

大地震発生時における災害拠点病院へのアクセシビリティからみた 脆弱な沿道区域の抽出方法

岸本まき・大佛俊泰

Method for Extracting Vulnerable Roadside Areas Based on Accessibility to Disaster Base Hospitals after a Large Earthquake

Maki KISHIMOTO and Toshihiro OSARAGI

Abstract: In order to reduce human casualty after a large earthquake, it is important to secure the smooth and rapid emergency vehicles' activities. However, there is a risk that property collapse (e.g., road blockages) will obstruct emergency activities and cause the expansion of secondary damage. In this paper, we propose new accessibility indices to evaluate the vulnerability of roadside areas after a large earthquake. Performing the simulation that we have previously constructed, we evaluate the accessibility to disaster base hospitals using emergency transportation roads in Tokyo Metropolitan Area.

Keywords: 大地震 (large earthquake), アクセシビリティ評価 (accessibility assessment), 緊急輸送道路 (emergency transportation road), 災害拠点病院 (disaster base hospital), リンク孤立率 (link isolation ratio), ネットワーク孤立率 (network isolation ratio)

1. はじめに

首都直下地震の発生が切迫する中、救急消火活動などの災害時活動を支える緊急輸送道路の通行機能の確保は、喫緊の課題である。筆者らは、これまで、東京都を対象に、緊急輸送道路のアクセシビリティ評価および沿道建築物の耐震化推進によるアクセシビリティの改善効果について定量的な検討を行なってきた（大佛・岸本, 2019）。本稿では、更なる課題として、災害時に活動拠点へのアクセシビリティが脆弱となる沿道区域を抽出する方法を提案する。具体的には、まず、大地震時における緊急活動において、緊急車両の通行機能が阻害される可能性が高い沿道区域を抽出可能なアクセシビリティ

岸本まき 〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学 環境・社会理工学院

建築学系 大佛研究室

Email: kishimoto.m.ac@m.titech.ac.jp

指標を提案する（図-1）。次に、これまでに構築したシミュレーションモデルを用いて（図-2）、東京都内における緊急車両による移動を想定した、災害拠点病院¹⁾（東京都防災会議, 2019）へのアクセシビリティ評価を行う。

2. アクセシビリティ指標の構築

リンク孤立率（以下、LI値）とネットワーク孤立率（以下、NI値）という2つのアクセシビリティ指標を提案する（図-1）。LI値は、道路リンク³⁾単位で、NI値は、道路網単位でアクセシビリティを評価する指標である。これらの指標を用いることで、活動拠点へのアクセシビリティが脆弱な沿道区域を抽出可能となる。また、大地震時には、より多くの活動拠点へ到達可能な道路リンクの沿道区域ほど、アクセシビリティが高いと考えられる。そこで、アクセシビリティ評価を行う上で、緊急車両の活

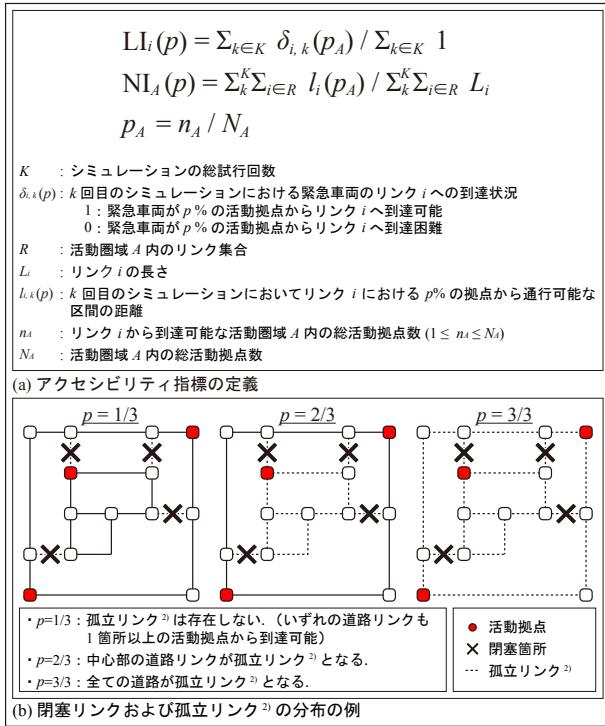


図-1 アクセシビリティ指標の概要

活動圏域内に存在する全活動拠点 (N 箇所) に占める到達可能な活動拠点 (n 箇所) の割合 p ($=n/N$) を考慮する (図-1(b)).

3. アクセシビリティ評価のための緊急車両シミュレーションモデルの概要

3.1 道路閉塞モデル

物的被害モデルでは、実績のある既往モデル (村尾・山崎, 2000; 国土交通省, 2003) を統合し、建物・道路単位で物的被害を推定する。各道路リンクは、道路境界線から 4.0m 未満に存在する建築物 (沿道建築物) の倒壊により、有効幅員が 4.0m 未満となった場合に、緊急車両の通行が不能である (閉塞) と想定する (図-3(c)(d)).

