

壁面からの落下物を考慮した震災時の避難のあり方に関する研究

Guideline for Manuscript and Japanese Paper Sample of the Proceedings of Social Safety Science

○清水 真幸¹, 高田 和幸², 荻野光司³, 山下倫央⁴, 大原美保⁵
Masayuki SHIMIZU¹, Kazuyuki TAKADA², Koji OGINO³, Tomohisa YAMASHITA⁴,
and Miho Ohara⁵

¹ 東京電機大学理工学研究科 建築・都市環境学専攻

Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University.

² 東京電機大学理工学部 建築・都市環境学系

School of Science and Engineering, Tokyo Denki University.

³ 東京工業大学大学院 環境・社会理工学院

School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology.

⁴ 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST).

⁵ 国立研究開発法人 土木研究所

The International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), Public Works Research Institute.

After the 2016 Kumamoto earthquake, several large aftershocks continuously occurred. Meanwhile, at the stricken area, a building collapses and a panel and a concrete piece fall down from the wall surface of the building. The falling objects from the wall suggests the need of the further examination about the method of the evacuation at high density district. Therefore, in this study the level of safety of evacuation considering the falling objects is examined. The study area of this research is Senju district in Adachi ward. There would be many people who evacuate on the road after Tokyo metropolitan earthquake. Index evaluating the level of safety of evacuation path was developed and this index is utilized to find out the safest evacuation path from origin to evacuation site.

Key words : *aftershocks, falling objects, evacuation*

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震以降、災害による被害を最小に抑える取り組みが今まで以上に求められ、想定外を無くすための検討・調査研究・対策が施されてきた。

一方、2016 年 4 月に発生した熊本地震では、前震、本震、余震が事後的に定義され、また規模の大きい余震が継続して起こるなど、これまでにない地震の発生形態が見られ、新たな対策の必要性を認識させられた。また熊本地震では、窓ガラスの飛散や、壁面からのパネル片・コンクリート片が落下するなど、地震発生時刻によっては、市民が大怪我をする事象も発生した状況であったと考えられる。

このような建物からの落下物は、将来発生すると想定される首都直下地震発生後の避難の安全性に、多大な影響を及ぼす要因と考えられる。

本研究では、東京都足立区千住地域を対象に選定した。千住地域には 5 路線が通行する北千住駅があり、また国道 4 号線も通っているため、首都直下地震発生時には、北千住駅や都心方面からの避難者がこの地域を通過して移動することが予想される。混雑した状況下での避難は、落下物の危険度をより一層高める要因である。

そこで本研究では、壁面からの落下物の危険性を表す指標を開発し、落下物を考慮した震災避難時の安全な避難のあり方について考察を加えることとした。



写真 熊本市内における壁面部材の落下の状況

2. 既往の研究と本研究の位置づけ

首都直下地震を想定した地域の危険度を示しているものとして、東京都都市整備局 (2013) , 地震に関する地域危険度測定調査 (第 7 回) がある。しかし、この指標は町丁目ごとに示されたもので、東京都全域の危険地域を可視化する上では役に立つが、ミクロ的な避難経路など歩道単位を評価するのには適さない。

一方で、避難経路などのミクロ視点での安全性評価については、これまでに多くの研究がなされている。市川ら¹⁾は、建物倒壊および道路閉塞のモデル化による避難経路の危険度を分析し、被災場所、一時集合場所、広域集合場所を結ぶ避難経路 (2 段階避難) の避難危険度を

出来るだけミクロな視点から計量している。その上で、避難地への到達可能性について考察している。また、馬淵ら²⁾は、道路閉塞および火災延焼の危険度を評価した上で、2段階避難モデルを構築し避難方法の提案を行っている。これらは本震による被害を想定したものであり、余震時のリスクは考慮されていない。しかし、避難中に余震の被害に襲われる可能性は十分に考えらるし、本震並みの強い揺れが起こるかもしれない。

そこで本研究では、歩道単位で屋外落下物に対する危険度を算出し、最も安全な避難が期待出来る経路を示し、シミュレーションを行うことでその経路の有効性を評価することを目的とする。

3. 研究方法

(1) 歩道単位での避難危険度指標

東日本大震災では、横浜市の大通りに面するビルの壁面が落下するなどの事例があった。また、避難時には混雑が発生することが十分に考えられ、国道など避難者が集中する道路では特に混雑が懸念される。このような状況下で、落下物が生じると回避することは困難に思われる。そこで、建物からの落下物が生じた際に、前面道路にどれだけ回避する余裕があるかという指標を提案した。

