

いわゆる金華山沖地震と逆津波地震・アスペリティ

渡邊 偉夫*

1. まえがき

一般にいわゆる金華山沖地震（以下“いわゆる”を省略）は宮城県沖地震の一部である。ここで“いわゆる”を付けた意味は次の理由である。気象庁（以前は中央気象台）や仙台管区気象台の現業職員にとって、金華山沖地震は宮城県金華山（島）の沖合の金華山沖（多くの地図に記載）で発生する地震で、宮城県沖地震と区別して用いられ発表されているからである。宇佐美（2003）によれば、1936年と1937年の地震は金華山沖地震、1978年の地震は宮城県沖地震として区別して記載されている。

一筆者（渡辺，1991）によれば、金華山沖地震の実態から津波地震の *slow earthquake* に対して、逆タイプの *quick earthquake* としたほうが妥当であろうと提案した。本報告ではこの地震を津波地震の逆タイプと考え、逆津波地震との名称を提案する。また、最近宮城県沖を含む三陸沖のアスペリティが明らかになり（長谷川，2001）、金華山沖地震のメカニズムとの関連が見えるようになってきた。

本報告は金華山沖地震の実態を明らかにし、そのメカニズムについて逆津波地震・アスペリティとの関連から検討した結果を報告する。なお、取り扱った地震は1936年、1937年、1978年および1981年の宮城県沖地震（金華山沖地震も含む）である。

2. 金華山沖地震の実態

2-1. 震度分布

図1-1はA) 1936年とB) 1937年の金華山

沖地震、図1-2はC) 1978年とD) 1981年の宮城県沖地震の震度分布である。×は震央を示し、震度5の境界を記入した。これを見ると、震度5の地域は1981年の地震以外は存在していない。気象庁地震マグニチュードMがほぼ同じ1936年（M：7.5）と1978年（M：7.4）の地震の震度5の範囲は広いが、1937年（M：7.1）の地震のそれは狭い範囲である。1981年（M：7.0）の地震には震度5は震央が陸地から遠いためが存在しない。村井のアンケート調査（村井，1980）によれば、1978年の地震では宮城県内で震度5.5から5.9の地域がかなりの箇所が存在した。当時震度の観測

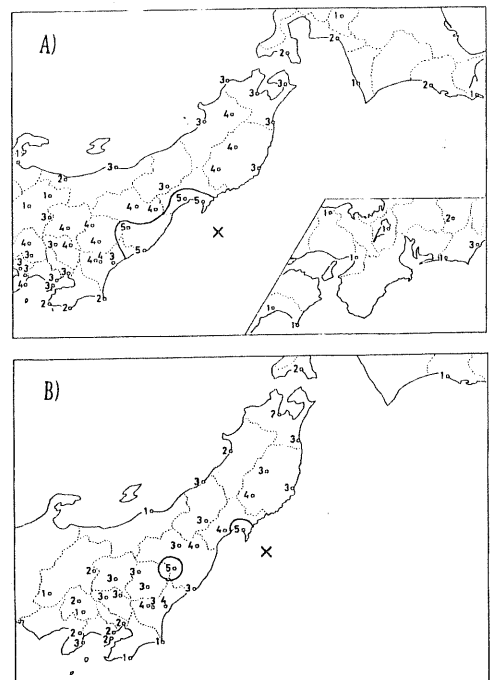


図1-1 金華山沖地震の震度分布（気象庁，1983）A) 1936年 B) 1937年，×は震央。なお、震度5の境界を付加。

*元気象庁

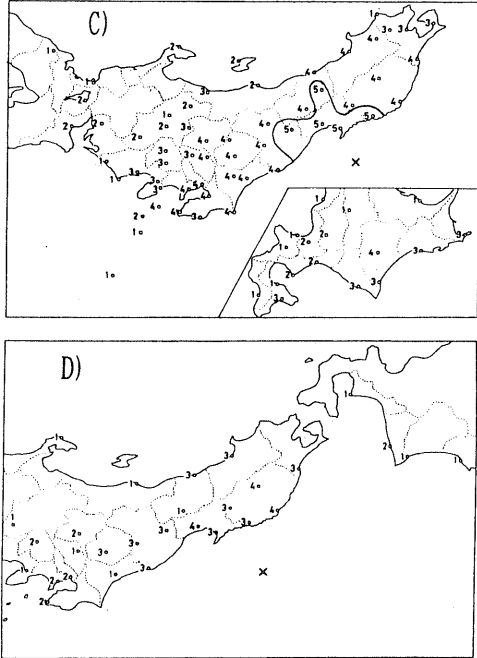


図1-2 宮城県沖地震の震度分布 (気象庁, 1983) C) 1978年 D) 1981年×は震央。なお、震度5の境界を付加。

は体感 (被害の観測を含む) であったので、現在の震度計による観測とは異なる結果が出る可能性は存在する。被害状況から判断すると、1936年の地震と1978年の地震の震度5はかなり異質のものと考えられる。

