

東京都立大学 正会員 岡井隆弘

同上 学生会員 塩野計司

同上 同上 荻本孝久

## 1. まえがき

墓石の転倒を地震後に調査して、加速度を推定することは古くからおこなわれていると聞く。墓石は多くの場合、村落ごとの寺院あるいは墓地にあるため、転倒した墓石を求めて調査とおこなえば、大体 200 gal 以上の加速度の地域の広がりの中での加速度分布が推定できると考えられる。しかしながら、この方法では、人の住んでいない山地等では加速度が推定できないという欠点があるが、一方で、土木等構造物がある箇所の加速度推定が可能であることが多いために、被害と加速度とを結びつけることを可能とする。

調査は地震発生日(5月9日)の3日後、12日

から16日までの5日間にわたって筆者ら3名によっておこなわれた。この地震での被害は南伊豆町全域および下田市の南部に集中しており、

この地域には数十箇所の寺院あるいは墓地がほぼ村落ごとに存在している。1地区と1箇所の寺院あるいは墓地と定義して、今回の調査は

表-1の40地区が対象とされた。このような調査における前述の[3日後、5日間、3名、40地区]の決定は以下の要因から合理的に定められるものと思われる。

a. 調査を縮小化する現地等々の制約  
 b. 転倒墓石が立て直される時期(地区ごと)  
 c. 1地区での消費時間および移動距離とその方法(速度)  
 d. その他

今回の調査においける、多くの地区においてかなり高い転倒率が墓石にみられたために、明らかに地動が原因で転倒した墓石、および転倒墓石を資料とすることにより、推定加速度の信頼度の向上が試みられた。

なお、気象庁の地震情報のあらましは下記の如くである。  
 発震日時：5月9日午前8時33分27.3秒(±0.3秒)  
 震源：138°48'±1'E, 34°34'±1'N  
 (石廊崎 南南西約5 Km)

深さ：10 Km  
 規模：M 6.9  
 石廊崎での震度：V

表-1 調査地区および推定加速度

| No. | 地区名 | 位置、地形の概況  | 調査数 |    | 推定加速度 |     |       |       |
|-----|-----|-----------|-----|----|-------|-----|-------|-------|
|     |     |           | 転倒  | 不倒 | N-S   | E-W | NE-SW | NW-SE |
| 1   | 伊豆  | 村落内三箇所墓地  | 平地  | 16 | 5     | D   | B     | B     |
| 2   | 渚   | 海岸に面した崖上  | 緩斜面 | 19 | 14    |     | C     | C     |
| 3   | 子浦  | 潮音寺       | 斜面  | 10 | 10    | D   | D     | C     |
| 4   | 子浦  | 西林寺 地形複雑  | "   | 14 | 13    | C   | C     |       |
| 5   | 蛇石  | 第石寺       | 山腹  | 2  | 18    | C   | E     |       |
| 6   | 市ノ瀬 | 青野川左岸墓地   | 緩   | 2  | 12    | C   | E     | D     |
| 7   | 市ノ瀬 | " 右岸山腹    | 平坦  | 38 | 15    | B   | A     | A     |
| 8   | 青野  | 金剛院       | 斜面  | 15 | 25    |     | D     | C     |
| 9   | 合野  |           | 平坦  | 13 | 11    |     | A     | B     |
| 10  | 下小野 | 東蓮寺       | 斜面  | 9  | 11    | C   |       | D     |
| 11  | 下小野 | 安楽寺       | 緩   | 12 | 8     | D   |       | C     |
| 12  | 上小野 | 村落内二箇所墓地  | 平地  | 9  | 6     |     |       | C     |
| 13  | 毛倉野 |           | 斜面  | 8  | 10    |     |       | C     |
| 14  | 螺ヶ野 | 村落内墓地     | 平地  | 2  | 2     |     |       | D     |
| 15  | 石廊崎 | 村落北部墓地    | 斜面  | 14 | 18    |     | B     | C     |
| 16  | 石廊崎 | 村落内墓地     | 緩   | 6  | 0     | A   |       | A     |
| 17  | 大瀬  | 浄性寺       | 平坦  | 6  | 6     | B   | B     | B     |
| 18  | 下瀬  | 大慈寺       | 緩斜面 | 11 | 16    | C   | C     | D     |
| 19  | 下手  | 青龍井       | "   | 6  | 9     |     | D     | E     |
| 20  | 渚   | 修福寺       | 平坦  | 0  | 7     |     |       | E     |
| 21  | 田舎  | 長谷寺       | 斜面  | 11 | 13    |     | C     |       |
| 22  | 青市  | 龍雲寺       | 緩   | 11 | 12    | D   |       |       |
| 23  | 青市  | 點名川傍村落内墓地 | 平地  | 6  | 29    | E   | E     | E     |
| 24  | 立野  | 佛源寺       | 緩斜面 | 2  | 6     |     | E     | E     |
| 25  | 下野  | 大安寺       | 平地  | 7  | 11    |     | E     | E     |
| 26  | 須崎  | 旭洞院       | 斜面  | 10 | 12    | E   | E     | E     |
| 27  | 吉佐美 | 宝徳院       | 平地  | 4  | 7     |     |       |       |
| 28  | 大賀  | 宗洞院       | 斜面  | 2  | 6     |     |       | E     |
| 29  | 大賀  | 独立した丘陵墓地  | 平坦  | 4  | 5     |     | E     |       |
| 30  | 大賀  | 赤         | 斜面  | 1  | 10    | E   |       | E     |
| 31  | 上賀  | 最福寺       | "   | 5  | 10    | E   | E     | E     |
| 32  | 下賀  | 慈雲寺       | "   | 15 | 20    | D   | D     |       |
| 33  | 加納  |           | "   | 9  | 16    | D   |       |       |
| 34  | 螺ヶ野 |           | "   | 10 | 12    | D   | D     | D     |
| 35  | 一色  | 吉祥院       | "   | 10 | 6     |     | C     | C     |
| 36  | 妻良  | 善福寺       | "   | 29 | 25    | B   | D     | B     |
| 37  | 吉田  | 村落内二箇所墓地  | 平地  | 10 | 22    | D   | D     | D     |
| 38  | 差田  | 村落内墓地     | "   | 2  | 8     |     |       | C     |
| 39  | 入間  | 海蔵寺       | 平坦  | 13 | 2     | A   | B     |       |
| 40  | 中木  |           | 斜面  | 20 | 6     | B   | A     | A     |

