

中米における津波規模の特性

羽 鳥 徳太郎*

1. はじめに

1985年9月のメキシコ地震は、メキシコ市付近に大災害をもたらし、沿岸の町村は津波に襲われた (Ka. Abe 他, 1986)。また、1992年9月のニカラグア地震は、10mの津波を伴う低周波地震として注目された (阿部 (邦) 他, 1993)。中米 (メキシコ~パナマ) で発生した津波は1700年代から記録され、表のかたちで整理されてきた (Iida 他, 1967; Soloviev and Go, 1985)。1900年以降の地震については、器械観測データで震央・マグニチュードが解析され、表示されている (Ka. Abe, 1981; 宇津, 1990)。

津波の規模と地震との関係は、震源メカニズムの情報をもたらす。日本近海の津波と環太平洋の主な巨大地震 (小山・小菅, 1985)、および東南アジアの津波 (羽鳥, 1994) については、統計的な経験式が示された。本稿では、過去94年間 (1900~1993) に、中米で発生した津波を対象に規模の特性を比較検討した。また、世界における津波のマグニチュードと最大波高との関係を調べ、低周波地震による津波の特異性を示す。

一方、1960年チリ津波は日本の太平洋沿岸全域に大災害をもたらし、南米で発生した津波の観測回数が多いが、中米津波の観測例はきわめて少ない。ここでは数例の記録を取り上げ、日本に対して津波の指向性を検討した。

2. 津波波源の分布

世界の被害地震カタログ (宇津, 1990) から、過去94年間 (1900~1993) に中米で発生した津波を伴う地震を取り出し、表-1に示す。ここで地震の表面波マグニチュード M_s は、主に Abe (1981) による解析値を引用した。また各津波のマグニチュード m は、今村・飯田スケールで区分され、Soloviev and Go (1985) が示した値と、今回得られた解析値を示す。

図-1は、上記の期間に発生した津波を伴う地震の震央分布を示す。主な地震に、発生年および地震と津波のマグニチュード M_s/m を付記した。右上図は、津波を伴う主な歴史地震 (1700~1899) の震央分布である。推定された震央の多くは、近年の地震活動域と同じような地域に分布している。

3. 津波マグニチュードの判定例

波源付近の遡上高および広域で観測された検潮記録を用い、筆者の2方法 (羽鳥, 1986) による津波マグニチュードの判定例を以下に示す。

1985年9月19日のメキシコ地震 ($M_s=8.1$) で、メキシコ市は大災害に見舞われ、約1万人にのぼる死者を出したことは知られている。ManzanilloからAcapulcoに至る約500kmの沿岸域に津波が遡上し、震央に近いLazaro Cardenasでの遡上高は4~5mに達した (Ka. Abe 他, 1986)。図-2は津波マグニチュードの判定図を示したもので、横軸に震央を原点に、沿岸にそって観測点の距離 L 、

*元東京大学地震研究所

表-1 中米における地震津波の表 (1900~1993)

