54 極超音速飛翔する菱形錐に生じる衝撃波形状の第一放電法による可視化

福山大 西尾正富
防衛大 小竹睦夫

Visualization of Shock Wave around Hypersonic Diamond Cone
by the First Electric discharge Method

Masatomi NISHIO* and Mutsuo KOTAKE**

The shock shape around a slender diamond cone traveling at hypersonic speed was visualized by using the first electric discharge method. The visualized shock shape was compared with the result obtained theoretically. Both the results agreed comparatively well. From this comparison, it was confirmed that the first electric discharge method is useful for visualizing three dimensional shock shapes around hypersonic vehicles.

1. ま え が き

近年、日本に於いても、スペースプレーンのような極超音速機の開発が行なわれるようになってきている。細長い菱形錐物体は極超音速飛翔体としては単純かつ基本的な形状であると考えられる。例えば、菱形の一方の頂角が十分小さい場合、この模型形状はデルタ翼と考えることもできる。このような意味からも、極超音速飛翔体モデルとしての細長い菱形錐周りの流れ場を調べることは重要である。

本論文では、極超音速流中に置かれた菱形錐物体周りに生じる衝撃波の三次元形状を、衝撃波の可視化法として西尾らにより開発されてきた第一放電法^{1,2}を用いて、可視化している。可視化により得られた衝撃波形状は、理論計算により得られる衝撃波形状と比較検討され、両者の形状が比較的良好に一致することが示されている。この比較検討により、極超音速で飛翔する菱形錐物体周りに生じる衝撃波の形状が理解されると同時に、第一放電法が極超音速飛翔体周りに生じる三次元衝撃波の可視化に対して有効な方法であることが示されている。

* Dept. of Mechanical Engineering, Fukuyama University, Fukuyama 729.

** Dept. of Aerospace Engineering, National Defense Academy, Yokosuka 239.

2. 三次元衝撃波の可視化実験

極超音速流中に置かれた菱形錐周りの三次元衝撃波の可視化法として第一放電法が用いられた。この第一放電法の可視化原理は以下の如くである。衝撃波を交差する放電回路からの発光強さは、衝撃波前後での、電場の強さと、気体の密度の関係から、衝撃波前後で異なる。従ってこの放電回路を写真観測すれば、衝撃波の形状が得られる。

本実験における気流のマッハ数は10で、図1に示すような極超音速風洞が用いられた。本実験に用いられた菱形錐模型と電極の配置を図2に示す。図3は、図2に示す電極間に高電圧を印加する放電回路を示している。第一放電法による、この飛翔体まわりに生じる三次元衝撃波の可視化例を図4に示す。

Fig.1 Hypersonic tunnel (Mach number=10).

Fig.2 Arrangement of diamond cone and pair of electrodes.

Fig.3 Electric circuit.

Fig.4 Visualization of three dimensional shock shape over diamond cone.

3. 衝撃波形状の計算

図5に示すような、膨張する菱形周りの既知の速度分布^{3,4}を利用して、極超音速飛翔する菱形錐物体周りに生じる衝撃波形状を求める方法について述べる⁵。

図6は本計算法の考え方の説明図である。O点にある十分小さい円柱が、半径 r の円柱にまで超音速で膨張したとする。この結果、半径 R の衝撃波が発生しているとする。すると、円柱が膨張する以前にあったOAB内の質量とA'A'B'内の質量の合計は、衝撃波層内A'A'B'Bの中にある質量に等しい。この考え方を基にして得られた衝撃波形状を図7に示す。可視化により得られた衝撃波形状は、計算により得られた衝撃波形状と同じく、A点では衝撃波は物体から離れている。そして一方、B点では衝撃波は物体に付着しているのが示されている。また衝撃波の全体的な形状も、可視化結果と計算結果とはよく一致していると考えられる。

Fig.5 Velocity distribution around expanding diamond piston.

Fig.6 Illustration of calculating method of shock shape.

Fig.7 Shock shape obtained theoretically.

参考文献

- (1) M.Nishio, "Qualitative Model for Visualizing Shock Shapes", AIAA Journal, Vol.30, No.9, 1992, pp.2346-2348
- (2) M.Nishio and M.Kotake, "The First Electric Discharge Method for Visualizing Shock Shapes Around Hypersonic Vehicles", Sixth International Symposium on Flow Visualization, 1992. pp.644-648.
- (3) 西尾正富、"極超音速飛翔体周りの流れの研究"、大学教育出版、1991.
- (4) 西尾正富、小竹睦夫、"極超音速飛翔する菱形錐物体周りの流れ場の研究"、日本機械学会論文集、B編、掲載予定.
- (5) 西尾正富、小竹睦夫、"極超音速で飛翔する細長い菱形錐物体周りに生じる衝撃波形状"、日本機械学会論文集、B編、掲載予定.