

1978年6月4日の島根県中部地震による墓石の被害について

加藤 碩一*

Damage to Tombstones due to 1978.6.4. Shimaneken-Chūbu Earthquake

Hirokazu KATO

Abstract: The Shimaneken-Chūbu Earthquake (Magnitude 6.1) took place in the central area in Shimane Prefecture on 4th, June 1978, which gave some damage to Tonbara-chō, Akagi-chō, Kakeya-chō, Sada-chō, Yoshida-mura and so on. The nature and the distribution of the damage to tombstones were surveyed from the geological viewpoints. The results are:

1. The geographical distribution of degree of damage to tombstones is related to the distance from the epicenter, that is, the degree of the rotation of tombstones, the degree of the horizontal displacement of them and the rate of overturned tombstones become smaller rapidly in proportion to the distance from the epicenter.
2. The rotation of tombstones is the most noticeable in the all kinds of damage to them. In general, the degree of the right rotation was larger than that of the left rotation of them. But left rotated tombstones distributed rather systematically as shown in Figure 8.
3. The most effective direction of seismic motion for damage to tombstones is WNW-ESE in Loc. 21 near the epicenter estimated from overturned or rotated tombstones, but in other places it is not always sure, because the dislocations of tombstones are much affected by the geological and topographic conditions of graveyards' foundation.

1. ま え が き

1978年6月4日、中国、四国地方を中心に近畿、東海、関東地方の一部、および、九州地方東部にまで感じられた地震が発生し、最高震度4を記録し、島根、広島県下に若干の被害を生じた。当初、松江地方気象台の観測では、震央は、三瓶山南東の島根県飯石郡頓原町沖の郷山付近で、震源の深さは約10 km、マグニチュード5.8前後とされたが、その後、東京大学地震研究所の発表(山科ほか、1978)によれば、本震の震源の暫定的な推定位置は、北緯35°04.5′、東経132°40.9′、深さは5.0 km、マグニチュード6.1で、震央は、三瓶山南東約9 kmの頓原町南西端付近とされ、この付近を中心に多くの余震も観測されている。この地震による島根県下の被害は、1市9町村におよび、特に三瓶山周辺の大田市三瓶町志学一帯が最も著しかったが、建築物は、地盤沈下による傾斜、壁やタイルのひび割れ、煉瓦の破損等の小被害にとどまり、その他、道路の亀裂、陥没や小規模な崖崩れ、落石、墓石の変位などが各所に見られた。

島根県東部は、地震予知連絡会による特定観測地域の一つであるが、この地域指定は、震源を日本海沿岸近く

* 環境地質部

に想定したもので、今回のような山間部での直下型地震の発生とは直接の関係はないといわれている。ただ、この地域では、昨年5月2日にも三瓶山東方約5 kmの地点でM5.3の似たような地震が発生し、また、過去にも同地域でM5程度の地震がしばしば発生していることや、明治以来同地域を中心として緩慢な隆起が継続していることは注目される。

一方、昨年の小地震の発生を機に行われた国土地理院の水準測量によって、宍道湖南部に小規模な隆起が生じていることが判明した(国土地理院、1978)。地質調査所では、この問題に関して同地域内の松江市企業局水道部菅井で、1978年4月12日より地下水位の連続観測をはじめ、地震の前兆現象としての地下水挙動に関する基礎的な観測を行っていたところ、同年6月4日に前述の地震が発生した。この記録からの地震前後における地下水位の変化については別途報告されている(加藤完、1979)。

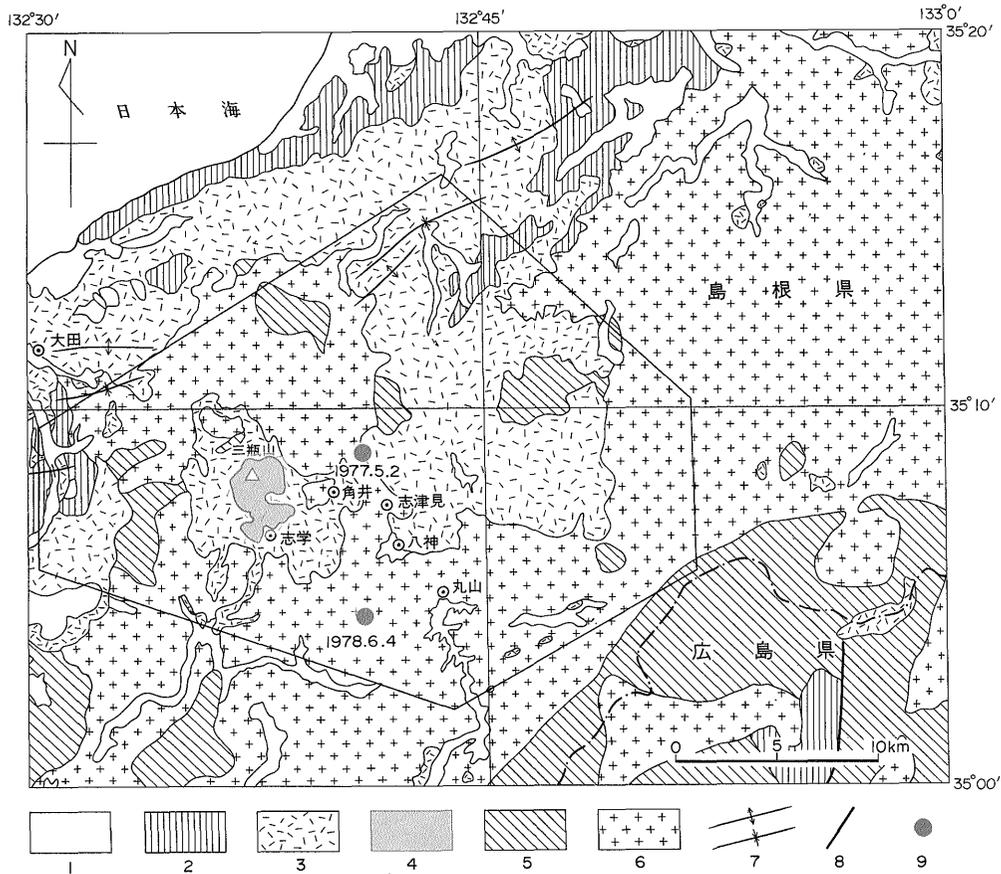
筆者は、今回の地震の直後、6月6日より6日間、中国出張所東元定雄・地震地質課杉山雄一の両技官と共に現地におもむき、地震断層発生の有無や被害状況の検討を地質学的見地から行うことを目的として、余震域の概査を行った。その結果、地震断層は認められなかった。

