

3) - 6 地震火災時のリアルタイム避難誘導に関する研究：出火点分布と「避難のしやすさ」の関係【安全・安心】

Study on Real-Time Evacuation on Post-Earthquake Fire

(研究開発期間 令和3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(以下、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、こうした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。近年、内閣府を主導とする「戦略的イノベーション創造プログラム」(通称 SIP)の一環として、SIP4D(Shared Information Platform for Disaster Management)と呼ばれる災害対応のための情報共有を行う害状況を有効活用するネットワークシステムの研究開発が進んでいる。地震火災においては、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。以上の避難誘導體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。

一方で、地震火災時に住民の避難安全を適切に把握するためには、火災によって途絶する道路ネットワークの状況に応じて、住民の避難可能性を評価する必要がある。その一つの着眼点として、避難者と避難場所の間の空間の連結性とそれに伴う避難場所への到達しやすさ(以下、「避難のしやすさ」)の評価が重要であると考えられる(図2に例を示す)。

本研究では、出火点の空間分布より「避難のしやすさ」を評価する理論モデルを構築し、地震火災時のリアルタイム避難誘導體制の具体化に向けた一助とすることを目的とする。

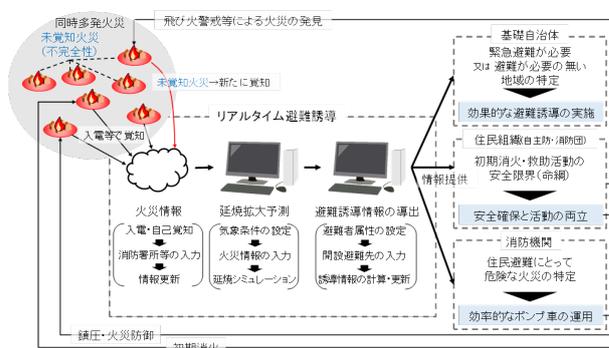


図1 リアルタイム避難誘導の構想

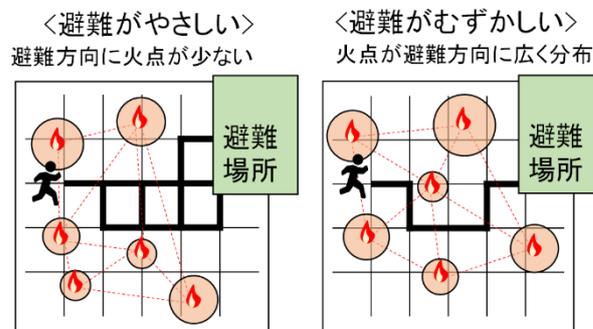


図2 出火点分布による「避難のしやすさ」の違いの例

【研究開発の内容】

「避難のしやすさ」を避難誘導に頼らずに、住民の自由意思による避難経路選択(自由避難)を行っても、最終的に避難場所に到達できる可能性」と定義し、ランダムな出火点分布に対して「避難のしやすさ」を評価する方法を検討した。自由避難で避難場所に到達できる状況とは、自由に経路選択・経路変更を行っても、最終的に火災によって閉塞しない経路が選択されることであり、この選択肢となる経路が十分に存在していることを評価すればよい。以上の方針に基づき、「避難のしやすさ」が担保される限界期を求めるが2つのモデルを構築した。

