

「研究」

2000年6月8日の熊本県中部を震源とする地震の被害報告

熊大 教育 田口清行・渡辺一徳

九大院理付属地震火山観測研究センター 清水 洋

1. はじめに

2000年6月8日9時32分(気象庁, 2000), 熊本県の中部地域を中心に強い地震が起きた。震源は, 熊本県中部(北緯32度42分, 東経130度45分, 深さ10km), マグニチュード4.8(気象庁, 2000)で, 嘉島町, 富合町, 宇土市では, 震度5弱を示し, その後も断続的に余震が続いた。なお, 宇土市の震度については, 科学技術庁強震計によるもので, 気象庁は発表していない。

震源域は, 熊本県中部の活断層の集中する地域であり, 今回の地震は「日奈久断層」が

原因であろうと発表された。また, 一昨年11月には今回の北東隣で, M4.5の地震が発生している(植平ほか, 2000)。

2. 震央と震度分布

気象庁が公表した震央と震度分布を図-1に示す。震央から約20km以内に震度5弱と4が集中して観測され, 九州のほぼ全域で有感(震度1以上)であった。

3. 被害調査の方法

筆者らは, この地震による被害調査を地震

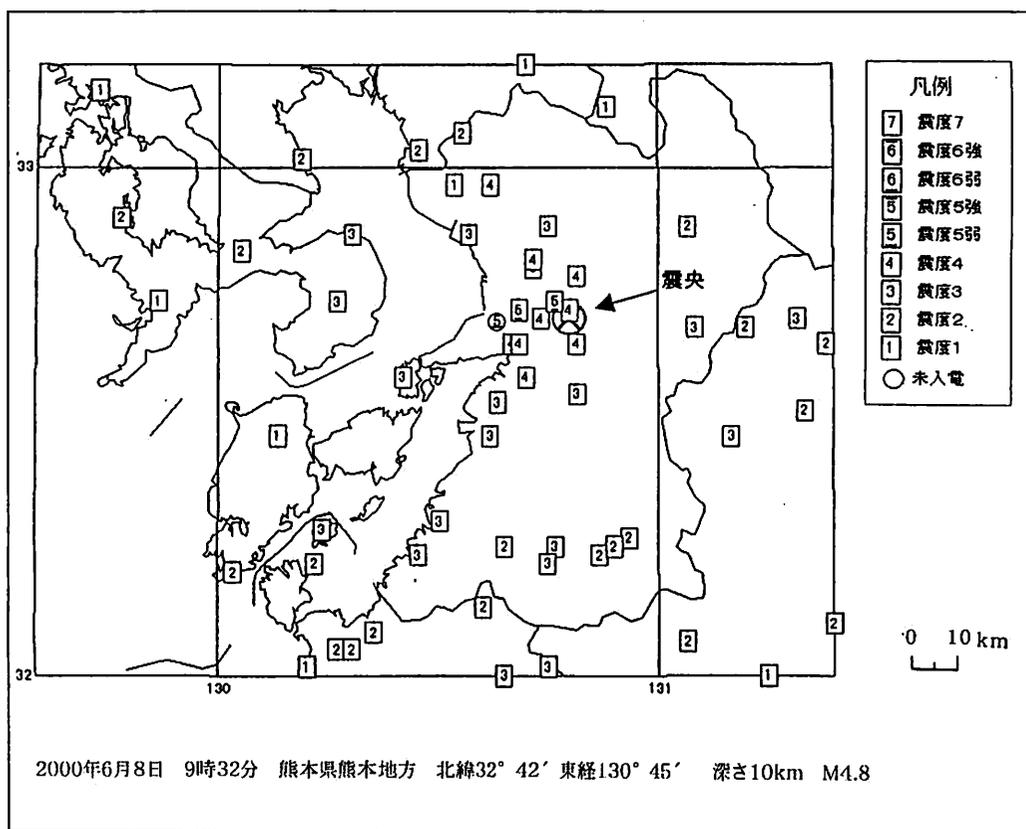


図-1: 震度分布図(熊本地方気象台, 2000)

発生直後、約2週間かけて行った。調査はとくに被害の大きかった嘉島町、富合町、宇土市、城南町、御船町を重点的に実施した。

とくに注目したのは、墓石の倒壊、移動、回転の動きや、建物の被害状況、崖崩れや堤防への被害などであるが、湧水の濁りや井戸水の濁りについても聞き取りや現地での観察を行った。

