

II-54

環太平洋でのリアルタイム波源推定法の提案

東北大学大学院 学生員 ○樋渡 康子

東北大学大学院 正会員 今村 文彦

1. はじめに

津波予警報の方法としてはこれまで地震波解析からの推定が主であり、津波の初期条件の設定などに課題があるため、その信頼性や精度については不十分であることが多い。一方、近年では衛星を利用した GPS 津波計が開発されており、発生した津波そのものの情報を得ることが期待されている。そこで本研究では、従来用いられた地震波解析からの情報に、環太平洋に仮想的に設置した津波計から得られた情報を加え、波源推定や解析に時間的余裕がある遠地津波を対象とした精度の高い波源推定法を提案する。さらに、津波到達時間からみた適切な波源推定方法を選択し、津波予警報の可能性について検討を行う。

2. 対象領域

津波を伴う地震が発生する場所として環太平洋全域を選び、あらかじめ 93 個の想定断層を設定した。各断層パラメータは石田¹⁾が設定したものをを用いており、これらの断層は環太平洋の沈み込み帯で発生する地震の特徴を反映したものである。今回、波源推定にはアリューシャン沖の想定断層 ($M_w 8.5$) とチリ地震断層 ($M_w 9.5$) を用いた。アリューシャン沖の想定断層のパラメータおよび以下にのべる波源推定の結果を表 1 にまとめて示す。

3. 津波計の位置と個数

1 つの断層に対する波源推定法は樋渡・今村²⁾によって提案されており、アリューシャン列島付近に

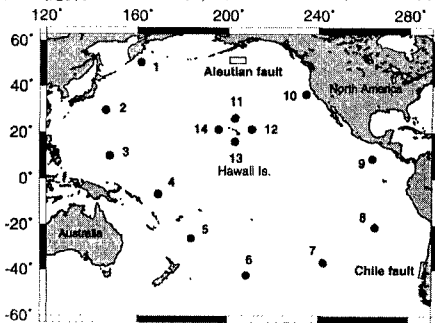


図1 設定された津波計の位置

津波計を 2 個 1 組（以下、ペアの津波計と呼ぶ）で 20 個断層の近くに弧を描くように設置することで高い精度の波源推定ができることが確認されている。そこで同様に、本研究の対象である環太平洋全域を考慮して 1-10 の津波計（合計 20 個）を想定断層に沿って弧を描くように設置した（図 1）。

4. 波源推定

波源推定は①地震データ解析、②逆伝播手法解析、③津波波形解析からの 3 段階で行うが（樋渡・今村²⁾）、中でも面的広がりである波源域を推定する逆伝播手法が最も重要な波源推定法となる。以下、逆伝播法による波源推定について述べる。

4.1 逆伝播法による波源域の推定

逆伝播法とは波向線法を用いて 2 つの津波計から津波の第一波の最高水位点およびゼロクロス点に対する到達時間の波峰線を描き、その交点、つまり波の源点を決定することで波源域を推定する方法である。そこで単純に図 1 で示した 10 個の津波計から 360° すべての方向へ 0.5° の間隔で波向線を描き逆伝播を行ったが、ほとんどすべての津波計において波峰線が複雑に交差するため目視による交点の判断ができなかった。

4.2 交点の求め方の改良方法

目視による交点の判断に代わり、計算による交点の算出を検討した。図 2 に概念図を示す。ここでは、津波計 A, B を用いて交点 Q を求める場合、距離 D1, D2 は他の距離 D3 より最小となるはずであり、その距離がゼロとなったとき Q が交点といえる。そこで 2 点間の距離を計算し最小距離をなす 2 点を選び、この 2 点の平均を交点と定義した。この方法によりペアの津波計を用いた交点の分布図を図 3 に示す。図より、良好に波源域を推定はしているが、アリューシャン沖の断層に対しハワイ諸島を介して対称に位置する津波計 5, 6, 7 を用いたデータが実際の波源域からのずれが大きいことが分かった。このような傾向はチリ地震断層に対しても見られた。

原因としては、ハワイ諸島周辺の水深変化の影響を受け、より複雑に波向線が交差あるいは停止することによる精度の低下と考えられる。従って、推定する断層とハワイ諸島を介して対称に位置する津波計は精度の低いものとして除外することが望ましい。しかし、精度の高い波源域推定には多くのデータ数が必要となるため、ハワイ諸島の影響によるデータ数の減少を補う必要がある。そこでハワイ諸島周辺に新たに4つの津波計を設置することとし、最終的に図1の1-14に示す合計14個の津波計を用いて波源推定を行った。

