

フォーミュラ SAE の地面効果に関する研究

伊藤 慎一郎*1, 村上 将太*2, 水野 明哲*1

Study of ground effect concerning Formula SAE

Shinichiro ITO, Shota MURAKAMI and Akisato MIZUNO

*1 Kogakuin Univ. Dept. of Mechanical Engineering
1-24-2 Nishi-shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 163-8677 Japan

Formula SAE® is a student design competition organized by SAE International (formerly Society of Automotive Engineers). The body shapes could have been developed by CFD, but the designs of under bodies have been underdeveloped. This research evaluates the aerodynamic performance of a under tray by CFD and a wind tunnel test using a scale model. The scale model was manufactured by a 3D printer. The aerodynamic performance was measured in a wind tunnel with setting the models in mirror images which considers a ground effect. As a result, the aerodynamic performance of the under body was able to be certainly evaluated compared with the conventional method.

Key Words : Formula SAE, ground effect, down force, flow simultion, under tray

1. 緒 言

Formula SAE とは、学生が製作したフォーミュラ車両が競い合う国際的なレースコンペティションである。大会運営から各チームまで、多くの企業から様々な支援が行われており、自動車業界を中心に関心を集めている。それ故に各チームの車両開発競争が盛んで、実際のモータースポーツさながらの盛り上がりを見せている。競技は動的のみならず静的な審査を含めた成績に応じて得点が分配され、設計の妥当性も大きく評価される。また、様々なコンセプトの車両がある中でも空力に注力するチームは増加傾向にある。工学院大学でも、空力を考慮した Formula SAE 車両の研究を行っており、本研究では、特に車体下部の空力性能に注目し、CFD および風洞実験によって性能評価を行った。

2. 研究目的

Formula SAE のレギュレーションにおいてアンダーボディは、他のレースコンペティションに比べて制限が少ないため、開発の余地があると考えられる。しかし Formula SAE では、空力において研究開発を進めて成果を上げているチームのほとんどが CFD による車体形状を簡略化した解析が中心であり、風洞実験においても走行時のグラウンドエフェクトを考慮した実験を満足に行えていない。そこで今回はアンダーボディを覆うアンダートレイの開発に焦点を当てることで、グラウンドエフェクトによる影響を考慮した空力性能の評価を CFD 及び風洞実験によって検証する。

3. 研究内容

Formula SAE では、1 シーズンごとに車両を製作する。よって設計開発から製作までの期間を考慮した上で、空力開発を行う必要がある。また、予算と人員に限りがある為、大学で行える範囲で、効率の良い方法を追及す

*1 正員, 工学院大学 (〒163-8677 新宿区西新宿 1-24-2)

*2 学生員, 工学院大学大学院システムデザイン専攻
E-mail: ito@cc.kogakuin.ac.jp

ることも研究の一つであると考えた。そこで、本研究では、アンダートレイの開発を行う中で、大学内の設備のみを使い、CFD と風洞実験による開発プロセスの構築を行った。

4. アンダートレイとは

アンダートレイは、に示す車両の裏側に取り付けるカバーのことで、グラウンドエフェクトを有効に活用することが出来る。ウイングを搭載するような場合に比べて重量の増大を最低限に抑えることが可能である。また、車両の裏側を構成する部品であるため低重心であることも優れている点である。Fig.1 に今回設計したアンダートレイの部品図を示す。

5. CFD 解析

利用した流体解析ソルバーは、Solid works の Flow simulation である。このソルバーは、非定常のナビエーストクス方程式を解いており、本研究の解析では、定常問題に対して定常的なアプローチによって解いた。

解析結果を画像解析し、圧力分布、流跡線を確認しながら設計した。CAD データを解析に適した形状に簡略化した。30m/s 走行を想定し、それに伴い地面とタイヤを実在壁として移動させた。

Fig.2 に示すようにディフューザーの有無による車体裏側の圧力分布を比較すると、ディフューザーを装着した場合、リアタイヤ内側エリアの圧力が低く、ディフューザー全体が低圧であることが分かった。よって CFD 解析においてディフューザー装着によるダウンフォースの向上が見込めると判断した。また、ディフューザーに整流板、ガーニーフラップを装着し最適化することで、Fig3 に示すように流跡線が高く跳ね上がるようになった。