今回調査収集した被害の情報を整理した結果、興味ある事実が得られたので報告する。

4. 被害の種類と分布

今回の地震で被害が発生した地点と被害の種類を図-2に示す。被害の表示にあたっては次のように分類した。それらは、●墓石の

倒壊、移動、回転(表紙写真、写真-1~4)。

▲家屋被害(屋根瓦落下)。△家屋被害(壁

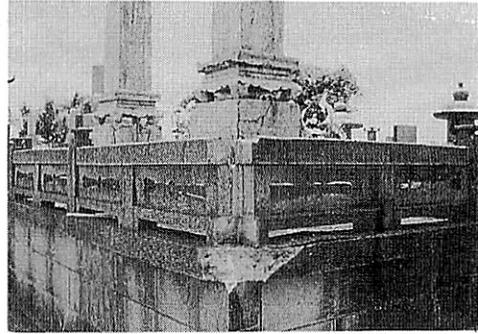
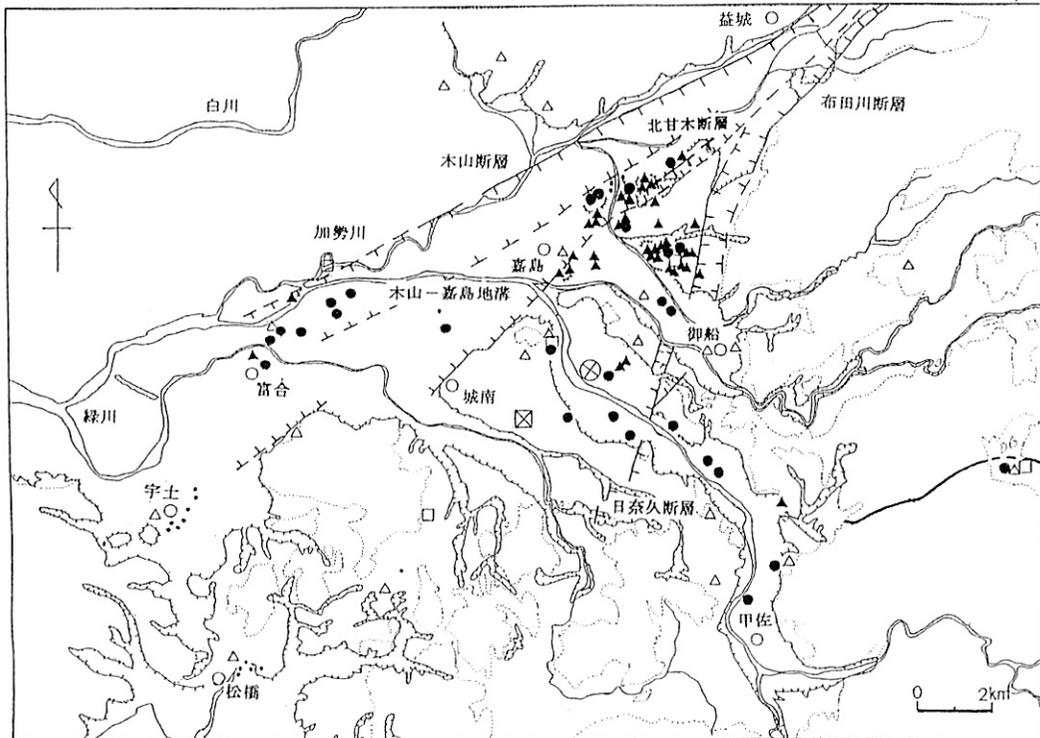


写真-1: 墓石倒壊の様子(御船町高木小横の墓地)
墓石の落下(北東へ)により柵状の石組が破損。



凡例	☒ 震央(気象台)	⊗ 震央(九大)	┄┄┄┄┄ 活断層(傾斜方向)
	● 墓石の倒壊、移動、回転	┄┄┄┄┄ 推定断層(傾斜推定)	┄┄┄┄┄ 推定断層
	▲ 家屋被害(屋根瓦落下)	┄┄┄┄┄ 断層	┄┄┄┄┄ 沖積層・洪積層境界
	△ 家屋被害(屋根瓦落下以外)	┄┄┄┄┄ 沖積層・それ以前の 地層境界	
	□ 土地の被害(亀裂、地割れ)		
	● その他(井戸・湧水のにごり、 商店の商品落下)		

