

河口付近の河川ブルームの流動特性

大阪大学工学部 正 員 室田 明
大田大学工学部 許 再寧

大阪大学工学部 正 員 中辻啓二
大阪大学大学院 学生員 湯浅楠勝

1 はじめに： 河口部は河川と海との接点であり、陸域から流出してきた淡水と海水が混合する水域である。近年、湾岸の埋立や人工島の建設が活発に行われている。これらの埋立地が河川水の流出を妨げたり、密度構造の変化や河口水位の上昇を引き起こす可能性がある。したがって、河口付近の水面形と流動特性を詳細に把握することが河川工学上重要な問題となっている。そこで、河道を連結した海域の三次元河口モデルを用いて数値実験を行い、河口特有の水理現象である一時加速現象と分岐現象について若干の考察を行う。三次元数値モデルは第32回水講で発表したものに、河道部を付け加えたものである。

2 数値モデル： 図1に示すように、河道部と海域部を連結させ、河川中心軸から片側半領域を想定したモデルを用いる。河道部は長さ $L_0=60\text{cm}$ 、幅 $B_0=4\text{cm}$ 、水深 $H_0=2.8\text{cm}$ 、海域部は長さ $L=400\text{cm}$ 、幅 $B=150\text{cm}$ 、水深 $H=23.8\text{cm}$ 、放流流量は $Q=16.6\text{cm}^3/\text{s}$ 、相対密度差 $\varepsilon=0.003$ とした。放流条件は、河道部上流端で表層 0.9cm を放流口とし、流速および密度を矩形分布として与えた。放流密度フルード数は $F_d=1.93$ である。

3 計算結果および考察：

図2は河口から海域にかけての水面形を表したものである。同図は、 x 方向に 240cm 、 y 方向に 80cm の領域を示す。水面上昇量は河口で 0.0040cm 程度である。これは上層厚の 2.3% という微小な値であり、静水圧近似によって求まる値（上層厚の 2.7% ）より小さくなっている。しかし、その水面勾配は非常に大きい。

図3は流速の鉛直分布の流下方向変化を示す。河道の上流端で放流された流動は、運動量流束が浮力流束より優るため ($F_d > 1$) 下層塩水を連行加入し、上層厚は流下方向に次第に増大する。しかし、河口に近づくと上層厚は増大をやめ、河口を出ると断面の急拡大と浮力効果により、上層厚は急激に減少する傾向を示す。このとき、河口での上層厚は $H=1.7\text{cm}$ 、河口での密度フルード数は $F_d=1.51$ であった。

図4(a)(b)は表層と第2層 ($Z=0.45\text{cm}$) での等密度差線と流速ベクトルを示す。表層での河川水の流動はブルーム的な流動を呈し、 y 方向への拡がり大きい。例えば、初期密度差の $1/2$ の等密度差線は河口から約 30° の角度で拡がっているのが分かる。これは建設省河川砂防基準(案)に示される 11° の角度で拡がる仮想河口形状と比較して大きい。第2層では等密度差線が中心軸から分岐して y 方向に拡がっているのが特徴的に見られる。このような分岐現象は、信濃川 (Kawai 1988)、Chesapeake湾 (Bowman 1988) などでも観測され

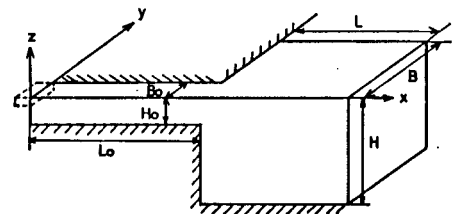


図1 数値モデル

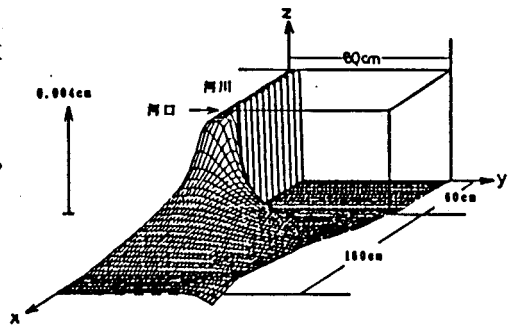


図2 河口付近水面形

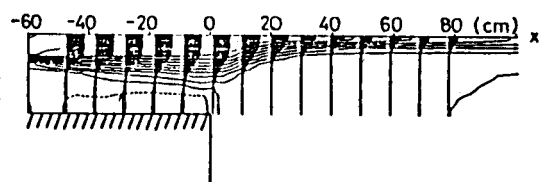


図3 鉛直方向流速分布

ており、また、Wangら(1986)の水利実験によっても同様の現象が認められている。それは、図5の $x = 60\text{cm}$ の位置での $y-z$ 鉛直断面の流動に示されるように、 $y = 20\text{cm}$ 付近の上層で y 方向の流速ベクトルが水平方向の圧力勾配により大きくなっていることに原因している。図2に示した水面勾配の影響も見逃せない。この水平方向の流動を補償するように下層塩水の上層への上向きの流動が中心軸付近でみられる。

