

(I - 17) 『災害時における避難経路選択モデルに関する予備的検討』

山梨大学 大学院 学生員
韓国交通開発研究院

浅田 賢一
李 載吉

山梨大学 工学部 正会員 片谷 教孝
国際連合地域開発センター 梶 秀樹

1 はじめに

わが国は、関東大震災をはじめ多くの地震による被害を経験してきた世界でも有数の地震国である。このような国では過去にも見られるように、大地震時において、同時多発火災とその延焼拡大により、広大な領域が延焼し、人的、物的に大規模な被害を被る危険性がある。このような状況に陥った場合、行政体は広域避難計画に基づき住民に対し集団で安全に避難できるように避難勧告、避難指示を実行することとしている。また、避難の勧告、避難指示等において伝えるべき情報は、正確性、迅速性が要求される。

これらのことから、多様な災害の状況に対応できるような避難計画の立案にかかわる技術的な研究が必要とされ、これまで数多くの研究がされてきた。増山、梶^[1]は、出火状況から安全限界としての避難開始時刻を求める最遅避難モデルを開発し、このモデルにより出火点の位置・数によっては避難不能地域がでることが示された。さらに李、梶^[2]によりこの最遅避難モデルに基づいて避難不能地域を減らす手段として迂回路検索、境界線変更についての検討も行われた。

しかし、これまでの研究のほとんどは火災の延焼シミュレーション等と組み合わせることにより外生的に与えて状況の変化を表現しているが、実際の時々刻々と変化する状況に対応していない。

以上から本研究は、避難対象地域の住民が避難行動を行なう際に影響する火災などの情報をリアルタイムで考慮する避難経路選択モデルの構築を研究の目的とすることにした。

2 最遅避難モデルの概要

同時多発火災の延焼拡大により避難路が逐次遮断されていくという状況で、全員を安全に避難場所に到達させるためには、それ以上遅れてはならないという安全限界つまり最遅の避難開始時刻を解くモデルが最遅避難モデルである。図1のような一線路の避難路を考える場合、出発点 ($X1$) における最遅避難開始時刻 T は火災による遮断地点を T_c ($0 \leq T_c \leq X1$)、遮断時刻を

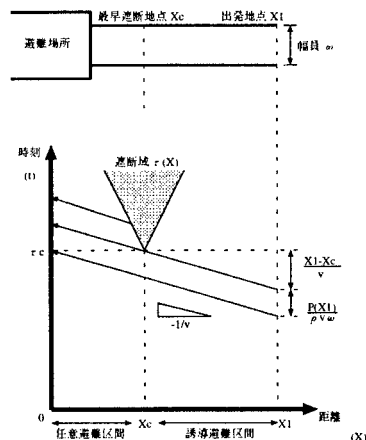


図1 一線路モデルの避難開始時刻

τ_c 、避難歩行速度を v 、避難者数を $P(X1)$ 、避難群衆の密度を ρ 、避難路の幅を ω とすると (1) 式で与えられる。

$$T = \tau_c - \frac{X1 - Xc}{v} - \frac{P(X1)}{\rho v \omega} \quad (1)$$

2.1 迂回路検索

従来の研究で一般的に使用されている避難経路の探索方法は、避難経路の距離、または所要時間などを指標として最適経路を探索する方法であるが、迂回路検索をおこなう際には (2) 式に基づく安全指標を設定する。

ノード i と j の間の最早遮断時刻を τC_{ij} 、避難距離を D_{ij} 、 i から j に向かって避難する避難者数を P_i 、避難速度を v 、避難群衆の密度を ρ 、避難路の幅を ω とすると安全指標 I_{ij} は、

$$I_{ij} = \tau C_{ij} - \frac{D_{ij}}{v} - \frac{P_i}{\rho v \omega} \quad (2)$$

