人工海岸の侵食対策における自然地形の影響の検討
－博多湾の名島海岸の事例－

LIU JINZUO [1], 清野聡子 [2], SONG YAWEN [3], 池松伸也 [4], 木下英生 [5]

[1]学生会員　九州大学　工学部（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）
E-mail: liu.jinzuo.756@s.kyushu-u.jp
[2]正会員　九州大学　工学部（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）
E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp
[3]学生会員　九州大学　工学部（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）
E-mail: song.yawen.035@s.kyushu-u.ac.jp
[4]非会員　九州大学　工学部（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）
E-mail: s.ikematsu@et.kyushu-u.ac.jp
[5]非会員　九州大学　環境工学研究教育センター（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）
E-mail: h.kinoshita@civil.kyushu-u.ac.jp

博多湾では 20 世紀以来,埋立地の工事が盛んに行われてきた.そのため人工海岸も数多く存在する.本研究では,人工海岸の地形変化調査を通じて,海岸侵食の現象を把握する．名島海岸の平磯地域が海岸侵食を防ぐ役割を果たしていることを分析する,現在の海岸侵食現象を把握する.将来の人工海岸の維持管理と侵食防止を提案する．平磯地域の機能を生かして,今後の人工構造物の設計を検討する.

Key Words: *coastal erosion，artificial coast，landfill，Hakata bay，coastal management*

1. はじめに

（1）研究背景

砂質海岸地域は環境変化に敏感で脆弱な地域である.現存する調査統計を研究すると,全世界 70%の砂質海岸が侵食され,海岸線の平均後退率が> 1m/a であることが明らかになった.アメリカの海岸線は 13.5×10^4 ｋｍあるが,その 25%が侵食にさらされており,とくに大西洋岸で侵食されている海岸が 70%,メキシコ沿岸では一年に 1.8ｍの侵食が行われている[1)].

海岸侵食は,砂浜の砂の流入量が流出量より少なくなり,海岸線が後退する.砂質海岸の侵食の原因には,地盤沈下や地殻変働による陸地の沈下である.しかし,主な原因は海岸の土砂のバランスが崩れたである[5)].すなわち,砂浜に流れ込む砂の量と流れ出る砂の量が破壊され,砂質の砂浜が侵食される状況が発生する[2)].

（2）海岸侵食を避けるための措置

海岸侵食への対策は,その成因によって異なる方法がとられている.もし海岸侵食が,沿岸漂砂のことによって引き起こされたとしたら.堆積した側の土砂を侵食が起きた側の海岸に戻すのが有効である.これをサンドバイパスと呼ばれる.この工事では,主にダンプカーが使われる[3、4)].日本だけでなく,他の国でもよく使われている.もう 1 つの方法は,十分な砂の量がないビーチに適している.砂が十分でない場合,高潮による沿岸の建物などへの被害を避けるため,護岸を建設して海岸の安全を確保するのが一般的である[5、6)].

（3）研究対象

博多湾は,福岡県福岡市に位置する東西 20km,南北 10km,面積およそ 133.3ha,海岸線長 128km.湾口幅は 7.7km の内湾である[7)].東部の都市部付近は港湾

と住宅地開発で埋め立てられ，西部は玄海国定公園として沿岸開発が抑制されている．

本研究では，博多湾にある名島海岸を対象とする．名島海岸は人工海岸である．

（4）研究目的

本研究では，名島海岸の平磯地域が海岸侵食を防ぐ役割を果たしていることを分析する，現在の海岸侵食現象を把握する．将来の人工海岸の維持管理と侵食防止を提案する．

2. 名島海岸の自然条件

（1）現地調査

福岡市東区名島にある名島海岸．1967-1969 年まで建設された人工海岸である．海岸の全長は 80m である．砂浜の幅は約 40m[8]．両側に突堤があって，後ろに護岸がある．後浜に海浜植生が分布していた．干潮時には岩礁状の地形が見られる．消波構造物として，離岸堤が建設された跡があるが，現在は海面下に沈んでいる．