Date	Location		Magnitude		Remarks	
	Lat. N	Long. W	M_s	m		
1902 II 26	El Salvador	13.0°	89.0°	—	2	
1905 I 20	Costa Rica	—	—	—	—	
1907 IV 15	Mexico	17.0	100.0	7.7	1	Acapulco 185 cm.
1909 VII 30	"	17.0	100.5	7.4	0	Acapulco inundated.
1915 K 7	Guatemala	14.0	92.0	7.9	0.5	
1916 V 25	El Salvador	12.0	90.0	7.5	—	
1925 XI 16	Mexico	18.5	107.0	7.0	2*	Suhuatanejo 10 m.
1928 VI 17	"	16.2	98.0	7.8	1	Hilo 40 cm.
○1932 VI 3	"	19.5	104.3	8.2	2	Manzanillo swept.
○1932 VI 18	"	19.5	104.3	7.8	1*	Manzanillo inundated.
1932 VI 22	"	19.0	104.5	6.9	2*	Cuyutlan 6 m.
1934 VII 18	Panama	8.0	82.5	7.6	1.5	
1941 XII 5	Costa Rica	8.5	83.0	7.6	-1*	Puntarenas 22 cm.
1941 XII 6	"	8.5	84.0	7.0	-2*	Puntarenas 8 cm.
1948 XII 4	Mexico	22.0	105.5	6.9	1.5	
1950 X 5	Nicaragua	11.0	85.0	7.7	-1*	Puntarenas 10 cm.
1950 X 23	Guatemala	14.5	91.5	7.2	-1*	San Jose 20 cm.
1950 XII 14	Mexico	16.0	97.5	7.1	-1.5	Acapulco 30 cm.
1957 VII 28	"	16.7	99.2	7.5	1*	Acapulco 255 cm.
1962 V 11	"	17.0	99.6	7.0	-1*	Acapulco 75 cm.
1973 I 30	"	18.5	102.9	7.3	0*	near source 1 m.
1978 XI 29	"	16.1	96.6	7.6	—	
1985 K 19	"	18.3	102.5	8.1	2.5*	Acapulco 141 cm.
1985 K 21	"	17.8	101.7	7.5	—	Acapulco 123 cm.
○1992 K 2	Nicaragua	11.8	87.4	7.2	2.5*	El Transito 9.9 m.

M_s : Surface-wave magnitude of earthquake is quoted from Ka. Abe (1981).

m : Tsunami magnitude of Imamura-Iida scale.

* Values estimated in the present study.

○ Observed in Japan.

