

Web アプリケーションを用いたリアルタイム津波シミュレーションの可視化と情報共有

塩崎大輔^{†1} 橋本雄一^{†2} 谷岡勇市郎^{†3}

概要：本研究では、Gusman and Tanioka (2014) が提案した津波のリアルタイムシミュレーションモデルを、先行研究で開発された津波浸水可視化アプリにて可視化・共有することにより、津波災害発生時のリアルタイム津波シミュレーション結果の利活用方法を検討することを目的とする。可視化には先行研究で開発された津波シミュレーション可視化 Web システムを改修し利用する。システムを改修することにより、津波シミュレーションデータを DB にて一括管理することにより、データ更新の簡略化、シームレスな情報の共有を可能とした。しかし、正確なポリゴンの描画に際しては、表示領域が拡大するに従って情報量が多くなりすぎ、描画側に過度な負荷をかける結果となった。

次に釧路市を対象としてリアルタイム津波シミュレーションデータを可視化し、先行研究にて可視化された北海道の津波浸水シミュレーションデータとの比較を行った。北海道の津波浸水シミュレーションデータは釧路市全域が浸水領域になるのに対して、リアルタイム津波シミュレーションデータでは地震の位置や規模によって浸水エリアが異なることが明らかとなった。また地理院地図や避難所情報と合わせて確認することにより、交通インフラや避難所の利用可否を検討することが可能となった。

こうした観測データに基づいた現実に近い形の津波浸水想定を利用し情報を共有することにより、避難所開設の判断、物資輸送の計画、救助活動の策定など、災害直後の初動の一助となることが期待された。しかし発災時の避難誘導への援用なども考えられたが、津波到達まで 30 分前後しか猶予のない釧路市では、計算結果がでるまでの時間や共有の時間や正確性の評価を考えると、現状では利用が難しいことが課題として残った。

キーワード：津波災害，GIS（地理情報システム），リアルタイム津波シミュレーション，釧路市

1. はじめに

東日本大震災以降、日本では地震や津波といった甚大災害に対してどのように防災・減災に取り組み、レジリエントな社会を構築していくか議論がされてきた。

平成 25 年に中央防災会議でまとめられた南海トラフ巨大地震対策についての最終報告書の中では、具体的に実施すべき対策の一つとして発災時における防災情報の共有化を挙げており、この中では特に地理情報システム (GIS) を活用した情報共有化基盤の整備が具体例として挙げられた[1]。防災関係者が GIS ベースで共通の状況把握ができるようにし、迅速で効果的な災害対応時の連携が図られることを目指した。またこの中で GPS やタグといった ICT 技術を用いることにより、ロジスティクスシステムの構築を進めることの必要性に関しても言及された。

2017 年には新たに南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について中央防災会議が報告しており、この中では観測データとシミュレーションモデルを統合したデータ同化によって、実際の現象を適切に再現する等の新たな技術進展の重要性も述べられた[2]。

発災間もなく大きな被害をもたらすような甚大災害の場合、早期に被害の状況を把握することが重要であり、その一助となるような観測・シミュレーション結果の共有は

災害対応においても必要であると考えられる。

津波のシミュレーション結果と連携した防災アプリはこれまでも複数提案されてきた。孫ほか (2017) は、避難訓練時にその行動軌跡を記録し、津波シミュレーションデータと合わせて表示することにより、より実践的な訓練を促すアプリを開発し実証を行った[3]。畑山ほか (2014) は津波シミュレーションとマルチエージェントシミュレーションを用いることにより、災害発生時の避難行動を評価するシステムを開発し、防災教育や地域防災計画策定に際しての有用な情報を提供した[4]。

塩崎・橋本 (2017) は北海道総務部危機対策局より提供された津波シミュレーション結果を可視化し、Web ベースでの情報共有を可能とするシステムを開発した[5]。しかし事前のデータ整備が必要である点、シミュレーション結果が複数の津波断層を対象とした最大想定であり、津波災害時の実際の被害状況との乖離が考えられるなど、課題が明らかとなった。

そこで本研究では、Gusman and Tanioka (2014) が提案した津波のリアルタイムシミュレーションモデルを、先行研究で開発された津波浸水可視化アプリにて可視化・共有することにより、津波災害発生時のリアルタイム津波シミュレーション結果の利活用方法を検討することを目的とする。

1.1 研究方法

本研究はまずシステムでリアルタイム津波シミュレーションデータを表示するために、ベクタ形式の津波浸水シミュレーションデータをラスタ化する。次にリアルタイム津波シミュレーションデータを Web アプリケーションで

†1 北海道大学大学院文学研究科・院
Hokkaido University, Graduate School of Letter .

