

# 新潟県沿岸域へ到達する可能性のある津波の予測について

水工学研究室 政井 雄大  
指導教員 犬飼 直之

## 1. 序論

### 1.1 はじめに

新潟県は日本海沿岸に位置しており、たびたび津波の被害を受けている。過去に新潟県に到達した津波を発生させた地震としては、1964年6月16日に発生した新潟地震や1983年5月26日に発生した日本海中部地震、1993年7月12日の北海道南西沖地震など日本海を震源とする地震が挙げられる。新潟県における津波による物的被害は日本海中部地震で漁船40隻に被害が及び、新潟地震では津波と液状化現象による地下水の噴出が重なり、新潟市で10,000世帯以上に床上浸水の被害があった。

津波による被害の軽減には、津波を沿岸で食い止める防波堤の建設が挙げられ、その高さの設定には津波の高さを予測する必要がある。また、実際に地震が起きた際に津波の有無や規模を迅速に判断する必要がある。地震調査委員会(2003)は日本海東縁部で発生する可能性のあるM7.5以上の地震について、過去の地震発生記録や、地震性堆積物、津波堆積物の地質学的データから、その地震の規模、発生間隔、発生確率を推定している。この情報を用いて過去の津波発生地震と予測される地震を比較することで、津波の規模を予測することができる。

### 1.2 研究目的

地震発生時に津波が発生する可能性を迅速に判断する判断基準を更新し、今後新潟県沿岸域へ到達する可能性のある地震津波が発生する時期や、その際の到達時間、津波の規模を予測することを目的とした。

本研究では、地震調査委員会(2003)により推定された日本海東縁部の地震発生予測を参考に、地震津波の発生時期を推定し、また気象庁発行の地震年報(2009)の情報もあわせて利用して地震発生

時の津波発生の可能性や、津波到達時間、規模などを推定した。

## 2. 日本海東縁部における津波予測

地震調査委員会(2003)は、北海道沖から新潟県沖にかけての日本海東縁部に沿って8つの領域に区分し、各領域においてM7.5以上の大地震が繰り返し発生すると考え、記録がある北海道西方沖、北海道南西沖、青森県西方沖、山形県沖、新潟県北部沖については、地震発生間隔および近い将来での発生確率を推定している。また記録のない地震空白域である北海道北西沖、秋田県沖、佐渡島北方沖については、地震性堆積物、津波堆積物の地質学的データなどから、過去に発生したと推定されるM7.5以上の地震の発生間隔、近い将来での発生確率を推定している。図2.1に地震調査委員会(2003)による領域区分と、記録があるM7.5以上の地震の震源地、ユーラシアプレートと北米プレートの境界を示した。



図 2.1 領域区分と M7.5 以上の震源地

M7.5以上の地震記録のある地域では、発生間隔は最短で500年となっているが、最新の地震発生からの経過年が短いため、50年以内の地震発生確

率はほぼ 0%と推定されている。また地震空白域である北海道北西沖は 0.01~0.2%, 秋田県沖は 5%程度以下, 佐渡島北方沖は 5~10%と推定されており, この中で 50 年以内に日本海で M7.5 以上の地震が起こる可能性が最も高いのは佐渡島北方沖であり, この地震の規模は, 過去に日本海で発生した地震の最大値から M7.8 程度であると想定されている。

また, この地震により新潟県沿岸域に到達する津波の高さを過去の津波記録から予測すると, 1964 年の新潟地震の地震エネルギーは M7.5 であり, その時の海岸到達時の最大水位変動量は 4.9m であったが, 予測される地震エネルギーは M7.5 より大きい M7.8 であるため, 5m 以上になると予測できる。また, 第一波の到達時間は, 1964 年の新潟地震では村上市寝屋で 10 分, 新潟市で 19 分程度であり, 1983 年の日本海中部地震では, 新潟市で 69 分, 柏崎で 56 分程度であった。図 2.1 から 1964 年新潟地震の震源地は佐渡島北方沖の領域に近く, 佐渡島北方沖の地震が佐渡島近海で発生した場合, 新潟県沿岸域への第一波到達時間は最短で 10 分程度であると考えられる。

### 3. 津波発生判断モデルの更新

2007 年に能登が提案した津波発生判断基準で用いているデータに, 2008 年から 2012 年までの津波が発生した地震のデータを追加し, 新しい津波発生判断式を作成した。新たに加えた 2008 年と 2009 年のデータは気象庁発行の地震年報 2009 年版から, 2010 年から 2012 年のデータは地震調査研究推進本部が発表したものを利用した。そのうち, 2011 年の東北地方太平洋沖地震ではモーメントマグニチュードで表示されており, M9.0 を気象庁マグニチュードに換算して, 能登が提案した津波発生判断モデルに用いる必要がある。複数の地震学者(島村ら)は, 東北地方太平洋沖地震を気象庁マグニチュードに換算すると最大で M8.4 程度であるとしているため, 本研究では M8.4 としてデータに加えた。

