

鹿 島 建 設 正 員 ○坂口 拓史
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 員 井 上 和 也
 京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 古 寄 裕 三

1.はじめに;河口から沿岸海域に流出する河川の流れの水利学的構造を明らかにすることは、沿岸水理学での重要な課題の一つである。最近では観測や実験による研究だけでなく、コンピュータの発達に伴って、数値解析的な研究も行われている。^[1]本報もこれらの研究の流れにあり、とくに三次元数値解析モデルを用いて解析を行うものである。ただし、本報では、密度はそれ自体が基礎方程式中の圧力項に影響し中立的なトレーサーとはいえないので、圧力項に影響を与えない中立的なトレーサーを上流端から河川水とともに流して、このトレーサーの追跡によって河川流出流の挙動をみることにする。

2.三次元数値解析モデルの適用;本報で対象とする河川流出流は、一般的に大規模であり、淡水である河川水が沿岸海域において海水の浮力、密度差およびそれに起因する流れの影響を受けながら、平面的にも水深方向にも拡がり、3次元的な挙動を示す。したがって、この現象の水利学的な挙動を詳しく知るには3次元数値解析が必要とされることになる。基礎方程式は、運動方程式、連続式、密度偏差の保存式およびトレーサー濃度の保存式で構成されるが、本報では浅水近似を用いて鉛直方向の運動方程式を圧力の静水圧分布式で置き換え、さらに、非圧縮性仮定およびBoussinesq近似

の仮定の下での基礎方程式を全計算対象領域について適用する。ただし、トレーサーの濃度保存式は、密度偏差の濃度保存式と同じ形式であるが、移流だけによるトレーサーの拡がりを目指すために、拡散項は含めないものとする。これらの基礎方程式をcontrol volumeにおいてそれぞれ積分し、時間差分に関してはLeap-frog法、移流項に関しては上流差分、移流項以外は通常の中央差分を用いてexplicitな差分式に変換して計算を進めた。^[2]

3.モデル沿岸海域への適用;流れに及ぼす複雑な地形の影響を取り除くため、図1に示されるようなモデル沿岸海域を想定して、計算対象領域として解析を行った。計算対象領域が海域部だけでも40km×40kmと広範囲に及ぶので、本報で対象としようとする現象が卓越する領域において効率のよい計算を行うために、粗・細格子を併用する方法を採用した。すなわち、まず、全域において比較的粗い差分格子を用いて計算し(広領域計算)、次いで図1において点線で囲まれている領域内では、広領域計算の結果を境界条件として細かい差分格子を用いた計算を行った(狭領域計算)。広領域計算における海側開境界条件としては、河口からの流出になるべく影響を与えない境界条件として、日野らの無反射境界条件^[3]を用いた。これらの、広・狭領域接合部および広領域開境界条件の取り扱いでは、水理量の授受の空間的特性に注意を払った。広領域計算において、差分格子の大きさは $\Delta x = \Delta y = 1000.0(\text{m})$ 、計算時間間隔は $\Delta t = 10.0(\text{sec})$ 、一方狭領域計算においては、 $\Delta x = \Delta y = 250.0(\text{m})$ 、 $\Delta t = 2.50(\text{sec})$ 、またいずれの計算においても鉛直方向の格子は、 $\Delta z = 1.0(\text{m})$ とした。

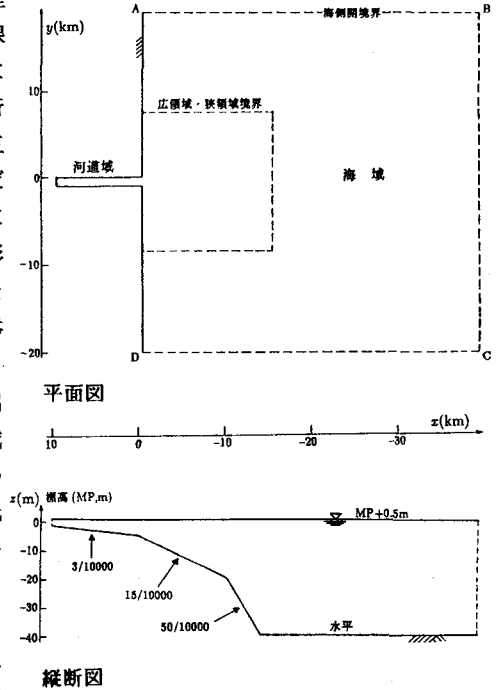
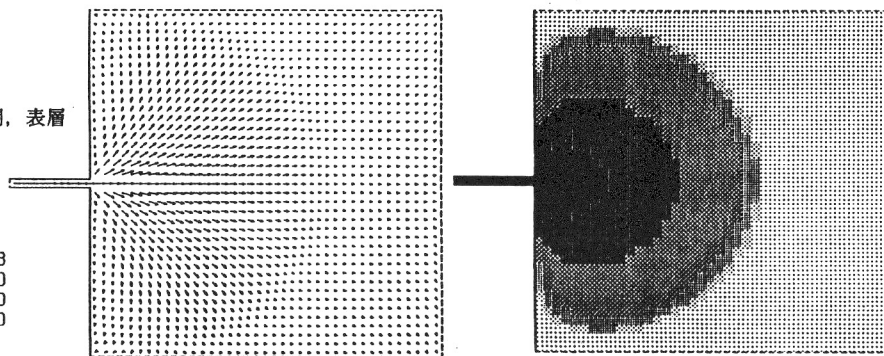
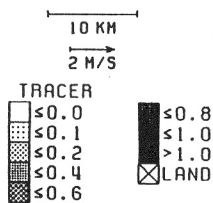


