

膜面エアロシェルの形状決定に関する研究

梅 村 晃 佑

Kosuke UMEMURA

機会システム工学専攻修士課程 2018 年度卒業

1. 目的及び研究背景

現在の空力加熱への対処方法は、いかに空力加熱に耐えるかという方法を取り開発されている。したがって、現在の熱防御システムは飛行体全体の質量に対して非常に高い割合を占めている。しかし、この方法ではコストを削減することが難しいのが現状である。膜面エアロシェルは、大気圏再突入時の再突入カプセルから軽量で大面積の膜面を展開し、飛行体の代表面積を増加させることで、大気密度の薄い高高度での減速が可能となり空力加熱を低減することが出来る。本研究では、膜面エアロシェルと呼ばれる大気圏再突入飛行体のためのインフレータブル構造を備えた空力デバイスの空力特性において、特に飛行特性に影響を与える揚力を出来るだけ多く発生させる形状を探ることを目的としている。これは、飛行体形状の工夫により揚力が大きく変化することを想定しているためである。数値流体解析、並びに風洞実験によりこれらを調べた。

2. 形状

2.1 形状

図 1 に示すように円錐角 α 、切り欠き角 β を変化させることで形状を変化させた。

2.2 模型形状

実験及び解析に用いた模型の形状下の表 1 に示

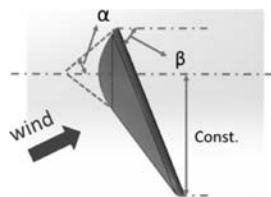


図 1 飛行体形状の定義

表 1 模型の形状及び通風条件

α [deg.]	β [deg.]	θ [deg.]	M[-]
30, 45, 60	73, 83, 90	-8, -4, 0, 4, 8	3.0

す。上下対称・非対称形状について調査した。

3. 数値流体解析

3.1 解析ソフト

3 次元のナビエ・ストークス方程式を用いた数値流体解析ソフトの FaSTAR を用い、エアロシェルまわりの流れの様子から圧力分布を求め、力を求める。

3.2 揚力係数

図 4 より、円錐角 60 deg. の形状に関しては、迎え角が大きくなっていくにつれて、揚力係数は小さくなっている。また、切り欠き角が小さい形状つまり上下非対称の形状の方が揚力係数は大きいことがわかる。次に図 5 から、迎え角が 3～4 deg. よりも小さい範囲では、円錐角が大きい形状の方が揚力係数は大きい。迎え角が 3～4 deg. よりも大きい範囲では、円錐角が小さい形状の方が揚力係数は大きいことがわかる。

4. 風洞実験

4.1 実験模型

風洞実験を行なった形状は、2.2 模型形状の表 1 に示した通りである。実験模型は 3D プリンターで材料に ABS 樹脂を用い作成した。これを図 4 に示す。これは風洞実験にて天秤に模型を取り付けた状態である。模型・スティング・天秤の順に接続さ

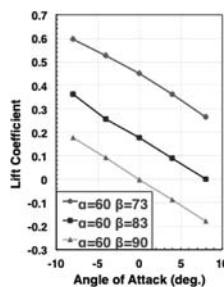


図 2 揚力係数と β の関係

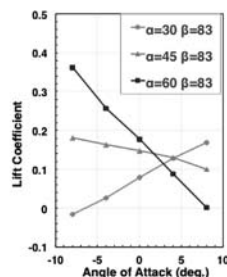


図 3 揚力係数と α の関係



図4 実験模型の様子

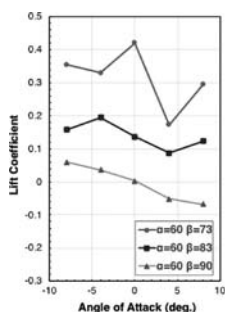


図5 揚力係数と β の関係

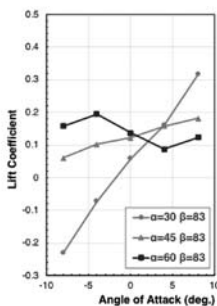


図6 揚力係数と α の関係

れている。

4.2 揚力係数

図5, 6は各迎え角に対する揚力係数を表している。また図5は円錐角 α 60 deg. とし、切り欠き角 β を 73 deg. 83 deg. 90 deg. と変えたものになっている。また図6は円錐角 α を 30 deg. 45 deg. 60 deg. と変え、切り欠き角 β を 83 deg. としたものとなっている。図5より、円錐角 60 deg. の形状に関しては、迎え角が大きくなっていくにつれて、揚力係数は小さくなっている。また、切り欠き角が小さい形状つまり上下非対称のモデルの方が揚力係数は大きいことがわかる。しかし、切り欠き角 β 73 deg. の形状に関しては、値に大きく変動が見られる。次に図6から、迎え角が 2~3 deg. よりも小さい範囲では、円錐角が大きい形状の方が揚力係数は大きい。迎え角が 2~3 deg. よりも大きい範囲では、円錐角が小さい形状の方が揚力係数は大きいことがわかる。風洞実験の結果である図6と数値流体解析の結果である図3を比較すると α 60 β 73 の形状の値が大きく異なっていることがわかる。これは実験模型の設計にミスがあり、模型を固定する治具が飛び出しているため空力特性に影響を与えているものと考えられる。その様子を図7, 8に示す。

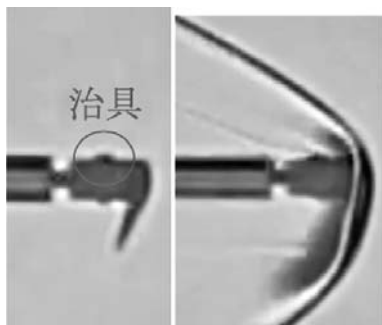


図7 通風前の様子 図8 通風中の様子

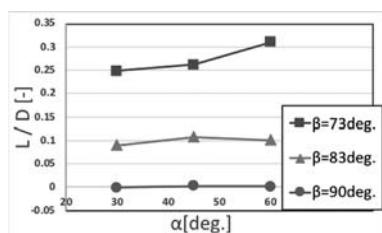


図9 迎え角 0 deg. の揚抗比

図7に治具の位置を示す。図8ではその位置から衝撃波が発生しているので治具が空力特性に影響を及ぼしていることがわかる。これは迎え角 0 deg. と 8 deg. の時に顕著にみられた。

4.3 揚抗比

実験で得られた迎え角 0 deg. の揚抗比を図9に示す。どの α に対しても β が小さい方が揚抗比は大きくなっている。 α 60 deg. β 73 deg. の形状において揚抗比が最大になっている。

5. 結言

結果から形状を変化させることで揚力が大きくなるということがわかった。そして 3.3 揚抗比から形状を工夫することで飛行性能に関して向上することがわかった。解析および実験を行なった形状に関しては α 60 deg. β 73 deg. が最適であった。

6. まとめ

学会発表を通して納得させるためにどのようにプレゼンしなければならないかという貴重な技術者目線の意見をいただき今後の研究にいかしたい。