

衛星利用型地形社会モデルによる鎌倉の津波人命リスクの評価と対策

(株) 遥感環境モニター 代表取締役 正会員 ○金子大二郎

1. 目的

南関東地震の震源に近い湘南地域は、家屋倒壊や津波遡上へのリスクが高く、首都圏の中でも特に注目地域として減災の抜本的具体策を立案するのが望ましい。その中でも文化観光都市として重要な鎌倉市は、津波遡上に対する避難に当たって住民ばかりでなく土地不案内な観光客が多く、鶴岡八幡宮への小町通りの密集商店街は、人々が賑わう密集地帯となっている。著者は鎌倉市について、高規格海岸道路と観光車両の駐車場を埋設しながら広域避難地を内蔵した津波防災松林丘陵（図-1）の建設を提案してきた。その築造意義と人命リスクを評価したので報告する。

2. 津波減災の研究対象域

本研究では、三連動の東南海地震と慶長型南関東地震の津波対策を念頭に、藤沢市から鎌倉市および逗子市を研究対象として選定した。最初に、人命損失の視点から倒壊と漂流し易い木造住宅の分布を抽出するために、衛星利用の最尤法によって土地被覆を分類した。使用した衛星はALOSの2009年4月13日の可視・近赤外データである。AVNIRの分解能は10mと高い。土地被覆分類結果から、木造住宅域（桃色）と、避難地としての公園・森林域（緑色）を示している。次に地形の特徴として鎌倉は鎌倉幕府立地の要衝として知られ、三方を山で囲まれている。そのため、遡上高が更に高まる不利な地形ではあるが、山裾取り付け閉口型の防災丘陵を築き易い長所でもある。

3. 津波避難人命リスク評価モデル

津波遡上による避難時の人命リスクについて，以下のようにモデル化している．基本となる形式は，首都



図-1 高規格道路と避難地を内臓型津波防災丘陵

の震災に伴う同時火災時において、密集木造住宅地域からの避難の際に関わる要因を考慮しながら定式化した衛星利用型のグリッドモデルである。津波避難にあたっては、新たな要因として津波による浸水深が加わっている。その浸水深は浸水高と標高値から求められる。人命危険度 R_{isk} は人口数単位とし、浸水深が基準の値を超えると死亡と判定するポテンシャルモデルである。避難の基準となる距離は到達時間に依存するが、避難開始の遅れを考慮し、500mを越えると危険とした。

$$R_{isk} = \left\{ (D_{dp} \cdot AG_r) \cdot \left(\frac{WH_r}{WH_0} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_{ist}}{D_0} \right)^2 \cdot (H_{fl} - H_{el} - H_{f0})$$

ここに、 R_{isk} : 津波避難人命危険リスク、 D_{dp} : 住民人口密度(人/500m 四方当たり)、 D_{p0} : 人口密集地区基準値 = 4,000(人/km²)、 AG_r : 高齢化率(%、500m 四方単位)、 WH_r : 補正用木造住宅率(%、70m 四方平均値)、10m 解像度である ALOS の 49pixels 平均値、 WH_0 : 市内木造平均住宅率、 D_{ist} : 広域避難地までの避難距離(km)、 D_0 : 基準とした津波避難直線距離 = 500m、 H_{fl} : 津波遡上の浸水深 D_{fl} (地点における浸水高 H_{fl} -標高値 H_{el})、 H_{f0} : 死亡水深 (0.3m とした。転倒を考慮)

避難の基準となる距離は津波到達時間により異なる。慶長地震型や元禄型南関東地震の場合も、最大の津波高とは異なった第二、第三波の到達時間の短い津波が危険と考えられる。

