

## 建物内において地震による揺れを受けた場合を想定した不安度調査

正会員 ○松原郁洋\*1 同 永野康行\*2

2. 構造—2. 振動—e. 被害予測・地震防災  
安心感, 不安度, 安全性, 心理評価, 振動実験

## 1. 序

建築基準法においては、安全に関する事項は定められ法律改正を重ね安全性向上が実現してきている。安し、安心感については個人差もあることから中々うまく表現することは難しい。建築基準法の第1条にはこのように記されている。

「この法律は、建築物の敷地、構造、設備及び用途に関する最低の基準を定めて、国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資することを目的とする」。

WHO(世界保健機関)では健康を病気でないとか、弱っていないということではなく、肉体的にも、精神的にも、そして社会的にも、すべてが満たされた状態にあることと定義している。これらを考慮すると精神的な部分を考慮していないのではないかと考えられる。

現在でも建築物の設計において、構造計算などで安全性のチェックは行われているが、安心におけるチェックは行われていない。本当に安全性の高い建築物とするだけで安心な建築物と言えるだろうか。

既往研究では、一定の揺れとランダムな揺れ<sup>1)</sup>や被験者の姿勢、加振方向、室内環境<sup>2)</sup>また、揺れの時間長さ<sup>3)</sup>から、人の感情である不安度評価を行っている。以下、人が振動時に感じる不安の大きさを不安度とする。ただ、揺れに対する人の挙動への着目や安全性と安心感を同時に評価する手法は存在しない。

免振装置を設置すれば解決すると考えることも可能だが、コストの関係上免振装置の設置は容易ではない。そこで耐震建築物でも挙動を時刻歴応答解析によって明らかにし、本研究による人の不安度の傾向を明らかにすることで、安全性だけでなく安心感の評価を行うことができると考える。それにより安全で安心な建築物の設計に寄与できると考えている。

また、減災復興学において事前に安心感を評価することで精神的被害を抑える「減災」を主とし、「復興」として将来的に、被災後に安全性だけでなく安心感を加味した設計に寄与できることを期待して研究の位置づけとしたい。

本研究の目的は、入力された地震を模擬した揺れの加速度、速度、変位の最大値やその他条件より人の不安度と照らし合わせることで傾向を知り、既往研究との差異を考察することである。

## 2. 実験概要

本研究では、入力された地震を模擬した揺れによって人がどのレベルで不安を感じるのか傾向を知るために事務所ビル(座位時)を想定して図1のような実験を行った。



写真1 実験の様子

実験を行うにあたって2人の被験者を用意した。その被験者のパラメータについて表1に示す。

表1 被験者情報

被験者 No	1	2
性別	男性	男性
年齢	24	25
震災経験	有り	無し

Insecurity survey for the case of earthquake shaking in a building

MATSUBARA Ikuhiro and NAGANO Yasuyuki

震災経験の有無については、自宅等にて家具転倒などの被害を受けたものを「有り」とする。

### 3. 既往研究について

不安感・不快感からみたランダム水平振動に対する心理評価に関する検討<sup>1)</sup>では、被験者を18歳～45歳の女性を対象とし、正弦振動とランダム振動の2種類を用いて加速度を1.6～160 (cm/s<sup>2</sup>)とし不安度と不快感の評価を行っている。結論として正弦振動よりもランダム振動の方が不安を感じにくいとの見解を得ている。これより単に免振建物とすると建築物はランダム振動よりも正弦振動に近い挙動を示すと考えられるため一概に良いとは言えないと考える。

被験者実験による地震の揺れに対する人の感覚の定量化に関する研究<sup>2)</sup>では、被験者の姿勢、加振方向、室内環境を変化させた実験<sup>(2表1)</sup>を行っている。

以上の実験より同じ揺れに対して不安度を高くする影響が大きくなる要素としては加振方向と家具転倒の有無であり、対に室内の明るさは影響が小さいことを明らかにしている。本研究では実験1<sup>(2表1)</sup>で得られた結果と比較を行う。

東北地方太平洋沖地震の強震記録に対する超高層建物の揺れの時間長さと地震時居住性に関する研究—居住者が揺れによる恐怖・不安を感じる時間に関する考察—<sup>3)</sup>では、強震記録にある20種類の振動を用い居住者が不安に感じる振動の時間長さを調査している。東北地方太平洋沖地震における超高層建物の居住者アンケート<sup>4)</sup>によると、居住者が恐怖や不安を感じる各階床応答速度は、20cm/s以上とされる。これを前提に、上層階ほど不安に感じる時間長さは増加することの結論を得ている。

### 4. 実験方法

本実験において使用した装置を表2に示す。

表2 実験装置

名称	個数	備考
キャスター付き椅子	1	写真2に示す
スマートフォン	1	「i地震」を使用 <sup>5)</sup>
輪ゴム	8	



写真2 キャスター付き椅子

次に実験環境について示す。まず、視覚情報を考慮しないように被験者は目を閉じておいた。また、聴覚情報を考慮しないように静かな場所を選定した。被験者の体調については、口頭で異常がないことを確認している。

