

ポテンシャルモデルを改良した津波来襲時の避難シミュレーション

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、津波来襲時の人間の行動を的確に把握・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。その一つである藤原ら¹⁾のモデルでは、地形をメッシュモデルで表し、避難者の経路選択行動をポテンシャルモデルによって表すことで、避難者と津波の遡上を同じ地形データ上に表現できるという特徴を持つ。ただし、避難者の経路選択における判断基準が不十分である。そこで本研究では、新たな判断基準を設けるために2つのポテンシャルモデルを導入し藤原らのモデルの改良を行う。そして仙台港周辺地域へ適用し2つのモデルの効果を検討した。

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、各メッシュの情報は全避難者に共通する要因・個人特性の差異・災害要因による3種類のポテンシャルの和によって与えられる。このようにして設定されたメッシュ上で、各避難者は周囲のメッシュからポテンシャルの一番低いメッシュを選択し、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距離の経路を選択する。
- ②建物やフェンスなどの障害物を進行できない。
- ③水深60cm以上の浸水域を通行できない。

2. 2 人口密度ポテンシャルの導入

避難者同士の渋滞について藤原らのモデルでは、2m×2mのメッシュ内に入ることのできる最大人数（12人）のみ設定している。そこで、本研究ではさらに避難者がメッシュ内の人数を判断して経路選択を行うよ

うに、メッシュ内の避難者数の増加に伴いポテンシャルの数値が増加する特徴を持つ人口密度ポテンシャルを新たに導入する。ポテンシャルの数値を設定するために、まず避難者が渋滞を感じる1メッシュあたりの避難者数について検討する。シミュレーション上の避難者の占有面積は、人間要素径の考えから直径約50cmの円と仮定する。そして、人間が他の人間に心理的抵抗無しに近づくことのできる最短距離である心理的平衡距離を清野ら²⁾が計測しており、0.976mとしている。この2つの数値を考慮すると、1つのメッシュ上で避難者が互いの避難行動に影響の出ない距離を保つことのできる最大の人数は、図-1から5人と求められる。

よって本研究では、1メッシュ内の人数が6人を越えた場合に、避難者が渋滞を感じるようにポテンシャルの数値を設定する。

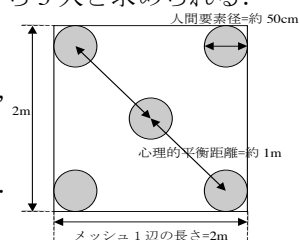


図-1 避難者が渋滞を感じないメッシュ内の最大人数

2. 3 危険度ポテンシャルの導入

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、

のような行動が考えられる。この行動を表現するために中尾ら³⁾の危険度ポテンシャルを導入する。火災からの避難行動をシミュレートする中尾らのモデルでは、延焼地域だけでなく、火災気流に曝されている等の火災に伴う危険が発生している地域にも高いポテンシャルを与えている。そのため、火災の危険のある地域から遠ざかりながら避難場所を目指す行動をシミュレートできる。（図-2）そこで本研究では、中尾らのモデルの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-3）そして、上記の2つの行動を、シミュレーション上で以下のように表現する。

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。

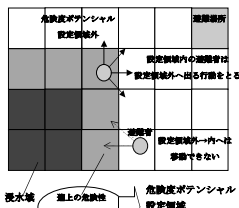
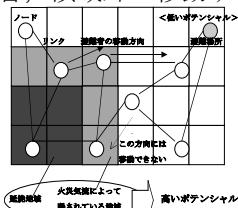


図-2 中尾らの危険度ポテンシャル 図-3 本研究の危険度ポテンシャル

3. 仙台港へのシミュレーションの適用

対象領域は図-4 に示す仙台港周辺の領域（1km×1km）であり、入力情報はメッシュの標高情報・避難者情報・フェンス情報・浸水域情報・危険度ポテンシャル分布情報である。また各避難開始位置の避難者数と目的地を表-1 に示す。図-4 のように配置された危険度ポテンシャルにより、仙台港中央公園を避難先とする設定領域内（色の付いた部分）の避難者は入口 C より安全な B を目指し、設定領域外（色の付いていない部分）の避難者は入口 B より安全な A を目指す。

