

# 阿字ガ浦における海浜過程（第1報）

橋 本 宏\*・宇 多 高 明\*\*

## 1. はじめに

波による海浜地形変化に関して、海浜地形が波形勾配をパラメーターとして平常海浜と暴風海浜の2つのタイプに分類されることは Johnson<sup>1)</sup> によって最初に指摘された。その後、岩垣・野田<sup>2)</sup> らはこのタイプの分類には波形勾配だけではなく、底質粒径と波高との比が重要なパラメーターとなることを明らかにした。また堀川・砂村<sup>3)</sup> らは汀線変化の問題に関連して、海底勾配の効果を考慮して、汀線の前進・後退の境界を与える式を導いた。

これらの研究は主に二次元実験によって検討がなされているものであり、現地海岸への適用は十分に行われていない。

一方、海浜形状に関連して、砂村<sup>4)</sup> は波に対する海底勾配の応答が急速である場合には、前浜勾配が波形勾配と底質粒径によって表わされることを明らかにした。しかし、このような底質の応答性については現地海岸で十分な検討はなされていない。

このように、研究成果の現地海岸への適用が十分でない原因としては、精度の高い現地データがあまり存在しないことが一因であろう。さらに、海浜地形は、波浪、海浜流、潮位等の変化とともに絶えず変動しており、その変化は短期的なものから非常に長期的なものまで、多くの時間スケールを持った運動をしていると考えられ、したがって時間的問題が必然的に関係して来ることも要因として考えられるであろう。

このため現地観測を行う場合には、空間的にも時間的にも変化する数多くのパラメーターについて高精度かつ総合的に観測を行うとともに、地形変化を起こす主要な要因の時間スケールに合わせて、短・中・長期的にその変化を調べることが必要である。

以上の理由から、中長期的な地形変化と波浪や底質粒径の関係を調べる目的で阿字が浦において総合的な現地観測を開始した。

## 2. 観測方法

調査地点の阿字が浦は磯崎漁港から日立港に至る延長約 10 km の南北に向いた砂浜海岸の南端に位置している。調査は当海岸の漂砂観測用棧橋を利用して行った。まず長期観測については昭和 50 年 6 月 26 日より毎週の現地観測を開始した。観測項目は、① 棧橋からの深淺測量、② 陸上部の橋軸に沿う水準測量、③ 底質採取、④ 波高・波向測定、⑤ 沿岸流測定、⑥ 碎波帯幅及び離岸流間隔の測定、⑦ 風向・風速測定（連続）である。

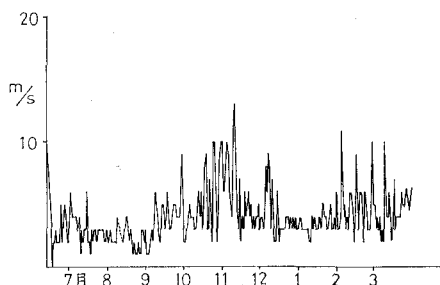
深淺測量及び水準測量は 3 m 間隔で、1 cm の精度で測定を行った。測定点数は海上部 65 点（昭和 51 年 2 月以降、それ以前は 33 点）、陸上部 15 点であった。底質は棧橋に沿った固定点で約 12 点採取した。これらの底質は乾燥後、粒度分析を行った。また波向測定は海岸背後の砂丘上において平板とアリゲードを用いて行った。

次に中期観測は昭和 50 年 12 月 15 日より 20 日の間、棧橋からの深淺測量（6 時間間隔）を主体にして行った。また 18, 19 両日には気球による海浜流観測も実施した。

