

## 避難シミュレーションによる都市高速道路の避難誘導に関する研究

香川大学[院] 学生会員 ○山脇 正嗣

香川大学 正会員 白木 渡

香川大学 正会員 井面 仁志

(株)ニュージェック 正会員 保田 敬一

阪神高速道路株式会社 正会員 川上 順子

### 1. はじめに

大規模な地震が発生した場合、交通量の多い都市高速道路上では急な減速による車両同士の衝突事故や横転事故等に伴い大渋滞が起きると予測される。被災直後の渋滞はドライバーを危険な状態に追い込むだけでなく、負傷者の救助や救援物資の輸送等を行う緊急車両の走行を妨害し、迅速な災害復興の妨げになる。被災直後に、車両を迅速に避難誘導する業務は、ソフト防災対策として高速道路の事業継続計画(BCP)策定上の重要業務の一つとして位置づけられているにも関わらず、構造物自体の耐震補強等のハード防災対策が優先され、その対応が遅れている。

そこで本研究では、大都市圏の高速道路である阪神高速道路を対象として、災害発生後の車両の避難状況をMAS(Multi-Agent System)<sup>1)</sup>によりシミュレーションし、被災者の救助並びに車両の迅速な避難誘導を実現する方法を検討する。

### 2. 避難シミュレーションシステムの開発

高速道路における災害時の避難誘導の検討を行うために、本研究では通常時の車両の走行や災害時の車両・避難者の避難行動、さらに、実際の高速道路管理者が行う避難誘導等が再現可能な避難シミュレーションシステム(図1参照)を、MASを用いて開発した。

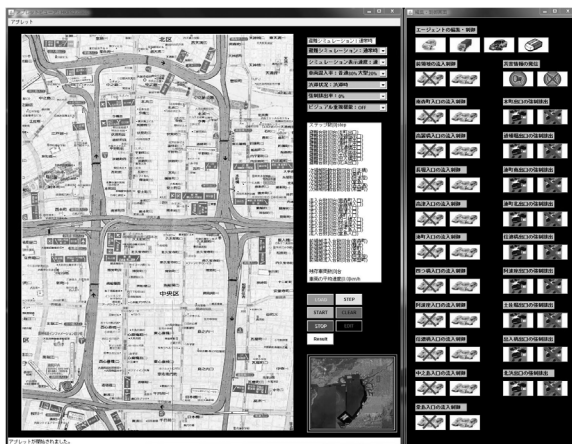


図1 避難シミュレーションシステム

以下に、避難シミュレーションシステムの特徴を示す。

- ・シミュレーションモデルの構築には MAS を用い、様々な人間の心理と行動特性を考慮した。これによりリアルな車両と避難者の行動が再現可能である。
- ・高速道路上で起こりうる様々な被災状況（車両同士の衝突等）が再現可能である。
- ・避難状況を可視化することにより容易に避難状況の傾向や特徴を把握することが可能である。
- ・シミュレーションの途中においても、エージェントの数や環境等の条件変更が可能であり、あらゆる状況変化を想定した避難誘導の検討が可能である。

### 3. 避難シミュレーションによる避難誘導の検討

#### (1) 車両の避難シミュレーション

開発したシミュレーションシステムを用い、阪神高速 1号環状線を対象として、被災時に高速道路管理者が実施する避難誘導の検討を行う。本稿では、高速道路管理者が道路情報掲示板やラジオ等を通じた災害情報の発信処理を行った場合の、車両エージェントの避難完了時間  $T_{\text{escape}}$ 、平均避難速度  $V_{\text{escape}}$ 、一般道への避難に成功した車両エージェント数  $N_{\text{escape}}$  を計測することで、避難誘導の有効性と改善策について検討する。ただし、 $T_{\text{escape}}$ 、 $V_{\text{escape}}$ 、 $N_{\text{escape}}$  の計測は、表1に示す災害情報を受信する車両エージェントの割合（災害情報受信率）と事故車両の発生を考慮した全12ケースで行った。

表1 シミュレーションケース

|        | 災害情報受信率    | 事故車両発生数 |
|--------|------------|---------|
| CASE1  | 災害情報を送信しない | 0       |
| CASE2  | 100%       | 0       |
| CASE3  | 75%        | 0       |
| CASE4  | 50%        | 0       |
| CASE5  | 25%        | 0       |
| CASE6  | 0%         | 0       |
| CASE7  | 災害情報を送信しない | 1       |
| CASE8  | 100%       | 1       |
| CASE9  | 75%        | 1       |
| CASE10 | 50%        | 1       |
| CASE11 | 25%        | 1       |
| CASE12 | 0%         | 1       |

キーワード： 都市高速道路, MAS, 避難シミュレーション, 避難誘導

連絡先： 〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20 香川大学工学部 TEL 087-864-2000 FAX 087-864-2032

シミュレーションの設定を以下に示す。

- ・避難誘導内容：災害情報の発信
- ・避難誘導開始：シミュレーション開始から 10 分後
- ・事故車両の発生：シミュレーション開始から 1 分後
- ・事故の発生箇所：ランダムに決定
- ・車両の流入制御：シミュレーション開始から 30 分後
- ・車両混入率：普通車 80%，大型車 20%
- ・シミュレーション回数：全ケースにおいて 50 回
- ・災害発生時の道路状況：交通量の多い時間帯を想定
- ・後発事故：考慮しない

## (2) シミュレーション結果と考察

図 2，図 3，図 4 に，それぞれ避難完了時間  $T_{\text{escape}}$ ，平均避難速度  $V_{\text{escape}}$ ，一般道への避難に成功した車両エージェント数  $N_{\text{escape}}$  の全ケースのシミュレーション結果を示す。

