

海砂のスペクトル特性に基づく砂浜海岸の汚染度調査

An Investigation for Beach Pollution Based on the Spectral Characteristics of Beach Sands

後藤 恵之輔* ・ 全 炳徳* ・ 高山 健一** ・ 山口 晴幸***
Keinosuke GOTOH, Byungdug JUN, Ken-ichi TAKAYAMA, Haruyuki YAMAKUCHI

ABSTRACT: In ancient days, we had a lot of clean beaches covered with "Music Sands" almost in Japan, but nowadays such beaches have trended to decrease due to environmental pollution of the coastal area. In this paper, several kinds of sands including "Music Sands" were collected from both clean and dirty beaches, and checked on the spectral reflectance of each sand using a portable photometer. As a result, we could find the difference of the spectral characteristics in each sand, and decide a value of SCI (Sandy-beach Cleanliness Index) as a parameter of the beach cleanliness. Moreover, we tried to analyze the satellite data in order to grasp the clean and polluted areas for beach sands in Kyushu District.

1. はじめに

近年、海浜・港湾施設に潤いを求める声が多くなってきている。しかし、その反面、全国の海岸の環境汚染や海岸線の改変は進む一方である。その一例として、汚れに対して非常に敏感である¹⁾鳴き砂が、徐々に消滅しようとしている²⁾、³⁾。現在、鳴き砂の研究は、様々な方面でなされており、鳴き砂の分布については、全国に32箇所ほどあることが知られている⁴⁾⁻⁶⁾。しかし、これらすべてが現地調査によるものであり、対象が広域に広がれば時間的や経済的に問題が生じる。そこで、本研究ではこの問題点を解決すべく、広域的かつ反復的な調査が可能なりモートセンシング技術による方法を試みた。また、この研究により算出した鳴き砂を始めとする海砂のスペクトル特性により、砂浜海岸のクリーン度指数（以下、SCI値）を求め、九州の海岸に適用した。

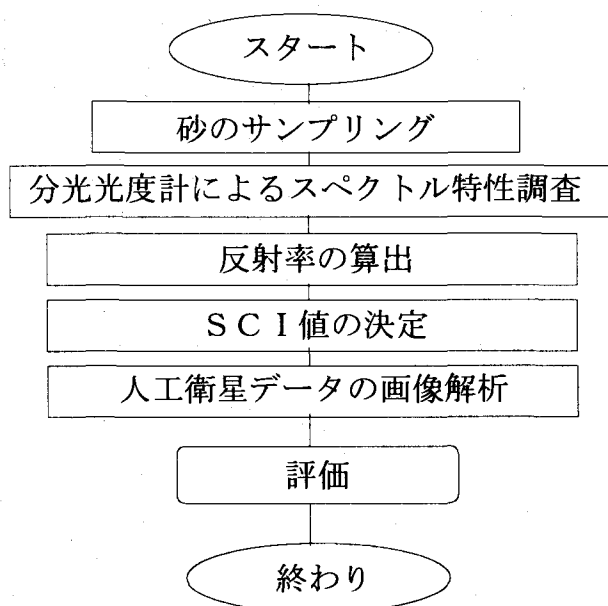


図-1 研究方法のフローチャート

*：長崎大学工学部、**：(株)八千代エンジニアリング、***：防衛大学校

2. 調査方法

本研究では、鳴き砂（琴ヶ浜、泣き浜）を含め計24箇所（北海道1、福岡県4、長崎県14、沖縄県3）の海岸の砂を採集した。そして、分光光度計によりそれぞれの砂のスペクトル特性を調べた。これより各砂の波長ごとの反射率を求め、SCI値を決定した。このSCI値を人工衛星データの画像解析に適用し、フランスの地球観測衛星SPOTのHRVセンサーデータにより砂浜海岸の汚染度調査を行った。研究方法のフローチャートを図-1に示す。

