

大講座名： 流体力学

研究室名： 流体設計

(注) 下記テーマをベースに、配属生の希望を聞いた上で決定します。今後の状況によっては、多少の変更が生じる可能性があります。また、同じテーマに希望者が集中した場合には、成績が上位の者に優先的に割り当てます。

No.	担当教員	研究題目	研究内容
1	下山 幸治 教授	物理情報に基づくグラフ構造型機械学習モデルによる流体場予測	物理情報に基づく機械学習は、流体力学をはじめとした物理現象を支配する物理方程式と境界条件を学習することで、物理現象を安価かつ高精度に代替予測するモデルとして注目を浴びている。しかし、従来の機械学習モデルは、物理現象の境界条件（例えば、形状や使用環境）が変化する度に学習をやり直してモデルを作り替える必要があるため、形状変更を伴う設計への応用には不適である。そこで本研究では、形状変更に画一的に対応できるよう、グラフ構造型の機械学習モデルを開発し、非線形性・不連続性を伴う流体場の予測に挑むことで、流体機械の設計への応用の糸口を探る。
2	下山 幸治 教授	マルチフィジックス情報に基づく機械学習モデルによる連成現象の予測	物理情報に基づく機械学習は、流体力学をはじめとした物理現象を支配する物理方程式と境界条件を学習することで、物理現象を安価かつ高精度に代替予測するモデルとして注目を浴びている。これまでの機械学習モデルは、流体力学や構造力学など、個々の物理現象の予測が主流であったが、予測対象が複数の物理現象の組み合わせであっても原理的な制約はない。そこで本研究では、従来の数値シミュレーションでは予測が難しい、流体力学と構造力学の連成現象（例えば、航空機翼のフラッター現象）を、マルチフィジックス情報に基づく機械学習モデルにより予測するための基盤研究に取り組むことで、機械学習の更なる応用可能性を探る。
3	下山 幸治 教授	データ駆動によるガスタービン圧縮機翼列の空力設計	流体機械の設計は、形状の異なる様々な設計候補について性能評価を行うことで行われる。従来、性能評価には数値流体力学（CFD）によるシミュレーションが用いられるが、CFDの計算コストの観点から、性能評価を実施できる設計候補の数には限度がある。そこで本研究では、ガスタービン圧縮機翼列を対象として、限られた設計候補の性能評価データから、新たな設計候補について性能を予測し、より良い性能が期待される設計候補についてCFDを追加実施し、データに追加していく。これにより、予測の正確性を上げていくとともに、必要最小限のデータから所望の設計を発見する。
4	下山 幸治 教授	熱流体デバイス設計のロバストベイズ最適化	ベイズ最適化とは、設計候補の性能を予測するモデルの誤差を考慮しながら、性能が最良となると期待される設計候補を、誤差を含む予測モデル上で確率論的に探索するものである。しかし、実際の設計の現場では、形状のばらつきや使用環境の予期せぬ変動などが存在し、設計の信頼性に大きく影響を及ぼす。そこで本研究では、熱流体デバイス（例えば、熱交換器）を対象として、デバイスの形状にばらつきがあっても、性能を安定に発揮できるロバストな設計候補を探索できる、新たなベイズ最適化手法を検討する。これにより、実用に耐えられる信頼性の高い設計を創出する。
5	下山 幸治 教授	熱・物質輸送を考慮した力学モデルを通して探求する植物の最適化構造	力学を駆使して行うものづくりの世界において、多目的最適化の概念ならびに手法が非常に有用なことは多くの事例を通して実証済みである。一方で自然界、たとえば植物や動物が時間軸および空間軸の中でどのように最適化されてきているのかについては、個別の事例研究はあるものの、全容はまったくわかっていない。本研究では、代表的な植物の一つであるイネの内部における熱・物質輸送を考慮した力学モデルを構築したうえで、本モデルを導入した最適化計算を実施し、イネがどのように最適化されてきているのかを機械工学的な観点から探求する。なお、本課題については流体制御研究室（津田先生）との共同研究テーマとする。
6	森 英男 准教授	機械学習を導入した多項式近似フリーな感圧・感温複合塗料の校正手法による圧力・温度同時計測手法の開発	感圧・感温塗料（PSP/TSP）は、有機色素の酸素消光作用および熱失活を利用して物体表面の圧力や温度を可視化する計測手法である。従来、PSP/TSPの発光強度や寿命から圧力・温度を導出する際には、多項式近似に基づく較正式が広く用いられてきた。しかし、特に温度依存性を理論的背景のない多項式で表現することにより、温度計測およびPSPの温度補正における不確かさが増大し、その結果として圧力計測精度が低下するという問題が指摘されている。本研究では、ニューラルネットワークやガウス過程などの機械学習手法をPSP・TSPの複合塗料の校正に導入し、多項式近似に依存しない新たな圧力・温度較正手法を構築する。また、温度分布と圧力分布の導出を従来の逐次的手続きではなく同時推定として扱うことで、温度場の不確かさが圧力場推定に伝播することを抑制し、高精度な圧力・温度の同時計測を実現する。
7	森 英男 准教授	モード分解手法を適用した圧力場の非定常可視化結果に対するインテリジェント解析	PSP/TSPによる圧力・温度場計測技術を非定常現象へ適用する際には、露光時間の短縮に伴うS/N比の低下によって不確かさが増大し、測定データ中の圧力変動成分がノイズに埋もれることで、流れ場に潜む物理現象の抽出が困難になるという問題がある。本研究では、感圧・感温複合塗料を用いた非定常可視化計測において、ノイズを多く含む実験データから物理に基づく圧力・温度成分を効果的に抽出するため、固有直交分解（POD）や動的モード分解（DMD）といったモード解析手法を活用する。これにより、ノイズを含む圧力・温度場計測データから非定常の圧力・温度場を定量的に抽出するとともに、各モードの時間的・空間的特性を解析することで、実験的流動場解析の高度化を実現する。本成果は、例えば圧縮機の低流量運転時に管路系で発生する異常流動現象の一つであるサージングの予兆検知・発生予測など、流体機械の安全運用に向けた応用にもつながる。
8	森 英男 准教授	無機物を活用した高温環境下へ適用可能な感圧・感温塗料技術の開発	物体表面の圧力場を画像として取得できる感圧塗料（PSP）技術は、有機系色素の酸素消光特性を利用する手法であり、色素を担持するバインダーにも有機系ポリマーが用いられる。そのため、100°Cを超える高温環境では熱による色素の劣化が生じ、適用が困難となるという課題がある。本研究では、従来のPSP技術では適用が難しい100°C超の高温環境で使用可能なPSP技術の構築を目指す。具体的には、無機バインダーを用いることで、色素を高温空気から保護するとともに、無機バインダーの酸素透過性を評価し、高温条件下でも機能するPSP層の形成を図る。これにより、従来よりも高い耐熱性を有するPSP技術を実現するとともに、本手法で作製した耐熱PSPの圧力感度および時間応答性を明らかにし、高温場の圧力計測に基づく新たな実験解析手法の確立につなげる。