千里浜海岸の汀線変動に関する基礎的研究

日大生産工

1.はじめに

石川県内の加越沿岸の海岸線総延長は図-1(a)に示す ように約146kmであり、その大部分は砂浜海岸である. 千里浜海岸は、この加越沿岸の北部に位置する滝崎か ら南西へ向かう海岸線長約13kmの押水羽咋海岸に含 有される約8kmの海岸線を指す.

千里浜海岸は、砂浜を大型車で走行可能な海岸であ る. 直線的な汀線を有する同海岸には海岸構造物は設 置されておらず、景観性に優れていることから、「千里 浜なぎさドライブウェイ」として人々から親しまれ、 地域の観光資源としても重要な役割を果たしている. しかし、近年の千里浜海岸は昭和 50 年代から比較する と 30~50m の汀線後退が確認されている. そして、砂 浜の縮小に伴う高波浪時の走行車両の安全性確保の観 点から、同海岸での通行規制は増加傾向にある.

千里浜海岸の海浜変動については、石田ら¹⁾が地 象・海象面からの調査により侵食の主要因を検討し、 侵食対策を提示している.また、由比ら²⁾は千里浜海 岸の沿岸砂州の変動特性について現地測量データを統 計的に解析し、沿岸砂州の変動モードを究明している. このように同海岸の特性については、多くの報告がさ れている.しかし、千里浜海岸の地形条件と来襲波特 性に基づいた波高分布の状況、空間的な汀線の変動傾 向の相違などについては充分な議論がなされていない. 千里浜海岸の安定性を確保するためには、汀線位置の 定量的な把握や漂砂動向の実態解明が必要となる.

本研究では、同海岸の基礎的な汀線変動特性につい て、DGPS を使用した現地観測と数値波浪モデルによ る波高分布に基づいて検討する.さらに、小河川周辺 の底質の移動状況より、同海岸の漂砂動向を考究する.

2.観測対象海岸と調査概要

(1)千里浜海岸と汀線調査方法

千里浜海岸は、金沢港から北東に約 30kmの宝達志 水町今浜から羽咋市千里浜町に跨がる延長 8kmの砂浜 海岸である. 今浜における車両走行帯での底質は中央 粒径 d₅₀=0.16mm, 羽咋川河口周辺での底質も d₅₀=0.15mmの細砂である. 海底勾配は沖合 1kmまでの 外浜では 1/80 であり, 由比ら²⁾によると水深 5mを中心 として、2段、3段の砂州が発達しており、外浜の海底 地形は複雑な形状となっている.本研究における汀線 観測の調査領域は、図-1(b)に示すように千里浜海岸を 含有するように、相見川河口から滝崎までの区間とし た.この区間において、DGPSによる汀線観測を平成 17年から平成22年の期間に15回実施した. 汀線測量 には、ハンディタイプのDGPSユニットを用いた. DGPSは基準局から発信されるFM電波を受信機が受信 して, GPS衛星からの地理情報の誤差を修正して制度 を向上させたものである.図-2の丸に示すように、観 測区間には時間変化に伴う汀線位置の変動を定量的に 把握するために、11の調査点を設置した. 調査点 1~8 は羽咋川河口よりも南側の海浜に、調査点 9~11 は羽

		日大生産上	(院)	ΟЩ) 行フ	乙即
鷲見	浩一	日大生産工		溶	合	実





図-1 千里浜海岸の位置



(2)波浪場とシールズ数の算定

千里浜海岸の波高分布を検討するために,式(1)に示 すエネルギー平衡方程式を用いて波浪場を算定した. なお,エネルギー平衡方程式への入力条件は,後述す る徳光地先の沖合に設置された超音波式波高計による データを用いた.

$$\frac{\partial}{\partial x} (SC_g \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial y} (SC_g \sin \theta) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left\{ S \frac{C_g}{C} \left(\sin \theta \frac{\partial C}{\partial x} + \cos \theta \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right\} = -\varepsilon_b S \quad (1)$$

ここに、Sは方向スペクトル、C、C_gは波速と群速度、 θ は波向、 $-\varepsilon_h$ は砕波減衰項である.