2. 1 スペクトル特性調査

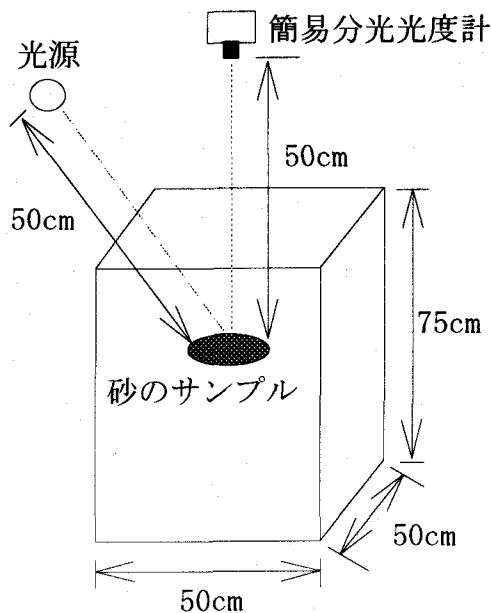
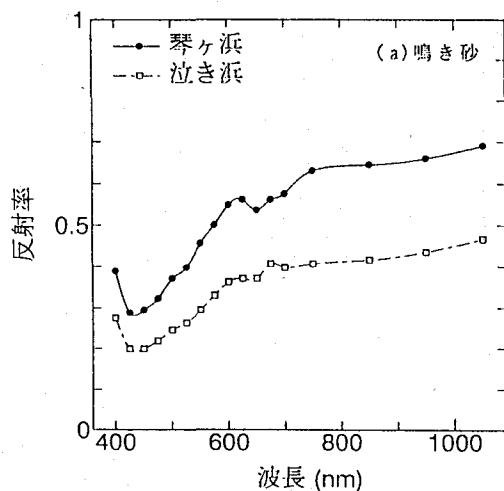


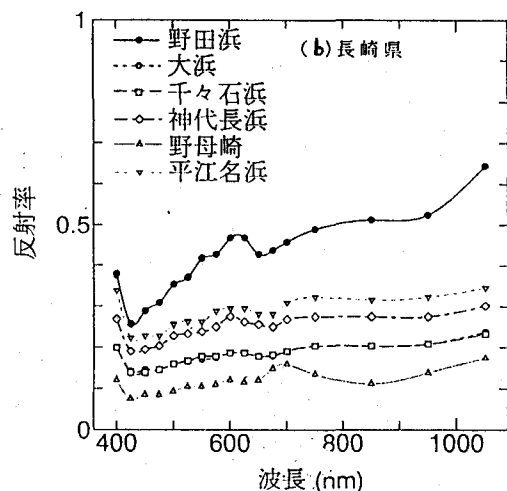
図-2 実験装置

海砂のスペクトル特性調査は、室内実験により行った。実験は、人工衛星が地表面を観測することに基づいて、図-2のように実験装置を設置し、簡易分光光度計により各砂の反射光を測定した。実験装置は木製であり、光の反射を防ぐために黒いペイントを塗った。光源としては、一般によく用いられている標準光源A（ウシオ電気（株）製、分光放射照度電球）の光を使用した。

人工衛星センサーに対するデータを得るために使用した波長範囲は、400nm - 1050nmであった。実験の手順は、まず実験装置の中に炉乾燥した砂を分光光度計により測定できるように設置した。炉乾燥した砂を用いた理由は、採取した場所や環境条件によって含水量が異なり、反射率に影響を及ぼすことを防ぐためである。次に、分光光度計により波長範囲の400nm - 700nmまでの25nmごとと、750nm - 1050nmまでの100nmごとに、砂と白色板のそれぞれのスペクトル特性を測定した。測定結果の例え（鳴き砂、長崎県）を図-3(a),(b)に示す。



(a) 鳴き砂



(b) 長崎県の砂

図-3 スペクトル特性の測定結果

このスペクトル特性調査の結果から、各砂の特性は様々であることが分かった。すべての砂に関して、赤外線域での反射率はあまり変化していない。一方、可視光線域では各砂ごとに変化が異なる。鳴き砂の場合、その差が大きく、鳴き砂以外の砂の場合には、その差があまり見られない。これは海砂の汚染度と関係があるものと考えられる。

