

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開発に関する基礎研究

東北大学大学院 学生員 ○藤原 誠

東北大学大学院 正 員 今村文彦

1. はじめに

沿岸地域における防災地域計画・避難システムの構築には、津波来襲時の人間行動を的確に把握・予測することが不可欠である。そこで最近では、避難行動をシミュレートし、津波来襲時の人間行動を予測しようとする試みがなされている。その1つであるネットワークモデルを用いたシミュレーションは有効であるが、他のモデル（例えば津波の遡上計算モデル）とは連動することが難しいことや避難経路を限定してしまうという課題がある。本研究ではそれらを解決するために、モデルの改良と、仙台港周辺地域への適用を検討した。

2. 避難シミュレーションモデルの詳細

2.1 避難者の進め方

避難者はまず、初期位置としてどこかのメッシュ上の中心にいる。次に、避難者は自分が避難地に到着したかを確認する。まだ、目的地である避難地にたどり着いていないとわかった避難者は、次に目指すべきメッシュを選択するが、目黒ら¹⁾のポテンシャルモデルの考えに基づき、避難者はよりポテンシャルの小さいメッシュを選択する。さらに、選択したメッシュの中心まで避難していき、再びメッシュの中心にたどり着いたら、避難地に到着したかを確認した後、次のメッシュを同様に選択する。このような一連の作業を繰り返し、避難地に到着したところで避難完了とする（図-1）。

2.2 経路選択のためのポテンシャルモデルの導入

メッシュデータを用いたシミュレーションでの経路選択として、室内の避難シミュレーションで用いられる目黒ら¹⁾のポテンシャルモデルを用いる。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、個々のメッシュはその場の状況に応じたポテンシャルを持つ。このポテンシャル場は、避難者ごとに定義され、避難者の場所・時間が変わることにより変化するモデルとなっており、以下の式（1）で表される。

$$\Omega_N(X, t) = \sum_j \Omega_{Nj}(X, t) + \sum_k \Omega_{Nk}(X, t) + \sum_l \delta_{Nl}(t) \Omega_{Nl}(X, t) \quad (1)$$

ここに、

$\Omega_N(X, t)$: 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

$\sum_k \Omega_{Nk}(X, t)$: 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

$\sum_l \delta_{Nl}(t) \Omega_{Nl}(X, t)$: 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、各時間ステップにおいて周囲の8つのメッシュからポテンシャルの一番低いところを選んで進み（図-2）、最終的に目的地に到達する。今回は、共通要因と災害要因の2つを具体的に与えている。

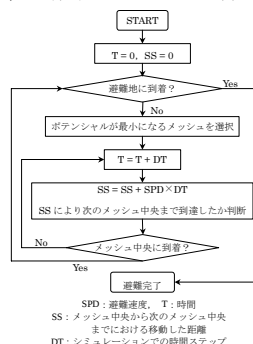


図-1 避難行動の流れ図

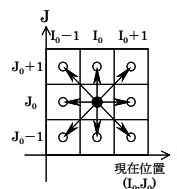


図-2 ポテンシャルモデルにおけるメッシュの選択

2.3 共通要因のポテンシャル

共通要因のポテンシャルとして、経路選択の際、以下のものを考慮する。

- ・目的地までの距離
- ・障害物
- ・メッシュの密度

2.4 災害要因のポテンシャル

災害要因のポテンシャルとして、津波の浸水域の情報考慮する。

2.5 フェンスの情報

メッシュのポテンシャルとして表現することができないフェンスを、メッシュ間に表現した。メッシュ間にフェンスがある場合、フェンスが存在する方向を経路として選択することはできない。

キーワード: 避難行動, メッシュデータ, ポテンシャルモデル, 仙台港

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 06, 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター, TEL022(217)7515, FAX022(217)7514

3. 対象地域への適用

3. 1 入力情報

入力情報は以下のとおりである。

- ・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

3. 2 想定条件

図-3 に対象地域である仙台港における初期位置及び避難場所を、表-1 に設定した避難開始位置、避難者数、避難先を示す。また、仙台港で最も危険となる三陸地震津波を想定し、津波の到達は地震発生から 70 分後（財団法人沿岸開発技術研究センター²⁾）とした。



