

粘菌アルゴリズムを用いた避難経路の導出手法 －「安全で迅速な避難」および「円滑な避難」の実現－

◆概要

減災のためには避難経路の選択が重要ですが、防災意識の向上と防災教育を主目的とする取り組みは定量性に欠け、避難経路を定量的に最適化する研究は単一の避難経路を提示するにとどまっているため、実用上の課題があります。そこで本研究では、粘菌アルゴリズムを用いて複数の避難場所への複数の避難経路を定量的に導出する手法を開発しました。

本手法を用いて導出した避難経路と、主要な経路探索手法の1つであるダイクストラ法を用いて導出した避難経路とを比較し、追加計算不要で避難成功率の高い避難経路を導出すること、複数の避難経路の性能を得ること、少ない計算時間でより効果的に避難経路を導出することの3点において、前者が優位であることを確認しました。このことにより、定量的根拠に基づいた避難経路を得ることとその評価が可能となり、安全な避難に寄与することができます。

◆主文

1. 研究開発の内容

東京都は「東京の防災プラン」の中で、地震に対して「安全で迅速な避難の実現」、風水害に対して「円滑な避難の実現」を目指としています。このためには、複数の避難経路候補から定量的根拠に基づいて避難経路を選択することが不可欠になりますが、従来の経路検索アルゴリズムでは、単一の始点と終点を結ぶ最短経路を求めることのみが可能であり、複数の避難場所に向かう複数の避難経路の優先度を追加計算なしに定量的に比較することはできませんでした。そこで、本研究では粘菌アルゴリズムを用いた経路導出手法を提案し、道路ネットワークデータを使用して避難経路を導出した結果を提示することにより、以上の既存研究の課題を解決することができました。

2. 粘菌アルゴリズムを用いた経路探索手法

粘菌アルゴリズムとは、真正粘菌変形体（粘菌）の輸送管ネットワークに着想を得たアルゴリズムです。粘菌は細胞体内に形成した輸送管を通して原形質の往復流動を行い、輸送効率に優れた輸送管ネットワークを動的に形成することが知られています。本研究は粘菌のこのような特性に着目し、道路網と粘菌の輸送管ネットワークの関係を、道路はリンク、交差点はノード、歩行者は原形質と解釈しました。また、道路と粘菌アルゴリズムの各変数の関係を、通行可能性はコンダクタンス、道路長は管長、優先度は流量、始点と終点は原形質の流出入口

と解釈しました。つまり、原形質の流出入点を結ぶ輸送管の流量を求めることで、避難経路としての優先度を比較することができます。

提案手法では図 1 の手順で作業を行い、妥当性を検証するために、経路探索手法として一般的に用いられているダイクストラ法との比較を行いました。研究対象地域は河川に挟まれ災害危険度の高い JR 北千住駅周辺としました。研究対象地域の道路ネットワークは、国土地理院発行「数値地図（国土基本情報）」から、QGIS2. 18. 15 を用いて抽出しました。

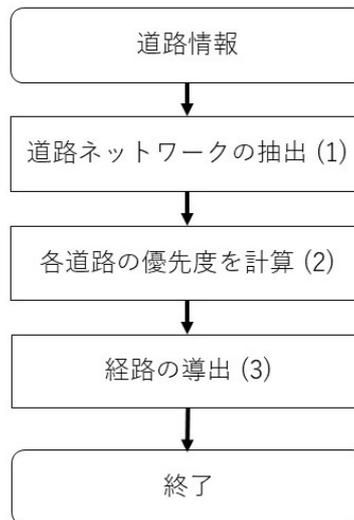


図 1 提案手法の概略

3. 結果

以下の 4 つの条件で避難経路を導出し、結果を図 2~5 に示しました。

- (1) 道路長のみを考慮して避難経路を 1 つ求める
避難開始地点が 1 つ、避難終了地点が 1 つの場合に、優先度の最も高い避難経路を 1 つ導出
- (2) 2 つの避難場所へ向かう 2 つの避難経路を求める
避難開始地点が 1 つ、避難終了地点が 2 つの場合に、それぞれの避難終了地点への優先度の最も高い避難経路を 1 つずつ導出
- (3) 優先度の高い順に、避難場所に向かう 2 つの避難経路を同時に求める
避難開始地点が 1 つ、避難終了地点が 1 つの場合に、優先度が高い順に 2 つの避難経路を 1 つ導出
- (4) 途中の道路が通行不可能な場合でも、再計算なしで迂回路を求める
(1)において、途中の道路が通行不可能であると仮定し、再計算なしで迂回路を導出

