水中での模型車両の空力実験(測定精度の改善)

友野 達也^{*}(神奈川工科大学), 石綿 良三(神奈川工科大学)

D 1 1 5

An Aerodynamics Examination of a Model Vehicle

which is Submerged in a Water

(Improvement of the Measurement Precision)

Tatsuya TOMONO, Ryoza ISHIWATA

ABSTRACT

An aerodynamics characteristic of a car affects fuel consumption, improvement of the maximum speed, run stability. An aerodynamics design for the low fuel consumption is demanded by an environmental problem and the remarkable rise of the crude oil price. In this study, The simple and easy method in search of a drag coefficient of the vehicle was developed from the run time for model vehicle which ran a slope in a water tank. Improvement of measurement precision was done by an improved device and data handling method, and it was shown that this method was effective for a shape evaluation.

Keywords : Aerodynamics characteristics, Drag, Vehicle, Model test

1. 緒 論

自動車の燃料消費量の改善は、経済性はもちろんのこと、地球環境問題および原油価格の高騰と供給の不安定性に関連し、その重要性は増している。それ以外にも、走行安定性や快適性など自動車の空力特性に関連する課題は多く、空力性能の優れた車体設計が求められる。

一方、学生や一般を対象としたエコランコンテストやソーラーカーコンテストでは、より空気抵抗の小さな車体の開発が重要である。その開発の初期段階で、比較的簡単な方法で車体の空力試験を行うことが有効である。

そこで著者らは水中で模型車両を走行させるという簡便な方法で形状の評価を行うことができる空力試験方法の開発を行った¹⁾。本報では、測定精度の向上を図るための装置の改良と計測方法、データ処理方法の改善について報告する。

2. 実験装置および実験方法

Fig.1 に実験装置の概要を示す。水槽(長さ 3000mm, 幅 600mm, 水深 460mm)の中に斜面(傾斜角 $\theta = 8.00^\circ$, 長さ 2700mm)を設置し、その斜面に沿って 1/10 模型車両を走行させた。模型車両は開始ラインに静止させ、走行を開始させると同時に計測を開始し、第一計測ライン $x_1 = 1000\text{mm}$, 第二計測ライン $x_2 = 2000\text{mm}$ を通過した時間をそれぞれ計測した。

模型車両 (Fig.2) はソーラーカーコンテスト車両を想定したものである。諸元を Table 1 に示す。試験は Fig.3 に示す 3 種類のキャノピーについて行い、Type A は矩形、Type B は丸型、Type C は雨滴形とした。

Fig.1 Experimental apparatus (unit: mm).

Fig.2 Test model(canopyless).

Fig.3 Test canopy.

Table 1 Specifications.

Length L	393mm
Width W	142mm
Height of body	63mm
Length of canopy	100mm
Width of canopy	50mm
Height of canopy	35mm (Type A)
Projected area S	7084mm ² (Type A)
Mass m	2.68kg (Type A)

本来は助走区間を十分に取リ、ほぼ終端速度に達してから測定すべきであるが、今回は運動開始時からの加速特性も明らかにすることをねらいとした。前報¹⁾では加速途中において二点間の平均速度を近似的に終端速度とみなしていたが十分な測定精度が得られなかった。そこで今回は抗力が速度の2乗に比例するものとみなして運動方程式を解析し、得られた加速曲線から抗力係数 C_D を求めた。

$$(m+m_a) \frac{dU}{dt} = m'g \sin \theta - F_r - \frac{1}{2} C_D \rho S U^2$$

ここで、 m_a は付加質量、 m' は水中での浮力を考慮した見かけの質量、 F_r は転がり抵抗、 ρ は水の密度、 U は走行速度である。

第一計測ラインおよび第二計測ラインを通過した時間 t_1 と t_2 を測定し、理論的に求められる到達距離 x_1' 、 x_2' と実測値 x_1 、 x_2 との2乗誤差 E が最小となるように C_D を定めた。

$$x_1' = f(t_1), x_2' = f(t_2)$$

$$E = \{f(t_1) - x_1\}^2 + \{f(t_2) - x_2\}^2$$

ここで、 $f(t)$ は理論的に求められる到達距離である。

算出した抗力係数 C_D の形状による影響を調べた。なお、実際の車両では抗力係数そのものではなく、基準面積 S を乗じた $C_D S$ が直接走行抵抗に影響するので、

$C_D S$ による流体抵抗の評価も行った。なお、実験条件としてのレイノルズ数 Re を決定するための代表速度には理論的に求められた終端速度を用いた。

3. 実験結果

抗力係数 C_D と、基準面積との積 $C_D S$ の結果を Table 2 に示す。形状が流線型に近づくほど抗力係数 C_D が減少している。実際の車両性能に関わる $C_D S$ も同様に Type A ~ Type C の順に減少していることが確認できる。これらの空力特性と可視化結果²⁾の両面から評価することとで車両の空力性能を向上させることができる。

Fig. 4 に模型車両速度の時間変化の例を示す。静止状態から約 1.0 秒までは3種類のキヤノピーで同じよう

Fig. 4 Speed-Time characteristic.
($Re = 3.91 \times 10^5 \sim 7.04 \times 10^5$)

Table 2 Experimental Result.
($Re = 3.91 \times 10^5 \sim 7.04 \times 10^5$)

	C_D	$C_D S$ (mm ²)
Type A	0.45	3188
Type B	0.20	1353
Type C	0.14	952.1

に加速しているが、その後、抗力係数の大きい Type A は加速度が小さくなり、約 6.0 秒でほぼ定速走行になるのに対し、抗力係数の小さい Type B と Type C は加速を続けており、終端速度に達するまでの時間に大きな差がある。このため、二点間の平均速度を近似的に終端速度とみなす方法では誤差が大きくなることがわかっていたが、さらに抗力係数が小さく、終端速度が大きくなるほど誤差が大きくなることがわかった。それに対し、今行った理論的な加速曲線から求める方法では、終端速度に関係なく加速中の測定値から抗力係数を算出することができると誤差を小さくすることができる。競技用ソーラーカーの抗力係数は小さいもので 0.1 程度³⁾であることから、競技用ソーラーカーを模擬したモデルを使用して同等の抗力係数が得られた。

4. 結言

本報では、簡便な試験方法で形状評価を行うためにより精度が向上する方法について考察した。運動開始時からの加速特性を明らかにし、データ処理方法を改善したことにより抗力係数 C_D を精度よく測定できるようになった。

参考文献

- 1) 石綿良三・友野達也, 可視化情報, Vol.28 Suppl.2, (2008), pp.35-36.
- 2) 自動車技術会編: 自動車のデザインと空力技術, 朝倉書店, (1998).
- 3) 西川, 小沢, 新井, 小沢, 青木, 東田, 性能向上に寄与する空力研究 ソーラーカーの空力開発, 自動車技術 Vol.51 No.4 (1997).