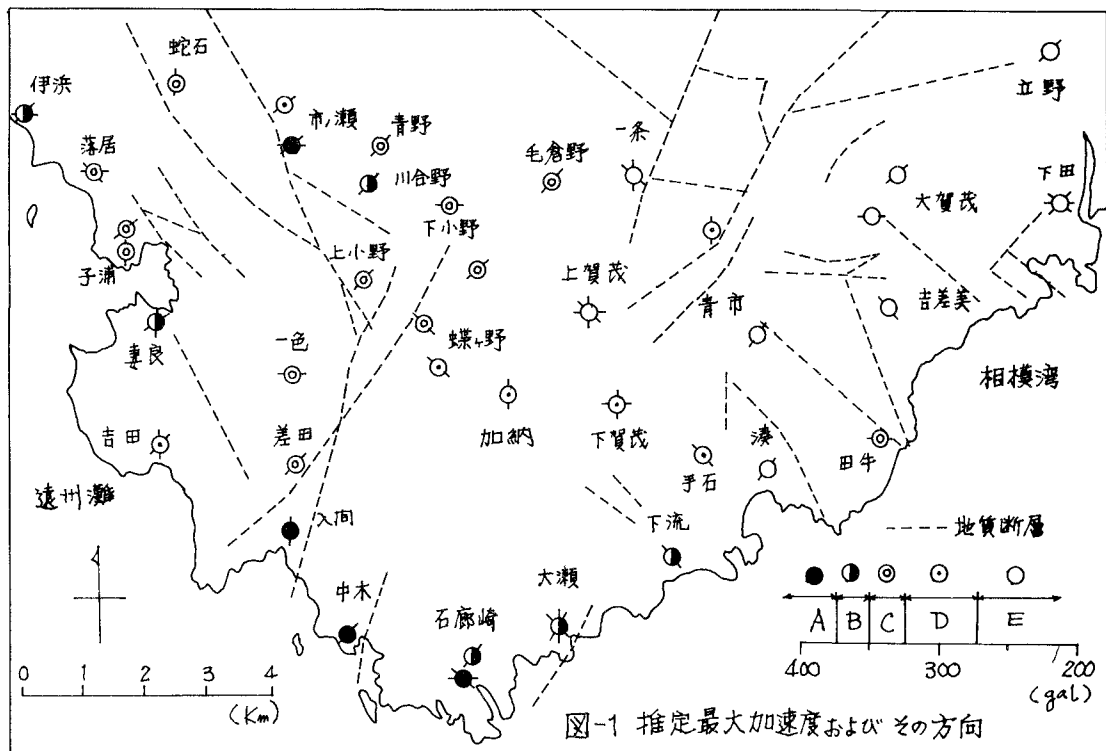
A: 375 gal 以上

D: 275 ~ 325

B: 350 ~ 375

E: 275 未満

C: 325 ~ 350



## 2. 加速度推定における問題点

いま墓石の転倒に抵抗する底面幅を $B$ とし、高さを $H$ とすれば、この様な直方体の墓石が転倒するのに必要な水平方向の加速度は

$$\alpha = (B/H) \cdot g \quad (1)$$

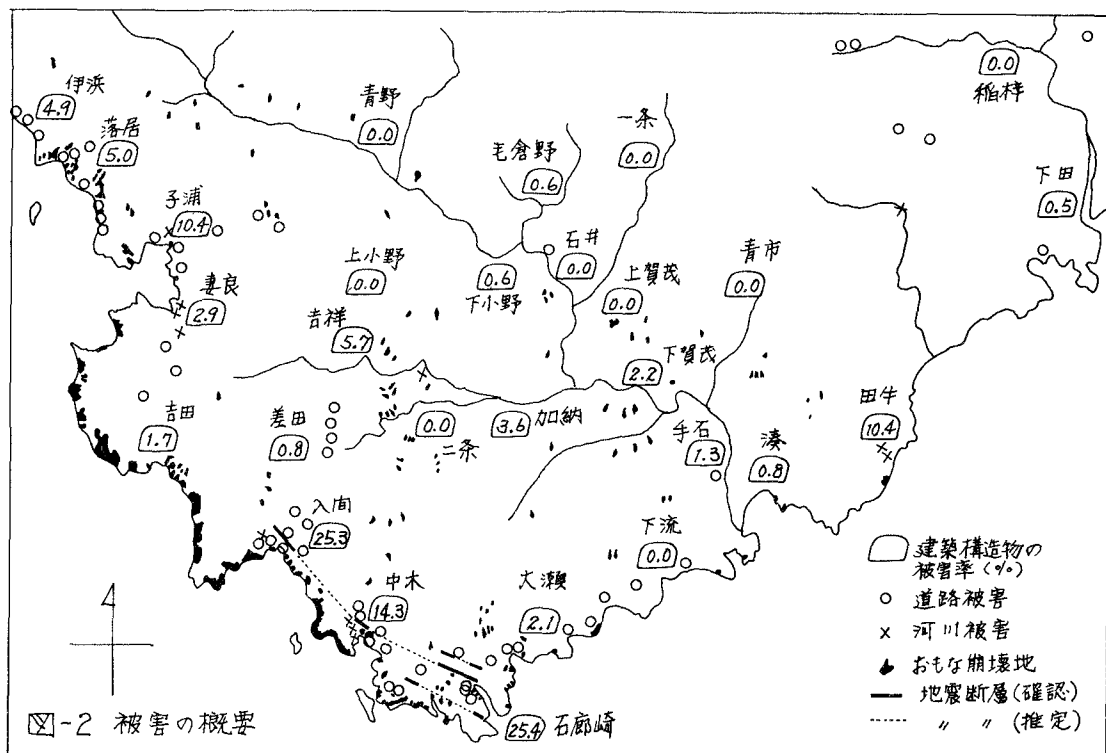
で近似的に与えられる。ここで $g$ は重力の加速度である。式(1)を用いて推定される加速度の信頼性を低下させる要因の主なものとして以下の事が考えられよう。

- 転倒の原因・経過の不明瞭さ  $\sim$  これは動的な現象であるはずの転倒を、式(1)が静的に扱っている事にある。転倒が式(1)で表現される如く、地動加速度の最大時に一方向に墓石が傾き、そのままその方向に転倒する形態であれば式(1)を用いた推定には大きな問題は生じない。しかしながら、転倒を引き起こす原因、および転倒にいたる過程には、ロッキング、ズバリ、ジャンプ等が何々にあるいは同時に作用すると考えられる。式(1)はこれらの挙動を、そしてこれらの挙動と地動との位相差による問題を言い表わし得ない。
- 上下地動の影響  $\sim$  墓石の動さとの組み合わせにより転倒の促進、およびこの逆が考えられる。
- 墓石の規模  $\sim$  式(1)の $B/H$ は同じでも、 $B$ および $H$ の大きい墓石は転倒しにくいと考えられる。
- 地動の卓越周期  $\sim$  卓越周期が短いほど転倒しにくい。

