土木学会論文集B2（海岸工学）
Vol. B2-65，No.1，2009，566-570

大洗港による那珂川流出土砂のトラップと遮蔽域内堆砂の実態

Trapping of Sediment Supplied from Naka River by Oharai Port Breakwater and Sedimentation inside its Wave-shelter Zone

谷沢　肇[1]・宇多高明[2]・松浦健郎[3]・菊池泉弥[4]・福本崇嗣[5]・熊田貴之[6]

Hajime YAZAWA, Takaaki UDA, Takeo MATSU-URA, Izumi KIKUCHI
Takashi FUKUMOTO and Takayuki KUMADA

Beach changes around Oharai Port facing the Pacific Ocean were investigated using bathymetric survey data collected between 1979 and 2004. Between the south and offshore breakwaters of Oharai Port, 1.50 × 10^6 m^3 of fine sand deposited between 1979 and 2004, resulting in the annual rate of 6.0 × 10^4 m^3/yr, which was originally supplied from the Naka River 3 km north of the port. Also in the wave-shelter of the offshore breakwater on the south side, 7.0 × 10^6 m^3 of fine sand deposited between 1979 and 2004, giving the annual rate of 2.8 × 10^5 m^3/yr which was transported by the northward longshore sand transport induced from outside to inside the wave-shelter zone of the offshore breakwater.

1. まえがき

鹿島灘海岸は，太平洋に面し大洗から波崎まで延びる長さ97kmの海岸線である．この海岸の主な漂砂源は，大洗港の北約3kmに流入する那珂川と，海岸線南端の波崎より流入する利根川からの供給土砂であり，これらの河川からの供給土砂が沿岸に堆積して海浜が形成されてきた．しかし，現在では鹿島灘中央部には鹿島港が立地し，その先端水深が24mと，当海岸の波による地形変化の限界水深（約9m）より十分深い南防波堤が存在することから，利根川からの流出土砂は鹿島港以北に移動することができない．一方，鹿島灘海岸の北端には大洗港があり，そこでは南防波堤と沖防波堤の建設とともに波の遮蔽域が形成され，大洗港の南側海岸では北向きの沿岸漂砂が誘起されている．この海岸の海浜変形に関しては，三村ら（1991）が1979～1990年の深浅データを用いて平面的地形変化を分析し，大洗港の南側海岸と沖防波堤背後で著しい堆積が生じたこと，および大洗港の南側海岸の地形変化は，南防波堤と沖防波堤の背後に形成された波の遮蔽域へと向かう北向きの沿岸漂砂に起因するとした．また宇多（1997）は，1981～1984年の3ヵ年で大洗港の南2km地点を通過して大洗港へと移動した沿岸漂砂量を2.3 × 10^5 m^3/yrと推定し，また1978～1984年での総堆積土砂量は1.1 × 10^6 m^3に達したことを明らかにした．さらにその後の地形変化に関しては，木村ら（2006）が大洗港の南側海岸における1984～2005年の堆積土砂量の経年変化を調べ，この間約5.0 × 10^6 m^3の土砂が大洗港の南側海岸に堆積したことを示した．このように大洗港の南防波堤と沖防波堤の延伸とともに地形変化が進んできたが，三村らを除く既往研究では，堆積土砂量の変化は把握されているものの，縦断形や底質粒径まで含めた検討は十分ではなく，また那珂川から鹿島灘海岸への流入土砂量の定量評価については課題として残されていた．そこで本研究では，大洗港の南側海岸の海浜変形の詳細と遮蔽域へと向かう沿岸漂砂量を調べるとともに，沖防波堤によってトラップされた那珂川起源の沿岸漂砂量を調べ，これらに起因して起きている過剰堆砂を防止する策について考察する．

2. 深浅図による平面的地形変化の分析

図-1は2006年撮影の大洗港周辺の空中写真である．同種の空中写真は木村ら（2006）でも示したが，木村らの示した2002年の空中写真と比較すると，南北方向に約900 mの沖防波堤の南端に「く」の字形の長さ約300 mの斜め防波堤が伸ばされた．この海岸における卓越波向は木村ら（2006）によればEのため沖防波堤の背後に広い波の遮蔽域が形成され，波の遮蔽域内へと南側海岸から沿岸漂砂が生じ，波の遮蔽域では砂が堆積して前浜が大きく広がった．西防砂堤との接点での汀線は1964年当時と比較して約750mも前進し，これと対照的に南側海岸では汀線が後退して護岸が波に直接曝されている．

