

揚力を有するバルートの空力安定性に関する研究

大津広敬 (龍谷大学工学部)

実験期間：平成22年10月18日から10月22日

バルート(Ballute)とは、バルーン(Balloon)とパラシュート(Parachute)を組み合わせた造語であり、ドーナツ型のインフレータブル構造体を利用することにより大型で軽量の空力面を形成することで、空気抵抗を大幅に増加させることにより、高高度で飛行速度の減速を可能とし、空力加熱を大幅に低減できる空力デバイスである。このデバイスを利用して再突入飛行中の減速度を低減するためには、抗力だけでなく揚力を発生させる必要があるが、揚力が発生すると、ピッチングモーメントが発生するため、迎え角をある一定の角度に維持することが必要である。

本研究では、揚力を発生した状態で、機体の迎え角を維持できるかどうかを実験的に調べた。実験模型は図1に示すように先端に取り付けられた再突入カプセルを模擬した球形部とトーラス型のバルートを模擬したリングから構成されており、球とリングは4本のロッドで固定され、個々のロッドの長さを変えることで、球とリングの距離および角度を調整することができる。また、球の部分は風洞に模型を固定するためのスティングにヒンジを介して取り付けられており、通風中の空気力により迎え角が自由に変化できるようになっている。また、ヒンジの位置は、球およびリングの質量を調整することにより、試験模型の重心位置と一致させている。

図1のケースでは、揚力がバルートの部分に発生しているにもかかわらず、ほぼ迎え角0の状態で見守れていることがわかる。これは、特別な制御をしなくても、揚力を発生した状態で宇宙機の迎え角を一定の角度に維持することが可能であることを示している。バルートと宇宙機の距離、バルートの傾斜角、重心位置などを変化させて試験を行った結果、ほぼ全てのケースにおいて、通風中に迎え角が振動することなく一定の値から変化しないことが明らかとなった。このことから、バルートを傾けることによって揚力を発生した状態で迎え角を一定の値に維持したまま飛行することが可能であることが分かる。

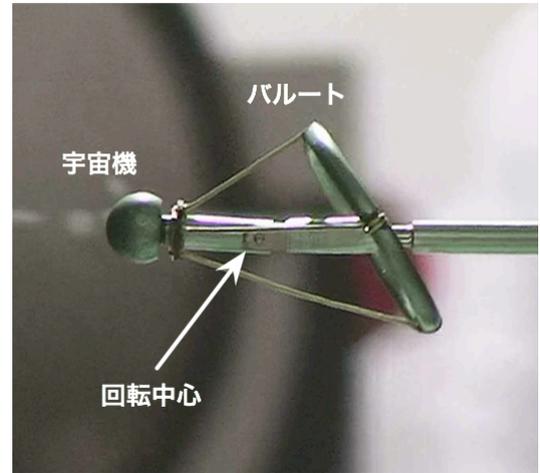


図1 通風中の試験模型の様子

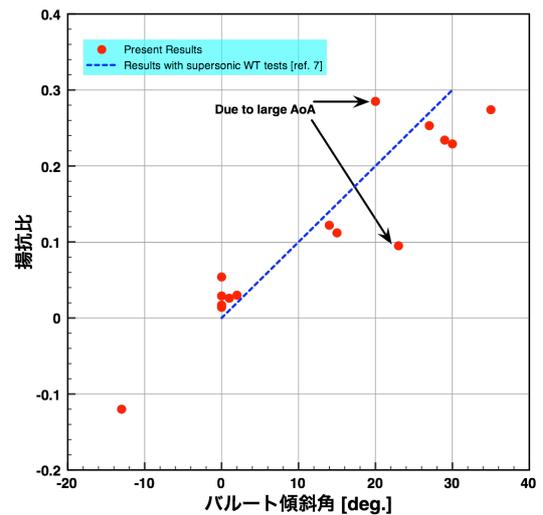


図2 バルートの姿勢と揚抗比の関係(文献1)

バルートの傾斜角を変化させたときの揚抗比の変化を図2に示す。この結果から、傾斜角を増加させることにより揚抗比を増加させることが可能であることがわかる。この結果から、バルートの傾斜角を積極的に制御することにより、揚力を発生させ、減速度を低減できることが期待される。また、バルートの傾斜角を変化させても、宇宙機の姿勢を一定の角度に位置させることができることから、バルートの傾斜角を制御することにより、空力加熱と減速度の両方を低減できる、新しい再突入飛行体を実現できる可能性があるといえる。

参考文献

[1] Hiroataka Otsu, "Experimental Investigation of Longitudinal Stability of the Reentry Vehicle with Toroidal Ballute," AIAA-2011-1040, 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, Orlando, Florida, Jan. 4-7, 2011

[2] 上嶋健二, 奥田真也, "バルートを用いた宇宙飛行体の空力特性に関する研究," 平成22年度 龍谷大学工学部機械システム工学科 卒業論文, 2011 2月