

鳥取海岸における沿岸砂州の短期変化について

Short-Term Change of Offshore Sand Bar Topography along Tottori Coast

木村 晃¹・大野賢一²

Akira KIMURA and Kenichi OHNO

The present study deals with a short-term change on-offshore sand bar topography along Tottori coast. The observations were made applying ARGUS method. The sand bar shows year around change characteristics. In late autumn, shore line and offshore sand bar are very smooth and straight. In winter, storm waves bring cusping geographical feature and the offshore sand bar shows concavo-convex features with convexity at bay and concave at horn locations on the shoreline. From spring to autumn, these concavo-convex features gradually disappear. The amplitude of these features are relevant to the integrated values of wave energy minus threshold wave energy, which may be necessary to generate rip current with sufficient velocity

1. はじめに

著者らは 2004 年より鳥取砂丘海岸で ARGUS 法による観測を継続しており, すでにこの海岸がカスプ特性を示すこと, カスプは冬期に発達し, 春から秋にかけて徐々に消滅することなどを明らかにしている (木村・大野, 2006). ARGUS 法はデジタルビデオを用いたリモートセンシング技術であり, 砕波に伴って発生する気泡を利用して海底の地形を推定する方法として最近用いられるようになっている (Lippmann ら, 1989). この研究では ARGUS 法を用いて鳥取砂丘海岸沿岸の海底地形, 特に沿岸砂州に注目してその位置, 形状の変化と波などの関連について検討を行ったものである.

2. ARGUS 法

鳥取砂丘海岸は東端を岩戸漁港, 西端を鳥取港とする東西 7.5 km の海岸であり, 鳥取港の東防波堤に沿って千代川の河口が開いている. 本研究で用いた画像は千代川河口から東側 2 km の区間を撮影したものである. 千代川から東側 4 km には人工リーフなどの構造物は設置されていない. 写真-1 にこの研究で用いる ARGUS 写真の例を示す. 写真の下側 (南) が海岸であり上側 (北) が日本海である. 左右はほぼ東西方向と一致している. 写真中に現れている白い部分は砕波による気泡で, それより岸側の黒く (砕波が停止して) 輝度が下がっている部分のあることを総合すると砂州の存在が推定される. この研究で用いた写真の黒白の濃淡はこの理由で生じているものと推定している.

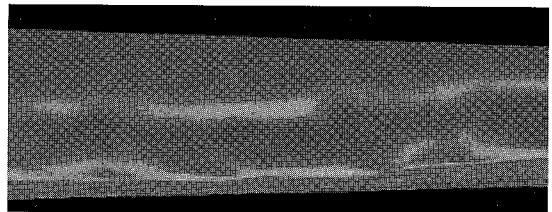


写真-1 座標変換した ARGUS 画像

3. 滞筋の発達

(1) 冬季の砂州の変化

写真-2 は 2004 年 11 月から 2005 年 2 月の ARGUS 写真を時間の経過順に示したものである. それぞれの写真は写真中に示した日付に撮影したもので, 千代川河口から東側の東西 (左右) 2 km, 南北 (上下) 250 m の範囲を示したものである. ここで示した写真撮影時の有義波高は各写真ともおおむね 2 m 前後であった. 写真に見られるように, 11 月初旬には汀線, 砂州共に滑らかな直線状で, 砂州はほぼ汀線に平行であるが, 12 月になると沿岸方向にほぼ一定の間隔 (約 350 m) で沖側にふくらみが現れる. このふくらみの位置にはほぼ例外なく岸から沖に向けて少し黒い筋が現れている. この筋は岸から沖に向かう滞筋 (リップチャネル) であり, これが海底を洗掘して水深が少し大きくなっているために, その部分で砕波が停止し, 気泡が消滅して黒く写っているものと推定される. 中央部①の部分の詳細を見ると, この部分の滞筋は 12 月中旬より沖に向かって伸び始め, これに伴って砂州が上に凸状のふくらみを持つようになる. 12 月 25 日にはリップチャネルは砂州を突き抜けて発達している. しかし 1 月 13 日 (2005 年) には滞筋の先端を埋め戻すように砂州が発達している. この後①の部分では滞筋が砂州を切断することではなく, 沿岸砂州で止められて左右に広がるような滞筋の発達が見られる. 汀

