

# OpenGL を用いた有限要素解析用可視化システムの構築

帝都高速度交通営団 正会員 ○倉方 真司  
中央大学 学生員 立石 絢也  
中央大学 正会員 檜山 和男

## 1. 目的

近年、数値解析技術の発達・普及と、計算機の高速化・大容量化により、様々な科学・工学の分野において、実問題をモデル化した数値シミュレーションが行われるようになってきている。

数値シミュレーションにおける可視化とは、数字の羅列として出力される解析結果をコンピュータグラフィックスで視覚化し、解析結果の妥当性と現象の把握を行うものである。現在、可視化を行う商用ソフトとして、IRIS ExplorerやAVS等が市販されている。これらの商用ソフトは、多くの機能を持つため幅広い分野に対応できるが、その反面、計算格子と解析結果のデータを専用の形式に変換する必要がある点、ソフト自体の容量が大きい点、操作が難しい点、および高価である点などが指摘されていた。このように商用ソフトは、高性能ではあるがユーザーの利便性という面で改善すべき点がある。

そこで、本研究では、上記の商用ソフトの問題点を改善した、非構造格子に対応した有限要素解析用可視化システムのプロトタイプ構築を試みた。なお、システムの構築にあたり、グラフィックスプログラミングで標準的に用いられている OpenGL<sup>1)2)</sup> (アプリケーションプログラマーインターフェイス) を用いた。また、ユーザーインターフェイスの作成には Win32API<sup>3)</sup> を使用した。本システムを、様々な問題の可視化に適用してその有効性を示す。

## 2. システムの特長

本システムの特長を述べると以下ようになる。

- ・ 専用の形式に変換を必要とせず、解析で使用する (計算格子と解析結果) の形式で可視化できる。
- ・ 有限要素法の特徴である非構造格子に対応できる。

- ・ アニメーション機能とビットマップ形式での画像保存機能を有す。
- ・ 解析結果のメッシュ・等値線・ベクトル等の重ね合わせが可能。
- ・ 等値線の間隔及び本数の指定が可能。
- ・ ベクトルの矢印の大きさが、キーボード・マウスから変更可能であり、設定が簡単である。
- ・ 節点の点表示が可能であり、ベクトルの原点が理解しやすい。
- ・ パーティクルを利用した可視化が可能であり、流体解析において、より流れの様子が理解しやすい。

なお、パーティクルの可視化は、ある計算格子内のパーティクル位置における流速ベクトルを算出し、パーティクルが次の時間ステップにどこに移動するかを予測して表示するものである。

## 3. 本システムの適用例

本システムの有効性を示すため、代表的な適用例を示す。図-1は、三角柱周りの流れをパーティクルで可視化を行った例である。

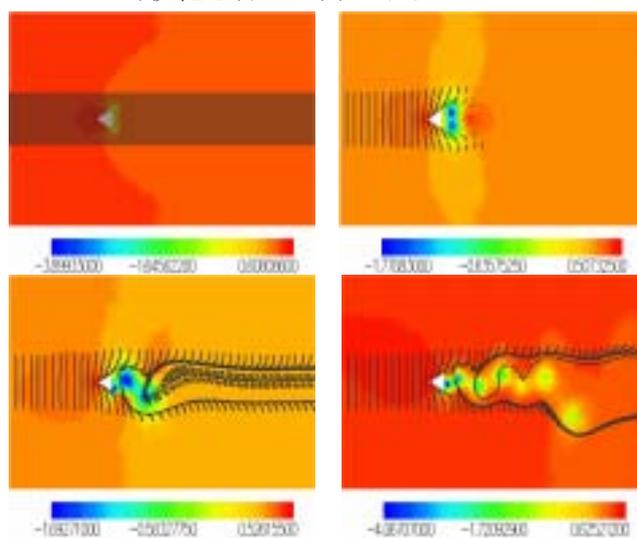


図-1 複数の解析結果の可視化を行った  
二次元三角柱周り可視化例

KeyWords : 有限要素法, OpenGL, Win32API

連絡先 : 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-19-6 E-mail:S.KURAKATA@tokyometro.go.jp

