

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

沿岸部における風による砂粒子の飛散・堆積の
数値シミュレーション技術の開発

研究代表者氏名 富永 禎秀¹⁾
研究分担者氏名 新屋 啓文²⁾

¹⁾新潟工科大学 風・流体工学研究センター ²⁾新潟大学 研究推進機構 超域大学院

研究要旨

風により海岸の砂が飛散する「飛砂」は、特に日本海側沿岸地域などの冬季の季節風の強い地域における水域及び周辺環境の保全と再生の観点から深刻な問題である。本研究では、数値流体力学 (CFD: Computational Fluid Dynamics) シミュレーションによって、沿岸部における風による砂粒子の堆積・飛散性状 (量・形状) を高精度に予測する方法を開発することを目指して研究を行った。基本的なフェンス周辺の砂の飛散・堆積を対象として、大型の風洞実験装置と実際の砂粒子を用いた風洞実験を実施し、シミュレーションの精度を検証した。また新潟市五十嵐浜での現地観測を通して、乾燥・湿潤状態での飛砂の発生条件の違いを飛砂の輸送状態を考慮してデータ分析を実施し、数値シミュレーションに必要なパラメータの同定に有効な基礎データを得た。

A. 研究目的

風により海岸の砂が飛散する「飛砂」は、特に日本海側沿岸地域などの冬季の季節風の強い地域における水域及び周辺環境の保全と再生の観点から深刻な問題である。しかしながら風と砂粒子の移動が相互に関係する複雑な現象であるため適切な予測手法がなく、効果的な対策の立案が困難となっている。本研究では、数値流体力学 (CFD: Computational Fluid Dynamics) シミュレーションによって、沿岸部における風による砂粒子の堆積・飛散性状 (量・形状) を高精度に予測する方法を開発するとともに、シミュレーションパラメータの同定に必要な観測データを取得することを目的とする。

B. 研究方法

1) 風による砂の飛散・堆積モデルの開発

①解析方法

これまでに研究代表者が開発してきた雪粒子の飛散・堆積モデルをベースとして、砂問題に適用可能な形に変数や数値パラメータを変更した。

特に、砂が飛散・堆積する過程において砂面形状が変化する非定常な混相流の現象を、Dynamic mesh を用いて再現する解析アルゴリズムを構築した。従来の解析手法では、堆積・侵食によって表面形状変化に伴う流れ場の変化は無視していたが、今回開発する解析手法では、解析メッシュの再作成を自動的に行い、表面形状の変化を流れの計算に反映させた。解析のフローを図1に示す。

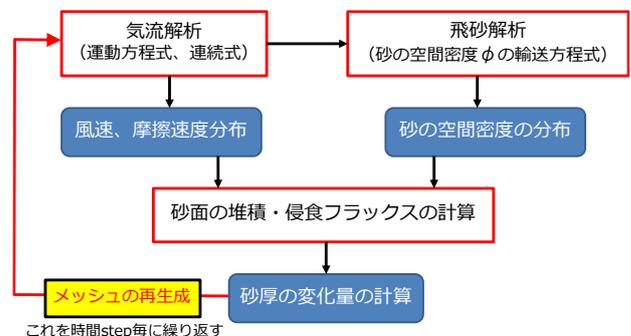


図1 解析のフロー

②解析条件

数値シミュレーションの精度検証のためのデータ取得を目的として、新潟工科大学の大型境界

層風洞を用いて、フェンス周辺の砂粒子の堆積に関する風洞実験を実施した。使用したフェンスを図2に示す。砂面上にフェンスを設置して風を吹かせ、5分、10分、20分、30分後の砂の堆積深を測定した。

