

コンチェルトの振動騒音・乗心地

Noise, Vibration and Ride Comfort Refinements for
Honda CONCERTO

池 上 博 之 *	平 田 肇 *
Hiroyuki Ikegami	Hajime Hirata
佐 藤 千 春 *	熊 井 靖 浩 *
Chiharu Sato	Yasuhiro Kumai
北 川 敏 夫 *	佐 藤 祐 二 *
Toshio Kitagawa	Yuji Sato

要 旨

新型車コンチェルトは、「良質」「豊かさ」を狙いとする新しいカテゴリーの小型ハイクオリティセダンとして開発された。

この狙いを実現するための重要なファクターとしての高い振動騒音品質・乗心地品質を確保すべく、開発初期段階から最新の解析技術を用いて詳細な検討を行ない、広範囲な対策技術をおりこむことにより、目標性能を達成することができた。

ABSTRACT

The CONCERTO was recently developed as a compact sedan with the concepts of 'high-quality' and 'feeling of richness'. To realize these concepts, low interior noise/vibration levels and high-quality ride comfort were chosen as significant factors. Since the early stage of development, many detailed studies have been made using new analytical methods. Target performance was accomplished using a wide range of techniques based on these analyses.

1. ま え が き

新型車コンチェルトの開発にあたっては、そのコンセプトである「良質」「豊かさ」の具現化のために、振動騒音の低減、ストレスを感じさせないフラットな乗心地の実現には特に意をはらってきた。

そのために、自社開発による敏感度解析や、モーダル解析、サウンドインテンシティ解析等の技術を駆使し、適切な対策を車両各部に施し、性能向上を図った。

以下に、アイドル振動騒音、こもり音、遮音性能、乗心地性能を中心に、その対策技術について紹介する。

2. アイドル振動騒音

アイドル時の車室内の振動騒音は、一般に

エンジンのトルク変動、排気系振動が、車体の曲げ共振を誘発し、乗員に不快感を与える現象として知られている。コンチェルトではこれらに詳細な検討を加え、改善を図った。

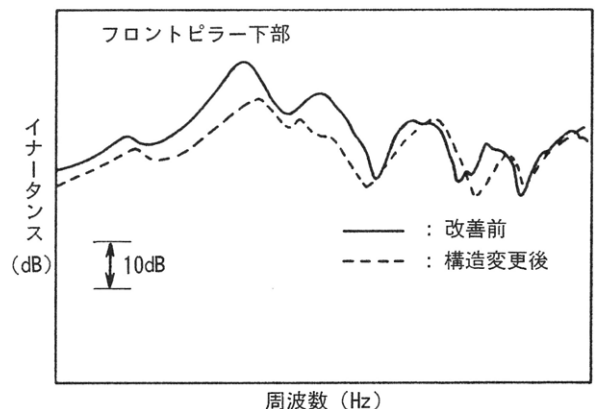


図 1 車体振動特性

2.1. 車体構造

開発初期段階で、モーダル解析及び敏感度解析を用い、高感度部材に構造変更を加え、良好な車体振動特性を得ることができた。(図1)

