

緊急輸送道路の災害リスクを考慮した防災拠点間の到達可能性に関する分析

Ahmed WAHID UDDIN¹・大澤 脩司²・藤生 慎³・高山 純一⁴・
中山 晶一朗⁵

¹ 非会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 外国人研究者 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: bijoyahmed2013@gmail.com

² 学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: s.osawa.ku.sed@gmail.com

³ 正会員 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: fujii@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴ フェロー 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: takayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

⁵ 正会員 金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

本研究では、緊急輸送道路の災害リスクを考慮した防災拠点間の到達可能性を分析することを目的としている。阪神・淡路大震災の教訓を踏まえ、地震直後から発生する緊急輸送を円滑に行うため、高速自動車国道、一般国道及びこれらを連結する幹線道路と知事が指定する防災拠点を相互に連絡する道路として、緊急輸送道路が設定されている。地震時には建物の倒壊による道路の閉塞が想定される。これまで道路閉塞に関する研究は多くなされているが、緊急輸送道路を対象としたものは少ない。本研究では緊急輸送道路について、建物倒壊による道路閉塞のリスクを分析し、防災拠点間の到達可能性を明らかにした。

Key Words : emergency transportation road, GIS, disaster-prevention facility, reachability

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震の際には、高速道路、鉄道などの高架構造物の倒壊、沿道建物の倒壊、路面崩壊などによって、被災地内の道路容量が著しく減少した。また、発災後は避難活動、救急・救助活動、救援活動、復旧・復興活動等に関連して、平時とは異なる交通需要が発生した。わが国の東西交通を担う主要幹線が被害を受けたことから、発災翌日の18日には、これを補う東西2ルートの緊急輸送ルートが設定された。しかし、緊急車両のみに通行を規制することは事実上困難

であった。以上のことは、道路交通による緊急輸送に関連する阪神淡路大震災教訓情報資料集として、内閣府によって公開されている¹⁾。以上の教訓を踏まえ、地震直後から発生する緊急輸送を円滑に行うため、高速自動車国道、一般国道及びこれらを連結する幹線道路と知事が指定する防災拠点を相互に連絡する道路として、緊急輸送道路が設定されている。これらはその役割に応じて、第1次から第3次まで設定されている(表-1)²⁾。阪神淡路大震災教訓情報資料集の中にも挙げられているように、地震時には沿道建物の倒壊により道路閉塞が生じ、通行できなくなることが想定される。これまで沿道建物の倒壊による道路閉塞に関しては多くの研究がなされている。一方、災害によって通行不能となる恐れのある道路区間の検討や、ある2点間において、連結性が通行不能区間が発生しても保証されるのか、あるいは到達遅れがどの程度生じるかといった検討は、災害時の緊急輸送の観点から重要であるが、そうした研究は十分とは言えないのが現状である。そこで本研究では、緊急輸送道路を用いた地震時の緊急輸送を想定し、緊急輸送道路沿道の建物

表-1 緊急輸送道路の種別とその位置づけ

種別	位置づけ
第1次	高規格幹線道路、一般国道等の広域的な重要路線及びアクセス道路で輸送の骨格をなす道路
第2次	第1次緊急輸送道路と市町村役場及び重要な拠点を結ぶ道路
第3次	第1次、第2次緊急輸送道路と市町村役場支所を結ぶ道路及びその他の道路

の倒壊によって、閉塞するおそれのある区間の検討及び、都道府県庁－市区町村役場間の連結性に関して分析する。分析にはGISの建物データを用い、J-SHIS MAP⁹⁾を利用し、それぞれの建物が受ける地震動の大きさを個別に与える。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

地震による道路閉塞の評価に関する研究として、小谷ら⁴⁾や大谷ら⁵⁾、赤倉ら⁶⁾がある。小谷ら⁴⁾は、道路閉塞を進行もしくは抑制させる要因となる環境特性を抽出し、それらから道路の各被害様相による道路閉塞の危険度評価式を示している。更に、この評価式を用いて、金沢市内の道路を53路線に分割し、道路被害様相別・路線別の道路閉塞危険度を分析している。大谷ら⁵⁾は、書く防災拠点が含まれる市町程度の広がり（数km～10km四方程度）の地区を対象とし、震災直後に感染系道路に影響する施設・要因等として、路面、橋梁といった道路施設、跨道橋や歩道橋といった沿道・専用施設（地上）、水道管・ガス管などの沿道・専用施設（地下）を考慮し、それぞれに被災関数を当てはめ、道路閉塞に与える影響を設定し、そこから交通容量の期待値を算出することにより道路閉塞による影響を評価している。赤倉ら⁶⁾は街路閉塞の発生を地震動強さと街路幅員によってモデル化し、横浜市中心地域が関東大震災と同等規模の地震を受けた場合の被害予測を行っている。また、GISを活用した道路閉塞の研究事例もある。源ら⁷⁾は、道路網ネットワークを作成し、それを道路閉塞予測へ適用している。源らは道路閉塞の予測にあたっては、道路幅員4m未満、道路幅員4m以上8m未満の道路に分けて閉塞確率算定モデルを策定し、沿道建物の倒壊による道路の閉塞確率を算定している。