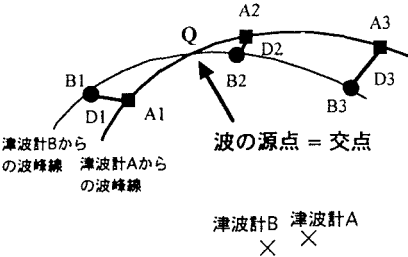


図2 波の原点（交点）の求め方の概念図

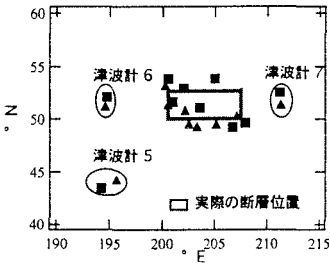


図3 ペアの津波計で推定された最高水位点（▲）とゼロクロス点（■）

表1 推定された断層パラメータ

津波計	波向線 間隔	断層基準位置 (°)		D (m)	W (km)	L (km)	誤差 (%)		
		緯度	経度				D	W	L
Aleutian 1-10	1°	50.0	207.5	2.44	300	500			
		50.2	210.4	2.02	360.8	666.7	-17.2	20.3	33.3
		49.6	207.1	1.84	366.9	576.0	-24.6	22.3	15.2
1-14	0.5°	49.2	207.3	2.19	311.1	598.8	-10.2	3.7	19.8

* L: 断層の長さ, W: 断層の幅, D: すべり量

表2 津波予警報としての可能性

予警報の段階	本研究での 波源推定法	D (m)	W (km)	L (km)	誤差 (%)		
					D	W	L
(Aleutian)	(real)	2.44	300	500			
予警報1	①	7.07	215.7	431.5	189.8	-28.1	-13.7
予警報2	①+③	3.67	282.6	431.5	33.6	-5.8	-13.7
予警報3-1	①+②+③	2.46	409.1	428.7	0.8	36.4	-14.3
予警報3-2	①+②+③	2.19	311.1	598.8	-10.2	3.7	19.8

* 予警報3-1は日本に津波が到達する前の津波計を用いた場合
* ①地震データ解析, ②逆伝播手法解析, ③津波波形解析

5. 推定誤差の評価

推定された断層パラメータの誤差評価は次式により行った。

$$\text{誤差 (\%)} = ((\text{推定値} - \text{真値}) / \text{真値}) \times 100$$

ハワイ諸島周辺に津波計を追加したことにより誤差は改善され、最大でも20%以内の誤差の範囲で波源推定が行えることが分かった(表1参照)。

6. 時間からみた波源推定の流れ

以上の結果から、地震発生後の波源推定の流れについて、アリューシャン沖で地震津波が発生した場合の時系列を図4に示した。津波予警報の可能性としては以下の3つの方法が考えられるが、これらの予警報は推定された最終断層パラメータを用いて津波数値計算を行うことにより発令される情報であり、その精度は推定された波源の精度に左右される(表2)。予警報1は地震波解析から得られた情報のみを用いた場合であり、最も迅速性に優れているものの十分な正確性は期待できない。予警報2は津波計に津波が到達した直後に発令可能であり、予警報3は波源推定に用いる複数個の津波計によって発令される時間に変化するものの、個数の増加とともに精度の向上が期待される。

7. 結論

波の源点の求め方を改良することで、新たな津波計のもとでの波源推定法を提案した。その結果、20%以内の誤差で波源推定ができることが分かり、これらの波源推定法を用いることで、3段階の予警報の可能性を示した。

参考文献

- 石田祐介：リアルタイム津波観測計の予警報システムへの利用，東北大学大学院土木工学専攻修士論文，pp.18-20，2000。
- 樋渡康子・今村文彦：リアルタイム津波観測データを用いた波源の推定，東北支部技術研究発表会講演概要集，pp.216-217，2001。

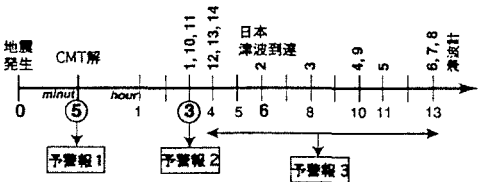


図4 アリューシャン沖で地震津波が発生したときの時系列