

# 受賞者の研究歴と研究業績

## 2012年度 第5回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙工学分野

(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 助教

津田 雄一 (つだ ゆういち; 1975年生)

研究題目：ソーラーセイルによる深宇宙探査・航行技術の実証的研究

IKAROS は、独立行政法人宇宙航空研究開発機構の宇宙科学研究所及び月・惑星探査プログラムグループが開発し、2010年5月に打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機であり、世界で初めてソーラーセイルによる深宇宙航行を実現した。津田雄一氏は、IKAROSの開発に主導的な貢献を果たした。その中の顕著な業績を以下にまとめる。

### 1. ソーラーセイルの遠心力展開方式の開発

ソーラーセイルを実現するためには、一辺が数十mに及ぶ膜面を宇宙で展開することが必要である。展開時、ソーラーセイルは全体の回転運動と膜面の構造変形・振動が連成した複雑な挙動を示す。津田氏は、膜面の展開時の挙動を数値シミュレーションにより詳細な力学解析を行い、その解析結果をもとに遠心力を利用した膜面の展開方式を提案するとともに、宇宙科学研究所の観測ロケット S310 を用いた宇宙実験を行って、その実現性を確認した。IKAROS ではこの展開方式が採用された(論文1)。

### 2. ソーラーセイルの姿勢制御システムの開発

ソーラーセイルは、膜面の太陽に対する向きを制御することによって軌道を制御する。そのため、その姿勢制御が重要である。しかし、ソーラーセイルは構造変形の生じやすい大型膜面構造物であり、構造変形を抑えながら姿勢を制御することは難しい技術的課題となる。津田氏は、スピン安定化法をもとにしたソーラーセイルの制御系を提案した。制御系は、太陽センサと通信アンテナを用いた姿勢決定方式と膜面の構造変形を抑えた姿勢制御方式から構成される。提案した姿勢制御系は IKAROS に採用され、その有効性が実証された。また、幕面上に可変反射率素子を配置してその反射率を制御することによって、ソーラーセイルに加わる太陽輻射圧トルクを制御し、ソーラーセイルの姿勢を制御する方式を提案した。この制御方式は IKAROS によって宇宙実験が行われ、その有効性が実証された(論文2)。

### 3. ソーラーセイルの誘導航法の開発

スピン安定化されたソーラーセイルは、太陽輻射圧トルクによってスピン軸の移動(歳差運動)とともにスピン速度の変動が生じる。しかし、これらの運動を生じさせる太陽輻射圧トルクは、膜面の局所的な変形(しわ)と太陽輻射圧の相互作用によって生ずるものであり、打ち上げ前に予測することは難しく、飛行データをもとに予測していくことが必要となる。津田氏は、IKAROS の飛行データを解析することによって、ソーラーセイルの姿勢運動から膜面形状を推定し、太陽輻射圧トルクを予測するモデルを導出した。このモデルは、単にIKAROS の姿勢運動を予測できるモデルではなく、広く任意形状のソーラーセイルに働く太陽輻射圧トルクとそれによるソーラーセイルの姿勢運動を予測できるモデルであり、一般化スピンセイルモデルと呼ばれている。ソーラーセイルにおいては、太陽と膜面の相対姿勢で発生推力が決まるから、一般化スピンセイルモデルはソーラーセイルの誘導計画の基礎となるモデルである。津田氏は IKAROS では、一般化スピンセイルモデルの平衡解が姿勢の制約条件を満たすことを利用して、IKAROS の姿勢運用計画を平衡解を基準とする運用計画に切り替えて運用を行った。このようにすることによって当初の予定を大幅に超えた長期運用を実現するとともに、一般化スピンセイルモデルをもとにした軌道計画・姿勢制御計画の有効性を実証した(論文3)。

以上のように、津田氏は、ソーラーセイル技術の根幹である膜面の展開・展長技術の開発など、世界初のソーラーセイル IKAROS の実現に主導的な貢献を果たした。また、同氏は、IKAROS の成果をもとに、ソーラーセイルの軌道・姿勢運用計画の基礎方程式となる一般化スピンセイルモデルの導出など、将来のソーラーセイル技術へ先鞭をつける研究を進めており、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。これらの優れた業績により、津田雄一氏に、第5回(2012年度)宇宙科学奨励賞を授与することになった。