

深浅データに基づく宮崎県赤江浜の大規模地形変化の解析

Analysis of Large-scale Topographic Changes of Akaehama Beach in Miyazaki Prefecture Based on Bathymetric Survey Data

宇多高明¹・清野聡子²・三波俊郎³・柴崎 誠⁴

Takaaki UDA, Satoquo SEINO, Toshiro SAN-NAMI and Makoto SHIBASAKI

When a large-scale coastal structure is constructed on exposed coasts, its effect may expand to an extensive area. To prevent such effect expanding, the beach changes on a real coast should be deeply investigated, and on the basis of such data analysis, a model for accurately predicting beach changes should be developed. In particular, to validate the model and realize the new phenomenon, the acquisition of the field data is important. Akaehama Beach in Miyazaki Prefecture was severely eroded by storm waves in 2004 and measures are required. In this study, the bathymetric data collected since 1975 were analyzed along with the analysis of wave data at Hosojima Port, and the causes of beach changes were clarified.

1. はじめに

沿岸に大規模構造物が造られるとその影響は広域に及ぶ。影響の未然防止にはこの種の海浜変形の実態を十分明らかにし、それに基づいて高精度な予測モデルを構築することが大事である。とくにモデルの適用性確認や新しい現象の理解のためには実証データの取得が死活問題に重要である。宮崎海岸（赤江浜）では、大淀川河口の北側に宮崎港の防波堤と埋立地が造られると同時に、南側では宮崎空港の防波堤が建設され、さらには河口部での砂利採取など様々な工事が1980年代以降行われた。現況および将来の赤江浜の保全を考える上で、これらの影響を正確に評価する必要に迫られており、それはまた上記目的とも合致する。そこで赤江浜付近の海岸で1975年以降蓄積されてきた深浅測量データの分析を行うとともに、NOWPHAS細島港の観測データの分析を行い、大規模地形変化の原因について考察した。

2. 深浅図の比較

宮崎海岸（赤江浜）では1975年以降深浅測量が行われてきた。これらのデータによれば、1981年までは海域に大淀川河口導流堤以外の構造物は建設されておらず、したがって著しい地形変化は起きていなかった。その後1987年までには宮崎港防波堤や宮崎空港滑走路の建設工事が始まり、周辺環境の変化が顕在化し始めた。このこ

とから、本研究では各種構造物の建設が本格化した1987年を初年度としてその後の地形変化について調べた。

まず図-1 (a) は1987年の深浅図を示す。対象区域の特長を北側から順に調べると、大淀川河口の北2kmには宮崎港の南防波堤の突堤部（850m）と斜め防波堤450mが延ばされた。またその北1,150mには北防波堤基部の突堤も600m延ばされていた。さらに南防波堤と大淀川河口間では埋め立て護岸が完成していたが、河口に設置された平行導流堤の沖合では、ほぼ-14mまでの等深線が三角形に張り出していたことから、河口からの流出土砂が沖合に運ばれ河口テラスを形成していたことが明らかである。河口の南側では、宮崎空港の滑走路も建設されつつあった。この時期、滑走路の沖合直近の水深はほぼ10mであり、-12m以深の等深線は海岸線と平行に延びていた。

1992年では、図-1 (b) のように宮崎港の南防波堤の斜め部分が1,300mまで延ばされ、また北防波堤は南防波堤の遮蔽域内に含まれるようにして既に完成していた。北防波堤付近では1987年に-8、-10mの等深線は沿岸方向に海岸線と平行に伸びていたが、1992年には南防波堤による波の遮蔽域内に入ったためこれらの等深線が北防波堤に沿うようにして前進したことが見て取れる。大淀川河口では等深線の突出度が減少し、河口テラスの縮小が起こり始めた。滑走路沖では-10mの等深線が南側から滑走路防波堤にかぶさるように前進し始めた。

1994年では図-1 (c) のように、北防波堤付近では-10m以浅の等深線の前進が顕著となっていることから南向きの沿岸漂砂により砂が港内へと運び込まれたことが見てとれる。大淀川河口では沖合の河口テラスの縮小が続き、等深線の突出度が減少しつつある。一方、滑走路沖では1987年には-10mの等深線が沿岸方向に一樣に伸びていたが、-10mの等深線が滑走路防波堤を大きく囲い込むよう