車体構造主要変更内容は以下の通りである。

- サイドシル、ルーフサイドレール、各ピラー等、高感度部材の断面大型化
- A、B 各ピラーの他部材との結合部補強部材追加
- C ピラー剛性向上部材追加

2.2. エンジンマウント、排気マウント

エンジン振動の車体への伝達力を減少させるため、エンジンの慣性主軸上の左右にメインマウン

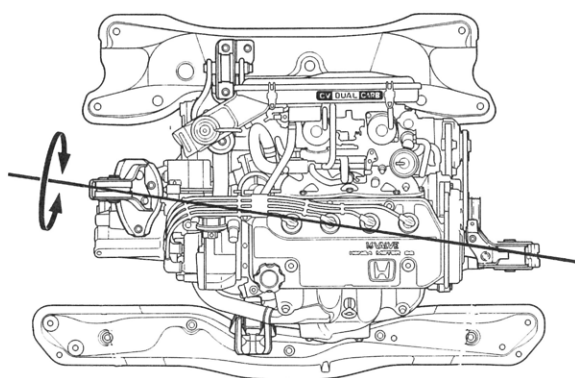


図2 慣性主軸式エンジンマウント

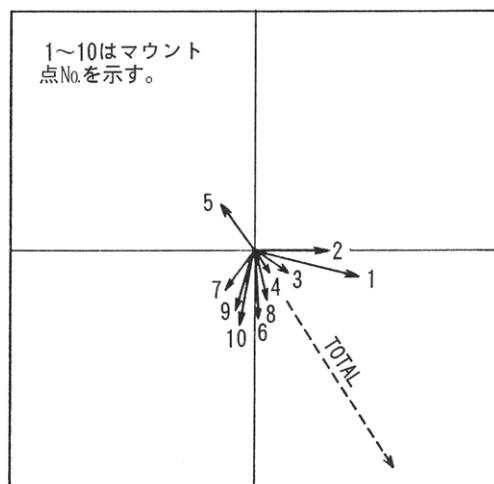


図3 マウント点入力のベクトル合成

トを配置した。(図2)

又、排気マウントも含めた各マウントについてベクトル解析を用い(図3)、バネレートの最適化をはかった。

2.3. 排気系構造

排気系構造としては、エンジンからの振動伝達を増幅している振動モードに注目し、(図4)モードの最適化をはかるためにサブマフラー後部にフレキシブルチューブを採用し、かつフロント部にボールジョイントを配置した。(図5)

これらの検討による構造変更の結果、良好なアイドル振動騒音レベルを達成できた。(図6)

3. こもり音

4サイクル4気筒エンジン搭載車では、一般にこもり音はエンジン回転2次成分の加振力による約200Hz以下の周波数域がその主体となる。以下コンチェルトでのこもり音に対する具体的検討内容を示す。

< 1次共振モード >



< 2次共振モード >



図4 排気系振動モード

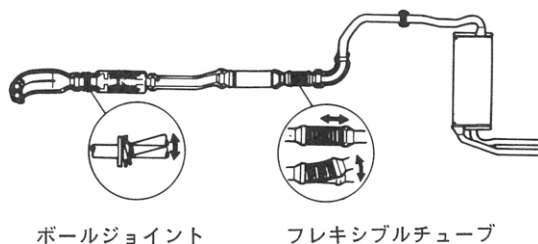


図5 フレキシブルチューブとボールジョイントを組み合わせた排気系

3.1. 敏感度解析

図7に敏感度解析による分析例を示す。分析はこもり音の発生する各周波数について、剛性付加、質量付加に対する敏感度を求め、その情報をもとに各部の構造変更を行なった。

3.2. 構造変更の効果確認

敏感度の高い部位に、下記の構造変更を施し、レベルの改善を図った。

- ・エンジンレフトマウント取付ブラケットに補強材追加
- ・エンジンレフトマウント形状変更による振動遮断性能の向上
- ・ダッシュアッパーパネルビード形状最適化
- ・排気管マウントブラケット補強材追加

これらの構造変更により、良好なこもり音レベルを得ることができた。(図8)

4. 吸気音

吸気系については吸入抵抗を増大させることなく消音性能を向上させるための、ヘルムホルツ型レゾネータ及びブランチ型レゾネータを採用し、急加速時の吸気こもり音の低減をはかった。図9に吸気システムを示す。

5. ロードノイズ

ロードノイズに関しては、敏感度解析を行ない車体構造の最適化をはかった。図10に敏感度解析結果を示す。解析結果をもとに感度の高い部位を中心に対策を行った。

具体的には、100 Hz以下の低周波数域に対しては、リアバルクヘッドガセット及びリアインサイドパネルスティフナの追加を行ない(図11)音圧レベル低減をはかった。

約200Hz以上の中高周波数域に対しては、フロントフロアパネルを左右非対称の曲面構成としたうえで全面にディンプル状加工を施したビード形状とし、加えて制振材として発泡型軽量ハイダンピング制振材を採用しフロアパネル面の最適部位へ配置した。

