

第36回 アストロダイナミクス シンポジウム

レクチャーシリーズ：軌道力学編

2026年

8月3日(月)

9:30~18:20

8/3 (Mon) 9:30-11:00

軌道力学と最適制御問題 by 尾崎 直哉

宇宙機の軌道は軌道力学に基づいて記述され、実際のミッションでは推力や各種制約を考慮した最適制御問題として定式化される。本講義では、まず軌道力学の基礎と軌道設計問題の考え方を概説する。特に、ポントリャーギンの最大原理に基づく間接法と、近年注目されているDifferential Dynamic Programming (DDP) を取り上げ、それぞれの基本原理と特徴、軌道最適化への適用について解説する。後続の「直接法による軌道最適化」を理解するための基礎を身に付けることを目的とする。

8/3 (Mon) 13:30-15:00

摂動論に基づく解析的な軌道計算
by 菊地 翔太

数値積分が中心となる現代の軌道計算において、摂動論は軌道運動を理解するための強力な解析的ツールである。本講義では、ラグランジュおよびガウスの惑星方程式を取り上げ、物体の軌道に生じる摂動を記述するための基本的な枠組みを整理する。特に、高次重力、太陽光圧、スラスター推力などの代表的な摂動源を例にとり、平均化や線形化を用いて軌道変化を解析的に評価する手法を解説する。また、近年の理論研究や探査ミッションにおいて、古典的な摂動論に基づくアプローチが活用されている例も紹介する。

8/3 (Mon) 16:50-18:20

制限三体・四体問題の基礎と応用
by 大島 健太

複数の天体の重力を同時に考慮する重力多体問題には一般解が存在しないため、特殊解に基づく軌道解析・軌道設計手法が有用となる。本講義では、アストロダイナミクス分野における重力多体問題の代表的なモデルとして制限三体問題および四体問題を取り上げ、それらの基礎的内容（運動方程式、ゼロ速度曲面、正則化、太陽潮汐力等）を概説する。特殊解として平衡点、周期軌道、安定・不安定多様体、特異的な衝突軌道を取り上げ、それらの力学的性質および計算方法を解説する。また、それら特殊解に基づく小天体の遷移現象の解析や宇宙機の軌道設計の例を紹介する。

8/3 (Mon) 11:10-12:40

直接法による軌道最適化 by 中条 俊大

軌道設計において、最適制御問題を非線形計画法に変換して解く方法を直接法とよぶ。最適性の必要条件に基づき定式化する間接法と比較して、目的関数や制約条件を柔軟かつ容易に設定でき、また物理的直感に基づき初期推定を設定できるという長所がある。本講義では、直接法の中でも代表的なCollocation法とShooting法を取り上げ、定式化とMATLABを用いた実装例を示す。さらに、実践的な軌道設計を例に取り、最適解を得るための実装のコツについても紹介する。

8/3 (Mon) 15:10-16:40

スイングバイを用いた惑星間軌道設計
by 高尾 勇輝

惑星探査におけるスイングバイ航法は、最小限の操作量で最大の軌道変化を引き起こすことができるエレガントな手法として、VoyagerやCassiniなど惑星探査の黎明期より長らく活用されてきた。金星・地球・火星・木星などを何度も行き来するスイングバイ航法は、一見すると複雑に感じられるかもしれない。本講義では、実際のミッション設計にも適用しうるスイングバイ航法の軌道設計が、実はランバール問題や遺伝的アルゴリズムなどの初歩的な手法のみで簡単に実装できることを解説する。また、講師による最先端のコンピュータスペックや最適化技法を駆使した最新のスイングバイ軌道設計法の研究成果についても紹介する。