

海岸林を活用した多重防御の戦略的空間設計 -宮城県岩沼市を対象として-

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○大平 浩之  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 山下 啓  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 林 晃大  
 東北大学災害科学国際研究所 正会員 今村 文彦

1. はじめに

東日本大震災の教訓を踏まえて、多重防御による津波対策の重要性が益々高まっている。この中で、多くの被災地域で海岸林を活用した多重防御整備事業が進められているが、海岸林整備に関して、津波減衰・減災効果を有効に発揮する位置や配置といった空間分布形状についての検討は少ない。

そこで、本研究では既存の防災施設に新規施設を付加する形で多重防御整備を展開している宮城県岩沼市を対象として、軽減を目的とするリスク毎に海岸林を活用した戦略的な被害多重防御の空間設計を提案する。

2. 海岸林を活用した多重防御の戦略的空間設計

本研究で行なう多重防御設計のフローは図-1 に示す通りである。津波外力は東北地方太平洋沖地震津波とする。建物被害と人的被害のそれぞれのリスクに応じた多重防御の空間設計を試みた。詳細は後述するが、建物被害は流体力を軽減、人的被害は避難可能距離を長距離化するよう、まずは、図-2 に示す岩沼市の多重防御を模した理想地形で津波数値解析を行ない、新たに造成する海岸林の諸元を決定する。そして、モデル地形での解析結果を踏まえた海岸林諸元を用いて、多重防御整備完了後を想定した岩沼市実地形で津波数値解析を行ない、解析結果に基づき、ハザード・リスク評価を行なう。

2. 1 解析手法と諸条件

本研究で使用する津波波源モデルは、東北大学モデル Ver1.2 の全てのセグメントの滑り量に幾何平均値を乗じ、スケーリングしたモデルとする。なお、図-1 中の理想地形を対象とした解析では、上記の津波波源モデルを用いた解析により、岩沼市沖合 10 km で得られた津波高さ 6 m、周期 20 分を入力波とした。空間格子間隔及び計算時間間隔は、それぞれ、5.0 m 及び 0.1 s である。計算時間は 3 時間とした。

海岸林モデルは、大平らを基に設定し<sup>1)</sup>、海岸林の空間分布形状として、(a) 一列形状、(b) 並列形状、(c) 千鳥格子形状の 3 パターンの形状を想定した。

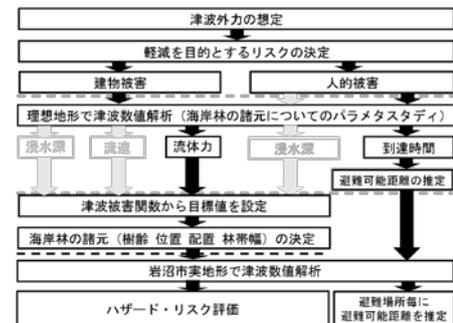


図-1 海岸林を活用した多重防御のフロー

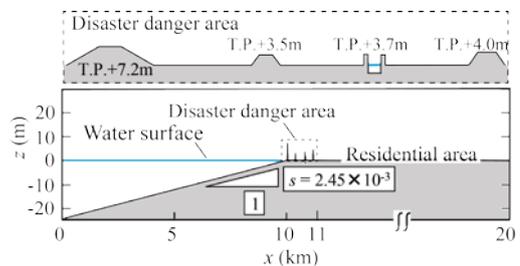


図-2 計算地形（モデル地形）

2. 2 建物被害を軽減するリスクとした場合

津波や洪水による建物被害は、流れの集中等の局所性が含まれるため、浸水深だけでなく流速成分を含む流体力での評価が必要である。そこで、本研究では、建物被害をリスクとする場合には、軽減の対象ハザードは流体力とする。ここで、流体力低減の目標値を設定するにあたり、家屋壁面に作用する単位幅あたりの抗力は 20 kN/m が大破以上の閾値となることから<sup>2)</sup>、海岸林を造成することで、図-2 に示す災害危険区域背後に位置する居住区域での流体力が閾値を上回らぬよう、海岸林の諸元を決定した。

理想地形での計算結果より、分布形状 (a)、林帯幅 750m、樹齢 50 年の条件で上記抗力の閾値を居住地域で上回らないことがわかり、堤防背後に海岸林を整備した場合にも海岸林は倒伏せず、減衰・減災機能を発揮することを確認できた。理想地形での検討を踏まえ、現況の多重防御整備に新たに海岸林を造成することを想定した津波数値解析を岩沼市実地形で行ない、流体力（抗力）を用いた被害関数に基づき、建物被害率を推定した。ここで、建物位置は『復興支援調査アーカイブ』データを用いており、震災前後の位置情報が異なる場合があることに留意する。図-3 に現況計画およ

