

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：高精度な津波数値計算結果を用いた津波の地域特性の理解

研究期間：令和2年度～令和3年度

研究費総額：300千円（令和2年度240千円、令和3年度60千円）

研究代表者：気象研究所地震津波研究部第四研究室 南雅晃

研究担当者：令和2年度

藤田正義, 後藤峻, 田中満幸（仙台管区気象台 気象防災部 地震火山課）

瀧本絵里香, 佐藤悠弥, 沼野あかね, 兵藤守, 小原久典, 新納孝寿
（大阪管区気象台 気象防災部 地震火山課）

瀬戸博巳, 川田敏弘（高知地方気象台）

石川徹, 赤嶺拓, 宮城健（石垣島地方気象台）

令和3年度

藤田正義, 後藤峻, 増田颯貴（仙台管区気象台 気象防災部 地震火山課）

瀧本絵里香, 湯浅雄平, 佐藤悠弥, 沼野あかね, 兵藤守, 小原久典, 竹添竜也
（大阪管区気象台 気象防災部 地震火山課）

三木洋介, 飯盛裕, 川田敏弘, 藤田選哉, 北村光良, 岡野泰貴, 佐藤信, 竹下京佑, 肥塚大樹
（高知地方気象台）

儀間英斗, 石川徹, 宮城健（石垣島地方気象台）

1. 研究の背景・意義

（社会的背景・意義）

2011年東北地方太平洋沖地震による巨大津波によって、東北地方を中心に甚大な被害が発生した。この事態を受け国や各地方自治体では、次に発生しうる津波災害の被害想定、避難想定のために、津波数値シミュレーションによるハザードマップの作成などが行われている。例えば、内閣府の南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループによる、南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等とその被害想定は、考えうる最大の地震を想定しつつ、現時点で最も妥当であると考えられる津波数値シミュレーション方法を用いた計算が行われている。さらに、各都道府県でも、その地域に被害を及ぼしうる津波の被害想定も行っており、その際も概ね同様の手法で津波数値シミュレーションが行われている。これらの数値シミュレーション結果は、計算結果がそのまま防災に利用出来るものではなく、結果を専門家が読み解き、その読み解いた結果を行政や一般の国民が利用する形になる。この結果の詳細な読み解きには、津波数値シミュレーションの知識が必要であり、その知識の蓄積には、実際に津波数値シミュレーションを行うしかないが、そのための手段は限られている。その中で地方気象台等の職員には、津波のホームドクターとして、それぞれの地域での津波数値シミュレーション結果の解説や、それらを防災に生かすためのアドバイスなどの専門知識が求められている。このような背景の中で、各官署が、今回の地方共同研究において、各地域の津波数値シミュレーションを行うことによって、各地域の津波の特徴や、

津波数値シミュレーションの知識を習得することにより、津波ハザードマップの結果の解説など各地方自治体へのアドバイスなどが可能になり、各地域の防災能力の向上が期待出来、その社会的意義は大きい。

(学術的背景・意義)

津波数値シミュレーションを用いた研究の最も根源たる目的はその精度の向上である。また、津波数値シミュレーションを用いた研究は数多く行われているが、津波研究者の数は決して多くはなく、各大学の所在する地域や、よく解析に用いられる地域を対象を絞った研究がその多くを占め、個別具体の地域全てについて詳細に解析するには至っていない。翻って、津波は沿岸地形や海底地形の効果などにより局地的に高くなることがあり、個々の狭い範囲の地点での津波の正確な予測を行うこともまた重要である。そこで、気象研究所で行った高精度な計算結果等を各官署で詳細に検証し、各地方において自らの地方に特化した解析を行うことによって、これまで明らかになっていなかった各地方に特化したそれぞれの地域の津波の特性を見出し、その知見を津波数値シミュレーションのパラメータ設定や地形データなどに取り入れることによって、その計算精度の向上などが期待できる。

(気象業務での意義)

