

# 観光スケジュール探索アルゴリズムへの遺伝的アルゴリズムの適用

和田直子<sup>1</sup> 高田雅美<sup>1</sup>

**概要**：本研究では、自動的に観光スケジュールを作成するために開発された探索アルゴリズムに遺伝的アルゴリズムを適用する。観光するユーザは、様々な要求を持っており、それらを満たすことは困難である。そのために開発された探索アルゴリズムであるが、選択肢が多岐にわたるため、現実的な時間で最適解を求めることができない。そこで、遺伝的アルゴリズムを適用し、準最適解を求める。この際、適用度として、既存研究で定義されている期待値を用いる。実験の結果、遺伝的アルゴリズムの世代を進めるにつれて、優良個体が作成されることが確認されている。

## Improvement of Tourism Schedule Search Algorithm using Genetic Algorithm

### 1. はじめに

現在、ユーザに対し目的地までのルートや関連情報などを提供する様々なナビゲーションシステムが存在する。特に、日常生活の場ではなく、観光などで一時的に訪れる場所において、ナビゲーションシステムは、とても重要である。従来は、車載器としてのナビゲーションシステムが主流に開発されているが、スマートフォンを始めとする携帯端末の普及により、任意の場所や状況で手軽に情報を得られるナビゲーションシステムの開発が望まれている。つまり、車移動のみならず徒歩での観光や慣れない土地を訪れた時に活用するナビゲーションシステムが必要である。しかしながら、ナビゲーションシステムは、あくまで経路地もしくは目的地までの経路を表示するのみである。そのため、経路地もしくは目的地をユーザ自身が設定しなければならない。つまり、ユーザ自身が、複数の目的地候補を探し、それらを取捨択一しながらスケジュールを考えなければならない。そこで、移動方法を考慮した自動スケジュール手法の開発が望まれている。

一般的に観光する場合は複数の目的地を巡回することが多い。しかしながら、観光スポットによっては屋外など雨天時に訪れるには適さない場所が存在する。そのため、天候によって観光スケジュールの変更をせざるを得ないことがある。また、ユーザの移動手段の選択も天候の変化に影響される。晴れの場合であれば徒歩や自転車で行く場所であっても、雨の場合はバスなどの公共交通機関を使うことが考えられる。このように、観光において天候の変化はユーザのスケジュールに対する影響が大きい。ユーザの観光における満足度を高くするためには、重要な点となりうる。さらに、ユーザが重視するのは天候だけではない。天候が悪くても目的地を巡回することを重視することや、より多くの観光スポットを巡回することを重視するユ

ーザもいる場合がある。つまり、ユーザにより重視することなど、要求は様々である。

そこで、天候の変化を考慮した上で、旅行者が様々な面でより高い満足度を得られるようなスケジュールリングを自動生成する方法が開発されている[1]。この手法では、スケジュール木を作成している。そのため、目的地の数が増えれば増えるほど、探索木が深くなる。ゆえに、現実的な時間に最適解を求めることは困難となる。そこで、本研究では、天候を考慮した観光スケジュール群の探索アルゴリズムを改良する。具体的には、遺伝的アルゴリズムを適用することによって、現実的な計算時間で準最適解を求める。

本稿の構成は以下の通りである。2章では天候を考慮したスケジュールリングに関する既存研究を紹介する。3章では遺伝的アルゴリズムの適用について述べ、4章で実験結果と考察について述べる。5章ではまとめを述べる。

### 2. 天気変化を考慮した観光スケジュール群の探索アルゴリズム

既存研究[1]では事前に入手した天気予報情報に基づき、天候に応じて分岐する目的地の列からなるスケジュール木と呼ばれる木構造を求めている。また、ある天気におけるその観光スポットの重要度とその時の巡回確率を設定し、スケジュールごとの満足度の期待値を計算している。満足度とは、含まれる目的地の重要度、観光経路の長さ、帰着時間順守に関する修正値の和で表される。既存研究[1]では、この満足度を用いて得られた期待値が最大となることを目的としている。