図-3 初期位置及び避難場所

表-1 設定した避難開始位置、人数、避難先

	避難先	
	(5)仙台港中央公園	(6)東洋製罐
避難開始位置		
(1)夢メッセ出入口	500	500
(2)夢メッセ駐車場	50	50
(3)トヨタ輸送モータールール	10	0
(4)仙台港デッキ	10	0

3. 3 適用結果

3. 3. 1 フェンスの有無が避難時間に与える影響

表-2 には、フェンスの有無による避難完了時間、避難所到達率を示す。今回は、避難時間に対する影響のみを考慮するため、津波の遡上は考慮しないものとした。表-2 からわかるように、フェンスの有無で避難時間に差が生じる（8%程度）。これは、フェンスが無い場合、避難者が実際には通行できない経路を通してしまうため、フェンスがある実際の状況よりも短時間で避難場所に到着することが原因だと考えられる。よって実際の状況により近いフェンスを用いたシミュレーションが望ましい。3. 3. 2 ではフェンスを用いたシミュレーションを行う。

3. 3. 2 避難開始時刻が死亡率に与える影響

また、避難者の避難開始時刻を変化させ、避難開始時刻と死亡率との関係を探った。その結果を図-4 に示す。図-4 より、避難開始時刻が遅れるごとに、犠牲者数が増加することがわかる。特に避難開始時刻が地震発生から 68 分以降になると、犠牲者数が著しく増加することがわかる。また、図-5 には津波の浸水を考慮した避難シミュレーションの一例として、避難者の避難

開始時刻を地震発生から 70 分後と設定した場合の地震発生から 72 分後における避難状況を示した。

表-2 フェンスの有無と避難時間及び到達率

		最速	最遅	平均	避難率
		(sec)	(sec)	(sec)	(%)
フェンス有り	メッセから公園へ	106.6	380.9	217.7	96.6
	メッセから東洋製罐へ	56.6	205.4	127.8	100
	駐車場から公園へ	78	326	170.3	100
	駐車場から東洋製罐へ	87.7	237.8	155.5	96.0
	トヨタ輸送から公園へ	117.3	246.8	196.9	100
フェンス無し	デッキから公園へ	36.1	100.5	64.6	100
	計			170.4	98.3
フェンス有り	メッセから公園へ	99.2	315	193.1	96.8
	メッセから東洋製罐へ	56.6	206.6	125.3	100
	駐車場から公園へ	76.9	311.1	155.2	100
	駐車場から東洋製罐へ	71.6	238.3	143.3	100
	トヨタ輸送から公園へ	114.4	252.8	196.0	100
フェンス無し	デッキから公園へ	36.1	91.9	59.6	100
	計			157.3	98.6

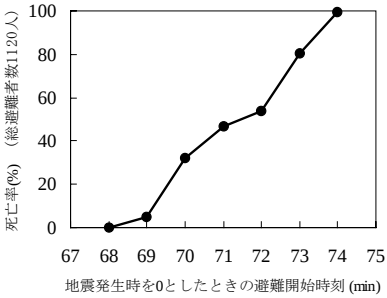


図-4 避難開始時刻と死亡率の関係

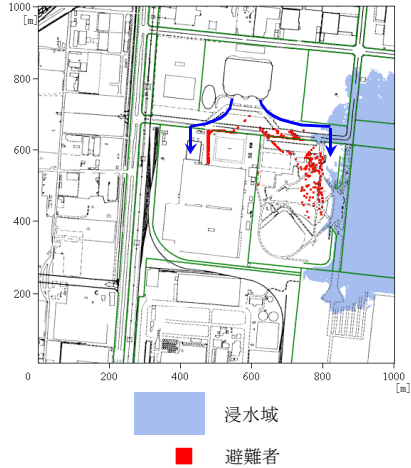


図-5 地震発生から72分における避難状況 (避難開始時刻70[分])

4. 結論

本モデルにより、外生（避難先をあらかじめ決めておく）と内生（障害物などを回避する）との両方を考慮することができた。実際に本モデルを仙台港へ適用し、フェンスの効果や、津波シミュレーションと融合した解析を行った。この結果、フェンス効果は経路決定や避難時間を決める際に重要であること、対象地域では地震発生後 68 分以降で避難を開始すると犠牲者が著しく増加することがわかった。

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，pp.354-359，地域安全学会論文報告集，pp.354-359，1997。
2) 国土交通省東北地方整備局，財団法人 沿岸開発技術研究センター：平成 14 年度 宮城県沖地震津波等による環境への影響検討調査報告書，pp.59，2003。