

## 『災害時における動的避難経路選択モデル』

02302110 山梨大学  
(株)千代田コンサルタント  
01108400 山梨大学

\* 床井則友 TOKOI NORITOMO  
浅田賢一 ASADA KENICHI  
片谷教孝 KATATANI NORITAKA

## 1 はじめに

わが国は、世界でも有数の地震国である。このような国では大地震時において、同時多発火災とその延焼拡大により、人的、物的に大規模な被害を被る危険性がある。このような状況において、行政体は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が望ましい。

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研究が、これまで数多くなされてきた。増山、梶<sup>[1]</sup>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<sup>[2]</sup>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状況の変化を外生的に与えて表現しており、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最終的な目的としている。

## 2 本研究の経過

現段階までに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。

また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も行った。

## 3 避難経路選択に影響を与える要因

## 3.1 要因の分類

避難経路選択に影響を与える要因を分類すると、時間的変化を伴うもの（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

本研究においては、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。

## 3.2 動的モデルへの適用

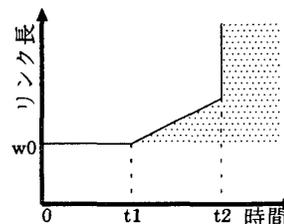


図1 リンク長にウェイトをかけた例

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、これは、時刻t1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t2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。

## 3.3 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。競合とはある交差点や道路に避難集団が密集してしまい、パニックを引き起す可能性のあるものである。

本研究ではそのような競合を回避するための方法として、先方優先、先方迂回、幅員割当、通過待ちなどを取り入れた。

## 4 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/m<sup>2</sup>]と仮定した。

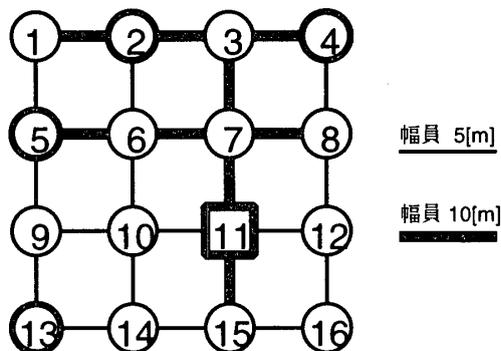


図2 サンプルネットワーク

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] における競合を発生させ、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。

## 5 モデル改良のための検討

### 5.1 現状のモデルの問題点

本モデルではリンクにウェイトをかけてリンク長を伸ばし、選択されにくくすることにより、避難経路選択に影響のある火災などの要因をモデルに反映させている。そのため、リンクウェイトのかかっ

たネットワークを用いることで災害時の避難経路問題を最短経路選択問題として解くことができることが、本研究の大きな特徴の一つとなっている。

現在のモデルでは、変化した状況の情報は最適避難経路のノード上で受け取り、そこで新たな情報を加味した最適避難経路を再度選択することになっている。しかし実際の情報受信が交差点だけでなく、道路上でも行われることを考慮すると、現実的なモデル構築のためにはリンク上でも経路探索を行える必要があると考えられる。

また現在の手法では、実際は伸びることのないリンクが伸びるという根本的な問題があるため、リアルタイムの避難経路問題を解こうとした際に解法が非常に複雑になってしまう。

### 5.2 モデル改良の方針

そこで本モデルをより現実的なモデルにするために、われわれは火災などの影響をリンクに反映させるのではなく、現段階では一定であると仮定している避難集団の歩行速度を変化させることによって、モデルに避難経路選択に影響する要因を取り入れることを提案する。

この手法を取り入れる利点は以下に挙げるようなことが考えられる。

- 1: ネットワーク自体を変化させずに最適避難経路が算出できるので、リアルタイム経路選択モデルへの応用性が高い。
- 2: 現段階と同様に災害時の避難経路選択問題を最短経路選択問題として解くことができる。
- 3: ネットワークが変化しないので、現在使用している最短経路探索アルゴリズム (Dijkstra) 以外のアルゴリズムを使用することができる可能性がある。

以上のことから、今後さらに検討を重ね、避難集団の歩行速度を変化させることでリアルタイムで対応することが可能となるように本モデルの改善を試みる。

#### [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」, 都市計画, 第 19 号, pp379-384, 1984.
- [2] 李載吉, 梶秀樹; 「拡張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] 浅田賢一, 片谷教孝; 「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.