社会的背景でも述べた通り、津波数値シミュレーションの知識の習熟には実際に津波数値シミュレーションを行うことが必要であるが、地方気象台等ではそのための手段が少ない、その中で今回の地方共同研究により、各官署において津波数値シミュレーションを行うことによって、各官署の担当職員のスキルアップが可能となる。今回の地方共同研究で得られた経験・知識によって、津波防災業務に関する業務遂行能力の大幅な向上が期待される。

2. 研究の目的

各々の地方において観測されたり予測されたりしている周辺に比べて局地的に高い津波が、地形効果などその地域特有の現象であるのか、それともその他に原因があるのかを、様々な条件で行った津波数値計算を定量的に評価することにより、各地方における津波の地域特性を見いだす。加えて津波数値計算の精緻化による効果なども明らかにする。

3. 研究の目標

各地域の津波の地域特性を把握するために、津波計算の各種パラメータ等を様々に変化させて計算を行う、さらに計算に用いる地形データの精緻化を行い計算を行うなどして、それらが計算結果に与えるインパクトを評価することを目標とする。

4. 研究成果

(1) 成果の概要

【仙台管区気象台の結果概要】

仙台管区気象台では、1年目は1960年チリ地震を対象とした遠地津波の解析を行った。現在広く利用されている断層モデルを使い90秒メッシュで計算を行った場合、

その計算結果は記録されている最大波高よりも過大になることが分かった。2年目は2003年十勝沖の地震を対象として解析を行い、4秒メッシュの精緻な地形を用いて計算を行った。その結果、気象庁業務で用いられている60秒メッシュや30秒メッシュの計算と比べて、三陸沿岸の各湾での津波の表現が向上し、同じ湾内でもより津波が高くなる場所を特定することが出来た。

【大阪管区気象台の結果概要】

大阪管区気象台では、1年目は想定南海トラフ地震や、2004年の紀伊半島南東沖の地震、想定鳥取沖地震などの事例で解析を行い、断層パラメータの違いによる波高の違いや、検潮所付近の地形解像度による検潮所のあるメッシュでの波高の違いを明らかにした。2年目は2004年の紀伊半島南東沖の地震を対象を絞り解析を行い、10秒メッシュ及び3.3秒メッシュの地形での比較、さらには非線形長波方程式と、線形長波方程式での計算の比較も行った。その結果、10秒非線形長波と3.3秒非線形長波での計算結果と、観測値との波形の比較でRMSE（Root Mean Square Error）がほとんど変化せず、今回の事例では非線形長波方程式を用いた計算では、10秒メッシュ地形の計算と3.3秒メッシュ地形での計算で精度に大きな違いがないことを明らかにした。

【高知地方気象台の結果概要】

高知地方気象台では、南海トラフの歴史地震を対象とし解析を行った。1年目は1707年宝永地震、1854年安政南海地震、1946年昭和南海地震を対象として10秒メッシュ地形を用いて計算を行い、記録されている遡上高などと比較した。その結果現在広く用いられている断層モデルを使用した場合、すべての事例で高知県内では室戸岬付近などの県東部では計算値が過大の傾向を示し、それ以外の県中部～西部では計算値が過少の傾向を示すことを明らかにした。2年目は同じ地震を対象とし、解析に使用する場所を宿毛市の宿毛湾付近を対象を絞り解析を行った。まず、古文書(小野家家譜)の記載から現地調査を行い、古文書記載の遡上高の計測(追試)を行った。計算結果とそれら古文書の記載と計測した遡上高を比較したところ、津波の押し引きや周期はおおむね一致したが、遡上高に関しては計算値がやはり過少となる結果であった。

