

2023年度共同利用研究報告書

2023年12月11日

所属・職名 Quantinuum K.K.・量子ソフトウェア アウトリーチ オフィサー
米澤 康好

		整理番号	2023a007
1.研究計画題目	量子誤り訂正理論の表現論的アプローチと量子人材育成		
2.新規・継続	継続		
3.種別	一般研究		
4.種目	短期共同研究		
5.開催方法	ハイブリッド開催		
6.研究代表者	氏名	米澤 康好	
	所属 部局名	Quantinuum K.K.	職名 量子ソフトウェア ア ウトリーチ オフィ サー
7.研究実施期間	2023年09月11日(月曜日)～2023年09月15日(金曜日)		
8.キーワード	量子コンピューティング、量子誤り訂正、量子人材育成		
9.参加者人数	71人		

10.本研究で得られた成果の概要

本研究では、量子コンピューティングの現状を踏まえ、以下の二つを目的として活動した。

目的1：量子誤り訂正理論の表現論的アプローチ（9月11日、12日、非公開）

目的2：量子人材育成（9月13日、14日、15日、公開）

目的1：量子誤り訂正理論の表現論的アプローチ

a.実施内容

2022年度共同利用研究計画 一般研究-短期共同研究で採択された「量子コンピューティングにおける数学的課題の探索と量子人材育成(共2022a004、組織委員：米澤康好、落合啓之、村上順)」において、量子誤り訂正技術の実装が、量子優位性の実現のカギとなる重要な課題のひとつであり、解決しなければならない課題であることを我々は再認識した。特にTuraev-Viro符号と呼ばれる三価グラフのトポロジカルな構造を利用した量子誤り訂正理論に着目し議論を行った。

b.成果

量子群の表現間の射の図式化として三価グラフが現れることはよく知られているが、Turaev-Viro符号に現れる三価グラフがそれから導出できることを確認した。さらに、Turaev-Viro符号で鍵となるF変形を量子ゲートとして具体的な記述することができた。Turaev-Viro符号における論理量子ゲートはいくつかのF変形の合成によって与えられる。

目的2：量子人材育成

a.実施内容

量子コンピューティングに限らず、機械学習などのデータサイエンスを行う際にも、スケーラブルかつセキュアなシステムであるクラウド環境を利用することは今後重要である。そこで、量子コン

ピューティングの人材育成を、マイクロソフトのクラウド量子コンピューティングの環境を利用して実施した。

1日目は量子コンピュータ概要の講演（Quantinuum米澤康好）、三井物産における量子コンピュータの取り組み（三井物産株式会社 濱野倫弥）、Microsoftにおける量子コンピュータの取り組みと量子クラウドコンピューティングサービス Azure Quantumの紹介（日本マイクロソフト株式会社 五十木秀一）、Quantinuum 量子SDK TKETの紹介（Quantinuum 米澤康好）を対面+ウェビナーのハイブリット形式で実施した。

2日目はQuantinuum TKETを用いた量子コンピューティングの講演（Quantinuum米澤康好）を対面+ウェビナーのハイブリット形式で実施した。Quantinuum TKETハンズオンで紹介したコンテンツは以下ページに記載している。

https://github.com/quantinuum-jp/Kyushu_IMI/tree/main/2023

3日目はマイクロソフトAzure Quantumを利用したTKETの量子プログラミング演習（Quantinuum米澤康好）を対面形式で実施した。受講者にはShorの9量子ビット符号の実装に取り組んでもらった。

b.成果

参加登録者数は71名（組織委員を含む）。様々なカテゴリーに所属されている方の登録があった。

実際に聴講した人数は、各講演でオンラインでの聴講が約20名、対面での聴講が7名であった。

以下は受講後のアンケート結果の一部

1日目の講演の満足度：大変満足34%、満足38%、普通17%、不満2%

2日目の講演の満足度：大変満足55%、満足18%、普通27%

3日目は受講者に量子誤り訂正理論のShorの9量子ビットの論理量子ビットの実装に取り組んでもらった。難易度は高かったようで、誤り訂正までの実装までは、どの受講者もたどり着かなかったが、1名の方が誤り検出の実装までを終えた。この受講者には最後に実装した内容について発表をしていただき討論の場を設け、理解を深めていただいた。

研究計画題目:量子誤り訂正理論の表現論的アプローチと量子人材育成 成果報告書

本研究では、量子コンピューティングの現状を踏まえ、以下の二つを目的として活動した。

目的 1 : 量子誤り訂正理論の表現論的アプローチ (9月11日、12日、非公開)

目的 2 : 量子人材育成 (9月13日、14日、15日、公開)