1 正会員 工博 鳥取大学大学教授工学部社会開発システム工学科

2 正会員 工博 鳥取大学講師総合メディア基盤センター

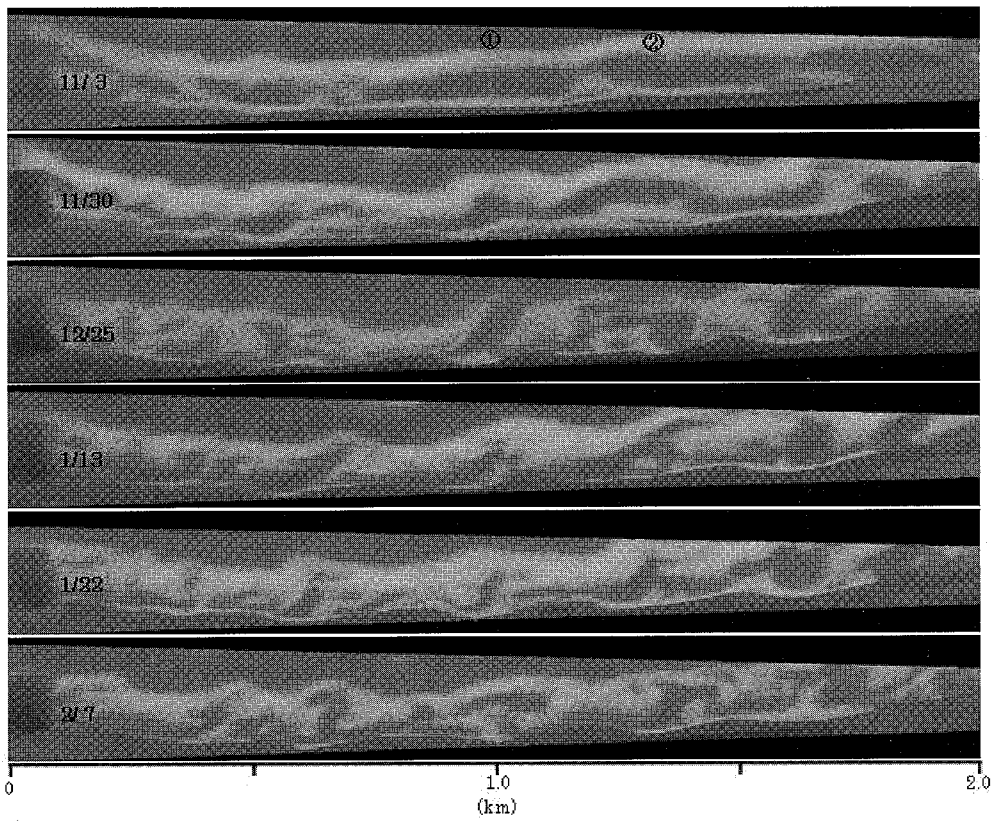


写真-2 滞筋の発達 (2004 年～2005 年)

