

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

熊谷樹一郎・畠尾一貴・高木孝文

Vulnerability of Urban Structure Based on Evacuation Route Changes Caused by Earthquake Disasters

Kiichiro KUMAGAI, Takahumi TAKAGI and Kazuki HATAO

Abstract: In this study, we calculated the road blockade risk based on the building collapse risk defined by previous researches and positional relationship between buildings and roads. We discussed vulnerability of urban structure based on change in nearest evacuation site according to road blockade simulation. As the result of the analysis, it was shown that the areas of high vulnerability according to earthquake disaster were able to be extracted. It was also shown that change in nearest evacuation was extracted as confusion index based on road blockade and positional relationship between evacuation site.

Keywords: 避難経路 (evacuation route), ネットワークボロノイ分割 (network voronoi division)
モンテカルロ法 (Monte Carlo method), 道路閉塞 (road blockade)

1. はじめに

我が国は、世界有数の地震多発地帯に位置しており、過去に数多くの地震被害を経験している。また、都市が河口などの軟弱地盤上に形成されている傾向にあり、過密な市街地であるケースが多

い。これら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、木造住宅が密集した市街地では多くの建物が倒壊し、道路が寸断された。この災害では、都市の整備状況や指定された避難地の配置状況、避難地にたどり着くまでの避難経路の状況などから防災・減災を目指したまちづくりの必要性が明らかになった。

これまで著者らは、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

熊谷 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8

摂南大学 理工学部 都市環境工学科

TEL&FAX: 072-839-9122

E-mail: kumagai@civ.setsunan.ac.jp

とで、地域ごとの詳細な特性を把握してきた（熊谷・高木・畠尾, 2011）。具体的には、道路閉塞の発生に起因する避難経路の変化に着目し、シミュレーションから得られた変化回数を住民に混乱をもたらす指標として採用した上で、地域間の比較を実施するものである。

本研究では、これまでに開発してきた手法の拡張を試みた。道路閉塞シミュレーションの応用から、孤立する箇所、避難経路の変化する箇所の両面から対象領域を区分した上で、それぞれの事象の発生回数を算出し、多角的な比較・分析が可能か否かについて検討した。

2. 対象領域と対象データ

2. 1 対象領域

本研究では、広範囲での地域間の特性を把握するため、対象領域として大阪府寝屋川市全域を選定した。この地域は災害時に脆弱性が指摘されている住宅市街地総合整備事業地区、地区計画が実施された地区、太閤検地の時代に整備された旧村地区が存在しており、多様な都市構造となっている。一方で、地震災害時には隣接する他市の避難地にも避難するとの前提条件の下に、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. 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。避難地のデータについては、寝屋川市防災ガイドを基に、建物データから避難施設の重心点を計算し、避難地の位置情報（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基に、建物の属性情報として採用した。

3. 道路閉塞危険度評価法

3. 1 建物倒壊率の算出

既往の研究を参考として（村尾ほか, 2000），建物単位で構造と築年数、地盤の状況の 3 つの要素から、建物倒壊率を割り振った。建物倒壊率は相対値として定義されるものであり、本研究では地震災害時による道路閉塞の要因として扱う。

3. 2 閉塞判定の設定

閉塞判定は沿道の建物の倒壊や落下物などによる道路の閉塞および通行車両の放置や駐車中の車両による道路の閉塞を考慮して、通行可能な幅員が 2m 未満となった道路は通行不可と判定した。一方で、建物と道路がセットバックしていることや道路幅員が一様ではないことから、通行不可の判定には工夫が必要となる。そこでここでは図-1 の道路閉塞の判定モデルを使用した。具体的には、建物の高さに応じた瓦礫の流出範囲を発生させ、隣接する道路との重複を調査し、道路閉塞の判定を行った。

