

2. 地震の揺れが人間に及ぼす影響

2.1 地震発生時における人間行動についての文献調査

(1) 人間行動のアンケート調査をまとめた文献例

地震時の人間行動については、1974 年伊豆半島沖地震やえびの・吉松地震の調査報告があり、それ以来、地震発生後には多くの研究者により地震発生時の人間行動について調査が行われてきた。

ここでは、表 2.1 に示す 11 の地震を対象として、人間行動についての問いを含むアンケート調査の結果とその概要を示す。

表 2.1 アンケート調査が行われた地震

発生時間			地震名	最大震度	死者数
1978 年	6 月 12 日	17 時 14 分	宮城県沖地震	5	28
1984 年	9 月 14 日	8 時 48 分	長野県西部地震	—	29
1987 年	12 月 17 日	11 時 8 分	千葉県東方沖地震	5	2
1993 年	1 月 15 日	20 時 06 分	釧路沖地震	6	1
1995 年	1 月 17 日	5 時 46 分	兵庫県南部地震	7	6434
2001 年	3 月 24 日	15 時 28 分	芸予地震	6 弱	2
2003 年	9 月 26 日	4 時 50 分	十勝沖地震	6 弱	1
2003 年	5 月 26 日	18 時 24 分	宮城県沖の地震	6 弱	0
2004 年	10 月 23 日	17 時 56 分	新潟県中越地震	7	68
2005 年	3 月 20 日	10 時 53 分	福岡県西方沖地震	6 強	0
2007 年	3 月 25 日	9 時 41 分	能登半島地震	6 弱	1

① 1978 年宮城県沖地震（1978 年 6 月 12 日 17 時 14 分）における調査例

太田・大橋等^{1), 2)}は、地震後にアンケート調査と面接による調査を行っている。まず、アンケート調査結果より、各地の震度分布を算定し、その震度毎に地震時における行動の出現頻度をまとめている。本人の意志とは無関係な受け身の行動（倒れる、けがをす等）は、震度Ⅳより出現し始め、震度Ⅴ～Ⅵくらいで 50%の割合となり、震度Ⅶで 100%に近づいている。一方で、本人の意志に基づく能動的な行動については、震度のみで行動を説明することは難しいとしている。さらに、面接調査では、地震時に屋外に避難する行動が少なくないとしているが、主婦に関しては、夕食の支度時間であったこともあり、火を消す、もしくは子どもを守る行動を活発に行っているとしている。

近江・等^{3), 4)}は、地震時のとっさの行動と揺れに応じた行動に分けてアンケート調査を行っている。自宅でのとっさの行動は、火の始末、様子を見た、子供・老人などの保護が多く、揺れに応じた行動では、屋外に飛び出した、物陰に身を寄せた、じっとしてい

たが多かった。職場・学校では、様子を見たが多く、揺れに応じた行動では、机の下に隠れた、じっとしていたが多かった。さらに、数量化法による分析から、人間の行動に結びつく要因として、「地震時の状況とそこでの役割・編成」、「人のいた場所の性格の違い」、「要介護者の存在」、「していた行為」等が主要なものであるとしている。年齢・性別による行動の特徴としては、若年女性が火の始末・乳幼児保護の行動をとり、また学童が机の下に隠れる行動が特徴的となっていた。

② 1984年長野県西部地震（1984年9月14日8時48分）における調査例

廣井等⁵⁾は、地震時における住民の心理ととっさの3番目までの行動について調査を行っている。最初の行動としては、じっと様子を見ていたが27.9%、動けなかったが23.7%、火の始末をしたが15.8%となっている。2番目の行動としては、安全な場所に隠れるが12.1%、まわりの人に声をかけたが12.7%、家の外に飛び出したが10.7%となっている。3番目の行動では、まわりの人と声をかけあったが18.0%、まわりの方の安全を確かめたが15.5%となっている。調査対象中、地震時に火を使っていた人は20.8%であり、そのうち82.5%の人が火を消していた。