2. 2 S C I 値の定義と決定

スペクトル特性調査により得られた各砂ごとの反射率の特性に着目し、近赤外域の反射率を可視光域の青または緑の反射率で割り、砂浜海岸のクリーン度指数として S C I (Sandy-beach Cleanliness Index) 値と定義した。この値を人工衛星データの定義式として表現すれば、表-1 のようになる。また、簡易分光光度計の各波長ごとの結果値を人工衛星センサーのバンド域に合わせて表したものが表-2 である。

表-1 砂浜海岸クリーン度指数 (S C I) の定義式

$$S C I = \frac{\text{近赤外バンドの CCT 値 (A)}}{\text{青または緑バンドの CCT 値 (B)}}$$

	HRV-XS	TM	MSS	MESSR
A	バンド-3	バンド-4	バンド-6	バンド-3
B	バンド-1	バンド-1	バンド-4	バンド-1

表-2 人工衛星のセンサーと簡易分光光度計の利用波長

センサー	バンド	波長域(nm)	利用された波長
TM	バンド-1	450-520	450,475,500
	バンド-2	520-600	525,550,575,600
	バンド-3	630-690	650,675
	バンド-4	760-900	850
MSS	バンド-4	500-600	500,525,550,575,600
	バンド-5	600-700	600,625,650,675,700
	バンド-6	700-800	700,750
HRV-XS	バンド-1	490-590	500,525,550,575
	バンド-2	610-680	625,650,675
	バンド-3	790-890	850
MESSR	バンド-1	510-590	525,550,575
	バンド-2	610-690	625,650,675
	バンド-3	720-800	750

3. 人工衛星データへの適用

室内実験の結果から得られた S C I 定義式により、人工衛星データの解析を行った。解析の方法としては、表-2 で説明した S C I 値の定義に従ってバンド間の演算を行うものである。本研究では、砂浜海岸を抽出するため、できるだけ分解能が良く、またバンド間の演算に必要なマルチバンドを備えている、S P O T 衛星の H R V - X S センサーにて解

表－３ 各センサーに対する採取した砂のＳＣＩ値

海岸名		HRV-XS	TM	MSS	MESSR
石川県	泣き浜（鳴き砂）	1.74	2.17	1.49	1.66
鳥根県	琴ヶ浜（鳴き砂）	1.71	2.28	1.43	1.53
北海道	向浜	1.50	1.81	1.35	1.43
福岡県	宮地浜	1.56	2.06	1.39	1.47
	舞能ノ浜	1.66	1.99	1.43	1.56
	下馬浜	1.62	2.03	1.41	1.54
	三字田浜	1.76	2.19	1.52	1.66
長崎県	太田浜	1.70	2.25	1.37	1.45
	茂木浜	1.61	1.90	1.44	1.60
	海の中道	1.59	2.08	1.40	1.50
	井口浜	1.59	1.99	1.40	1.50
	久和浜	1.47	1.81	1.29	1.37
	野田浜	1.31	1.62	1.16	1.21
	大浜	1.22	1.37	1.16	1.20
	弁天白浜	1.22	1.39	1.17	1.15
	千々石海岸	1.20	1.39	1.14	1.17
	西浜	1.18	1.44	1.16	1.12
	平江名浜	1.18	1.33	1.16	1.19
	神代長浜	1.15	1.32	1.11	1.14
	雪浦	1.14	1.36	1.15	1.10
	黒浜	1.09	1.28	1.38	1.27
沖縄県	豊原海岸	1.44	2.25	1.53	1.53
	幸喜海岸	1.40	1.86	1.51	1.52
	太田海岸	1.31	1.69	1.43	1.55

表－４ 画像解析の対象地域一覧

砂浜の名称	使用したデータ
恋の浦	SPOT/HRV-XS (86.10.20)
宮地浜	
海の中道	
下馬浜・舞能ノ浜	
神代長浜	SPOT/HRV-XS (91.11.06)
千々石海岸	
野田浜	
沖縄（豊原海岸）	SPOT/HRV-XS (88.11.02)
沖縄（幸喜海岸）	
沖縄（太田海岸）	

析を行った。解析に先立ち、人工衛星データの気象補正と水陸分離の処理を行った。これらの処理は、撮影時期が異なるデータの演算結果を比較するためであり、水域で起こりやすい雑音を除くためである。