## 3. 観測結果と考察

### （1）風の特徴

図—1 は日平均風速の経時変化である。また 図—2 は各週ごとに風向の頻度を整理した風配図のうち、各シー



図—1 日平均風速の経時変化

\* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室長

\*\* 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

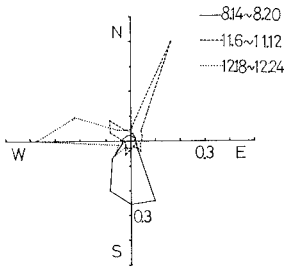


図-2 風配図

ズンの代表例を示したものである。

夏期(7~9月中旬), 夏型気圧配置になると, 風は弱くなり, 日平均風速で約  $2\sim4$  m/sec となった。また風向はS方向に卓越した。秋期(9月中旬~11月)においては, 南東海上に多くの低気圧が発生したために日平均風速は  $10$  m/sec にも達し, 風向は主に NNE 方向となり, またこの時期には後に述べるように波浪も非常に発達した。前冬期(12~1月)には西高東低の気圧配置になるとともに, 卓越風はW方向すなわち陸風となり, また風速も弱まった。後冬期(2~3月)には冬期気圧配置は時としてくずれ, このためきわ立った卓越風の方角はなくなり, また風速のばらつきも大きい。

## (2) 波浪と潮位特性

図-3, 4 は鹿島港における運輸省による波浪観測の結果を図示したものであり, 図-3 は日最高有義波波高と周期, 図-4 はこれに対応する波形勾配の経時変化と日最大, 最小潮位の経時変化である。図-1 と比較する

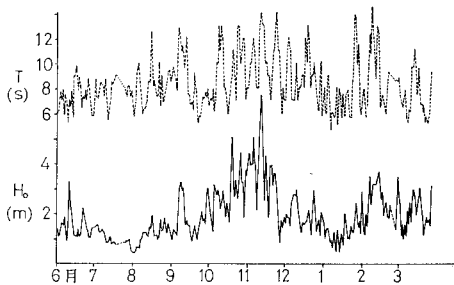


図-3 日最高有義波波高と周期の経時変化

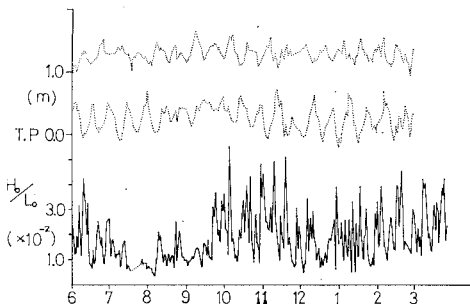


図-4 波形勾配と潮位の経時変化

と, 波高と風速はかなり高い相関を示している。

夏期は波高は小さく,  $1$  m 程度である。秋期には波高は著しく高くなり, 最大では  $7$  m 近くまで達している。また前冬期には夏期と同様に波高が小さくなるが, その継続期間が異なる。たとえば, 波高が  $1.5$  m 以下の期間は夏期には約  $85$  日程度続くが, 冬期には  $40$  日程度であり, 更に  $1$  m 以下の期間は夏期の  $30$  日に対して前冬期は数日程度しか続いていない。

周期は夏期には  $7\sim8$  秒であるが, 秋期は周期が長く, また変動も大きい。

図-4 によれば, 波形勾配は夏期の  $1.0\times 10^{-2}$  に対して秋期には  $5.0\times 10^{-2}$  以上にも達した。ただし 図-4 の潮位は三浜港において茨城県が行っている潮位観測のデータである。

## (3) 地形変化

図-5 は棧橋に沿う地形の季節的变化を表わしている。夏期は波浪が弱く, 汀線付近には berm 及び step が成長した。この夏期海浜は9月初旬の台風のうねり(図-3 参照)の到来によって数日間で侵食された。これにより berm や step は消滅し, フラットな海底地形となった。その後は波浪が高いため更に侵食が進んだ。しかし西高東低の冬期気圧配置になるにつれ, 波浪は再び弱くなり, 前冬期には再び berm が成長した。後冬期には低気圧が多く発生し, 波高も高くなり侵食を受けた。これらのことから海浜地形変化と波浪特性の間でかなり強い相関があることが予想された。この点を更に明らかにするため, 毎週の観測値より平均値を算出し, さらに観測値により平均値を差し引くことによって得られた地形変動を示すのが 図-6 である。この図より次の点が明らかになる。すなわち,

