

避難誘導における障害物回避を考慮した PSO アルゴリズムの評価

石井 壯幸[†] 松澤 智史[§]

Ishii Akiyoshi Matsuzawa Tomohumi

1. はじめに

今日から過去 10 年で,2011 年に東日本大震災,2016 年に熊本地震が発生した.地震による広域災害ではいくつかの人的被害が存在する.その一つとして,避難の過程で建造物の損壊や火災に巻き込まれる被害が挙げられる.このような状況では,安全な所へ迅速に避難する必要がある.しかし,地震による建造物の損壊や火災により,本来であるなら利用できた経路が利用できなくなり,避難が困難になる.避難者はこのような状況に対応した情報を得る必要がある.近年ではスマートフォンなどの携帯可能な通信機器の普及により,情報の共有が容易に行える.そのためスマートフォンを介して自動で避難経路を提示するようなシステムが有効である.

2. 研究目的

地震による建造物の損壊や火災により,本来通れる道が制限されるような状況において,安全な場所へ避難するのにかかる時間を少なくすることを本研究の目的とする.

3. Particle Swarm Optimization(PSO)

3.1 概要

PSO(Particle Swarm Optimization)[1]は1995年にJ.Kennedyらにより開発された最適化手法である.鳥の群れが餌を見つける行動をもとに導かれた「情報を群れ全体で共有する」ことにある.群れを構成する粒子固有の情報と群れ全体共有の情報を組み合わせて,一定の規則に従って行動するものである.

3.2 アルゴリズム

群れを構成する各粒子が「位置」と「速度」に関する情報を持ち,集団で探索を行う.各粒子の位置と速度を更新しながら最適解を探索する.

t 回目の探索において,粒子 i の速度を $V_i(t)$,位置を $X_i(t)$ とすると, $t+1$ 回目の速度 $V_i(t+1)$ と位置 $X_i(t+1)$ は次の式を用いて更新される(式1)(式2).

$$V_i(t+1) = wV_i(t) + c_1r_1(X_i^{pbest}(t) - X_i(t)) + c_2r_2(X_i^{gbest}(t) - X_i(t)) \quad (1)$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (2)$$

ここで $X_i^{pbest}(t)$ は t 回目までの探索における粒子 i の最良解の位置であり, $X_i^{gbest}(t)$ は粒子群の最良解の位置である. t 回目における粒子 i の位置 $X_i(t)$ をそれぞれの位置から引くことで自身の最良解にベクトル,粒子群の最良解に向かうベクトルが得られる. $wV_i(t)$ は慣性のベクトルを表しており, w, c_1, c_2 は係数でそれぞれのベクトルの重み, r_1, r_2 は $0 \sim 1$ までの乱数である.これらのベク

トルを合成して次に進む方向を決定する.流れは以下のようになる.

1. 乱数を用いて粒子の位置と速度を初期化する
2. 各粒子において,(1)式に従い位置の更新を行う
3. すべての粒子の情報をもとに, $pbest$ と $gbest$ を更新する
4. 速度を更新する

探索回数をあらかじめ設定し,その回数が終わるまで2~4を繰り返す.

4. 先行研究

4.1 ACO に基づく避難誘導システム

後藤らの研究 [2] では,ACO を用いて避難経路を構築し,危険な場所を回避するよう拡張を加えた.避難経路探索のための ACO に対して,消臭フェロモンを与えた.消臭フェロモンは打ち消し機能と減衰機能の2つの機能を持ち,打ち消し機能は危険区域と判断された場所のフェロモン量を削減する.結果として危険区域への接近を減らすことができる.減衰機能は消臭フェロモンの拡散機能に等しい.危険区域につながる経路周辺のフェロモン量を減衰することによって,危険区域につながる経路への移動を未然に防ぐものである.また,後藤らの研究の技術を用いて,避難者がランダムに動くよりも,ACO を利用してシミュレーションを行った方が避難にかかるステップ数が短くなることが分かっている.

5. 提案手法

本研究では避難時間の削減を行うためにアルゴリズムとして PSO を用いた避難誘導を提案する.また PSO には障害物の回避を考慮した拡張をした.

5.1 拡張概要

式1より,慣性,自身の最良解,全体の最良解のベクトルで移動方向を決定しているため,最良解に向かう途中に現れる障害物に対応できない.そこで新たに障害物からの斥力ベクトルを加えることで障害物を回避して避難を行えるようにした.

