

卒業論文要旨

大型輸送車走行時の空気抵抗低減のための試み

航空ガスタービン研究室 1170035 越智 大貴

1. 緒言

現在、日本国内の貨物輸送の自家用トラック、営業用トラックを合わせたトラック全体の輸送割合は84.3%を占めており、トラックの分担率は年々上昇していることが分かる。特に営業用トラックのシェアが拡大傾向にあることが見受けられる。また、近年の燃料価格高騰は収まりつつあるが限りある資源には変わりはない。そのため燃料の消費を抑えなくてはならない。そしてトラック運送事業の求める技術も長距離輸送トラックの燃費向上でありトラック運送事業の発展にトラックの燃費向上は欠かせないものである。そこで本研究では大型輸送機であるトラックの空気抵抗Dを低減させることにより燃費向上を促すことを目標としている。

2. 実験装置及び方法

風洞計測部の概要を図1に示す。本研究では風洞モデルの寸法をトラック製造会社の主要3社が公開する大型トラックの外形寸法を参考にした。またモデルのスケールに関しては、トラック長手方向を代表長さとおき、実物のトラック周りの流れが乱流になるように平板の臨界レイノルズ数 $Rec=5 \times 10^5$ を超えるレイノルズ数を目標とし、風洞モデルの外形寸法は全長795mm、全幅166mm、全高252mmとした。

- ①吹き出し口 ②主流計測用ピトー管 ③風洞モデル
- ④ムービングベルト ⑤6連ピトー管
- ⑥2軸トラバース装置

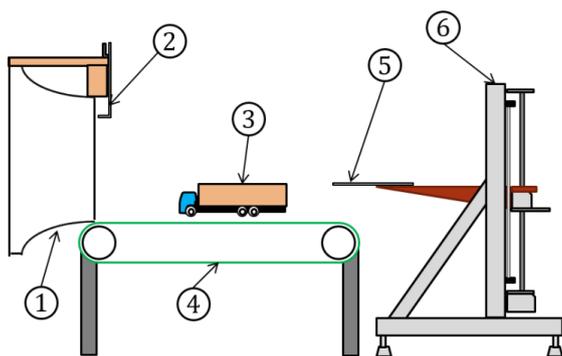


Fig. 1 Schematic drawing of wind tunnel measurement section



Fig. 2 Wind tunnel model

3. 空気抵抗低減装置

空気抵抗Dを低減させるために本研究では空気抵抗低減装置をトラックに取り付ける。本研究で使用する空気抵抗低減装置はサイドスカートデバイスでありトラックに発生する抗力である圧力抵抗を低減することを目的としたデバイスである。車体の横に流れ込む風を効率よく後部へ受け流すことにより空気抵抗Dを低減する。

4. デバイスの形状模索

デバイスの形状模索を行うために図2で示した風洞モデルの3DモデルをSolidWorksにて作成し、その3Dモデルにデバイスの3Dモデルを取り付け、SolidWorks Flow Simulationにて解析を行いデバイスの形状模索を行った。解析結果をもとに空気抵抗係数Cdを求め、条件ごとの空気抵抗係数Cdの減少率を算出した。各条件での空気抵抗係数Cdをまとめたもの、その空気抵抗係数Cdの減少率をまとめたものが表1である。各解析の減少率を見比べてみると、Case2が9.446%、Case5が7.201%と減少率が高いことが分かる。Case4はCase2と似た条件であったが結果が大きく異なっている。この原因として考えられるのがトラック後方に発生している負圧の差である。Case4ではトラック後方に渦が発生しており大きな負圧が発生していた。この後方にできた渦によって車体が後方へ引っ張られる力が発生してしまい空気抵抗係数Cdを高めてしまった。この解析結果をもとに作成したのがデバイス3でありこのデバイス3を装着させることによりトラックの後方にできてしまっていた渦を解消させCase5のように7.201%という高い減少率を出すことに成功した。

Table 1 Drag coefficient

| Case | Conditions | Drag coefficient | Reduction rate (%) |
|------|--------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Truck only | 0.661 | 0.000 |
| 2 | Device1 | 0.599 | 9.446 |
| 3 | Device2 | 0.643 | 2.661 |
| 4 | Device1+Tire cover | 0.632 | 4.453 |
| 5 | Device2+Device3 | 0.613 | 7.201 |

5. 計測値の補正

本研究での風洞実験に使用する測定機器である主流ピトー管と後流計測用6連ピトー管の計測値に誤差が発生してしまっていることが実験を行っていく中で発覚した。空気抵抗Dは主流ピトー管と後流計測用6連ピトー管の差、つまり主流ピトー管の圧力とトラックによって後流に発生する圧力の差であり式(1)にて算出する。

$$D = \int \rho u_{wake}(U - u_{wake})dA + \int P_s - P_{swake} dA \quad (1)$$

しかし、風洞室内に何も置いていない場合でも主流ピトー管の圧力と後流計測用6連ピトー管の圧力との間に差が生まれてしまっており、本来発生してはいけない空気抵抗 D が発生している。そのため、式(1)の面積 A を大きくすればするほどに空気抵抗 D が大きくなってしまい実験結果が正しい値ということができない。よって計測値に補正をかけなくてはならないと考えた。

