

特集：新型マツダアテンザ

11

新型マツダアテンザの空力性能開発 Aerodynamic Development of All-New Mazda Atenza

大 平 洋 樹^{*1} 岡 本 哲^{*2} 中 藤 博 文^{*3}
 Hiroki Ohira Satoshi Okamoto Hirofumi Nakato
 賀 谷 守^{*4} 植 松 徹^{*5} 松 岡 秀 典^{*6}
 Mamoru Kaya Tooru Uematsu Hidenori Matsuoka

要 約

新型アテンザでは、デザインと空力性能の高次元での融合を目指し、空力性能開発プロセスの変革を行った。この結果、初代アテンザの空気抵抗係数 $C_D = 0.30$ に対して、クラストップレベルの $C_D = 0.27$ （5ハッチバック、セダン）、 0.28 （ワゴン）を実現した。また、高速走行安定性を極限まで高めるべく、試作車育成段階における高速走行テストに空力エンジニアも参画し、空力チューニングを行った。これによりクラストップレベルの高速走行安定性を実現できた。特に新規開発した馬蹄型フロントタイヤディフレクタは、「最高速までの車速の伸び感」と「高速安定性」の実現に貢献しただけでなく、相反する性能であるブレーキ冷却性能の両立を実現した。

Summary

To integrate design and aerodynamics at a higher dimension, aerodynamic development process has been reformed for the development of the new Atenza. As a result, the new Atenzas have improved coefficient of drag from 0.30, which was achieved with the previous model, to $C_D = 0.27$ with 5HB and sedan, and $C_D = 0.28$ with wagon, realizing top-level C_D s in both segments. In addition, in order to maximize high-speed stability with the new Atenza, Aerodynamic engineers had participated in the high-speed travelling testing at the prototype development phase, to tune up the prototype from an aerodynamic perspective. This helped the new Atenza achieve the top-in-class level high-speed stability. In particular, the newly developed horseshoe-shaped front tire deflector had contributed to embody both “unlimited accelerating feel to the top speed” and “high-speed stability”, and succeeded in balancing aerodynamic performance with the seemingly incompatible brake cooling efficiency.

1. はじめに

新型アテンザでは、「よりスポーティでエモーショナルに進化し、存在感を高めたデザイン」と「燃費の更なる向上」を高次元で融合させることを狙い、前モデルに比べて大幅な C_D 低減を行った。更に、特に欧州の高速市場で「前モデルを進化させた高速安定性能」を実現するため、実走評価による空力性能チューニングを取り入れた。本稿では、これらを実現させたプロセスと手段について紹介する。

2. 空力性能開発プロセスの革新

従来のプロジェクトでは、クレイモデル育成段階に力点を置いて、1/1デザインクレイモデルを使った風洞テストとシミュレーションを併用し、形状変更を行って空力性能を改善するという開発を行ってきた。この開発プロセスでは、すでにデザインテーマが決まっており、空力改善のため形状変更をしようとしても、デザイン面での制約条件が多いため、デザインを傷めずに空力性能と整合を取り、クラストップレベルの C_D 値を狙うのは難しい。そこで、新型アテンザでは、従来と異なるプロセスで空力開発に取り

*1~4 車両実研部
 Vehicle Testing & Research Dept.
 *6 ボデー開発部
 Body Development Dept.

*5 操安性能開発部
 Chassis Dynamics Development Dept.

組んだ。まず、プロジェクトスタート前の先行段階において、前モデルを用いた車両周りの流れ解析を実施し、空力的に改善すべきポイント（以下、空力改善ポイント）を見出した。次のデザイン初期段階では、空力改善ポイントを初期デザインモデルに織り込んで効果を検証し、理想とする車両周りの流れを実現するためのデザイン、レイアウトをデザイン条件図に反映した。1/1クレイモデル段階では、空力改善ポイントを入れたモデルを使って C_D 目標を過達した状態から育成をスタートし、風洞テストにて理想の流れを保ちつつデザイン要素を盛り込んで目標を達成した（Fig.1）。また、高速安定性を極限まで高めるために、試作車によるアウトバーン実走テストに同行し、高速安定性改善のチューニングを行った。具体的な取り組みを以下に述べる。