†2 北海道大学大学院文学研究科
Hokkaido University, Graduate School of Letter .

†3 北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター
Hokkaido University, Faculty of Science Institute of Seismology and Volcanology .

可視化し、北海道が想定する津波の最大想定と比較しつつ、その利活用方法を検討する。なお今回利用する可視化システムは、事前のデータ作成などの課題を解決するための改良を行い利用する。

1.2 対象地域

本研究の対象地域は北海道釧路市とする(図1)。北海道は多くの人口密集が沿岸部に位置しており、津波災害の潜在的なリスクを負っている。地震調査研究本部の予測では北海道東部地域におけるマグニチュード 8.8 程度の超巨大地震の発生確率は 30 年以内に 7~40%程度となっている。また十勝沖から択捉島沖の海溝よりのプレート間地震、津波を伴う地震の発生確率は 50%程度とその危険性を指摘している[6]。

北海道釧路市は人口が 17.4 万人、面積が 1,362.9 km²である。人口密集地が沿岸部に位置しており、後背には釧路湿原が広がる低地である。北海道が公開する最新の津波浸水シミュレーションデータでは、後背の釧路湿原まで浸水が広がる想定である。

橋本(2017)は最新の津波浸水データを元に、沿岸市町村における想定域内夜間人口を計算した。その結果、釧路市は域内夜間人口が 12.8 万人と全市町村で最も多いことを明らかにした[7]。これは実に人口の 73.5%が被災するリスクを追うことになる。また 2 番目に大きい函館市が 5.9 万人であり、釧路市が突出して被災リスクが高いことが分かる。こうした地域における津波浸水のシミュレーション結果を可視化し共有することは、今後の防災を考慮する上で有効であると考えられる。

2. 津波浸水シミュレーションデータ

本研究では 2 種類の津波シミュレーションデータを利用する。一つは北海道が公開する最大想定津波浸水シミュレーションデータである。北海道では北海道防災会議地震火山対策部会地震専門委員会に設置されたワーキンググループの指導のもと津波波源モデルを設定し津波シミュレーションを実施し、津波浸水予測図を作成した。本研究で用いるデータは 2016 年度に作成されたデータのうち「太平洋沿岸の津波被害想定に係る津波遡上データ」である。

このデータはシェープ形式で保存されており、50 メートルメッシュ毎に属性が付与されている。属性データとしては、位置情報及び ID 情報に加え、1cm、20cm、30cm、100cm、200cm、最大浸水深に達する時間が秒単位で付与されている。

もう一つは Gusman and Tanioka (2014) によって計算されたリアルタイム津波シミュレーションデータである[7]。このデータは十勝沖においてマグニチュード 8.7、走向 250°、すべり角 10°、傾斜角 90°、深さ 10km、断層の長

さ 200km、断層の幅 100km の地震を想定したデータである[8]。このシミュレーションデータの特徴は、事前に計算した津波シミュレーションデータをデータベースに格納しておき、地震が起こった際にその DB を利用しリアルタイムで津波浸水予測をシミュレーションすることにある。

従来ならば浸水予測をシミュレーションするには多くの時間を要したが、このリアルタイムシミュレーションデータは数分で演算が可能となり、その情報を出力することができる。計算結果は 1 分毎に Ascii 形式のバイナリファイルで出力され、ファイルには浸水の位置と浸水深が情報として書き込まれている。本研究ではこのデータを一旦 GIS にてラスタ化し、KMZ ファイルに変換し利用する。

