

アンケート調査および微動観測による 横浜市鶴見区での細密震度分布の推定

松田 裕¹・年縄 巧²・翠川三郎³・阿部 進⁴

¹正会員 工修 横浜市総務局災害対策室防災技術課 (〒231-0017 横浜市中区港町 1-1)

²正会員 工博 明星大学助教授 理工学部土木工学科 (〒191-8506 日野市程久保 2-1-1)

³工博 東京工業大学教授 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市長津田町 4259)

⁴横浜市総務局災害対策室室長 (〒231-0017 横浜市中区港町 1-1)

本研究では、横浜市鶴見区において実施したアンケート調査結果および微動観測記録を用い、地域の詳細な震度分布を推定した。アンケート調査により得られた震度分布図と地域の表層地質を比較した結果、震度分布図は地域の地形・地質を良く反映していることが分かった。強震観測点での計測震度と付近のアンケート震度を比較した結果、両者はよく対応した。また、微動観測記録のH/V スペクトル比の周期0.3~2.0秒までの平均値 (A_{ave}) と計測震度に相関が見られることから、H/V スペクトル比を用いて震度を推定した。鶴見区において微動観測を行い、これより推定した震度とアンケート震度や計測震度を比較した結果、両者が良く対応することがわかった。

Key Words: questionnaire seismic intensity, instrumental seismic intensity, microtremor, H/V spectral ratio

1. はじめに

横浜市はリアルタイム地震防災システムの一環として、市内 150 地点に地震計を設置した¹⁾。これは大地震時に迅速かつ適切な初動態勢がとれるよう、市内の地震動強さの分布を即時に把握することを第一の目的としている。地震観測点は約 2km 間隔で設置されているが、更に詳細な震度分布を推定するための手段の一つとして、本研究ではアンケート震度調査と微動観測の利用を試みる。

太田らの考案したアンケート震度調査²⁾は、簡便かつ高密度で地域の地震情報を知ることができるという利点を持ち、これまで多くの研究者によりアンケート調査が実施されてきた。1995 年兵庫県南部地震についてもこの調査が実施され、多くの有用な結果が報告されている^{3)~10)}。

このように、アンケート震度調査は地域の地震動強さを評価する有効な手段であるが、アンケート用紙の配布・回収はかなりの労力がかかるうえ、データの収集には適当な規模の地震の発生を待たなければならない。そこで本研究では、任意点での地盤特性を簡便に知ることができるという利点を持ち、多くの適用例^{11)~13)}がある微動に着目し、これを用いて

地域の地震動強さを推定することを試みる。

研究の手順は、まず太田らの方法²⁾を基にしたアンケート震度調査を実施することで、横浜市鶴見区(図-1 参照)を対象とした地域の地震動強さの分布図を作成する。そして、この調査結果を解析し、表層地質、地震記録との比較を行う。次に微動観測を行い、中村¹⁴⁾の提案したスペクトルの上下成分と水平成分との比(H/V スペクトル比)を用いることで地震動強さを推定した。最後にアンケート震度調査結果や地震観測結果と比較して、微動による震度分布予測手法の妥当性を検討する。

2. 対象地域の概要

本研究で対象とする地域は、自治会の協力が得られた横浜市北東部に位置する鶴見区とした(図-1 参照)。鶴見区は、面積 32.38km²、人口 252,158 人(1999 年 12 月現在)の行政区である。

この地域の地形は、鶴見川に沿う鶴見川低地、その他を下末吉台地および臨海部の埋立地に大別することができる。特に下末吉台地は、樹木状に刻まれた谷を有し、複雑な形状を呈している。表層地質は