図-2: 2000年6月8日発生
の地震による被害分布

<断層、地質については鶴田他(1978)、活断層研究会(1980)、石坂他(1992)、田村他(1983)、今西他(1958)の図をもとに加筆修正>

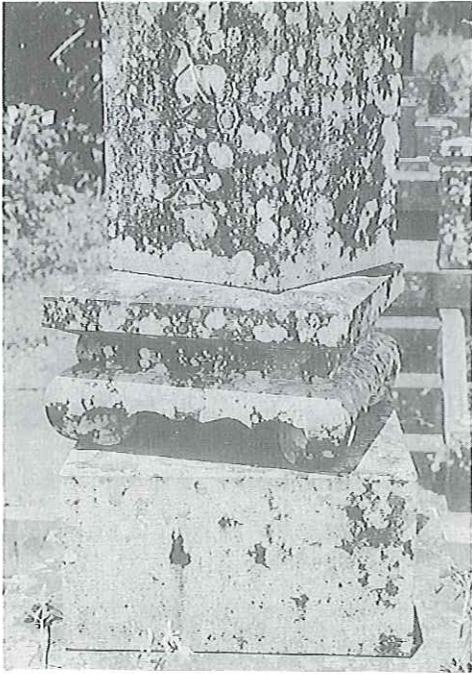


写真-2：墓石の回転の様子（御船町下高野）
墓石とその下の台座ともに時計周りに回転。



写真-4：写真-3地点の墓石の回転の様子。

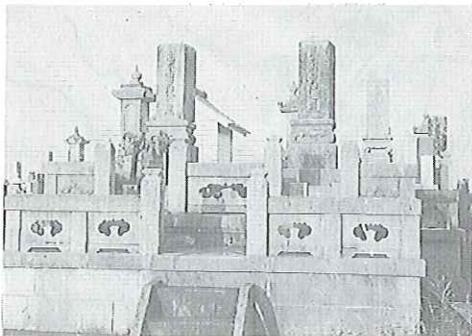


写真-3：墓石の移動，回転の様子（富合町大町）
多くの墓石が同方向に移動，回転。

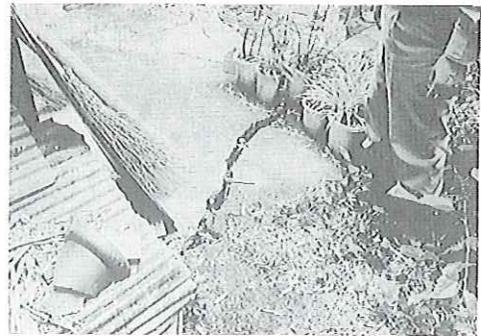


写真-5：地割れの様子（城南町築地）
民家近くに現われた地割れ。すぐ右横が崖。

のひび割れやガラスの破損など屋根瓦落下以外）。□土地の被害（亀裂，地割れ）（写真-5）。●その他（井戸・湧水のにごり，商店の商品落下）である。

また，図には同時に断層と主な地質境界についても示した。活断層やリニアメントについては，确实度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲをそれぞれ， $\perp\perp$ ・ $\perp\perp\perp$ ・ $\perp\perp\perp$ で示している。また，活断層であ

るか否かの判断がつかないもので地質構造上の断層は—で示した。さらに，地質境界については，沖積世と洪積世の地層境界を $\perp\perp\perp$ で示し，洪積世とそれ以前の地層との境界を……で示した（断層については，鶴田ほか，1978，活断層研究会，1980，および石坂ほか，1992を，地層境界については，田村ほか，1983および今西ほか，1958を参考とした）。

墓石の倒壊については、一地点のみ、移動、回転については広範囲で観察できた。各地点によって規則性が見られた。家屋被害については、屋根瓦の落下とそれ以外のものを区別した。屋根瓦の落下の被害は局所的に集中が見られた。墓石の動きの方向性と関連付けて後に考察する。土地の被害が大きかった地点は、崖や盛り土の部分であり、地震の影響を受けてはいるが、直接的な地震断層といったものではないと考えられる。

