

## 歩行者と自動車の同時避難のための経路探索学習について

北海道工業大学 ○寺町 和優, 北海道工業大学 大堀 隆文,  
北海道工業大学 北守 一隆, 北海道工業大学 川上 敬, 北海道工業大学 木下 正博

### 要旨

東日本大震災発生時、自動車による避難は多くの危険を伴うため、徒歩による避難が原則であった。しかし、当時多くの人々が自動車を利用したため、渋滞による逃げ遅れで多くの人々が犠牲となった。本研究では、安全な場所まで距離がある場合や、体が不自由であるなど自動車が不可欠な場合を考慮し、遺伝的アルゴリズムを用いた自動車による避難を迅速かつ安全に行えるための避難シミュレーションを行う。

### 1. 緒言

2011年3月11日、1995年に発生した阪神淡路大震災のマグニチュード7.3を大きく上回る国内の観測史上最大級となった東日本大震災が発生した。これに伴い巨大津波が東北地方を中心として発生し、甚大な被害の爪痕が各地に残された。国の防災基本計画では、津波からの避難について「原則徒歩」とされている。この理由として、皆が自動車を利用すると渋滞が発生し、津波に巻き込まれてしまう恐れがあり、また渋滞により消防車などの緊急車両の通行の妨害へとつながり、救命活動に支障を来してしまうからである。しかし、自分の財産を守るために自動車を手放すことができず、避難を躊躇してしまった人も多く、助かるはずであった多くの命が失われた。本研究では、高齢者や身体的に不自由である人は優先的に自動車で避難できることを前提とし、歩行者と自動車が同時に迅速かつ安全に避難を可能とするための方法論の提案を行う。

### 2. 東日本大震災の被災概況

「災害対策基本法（1961年制定）」では、災害とは「暴風、豪雨、豪雪、洪水、高潮、地震、津波、噴火その他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する政令で定める原因により生ずる被害をいう」と定義されている。農林水産省をはじめとした各省庁の調査によると、全国の死者数・行方不明者数はおよそ26,000人で、その中でも4mを超える巨大な津波により被災した岩手県と宮城県は犠牲者が日本全国のうち約9割を占めている。

東日本大震災の大津波を調査する土木学会津波痕跡第1期調査団（代表：佐藤慎司東京大学教授）によると、大船渡市三陸町の綾里湾で津波の痕跡高25～26mを観測し、局的には29mもの高さにまで達した場所もあり、リアス式海岸の地形により波が増幅し、海岸から低地の広がる市街地で甚大な被害を受けたことが分かっている。

### 3. 渋滞の発生する問題

渋滞の定義は、道路管理者や交通管理者ごとに異なっている。例えば一般道では、おおむね20km/h以下の時に渋滞であると言われている。一方高速道路では、道路公団ごとに定義が異なる。日本道路公団では時速40km/h以下で1kmの車列の延長が15分以上継続した時とされている。首都高速道路公団では時速20km/h以下の時、阪神高速道路公団で

はおおむね時速30km/h以下の時とされている。また、国家公安委員会では、郊外部の高速道路などは時速40km/h以下などと規定されており、統一的な基準として定められていない。渋滞が発生する主な要因として、交通事故や花火などの付近を通過する際など、見物するために速度を落とすことによる見物渋滞（わき見渋滞）や、帰宅時間に発生する帰宅ラッシュ、大型連休などに発生する帰省ラッシュ、道路工事による車線減少による工事渋滞が挙げられる。また、上り坂やトンネルの入口などは自然と速度が落ちることによって渋滞が発生する要因とされている。

### 4. ラウンドアバウト

現在主流となっている交差点において、出会い頭の事故や速度超過による重大事故の発生など、安全性に問題がある。また、交通量の少ない交差点においては、不必要な信号待ちなど、円滑性に支障を来している状況も見られる。これらの問題に対処するため、欧米諸国ではラウンドアバウト交差点の導入が積極的に進められている。さらに信号による制御を必要としない方式として、被災地の復興としてもラウンドアバウトが近年、注目されている。



Fig.1 Roundabout(Source:www.chunichi.co.jp)

ラウンドアバウトの特徴や導入された場合の効果として、以下のような期待がされている。

- ①直進ができないため、速度の抑制につながる
- ②進行方向が左折のみとなるため、速度の抑制につながる
- ③信号待ちによるイライラ防止（信号無視の抑制）や、CO2排出量の削減が可能となる
- ④不必要な信号待ちがなくなるため、地方部では円滑性の向上につながる

- ⑤信号を設置しないため、導入や維持管理などのコスト削減が可能
- ⑥信号による制御方式ではないため、災害による停電が発生するなどの緊急時においても機能し、渋滞の発生は起こりにくい

- ②歩行者の数と自動車の台数から、自動車利用率と犠牲者数の関係の比較を行う。
- ③災害発生による停電を前提とし、交差点における信号機による交通制御の影響は受けないものとする。移動方向はルーレット選択を用いて、ランダムに決定する。

5. 遺伝的アルゴリズムを用いた実験

水害の発生を想定し、歩行者と自動車が同時に迅速かつ安全な避難を可能とするためのシミュレーション環境を作る。はじめに津波による被害を受ける地形モデルを作成し (Fig. 2), 次にこの地形を数値化する (Fig. 3).

