

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月17日現在

機関番号：11301  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23760452  
 研究課題名（和文）土砂輸送計測の最先端技術を用いた現地観測に基づく砂浜－砂丘ダイナミクスの構築  
 研究課題名（英文） Building of beach-dune dynamics based on field measurements of sand transport using state-of-the-art instruments  
 研究代表者  
 有働 恵子（UDO KEIKO）  
 東北大学・災害科学国際研究所・准教授  
 研究者番号：80371780

### 研究成果の概要（和文）：

海岸砂丘周辺における風向風速特性および飛砂フラックス特性を明らかにするため、規模の異なる2つの砂丘上で水平風速、鉛直風速、ならびに飛砂フラックスを計測し、これらの特性を計測点風上側の地形条件により整理した。

本研究により、複雑地形上の風場特性および飛砂特性の一端が明らかにされた。

### 研究成果の概要（英文）：

This study investigated characteristics of instantaneous wind velocities and angle and aeolian sand flux over different scale coastal dunes in order to clarify a relationship between wind and sand flux over complex terrain of dunes.

### 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,500,000	1,050,000	4,550,000

### 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：海岸工学

### 1. 研究開始当初の背景

砂浜から砂丘にかけての空間は、豊かな生態系を育むと同時に、高波浪時には後背地への波およびそれに伴う土砂の侵入を防ぐ機能をも有する貴重な空間である。我が国では海岸線の約1/4を砂浜海岸がしめ、うち約半分は安定海岸であり、この安定砂浜海岸では砂丘が発達していると推定される。この空間については、効率的な管理に必要とされる体系化された砂浜－砂丘のダイナミクスは構築されておらず、定性的かつ経験的な知見をもとにした管理が行われるに留まっている。

砂浜－砂丘空間を対象とする研究は、海岸工学のみならず、地学、林学、生物学など多

岐の分野にわたっている。国内外の各分野でこの領域の変形特性に関する研究が行われているにも関わらず、ダイナミクスが構築されていない原因として、(i)海岸工学分野では漂砂に研究の主眼が置かれ、飛砂による地形変化に関する情報が少ないこと、(ii)砂浜－砂丘変形には多数の要因（潮位、波浪、風況、植生）があるのに加え、2つの土砂輸送形態（漂砂、飛砂）が混在し、この複雑な現象を解明しうる十分な時空間分解能をもつデータセットが存在しないこと、があげられる。

研究代表者は、茨城県の複数の海岸における20年間の空中写真測量結果より、規則的な砂丘の分裂が普遍的に生じていることを、茨城県波崎海岸で取得された20年間の砂浜

および潮位・波浪・風況データ解析結果より、短期的には飛砂と比して漂砂による地形変化が顕著であっても、長期的には飛砂による顕著な不可逆的砂丘変形が生じる場合があることを示した。これらの事実は、現時点で注目されていない現象が砂浜の防災機能を著しく向上させる可能性も低下させる可能性もあることを意味している。将来気候変動に伴う海面上昇も懸念される中で、上記(i)の現状が続けば、海岸管理がより困難なものになってしまう可能性が高い。

## 2. 研究の目的

砂浜－砂丘ダイナミクスを構築する上でボトルネックは、上記(ii)のために、現象を総合的に捉えることができないことにある。本研究では、特に飛砂（風による土砂輸送）に着目し、長期的な地形データが取得されている浜坂砂丘の砂浜から砂丘にかけての変形特性について、土砂輸送に影響を及ぼす主要因、すなわち、風速の変動、地形勾配、ならびに植生（砂草）との定量的関係を EOF 解析により明らかにすると同時に、規模の異なる2つの海岸砂丘上で、最先端の計測装置を用いて瞬間風向風速および飛砂フラックスを計測することにより、砂丘付近における風向風速および飛砂フラックスの特性を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 浜坂砂丘の砂浜から砂丘にかけての長期変形特性

