

阿賀野川河口砂州崩壊過程の解析

中央大学大学院 学生会員 ○立山 政樹
中央大学研究開発機構 正会員 内田 龍彦
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. 序論

発達した河口砂州は河道の大部分を閉塞するため、洪水時、河口砂州上流の河道内水位の上昇や砂州周辺の大
幅な河床変動を引き起こす。このため、洪水時における
河口砂州の崩壊を含む砂州周辺河床と水位の時間的変
動を明らかにすることが重要な課題となっている。河口
砂州近傍では、洪水流下断面が縦断的に急縮するため、流線が平面と鉛直方
向へ大きく曲げられることによって流れの三次元性が強くなる。このため、
河口砂州の浸食を引き起こす河床及び河岸近傍の底面流速を精度よく求める
ためには、三次元的流れに起因する静水圧分布からの圧力偏差を考慮した解
析を行う必要がある。本研究では、内田・福岡により開発された一般底面流速
解析法¹⁾を用い、平成23年7月阿賀野川洪水時における河口周辺の洪水流と
河口砂州崩壊の時間的変化を明らかにすることを目的としている。

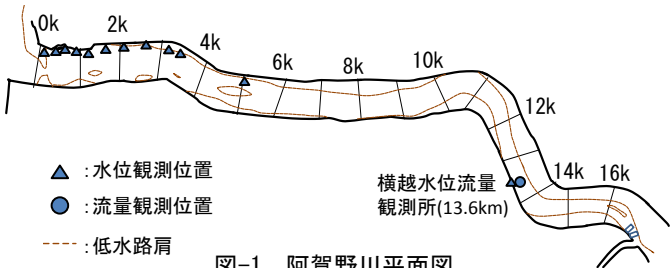


図-1 阿賀野川平面図

表-1 解析に用いる基礎方程式と
未知数

底面流速方程式: u_b
水深積分連続式: h
水深積分水平方向運動方程式: U
底面圧力方程式: dp_b
水深平均乱れエネルギー輸送方程式: $k(v_t)$
水深積分渦度方程式: Ω_i
水表面流速方程式: u_{si}
水深平均鉛直方向流速の時間変化のボアソン方程式: W

2. 解析方法と対象洪水・区間

本解析で用いる一般底面流速解析法は、水平方向流速の鉛直分布(1)、渦度
の定義式を水深積分することで得られる底面流速方程式(2)、鉛直方向運動方
程式を水深積分することで得られる底面圧力方程式(3)より流れの三次元性
に起因する底面の圧力偏差を考慮した底面流速を解くことが出来る。

$$u_i = U_i + \Delta u_i (1 - 12\eta^2 + 12\eta^3) + \delta u_i (3\eta^2 - 4\eta^3) \quad (1)$$
$$u_{bi} = u_{si} - \varepsilon_{ij3} \Omega_j h - \frac{\partial W}{\partial x_i} + w_s \frac{\partial z_s}{\partial x_i} - w_b \frac{\partial z_b}{\partial x_i} \quad (2) \quad \frac{dp_b}{\rho} = \frac{\partial h W U_j}{\partial x_j} + \frac{\tau_{bj}}{\rho} \frac{\partial z_b}{\partial x_j} \quad (3)$$

ここに $\Delta u_i = u_{si} - U_i$, $\delta u_i = u_{si} - u_{bi}$, $z_s \cdot z_b$: 水面高・底面高, $\eta = (z_s - z)/h$ である。表-1 には、一般底面流速解析法
に用いる基礎方程式と求まる未知数の関係を示す。式(2), (3)より底面流速 u_{bi} と底面の静水圧分布からの圧力偏差
 dp_b を評価するため、水深 h , 水深平均流速 U_i , 渦粘性係数 ν_t , 水深平均渦度 Ω_i , 水表面流速 u_{si} , 水深平均鉛直
方向流速 W がそれぞれの方程式より解かれる。詳細は文献¹⁾を参照されたい。河口砂州の崩壊を伴う河床変動解析
は河床と河岸は連続的であることから区別をせず、底面流速より評価される斜面上の河床せん断力を芦田・道上式²⁾
へ適用することで掃流砂量を求め、合わせて浮遊砂を考慮し、流砂の連続式より河床高を計算する。浮遊砂濃度
の計算には、水深積分した平面二次元移流拡散方程式、鉛直濃度分布式には Lane-Kalinske の式、浮上量には板倉・
岸の式、沈降速度式には Rubey の式をそれぞれ適用した。図-1 は阿賀野川の河口から 16.0km までの平面図を示す。
0.2km 付近で河口砂州が両岸より大きく発達していることがわかる。また、河口部では河口砂州の崩壊と水位の関
係を把握するため、詳細な水位観測が行われている。対象とする平成23年7月洪水は、横越水位流量観測所にて、
計画高水流量 13,100m³/s に近い、約 11,000m³/s のピーク流量を記録した。図-2 は、横越水位観測所で観測された水

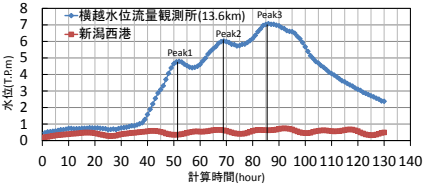


図-2 平成23年7月洪水観測水位

キーワード 一般底面流速解析法, 河口砂州, 阿賀野川, 洪水流, 河床変動

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

位ハイドログラフである。洪水波形は三山であるため、これらのピーク時間を発生時間順に Peak1, Peak2, Peak3 と定義する。

3. 解析結果

解析条件として河口砂州近傍の三次元流を精度よく解くため、0.0km から 0.4km の区間では縦横断方向にメッシュ長さを水深スケール以下の 5m として設定している。その他の区間では、おおよそ縦断方向 20m, 横断方向 5m, 海ではさらに粗いメッシュ長さを設定している。初期形状は洪水前河床観測結果の他、河口砂州上を越流する流れの有無が河床変動に大きく影響するため、洪水ピーク時撮影された航空写真から把握される水際線の位置と同時刻観測された右岸河口砂州近傍水位より推定された標高値が設定されている。