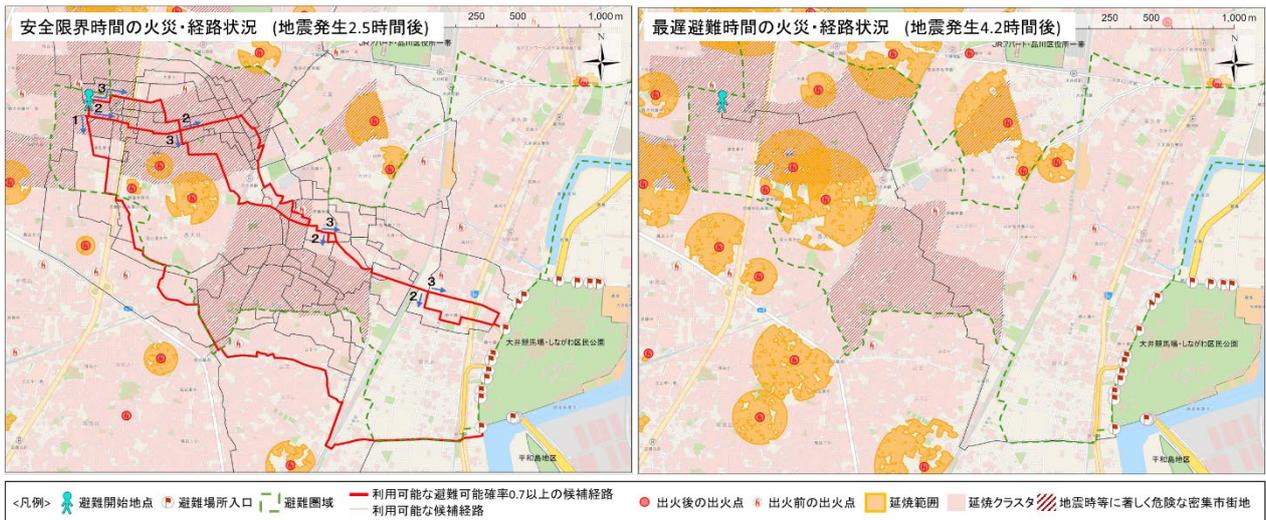


図3 安全限界時間及び最遅避難時間に残存する避難経路を可視化した例

(1) 連結信頼性に基づく最遅避難確率モデル

地震火災時の避難安全上の重要な指標として、最遅避難時間が挙げられる。最遅避難時間は、就避難を開始しなければ住民が自宅や就業地に留まれる最も遅い時間である。換言するなら、最後のひとつの経路が途絶する直前の時間である。本研究では、連結信頼性評価手法を応用し、地震後の経過時間に対する道路の閉鎖確率より、最遅避難時間を確率的に評価するモデルを構築した。

(2) 候補避難経路セットに基づく安全限界時間の評価

最遅避難時間に残存する経路の候補となる複数の経路(候補避難経路セット)をシミュレーションにより抽出し、その閉塞時間を直接的に評価するモデルを構築した。このとき、候補避難経路セットの中で、最も遅い閉塞時間が最遅避難時間となる。本研究では、最遅避難時間に対して安全上のマージンを設けるために、候補避難経路セットのうち信頼度の高い経路(閉塞確率が低い経路)が2本以上残存する時間(=3本目が途絶する時間)を安全限界時間として評価した。

本モデルの検証として、大井競馬場・品川区公園一帯の避難圏域を対象とした市ケーススタディ実験を行った。実験データ及び避難シミュレーションプログラムは既報のものを用いた。図3は、ある出火パターンにおける安全限界時間及び最遅避難時間に残存する経路を可視化したものである。安全限界時間(2時間半後)には、ある程度経路が残っており、避難安全上、避難開始の重要な目安であることが示唆された。また、図4に安全限界時間及び最遅避難時間の累積分布をモンテカルロ法で評価した結果を示す。安全限界時間は最遅避難時間に対して、1時間以上早期に迎えており、最遅避難時間に対してマージンを設ける必要性が示唆された。

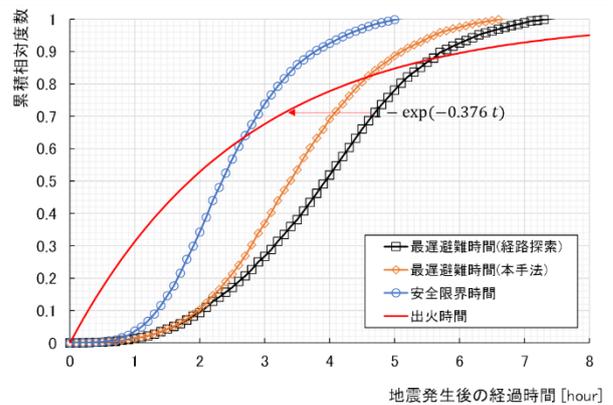


図4 安全限界時間及び最遅避難時間の累積分布

【研究開発の結果】

本研究では、確率論的な評価(最遅避難確率モデル)及び時間的な評価(安全限界時間の評価)の2つのモデルによって、地震火災時における「避難のしやすさ」について評価するモデルを構築した。最遅避難確率モデルによって、全ての出火点を把握していなくても、「避難のしやすさ」の観点から地域別に避難の切迫性を評価することが可能となった。一方で、安全限界時間の評価を応用することで、出火点に分布に応じた安全上のマージンを考慮した最遅避難時間に代わる地震火災時の避難安全の指標を得ることができ、今後の安全上の目標を定める上での指針が得られた。

本研究のモデルは、単純な火災状況を想定した基礎的なモデルであるため、社会実装に向けたモデルの改良が今後の課題である。

【参考文献】

1) 鈴木 雄太, 糸井川栄一: 地震火災時の不完全情報下における最遅避難時刻の不確実性を考慮した避難安全限界時期のリアルタイム判定に関する基礎的検討, 地域安全学会論文集, No.39, pp.279-189, 2021.