道路閉塞に着目した災害時の避難、広域災害における研究としては、近藤ら⁸⁾、市川ら⁹⁾、田村ら¹⁰⁾がある。近藤ら⁸⁾は、道路閉塞の想定として、地震動の場合は橋梁被害、土砂災害は急傾斜地崩壊危険箇所、地すべり指定地、砂防指定地の崩壊、津波被害は道路構造による浸水被害とし、モデル地域における集落の孤立について孤立日数によって評価している。市川ら⁹⁾はGIS上で、瓦礫は全方向に広がり、かつ流出幅が建物個々の建物高さに一致する倒壊モデルを設定し、道路閉塞の判定を行っている。田村ら¹⁰⁾は、地震時の建物倒壊によって街路閉塞が発生することを考慮した津波浸水時の避難行動シミュレーションを行っている。

以上の既往研究では、地震動や複数の災害による道路閉塞に着目しているが、小谷ら、大谷ら、赤倉ら、源ら、市川らはある対象地域内の道路の閉塞状況、近藤らは複数の災害によって生じる道路閉塞によって対象地域内の

集落で生じる孤立の日数、田村らは地震動によって生じる道路閉塞を考慮した津波による浸水被害からの避難シミュレーションという視点である。これらに対し、本研究は地震動による建物の倒壊を考慮した、緊急輸送という視点に立っている。建物倒壊という視点では、赤倉ら、源ら、市川らと立場を同様にするが、これらは比較的限定された地域を対象としているのに対し、本研究では都道府県庁と市区町村役場間の緊急輸送を対象としており、広域的な地域を対象としている。また、建物倒壊による道路閉塞の分析にあたっては、源ら、市川らと同様にGISデータを用いている。しかし、源らでは道路幅員によって道路閉塞が生ずる確率を算出しており、建物の高さまでは考慮されていない。本研究では建物の高さによって道路の閉塞を判定する。また、市川らでは分析の主眼が避難経路の分析に置かれておるため、徒歩での避難を想定しているため、評価指標は避難距離となっているが、本研究では緊急輸送を対象としており、自動車による移動を想定しているため、評価指標は時間とする。

3. 研究方法

(1) 使用データについて

本研究では、建物データとして、esriジャパンが提供している詳細地図2012¹¹⁾を使用した。また、各建物が受ける地震動については、J-SHIS Mapの確率地震動分布の最大ケースを使用し、そのうち50年2%の超過確率となる震度を採用した。詳細地図は株式会社ゼンリンの地図データと、国土交通省の基盤地図情報や国土数値情報などを加工して開発された背景地図データベースである(図-1)。この中から図-2のように、建物に関するデータのみを抽出する。建物に関しては、建物の種類と高さがデータベース化されている。

(2) 分析における仮定について



図-1 詳細地図の情報例

表-2 建物種類による構造形式の分類

建物種類	構造形式	建物種類	構造形式
目標物(宿泊施設)	非木造	目標物(公共施設)	非木造
目標物(商業施設)	非木造	目標物(医療)	非木造
目標物(学校)	非木造	目標物(交通)	非木造
目標物(余暇・レジャー)	非木造	一般家枠(その他) 9m以下	木造
目標物(目標物)	非木造	一般家枠(その他) 10m以上	非木造