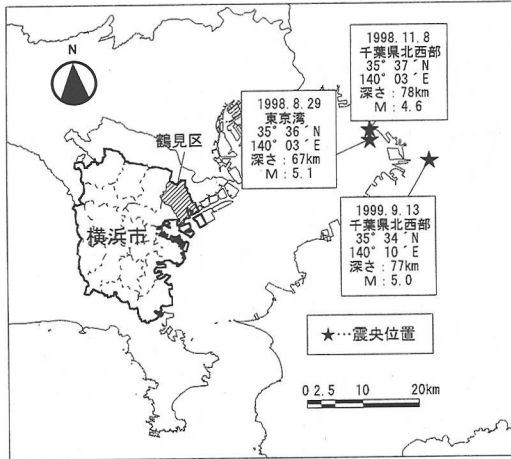


図-1 横浜市の位置と対象地震

台地部では主にロームが堆積し、それを浸食した谷部分では腐植土等の軟弱層が堆積している（図-2 参照）。低地部では主に沖積粘性土や砂質土が堆積している。

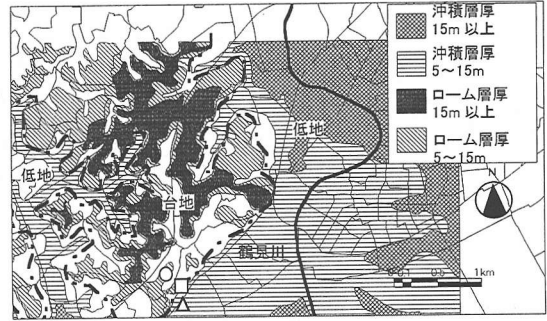
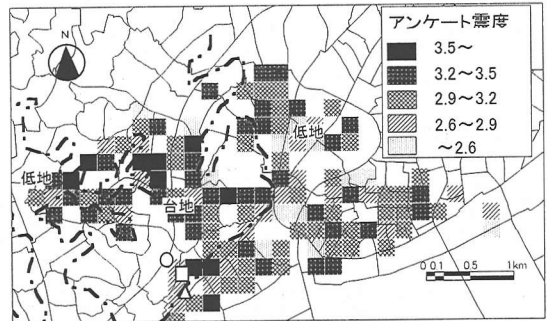


図-2 表層地質・層厚の分布図



※○：岸谷消防出張所，□：守衛所，△：集会所
図-3 1998.8.29地震に関するアンケート震度調査結果

3. アンケート震度調査の概要

(1) アンケート調査票とその解析法

本研究では、地震記録の得られやすい震度3~4の中程度の震度を対象とした。アンケート調査票は、太田らのものを基に中程度の震度を決めやすい設問を選定して作成した。また、設問数の削減に伴う調査結果の信頼性の低下を防ぐために、ここでは「絵で見る震度階」と呼ばれる全震度に関する設問を追加した。調査票は14設問からなる（付録参照）。この調査票を用いて、太田らが提案した方法を基にアンケート震度 I_q を算出する。その算出方法は以下の通りである。

はじめに調査票への回答結果から、太田らが提案した式(1)を用いて、気象庁震度に換算したアンケート震度 I_{JMA} を求める²⁾。

$$I_q = \frac{1}{N_e \alpha} \sum_i^{N_e} \beta_i(m_i) \quad (1)$$

$$I_{JMA} = 2.958 \times (I_q - 1.456)^{0.547} \quad (2)$$

ここに、震度 I_q は調査票毎に太田式により求めたアンケート震度で、 I_{JMA} はその気象庁換算震度である。また、 α 、 m_i 、 N_e 、 $\beta_i(m_i)$ は、各々条件係数、質問アイテム i において回答者が反応したカテゴリー番

号、震度に関わる質問アイテム中の有効回答数、 m_i に対応する震度係数を示す。

次に設問「絵で見る震度階」により、太田らの方法に基づいて求めた震度 I_{JMA} が、適当な値であるかどうかの判定を行う。具体的には、設問「絵で見る震度階」による回答から得られた震度 I_{pic} に震度1の幅を持たせ、太田式により求めた震度 I_{JMA} がこの範囲に収まればこれを I_q とし、この範囲外であれば I_{pic} と I_{JMA} との平均値を I_q とする、という手順を採った。

(2) 調査票の配布と回収方法

調査票は、自治会を通じて横浜市鶴見区の住民に配布される。調査票への記入は気象庁の震度発表が鶴見区で震度3以上の時に実施し、記入した回答は同封した返送用封筒により返送される。調査票の配布は1998年8月、1999年1月に行い、配布枚数は各々4000枚、8000枚であった。