図-2は、同じく、東京湾潮流解析の結果を可視化した例である。粒子が潮流によって移動している様子がわかる。

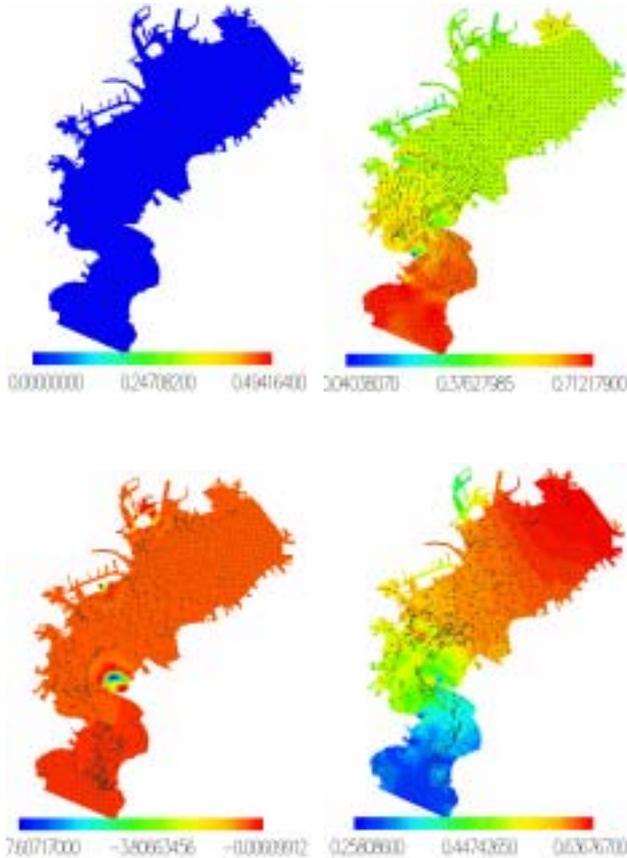


図-2 1step=1000s(約16.66分)での東京湾流れの可視化例

図-3は、カラーマップ(ON), ベクトルおよびメッシュの表示・非表示(ON・OFF)の切替え行ったNACA6512翼周りの可視化例である。これにより、カラーマップとベクトルおよび計算格子の重ね合わせが可能で、これらの関係を同時に理解したい時に有効である。

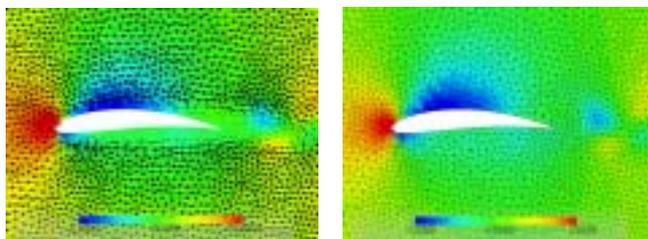


図-3 カラーマップとベクトルおよび計算格子の重ね合わせを行った, NACA6512翼周りの可視化例

図-4は、同じくNACA6512翼周りの等圧線の本数を変更し描画を行った可視化例である。より厳密な現象の把握が可能である。

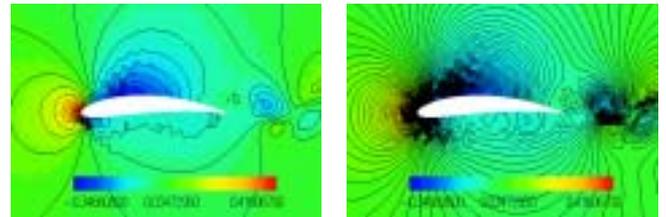


図-4 等圧線の本数を20から120に変更したNACA6512翼周りの可視化例

図-5は、ベクトル矢印の変更を行ったものである。ベクトルの拡大・縮小の変更は、キーボードを操作することで容易に可能である。また、その他の機能として、画像保存、ファイルのリリード等も行うことが可能である。

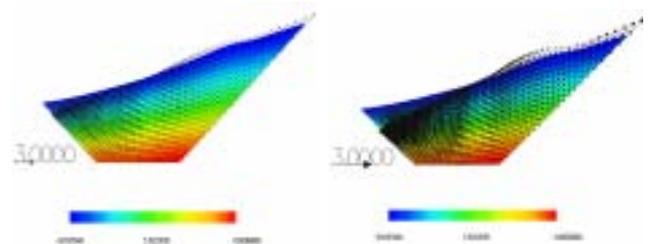


図-5 ベクトル矢印を変更した, スロッシング可視化例

#### 4. 終わりに

本論文では、OpenGLを用いた有限要素解析用可視化システムの構築について述べた。本システムの有効性を示すため、いくつかの可視化例を紹介した。その結果、以下の結論を得た。

- ・ 各商用ソフトで必要だった解析結果の変換を不要とし、解析で使用する(計算格子・解析結果)形式で可視化可能とした。
- ・ 流体解析において、流れの状況が理解しやすいパーティクルによる可視化を可能とした。
- ・ 複数の計算結果をディスプレイ上で可視化しながら、同時に画像保存が可能となった。
- ・ 計算格子・解析結果の重ね合わせが可能となり、ユーザーの利便性の向上が確認できた。

今後は、3次元での可視化システムを構築する予定である。

#### 参考文献

- 1) Edward Angel :OpenGL入門, Peason Education Japan, 2002
- 2) Manson WoomJackie Neider, Tom Davis : OpenGLプログラミングガイド, Addison-Wesley Publishers Japan Ltd, 1997
- 3) BIG NET' s HOME HP  
<http://www3.big.or.jp/~schaft/program/getsavelf/getsavelfC>