

京都大学防災研究所 正会員 河田恵昭
 京都大学大学院 学生員 小池信昭

関西大学工学部 正会員 井上雅夫
 関西大学工学部 学生員○嘉戸重仁

1 緒言

わが国は、環太平洋地震帯に位置する島国であるため、海洋性巨大地震が低頻度ながらも繰り返し発生し、いくたびも津波による被害を受けてきた。とくに、1960年チリ地震はマグニチュード8.5、震源域は南北800kmという世界最大の規模であったばかりでなく、それにより発生した津波は太平洋を伝播して22時間後にはわが国へ来襲し、多数の被害者を出したことから、遠地津波の危険性が認識されることとなった。このとき、わが国では津波発生情報は得られていたにも関わらず、津波の特性に関する情報が的確でなかったことから、警報は発令されていなかった。また、日本海中部地震による津波では、住民の津波に対する無警戒さが指摘されるとともに、まれにしか発生しないが甚大な被害を引き起こす津波に対して、防御対策だけでなく、避難対策や防災教育の重要性が再認識された。これらの経験は、1993年の北海道南西沖地震津波による大被害によってさらに教訓の形に高められてきた。そして、近地津波の予警報システムが早急に改善された。その反面、遠地津波については太平洋津波警報センターに業務を委託している関係上、注意報や警報の発令が必ずしも適切でない問題が近年クローズアップされてきた。そこで、この問題に資する基礎的情報を得る試みを本研究で行った。すなわち、遠地津波によりわが国に来襲する津波の規模や到達時間などの伝播特性を数値シミュレーションによって求めて、その予警報情報を定量的に予測することを目的とする。

2 重ね合わせの原理に基づく津波数値解析方法

遠地津波の数値解析に用いる基礎方程式としては、分散性を考慮した線形Bousinessq方程式を用いる必要があるが、その差分式が陰解法となるため、陽解法で解ける線形長波理論を用いて物理分散性を数値分散性で代用している(今村ら, 1990)。基礎方程式が線形であるので、方程式を解いて得られた結果については重ね合わせの原理が適用できる。すなわち、すべての差分格子のうち1つだけが単位パルス状の初期水位変動した場合の津波波形を計算して、同じことをすべての差分格子について計算しておく。そして、実際に断層パラメータから計算された初期水位変動に対応する格子に対しては、すでに得られている津波波形を定数倍し、初期水位変動がない格子に対しては0倍して、それらをすべて重ね合わせれば、実際に数値計算を行ったのと同じ津波波形が得られるはずである。差分格子状の任意の位置 (I, J) における津波波形 $\eta(I, J)$ はつぎのように表される。

$$\eta(I, J) = \sum_i \sum_j \eta_0(i, j) \hat{\eta}_{IJ}(i, j) \quad (1)$$

ここに、 $\eta_0(i, j) : (i, j)$ における初期水位変動、 $\hat{\eta}_{IJ}(i, j) : (i, j)$ が単位パルス状の初期水位変動した場合の (I, J) における津波波形である。

この方法を適用すれば、どの差分格子にどれだけの初期水位変動があるのか(すなわち、 $\eta_0(i, j)$)がわかれば、津波波形は数値計算を実行することなく求められることになる。したがって、津波の初期水位変動が何らかの方法で推定することができればよいのであって、地震の断層モデルを仮定する必要はない。たとえば、圧力計によってその水位を計測することや人工衛星などの合成開口レーダーによって計測することも考えられる。これらの方法なら、マグニチュードは小さいが断層運動は大きいので津波は大きくなるいわゆる津波地震の問題も解決できることになる。しかしながら、現時点ではこれらの方法は現実的ではないので、ここでは地震波解析から断層モデルを仮定して津波初期水位変動を推定する方法を考えることにする。

3 数値シミュレーションに基づく津波予警報システム

数値シミュレーションによる津波予警報システムの目的は、従来は過去の津波実績からの推定式やハワイの太平洋津波センターからの情報に頼らざるを得なかったためしばしば不正確であった津波の予警報情報を、数値計算を行うことにより正確かつ詳細にすることにある。そしてこの数値シミュレーションの精度は、津波初期波形の決定精度と津波伝播計算の精度に支配される。これらのうち、津波伝播計算の精度に関しては従来から研究が行われており、最大水位に関する限りは10%~20%ぐらいの計算誤差で数値計算が行えることがわかっている。一方、津波初期波形の決定は、地震の断層パラメータから計算した海底地盤の鉛直変動をそのまま津波の初期波形として用いているが、実用上は問題ないことが示されている。

一般に、地震の断層パラメータは余震域などを参考にして決定される。したがって、地震発生から津波到達までの短時間に、地震波解析から推定された断層パラメータをもとに数値シミュレーションを行って予警報情報として伝達するようなシステムは成立しないことになる。ここでは、地震発生から数分以内に気象庁から得られる震源情報、震源の位置と深さおよびマグニチュードから断層パラメータを推定して、津波の初期水位変動を求めることを考えることにする。すなわち、得られた震源位置に対して図1のような9つの断層パターンを想定して、それぞれが等確率で出現し、それらの断層パラメータは等しいと仮定する。そして、それらの9つの断層モデルの計算結果の平均値を津波情報として発令する。

参考文献

今村文彦・首藤伸夫・後藤智明(1990):遠地津波の数値計算に関する研究その2, 地震2, 第43巻, pp.389-402.
謝 辞

太平洋全域モデルの水深データは、日本海洋データセンター(JODC)に提供していただいた。「世界の被害地震の表」のデータを、東京大学地震研究所の加藤育子さんに提供していただいた。また、1960年チリ地震津波の資料を東北大学工学部の今村文彦助教授に提供していただいた。ここに記して、謝意を表する。

Computation time was provided by the Supercomputer Laboratory, Institute for Chemical Research, Kyoto University.

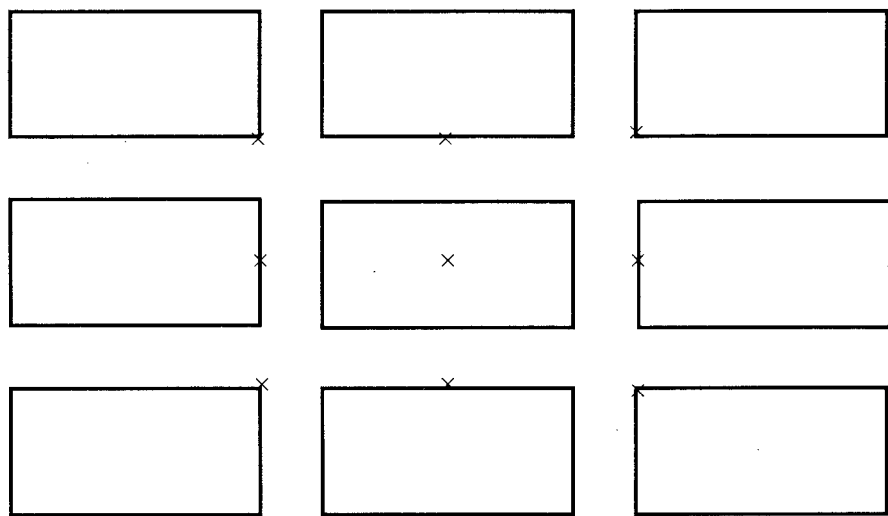


図1: 1つの震源に対する9つの断層モデルの位置 (×印が震源の位置)