

中米太平洋沿岸の津波エネルギー分布

羽鳥 徳太郎*

1. はじめに

中米の地震は、16世紀初期から記録されている(宇津, 1990)。一方、津波については最初に1537年のメキシコ津波の記録があるが、長い空白期間を経て、18世紀中期から津波カタログに収録されてきた(Iida et al., 1967; Soloviev and Go, 1985)。さきに筆者は、カムチャツカ、南米およびアリューシャン・アラスカにおける津波エネルギーの分布を調べ、推移の変動を示した(羽鳥, 1999, 2001, 2003)。

本稿では中米の津波を対象に、メキシコ～パナマ間の沿岸を分割し、歴史津波(1732-1899)と最近104年間(1900-2003)の津波について、各区間の波高2乗値の累積値分布を検討した。波高の2乗値は、近似的に津波エネルギーに比例し、その累積値分布から津波危険度の地域差を考察する。

2. 震央分布

1732年以降、中米太平洋沿岸で発生した津波のリストをTable 1に示す。ここで地震の震央とマグニチュード M_s は、Abe(1981)、宇津(1990)の地震カタログから引用し、最近のものはハワイの国際津波情報センター(ITIC)発行のニューズレターで補足した。津波マグニチュードは今村・飯田スケール m で表し、歴史津波のものはSoloviev and Go(1985)が示した値を引用した。近年の津波については、筆者の方法(羽鳥, 1995, 2004)により、波高と震央距離の関係図と波源付近の沿岸波高から求めた値を示す。また、備考欄に主な地点の波高値を付記した。

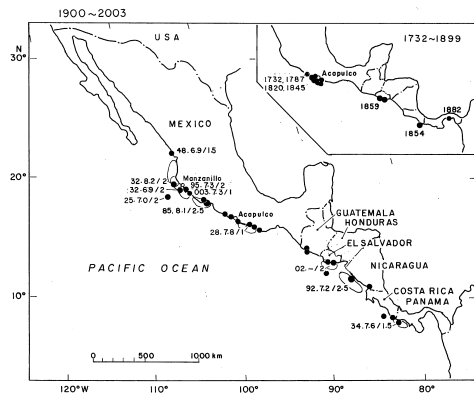


図-1 近年の中米津波(1900-2003)の震央と波源域分布・発生年に地震と津波のマグニチュード M/m を示す。右上図: 歴史津波(1732-1899)の震央分布

図-1には、最近104年間(1900-2003)に津波を伴う地震の震央分布と主な津波波源域を示し、発生年に地震と津波のマグニチュード M/m を付記した。右上図には、歴史津波(1732-1899)の推定された震央分布を示す。近年の中規模な津波に、1985年メキシコ津波と津波地震に伴う1992年ニカラグア津波があり、津波マグニチュードは $m = 2.5$ と格付けられた(羽鳥, 1995)。また、最近メキシコ中部で地震津波の発生頻度が顕著である(Ortiz et al., 2003)。歴史的には、1732～1800年間にアカプルコ付近で多発しており、1787年津波($m = 2.5$)が最大であった。なお、中米の津波が日本で観測されたものは3例に過ぎない。

3. 波高2乗値の分布

メキシコ～パナマ間を150km間隔に分割し、各津波の遡上高から各区間の平均波高を見積

*元東京大学地震研究所

Table 1. List of tsunamigenic earthquakes in Central America during 1732–2003.

