

# アニーリングマシンを利用した 美術館の巡回経路最適化アプリケーション

## － 美術館の経路案内を量子コンピューティング技術で最適化 －

### 1. 背景

近年の社会の情報化に伴い、扱われる情報量は増加する一方であるが、従来のコンピュータの半導体性能の向上は限界に近づいている。その中で、従来のコンピュータに代わる新しい計算機アーキテクチャとして量子コンピューティング技術が注目を集めている。量子の性質を利用したコンピューティング技術は、従来型計算機が現実的な時間で解くことができなかった問題を高速に解くことができる可能性がある。しかし、量子コンピューティング技術を扱える研究者や技術者は未だ少なく、また、一般の方への認知度は高くない。さらに、QA の応用研究は始まったばかりであり、効果的な利用方法には未だ明確になっていない。先行研究[1]では、アニーリングマシンを利用して、美術館の展示を設定時間内に巡回可能で満足度が最も高くなるような経路を求める問題を定式化、評価した。この評価は、計算機実験のみであり、アプリケーションの実装とアプリケーションとしての評価には至っていない。

### 2. 目的

本プロジェクトでは、スマートフォンで利用可能な美術館の巡回経路最適化 Web アプリケーションを開発し、美術館で利用してもらうことで一般の方にも量子コンピューティング技術に触れてもらう機会の創出を目指す。量子コンピューティング技術を知ってもらう、興味を持ってもらう機会を作ることにより、この分野に踏み入れる技術者、研究者も増えることが期待できる。さらに、QA を用いた経路最適化アプリケーションの開発を通して、QA の効率的な利用方法など QA の応用研究に寄与する新たな知見を得ることも目的である。

### 3. ソフトウェア開発内容

#### (1) 動作環境、構成

本プロジェクトで作成したソフトウェアの開発に利用したフレームワーク、ライブラリ等を表 1 に示す。

表 1 フレームワーク、ライブラリ等

言語	Python,html,javascript,css
フレームワーク	Django
ライブラリ	Fixstars Amplify SDK,celery
アニーリングマシン	Fixstars Amplify AE
データベース	Sqlite,Redis

## (2) 機能

### ① 名前入力画面(図 1)

ユーザー作成：名前と 4 桁の数字パスワードを入力し、はじめるボタンを押すことでユーザーが作成され、経路計算方法選択画面へ遷移する。

図 1 名前入力画面

### ② 再ログイン画面(図 2)

再ログイン機能：名前入力画面でユーザーが入力した名前とパスワードによって再ログインが可能。再ログイン後はユーザーが最後に見ていたページを表示する。

図 2 再ログイン画面

### ③ 同意書画面(図 3)

同意書：プロジェクトについての説明と実験への協力に関する同意書の表示を行う。

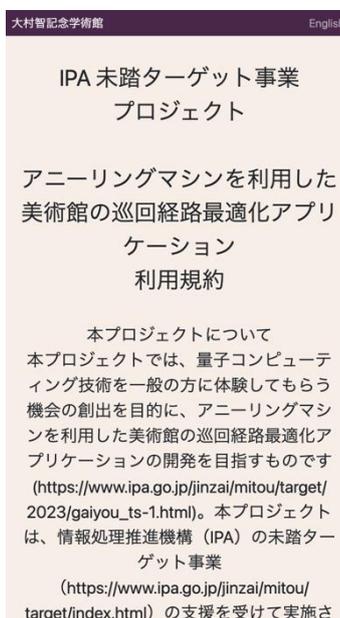


図 3 同意書画面

### ④ 経路計算方法選択画面(図 4)

経路計算方法選択：「全ての展示を見る (TSP)」と「閲覧時間を設定する (STSP)」の 2 つの巡回経路の計算方法を設定する。ユーザーの選択によって計算方法が切り替わる。

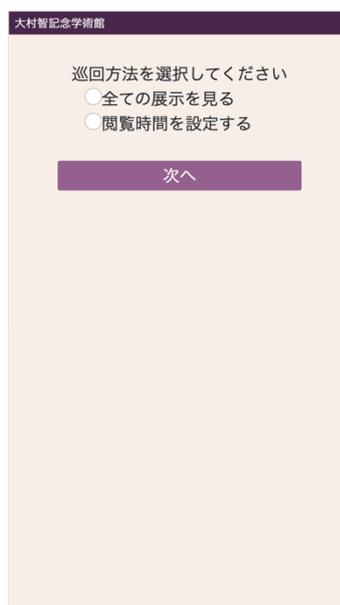


図 4 巡回方法選択画面

⑤ 巡回設定入力画面(図 5)

