

風応力作用下で生起する海浜鉛直循環流系の 画像処理解析

九州大学 総理工 ○学生員 鈴木康文 正会員 松永信博

1. はじめに：海浜形状の季節変動や砕波帯内外の海水交換などの過程を解明する上で波によって生ずる海浜流や風応力と波浪が重なった場における海浜流を把握することは重要なことである。しかし風応力作用下で生ずる鉛直循環流系の特性を明らかにすることは波動による流体運動と砕波による乱れに加えて、風による吹送流が重なり合っているためにそれほど容易なことではない。そこで本研究では一様勾配斜面上に二次元規則波のみを入射させた場合、風応力のみを加えた場合、二次元規則波上に風応力を加えた場合の三つのケースにおいて斜面上に発生する鉛直循環流を画像解析手法を用いて明らかにした。

2. 実験装置及び実験方法：実験には風洞付き小型水槽を用いた。水槽は全面アクリル板でできており、水槽の長さ 3.0m、幅 0.15m、高さ 0.5m である。水槽の一端に勾配 $\theta = 7^\circ$ の斜板を取り付けた。作業流体として水道水を用いた。水平床における水深を 25.3 cm とした。造波の周期を 1.18 s、造波機のストロークを 3.0cm に固定することにより、沖波波長 $L_0 = 2.2$ m、沖波高 $H_0 = 0.94$ cm の二次元規則波を斜面上に入射させた。平均風速 1.8m/s の風を波の伝播方向と同じ方向に吹かせた。流れはテストセクションの断面をアルゴンイオンレーザーでスリット状に照射し、江藤・竹原によって開発されたマイクロカプセル¹⁾ をトレーサとして用いることにより可視化された。波動場における流れのデータとして入射波の 3 周期分が VTR に記録された。画像解析のフローチャートを図-1 に示す。VTR に記録された画像データを画像解析装置（株）カノマックス社製）に取込み、3 時刻追跡法によって 1/30 秒の間隔で各位相の速度ベクトルを描かせた。3 時刻追跡法とは 1/30 s 間隔でとられた連続的な 3 枚の画像から粒子の重心座標を検出し粒子の移動速度を求める手法である。このようにして得られた速度ベクトルは粒子が存在する点の速度ベクトル与える。あらかじめ決められた格子点における速度ベクトルを得るためにこの速度ベクトルを距離補間した。内挿式としては次式を用いた。

$$\bar{U}_{ij,k} = \sum_k G_{ij,k} \bar{U}_k / \sum_k G_{ij,k} \quad (1)$$

$$G_{ij,k} = \exp[-r_{ij,k}^2 / (b^2)] / r_{ij,k}^2$$

ここで U_k は k 番目のトレーサ粒子の速度ベクトルであり U_{ij} は求めようとする格子点 (ij) における速度ベクトルである。 $r_{ij,k}$ は格子点 (ij) と k 番目のトレーサ

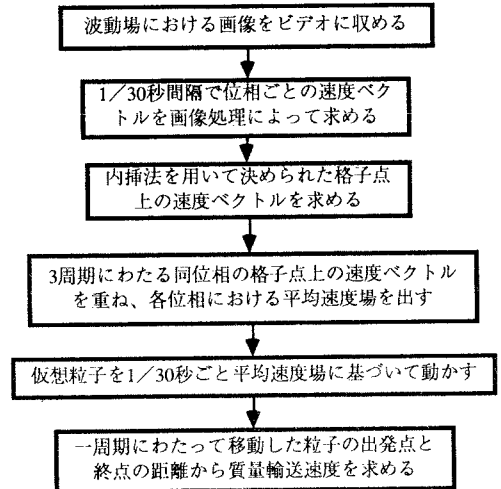


図-1 画像解析のフローチャート

粒子との距離を示し、相関空間スケール b は解析対象の横フレームの 10% とした。風のみを作用させ場合は定常と考え、数枚の画像より画像処理を行ない平均速度ベクトルを計算し格子点上に内挿している。波動場の場合、3 枚の同位相の内挿速度ベクトル分布を平均し、一周期にわたる各位相の平均速度ベクトルを求めた。次に平均速度場の各格子点上に仮想粒子を置き、位相平均速度場を用いて仮想粒子を 1/30 秒ごと移動させた。粒子が移動した点における速度は (1) 式を用いて算定したが、この場合相関スケール b は横格子点距離以内とした。この操作を繰り返すことにより一周期後の仮想粒子の位置を出し、初期の位置との残差を求め波の周期で割ることにより質量輸送速度を求めた。