データベースには、道路地図及び目的地のデータ、天気予報データが保持されている。ユーザ側の入力として、滞在日数や出発・帰着時間、観光スポットの重要度、観光スポットにおける時間制約を与えるようにしている。重要度はユーザがそのスポットを訪れたい希望度の度合いを示す値であり、巡回する観光スポットの重要度の大きい経路が望ましい経路としている。そして天気によりその値が変化

<sup>1</sup> 奈良女子大学  
Nara Woman's University



と進化させる。

### 3.2 期待値

既存研究[1]の目的は期待値を最大化するような根つき  $T_s$  を求めることである。期待値を求める式は既存研究[1]において以下のように与えられている。

$$\exp(T_s) = \sum_{j \in L_s} \text{pro}(j) \cdot \text{satt}(j)$$

$L_s$  はスケジュール木  $T_s$  の葉ノードの集合である。

$$\text{pro}(i) = \begin{cases} 1 & \text{if } i = \text{root} \\ \text{pro}(\text{par}(i)) \cdot \text{pw}(w'_i, \text{dep}(\text{par}(i))) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{root}$  はスケジュール木  $T_s$  の根ノード、 $\text{pro}(i)$  はスケジュール木  $T_s$  におけるノード  $i$  への到達確率を返す関数。また、 $\text{par}(i)$  は  $i$  の親ノードを返す関数、 $\text{pw}(w'_i, \text{dep}(\text{par}(i)))$  は

目的地が時刻  $\text{dep}(\text{par}(i))$  において天気  $w'_i$  である確率を返す関数である。

$\text{dep}(i)$  はノード  $i$  の出発時間を返す関数であり、以下のように与えられる。

$$\text{dep}(i) = \begin{cases} pt_s & \text{if } i = \text{root} \\ \text{dep}(\text{par}(i)) + \text{dur}'_i + \text{dist}(d'_i, d'_{\text{par}(i)}) / \text{speed} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$pt_s$  は出発時間を、 $\text{dist}(d'_i, d'_{\text{par}(i)})$  は  $d'_i$  と  $d'_{\text{par}(i)}$  の間の距離を、 $\text{speed}$  はユーザの移動速度を表す。 $\text{dur}'_i$  は目的地  $d'_i$  の滞在時間に対する制約である。

$\text{satt}(j)$  はスケジュール木  $T_s$  において根ノード  $\text{root}$  から葉ノード  $j$  に到達するスケジュール  $S_j$  の満足度を与える関数であり、以下のように与えられる。

$$\text{satt}(j) = \alpha \cdot \text{desp}(S_j) + \beta \cdot \text{disp}(S_j) + \gamma \cdot \text{timp}(S_j)$$

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は目的地の重要度、観光経路の長さ、帰着時間のどれを重視するかを調整する重み係数である。

$\text{desp}(S_j)$  は、スケジュール  $S_j$  において制約条件を満たす目的地における重要度の合計値を返す関数であり、以下のように与えられる。

$$\text{desp}(S_j) = \sum_{i \in \text{nod}(S_j)} \text{satt}(i)$$

$$\text{satt}(i) = \begin{cases} \text{pre}(d'_i, w'_i, \text{tima}(i)) & \text{if } \text{tima}(i) \leq \text{rst}_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{nod}(S_j)$  はスケジュール  $S_j$  内のノードから根ノード  $\text{root}$  を除いたノード集合返す関数である。 $d'_i \in D$  はノード  $i$  における目的地、 $w'_i \in W$  はノード  $i$  における天候である。 $\text{pre}(d'_i, w'_i, \text{tima}(i))$  は目的地  $d'_i$  において天気  $w'_i$  の場合に、時刻  $\text{tima}(i)$  に到着した際の重要度を表す。 $\text{rst}_i$  は目的地  $d'_i$  の到着時刻に対する制約である。

$\text{tima}(i)$  は  $\text{dist}(d'_i, d'_{\text{par}(i)}) / \text{speed}$  スケジュール  $T_s$  においてノード  $i$  の目的地に到着する時間を返す関数であり、以下のように与えられる。

表 1 観光スポットリスト

目的地番号	観光スポット	基本重要度	滞在時間 (h)	属性
1	東大寺大仏殿	91	2	その他
2	平城京跡	78	1.5	屋外型
3	春日大社	74	1.5	屋外型
4	飛鳥寺	50	1	その他
5	興福寺	79	1.5	室内型
6	法隆寺	100	2	室内型

