

KML を用いた氾濫計算可視化の高度化

田中 甫幸¹・井上 卓也²・清水 康行³

¹正会員 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課 (〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3)

E-mail: tanaka-t22at@mlit.go.jp

²正会員 国立研究開発法人 寒地土木研究所 寒地河川チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

E-mail: inoue-t@ceri.go.jp

³正会員 北海道大学大学院工学研究院教授 (〒060-0813 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

E-mail: yasu@eng.hokudai.ac.jp

災害から身を守るためには、災害時に適切な対応がとれるよう、災害時の状況をイメージすることが重要であると考えられる。しかし平時から災害時の世界をイメージすることは難しい。本研究では、災害時のイメージを再現し、自分の住む土地のリスクを直感的に把握することができる手法を検討した。氾濫計算結果のデータより緯度経度等の位置座標を定義し、三次元化したポリゴンを生成する方法で KML 化することで、Google Earth や Street View 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することを可能にする可視化手法を構築した。

Key Words: Flood, Visualization, KML, Google Earth, Google Street View

1. はじめに

(1) 背景

2011年3月11日に日本を襲った東日本大震災、2013年の伊豆大島の豪雨による土砂崩れ、2015年の関東・東北豪雨、2016年8月に北海道・東北等を襲った台風10号等、未曾有の災害が近年多発している。防災対策においてはハード、ソフトの対策があるが、ハードだけでは未曾有の災害に対応するのは困難であり、それを補うソフト対策の充実が不可欠である。

治水安全度が低かった時代においては、洪水等の災害が身近で発生していたこともあり、災害を経験した人も多く、その経験は子供たちに伝承されており、避難のための具体的な行動についても住民一人一人が共有できたと考えられる。しかしながら、現在は安全度が大幅に高まり、水災害に見舞われる頻度が大幅に低下した。それにより水災害を経験したことがない人が増加した。

災害から身を守るためには、平常時からの防災対策や、災害時の避難等が重要になってくる。その際、適切な対策や適切な避難を行うためには、災害時の状況をイメージすることが重要と考える。しかしながら、安全度が上がっている今の状況から経験したことがない災害時の世界をイメージすることが難しい。また、近年、想定外、未曾有の災害が発生している。そのような数百年に一度と言われる災害をイメージすることは更に難しい。

(2) 目的

災害から身を守るためには、災害時の状況をイメージすることが重要であると考えられる。本研究では、災害時のイメージを再現し、自分の住む土地のリスクを直感的に把握することができる手法、またその共有手法を検討する。

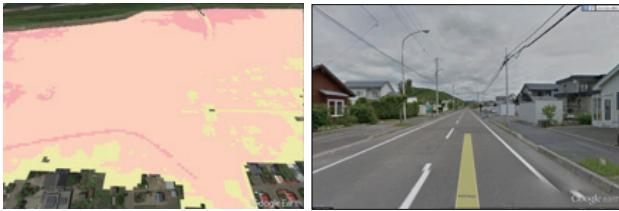
2. 災害情報の現状と課題

(1) 解析技術・メッシュ精度の向上高度化

コンピュータによる解析技術が進み、LP データ等の解析の基盤となる情報の整備も進みつつある。このような技術的進歩によって、より高精度な氾濫計算や検討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リスクについて把握できるようになりつつある。例えば 5m, 10m のメッシュ等の細かいメッシュを用いて高精度な計算が可能になった。

(2) 三次元のデータの可視化の課題

細かいメッシュを用いて氾濫計算を行った計算結果が持つ情報量は莫大だが、その細かいメッシュが持つ情報をどう活用するかが重要となってきている。氾濫計算結果の可視化においては、浸水深等を三次元的に表現することは可視化ソフトを用いて容易に可視化することができる。しかし、氾濫計算は地理情報等の情報との関連付



浸水想定区域図データ電子化ガイドラインの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。

図-1 電子化ガイドライン KML ファイル

けが重要だが、単なる浸水深の可視化だけでは、地理情報等との関係が分からない。

地理情報と関連付けるために二次元の可視化の場合は、地図情報を背景にし、浸水深をコンター化した可視化結果を投影することで関連付けを行うのが一般的だが、三次元の浸水深の可視化は、その浸水深データの持つ情報を活用するためには、地図等への投影だけでなく、背景となる地理情報も三次元であることが重要である。