Fig.2 Air Flow Analysis around Upper Body in Wind Tunnel

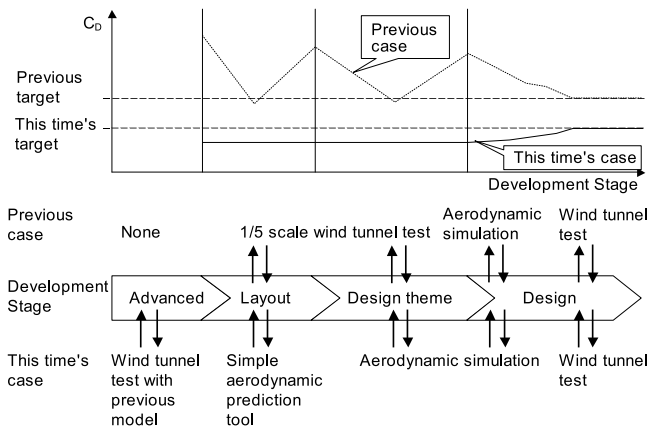


Fig.1 Image of Aerodynamic Development

2.1 プロジェクト開発前段階の先行空力性能開発

新型アテンザでは、低 C_D 化を行うために、プロジェクト開発前の空力先行開発で、空力改善ポイントを見出し、プロジェクト開発開始時にこれを提案した。空力改善ポイントは、車両周りの流れを切り分ける観点から、アッパーボデーと床下の二つに大別される。第一にアッパーボデーは、ベースとなる前モデルの車両周りの流れの可視化や総圧分布測定を行い（Fig.2）、Aピラーやフロントバンパーコーナ等の空力改善ポイントを見出した。

第二に床下は、床下流れを徹底的に研究するために、車両を持ち上げて床下流れを観察できる専用装置（Fig.3）を新規に制作した。この装置を用いてアッパーボデーと同様にベースとなる初代アテンザの床下流れの解析を行った。これにより床下の流れを整流させるための基本となる床下のライン等の空力改善ポイントを明らかにした。

2.2 デザイン初期段階の空力性能開発

デザイン初期段階では、2.1で明らかになった空力改善ポイントを車両の基本骨格に入れなければならない。そこで、以下2項目の取り組みを行った。1) まず、「車両形状パラメータによる簡易空力予測ツール」を用い、初期デザ



Fig.3 Equipment for Under Floor Flow Analysis

インモデルの実力把握とこれに空力改善ポイントを入れた時の効果をラフに検証した。2) 次に、初期デザインモデルへ1)で効果を検証した空力改善ポイントを織り込んでデザインした「CGモデル」（以下、空力CGモデル）を作成し（Fig.4）、空力CGモデルと初期デザインモデルを用いて、床下形状まで考慮した空力シミュレーション評価を行った。これにより、新型アテンザのデザインに合わせて空力改善ポイントをより最適化するとともに、車両周りの流れがどのように改善したのかを（Fig.5）関係者で共有化することができた。以上の取り組みにより、理想とする車両周りの流れを実現するためのデザイン、レイアウトをデザイン条件図に織り込んだ。

2.3 1/1クレイモデルによる空力性能開発

(1) デザインや床下形状と空力性能の詳細な整合取り

1/1クレイモデルによる空力性能開発段階は、デザインと整合を詳細に取りながら、流れと形状を決めていく段階である。そこで、新型アテンザでは、2.2の初期段階で明らかになった空力改善ポイントを反映したデザインモデル（Fig.6）を用い、 C_D 値を下げた状態（ $C_D = 0.25$ ）から風洞での育成をスタートした。理想とする流れが崩れないか流れの様子を見ながらデザイン要素を織り込んでいくこと