2-2. 前震分布と余震分布

図2は本震前6か月間の前震分布と本震後6か月間の余震分布である。図2-1は1936年の地震で、A-1が前震分布でA-2が余震分布である。同様に図2-2は1937の前震分布 (B-1) と余震分布 (B-2), 図2-3は1978年の前震分布 (C-1) と余震分布 (C-2), 図2-4は1981年の前震分布 (D-1) と余震分布 (D-2) である。本研究で採用した資料は1936年から1981年までの観測データ精度を出来るだけ同一にするため、東北地方で記録した有感地震に限った (仙台管区, 1988)。したがって、この他に小さい地震は漏れているかも知れないが、Mが内陸では3.0以上、沖合では3.5以上は漏れ無く記録されている。

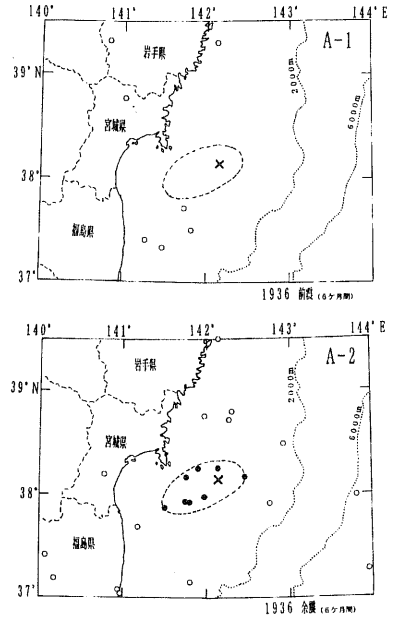


図2-1 金華山沖地震の本震前6か月間の前震と本震後6か月間の余震の分布
黒丸は余震域内の地震, 白丸はそれ以外の地震
A-1: 1936年の地震の前6か月間の前震
A-2: 同上 後6か月間の余震

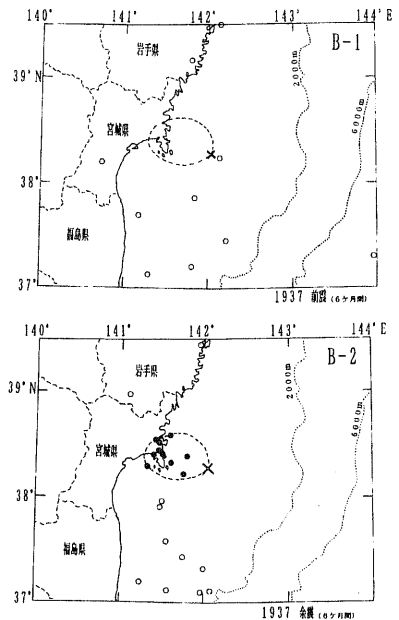


図2-2 金華山沖地震の本震前6か月間の前震と本震後6か月間の余震の分布
黒丸は余震域内の地震, 白丸はそれ以外の地震
B-1: 1937年の地震の前6か月間の前震
B-2: 同上 後6か月間の余震

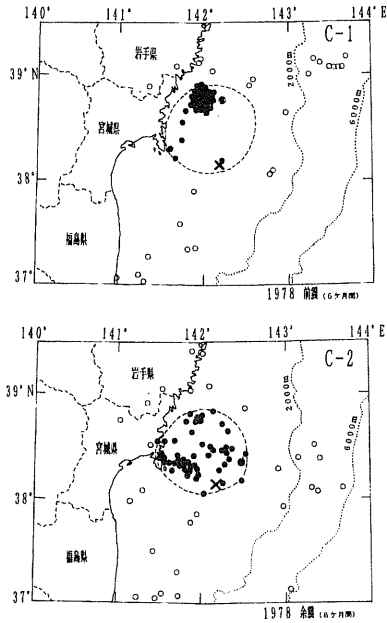


図 2-3 宮城県沖地震の本震前 6 か月間の前震と本震後 6 か月間の余震の分布
 黒丸は余震域内の地震, 白丸はそれ以外の地震
 C-1: 1978年の地震の前 6 か月間の前震
 C-2: 同上 後 6 か月間の余震