4. アンケート震度調査の結果例

これまでに1998年8月29日、1998年11月8日、1999年9月13日に起きた3地震（図-1参照）につ

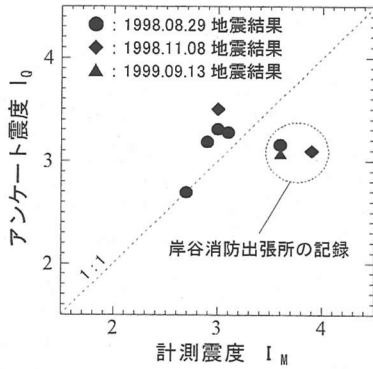


図-4 アンケート震度 I_Q と計測震度 I_M (8点)

いての回答が得られた。調査票の回収数は各々1144枚、80枚、244枚であった。図-3に最も回答数の多かった1998年8月29日の地震に関するアンケート震度調査結果(有効回答数1025枚)を示す。図-3では200m×200mのメッシュ毎にアンケート震度を集計し、この大小を濃淡で示している。ここでは、特異な回答の影響を排除するために、メッシュ毎のアンケート震度を中央値により集計した。また、1メッシュ内に含まれる回答数は3以上とし、3未満である場合は空欄とした。メッシュ毎のアンケート震度は2.5~3.8に分布しており、この地域では地震動強さがアンケート震度で約1の幅で変化していることが分かる。

(1) 表層地質との比較

次に、1998年8月29日の地震に関するアンケート震度調査結果と表層地盤データとの比較を行う。図-3のアンケート結果を見ると、鶴見川より西側の下末吉台地部でローム層が堆積し、その層厚が変化している地域(図-2参照)は、アンケート震度が大きくなる傾向にある。また、台地と低地との境界部分の沖積層の薄い地域では、アンケート震度が小さい傾向がある。このような傾向は、横浜市の他の地域で行ったローム台地と低地における地震動の比較観測¹⁵⁾でも得られており、ここで得られたアンケート震度調査結果は、地域の地盤構造の影響を受けていると考えられる。

(2) 地震記録との比較

アンケート震度の妥当性を定量的に検討するために、アンケート震度 I_Q と地震記録より算出された計測震度 I_M との比較を行った。

I_Q と I_M との比較には、できるだけ同じ地形・地質条件で得られたものが好ましい。そこで表層地質図や標高データ等を参考に検討した結果、この地区の

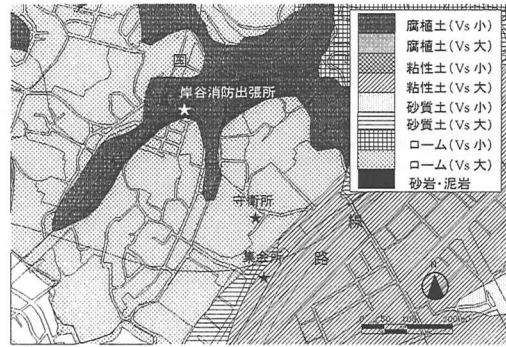


図-5 岸谷消防出張所周辺の表層地質

地震観測点から200mの範囲では、地形・地質変化が少ないことが確認された。従って、ここでは地震観測点から200mの範囲で得られた回答を抽出し、回答数が3以上得られた場合に中央値で整理して I_Q を求め、これと I_M を比較した。図-4にこれまでにアンケート震度調査を行った3地震から得られた結果を示す。

各観測点毎のアンケート震度と計測震度との差の絶対値 $|I_Q - I_M|$ は0.0~0.8であり、その標準偏差は0.25となり、ばらつきのあることが分かる。これは、点線で囲った部分の記録において I_Q と I_M との対応が良くないためである。この部分の記録は、全て岸谷消防出張所における記録であるが、この地点は過去においても、常に計測震度が他よりも大きく観測される傾向にあった¹⁶⁾。

図-5にこの地点周辺の表層地質図を示すが、この地域は、腐植土層が複雑に分布しており、先に述べた200mの範囲においても地形・地質が複雑に変化している。地震観測点は、腐植土層上にあり、その周辺の地域よりも地震動が大きくなりやすいのであろう。このように岸谷消防出張所は特異点と考えられ、この例外的な地点を除くと、 I_Q と I_M の対応は良く、 $|I_Q - I_M|$ は0.0~0.5であり、その標準偏差は0.18となる。

