

授賞者の研究業績の紹介

2014年度 第7回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙工学関係

(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 助教
山田 和彦 (やまだ かずひこ ; 1976年生)

業績の題目：柔軟構造による再突入飛行体の研究開発

再突入飛行体は宇宙活動の基幹技術の一つであり、活発な研究開発がおこなわれている。これまでの再突入飛行体は、「はやぶさ」サンプルリターンカプセルのように堅固な耐熱構造を有したシステムであった。これに対して、積極的に飛行環境を緩和して耐熱構造の軽減化を図る方向の研究開発も行われている。その中で、山田和彦氏は柔軟構造による再突入飛行体の研究開発に主導的な貢献を果たしてきた。顕著な業績を以下にまとめる。

1. 柔軟構造による再突入飛行体システムの提案

再突入飛行体の大気圏突入軌道特性を決める最も重要なパラメーターは、飛行体質量 m 、空気抵抗係数 C_D 、空気力発生面積 S で決まる軌道係数 $C_B=m/C_D S$ である。低軌道係数を持つ飛行体では、高々度で亜音速まで減速しそのまま緩降下させることが可能であり、空力加熱による壁面温度上昇を抑えることができる。山田氏は、低軌道係数を持つ飛行体として展開型膜構造エアロセルの基礎研究を行い、その成果をもとにインフレーターブルリングで支持されたフレア型の柔軟構造エアロセルによる再突入飛行体システムを提案した。さらに、その研究開発戦略マップを策定し JAXA 宇宙科学研究所と大学の研究室で構成する研究チームを立ち上げて、その主導的研究者として共同研究を進めている (論文 2)。

2. 柔軟飛行体の広範囲なマッハ数領域での空力特性の解明

柔軟構造による再突入飛行体システム開発には、柔軟な構造物の空気力学、すなわち柔軟構造体と流体の連成問題について深い理解が必要である。山田氏は、構造/空力連成解析法の一つである多粒子膜モデルを開発するとともに各種風洞実験を行い、柔軟な構造物の空気力学の研究を進め、その成果をもとに、柔軟構造による再突入飛行体システムの設計基準を明らかにしている。エアロセルは円錐状の薄膜部で発生する空力荷重をその外側に配置したインフレーターブルリングで圧縮力として支える構造となっているが、その構造強度を評価する評価式が導出されている。また、インフレーターブルリンク部では、空力加熱とともに、輻射冷却、リンク内での自然対流熱伝達など複雑な現象が生じているが、一次元熱伝導モデルをもとに現象の整理がおこなわれ、加熱表面の輻射率等の主要パラメーターの抽出がおこなわれている。これらの検討結果をもとに、山田氏は、柔軟構造による再突入飛行体システムの設計仕様の構築を中心的に進めている (論文 1)。

3. 柔軟構造による再突入飛行体システムの飛行実験による性能実証

柔軟飛行体の場合、縮小模型を用いた風洞実験と実機との間のスケーリング則は必ずしも明らかではない。また、このような複雑なシステムが大気圏突入環境という過酷な環境下でも確実に機能することを飛行実験で実証しておくことが重要である。柔軟構造による再突入飛行体システムの研究開発においては、各種の飛行実験がおこなわれ、山田氏はその中心メンバーとして実験を主導的に指導している。2003 年以来数度に亘って JAXA 大気球による高高度落下飛行実験が実施され、柔軟構造による再突入飛行体システムは音速から低速に至るまで正常に機能したことが実証されるとともに、その抵抗係数に関し、飛行実験と風洞実験の結果は定性的かつ定量的によく一致しており風洞試験によるデータの信頼性が確認された。2012 年には、JAXA 宇宙科学研究所の観測ロケット (S-310) による大気圏突入試験が実施された。飛行データは予測軌道とよく一致しており、また、事前の風洞試験から予測した抵抗係数と飛行軌道から得た値は定性的に一致していた。これらから、実験機は大気圏突入時に、想定どおりの減速性能を発揮したことが実証された (論文 1、3)。

現在、柔軟構造による再突入飛行体システムの研究開発は、ピギーバック衛星による低軌道からの再突入実証実験を目指して研究開発が進められており、山田氏は主導的研究者としてインフレータブルリング構造という独創的発想によるエアロシェルの研究開発を牽引するとともに、柔軟飛行体を構成要素の一つとする次世代惑星探査システムを提案し、その先鞭をつける研究を進めている。当該分野を中心に今後も我国の宇宙工学の発展にリーダーシップを持って貢献していく研究者となることが期待される。以上の理由により、山田和彦氏に第 7 回 (平成 26 年度) 宇宙科学奨励賞授賞を授与することとなった。

関連する論文リスト

1. “Flare-Type Membrane Aeroshell Flight Test at Free Drop from a Balloon”, Kazuhiko Yamada, Daisuke Akita, Eiji Sato, Kojiro Suzuki, Tomohiro Narumi, and Takashi Abe. *AIAA Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 46, No. 3 (2009), pp. 606-614.
2. 山田和彦、鈴木宏二郎、安部隆示、今村宰、秋田大輔「展開型柔構造大気圏突入機 MAAC の開発と将来展望」、日本航空宇宙学会誌、第 59 巻、第 695 号、2011 年、12 月.
3. “Suborbital Reentry Demonstration of Inflatable Flare-Type Thin-Membrane Aeroshell Using a Sounding Rocket”, Kazuhiko Yamada, Yasunori Nagata, Takashi Abe, Kojiro Suzuki, Osamu Imamura, and Daisuke Akita. *AIAA Journal of Spacecraft and Rockets*, Posted online on 27 Jun 2014.