## 3. 調査方法

墓石の転倒過程が不明であるとか、上下動の問題等による推定精度の低下をできるだけ避け、同時に、地動加速度以外の原因で転倒した墓石を資料とする誤りを避けるために、以下に記す方法が考えられた。

加速度の推定は、転倒した墓石および不転倒墓石についてできるだけ多く式(1)を適用して、転倒した墓石から計算される加速度を推定加速度範囲の下限、不転倒は上限としておこなわれるが、ただ数多くこれをおこなうだけでは推定精度は向上しないと思われる。そこで今回の方法は以下に列記した如くである。



- 転倒墓石の採取：地面の不等沈下等による台石の移動、傾斜、落石土砂および隣りの墓石との衝突のおそれのあるもの、そして、墓石が台石から落下転倒し、等の観察されたものは避ける。このためには、墓石が大がかりな石組みの上にあるものは避け、地面に埋没し一枚の台石に底部をのせて転倒しているのが最適。
- 不転倒墓石の採取：隣りの墓石との衝突のおそれのあるもの、あるいは転倒に対して何らかの防止策のあるもの、は避ける。また、寺院の住人等の情報により転倒後に立直し直されたいない事と確認する。
- 表層地盤あるいは地形により、局部的な振動増幅が予想される箇所(たとえ崖上端)の墓石は避ける。
- 転倒しそうと転倒しなかに墓石、転倒した墓石のうち転倒しにくいものと選ぶ。

#### 4. 結果

各地区の推定加速度を表-1、図-1 に示した。表-1 のNo は調査順位を意味する。中木、入間、石廊崎の3地区が高い加速度を示し、これらの地区から遠ざかるにつれて加速度が低下するが、全体に西側が東側よりも高い加速度を示している。例外的なのは市瀬地とであるが、青野川を挟んだ二箇所の墓地で大差が見られる。右岸(南側)はAのランクであるが、この墓地はかなり大がかりなもので、その8~9割が転倒墓石であり、に。周辺地区に比し極端に高い転倒率であり、その理由は明らかでない。

図-2 は地震断層の位置<sup>1)</sup>、おもな崩壊地<sup>2)</sup>、道路被害<sup>3)</sup>(カレットラインを除く)、河川被害<sup>4)</sup>、および木造を主とした建築物の被害率<sup>4),5)</sup>をまとめたものである。その大まかな様相は図-1 の推定加速度と相応すると思われる。しかしながら、子浦、田牛、下田等の地では特に家屋被害が推定加速度のわりに大きく、真良、大瀬、下流等ではこの逆が感じられる。また市瀬、川合野両地地においとも前述と同様に例外的と言える。

これらの問題には、地盤の不同沈下、断層に直接起因するもの、表層地盤における地動の増幅、等がからみ、また、未確認の地震断層の新しい確認などにより、今後さらに検討される余地が残されているとも考えられる。

## 5. むすび

近地地震における地震の規模(M)と震源距離と地表での地震動の大きさの関係、あるいは、地震加速度および卓越周期と各種被害との関係は、耐震設計上および防災対策上、非常に興味深いものと思われる。できるだけ早い時期に、できるにけ多くの強震計が構造物だけにではなく、地表上、地中に設置されることが望まれる。

本報告は主として文献(5)によるもの、調査に同行してく数々の助言、資料をいただいた、都立大学工学部建築学教室の望月利男先生、同理学部地理学教室の松田啓余先生、田村俊和先生に感謝いたします。

## 6. 文献

(本報告引用)

- 1) 松田啓余、田村俊和「1974年伊豆半島沖地震の地震断層とそれによる被害」地学雑誌 Vol. 83, No. 4, (802), 1974-9
- 2) 田村、松田、山崎「1974年伊豆半島沖地震の地震断層と余面崩壊」第11回自然災害科学総合シンポジウム, 1974-10
- 3) 清家幸哉「74伊豆半島沖地震と道路」道路 1974-9
- 4) 望月、国井、松田、田村「1974年伊豆半島沖地震調査報告(主として地震断層、加速度分布および地盤と家屋被害の関係)」土と基礎 Vol. 6, No. 5, (777), 1974-1
- 5) 国井、望月、松田、田村「1974年伊豆半島沖地震調査報告」東京都立大学伊豆半島沖地震調査団 1974-7

