

第 60 回宇宙科学技術連合講演会 に参加して

坂口 昌 央

Masahiro SAKAGUCHI

機械システム工学専攻修士課程 2年

1. はじめに

2016年9月6日(火)から9日(金)にかけて函館アリーナで開催された第60回宇宙科学技術連合講演会に参加し、「電磁力による再突入飛行体の空力制御への機体形状による影響」というタイトルで発表を行いました。

2. 研究内容

2.1 緒言

将来的な宇宙利用の実現には、輸送システムの信頼性・安全性を飛躍的に向上させる輸送機の再利用化技術が重要であるといわれている。輸送機の再利用化技術実現のために必要となる技術の中に再突入時の空力加熱から飛行体を守る熱防御システムがあり、現在使用されている熱防御システムに代わる新たな熱防御システムが検討されている。

現在使用されている熱防御システムには、スペースシャトルなどの耐熱タイルに用いられる輻射冷却システムや小惑星探査機「はやぶさ」(MUSES-C)に用いられたアブレータによるアブレーション冷却システムなどが挙げられる。しかしアブレータは溶融することにより熱を防ぐため宇宙機を再利用するためにはコストや時間がかかる。

これらの熱防御システムの問題を解決するために新たな熱防御システムが考えられており、その1つに電磁力を用いた熱防御システムがある。これは、再突入時の高温により衝撃波背後に生じる弱電離プラズマ流れに磁場を印加することで電磁力を発生させ、空力特性を制御することで空力加熱を低減させる技術である。

本研究では、再突入飛行体の前方部分についての

流体解析を行い突入角や印加する磁場の強さ、飛行体前方部の曲率を変更した場合に衝撃波層にどのような変化があるかを調べることを目的とする。

2.2 電磁力を用いた熱防御システム

大気圏再突入飛行では、飛行体前方に衝撃波が発生し、衝撃波背後では空気が圧縮され高温になる。高温により空気が電離し弱電離プラズマ状態となり、衝撃波を通過した流れは導電性を有することになる。

この流れに交差するように磁場を印加することで流れの方向 V から磁力線の方向 B に右ねじを回す向きに電流 J が流れる。この電流 J と印加した磁場 B により $J \times B$ の方向に電磁力が発生する。この電磁力が導電性を有する流れに対して反対の方向に作用すると衝撃波が飛行体から離れる方向に押し出される。よって、衝撃波層が飛行体から離れることによる空力加熱の低減が期待できる。また、発生した抗力が進行方向の逆方向に働くため、飛行体のブレーキとしての役割も期待できる。

