

J-16

## 津波に対する清水港湾口防波堤の費用対効果の評価に関する基礎的研究 (その2 エージェントの勢力圏および圏内人数の算出に関する検討)

### A Fundamental Study on Cost-effectiveness Analysis of the Breakwater at the Entrance of Shimizu Port 2nd. Considering Agent Sphere of Influence and to Estimate Headcount in the Sphere

○星野智史<sup>1</sup>, 増田光一<sup>2</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 恵藤浩朗<sup>2</sup>, 豊川大樹<sup>3</sup>\*Hoshino Satoshi<sup>1</sup>, Koichi Masuda<sup>2</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Hiroaki Eto<sup>2</sup>, Daiki Toyokawa<sup>3</sup>

Changing the height of the breakwater at the entrance of Shimizu Port to mitigate damage of human life in case of tsunami was considered in the previous paper. In that paper, affected agent was estimated in this regard, however the affected population wasn't estimated. In this paper, first agent spheres of influence were considered by the Voronoi tessellation. Then the headcounts in the spheres were estimated. And from agent sphere of influence and headcount in there, we revealed whether the 7.80 people of evacuation preparation time could be secured within 5 minutes by investment of 19.19 one million yen per person.

#### 1. 緒言

前稿で述べたとおり、本研究の目的は清水港湾口防波堤の費用対効果を明らかにすることである。

しかしながら、前稿で求めた清水港湾口防波堤の有無や高さが人的被害に及ぼす影響は、エージェントの被災に着目しており、具体的な被災人数については言及に至っていない。なぜなら、前稿で述べた手法のエージェントは各初期配置地点(交差点)の代表者を模擬しており<sup>[1]</sup>、群衆の行動を仮定した行動シミュレーションとなっているためである。それゆえ、被災者数の算出には各エージェントの持つ人数を算出する必要がある。ただし、対象地域の各交差点に配置されるエージェントは不規則な配置となるため、明確な領域分けを施した上でエージェントの勢力圏内の人数を算出することが重要となる。

不規則に配置された要素の勢力圏を明らかにするための代表的な領域分割手法の一つにボロノイ分割<sup>[2][3]</sup>がある。ボロノイ分割は、ボロノイ図と呼ばれる幾何図形の集合体で表され、ある距離空間上の任意の位置に配置された複数個の点(母点)に対して、同一距離空間上の他の近傍母点を求めることで領域を区分する手法である。

本検討では、まずボロノイ分割を用いて各エージェントの勢力圏について明らかにした上で、エージェントの持つ人数を算出する。加えて本検討では、前稿のエージェント

行動シミュレーションの結果において、防波堤天端高さを越波が生じない高さまで嵩上げした場合、避難開始時刻が30分の時点で被災エージェント数が1低減していることに着目し、津波対策として清水港湾口防波堤を嵩上げした際の費用対効果について明らかにする。

#### 2. エージェントの解析

本検討では、前稿の防波堤天端高さを変えた検討において、被災状況に差異が生じた1エージェントを対象エージェントとしている。したがって、対象エージェントの初期配置地点である静岡県静岡市清水区袖師町愛染町交差点が本研究の解析対象地点である。また著者らを含む既存研究<sup>[4]</sup>では、Figure 1に示すように避難準備時間を定義している。したがって、清水港湾口防波堤の嵩上げによって対象地点の避難準備時間を5分程度確保できる。

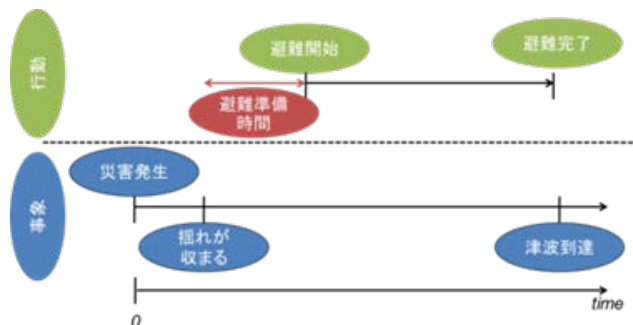


Figure 1. Concept Image of Starting Time to Escape

1 : 日大理工・院(前)・海建

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

2 : 日大理工・教員・海建

Department of Oceanic Architecture and Engineering/CST/ Nihon University

3 : 日大理工・学部・海建

Department of Oceanic Architecture and Engineering/CST/ Nihon University

解析対象地点の勢力圏をボロノイ分割<sup>[2][3]</sup>によって求める。解析対象地点の勢力圏および領域分けで用いた近傍交差点を Google Maps へプロットし、Figure 2 に示す。

