

南海地震時の高台方向避難場所選択行動基準時の錯綜現象に関する研究—四万十市—

高知高専 正会員 ○竹内光生 西日本旅客鉄道(株) 非会員 小栗太一
非会員 佐伯貴嗣 (株)日本触媒 非会員 川上智仁

1. はじめに

南海地震時には、四万十市など津波高さ 50cm 最短発生予測時間は 10 分未満とされており¹⁾、できるだけ早く浸水領域外の高台に逃げることを望ましい。昭和南海地震以降、過去の浸水領域も土地の有効利用や利便性のために市街化しており、浸水予想領域内の緊急一次避難場所の指定を必要としている。併せて、避難誘導のための避難路の指定も必要としている。しかし、それらの指定および検証は十分とはいえない。

本研究では、避難施設整備問題は、(1)高台の選定問題、(2)高台に向かう経路問題、(3)高台に向かう途中にある避難場所選択問題の3段階であると想定し、避難場所は、浸水予想領域を踏まえて、高台およびその他に区分する必要があるとしている。本報告では、GISを用いて、浸水予想領域外の高台に逃げる途中にある緊急一次避難場所探索法を提案し、避難行動の錯綜現象²⁾を検証・修正する。

2. 高台方向を考慮した住民の避難行動モデル

図1に示すように、現在地 (x_p, y_p) を基準に、現在地と最も近い高台 (x_c, y_c) を結ぶ直線と直行する直線を境界線とし、境界線を境に最も近い高台と同じ側を安全側とする。境界線の式は、現在地と最も近い高台の座標値を用いて、つぎの式(1)のようになり、避難所 (x_s, y_s) の安全側の判定式は式(2)のようになる。

$$y(x) = \{(x_p - x_c) / (y_c - y_p)\} \times (x - x_p) + y_p \quad \cdots (1)$$

$$(y(x_s) - y_s) \times (y_c - y_p) \geq 0 \quad \cdots (2)$$

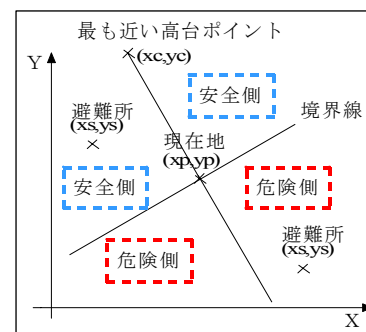


図1. 避難場所の選択基準

3. 避難行動の錯綜現象

複数の人口分布地点から、複数の避難場所に避難する状況を、GIS上で、リンク通行量に応じてリンクの線幅を変化させると、避難場所に向かって tree 状に集合する状況を示すことができる。最短経路で分析した場合、GIS上の避難場所に向かって集合する tree は、各避難場所単位で明確に区分されている。本研究で提案している、上記の「高台方向を考慮した住民の避難行動モデル」を用いると錯綜現象が観られる。本研究では、複数の避難場所単位の tree が接続している（区分が不明確な）場合を、錯綜現象としている。

4. 解析モデル

四万十市を事例として、これまでに観られた錯綜現象を参考に、錯綜現象モデルとして、道路網の簡単な格子状モデルを作成した。モデルは、錯綜現象の発生要因の解明に有用であると考えている。モデルの作成は段階的に示している。基本モデルを図2に示す。ノード数12、リンク数17、横リンク長100m、縦リンク長60mである。ノード番号は、左端列を最期に割り振っている。高台を丸印のノード1、その他避難所を四角印のノード10に配置している。人口は各格子点に1の分布とした。

図3と図4は、上記の「高台方向を考慮した住民の避難行動モデル」に沿った避難場所および経路を2通り示している。図3では錯綜現象は観られない。しかし、図4では、図3と避難経路のみの変更であるが、

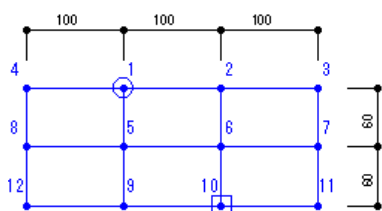


図2. 基本モデル.