5m メッシュ等の細かいメッシュになると、地図には落とし込めないより詳細な情報が含まれている。そのため、地図だけではなく、多くの情報を提供できる、衛星画像や街並みの写真等の情報が重要となってくる。また浸水情報は受け手によって欲しい情報が異なる。三次元の可視化データを用いた動画はこれまでも作られていたが、個人が自宅周辺や通勤経路等の情報を知りたい場合は視点場の変更が困難なことから、各ユーザーにカスタマイズされた情報の提供は難しかった。

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）では、後述する Google Earth¹⁾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 View²⁾機能を用いて三次元的に見ることができず（図-1）、従来の二次元的可視化方法と大きく変わらない。

情報を受取る側は洪水の際に、何が浸かるのかを具体的にイメージできれば、その情報を元に次の行動や対策を推察できるようになると考える。自宅は浸かるのか、浸かるとすれば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二次元の浸水深ごとのコンター図からは直感的にイメージしづらい情報である。

高精度の氾濫計算結果の可視化においては、単に浸水域を三次元的に可視化するだけでなく、可視化した浸水域・浸水深と地理情報等の他の情報との関連性、ユーザーの視点場にカスタマイズされていることが重要であり、それを実現する手法が課題であると考えられる。VR (Virtual Reality) 技術を利用した可視化手法³⁾や、AR (Augmented Reality) 技術を利用した可視化手法⁴⁾がこれまでも提

案されているが、地形情報、建物情報等の生成にあたり、コストが発生したり、カメラ等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した。

3. 計算結果の KML 化について

(1) Google Earth の活用

上述の課題に対し、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、建物や町並み等の三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 等の機能が整備されており、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

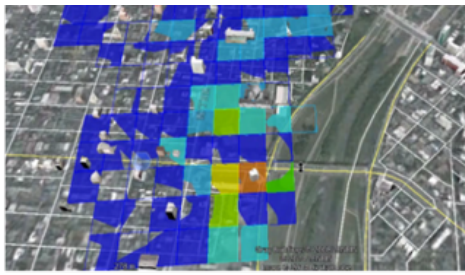
Google Earth に投影するためには、KML でその内容を定義する必要がある。KML とは、Google Earth によって広められた、XML ファイルの一つである。KML を圧縮したファイルを KMZ といい、その 2 種類が主に Google Earth 上での表現に使われる。

ウェブブラウザが HTML ファイルを表示するのと同様に、Google Earth などの Earth ブラウザは KML ファイルを表示することができるため、Google Earth をインストールすれば、KML や KMZ ファイルを閲覧することができる。またそれらのファイルは、また、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が KML の表示に対応している。

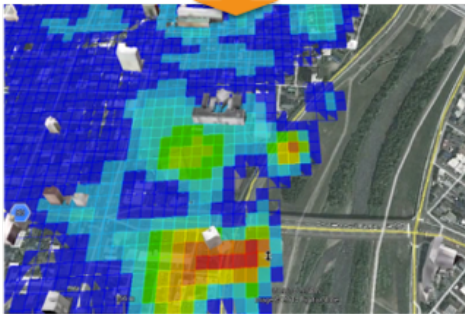
KML や KMZ ファイルを共有するには、メールで送付、ローカルネットワーク内で共有、ウェブサーバー上で公開するなどの方法がある。また、近年ではスマートフォンやタブレットが普及しているが、それらの端末においても Google Earth のアプリケーションをインストールし、KML 化したデータを見ることができる。

KML 化のメリットとして、

- ① KML 化により可視化の定義や煩雑な設定なしに Google Earth 上で計算結果を表示が可能。
- ② 時間毎に計算結果の表示が可能であり、動的な解析結果を表示可能。
- ③ 浸水深をコンターだけでなく、水深・水位を三次元で表示となるため、建物等との相対的な高さを直感的に知覚できる。



荒いメッシュ(視点が離れている場合)



細かいメッシュ(視点が近づいている場合)

