

3) 防火研究グループ

3) - 3 地震火災性状の不確実性が住民避難誘導に及ぼす影響に関する研究【安全・安心】

Study on Impact of Post-Earthquake Fire Uncertainty on Resident Evacuation Safety

(研究開発期間 令和4～6年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

成瀬 友宏
NARUSE Tomohiro

鈴木雄太*1
SUZUKI Yuta

*1 現国土技術政策総合研究所

In large Japanese cities, post-earthquake urban fires are expected to cause serious human casualties. Although initial firefighting and evacuation assistance by community organizations are critical for mitigating losses, remaining in the area too long may delay evacuation and put the responders themselves at risk. This study aims to establish a method for determining the "safe limit time"—the maximum allowable duration for safe evacuation during such fires—to help prevent delayed evacuation among community members.

【研究開発の目的及び経過】

首都直下地震等の大地震後には、火災に脆弱な密集市街地を中心とし、消防力を超える同時多発火災（以下「地震火災」という。）によって、甚大な人的・物的被害が生じることが懸念されている。地震火災の被害を軽減するためには、自主防災組織や消防団（以下「住民組織」）による初期消火活動や避難行動要支援者の避難支援等の実施が重要となる。

一方で、こうした対応のため、地域に留まって活動することで、住民組織の避難が遅れ、周囲の拡大した火災によって自らが被災してしまうことを防ぐことも同様に重要である。火災の延焼速度は人間の歩行速度と比較して非常に遅いものの、複数の火災が同時に発生し、時間経過に伴って広範囲に道路閉塞が生じることで、火災が接近する前に避難場所までの経路が途絶え、避難困難に

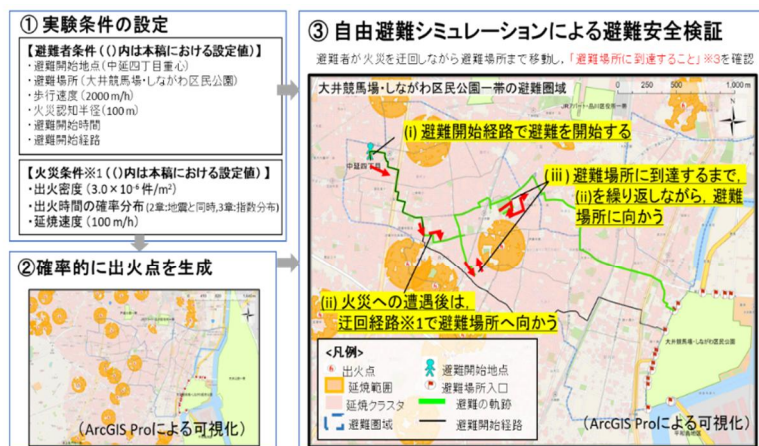
陥る危険性がある。そのため、住民組織の安全を確保しつつ、活動効果を最大化するためには、なるべく地域に留まりつつ安全上の限界時間に活動に見切りをつける体制を構築する必要がある。

そこで本研究では、地震火災において安全に避難が可能な限界時間（以下「安全限界時間」という。）の導出手法の確立を目的とし、基礎的な検討として、等速・同心円状に延焼する単純な火災モデルを想定し、避難シミュレーションに基づく安全限界時間の評価の試算を行った。

【研究開発の内容】

地震火災時の避難が困難となる時間を導出する重要な理論として、最遅避難理論¹⁾が挙げられる。最遅避難理論とは、各道路の閉塞時間（＝通行可能時間）を所与として、市街地上の各地域から避難場所まで到達可能となる最も遅い避難開始時間（以下「最遅避難時間」という。）及び避難経路を導出する理論である。ただし、最遅避難時間はある地点からの避難経路が全て途絶する理論上の限界であり、経路選択の誤り等により少しでも避難が遅れた場合、直ちに避難不能となるため、最遅避難時間に避難を開始しても避難者の安全は保障されない。そこで、最遅避難時間を基準に余裕時間を考慮することで、安全限界時間が設定できると考えた。

