

1995年喜界島地震津波の波源モデル

東北大学大学院 学生員 ○堀内信哉
 東北大学工学部 正会員 今村文彦
 東北大学工学部 正会員 首藤伸夫

1. 概要

1995年10月18日、鹿児島県奄美地方で発生した喜界島地震の波源モデルの推定を試みた。まず始めに、太平洋沿岸の検潮所で観測された津波記録を説明できる波源モデルを系統的に推定した。次に、このモデルを用いた波源付近の詳細な計算を行って現地調査により得られた痕跡記録と比較し、津波の特徴やモデルの再現性についての検討した。

2. 最適波源モデル推定フロー

波源を決定する断層パラメータを試行錯誤的に変化させて求めるのではなく、系統的に求める方法を提案する。これは、断層パラメータの中で津波の変化に表れるものを検潮記録との比較から決定する方法である。まず、図-1に示すように、津波到達時間、最大波高、第一波周期の三項目を検潮記録と計算結果について、次式に示す相田の指標を用いてどの程度一致しているかを評価する。その結果を踏まえて断層パラメータを変化させ、指標が最もよくなる波源モデルを求める。過去の津波計算の再現性を考慮すると、K値が1.1-1.2程度ならば良好なモデルであると考えられている。以下、喜界島地震津波の場合の具体的な手法を説明する。

ここで利用した検潮記録は、港湾内などの非常に局所的な地形の影響が表れていると思われる場所、機械的なフィルター効果で検潮所での津波が正しく記録されていないと思われる場所を除く14カ所の検潮記録を用いた。

$$\log K = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i \right) \quad (1)$$

$$\log \kappa = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

まず、地震波解析から得られたHarvardモデルを作成し計算を行って検潮記録と比較した。その結果、最大波高のKが1.73となり計算値が実測値に比べて過小となった。津波到達時間、第一波周期については、Kはほぼ1に近い値となり、再現性は良い。この結果から、エネルギーを1.7倍としてそれを食い違い量に反映したModel-1と、断層の幅と長さで反映したModel-2を作成し同様の検討を行った。その結果、Model-1がすべての項目で相田のKがほぼ1に近い値となり、最も良く実際の津波を再現していることが分かった。

3. 喜界島周辺の再現計算

波源モデルの検討では、検潮記録と比較するために太平洋沿岸地域を含む広い領域での計算を行ったが、ここでは波源近くの喜界島や奄美大島での津波の挙動について検討するために、限定した領域での詳細計算を行った。喜界島や奄美大島周辺にはリーフがあり、これが津波に与える影響を調べることで、また前章で求めた

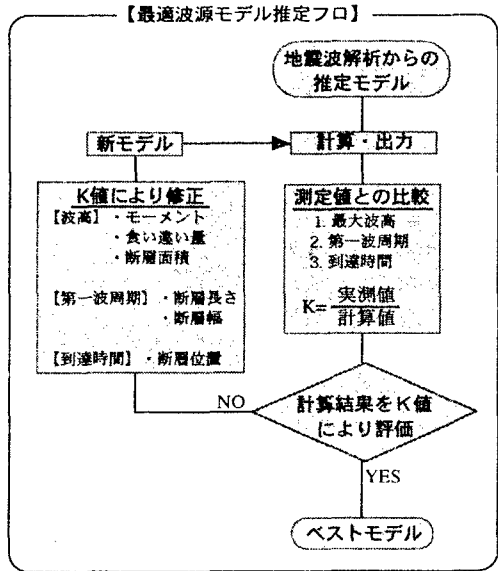


図.1 最適波源推定フロー

表.1 Harvard, Model-1, Model-2の断層パラメータ

Model Name	Length	Width	Dislocation	MO(×10 ²⁴)	Strike	Dip	Slip	Depth
Harvard	30km	15km	2.2m	4.9	216	43	-65	5km
model-1	30km	15km	3.74m	8.33	216	43	-65	5km
model-2	39km	19.5km	2.2m	8.33	216	43	-65	5km

表.2 各モデルの相田のK, κ

	Max Height		Arrival Time		Period	
	K	κ	K	κ	K	κ
Harvard	1.725	1.586	1.004	1.337	0.982	1.427
model-1	1.060	1.547	1.066	1.316	0.982	1.427
model-2	1.271	1.467	1.047	1.298	0.985	1.437

モデルの再現性を考察することが目的である。計算を行ったモデルは、1：格子間隔600m 線形モデル、2：格子間隔60m 非線形モデル（喜界島のみ）で、波源としてはModel-1 を用いた。