表 2 目的地属性による重要度係数

天気	屋外型	室内型	その他
晴	1	0.4	0.8
雨	0.2	1	0.8

表 3 各地点の情報

地点名	緯度	経度
奈良ホテル	34.679855	135.834031
東大寺大仏殿	34.6888126	135.8399158
平城京跡	34.6910562	135.7953815
春日大社	34.6812433	135.8482926
飛鳥寺	34.4787657	135.8202946
興福寺	34.6829464	135.8310724
法隆寺	34.6015645	135.7388892

$$\text{tima}(i) = \begin{cases} pt_s & \text{if } i = \text{root} \\ \text{dep}(\text{par}(i)) + \text{dist}(d'_i, d'_{\text{par}(i)}) / \text{speed} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{disp}(S_j)$  は、スケジュール  $S_j$  の経路長さによるペナルティ値 (負の値) を返す関数であり、以下のように与えられる。

$$\text{disp}(S_j) = \sum_{i \in \text{nod}(S_j)} \text{dist}(i, \text{par}(i))$$

$\text{timp}(S_j)$  は、スケジュール  $S_j$  において帰着時間を超過した時のペナルティ値 (負の値) を返す関数であり、以下のように与えられる。

$$\text{timp}(S_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } i = \text{root} \\ \text{tima}(j) - pt_g & \text{otherwise} \end{cases}$$

$pt_g$  は帰着時刻を表す。

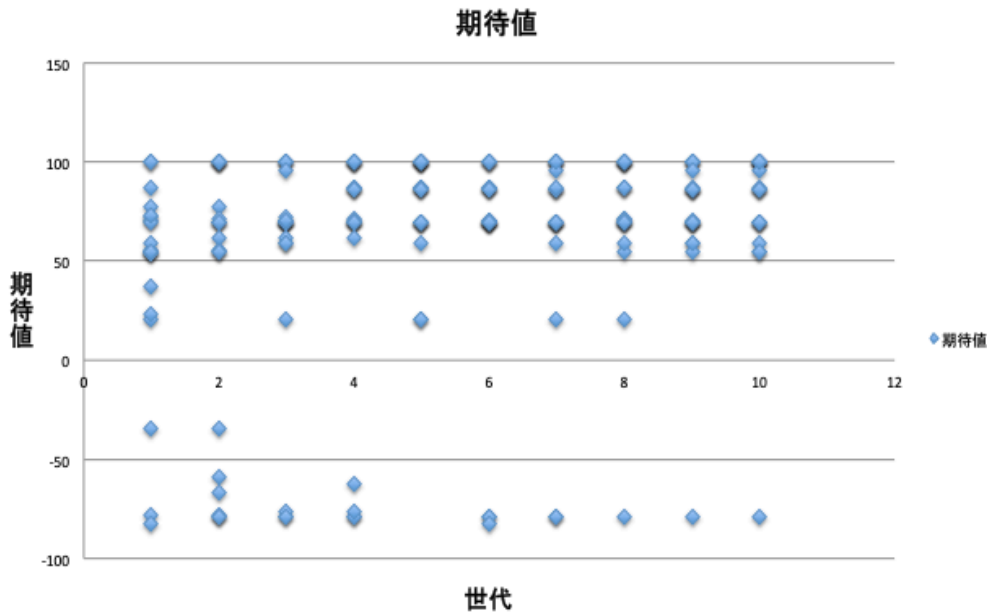


図2 全個体の期待値

## 4. 実験

### 4.1 実験方法

天気の詳細データとしてある時間における、晴、雨それぞれの天気の確率を、観光スポットの詳細データとして観光スポットの緯度と経度、各地点における天気ごとの重要度、滞在時間を設定しなければならない。各地点における天気ごとの重要度の求め方は、表1の基本重要度に、同じく表1の属性を元に表2の重要度係数をかけることで求められる。表1と表2のデータは既存研究[1]を使用している。実験では出発地点を奈良ホテルとし、出発時刻を9時、最後の目的地への到着時刻の目安を14時とする。また、本実験では9時～18時における3時間ごとの降水確率を、各時間帯20%としている。出発地点を含めた各地点のデータに関しては表3に示す。