両者のデータの差異は北海道が津波浸水の最大を想定しているのに対して、リアルタイム津波シミュレーションは実際に起こった地震を観測データに基づいて計算している点にある。道の想定は複数の津波断層を対象とし浸水が始まる最も早い情報を採用しているため、実際の津波浸水領域は狭まることはあっても広がることは考えにくい。

他方リアルタイム津波シミュレーションデータでは観測データに基づくため、実際に浸水していると想定される領域をアウトプットし、災害発生後の対応の一助となることが期待される。



図 1 JR 釧路駅周辺地図

3. 津波浸水シミュレーション可視化システム

本研究で用いる津波シミュレーション可視化システムは先行研究にて開発されたシステムを改良し利用する(図2)。

基本機能は塩崎・橋本（2017）にて開発されたシステムと同様である。リアルタイム津波シミュレーションデータは最終的に KMZ ファイルに加工されるため、従来の仕組みにて可視化が可能である。しかし、この手法では KMZ の作成に手間がかかり、すぐには出力できないといった課題も明らかとなった。

そこで、本研究で利用するシステムには一部改良を加えた。これまでは任意の領域を設定した上で KMZ から情報を読み取り、CZML ファイルを作成するため複数の手順を踏んでいた。改良後はデータを直接 MySQL データベースに格納し、格納されたデータを市町村毎に出力できるようにした。DB に情報を取り込みに際しては、北海道が公開している津波想定データが SHP ファイルを GIS にて GeoJSON ファイルに変換し、直接取り込む機能を実装した。これにより、沿岸市町村のデータを一括で管理することができ、また更新に際しても手順が簡略化されたため、より迅速な対応が可能となる。DB へ格納されたデータは 50m メッシュ毎にレコードが作成される。ここには全ての属性データが書き込まれているため、CZML ファイルの作成機能を一部更新し、秒単位の可視化に対応した。さらに、従来はデータをラスタ化する際に、対象範囲を大きくすると画像ファイルの制約から一部ブレが生じていたが、新たな CZML ファイルには個別レコードのポリゴン情報が記載されるため、より正確に描画することが可能となった（図 3）。

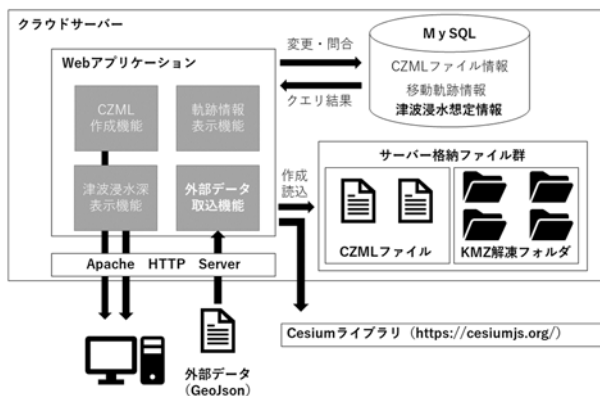


図 2 システム構成

しかし、レコード数が膨大になることにより課題も残った。例えば函館市のデータを可視化する場合、1 時間のデータに必要な画像情報は 5 つの浸水レベルで 300 枚であった。しかしレコード単位でポリゴンを描画する更新後のシステムでは、60 分のデータを描画するのに、最大 48,280 のポリゴンデータを CZML ファイルに記載することになる。そのため、描画を担う端末及び Web ブラウザに過度な負荷をかける結果となった。釧路市の場合はさらに領域が広がるため、274,945 のポリゴンデータが必要となり、これは Web ブラ

