

特集：新型MAZDA3

16

新型MAZDA3の熱流体エネルギーマネジメント技術 Technology of Thermal Fluid Energy Management for All-New Mazda3

久我 秀功*1 太田 健太郎*2 伊川 雄希*3 坂下 泰靖*4
Yoshiatsu Kuga Kentaro Ota Yuki Ikawa Hironobu Sakashita
西田 周平*5 溝兼 通矢*6 岡本 哲*7
Shuhei Nishida Michiya Mizokane Satoshi Okamoto

要 約

新型MAZDA3の開発では、CO₂排出量低減技術の一環として、実際の市場環境に近い走行状態で車両全体の風流れの運動エネルギーマネジメントを行い、空気抵抗の低減とサーマルマネジメント効率化の両立を目指した。この実現にむけ、フロントグリルを通過する風を用いてラジエーターを効率的に冷却するための導風構造を設定し、無駄な風を極限まで減らした。そして、アクティブエアシャッターをラジエーターの全面に配置し、シャッター開度を6段階で制御することで、走行シーン毎にエンジンルーム内の部品温度をコントロールするとともに、排出する際に生じる風流れの運動エネルギー損失が最少となる風量にコントロールした。更に、冷却に用いた風を排出する際、車両周りの風流れの運動エネルギー損失量が最少となるように構造を作り込むことで、クラストップレベルの空気抵抗係数とCO₂排出量の低減に貢献した。

Summary

Development of the All-New Mazda3 was carried out aiming at performing air flow energy management for the vehicle as a whole in a state close to the actual driving environment and achieving both Aerodynamic drag reduction and thermal management at efficiency, as part of the technologies for cutting CO₂ emissions. To achieve this, an air guiding structure was set up to cool the radiator efficiently using the wind passing through the front grill, which eventually reduced the amount of leaking wind to the utmost limit. Then, an Active Air Shutter was placed over the entire surface of the radiator, and the shutter opening degree was controlled in six steps so as to control temperatures of the parts in the engine room as well as the loss of air flow energy, with a minimum amount of air flow for each driving scene. In addition, an elaborately crafted structure designed to discharge the wind used for cooling with the least amount of energy loss was applied, which contributed to reducing the air resistance coefficient and CO₂ emissions at the class top level.

Key words : Heat・Fluid, Aerodynamic Performance, Radiator, Computational Fluid Dynamics, Engine Cooling, Temperature Control, Thermal Management

1. はじめに

自動車業界においては地球温暖化緩和策としてCO₂排出規制の強化が進められており、マツダでは実際の市場環境に合わせたCO₂の排出量削減に取り組んでいる。

特にエンジンのポテンシャルを最大限に引き出すためには走行時に発生する抵抗値を下げ、燃焼効率の高い領域を日常一般的な実用領域で拡大させる必要がある。

走行抵抗は主に空気抵抗と転動抵抗とに分けられる。時

速100kmで走行する場合、およそ8割を空気抵抗が占めるため、走行抵抗を決定する大きな要素になっている (Fig.1)。この空気抵抗はCd値で代表され、空気による運動エネルギーの損失として取り扱っている。この値が低い程、空力性能が優れていることを示す。

この空気抵抗は風流れの運動エネルギーの損失と関係性があることをマツダ技報 No.35(2018)で報告した⁽¹⁾。風流れの運動エネルギーの損失は、エクステリアデザインやアンダーフロアの構造物などの造形のほか、エンジン・トラ

*1~7 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

ンスミッション・バッテリー・エギズースト・プロペラシャフトなど、各々の機能を最大限に発揮させるサーマルマネジメントにより決定される。

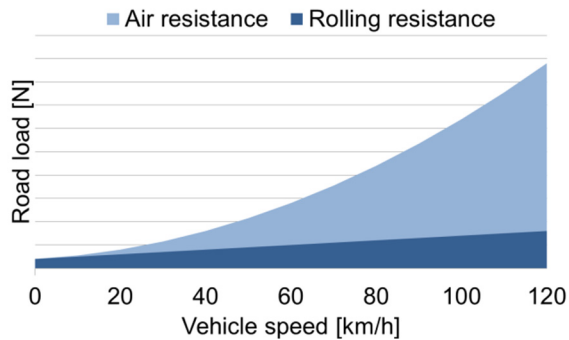


Fig. 1 Comparison of Resistance

次章では、新世代商品群の第一弾である新型MAZDA3における熱流体エネルギーマネジメント技術による、風流れの運動エネルギーの損失量低減とサーマルマネジメントの高次元での両立について述べる。