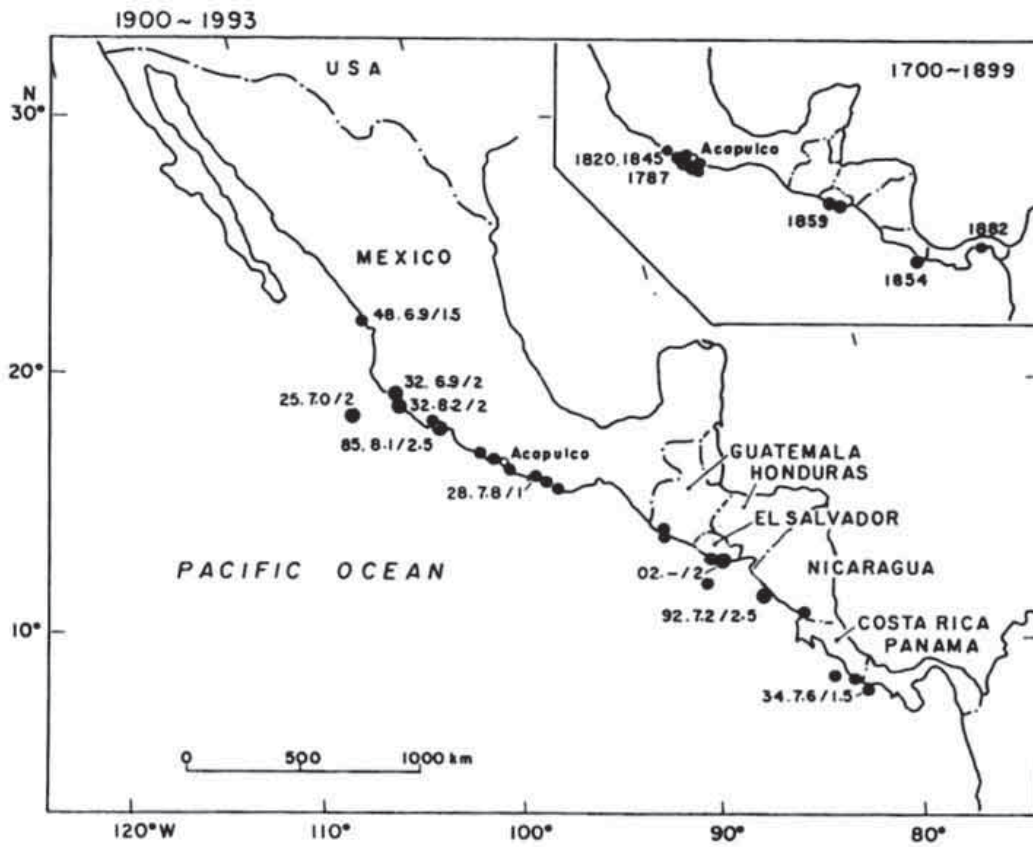


図-1 中米における津波を伴う地震の震央分布
 主な地震の発生年，地震と津波のマグニチュード M_s/m を示す。

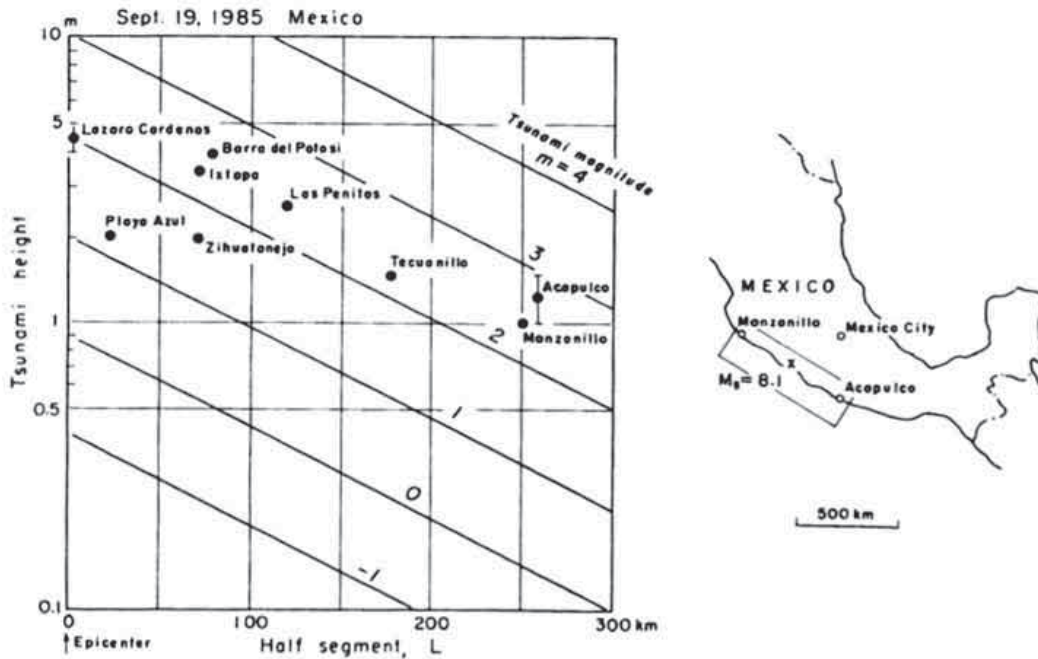


図-2 1985年メキシコ地震の津波マグニチュード判定図

縦軸に波高 H をとる。津波マグニチュード m は、波高を2.24倍の刻みで次の経験式で区分してある。

$$m = 0.008L + 2.7 \log H + 0.31$$

(単位 H : m, L : km)

解析の結果によれば、津波マグニチュードは $m=2.5$ と推定される。

1992年9月2日のニカラグア地震($M_s=7.2$)は、震源付近の震度は1~2(微・軽震)であったが、津波による死者は137人を数え、典型的な低周波地震であった。津波が約300kmにわたるニカラグア沿岸を襲い、震央に近いEl Transitoで9.9mの波高に達し、市街を洗い流した(阿部(邦)・他, 1993)。図-3は、震央を原点にとり、沿岸ぞいに投影した波高をプロットして示す。震央の南側の波高がやや大きく、津波マグニチュードは