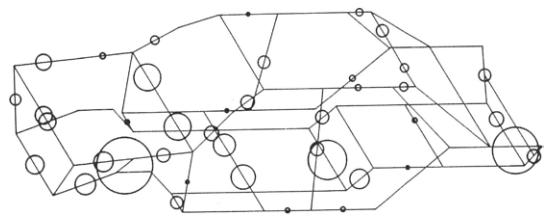


図7 4500回転こもり音に対する敏感度分布

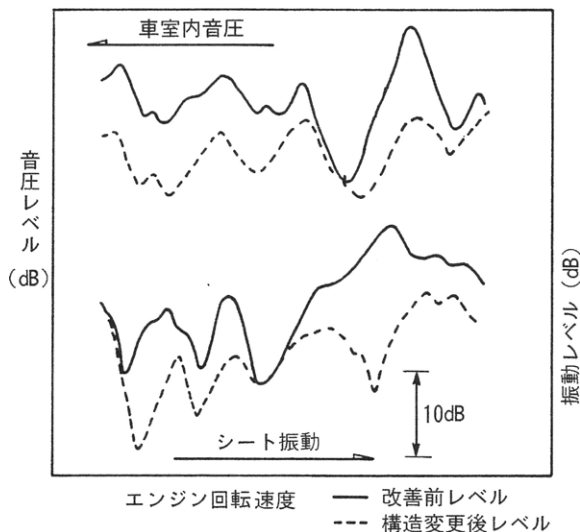


図6 アイドル振動・騒音レベル

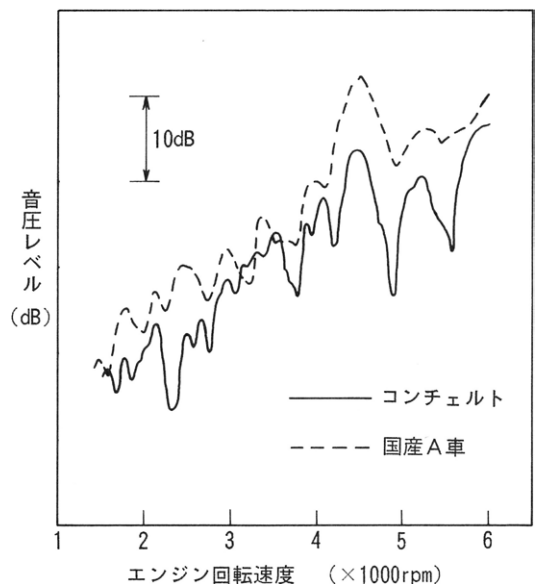


図8 こもり音レベル

6. 遮音構造

エンジン透過音、伝達音の低減のために、サウンドインテンシティ法により車室内の音のエネルギー流を求め、車室内の音場把握及び音源の同定を行った。この結果、ダッシュボードパネル、フロアパネル前方からの放射音の大きいことがわかり、これらの部位に重点的に対策を施した。以下、分析結果及び、具体的構造について述べる。

6.1. ダッシュボードパネル

中、高周波数成分の大きいダッシュボードパネルにおいては、200Hz～500Hzの中周波数成分の低減を目的として、ダッシュボードパネルに、拘束型制振材を採用し、パネル面からの放射音を効果的に抑制した。高周波遮音材としては、従来のフェルトタイプに比べ性能の優れるウレタンフォームタイプを採用し（図12）、さらにダッシュボードアップパー部とローパー部を一体構造として、パネルを全面被覆することにより、ダッシュボードパネルからの透過音の大巾低減をはかった。（図13）