1 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
2 正会員	工博	九州大学准教授 大学院工学研究院環境 都市部門
3		海岸研究室(有)
4 正会員	修(工)	(株)三洋コンサルタント

に前進し、河口テラス沖の-10mの等深線と一続きとなった。

2004年では図-1 (d) のように南防波堤の斜め部分が1850mまで延長され、この結果波の遮蔽域が北側へ大きく広がることになった。1994年には北防波堤直近で砂が堆積していたが、この部分は埋め立てられマリーナとなった。また北防波堤沖では-8, -10mの等深線が沿岸方向に緩やかに伸び、航路へと繋がっている。1987年当時北防波堤の背後の-8, -10mの等深線は沿岸方向に平行に伸びていたが、2004年には同じ場所において等深線が防波堤背後へと突出したことから、防波堤背後に砂が堆積したことは間違いなく、しかも南端は防波堤によって区切られ沿岸漂砂の流入がないことから、この堆積土砂は沿岸方向南向きに運ばれたと考えられる。これと全く同様な事例が茨城県の大洗港の沖防波堤延伸に伴う波の遮蔽域での地形変化(谷沢ら, 2009)に見られており、宮崎港の北防波堤背後でも同様な現象が起きたと考えられる。大淀川河口沖のテラスでは侵食が続いた結果、-10m以深の等深線の沖向きの突出は消失し、沿岸方向に直線状となった。1994年には大淀川河口沖と滑走路沖で-10mの等深線が緩やかに突出していたが、2004年では滑走路沖での等深線の膨らみは残されているものの、河口テラスにおける-10m以深の等深線の突出は完全に消失し、沿岸方向にほぼ平行な等深線となった。なお図-1 (d) において、南防波堤沖の-18m付近に等深線の乱れがあるが、これはその付近に岩礁があることによる。

2008年では、宮崎港内の波の遮蔽域では-10mの等深線が遮蔽域内において航路へと斜めに延びている。南防波堤沖では1987年には沿岸方向に直線状であった-12, -10mの等深線が斜め防波堤に沿って局所的に後退している。等深線の局所後退は-12m付近で最も著しく、水深の増大とともに後退量は減少している。河口テラスの縮小時は-14mの等深線の後退が見られたことを考慮すれば、-12mの等深線は波による地形変化の限界水深以浅にあると判断できることから、防波堤による反射波の作用や、北～東方向からの入射波により防波堤から南に離れる方向の砂移動が起きたことが上記地形変化の原因と考えられる。1987年には河口沖で三角形に突出した河口テラスが形成されていたが、このような南向きの沿岸漂砂の作用により、河口沖での等深線の突出ではなく、南防波堤直近が侵食され、それが河口近接部に堆積したと考えられる。さらに南向きの沿岸漂砂は大淀川河口導流堤を南側に越え、導流堤と滑走路間の凹状であった区域を埋め、この区間での等深線の前進をもたらしている。一方、滑走路の南側直近では滑走路防波堤の南端に著しい局所洗掘が起きており、それに向かって-6mの等深線の形状にも窪みができており、南側から滑走路防波堤の南端を通過する離岸流の存在を示唆している。このような流れ