5. 地質・活断層と被害分布の関係

被害の集中している地域は震央より北東へややずれている(図-2)。このような震央と被害発生地域のずれはこれまでの地震でも認められている。例えば「1997年山口県北部地震(M6.1)の震源断層と家屋被害」(金折ほか, 1999)でも震央から南西へ約5km離れた地域が被害の中心になっている。そして、この地域は、震源断層と思われる断層の延長上に位置している。このような現象について金折ほかは、震源で発生した破壊が、断層に沿って進行して、被害地域が震央よりずれて現われたためと解釈している。今回の地震においても、震央と被害地域の中心のずれがある。

また、今回大きな被害が集中して発生した地域は、嘉島町、城南町、御船町、益城町にまたがる地域であった(図-2)。この地域は、洪積世の段丘堆積物の地域である。震源に近い地域には同様の洪積世の段丘堆積物の地域が広がっているが、ここでは被害が比較的少なかった。被害の集中した場所は、日奈久断層と北甘木断層にはさまれたクサビ状の地塊の細くなっている先端部にあたる。これについては、地震波は山の頂上にエネルギーを集めるため、山頂では非常に大きな振幅のゆれになる(西澤ほか, 1995)という性質が水平面方向で表われ、断層に挟まれたクサビ状の地塊の先端部にあたるこの地域に被害が集中したのではないかと考えられる。(図-

2)。

先にも述べたように、今回の地震は「日奈久断層の右横ずれ」と考えられており断層面に沿って北西側と南東側に離れようとする張力が働き、熊本市側のブロックが数cm動いたと考えられている。図-2の被害の広がりを見ると東側には家、集落が少ないものの日奈久断層を境として北西側に被害が集中していることが上のことを裏付けていると思われる。

今回の地震の被害は、地盤の弱い緑川沿いの沖積地にも見られた。このことは一般に軟弱な沖積地は地震の被害を受けやすいといわれていることと一致している。ただし、沖積地の中でも城南町や富合町、また、川尻・大慈禅寺などの被害は北東-南西方向に配列しているように見える。このことは弱い地盤だけでなく、益城町木山方面から宇土半島北側へ抜ける木山断層とその延長に沿っているようにも見える。とくに、この地域は木山-嘉島地溝とよばれる地域で北落ちの布田川断層、北甘木断層および日奈久断層の北東延長部と南落ちの木山断層によるとと思われる沈降地形である。そのため、とくに沖積世の地層が厚く堆積している(石坂ほか, 1992, 石坂ほか, 1995)。このことが、この地域の被害を大きくした一つの要因ではないだろうか。

震央から東へ約13km離れた御船町水越の田畑地区の被害であるが、実は、この地点は、沖積地であるとともに、従来から地質境界にほぼ東西方向の断層が存在する場所にあたり、断層の真上に位置している。

このように、震源断層と思われる断層ではなく、その近くに存在する断層付近で被害が発生することについて、「1997年山口県北部地震(M6.1)の震源断層と家屋被害」(金折ほか, 1999)では、断層に沿う地盤が弱くなっていることと、断層に沿って流れる河川周辺には、沖積層など軟弱地盤が分布することから、被害が発生したことを述べている(ただし、断層に沿って流れる河川周辺の平地への家屋の集中も理由としている)。また、

「阪神大震災」においても野島断層南方の浅野断層直上のため池の堤体の大きなクラックについて、ずれの見られなかった既存の活断層上における震動は周辺と比べてかなり大きかったことが示されている(皆川ほか, 1995)。