鳥取県鳥取市浜坂の浜坂砂丘（図1参照）では、解析対象範囲内に100m間隔で設定された測点で、1か月に1回の割合で地盤高が計測されている。本研究では、2006年から2009年までの合計38回のデータを用いて、経験的固有関数解析（以下、EOF解析と記す）を行った。EOF解析は、与えられた地形データを時間と場所の固有関数の積に分離するものである。寄与率の大きい順にモード1、モード2などおよび、nが小さいモードほど解析領域の解析期間におけるより支配的な地形変化を表す。

飛砂フラックスは一般に風速の3乗に比例することが分かっているため、EOF解析で得られたモード1について、風速の3乗値と時間関数の変化量との関係を調べた。また、植生の地形安定効果を明らかにするため、各測点でのモード1の植生被覆率（海岸砂草が地面を被覆する面積の割合）と空間関数の絶対値との関係を調べた。

### (2) 砂丘付近における風向風速および飛砂フラックスの特性

現地観測は、大型低気圧が通過した2012年11月20日に山形県酒田市宮野浦の小規模砂丘（図2参照）で、また同様に大型低気圧が通過した2012年12月5～6日に浜坂砂丘（図1参照）で行った。

計測項目は瞬間風向風速と飛砂粒子数（飛砂フラックス）である。瞬間風向風速は、超音波式風向風速計（Delta OHM社、HD2003）を用いて、サンプリング周波数1Hzで砂面からの高さ1.5mにおいて計測した。風向はN方向を0度として時計回りに正とした。飛砂粒子数は、4方向飛砂センサーUD-401を用いてサンプリング周波数1Hzで砂面からの高さ0.05mにおいて計測した。飛砂粒子数の単位はcounts/sで、4方向に設置された円形センサーに1秒間に衝突する砂粒子数で表される。得られた時系列データは、5分毎に分割して統計解析を行った。

