

タイヤによる自動車の空気抵抗低減技術に関する研究

A study on reduction of aerodynamic resistance of a vehicle by tire

○児玉 勇司, 横浜ゴム(株), 神奈川県平塚市追分 2-1, E-mail: kodama-yuji@hpt.yrc.co.jp
小石 正隆, 横浜ゴム(株), 神奈川県平塚市追分 2-1, E-mail: koishi@hpt.yrc.co.jp
Yuji Kodama, The Yokohama Rubber CO.,LTD., 2-1 Oiwake, Hiratsuka, Kanagawa
Masataka Koishi, The Yokohama Rubber CO.,LTD., 2-1 Oiwake, Hiratsuka, Kanagawa

We investigated aerodynamic resistance of vehicle with "fin tire" which tire has fins on a side wall. The drag coefficient of the vehicle was calculated by a lattice Boltzmann method software "PowerFLOW". We also carried out a wind tunnel experiment to compare with the simulation result. The simulation and experimental results show that total drag coefficient of the vehicle is decreased by fin tire. Since large vortex stream in the wheel houses is induced by the fin tire, the surface pressure of the front region of the wheel houses becomes higher than that of normal tire. Because of the pressure increase of the region, the drag coefficient of the body is decreased while that of the tire is increased.

1. はじめに

高速定常走行中の自動車における抵抗の大部分は空気抵抗であるため⁽¹⁾, 自動車の低燃費化においては, この空気抵抗を低減することが重要となる. 自動車の空気抵抗は, ボディ形状に大きく依存するが, 近年, タイヤ付近の流れにも影響されていることがわかってきた⁽²⁾. また, タイヤ形状の違いによるタイヤと車両の空気抵抗の変化を数値解析により明らかにする試みが行われており, タイヤ形状を変えることにより車両全体の空気抵抗を低減できる可能性が見えてきた⁽³⁾⁽⁴⁾.

本研究では, タイヤサイド部にフィン有するタイヤを装着した走行中の自動車の空気抵抗を, 数値解析と風洞試験により調べ, このタイヤによる車両空気抵抗低減のメカニズムについて考察した.

2. 解析モデル・解析条件

本研究に用いたモデルを Fig.1 に示す. ボディの大きさは, 全長 1115 [mm], 幅 438 [mm], 高さ 326 [mm] とした.

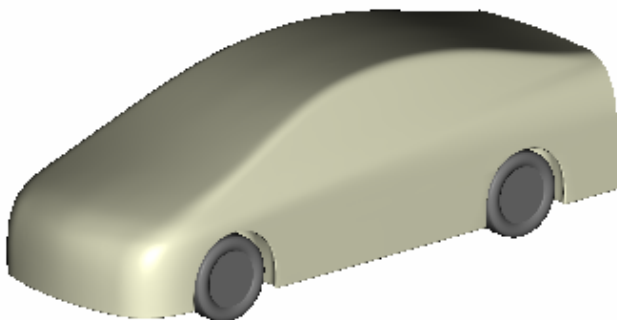
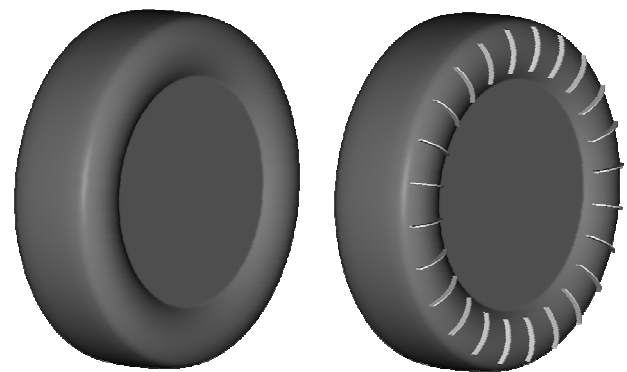


Fig. 1 Test model

タイヤモデルを Fig.2 に示す. タイヤサイズは 195/65R15 相当の 1/4 スケールモデルとし, 直径は 156 [mm] とした. タイヤ形状は, 片側のサイド部に長方形断面を有するフィン状突起を取り付けたタイヤ (フィンタイヤ) と, フィン状突起がない標準のタイヤ (ノーマルタイヤ) の 2 種類とした. なお, タイヤモデルをボディモデルに装着する際は, 4 輪すべてのタイヤ形状を同一とし, フィンタイヤにおいては, フィンが車両の内側になるようにボディに

装着した.



(a) Normal tire

(2) Fin tire

Fig. 2 Tire models for the simulation.

主流速度は 30 [m/s] とし, 床面と車両表面では non-slip 条件とした. 車両付近の床面 (風洞試験におけるムービングベルトの領域) には主流と同じ速度条件を与えた. またタイヤ表面へは, タイヤ回転速度に相当する速度条件を与え, フィンが取り付けられている部分にはスライディングメッシュを用いた.

