

日本近海における津波地震および逆津波地震の分布

渡邊 偉夫*

1. まえがき

筆者(渡邊, 2003, 2004)は一般に知られている津波地震に対応させて, 逆津波地震を提案した。さらに, これらの数量表示として $\alpha = M_{10} - M_j$ で表される α を導入した。ここで, M_{10} は渡邊(1995)の津波マグニチュードで, M_w (地震のモーメントマグニチュード) とほぼ等しく, M_j は気象庁地震マグニチュードである。津波マグニチュードには M_t (Abe, 1981) もあるが, 一般性がなく, 今回のような調査に用いることは不適当である(渡邊, 2003)。

本報告は津波地震と逆津波地震の数量表示 (α , M_{10}) の精度を検討し, これらの地震の日本近海における分布を求めるとともに, これらの分布から推定される発生メカニズムを考察する。

2. 津波地震と逆津波地震の数量表示 (α) とその精度

津波地震と逆津波地震の数量表示は, 既に提案したとおり α を用いる。すなわち, $\alpha \geq 0.6$ を顕著な津波地震, α が 0.3, 0.4 および 0.5 を津波地震, α が -0.3, -0.4 および -0.5 を逆津波地震, さらに $\alpha \leq -0.6$ を顕著な逆津波地震とした。この分類にもとづいて, 日本近海で発生した 1894 年から 2006 年までの 113 年間の 157 の津波のうち, 験潮記録の読み取れる 143 の津波に適用し, 顕著な津波地震, 津波地震, 逆津波地震および顕著な逆津波地震(これらをまとめて特種地震と略称)に分類した。

図-1 は 1 つの津波が記録したデータ数 N_d

と M_{10} の平均自乗誤差 E との関係である。図から E の数値を見ると, $N_d = 3$ は 0.23 で大きく, $N \geq 4$ は 0.15 前後である。したがって E が小さい(精度がよい) $N_d \geq 4$ の津波 99 を用い, $N_d = 3$ の津波は参考程度にする。

M_{10} は M_w (モーメントマグニチュード) と同じ値になるように計算された。したがって, α がほぼ 0 に近いということは, M_j も M_w とほぼ同じ値である。しかし, M_{10} と M_j のそれぞれの誤差を勘案して, $-0.2 \leq \alpha \leq 0.2$ を特種地震以外の津波を発生した地震(一般地震と略称)とした。一般地震と特種地震の境界値はほぼ妥当なものと判断しても, ある程度の曖昧さ(誤差)はまぬかれない。このことを考慮して, 地震のメカニズムを考察する。

3. 津波地震と逆津波地震の発生率と分布

$N_d \geq 4$ の津波 99 のうち, 津波地震は 28 (全体の 28%), 顕著な津波地震は 13 (13%), 加算すると 41 (41%) となる。また, 逆津波地震は 9 (9%), 顕著な逆津波地震は 1 (1%), 加算すると 10 (10%) となる。残り 48 (49%) は一般地震である。なお以前の論文(渡邊, 2004)で津波地震と分類していたものは, 本論文では顕著な津波地震に対応している。

図-2 は $-0.2 \leq \alpha \leq 0.2$ の分布である。図から分かるように, 北に偏っている。図-3 は津波地震 ($\alpha = 0.3, 0.4$ および 0.5), 図-4 は顕著な津波地震 ($\alpha \geq 0.6$) の分布である。図-3 と図-4 を見ると, 群集している領域がいくつか存在する。図-5 は津波地震(小さい黒丸)と顕著な津波地震(大きな黒丸)の分布を, 同じ図で見たものである。この図は沖合に大きな黒丸が分布し, 陸地に近いところに小さな黒丸が分布してことと, 互いに