津波発生判断モデルの更新では, 能登(2007)の

手法を参考にした。まず, 最小二乗法を用いて津波が発生した地震エネルギーと震源深さの関係のグラフに回帰直線をひき, 直線の傾きを求めた。次に津波が発生した地震のうち, 地震エネルギーが最小である M5.9 の点を基準にして乖離率 5% の直線をひいた(図 3.1)。

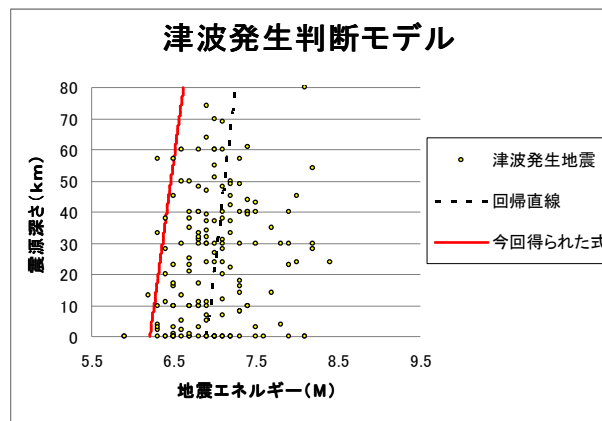


図 3.1 新しい津波発生判断モデル

これより得られた式は  $M = 0.0044 D + 6.21$  である。更新前の式は  $M = 0.0051 D + 6.21$  であり, 傾きが小さくなり津波が発生すると判断される領域が若干広くなった程度であり, 更新により大きな変化は見られていない。

### 4. 津波波高判断モデルの検討

第 3 章では地震エネルギーと震源深さの関係から津波発生の有無を判断する基準を作成したが, 発生する津波の規模を地震発生直後にある程度把握することができれば, 防災上で有意ではないかと考え, さらに震源の水深と最大水位変動量のデータを用いて, 地震エネルギーとの関係などを求めた。

まず図 4.1 に示すように, 地震エネルギー, 震源深さ, 震源の水深の 3 軸のグラフに, 津波が発生した地震をプロットした。図ではそれぞれの津波の海岸到達時の最大水位変動量を球径と色で段階的に示した。また, 最大水位変動量が 300cm 以上の点を同一スケールで表した。次に地震エネルギーと震源深さの平面で表したものを図 4.2 に示し, 地震エネルギーと震源の水深の平面で表し

たものを図 3.3 に示し，図 4.3 の水深 1500m 以下を拡大したものを図 4.4 に示した。

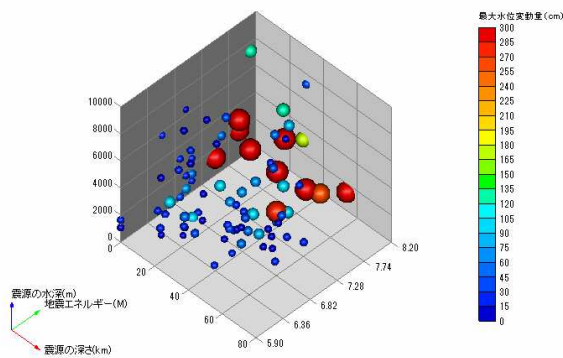


図 4.1 M・震源深さ・水深と最大水位変動量 (300cm 以上同一スケール)

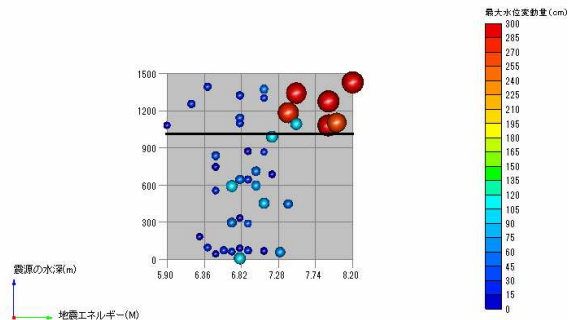


図 4.4 M・水深と最大水位変動量 (水深 1500m 以下)

図 4.1 から最大水位変動量の大きい点は震源の水深が浅く，地震エネルギーの大きい位置に分布しているのがわかる。

図 4.2 は第 3 章で更新した津波発生判断モデルに最大水位変動量のデータを加えたものである。図から最大水位変動量は地震エネルギーが増大すると増加傾向にあり，震源が深くなると減少傾向にあることがわかる。また，最大水位変動量 1m 程度の津波は M6.5 以上の地震で発生しており，3m 以上の津波は M7.3 以上の地震で発生していることがわかる。

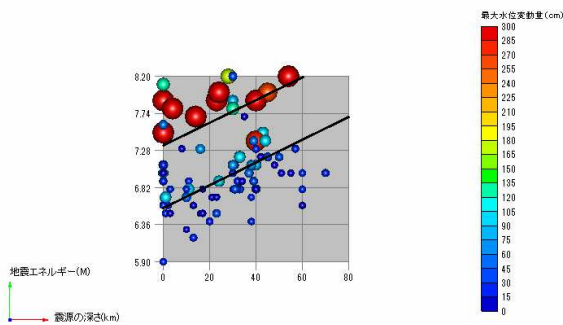


図 4.2 M・震源深さと最大水位変動量 (300cm 以上同一スケール)