③ 1987年千葉県東方沖地震（1987年12月17日11時8分）における調査例

廣井等⁶⁾は、とっさの行動について市原市、長南町、長生村の市町村別に調査結果を整理している。長生村では様子を見ていた人は34%と他の市町と同程度であったが、動くことも歩くこともできなかったが14.0%、外に飛び出したが23.0%と動と静が比較的明確に別れる傾向が特徴であり、また同じ調査内での驚愕度調査で非常に驚いた人の割合が85.0%と最も多かった。

④ 1993年釧路沖地震（1993年1月15日20時6分）における調査例

村上等⁷⁾は、高層マンションと団地を対象に戸別訪問し、面接により調査を行っている。地震時の行動としては、火を消す・家具をおさえる・子供を守る・避難路を確保するが多かった。初期微動の10秒弱の時間の中に、危険防止行動や退避移動を行い、停電後に動けなくなった場合が多かった。

岡田⁸⁾は、35世帯の面接による調査より、揺れの最中の人間の行動に加えて、おおよその地震時の床応答加速度の算出とその際の行動能力について検討を行っている。初期微動中の人間の行動は、各世代とも活発に家具保持、弱者介護、火気始末、退避移動を行っていたが、主要動時には停電したこともあって状態保持が多かった。また、初期微動中の行動の年代・性別の特徴としては、30代女性は幼児介護、40代女性は火気始末の行動が多かった。地震時の床応答加速度と行動能力の関係については、200gal以下の初期微動時では、1つの行動に2.5～5秒の時間を要し、移動速度は0.3～0.8m/秒であったとしている。

是永等⁹⁾は、地震発生時の被害や避難についての調査の中で、とっさの行動について調査を行っている。じっとして様子を見ていたが23.6%、動くことができなかったが17.5%と静止していた人が約4割を占め、ドアや窓を開いた32.0%、家具などが倒れないように押さえたが23.6%となっていた。また、揺れている最中の行動で、自宅の中の石油ストーブを消した人が73.8%と多かった。

⑤ 1995年兵庫県南部地震（1995年1月17日5時46分）における調査例

翠川¹⁰⁾は、被災者の体験談等の資料と震度分布のデータから、震度毎の揺れの最中の人の行動について詳細にまとめている。震度5程度では自己の安全をはかる能動的な行為が可能であるが、震度6強程度以上になると能動的な行為は非常に困難であるとしている。また、震度5程度までは、冷静さが保てるが、それ以上になると大きな恐怖心を感じるとしている。

金等は¹¹⁾、日本建築学会近畿支部会員を対象にアンケート調査を行っている。揺れが続いている間の行動としては、様子を見ながら待った、何もできなかった、飛び起きた、家族に声をかけた、が多く見られたとしている。

大津等¹²⁾は、建物全壊率・死者発生率の最も高い魚崎地区・本山地区を対象に調査を行っている。激しく揺れている最中の行動は、何もできなかったが約70%、自分の身を守るのに精一杯が約20%となっており、2つの行動をあわせて考えると何かをすることが非常に困難であることを示している。また、被災者の多くは、家族に声をかけることはできても、家族をかばうこともできず、また机の下に隠れることも極めて困難であったとしている。

飯島等¹³⁾は、アンケート調査から地震時の震度の推定と揺れている最中に何もできなかった人の割合について検討している。アンケート震度4では30%超、同震度5では55%程度、同震度7では75%程度の人が何もできなかったとしている。

金等は¹⁴⁾、地震時における家族の役割にもとづいた行動について分析を行っているが、妻が意識的に乳幼児を守る行動以外に明確な役割分担は見られなかったとしている。

岡崎等¹⁵⁾は、震度7の地域のひとつである淡路島の北淡町でのアンケート調査を行っている。大半が就寝中であつたこともあり、何もできなかった人が86%と最も多く、家族の安否確認、自分を守る、火を消す行動が多かったとしている。

⑥ 2001年芸予地震（2001年3月24日15時28分）における調査例

廣井等¹⁶⁾は、地震時のとっさの行動と能動的な対応行動に分けて調査を行っている。地震直後のとっさの行動では、様子を見たが6割、動くことができなかったが2割となっており8割の人が行動を中断・動けなかったとしている。また、机の下に隠れたとした人は7%程度であつた。地震時の対応行動では、子ども・老人・病人の安全を気遣う行動をした人が1割強でもっとも多かったが、同様に1割の人が屋外に飛び出した結果

