

# 琉球大学学術リポジトリ

## [論文] サンゴ礁海浜の前浜勾配に関する定量的予測

メタデータ	言語: ja 出版者: 沖縄地理学会 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 青木, 久, 前門, 晃 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017628">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002017628</a>

## サンゴ礁海浜の前浜勾配に関する定量的予測

青木 久\*・前門 晃\*\*

(\*琉球大学大学院理工学研究科 21世紀 COE プログラム (現:筑波大学  
陸域環境研究センター), \*\*琉球大学法文学部)

### I はじめに

砂礫浜海岸の前浜帯は、砕波後の波の遡上や戻り流れが作用し、海水の運動や堆積物の移動、地形変化の激しい地帯である。前浜勾配の変化を明らかにすることは、海浜全体の縦断形の変化を理解する上でもきわめて重要である。陸域からの土砂などの物質で構成される砂礫浜海岸の前浜勾配に関する研究は、古くから多くの研究者によって精力的に行われてきた。Sunamura (1984) は、前浜勾配は、波高だけでなく、周期と粒径によって変化すると考え、これら三つの要因を取り入れた予測式を提示している。

通常海浜では、河川から海へ流入した土砂や隣接海岸から運搬されてきた砂礫が波の作用で打ち上げられて砂礫浜が形成されるのに対し、沖にサンゴ礁の発達する海浜(以後、単にサンゴ礁海浜と呼ぶ)では、サンゴ礁上から供給されたサンゴ破片や貝殻破片、有孔虫などの生物起源の堆積物が卓越する海浜が多く存在する。しかしながら、サンゴ礁海浜の前浜勾配に関する研究は、これらの堆積物の形状や分級度などの不均一性のためか、ほとんどなされておらず、依然として不明な点が多い。

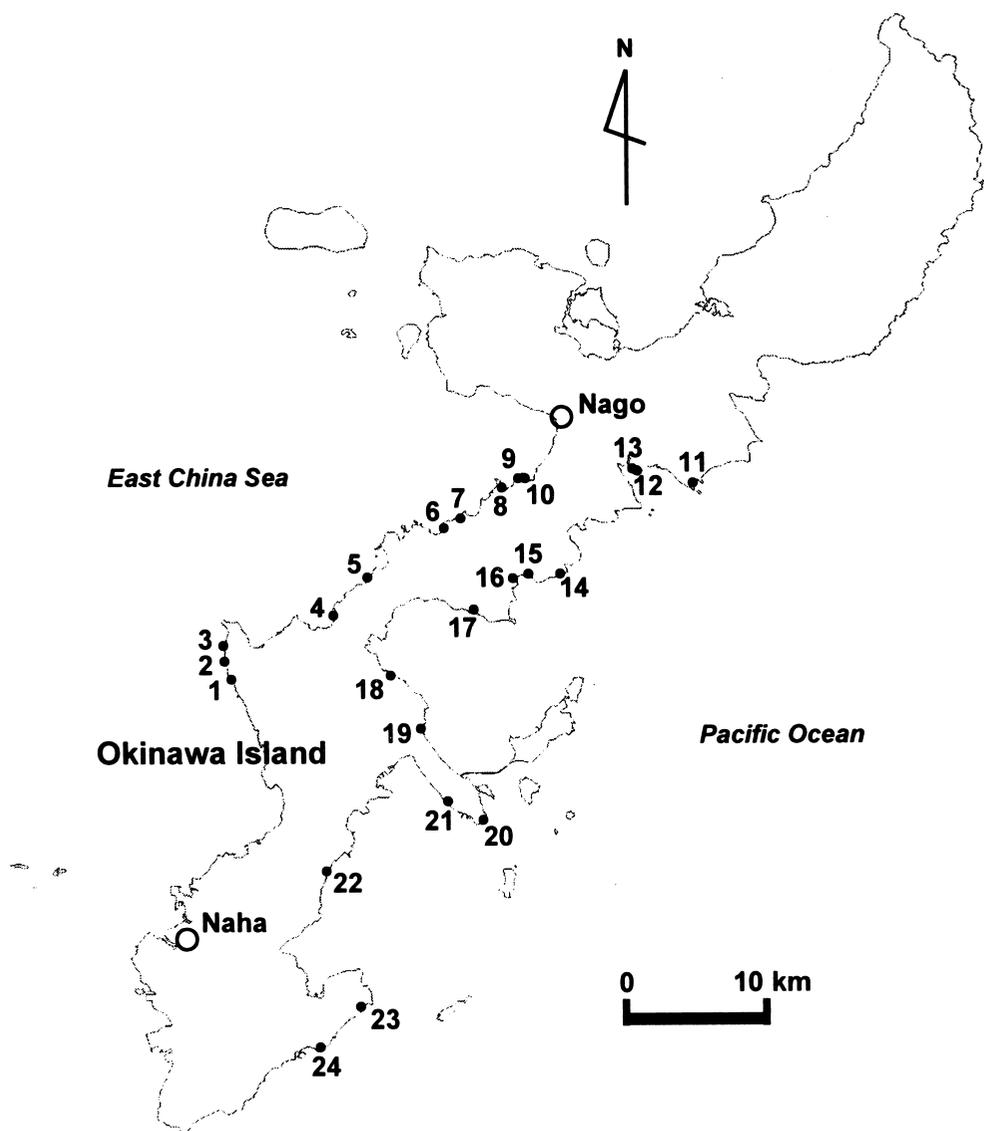
琉球列島の島々の海浜は、サンゴ礁特有の白さの目立つ堆積物で構成され、その大部分は、サンゴ破片、貝殻破片、有孔虫殻、棘皮類、甲殻類などの生物の骨格や外殻の細片などの遺骸で構成される(山内ほか, 1989; 山内, 1990,

