

## 10. 地理空間情報の高充填化—防災マップにおけるケーススタディー

山本義幸・中村栄治・森田匡俊

### 1. はじめに

ICTの発達は、各種センサのサンプリングレートの指数関数的な増加をもたらし、モニタリングデータから構築される地理空間情報は大規模化の一途をたどっている。そして、昨今では、大規模で、高詳細、高密度の地理空間情報は、精度の高いシミュレーション結果を導出するなど、科学分野を筆頭に、重要なデータソースとしての地位を確立しつつある。しかしながら、一方では、大規模化のため、ファイル容量は膨大となり、処理時間の増加といった慢性的な課題も常に抱えながら利用されている。大規模災害などにおいて、航空機やヘリなどによって観測された被害状況のモニタリングデータは、迅速に、リアルタイムかつインタラクティブな処理が望ましいが、大規模に取得された生データのままでは、想定以上にメモリを必要としたり、求める処理に適したデータ構造として必ずしも保存されていないため、途中の処理プロセスに大幅な時間がかかり、対応が遅れてしまう可能性がある。これに対して、地理空間情報を充填化（最適化）したデータセットを構築することによって、処理時間を短縮することが可能となるケースがある。地理空間情報は、一般に、データ処理をしやすいフォーマットよりも、データの内容を分かりやすく確認できる構造で格納されており、とくに、災害発生時の現場のモニタリング結果を解析するにあたっては、データ処理時間の短縮は必須であって、そのためのデータの充填処理は、データのアウトプットに応じた最適化を施すことになる。コンピュータ処理では、8ビットという単位が基本をなしており、それとの親和性から八分木という充填処理手法が利用されている<sup>1)</sup>。八分木は、空間分割手法の一種であって、空間的な偏りが考えられる地理空間情報でも、データの充填化に大きく寄与する可能性がある。

そこで、本研究は、防災における重要な地理空間情報として、標高データを取り上げ、災害時の大規模なモニタリングデータの可視化を想定し、データの充填化として八分木を使用した処理による最適化を試み検証した。可視化処理においては、コンピュータグラフィックスのオープンソースAPIとして有名なOpenGLを使用した。

### 2. 標高データの大規模化—メッシュサイズの変遷

防災分野において、標高データは、ハザードマップの作成など多岐にわたって使用されている重要なデータソースの1つである。国土地理院は、1997年から標高データを刊行しており、メッシュサイズは年々更新されている。

図1は、国土地理院刊行の標高データにおけるメッシュサイズの変遷を示したものである。初刊行となった1997年では、メッシュサイズは250mであった。このデータは、地形図の等高線から読み取り作成されたものである。それから、同様な作成法によって、1999年に、50mメッシュが刊行された。2003年には5mメッシュの標高データが刊行された。このデータは、等高線を利用して作成されたものではなく、新たに航空レーザ測量を実施して、それから取得された三次元点群データから作成されたものとなり、水平方向、鉛直方向ともに、大きく精度が向上した。さらに、2007

