

宇宙機の運動制御

航空宇宙力学分野：土屋 和雄（教授）/ 杉本 靖博（助手）

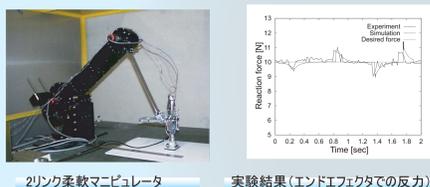
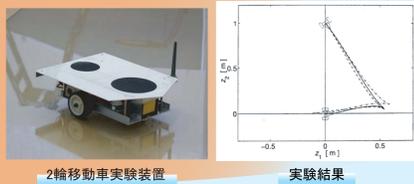
宇宙機の運動制御（軌道制御、姿勢制御）の特徴（面白さ）は宇宙機の飛行する宇宙空間の物理特性、宇宙機自身の力学特性を巧みに利用して、その運動を制御する点にあります。

- ・地球、月、火星…の重力場を利用して宇宙探査機を深宇宙に送り出すスイングバイ方式
- ・角運動量保存則を利用した人工衛星の姿勢変更
- ・etc…

我々の研究室では、このような視点から宇宙機の運動制御を真摯に（楽しく）研究しています。

A. ホイールによる人工衛星の姿勢制御

1. 力学的特徴
角運動量保存則の成立
2. 制御理論
非ホロノミック拘束を持つ力学系の大域的安定化
コントロールドハミルトン系
3. 対象
2ホイールによる人工衛星の3軸姿勢制御
2輪車の切り返し制御

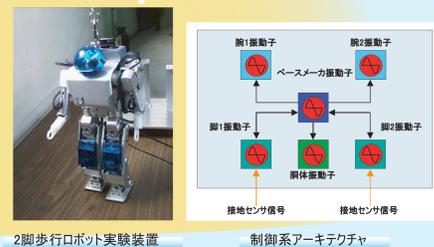


B. 柔軟構造物の運動制御

1. 力学的特徴
数多くの振動モードの存在
2. 制御理論
大数自由度を持つ力学系のロバスト安定化
詳細釣り合い原理
3. 対象
弾性平板の位置・形状制御
弾性リンクを持つマニピュレータの位置・力制御

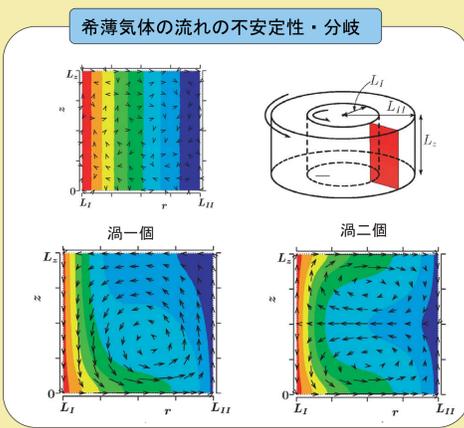
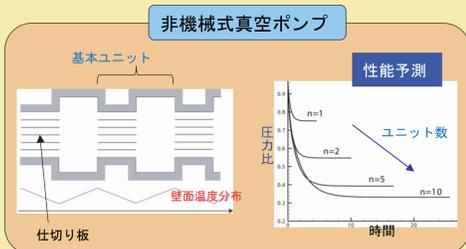
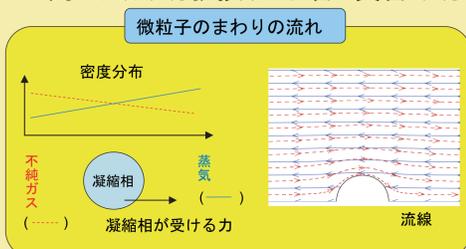
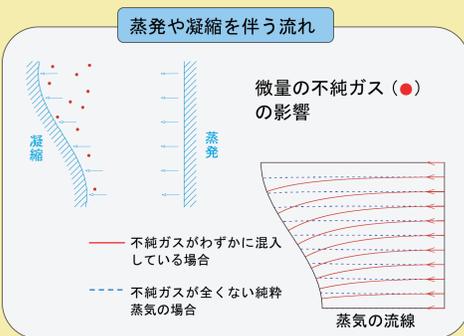
C. 惑星探査ローバー