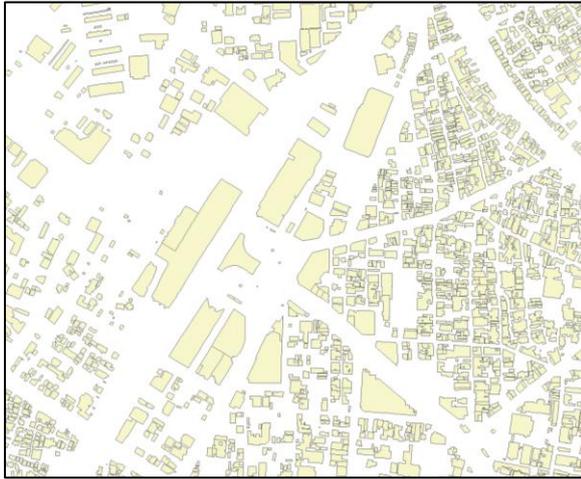


図-2 建物データの例

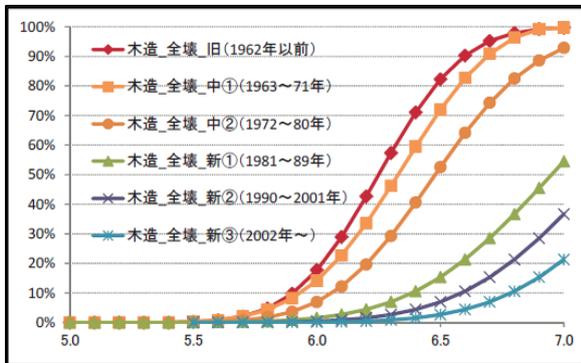


図-3 木造建物の全壊率曲線

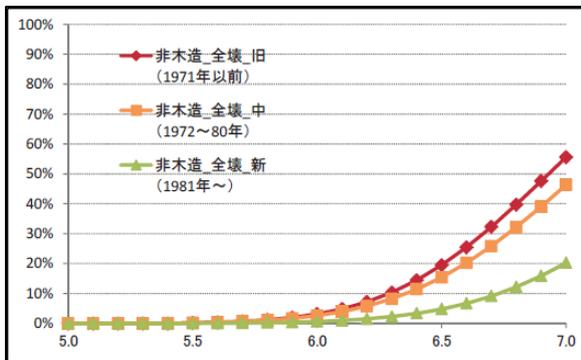


図-4 非木造建物の全壊率曲線

分析にあたり、建物の構造形式、道路閉塞に影響を与える建物の抽出、建物の倒壊判定、道路閉塞の判定において、それぞれいくつかの仮定を置く。

建物の全壊判定を行うため、被害関数として東京都防災想定¹²⁾に記載されている全壊率曲線を適用する(図-3, 図-4)。建物の構造形式に関する仮定を表-2に示

す。詳細地図の建物データは構造形式をデータベースに含んでいない。そこで、一般的な家屋に分類される木造、それ以外を非木造として仮定する。ただし、一般的な家屋の分類にはマンション等の高層建築物も含まれるため、3階層(9m)を超える建物については非木造と仮定する。また、建築年代についてもデータベース化されていないため、本研究では木造建物はすべて新築年③、非木造建物は新築年として扱う。

道路閉塞に影響を与える建物については、建物の重心から建物の高さを半径として描いた円の中に道路が含まれる建物のみを対象として抽出する(図-5)。

建物の倒壊判定については、まず建物が受ける地震動

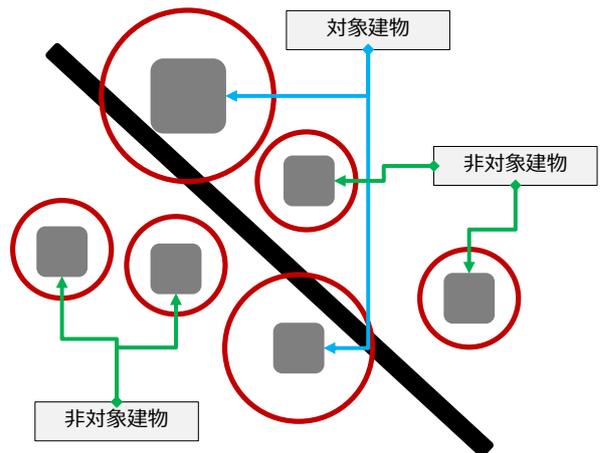


図-5 道路閉塞に影響する建物の判定の概念図

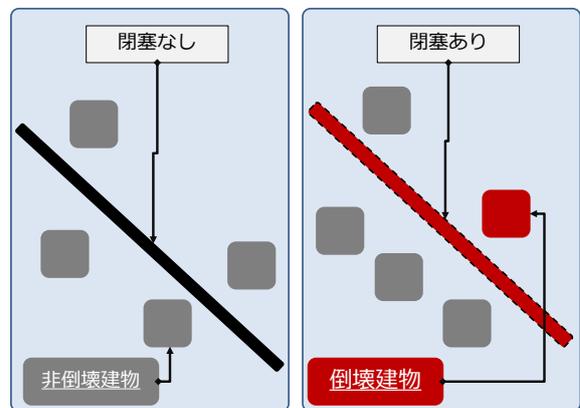


図-6 道路閉塞判定概念図

の大きさに応じて被害関数を適用し、各建物の全壊率を算定する。次に乱数を発生させて倒壊・非倒壊を判定する。乱数、0.1から100までの範囲で0.刻みで発生させ、発生した乱数が0.1から全壊率までの範囲内であれば倒壊、全壊率より大きな値が発生すれば非倒壊とした。

