



# 津波避難行動シミュレーションシステム Tsunami Evacuation Behavior Simulation System

**Abstract** - In this study, tsunami evacuation behavior simulation at the time of the occurrence of the tsunami was developed using open data and a game engine. When examining the disaster prevention plan for the tsunami in each local government, it is necessary to form consensus by collaboration between local governments and residents, such as evacuation sites and routes. This research is to develop a tsunami evacuation behavior simulation system as a tool assumed to be used by local governments and residents at the time of disaster prevention plan preparation for the tsunami. In this system, a three-dimensional model of topographical data, building data, and road data is incorporated into the game engine, and by acting a massive agents autonomously searching for evacuation routes and tsunami evacuation buildings it clarifies the problem. In the previous studies, there was a problem in the calculation speed of the evacuation destination search of the evacuation agents, but in this paper we improved the evacuation destination search algorithm of the evacuation agents and enabled a simulation with a larger agent. In addition, we have created a large geographic model for Fujisawa city facing Sagami Bay and implemented it on the system. As a result of the simulation, it became clear that there are paths where disaster victims are concentrated even in the inland area.

## 1. 目的と背景

本研究は、津波発生時の在住者、来街者の避難行動をシミュレーションするシステムの提案と実装である。ハザードマップは国や県の津波予測をもとに地方自治体が作成する(図1)。また、防災計画の検討を行う際、避難場所や避難経路など、自治体と住民の合意形成が必要である。本稿は、防災計画策定時に用いられることを想定したツールとして、ゲームエンジンをを用いた津波避難行動の可視化を行うシミュレーションシステムの開発を行う。

## 2. 津波モデルと地理モデル

これまでの津波シミュレーションでは、格子法や粒子法等の流体シミュレーションが用いられてきた。これらは、高速演算可能な計算機が必要であり、条件を変更してリアルタイムで試行することは難しい。本システムでは、平面オブジェクトを0.10度回転させたものを



図1: 津波ハザードマップの変遷 (鎌倉市: H21,24,25)

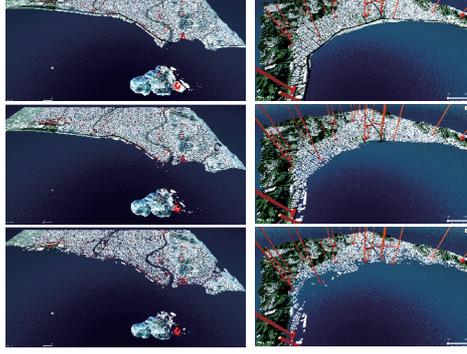


図2: 津波表現 (藤沢市・鎌倉市: 津波到達後110s, 410s, 710s)



図3: 避難行動の流れ

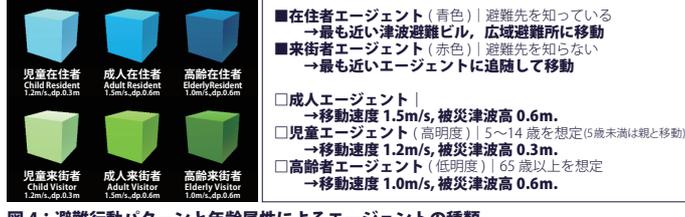


図4: 避難行動パターンと年齢属性によるエージェントの種類

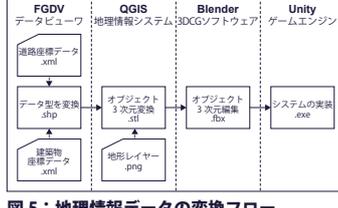


図5: 地理情報データの変換フロー



図6: 避難行動の可視化

津波モデルとして用意した。この傾斜平面を海面に挿入し、40km/h. で平行移動させ、津波を表現した(図2)。

地理情報として、国土院の基盤地図情報を利用した。基盤地図情報ビューア (FGDV) によって、XML データをシェープファイル形式に変換し、QGIS のプロジェクト内にベクタレイヤとして読み込んだ。QGIS 上では、TileLayerPlugin を用いて、基盤地図情報から標高情報を画像データとして取り込み、Qgis2threejs を用いて地形モデルの再現を行った。さらに、TileLayerPlugin を用いて、地図・空中写真閲覧サービスより、テキストチャを用意した。QGIS 上で準備したモデルは、STL 形式で書き出し Blender に取り込んだ。Blender 上では、道路線データを加工し、道路の外周線から道路面を作成した。建物モデルについては、建物高さを個別に調整した。Blender で作成したモデルを、地形、道路、建物の3要素ごとに FBX 形式で書き出し、ゲームエンジン UNITY 上に取り込んだ(図5)。

## 3. 避難者エージェント

道路モデルを市域全体で結合したものを、エージェントの行動範囲として指定した。エージェントは、シミュレーション開始後、地域全体の路面上にランダムに配置される。

避難行動については、在住者と来街者の二種類を用意し、在住者は避難先を知っているエージェント、来街者は避難先を知らないエージェントとする。在住者エージェントは、自らの位置から最も近い津波避難ビル、広域避難所、高台を検索し、定められた移動速度で移動する。来街者エージェントは避難先を知らないが、自らの位置に最も近くにいるエージェントに追従して避難行動を行う。追従先エージェントが、避難した後に津波避難ビルの収容定員が埋まった場合や、避難行動中に被災した場合は、追従先のフラグを消し、その時点で最も近くにいるエージェントを再度検索し追従する(図3)。

年齢属性については、移動速度と被災する津波高さの異なる、成人エージェント、児童エージェント、高齢者エージェントの三種類を用意した(図4)。シミュレーション上で、津波避難ビルは赤色で表示され、このビルへエージェント群は移動する。津波避難ビルの収容者は、ビル上部にオレンジ色のバーで表示され、避難者の集中を表す。また、被災したエージェントは、その場でピンク色のバーとなり、被災した位置に留まる。ピンク色のバーが集中している位置が、被災者が多く発生する位置である。結果、移動速度の遅い高齢者エージェントの被災確率が高いことが明らかとなった。また、被災箇所は、沿岸部だけでなく内陸部にも見られ、これは低地が市街地まで続く地区において、避難中のエージェントが被災したものである。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K02080 の助成を受けたものです。