数値解析には, 汎用格子ボルツマン法ソフトウェア PowerFLOW 4.3c を用い, 最小格子間隔は約 0.3 [mm], 時間刻みは約 1×10^{-6} とした.

空気抵抗として, 流れ場が安定してからタイヤが約 10 回転する間の C_D 値の時間平均を算出した. タイヤモデルの違いによるボディ表面の圧力を比較するために, ボディ表面の代表点における圧力を出力した. また, 数値解析モデルと同形状のモデルを用いて風洞試験を行い, 数値解析の結果と比較した.

3. 結果

数値解析と風洞試験における C_D 値を Fig.3 に示す. 数値解析と風洞試験において C_D 値は異なるが, フィンタイヤを装着したモデルの場合, ノーマルタイヤを装着した場合よりも C_D 値が低くなっていることがわかる.

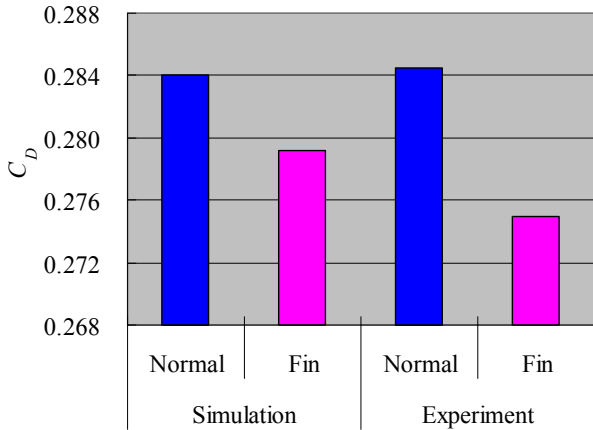


Fig. 3 Cd obtained by the simulation and the experiment.

ボディとタイヤおよびモデル全体における Cd 値差を Fig.4 に示す。ここで Cd 値差とは、フィンタイヤを装着したモデルでの Cd 値と、ノーマルタイヤを装着したモデルでの Cd 値の差である。Cd 値差が負の場合、フィンタイヤにおいて Cd 値が減少していることを表す (ここでは 1 [count] = 1/1000 としている)。数値解析と風洞試験において値は異なるものの、フィンタイヤでは、タイヤ自身の Cd 値は増加しているが、ボディの Cd 値が減少し、結果としてモデル全体での Cd 値が減少していることがわかる。

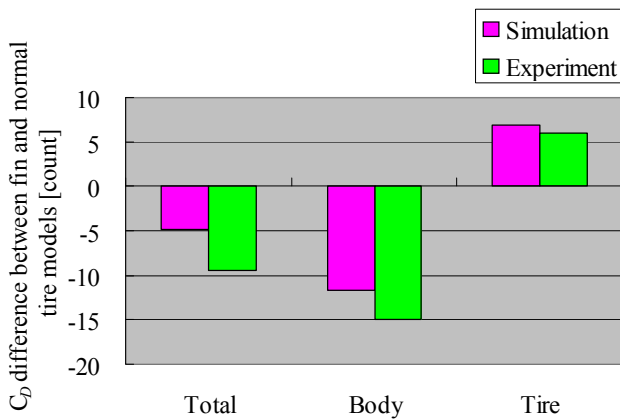


Fig. 4 Cd difference between fin and normal tire models.

ボディ表面に設定した圧力計測点の位置を Fig.5 に示す。これらの計測点における圧力差 (フィンタイヤを装着した場合とノーマルタイヤを装着した場合の圧力差) を Fig.6 に示す。ボディ上部 (1~5)、背面 (6~7)、床面 (8~9) においては、ノーマルタイヤとフィンタイヤによる差はほとんどない。しかし、ホイールハウス内 (フロント 10~12、リア 13~15) において圧力差が生じており、この傾向は数値計算と風洞試験において一致している。

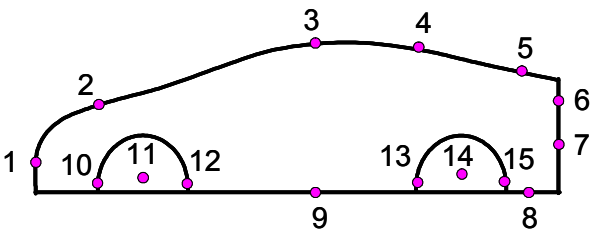


Fig. 5 Pressure measurement points on the body.

