複雑系科学専攻 複雑系計算論講座

畔上 秀幸，大岡 昌博，渡邉 崇，鈴木 泰博

INFORMATION SCIENCE NAGOYA UNIVERSITY
複雑系科学専攻

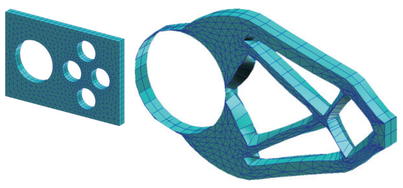
講座のミッション

基本的方法論として計算を中心に据えた複雑系科学の教育と研究を行う. 特に, 自然科学における非線形力学系や人間が行う活動を複雑系として捉え, それらの数理モデルを構築し, 数値シミュレーションの方法を開発する. また, その成果を用いて複雑系のメカニズムを明らかにする. さらに, そこで得られた知見に基づいて, 複雑系の予測や制御の方法, あるいは設計法を開発する. これらの活動を通して, 新たな複雑系の情報科学に関する計算論の確立を目指す.

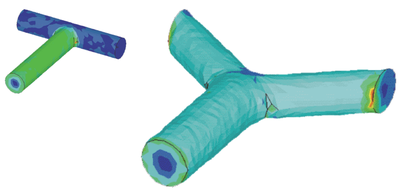
畔上研究室

モデリングと最適化の数理

固体や流体の変形，音や熱の伝わる現象など，我々が日常的に見たり感じたりする現象の多くは偏微分方程式の境界値問題としてモデル化される. これらの問題は，計算機と数値解析理論の発展により数値解が得られるようになってきた. 我々の研究室では，それらの数値解が理想的な結果になるように形や材質を最適化する問題の構成法と解法について研究している.



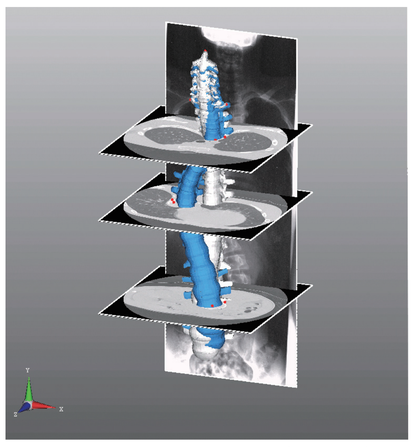
弾性体の形状最適化



流れ場の形状最適化

■ 人工物設計への応用　力を受けたときの変形が最も少ない固体の形は，弾性変形に対する偏微分方程式の境界値問題を主問題におき，外力仕事を目的関数に，体積を制約関数においた最適化問題を解くことで得られる（左上図）. 流体の粘性によって散逸するエネルギーが最も少なくなるような流れ場の形も同様に求めることができる（左下図）. これらの計算法は汎用構造最適化プログラムに組み込まれ，自動車の設計などに使われている.

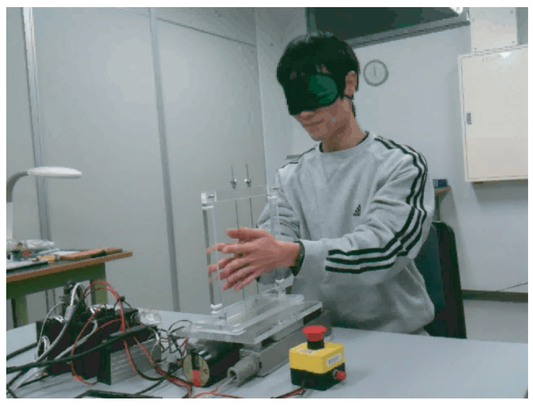
■ 医療への応用　人間を含めた生体の形もさまざまな現象との関わりで形や材質がつくりだされている. 我々の研究室では，数値解析と最適化理論を組み合わせて，生体の形や疾患の解明，さらには治療法の評価や最適な治療部位の解析ができるようなプログラムの開発を行っている.



特発性側彎症患者別モデリング

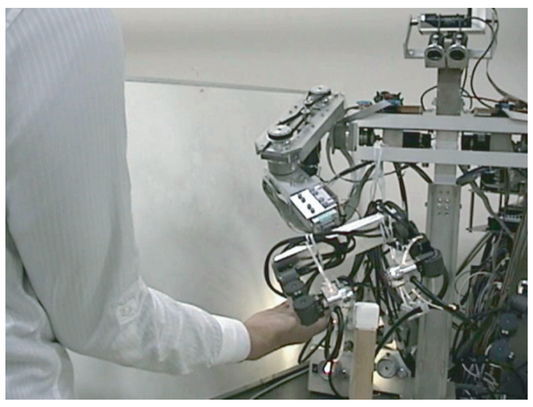
大岡研究室

ヒトの感覚機能の模型化とロボティクスへの応用



触覚の錯覚の研究

■ 触覚の錯覚の研究　二本の鋼線を両手で挟んで，両手を合わせた状態で手を前後に動かすと，鋼線間にやわらかいフィルム状の膜があるかのような錯覚が生じる. 心理物理実験法やＢＭＩ（ブレインマシンインターフェース）によってその仕組みを調査して，仮想現実感に応用する研究を進めている. その仕組みを模型化してロボットに組み入れることによって，巧緻な作業の実現を目指している.



