

〔I-47〕『災害時における動的避難経路選択モデル』

山梨大学大学院 学生員 ○ 浅田 賢一
山梨大学大学院 床井 則友
山梨大学工学部 正員 片谷 教孝

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、避難指示等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している。

2 今回の目的

前回^[3]では、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の検討を行い、その有効性についての検討を行った。今回は、周辺状況の時間的な変化に対応するような動的ネットワークモデルを構築するにあたり、避難経路選択に影響を与える要因の考慮の仕方についての検討と避難者集団の競合における検討を行った。

3 動的な避難経路選択モデル

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。

4 避難経路選択に影響を与えると思われる要因

4.1 要因の分類

避難経路選択に影響を与える要因としては様々な要因が挙げられるがそれらを分類すると、時間的な変化を伴うもの（動的な要因）とそうでないもの（静的な要因）との2つに分けることができる。

〔動的な要因〕

- ・他の避難者集団との道路上における競合
- ・火災による避難路への影響
- ・静的な要因の情報入手が遅れる場合

〔静的な要因〕

- ・橋、高架橋の落下等による避難路の遮断
- ・建物の崩壊等による避難路の遮断

本研究においては、動的な避難経路選択モデルを構築するにあたって、これらの要因というものは、静的な要因は初期値として与えるが、動的な要因はリンクに時間変化に伴って与えることによって取り入れることとする。このようにして得られたリンクウェイトのかかったネットワークを用いて最短経路選択問題として最適な避難路を導くのが本研究の狙いである。

4.2 動的モデルへの適用

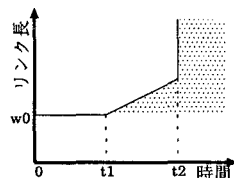


図1 リンク長にウェイトをかけた例

動的な避難経路選択モデルを検討するにあたり避難経路選択に影響を与える要因をどのようにネットワークに取り入れるかがカギとなる。そこで、本研究では、

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ネットワークのリンクにウェイトをかけることにより表現する。図1の例では、時刻 t_1 を過ぎたあたりから時間の経過とともにリンク長にかかるウェイトが増大し、時刻 t_2 においてリンク長はウェイトがかかることによって無限大となっている。これは、時刻 t_1 において火災が発生し時間が経つにつれて道路の通行が困難になっていき時刻 t_2 において全く通行不可能となることを表現した一例である。

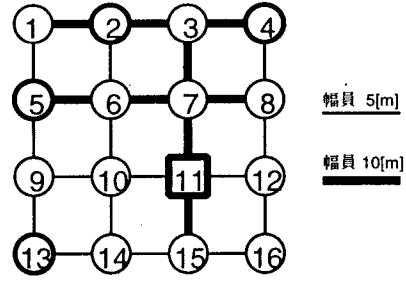


図2 サンプルネットワーク

4.3 競合における考察

避難者集団が複数ある場合には道路上における競合について考察する必要がある。ある避難者集団AとBが交差点Xにおいて競合が発生すると仮定する。その場合、

- 先方優先
→競合する道路に対し、先につく集団を優先して通過させ、後からつく集団は迂回路を探す。
- 先方迂回
→競合する道路に対し、先につく集団の迂回路を探し、後からつく集団を競合する道路を通過させる。
- 幅員割当
→競合する道路に対し、先につく集団の通過を待つのではなくそれぞれの避難者集団に対して道路の幅員を割り当てて通過させるようにする。
- 通過待ち
→競合する道路に対し、先につく集団の通過を待ち通行可能になってから後からつく集団を通過させる。しかし、避難時において“待つ”ということは心理的に混乱を招く恐れがあるので同評価なら上記の方を優先させることにする。

以上の考察が必要となり、これらに対する評価は、各場合についての避難者集団の避難にかかった時間の総和の最小なものを最適避難経路とすることにする。

5 ケーススタディ

図2のサンプルネットワークに対し、避難者集団A、B、C、Dをそれぞれ出発点[2]、[4]、[5]、[13]から避難場所[16]に向かって同時に避難行動をさせるとする。ただし、避難者集団Aの人数を1500人、その他の避難者集団の人数をそれぞれ250人、各ノード間距離を100[m]、幅員を5or10[m]、各避難者集団の歩行速度を50[m/min](一定)、避難者集団人口密度を1[人/m²]と仮定した。

表1 計算結果

条件	集団	最適避難経路	備考
無	A	2 → 3 → 7 → 11	
	B	4 → 3 → 7 → 11	
	C	5 → 6 → 7 → 11	
	D	13 → 9 → 10 → 11	
競合考慮	A	2 → 3 → 7 → 11	優先
	B	4 → 8 → 12 → 11	迂回(3)
	C	5 → 9 → 10 → 11	迂回(7)
	D	13 → 14 → 15 → 11	迂回(9)
災害発生	A	2 → 6 → 10 → 11	優先
	B	4 → 8 → 12 → 11	
	C	5 → 9 → 13 → 14 → 15 → 16 → 12 → 11	迂回(10)
	D	13 → 14 → 15 → 16 → 12 → 11	迂回(10)

ここで、災害条件として道路[11-15]にある橋が落下し通行不可能となり、交差点[7]付近において火災が発生し周辺道路の通行が困難になると仮定した場合、各避難者集団の避難経路は表1のようになる。

最短路のみでの避難経路では交差点[3]、[7]で競合が発生するため、避難者集団Aを優先させ他の避難者集団を迂回させることにより競合の発生を回避している。さらに仮定のような災害発生した場合、避難者集団Aは避難経路が火災の影響を受けるために迂回する経路変更をしたが、そのために交差点[10]における競合が発生させ、避難者集団Cは交差点[10]における競合を避け迂回路を最適避難経路として算出している。

6 まとめと今後の課題

本研究の最終目的は、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である。そこで今回は、周辺状況の時間的変化に対応するような動的ネットワークモデルを構築するにあたり、避難経路選択に影響を与える要因の考慮の仕方についての検討と避難者集団の競合における検討を行った。今後の課題としては、避難経路ネットワークの評価法や個々の要因の換算法についての検討を行っていく予定である。

【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速避難モデルの開発」, 都市計画, 第19号, pp379-384, 1984.
- [2] 李載吉, 梶秀樹; 「拡張最速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] 浅田賢一, 片谷孝孝; 「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」, 第22回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp28-29, 1995.