

卒業論文要旨

自動車の半裁モデルを用いた風洞実験

システム工学群

航空エンジン超音速流研究室 1180010 井上 和弥

1. 諸言

近年、ガソリン価格の上昇が続き、その影響で自動車の燃費向上が求められている。一方で、各自動車メーカーも限りある資源の化石燃料の消費を抑えるために燃費の良い自動車の開発を行っている。自動車の燃費を良くする方法には走行時における転がり抵抗や空気抵抗などの抵抗を減らす、車両の重量を軽くする、といった様々な方法がある。中でも空気抵抗は燃費に大きく関わっている。そのため、風洞実験による自動車空気抵抗低減の研究を行うこととした。しかし、先行研究において、本学風洞で精度の高い実験を行うには、改善が必要であることが指摘されていた。今後、自動車空気抵抗低減の研究を行うためには、実験と解析の比較を行い、実験環境の現状調査と、改善方法の検討を行う必要がある。そこで本研究では、その一環として風洞壁を設置する場合に、使用する境界層除去板の有効性の評価や、適した形状を見出すことを目的とした。実験と解析の両面から研究を行うが、本研究では、特に実験を行った結果について、共同研究者の解析結果と比較することで、風洞試験方法について議論する。

2. 実験装置及び方法

2.1 実験環境概略

風洞計測部の概略図を図1に示す。本実験では、風洞実験の精度をより高めるため、流路の上下左右に風洞壁を設置して行った。その際、モデルを流路の中央に設置すると、車体側面と風洞壁との間隔が狭くなる。そこで、風洞モデルを半裁モデルとし、片側の壁に寄せることで、車体側面と風洞壁との間隔を広くすることができる。そうすると、風洞壁によって流れに影響が出ないと考えたからである。また、境界層による影響をなくすために境界層除去板を作成した。実験で使用するモデルおよび解析でのモデルは同じものを使用した。スケールは、普通乗用車を簡易化し、サイズを1/10、モデルの形状を半裁にして実験を行った。その際のレイノルズ数は、モデルの全長を代表長さとおき、流れが乱流になる臨界レイノルズ数 $Re=5.0 \times 10^5$ を超える $Re=5.7 \times 10^5$ となった。モデルの外形寸法は、全長 430mm、全幅 74mm、全高 130mm である。

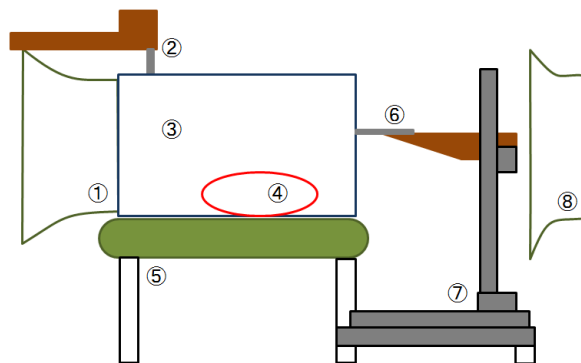
2.2 境界層除去板

風洞壁を設置し、片方の壁側にモデルを寄せて実験を行うため、風洞壁による境界層が発生し、風洞モデルの流れに影響を与えてしまう。この問題を解決するために村山ら⁽¹⁾や、青木ら⁽²⁾が飛行機の半裁モデルで実験をする際に使用していた境界層除去板を参考に作成し、実験を行った。境界層除去板の形状については、様々な形状が考えられる。そこで、境界層除去板の形状を決めるために SOLIDWORKS Flow Simulation を用いて解析を行い、1/10 サイズのシンメトリーモデルである Base (図2) の車体の流れや Cd 値を基準にし、各境界層除去板の解析結果と比較を行った。その結果、実験

で使用する境界層除去板として図3、図4の2種類を選出した。実験において境界層除去板の有効性を評価するために境界層除去板を使用しない状態 (図5) でも同一の実験を行った。

2.3 実験方法

本実験では、6連ピトー管と熱線風速計を用いて計測を行った。また、車体の流れの可視化を行うため、タフトを用いた実験も行った。6連ピトー管はモデル後端と6連ピトー管の先端の間隔が 30cm の位置に設置した。大気圧を基準圧力として、主流全圧、主流静圧、下流全圧、下流静圧を差圧計 (Scanivalve DSA3217) で計測し、データ処理を行った。熱線風速計の計測は、モデル後端から熱線風速計の先端が最小 2.5cm、最大 30cm までの範囲で床面から 2.7cm と 3.7cm 上げた 2面の計測を行った。