3.2 緊急車両移動モデル

緊急車両移動モデルでは、道路閉塞状況を考慮した上で、各道路リンクから活動拠点への到達可否を推定する。このとき、活動拠点への到達可能な経路が存在しない道路リンクについては、到達不能とする。

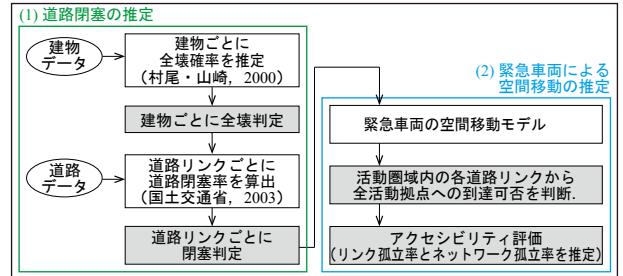
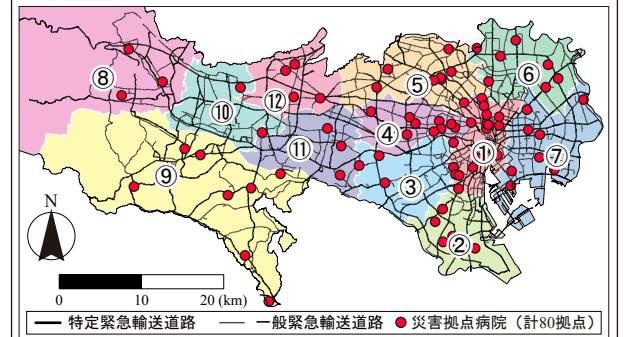


図-2 緊急車両シミュレーションモデルの概要 (岸本・大佛, 2018)



(a) 緊急輸送道路と災害拠点病院の空間分布

No.	名称	No.	名称	No.	名称	No.	名称
①	区中央部	②	区南部	③	区西南部	④	区西部
⑤	区西北部	⑥	区東北部	⑦	区東部	⑧	西多摩
⑨	南多摩	⑩	北多摩西部	⑪	北多摩南部	⑫	北多摩北部

(b) 二次医療圏一覧



図-3 災害拠点病院及び道路データの想定

4. 緊急車両シミュレーションでの想定

緊急車両シミュレーションに使用する道路データおよび建築物データ⁴⁾を図-3に示してある。本稿では、具体的な想定地震は設定せず、地表面最大速度 (PGV) が 66 cm/s の揺れを想定する⁵⁾。東京都内の緊急輸送道路について、道路の閉塞状況を推定した上で、緊急車両による災害拠点病院 (計 80 箇所) への移動を推定する (図-3(a))。このシミュレーションを計 100 回実行する。災害時における医療救護活動は、該当する二次医療圏⁶⁾内の災害拠点病院が担うと仮定し、アクセシビリティ指標を算出する (図-3(b))。

5. 東京都内の緊急輸送道路を用いた災害拠点病院へのアクセシビリティ評価

5.1 道路閉塞率の空間分布

緊急輸送道路における道路閉塞率の空間分布を図-4(a)に示してある。荒川区や台東区、23区西部 (Area I) などにおいては、高い道路閉塞率を示す道路リンクが存在するが、道路閉塞率が 10.0% を超える道路リンクは、全体の 5.9% に留まっている。

5.2 LI 値の空間分布

道路リンクが、いずれの災害拠点病院へも到達不能な場合の LI 値 (LI 値 (p_{min})⁷⁾ について検討する。LI 値 (p_{min}) の空間分布をみると (図-4(b)), 道路閉塞率の空間分布からは読み取ることが困難であった、災害拠点病院へのアクセシビリティが脆弱な沿道区域を把握することができる。例えば、緊急輸送道路が密に整備されている区間では (図-4(b) Area II), 緊急車両が道路閉塞に遭遇した場合でも、複数の迂回経路が存在するため、LI 値 (p_{min}) が広域に悪化することはない。一方、緊急輸送道路の整備が疎である区間では (図-4(b) Area III), 道路閉塞に遭遇した際に、迂回経路が存在しないため、広い範囲で孤立リンク²⁾が発生する傾向が見てとれる (図-5)。

5.3 災害拠点病院ごとの NI 値

災害拠点病院ごとの NI 値を図-6(a)に示してある。12箇所 (全体の 8.8%) の災害拠点病院では、NI 値が 50.0% を上回る値を示す。NI 値が特に高い値を示す災害拠点病院は、複数の移動経路を選択可能な (3 本以上の道路リンクが接続する) 交差点との距離が長い。そのため、災害拠点病院周辺で閉塞道路に遭遇した場合、迂回経路が存在せず、災害拠点病院へ到達不能となる可能性が高い (図-6(b)(c))。これらの災害拠点病院へのアクセシビリティを改善するためには、災害拠点病院周辺において沿道建築物の耐震化を重点的に促進することが重要である。