ウザの限界を超えていた。現在は表示領域を制限することにより対応したが、今後は WMTS に対応させる必要があるなどの検討課題として残った。

リアルタイム津波シミュレーションデータが釧路市全体を対象としているため、本稿では先行研究と同様に画像データを利用した表示方法を利用する。

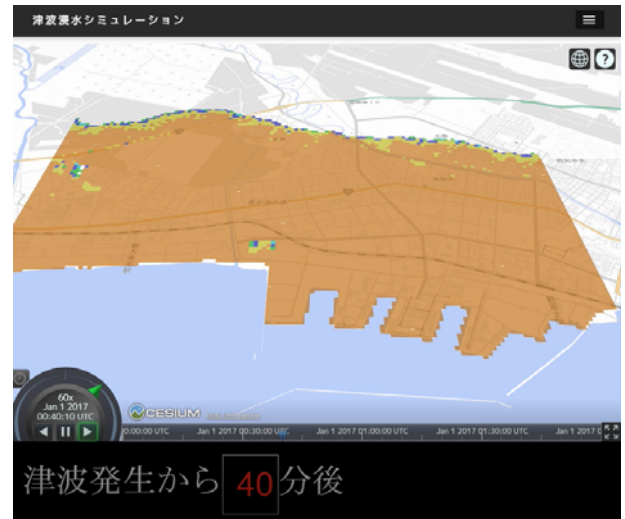


図 3 Web アプリ更新後の津波可視化画面

4. 異なる津波浸水シミュレーションの可視化

4.1 北海道の津波浸水想定シミュレーションデータの可視化

図 3 は北海道の津波浸水想定シミュレーションデータと十勝沖地震を想定したリアルタイム津波シミュレーションデータを可視化したものである。まずは北海道のデータを見ていく。道の想定では津波発生後 23 分後に始まり、これは以前可視化した函館市よりも 30 分以上早い想定となった。

釧路川と新釧路川に挟まれた中心市街地の沿岸部には 26～27 分後に到達しており、津波発生 30 分後には国道 38 号に達した (4-1-a)。その後 33 分後には釧路商店街も含む釧路駅南側は浸水し、40 分後には道道 113 号線を含む南側は完全に浸水した (4-1-c)。釧路市の沿岸部から道道 113 号までは直線距離にて約 2.5km 離れているが、この間の地域が浸水深 200cm に達するのに 10 分強と非常に早いスピードで津波が進行する想定であった。

50 分後には浸水領域が釧路湿原に差し掛かり、ここで初めて浸水深の減衰が見られた (4-1-d)。つまり津波浸水が始まってから人口密集地が完全に浸水するまで 20 分強であり、釧路市に住む約 12 万人に残された時間はほとんどないことが分かる。



4-1-a 30分後



4-2-a 30分後



4-1-b 35分後



4-2-b 35分後



4-1-c 40分後



4-2-c 40分後



4-1-d 50分後



4-2-d 50分後

図4 釧路市における経過時間毎の津波浸水シミュレーションの可視化

4-1 北海道から提供されたシミュレーションデータ

4-2 十勝沖地震を想定したリアルタイム津波シミュレーション

4.2 リアルタイム津波シミュレーションデータの可視化

次に十勝沖を対象としたリアルタイム津波シミュレーションデータの可視化結果を見ていく。このシミュレーション結果では津波発生から 29～30 分後に釧路市沿岸部に波が到達した (4-2-a)。それから国道 38 号から沿岸部にかけて完全に浸水するまでの時間は、津波発生から 37 分弱であった (4-2-b)。

その後釧路駅以南が完全に浸水するまで 40 分前後であり、道の想定に比べ緩やかに浸水が広がっていく様子が分かった (4-2-c)。柳町公園にまで浸水が到達するのが 70 分前後経過した後であったが、その後の浸水領域の広がりには更に鈍化し、後背の釧路湿原に届くことはなかった。これは津波の強さが最大想定に比べて弱く、柳町公園が若干の窪地になっていることから、波の進行速度に影響を与えたのではないかと推測される。

新釧路川より西部になると、浸水領域がさらに狭くなり、道道 860 号から道道 559 号、道道 53 号にかけてのラインで浸水領域が止まった。これは道道 559 号よりも北側の標高が若干高くなっているためと考えられる。

5. リアルタイム津波シミュレーションデータの利活用方法の検討

5.1 発災時における津波避難への援用

このように北海道が想定する最大レベルの津波浸水シミュレーションとリアルタイム津波浸水シミュレーションでは浸水領域及び浸水スピードに大きな差異が生じた。本章ではこうした差異がある中、リアルタイム津波シミュレーションデータの利活用方法を検討していく。

