

地理院地図を利用したハザードマップ可視化アプリの開発

Development of mobile app to visualize a tsunami hazard map using GSI maps

17WM1359 君塚 遼
Ryo Kimizuka

指導教員 丸山 喜久

SYNOPSIS

After the 2011 Tohoku Japan earthquake, importance of disaster prevention countermeasures from soft infrastructure perspective is highlighted. The local governments revise their hazard maps to raise people's awareness of disaster prevention. However, the hazard map is not sufficiently used among the local residents. This research develops a mobile app for Android devices to visualize the hazard map using augmented reality technology. The tsunami inundation depth and the location of evacuation site are displayed on a smartphone screen with the image captured by phone's camera.

1. はじめに

平成 23 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波による甚大な被害が生じた¹⁾。防潮堤などのハード面の防災対策が重要なのは言うまでもないが、想定以上の災害にはハード対策だけでは限界がある。そうした状況から、ハード面だけに頼らず、防災訓練や災害情報伝達などのソフト面の防災が近年注目されている。その中の防災施策のひとつとしてハザードマップが挙げられる。ソフト面での防災が有効に活用されるには、住民が充分にその内容を理解することが肝要である。

ハザードマップの閲覧の機会について、平成 22 年 1 月に発表された防災に関する特別世論調査²⁾と平成 30 年 1 月に発表された防災に関する世論調査³⁾の 2 つの時期の世論調査の結果を比較すると、閲覧機会が少なくとも 2 割程度増えていることが分かる。これには、2 つの世論調査の間に東北地方太平洋沖地震をはじめとした大規模な自然災害が頻発していることが強く影響しているものと思われる。

ハザードマップが有効に活用されているかについて、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の例を挙げる。この水害では、茨城県常総市の鬼怒川の堤防が決壊した。その際に発生した洪水では、実際の浸水状況がハザードマップで予想された浸水範囲とほぼ一致していたことが分かっている。しかし、多くの住民が逃げ遅れ、一時的に孤立し、救助人数は 4258 名に上ったとされている⁴⁾。この災害後に行われた中央大学河川・水文研究室のヒアリング調査⁵⁾によると、実際に自宅が浸水被害にあった住民の中で、自宅が浸水する前に「自宅は浸水すると思った」と回答した住民は 17.1%であった。しかし、その理由として、「ハザードマップで浸水する可能性がある地域となっていた」ことを挙げる住民の割合は 0%であった（図-1）。この結果からハザードマップが有効に活用されていないことが分かる。つまり、東北地方太平洋沖地震以降、ハザードマップの閲覧機会は増えたものの、それが避難行動に直接影響を与えているとは言えない。

このような調査結果を踏まえると、災害時の避難行動の一助となるため、ハザードマップの理解を促すような可視化について検討する必要があると考える。平成 27 年 9 月関東・東北豪雨後のヒアリング調査でわかるように、浸水の状況を自分の目で確認するなどの視覚的な情報から自宅の浸水を察知する住民が多いため、身近なデバイスによってハザードマップの閲覧性を高めることは、災害時に避難行動を促すのに有効と考えられる。そこで本研究は、拡張現実技術によって、スマートフォンを通じてハザードマップを可視化することとした。

本研究は、オープンデータを利用し拡張現実技術によってハザードマップを可視化するスマートフォンアプリを構築することを目的とする。さらに、災害は全国で発生しているため、地域を限定せず使用できるようなシステム設計を目指した。そこで、本研究ではオープンデータを利用することとした。オープンデータの公開にかかる作業コストは高く、市町村のオープンデータの取組状況は約 18%にとどまっている⁶⁾。そのため、本研究ではオープンデータの公開につながるように、データ登録システムの構築も同時に行うこととした。

