

## 地震時人間行動の要因分析\*

### Factor Analysis of Human Behavior during Earthquakes

小坂俊吉\*\*

By Shunkichi KOSAKA

To mitigate outbreaks of fire and casualties, it is necessary to understand the seismic intensity and other factors dependence of the human behavior during an earthquake. We investigated the occupant behavior by a questionnaire after the 1987 Chibaken-Toho-Oki Earthquake. We found some thresholds on a seismic intensity scale where occupants initiated to take their response to the quake, changed quality of their behavior, and reduced their action affected by strong ground shaking.

#### 1 はじめに

日本の都市に大地震発生とともに火災が多発すれば、深刻な物的・人的被害をもたらすと想定されている。また津波や火災による人的被害を除けば、地震時の負傷者の多くが屋内でしかも揺れの最中に発生している。出火や負傷は、揺れによる室内環境の悪化や行動能力の低下に起因するものであろう。

これらの人的被害や火災被害を低減するためには家庭の地震防災力を向上させて、大地震にも耐えうる安全性を確保することが重要である。家庭の地震防災力の向上は、防災教育や啓蒙活動によって災害時の室内環境や対応行動の実態を理解させて、災害時対応力を高めるとともに、良好な室内環境を形成していくことにかかっている。このような観点から、

これまでも地震時の住民の初期消火能力や行動能力といった行動特性を地震の揺れの大きさと関連づけて把握することが望まれてきた。

既往の研究を概観すれば、堀内・他<sup>1)</sup>が1974年伊豆半島沖地震の建物被害程度と行動との関連を、1978年宮城県沖地震については近江・他<sup>2)</sup>が平均的な行動様式を、大橋・他<sup>3)</sup>は個人の室内移動特性を報告した。さらに1983年日本海中部地震について塚越・他<sup>4)</sup>は事業所内の行動特性を、熊谷<sup>5)</sup>は主婦の役割行動を検討した。太田<sup>6)</sup>、表・他<sup>7) 8)</sup>は近年に発生した地震について、行動を震度との関連で捉えた。著者ら<sup>9) 10) 11)</sup>も二、三の地震について調査を行い、負傷者発生の傾向、30代の主婦の「子供を守る」行動、室内移動の限界を明らかにした。

しかしながら、これまでの調査は行動を規定する震度の測定が市町村ごとの粗いものであること、さらには収集したデータが少ないことなどから、広範な震度と対応づけて一般住民がどのような行動をと

\*キーワード: 地震防災, 人間行動

\*\*正会員 工博 東京都立大学助手 工学部土木工学科 (〒192-03 東京都八王子市南大沢1-1)

るのか、充分把握するには至っていない。

そこで著者は家庭の地震防災力を評価することを目標に、1987年千葉県東方沖地震直後に住民アンケート調査を行った。本論は人間行動と周辺環境および地震の強さとの関係を定量的に把握することにより、室内の行動特性やその限界について検討したものである。

## 2 行動の概念

### (1) 人間・環境・地震モデル

地震時の人間と環境が形作る状況を理解するために、人間・環境・地震を要素とし、地震時にはこれらの要素が作用しあうとする以下のモデルを提示する。

このモデルでは人間を肉体的・心理的な状態と、そこから生まれる行動という二つの側面で捉える。人間自身に対する揺れの直接的な作用は、行動能力の低下や、不安の発生さらには恐怖による判断力・知覚力の低下といった心理状態の悪化をもたらす。行動はこの肉体的・心理の状態をもって揺れて悪化した環境に対応して生じる。行動のあるものは単に自分自身の状態を変化させるだけのものもあるが、環境に行動することによってその状況を変化させるものもある。また環境は物的環境と人的環境に分けることができる(図1)。