まず先行研究等で論じられるのが、発災時の適切な避難行動への活用である。市役所等の公共機関へのヒアリング調査でも津波警報がでる都度、最大想定での避難誘導を行うことは現実的ではないという意見も聞かれた。北海道の沿岸部に於いては、短いスパンで太平洋沿岸での地震が発生し、津波警報ないしは注意報が出ることがある。

しかしその多くは波が高くなく、沿岸部の一部が浸水するに留まる。この状況で最大想定での避難誘導を行ってはいずれ津波警報自体への不信感につながる結果になることが危惧されており、避難を誘導する公共機関では毎回難しい判断を強いられている。そうした中、観測データに基づいたシミュレーション結果は最大想定よりも現実に近い想定結果が得られるので、避難誘導を行うにあたって、判断の一つ材料になると考えられる。

今回は可視化に際して緊急避難場所に指定されている津波避難ビルの位置情報を同時にプロットした。道の想定では釧路川より西側の津波避難ビルは全て浸水領域に位置することになる。対してリアルタイム津波シミュレーション

ン結果では、半数以上の津波避難ビルが浸水を免れる結果となった。津波避難ビルだけではなく、その他の災害に対応した広域避難場所や指定避難施設も利用可能な状態にある地域が複数箇所存在する。そうした施設への誘導も可能となる。

5.2 発災直後における状況把握への援用

次に津波災害発災直後におけるリアルタイム津波シミュレーション情報の活用方法を検討する。津波災害発災直後は、各公共機関が初動を始めるフェーズである。例えば地方自治体などでは災害対策本部の設置とともに他機関との情報共有、避難所の開設、負傷者の救護、ライフラインや設備の確認など多くの活動を一齐に始める。そして、避難所の利用可否や交通網の利用可否など判断するための被災状況の確認が急務となる。

現在ではドローンの活用や、SNS を利用した情報収集など様々な状況把握手段が提案されているが、天候や通信状況に左右されるなどの可能性も考慮される。そうした状況が重なった場合、避難所の開設可否やインフラの利用可否などは実際に担当者が確認する他ない。また要救助者の捜索では、現在のハザードマップでは全ての施設が浸水する可能性があるため、どのエリアを探索していくかの判断をするのも初動の段階では難しい。

こうした状況の中、初動時にリアルタイム津波シミュレーション結果を活用することで、初動を迅速に行えるのではないかと考える。まず避難所の開設にあたっては、先にも述べたように、リアルタイム津波浸水シミュレーションデータから津波避難ビルだけでなく、広域避難所の利用可否を検討することができる。そして、浸水していないであろう施設から順次開設ないしは確認をしていく。特に津波浸水領域付近の地域には多くの被災者が集まることが予想される。そうした人々の受け皿としてスムーズな避難所開設が行う必要があり、その判断の一つの指標としてリアルタイム情報を利用するのである。

次に、インフラの利用可否判断である。特に交通インフラの利用可否は避難者の移動、物資の輸送、被災状況の確認などに直結する重要な情報の一つである。今回計算したリアルタイム津波シミュレーションデータでは、当該状況においては道道 113 号までは浸水が達していないことがわかり、またこの 113 号以北の交通網に関してはビルの倒壊や渋滞が起きていない限り利用が可能であると予測できる。これにより、利用しようとしていた道が浸水し利用不可であったなどのタイムラグを軽減できると考えられる。

最後に救助活動が行われる際の、救助計画への援用である。リアルタイム津波シミュレーションデータから、釧路駅以南の津波避難ビルは浸水している可能性があるかと判断できる。釧路駅より南側は商業施設や観光施設などが多く存在しており、多くの要救助者がこの津波避難ビルに取り

残されている可能性が指摘される。こうした状況を素早く救助活動を行う組織と情報共有することにより、救助計画策定の一助とすることが期待される。

また要救助者は津波避難ビルだけにいるわけではない。観光施設や商業施設、特に災害弱者が多くいると考えられる老人ホームなどにも多くの被災者が取り残されていると考えられる。自治体はこうした情報を同時に共有することにより、より迅速な救助活動や支援活動を行えるのではないかと期待される。