2. 空気抵抗とサーマルマネジメントの関係

本章では空気抵抗と関係性のある風流れの運動エネルギーの損失量低減と、サーマルマネジメントを高次元で両立させるための考え方について述べる。

2.1 風流れの運動エネルギーの損失低減への課題

デザイン性、およびサーマルマネジメントの要求を満足しながら、風流れの運動エネルギー損失量の低減を実現するには、車両で発生する「剥離渦」・「混合渦」・「後流渦」を抑制する必要がある。理想状態は、各渦がゼロ、すなわち、風流れの運動エネルギー損失量0である。

ノーズ先端やバンパーコーナー、取り付け部品周囲の段差などでは、風流れの剥離が生じやすい。「剥離渦」は、圧力の上昇によって物体表面から風流れが剥離する際に生じる渦を指す (Fig. 2)。

マツダは、低く伸びやかなノーズ先端や、丸みを帯びたリア周りの特徴としたデザイン (Fig. 3) を採用している。このデザイン固有の造形や、アンダーフロア部に位置する排気管や燃料タンク、サスペンションなどの部品による凹凸を克服し、風流れの運動エネルギーの損失量を改善することが課題である。

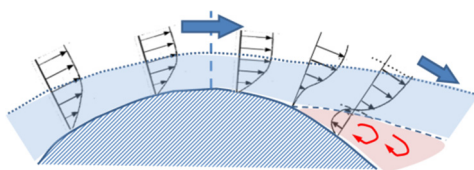


Fig. 2 Image of Separation Flow



Fig. 3 KODO-Design (All-New Mazda3)

「混合渦」はエンジンルーム内の受熱する部品の冷却に使用された風流れと、車両周りに流れている運動エネルギーの高い風とが混ざり合い発生する渦を指す。例えばラジエーターグリルを介してエンジンルームに導入された冷却風は、タイヤハウス及びトンネルなどから排出される。その際、車両周りの風流れとの間に混合渦 (Fig. 4) が発生し、風流れの運動エネルギーの損失が生じる。熱交換の為に部品近傍へ風を与えると、風流れの運動エネルギーが失われるため、少ない風で効率的に部品を冷却し、排出する風の向きと車両周りの風の向きを合わせる事が課題である。

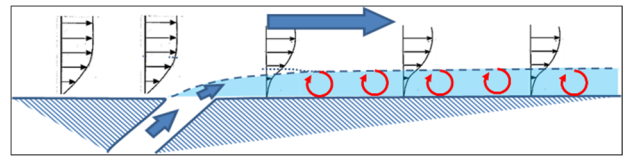


Fig. 4 Image of Confluence Flow

「後流渦」は前述の剥離渦や混合渦によって車両後端の風流れが乱れ、車両後方で上下左右の風が混ざり合うことで発生する大きな後曳き渦を指す (Fig. 5)。

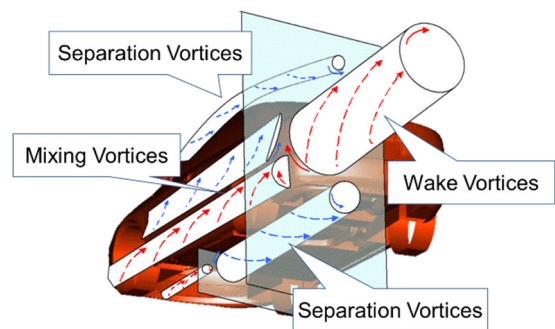


Fig. 5 Image of Wake

よって剥離渦と混合渦の抑制が風流れの運動エネルギー損失の低減のための重要課題である。

2.2 市場環境における最適な風量配分について

2.1で示したこれらの渦を低減させ、風流れの運動エネルギーの損失量をより低減させるために、市場環境を考慮し、エネルギー損失の低減の可能性を検討した。

例えば、エンジンルーム内へ導かれる冷却風量は、エンジンや排気管、トランスミッションなどの要求放熱量によって変化する。例えば、高外気温下での走行、ポートトレーラーやキャンピングトレーラーの牽引などの高負荷走行時においては、要求放熱量が高く、エンジンルームへ積極的に風を引き込んでいる。