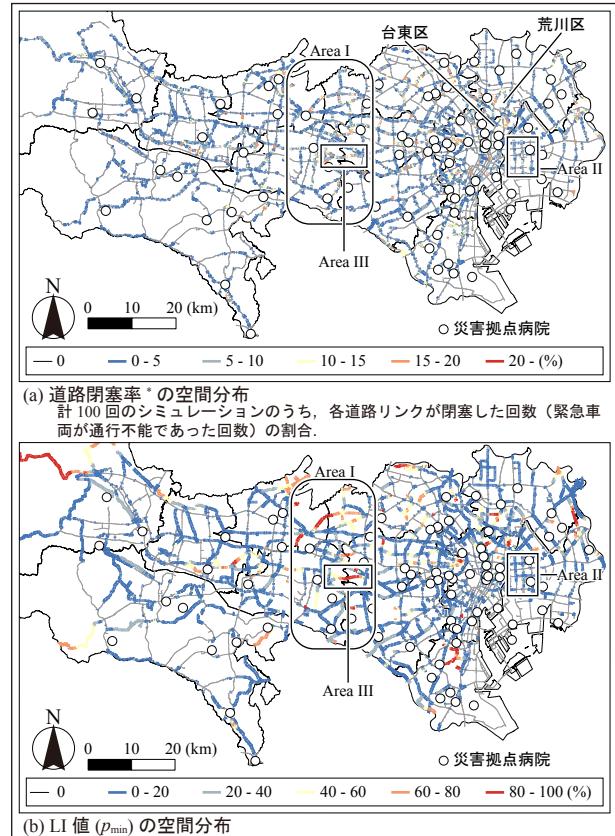


図-4 一般緊急輸送道路を用いた災害拠点病院へのアクセシビリティ評価

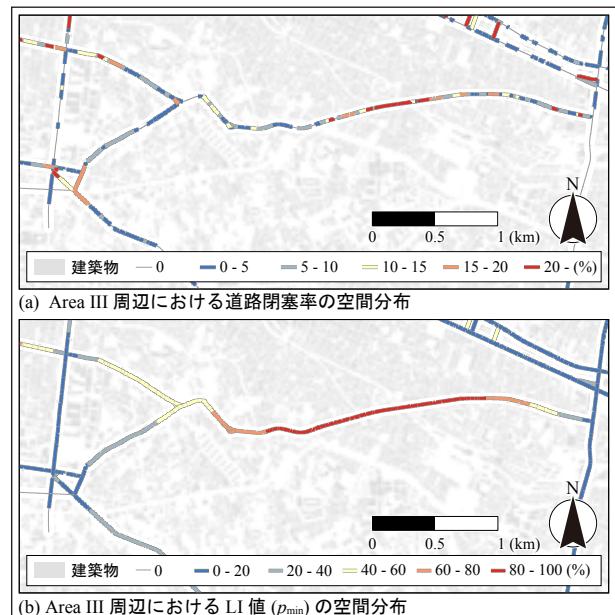


図-5 道路閉塞率の空間分布
と考えられる。

5.4 二次医療圏ごとの NI 値

二次医療圏⁶⁾ごとに集計した NI 値の推移を図-7 に示してある。西多摩や北多摩北部などの二次医療圏では、NI 値 (p_{min}) が高い値を示す。

これらの二次医療圏では、災害時に、いずれの災害拠点病院へも到達不能な区間が発生し、傷病者が医療救護活動を受けられない可能性がある。また、NI値が高い値を示す災害拠点病院（東邦大学医療センター大森病院や日本大学医学部附属板橋病院など）が存在する二次医療圏（区南部や区西北部など）では、一部の災害拠点病院へのアクセスを確保することが困難となる。このような二次医療圏では、圏域内の医療救護機能が、少数の災害拠点病院に偏る可能性が高い。災害拠点病院周辺、および、LI値が高い値を示す道路リンクの沿道建築物を優先的に耐震化するなど、二次医療圏におけるNI値を改善するための施策について検討する必要がある。

6. まとめ

本稿では、大地震時の物的被害下における孤立リンクに着目したアクセシビリティ指標を提案した。さらに、緊急車両シミュレーションを実行することで、災害拠点病院へのアクセシビリティが脆弱となる沿道区域を抽出可能であることを示し、緊急輸送道路の通行機能を効果的に確保するための方策について検討した。