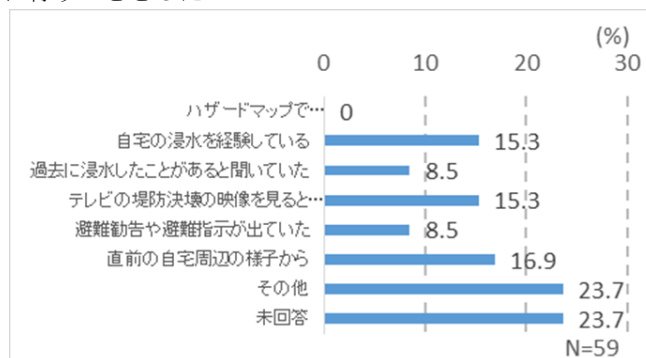


図-1 中央大学河川・水文研究室のヒアリング調査⁵⁾に基づく関東・東北豪雨で浸水の危険性を知った理由

2. 開発概要

本研究では、大きく分けて2つのシステム開発を行った。1つ目は、拡張現実を用いたスマートフォンアプリの開発である。2つ目は、ハザードデータをオープンデータ化するためのサーバーの構築である。また、本研究では、スマートフォンアプリはサーバーとの連携によってデータを取得するシステム構成をとった。データを端末内に格納するシステム構成に比べて、データ量の制限がなくなり、空間解像度などの情報の詳細度の制約がなくなるメリットがある。これにより、地域を限定せずに多くのハザードデータを扱うことができるため、全国で発生する災害に適用できる。図-2にシステム構成について示す。

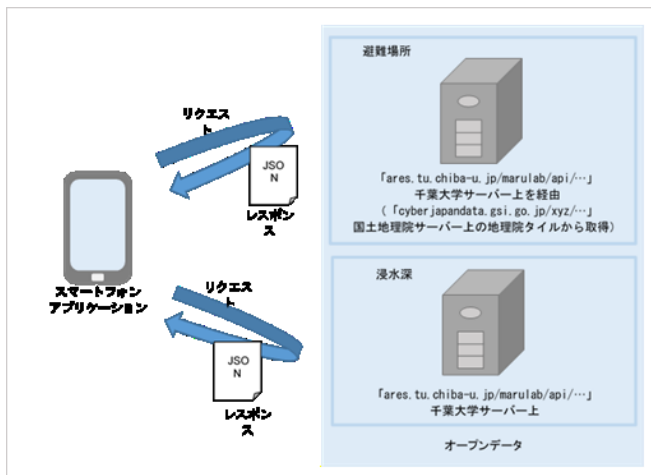


図-2 システム構成

3. アプリ開発に必要なサーバーの機能

本アプリケーションでは、サーバーとの連携を取りデータを取得するというシステム構成をとった。そのため、3つの機能をサーバーに搭載した。1つ目は浸水深データ登録システムであり、2つ目は浸水深 API、3つ目は避難場所 API である。

(1) 浸水深データ登録システム

浸水深データ登録システムは、浸水深データをオープンデータ化できるシステムである。これにより後述する浸水深 API で災害名や位置情報などを入力することで、対象地の浸水深データを取得することが可能になる。災害名称、dataname、メッシュ精度、コメントの4つの項目の入力と緯度経度および浸水深が記載されている CSV ファイルをアップロードすることで登録が可能である。入力画面で入力項目とファイルを準備し、確認画面を進むところでデータベースに入力を行う。図-3は、データ入力画面である。

(2) 浸水深 API

浸水深 API は、浸水深データ登録システムによりデータベースに格納されたハザードデータを位置情報など入力することにより取得することができるウェブ API (Application Programming Interface) である。また、本 API は国土交通省国土地理院が試験公開している標高 API⁷⁾を参考に作成した。以下の URL にパラメータを指定することで JSON 形式の浸水深データを取得することができる。

図-3 浸水深データ登録システム入力画面

<http://ares.tu.chiba-u.jp/marulab/api/getinundation.php?<パラメータ>>

浸水深データを取得する際には、インプットパラメータを4つ指定する必要がある。指定する項目は、緯度、経度、アウトプットの形式、データの指定の4つである。前章3.で登録した“dataname”を用いて、データを指定することができる。アウトプットの形式については HTML 形式と JSON 形式を選択することができる。JSON 形式を選択した場合には、アウトプットパラメータとして浸水深とデータのメッシュ間隔を取得することができる。指定した地点にデータがない場合には、浸水深が“-99.99”として取得される。また、指定した地点にデータが存在するか否かの判定は、その地点から一番近いデータがメッシュ間隔以上離れているかどうかで判断している。

(3) 避難場所 API

避難場所 API は、指定した位置情報から指定した距離の範囲内に存在する避難場所のリストを取得するウェブ API である。国土地理院の地理院タイルの指定緊急避難場所⁸⁾を取得して、指定した距離の範囲内の避難場所を取得できるように本サーバーを経由させている。