6. 実験

本研究では,避難誘導シミュレーションを用いて実験を行う.避難者が避難完了する割合(避難完了率),避難にかかる時間(ステップ数)を評価する.PSOの比較対象として,先行研究で述べた ACO を用いる.

6.1 実験環境

実験に利用したマップとマップの情報をまとめる(表1).本実験では予期せずに通行不可な場所が現れることを考慮する必要がある.したがって一定時間ごとに拡大する通行不可な場所を設けた(図1).

[†]東京理科大学 理工学研究科 情報科学専攻
[§]東京理科大学 理工学部 情報科学科

表 1: マップの情報

パラメータ名	値
避難者数	100
MAP サイズ	80×80
色	情報
白	道 (通行可能)
黒	壁 (通行不可)
赤	火災や倒壊 (通行不可)
緑	安全な場所 (目的地)
黄	避難者

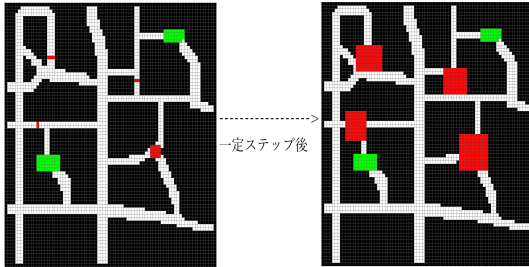


図 1: 通行不可な場所を想定した実験 1 のマップ

6.1.1 結果

それぞれの手法で 500 回ずつ行い, 終了条件を満たすまでにかかったステップ数の平均, 避難完了率をまとめる (表 2).

表 2: 実験 1 火災や倒壊ありの結果

	ステップ数	避難完了率
ACO	14183	1.000
PSO	1409	0.976

7. 評価と考察

7.1 評価

PSO は, 避難完了率が 0.976 となっている. これは終了条件を満たしてもなお, 避難が終わらなかった人が存在していたことを表している. 避難完了した際の平均ステップ数は, ACO に比べて削減はできているが, 避難完了する割合は劣っている. ACO は平均ステップ数が多いが, 確実に制限時間内に避難が完了している. そのため PSO ではステップ数の削減は見込めるが避難完了率において PSO は ACO と比べて優れているとは言えない.

7.2 考察

平均ステップ数が 1654 ステップである PSO が, なぜ制限時間内に完了しない状況が起こるのかをまとめる. PSO を用いてシミュレータを行った際, 予期せずに発生した火災や倒壊による通行不可を考慮することができず, 安全な場所へ向かおうと火災に接近してしまう避難者がいくつか見られた (図 2).



図 2: 実験 1 の PSO を用いたシミュレーション

PSO では火災に接近している回数が ACO よりも多くなり, 避難が完了しない. そこで新たに火災に接近している回数の比較を行った. 結果をまとめる (表 3)

表 3: 結果

	ステップ数	避難完了率	火災接近回数	火災接近率
ACO	14183	1.0	1045	0.073
PSO	1409	0.976	450	0.248

結果を見ると, ACO の方が接近回数が多い. しかし, ステップ数が異なるので, 新たに火災接近率をを表に加えた (式 3).

$$\text{火災接近率} = \text{ステップ数} / \text{火災接近数} \quad (3)$$

この火災接近率は, 避難者中の避難者のだれかが 1 ステップあたりに火災箇所に触れてしまう確率を表したものである. 比較すると PSO のほうが接近する割合が高いため, PSO のほうが火災に接近しているといえる. PSO では, 予期しない火災が安全な場所へ向かう道を完全に塞いでしまったような状況において, 通行不可への接近によりステップ数が増加し避難が終わらない状況が起こった. よって, 実験 1 のような状況では, ステップ数だけでなく, 火災に接近することを防ぐ必要がある.

参考文献

- [1] Marco Dorigo, Vittorio Maniezzo and Alberto Coloni. "Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents" In: Proceeding of IEEE Transaction on System, Vol.26, No.1, pp. 29-41, 1996
- [2] Hiroataka Goto, Asuka Ohta, Tomofumi Matsuzawa, Munehiro Takimoto, Yasusi Kambauashi, Masayuki Takeda. "A guidance system for wide-area complex disaster evacuation based on ant colony optimization" In: Proceeding of the Eighth International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol. 1, pp. 262-268. INSTICC, 2016.