

第 131 回 大阪大学工業会機械工学系 技術交流会

機械力学を味わう ～基礎事項の振り返りから応用事例紹介まで～

【キーワード】

解析力学と振動学の基礎事項の振り返り，ラグランジュ力学，ハミルトン力学，モード分解，動吸振器，制震制御，共振曲線，局在化現象

【趣旨】

本学工学部応用理工学科機械工学コースでは，2年次必修科目として「機械力学」を開講し，機械の運動を理解・解析するために必要となる解析力学および振動学の基礎を講義しています．本企画では，「機械力学」の内容に関連する 3 件の講演を通して，解析力学と振動学に関する基礎事項の振り返りから，実際の応用事例の紹介までを一気通貫で提供いたします．各講演において，前半で基礎事項の説明を行い，後半で関連する応用事例を紹介する構成とすることで，機械力学に関する理解を体系的に深めることを目的としています．講演後には，質疑応答および意見交換の時間を設け，ご聴講の皆様とともに，機械力学について広く議論したいと考えております．皆様のご参加をお待ちしております．

記

日 時：2026 年 9 月 11 日（金） 13:30 ～ 17:00

会 場：大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻

M4 棟 2 階 201 講義室

<http://www2.mech.eng.osaka-u.ac.jp/access/>

《スケジュール》

13:00～ 開場・受付

13:30～14:30 講演 1：「解析力学の基礎から力学構造に基づく機械システムの制御」

大阪大学 大学院工学研究科 教授 佐藤 訓志 氏

14:30～14:50 コーヒーブレイク

14:50～15:50 講演 2：「線形多自由度振動系と動吸振器の基礎，そしてスマート材料を用いたセンサレス振動制御」

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 教授 高木 賢太郎 氏

15:50～16:00 小休憩

16:00～17:00 講演 3：「非線形振動解析とその適用事例について」

愛知工業大学 工学部 准教授 原田 祐志 氏

講演 1 の概要：

本講演では、解析力学において重要なラグランジュ力学とハミルトン力学の基礎から、それぞれの力学的構造に基づく機械システムの制御応用について解説する。まず、非線形微分方程式で記述される力学系に対して、平衡点の定義および安定性の概念を確認する。続いて、リアプノフの方法に基づく安定性解析の考え方を概説し、エネルギー関数を用いた安定性の十分条件について述べる。そのうえで、ラグランジュ表現およびハミルトン表現に現れる力学的構造に着目し、これを利用した基本的な制御方策について説明する。さらに応用事例として、講演者らが次世代宇宙干渉計の実現を目指して取り組んでいる、複数字宙機のフォーメーションフライト制御への応用を紹介する。ここでは、宇宙機間の相対軌道運動に現れる非線形性と力学的構造を考慮しながら、目標フォーメーションを形成・維持するための制御手法の概要について説明する。以上を通して、解析力学で学ぶ基本概念が、機械システムの制御や先端的な宇宙工学応用にどのようにつながるのかを概観する。

講演 2 の概要：

はじめに、多自由度の線形振動系の基礎をお話します。モード解析を用いると、多自由度系でも 1 自由度系のサブシステムに分解して捉えることができます。そして、振動系の制振装置として代表的な動吸振器の原理についてお話します。次に、圧電セラミクスや電磁モータを利用したパッシブ制振やセンサレスアクティブ制振、アクティブ制振について、講演者の研究事例を紹介します。パッシブ制振・センサレスアクティブ制振では、シャントダンピングと呼ばれる手法を紹介します。シャントダンピングとは、圧電セラミクスや電磁モータに適切な外部電気回路や仮想アドミタンス回路を接続して制振効果を得る手法であり、動吸振器と同様の制振が電氣的に可能です。さらに、負の減衰や負のばねをもつ動吸振器も仮想的に実現できます。アクティブ制振の紹介では、これまでよく用いられてきた微分とネガティブフィードバックに基づく振動制御手法 (Direct Velocity Feedback) や動吸振器類似の手法 (Positive Position Feedback) だけではなく、積分とポジティブフィードバックに基づく比較的新しい振動制御手法 (Integral Resonant Control) についてお話します。

講演 3 の概要：

機械や構造物の振動解析において、振動振幅が小さいとの仮定の下、系を線形近似することが多い。しかし、振動振幅が大きくなると、系の非線形性の影響が大きくなり、線形系とは異なる現象や、非線形系に特有の現象が現れる。前者は、共振曲線が非線形の影響により線形系の場合から変化するものであり、後者は、分数調波振動、超調波振動といった線形系では生じない現象である。本講演では、これらの非線形現象の共振曲線を求める、非線形振動解析の手法の一つである van der Pol の方法を紹介する。そして、実際にその方法を非線形振動系に適用し、共振曲線の求め方を示す。さらに、本講演では、非線形振動解析の適用例として、複数の同一ユニットが正弦励振を受ける場合に、一部のユニットのみ大きく振動する、振動の局在化現象について紹介する。対象として、複数の非線形振動子が弱い線形ばねで接続された系、複数の単振子が弱い線形ばねで接続された系に対して、van der Pol の方法を用いて、共振曲線を求め、局在化現象が生じることを示す。

以上