となり、出発地 i から避難場所 k までの最適経路 R_{ik} は (3) 式で求められる。

$$R_{ik} = \max \left(\sum_{j=1}^n \max I_{ij} \right) \quad (3)$$

3 動的な避難経路選択モデルの構築

避難経路選択に影響を与えると思われる要因、つまり火災による道路の遮断、避難者集団の混雑などは、これまでの研究では初期に予測された値を静的に与えることによって考慮されてきたが、実際の災害時にはそれらの状況は時間とともに変化する。そこで、時々刻々と変化する状況に対応できる動的な避難経路選択モデルを構築することを検討する。さらに、災害時に通信が確保されていると仮定すれば、それらの状況の変化の予測値は実況データに基づいて更新が可能であるため、その点も考慮したモデルとする。

3.1 経路選択に影響を与える要因の考慮

時々刻々と変化する状況によって避難路の通行が困難になることを、ここではリンク長にウェイトをかけることにより表現する。図2の例では、時間の経過とともにウェイトが増大し、t2において全く通行不可能となることを示している。また、t1において実況データが得られた時、破線のように変化しているならウェイトの更新をおこなう。

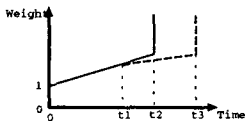


図2 ウェイトの変化のようす

3.2 避難経路選択モデルの構造

モデル構造を図2のフローチャートに示す。

3.3 試算

図3に示すサンプルネットワークに対し、避難者出発点ノード{1,4,13}、避難場所ノード{11}、避難者集団の人数を各100人、平均密度1人/ m²として火災をブロック{6,7,10,11}に発生させたとき、あらかじめ火災情報を与えた場合とノードについた時に情報を与える場合について試みた。

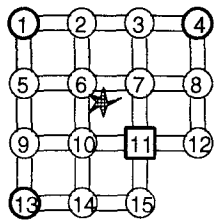


図4 サンプルネットワーク

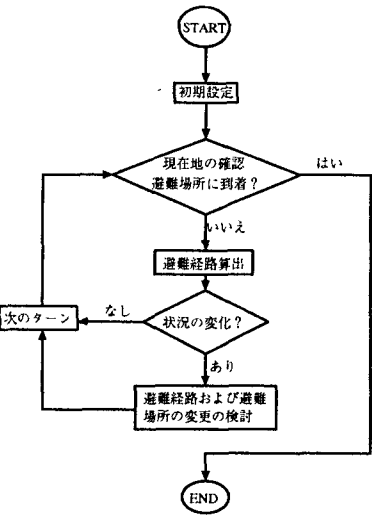


図3 フローチャート

3.4 結果と考察

表1 試算結果(集団1の場合)

風向き一定(南西)		備考
静的	1 → 5 → 9 → 10 → 11	避難路一定
動的	1 → 2 → 3 → 7 → 11	情報なしでの最短路
	2 → 6 → 10 → 11	ノード2で経路変更
風向き急変(南西→北東)		
静的	1 → 5 → 9 → 10 → 11	避難路一定
動的	1 → 2 → 3 → 7 → 11	情報なしでの最短路
	2 → 6 → 10 → 11	ノード2で経路変更
	6 → 7 → 11	ノード6で経路変更

ここに示すように、避難途上において最新の情報に基づく経路の見直しを行うことにより、最適な避難路が変わってくる場合があることがわかる。

4 まとめ

本研究では、どのような災害の状況に対してもリアルタイムに対応できるような避難経路選択モデルの構築について検討している。その予備的検討として今回は、避難開始後に状況の変化に対応して避難路を見直すモデルについて検討した。今後は、モデルの検証方法や実況データの入手方法についても検討する必要がある。

参考文献

[1] 増山格、梶秀樹:「大震災時広域避難計画検討のための最遅避難モデルの開発」、都市計画、第19号、pp379-384、1984。
[2] 李載吉、梶秀樹:「近頃最遅避難モデルに基づく避難誘導からみた避難計画の評価」、都市計画、第177号、pp72-77、1992。
[3] 建設省:都市防火対策手法の開発報告書、pp171-191、1982。