

重量車の大幅な燃費性能向上を達成し得る車両形状とその走行安定性の評価

Evaluation of Aerodynamic Shape of Heavy-Duty Vehicles for Improvement of Fuel Economy and Running Stability of the Vehicles

- 田中祥太, 大阪産業大学大学院,大阪府大東市中垣内 3-1-1, E-mail:s19mf05@osaka-sandai.ac.jp
 伊藤凌太, 大阪産業大学, 大阪府大東市中垣内 3-1-1
 Kumanan Muniandy, 大阪産業大学, 大阪府大東市中垣内 3-1-1
 川野大輔, 大阪産業大学, 大阪府大東市中垣内 3-1-1, E-mail: kawano@mech.osaka-sandai.ac.jp
 Shota TANAKA, Osaka Sangyou Univ., 3-1-1,Nakagaito,Daito,Osaka,574-8530
 Ryota ITOU, Osaka Sangyou Univ., 3-1-1,Nakagaito,Daito,Osaka,574-8530
 Kumanan MUNIANDY, Osaka Sangyou Univ., 3-1-1,Nakagaito,Daito,Osaka,574-8530
 Daisuke KAWANO, Osaka Sangyou Univ., 3-1-1,Nakagaito,Daito,Osaka,574-8530

In this study, the shape of the cab of heavy vehicles and created several vehicle models was focused and analyzed by CFD for the purpose of creating shapes that can significantly reduce air resistance. In addition, in order to evaluate the shape from the point of running stability, the numerical analysis was performed under test conditions assuming a crosswind. As a result, the streamlined shape assuming high-speed driving in the United States showed little increase in air resistance even when there was a crosswind. In addition, the side projection area has a great influence on the yawing moment, but as another factor, the size of the positive pressure region in the cab was also an influential factor.

1. 緒言

近年、環境問題の観点から、世界規模でのCO₂排出量削減が求められている。2017年度における日本の二酸化炭素排出量(11億9000万トン)のうち、運輸部門からの排出量(2億1300万トン)は17.9%を占めている⁽¹⁾。特に貨物自動車は運輸部門の36.5%(日本全体の6.5%)を占めており、重量車の燃費の改善は急務である。また、重量車は乗用車に比べ、高速道路を走行する機会が多く、空気抵抗の影響を大きく受ける。しかし、道路交通法により重量車の最大寸法が決まっており、荷物の積載量を最優先するため、キャブは極力小さく作られており、空気抵抗の低減を優先して設計されていない。

また、荷室付近での空力性能改善の研究はいくつか行われており、形状の変更により空気抵抗が減少することが証明されている⁽²⁾が、キャブに着目した重量車の空力性能改善の研究は前述した最大寸法の関係でほとんど行われていない。さらに重量車は、その車両の大きさから横風から受ける影響が大きいため、横風等の外乱発生時における空気流動の解析は重要である。

そこで本研究では、キャブ付近の空気流動に着目し、3DCADを用いて重量車の車両モデルを6種類作成し、作成したモデルを用いてCFDによる6力(抗力、揚力、横力、ヨーイングモーメント、ローイングモーメント、ピッチングモーメント)の解析を行った。

2. 解析手法

2.1 解析モデル

本研究で使用したモデルの概形をFig. 1に示す。Type Aは日本のトラック、Type Bは日本のトラックにウインドディフレクタをつけたもの、Type Cはアメリカの従来型トラック、Type DはType Cを流線型にしたもの、Type Eは既存の電気駆動のトラック、Type Fはリアモーターカーをそれぞれ参考に作成した。正面投影面積は空気抵抗係数(以下C_d値)の比較を容易にするため8.25 m²に統一した。

2.2 解析領域及び境界

本研究ではトラックが高速走行時に受ける横風を受けることを想定したため、解析領域の角度を変化させ、流入面からの流入流速は車両正面が受ける流速が22m/sになるように変化させた。角度と流入流速の関係をTable 1に示す。流出面は自由流出面とした。最大流速は22.776m/sであるため、非圧縮性流体として計算を行い、有限