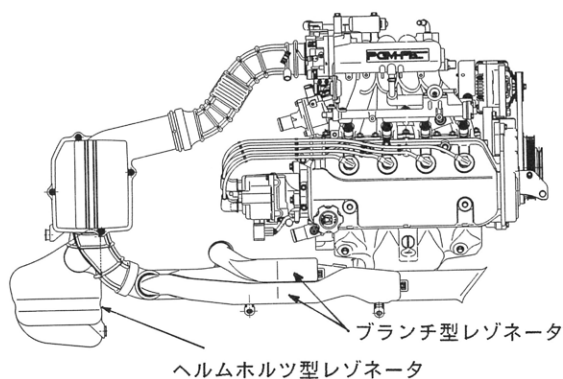


図9 吸気系システム

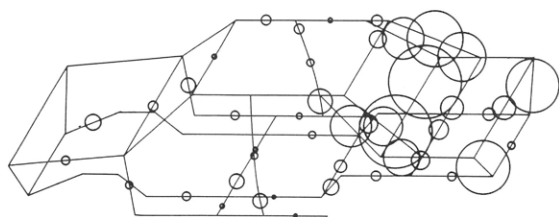


図10 ロードノイズに対する敏感度分布

6.2. フロアパネル

フロアパネルに対しては、先に述べた発泡型軽量ハイダンピング制振材の採用と合わせ、カーペット一体型ウレタンフォーム遮音材を採用し、フロア面よりのエンジン伝達音、透過音の低減を行った。

6.3. 遮音構造の効果確認

上記のような検討の結果、コンチェルトには、図14に示す遮音構造を採用し、図15に示すように車室内音のエネルギー流の適正化をはかり、従来遮音構造に比べ大巾な室内音の低減を実現することができた。（図16）

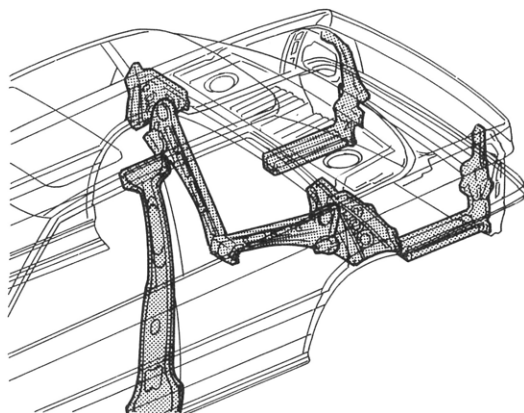


図11 低周波数域に対する構造変更部位

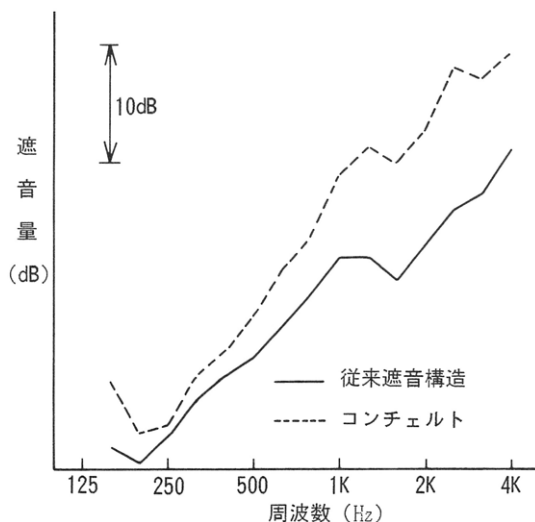


図12 ダッシュボードインシュレータ遮音性能比較

7. 乗心地性能

サスペンションは「'88 年型シビック」で開発した自由度の高い4輪ダブルウィッシュボーンサスペンション(図17)を用い小型ハイクオリティセダンにふさわしい“ストレスを感じさせないサスペンション性能”をターゲットとした。

そこで、乗心地性能では小さな路面入力から大きな路面入力まで破綻することのないフラットな乗心地を目指し、人間の操作に対してはストレスを感じさせないでリニアに反応する操縦安定性能の狙いとの両立を図った。

以下、開発の要点を述べる。

7.1. 乗心地性能の狙い

図18は、当社テストコース内の良路および悪路に於ける60km/h走行時の運転者尻下部の振動加速

度レベル(当社独自フィルターにて信号処理)について、最近の1.6ℓ~1.8ℓクラスの車のレベルをプロットしたものである。

乗心地性能を示す一例として掲げたが、良路(小入力)及び悪路(大入力)のいずれにおいても振動レベルが低くなければならない。コンチェルトでは両者共振動レベルが押さえられ、路面が荒れて入力が大きくなってもフラットな乗心地を保つという当初の狙いを達成することが出来た。