6. 墓石の倒壊, 移動, 回転について

今回の調査では, 墓石の倒壊, 移動, 回転に特に注目した。その地震における地盤の動きが墓石の動きに反映されているはずであると考えたからである。

今回の地震による墓石の倒壊については,

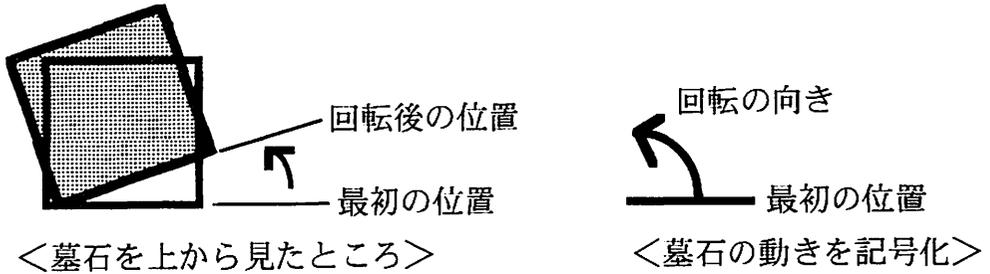


図-3: 墓石の回転の捕え方

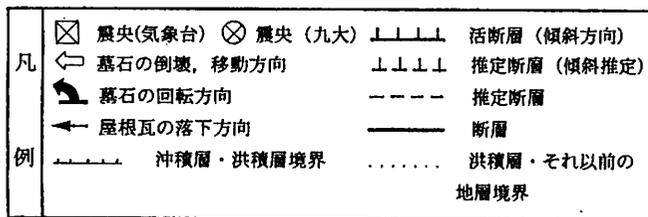
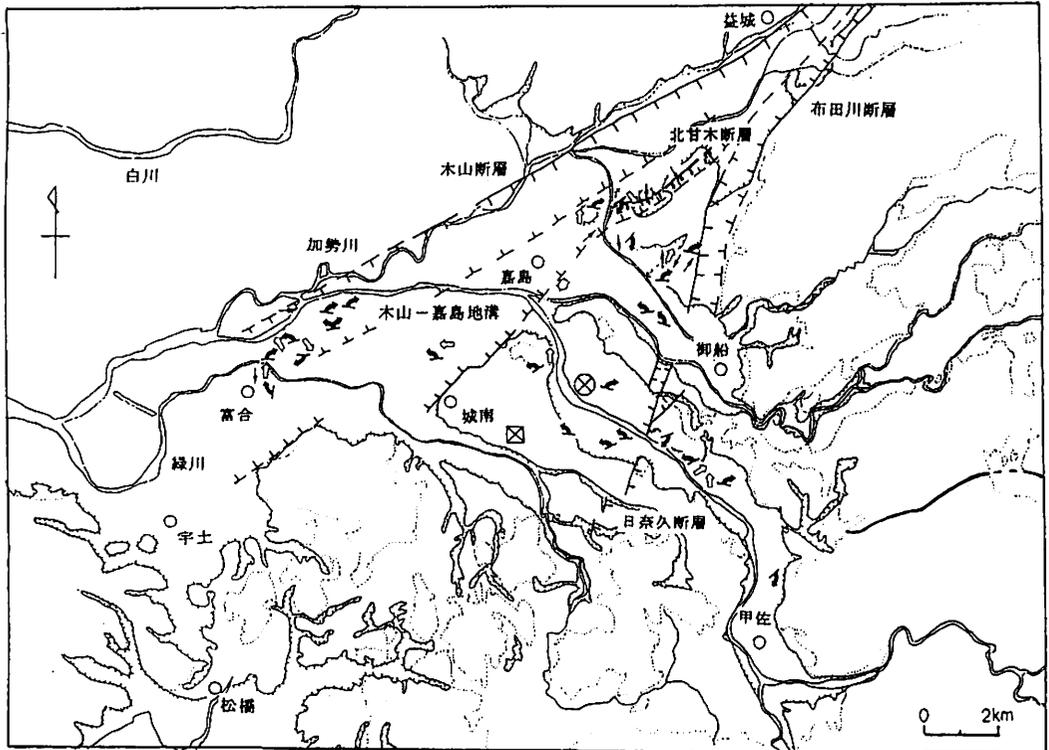
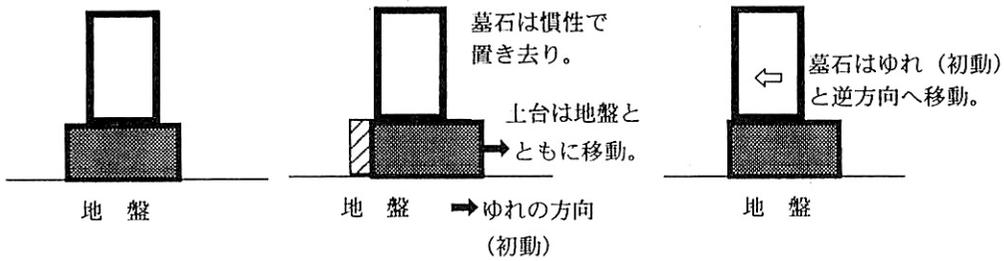


