41 渦格子法による自動車周りの流れの計算

東芝 菱沼由美⁰

東大工 谷口伸行、田古里哲夫

Calculation of the flow around a passenger car by Vortex Lattice Method

Yumi Hishinuma^{*}, Nobuyuki Taniguchi^{**}, Tetsuo Tagori^{**}

Maneuvering stability of a passenger car is threatened when it is subjected to intensive oblique wind.

In this study the flow around an automobile body in the oblique wind was carried out by numerical calculation with vortex lattice method. Visualization by the experiment with oil film method and tuft grid on a 1/8 scale model was also carried out to compare with the results of calculation. Good coincidence was obtained between the experimental results and the calculation.

1. はじめに

走行している自動車の後方にはその後部形状によって二種類の現象が生じる。これを模式的に示すと FIG.1 のようになる。後部の傾斜角が小さいと (b) のように三次元剥離渦が生じ抵抗を増す原因となる。また、自動車は横風を受けて走行する場合が多いが、横風が強くなると走行安定性を脅かすことになる。

本研究では、三次元剥離渦が生じる後部形状をした自動車模型を用い、横風が当たる場合について、数値計算の一手法である渦格子法を車体に適用し、流速分布、空力諸特性を計算する。この方法では剥離渦の様子をグラフィック端末で可視化できるため、可視化実験をおこない、実験との比較を行うことができた。

(a) Quasi-axisymmetric Separation Pattern

(b) 3-D Separation Pattern

(c) Cross-sectional View of the Base Flow in the Case (b)
Low Pressure Region at the Vortex Center

FIG. 1 Two Separation Patterns

^{*} IOSHIBA CORPORATION Keihin Product Operations 2-4, Suehiro-cho, Isurumi-ku, Yokohama, 230, JAPAN

^{**} Faculty of Engineering, University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, JAPAN

2. 実験

(1) 装置

装置の概要を FIG.2 に示す。

車体模型は、簡単のため平面で構成された縮尺約 $1/8$ の模型とし、これを回流水槽に沈め、地面の表現と水面の波を抑えるため、十分な大きな平板を水面下に設ける。

模型と支柱との接続部は可動となっており、模型のみを流れ方向に対し 0 度から 90 度まで 5 度おきに傾けることができる。後流中には、タフトグリッドを回流水槽の流れの方向に対して直角に設置している。可視化の手法は、油膜法とタフトグリッド法を用いた。

また、三分力計を支柱に取り付け、車体に働く抗力、揚力、横力についても測定した。

各々の方向は、FIG.3 の向きを正としている。

(2) 結果

得られた結果を FIG.4 に示す。左から順に、横風を受けたときに下流側に当たる側面、上面、後面である。各番号の意味は次の通りである。

- ① : フェンダーからの剝離渦により形成される Accumulation Line.
- ② : ビラーからの剝離渦により形成される Accumulation Line.
- ③ : ①, ②での剝離渦が影響してできた線。
- ④, ⑤ : 側面からの剝離渦により形成される Accumulation Line.
- ⑥, ⑦ : 側面からまわりこむ剝離渦。
- ⑧ : フェンダーおよびビラーからの剝離渦。
- ⑨ : 床面からまわりこむ剝離渦。

下流側の側面では、偏揺角が大きくなるにつれて、①が鮮明になり②を干渉するようになる。また、①, ②での剝離渦が強くなるので③も鮮明になる。

上面については、 15 度以下で⑤が直線であったのが、しだいにエッジ側に押されていく。これは、 15 度以下では側面からループに回り込む流れがループに再付着していたが、 15 度以上では3次元的な剝離渦となり、リアに流れ込むからである。

FIG.2 Experimental Apparatus

FIG.3 Directions in Measurement

後面では、偏揺角が増すにつれてしだいに⑧が顕著になる。また、横風を受けているにもかかわらず⑦が鮮明であるが、これは、⑧によって渦の生成が促進されるからである。同様に、⑨も⑧によって促進されている。偏揺角を25度としたときの、実際の油膜写真をFIG.5に示す。

抗力係数、揚力係数、横力係数の測定結果をFIG.6に示す。抗力係数が30度付近まで増加するのはリアの剝離渦が大きくなるためである。揚力係数が減少するのは、車体の形状がいわゆる翼形を失うためであるが、20度付近で増加するのは、側面からルーフに回り込む剝離渦の発生が原因となっている。

FIG. 4 Sketch of Oil Flow Patterns

FIG. 5 Photographs of Oil Flow Pattern at $\alpha=25^\circ$

FIG. 6 Coefficients

3. 数値計算 (1) (2)

剝離渦を伴う流れ場の解析には、境界層理論だけではなくマクロな渦流れ場を含んだ数値計算が必要である。渦格子法は物体表面に離散的に配置した束縛渦から自由渦を放出し剝離渦のモデル化を行い、物体周辺の流れと後流の計算を行うものである。

計算形状は実験に使用したものと同じ寸法であるが、簡単のため角の丸みを考慮していない。地面は、鏡像で表現した。模型表面は、死水領域となる後部平面以外の全平面を、台形面素に分割している。離散的に配置される渦系には、束縛渦と自由渦がある。束縛渦は各面素の周上にあり、自由渦は、trailing edgeを一辺に持つ面素の trailing edgeの部分に渦を置かず、束縛渦の両端を一様流中に放出させたものである。計算に用いた面素の形状、渦系の形状を FIG.7 に示す。面素数は 136 枚である。面素数を倍にしてみたが、収束に時間がかかるにもかかわらず、結果は 136 枚のときと変わらなかった。自由渦の初期形状は、半無限遠、一様流方向とし、繰り返し計算により自由渦の形状を決定する。収束条件としては揚力係数を用いた。

流れは、非粘性としているが、渦と渦とが接近した場合の誘起速度や、渦の減衰について、考慮を加えた。

計算結果を FIG.8 に示す。実験結果とおおむね一致しているが、計算結果の方が渦の位置が高い傾向にある。これは、計算が2次元的な剝離を表現できず、実際に存在する車体後部の死水領域の影響を考慮できないからである。FIG.9 に、諸係数の実験値との比較を示す。 C_D, C_s に特に差異が見られるのは、いずれも2次元的な剝離を表現できないことに起因するものである。

a. in frontal wind

b. in oblique wind

FIG. 7 Mesh System

a. $a=0$ b. $a=15$ c. $a=25$

FIG. 8 Calculation results

FIG. 9 Comparison between the experimental results and the Calculation

4. おわりに

油膜法とタフトグリッド法を行い、偏揺角の変化に対応した流れの様子を知ることができた。さらに、渦格子法によって剝離渦を表現し、実験結果と比較的良好一致していることを確かめた。しかし、この計算法は2次元的な剝離渦を計算できないことが欠点となっているため、その点を克服できれば剝離渦をより正確に予測する手段となるであろう。

5. 参考文献

- (1) S.M.BELOTSEKOVSKIY, NASA TT F-12291
- (2) 加藤他; 肥大船舶尾流れ場の解析、日本造船学会論文集 第140号