

自動車利用と避難開始時間帯を考慮した津波避難計画の評価

Evaluation of Tsunami Evacuation Plans Considering Car Usage and the Starting Time of Evacuation

長尾 文平*

Bumpei NAGAO

*交通マネジメント講座 交通情報工学分野

1. はじめに

2011年に起こった東日本大震災では、地震そのものの被害に加え津波による被害が甚大なものとなった。また、今後30年以内に南海トラフ巨大地震が発生する確率は60~70%とされている¹⁾。そうした中で行政による津波避難計画の重要性が再認識されている。

中川ら²⁾は、大阪市港区を対象とし、自動車利用率と災害時要援護者の自動車同伴率を政策変数として総避難時間を最適化するモデルを構築し、最適な自動車利用率と要援護者の自動車同伴率を求めた。また、阪神高速道路を利用する施策とコントラフロー施策の効果を検証した。しかしながら、避難先の決定や避難開始時間帯についての考慮が不十分であり、課題を残した。

本研究では、大阪市港区を対象とし、避難開始時間帯、避難手段、目的地避難所に着目した津波避難シナリオを提案・評価する。評価指標の算出に当たっては、自動車と歩行者の相互干渉を考慮したマルチクラス時間帯別利用者均衡配分モデルを構築し、配分計算に適用する。

2. 避難先、避難手段、避難開始時間帯の決定

$$\min_x \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{m \in \{C, W\}} \sum_{t \in T} \beta_{rs} \beta_m \beta_t \alpha_{rsm} x_{rsmt} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{s \in S} \sum_{m \in \{C, W\}} \sum_{t \in T} x_{rsmt} = D_r, \forall r \in R \quad (2)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{m \in \{C, W\}} \sum_{t \in T} x_{rsmt} \leq C_s, \forall s \in S \quad (3)$$

$$x_{rsmt} \geq 0 \quad (4)$$

式(1)~(4)で定式化できる最適化問題で避難者の避難先、避難手段、避難開始時間帯を決定する。一定値のOD間コスト α に、OD間距離、避難手段、避難開始時間帯に対するペナルティ β を加えることで、4.で述べる各シナリオに沿った発生ODを算出する。

3. マルチクラス時間帯別利用者均衡配分の定式化

マルチクラス利用者均衡配分モデルと時間帯別利用者均衡配分モデルを組み合わせたマルチクラス時間帯別利用者均衡配分モデルによって配分を行う。マルチクラス時間帯別利用者均衡配分では、自動車と歩行者の相互干渉を考慮する。

$$f_{rs,k}^{m,T} (c_{rs,k}^{m,T} - C_{rs}^{m,T}) = 0, c_{rs,k}^{m,T} - C_{rs}^{m,T} \geq 0, \forall m \in M, rs \in \Omega, k \in K_{rs} \quad (5)$$

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_{rs,k}^{m,T} = u_{rs}^{m,T}, f_{rs,k}^{m,T} \geq 0, \forall m \in M, rs \in \Omega \quad (6)$$

$$x_a^{m,T} = \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K_{rs}} \delta_{rs,k}^{a,m} f_{rs,k}^{m,T}, \forall m \in M, a \in A \quad (7)$$

$$x_a^T = \sum_{m \in M} A_m + B_m x_a^{m,T}, \forall m \in M, a \in A \quad (8)$$

$$c_{rs,k}^{m,T} = \sum_{a \in A} \delta_{rs,k}^{a,m} \cdot t_a^m(x_a^T), \forall m \in M, rs \in \Omega, k \in K_{rs} \quad (9)$$

$$u_{rs}^{m,T} = \tilde{q}_{rs}^{m,(T-1)} + q_{rs}^{m,T} - q_{rs}^{m,T} \frac{C_{rs}^{m,T}}{2T_w}, m \in M, rs \in \Omega \quad (10)$$

$$t_a^m(x_a^T) = t_{a0}^m \left(1 + \alpha_m \left(\frac{x_a^T}{Cap_a} \right)^{\beta_m} \right), m \in M, a \in A \quad (11)$$

式(5)はWardropの第一原則、式(6)~(9)はクラスを考慮したリンク交通量、経路交通量を算出する式である。式(10)で表される残留交通量を考慮することで時間帯別配分を行い、式(11)で表されるBPR関数によって自動車と歩行者の相互干渉を考慮した旅行時間の算定を行う。

4. シナリオの評価

(1) シナリオの設定

本研究では、以下の3パターンのシナリオを設定し、評価する。

- シナリオ1 : 全住民が徒歩で避難する
- シナリオ2 : 遠距離の避難を行う人は自動車を用いて早い時間帯に避難を開始し、近距離の避難を行う人は徒歩にて後の時間帯に避難を開始する
- シナリオ3 : 徒歩で避難を行う人は近距離の避難所に早い時間帯に避難を開始し、自動車で避難を行う人は遠距離の避難所に後の時間帯に避難を開始する