以下、実験手順を示す。①被験者に実験の概要を説明する。(振動の加え方、強弱の順番は伏せた)②スマートフォンをキャスター付き椅子のひじ掛け部分に輪ゴムを用いて固定する。(写真3)

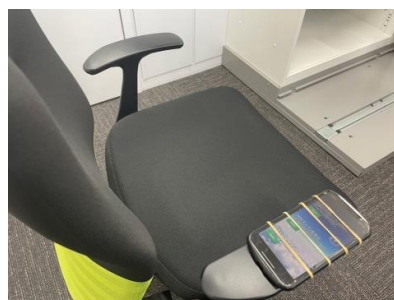


写真3 スマートフォン固定の様子

③被験者が北を向くように座らせる。④アプリケーション<sup>5)</sup>の計測開始ボタンを押して計測を開始する。(加速度を計測し速度、変位については積分演算により算出した。)⑤人力により任意の強さで振動を加える。⑥一つの振動ごとにアンケート内にある不安度を評価する。④～⑥の手順を6種類分行う。加振強さを変えてNS方向とEW方向をそれぞれ3種類ずつの計6種類とする。

アンケートについては、性別、年齢、震災経験の有無、不安度の4項目に回答してもらった。不安度については表3に示す0～4の5段階とした。

表3 不安度指標

不安度	0	1	2	3	4
程度	不安なし	やや不安	不安	かなり不安	とても不安

## 5. 実験結果

実験により得られた各最大応答値と加振方向、それに対してアンケートより回答された不安度をまとめたものを表 4,5 に示す。また、加振実験において計測震度と震度階級をまとめたものを表 6,7 に示す。加振時間についてはいずれも 20 (s) 程度である。

表 4,5 より得られた値について、各最大応答値と不安度を加振方向と被験者別に分類してまとめたものを図 1,2,3 にそれぞれ示す。

表 4 各最大応答値と不安度 (被験者 1)

回数	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	不安度	加振方向
I	296.4	22.7	2.4	3	NS
II	332.4	31.3	3.4	4	NS
III	101.2	10.8	1.1	1	NS
IV	177.7	9.6	0.9	3	EW
V	223.2	21.1	2.9	4	EW
VI	172.6	12.6	1.4	2	EW

表 5 各最大応答値と不安度 (被験者 2)

回数	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	不安度	加振方向
I	363.6	21.4	1.4	1	NS
II	130.4	6.3	0.5	0	NS
III	315.0	16.0	1.6	2	NS
IV	82.3	4.0	0.3	1	EW
V	125.9	6.9	0.4	3	EW
VI	240.0	10.7	1.0	4	EW

表 6 計測震度と震度階級 (被験者 1)

回数	計測震度	震度階級
I	5.2	5 強
II	5.5	6 弱
III	4.4	4
IV	4.9	5 弱
V	5.1	5 強
VI	4.6	5 弱

表 7 計測震度と震度階級 (被験者 2)