Date	Location		Magnitude		Tsunami height	
	Lat. N	Long. W	Ms	m		
1732 II 25	Mexico	–	–	–	1.5	Acapulco 3m
1754 IX 1	"	–	–	–	2	Acapulco 3–4m
1773 VI 3	Guatemala	–	–	–	–	–
1787 III 28	Mexico	16.5°	98.5°	8.2	2.5	Acapulco 8.5m
1787 IV 3	"	15.2	97	7.2	1	Tehuantepec (2–3m)
1820 V 4	"	17.2	99.6	7.6	1.5	Acapulco 3–4m
1833 III 10	"	–	–	–	0.5	Acapulco
1834 III 15	"	–	–	7	0	–
1837 VIII 9	"	–	–	6.5	0	Acapulco
1837 X 18	"	–	–	7	0	"
1845 IV 7	"	16.6	99.2	7.9	1.5	Acapulco (3–4m)
1852 XI 4	"	17	100	–	0	Acapulco
1854 IV 16	El Salvador	13.8	89.2	–	–	–
1854 VIII 7	Costa Rica	8.5	83.0	7.2	1.5	G. Dulce (3–4m)
1856 VIII 4	Honduras	–	–	–	1?	–
1859 VIII 25	El Salvador	13.0	89.0	6.3	1.5	La Union (2–3m)
1859 XII 9	"	13.2	90.0	7	1.5	Acajutla (3m)
1870 V 11	Mexico	15.8	96.7	7.9	–	–
1875 III 9	"	19.4	104.6	7.4	0	–
1882 IX 7	Panama	9.0	79.0	7.5	1	G. Panama (1.5m)
1884 XI 5	"	9.1	79.4	–	–	–
1891 VII 30	Mexico	32.1	114.0	6.5	–	G. California
1897 VI 5	"	16.9	94.4	7.4	0	–
1902 II 26	El Salvador	13.0	89.0	–	2	Acajutla (5–8m)
1905 I 20	Costa Rica	–	–	–	–	–
1907 IV 15	Mexico	17.0	100.0	7.7	1	Acapulco : 185cm
1909 VII 30	"	17.0	100.5	7.4	0	Acapulco inundated
1915 IX 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*	Sihuatanejo 10m
1928 VI 17	"	16.2	98.0	7.8	1	P. Angel (3m)
o 1932 VI 3	"	19.5	104.3	8.2	2	Manzanillo (4–5m)
o 1932 VI 18	"	19.5	104.3	7.8	1*	Manzanillo (2–3m)
1932 VI 22	"	19.0	104.5	6.9	2*	Cihuatlan 6m
1934 VII 18	Panama	8.0	82.5	7.6	1.5	P. Arumuellas (3m)
1941 XII 5	Costa Rica	8.5	83.0	7.6	-1*	Puntarenas 22cm
1941 XII 6	"	8.5	84.0	7.0	-2	Puntarenas 8cm
1948 XII 4	Mexico	22.0	105.5	6.9	1.5	Maria Madre Is.(4m)
1950 X 5	Nicaragua	11.0	85.0	7.7	-1*	Puntarenas 10cm
1950 X 23	Guatemala	14.5	91.5	7.2	-1*	San Jose 20cm
1950 XII 14	Mexico	16.0	97.5	7.1	-1.5	Acapulco 30cm
1957 VII 28	"	16.7	99.2	7.5	1*	Acapulco 255cm
1962 V 11	"	17.0	99.6	7.0	-1*	Acapulco 75cm
1973 I 30	"	18.5	102.9	7.3	0*	near source 1m
1978 XI 29	"	16.1	96.6	7.6	–	–
1985 IX 19	"	18.3	102.5	8.1	2.5*	L. Cardenas 4–5m
1985 IX 21	"	17.8	101.7	7.5	1?	Acapulco 123cm
o 1992 IX 2	Nicaragua	11.8	87.4	7.2	2.5*	El Transito 9.9m
1995 X 9	Mexico	19.15	104.22	7.3	2*	Manzanillo 2.5m
2001 I 13	El Salvador	13.1	88.8	7.8	–	–
2003 I 22	Mexico	18.84	103.82	7.3	1*	Manzanillo 122cm

Epicenters and earthquake magnitudes, Ms, quoted from Ka. Abe(1981) and Utsu(1990).

m: Tsunami magnitude of Imamura–Iida scale quoted from Soloviev and Go(1985).

*: Values estimated by the author's method using tsunami height–distance (Hatori, 1995).

o Observed in Japan.

