3Dハザードマップについて

土木研究所 寒地土木研究所 寒地河川チーム 〇井上 卓也 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課 田中 甫幸

地球温暖化の影響により、想定外と呼ばれる災害が増加している現在、洪水氾濫の切迫度や 土地ごとの情報がより伝わりやすくなるようなソフト対策が求められてる。本研究では、 Googleストリートビューに浸水範囲や浸水深を表示させ、浸水時の世界を自由に探索できる可 視化手法と浸水域を回避するルート検索機能を構築した。

キーワード:ソフト対策、ハザードマップ、3次元表示

1. はじめに

地球温暖化の影響により、「想定外」や「経験したこと が無い」という言葉で表現される水害が増加し、避難勧 告やその対象人数も増加している。避難勧告を受けた市 民の避難判断をサポートする資料として洪水ハザードマ ップがあるが、内閣府政府広報室がまとめた「防災に関 する特別世論調査」¹⁾によると、約70%がハザードマップ を確認していない状況にある。また現状の洪水ハザード マップは事前に印刷し、予想浸水深や避難ルートを確認 しておくことを前提としているが、外国人を含む旅行者 に事前の確認を期待することは難しく、見たとしても土 地勘もなく凡例の理解等に時間を要することが想定され る。このような背景を受け、ハザードマップを今まで以 上に分かり易くすることが求められている。

一方で、コンピュータによる解析技術が進歩し、LP データ等の解析の基盤となる情報の整備も進み、5m、 10mといった細かいメッシュを用いた、より高精度な氾 濫計算が行われるようになり、今までは解析することが できなかった詳細な浸水リスクについて把握できるよう になりつつある。この結果、氾濫解析の情報量は莫大と なり、この大容量データを如何に活用し、市民へ分かり 易く提供するかがまずます重要となってきている。

新しい浸水想定区域図データ電子化ガイドライン(第2版,2015年7月)^{2)、}では、後述するGoogle Earth³⁾で展開で きるKML(Keyhole Markup Language)ファイルの作成が 義務づけられている。しかし、電子化マニュアルの KMLファイル作成方法では、水深情報をStreet View⁴機能 を用いて3次元的に見ることができず(図-1)、従来の2 次元的のハザードマップと大きく変わらない。例えば、 自宅は浸かるのか、どこまで水位が上がる可能性がある のか、車は浸かるのか、いつも使っている道は浸かるの か、これらの情報は浸水想定区域図等で用いられている 2次元の浸水深ごとのコンター図からは直感的にイメー

Takuya Inoue, Toshiyuki Tanaka



浸水想定区域図テータ電子化カイドラインのKMLはGoogle Earthで開け るが、Street Viewで見たときに水深が可視化されない.



ジしづらい情報である。

近年、VR(Virtual Reality)やAR(Augmented Reality) などの技術を利用した可視化方法^{5)の}が提案され、普段見 慣れた街並みの中に、浸水深を3次元的に表示すること が可能となっている。しかし、カメラなどで街並みと水 深データを重ね合わせる場合は、その場に赴く必要があ ったり、地形情報や建物情報の生成にあたり、コストが 発生したりするため、まだ広く普及していないのが現状 である。そこで本研究では、はじめてみた人でもすぐに 「理解できる」「利用できる」3次元的なハザードマッ プを「安価」に作成する手法と、浸水域を回避するルート 検索機能を提案する。

2. 氾濫計算結果のKML化

(1) Google Earthの活用

上述の課題をクリアするために、浸水域と浸水深を Google社のGoogle Earth及びStreet View上の仮想現実空間に 浸水深と浸水域を投影することを試みた。Google Earthに おいては、建物や町並み等の3次元モデルが整備されて いる他、無料でその情報を活用できる。また、地球を探 索するような形で、平面的な眺め、鳥瞰的な眺め、街角 からの眺めを自由な角度から閲覧できる。街角の眺めを 360度閲覧可能な写真で整理されたStreet View等の機能も 活用できるため、計算結果をGoogle Earthへ投影することを図った。

(2) KMLとそのメリット

Google Earth に投影するためには、KML で氾濫計算結 果を定義する必要がある。KML とは Google Earth によっ て広められた、XML ファイルの一つである。KML を圧 縮したファイルを KMZ と呼び、その 2 種類が主に Google Earth 上での表現に利用されている。Google Earth をインストールすれば、KML ファイルは Google Earth や Google Map を始め、地理院地図(電子国土 Web)など多 くのアプリケーションに対応している.

