

スマトラ地震時のスリランカ・ゴールにおける避難行動シミュレーション

中央大学大学院
東京大学生産技術研究所学生会員 ○岡本 睦
正会員 目黒 公郎

1. はじめに

2004年12月26日に発生したスマトラ島沖地震では巨大な津波が発生し、この津波による各国の死者・行方不明者数は合計で226,194人（2005/6/26現在）にものぼった¹⁾。このような悲惨な結果を招いてしまった原因として、ハードとソフトの両面での問題が浮き彫りとなった。ハード面の問題は、ほとんどの海岸に防波堤などが整備されていないことや、海岸からわずか数mの位置に民家など建物などが立ち並んでいたことが挙げられる。ソフト面の問題は、住民の意識が最大の問題であった。被災地の多くが地震や津波の経験に乏しく、特に津波に関する警報や注意がほとんどされず、人的被害を拡大させた。

そこで、本研究ではこの津波によって甚大な被害を受けたスリランカ・ゴール地方を対象とし、津波災害時の避難行動シミュレーションを試みる。すなわち、津波警報システムや防災教育によって変化する避難開始時刻の違いが人的被害の増減に与える影響の評価を行った。

2. 数値解析モデル

本研究ではポテンシャルモデル²⁾を用いて解析を行った。このモデルは対象空間を図1に示すように「物理的な要因」「個人特性」「災害要因」の3つのポテンシャル分布の重ね合わせとして考えることで、異なった個人特性を有する多数の人間の避難行動が簡単に取り扱えるモデルである。

ポテンシャル場は避難者毎に定義され、避難者の位置の変化や時間の経過とともに変化する。この様にして決められた対象空間内において、それぞれの避難者は、時間ステップごとにポテンシャルの低い方を進行方向として移動を繰り返す事によって、最終的に出口に辿り着く。

3. 津波データの作成

本研究ではHERATHら³⁾による現地の地形測量と調査から得られたデータをもとに、津波の浸水域と浸水深の時刻暦データを作成した（図2）。最大浸水深は約6mであり、また津波の周期が約40分であったとの報告から、その半分の20分で最遠点まで浸水すると仮定してシミュレーションを行った。図3に解析に用いた津波の浸水域と浸水深を示す。

4. 対象空間

避難場所は、図4に示すように地図や現地調査の結果より、周辺で冠水しない標高の高い土地（青）、寺院などの宗教施設（赤）、軍施設（緑）の三種類を設定した。は信仰心の強いスリランカの国民性から精神的支えになること、一般住宅よりも強度の高い建物でできていること、周辺住民がよく場所を知っているという理由から避難場所として選んだ。また、対象とした地域の住民4698人を区域ごとに面積比例配分を行い、道路上に配置した。男女比率は男性:51%、女性49%とした。1つのメッシュの大きさは5m四方で、計算間隔は2秒として計算を行った。

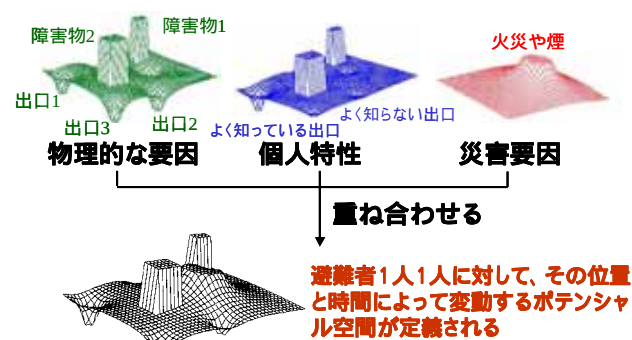


図1 ポテンシャルのイメージ

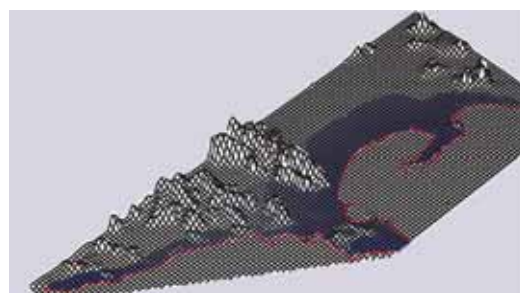


図2 津波の浸水域と浸水深の調査結果

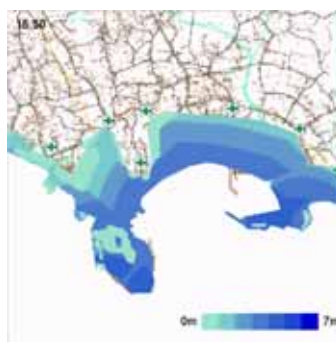


図3 津波データ

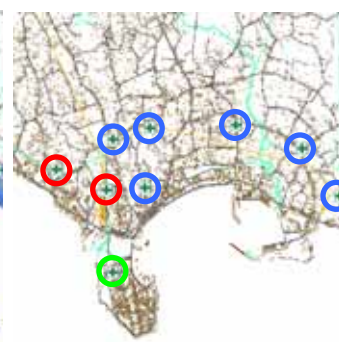


図4 対象空間

キーワード：津波，避難行動，スマトラ地震，スリランカ

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所棟目黒研究室 Tel: 03-5452-6436, Fax: 03-5452-6438

