

■受領No.1400

津波伝播・遡上計算用地形データ作成ツールの開発 ～世界津波防災力の向上に向けて～

代表研究者

近貞 直孝

防災科学技術研究所 主任研究員



Developing digital terrain model creating tool for tsunami inundation calculation- Toward tsunami disaster mitigation around the world

Principal Researcher

Naotaka Chikasada,

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED), Senior Researcher

世界の津波防災力の向上を目指して、その基礎となる津波伝播・遡上計算用地形データ作成ツールの開発を行っている。先立って、日本全国を対象とした高解像度地形データを作成し、GtTMの一部として公開した。また、陸域の高分解能陸域地形データである ASTER GDEM と海域地形データである GEBCO を組み合わせて、作成中のツールを用いて 2022 年 1 月にトンガ諸島で発生した大規模噴火に伴う津波の浸水計算を実施するための数値地形データを作成し公開した。

With the aim of improving the tsunami disaster mitigation capabilities around the world, we are now developing a generation tools of terrain data for tsunami propagation and inundation calculations. For the first step, we generated high resolution terrain data which covers the whole of Japan and released it as a part of GtTM. In addition, to achieve tsunami inundation calculation for Tonga islands region, we generated feasible terrain model by combining ASTER GDEM which is high resolution land topography and GEBCO Gridded Bathymetry Data which covers global sea area, by using the under developing tools. And we have then released it on the GtTM website.

1. 背景

世界中の沿岸地域には人口が密集し工業地帯もあることから、津波に備えることは多くの国にとって重要である。しかし、主に着目されているのは繰り返し発生している海溝型地震による津波に限られており、特定の地域でのみ備えがされているのが現状である。例えば、2018 年 9 月にインドネシア Sulawesi 島の Palu 湾内で発生した地震では、海底地殻変動の少ない横ずれ断層であったにも関わらず大きな津波が湾内の沿岸域を襲い、海底もしくは海岸の地すべりによって推定以上の津

波が発生したと考えられている (Arikawa et al, 2018)。他にも、日本海の孤島渡島大島の山体崩壊による津波 (Ioki et al., 2019) や、九州西岸域で発生する「あびき」と呼ばれる気象津波といった、いわゆる海底で発生した地震による津波とは異なる仕組みで生じる津波の存在や発生メカニズムが明らかになってきている。さらに、2022 年 1 月には、トンガ諸島の Hunga-Tonga Hunga-Ha'apai (HTHH) 火山の大規模噴火によって生じた気圧波によって励起された津波が世界中で観測された (Kubota et al, 2022)。「あびき」のように発生す

る地域が限定される気象津波もあるが、HTHH火山噴火による津波のように発生場所が全く特定することが出来ない津波もあり、このような津波にも備えるため、場所によらない津波防災、減災のための準備が必要とされている。

世界中のどの沿岸地域でも津波計算を実施できるようにするためには、津波の伝播・遡上計算を行う数値計算コードと海域及び陸域(正確には沿岸域)の数値地形データが必要不可欠である。津波数値計算コードについては、高機能かつ高速なJAGURS(Baba et al, 2017)がオープンソースソフトウェアとして公開されており、誰でも自由に使うことが出来る。数値地形データについては公開されているものもあるが、自治体などが非公開で保有している場合も多く、仮に非公開の数値地形データを利用することが出来たとしても、津波計算に適した形式に変換するには相当量の経験が必要とされてしまっている。

そこで本研究では、公開されている数値地形データを組み合わせ、津波伝播・遡上計算に適した形へ変換する数値地形データ作成ツールの開発を行っている。加えて、作成した数値地形データを公開することで、世界の津波防災力を向上させる一助となることを目標としている。

2. Global tsunami Terrain Model の作成

本研究では、津波の伝播・遡上計算に適した全球の数値地形データとしてGlobal tsunami Terrain Model(GtTM)[3]の作成を行っている。その基礎となる海域の数値地形データは、Seabed 2030プロジェクト(Nippon Foundation and GEBCO, 2018)で作成、公開されているGEBCO Gridded Bathymetry Dataを利用する。最新のGEBCO 2021でも15秒角(赤道上で約500m)の分解能だが、1,000m以浅では、100m分解能で数値地形データを整備する計画となっている。一方、陸域の地形については、いわゆる地図データとして標高情報が必要であり、先進国では基本的に整備さ

れているが、発展途上国では未整備であることも少なくない。そこで、陸域の数値地形データについては、ほぼ全球の陸域を1秒角(赤道上で約30m)の分解能でカバーしているASTER GDEM(Fujisada, 2012)を用いる。ASTERは光学衛星のため雲に弱いという欠点があるが、10年以上に亘る長期間の観測を合成することで多くの陸域での数値地形データが作成できており、1度四方のデータとして公開されている。将来的には、1秒角分解能のASTER GDEMと100m分解能のGEBCOを合成することで、世界中任意の沿岸地域で津波の遡上計算が可能となると期待できる。

本研究の前期では、G空間情報センターから公開されている南海トラフ域と日本海溝域の50m分解能の数値地形データとGEBCOデータを統合し、2秒分解能(日本付近で約50m)で日本全域(東経117~155度、北緯20~49度)をカバーする数値地形データであるGtTM/WholeJapan2020(図1)を作成し、公開した[1]。ここで用いたGEBCO 2019は30秒分解能のため、海域では実際には無い分解能のデータとなっているが、津波伝播・遡上計算をする際には、高分解能な状態で地形がなめらかに接続されていることが重要なため、得られる最大分解能である2秒角を基準として一様分解能の数値地形データとした。

