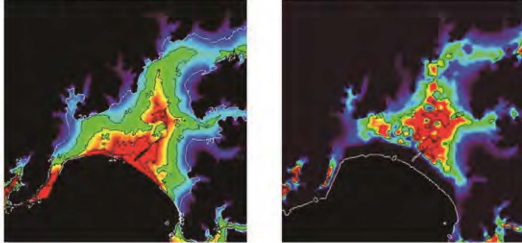


地震防災の避難上の特異事情を含む首都圏の重要課題域と減災対策  
津波遡上を考慮したハイリスク地域への防災事業の提案

(株) 遙感環境モニター 代表取締役 **金子大二郎**

Risk\_Sightseer **鎌倉市中心部** Risk\_Dweller



研究の背景

1. 首都圏には、震災時の減災に当たって、避難経路に存在する地形や、津波の遡上の視点から人命リスクの高い地域が存在する。
  - 1) その中でも著者は、特に広域避難地として計画されている河川敷の水没や、同時火災時に避難する人々が集中する商業の複合のリスクへの減災対策の必要性を指摘してきた。
  - 2) 一方、河口に近い沖積地や埋立地については、地震時の倒壊や津波の低地域への遡上ばかりでなく、広域避難地のある河川を長距離に渡って高水敷を遊水させる実態が、東日本太平洋沖地震の被害実態から判明している。
  - 3) 著者は、これらの減災上の対策としてスーパー耐震橋梁や公園型遊水場専用橋を提案してきた。
2. しかし、震源域によっては南関東地震に近い湘南地域は、家屋倒壊や津波遡上のリスクが高く、首都圏の第三の注目地域として減災の技術的具體策を立案するのが望ましい。
3. その中でも、文化観光都市として重要な鎌倉市は、避難地等について土地不案内な観光客が多く、若宮大路や小町通りの土産小物の商店街に人々が賑わう人口密集地帯となっている。
4. しかも鎌倉は、南の海に面したすり鉢状の地形から、首都圏の中でも最大級の津波波高が想定されている。
5. これら特異なリスク要因を含む首都圏の重要課題域を別図に整理した。
6. 本研究では、地形から効果的に対策を探りやすく、歴史遺産として文化的に放置できない鎌倉市について、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の建設を提案した。

震災被害リスクの高い地域

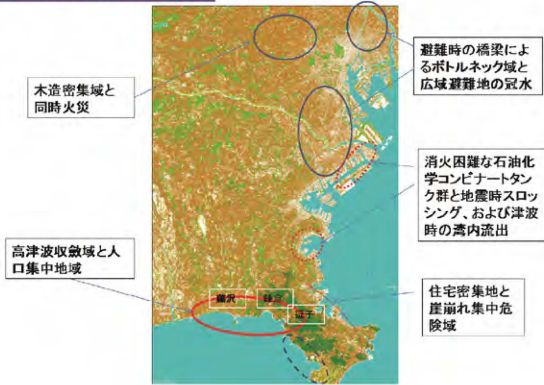


図1 首都圏南部の東日本大震災津波被害想定と震災人口リスク重要課題域

なぜ鎌倉か？

1. 火災避難の一方で、首都圏南部には津波による甚大な人的被害の可能性が指摘され続けてきた。  
神奈川県庁の津波推定高さ：内閣府は鎌倉が首都圏で最大である14.1mと推定した。その後、本年に神奈川県庁が同最大14.6mと推定した。  
鎌倉は、南関東地震の東南海地震に向かって凹レンズ型に湾曲する相模湾の海岸と、丘陵に挟まれた海に開口する楔形の平地という津波に不利な地形条件から、歴史的に津波被害が繰り返されてきた。
2. 鎌倉市は、鶴岡八幡宮をはじめとする神社仏閣や景観の良い由比ヶ浜・江の島海岸があり、多くの津波避難に不案内な観光客が住民と同等の密度で中心市街地を訪れており、観光客に甚大な人的被害が及ぶという深刻なリスクがある。
3. しかし、津波が巨大すぎて対策が困難であると共に、適切かつ根本的な解決策が取られて来なかった。
4. そのため、本研究では、地形的に津波に対し不利であり、且つ多数の観光客の訪れる歴史遺産都市鎌倉を対象に、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を提案している。  
なお、かつて由比ヶ浜に知られた松並木が存在した。  
急ぎの目標：
  - 1) 鎌倉市中心部の恒久的と津波減災方策として
  - 2) 交通渋滞の都市問題を解決する方策としての防災丘陵の意義
  - 3) 防災丘陵の対策が未整備な段階での津波人命リスク評価