もり、2乗値分布を以下に示す。なお、解析には津波マグニチュード $m > 1$ (沿岸波高1m以上)の津波を取り扱う。

図-2には、1985年・1995年メキシコ津波と1992年ニカラグア津波の波高分布、および各区间での平均波高の2乗値分布(柱状グラフ)を示す。1985年・1992年津波は、日本の調査チームによって各地の遡上高が詳細に測量なされた(Abe, Ka. et al.,1985;阿部(邦)・他,1993)。1985年津波の最大波高はラサロ・カルデナスで5m、1992年津波はエル・トランシトで9.9mであった。また、1995年津波ではマンサニヨ湾で局地的に10.9mに達した(Borero et al.,1997)。波高2乗値の分布は、推定値を含み柱状グラフで示す形になる。

図-3には、津波マグニチュード $m = 1 \sim 2$ クラスの7例の津波の波高分布と波高2乗値の分布を示す。各津波の波高データは少なく。局地的に6m以上に達した地点もあるが、

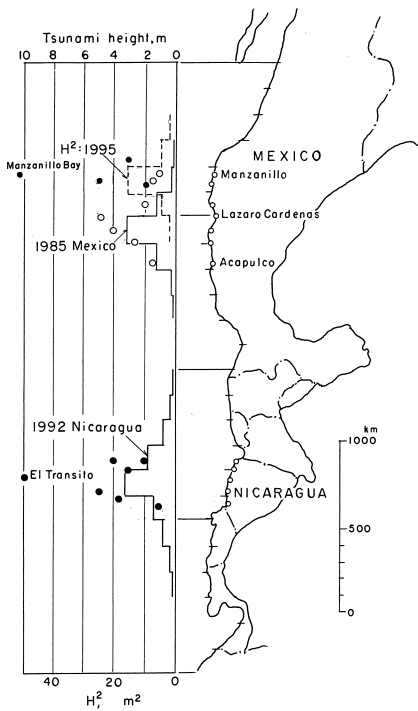


図-2 1985年・1995年メキシコ津波と1992年ニカラグア津波の波高分布。
柱状グラフ：平均波高の2乗値分布

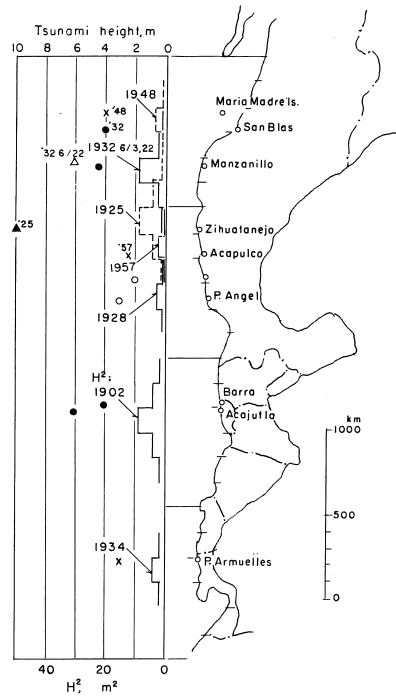


図-3 中規模津波 ($m = 1-2$) の波高分布と平均波高の2乗値分布

波高2乗値の合計が津波マグニチュードに調和する値にとってある(後述)。

4. 歴史津波 (1732 ~ 1899)

1899年以前の10例の歴史津波について、図-4に遡上記録から推定される波高分布を示す。波高2乗値の分布は、震源付近の沿岸波高を考慮し、津波マグニチュードに調和する形に推定した(図-5)。

メキシコにおいては、1787年3月の津波が最大($m = 2.5$)であり、アカプルコで遡上高は8.5mに達した。1754年津波($m = 2$)では、アカプルコで3-4mであった。1732年・1820年・1845年の津波は、アカプルコで3-4mと記録されている。3津波のマグニチュードは $m = 1.5$ と推定されており、波高2乗値の分布は同じ形に取り扱う。