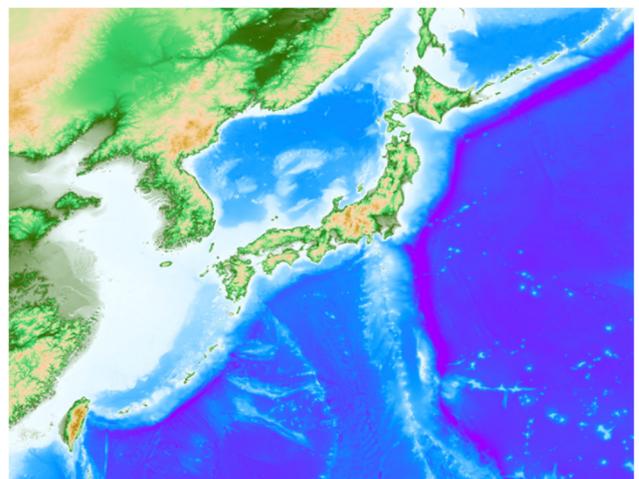


図1. 作成した2秒角分解能の日本全域の数値地形データ

また, ASTER GDEM と GEBCO を用いて, 2022 年 1 月に噴火した HTHH 火山の近傍にある Tongatapu 島で生じた浸水域を見積もるため, ASTER GDEM の分解能 1 秒角に合わせて, HTHH 火山を含む領域(西経 176~174 度, 南緯 22~19 度)の数値地形データを作成, 公開した.

3. 適用例

津波の研究を進展させる上でもう 1 つ欠かせないのが, 津波の観測波形である. 観測波形の解析から, 津波の初期波源を求める研究が日々実施されているが, 用いた津波計算コードや数値地形モデルの違いにより例え同じ波源であったとしても検潮所などの地点で計算される計算波形は変わってしまう. そのような違いを検証するため, 津波波形データベース (TwDB) [4] が構築されているが, そこでも共通基盤として, GtTM/WholeJapan2020 から東日本, 西日本, 日本海の領域を切り出した数値地形データが使われている.

また, 海溝軸の外洋側で発生することが知られているアウターライズ地震による津波の分散性の評価では, 通常考えられているように分散性によって津波の波高が低くならず, 引波が先行するアウターライズ地震津波においては, 分散性によって津波の波高が高くなることが示された[2]. このような研究においても, 2 秒角分解能の GtTM から, 2, 6, 18 秒角のネスティング地形を作成して津波伝播計算に貢献している.

さらに, 東京交通短期大学の交通情報論ゼミに於いて, 津波初学者の卒業研究生が, JAGURS と GtTM を用いて, 研究対象である千葉県勝浦市の外房線付近に対する津波の影響評価を行うための津波伝播・遡上計算を実施することが出来た[5]. これにより, 津波伝播・遡上計算用の数値地形データが整備されていることで, 津波計算を実施する上での敷居を下げる事が可能であることが示されたと言える.

4. 参考文献

- Arikawa, T., Muhari, A., Okumura et al., Coastal subsidence induced several tsunamis during the 2018 Sulawesi earthquake. *Journal of Disaster Research*, sc20181201. <https://doi.org/10.20965/jdr.2018.sc20181204> (2018)
- Ioki, K., Tanioka, Y., Yanagisawa, H., and Kawakami, G., Numerical simulation of the landslide and tsunami due to the 1741 Oshima-Oshima eruption in Hokkaido, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 1991-2002, <https://doi.org/10.1029/2018JB016166> (2019)
- Kubota, T., Saito, T., Chikasada, N. Y., and Sandanbata, O., Meteotsunami observed by the deep-ocean seafloor pressure gauge network off northeastern Japan. *Geophysical Research Letters*, 48(21), e2021GL094255, <https://doi.org/10.1029/2021GL094255> (2021)
- Baba, T., S. Allgeyer, J. Hossen, et al., Accurate numerical simulation of the far-field tsunami caused by the 2011 Tohoku earthquake, including the effects of Boussinesq dispersion, seawater density stratification, elastic loading, and gravitational potential change, *Ocean Modelling*, 111, 46-54, <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.01.002>, <https://github.com/jagurs-admin/jagurs> (2017)
- Nippon Foundation and GEBCO, Seabed 2030 Project, <https://seabed2030.org/> (2018)
- Fujisada, H., M. Urai, and A. Iwasaki, Technical methodology for ASTER global DEM, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol.50, no.10, pp.3725-3736. (2012)

5. 発表 (研究成果の発表)

[1] 近貞直孝, OpenTSUNAMI プロジェクト始動, 第 10 回巨大津波災害に関する合同研究集会, オンライン, 2020 年 12 月

[2] Baba, T., Chikasada, N., Imai, K. et al. Frequency dispersion amplifies tsunamis caused by outer-rise normal faults. *Scientific Reports*, 11, 20064 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-99536-x>

(学会誌, 学会講演等以外の研究成果の発表)

[3] Chikasada, N., Global tsunami Terrain Model (GtTM),

<https://doi.org/10.17598/NIED.0021> (2020)

[4] 近貞直孝, 津波波形データベース (TwDB),

<https://doi.org/10.17598/NIED.0024> (2021)

[5] 岩崎寛人 (指導教員 小宮全, 近貞直孝), 地震による津波が千葉県勝浦市周辺を通る外房線に与える影響について～津波計算コードによるシミュレーション～, 東京交通短期大学, 交通情報論ゼミ (2022)