

PovRay3 を用いた数値シミュレーション格子データの 3D 表示とアニメーション化

岡本 義雄 (大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎)

1. はじめに

筆者は地学教材として用いる数値シミュレーションを多数開発してきた(岡本,1999 など)。これらの計算データは基本的に格子データであり,その計算結果表示は昔から様々に工夫がなされてきた。計算機速度があまり速くなかった 1980 年代以前の大機時代の時代には Fortran プログラムによる計算結果の数字出力を記録紙に格子状に書き込む方法がほとんどであった。CRT による計算結果のグラフィック処理が普通になった 1980 年代以降は PC (パーソナルコンピュータ)の導入でコンター表示やワイヤフレーム表示などに改良されてきた。最近になると,PC の計算能力が飛躍的に向上したため,従来スーパーコンピュータやグラフィック専用計算機など一部のハイスペックな計算機でのみ使用された 3D グラフィックスがかなり自由に使用されるようになってきた。しかし,これらの 3D コンピュータグラフィックスを PC 上で実現するには,専用ソフトウェアを必要とし,従来それらは大変高価で,また使用法も熟練を要した。しかし,最近インターネット上にフリーウェアとして大変優れた 3D レイトレーシングソフトウェアが配布されるようになってきた。筆者はそのうち PC の Linux 上で簡単な操作で動作する PovRay3 を用いて,筆者開発の数値シミュレーション結果を 3D 表示し,さらにそれを動画として活用する教材を開発した。ここではその詳細を述べる。

2. PovRay3 について

PovRay は <http://www.povray.org/>から誰でも自由にダウンロードができる。フリーウェアでありながらその能力はすさまじく,市販の 3D レンダリングツールと比較してもまったく遜色ない。さらに基本は UNIX で使用するツールであるが現在は Windows 版も用意され,学校などの教育現場での利用も役立つ解説本もでている(例えば小室日出樹,1998)。なお,このソフトは基本的に操作が最近流行の GUI (グラフィックユーザーインターフェイス)ではなく,c 言語に様式が似た 3D レンダリングの専用設定ファイル(テキストファイルであるが拡張子に.pov をつけたファイル)にコマンドやファイル名,レンダリングの各パラメータを書き込む形で実行される。なお,Unix 環境下では上記操作をある程度 GUI 化できる xf-povray (<http://cspar.uah.edu/~mallozzir/software/xforms/xfpovray.html>)というフリーソフトがネット上にあり,筆者はこれを用いた。3D レンダリングされた画像は.tga という形式のカラー画像ファイルとして作成される。これを適当な画像処理ソフトで jpg ファイルに変換して用いる。

3 . PovRay の活用

筆者の活用例のうち，本稿では津波の数値シミュレーションへの適用例を挙げて説明する．なお，津波シミュレーションの詳細，使用した水深データなどについては参考文献及び，別稿で説明し本稿では割愛する．