2003; 平山・廣瀬, 2003)。また、琉球列島のような亜熱帯～熱帯地域の海浜には、種々の生物種が生息する。したがって、琉球列島におけるサンゴ礁海浜の前浜勾配と波浪特性および堆積物特性との関係を明らかにすることは、海岸生物の生息環境を規定する地形、その堆積物特性(粒径、粒度組成、構成物の組成、透水係数など)や波浪環境といった物理的要因を探究する上でもきわめて有用な情報となる。

そこで、本研究では、沖縄島のサンゴ礁海浜からデータを収集し、次元解析の手法を用いて、前浜勾配  $\tan\alpha$  と基本的な要素(波の周期  $T$ , 砕波波高  $H_b$ , 堆積物の粒径  $D$ ) 間の関連を調べ、 $\tan\alpha$  を予測する基本式の作成を試みた。

### II 調査地域・方法・結果

沖縄島の海岸には、大小さまざまな海浜が分布するが、沖縄島中南部の名護以南の、サンゴ礁堆積物が優勢な海浜 24 地点を調査対象とした(第1図, 第1表)。調査は、海面がほぼ平均海面付近にあるときに実施した。また海浜両端の岬や岩礁に近い場所、前面に島や岩礁、暗礁などが存在する場所、防波堤や突堤などの人工構造物のある場所では、波の遡上が抑制されるので、これらの障害物から離れた地点でデータを収集した。前浜勾配 ( $\tan\alpha$ ) は、測定時の海面において、遡上波と戻り流れの作用する遡上波帯の中央部で、傾斜計を用いて計測した。現地海浜の波は不規則であり、それが時間的に



第 1 図 研究地域と調査地点  
Fig. 1 Study area and study sites

変化する。そのため、波浪のデータを得る際には、波の不規則性に注意を払う必要がある。観察によれば、不規則波のうちの小さな波の遡上

波は、前浜の途中までしかはいあがらず、それによって前浜斜面の一部がわずかに変化するものの、前浜全体が変化することはない。このよ

## サンゴ礁海浜の前浜勾配に関する定量的予測

第1表 野外調査結果  
Table 1 Results of field measurements

No.	Location	Sediment size $D$ (mm)	Wave period $T$ (sec)	Wave height $H_b$ (cm)	Beach-face slope $\tan \alpha$
1	Toya, Yomitan	5.6	5.1	40	0.23
2	Namihira, Yomitan	0.7	5.1	40	0.07
3	Gima, Yomitan	1.4	4.7	25	0.11
4	Nakadomari, Onna	0.6	3.8	5.0	0.11
5	Tancha, Onna	0.6	4.9	5.0	0.16
6	Ahuso, Onna	0.2	5.1	9.0	0.09
7	Inbu, Onna	1.8	5.4	8.0	0.16
8	Kise, Nago	13.3	3.8	7.0	0.40
9	Koki, Nago	1.9	4.0	6.0	0.29
10	Kohensoko, Nago	12.0	4.3	4.0	0.40
11	Abu, Nago	1.2	3.1	3.0	0.11
12	Sedakehigashi, Nago	0.2	5.7	40	0.04
13	Sedake, Nago	0.3	3.7	4.0	0.14
14	Sokei, Ginoza	3.0	7.9	7.0	0.19
15	Kanna, Kin	0.2	4.8	5.0	0.08
16	Gushikubaru, Kin	0.5	5.4	9.0	0.16
17	Namisato, Kin	0.9	10.8	11	0.18
18	Konbu, Ishikawa	1.4	7.1	38	0.14
19	Teruma, Yonagusuku	0.2	3.6	35	0.07
20	Heshikiya, Katsuren	0.4	2.3	15.0	0.11
21	Uchima, Katsuren	0.5	4.7	15.0	0.09
22	Toma, Nakagusuku	16.0	2.2	6.0	0.42
23	Kudeken, Chinen	0.3	3.2	4.0	0.14
24	Miibaru, Tamagusuku	0.8	2.4	4.0	0.18

