修学旅行の市内観光を効率よく行うための研究

芝浦工業大学附属高校　2年　古山陽翔　三好皐太　小谷真輝　1年　森本空良

1.概要

私たちの学校では 10月に修学旅行があり、長崎市内で班別の自由行動の時間が設けられる。そこで、私たちはより多くの観光地を巡ることができる効率のよい行動計画を考えた。
この問題は、セールスマンが所定の複数の都市を 1回だけ巡回する場合の最短経路を求めるという「巡回セールスマン問題（以下、TSP）」に帰結できる。TSPにおいてすべての経路を計算して最適解を求める方法は、都市の増加に対して時間計算量が急速に増加するため、非現実的である。しかし、私たちは「遺伝的アルゴリズム（以下、GA）」によって少ない計算量で近似解が求められることを知った。 GAは生物における自然淘汰、交配をモデル化したもので、今回は遺伝子に経由地、適応度に所要時間を用いることで、行動計画を作成することに成功した。
そして、その実践の結果から問題点を改善し、周遊旅行における行動計画作成のアシストとなるアプリケーションの開発を進めようと考えている。

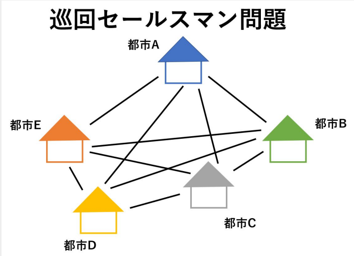

fig.1 巡回セールスマン問題

2.問題定義

私たちの修学旅行での市内観光の条件は下の表の通りである。その条件から巡りたい経由地を6箇所選んだ。したがって、**出発地から経由地 6箇所をすべてちょうど一度ずつ巡り目的地に至る巡回路のうちで移動時間が最小のものを求める** 巡回セールスマン問題の派生と見なすことができる。

市内観光の条件	
開始時刻	8:45
目的時刻	15:45
交通手段	路面電車、バス、徒歩
出発地	平和祈念像（⓪）
目的地	長崎港（⑦）

経由地一覧	
①	長崎原爆資料館
②	グラバー園
③	出島
④	眼鏡橋
⑤	新地中華街
⑥	シーボルト記念館

fig.2 長崎市の地図と経由地

3.手法

各2地点間のコストとして公共交通機関を利用したときの所要時間を用いた。それらをまとめた表は次の通りである。　〔単位：分〕

	長崎原爆資料館(⓪)	平和祈念像(①)	グラバー園(②)	出島(③)	眼鏡橋(④)	新地中華街(⑤)	シーボルト記念館(⑥)	長崎港(⑦)
長崎原爆資料館(⓪)		9	33	22	25	27	36	24
平和祈念像(①)	9		38	28	29	32	42	30
グラバー園(②)	33	38		17	23	18	42	30
出島(③)	22	28	17		15	8	31	7
眼鏡橋(④)	25	29	23	15		15	20	19
新地中華街(⑤)	25	32	18	8	13		28	14
シーボルト記念館(⑥)	36	42	37	31	20	28		31
長崎港(⑦)	24	30	23	7	19	14	31	

遺伝子を地点、個体を地点を並べたものとし、地点間の所要時間の合計が小さいほど優秀な個体と定義してGAを用いた。(fig.3)
その他、実行環境とパラメータは以下の通りである。

実行環境・パラメータ	
実行環境	Surface Go 3
言語	Python 3.9.7
初期個体	30
選択	優秀な上位19個体を選択
交叉	優秀な上位2個体から5回部分的交叉(fig.4)を行い、10個体を生成
突然変異	最も優秀な1個体に対し、転座(fig.5)を行い1個体を生成（確率3.3%）

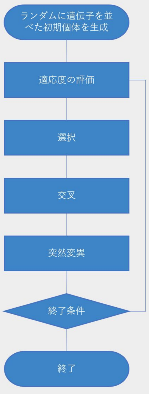

fig.3 GAのフローチャート

親1　12345678　→　子1　12845673
親2　67852341　　　子2　67352841

ランダムな位置 r を選び、親1と親2でその位置の遺伝子 g_{1_r}, g_{2_r} を調べ、親1と親2のそれぞれで、遺伝子 g_{1_r}, g_{2_r} を交換する。

fig.4 部分的交叉

親　1|2345|678　→　子　167|2345|8

ランダムに選択した区間を別の位置に移動する

fig.5 転座

4.結果

GAの実行結果は下の表の通りである。このうち、所要時間が最小である以下のルートを採用して、市内観光を行った。その結果、各経由地のでの平均滞在時間は **28分** であった。また fig.6の通り班員からも高評価を得ることができ、fig.7の通り無駄な移動は見られなかった。