目的 1 : 量子誤り訂正理論の表現論的アプローチ

a.実施内容

2022年度共同利用研究計画 一般研究-短期共同研究で採択された「量子コンピューティングにおける数学的課題の探索と量子人材育成(共 2022a004、組織委員:米澤康好、落合啓之、村上順)」において、量子誤り訂正技術の実装が、量子優位性の実現のカギとなる重要な課題のひとつであり、解決しなければならない課題であることを我々は再認識した。特に Turaev-Viro 符号と呼ばれる三価グラフのトポロジカルな構造を利用した量子誤り訂正理論に着目し議論を行った。

b.成果

量子群の表現間の射の図式化として三価グラフが現れることはよく知られているが、Turaev-Viro 符号に現れる三価グラフがそれから導出できることを確認した。さらに、Turaev-Viro 符号で鍵となる F 変形を量子ゲートとして具体的な記述することができた。Turaev-Viro 符号における論理量子ゲートはいくつかの F 変形の合成によって与えられる。

c.今後の計画

今後は Quantinuum 社の量子デバイスで実際に Turaev-Viro 符号を実装し、どの程度のフィデリティの向上が見込めるかの実験を計画している。

目的 2 : 量子人材育成

a.実施内容

量子コンピューティングに限らず、機械学習などのデータサイエンスを行う際にも、スケールアップかつセキュアなシステムであるクラウド環境を利用することは今後重要である。そこ

で、量子コンピューティングの人材育成を、マイクロソフトのクラウド量子コンピューティングの環境を利用して実施した。

1日目は量子コンピュータ概要の講演（Quantinuum 米澤康好）、三井物産における量子コンピュータの取り組み（三井物産株式会社 濱野倫弥）、Microsoft における量子コンピュータの取り組みと量子クラウドコンピューティングサービス Azure Quantum の紹介（日本マイクロソフト株式会社 五十木秀一）、Quantinuum 量子 SDK TKET の紹介（Quantinuum 米澤康好）を対面+ウェビナーのハイブリット形式で実施した。

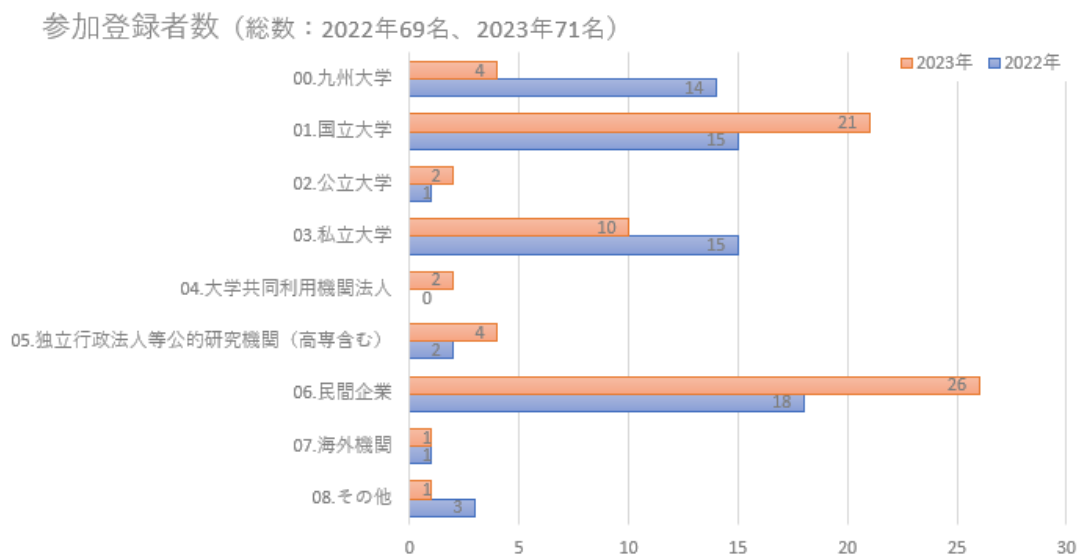
2日目は Quantinuum TKET を用いた量子コンピューティングの講演（Quantinuum 米澤康好）を対面+ウェビナーのハイブリット形式で実施した。Quantinuum TKET ハンズオンで紹介したコンテンツは以下ページに記載している。

https://github.com/quantinuum-jp/Kyushu_IMI/tree/main/2023

3日目はマイクロソフト Azure Quantum を利用した TKET の量子プログラミング演習（Quantinuum 米澤康好）を対面形式で実施した。受講者には Shor の9量子ビット符号の実装に取り組んでもらった。

b.成果

参加登録者数は71名（組織委員を含む）。様々なカテゴリーに所属されている方の登録があった。



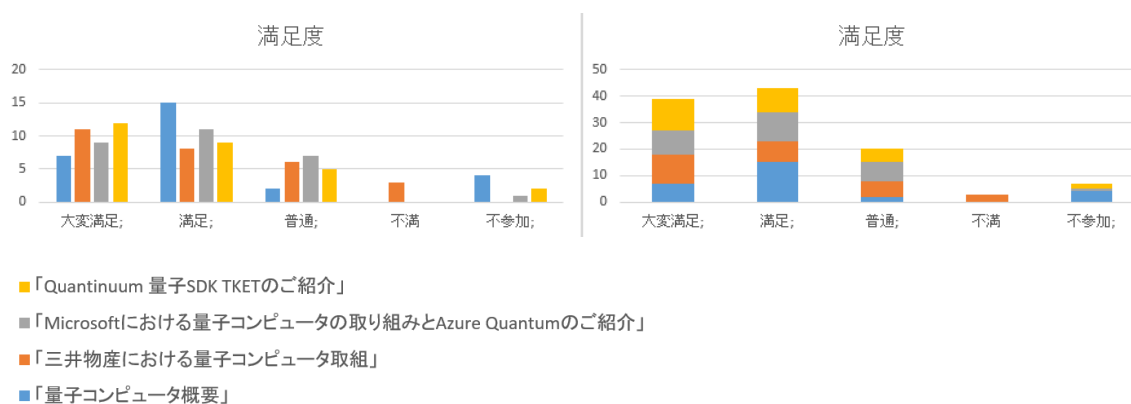
実際に聴講した人数は、各講演でオンラインでの聴講が約20名、対面での聴講が7名であ

