

津波シミュレーション結果のアレイ処理による遠地津波の波線の自動作成と伝播経路の特定 Estimation of tsunami propagation paths using the array analysis of tsunami simulation results

中田 健嗣^{1*}; 宮岡 一樹¹; 勝間田 明男¹
NAKATA, Kenji^{1*}; MIYAOKA, Kazuki¹; KATSUMATA, Akio¹

¹ 気象庁気象研究所

¹ Meteorological Research Institute, JMA

日本から遠く離れた遠地で発生した地震による津波は、日本沿岸には最大波が第一波から遅れて発現することが多くある。実際、例えば、2010年チリ中部沿岸の地震による津波の際には、根室市花咲に最初の押し波が到達後、約1時間半後に高い波が到達、さらに約4時間半後に最大波が観測された(気象庁,2010)。そのため、日本沿岸で観測される津波がいつ、どこから伝播してくるかを容易に把握できるようにしておくことは、津波の監視上、重要であると考えられる。

伝播経路は、海底地形による屈折を計算して波線を理論的に得る方法があり、計算機で行う Satake (1988) や手作業による渡辺 (1985) の例がある。また、伝播図 (例えば、2010年チリ中部沿岸の地震について、気象庁,2010) がある。これらは精度良く理論的に得られるが、実際の地震の事例に関して、任意の時間帯にどの経路からやってきたか等の情報まではない。また津波シミュレーションでは、振幅も含めた水位分布 (スナップショット) を確認できるが、伝播経路を1枚の図で確認できる形にはならない。そこで、本研究では、日本付近で観測される津波記録に対応した伝播経路を、時間帯別に1枚の図に自動で図示できることを目的とした。

手法は次の方法を試みた。津波シミュレーション計算 (Tanioka (1998) 等) により各計算格子で得られる水位の時系列波形をアレイ観測データと見立てる。それに、地震等で行われている複数の波形を足し合わせて処理するアレイ処理 (センブランス解析) (Neidell and Taner, 1971) を適用して、ある基準点に対する到来方向を求め、それを過去の時間にさかのぼって繰り返し行うことで津波の伝播経路 (波線) を得る。アレイは、ある基準点を囲むように、経度、緯度方向にある格子間隔だけ離れた複数の点で構成する。アレイ処理点の波形はそれぞれ似た波形であることを前提とするが、あまり基準位置から近い点だと到来方向を変化させたときのコントラストが出ないため、ある程度は基準点から離す必要がある。基準点とアレイ処理点の2点間の距離と2点の平均水深を用いた位相速度から遅れ時間を求め、すべてのアレイ処理点の波形について遅れ時間だけずらした波形を足し合わせ、1つの波形とする。その波形に対して、ある時刻について時間幅で足し合わせ、元波形の足し合わせで割り、センブランス値とする。以上を、到来方向を変化させて行い、最大の場合をその基準位置に対する波の到来方向とする。さらに、これを、ある固定の距離だけ到来方向に過去にさかのぼったときの時間を求め、次のステップの時刻を算出する。現在までの解析であるが、次のとおり設定した。アレイ構成点数 (基準位置を四角で取り囲むよう設定): 8点、基準位置とアレイ処理点間の経度・緯度方向の格子数: 21 (緯度に依るが、5分*21格子=約1.7度、約150km)、到来方向走査間隔: 10度、1ステップあたりのさかのぼり距離: 110km、センブランス値の時間幅: 40~60分。

適用事例として、2010年チリ中部沿岸の地震 (Mw8.8) を対象とした。1枚断層でシミュレーション計算 (空間5分格子) を行い、その結果を日本付近の沖合の観測記録 (DART(NOAA) 3地点、北から順に21419、21413、52401) と比較し、最初の数波 (2~3時間分) (日本沿岸での後続波は考えず、太平洋を伝播してきた最初の数波の部分に着目) が概ね合っていることを確認した。これらの時間帯の時系列波形の個々の波について時間を逆にたどり伝播経路 (波線) を得た。21413では第一波で大きな波が一つの波群となっており、これから波線をたどった結果、チリの波源域に向かって直線的な波線が得られた。これは津波の放射方向と一致している。一方で、21413の北側の21419や南の52401では第一波の後、1~2時間ほど経過してから大きい波が現れている。この第一波から大きい波までの波群について個々に波線をたどると、それぞれ異なる伝播経路の波線が得られた。これは、異なる伝播経路であるハワイの北側や南側等を通るルートを通る津波が通過し、それらの波が重ね合わさっていることを示していると考えられる。これらは水位分布から津波の伝播を確認したところ、傾向が合っていた。今回のケースでは、センブランス値の時間幅をあまり小さく (10~20分) とると波線が安定しない場合があった。波群を安定して追跡するためには、津波の記録の周期等に合わせる必要があるだろう。

本手法では、実際に観測された沖合の波形に対応する計算波形にアレイ処理を適用することで個々の波群に対応する伝播経路を自動で1枚の図に時間帯別に図示できた。このような図は津波監視の参考となるものと考えられる。また、今回、観測記録と比較が容易な沖合の観測点からさかのぼりとしたが、沖合の21419等と同様に沿岸の検潮所地点でも遅れて高い波が現れており、得られる伝播経路の図は、沿岸の検潮所にも参考になるものと考えられる。

キーワード: 津波シミュレーション, 波線解析, 最大波, アレイ解析, 伝播経路, 遠地津波

Keywords: tsunami simulation, backward ray analysis, maximum wave, array analysis, propagation path, distant tsunami