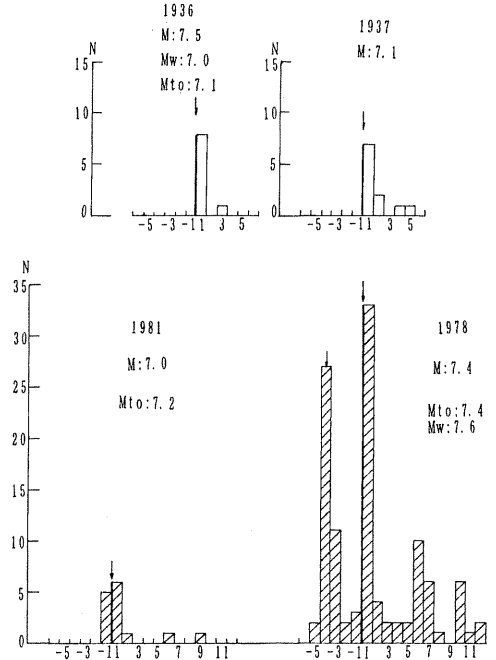


図 3 金華山沖地震・宮城県沖地震の月毎の前震数と余震数
 図の縦軸のNは地震数, 横軸の数字は本震(矢印)からの月数(ただし, プラスの月数は余震, マイナスの月数は前震)。

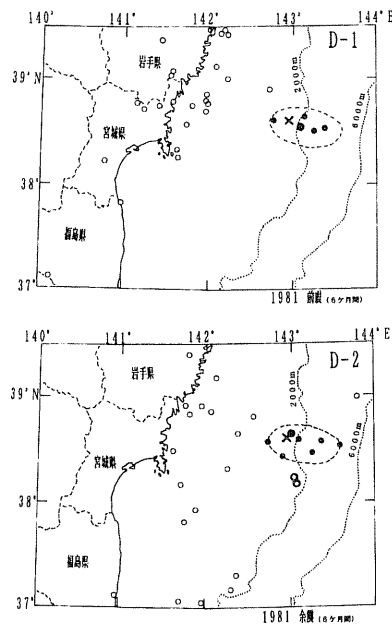


図 2-4 宮城県沖地震の本震前 6 か月間の前震と本震後 6 か月間の余震の分布
 黒丸は余震域内の地震, 白丸はそれ以外の地震
 D-1: 1981年の地震の前 6 か月間の前震
 D-2: 同上 後 6 か月間の余震

また, 参考までに, 図 3 に月単位のの前震数と余震数を示した。図の縦軸のNは地震数, 横軸の数字は本震(矢印)からの月数である。ただし, 横軸のプラスの月数は余震が発生した期間のもので, マイナスの月数は前震が発生した期間のものである。

これらから, 気が付くことは次のとおりである。

- 1) 1936年と1937年の地震では全く前震がない。
- 2) 1936年と1937年の余震は比較的少ない。
- 3) 1978年の地震の日本海溝側に地震活動の活発なところがある。
- 4) 1981年に地震では前震と余震は共に見られる, 内陸側に地震活動の活発なところがある。

したがって, 前項の震度分布の現状と合わせて, 本研究では1936年と1937年の地震を金華山沖地震と呼んで, 宮城県沖地震と区別することにした。

2-3. 1978年の地震から1981年の地震までの地震活動

1978年の地震から2年半以上の経過して1981年の地震が発生した。この間の地震活動の状況と2つの地震に関連について、次のような方法で調査した。

図4は1978年の地震から1981年の地震までの地震の分布図である。図のIは1978年の地震後6か月間の余震分布で、図2-3のC-2と同じものである。既に指摘してあるが、日本海溝測にいくつかの地震が発生していることを注目したい。図のIIは図のIの直後の1978年12月13日から1980年7月18日、つまり1981年の地震前6か月の前日までの地震活動である。これを見ると、1978年の余震は依然として続いているが、日本海溝側には地震は1個しか発生していない。図のIIIは1981年の地震前6か月の地震分布で、図2-4のD-2と同じものである。この図から、陸側には地震活動が見られ、この中には1978年の地震の余震域が含まれている。

