

II-87

危険度ポテンシャルを導入した津波避難シミュレーションの改良

東北大学工学部 学生員 ○外谷滋比古

東北大学大学院 正 員 今村 文彦

1. はじめに

沿岸地域における地域計画・避難システムを構築するためには、津波来襲時の人間行動を的確に把握・予測する事が必要不可欠であり、最近では避難行動をコンピューターによってシミュレートし、予測する試みがなされている。しかし、多くの研究がなされているネットワークモデルを用いたシミュレーションでは、他のモデル（津波の遡上計算モデル等）と独立した扱いをしているため、津波の遡上が避難に与える影響を考慮することは難しい。この問題に対して藤原ら¹⁾のモデルでは、地形をメッシュモデルで表し、避難者の経路選択を目黒ら²⁾のポテンシャルモデルを用いることで避難者と津波の遡上を同じ地形データ上に表現している。ただし、シミュレーション上の避難者が津波の遡上の方向等を考慮せずに行動してしまう課題がある。

そこで本研究では、危険な経路を回避する行動を表現するために、藤原らのモデルに新たなポテンシャルを加え、モデルの改良を試みた。そして仙台港周辺地域において、新たなモデルが避難行動に与える影響を検討した。

2. シミュレーションモデルについて

2. 1. 経路選択のためのポテンシャルモデル

ポテンシャルモデルでは、対象空間は大きさ $dx \times dy$ のメッシュに区切られており、以下の式(1)で表される。

$$\Omega_n(X, t) = \sum_j \Omega_{nj}(X, t) + \sum_i \Omega_{in}(X, t) + \sum_m \delta_m(t) \Omega_m(X, t) \quad (1)$$

ただし、

$\Omega_n(X, t)$: 場所 X ・時刻 t における、避難者 N に対するポテンシャル分布

$\sum_j \Omega_{nj}(X, t)$: 全避難者に共通する要因による、場所 X ・時刻 t における避難行動への影響を表すポテンシャル分布

$\sum_i \Omega_{in}(X, t)$: 避難者 N の場所 X ・時刻 t における個人特性の差異を表すポテンシャル分布

$\sum_m \delta_m(t) \Omega_m(X, t)$: 災害要因による、場所 X ・時刻 t における避難者 N に対するポテンシャル分布

各避難者はこのようにして決められた対象空間において、周囲の8つのメッシュからポテンシャルの一番低いところを進み、最終的に目的地に到達する。藤原らのモデルでは、共通要因として現在地から目的地までの距離、災害要因として津波浸水域を与えている。これによりモデルの避難者

は、以下のような行動をとる。

1. 現在地から目的地までの最短経路を通る経路を選択する。
2. 建物やフェンスなどの障害物を進行できない。
3. 成人の膝上の水深60cm以上の浸水域を通行できない。

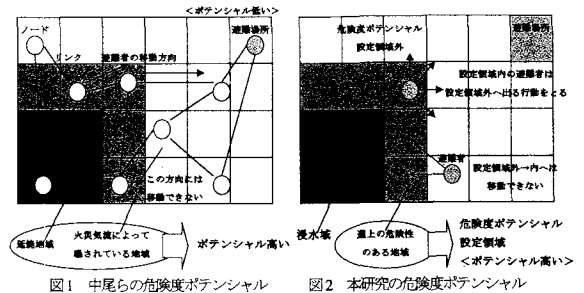
2. 2. 危険度ポテンシャルモデルの導入

津波に関する安全性を考慮した避難行動は、避難者の位置に対して、

1. 遡上の危険のある領域に近づかないで避難する、
 2. 遡上の危険のある領域から離れる、
- のような行動をとることが考えられる。このような行動を表現するために、中尾ら³⁾の危険度ポテンシャルモデルを導入する。中尾らは、火災の延焼地域だけでなく火災気流に曝されている等、火災に伴う危険が発生している地域に対して危険度ポテンシャルを与えている。そのため避難者が火災の危険のある地域から遠ざかり、避難場所を目指す行動をシミュレートすることができる。（図1）

本研究では、中尾らのモデルにおける延焼地域を津波浸水域に、火災気流に曝されている地域を遡上の危険のある地域に対応させて危険度ポテンシャルを与える（図2）。そして、

1. 避難者が危険度ポテンシャルの設定領域外にいる場合、領域内に入ることができない、
 2. 避難者が危険度ポテンシャルの設定領域内にいる場合、領域外へ移動する、
- という2種類の避難行動を表現する。



