

II-17

氾濫流の二次元数値解析の自動化に関する研究

北海道大学大学院

平井 秀男

北海道大学工学部

正員

森 明巨

北海道大学工学部

正員

板倉 忠興

1, はじめに

著者ら¹⁾は、複雑な氾濫地形の流れの数値解析に、非構造格子の有限体積法が有力な計算法であることを確かめた。計算域の分割は、Thiessen法である。この計算法をより有効なものとするためには、計算点配置の自動化が必要である。計算点の粗密は河道では密に、氾濫原では粗に取る。また、流れの変化の大きいところは密に取る必要がある。

本研究では、これらを考慮した計算点の自動配置法を提案したものである。これは、計算域の平面形状によるものと流れの構造によるものから構成される。この方法は、航空機まわりの流れの計算法として、Nakashiki²⁾によって提案されている。

2, 計算域の平面形状による計算点の自動配置法

計算領域の境界上に、図-1に示す様に適当な間隔(□印)で境界上の計算点を与える。計算領域を格子分割し、その交点を計算点とする(○印)。ただし、境界計算点に、一定距離以内のもの及び河道内のものを除く。

河道内の計算点は以下の様に与える。

河道の左右岸に対応する点を取り、これを結んだ河道横断線上に計算点を配置する。この横断線は、主流に直交する様にするのが望ましい。この様な横断線の最も簡単なものは河道中心線に直交する直線であるが、この方法では彎曲部において計算点配列が交差する場合が起きる。また、河道中心線の定義が必ずしも明かではない。

本研究では、ヴォロノイ図を利用して対応する河岸点を求める方法を提案する。

ヴォロノイ図とは、Thiessen分割によって得られた図形をいう。Thiessen分割は、 n 個の離散点(計算点) P_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$)の勢力圏を(1)式の定義に従って分割したものである。

$$V^n(P) = \bigcap_{j=1}^n \{P \mid d(P_i, P) \leq d(P_j, P)\} \quad (1)$$

ここで、

P : 領域内の点

$d(P_i, P)$: P_i, P 間の距離

$V^n(P_i)$: 離散点 P_i の勢力圏で P_i が最近点となる点の集合

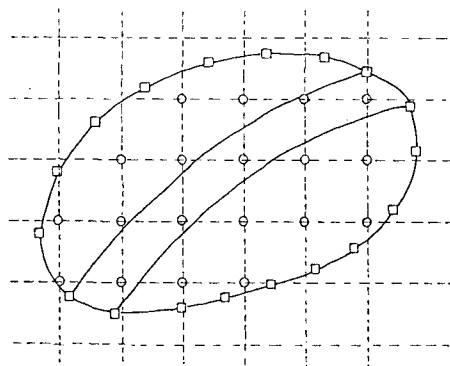


図-1

いま、図-2(a)の様に河道の左右岸に沿ってData点を配置すると、これらのThiessen分割は図中の実線の様になる。この各線分をヴォロノイ辺という。共通のヴォロノイ辺を持つData点は近接点であるから、これらの内から対岸点を選ぶのが合理的である。例えば、図-2(a)の点 L_8 の対岸点を点 R_8, R_9, R_{10} の中から選ぶ最も簡単な方法は、中間の R_9 を選ぶもので、本研究でもこれを採用する。

この方法では、共通ヴォロノイ辺を持つ対岸点が3点以上必要になる。これは、Data点を一定間隔で配置すると彎曲部に生ずる。図-2(b)は、これを示したもので、この分割を粗分割と呼ぶ。図-2(c)は、粗分割間を等間隔に細分割したものである。細分割した線分上に計算点を配置する。

河岸近傍は、流速変化が大きい。このため、河岸近くの氾濫源にも密な計算点を配置する。図-3(a)は、この様にして得られた計算点の配置である。(b)図は、これに対するヴォロノイ図である。

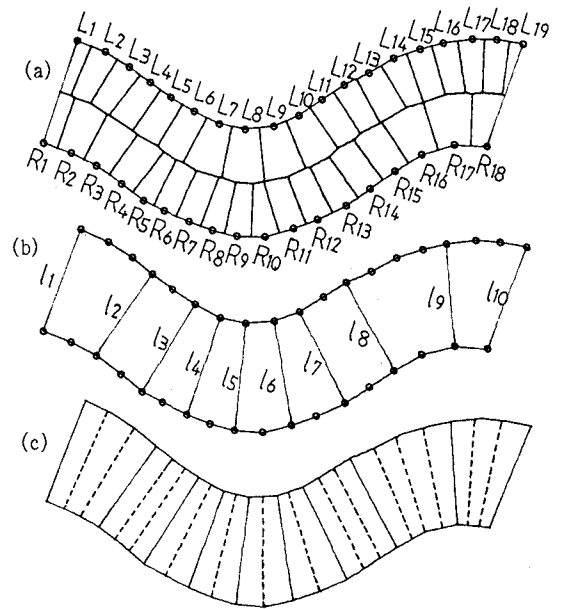


図-2 (a), (b), (c)

