

歩行可能距離と推定避難者数に着目した避難地配置状況の広域的な分析

熊谷樹一郎・高木孝文・畑尾一貴

Spatial Analysis of the Evacuation Sites Based on Available Walking Distance and the Number of Estimated Evacuees

Kiichiro KUMAGAI, Takafumi TAKAGI and Kazuki HATAO

Abstract: Spatial distributions and capacities of evacuation sites are not always discussed singly because evacuation sites designated by a municipality are generally selected from existing public facilities. In some areas, it is difficult to evacuate because there are not evacuation sites in neighborhood, while the number of evacuees are more than their evacuation site capacity in other areas. In this study, we focused available walking distance according to ages and we extracted difficult areas for evacuation. Moreover, we extracted regional disparities through comparing between capacity of evacuation sites and the number of estimated evacuees.

Keywords: 避難地(evacuation site), 道路ネットワーク(road network), ネットワークボロノイ分割(network voronoi division), 歩行可能距離(available walking distance), 推定避難者数(the number of estimated evacuees)

1. はじめに

我が国の都市部では計画的に整備された地区がそれほど多くなく、建物が密集した傾向にある。建物が過度に密集した市街地は街路が狭く、建て替えが困難なケースもあり、災害時での建物倒壊や延焼といった危険性の高くなることが指摘されている。

これらの市街地の脆弱性は 1995 年に発生した阪神・淡路大震災においても顕著に表れた。住宅が密集した市街地では特に多くの建物が倒壊し、道路が寸断された。都市の整備状況と、避難地や避難経路の状況の両面から防災・減災対策を議論する必要性を明らかにした例といえる。

市町村で指定されている避難地は既存の公共施設であることが多く、災害時を前提とした空間配置となっていることは稀である。また、指定された施設の種類の多様であり、収容可能人数にもばらつき

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

がある。つまり、避難地までの距離と収容可能人数との観点からみれば、地域ごとの空間特性の差異が明らかになる可能性がある。

これまで著者らは、市町村で指定された避難区域をベースに、災害時に避難経路となる道路ネットワークを用いて避難地から町丁目までの平均距離と人口の状況を明らかにした（熊谷・高木，2010）。

その一方で、各避難地まで歩いて避難することが可能である地域を抽出した上で、避難地ごとに想定される避難者数を算出することにより詳細な地域特性を把握できる可能性がある。そこで本研究は、災害時に避難経路となる道路ネットワークを用いて領域分割を行うとともに、各避難地からの歩行可能距離を算出した。さらに、各避難地の推定避難者数をネットワーク空間分析の応用から算出し、収容可能人数と比較することによって地域間での違いを把握した。

2. 対象領域および対象データの選定

2. 1 対象領域の選定

本研究の対象領域として大阪府寝屋川市を選定した。この地域は高度経済成長期に人口が大幅に増加した歴史を有しており、学校等の公共施設も同時に増加した。しかし、近年は人口減少などの理由から学校等の統廃合が進められており、避難地として指定されている公共施設も減少している。その一方で、高齢化が進んでおり災害弱者の割合は増加していることから早急な対策が必要な地域である。なお、他市への影響を調査するために使用データは寝屋川市に加えて寝屋川市と隣接する市の町丁目を含めた範囲としている。

2. 2 対象データの選定

国土地理院より発行されている数値地図 2500(空間データ基盤)より道路中心線を道路ネットワークのデータとして採用した。道路の各ノードにおける

地盤高を算出する際に用いるデータについては、数値地図 5m メッシュ(標高)を使用した。避難地のデータについては、寝屋川市防災ガイドを基に、指定されている公共施設を調査した上で、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。各避難地の収容可能人数については寝屋川市地域防災計画に記載されている各避難地の延床面積と消防庁防災対策指導室が定める避難者 1 人あたりに最低限確保する床面積をもとに算出した。また、人口データについては総務省統計局が提供している平成 17 年の国勢調査データ(基本単位区別・町丁目別)を採用した。

3. 歩行可能距離の検討

3. 1 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などの人口データを地域間の脆弱性を比較する指標として扱う。