以下の URL にパラメータを指定することで JSON 形式の浸水深データを取得することができる。

<http://ares.tu.chiba-u.jp/marulab/api/getshelter.php?<パラメータ>>

避難場所データを取得する際にインプットパラメータを指定する必要がある。指定する項目は、緯度、経度、ズームレベル、距離、津波対応の3つである。

4. サーバー上で使用した処理

(1) データベース処理

本研究では、データベースに MySQL を使用した。浸水深の CSV ファイルをインポートする際には、LOAD DATA INFILE 構文⁹⁾を利用した。また、ハザードデータのポイントデータ（緯度経度）については、ST_GeomFromText 関数¹⁰⁾を利用して格納した。

アップデートする CSV ファイルの項目は、経度 (latitude),

緯度 (longitude), 浸水深 (depth) の 3 つである. 1 行目をタイトル行 (ヘッダ部) とし, 読み込み時には無視されるようになっている.

(2) マップタイル

本研究では, 地理院タイルの指定緊急避難場所を取得するため, 位置情報からタイル座標に変換を行う必要がある. 地理院タイル仕様⁸⁾では, 世界測地系 (JGD2011) で投影した地球地図全体を一枚の正方形タイルで表現したものを「ズームレベル 0」と定義している. さらに, ズームレベルが 1 つ大きいものは, 各タイルの大きさを 2 倍にして $2 \times 2 = 4$ 枚のタイルに等分割したものと定義する.

(3) Hubeny の公式

避難場所のリストを取得する際にユーザーの現在地からの距離 D を求める必要がある. まず, 地球上の 2 地点間の距離を求めるには曲率を考慮する必要がある. そこで, 曲率を考慮した計算の可能な Hubeny の公式を用いる (式(1)). ここで, D_x は 2 地点間の経度の差, D_y は 2 地点間の緯度の差, M は子午線曲率半径, N は卯酉線曲率半径, P は 2 地点の緯度の平均を表す.

$$D = \sqrt{(D_y M)^2 + (D_x N \cos P)^2} \quad (1)$$

5. ハザードマップ可視化アプリ

本研究のアプリでは, 拡張現実を用いて浸水情報表示と避難場所情報表示の 2 つの機能を実装した. 浸水情報表示機能では, サーバー上に保存された浸水時の予想水位をスマートフォンのカメラにより撮影された映像と重ねて AR 表示する. また, 避難場所情報表示機能では, 国土地理院サーバー内の指定緊急避難場所の位置と方向をスマートフォンのカメラにより撮影された映像と重ねて AR 表示する. それぞれのハザードデータについてはウェブ API で取得する. AR 表示を行うための端末内のシステムの構成について図-4 に概要を示す. アプリの実装には Java を使用し, 3D コンピュータグラフィックの描画と表示には OpenGL を使用した.

スマートフォン端末のカメラから得られる映像と 3 次元 CG とを整合させた拡張現実表示を実現するには, 世界座標系 (実空間の 3 次元座標系) と端末座標系 (スマートフォン端末のカメラ映像上の 3 次元座標系) のずれを算出し, 変換を行う必要がある. 拡張現実表示には, 文献¹¹⁾を参考にプログラムを作成した. スマートフォン端末の加速度及び地磁気をセンサより取得した値を使って端末の向きを算出する. 世界座標系は鉛直上向きを Z 軸正の方向, 真北を Y 軸正の方向, X 軸を Z 軸と Y 軸に垂直に東方向にとる.

