

大学院教育支援機構（DoGS）海外渡航助成金 報告書

Outcome report

計画名 Plan	Higher Structures 2025」参加による研究交流
氏名 Name	繁村知宏
研究科・専攻・学年 Graduate school/Division/Year level	理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 博士後期課程・2回生
渡航国 Country	ドイツ
渡航日程 Travel schedule	2025年9月7日 ~ 2025年9月13日

- ページ数に制限はありません。No limits on the number of pages
- 写真や図なども組み込んでいただいて結構です。You can include pictures or illustrations.
- 各項目について具体的に記述してください。Please fill in each item specifically.
- 日本語または英語で記載ください。Please use Japanese or English.

渡航計画の概要 Outline of the travel plan

2025年9月8日から9月12日までの5日間、ドイツ・ハンブルク大学で開催された「Higher Structures Workshop 2025」に参加した。本ワークショップは、高次圏の理論、導来代数幾何、ホモトピー的手法などの数学を扱う国際的な研究会であり、私が現在関心を寄せる分野の最先端の知見が集約される場であった。

本渡航の目的は、以下の三点である。

自身の研究の深化：私は現在、高次代数の手法を場の量子論へ応用する研究、特に因子化代数 (factorization algebra) の構造を用いた場の量子論の記述に取り組んでいる。ワークショップには、因子化ホモロジーや (∞, n) -圏の理論構築に重要な貢献をした David Ayala 氏や Ieke Moerdijk 氏をはじめとした研究者が参加するため、彼らの研究と自身の研究との関連性を理解し、今後の研究の発展へと繋げることを目指した。

分野の研究動向の把握：高次代数、因子化ホモロジー、導来代数幾何、位相的場の理論などの分野で活躍する最先端の研究者が一堂に会するこの機会を通じて、それぞれの分野における注目されているアプローチや課題、さらには分野横断的な構造的視点を直接吸収することを目的とした。また、国際的な有力研究拠点に所属する研究者との交流は、将来的な研究協力の選択肢を検討する上でも有意義であると考えた。

国際的な人脈の構築とキャリア形成：欧米を中心とした若手・中堅研究者と人的ネットワークを構築し、将来的な研究連携のきっかけとすることを目指した。特に、ハンブルク大学の研究者との面識がなかったため、ワークショップへの参加を通じて接点を持ち、共同研究や留学の可能性を視野に入れた交流を図ることを計画した。

成果 Outcome

本ワークショップへの参加は、当初の目的をはるかに上回る多くの成果をもたらした。特に、自身の研究内容に直接関連する知見の獲得、新たな研究手法の発見、そして国際的な人脈の構築という点で大きな進展があった。具体的には、以下の点が挙げられる。

Moerdijk 氏の講義および彼との会話 : Ieke Moerdijk 氏による” A categorical approach to Koszul duality”と題された講義を聴講した。これは、まさに私が物理学に応用したいと考えている「Koszul 双対の高次圏論でのオペラドへの一般化」であり、非常に興味深い内容だった。講義では、オペラドという数学的対象を高次圏論に一般化する手法が説明された。そのような手法はいくつかあることが知られており、今回は木の圏という数学的対象を用いる方法が説明された。特に、木の圏によって特徴付けられたこれらのオペラドから Koszul 双対という構造を見出せるという議論は、自身の研究課題と密接に結びついていた。事前に関連する彼の論文をある程度読んでいたため、講義内容と相補的に理解が進み、高次圏論における Koszul 双対の定式化と応用可能性について深く学ぶことができた。講義後には Moerdijk 氏と直接会話する機会を得て、彼の論文や当該分野における疑問点について質問し、貴重かつ大変有意義なフィードバックを得た。

Vicary 氏の講義 : Jamie Vicary 氏による "Power tools for higher categories" と題された講義は、コンピュータ科学の一分野である型理論を高次圏論に応用するという斬新な視点を紹介するものであった。講義では型理論が高次圏論における複雑な操作を自動化できる可能性が示された。高次圏論の定式化には様々なものがあるが、型理論を用いた定式化が具体的な計算に優れているという点は、今後の自身の研究における計算手法の選択肢を広げる上で大きな収穫であった。型理論自体は以前から知っていたが、高次圏論の具体的な計算に応用できるとは知らなかったため、自分の研究に役立つかもしれない知見を得られたのは全くの想定外であり、非常に嬉しい収穫であった。

ゴングショー : ワークショップに参加した学生の一部による自身の研究紹介の場であるゴングショーは、多様な分野の研究に触れる貴重な機会となった。全く知らない分野の話や、新しい切り口での様々な研究を知ることができ、研究への視野を広げることができた。特に、自分が取り組んでいる課題を別の切り口からアプローチしている人がいることに驚き、多角的な視点の重要性を再認識した。

人脈の構築 : Moerdijk 氏をはじめとした、高次圏論分野の著名な研究者と直接面識を持つことができた。これは、今後の研究活動において重要な繋がりとなるだろう。また、ワークショップに参加した多くの学生たちとも知り合い、研究交流を深めることができた。参加者のほとんどは数学者であったが、彼らの興味の対象が私の研究している物理学の分野と予想よりも多くの共通部分を持つことに驚き、学際的な交流の重要性を強く感じた。これらの繋がりや、今後も継続的に維持していくことで、将来的な共同研究や情報交換の基盤となると期待される。

今後の展望 Prospects for the future

本ワークショップへの参加を通じ、当初の期待を遥かに超える多くのことを得ることができた。これらの成果を今後の研究活動に最大限に活かしていく所存である。今回得られた研究手法や数学的知見、例えば型理論を用いた高次圏論の計算アプローチや Koszul 双対に関する理解の進展を、今後の自身の研究に積極的に反映させていきたい。

元々期待していた研究内容の深化についても、Moerdijk 氏との議論や Ayala 氏の講義を通じ、予想以上に具体的な進展があった。できるだけ早くこれらの結果を論文としてまとめ、発表したいと考えている。

また、ワークショップで知り合った Moerdijk 氏をはじめとする著名な研究者、そして同世代の学生たちとは、今後も学会や私信を通して継続的に交流を続け、研究者ネットワークをさらに広げていきたいと強く願っている。

本渡航での貴重な経験を糧に、今後も国際的な研究活動に積極的に参加し、自身の研究を発展させていくことに努める。