【石垣島地方気象台の結果概要】

石垣島地方気象台では、1年目は2011年東北地方太平洋沖地震を対象として非線形長波計算と線形分散波計算の計算を行いその比較を行った。2年目は1986年台湾付近の地震を対象として、30秒メッシュ地形と2秒メッシュ地形での計算を行い、その比較と地域特性の解析を行った。その結果、今回の事例では先島諸島の各島では島の北側が津波が高くなりやすいことが分かった。台湾は先島諸島から見て西側にあり直感と反する。これは台湾東岸で起こった津波の場合、先島諸島北側、東シナ海側の水深の浅い領域を経由した津波はより屈折しやすく、島の北側に大きく及ぼすのに対して、先島諸島南側、琉球海溝の水深の深い領域を経由した津波は、その伝播速度が速く屈折しづらいため、島の南側は津波の波高が小さくなることが分かった。

(2) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

変更なし

(3) 成果の他の研究への波及状況

気象研究所では、経常研究S課題「地震と津波の監視・予測に関する研究」の副課

題3「津波予測に関する研究」において、長時間継続する津波の推移を予測するため、沿岸域の地形や摩擦等のパラメータを改善して津波数値計算の精度向上を図る研究を実施している。その中で、今回の津波数値シミュレーションで用いられている計算モデルの改良のための計算に、地方共同研究の計算結果を用いてその比較を行うなど、気象研究所経常研究への波及効果があった。

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前評価の結果では、複数の地方官署との間で研究を行っていくことから、適切なツールを利用するなどして、緊密に連絡を取り研究を効率的に進めていけるよう工夫するように指摘があった。そのためこの後の自己点検でも記載しているが、既存の各種のWebツール(グループウェア)等を最大限に活用し、情報交換や打ち合わせ等を行い、参加した全官署で情報を共有出来るよう効率的に研究を進めた。また津波解析の方法や、過去のシミュレーション結果との違いなどの知見を気象研究所側から地方官署側へよく共有するようにとの指摘があった。そのため、解析対象とする津波の先行研究の紹介やその読み解き方、さらには計算結果の解析の際の注意点や使用する津波モデルの特徴など、これまでに気象研究所で得られている知見をその都度共有した。

(5) 今後の課題

研究内容としては、すべての官署で概ね目標とする成果を得ることが出来たことから、特筆すべき課題はなかった。

今後の地方気象台等における、津波数値シミュレーションに関する技術習得という面では、津波数値シミュレーションのように、気象庁業務として重要(津波は年あたりの災害による死者数、被害額などは自然災害の中でも気象と同程度かそれ以上)であるが、現象が低頻度で実際の担当者が少ない業務の技術習得に関しては、技術の進歩や詳細化に伴って、職員個々人の努力だけではその技術の継続が不可能となるような事態がすぐそこまで来ており、これらの技術習得は今回の地方共同研究のような機会がない限り、各職員による自己研鑽でしか成しえない状況にある。このような技術習得について、どのようにすれば継続していけるのか、気象庁全体で考えていく必要があると感じられた。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

本研究では、津波の地域特性の把握を目標としていたが、各官署において気象庁の津波予報データベースに用いられている30秒メッシュ計算よりもより精緻な2秒メッシュや3.3秒メッシュなどの津波数値シミュレーションを行い各地域の津波の特性を解析し、それらを研究会誌としてまとめて、その結果を文献として残すことが出来たことから、到達目標は達成されたと考えられる。

(2) 到達目標の設定の妥当性

地方官署においては、管轄する管内の津波の特性を把握することは気象業務としても重要であり、津波の研究としても基本的な研究のひとつであり、本研究の到達目標は妥当であったと考える。

(3) 研究の効率性(実施体制、研究手法等)について

Microsoft teams を用いた Web 会議方式での研究進捗確認のための打ち合わせなど、(現地調査などを除き)研究の全てをネットワーク上で完結し行った。これらは COVID-19 対応もあり、もはや通常の手法となったが、本研究では予算の制約等により、当初から対面での研究打ち合わせや、現地での研究発表の確認などが不可能であった。しかしながら図らずもこれらオンラインでの作業環境が整ったこともあり、スムーズに効率的に研究の進捗が可能であった。また高知地方気象台で行われた現地調査は、気象観測装置の点検業務の間合いで行うなど効率的に行っている。研究手法に関しては、各官署で購入した解析用 PC で行える計算は各官署で行い、そうでない大規模な計算のみ気象研究所スーパーコンピュータを用いて行うなど効率性も重視して研究を進めた。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

