

第Ⅱ部門

写真測量技術と群集行動シミュレータの融合による津波災害避難計算

京都大学工学部

学生会員

○藤井 琢也

京都大学大学院工学研究科

正会員

原田 英治

京都大学大学院工学研究科

正会員

須崎 純一

京都大学大学院工学研究科

正会員

後藤 仁志

1 はじめに

本研究では航空写真測量から得られる 3 次元データに基づいて境界条件を設定し、DEM 型群集避難シミュレータ¹⁾による津波災害時の群集避難計算を実施する。

2 研究の手法

本研究で用いた元画像は、国土地理院が 2007 年 5 月に撮影した和歌山県串本町の航空写真である。標高抽出ソフト Match-T5.5 (Inpho 社) より 50cm 区画の Digital Surface Model (DSM) を生成し、基盤地図情報を用いてオルソ画像 (図 1 左) を生成した。これらのデータより色つきの DSM を生成した後、フィルタリング処理を行い地盤高のデータ Digital Terrain Model (DTM) を生成し、DSM と DTM の差が 4m 以上の領域の建物を抽出した (図 1 右)²⁾。得られた測量情報をシミュレータに実装し、PC 上に再現したヴァーチャル空間の CG を図-2 に示す。

3 津波災害群集避難シミュレーション

(1) 計算条件

避難シミュレーションの実施に際し建物情報量の多寡が避難過程に及ぼす影響について考察するために高さ情報に関して4つのレベルに区分した。レベル0は建物の階層構造は考慮せず人の初期配置を地上部に限定した条件、レベル1は20m以上の高さのある建物に対して階層を考慮する条件、同様に、レベル2は15m以上、レベル3は10m以上の建物の階層を考慮する条件であり、レベル数が増加するほど高さ方向の情報が增多ることになる。各レベルで扱う建物箇所は図-3を参照されたい。なお、避難者の初期配置は、建物の階層情報を考慮する際は、最初に中・低層建築物に収容人数を決定し、残りの人数を高さが4m未満の建物の領域にランダムに配置した。また、年齢層、性別によって避難者を6種類に分類し、平均歩



図-1 計算領域の写真測量情報

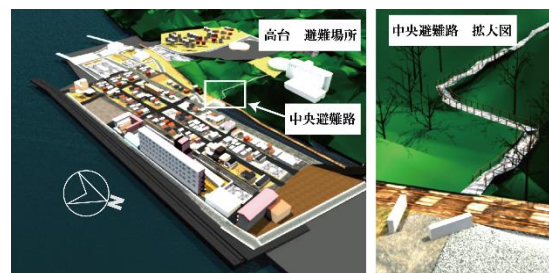


図-2 計算領域の CG

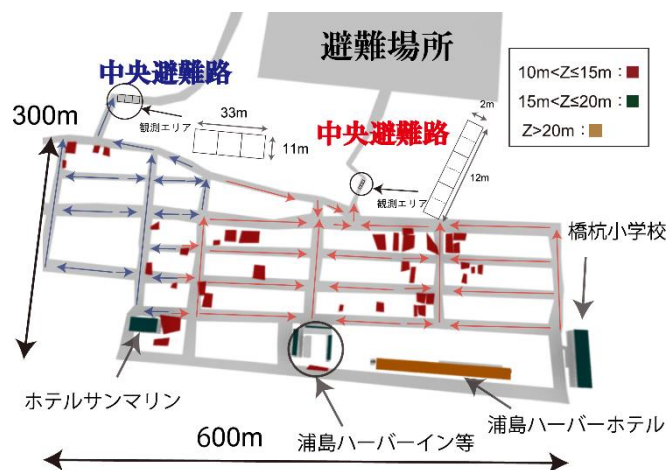


図-3 計算条件

行速度である歩行者と合わせて乱数により計 1,516 人を配置した。市街地に配置された避難者は、津波避難時には最短経路を辿り、市街地から高台へつながる南西側避難路と中央避難路を使用して、高台へ避難することになる。

