

# 南海道地震津波（1707・1854・1946年）の規模と震央の検討

羽 鳥 徳太郎\*

## 1. はじめに

南海トラフでは100～150年の間隔で巨大地震が発生し、西日本の地震津波災害が繰り返されてきたことはよく知られている。最近、膨大な新史料を加えた1707年宝永地震と、1854年安政地震の詳細な震度分布図が示された（宇佐美，1987；宇佐美ほか，1988）。また、安政地震による四国の地盤変動の史料が新たに多数見出され、室戸・足摺岬の隆起、高知・徳島市付近の沈降の変動量が示された（都司，1988）。これら宝永・安政地震の震度・地殻変動の分布を1946年昭和の南海道地震と比べると、各地の震度の強弱や地殻変動量が若干差があるものの、基本的な様式には変わりなく、宝永・安政地震の震央が昭和南海道地震の震央に近い南紀沖とされている。

しかし一方、津波被害の史料を手掛かりにした現地調査によれば、高知県西部と九州東海岸において宝永・安政津波の波高が昭和の津波より2～3倍も大きく、波高の分布パターンが著しく相異していることが認められた（羽鳥，1978，1980，1981，1985，1988）。また、安政地震では高知市とその西方10kmの宇佐とで、余震の数や震源の位置の違いが指摘されている（岡野ほか，1984）。宝永地震の震源が東海沖と南海道沖にあった可能性があるのに、震央を南紀沖の1地点として取扱われているのは不合理であろう。

本文では南海道の宝永・安政地震について、津波データに調和的な震央を提示する。両津波の規模は、従来から今村・飯田スケ-

ールで $m=4$ とされているが、筆者の方法（羽鳥，1986）で昭和の津波と比較検討してみる。また、モーメント・マグニチュード $M_w$ に関連する $M_t$ スケール（Abe，1981；阿部，1988）で、各地震の規模を評価してみる。

## 2. 宝永・安政地震の震央

図-1に、南海トラフ軸に投影した宝永・安政・昭和津波の波高分布を示す。ここで太い縦線は、宝永津波と昭和津波との波高の差異を表す。これを見ると、紀伊水道に面した和歌山・徳島県沿岸では宝永津波の波高は、昭和の津波（地震研究所，1947；中央气象台，1947）とで1～2m程度の差にとどまるが、四国中部から西部にかけて4～6mも上回っている。安政津波に対しても、波高分布のパターンが同じような傾向にある。これは、宝永・安政地震の震源域において、四国沖の海底変動が顕著であったことを暗示し、津波の数値実験からも裏付けられている（相田，1981）。したがって、宝永・安政地震の震央が四国の中部から西部沖に位置した、と考えられる。

宝永地震は、我が国で最大級の規模といわれるように、北海道を除く全国で多数記録されており、収集された各地の史料から発現時刻が検討された（宇佐美，1985，1987）。それによると、安政と昭和地震のように発生域が東海から南海道の順にならないこと、2元地震とすれば同時刻か、時刻のバラつきが大きいので結論が保留された。そこで今回、地方別に（東北・北陸・中国を除く）、発現時刻の頻度を1時間の間隔で整理してみると、図

\*元東京大学地震研究所

—2のようになる。

近畿以西では13時ごろ頻度にピークがあり、中部と関東地方は14時に移っている。関東と九州とでは経度差による時間差が40分ほどあって、解像力がボケるが、まず13時ごろ南海道沖で地震が起こり、その30分後に東海沖で起こされたように見える。なお、安政南海道地震は周知のように、東海沖の地震から32時間後に起こり、宝永地震はこれとは逆の発生パターンであったことになる。

図-3は、今回推定される宝永・安政地震の震央を矢印で示す。従来位置から南海トラフ沿いに西方へ移し、それぞれ足摺岬と室戸岬の約100km沖にとってある(表-1)。次にその可能性を津波データから検証してみよう。