GAの実行結果	
試行(回目)	所要時間(分)
1	131
2	121
3	128
4	120
5	120
6	120
7	131
8	120
9	120
10	121
平均	123.2

所要時間が最小のルートと実際の経由地の出発・到着時刻	
平和祈念像	09:18 出発
長崎原爆資料館	09:34~10:12
シーボルト記念館	11:08~11:23
眼鏡橋	11:58~12:10
新地中華街	12:23~13:11
グラバー園	13:34~14:24
出島	14:47~14:52
長崎港	15:02 到着

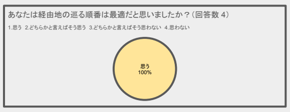

fig.6 班員に対する満足度調査

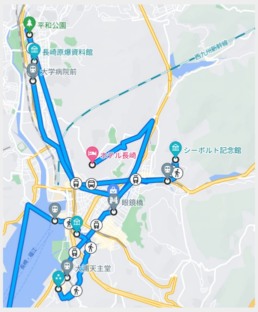

fig.7 市内観光当日のロケーション履歴

5.Webアプリケーション化

今回の市内観光を通して旅行における巡回路の最適化の探索は非常に効果のあるものだと実感した。また、改めて旅行に関する意識調査(fig.8)をしたところ、周遊旅行の需要や巡回路の最適化の探索の必要性が明確化された。
そこで、より使いやすい周遊旅行における行動計画をアシストする Webアプリケーション(fig.9)を作成した。訪れたい地点を入力すると自動で各地点間の所要時間もしくは距離が Google Mapより提供され、それをもとに GAを行い、近似解を求めることができる。

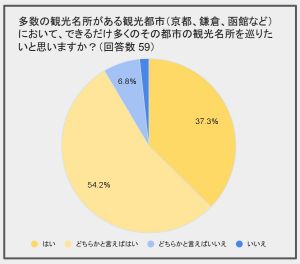

fig.8 旅行に関する意識調査

Webアプリケーションの仕様			
言語	Javascript	②	出発地を入力する欄
仕様API	Geocoding API Maps Javascript API Distance Matrix API	③	経由地を入力する欄
		④	目的地を入力する欄
		⑤	②~④を入力後、検索・GAを開始するボタン
①	選択した地点が表示される地図	⑥	GAの結果を表示する欄

fig.9 Webアプリケーション

6.まとめ

修学旅行での市内観光を通し、旅行における巡回路の最適化の探索の効果を実感し、その手段として GAの有効性を検証することができた。
また、その結果をもとに Webアプリケーションの基盤を作成した。
今後は作成した Webアプリケーションをもとに実際に旅行をして更なる効果の検証を行ったり、多くの人に Webアプリケーションを利用してもらうことでフィードバックを得たりして、実際にサービスが展開できるまで開発を進めていきたいと思う。同時に、このアプリケーションを通じて GAを体験し、GAやアルゴリズムなどに興味を持ってもらうことで、情報学の発展に貢献できるのではないかと考えている。

参考文献
「Google マップ」https://www.google.co.jp/maps/
「巡回セールスマン問題(TSP)のアルゴリズムを極めた話」https://qiita.com/flowerrr__lily/items/6679f9496d0079fa0dd2
「遺伝的アルゴリズムで巡回セールスマン問題を解いてみる(理論編)」https://qiita.com/masaru/items/729a0a0e2d7f305e8e90
「遺伝的アルゴリズムとは：遺伝的アルゴリズムの特徴から遺伝子の交叉と突然変異について解説」https://www.cybernet.co.jp/optimus/tips/cae-optimization/detail/genetic_algorithm.html
「巡回セールスマン問題と遺伝的アルゴリズム(GA)」https://www.studiok-i.net/tsp/

外部リンク
アンケート(fig8)の詳細な結果
･･･https://docs.google.com/spreadsheets/d/1bzdsgs3u6A5ep4x6x9E920w3RA7kIKNw59mOh7_vxSI/edit?usp=sharing