図-4: 2000年6月8日発生地震による墓石の倒壊, 移動, 回転および屋根瓦落下の方向性

<断層、地質については鶴田他(1978)、活断層研究会(1980)、石坂他(1992)、田村他(1983)、今西他(1958)の図をもとに加筆修正>

①地震の初動による「だるま落とし」状の墓石の動き



②揺れの反転によって放り出された場合の墓石の動き

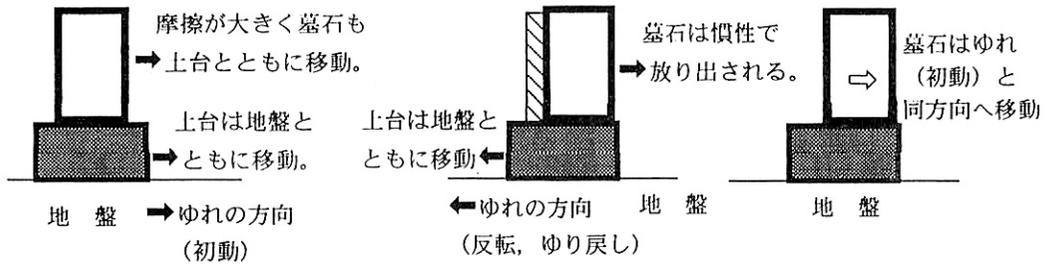


図-5：墓石の移動モデル

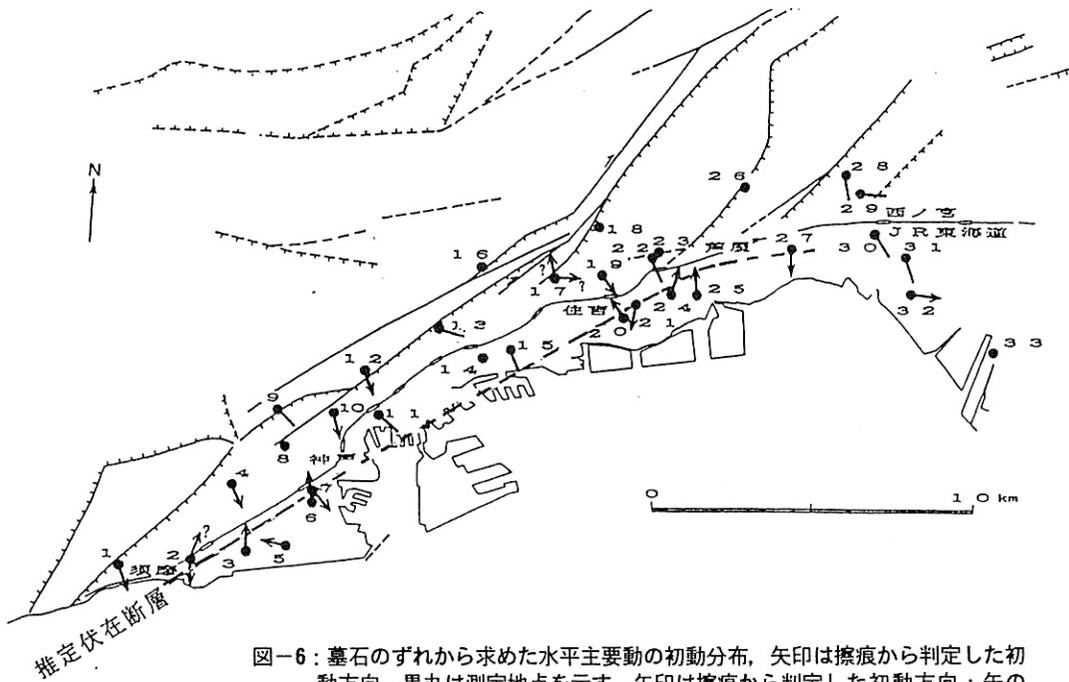


図-6：墓石のずれから求めた水平主要動の初動分布，矢印は擦痕から判定した初動方向，黒丸は測定地点を示す。矢印は擦痕から判定した初動方向：矢の無い棒は、墓石のずれ方向のみから推定した初動方向：黒丸のみの地点では初動方向が判定できなかった，太い破線は、初動分布の不連続線。

<池田他(1995)墓石のずれから推定される初動分布と伏在断層の挙動。池田他編，1995年1月17日兵庫県南部地震，「1995年1月17日兵庫県南部地震調査速報会」記録より>

御船町下高野の高木小学校北側の墓地で観察された。ここでは、北東側へ倒壊し、その他の多くの墓石が回転、移動していた。今回の墓石の調査では、ここが最も被害が大きかった。