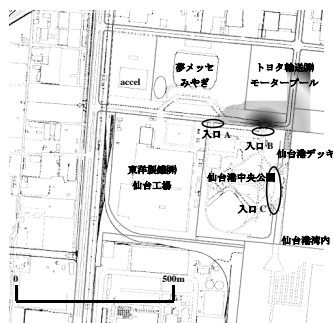


表-1 避難開始位置、避難先、人数の設定

避難開始位置	避難先	
	(5) 仙台港中央公園	(6) 東洋製紙
(1) 夢メッセみやぎ 出入口	500	500
(2) 夢メッセみやぎ 駐車場	50	50
(3) トヨタ輸送機 モータープール	30	0
(4) 仙台港デッキ	30	0

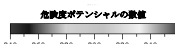


図-4 対象領域と危険度ポテンシャル設定領域

4. 適用結果

4.1 人口密度ポテンシャルによる避難行動の変化

藤原らの避難行動モデル（モデル 1）と、人口密度ポテンシャルを組み込んだモデル 2 についてメッシュ密度の平均値（人/メッシュ）を算出した。結果は図-5 のとおりである。微かながらモデル 2 の方がメッシュ密度の値が小さく、モデル 2 の避難者がメッシュ内の人数を判断して経路選択を行っていることがわかる。2 つのモデルのメッシュ密度の差が最大で 0.17 と微小である原因については、図-5 のようにメッシュ密度が 6 以上（渋滞を感じる人数）であるのは避難開始から約 5 秒間である。よって、避難者が渋滞を感じる機会が少なく、結果としてメッシュ密度の差が小さくなってしまったと考えられる。そのため、今後は実証実験や実例を通して人口密度ポテンシャルの数値を検討

する必要がある。

4.2 危険度ポテンシャルが死亡率に与える影響

モデル 2 に津波の浸水域を組み込んだモデル 3 と、さらに危険度ポテンシャルを組み込んだモデル 4 の死亡者の比較を図-6 に示す。図-6 から、各避難開始時刻に対してモデル 4 の方が、死亡率が低いことが分かる。これは、避難者が避難場所に早く到達することにより、遡上の危険性の低い入口を経由して避難する方が安全であることを示している。また 2 つのモデルに共通して、避難開始時刻が遅くなるほど死亡率が高くなっており早期避難が必要であることが分かる。

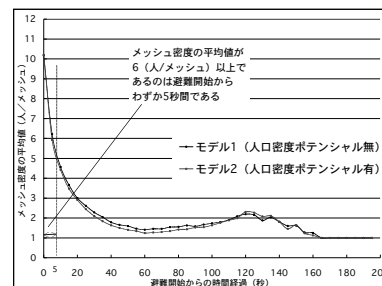


図-5 人口密度ポテンシャルの有無によるメッシュ密度の比較

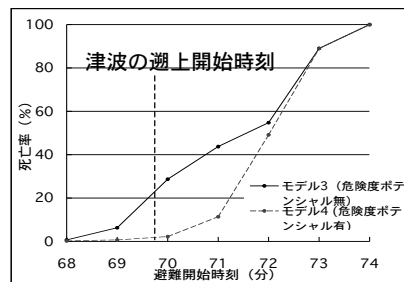


図-6 危険度ポテンシャルの有無による死亡率の比較

5. 本研究のまとめ

本研究では、藤原らのモデルに新たに人口密度ポテンシャルを組み込むことにより、避難者がメッシュ内の人数を判断した経路選択行動をシミュレーション上に表現することができた。さらに、危険度ポテンシャルを組み込んだモデルを仙台港へ適用することで、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という特徴が確認された。

参考文献

- 1) 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 年度東北支部技術研究発表会講演概要、pp.172-173,2004.
- 2) 清野純史・三浦房紀・瀧本浩一：被災時の群衆避難行動シミュレーションへの個別要素法の適用について、土木学会論文 No.537/I-35, pp.233-244,1996.
- 3) 中尾美徳・田中孝義：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状に関する研究、京都大学防災研究所、4p,2002.