

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○齊藤 栄  
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 鋤田 泰子

## 1. はじめに

近年、一般への緊急地震速報の報知が開始され、人間の危険回避のための時間確保などの被害軽減が期待されている。この地震防災のリアルタイム化に伴い、住民の避難行動において「秒単位」の施策が求められるなど、地震防災のあり方が変わりつつある。これまで著者ら<sup>1)</sup>は想定地震の地震動マップにおいて地震動強度だけでなく地震の揺れ最中に行動可能な時間を具体的に示し、時間に応じた最適な避難対策につなげることを目的とし、地震時の避難行動可能時間、すなわち人間が地震による揺れを覚知し、避難行動支障に陥るまでの時間について定量評価を行ってきた。

地震時の人間行動に関する研究は計測震度と関連付けて分析されており、本研究でも計測震度を指標として避難行動可能時間の定量化を進めている。ただし、人間の揺れに対する覚知感覚について分析事例は少ない。とくに、覚知感覚は地震動の性質やその時の人間行動、さらには人間の年齢や性別、身体能力などの人間属性により異なると考えられる。本稿では震度階級 1 から 3 を観測した地震発生後にアンケート調査を実施し、人間が地震動の揺れを覚知する震度とそのばらつきについて明らかにした。

## 2. アンケート調査概要

### (1) 対象地震の概要

アンケート調査の対象となった地震は 2010 年 7 月 21 日 06 時 19 分に奈良県で発生した。地震の震源深さは 58km、気象庁マグニチュードは 5.1 であり、奈良県宇陀市では最大震度 4 が観測されたほか、中部地方から中国・四国地方にかけて震度 3~1 が観測された (図 1<sup>2)</sup> 参照)。家屋、ライフラインの被害については報告されていないが、鉄道に遅れが出るなどの交通に支障がみられた。発生機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ型で、沈み込むフィリピン海プレート内部で発生した地震である。

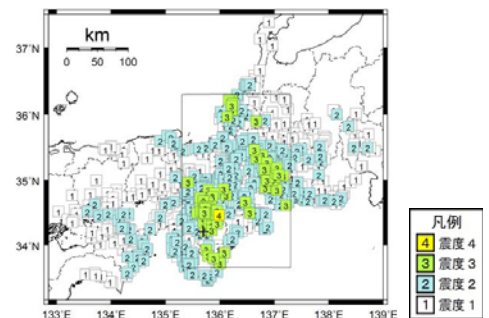


図 1 震度分布図<sup>2)</sup>

### (2) アンケートの概要

アンケート調査は地震発生当日を含む 2010 年 7 月 21 日~23 日に、神戸大学工学部・大学院工学研究科の学生、教員を対象に実施した。アンケート調査票の内容は、①個人の属性（年齢・性別）、②地震時の所在地（市町村）と行動（屋内・屋外の所在、眠っていた・動いていた・静かにしていた・乗り物に乗っていた・その他から選択）、③揺れを覚知したか否か、についての項目で構成されており、回答は全て選択形式である。

## 3. アンケート調査結果分析

調査期間中に得られた回答は 131 件である。回答者の内訳は、男性 115 名・女性 16 名であり、年齢分布は 20 代以下が 9 割以上を占める。また、地震発生時の回答者の状況については、全回答者が屋内（うち、自宅 98%、自宅外 2%）に所在し、住所については兵庫県・大阪府が 9 割を占め、震源である奈良県での回答は 7 件（5%）である (図 2 参照)。地震時の行動については、地震発生が早朝ということもあり、図 3 に示すように回答者の 8 割が睡眠状態であった。

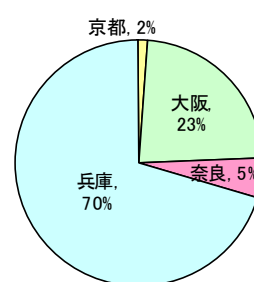


図 2 回答者の住所

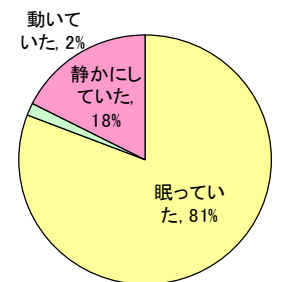


図 3 回答者の行動

調査を学内のみで実施したこと、地震発生が早朝であったこともあり、回答者の属性や地震時の所在・行動について偏りがある。しかし、回答の得られた 28 市 3 町について計測震度を算出したところ、震度 1.0~2.9 の分布する地域からの回答が得られており、同条件下における覚知震度とそのばらつきについて評価が可能である。