頓原町北西部の角井の北方約 1.5 km くらいの山沿いの田に南北方向に幾つかの亀裂が生じたというので現地をおとずれたが、地形からみて地震断層ではなく単なる地割れと思われる。また、家屋・道路等の被害ももっぱら表層の地盤に左右されて生じており、地質構造との関連も特に認められなかった。ただ、今回の調査では墓石の転倒や回転に興味深い規則性が見出されたので小論においては、この点を中心に報告する。

現地調査に際して地質調査所中国出張所東元定雄技官、同環境地質部地震地質課杉山雄一技官は、調査に同行され、また、島根大学山内靖喜氏らも一部調査に協力していただいた。また、地震物性課小出仁技官には原稿を読んでいただき助言をいただいた。現地各市町村役場の方々からは多くの御援助をいただいた。以上の方々に感謝の意を表する次第である。

2. 地質概説

墓石被害の調査区域および周辺の地質の概略を第1図に示す。最も広い範囲を占める基盤は、中国地方に多く分布する深成岩類で、その大部分は花崗岩、一部はんれい岩からなる。この上位に不整合で重なる新第三紀の堆積岩類は、おもに、礫岩、砂岩、泥岩からなり、凝灰岩をはさむことがある。一方、火山岩類は、中生代後期から第四紀にわたる。中生代の火山岩は、おもに、酸性岩で白亜紀上部から一部古第三紀にいたるとみられ、新第三紀のものは、安山岩、流紋岩の溶岩、集塊岩および凝灰角礫岩などからなる。調査地域西部の三瓶山は第四紀後期の火山で、その周辺部には火山噴出物がおおっているが、その厚さは、ボーリング (安藤, 1959) によれば、三瓶山南西麓の定の松付近でも、約57mにすぎな



第1図 地質略図 (広川, 1973; 三位, 1971より簡略化)

1. 第四紀堆積物 2. 第三紀堆積岩類 3. 第四紀-第三紀火山岩類 4. 三瓶溶岩
5. 中生代酸性火山岩類 6. 深成岩類 7. 褶曲軸 8. 断層 9. 震央
太実線内が調査区域

い。三瓶山は、基底は凝灰角礫岩で、山体主要部は石英安山岩溶岩よりなり、周辺には、多数の温泉や鉱泉が湧出する。

3. 墓石の被害状況

地震動によって変位した墓石(棹石)の運動は、転倒、(右または左)回転、(水平)移動、および、それらの合成されたもの(回転移動)に大別される。今回の地震による墓石の運動は、回転が多かった。調査にあたっては、特殊な形状の墓石や、台石の下に盛り土がしてあったり、モルタルで棹石が台石に接着させられているものなどは除き、ほぼ同じ形状の墓石について、転倒した墓の数、回転した墓の数、変位の方向や大きさを測定した。

3.1 墓石の変位率分布

ここでいう変位率とは、回転、移動や転倒のいかんを問わず、もとの位置から動いたことが明らかな墓石の各調査墓地における全墓石数に対する割合である。各々の割合の分布を第2図に示す。第3図より明らかなように、赤来町丸山部落付近で100%の変位率を示し、これを中心として、大田市三瓶山北西麓から佐田町南端を通り、掛谷町入間南を経て、頓原町にいたる線の範囲内が50%以上、大田市川合から窪田付近を通り、佐田町北部、掛谷町北部から吉田村北部を通る線の外側では0%になる。すなわち墓石の変位は直径約50 km以内の地域に限られることになる。墓石の変位率は、おおまかに、震央を中心とした同心円状分布をしていると言えよう。