1859年8月と同年12月のエルサルバドル津波は、2~3mの波高が記録され、両津波のマグニチュードは $m = 1.5$ と推定されて

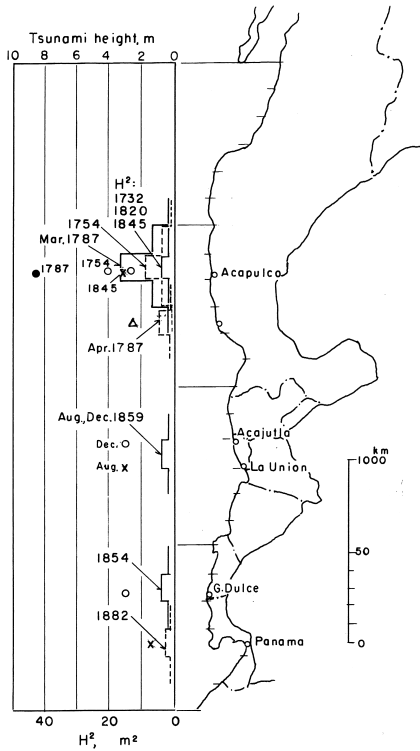


図-4 歴史津波 (1732-1899) の波高分布と平均波高の 2 乗値分布

いる。1854年コスタリカ津波 ($m = 1.5$) はドゥルセ湾で 3 ~ 4 m, 1882年パナマ津波 ($m = 1$) はパナマ湾岸で約 1.5m でたった。

5. 津波エネルギーの累積値分布

図-5 には、各津波の波高 2 乗値の累積値 ΣH^2 (各 150km 区画の合計値) と津波マグニチュードの関係を示す。ここで破線は、カムチャツカ、南米津波の解析から得られたものである (羽鳥, 1999,2002)。1985年メキシコ津波と 1992年ニカラグア津波の累積値は、ほぼ調和する。波高データの少ない津波については、津波マグニチュードを基準に破線で示す関係から推定した。例えば、1787年3月メキシコ津波 ($m = 2.5$) の累積値は、1985年津波と同じ値にとった。

以上、全期間 272 年間 (1732-2003) と最近 104 年間 (1900-2003) に分け、区間ごとに

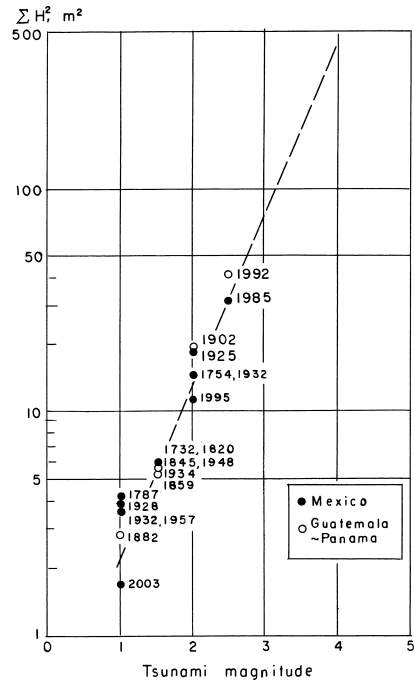


図-5 津波マグニチュードと波高 2 乗値の累積合計値との関係

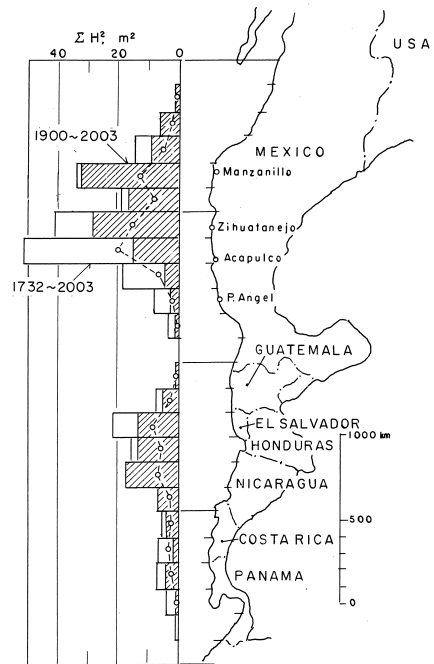


図-6 波高 2 乗値の累積分布 (1900-2003 年間と 1732-2003 年間)。白丸は 104 年間の累積期待値

各津波の波高 2 乗値を合計し、図-6 に棒グラフで分布を示す。全期間ではメキシコのマンサニヨ～アカプルコ間 600km 区間の累積値が大きく（アカプルコ付近が最大 52m²）、中米全域の 51%、ついでエルサルバドル～ニカラグア間では 21% にはる。一方、最近 104 年間の累積値（斜線の棒グラフ）は、マンサニヨの区間で最大 32m² を得る。最近 100 年の南米津波の累積値と比べると、マンサニヨ～アカプルコ間の値はエクワドル～コロンビア間よりやや上回り、チリ南部の約 1/3 になる（羽鳥，2002）。

