

摂南大学 正会員 熊谷 樹一郎  
摂南大学大学院 学生員 畑尾 一貴  
摂南大学 学生員 ○庄田 直弘

1. はじめに：我が国の都市部では、高度経済成長期の労働力流入に伴い低廉な木造住宅の供給が行われた歴史を有しており、その間に無秩序な市街化が生じ、建物の密集した市街地が形成された。建物が密集した市街地では、狭隘な道路に沿って老朽化した建物が建ち並んでおり、地震災害時の建物倒壊による避難経路の寸断といった防災上の問題が生じる。これらの都市の脆弱性が顕著に表れた例として 1995 年に発生した兵庫県南部地震があり、多くの建物が倒壊したことにより道路が寸断され、避難・救助活動が遅延した。まちづくりの過程では、都市の整備状況や指定された避難所の配置状況、避難所にたどり着くまでの避難経路の状況などを勘案した上で、防災・減災を目指す姿勢が望まれる。これまで著者らは、地震災害時に避難経路となる道路の幅員や道路周辺に位置する建物を考慮することで、地域ごとの詳細な特性を把握してきた<sup>1)</sup>。その一方で、年齢別の歩行可能距離を採用した上で、各避難所への到達圏を算出することで地域ごとの特性が明らかになる可能性がある。さらに、道路閉塞シミュレーションの応用から各地点における到達可能な避難所の数を明らかにできれば、避難路の確保といった面からの脆弱性と強靭性を定量化できる可能性がある。そこで本研究では、ネットワーク空間分析の応用を通じて二方向避難の観点から地域間での比較が可能か否かについて検討した。

## 2. 対象領域および対象データの選定

(1) 対象領域：本研究の対象領域として、大阪府寝屋川市を選定した。この地域は災害時での脆弱性が指摘されている住宅市街地総合整備事業地区、太閤検地の時代に整備された旧村地区、地区計画が実施された地区が存在しており、多様な都市構造となっている。なお、隣接する他市の避難所へも避難することを前提条件とし、寝屋川市に加えて隣接する市の町丁目を含んだ領域を分析の範囲としている。

(2) 対象データ：国土地理院から提供されている基盤地図情報から抽出した建物データと数値地図 2500（空間データ基盤）に格納された道路中心線データを採用した。地盤情報となる地盤高と地盤データについては、国土地理院から提供されている数値地図 5m メッシュ（標高）と、防災科学技術研究所から提供されている 250m メッシュの表層地盤微地形区分図を採用した。避難所のデータについては、寝屋川市防災ガイドより特定した建物のデータから重心点を計算し、避難所の位置情報（地点）として設定した。また、寝屋川市から提供された家屋台帳と地番図を建物の属性情報として採用した。

## 3. 道路閉塞状況を考慮した到達圏の生成

(1) 建物倒壊率の算出：既往の研究を参考として<sup>2)</sup>、家屋台帳データから建物単位で築年数と構造、さらに建物の立地する場所の表層地盤微地形区分を基にした地盤の状況の 3 つの要素を考慮し、建物倒壊率を割り振った。本研究では、地震災害時における道路閉塞の要因として扱う。

(2) 道路閉塞危険度を用いた道路閉塞状況の生成：道路閉塞危険度は、ある道路に沿った複数の建物を一つの群とみなし、建物の瓦礫の流出範囲と道路との配置関係を考慮した上で、建物倒壊率に応じた建物倒壊の組み合わせにより閉塞リスクとして確率を求めたものである。さらに、道路閉塞危険度のパーセンテージで閉塞が発生するものとした上でモンテカルロ法を用いて 100 事例のシミュレーションを行い、閉塞危険度に基づいた複数の道路ネットワークのパターンを作成した。

(3) 歩行可能距離に基づいた到達圏の生成：既往の研究より得られた歩行可能時間と歩行速度を基に<sup>3)</sup>、生産年齢の歩行可能距離を 900m、子どもと高齢者の歩行可能距離を 720m と設定した。さらに、得られたパターンごとにネットワークボロノイ分割を応用した。ここでは、ネットワークボロノイ分割の基準となる点を避難所とし

て歩行可能距離に応じた範囲を生成することで、各避難所の到達圏と定義した。つまり、道路ネットワークのパターンごとに各避難所から徒歩で避難可能である範囲が抽出されることになる。

#### 4. 二方向避難に関する分析

(1) 二方向出現確率の算出：ここでは、二方向出現確率を新たに定義・算出した。二方向出現確率は、各避難所からの到達圏が重複した地点を二方向避難が確保されるとした上で、複数の道路閉塞状況において道路ごとに2種類以上の避難所の受け持つ範囲が重複するケースの出現確率を算出したものである。

(2) 平均避難所数の算出：二方向避難が確保されない地域の特徴を把握することを目的とし、避難所の選択肢の多寡を平均値として求めた。具体的には、ネットワークボロノイ分割の応用から生成した年齢別の到達圏より、道路ごとに到達可能である避難所の選択肢数を算出し、100事例すべて重ね合わせた上で平均することで平均避難所数を算出した。

