

## 減速 G 緩和による低身体負荷型の 有人用大気圏突入機システムに関する研究

学生証番 47226064 米村 亮太  
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words: Atmospheric re-entry, G-force, Manned spacecraft, Hypersonic Wind Tunnel

人類の宇宙への旅と宇宙からの帰還において避けられない大気圏再突入は非常に緊張を伴うフェーズである。大気圏再突入の際、宇宙船外部は厳しい空力加熱を受け、内部では振動という問題に直面する。また、宇宙飛行士にとって、減速Gという大きな身体負荷も避けては通れない問題の1つである。本研究では、減速G緩和に焦点を当てた。

本研究の目的は、大気圏突入時の搭乗員の身体への負荷となる減速 G の値を極限まで下げることが目標に、低身体負荷型の新しい大気圏突入機システムの設計、提案を行うことである。大気圏再突入時、宇宙飛行士の身体にかかるGはアポロのケースは最大7G、クルードラゴンの場合は最大約5Gであり、半年間、無重力空間で過ごした身体にとって非常に大きな負荷となる。宇宙飛行士は大きなGに耐える訓練を積んでいるが、訓練を積んでいない人には大きな壁となる。そこで、Gの新しい指標を定義し、Gの最大値のみならず、Gの質にも注目して評価を行った。

低身体負荷を実現する新しい大気圏突入機を設計、提案することを目的とし、大気圏突入シミュレーションにより減速 G の低減、緩和を試み、翼付き大気圏突入カプセルを極超音速高風洞により実験を行ったところ、以下を示す結果が得られた。

- 減速Gの最大値を1G以下まで緩和させることができた。
- 「減速Gを緩和」と「ダウンレンジと飛行時間の延長」はトレードオフの関係であることが明らかになった。
- 実験を通して、既存の宇宙船カプセル・クルードラゴンに翼を取り付けることで、高い揚抗比を生む、新しい大気圏突入機の可能性を示唆した。
- 機体に巻き付けた翼を伸ばし切らず、曲率が残った状態の翼は、平面状の翼とほぼ同じ、むしろより良い空力性能を示した。

今後の展望、課題として、大気圏突入機の姿勢制御が挙げられる。本研究で行った大気圏突入シミュレーションは質点の運動を想定して計算を行ったものであり、宇宙船の形状を考慮した姿勢については把握できていない。翼を展開することで旋回できる可能性を持つため、減速Gが搭乗員にかかる向きや着陸地点制御を踏まえた宇宙船の姿勢制御を大気圏突入軌道設計に組み込むことが重要であると考えられる。加えて、翼を取り付ける上での構造的強度の検討、そして空力加熱への対策として、ヒートシールドの配置の検討も必要である。減速 G を緩和できたとしても、大気圏再突入時、宇宙船が厳しい環境にさらされることには変わりなく、搭乗員や内部をどう保護するかも検討すべきだと考える。