

一般鉛直座標[Generalized Coordinate System]による流動モデル開発

国土環境研究所 水環境解析グループ 竹内 一浩

多様な水環境解析のニーズに答えることができる「一般鉛直座標による流動モデル」を開発し、水理・水質現象の高度な解析と予測に取り組んでいます。

流動モデル開発の必要性

水域の環境予測の分野では、海域-河口域-河川-湖沼-ダム、など広範囲なフィールドでのニーズがあります。

一方、当社では海域のアセスメントの実績に培われた多層レベルモデル(図1-(a))を長年使用してきました。しかし従来モデルでは多岐にわたる水域予測のニーズ全般に答えることが難しくなり、新規モデル開発が待たれていました。

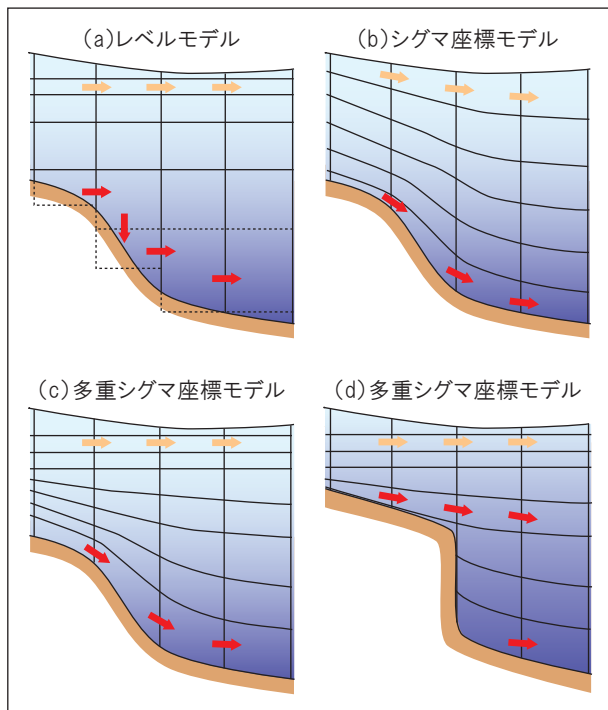


図1 流動モデルによるさまざまな鉛直格子分割の例

環境のシミュレーションに用いる数値モデルの精度は、モデルの格子の設定方法によって大きく変化します。計算機で演算するには、対象水域を3次元的な小さな格子に分割して、格子ごとに物理法則を当てはめ、流れや水質の変化を予測します。そのため、より細かい格子や、地形に滑らかに沿った設定方法を採用することによって、実際の現象をより良く表現することが期待されます。

そこで、近年では海底に沿った座標系を設定するシグマ座標モデル(図1-(b))が使用されることが増えており、新規モデルではシグマ座標モデルをベースにして、今後のニーズを踏まえてよ

り自由度の高い一般鉛直座標系(Generalized Coordinate System:GCSモデル)を導入することとしました。

従来のシグマ座標モデルは、海底地形と密度の変化がともに大きな水域においては、計算上の誤差が大きくなってしまいう問題がありました。しかし、GCSモデルは密度変化が大きな箇所では水平に近い座標を設定できるので、計算誤差を低減することができます。

さらに、従来のレベルモデルやシグマ座標と同様な座標設定が可能だけでなく、多重シグマ座標を含めた両者が複合した座標など(図1-(c)、(d))も実現でき、広範な適用性がうかがえます。

新規モデルの機能と適用性

新規モデルには精度向上や汎用性拡大のため、以下のような新しい機能も加えられています。

- 2方程式乱流モデル
- 干出・冠水スキーム
- TVD法による移流精度向上 など

その主なものとして、干潟やダムのように計算格子上的水が水位変化によって干上がり、再び冠水する過程を計算する「干出・冠水スキーム」の導入が挙げられます。この機能により、河口域のように水面変動(潮汐)が大きく、水面近くでの流れ・物質の変動が複雑な水域でも、水環境の詳細な解析が可能となりました。

図2には、河口域での淡水の挙動についての計算例を<従来モデル>と<GCSモデル>について示します。

一般に河川からの淡水は密度が小さい(軽い)ので、海水の上を滑るように拡散していきます。計算結果をみると、GCSモデルでは満潮時でも海面近くの格子の厚さを小さく維持したまま(高解像度で)計算ができるため、海面近くでの淡水の急激な変化(塩分躍層)が表現され、干潮時に拡散する淡水も薄く表現されています。

