

# 自動車の空力性能向上のためのリアタイヤハウス内デバイスの効果検証

システム工学群

航空エンジン超音速流研究室 1190162 森 健人

## 1. 緒言

近年の自動車開発では化石燃料の枯渇化や環境への影響などを考えて燃費向上、二酸化炭素排出量の低減が求められている。燃費向上の実現が二酸化炭素排出量の低減に繋がるが、燃費向上を実現するためには走行抵抗の低減が必要であり、その中でも大きな割合を占めている空気抵抗の低減が重要である<sup>(1)</sup>。自動車の空気抵抗は車体の形状に大きく依存するが近年ではタイヤハウス周辺の流れに影響されることも報告されている<sup>(4)</sup>。

本研究ではタイヤハウス内の空気の流れに着目し、デバイスを取り付けたタイヤハウス内の流れの変化を数値流体計算によって予測し、デバイスが自動車の空力性能に及ぼす影響について考察する。そして、デバイスの取り付けにより空気抵抗低減を実現することを目的とする。本研究ではまずタイヤの回転の有無によってデバイスの影響がどのように変化するかを調査することを目的とする。ただし、フロントタイヤハウスはステアリングの影響を考慮する必要があるため、本研究ではリアタイヤハウスのみにデバイスを取り付けることとする。

## 2. 数値計算手法

本研究では三次元非圧縮性乱流を扱い、数値計算には OpenFOAM を用いる。支配方程式は連続の式、レイノルズ平均ナビエ・ストークス方程式を用い、乱流モデルは  $k\omega - SST$  を用いる。速度・圧力解法として SIMPLE 法を適用し、空間の離散化は有限体積法を用い、方程式の対流項には二次精度風上差分法、拡散項には二次精度中心差分法を用いた。格子生成には OpenFOAM の標準ユーティリティに含まれる blockMesh と snappyHexMesh を用いる。

## 3. 計算対象

本研究で用いるモデルを図 1 に示す。使用するモデルは全長 L 4300[mm]、幅 W 750[mm]、高さ H 1430[mm] の半裁モデルとする。タイヤの直径は 580[mm] である。リアタイヤハウスに取り付けるデバイスの形状と位置を図 2 に示す。

デバイスは長さが約 150[mm] で厚みは 10[mm] であり、タイヤ軸中心を基準として図に示す位置に取り付ける。

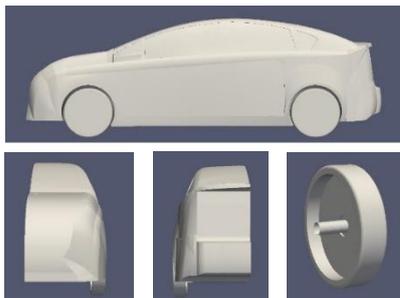


Fig. 1 Body model.

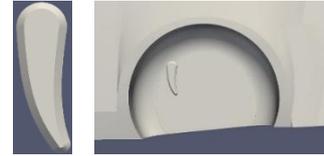


Fig. 2 Device shape and device location

## 4. 計算領域・境界条件

計算領域は流れ方向×横方向×高さ方向に 39[m]×5[m]×5[m]とする。総セル数は約 1800 万である。

本計算の条件を表 1 に示す。本計算では半裁モデルを使用するため、車体の中心断面は対称境界とし車体と地面は滑りなし境界、その他は滑り境界とする。流入境界条件には主流速度 16.667[m/s] の一様流を与え、流入気流は乱流であるとし 2% の乱れを与える。また、地面には流入速度 16.667[m/s] と同じ速度を与え、実際の走行時の車体と地面との相対速度を再現し、タイヤには地面の速度に対応する速度境界条件を与える。

Table1 Calculation condition

Inflow velocity	16.667[m/s]
Turbulence model	$k\omega - SST$
Turbulent intensity	2%
Turbulent energy k	0.167
Specific dissipation rate $\omega$	0.489
Tire angular velocity	57.47[rad/s]

## 5. 結果と考察

タイヤが(a)静止している場合:Stationary Tire と(b)回転している場合:Rotating Tire の車体の  $C_D$  値を図 3 に示す。タイヤが回転している場合の  $C_D$  値はタイヤが静止している場合での  $C_D$  値と比較して約 4.83% 高くなった。

次に、Stationary Tire と Rotating Tire のリアタイヤハウス周辺とその車体後方の流線を図 4、図 5 に示す。Stationary Tire と Rotating Tire を比較するとリアタイヤハウス内と車体後方での流れに違いが出ている。Rotating Tire ではリアタイヤハウス内でタイヤの周方向の流れが発生していることが分かる。そして、その流れが車体下面の流れと合流した後、車体後方の流れに影響を及ぼしている。