図1 計算対象領域

図2 平面分布図

< 広領域計算 >

計算開始後 24 時間, 表層



流速分布図

トレーサー濃度分布図

4.結果と考察;図2は、広領域計算における計算開始後24時間経過したときの流速分布およびトレーサー密度分布の平面図である。流速分布をみると河川水は放射状の拡がりをしており従来の観測でみられる特徴が現れている。また、開境界付近では、自然に領域外へ流出する流れとなっている。トレーサー密度分布では、河川水がx方向よりもy方向に大きく拡がっている様子がわかる。

また、河道軸に関する流れの対称性が保たれている。図3は、狭領域計算における計算開始後9時間経過したときの流速分布およびトレーサー密度分布を、計算領域の中心軸に沿って示した縦断図である。河川水が海水の浮力を受けながら拡がっていくようすが表現できている。さらに、その下層には河口へ向かう流れがあり二層流的な構造となっている、MP-5.0m付近に流向が逆転するせん断層があることがわかる。また図4は、同じ時間の沖2kmおよび10kmの流速分布およびトレーサー分布の横断図である。沖2kmにおいて、中心軸付近で河川水が浮力を受けて浮上する様子がわかる。また、沖合い2kmおよび10kmにおいて、中心軸の両側に、海水の浮力を受けながら拡がっていく河川水の様子が表現されている。したがって、流出口(X=0km)より下流近傍の流れの場を3次的に考えると、上層では流出口から沖へ放射状に拡がり、下層では沖から流出口に逆放射状に収束してくるという3次的な流れがイメージできる。

5.おわりに;今後、狭領域計算における対称性を計算技術的にさらに検討するとともに、さまざまな流量や水底

こう配を設定し水理条件や地形が流動構造に与える影響について水理学的な考察をすすめたい。

[参考文献]

- [1]中辻啓二, 湯浅楠勝, 村岡浩爾: 河口周辺部における河川流出流の流動構造, 土木学会論文集, No.461/II-26, 1993.2, pp.31-38 [2]井上和也, 若佐義朗, 木下昌樹: 沿岸水域における埋立が河口からの洪水流出に及ぼす影響の解析, 京都大学防災研究所年報, 第35号 B-2, 1988, pp.153-167 [3]日野幹雄, 仲座栄三: 水理計算における新しい"無反射境界関"の数値的検討, 東工大土木工学科研究報告, No.38, 1987.12, pp.39-50

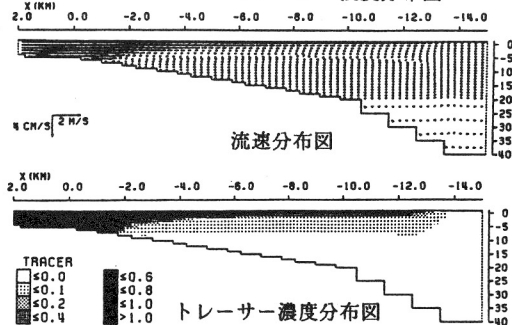
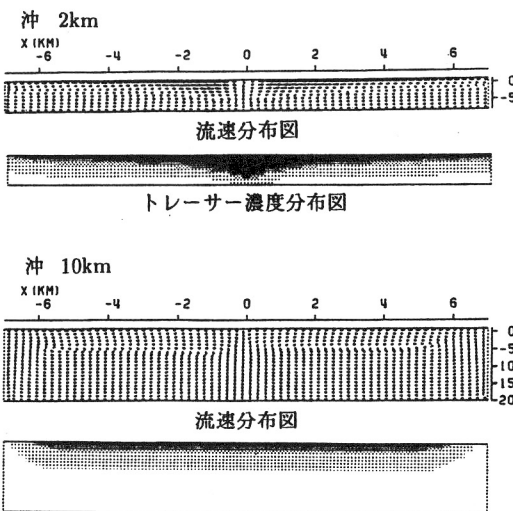


図3 縦断分布図< 狭領域計算 >



トレーサー濃度分布図

図4 横断分布図< 狭領域計算 >