

(5) 防災 3D - GIS の開発とリスクコミュニケーション手法の提案

The Proposal of The Risk Communication System by Development of Disaster Prevention 3D-GIS

渡部正康¹・二神透²

Watanabe Masayasu, Futagami Toru

抄録：近年，官公庁にて連携を企図した防災 GIS の運用が進められている．一方で，災害に際し住民の避難を担う自主防災組織はこれらを運用する位置付けにはない．GIS 運用には高度な専門性を必要とすることが，その一因となっている．

研究者らは，住民の避難先となる地区自主防災組織において運用することを主眼に置いた防災 3D-GIS の開発を進めている．これは，地区防災教育にて行われている図上演習を GIS 化したものであり，演習における被災予測や避難手順確認などをできるだけ直感的な操作で PC 入出力できるように設計している．本稿では，直感的な操作を企図して実装した機能について，リアルタイム処理のための手法も含めて紹介する．

キーワード： 3D-GIS 自主防災組織 ハザードマップ 基盤地図情報

Keywords : 3D-GIS local volunteer groups hazard map basic map information

1. はじめに

研究者らは，「わかりやすく，使いやすい GIS」として，防災分野における 3D-GIS の活用手法を提案する．

近年のマラソン大会テレビ中継では，空撮の市街地画像に走行経路のラインや各地点の要素を描いた立て看板を重ねて表示されているのを目にすることができる．スポーツニュースでも，選手位置や名前などが重複表示されているものが多くなった．これらは視聴者が理解しやすいように配慮して配置されたものであり，研究者らの開発している防災 3D-GIS は，このような直感的に理解しやすい表現を防災学習に活用することを企図している．開発しているソフトウェアの外観について，図 - 1 に例を示す．



図 - 1 ソフトウェア外観

自治体や消防機関が防災 GIS を連携して運用し，日常防災や災害時対応に活用しようという動きが高まっている一方で，災害時の避難者対応に直面する町内自主防災組織においては，高度な専門性を要する GIS を活用することは困難となっている．研究者らは，これら町内会規模の高齢者を主対象とし，タッチパネルの使用など直感的に操作できるように運用環境を整備することにより，現在紙面で行われている図上演習を電算化することによる防災対応力の向上を図っている．運用を想定する環境の例を図 - 2 に示す．

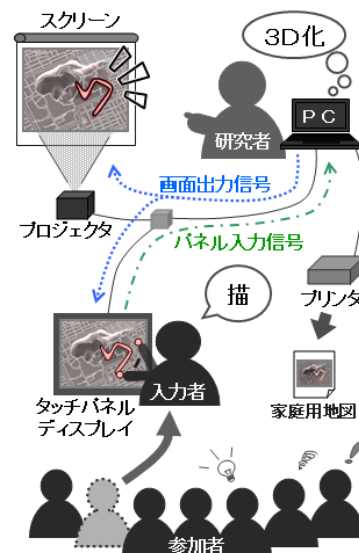


図 - 2 運用環境図

- 1 : 非会員 学士 愛媛大学 技術員 工学部等技術部(機械・環境建設系技術班)
(〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番地, Tel : 089-927-9814, E-mail : watanabe.masayasu@ehime-u.ac.jp)
- 2 : 正会員 学博 愛媛大学 准教授 防災情報研究センター
(〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番地, Tel : 089-927-9837, E-mail : futagami.toru.mu@ehime-u.ac.jp)

2. 開発した 3D-GIS ソフトウェアの概要

本章では、開発ソフトウェアに実装した上記機能について紹介する。

(1) 開発した GIS の概要

防災演習は通常紙地図をベースに実施されるが、これを 3D-GIS 上で行うために、主として以下のような機能を備え、簡単に活用できることが必要と考えたため、開発ソフトウェアにおいて実装した。順に図-3 の ～ に対応している。