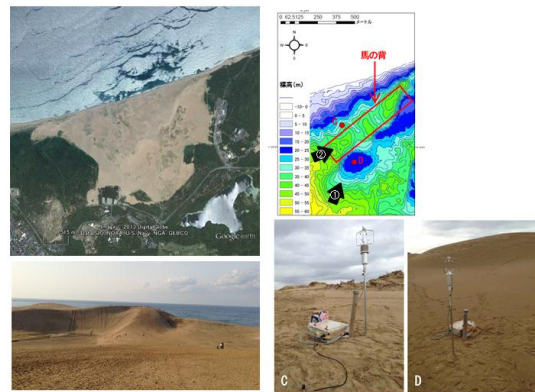


図1 浜坂砂丘周辺の衛星写真，地形，ならびに現地写真。

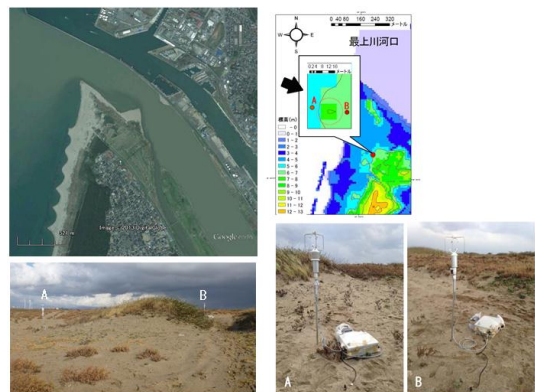


図2 小規模砂丘周辺の衛星写真，地形，ならびに現地写真。

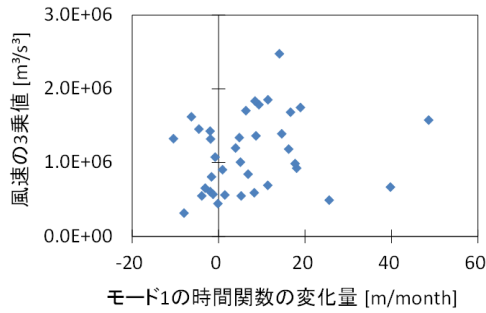


図3 平均風速の3乗値とモード1の時間関数の変化量との関係。

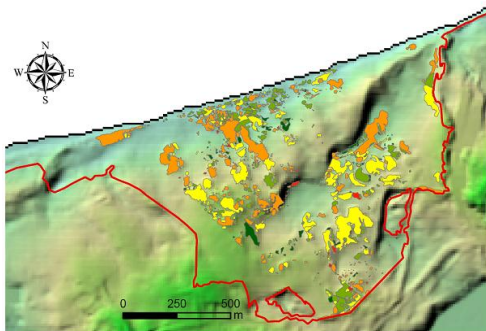


図4 浜坂砂丘周辺の植生被覆率。

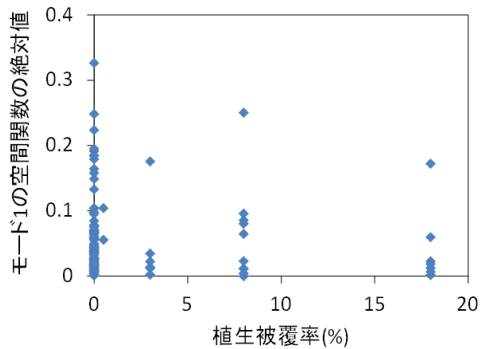


図5 植生被覆率とモード1の空間関数の変化量との関係。

#### 4. 研究成果

##### (1) 浜坂砂丘の砂浜から砂丘にかけての長期変形特性

浜坂砂丘における平均風速は、春から夏にかけて減少し、秋から春にかけて増加するという周期的な変化を示した。海風に関しては、2008年に他の年と比較して顕著に大きくなっており、陸風に関しては、2007年7月や2007年10月に他の年と比較して大きくなった。平均風速の3乗値とモード1の時間係数の関係(図3)については、明確な相関は認められなかった。

浜坂砂丘周辺の植生被覆率の分布を図4に示す。植生被覆率(海岸砂草が地面を被覆する面積の割合)とモード1の空間関数の絶

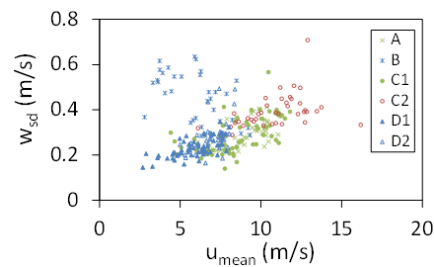
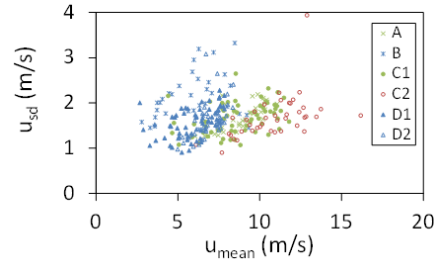
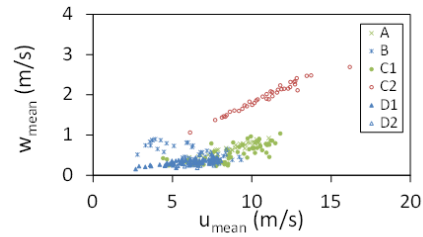


図6 平均水平風速と平均鉛直風速(上), 水平風速の標準偏差(中), ならびに鉛直風速の標準偏差(下)との関係。

対値との関係を調べたところ、植生被覆率が増加するにつれて、空間関数の絶対値、すなわち、地盤高の変動量が減少する傾向を示した(図5)。このことは、植生(海岸砂草)が地形安定効果を有することを示す。

##### (2) 砂丘付近における風向風速および飛砂フラックスの特性

得られた風向風速データより、平均水平風速および平均鉛直風速は、上り勾配の場合(図6赤プロット)に大きく、下り勾配の場合(同青プロット)に小さかった。また、各測点における乱流強度特性を調べたところ、水平風速については、風速とは明確な相関が認められず、風向に依存して乱流強度が0.05~0.35程度の値をとる、という既存の研究と同様の結果が得られた。一方、鉛直風速の乱流強度については、一部の測点を除けばいずれの測点においても0.33~0.40となり同程度の値であった。