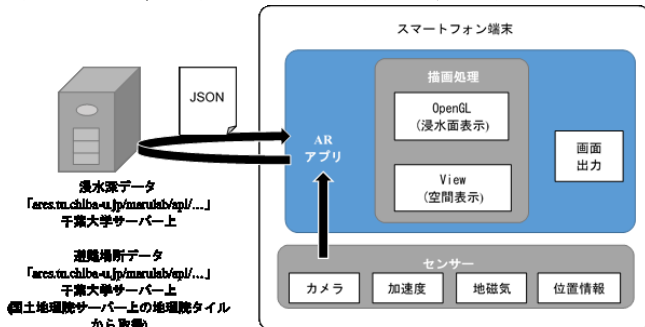


図-4 アプリのシステム構成

端末座標系については, 端末の右方向に X 軸正方向, 端末の先端 (上方向) に Y 軸正方向, 端末の画面手前方向に Z 軸正方向とする. Z 軸周りの回転で端末の先端の向いている方位を表す角度 (Yaw) を α , X 軸周りの回転で端末の見上げている角度 (Pitch) を β , Y 軸周りの回転で端末のねじり傾きの角度 (Roll) を γ とし, 世界座標系と端末座標系のずれを算出する. 加速度ベクトル $\mathbf{g}(g_x, g_y, g_z)$, 地磁気ベクトルを $\mathbf{b}(b_x, b_y, b_z)$ とすると次の式ようになる.

$$\alpha = \arctan2\left(\frac{1}{\|\mathbf{b}\|\|\mathbf{g}\|^2}\{b_y(g_z^2 - g_x^2) - b_z g_y g_z - b_x g_x g_y\}, -\frac{1}{\|\mathbf{b}\|\|\mathbf{g}\|}(b_x g_y - b_z g_x)\right) \quad (2a)$$

$$\beta = \arcsin\left(-\frac{g_y}{\|\mathbf{g}\|}\right) \quad (2b)$$

$$\gamma = \arctan2\left(-\frac{g_z}{\|\mathbf{g}\|}, -\frac{g_x}{\|\mathbf{g}\|}\right) \quad (2c)$$

また, 拡張現実表示は端末のスクリーン上に写された実際の映像に重ねて情報を表示するため, スクリーン上で対象物の位置を定義する必要がある. カメラから距離 ε 離れた位置に仮想スクリーンがあると想定し, 端末の画面サイズと端末のカメラの画角からその距離を算出する. カメラから仮想スクリーンまでの距離 ε と端末の向き $(\alpha', \beta', \gamma')$, 対象物の高さ h , 対象物から端末までの距離 d , 端末から対象へ向く方位 θ に応じて, 仮想スクリーン上に対象物を表示する位置を算出する. 図-5 に端末座標系と仮想スクリーンの位置関係を示す. 端末座標系において仮想スクリーン上の位置座標 (x, y, z) は次のようになる.

$$(x, y, z) = \begin{pmatrix} \varepsilon \tan \theta \cos(-\gamma') \\ + \frac{\varepsilon \{ \varepsilon \sin(-\beta') + \frac{\varepsilon h}{d \cos \theta} \cos(-\beta') \} \sin(-\gamma')}{\varepsilon \cos(-\beta') - \frac{\varepsilon h}{d \cos \theta} \sin(-\beta')}, \\ \varepsilon, \\ -\varepsilon \tan \theta \sin(-\gamma') \\ + \frac{\varepsilon \{ \varepsilon \sin(-\beta') + \frac{\varepsilon h}{d \cos \theta} \cos(-\beta') \} \cos(-\gamma')}{\varepsilon \cos(-\beta') - \frac{\varepsilon h}{d \cos \theta} \sin(-\beta')} \end{pmatrix} \quad (3)$$

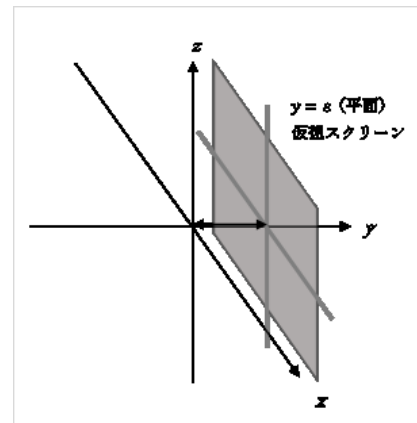


図-5 端末座標系と仮想スクリーン位置関係

(1) 浸水情報表示機能

端末のカメラから取得される実映像に重ねて浸水面を描画し画面に表示する(図-6 左)。描画される浸水面の画面上的位置については、取得できる浸水深とスマートフォン端末のカメラの視点高さの差分により決定している。スマートフォン端末のカメラの視点高さは、アプリ内でユーザーが指定する(図-6 右)。浸水深データについては、前述の浸水深 API により現在の位置情報を送信することで取得している。