3.2 墓石の転倒率分布

それほど大きな地震ではなかったため、墓石の転倒は一部の地点を除いてそれほど著しいものではなく、転倒墓石の分布範囲は第4図に示されるように比較的狭い。墓石の転倒は、墓地のおかれている地形・地質的な条件の違いに大きく影響される。たとえば、同一墓地でも花崗岩基盤上の墓石は転倒しにくく、黒土上の墓石は転倒しやすいなどの差異が見られるが、大きくみて、震央付近で最も多く転倒し(転倒率約55%)、ここから離れるに従って急速に転倒率は減少し、周辺部では数%程度の転倒しかしない。Loc. 6では、墓石15基中13基が動いた形跡が認められ、これらがすべて転倒したとすれば、転倒率87%と異常に大きくなるが、地震直後の修復時に人工的に動かされたと考えられるものも含まれるので例外とする。

3.3 墓石の転倒方向

第5図からNW-SE方向とE-W方向が卓越していることがうかがえる。棹石が転倒するさいに台石や隣の棹

石にあたって方向が変わったり、また、台石の下に盛り土がしてある場合にはかなり不規則に向きが変わるので、転倒数が少ない場合は有意な転倒優勢方向を決定できない(Loc. 8は、直交するブロック塀のうち倒れた方の方向を示す)。

3.4 墓石の(水平)移動方向

各墓地ごとにみると、墓石の転倒方向とほぼ一致する場合が多いが、全体としては規則性が見だしにくい(第6図)。墓石の(水平)移動は、棹石のみならず台石の移動も含むことや、各々若干の回転を伴うことが多いことも、その方向が一定しない一因であろう。移動の最大は、10 cm ぐらいであるが、一般には、3 cm以下のものが多い。

3.5 墓石の左回転度数の分布

最大回転角は約40°と考えられる。65°-70°近い角度を示すものもあるが、その場合は特殊な形状の墓石や碑であり、場所も小高い丘や尾根の上などであるから、例外とみなす。大部分は20°以下である。全体としてみると第7図に示すように、同心楕円状の分布を示すが、中心部は、変位率や転倒率の分布とやや異なりそれらの中心より北方へ6・7 km 離れて位置する。

3.6 墓石の左回転率分布

第8図に示されるように、特徴的な分布を示す。すなわち、本震の節線が南北および東西に近いので、それによって分けられる4つの地域を、北東から反時計回りに第I、II、III、IV象限とすると第I象限においては、左回転率10%以上のところをつなぐと約NE-SW方向に長軸を持つ楕円状の分布をなし、第II象限においては、左回転率10%以上(実際には30%以上)のところをつなぐと約NW-SE方向に長軸を持つ楕円状の分布をなし、これらの範囲外では、ほとんど左回転は見られない。第III、第IV象限は、データが少なく詳しくはわからないが、一般に墓石の変位自体が少ないように思われる。

3.7 墓石の右回転度数の分布

最大回転角は65°で、一般に左回転より大きい。第9図に示されるように、最大右回転部は変位率分布の中心とほぼ一致するが、全体の分布傾向はやや北方へのびるように見える。

3.8 墓石の右回転率分布

第10図に示されるように、左回転の場合のように明瞭な分布特性はみられない。10%以上の右回転率を示すところは、ほぼ第I象限に分布する。この分布内で強いていえばN-S、NE-SW、E-Wの方向性すなわち、両節線方向と、それを二分する方向があるように思えるが(破線部)、データの量からみて確言はできない。