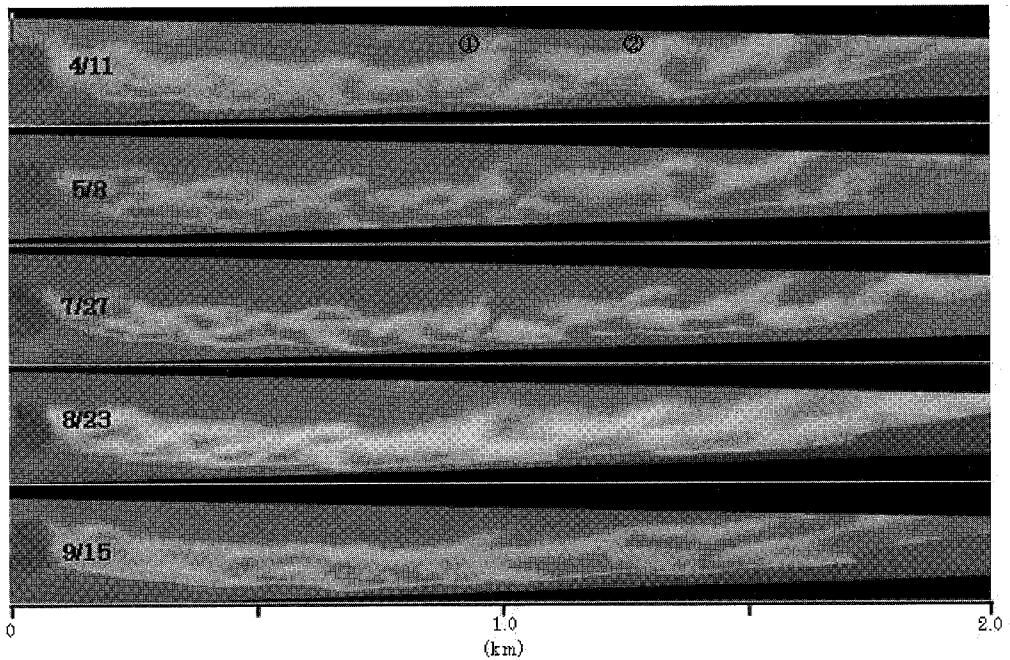


写真-3 滞筋の消滅 (2005 年)

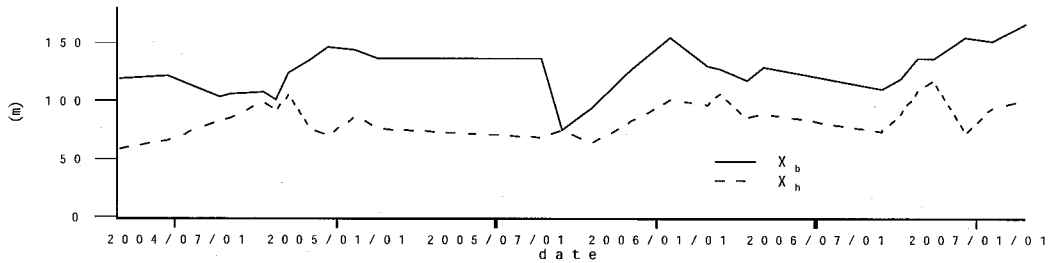


図-1 bay と horn の位置における汀線から砂洲までの距離

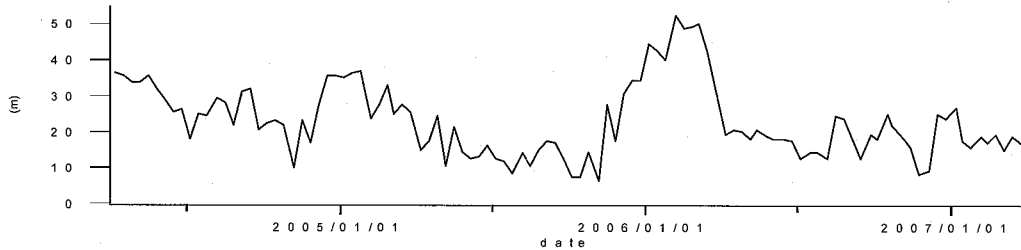


図-2 2004年4月～2007年3月のカスピの振幅

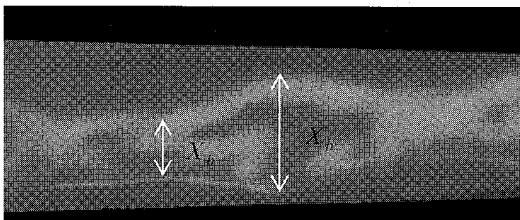
線には滞筋の発達に対応するようにカスピ地形が発達してくる。すなわち滞筋の部分は bay となり、滞筋と隣の滞筋の中間部分は horn が現れる。②の部分に現れている滞筋についても同じような変化が見られる。後で示すように 2004～2005 年の冬期は鳥取海岸には有義波高が 3m を超える高波浪も来襲しているが、沿岸方向の滞筋の位置には大きな変化は見られず砂洲の凸形状は保存されている。