設定入力：巡回時間（分），歩く速度(m/分)，閲覧時間，絶対に見たい展示の設定が可能。閲覧時間は「速い」, 「やや速い」, 「普通」, 「やや遅い」, 「遅い」の 5 段階で各展示の閲覧時間に 0.5~2.0 倍で倍率をかける。絶対に見たい展示の設定によって，経路にユーザーのみたい展示を含めることができる。絶対に見たい展示は複数選択可能。計算実行ボタンを押すことで計算処理待機画面に遷移し，バックグラウンドで経路最適化計算が実行される。

図 5 巡回設定入力画面

⑥ 計算処理待機画面(図 6)

アニメーション表示：経路最適化計算が終了するまでの間，両氏の動きを模したアニメーションを表示する。

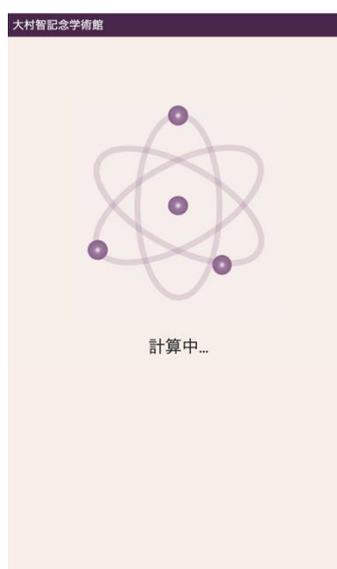


図 6 計算処理待機画面

⑦ 全体経路表示画面(図 7)

経路表示：スタート地点からゴール地点まで、通る経路の表示を行う。また、巡回にかかる予測時間の表示を行う。

拡大表示：経路画像の拡大表示を行う。処理は Javascript を使用している。

再計算：同じ設定で経路最適計算を再度行う。計算処理待機画面に遷移し、計算終了後に再度全体経路表示画面を表示する。



図 7 全体経路表示画面

⑧ 経路案内画面(図 8)

経路表示：現在地点から次の地点までの移動経路を表示する。展示間に障害物がある場合、それを避けるような経路の表示を行う。

拡大表示：経路画像の拡大表示を行う。

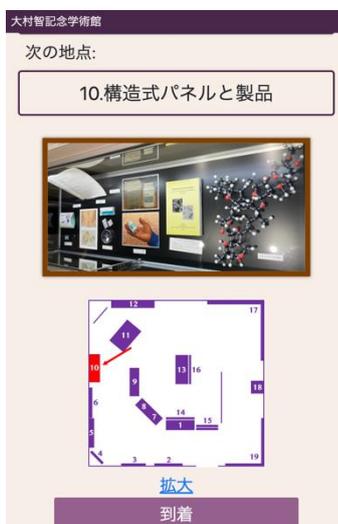


図 8 経路案内画面

⑨ 展示説明画面(図 9)

説明表示：現在見ている展示の説明と画像の表示を行う。

展示評価：ユーザーが現在見た展示の評価を行う。評価は「評価なし」、「☆」、「☆☆」、「☆☆☆」、「☆☆☆☆」、「☆☆☆☆☆」の6段階。

経路再最適化：ユーザーが展示を見ている間にバックグラウンドで、巡回予測時間とのずれを感知し、経路際最適の計算を実行する。



図 9 展示説明画面

⑩ 終了画面(図 10)

計算回数表示：最初の経路最適化計算とユーザーが巡回している間に再最適化を行った回数を表示する。

アンケート：アプリケーションのユーザーアンケート (Google Form) に遷移する。



図 10 終了画面

⑪ 量子アニーリング説明画面(図 11)