（2）名島海岸の自然地形

名島海岸は，人工的に埋め立てられる前は，平磯地帯である．この地域は満潮時には水面に沈み，干潮時には姿を現す．工事では平磯地域の陸側（エリア E）を埋め，エリア D の所は平磯が残った．海側部分の標高は，陸地側より高い．砂の流失を防ぎ，海岸の侵食を遅らせる効果がある．

名島海岸は北側に位置している砂浜（エリア F）である．南側（エリア A）には突堤が建設された．砂浜の前に平磯地形が分布している．エリア A とエリア F にはカキの殻がたくさん打ち合がっていた．カキの殻と砂，石の比重と形状が違うので，海岸の両側に流れて堆積したと思われる．

後ろには住宅地が分布している．名島帆柱石は名島海岸の南側にある．香椎宮の神社伝説によると，神宮皇後が三韓に出兵したときのマストが化石になった．実は漸新世前期（約 3700 万年前）の第三紀の地層から出土したクヌギ属の木の幹の化石である．国指定の天然記念物である．

（3）海岸の侵食傾向

昔建設された L 字突堤が名島海岸のエリア A に残った．調査時には水面下に沈んでいた，12 月 5 日の干潮時には見られた．

海岸の最南端は自然石の突堤である．L 字突堤より比較的新しい突堤と思われる．自然石突堤には海水に浸水した跡が見える．L 字突堤の部分は長い間水に浸かっていたが，L 字突堤の部分が砂の流失を防ぐ役割を果たしていた．そのため南側の自然石突堤と L 字突堤の間（エリア B）は侵食されたと考えられる．



図-1　調査地点



図-2　名島海岸



図-3　名島海岸の北側



図-4　名島海岸の侵食傾向

3. 結果と分析

名島海岸の春季と秋季のデータを例に,分析手法,分析結果について詳しく説明する.

これらの海岸で四季に、海岸ごとに特徴が明確な測線を設定して定点調査を行う.測線は汀線から陸域限界線までの直線とする.スマートフォンで高所（3m）からの写真を撮影し、RTK-GNSS で空間位置情報を記録した.Agisoft（Agisoft LLC）で写真を重ね合わせ、標高、緯度、経度など空間位置情報データを入力した.3D モデルを作成した.オーバーラップの度合いは約 80%であった.本研究における標高測定の基準点は東京湾の平均海面である.

各海岸の標高データを整理し,各海岸の断面図を作成し,写真を合成した.具体的には,次のようになる.

a)標高データを整理して各海岸の断面図を作成する,

b) Agisoft で写真を合成処理して空間位置情報入力する,

c) 顕著な変化が見られた箇所を詳細に分析する,

d) 各測線の勾配の向きと砂の流れの分析を行う,

e) 各測線の変化率の計算する(砂の増加,減少),

以上の分析を総合すると,海岸の変化をもたらした主な地域と要因が明らかになる.

(1) 名島海岸の四季断面図

名島海岸の調査は各季節 1 回を行う.調査日は 2022 年 4 月 15 日,6 月 9 日,9 月 28 日,12 月 15 日.まず調査日,名島海岸の地形変化を分析する. 名島海岸の地形標高データを処理し,各季節代表の断面図を作成した.

春季,測線 A1 の地形変化は非常に不規則である.複数の浜崖地形が出現し,勾配変化も激しく,後浜から砂浜の地形は穏やかになった.測線 A2 前浜の勾配は非常に急である.起伏は測線 A1 ほど激しくなく,後浜は比較的穏やかな地形である.測線 A3 は,全体的に緩やかな勾配をした.断面図を見ると,測線 A1 の地形変化が最も激しくなった.三つの測線の全体の標高は大体同じである.