３．１ 画像解析の結果

解析の対象とした地域の一覧を表－４に示す。また、室内実験と衛星データのバンド間演算により算出したＳＣＩ値を表－５に示す。この結果から伺えるように、実験値とバンド間の演算値とは異なっていることが分かる。しかし、実験値が大きい値を示すとき、バンド間の演算値も

大きく算出していることが確認できる。この結果は、実験値が採取した砂の条件を同じくするために炉乾燥した試料による結果で、自然の含水状態のものとは若干の差が生じていることを説明している。

表－５ 実験およびバンド間演算によるSCI値

砂浜の名称	実験値	バンド間演算値
恋の浦	—	1.0 - 1.2
宮地浜	1.56	1.1 - 1.3
海の中道	1.59	1.1 - 1.3
下馬浜・舞能ノ浜	1.62/1.66	1.1 - 1.3
神代長浜	1.15	0.8 - 1.0
千々石海岸	1.20	0.8 - 1.0
野田浜	1.31	0.9 - 1.1
沖縄（豊原海岸）	1.44	1.3 - 1.4
沖縄（幸喜海岸）	1.31	1.1 - 1.3
沖縄（太田海岸）	1.40	1.2 - 1.4

この他に、沖縄の砂は他の砂よりSCIの値が大きく算出されている。これは大気の影響に起因していると考えられる。

以上の画像解析結果の中で、海ノ中道、下馬浜・舞能ノ浜、千々石海岸、沖縄（幸喜海岸）の画像順に図－４(a)～(d)に示す。この結果から、SCIの定義式により用いたバンド間演算は、各地域の砂浜をよく抽出していることが伺える。



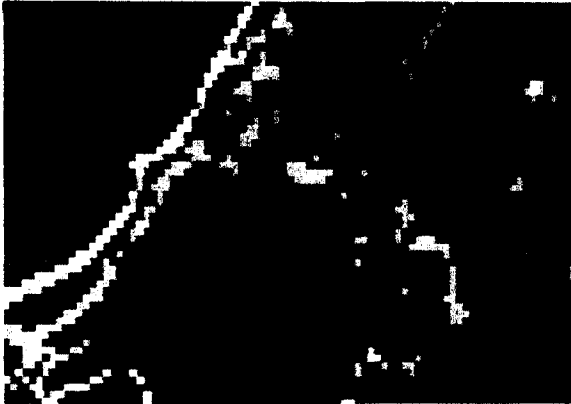
(a) 海ノ中道



(b) 下馬浜・舞能ノ浜



(c) 千々石海岸



(d) 沖縄（幸喜海岸）

図－４ 画像解析結果

特に、海ノ中道の結果（図－4(a)）から明らかなように、砂浜の中でも汚れ具合の良い砂とよくない砂まで、分離していることが分かる。

しかし、各画像の中には砂浜でないところまで、砂浜として算出しているところが目につく。これは画像全域を演算式により一括して処理したからで、正確な砂浜の面積を算出するためには、バンド間演算に先立ち、土地被覆分類によりあらかじめ海岸のところを抽出しておく必要がある。

4. おわりに

画像解析の結果から、S C I 定義式により算出した砂浜海岸のバンド間演算は、人工衛星データに適用できるものと判明した。また、算出の前に土地被覆分類の必要性があるものの、画像解析結果は現地調査により得た結果とよく合致していることが分かった。

今後の課題として、本研究による S C I 定義式を用いて、日本全国の砂浜海岸の汚染度を、分光光度計を用いた室内実験と衛星データの解析により調査していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 柴田 徹：土のはなし、土質工学会編、pp. 40 - 42.
- 2) 川村 国夫・船越 春世・大野 正人・筒井 弘之・西本 俊春：第28回土質工学会研究発表会、p. 179, 1993.6.
- 3) 朝日新聞：鳴き砂消滅？現存？・・・議論呼ぶ、1993年5月29付朝刊.
- 4) 山口 晴幸・松澤 吉広：第28回土質工学会研究発表会、p. 90, 1993.6.
- 5) 山下 信雄：鳴き砂分布、1986.
- 6) 朝日新聞：鳴き砂全国20浜に、1993.6.25付朝刊.