

災害時での避難プロセスの観点からの都市整備状況の広域分析

熊谷樹一郎・畠尾一貴・高木孝文

Spatial Analysis of Urban Development Conditions from the Viewpoint of Evacuation Process in Disaster situations

Kiichiro KUMAGAI, Kazuki HATAO and Takahumi TAKAGI

Abstract: We have proposed a model to regional analysis with respect to urban development conditions. The model is based on road networks, population distribution, and evacuation process. In this study, we verified the effectiveness of introducing road blockade risk to the model. As the result, it was shown that the differences of development conditions between districts were extracted through using the new model. In addition, we discussed the fluctuation of the results obtained from the application of road blockade risk to the Monte Carlo simulation.

Keywords: 人口分布 (population distribution), 避難所 (refuge), 道路閉塞 (road blockade)
ネットワークボロノイ分割 (network voronoi division)

1. はじめに

我が国の都市部では、計画的に整備された地域と無秩序に都市化の進んだ地域が混在しており、狭い範囲においても地域差が見られる。計画的に整備された地域では、道路幅員や接道状態に配慮した開発などが進められており、災害時における避難活動を妨げることが少ない。その一方で、無秩序に都市化の進んだ地域の多くは、道路幅員が狭く、建てづまりが発生していることから災害時において避難・救助活動が困難となる恐れが指摘されている。さらに、近年では人口減少や社会情勢の変化を受けて、量的拡充を前提とした都市施設整備から質の高い整備

への転換が求められている。避難路確保の視点から都市整備状況を客観的に把握することで、計画策定作業の効率化に寄与するとともに、地域間の比較から緊急時の避難行動を支える基盤としての役割を明らかにすることが期待できる。

一方我々は、広い範囲からの都市整備状況の分析に対して、最も緊急性の高い避難プロセスをモデル化し、地域分析に応用してきた。本モデルは、道路の有するアクセス機能、人口分布、避難所の配置状況といった要素で構成されている。その一方で、これまで道路の幅員は考慮されていたものの（熊谷・畠尾・高木, 2012），周辺に位置する建物状況は組み込まれていなかった。そこで地震時を例として取り上げ、本モデルに建物倒壊リスクを導入することによって詳細な都市整備状況の把握が可能か否かを検討した。

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

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。

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と道路縁データを採用した。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。人口データについては、平成 17 年国勢調査データ（基本単位区別・町丁目別）を採用した。避難所のデータとして、寝屋川市地域防災計画を基に、建物データから避難施設の重心点を計算し、避難所の位置情報（地点）と延床面積を設定した。また、寝屋川市から提供された家屋台帳と地番図を基に、建物の属性情報を入力・採用した。

3. 道路網評価支援モデル

3. 1 モデルの全体像

図-1 に示す開発したモデルは、「避難プロセスに基づく集合モデル」と「地域での負荷への変換」の 2 段階で構成されている。「避難プロセスに基づく集合モデル」は、避難するにあたっての始点となる町丁目での人口の状況と通過路となる道路の状況、終点となる避難所の状況といった 3 つの要素から

構成されており、これらの状況を基に算出された避難所ごとの人口の集合状態を「地域での負荷への変換」によって「避難負荷係数」として表わし、地域差を明らかにするものである。

3. 2 年齢別人口データの導入

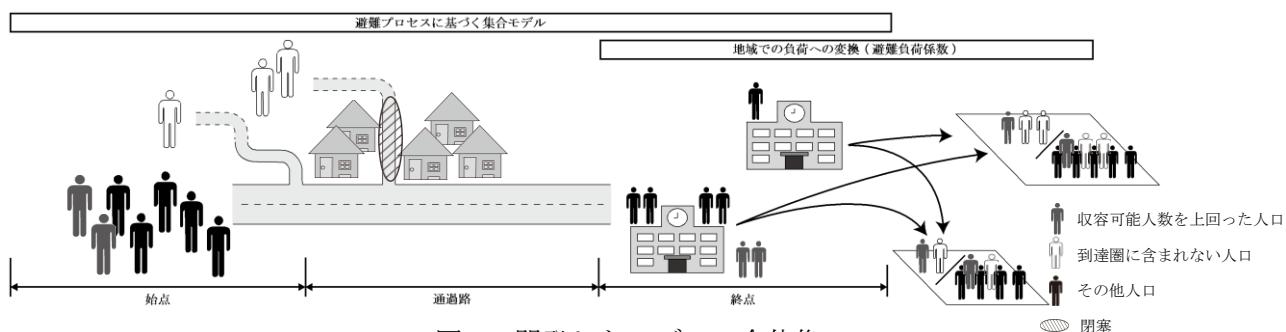
本研究では、空間的な関連性に基づいた仮定の下で算出した避難者数や収容可能人数を、地域間の脆弱性を比較する指標として扱う。まず、街区ごとの子ども（15 歳未満）と生産年齢（15～64 歳）、高齢者（65 歳以上）の人口を基に、街区を囲う全ての道路長と街区に接する道路の道路長の比に、街区の人口をかけ合わせた値の総和を「道路の受け持つ人口」と定義した。