### 3. 地震と津波の規模

津波の規模階級を区分する津波マグニチュード $m$ は、古くから今村・飯田スケールが用いられているが、波源域に面した沿岸波高の範囲の規定が不確定であった。最近、筆者(羽鳥, 1986)はその改良を試み、多くの遡上高 $H$ (M. S. L. 上)のデータを用い、次の2方法で津波マグニチュードを定量的に区分する実験式を示した。

その一つとして、津波マグニチュード $m$ は次のように表わせる。

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

(単位  $L$ : km,  $H$ : m)

ここで $L$ は、沿岸の波高分布を波源域の長軸上に投影し、最高波付近を原点にとる直線距離を表す。第2の方法は、震央から観測点までの海洋上の最短距離 $\Delta$ をとり、波高値が $\Delta^{-1}$ で減衰するとみなし、次のように表す。

$$m = 2.7 \log H + 2.7 \log \Delta - 4.3$$

(単位  $\Delta$ : km,  $H$ : m)

以上の方法を南海道津波に適用してみよう。

図-4は、前者の方法による3津波の波高と南海トラフ沿いの距離の関係を示す。こ

こで横軸の原点は、昭和の津波では気象庁による震央の投影点を、宝永・安政津波では今回震央を推定した足摺岬沖と室戸岬沖にとってある。データを平均的に見れば、昭和津波のマグニチュードは従来値と同じく、 $m = 3$ と判定できよう。しかし、宝永・安政津波ではデータが大幅にバラつき、減衰がゆるやかなのでマグニチュードの判定が難しい。とくに、宝永津波における和歌山県沿岸の波高が目立って大きく、安政津波も同じような傾向がある。

図-5は後者の方法による判定図を示したもので、大阪湾から別府湾に至る遠方のデータを加えてプロットしてある。各津波ともデータがかなりバラついているが、 $\Delta^{-1}$ で波高が減衰しており、昭和の津波は前者の方法と同じく $m = 3$ とみなされる。それに対し、宝永と安政津波は共に $m = 3.5$ と見積もれ、従来値より0.5ほど小さい。

一方、宝永・安政地震のマグニチュードは、震度分布の広がりからともに $M = 8.4$ 、昭和の地震は $M = 8.0$ とされている。最近、Abe (1981)は震央距離と津波の波高の関係から、 $Mt$ スケールで多くの地震の規模を提示した。 $Mt$ 値はモーメント・マグニチュード $Mw$ に関連するように作られており、昭和の南海道地震は $Mt = 8.1$ であった。ここで震央距離は筆者の第2の方法と同じく、震央から観測点までの海洋上の最短距離で測られ、波高データは検潮記録上の最大波の全振幅値(または片振幅値)が用いられた。

斜面上をかけ上がるような津波(10m以上のもの)を除けば、遡上高(M. S. L. 上)は検潮記録の最大全振幅値に対応し、ほぼ同じ値をとることが多くの事例で認められている(Kajiura, 1983; 羽鳥, 1989)。そこで、遡上高のデータを用いた図-5において、 $Mt$ スケールで地震の規模を区分してみたのが図-6である。それによれば、昭和地震は $Mt = 8.2$ と判定され、Abe (1981)が示した値に近似する。一方、宝永地震は $Mt =$

8.5, 安政地震では $M_t=8.4$ と見積もられ、もっともらしい値を得る。

#### 4. むすび

宝永・安政・昭和の南海道地震津波について、遡上高データをもとに筆者の方法で津波の規模を調べ、併せて3地震の規模と震央を考察した。その結果は次のようになる。

1) 津波マグニチュードは今村・飯田スケールで宝永津波 $m=3.5$ 、安政津波 $m=3.5$ 、昭和津波 $m=3$ と判定され、従来の格付けとはほぼ同じ値である。

2) 地震の規模は、モーメント・マグニチュード $M_w$ に関連する阿部スケールで表すと、宝永地震 $M_t=8.5$ 、安政地震 $M_t=8.4$ 、昭和地震 $M_t=8.2$ となる。

