

地震時の人間の揺れ感覚に関するリアルタイムアンケート結果

Results of A Real-time Questionnaire on the Vibration Sense of Human During Earthquakes

米田 春美 Harumi Yoneda*1 吉澤 睦博 Mutsuhiro Yoshizawa*2
大本 凜 Rin Ohmoto*3 栗山 章 Akira Kuriyama*4

梗概

気象庁震度は地震の揺れの強さを総合的に表す防災指標として広く認知されているが、地震時の人間の揺れ感覚は、同じ震度でも建物の規模や特徴によって異なる点に留意が必要である。筆者らは、地震時に建物利用者に安心感を与える有効な防災情報の提供を目的として、地震時の建物の揺れに対する人間の揺れ感覚について地震後のリアルタイムアンケート結果を用いて調べた。震度情報と回答者が体感した揺れとの比較や自由記述欄の分析を行い、その結果、震度3以上の揺れに対して人は恐怖を感じ始めることや、震源地から遠方の場合でも長周期地震動による大きな揺れを感じていることが解った。

キーワード：気象庁震度，長周期地震動，リアルタイムアンケート，揺れ感覚

Summary

JMA seismic intensity scale is known for index of intensity of earthquake motion. However, it should be noted that vibration sense of human during an earthquake differs depending on the scale and characteristics of the building even at the same intensity. Aiming at improvement of information support after earthquake, the authors compared seismic intensity scale with the vibration sense of human and analyzed free-description comments using data of real-time questionnaire about earthquake. The responses to the questionnaires show that people begin to feel fear from about JMA seismic intensity 3. In addition, it was found that even people far from the hypocenter feel large shaking during a long-period earthquake motion.

Keywords: JMA seismic intensity scale, long period ground motion, real-time questionnaire, vibration sense

1 はじめに

気象庁震度は地震による揺れの強さを総合的に表す指標として認知されている。気象庁は、かつては気象台の観測員の体感および周囲の状況調査から震度を決定していたが、1996年4月以降は地表面に設置された計測震度計から自動で算出される計測震度の値に応じて震度を発表している¹⁾。気象庁震度階級関連解説表では人の体感・行動、屋内の状況、屋外の状況、木造建物の状況、鉄筋コンクリート造建物の状況が提示されているが、同じ震度でも人の体感や屋内の状況は、建物の規模や特徴によって異なる点が留意点として挙げられている²⁾。東日本大震災で注目された長周期地震動は、震源が浅くマグニチュードが大きくなるほど発生しやすく³⁾、固有周期の長い超高層建物で大きな揺れを生じさせる場合がある。そこで気象庁では、震度では評価しにくい長周期地震動による長周期構造物での揺れを評価するため、2020年9月より長周期地震動階級⁴⁾の発表を開始した。2022年後半からは、緊急地震速報の発報基準にも長周期地震動階級が併用されることが新聞等で発表されており、気象庁からの地震に関する情報発信も多様化する動きがある。情報受信者は、対象の建物の特性を考慮してこれらの地震情報を解釈する必要がある。

著者らは、地震時に建物利用者に安心感を与える有効な防災情報の提供を目的として、地震時の建物の揺れに対する人間の揺れ感覚について調査を実施してきた。建物利用者を対象とした地震後のアンケート調査の既往の研究

*1 技術研究所 研究主任 博士(工学) Senior Researcher, Research & Development Institute, Dr. Eng.
*2 技術研究所 首席研究員 博士(工学) Senior Chief Researcher, Research & Development Institute, Dr. Eng.
*3 アールシーソリューション RC Solution Co.
*4 アールシーソリューション 代表取締役 Chief Executive Officer, RC Solution Co.

としては、東日本大震災の際に建物の揺れや室内被害に対して数多く行われ^{5)~7)}、貴重な知見を与えている。しかしこのようなアンケート調査が実施されるケースは大規模な震災に限られるため、小規模な地震に対してアンケートが実施されないという問題と、地震発生直後に調査が行われないうため、揺れ感覚を忘れてしまうという問題がある。そこで著者らは緊急地震速報や地震計と連動したリアルタイムにアンケートを行うシステムを開発し、人間の揺れ感覚に関するデータを収集してきた。一つは携帯情報端末向けの緊急地震速報アプリケーションの機能の一つとして開発されたものである。アプリは一般公開されているもので、ダウンロード数は600万であり、地震時に不特定多数から面的に幅広くデータを収集している。もう一つは特定の建物利用者に向けたシステムで、建物で地震が観測された直後に自動でwebアンケートを行うものである。7棟の事務所建物を対象として実施中である。全ての建物には最下階と上層階に地震計が設置されており、観測記録とアンケートの回答との関係を確認することができる。

本論文では、将来的な地震後の建物利用者や施設管理者に向けた防災情報の提供を視野に、両システムで集めた主な地震記録に対するリアルタイムアンケート結果と、気象庁震度や長周期地震動階級などの防災指標との対応を分析した。

