淡路島吹上浜における海浜植生群落及び底質の動態解析

Kinetic Analysis of Coastal Vegetation and Sediment at the Fukiage Beach in Awaji Island

字野宏司¹・辻本剛三²・徳田一樹³・柿木哲哉⁴・出口一郎⁵・有田守⁶ Kohji UNO, Gozo TSUJIMOTO, Kazuki TOKUDA, Tetsuya KAKINOKI, Ichiro DEGUCHI and Mamoru ARITA

To clarify the relationship between the colonization of coastal vegetation and sediment dynamics at the Fukiage beach which is located in the southwestern part of Awaji Island in west Japan, the cluster analysis, field observations and the estimation of the amount of wind-blown sand were carried out. The sediment dynamics at the Fukiage beach has been in equilibrium all over the place in past 36 years, however, the colonization of coastal vegetation has been different from place to place. In winter, the winds in NW direction stand out and it carries the microscope sediment particles from east to west. Hence, the sediment tends to be miniaturizing from east to west in the beach. The seasonal wind in winter and strong wind caused by typhoon in summer might be important for the sediment transport at the Fukiage beach.

1. はじめに

1999 (平成11) 年の海岸法改正を受けて,防護・環境・ 利用の調和のとれた海岸を形成するため,国が海岸保全 の基本方針を策定し,都道府県がそれを踏まえた海岸保 全基本計画を定めることとなった.兵庫県・淡路島沿岸 においても,「淡路沿岸海岸保全基本計画」が2002(平成 14)年8月に策定され,「人と自然が創り出す21世紀のく にうみ神話」「生命を守り・育む 花と緑あふれる海辺の 創造」をテーマに海岸整備が進められている(兵庫県, 2002).

本研究で対象とする淡路島・吹上浜(写真-1)は、東西 約1.8km、南北約700mの吹上海岸平野の南側に位置し、 紀伊水道に面する砂礫浜である(図-1). ハマゴウ(Vitex rotundifolia L. f.)をはじめとする海浜植物群生地やアカ ウミガメの産卵地として知られる(南淡町教育委員会、 2001). 人工的な海岸線で取り囲まれた淡路島において 貴重な自然砂浜を残す吹上浜は、紀伊水道に面すること や台風の進路上に位置するため、波浪・風浪のインパク トを受けやすく、これによる砂浜の消失が懸念されてい る. 上述の「淡路沿岸海岸保全基本計画」においては、 潜堤・突堤の設置や養浜といった海岸保全策が計画され ているが、中長期的な視点から平衡状態を維持できるよ うに配慮した整備をすすめることが重要である.

このような背景を踏まえて、本研究では、吹上浜の砂 浜面積と海浜植生群落の経年変化の把握に係る画像解析,

1正会員	博(工)神戸市立工業高専講師 都市工学科
2 フェロー	工博 神戸市立工業高専教授 都市工学科
3 学生会員	神戸市立工業高専専攻科 都市工学専攻
4 正 会 員	博(工)神戸市立工業高専准教授 都市工学科
5 正 会 員	工博 大阪大学大学院教授 工学研究科
6 正 会 員	博(工)大阪大学大学院助教 工学研究科





写真-1 吹上浜

図-1 調査地点

砂浜底質の平面分布及び現地の風向風速の把握を目的とした現地調査,風の出現特性を考慮した飛砂量計算を行い,吹上浜における砂や海浜植生群落の動態と,その相 互関係について明らかにすることを目的とする.



図-2 上空からの吹上浜の様子(上:1975年、下:2004年)



2. 調查方法

(1) 画像解析

本研究では、国土地理院により吹上浜上空で撮影され た航空写真を使用した.解析対象期間は、1968(昭和43) 年~2004(平成16)年の36年間である.撮影年によって、 モノクロ・カラーの違いがあるため、全てモノクロ画像 に変換して解析を行った.なお、本研究では砂浜面積、 海浜植生の被覆度についての経年変化の把握を目的とし ており、単バンドでの分析効果を上げる意味からも、解 析対象地域外の陸地についてはできるだけマスキングを 行った.

