

長期間測量を用いた台風に対する海岸脆弱性の統計的評価

Statistical Assessment of Coastal Vulnerability to Typhoons Using Long-Range Surveying

豊橋技術科学大学 助教 豊田将也

(研究計画ないし研究手法の概略)

【研究背景・目的】

本研究では、多数の台風イベントの地形変化を解析することで砂浜海岸における脆弱地点の検出と、海岸に対して高リスクな台風特性について評価することを目的として研究を実施した。日本の海岸で数十年規模の長期モニタリングデータが存在している地点は限られており、また台風に対してより鋭敏な地点（ホットスポット）の検出や、砂浜への影響が大きい台風特性の統計的評価は行われていない。本研究で得られた知見は、他の海岸でも転用することができ、持続可能な海岸の整備に貢献できることが期待される。

【研究手法】

解析には豊橋技術科学大学の海岸工学研究室が保有する表浜海岸に関する岸沖断面測量データを使用した。この海岸測量は1999年5月から概ね週1回の頻度で実施されており

(図-1)、表浜海岸に点在する4地点（高塚、寺沢、小島、西細谷）を対象としている（小島のみ2006年開始）。本研究では、1999年から2019年までの期間に表浜海岸に接近した台風（半径800km以内）を対象とした。その際、台風前時点で汀線距離が年平均値から大きく外れるデータは

(10%以上)、自然変動量と台風起因の変動量の判別ができないため解析対象から除外し、残った56事例（元の総数：83事例）を対象とした（図-2）。また本研究では台風前後における測量結果から汀線変化量と断面積変化量を算出した。ここで汀線は実施測量結果からT.P. +0.88m高さと砂浜表面との交点と定義している。また外力条件として考慮する波浪については、Shimura et al. (2019)によるJRA-55を用いた長期波浪推算結果を用いた。具体的には、対象台風時の表浜海岸に該当する格子点の波高・周期を抽出し、侵食の有無と照合した。この処理を全台風に実施することで汀線変化と断面積変化に関するデータベース(DB)を作成してい

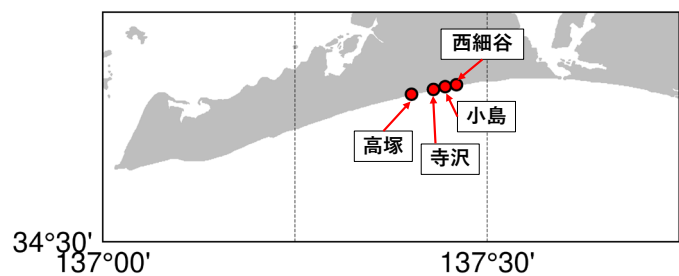


図-1 対象地点の位置関係

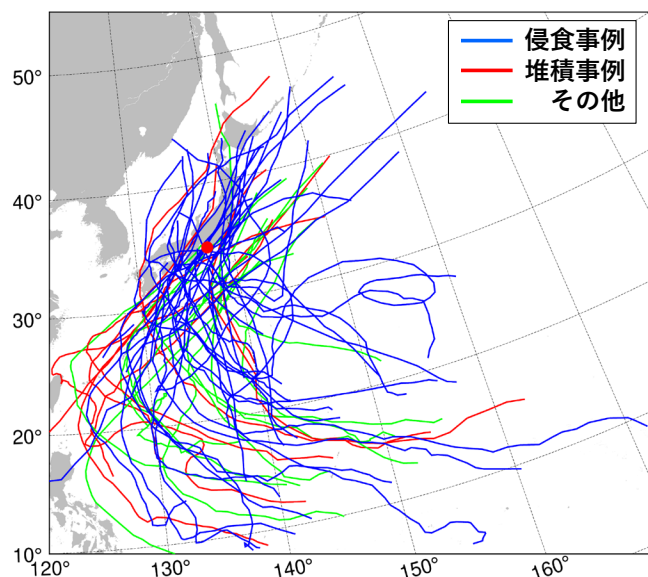


図-2 対象台風事例の経路図

(青：侵食，赤：堆積，緑：その他)

る。DB では汀線変化に着目し、4 地点中 3 地点以上の侵食がみられた事例は侵食台風と判断し、反対に 3 地点以上の堆積がみられた事例は堆積台風とした。このプロセスにより侵食を引き起こす台風（侵食事例）とそれ以外の台風（堆積事例またはその他）に分類した。