波高の計算結果から、微小振幅波の水粒子速度の海 底面での流速振幅を求めることにより、シールズ数を 式(2)を用いて算定した.

$$\phi_m = \frac{f u_{bm}^2}{sgd} \tag{2}$$

ここに、 ϕ_m はシールズ数、 u_{bm} は海底での水粒子速度の振幅、sは土粒子の水中比重、dは土粒子の粒径、fは摩擦係数であり、0.01とした.

Basic Research On The Variability Of The Shoreline Of The Chirihama Beach Seitarou YAMA, Hirokazu SUMI, Minoru OCHIAI

3.千里浜海岸の波浪特性

石川海岸徳光地先の沖合 1.5km(水深h=15m)に設置 された超音波式波高計の観察記録から、千里浜海岸へ の来襲波特性を検討した. その結果を図-3(a)~(c)に示 す. なお, 図-3(a)は平成 22 年の冬季, 図-3(b)は夏季, 図-3(c)は年間の波向別波高出現分布を示している。平 成22年の波浪観測データから、同海岸の入射波の波向 は年間を通じて北北西と北西に卓越し、その出現頻度 はそれぞれ 27%, 24%であった. 一方, 月別平均有義 波高については季節による変動が明瞭であり、8月が 約0.5mであるのに対し、2月は約2.2mであり、冬期に 高波浪が出現していた.また、平成18~21年における 波高も平成22年と同様に、北北西と北西からの入射波 が約50%であった.かねてから同海岸では、冬季風浪 が卓越することが由比ら²⁾により指摘されていたが, 本調査においても冬季に高波浪が卓越する傾向が図-3 により確認できた.



4.千里浜海岸の汀線変化

(1)千里浜海岸の汀線変動の傾向

千里浜海岸の経時変化に伴う汀線変化特性を検討す るために、平成17年から平成22年の期間にDGPSに よる汀線観測を実施した。図-4(a)、(b)は、それぞれ平 成18年、平成21年の期間における汀線の観測結果を 図化したものである。汀線の形状は、滝崎から羽咋川 右岸の区間においては円弧状となっており、羽咋川左 岸から相見川河口域の区間においてはほぼ直線状とな っていることが判る.

図-4 にて、時間変化に伴う汀線の変動を判別するの は困難である。そこで、平成18 年から平成21 年の汀 線変化を、ほぼ直線状の海浜に位置する調査点3と調 査点4、ならびに円弧状の海浜に位置する調査点10・ 11 の3 つの区間において検討するために、図-5(a)~(c) を作成した。図中の実線は平成18 年 12 月、点線は平 成21 年 10 月の汀線位置である。図-5(a)、(b)から羽咋 川以南の調査点において、平成18 年と平成21 年の観 測結果を比較すると、汀線が後退傾向であることが確 認できる。図-5(c)に示す羽咋川以北の調査点において は、調査点10 と 11 の間の区間の汀線位置は、前進傾 向にあることが判る.

DGPS を使用しての観測により,千里浜海岸の汀線 変化は,羽咋川以南の海浜では侵食傾向,羽咋川以北 の海浜では前進傾向にある可能性が確認できた.



(b)+成 21 + 図-4 DGPS による千里浜海岸の汀線

(2)調査点における汀線変動

前節では千里浜海岸の汀線位置の変動傾向について 検討した.本節では調査点毎の汀線の前進量と後退量 について考察する.

各調査点において観測した経時変化に伴う汀線変化 量の一例を図-6(a)~(f)に示す.なお、図-6(a)~(d)は羽 咋川以南、図-6(e)、(f)は羽咋川以北の調査点である. 図の縦軸は汀線変化量であり、プラスが汀線の前進、 マイナスが後退を示している.なお、汀線位置は観測 時刻と汀線近傍の平均的な砂浜の勾配から富山湾の観 測基準面を規準として、潮位補正を行ったものである.