図5はAとBの領域（共に図4のIIに示されている）におけるM別の地震分布である。ここで、Aは1978年の余震域を含む $141^{\circ}30'E$ から $142^{\circ}30'E$ までの陸側の境域、Bは1981年の余震域を含む $142^{\circ}40'E$ から $143^{\circ}40'E$ までの日本海溝側の海域である。これを見ると、Aはほとんど連続して発生しているが、B

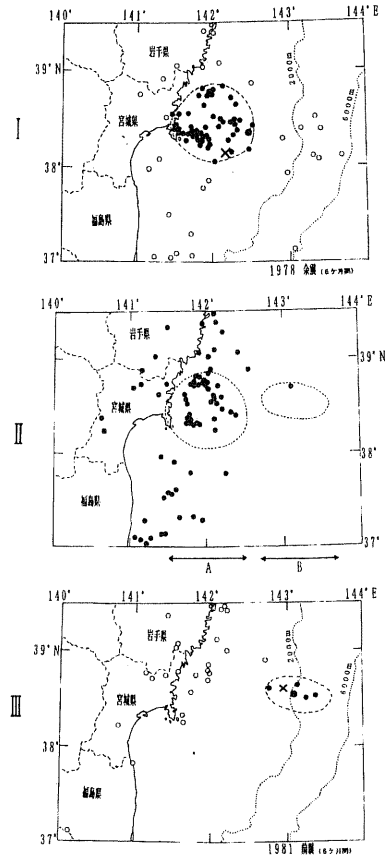


図4 東北山方南部太平洋沖の次の期間の地震分布

- I : 1978年の地震後6か月間の余震 (図2 C-2と同じ)
- II : 1978年12月13日より1980年7月18日までの地震
- III : 1981年の地震前6か月の前震 (図2 D-1と同じ)

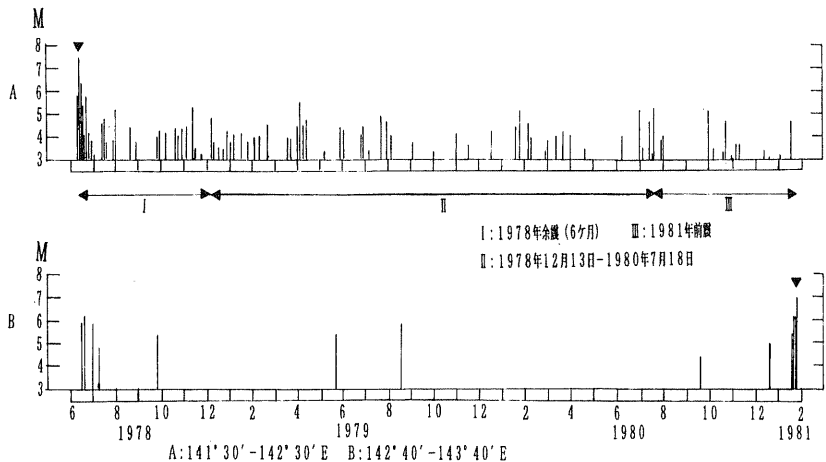


図5 東北地方南部太平洋沖の図4のI, IIおよびIIIの期間における、M別の地震活動

は1978年と1981年の地震時以外は非常に少ない。このことは、1981年の地震の海域は1978年の地震で地震活動が誘発されることはあっても、1981年の地震は常時震活動の活発な陸側（1978年地震の余震域を含む）に影響を与えていないことを示している。

2-4. 地震のメカニズム

図6は宮城県沖における1926年から1986年までのM \geq 6.0の地震の分布で、M別に大きさを区別してある。図には代表的ないくつかの地震について、初動分布から推定される地震のメカニズムを記入した。1936年の地震は逆断層の dip-slip 型である。一方、1978年の地震は同じ逆断層であるが、断層方向がやや異なり、水平成分を含んでいる。図7は図6の地震の内メカニズムの解明されているものを選び、1936年の地震と同じタイプのメカニズム（金華山沖タイプ）を●、1978年の地震と同じタイプのメカニズム（ノーマルタイプ）を○、不明の地震を○の中に×を記入した。これを見ると、精度の問題もあるが、金華山タイプの地震は西北西から南南東にほぼ直線状に配列している。これは地殻構造に関連があるかどうか分からないが、興味深いことである。

