

砂浜海岸の前浜帯における地形変化

——茨城県鹿島海岸の場合——

佐々木 異*

1. はじめに

砂浜海岸の中でも前浜帯は、短期間にもっとも大きな地形変化を示す部分の1つである。そのために前浜帯およびその周辺の地形については、自然地理学者ばかりではなく海岸工学の分野の研究者によっても、海岸線の侵食対策、港湾の建設計画などに伴った基礎的な知識の必要性から、その地形変化のメカニズムを解明するために多くの努力が払われて来ている。前浜帯は海岸に近づいて来た波が砕波した後、段波となって陸方向に打ち寄せる部分にあたっており、海水の動きに関する流体力学的な取扱いが困難であると同時に、野外での観測にもかなりの困難が伴うため、いまだに解明されない点が多くある。筆者は、茂木¹⁾、Homma²⁾、Sonu³⁾、Davis⁴⁾などの研究にみられるように open coast においてみられる沿岸方向のリズミクな地形に注目し、前浜帯における3次元的な地形変化のメカニズムを明らかにすることを目的として1977年の2月より、茨城県鹿島海岸を研究対象地域として調査を開始した。

2. 調査地域の概観

調査地域は茨城県鹿島郡旭村の玉田地区と大洋村台濁沢地区の2ヶ所である(図-1)。両地区は典型的な砂浜海岸で、その背後には海拔40ないし45mの鹿島台地がある。海岸に面したこの台地の周辺部は、全体的に砂丘の発達が良好であるが、第2次世界大戦後、後浜上に防砂堤が立てられ、それに飛砂が付着して形成された人工の砂丘も幅広く分布している。一方、海底については1978年5月21日に地形測量を行った。図-2には両調査地域の海浜縦断形が示されている。この調査結果と、その後の補足調査から両地域の海底には、海岸線にほぼ平行な2本のバー(bar)が存在すること、これら2本のバーのうち陸側のものはステップ状になっていることなどが明らかになった。平均海面を示す汀線から水深10mまでの勾配は、8/1000ないし10/1000

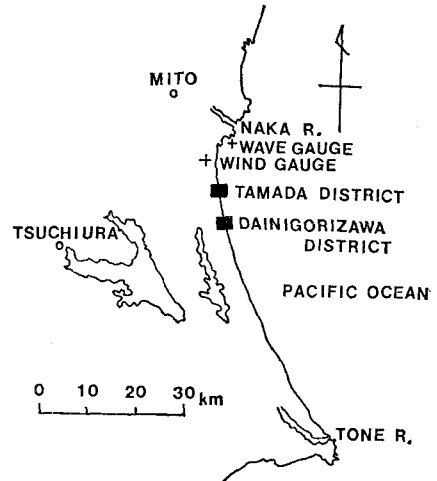


図-1 調査地域

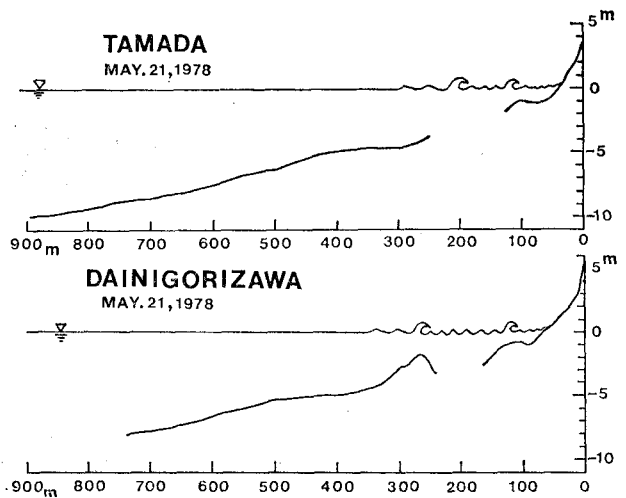


図-2 両調査地域の海浜縦断形

とゆるやかである。

3. 野外調査の方法

3.1 前浜帯における地形変化についての測量

両調査地域について後浜上にある人工的な砂丘に測量の基準となる杭を海岸線にほぼ平行に50mの間隔で、

* 学生会員 筑波大学大学院 地球科学研究科

総数 66 本を埋設した。この杭を基準にして海岸線に直角方向に、自動レベル、箱尺、けん縄を使用した水準測量を繰り返して行い、1回のストームサイクル中に前浜帯で生じる地形の変化と、2ないし3ヶ月毎に大カスプ (large cusp) の位置がどのように変化するかを調査を行う。

