

## 内灘海岸における離岸流の特性に関する数値解析

金沢大学大学院 学生会員 井田純平 金沢大学 学生会員○浮田将暉  
金沢大学 正会員 斎藤 武久

### 1. はじめに

内灘海岸(図-1 参照)は石川県のほぼ中央に位置する内灘町の西側にあり、金沢港の北東端に隣接している。また海岸延長は、この北東端を基点として北東方向に約9kmに及び、その背後には広大な内灘砂丘を擁している。平成17年に環境省の「快水浴場百選」に選定されるなど、県内でも有数のマリンレジャースポットである。

しかしながら、平成25年に金沢海上保安部管内で認知した人身事故は19件23人であり、その中でマリンレジャーに伴う海浜事故が9件13人であった。その内の事故者8人(内4人死亡)が離岸流に流されたことが原因であると推定されている<sup>1)</sup>。このような離岸流による事故を軽減させるためには、離岸流の発生機構を解明し、将来的な発生予測へと発展させていく必要がある。

これに関連して、杉村ら<sup>2)</sup>は内灘海岸における離岸流の現地計測を実施し、さらに井田ら<sup>3)</sup>はこの離岸流に関する数値解析を行い数値計算モデルの妥当性を検証している。

本研究では、上述の数値モデルを用いて内灘海岸で発生する離岸流の特性を数値解析的に考究する。

### 2. 数値解析モデル

本研究ではエネルギー平衡方程式を用いた波浪の位相平均モデルと長波近似に基づく海浜流モデルを用いる。計算のフローはエネルギー平衡方程式より得られるラディエーションストレスを海浜流モデルに受け渡すものである。なお、エネルギー平衡方程式には回折項を考慮した式(1)の間瀬ら<sup>4)</sup>のモデルを用い、海浜流モデルには小野ら<sup>5)</sup>が用いた式(2)を採用する。

$$\frac{\partial}{\partial x}(SV_x) + \frac{\partial}{\partial y}(SV_y) + \frac{\partial}{\partial \theta}(SV_\theta) = \dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\kappa}{2\sigma} \left\{ (CC_g \cos^2 \alpha)_y - \frac{1}{2} CC_g \cos^2 \alpha_{yy} \right\} - \varepsilon_b S \\ & \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial(UQ_x)}{\partial x} + \frac{\partial(VQ_x)}{\partial x} = -g(h+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial x} + \\ & \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial Q_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) + fQ_x - \frac{\tau_{bx}}{\rho_w} + \frac{\tau_{wx}}{\rho_w} \frac{\tau_{sx}}{\rho_w} \\ & \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial(UQ_y)}{\partial x} + \frac{\partial(VQ_y)}{\partial x} = -g(h+\eta) \frac{\partial \eta}{\partial y} + \\ & \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial Q_y}{\partial y} \right) + fQ_y - \frac{\tau_{by}}{\rho_w} + \frac{\tau_{wy}}{\rho_w} \frac{\tau_{sy}}{\rho_w} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$



図-1 内灘海岸の概要

ここに、 $S(f, \theta)$ は方向スペクトル、 $C$ は波速、 $C_g$ は群速度、 $V_x, V_y, V_\theta$ は、それぞれ  $x, y, \theta$  方向のエネルギー移流速度である。また、 $\eta$  は水位、 $U$  は  $x$  方向の断面平均流速、 $V$  は  $y$  方向の断面平均流速、 $h$  は水深、 $Q_x, Q_y$  は単位幅あたりの流量、 $D_x, D_y$  は水平方向の渦動粘性係数、 $f$  はコリオリパラメータ、 $\rho_w$  は海水密度、 $\tau_{bx}, \tau_{by}$  は、 $x$  方向、 $y$  方向の底面せん断応力、 $\tau_{wx}, \tau_{wy}$  は、 $x$  方向、 $y$  方向の水表面のせん断応力、 $\tau_{sx}, \tau_{sy}$  は、 $x$  方向、 $y$  方向の波によるせん断応力である。なお、連続式は

$$\frac{\partial(h+\eta)}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad \dots (3)$$