触覚によるコミュニケーション

■ 触覚によるロボットとのコミュニケーション　誰もがロボットを簡単に使えるように，目でする合図，指差し，力加減などでロボットに指示する研究を進めている. 写真は, ロボットに取ってもらいたい物体を指で指示した後，手のひらを広げてロボットに手の上に置くよう促した実験例である. 物体が手の上に接触した時に生じる反力を感じると，ロボットはつかんだ物体を離すので，そっと手のひらに置くことができている.

渡邉研究室

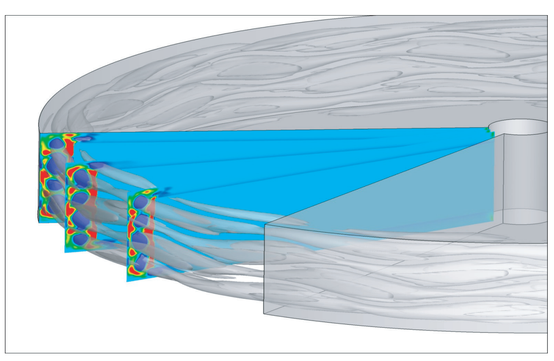
物質の流れと情報の流れの複雑現象の解明

流体や人などの流れを予測, 測定することで, それらの現象の力学的構造を, 把握, 理解する方法の確立を進めている. この結果は，目的の場で好ましい現象を作り出すためにも利用できると期待される.

最尤推定による対象の検出

■ 人の流れの追跡　様々なものが行き交う動画の中から , 私たち（計算機）が覚えている対象を，特徴などが最もよく合うように，効率的に同定する. そして，人や車両が重なりあう場合や，軌跡が交差する場合にも，良好な認識結果, 追跡結果が得られる方法を, 事後確率を最大とするモデルを導入しながら構築している（左図）. この成果は，駅やコンサート会場での人の流れの滑らかな誘導，異常な行動をする人の特定などにも利用できる.

■ 流体の運動　流体は複雑な挙動を示し, 長年にわたり人々の興味をとらえてきた. ジェットエンジンや風車も, 流体運動に依存している. この流れを, 実験的に測定するとともに, 数値的に予測することで, 流れが持つ性質を解明する. その一つとして，回転円板まわりの流れの構造を調べている（右図）. 力学系がもつ非線形性により, 外的パラメータのわずかな変化でも, 流れの構造が大きく変わってしまうことが分かってきた. この結果は, 逆に, 乱れが大きな流れや, 滑らかな流れを作るための制御にも活用できる.

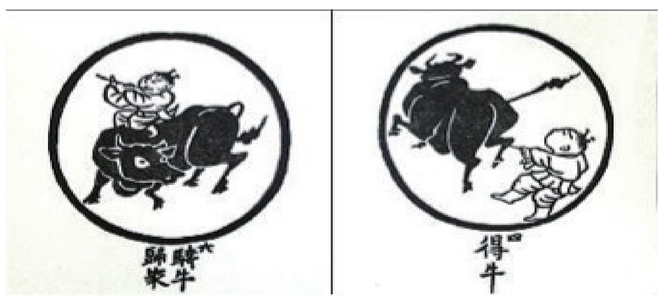


回転円板まわりの流れの渦構造

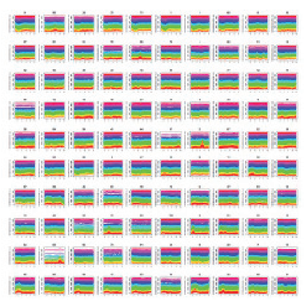
鈴木研究室

自然計算～ハーネスの科学

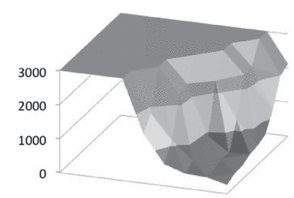
ハーネスとは牛や馬の " 手綱 " のこと . 自然系を牛や馬に喩えると , これまでは手綱をかけて人間（ひと）が目的の方向に " 引っぱって " きた . ハーネスとは " 手綱を使わずに " 自然系を操る方法 . 私たちは生命•環境•人間（ひと）をハーネスする３つのプロジェクトを展開している .



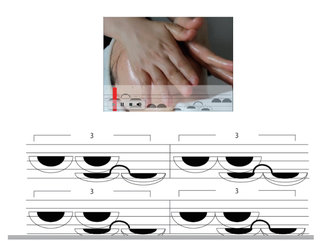
ハーネス法　　従来法



■ 生命 : ハーネスによる免疫活性　インフルエンザ感染初期→肺炎発症→回復までの時系列ゲノム解析 (遺伝子数 40,000 程度). このデータを基に生体のウィルスや病態（癌など）に応答する遺伝子発現パターンからハーネス的製薬, 治療法を検討している .



■ 環境 : ハーネスによる持続可能な環境保全 • 低農薬農業　植物は虫たちと " お話し " をしている . 彼らの言語とは " 香り ". 私たちはその " 言葉づかい " を学び , " 話す (香りを用いた相互作用の修飾)" ことで生態系に加わるための基礎研究をしている .



■ 人間 (ひと) : 触覚刺激により生体の状態をハーネスする　高次触覚刺激（マッサージ）の動作プロトコル解析とその記述体系 " 触譜 " を提案し，触覚の " 快 - 不快 " の原理の解明を行っている . その成果を触覚機器の構築へ応用し製品化（美顔器，催眠 - 覚醒器）を行っている.

この研究は NTT コミュケーション科学基礎研究所との共同研究（渡邊淳司主任研究員）.