2.3 解析条件

本研究で解析する機体形状は、極超音速飛行実験機「HYFLEX」を想定した前方が円形の柱状の飛行体である。機体形状を図1、解析格子を図2に示す。

機体の大きさは、直径0.4[m]である。機体の円形部の半径の基準を0.2[m]とし、x軸方向の

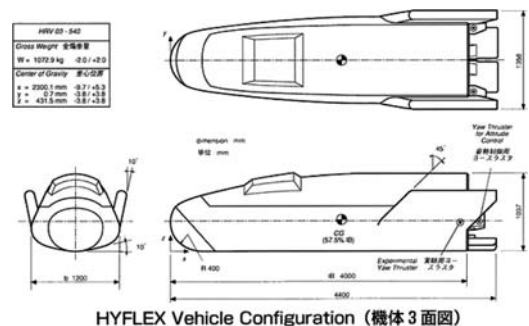


図1 飛行体の形状

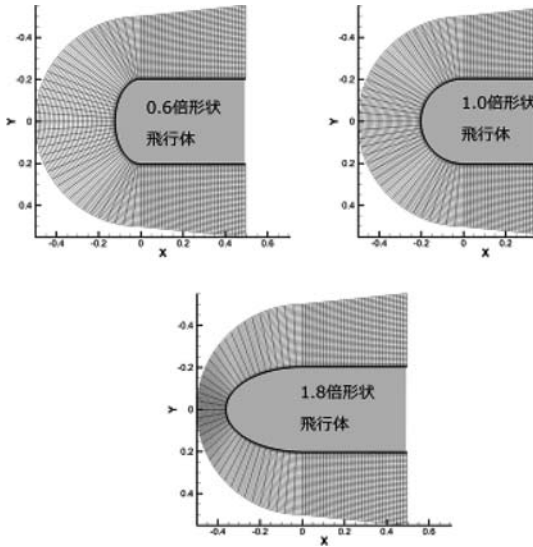


図2 解析格子の様子

長さを0.6~1.8倍まで変更した形状で解析を行った。解析格子は軸方向に40点、機体表面方向に100点の合計4000点で解析を行う。

解析を行う高度は、再突入で空力加熱による電離が大きい60 [km]とし気流密度、気流温度を決定した。飛行体の速度は極超音速飛行試験機「HY-FLEX」の最高速度から決定した。

再突入角度は「HYFLEX」の飛行時の突入角を参考にし30~45 [°]の間で5 [°]きざみで解析した。印加する磁場は0.1 [T]の2種類で、磁場は5 cm×10 cmの大きさで与えた。

2.4 解析結果

図3に各形状での揚力方向のローレンツ力を示す。各形状とも迎え角が大きくなるにつれて揚力方向のローレンツ力が大きくなっていることがわかる。最も大きい値は0.6倍形状の迎え角45°のときで171 [N]、最も小さい値は1.8倍形状の迎え角30°のときで-110 [N]となった。また、先端部の曲率が小さい形状ではローレンツ力が大きく、曲率が大きい形状ではローレンツ力が小さくなる傾向を示すことがわかった。

図4に各形状での抗力方向のローレンツ力を示

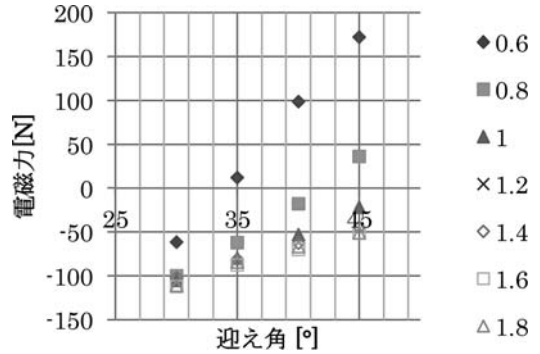


図3 揚力方向の電磁力

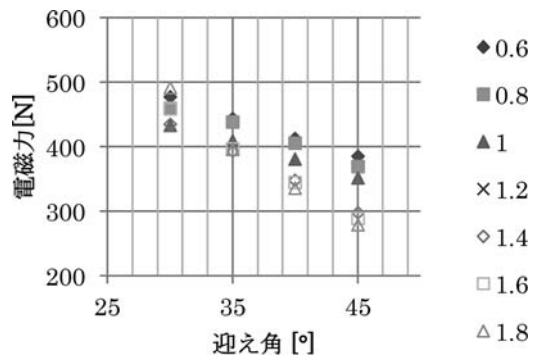


図4 抗力方向の電磁力

す。各形状とも迎え角が大きくなるにつれて抗力方向のローレンツ力が小さくなっていることがわかる。最も大きい値は1.8倍形状の迎え角30°のときで491 [N]、最も小さい値は1.8倍形状の迎え角45°のときで279 [N]となった。また、先端部の曲率が小さい形状ではローレンツ力が大きく、曲率が大きい形状ではローレンツ力が小さくなる傾向を示すことがわかった。

3. おわりに

今回、宇宙科学技術連合講演会に参加し、発表を行いました。学外の方に発表するのははじめてで良い経験になりました。また他の発表を聞くなかで自分の発表で参考にするべき部分が多く得られました。

今回の発表で多くの方々々に質問や意見を頂き、大変参考になりました。ご指導頂いた大津広敬先生、研究室の皆様には深く御礼申し上げます。