特集 学生の研究活動報告 – 国内学会大会・国際会議参加記 37

# 第66回宇宙科学連合講演会 に参加して

**辻本凌我** Ryoga TSUJIMOTO 機械システム工学専攻修士課程 2年

# 1. はじめに

今回は、2022年11月1日から4日まで熊本県熊 本市にある熊本城ホールにて開催された第66回宇 宙科学技術連合講演会に参加した。11月2日の午 前9時50分から午前11時50分の2時間にわたっ て開催されたポスターセッションにて、発表を行っ た.

再突入カプセルはサンプルを激しい空力加熱から 保護するように設計されている.このことは、再突 入カプセルを設計する上で最も重要である.

これまでのサンプルリターンミッションでも使わ れてきたはやぶさ再突入カプセルの前面部は,鈍頭 半径の大きい球面部分と半頂角 45 度の円錐部分の 組み合わせから成る.このような形状の再突入カプ セルは表面の圧力分布の特徴として,球面部と円錐 部の接続部分において圧力が一旦低下し,肩部にか けて緩やかに上昇する傾向がある.この傾向がカプ セルの肩部付近の衝撃波形状の変化に影響を与え, 最終的に空力特性に影響を与える可能性がある.

しかしこの前面部形状を双曲線形状に近似するこ とで,超音速領域での空力特性が改善される.双曲 線形状を再突入カプセルに適用して解析を行うと, カプセルの形状を大幅に変えることなく抗力係数が 向上し,さらに圧力分布もよどみ点で最大になり, 肩部にかけて単調に減少した.これらの傾向は CFD 解析でのみ観察され,実験的には確認されて いない.

本研究では, ISAS 超音速風洞を用いてこれらの ことを実験的に確認することを目的とした.実験で は、カプセルにかかる空気力と表面圧力の測定を行 った.

# 2. 実験モデルの詳細

はやぶさ再突入カプセルと同等の形状として,以 下の式を用いて形状を設定した.この式を用いた形 状を図1に示す.

$$\left(1 - \sqrt{1 + \frac{1}{b^2}}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1 \quad (0 < b < 1)$$

また, 圧力測定実験のため, 模型の表面に対称面 上に, 淀み点を含む11点の静圧孔を開けた. 静圧 孔の直径は模型表面付近では1.5 [mm], 背面にか けて直径2.6 [mm] とした. 断面半径は40 [mm] とした. 断面図を図2に示す.





## 3. 実験結果

宇宙科学研究所の所有する超音速風洞試験装置を 用いて実験を行った.通風条件については,通風マ ッハ数は2.0,一様流静圧を26.5 [kPa],静温を 167 [K] とした.

#### 3.1 表面部圧力

迎え角 0°での圧力測定結果を図 3,4 に示す.図 3 は b = 0.80, b = 0.85, はやぶさ形状のものを,図 4 は b = 0.70, b = 0.75, はやぶさ形状のものを示す. 実験結果と解析結果はおおむね一致していることか ら,本実験で行った模型作成方法は精度よくできて いたといえる.

また,はやぶさ形状では表面圧力の局所的な低下 が実験結果からも確認できる.双曲線形状では淀み 点で最大となり,肩部にかけて単調に減少する傾向 がみられる.



図 3 はやぶさ, b=0.80, 0.85 の圧力分布



図4 はやぶさ, b=0.70, 0.75の圧力分布

### 3.2 抗力係数および揚力係数

図5に抗力係数,図6に揚力係数を示す.迎え角 がつくほど実験結果と解析結果の誤差が生じるが, 抗力係数は下がり,揚力係数は上がる傾向が実験・ 解析ともに確認できる.また,bが0.80以上の時, はやぶさ形状の空力係数を上回ることが分かる.



# 4. まとめ

本研究では、双曲線形状を用いた再突入カプセルの圧力分布、基礎的な空力特性の検討を超音速風洞 実験と数値流体解析により行った.3Dプリンタで 作成した試験模型を用いた風洞実験による圧力測定 結果が、数値流体解析結果とよく一致していたこと は、本実験での模型作成方法は有効であったという ことを示している.抗力係数・揚力係数とも、パラ メータ b を 0.80 以上に設定することではやぶさカ プセルのそれらを上回ることも明らかとなった.

#### 5. おわりに

対面での学会は私にとって初めてだったので緊張 もありましたが、学会本来の雰囲気を知れたことは とてもいい機会になりました.また、他大学の学生 の方に興味を持って質問をいただいた時には嬉しさ を実感しました.審査員の方々からは沢山のご質問 をいただき、回答できた部分もあれば、回答できな かった部分もあった為、自身の勉強不足を痛感しま した.しかし普段は学内の教授からしか助言をいた だけない故、様々な有識者の方々のご指摘をいただ けて有意義な時間となりました.