3.2 気象・波浪の資料

波高、波向に関する資料は那珂湊市三浜港湾事務所の資料を、風向、風速に関する資料は日本原子力研究所の気象観測塔の資料をそれぞれ閲覧させていただいた。また、両調査地域の背後にある台地上に波浪観測地点を設定し、定期的な写真撮影と碎波周期、碎波遡上時間、波の入射方向、碎波形式などの測定と観察を行った。

4. 調査結果と考察

4.1 大カスプについて

筆者は大カスプの輪郭が ± 0 m の等高線にあらわれるものと考え、両調査地域について ± 0 m の等高線の位置が、時間的にどのように変化するかを調査してみた (図-3)。これをみると両調査地域に、種々の波長をもつ大カスプと考えられる地形の輪郭がみられるが、これについて調和解析を行い、ピリオドグラムを作成してみた。図-4 はその解析例の1つである。このような解析を、ビーチ (beach) が堆積性の時と侵食性の時にわけて行ってみたが、現在のところいずれの場合についても、波長がおおよそ 250 m のものが注目すべきピークを持っていることが明らかになっている。

4.2 前浜における地形変化

ここでは台濁沢地区でみられた前浜帯における地形変化を中心に報告する。調査は 1978 年 7 月 20 日から 2 月 25 日にかけて行われたが、その間に地形測量は 7 回行った。調査期間中の波浪状況

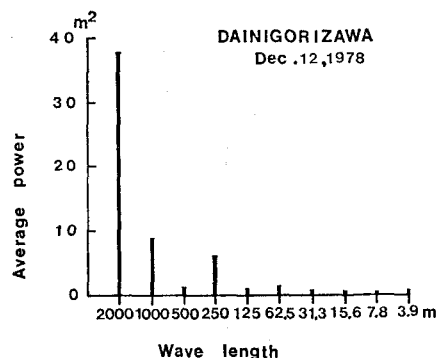


図-4 ピリオドグラム

については図-5に示してある。これによると8月1日から8月2日にかけて台風7号が調査地域の沖合を通過し、波高は著しく増大した。その後、天候の回復とともに海上は穏やかになり、安定した気圧配置のため晴天が続き、8月16日までは小さなうねりが東南東ないし南東から入射していた。8月17日から19日には北海道

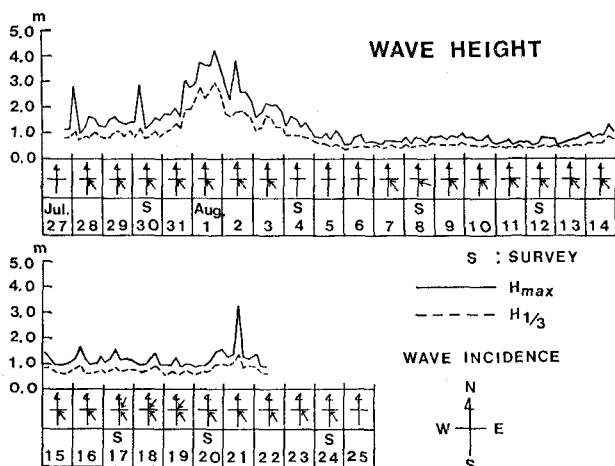


図-5 調査期間中の波浪状況

の東方海上で発達した低気圧による風波が北東から入射し、南東からのうねりと重なったが、8月20日以降は、ふたたび南東からのうねりだけになった。その後、波高は次第に増大していった。

