

遺伝的アルゴリズムを用いた豪雨災害下の避難経路に関する研究

谷 洸一郎†

山本 佳世子‡

電気通信大学 情報理工学域†

電気通信大学 大学院情報理工学研究科‡

1. 序論

1.1 研究の背景と目的

近年、地球温暖化が原因とされる豪雨災害が世界各地で多発し、世界規模の問題になっている。我が国でも、2015年の関東・東北豪雨や、2018年の西日本豪雨などにより、被害の甚大な災害が生じている。ハザードマップ等で浸水の危険がある地域や避難場所に関する情報は容易に得ることができるが、避難経路に関する情報はほとんど公開されていない。豪雨下では平常時とは異なって道路が冠水し、普段使う道では避難所に行くことができない場合がある。そのため、豪雨災害発生時に落ち着いて避難するためにも、平常時から避難経路を予め決めておくことが重要となる。本研究は以上の背景を踏まえて、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて多数の避難経路の中から、適切な避難経路を探索する方法を提案することを目的とする。

1.2 関連分野における先行研究と本研究の位置付け

本研究は、(1)避難経路に関する研究、(2)GAを用いた最適解探索に関する研究に関連している。(1)に関連する先行研究として、佐藤ら(2008)は消費カロリーを考慮した歩行換算距離を用いて、実際の都市空間における徒歩圏域を明らかにした。また村林(2008)はダイクストラ法を用いて、坂道を考慮した歩行マップを作成した。(2)に関する先行研究として、Shimuraら(2014)は多目的GAを用いて、地震災害下における最適な避難経路探索アルゴリズムを設計・構築した。本研究はこれらの先行研究と比較して、これまであまり対象とされていなかった豪雨災害下における避難を対象とする点、避難所に到達する

までにかかる消費カロリーを基にGAを用いて適切な経路探索を行う方法を提案する点において本研究の独自性を示す。

2. 研究の枠組み

本研究では、まず豪雨災害下の避難に適したGAを構築する。次に、簡易な仮想経路において避難経路探索法の妥当性を検証する。そして研究対象地域において避難経路探索法を適用し、最適な避難経路を提案する。そのためには、地理情報システム(GIS)を用いて、国土数値情報から研究対象地域の道路情報を取得し、道路の交差点や終点をノード、道路をリンクとしてデジタル地図形式の経路を作成する。各避難経路では、避難所に到達するまでの消費カロリーの逆数を経路の評価値とする。この評価値をGAにおける適合度の値として用いる。以上のように客観的なデータを用いて具体的な避難経路を提案することが、避難者の意思決定や、平常時からの防災意識の向上の一助となることを期待することができる。

3. 遺伝的アルゴリズムの設計

3.1 初期集団の生成

予め避難経路を多数設定し、各々の経路を個体として初期集団を生成する。

3.2 適合度の評価

評価関数を用いて、各個体の適合度を求める。本研究では消費カロリー算出基本式(1)を用いて、各経路における消費カロリーを求める。GAでは評価値が高いほど優秀な個体となる。消費カロリーが高い方が避難経路には適さないため、消費カロリーの逆数を評価値とした。式(1)のうち、RMRは坂道歩行や歩行速度に影響する。

$$E = (\text{RMR} + 1.2) \times \text{BMR} \times W \times T \quad (1)$$

(E: 代謝エネルギー, RMR: エネルギー代謝率
BMR: 基礎代謝率, W: 体重 T: 時間)

Studies on evacuation route search method under heavy rain disaster using genetic algorithm

† Koichiro Tani, Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

‡ Kayoko Yamamoto, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

3.3 選択

選択の方法は、以下の2種類である。

[1]ルーレット選択

各個体の適合度に応じた確率でランダムに個体を選択する手法である。適合度が低い個体を選択される場合もあるが、部分的には選択率は次の式(2)である。

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{k=1}^N f_k} \quad (2)$$

(f_i : 個体 i の適合度, N : 個体の総数)

[2]エリート選択

個体群の中から適合度の高い個体を任意の数残す選択法である。局所的最適解に陥りやすいため、ルーレット選択と併せて使う。本研究では、 N 個の個体群に対してリート選択を 1 回、ルーレット選択を $N-1$ 回適用する。

3.4 交叉

個体群から設定した交叉確率にしたがい、2 個体選ぶ。2 個体に同一ノードがある場合、ランダム交叉点を一つ選び一点交叉を行う。一点交叉の様子を図 1 に示す。

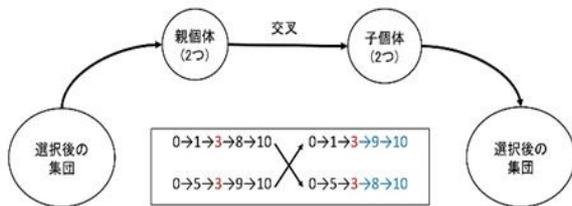


図 1. 一点交叉の様子

3.5 突然変異

個体群から 1 つ個体を選び、突然変異させる。経路の突然変異の場合、変異点を選択し変異点以降をランダムに作成した別の経路に置き換える。

以上の遺伝的アルゴリズムの流れを図 2 に示す。

4. 研究対象地域の選定

研究対象地域として、東京都世田谷区と広島県安佐北区の二地域を選定した。前者は 2019 年の台風 19 号の影響で氾濫した多摩川流域に位置している。後者は 2014 年 8 月の豪雨や 2018 年 7 月豪雨で多大な被害を受けた地域である。

5. 今後の研究計画

現在は GA のパラメータを調整中である。パラメータ調整後、研究対象地域に避難経路探索法

を適用させ具体的な避難経路を提案する予定である。

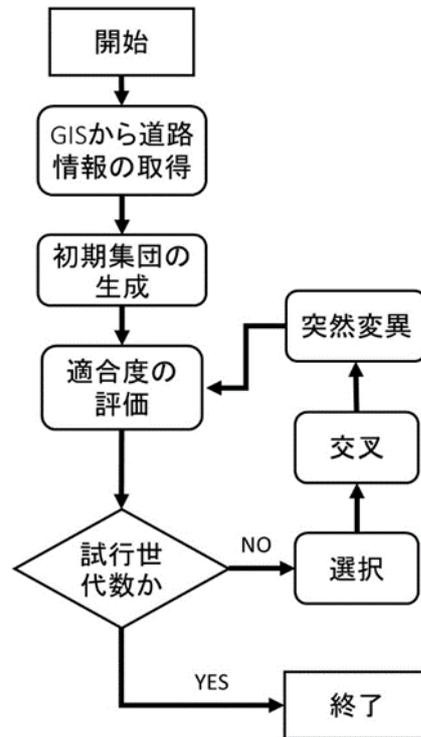


図 2. 遺伝的アルゴリズム(GA)のフロー

参考文献

- [1] 佐藤栄治, 吉川徹, 山田あすか 「歩行換算距離を用いた施設配置と住み替えによる地域生活継続可能性の検討-地形条件と高齢化を勘案した地域施設配置モデルその 2-」 日本建築学会計画系論文集, Vol.73, No.625, p.611-618, 2008
- [2] 村林正隆 「斜面を考慮した瀬戸市における歩行マップ」, 南山大学 2011 年度卒業論文要旨, 2p, 2012
- [3] Yuichiro Shimura and Kayoko Yamamoto “Method of Searching for Earthquake Disaster Evacuation Routes using Multi-Objective GA and GIS” Journal of Geographic Information System, Vol.6, No.5, p.492-525, 2014