説明表示：量子コンピュータについて知らないユーザー向けの量子コンピュータに関する簡易的な説明を表示する。

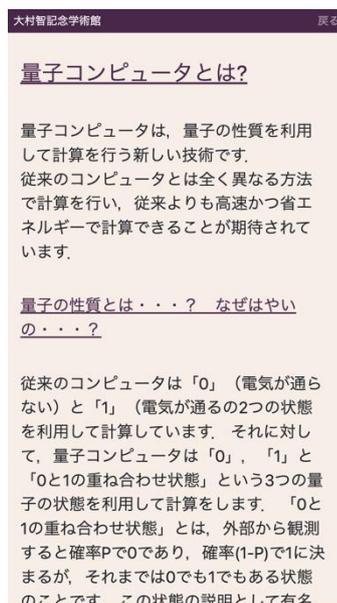


図 11 量子アニーリング説明画面

4. 新規性・優位性

大村智記念学術館の 20 展示に対して、経路最適化システムを利用した場合の、経路の満足度と総滞在時間を図 12 に示す。被験者 1~4 が 20~30 分で閲覧時間を設定した場合で被験者 5,6 が全ての展示を見る設定をした場合であり、折れ線グラフが滞在時間を示し、棒グラフが満足度の総和を示している。最適化なしでランダムに巡回

した場合の満足度平均 37.7 と比較して、最適化した経路で巡回した場合の満足度平均が 48.8 とアプリケーションを利用により満足度が高くなることがわかった。

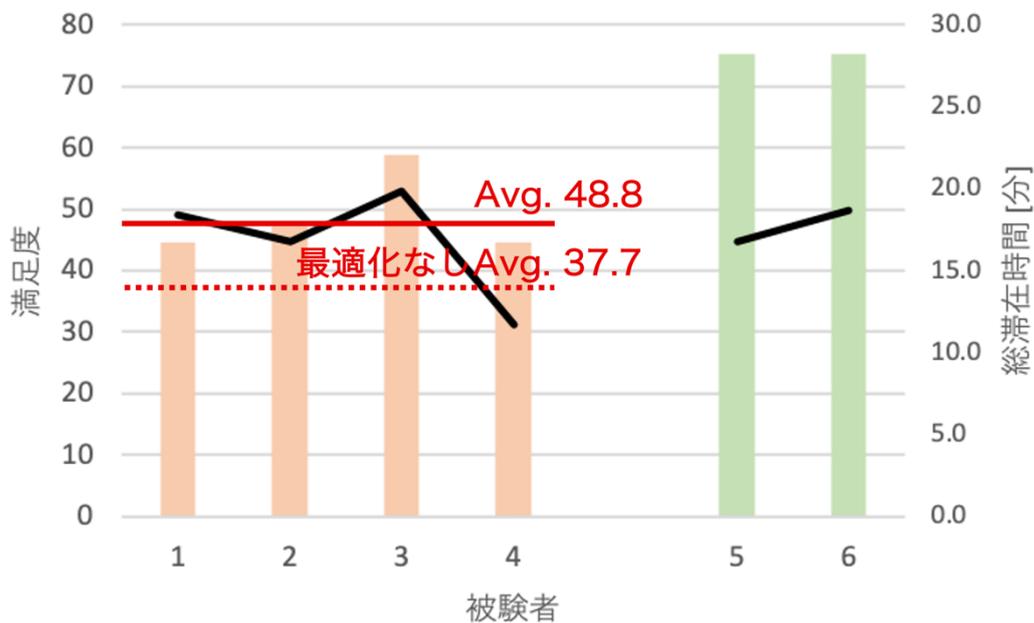


図 12 評価結果

## 5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本プロジェクトで作成したアプリケーションのソースコードは Github[2]上で公開されている。このソースコードは、美術館の展示データを用意するだけで利用することが可能であり、量子アニーリングに対する深い知識がなくとも、量子アニーリングを利用した美術館の巡回経路を最適化するアプリケーションの利用が可能となる。これにより、一般の人が簡単に量子コンピューティング技術を利用できる機会の創出が期待できる。

## 6. 氏名（所属）

小見山 朋子（山梨大学大学院工学専攻）

小川 裕大（山梨大学大学院工学専攻）

（参考）関連 URL

[1] 小見山朋子, 鈴木智博, “アニーリングマシンのための時間制約付き経路最適化問題の QUBO 定式化”, 情報処理学会 第 85 回全国大会 (2023).

[2] Ogawa.Y, Mito\_QAMuseum, [https://github.com/Yudai-Ogawa-g23tk007/Mito\\_QAMuseum](https://github.com/Yudai-Ogawa-g23tk007/Mito_QAMuseum)(2024)