5. 微動による震度の推定

(1) H/Vスペクトル比と計測震度との関係

ここでは、微動の水平成分と上下成分のスペクトル比(H/Vスペクトル比)を用い、これと計測震度との関係を調べた。H/Vスペクトル比は前述のように地盤特性を簡便に評価する手法として知られているが、地域によっては適用が困難な場合がある。そこで、この手法が横浜市域でも適用できるか否かを

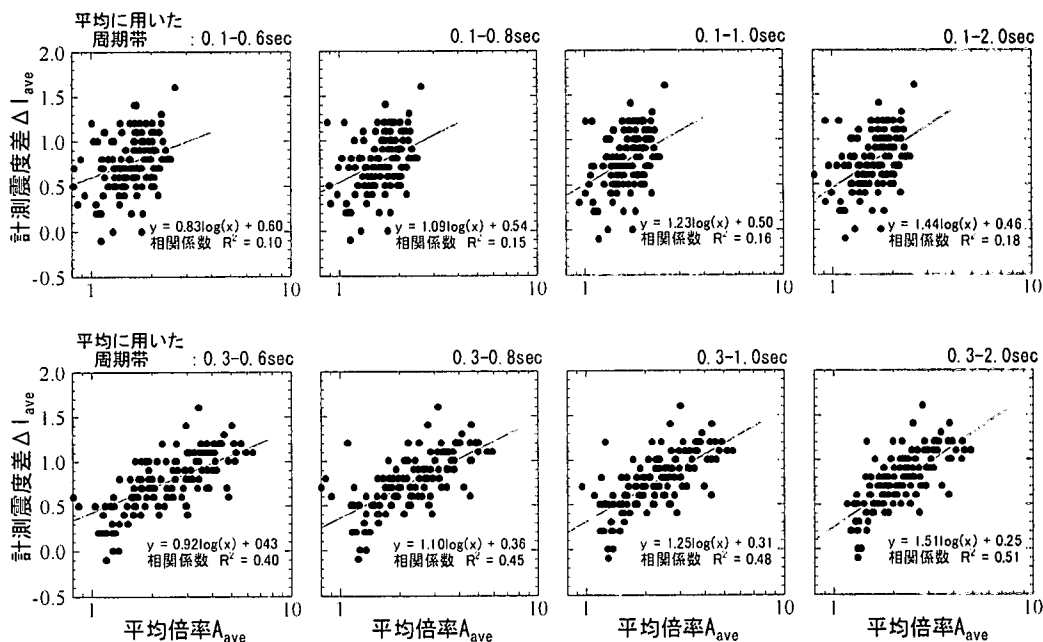


図-6 計測震度差 ΔI と平均倍率 A_{ave} (126 点)

調べるために、横浜市内の 150 点に設置された地震計の記録と同じ点で観測された微動データを用いて、その関係を比較した。

図-6 は、H/V スペクトル比を様々な周期帯で平均した値 A_{ave} と計測震度差 ΔI とを比較したものである。 ΔI は、任意点での計測震度から地盤特性のない点（以下、リファレンスサイト）の計測震度を差し引いた値である。尚、本研究では、 $V_s=610\text{m/s}$ の泥岩がほぼ露頭している泉区緑園消防出張所の観測点をリファレンスサイトとして用いた。 ΔI は横浜市域で最大震度 3~4 を観測した 11 地震の観測記録を持つ 126 地震観測点での計測震度を用いて算出した。

ここで、平均値 A_{ave} は H/V スペクトル比の周波数 $1/T_2$ から $1/T_1$ までの $1/20.48$ Hz 間隔のデータを総和し、周期 T_1 から T_2 の間のデータ数で除して求めた。図-6 の上段は、 $T_1 = 0.1$ 秒に対して T_2 を $0.6 \sim 2.0$ 秒に変化させたものであり、下段は、 $T_1 = 0.3$ 秒に対して T_2 を $0.6 \sim 2.0$ 秒に変化させたものである。これらの図を見ると、 A_{ave} は T_2 よりも T_1 に大きく依存することが分かる。これは本算定方法の場合、周波数で等間隔となるようにしたために短周期成分をより多くカウントしているためである。

次にこの周期帯域で求めた A_{ave} を説明変数、 ΔI を目的変数として回帰分析を行った。その結果、 $T_1 = 0.3$ 秒、 $T_2 = 2.0$ 秒の時に最も相関係数が高く ($R^2 = 0.51$)、その結果は式(3)のようになった。

$$\Delta I = 1.5 \log(A_{ave}) + 0.25 \quad (3)$$

(相関係数 $R^2 = 0.51$)