2 リアルタイムアンケート概要

本論文では2種類のリアルタイムアンケートの結果を分析した。一つは携帯情報端末向けに開発された緊急地震速報通知アプリ⁸⁾に含まれる「ゆれ体感」機能（以降、ゆれ体感と呼ぶ）のデータである。ゆれ体感とは、利用者が経験した地震の揺れに対して、「ゆれない」、「ゆれたかも?」、「ちょっとゆれた」、「けっこうゆれた」、「ものすごくゆれた」の5段階でゆれを投稿し、地図上で共有する機能である (Fig. 1)。また、任意で自身の居る階数や17文字までのコメントも入力可能である。ゆれ体感の投稿は地震発生の有無に関わらず随時入力可能な仕様となっている。ゆれ体感は2015年11月から稼働を開始し、2022年6月30日現



Fig. 1 「ゆれ体感」機能
Function of shaking experience

Table 1 アンケート項目
Questionnaire items

| No. | 質問 | 回答の選択肢 |
|-----|---|--|
| Q1 | 地震の揺れをどこで感じましたか？ (感じなかった場合は地震の時にいた場所を選んで下さい) | ○階/建物に不在/憶えていない |
| Q2 | 地震の揺れを感じた時の状況を教えてください。 (感じなかった場合は地震の時の状況を選んで下さい) | 座位/立位/歩行中/寝位/その他/ わからない、あまり憶えていない |
| Q3 | 地震の揺れを感じて退避行動などをとりましたか？ | なにもしなかった/机の下に潜った/落下物などから体を守った (ヘルメット着用など)/ ドアを開けてすぐ退避できるようにした/その他の行動/あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q4 | あなたが感じた地震の揺れの大きさは、どれくらいでしたか？ | わずかに揺れを感じた/はっきりした揺れを感じたが、行動に支障はなかった/歩いたり動いたりすることに、やや支障があった/立っていることができなかった/揺れに翻弄され、自分の意志で何も行動できなかった/わからない、あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q5 | どのような揺れを感じましたか？複数回答可能です。 | ゆったりとした揺れ/東西南北にぐるぐる回る揺れ/ガタガタと細かく左右に動く揺れ/ 上下に突き上げるような揺れ/突然動きが大きくなる感じの揺れ/揺れが小さくてわからない、あまり憶えていない/あまりに揺れが大きくてわからない、憶えていない/揺れを感じなかった/その他 |
| Q6 | 揺れの長さはどれくらいに感じましたか？ (体感長さ) | 10秒未満/30秒くらい/1分くらい/2分くらい/2分以上/わからない、あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q7 | あなたは地震の揺れている間、怖いと感じましたか？ | 怖くなかった/少し怖かった/怖かった/非常に怖かった/わからない、あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q8 | 地震の揺れに対して気分が悪くなりましたか？ | なんともなかった/めまいがするなど、少し気分が悪くなった/めまいや吐き気でかなり気分が悪くなった/嘔吐するなど、非常に気分が悪くなった/寝込んでしまった/わからない、あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q9 | 震度階ではどの程度の揺れと感じましたか？ (以降、体感震度と呼ぶ。) | 震度1未満~震度6弱以上/わからない、あまり憶えていない/揺れを感じなかった |
| Q10 | その他自由記述して下さい。 | (任意) |

在までで約137万件のデータを蓄積している。

もう一つは、事務所建物を対象とした地震観測システムを利用したwebアンケート⁹⁾(以降、地震アンケートと呼ぶ)の結果である。対象の建物で地震が観測され、加速度がトリガーレベル(1~2cm/s²程度に設定)を超えた場合、その建物で登録された協力者に即時にメール配信がなされ、アンケートページへの回答が促される。地震の揺れを感じた人がその感覚を忘れない内に回答を得るため、アンケートの有効回答期間は地震発生後1週間としている。Table 1にアンケート項目を示す。アンケート項目は大地震後のアンケート調査に関する既往研究を参考に設定した。また、アンケート協力者には事前に年齢、性別に加えて、これまでの地震体験として、阪神大震災および東日本大震災の時に自身が体験した震度と、その他の地震で体感した最大震度に関する情報を登録していただいている。

分析の対象として選定した地震をTable 2に示す。ゆれ体感データは地震の揺れに関係のない不適切な投稿が一定数見られる。そのため地震の規模が小さく投稿件数が少ない場合には、相対的に不適切なデータが多くなる。今回の分析では最大震度で6弱や7を記録した地震で、地震発生後1時間での投稿数(以降1時間投稿数)が2,000以上のものを対象とした。また長周期地震動階級1以上が観測され、投稿数が5,000を超えた地震も分析対象に追加した。