7.2. フラットな乗心地

まず、良路等の比較的小さな入力に対して乗心地を向上させるために、リアアアームブッシュ、ダンパーロアブッシュにはインターリングブッシュ(ブッシュの内・外筒の中間に金属リングを挿入したブッシュ:図19)を採用した。これにより

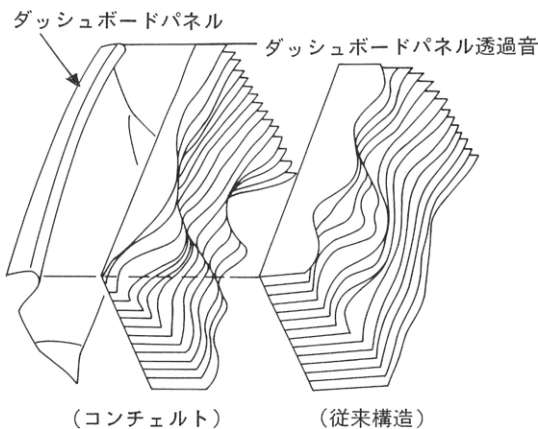


図13 ダッシュボード透過音
インテンシティマップ

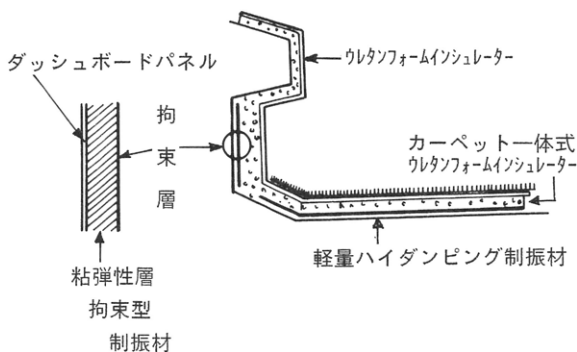


図14 コンチェルト遮音、制振構造

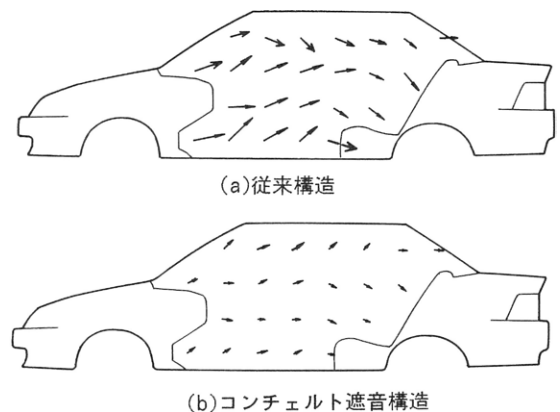


図15 車室内エネルギー流比較 (1KHz)

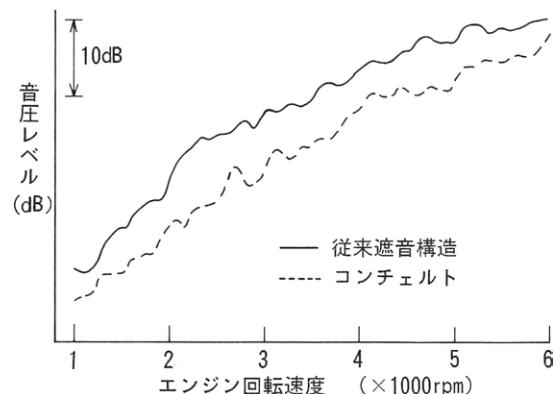


図16 室内音圧レベル比較

操縦安定性に寄与する軸直角方向のバネレートは下げることなく、乗心地に寄与する振り方向のバネレートを低くすることが出来、両者の両立が可能となった。

次に悪路等の比較的大きな入力に対しては、まずゆったりとした挙動とするためにロングホイールベース(2,550mm)とした。又、バネ上振動数を低く設定すると共にダンパー減衰力を最適化することにより、図20のサスペンション伝達性能に示すようにフワフワしないフラットな乗心地を実現させた。

