

令和元年10月15日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201980194

氏名 林 和希

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

1. 派遣先: 都市名 ローザンヌ (国名 スイス連邦)
2. 研究課題名 (和文) : 強化学習を導入した建築構造物の制御・最適設計
3. 派遣期間: 平成・令和元年5月31日 ~ 平成・令和元年10月13日 (136日間)
4. 受入機関名・部局名: スイス連邦工科大学 Applied Computing and Mechanics Laboratory
5. 派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

建築構造物は起こり得るあらゆる荷重条件を想定し、応力・変位が許容値以内に収まるように設計する必要がある。しかし、稀に発生するような地震や強風にも対応するためには大量の材料を構造部材に割り当てる必要があり、構造物は平常時に発生する荷重に対して過大に設計されることになる。アクティブ構造はアクチュエータを用いて形状や部材の内力を変化させられる構造で、構造部材に割り当てる材料を減らすことが期待されている。派遣先の研究室ではすでに部材断面積やアクチュエータ配置の最適化手法がすでに提案されていたが、そのアクチュエータを実際の構造物においてどのように精度良く制御するためにはアクチュエータによる形状変化による幾何学的非線形性や実際の構造物に作用する荷重を測定する機器の誤差を考慮する必要がある、大きな計算負荷を要するという課題が残されていた。

そこで、現在の変位とアクチュエータによる部材長の変化量から次の時間ステップでのアクチュエータが取るべき部材長の変化量を推定する強化学習手法を開発した。開発手法では、いったん学習を完了させればセンサーから得られた情報から直ちにアクチュエータを制御するためのコマンドを計算することができ、計算負荷の減少に大きく寄与する。すでに Matlab を用いて数値シミュレーションを行うための大まかなプログラムは完成させており、簡単なタスクに対してアクチュエータを一定誤差以内で制御できるパフォーマンスも数値例題を通して確認している。

数値シミュレーション上で上手く動作した学習済みのエージェント (アクチュエータに送るコマンドの推定器) は実際の構造物を用いた観測結果を用いて再度学習させることでファインチューニングを行い、センサーなどの計測機器の誤差を考慮できるようにする必要があり、そのためのプログラムをある程度完成させたが、動作確認を行うまでには至らなかった。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

アクチュエータを用いた建築構造の制御に強化学習を用いた手法のシミュレーションだけでなく、実寸大のプロトタイプ構造を用いてその適用性を検討した既往研究事例は存在しない。アクティブ構造に必要な細かな制御に強化学習手法がどの程度対応できるかを定量的に評価することは、人命や財産の保護に直結する建築構造において大変重要である。今回の研究派遣で得られた成果はFrontiersが発行する学会誌Design and Control of Adaptive Civil Structuresへの投稿を予定している。

すでに研究の基礎方針は指導教員に向けた15ページ程度のレポートで報告済みであり、円滑に論文の執筆作業を進める準備はできている。現段階ではMatlabを用いたシミュレーションでの学習が完了し、プロトタイプ構造を用いた学習に向けた開発をプログラミング言語Pythonを主に用いて進めている。プロトタイプ構造は滞在先の研究室に設置されているが、現地の博士課程学生と適宜連絡を取りながらデータを取得する予定である。

論文に掲載する図を作成するにあたって必要な、解析結果の可視化ツールについてもビジュアルプログラミング言語Grasshopperを用いておおよそのインターフェースは完成させているが、アクチュエータを表示させるか・応力図を変位図に重ねて表示するか・荷重ベクトルをどのように表示させるかなどのオプションを付加させる必要がある。これら細かなオプションの付加は年内に全て完成させる予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

ルールベースによるプログラミングとは異なり、機械学習で学習させた学習器は必ずしもプログラムの作成者が意図したように動作するとは限らず、学習器に複雑な関数近似を用いるほどそのパフォーマンスもブラックボックス化して動作の根拠を説明することが困難になる。アクティブ構造物はその制御方法を間違えると什器や構造物そのもの、人命を損なう恐れがあるため、機械学習の導入に特に注意を払う必要があるタスクである。動作の説明が困難というデメリットを補ってなお余りあるメリットがあるタスクはどういったタスクかという適用性、そしてルールベースによるプログラミングとのハイブリッドな手法の可能性を建築構造・機械学習のプロフェッショナルと議論することができたことは大きな収穫であった。また、私が正規学生として在籍している研究室では構造物の解析・最適化手法の開発を主としており、これまで実験の経験がなかった。今回の滞在中を通して、実寸大のプロトタイプ構造に触れ、解析結果と実際の構造物の挙動の相違を確認できたのは貴重な体験だった。

何より、機械学習と建築構造という同士の少ない複合領域で研究する私にとって、研究内容に理解を示し、共に切磋琢磨できる仲間が海外でできたことはこれからの研究生活における強い励みとなった。研究当初は自分の研究内容や方針を上手く伝えることができず苦勞することも多かったが、友人と研究内容を積極的に意見交換し続けることで、彼らは私の研究を後押ししてくれる味方になってくれた。滞在期間を通して自分の伝え方を工夫する過程で、英語によるコミュニケーションスキルはもちろん、順序立てて明快に説明する能力・自分の意見を進んで共有する積極性が身についたと実感している。