3) 宝永・安政地震の震央は、従来の位置より南海トラフに沿ってそれぞれ足摺岬沖と室戸岬沖に移り、宝永地震： $32.2^\circ \text{N}$ ,  $133.5^\circ \text{E}$ 、安政地震： $32.5^\circ \text{N}$ ,  $134.1^\circ \text{E}$ にすると津波データに調和する。

以上のように、宝永・安政地震の震央が四国沖に位置すれば、断層運動は昭和の地震と異なり、破壊が東方向に進行したと考えられる。断層の走向方向へ伝播する津波エネルギーが背部側より優位であることは、多くの事例(渡辺, 1985)や波源モデルの解析(Aida, 1969)で認められている。大阪が両津波で大被害を受け、瀬戸内海の波高分布が西低東高型であったのは(羽鳥, 1988)、走向の効果が大きく寄与したことを示唆する。

#### 参 考 文 献

Abe, K. : Physical size of tsunamigenic earthquakes of the northwestern Pacific, *Phys. Earth Planet. Inter.*, Vol. 27, pp. 194~205, 1981.

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, 東大地震研究所彙

報, Vol. 63, pp. 289~303, 1988.

Aida, I. : Numerical experiments for tsunamis caused by moving deformations of the sea bottom, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 47, pp. 849~862, 1969.

相田 勇: 南海道沖の津波の数値実験, 東大地震研究所彙報, Vol. 56, pp. 713~730, 1981.

中央气象台: 昭和21年12月21日南海道大地震調査概報, pp. 84, 1947.

羽鳥徳太郎: 高知・徳島における慶長・宝永・安政南海道津波の記念碑—1946年南海道津波の挙動との比較, 東大地震研究所彙報, Vol. 53, pp. 423~445, 1978.

羽鳥徳太郎: 大阪府・和歌山県沿岸における宝永・安政南海道津波の調査, 東大地震研究所彙報, Vol. 55, pp. 505~535, 1980.

羽鳥徳太郎: 高知県南西部の宝永・安政南海道津波の調査—久礼・入野・土佐清水の津波の高さ, 東大地震研究所彙報, Vol. 56, pp. 547~570, 1981.

羽鳥徳太郎: 九州東部沿岸における歴史津波の現地調査—1662年寛文・1769年明和日向灘および1707年宝永・1854年安政南海道津波, 東大地震研究所彙報, Vol. 60, pp. 439~459, 1985.

羽鳥徳太郎: 津波の規模階級の区分, 東大地震研究所彙報, Vol. 61, pp. 503~515, 1986.

羽鳥徳太郎: 瀬戸内海・豊後水道沿岸における宝永(1707)・安政(1854)・昭和(1946)南海道津波の挙動, 地震 2, Vol. 41, pp. 215~221, 1988.

羽鳥徳太郎: 津波の遡上高と検潮記録との比較, 東北大学工学部津波防災実験所研究報告 第6号, pp. 57~63, 1989.

Kajiura, K. : Some statistics related to observed tsunami heights along the coast of Japan, *Tsunami—Their Science and Engineering* edited by K. Iida and T. Iwasaki, Terra Scientific Pub. Co. Tokyo,

- pp. 131~145, 1983.
- 岡野健之助・木村昌三・川谷和夫：安政南海地震の余震活動，地震 2，Vol. 37, pp. 99~108, 1984.
- 東大地震研究所：昭和21年12月21日南海大地震調査報告，地震研究所研究速報 第5号，pp. 196, 1947.
- 都司嘉宣：安政南海道地震（安政元年11月5日，1854. 11. 24）に伴う四国の地盤変動，歴史地震 第4号，pp. 149~156, 1988.
- 宇佐美龍夫：歴史地震の時刻精度，歴史地震 第1号，pp. 39~53, 1985.
- 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，東京大学出版会，pp. 435, 1987.
- 宇佐美龍夫・中村 操・加藤正男・内田篤貴：安政東海地震（1854-12-23），安政南海地震（1854-12-24）の震度分布，歴史地震 第4号，pp. 125~148, 1988.
- 渡辺偉夫：日本近海における津波発生とテクトニクス，地震 2，Vol. 38, pp. 559~569, 1985.

