

砂浜の海岸線予測にはガリ勉不要！？

～短期集中観測データの学習は長期間のデータでの学習を上回る予測精度を得る～

<発表のポイント>

- ◆ 砂浜の季節的な海岸線変動を予測する際、30年間の長期データで学習させるより、わずか2年間の短期データで学習させる方が予測精度が大幅に向上することを発見しました。
- ◆ 長期データを用いた学習では、モデルが長期的な変化傾向に引きずられ、重要な季節変動を過小評価してしまうことが原因であると考えられます。
- ◆ 本手法により、観測データが数年しかない沿岸域でも正確な季節予測が可能になり、近年の衛星による観測データの活用が期待されます。

<発表概要>

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸土砂管理研究グループの陳信宇専任研究員、伴野雅之グループ長、京都大学防災研究所の森信人教授による共同研究チームは、砂浜の海岸線が季節によってどのように変化するかを予測する際に、従来常識とされてきた数値モデルの最適化を「長期間のデータで学習させる」手法よりも、わずか2年という「短期間のデータで学習」させた方が、はるかに予測精度が向上するという画期的な手法を発表しました。例えるなら、砂浜の海岸線の予測モデルで季節的な砂浜の変動を予測する際には、長期間の大量のデータで「ガリ勉」させるよりも、少ないデータで「短期集中」で学習した方が成績が上がったと言えます。

この「少ない方が、成果は大きい (Less is More)」という発見は、必ずしも観測データが十分に得られない海岸でも、短期間の観測で高精度な海岸線変化の予測が可能となることを意味しており、今後の海岸管理や防災計画に大きな影響を与える可能性があります。

<発表内容>

本研究チームは、茨城県波崎海岸における30年間の海岸線観測データを活用し、海岸線の季節変動予測精度を大幅に向上させる新たな手法を開発しました。本研究では、離散ウェーブレット変換(DWT)を用いて海岸線変動を時間スケール別に分離することで、波浪が駆動する季節的な海岸線変動を高精度に予測することが可能となりました。特筆すべきは、わずか2年間の観測データを用いてキャリブレーションを行うことで、30年間にわたる季節変動を精度良く再現できることを実証した点です。この成果は、海岸防災における海岸線変動予測の信頼性向上に大きく貢献するものです。

本研究成果は、2025年8月28日に国際学術誌「Geophysical Research Letters」に掲載されました。

詳細は別紙をご参照ください。

別紙

【背景】

海岸は波浪や海流などの複雑な相互作用により常に変化している極めて動的な環境です。海岸線の位置は、海岸が侵食傾向にあるか堆積傾向にあるかを示す重要な指標となります。しかし、海岸線変動の複雑性により、特に長期間にわたる変動を数値モデルで再現・予測することは非常に困難でした。

従来のモデルキャリブレーション手法では、利用可能なすべてのデータを用いていたため、異なる時間スケールの変動が混在し、モデルの予測精度を低下させる要因となっていました。結果として、季節変動も長期トレンドも、どちらも適切に再現できないという問題がありました。

【成果の内容】

本研究では、波浪データと海岸線変動データのクロススペクトル解析（CPSD、注1）と離散ウェーブレット変換（DWT、注2）を用いて、両者の相関関係を詳細に分析しました。その結果、波崎海岸における季節的な海岸線変動は主に波浪によって駆動されており、年々変動も全体の変動に大きく寄与していることが明らかになりました（図2）。

従来の平衡海岸線モデル（ShoreFor、注3）を30年間の全データでキャリブレーションした場合、波崎海岸（図1）の海岸線変動を適切に再現できませんでした。しかし、DWTを用いて時間スケールを分離し、2年間という短期データでモデルをキャリブレーションしたところ、30年全期間にわたる季節変動を高精度に再現することができました（図3）。