となっている。

⑦ 2003年十勝沖地震（2003年9月26日4時50分）における調査例

金子¹⁷⁾は、地震時の行動の分類と地震観測網による地表面速度と行動の可否について検討を行っている。地震時の行動としては、移動・外に出る・机の下に隠れるが最も多く、21～40歳で弱者保護、61歳以上で火気始末が多かった。また、揺れの最中に行動をおこした人の割合と地表面最大速度を整理すると、やはり速度が小さい場合に行動を起こす人の割合が多い傾向が見られる一方で、最大速度が76cm/秒でも半数の人が行動をおこしていた。

岡田等¹⁸⁾は、人の負傷は室内散乱状況に加えて人間の行動が主要因であるとし、人間行動の調査とそれを通して得られた知見から負傷を防ぐための規範行動を提案している。発生時刻が未明の時間帯であったため、多くが睡眠中で行動できず静止状態で留まっていた。また、就学前の幼児は、地震の揺れにもかかわらず気づかず眠り続けていたとの事例が多かった。この調査からは家具の転倒や家屋の損傷と人間の負傷に必ずしも比例関係が成立していない結果となった。

⑧ 2003年宮城県沖の地震（2003年5月26日6時24分）における調査例

金子等¹⁹⁾は、震度5弱の比較的小さい地震ではあるが、高層建物の上層部にいた人の行動について調査・研究を行っている。住宅では、倒れそうな物を抑えた、扉を開けた、家族に声をかけた・かばった、火を消した等の積極的な行動が見られ、一方でオフィスでは、身構えた、何もできなかった人が多く、机の下にかくれた、扉を開けたという人は多くはなかった。また、震度4～5程度の揺れであっても、行動に支障が生じると答えた人が6割程度いたとしている。

田中等²⁰⁾は、仙台市と大船渡市の津波危険地域で調査を行っている。落ち着いて様子を見た人が最も多く、殆ど動けなかった人を含めると約7割となる。一方で、火の始末をした、戸や窓を開けた、子どもや老人を保護したなどの防災行動も比較的多く取られている結果となっている。防災行動をとったひとは女性に多く、また火の始末は大船渡市で47%、仙台市で26%となっている。

⑨ 2004年新潟県中越地震（2004年10月23日17時56分）における調査例

岡田等²¹⁾は、個別聞き取り調査により人間行動が負傷に与えた影響を考察している。調査対象71名中44名が主要動の揺れでは状態保持（静止）していた。揺れの最中に、移動、家具支持、火気始末の行動を取った者が負傷している。また、サンプル数が少なかったが、子どものいる家庭で弱者介護に伴う負傷が見られた。

小山等²²⁾は、地震の本震だけでなく、余震時における行動についても調査を行っている。本震の初期微動時には、余裕なし、じっとしている、安全確保のための行動を取る

人が各々3分の1ずつとなっていたが、主要動の際には、外に避難する人の割合が多くなっている。また、余震の初期微動時および主要動時には、余裕なしの回答が減り、じっとしている、外へ避難する行動の割合が増えている。

⑩ 2005年福岡県西方沖地震（2005年3月20日10時53分）における調査例

金子等²³⁾は、地震時における調査結果を建物の上層・中層・下層に分けて整理している。地震で揺れている間は、呆然とした人が最も多く、上層ほど多い傾向にあった。上層の方が揺れが大きく、家具転倒や散乱被害が大きかったこととも関連して、物や人につかまった人も同様に上層や中層で多い結果となった。

⑪ 2007年能登半島地震（2007年3月25日9時41分）における調査例

岡田等²⁴⁾は、地震時における人間行動が負傷に与えた影響を検討している。行動については、初期微動時には地域差があるものの、さらに静止していた人の割合が高く、火気始末、外への避難が多かったが、主要動時には、静止の割合が高くなると同時に屋外への避難の傾向も高くなっている。子どものいる家族では、揺れの最中には静止する人が多い中で、子どもと他室への移動や家族保護の積極的な行動が見られた。

