

遠地津波における断層破壊の不均一性の影響について

東北大学工学部

学生会員 ○菊地 昭裕

東北大学大学院

学生会員 ADRIANO Bruno

東北大学災害科学国際研究所

正会員 越村 俊一

1. 序論

津波シミュレーションにおける初期水位分布の推定は津波数値計算の精度を決定づける非常に重要な課題である。局所的に大きな断層破壊をもたらすアスペリティの存在は津波のシミュレーション結果に大きく影響する。

津波波形インバージョンは観測した津波波形を用いて断層の滑り量を推定する手法である。断層を分割し、個々の小断層の滑り量を推定することでアスペリティを考慮した断層モデルを構築できる。

本研究では、2015年9月のチリIllapel沖地震津波のケースを対象に、観測波形による津波インバージョン手法によって津波の初期水位分布の推定した。その後、得られた断層モデルを用いて遠地津波のシミュレーションを実施し、単一断層モデルと比較することで、遠地津波におけるアスペリティ評価の有効性を検証した。

2. 使用データ

本研究では津波波形データとしてUNESCO-IOCの潮位計データとNational Oceanic and Atmospheric Administration(以下NOAA)のDARTシステムによる深海津波計データを用いた。津波インバージョンにはチリ近海の18点の波形データを使用した。また、地形データは津波インバージョンにはGeneral Bathymetric Chart of the Oceans(以下GEBCO)の30秒地形データを、津波シミュレーションにはGEBCOの2分データを使用した。

3. 津波波形インバージョン

(1) 断層パラメータ

本研究で用いた断層パラメータは、United States Geological Survey(以下USGS)が発表するCMT解からMw=8.24, 走向5°, 傾斜22°, 滑り角106°とした。また、断層長さL, 断層幅WはPapazachosら(2004)のスケーリング則よりL=220km, W=84kmと求めた。初期地盤変動量の計算にはOkada(1985)の理論式を使用した。

(2) グリーン関数

津波インバージョンを行うにあたり、本研究では30km×30kmの小断層を用いて断層を21個に分割した。個々の小断層の1mの滑りに対する応答であるグリーン関数の計算には差分法により線形長波理論式を解くTUNAMI-F1コードを使用した。線形長波理論式は以下の式で表される。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \theta} \left[\frac{\partial M}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \theta} (N \cos \theta) \right] = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{gh}{R \cos \theta} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} = fN \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{gh}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \theta} = -fM \quad (3)$$

ここで、 θ , λ は経度・緯度方向の角度、 f はコリオリ係数である。線形長波の仮定においては非線形性を無視でき、津波インバージョンはグリーン関数の線形重ね合わせを用いるため、この方程式を用いた。

(3) 津波波形インバージョン

本研究では、津波インバージョンにおいて断層滑り量を推定する際に、非負最小二乗法(Lawson and Hanson,1974)を適用した。観測データは1分間隔で出力されていたので、合成波も観測データに合わせて1分間隔で出力した。津波インバージョンには地形の影響が小さい第一波のみを使用した。DARTの深海津波計の観測データは陸地から離れており地形の影響が小さいため、重み係数20を与えた(Fujii et al,2011)。また、震源に近いコキンボに重み係数2を与えた。

4. 津波シミュレーション

本研究では、チリから日本近海までの津波シミュレーションをTUNAMI-F1を使用して行った。水位出力点はチリ～日本間のDARTステーション等の7点とした。本研究では第一波に着目し、各観測点での第一波の最大波を2つのモデルで比較した。

キーワード: 津波インバージョン, 遠地津波, 津波シミュレーション, アスペリティ

連絡先: 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 E302, TEL: 022-752-2082, FAX: 022-752-2083

表-1 第一波の最大波高の比較

観測点	観測	単一断層	分割断層
D32401(Chile)	0.057	0.037(-35.1%)	0.053(-7.0%)
D32412(Peru)	0.073	0.053(-27.4%)	0.065(-11.0%)
Easter島	0.12	0.15(+25.0%)	0.10(-16.7%)
D32411(Panama)	0.022	0.016(-27.3%)	0.022(+/-0%)
D43413(Mexico)	0.017	0.014(-17.7%)	0.014(-17.7%)
Rikitea	0.052	0.091(+75.0%)	0.061(+19.6%)
NukuHiva島	0.18	0.13(-17.8%)	0.095(-47.3%)
Huahine島	0.084	0.054(-35.8%)	0.040(-52.4%)
Christmas島	0.055	0.062(+12.7%)	0.045(-18.2%)
Kushiro	0.043	0.019(-56.8%)	0.018(-58.2%)