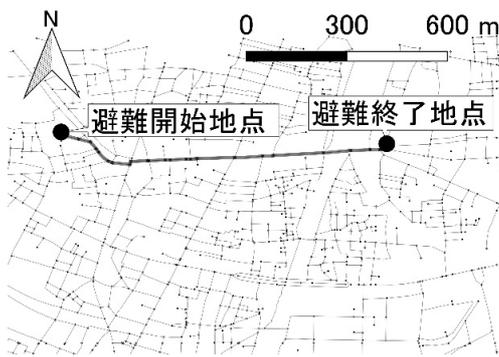


図2 条件(1)の避難経路

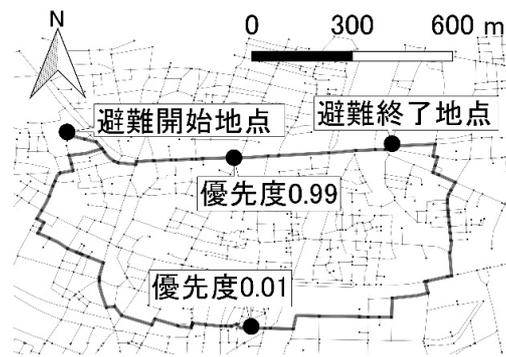


図4 条件(3)の避難経路

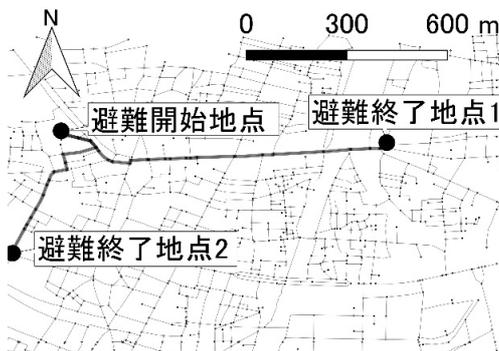


図3 条件(2)の避難経路

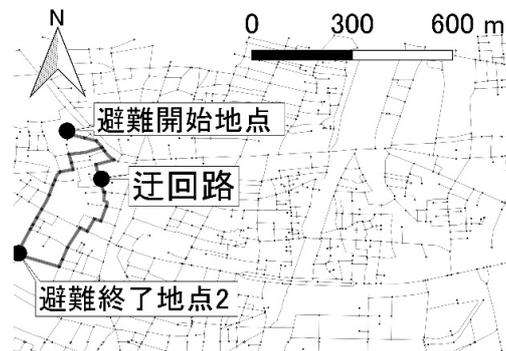


図5 条件(4)の迂回路

まず、条件(1)の最も優先度が高い避難経路は、ダイクストラ法で求めた最短経路と一致しました(図2)。条件(2)でも2つの避難場所に向かう2つの避難経路を同時に導出することができました(図3)。避難終了地点での流出量比を任意に設定することにより、避難場所の収容人数や安全性を考慮した計算が可能になります。条件(3)では優先順位の高い順に2つの避難経路を同時に導出することができました(図4)。このように追加計算なしに避難経路を任意の数だけ導出することができます。最後に、条件(4)では途中の道路が通行不可能でも、再計算なしに迂回路を導出できました(図5)。

4. 考察

本研究の提案手法には、以下の3点の有用性があります。

- (1) 一般的な経路探索アルゴリズムとは異なり、複数の避難終了地点への複数経路を追加計算なしで定量的に比較することが可能です。また、優先度の計算においてすべての道路の優先度を計算しているため、道路状況が変化した場合でも再計算不要で迂回路を得ることができます。
- (2) 優先度の計算が1回完了した後は、ネットワークや高性能な計算機がなくても迂回路を導出することができます。
- (3) 避難経路の優先度の値が収束するまで計算を行う必要はなく、優先度の順位が収束した時点で繰り返し計算を終了しても良いという利点があります。

また、優先度の正確さと計算時間のどちらを優先するかは、段階的に決定することが可能です。したがって、災害発生前には正確さを優先し、優先度の値が収束するまで計算を行い、災害発生後には計算時間を優先し、優先度の順位のみを使用して避難経路を求めるといった運用が考えられます。

5. 今後の展望

避難経路は災害時に用いられるため、災害危険度、道路の勾配、傾斜、段差の有無といった情報を考慮し、通行可能性としてのコンダクタンスの数値にこれらの情報を反映させることにより、本手法の精度をさらに向上させることが期待できます。

[論文情報]

吉次なぎ, 阿部真也, 山本佳世子, 粘菌アルゴリズムを用いた避難経路導出手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 12, pp. 2325-2329, 2019.