図-1に示す区域では1979年から毎年1回，沿岸方向に200m間隔の測線に沿って深浅測量が行われてきている．このデータは三村が分析したものと同一であるが，分析期間を2006年までとして詳細分析を行った．以下ではま

1　茨城県水戸土木事務所河川整備課　課長
2　正会員　工博　(財)土木研究センター常務理事なぎさ総合研究室長兼日本大学客員教授理工学部海洋建築工学科
3　茨城県高萩工事事務所河川整備課　主任
4　茨城県常陸大宮土木事務所河川整備課係長
5　東京都庁港湾課
6　正会員　工博　(株)水圏科学コンサルタント　技術部

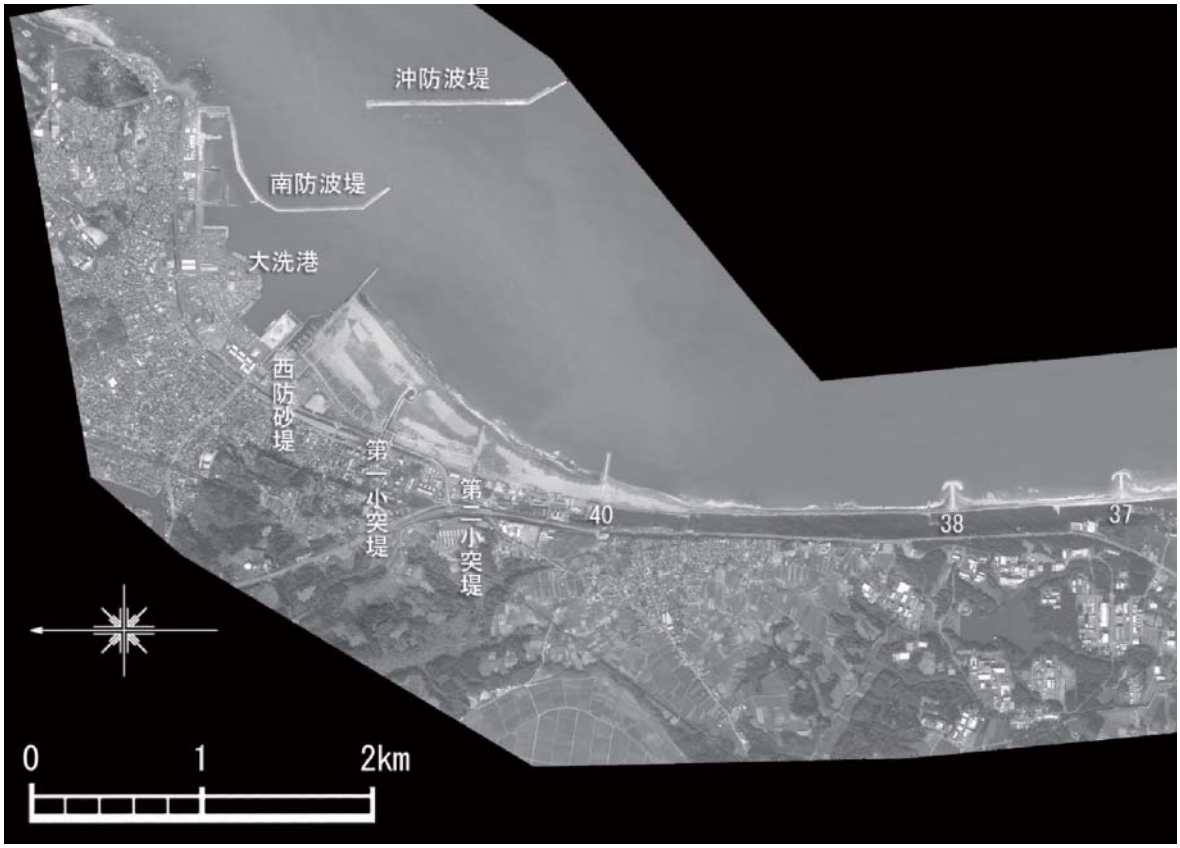

図-1　大洗港周辺の空中写真（2006年）

ず代表時期として1980，1990，2000，2004年の4時期を選んで深浅図を示す．なお各図には1979年を基準とした水深変化量を算出し，その平面分布も併せて示す．