クラスタ分析はフリーソフトウェアMultiSpecによっ た.解析手順を以下に示す.まず,解析画像の各画素の 輝度値を読み取り,輝度値の高い順に「砂浜」「植生」 「海域」の3領域に分類する.ここでは単バンドの情報で はあるが、対象域の土地被覆が比較的単調かつ明瞭であ るため、十分良好な分類結果が得られた.次に、「砂浜」 「植生」に分類された領域の総画素数と解像度から、撮 影時の砂浜・海浜植生面積を算出する.砂浜面積の算出 にあたっては画像によって撮影時刻が異なるため、潮位 補正を行う必要がある.本研究では、徳島・小松島港 (北緯34度01分、東経134度35分)での実測潮位または推 算潮位に小松島港から吹上浜までの位相差を考慮して撮 影時の潮位(T.P.基準)を求め、基準水面(T.P.0m)との水 位差と汀線付近の地形勾配(=1/10)を用いて補正砂浜面 積を算出した.算出された補正砂浜面積を撮影時の砂浜 面積に加えて各年の砂浜面積とした.

(2) 現地調査

底質の平面分布を把握するため、2007年の2月、5月に 現地調査を実施した.サンプリングは沿岸方向に25~ 100m間隔,岸沖方向に5m間隔で行った.粒度ふるい 試験(JIS A 1204)により,各採取地点の表層砂の中央粒 径を得た.また,砂浜の底質の均質性を評価するため, 淘汰係数を算出した.

飛砂量の算定にあたり必要な風向風速データについて は、吹上浜付近の気象庁アメダスデータ(観測点:南淡, 図-1参照)を代用する場合、当該データが吹上浜の風向 風速特性を十分に代表できるものか比較・検討する必要 がある.そこで、2007年6月に、現地に風向風速計(Wea ther Monitor II, AOR社製)を設置し、風向風速の時系 列データを取得した.

(3) 日飛砂量の推算

風によって運ばれる砂の量は,砂の含水量,砂表面の



風速,粒径という3つの要因に依存する.Bagnold (1954) によれば,砂丘の砂については,概ね風速の3乗に比例 し,風速4m/s以上で砂が動き出し,10m/sを超えると急 激に増加するとされている.

砂粒が運動を開始する移動限界摩擦速度は次式(1)で 評価することができる.

$$u_{\star_c} = A \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a} gd} \tag{1}$$

ここに、 ρ_s : 砂粒の密度、 ρ_s : 空気の密度、d: 砂粒 の粒径、A: 係数(=0.1)である.

河村(1951)は、砂粒間に存在する水の表面張力などの影響を考慮して、単位幅、単位時間当たりにある断面 を通過する全飛砂量Qを次式で評価した。

$$Q = K \frac{\rho_a}{\rho_s g} (u_* - u_{*_c})(u_* + u_{*_c})^2$$
(2)

ここに*u*.:底面摩擦速度,*K*:係数(=2.78)である.な お,底面摩擦速度は風速より対数則を用いて算出した.

3. 結 果

(1) 画像解析

写真-2は1975(昭和50)年と2004(平成16)年における上 空からの吹上浜の様子である.1975年時点では、砂浜中 央部(area-1)に遷移的ではあるが海浜植生が見られる.



これに対し,2004年には,この領域付近の海浜植生は群 落を拡げ,また植生密度も高くなっており,完全に定着 している様子がうかがえる.一方,砂浜西部(area-2)に おいては,1975年時点ではほとんど見られない海浜植生 が,2004年の航空写真では,密度こそ低いものの繁茂し ている様子が確認できる.

図-2に、クラスタ分析により算出された砂浜及び海浜 植生の面積の経年変化を示す.海浜植生については、砂 浜中央部(area-1)と砂浜西部(area-2)で動態が異なるため、 それぞれで表示している.砂浜面積についてみると、増 減を繰り返しながらも、過去30年間は5.5ha前後で動的 に平衡状態が保たれていると判断できる.一方、海浜植 生については、砂浜中央部(area-1)では、年々増加しな がら、着実にその分布域を拡大しているのに対し、砂浜 西部(area-2)では、増減を繰り返し中長期的には被覆の 拡大は見られないことがわかる.