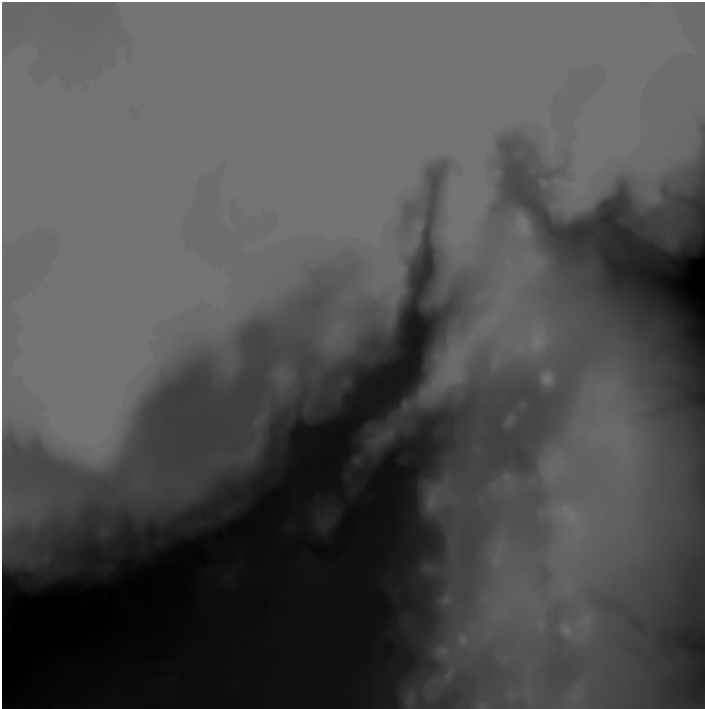
<元データ>

格子データは2種類，津波計算の境界条件に用いる水深データと計算結果として出力される津波の波高データである．それぞれ実数の数値で出力されている．ここでは，予想される東海沖大地震津波の例を取り上げる．

<レンダリング計算手順>

- i) PovRay では格子ファイル（例えば地形データなど）を3D表現する際にまず標高数値データを2次元格子上の白黒の濃淡ピクセルに変換した画像データである HeightField データに変換して扱うようになっている．これは実数データを適当に変換で1～65535までの16ビット整数（これは8ビットでも，32ビットでも任意であるが，筆者は16ビットを用いた．ただし多ビットほど当然処理に時間がかかり，莫大な量のメモリを必要とする）に変換して，それを白黒のpgm形式画像データとして保存する（Fig 1）．
- ii) 当然これは水深データ，波高データの両方作る．なお水深データは最初に1種類を用意すれば足りる（水深は途中で変化しないから），波高データは動画表示をするためには，計算結果を適当な時間間隔でたくさん用意する必要がある．
- iii) 上記方法で作成したpgmファイルをHeight Fieldとして用いて，いよいよ3Dレンダリングを行う．これには上記水深ファイルと波高ファイルで若干扱いが異なる．すなわち，水深データは津波の底の海底地形データとして立体表示し，当然不透明処理をするが，波高データはその下に薄く海底地形が見えるほうが自然なので（実際の海では当然海底は岸近く以外はほとんど見えないが，教材としては，海底が透けて見えた方が，地形の津波に与える影響が良く分かり教育的であると考え），そのような処理を行う．

<水深ファイル“tk4_bt.pgm”>は，濃い青緑の表面彩色をあたえ，不透明処理を行う．この処理は最初の1回のみでよい（水深は計算の過程で変化しないので）．下にレンダリング処理前のpgmファイルを次に示す．深い部分ほど，色が濃くなっているのがわかる．



<波高ファイル“tk4_010.pgm”>は，それに対して，その表面に水の屈折率と透明度などの付加を行う．この数値については若干の経験と試行が必要である．筆者のPovray3設定ファイル（povファイルの例を以下に示す．

```
#version 3.02
//global_settings { assumed_gamma 2.2 } for Tokai_tsunami rendering 2001 Jan 21
Y.Okamoto
#include "colors.inc"
#include "shapes.inc"
#include "textures.inc"
#include "finish.inc"
#include "consts.inc" // Index of refraction constants

camera {
    location <0.0, 8, -10.0>
    direction <0.0, 0.0, 1>
    angle 30
    up <0.0, 1.0, 0.0>
    right <4/3, 0.0, 0.0>
    look_at <0, 1.2, 0>
}
```

```
light_source { <30, 20, 8> color White }
```

```
// Bathymetry profile
```

```
object {  
    height_field {  
        pgm "tk4_bt.pgm"  
        texture {  
            pigment { color Aquamarine }  
            finish { diffuse 1.0 }  
        }  
        translate <-0.5 ,0, -0.5>  
        scale <10,3,10>  
    }  
}
```

```
// Rendering of Tsunami Height
```

```
object {  
    height_field {  
        pgm "tk4_010.pgm"  
        water_level 0.1 }  
        texture {  
            pigment { color red 0.4 green 0.7 blue 1.0 filter 0.82}  
            finish {  
                refraction on  
                ior 1.5  
                fade_distance 2.0  
                fade_power 1.0  
                reflection 0.2  
                diffuse 8.0  
                caustics 1  
            }  
        }  
        // rotate -75*y  
        translate <-0.5 ,0, -0.5>
```

```
scale <10,3,10>
}
```

