

論文

アンケート調査による地震震度と都市表層地盤地質との関係

Seismic Intensity Distribution by a Questionnaire Survey
and Its Relation to Subsurface Structures
—A Case Study in Kumamoto City—

宮崎 雅徳* 久保寺 章**
MASANORI MIYAZAKI AKIRA KUBOTERA

Abstract

Relation between seismic intensity and surface structure in site were examined.

The earthquake on June 28, 1977, which occurred at 10 km northwest of Kumamoto, recorded seismic intensity IV in JMA (Japan Meteorological Agency) scale in and around Kumamoto City. Immediately after the earthquake, the questionnaire sheets were delivered to the persons live in and around Kumamoto City and it make an estimate of the intensity distribution in detail. The results are :

(a) The difference of the seismic intensities related to the magnitude and epicentral distance, and the local intensity vary with the geological age.

(b) The seismic intensity depends on the surface structure at the site ; for example, those in relative unstable place of alluvial formation as the reclamation land recent are, on an average, about 0.7 greater than those expected from an empirical formula. On the contrary, those in stable place in the diluvial formation are 0.6 less than those.

(c) Using to correlation of local intensity to those with empirical formula, the differences (ΔI) show the characteristic of surface structure in site. So, it may be able to make the seismic micro zoning map with ΔI .

1. 緒言

地震発生後の有感域を対象に調査票を配布し、地域のゆれの程度、被害状況を調べる通信調査は多くの研究者によって実施され、震度分布、地震規模の算定等貴重な資料を提供している。しかし、これらの調査の殆んどは大地震（気象庁震度Ⅴ以上を含む）の場合で、調査域も例えば関東地方全域と言った極めて広い地域

が対象であった。又、震度分布は気象台所在地を中心に数10kmのオーダであり、地震時の震度分布の大勢を短時間で知り得る等利点も多い反面広域都市での震度分布を高々数10点の震度で代表させることは唯それだけの結果に止まってしまうと言った欠点を持ち、都市地震防災計画の基礎資料としては測定点が少ない等の問題点が残されている^{1)~6)}。

近年、太田等はこの様な通信調査をむしろ中程度の地震（気象庁震度Ⅱ~Ⅳ）中程度の都市を対象とし、震度の推定、結果の信頼性、気象庁震度階との関係等規格化された通信調査票を作成し、実際幾つかの地震を対象にアンケート方式による震度調査を実施している^{7)~14)}。

* 九州東海大学工学部

Faculty of Engineering, Kyushu Tokai University

** 京都大学理学部

Faculty of Science, Kyoto University

アンケート方式などを用いて地域的にこまかく震度調査をした結果では、「ゆれ」の程度および分布状況は震源要素、地震波伝播経路、震央距離、表層地盤条件等多くの要因に支配され極めて複雑な形を示すことが一般に知られている^{5)~18)}。これら多くの要因に関して、震度と地震のマグニチュード・震源距離との関係については河角式¹⁾・太田式¹⁴⁾等があり、更には表層地盤の影響に対する検討も加える必要がある。

本論では、熊本市の北部に発生した地震(1977)(注1)について太田の考案したアンケート方式による震度調査を行ない、得られた震度分布と地盤地質区分図との対比から震度の「ゆれ」の要因を震央距離と表層地盤条件として要因分析および再構成を試み、太田式との関係から震央距離、表層地盤条件の違いによる震度の通減傾向あるいは太田式からのかたより等について検討し、アンケート調査に基づくマイクロゾーニング地震地盤微細区分図作成手法の開発を試みた。更に、1975年1月23日に発生した阿蘇北部の地震を対象にして同様の試みを行なった。

2. アンケート方式による震度調査と得られた震度分布

アンケート方式による震度調査の対象となった地震は、熊本市の北部約10kmの植木町付近に震源(130°43'E, 32°54'N, H=10km:気象庁)をもつマグニチュード(M)5.2の地震で、熊本地方気象台では震度Ⅳと報告している。調査地域は熊本市を主として玉名市等震央付近7市郡である。

震度の調査は、従来から通信調査等の方法で実施されているが、今回は太田裕等が実施しているアンケート方式によるものをそのまま用いた。

この方法は、34項目にわたる解答を求め、この各項目毎に定められた係数をかけて調査票毎に震度を決定するもので、震度としては連続量がでてくる。このアンケート震度(算用数字)と気象庁の震度階(ローマ数字)との対応は、得られたアンケート震度を四捨五入した値が気象庁震度階にほぼなるように作られている。

太田等によれば、このアンケート方式による震度決定方式は、各地の地震に応用されていて、確度が高く、実用性があることが立証されている。

なお、調査票の質問事項は、〔1〕～〔10〕は解答者の立地条件に関する項目で、〔11〕～〔32〕は地震動によって生ずる種々の事柄に関する項目である。

配布した調査票は総数150部であり、関係各位の多大な御協力により、回収率は100%であった。このう

ち「感じなかった」あるいは「自動車等の乗物の中にいた」等震度算定に不都合な調査票30部を除いた有効調査票は120部54地点であった。

本調査から得られた震度分布を図-1に示す。★は気象庁で決定した震央である。各地点での回答者の数は1人ないし2人の小人数の場合から最高14人とバラツキがあり、回答者が2人以上の場合は平均値をその地点での震度とした。震度は震央距離を考慮しても各地点でかなりのゆらぎが見られ、等震度線は簡単な形状を示さない。又、震央距離が高々20km程度、震度にして2～4の範囲内においても震度の距離による通減の様子は単純ではない。しかしながら、更にこまかく各地点を観察してみると、有明海沿岸部の干拓地域では他の地域に較べて大きな震度を示し、軟弱層が深い江津湖周辺部でも局地的に大きな震度が見られる等震度が表層地盤の影響を強く受けていることが分かる。

