

2023 年 11 月 20 日

## 量子アニーリングによる自動迷路生成

公開伴走型生配信授業の受講生による学術研究が出版されます

### 【発表のポイント】

- 東北大学で実施した公開伴走型生配信授業 Quantum Annealing for You, 2nd Party! (QA4U2)に参加した受講生の混成チームによる研究成果が発展し学術論文誌に掲載決定しました。
- 量子アニーリング<sup>(注 1)</sup>という最適化技術を用いて高速な迷路自動生成を行うことができることを確認しました。
- さらに個人の迷路の解き方に合わせて難易度が上昇する迷路を生成する方法を考案しました。



### 【概要】

東北大学で 2023 年 1 月より実施した公開伴走型生配信授業「Quantum Annealing for You, 2nd Party!」に参加した受講生（名古屋大学 情報学部 コン

コンピュータ科学科 2 年・石川雄斗さん、東京電機大学 工学部 先端機械工学科 3 年・吉原拓磨さん、東京理科大学 創域理工学部 先端物理学科 1 年・岡村恵汰さん）と東北大学大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻教授の大関真之からなる研究グループが、量子アニーリングを用いた最適化技術を駆使して、迷路を生成するアルゴリズムの高速化に取り組みました。カナダの D-Wave Systems 社が提供する量子アニーリングマシンを使った実証研究を実施し、その効果を検証し、量子アニーリングマシンの有効性を確認しました。

迷路生成については素朴なテーマ設定であり、学生をはじめ多くの人々の注目を集める課題ですが、同様の計算方法により、津波等災害時における避難場所の選定や、ライドシェアサービスにおいて移動するモビリティと顧客の決定を効率的に行うことができることから、本研究において実証した量子アニーリングマシンの有効性は、量子未来社会の実現に貢献する成果となります。

本研究成果は、2023 年 11 月 9 日に採択通知があり、Frontiers Media 社が発行する Frontiers in Computer Science から出版準備中です。

## 【詳細な説明】

### 背景

量子アニーリングは、さまざまな場面に登場するパズルのように複雑で悩ましい問題を解決する組み合わせ最適化問題を解く手法として提案されました。これまでもスケジュール調整や工程順序の最適化、交通渋滞の削減、津波等災害時の避難経路の最適化など多くの問題を解決する手法としてさまざまな実証研究が行われています。東北大学では「門戸開放」の精神で、量子アニーリングに関するプログラミング講座を、大学院情報科学研究科大関真之教授による YouTube を利用した公開伴走型生配信授業「Quantum Annealing for You, 2nd Party!」を2023年の1月より実施してまいりました。その中ではさまざまな属性を持つ参加者の混成グループによるグループワークが実施され、量子アニーリングを利用した独自のアプリや研究が進められました。

今回の成果は、大関真之教授の指導の下、名古屋大学情報学部コンピュータ科学科2年石川雄斗さん、東京電機大学工学部先端機械工学科3年吉原拓磨さん、東京理科大学創域理工学部先端物理学科1年岡村恵汰さんらのグループによる研究活動の成果です。本研究活動では、量子アニーリングを用いた最適化技術を駆使して、高速に迷路を生成する手法を提案し、その有効性を実際の量子アニーリングマシンを利用して確認しました。さらに独自の工夫を凝らし、量子アニーリングマシンに入力する迷路生成部分に追加して、個人の迷路の解き方に合わせて、難易度が上昇する手法を提案し、多くの実験を重ねて、その効果を確認しました。

### 今回の取り組み

今回の研究におけるポイントは、量子アニーリングを用いて迷路生成をし、個人の迷路の解き方に合わせて、難易度が上昇する迷路を生成するアルゴリズムを提案したことです。棒倒し法と呼ばれる迷路生成手法をベースに、量子アニーリングマシンの並列性を利用して一斉に最適化された迷路生成を実施することで、既存の逐次的に生成する方法とは異なり、高速に生成することができます。量子アニーリングマシンでは、独自の数式により所望の計算を実施します。そこで個人に合わせて難易度が上昇するような追加要素を導入し、高速かつフレキシビリティのある、ユーザー体験を提供する手法にしました。これを導入することでユーザーが迷路を解いていくたびに、次第に難解になり解答時間が長くなることを確認し、単調ではないゲーム体験を提供する礎を量子アニーリングで実現しました。