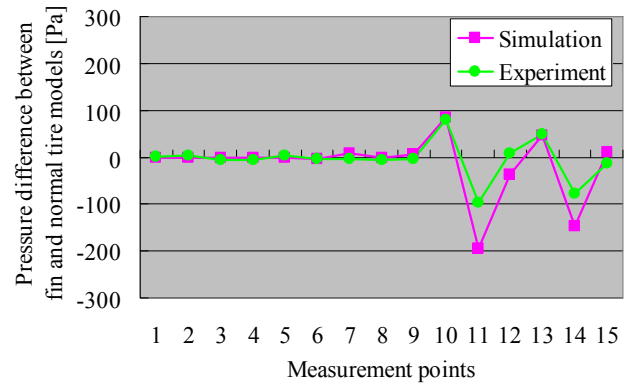


Fig. 6 Pressure distributions.

4. 考察

ここまでで、フィンタイヤを装着したモデルでは、タイヤの Cd 値は増加するが、ボディの Cd 値が大きく減少し、モデル全体での Cd 値はノーマルタイヤよりも減少することがわかった。またボディの中でもホイールハウス内の圧力がノーマルタイヤの場合とは異なっていることを示した。ここでは、数値解析における結果を分析し、フィンタイヤを装着したモデルにおいて Cd 値が減少するメカニズムを考察する。

数値解析におけるボディ各部における Cd 値差を Fig.7 に示す。フロントとリアのホイールハウスの Cd 値差が大きく減少しており、その他の部位においては、ほとんどノーマルタイヤとフィンタイヤでの Cd 値差がない。このことから、フィンタイヤでの Cd 値の減少の要因は、ホイールハウスの Cd 値の減少であることがわかる。

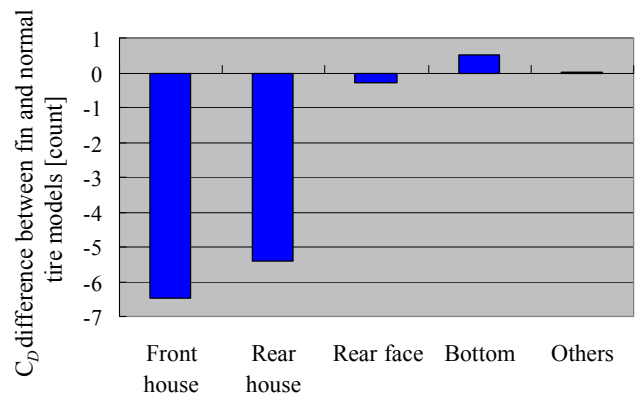
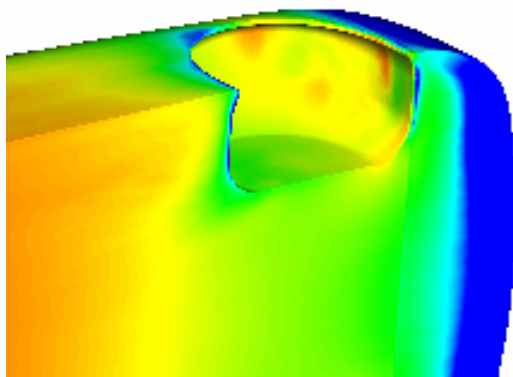


Fig. 7 Cd difference between fin and normal tire models (body).

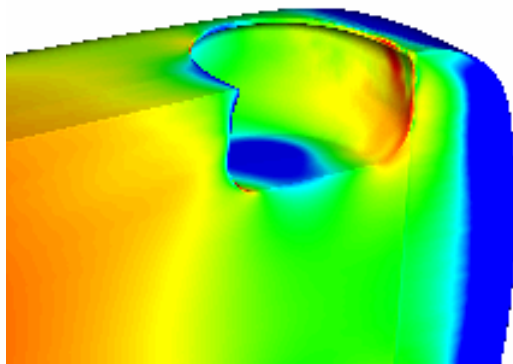
フロント右ホイールハウスの圧力分布を Fig.8 に示す (Fig.8 では、ボディ下面方向からの視点としている)。フィンタイヤの場合、ホイールハウス前面部の圧力がノーマルタイヤの場合より高くなっている (リアホイールハウスにおいても同様にホイールハウス前面部で圧力が増加していることを確認している)。Fig.6 に示したボディ表面の圧力差においては、ホイールハウス後部部の圧力計測点 (12, 15) よりもホイールハウス前方部の圧力計測点 (10, 13) の圧力が高くなっている。この圧力の差がボディを前方に押し出す力となり、フィンタイヤを装着したボディの Cd 値が減少したといえる。