7月30日 (図-6 (a)) 地形測量は沿岸方向に 500 m、測量の基点となる杭から沖方向に 120 m ないし 150 m の範囲で行われた。測線数は 11 本で、各測線の間隔は 50 m、測定は各測線上で 5 m 間隔に行った。7月30日の前浜は、バームクレスト (berm crest) の発達が良好で堆積性の地形を示している。

8月4日 (図-6 (b)) 台風7号の通過により前浜帯の海底が平坦化された後、波高が低下しつつある状況で、リッジ (ridge) とランネル (runnel), ± 0 m の等高線は、いずれも直線的な形状を示し

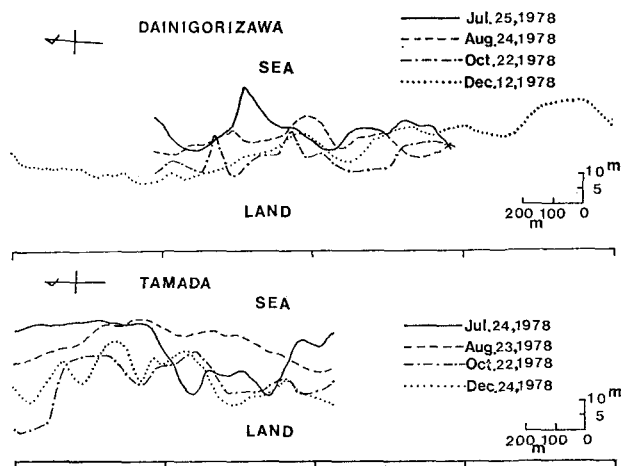


図-3 ± 0 m 等高線の位置の変化

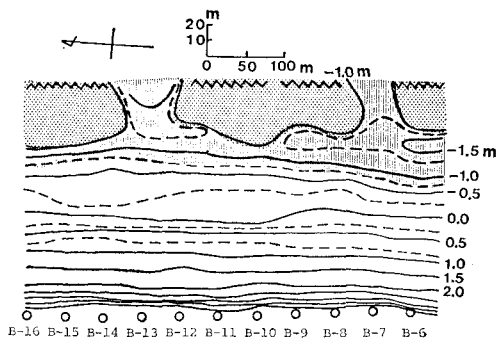
ている。

8月8日(図-6(c)) リッジは次第に陸方向に移動している。前回の測量時には連続性の良かったリッジがリップチャネル(rip channel)によって250mから300mの間隔に分割された。また、±0mの等高線も屈曲しはじめている。海水はリップチャネルを通して北東方向に流出している。

8月12日(図-6(d)) リッジはさらに陸方向に移動するとともに、およそ150mの間隔に分割された。いままで連続していたランネルも、一部が埋積されて不連続になった。

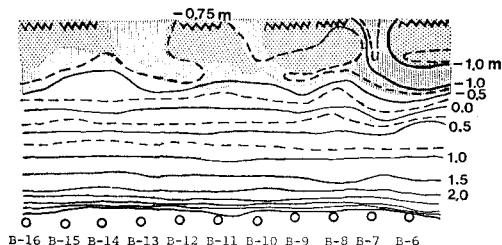
8月17日(図-6(e)) リッジはビーチ上に乗り上げて、リップチャネルは次第に埋積されつつある。±0mの等高線は、波長150mあるいは300mの波状曲線になっている。

8月20日(図-6(f)) リップチャネルはほぼ埋積され、バームクレストの発達は極めて良好である。満潮時には汀線より20mほど沖合で、2次的な碎波がみられるようになった。この調査期間中、沿岸流の流向はほとんど北向きで、その流速はリップチャネルが形成されている時期(8月8日から12日までの間)に大きく、リ