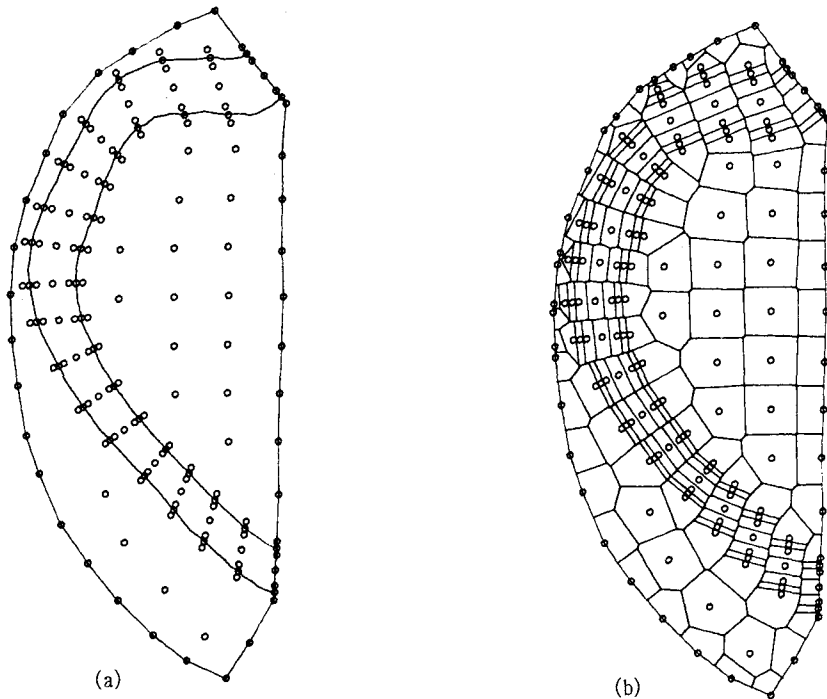


図-3 (a), (b)

3、流況に応じた計算点の追加

ここでは、流況に応じた計算点の追加の効果をみるために、図-4 aに示した計算点の配置から計算を始める。計算点は60で、図-3の1/3である。b図は流速ベクトル、c図は水位の等高線である。粗い流れの様子がわかる。これに、計算点間の流速差の大きい所に計算点を追加する。図-5、6、7は、この過程を繰り返して得られた流れの計算結果である。新たに追加した計算点は●で示した。3回の追加点数の合計は20点で総計算点数は80点である。少ない計算点数で、かなり精密な計算結果が得られてる。計算点の追加とともに流れ急変部の細部がシミュレートされるのが認められる。