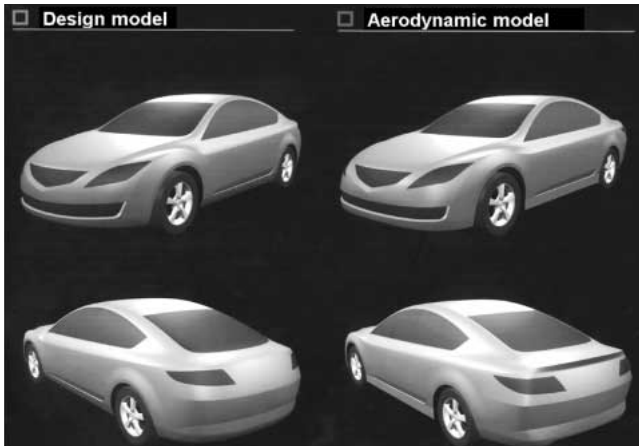


Fig.4 Design Model vs Aerodynamic Model

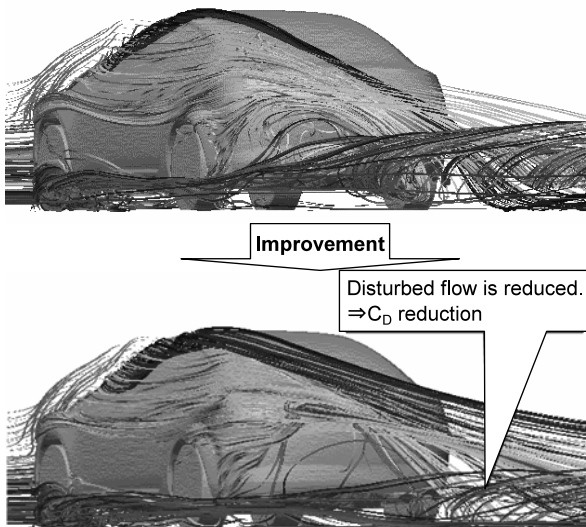


Fig.5 Flow around Design Model vs Aerodynamic Model



Fig.6 1/1 Scale Model with Aerodynamic Improved Parts

で、 C_D 値を悪化させることなく、デザインとの融合を図っていった。

具体的には、モデルを使わなければデザインと空力性能の詳細な整合取りが難しい部位である、ドアミラー、フロントバンパコーナ、サイド、リアコンビランプについて、詳細な形状検討を行った。また、低 C_D 化を極限まで求めるには、アッパー形状変更に合わせて、床下の流れも改善しなければならないため、2.2で織り込んだ床下形状についても詳細なチューニングを施した。

ドアミラー形状

ドアミラー形状を砲弾型にして (Fig.7) C_D 改善のみならず、風騒音低減にも大きく貢献した。

フロントバンパコーナ形状 (Fig.8)

フロントバンパコーナは、車両の風を側面と床下に分岐させる重要な部位である。デザインと空力性能の整合を取るため、コーナのRを大きく見せて、下端だけ角張らせた形状にした。

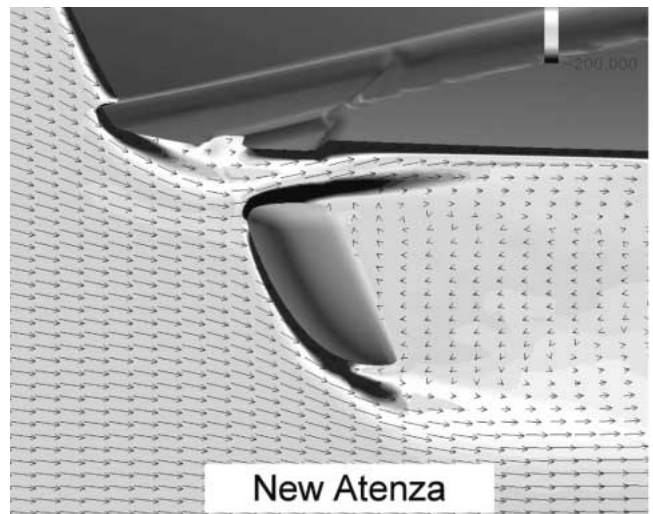


Fig.7 Improved Flow Door Mirror

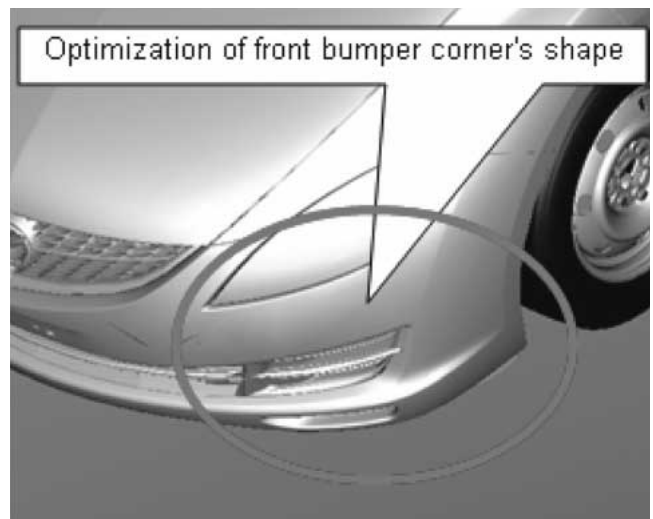


Fig.8 Shape of Front Bumper Corner

サイドステップモール形状 (Fig.9)