被災エリアの地面に対する直感的な表現・着色
画像・絵文字立て看板の設置・編集
移動軌跡入力および再生

建物表示・判別・パラメータの処理

地理的規模は主対象を町内会や自主防災連合とすることから、同時に扱う領域を二次メッシュ 9 個相当である約 30 km 四方とした。

(2) 開発 GIS の機能について

ここでは、これら主要な 4 つの機能について概要を説明する。

a) 地面に対する被災エリアの直感的着色

防災図上演習において、水害・土砂災害などの被害想定は地図上に色マーカーで着色して表現される。3D-GIS においてこれを直感的に行うために、図-3 に示すように 3D ペイント機能をエンドユーザが容易に使用できるよう実装した。

b) 画像・絵文字立て看板の設置・編集

地図上の避難所やランドマーク、避難者などの図示を行う手法として、図-3 に示すように部分透過した立て看板画像を地形空間内に設置する。また、これら立て看板は常に画面側を向く機能を備えている。立て看板に描かれる画像は写真など画像ファイルを読み込んで設置することも可能としている他、画像部分をクリックして、図-4 に示すように、立て看板の画像を編集することも可能としている。ここで紫は透過画素として扱っている。



図 - 3 各機能画面

c) 移動軌跡入力および再生

防災演習においては、避難や救援の移動軌跡を手書きで線描するケースが考えられる。また、GIS としては GPS データを読み込み活用する機能が必須である。本システムでは、これら両方の機能を備え、また GPS データの軌跡も線描入力した軌跡も滑らかにアニメーション表示できるよう実装した(図-3)。この機能は上記立て看板を移動させる手段として設計しており、速度を経路線の色で表現し、遮蔽物の裏側にある場合は半透明表示とした。また、任意の速度倍率で移動を再生可能とした。尚、経路を手書き入力する際は、描画入力する際の移動速度をデータ上の走行速度に反映することができる。

d) 建物表示・判別・パラメータ処理

避難建物や被災建物を強調する機能は必要であると考えられるため、建物輪郭データを元に建物オブジェクトを設置する機能を実装した(図-3)。これは標高データに基づいた設置を行うとともに、空撮画像と座標を合わせ、屋上の彩色を行うことができる。

(3) GIS の操作について

表示地形の移動・拡縮・回転や主な機能をボタン操作するためのパネルを設置した。画面右下に表示される操作パネルについて図-5 に示す。

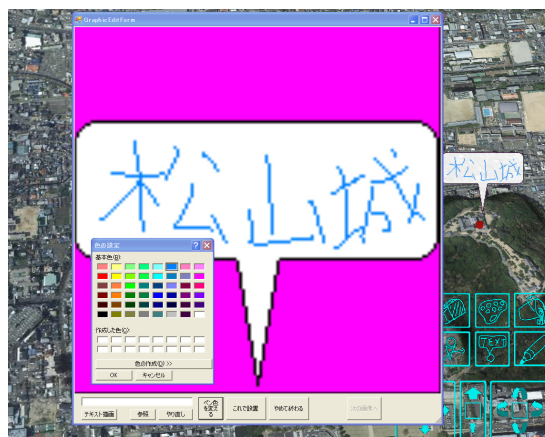


図 - 4 立て看板画像の手描き編集

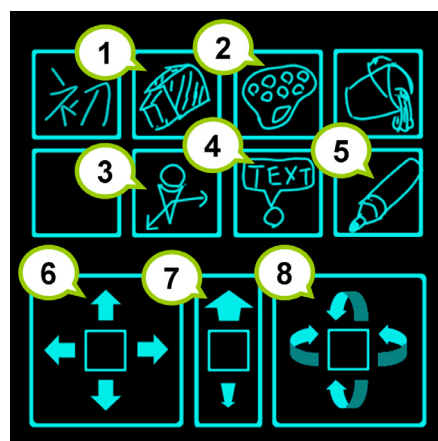


図 - 5 操作パネル

マウスを活用した操作は複雑になりがちで使用者への説明もし難いため、タッチパネルディスプレイを用いて操作できるよう設計した。上部 8 つのアイコンはオブジェクトなどの操作を行い、下部 3 つのアイコンで視点を操作する機能をもつ。

下部アイコンは左から順に移動、拡大縮小、回転に対応している（図 - 5 ）。視点操作はそれぞれの矢印部分を押すことで動作し矢印の根元側より先端側の重みを大きく設定しており、押す場所によって操作速度を調節することができる。

上部アイコン（図 - 5 ～ 等）は地形画面に対する操作を簡単に行えるよう配置したものであり、選択することでそれぞれ次の前述したものをはじめとした機能を使用できるようになる。図の番号のアイコンに対応する内容を以下に示す。

