

地震時の室内被害に伴う 人的被害発生メカニズムからの対策再考

北海道大学 名誉教授 岡田 成幸



1. はじめに

昭和 53 年 6 月 12 日、仙台市を被災中心とするマグニチュード 7.4 の地震が発生しました。宮城県沖地震です。当時の人口 50 万人以上の都市が初めて経験する都市型地震で、死者 16 人、負傷者 10,119 人の犠牲者が出ました。地震直後、数名の学生たちは被災者家族の様子をヒアリングすべく被災地に向かいました。仙台市内のあるお宅の玄関チャイムを、門前払いされるのではとドキドキしながら鳴らしたのは 20 代の学生の時です。それが私の初めての地震被害調査でした。玄関先で 30 分ほど、30 代と思しき主婦の方が当方の調査の意図をくみ取り、忙しい日常の中でいやな体験談を語ることを厭わず、質問に親切に対応してくれたことを覚えています。時代が許してくれた調査でした。それ以降国内外を含め、地震による人的被害に関わる聞き取り調査 700 世帯、対象人数 5,000 名、また世帯アンケート 36,000 ケースに携わってきています。本稿ではこのように収集してきた観測データに基づき分かってきた人的被害について解説します。

地震による人的被害にも様々な要因があります。(i) 建物破壊や室内家具転倒に伴うものは揺れ始めから死傷に至るまでに数秒の余裕しかありません。(ii) 津波や土砂災害は地震発生から数分～数時間で死傷にいたります。(iii) 地震火災は数時間から数日かけて、(iv) 被災後の環境不適應等による関連死などは数日から数ヶ月で現れます。本稿では上記 (i) の首都直下地震に代表される震源が近距離にあり死傷回避に余裕のない「地震動による人的被害」を扱います。

2. 人的被害評価は重視されているのに…

中央防災会議(平成 25 年 5 月)は「南海トラフ巨大地震対策について(最終報告)」の中で「発生頻度が極めて低い地震ではあるが、・・・「何としても命を守る」ことを主眼として、効果的な防災・減災対策を検討するために想定したものである。」と記述しています。「何としても命を守る」というこの表現は令和 4 年 9 月の「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震 防災対策推進基本計画」の中でも用いられています。かように人的被害対策の重要性が強調され、地震被害想定でも必ず定量評価される被害項目であります。国が採用しているその評価手法は意外と粗雑です。たとえば木造建物内における死者数 = $0.0676 \times \text{建物全壊数} \times \{\text{居住者の建物内滞留率}\}$ で求めます。式中の 0.0676 は建物全壊数を死者数に変換する係数であり、木造被害建物数の約 1 割(非木造の場合は約 0.1 割)の数が死者数に一致するというシナリオです。基本的に地域に発生する人的被害の概数をマクロ的に推定するためのものであり、

推定精度が低くかつ対策に直結していません。負傷者に関してはさらに粗略で、結論的に言えば上記の死者数概算式を基本とし、その約 30 倍の割増で推算している程度です。

3. 人的被害評価法は何故粗雑なのか

なぜこんなにも粗雑なのでしょう。理由は2つ考えられます。まず得られるデータの信頼性が低いため評価法がざっくりとしたものにならざるを得ません。災害があると種々の被害数が対策本部から時々刻々発表され、最終報告値が公表値となり、被害研究でも使われます。しかしこの中で個人に属する住宅被害や人的被害は罹災証明が原本となることが多く、その被害判定が個人復旧の助成等に影響するため自治体により揺れ動きます。本来、被害想定に用いるデータは統一された被害判定の基で悉皆調査がなされなければならないのですが、そのような体制は整っていません^{脚注1}。2つめの理由は「何としても命を守る」と対策の重要性を強調しても、人的被害対策は基本的に個人対策であり、行政が直接執行する対策の指標として人的被害は効果が見えにくい自治体のマクロ評価はそれほど重視されていないという背景があります。しかし人的被害は個人対策指標のみにしか使えないわけではありません。たとえばICUを必要とする重症者数（重傷者ではありません）は医療行為者や施設の充足率や事前配置の検討に重要な指標となるはずで、対策に直結する、より精度の高い評価法が望まれます。そのためには、どうして人的被害が発生するのか、その原因と結果に至るプロセスを追跡し、再現させる必要があります。そのような評価法であれば、対策に直結する式中のパラメータを制御することで、対策の効果評価が検討できます。