図-3に結果を示す。喜界島周辺では2つのモデルの平均的な値はほぼ同程度であるが、モデル2の方が局所的に大きな値を与え、浦原・上嘉鉄などで顕著である。これは、詳細な地形を取り入れることにより、津波エネルギーの集中がより正確に再現された結果であると思われる。ところが、実測値との比較では、モデル1の方が対応がよく、モデル2の結果は大変過大であることが分かった。奄美大島では、モデル1による結果のみが比較されているが、痕跡値の再現は良好である。

以上から、地形および支配方程式の精度を上げたにも拘わらず、痕跡値との対応が悪いという結果を得た。この理由は2つ考えられる。1つは、波源から喜界島への津波エネルギーの集中が過剰に起こり、入射成分が大きかったこと、つまり深海での屈折計算の精度である。第2は、今回、浅海域での地形（リーフ地形や沿岸での微地形）を60mで近似したが、これでも十分ではなく、さらに細かな空間格子を用いる必要があるという点である。

これらに関連して、奄美大島と鹿児島島の間位置する中之島での例が、逆の傾向であるが、挙げられる。喜界島の南部にはウガミ礁・モリ礁などの浅瀬が存在し、中之島には、種子・屋久海脚がある。いずれも屈折方向が大きく変化しやすい場所である。喜界島では、エネルギーの過剰集中が起こり、中之島ではエネルギー方向がはずれてしまったものと考えられる。

また、喜界島での浦原・上嘉鉄、及び中之島には漁港がある。前者は長さ100m 未満、幅20-30m、水深5m以下の小規模の港湾であり、防波堤により湾口が狭い。一方、中之島は、長さ300m、幅100m程の矩形領域がくの字に曲がっている。湾口は最低50mはあり、湾内の水深は10m以下である。いずれの湾も地形が複雑で、固有周期を求めることは簡単に出来ないが、中之島の方が、固有周期が長いことは容易に予想できる。今回の津波の周期は、5-10分の比較的短周期成分が卓越していた。中之島の検潮波形（図-3）では、極大波が4波目と13波目に出現しており、湾内で固有振動が励起された可能性が大きい。一方、喜界島では検潮記録はないが、来襲津波に比べ各漁港での固有周期が短く、共鳴は生じなかったものと思われる。

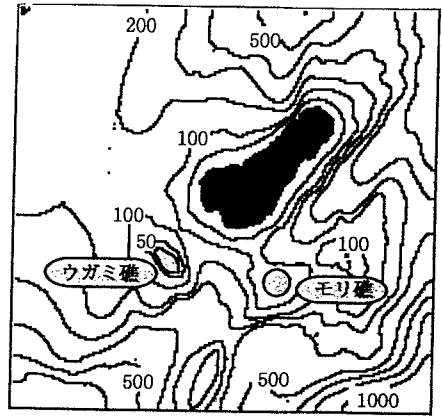


図.2 喜界島周辺の地形図

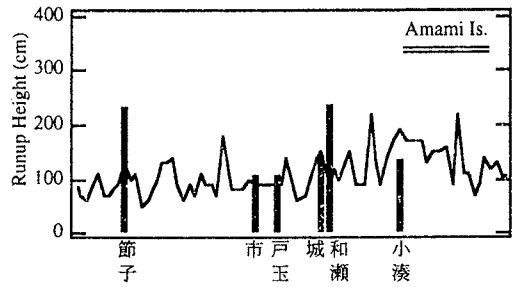
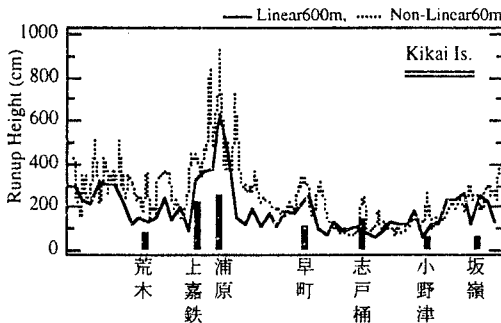
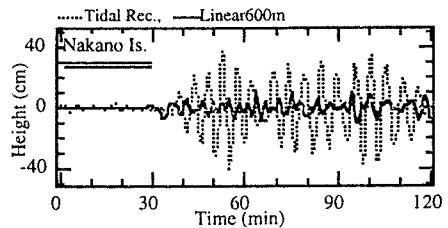


図.3 喜界島（左）、奄美大島（右）での最大波高と中之島での時間波形（右上）

4. 結論

喜界島地震津波について、検潮記録や打ち上げ高のような実際の津波の記録から数値計算法を用いて波源モデルを求め再現性を検討した。その結果、推定された波源モデルは喜界島で過大となり、中之島で過小となった。いずれも、沖合の浅海領域と湾内の形状が影響したものと考えられる。結論を出すには、今後、さらに詳細な検討が必要である。