Fig9 に、右前輪のホイールハウス内を通過する流線を示した(流線表示には、タイヤ約 10 回転における平均流れ場を用いた)。ノーマルタイヤではホイールハウス内後方において流れが攪拌されている。一方、フィンタイヤでは、ホイールハウス内のタイヤ側面とボディとの間の空間において、タイヤ回転方向に回転する渦が発生している。この渦の発生によりホイールハウス前面の圧力が増加していると示唆される。また、Fig.6 のホイールハウス側面に位置する圧力計測点 11, 14 の圧力差の減少と、Fig.8 (b) のホイールハウス側面の圧力の減少は、ホイールハウス内に誘起された渦の中心付近の圧力低下に起因するものと考えられる。

これらのことから、タイヤサイド部に取り付けられたフィンは、ホイールハウス内に渦流れを誘起し、ホイールハウス前面の圧力を増加させることによりボディの空気抵抗を減少させる効果があるといえる。



(a) Normal tire model



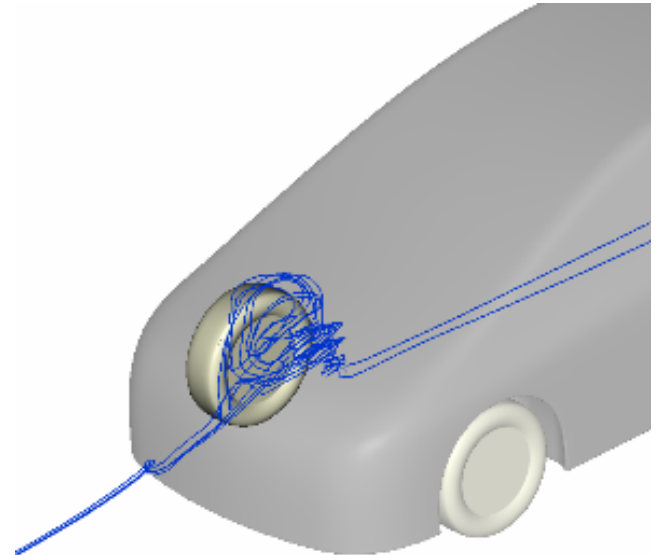
(b) Fin tire model

Fig. 8 Pressure distribution around the right front wheel house

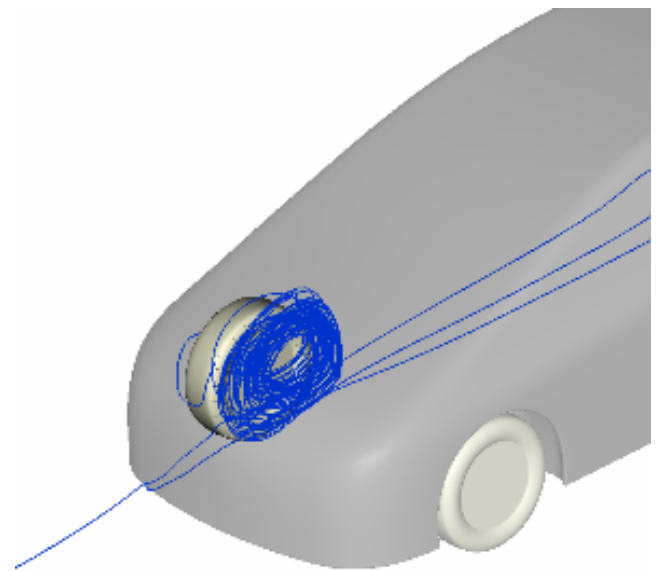
5. おわりに

車両内側のサイド部にフィンを有するフィンタイヤとノーマルタイヤのそれぞれを装着した自動車モデルの空気抵抗を、数値解析と風洞試験により比較した。フィンタイヤでは、タイヤの C_D 値は増加するが、ボディの C_D 値が減少し、その結果、モデル全体の C_D 値は減少することがわかった。

C_D 値減少のメカニズムとして、タイヤサイド部のフィンは、ホイールハウス内に渦流れを誘起し、ホイールハウス前面部の圧力を増加させることで、ボディの空気抵抗を減少させていることが明らかになった。



(a) Normal tire model



(b) Fin tire model

Fig. 9 Stream lines through the right front wheel house

謝辞

風洞試験の実施にあたり、技術的協力をいただきましたムーンクラフト(株) に厚く御礼申し上げます。

本研究の遂行にあたり有益なご助言をいただきました東京理科大学 山本誠 教授に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 炭谷, 前田, 一之瀬, ながれ, 23 (2004), pp.445-454
- (2) 農沢, 岡田, 太平, 岡本, 中村, 日本機械学会論文集(B 編), Vol.75, No.757 (2009), pp.1807-1813
- (3) 木村, 山内, 鈴木, 山本, 児玉, 小石, 第 38 回可視化シンポジウム講演論文集, A133 (2010), pp.1-6
- (4) 木村, 鈴木, 山本, 児玉, 小石, 第 25 回数値流体力学シンポジウム講演論文集, A05-3 (2011)