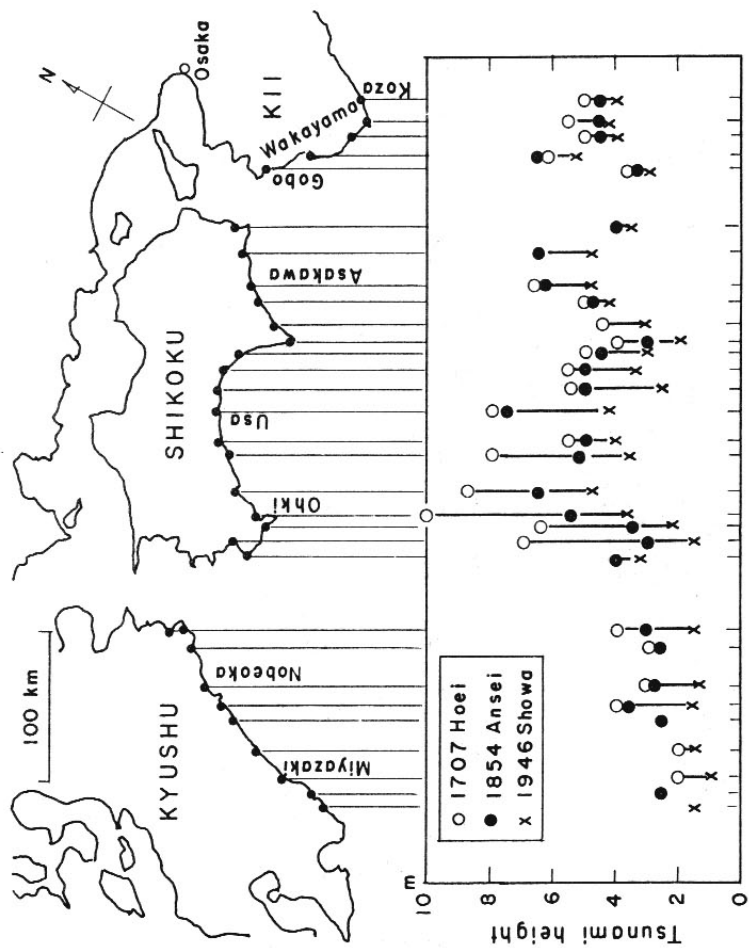


図-1 宝永・安政・昭和南海道津波の波高分布の比較

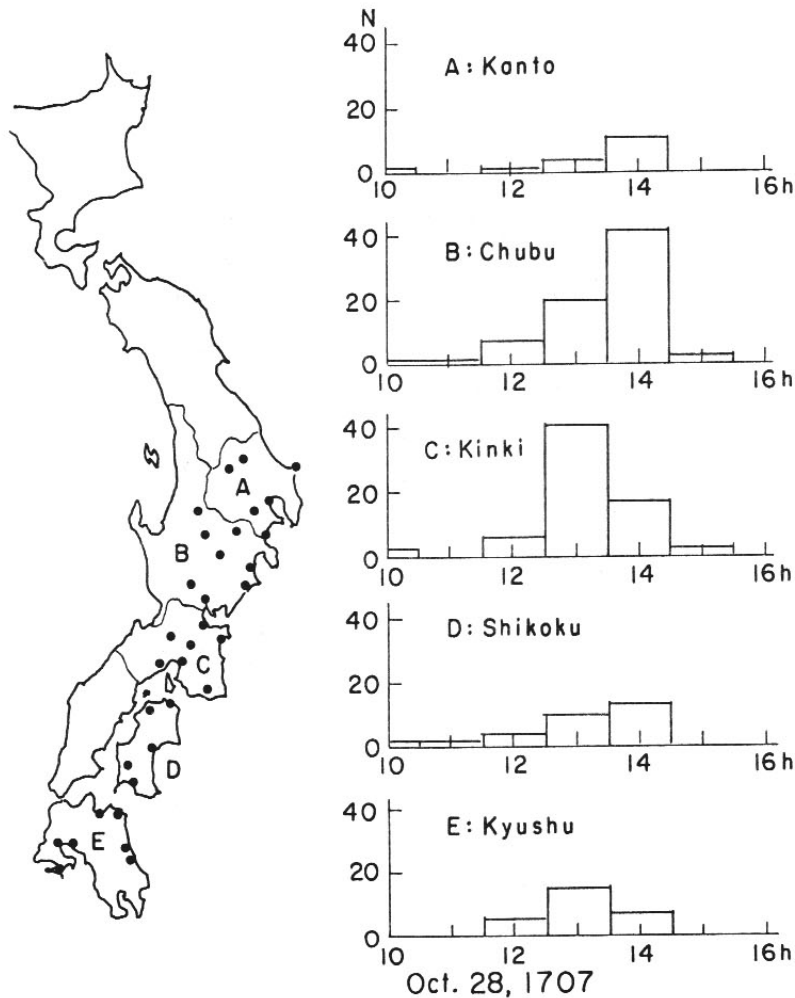


図-2 宝永地震の発現時刻の頻度分布

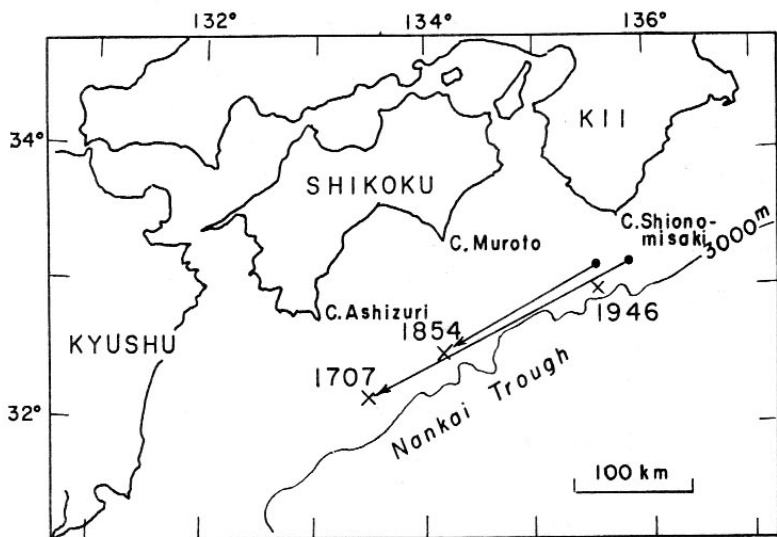


図-3 宝永・安政・昭和南海道地震の震央分布

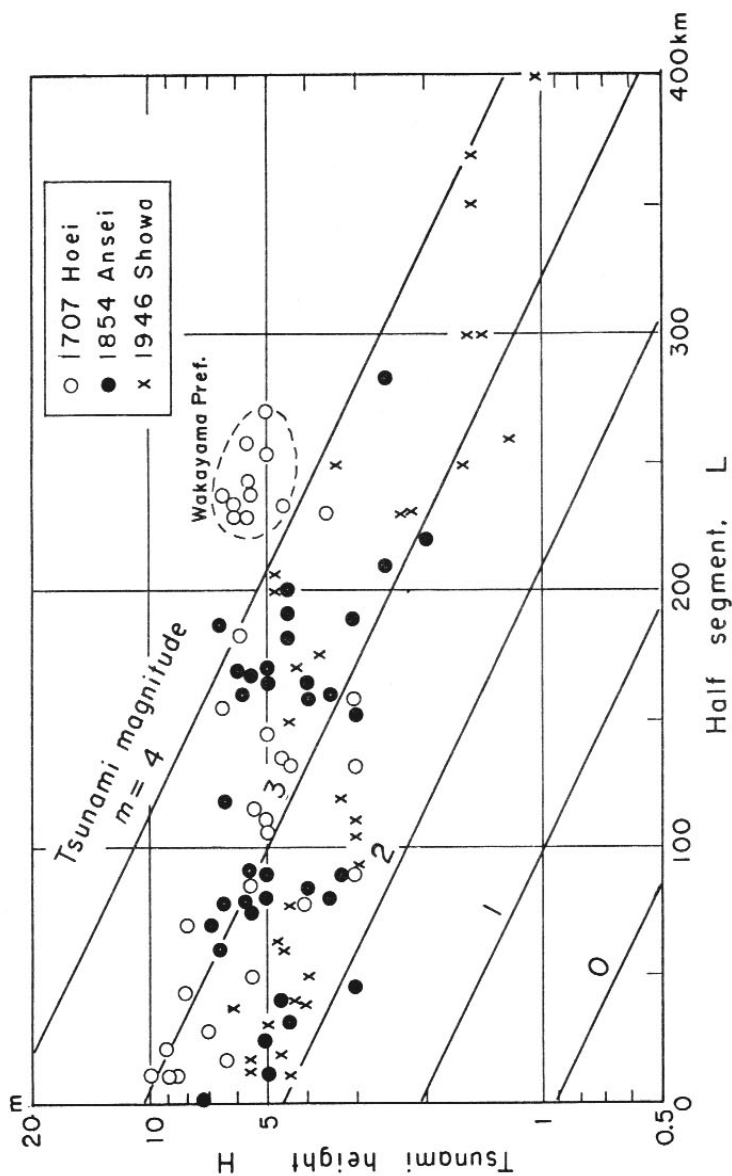