なお、調査全域での最大震度は飽託郡北部町における4.3で、熊本市全域での平均震度は3.5となっている。

3. 熊本市および周辺部の地形・地盤構成

アンケート調査の対象となった地域の地形は、熊本市の北部に金峰山火山群の山地、南部に益城山地(主として白亜紀層)、東部は第4紀の溶岩台地と数層のローム層からなる洪積台地(高遊原台地)を経て阿蘇外輪スロープに連る。他方西部は有明海を臨む白川、緑川とが熊本海湾を埋めて造った三角洲と人工的な干拓地を含めた熊本平野である。

地盤地質構成は、最上部層・上部砂層下部粘土層からなる沖積層・ローム層砂礫層の互層からなる上部洪積層・旧期阿蘇溶岩のローム層凝灰岩層及び砂礫シルト層の中古期洪積層と基盤層に区分される。洪積台地は数枚の厚いローム層に、沖積低地は白川・緑川等諸河川により運ばれた礫、砂、シルト層の他泥土を含んだ粘性土砂質土からなる軟弱層が分布している。又、有明海沿岸部は人工的な干拓による有明粘土層が厚く覆っている¹⁹⁾。

熊本県の地盤地質を考える時、特筆すべきことは阿蘇中央火山群の活発な活動によって沖積層群・洪積層群の層順が極めて複雑であること、有明海沿岸部および熊本平野部を覆う最上部層の干拓の歴史が史実(注2)として明確に残されていることなどである。

図-2にアンケート調査対象地域だけを第1期史実時代(干拓年代1587年以前)の干拓地域と第2～5期(干拓年代1588年以後)の干拓地域とに区分して、更に沖積層扇状地、洪積台地等沖積層以外の地域と併せ

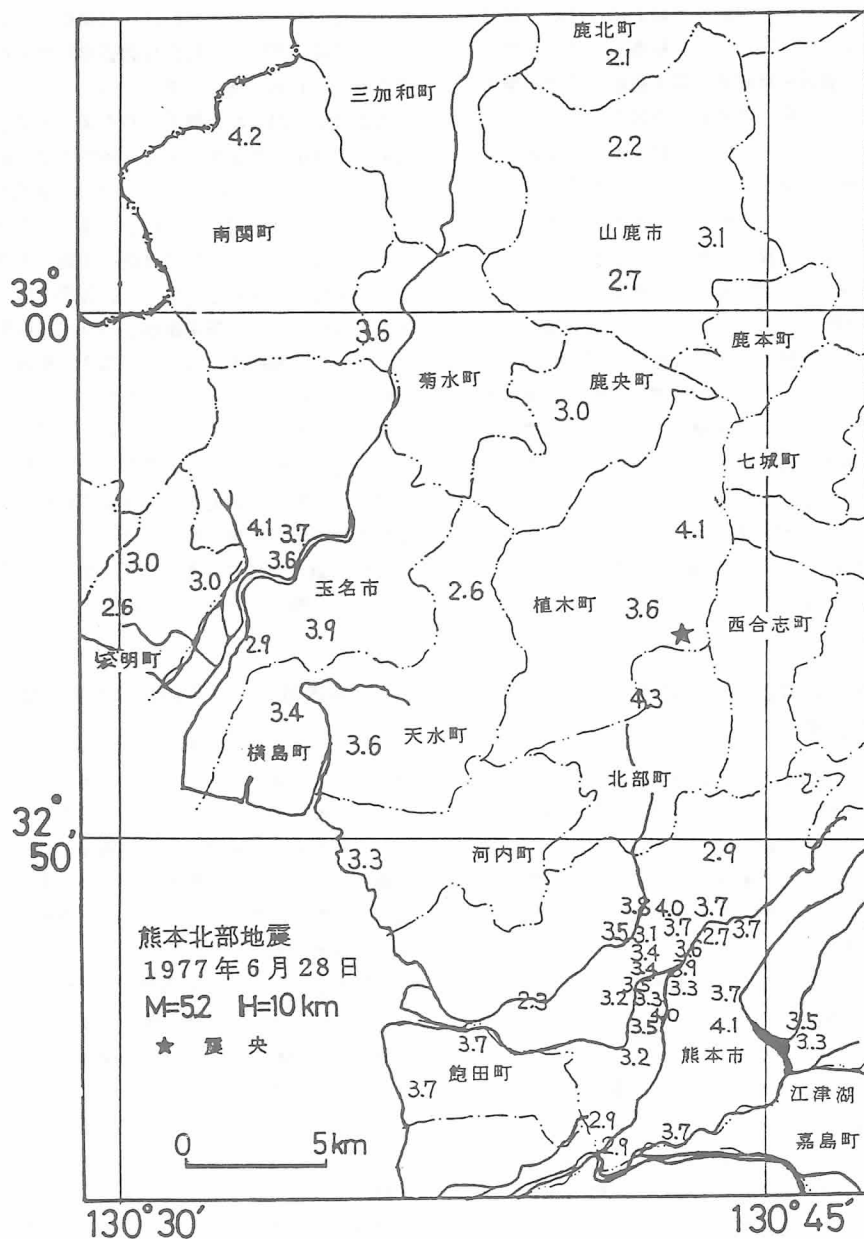


図-1 アンケート調査による震度分布

て表層地盤区分図として示した。

4. 震度と表層地盤との関係

震度の震央距離による通減の様子を知るため、本地震の震度分布から震度と震央距離との関係をプロットし、直感的にその状況を理解するための基準としてマグニチュードに応じ震央からの距離による震度通減を与える、河角式を修正した、太田の式⁽⁴⁾