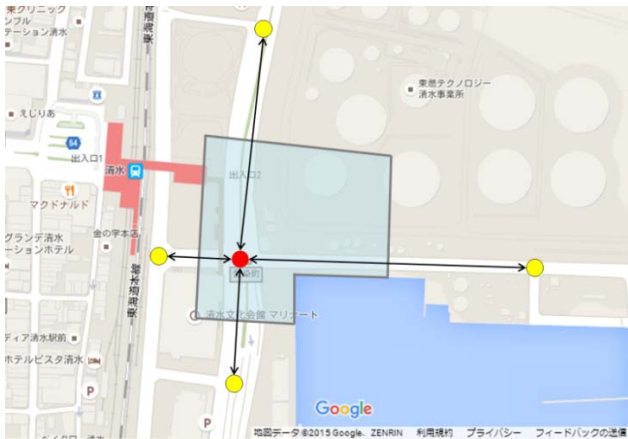


Figure 2. The Voronoi Diagram of the Agent

本研究では、清水区の人口密度を参考文献<sup>[5]</sup>より求め、Figure 2 で示す本解析地点の勢力圏の面積に乗ずることで本エージェントの持つ人数を算出する。本解析をまとめたものを Table 1 に示す。

Table 1. The Voronoi Diagram of the Agent

Sphere area [km <sup>2</sup> ]	Population density of Shinizu <sup>[4]</sup> [person/km <sup>2</sup> ]	Population [person]
$8.40 \times 10^{-3}$	933.10	7.80

以上の解析結果をまとめると、清水港湾口防波堤の天端高さを 2.20 m 嵩上げすることで、7.80 人の避難開始時間を発災後 30 分まで延長可能である。

### 3. 防波堤嵩上げ費用の概算

本検討では、防波堤嵩上げの際の主材料となるコンクリートの価格を設定し、防波堤の嵩上げに要する体積に乗ずることで防波堤の嵩上げに係る材料費を概算する。

前稿の津波伝播シミュレーション結果から、防波堤を越波しない場合、防波堤前面の最大津波高は T.P.+5.14 m であった。次に本研究で対象としている清水港湾口防波堤の既存天端高さが T.P.+2.94 m であることから、2.20 m 以上の嵩上げが必要となる。本検討では安全率を 1 と設定し、防波堤の天端高さを 2.20 m 嵩上げするものとして検討する。清水港湾口防波堤の総面積は 6,480 m<sup>2</sup> であり、嵩上げに必要なコンクリートの体積は 14,256 m<sup>3</sup> である。なお本検討では、参考文献<sup>[6]</sup>を基にコンクリートの価格を 10,500 円/m<sup>3</sup> とした。したがって、清水港湾口防波堤の嵩上げに係る材料費は 149.69 百万円程度の見込みとなる。

### 4. 研究結果および考察

本稿第 3 章までの結果を基に津波に対する清水港湾口防波堤の費用対効果を検討する。なお本検討では、7.80 人の避難準備時間を 5 分確保するために要する一人当たりの投資単価を費用対効果の指標として求める。したがって、第 3 章で算出した清水港湾口防波堤天端高さの嵩上げに要する費用を、第 2 章で算出した対象エージェントの持つ人数で除した。その結果、清水港湾口防波堤の天端高さを 2.20 m 嵩上げし、7.80 人の避難開始時間を発災後 30 分まで延長する場合に一人当たりが要する投資単価は約 19.19 百万円である。

### 5. 結言

本研究では、数値シミュレーションを用いた検討から、一人当たりが要する投資単価と、それによって確保可能な人数および避難準備時間を算出し、津波対策として清水港湾口防波堤の天端高さを嵩上げた場合の費用対効果を評価した。ただし今後は、人数の算出に用いる人口密度や概算される費用をより詳細な諸元に置き換えることで評価精度の向上に取り組む必要がある。

### 6. 参考文献

- [1] K. Masuda, T. Ikoma, Y. Aida, S. Hoshino and J. Takayama: "Development of Tsunami Hazard Map for Supporting Evacuation Guidance in Tsunami", OMAE2015-42343, 2015.
- [2] F. Aurenhammer: "Voronoi Diagrams — A Survey of a Fundamental Geometric Data Structure", ACM Computing Surveys, Vol 23, No 3, pp.345-405, 1991.
- [3] A. Okabe, B. Boots, K. Sugihara, S. Nok Chiu: "Spatial Tessellations - Concepts and Applications of Voronoi Diagrams (2nd edition)", John Wiley, ISBN0-471-98635-6, 2000.
- [4] 星野智史, 増田光一, 居駒知樹, 恵藤浩朗, 相田康洋, 関貴仁: 「津波遡上時における避難施設配置計画の評価に関する研究 (その 2 避難準備時間の可視化)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), pp.15-16, 10008, 2014.
- [5] 総務省統計局: 「平成22年国勢調査」, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>, 参照2015-9-14
- [6] 静岡県交通基盤部: 「平成27年度静岡県建設資材等価格表 (土木工事編)」, 2015.