

2023年度 随時応募枠共同利用研究報告書

2023年07月12日

所属・職名 大阪大学・MMDS・准教授

中澤嵩

		整理番号	2023c003	
1.研究計画題目	流体数理・データ科学による乱流場の計測・予測・制御・設計			
2.新規・継続	新規			
3.種別	随時募集枠			
4.種目	研究集会（Ⅱ）			
5.開催方法	オンライン開催			
6.研究代表者	氏名	中澤嵩		
	所属 部局名	大阪大学・MMDS	職名	准教授
7.研究実施期間	2023年07月03日(月曜日)～2023年07月04日(火曜日)			
	2023年07月06日(木曜日)～2023年07月07日(金曜日)			
8.キーワード	CFD, EFD, データ同化, ベイズ最適化, MRI, PIV			
9.参加者人数	26人			

10.本研究で得られた成果の概要

本研究集会の期間を通じて、流体物理・流体データ科学・流体機械・生体工学等に係る講演がなされ、特にPhysics-Informed Neural Networks (PINNs)に関する講演、および質疑が多かった。技術的には偏微分方程式を機械学習で高速に解く解法となっており、主に自動車の空力解析をCFDで行う際に膨大な計算コストを要する分野では今後、必須となることが予想される。現時点においては低レイノルズ数で比較的、良い結果が出せているようだが高レイノルズ数となると十分に技術が確立されていないようです。自動車や航空機周りの空力解析ではレイノルズ数が100万のオーダーであるため、実用化にはさらなる技術開発が必要とのことだった。一方、生体工学で扱われる血流解析では患者ごとに異なった流体場を扱うことになるため、PINNsのように学習が必要な技術を導入することが難しいようであった。寧ろMRIを行う際の磁場をモデルに組み込むことで、MRI計測に伴うノイズを除去し、精度よく生体内流れを検証することが可能となったようである。

目的とされる成果

乱流場の計測・予測・制御・設計は、流体力学を初めとして様々な工学分野で研究が発展してきた。CFD については言うまでもなく理化学研究所と富士通が 2014 年から開発を進めてきたスーパーコンピュータ「富岳」に代表されるような HPCI によって大規模（数百億から数兆格子）の DNS が実現しつつある一方、EFD の分野ではデータ同化やデジタルツイン等と相性が良いこともあり、伝統的な乱流に関する研究分野と数理・データ科学と結びつくことで新たな研究分野が開拓されつつある。

本研究集会では、CFD や EFD を駆使した乱流工学をはじめ航空工学・自動車工学・生体工学を専門とする大学の研究者及び企業の技術者を講演者として御迎えする。そして、乱流を話題の中心に添えつつ、近年における数理科学・データ科学・AI を駆使した計測・予測・制御・設計に関する最新の技術や知見を共有する。

ところで、産業応用を前提とした場合、最終的には設計や制御といった最適化問題を解く必要がある。一般的な最適化手法としてモデルベースかデータドリブンの 2 択であり、モデルベースは数学的に解が収束することを示せるが局所解しか探索出来ない。一方で、データドリブンは大域解を探索できる一方で解の収束については数学的な保証をえることができない。そこで、モデルベースとデータドリブンを融合させた最適化問題を開発することで、相互の短所を補いつつ、長所を最大限発揮することが期待される。本研究集会では、このような最適化問題を開発する基礎となる議論を展開したい。

関連する研究の経緯

現在、モデルベースとデータドリブンを融合させた最適化問題が十分研究されているとは言いがたい。そこで、本研究集会ではモデルベース・データドリブンにおける最適化問題を扱っている代表者（中澤）・下山幸治氏が、それぞれの基礎的な技術を紹介すると共に、想定される応用先としてのデータ同化に関する研究を三坂氏・大谷氏から紹介する。中村氏・中島氏からは産業界におけるニーズを紹介して頂く。乱流の基礎的な研究を精力的に進めている関本氏・本木氏からは、これらの最適化問題が乱流という観点から妥当かどうか検証を行って頂くことにする。