1980年では，図-2に示すように沖防波堤はなく，大洗港の南防波堤のみが延びていた．また現西防砂堤の基部の500m部分のみが造られていた．大洗港の南側では-10mの等深線に特徴的なように，大洗港沖からSW方向に伸びた等深線がほぼ南北方向に向きを変え，その後海岸線と平行に伸びていた．また大洗港の東沖の広い区域には岩礁帯が発達している．1990年になると，図-3に示すように沖防波堤が800mまで伸ばされ，それによる波の遮蔽効果によって西防砂堤の南側区域では著しい堆砂が起きた．これと対照的に，堆積域の南側海岸では侵食が著しい．注目されるのは，沖防波堤と南防波堤に挟まれた区域にも堆積域が見られることである．この堆積域は大洗港の航路を跨いだ北側の，しかも南防波堤の東側域にあるので，南側から沿岸漂砂によって運ばれた土砂が堆積したものではなく，北側から南向きの沿岸漂砂によって運ばれてきた砂が堆積したものと考えられる．

2000年には，図-4に示すように沖防波堤が先端部も含めて延伸された結果，大洗港の南側海岸では堆積が一層著しくなった．同時に，先端部が南東方向に曲げられた南防波堤に沿って，沖防波堤方向へと細長い堆積域が伸びている．その堆積状況から判断して，砂は南防波堤に沿って南向きに移動し，沖防波堤背後の静穏域に堆積したと推定できる．

2004年では，図-5に示すように，2000年に見られた特徴が更に顕著になった．とくに南防波堤と沖防波堤の間の堆積域にあっては，先端が南東方向に鉤状に曲げられた防波堤に沿って沖防波堤方向へと細長い堆積域が大きく伸びた．

3. 堆積土砂量の変遷

図-2～図-5に示したように，大洗港周辺にあっては西防砂堤の南側区域と，南防波堤と沖防波堤に挟まれた区域で堆積が進んできた．このことから図-5に示すようにそれぞれの堆積域を囲む区域（区域①，②）を設定し，これら区域内での1979年以降の堆積土砂量の変化を調べた．まず西防砂堤以南に設定された区域①の堆積土砂量の経年変化を図-6に示す．区域①の堆積土砂量は時間経過とともに増大しており，1979年から2004年までに総量で7.0×10^6 m^3の土砂が堆積した．堆積割合は2.8×10^5 m^3/yr