図-3 は各ピーク時の観測と解析水面形及び痕跡水位の比較を示す。図-4 は河床変動解析より得られた各ピーク時と解析終了前後の河床高コンターを示す。図-5 には、0.2km 横断面の洪水 5 か月後の観測河床と図-4 と同時刻の解析水位・河床を示す。洪水後の河床は、海と川の土砂移動で埋まっており、参考値としてみなされるべきものと解釈される。右岸解析水位は、観測水位と右岸痕跡水位を概ね再現することが出来ている。河床変動解析では、Peak2 から Peak3 までの間に大きく右岸砂州がフラッシュされている。これは斜面の急勾配を伴う右岸河口砂州上を越流する流れが長い時間に渡り生じたためである。また、河道中央河床では、Peak2 までに深く洗掘された後、右岸砂州の大幅な拡幅が生じる Peak3 頃から解析終了までの間に、河口砂州上流に堆積している砂州が下流へ遷移することによって埋め戻される挙動が分かる。一方、左岸砂州では実測結果は拡幅しているが解析結果はほとんど変動していない。これは、初期地形を設定する際、右岸観測水位を用いたことで右岸砂州形状よりも左岸砂州形状の精度が劣り、左岸砂州上で越流が生じない計算となったためである。このことから河口砂州の初期高さを正しく把握する事は洪水流による河口砂州崩壊を伴う河床変動を解析する上で重要であると言える。

4. 結論

平成 23 年 7 月阿賀野川洪水時における河口砂州と周辺河床の時間的変化を検討するため、適切な解析メッシュサイズを設定した一般底面流速解析法を用い、河床と河岸を一体的に考えた河床変動解析を行った。検討の結果、洪水時における河口砂州崩壊と砂州周辺河床の時間的変化が示された。また、河口砂州崩壊の高精度な変動解析には、詳細な初期地形を把握し、これを解析に取り込む事が重要であることが示された。

5. 参考文献

- 1) 内田龍彦, 福岡捷二: 浅水流場の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法, 水工学論文集, Vol.56, I_1225-I_1230, 2011.
- 2) 水理公式集[平成 11 年度版]: 土木学会水理委員会, 丸善, 1999.

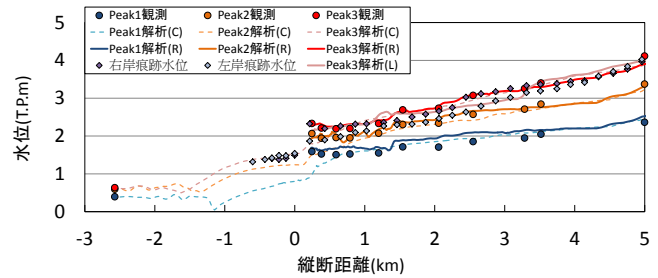


図-3 観測水面形と解析水面形の比較

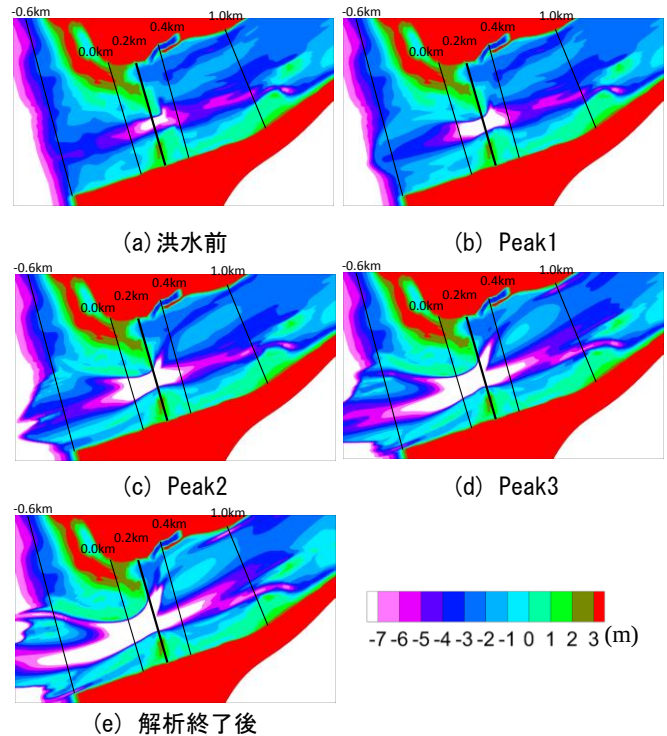


図-4 河口砂州近傍河床高コンター

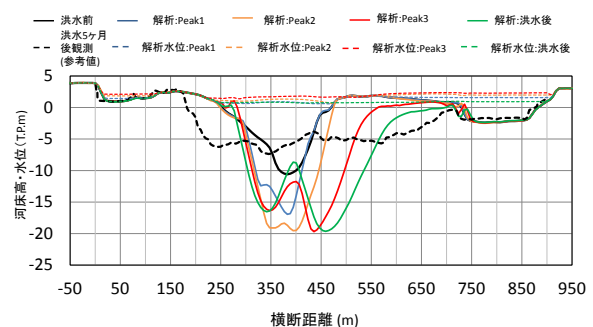


図-5 0.2km 横断面における河床・水面解析結果と観測結果