Table 2 分析対象の地震
Earthquakes for analysis

| 地震 No. | 日時 | 震源 | マグニチュード | 最大震度 | 最大長周期地震動階級 | 1時間投稿数 |
|--------|------------------|---------|---------|------|------------|--------|
| 1 | 2016/4/1 11:39 | 三重県南東部 | 6.5 | 4 | 階級1 | 5,747 |
| 2 | 2016/4/16 1:25 | 熊本県熊本地方 | 7.3 | 7 | 階級4 | 9,403 |
| 3 | 2016/10/21 14:07 | 鳥取県中部 | 6.6 | 6弱 | 階級3 | 6,291 |
| 4 | 2018/6/18 7:58 | 大阪府北部 | 6.1 | 6弱 | 階級2 | 2,633 |

3 「ゆれ体感」データの分析結果

3.1 データの投稿状況について

地震発生後1時間の各地震におけるゆれ体感データの投稿件数の推移をFig. 2に示す。No.1, 3, 4の3つの地震については概ね最初の10分間で多くの体感の投稿がなされ、その後は穏やかに増えていく。No.3については地震発生の約45分後に局所的にわずかに投稿が増えている。これはこの時間に発生した余震に対して緊急地震速報が発報された影響と考えられる。No.2については、本震の約20分後にも最大震度6弱の地震が発生し緊急地震速報が発報した影響により、その増え方は他の地震と比較して大きくなっている。

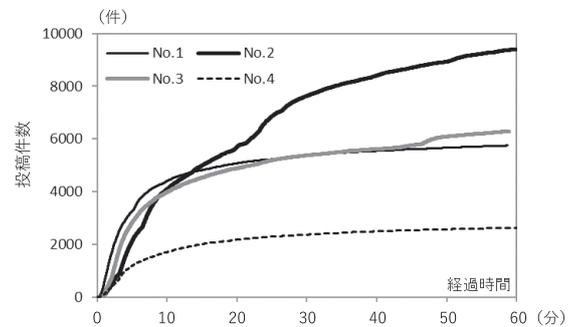


Fig. 2 体感データの投稿件数の推移
Plot of responses versus time

3.2 計測震度分布との比較

ゆれ体感データには回答者の緯度・経度の位置情報が含まれる。その位置情報を用い、地震動マップ即時推定システム¹⁰⁾上で公開されている地震動マップ(確定)(以降、QuakeMap)の推定計測震度分布と比較した。地震No.2(2016年熊本地震)について、地震発生後10分間のゆれ体感データと推定計測震度分布を重ねてFig. 3に示す。以降、ゆれ体感の「ゆれない」を「無感」とし、「ゆれたかも?」、「ちょっとゆれた」、「けっこうゆれた」、「ものすごくゆれた」をそれぞれ「揺れ1」、「揺れ2」、「揺れ3」、「揺れ4」と表現する。無感は日本全国に分布し、揺れ1は無感よりやや範囲が狭くなり、人口の多い都市部からの投稿が目立つ。揺れ2は震源地に隣接する地方からの投稿が増え、揺れ3、揺れ4は震源地付近および都市部に集中している。以降の検討では、QuakeMapで推定計測震度が得られる範囲内で投稿された体感データの内、地震発生後1時間以内のものを分析対象とした。また同じユーザーから複数回投稿されているデータは投稿時間の最も早いものを抽出した。ここでスマートフォンのGPSおよびQuakeMapの推定計測震度は、いずれも数百メートルの誤差を含む可能性がある点、またQuakeMapの推定計測震度は面的に推定された計測震度であり、実際の計測震度とは異なる点、についても留意する必要がある。体感毎の推定計測震度の箱ひげ図を各体感の投稿数と共にFig. 4に示す。各体感の中央値は推定計測震度と概ね比例関係にある。推定計