$m=2.5$ と推定される。

米国地質調査所(USGS)の報告によれば、以上の2津波は太平洋各地の検潮所で観測された。図-4は遠地で得られた検潮データを用いた、津波マグニチュードの判定法を示す。横軸に震央から観測点までの距離、縦軸には最大波の片振幅値をとる。津波マグニチュードは、波高が距離 $\Delta^{-1/2}$ で減衰するとして、2.24倍の刻みで区分してある。1985年メキシコ津波は、前法と同じ $m=2.5$ と判定される。しかし、1992年ニカラグア津波の場合は、観測値が大幅にバラつき、マグニチュードの判定が難しい(ガラパゴス・イースター島は、波源の短軸方向に向き、指向性の効果を強く受けている)。その他の津波については、観測データは少ないが、波源付近の波高から津波マグニチュードを見直し、表-1に示した。

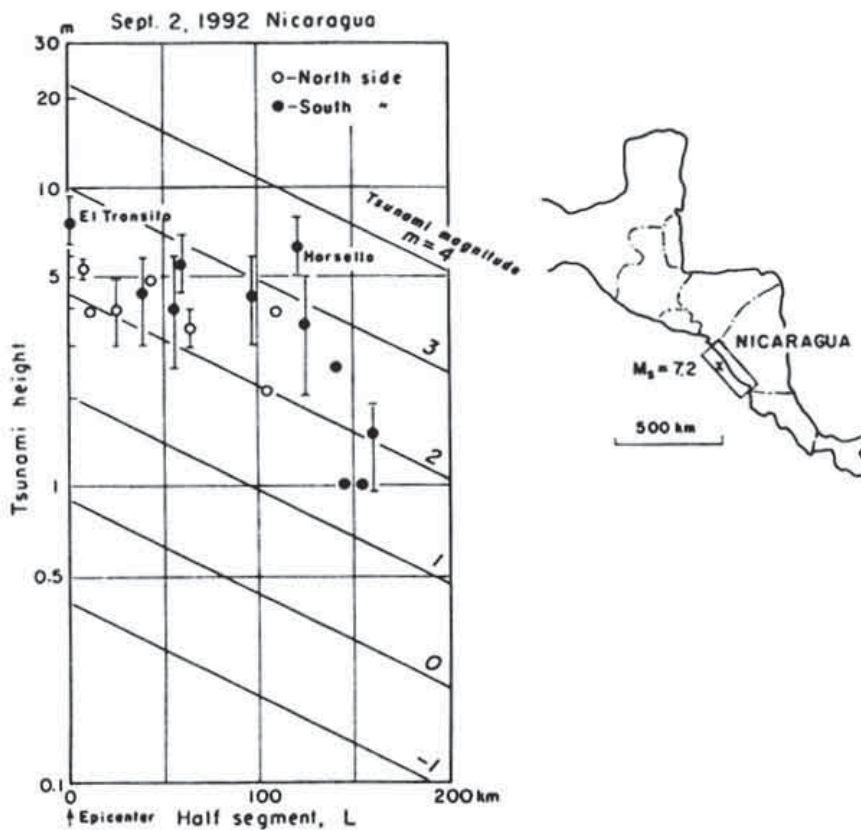


図-3 1992年ニカラグア地震の津波マグニチュード判定図

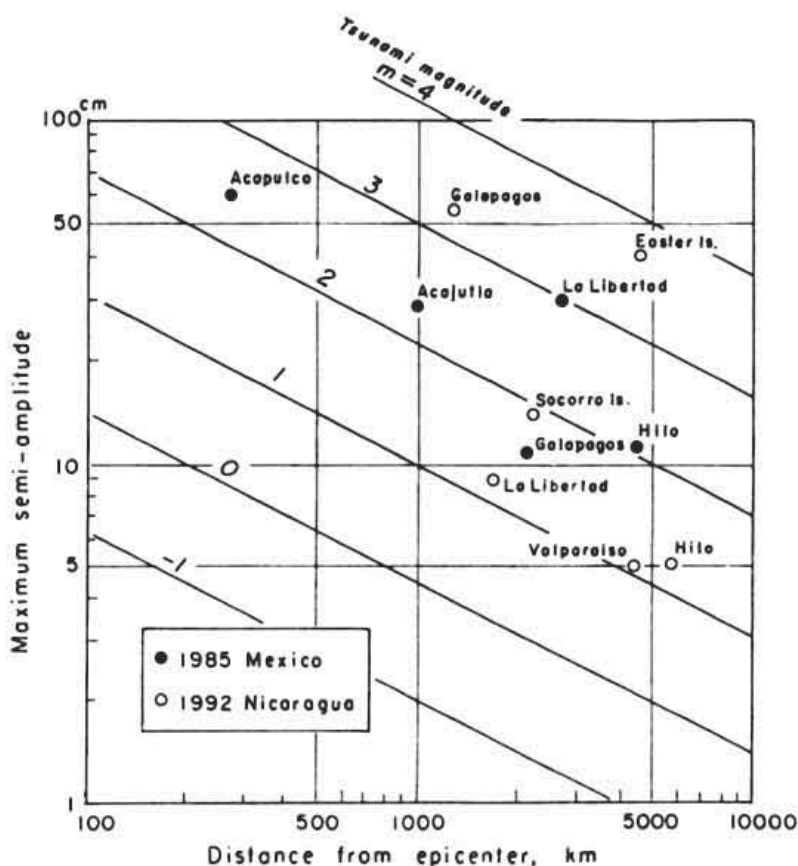


図-4 津波の最大片振幅値と震央距離の関係
津波マグニチュードで区分

4. 津波規模と地震との関係

