

2023 年度年次報告書  
次世代 AI を築く数理・情報科学の革新  
2023 年度採択研究代表者

脇坂 遼

京都大学 大学院情報学研究科  
大学院生

高性能かつ高信頼な大規模分散量子計算基盤を目指して

## 研究成果の概要

創薬や暗号解読等、より実用的な分野で量子計算技術を実現するためには、大規模な量子計算を可能とする分散量子計算機システムとソフトウェアが必要である。本研究は分散量子計算のための新しいプログラミング言語や、それを物理的制約の多い実機で安全かつ効率よく動かすためのソフトウェア基盤の確立を目指すものである。

本年度は、言語設計にあたってどのような命令が備わっているべきかを考えるにあたり、分散量子計算を行うプログラムに現れるプログラミングパターン、特にエンタングルメントによるノード間のデータ共有に基づく並列化について考察を深めた。特にユーザーがそのようなプログラムを記述する際に発生しうるバグを防ぐため、分離論理や所有権型などを用いた検証を試みているところである。特に分離論理については先行研究が存在するものの、今のところ大規模な分散量子プログラムに対する応用は行われていないため、本研究では実装・実応用も見据え作業を進めている。

これと同時に、どのような性質があれば分散量子コンパイラにおける自動並列化が容易になるかについても考察を深めた。古典の並行プログラムにおいては可換性 (commutability) が重要な概念の1つとされているが、この概念は古典計算に特化したものではなく量子計算にも応用できるものである。したがって量子計算についても記述されたプログラムの構造をヒントに(あるいはユーザーにある程度アノテーションを要求して) commutative なブロックをうまく抽出し、より実践的な分散量子プログラムの最適化アルゴリズムの開発を探求していく。

これらの試みについて本年度は論文として成果を出せていないが、次年度は現在取り組んでいる体系を論文としてまとめ、また体外発表を積極的に行っていく所存である。