

## (I-5) Java Appletを用いた有限要素流れ解析システムの構築

中央大学 学生員 ○ 狭間 裕也  
中央大学 正会員 檜山 和男

### 1. はじめに

コンピュータのハードとソフトの進歩により、構造解析に比べて一般に大規模問題となる流体解析もかなり迅速に解析を行うことが可能となってきた。しかし、メッシュ生成、解析、可視化といった一連の作業は個別に行われることが多く、計算効率という面では依然として問題がある。また、開発されたプログラムは固有の環境（ハードやソフト）でしか実行できないことが多く、プログラムの移植性にも問題がある。

本研究は、上記の問題点を克服するものとして、Java Appletを用いた流れ解析のプロトタイプシステムを構築するものである。これにより、Webブラウザ上でGUI（Graphical User Interface）を基にメッシュ生成から可視化までを一貫して行うことが可能となり、また環境に依存することなく解析を行うことができる。なお、数値解析手法としては、任意形状への適合性の良い有限要素法を用いた。本システムを2次元流れ解析問題に適用し、その有効性について述べる。

### 2. Javaについて

Javaは1995年、米国サンマイクロシステムズ社によって開発されたオブジェクト指向プログラム言語である。Javaにより作成されたプログラムはJVM（Java Virtual Machine）というインタプリタを通すことにより異なるOS上で実行することが可能である。JavaではWebドキュメントの一部としてクライアントに転送され、ブラウザ上に他の文書や画像などと同様に表示できる専用のプログラム、アプレット（Applet）を作成できる。また、アプレットの実行はクライアント側のCPUでなされるため、ネットワークレベルでの情報処理、いわゆる分散コンピューティングが実現できる。<sup>1)</sup>

### 3. システム構築の要件

本研究は、メッシュ生成から可視化までを一貫して処理できる流れ解析システムの構築を目的としている。システム構築にあたり、実現すべき項目を以下にあげる。

#### (1) いかなる環境においても利用できる

本システムを利用するユーザーのコンピュータ環境は様々ではないと考えられる。そこで本システムはJava言語でアプレットとして構築することにより、JVMを搭載するWebブラウザがあればどのような環境でも実行可能なシステムとした。

#### (2) 操作性が簡単である

初めて使うユーザーでも利用できるように、本システムではGUIを用いた対話型システムを採用した。これにより、画面の指示に従って操作することで有限要素法流れ解析を行うために必要な条件等の入力を行うことができる。

#### (3) 現象を理解できる

有限要素法解析によって得られる結果は数字の羅列であり、これを見て流れの現象を捉えることは困難である。そこで本システムでは、有限要素法解析を行うと同時に解析結果に可視化を施すビジュアルコンピューティングを適用し、視覚的に流れの現象を理解できるようにした。

#### 4. 有限要素流れ解析システムについて

本システムはユーザーが解析領域のメッシュ生成から、各種計算条件の入力を画面上にて対話形式で行い、有限要素法流体解析を行うものである。本システムの流れを図-1に示す。

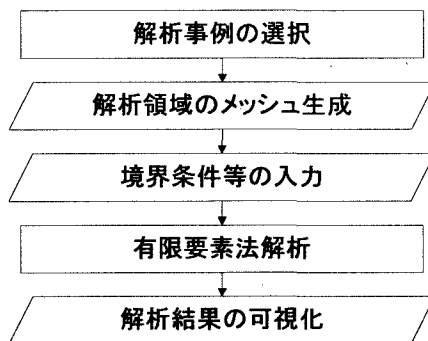


図-1 システムフローチャート

#### (1) 解析事例の選択

本システムでは解析可能な問題として、現在のところ以下に示す3種類を用意している。いずれも流れの数値解析において基礎的な問題である。<sup>2)</sup>

1. ポテンシャル流れ問題
2. 移流拡散問題
3. 非圧縮性粘性流れ問題

1は定常問題、2、3は非定常問題である。また、現在のところいずれも2次元問題である。解析手法としては、空間の離散化には有限要素法を、時間の離散化には差分法を用いている。なお、連立一次方程式の解法にはElement-by-Element SCG法<sup>3)</sup>を用いている。

#### (2) 解析領域のメッシュ作成

本システムではメッシュ生成手法としてDelaunay三角分割法<sup>4)</sup>、ブロック分割法の2種類を用意した。前者は境界形状が複雑な場合の要素分割に適しており、後者は境界

**KeyWords:** JavaApplet, インターネット,  
有限要素法流体解析  
〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27  
TEL. 03-3817-1815, FAX. 03-3817-1803

形状が簡単な場合や、メッシュの集中化を行う必要がある問題に適している。また、各解析事例に対して典型的な問題のメッシュをテンプレートとして用意している。テンプレートを選択するだけで自動的にメッシュを生成することもできる。図-2と図-3にそれぞれDelaunay 三角分割法とブロック分割法による要素分割例を示す。