- ①風洞吹き出し口 ②主流計測用L字ピトー管 ③風洞壁
- ④風洞モデル位置 ⑤ムービングベルト (停止)
- ⑥後流計測用6連ピトー管 (熱線風速計) ⑦3軸トラバース
- ⑧風洞吸い込み口

Fig. 1 Schematic drawing of wind tunnel measurement section

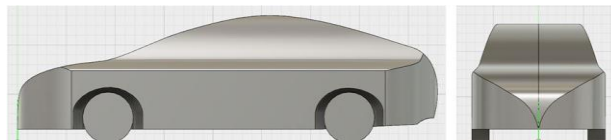


Fig. 2 Base

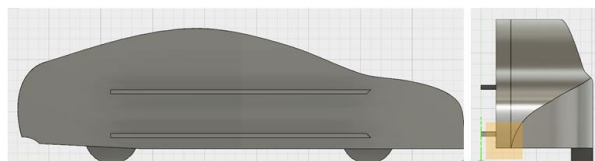


Fig. 3 Spacer A

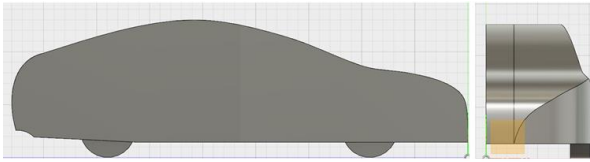


Fig. 4 Spacer B

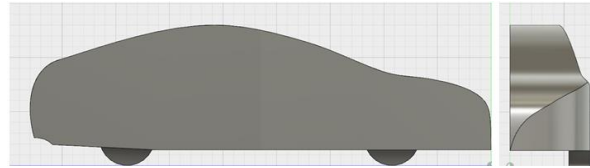


Fig. 5 Half_Model

3. 結果及び考察

図 6 に実験、解析それぞれの Cd 値の結果、図 7～図 12 に各パターンでの熱線風速計による実験と解析の速度分布の結果、図 13～図 15 に各パターンでのモデル後流の流線を示す。速度分布図は左が実験結果、右が解析結果で図 13～図 15 は左にタフトを使った実験、右に解析結果の流線となる。Cd 値の結果は、実験、解析ともに最も Base に近いものが Spacer B となった。しかし、各パターンで実験と解析の比較を行うと、最大約 5% の差があるところがあり、以降の実験と解析の結果の比較にはその違いで、同じような傾向が見られない部分があると考えられる。熱線風速計の結果は、実験結果の速度分布の形状が解析と類似している部分があることを確認できた。また、タフトによる流れの可視化では、車体下面の流れを実験と解析で比較すると、どのパターンにおいても黄色の丸の位置に渦が発生しており、位置や個数が同じとなった。よって、解析と実験では同じような傾向になっていると考えられる。

境界層除去板の有効性については、解析の結果より、図 16 に示す各モデルの車体前面部付近の速度分布より Half_Model と Spacer B には風洞壁付近に、Base にない速度分布が存在していることがわかる。これは、風洞壁と車体前面の接続部付近で、淀みが発生し、それが速度分布に現れたと考える。境界層除去板なしでは、その部分が車体の範囲にあるが、境界層除去板があると、車体には影響していないこととなる。また、図 17 に示すように、Half_Model では、赤丸で囲んだ部分の高圧部分の面積が広いことが確認できる。これによって、Half_Model は Spacer B に比べ、Cd 値が上がってしまったと考え、境界層除去板は有効であると確認できた。

境界層除去板の形状については、図 18 に示すタフトを用いた実験より、赤色の丸で囲んだ部分において境界層除去板と風洞壁の隙間の流れが車体まで流れている。本来の自動車ではこのような流れは存在しない。このため、Spacer A の形状は適していないことが確認できた。

4. 結論

これまでのことより、半裁モデルで実験を行う際には、境界層除去板は有効であり、形状は半裁モデルの断面を延長した形状が適していることを確かめることができた。しかし、実験、解析ともにどの境界層除去板でも Base との Cd 値の差は大きい。また、速度分布も実験と解析で類似していない部分がある。今後、Cd 値は境界層除去板の厚さや形状の変更等を行い、半裁モデルでも Cd 値がより Base に近くなる境界層除去板の設計を試みる必要がある。速度分布の類似させることについては、実験環境の見直しや、他の計測機器に変更することなどで、より信頼性の高い結果となるよう必要がある。