道路閉塞の判定については、建物が倒壊する際の瓦礫は建物の全方向に広がり、道路閉塞に影響を与える位置にある建物が倒壊した時点でその道路の区間は完全に閉塞するものとした（図-6）。

(3) 対象地域・ネットワークについて

分析は新潟県・富山県・石川県・福井県・長野県・岐阜県の6県の緊急輸送道路を対象とした。緊急輸送道路は国土数値情報より、平成25年度に作成された道路網を使用する。分析に用いる緊急輸送道路網を図-7に示す。

4. 県庁—市町村役場の到達可能性に関する分析

図-8に建物倒壊を考慮した地震時のネットワークを示す。図-7に示したネットワークを平時のネットワークとし、それぞれのネットワークにおいて、各県庁から市町村役場までの自動車での到達時間を分析する。平均走行速度は40km/hとして算出する。なお、目的地までの到達時間は、そのネットワークにおいて走行時間が最短となる経路を走行した場合を想定・算出している。

平時と地震想定時の目的地までの到達時間の比較を表-3に示す。石川県・福井県では到達不可及び遅延は生じていない。図-8から明らかなように、これら2県では道路閉塞が他3県に比べ少ないためであると考えられる。一方、最も道路閉塞箇所が多い長野県では最大で2時間以上到達が遅れる役場もあるほか、全77役場のうち4役場には到達不可であり、65役場で遅延が生じている。遅延・到達不可率は約90%に達する。長野県では道路閉塞箇所が多いことに加え、南北を結ぶ道路が少ないため、道路網の構造的にも他県より弱いことも遅延が多発した要因の一つと考えられる。富山県では40%の役場まで遅延が生じていた。道路の閉塞箇所は少ないが、各役場までの平時での最短経路上にあったことが影響していると考えられる。しかし、遅延は最大で2.6分であり、閉塞した道路の近隣の道路で代替できていることが伺える。新潟県については、長野県のような道路網の構造上の脆弱性は見られないが、道路の閉塞箇所が多いため、他県より遅延数が多い結果となったといえる。新潟県の遅延率は36.1%であった。最大遅延時間は9.8分であるため、富山県と同様に近隣の道路で代替できていることが伺えるが、道路閉塞箇所が多いため、緊急輸送道路沿いの建物については耐震化などの対策が望まれるであろう。

