

1) - 5 同時多発火災時のリアルタイム避難誘導に関する研究:出火点に応じた見切り時刻の評価【安全・安心】

Study on Real-Time Evacuation in Simultaneous Multiple Fires

研究開発期間（令和3～4年度）

防火研究グループ
Dept. of fire engineering

鈴木 雄太
SUZUKI Yuta

In order to prevent human damage by simultaneous multiple fires after large earthquake occur, it is important to guide residents to evacuation sites effectively and safely based on fire information under the initiative of the government. In this report, focusing on the difficulty of evacuation, evaluation model about deadline of starting evacuation for residents to evacuate without failing to escape is constructed.

【研究開発の目的及び経過】

わが国では、首都直下地震等の大地震発生が危惧されており、木造密集住宅地域を中心とした地震後の同時多発火災（地震火災）による甚大な人的・物的被害が想定されている。このうち人的被害の主要因と考えられているものが、住民の火災からの逃げ惑いであり、時間とともに拡大する火災延焼によって避難途上の住民が火災の被害に遭うことが予想される。そのため、住民を安全に避難場所に誘導する行政主導の避難誘導策が喫緊の課題である。地震火災には、消防機関等で収集された火災情報より、効果的な避難誘導や初期消火活動に活用することで住民の避難安全を向上させ前述の人的被害軽減策につながると考えられる。以上の避難誘導体制をリアルタイム避難誘導(図1)と呼んでおり、著者が目指している地震火災時の安全体制である。

リアルタイム避難誘導において、住民が十分に安全可能な避難開始時間の設定は非常に重要である。突発的に発生する地震火災時には、避難行動要支援者の避難支援等の自助共助活動や個人の財産保全等のために直ちに避難を開始できない住民の存在が想定でき、避難を開始するまでに十分な猶予時間が必要である。そのため、地震火災時には、なるべく地域に留まることを前提として、避難安全上の限界となる時間に見切りをつけ、避難を開始する避難の考え方が重要である。

避難限界の重要な理論として、火災の延焼拡大に対して避難可能となる最も遅い避難開始時間（以下「最遅避難時間」）を導出する最遅避難理論¹⁾がある。一方、最遅避難時間を避難限界に設定するには避難安全上の問題が考えられる。発災後、複数ある避難経路は火災の延焼拡大によって次第に途絶していく。最遅避難時間に残存する避難経路は限られており、避難の遅れや経路選択の誤りによって直ちに避難不能となる可能性がある。全て

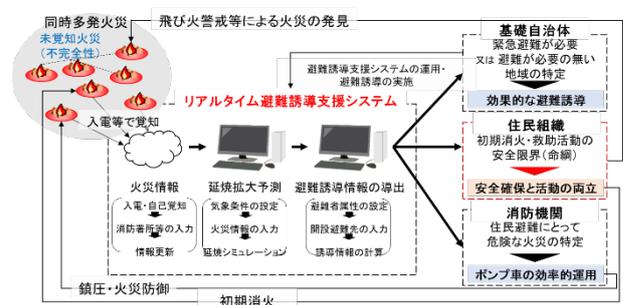


図1 リアルタイム避難誘導のイメージ

の住民が適切な時間・経路で避難できることは保証されないため、最遅避難時間に対して十分な安全マージンを考慮した時間（安全限界時間）の導出が必要である。

本研究では、出火分布に応じた安全限界時間の導出方法を明らかにするために、地震火災時における広域避難検証を行うためのシミュレーションモデルを開発し、本シミュレーションに基づいて出火点分布に応じた安全限界時間の算出方法の検討・評価を行った。

【研究開発の内容】

本研究では、出火点が無作為に分布し、等速かつ同心円状に延焼する地震火災の仮定の下、特定の出火分布かつ任意の避難開始時間について避難シミュレーションを実施し住民の避難が可能か検証し、その検証結果に基づいて安全限界時間の試算を行った。

(1) 広域避難シミュレーションモデルの開発

広域避難シミュレーションによる避難検証の流れ及び実験条件を図2に示す。本シミュレーションでは、東京都23区の市街地及び避難圏域のGISデータで作成した仮想市街地上に確率的に出火点を生成・延焼状況を再現し、設定した避難開始時間及び経路に沿って目の火災

を迂回しつつ避難場所へ移動する避難行動（自由避難）によって避難場所へ到達できることを確認している。

(2) 安全限界時間の算出方法

初めて避難が不能になる直前の時間を安全限界時間と定義し算出を試みた。ある特定の出火分布に対して、最遅避難時間に対する比（避難開始時間/最遅避難時間）が0.0から1.0になるように、一定間隔（0.05）で順々に避難開始時間を設定し、図3(a)の各避難開始経路について避難検証を実施する。この時、“初めて”避難が失敗した避難開始時間（Tf）と直前の避難開始時間（Ts）の平均 $(Tf+Ts)/2$ を各避難開始経路の安全限界時間とした。その後、避難者が無作為に経路を選択することを仮定し、全経路の安全限界時間の平均を避難開始地点（中延四丁目）の安全限界時間とした。