落下物が発生した際の水平飛散距離を、総合設計の公開空地の落下物曲線を参考に、

$$x = \sqrt{h}/2 \quad (1)$$

とし、前面道路（歩道）幅員に対する落下物の飛散影響率を落下物回避困難度とし式-(2)で定義した。

$$\text{影響範囲率} = 2x/y = 2\sqrt{h}/2y = \sqrt{h}/y \quad (2)$$

概略図を図-1に示す。なお、前面道路幅員(y)に関して、車道と歩道が分断されている場合は、歩道の幅員を(y)とした。

(2) 指標値算出過程

使用したデータについて、表-1に示す。また、歩道（リンク）単位の避難危険度の算出、および経路探索のフローを図-2に示す。建物利用現況データより、建物単位での落下物の飛散影響範囲率を式(2)より算出した。この際、建物利用現況データには階数データしかないため、1階分を3mとして計算した。次に、ネットワークデータから7mバッファデータを作成し、算出した沿道建物の飛散影響範囲率の平均値をリンクデータに付加させた。その値に、沿道建物の建築面積密度の補正値を掛けて、最終的にリンク単位での落下物に対する回避困難度を算出した（図-3）。

(3) 落下物回避経路の探索

千住宮本町の一時集合場所である千住神社から、荒川河川敷の広域避難場所への2段階避難を想定し、落下物に対して安全な避難が最も期待出来る経路（以下、落下物回避経路）を探索した。

まず、K番目経路探索により、目的地までの避難総距離が短い順に10000経路を抽出した。そしてこれら各経路の落下物回避困難度の期待値を求めた。期待値算出の例を図-4に示す。全経路の中で、落下物回避困難度の期待値が最も低い経路を落下物回避経路と定めた。