である。

計算領域は金沢港を含む図-2の範囲とし、計算条件を表-1の条件とした。

### 3. 解析結果および考察

数値解析では、上記の数値解析モデルの検証が確認されている<sup>3)</sup>表-1中の、2015年9月16日の場合に対して、波向きを5方向、入射波高および周期を増加、減少させて場合の計算を行いそれぞれの変化に伴う離岸流の特性について整理する。

一例として、図-3に当日観測された海象条件の下で計算された海浜流の分布図を示し、図-4に同一の入射波高と周期を用いて波向きを変化させた場合の海浜流の分布図を示す。図より、当日の海象条件で発生している離岸流(例えば、図-3中の(3600,-1100)、(3400,-1100)付近)が、波向きをW方向へ22.5°変化させることで図-3中に見られた離岸流がほぼ消滅していることが分かる。

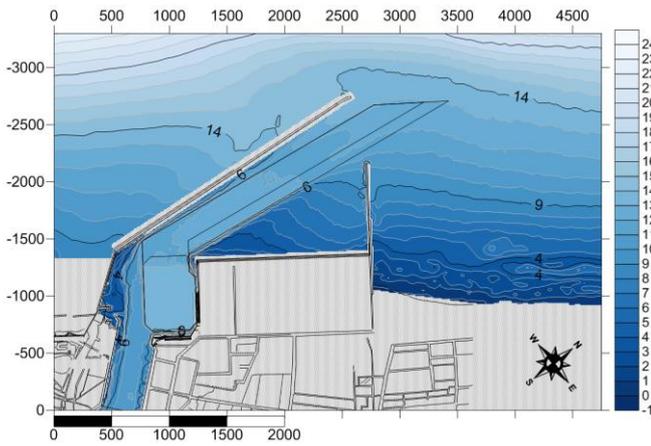


図-2 計算領域

表-1 計算条件

	2015年9月1日	2015年9月11日	2015年9月16日	2015年10月6日
海底地形	2015年9月1日	2015年9月16日		2015年10月6日
潮位条件	D.L.±0.0m			
計算範囲	3,310m×4,760m			
計算格子	10m×10m			
$H_{1/3}$	0.36m, 0.18m, 0.09m	2.76m, 1.76m, 0.76m	0.48m, 0.24m, 0.12m	0.9m, 0.45m, 0.22m
$T_{1/3}$	8.0s, 5.1s, 2.0s	10.0s, 7.9s, 6.0s	8.0s, 4.1s, 2.0s	8.0s, 4.4s, 2.0s
$S_{max}$	25			
波向	N, NNW, NW, WNW, W			

さらに、入射波高を0.48mから1.0mへと増加させた場合の結果を図-5に、加えて周期を8.0sから10.0sへ増加させた場合を図-6に示すが、これらの増加にともなって離岸流の規模の違いが見られるものの、離岸流の発生の有無に関しては波向きが大きく影響していることが分かる。

4. おわりに

本研究では、内灘海岸で発生している離岸流の特性について入射波の緒言を変化させることで数値解析的に検討した、結果として、これまでに離岸流の発生には波向きが主要な要因として影響していることが分かった。現在、各パラメータが離岸流の発生、発達にどのような影響を及ぼしているのか各条件の結果を比較、検討を行っている。詳細な解析結果は、発表当日に説明を行う。

5. 謝辞

本研究でのデータは、国土交通省 北陸地方整備局金沢港湾・空港整備事務所より提供を受けた。また、数値解析モデルにはNeCST-2D (株式会社エコー) を利用させていただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 金沢海上保安部 <http://www.kaiho.mlit.go.jp/09kanku/kanazawa/>
- 2) 杉村佳寿・高橋伸一・田邊貢一郎・黒木敬司・斎藤武久・西隆一郎：海域利用の安全性向上を目的としたマルチコプターによる離岸流調査，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol71, No. 2, I\_1693-II698, 2015.