### 今後の展開

本研究は迷路生成そのものに限らず、量子アニーリングマシンの高速な計

算性能の起源、すなわち得意な問題についての知見が得られたことが大きい成果です。その得意な問題の形に近いものについて、今後重点的に研究を行うことにより、その有効性を実証していきます。特に交通渋滞の解消の鍵を握るルート最適化、信号機の制御や津波等災害時における避難場所の選定など、多くの社会課題に応用されることが期待されます。今後は、本研究成果を活かして様々な課題に対して量子アニーリングを用いた高速解法を模索していきます。

#### 石川雄斗さんからのコメント

「純粋な興味から始まった量子アニーリングを用いた迷路生成でしたが、さまざまな社会課題に応用できると分かり驚きです!!」

#### 吉原拓磨さんからのコメント

「Quantum Annealing for You, 2nd Party! から発表の経験や論文の執筆まで貴重な経験を積むことができました。私は、この経験を活かして今後も研究により一層力を入れていきたいと思えます。また、最後まで一緒に活動してくれたメンバーには感謝しかありません。そして、このような機会を設けてくださった大関真之教授には感謝しております。ありがとうございました」

#### 岡村恵汰さんからのコメント

「QA4U2 はオンライン型のワークショップで場所と時間を選ばず参加できる点がよかったです。今回の論文に関しては、実際に自分で手を動かしてみて、より理解が深まったと感じました。今後は QA4U での経験を生かして、活動していきたいです」

#### 【謝辞】

本取り組みは、日本学術振興会科研費第 23H01432 号および、文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 人材育成プログラム【独創的サブプログラム】実践的研究開発による全国的量子ネイティブの育成」(JPMXS0120352009) をきっかけとし、内閣府「官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) 「量子技術領域」: 量子アプリ開発を支援する民間研究開発環境の整備」に基づき発展し、内閣府「研究開発と Society 5.0 との橋渡しプログラム (BRIDGE) : 量子プロダクト事業化推進プラットフォーム構築事業」の支援を受けて実施されました。

#### 【用語説明】

##### 注1. 量子アニーリング

極低温において、原子や分子などの非常に小さいスケールでは、結果が確

率的に変動する「量子揺らぎ」が存在します。これを利用して揺らすことでひっかかりのない安定した配置へ誘導する量子アニーリングと呼ばれる技術が1998年に東京工業大学の当時大学院生であった門脇正史氏(現：デンソー株式会社)、西森秀稔名誉教授から提案されました。カナダのベンチャー企業である D-Wave Systems 社が量子アニーリングの原理に従ったコンピュータを製作して販売をしています。原子や分子の振る舞いを調べる量子シミュレーションや、様々な可能性の中で最も良い回答を探索する最適化問題、人工知能の基盤技術となる機械学習への応用などが注目されています。この量子アニーリングでは、量子揺らぎにより、デジタル信号処理における0と1の重ね合わせ状態を作ることができます。この重ね合わせを巧みに利用することで、どちらの状態にあるのが最も相応しいのか、組合せ最適化問題における解答を探索することができます。

#### 【論文情報】

タイトル : Individual subject evaluated difficulty of adjustable mazes generated using quantum annealing

日本語タイトル : 量子アニーリングを用いて生成された難易度調整可能な迷路生成とその評価

著者 :

石川雄斗 (名古屋大学情報学部コンピュータ科学科2年)

吉原拓磨 (東京電機大学工学部先端機械工学科3年)

岡村恵汰 (東京理科大学創域理工学部先端物理学科1年)

大関真之 (東北大学・大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻・教授)

掲載誌 : Frontiers in Computer Science

DOI : 10.3389/fcomp.2023.1285962

URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcomp.2023.1285962>

**【問い合わせ先】**

（研究内容に関すること）

東北大学大学院情報科学研究科

教授 大関 真之

E-Mail : mohzeki@tohoku.ac.jp

TEL: 022-795-5899

（報道に関すること）

東北大学大学院情報科学研究科

広報室 鹿野 絵里

TEL: 022-795-4529

Email: koho@is.tohoku.ac.jp