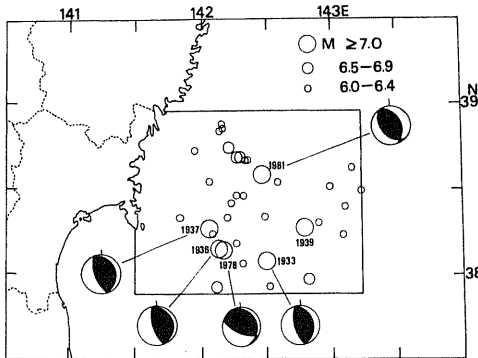


図6 M \geq 6.0の金華山沖地震・宮城県沖地震の分布と代表的な地震のメカニズム
 大丸：M \geq 7.0 中丸：M6.5-6.9
 小丸：M6.0-6.4

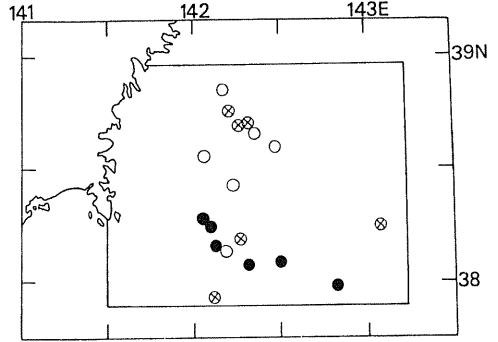


図7 M \geq 6.0の金華山沖地震・宮城県沖地震のメカニズムの分布
 ●：1936年の地震と同じメカニズム（金華山沖タイプ）
 ○：1978年の地震と同じメカニズム（ノーマルタイプ）
 ○の中に×：不明

表1 被害表

項目	1936	1937	1978	1981
死者(名)	0	0	28	0
傷者(名)	4	0	1325	0
住家全壊(棟)	0	0	1183	0
住家半壊(棟)	2	0	5574	0
非住家被害(棟)	5	0	21241	0
M	7.5	7.1	7.4	7.0

2-5. 被害 (宇佐美, 2003)

表1は各地震の被害である。1981年の地震は陸地から遠く、Mが最も小さいことから、被害が全く無かった。1937年の地震は表の他に石巻で水道鉄管一部破損、道路亀裂などの小被害があった。表を見て明らかのように、ほぼ同じMに拘らず1978年の地震は1936年に比較して、非常に大きい。現存している1936年の地震の0.4倍強震計の記録をみれば、周期の短いショックタイプの波形であるが、1978年の地震の1倍強震計の記録は比較的周期の長い波形である。同じ地震計でないので正確な比較はできないが、前項の地震のメカニズムとも関連して、地震波(形)の相違によるものであろう。

表2 検潮記録における津波の全振幅 (cm) など

検潮所	1936	1978	1981
八戸	10	40	13
気仙沼	28	120	20
月浜	23	58	30
女川	67	112	
石巻	20	60	9
塩釜	8	28	6
小名浜	18	30	14
Mw	7.0	7.6	
Mto	7.1	7.4	7.2
震源の深さ (km)	40	40	0

2-6. 津波 (渡邊, 1998)

1937年と1981年の地震は津波を発生しなかった。表2は1936年, 1978年および1981年の地震による津波で, 代表的ないくつかの検潮記録の最大全振幅 (cm) である。この表には津波と関連する項目として, 地震のモーメントマグニチュード (Mw), 津波マグニチュード (Mto) および震源の深さ (km) を加えた。これを見ると, 1978年の津波は1936年のものよりかなり大きい。Mが共にほぼ同じであるにもかかわらず, 1936年のMwやMtoの値は1978年のものよりはかなり小さく, 津波の大きさに比例していると考えてよい。

3. 金華山沖地震のまとめ

金華山沖地震の実態から明らかになった特徴は次の通りである。

表3 金華山沖タイプとノーマルタイプの特徴

項目	金華山沖タイプ	ノーマルタイプ
前震	ない	あり
余震	少ない	あり (ノーマル)
地震のメカニズム	逆断層 (断層方向南北に近い)	逆断層 (断層方向東西に近い)
被害	少ない	あり (ノーマル)
地震波	ショックタイプ (短周期)	普通 (短周期でない)
津波	小さい	あり (ノーマル)

