

令和 4 年 3 月 28 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 202180246

氏名 天羽 晟矢

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 ニジニ・ノヴゴロド (国名 ロシア)
- 2.研究課題名 (和文) : 分岐理論に基づくスパイクニューロンネットワークの動的パラメタ設定
- 3.派遣期間：令和 3 年 11 月 30 日 ~ 令和 4 年 3 月 1 日 (92 日間)
- 4.派遣先機関名・部局名：ロシア科学アカデミー応用物理学研究所
- 5.派遣先機関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)

派遣者はロシア科学アカデミー応用物理学研究所にて Vladimir I. Nekorkin 教授のもと、スパイクニューロン力学系及びそれを用いたスパイクニューロンネットワークの構成・学習の研究に従事した。本プログラム申請時の目的は派遣先教員が提唱した Courbage-Nekorkin; CN ニューロンモデルを用いて、**1.それ単体の分岐現象を調査することと、2.ニューラルネットワークを高階連立差分方程式と捉えて力学系的解析手法を用いて学習効率を上昇させること**であった。

まず、派遣初期の12月から1月前半にかけて先方研究室に蓄積されたCNモデルの知識を教授してもらい、単体および数個の結合を持つ系の分岐現象について議論を行った。これはCNモデルを用いてネットワークを構成する際に重要なパラメタについて、また分岐を発生させるパラメタの選定の議論を含む。続いて、1月後半にはPythonを用いてスパイクニューロンネットワーク及び学習則の実装を行った。具体的には数千オーダーのニューロンを全結合させたネットワークにFORCE法を用いてスパイク波を学習させ、ネットワークに自律的に目標波形を生成させることに成功した。今回の研究ではGPUを用いた大規模演算が必要であったが、派遣者は大規模演算の経験が乏しかった為、派遣先組織の同僚であるMechislav M. Pugavko氏の技術指導・協力のもと実装した。2月には本研究の主目的である、ネットワークの内部変数と出力の力学的特性を調査した。ここではネットワークの内部変数の状態はネットワーク出力に対応するように同期することが確認され、学習パラメタに関する分岐図を取得した。分岐図は実質的にパラメタに依る性能変化を表すものであり、これにより高精度な学習が行えるパラメタ領域を示した事となる。

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)

本研究での成果は帰国後も先方との連絡を取りながら部分的に継続する予定である。なお、学術論文への投稿の予定は未だ決定していないものの、国際学会への発表は将来的に予定している。

現状必要と考えている追加の調査として以下を挙げる:

- ・ FitzHugh-Nagumo モデル等の他のニューロンモデルを用いた場合との比較
- ・ 不連続性に関するパラメタを変化させた際の性能評価
- ・ さらに複雑な目標関数の学習(例: カオスアトラクタや音声データ)

なお、派遣者は帰国後遅速力学系の研究に着手する。遅速力学系は異なるタイムスケールを持つ系であり、カナルと呼ばれる特徴的な周期解を生成する。今回の研究で用いたスパイクニューロンモデルも同じく遅速特性によりスパイク及びバーストを生成しており、これはネットワークの学習性能に関与していると考えられる。今後は遅速力学系の研究と今回の研究を継続し、それぞれの相互作用を期待する。

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)

今回のロシア派遣で得たことを大きく分けて2つ挙げる:

- ・ 研究遂行に必要な大規模演算の技術
- ・ 研究グループの雰囲気と彼らのモチベーション
- ・ ロシア語学習と学術英語の向上

まず、今回の研究では5節で述べた通り、派遣者がこれまで使用したことのなかった GPU を用いた演算プログラムの技術を得た。派遣者は派遣開始前にも複雑な数値計算を行っているが、この技術を応用するとさらなる力学系解析プログラムの性能・利便性向上につながると確信している。さらに、計算論的神経科学の観点からの力学系の知見も得た。派遣者のこれまでの研究は力学系理論の範疇で留まっていたものの、以降は今回と同様に他分野への横断的な研究を進めたい。

次に、派遣先は研究機関であったため、学生ではなく実際に研究を行う教授・研究員との接触が大半であった。派遣者は隔週ミーティングにて彼らの研究にふれる機会があった。個々の能力の高さは勿論の事であるが、研究グループ全体で各研究を精密に調査する姿勢を強く感じた。この研究グループ全体のムーブメントは派遣者の所属研究室へ持ち帰りたいと考えており、帰国後の研究室運用の非常に良い例を経験することができた。

また、外国語学習の観点での成果も得た。ロシアでは学外に出ると(時には学内でも)英語が通用しない。派遣者はロシア語を話さない為学外での会話は困難であったが、派遣後期には買い物程度のコミュニケーションが可能になっていた。ロシア語の学術文献は非常に多い為、今後も学習を続けたいと考えている。勿論、学内での研究活動は英語であったし、日本語から離れる事によりさらなる学術英語の研鑽にもなったと考えている。