具体的な計画

実施形態：オンライン

開催日程：

6 月 5 日（月）

10:00-11:00 講演者：関本敦（岡山大学）

11:00-12:00 講演者：本木慎吾（大阪大学）

6 月 6 日（火）

10:00-11:00 講演者：三坂孝志（AIST）

11:00-12:00 講演者：下山幸治（九州大学）
6月8日（木）
10:00-11:00 講演者：中村優佑（マツダ株式会社）
11:00-12:00 講演者：中島卓司（広島大学）
6月9日（金）
10:00-11:00 講演者：大谷智弘（大阪大学）
11:00-12:00 講演者：中澤嵩（大阪大学）

経費の使途：

講演謝金：16,000 円×6 名=96,000 円

研究分野のキーワード

CFD,EFD,PIV,MRI

本研究で得られた成果の概要

本研究集会の期間を通じて、流体物理・流体データ科学・流体機械・生体工学等に係る講演がなされ、特に Physics-Informed Neural Networks (PINNs)に関する講演、および質疑が多かった。技術的には偏微分方程式を機械学習で高速に解く解法となっており、主に自動車の空力解析を CFD で行う際に膨大な計算コストを要する分野では今後、必須となることが予想される。現時点においては低レイノルズ数で比較的、良い結果が出せているようだが高レイノルズ数となると十分に技術が確立されていないようです。自動車や航空機周りの空力解析ではレイノルズ数が 100 万のオーダーであるため、実用化にはさらなる技術開発が必要とのことだった。一方、生体工学で扱われる血流解析では患者ごとに異なった流体場を扱うことになるため、PINNs のように学習が必要な技術を導入することが難しいようであった。寧ろ MRI を行う際の磁場をモデルに組み込むことで、MRI 計測に伴うノイズを除去し、精度よく生体内流れを検証することが可能となったようである。

開催日：2023/07/03～2023/07/07

流体数理・データ科学による乱流場の計測・予測・制御・設計 | 共2023c003

カテゴリ：イベント タグ： 随時募集 研究会II

開催概要

- 開催方法：Zoomミーティングによるオンライン開催
- 主要言語：日本語
- 主催：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所
- 種別・種目：随時募集枠-研究会 (II)
- 研究計画題目：流体数理・データ科学による乱流場の計測・予測・制御・設計
- 研究代表者：中澤嵩（大阪大学・MMDS・准教授）
- 研究実施期間：2023年7月3日（月）～2023年7月4日（火）、2023年7月6日（木）～2023年7月7日（金）
- 公開期間：2023年7月3日（月）～2023年7月4日（火）、2023年7月6日（木）～2023年7月7日（金）
- 研究計画詳細：https://joint1.limi.kyushu-u.ac.jp/research_choosees/view/2023c003

プログラム

7月3日（月）

10:00-11:00

関本敦（岡山大学）
データ駆動型の熱制御による流動設計

11:00-12:00

本本慎吾（大阪大学）
伝熱促進を目的とした乱流制御

7月4日（火）

10:00-11:00

三坂孝志（産業技術総合研究所）
サロゲートモデルを用いたデータ同化に向けて

11:00-12:00

下山幸治（九州大学）
流体解析・設計のためのデータ駆動型アプローチ

12:00-13:00

質疑応答：下山幸治（九州大学）

7月6日（木）

10:00-11:00

中村優佑（マツダ株式会社）
自動車周りに発生する低圧旋回渦の同定手法に関する研究

11:00-12:00

中島卓司（広島大学）
自動車の意匠性と空力性能を両立する多目的形状最適化に関する研究

7月7日（金）

10:00-11:00

大谷智仁（大阪大学）
生体流れMRIに対するデータ同化の高度化にむけて

11:00-12:00

中澤嵩（大阪大学）
SCBの最適設計に向けた圧縮性流体場のCFD