

# 避難者の受容性を考慮した多目的 GA に基づく 避難経路推薦手法の提案\*

CAIMING† 北村 尊義† 泉 朋子†

立命館大学 情報理工学部†

## 1. はじめに

大規模な地震災害が今後も発生することが予想されている中、避難者の避難行動の安全性を高めるため信頼性の高い避難経路推薦システムが必要とされている。既に多くの避難経路推薦システムが提案されているが、その多くは避難時間や混雑度などの要因を考慮し最も短時間で避難が可能な避難経路を提示している。

避難経路を求める解法の一つが遺伝アルゴリズムである。効果的な遺伝子コーディングと交差変異の方法についていくつか検討がなされている[1]。また、最短経路だけでなく他の評価値も考慮する場合には、複数の評価関数を用いる多目的 GA がある。例えば志村らは「距離」、「到達確率」、「火災危険度」、「避難時間」を評価目的として避難経路を推薦する手法を提案している[2]。

しかし効率のよい避難経路であっても、その経路に従って避難することを避難者が受け入れなければ実効性は低い。そこで本研究では提示する避難経路について避難者の受容性を高めるために、多目的 GA を用いて多様な要素を考慮した避難経路を複数提示し、避難者が避難経路として受け入れやすい経路を選択する手法を提案する。避難者が避難経路を選択する際の基準となるであろう避難所までの「避難時間」と「距離」、「道の狭さ」、「混雑度」、さらに避難時に危険を感じる「橋の多さ」、「高い建物の多さ」を考慮し、それぞれの評価値が高くかつ他の評価値も考慮した避難経路を求め、特徴的な複数の避難経路をユーザに提示する。

## 2. 多目的 GA の実装

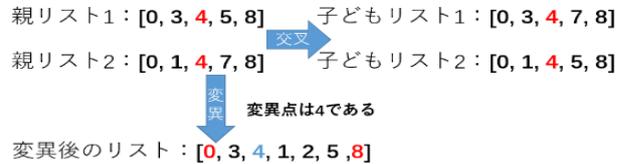
### 2.1. 基本処理

GA は主に遺伝子コーディング、初期集団生成、交叉、変異、選択の処理で構成されている。遺伝子は経路上のノード番号の並びで表現される。極端に長い経路が生成されることがないように、本

\*本研究は JSPS 科研費 20K11911 の助成を受けたものである。

A proposal for an evacuation route recommendation method based on multi-purpose GA considering the acceptability of evacuees

†Ming Cai, Takayoshi Kitamura, Tomoko Izumi: College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.



変異前のリスト : [0, 1, 4, 7, 8]

図 1 交叉と変異

研究では始点から終点の最短経路のノード数  $N_{min}$  を求め、ノード数が  $N_{min} + n$  ( $n$  は定数) 以下の経路をすべて生成し、その中からランダムに抽出したものを初期集団とする。また交叉では集団から経路が二つ選択され、ある中間点が同じ場合、中間点の前後で経路を入れ替える(図 1)。変異は選択した経路の中からランダムにノードを変異点として選択し、経路の始点から変異点を経由して終点に至る経路がランダムに設定される(図 1)。また、パレート最適解を次世代に残すためにパレートランキング法[3]を、複数ある評価関数に基づいて多様性がある解集合を得るためにシェアリング[4]の処理を行う。

### 2.2. 評価関数

本研究では「避難時間」、「距離」、「道幅」、「高い建物の多さ」、「混雑度」、「橋を渡る程度」を評価関数として導入する。「避難時間」以外のすべての指標にユーザの嗜好  $s$  を考慮する。 $s$  は 1 または -1 の値であり、その指標について肯定的(1)か否定的(-1)かを表すものである。例えば混雑度であれば、避難時には人の多いところを通りたいユーザと混雑していないところを通りたいユーザがあり、これらの要望に応えるためのパラメータである。以下ではそれぞれの評価関数を定義する。

・距離評価  $f_L$  : 経路  $R$  のリンク長さ  $l_i$  の和  $L$  にユーザの嗜好  $s$  をかけたものである。

$$f_L(R) = s \cdot L = s \cdot \sum_{i \in R} l_i$$

・避難時間  $f_t$  : 初期避難速度  $v_0$  とリンク  $i$  の混雑度  $\rho_i$  の影響で速度  $v_i$  が定まる[5]。速度  $v_i$  から各リンクの移動にかかる時間を求め総和を取る。

$$f_t(R) = \sum_{i \in R} \frac{l_i}{v_i} = \sum_{i \in R} \frac{l_i}{v_0 \rho_i^{-0.8}}$$

・道幅  $f_w$  : 各リンクの道幅を  $w_i$  とし、経路長に対する平均道幅とする。

$$f_w(R) = s \cdot \frac{\sum_{i \in R} w_i}{\sum_{i \in R} l_i}$$

・高い建物の多さ  $f_B$  : 各リンク  $i$  の両側に建つ 4 階建て以上の高さの建物の数を  $N_i$  とし、経路長に対する平均数とする。

$$f_B(R) = s \cdot \frac{\sum_{i \in R} N_i}{\sum_{i \in R} l_i}$$

・混雑度  $f_\rho$  : 各リンク  $i$  の面積に対する平均人数とする。

$$f_\rho(R) = s \cdot \frac{\sum_{i \in R} \rho_i \cdot l_i \cdot w_i}{\sum_{i \in R} l_i \cdot w_i}$$