また、墓石の回転、移動が観察された地域は大別して二地域であった。ひとつは御船町下高野、嘉島町甘木地域とその北西の下六嘉、御船町小坂と甲佐町吉田および甲佐町の緑川に沿う低地である。もう一つの地域は城南町北部の赤見や富合町北部の釈迦堂、上杉、大町、廻江付近である。これらの二地域のうちで、大町の東側の墓地では、墓石の移動、回転が非常に大きかった。

墓石の動きに関する調査は、以前から大きな地震のたびに行われている。例えば、最近では「阪神大震災」で（池田ほか、1995）、また1975年1月の阿蘇北部地震などの例がある。（曾屋ほか、1975）。図-2では、墓石の倒壊、移動、回転を一括して●で示したが、具体的な墓石の動きと回転に関する調査結果を図4に示す。墓石の倒壊、移動の方向については⇨で示した。墓石の回転方向は↻で示した。墓石の回転については、図-3のような考え方で記号化している。なお、参考までに屋根瓦の落下方向を←で示した。

墓石の動きについては、大きく見るとほぼ北方向への動きが卓越している（図-4）。今回の地震による地盤のずれは、熊本市側のブロックでは、本文中5で述べたように北東方向であると考えられている。調査を始める前には、熊本市側のブロックが北東方向へ動いたのなら、墓石の動きは「だるま落とし」状（図-5①）に南方向へ動くものと考えていた。しかし、実際に調査を行ってみると、土地の傾きや墓石の接合面の状態などさまざまな条件があり難しいところもあるが、逆向きの北方向への動きが卓越していた。普通は上にある墓石が北方向へ動くということは、土台になる墓石の基礎部分とその地盤は南への揺れが墓石の北方向への動きの要因である

と考えられる。今回の地震による地盤のずれは北東方向であると考えられており、墓石が北へ動いたという事実は、「最初の北東方向への動きには墓石もついていって、その後の地盤の反転によって放り出されてしまった」もの（図-5②）、いわゆる地震の初動の揺り戻しによるのではないだろうか。揺り戻しのときの加速度の大きさは、初動時の加速度とは向きが逆になるので、初動時よりはるかに大きいことが期待されるのである。類似した結果として兵庫県南部地震における調査結果、池田ほか（1995）の図を図-6として示す。これは、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台の加速度計の記録と墓石の動きとの関係の報告である。この報告によると、神戸海洋気象台付近の調査地点10の墓石初動はSSE方向を示すが、気象台の加速度計は、最初にNNW方向に約360gal、続いてSE方向に800galを越える大きな加速度を記録し、この調査地点の墓石初動は後者に対応している（池田ほか1995）。ここでの「墓石初動」は墓石の動きから考えられた地盤の動きをさし、この調査地点での墓石の動きから読み取れる地盤の動きは加速度計に記録された最初のNNW方向ではなく、続いて記録された800galのSE方向の動きに対応していることになる。今回の地震の結果は兵庫県南部地震における結果と、共通する例ではなかろうか。地震動による構造物の影響について、初動方向と逆に、「だるま落とし」のように取り残される場合と、初動についていって、揺れの反転によって放り出される場合が考えられるが、上の2つの地震時の現象は、共通して、後者の揺れの反転によって放り出される効果が大きかった例にあたる。

このことについては、さらに詳しい検討が必要であり、地震計や加速度計の記録の分析が待たれる。

おわりに

2000年6月8日に起きた熊本県中部を震源とする地震についての被害調査の結果、以下のことが考えられた。

被害の分布状況が日奈久断層を境にして、北西側に片寄っている。このことは、今回の地震が、日奈久断層に起因し、熊本市側のブロックが動いたとされていることと調和しているように見える。とくに、被害の大きかった地域がやや震源からずれ、2つの断層にはさまれた地域であったことは興味深い事実である。また、沖積地に被害の広がりを見ることができ、とくに、沖積層が厚く堆積している地域で被害が大きくなっていることも確認できた。さらに、震央より遠いところでも、断層線沿いで被害がでる例も見られた。

地震による墓石の倒壊、移動、回転は、多くの地点で確認することができた。大きく見て墓石の動きの方向は北方向であり、この動きは、墓石の柱が初動についていって、揺れの反転によって放り出されたためであると考えられた。しかし、土地・土台の傾斜や接触面の摩擦や形状などいろいろ絡み合っていると考えられるので、地震の観測の具体的な地面の動きの詳細な解析が望まれる。