脚注1：被害想定では建物被害は構造被害の観点で計算されるので、災害判定は構造被害尺度でなされるべきです。また人的被害は交通傷害と同等扱いのため[死亡、重傷、軽傷]の3傷度区分ですが、医療行為に直結できる[死亡、重症、中等症…]の7症度区分またはISS（多発性外傷重症度指標）を災害判定に採用し、その指標で死傷者を算定する評価法を採用すべきです。

4. あるべき人的被害評価法とは

まず死者発生のプロセスを考えましょう。阪神淡路大震災では、地震で建物が破壊し、居住者に覆い被さり、窒息死させるパターンが77%ありました^{文献1}。被災者に覆い被さる重量物は建物の構造・材料によりそれぞれ大凡決まり、覆い被さる確率（建物安全空間損失率）は構造別の損傷度（Damage Index）により決まります。以上の、建物破壊メカニズムに伴う人的被害評価についてはここでは触れませんので文献^{文献2}を参照ください。

次に、室内の家具等が転倒散乱することによる負傷のメカニズムを考えてみましょう。図1は我々の地震調査結果の一つです。横軸が家全体の床面積に対する家具密度、縦軸は部屋ごとの室内床面積に対する家具密度で、そこでの負傷者発生の有無を示したものです。地震に関係なく、ほぼ0.3個/m²以上の家具が配置されているところでケガ人が発生しています。なぜ0.3個/m²なのでしょう。地震で建物が揺れ家具転倒等により室内が散乱し、そこでの居住者の災害回避行動が不適切なことで負傷者の多くは発生します。負傷者発生は物的散乱に人間行動を乗ずることでモデル化されると考えます。国が採用する既往推定式（地域の死者数を基に係数倍（30倍）して負傷者数予測をする原理）からは対策は全く生まれません。図2の状態を考えてみましょう。家具転倒前に居住者が動かなかったとしたら、居住者一人

が負傷する確率は、居住者が自由に動くことが出来る面積に対する家具等が転倒する面積（危険領域）の比で与えられ、これを家具等の転倒領域率 R で表します。このとき、世帯の人数 n 人に対して一人以上ケガ人が発生する確率 $P(X > 0)$ は、 $\{1 - (1 - R)^n\}$ で与えられます^{脚注2)}。ここで、日本の標準世帯（平均世帯人口、一部屋あたりの平均居室人数、住家の平均延べ床面積、平均持ち家具、家具の大きさ等々）を想定し、負傷発生確率（標準世帯で一人以上の負傷者が発生する確率）を

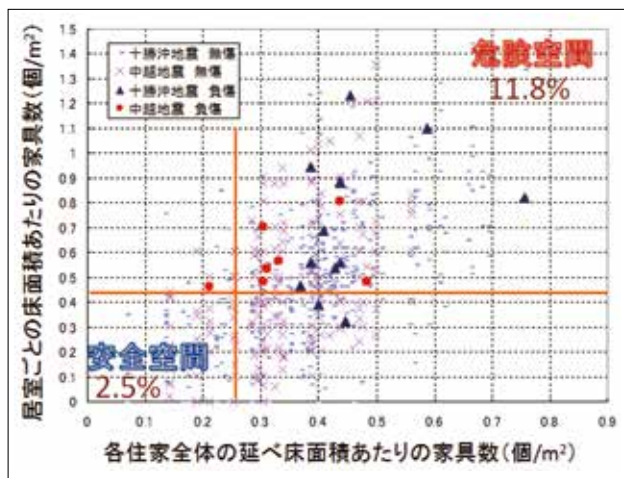


図1 負傷発生と家具密度の関係

50%閾値で与えるとすると、一住家における家具密度は0.25 [個 / m²]、一部屋当たりでは0.43 [個 / m²] の閾値が与えられます。図1にはそれぞれの閾値が示されており、負傷発生の観測閾値0.3 個 / m²を説明しています。同図の閾値で区分された右上第一象限が家具密度の高い危険領域に相当する世帯で、左下第三象限が家具密度の低い安全領域世帯となります。調査からそれぞれの領域における地震時の負傷発生率を求めると危険領域が11.8%、安全領域が2.5%です。別のアンケート調査^(文献3)により、揺れ始めに安全空間に回避できない割合が25%であることが分かっています。すなわち、危険領域における負傷率50%×非回避行動率25%=12.5%となり、実際の負傷率11.8%をほぼ説明しています。逆に安全空間にいたにもかかわらず、焦って逃げた・火元を確認しにいったなど、不適切な行動をとった居住者が3%いました。その方々は全員負傷しています。安全領域における実際の負傷率2.5%を説明しています。このように、地震の際には家具が転倒してこない安全空間でじっと動かないことが負傷しないための適正行動であることがわかります。地震時に負傷しないためには家具固定以前の問題として、家具密度（床面積当たりの家具数）を調整することが対策として効果的であることを提案し、そして安全領域を確保するためには、部屋の家具密度を約0.3 個 / m²以下にすることが安全基準の目安になります。