第1表 各地の墓石変位状況

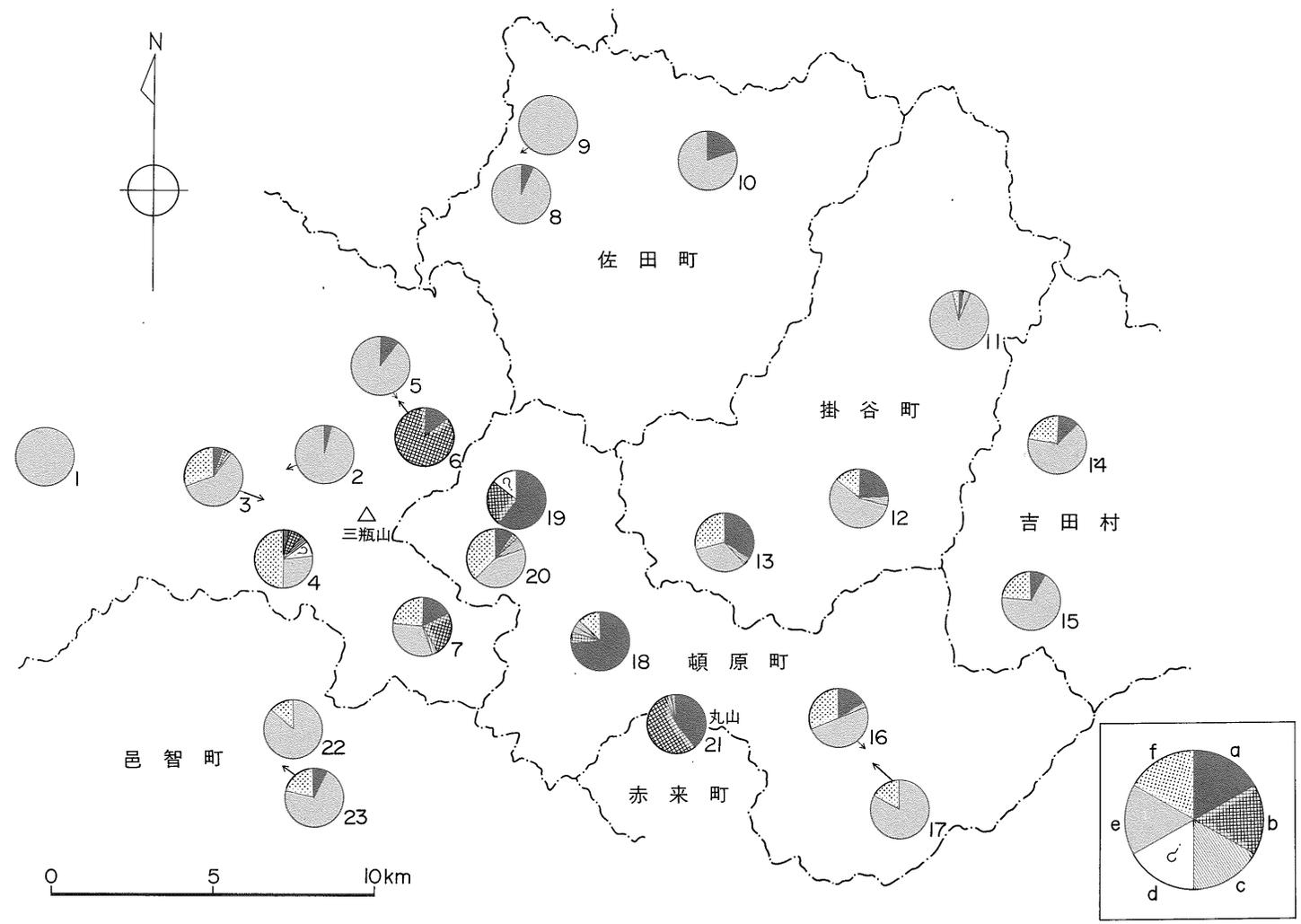
位置 番号	測定場所	転倒率 (%)	右回転率 (%)	平均右 回転角 (最大右 回転角)	左回転率 (%)	平均左 回転角 (最大左 回転角)	(水平) 移動率 (%)	測定墓 石数	備 考
1	大田市南	0	0	0°	0	0°	0	130	
2	大田市小屋原	0	3	3° (5°)	0	0°	0	64	
3	大田市池田	3	5	6° (10°)	30	15° (45°)	10	101	
4	大田市池ノ原	7	3.5	4.6° (17°)	50	12.7° (70°?)	3.5	313	復旧した墓石がある
5	大田市町西方	0	10	4° (4°)	0	0°	0	11	
6	大田市町	87	13	?	0	0°	?	15	石垣崩壊, 石燈籠倒壊
7	大田市志学	23	17	<5° (<5°)	24	<5° (30°)	2	53	
8	佐田町錦	0	100?	<3° (3°)	0	0°	0	2	南北方向のブロック 塀のみ東に倒れる
9	佐田町錦	0	0	0°	0	0°	0	23	壁やタイルにひび割 れ, 根元の細い円柱 状石柱は動かない。
10	佐田町佐田万行寺	0	20	<5° (5°)	0	0°	0	30	
11	掛谷町掛谷	0	2.6	<3° (3°)	3	<3° (3°)	2	195	
12	掛谷町宮崎	0	24	5° (15°)	14	5° (10°)	4	83	
13	掛谷町波多	6	34	12.4° (30)	29	<20° (40°)	3	80	
14	吉田村吉田町	0	9	<10° (10°)	22	<5° (15°)	2	111	
15	吉田村民谷南東方	0	7.7	<5° (5°)	23	<5° (<5°)	0	13	
16	頓原町西正寺及び周 辺	0	16	<5° (30°)	31	5° (20°)	1.3	297	
17	頓原町町役場南東	0	0	0°	100?	10.5° (67.5°)	0	3	丘の上に立つ忠魂碑 回転移動
18	頓原町八神	6	74	20° (35°)	12	20° (20°)	4	34	石垣, 土蔵壁ひび割 れ
19	頓原町梅川	26	57	25° (30°)	0	0°	0	35	
20	頓原町角井	3	8.3	9.7° (12°)	37	20° (23°)	6.7	60	
21	赤来町丸山	55	40	30.3° (65°)	0	0°	3	76	
22	邑智町粕渕	0	0	0°	?	<5° (<5°)	0	2	
23	邑智町才原	0	7.1	<5° (<5°)	21	<5° (5°)	0	14	

