

第 59 回宇宙科学連合講演会

～低音速領域および超音速領域における
バルートの姿勢安定性と空力特性
に関する風洞実験～

永 合 剛

Tsuyoshi NAGO

機械システム工学専攻修士課程 2年

1. 目的および背景

大気圏再突入時の「空力加熱を避ける」という新しい概念に着目し、使用時以外は小さく折り畳んで格納し、使用時に展開出来るインフレーター構造体をバルートという。バルートの概略図を図 1.1 に示す。バルートはガスを充填し展開する事で基準面を大きくし、弾道係数を小さくして高高度での減速することを目的とした減速装置である。しかしバルートの姿勢が安定しないことがある為、本研究ではマッハ数 2 の超音速気流中と流れの速度が 55 m/s 以下の音速より遅い速度領域（本稿では低速領域とする）においてバルートの断面形状を変えることがバルートの姿勢、空力特性に与える影響を検証する事を目的とし風洞実験を行った。

2. 風洞実験

2.1 実験模型

実験模型は宇宙機を模擬した先端球とそれを支えるスティング、そしてバルートは 3D プロントーで作製している。また実験模型は宇宙機とワイヤー

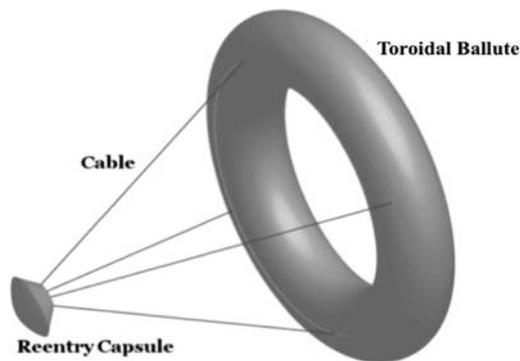


図 1.1 バルート

で繋がっており、バルート自身の空気力で自由に動くような構造となっている。

2.2 超音速風洞実験

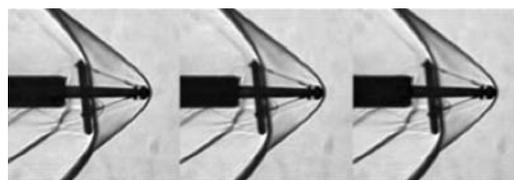
超音速風洞実験は JAXA 相模原キャンパスの超音速風洞を用いて気流条件をマッハ 2 と設定し、それぞれの断面形状をもつバルートを θ 傾けた時のバルートの様子をシュリーレン法により可視化しその時の挙動を調べ、空力特性のデータを取得した。

通風中のバルートの姿勢が安定した例として断面形状が円型の模型と不安定になった断面形状が楕円横型でさらに動圧によって実機のバルートが変形することを考慮した模型の通風中の連続シュリーレン写真で姿勢を比較する。それぞれの写真を図 2.2.1 に示す。

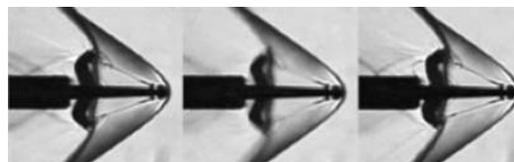
以上の様に断面形状が楕円横型でさらに空気力による変形を模擬したバルートの姿勢が不安定になりやすいということがわかった。

2.3 低速風洞実験

本実験は University of Bologna のエッフェル型風洞を用いて行った。流速を 55 m/s の時のバルートの挙動、空力特性のデータを収集した。調べたバルートの模型は超音速風洞実験に用いた物と同じ模型



a) 円型バルートの通風中の様子



b) 楕円型 変形を考慮したバルートの通風中の様子

図 2.2.1 安定した模型と不安定になった姿勢の比較

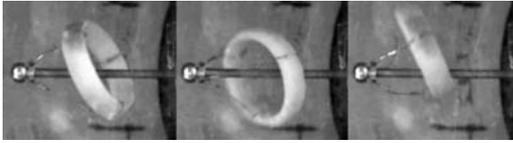


図 2.3.1 翼型バルートの通風中の様子

を使った。

翼型のバルートの θ が 10° より大きくなるとバルートの挙動が変化し 20° 以降は不安定になることがわかった。図 2.3.1 に翼型のバルートが不安定な姿勢になっている通風中のバルートの様子を示す。

3. まとめ

本研究では、超音速領域および音速より遅い速度領域においてバルートの断面形状を変えることがバルートの姿勢安定性と空力特性にどのように影響するかを調べる為に風洞実験を行った。超音速領域では断面形状が楕円横型、特に空気の力でバルートが変形する事を考慮した変形バルートの通風時にはバルートの姿勢に影響を与え不安定になることが観察されたが、この振動は空力特性には大きな影響を与えていないことがわかった。また低速度領域においては翼型のバルートが不安定な挙動を示し、楕円横型のバルートは模型の変形に関わらず、他の断面形状を持つ模型よりもバルートの揚力によって浮き上がらないという事がわかった。また傾き角 θ による空力特性の推移も円型、楕円縦型は安定的な推移を示すのに対して、楕円横型は傾き角 θ を境に揚力係数が跳ね上がるような推移を見せた。

以上の事を考慮すると、バルートの断面形状は円

型のものが最適であると考えられる。また展開可能なバルートにおいてもバルートが空気の力によって変形し、断面形状が楕円縦型に近い形になったとしてもバルートは安定した姿勢を保つのではないかと考えられる。

4. おわりに

今回の学会では他大学や企業の方々、JAXA の方々と議論を行うことで自らの研究において新たな課題や新しい概念などについて考える事ができた非常に貴重な期間であった。今後はこの学会を通して得た事を日々の研究に活かしたいと考えており、次の学会までに理解を深め、さらに深い議論を行って行きたいと考えている。

参考文献

- 1) R. R. Rohrschneider and R. D. Braun : "Survey of Ballute Technology for Aerocapture," *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol.44, No.1, 2007, pp.10-23.
- 2) P. A. Gnoffo, G. Buck, J. N. Moss, E. Nielsen, K. Berger, W. T. Jones, R. Rudavsky : "Aerothermodynamic Analyses of Towed Ballutes," AIAA Paper 2006-3771, 2001.
- 3) A. Rasheed, K. Fujii, and H. G. Hornung : "Experimental Investigation of the Flow over a Toroidal Aerocapture Ballute," AIAA Paper 2001-2460, 2001.
- 4) H., Otsu : "Effect of Lift on the Reentry Vehicle System with the Trailing Toroidal Ballute," AIAA Paper 2008-0234, January, 2008.
- 5) H., Otsu and T. Abe : "Numerical and Experimental Investigation of Aerodynamic Characteristics of the Tilted Toroidal Ballute," AIAA Paper 2009-7410, October, 2009