まず、災害弱者などの状況を反映するために年齢別の人口データを整備した。具体的には町丁目単位の人口データに含まれる年齢別の人口を基に、街区ごとに子ども(15 歳未満)と生産年齢(15~64 歳)、高齢者(65 歳以上)の人口を比例配分した。次に、道路ネットワークに人口データを導入した。手順としては道路ネットワークをノードごとに分割した後、近接する街区ごとにまとめる。続いて、街区に近接する全ての道路長のうち、注目する道路が占める道路長の割合を算出し、この値と街区の人口とを掛け合わせた値を街区からの人口とする。同様の計算を近接する全ての街区においても行い、これらの総和を各道路からの人口と定義した。

3. 2 道路ネットワークの領域分割

本研究で使用した避難地データは避難施設の重心点を避難地の位置情報として設定しているため、必ずしも道路ネットワーク上には存在しない。そこ

で、緊急時には全ての門扉を開放すると仮定し、各避難地の重心点から避難地の入口と接する道路ネットワーク上の点を結んだラインを新たな道路ネットワークとして追加している。

本研究では、避難地の区分に、ネットワークボロノイ分割を採用した。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（道路長）と定義している。

3. 3 歩行可能距離の算出

最も近い避難地までに距離を要する箇所においては避難が困難となる可能性がある。そこで、住宅市街地総合整備事業地区である萱島東地区において表-1のようなアンケート調査を実施し、徒歩での避難が可能である時間の限界を調べた。アンケート結果を図-1に示す。避難地までの所要時間が15分以内と答えた割合が全体の8割以上であったため歩行可能時間を15分とした。歩行速度は既往の研究をもとに、子どもと高齢者を0.8m/sec、生産年齢を1.0m/secとし（堀内，1994）、生産年齢の歩行可能距離を900m、その他の歩行可能距離を720mと仮定した。

次に、年齢別の歩行可能距離内に含まれない人口を算出した。方法としては、ネットワークボロノイ分割と歩行可能距離の結果をもとに該当する道路

を抽出した。この結果を町丁目ごとにまとめ、720m圏内に含まれない子どもと高齢者の人口と900m圏内に含まれない生産年齢人口との総和を町丁目単位で算出した。この値と町丁目全体の人口の割合を得ている。この結果を国土交通省が定める一時避難困難区域率による危険度に適用することで、地域ごとの状況を把握した（都市防災実務ハンドブック編集委員会，2005）。結果を図-2に示す。値が高くなるほど青色から赤色に変化させて表示させている。図-2Aの地域は寝屋川市の防災計画においても重点的に整備を進める必要のある地域である。さらに、図-2Bの箇所は住宅市街地総合整備事業地区である萱島東地区であり、整備が進められている地区の1つである。

4. 収容可能人数と推定避難者数について

4. 1 収容可能人数の算出

消防庁防災対策指導室では避難者1人あたりに少なくとも1.65m²以上のスペースを確保するように定めている（消防庁震災対策指導室，2011）。そこで、1人あたり1.65m²を使用するものとして各避難地の収容可能人数を算出した。また、避難者が多数になると、環境面の悪化などといった問題が生じ

表-1 アンケート調査の概要

対象	住宅市街地総合整備事業地区（萱島東地区）の住民（1000世帯）
期間	2010年1月上旬～2月下旬
内容	避難地までの歩行限界時間
回答数	161世帯（回収率 16.1%）