$$\Pi(r) = \left\{ \frac{5.5}{1r_M} \right\} G\left(\frac{r}{r_M}\right) I(r)$$

ここに

$$I(r) = 2M - 10.2 + 2 \log \left(\frac{r_0}{r} \right) - 0.01668(r - r_0):$$

: 河角式

$$G\left(\frac{r}{r_M}\right) = \frac{2}{1 + 0.5 \times 10^{(0.3r/r_M)}}$$

r_0 : 震央距離 100 km における震源距離

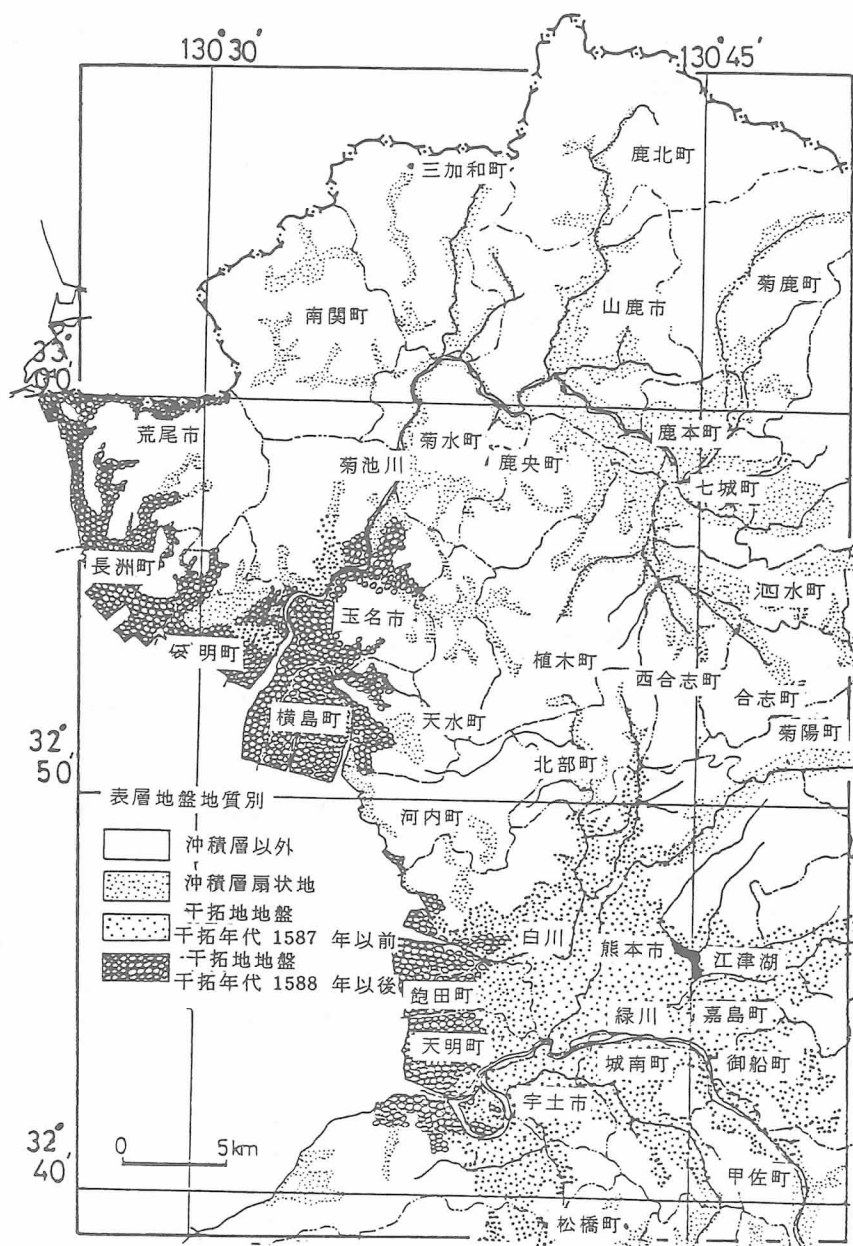


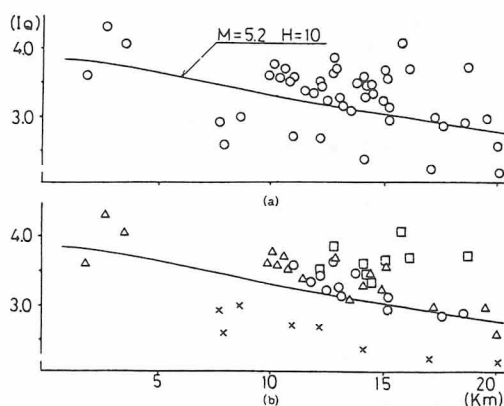
図-2 表層地盤地質区分図

r : 震源距離
 M : 地震のマグニチュード
 r_M : M によって決まる烈震域限界半径
 I_{r_M} : $r = r_M$ における河角式による震度
 による, $M = 5.2$, $H = 10\text{km}$ とした時の震度減衰曲線
 を実線で併せて図-3に示した。