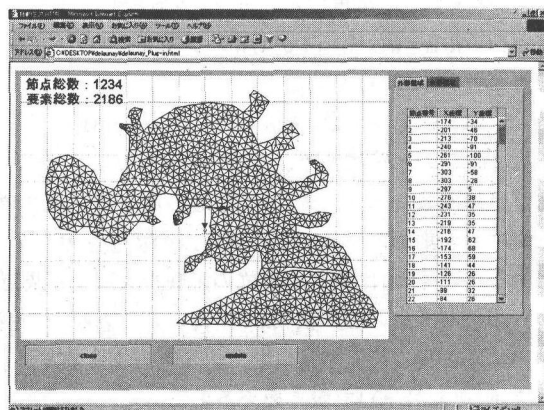


図-2 解析メッシュ生成例 (Delaunay 三角分割法)

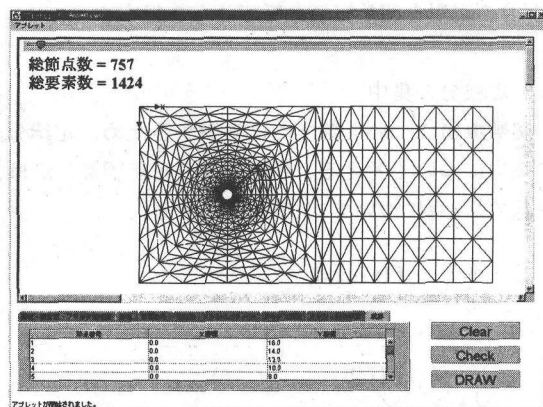


図-3 解析メッシュ生成例 (ブロック分割法)

### (3) 境界条件等の入力

有限要素法解析に必要な入力条件は問題により異なる。各問題において入力すべき項目を以下に示す。なお、これらの入力はすべてGUIにより画面の指示に従うことで入力可能である。

#### a) ポテンシャル流れ問題

境界条件、透水係数 (地下水問題の場合)

#### b) 移流拡散問題

境界条件、拡散係数、微小時間増分、計算ステップ数

#### c) 非圧縮性粘性流れ問題

境界条件、レイノルズ数、微小時間増分、計算ステップ数

### (4) 有限要素法解析

解析メッシュを生成し、境界条件等の入力が完了後に実際に有限要素法解析を行う。

### (5) 解析結果の可視化

解析が終了すると (非定常計算の場合には各ステップの解析が終了すると)、解析結果に対して可視化を施した図が画面上に表示される。それぞれの解析問題により、流速ベクトル、等高線、濃度分布、圧力コンターなどが可視化表示可能である。移流拡散問題、非圧縮性粘性流れ問題は非定常解析であるので、時間毎の解析結果を連続的にアニメーションとして出力できる。本システムにより非圧縮性粘性流れ問題の解析を行い、その結果を可視化したものを図-4に示す。

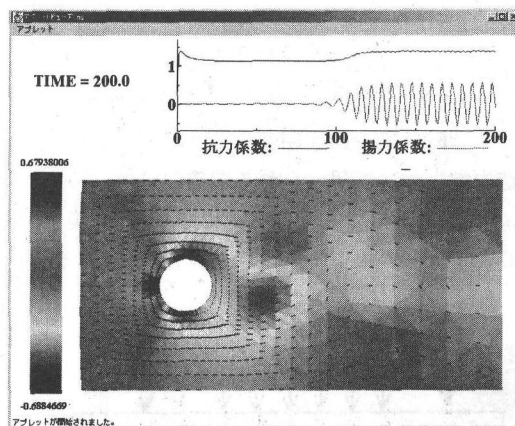


図-4 非圧縮性粘性流れ問題解析例 ( $Re=100$ )

## 5. おわりに

本報告では、JavaAppletを用いた有限要素法に基づく流れ解析システムの構築を行った。これにより以下の結論を得た。

1. 本システムを用いることにより流れの数値解析の諸問題をインターネット上で手軽に計算可能となった。
2. 本システムはGUIを用いた対話型システムであり、画面の指示に従えば計算に必要な情報を入力することができる。これによりユーザーに簡単な操作性を提供しているといえる。
3. 本システムは有限要素法による解析結果を即座に可視化するので、ユーザーは流れの現象を視覚的に理解することができる。また、計算条件の変更にも迅速に対応することが可能である。

### 参考文献

- 1) ジェームズ・ゴスリン/ビル・ジョイ/ガイ・スティール/ギラード・ブラーハ、村上 雅章 訳: Java 言語仕様 (第2版)、ピアソン・エデュケーション、2000。
- 2) 日本数値流体学会有限要素法研究委員会編, "有限要素法による流れのシミュレーション": シュプリンガー・フェアラーク東京, 1998。
- 3) 水上昭: Element-by-Element PCG 法のベクトル化と流れ解析への応用, 第2回計算力学シンポジウム論文集, pp.1-6, 1988。
- 4) 谷口健男: FEM のための要素自動分割, 森北出版, 1992。