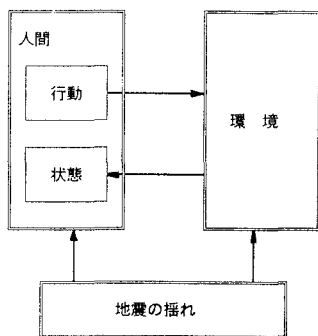


図1 人間・環境・地震モデル

### (2) 行動の分類

地震時の行動を作業過程として分解すれば、地震によって特定の行動をしようとする意識が最初に生じ、その対象となる場所まで移動し、さらにそこで特定の行動を行うことになる。

地震時の行動を量的な観点から把握すれば、人は揺れが強くなるにつれて、対応する行動の数は増加していく。これを希求行動量とする。一方、揺れが強くなれば、当然、行動能力は低下するので、実際の行動量(実行行動量)はある揺れの大きさにピークを迎え、その後減少する。このピークを与える震度を行動制約震度とする(図2)。

行動を質的な違いで分類する。各種の行動が周辺環境の悪化を防ぐ行動(火気器具の火を止める・子供を守る・家具を押さえるなど)か、あるいは自分自身の安全のみ目的とする行動(机の下へ入る・外へ飛び出す)かに分けて、前者を積極的防災行動、後者を消極的防災行動とする。

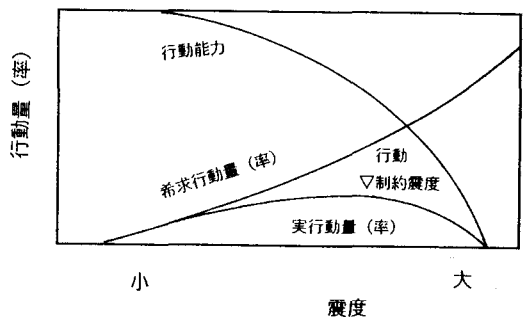


図2 行動の量的評価

## 3 調査

気象庁による1987年千葉県東方沖地震の銚子市・水戸市・いわき市の震度はそれぞれV、IV、IIIであった。アンケート回答者の受けた揺れの強さが広範囲に分布することを期待して、上記三市の住民を対象にアンケート調査を実施した。対象者は各市の居住地域を考慮して1400人づつを選挙人名簿から選び出し、アンケート票を地震からおおよそ一ヵ月後に自宅へ郵送配付し、郵送回収した。回収総数は1634票、回収率38.9%を得た。

アンケート票には震度算定のための設問、人間行動および個人属性についての設問を用意した。震度算定の設問は太田らが開発したアンケート方式による高密度震度調査法<sup>12)</sup>によった。アンケートによる震度は気象庁震度階と対応づけられ、気象庁震度Vは5.0と表す。以下の分析では集計上、アンケート震度4.5~5.0をVのように表記す。地震当時、自宅の屋内にいた932人と自宅以外の屋内にいた487

人を合わせた1419人を対象に行動の特性を分析する。対象者の性別は男性35.9%，女性63.4%，不明0.7%とやや女性が多く、年齢分布は20代8.5%，30代15.2%，40代22.1%，50代18.2%，60代16.6%，70代以上9.5%である。回答者は震度I<sup>+</sup>からVI<sup>-</sup>までIV<sup>-</sup>を中心に広く分布する。

#### 4 行動分析

##### (1) 咄嗟の対応行動からみた意識の変化

ここでは、揺れを感じたとき最初にしようとした行動意識(咄嗟の対応行動の意識)について検討する(表1)。そのために、これらの行動が実際に取れたか否かは問うていない。また、この設問に続けて、行動対象までの距離とそこへの到達可能性を聞いており、これについては後述の(3)で述べる。

設問は積極的防災行動の中で重要な「火気器具」・「家具」・「保護」の各行動の有無と「何もする必要を感じなかった」などについて聞いている。3割の人が火気への対応行動を取ろうとしているのが注目される。なお自由記述選択肢「( )しようとする」の回答は「戸や窓の開放」「安全な場所への移動」「火気の安全確認・指示」等が多い。