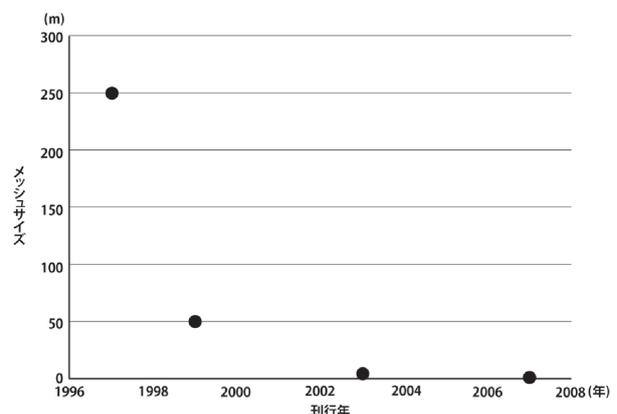


図1 標高データの刊行年とメッシュサイズの関係

年には、レーザ機器の精度向上もあいまって、2mメッシュが刊行され、最初の刊行から10年で、メッシュレベルは125倍となり、大きくデータ容量の大規模化が進行した。

### 3. 標高データと防災一大規模点群の利用

上記で示したように、標高データのメッシュサイズは時代とともに、詳細化が進行している。詳細化は、防災面での寄与も大きく、浸水被害把握や浸水予測において、50mメッシュと比較して、5mメッシュで十分な予測や計算結果が示されたことが示されている<sup>2)</sup>。また、昨今の標高データは、上記で示したように、航空機やヘリによって取得された点群データから作成されている。特に、この点群データについては、センサ技術の格段の向上によって、サンプリングレートも向上し、大規模化が富みに進んでいる。そして、航空機やヘリから取得される山岳地の点群データは、高密度で大規模なデータセットが蓄積されつつある。従来、標高データは、点群データをメッシュ化したデータセットとして整備されている。筆者らは、道路舗装面の性状調査において、車載レーザスキャナから取得した点群データを使用して、路面のひび割れ評価での有効性を示した<sup>3)</sup>。高密度で大規模な点群データであれば、このような研究成果と同様に、点群データのみから、防災に直結する地形状況に関わる情報を取得できる可能性が期待される。

### 4. 大規模点群の充填処理と可視化

センサのサンプリングレートの向上から、高密度な大規模点群データが整備されつつある。これまでは、標高データは、点群データを平均化して、メッシュデータで利用されてきた。しかしながら、近年の大規模点群データにおいては、メッシュ化を施さなくても、それだけで詳細な地形表現や解析処理への利用が期待される。一般に、点群データは、三次元座標が記載されたテキストデータでアーカイブされている。大規模なものになると、数十～数百GBのファイル容量となり、データ処理において処理時間が膨大となることがある。一般に、テキストデータは、人間にとっては分かりやすいが、コンピュータにとっては直接的に解釈できるデータ構造ではない。本研究では、大規模点群データの可視化において、八分木によるデータの充填化を施し、OpenGLを使用して最適化処理を行った実践結果を示す。

#### 4.1 八分木

八分木とは、木構造の一種で、各ノードに最大8個の子ノードがある。英語では、Octreeと呼ばれる。図2に示すように、三次元空間を八つのオクタント（八分空間）に再帰的に分割する場合によく使われる。これは、四分木を三次元に拡張したものと同じと見ることができる。八分木の各ノードは空間を八つのオクタントに分割する。PR（point region）八分木の場合、各ノードは明確に一つの三次元の点を格納していて、それがそのノードに対応する空間領域の中心点となる。また、その点は子ノードそれぞれに対応する空間領域の頂点（隅）になる。空間分割表現として八分木を使う場合は、kd木の三次元の場合の特殊ケースとなる。八分木を点群データに使用するメリットは、点群が存在する空間のみを制限し、データ処理が可能となる点である。

#### 4.2 OpenGL

本研究では、大規模点群の可視化のための開発環境としてOpenGL(Graphic Library)を使用した。OpenGLは、3次元グラフィックス処理のためのAPIで、言語やプラットフォームに依存しないAPIを定義するための標準仕様である。図1に、これらを利用した可視化の基本構成を示す。まずは、glutInit関数でGLUTライブラリが初期