1) 夏期, sand-bar が沖合より岸向きに進行している。この sand-bar の trough の位置の進行速度を求めると, 4 週間の平均値で  $9.23$  cm/hour となる。この値は Sonu<sup>2)</sup> が現地観測によって求めた約  $120$  cm/hour と比較すると1オーダー小さい。

2) berm の位置における砂の堆積は sand-bar の進行

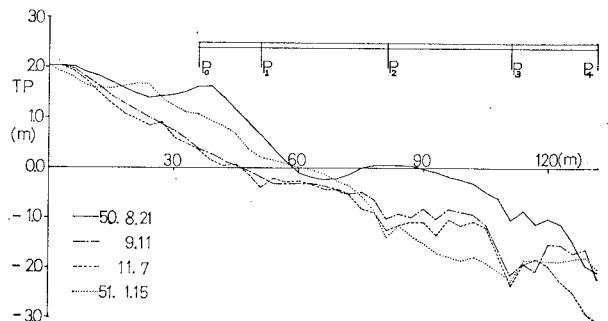


図-5 棧橋に沿う地形の季節的变化

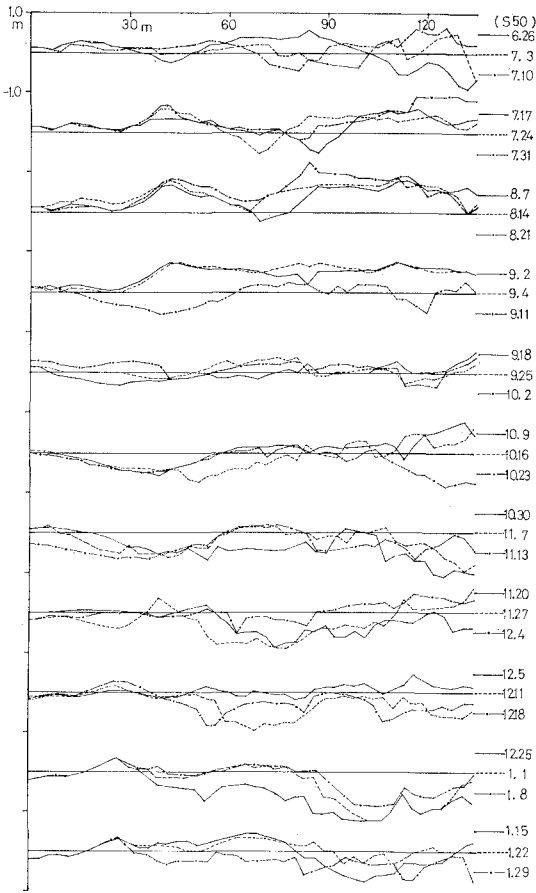


図-6 地形変動

とは別の形で起こり、単独で次第にその高さを増すが、やがて sand-bar と連結する。

3) 夏期における berm の成長速度は図-7 の berm 頂点の高さの経時変化より計算すると、5 週平均で約 0.112 cm/hour となり、毎時底質の中央粒径の約 4 倍程度の成長速度となっている。

4) 前浜勾配の時間変化を調べるために、まず前浜を図-8 に示すように定義した。すなわち、各週の平均満潮位 (M.H.W.L.) と平均干潮位 (M.L.W.L.) の 2 地点より勾配を定めた。また底質の代表粒径はこの前浜

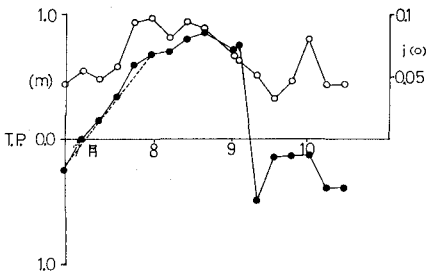


図-7 berm 頂高及び前浜勾配の経時変化

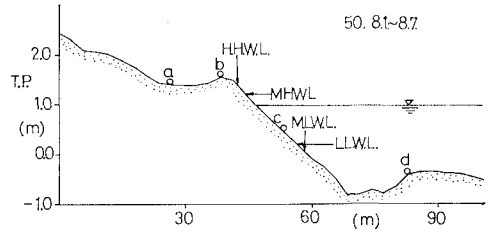


図-8 前浜の定義

内で採取した資料 (図-8 の場合は資料 C) から求めた。このように定義した前浜勾配の経時変化が図-7 に示されている。値はかなりばらつきがあるが, berm の成長とともに次第に急勾配になり, 5 週間程度ではば一定に達している。