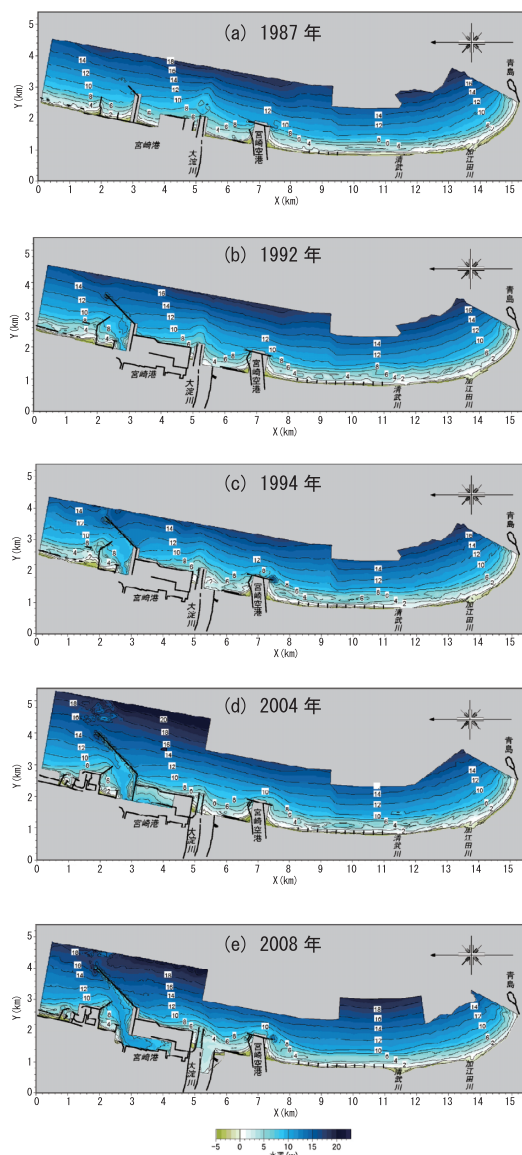


図-1 宮崎海岸(赤江浜)の深浅図

は、滑走路沖での砂の堆積原因となると考えられる。

3. 水深変化量の平面分布

1987年を基準として1992, 1994, 2004年までの水深変化量を算出し、対象区域での広域地形変化について調べた。図-2には3時期の水深変化量分布を示す。1992年までの水深変化はそれほど顕著ではなく、宮崎港北防波堤の北側直近での堆積、港内での浚渫による水深増加、河口テラスでの侵食がわずかに目立つ程度であった。1994年までの水深変化では、北防波堤の北側直近での堆砂が顕著に見られ、また南防波堤に沿う沖側領域では侵食が起きている。また河口テラスの縮小による侵食と、それ

とセットとなった導流堤近傍での堆積が見られる。さらに2004年までには北防波堤の北側域で著しい堆積が生じる一方、河口テラス部分での侵食が著しい。これと対照的に、滑走路沖では顕著な砂の堆積が生じている。

4. 河口テラスと滑走路沖の縦断形変化と土砂量の変化

図-2 (c) に示したように、対象区域では大淀川河口沖での河口テラスの縮小と、宮崎空港沖での砂の堆積が顕

著に見られたことから、河口中央に岸沖測線P1を、滑走路中央に測線P2を設定し、これらの測線に沿う縦断形の変化を調べた。図-3は河口中央のP1に沿う縦断形変化を示す。1975年から1985年では河口テラスの発達が続く、-14m付近まで堆積が生じたが、その後一転して侵食傾向に変化し、1995年までには鉛直上方に凸状となっていた河口テラスが侵食されて消失し、鉛直上方に凹な縦断形へと変化し始めた。侵食はさらに続き、 $y=1.1\text{km}$ 付近では1985年の水深5mが10mと、5mも深くなった。侵