図-2 視点によるメッシュの細度の変化

- ④ Street View上で計算結果を表示することで、街角からの眺めに氾濫時の光景を投影することが可能。
- ⑤ 共有が容易。
- ⑥ 他のKML化されたオープンソースを活用可能が挙げられる。

(3) KMLの可視化手法

KMLの可視化手法は以下の3つに分類できる。

① 計算結果画像を KML 化

計算結果から出力した二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。しかしながら、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。

② 計算結果のデータを二次元ポリゴン化し KML 化

計算結果のデータより緯度経度等の平面方向の位置座標を定義し、二次元化したポリゴンを生成する方法である。しかし、二次元情報のため、水深等の垂直方向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等で水深等の垂直情報を表現する必要がある。また、①の手法と比較して、KMLデータがベクトル化されているため、拡大してもKML化した結果が粗くなることはない。なお、浸水想定区域図のKMLデータは二次元のポリゴン化したKMLである⁹⁾。

③ 計算結果のデータを三次元ポリゴン化し KML 化

計算結果のデータより緯度経度等の平面方向の位置座標を定義に加え、水深等の垂直方向の情報を加えて、三次元化したポリゴンを生成する方法である。今回の検

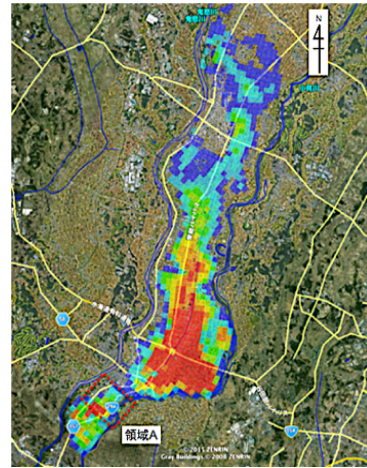


図-3 ケース aにおける可視化結果の平面図

討では、KML化の三次元化に取り組んだ。詳細は3.(4)に記載する。三次元化に伴い、データ量が大きくなるため、メモリの扱いが重要となる。

(4) KMLファイルの作成と共有

iRIC⁶⁾で行った計算結果の座標(平面直角座標系)を緯度経度に変換し、KMLの記載方式に従い出力し、三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。なお、変換のフローは以下のとおり。

- 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⁷⁾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上への計算結果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⁸⁾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-2参照)



図-4 ケース a 領域 A における可視化結果の平面図



図-5 ケース a 領域 A における可視化結果の鳥瞰図

4. KML 化した出力結果とその考察

(1) 再現計算

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。氾濫の特徴が異なる箇所以下で以下の 4 ケースで計算を実施した。

- 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を想定。
- 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を実施。
- ケース c：農作地における浸水
農作地での中小河川の氾濫を想定。場所は北海道十勝地方における旧途別川の氾濫を想定。

(2) 水害リスク

氾濫の想定を行うにあたって、氾濫計算を行う必要がある。氾濫計算にはフリーソフトウェアである iRIC を用いた。

(3) 地盤データ

LP データや国土数値情報で用いられている平面直角座標系のデータを使用し、計算は平面直角座標系の座標を用いた。

(4) ケースごとの計算結果

詳細は出力画像ごとに以下で述べてゆく。



図-6 ケース a 視点 A 付近における可視化結果の鳥瞰図



図-7 ケース a 視点 A における可視化結果(StreetView 表示)

a) 郊外の氾濫原における浸水

これは常総市における洪水を再現し、計算結果を KML 化し、Google Earth へ反映したものである。図-3 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-4 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ことが確認できる。国土地理院の基盤地図情報など、さまざまな KML レイヤーを活用することで、衛星画像以外の地図等の KML 化されたオープンソースを活用することが可能である。

図-5 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-6 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るかどうかなという情報を得ることができる。

図-7 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、多くの情報が入手可能である。例えば、家のどの高さまで浸るかどうかな、家の周りでは何が浸るのか、歩行での避難が可能な水深かどうか等の情報である。