図-6(a)は調査点4における汀線変化量を示している. 平成18年3月以降の夏期の汀線位置は回帰直線よりも 大きい値であり、 汀線が前進し、 砂浜が堆積傾向にあ ることが判る.しかし、平成18年12月の冬期におい ては、冬期風浪の影響により汀線位置は回帰直線より も小さくなっており,観測開始時の平成17年の汀線位 置と比較して一時的に 20m 後退している.回帰直線に 基づいた調査点4の観測期間における汀線の後退は約 3.5mである. 図-6(b)は調査点5における汀線変化量を 示している.前述の調査点4と同様に,汀線は平成18 年の夏期から平成18年の冬期にかけて後退している. その後, 汀線は平成19年の夏期には回復し, 同年の秋 期から冬期にかけて再び後退する.回帰直線による調 査点5の観測期間における汀線の後退は約1.74mであ る. 図-6(c), (d)はそれぞれ調査点 6,7 における汀線 変化量を示している. 両調査点においても平成18年の 夏期から平成18年の冬期にかけて、汀線は後退するが 翌年の夏期には前進している.回帰直線による調査点 6,7の5年間における汀線の後退は,それぞれ約3.6m と 1.74m である. 図-6(e)は調査点 9 における汀線変化 量を示している. 平成 18 年の夏期から平成 18 年の冬 期に汀線は後退し、翌年の夏期に前進するという変動 特性は、前述の羽咋以南の調査点と同様である.しか し、羽咋川以南の各調査点における回帰直線が侵食を 示していたのに対し,調査点9において回帰直線は堆 積を示している.調査点9の観測期間における汀線の 前進は約 5.0m である. 図-6(f)は調査点 11 における汀 線変化量を示している.調査点11においても調査点9 と同様に堆積傾向となっており,回帰直線による調査 点11の観測期間における汀線の前進は約5.0mである. 以上, DGPSを使用しての観測により千里浜海岸の



図-6 各調査点における汀線変化量

汀線変化について検討した.季節的な時間スケールに おいては、冬期の暴浪時に底質が削られて海浜が消失 しても、その後の夏期の静隠波の来襲により砂が堆積 し、砂浜が回復するという一連の海浜変化過程が確認 できた.5年間の時間スケールにおける汀線の変化は、 羽咋川以南では侵食されていたが、羽咋川以北では堆 積していることが判明した.また、侵食傾向にある調 査点での回帰直線に基づいて、空間的に平均処理した 汀線の後退速度は約 0.53m/年であった.由比ら²⁰は 1983 年から 2006 年に石川県土木部河川課による実施 された汀線測量結果により、春期と秋期の汀線変動を 検討し、汀線の後退速度は春期が 0.67m/年、秋期が 0.46m/年としている.本研究の汀線の後退速度につい ても、既往の研究と整合すると考えられる.

5.千里浜海岸の波高分布

エネルギー平衡方程式による平成 16 年の波浪場の 算定結果の一例を図-7(a)~(c)に示す.計算への入力条 件は,徳光地先沖合に設置された超音波式波高計の計 測データから月別平均有義波高 $H_{I/3}$ と有義周期 $T_{I/3}$ を 求めて,平成 16 年 6 月は $H_{I/3}$ =0.48m, $T_{I/3}$ =4.5s,波向 θ =NNW,平成 16 年 11 月は $H_{I/3}$ =1.31m, $T_{I/3}$ =6.4s,波 向 θ =NNW,平成 16 年 1 月は $H_{I/3}$ =2.24m, $T_{I/3}$ =6.4s,波 向 θ =NWとした.周期分割数と方向分割数は,それ ぞれ7と45,計算格子幅は沿岸・岸沖方向に等間隔で 10mとした.図-7(a),(b)は石川県千里浜海岸保全対策 委員会技術専門部会の資料³⁾としても公開してある.

図7-(a), (b)は、それぞれ平成16年6月と11月の千 里浜海岸における波高の空間分布の計算結果を示して いる.両図において、0≤X≤5000mの範囲では沖側境 界から入射した波が浅水変形をしながら砕波点まで伝 播し、砕波帯内では波高を減衰させて汀線まで到達し ていることが判る. 5000<X \leq 12000m の範囲では,入 射波が滝崎による回折効果を受けていることが確認で きる.図-7(c)は平成16年1月の千里浜海岸における波 高分布の計算結果を示している.6月,11月の波高分 布の計算結果と同様に、0 \leq X \leq 9000m の範囲では沖か ら伝播した波が浅水変形をしながら砕波点まで到達し, その後,減衰している.9000<X \leq 12000m の範囲では, 入射波が滝崎により回折していることが確認できる.6 月,11月と1月の波高分布を比較すると,入射波が滝 崎による回折効果の影響を受ける範囲が異なる.これ には波向の相違が関係している.波向がNNWの6月, 11月は、NW の1月と比較して,滝崎に対して約23% 北方向に傾斜して波が入射するために,回折に伴う遮 蔽領域が拡大する.