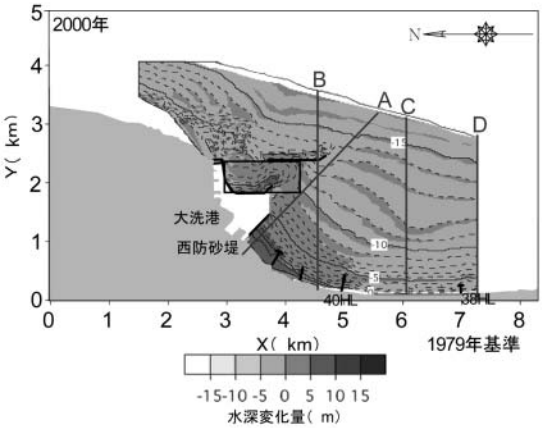

図-2　深浅図（1980年）

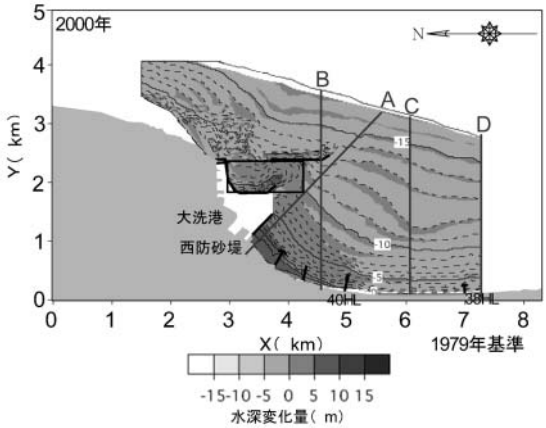

図-4　深浅図（2000年）

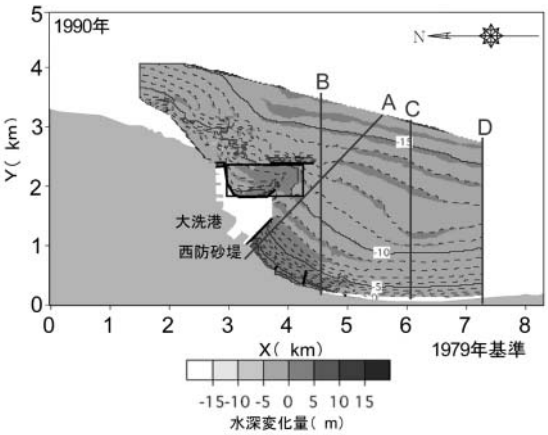

図-3　深浅図（1990年）

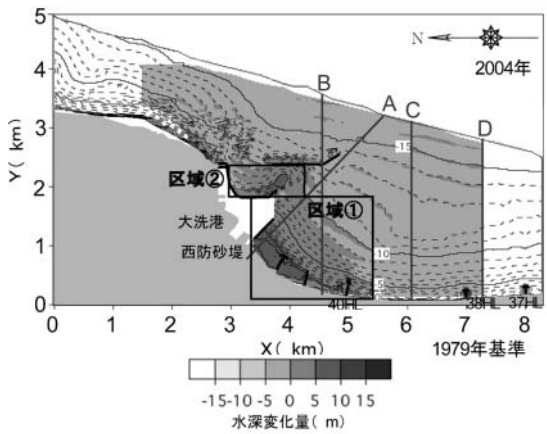

図-5　深浅図（2004年）

である．この値は，木村ら（2006）が示した1984～2005年の増加割合2.5×10^5 m^3/yrとほぼ等しい結果となった．同様にして南防波堤と沖防波堤間の区域②での堆積量の変化も図-6に示す．この区域では1979年から2004年までに総量で1.5×10^6 m^3の土砂が堆積しており，堆積速度は6.0×10^4 m^3/yrとなる．区域②に堆積した土砂は大洗港の北側区域から運び込まれる以外方法がないこと，また大洗港の北3kmには那珂川が流入し，河口部では南向きの沿岸漂砂が卓越していること（宇多ら，2007）を考慮すれば，この土砂堆積は那珂川からの流出土砂が沿岸漂砂によって運ばれ，堆積したことによると考えられる．これより那珂川の流出土砂量のうち海浜形成に役立つ粒径成分の土砂流入量は6.0×10^4 m^3/yrとなる．宇多ら（2007）は，鹿島灘海岸の南端に位置する波崎において太平洋に注ぐ利根川の流下土砂量を，波崎海岸の海浜土砂量の増加割合よりほぼ1.0×10^5万m^3/yrと推定したが，これと那珂川からの流出土砂量を比較すると那珂川では利根川に対して0.6倍であることが分かる．

4. 海浜縦断形の変化と底質中央粒径

大洗港の西防砂堤の南側区域の地形変化の詳細を調べるために，図-2～4に示したように，堆積域に測線A，Bを，南側の侵食域に測線C，Dを設定して縦断形の変化を調べた．測線A，B，C，Dの縦断形変化を図-7～図-10に示す．測線Aでは，1984年から2004年に汀線が400m