ボデーサイドでは、サイドの風を整流し、リヤタイヤに当たる風を抑える必要がある。このため、空力性能からはサイド下端を張り出させなければならない。しかし、デザインは、下端を絞ることがテーマであり、空力性能と相反するものであった。デザインと空力性能の整合を取るために、サイド下端とリヤタイヤ直前の形状を車両側面側にmm単位の調整をして張り出した。

リヤコンビランプ形状 (Fig.10)

車両後端で風を綺麗に剥離させるために、リヤコンビランプ後端を車両横方向に張り出しエッジ化する必要がある。デザインに影響が出ないようにリヤコンビランプの透明部品でこの形状を実現した。

リフトゲート形状 (ワゴン, Fig.11)

風が剥離するポイントを車両後方であつ下側にもっていくために、リフトゲート後端位置を後方に延長し、エッジ化する必要がある。しかし、鉄板でこの形状を再現するのは難しい。このため、形状を比較的自由に成型できる樹脂を用いて、この難しい形状を成立させた。

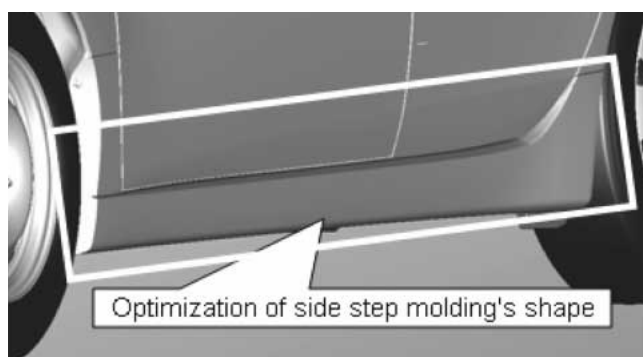


Fig.9 Shape of Side Step Molding

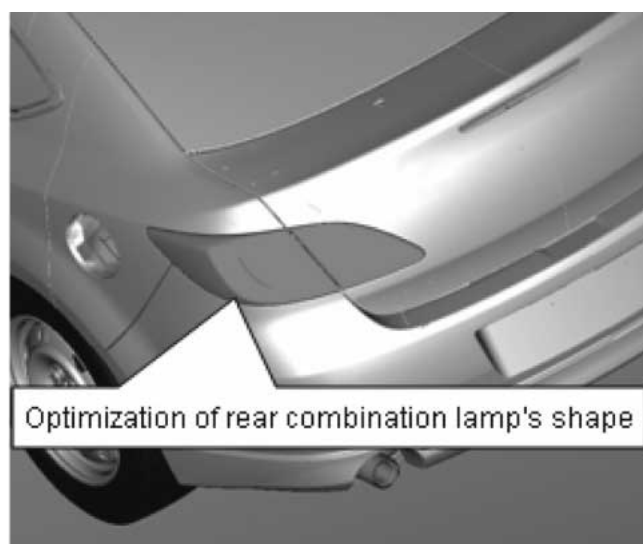


Fig.10 Shape of Rear Combination Lamp Outer

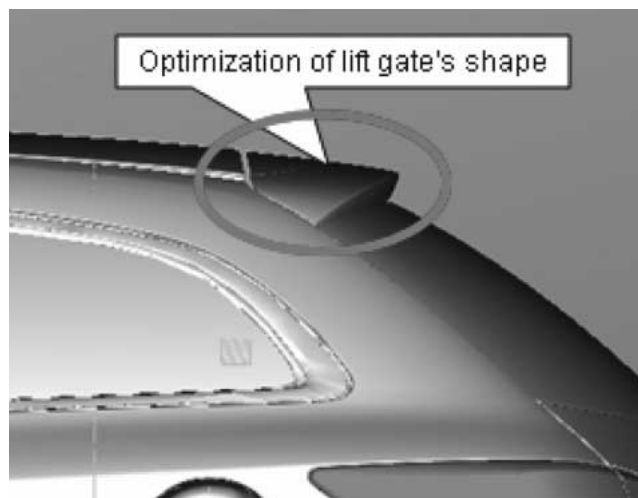


Fig.11 Shape of Lift Gate

床下形状 (Fig.12)