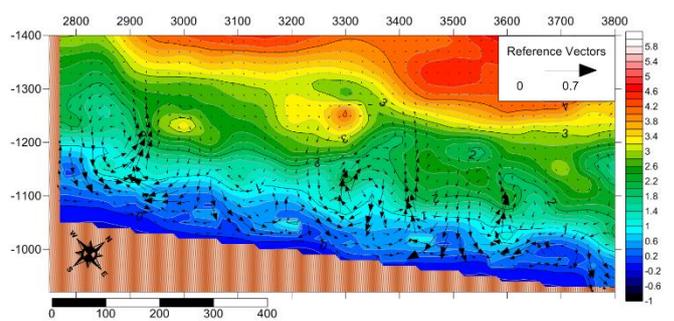


図-3 9月16日  $H_{1/3}=0.48m$ ,  $T_{1/3}=8.0s$ , 波向NWの場合の海底地形と海浜流の分布

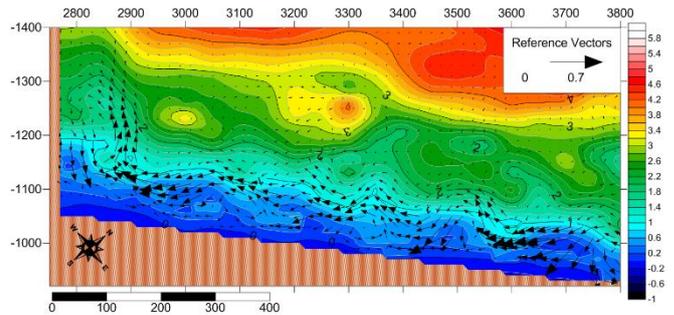


図-4 9月16日  $H_{1/3}=0.48m$ ,  $T_{1/3}=8.0s$ , 波向Nの場合の海底地形と海浜流の分布

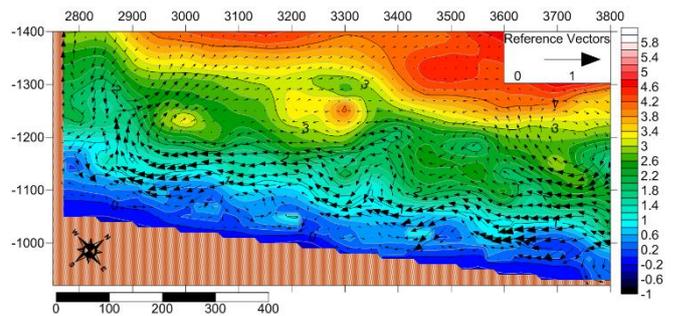


図-5 9月16日  $H_{1/3}=1.0m$ ,  $T_{1/3}=8.0s$ , 波向NWの場合の海底地形と海浜流の分布

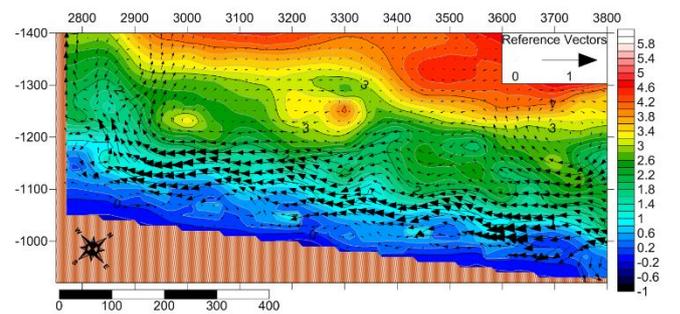


図-6 9月16日  $H_{1/3}=1.0m$ ,  $T_{1/3}=10.0s$ , 波向Nの場合の海底地形と海浜流の分布

- 3) 井田純平・浮田将暉・斎藤武久：内灘海岸における離岸流の現地観測および数値解析に関する研究，土木学会中部支部研究発表会予稿集，2017
- 4) 間瀬肇・高山知司・国富将嗣・三島豊秋；波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集，No.628/II-48，pp.177-187，1999.
- 5) 小野信幸・伊東啓勝・坂井隆行・西隆一郎・間瀬肇：河口域の流況特性に関する現地観測と数値シミュレーション，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 65, No. 1, pp. 386-390, 2009.