本研究では、建物及び道路等の市街地データで構築した仮想市街地上で、

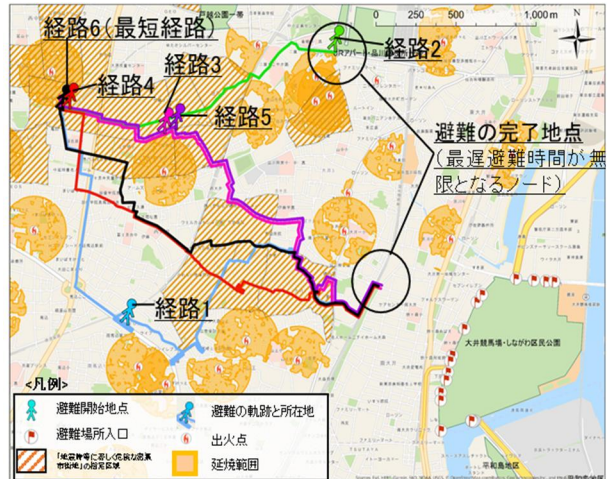


※1 市街地の建物データ及び延焼限界距離に基づいて作成した延焼クラスタ上等速・同心円状に延焼するモデルを採用
※2 迂回経路は、避難者からの道路距離が火災認知半径以下の閉塞リンク及び過去に認知した閉塞リンクを迂回する最短経路
※3 避難場所入口のノード又は最遅避難時間が無限となるノードに到達すること

図1 広域避難シミュレーションの概要



(a) ケーススタディにおける避難開始経路



(b) 安全限界時間に避難開始した場合の避難軌跡及び最遅避難時間における火災状況・避難者の所在地

図2 広域避難シミュレーションによる安全限界時間の評価(ArcGIS Proによる可視化)

等速・同心円状で延焼拡大する火災モデルを想定し、ランダムに与えた出火点を所与とし、避難開始時間に対して避難場所に到達可能か検証を行う広域避難シミュレーション(図1)を構築し、安全限界時間をシミュレーション実験によって算出する方法を検討し、大井競馬場・しながわ区民公園一帯の避難圏域を対象にケーススタディを行った。

本研究における安全限界時間は、火災による道路閉塞に対して”初めて避難が不能になる直前の時間”を定義とし、以下の手順で安全限界時間を試算した。避難開始地点の最遅避難時間を算出し、最遅避難時間に対する比(避難開始時間/最遅避難時間)が0.1間隔で0.0から1.0になるように順々に避難開始時間を設定し、図2(a)の各避難開始経路に沿って順次避難を開始させ、火災への遭遇後は火災を迂回しながら避難場所まで移動する避難シミュレーションを実施する。この時、”初めて”避難が失敗した避難開始時間の直前の避難開始時間が各避難開始経路の安全限界時間となる。さらに、避難者が無作為に経路を選択することを仮定し、各経路の安全限界時間の平均を避難開始地点(中延四丁目)の安全限界時間とする。

【研究開発の結果】

図2(b)に安全限界時間に避難開始した場合の避難軌跡及び最遅避難時間における火災状況・避難者の所在地を、表1に安全限界時間の評価結果を示す。本ケースでは、

表1 広域避難シミュレーションによる安全限界時間の評価(結果)

○:避難成功, ×:避難失敗

経路 番号	避難開始時間 [分] (最遅避難時間＝120 分)											安全限界時間 [分]
	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	
経路 1	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×	60
経路 2	○	○	○	×	×	×	○	○	○	×	×	24
経路 3	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	×	36
経路 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	120
経路 5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	96
経路 6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	120

避難開始地点の安全限界時間＝76 分 (最遅避難時間に対する比＝0.63)

避難開始地点の安全限界時間=76分(最遅避難時間に対する比=0.63)

最遅避難時間(120分)に対して安全限界時間は76分となった。ただし、最小で24分(経路2)、最大で最遅避難時間120分(経路4、経路6)であり、避難開始経路の選択に応じて安全限界時間のばらつきが大きく、こうした経路間のばらつきも考慮しつつ、なるべく安全側に安全限界時間を設定する必要があることが示唆された。

今後、基礎的な課題として本手法の妥当性の検証を、社会実装の課題として、地震発生時に覚知した火災情報に対して、リアルタイムに安全限界時間を算出する手法の開発等を実施する必要がある。

【参考文献】

- 1) 増山格, 梶秀樹: 大地震時広域避難計画検討のための最遅避難モデルの開発, 日本都市計画学会, 昭和59年度日本都市計画学会学術研究論文集, pp. 379-384, 1984.