(2) 現地調査

図-3に、粒度ふるい試験で得られた中央粒径の平面分 布を示す.2007年2月、5月ともに西から東方向に粒径が 小さくなる傾向が見られる.2007年2月における中央粒 径の平面分布図では、砂浜中央部からの西側300m区間 での粒径2mm以上の砂の堆積が特徴的である.一方、 2007年5月における中央粒径の平面分布図では、全体的 に細粒化が進行しており、特に、西側400m地点付近で は、岸沖方向にも一様な底質となっていることが特徴的 である.

なお,全サンプルの中央粒径の平均値は,2007年2月が7.56mm,5月が4.55mmであった.

図-4に、淘汰係数の平面分布を示す.淘汰係数は砂浜 の均一性を示すもので値が小さいほど均一性が高く,現 地海岸では1.25程度であることが知られている.2007年

2月の調査では、砂浜中央部での淘汰係数が5以上と高 くなっており、この付近での不均一さが顕著となってい る.一方、2007年5月には、砂浜中央部より200m東側で 不均一な底質となっている.また、沖から岸に向かうに



図-6 風速10m/s以上の風の月別出現頻度(2003-2007年)



つれて均一性がとれなくなる傾向も見受けられる.

図-5に、2007年6月の現地で得られた風速データと同 時期のアメダスデータ(観測地点:南淡)を示す. 観測さ れた現地の風速データ(サンプリング間隔:1分)からは, 風速が時々刻々と変化する様子が見てとれる. これに対 し,アメダスデータ(最小サンプリング間隔:10分)では, 現地データに見られるような時々刻々の変動を捉えるこ とはできていない.また,時間帯によっては現地風速の 半分以下になることがあり,現地風速を必ずしも代表し ているとは言えない.しかし,平均的なオーダーで見れ ば,両者は概ね一致するとみなすことができる.また, 風向についても,両者は概ね対応していた.



(3) 日飛砂量の推算

2003~2007年の気象庁アメダスデータ(観測地点:南 淡)を用いて,吹上浜付近の季節別の平均風速を調べた ところ,吹上浜においては年間を通じて平均風速3m/s程 度の風が吹いていることがわかった.この程度のオーダー の風速では,粒径0.1mm以下の微細粒子しか移動するこ とができない.したがって,吹上浜の中央粒径の平面分 布からみても,台風接近や冬季季節風時以外の平常時に は飛砂による土砂の移動は起こりえないと考えられる.

粒径1mm以上の砂が動くには,理論的には風速10m/s 以上の風が必要である.そこで,気象庁アメダスデータ (観測地点:南淡)を用いて,風速10m/sの風がどの程度 の頻度で発生しているのかを調べた.図-6に風速10m/s 以上の風の月別出現頻度(2003-2007年)を示す.12月か ら4月にかけて風速が10m/sを超える日が多く,次いで8 月に出現頻度が高いことがわかる.

図-7は、季節別の風向出現頻度を示したものである. ここでは、春季(3-5月)、夏季(6-8月)、秋季(9-11月)、 冬季(12-翌年2月)と区分して整理した.吹上浜は典型的 な台風の経路上に位置するため、台風の接近・通過によ り、夏季には南風の出現が卓越している.一方、冬から





図-9 吹上浜における動的平衡状態のメカニズム

春にかけては、北~西北西の季節風の出現頻度が高いこ とがわかった.

次に,2007年の気象庁アメダスの風向風速データ(観 測地点:南淡,サンプリング間隔:10分)を用いて粒径 別飛砂量を算出した.図-8に粒径別月間飛砂量の推算結 果を示す.夏季では,台風の接近・通過に伴う南風の出 現が卓越するため,飛砂量についても沿岸方向(東西方 向)よりも,岸沖方向の飛砂(南北方向)が卓越していた. 一方,冬から春にかけては,西から北寄りの風が多く出 現するため,沿岸方向,特に西から東方向への飛砂が卓 越する結果となっている.台風接近・通過といったイベ ントは偶発的なものであるのに対し,冬季の北西季節風 は毎年みられるものであり,この冬季の飛砂量の把握が 吹上浜の底質動態を考える上で重要である.

