

日本計算工学会

「機械学習の工学問題適用に関する研究会」

## 第4回研究会議事録

日 時： 2020年9月10日(木) 14:00~17:00

場 所： Zoomによるオンライン会議

出席者： 和田義孝(近畿大学)、三好昭生(株式会社インサイト)、荻野正雄(大同大学)、中林靖(東洋大学)、山下拓三(防災科研)、菱田博俊(工学院大学)、塚原隆裕(東京理科大学)、大石篤哉(徳島大学)、片桐孝洋(名古屋大学)、塚田祐貴(名古屋大学)、堀江正信(筑波大学、三目先生共同研究者)、三目直登(筑波大学)、森田直樹(筑波大学)、山崎慎太郎(大阪大学)、大崎純(京都大学)、岡田裕(東京理科大学)、大野恭弘(東京理科大学)、渡邊浩志(MSC Software 株式会社)、荒井皓一郎(MSC Software 株式会社)、橋本篤人(AGC 株式会社)、坂口智也(NTN 株式会社)、白窪清隆(NTN 株式会社)、浅井光輝(九州大学、オブザーバ)、石神 隆寛(塚原研究室 D1)、林和希(大崎研究室 D3)、以上 25 名(Zoom 表示順)

### 1) 開会挨拶 (和田義孝主査・近畿大学)

和田主査から開会の挨拶があり、今回もオンライン会議を企画したことが説明された。

### 2) 新委員自己紹介 (全新委員)

今回から新たに研究会に参加した全委員から自己紹介があった。

### 3) フラッシュトーク (荻野正雄幹事・大同大学)

AGC 株式会社橋本篤人委員より WCCM 2018 で講演がなされた、PINNs(Physics Informed Neural Networks <https://github.com/maziarraissi/PINNs>)を熱伝導解析で検証した報告があった。

### 4) 発表第一部 (司会:荻野正雄幹事・大同大学)

近畿大学 和田義孝主査が、「設計問題適用を考慮した回帰モデル生成のためのデータ拡張」と題して講演を行った。その中で特に 2 水準のデータだと予測精度が低くなる事が強調された。

筑波大学 堀江氏(三目委員の研究室の社会人学生)が、「グラフニューラルネットワークを用いたメッシュベース数値解析の汎用的な学習」と題して講演を行った。その中で、特に形状が変わっても同じ学習器が利用出来る事が協調された。質疑応答では、寸法の正規化を現状どのように行っているかと、寸法に結果が依存しているかが問題と

なった。回答として、現状或る程度寸法依存性を除去しているが完全では無いと言う事だった。又、問題依存性が有ると言う事も議論になった。

大阪大学 山崎委員が、「データ駆動型トポロジーデザインの提案」と題して講演を行った。結論として、機械学習の一種である VAE(変分自己符号化器)を使って、既に分かっている構造データから、その特徴を引継ぎつつ、更に高性能の構造データを生成出来る可能性が示された。二つ目として、VAE を使って生成されたデータを FEM でデータ検証する事を繰り返す事で、解集合全体としての改善を行っているので、或る意味、画像専用の GA とも理解出来る。但し突然変異は組み込まれていない。三番目に、機械学習によるデータ生成と数値計算によるデータ検証の繰り返しで解の質を自己完結的に改善して行くと言う点では、alpha GO に近いようにも思える。質疑応答では、中間層のノード数 2 は少な過ぎるのでは無いかとの指摘に対して、4 と 8 の方が良さそうだが、最適値は不明であるとの回答であった。次に FEM の計算回数が千のオーダーと多く計算の負荷が高いと言う事とその対策として、並列計算以外に、回帰モデルを使うと良いのでは無いかと言う事が議論された。次に VAE の代わりに GAN(敵対的生成ネットワーク)を採用してはどうかと言うコメントが有った。又、通常有位相最適化に対して勝る物が今の所は出て来ているのかと言う問に対して、位相最適化要らずを目指しているとの回答であった。又、位相最適化においてミーゼス応力の最大値を評価関数に取る時、応力の最大値を正確に評価するのが困難であるが、それを解決する手法であると追加説明が有った。

#### 5) 発表第一部 (司会:和田義孝主査・近畿大学)

大同大学 荻野正雄幹事が、「粒子充填における深層強化学習の応用に関する検討」と題して講演を行った。結論として、任意形状に対する、粒子の非正規充填構造を探索すると言う問題に対して、エージェントシステムで深層強化学習を使った物を開発中である。今後は、学習する為の局面の数をもっと増やして、パッキングする粒子、既設粒子、境界の関係について、特徴を持つ様な物を用意して行く事を考えている。又、Distributional DQN という価値の分布の値を指定する事が出来るような強化学習のやり方も登場しているので、それも適用してみようと考えている。Python コードを高速化も課題である。Python コードの実行可能バイナリ化の試みについても紹介が有った。質疑応答では、粒子充填部分について並列化の難易度について質問が有り、それに対して或る近似を入れると並列化は可能であると言う返答であった。又、Chainer 以外に TensorFlow の選択肢はどうかとか、Cupy の利用についての是非の質問が有ったが、回答は、結局自前で全部書くのが一番やり易いとの事であった。

防災科研 山下拓三委員が、「データ同化による建築構造材料試験での応力歪テンソル推定」と題して講演を行った。先ず期待した結果が出ていない状態での講演となる事と、機械学習と言う範疇から外れるかも知れない事に対する断りが有った。結論として、

