

授賞者の研究業績の紹介

2018年度 第11回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙工学分野

佐藤 泰貴 (さとう やすたか)

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所・助教

業績の題目：宇宙用大型膜の微細な変形特性を考慮した収納・展張に関する研究

薄膜大型太陽電池、ソーラーセイル、サンシールド、膜面アンテナなどに用いられる宇宙用大型膜は、コンパクトに折り畳んで収納し、かつ展開後に面精度と剛性を確保する技術が重要である。膜面の折り畳みに関して、従来、折り目の変形が、全体の変形に及ぼす影響は十分に検討されておらず、設計・製造においてほとんど無視されてきた。佐藤泰貴氏は、折り目に代表される微細な変形を考慮することで、よりコンパクトな収納および展開後の面精度と剛性の向上が可能になることを明らかにしてきた。その中でも顕著な業績を以下にまとめる。

1. 膜面の折り目の変形特性を考慮した巻き付け折り畳み方法の提案

宇宙用大型膜は、厚みがあるため、折り目線が、目標に対してずれて、巻き付け軸方向の収納効率が低下する。また、折り目に生じる局所座屈により、巻き付け半径方向の収納効率が低下する。これらの折り目線のずれや局所座屈は、折り畳みパターンなどの幾何学特性と、折り目の変形などの力学特性によって決まるものの、従来の研究では、幾何学的な特性にのみ着目し、力学特性に関する検討はなされなかった。

佐藤氏は、膜の折り目の変形という力学的な特性を考慮することにより、これまでになく高い収納効率が実現可能であることを示した。まず、大変形ならびに弾塑性変形を考慮した一次元折り目モデルを提案することにより、折り畳む際に折り目に加える面圧と収納効率の関係を明らかにした。次に、提案した折り目モデルを用いて、収納効率を低下させる折り目線のずれならびに局所座屈が発生するメカニズムを明らかにし、収納効率を向上させるための折り畳みにおける力学パラメータを求めた。さらに、折り目の力学特性を考慮し、収納効

率を向上させるための巻き付け折り畳み方法を提案した。

2. 展開時の折り目の残留変形を考慮した巻き付け

折り畳み宇宙用大型膜の展開後の形状は、折り目の残留変形によって面精度が低下する。佐藤氏は、前述した1.の折り目モデルを用いて、折り畳みの際に生じる塑性変形を予測するとともに、それを考慮した展張時の折り目の残留変形形状の予測手法を確立した。また、残留変形量と折り畳みの力学パラメータの関係を明らかにすることにより、目標とする面精度を実現するための巻き付け折り畳み方法を提案した。

3. ソーラー電力セイル実証機IKAROSの展張形状特性の解明

ソーラー電力セイル実証機IKAROSの低スピン運用時の膜面形状は、太陽輻射圧によって大きく撓むことが事前に予想されていたが、実際にはほとんど撓まず、フラットな形状に近かった。

佐藤氏は、薄膜太陽電池セルの反りによって膜面上にしわが励起され、面外剛性が高くなることを有限要素解析により明らかにした。この結果は、低張力状態においては膜の微細な変形が剛性におよぼす影響を無視できない領域が存在することを意味しており、通常、膜は圧縮力を持たないという常識を越えて今後の膜構造の設計にとって非常に重要な知見となった。次期ソーラー電力セイルの膜面設計は、この知見を考慮したものとなる予定である。

このように佐藤氏は、優れた研究成果をベースに、今後も日本の宇宙用大型膜の研究開発を先導していくことが期待され、氏に宇宙科学奨励賞を授与することとなった。

関連する論文リスト

- 1) 佐藤泰貴, 古谷寛 “大型膜巻き付け折り畳み過程で形成される折り目線の形状特性,” 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 61, No. 4, 2013, pp. 95-102.
- 2) Satou, Y., and Furuya, H., “Local Buckling in Crease Induced by Wrapping Fold of Space Membrane,” Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 51, No. 2, 2014, pp. 595-603.
- 3) Satou, Y., Okuizumi, N., Sakamoto, H., Furuya, H., Ono, G., Shirasawa, Y., and Mori, O., “Nonflatness of Solar Sail Membrane Predicted by Nonlinear Finite Element Analyses,” AIAA 2014-0832, SciTech 2014, National Harbor, Jan. 2014, pp. 1-15.