3. 対象地域

本研究では、図3に示す仙台市宮城野区仙台港周辺の正方形領域(1km×1km)を対象領域として避難シミュレーションを行った。

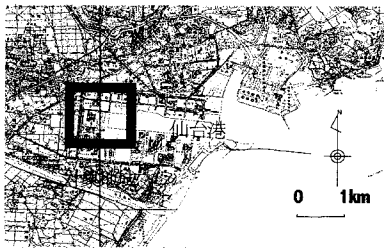


図3 本研究の対象地域（仙台市宮城野区仙台北側）

4. 各項目の設定

4. 1. メッシュの標高データの作成

サイズは 2m×2m であり、標高はレーザープロファイラにより計測された各メッシュ四隅の標高データの平均をとって作成した。各メッシュには最大 12 人入ることができるものとする。

4. 2. 避難者情報の作成

避難者の持つパラメータは、{避難開始位置、避難速度、避難開始時刻、目指す避難場所} であり、今回は全避難者が徒歩で避難し、仙台北中央公園に避難する。なお、避難速度は白澤らの年齢別避難速度の報告による値を用い、10~59 歳までの避難者が同じ割合で存在するものとした。避難開始位置は、図 4 中の 1)~4) である。

4. 3. 浸水域データの作成

仙台北で最も危険となる三陸地震が起こったことを想定する。対象地域内で想定される最大水位は 5.8m であり、地震発生から 70 分後に仙台北に到達するものとする。

4. 4. 危険度ポテンシャル分布図の作成

対象地域では想定される津波が 3m 以上であるのに対して、避難場所以外の地域の多くが標高 3m 以下である。そのため、津波に対する経路の安全性を「海から遠い・避難場所の仙台北中央公園内に入るまでの移動距離が短い」の 2 つによって評価する。そこで、図 4 のように入口 A より海側に危険度ポテンシャルを与え、B の方が C よりもポテンシャル値を低く設定する。その結果、危険度ポテンシャルの設定領域外の避難者は入口 A を選択し、設定領域内の避難者は入口 B を選択する行動をシミュレーション上に表現できる。

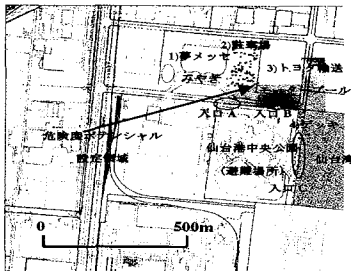


図4 避難開始位置と危険度ポテンシャル設定領域

5. 適用結果

設定した避難者データを用いて、避難シミュレーションを行った。対象地域内でイベントが行われ、夢メッセみやぎに多くの観光客が集まっている状況を想定し、避難開始は津波の遡上開始時間と同時刻とする。そして、これらの避難者が避難場所に向かう際、津波に対する危険性を考慮した行動について、危険度ポテンシャルを用いてシミュレートした（図 5）。このような条件下で、危険度ポテンシャルの無い場合の避難行動と津波による死者数について比較を行った。結果は表 1 に示す通りであり、危険度ポテンシャルを導入した避難行動の方が、死者数が少ないという結果が得られた。つまり、津波の遡上を考慮した経路選択の方が安全であることが示された。



図5 危険度ポテンシャルを導入した経路選択

表1 危険度ポテンシャルの有無による死者数の比較

＜地震発生から70分後に避難開始＞		危険度ポテンシャル無し	危険度ポテンシャル有り
避難開始場所	避難者数(人)	死者数(死亡率)	入口の選択の要否 死者数(死亡率)
夢メッセみやぎ	500	312(62.4%)	全員Aを選択 8(1.6%)
駐車場	50	15(30%)	全員Aを選択 12(24%)
トヨタモータービル	10	7(70%)	変更なし 7(70%)
デッキ	10	3(30%)	BまたはCを選択 0(0%)
計	570	337(67.4%)	27(4.04%)

6. おわりに

危険度ポテンシャルの有無による結果の比較により、対象地域では避難場所への入口の選択が死者数に大きな影響を与えることが示された。今後は、避難者数が今回想定した場合よりも多い時や、避難開始時刻が遅い場合でも安全に避難することができるのかを検討する。

参考文献

- 1) 目黒公郎・原田雅也：最適避難誘導のための基礎研究、地域安全学会論文報告集, pp.354-359, 1997.
- 2) 藤原誠・今村文彦：メッシュデータを用いた津波来襲時の人間避難行動シミュレーション、平成 15 年度東北支部技術発表会講演概要, pp.172-173, 2004
- 3) 中尾美穂・田中時義：都市火災時における火災気流による危険度を考慮した住民避難性に関する研究、京都市防災研究所, 4p, 2002
- 4) 白澤秀明・今村文彦・首藤伸夫：津波来襲時の避難シミュレーション法の開発、平成 8 年度東北支部技術発表会講演概要, pp.430-431, 1997