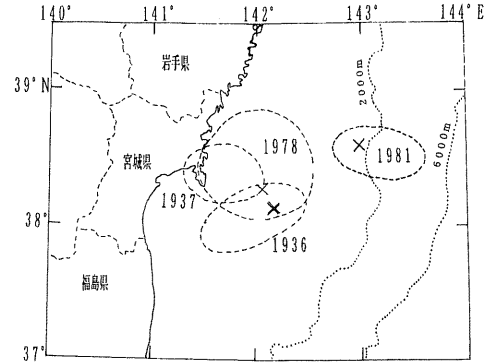


図8 1936年, 1937年, 1978年および1981年の各地震の余震域 (図2参照)

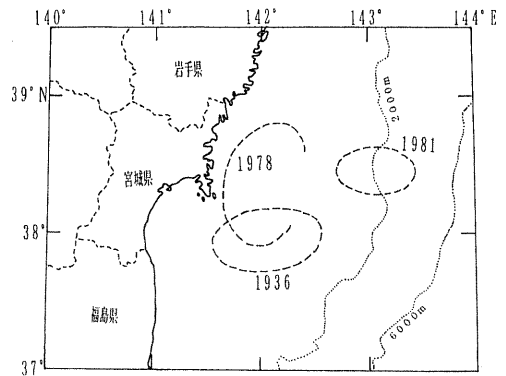


図9 1936年, 1978年および1981年の各地震の津波の波源域

1936年と同じタイプの地震を金華山沖タイプとし, 1978年の地震をノーマルタイプとすると, 表3のようにその特徴が纏められ, 明らかに相違が見られる。

図8は前項2-2で調査した4つの地震の余震分布域である。これを見ると, 1936年, 1937年および1978年の地震は震央はほぼ同じで, 1978年の余震域の南側と西側にそれぞれ

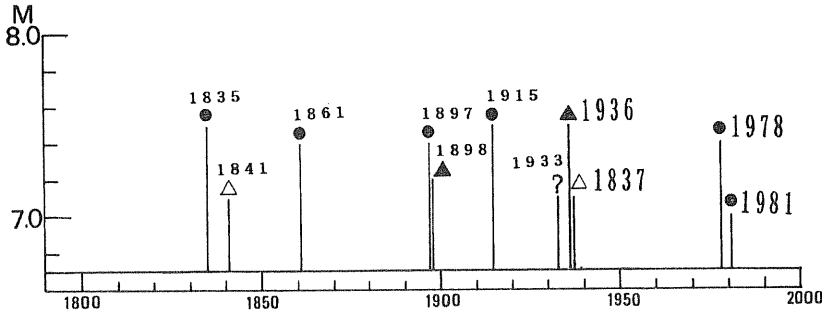


図10 1800年から2000年までのM \geq 7.0の宮城県沖地震発生時系列
横軸はM, 縦軸は西暦年

1936年と1937年のものが重なり合っている。金華山沖タイプとノーマルタイプがほぼ同じ海域で発生していることは、防災対策を含めて注目すべきことである。図9は津波の波源域である。地震の余震域とはほぼ類似しているが、1978年の波源域は余震域より陸側が狭くなっている。

図10は1800年から2000年までのM7.0以上の宮城県沖の発生時系列で、縦軸はM、横軸は西暦年である。●と○はノーマルタイプ、▲と△は金華山沖タイプ（ぬりつぶしは津波あり）で、?は不明である。これを見ると、ノーマルタイプの1835年と1897年の地震の後に金華山沖タイプの地震が発生しているが、1936年の金華山沖タイプの前後にはノーマルタイプはない。1933年の地震は1933年三陸（大）地震の余震である。

4. 金華山沖地震と逆津波地震

津波地震、つまりMよりM_w（M_{to}、M_tも同じ）が大きい地震で、地震波が比較的長周期を示すことからslow earthquakeと呼んでいる。この地震はMに比例する津波の大きさと比べると、かなり大きい津波が発生し、これを津波地震と呼んでいる。筆者（渡辺、1991）は金華山沖沖地震を地震波が短周期で、ショックタイプであることからquick earthquakeと呼ぶことを提案した。ここでは、MよりM_wがかなり小さい地震、津波が小さいか発生していないことから、逆津波地震

と呼ぶことを提案したい。このように考えると、金華山沖地震の実態と特徴がはっきりし、その他の宮城県沖地震と区別してよいのではなかろうか。

5. 金華山沖地震とアスペリティ

地震時に大きくすべる領域がアスペリティであり、通常は強く固着している。（長谷川、2001）東北地方の太平洋沖のアスペリティの分布を図11に示す。アスペリティは初期破壊

