

海外特別研究員最終報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

採用年度 2019年度

受付番号 60149

氏名 松井大

(氏名は必ず自署すること)

海外特別研究員としての派遣期間を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。

なお、下記及び別紙記載の内容については相違ありません。

記

1. 用務地（派遣先国名）用務地：ルール大学ボーフム（国名：ドイツ）
2. 研究課題名（和文）※研究課題名は申請時のものと変わらないように記載すること。
鳥類の身体表象の可塑性に関する比較認知神経科学的検討
3. 派遣期間：平成 31 年 4 月 1 日 ~ 令和 2 年 12 月 19 日

受入機関名及び部局名：ルール大学ボーフム

部局名：心理学部 生物心理学科

5. 所期の目的の遂行状況及び成果…書式任意 **書式任意 (A4 判相当 3 ページ以上、英語で記入も可)**

(研究・調査実施状況及びその成果の発表・関係学会への参加状況等)

(注)「6. 研究発表」以降については様式 10-別紙 1~4 に記入の上、併せて提出すること。

所期の目的の遂行状況及び成果

ヒトの高度な文明には、道具の発明が欠かせない。そもそも、道具とは何か？動物行動学・認知科学では、外的物体の「身体化」として捉えられている。この身体化の概念は、いわば、身体とは切り離された対象物を身体運動と随伴させて操作することを通じて、自身の身体の一部として取り込むような認知過程であると想定されている。本研究課題の目的は、そのような身体運動を通じて外的物体があたかも自身の身体の一部かのように操作できるようになる認知過程を「ハト」という我々と全く異なる身体デザインを持つ種で検討することにあつた。

本年度は、派遣終了の年であり、研究の完遂が予定されていた。しかし、3月以降、新型コロナウイルスの影響により、動物の訓練中に実験が停止してしまい、進捗が大幅に停滞してしまった。それにより研究は思うように進まず、計画の変更を余儀なくされた。具体的には、特別研究員(以降、松井)が自らの手で全ての研究を完了させるには不可能であると判断した。その代わりに、以下の2点により、進捗の遅れを補完することとした。

第一に、本研究課題の主題である身体拡張実験を可能な限り進めた上で、引き継ぎを行い、研究の「お蔵入り」を防ぐことである。幸い、本年度より所属先であるルール大学ボーフムにて博士大学院生を始めたGuillermo Hidalgo Gadaeが松井の研究に強く関心を持ち、引き継ぐことを了承してくれた。

第二に、派遣された機会を最大限生かすべく、その身体拡張実験の系を通じて得られたノウハウを生かし、研究室内外の研究者と共同研究を展開した。

以上の次善策により、松井の帰国後、本研究課題はGadaeにより発展的に継承され、松井もそれをスーパーバイズする運びとなっている。また、本研究課題を通じて得られたノウハウを生かした共同研究により、次年度以降、継続的に論文として成果が世に出ることが強く期待できる。しかし、それだけに留まらず、1日本人研究者として、傑出した研究者との国際ネットワークを築けたことは、今後数十年にも渡る知的財産としての価値があると考えられる。

従って、今年度のいわゆる「コロナ禍」による厳しい状況の中でも、海外派遣の意義、並びに特別研究員としての責務は果たすことができたのではないかと考えている。以下、個別の研究の状況について概要を述べる。

(1) 身体拡張実験系の開発

前年度の実験を発展させ、ハトの身体拡張実験の系の立ち上げを行なった。外的物体の身体化を実験的に検討するには、身体運動の精緻な計測が必要になる。そこで、多視点からの高速カメラによる同時撮影により、ハトの3次元身体運動を再構成が可能にした(図1)。さらに、ハトの胸部にロボットアームを装着した状態でリーチング選択課題を行う実験箱を作成した。また、コロナ禍で実験が進められない状況の折には、事前に分析のプランを練るべく、計算論的な分析手法を松井が習得し、Gadaeを指導することで準備を進めた。

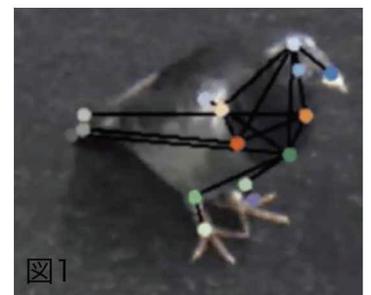


図1

以上から、2021年から彼が基本的に自力で実験を遂行することが可能になった、このように、実験セットアップは概ね完成したため、今後、松井が帰国した後もGadaeと継続的にコンタクトを取り、成果に結びつけていく予定である。さらに、行動課題の遂行後は、本研究課題で予定していた通り、身体化の神経基盤を調べていく。

(2) ハトの学習過程における身体運動分析

古典的条件づけでは、動物は条件刺激 (例えば光; CS) と無条件刺激 (例えば餌; US) を対提示することを通じた学習である。古典的条件づけで学習されるのは、刺激間の連合、すなわちCSがUSの到来を予測するという関係性である。このことは古くからよく知られており、実際にUSの予測に対応する行動 (条件反応; CR) がよく調べられている。

松井の所属していた研究室の博士院生Alina Steinemer、同じくGadaeは、その伝統的な見解に新たな見方を加えるようと企てた。行動は単に刺激によって駆動される受動的なものではない。むしろ、計算論的神経科学の最新の理論では、積極的に環境に関する予測と、情報希求の観点からアクティブになされていると考えられている (例えば、Friston et al., 2010)。アクティブな情報探索は、刺激に「誘発される」古典的条件づけでも同様である可能性がある。そのことを検証するには、古典的条件づけ課題遂行中の動物の行動を網羅的に計測し、行動パターンの詳細な解析が必要であった。