夏季,名島海岸の三つの測線の陸域境界線の標高はだいたい同じである.測線 A1 の勾配が最も急である.測線 A1 の後浜には少量の海浜植物がある.でも,測線 A1 の勾配の変化と海浜植物の分布には関係がなかった.測線 A2 の前浜の範囲が最も大きく,勾配

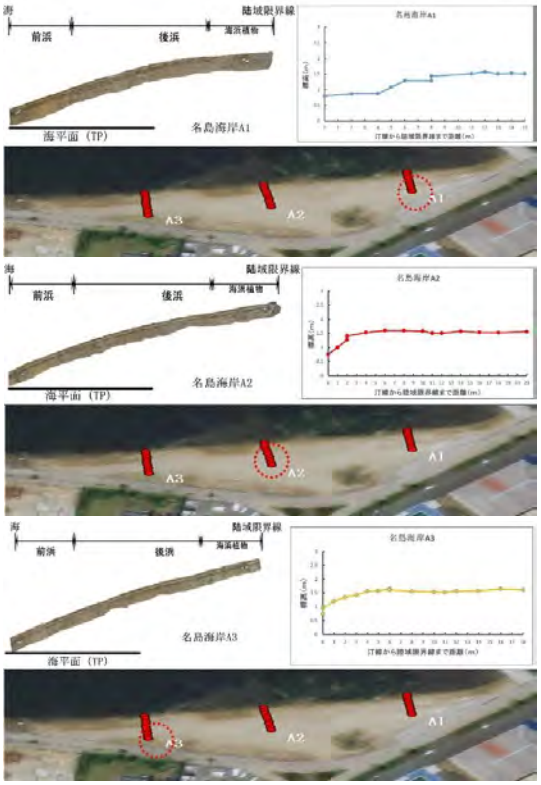


図-5 名島海岸断面図 春

が最も緩やかである.測線 A3 の勾配の変化は,測線 A2 とほぼ同じである.後浜には海浜植物を分布していない.

秋季,名島海岸の三つの測線の変化傾向は夏季の変化傾向と大体同じである。福岡には秋季の荒天天気と台風が多いため,砂浜の侵食量が多い。

冬季,名島海岸の三つの測線の陸域境界線の標高はだいたい同じである.測線 A1 の勾配が最も急である.測線 A1 の後浜には少量の海浜植物がある.測線 A2 の後浜の標高は測線 A3 より高い.勾配が最も緩やかである.測線 A3 の勾配の変化は,測線 A2 とほぼ同じである.後浜には海浜植物を分布しなかった.

名島海岸では,秋季地形を基準に地形変化の計算を行った.名島海岸全体の地形は春季から冬季にかけてどんどん減っていく状態である.測線 A1 の地形変化が最も大きい.測線 A2 と A3 の地形変化はほぼ同じである.断面図を見ると,名島海岸の侵食状況が深刻である.海岸の範囲も減少していた.前浜の海陸境界線の標高はだいたい同じである.