この時間スケール分離アプローチにより、モデルは特定の時間スケールに焦点を当てることが可能となり、予測性能が大幅に向上しました。さらに、必要なデータ量が大幅に削減され、より安定した予測が可能になりました。

【成果の意義】

本研究成果は、限られた観測データから信頼性の高い季節変動予測を可能にする点で画期的です。特に、衛星画像による海岸線データが利用可能になってきた近年において、数年間の観測データから長期的な季節変動を予測できることは、データが限定的な地域での海岸管理に大きく貢献します。

気候変動により熱帯低気圧の強度増加が予測される中、波浪による季節的な海岸線変動の正確な予測は、海岸防災計画の策定において極めて重要です。本研究で提案された時間スケール分離に基づくキャリブレーション手法は、他の海岸線モデルにも適用可能であり、将来的には複数の外力要因を考慮したより包括的な海岸線予測モデルの開発につながることを期待されます。

*注 1: クロススペクトル解析 (CPSD: Cross-Power Spectral Density) : 2 つの時系列データ間の周波数領域での相関関係を分析する手法。どの周期において 2 つのデータが強い関連性を持つかを定量的に評価できる。

*注 2: 離散ウェーブレット変換 (DWT: Discrete Wavelet Transform) : 時系列データを異なる周波数成分と時間スケールに分解する数学的手法。従来のフーリエ変換と異なり、時間と周波数の両方の情報を保持できるため、どの時点でどのような周期の変動が発生しているかを特定できる。

*注 3: 平衡海岸線モデル (Equilibrium Shoreline Model) : 海岸線が波浪条件に応じた平衡状態に向かって変化すると仮定する数理モデル。ShoreFor モデルはその代表例で、現在の波浪条件と平衡状態との差に基づいて海岸線の前進・後退を予測する。

【論文詳細】

タイトル : Less Is More: Short-Term Window Calibration Improves Seasonal Shoreline Prediction in Modeling

著者 : Xinyu Chen (陳 信宇¹) , Masayuki Banno (伴野 雅之²) , and Nobuhito Mori (森 信人³)

掲載雑誌 : Geophysical Research Letters

論文掲載日 : 2025 年 8 月 28 日

DOI: <https://doi.org/10.1029/2025GL117764>

所属 :

1 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域 沿岸土砂管理研究グループ 専任研究員

2 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 沿岸環境研究領域 沿岸土砂管理研究グループ グループ長