4. 分析結果

(1) 落下物回避経路

避難者が移動する出発地と目的地について2ケース設定した。ケース1は北千住駅を立ち、荒川にかかる千住

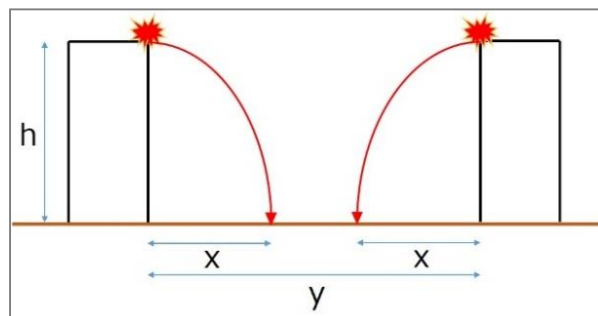


図-1 落下物の飛散影響率 概略図

表 1 使用データ

データ名	詳細
建物データ	東京都都市計画地理情報システムデータ 平成 18 年度建物利用現況
歩行者ネットワークデータ	昭文社 歩行者ネットワークデータ

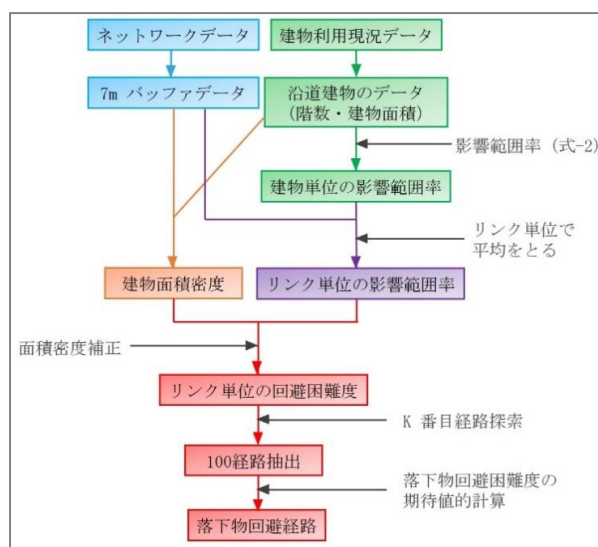


図-2 避難経路抽出のフロー

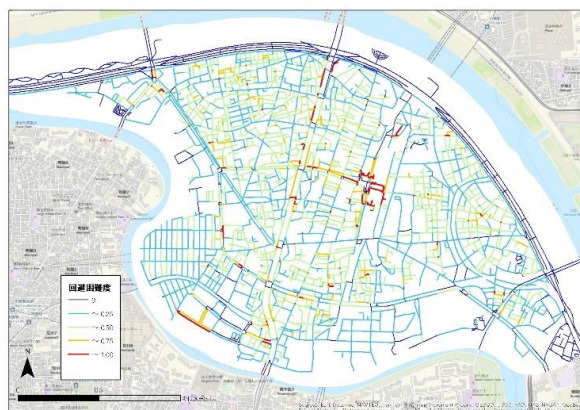


図-3 道路単位の落下物回避困難度

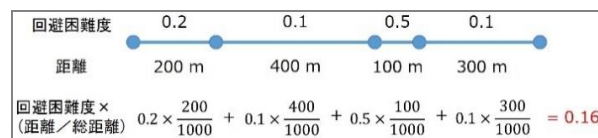


図-4 落下物による避難経路の危険度計算例

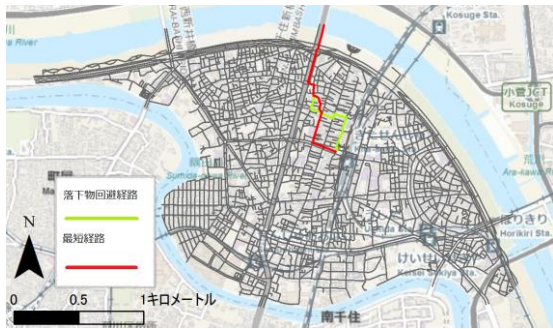


図-5 最短経路と落下物回避経路(ケース1:北千住駅)

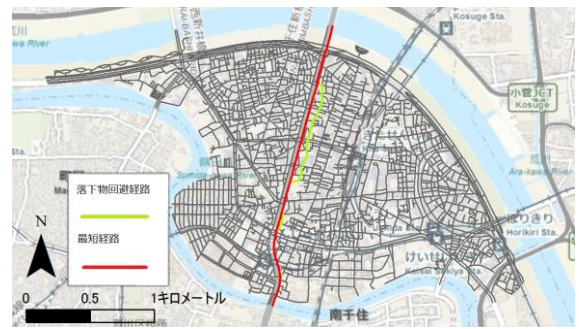


図-6 最短経路と落下物回避経路(ケース2:千住大橋)

表-2 最短経路と落下物回避経路の比較(ケース1:北千住駅)

	避難距離 最短経路	危険度 最小経路	比率
距離(m)	1429	1553	1.09
落下物危険度	0.201	0.104	0.52

表-3 最短経路と落下物回避経路の比較(ケース2:千住大橋)

	避難距離 最短経路	危険度 最小経路	比率
距離(m)	2540	2662	1.05
落下物危険度	0.236	0.176	0.75

新橋を目的地として移動する場合、ケース2は墨田川にかかる千住大橋を発ち、同じく千住新橋を目的地として移動するケースである。

それぞれのケースにおいて、最短経路と落下物回避経路を抽出した(図-5、-6)。そしてこれらの経路の避難距離と困難度が最小となる経路(避難距離最小経路、および危険度最小経路)の指標値を比較した(表-2、-3)。

ケース1(北千住駅)においては、危険度最小経路の移動距離は最短経路に比べて124m増加(約9%増)の違いであるが、落下物回避危険度は、およそ半減(48%減)している。

同様にケース2(千住大橋)においては、危険度最小経路の移動距離は最短経路に比べて122m増加(約5%増)の違いであるが、落下物回避危険度は、25%ほど減少している。

これらの結果は、本研究で提案した指標値である落下物回避困難度が、沿道建物高さ・前面道路(歩道)幅員・建物面積密度に依存するため、大通りなどの高い建物が建っていて車道と歩道が分断された道路(歩道のみ)の幅員で計算)に関しては危険であると判断されるからである。

5. まとめ・課題

平成28年熊本地震における余震の発生状況を踏まえると、首都直下地震時の帰宅者の安全確保には、余震による危険性にも十分配慮が必要と考えられる。

そこで本研究では、震災避難時の屋外落下物の危険性に着目し、「落下物回避困難度」という指標を作成した。実際の歩道のリンク単位で「落下物回避困難度」を評価し、避難者が多く発生すると想定される2地点からの避難経路について、最短経路と危険度最小経路を抽出し、これらの比較を行った。

落下物の回避困難性については、本研究で考慮した変数の他、通行者の密度も大きな要因であると考えられる。今後は、混雑度の影響を反映した指標の作成を図るとともに、その他の危険度とあわせた総合的な評価指標の開発を進める。また避難経路抽出の際の抽出数を増やし、より安全な経路があるかどうかを検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 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化による避難経路の危険度を考慮した避難地への到達可能性に関する研究，GIS-理論と応用，2004-07，Vol.12，No.1，pp.47-56.
- 2) 馬淵ゆみ・瀬尾和太・元木健太郎・上田遼：木造密集地域における地震時の広域火災に対する避難計画に関する研究，2008-11，地域安全学会論文集(10)，pp.409-415.