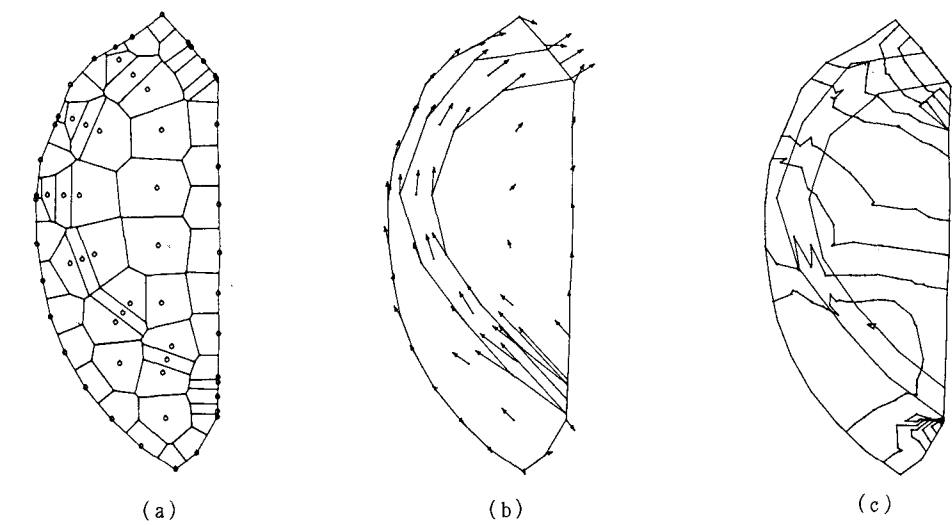


図-4 自動配置法によりのみの計算点配置

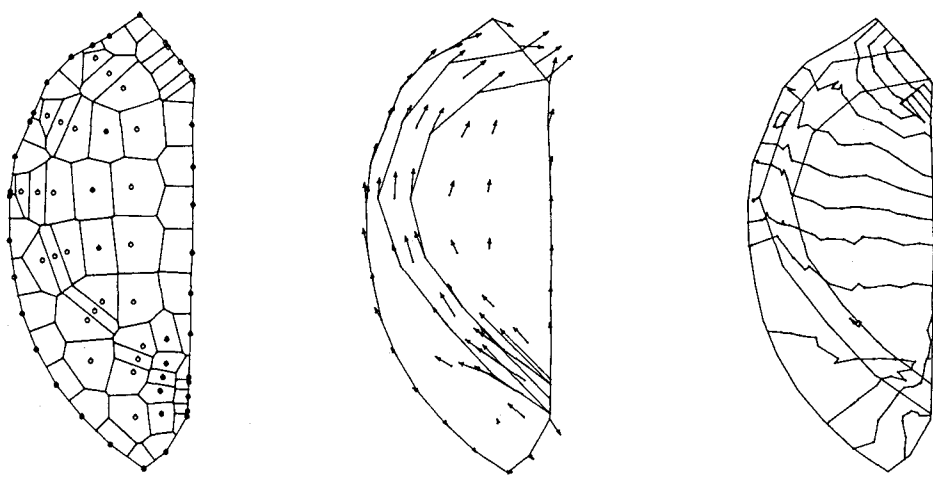


図-5 図-4の計算点配置に計算点を5点追加

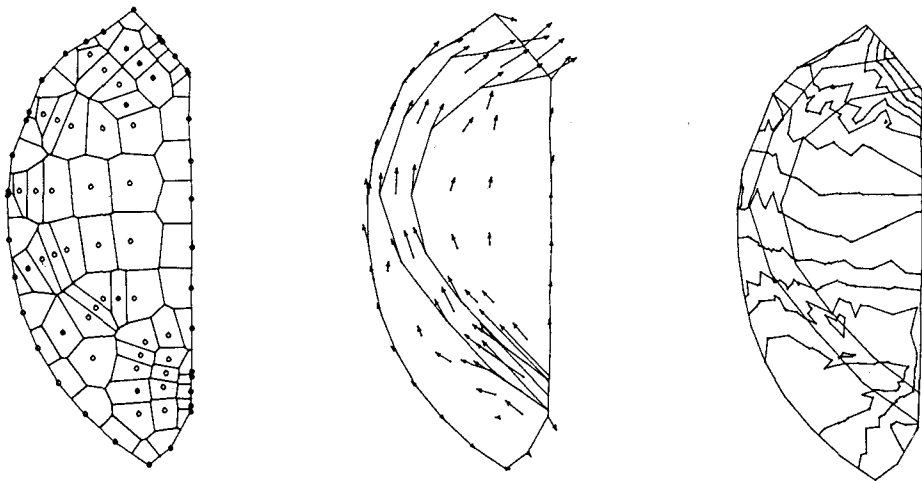


図-6 図-5 の計算点配置に計算点をさらに5点追加

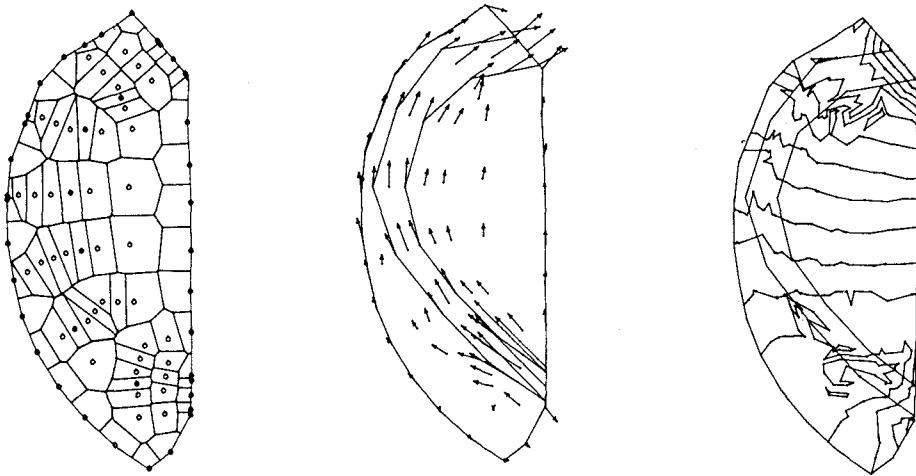


図-7 図-6 の計算点配置に計算点をさらに5点追加

4. 結論

計算点の自動配置を1. 地形による配置と、2. 流況に応じた配置とを組み合わせると、1. の配置による計算からおおよその流れが短時間に求まる。これを初期推定値として、2. によって計算の高精度化がなされる。プログラミングは大型化し、若干複雑になるが非常に効率的な計算法であるし、一度作ると適用範囲は広く、扱いも容易である。

参考文献

- 1) 森 明巨、板倉忠興:非構格子数値解析における風上差分, 土木学会 第46回年次学術講演会講演概要集 第2部 P464-P465, 1991年
- 2) Kazuhiro Nkahashi: AN AUTOMATIC GRID GENERATOR FOR THE UNSTRUCTURED UPWIND METHOD
AIAA- Paper89-1985-CP