図-3 (a) は震度と震央距離との関係をプロット

したものである。アンケート調査による震度の震央距離に対する通減のおおまかな傾向はうかがえるものの、震央距離がほぼ等しい場合でも震度に2.0～2.5の差が見られ、そのゆらぎの程度は極めて大きい。

この震度のゆらぎの原因には各調査地点毎のアンケート調査票の枚数が少ないことあるいは表層地盤地質の相違等考えられるが、ここでは表層地盤地質の地域

図-3 震央距離による震度値(I_a)の通減

的分布の違いを要因として考えてみた。

表層地盤地質の地域的分布については、図-2に示した様に地質年代の古い順に次の4種類に区分した。

- ① 洪積台地等沖積層以外の硬い地盤地域
- ② 干拓地を除く河川沿いの沖積層扇状地地盤地域
- ③ 熊本平野中心部を覆う干拓年代 1587 年以前の古い安定した干拓地の地盤地域
- ④ 有明海沿岸部の干拓年代 1588 年以後の新しい不安定で軟弱な干拓地の地盤地域

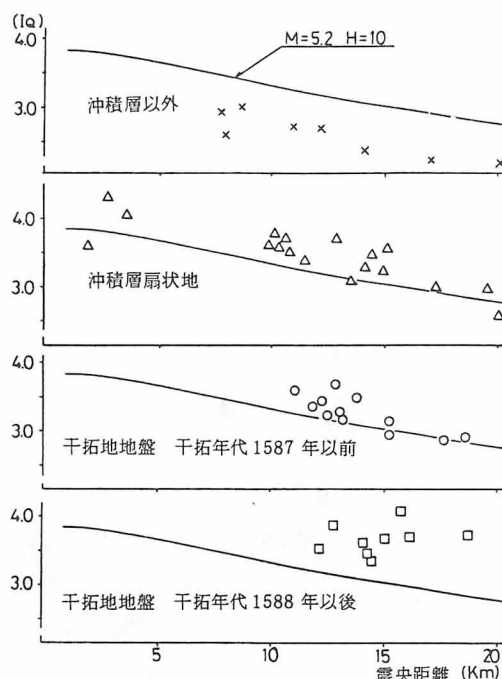
図-3(b)は図-3(a)を上記4種類の表層地盤地質区分に従って各々順番に×印、○印、△印、□印と区分して表現したものである。

図-3の両者を比較検討してみると、各々の表層地盤地質区分された地域での震度の現われ方および震央距離による震度通減の傾向は極めて特徴的であり、震度のゆらぎは各層地盤地質毎では大きくならず、このゆらぎの差異は表層地盤特性を示すものと考えられる。

図-4は、これらの特性をより明確にするため図-3(b)を前述4種類の表層地盤地質毎に別々に表現したものである。

図-3、図-4より

- (1) 干拓地等沖積層地盤と洪積台地等それ以外の地盤とのおおまかな表層地盤区分に対し、震度の現われ方は震央距離をかいして明確な差違が見られる。沖積層地盤では太田式からの震度に比較して大きな震度を示し、洪積台地等の地盤では小さく、沖積層地盤は他の地盤と比較して揺れやすいことが明らかである。
- (2) 干拓地の地盤について更に検討してみると、表層地盤の地質年代が新しい程あるいは不安定な程大きな震度を示すことが分かる。しかしながら、沖積層扇状地の地盤では逆に干拓年代の古い安定

図-4 震央距離による震度値(I_a)の通減

した干拓地の地盤より大きな震度を示す。

- (3) 震度の震央距離に応じた通減の傾向は、各表層地盤ともに $M=5.2$, $H=10\text{km}$ とした時の太田式と同様な傾向を示す。

などの、常識的な結果が得られた。

各調査地点毎のアンケート調査による震度と対応する震央距離での太田式からの震度との差 ΔI を求め、表層地盤毎の頻度分布を作成した(図-5 参照)。

明らかに、表層地盤の違いにより頻度分布の偏りが見受けられ、最大頻度を示す ΔI をその地盤に対する代表値 $I(s)$ とすると、次の様な結果が得られる。

$$I(s) = \begin{cases} \text{沖積層以外} & -0.6 \\ \text{沖積層扇状地} & 0.3 \\ \text{安定した沖積層} & 0.1 \\ \text{(埋立年代の古い干拓地を含む)} & \\ \text{不安定な干拓地} & 0.7 \\ \text{(埋立年代1588年以後の新しい干拓地)} & \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{表層地盤}$$

ここで、 $I(s)$ は震度の通減を与える諸要因から太田式を応用して震央距離なる要因を排除した時の、おまかに区分された表層地盤地質特性を示す代表値である。 $I(s)$ の正負は太田式を基準とした時の表層地盤の揺れやすさ／にくさを、絶対値はその程度を示すことになり、図-4から得られた結果を定量的に求めたことになる。同様に考えると、 ΔI は各地点での揺れや

