

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2012年3月修了 修士論文要旨

フラップを装着した再突入カプセルの熱・空力特性に関する研究

学生証番号 47106060 氏名 椎根 啓太
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words : Re-entry Capsule, Flap, Hypersonic Flow, Aerodynamic Characteristics, Aerodynamic Heating, TSP

ISS計画や惑星探査等の宇宙開発の活発化によって頻繁に宇宙と地球を往還する時代となった。大気圏再突入の機会増加に伴い再突入技術の更なる向上が求められている。これまで様々な機体で再突入は実現されてきたが、昨年のスペースシャトル退役をはじめ、世界的にカプセル形状機体が今後の主流になる風潮がある。カプセル形状機体はコスト面での優位性がある一方で飛行性能では有翼機体に劣り、着陸地点が制限されてしまう問題がある。そこで本研究では、カプセル型宇宙飛行体の大気圏突入後の極超音速域での飛行性能を向上させるデバイスとして、フラップの装着を検討する。フラップの装着は空力的な利点を得る代わりに、空力加熱や構造重量という問題が生じる。本研究では、フラップを装着した再突入カプセル形状の極超音速域における空力特性と空力加熱のトレードオフ関係について実験的に調べることを目的とする。空力加熱計測では模型材料のベークライトに最適なTSP(Temperature Sensitive Paint)センサの検討を行い、その結果を基に風洞実験を行った。また、ベークライト自体の発光、温度感度を発見し、材料の発光を活かした熱計測も試みた。

本研究の実験は東京大学柏キャンパスの極超音速高エンタルピー風洞を使用し、気流条件は一様流マッハ数:7、よどみ点圧力:0.95MPa、よどみ点温度:600K、レイノルズ数: 6.8×10^5 と設定した。実験内容は、1)6分力天秤による力測定、2)シュリーレン法による流れ場の可視化、3)感温塗料(TSP)計測法による表面温度測定を実施した。

実験結果及び考察を以下に記述する。

フラップのサイズを変更しなくとも取り付け角を変更することでトリム角($C_m=0$)は大幅に変更可能である。実機のフラップを可変装置にすれば、容易に迎角を変更でき、再突入時の飛行の自由度を高めることができる。また現存のカプセル形状機体を使用している姿勢制御スラスターの燃料不要の代替装置として有用である。空力加熱を回避するためには、流れが希薄となる位置にフラップを設置することが最重要であることが分かった。距離が3mm未満の場合、5mmの位置の半分程度の加熱率になる。総合的な結果としてフラップは短いものの方が空力的な効率がよく、且つ空力加熱の影響も小さいことが言える。フラップは前方カプセルが生成した希薄流を利用することで十分な姿勢制御が可能であり、且つ多少の揚力を稼ぐこともできる。空力加熱もよどみ点の10%程度であり、フラップは有用なデバイスである。ベークライトの発光を利用した熱計測を行い、材料の発光センサとしての機能を確認した。但し、TSP実験やCFD計算と比較して正確な値は得られず、それは材料の加熱に因る劣化の影響であることも分かった。今後耐熱性や劣化に関する較正試験を詳細に行うことで、材料のベークライトを用いた熱計測は十分に実現可能であると思われる。

参考文献

- [1]平成16年度HTV搭載型回収カプセルシステム検討成果報告書,宇宙航空研究開発機構研究開発報告 ISSN 1349-1121 JAXA-RM-04-016,5-396, pp11-12,2005-01
- [2]Yamada, K., Koyama, M., Kimura, Y., Suzuki, K., Abe, T., and Hayashi, K.: Hypersonic Wind Test of Flare-type Membrane Aeroshell for Atmospheric entry Capsule, ISTSpaper,pp27-32,2010
- [3] Benjamin M. Andersen and Stephen A. Whitmore: Aerodynamic Control on a Lunar Return Capsule using Trim-Flaps, 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2007.