・橋を渡る程度  $f_b$  : 各リンク  $i$  に含まれる橋の長さ  $b_i$  の和とする。

$$f_b(R) = s \cdot \sum_{i \in R} b_i$$

### 3. 実験と結果

#### 3.1. 対象地域と用いたデータ

京都市烏丸地区の南北 1km, 東西 2.4km の範囲を対象とし実験を行った。対象地域に含まれる道をすべて避難経路対象としたところ、ノード総数は 309 個、リンク総数は 493 本となった。橋は 4 本含まれている。また京都市情報館の防災マップから避難所の情報を、Google Map から各リンクの長さ、道幅、建物の様子の情報を取得した。道幅は車道数に 3.5m をかけた値としている。いくつかの連続するリンクを混雑度高いリンクとし混雑度を 3 から 4 (人/m<sup>2</sup>) で、その他のリンクの混雑度は 0 から 3 (人/m<sup>2</sup>) でランダムに設定した。

本実験では起点と避難所をランダムに選択し、提案手法の収束性と最後出力する経路の多様性を評価する。実験では好感度はすべて 1, 初期集団を作成する際の  $n$  は 6 とした。

#### 3.2. 実験結果

まず解の収束性を示す。本手法は多様性のある解を得るものであるため、特定の経路ではなく各世代の経路の平均値と最大値から収束性を観察する。道幅の評価値を図 2 に示す。道幅の評価値は高いほど良く、図 2 から評価値が徐々に高くなり、その後収束することがわかる。

次に解の多様性を示す。第 100 世代の経路の長さや道幅の関係を図 3 に示す。道幅の値は大きく、長さの値は小さいほうが良い。赤い点からわかるようにグラフの右下に解が分散しており、長さが長い経路と道幅が広い経路がそれぞれ得られていることがわかる。また表 1 は橋の多さを除く 5 つの各評価値について、その評価値が最も高い経路の各評価値を示している。それぞれの経路の結果から、各評価値の高い、特徴的な経路が得られていることがわかる。

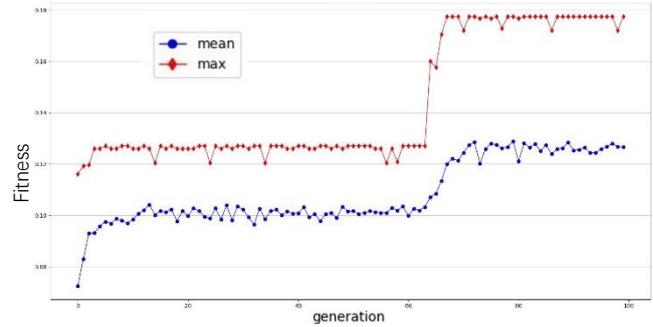


図 2 道幅の評価値の遷移

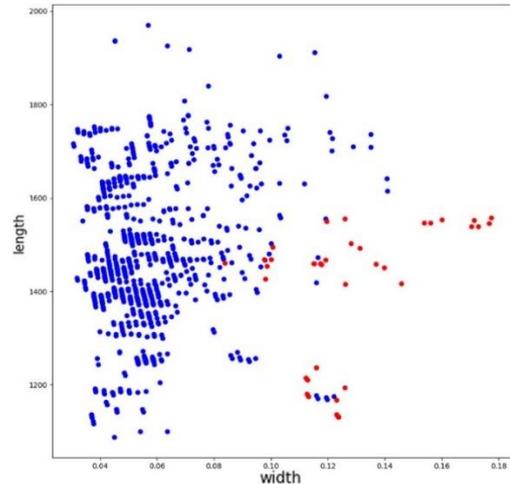


図 3 長さや道幅の関係

表 1 各評価値が最も高い経路の評価値

No	$f_L$	$f_t$	$f_w$	$f_B$	$f_\rho$
1	737	758	0.124	8.07	1.69
2	737	758	0.124	8.07	1.69
3	738	805	0.144	5.54	1.67
4	738	805	0.144	5.54	1.67
5	1295	953	0.095	17.73	0.97

#### 参考文献

- [1] 諸田雅之ら：遺伝アルゴリズムによる TSP の一解法，第 44 回情報処理学会全国大会講演論文集，pp.181-182 (1992).
- [2] 志村雄一郎：多目的 GA を用いた地震災害下における避難経路探索法に関する研究，電気通信大学修士論文 (2014).
- [3] C. M. Fonseca et al. : An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization, *Evolutionary Computation* 3, pp1-16 (1995).
- [4] J. Horn, et al. : A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization, in *Proc. of the 1st IEEE Conference on Evolutionary Computation*, pp.82-87 (1994).
- [5] X. Chen : Review of personnel evacuation speed models, *Safety and Security Technology*, vol.3, pp-46-48(2010) (in Chinese).