次に、図 6、図 7 に Stationary Tire と Rotating Tire の車体の前面部と後面部の圧力分布を示す。車体の前面部での圧力分布はタイヤの回転の有無で変化はないことが確認できる。それに対して車体の後面部では中心部付近の圧力分布に違いが出ている Rotating Tire よりも Stationary Tire の方が中心部付近での圧力が大きくなっている。図 4 の流線より、これは車体の後面部付近で発生する渦の形状の違いによるものであると考えられる。Stationary Tire の場合は車体後面部付近で密な渦ができていて、Rotating Tire の場合は車体後面部から車体後方に広がるような渦ができていて、そのため、Stationary Tire の方がより後面部に流れが当たることで圧力

が高くなっていると考えられる。

次に、タイヤ軸中心から見たリアタイヤハウスの前面部と後面部の圧力分布を図 8 に示す。タイヤの回転によってタイヤハウスの前面部と後面部の圧力が全体的に高くなっている。これは図 5 の流線より、リアタイヤハウス内に発生した周方向の流れによってより均一に空気が流れるようになったためであると考えられる。

以上のことからタイヤの回転の有無によってデバイスの影響が変化することが分かった。

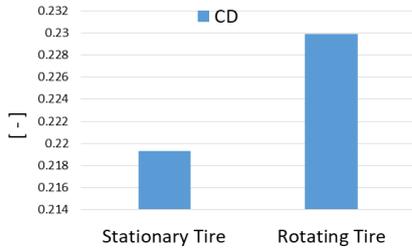


Fig. 3 Drag coefficient.

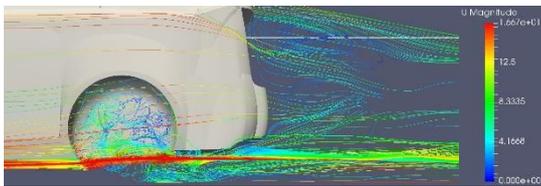


Fig. 4 Stationary Tire stream line.

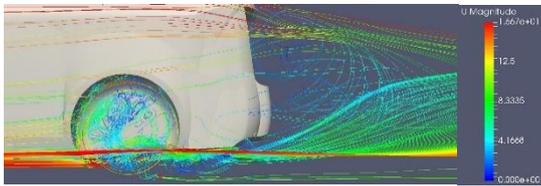


Fig. 5 Rotating Tire stream line.

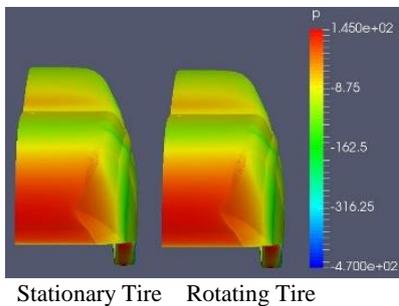
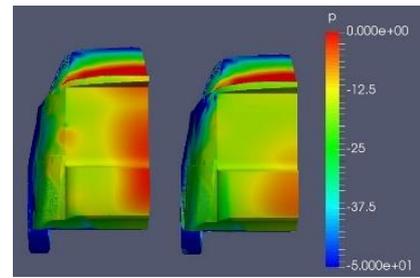
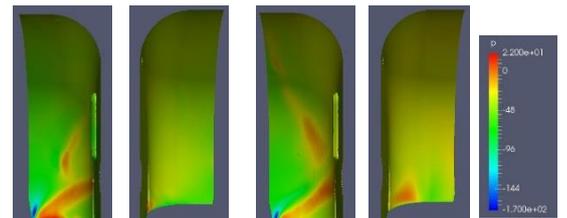


Fig. 6 Pressure distribution on front surface



Stationary Tire Rotating Tire

Fig. 7 Pressure distribution on back surface



Front face Back face Front face Back face

Stationary Tire Rotating Tire

Fig. 8 Pressure on rear tire house.

## 6. 結言

リアタイヤハウスにデバイスを取り付けタイヤの回転の有無による空力性能の変化を比較した。タイヤの回転によってリアタイヤハウス内と車体後部の流れが変化し、車体の $C_D$ 値が変化することが分かった。

今後の展望として、デバイスの効果を空気抵抗低減の技術につなげるためにタイヤハウス内の流れと車体後方の流れとの関係を調査する必要がある。まずはタイヤハウス内の流れが発生する過程を調査する。そして車体下面の流れとの干渉によって車体後方の流れがどのように変化していくのかを調査していく。そのためにはまず流れの時間発展の様子を捉えることができる非定常計算を行っていく必要があると考えている。

## 文献

- (1) 前田和宏, 自動車における空力開発と取り組み動向, 日本風工学会誌, 第 36 巻
- (2) 春日悠, 今野雅, OpenFOAM による熱移動と流れの数値解析, 一般社団法人, オープン CAE 学会
- (3) 自動車の空力技術, 流体技術部門委員会編, 公共社団法人, 自動車技術会
- (4) 児玉勇司, 小石正隆, タイヤによる自動車の空気抵抗低減技術に関する研究, 第 26 回数値流体力学シンポジウム, 講演番号, D06-1