

津波速報の為の津波発生判断モデルの開発

長岡技術科学大学環境・建設系 犬飼 直之

京都大学大学院 能登 兵衛

長岡技術科学大学大学院建設工学専攻 加藤 文章

1. はじめに

沿岸域での地震発生時には、津波来襲の可能性の判断を迅速に行う必要がある。

津波発生最大の要因は海底地震である。そのため地球上で津波が発生しやすい場所は地震が活発な地域に一致することが多く、日本で記録された過去の津波の 80%以上が環太平洋地震帯で発生している。地震と津波の関係性については多くの研究がされており、その中で飯田は、地震エネルギー・発生深度と津波発生限界の関係を表した。これによると、津波の規模は地震のマグニチュード M と震源の深さ $D(\text{km})$ に依存することを明らかにしており、次式で表わされる。

$$M \geq 0.17D + 6.42 \quad (1)$$

この式によると、地震エネルギー（マグニチュード M ）が 6.4 以下では津波が発生しないことを示しているが、例えば気象庁発行の 2007 年度発行の震年報を用いて過去 85 年間に発生した地震の震源深さとマグニチュードの関係性をプロットすると図-1 のようになり、図中において“津波発生せず”とされていた領域内（以下、「安全域」と記載）でも多数の津波を伴った地震が発生しているのが見てとれる。そこで、本研究では、津波を伴う地震の震源深さとマグニチュードの関係性を再度見直し、新たに地震の震源深さとマグニチュードから津波の発生を予測する判断基準の作成を行った。

2. 研究内容

まず、地震年報の過去 85 年間（1923 年～2007 年）の地震データの中からマグニチュード 5.5 以上のものを抜き出し、年ごとに日本周辺地形図にプロットし、目視で震源地が海底以外のものを除去した。またデータでは、同一震源地における地震エネルギーが最大の地震が津波を伴った地震として記録していると考えられるため、同一震源地の地震についてはデータを 1 つだけ採用した。この結果、日本周辺において 2776 個

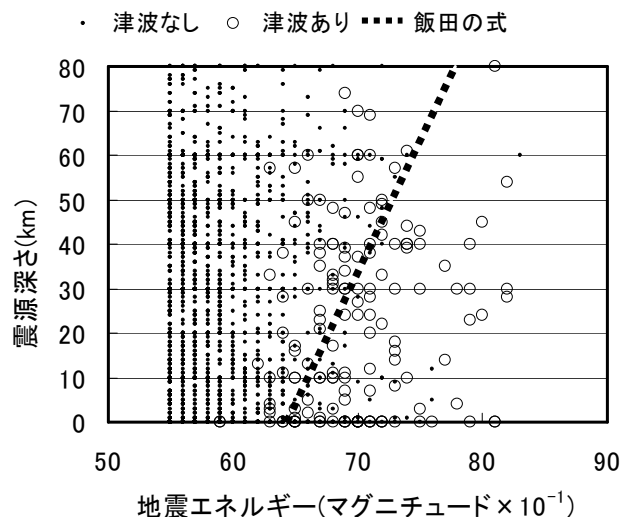


図-1 過去 85 年間(1923 年-2007 年)の地震

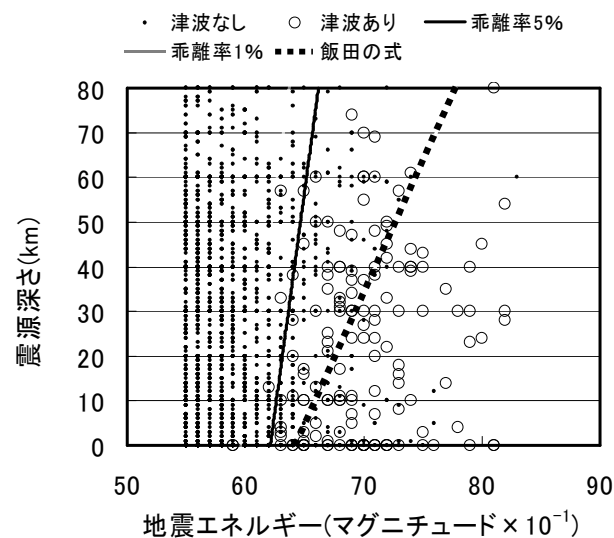


図-2 乖離率 5%と 1%の関係式

の $M5.5$ 以上の地震を抽出したが、このうち実際に津波が発生した地震は 146 個であった。これらの地震についてその震源深さとマグニチュードの関係図を作成すると図-1 および図-2 のようになる。この図を用いて下の手法で改めて津波が発生する最低限の関係を検討した。まず、実際に津波を伴った地震として記録されているものに最小二乗法を用いて X の Y に対する回帰