(2) シナリオの評価

各シナリオの経過時間帯別の累積避難完了率を図1に、総避難時間を図2に示す。

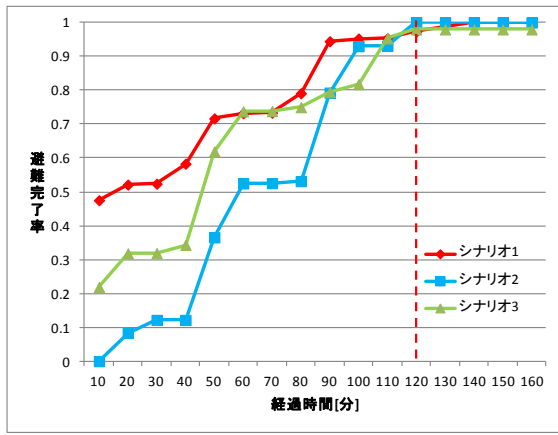


図1 各シナリオの避難完了率

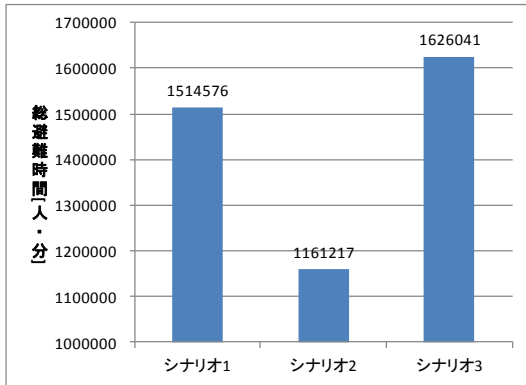


図2 各シナリオの総避難時間

津波が襲来すると予想されている地震発生後 120 分において、現状の大阪市の方針である全避難者が徒歩で避難するシナリオ 1 では全避難者の約 3%すなわち約 2500 人が避難しきれなかったのに対し、シナリオ 2 では全避難者の避難が完了した。総避難時間に関しても減少が見られた。

(3) 施策の検証

阪神高速道路を避難所として利用する施策、国道を内陸側へ一方通行化するコントラフロー施策、オフィスビルを避難所として利用する施策を実施した際に避難完了率、総避難時間がどのようになるか検証する。

シナリオ2に対して各施策を行った場合の避難完了率、総避難時間をそれぞれ図3、図4に示す。

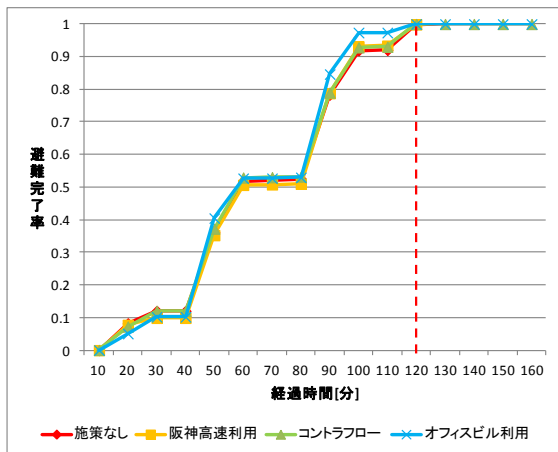


図3 各施策実施時の避難完了率

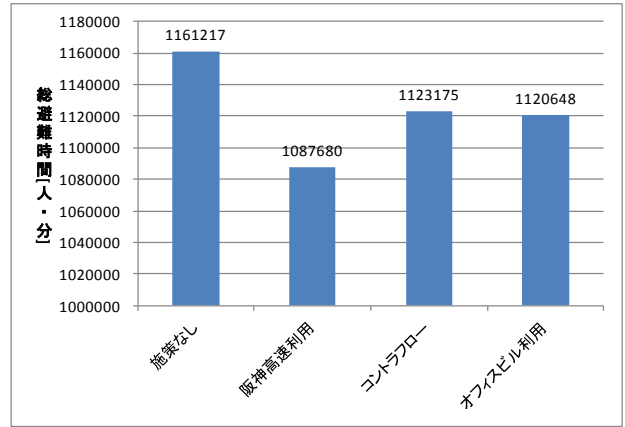


図4 各施策実施時の総避難時間

オフィスビルを利用した場合に避難完了率が最も良くなったのは、時間帯 3 において施策なしの場合には港区外へ避難する徒歩避難者が、より近距離のオフィスビルに避難できるためと考えられる。また、総避難時間は阪神高速道路を避難所として利用した場合に最も短くなった。これは阪神高速道路を利用することで比較的沿岸部に近い場所に避難可能容量が増え、沿岸部の避難者の避難距離が短くなるためと考えられる。

(4) まとめ

以上より、現状の大阪市の方針では、約 2500 人の犠牲者が発生してしまう一方で、自動車で避難を行う避難者は地震発生後すぐに港区外へ避難し、それ以外の避難者は徒歩で近距離の避難所へ避難するシナリオでは犠牲者がゼロとなることがわかった。また、港区内に容量の大きい避難所を新たに設けることができれば、犠牲者がゼロとなる可能性も示唆された。

5. おわりに

本研究では、大阪市港区を対象として、避難開始時間帯、避難手段、避難先に着目した津波避難シナリオを提案・評価した。また、自動車と歩行者の相互干渉を考慮したマルチクラス時間帯別利用者均衡配分モデルを構築し、配分計算を行った。結果として、現状の大阪市の方針である全避難者が徒歩で避難するシナリオ 1 では約 2500 人の犠牲者が発生することを算出した一方で、本研究で提案した自動車利用と避難開始時間帯を工夫するシナリオ 2 では犠牲者がゼロとなることを確認した。

参考文献

- 1) 内閣府, 「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ」, <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html>
- 2) 中川貴文・中村俊之・嶋本寛・宇野伸宏: 自動車利用を考慮した津波避難計画モデルの構築, 土木学会・土木計画学研究・講演集, Vol.47, No.49, 2013

修士論文指導教員

宇野伸宏准教授, Jan-Dirk Schmocker 准教授, 中村俊之助教, 山崎浩気助教