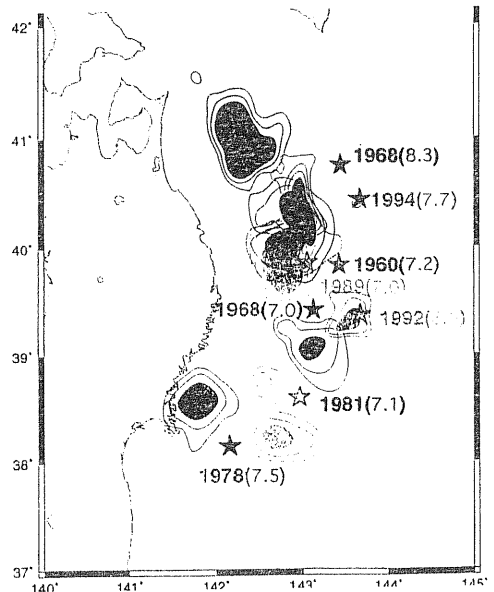


図11 地震波形解析による東北太平洋沖のアスペリティ分布
（東大地震研資料：長谷川、2001）

開始から離れておる場合が多く、余震はアスペリティの周辺部に多く発生すると云われている。ところが、1978年の地震の震央つまり初期破壊開始の地点とアスペリティの領域は離れているが、余震はアスペリティの領域を含んでいる。(図8参照) 1981の震央はアスペリティの領域と離れているが、余震はアスペリティの領域にはない。一方、1936年と1937年の震央は共に1978年のそれとほぼ同じであるに拘らず、1936年の余震はアスペリティの領域から離れ、1937年の余震はアスペリティの領域内にある。アスペリティとの関係は、一般の宮城県沖地震でもかなり複雑であるが、金華山沖地震も同様である。このことは、金華山沖地震はアスペリティと間接的に関係はあると思われるが、直接的な関係は明確ではない。このことは、アスペリティそのものの本質が、かならずしも明らかでないからであろう。ともあれ、金華山沖地震はアスペリティ領域に隣接して発生していることは事実である。(宇津, 1999)

6. あとがきと検討

かなりはっきりした特徴をもった金華山沖地震が、学問的に全く取り上げられなかったことは、不可思議でならない。今回、金華山沖地震は逆津波地震であることが明確になったが、そもそも逆津波地震もここで導入された言葉である。すべてが出発点であるような気がするが、何らかの解釈がないであろうか。検討を含めて私見を述べてみる。

金華山沖地震は逆津波地震であるから、地震によってプレートが大きくずれることはない。一方、アスペリティの縁(一部アスペリティ領域内)で発生していることから、アス

ペリティの一部がずれたと考えてもよいのではなかろうか。もし、アスペリティが大きくずれるとすると、宮城県沖地震(ノーマルタイプ)となるのであろう。なお、ショックタイプの地震波を発生することから、地盤によって見かけ上震度が大きくなる可能性はある。しかし、短い周期で震動時間も短いことから、被害は大きくなることはない。今後これらのことを明確にする研究が必要である。

参 考 文 献

- 気象庁, 1983, 日本付近の地域・海域別の被害地震の表, および震度分布図, pp. 235.
- 長谷川昭, 2001, 地震予知連絡会情報, 地震ジャーナル, 32, 55-64.
- 村井勇, 1979, 3. 2アンケート調査による震度分布と被害分布, 1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究, 昭和53年度文部省科学研究費自然災害特別研究(1), 89-95. (pp. 265)
- 仙台管区气象台, 1988, 東北地方の有感地震(1926-1986), pp. 218.
- 宇佐美龍夫, 2003, 新編日本被害地震総覧[最新版416-2001], 東京大学出版会, 276-277. (pp. 605)
- 宇津徳治, 1999, 4. 7. 2 (a) アスペリティとバイアーなど, 地震活動総説, 東京大学出版会, 148-150. (pp. 876)
- 渡辺偉夫, 1991, 地震規模に比較して被害の小さい地震—いわゆる金華山沖地震—, 1991年度春季大会 日本地震学会講演予講集, F31-07, 157.
- 渡辺偉夫, 1998, 日本被害津波総覧[第2版], 6-7, 121-122, 175-176, 178. (pp. 238)