遡上波内部の局所流体運動

local fluid movement inside an ascension wave

北海道大学工学部シビルエンジニアリングコース ○学生員 堀井正輝 (Masaki Horii)
北海道大学大学院工学研究院 正会員 渡部靖憲 (Yasunori Watanabe)

1. はじめに

海洋波浪伝達の終焉となる遡上域における波浪 の流体運動には不明な点が数多く残っている。こ れは、流体領域が鉛直方向に薄く、水位や流速を 計測するためのセンサー等を使用できず、流況を 把握できていないことが原因であり、遡上に起因 する前浜の侵食、堆積メカニズムや漂流物の打ち 上げ機構、さらに 2011 東北地方太平洋沖地震津波 来襲時に記録された多くの映像から明らかになっ た遡上波先端部の破壊的局所流体運動について送 球に解明しなければならない現象が山積している。

遡上運動に対して、最も難しい問題は底面と水 面が接触し気相液相固相の三相が隣接する点の存 在である。滑りなし条件を与えるべき底面と滑り 条件が適当となる水面が一点に交わるため境界面 に沿ったせん断力が不連続となり、常に特異点と なるため、直接解析的に流れを取得できない。

このため波浪の遡上計算においても、この点を 回避し、背後の流体域の流況を基に、長波伝達の 特性曲線あるいは単純に水面勾配を外して遡上点 を近似するものが殆どであり、遡上域独特の局所 流れによる物質輸送に言及可能なモデルは存在し ない。

本研究は、遡上波先端の局所流れの特徴を適切 に反映した数値流体モデルを開発することを最終 目的とするものであり、サブミリスケールで変動 する遡上波内部の流体場を Particle Image **Velocimetry(PIV)**で計測し、その時間空間的変化に ついて特徴化を行うものである。

2. 実験装置と実験条件

PIV は、流れに追従するトレーサ粒子を混入し 流れを可視化して撮影、解析を行う計測技術であ る。本実験は、長さ197 cm、幅10 cm、高さ15 cmの底板傾斜式アクリル製二次元水路で造波装 置を用いて行った(図1参照)。勾配は1/15。水深 を4cmとし、粒径50~100 µmのトレーサ粒子 (HP20SS)を赤色蛍光塗料で着色し流れに投入、 その様子を波長532nm 照射のYAGレーザーシー トで照らし、高速度カメラに波長600nm以上を透 過するハイパスフィルタを付けて撮影を行った。



撮影範囲を3cmとして、撮影地点を6ヶ所と した。(表1)

150

200

250

	位置(cm)	備考
site1	-3	
site2	0	原点
site3	3	
site4	6	
site5	12	
site6	19.5	遡上限界点

表1 撮影位置

3. 計測結果

これらの実験装置で取得した、2つの連続した 画像から粒子の速度ベクトルを求め、アンサンブ ル流速分布図を取得した。(図2~図13)





200 250 300 400 50 100 150 200 250 300 350 400 450 500 550

⊠ 5 site2 t=0.006



図 12 site4 t=0.01s

ントのアンサンブル流速分布を表している。先端 部からその背後に渡って 5~10mm 程度の複数の 渦列が形成されているのがわかる。

図 4~8 は、フロントが site5 に到達した時刻 t=0.006s けるそれぞれの site でのアンサンブル流 速分布を表している。前述のフロント部が生成し たと考えられる渦列が site1~4 の区間において流 体内上層部に残存している一方、底面近傍では有 意に流速が低下し、一方向の開水路境界層流れの 様なせん断流となっているのがわかる。

図 9~13 は、最大遡上高到達時 t=0.01s におけ る同様な流速分布を表している。この位相では、 流体内上層部が継続して岸方向へ向かう流れにな る一方、下層部では逆に沖に向かう典型的なせん 断層を有する単純せん断流へと遷移する。その後 フロント部を含めた遡上波全体が引くにつれて沖 向流れを持つ下層域が厚くなり、流体域全体が沖 向き流速へと変化する。

5. 結論

全体をまとめると、遡上波面の急峻な水平圧力 勾配により加速する遡上フロントは水面から底面 へ巻き込むような回転運動により連続的に渦列を 生成する(図A)。 遡上に伴いその背後域では低 下した圧力勾配と直角せん断力がおおよそバラン スする開水路せん断流と類似した流れとなる(図 B)。

さらに時間が経過すると、顕著な圧力勾配の低下 により下層部を沖向きに流れる単純せん断流へと 遷移し、明確なせん断層が形成される(図 C)、前 浜では、有意な海浜侵食が促進されることが知ら れているがこの最大遡上高達成後に発生する下層 部の沖向き流れが大きく変わっているものと考え る。



↑図 C

6. 参考文献

1)J.BILLINGHAM : On a model for the motion of a contact line on a smooth solid surface2)YULII D. SHIKHMURZAEV : Moving contact lines in liquid/liquid/solid systems