* 元気象庁

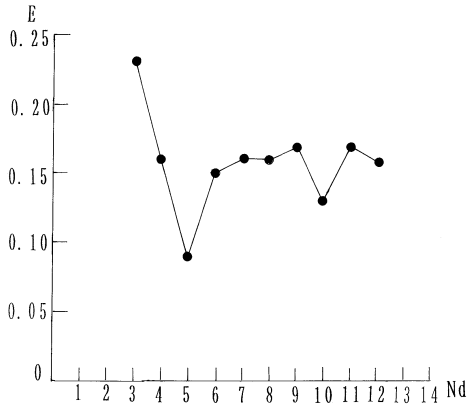


図-1 N_d (津波が記録したデータ数) に対する N_0 の平均自乗誤差 (E) との関係

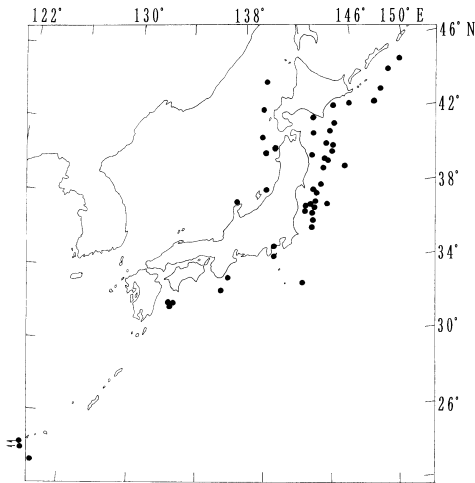


図-2 $N_d \geq 4$ の場合 (図 2 から図 8 まで同じ), 一般地震 [$\alpha = -0.2 \sim 0.2$, ただし $\alpha = (M_{10} - M_1)$] の日本近海における分布 (以下の各図の「日本近海における」は省略)

重なり合うことはない。これは興味ある事実である。

図-6 は逆津波地震 ($\alpha = -0.3, -0.4$ および -0.5 : 小さい丸) と顕著な逆津波地震 (大きな丸) の分布である。これを見ると, 宮城県沖地震を除き陸側に発生している。図-7 は比較的密集 (2 個以上の地震が発生) している特種地震の海域を線および点で囲み, その分布を示した。すなわち, 実線は顕著な津

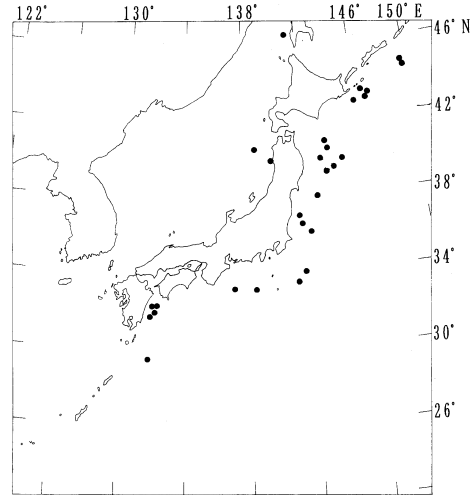


図-3 津波地震 ($\alpha = 0.3, 0.4$ および 0.5) の分布

波地震, 点線は津波地震および×の線は逆津波地震である。

これらの図特に図-7 から, 逆津波地震は北海道太平洋岸, 伊豆半島東方沖 (陸側) および宮城県沖, 顕著な津波地震は南千島沖, 関東南方沖および奄美大島近海, また津波地震は根室沖, 三陸沖北部, 福島・茨城沖, 八丈島東方沖および日向灘に存在する。三陸沖北部から福島県・茨城県沖までは一般地震と特種地震と重なっているが, そのほかは重なり合うことはない (図-2 参照)。これらのことは, 地震のメカニズムを考える上で, 重要な事実である。

4. 考察

各地震について, いくつかの特徴を示すと, 次のようになる。

- 1) 津波地震 (以下顕著なものを含める) は逆津波地震より多い。
- 2) 逆津波地震は最も陸側に, 津波地震は中間に, 顕著な津波地震は最も外洋側に存在している。これらは次の 3) の海域を除いて重なっていない。
- 3) 三陸北部沖から福島・茨城両県沖にかけて, 特種地震と一般地震は重なり合っ

ている。

以上の特徴をふまえて、各地震のメカニズムを考察する。

北海道太平洋沖は組織的に陸側から逆津波地震、津波地震および顕著な津波地震と並んでいる。特種地震が発生する卓越周期の波は逆津波地震が短周期、津波地震が比較的長周期、顕著な津波地震は長周期と考えてよい。陸側から外洋に組織的に変化している事実はこの海域の沈み込むプレートの動きと関係しているのではないか。逆津波地震はショックタイプ（短周期）の地震で、アスペリティとも関連している（渡邊，2004；長谷川，2001；山中・菊地，2002；高橋・笠原；2004）ことと、考え方は矛盾しない。

