

令和 4年 9月 7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 202080312

氏 名 林 大智

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 ヨーテボリ (国名 スウェーデン)
2. 研究課題名（和文）：フレーゲの論理主義再考—公理的真理理論の観点から—
3. 派遣期間：令和 4年 3月 31日 ~ 令和 4年 7月 5日 (97 日間)
4. 派遣先機関名・部局名：ヨーテボリ大学 哲学、言語学、科学理論学科
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）

フレーゲによる算術を基礎づけようとする試みはよく知られたラッセルのパラドックスによって修正を余儀なくされたが、アクセルは適用的理論（ラムダ計算の体系を等号付き一階述語論理上で定式化したもの）上に真理（と命題）の理論を展開することによって、矛盾を回避することに成功した。アクセルの理論（を公理化したもの）は算術の基礎付けという目的には不十分であり、より演繹的に強力な理論を与える必要がある。

そこで本研究では、アクセルが考察した適用的理論上の真理理論の代わりに、理論の強化をより自然に行うことが可能であるような形式理論を構築することを目的とした。具体的には、文（のコード）に対する一項述語である真理述語 $T(x)$ の代わりに、文（のコード）とそれを実現（あるいは計算、証明）する実現子の間の二項述語としての $T(x, y)$ を考える。そして、クリーネやクリヴィンらが定義した実現可能性解釈に従って、この述語が満たすべき公理を形式化した。

本派遣では特に、クリヴィンによる古典的実現可能性解釈をペアノ算術上で形式化し、タルスキによる型付きの公理的真理理論 CT (compositional theory) に対応する形式体系 RCT (realizability for CT) を定義した。RCT 自体はペアノ算術上保存拡大であるが、RCT に「実現された文は真である」ことを表現するような公理（反映原理とよばれる）を追加することで、CT と証明論的に同等になることが判明した。さらに、クリヴィンの古典的実現可能性は文の矛盾を表す記号 (pole) にいくつかの性質を課して与えられるが、RCT に pole が空であることを表す公理を追加した場合、その体系は CT とちょうど同じ帰結をもつことがわかった。つまり、型付きの公理的真理理論 CT は、RCT の特殊例として理解できることになる。

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)

本渡航における受入研究者である Graham leigh 博士に相談した結果、これまでに得ている RCT に関する結果について一度発表をしてもよいのではないかと助言をいただいたので、現在、発表あるいは短い論文の形にするべく、結果を取りまとめている。

これと同時に、型無しの公理的真理理論に対応するような、RCT の一般化の可能性について研究を進めている。まず一つ目に、フリードマン・シェアードによって提示された公理的真理理論 FS の対応物である形式体系 RFS を考察している。RCT の場合と同様、RFS は FS の一般化とみなせることがすでに判明している。また、RFS は FS と同様に自己適用が可能である。つまり、型判断自体に型をつけることが可能であり、アルテモフらによる反射的ラムダ計算の体系などとの関連性についても考察の余地がある。

二つ目に、述語としての知識に関して自然と思われる二つの公理「証明されたらそれは知識である」と「知っているならばそれは真である」が矛盾をもたらすという有名なモンタギューのパラドックスの分析への応用について考察を進めている。このパラドックスは認識可能性としての一項述語に関する公理によってもたらされるが、本研究のように、具体的な実現(証明)としての二項述語で公理を再定式化することでその矛盾を回避できるのではないかと期待している。

これらについても、Graham 博士とのさらなる会合を通して発表、論文といった成果としてまとめる予定である。

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)

まず第一に、自分の研究する分野で最前線にいる研究者である Graham 博士からミーティングを通じて様々な助言を受けられたことは、研究成果につながっただけではなく、その分野へのモチベーションを高めるといっても大変有意義であった。上記のような成果以外にも、ミーティングの過程で没になった研究案はいくつかあるのだが、そのすべてに関して適切なアドバイスをいただき、将来的な進展の可能性を感じることができた。

また、渡航先である哲学、言語学、科学理論学科は規模が大きいことに加え、内部での研究交流も盛んであり、自らの専門分野に捉われない広い視野を育む土壌があることを実感した。自分も学科で開催されている読書会や、修士論文の発表会、さらには学科の運営ミーティングにも参加させていただくという貴重な体験ができた。特に運営ミーティングでは、教授やポスドクに加えて博士課程学生も基本全員参加であり、皆が学科の今後について積極的に発言する様子には、日本における大学院生との立ち位置の違いを多少感じた。

最後に、渡航準備においても勉強になる部分は多かった。スウェーデンへの居住許可の申請の際、留学生として申請するべきか、研究者として申請するべきかわからず、Graham 博士や双方の大学の事務の方々に助けていただいた。最終的には、90 日間以上の滞在を可能にするための visitor's permit という区分で、博士課程の交換留学生として応募した。念のために自分のケースを書いておくと、パスポートのコピー、本プログラムの支給金額が記載された採用証明書(英文で原本)、日本での大学の在籍証明書(英文)、渡航先の大学からの招待状、7 ページほどの応募書類(移民庁のホームページでダウンロードできる)と、それぞれの写しを合わせてスウェーデン大使館に送付した。約一か月後に受け入れ許可の通知が送られてきた。この通知をもってスウェーデンに入国できる。入国後は、国内の移民庁で指紋と写真を採取し(移民庁のホームページで事前に予約が必要)、約二週間後に居住許可カードを受け取れる。帰国時に入国審査等でこのカードを提示した。

最後に、コロナ禍にあつて当初の予定から 1 年半ほど渡航を遅らせることになったが、日本学術振興会の柔軟な対応によって最終的に有意義な滞在を実現することができた。貴重な機会を与えてくださった本プログラムの関係者の方々に深く感謝申し上げます。