（実験調査によって得られた新しい知見）

【解析結果】

まず 4 地点の海岸測量結果の長期トレンドについて確認した（図-3）。最も西側に位置する高塚、その隣の寺沢においては、汀線位置および断面積の傾向から堆積傾向にあることがわかる。一方で東に位置する小島、西細谷ではやや侵食傾向が見て取れた。小島においては平成 20 年度から 24 年度にかけてアカウミガメの産卵に配慮した消波ブロックの移設作業（エココースト事業）が行われた影響もあり、他の 3 地点とは大きくことなる傾向を示していると考えられる。

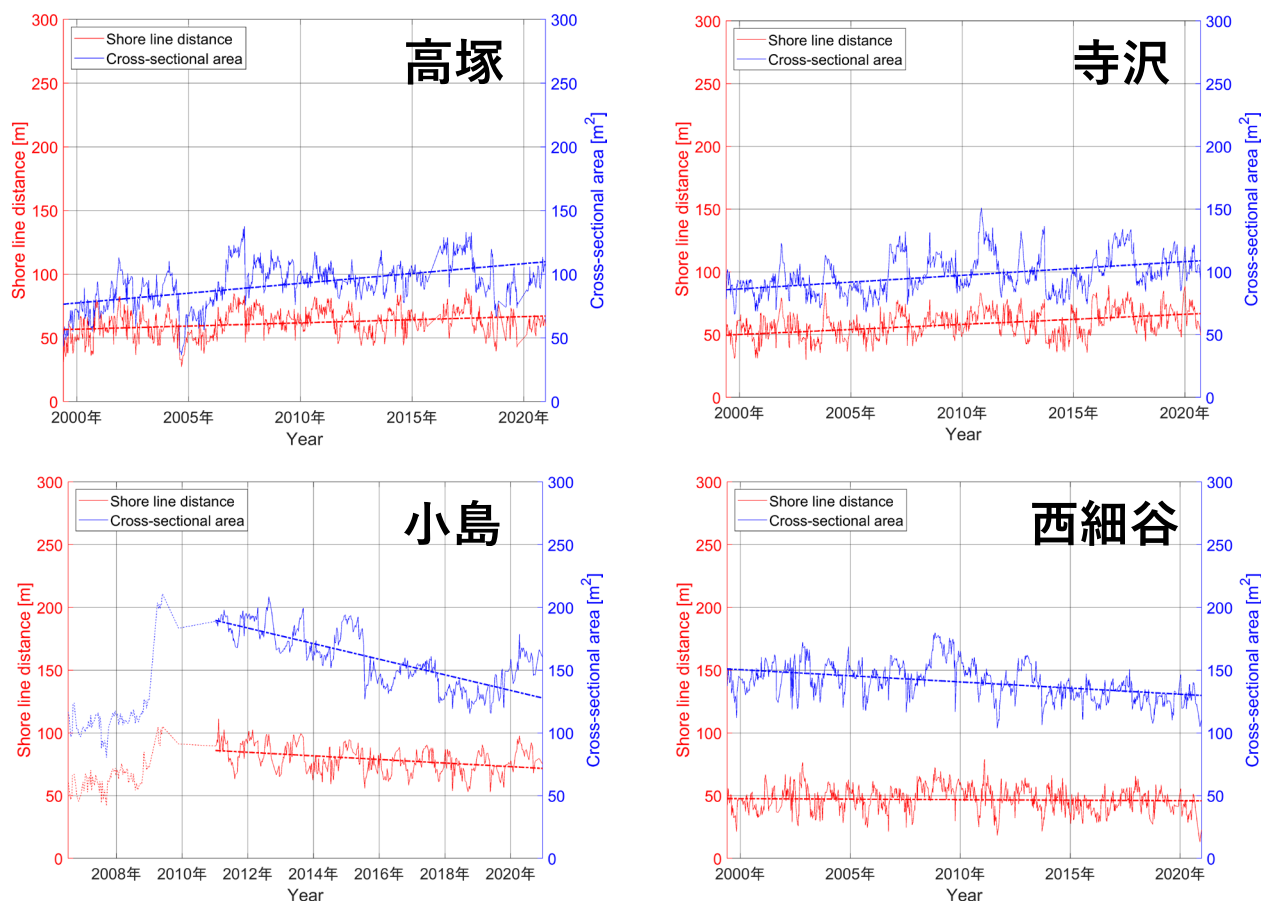


図-3 測量対象の 4 地点における海岸地形変化に関する長期的なトレンド
（赤：汀線距離，青：断面積）

続いて DB から得られた対象事例の分類について議論する。56 事例の台風のうち、侵食事例は 35 事例、堆積事例は 9 事例、その他が 12 事例であった。汀線距離と断面積では最も大きな侵食を及ぼした事例が異なっており、汀線距離を最も減少させたのは 2007 年台風 9 号であり（全地点平均で-32.3%）、断面積を最も侵食したのは 2007 年台風 4 号であった（-24.3%）。一方で堆積事例およびその他の事例においては、台風前後で最も堆積した事例は、汀線距離および断面積でいずれも 2001 年台風 17 号であった（それぞれ 26.4%、13.1%）。ま

た侵食事例における最大有義波高の平均値は4.25m(周期は8.8s)であり、堆積およびその他の事例では2.51m(8.0s)であった。尚、この最大有義波高の値は統計的に有意な差であることも明らかとなった(有意水準5%,片側検定)。一方で周期や波向については大きな差はなく、台風によって浸食されるかどうかについては波高によって決定される傾向にあるといえる。また台風経路との関係についても調査したところ、海岸から台風中心までの距離が近いほど