- ・ラジエータ下アンダーカバーは、カバー前側に大きなRを設け、床下に風を入りやすい形状にした。
- ・床下の風を整流し、風の乱れを抑制するために、センターフロアカバーを設定した。リヤタイヤ前は、貨車運搬用のフックを引っ掛ける穴があり、センターフロアカバーでこの部位を覆うことができなかった。フックをかけた時のフックとワイヤーの軌跡から外れた場所に独立したリヤアンダーカバーを設定し、カバーで覆うのと同じ流れを実現した。
- ・リヤバンパ下端的形状は、床下から抜けてくる風が、車両後端で綺麗に剥離をするようにした。

(2) 他性能との整合取り

1/1クレイモデルの空力性能開発段階では、他性能との整合取りも行う必要がある。新型アテンザの空力性能開発で特に他性能との整合取りで苦労したのが、フロントタイヤ前に設定する空力付加物のフロントタイヤディフレクタである。新型アテンザは重量の軽いセダンガソリン車から重い欧州仕様のワゴンディーゼル車まで幅広い機種が存在する。重量の重い機種は、従来の板型タイプや、通風口付板型タイプ (Fig.13) ではブレーキ冷却性能が成り立たなかった。

そこで、風洞でブレーキ周りの風を観察しながら新規に開発したのが、「馬蹄型フロントタイヤディフレクタ (Fig.14)」である。このディフレクタは、ディフレクタ内部で負圧を発生させ、ディフレクタを通過する風を車両上側に勢いよく流す。この風はブレーキに当たり、ブレーキを冷却する。加えて、タイヤ周りの流れを整流する効果もありC₀を低減する。更に、ディフレクタがラウンドしているため、横風を受けた時でも風を常に正面で受けることができ、安定して負圧を発生させることから優れた高速安定性を実現できる。これにより、空力性能を損なうことな

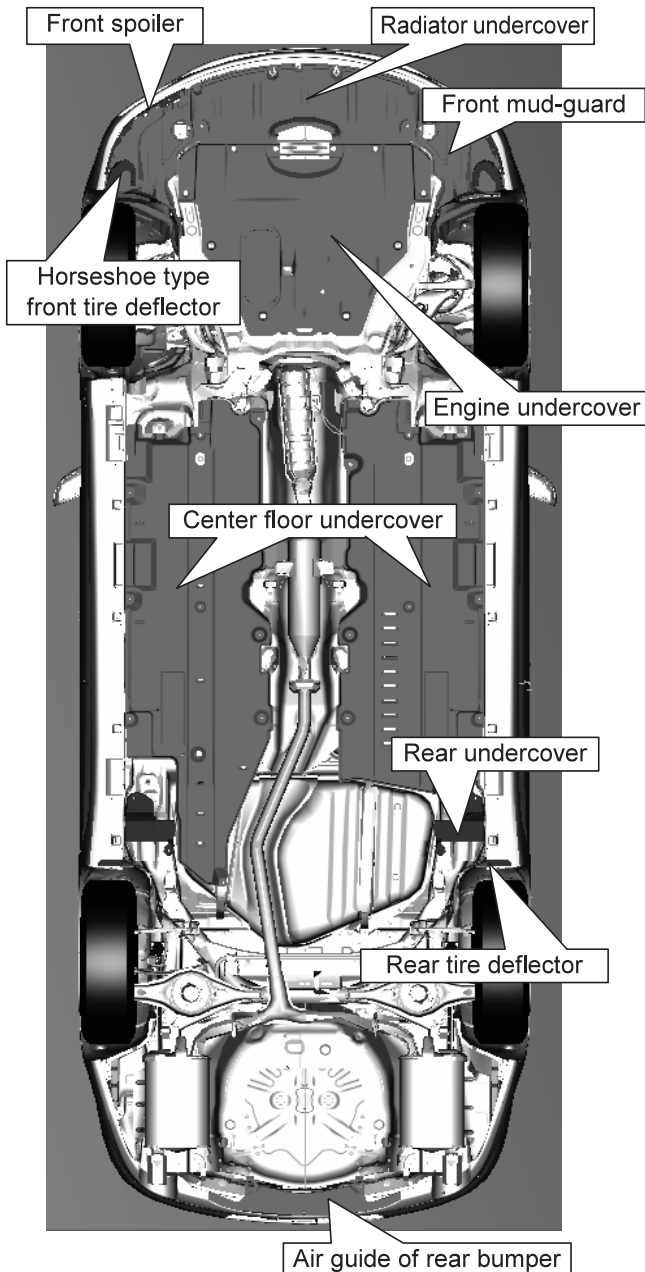
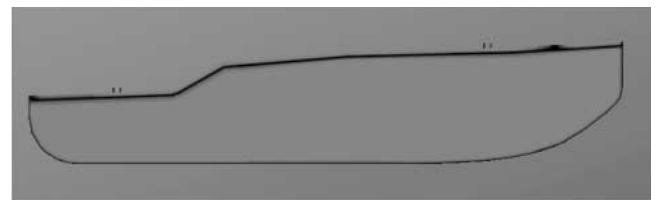
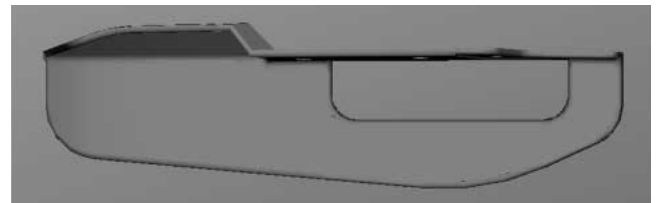