3.9 その他の墓石の変位状況

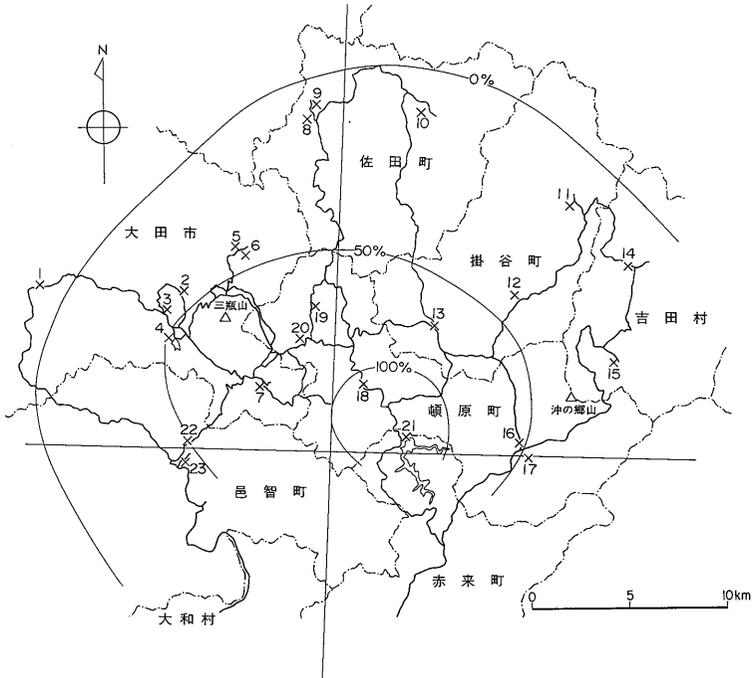
墓石の変位は回転または(水平)移動が単独に生じるのではなく、棹石が(水平)移動を伴う回転を示す場合、台石が(水平)移動し、棹石が回転する場合、棹石と台石がともに回転する場合など、複合して変位するも

のもあるが、これらは全体として数が少なく、細かい吟味はできない。

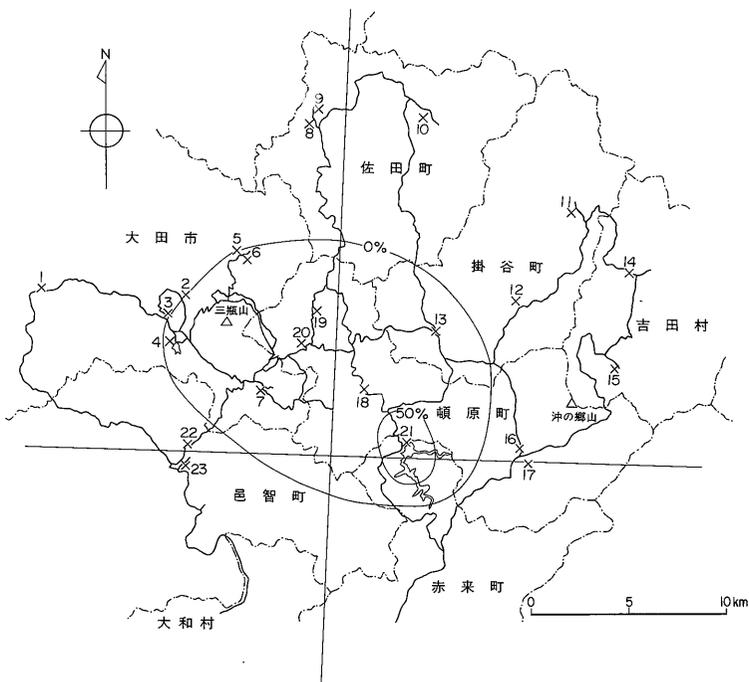
墓石の回転は、右または左回転のみが卓越する墓地もあるが、両者が混合して存在する墓地も多い。しかし、同一の墓石の棹石と台石は必ず同方向に回転している。



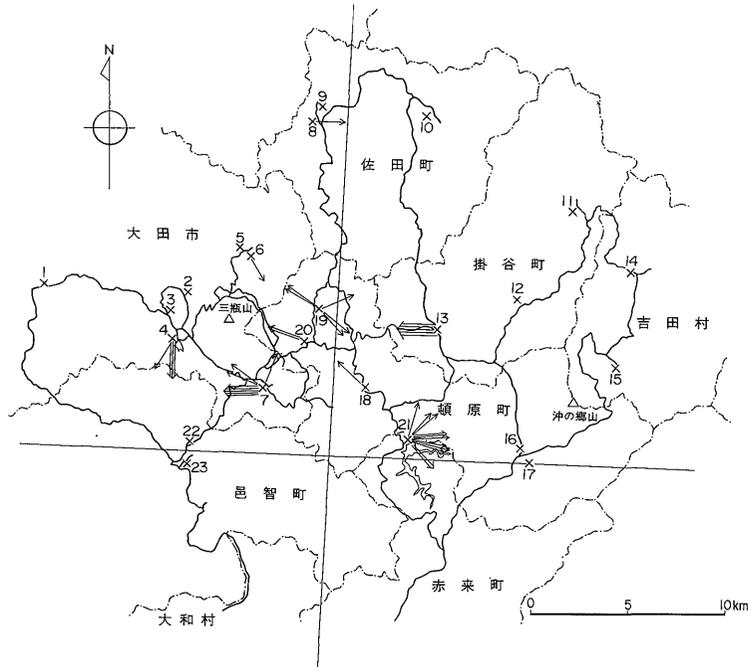
第2図 墓石の変位状況 (第2~10図のLoc. No. は第1表と同じ。 a 右回転, b 転倒, c 平行移動, d 不明, e 不動, f 左回転)