3. 3 道路閉塞危険度の算出

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見なし、建物の瓦礫流出範囲と道路と

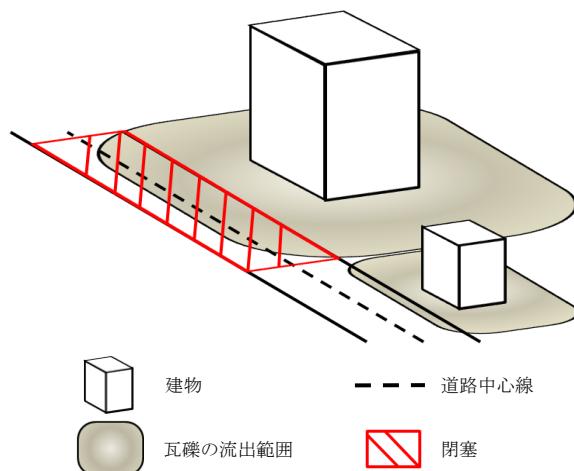


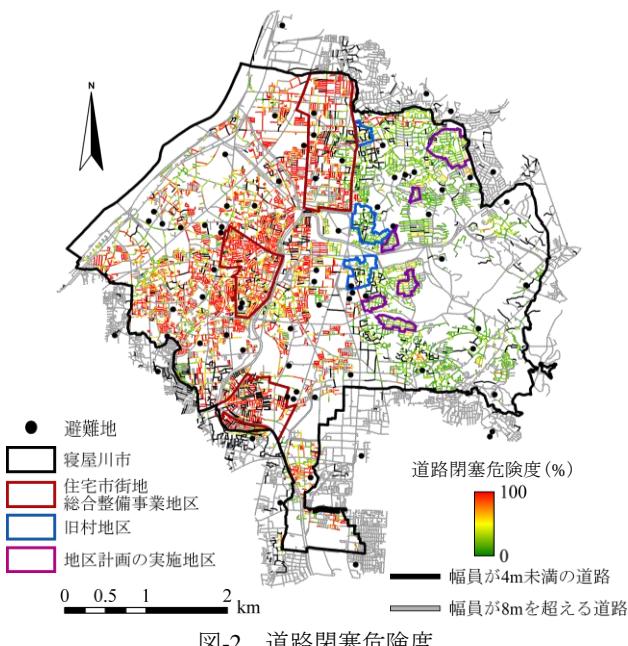
図-1 道路閉塞の判定モデル

の配置関係を加味した上で、瓦礫による道路での閉塞状態の有無を考慮し、建物倒壊率の組み合わせによる平均値を新たなリスクとして求めた。具体的には、ノード間の道路を1単位とした上で、建物存在数と建物倒壊率および瓦礫による閉塞状態を用いて算出している。本研究では、この手法を道路閉塞危険度評価法と呼んでいる。開発した道路閉塞危険度評価法で算出した結果を図-2に示す。

4. 避難経路の変化と孤立に関する分析

4. 1 最短避難地の計算

本研究では、地震発生時の建物倒壊による道路閉塞状況を生成するため、モンテカルロ法を導入した。ここでは、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、100事例のシミュレーションを行い、道路閉塞危険度に応じた複数の道路ネットワークのパターンを作成した。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適用した。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地として、分割された道路ネットワークを各避難地の受け持つ範囲と定義した。つ



まり、道路閉塞のシミュレーションによって作成された道路ネットワークパターンごとに最短となる避難地が計算されることになる。

4. 2 孤立回数の算出

100事例に対するネットワークボロノイ分割の結果を基に、避難地まで道路が繋がっておらず、孤立する道路となる回数を計算した。具体的には、ネットワークボロノイ分割の100事例でどの避難地の受け持つ範囲にも含まれず孤立する道路を重ね合わせ、道路単位で孤立する回数を算出した。なお、道路閉塞シミュレーションで閉塞判定された道路のうち、道路閉塞の箇所が連続して連なる場合も孤立していると判定し、回数に加えている。孤立回数が大きい箇所は、避難・救助活動の遅延などといった防災面での脆弱性が表れた地区と解釈できる。

4. 3 最短に位置する避難地の変化回数の算出

100事例に対するネットワークボロノイ分割の結果を基に、最短に位置する避難地の変化回数を計算した。具体的には、ネットワークボロノイ分割の100事例をすべて重ね合わせ、道路単位で最短に位置する避難地が変化した回数を算出した。変化回数が大きければ地震災害によって避難地・避難経路の変更する傾向が高いと判断でき、住民に混乱をもたらす恐れの多い地区と解釈できる。

4. 4 分析結果の検証

図-3は、どの避難地に対しても避難経路が寸断され、孤立する道路となる回数を表している。住宅市街地総合整備事業地区では、孤立回数の高い道路が多い傾向にある。つまり、この地区内は、建物倒壊による道路閉塞が起こりやすく、かつ、孤立する可能性も高いことを意味する。住宅市街地総合整備事業地区は、地震災害時の防災面の脆弱性が指摘されており、整備計画が推進されている地区である。一方で、図-4の最短に位置する避難地の変化回数を見ると、対象領域の北東部で