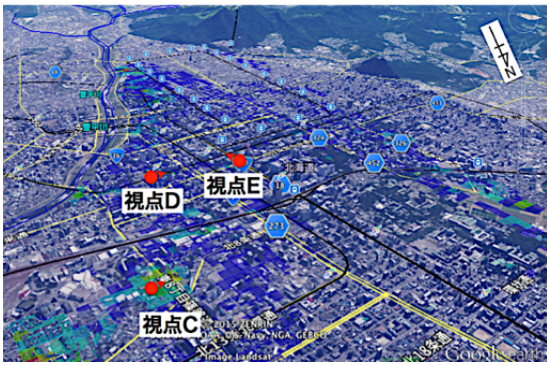


図-8 ケース b 可視化結果の鳥瞰図

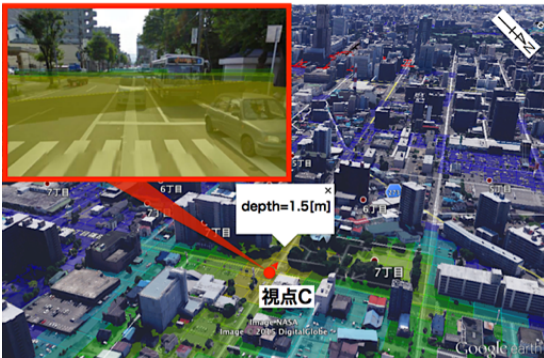


図-9 ケース b 視点 C 付近における可視化結果

b) 都市部における浸水

都市部における浸水を想定した計算を実施した。豊平川が破堤したことを想定したイメージである。図-8はその鳥瞰図になる。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-9においては、その凹地において、浸水範囲が確認できる。なお、該当箇所のパ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 表示をした際には、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推察される。図-10 においては、周囲の水深(青色)に比べ、緑色で示された異常に高い水深があることが分かる。通常の可視化ソフトの場合、その高い水位の要因を検討することは難しいが、Google Earth で表示した場合は、容易に縮尺を変更することが可能であり、また詳細な衛星画像と浸水範囲を重ねることができることから、現地の情報を詳細に分析することが可能である。この場合であると、地下駐車場への入口であることが分かり、その結果、局所的に深い浸水深が発生していることが見て取れる。

Google Earth においては、地下街等の地下構造物も示される。図-11 の赤線で示された箇所は地下構造物とその入口である。これにより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

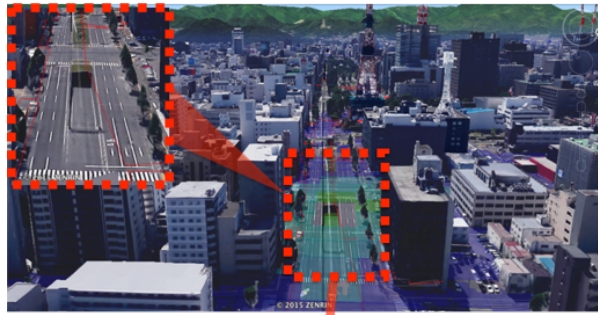


図-10 ケース a 視点 D 付近における可視化結果

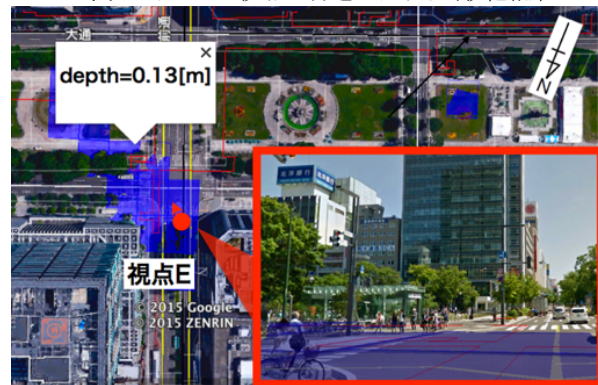


図-11 ケース b 視点 E 付近における可視化結果

の対策等を簡易的に検討できる。図-11 の場合であると、地下街への入口付近では、10cm 程度の浸水が想定されており、洪水時には止水板や土嚢等の対策をとることが有効であることが推察される。

c) 農作地における浸水

図-12 は農作地における浸水をイメージしたものである。浸水している箇所が田んぼか、畑かなどの判別や、ハウスの有無等を確認することが可能である。

また、図-13 では、詳細なメッシュを用いた際には、平面図からでは判別しづらい、細かい構造物の止水効果を判別することもできる。

(2) 活用法の検討

従来のハザードマップのように紙媒体や PDF 等の電子媒体で配布するだけでなく、インターネット上で KML 化したデータを配布することで、Google Earth を持つユーザーが自由に閲覧・利用することで、防災の啓蒙と対策に役立てることを想定している。Street View 等の機能を用いることで、普段生活している目線から氾濫時の水位を確認することができ、家の何階まで水位が上がるか、避難所まで Street View 上でルートを辿っていくことで歩いて避難ができるような水位かどうか等、地図で