実験では、目的地6地点から4地点を巡回する。ただし、各個体の遺伝子長は、目的地と同じ6とする。つまり、巡回しない地点も個体情報に加えることによって、世代交代の際に、巡回路となる可能性を残す。目的地の数が6であるため、3.1節より、 $N=20$ 、 $e=2$ 、 $M=10$ として、生成した巡回路を交叉させていく。また、各個体が持つ遺伝子長が6と短い。そのため、突然変異が及ぼす影響が非常に大きいものとなる可能性が高い。ゆえに、3.1節で説明した手順5の突然変異は適用しないものとする。

### 4.2 実験結果

図2は、全個体の期待値をグラフ化したものである。横軸は世代、縦軸は期待値を表す。移動距離が長い場合、期

待値が負になる場合がある。同じ期待値を持つ個体は1つのプロットとして表している。そのため、各世代のプロット数は、 $N$ よりも少ない。

図2では、期待値の最大値と最小値の差が大きく、最良個体の期待値の推移を確認することが困難である。そこで、図2として、各世代の最も大きな期待値を持つ個体のみをプロットしたグラフを描く。図2は、図1同様、横軸は世代、縦軸は期待値を表す。

表4は、最も大きな期待値を持つ個体の数を表す。

### 4.3 考察

図2より、期待値が50以下の個体の数が、第1世代の方が第10世代よりも多いことがわかる。特に、第10世代では、期待値が50以下の世代が1個体のみとなっている。これは、世代交代が進むにつれ、優良個体の影響を受け、世代に含まれる個体が全体的に優良な状態に進化しているものと考えられる。ただし、1つの遺伝子情報に収束するのではない。そのため、多様性も保たれているものと思われる。

図3より、第1世代よりも、世代が進んだ方が、期待値が高くなっている。つまり、遺伝的操作を繰り返すことによって、より優良な個体が得られている。また、エリート個体の情報を常に残すことによって、最も高い期待値を持つ個体の情報が維持されている。そのため、図3のプロットをつなぐと、右肩上がりのグラフとなる。また、世代が大きくなればなるほど収束していく様子が確認できる。これは、局所解に陥っている可能性が考えられるが、本実験では、目的地の数が6と少ないため、その可能性は低いも