3. 3 道路閉塞危険度の算出

道路閉塞危険度を算出するために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。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の配置関係を加味した上で、建物倒壊率に応じた建物倒壊の組み合わせにより確率として求めたものである。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、ここで得た値を道路閉塞危険度と呼ぶ。

3. 4 道路閉塞状況を考慮した到達圏の作成

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所として、年齢別の歩行可能距離（子ども・高齢者：720m、生産年齢：900m）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。

3. 5 避難所の収容可能人数の算出

消防庁震災対策指導室では避難者1人あたりに少なくとも 1.65 m^2 以上のスペースを確保するように定めている。そこでこれを基に、延床面積を用いて各避難所の収容可能人数を算出した。

3. 6 推定受入者数の算出

大阪府の避難所運営マニュアル作成指針においては、各市町村の被害想定調査によって得られた最大規模の避難者数の収容を可能とすることを目標に避難所の指定を行うものとしている。寝屋川市では生駒断層地震発生時の被害想定が最大規模であることから、これと同規模の災害を想定した地域間の比較を試みた。各避難所において、年齢別の到達圏に含まれる対象人口の総和を合計し、これを避難所における推定受入者数と定義した。

3. 7 避難負荷係数の算出

算出した結果を町丁目単位に変換することによって、地域間の差異を検証する。具体的には、街区からの人口を基に対象人口を計算し、各街区が所属している町丁目ごとにまとめることで、町丁目単位での対象人口を算出した。さらに、町丁目における対象人口に対して、到達圏内に含まれない対象人口

と収容可能人数を上回った対象人口が占める割合を算出し、これを町丁目における避難負荷係数と定義した。避難負荷係数が高い町丁目は、避難路確保の面で改善が必要な地域と解釈することができる。一方、避難負荷係数を要素ごとに分けることでより詳細な都市整備状況の把握が期待できる。そこで、避難所の受入による負荷係数と道路閉塞による孤立の負荷係数、到達圏内に含まれない負荷係数の3つの要素に分けて算出し、定義した。

4. 分析結果と考察

4. 1 避難負荷係数の検証

図-2は、対象領域において得られた避難負荷係数の100事例の結果をまとめた平均避難負荷係数と平均避難負荷係数を要素ごとに分けた負荷係数を表わしている。図-2 a)において、中央部から南西部にかけて平均避難負荷係数が高い地域が分布している。この地域は高度経済成長期に急激に都市化が進んだ地域であり、細街路が多く存在している。さらに、要素ごとに見ると図-2 b)のように、避難所の受入に特に問題はないものの、図-2 c), 図-2 d)のように地域によって道路閉塞による孤立の負荷係数や到達圏内に含まれない負荷係数が高く、地域に応じた整備計画の立案の必要性が示唆される。

4. 2 町丁目ごとの特徴の抽出

算出された100事例の結果で避難負荷係数がばらついている地域を明らかにすることで、効率的に都市整備を行える可能性がある。そこで図-3に示すように、町丁目ごとの避難負荷係数の標準偏差を高い順にソートした上で、隣り合う標準偏差の差分を求めた。さらに、最小二乗法を全ての町丁目の組み合わせで実施し、平均二乗誤差を求め、図-3のカラーパーティションのように示した。これらを参考にLevel 1からLevel 5までを区分した。対象領域において区分した結果を図-4に示している。Level 5は、道路閉