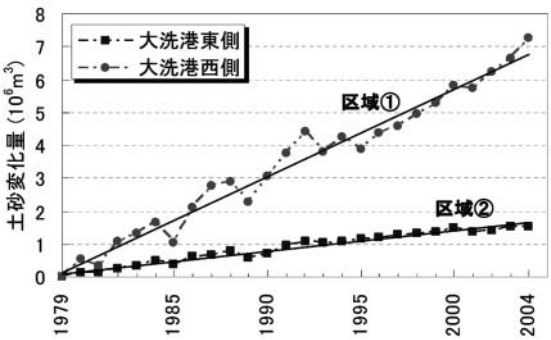

図-6　堆積土砂量の変遷

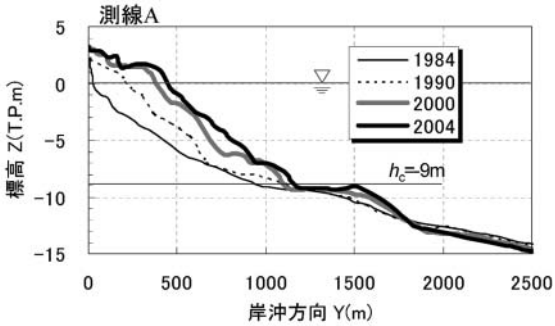

図-7　縦断形変化（測線A）

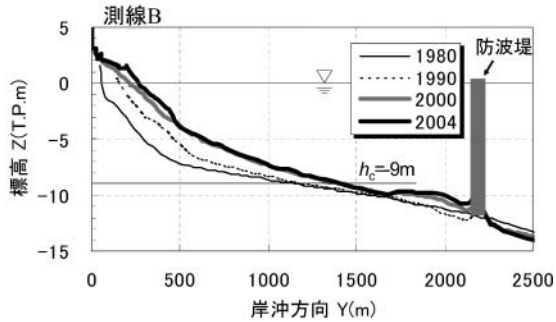

図-8　縦断形変化（測線B）

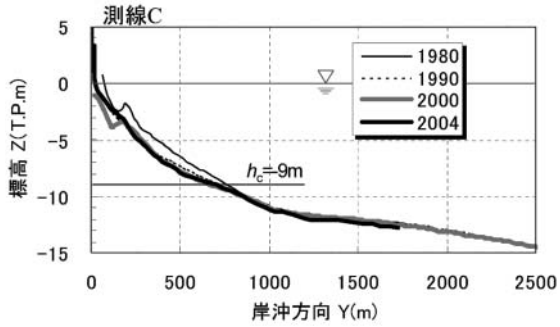

図-9　縦断形変化（測線C）

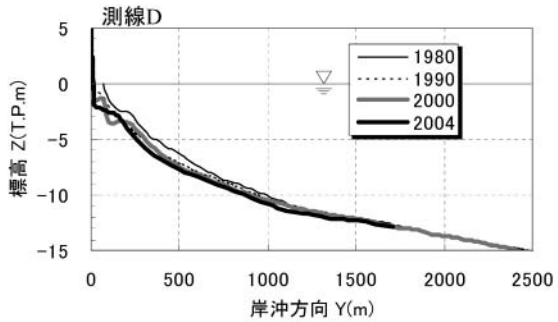

図-10　縦断形変化（測線D）

前進したが，沖合でも砂の堆積が進み緩やかな勾配の海底面が形成された．砂の堆積はほぼ水深9 mまで起きている．一部Y=1500m付近にも砂の堆積が見られるが，これは測線が沖防波堤の先端付近に位置するため局所洗掘の影響を拾ったためと考えられる．測線BでもAと同様堆積が進んでおり，鉛直上方に凹状の縦断形がその縦断勾配が小さくなりつつ前進している．1980年頃には急深な縦断形であったのはその当時測線Bが侵食域にあったが，防波堤の延長とともに測線Bの汀線付近が波の遮蔽域に含まれ，堆積傾向に変わったためである．測線Bでも波による地形変化の限界水深はほぼ9mにある．

侵食域にある測線C，Dでは，侵食により汀線が後退して急勾配となった．測線Cではほぼ-9mまで侵食されたがそれより沖合は緩勾配の海底面となっている．一方測線Dでは-12m付近まで侵食されているようであるが，測量誤差も含まれるので限界水深を正確に定めることは難しい．しかし主要な地形変化はほぼ-9mで収束している．以上より，大洗港の南側海岸では波による地形変化の限界水深はほぼ-9mにあると言える．

測線B，Dに対応するd_{50}の水深分布変化を図-**11**,**12**に示す．堆積域の測線Bの汀線付近でのd_{50}は0.2～0.3mm程度で，水深が深くなるに従い0.1mm程度に収束している．一方，侵食域の測線Dの汀線付近ではd_{50}は時間経過とともに粗粒化し，0.25mmから20mmと約10倍も増大したことが分かる．これに対し沖合では，測線Bと同様の0.1mm程度の粒径のままである．これらのデータより，大洗港へと向かう沿岸漂砂により測線Dでは細粒分が選択的に流出して粗粒化し，測線Bでは細砂が集中的に堆積したことが明らかである．

