

中央大学 学生員 ○竹 谷 謙 一
中央大学 正会員 檜 山 和 男

1. はじめに

洪水氾濫地形の流れ解析を高精度かつ迅速に行うためには、解析領域を地形の変化に応じた適切な格子や要素を用いてモデル化を行うことが要求される。これまで、いくつかの自動要素分割法が提案されているが、河道、山線、谷線、傾斜変更線などの地性線を正確に十分考慮されていなかった。そこで本研究では、上記の問題を考慮した自動要素分割法を提案する。なお、要素としては三節点三角要素を用い、要素分割には改良デラウニー法^{[1]、[4]}を用いている。

2. 自動要素分割法

本手法のフローチャートを示すと、図-1のようになる。本手法では、仮要素と本要素という二つの要素分割を導入する。仮要素分割とは、事前に入力データとして与えられた節点群から構成される要素分割であり、節点を発生させる際の要素サイズ関数(後述)と標高の補間に用いる。本要素分割とは、実際の計算に用いる要素分割である。アルゴリズムを示すと以下のようになる。

ステップ1: 解析領域の境界上および標高が既知な場所に節点を入力する。その際、外部境界は反時計回りに、内部境界は時計回りに連続して入力する。また、地性線は連続に節点を入力する。

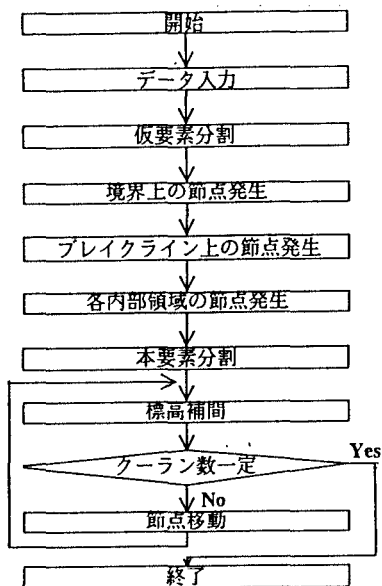
ステップ2: ステップ1で設定した節点を用いて、解析領域全体を改良デラウニー法により三角要素で分割する。この要素を仮要素と定義する。

ステップ3: 解析領域の境界線上、領域の境界線(ブレイクライン)、領域内に節点を発生させる。この際、ブレイクラインで区切られた各領域の発生間隔を変化させ、地形の勾配を考慮した。この点には後で述べる。

ステップ4: ステップ1で入力データとして設定した節点とステップ3で発生させた節点を用いて、解析領域全体を改良デラウニー法により三角要素で分割する。この要素を本要素と定義する。

ステップ5: ステップ3で発生された新節点の標高を求める。これは、新節点が仮要素のどの要素内に含まれるかを判定した後、仮要素の節点の節点値を用いて線形補間により求める。

ステップ6: 各要素のクーラン数が各領域ごとにほぼ一定となるように、節点の移動を行う。節点の移動後は、再びステップ5に戻り標高を求める。



(図-1) フローチャート

2. 1 複数の領域の生成法

洪水氾濫地形のモデル化では、河道、河川敷及び氾濫領域(遊水池)などの地性線を正確に再生し、さらに、各領域内の節点の発生間隔が変化可能である必要がある。そこで、本手法では、データ入力の際に地性線及び各領域を入力できるようにして、地性線に“領域内における線境界^[4]”、各領域に対して“複数の独立した領域”という概念を持たせるようにした。そのことにより、洪水氾濫地形のモデル化において、より正確で、合理的な要素分割を行うことが出来る。