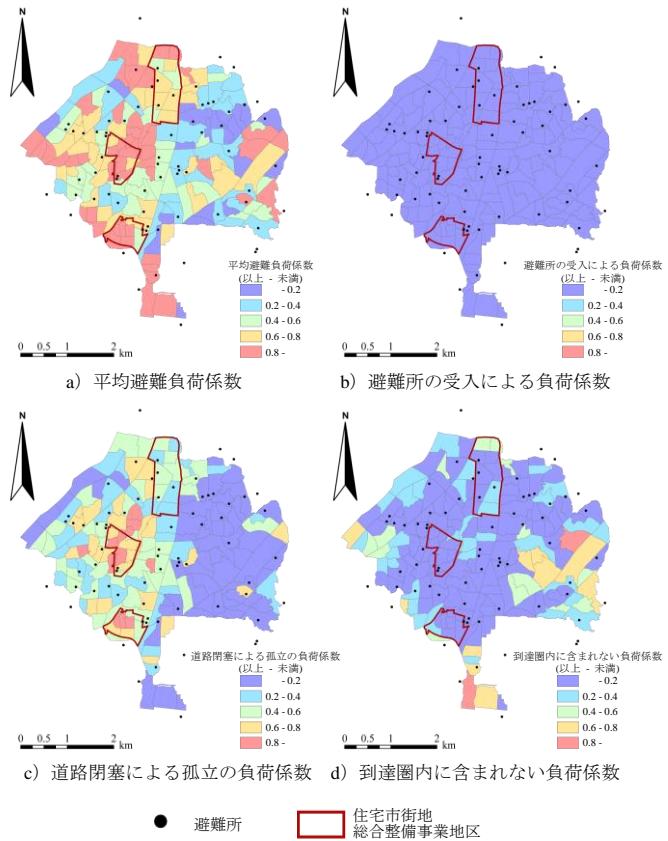


図-2 平均避難負荷係数と要素ごとの負荷係数

塞シミュレーションによって最も避難負荷係数のばらつきが大きい地域である。Level 5と区分された地域では、避難所に繋がる道路の本数が少なく、道路閉塞が発生した場合の影響が大きいことを示唆している。そのことから、道路周辺を整備することで改善効果が大きく表われる地域と解釈することができる。

5. おわりに

本研究では、我々が開発した道路網評価支援モデルに地震時を想定した分析を行った。分析結果から、地震時における都市整備状況を詳細に把握できる可能性が示唆された。また、避難負荷係数のばらつきのある地域を明らかにすることで、都市整備を行う際に改善効果が大きく表われる地域が抽出できる可能性が示唆された。

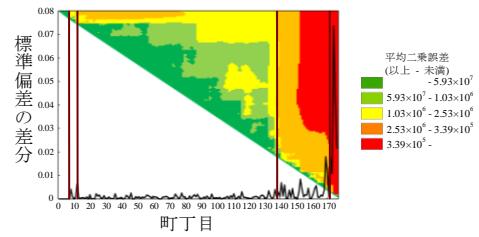


図-3 標準偏差の差分と平均二乗誤差の結果

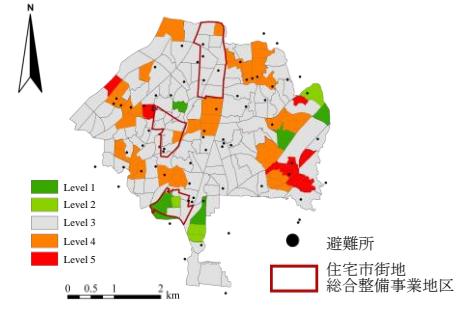


図-4 対象領域における避難負荷係数の標準偏差

今後の展開として、要素ごとの負荷係数を分析し、都市整備状況を詳細に把握していくことが考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、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。また、萱島東一丁目北自治会および萱島北桜園町自治会の方々にアンケート調査の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, 畑尾一貴, 高木孝文 (2012) 避難路に着目したネットワーク空間分析の応用について, 日本写真測量学会学術講演会発表論文集, 2012, 69-70.
- 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, 日本建築学会構造系論文集, 527, 197-204.