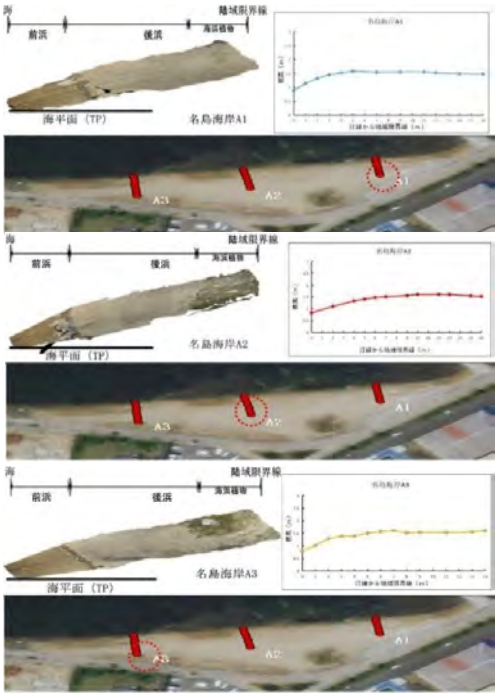


図-6　名島海岸断面図　秋

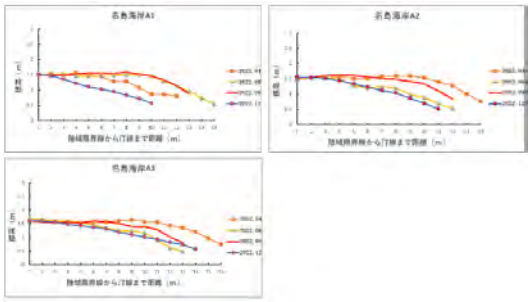


図-7　四季の重ね合わせ図

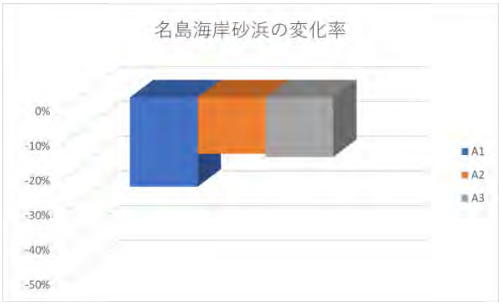


図-8　砂浜の変化率

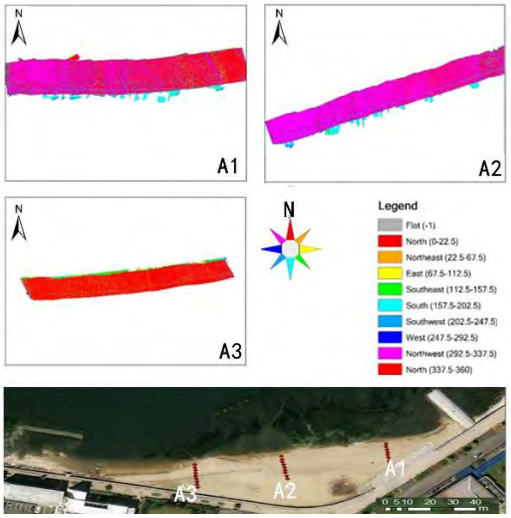


図-9　名島海岸勾配向き図　春

（2）砂浜の勾配向き

地形データの勾配や勾配向き分析を行った. 名島海岸の分析結果は以下の通りである.

春季, 測線 A1 前浜の勾配向きは西北である. 後浜の主な勾配向きは北である. 測線 A2 前浜の勾配向きは西北, 後浜の主な勾配向きは西北と北である. 測線 A3 前浜の勾配向きは北, 後浜の主な勾配向きは北である. 勾配向き分析では, 名島海岸, 春季の砂の流れ方が西北である. 断面図を分析しても, 測線 A1 の地形は一番低い. 測線 A2, 測線 A3 の前に平磯地域が分布しているため, 測線A2 と A3 が波を受ける影響は少ない.

夏季, 測線 A1 前浜の勾配向きは西北である. 後浜の主な勾配向きは北である. 測線 A2 前浜の勾配向きは北, 後浜の主な勾配向きは北である. 測線 A3 前浜の勾配向きは北, 後浜の主な勾配向きは北である. 測線 A1 前浜の主な勾配向きは北西が, 別の方向に向けて勾配向きも同時に存在する. この現象は, 測線 A2 と A3 の前浜でも起きた. これは海岸の前の平磯地域で発生した破砕波によるものと思われる. 断面図を分析してみると, 測線 A3 の勾配の変化が最も緩やかで, A2 の後浜が何度も勾配の変化を起こした.