(2) 地震時における人間行動の研究について

これまでに地震時における人の行動調査や人の負傷原因、家具の転倒等の研究は、被害地震発生ごとに実施されてきているが、一方で地震時の揺れが人間の行動に与える研究については少ない。地震時の行動調査では、人の記憶をもとにした研究であるため定量的な評価が難しく、また人の行動の定量的評価のための振動台実験については、実験中の安全確保や倫理面の問題からその実験数は極めて少ない。また、人間行動については、人の運動能力的側面、生理的側面、心理的側面等から論ずる必要があり、研究の困難さゆえに未着手の分野の一つとなっている。

ここでは、数少ない研究例のうち

- ① 地震時における人間行動のシミュレーションモデルの構築
- ② 振動台を用いた人間の行動能力の実験的研究

についての概要を示す。

① 地震時における人間行動のシミュレーションモデルの構築

岡田等²⁵⁾は、地震時における人間行動は時間フェーズごとにパターン化されることに着目し、地震時における人的被害危険度評価の中で、人の行動についてモデル化を行っている。室内のいくつかの避難ルートのうち危険性が最も低い移動ルートによるものをその空間の避難危険度とし、室内での避難のネットワークモデルによりその値を求めて

いる。パラメーターは、歩行困難性や平均歩行速度としているが、研究結果は釧路沖地震での人の行動パターンと負傷についての調査結果と良い対応を示している。

② 振動台を用いた人間の行動能力の実験的研究について

小島等^{26),27)}は、超高層建築に生じる振動の居住者に及ぼす影響を実験的に捉えるために、各年代・男女を被験者とし、周期 1~10 秒、振幅 1~100cm のパラメーターとした振動台を用いた実験を行っている。感応度、生理変化、作業性、行動能等の観点から被験者からデータを取得している。実験結果を揺れの周期と加速度を軸としたグラフでまとめている。人は 10cm/sec² 程度で揺れを感じ始め、40cm/sec² 程度で作業に困難が伴うようになる。さらに、40cm/sec² 程度で行動に対する周期の影響が出現し、50cm/sec² を超過すると行動に対する周期の影響が顕著となり、人の行動への影響の大きい周期 4 秒近傍の周期では振動に耐えられず、行動にも支障がでてくるとしている。

高橋・斉藤・小豆畑等^{28~31)}は、一連の実験を通じて振動数 0.1~5.0Hz(周期 0.2~10 秒)、加速度 0.22~15.0m/sec² の範囲で振動台を用いた実験を行い、行動難度や不安度、行動不可能度について調査を行っている。実験結果を揺れの周期と速度を軸とした行動困難性および不安度に関する限界曲線によるグラフでまとめている。人間行動の困難性については、揺れの周期が 0.2~3.3 秒では速度に比例し、それ以上の周期では加速度に比例しているとし、1Hz(周期 1 秒)近傍での振動が人の行動難度に影響を与えるとしている。不安度については、歩行動作中よりも起立動作中の方が大きく、全体的に女性の方が高い値を示している。また、東海・東南海・南海地震の想定床応答を等価な定常振動評価に置き換え、行動限界曲線の周波数特性についての研究を行っている。

2.2 地震時における人間の行動についてのまとめ

2.1 で示した人間の行動についての調査・研究を踏まえて、それらの内容を以下の通り分類し、項目ごとに内容をまとめる。

(1) 各地震調査で共通項目の抽出と集計

① 震度毎の人間の行動難度等の調査

- ・震度 5 程度の揺れで人は行動に困難さを感じるようになり、震度 6 弱・強レベルの揺れになると能動的な行為は非常に困難であるとし、机の下に隠れることも困難であった。
- ・実際の地震時における行動能力として、床の揺れが 200cm/sec² 以下の初期微動では、一つの行動に 2.5~5 秒を要し、移動速度は床の散乱度合いにもよるが 0.3~0.8m/sec となっていた。

② 震度毎の人間の不安度等の調査

- ・震度 5 程度までなら冷静さが保てるが、それ以上の揺れになると大きな恐怖心を感じる。
- ・本震後の余震では、地震発生に対する構えた心理状態であるため、冷静に様子を見る、もしくは外に飛び出す人の割合が増える。
- ・同じ建物内でも、上層部の方は揺れが大きくなることから物につかまる人が多く、また呆然とする人も下層部の人に比べて多かった。