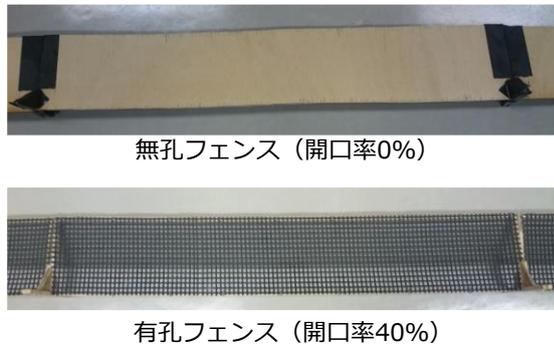


図2 対象とするフェンス

2) 数値モデル開発に利用可能な基礎データ収集のための屋外観測

①目的

季節風の強い冬期に降水量が多いという新潟県の特徴を踏まえ、新潟市五十嵐浜での現地観測を通して、乾燥・湿潤状態での飛砂の発生条件の違いを飛砂の輸送状態を考慮してデータ分析を実施した。

②観測項目

2次元の超音波風速計を用いて風速・風向を測定し、飛砂の発生条件を定量化した。また砂の含水率を測定することにより、湿潤状態の定量化を行った。

③観測条件

乾燥状態(12/22)と湿潤状態(12/25)の2条件の観測を実施した。現地観測で使用した機材と設置状況を図3に示す。

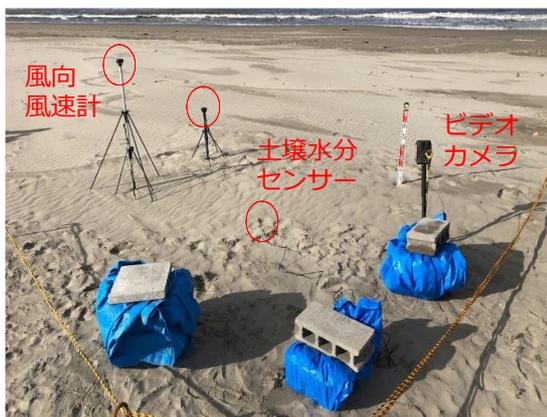


図3 現地観測で使用した機材と設置状況

C. 研究結果

1) 風による砂の飛散・堆積モデルの開発

風洞実験で得られた砂の堆積深の分布を図4に示す。有孔フェンスと無孔フェンスの砂の堆積状態には明確な差が見られた。

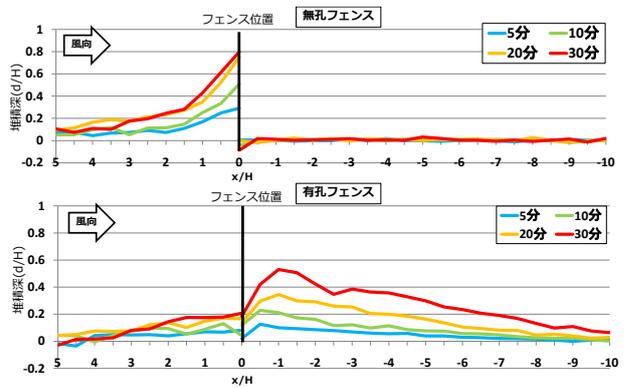


図4 風洞実験によるフェンス周りの砂の堆積深分布

CFDによる風速分布と砂面形状を図5に示す。風が吹き始めて1000秒後の結果である。無孔フェンスの場合、風下側に比べて、風上側に砂が堆積している。風洞実験の傾向は再現しているものの、風洞実験には見られないフェンス風下側での砂の堆積が少し見られる。一方、有孔フェンスの場合は、フェンス風上側に砂が堆積せず、風下側に堆積するという実験の傾向は再現されているが、実験よりも風下側に砂が堆積している。