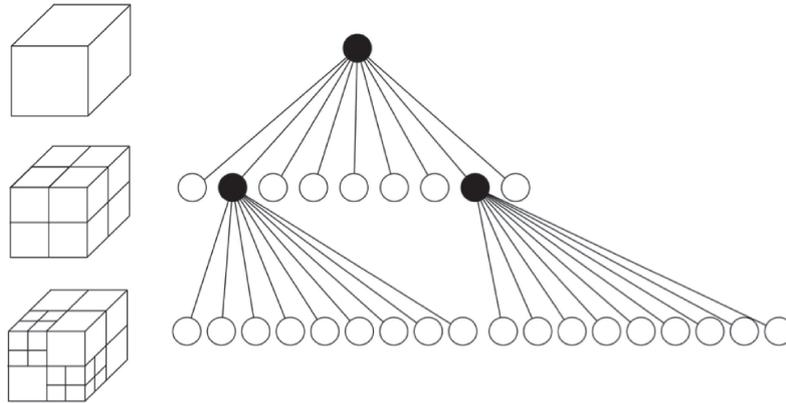


図2 八分木の基本構造

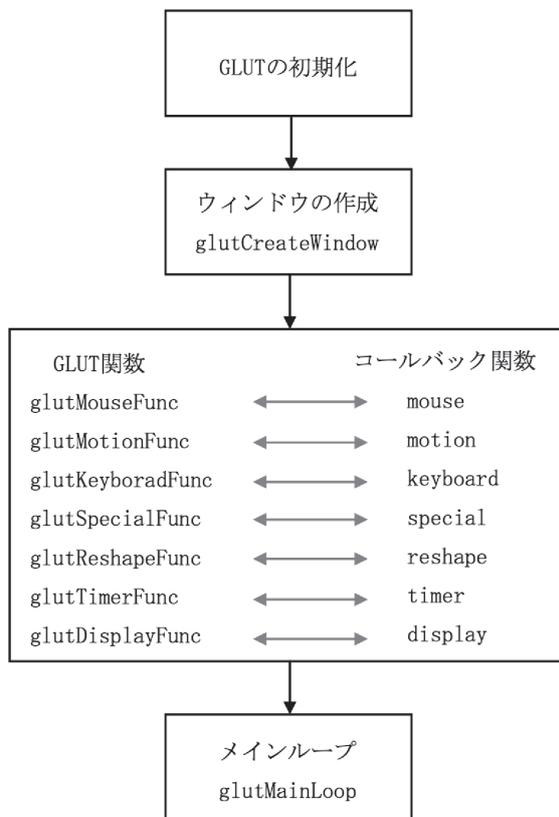


図3 OpenGLによる可視化の基本構造

表1 実行環境

OS	Ubuntu 13.04 64bit
CPU	Intel Core i7 870@2.93GHz
Memory	16GB
GPU	GeforceGTS450

表2 実行結果

セクション数	4096
ノード	32,294,532
葉	65,654,495
処理時間	16時間
フレームレート	12fps
ファイル容量	16GB

化され、glutCreateWindow関数でウィンドウが開かれる。それから、ウィンドウと入力イベントの処理において、イベントに応じたコールバック関数が実行され、最終的には、glutMainLoop関数でループに入るという流れが基本である。インタラクション関数は、

glutMouseFunc、glutMotionFunc、glutKeyboardFunc、glutSpecialFuncの4つで、マウスのクリック、ドラッグ、キー入力に応答する。そして、これらのコールバック関数で、回転角、移動量、拡大縮小係数の変数を持つ。

### 4.3 OpenGLによる可視化の実装

表1に示すようなコンピュータ環境において、OpenGLによる大規模点群の可視化の実装を行った。実装においては、ノード単位でメモリに転送することとし、VBO (Vertex Buffer Object) を使用した。また、各ノードとインタラクション (拡大・縮小、移動、回転) が対応するようにプログラムで設定した。表2が、可視化の実行結果、図4が可視化のスナップショットである。使用したデータは、庄内川流域の航空レーザ測量データで、564,849,078点の点群データである。ファイル容量は、オリジナルデータは6GBであったが、充填処理後16GBに

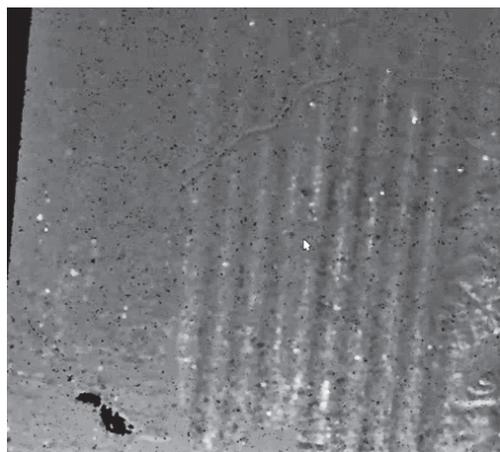


図4 大規模点群の可視化

増加した。フレームレートは、12fpsを示し、ある程度のパフォーマンスが示されたが、ノードとインタラクションの対応を試行錯誤的に設定したため、拡大・縮小における操作性の低さなど、今後の課題を確認した。

## 5. まとめ

本研究では、昨今の地理空間情報の大規模化への対応として、標高データに関わる点群データを取り上げ、八分木、OpenGLを使用して、大規模点群の充填化による可視化の実装を試みた。結果として、フレームレートではある程度のパフォーマンスが得られたが、ノードとインタラクションの設定での問題点が得られた。今後の課題として、他の大規模な地理空間情報への対応、ノードとインタラクションの設定処理の再検討などを行う予定である。

## 参考文献

- 1) 笠 晃一：粒子法の近傍粒子探索における連結リスト法への八分木の利用，情報処理学会論文誌，54(8)，pp. 2119-2130，2013.
- 2) 門脇利広：精密3D電子基盤情報の整備と活用，第36回国土地理院技術研究発表会，<http://www.gsi.go.jp/common/000006864.pdf>，2007.
- 3) 草加大輝，杉山裕樹，清水康博，山本義幸，中村栄治，奥川雅之：アスファルト舗装面の点群データ解析—正常箇所と異常箇所の判読—，応用測量論文集，25（掲載予定），2014.