2. 研究対象域と使用衛星データ

1. 湘南域は、想定される津波波高が高いにも拘わらず、これまでに抜本的な防災対策が示されていない。
2. 本研究では、東南海地震と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た。
3. 宮城県石巻市の津波遡上の浸水域を参考にすれば、平地で約4kmであり、別図に示した水色の標高15m範囲が浸水する可能性が高い。  
最大の遡上高は、東日本大震災時の女川町の津波高15mと中心部の遡上高20m強が参考となる。
4. 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に注目する。  
衛星利用の最尤法によって、土地被覆を分類した。木造住宅域のみを抽出した。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。5. 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(赤色)と、避難地としての公園・森林域(緑色)を示してある。
6. なお、この地域の津波遡上については、衛星データによって抽出した木造住宅域を使い、浸水深と住宅の漂流を含めた被災を別途に再検討中である。

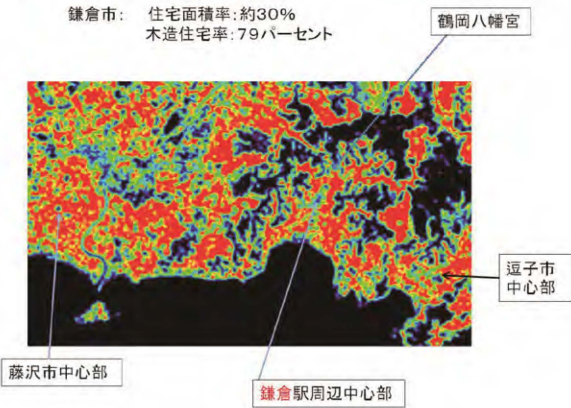
津波避難 住民人命リスクポテンシャルモデル

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

$R_{isk}$  : 火災避難人命危険度  
 $D_{dp}$  : 住人口密度(人/500m四方あたり)  
 $D_{p0}$  : 人口密集地区基準値 = 4,000(人/km<sup>2</sup>)  
 $AG_r$  : 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7×7=49pixels平均値  
 $WH_0$  : 市内木造平均住宅率  
 $D_{ist}$  : 避難距離(km)  
 $D_0$  : 基準避難直線距離 = 1.5(km),  
 計画基準2km  
 $H_{fl}$  : 津波遡上の浸水深  $D_{fl}$  (地点における浸水深  $H_{fl}$  - 標高値  $H_{e0}$ )  
 $H_{f0}$  : 死亡水深 (0.3m、流速と漂流物による転倒)

鎌倉市の臨海部の木造住宅率分布:90m四方平均面積率

鎌倉市: 住宅面積率:約30%  
木造住宅率:79パーセント

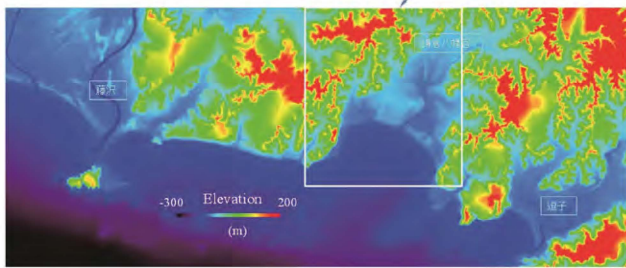


津波防災丘陵の提案と配置と断面

1. 計画する防災丘陵の規模は、鎌倉由比ガ浜にある国道134号線に沿い、全長3kmであり、丘陵高さ20mである。
2. 東西の山裾に丘陵を接続し、津波に対し閉口させて市内を守る。
3. 地震の非常時には、市民と海岸付近の観光客の緊急避難の場所となり、平常時には、高規格海岸道路となって鎌倉市内の交通混雑を軽減する。
4. 防災丘陵内には、駐車場を埋設する。市内への観光車両の進入を禁止し、埋設型駐車場から市内へ往復バスを運行すれば良い。
5. 平常時に丘陵を自然公園として利用するためには、断面形が緩やかであることが望ましい。一方で、津波が遡上し難くするため公園利用を兼ねて、階段状のテラス型(例、ボツダム・サンスーシー宮殿前の庭園)を設け、柵部分には、欧州の宮殿に見られる庭園と同様に花木(梅、桜、紅葉、花壇)と、遡上抑制と景観を兼ねた多数の松を植栽する。
6. この自然公園は、市民の散策やジョギング・キャンプ等のアウトドアレクリエーションおよび催し物の場として提供する。
7. 大規模工事になるため、割石や土取り場の跡地売却利用も考慮し、実現性を高める必要がある。
8. 別途、遡上シミュレーションと数値波動水槽により、遡上と感流に対する丘陵断面形状の細部を検討中である。

津波遡上シミュレーション範囲  
藤沢・鎌倉・逗子市

津波防災対策評価範囲:  
鎌倉市中心部



Geo-coded Land-cover classification:  
Wooden Houses  
Park and Grassland  
Forests  
Water  
Others