図-12 ケース cにおける可視化結果例 1

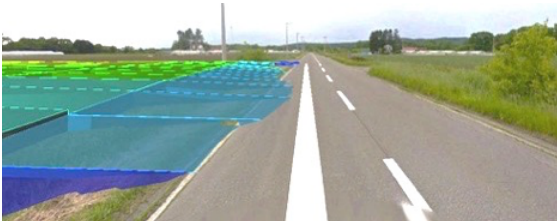


図-13 ケース cにおける可視化結果例 2

は直感的に分からない情報を得たり、避難の際のシミュレーションの実施ができるようになると考える。

また、GPSが付いているタブレットやスマートフォンに Google Earth をダウンロードし、KML 化した計算結果を、河川巡視時に持参することで、平常時の巡視を行いながら、現場で水害時のイメージを示すことが可能になる。それにより防災上の脆弱性の発見や、具体的な対策に役立てるものと考え。

災害図上訓練の際、従来の紙の地図での訓練の他、Google Earth 上に KML 化した計算結果を投影し、よりリアルなイメージを用いながら、水害時の図上訓練が可能になる。水害時の河川巡視や樋門・水門の操作を行う際にどの取り付け道路を登って行けばよいのか、避難の際にどのルートを通ることが有効なのか等のシミュレーションが可能になる。

5. おわりに

災害から身を守るためには、災害時に適切な対応がとれるよう、災害時の状況をイメージすることが重要である。本研究では、氾濫計算結果を三次元ポリゴンを活

用した KML 化により、Google Earth や Street View に浸水範囲や浸水深を表示し、浸水時の世界を自由に探索することを可能にする可視化手法を作成した。

これにより、ユーザーが知りたい場所へ自由に移動することにより、浸水深時の世界を探索し、災害時のイメージをつけることを容易にすることが可能となった。

また、Google Earth と Street View と連動することで、可視化の表現力も大幅に向上し、ユーザーは町並みと浸水域を重ねることにより、浸水範囲や浸水深やその時系列ごとの変化等の情報だけでなく、具体的に何が浸かるのかを知覚可能になった。建物のどの位置が見つかるかどうか、車両が浸かるかどうか、地下街への入口と水位の関係、凹地や道路等の盛土が洪水時にどう影響するか等、直感的に把握することが可能となった。

この KML 化技術については、iRIC へ実装される予定であり、無償で活用できる予定である。

参考文献

- 1) Google Earth, <http://www.google.co.jp/earth/>
- 2) Google Street View, <https://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/>
- 3) AR ハザードスコープ概要, <http://www.cadcenter.co.jp/camp/ARscope.html>
- 4) 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)Vol.70,No.2, pp152-159,2014
- 5) 浸水想定区域図データ電子化ガイドライン(第2版), pp59-60, 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/001097667.pdf>
- 6) iRIC, <http://i-ric.org/ja/>
- 7) 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>
- 8) Region の操作, KML 入門用ドキュメント, Google <https://developers.google.com/kml/documentation/regions?hl=ja>

(2016. 9. 30 受付)

THE IMPROVEMENT OF VISUALIZATION OF INUNDATION CALCULATION BY USING KML

Toshiyuki TANAKA, Takuya INOUE and Yasuyuki SHIMIZU

It is important to imagine the situation of inundation to take appropriate majors to save our live from the hazard. However, it is difficult to imagine inundated world from ordinary time. In this research, we study the visualizing method to create inundated world which notice us the risk of the land intuitively.

We make the KML file which visualize the inundation area and depth from the calculated date by defining 3D polygon related to GIS data. And this KML file allows us to visualize the inundated area and depth on Google Earth and Street View which enable us to travel around the inundated would. By this visualization method, we are able to image the inundated would easily.