侵食される傾向にあることも明らかとなった(図-4)。図-4の縦軸は正の値が侵食変化、負の値が堆積変化を示している。また横軸には波高を表示しており、カラーバーは海岸と台風中心の距離を表している。この分布図から台風中心が海岸に近い範囲のケースでは(暖色系)、多くが正の値に分布していることがわかる。侵食を引き起こした台風の大半が表浜海岸から半径150km以内の近い地域を通過、または遠く離れていても「強い」勢力で西側を通過しており、表浜海岸周辺で強い風が吹きやすい状態にあったと推察される。一方で波高が大きく、また距離が近いにも関わらず堆積変化を示す事例も確認された。このような事例は台風経路に特徴があり、対象とする表浜海岸の南海上で東側に向かって進む経路を取っていることが明らかとなった(例えば2019年台風19号)。

最後に4地点の地点間の比較結果について議論する。地点間の汀線変化の相関を確認すると、「高塚」と「寺沢」、「高塚」と「西細谷」および「寺沢」と「西細谷」においては相関係数が0.4を超え比較的高い正の相関がみられた。一方で小島を含めた組み合わせでは正の相関(0.4以上)はみられなかった。小島以外の3地点については、台風時の地形変化は概ね同じ傾向であるといえる。小島において他地点との相関がみられなかった要因として、2000年代に「小島」で行われたエココースト事業が考えられる。これにより大規模な消波ブロック移設が行われたことで、小島海岸では他の地点と台風前後での

地形変化が異なっているものと推察される。最後に各地点において、全ての台風事例によって砂浜で受けた影響量について比較する(表-1)。比較には各地点の台風前後で生じた差の積分値(累積台風影響量)を用いる。そ

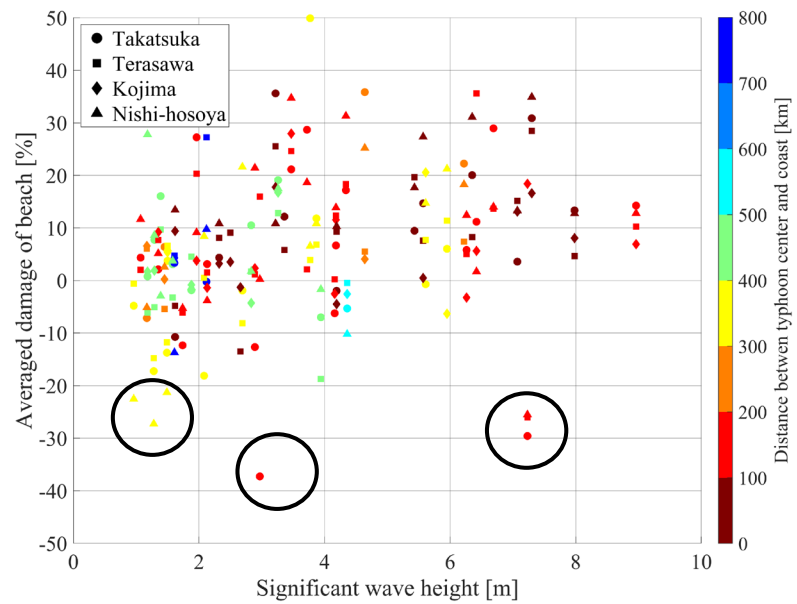


図-4 波高と地形変化、および台風までの距離の分布図
(縦軸：地形変化, 横軸：波高, 色：海岸と台風の距離)