一方で、日常一般的な市街地や郊外走行時の要求放熱量は少なく、冷間始動時においてはエンジンのパフォーマンスを最大限に引き出せるよう暖機に熱エネルギーを使い、放熱要求は限りなくゼロに近づく。その要求に合わせた風の活用事例として、前モデルから採用しているアクティブエアシャッター（以下、AAS）の利用が挙げられる。AASを開閉制御し、エンジンなど発熱部品の温度に合わせ、適切な冷却風量を調整している。これにより、常にエンジンや部品類の冷却に必要な取り込み風量へ抑えることができ、冷却風の排出部で生じる風流れの運動エネルギーの損失を抑えている。

しかし、前モデルでは、以下の課題があった。

(1) フロントグリルからラジエーターまでの間で、ラジエーターを通過せず、有効に使えていない不要な風が存在する。この不要な風を低減することができれば、運動エネルギーの損失を低減させるだけでなく、ラジエーターへ取り込む風量を増加させ、ラジエーターの冷却効率を上げることができる。

(2) 前モデルで採用しているAASは、ラジエーター下側半分に設定され、開閉の制御を全開と全閉の2段階制御としている。その結果、グリルから取り込む風量を低減し、AASを採用していないモデルと比較し、Cd値を約3%改善した。さらに、日常一般的な常用域において、グリルから取り込む風量を細かく制御することができれば、エンジンルーム内の部品を適温管理しながら、過剰な取り込み風量により失われるエネルギー損失を低減することができる。

上記課題に対し、風流れの運動エネルギーの損失量低減に向け車両周りの剥離渦抑制とともに、混合渦を抑制するために（Ⅰ）不要な風をエンジンルームへ入れずシーンごとに必要最少となる風量へ制御し、（Ⅱ）ラジエーターで冷却に使用した風を利用してエンジンルーム内の部品を効率よく冷却する、といった流量配分コンセプトを掲げCFDを用いて開発した技術を次章で述べる。

3. 風流れの運動エネルギー損失量低減技術

3.1 剥離渦の抑制技術

アンダーフロア周りで発生する剥離渦を抑制し、風流れの運動エネルギーの損失量を低減した実例を以下に示す。

まず、フロアアンダーカバーでフロア表面段差を減らし、フロア面の平滑度を上げることで剥離渦を低減した（Fig. 6）。

その上で、①リアサスペンションカバー、②サイレンサーカバー、③リアバンパーカバー（Fig. 7）を設定し、流れ方

向の圧力勾配を低減させて風流れの剥離を抑え、アンダーフロア周りの剥離渦による風流れの運動エネルギーの損失量を低減させた。

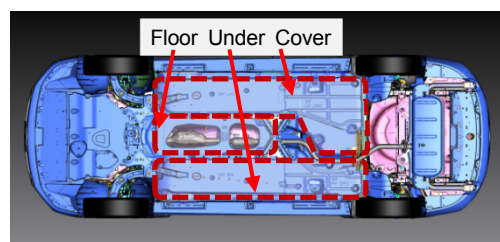


Fig. 6 Aerodynamics Optimization around Floor

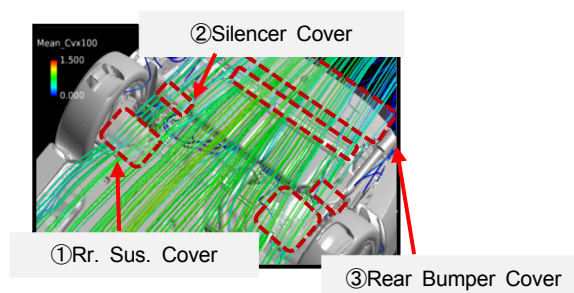


Fig. 7 Flow Stream Line around Floor

3.2 混合渦抑制技術

エンジンルーム内へ導かれる冷却風量は、主にエンジン・トランスミッション・バッテリー・エキゾースト・プロペラシャフトなどの部品からの要求放熱量に応じて決定する。しかし、部品レイアウトを考慮せず単に風量を確保するだけでは、過剰な風量による混合渦の増大により、風流れの運動エネルギーを無駄に損失させてしまう。例えば、熱源から遠くにレイアウトされているウォッシュータンクなどは冷却の必要がないが、そこへ冷却風を使用すると無駄に流れの運動エネルギーを使用してしまうことになる。よって、数ある部品の中から冷却したい部品を抽出し、集中的に冷やすことで無駄な風流れの運動エネルギーを発生させない手法を考え、流路の通風抵抗を制御することで通風経路を最適化した。