(その他の伊豆半島沖地震に関する文献)

- 1) 唐鎌・津村、他3名「1974年伊豆半島沖地震の余震観測」東大地震研究所速報 No. 14, 1974-9
- 2) 松田・山科「1974年伊豆半島沖地震の地震断層」同上
- 3) 岩橋「伊豆半島沖地震の災害について」自然災害特別研究-中間報告シンポジウム- 1974-7 於 静岡大学
- 4) 村井・金子「1974年伊豆半島沖地震断層、とくに活断層および小構造との関係」東大地震研究所速報 No. 14, 1974-9
- 5) 土隆一「1974年伊豆半島沖地震に伴う地震変位」自然災害特別研究-中間報告シンポジウム- 1974-7 於 静岡大学
- 6) 村井・金子「伊豆半島沖地震と地震断層、とくに活断層および小構造との関係」第11回自然災害科学総合シンポジウム 1974-10
- 7) 青藤・大森・長岡、他3名「中木地区域 畑山崩壊による地形変化の写真計測」同上
- 8) 大塚・木宮「1974年伊豆半島沖地震による中木地すべり崩壊と基盤岩石の変質」同上
- 9) 宇津「伊豆半島沖地震の余震観測」伊豆半島沖地震余震共同観測班 同上
- 10) 岩橋「1974年伊豆半島沖地震の災害の実態について」静岡地学, 27号, pp. 31~33 1974-6
- 11) 徳山「1974年伊豆半島沖地震に伴う災害の地質学的考察」静岡地学, 27号, pp. 17-30, 1974-6
- 12) 「伊豆半島沖地震の震害をみる-建設省建築研究所災害調査団報告から-」建築技術, 1974-8
- 13) 土木研究所災害調査団「伊豆半島沖地震における土木関係被害報告」土木技術資料 16-7, 1974
- 14) 下村真弘「伊豆半島沖地震(1974年)による橋りょうの被害について」土木施工 15巻 10号, 1974-8
- 15) 「伊豆半島沖地震の被害調査に基づく住宅・建築の行政指導上の注意事項」建設省建築研究所震害技術協力調査団 1974-5
- 16) 「1974年伊豆半島沖地震震害調査速報」建設省建築研究所 1974-5
- 17) 「伊豆半島沖地震震害調査報告書」大林組技術研究所 1974-6
- 18) 「伊豆半島沖地震に伴う下田東急ホテル震害調査(中間報告) 東急建設(株)技術研究所 1974-5
- 19) 「1974年伊豆半島沖地震被害調査報告」鹿島建設(株) 1974-6
- 20) 村田・杉村、他2名「1974年伊豆半島沖地震被害調査報告(その1)」日本建築学会大会学術講演(構造系) 1974-10
- 21) 杉村・大谷、他2名「同上 (その2)」同上
- 22) 大谷・杉村、他2名「同上 (その3)」同上
- 23) 宮野・望月「伊豆半島沖地震(1974)における家屋の被害について(その1)」同上
- 24) 山本・望月「同上 (その2)」同上
- 25) 土隆一「突発災害 1974年伊豆半島沖地震とそれに伴う地盤災害」第11回自然災害科学総合シンポジウム 1974-10
- 26) 茅野・佐藤「通信調査によって決定した1974年伊豆半島沖地震の震度分布」同上
- 27) 飯田・正木「伊豆半島沖地震の震度分布と震害について」同上
- 28) 国井・塩野・花本「1974年伊豆半島沖地震の加速度分布(基石調査による)」同上
- 29) 松田、望月・宮野「1974年伊豆半島沖地震のおもむき被災地の家屋被害(その1、地震との関係について)」同上
- 30) 望月・松田・山本「同上 (その2、地震断層との関係)」同上
- 31) 多賀「1974年南伊豆半島沖地震における構造物被害の種々相」同上
- 32) 野中「1974年伊豆半島沖地震による建築構造物の被害と教訓」同上
- 33) 土木学会耐震工学委員会「1974年伊豆半島沖地震報告」土木学会誌 Vol. 59, No. 11, 1970-10