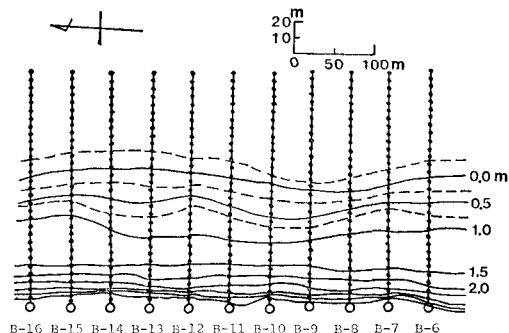
Aug. 8, 1978 (10:30-13:05)

図-6(c) 前浜帯における地形変化



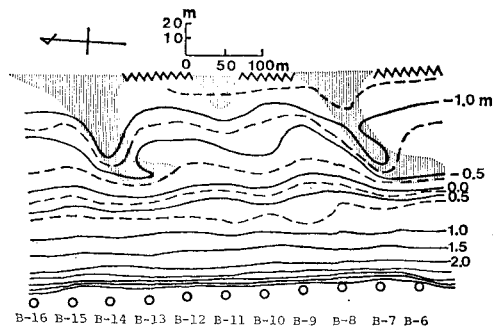
Aug. 12, 1978 (13:30-15:45)

図-6(d) 前浜帯における地形変化



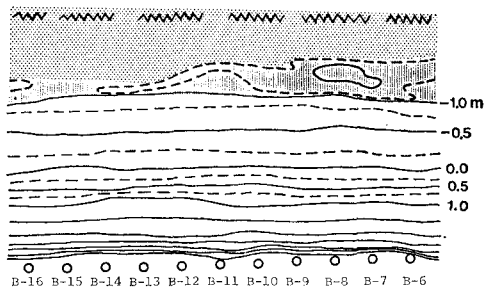
Jul. 30, 1978 (10:35-12:50)

図-6(a) 前浜帯における地形変化



Aug. 17, 1978 (8:40-11:00)

図-6(e) 前浜帯における地形変化



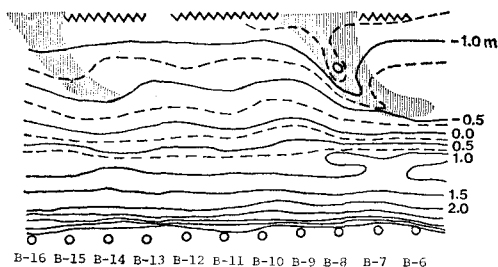
Aug. 4, 1978 (9:40-12:55)

Runnel or Rip channel

Ridge

Break point

図-6(b) 前浜帯における地形変化



Aug. 20, 1978 (10:47-12:50)

図-6(f) 前浜帯における地形変化

リップチャネルの形成以前(8月4日)や形成後, リッジがビーチ上に乗り上げ, リップチャネルが堆積されつつある時期(8月17日から20日までの間)に小さくなった。また, 大カスプのホーン(horn)は, 北方向におよそ10 m/dayの速度で移動し, これと歩調を合わせるようにリップチャネルが同方向に8ないし10 m/dayの速度で移動している。さらに陸方向に徐々に移動してビーチに乗り上げたリッジの移動速度は, 4ないし5 m/dayであった。

4.3 調査結果についての若干の考察

(1) 前浜帯における地形変化と大カスプについて

図-6で明かなように, 波高が低下し静穏な状況の下で連続性の良いリッジが, リップチャネルによってほぼ等間隔に分割される頃から, 大カスプの形成が始まっている。この大カスプの波長は主要なリップチャネル間の間隔とほぼ同じで, 250 mないし300 mである。ところが, 図-3, 図-4に示した解析の結果からも波長250 mのものが注目されていることから, 少なくとも堆積性のビーチにみられる大カスプについては, 図-6にみられたような過程を経て形成されたものと考えられる。