図3は震度にもなうこれらの意識の変化をみた

表1 ゆれている間にまず最初に(とっさに)何をしようとしたか。できなかったことでもかまいません。

出火防止のため火気器具のあるところへ行こうとした	432人	30.5%
家具を押さえようとした	73	5.1
まわりにいる人を守ろうとした	97	6.8
( )をしようとした	193	13.4
なにもする必要を感じなかった	362	25.2
よく覚えていない	127	8.8
N. A.	146	10.2

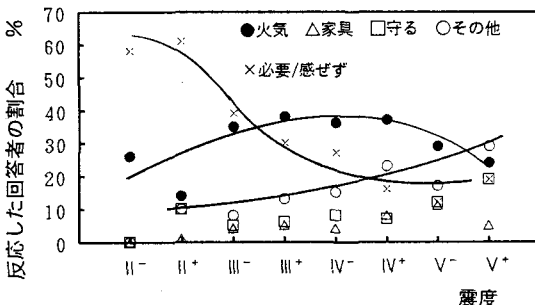


図3 震度と行動意識の変化

ものである。震度II<sup>+</sup>までは回答者の60%が揺れを感じたときに「何もする必要を感じなかった」と回答したが、III<sup>-</sup>からは回答者の40%以下にその割合が急激に低下する。つまり震度II<sup>+</sup>までは、人々はそれまでに経験した地震から、家の揺れ具合や室内の器物の動きで揺れの大きさを見極めようとしており、それ以上の揺れになると対応行動を起こそうとすることが推測できる。震度II<sup>+</sup>からIII<sup>-</sup>は揺れへの対応行動意識の閾値を意味していよう。

震度IV<sup>+</sup>までは火気器具への対応行動意識が最も多いが、震度がそれ以上になると火気器具へ対応する意識の割合は低くなり、相対的に弱く保護やその他の行動意識が多くなる。

##### (2) 行動の震度依存性

###### a) 行動の量的検討

揺れている最中に6種類の行動(表2)を起こしたか聞いている。取り上げた行動以外に重要な行動あるいは多く生起する行動は、先述の咄嗟の対応行動の自由記述選択肢の回答から、ほとんどないことが推察できる。また「行動しなかった(できなかった)」人々がどの程度いたか理解するために、同じ設問のなかに「じっとしていた方が安全だと思ってじっとしていた」と「動こうとしたが、揺れが強い間は動けなかった」の選択肢を設けている。

表2 ゆれの間に何をしましたか(多重回答)

戸や窓を開けた	317人	22.1%
使用中の火気器具の火を止めた	312	21.7
子供や老人を守った	116	8.1
家具を押さええた	111	7.7
外へ飛び出した	73	5.1
机の下にはいった	42	2.9
その他	129	9.0
じっとしていた方が安全だと思って じっとしていた	689	48.3
動こうとしたが、揺れが強い間は 動けなかった	158	11.0

つぎに個人別の起こした行動数の合計から、そのピークを求めて回答者全体の行動制約震度を検討する。具体的にはそれぞれの行動に1点を与え、個人の起こした行動の合計点を図示したものが図4である。これらの点の包絡線は、対象とした集団の実行動量の限界を示すものであり、震度IV程度が対象集

団の全行動における行動制約震度であると推定されるが、それほど明瞭なものではない。

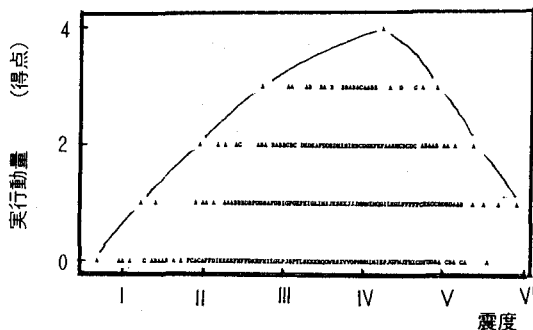


図4 震度と行動量

次に各種の行動の行動制約震度を求める。たとえば「火を消す」といった特定の行動に注目し、その行動を起こした住民の数を同じ震度を受けた住民数で割れば、希求行動量は希求行動率に、実行動量は実行動率という表現になる(図2)。