また主流ピトー管の圧力を測定している沈鐘式微差圧計と後流計測用6連ピトー管の圧力を計測している差圧計の風速 0m/s の圧力についても誤差が発生しており補正をかけなくてはならない。沈鐘式微差圧計に関しては風速 0m/s の時、計測した圧力の値は 0 を示しているのだが差圧計は±0.1ほどの圧力が発生してしまっている。この差圧計で発生している圧力に関しては原因が分かっていないが補正を行わないと空気抵抗 D が面積を大きくすればするほど大きくなってしまいうため補正を行う。

6. 風洞実験結果

風洞実験結果をもとに算出した空気抵抗 D, 空気抵抗係数 C_d , 空気抵抗係数 C_d の減少率を表 2 に示す。また、図 3 にて各 Case を空気抵抗係数 C_d の分布を表示する。空気抵抗係数 C_d は式(2)によって求める。

$$C_D = D / \frac{1}{2} \rho A V^2 \quad (2)$$

Table 2 Drag coefficient

| Case | Conditions | Drag coefficient | Reduction rate (%) |
|------|-----------------|------------------|--------------------|
| 1 | Truck only | 0.716 | 0.000 |
| 2 | Device1 | 0.644 | 9.466 |
| 5 | Device2+Device3 | 0.655 | 9.317 |

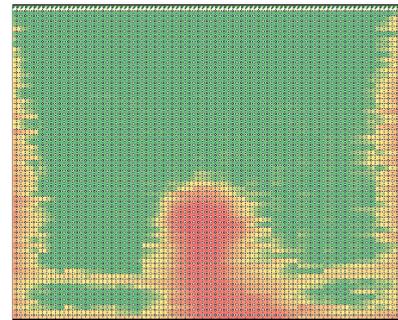
7. 考察

Case1 と Case2 を比較すると、空気抵抗係数 C_d が 0.074 減少しており、減少率で比較すると 9.466% 減少している。図 3 の(1)と(2)を比較すると、デバイスを取り付けた後方の圧力を比較すると圧力の低い状態を示している赤色の部分が赤色よりも高い状態を示している黄色に覆われていることが確認できる。これはデバイスによりスムーズに風を流すことができ圧力の回復が行われたためと考える。

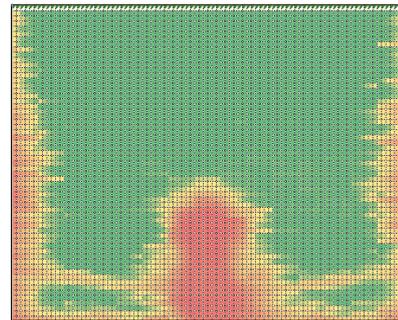
Case1 と Case2 を比較すると、空気抵抗係数 C_d が 0.061 減少しており、減少率で比較すると 9.317% 減少している。図 3 の(1)と(3)を比較、トラック底部の圧力を見てみるとデバイス 2 デバイス 3 装着の方が黄色を示している範囲が若干広く見える。これは、デバイス 3 を取り付けたことによりトラック底部の圧力の回復がみられたためと考える。

8. 結論

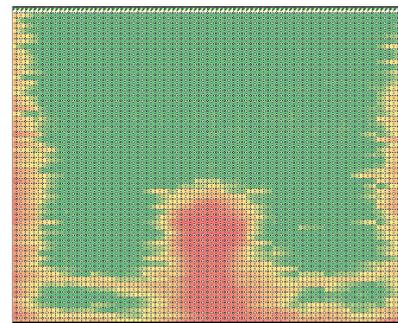
本研究で使用したサイドスカートデバイスはトラックの空気抵抗低減に寄与できたことが確認できた。解析結果と実験結果から確認すると空気抵抗低減に最も寄与しているのは、デバイス 1 装着である。デバイス 1 を装着した時の影響が最も表れているのが図 3 の(3)のデバイス 1 の後方の圧力回復を示しているものである。サイドスカートはトラックにかかる圧力抵抗の形状抵抗及び誘導抵抗に大きく変化をもたらすデバイスである。デバイス 1 はデバイス後方へ空気を送り圧力回復を行っておりこれは誘導抵抗の低減を行えていることになりサイドスカートの役割を果たしていることが確認できる。



(1) Case1



(2) Case2



(3) Case5

Fig. 3 Distribution of dynamic pressure