5. 考察

大洗港の南防波堤と沖防波堤間の，沖防波堤による波の遮蔽域では沖防波堤に向かって舌状砂州を形成しつつ砂が堆積している．この砂は大洗港の北3kmに位置する那珂川からの流出土砂が堆積したと考えられ，その堆積量は25年間で1.5×10^6万m^3であり，堆積割合は6.0×10^4 m^3/yrとなる．図-**2**と図-**5**の比較によれば，海面下にゆるく砂が堆積した区域の水深はほぼ-4mから-10mの範囲にある．一方，図-**11**に示した測線Bでのd_{50}の水深方向分布によれば，この水深帯に堆積した砂のd_{50}はほぼ0.12mmの細砂である．よって両者より，南防波堤と沖防波堤間に堆積した土砂のd_{50}はほぼ0.12mm程度の細砂であり，これは鹿島灘の沖合の海底面を広く覆う粒径成分と同じである．現況でこの砂の堆積域は航路へと急角度をなして広がりつつあるから，やがて航路埋没を引き起こす要因となりえる．さらに本来この砂は那珂川から

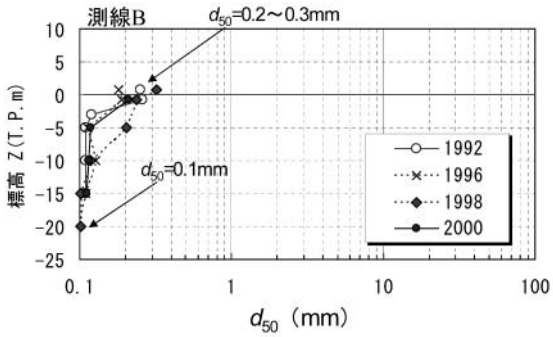

図-11　d_{50}の水深分布（測線B）

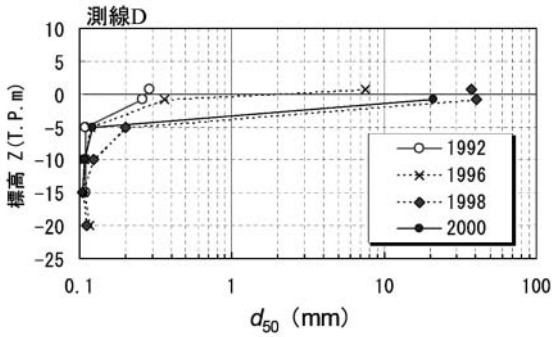

図-12　d_{50}の水深分布（測線D）

鹿島灘海岸へと供給された土砂であることを考慮すれば，この砂を浚渫して南側海岸の養浜材料として用いることが合理的である．

一方，大洗港の南側海岸では，南部から細砂が選択的に削り取られ，選択的に流出した細砂が波の遮蔽域に集中的に堆積している．結果として細砂が流出した南側海岸では粗粒化が起こり，海底勾配が急になる現象が起きたと推定できる．従って大洗港への過剰な土砂堆積を防止するために，大洗港の南側に位置する40号ヘッドランドの南側に堆積した砂を南部海岸へ運ぶサンドリサイクルを行うことが有効と考えられる．その際，上記南防波堤と沖防波堤からの採取土砂を南部海岸に運んで養浜を行う場合，それが大洗港への堆砂の助長要因とならないかどうかの検討や，40号ヘッドランドの南側直近からのサンドリサイクルの効果検討を行うことが今後の課題である．

参　考　文　献

宇多高明（1997）：「日本の海岸侵食」, 山海堂, p.442.

宇多高明・勝山　均・松浦健郎・熊田貴之・長山英樹・大木康弘（2007）利根川からの土砂流入のある波崎漁港周辺の海浜変形の実態と予測，海岸工学論文集，第54巻，pp.586-590.

宇多高明・住谷廸夫・長山英樹・大木康弘・熊田貴之（2007）：漂砂源の涸渇と護岸の前出しによって脆弱化した海浜の異常波浪による急激な侵食, 海洋開発論文集, 第23巻, pp.1201-1206.

木村　泉・佐田明義・宇多高明・高橋　功・熊田貴之・大木康弘（2006）：地形・粒径変化予測モデルによるヘッドランドの漂砂制御効果の定量評価，海岸工学論文集，第53巻，pp.676-680.

三村信男・加藤　始・角田義紀・宮本英明・伊佐治進（1991）：大洗における港湾構造物の建設に対する海岸地形の応答,海岸工学論文集, 第38巻, pp.401-405.