(3) 二方向避難の検証：図-1は、道路単位での二方向避難が確保される確率を表している。Aのような地域では、二方向出現確率が高い値を示していた。この地域では、丘陵といった強固な地盤であるため建物倒壊による道路閉塞が見られなかったことや道路幅員が比較的広いことが確認できた。一方で、住宅市街地総合整備事業地区では、二方向出現確率が0の地域が支配的であり、図-2に示す平均避難所数においても0が多い傾向にあった。この地域では都市基盤が未整備で老朽化した建物が立ち並んでいる密集市街地であり、

建物倒壊による道路閉塞が多く、二方向避難を確保することは困難と解釈できる。また、二方向出現確率が0かつ平均避難所数が0より大きく1未満となっている道路では、1つの避難所に到達できる避難路が確保されることはあるものの、十分ではないことを表わしており、整備・対策を講じる候補になり得る。

5. おわりに：本研究では、道路閉塞シミュレーションを用いて道路閉塞状況を生成するとともに、歩行可能距離に応じた到達圏を加味することで、道路単位で到達可能である避難所の選択肢の多寡を明らかにした。さらに、二方向避難の観点から地域間で比較することで整備・対策の必要な地域を把握できる可能性が示唆された。今後の課題として、人口データを導入し、道路ネットワークに付与することで、整備・対策の必要な地区をより詳細に把握することを考えている。

【参考文献】1) 熊谷樹一郎, 畑尾一貴, 高木孝文：地震災害時における避難経路の変化に基づいた都市構造の脆弱性, 地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM), B-1-1, 2011年  
 2) 村尾修, 田中宏幸, 山崎文雄, 若松加寿江：兵庫県南部地震の被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案, 日本建築学会構造系論文集, No.527, pp.197-204, 2000年  
 3) 熊谷樹一郎, 高木孝文, 畑尾一貴：歩行可能距離と推定避難者数に着目した避難地の配置状況の広域的な分析, 地理情報システム学会講演論文集 (CD-ROM), B-1-3, 2011年

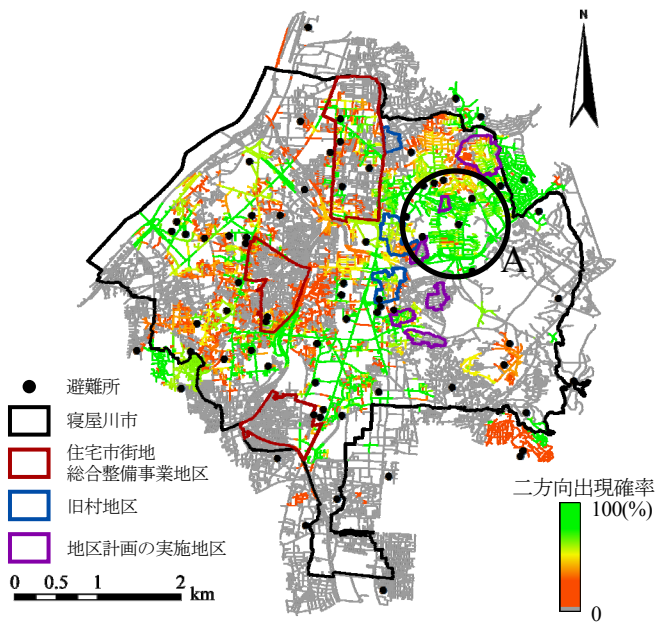


図-1 生産年齢における二方向出現確率

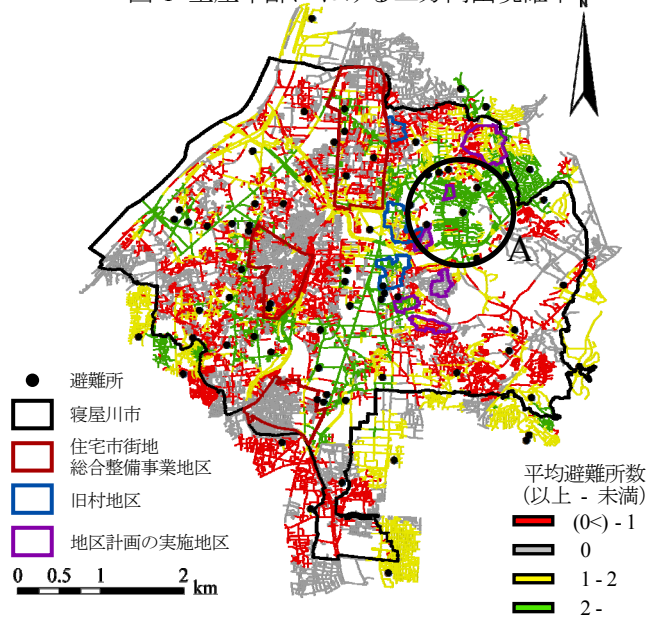


図-2 生産年齢における平均避難所数