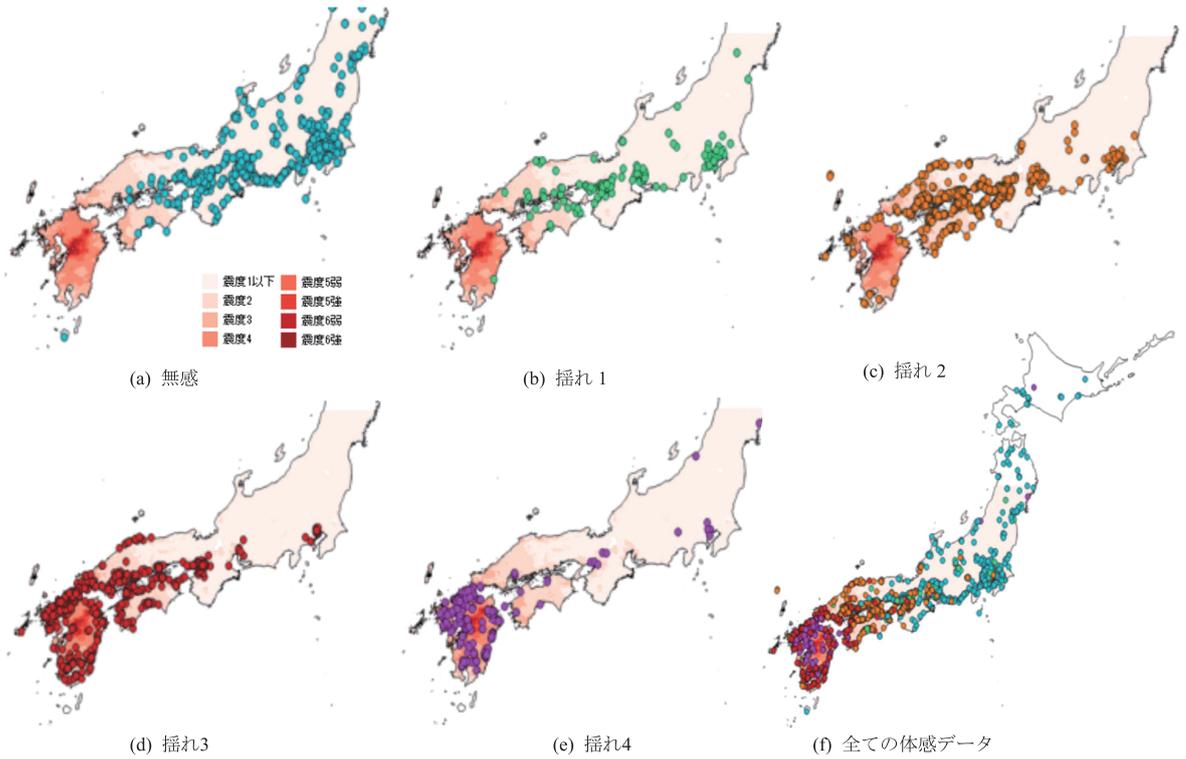


Fig. 3 推定計測震度分布とゆれ体感マップ (No.2 熊本地震本震)
 Estimated Instrumental Seismic Intensity distribution and shaking sensation map (No.2 Kumamoto earthquake)

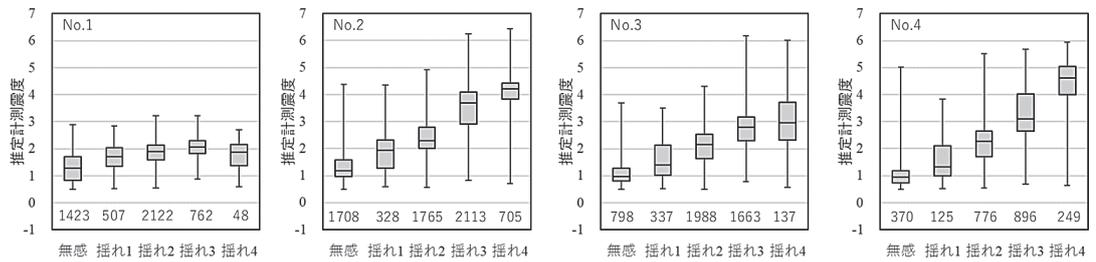


Fig. 4 推定計測震度と体感データの関係
 Relationship between shaking experience answer and estimated seismic intensity

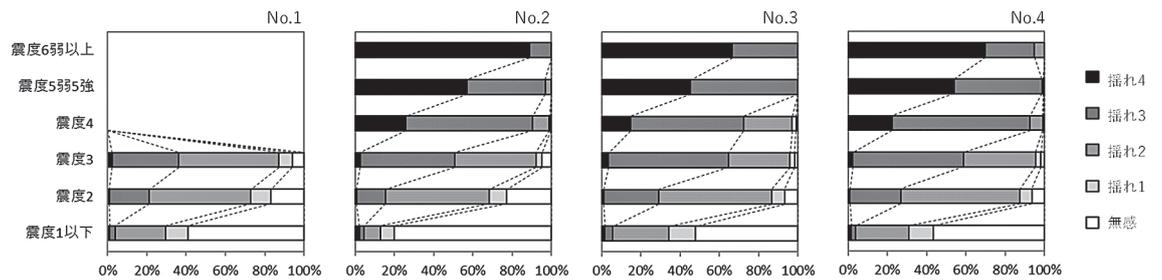


Fig. 5 推定震度階別の体感データの割合
 Ratio of shaking experience answer and estimated seismic intensity

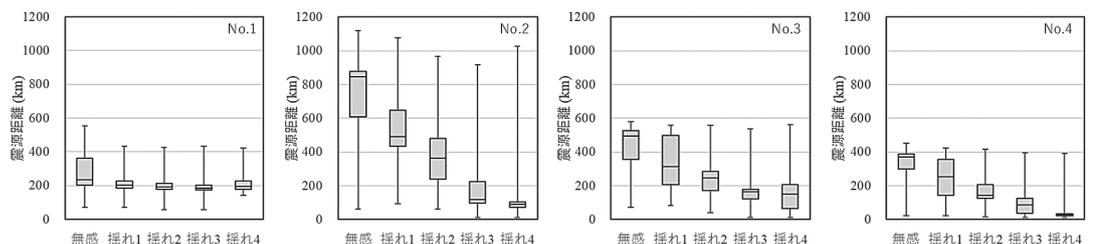


Fig. 6 震源距離と体感データの関係
 Relationship between shaking experience answer and hypocentral distance