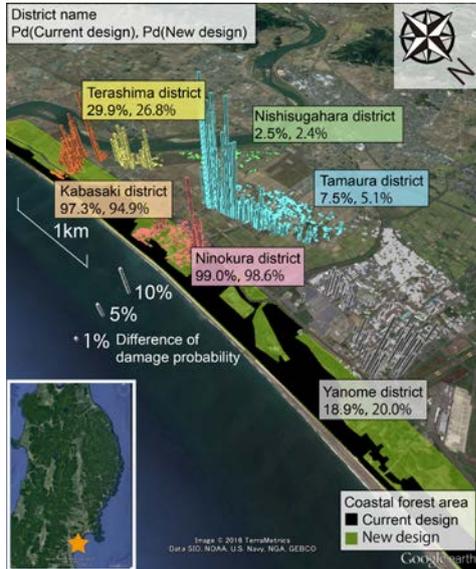


図-3 沿岸 6 地区の現況計画・本研究考案の多重防御空間での建物被害率およびその差の空間分布図  
 び、上述の海岸林諸元を用いた多重防御空間での建物被害率を示す。沿岸 6 地区毎に建物被害率を算出したが、図-3 中の蒲崎、二野倉地区は震災以後、災害危険区域に指定されており、防潮堤と二線堤である嵩上げ道路に囲まれているため、被害率が非常に高い値となっている。図-3 をみると、矢野目地区以外の地区で被害率が減少しており、最大で 3% 程であった。建物被害率の差の空間分布をみると、玉浦地区（海側）で特に被害率が低減されており、前後の比較をとると、最大で 40% 程であった。

### 2. 3 人的被害を軽減するリスクとした場合

津波による人的被害は、一般的に浸水深により想定されるが、避難行動の有無や人々の危機意識などに左右される。一方で、生存者と亡くなった方の避難開始までの平均時間の差は 2 分であった<sup>3)</sup>。このことより、僅か数分でも津波の到達時間を遅延させることができれば、避難時間確保に繋がり、人的被害を軽減させ得ると考えられる。

そこで、本研究では、人的被害をリスクとする場合は、式 (1) に示す海岸林造成による津波到達時間の遅延により確保される避難可能延長距離を推定する。

$$L_{fl} = P(T_{fl} - T_{f0}) \quad (1)$$

ここで、 $L_{fl}$  は海岸林造成により確保される避難可能延長距離、 $P$  は歩行速度、 $T_{fl}$  および  $T_{f0}$  は林帯幅  $l$  m、0 m の時の津波到達時間、すなわち、 $T_{f0}$  は海岸林がない場合の津波到達時間である。歩行速度は平野部での平均避難速度 0.78 m/s とした<sup>4)</sup>。なお、本研究では、平均的な避難距離として、移動方向による避難距離の違いは考慮していない。

図-4 に一例を示すが、理想地形での解析結果より、

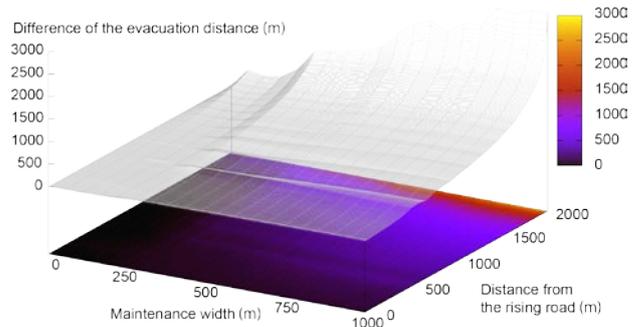


図-4 海岸林造成により確保される平均的な避難可能延長距離、海岸林諸元（分布形状(a)、樹齢 50 年）

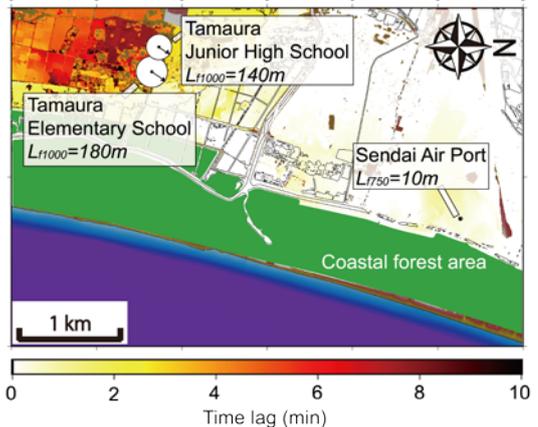


図-5 海岸林造成により確保される平均的な避難可能延長距離（避難場所毎）および津波到達の遅延時間

海岸林の分布形状により異なるものの、内陸に向かうほど、海岸林造成により確保される避難可能延長距離は指数関数的に長距離化することが確認され、分布形状 (a) で最大 3 km 程になることがわかった。理想地形での結果を踏まえ、岩沼市実地形での検討を行ない、海岸林造成により確保される避難可能延長距離を指定緊急避難場所毎に算出した。実地形での結果の一例として、分布形状 (a)、林帯幅 750 m・1000 m、樹齢 50 年での結果を図-5 に示す。図-5 をみると、仙台空港では、海岸林造成による効果は小さいものの、玉浦小学校、玉浦中学校では相対的に効果は大きく、避難可能延長距離を 100 m 以上確保できることが示された。

### 3 おわりに

本研究では、宮城県岩沼市を対象として、建物および人的被害毎に、現況計画に海岸林の増設を想定した多重防御空間のハザードおよびリスク軽減効果を評価した。今回は海岸林にのみ着目したが、他の防災施設との複合的な効果の検証は今後の課題である。

参考文献 1) 大平ら：土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.72，No.2，pp.11459-1464，2016. 2) 越村・萱場：日本地震工学会論文集，第 10 巻，pp.87-101，2010. 3) ウェザーニューズ：東日本大震災 津波調査，2011. 4) 国土交通省：「津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について（改訂版）」，2012