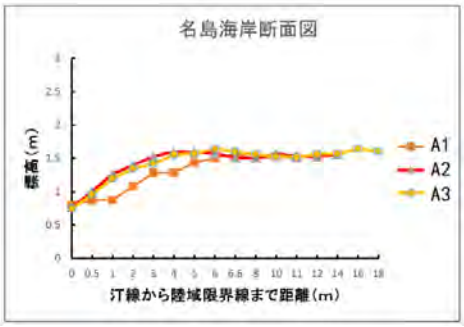


図-10 名島海岸の重ね合わせ図　春

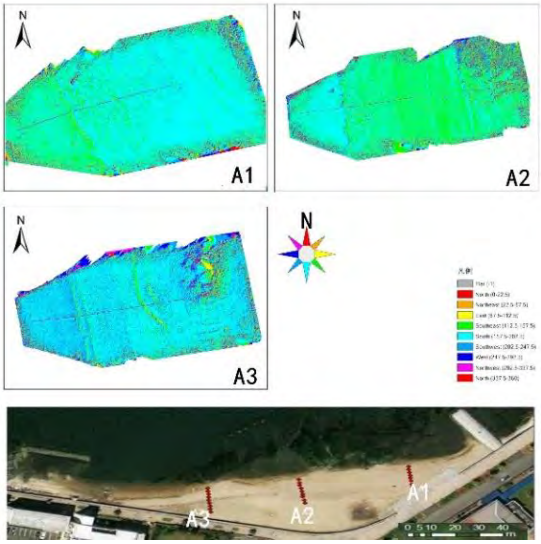


図-11 名島海岸勾配向き図　冬

秋季, 測線 A1 前浜の勾配向きは南東である. 後浜の主な勾配向きは南である. 測線 A2 前浜の勾配向きは南西, 後浜の主な勾配向きは南である. 測線 A3 前浜の勾配向きは南, 後浜の主な勾配向きは南西である. 勾配向きの分析から, 名島海岸の前浜流れの方向は中部から両側に移働した. 名島海岸は全体の地形がほぼ一致である. 後浜は護岸側で地形が変わった. 名島海岸の後浜には, ある程度海浜植物が分布しているのだと思われる.

冬季, 測線 A1 前浜の勾配向きは西北である. 後浜の主な勾配向きは北である. 測線 A2 前浜の勾配向きは西北, 後浜の主な勾配向きは西北と北である. 測線 A3 前浜の勾配向きは西北, 後浜の主な勾配向きは北である.

勾配向き分析では, 名島海岸, 冬季の砂の流れ方が西北である. 断面図を分析しても, 測線 A2 の勾配が最も急である. 測線 A3 は, 全体の標高が最も低い. 全体の勾配はほぼ同じである.

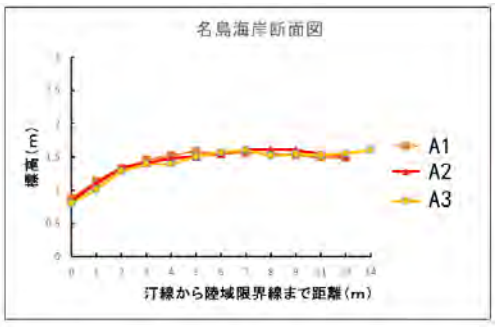


図-12　名島海岸重ね合わせ図　冬

(3) 結果

分析してみると, 名島海岸季節ごとの各測線の海陸境界線の標高は大体同じである. 四季の断面図を見ると, 名島海岸の各測線は海陸境界線の位置や勾配の変化が異なる. 例えば測線 A2 と測線 A3 の勾配グラフでは, 春季地形の標高が一番高く, 測線 A1 の春季地形は別の測線よりも低いレベルにある. 四季の変化を見てみると, 測線 A2 と測線 A3 の地形はどんどん低くなり, 測線 A1 の地形は少しずつ増えている状態である. 長い侵食の過程で, 各測線の地形変化の傾向は違う. しかし, 海陸境界線は, ほぼ同じ標高. 自然海岸であれ人工海岸であれ, これは特徴的な現象である. 砂浜の先端にある平磯地域が, 砂の流れを止める役割をしているのだと考えられる.

