

AIMaP 研究集会等実施報告書

(Part 1/4) 名称・重点テーマ・キーワード等

項目	内容
名称	AIMaP 数学応用セッション OS08(流体力学の新手法と流れの深層: 計算科学・機械学習・力学系・トポロジー(4)(第 65 回理論応用力学講演会)
採択番号	2019K004
重点テーマ	機械学習を用いた乱流ビッグデータ解析、それに基づく代理モデル・数理モデルの構築と時間発展予測
キーワード	機械学習、畳込みニューラルネットワーク、多層パーセプトロン、 リザーバーコンピューティング、流体乱流
主催機関	日本流体力学学会
運営責任者	福本康秀(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所)
開催日時(開始)	2019/06/30 14:20
開催日時(終了)	2019/06/30 15:40
開催場所	北海道大学札幌キャンパス

(Part 2/4) 最終プログラム・参加者数

項目	内容
最終プログラム	14:20～15:40 「AIMaP 数学応用セッション OS08」 流体力学の新手法と流れの深層：計算科学・機械学習・力学系・トポロジー(4) 座長：福本 康秀(九州大) (C000091) 乱流解析への機械学習の応用 ・深淵 康二 (C000110) 多層パーセプトロンによる粘弾性流体乱流計算に向けた代理モデルの構築 ・塚原 隆裕, 長町 厚志 (C000072) 機械学習による空力解析手法の開発と評価 ・豊田 耀山, 服部 裕司 (C000170) 機械学習に基づいた流体マクロ変数に関する数理モデル構築ならびに時間発展予測 ・斉木 吉隆, 中井 拳吾
参加者数	数学・数理科学:15人, 諸科学: 15人, 産業界: 3人, その他: 0人

(Part 3/4) 論点・現状・今後の展開

項目	内容
当日の論点	<p>流体の乱流現象の本質の理解や低次元モデリング、あるいは、気象のような現れる大規模スケールの乱流の予測と制御は、その強い非線形性とマルチスケール性のために、手の届かないところにある。80年代以降、数値シミュレーションや精密計測の技術が発展してきたが、数値シミュレーションの大規模化や実験計測の高解像度化にともない、その規模は年々大きくなる一方である。現在、乱流の直接数値シミュレーション(DNS)で得られるデータの自由度は数百万～数百億にのぼり、まさしく「乱流ビッグデータ」である。乱流ビッグデータは機械学習を用いた解析に適しているはずである。特に、非線形性を捉えられる特徴抽出手法の開発が待たれている。</p>
研究の現状と課題(既にできていること、できていないことの切り分け)	<p>○乱流の数値シミュレーションのためのモデルであるラージ・エディ・シミュレーション(LES)は、流れ場を計算格子スケール(GS)の成分と格子サイズ以下のスケール(SGS)の成分に分け、GS成分に対する発展方程式を解く。この際、発展方程式に含まれるSGS応力のモデリングが必要である。1960年代から半世紀以上にわたって研究が積み上げられてきて、複雑化する一方であるが、未だ汎用性のあるモデルができていない。</p> <p>一様等方性乱流の直接シミュレーションデータを基に、ニューラルネットワークによって、LESの一つであるスマゴリンスキーモデルの応力の回帰に成功した。</p> <p>○汚染物質などの拡散状況の把握には逆問題手法を用いて発生源を特定することができればより有効である。乱流のように強い非線形性(移流)や拡散を伴う場に対しては「リバースシミュレーション」や「随伴解析」など逆推定の方法が困難で、大気境界層スケールでの拡散への実用化はほど遠い。</p> <p>畳込みニューラルネットワーク(CNN)による画像認識を用いて、ある物質に関して、乱流環境下での瞬時濃度分布から物質拡散源の位置推定を行うことができた。</p> <p>○乱流の直接数値シミュレーションで得られるデータの自由度は数百万～数百億にのぼるビッグデータである。乱流の自己維持機構は線形理論では特徴づけられない。渦の伸長・変形などの非線形性を捉えられる特徴抽出手法の開発が待たれている。</p> <p>CNNにLong Short-Term Memory層を設けることによって、チャンネル乱流における単一断面の速度・圧力場からの乱流構造を特徴づける統計量の時空間発展の回帰に成功した。</p>
新たに明らかになった課題	<p>○何をおこなっているか、なぜ、うまくいくのか(あるいは、うまくいかないのか) 機械学習の動作を解明し、適用限界を見極める。</p> <p>○汎用性が高くロバストな特徴量を探し、学習データがない状況においても、時間変化を予言する。しかも、計算精度を定量的に見積もる。</p> <p>○ナビエ・ストークス方程式という第一原理に基づく数値シミュレーションに代わる、乱流統計量の時間発展の計算手段として、計算速度を向上させる。</p> <p>全体的な課題は、以下に記す通りである。</p>
今後解決すべきこと、今後の展開・フォローアップ	<p>乱流の数値シミュレーションや実験計測の結果がビッグデータ化し、データ解析が独立した研究分野になりつつある。機械学習は、乱流ビッグデータを直接に処理できる手段として、研究に不可欠な手段になるであろう。長年にわたる研究にもかかわらず、進展が捗々しくないテーマにおいて、ブレークスルーをもたらす可能性を秘めている。統計量の時間発展、逆問題は解決すべき重要テーマである。</p> <p>我が国では、AIMaPの取り組みが先鞭をつけて、工学分野、計算力学分野においても、機械学習と流体力学の関わりについて、集中的な検討を行うセッションが開催されるようになった。米国やヨーロッパにおいても、このテーマに関するセッションは大入り満員の盛況である。プロメテック株が本テーマに興味を示し、研究打ち合わせを重ねている。</p> <p>同社は、企業向けの数値計算ソフトウェアの開発が主業務であり、次世代の数値解析法の動向にはアンテナを張り巡らせている。毎年12月、同社が主催の大きなシンポジウムが東京で開催されているが、2018年、2019年と2年連続「AI Driven 計算」がテーマの</p>

[様式 1.3.]

セッションが設けられ、2 年目は報告者がオーガナーサイザーを務めた。当日のセッション会場は満員(定員 150 名)の盛況であった。

また、理論応用力学講演会自体が、2024 年に、我が国に理論応用力学国際会議 (ICTAM)を誘致する計画と連動している。ICTAM は、流体力学と固体力学の両分野を含み、双方にまたがる世界で最も権威のある国際会議である。関連分野が手を携えて進めているこの誘致活動に勢いをつけるセッションであった。

(Part 4/4) 写真

項目	内容
添付写真 1	
添付写真 2	
添付写真 3	