体積法に基づくラージエディシミュレーション(Large-Eddy Simulation, 以下LES)を用いた。解析領域は主流方向に車長の10倍、横方向に車幅の10倍、高さ方向に車高の2倍の長さを取り、解析領域が計算に影響をおよぼさないよう十分配慮した。また本研究では車両形状にのみ着目したため、タイヤ付近の計算負荷が大きくなりうる部分は省き、車両は地面から0.5m浮いているものとした。側面並びに天井面は自由滑り壁とし、地面は22m/sで移動するものとした。

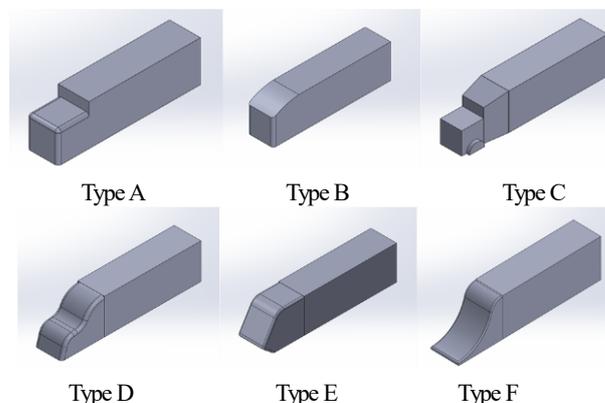


Fig. 1 Outline of Model Vehicle

Table 1 Relationship between Vehicle Angle and Flow Velocity

Vehicle Angle (deg.)	Cross Wind Velocity (m/s)	Inlet Velocity (m/s)
0	0	22
5	1.9	22.084
10	3.8	22.339
15	5.69	22.776

2.3 解析格子

Fig. 2に解析領域の格子及び車両付近のプリズムメッシュを示す。解析対象車両付近及び車両後方のメッシュサイズを小さくした。車両表面の境界層解析のため、プリズム要素を4層挿入した境

界層要素以外のメッシュ形状はポリヘドラルメッシュを用いた。要素数は 130 万~160 万の間であり、計算の精度を示すクラン数はすべて 0.9 以下とした。

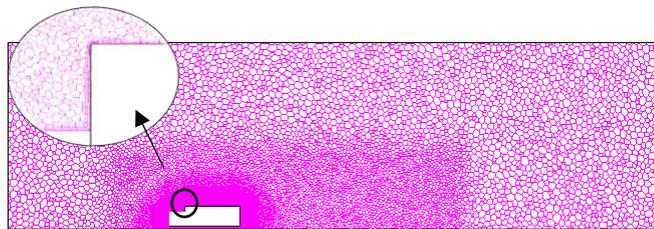


Fig. 2 Mesh Design around The Calculation Area and The Vehicle

3. 解析結果

車両による C_D 値の推移と角度の関係を図 3 に示す。角度 0° の時に最も C_D 値が低かったのは Type E であったが、角度が大きくなるにつれ、 C_D 値が大きくなっており、特に角度が 10° を超えた時、顕著に表れている。対して Type D は角度が大きくなって C_D 値の上昇は大きく表れていない。その原因を解明するために Type D と Type E の総圧 200Pa の時の等圧図を図 4 に示す。Type D は、角度が大きくなってキャブの側面の流れが剥離していないのに対し、Type E は、角度が 10° 以上の時、縦渦が消失し流れが大きく剥離しているのがわかる。この流れの剥離が原因で C_D 値が大きくなったと考えられる。この流れの剥離は車両側面の湾曲率が小さいことが起因したと考えられる。

ヨーイングモーメントと車両形状と角度の関係を図 5 に示す。小さな角度の時、ヨーイングモーメントによる影響はどの形状も同様であるが、角度が大きくなると形状によるヨーイングモーメントの差が大きく表れている。特に Type F は角度が大きくなってヨーイングモーメントによる影響が最も小さく、車両安定性は高いといえる。その一因として、前方が大きくえぐられた形状をしていることが挙げられる。特に変化の大きかった車両側面の総圧分布を図 6 に示す。車両前部の正圧部分に着目すると Type F はキャブの面積が小さいことに加えて、上部に正圧領域が広がっていないことが起因してヨーイングモーメントがあまり大きくない。対して、Type D は、上部に正圧領域が広がっているが、下部にはあまり正圧が広がっていないのがわかる。Type D とほぼ等しい側面投影面積を持った Type C と比較しても明白である。