$T_1 = 0.3$ 秒、 $T_2 = 2.0$ 秒の時の相関が高い理由としては、計測震度算定に用いられるフィルター¹⁷⁾が、この周期帯域の成分をよく通す特性を持っていることが考えられる。

式(3)の回帰には常用対数を用いている。これは、計測震度の算出において加速度振幅の常用対数が用いられることに対応させたためである。式(3)に任意点での A_{ave} を導入し、更にリファレンスサイトにおける計測震度 I_R を加算することにより、任意点での震度を以下のように推定する（推定震度）。

$$\text{推定震度 } I_{cal} = \Delta I + I_R \quad (4)$$

(2) 推定震度 I_{cal} とアンケート震度 I_0 との関係

次に I_0 を用い、これと I_{cal} を比較することで、対象地域におけるその適用性を検討する。

4 章(2)節では、地形・地質変化の少ない領域で、 I_0 と I_M は良く対応することがいえた。そこで、始めに地形・地質変化の少ない領域での I_{cal} と I_0 との比較を行い、 I_{cal} の妥当性を検討した。

ここで I_{cal} は対象地域内の地震観測点において得られた微動観測記録を用いて算出した。また、 I_0 は 4

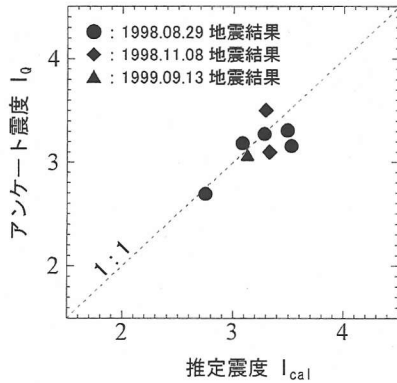


図-7 アンケート震度 I_Q と推定震度 I_{cal} (8点)

章(2)節の場合と同様にして、地震観測点から 200m の範囲の地形・地質変化の少ない領域で得られたものを用いた。図-7 にその比較結果を示す。

I_Q と I_{cal} との差の絶対値 $|I_Q - I_{cal}|$ は 0.0~0.4 で、その標準偏差は 0.12 であった。これにより、地形・地質変化の少ない領域では、アンケート震度と計測震度の比較と同様に、推定震度もアンケート震度と良く対応することが確認された。

(3) 推定震度 I_{cal} の分布図の作成

次に 1998 年 8 月 29 日の地震について微動記録より推定した震度の分布図を作成した。ここでは、アンケート回答数が多く、微動観測を密に行った鶴見区岸谷 1, 2 丁目周辺を対象とした。対象地域における微動観測点数は 137 点である。

対象地域は、図-5 に示した岸谷消防出張所周辺の地域で、台地が主でその間に谷が含まれる。図中、国道一号線付近が谷部分に相当し、その両側が台地となる。東側には線路 (JR 東日本、京浜急行電鉄) が通っており、これを境に東方で低地が広がる。また、この地域の表層地質は、台地部がローム、谷部が腐植土、低地部が沖積粘性土および砂質土となっている。

この地域で得られた個々の回答によるアンケート震度 I_Q の分布図を図-8 に、微動記録から求めた推定震度 I_{cal} の分布図を図-9 に示す。ここでは、震度の大小をより明確にするため、○の大きさと色の濃淡を変化させてそれを表した。

図-8 より I_Q の分布は、 I_{cal} の分布に比べて場所毎の変動が大きいことが分かる。アンケート震度の場合、個々の回答にはばらつきがあり、4 章で 1 メッシュ内の回答が 3 以上の場合に有効としたように、複数