1. 力学的特徴
未知環境での探査行動
2. 制御理論
自律行動機能の実現
認識系と運動制御系の大域的引き込み
3. 対象
小惑星探査機はやぶさ(MUSES-C)
脚歩行ロボット



ボルツマン方程式による希薄気体やマイクロ流れの研究

分子流体力学分野：
青木 一生（教授）
高田 滋（助教授）/ 小菅 真吾（助手）



連続体力学（流体・固体力学）、構造力学、材料力学に基づく理論的・実験的基礎研究

構造材料強度学分野：小川 欽也（講師）/ 野島 武敏（助手）

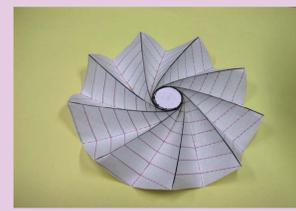
航空宇宙からマイクロマシン及び先端医療に至る用いられる材料・構造物を対象に、ミクロなスケールからマクロなスケールまで様々な観点から研究をおこなう分野であり、連続体力学（流体・固体力学）、構造力学、材料力学に基づく理論的・実験的基礎研究を行っている。

主な研究テーマは

- (1) 柔軟軽量構造体の変形と流体との連成解析
- (2) 構造物の展開メカニズム
- (3) 材料の衝撃強度および動力学的挙動
- (4) 固体の格子モデルにおける非線形波動現象

これらの研究では実験及び数値シミュレーションと理論解析が併用される。また、対象とする材料には金属材料に加え、先進複合材料、セラミックスなどが含まれる。

折り畳み展開構造の開発



宇宙工学の分野では、1996年にNASAがSpartan207衛星（レンズアンテナ）を打ち上げた。これはinflatable（膨張/ふせん）構造からなる。今後、宇宙構造はローコスト化実現のため、この構造様式によるものが主流になると言われる。また数年を以て solar pressure（光圧）を受けて航行させる light craft（ソーラーセイル）の打上げが日米欧で計画されている。このソーラーセイルの帆は最終的に100～300m径のものが必要と言われる。これらの構造をロケットの先端部（フェアリング）に効率よく収納し、確実に宇宙空間で展開するためには、優れた折りたたみ収納法の開発が不可欠になる。このような巨大膜構造の折りたたみと展開方法の難題を解決する手立てが折紙技術に隠されている。さらに、折り紙式カテーテル、ステント等の微小折りたたみ/展開方法として折り紙技術を応用できる。

柔軟飛行体の運動と非線形構造解析



気球や飛行船などいわゆるLTA(Lighter Than Air)は、垂直離着陸が容易で環境にも優しいため、新しい都市型空中輸送手段として改めて注目を浴びている。また、安全で、快適なスカイスポーツ機器としても発展する可能性が高い。本研究では、このような観点から気球の運動やその構造について静的・動的特性の解析を行っている。膜構造をもつ気球は大気静圧や動圧によって容易に変形し、その変形が気球の周りの流れに変化を及ぼすため、空気力学と構造力学を組み合わせた連成解析を行うことによって気球の運動特性を調べている。また、上下運動のみが可能な球状の気球に代わり、扁平な気球を用いて空気力による水平方向運動を実現させることを試みており、新しい滑空機の開発を目指している。数値シミュレーションのみならず、様々な気球を製作し飛行実験を通じて力学モデルの検討を行っている。