(3) ケーススタディ

図2に示す条件の下、ケーススタディによる安全限界時間の試算を行った。図3(a)の避難開始経路について安全限界時間を算出した。図3(b)、図3(c)に安全限界時間の直前に避難した場合の避難軌跡及び最遅避難経路をGIS上に可視化した地図を、表1にケーススタディにおける安全限界時間の試算結果を示す。避難開始地点の安全限界時間は67分であり、最遅避難時間（117分）に対して50分の安全マージンを有している。

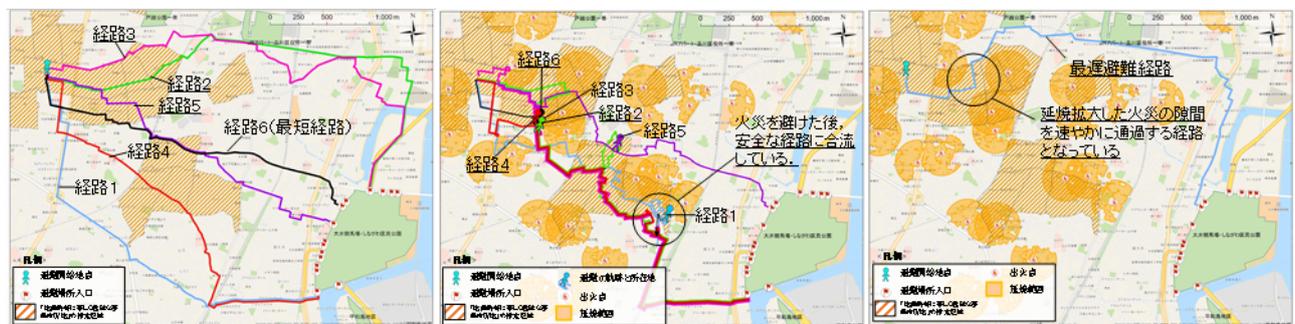
【研究開発の結果】

本研究では、最遅避難時間に対して適切な安全マージンを考慮した安全限界時間の算出方法を明らかにし、逃げ惑いによる被害が生じないための避難開始時間の設定

表1 安全限界時間の試算結果

	経路1	経路2	経路3	経路4	経路5	経路6	平均
経路長 [km]	4.1	4.8	5.0	4.0	3.4	3.3	4.0
火災遭遇確率※	0.60	0.62	0.72	0.74	0.77	0.81	0.75
安全限界時間 [分]	15	73	80	85	62	85	67
最遅避難時間 [分]	117分						

※震直後に避難を開始した場合に経路上で火災に遭遇する確率²⁾



(a) 避難開始経路 (b) 安全限界時間の直前に避難した場合の避難軌跡 (c) 最遅避難経路

(b) (c)における火災の延焼範囲は、最遅避難時間（地震後117分）の状況を可視化

図3 避難開始経路・安全限界時間の直前に避難した場合の避難軌跡・最遅避難経路

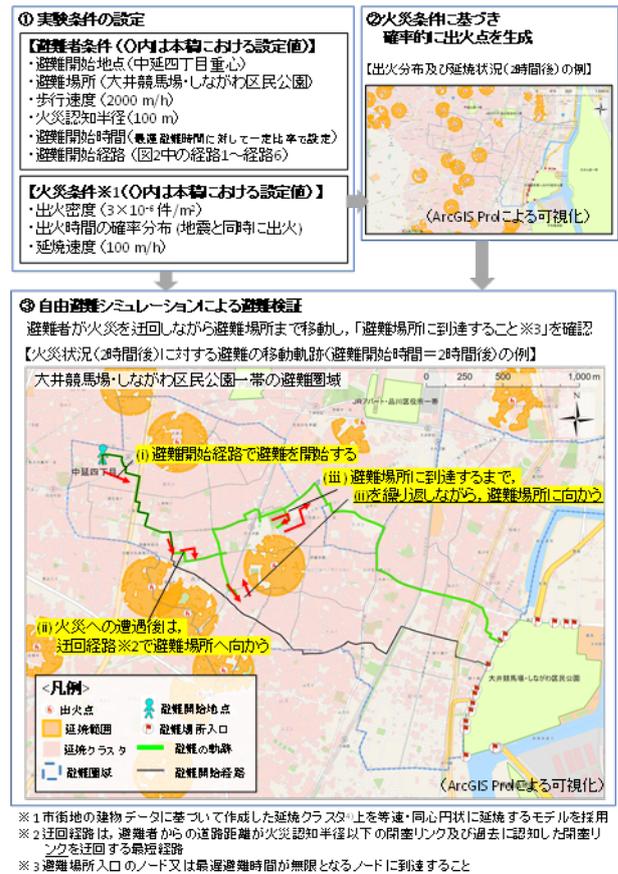


図2 避難検証の流れ及び実験条件

に関する知見を得た。今後は、本算出手法の妥当性について検証を行っていく。また、本研究では単純な火災モデルを想定しており、現実の市街地及び火災性状を反映し、社会実装に向けたモデルの改良が課題である。

【参考文献】

1) 増山 格, 梶野 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.
2) 鈴木 雄太, 糸井川 栄一: 地震火災時のリアルタイム避難誘導における未覚知火災の不確実性を考慮した避難経路の最適化, 地域安全学会論文集, No.35, pp.153-162, 2019.