4. 考察

以上の結果から、吹上浜における海浜植生群落と底質 の動態との関係について考察する。

画像解析の結果より、吹上浜における海浜植生群落の 定着には空間的な差異が認められた。1968(昭和43)年以 降、砂浜中央部では、海浜植生は分布域を拡げ時間の経 過とともに定着性を高めつつあるのに対し、砂浜西部の 海浜植生については、繁茂と消滅を繰り返しており、定 着しにくい環境にあると推察される。

一方,現地観測の結果から,吹上浜の底質の中央粒径 の平面分布の季節変動は大きく,特に砂浜西部では,冬 から春にかけて一様に細粒化が進んでいる傾向が見受け られた.この西から東への砂の移動は,北西方向に卓越 する冬季季節風による飛砂に起因する現象であると考え られる.

吹上浜の砂の供給源については、砂浜東端より約 500m 東に離れた地点に流入する河川(塩屋川,本庄川) からの土砂供給と、砂浜西部の背後にある崖状の丘陵地 から砂供給のいずれかが考えられるが、塩屋川,本庄川 ともに流量は少なく、また西から東への流れが卓越する 海流の方向からみても、両河川からの吹上浜への砂の供 給は考えにくい.

一方,砂浜西部の背後の崖状の丘陵地は紀伊水道に面 するように立地しており常に厳しい気象条件下にさらさ れる.図-9に示すとおり,浸食・風化作用により砂浜西 部で生産された土砂が,冬季季節風によって西から東へ と運ばれ,これが波浪等による浸食量と均衡することに よって,吹上浜は動的に平衡状態を保っているものと考 えられる.また,土砂供給源に近い砂浜西部は,特に底 質の変動が激しいため,海浜植生にとっても生育に厳し い環境となっており,定着には至らないものと思われる.

5. まとめ

本研究では、画像解析により淡路島・吹上浜の砂浜面 積、海浜植生群落の経年変化の把握し、現地調査では底 質の粒度分布を調べ、砂浜の均一性を明らかにした.ま た、気象庁のアメダスデータを用いて、現地の風の出現 特性を考慮した飛砂量計算を行った.本研究で明らかに なった事項を以下に示す.

(1) 1968~2004年までの過去36年間については淡路島・ 吹上浜における砂浜面積はほぼ安定している。一方,海 浜植生群落は、砂浜中央部で年々増加しているが、砂浜 西部においては定着率が低いことがわかった。

(2) 底質の中央粒径は西から東に向かうにつれて細かく なっており、この細砂は冬季に卓越する沿岸方向の飛砂 により供給されたものと考えられる.2月と5月では特に 砂浜西部での中央粒径分布が大きく異なっており、砂浜 西部の底質の変動が激しいことがわかった.

(3) 淡路島・吹上浜は,波浪等の影響を受けやすい位置 にあるものの,砂浜西部の背後にある浜崖から絶えず供 給される砂が西から東へ沿岸方向に運ばれることによっ て,砂浜全体としては動的に安定した状態を保っている.

謝辞:航空写真は,兵庫県淡路県民局地域振興部洲本土 地改良事務所ならびに財団法人ひょうご環境創造協会よ り提供を受けました.ここに謝意を表します.

参考文献

宇野宏司・柿谷茂貴・辻本剛三・柿木哲哉・出口一郎・有田 守(2008):淡路島吹上浜の砂浜面積・汀線の経年変化, 地球環境研究論文集, vol.16, pp.35-40.

河村龍馬(1951):飛砂の研究,東京大学理工学研究所報告, 第5巻,第3-4号, pp.95-112.

- 南淡町教育委員会(2001):吹上浜の自然, 124p.
- 兵庫県(2002):淡路沿岸海岸保全基本計画, 6p.
- Bagnold, R. A.(1954) : The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen & Co. Ltd., 265p.