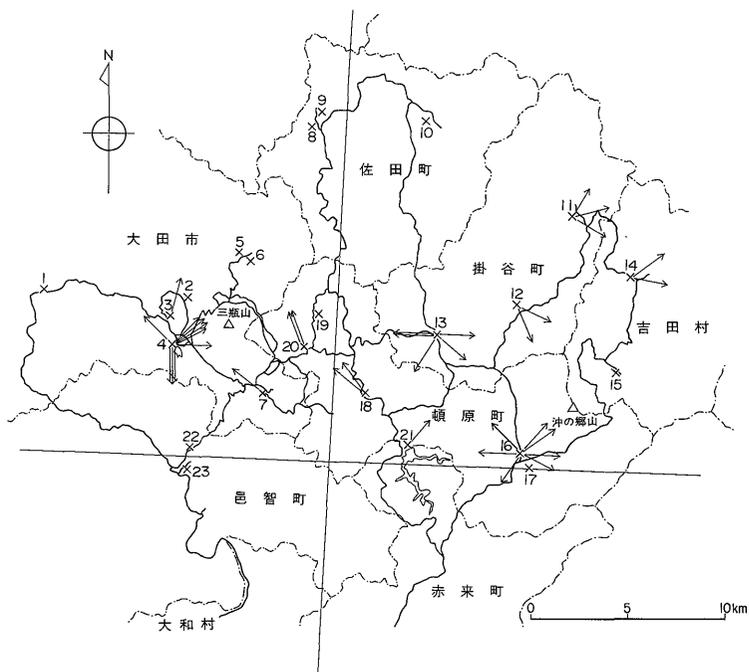
第3図 墓石の変位率分布 (直交する二直線は節線を示す.)



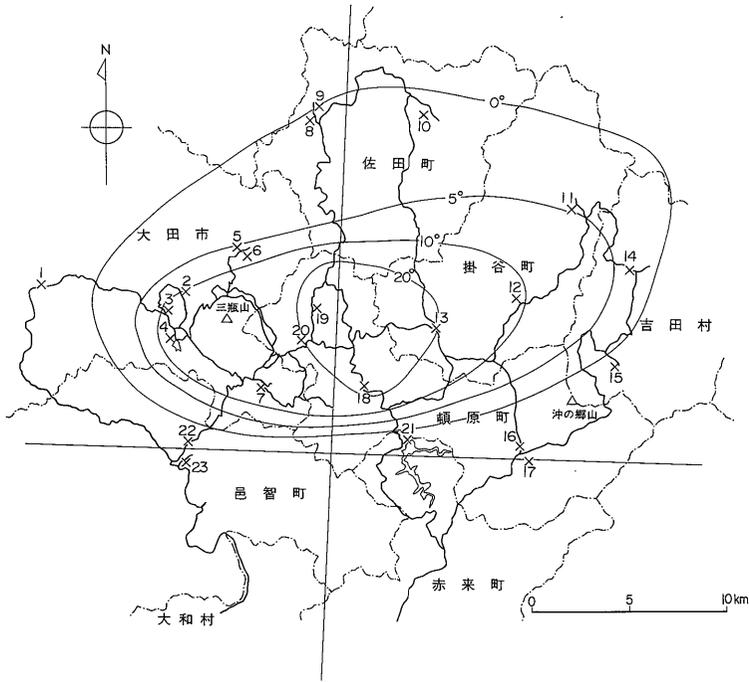
第4図 墓石の転倒率分布



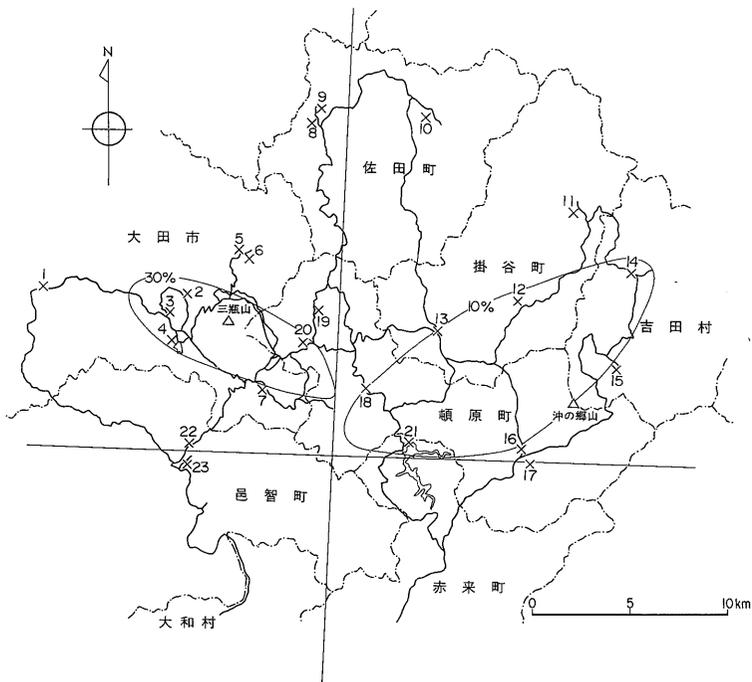
第5図 墓石の転倒方向 (Loc. 8はブロック塀の転倒方向を示す.)