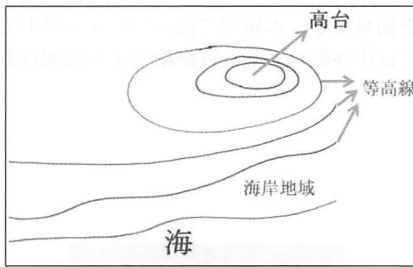


Fig.2 Terrain model subject to tsunami

2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	3	3	4	4	4	3	2	2
1	1	2	3	3	3	3	2	2	2
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig.3 Experiment environment

Fig. 3 ではマスで細分化し、それぞれのマスに標高となる値を与え、3次元空間を再現している。この空間上に歩行者と自動車を配置し (Fig. 4), 本研究の目的である避難先となる高台 (Fig. 3 で数値の高いマス) へ可能な限り短時間で多くの個体を到達させる (Fig. 5).

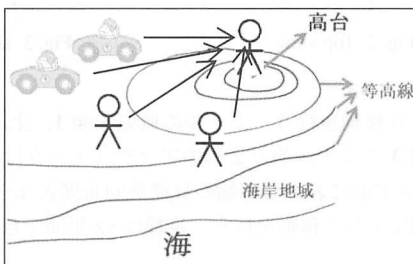


Fig.4 Placement of people and vehicles

ここで、歩行者と自動車は現在位置から近傍4方向へ移動するものと仮定し、歩行者と自動車それぞれの個体の移動方向を2進数の遺伝子配列として表現する (Fig. 6). また、以下の条件で実験を行う。

- ①歩行者の平均速度をおよそ 1.50m/秒 (5.40km/h), 自動車の走行速度を 10~60km/h として、歩行者と自動車による衝突事故の発生率、渋滞発生への逃げ遅れによる犠牲者数の比較を行う。

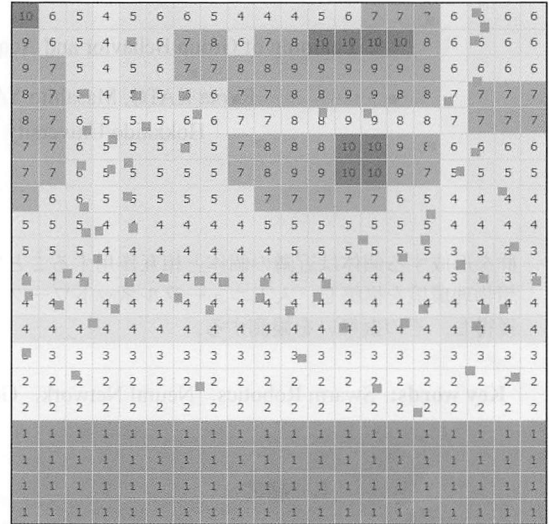


Fig.5 Image of the experiment

歩行者				自動車			
上	下	左	右	上	下	左	右
0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111

Fig.6 Genetic sequence

6. 結言

本研究では、歩行者と自動車の2種類の異なる速度で移動する群システムの制御を行うため、津波から避難すると設定された環境に適応して進化していく遺伝的アルゴリズムを用いて実験を行った。実験結果より、本研究では交差点が全て災害発生による停電を前提とした環境であったことや、歩行者が道路上を横断することも考慮したため、至るところで渋滞が発生した。これにより、逃げ遅れてしまう個体が多数発生してしまい、さらに自動車の走行速度を上げて避難させようとする歩行者との衝突事故といった二次災害も発生してしまった。これらの結果より、歩行者と自動車が同時に迅速かつ安全に避難を可能とするという当初の目的の具体的な解決策の発見には至らなかった。

以上から、渋滞を可能な限り発生させないようにすることが今後の課題となった。その方法として、災害時にも安全に交通制御が可能であると注目されている前述で挙げたラウンドアバウトを用いて、比較検証を行いたい。

参考文献

[1]西成活裕, “「渋滞」の先頭は何をしているのか?”, 宝島社新書, 2009年