iii) 波高データについてある時間毎に逐一上記の処理を行うと、津波の伝播時間順の.tga ファイル(レンダリング済みの画像ファイル)が作成される(Povray は.tga ファイル出力が標準)。この処理は連続バッチ処理にした方が手間が省ける。なお、このレンダリング時間は最近の高速の PC ではよほど大きな画像サイズにしない限り、100 枚程度のレンダリングも半日程度で終了するようである。

iv) 作成した.tga ファイルを mogrify コマンドで一般の画像ビューワーで見れる jpg ファイル等に変換できる。しかしここでは動画を作るため、さらに.ppm ファイルに次のように変換する。

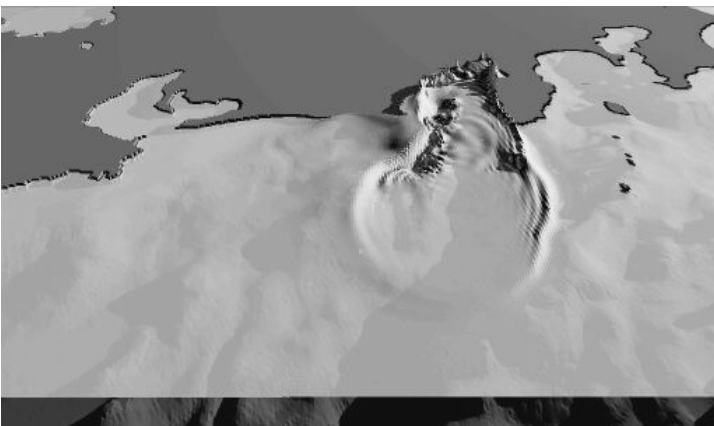
mogrify -format ppm *.tga

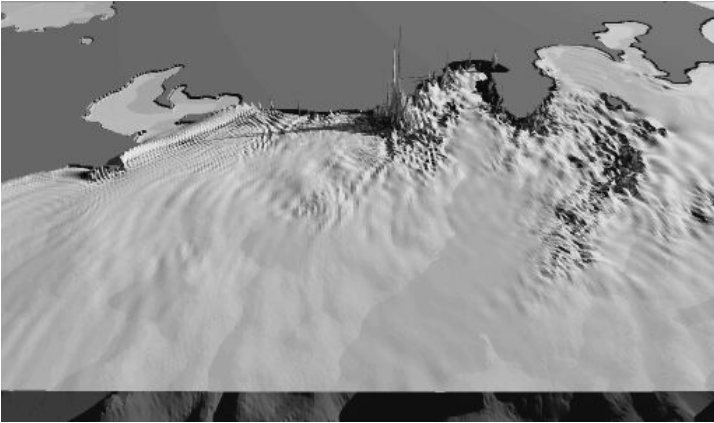
これでディレクトリ内のすべての.tga ファイルは.ppm ファイルに変換できた。

v) 最後にこの処理により作成した時間順 ppm ファイルを次のコマンドで動画(.fli 形式アニメーション)に変換する。

ppm2fli Tokai.lst Tokai.fli

vi) これで作成される.fli アニメーションは UNIX 上の xanim ではきれいに描画できるが、Windows あるいは Mac 上のフリーソフト等では表示が困難である。そこで、筆者の場合、これを Ulead の VideoStudio6 を用いて、mpeg 形式に変換した。結果は津波が本当に水の動きのようにリアルに動く素晴らしいものである。下にその画面例を示す。





<おわりに>

この津波の動画例は下記の筆者の HP より自由にダウンロード可能である．教材として活用していただきたい．

<http://www.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~yossi/yossi-j.html>

参考文献

岡本義雄：パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション 奥尻島周辺海域 ，
地学教育，52，53-62，1999

岡本義雄：パーソナルコンピュータによる津波の数値シミュレーション Linux を用いた広
域格子 ，地学教育，52，177-190，1999

小室日出樹：POV-RAY ではじめるレイレーシング，アスキー出版局，1998