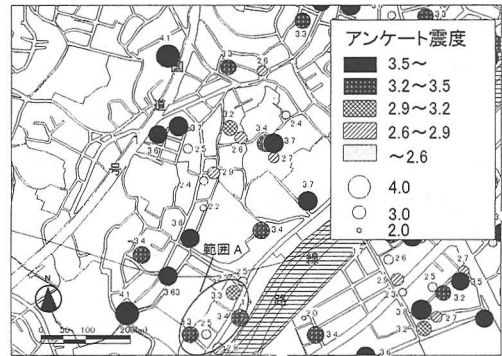


図-8 アンケート震度 I_Q の分布

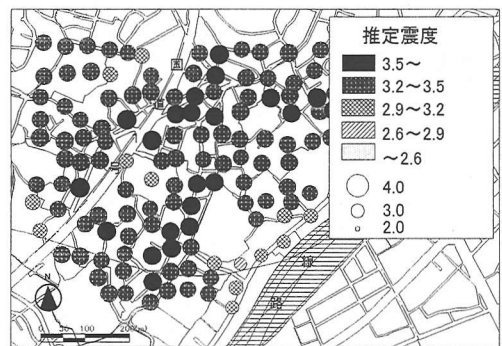


図-9 推定震度 I_{cal} の分布

の結果を総合して見る方が望ましい。アンケート震度が得られた点が少ないため、両図の比較は難しいが、上記のことを考慮して比較してみる。

図-8 を見ると、台地と低地の境に相当する線路際の地域 (範囲 A) で、 I_Q が他と比べて若干小さいところがある。この傾向は図-8 の I_{cal} の分布にも現れている。これは 4 章(1)節で考察したように、台地と低地の境に相当する地域では、表層厚が薄いために地盤増幅特性が少ないためと考えられ、各分布図はこういった地盤構造の影響を受けていると考えられる。また、岸谷消防出張所周辺では、 I_Q と I_{cal} はともに大きい。これは 4 章(2)節で考察したように、この周辺に分布する腐植土によるものと考えられる。また、台地の中腹での震度は、こうした地域での震度の中間的な値をとっている。

このように微動による推定でも、台地と低地の境界に相当する地域で震度が小さく、岸谷消防出張所周辺で震度が大きくなる傾向が、アンケート震度と同様に得られることが分かった。

表-1 各観測点の計測震度

観測点名	地質・地形	推定震度	計測震度
岸谷消防出張所	台地谷部(腐植土)	2.1	2.2
守衛所	台地中腹	1.8	1.8
集会所	台地と低地の境界	1.6	1.4

(4) 対象地域における地震観測

(3)節において個々の推定震度が示したその分布の傾向は、地域の地形・地質の変化を反映したものと考えられる。このことを更に確認するために、 I_0 及び I_{cal} の分布に特徴の見られた地点で既存の観測点とは別に地震観測を行った。

地震観測は、横浜市既設の岸谷消防出張所の他に、台地と低地の境界および台地の中腹部分に地震計を設置し、1999年11月より実施した。ここでは、台地と低地の境界の観測点を集会所、台地の中腹の観測点を守衛所と呼ぶ(図-5参照)。

地震観測により2000年2月11日の地震記録(震央:山梨県東部 M_j :4.4 深さ:20km)が得られた。この地震の推定震度、及び地震記録から求めた計測震度¹⁾を表-1に示す。アンケート震度の結果と同様に、計測震度と推定震度は、いずれも集会所、守衛所、消防出張所の順で震度が大きくなっており、値もほぼ等しいことが分かる。以上から、微動による震度推定の妥当性を対象地域の新たな地震観測によっても確認することができた。

6. 結論

本研究では、横浜市鶴見区を対象としてアンケート震度調査を実施した。また、微動より震度を推定する手法を提案した。これにより得られた結論を以下に示す。

1. ローム層が堆積し、その層厚が変化している台地部でアンケート震度が大きくなる傾向が見られ、調査結果は地盤条件の影響を受けていることが分かった。
2. アンケート震度と計測震度を比較したところ、極端に地盤条件が変化している地点を除いてその差の標準偏差は0.18程度で、両者の対応が良いことが分かった。
3. H/Vスペクトル比の様々な周期帯域での平均値と計測震度差とを比較したところ、周期0.3~2.0秒の周期帯域で最も相関がよいことがわかった。そこで、微動から震度を推定する手順を提案し、アンケート震度と比較したところ、その差の標準偏差は0.12程度となり、両者の対応が良いことが分かった。

4. 対象地域において、微動から推定した震度分布の傾向と、アンケート震度及び計測震度の分布の傾向を比較したところ、台地と低地の境、台地の中腹、表層が腐植土である地域の順に震度が大きくなるなど、その分布に共通点が見られた。このことから微動によって地域の震度分布図を求めることが可能であることがわかった。

