

Visual Computing of Shallow Water Flow Using OpenGL

○東洋大学大学院 工学研究科 学生会員 庄司 崇
 中央大学 理工学研究科 川原 睦人
 東洋大学 工学研究科 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

1.1 背景

近年のコンピューター技術（CPUの高速化、メモリーの大容量化）の発展によって、実問題をモデル化した数値解析が行われるようになった。従来までの可視化は、数値解析を行った後、その解析結果をグラフィックス・ワークステーションに転送して行う方法が一般的であった。しかし、この方法では、それぞれの可視化ソフトに対応したデータを作成する必要が生じる。さらに、計算結果が莫大な量になった場合、ファイルの転送等に非常に時間がかかるという欠点がある。又、膨大な時系列データを保存することも効率的とは考えられない。これらの事から、Visual Computingが提案された。その利点は、以下のようにまとめられる。

1.2 Visual Computing の利点

- (a) 現在の計算の状況がわかる。
 - (b) 計算の妥当性の判断が即座に出来る。
 - (c) 計算結果が思わしくない場合は、すぐに計算を中止し、パラメーターの変更や、プログラムの修正が出来る。
- 以上のことから、計算から可視化までの効率を向上させるという点で、非常に有効的な手段であると考えられる。

1.3 OpenGL の特徴

- ・ OS, Windows システムの壁を越えた唯一の 3D グラフィックス・ライブラリである。
- ・ UNIX (Xwindow System), Windows NT/ 95 / 98 / 2000, OS/2, Mac OS, BeOS で動作可能。
- ・ IRIS GL の技術を継承しているが上位互換性はない。OS, ウィンドウシステムから独立。イベント処理、ウィンドウ処理はない。
- ・ 移植性が高い。
- ・ 強力、かつ高品位プリミティブなライブラリである。ローレベル API であり、高機能なグラフィックス・ツールキットではない。
- ・ グラフィックス・パッケージの階層図を下図に示す。

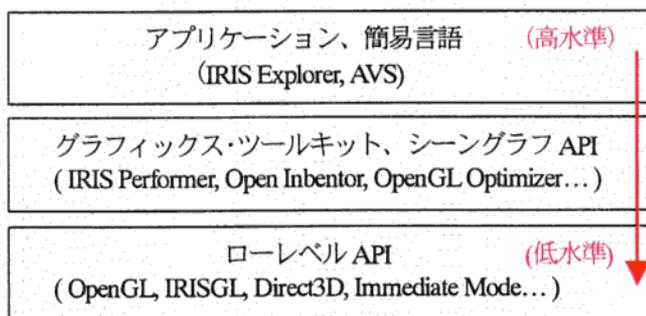


図.1 グラフィックス・パッケージの階層図

本研究では、浅水長波流れを Visual Computing するに当たり、OpenGL を使用した。開発環境として、Windows 2000, Microsoft Visual C++ 6.0 を使用した。

1.4 GLUT について

可視化の支援ライブラリとして、GLUT を使用した。GLUT とは、多くのプラットフォームで共通に OpenGL ウィンドウを表示する為に考案されたライブラリである。この GLUT を使用する事により、以下のフローチャートに示される様な、処理を行うことが出来る。

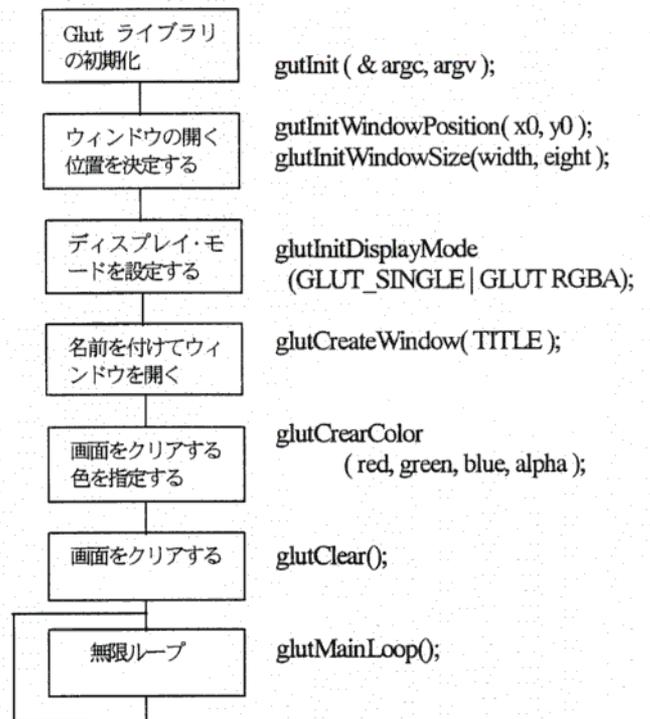


図.2 glut 処理フロー

2 数値解析例

本研究では、数値解析例として矩形水路と岐阜県に位置する阿木川ダムを採用した。

- Case 1 (矩形水路) -



節点数 : 303 要素数 : 400

図.3 矩形水路における有限要素メッシュ

Key Word : OpenGL, Visual Computing

連絡先 : 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100

Tel 049-239-1404

Fax 049-231-4482

図.6 阿木川ダムにおける流跡線

矩形水路における有限要素メッシュは、図.3 の様に示される。総節点数は400、長さ2000(m)、幅40(m)のものを使用した。時間増分量 Δt は、0.02(sec)であり、タイムステップ数は、900である。又、水位変動量を顕著に表現する為にSine波を与えた。その結果を図.4に示す。図.4-(a)は、初期状態を表している。