津波の規模は、地震のマグニチュード、深さ、断層の傾斜角に左右され、有用な震源メカニズムの情報になる。図-5は、地震の表面波マグニチュード M_s と津波マグニチュード m の関係を示す。記号Aは、日本近海の地震と環太平洋の主な巨大地震のデータから得られたもので、次のような経験式で示された(小山・小菅, 1985)。

$$m = 3.9M_s - 28.6$$

記号Bは、フィリピンとインドネシア近海で発生した地震と津波のデータから得られたものである(羽鳥, 1994)。同程度のマグニチュードの地震と比べ、津波マグニチュードが1~2階級(波高にして2~5倍)上回る地域性がみられた。

図-5は、過去94年間(1900~1993)に中米で発生した津波のデータをプロットしたものである。記号Aのものとは比べ、津波のマグニチュードがやや下回る地震が多い。しかし、1992年ニカラグア津波など、20例の津波のうち4例の津波マグニチュードが3階級(波高にし約10倍)ほど大きい。

一方、日本近海で発生した津波のデータによれば、最大波高 H_{max} と津波マグニチュード m との関係は次式で表わせる。

$$\log H_{max} = 0.35m - 0.05$$

(単位: H メートル)

図-6には、日本近海と世界の主な津波データをもとに、津波マグニチュードと最大波高との関係を示す。低周波地震による津波は、大きな二重マークで示した。同じ津波マグニチュードに対し、最大波高が平均値より