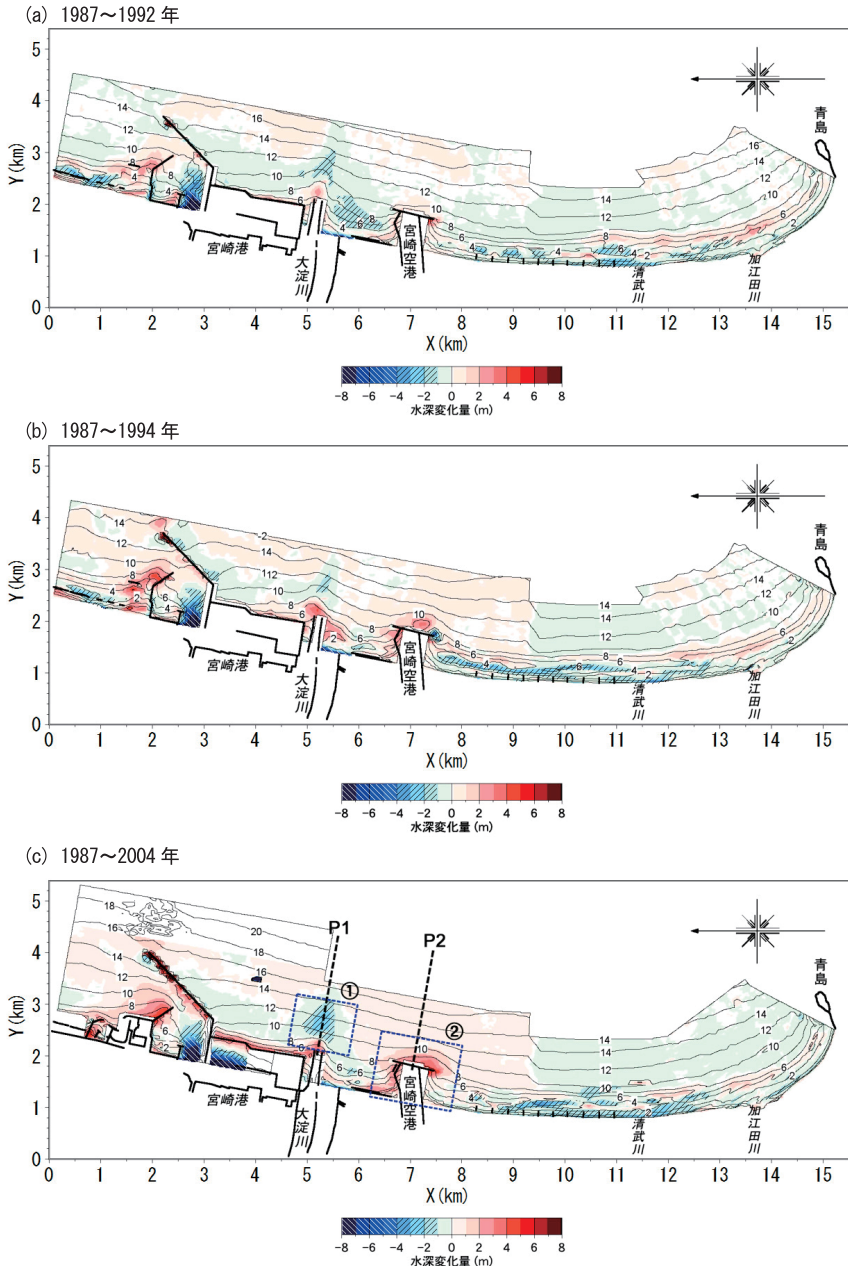


図-2 1987年基準での水深変化量の平面分布

食がほぼ-14m付近まで発生していることから、当海岸での波による地形変化の限界水深がほぼ14mにあることが確認できる。

同様に滑走路を通る測線P2の縦断形変化を図-4に示す。この測線では河口テラスが縮小したのと全く対照的に、1987年以降単調に堆砂が進み、1987年から2004年までに最大4m厚で堆砂が起きている。この測線は図-2(c)のように滑走路の防波堤の沖側に設定されており、滑走路防波堤による波の遮蔽域の外側である。したがってこの測線における砂の堆積は滑走路の沖合を防護する