図 3 と図 4 に示した内容から，災害情報受信率が高い程，多くの車両を確実に避難させることが可能であるが，避難する車両が多くなるにつれて各流出ランプにおいて避難による渋滞が発生してしまうため，車両の避難速度が低下していることが分かる。また，図 2 に示した内容から，災害情報受信率が 100% と 0% の極端な値の場合は，避難時間が大幅に長くなっているが，受信率が 25%～75% の場合は，災害情報を発信しなかった場合の避難時間よりも短くなっていることが分かる。実際の災害情報受信率が 100% と 0% になる確率は低いと考えられるので，被災時に迅速かつ多くの車両を避難させる場合は，災害情報の発信が有効であると考えられる。さらに，受信率が 25%～75% の場合は，避難速度に大きな差が見られるにも関わらず，避難時間には差が見られないことが分かる。シミュレーション実行時の様子を見ると，渋滞が発生している流出ランプからの避難を諦めて次の流出ランプへ車両エージェントの存在により，渋滞の分散が発生した事がその原因であった。

次に，図 2 と図 3 に示した内容から，事故車両発生時に災害情報を発信した場合，避難時間と平均避難速度が災害情報受信率の高低に関係なくばらつきが生じ，災害情報を発信しなかった場合との差が小さくなっていることが分かる。この結果から，事故車両の発生は災害情報発信の有効性を減少させると考えられる。特に，車線が少ない場所において事故車両が発生した場合は，大渋滞が発生し，災害情報発信の有無や受信率の高低に関係なく，避難時間が大幅に長くなってしまった。このような状況では，災害情報を送信すると同時に，事故車両が発生した箇所の直前の流出ランプから強制的に車両を避難させる避難誘導を併せて行うことで，迅速な避難が可能になると考えられるので，今後シミュレーションにより比較検討する必要がある。

## 4. おわりに

本研究では，都市高速道路における通常時と被災時の状況を再現可能な避難シミュレーションシステムを開発し，災害発生直後に高速道路管理者が避難車両に向けて災害情報を発信した場合の避難状況をシミュレーションすることで，その避難誘導の有効性と改善策について検討した。

今後の方針としては，車両から降りた避難者の存在や緊急車両の走行等を考慮した様々なシミュレーションを実施することで，最適な避難誘導方法を検討し，高速道路の事業継続計画（BCP）策定に活用したいと考えている。

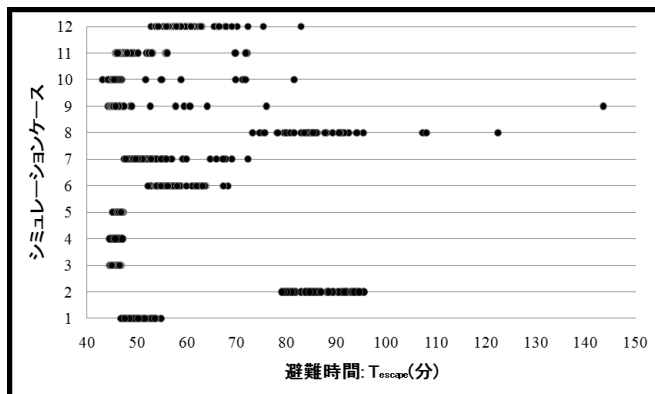


図 2 避難時間:  $T_{\text{escape}}$

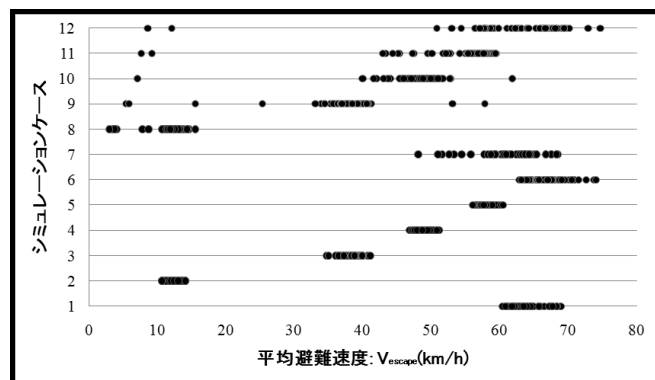


図 3 平均避難速度:  $V_{\text{escape}}$

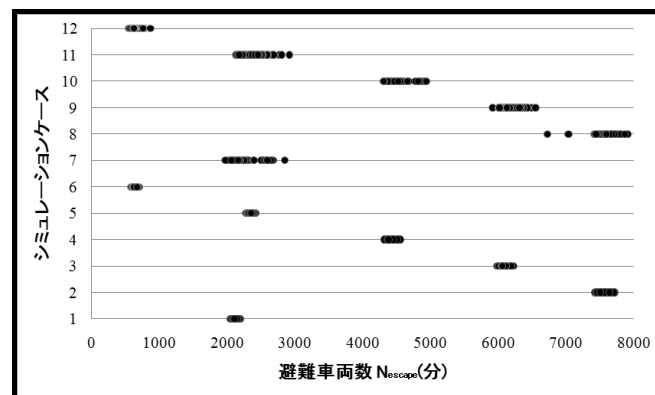


図 4 避難車両数:  $N_{\text{escape}}$

## 参考文献

- 1) 大内 東，山本 雅人，川村 秀憲; “マルチエージェントシステムの基礎と応用- 複雑系工学の計算パラダイム-”，株式会社コロナ社，2002 年