

# 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 ○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いる。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」<sup>1)</sup>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す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）<sup>2)</sup>では、後述するGoogle Earth<sup>3)</sup>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 View<sup>4)</sup>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



図-1 電子化ガイドライン KML ファイル

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<sup>5)6)</sup>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 に表示する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。

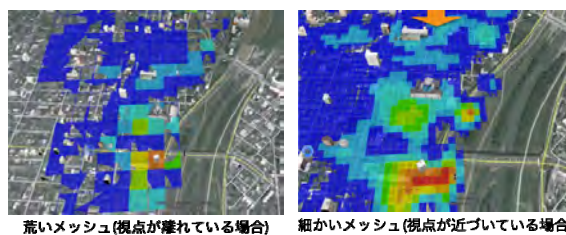


図-2 視点によるメッシュの細度の変化

## (4) KML ファイルの作成

iRIC<sup>7)</sup>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 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。

- ① iRIC 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。
- ⑤ タイムスタンプ機能<sup>8)</sup>を活用し、時間毎に整理されたポリゴンデータを読み込。

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<sup>9)</sup>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、荒いメッシュを読み込み、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。

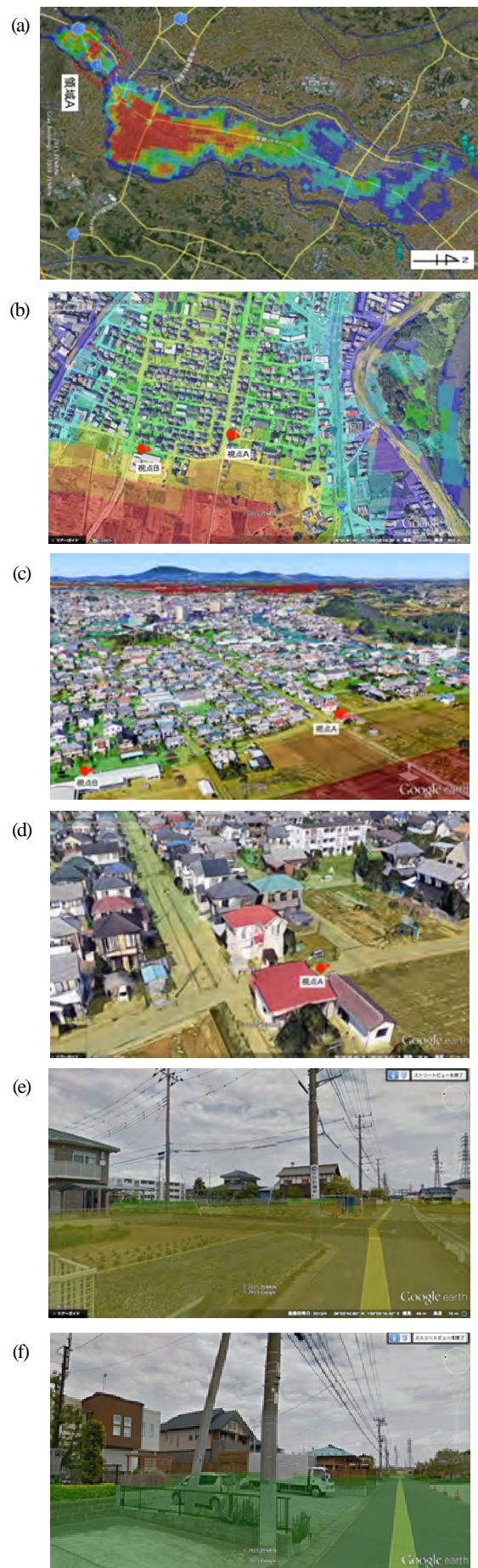


図-3 郊外における氾濫の可視化事例

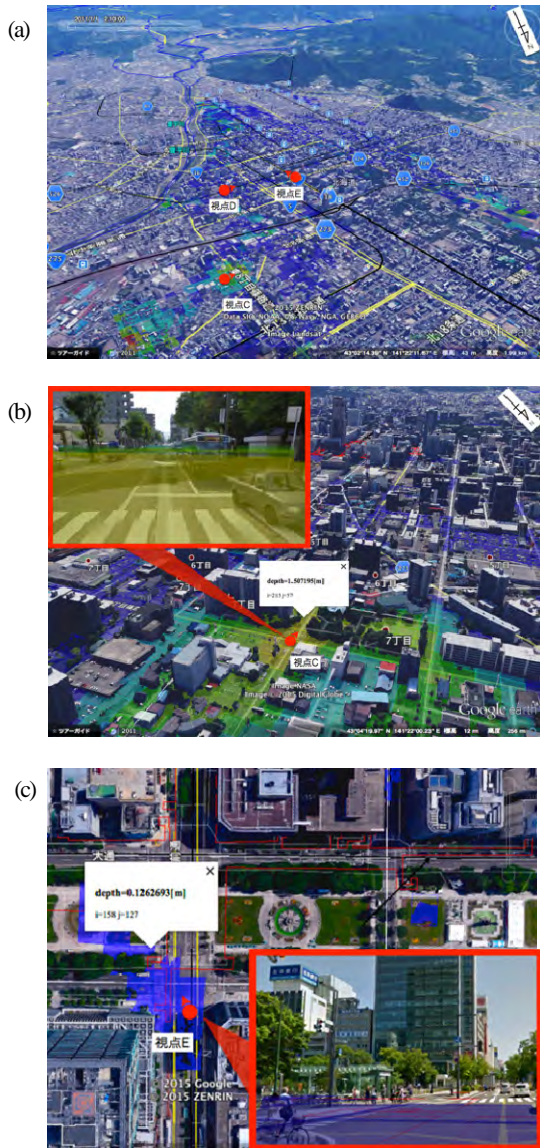


図4 都市部における氾濫の可視化事例



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み込み、

Takuya Inoue, Toshiyuki Tanaka

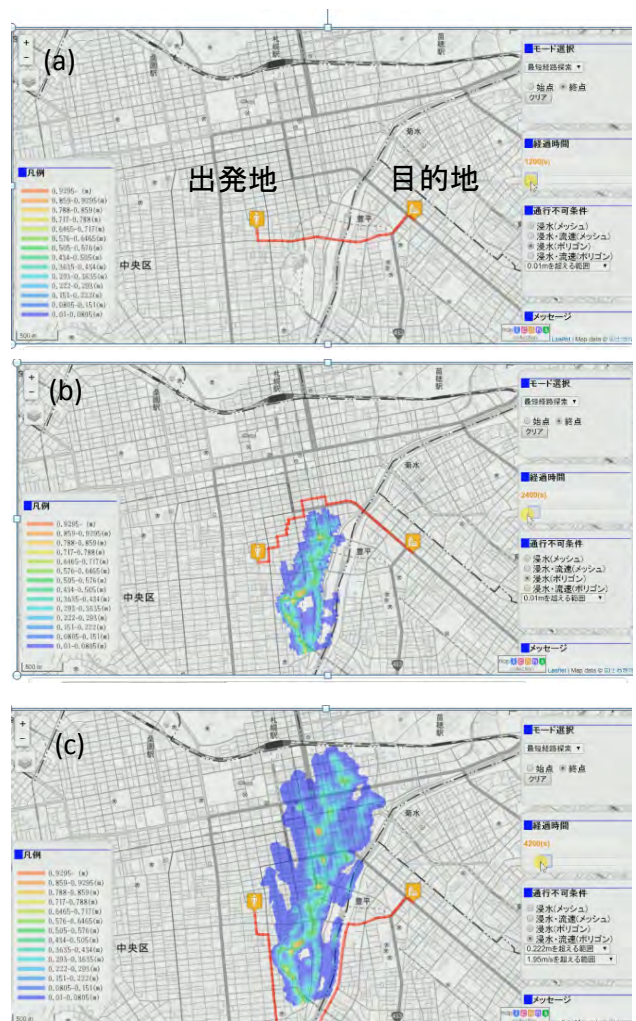


図-6 浸水範囲を回避した避難経路検索例

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路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路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.

- 2) 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, 川辺起史, 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), I\_152-I\_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>