第6図 墓石の(水平)移動方向

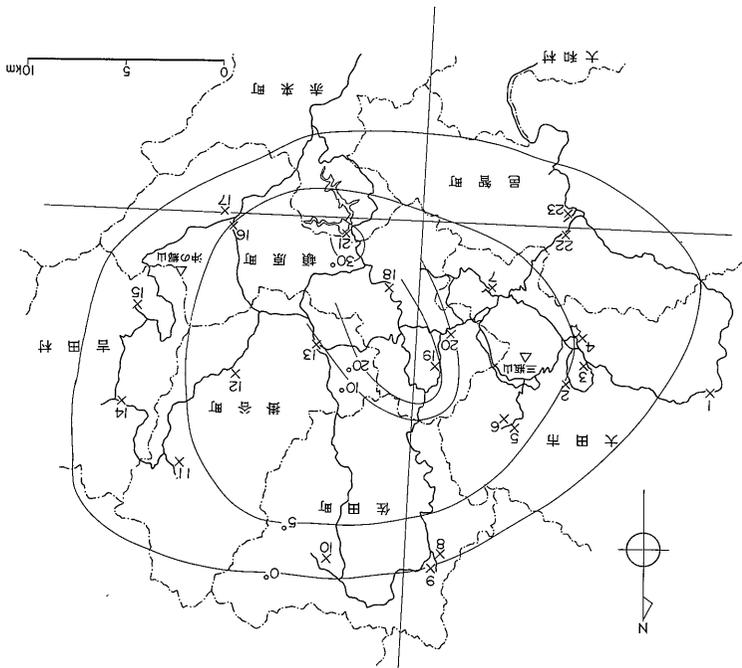


第7図 墓石の左回転度数の分布

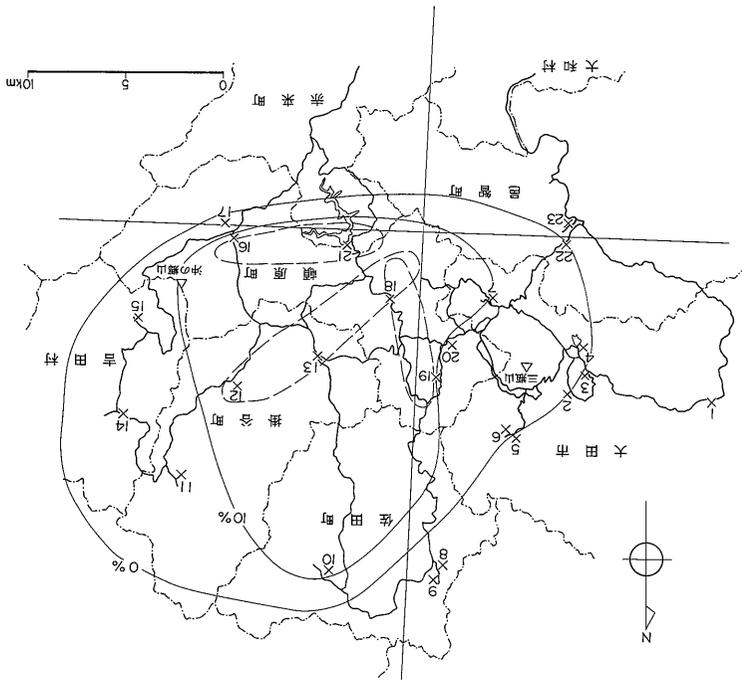


第8図 墓石の左回転率分布

1978年6月4日の島根県中部地震による墓石の被害について (加藤慎一)



第9図 墓石の右回転度数の分布



第10図 墓石の右回転率分布

4. 考 察

墓石の基底面の短辺の長さ(B)と高さ(H)との比, B/Hは、その墓石の転倒しやすさをあらわすパラメータとみなされ、ある B/H 値以下の墓石が転倒し、それ以上の値を持つ墓石が転倒しないなら、その墓地の地震動の(水平方向の)最大加速度が求まると従来からいわれている。今回の地震では、Loc. 21を除いて墓石の転倒そのものの数が少なく、また、全墓石の B/H を測定したわけではないが測定した限りでは平均 B/H \approx 0.38であった。今回の調査結果では、同一墓地でも地面が軟弱で整地されていない部分にある墓石、花崗岩の墓石よりも安山岩の墓石(棹石下底面や台石上底面の平滑度が花崗岩墓石のそれに比べて劣る)、台石が厚くて棹石が地表からより高い位置にある墓石の方が転倒しやすい傾向がある。しかも、棹石基底面の長辺方向(転倒しにくい方向)に倒れた墓石があったり、逆円錐状や自然石の板石など、より不安定な形態を持つ墓石が転倒していない場合があることなどからみて、墓石の転倒は B/H と 1 対 1 の対応にあるとは考えられず、上述したようなそれ以外の要因に影響されることが多いと言えよう。

今回の地震と規模や深源の深さがやや似ている1941年の長野地震(M=6.2, h=5~20 km)の場合、岸上ほか(1941)の調査によれば、震央に近い所の墓石の転倒方向は、震央に向き、数 km 離れた所では、P波の初動分布に一致すると言われている。今回の調査では、震央付近の測定例は少なく、数 km 離れた所では、墓石の転倒方向および(水平)移動方向が特にP波の初動分布に一致しているようには見えず、調査精度からみて確言できないが、強いて言えば、全般に E-W や NW-SE 方向がやや卓越しているようにも見える。