7.3. 新設計バルブ採用ガス封入ダンパー

上下方向のゆったりした挙動はダンパーピストン速度の極低速域(0.1m/s以下)の減衰力の寄与

を受けやすい。そこで、安定した挙動を確保してフラットな乗心地を保つために、フロント、リア共“新設計バルブ採用ガス封入ダンパー”を採用した。

これは、図21に示すように、極低速減衰力をバルブ構造のみでコントロール可能とするために、ピストンリングにソリッド樹脂タイプを採用してピストンリングからのオイルのリークをほぼ完全にシールし、極低速の減衰力コントロール専用のサブバルブを設けたものである。又ピストンリングは低摩擦材を使用している。

これにより、減衰力はフリクションに左右されず、極低速域から安定したものとなり、耐久信頼性能も大巾に向上した。

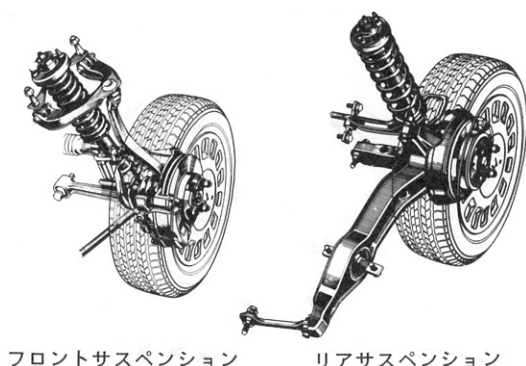


図17 四輪ダブルウィッシュボーンサスペンション

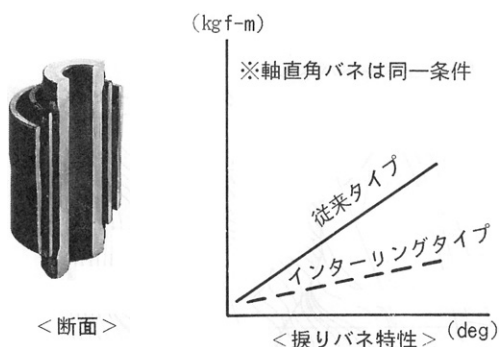


図19 インターリングブッシュ特性

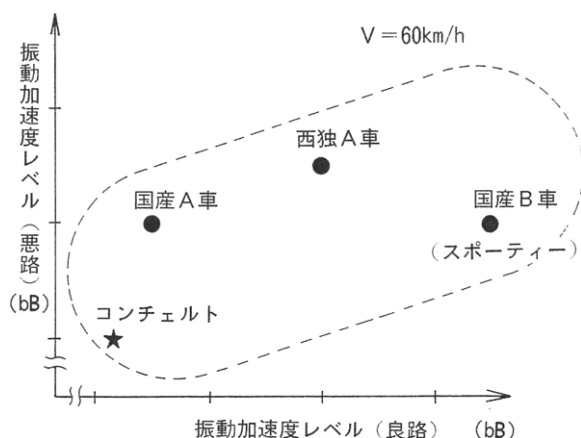


図18 シート上振動加速度レベル良路悪路比較

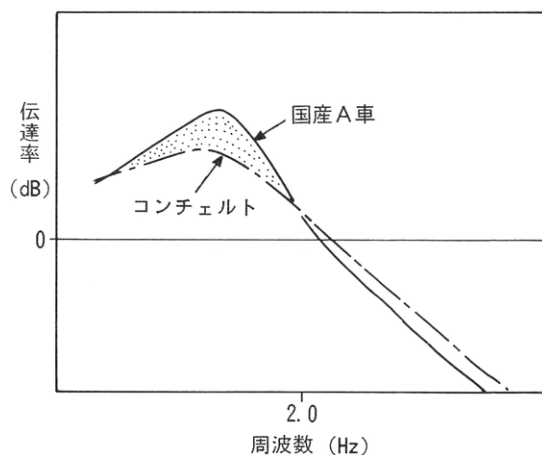


図20 フロントサスペンション伝達特性

7.4. ハーシュネス等の乗心地

目地乗越し等のハーシュネス特性では、ショック感が少なく、ブルブルしないしまったフィーリングを実現するために、サスペンションの上下方向の動きを考慮して前後方向のコンプライアンス特性を最適化した。