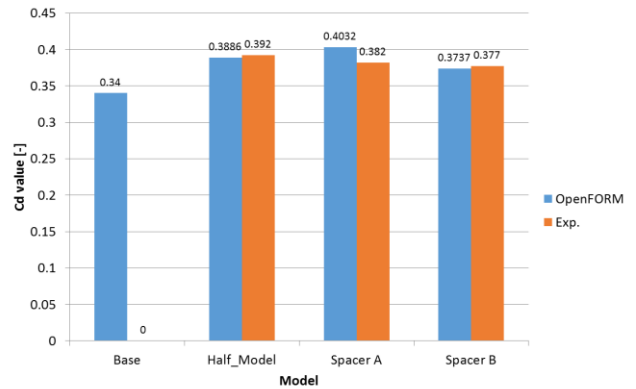


Fig. 6 Comparison of Cd values

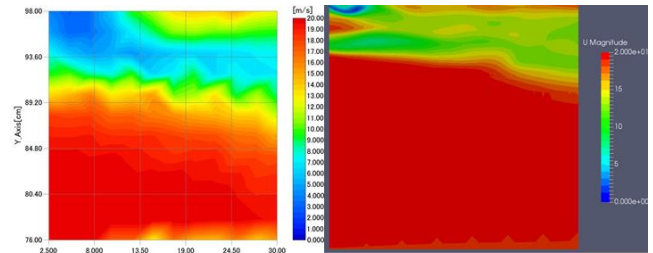


Fig. 7 Velocity distribution at 2.7 cm from the floor for Half_Model

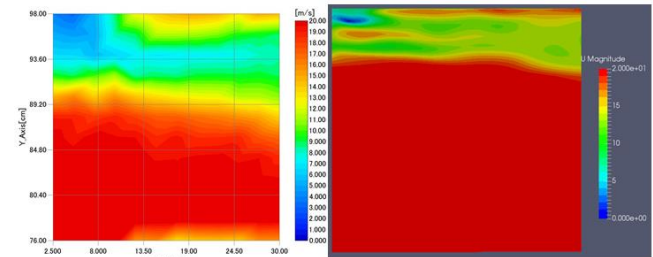


Fig. 8 Velocity distribution at 3.7 cm from the floor for Half_Model

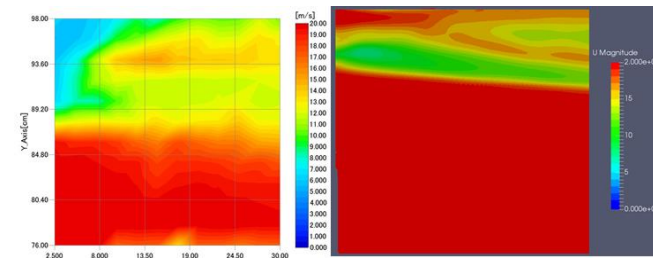


Fig. 9 Velocity distribution at 2.7 cm from the floor for Spacer A

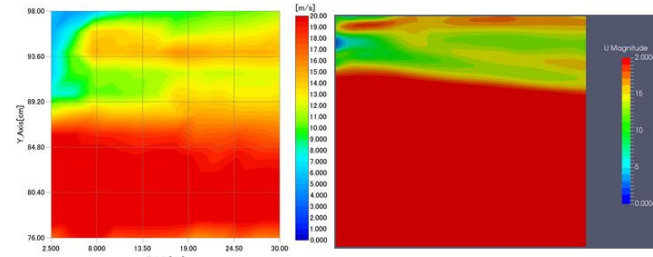


Fig. 10 Velocity distribution at 3.7 cm from the floor for Spacer A

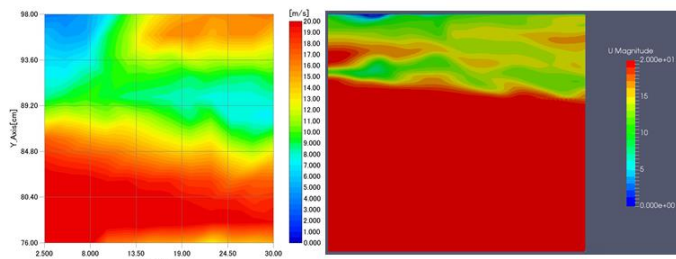


Fig. 11 Velocity distribution at 2.7 cm from the floor for Spacer B

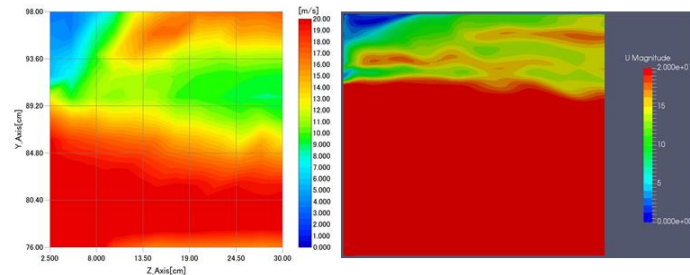


Fig. 12 Velocity distribution at 3.7 cm from the floor for Spacer B