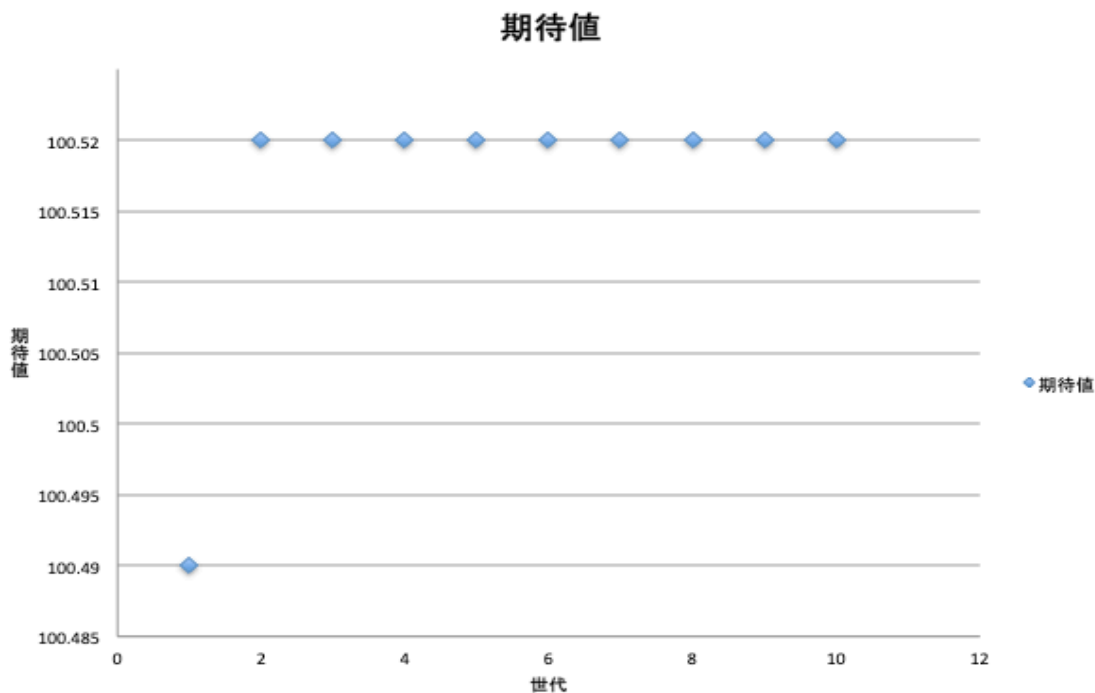


図3 各世代における最も高い期待値

表4 最も高い期待値とその値を持つ個体数

世代	期待値	個体数
1	100.49	1
2	100.52	2
3	100.52	2
4	100.52	2
5	100.52	3
6	100.52	4
7	100.52	3
8	100.52	5
9	100.52	2
10	100.52	5

のと考察する。

表4より、図2で描かれた通り、世代が進むにつれ、期待値が高くなっていることがわかる。また、2世代目以降、最も高い期待値は変化していないが、その期待値を持つ個体の数が変化していることがわかる。これは、エリート個体を2個体残していることによる影響が大きいものと考えられる。ただし、世代の進みと個体の数に関係性は確認されないため、完全な局所解に陥っているのではなく、優良個体を維持しながら、多様性を保つことができているものと考えられる。

以上より、既存研究[1]の期待値を用いて開発された遺伝的アルゴリズムは、探索アルゴリズムとして問題ないものと考えられる。

ただし、本稿で示した実験は、目的地の全体の数が非常に少なく、また、巡回する目的地の数はさらに少なくなっているため、遺伝的アルゴリズムを適用しなくても、既存研究で行っている木構造により最適解を求めることが可能である。そのため、今後の課題として、より多くの目的地に対する実験を行うべきである。この際、単に目的地の全体数を増やすだけでは、巡回路に含まれない順路に対する遺伝的操作が影響することは少ない。また、巡回路に含まれない部分における順路を巡回路に含ませる可能性は、本稿で用いた期待値では、低いものと考えられる。ゆえに、この点を考慮した期待値もしくは遺伝子操作を開発すべきである。

## 5. まとめ

本研究では天気を考慮した観光スケジュール群の探索アルゴリズム[1]へ遺伝的アルゴリズムを適用している。既存研究[1]を巡回セールスマン問題と捉え、最適化するために遺伝的アルゴリズムを適用した時の期待値への影響を調べている。巡回セールスマン問題ととらえることができるため、交叉では、PMCを用いている。これにより、ある範囲の巡回の順番を保持することができる。また、エリート個体を残すことによって、優良個体の情報を保持する。

実験結果より、既存研究で定められた期待値を用いて遺

伝的アルゴリズムを実行することにより、より優良な個体情報を取得することができることが確認されている。また、エリート個体を残しているため、優良個体の情報を失われることがない。交叉させる親をランダムに選んでいるため、多様性が保たれていることが確認されている。ゆえに、遺伝的アルゴリズムを適用することが可能であると考えられる。

今後の課題として、目的地が増えた場合の検証が必要である。

## 参考文献

- [1] 武兵, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤実. 天気変化を考慮した観光スケジュール群の探索アルゴリズム. 情報処理学会論文誌. 2010, vol. 3, no. 1, p. 87-97.
- [2] 伊庭斉志. 遺伝的アルゴリズムと進化のメカニズム. 岩波書店, 2002
- [3] 伊庭斉志. 遺伝的アルゴリズムの基礎-GAの謎を解く-. オーム社, 1994
- [4] ”S3群(脳・知能・人間)-4編(ソフトコンピューティングとニューラルネットワーク-3章 進化計算)”  
[http://ieice-hbkb.org/files/S3/S3gun\\_04hen\\_03.pdf](http://ieice-hbkb.org/files/S3/S3gun_04hen_03.pdf) (参照 2020-11-20)
- [5] ”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/> (参照 2020-11-20)
- [6] Baker, B.S., Coffman, E.G., Rivest, Jr.R.L.: Orthogonal packing in two dimensions, SIAM Journal on Computing, 1980, 9, pp.846-855