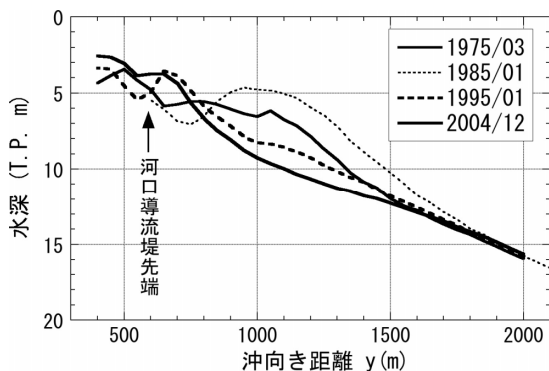


図-3 大淀川河口部の測線P1における縦断形変化

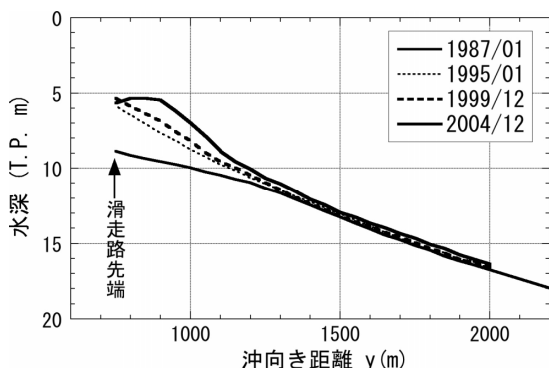


図-4 宮崎空港滑走路沖の測線P2における縦断形変化

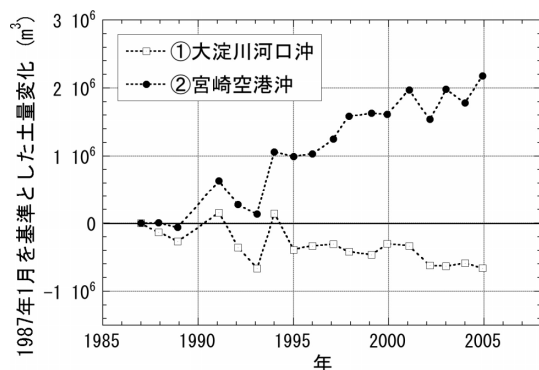


図-5 大淀川河口テラスと宮崎空港滑走路沖の領域①②の土砂量変化

防波堤による波の遮蔽効果によるものではない。

次に、1987年を基準とした2004年までの地形変化に関し、図-2(c)に示す河口テラス領域①(導流堤先端から-14mまで)と空港領域②(汀線から-12mまで)の土量変化を算出した。結果を図-5に示す。変動はあるものの大淀川河口沖での土砂量は単調減少し、1987年から2005年までで総量で $6.6 \times 10^5 \text{ m}^3$ 土砂量が減少した。これに対して宮崎空港沖では土砂量の急激な増加が起きており、1987年から2005年までで約 $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ の土砂量が増加した。なお2005年までの測量データと2006年以降の測量データでは測量基準点の変更に伴うと考えられる誤差が含まれているので、2005年以前と以後のデータを同列で論じることができない。いずれが正しいかの判断はできないため、本論文では2005年までのデータを用いて土砂量変化について検討した。

5. 考察

大淀川河口沖のテラスの縮小は河川からの土砂供給が途絶え、波による漂砂とのバランスが失われたことが原因である。とくに河口部では過去に浚渫や砂利採取が行われたが、これらが河口部の土砂量を直接的に減少させる上で重要であったと考えられる。一方、滑走路防波堤周辺、とくに沖合を含む区域での堆積はその堆積状況から判断して、大部分の堆砂は防波堤による波の遮蔽域における堆積とは要因を異にする。図-5によると防波堤沖での砂の堆積は時間的に単調に起きており、しかも堆積総量 $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ は河口テラスの縮小による侵食量 $6.6 \times 10^5 \text{ m}^3$ の約3.3倍とはるかに大きい。また図-1(c)(e)に示したように、滑走路防波堤の南側直近には離岸流起源と見られる溝がしばしば発達することなどを考慮すると、滑走路防波堤沖での砂の堆積は南側の赤江浜から運び込まれたと考えざるを得ない。

一般に、図-1(e)に示した滑走路沖での突出地形ができると、その後の波の作用でそのような突出部は平滑化される。このような作用が常時働く中で滑走路沖の突出地形が安定的に存在するのは、赤江浜から滑走路沖へと向かう漂砂が存在し続けていることを意味する。

このような互いに矛盾する結果をNOWPHAS細島港の観測データをもとに調べた。観測データは2002～2007年の結果が使用可能であるが、2004年を除く他の年度の観測では波向の欠測が多かった。そこで2004年の観測データを整理した。図-6は2004年の観測データをもとに波向1°間隔での波のエネルギーフラックスを求めたものである。赤江浜における海岸線への法線方向はN105°Eであることを考慮すれば、2004年の高波浪は、海岸線への法線に対して右回りの方向から入射したことが分かる。また図-6に示すようにエネルギーフラックスが600(×

$10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^3$) 以上の値を示す高波浪はいずれも2004年8月30日に襲来した台風16号に伴い、2004年8月30日2時～16時の間に出現しており、有義波高の最大値はほぼ11mに達している。このことから異常波浪が南寄りから入射することにより滑走路護岸の先端を回り込むような漂砂が起きたことが分かる。