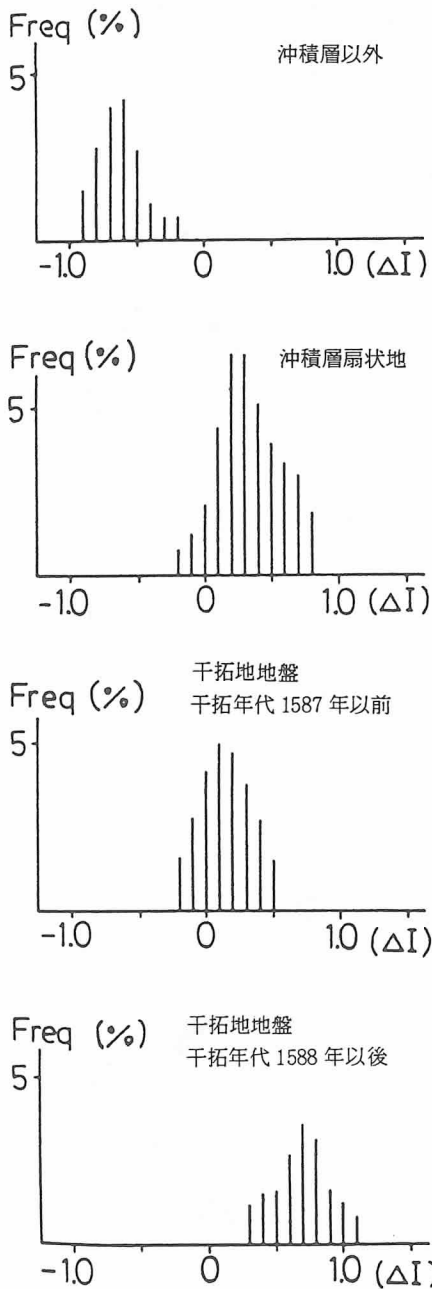


図-5 $(I_q - I_o)$ の頻度
(表層地盤地質別)

すさ／にくさおよびその程度を定量的に示す一指標として考えることができる。

以上述べてきたことは、震央付近の極めて近い地域(震央から15~20kmの範囲程度)を対象に震度も高々IV程度の地震の場合である。これと比較検討しその再

1975 年 1 月 23 日 阿蘇北部の地震 ($M=6.1$ $H=0$)

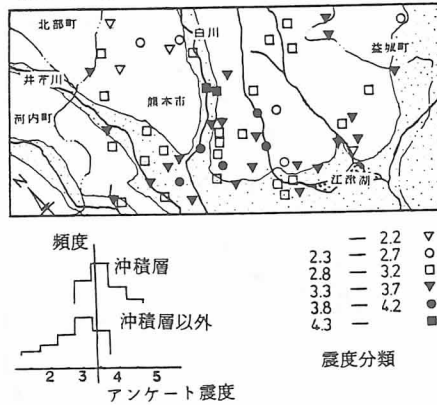


図-6 阿蘇北部の地震
アンケート調査による震度分布・頻度分布

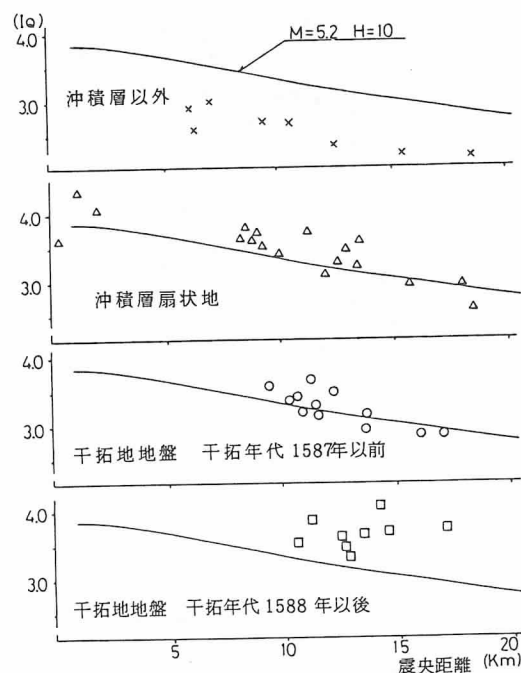


図-7 震央距離による震度値 (I_q) の通減
(地震体積を考えた場合)

現性を確認するため、本対象地域から少し遠方に震央をもつ阿蘇北部の地震(1975年1月23日23時19分、震央位置 $131^{\circ}08' E$, $33^{\circ}00' N$, $M=6.1$, $H=0$ km: 気象庁)を対象に同様な解析を行なった。