質問内容：
避難地へ歩いて向かう時間としてはどれぐらいが限界だと思いますか？

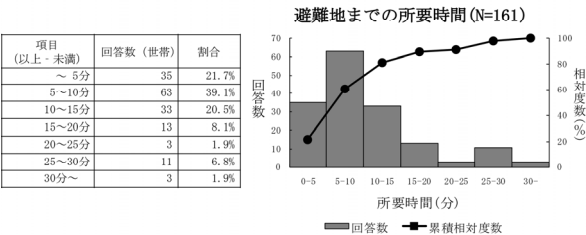


図-1 アンケート調査の結果

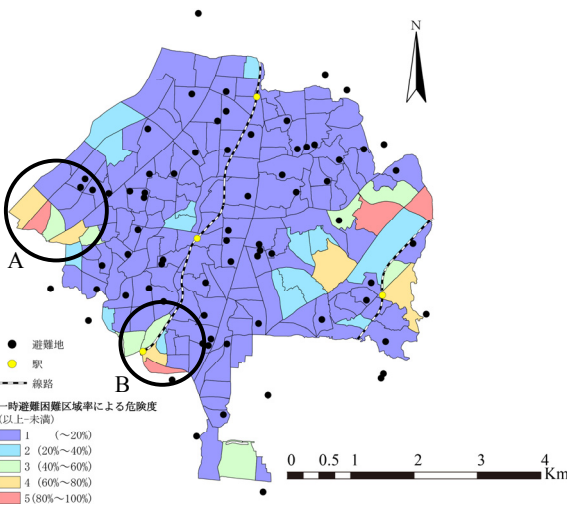


図-2 歩行可能距離のみに着目した一時避難困難区域率による危険度

ることから、一施設の収容者数は概ね数百人程度が望ましいとされている（大阪府，2007）。そこで、延床面積をもとに算出した収容可能人数の結果が1000人以上となった避難地については、1000人と置き換えることとした。

4. 2 推定避難者数の算出

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地の指定を行うものとしている。寝屋川市では生駒断層帯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。手順としては、寝屋川市の人口に対する生駒断層帯地震発生時の避難者数の割合を算出し、各道路の人口とかけ合わせる。この値を各道路からの避難者数としてネットワークボロノイ分割と歩行可能距離の結果をもとに各避難地への推定避難者数を算出した。

4. 3 収容可能人数と推定避難者数からみた地域間の比較

推定避難者数が収容可能人数を上回った避難地の受け持つ道路の人口と、前節であった歩行可能距離外の人口の総和を求め、各町丁目において想定される避難者数との割合を算出し、一時避難困難区域率による危険度に適用した。結果を図-3に示す。

対象領域の中央から西側において赤で示した高い値が確認できる。これらの地域は人口密度が高く、近隣に避難地が位置していない傾向にある。この地域は無秩序に都市が形成された歴史を有しており、3箇所の住宅市街地総合整備事業地区が含まれている。また、図-3Aのような地域は、今後整備を行うための候補地になり得ると解釈できる。

5. おわりに

本研究では、年齢別の歩行可能距離と避難地の収

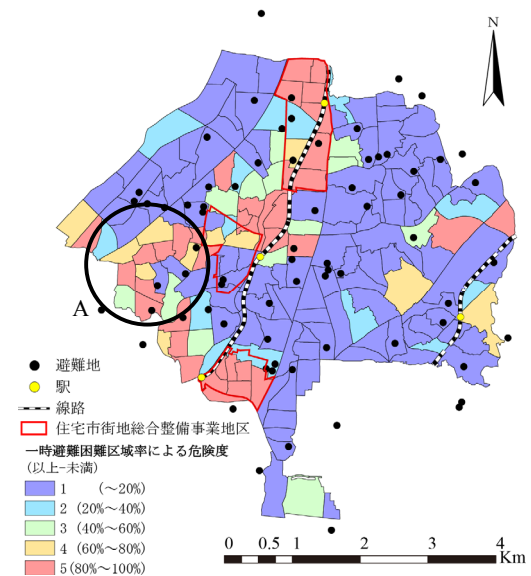


図-3 生駒断層帯地震と同規模の災害が発生した際の一時避難困難区域率による危険度

容可能人数を、ネットワーク空間分析の応用から計算することによって地域間での違いを抽出した。歩行可能距離のみでの分析では、市境付近ののみににおいて特徴的な箇所がみられたが、収容可能人数を考慮することによって、無秩序に都市化が進んだ地域の脆弱性を指摘する結果となった。今後は市町村で指定されている避難区域単位での分析を行うことを考えている。

【参考文献】

- 熊谷樹一郎，高木孝文（2010）避難区域間における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），19，5G-1.
- 堀内三郎（1994）新版 建築防火，朝倉書店，237.
- 都市防災実務ハンドブック編集委員会（2005）改訂 都市防災実務ハンドブック 震災に強い都市づくり・地区まちづくりの手引，ぎょうせい，196.
- 消防庁震災対策指導室，市町村地域防災計画（震災対策編）検討会報告書 <http://www.bousaihaku.com/cgi-bin/hp/index.cgi>
- 大阪府（2007）避難所運営マニュアル作成指針，84.