ラジエーターの場合、通風抵抗が高いことからバンパーに流入した風は、ラジエーター手前から冷却系路外に漏れ、ラジエーターを通過する風量が減り、冷却不足に陥る。そこでラジエーター周囲に、導風ダクトを設けてサイドの通風抵抗を高めることなので、で風がラジエーターへ集中するように風量配分を制御した（Fig. 8）。

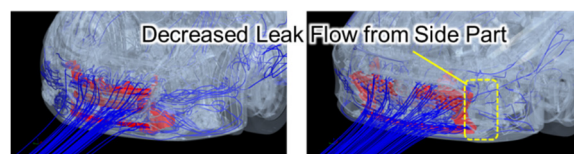


Fig. 8 Flow Streamlines around Front Grille

排気管周囲も同様に、エンジン上部に設定する見栄えカバーを拡大し、通風抵抗を下げ、直接に風を排気管へ送る。更にスプラッシュシールドカバーを設定することで、エンジンルーム内の圧力分布を変え、冷却風が排出される場所をトンネル部へ集中させ、熱源である排気管や周辺部品を効率的に冷却できるようにした。

このように、少ない風量で効率的に冷却することで、エンジンルーム内での風流れの運動エネルギーの損失量を低減した。更に、冷却風を排出する際に発生する混合渦による、風流れの運動エネルギーの損失量を低減させるために、トンネル部にアンダーカバーを設定し、冷却風の排出方向をアンダーフロアの流れと合わせることで、冷却風とアンダーフロア流れにより生じる、風流れの運動エネルギー損失量を低減させた (Fig. 9)。

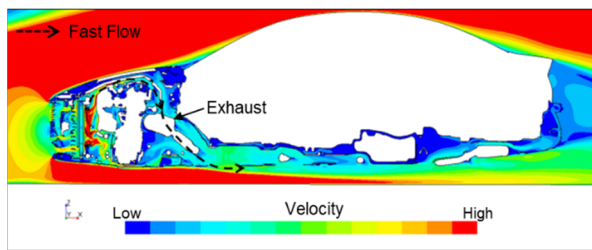


Fig. 9 Flow of Engine Room

3.3 流入空気量制御技術

新型MAZDA3では、ラジエーター全面にAASを設定した。ハーフタイプからフルタイプのAASにすることで、エンジンルームへの導入風量を40%まで低減を可能とした。これにより、冷間時の暖機中に冷却水が回っていない段階で、不要な取り込み風量を低減し、暖気中の風流れの運動エネルギーの損失量を大幅に低減させた。更に、開度条件を6段階まで細かく制御することで、緻密にエンジンルームへ取り込む風量を調整し、常にエンジンからの必要最少風量に制御することを可能とした (Fig. 10)。

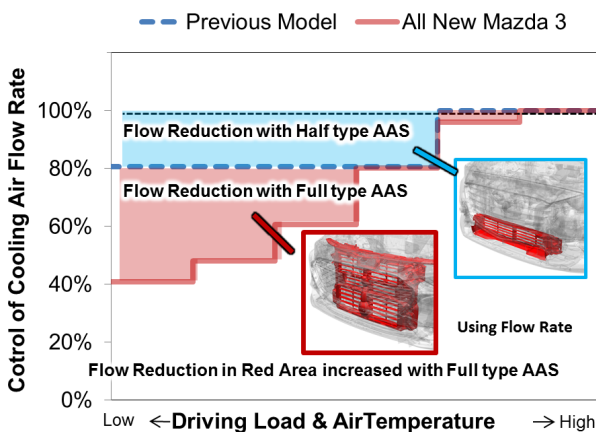


Fig. 10 Control Air Flow with AAS

4. 新型MAZDA3のCd低減効果

前章までに述べた制御技術及びマツダ技報No.35 (2018) で述べた技術を新型MAZDA3へ適用することにより、ボディーサイド・アンダーフロアの風流れの運動エネルギーの損失量を低減させた (Fig. 11, 12)。