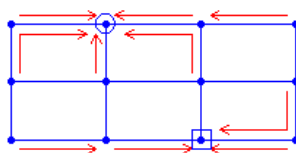


図3. 基本モデル(無)

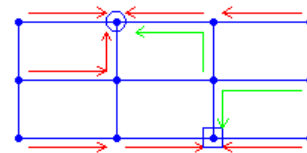


図4. 基本モデル(錯綜)

キーワード 南海地震津波、高台方向避難所、避難経路分析、錯綜現象、GIS

連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部 200-1 環境都市デザイン(旧建設)工学科 竹内光生 TEL 088-864-5587

避難行動の矢線で示すように、ノード6で錯綜現象が観られる。格子状モデルでも避難経路の選択によって錯綜現象の発生することがわかる。そして、図5で示すように、ノード7と11間のリンクを除くと、錯綜1カ所モデルが確定する。

さらに、図6に、経路が集中するように、両端の4本の縦リンクを全て除き、縦リンク長を40mとした錯綜基本モデルを示す。図6と図7はこの場合の経路および確定モデルである。

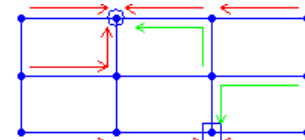


図5. 錯綜1カ所モデル

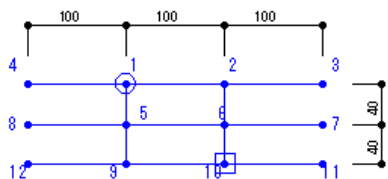


図5. 錯綜基本モデル.

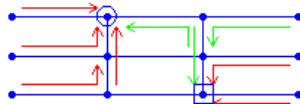


図6. 錯綜基本モデル（錯綜）

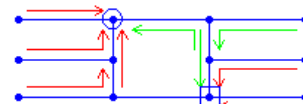


図7. 錯綜基本モデル（錯綜確定）

さらに、図8に、ノード12と9の間のリンク長を100mから150mに延長した錯綜変形モデルを示す。これが、四万十市を事例として得られた錯綜現象のモデルである。図9に、この場合の経路を示す。そして、図10に、錯綜現象を解消するために追加した条件「錯綜現象が発生した場合、最も近い避難場所に避難する。」を考慮した場合の避難経路を示している。ノード6と9の避難先を高台からその他の避難所に変更した。高台とその他の避難場所の分担エリアは明確に区分される。この結果は最短経路となっている。

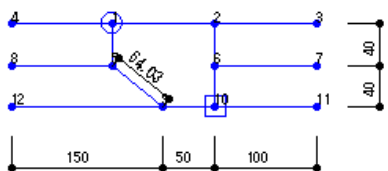


図8. 錯綜変形モデル

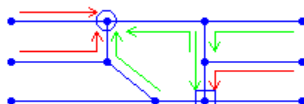


図9. 錯綜変形モデル（錯綜）

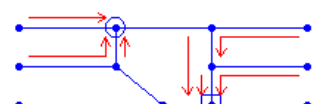


図10. 錯綜変形モデル（錯綜解消）

5. 四万十市を事例とした錯綜現象およびその解消

浸水予想領域内の平成7年度の四万十市夜間人口が、最短道路網経路を高台方向避難場所選択行動基準に沿って避難する状況を想定した。用いた平成12年度の空間基盤2500の四万十市街地の道路網ノード数2069、リンク数2621（往復5242）である。浸水予想領域は、第2次高知県地震対策基礎調査報告書¹⁾の資料-11(3)にある中村市下田の5.51mに境界域として3mを付加した標高8.51mの地域である。この浸水予想領域から、四万十市の平成20年度の既設避難所39ヶ所を、高台（避難所）17ヶ所とその他避難場所22カ所に区分している。追加した条件により、錯綜現象を解消するために用いたデータは、高台方向避難場所選択行動基準の解析結果である避難場所の分担エリアごとに色分けした避難経路網図、人口分布地点道路網ノードID、行き先避難場所ノードIDである。人口分布ノード512カ所のうち24カ所の行き先を最短経路に変更することによって錯綜現象を解消した。

6. まとめ

本報告では、まず、簡単な錯綜モデルを作成し、錯綜現象の発生要因を検証した。錯綜現象モデルから得られた結果はつぎのようである。①格子状モデルでも錯綜現象は発生する。②また、高台方向避難場所選択行動基準時に、錯綜現象は必ずしも発生しない。③錯綜モデルの錯綜現象を解消するための追加条件の適用性および結果は一意的である。誰がやってもその解は同じである。そして、錯綜現象は解消できる。④本錯綜モデルでは、追加条件を適用した結果、最短経路解析と同じ結果となった。しかし、すべての場合で最短経路解析と同じとはならないことは分かる。⑤現在、追加条件を適用する機械的なアルゴリズムを開発できていない。今後の課題である。四万十市を事例に、視覚的な方法でほぼ満足する結果が得られたので報告する。

7. 参考文献

- 1) 高知県：第2次高知県地震対策基礎調査 2004.
- 2) 竹内光生, 大田盟, 政岡知実, 町田奈々：土木学会第64回年次学術講演会講演概要集, pp.193-194, 2009.9.4.