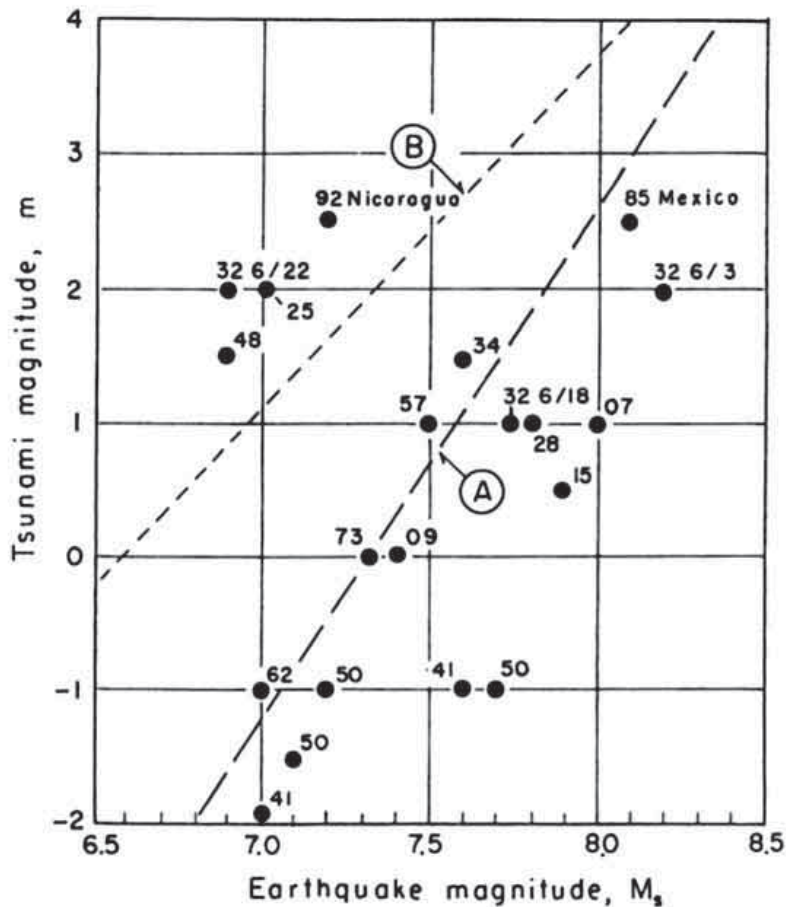


図-5 地震と津波のマグニチュードとの関係
数字は中米津波の発生年を示す。

2倍の範囲内にあるものが多い。しかし、1896年三陸津波・1946年アリューシャン津波など6個の低周波地震のうち、半数の津波の波高が2倍を超えている。

5. 日本での観測例

1992年ニカラグア津波は、地震から16時間50分後に、宮城県の気仙沼検潮所で全振幅13cmの水位変動が観測された(阿部(邦)他, 1993)。その他、メキシコで発生した津波が、布良・土佐清水・油津において小振幅で観測された、2例の検潮記録がある(日本津波研究会作製のマイクロフィルム)。

図-7は、千葉県の布良検潮所(気象庁)

で観測された、1932年6月3日と同月18日のメキシコ地震津波の記録を示す。地震からの伝播時間は、それぞれ14時間43分と15時間03分であり、最大波の全振幅値は26cmと10cmであった。

それに対し、1960年チリ津波は日本に大災害をもたらし、1900年以降南米で発生した津波が日本で11回観測されている(羽鳥, 1989)。しかし、中米津波は3例にとどまり、しかも小振幅であった。中米の津波が日本で小規模であるのは、地理的条件で指向性の効果がきわめて弱いことを示している。なお、1900～1992年間に環太平洋で発生した津波が、中米に到達したエネルギーは比較的小さく、全体の6.4%であった(Hatori, 1993)。