つぎに、カムチャツカ、南米津波の解析と同じ手法で、波高の 2 乗累積値分布の推移を検討してみよう。1732 年以降 272 年間の記録から、今後地震活動が繰り返され、H² 値が一定の速度で増加すると仮定すれば、104 年間の期待値は（白抜き棒グラフの 38%）白丸を点線で結ぶ分布になる。この計算値と実測値から求めた 104 年間の累積値（斜線の棒グラフ）と比べると、アカプルコ以南 300km の区間で期待値が実測値より大きい。これは、今後津波発生の可能性を示唆する。なお Nishenko(1991) によれば、アカプルコ付近を空白域とみなし、地震発生のポテンシャルが高いという。半面メキシコのマンサニヨ～シワタネホ間とエルサルバドル～ニカラグア間では、近年の地震活動を反映し、実測値が期待値より 2 倍ほど上回る。

6. むすび

1732 年以降 272 年間に、中米太平洋沿岸域で発生した津波の波高分布をもとに、沿岸を 150km 区画分けて波高の 2 乗累積値を示した。解析の結果、累積値はメキシコ中部 600km 区間が最大になり、中米沿岸全体の 51% に達する。最近 104 年間 (1900-2003) の実測累積値は、メキシコのマンサニヨ～シワタネホ間とエルサルバドル～ニカラグア間で、近年の地震活動を反映し、期待値より 2 倍ほど上回った。しかし、アカプルコ以南 300km の区間は逆に実測値が小さく、今後津

波危険度が高いことを示唆する。

参考文献

- Abe, Ka., 1981 : Magnitudes of large shallow earthquakes from 1904 to 1980, *Phys. Earth Planet. Interiors*, Vol.27, pp.72-92.
- Abe, Ka., M. Hakuno, M. Takeuchi, and T. Katada, 1986 : Survey report on the tsunami of the Michoacan, Mexico earthquake of September 19, 1985, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol.61, pp.475-481
- 阿部邦昭・阿部勝征・都司嘉宣・今村文彦・片尾 浩・飯尾能久・佐竹健治・J. Bourgeois, E. Noguera and 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.
- Borrorro, J., M. Ortiz, V. Titov, and C. Synolakis, 1997 : Field survey of Mexican tsunami produces new data, unusual photos, *Eos*, Vol.78(8), pp.85-92.
- 羽鳥徳太郎，1995 : 中米における津波規模の特性，津波工学研究報告，No.12, pp. 67-74.
- 羽鳥徳太郎，1999 : カムチャツカ～北海道東部間の津波エネルギー分布，地震 2, Vol.52, pp.361-368.
- 羽鳥徳太郎，2002 : 南米起源の津波による南米太平洋岸の津波累積エネルギー分布，地震 2, Vol.54, pp.441-448.
- 羽鳥徳太郎，2003 : アリュウシャン，アラスカ，カナダ間の津波エネルギー分布，地球惑星科学関連学会合同大会予稿集，S043-001.
- 羽鳥徳太郎，2004 : 2003 年 1 月 22 日メキシコ中部津波と周辺の津波活動，津波工学研究報告，No.21, pp. 21-24.
- Iida, K., D.C. Cox and G. Pararas-Carayannis, 1967 : Preliminary catalog of tsunamis occurring in the Pacific Ocean, *Hawaii Inst. Geophys. Data Rep.* No.5.
- Nishenko, S.P., 1991 : Circum-Pacific seismic potential : 1989-1999, *PAGEOPH*, Vol.135(2), pp.169-259.

Ortiz,M., J.I.Gonzales, N.A.Ramirez-Mondragon and S.F.Farreras, 2003 : Quick field survey of the 22 January 2003 (M7.8) Colima-Mexico earthquake-tsunami, ITIC, Tsunami Newsletter, Vol.35, No.1.

Soloviev,S.L. and Ch.N.Go, 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, 243p.