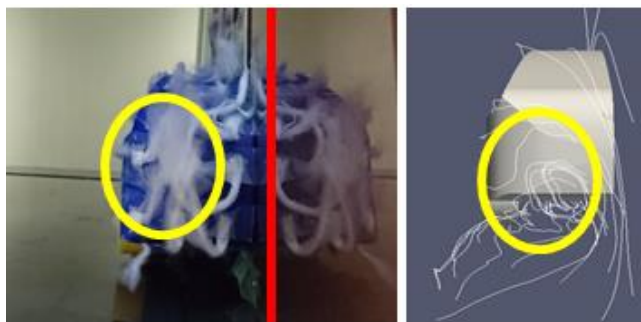


Fig. 13 Flow behind Half_Model

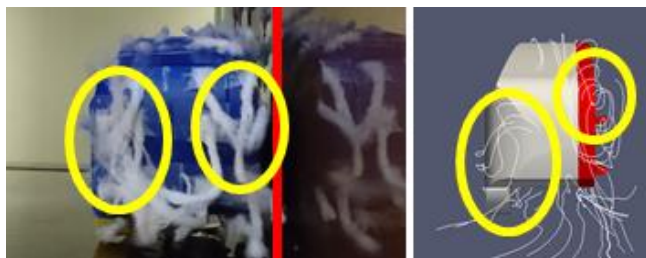


Fig. 14 Flow behind model with Spacer A

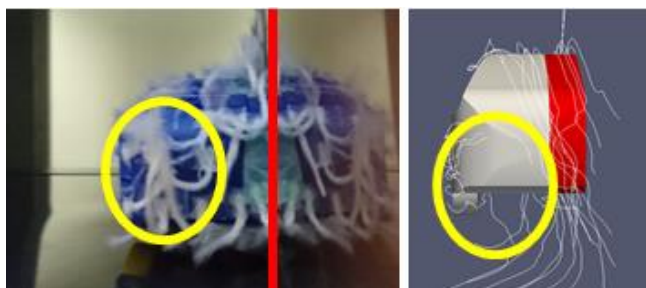
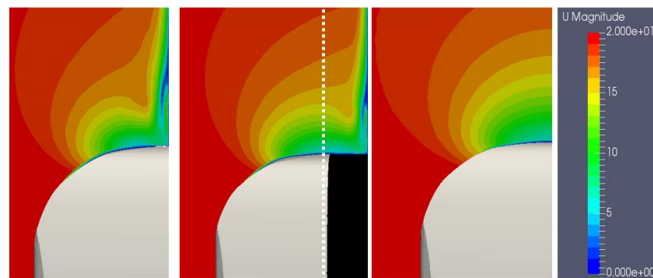
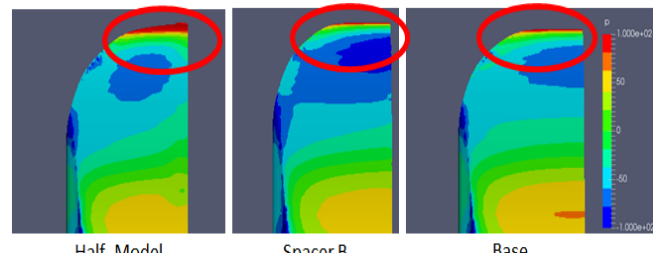


Fig. 15 Flow behind model with Spacer B



Half Model Spacer B Base
Fig. 16 Velocity distribution near the front nose of the body



Half Model Spacer B Base
Fig. 17 Pressure distribution on the front nose of the body



Fig. 18 Top face of Spacer A tuft experiment

文献

- (1) 村山光宏,横山譲,田中健太郎,山本一臣,伊藤健,高揚力装置半裁風洞実験における風洞壁干渉の影響について,第40回流体力学講演会/航空宇宙シミュレーション技術シンポジウム2008 論文集,pp.7-12,2008.
- (2) 青木良尚,神田宏,佐藤衛,永井伸治,板橋幸広,西島寛典,木村毅, JAXA0.8m×0.45 高 Re 数遷音速風洞における AGARD-B 標準模型試験,第81回風洞研究議論文集, pp.9-15,2009.