

平成 30年 12月 14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 201880257

氏名 宇佐美 大生

(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 エンスヘーデ (国名 オランダ王国)
2. 研究課題名 (和文) : 遺伝的アルゴリズムを用いた分子ネットワーク神経回路網の機能発現
3. 派遣期間: 平成30年6月4日 ~ 平成30年11月15日 (164日間)
4. 受入機関名・部局名: トゥウェンテ大学・電気工学、数学、コンピューターサイエンス
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)

本派遣においては、派遣者が所属研究室で確立した金微粒子-導電性分子ネットワークに対し、派遣先研究室が専門とする遺伝的アルゴリズムを用いた入出力信号制御を行うことで、論理回路(入力信号に対して、AND や OR 等の論理回路演算の出力が得られる分子ネットワーク回路)を構築し、デバイスの情報処理機能抽出に結びつけることを目的として研究を進めた。

派遣期間の前半は、派遣者が確立した金微粒子-導電性分子ネットワークを派遣先の設備や装置を用いて再現性良く作製するために、作製条件の最適化を行った。また、派遣先研究室でこれまで検討されてきたシリコン半導体デバイスとは大きく電気物性が異なるため、それに伴い電極パターン等デバイス構造を新規に検討し、金微粒子-導電性分子ネットワークから所望の電気物性が得られる最適な構造を見出した。

派遣期間の後半は、派遣先研究室で作製したデバイスの詳細な電気特性を検討した後に、遺伝的アルゴリズムを実装した複数の入出力信号制御を行い、金微粒子-導電性分子ネットワークが学習を行うことができるのか確かめた。情報処理機能を抽出するためには非線形な電気物性を利用する必要があるため、デバイスの環境、デバイス中の分子の数等の条件を変化させ、金微粒子-導電性分子ネットワークが非線形電気物性を示す最適条件を探索した。その結果、湿度の上昇に伴い、非線形性、電気伝導性が上昇することを発見し、金微粒子-導電性分子ネットワークがプロトン伝導性を有することを見出した。得られた非線形電気物性を利用するために、高湿度条件下で複数の入出力信号制御を行うシステムを新規に構築し、所望の論理回路が得られるか検討した。結果として、入力に対して線形な応答を示し、出力の閾値を変更することで4種類の論理回路を構築することに成功した。

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)

今回の派遣において、金微粒子-導電性分子ネットワークがプロトン伝導性を示すこと、また高温湿度条件下で4種類の論理回路を構築することを確認した。これまでに得られた結果及び派遣終了後に継続される共同研究の結果をまとめ、2019年に開催される国際会議で発表予定である。

本研究をさらに進展させるために、大きく分けて二つのトピックが存在する。一つはプロトン伝導性の詳細なメカニズムの検討、もう一つが汎用性の高い情報処理システムの構築である。プロトン伝導性の検討については、定量的な議論を進めるために、インピーダンス測定の湿度依存性を実施し、キャリアの量や種類についてより詳細に調べる予定である。情報処理システムの構築に関しては、最初に微弱信号を感度良く検出するためのセットアップを行う必要がある。新規に構築した信号制御システムの電気回路の最適化を行い、ノイズの低減及び信号の高感度検出を進める。また、論理回路で全ての事象を表現するためには全6種類の論理回路を一つのデバイスで表現する必要がある。現状では4種類の論理回路の表現に成功しているので、遺伝的アルゴリズムや入出力の数を調整することで、他の2種類の論理回路についても表現可能であることを実証する。また、それぞれのトピックに対して、研究の進展に応じて適宜論文にまとめて発表する予定である。

また、今回得られた非線形電気特性は電圧の印加速度に依存して非線形性が変化するため、一種のメモリ特性が生じていると考えられる。そのため、論理回路を用いた演算処理とは全く異なる、脳機能の「長期記憶」に相当する情報処理を行うことができると予想される。この結果については、派遣先研究者とのさらなるディスカッション、共同研究を通じて、理論的枠組、応用に関して議論を進めていく予定である。

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)

本プログラムに採用されたことにより、異分野での研究経験、異文化を経験したことによる価値観の変化、海外の研究者とのネットワークという大きく分けて三つのことが得られた。

第一に異分野での研究経験であるが、派遣者のこれまでの研究は金微粒子-導電性分子ネットワークの電子伝導に関する基礎的な研究が主であった。しかし派遣先研究室ではプロトン伝導に注目し、さらに非線形電気特性を用いたデバイス機能への応用に関する研究に従事したため、実践的な研究を行うことができた。この経験は、今後派遣者が研究者として活動を行う中で大変有意義な経験となった。

第二に、研究活動や生活面において、オランダと日本で大きく文化が違うことを学んだ。特に、学生であっても研究は仕事という認識が強く、平日と休日や余暇とのメリハリをつけたライフスタイルと、そこから生まれる集中力の高さは見習うべきものだと感じた。

第三に、長期間海外の研究室で活動することにより、海外の研究者とのコミュニケーションを図ることができた。派遣先の研究室は物理学、化学、応用物理学、情報科学と幅広いバックグラウンドを持った学生、研究者が所属しており、様々な見地から研究を多角的に検討することができた。さらに、海外の研究者と議論を行う中で、自分の意見を強く持ち、積極的に主張する海外のディスカッションのスタイルを身につけることができた。

これらの経験により、今後研究者としてグローバルに活躍していくための礎を築くことができ、海外で研究活動を行うことへの自信がついたと考えている。