図-6は、阿蘇北部の地震を対象に実施したアンケート調査方式による震度分布の一部と表層地盤別に区分した震度の頻度分布である。震央は熊本市の北東約

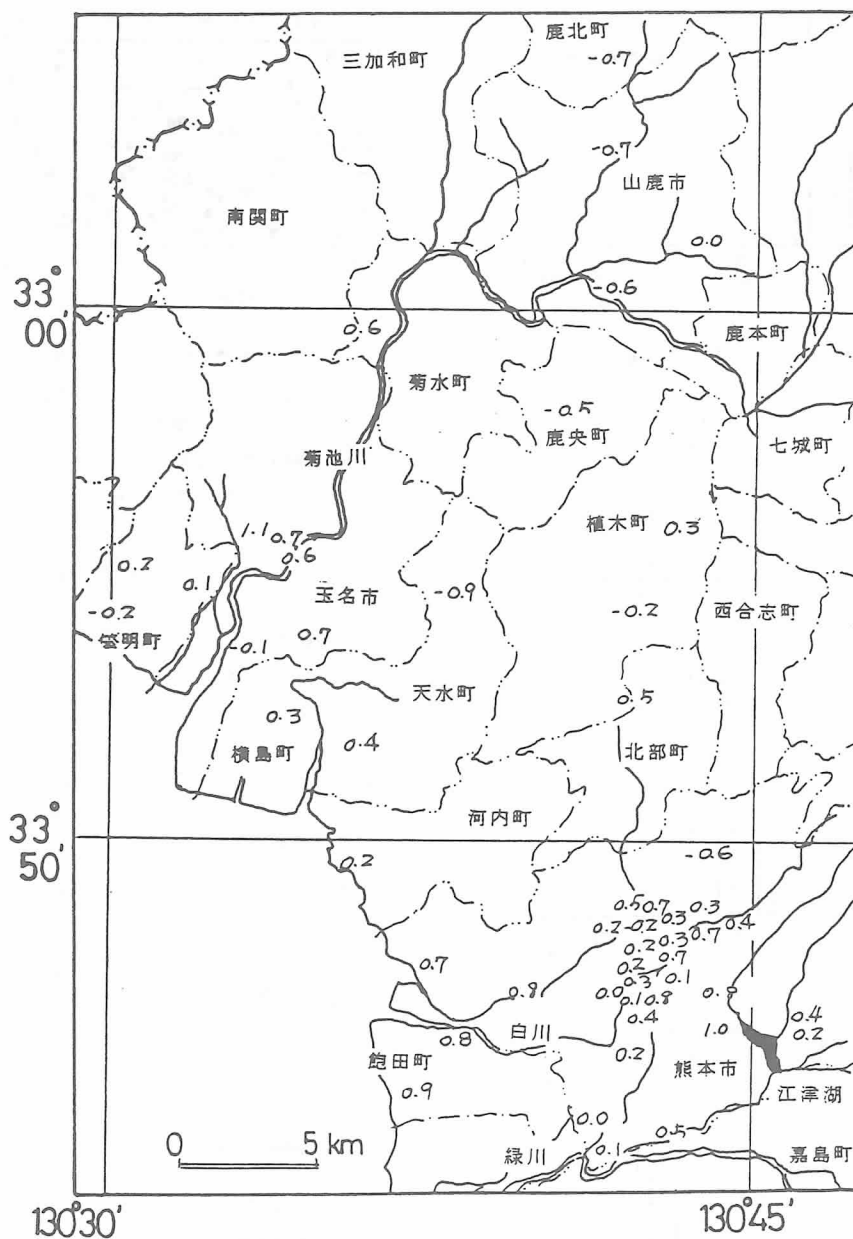


図-8 地域的な揺れ易さの程度

40kmの南小国町である。このアンケート調査は熊本市を主として震央に向かう方向にかなりの市町村を対象地域としており、調査地点は熊本市に集中して多い。図に示す地域は震央距離37~41kmではほぼ同じ震度（太田式によると震度3.45である）範囲に限定し、調査地点も多く、更に表層地盤が比較的細かく分かれている地域を考えた。

表層地盤は沖積層と沖積層以外の地盤地域と2種類

に区分した。震度は0.5きざみに2~4.5の範囲を各々図に示した印で表示した。

明らかに、震度の比較的大きな値は沖積層平野部、沖積層扇状地の地域および河川沿いの地域に見られる。更に、表層地盤別に震度の頻度分布を作ってみると、太田式からの震度3.45に対して、沖積層地盤地域では震度3.5を中心に、沖積層以外の地域では震度3.0を中心に分布しており、表層地盤条件の震度への影響と

共に揺れやすさ／にくさの定量的評価に関して前述の結果と極めてよい一致を見ることができる。

しかしながら、これらの考察は震源を広がりのない点と仮定した場合であり、震度の通減を与える震央距離を点震源からの距離として考えている。

一般に震源近傍の破壊領域は或る広がりをもっており、この広がり、地震のマグニチュードに依存する。広がりとしては地震による断層面とその幅が考えられるが、もっと簡単に地震体積程度のものを考えてもよからう。例えば、地震体積をとった場合、 $M=5.2$ の地震の時は半径約 1.5 km 程度の大きさの球となり、震央距離としてはこの球面からの距離とみてよい（図-7 参照）。この様に考えた場合には、震央距離が短くなり、地盤特性を示す ΔI 、 $I(s)$ に多少の変化は見られるものの相対的關係は変わらない。

これまで述べてきた様に、震度の地域的变化は地震のマグニチュード、震源の深さ、震央距離による他、地形、地質構造を含めた表層地盤条件に關係する。震度の通減を与える太田式を応用することで、各地点での震度と太田式から得られた震度との差 ΔI を考える時 ΔI は各地点での表層地盤条件による特性を示す揺れやすさ／にくさおよびその程度を示す一指標と定義づけることが可能であり、この ΔI を用いた都市の地震地盤微細区分図の作成が可能である。図-8 は、本地震を対象に ΔI を用いたゾーニングマップであり、今後更に幾つかの地震に対するアンケート方式による震度調査を重ねることで、精密な Seismic Micro Zoning Map の作成が可能であろう。