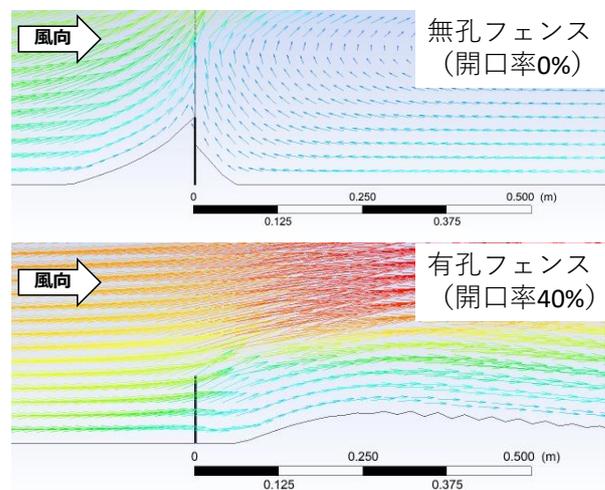


図5 CFDによる解析結果

2) 数値モデル開発に利用可能な基礎データ収集のための屋外観測

各観測日における1分間風速と飛砂発生の有無を比較した結果を図6に示す。湿潤状態の方が強風であるにもかかわらず、乾燥状態よりも飛砂の発生時間が短いことが分かる。

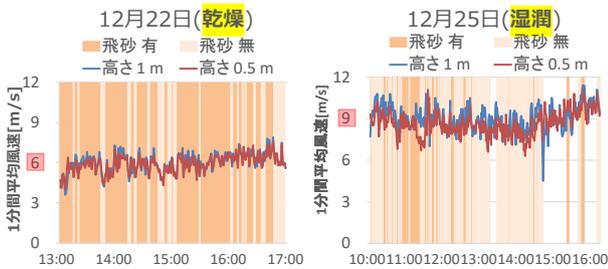


図6 1分間平均風速と飛砂発生の有無

D. 考察

1) 風による砂の飛散・堆積モデルの開発

風洞実験と数値シミュレーションの差異は、主に本研究で使用している乱流モデルである RANS (Reynolds-averaged Navier-Stokes equations) モデルを2次元流れ場に適用したことによる風速分布の予測精度に起因していると考えられる。3次元計算を行い、より精度の高い乱流モデルを用いることで、精度は向上するものと考えられる。また砂の侵食・堆積を表現する数値パラメータについても最適化の余地がある。

2) 数値モデル開発に利用可能な基礎データ収集のための屋外観測

風速の測定結果から、粗度長を仮定することで砂面の摩擦速度を算出した。各観測日の飛砂の発生確率と摩擦速度の関係を図7に示す。乾燥状態では、砂が移動する摩擦速度 0.3~0.4 m/s であり、湿潤状態では 0.45~0.6 m/s であった。すなわち、間欠的な飛砂を発生させるために必要な摩擦速度は、湿潤状態の方が 0.2 m/s 程大きい。

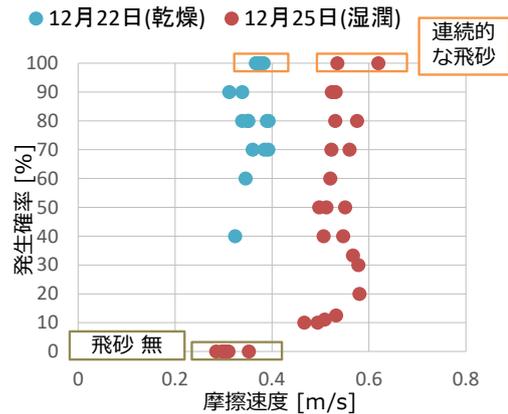


図7 飛砂の発生確率と摩擦速度の関係

E. 結論

- 1) 風による砂の侵食・堆積を非定常に再現する CFD モデルのプロトタイプを完成した。有孔フェンスと無孔フェンスの砂の堆積状態の差を定性的には再現できた。より詳細な検証やモデルの精度向上は今後の課題である。
- 2) 五十嵐浜での現地観測から、間欠的な飛砂を発生させるために必要な摩擦速度は、乾燥状態よりも湿潤状態で 0.2m/s 程度大きくなることが明らかとなった。砂の堆積も含めた継続的な観測を実施していきたい。

F. 研究発表

現時点ではなし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

現時点ではなし