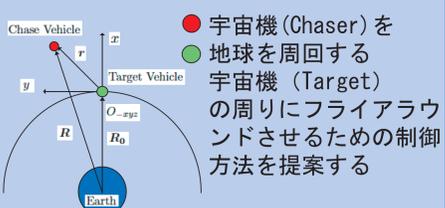
制御工学・システム工学の基礎理論と基盤技術

制御工学分野：市川 朗（教授）
幸田 武久（助教授）/ 中西 弘明（助手）

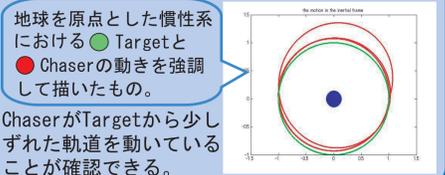
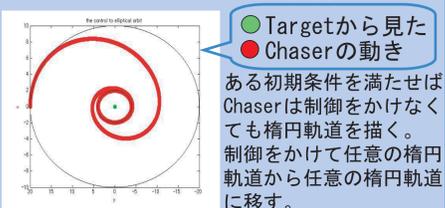
システム制御理論

サンプル値系、非線形系、分布定数系など種々のシステムの制御理論構築および航空機、宇宙機への応用

宇宙機のフライアラウンド制御



自律的なフライアラウンドやランデブに関する制御を考察する背景にはTargetに燃料や物資を補給、点検、修理をしたり、宇宙構造物の組み立てをするなどのサービス、いわゆる軌道上サービスを実用化しようとする構想がある。これが実現されることにより、衛星の寿命を延ばしたり、軌道上に放棄された衛星を撤去することができるようになる。



システム信頼性・安全性解析

事故原因を解明し、事故の再発を防ぐ
起こりうる異常や故障の影響を事前に評価して故障しにくい安全なものを作る



自律型エアロボットの開発とその安全防災活動への応用

自らの姿勢や位置などを高精度に測定し自らの判断により飛行するための制御系の開発人が近づくことができない危険地帯の空からの情報収集活動

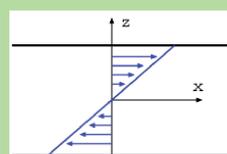


剪断流の層流乱流遷移

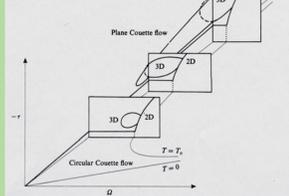
流体数理学分野：
永田 雅人（教授）/ 武田 英徳（助手）

平行平板間の層流（基本流：Navier-Stokes方程式の厳密解）の速度が増加するにともない基本流は安定性を失い、二次流れ、三次流れへと分岐をくり返しながら乱流に遷移していく。この遷移過程での流れの解明に取り組んでいる。

平面クエット流（反対方向に動く平板間の流れ）

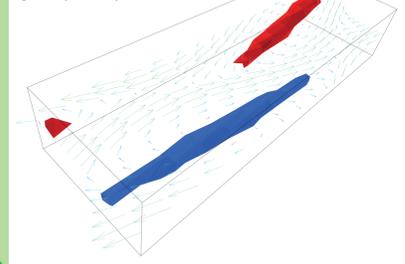


分岐線図 Nagata(1988)

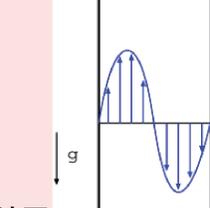


Reynolds 数 R (2平板の速度差を表す無次元パラメータ) 及び流路の回転 Ω に対する壁面摩擦係数の変化

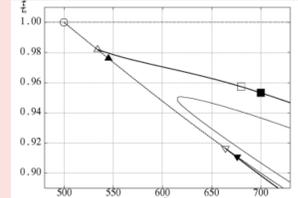
三次元定常解の空間構造 Nagata(1990)



自然対流（異なる温度の鉛直平板間の流れ）



分岐線図



Grashof 数 Gr (2平板の温度差による対流の速度を表す無次元パラメータ) に対する壁面摩擦係数の変化

多様な分岐解の空間構造