謝辞: アンケート調査には、横浜市鶴見区連合町内会の方々の協力して頂きました。また、鶴見区での地震観測では、法政女子高等学校、岸谷集会所に協力をしていただきました。深く謝意を表します。

付録 アンケート調査票

本アンケート調査は、地震があった時に気象庁の地震発表が、横浜市鶴見区で「震度3」以上と発表された場合に実施いたします。つきましては、地震があった時の状況をよく思い出し、本アンケート調査にご協力くださいますようお願いいたします。

■ 記入上の注意

- 1 回答は、地震のとき家にいた方をお願いいたします。家にいた方がいない場合はどなたでも結構です。
- 2 記入に際しては他の人に相談されるのは構いませんが、この地震のときあなたの周りにいた人に限って下さい。
- 3 おおのこの質問は、ただ一つの答えを選んで下さい。
- 4 記入もれのないようにして下さい。

- ① お答えいただける地震の起きた日時を教えてください

平成 年 月 日 時 頃

- ② あなたは、この地震を感じましたか?

- 1 感じた 2 感じなかった

- ③ あなたは地震の時、どこにいましたか?

- 1 家(建物)の中にいた 2 屋外にいた
- 3 その他 ()

- ④ その場所を例えば“〒236-0005 金沢区並木町5丁目12-10-102”のように詳しく教えてください

〒 住所:

- ⑤ ②で「1 家(建物)の中にいた」と答えた方、家(建

物)のどの階にいましたか?

()階建ての建物の()階にいた

- 1 全然驚かなかった 2 少々驚いた 3 かなり驚いた
4 非常に驚いた 5 このうえなく驚いた

⑧ 地震のとき、寝ていた方にうかがいます。

1 寝ていなかった(または、他に誰もいなかった)ので、
答えられない

2 地震時には、あなたも含めて()人が寝ており、
()人が目を覚ました

⑨ 戸外にいた方に伺います。樹木とか外灯、停車中の自動車の地震による動きを認めましたか?

- 1 注意を向けなかった
2 見たが動きは認められなかった
3 かすかに揺れていた 4 かなり激しく揺れていた
5 音がするほど揺れ動いていた

②で「1 感じた」と答えた方、以後の質問に答えてください。

⑦ あなたは地震の時、電灯やスイッチの紐、カレンダーなどのつるしてある物が揺れ動くのを認めましたか?

- 1 注意しなかった 2 見たが動きは認められなかった
3 かすかに揺れた 4 かなり激しく揺れた
5 非常に激しく揺れた

⑩ 別紙の絵をご覧になって、今回の地震の状況はどの震度の絵に当てはまりますか?

震度()の絵です。

アンケートにご協力ありがとうございました

⑤ 食器類とか、窓ガラス・戸・障子などの動きは認められましたか?

- 1 気が付かなかった 2 かすかに音を立てた
3 ガタガタと音を立てて動いた
4 激しく音を立てて動いた
5 非常に激しく動き、食器・皿・ガラスなど割れたり、戸障子がはずれたものもあった
6 食器類、ガラスなどの破損が目立った
7 ほとんどが壊れた

参考文献

- 1) Torii, M., Abe, S., Suzuki, M., Shinbo, T., Saito, M. and Midorikawa, S.: Investigation for earthquake disaster mitigation using the dense strong-motion network in Yokohama, Japan, *Proc. of the 2nd International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Vol.1, pp.341-350, 1998.
- 2) 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.241-252, 1979.
- 3) 久家英夫、小林孝至、山中浩明、瀬尾和大: コンビニエンスストアへのアンケート調査による兵庫県南部地震時における地震動強さの推定方法に関する研究、日本建築学会講演梗概集(関東)、21050, 1997.
- 4) 水田敏彦、瀬尾和大: 高密度アンケート調査にもとづく斜面都市長崎の地盤環境—地域のサイズミック・マイクロゾーニングのために—、日本建築学会講演梗概集(九州)、21015, 1998.
- 5) 太田 裕、小山真紀、中川康一: アンケート震度算定法の改訂—高震度領域—、自然災害科学、16-4、pp.307-323, 1998.
- 6) 高田至郎、上田直樹: 計測震度に対応した新しいアンケート震度の算定手法、第10回日本地震工学シンポジウム、pp.631-636, 1998.
- 7) 鶴来雅人、澤田純男、香川敬生、入倉孝次郎、土岐憲三: アンケート調査に基づく兵庫県南部地震の大坂府域におけるサイト特性、第10回日本地震工学シンポジウム、pp.1047-1052, 1998.
- 8) 太田 裕、小山真紀: 地域住民による地震被害迅速把握のためのアンケートシステム、第10回日本地震工学シンポジウム、pp.3497-3502, 1998.