③ 地震の揺れ最中に静止・様子を見ていた人等の調査

- ・一般的に初期微動時には積極的に動き回り、家具保持や弱者保護、避難行動をとる人が多い一方で、主要動時には様子を見るか、静止している人が多い。しかし、初期微動時間がほとんどない地震では、主要動が始まると同時に動けずに様子を見る人が多い中で、外に飛び出す人も多い。

④ 地震発生時刻の違いによる人の行動の特徴等の調査

- ・早朝・未明に発生する地震では、多くの方が就寝中であるため目が覚めるものの様子を見る、もしくは動けないとする人が多い。また、成人が目覚ますような地震でも、未就学児は眠り続けるとの事例が報告されている。

⑤ 年齢・性別による行動の特徴等の調査

- ・女性は、家庭での役割を意識して、積極的に火を消したり、子どもを守る行動をとるが、その際に負傷することが多い。しかし、職場では、指示を受けて業務を行うことが多いことから、地震が発生した際にも上司の指示を受ける姿勢が見られ、様子を見る、何もできない、静止する人が多い。
- ・学童は日頃の訓練結果から地震時に机の下に隠れる場合が多い。

⑥ 怪我・負傷をした人等の調査

- ・主要動による揺れの最中に、無理に行動を取ろうとして負傷する例が多く、何もしない人の怪我・負傷が少なかった。

(2) 振動環境下での人間の運動能力等の共通項目と概要

① 人間の運動能力・動作に類する研究

- ・振動実験より人間は 10cm/sec² 程度で揺れを感じ始め、40cm/sec² で作業・行動に困難さを感じ、50cm/sec² の揺れレベルから揺れの周期による影響が出現し始める。また、周期 4 秒程度の揺れに対しては、人間の行動・運動能力について他のレンジに比べて影響を受けやすい。
- ・人間の行動の困難さは、周期が小さい範囲（0.2～3.3 秒）では揺れの速度に比例し、

周期が大きい範囲（3.3～10.0 秒）の範囲では加速度に比例する。

② 人間の不安度に類する研究

- ・不安度については、歩行動作中よりも起立動作中の方が大きく、全体的に女性の方が高い値を示している。

※ 参考文献

- 1) 太田裕・大橋ひとみ：地震に伴う人間行動の実態調査(1)―アンケートによる資料の収集と整理―，地震第2輯第32巻，pp.399-413, 1979
- 2) 大橋ひとみ・太田裕：地震に伴う人間行動の実態調査(2)―面接による資料の収集と整理―，地震第2輯第33巻，pp.199-214, 1980
- 3) 近江隆・他：'78宮城県沖地震における被震時人間行動の研究(I)―課題と方法及び数量化II類による行動分析―，日本建築学会論文報告集第307号，pp.122-134, 1981.9
- 4) 近江隆・他：'78宮城県沖地震における被震時人間行動の研究(II)―行為者要因による行動分析―，日本建築学会論文報告集第314号，pp.154-165, 1982.4
- 5) 廣井脩・他：1984年9月長野県西部地震における災害情報の伝達と住民の対応，東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班，pp.82-89, 1985.9
- 6) 廣井脩・他：1987年千葉県東方沖地震における災害情報の伝達と市町村・住民の対応，東京大学新聞研究所「災害と情報」研究班，pp.168-180, 1989.1
- 7) 村上ひとみ・岡田成幸・坂井忍：1993年釧路沖地震の人間行動調査―集合住宅における空間変容と負傷危険度ケーススタディー―，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，pp.39-40, 1993.9
- 8) 岡田成幸：地震時の室内変容に伴う人的被害危険度評価に関する研究―その2 1993年釧路沖地震にみる揺れている最中の災害回避行動―，日本建築学会構造系論文集第481号，pp.27-36, 1996.3
- 9) 是永諭・他：平成5年釧路沖地震における住民の対応と災害情報の伝達，東京大学社会情報研究所「災害と情報」研究会，pp.13-24, 1993.7
- 10) 翠川三郎：兵庫県南部地震での体験談にみられる激震時の人間行動，地域安全学会論文報告集 No.7, pp.22-27, 1997.11
- 11) 金丙坤・舟橋國男：地震時の行動とその要因，兵庫県南部地震に関する日本建築学会近畿支部所属会員アンケート調査第2次集計結果，pp.45-97, 1996.8
- 12) 大西一嘉・等：1995年兵庫県南部地震における人的被害 その3 東灘区における典型地区アンケート調査，日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)，pp.5-6, 1996.9
- 13) 飯島良子・宮野道雄：兵庫県南部地震における人間行動アンケート震度との関係，日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，pp.845-836, 1997.9
- 14) 金丙坤・等：家族パターンによる地震時の役割行動に関する研究，日本建築学会計画系論文集第507号，pp.135-142, 1998.5
- 15) 岡崎信弘・他：兵庫県南部地震激震域―北淡町―における人間行動と死傷―アンケート調査から―，地域安全学会論文報告集 No.7, pp.384-387, 1997.11
- 16) 廣井脩・田中淳・等：2001年芸予地震における住民の対応と災害情報の伝達，東京大学社会情報研究所調査研究紀要18, pp.195-278, 2002
- 17) 金子美香：2003年十勝沖地震における負傷要因の検討―室内被害・人間行動との関連―，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)，pp.741-742, 2004.8