測震度を震度階で整理した推定震度階毎の体感データの割合をFig. 5に示す。震度1以下は無感、震度2は揺れ2、震度3、4は揺れ3、震度5弱以上は揺れ4が最も多くなる傾向がある。No.1～4の全ての地震で、震度1以下の揺れ4の割合が震度2の揺れ4の割合より大きくなる現象が見られた。これは一定数の不適切なデータの影響が考えられる。体感毎の震源距離の箱ひげ図をFig. 6に示す。No.1やNo.3では震源地から200kmとやや遠く離れた範囲にも揺れ4と感じた人が多いのに対し、No.2やNo.4では約100km以内に集中している。No.1やNo.3では人口の多い大阪府や愛知県でも長周期地震動階級が観測されている。特にNo.1の揺れ4の回答のほぼ全てが震源からの距離が150km以上となっており、長周期地震動による影響の可能性と考えられる。

3.3 任意コメントについて

任意コメントはゆれ体感データ総数に対し、いずれの地震も概ね4割前後入力されていた。文字数は17字という制限があるため、その内の9割は10文字以内程度の短いものであった。コメントの内容について、震度7を計測した地震No.2と大都市における震源近傍の直下地震のNo.4について検討した。揺れや被害の「状況」や揺れに対する「感覚／感情」、震源地を「応援／心配」するもの、「その他」に分類し、Table 3にコメントの分類とその例、分類別の割合をFig. 7に示す。No.2については経過時間における分類別の割合の推移も示す。No.2とNo.4を比較すると、No.2では「応援／心配」が最も多く、No.4では「状況」が最も多い。No.2も地震発生直後は「状況」が最も多かったが、時間の経過と共に「応援／心配」が増加している。ニュース等で地震を知ったユーザーにより、アプリの機能が情報伝達や被災地の応援などの掲示板としての役割を果たした例である。No.4でも「応援／心配」が多く投稿されたが、No.2と比較するとその後の余震は少なく、割合も小さかった。体感との対応では揺れ2以下の場合には「応援／心配」が多く、揺れ3以上で「感覚／感想」の切迫感・疲労感が伝わるコメントが増える。回答者の推定計測震度が震度階3程度から「怖かった」といったコメントが増え始めていた。

Table 3 任意コメントの分類と例
Classification of additional comments and example

| 分類 | No.2 (熊本地震本震) | No.4 (大阪府北部の地震) |
|-------|----------------------------------|------------------------------|
| 状況 | ものすごかった／ガラス割れた／家が崩れた／余震多い／地鳴り／長い | めっちゃ揺れた／突き上げる揺れ／横揺れ／室内散乱／地響き |
| 感覚／感想 | 怖かった／やばい／眠れない／もう嫌だ／死ぬかと | びっくり／怖かった／やばい／死ぬかと思った |
| 応援／心配 | 大丈夫？／心配／頑張って／気を付けて／頑張ろう／応援ありがとう | |
| 上記以外 | ゆれくる遅い／彼女募集中／南海トラフの前兆？ | |

※「応援／心配」やそれ以外は、地震による違いに特徴的なものは見られなかった。

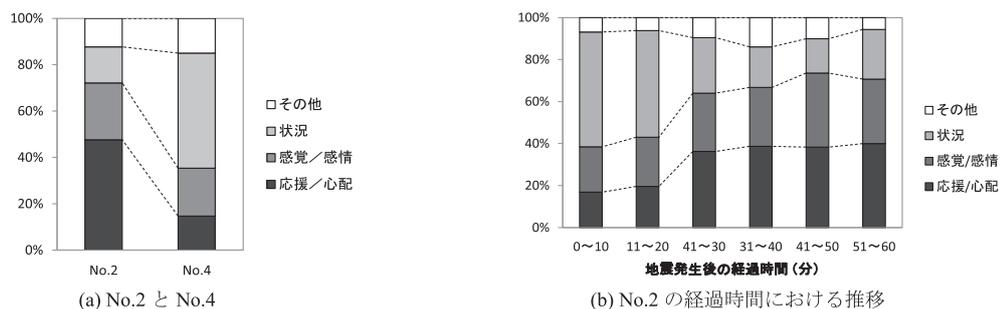


Fig. 7 任意コメントの分類の割合
Ratio of classifications of additional comments

4 地震アンケートの分析結果

4.1 地震観測結果および各アンケート項目について

大阪市中央区に建つMビル (RC造, B4F9) で、震度5弱を観測した地震No.4についての結果を報告する。Mビルは震央距離で約20kmに位置しており、Table 4に示す揺れを建物内で観測した。本建物において地震アンケートの開始以降、最大の地震が観測されたため、webアンケートの協力者へのリアルタイムアンケートに加え、協力者以外の建物利用者にも範囲を広げて、Table 1に示すアンケート項目の緊急アンケートをオフラインでも実施し、6/18~