又、荒れた路面でのバネ下のドタバタ感を押え路面追従性の良いサスペンションとするために、サスペンションストロークは大きく取っている。前述のバネ上振動数を低く設定した効果も有り、高品位な乗り味を実現した。

7.5. 操縦安定性との両立

乗心地性能と操縦安定性能とは相反する特性を要求されることが多いが、単純に“かたい”とか“やわらかい”という領域にとどまらず、前述のように“ストレスを感じさせないサスペンション性能”という新たな視点から取り組んだことにより、乗心地性能と操縦安定性能をより高次元で両立させることが出来た。

操縦安定性能では“リニアリティ”をターゲットとしているが、具体的には車体のスタビリティの良さは保ったままでレーンチェンジやコーナリング時には人間のステアリング操作に対して車体が素直に反応する、言い換えれば“人間を疲れさせないで必要な時には意のままに動く”という人間重視の車両応答特性を目指したものである。

従って“リニアリティ”は人間の感性の領域と密接な関係にあり、総合的に判断されるべきものであるが、コンチェルト開発に際しては、特に

- (1) 操舵力特性
- (2) ステア特性

の2項目に注意を払いながら、具体的な構造検討を行った。

(1) 操舵力特性におけるリニアリティ

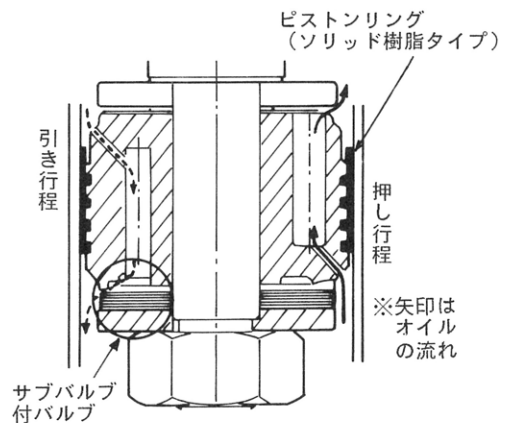
図22は速度60km/h時のスラロームテストの時の横加速度に対する操舵力の特性であるが、コーナリング中には横加速度の増加に対して操舵力が急激に増減するのは好ましくなく一様に増加する特性がドライバーにとっては最も素直に感じられる。従来は横加速度が大きくなるに従って操舵力の増加が頭打ちとなる傾向が多かったが、コンチェル

トにおいてはパワーステアリングのアシスト特性の見直し、サスペンションジオメトリの最適化をすることによりリニアな操舵力特性が得られた。

(2) ステア特性におけるリニアリティ

図23は半径30m時の定常円旋回時の求心加速度に対するスタビリティファクターを示すが、求心加速度が大きい領域においてはタイヤ性能に限界がありスタビリティファクターの増加は避けられないが実用領域においてはスタビリティファクターが一定であることが望ましい。

コンチェルトでは、特にステアリング系の剛性向上、サスペンションアームブッシュ部剛性確保(インターリングブッシュの採用)やロール剛性の前後バランスの適性化、トー変化特性の最適化等により、リニアなステア特性を達成した。



<ピストン部オイルの流れ>

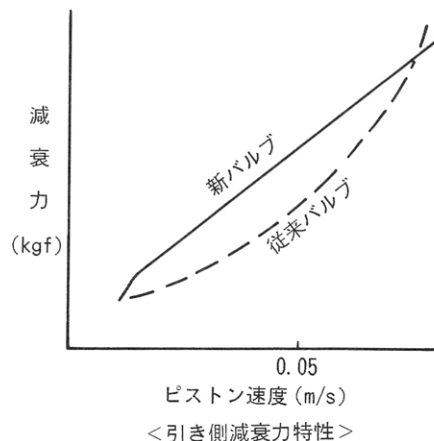


図21 新設計バルブ採用ガス封入ダンパー

以上のように、操縦安定性のリニアリティを達成するには、ステアリング・サスペンション・車体各部材の剛性値の最適化、必要なアライメント変化特性の為のジオメトリー検討、サスペンションブッシュの方向別バネレートの最適化等、複雑にからみ合うパラメーターの最適化が必要であった。

