

津波遡上時における有効な避難施設の配置計画に関する基礎的研究

A Fundamental Study on Effective Locational Planning of Evacuation Facilities in Tsunami run up

増田光一, 居駒知樹, 恵藤浩朗, 相田康洋, ○関貴仁, 宮内大輝

Koichi Masuda¹, Tomoki Ikoma¹, Hiroaki Eto¹, Yasuhiro Aida², *Takahito Seki³, Daiki Miyauchi³

The purpose of this study is an effective layout planning of evacuation facilities for tsunami in tsunami run up. In this paper, an evacuation activity simulation is used with an inundation simulation in order to verify placement of shelters for tsunami. The outcome from simulations manifest that existing evacuation facilities build appropriateness location. And the further study needs to consider capacities of the shelters.

1. 諸言

2011年3月11日に発生した東日本大震災では津波が発生し、被災地域では津波から避難するために津波避難ビルや高台が利用された。津波が発生した際、沿岸にいる人々はその場所の地理的条件、交通網の中で避難場所までの行動を余儀なくされる。そこで、津波被害による人的被害を少なくするために地域特性や交通網に合わせた避難施設配置計画を行うことが重要であると考えられる。

国土交通省^[1]の調査では、地震発生から津波（最大波）到達までの避難行動の有無、津波到達までの行動状況、避難手段、避難に掛る時間が詳細にデータ化されている。また、早く避難行動を開始すれば生存率が高いという結果が出ている。内閣府^[2]では、津波襲来時の避難施設のカバーするエリア（以降、カバーエリアとする）について発表されている（Figure 1）。しかし、実際は道路交通網の状況によっては Figure 1 のような避難行動は取ることが不可能である。また、波上側に逃げない原則を用いているため、カバーエリアが半円になっている。これらは津波避難施設の収容可能人数を見積もることには適しているとも考えられるが、津波が到達する前にその避難施設に避難可能であるかを判断するには利用しづらい。

そこで本研究では時系列の津波遡上シミュレーションと道路情報に基づいた簡易な避難行動シミュレーションを用い、避難困難区域を判定する手法を示す。また、下田市を対象として南海トラフ巨大地震時における津波避難をケーススタディーとして行う。

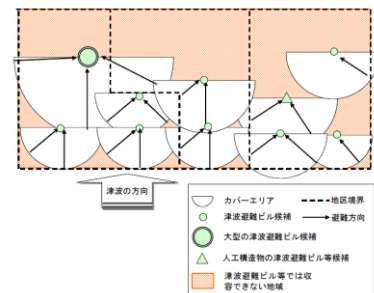


Figure 1. The Image of Cover-Area by Cabinet Office

2. 研究手法

道路情報を基にした簡易な避難行動シミュレーターを作成し、下田市の一地域における道路情報をグラフ理論によりノードとリンクにデータ化する。その後内閣府が示す南海トラフにおける巨大地震のCase1における津波を想定した津波遡上シミュレーションを行い、避難困難区域の判定を行う。

ただし、ノード^[3]: 交差点, リンク^[3]: 交差点～交差点距離とする。

3. 避難行動シミュレーション概要

本研究で使用する道路情報を基にした簡易な避難行動シミュレーターとは、道路情報に基づき、事前に避難場所を知っているその地点を代表とするエージェントがもっとも合理的（最短距離を選択）に避難をする場合において、自身が津波到達前に避難場所に到達できるかを判定するシミュレーションである。その際の各エージェントの移動は徒歩による避難を前提とし、全てのエージェントの歩行速度は一定とする。

1 : 日大理工・教員・海建

Department of Oceanic Architecture and Engineering/CST/Nihon University

2 : 日大理工・院（後）・海建

Department of Oceanic Architecture and Engineering/Graduate School of CST/Nihon University

3 : 日大・学部・海建

Department of Oceanic Architecture and Engineering/School of CST/Nihon University