- 18) 岡田成幸・田村篤：被震下建物内で発生する人的被害の軽減化対策規範構築を目的とした被災事例ミクロ解析, 東濃地震科学研究所報告 No.15, pp.88-120, 2005
- 19) 金子美香・他：2003年5月26日に発生した宮城県沖の地震に関するアンケート調査—仙台市内の高層建物を対象にして—, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.175-178, 2003.
- 20) 田中淳・他：2003年5月宮城県沖の地震における住民の行動に関する調査, 東京大学社会情報研究所, pp.27-35, 2004.3
- 21) 岡田成幸・他：2004年新潟県中越地震における室内人的被害調査, 東濃地震科学研究所報告 No.18, pp.65-93, 2006.3
- 22) 小山真紀・他：小千谷市を対象とした2004年新潟県中越地震に関する全世界帯調査(2)—総合解析：住居・人間被害、生活再建—, 東濃地震科学研究所報告 No.22, pp.55-87, 2008.3
- 23) 金子美香・田村和夫：地震時の高層住宅からの避難行動と室内被害に関するアンケート調査—2005年福岡県西方沖地震を対象として—, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.109-112, 2005
- 24) 岡田成幸・名知典之：2007年能登半島地震における建物・室内・人的被害に関する調査, 東濃地震科学研究所報告 No.22, pp.89-124, 2008.3
- 25) 岡田成幸・黒田誠宏：地震時の室内変容に伴う人的被害危険度評価に関する研究—その3 室外への避難脱出経路の危険度評価法の提案—, 日本建築学会構造系論文報告集第563号, pp.83-89, 2003.1
- 26) 小島信男・後藤剛史・山田水城：超高層建築に生じる振動の居住者に及ぼす影響(1), 建築界 vol.23 No.8, pp.37-44, 1974.8
- 27) 小島信男・後藤剛史・山田水城：超高層建築に生じる振動の居住者に及ぼす影響(2), 建築界 vol.23 No.9, pp.51-58, 1974.9
- 28) 高橋徹・他：大地震時における建築室内での人間挙動と避難行動限界に関する振動台実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), pp.865-866, 2003.9
- 29) 鈴木稔子・他：避難行動限界の周波数特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp.809-810, 2009.8
- 30) 鈴木典子・他：大ストローク振動台実験における等価定常振動波の評価—東海・東南海・南海地震の想定床応答との比較—, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp.601-602, 2009.8
- 31) Toru Takahashi・et al. : SHAKING TABLE TEST ON INDOOR HUMAN PERFORMANCE LIMIT IN STRONG MOTION FOR HIGH-RISE BUILDING, 8TH Pacific Conference on Earthquake Engineering, paper number 131, 2007.12