

授賞者の研究業績の紹介

2025年度 第18回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙工学分野

尾崎 直哉 (おざき なおや)

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 宇宙機応用工学研究系 准教授

業績の題目：高頻度な小惑星探査を実現する軌道設計・最適化手法の確立と実装

近年、宇宙科学に加えてプラネタリーディフェンス・宇宙資源探査の観点で小惑星探査がますます注目されている。尾崎直哉氏は、複数の小惑星を効率的に探査するために有効なアプローチの1つとして、「小惑星フライバイ サイ클ー軌道」というアイデアを示し、その最適化手法を確立した。同氏はこの研究成果をDESTINY+の計画変更に応用し、当初の探査目標天体を複数に拡張するなど宇宙科学・探査における日本の能力の高さを改めて示した。このアイデアは即応型フライバイ探査としてプラネタリーディフェンスへの応用も可能であり、その社会的インパクトが高く評価されている。その業績の概要を以下に示す。

1. 学術研究 (小惑星フライバイサイクラー軌道設計手法の確立) (論文[1])

尾崎氏は、複数の小惑星を効率的に探査するためのアプローチとして、「小惑星フライバイ サイクラー軌道の最適化」という独自のアイデアを確立した。これは、地球と周期的に会合する軌道に探査機を投入し、地球スイングバイを繰り返すことで、マルチフライバイする方式である。このような最適化問題は、「対象天体の数が増加すると、現実的な時間で計算を完了することが困難となる。これまでは、評価関数を適切に設定して解を探索する手法を採用してきたが、これは誰でも使える気安さがある一方、専門家が持つ「知識・経験」が活かされない。尾崎氏は「入出力関係を模擬するブラックボックス」(一般的にサロゲートモデルと呼ばれている)という形で「知識・経験」をモデル化した。尾崎氏は、サロゲートモデルを構築するために、深層ニューラルネットワークを用いて最適化問題の解を近似し、実ミッションに適用可能であることを示した。

2. ミッション実装 (Destiny+への応用) (論文[2])

尾崎氏は、上記の研究成果を DESTINY+の計画変更に応用し、理論的枠組みが実際のミッション設計において高い有効性をもつことを示した。DESTINY+ミッションは、電気推進を用いたスパイラル軌道上昇から H3 ロケットを用いた深宇宙への直接軌道投入へと刷新されたが、尾崎氏らは当初想定していた小惑星 Phaethon だけでなく、小惑星 Apophis を含む複数の小惑星がフライバイ可能であることを速やかに示し、宇宙科学探査における日本の国際的プレゼンスを高めることに大きく貢献した。また、ESA の RAMSES 計画との同時打上げが可能であることも明らかにされ、国際協力で推進する深宇宙探査ミッションの新たなモデルケースとして注目されている。

3. 新たな学術領域の開拓 (プラネタリーディフェンスへの学術の貢献) (論文[3])

危険小惑星を発見した際の対応として、即応的フライバイ探査が注目されつつあ

る。尾崎氏は、複数の探査機を小惑星フライバイ サイ클ラー軌道に予め配置し、危険小惑星が発見された際に速やかに軌道を変更することで、目標天体への即応型フライバイ探査が可能であることを示した。工学的学術成果のプラネタリーディフェンスへの応用という新領域の開拓につながった。尾崎氏は、このアイデアを軸として高頻度即応的宇宙探査を推進するベンチャーを立ち上げ、内閣府主催のスタートアップ支援プログラム S-Booster 2023 において最優秀賞を受賞するなど、学術的成果のみならず社会的インパクトも高く評価されている。

以上の通り、尾崎氏は機械学習を導入した革新的な軌道設計技術によって、小惑星探査の新しい世界を開拓する数多くの優れた研究成果を挙げている。これらの研究は、アストロダイナミクスの学術分野全体に対して、新たな学術領域を切り拓く可能性を示している。尾崎氏はアストロダイナミクスに留まらず、探査機のシステムにも精通しており、宇宙探査全体を牽引する人材としての素質を発揮しており、今後もリーダーシップを持って日本の宇宙工学の発展にさらなる貢献を果たしていくことが期待される。

推薦対象論文

[1] Ozaki, N., Yanagida, K., et al., “Asteroid Flyby Cyclers Trajectory Design Using Deep Neural Networks,” *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol. 45, No. 8, pp. 1496-1511, 2022.

[2] Ozaki, N., Yamamoto, T., Gonzalez-Franquesa, F., et al., “Mission Design of DESTINY+: Toward Active Asteroid (3200) Phaethon and Multiple Small Bodies,” *Acta Astronautica*, Vol. 196, pp. 42-56, 2022.

[3] 尾崎 直哉, “深宇宙コンステレーションによる地球接近小惑星即応型フライバイ探査構想”, *日本航空宇宙学会誌*, 73 巻 10 号, pp. 337-342, 2025.