KMLやKMZ ファイルを共有するには、メールで送付、 ローカルネットワーク内で共有、ウェブサーバー上で公 開するなどの方法がある。また,近年ではスマートフォ ンやタブレットが普及しており、それらの端末において もGoogle Earthのアプリケーションをインストールすれば、 誰でもKML化したデータを見ることができる。

(3) KMLを用いた浸水深の効果的な可視化手法

KMLの可視化手法は以下の3つに分類できる。

a) 計算結果画像をKML化

計算結果から出力した 2 次元コンター図等の画像に 位置座標を定義し、KML 化する手法である。氾濫計算 の多くは平面直交座標で行われているため、Google Earth に表示ために緯度経度の位置座標を定義する必要がある。

この手法では、浸水深はラスタ画像となるため、領 域を拡大すると、画像が粗くなる。その対策として、画 像をタイル化して、拡大領域にあわせて表示することも 可能だが、各拡大域にその KML 化した画像を生成する 必要がある。

b) 計算結果を2次元ポリゴンとしてKML化

計算結果データに緯度経度の平面方向の位置座標を 与え、2次元化したポリゴンを生成する方法である。ベ クトル化されているため、拡大しても KML 化した計算 結果の描画が粗くなることはない。しかし、2次元情報 のため、水深等の垂直軸の情報はポリゴンに含まれてい ないため、可視化の際はコンター図などで水深情報を表 現する必要がある。なお、浸水想定区域図の KML デー タはこの手法で作成されており、図-1 に示したように 浸水情報を Street View 機能を用いて 3次元的に見ること ができない。

c) 計算結果のデータを3次元ポリゴン化しKML化

計算結果のデータから緯度経度等の平面方向の位置 座標を定義し、さらに浸水深を平面位置座標に次ぐ3つ 目の次元データとしてポリゴンを生成する方法である。 この手法を用いると、Street View 機能を用いた際に、浸 水深を3次元的に見ることができる。また、ベクトル化 されているため、拡大しても計算結果の描画が粗くなる ことはない。

Takuya Inoue, Toshiyuki Tanaka



図-2 視点によるメッシュの細度の変化

(4) KML ファイルの作成

iRIC⁷で行った計算結果の座標(平面直交座標系)を 緯度経度に変換し、KMLの記載方式に従い出力し,3 次元のポリゴンを生成した可視化ファイルを作成した。 このKML作成の作業を効率化するため、iRICのCSV形 式による計算結果出力形式からにKML変換できるプロ グラムを作成した。変換の手順は以下のとおりである。

- iIRICの計算結果をCSV形式により出力。
- ② KML化し、Google Earth等に投影するためには、座標 を緯度経度に変換する必要がある。iRIC出力した計 算結果の座標を緯度経度に変換。
- ③ 計算格子毎に格子の4点の緯度経度、水深(もしく は水位)情報を反映し、ポリゴンと呼ばれるKML の要素を作成。
- ④ 指定したスケール毎にカラーコンターを定義し、水 深に対応したコンターをポリゴンの色に反映。
- タイムスタンプ機能[®]を活用し、時間毎に整理され たポリゴンデータを読込。

また, Google Earth 上への 3 次元データの反映にあたっ ては、メモリの扱いが重要である.計算領域が大きかっ たり、メッシュが細かったりすることで、出力される計 算結果が大きい場合、それを一度に Google Earth に表示 させるとメモリ不足になり、動作が遅くなったり、フリ ーズ等の症状が派生する.それを防ぐため、データの境 界ボックスを定義することで、Region を操作⁹し、自ら の視点からポリゴンが離れた際には、細かいメッシュで 作成したポリゴンをメモリから開放し、荒いメッシュを 読込み、自らの視点が近づいた際には細かいメッシュの ポリゴンを読み込む工夫を施した(図-2).

3. 可視化事例の紹介

iRICの Nays2D Flood を用いて氾濫計算を実施し、その 結果を KML で可視化したものを作成した。今回はあく まで可視化の高度化について取り上げるために実施した 計算のため、流量・水位等については、特段根拠のある データを使用していない。

氾濫計算の特徴が異なる以下の3箇所を対象として 実施した。ケースa:郊外の氾濫原における浸水(常総 市付近で起きた鬼怒川破堤氾濫計算)、ケースb:都市 部における浸水(札幌市における破堤を想定した氾濫計 算)、ケース c:津波による浸水(津波を想定した大船 渡市周辺の氾濫計算)。

(1) 郊外の氾濫原における浸水

図-3a は平面的に見た図である。計算結果の全体像を 容易に把握することができる。図-3b は領域 A を拡大し たものである。ポリゴンというベクトル形式のブロック で計算結果が Google Earth 上で可視化されているため、 拡大した際にも、基盤の地図情報や、浸水領域が鮮明に 表示される。

図-3c は鳥瞰図になる。鳥瞰図であると三次元的な情報となるため、より氾濫時の町並みをイメージすることが可能となる。あわせてランドマークとの位置関係等、 平面的な情報では分からない情報を直感的に得られることができる。図-3d は視点 A を拡大した図になる。より 普段目にするスケールに近づく。浸水の有無だけでなく。 浸水を表すポリゴンが高さ情報を持っているため、浸水 深と建物の関係が容易に把握することができる。床上、 床下の浸水情報や、建物のどこまで水が浸かるかという 情報を得ることができる。