震度によるそれぞれの実行動率の推移を図5に示す。それぞれの行動制約震度は「火気」IV<sup>-</sup>、「戸や窓」IV<sup>+</sup>、「守る」IV<sup>+</sup>、「家具」V<sup>-</sup>となる。図から震度によって特定の行動が顕著に現れること、行動種別によって実行動率のピークである行動制約震度が異なることが示されている。

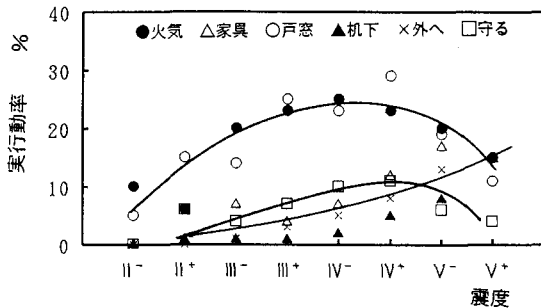


図5 実行動率と行動制約震度

b) 行動の質的検討

表2は行動を起こした多い順に並び変えているが、対象地域全体では「戸や窓」「火気器具」が多いこと、さらに起こした行動の上位には積極的防災行動、下位には消極的防災行動が分布していることが明瞭に判別できる。

さらに図5から震度による積極的・消極的防災行動を概観すれば、震度が比較的小さい領域では積極的防災行動が顕著であり、震度V程度から消極的防

災行動を起こす割合が増加する。今回得られた震度内では「机下」「外へ」の行動制約震度は不明である。ただし「外へ」は、1984年長野県西部地震の王滝村の震度VI<sup>-</sup>の地域で41%<sup>11)</sup>、1968年福井地震の震度VIIの地域で71%<sup>10)</sup>という調査結果を考慮することによって、その傾向が震度VIIまで増大することが理解できる。

(3) 行動能力の低下

揺れの最中の行動能力の限界を知ることは、火災の出火や負傷の発生防止を計るうえで意義がある。行動がいかなるものであっても、実際に行動対象の位置まで移動できたかを把握することは、地震時の行動能力の限界を知る方法の一つである。

a) 行動能力の震度依存性

地震時の行動能力の低下は「行動目標まで移動できた人々」と「行動しなかった(できなかった)人々」の震度別推移から把握してみる。「移動できた人々」は、先述した「揺れを感じた時に最初に何らかの行動をしようとした」回答者のなかで目標とした場所まで到達できた人々とする(図6)。

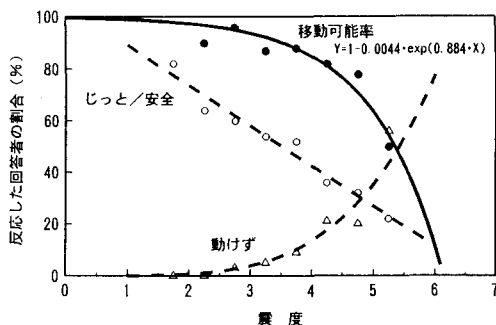


図6 震度による行動能力の低下

図から震度が増加するにつれて移動可能率は除々に減少し、震度V程度から急激に低下する。一方、「行動しなかった(できなかった)人々」として、表2の「じっとしていた方が安全だと思ってじっとしていた」と「動こうとしたが、揺れが強い間は動けなかった」回答者の震度別推移をみることにする。それぞれに反応した回答者の割合(図6)は震度V<sup>-</sup>を境にそれらの割合の大きさが逆転しており、ここでも行動能力の急速な減少が認められる。