図-4 南海トラフ軸に投影した南海道津波の波高分布。津波マグニチュードで区分



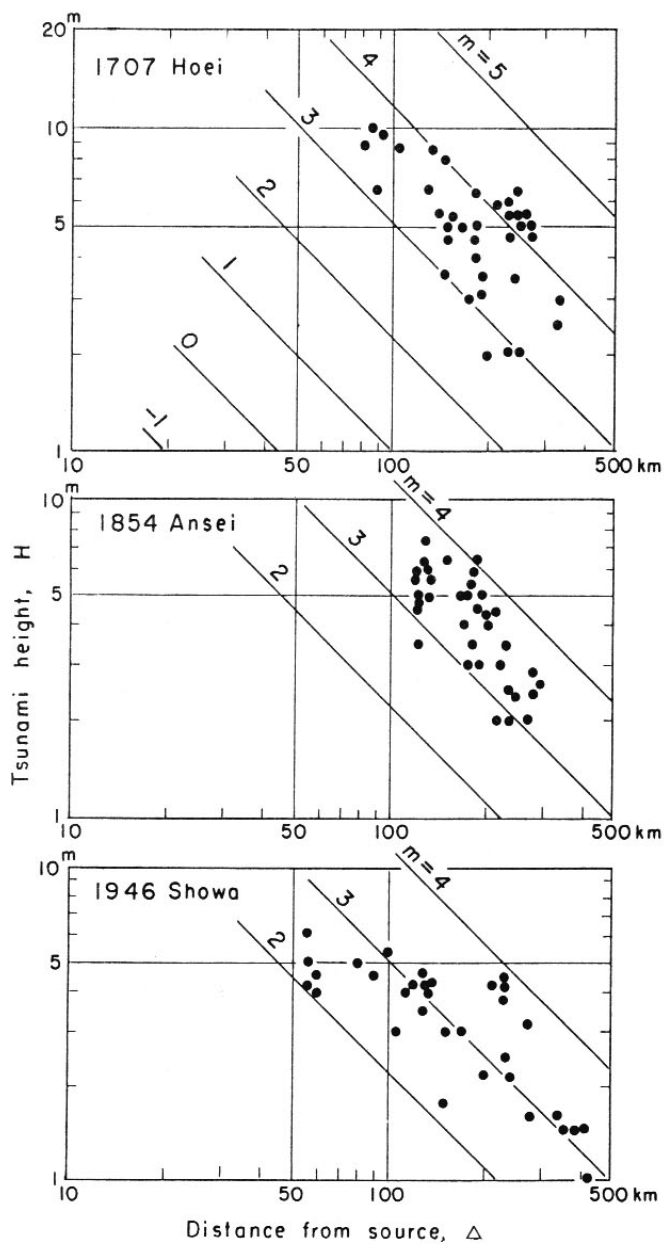


図-5 遡上高と震央距離の関係。津波マグニチュードで区分

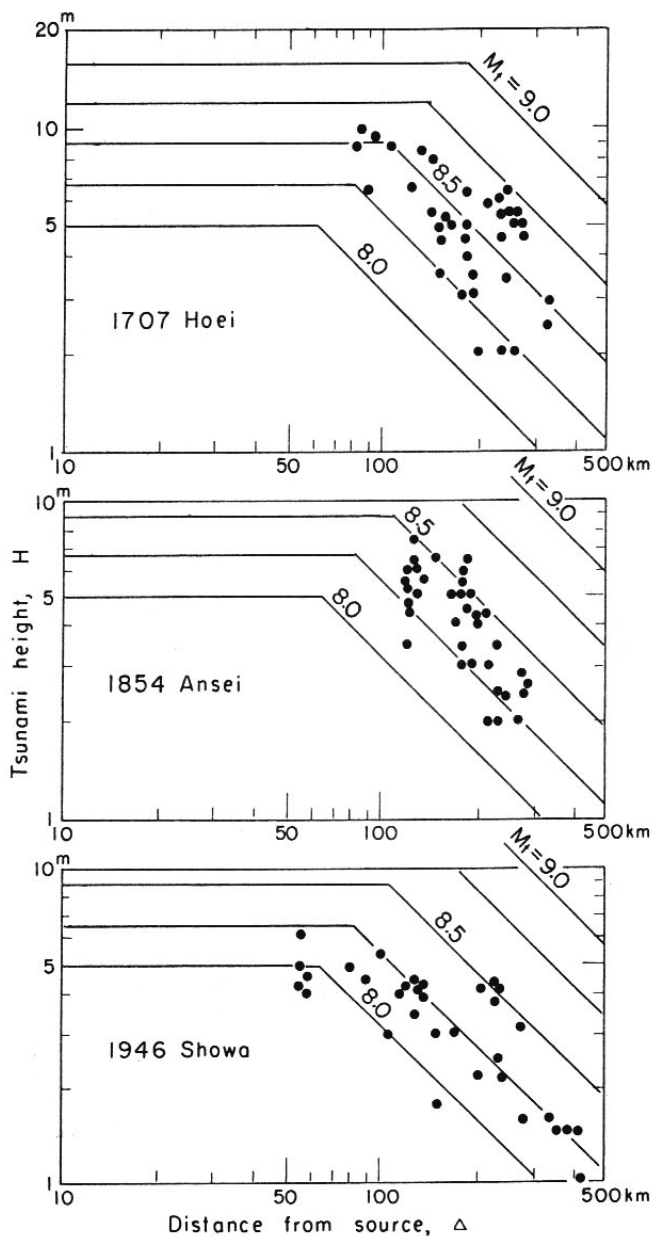


図-6 図-5と同じグラフに $M_t$ スケール (Abe, 1981) で区分

表-1 宝永・安政・昭和の南海道地震の新データ

発生年月日	震 央		規 模		
			$M^*$	$M_t$	$m$
1707 10 28 (宝永 4 10 4)	33.2° N 135.9° E* (32.2° N 133.5° E)	8.4	— ( 8.5)	4 ( 3.5)	
1854 12 24 (安政 1 11 5)	33.0° N 135.0° E* (32.5° N 134.1° E)	8.4	— ( 8.4)	4 ( 3.5)	
1946 12 21 (昭和21)	33.03° N 135.62° E	8.0	8.1 ( 8.2)	3 ( 3 )	

\*宇佐美 (1987) による

$M$ : 地震のマグニチュード

$M_t$ : 地震のモーメント・マグニチュード  $M_w$  に関連する阿部スケール (Abe, 1981; 阿部, 1988) の津波マグニチュード

$m$ : 今村・飯田スケールの津波マグニチュード

カッコ内の数字は今回筆者が解析した推定値