(2) 春～秋の砂洲の変化

写真-3 は写真-2 と同じ範囲の 2005 年の春から秋にかけて砂洲の凹凸が次第に消滅してゆく過程を示した写真である。ここに示した期間の高波浪時の有義波高はおおむね 1.5m であった。カスピ地形は次第に消滅し(木村ら, 2006), 全域(特に①, ②の部分で顕著)で砂洲の凸部が次第に不明瞭になり、滞筋が埋められて砂洲が次第に汀線に平行になる過程を見ることができる。

4. 沿岸砂洲の消長

3. では滞筋の発達について検討を行った。ここでは沿

写真-4 X_b と X_h の定義

岸, 岸沖方向の砂洲の変形について検討を行う。写真-4 は砂洲の位置の定義を示したものである。

沿岸砂洲の凹凸は汀線の horn, bay と対応しているものとして汀線の bay の凹部の岸方向の頂点(滞筋の出発位置)と砂洲凸部の頂点の上下方向の距離を X_b , 汀線の horn の位置と沿岸砂洲の凹部の頂点の上下方向の距離を X_h として写真からこれらの値を読みとった。写真は何れも有義波高が 2m 前後で砂洲の凹凸がはっきり写っているものを選んで用いた。図-1 は X_b と X_h の値を 2004 年 4 月から 2007 年 3 月までプロットしたものである。夏期に高波浪の出現回数が少ないが、おおむね次のような特長を読みとることが出来る。すなわち、冬期には X_b の値が大きくなり、夏期には減少して X_h の値に近づく。 X_h も冬期は幾分増加する。すなわち沖側に移動する傾向が見られ、夏期にかけて幾分岸に近づいてくる。しかし汀線から 50m より岸に近づくことはない。砂村ら (1984) はパラメータ $k^* = \bar{H}_s^2 / g \bar{T}^2 d$ で砂洲の挙動を分類している。ここに $\bar{H}_s$ は碎波高, $\bar{T}$ は周期, d は底質の粒径, g は重力加速度である。このモデルは k^* が 20 以上では沿岸砂洲はほぼ直線状になり、20 以下になると凹凸形状を示しつつ岸に近づいてくるとしている。この海岸でも冬期は $k^* > 20$ となる期間はかなり長い(木村ら, 2006), 砂洲は写真-2 のように凹凸を保ったままである。また $k^* < 20$ となる夏期ではむしろ砂洲が直線状になってくる。このように鳥取海岸は砂村らのモデルと大きく異なる特長を示す。