脚注2：危険領域に{居る/居ない}の二者択一の確率なので二項分布を使い、 n 人中 x 人がケガをする確率は $P(X=x) = {}_nC_x \cdot R^x \cdot (1-R)^{n-x}$ で与えられるので、一人以上ケガをする確率は以下となります。
 $P(X > 0) = 1 - P(X=0) = 1 - {}_nC_0 \cdot R^0 \cdot (1-R)^n = 1 - (1-R)^n$

5. 家具固定対策の誤謬と正しい室内対策

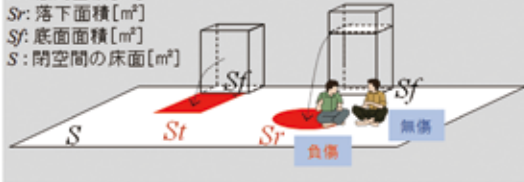
室内での負傷を防ぐ対策として家具の固定が推奨されています。確かに有効ではあるのですが、その対策のみで負傷回避できる絶対的対策ではないことを強調しておきます。理由は次の2点です。

- (1) 素人の家具固定では震度6弱までの揺れにしか抵抗できない。それ以上の揺れに対しては、固定金具が外れるケースが多いという報告がある。

家具等の転倒領域率 R ＝一人が負傷する確率(動かないという条件の下で)

$$R = (\sum St + \sum Sr) / (S - \sum Sf)$$

St : 転倒面積[m²]
 Sr : 落下面積[m²]
 Sf : 底面積[m²]
 S : 閉空間の床面積[m²]



1室(居間)における転倒領域率 $R = 71\%$

1室(個室)における転倒領域率 $R = 25.7\%$

家全体における転倒領域率 $R = 55\%$



図2 負傷確率の考え方

(2)すべての家具を固定することは不可能。部屋壁に家具固定の頑丈な下地がないために専門家でも全家具の半分程度の固定にとどまることが多い。

他者の調査^(文献4)でも、ほぼすべての家具を固定している世帯は4%にすぎません。2022年5月に公表された首都直下地震被害想定において家具固定実施世帯率現状57.3%を100%にあげることで死者数8割減少と表明していますが、疑わしい。被害想定の子具固定実施率は「一つでも家具固定を実施している世帯率」のことであり、一部の家具のみの固定実施世帯率を上げて、上記の各世帯の家具転倒領域の減少には直結しないことは明らかです。①家具密度をまず減らし、②安全・危険空間を明確に識別しかつ避難路を防がない家具配置を実行し、それから、③家具を固定するのが対策の手順として望まれます。

6. おわりに

現状の人的被害評価法は、行政のマクロな視点からの評価法であり、提示される対策もそれに準拠しています。首都圏直下の被害想定においては、建物の耐震化により死者数が6割減、家具固定実施世帯率を100%まで増やすことにより8割減と標榜していますが、耐震化はともかくも、国が示した家具固定対策では減災効果は疑わしいことは理解できたと思います。人的被害に幸いにして遭わなかった方も、家族に負傷者が発生するとその後の避難・対応・復旧意欲を失わせるという調査結果もあります^(文献5)。人的被害に遭わないために上記の①～③の適正な手順を踏んだ事前対策が必要です。

【文献】

- ¹⁾ 厚生省厚生統計協会：阪神淡路大震災による人身被害の実態、国民衛生の動向、1996。
- ²⁾ 岡田成幸・中嶋唯貴：建物倒壊及び室内散乱に伴う地域の地震時人的被害評価式の統一、日本建築学会大会（近畿）梗概集、2014。
- ³⁾ 青木俊典・中嶋唯貴・岡田成幸：解剖学的外傷重傷度指標の導入による地震時人体損傷評価法、日本建築学会東海支部論文報告集、47、2009。
- ⁴⁾ 金子美香・他：家具の固定状況の分析、日本建築学会技術報告集、28、685-688、2008。
- ⁵⁾ 有吉一葉・岡田成幸・中嶋唯貴：Kesslerの心理的苦痛測定指標(K6)による被災に伴う精神的被害の計量およびその時間推移モデルの構築、日本建築学会大会（広島）梗概集、2017。