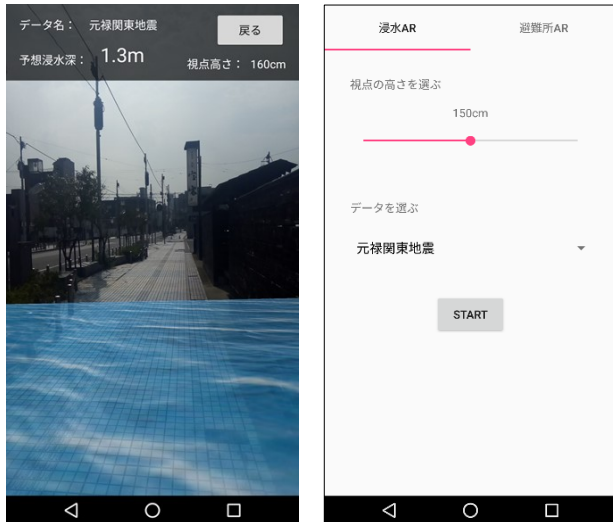


図-6 浸水深表示機能

(2) 避難場所情報表示機能

端末のカメラから取得される実映像に重ねて避難場所の方向を画面に表示する(図-7)。描画される避難場所の画面上的位置については、取得できる避難場所の位置情報とスマートフォン端末の位置情報より方位と距離を算出した後に、式(2)、(3)を用いて決定している。避難場所データについては、前述の避難場所 API により現在の位置情報を送信し、2000m の範囲内にある指定緊急避難場所を表示している。



図-7 避難場所表示機能

6. 結論

本研究では、拡張現実技術を利用してハザードマップを可視化するスマートフォンアプリケーションを開発した。また、サーバーの連携によりデータを取得するため、浸水深や避難場所の情報を取得できるウェブ API を作成した。また、浸水深データをオープンデータ化できるシステムを構築した。スマートフォン端末のカメラから取得された実際のリアルタイム映像に、拡張現実を利用して水位を表示することで、災害時に想定される状況を紙面上のハザードマップよりも容易に想像することが可能になり、早期の避難行動などを促し被害の軽減が期待できると考える。

本研究のアプリは、国土地理院が整備したデータから避難場所を取得しているため、日本国内であればどこでも避難場所の情報を可視化することができる。また、津波の浸水深データに関しては、本研究の浸水深データ登録システムを利用し格納すれば、様々な地域の浸水深を可視化できる。つまり、本研究で構築したアプリは地域を限定したものではなく、同一のアプリで日本全国の浸水深や避難場所を可視化できることが大きな特徴である。

今後の課題としては、複数ハザードデータへの対応や、UI などのヒアリング調査、スマートフォン上で表示する情報について検討する必要があると考える。また、開発したスマートフォンアプリケーションが避難行動にどのような効果をもたらすかについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 宮城県：東日本大震災 -宮城県の発災後 1 年間の災害対応の記録とその検証-, <https://www.pref.miyagi.jp/site/kt-kiroku/kt-kensyou3.html>, 2015.
- 2) 内閣府：平成 22 年 1 月 21 日防災に関する特別世論調査, <http://survey.gov-online.go.jp/tokubetu/h21/h21-bosai.pdf>, 2010.
- 3) 内閣府：平成 30 年 1 月防災に関する世論調査, <https://survey.gov-online.go.jp/h29/h29-bousai/gairaku.pdf>, 2018.
- 4) 常総市水害対策検証委員会：平成 27 年常総市鬼怒川水害対応に関する検証報告書, 2015
- 5) 中央大学河川・水文研究室：茨城県常総市で実施したヒアリング調査の結果, <https://hydlab-chuo.jimdo.com/茨城県常総市で実施したヒアリング調査の結果/>, 2016.
- 6) 総務省、オープンデータについて, http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictriyou/opendata/index.html
- 7) 国土交通省国土地理院：標高 API, <https://maps.gsi.go.jp/development/api.html>, 2013
- 8) 国土交通省国土地理院：地理院タイル <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>
- 9) MySQL 5.6 リファレンスマニュアル：LOAD DATA INFILE, <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/ja/load-data.html>
- 10) MySQL 8.0 Reference Manual：Point Property Functions, <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/gis-point-property-functions.html>
- 11) 郷田まり子, 宅間俊志, 近藤昭雄：ジオモバイルプログラミング, ワークスコーポレーション, 2011.