5. まとめと今後の課題

本研究では、緊急輸送道路において、地震による建物倒壊を考慮し、新潟県・富山県・石川県・福井県・長野

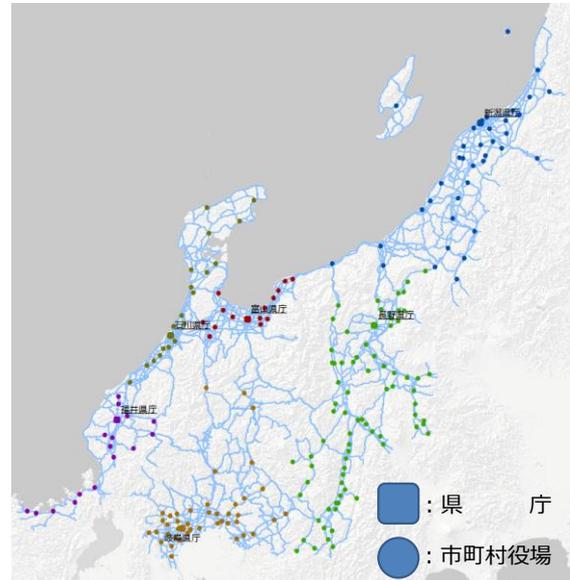


図-7 平時の分析対象緊急輸送道路網

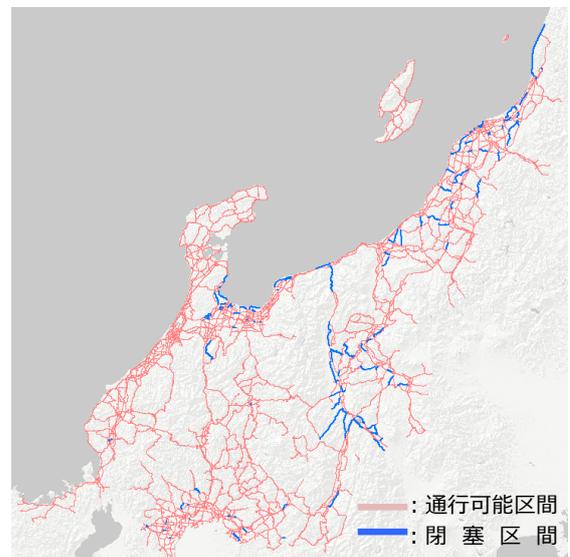


図-8 道路閉塞考慮時の緊急輸送道路網

表-3 到達可能性の分析結果

都道府県	到達不可数	遅延数	平均遅延 [分]	最大遅延 [分]	最小遅延 [分]
新潟県	0	13	3.3	9.8	0.3
富山県	0	6	1.3	2.6	0.5
石川県	0	0	-	-	-
福井県	0	0	-	-	-
長野県	4	65	24.4	148.8	1.2
岐阜県	0	11	4.6	34.4	0.3

県・岐阜県の6県について、県庁と市町村役場間の到達可能性に関して分析した。その結果、長野県では全体の90%の役場まで遅延が生じており、緊急輸送道路沿いに道路閉塞に影響する建物が多いこと、緊急輸送道路網に構造上の弱点があることが明らかとなった。富山県については遅延率こそ40%とやや高めであるが、最大遅延時間は2.6分であることから、周辺の道路で代替できていることが明らかとなった。富山県と同様に、新潟県でも最大遅延時間は9.8分と大きくはないものの、道路閉塞箇所が他県に比べて多いことから、緊急輸送道路沿いに道路閉塞に影響する建物が多いことが明らかとなった。

本研究ではGISの建物データを用いて分析を行った。広域的な地域を対象として、建物の高さを考慮できるという利点がある一方、道路幅員については考慮していないため、道路閉塞を過大に推計する可能性をはらんでいる。また、建物の倒壊判定についても、乱数による判定を1度のみしか行っていないため、結果の精緻化が課題である。

参考文献

- 1) 内閣府、防災情報のページ 阪神淡路大震災教訓情報資料集：
http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/hanshin_awaji/detail/1-6-1.html(2015.09.10 アクセス).
- 2) 国土交通省中部地方整備局、緊急輸送ルート選定の考え方について：
http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/daikibo_saigai/pdf/01.pdf
(2015.09.10 アクセス).
- 3) J-SHIS 地震ハザードステーション, J-SHIS Map：
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/> (2015.09.10 アクセス).
- 4) 小谷武司, 池本敏和, 北浦勝：大地震時における道路閉塞危険度評価法の開発と金沢市への適用, 第24回地震工学研究発表会講演論文集, pp.1101-1104, 1997.
- 5) 大谷康史, 村越潤：幹線系道路の耐震性評価に関するケーススタディー, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp.1465-1468, 2001.
- 6) 赤倉康寛, 高橋宏直, 中本隆：大規模地震によるだいろ閉塞予測シミュレーションの構築, 土木学会論文集, Vol.1999, No632, pp77-92.
- 7) 源貴志, 成行義文, 天野健, 平尾潔：GISによる道路網ネットワーク及び属性データの作成方法と道路閉塞予測への適用, 土木情報利用技術論文集, Vol.15, pp.127-138, 2006.
- 8) 近藤伸也, 照本清峰, 太田和良, 片家康裕, 高尾秀樹, 河田恵昭：道路閉塞に着目した広域災害における集落の孤立危険度マップの検討, 生産研究, Vol.62, No.4, pp.417-419, 2010.
- 9) 市川総子, 阪田知彦, 吉川徹：建物倒壊および道路閉塞のモデルによる避難経路の危険度を考慮した避難地への到達前能性に関する研究, Theory and Applications of GIS, Vol.12, No.1, pp.47-56, 2004.
- 10) 田村保, 西畑剛, 森屋陽一, 瀧本浩一, 三浦房紀：街路閉塞を考慮した津波浸水時の避難シミュレーション手法の適用, 海岸工学論文集, Bok.52, pp.1286-1290, 2005.
- 11) esri ジャパン, ArcGIS データコレクション 詳細地図：<http://www.esri.com/products/arcgis-data-collection-detail/> (2015.09.10 アクセス).
- 12) 海トラフ巨大地震等による東京の被害想定, 第3部被害想定手法 4-2 各被害の想定手法, 2013,5

(受付)