うな波高の低い波による小規模の地形変化が続いた後、数波に一波程度の大きな波による遡上波が前浜全体を変化させる。そこで、 $\tan \alpha$ は不規則波のうちの大きな波に対応していると考え

て、数分間中に目視によって観測された碎波波高のうちの最大波高 ( $H_b$ ) を折尺・標尺で、 $H_b$  に対応する周期 ( $T$ ) をストップウォッチを用いて計測した。また計測地点の前浜中央部の表

面付近から堆積物を採取し、それを実験室に持ち帰り、水洗い・乾燥の後、ふるいを用いて粒度分析を行って中央粒径 ( $D$ ) を求めた。以上のようにして、得られたデータを第1表にまとめた。

### III 考 察

前浜勾配 ( $\tan\alpha$ ) に影響を与える要素として、1) 前浜を構成する堆積物の粒径 ( $D$ )、分級度、分布、重力 ( $g$ ) などの海浜の特性、2) 波高 ( $H$ )、波形勾配 (波高 ( $H$ ) と波長 ( $L$ ) の比:  $H/L$ )、遡上波周期 ( $T$ ) などの波浪特性、3) 地下水位、4) 潮位差、5) 沿岸流の流速などが報告されている。特に、Sunamura (1984) は、前浜勾配に影響を与える必要不可欠な要素として、堆積物の粒径 ( $D$ )、波の周期 ( $T$ )、砕波波高 ( $H_b$ ) を挙げている。この理由として、前浜勾配はこれらの3変数に敏感に応答すること、さらに、これらの変数は、現地で測定しやすい物理量であることを挙げている。そこで  $\tan\alpha$  を  $D$ 、 $T$ 、 $H_b$

を変数として、次元解析法を用いて整理する。変数物理量の数は  $\tan\alpha$ 、 $D$ 、 $T$ 、 $H_b$ 、 $g$  の5個であり、基本単位の数は長さ [ $L$ ]、時間 [ $T$ ] の2つである。したがって、無次元数の数は Buckingham の  $\pi$  定理によって  $5-2=3$  個であり、 $\tan\alpha$ 、 $D/H_b$ 、 $g^{0.5}T/D^{0.5}$  の3つの無次元数が得られる。したがって、 $\tan\alpha$  は、次のように表すことが可能である：

$$\begin{aligned} \tan\alpha &= f_1(D/H_b \cdot g^{0.5}T/D^{0.5}) \\ &= f_1(g^{0.5}D^{0.5}T/H_b) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

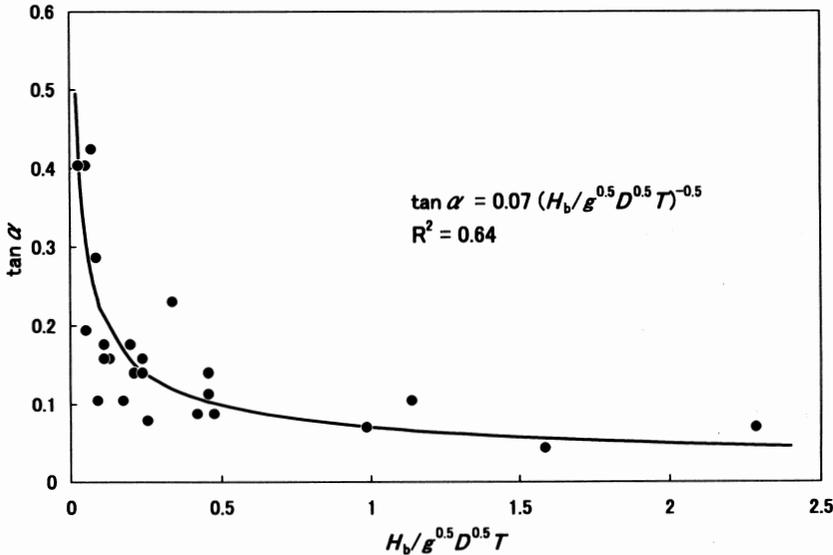
したがって、次式のような関数形を設定することが可能である：

$$\tan\alpha = k(H_b/g^{0.5}D^{0.5}T)^\beta \quad \dots (2)$$

ここで  $k$  は無次元の係数である。

(2)式の係数  $k$  および  $\beta$  を決定するため、第2図に、得られた結果を、横軸に  $H_b/g^{0.5}D^{0.5}T$ 、縦軸に  $\tan\alpha$  の値をとり、プロットした。