5) 前冬期においても berm の成長は見られるが, この場合は夏期とは形成過程が異なり, ラクダの背状に二つのピークをもって成長する。

#### (4) Empirical Eigenfunction による解析

地形の季節的変動を Inman<sup>6)</sup> らによる Empirical Eigenfunction を使って解析した。この関数は高さ  $h$  を基準点から沖方向に取った水平距離  $x$  と時間  $t$  の関数の積に分離するものであり, データ  $h_{xt}$  に対して,

$$h_{xt} = \sum_n c_{nt} e_{nx} \quad \dots \dots \dots (1)$$

となるように  $h_{xt}$  を展開する。ここで添字  $x$  は 1 より  $n_x$  (測定点数) まで,  $t$  は 1 より  $n_t$  (測定回数) まで変わる。ただし,

$$\sum_x e_{nx} e_{mx} = \delta_{nm} \quad \dots \dots \dots (2)$$

であり, ベクトル  $e$  は直交ベクトルである。 $e$  を求めるには測定データから対称マトリックス,

$$a_{ij} = \frac{1}{n_x n_t} \sum_{t=1}^{n_t} h_{it} h_{jt} \quad \dots \dots \dots (3)$$

を作り, この行列  $A$  の固有値を求めれば良い。すなわち,

$$A e_n = \lambda_n e_n \quad \dots \dots \dots (4)$$

である。また  $c(t)$  はベクトル  $e$  の直交性を利用すれば,

$$c_{nt} = \sum_x h_{xt} e_{nx} \quad \dots \dots \dots (5)$$

より求まる。

図-9 は式 (1)~(5) によって求めた固有関数  $e_1$ ,  $e_2$  及びその時間的変化,  $c_1(t)$ ,  $c_2(t)$  を示すものである。Inman らに従えば,  $e_1$ ,  $e_2$  はおのおの mean-beach func. 及び bar-berm func. を示している。 $e_1$  は平均的地形を示すが,  $c_1(t)$  の変化が示すようにこの関数の有意な時間的変化は小さい。 $e_2$  は berm の所にピークを持つことと, 平坦な step を持つことが特徴的である。 $c_2(t)$  の変化は図-3 の波高の経時変化と良く対応しており, 波高が小さい時には正の勾配, 波高が高いときは負の勾配

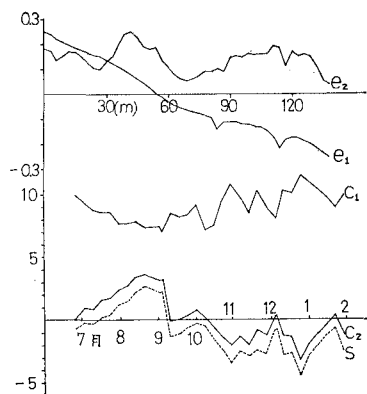


図-9 固有関数とその時間的变化

を有している。この主要な時間的变化を表わす  $c_2(t)$  は岸付近の全体的な砂移動の状況を示すものと考えられる。たとえば、T.P. 0m 以上の土量の変化を計算すると、図-9 の  $s(t)$  になる。この  $s(t)$  と  $c_2(t)$  は非常に形が似ており、したがって  $c_2(t)$  より汀線付近の土砂の堆積と侵食が区別できる。つまり  $c_2(t)$  の微係数が正の場合は堆積、負は侵食に対応する。これによって堆積性・侵食性を区別し、岩垣・野田ら<sup>2)</sup> と同じパラメーターによって整理すると、図-10 に示すように、侵食性と堆積性が波形勾配と粒径波高比によって区分される傾向があることがわかる。ただし波高は各週の日最高有義波高の最大値を用いている。