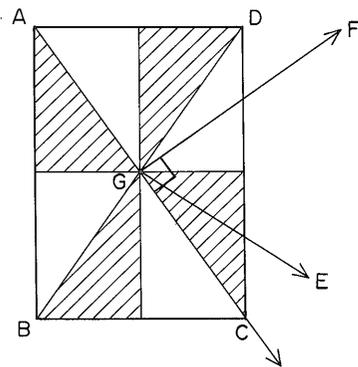
さらに、墓石の転倒率と最大加速度の間に近似的に直線的な対応関係があるといわれている(大橋ほか, 1978)。すなわち、最大加速度(gal) \approx 2.67 \times 平均墓石転倒率(%) + 200 (0% < R \leq 75%, Rは平均墓石転倒率%)。

この式の仮定条件から、震源域近くで適用できるかどうか十分検証されていないが、あえて、当地域の最高転倒率55%を代入すると最大加速度 346.85 gal, すなわち約350 galという値を得る。1952年の十勝沖地震の際、福富(1954)らが求めた地震動の最大加速度と墓石転倒率の関係は、400 galの時80%, 300 galの時50%, 200 galの時30%であり、この3点を通る曲線上に転倒率55%をプロットすると約350 galが得られるから、おおむね妥当な数字であろうと思われる。

墓石の回転は、転倒にくらべて小さな震動によっても

引きおこされるから、余震時にも生じた可能性がある。今回の地震の余震域の方向は約N15°Wであり、また、ほとんどの余震が本震より北に分布するから、墓石の回転を含めた変位が、震央以北の第I, II象限に集中することや、時に左回転率分布に見られるような方向性を持った分布は、それと関連するのかもしれない。

墓石(棹石)の回転と主要動の方向との関係については、大森(1899)が「グレー」氏の説明を紹介している。これをもとに若干の考察を付け加えてみよう。第11図のように墓石の断面を ABCD, 重心を G とし、震動が GE の方向からきたと仮定する。GE の力を、墓石の対角線方向 GC とそれに直交する方向 GF に分解して考えれば、前者の分力は、墓石を GC の方向に C を支点として傾斜させ、後者の分力は、GF の方向に回転させるから、墓石は右回転(時計回り)をなすことになる。したがって、墓石が右回転を示している場合、震動方向は、第11図の斜線部に相当し、左回転を示す場合は、白地部に相当する。墓石の回転度は(墓石の形状や大きさがほぼ等しいなら)、GF 方向の分力の大きさによるから、主要動の大きさの絶対値と、その方向と墓石の対角線方向の位置関係によってきまる。GC 方向の分力の大きさが、棹石と台石の摩擦に打ち勝ち、かつ GF 方向の分力が適当に大きければ、墓石は水平移動を伴った回転を示すだろうし、GF 方向の分力が十分に小さければ(つまり、震動方向が墓石の対角線方向に十分近ければ)、墓石はほとんど回転せず、AC 方向に水平移動する。主要動の向きが、墓石の各辺に直交するなら、その大きさや墓石の形状に応じて、墓石は転倒または水平移動をする。実際には、第11図の斜線部と白地部の境界に近い方向に震動する場合は、震動方向や墓石の位置のわずかな差で左右両回転が可能であるから、両回転がほぼ同じ割合で生じている墓地では、震動方向を一義的に定めるこ



第11図 墓石の回転を説明する図(大森, 1899より引用)

とはできない。今回の調査では、回転から求めた震動方向と転倒や水平移動から求めた震動方向は、Loc. 21を除いてあまりよく一致しない。Loc. 21は、震央に近く、右回転のみで、回転度数や転倒率も最大で、震動方向はWNW-ESEである。墓石の変位量や変位率が小さい場合には、同一墓地内においても、地盤や墓石の状況のわずかな違いでも墓石の変位に影響を及ぼすためであろう。

文 献

- 安藤 武(1959) 島根県三瓶火山地域の温泉および地下水調査報告。地質調査所月報, vol. 10, p. 785-799.
- 福富孝治ほか(1954) 墓石の転倒・移動等による十勝沖大地震の最大加速度と特異な地割れの観察。1952年3月14日十勝沖地震調査報告, p. 221-242.
- 広川 治ほか(1973) 50万分の1地質図 岡山。地質調査所。
- 加藤 完(1979) 地質調査所松江地区水位観測井の島根県中部地震(1978)前後における地下水位について。地質調査所月報, vol. 30, p. 433-439.
- 岸上冬彦ほか(1941) 昭和16年7月15日長野地震の統計的調査。震研彙報, vol. 19, p. 628-646.
- 国土地理院地殻調査部(1978) 島根県東部の地殻変動。地震予知連絡会会報, vol. 19, p. 138-141.
- 三位秀夫ほか(1971) 20万分の1土地分類図(表層地質図—平面的分類図—) 島根県。経済企画庁。
- 大橋昭光ほか(1978) 墓石の転倒等からみた1978年伊豆大島近海地震の本余震による地震動強度の推定。土木研究所資料(印刷中)。
- 大森房吉(1899) 明治二十四年十月二十八日濃尾大地震ニ関スル調査。震災予防調査会報告, no. 28, p. 79-95.
- 山科健一郎ほか(1978) 1978年島根県中部(三瓶山付近)地震について。地震学会講演予稿集, no. 2, p. 2.

(受付: 1979年1月8日; 受理1979年2月7日)