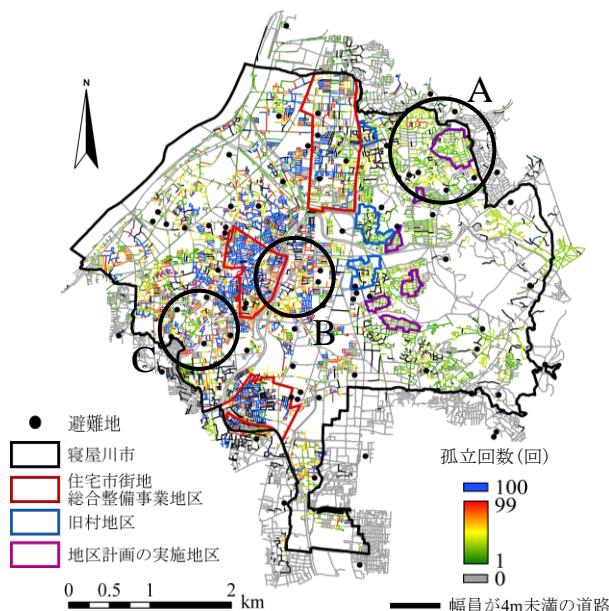


図-3 孤立回数

ある A のような地域では、孤立回数は少ないものの、周辺に位置する避難地のほぼ中心に変化回数の高い箇所が位置している。対象領域の中央部である B のような地域は、孤立回数の高い道路に囲まれるような位置づけとなっており、周囲の道路閉塞によって最短距離となる避難地が変化したと解釈できる。一方、対象領域の南西部である C のような地域では、最寄りの避難地に繋がる道路の本数が少なく、行き止まりが多く存在しており、かつ、周辺に位置する避難地のほぼ中心に変化回数の高い箇所が位置している。

5. おわりに

本研究では、道路閉塞シミュレーションの応用から、孤立する箇所、避難経路の変化する箇所の両面で区分した上で、多角的な比較・分析の手法を提案した。開発した分析手法は、地震災害時における都市の脆弱性の高い箇所を抽出できる可能性が示唆された。また、道路閉塞や避難地の位置関係によって、住民に混乱をもたらす恐れのある地区を抽出できる可能性が示唆された。

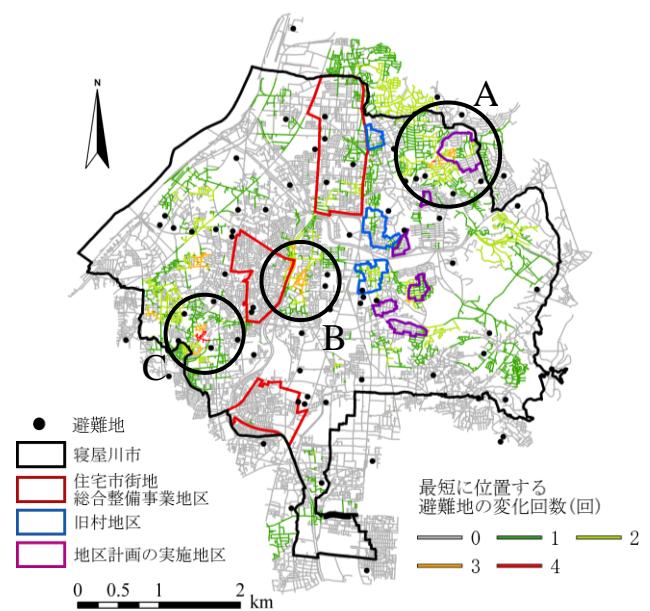


図-4 最短に位置する避難地の変化回数

今後の展開としては、人口データを導入することで地域特性をより詳細に把握し、特に整備・対策の必要な地区を絞り込むアプローチを検討していくことが望まれる。

謝辞

本研究を進めるにあたりまして防災科学技術研究所の表層地盤微地形区分図を利用させていただきました。また、寝屋川市には家屋台帳・地番図などの面で協力をいただきました。記して感謝いたします。

【参考文献】

- 熊谷樹一郎, 高木孝文, 畑尾一貴 (2011) 災害時の道路閉塞に着目した避難経路の変化について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM), 2011, IV-10.
- 村尾修, 田中宏幸, 山崎文雄, 若松加寿江 (2000) 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, 日本建築学会計画系論文集, 527, 197-204.