5. 人的被害の算出方法

津波災害時の避難行動をシミュレートする際には、津波が及ぼす避難者への影響を考慮する必要がある。津波は避難時の心理状態に影響を及ぼすだけでなく、浸水深や流速の変化に伴う歩行速度の低下をもたらす。そこで本研究では、図5に示すように移動速度については、津波の浸水深と流速の関係で変化するモデルを採用した。また身体の安全が保障される限界値を水深1.0mと設定し、避難者が存在する領域の水深が1.0mを越えた場合には、流速やその他の条件に関わらず何らかの人的被害が発生する。このように発生する人的被害の合計数を基として避難安全性を議論する。

6. 解析結果

本研究では次の3つのケースを想定して解析を行った。

- Case 1：全ての住民が津波の襲来前に津波警報の情報を得た場合。
- Case 2：一番速い波が海岸線に到達したときに避難を開始する場合。
- Case 3：避難開始が大幅に遅れた場合。避難開始時刻を津波が海岸線に到達した10分後と設定。ただし、自分の場所に津波が到達した場合には、その時刻に避難を開始する。

各ケースのシミュレーション結果は図6に示す通りである。図6は避難完了者数と時間の関係を示したグラフであり、Case 1とCase 2では、避難開始に約2分しか差がないため、同じような曲線を描いているが少しでも避難開始時刻が遅れると、被害者数が増加することがわかる。一方、Case 3は実際のケースと似た条件として、自らが津波の来襲を確認してから避難を開始する場合を模擬しているが、このケースでは避難開始が大幅に遅れることで、人的被害が急激に増加していることがわかる。なおこの条件は、アジア防災センターによる現地住民のアンケート⁴⁾の結果、実際の被災時においても避難するきっかけとなったのは『波が迫ってくるのを見て』と『実際に津波に襲われて』が60%以上を占めていることを参考にしている。

7. まとめ

本研究では2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震による津波の観測結果をもとに簡易的な津波の浸水域と浸水深を模擬したシミュレーションを行い、浸水の時刻暦のデータを作成した。次に作成したデータと観測結果を利用してスリランカ・ゴール県の一部を対象として、津波襲来時の地域住民の避難行動シミュレーションを行った。

シミュレーションからは、避難開始時刻の少しの差で被害者数が大きく変わることが確認された。この結果は住民の津波に関する知識を増やし、意識を变えることと、津波警報システムの重要性、さらにはスムーズな避難のための避難地の検討や決定が必要であることを示している。

8. 今後の課題

以下に、今後の課題と方向性をまとめる。

現実との比較：実際の現象と災害時の様子を追跡調査し、その結果とシミュレーション結果の比較・検討から、より正確なパラメータの固定を行ってシミュレーションの精度を高める。

より効果的な教育ツールとして、個人の視点で見られる環境を整備する：本研究では都市全体の避難行動を描写したが、今後VRなどを用いることで、避難する最中を各個人に模擬体験してもらい、防災に対する知識を増やし、意識を变える手助けとなるようなツールとする。

【参考文献】

- 1) インドネシア・スマトラ沖地震情報, http://rescuenow.cocolog-nifty.com/sumatra_earthquake/
- 2) 織田浩平, 目黒公郎: 津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発, 中央大学大学院理工学研究科修士論文, 2005。
- 3) Srikantha HERATH: The 26 December Tsunami Disaster and Recovery Challenge in Sri Lanka, Report on the 2004 Sumatra Earthquake and Tsunami Disaster, 2005.1。
- 4) アジア防災センター: スリランカにおける津波意識調査研究, スマトラ島沖大地震及びインド洋被害に関する緊急調査研究, 2005.3。

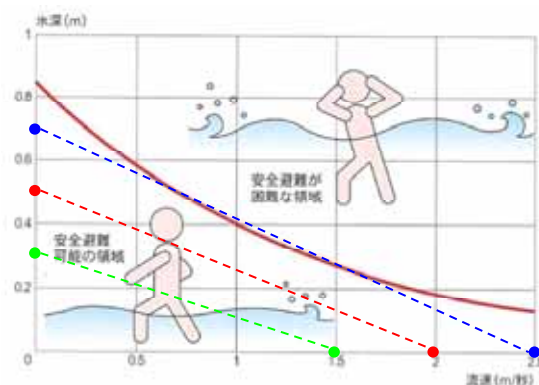


図5 洪水避難時に水中歩行できる領域

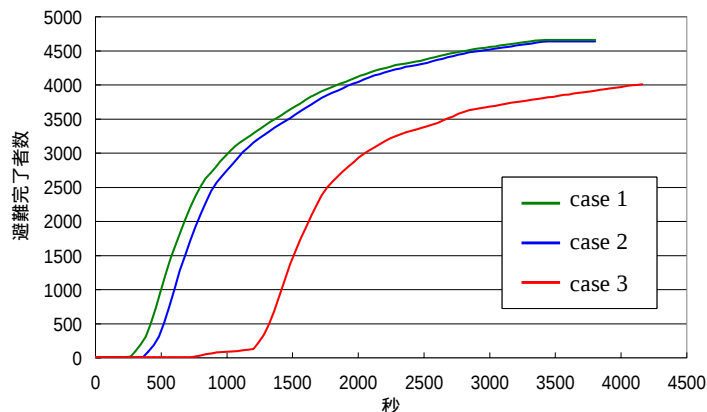


図6 避難完了者数と時間との関係