図6は密度フルード数 F_d の水平分布を示す。上図は数値実験結果、下図は西田の水利実験結果である。数値実験では密度差が初期密度差の2%となる位置を界面と定義した。また、密度フルード数は表層の最大流速を用いて計算された。両結果とも河口から沖合いの位置で密度フルード数が最大値を示す領域が現れているのが分かる。ただし、その位置は計算と実験では大きく異なっており、その原因については検討を必要とする。

図7は中心軸上での基準水面からの水位上昇による位置水頭 η と表層流速の速度水頭 $V^2/2\rho \cdot g$ の流下方向変化を表わす。河口を出ると運動量流束が拡散する影響を受けて、位置水頭は急激に減少する。これに対して、速度水頭は逆に河口を出て一旦加速される。これは北大グループのいう加速領域に対応するものである。河道部から河口周辺にかけて位置水頭と速度水頭の和はほぼ一定値を保っている。ベルヌーイの式が適用できるとするならば、河口を出てからの表層厚の急減少は流体を加速させる一つの要因と考えられる。

4 終わりに： 数値実験は、河川ブルーム特有の分岐現象や一時加速現象を再現し、河口付近の流動や水面形の定性的な傾向を表現できることが確認できた。

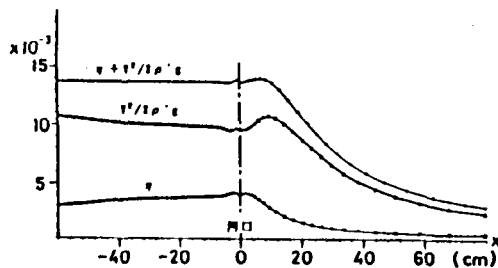


図7 位置水頭・速度水頭図

参考文献 Bowman(1988):Hydrodynamics of Estuaries, Vol1, pp.85-132. Kawai H. (1988): Jour.of Oceanographical Society of Japan, Vol44, pp.17-32. 室田・中辻・許(1988):土木学会第32回水理講演会、pp.233-238. 西田:私信 Wang(1986):International Symposium on Buoyant Flows, pp.233-241.

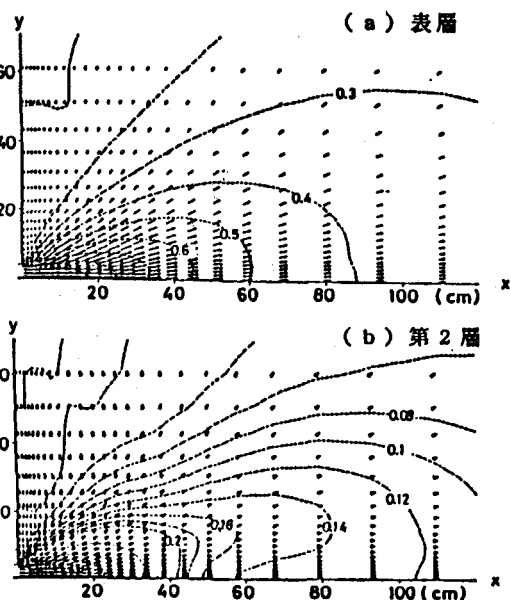


図4 等密度差線・流速ベクトル図

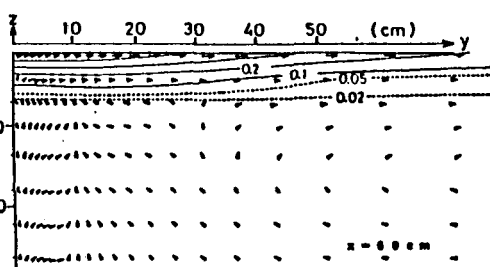


図5 $y-z$ 鉛直断面図

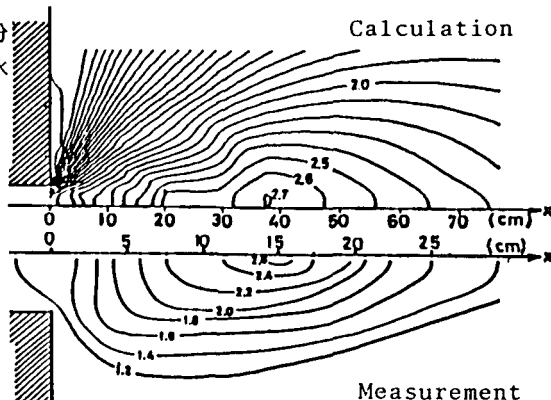


図6 密度フルード数 水平分布図