今回は墓石の動きと地震動との関係について調査を進めていった。これまでも大きな地震後の調査でこのような調査は行われており、これらの積み重ねによって、より詳しい関係がわかってくるものと考えられる。そして、墓石の動きと地震動の関係が明確になれば、地震後の墓石の動きの調査でその動きを起こした地震の様子を知ることができると思う。現在、設置してある地震計は以前と比較すると多くなっているが、まだ十分ではない。また、常に近いところに3成分の観測点があるわけでもない。今回の調査結果は墓石の動きが地震の全体像だけでなく局所的な地震動の様子を示してくれる可能性があることを示唆している。

今回の地震でやはり、活断層への警戒が必

要であることがわかった。活断層上に位置する、また、それに沿う地域では、十分な防災対策、緊急避難経路等の対策を講じておく必要がある。今回の報告が、地域住民の方々への防災教育や理科教育に生かされることを期待したい。

なお、本報告の骨子については、第142回日本地質学会西日本支部例会において報告を行った。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、宇土市、嘉島町、熊本市、甲佐町、城南町、富合町、益城町、松橋町、御船町、各市町の総務課の方々には、被害状況の詳しい説明と被害地の分布について教えていただいた。城南町、嘉島町の総務課からは、とくに写真も提供いただいた。また、熊本県防災消防課からは県全体の被害状況の資料を提供いただいた。熊本地方気象台の方々には、地震に関する資料を提供していただき、今回の地震についての議論もしていただいた。地域の聞き取り調査では、地域の方々に詳しく話を聞かせていただいた。多くの方々のご協力に感謝します。

参考文献

- 池田安隆、東郷政美、澤祥、加藤茂弘、隈元崇(1995) 墓石のずれから推定される初動分布と伏在地震断層の挙動。陶野郁雄・遠藤邦彦・池田安隆編、1995年1月17日兵庫県南部地震、「1995年1月17日兵庫県南部地震調査速報会」記録、45-46。
- 今西茂、田村実、茨木親義(1958)「熊本」：5万分の1表層地質図および説明。土地分類基本調査「熊本」：表層地質説明書1-44、経済企画庁、熊本県。
- 石坂信也、渡辺一徳、高田英樹(1992) 熊本平野地下における第四系の最近15万年間の沈降速度。第四紀研究、第31巻、第2号、91-99。
- 石坂信也、岩崎泰頼、長谷義隆、渡辺一徳、

- 岩内明子, 田尻雅則 (1995) 熊本平野地下に分布する最終間氷期の堆積物と平野の沈降速度. 第四紀研究, 第34巻, 第5号, 335-344.
- 金折裕司, 小林健治, 安野泰伸, 割ヶ谷隆志, 山本哲朗 (1999) 1997年山口県北部地震 (M6.1) の震源断層と家屋被害. 応用地質, 第40巻, 第4号, 220-230.
- 活断層研究会 (1980) 日本の活断層—分布図と資料, 「102 熊本」. 東京大学出版会290-292.
- 熊本地方気象台 (2000) 熊本県地震活動図 (2000年6月).
- 皆川潤, 大槻憲四郎, 日吉直, 松井和夫, 青野正夫 (1995) 野島地震断層と構造物被害について. 日本応用地質学会, 「阪神大震災」中間報告会—人工改変と地震災害—予稿集, 22-37.
- 西澤修, 佐藤隆司, 杉原光彦 (1995) 跳躍現象から推定される断層近傍での強いゆれ. 地質ニュース第491号, 9-16.
- 曾屋龍典, 小野晃司, 古川俊太郎, 渡辺一徳 (1975) 1975年1月の阿蘇北部地震. 地質ニュース第251号, 1-9.
- 田村実, 渡辺一徳, 谷村洋征 (1983) 「御船」: 5万分の1表層地質図および説明. 土地分類基本調査「御船」: 25-34, 熊本県.
- 鶴田孝三, 渡辺一徳 (1978) 熊本平野南東部に見られる活断層群. 熊本地学会誌, 58, 2-4.
- 植平賢司, 松尾のり道, 松島健, 松本聡, 内田和也, 福井理作, 栗山都, 清水洋 (2000) 熊本県中部・日奈久断層北端付近の地震活動. 地震学会発表要旨.