

北陸近海に震源を有する地震による能登の津波被害予測に関する研究

金沢大学大学院	古村貴男	金沢大学工学部	正会員	北浦 勝
金沢大学工学部	正会員	宮島昌克	金沢大学工学部	正会員
金沢大学大学院		藤野崇之		池本敏和

1. はじめに

1993年7月12日22時17分に北海道南西沖地震（M7.8）が発生し、大津波が奥尻島を中心に各地に襲撃し、その津波は石川県の輪島港においても漁船等の被害をもたらした。忘れた頃にやってくる自然災害は確実に起こっており、これを機に防災対策の充実が叫ばれている今日である。

歴史を振り返ると、日本海側では太平洋側と比較して地震津波そのものの回数はかなり少ない。しかし震央が海域にあるときは、M>6.7の地震で大きさに差はあるものの津波は生じるため、沿岸部においては「地震」即「津波」となることを忘れては成らないのである。

先の北海道東方沖地震では、海岸線に対する断層の走向方向によって地域的に波高の大小が生じたので、このことをヒントに、走向方向の異なる仮想地震を能登沖に発生させると、いかなる現象が起こるかを解析することで能登沖での津波の特徴を捉え、特に輪島周辺での津波の挙動について考察する。なおここでは、IUGG/IOCのTIME計画により移転されたTUNAMIコードを使用して計算を行っている。

2. 北陸近海の海底の特徴

図1を見ると能登半島近海100km付近には、大和礁と呼ばれる浅瀬が広がっており、波を集積する、いわゆるレンズ効果をもたらす地形が広がっている。津波は長波であるため浅瀬では遅く進行するので、津波の到着するまでの時間に比較的余裕ができるといえる。一方、富山湾では沖合い30km程度で水深1000mに達しており、海岸線付近まで早く津波が到着する地形であると考えられる。佐渡島北東の海域は水深500m以下の海盆が点在しており、その間を縫って水深100m程度の海路が北北東および新潟方面に延びている。また、西側20km以内に1500m程度の海溝がある。これらのことを踏まえて、以下の考察を進めていく。

3. 数値シミュレーション

3.1 数値計算法

津波が水深数kmの海域で発生すると、そこでの波長は数10kmから200km程度である。このように水深に対して波長が長いので、津波は長波として扱われる。津波の波高は沿岸の浅い海域を除いては数m以下であり波長や水深に対して小さいため、微小な振幅と考えることができる。浅い海域においても、移流項と分散項の釣り合いによる波形増幅効果は浅水変形に比べかなり小さく、波形に差が見られる程度であり、沿岸での最高水位や到達時間について有意な差は見られない。したがって、以下に示す線形長波理論を用いて解析する。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial t} \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0 \tag{3}$$

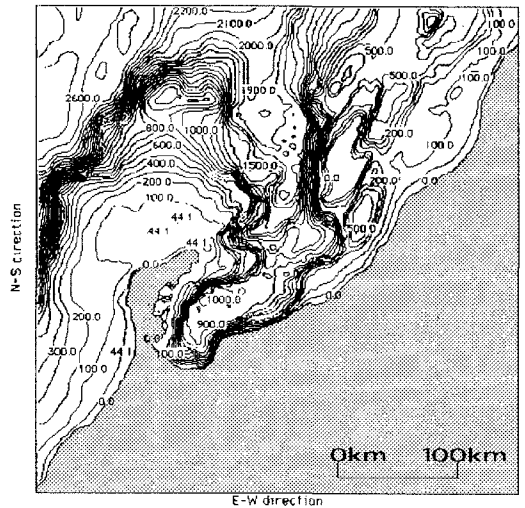


図1 等深線図

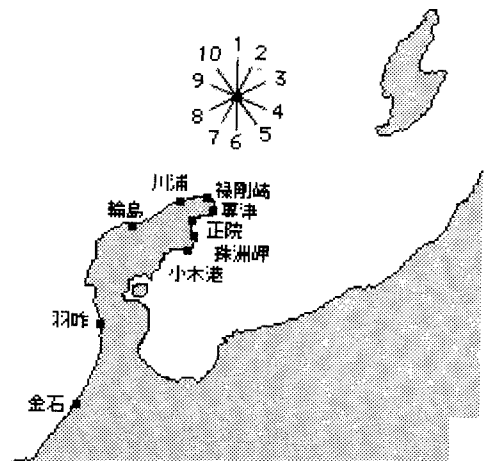


図2 対象地点および断層の走向方向番号

ここで、 η は水位、 M 、 N は x 、 y 方向の流量、 ξ は海底地盤の鉛直変位、 h は静水深、 g は重力加速度である。式 (1) が連続式、式 (2)、(3) がそれぞれ x 、 y 方向の運動方程式である。上式を用いて有限差分法によって数値計算する。計算領域は図2に示すように能登半島から佐波-新潟海域に至る東西約360km、南北約340kmの範囲である。大メッシュ領域を500m、輪島近海に関しては小メッシュ領域として100mを格子幅とし、時間刻みは格子幅と最長水深から2秒とした。