6/27の期間で合計156件の回答を得た。勤務開始時刻の約30分前に発生した地震であったため、地震発生時にビル内にいた回答者は66人、ビル以外にいた回答者は90人で、電車内にいた人が多かった。ビル以外の場所では揺れを感じなかった人もいたが、ビル内では全員が揺れを感じたという回答であった。

ビル内にいた人のアンケート結果をFig. 8に示す。アンケートの回答者の男女比はおよそ8:2であり、年齢別割合では50代以上が約半数であった。回答者が居た階の分布はFig. 8 (b)の通りである。揺れを感じた時の姿勢(Q2)は「座位」の人が多数で、退避行動(Q3)については「何もしなかった」が最も多く、2番目に多い回答は「机の下に潜った」であった。行動難度(Q4)は、「行動にやや支障がある」以上の回答が60%を超えた。感じた揺れ(Q5)については、「上下に突き上げるような揺れ」という回答が55%で最も多く、次いで「突然動きが大きくなる感じの揺れ」、「ガタガタと細かく左右に動く揺れ」が続いた。揺れの体感長さ(Q6)は「30秒くらい」「10秒未満」の回答が約90%をしめ、直下地震で継続時間が短い短周期成分の揺れを感じた回答が多かった。その一方で「ゆったりとした揺れ」という回答や「1分以上ゆれた」という回答も見られた。恐怖感(Q7)を見ると、「怖くなかった」という回答は6%で非常に少なかった。体調面(Q8)では「なんともなかった」人が大多数であるが、約20%が「少し気分が悪くなった」「気分が悪くなった」を選択している。

設問同士の関係をFig. 9に示す。姿勢と行動難度の関係では、座位に比べて立位や歩行中の方が、揺れに対して行動に支障を感じた割合が多い。体感長さや恐怖感の関係をみると、体感長さが長いほど、恐怖感を感じている傾向が見られた。体感震度と恐怖感の関係をみると、概ね体感震度と恐怖感に相関関係が見られ、体感震度4以下では「怖くなかった」、「少し怖かった」が多く、体感震度6弱では「怖かった/非常に怖かった」が多くなった。

階数と各設問との関係をFig. 10に示す。行動難度については、4階以上で「行動にやや支障があった」以上の回答が多くなり、体感震度についても、5階以上で「震度5弱」以上の回答が多くなり、上階ほど揺れの感覚が大きくなる傾向が見られた。一方で、恐怖感については必ずしも上階ほど「怖かった」「非常に怖かった」という回答が多くなるはならなかった。

Table 4 Mビルでの観測記録
 Observation records at the M-building

| 地震 No. | 発生日時 | 階 | 計測震度 | 最大加速度(cm/s ²) | | | 長周期地震動階級 |
|--------|----------------|-----|------|---------------------------|-------|-------|----------|
| | | | | NS | EW | UD | |
| 4 | 2018/6/18 7:58 | 9階 | 5.2 | 88.0 | 268.7 | 151.6 | 階級1 |
| | | B4階 | 4.5 | 61.5 | 164.9 | 102.2 | |