3 京都大学 防災研究所 教授

【関連資料】



図 1 波崎海岸の観測棧橋

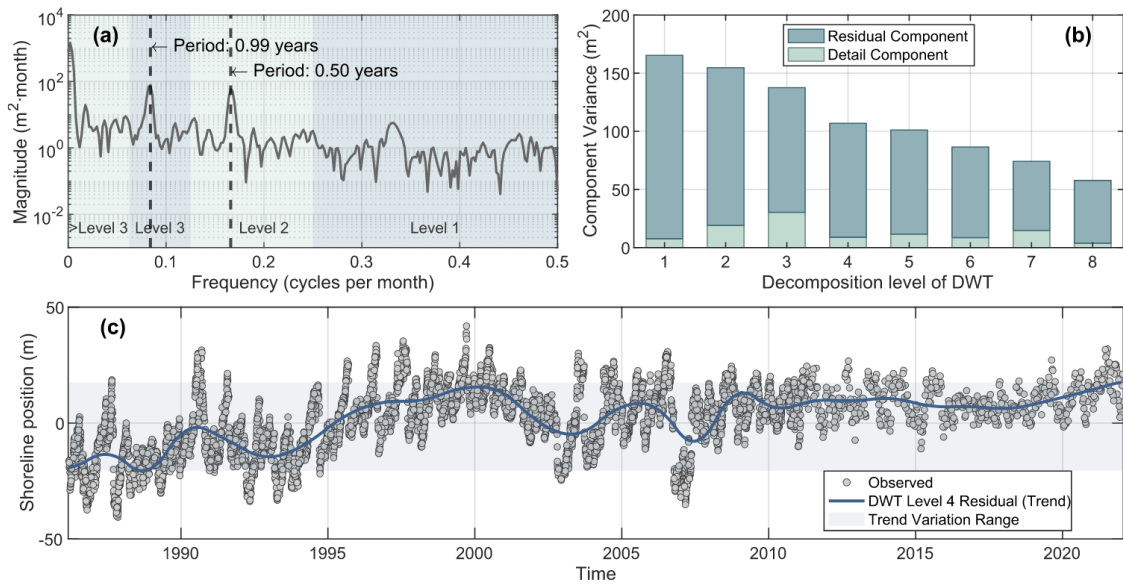


図 2 (a) 海岸線位置と有義波高間の相互パワースペクトル密度 (対応するウェーブレットレベルを表示)。 (b) ウェーブレット分解レベルごとの海岸線位置の分散分布。 (c) 海岸線位置の時系列データ、長期残差トレンド(青線)および関連するトレンド変動範囲 (陰影領域) を表示。

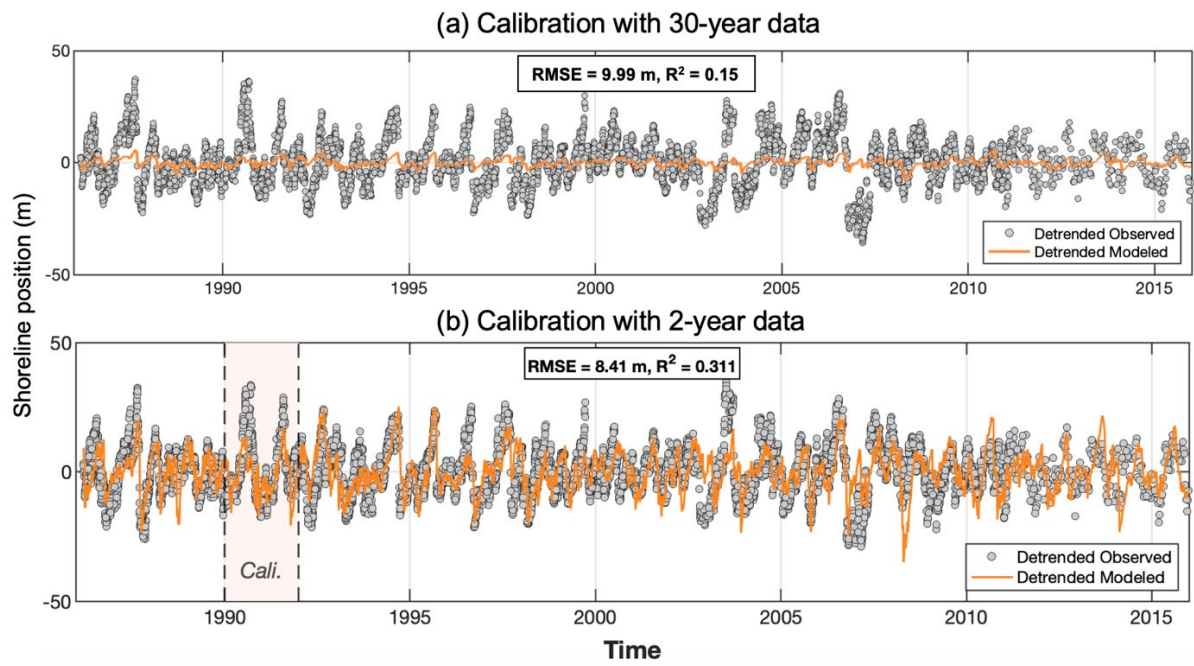


図 3 拡張ハインドキャストの性能比較：(a) 1986-2015 年の全長観測データを用いたキャリブレーション結果；
 (b) 1990-1991 年データでキャリブレーションし全検証期間でハインドキャストした結果。

以上