回数	計測震度	震度階級
I	5.3	5 強
II	4.1	4
III	5.1	5 強
IV	3.9	4
V	4.3	4
VI	4.7	5 弱

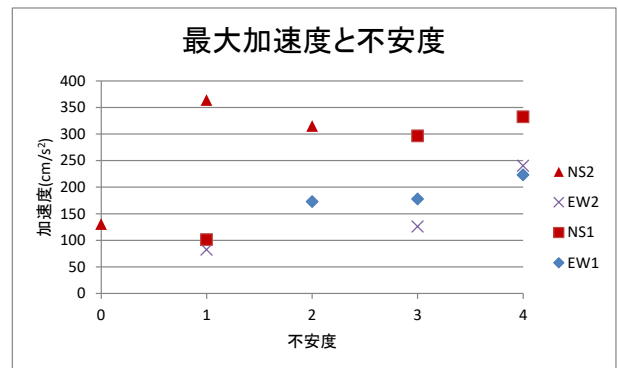


図 1 最大加速度と不安度

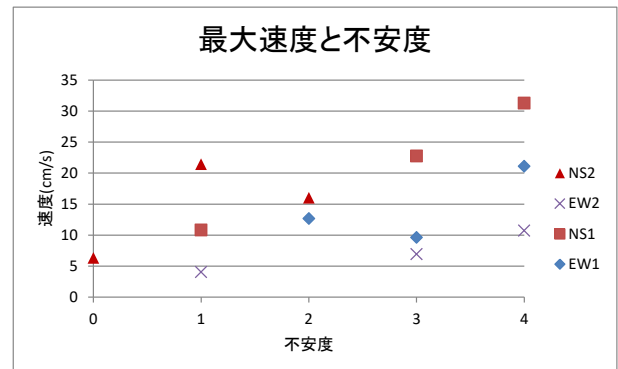


図 2 最大速度と不安度

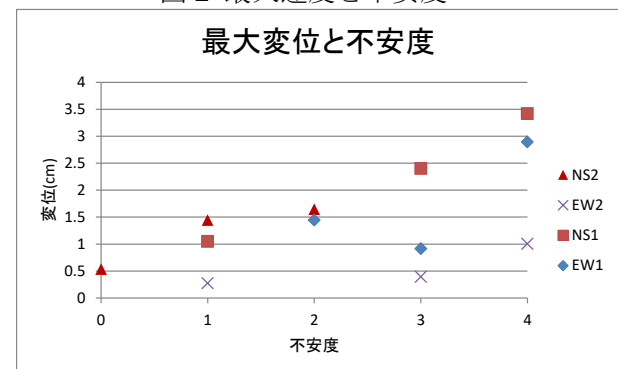


図 3 最大変位と不安度

図 1,2,3 より、いずれにおいても応答値が大きくなるにつれて不安度が大きく表れていることを確認した。また、被験者 1 と 2 をそれぞれ加振方向別に見た際に EW 方向において NS 方向に比べて応答値が

小さいにもかかわらず不安度が大きく表れていることを確認した。

既往研究と今回の実験結果を比較するために、図4に表4,5に示した実験結果を既往研究結果(参照2)にプロットした。

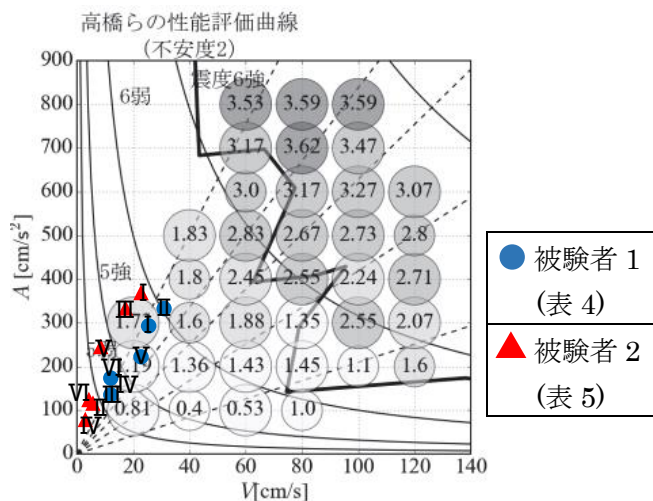


図4 基本条件(座位、左右)時の各加振ケースの平均値(2〜追記)

図4より、被験者1においては回数II,VI、被験者2においては回数VIで不安度が過剰に表れていることを確認した。

## 6. 結

本研究では、2名の男性を対象として、被験者の経験に応じた、任意のレベルで加振した揺れに対して、被験者がどの程度の不安度に達するのか調査するために、加振実験と不安度アンケートを実施した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①加振方向に着目した場合、人の不安度レベルはNS方向よりもEW方向に揺らされるときの方が大きくなること。
- ②加速度、速度、変位、いずれの場合においても値が大きくなるにつれて不安度が大きく出る傾向が見られること。
- ③既往研究との差異について、既往研究にて示された結果よりも過剰に不安度が大きく出た結果も存在

したが、概ね既往研究結果に沿う結果が得られたこと。

今後の展望として、人が不安を感じる部分が脳であると仮定して、ひじ掛け部分だけでなく人体の頭部にも加速度計測のための装置を使用し、計測を行う。

## 謝辞

本研究は、「理化学研究所(関西地域を対象とした都市防災の計算科学研究-地震津波と集中豪雨被害のハザードマップ作成-)」による成果の一部であり、東京理科大学の山川誠教授並びに東京電機大学朝川剛准教授には多大なる助言を、兵庫県立大学大学院永野研究室の先輩方には人体実験及びアンケート調査にご協力頂き実施した。ここに記し謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 鈴木千尋,石川孝重:不安感・不快感からみたランダム水平振動に対する心理評価に関する検討,日本建築学会環境系論文集第79巻第704号, pp.841-848, 2014.10
- 2) 岡沢理映,神原浩,猿田正明: 被験者実験による地震の揺れに対する人の感覚の定量化に関する研究,日本建築学会技術報告集第24巻第56号, pp.81-86, 2018.2
- 3) 池田雄一: 東北地方太平洋沖地震の強震記録に対する超高層建物の揺れの時間長さと地震時居住性に関する研究 - 居住者が揺れによる恐怖・不安を感じる時間に関する考察 -,日本建築学会四国支部研究報告集第16巻, pp.5-6, 2016.5
- 4) 肥田,永野: 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,日本建築学会構造系論文集第77巻第677号,pp.1065-1072, 2012.7
- 5) 白山工業株式会社: 次世代型地震観測システムの構築に向けて  
[https://www.hakusan.co.jp/research\\_and\\_development/i-jishin.html](https://www.hakusan.co.jp/research_and_development/i-jishin.html)(最終閲覧 2023.3)

\*1 兵庫県立大学大学院 減災復興政策研究科 博士前期課程 Graduate student, University of Hyogo  
 \*2 兵庫県立大学大学院 減災復興政策研究科 教授・博士(工学) Prof., University of Hyogo, Dr. Eng.