次に、揺れに対する覚知状況とその時の行動について述べる。地震時に揺れを覚知したのは 47 名（全体の 36%）であり、そのうち眠っていたのは 31 名であった。また、揺れを覚知しなかった 84 名のうち、眠っていた人は 75 名である。計測震度 2.0 以上の揺れを観測した地域では多く人が「揺れを覚知した」と回答しているが、計測震度 1.1 の兵庫県加古郡など、比較的低震度が観測された地域においても揺れを覚知した回答者がおり、回答者により覚知感度にばらつきがあることが明らかになった。

#### 4. 計測震度による覚知関数の算出

本稿では、回答者全体（131 名）、地震時に眠っていた人（106 名）、地震時に目覚めていた人（25 名）をそれぞれ母集団として、岡田・鏡味<sup>3)</sup>が提案するバルナラビリティ関数と同様に計測震度に対する覚知関数の算出を行った。覚知関数は計測震度の累積対数正規分布に従うと仮定し、下記の覚知率  $P(I)$  で与えた。

$$P(I) = \Phi\left(\frac{\ln I - \lambda}{\xi}\right) \tag{1}$$

ここで、 $\lambda$  は対数平均、 $\xi$  は対数標準偏差。

「覚知した」を 1、「覚知しなかった」を 0 とし、回答ごとに所在の市町村の震度に対する観測値としてサンプルを設定した。 $\lambda$ 、 $\xi$  を求める方法では、確率紙を用いた最小二乗法があるが、観測値には 0 が含まれているため、二変数を変化させて誤差二乗和が最小となる場合の変数を採用した。表 1 に算出された  $\lambda$ 、 $\xi$  を、図 4 はそれらを用いた覚知関数とアンケート調査結果との対応を示す。

表 1 各母集団における対数平均と対数標準偏差

	全回答者 (n=131)	眠っていた人 (n=106)	目覚めていた人 (n=25)
対数平均 $\lambda$	0.587	0.631	0.332
対数標準偏差 $\xi$	0.285	0.268	0.288
50%覚知震度	1.80	1.88	1.39

睡眠している人、目覚めている人の 50%が覚知する計測震度はそれぞれ 1.88、1.39 であり、全回答者については計測震度 1.80 という結果が得られ、睡眠している人と目覚めている人との覚知震度には 0.49 ポイントと一震度階級程度の差異に収まることも確認できた。気象庁震度階級関連解説表には震度階級 1 で、「屋内にいる人の一部が、わずかな揺れを感じる。」、震度階級 2 で「屋内にいる人の多くが、揺れを感じる。眠っている人の一部が、目を覚ます。」と記述されており、本調査の回答者に偏りがあるものの、既往の知見と概ね整合性のある結果が得られたといえる。

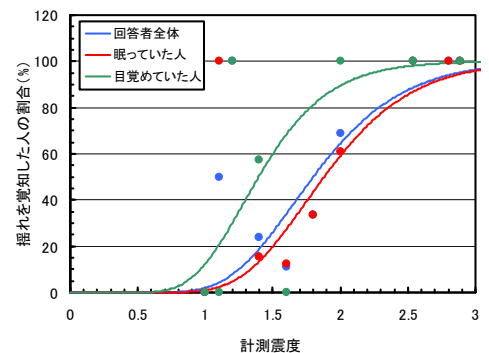


図 4 計測震度に対する覚知関数

#### 5. まとめ

- アンケート調査により人間の地震時の揺れに対する覚知震度について分析を行った結果、睡眠している人、目覚めている人の覚知震度はそれぞれ 1.88、1.39 であり、気象庁震度階級関連解説表と整合的な値が得られた。
- 睡眠している人と目覚めている人の覚知震度は一震度階級程度の差異に収まることが確認された。

【謝辞】本研究では（独）防災科学技術研究所強震ネットワーク、関西地震観測研究協議会の地震観測記録を利用した。ここに記して感謝の意を表す。

#### 【参考文献】

- 1) 鉢田泰子，齊藤栄：瞬間計測震度を用いた揺れ最中の避難行動可能時間の定量化，日本地震工学会論文集第 10 巻，5 号，pp.52-65，2010。
- 2) 気象庁：地震・火山月報（防災編），気象庁ホームページ，<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/index.html>
- 3) 岡田成幸，鏡味洋史：震度による地震被害系統評価のためのバルナラビリティ関数群の構成，地震 2，44，pp.93-108，1991。