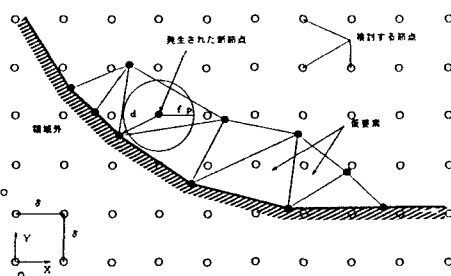
2. 2 複雑な地形の変化を考慮した新節点発生法

地形の変化を考慮したモデル化では、標高の勾配を考慮した新節点の発生を行う。そこで、次のような要素サイズ関数 f を定義する。

$$f = \Delta t / h'' \quad (1)$$

ここで、 Δt は微小時間増分量、 h'' は標高の2階微分である。

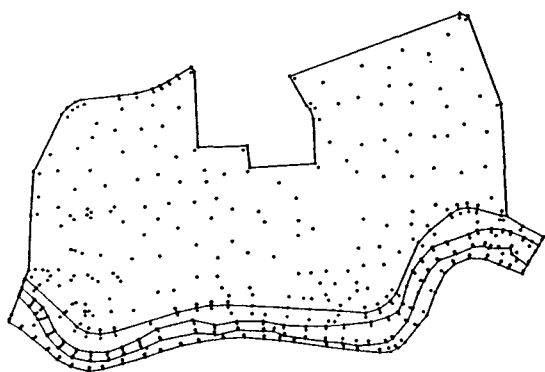
新節点の発生の検討は、各領域ごとに正方格子状に下方から δ 間隔で行う（図-2参照）。そして、発生された節点 p における要素サイズ関数 f_p が、点 p からもっとも近い既存節点との距離 d よりも小さい場合（ $f_p < d$ ）に、その節点を新たな節点として認める。ここで、点 p の要素サイズ関数 f_p は、点 p が仮要素のどの要素内に存在するかを判定し、その仮要素の節点における要素サイズ関数値を用いて線形補間された値を用いる。さらに要素サイズ関数 f を用いた場合の特徴として、標高の勾配の変化が激しいところほど要素は小さくなる特徴を持つ。



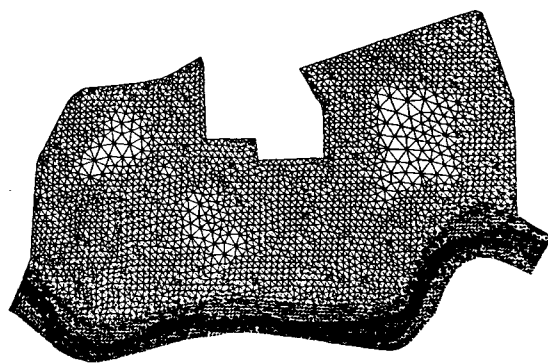
（図-2）新節点発生法

3. 適用例

本手法の有用性を示すために、解析領域の形状が複雑な小貝川の遊水池のモデル化に適用した。図-3にデータとして入力させた節点図を示す（節点総数=517）。図-4に本手法によって最終的に得られた要素分割図を示す（節点総数=6026、要素総数=11,678）。図-4より地性線となる標高の変化が正確に考慮されていることがわかる。



（図-3）入力図



（図-4）本要素分割図

4. おわりに

本研究において、洪水氾濫解析のための自動要素分割法を提案した。そして、その有用性を検討するために、解析領域の幾何学的形状が複雑な領域のモデル化に適用した。本研究によって示された結論をまとめると以下ようになる。

- （1）解析領域の平面形状が複雑な領域に対して、地性線及び標高の勾配を考慮した要素分割を自動的に行うことが可能となった。
- （2）各小領域の節点の発生間隔を独立に変化させることが可能となり、節点総数を制御することが出来る。

〔参考文献〕

- 〔1〕 谷口健男 ' FEMのための要素自動分割 '、森北出版(1992)
- 〔2〕 樋口誠、樫山和男、第19回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp102-103(1992)
- 〔3〕 山下智也、藤本耕司、樫山和男、第20回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp152-153(1993)
- 〔4〕 樫山和男 ' 水工学論文集、第37巻 '、pp781-786(1993)