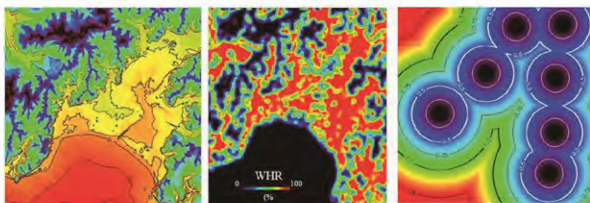
日本測地系に統一された衛星からの土地被覆分類結果

津波遡上の人命リスク要因

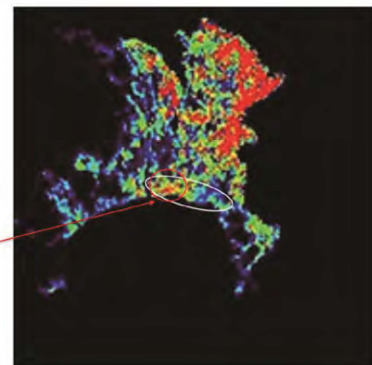
標高

木造住宅率

避難距離



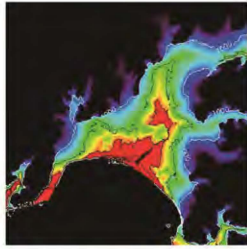
人口密度分布:神奈川県全域  
500mメッシュ値



茅ヶ崎・藤沢市は平地なため津波対策は困難。高層住宅避難難

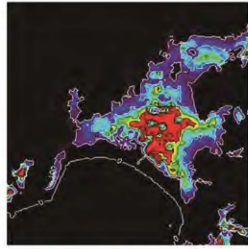
人命リスク分布： 人数/500m四方表示

Risk\_Sightseer



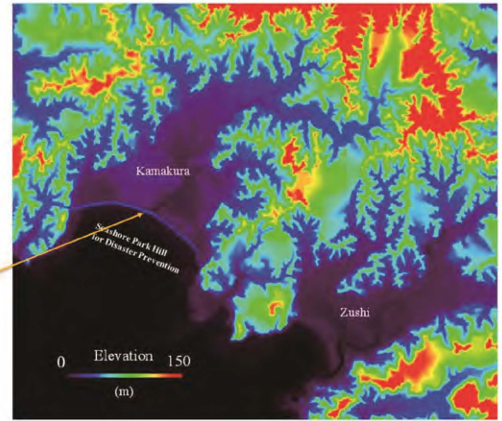
海岸観光客の居る由比ヶ浜が人数と避難距離および津波高さによって最大クラスの5000人密度で死亡する危険(津波到達時間に依存する)

Risk\_Dweller



鎌倉駅南部から材木座にかけて、人命リスクの人数が多い(2000人密度)。標高と密集の木造住宅率・避難距離および津波浸水深が大きいため。

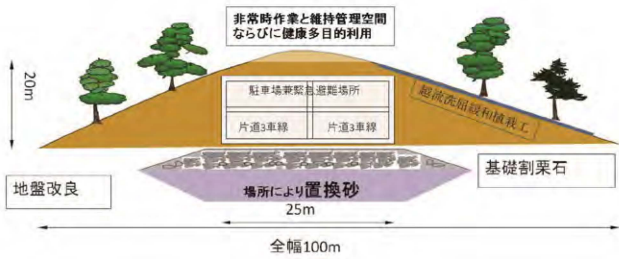
高規格海岸道路と広域避難所兼観光用駐車場を埋設した山裾閉口型津波防災松林丘陵



開削埋設工法による山裾取付閉口型の津波防災松林丘陵

想定：鎌倉由比ヶ浜の全長3km、丘陵高さ25m

常時：高規格海岸道路兼観光用駐車場  
地震非常時：海岸付近の観光客の緊急避難場所



結論：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

1. 三連動の東南海地震や慶長地震型の南関東地震による津波災害を想定し、人命リスクの減災対策として、歴史文化都市として知られた首都圏の鎌倉を対象に、高規格海岸道路兼観光用駐車場を埋設した津波防災松林丘陵を提案した。
2. 市中心部の交通渋滞の緩和と広域避難地の確保を図ると共に、平常時には海浜公園を兼ねた山裾閉口型の多目的な防災丘陵である。
3. 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に、週末には居住者と同等以上の人数となる観光客数データを加えて使い、人命リスクの地域分布を評価した。
4. 減災対策として、津波が湧上しやすい鎌倉市の地形を逆利用し、閉口型津波防災松林丘陵が効果的である。

今後の課題：

- 1) 越流防止に配慮した防災丘陵の断面概念設計：
  - 1) 丘陵高さと基盤高とによる越流防止の再検討
  - 2) 津波人命リスクモデルの再計算とリスク評価  
越流防止の基盤高を加えた防災丘陵断面による再評価
- 2) 防災丘陵が未整備の段階における鎌倉の人命リスクの評価
  - 1) 防災丘陵が未整備な場合の避難対策
  - 2) 土地不案内な居住者と同規模の観光客への避難指導対策

5. これらの対策により、首都圏の激甚被害の軽減に社会貢献する。