(2) リッジとランネルについて

上で述べた地形変化の中で, もっとも重要な役割を果たしたと思われるのはリッジである。即ち, 8月4日には, リッジ上の水深が大きいために, 前浜と沖浜との間での海水の交換は比較的容易に行われているが, 8月8日には, リッジが陸方向に移動してくるために, リッジ上の水深が減少し海水の交換は次第に困難になり, 碎波後質量輸送された海水はリップカレントとなって沖方向に流出していく場所を捜して沿岸方向に流れざるを得ない。だが, リッジがさらに陸方向に移動し, ビーチ上に乗り上げてしまうと前浜の海底ではリップチャネルの埋積が進行し, 海底は比較的平坦な形状となるため, 海水の交換は容易に行われる。即ち, リッジがリップチャネルにより分割されてからビーチ上に乗り上げるまでの間は, 海水が3次元的に流れる傾向があり, リッジの連続性が良い時期とビーチ上に乗り上げた後の時期には, 海水が二次元的な流れを示す傾向があるものと考えられる。

5. ま と め

以上の調査結果と考察をまとめる意味で, 「前浜帯における3次元的な地形変化のモデル」を作成した(図-7)。このモデルは図中の左下に示してあるように, 波高増大期のステージ(stage)1から始まって次の波高増大期が来るまでのストームサイクルを5つのステージにわけて, それぞれのステージについて前浜帯とその周辺の様子を平面図と縦断面図によって表わしたもので, 波は常に南

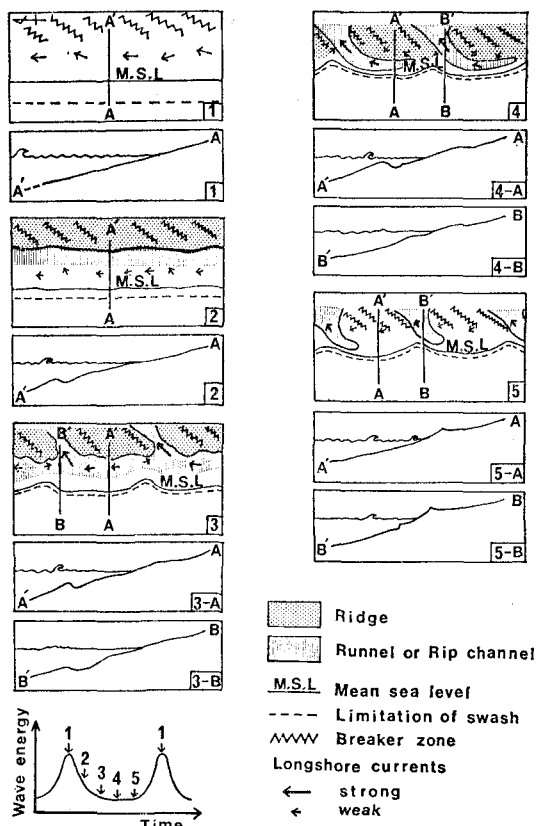


図-7 前浜帯における3次元的な地形変化のモデル

東方向から入射しているものと仮定してある。今後は, このモデルを定量化する方向で野外調査を中心にした研究を進めていく予定である。

本研究を進めるにあたり, 筑波大学地球科学系の井口正男教授をはじめ, 地形学研究室の方々から終始御指導をいただきました。また, 野外調査にあたって多大の協力をしていただいた同輩・後輩諸氏に心より感謝の意を表します。尚, 調査の際に波浪資料ならびに気象資料の閲覧を心よく許可して下さいた運輸省第2港湾建設局横浜調査設計事務所, および日本原子力研究所大洗研究所の方々にも紙面を借りてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 茂木昭夫: 東海村沿岸の地形変化について, 地理評, 33巻, pp. 393-411, 1960.
- 2) Homma, M. and C. J. Sonu: Rhythmic pattern of longshore bars related with sediment characteristics, Proc. 8th Conf. Coastal Eng., pp. 248-277, 1962.
- 3) Sonu, C. J.: Three-dimensional beach changes, Jour. Geology, Vol. 81, pp. 42-64, 1973.
- 4) Davis, R. A. and W. T. Fox: Coastal processes and nearshore sand bars, Jour. Sed. Petrology, Vol. 42, pp. 401-412, 1972.