3. 実験結果及び考察：図-2 は、二次元規則波のみを入射させた場合であり、下の数字は汀線からの距離である。砕波は汀線から 28cm の位置で生じていた。図中、波の進行方向は右から左である。砕波点よりも沖側の、平均水面よりも 0.85cm 以下の領域における画像が解析されている。図-3 は、風のみを作用させたときの定常流速ベクトルである。水表面付近に生ずる岸向きの強い吹送流は、水深約 1 cm の範囲で発生している。図-4 は、二次元規則波上に風応力を加えた場合である。図-2 で示された反時計方向の回転をもつ循環流は汀線方

向に押し締められ、底面付近で大きな冲向き流速が生じる。強風時における海浜侵食は砕波により巻き上げられた砂粒子はこのような強い冲向きの流れで沖方向に運ばれるためと考えられる。

参考文献

- 1) 江藤剛治・竹原幸生(1991): トレーサー粒子としてのマイクロカプセルの試作, 可視化情報, Vol. 11, No. 1.

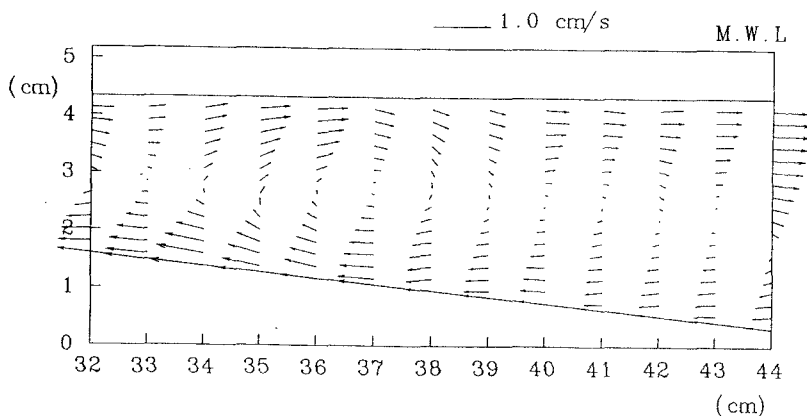


図-2 波による鉛直循環流

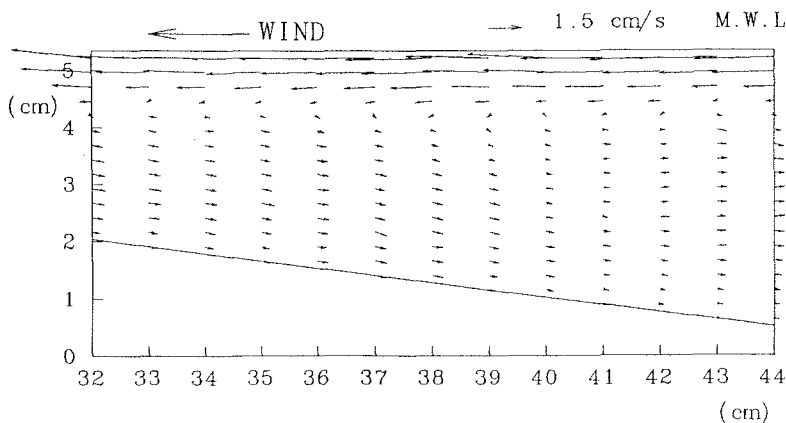


図-3 風応力によって生ずる吹送流パターン

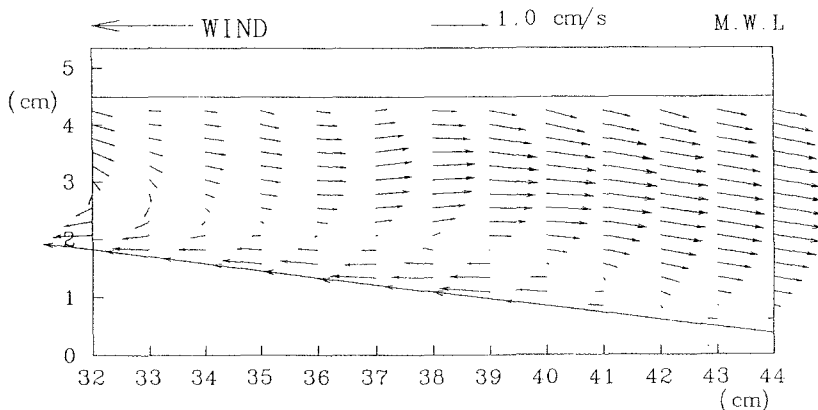


図-4 風応力下における波動によって誘起される鉛直循環流