エネルギー平衡方程式より算定した波高値から海底 面での水粒子速度の振幅を求めることによって,計算 したシールズ数の空間分布を図-8(a),(b)に図示する. なお,底質の粒径は d=0.16mm とした.

図-8(a)は平成 16 年 6 月のシールズ数を示している. 千里浜海岸の底質は細砂であることから,底質の移動 は 5000 $\leq X \leq$ 7000m, 1250 $\leq Y \leq$ 1500m の範囲で確認で きるが,その他の領域では底質移動は顕著でない.図 -8(b)は平成 16 年 1 月のシールズ数を示している.1 月 では対象領域の全体において,6 月と比較して底質の 移動が活発であり,高濃度の底質流動層が発生してい ると推測できる.

6.千里浜海岸の漂砂動向

図-9(a)~(c)に,平成22年1月10日に撮影した小河 川周辺域の底質の移動状況の写真の一例を示す.なお, 第1小河川は没水状態にあり,漂砂の移動方向を確認 することはできなかった.

図-9(a)~(c)は、それぞれ第2号、第4号、第7号小



河川周辺での漂砂の移動方向を判別するにあたって有 用な資料である. 第2号, 第4号, 第7号小河川に共 通して,砂面は円管を中心としての右側(北方向)が左 側(南方向)よりも高くなっている.これは羽咋川以南 の海岸において、底質が北から南方向に移動している ことを意味している.原因として、千里浜海岸では NNW と NW を波向とする入射波が年間の約 50%を占 めることから, 汀線周辺域での沿岸流は南方向に卓越 する. この沿岸流により南方向の沿岸漂砂が発生して いる.また、南方向に移動する漂砂量を上回る砂が、 羽咋川以南の海岸に供給されないために、侵食が発生 していると推測できる.一方,羽咋川以北の砂浜は, 入射波の滝崎による回折効果により比較的安定してい る. 同海岸における南方向の沿岸漂砂の発生域につい ては、滝崎の回折に伴う波の遮蔽域との関連を挙げる ことができる.したがって,養浜砂の投入位置を検討 する際は、波の遮蔽域よりも南側の地点が望ましいと 考えられる.

7.おわりに

本研究では、千里浜海岸の汀線の基礎的な変動特性



(a)第2号小河川



(b)第4号小河川 図-9 底質の移動状況



H_{1/3} =0.48(m) T_{1/3} =4.5(s) NNW 🖌

図-8 シールズ数の空間分布

について, 汀線位置の現地観測と波浪数値モデルによ る波浪場の計算結果などに基づいて検討し, 漂砂特性 について新たな知見を得た.

1)千里浜海岸の入射波の波向は年間を通じて北北西と 北西が卓越する.月別有義波高については季節による 変動が明瞭であり,冬期に高波浪が出現していた.

2)各調査点における汀線観測より,千里浜海岸における汀線位置の時空間変化は,滝崎の回折に伴う波の遮 蔽域に関連して,その特性が異なる.

3)千里浜海岸での漂砂方向は遮蔽域よりも南側の領域 では南方向であることが判明した.

4) 汀線位置の変動特性と汀線近傍域の漂砂動向は,千 里浜海岸の地形的条件と入射波特性に基づいた波高分 布に依存している.すなわち,波の遮蔽域外の調査点 での漂砂は南方向であり,砂浜は侵食傾向にある.一 方,羽咋川以北の調査点では砂浜は堆積傾向にある.

参考文献

(m)

4500

4000

3500

3000

2500

2000

1500

>

Incident wave

0.04

1)石田啓,高瀬信忠,長原久克,浦良一:渚ドライブ ウェーを有する千里浜海岸の現況と侵食対策,第31 回海岸工学講演会論文集, pp.355-359, 1984.

2)由比政年, 楳田真也, 早川和宏, 川島弘靖, 浦貴暁, 石田啓:千里浜海岸における海浜変動の基本特性に関 する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.561-565, 2010.

3)鷲見浩一:千里浜海岸の汀線位置について,第3回 千里浜海岸保全対策検討委員会「技術専門部会」, http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kasen/chirihama-i/index.htm

http://www.pref.ishikawa.lg.jp/kasen/chirihama-i/index.htm l



(c)第7号小河川