Fig.12 Aerodynamic Appendage of Under Floor

くブレーキ冷却を成り立たせることができた (Fig.15)。しかし、このディフレクタは、高速走行に耐えうる剛性の確保と、スロープや段差等と干渉し破損しないように軟らかくする、という相反する課題も解決しなければならなかった。そこで、材質を軟らかいものに変更し、ディフレクタ内側の根元にリブを付けることにより高速走行に耐える剛性を確保し、かつ段差等に干渉しても壊れないように変形を逃がすためのスリットを設定した。これにより、上記課題を解決し、馬蹄型ディフレクタを採用することができた。



(a) Without Brake Cooling Opening



(b) With Brake Cooling Opening

Fig.13 Flat Type Front Tire Deflector

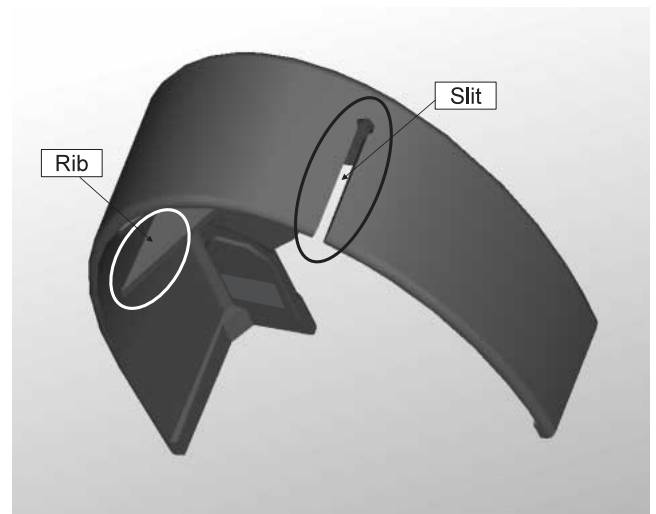


Fig.14 Horseshoe Type Front Tire Deflector

2.4 実走による高速安定性改善

従来、試作車による育成段階では風洞テストだけで空力性能開発を行っていた。新型アテンザでは高速走行安定性を極限まで高めるため、高速走行テストに空力エンジニアも参画し、サスペンションのセッティングに合わせて車両周りの流れを最適化した。具体的には、ドイツのアウトバーンで、馬蹄型ディフレクタとリヤカバーをmm単位で形状育成した。これにより、200km/h以上の高速域において、路面にアンジュレーションがある厳しい運転状況でも、操舵にしっかりとした手ごたえがあり、ハンドルに片手を添えているだけで安心してしかも意のままにZoom-Zoomに走行できるクラストップレベルの高速安定性を実現できた。