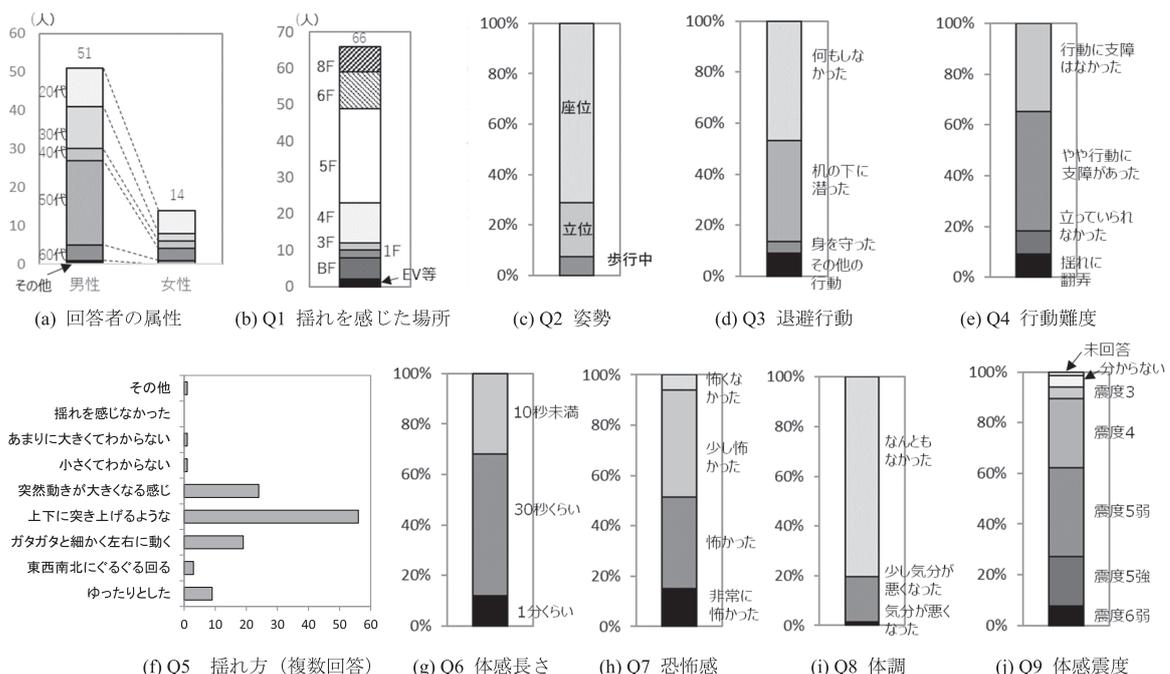


Fig. 8 アンケートの回答
 Results of the questionnaire

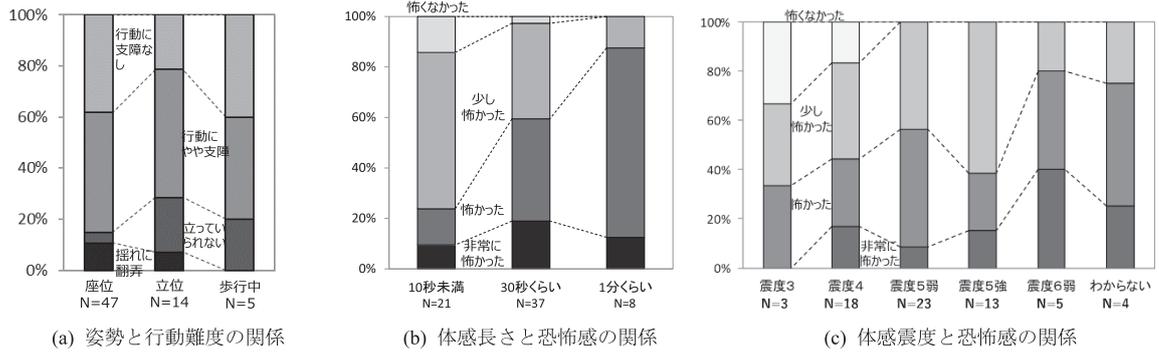


Fig.9 設問同士の関係
Relationship between questions

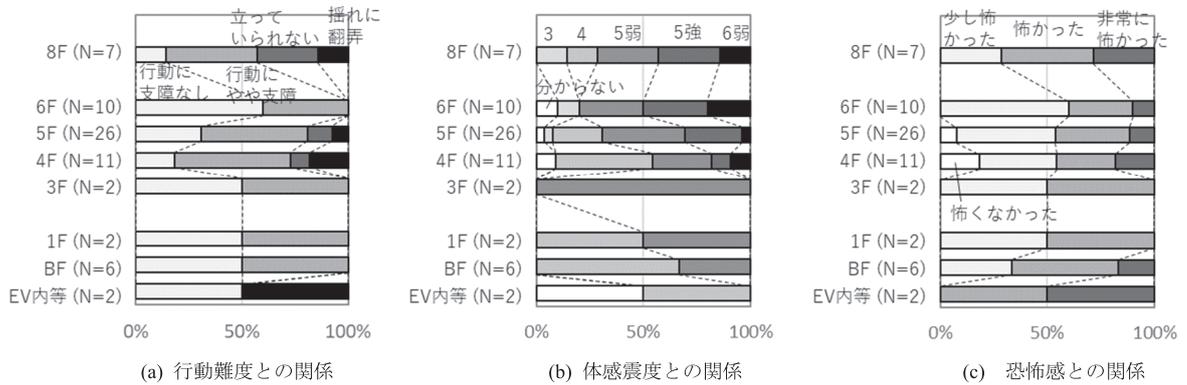


Fig. 10 階数と各設問との関係
Relationship between floor and questions

4.2 任意コメントについて

任意コメントについては、回答者の約6割が記入し、平均で100字弱とかなり詳細に記述されていた。Table 5にコメントの分類と例を示す。揺れ方について、概ね選択式の設問と傾向が一致したコメントが多く見られた。阪神・淡路大震災や東日本大震災との違いを言及したコメントが若干あった。行動については、とっさに行動した、周りの様子を見て行動をした、何もできなかった等、様々であった。過去の経験や地震に対する知識のある人は意外と冷静でいられた様子であった。室内状況については大きな被害はなかった様子であった。しかし回答の中には、それでもパニックになり、揺れそのものでなく、物が散乱する様子を見て、恐怖を感じたというコメントもあった。電話等の不通は無かったものの、その後の電車の不通等、非日常の様子に不安を感じたという回答も見られた。その他、地震直前～揺れている最中の大きな音に対して不安を感じたコメントも複数みられた。