地形に着色したものを消しゴムのように消す

地面に描画する色を選択するカラーパレットを表示し、色を選択する

マウスまたはタッチパネルの移動軌跡を地形上に経路オブジェクトとして設置する

吹き出しの絵をした立て看板オブジェクトを設置したり編集したりする

画面上の地形に対し、マウス・タッチパネルでクリック・ドラッグした部分を着色する

その他、表示されている地形上の位置が不明になった際に、カメラを初期位置に戻すアイコンなどを配置している。

3. リアルタイム処理のための手法

3D 処理システムにおいて常に課題となるのは、描画過程の処理時間低減措置である。複雑な画像合成処理や移動物のアニメーション合成など、本 GIS でも処理を行いたい要素を多数有しており、計算時間短縮のための措置を複数実装した。本章では、そのうちの一つである、描画処理過程における GPU 処理言語を使用した計算高速化手法およびデータ構造について述べる。

（1）計算の高速化について

3D-GIS における計算量のうち、地形要素にかかる処理時間は比較的大きいものとなる。これ低減するために、描画時に前回描画したときから視点要素が変化していない計算単位については、地形・建物の描画を省略し、処理の高速化を施した。手法としては、描画済み地形と深度値を設けた 2.5 次元の画像データとして舞台における書き割りのように保持しておき、視点が変更された場合にのみ更新するものである。その他のオブジェクトについては逐次再描画し地形画像と画面深度を比較合成することにより、短時間で画面を再構成し、滑らかな描画を行うことができるようになった。

（2）描画のための裏画面構成について

本 3D-GIS は DirectX9 アプリケーションとして開発を進めており、GPU 描画処理言語 HLSL を用いることによって、3D 描画における頂点計算や画素処理、またこれらを用いた算術計算を、比較的高度な組み込み関数を用いて高速に行うことができる。

このシステムで用いているシェーダーモデル 2.0 では、3D 描画において、一回の計算処理で 4 種類までの異なる画面出力が可能であり、出力先画面はグラフィックボードのメモリ残量に応じて増やすことができる。これらは裏画面として複数枚確保して画像合成や計算処理に活用することができる。これら裏画面はレンダターゲットと呼ばれる。

本システムでは、事前計算データ、各計算処理段階の蓄積データとして、これを図 - 4 に示す画面における、0～3、4～7、8～11 までの 3 セット、計 12 枚を使用している。ここで、各裏画面に表示されている内容について以下に説明する。

- ・画面 0：地形と建物についての空撮画像テクスチャを適応した出力画面
- ・画面 1：画面 0 に対応した各画素の画面奥行き値
- ・画面 2,3：地形に関する各画素の位置座標計算、テクスチャ計算に使用する横軸・縦軸に関する位置情報
- ・画面 4：建物の個別情報取得を目的とした、建物 ID マップ
- ・画面 5：建物に関する画面奥行き値
- ・画面 6,7：建物に関する各画素の位置座標計算、テクスチャ計算に使用する横軸・縦軸に関する位置情報
- ・画面 8：画面 11 に設置物を合成した出力画像
- ・画面 9：立て看板や経路線の合成用画面の奥行き値
- ・画面 10：予備計算用として現在空白
- ・画面 11：画面 0 に地面着色・輪郭強調等を合成

尚、画面が縞模様になっている画像は数値情報を RGB 画素に周波数分解して格納した結果である。それぞれ赤が低周波、緑が中間周波、青が高周波に対応しているため、模様が周期的に変化しているように見えている。これは描画時・計算時にそれぞれ対応した換算を行って浮動小数点数値と相互に換算を行い空間を意識した画像合成などの数値計算に利用している。

このプロセスの最終出力である画面 8 を描画するために、地形・建物・その他オブジェクト画像を作成し、逐次合成処理を行っている。このうち地形・建物に関する情報である画面 0～7 については、前述したように視点が変更されるまで再描画を行わないよう扱っている。

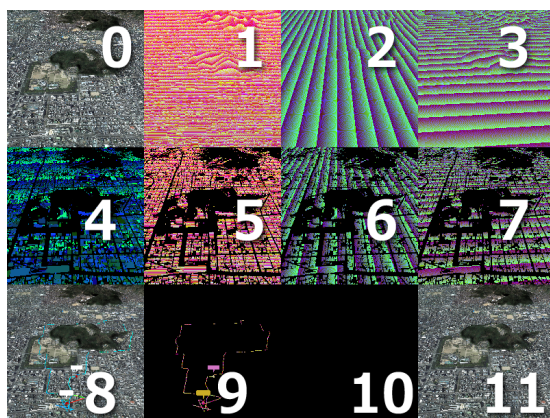


図 - 6 裏画面画像集合

(3) 描画プロセスについて

HLSL における画面計算は、パスと呼ばれる描画処理単位のセットを用いて構成される。今回は 11 個のパスを使用した。画像処理の段階について概要を以下に説明する。行頭の番号は画像処理の段階、行末の括弧内に使用する裏画面の図 - 6 中に対応する番号を示す。