しかし、従来モデルでは満潮時には海面近くの格子での解像度が低下するため、塩分分布は深さ方向に一様になり、塩分躍層の表現が十分ではありません。

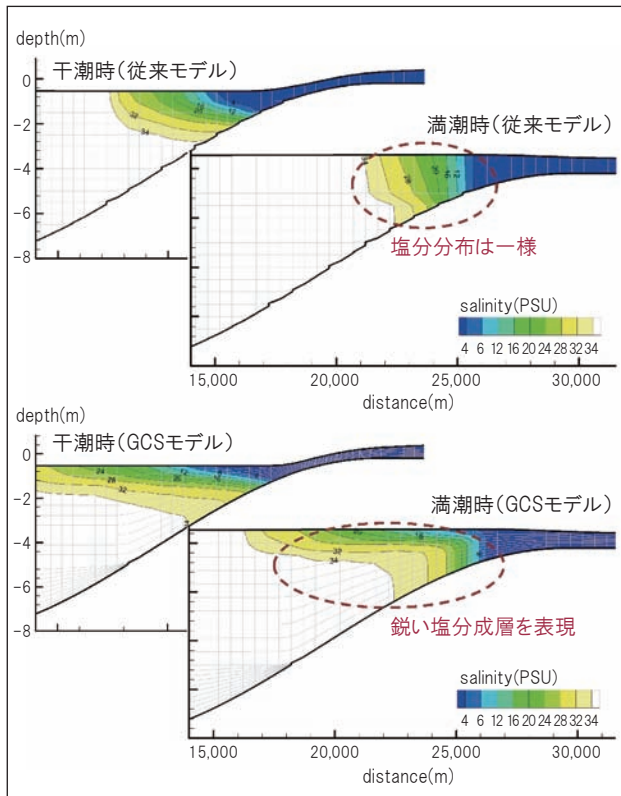


図2 河口域における河川水(淡水)の挙動

一方、図3には大きな潮汐を有する海域やダムなど、水位変動が大きな水域での計算例を示します。図のように非常に大きく水位が変動しても、必要な解像度を保ったまま計算を行うことにより、詳細な解析が可能となります。

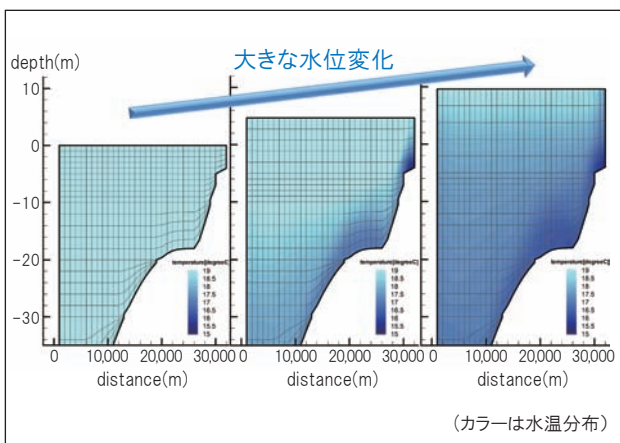


図3 大きな水位変化のある水域での計算例の挙動

モデルの用途と今後の展開

実際の水環境の解析では、今回紹介したような物理的な現象(流れ、水温・塩分)だけでなく、栄養塩やプランクトン、底質など

の生物化学的な側面や、それらの相互の関連性も重要な解析対象となります。

また、この新しい流動モデルを含めて、当社が保有するさまざまな既存モデルを結合(カップリング)することにより、さらに多様な用途における、複雑な生態系や物質循環等を複層的に解析することが可能となります。

表1 モデルの用途

海洋・沿岸域	<ul style="list-style-type: none"> ●アセスメント・港湾計画 ●津波・高潮防災
河口・河川域	<ul style="list-style-type: none"> ●塩水遡上・塩水くさび解析 ●汽水域の流動・水質解析
湖沼・ダム	<ul style="list-style-type: none"> ●水質保全計画 ●濁水問題

今回開発した流動モデルは、フィールドにおける適用性の高さから、さまざまな水域での検討に用いる予測モデル群の中核をなすものとなります。

また、環境・防災の多様なニーズに答えるために、さらに多くのモデル間のカップリングについても対応できるよう開発を進めています。

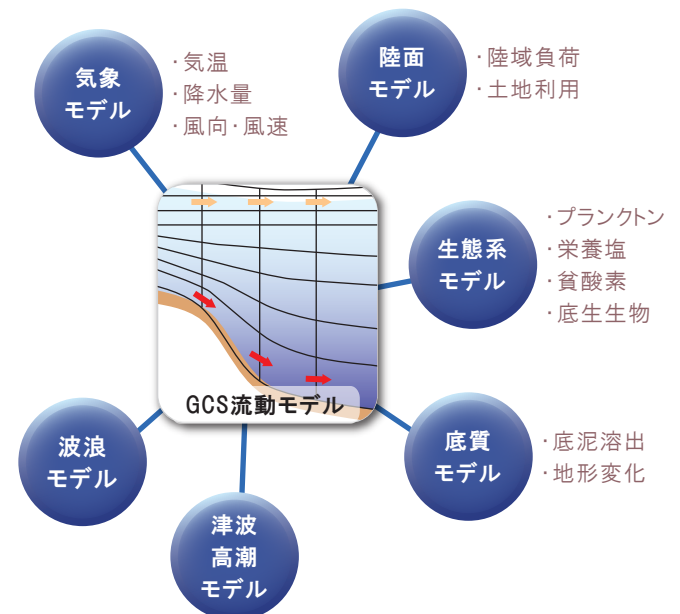


図4 今後の展開 —モデル間の結合(カップリング)—