直線を引き、その傾きを新しい境界線の式として採用した。これに実測値がどのくらい乖離しているかを 100 百分率で表したものを乖離率とした。また津波を伴った地震のうち最もマグニチュードの小さい M5.9 が、新しく提案する関係式から 5%外れているとした場合と、1%外れているとした場合の関係式を考え、それぞれ切片を決定した。図-2 中、実線の直線は乖離率 5%であり、式 (2) で示される。また点線の直線は乖離率 1%であり、式 (3) で示される。式中、震源深さを D (km)、マグニチュードを M としたとする。

$$M = 0.005092 D + 6.210526 \quad (2)$$

$$M = 0.005092 D + 5.959596 \quad (3)$$

これら 2 式で、式 (3) の乖離率 1%の関係式は図中最小の津波地震を含むが、それ以外では津波は発生していないので、これは特異な地震と考え、乖離率 5%の式 (2) を利用する事とした。

3. 既往研究との比較

今回得られた結果は、津波発生のためには地表付近よりも地中では深度に比例してより大きな地震エネルギーが必要である事を示しており、逆にいえば深度の増大に伴い地表へ到達する地震エネルギーは減衰する事を示している。ここでは、ここで得られた結果の妥当性の検討を行うために、既往研究と比較を行った。

佐藤ら (2005) は、既往地震の観測結果より、震源深度の増大に伴い地震エネルギーが地表へ到達するまでにどのように減衰をするのを求め、深さ 100m 以深では、減衰定数は 0.0036(S 波速度 2000m/s)となる結果を得た。そこで式 (2) で得られた地表切片 $M=6.21$ を基点として佐藤らの関係式を式 (4) の様に定義し式 (1) と式 (2) と共に図-3 に示した。

$$M = 0.0036 D + 6.21 \quad (4)$$

図より、本研究で得られた式 (2) の直線と佐藤ら (式 (4)) の直線は飯田 (式 (1)) よりも近い関係を示している。佐藤らによると、減衰定数は地域によって 0.003~0.01 程度のばらつきがあるという結果が報告されており、そのばらつきを考慮すると 2 直線はよく一致していると考えられる。これより、今回得られた関係式の傾きは、深度に比例して地震エネルギーが減衰するためによるものであると考えられる。またこれらの結果を用いれば、深度が異なる地震でも、地表付近に到達するエネルギーに換算すれば津波発生の可能性

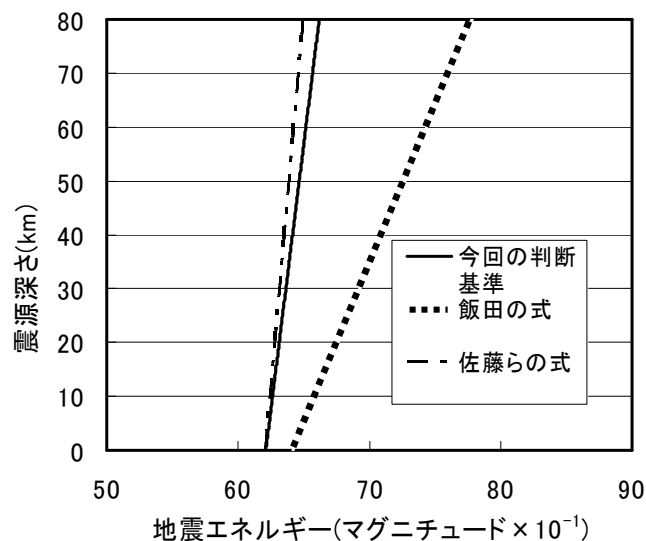


図-3 津波発生の関係式の比較

を判断できるのではないかと考えられる。

4. まとめ

- ・ 本研究においては、飯田が提唱し、世間一般に浸透している津波発生を伴う地震の震源深さとマグニチュードの関係式： $M = 0.017 D + 6.42$ について、現在における、その有意性を確かめた。
- ・ 過去 85 年間に発生した津波を伴う地震から、新たな津波発生判断基準として、 $M = 0.0051 D + 6.21$ を提案した。
- ・ 震源 80km 以深では津波は発生しにくい。
- ・ 今回の判断基準は、佐藤らの結果と比較して誤差は見られるが地震エネルギーと震源深さによる減衰との間に相関があることを確認した。
- ・ 今回提案した判断基準は、今後さらに検討が必要であるが、津波発生の可能性を今までよりも精度よく判断できるようになった。

参考文献

- 1) 尾崎 晃 他：概説 海岸工学，森北出版，1987
- 2) 田河 生長 他：確率統計，大日本図書，2003
- 3) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 4) 地震年報：気象業務支援センター，2007
- 5) 佐藤 浩章 他：地震観測記録に基づく地震動の減衰特性，電力中央研究所報告，No.4041，pp1~20，2005