表-1 地点間の解析結果のまとめ

	高塚	寺沢	小島	西細谷
平均変化量 [%]	6.8	5.6	5.7	8.2
変化量の標準偏差 [%]	16.1	11.6	8.1	14.5
累積台風影響量 [%]	11.8	10.1	7.2	13.8

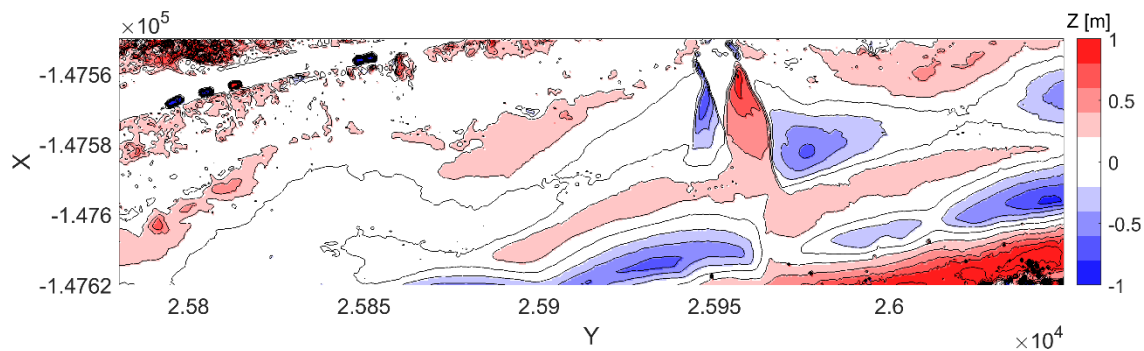


図-5 UAVによる小島での2021年夏と2022年夏の地形変化

の結果、最も台風前後で地形変化が大きいのは西細谷であり、13.8%であった。一方で最も変化が小さいのは小島であり7.2%であった。また小島では、台風前後の変化量に関するばらつき（標準偏差）が他の3地点に比べて小さいことがわかった。小島では台風による侵食が大きい一方で、堆積変化が小さいことに起因している。したがって小島においては台風の特徴（経路、強度）を問わず侵食しやすい傾向にあるといえる。また継続的に実施しているUAV測量（高度50m）の結果を見ると（図-5）、直近の2021年から2022年にかけては台風の直撃がなかったこともあり、大きな侵食・堆積は見られていない。また波打ち際（図-5下側）では常に侵食と堆積が繰り返されており、地形変化が激しいエリアといえる。小島においては丘のような地形が目立ち（横軸：2.595付近）、このエリアでは台風による高波浪の度に丘の拡張と一部崩壊が起きている。したがってこの海岸において最も台風影響を受けやすいホットスポットといえる。

本研究は愛知県表浜海岸を対象に、長期間断面測量データと長期波浪推算結果を用いて、台風による地形変化に関する解析を行った。その結果、表浜海岸では4mを超える大きな有義波高を引き起こす台風時に侵食が発生しており、2.5m程度の比較的小さな波高時には侵食は起こらず、台風によっては堆積する傾向があることが明らかとなった。また調査対象とした4地点の中で最も台風に対して鋭敏な地形変化（侵食・堆積）となるのは西細谷であるが、「侵食されやすい地点（台風に弱い）」という観点で比較すると小島であるといえる。小島では他の3点とは異なる変化傾向を示しており、他地点では大きく堆積した台風事例であっても微小な堆積または侵食となっていた。したがって台風に対して脆弱な砂浜といえる。一方で小島に対する測量は2006年より開始しており、他の3地点に比べてデータ数が少ない。より頑健な傾向を把握するためにも継続した測量によるデータの蓄積が求められる。

（ 発 表 論 文 ）

【学会での口頭発表】

- 長期間測量および波浪推算結果を用いた台風襲来時の表浜海岸での地形変化，豊田 将也，加藤 茂，片岡 三枝子，志村 智也，令和4年度土木学会中部支部研究発表会（優秀講演者表彰を受賞）
- Detection of Coasts that Vulnerable to Typhoons Using Long-term Cross-sectional Survey Data: a Case Study of Omotehama Coast, Japan, Masaya Toyoda, Shigeru Kato, Mieko Kataoka, and Tomoya Shimura, Asia Oceania Geosciences Society 2023（今夏発表予定）