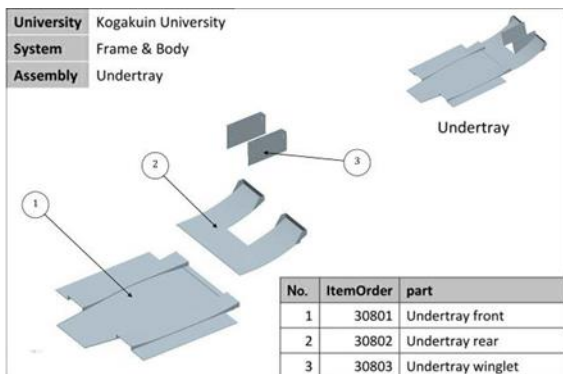


Fig.1 Under tray

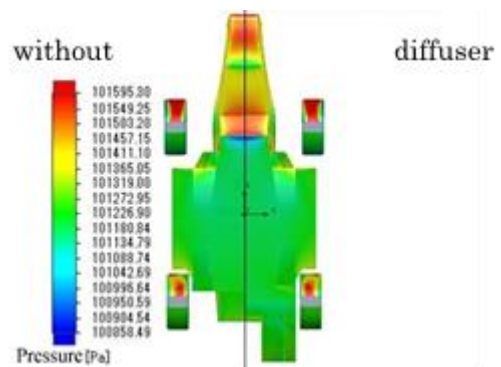


Fig. 2 Pressure distribution of under tray with/without diffuser

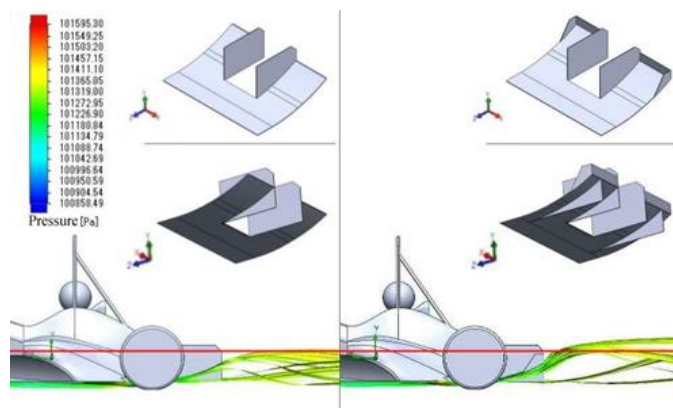


Fig. 3 Difference of path lines between the different diffuser

6. 実験

Formula SAE の車両は、Fig.4 に示すものであり、本学の風洞設備では収まりきらない。そこで実車をスケールダウンした風洞用モデルを用いた風洞実験を行った。風洞用モデルには Fig.5 に示す 1/8 スケールモデルを、3D プリンタを使い製作した。アンダートレイの性能を評価するためには、地面の影響を考慮しなければならない為⁽¹⁾、Fig.6 に示すように 2 組のスケールモデルを用いた鏡像法によってグラウンドエフェクトを再現した。

さらにスケールモデル後方の地面に位置するエリアを分割するようにスプリッタープレートを装着することで、車両模型後方の乱れた非定常な流れが、仮想地面を通過し、鏡像を崩す現象を防ぐ。またタイヤはスケールモデルに内蔵されたモータで回転させる。アンダートレイはディフューザーを脱着式にして、Fig 3 で確認したディフューザーの効果も風洞でも確認できるようにした。

なお、実験条件は、風洞設定風速を 30[m/s]、車体の代表長さを、スケールモデルの前輪軸と後輪軸との距離 0.20m とした。レイノルズ数は、 0.37×10^6 である。