- ：建物に関する画面情報を出力する (4~7)
- ：地形に関する画面情報を出力する (2,3)
- ：建物と地形を合成し、空撮写真を貼る (1,2)
- ：合成画像に対して地面着色等の処理をする (11)
- ：経路線等を合成した出力画像を作成する (8,9)
- ：出力画像である画面 8 に前述した操作パネルを合成したものを最終画面出力としている。

(4) 各 GIS 機能と裏画面との関係

3D-GIS における特徴的な諸機能については、これら裏画面を活用したものが多く、これは、画面をクリックした際得られる画面の二次元座標から、表示されている地形図空間における「三次元絶対座標」を導出したり、その位置にあるオブジェクトを判断したりする際に、裏画面の画素情報を活用しているからである。これらの計算に必要な座標値を予め画像化してアクセスしやすい形式で確保しておくことにより、計算量を低減させ、高速化を図っている。以下に、裏画面情報とそれぞれの機能との関連を示す。

a) 地面に対する被災エリアの直感的着色

地形面に対する描画の実装については、図 - 6 の、の UV 座標軸を描画した画像を基準に描画用テクスチャの対応する画面要素に対し着色する。これとに示す地形の対応する描画テクスチャを建物データと深度の比較を行いながら合成し、に出力する。

b) 画像・絵文字立て看板の設置・編集

立て看板機能の実装については、先に述べた UV 座標から算出された地図上の位置座標を元に、に示す深度値とテクスチャとして出力する。これを、地形・建物オブジェクトと深度比較を行いながら合成し、に出力する。

c) 移動軌跡入力および再生

移動軌跡の手書き線描機能の実装については、前述の UV 座標から算出した空間座標を連続して取得し、これを元に起動軌跡テーブルを構成する。軌跡データは半透明ポリゴンとして空間に設置するとともに、対応する立て看板を構築し深度合成する。

d) 建物表示・判別・パラメータ処理

建物データから出力する要素として、図 - 6 に建物 Id, 画面深度, UV 座標の順で格納している。

4. おわりに

防災 GIS の運用効果はユーザの習熟度が反映されるため、演習から実災害対応に至る恒常的な運用に耐えうるものが望ましい。

開発したソフトウェアの評価を得るため、本 GIS の主対象である自主防災組織を対象としてヒアリングを行った。地区公民館において、自主防災会長をはじめ幹部数人を対象とし、図 - 2 に示す構成機材構成を用いて、市が発行している防災マップを元に地域の災害予測についてデモンストレーションを行い、また自主防災組織の保有する過去の災害情報を 3D-GIS 上に記入してもらうなど、システム運用に係る部分について操作の体験を通し、評価して頂いた。

結果としては、視認性や操作性に理解は示して頂いたものの、恒常的な運用性については消極的であった。理由として、機材が比較的高価で大袈裟な構成となったことや参加者であった幹部が高齢者のみの構成となっていたこと、彼らにとって前例のない方式であったことなどが考えられる。

今後は更に自然な使用感が得られるようソフトウェアを改良するとともに、機材の低価格化や、タッチパネル操作端末の普及による画面描画への心理抵抗の低下によって運用のハードルを下げられると見込んでいる。また、自治体の防災 DB とのデータリンクが可能となれば、避難者の把握や資材管理、経路確保など防災品質の高度化が期待できるため、今後の方針として、ネットワーク機能の実装を検討している。

謝辞：本研究の遂行に際し、日本学術振興会平成 23 年度科学研究費奨励研究の支援を受けている。また、地理データとして国土地理院発行基盤地図情報、電子国土基本図（オルソ画像）を使用している。

参考文献

- 1) GIS 学会四国支部、第五回 四国 GIS シンポジウム：3D-GIS のインタラクションデザインに関する提案、
<<http://www.infra.kochi-tech.ac.jp/takagi/SGIS/2012/B-2.doc>>、(入手 2012.7.3)。