図 4.3 をみると，震源の水深 1000m 程度以上では水深が浅くなると最大水位変動量は増加傾向にあることがわかる。また，太平洋の平均水深である約 4000m 以上の地点を震源とする地震では最大水位変動量 3m 以上の津波が発生していないことがわかる。また，図 4.4 より M7.5 以上の地震は震源の水深が 1000m 程度以下の地点では発生していないことがわかる。さらに，震源の水深が 1000m 程度以下の地点を震源とする地震では最大水位変動量 1m 程度の津波が最大であることがわかる。このことから，3m 以上のような大規模な津波が発生するには 1000m 程度以上の水深が必要であり，約 4000m 以上では津波波高は減少傾向にあるということがわかる。

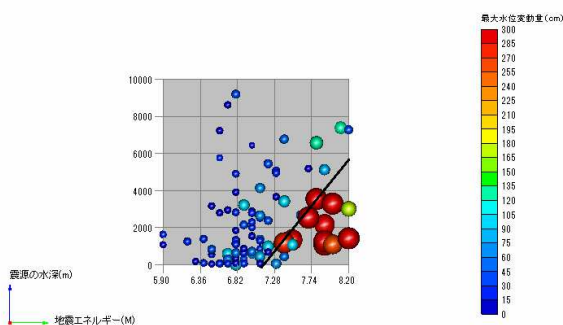


図 4.3 M・水深と最大水位変動量 (300cm 以上同一スケール)

## 5. まとめ

今後 50 年以内に、日本海で M7.5 以上の地震が起る可能性が最も高いのは佐渡島北方沖で発生確率は 5~10% である。また想定される地震の規模は M7.8 程度である。この地震により、新潟県沿岸域に到達する津波の高さは最大で 5m 以上になる可能性がある。また、津波の第一波は最短で 10 分程度で新潟県沿岸域に到達する可能性がある。

また、能登が提案した津波発生を伴う地震の地震エネルギーと震源深さの関係式： $M = 0.0051 D + 6.21$  を更新し、 $M = 0.0044 D + 6.21$  を得た。これは、M6.21 以上の地震で海面が変動する可能性が高くなることを示している。さらに、津波発生判断モデルに最大水位変動量と震源の水深のデータを加え検討した結果から、最大水位変動量は地震エネルギーが増大すると増加傾向にあり、震源が深くなると減少傾向にある。また、震源の水深 1000m 程度以上では水深が浅くなると最大水位変動量は増加傾向にあることがわかった。また、最大水位変動量は M6.5 以上で 1m 程度、M7.3 以上で 3m 以上になる可能性がある。さらに、3m 以上のような大規模な津波が発生するには 1000m 程度以上の水深が必要であり、約 4000m 以上では最大水位変動量は減少傾向にあるという結果が出た。

## 6. 今後の課題

日本海東縁部における津波予測に関しては、過去の M7.5 以上の地震記録が各領域で一回発生している程度であり、地質学的データから予測を行うのが有効であるが、日本海における堆積物の研究は進んでいるとはいえ、今後更なる研究の発展を望みたい。

震源を確定した後、断層パラメータから地盤変動量を計算し、その結果を用いて津波の挙動シミュレーションを行うことで、各地での到達規模、到達時間を予測することを目指したい。

東北地方太平洋沖地震のような大規模な地震についてはモーメントマグニチュードでの計算

の方が適していると考えられるため、そのような点を考慮した研究を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 尾崎晃 他：概説 海岸工学，森北出版
- 2) 伊藤正義 他：わかりやすい数理統計の基礎，森北出版
- 3) 能登兵衛：津波速報のための津波発生判断モデルの開発，長岡技術科学大学学士論文
- 4) 岩崎伸一：検潮記録からみた北海道南西沖地震津波，TAGS(筑波応用地学談話会誌)，6，pp.10-20，1994
- 5) 地震研究所：新潟地震による津波，地震研究所研究速報，第 8 号，pp.58-62，1964
- 6) 羽鳥徳太郎，片山通子：日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域，地震研究所彙報，Vol.52，pp.49-70，1977
- 7) 中村一明：日本海東縁新生海溝の可能性，地震研究所彙報，Vol.58，pp.711-722，1983
- 8) 阿部勝征：津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化，地震研究所彙報，Vol.63，pp.289-303，1988
- 9) 宇佐美龍夫：歴史的地震の震央位置について，地震研究所研究速報，第 12 号，pp.1-29，1974
- 10) 地震調査委員会：日本海東縁部の地震活動の長期評価，地震調査研究推進本部，2003
- 11) 気象庁：地震年報 2009，気象業務支援センター
- 12) 島村英紀のホームページ，  
<http://www5.pf-x.net/~sapshima/index.html>
- 13) 地震調査研究推進本部，<http://www.jishin.go.jp/>
- 14) 国土地理院，<http://www.gsi.go.jp/>
- 15) 気象庁，<http://www.jma.go.jp/jma/>

## 謝辞

本研究にあたり一貫してご指導受け賜った犬飼直之助教をはじめ、貴重なご意見を頂いた細山田得三教授に心からの謝意を表します。