3. まとめ

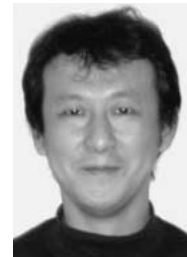
新型アテンザは、空力性能開発の開発プロセスを見直し、積極的に空力改善ポイントを織り込んだ。この結果、初代アテンザの $C_D = 0.30$ から大幅に改善し、デザインテーマを活かしつつクラストップレベルの $C_D = 0.27$ （5ハッチバック、セダン）、 0.28 （ワゴン）を実現した。更に、これまで行っていなかったアウトバーンでの実走テストで空力エンジニアが高速安定性の育成を行い、クラストップレベルの高速安定性能を実現した。

特に新規開発した馬蹄型フロントタイヤディフレクタは、「最高速までの車速の伸び感」と「高速安定性」に大きく貢献した。これらの技術は今後の車種にも織り込んでいく。

著者



大平洋樹



岡本 哲



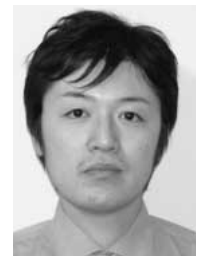
中藤博文



賀谷 守



植松 徹



松岡秀典

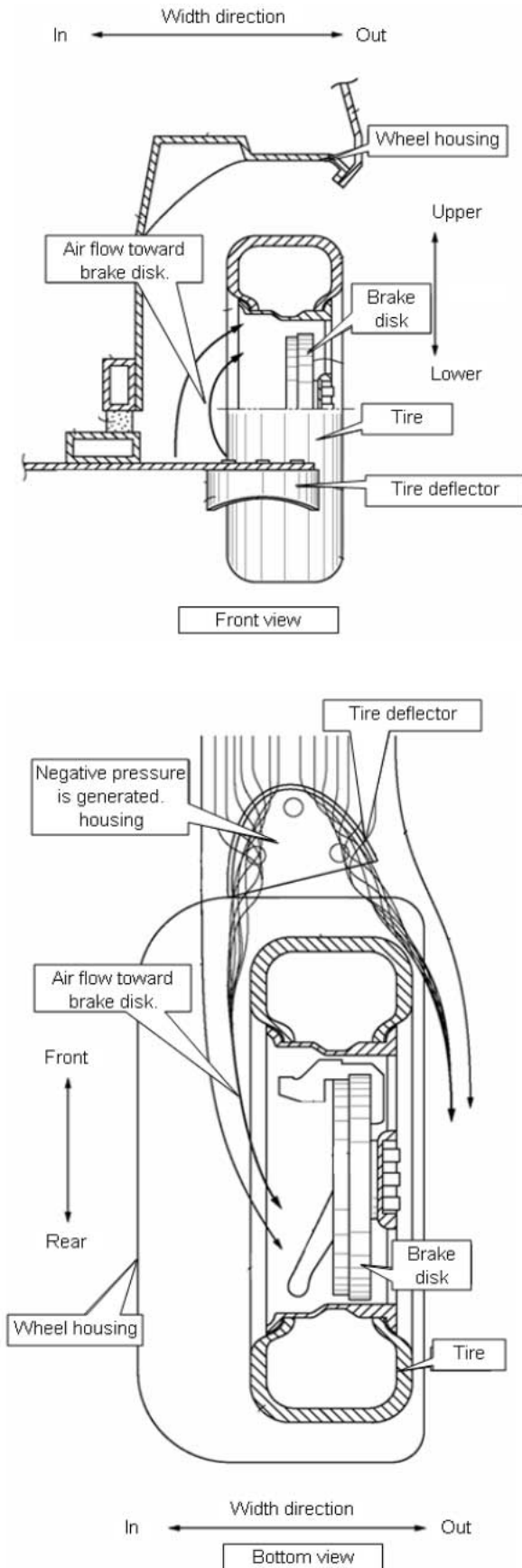


Fig.15 View Showing a Frame Format of Flow through Horseshoe Type Front Tire Deflector into Brake