5. 結 語

本研究は、中程度の地震・中程度の都市を対象としてアンケート方式による震度調査を行ない、得られた震度分布から予想される大地震時の震度分布推定を通じて予測される被害を最小限に止める都市地震防災計画基礎資料とすべく震度特性を考究するための第一段階として、震度、震央距離、表層地盤との關係を検討し、アンケート調査による地震地盤微細区分図作成手法の開発を試みた。

得られた震度分布から、震度の震央距離による通減の傾向を太田式と比較して、震度の表層地盤条件による影響を定量的に考察した。これまでの調査結果を要約すると次のようである。

- (1) 震度分布に対する等震度線は簡単な形状を示さず、各地点での震度には大きなゆらぎが見られる。
- (2) 各地点での震度は、まず地震のマグニチュードと震源深度および震央距離に支配され、更に表層

地盤条件が重要な要因となる。

- (3) 各表層地盤上で得られた震度と太田式からの震度との差 ΔI は、各地点での地盤条件によって変化する揺れやすさ／にくさの程度を定量的に示す一指標として定義づけることができ、この ΔI を用いて、アンケート調査方式による精密震度分布から都市の地震地盤微細区分図作成が可能である。

最後に本研究を行なうに際し、多大な御指導と貴重な御教示をいただきました九州産業大学工学部表俊一郎教授に厚く感謝致します。又調査票の回答等に関し熊本県防災消防課および熊本県警本部の御協力をいただきました、厚く御礼申し上げます。なお、本研究は文部省科学研究費（自然災害特別研究）の一部を使用したことを付記します。

（注 1）

1977 年熊本市周辺部の群発地震活動の経過を述べると（図-9 参照）

- ① 1977 年 4 月 4 日から金峰山の北西玉名郡横島町付近に、熊本で震度Ⅲを含む地震が群発的に発生した。4 月 11 日、12 日には熊本市の南東の嘉島町付近で発生している。横島町付近の地震は 4 月 30 日の地震群（熊本で震度Ⅱが最大）で終息した。
- ② 約 10 日後の 5 月 11 日から熊本市の北 20 km の山鹿市付近で群発し、6 月 12 日まで続いた。この地震群では地震数の割には有感地震の回数が多かったが、地震活動はあまり活発ではなかった。

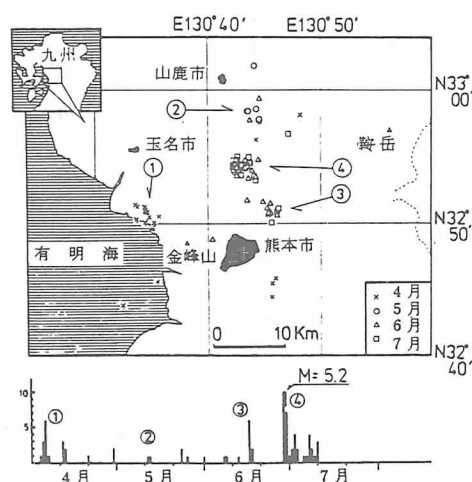


図-9 震央分布および日別頻度分布
（三浪により再決定）

③ 山鹿市付近の地震活動が終息して4日後の6月16日には、今度は熊本市北東部の合志町付近で、熊本で震度Ⅲを含む活発な活動が始まった。この地震活動は16日16時から17日12時までの短時間で終わったが、この間熊本での有感地震は7回を数え、群発地震活動が目されるようになった。①～②～③の地震群は熊本市を中心としてNW→SE→NW→N→NEと移動している。

④ 6月28日10時24分の震度Ⅰ（熊本）の地震から、今度は①②③の地震群にとり囲まれた熊本市の北方約10kmの植木町付近で地震活動が始まった。この地震活動は7月末まで続いた。この間6月28日11時46分には震度Ⅳ（熊本）が発生した。この地震の規模は $M=5.2$ で一連の群発地震期間中で最大規模の地震であった。

本論文でアンケート調査を実施した地震は熊本で震度Ⅳ（気象台）である。

（注2）

熊本県における干拓

熊本県の地盤地質を考える時特筆すべきことは、熊本平野、八代平野及び有明海沿岸部における人工的な干拓事業の歴史が明確に史実として残されていることである。

この干拓事業は歴史的には、第1期史実時代、第2期封建前期、第2期封建後期、第3期及び第4期の明治・大正時代と第5期現代の5期に区分できる。

第1期史実時代は、遺蹟時代で文献的記録も少なく、記録的に残っているものとして、肥後国誌に文永4年（1264年）に現在の熊本市川尻町の大慈禅寺の寒蔵和尚が潮受堤防を築き、55町歩を開発し、これに「銭塘」と名づけられた記録があり、これが現在の飽託郡天明村銭塘であると言われている。その後、第2期封建前期の1587年迄の干拓年代不明の干拓地が現在の玉名市、八代市等11ヶ所786.00 haが肥後干拓年表に記載されている。

第2期封建前期は、加藤清正及び忠広の44年間（1588～1631年）の時代がこれに相当し、築城のみならず、治山、治水、干拓、開墾等あらゆる土木事業に卓越した才を発揮している。

干拓については、1589年の菊池川の改修と同時に、この地帯の干拓に着手し、小田牟田新地（現在の玉名郡横島町外4ヶ村）879.9町歩を慶長10年（1605年）に完成し17年間で造成している。その他玉名郡地方では6ヶ所1,500町歩を、飽託郡、宇土郡において3ヶ所434.8町歩等全体では13ヶ所2215 haの干拓地が造