表1. 断層パラメーター

	d (°)	θ (°)	δ (°)	λ (°)	L(km)	W(km)	U(m)
断層 1	2	36度ごとに 変化	40	90	40	30	760
断層 2	3	36度ごとに 変化	25	80	60	30	305

初期条件として能登半島沖地震の震源位置に日本海中部地震に相当する断層パラメーター (表1) を与え、走向方向のみを36° おきに回転変化させ10通りの解析を行った。

3. 2 解析結果

3.2.1 能登近海の波高分布

解析結果の一例として $\theta=0^\circ$ のときの初期波源を図3に、1200秒、2400秒後の大領域に関する津波の挙動を図4及び図5に、2400秒、3600秒後の小領域 (輪島近海) に関する挙動を図6及び図7に示した。輪島近海に最初に波が到達するのは図3、図4より地震発生後30分前後ということが解る。また、緑剛崎の陰に隠れているにもかかわらず3mを越える波高が正院、珠洲岬に現れている。図7では2~4m前後の波高が現れているが、防波堤の陰となる海域では波高が低くなっていることがわかる。

3.2.2 断層の走高方向による波高の変化

走行方向を変化させて行った解析を通して次のことが言える。輪島、川浦、緑剛崎では、断層の走向方向が海岸に対して垂直に近いほど波高は低くなり、平行に近くなれば波高は高くなった。また、レンズ効果により波高は他地域に比べ3倍程度の高さとなり、局地的には9mを越すところも見られた。珠洲、粟津、正院、小木港では、緑剛崎の陰に隠れるため上記の3地域と比べれば波高は低い。珠洲岬は粟津より波源から約20km遠いが波高にはほとんど差が見られなかった。羽咋、金石では、意外なことに波源に近い羽咋よりも、約30km離れている金石の方が波高が高くなった。これは、波が陸棚に沿って伝わる境界波であるため、エネルギーをほとんど消費せずに金石に到達すること、波が到達するために急激な回り込みをしなければならない羽咋に対し、金石はなめらかな回り込みで到達できることが重なった結果であると考えられる。

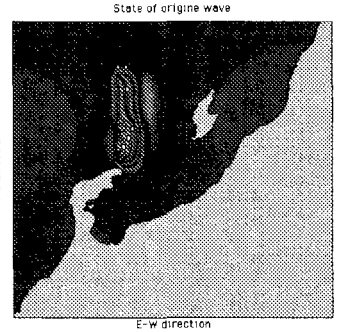


図3 初期波源の一例

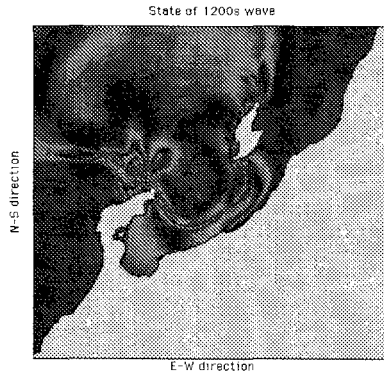


図4 1200秒後の能登沿岸の津波挙動

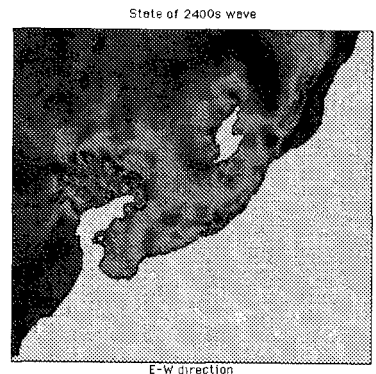


図5 2400秒後の能登沿岸の津波挙動

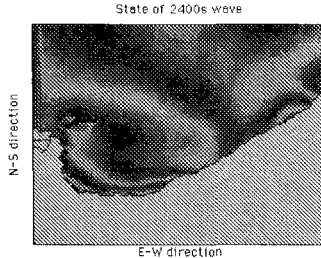


図6 2400秒後の輪島沿岸の津波挙動

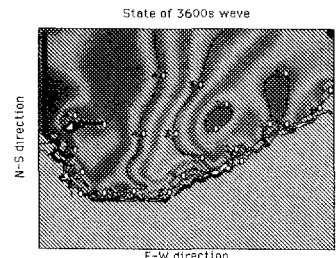


図7 3600秒後の輪島沿岸の津波挙動

4. まとめ

(1)断層の走向角による波高の変化は海底地形と、各地の断層に対する位置関係によって大略説明できる。(2)能登沖で津波が起きた場合でも輪島に津波が到着するのは30分前後の時間がかかり、避難するための時間としては比較的余裕があるといえる。