以上のように、入射波のエネルギーが方向別分布を有し、高波浪は頻度が少ないものの南側から入射し、一方、相対的に波高の低い波は高頻度で北側から入射し、全体的には両方向のフラックスがバランスしているとすれば、水深の大きい場所では高波浪時に北向きに、汀線近くでは常時波浪の作用で南向きの沿岸漂砂が生じる。これと同じ現象は茨城県の鹿島灘海岸（宇多ら，2008）や福井県の浜住海岸（宇多ら，2007）で実測され、とくに浜住海岸では赤江浜の滑走路防波堤と同様な大規模埋立

地の造成後、その沖合の水深の大きな領域への砂の落ち込みが生じた。赤江浜の滑走路沖での砂の堆積状況は浜住海岸の埋立地沖での堆積とよく類似していることから浜住海岸と同様な原因で起きたと推定される。

6. まとめ

赤江浜の侵食原因について1975年以降の深浅測量データの解析と、NOWPHAS細島港の波浪観測データをもとに調べた。2004年の波浪観測データによれば、2004年には高波浪が海岸線への法線に対して右回りの方向から入射したことが分かった。高波浪は2004年8月30日襲来の台風16号に起因し、最大H1/3は11mに達した。このことから異常波浪が南寄りから入射することにより滑走路防波堤の先端を回り込む漂砂が起きた結果滑走路沖での堆積が生じたと推定された。通常時には北寄りの入射波もあるが、これらは波高が低いため沖合に運ばれた砂が汀線へと戻りにくくなっていると考えられ、これは福井県の浜住海岸での観測結果とよく類似することが分かった。

なお、本研究では、細島港での観測値をもとに滑走路護岸沖での堆積原因を右回りの方向からの異常波浪の襲来に起因するとしたが、その推定には2004年の観測値のみが用いられた。推定精度を高めるにはさらに長期の観測結果をもとに論ずる必要があるが、波向データの欠測などによりそれができなかった。この点は今後の課題として残されている。推定精度を高めるにはさらに長期の観測結果をもとに論ずる必要があり、今後の波向を含む波浪観測の充実を期待したい。

謝辞：本研究に際しては宮崎県から深浅測量データなど貴重な資料の提供を受けた。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本 学・三波俊郎・古池 鋼・星上幸良・石川 仁憲（2007）：福井県浜住海岸の侵食実態と離岸堤群の漂砂制御効果，海岸工学論文集，第54巻，pp.561-565。
 宇多高明・熊田貴之・芹沢真澄・長山英樹（2008）：波向変動場で生じる漂砂大循環の発生メカニズム，海岸工学論文集，第55巻，pp.506-510。
 谷沢 肇・宇多高明・松浦健郎・菊池泉弥・福本崇嗣・熊田貴之（2009）：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，海岸工学論文集，第56巻，pp.566-570。

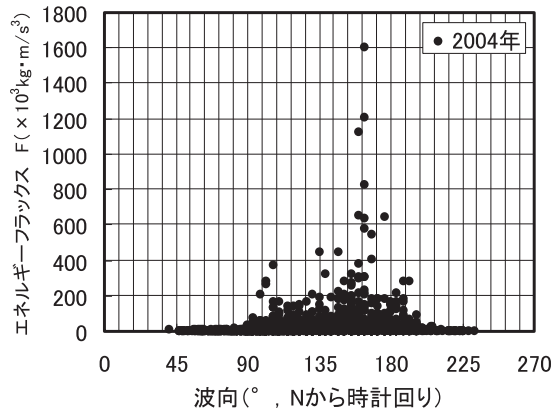


図-6 2004年の細島港での観測データをもとに算出した波向1°間隔での波のエネルギーフラックス

表-1 2004年8月30日の波浪条件

年	月	日	時	波向 (°)	有義波		F ($\times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^3$)
					波高 (m)	周期 (sec)	
2004	8	30	2	160	7.73	12.7	656
			4	164	7.35	11.2	579
			6	164	7.64	12.7	637
			8	164	8.47	12.7	825
			10	160	9.59	12.7	1125
			12	164	11.05	12.3	1603
			14	164	9.85	12.3	1203
			16	176	7.69	11.3	643