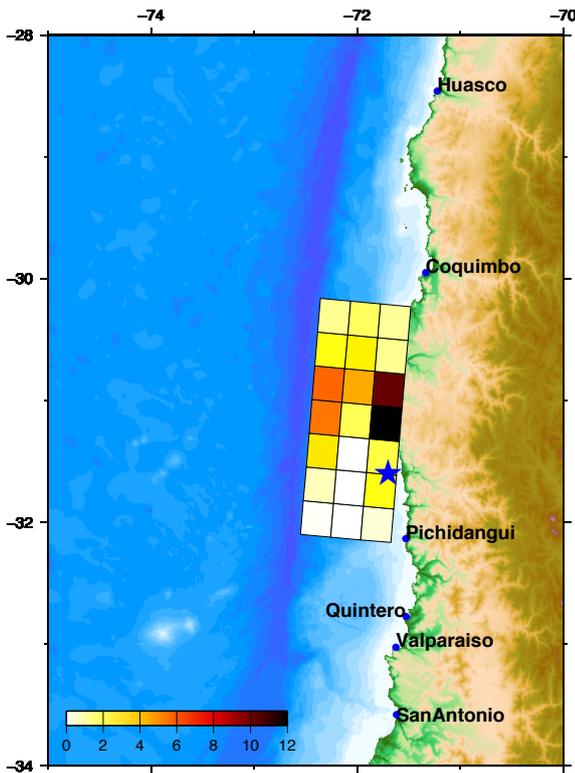


図-1 分割断層モデル

5. 結果

a) 津波波形インバージョン結果

津波インバージョンの結果、推定された断層モデルは(図-1)のようになった。推定Mwは8.53, 推定最大滑り量は12.59mであった。このモデルによる線形重ね合わせ波と観測波とのVariance Reductionは59.98%であった。Variance Reductionは波形の一致度を表す指標であり、防災科学技術研究所の基準によれば50%以上で信頼できる結果であると言える。

b) 津波波形シミュレーション結果

津波シミュレーションにおける各観測点での第一波の最大波は(表-1)のようになった。チリ沖のDART32401やイースター島では分割断層モデルが非常に高い精度で津波を再現できた。分割断層モデルでは他の二つのモデルには無い10m以上の大きな滑り量をもたらすアスペリティが存在し、チリ近海ではこのアスペリティの影響が大きく出ていることが分かる。ヌク・ヒバ島以西では単一断層モデルの方が高精度になった。伝播距離にして6000km以上離れた点では分割断層モデルを用いる効果は薄いと言える。

6. 結論

本研究では、遠地津波における断層破壊の不均一性の影響について、一枚断層モデルと分割断層モデルのチリから日本までの津波シミュレーション結果を比較することで検証した。第一波の最大波高において分割断層モデルの方が精度が上回った地域は伝播距離に換算して約6000km以内であった。それより長い距離を伝播する津波については、アスペリティを考慮した分割断層モデルによる大きな精度向上は見込めない。したがって、津波警報への津波インバージョンの適用はおよそ6000km以内で発生した津波に大してのみ有効であり、それ以上の距離を伝播する津波に対しては単一断層モデルで十分対応可能であると言える。

参考文献

- Papazachos B.C., Scordilis E.M., Panagiotopoulos D.G., Papazachos C.B., Karakaisis G.F., (2004) : Global relations between seismic fault parameters and moment magnitude of earthquakes, *Bull. Geol. Soc. Greece*, 36, pp.1482-1489
- Okada Y. (1985) : Surface Deformation due to Shear and Tensile Faults in a Half-space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 75, No.4, pp.1135-1154.
- Fujii Y., Satake K., Sakai S., Shinohara M., Kanazawa T., (2011) : Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63, 815-820
- Lawson C.L. and R.J. Hanson, (1974) : Solving Least Squares Problems, *Englewood Cliffs, N.J.*, 340 pp., Prentice-Hall, Inc
- Heidarzadeh M., Murotani S., Satake K., Ishibe T., Gusman A.R. (2015) : Source model of the 16 September 2015 Illapel, Chile, Mw8.4 earthquake based on teleseismic and tsunami data, *Geophysical Research Letters*, DOI:10.1002/2015GL067297