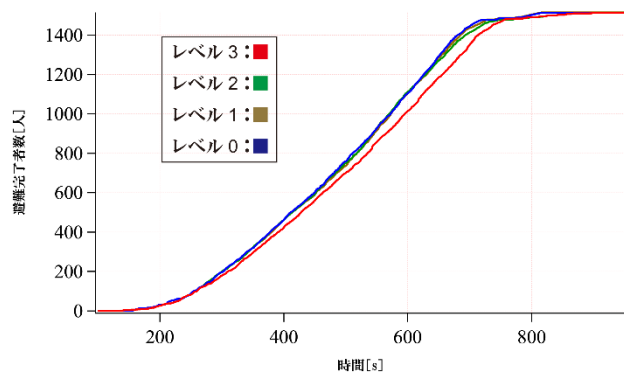


図-4 累積避難完了者数の時系列

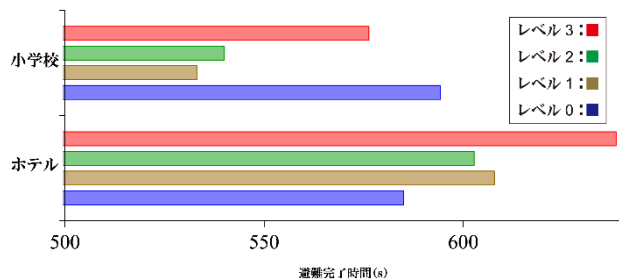


図-5 ホテルと小学校の避難完了時間

(2) 時系列の比較

累積避難完了者数の時系列を図-4 に示すが、レベル3の時系列は僅かに他のレベルよりも避難率が低い。また、時刻 $t=600s$ 以降に各レベルの差異が現れている。ホテルおよび小学校に配置された避難者の避難完了時間の平均値を図-5 に示す。ホテルでは階層の情報量が増加するに従い避難完了時間が増加の傾向を示すが、小学校ではレベルによる避難完了時間の変化に相関は認められない。

(3) ボトルネックの密度比較

今回の避難において最大のボトルネックは幅員の狭い中央避難路であり最も避難者の滞留が見られた。局所的密度変化を調査するため、各避難路内に観測エリアを設定し(図-3参照)、式(1)を用いて密度fluxの変化率の時間積分を実施することで中央エリアでの密度の時間変化を追跡する。

$$c^n = c^0 + \sum_{n=1}^n ([cv]_{in}^n - [cv]_{out}^n) \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (1)$$

c^n は n ステップでの中央エリア密度、 n は計算ステップ数、 Δt は計算時間刻み、 Δx は中央エリアの代表距離スケール、 $[cv]_{in}^n$ 、 $[cv]_{out}^n$ はそれぞれ時刻 n ステップにおける中央エリアへの流入、流出 flux である。中央避難路の計算結果を図-6 に、南西側避難路の計算結果を図-7 に示す。中央避難路の時系列

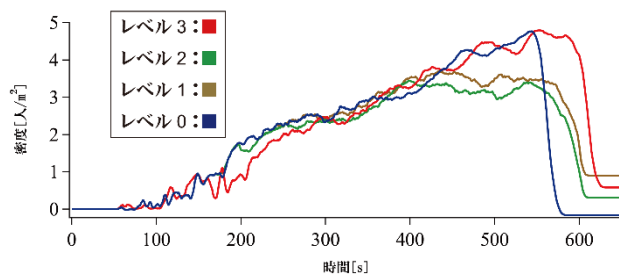


図-6 中央避難路の密度時系列

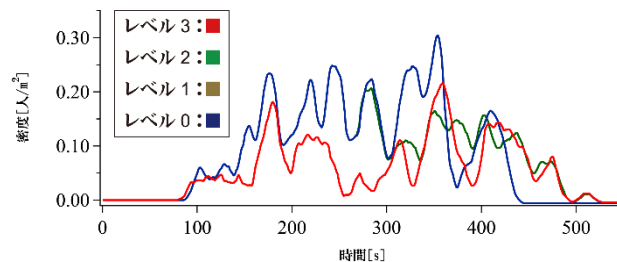
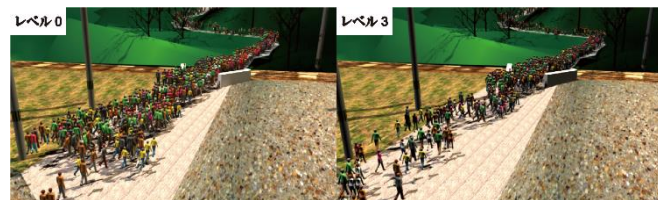


図-7 南西側避難路の密度時系列

図-8 時刻 $t=420s$ の CG スナップショット

は、 $t=400s$ 以降レベル0,3およびレベル1,2ではそれぞれに類似した推移が見られるが、高さ情報の多寡と密度時系列のピーク値に相関は認められない。中央避難路のピーク時のCG画像を図-8に示すが、レベルの違いによる避難者の挙動の違いが鮮明に確認できる。

4 おわりに

本稿では写真測量データに基づいて高さに関する空間情報に配慮した群集避難シミュレーションを実施した。高さ情報の多寡と避難状況には相関が見られないことから建物の階層情報の重要性が示された。

- 参考文献
- 1) 後藤仁志, 原田英治, 久保有希, 酒井哲郎: 個別要素法型群衆行動モデルによる津波時の避難シミュレーション, 海岸工学論文集, 第51巻, pp.1261-1265, 2004.
 - 2) Junichi Susaki: Adaptive slope filtering of airborne LiDAR data in urban areas for digital terrain model (DTM) generation, Remote Sensing, Vol. 4, pp.1804-1819, 2012.