以下の3点が述べられた。(i)画像計測データを観測データに用いた逐次データ同化による材料試験の応力歪推定手法の提案を行った。(ii)双子実験の解析において、構成則の回帰から得られた接線剛性行列が、正定値対称性を満たさない問題が発生した。(iii)回帰モデルのサンプルの取り方、又は回帰モデルの構築方法の再検討により、問題解決を図る予定。

質疑応答では、先ず壮大な計画であり達成すると凄い事になる旨のコメントが有り、次に、研究の目的を再確認したいと言う質問が有り、回答は、材料構成則のパラメータを同定する事が目的では無く、或る要素サイズに合った構成則を数値的に作りたいと言う事が目的であるとの事であった。最後に、テンソルの零成分に何か非零数値が入ってしまったのは、双子実験の時かと言う質問に対し、単体テストの段階からもう入っていたとの回答であった。又、非均質材料を仮定していれば、非零成分も納得できるという問に対して、均質材料を仮定していると言う回答であった。

京都大学 大崎純委員が林和希オブザーバーと連名で、「強化学習を用いた離散構造物の最適設計」と題して講演を行った。全体として、以下の9点が述べられた。(i)トラスや骨組みの様な離散構造物を対象として、トラスについては、最適な位相を、骨組みについては、最適な断面を求める問題に深層強化学習を適用した。(ii)強化学習でニューラルネットワークを用いて作る行動価値の縮約表現を節点・部材数に依存しない物にする事を目標とした。(iii)任意の規模の離散構造物に共通して使え、接続関係も考慮した機械学習モデルを提案し、状態、行動及び報酬の定義方法をケーススタディを通じて検討した。(iv)Graph Embedding をニューラルネットワークに導入して、部材毎に学習するという概念を提案し、更に Graph 構造をベクトルに置き換えた物を部材の特徴量 $\mu$ とした。(v)特徴量 $\mu$ を計算するアーキテクチャは設計問題に依存せず、共通して利用可能である。(vi)特徴量 $\mu$ から行動価値 $Q$ を計算するアーキテクチャを提案したが、それは設計問題に依存せず、共通して利用可能である。(vii)非機械学習の最適化手法を用いずに最適化問題が解ける事を例題で示した。(viii)訓練済エージェントは、構造上の制約・目的を考慮した高度な設計変更が可能である。(ix)訓練済エージェントは、節点・部材数に依らず異なる構造モデル(トラス・骨組み夫々)に適用可能。

質疑応答では、提案している枠組みだと、設計変数の数が増えても其の儘使えると言う事だったが、その仕組みが理解し切れて無かったので説明して欲しいとの質問が有り、その回答としてCNNと同じようなコンセプトで、Graph embedding という手法を、提案した。つまり、グラフの各部材に対して、共通のフィルタを掛けて、特徴量を抽出しているので、これは部材数が、増えたとしても、或いは節点数が増えたとしても、それ自体は、影響を及ぼさず、同じ学習モデルが使える。次の質問、ニューラルネットワークの構造を決めるのに難しさは無いのか?に対して、回答は、既往研究を大いに参考にしていると言う事であった。更に、今はCNNの発想で言うとローカルな物の積み重ねで、大きな特徴を捉えると言う話であるが、トラスの設計問題でも同じような仮説は

成り立つのか?と言う質問に対して、「或る程度は成り立つが、或る程度は成り立たないと思う。もしも余りにも遠くの情報だけだと、例えば中間部の部材は、力の流れを中継するが、その特徴量を抽出するに当たっては、結構遠くの節点を考慮しなくては行けなくて、大変になって来ると思う。それを軽減する為に部材と節点の入力値、畳み込み前情報として入力する値として応力の値が今どうなっているか、線形解析して得られた応力の値がどうなっているのかと言うのは、入力して、或る程度近視眼的な情報も与えるようにしている」と言う回答であった。

次の質問者からは、「最後の議論で、遠くの情報を渡すと言うのは、一番簡単な方法だと、大きな入力、即ち、画像のイメージだと、Convolution で段々に絞り込んで行って、特徴量を抜き出す様にして、結構本気の CNN を使って、回帰問題と言うか、最適化問題にすると、一応関連は残った状態で、畳み込む事は出来るのかと思うが、当然、一杯学習データを用意しなくては行けないとか言う事に成るので、ここは仕組みを入れるか、データを沢山用意して、力尽くでやるのかと言う選択肢かなと思う。」と言うコメントが有り、それに対して、「仰る通りである。どのようなデータを準備するかによって、アーキテクチャの性能も変わって来ると思う。その2つのトレードオフとなる部分も有ると思う」との回答であった。更に質問者から「そう言う所で指針のような物が出ると、手法としてより使って貰えるようになるのかなと言う気がする。」とのコメントが有った。

#### 6) 今後の活動について (中林靖副主査・東洋大学)

中林副主査から日本計算工学論文集の特集号「機械学習の工学問題への適用」の現状について説明が有った。投稿は 15 件近く有り、約半数の採否が確定している。今後 J-STAGE より公開する予定である。公開タイミングは計算工学会の論文担当理事の塩谷先生に一任してある。

#### 7) 次回会合および事務連絡 (和田義孝主査・近畿大学)

次回開催について 12/1(火)午後 2 時開始とする。三好幹事より活動計画 5 項目の内、話題提供に偏っていたきらいが有るので、その他の物も試みる事が提案された。ソフトウェア紹介とか動向調査とかを幹事団の方で調整する。和田主査からは、国際会議の案内(例えば、2021 年 9 月開催の <https://mmltd.eng.ucsd.edu/>)を紹介する事が可能。

以上.