Table 5 任意コメントの分類と例
Classification of additional comment and examples

| 分類 | コメント例 |
|-------|---|
| 状況 | 大きく上下に突き上げる揺れ→細かくガタガタ→ゆったり／阪神や東北とは異なる揺れ |
| 感覚／感想 | めまいかと思った／酔った／周囲は冷静であった／怖かった／恐怖感は無かった |
| 行動 | 机の下に潜った／危険な場所から距離を取った／その場にしゃがんだ／周囲を見て行動した |
| その他 | 揺れと同時に（または途中で）速報が鳴った／直前にドドドという大きな音／書類が崩れた |

5 考察とまとめ

地震時に建物利用者に安心感を与える有効な防災情報の提供を目的として、地震時の建物の揺れに対する人間の揺れ感覚について調査を行った。本論では地震の揺れに関する2種類のリアルタイムアンケートシステムを用いて、アンケート回答者が経験した地震の揺れに対する人間の揺れ感覚について検討した。アンケートシステムの一つは

携帯情報端末向けアプリの一機能として開発されたもので、もう一つは事務所建物を対象とした地震観測システムを利用したwebアンケートである。回答者の位置情報から推定された震度情報や観測された震度情報と体感した揺れの回答との比較を行った。

携帯端末向けアプリのアンケートの回答では、推定震度階毎に見ると、概ね震度1以下は「ゆれない」、震度2は「ちょっとゆれた」、震度3, 4は「けっこうゆれた」、震度5弱以上は「ものすごくゆれた」が最も多くなる傾向があった。

「ものすごくゆれた」を選択した回答者の震源距離の中央値を比較すると、大都市直下の地震4では約25kmであったが、その他の地震では約100~200kmでありやや遠距離でも大きな揺れを感じており、長周期地震動による揺れによる影響の可能性が確認できた。アプリのアンケートの必須の質問項目は揺れの大きさのみであるが、コメント欄には周囲の状況や恐怖感、被災地への応援が記載されていた。

地震観測を行っている9階建ての事務所建物を対象としたアンケートシステムでは、震央距離が約20kmと近傍で発生した地震4について、webによるリアルタイムアンケートと地震発生から10日間の間に実施した緊急アンケートの結果を合わせて報告した。地震の揺れ方については55%の回答者が「上下に突き上げるような揺れ」を選択し、揺れの継続時間では88%の回答者が30秒以下を選択した。震源近傍の直下地震の特徴である継続時間が短く主に短周期の揺れを体感していることがアンケート結果に表れていた。揺れの大きさについては「行動にやや支障があった」またはそれ以上の揺れという回答が6割以上、恐怖感については「怖くなかった」は6%であった。自由記述のコメント欄から、過去の地震経験や地震に対する知識を元に、地震に対する恐怖感が軽減されたという記述が多かった。一方で、物が散乱する様子を見て、恐怖を感じるケースや、電車の不通などの非日常の様子から不安を感じたケースもあった。

今後の展開として、建物利用者の体感と建物の観測記録から建物利用者にとって有効な防災情報を推測し、必要に応じて建物の健全性等の情報を施設管理者に提示する等により、地震発生時の事後対応や建物利用者の不安感の軽減に役立てられると考えられる。さらに将来的には、リアルタイムアンケートから地震に対する人間の振動感覚に関する知見を得て、人間の地震の揺れの感じ方を建物の設計時の耐震性能評価に活用していくことを検討していきたい。

参考文献

- 1) 気象庁：計測震度の算出方法， https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.html (参照2022-06-23)。
- 2) 気象庁：気象庁震度階級関連解説表， <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html> (参照2022-06-23)。
- 3) 気象庁：長周期地震動の特徴， https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/choshuki/choshuki_eq2.html (参照2022-06-23)。
- 4) 気象庁：長周期地震動階級および長周期地震動階級関連解説表について， https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/ltpgm_explain/about_level.html (参照2022-06-23)。
- 5) 気象庁地震火山部：長周期地震動に関する情報のあり方 報告書 資料2：高層ビルにおけるアンケート調査票およびアンケート調査結果，平成24年3月
- 6) 田村和夫他：2011年東北地方太平洋沖地震における東京の高層住宅での揺れと室内被害および対応行動に関するアンケート調査，日本建築学会技術報告集，第18巻，第39号，pp.453-458，2012年6月
- 7) 肥田剛典他：アンケート調査と強震記録に基づく2011年東北地方太平洋沖地震時における超高層集合住宅の室内被害－不安度と行動難度および家具の転倒率の検討－，日本建築学会構造系論文集，Vo1.77，No.677，pp.1065-1072，2012年7月
- 8) アールシーソリューション株式会社：スマートフォンアプリ紹介， <http://www.rcsc.co.jp/yurekuru> (参照2022-06-23)。
- 9) 米田春美他：地震時の建物の揺れに対するアンケートシステムの開発，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅱ，pp.399-400，2017年7月
- 10) 国立研究開発法人産業技術総合研究所：地震動マップの即時推定システム (QuiQuake)， <https://gbank.gsj.jp/Quake/index.html> (参照2022-06-23)。