4. 避難行動原理と道路情報のグラフ化

シミュレーションを実施する地域の道路情報をノードとリンクにデータ化する。また、本研究では距離のみをコストとして考え、エージェントの現在位置から避難場所までのコストが一番小さくなる経路をダイクストラ法^[4]を用いて求める。ダイクストラ法^[4]により最短経路を求めた後、エージェントを時系列で移動させる。エージェントは以下の行動原理に従う。

平面空間上にノード①～ノード②が存在し、ノード①～ノード②に移動するとする。その際に、ノード①～ノード②を繋ぐリンクを直線と仮定する。

$$y = ax + b \quad (1)$$

ただし、 a : 傾き、 b : y -切片 とする。

リンクを移動するエージェントの移動範囲を半径 r として表し(2)式のように表す。

$$(x - xn)^2 + (y - yn)^2 = r^2 \quad (2)$$

ただし、 xn, yn : 中心座標、 r : 移動可能半径 とする。

(1)の直線を移動するエージェントの移動可能半径 r を確定させる為に、(1)式の傾き： a 、 y -切片： b を求め、(1)式と(2)式を連立させて解く事によって 2 点の交点を求める事が出来る。求めた交点がエージェントの移動可能半径 r となる。また、2つの交点の内、エージェントが進む方向は、移動した事によって目的としているノードへの距離が縮められる方向へ進む。移動範囲 r は $dt \cdot v$ という距離として表される。

ただし、 dt : 移動時間、 v : 速さ とする。

5. 下田市におけるケーススタディー

静岡県下田市の一部の地域を選定した。選定後、道路情報のデータ化を行い避難行動シミュレーションを実施する。選定した地域は、Figure 2 に示す。赤丸で囲まれている箇所は避難ビルを示す。

ただし、今回のシミュレーションでは地震発生後すぐに避難行動を開始するとし、避難施設の収容可能人数は考慮しない。また、エージェントの歩行速度は男性と女性の 2 ケースで計算を行う。ただし、男性の歩行速度は $1.24(m/s)$ ^[5]、女性の歩行速度は $1.14(m/s)$ ^[5] とする。

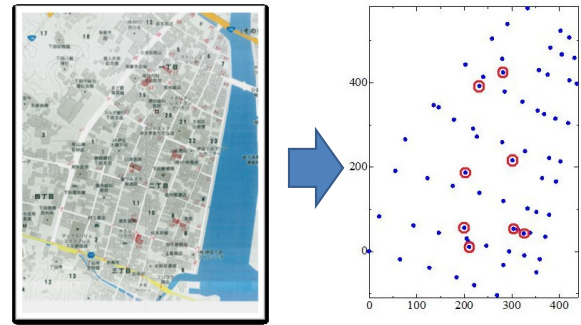


Figure 2. Translation from Road Information to Nodes & Links in Shimoda

6. 結果

2 ケースのシミュレーションでは、津波が到達する前にエージェントは避難行動を完了する事が出来た。

しかし、今回は地域毎の人口密度や津波避難ビルのキャパシティー等を考えていないため、今後考慮する必要がある。考慮する理由としては、人口が津波避難ビルのキャパシティーをオーバーしてしまった場合、他の津波避難ビルに避難しなければならなくなりその最中に津波に遭遇する可能性があるからである。

7. 結論

本研究によって以下の知見が得られた。

今回のシミュレーションでは、従来の津波避難ビルが適切な位置に建っているという結果が得られた。

8. 参考文献

- [1] 国土交通省都市局街路交通施設課都市計画課：東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）～津波からの避難実態調査結果(速報)～、2011年12月
- [2] 内閣府政策統括官（防災担当）：津波避難ビル等に係るガイドライン 津波避難ビル等に係るガイドライン検討会平成、2005年6月
- [3] 日本デジタル道路地図協会：URL <http://www.drm.jp/>、閲覧日平成25年9月29日
- [4] E.W.DIJKSTRA：A Note on TWO Problems in Connexion with Graphs Numerische Mathematik 1, 269-271, 1959
- [5] 松本直治：街路空間特性と歩行速度の関係 日本建築学会計画系論文集,74(640), pp 1371-1377