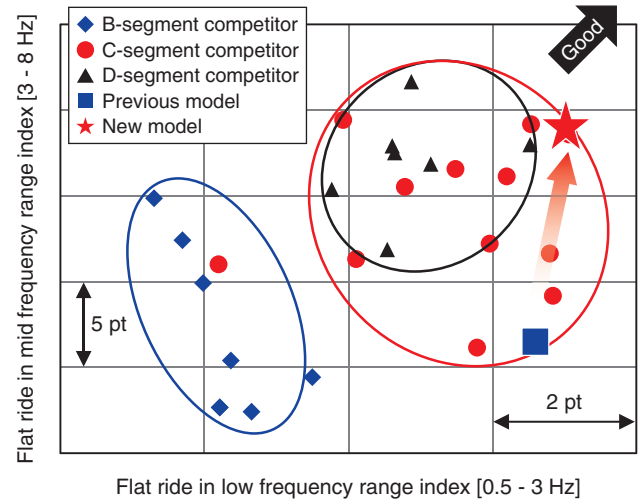


Fig. 21 Flat ride performance

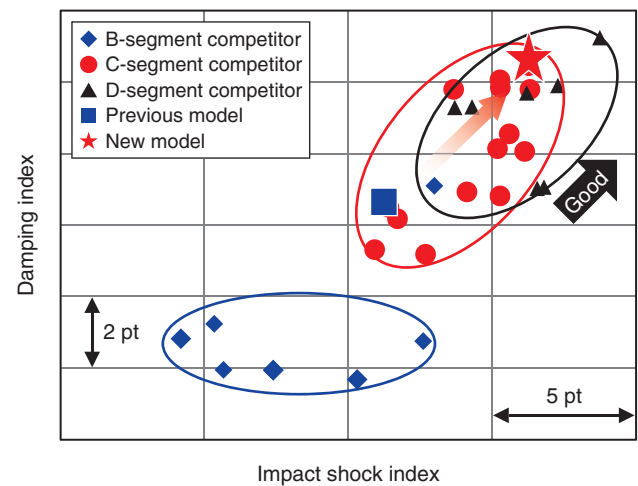


Fig. 22 Harshness performance

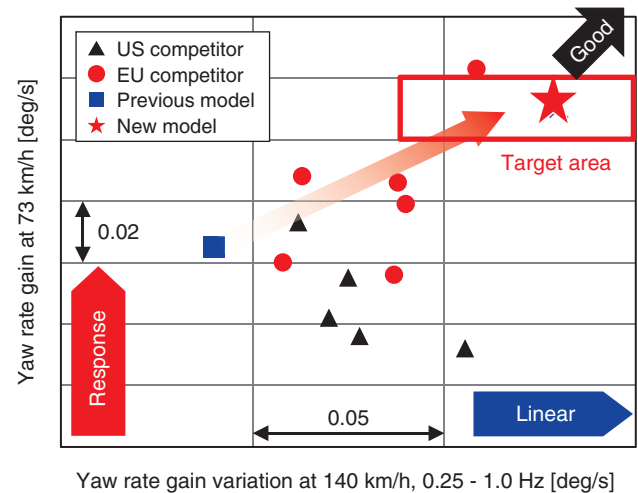


Fig. 23 Response and linearity

## 5. まとめ

新型 CIVIC は、新規プラットフォームの構想から欧州車を含むセグメントトップとなるビークルダイナミクス性能を達成するべく技術開発をおこなった。その性能達成内容について以下に示す。

- (1) 新型リヤサスペンションの採用により、入力を分離し、高い後輪等価 CP と前後、上下方向の低ばね化を可能とし、液体封入式コンプライアンスブッシュを採用することにより、操安性能と乗り心地性能を両立した。
- (2) サスペンション可動部のフリクションやヒステリシス要素の低減により、路面からボデーへの伝達力を低減し、車体のロール、バウンス、ピッチを非連成とすることにより、路面に吸い付くようなコーナリング性能とフラットライド性能を両立した。
- (3) ステアリングシステムにデュアルピニオン式電動パワーステアリングと可変ギヤレシオを採用し、システムの支持剛性を向上することにより、微小操舵から大舵角まで、かつ低速から高速までスムーズでリニアなステアフィールとハンドリングを両立した。
- (4) ボデーのバルクヘッドの環状構造化とフロア剛性向上による伝達感度の低減により、リニアなハンドリング性能と、走り出した瞬間から長距離走行まで快適な乗り心地性能を実現した。

## 参考文献

- (1) 豊島貴行, 松澤俊明, 伊藤憲悟, 遠藤喜章, 高野広喜, 牛村智也: 量産車の MBD におけるシャシ性能設計技術の構築, Honda R&D Technical Review, Vol. 29, No. 1, p. 49-58
- (2) 大滝雄介, 日下馨, 中原淳, 久世正文: ハンドリングと乗心地を両立するための非線形 CAE 技術, Honda R&D Technical Review, Vol. 29, No. 1, p. 151-159
- (3) 松林努, 松田修: 新型 CIVIC の車室内振動低減技術, Honda Technical Review, Vol. 29, No. 1, p. 25-30

### ■ 著 者 ■



小林未来登



山田将也