

7 インバージョンによる津波波源域の 計算手法

本想定作業では、想定断層モデルを作成するにあたり、各地の既往最大津波高および地殻変動量を再現するようにモデルを作成した。既往津波の高さ等を数値計算によって再現する場合には、試行錯誤的に断層モデルを変更して検討する方法が一般的である。しかし、本想定作業では、より客観的にモデルを決定するために、既往最大津波高および地殻変動量をターゲットデータとして、断層すべり量をパラメータとした最小二乗法によるインバージョン解析を行いモデルを決定した。手順の概要については本報告に記載されているので、ここでは、インバージョン解析の方法について記す。

1 . インバージョン解析の方法

(1) 観測方程式

インバージョンのモデルパラメータとする断層すべり量と、そのすべり量を与えた時に計算される津波高は非線形関係にあるが、ここでは線形近似した観測方程式を用いて、Gauss-Newton 法により解を求める。

線形近似した観測方程式を以下に示す。

$$\mathbf{d}^i = \mathbf{G}^i \mathbf{m}^i + \mathbf{E}$$

ここで、

$$\mathbf{d}^i = \mathbf{d}_{obs} - \mathbf{f}(\mathbf{m}^{i-1})$$

$$\mathbf{m}^i = (\mathbf{m}^i - \mathbf{m}^{i-1}) \div \beta$$

$$\mathbf{G}^i = \left[\mathbf{f}(\mathbf{m}_1^{i-1} + \mathbf{e}_1) - \mathbf{f}(\mathbf{m}_1^{i-1}), \mathbf{f}(\mathbf{m}_2^{i-1} + \mathbf{e}_2) - \mathbf{f}(\mathbf{m}_2^{i-1}), \dots, \mathbf{f}(\mathbf{m}_m^{i-1} + \mathbf{e}_k) - \mathbf{f}(\mathbf{m}_m^{i-1}) \right]$$

\mathbf{d}_{obs} : 各地の既往最大津波高および地殻変動量

$\mathbf{f}(\mathbf{m}^i)$: 断層すべり量分布 \mathbf{m}^i における数値計算結果 (計算津波高および地殻変動量)

\mathbf{m}^i : イタレーション i 回目の断層すべり量分布

\mathbf{E} : 誤差ベクトル

\mathbf{e}_k : 要素 k の基底ベクトル

i : イタレーションの回数

m : モデルパラメータ数

β : 修正すべり量 \mathbf{m}^i の縮小因子 (ここでは 0.80 とした)

上記の観測方程式を解く際には、安定的に解を得るために、ダンプつき最小二乗解として解を求めた。

(2) インバージョン時の津波数値計算について

本想定作業では津波数値計算は 50m メッシュで行っている。そのため、 $f(m^i)$ の計算も同じ 50m メッシュで行う必要があるが、50m メッシュで計算を行うと計算時間が膨大となりインバージョン作業を行う上で現実的ではない。よって、ここでは計算時間が短くて済む粗いメッシュで計算を行い、その計算津波高に適切な係数を乗じることで、50mメッシュの計算値とみなすことにした。粗いメッシュとしては、1350mメッシュを用いた。

$$f(m^i) = k^i f_{1350}(m^i)$$

$f_{1350}(m^i)$: 断層すべり量分布 m^i における 1350mメッシュの数値計算結果

(計算津波高および地殻変動量)

k : 粗いメッシュの計算結果を 50m メッシュの計算結果に換算するための、各地点ごとの係数

上述の係数を決定するために、いくつかの既存モデルで、細かいメッシュ(50mメッシュ)と粗いメッシュ(1350mメッシュ)で計算を行い、各地点ごとに計算津波高の比率を算出して、これを上述の係数とした。図-1 にそうのようにして決定した各地点ごとの係数を示す。尚、地殻変動量は差分計算のメッシュサイズには依存しないため、上述の係数は 1 とした。

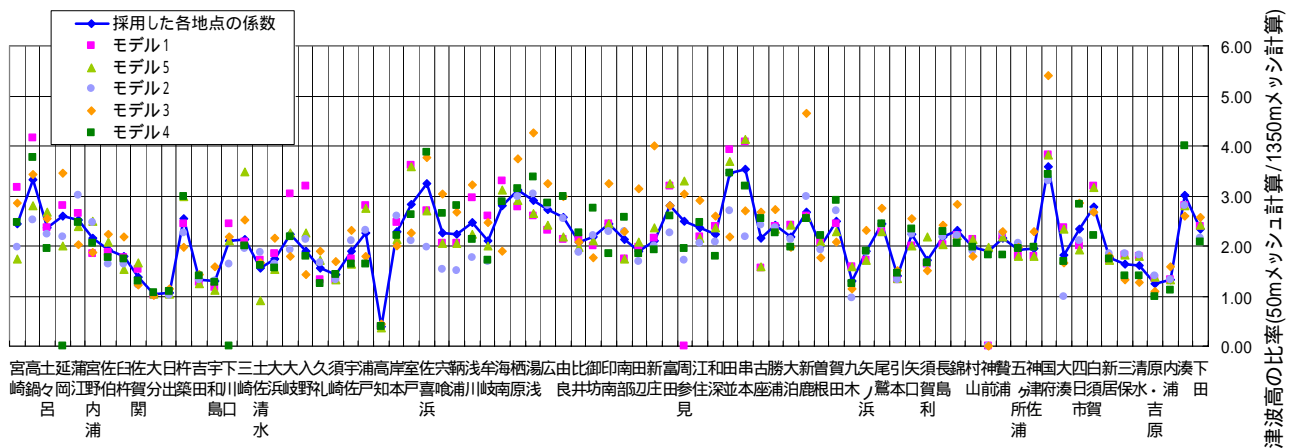


図-1 粗いメッシュ(1350mメッシュ)の計算結果を細かいメッシュ(50mメッシュ)の計算結果に変換するために乗ずる各地点の係数。図中の青線でつながれた点が決定した係数。その他の点は、係数を決定するためにいくつかのモデルで計算した結果。