った。各日の講演後に行ったアンケートに1日目28名、2日目11名、3日目2名からの回答があった。

回答者の内訳は以下の通り。

	教員・研究員	学生	非アカデミック
1日目	15名 (53%)	6名 (22%)	7名 (25%)
2日目	8名 (73%)	2名 (18%)	1名 (9%)
3日目	2名 (100%)	0名 (0%)	0名 (0%)

1日目の講演の満足度を見てみると、大変満足34%、満足38%、普通17%、不満2%であることから、満足いただける内容になっていたと言える。



2日目の講演「TKETを用いた量子コンピューティング」の満足度を見てみると、大変満足6名、満足2名、普通3名であった。母数が少ないので参考程度ではあるが、こちらも満足いただける内容になっていたのではないだろうか。

3日目は受講者に量子誤り訂正理論のToyモデルであるShorの9量子ビットの論理量子ビットの実装に取り組んでもらった。難易度は高かったようで、誤り訂正までの実装までは、どの受講者もとどり着かなかったが、1名の方が誤り検出の実装までを終えた。この受講者には最後に実装した内容について発表をしていただき討論の場を設け、理解を深めていただいた。

c.今後の計画

受講後のアンケート結果を参考にし、今後も継続的に量子人材育成に取り組んでいく。

開催日:2023/09/13~2023/09/15

量子誤り訂正理論の表現論的アプローチと量子人材育成 | 共2023a007

カテゴリ: イベント

タグ:

一般研究

短期共同研究

開催概要

- 開催方法:九州大学 伊都キャンパスとZoomミーティングによるハイブリッド開催
- 開催場所:九州大学 伊都キャンパス ウェスト1号館 C棟 5階 大講義室 (W1-C-501)
- 主要言語:日本語
- 共催:九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, Quantinuum K.K.
- 協力企業:日本マイクロソフト株式会社, 三井物産株式会社
- 種別・種目:一般研究・短期共同研究
- 研究計画題目:量子誤り訂正理論の表現論的アプローチと量子人材育成
- 研究代表者:米澤 康好 (Quantinuum K.K.・量子ソフトウェア アウトリーチ オフィサー)
- 研究実施期間:2023年9月11日(月)~2023年9月15日(金)
- 公開期間:2023年9月13日(水)~2023年9月15日(金)
※一部の日程のみに参加されることは可能です。9月15日の演習内容は9月13日、14日で講演したことを基に実施しますので、9月15日に参加をされる方はすべての日程にご参加ください。
- 研究計画詳細:https://joint1.imi.kyushu-u.ac.jp/research_choose/view/2023a007

プログラム

9月13日(水) 対面+Zoom

内容:量子コンピュータ概要、三井物産における量子コンピュータ取組、Microsoftにおける量子コンピュータの取り組みと量子クラウドコンピューティングサービス Azure Quantumのご紹介、Quantinuum量子SDK TKETのご紹介

10:30-12:00

米澤康好 (Quantinuum K.K.)
量子コンピュータ概要

13:30-14:30

濱野 倫弥 (三井物産株式会社)
三井物産における量子コンピュータ取組

14:40-15:40

五十木 秀一 (日本マイクロソフト株式会社)
Microsoftにおける量子コンピュータの取り組みと量子クラウドコンピューティングサービス Azure Quantumのご紹介

16:00-18:00 (休憩時間を含む)

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
Quantinuum 量子SDK TKETのご紹介

【2日目】9月14日(木) 対面+Zoom

内容:TKETを用いた量子コンピューティング

10:00-10:50

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
量子コンピューティング1

11:00-12:00

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
量子コンピューティング2

●13:30-14:30

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
TKETを用いた量子コンピューティング1

●14:40-15:40

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
TKETを用いた量子コンピューティング2

●16:00-17:00

米澤康好 (Quantinuum K.K.)
TKETを用いた量子コンピューティング3

●17:10-18:10

米澤康好 (Quantinuum K.K.)
TKETを用いた量子コンピューティング4

【3日目】9月15日(金) 対面のみ 定員20名

内容: マイクロソフト Azure Quantum を利用した TKET の量子プログラミング 演習

※対面の実施です。3日目の参加を希望される方は1、2日目も対面で参加できる方に限らせていただきます。

●10:00-11:00

米澤 康好 (Quantinuum K.K.)
演習内容の説明

●11:00-12:00

実施内容: TKETを用いた量子コンピューティング演習

●13:30-18:00

実施内容: TKETを用いた量子コンピューティング演習