Fig. 4 2012 Vehicle of Kogakuin University

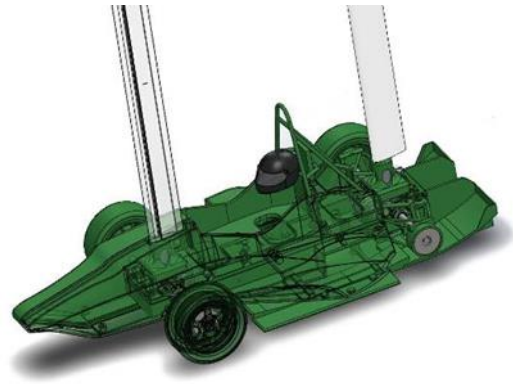


Fig. 5 1/8 Scale model

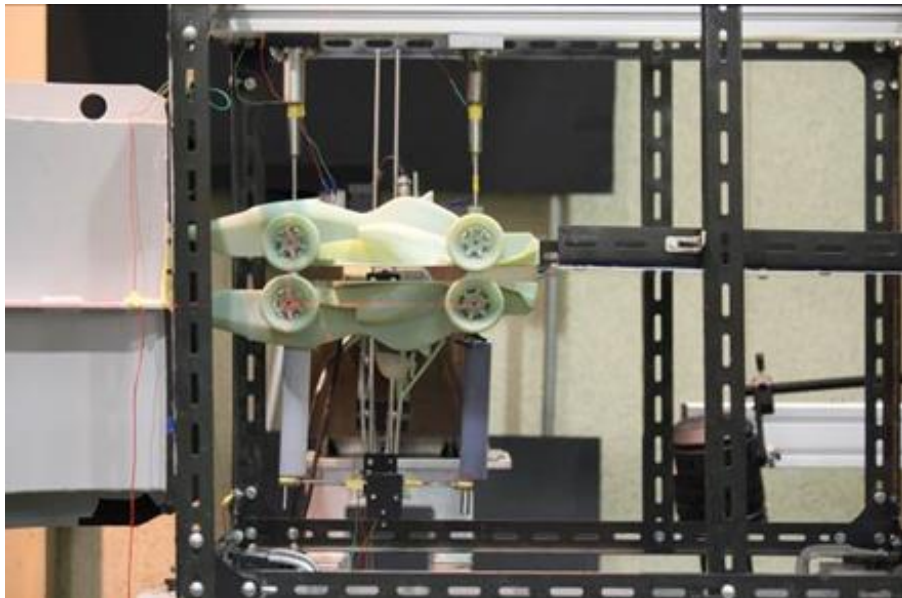


Fig. 6 Experimental setups and mirror arrangement of models

7. 結果

Table.1 もしくは Fig.7 のグラフにおいて、地面効果を考慮し鏡像且つタイヤを回転させて実車に近い効果を検討出来る“Original”と、“Original” の状態からディフューザーを取り外した“Without Diffuser”を比較すると、“Without Diffuser”から、“Original”へ、 C_L 値が-0.14 から-0.43 へ減少し、ディフューザー装着によって、ダウンフォースが向上している。 C_d 値は、ディフューザー装着で、0.88 から、0.90 へと上昇している。

また、“Original”の状態から、鏡像を取り去った“Without mirror”では、“Original”と比較し、 C_d 値、 C_L 値の絶対値が共に減少した。

Fig.4 の車両は、ドライバーを含めて、約 300 kg であり、ディフューザーは、1.60 kg であったため、ディフューザー装着による重量の増加+0.5%に対し、 C_d 値増加+2.2%、 C_d 値が-207%となっており、 C_d の減少率が、ディフューザー装着のデメリットに比べて十分に大きい結果となった。すなわち、時速 80km/h において重量 1.6kgf のディフューザーに対して 7.5kgf のダウンフォースが見込める。

Table. 1 Comparison of diffuser and ground effect

	Original	Without diffuser	Without mirror
C_d	0.90	0.88	0.78
$-C_L$	0.43	0.14	0.37
$-L/D$	0.47	0.16	0.47

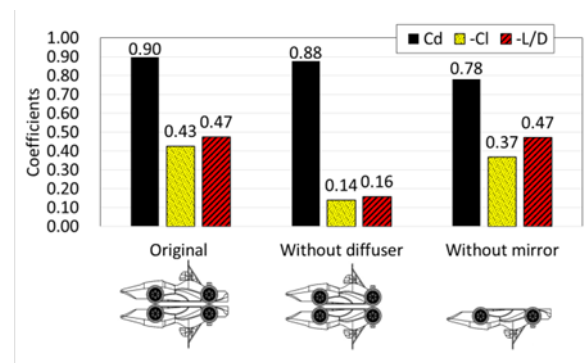


Fig. 7 Difference of ground effect and effect of diffuser

8. 結 語

CFD 解析の結果から得られたディフューザーの効果を、グラウンドエフェクトを考慮した風洞実験で確認した。1/8 スケールモデルを 3D プリンタで製作することで、大学の限られた設備の中でも再現性の高い風洞実験が可能である。また、今後は、風洞実験のデータを参考にした CFD 解析技術の更なる向上や、実車走行試験を行い実際とシミュレーションに相違がないか検証を行うことが必要だろう。

文 献

- (1) Joseph Katz, "Race Car Aerodynamics", Bentley Pub(2006), pp.70-95.