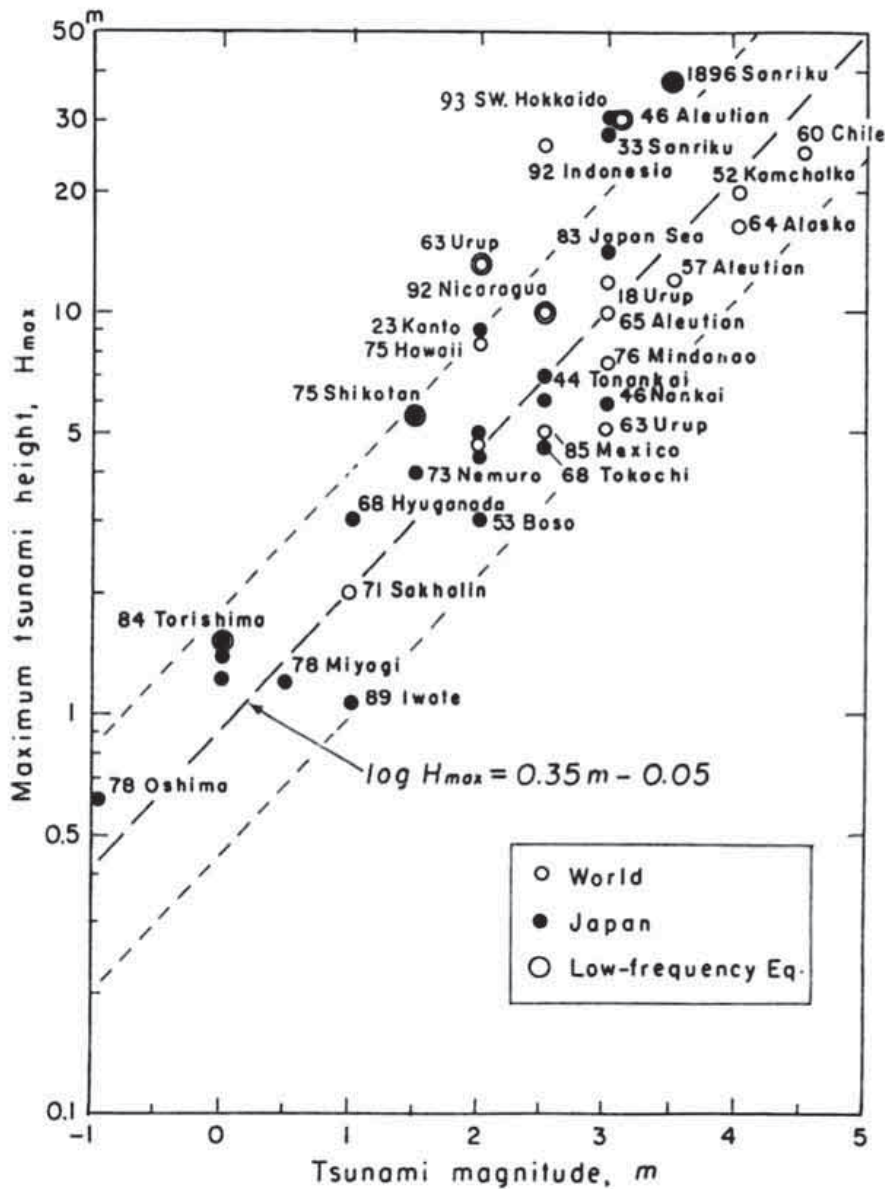


図-6 津波マグニチュードと最大遡上高の関係

6. むすび

過去94年間に、中米で発生した津波を筆者の方法でマグニチュードを調べ、地震との関係を検討した。日本近海と環太平洋で発生した主な巨大地震と比べると、同程度の地震規模のものに対し、津波マグニチュードがやや小さい傾向がある。しかし、20例の地震のうち、1992年ニカラグア地震のように、津波マグニチュードが3階級（波高にして約10倍）

上回るものが4例あった。また、M7.7以上の巨大地震には、余震で津波が伴っている。津波は沿岸付近で発生するものが多く、地震と比べ津波のマグニチュードが多様であるので、予報システムの強化が望まれる。