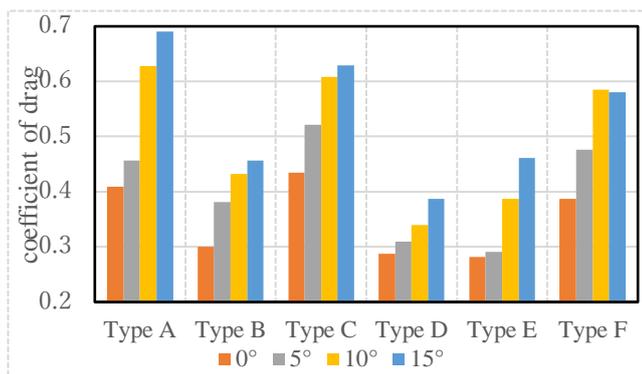


Fig. 3 Relationship between Coefficient of Drag, Vehicle Shape and Angle

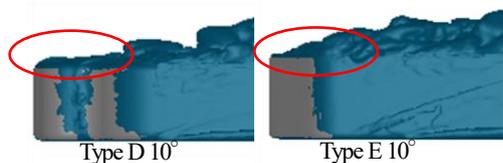


Fig. 4 Isobaric Diagrams of Type E and Type D

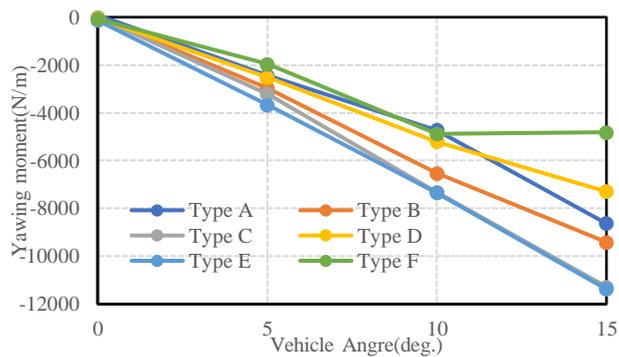


Fig. 5 Relation between Yawing Moment and Angle

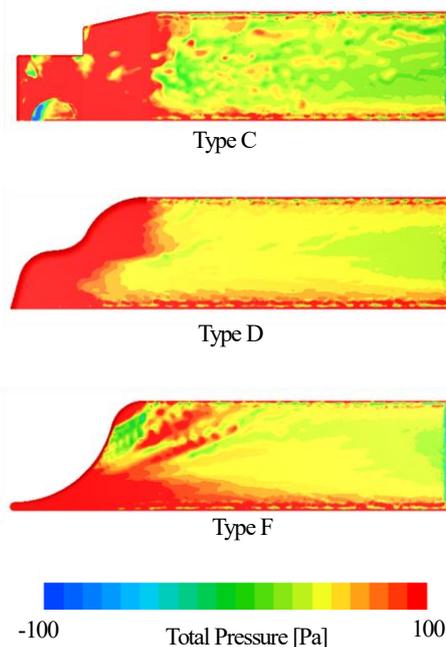


Fig. 6 Total Pressure Distribution on Side of Vehicle

4. 緒言

1. 空気抵抗係数を比較すると横風が小さい時、Type E の形状が最も低く、空気抵抗は低い。横風が大きくなった時 Type D が最も空気抵抗が低くなった。その理由として、強い横風が発生した際、Type E は縦渦が消失し流れが剥離しているが、Type D の場合、流れの剥離が起きず、なだらかに後方に流れたことが原因と考えられる。
2. 走行安定性を検証するため、ヨーイングモーメントを用いて比較を行った。その結果、キャブでの正圧領域が小さい Type F が最もヨーイングモーメントが小さく、走行安定性は良いものと考えられる。

今後は Type D の形状に着目し、さらに C_D 値並びにヨーイングモーメント低減する形状の考察を行う。

参考文献

- (1) 国土交通省 "運輸部門における二酸化炭素排出量" http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (2019)
- (2) 保木本 "トラック荷室上部に設置したウインドディフレクタの抗力低減効果" 日本機械学会論文集 (2014)