成されている。

第2期封建後期は、細川藩時代で明治4年まで240年間（1632～1871年）153ヶ所9148.82 haを造成している。この期間は細川前期132年間（1632～1763年）と同後期108年間（1764～1871年）とに区分され、各々24ヶ所1005.05 ha、128ヶ所8143.77 haである。特に、細川前期では開拓によって自活させることから、開墾を奨励したので水平干拓は伸びず内陸の荒蕪地の開墾開発に主力が注がれている。後期には開発の適地が少なくなり干拓による新地造成が盛んとなっている。

第3期及び第4期は明治、大正時代（1869～1912、1913～1926年）の58年間で、第3期明治時代は内務省所管時代で埋立と言う言葉が使用され、第4期大正時代から農林省所管となり干拓と新たな文字が使用されるに至った。この時代は開墾助成法により県営事業としての干拓が盛んとなった。明治大正にかけての主な干拓は郡築（郡営）1046町歩、明治新田（民間）258町歩、大正時代県営南新地570町歩、同北新地687町歩等全体で32ヶ所3846.35 haが造成されている。

第5期現代は、昭和になってからの干拓で金剛干拓・横島干拓等43年間で13ヶ所2359.87 haと大規模な干拓が行なわれ、総計18356 haが干拓造成されている。

〔熊本県における干拓—肥後藩干拓年表〕より

以上述べてきた熊本県における干拓地からアンケート調査対象地域だけを抜粋して、第1期史実時代（干拓年代1587年以前）と第2期封建前期～第5期現代の干拓年代1588年以後の干拓地域との2つに区分して、更に沖積層扇状地・沖積層以外の地域と併せて本文図-2に示す。

引用文献

- 1) 河角広：震度と震度階 1, 2. 地震15 pp. 6～12, 1940
- 2) 佐藤泰夫：第6章通信調査、地震災害、河角広編、共立出版社、pp. 226～241, 1973
- 3) Sato, Y: Relation between seismic intensity and epicentral distance (1), Bull. Earthq. Res. Inst., 26, pp. 91～94, 1948
- 4) Sato, Y: Relation between seismic intensity and epicentral distance (2), Bull. Earthq. Res. Inst., 33, pp. 211～220, 1955
- 5) 茅野一郎、佐藤泰夫：通信調査による1974年伊豆半島沖地震の震度分布、地震研速報, 14, pp. 7～15, 1974
- 6) 茅野一郎、佐藤泰夫：通信調査および現地調査による1975年1月23日阿蘇地震と1975年4月21日大分地震の

- 震度分布, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 50, pp. 281~294, 1975
- 7) 川崎市地震専門部会地盤地質小部会(代表者表俊一郎)
: Mail Survey による Seismic Microzoning Map の
作成(1)調査票の作成, 配布, 回収の OR, 第9回災害
科学総合シンポジウム論文集, pp. 241~246, 1972
- 8) 太田裕, 関口弘, 三上勲, 山崎捷信: 同上(2)解析の
手順, 解析結果(中間報告)同上 pp. 241~246, 1972
- 9) 太田裕, 後藤典俊: アンケートによる道内各地の震度の
推定と Seismic Microzoning Map 作成の試み, 1973
年6月17日根室半島沖地震調査報告, 昭和48年度文部省科学
研究費自然災害特別研究(1) 802029(代表者酒井良男),
pp. 302~325, 1974
- 10) 太田裕, 後藤典俊, 大橋ひとみ: アンケートによる地震
時の震度の推定, 北海道大学工学部研究報告, 第92号, pp.
117~128, 1979
- 11) 後藤典俊, 太田裕: 1973年根室半島沖地震の道内震度
分布と被害の概要: 1973年6月17日根室半島沖地震調査
報告, pp. 257~267, 1974
- 12) 太田裕, 後藤典俊: Mail Survey による Seismic
Microzoning Map の作成, 第11回自然災害総合シンポジ
ウム論文集, pp. 90~91, 1974
- 13) 太田裕, 後藤典俊: アンケートによる震度の推定および
Seismic Microzoning Map 作成の試み, 自然災害科学資
料解析, 1, pp. 14~24, 1974
- 14) 太田裕, 鏡味洋史: 震度分布の簡易予測法—アンケート
調査からの成果を利用して—, 第15回自然災害科学総合シ
ンポジウム論文集, pp. 281~282, 1978
- 15) 久保寺章: 1月23日23時19分の地震(M=6.0)の震度
調査, 1975年1月阿蘇群発地震の活動と被害に関する調
査研究報告, 昭和49年度文部省科学研究費自然災害特別研
究(1) 902036, pp. 45~53, 1975
- 16) 表俊一郎, 三浪俊夫, 久保寺章, 吉川恭三, 大塚道男,
甲斐直樹: 大分県中部地震のアンケート方式による震度調
査解析, 1975年大分県中部地震の活動と被害に関する調
査研究報告, 昭和50年度文部省科学研究費補助金自然災害
特別研究(1) 002040, pp. 25~36, 1976
- 17) 久保寺章, 三浪俊夫: 震央付近における震度分布の異方
性, 地震第2輯, 第29巻, pp. 413~417, 1976
- 18) 高波鉄夫, 石川春義: 1979年函館地震時の震度調査,
地震第2輯, 第34巻第1号, pp. 21~43, 1981
- 19) 熊本県地盤図, 日本建築学会九州支部熊本支所, 1971
(1983年11月4日受理)