注

- 1) 東京都は、大規模災害発生直後、重傷者などに適切な医療を確保することを目的に、計80箇所の病院を、災害時における医療救護活動の拠点（災害拠点病院）として指定している（2014年時点）。
- 2) 本稿では、到達可能である災害拠点病院の割合が p 未満である道路リンクを、孤立リンクと呼ぶ。
- 3) 本稿では、交差点間を繋ぐ道路を1本の道路リンクと定義する。
- 4) 本稿では、東京都都市計画GISデータの一部である土地・建物利用現況調査（東京都区部：2011年、多摩・島しょ地域：2012年）に基づく建物データを使用している。
- 5) 地震力は、東京湾北部地震、並びに、都心南部直下地震の地震被害想定結果を参考に、計測震度6.2に設定する。童・山崎（1996）の手法を用いて地表面最大速度（PGV）を推定し、すべての地点において66cm/sの揺れを想定する。
- 6) 一般に、災害時における医療体制は、二次医療圏（病院等における入院に係る医療を提供可能な地域単位）単位で整備され、各災害拠点病院は、当該圏内において医療救護活動を行う。
- 7) 本稿では、二次医療圏内の全災害拠点病院（N箇所）に占める到達可能な災害拠点病院（n箇所）の割合 p （=n/N）の最小値（n=1）を、 p_{min} （=1/N）と定義する。

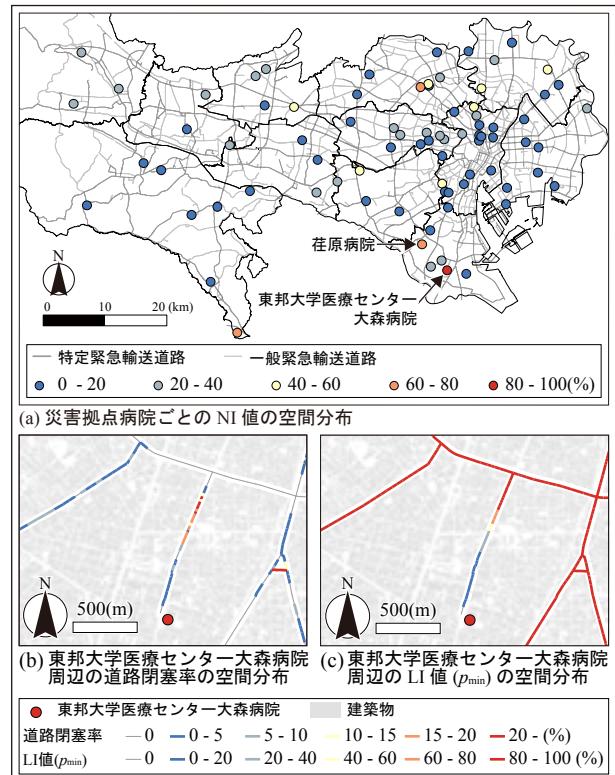


図-6 災害拠点病院ごとの NI 値

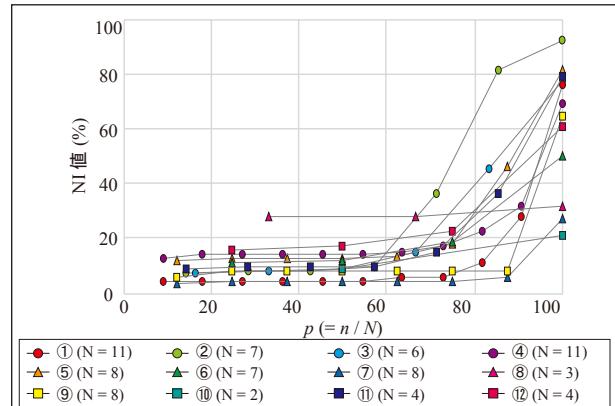


図-7 二次医療圏ごとの NI 値の推移

参考文献

- 大佛俊泰・岸本まさき（2019）：特定緊急輸送道路のアクセシビリティ評価と沿道建築物耐震化の効果、日本建築学会計画系論文集、84, 764, 2175-2182。
- 岸本まさき・大佛俊泰（2018）：一般緊急輸送道路の沿道建築物耐震化とアクセシビリティ評価、地理情報システム学会講演論文集（CD-ROM），B-2, 2.
- 東京都防災会議（2019）：東京都地域防災計画 震災編、https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_001/000/359/2019honnatsu_n.pdf (2019.8.26 参照)。
- 村尾修・山崎文雄（2000）：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数、日本建築学会構造系論文集、65, 527, 189-196。
- 国土交通省（2003）：国土交通省総合技術開発プロジェクト まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）報告書、<http://www.nilim.go.jp/lab/jdg/soupuro/0.pdf> (2019.8.26 参照)。
- 童華南・山崎文雄（1996）：地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係、生産研究、48, 11, 31-34。