参考文献

Abe, Ka., 1981 : Magnitudes of large shallow earthquakes from 1904 to 1980,

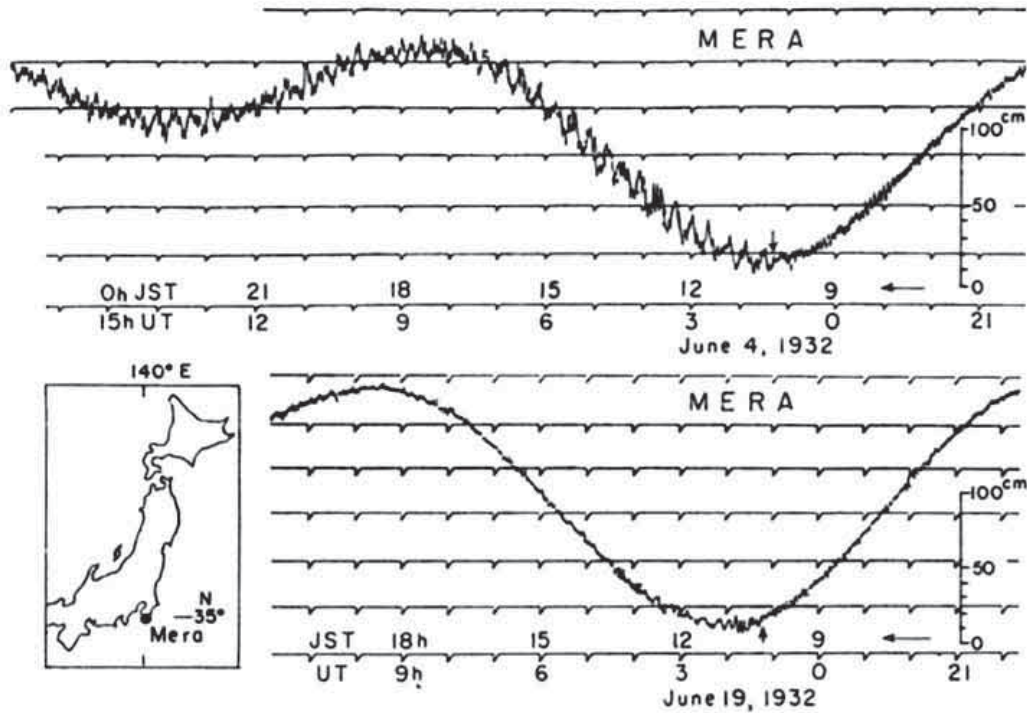


図-7 1932年6月3日と同月18日のメキシコ地震津波における千葉県布良の検潮記録

- Phys. Earth Plan. Inter., Vol.27, pp.72-92.
- Abe, Ka., Hakuno, M., Takeuchi, M. and Katada, T., 1986 : Survey report on the tsunami of the Michoacan, Mexico earthquake of Sept. 19, 1985, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol.61, pp.475-481.
- 阿部邦昭・阿部勝征・都司嘉宜・今村文彦・片尾浩・飯尾能久・佐竹健二・J. Bourgeois・E. Noguera・F. Estrada, 1993 : 1992年ニカラグア地震とその津波の調査, 地震研究所彙報, Vol.68, pp.23-70.
- 羽鳥徳太郎, 1986 : 津波の規模階級の区分, 地震研究所彙報, Vol.61, pp.503-515.
- 羽鳥徳太郎, 1989 : 日本沿岸における遠地津波のエネルギー分布, 地震2, Vol.42, pp.467-473.
- Hatori, T., 1993 : Distribution of tsunami energy on the circum-Pacific zone, Proc. IUGG/IOC Intern. Tsunami Symposium, Wakayama, Japan, pp.165-173.
- 羽鳥徳太郎, 1994 : 台湾・フィリピン・インドネシアにおける津波規模の特性, 地震2, vol.47, pp.155-162.
- Iida, K., Cox, D. C., and Pararas-Carayannis, G., 1967 : Preliminary catalog of tsunamis occurring in the Pacific Ocean, Hawaii Inst. Geophy., Hawaii Univ., Data Report No.5, HIG-67-10.
- 小山順二・小菅正裕, 1985 : 津波マグニチュードと断層パラメータ, 地震2, Vol.38, pp.610-613.
- Soloviev, S. L., and Go, Ch. N., 1985 : Catalog of tsunamis on the western shore of the Pacific Ocean (in Russian). Translated by Canada Institute for Scientific and Technical Information National Research Council, Ottawa, Canada KIA OS2.
- 宇津徳治, 1990 : 世界の被害地震の表 (古代から1989年まで) 宇津教授退官記念事業出版, pp.243.