そこで、松井が (1) の立ち上げの際に蓄積した身体運動分析のノウハウを古典的条件づけに適用する共同研究を行なった。結果、古典的条件づけの学習により、CRのみならず、CS提示時間中の広範な行動パターンに変容が見られることが判明した。現在、松井を最終責任著者として、Steinemerを第一著者とした論文化の準備を行なっている。

(3) ハトの両眼の情報転移に関する計算論的検討

我々ヒトをはじめとする哺乳類は、大脳の左右半球は脳梁と呼ばれる構造で結ばれている。それにより、各半球で処理された情報がもう片方に伝達されていると考えられている。しかし、トリには解剖学的に脳梁が存在しないことが判明している。

脳梁の欠如は、左右の情報伝達が欠如していることを意味するのか？具体的には、ハトの意思決定は、左右半球で独立になされているのだろうか？博士院生のNeslihan Edesは、そのことを検証するために、眼球前に高速電磁シャッターを取り付けたヘルメットを開発し、優れた時間精度で左右の目に独立に刺激提示が可能になる実験系を立ち上げた。しかし、当該研究には、行動データへの計算論的なモデリングが必要であった、そこで松井が (1) の過程で得た計算論的な手法を用いた分析を適用した。結果、ハトの知覚的意思決定は、左右の半球で独立になされており、課題遂行中に左右の情報伝達は行われていないという仮説が支持された。

現在、当該研究は松井を共同第一著者として、動物を用いた実験心理学分野におけるトップジャーナルにて、査読を受け、改稿を行なっている最中である。

(4) 国際共同プロジェクト Animal Cognition and Behavior Consortium の完遂

ルール大学ボーフムを中心とした比較認知科学の国際共同研究プロジェクト “Animal Cognition and Behavior Consortium” に参加し、松井はその中心的な役割を果たした。本プロジェクトに

はルール大学ボーフムのGuentuerkuen研究室の他にJonal Rose研究室、ウィーン獣医大学のAliece Auersperg研究室、オークランド大学のRussel Grayが参加している。具体的な研究としては、ハト、カレドニアガラス、コクマルガラス、カササギ、シロビタイムジオウムを逆転学習課題により比較した。手続きは原則同一のものを用いて、より「公正」な種間比較を目指した。また、ハトについては実験の状況がいかに関績に影響を与えるかを調べるため、オペラント箱と手動実験両方で行った。

松井が所属していたGuentuerkuen研究室は、ハト実験の担当であった。ハトの手動実験については、研究室の修士学生Koray Senが行い、松井は彼の指導を行った。半分のデータはコロナ禍以前に取得が済んでおり、一時期停滞していたが、もう半分は10月に実験が完了している。さらに、松井は全データの分析を担当した。分析には(1)で培った選択行動における計算論モデルを適用した。その結果、モデルパラメータ上で動物の認知特性を特徴付けることに成功した。このような計算論的な分析は、神経科学の分野では比較的よく用いられているが、比較認知科学分野ではほとんど見られない。従って、松井の貢献により、本研究をいわば「計算論的比較認知科学」の萌芽とも言えるような研究に昇華することに成功した。本研究は現在、松井を筆頭著者として論文化の準備を行なっている。

(5) その他、(1)の系の開発を通じて蓄積されたノウハウを転用した派生的共同研究

コロナ禍で実験が進まない最中、(1)で用いている身体運動分析を下記共同研究に適用した。

i) 統合失調症モデル・ラットのオープンフィールド課題における行動の左右差

ルール大学ボーフムの分子病理学が専門のNadja Freud研究室の博士院生Anna Mundorfとの共同研究を行った。当該研究室では、幼少期ストレスのモデルラットを行動課題に用いている。具体的には、オープンフィールドにラットを置いた際のラットの巡回行動を分析した。巡回行動の検出に、(1)の過程で得た運動分析を適用した。結果、幼少期ストレスのかかったラットにおいて、行動の左右差が見られることが判明した。当該研究はBehavioural Brain Research誌に掲載された。

ii) イヌの慢性的ストレスが生み出す異常行動

アンカラ大学の博士院生Sevim Ispartaのデータ分析に貢献した。Ispartaは、イヌのストレスの生理学的に計測した上で、(i)と類似したオープンフィールド課題を実施し、ストレスが課題中の行動にいかに関績するかの定量評価を試みている。その際の行動解析に、松井が加わることになった。結果、ストレスのかかっているイヌはオープンフィールド課題中に運動量が多く、走行・巡回行動の頻度が高いことが判明した。現在、Ispartaとともに別の行動課題の解析にも取り組んでおり、2021年中に論文化し、投稿することを目指している。

総括

2020年度は、コロナウィルスの蔓延という予期していないトラブルに見舞われ、当初の予定が大きく狂わされてしまった。そこで、前年度までの努力を無駄にせぬよう、次善策を練ることとなった。結果としては、時間的に予定通りとは行かないまでも、最終的には想定していたよりも大きな成果が上がる事が予想される。身体化研究については、松井が帰国した後もGadaeのアドバイザーとして継続的に進めていく予定である。それらは完成次第順次論文として形にしていく所存である。コロナ禍で思うように動けなかった時期には、松井自身の人脈を作り出すことに奔

る。そのような成果の他、ルール大学ボーフム内での共同研究に留まらず、ドイツ国外 (オーストリア、ニュージーランド、トルコ) にもネットワークを広げることができた点も特筆すべきことである。その共同研究者の多くは、まだ20代-30代前半の若手研究者である。従って、松井とは今後数十年に渡って、長い協力関係が築ける可能性がある。