三陸沖北部から福島・茨城県沖は特殊地震と一般地震は互いに重なり合っているが、同時に発生することはない。一般地震あるいは特種地震が発生してから、ある期間を経過して特種地震あるいは一般地震が発生するものと考えられる。例えば、三陸はるか沖で1896年顕著な津波地震（ M_{10} ：8.1）が発生、37年後の1933年に一般地震（ M_{10} ：8.2）が発生した。2つの地震の発生海域はかなり近いので、相互の関連は無視できない。その後、 M_{10} ：8クラスの地震は発生していない。なお、宮城県沖については、2005年8月16日、 M ：7.2

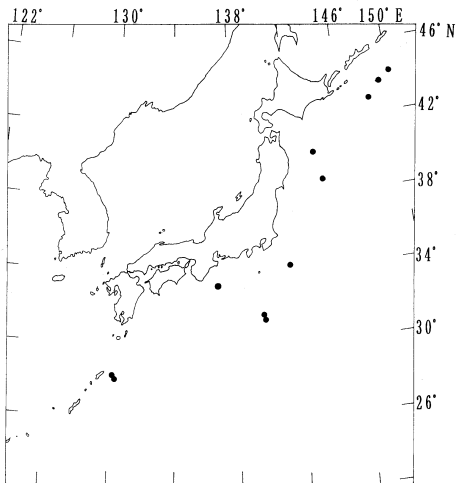


図-4 顕著な津波地震（ $\alpha \geq 0.6$ ）の分布

の地震が発生した。この地震は現在注目されている海域で発生し、いろいろな問題を含んでいるので、新たな論文として発表したい（地震調査研究推進委員会，2000）。なお、同じ海域であるにも拘らず、同じ形態の地震が発生しなかったという発生メカニズムを検討するうえで、震源域海域一帯では地震が発生すると地盤環境が変化するので、次に発生する地震は異なった形態の地震となるかもしれない

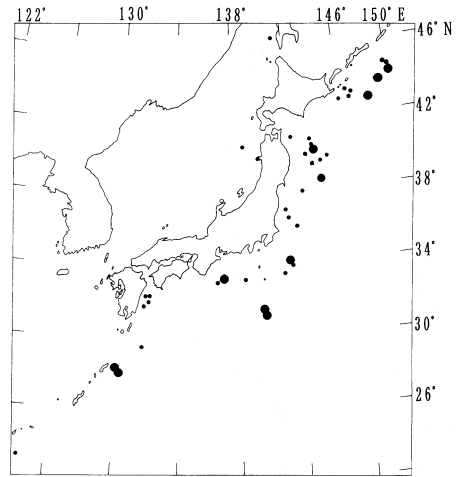


図-5 津波地震（小さい黒丸）と顕著な津波地震（大きい黒丸）の分布

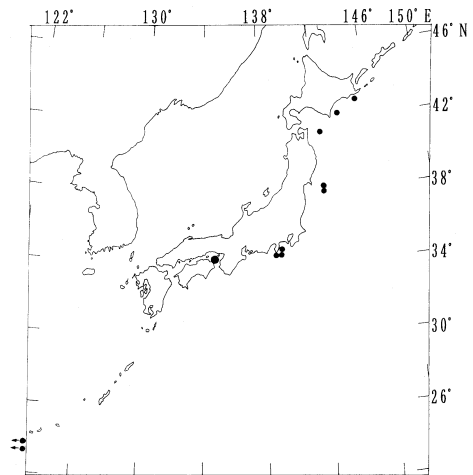


図-6 逆津波地震（ $\alpha = -0.3, -0.4$ および 0.5 小さい丸）と顕著な逆地震津波（ $\alpha \leq -0.6$ ：大きい丸）の分布

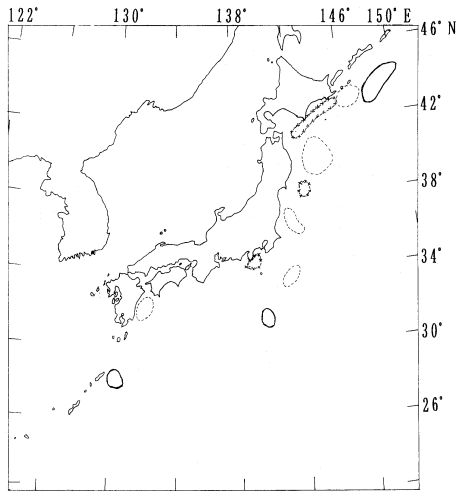


図-7 比較的群集している特種地震の海域
 実線：顕著な津波地震
 点線：津波地震
 ×の線：逆津波地震

いということも、考慮する必要がある。また、アスペリティの存在する海域では発生する地震形態は常に同じであるという考え（岡田，2005）と矛盾するような気がするが、どうであろうか。この事実は地震形態を予測する場合問題であろう。