図中の行動能力の低下傾向は対数関数で曲線近似している。また、この近似式から震度VIで行動能力は0となることが予想される。

## b) 多変量解析による移動可能性

室内の移動可能性がいかなる個人属性等と関連深いのか、数量化Ⅱ類によって求めると表3のようになる。マイナスの値が大きくなると移動できなくなる傾向を示している。年齢が60代以降・身体に障害がある、といった個人属性を有する人々は地震時の行動能力が低下することがわかる。また移動しようとした距離(移動距離)の結果から、4m以上離れたところへいくことは難しくなってくるが示されている。普段から火気器具を使用するときは、同じ室内から離れるべきではないことを示唆している。

表3 移動可能性の要因(数量化Ⅱ類)

アイテム	カテゴリー	サンプル数	カテゴリースコア
性別	男性	115	0.23
	女性	216	-0.17
年齢	20代	25	0.71
	30代	63	0.02
	40代	86	0.32
	50代	80	-0.12
	60代	50	-0.47
	70代以上	27	-0.49
身体障害	あり	13	-1.69
	なし	318	0.07
震度	3 <sup>-</sup>	45	-0.15
	3 <sup>+</sup>	73	0.26
	4 <sup>-</sup>	98	0.09
	4 <sup>+</sup>	55	0.18
	5 <sup>-</sup>	32	-0.47
	5 <sup>+</sup>	6	-1.39
移動距離	0~1m	91	0.74
	2~3m	139	0.16
	4~5m	60	-0.36
	6~9m	13	-0.83
	10m以上	28	-2.06

## (4) 出火防止行動の要因分析

地震のときに(本人の使用・不使用を問わず)火気器具を使用していた回答者479人のうち、火気器具を止めたのは403人(84%)であり、残りの75人は器具を止めていない(表4)。

この火気器具を止めた割合が比較的高いことは、これまでの行政の啓蒙活動の好ましい結果と受け止めてよいが、以下に述べるように問題がないわけではない。

### a) 出火防止行動の震度依存性

この「火気器具を止めていない」回答者を震度別

にみる(図7)と、震度Ⅱ<sup>+</sup>からⅣ<sup>+</sup>へ割合が減少して危険意識が対応行動へつながっているが、Ⅴ<sup>-</sup>以上になると明らかに火気器具を止めている割合が減少していく。これは出火防止行動が困難になったか、あるいは出火予防の意識よりも別の危険意識、たとえば自分自身の身の危険意識が顕著になり、それへの行動が優先したことを窺わせる。いずれにしても揺れに対抗して出火防止行動を充分期待できるのは震度Ⅳ<sup>+</sup>までであるといえよう。

表4 「火気器具を使用中」と「火を止めたか」のクロス集計

	火を止めたか?				計	
	自分	別の人	消せず	不明		
火気器具を使用中	自分が使用中	258	22	46	1	327
	別の人使用中	21	102	29	0	152
計	279	124	75	1	479	

$\chi^2$  p < 0.001

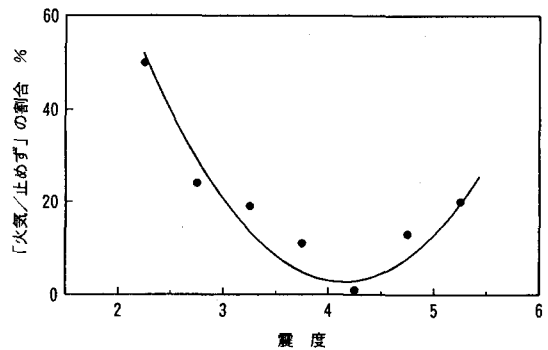


図7 火気器具への対応行動と震度

### b) 多変量解析による出火防止行動

出火防止行動は人間・環境・地震モデルの要素を構成する諸因子(14アイテム)のうち、どの因子に強く影響を受けているのか、数量化Ⅱ類によって検討した(表5)。出火防止行動は、震度・火気器具の使用・過去の地震経験の強さ・身体障害の有無の順に強く影響されることがわかる。

## 5 むすび

地震の震度がⅡ<sup>-</sup>~Ⅴ<sup>+</sup>までの広い範囲の人間行動の特性を把握し、以下の結論を得た。

1) 震度Ⅱ<sup>+</sup>とⅢ<sup>-</sup>の間に地震に対する防災的対応行

表5 「火気/止めた」行動の要因(数量化II類)