4. まとめ

名島海岸は埋め立てた人工海岸である. 名島海岸の砂の物理性質(重さ, 粒径など)では海岸侵食を防ぐことができない. 名島海岸の海側 (エリア D) に残る平磯地帯は, 砂の流失を防ぐのに大きな役割を果たす. 名島海岸の砂浜侵食は比較的穏やかな状態になった. 平磯地域は波の流動方向や強さなどの物理性質にある程度影響を与える. これは波と平磯地域の突起部が接触して, 破砕波の影響と思われる. そのため名島海岸の各測線の海陸境界線は水平になった. 標高も大体同じ. しかし名島海岸の侵食は依然として深刻である. 平磯地帯が残っている地域は波による侵食を一部防いでいるが, 風による侵食はまだ進んでいる.

平磯地帯は離岸堤の役割を果たしているが, 閉鎖的海域にはなっておらず, トンポロの地形にもなっていない. 離岸堤より平磯地帯は名島海岸の海水交換能力を保留し, 砂の流失を一部阻止した.

参考文献

1) 国土交通省（2005）：海岸の現状と課題，p21.［Ministry of land, Infrastructure, transport and tourism (2005)：Present situation and problems of coastal areas, p21.］

2) BRUUN P. Sea -level rise as a cause of shore erosion［J］. Journal of Waterways and Harbors Division, 1962:67-82.

3) Qi Hongshuai, Cai Feng, Lei Gang, et al. The response of three main beach types to tropical storms in South China［J］. Marine

4) Young A P, Flick R E, Gutierrez R, et al. Comparison of shortterm retreat measurement methods in Del Mar, California［J］. Geomorphology, 2009, 112: 318-323.

5) 杨雯，王永红，杨燕雄.海滩养护工程质量评价研究进展[}J].海岸工程，2016，35（1）：75-84.［Yang Wen, Wang Yonghong, Yang Yanxiong. Study on quality evaluation of beach maintenance engineering Progress [}J]. Coastal Engineering, 2016, 35 (1) : 75-84.］

6) 陈吉余，夏东兴，虞志英，等. 中国海岸侵蚀概要［M］. 北京：海洋出版社,2010：210-241.［Chen Jiyu, Xia Dongxing, Yu Zhiying, et al. Coastal Erosion in China［M］. Beijing：Ocean Press,2010：210-241.］

7) 宇多高明・前田尚志・小川展弘・大谷靖郎・大木康弘・五十嵐竜行（2017）：侵食の進む九十九里浜におけるヘッドランドと養浜による対策検討，日本沿岸域学会，研究討論会 2017，公演概要集 No. 30，セッション５，5－2，CDROM.［Takaaki Uda, Hisashi Maeda, Nobuhiko Ogawa, Yasuo Otani, and Yasushi Oki and Tatsuyuki Igarashi (2017)：Study of headlands and beaches at Kujukuri-hama beach where erosion is progressing, Japan society for coastal area studies, Discussion 2017, Performance Summary No.30, Session 5, 5-2, CDROM..］

8) 福岡市（2016）：博多湾環境保全計画（第二次）.［Fukuoka (2016)：Hakata Bay environmental conservation plan (II)］

(Received June 19, 2023)

(Accepted August 21, 2023)

DISCUSSION ON THE INFLUENCE OF NATURAL TOPOGRAPHY IN PREVENTING EROSION OF ARTIFICIAL COASTLINES - CASE OF THE NAJIMA COAST IN HAKATA BAY

Jinzuo LIU, Satoquo SEINO, Yawen SONG, Shinya IKEMATSU and Hideo KINOSITA

In Hakata bay, reclamation work has been actively carried out since the 20th century, and there are many artificial coastlines. In this study, we aim to understand the phenomenon of coastal erosion by surveying the topographical changes of artificial coastlines. We analyze the role of hiraiso area of the Najima coast to prevent coastal erosion and understand the current coastal erosion phenomenon. In this paper, we propose the maintenance of the artificial coast and the prevention of erosion in the future.