図-3e、図-3f は Street View 表示にしたものである。ポ リゴンにて出力することで、Street View 上に浸水時の世 界を表示することが可能である。普段我々が目にする世 界と同じ目線で表示が可能となったことで、多くの情報 が視覚的に入手可能である。

(2) 都市部における浸水

図-4a は豊平川の氾濫計算の鳥瞰図である。扇状地を 氾濫水が流下する様子が見て取れる。扇状地上にできた 都市である札幌の氾濫においては、扇状地などに形成さ れた凹地や浅い流路跡など、相対的に低い微地形が浸水 範囲に影響する。

図-4b においては、その凹地において浸水が確認できる。なお、該当箇所のポリゴンをクリックすると浸水深を表示できるように KML を作成している。Street View 表示をすると、車両等が浸かる高さまで浸水することが 分かることから、洪水時には通行できなくなることが容易に確認できる。

図-4cの赤線で示された箇所は地下構造物とその入口である。地下構造物がどこにあり、その入口がどこにあるかを容易に知ることができる他,浸水域と重ねあわせることで、その入口の浸水可能性やその対策等を簡易的に検討できる。

3) 津波による浸水

図-5 は大船渡市の津波による浸水をイメージしたものである. Google Earth では建物のおおよその高さ情報が入っているため、津波によってどの領域が浸水するかだけでなく、どの建物が浸水するか、どの高さまで水につかるかまで見て取れる.



図-3郊外における氾濫の可視化事例

Takuya Inoue, Toshiyuki Tanaka



図4都市部における氾濫の可視化事例



図-5津波による氾濫の可視化事例

4. 浸水域を回避した避難経路検索

本研究では、浸水域を回避した避難経路検索システムの構築を試行的に行った。システムの概要は以下のとおりである。まずシステムにiRICの氾濫解析結果を読込み、

Takuya Inoue, Toshiyuki Tanaka



図-6浸水範囲を回避した避難経路検索例

道路データ(Orkney ルート検索用道路データ)と重ね合わせる。次に、浸水域の道路を通行止めとし、フリーソフトpgRoutingで道路検索を行う。最後に、検索結果を国土地理院地図上に描画する。札幌市を対象とした検索結果を図-6に紹介する。

図-6aは浸水域が無い場合であり、目的地までの最短 ルートを示している.図-6bは氾濫初期であり、浸水域 を迂回したルートを示している。図-6cは氾濫が下流ま で広がった後であり、上流側を迂回するルートを示して いる。なお、図-6bのようなギリギリの迂回ルートは危 険との指摘も受けており、数十分後の氾濫範囲を見越し た迂回ルートを提示するシステムを今後開発する予定で ある。

5. おわりに

本研究では、はじめてみた人でもすぐに「理解できる」「利用できる」ハザードマップを「安価」に作成するために、氾濫解析結果をKML化し、Google Earthで3次元的に描画する手法を検討した。Google EarthのStreet View

機能と連動することで、可視化の表現力が大幅に向上し、 ユーザーは町並みと浸水域を重ねることにより、具体的 に何が浸かるのかを知覚可能になった。なお、本研究で 示した可視化方法は既にiRICに反映されており、マウス 操作で簡単にKMLが作成できるようになっているので 活用して頂きたい。

また本研究では、浸水域を回避する避難経路検索シス テムを試行的に構築した。今後は、Xrainなどの高解像 度雨量を用いた、リアルタイム氾濫解析システムと結合 し、内水氾濫を対象にシステムの改良を行う予定ある。 また、道路管理者とも協力し、より安全で活用できるシ ステムを市民に届けられるよう尽力したい。

参考文献

1) 防災に関する特別世論調査: 内閣府政府広報室, 2010.

- 浸水想定区域図データ電子化ガイドライン(第2版), P59, 60, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 水防 災企画室, 2015.
- 3) Google Earth : http://www.google.co.jp/earth/
- 4) Google Street View : https://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/
- 5) ARハザードマップ: http://www.cadcenter.co.jp/camp/ARscope.html/
- 6) 岩塚雄大、古牧大樹、西畑剛、川辺赳史、樫山和男:地 域防災教育のための3次元津波浸水解析とその可視化に 関する研究、土木学会論文集F3(土木情報学)70(2), L_152-L_159,2014.
- 7) iRIC: http://i-ric.org/ja/
- 8) 時間とアニメーション,KML入門用ドキュメント,Google: https://developers.google.com/kml/documentation/time?hl=ja
- 9) Regionの操作,KML入門用ドキュメント,Google: https://developers.google.com/kml/documentation/time?hl=ja