南西日本の場合、地震の発生は少ないが、広い海域に分散し、特種地震と一般地震と重なっているところはない。これはこの海域のプレートの動きと関係があるかもしれない。

5. まとめ

特種地震の数量表示は既報と同じ $\alpha = (M_0 - M_1)$ よって分類された。すなわち、 $\alpha \geq 0.6$ を顕著な津波地震、 α が 0.3, 0.4 および 0.5 を津波地震、また、 $\alpha \leq -0.6$ を顕著な逆津波地震、 α が -0.3, -0.4 および 0.5 を逆津波地震とした。

以下の調査・検討は 1894 年から 2006 年までの 113 年間について、検潮記録がよみとれる 143 の津波について行なった。

1) 発生率 精度が比較的よい $N_d \geq 4$ の津波 99 の発生率は、顕著な津波地震が 13%、津波地震が 28%、逆津波地震は 9% で、残り 49% が一般地震である。

2) 分布 顕著な津波地震は南千島沖、関東南方沖および奄美大島近海、津波地震は根室沖、三陸沖北部、福島・茨城検沖、八丈島東方沖および日向灘、さらに逆津波地震は北海道太平洋岸と伊豆半島沖にそれぞれ群集して存在し、重なり合うことはない。三陸沖北部から福島・茨城県沖にかけて特種地震と一般地震とは重なり合っている。以上の分布について、次のような考え方（メカニズム）を提案する。

北海道太平洋岸沖は組織的に陸側から逆津波地震、津波地震および顕著な津波地震と並んでいる。これらの地震波の卓越周期を考えると、沈み込むプレート（方向：北西）の動きと関係していると考えられる。また、アスペリティの存在とも矛盾しない。

三陸沖北部から福島・茨城県沖までは特種地震と一般地震とが重なっているが、同時に発生することはない。特種地震あるいは一般地震が発生後ある期間経過してから、一般地震あるいは特種地震が発生するメカニズムは、発生域プレートの環境変化があったため、発生形態も異なったものとなったのであろう。この例は三陸はるか沖の地震で、次の地震形態を予測する場合問題となる（宮城県沖地震については別報：渡邊，2007）。しかし、アスペリティの存在とどのように関係しているのだろうか。今後の問題である。

南西日本の海域は地震の発生は少ないが、特種地震と一般地震は広範囲に分布し、重なっていない。これは海域のプレートの動きに関係があるかもしれない。

参考文献

- Abe, K., 1981, Physical size of tsunami – genic earthquake of the northwestern Pacific, Phys., Earth Planetary Interiors, Vol.27, pp.194–205.
- 長谷川昭, 2001, 地震予知連絡会情報, 地震ジャーナル, Vol.32, pp.55–64
- 地震調査研究推進委員会, 2000, 宮城県沖地震の長期予測 (平成 12 年 11 月 27 日訂正:

- 平成 13 年 3 月 14 日変更：平成 15 年 11 月 12 日変更)
- 岡田義光, 2005, アスペリティ (地震基礎知識 9), 地震ジャーナル, Vol.39, 47.0
- 高橋浩晃, 笠原稔, 2004, 2003 年十勝沖地震 - 1952 年十勝沖地震からの地震活動・前震・本震・余震および誘発地震, 地震, 第 2 輯, 56, pp.115-130.
- 渡辺偉夫, 1995, 日本近海で発生した津波マグニチュード決定の地域性, 地震, 第 2 輯, Vol.48, pp.271-2800
- 渡辺偉夫, 2003, 日本近海における津波地震および逆津波地震の分布 (序), 歴史地震, 19, 161-164.
- 渡辺偉夫, 2004, いわゆる金華山地震と逆津波地震・アスペリティ, 津波工学研究報告, Vol.21, pp.25-32.
- 渡辺偉夫, 2007, 津波地震・逆津波地震の立場から見た 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖地震, 津波工学研究報告, Vol.24 (投稿中)。
- 山中佳子, 菊地正幸, 2002, アスペリティマップー北海道編ー, 日本地震学会 2002 年秋季大会講演予講集, B52.