6. おわりに

本研究では、津波のリアルタイムシミュレーションモデルを先行研究で開発された津波浸水可視化アプリにて可視化・共有することにより、津波災害発生時のリアルタイム津波シミュレーション結果の利活用方法を検討することを目的とした。また合わせて、先行研究にて開発されたシステムを改修することにより、シームレスな情報共有を目指した。

まずシステムを改修することにより、津波シミュレーションデータをDBにて一括管理することにより、データ更新の簡略化、シームレスな情報の共有を可能とした。しかし、正確なポリゴンの描画に際しては、表示領域が拡大するに従って情報量が多くなりすぎ、描画側に過度な負荷をかける結果となった。

次に釧路市を対象とし、リアルタイム津波シミュレーションデータを可視化し、先行研究にて可視化された北海道の津波浸水シミュレーションデータとの比較を行った。北海道の津波浸水シミュレーションデータでは、釧路市全域が浸水領域になるのに対して、リアルタイム津波シミュレーションデータでは地震の規模によって浸水エリアが異なることが明らかとなった。また地理院地図や避難所情報と合わせて確認することにより、交通インフラや避難所の利用可否を検討することが可能となった。

こうした観測データに基づいた現実に近い形の津波浸水想定を利用し情報を共有することにより、避難所開設の判断、物資輸送の計画、救助活動の策定など、災害直後の初動の一助となることが期待された。しかし、前述したように観測データに基づいたシミュレーション結果は常に正確さ・評価の問題を内在する。釧路市のシミュレーション結果に関しても、実際に津波災害の被災状況を見るまでは、そのデータの正確さを判断できない。そのため現時点では、避難者行動者に関しては、やはり最大規模を想定した避難を心がけることが重要であると言える。また発災時の避難誘導への援用なども考えられたが、津波到達まで30分前後しか猶予のない釧路市では、計算結果がでるまでの時間や共有の時間が問題となった。

このため発災時にF-net等の情報を使い自動で演算し、

システム上に可視化される施策を行う等、より迅速な可視化を行ない、またWMTSを利用することで通信容量を圧縮する等を今後の検討課題とし結びとする。

謝辞 本研究を進めるにあたり、北海道総務部危機対策局危機対策課から太平洋沿岸の津波被害想定に係る津波遡上データを提供していただきました。またリアルタイム津波シミュレーションデータを利用するに際してはGusman氏にご協力いただきました。ここに記して深く感謝いたします。なお、本研究は、文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」における成果の一部である。

- [1] 中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ:南海トラフ巨大地震対策について(最終報告),内閣府防災情報のページ(2013),入手先(http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf) (参照 2018-2-1).
- [2] 中央防災会議防災対策実行会議南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ:南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について(報告),内閣府防災情報のページ(2017),入手先(http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taio_wg/pdf/h290926honbun.pdf) (参照 2018-2-1).
- [3] 孫英英,矢守克也,鈴木進吾,李葉昕,杉山高志,千々和詩織,西野隆博,卜部 兼慎. スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える:「逃げトレ」の開発と実装の試み.情報処理学会論文誌, vol. 58, no. 1, pp. 205-214, (2017) .
- [4] 畑山満則,中居楓子:矢守克也:地域ごとの津波避難計画策定を支援する津波避難評価システムの開発.情報処理学会論文誌, vol. 55, no. 5, pp. 1498-1608, (2014)
- [5] 塩崎大輔,橋本雄一:オープンソースライブラリによる津波浸水に関する時間発展の可視化と利活用.情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 (IS), 2017-IS-141(10),1-6 (2017)
- [6] 地震調査研究本部:北海道地方の地震活動の特徴,地震調査研究本部 Web ページ(2018),入手先(<http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/hokkaido/hokkaido.htm>) (参照 2018-2-2).
- [7] 橋本雄一(編):二訂版 QGISの基本と防災活用,古今書院,183p
- [8] Aditya Riadi Gusman, Yuichiro Tanioka: Effectiveness of Real-Time Near-Field Tsunami Inundation Forecasts for Tsunami Evacuation in Kushiro City, Hokkaido, Japan. V. Santiago-Fandiño et al, Post-Tsunami Hazard, Springer, pp157-177.