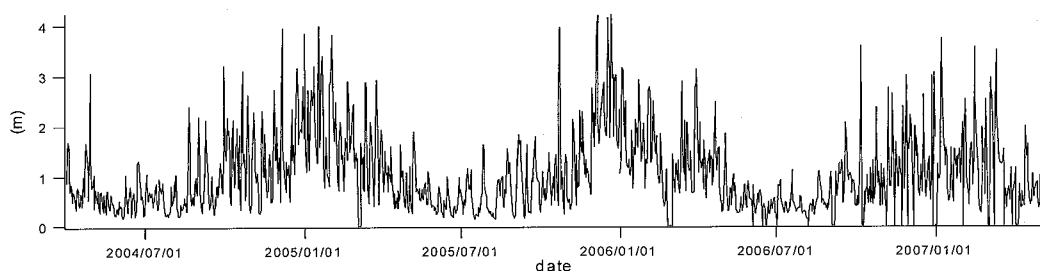


図-3 2004年4月～2007年3月の日平均有義波高（ナウファス：鳥取港）

5. カスプの消長

図-2は2004年4月から2007年3月までの間の汀線に現れたカスプの振幅の変化を示したものである。図より、2004-2005年には振幅が40m、2005年-2006年の冬期には50mの安定的なカスプ地形が現れているが、2006年から2007年の冬期には30m以下であり、短期間の出現・消滅を繰り返している。この冬は12月頃にはカスプの形成が始まったが、1月上旬に大きなストームがあり、それ以後には波長の短いカスプは現れたが、過去2年のような大きなカスプは現れなかった。図-3は過去3年間の日平均有義波高をプロットしたものである（ナウファス：鳥取）。図に見る限り2006年-2007年の冬期も例年のように高波浪が現れている。ただこの年の波の特長は過去2年に比べて高波浪が間欠的に出現している点である。この違いを検討するため、冬期の高波浪時にはカスプが発達し、夏期の静穏時にはカスプが消滅するという過去の結果を、高波浪時の波エネルギーがある基準値 E_c を超えた場合にカスプが成長し、それ以下になると減衰すると考えて次の値を用いて過去2年の波浪と比較を行った。

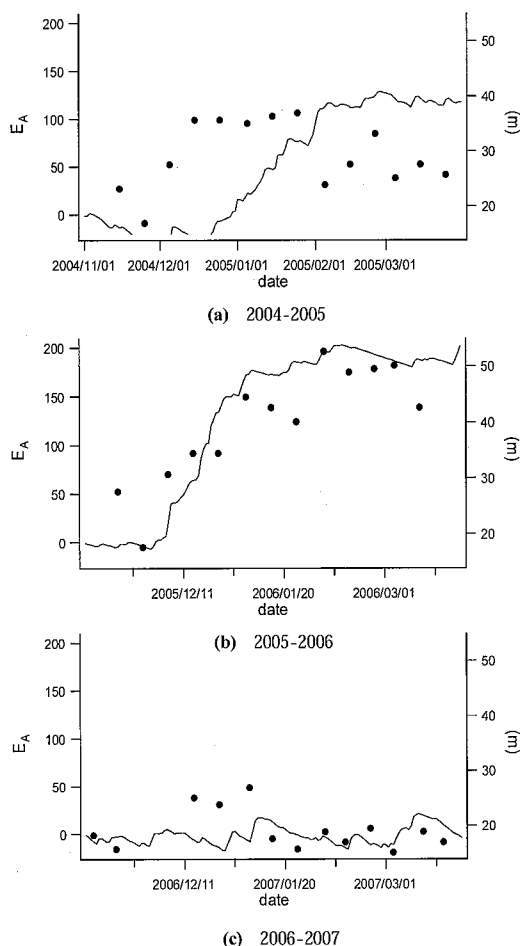
$$E = A(E_H - E_c) \dots\dots\dots (1)$$

ここに

$$E_H = (H_{1/3})^2, E_c = H_c^2$$

である。1日に来襲する波エネルギー W は、群速度 C_g を $\sqrt{gh}$ で近似すると $E\sqrt{gh}T_d$ で与えられる。ここに $E = \rho g H^2 / 8$, T_d は1日の時間である。 h を碎波水深で近似してこれを3年とも同じ一定値を用いることにすれば W は波高の2乗に比例する。したがって式(1)の定数を $A = 8 / \rho g \sqrt{gh} T_d$ とした。 $H_{1/3}$ としては日平均有義波高, H_c としては E の積算値 E_A とカスプの振幅との変化の対応が良好であった1.6mを用いた。

図-4は各年の11月1日から3月30日の間の毎日1つの E を積算した値 E_A (実線) をプロットしたものである。積算の開始は11月1日とした。図中には同じ期