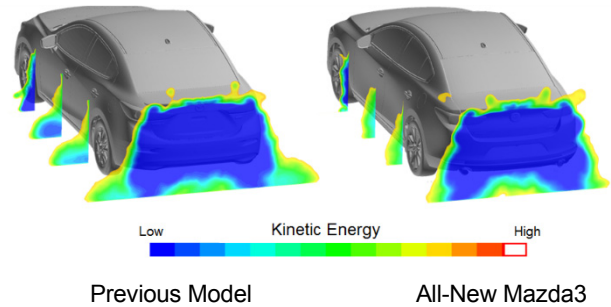


Fig. 11 Visualization of Kinetic Energy Loss

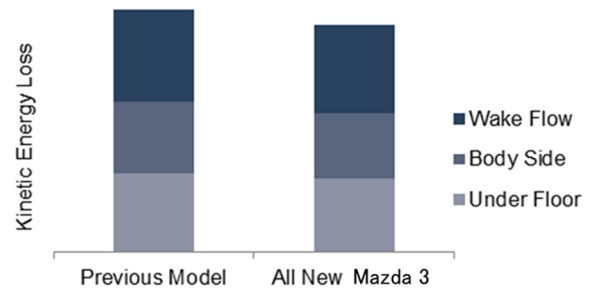


Fig. 12 Comparison of Kinetic Energy Loss between Previous Model and All-New Mazda3

これにより、後流渦の低減が実現でき、上記ボディーサイド・アンダーフロアを合わせた車両全体の風流れの運動エネルギーの損失量を旧型アクセラと比較しハッチバックで7%、セダンで11%低減させることができた。その結果、空気抵抗係数 (Cd値) はクラストップレベルを実現することができた (Fig. 13, 14)。

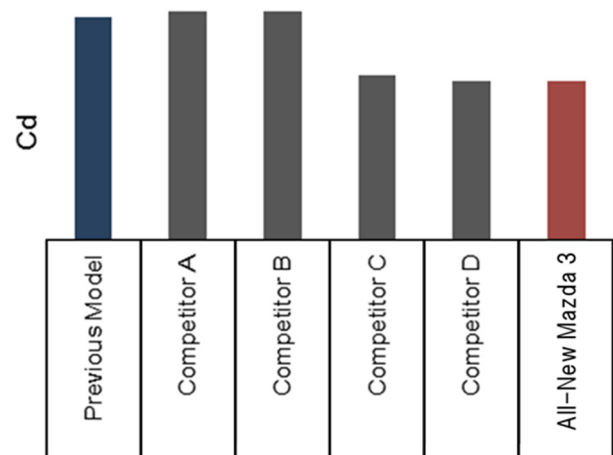


Fig. 13 Aerodynamic Drag Coefficient of All-New Mazda3 and Competitors (Hatchback)

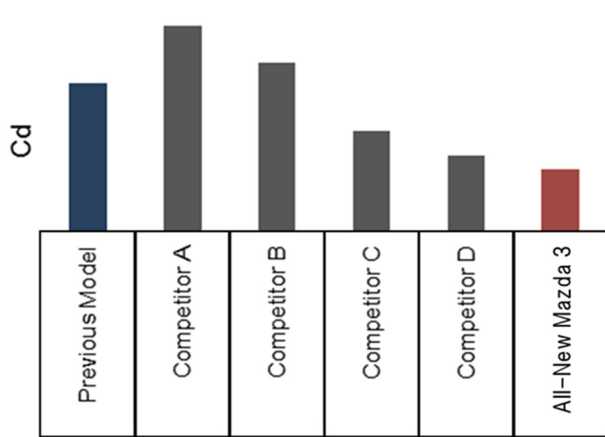


Fig. 14 Aerodynamic Drag Coefficient of All-New Mazda3 and Competitors (Sedan)

5. おわりに

新型MAZDA3では、風流れの運動エネルギー損失による評価手法を用いて剥離渦、混合渦の抑制を行った。特に混合渦領域に対しては、エンジンルーム内流れの流量配分技術を構築し、必要最少の冷却風量に抑え、冷却風排出ベクトルを車両周りの流れと合わせる構造とすることで、風流れの運動エネルギー損失量を低減した。その結果、「魂動デザイン」を実現しつつ、クラストップレベルとなるCd値を達成し、日常一般的な実用領域におけるCO₂排出量の低減が可能となった。これにより風流れ制御技術による開発コンセプトおよび流量配分技術の量産適用の効果を検証することができた。今後の開発においても同技術を駆使し、お客様に選ばれるクルマ造りに貢献するとともに、更なる熱流体エネルギーマネジメント技術の進化に努める所存である。

参考文献

- (1) 岡本哲ほか：次世代商品群の空力・空力騒音性能開発，[マツダ技報, No.35, pp.21-25 \(2018\)](#)

■ 著 者 ■



久我 秀功



太田 健太郎



伊川 雄希



坂下 泰靖



西田 周平



溝兼 通矢



岡本 哲