飛砂フラックスについては、平坦な場合(図7の緑プロット)に飛砂が最も生じやすく、上り勾配の場合(同赤プロット)に飛砂が生じにくいという結果が得られた。

飛砂が発生し始める風速は、小規模砂丘と

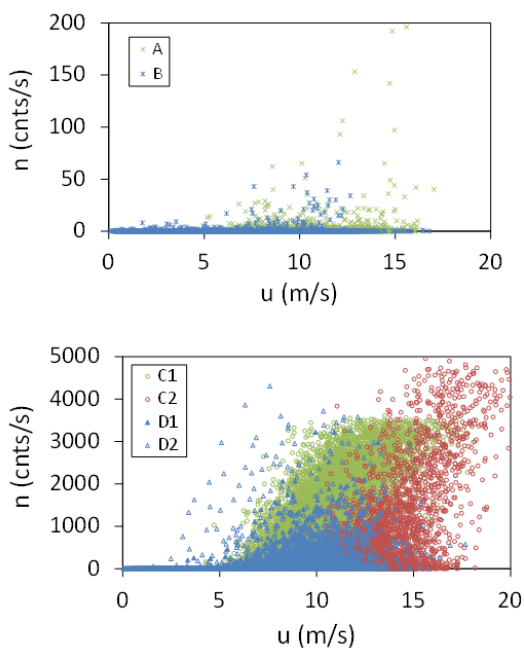


図7 小規模砂丘(上)および浜坂砂丘(下)における瞬間水平風速  $u$  と飛砂フラックス  $n$  との関係。

浜坂砂丘のいずれにおいても、風上の地形勾配が下り勾配(同青プロット)の場合に平坦な場合より小さくなる傾向にあった。

本研究で行った、複数の砂浜海岸における短期的かつ長期的な飛砂による土砂輸送に関するデータの解析結果より、飛砂による土砂輸送と風および植生との関係が明らかにされ、砂浜-砂丘変形モデルの開発に資する研究成果が得られた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- 岡村慧視・有働恵子・満塩将太・真野明, 砂丘付近における風場と飛砂フラックスの関係, 東北地域災害科学研究, 査読無, 49, 2013, 175-180.
- 満塩将太・有働恵子・永松大・松原雄平・真野明, 経験的固有関数法を用いた鳥取砂丘の地形変化特性の解析, 土木学会論文集 G (環境), 査読有, 68, 2012, I. 249-I. 254  
DOI:[http://dx.doi.org/10.2208/jscej.68.I\\_249](http://dx.doi.org/10.2208/jscej.68.I_249)

3. [学会発表] (計4件)

- Okamura, K., K. Udo, S. Mitsushio, and A. Mano, Relationship Between Wind Characteristics and Sand Flux Over

Coastal Dunes, AOGS 10th Annual Meeting, 24 to 28 June 2013, Brisbane, Australia.

- 岡村慧視・有働恵子・満塩将太・真野明, 砂丘付近における風場と飛砂フラックスの関係, 平成24年度東北地域災害科学研究講演会, 2012年12月27日, 弘前大学.
- 満塩将太・有働恵子・永松大・松原雄平・真野明, 経験的固有関数法を用いた鳥取砂丘の地形変化特性の解析, 第20回地球環境シンポジウム, 2012年9月14日, 京都.
- Mitsushio, S, K. Udo, D. Nagawatsu, Y. Matsubara, and A. Mano: Characteristics of Tottori Dune Deformation in the Late 2000s, AOGS-AGU (WPGM) Joint Assembly 2012, OS21-A005, 14 August 2012, Singapore.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等  
<http://potential1.civil.tohoku.ac.jp/top.html>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

有働 恵子 (KEIKO UDO)

東北大学・災害科学国際研究所・准教授  
研究者番号: 80371780