アイテム	カテゴリー	サンプル数	カテゴリースコア
震度	2 -	4	-0.88
	2 +	10	-0.40
	3 -	45	-0.15
	3 +	73	0.26
	4 -	98	0.09
	4 +	55	0.18
火気の使用者	自分	224	0.47
	他人	99	-1.06
身体障害	あり	11	-0.84
	なし	312	0.02
地震の経験(家具が)	動かず	90	-0.36
	わずかに揺れた	76	-0.12
	かなり揺れた	114	0.25
	多少ずれた	16	-0.33
	ずれたり倒れた	27	0.66

動の閾値が存在し、この値以上の揺れになると、人々は様々な防災的行動を起こす。

- 2) 咄嗟の行動意識は火気器具への対応が多いが、震度V以上ではそれが減少し、かわって子供を守るなどの行動意識が増加する。
- 3) 震度がV-までは火気器具、戸や窓あるいは子供への対応行動といった積極的防災行動が顕著であるが、震度V+からは机の下に入る、外に逃げ出すといった消極的防災行動が主要な行動となる。
- 4) 移動の可否からみた行動能力は震度Vから急激に低下し、特に高齢者・障害者の行動が困難となる。
- 5) 火気器具等の使用にあたっては、同一の室内から離れるべきでないことを示唆している。
- 6) 以上の結論から出火防止が期待できるのは震度IV+までであり、震度V以上になると、出火や負傷の発生が顕在化することが予想される。

行動は、季節・曜日・時刻といった地震発生時期や都市化の程度といった環境要因にも大きく影響を受けるであろう。今後もこのような行動調査を継続しておこない、データの集積を計ることによって行動の要因を把握することが必要である。多様な要因と行動との関係が明らかになれば、地域防災計画の実施にあたり当該地域の特性を考慮した実施細目・

啓蒙・防災教育等を立案することが可能となろう。

#### 参考文献

- 1) 堀内・他:1974年伊豆半島沖地震調査報告(その2), 日本建築学会論文報告集 第234号, pp. 51-59, 1975年.
- 2) 近江・他: '78宮城県沖地震における被震時人間行動の研究(I), 日本建築学会論文報告集 第307号, pp. 122-134, 1978年.
- 3) 大橋・他: 地震に伴う人間行動の実態調査(2), 地震第2輯第33巻, pp. 199-214, 1980年.
- 4) 塚越・他: 日本海中部地震における人間行動, 都市計画別冊 昭和59年度 第19回学術研究論文集, pp. 349-354, 1984年.
- 5) 熊谷: 地震時の住民の災害対応行動分析, 都市計画別冊 昭和59年度 第19回学術研究論文集, pp. 355-360, 1984年.
- 6) 太田: アンケートによる地震時の人間心理・行動調査, 第4回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 51-58, 1975年.
- 7) 表・他: 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, pp. 25-36, 1976年.
- 8) 表・他: 地震時の高層建物高さ別震度及び高さ別人間心理の問題, 第16回自然災害科学総合シンポジウム, pp. 497-500, 1979年.
- 9) 小坂・他: 地震による負傷者について —1982年浦河沖地震を例とした予備的考察 その1, 総合都市研究 第17号, 東京都立大学都市研究センター, pp. 85-108, 1982年.
- 10) 小坂・他: 大地震震源近傍における人的被害と室内の人間行動, 都市計画 138, pp. 101-110, 1982年.
- 11) 堀口・他: 地震時の人間行動に関する研究その3 1984年長野県西部地震の壬滝村, 総合都市研究 第26号, 東京都立大学都市研究センター, pp. 113-120, 1985年.
- 12) 太田・他: アンケートによる震度の推定および Seismic Macro zoning Map 作成の試み—1973年根室半島沖地震を例として—, 自然災害資料解析 Vol. 1, pp. 14-24, 1974年.