コンチェルトの開発では、特性最適化のために乗心地・操縦安定性の動的予測シミュレーションを活用した。(図 24)

これは、サスペンション各特性の最適化の為に

は非常に有効なツールであり、今後より広範囲に活用されるであろう。

8. あとがき

以上、新型車コンチェルトの振動騒音・乗心地対策技術の概要について述べた。開発を通じて、小型ハイクォリティーセダンにふさわしい、高質な振動騒音性能と新しいストレスを感じさせない乗り味を実現できた。

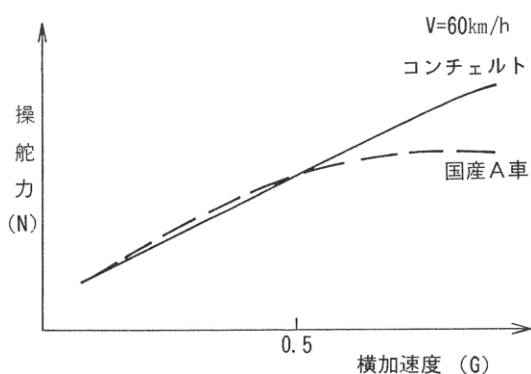


図 22 横加速度－操舵力特性

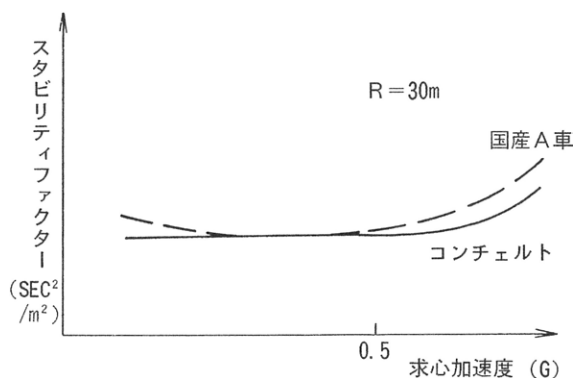


図 23 スタビリティファクター

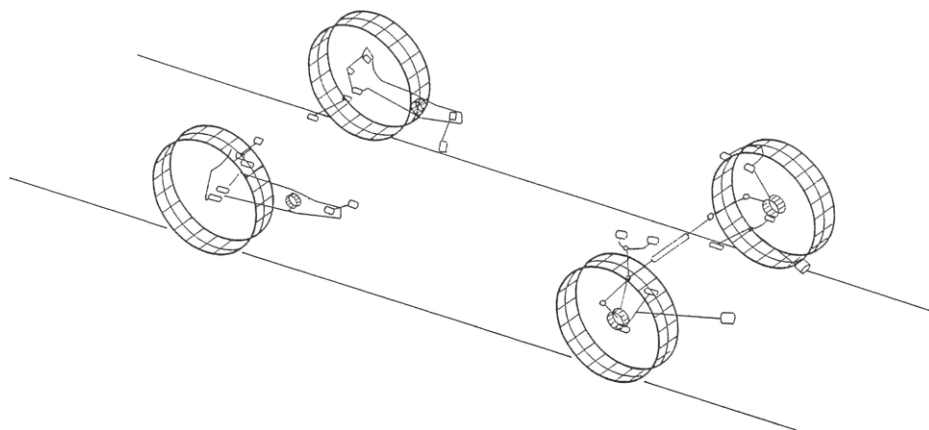
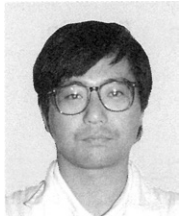


図 24 乗心地・操縦安定性 動的シミュレーションモデル

■著 者■



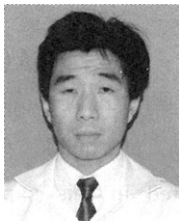
池 上 博 之



平 田 肇



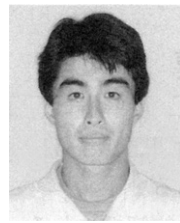
佐 藤 千 春



熊 井 靖 浩



北 川 敏 夫



佐 藤 祐 二