### (5) trough の消滅過程

図-11 は中期観測による地形の変化を図示したものである。汀線近くに存在した trough が消滅して行く過程を表わしている。この観測を行った時期は図-9 によれば、長期的には侵食が起きている期間であるが、数日間波浪が弱まったために、地形は波浪条件の変化に急速に回答した。trough の時間的变化を詳細に調べるため、trough 水深(図上の  $h$ )の経時変化を示したのが図-12 である。同図には潮位変化も示してあるが、これと対応させれば、干潮時に堆積、満潮時に侵食をくり返しながら平均的には trough 水深は減少している。この堆積の速度は最も変化の激しいときで 9.33 cm/hour

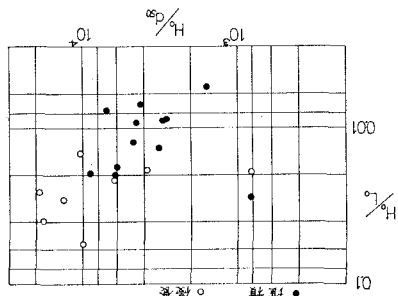


図-10 堆積性と侵食性の区分

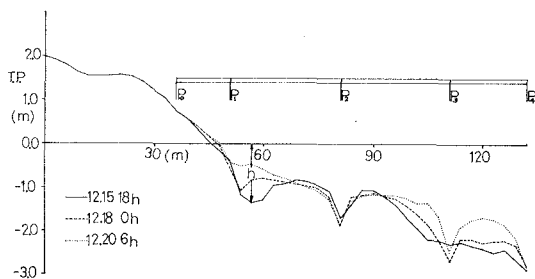


図-11 trough の消滅過程

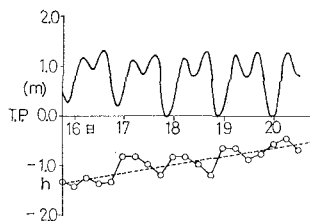


図-12 trough 水深の経時変化

である。一方、平均的成長速度は 0.72 cm/hour であり、1 オーダー小さい。

最も変化の激しい干潮時における地形の変化は、潮位変化に匹敵し、このような地形変化は海浜流の発生やその強さなどと関係する可能性がある。

## 5. おわりに

長・中期に分けた観測によって、汀線付近の地形の季節的変動と波浪特性の関係について考察を加えた。また bar の進行速度や trough の消滅過程について明らかにした。ただし、ピアによる洗掘や粒径の場所的变化などについては省略した。今後残された問題も多いが、今後次の諸点について検討を加えたい。

(1) 侵食時、特に台風のうねりなどを受ける場合の侵食状況を把握すること。

(2) 地形変化に対する潮位の影響を更に明確にするため潮差の大きいときと小さい時に観測を行うこと。

謝辞：この研究を行うにあたって、貴重な波浪データを提供して下さった運輸省第二港湾建設局鹿児島港工事事務所の調査課の諸氏また潮位データを提供して下さった、茨城県三浜港事務所の鶴川氏に感謝致します。またデータの整理に御協力をいただいた前建設技官の天内司氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Johnson, J. W.: Scale effects in hydraulic model involving wave motion, Trans. A.G.U., Vol. 30, pp. 517-525, 1949.

- 2) Iwagaki, Y. and H. Noda: Laboratory study of scale effects in two-dimensional beach processes, Proc. 8th Conf. Coastal Engr., pp. 194~210, 1962.
  - 3) 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田 滋: 波による二次元汀線変化に関する一考察, 第22回海岸工学講演会論文集, pp.329~334, 1975.
  - 4) Sunamura, T.: Static Relationship Among Beach Slope, Sand Size, and Wave Properties, Geographical Rev. of Japan, Vol. 48-7, pp. 485~489, 1975.
  - 5) Sonu, C.J.: Collective movement of sediment in littoral environment, Proc. 11th Conf. on Coastal Engr. Con., pp. 373~400, 1968.
  - 6) Winant, C.D., D.L. Inman, and C.E. Nordstrom: Description of Seasonal Beach Changes Using Empirical Eigenfunctions, J. Geophys. Res., vol. 80, (15), pp. 1979~1986, 1975.
-