各官署での調査結果は各管内の調査研究会誌の形でまとめられており、今後、各官署の津波特性調査する場合の基礎資料として利用できる形となっている。これらは、各管内の津波に関して解説する際の基礎資料でもあり、また学術的な調査を行う際の基礎資料ともなり得るものである。

(5) 総合評価

本研究を通じて、地方官署で津波数値シミュレーション結果を解析するための技術の基盤を作ることが出来た。本研究の事例解析においても、一定程度の津波の地域特性を見出すことが出来たが、今後、今回のような調査研究をさらに行い、多くの事例解析の蓄積がなされれば、それらの結果からさらなる津波の地域特性や学術的に重要な成果が得られることも期待できる。これらのことから、将来的な研究・技術開発へとつながる成果を得ることが出来たと言える。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物(翻訳、著書、解説)

- ・藤田正義・後藤峻, JAGURS によるチリ地震津波の断層モデルの精度検証, 令和 2 年度仙台管区調査研究会資料 49~50 ページ, 仙台管区気象台.
- ・瀧本絵里香・佐藤悠弥・沼野あかね・兵藤守・小原久典, 津波シミュレーションコード(JAGURS)を用いた大阪管内の津波特性調査, 令和 2 年度大阪管区気象研究会誌, 大阪管区気象台.
- ・瀬戸博己・川田敏弘・三木洋介・新垣優治・岡野泰貴, JAGURS による南海トラフで発生する地震の土佐湾沿岸での津波特性調査, 令和 2 年度大阪管区気象研究会誌, 大阪管区気象台.
- ・藤田正義・後藤峻・増田颯貴, JAGURS を用いた平成 15 年(2003 年)十勝沖地震を対象とした津波地域特性の基礎調査, 令和 3 年度仙台管区調査研究会資料, 仙台管区気象台.
- ・瀧本絵里香・湯浅雄平・佐藤悠弥・兵藤守・沼野あかね・小原久典, JAGURS

を用いた 2004 年 9 月 5 日三重県南東沖の地震における大阪管内の津波特性調査, 令和 3 年度大阪管区気象研究会誌, 大阪管区気象台.

・三木洋介・飯盛裕・川田敏弘・藤田選哉・北村光良・佐藤信・竹下京佑・岡野泰貴・肥塚大樹, JAGURS による南海トラフで発生する地震の宿毛湾での津波特性調査, 令和 3 年度大阪管区気象研究会誌, 大阪管区気象台.

・儀間英斗・石川徹・宮城健・赤嶺拓, 高精度な津波数値計算コード (JAGURS) を用いた津波の地域特性の調査, 2022 年, 沖縄技術ノート第 86 号, 沖縄気象台.

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

藤田正義・後藤峻, JAGURS を用いたチリ地震津波の断層モデルの精度検証, 気象庁, 令和 2 年度地震火山技術検討会, 2021 年 2 月, 東京都港区(オンライン)

瀧本絵里香・湯浅雄平・沼野あかね・佐藤悠弥・兵藤守・小原久典, 津波シミュレーションコード (JAGURS) を用いた大阪管内の津波特性調査, 気象庁, 令和 2 年度地震火山技術検討会, 2021 年 2 月, 東京都港区(オンライン)

藤田正義・後藤峻・増田颯貴, JAGURS を用いた平成 15 年 (2003 年) 十勝沖地震を対象とした津波地域特性の基礎調査, 気象庁, 令和 3 年度地震火山技術検討会, 2022 年 3 月, 東京都港区(オンライン)

イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

なし

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他 (4. (3) 「成果の他の研究への波及状況」 関連)

なし