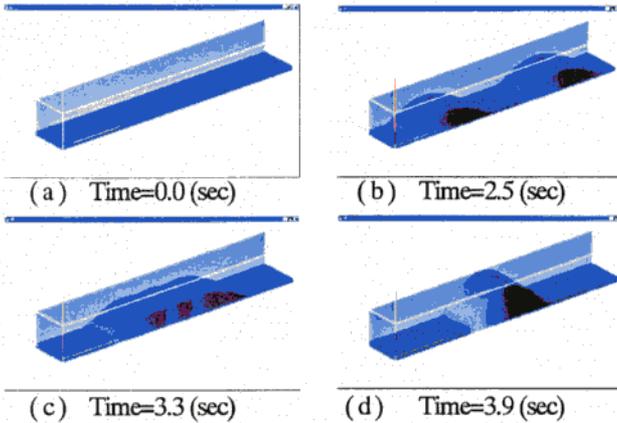
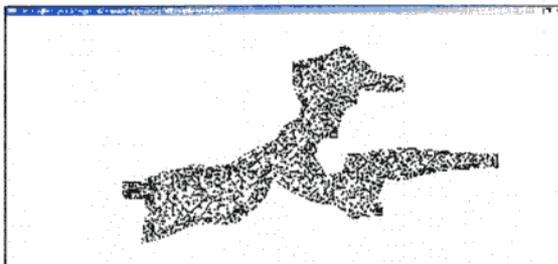


図.4 矩形水路におけるSine波の水位変動量

- Case2(阿木川ダム) -

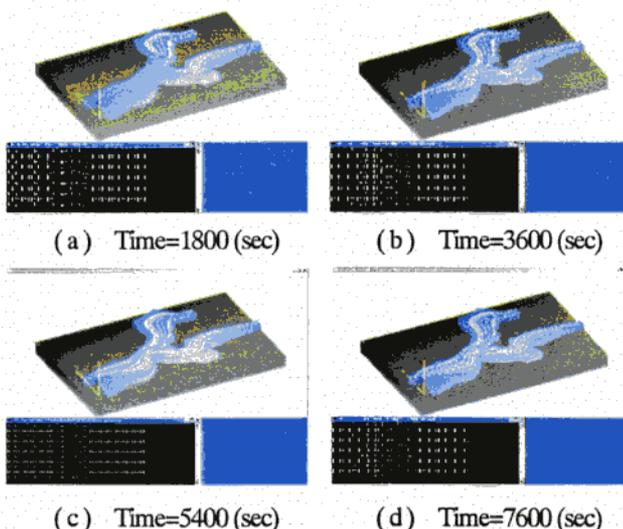
阿木川ダムにおける有限要素メッシュは図.5の様に示される。総節点数は1042、総要素数は1724である。時間増分量 Δt は、1.0(sec)であり、タイムステップ数は、7200としている。



節点数：1042 要素数：1724

図.5 阿木川ダムにおける有限要素メッシュ

このモデルにおいては、流況を理解し易い可視化手法として、流跡線を採用した。その結果を下図に示す。



水の流れを計算する為に、線形浅水長波方程式を使用した。本研究の可視化においては、この式によって計算された解析値を使用している。可視化をする際に、OpenGLのような低水準のライブラリでは、細かな物体のスケールの調節が難しい。特に土木分野における対象物は、解析、可視化において巨大なものを取り扱う為にその様な問題が起これると思われる。それを調節する為に、OpenGLのプログラミング・コマンドとしてglScale()を、視界の調節にはgluLookAt()とglOrtho()を用いた。オブジェクトを描画するために、GL_POINTS, GL_LINES, GL_LINE_LOOP, GL_QUADSそしてGL_TRIANGLESを使用した。又、照光処理の為にGL_SPECULAR, GL_DIFFUSEそしてGL_AMBIENTを使用した。これらのプログラミング・コマンドを用いる事により、容易にオブジェクトの調節が可能になる。

4. 結論

本研究の目的は、OpenGLを用いて浅水長波流れをVisual Computingをするものである。流況を解析するには浅水長波方程式を使用し、可視化をする為にOpenGLを採用した。OpenGLは、流れや水面の状況、又は現象をリアルに表現する為の色彩や視点を決定するソフトウェア・インターフェースとして使用している。本研究では、膨大な量のOpenGLのプログラミング・コマンドを使用した。その様々なプログラミング・コマンドを使用して、矩形水路と阿木川ダムをモデルにして水位変動量や、流跡線を表現した。その事から、水位変動量を可視化するだけでなく、流況をより理解しやすい視覚モデルとして流速ベクトルや流跡線は結果からしても理解しやすい表現方法であることは、明らかであることが分かった。又、Visual Computingを行う事により、計算の状況、妥当性が即座にユーザーが確認する事が出来る。この事により、数値解析をスムーズに行う支援手法としてVisual Computingは非常に画期的なシステムであるといえる。

5. 参考文献

[1] Mason Woo, Jackie Ndeider, Tom Davis : OpenGL Programming Guide:
 [2] Yoshiaki Shindou, Masatoshi Abe : Open Realtime 3D Programming:
 [3] Mark J. Kilgard : OpenGL programming for the X window System:
 [4] Osamu Hiruma : Study on Development of Visual Computing System Using OpenGL: