

## 部分境界適合法による数値計算の 計算点情報の自動生成法

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員○星野 剛  
新潟大学災害復興科学センター 正員 安田 浩保

### 1. はじめに

自然河川は、平面形状及び縦断面と横断面から把握される河床形状ともに時々刻々と変化している。そのうえ、平面形状と河床形状のいずれともある程度の周期的な形状を示すものの、道路法線などのように単純な線形関数だけでは表現が困難な複雑な形状を呈するのが常である。このうち、平面形状については、河川改修により直線化された河道でさえも緩やかに蛇行河川へと変遷していく性質を有している。このため、ここでの流況を数値解析モデルにより正確に把握しようとする、湾曲した形状をいかに忠実かつ簡便に数値計算内へ反映するかという宿命的な問題と対峙することになる。

安田<sup>1)</sup>は、矩形格子と多角形を組み合わせることで地形を表現する部分境界適合法を蛇行流路に適用し、その再現計算に成功している。この部分境界適合法は複雑な平面形状を計算領域として表現する手法として有効であると考えられるが、計算点情報の生成に対する労力が大きいため、部分境界適合法はこれまで広く用いられていない。

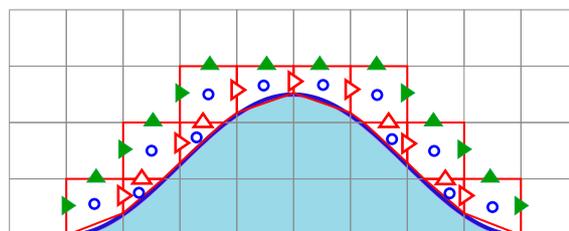
本研究は、実河川の部分境界適合法を用いた流況解析のための事前処理の簡便化を目的とし、本計算で必要とされる計算点情報の自動生成法を開発した。

### 2. 部分境界適合法の計算手続

部分境界適合の表現方法は、境界適合の必要性のない領域に対しては直交座標系を適用し、直交座標では表現が困難な湾曲部や構造物が存在する領域のみ直交座標系の矩形格子を任意多角形のセルに置換することでその形状を適切に表現しようとするものである。例えば図-1に示したような直線水路内に水色で着色された湾曲部が存在する場合、その湾曲部を内包する格子に対してのみ赤色で描かれた境界適合セルを局部的に適用して、この形状を計算に取り込む。その結果、青線のような直交部を内包する直交座標系の格子は、図-2に示したようにこれに沿って分解され、それぞれのセルの重心点に水位計算点が新たに配置される。

この部分境界適合法の計算点の配置は図-1に示したようにスタッガード格子を用い、水位と流速の計算点の配置を交互に行う。

直交座標系と部分適合領域の結合は、図-1内の塗りつぶし三角印で示される流速の計算点を通して行われる。



▶ Velocity calc. point using connection with Co-orthogonal region  
▷ Velocity calc. point in in B.F.C. region  
○ Water level calc. point in in B.F.C. region

図-1 計算点の定義と領域の接続

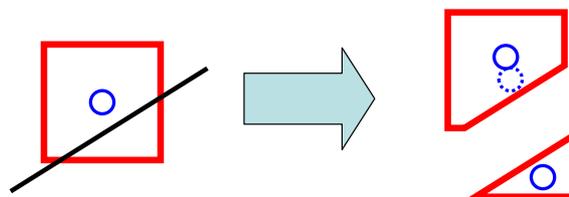
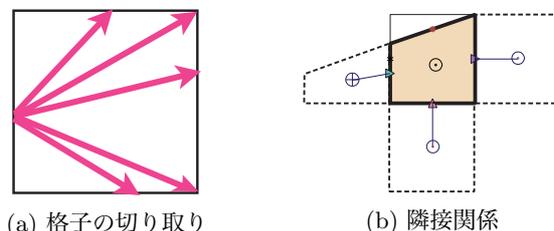


図-2 境界部を内包する直交格子の分割と水位計算点の再定義



(a) 格子の切り取り (b) 隣接関係

図-3 切り取りパターンとセルの隣接関係

三角印での流速の計算は2次元平面の浅水方程式で計算される。一方で、白抜き丸印で示された適合座標系内の水位は、塗りつぶし三角印と白抜き三角印の両者を利用して計算される。

### 3. 計算点の自動生成法

部分境界適合法に基づく数値計算を行うためには、境界適合部の抽出と境界適合セルの幾何属性および矩形領域との隣接関係情報の把握が必要となる。境界適合セルは図-3 a)に示すように多彩な切り取りパターンを持ち、切り取られたセル自身の情報とともに図-3 b)に示すようなセルの隣接関係の情報を持つ。このため、計算点生成時に求められる情報が複雑化され、計算点生成が煩雑になる。本研究では、計算点の自動生成の簡便化のため、

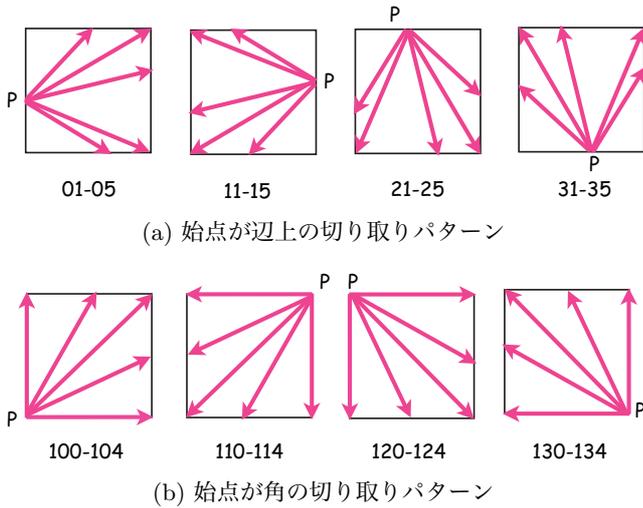


図-4 計算格子

最低限の入力情報だけから本計算法で必要とされる情報の自動生成法を開発した。

切り取りのための始終点の座標から境界適合部の抽出を行い、境界適合セルの幾何属性はセルの切り取りパターンから把握する。切り取りパターンは2点で切り取られる場合と3点で切り取られる場合に限定し、2点で切り取られる場合は図-4に示す20パターンにおいてそれぞれ計算領域が2パターン存在するため40パターン存在する。同様に3点で切り取られる場合は現実に考えられる範囲である72パターンに分類でき、合計112パターンの中からセルの切り取りパターンを判別する。本研究で開発した計算点の自動生成法では、この切り取りパターンの分類から境界適合セルの幾何属性を自動的に判断することを可能とした。矩形領域との隣接関係情報は抽出された境界適合部と境界適合セルの幾何属性から把握可能であり、部分境界適合法に基づく数値計算に必要な情報の生成が実現する。

#### 4. 計算点情報の生成例

図-5の青色で示した計算領域を例に開発した自動生成法による計算点の生成の過程を示す。

##### (1) 入力情報の作成

入力情報は図-6に示した線と点の情報であり、黒い線は計算領域を包含する領域を示しており、灰色の線はそれを分割する線である。図中の点は灰色の線と計算領域の緑との交点であり、緑の点は縦軸との交点、青の点は横軸との交点、赤の点は縦軸と横軸の交点上に計算領域の緑が位置している場合である。入力データは図中の線と点で示した矩形格子の間隔とその線と計算領域の緑との交点の座標だけである。灰色の線で示した矩形格子の間隔は任意に設定できるほか、セルを切り取る交点の座標は簡便化のためデジタイズにより求めることを想定した。

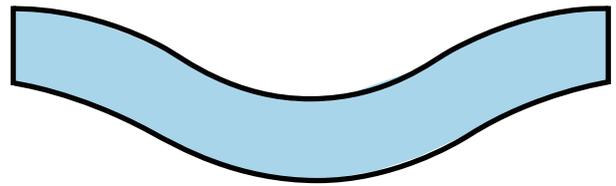


図-5 計算領域例

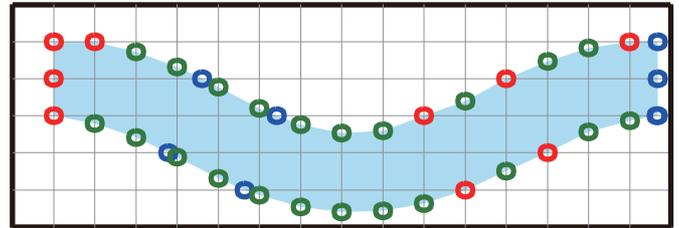


図-6 入力情報

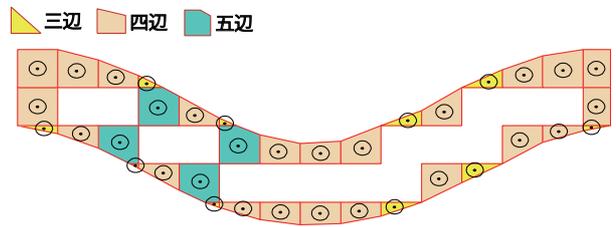


図-7 入力情報から得られた結果の出力

##### (2) 境界適合部の抽出、幾何属性の把握

図-6に示した矩形格子の間隔と点の位置情報から境界適合部の抽出と切り取りパターンの分類を行い、まず幾何属性が決定される。つぎに、得られた情報から矩形領域との隣接関係情報が一意に決定される。入力結果から得られた出力結果を図-7に表す。図中の点は再配置した水位の計算点を示しており、着色されたセルは境界適合部であることとその色に応じて多角形の種類を表現している。

#### 5. おわりに

本研究では部分境界適合法で求められる計算点の自動生成法を開発した。この計算点の自動生成法では入力情報は矩形格子の間隔と計算領域との交点の座標のみであり、これまで煩雑であった計算点の生成の大幅な簡便化が実現された。現状では、部分境界適合法の計算特性の十分な検証や実用化が行われているとは言えないが、開発された計算点の自動生成法が大きく貢献するものと思われる。

##### 参考文献

1) 安田浩保, 清水康行: 座標軸非依存の部分境界適合法による蛇行流路の数値計算, 土木学会水工学論文集, 第52巻, pp.1003-1008, 2008.