4. 人命リスク計算の使用データ

モデルの要因として、人口密度、木造住宅率、広域避難所への避難距離、津波遡上による浸水深である。

同時火災避難のリスクモデルに、人口密度と浸水深が新たに考慮されている。使用した内閣府提供の地形データは、東南海地震9系の海陸の地形データであり、日本測地系となっ

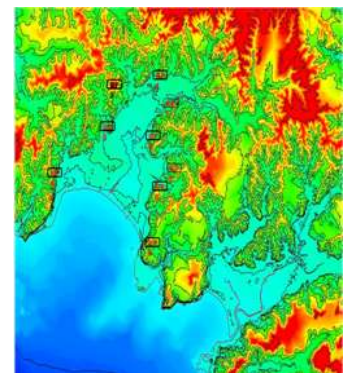


図-2 広域避難地と標高との関係



図-3 市中心部の木造住宅密集率

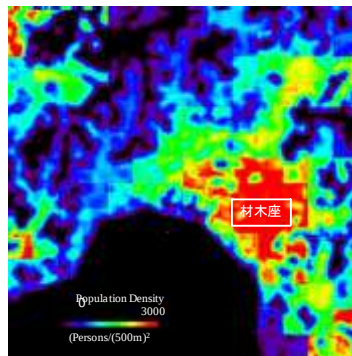


図-4 鎌倉市中心部の人口密度分布

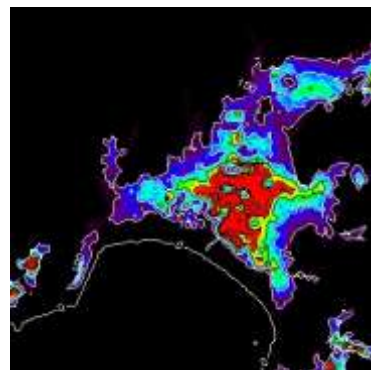


図-5 津波避難人命リスク分布

表 1 鎌倉市中心部の広域避難場所と主要な緊急避難空地

施設番号 No.	避難地 名称	施設種類 広域・空地・橋	所在地 住所	標高 (m)	避難有効 面積(㎡)	避難距離 (m)	避難場所 位置	避難場所 位置
(1) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(2) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(3) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(4) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(5) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(6) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(7) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(8) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(9) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○
(10) 鎌倉公園	公園	広域避難場所	鎌倉市東ノ宮1丁目1-37	約25m	約1000	約1000	○	○

ている。一方、使用した衛星データは世界測地系であり異なる。また、衛星データは衛星の軌道は北に対して傾斜角 9.715204° ばかり傾いている。これらの各データを内閣府の日本測地系に整合化せねばならない。更に、内閣府の地形データのメッシュ値は10mであるので、この解像度に統一した。広域避難地や緊急避難空地への避難距離は、各メッシュ地点から最も近い広域避難地・緊急避難空地への直線距離とした。鎌倉市中心街について、広域避難地と緊急避難空地を表1に示した。これらの避難地と標高との位置関係を図-2に示した。海岸からの若宮大路周辺が避難地の空白域である。この配置に基づき、木造家屋があるメッシュ毎に全ての避難地への直線距離を計算し、最も近い距離を避難距離と判定した。木造住宅率(%)は70m四方平均値であり、10m解像度であるALOS衛星の $7 \times 7 \text{ pixel} = 49 \text{ pixels}$ 平均値で表しており、密集住宅地の指標となる。鎌倉市内中心部の木造住宅率分布を図-3に示した。市の南東部の材木座と南西部の江の島電鉄沿線の木造住宅率が高い。日本地図センターが提供する500mメッシュの人口データを基に、鎌倉市中心部の人口密度分布を図-4に示した。木造住宅率分布を利用して10mメッシュの人口密度を推定している。

5. 人命リスク計算結果の評価

津波遡上の避難人命リスクモデルによる計算結果を

キーワード 津波, 人命, 減災, 防災丘陵, リモートセンシング, 都市計画

連絡先 〒236-0046 神奈川県横浜市金沢区釜利谷西 4-5-5

TEL (045) 786-5350 E-mail: kand.rsem@gmail.com

図-5に示した。鎌倉駅南部から材木座にかけて津波避難人命リスクが高く、その人口は住民だけでも約15,310人であった。その原因は以下の通りである。

- 1) 高密度人口密集域が材木座周辺である。
- 2) 材木座から駅東南部に高い木造住宅域が分布する。
- 3) 由比ヶ浜や海岸域が、広域避難所から最も遠い。
- 4) 若宮大路一帯が東西の広域避難地から離れている。
- 5) 標高が低く、津波浸水深が大きい。

これらの要因が総合されて、材木座から駅南部にかけての地区が危険地域となっていることが分かる。

6. まとめ

震災時の津波による人命リスクを評価した。本研究の結論は次の通りである。衛星データから得られる木造住宅分布と広域避難場所の所在地、標高の地理情報、そして500mメッシュの人口密度データを使用し、津波人命リスクの地域分布を評価した。最も危険な地域は、鎌倉駅南部から材木座であった。

参考文献

- 1) 細山田得三・金子大二郎・大竹剛史:津波脆弱性海岸における盛土構造体による津波対策工評価のための数値実験,土木学会論文集 B1, Vol. 71, 特別号・水工学論文集, 第 59 巻, 228, 6p, 2015.
- 2) 金子大二郎・浅田純作, 衛星グリッド型避難危険度分布による公園型避難者専用橋整備の提案, 日本地震工学会・大会-第 10 回梗概集, 2013 年, pp395-396.
- 3) 金子大二郎, 歴史遺産都市鎌倉への高規格海岸道路と広域避難所兼観光用駐車場を埋設した山裾閉口型津波防災松林丘陵の提案, 土木学会第 69 回年次学術講演会, I-357, 2p, 2014.
- 4) 神奈川県県土整備局 河川下水道部 流域海岸企画課, 新たな津波浸水予測図解説書, および慶長型地震による津波浸水予測図, 津波浸水予測図_元禄方関東地震神奈川県全県図, 2012, 42p.