データには多少のばらつきはあるものの、



第2図 前浜勾配 ( $\tan\alpha$ ) とパラメータ  $H_b/g^{0.5}D^{0.5}T$  との関係  
Fig. 2. Relationship between beach-face slope ( $\tan\alpha$ ) and  $H_b/g^{0.5}D^{0.5}T$

$H_b / g^{0.5} D^{0.5} T$ が大きくなるにつれて、 $\tan \alpha$ が小さくなる傾向が認められる（決定係数； $R^2 = 0.64$ ）。ばらつきの原因としては、波浪の不規則性、堆積物（枝状・卓状・塊状サンゴ破片、有孔虫など）の形状の差異およびそれらの混合効果、粒度組成の時間的・空間的変動などの影響が挙げられるが、この図から、 $\tan \alpha$ は基本的には $D$ 、 $T$ 、 $H_b$ の3つの要素に規定されると考えることができる。この傾向を示す回帰曲線を求めると、係数の値は $k=0.07$ 、 $\beta=-0.5$ となり、沖縄島におけるサンゴ礁海浜の前浜勾配 $\tan \alpha$ は次式で示される：

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= 0.07 (H_b / g^{0.5} D^{0.5} T)^{-0.5} \\ &= 0.07 (g^{0.5} D^{0.5} T / H_b)^{0.5} \dots (3) \end{aligned}$$

この式は、 $\tan \alpha$ が $D$ と $T$ に比例し、 $H_b$ に反比例することを示しており、粒径が大きく、静穏な波浪が作用する海浜ほど、前浜勾配が急になることを示している。重要なことは、サンゴ礁海浜の前浜勾配（ $\tan \alpha$ ）が、波高や周期といった波浪条件と粒径という海浜特性に密接に関連し、 $\tan \alpha$ が $D$ 、 $T$ 、 $H_b$ の3つの変数で概ね予測できるということである。今後の課題としては、堆積物の形状効果や混合効果の定量的指標を作成し、(3)式に関するさらなる検討が必要となるであろう。

#### IV まとめ

サンゴ礁海浜の野外調査結果に基づき、次元

解析の手法を用いて、前浜勾配（ $\tan \alpha$ ）について定量的な検討を試みた。その結果、サンゴ礁海浜の前浜勾配は、波の波高・周期、堆積物の粒径の3つの変数で式(3)のように与えられることがわかった。

本研究は琉球大学理学部 21 世紀 COE プログラム「サンゴ礁島嶼系の生物多様性の総合解析」の一環として行われたものである。科学研究費・基盤研究 A、課題番号 16201009、研究代表者・土屋誠（分担研究者・前門 晃）および琉球大学・亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構タスクチーム（島嶼社会科学研究部門）研究費の一部を使用した。

#### 文 献

- 平山静香・廣瀬 孝（2003）：瀬底島サンゴ礁海岸における砂質堆積物の移動。沖繩地理，6，53-71。  
 山内秀夫（1990）：サンゴ礁海岸の砂。サンゴ礁地域研究グループ編：「熱い自然」古今書院，101-117。  
 山内秀夫（2003）：伊計島東部のサンゴ礁海岸における砂質堆積物の分布について。沖繩地理，6，41-52。  
 山内秀夫・長谷川均・長澤良太（1989）：石垣島吉原のサンゴ礁海岸における砂質堆積物分布について。沖繩地理，2，1-12。  
 Sunamura, T. (1984): Quantitative predictions of beach-face slopes. *Geological Society of America Bulletin*. 95, 242-245

青 木 久・前 門 晃

## A Quantitative Prediction of Beach-Face Slopes on Coral Beaches in Okinawa Island

Hisashi AOKI\* and Akira MAEKADO\*\*

(\* The 21st Century COE Program, Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus,

Present address: Terrestrial Environment Research Center, University of Tsukuba,

\*\*Faculty of Law and Letters, University of the Ryukyus )

Using data on coral beaches in Okinawa Island, a predictive equation for beach-face slope was derived through dimensional analysis. The beach-face slope,  $\tan \alpha$ , was found to be expressed by  $\tan \alpha = 0.07(H_b / g^{0.5} D^{0.5} T)^{-0.5}$ , where  $H_b$  is the breaker height,  $T$  is the wave period,  $D$  is the sediment size and  $g$  is the acceleration due to gravity.

**Key words:** *beach-face slopes, coral beaches, dimensional analysis*