図-4 E_A とカスプの振幅の関係

間のカスプの振幅を●印で示した。ただし座標軸は右側である。(a)から(c)の各図を比較すると E_A の値が年毎にかなり大きく変わることがわかる。図-3からわかるように、3年とも年最大の有義波高(日平均)はいずれも4m程度のものが来襲しているが、図-4のような差が現れているのは高波浪の出現間隔の差と考えられる。2004年は12月下旬、2005年は12月上旬から E_A の値

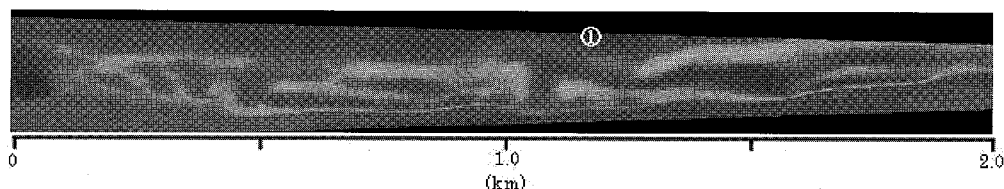


写真-5 滞筋 (2007年1月10日)

が増加し始めている。これに対して2006年は増加傾向が見られない。2004年～2005年の冬期はカスプ(●印)の成長の方が E_A の増加より約2週間ほど早めに現れているが、2005年～2006年の冬期にはカスプの発達と E_A とは良い対応を示している。また2006年～2007年の冬期も両者の対応は良好である。

写真-2, 3に見られるように、カスプと沖に発生する砂州の凹凸とは関連がある。2006年から2007年の冬期にもカスプの振幅は小さいものの、図-1に見られるように、砂州は大きく沖側に凸形状になっていることを示している。しかしこの期間には例年(写真-2)のように大きな滞筋が現れておらず、むしろ写真-5の①の部分のように沿岸方向の大きな滞筋が見られた。小さな滞筋の発生は見られたが場所が一定していなかった。

6. おわりに

この研究はARGUS法を用いて鳥取砂丘海岸沿岸の海底地形、特に沿岸砂州に注目してその位置、形状の変化と波等の特性について検討を行ったものである。その結果次のようなことが明らかになった。

- 沿岸砂州の形状に周期的な変化が見られる。

晩秋：汀線はほぼ直線状の滑らかな形状を示す。沿岸砂州も汀線とほぼ平行で滑らかな形状を示す。

冬期：高波浪の来襲に伴って沖に向かう滞筋が発生する。汀線には滞筋の発生位置がbayとなるカスプ地形が現れる。また沿岸砂州ではbayの沖側が凸状に押し出されるように曲がる。

春～秋：冬期に変形した沿岸砂州は次第に凹凸が消えて滑らかな形状を示すようになる。これに伴って汀線のカスプも消えて滑らかになってくる。

- カスプは閾値を越える高波浪が連続して来襲した場合に成長する。

来襲波と閾値を与える波のエネルギー(ここでは共に便宜的に波高の2乗で代表させた)の差の積算値とカスプの振幅の発達はほぼ対応する。

鳥取海岸はパラメータ k^* による砂村ら砂州形状の分類とは大きく異なる性状を示す。今後この理由について検討を続けてゆく必要があると考えている。

謝辞：この研究の推進に当たり一部、河川管理財団(平成15年)および鳥取県環境学術振興事業(平成16年)の援助を受けた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 木村 晃・大野賢一(2006)：鳥取海岸における海底地形の短期変化について，海岸工学論文集，第53巻，pp. 571-575.
- 砂村継夫(1984)：Swash zoneを含む碎波帯の岸沖漂砂量に関する研究，第31回海岸工学講演会論文集，pp. 316-320.
- Lippmann, T. C. and R. A. Holman (1989)：Quantification of sand bar morphology：A video technique based on wave dissipation, J. Geophys. Res. Vol. 94, No. C1, pp. 995-1011.
- ナウファス：港湾空港研究所，リアルタイムナウファス，有義波実況日表，<http://www.mlit.go.jp/kowan/now-phas/index.html/>