⑨ すわりの悪いもの、例えばコケシ・花瓶・ビン類とか、棚に雑に置いた品物などの動きは認められましたか?

- 1 ほとんど認められなかった 2 わずかに動いた
3 かなり激しく動いた
4 一部が倒れたり、ずり落ちたりした
5 ほとんど全部が倒れ、または落ちた

⑩ タンス・戸棚・本箱など、重い家具の動きは認められましたか?

- 1 動かなかった 2 わずかに揺れ動いた
3 かなり揺れた 4 多少ズリ動いた
5 大きくずれたり、倒れたものもあった

⑪ あなたは、地震のゆれている時間をどのように感じましたか?

- 1 非常に短かった 2 短かった
3 どちらとも言えない 4 長かった
5 非常に長かった 6 いつ終わるとも知れなかった

⑫ あなたは地震に気がついたとき驚きましたか?

- 9) 鶴来雅人, 澤田純男: アンケート調査および地震観測記録から得られるサイト増幅特性の比較, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, pp.201-204, 1999.
- 10) 井上直人, 柴山元彦, 辻江賢治, 領木邦浩, 千田智志ほか: 1995年兵庫県南部地震の広域アンケート調査—高密度領域におけるアンケート震度との関係—, 地震 第2輯, 第51巻, pp.395-407, 1999.
- 11) Seo, K., Samano, T., Yamanaka, H., Hao, X., Takeuchi, M. and Kishino, Y.: A simple procedure for predicting seismic motions with microtremor measurements, *Proceedings of the National Symposium on Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, pp.207-212, 1989.
- 12) 松岡昌志, 翠川三郎, 内山泰生: 小田原市内での強震観測とそれに基づく地盤特性の検討, 地震, 第50巻, pp.1-10, 1997.
- 13) Toshinawa, T., Taber, J. J. and Berrill, J. B.: Distribution of ground-motion intensity inferred from questionnaire survey, earthquake recordings, and microtremor measurements—A case study in Christchurch, New Zealand, during the 1994 Arthurs Pass earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.87, No.2, pp.356-369, 1997.
- 14) Nakamura, Y.: A method for dynamic characteristics estimation of surface using microtremor on the ground surface, *QR of RTRI*, Vol.30, No.1, pp.25-33, 1989.
- 15) 年細巧, 山崎宏晃: 地震観測・常時微動観測に基づくローム台地と沖積低地の地盤振動特性の比較, 土木学会論文集, No.612/I-46, pp.265-274, 1999.
- 16) 年細巧, 西田秀明, 翠川三郎, 阿部進: 横浜市の強震観測点および鶴見地区における地盤振動特性の評価, 東京工業大学地震工学研究グループ報告書, TIT/EERG-97/01, 1997.
- 17) 気象庁: 震度を知る, ぎょうせい, pp.221-234, 1996.

(2000.9.18 受付)

ESTIMATION OF DENSE SEISMIC-INTENSITY DISTRIBUTION IN TSURUMI WARD, YOKOHAMA CITY, BASED ON QUESTIONNAIRE SURVEY AND MICROTREMOR OBSERVATION

Yutaka MATSUDA, Takumi TOSHINAWA, Saburoh MIDORIKAWA and Susumu ABE

This paper aims at making seismic intensity map in Tsurumi ward, Yokohama city, by using the questionnaire survey and microtremors. Questionnaire seismic intensity obtained from the Ohta's method is consistent with subsurface geology and instrumental seismic intensity. Good correlation is also found between instrumental seismic intensity and seismic intensity evaluated from horizontal to vertical spectral ratio of microtremors. Thus, we make an estimation of seismic intensity by using microtremor observation. The estimated seismic intensity is correlated with those obtained from questionnaire and earthquake observation, showing the applicability of the procedure.