

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月21日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
名古屋大学・大学院情報学研究科
[職・氏名]
准教授・木原貴行
[課題番号]
JPJSBP 120204809

1. 事業名 相手国: ロシア (振興会対応機関: RFBR) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 実効記述集合論, 計算可能解析学およびオートマトン理論

(英文) Effective descriptive set theory, computable analysis and automata

3. 共同研究実施期間 2020年4月1日 ~ 2023年3月31日 (3 年 0 ヶ月)【延長前】 2020年4月1日 ~ 2022年3月31日 (2 年 0 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

A. P. Ershov Institute of Informatics Systems of Siberian Branch of
Russian Academy of Sciences, Chief research fellow, Victor Selivanov

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		3,627,766 円
内訳	1年度目執行経費	1,375,092 円
	2年度目執行経費	2,252,674 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	13 名
相手国側参加者等	6 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

計算可能性理論, 記述集合論, オートマトン理論の融合的研究を目的として, 日本-ロシア間の綿密な共同研究を実施する予定であったが, 期間中に対面での研究交流を実施することは叶わなかった。

理由としては, 2020~2021 年度はコロナ禍のため, 対面での研究交流が困難となり, 2022 年度からの対面での研究交流の実施を予定していた。しかし, 2022 年 2 月にはロシアによるウクライナ侵攻が始まり, それ以降, 日本-ロシア間の対面交流での共同研究の実現は困難になり, 日本-ロシア参加者間の対面での交流は実施できなかった。

しかし, 遠隔での交流は継続的に行い, 2021 年 3 月と 2022 年 3 月には, 日本側主催のハイブリッド国際会議 Japan-Russia Workshop on Effective Descriptive Set Theory, Computable Analysis and Automata を実施した。また, ロシア主催の会議の Workshop on Digitalization and Computable Models (WDCM) とソチのシリウス数学センターにおけるシリウス会議において, 2021 年 6 月の WDCM2021, 2021 年 11 月と 2022 年 6 月のシリウス会議, 2022 年 10 月の WDCM2022 には二国間プロジェクトメンバーの多くが出席した。ただし, 2022 年度以降はロシアとの交流には政治的困難があり, メンバーの横山啓太氏はウクライナ侵攻に係る政治的理由から 2022 年以降のロシアでの会議の参加を辞退している。研究代表者の木原は, 2022 年 6 月ロシアのシリウス会議は主運営(日本側代表の木原とロシア側代表の Selivanov が運営である)として関わっており, WDCM2022 もプログラム委員および特別セッション運営委員として関わっている。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

プロジェクト開始以前からロシア側と交流のあった木原, ディブレクト, 小川の 3 名は本研究交流によって顕著な業績を上げ, 相手国側との共著論文を出版するに至った。木原と Selivanov は記述集合論における Wadge 次数の理論を Δ^1_1 -可測関数に拡張する結果を Proc.Amer.Math.Soc.に出版した。木原, ディブレクト, Selivanov は, 計算可能解析および記述集合論における主要な空間概念である擬ポーランド空間のイデアル表現に関する共同研究を国際会議 Computability in Europe (CiE2022) で発表し, その内容は Lect. Notes Comput. Sci.に出版された。また, この研究は継続しており, その後, 計算可能 ω -連続領域の枚挙可能性に関する問題にも解決を与えた。小川と Okhotin は実時間オートマトン, 特に event-clock input-driven pushdown automata の共同研究を行い, International Computer Science Symposium in Russia (CSR2022) で成果発表を行い, その内容は Lect. Notes Comput. Sci.に出版された。

以上のように, 遠隔のみでの共同研究であったが, 一部メンバーは顕著な業績を上げることができた。しかし, 遠隔のみの研究交流だと, 完全に新奇な研究プロジェクトを創発するのが難しく, 上記 3 名以外のメンバーは元々ロシアとの交流が少なかったため, 論文の発表までには辿り着けなかった。ただし, 期間内に論文の完成までには至らなかったものについても, 数多くの共同研究は行われ, 部分的な結果や萌芽的な成果は得ている。

また, 日本側, ロシア側のそれぞれで, 計算可能解析, 記述集合論, オートマトン理論の融合的研究で創発し, たとえば, ロシア側メンバーの Okhotin と Selivanov は 2022 年度末に実時間オートマトンと記述集合論を結びつけた研究成果を挙げている。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

上記に記載したように, 日本側メンバーの木原, ディブレクト, 小川は, ロシア側メンバーの Selivanov, Okhotin との共同研究の中で顕著な研究業績を挙げ, 共著論文を出版した。それ以外のメンバーについても, 共同研究を開始し, いくつかの萌芽的成果を得ている。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

理論的基礎の構築を行う研究プロジェクトであるため、研究成果が直接的に社会へ還元されるものではないが、様々な情報システムの形式検証等に関わる理論の基礎になっており、いくつかの中間的な研究群の層を介して、情報社会の安全で堅固な基盤を築くものとなっている。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本プロジェクトが 2022 年 3 月に主催した The 2nd Japan-Russia Workshop on Effective Descriptive Set Theory, Computable Analysis and Automata においては、計算可能解析学における連続的对象の精度保証付き計算および、計算可能性理論のトポス理論的展開に関するチュートリアル講義を実施し、若手研究者の養成に取り組んだ。さらには、2023 年 3 月には、ロジック・ウィンタースクールを実施し、圏論的論理学、構成的数学、記述集合論、計算可能性理論、算術のモデル理論に関する合計 24 時間(90 分×16 コマ)の講義を行った。ロジック・ウィンタースクールには多くの若手研究者や大学院生を招待し、本分野を専門とする若手研究者の養成に取り組んだ。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

上述のように、本プロジェクトの様々なメンバーが、計算可能解析学、記述集合論、オートマトン理論の融合的研究における数多くの萌芽的結果を既に得ているため、これらを発展させていくことが今後の予定である。特にプログラム言語の意味論などで重要な役割を果たす領域理論における ω -連続領域のイデアル表現の枚举の問題を、ディブレクト-木原-Selivanov が解決したため、今後は領域理論に関する実効記述集合論が発展していくことが予期される。また、小川-Okhotin がある種の実時間プッシュダウン・オートマトンの決定化に関する業績を挙げ、それに続き、Okhotin-Selivanov がある種のプッシュダウン・オートマトンと記述集合論に跨る結果を上げるなど、オートマトン理論に関わる研究成果は、既に様々な発展を見ている。

ただし、ロシア-ウクライナ間の政治情勢が落ち着くまで、日本-ロシア間での大きなプロジェクトを実施するのは難しいように思える。個人的な共同研究レベルでは、今後も大きく発展していくと考えられる。

また、代表者の木原は、2023 年度にはロシア主催の WDCM やシリウス会議などの運営に関わるなど、ロシアとの交流を深めており、今後も研究交流や国際プロジェクト運営を含めての発展性が見られる。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

該当なし。