

人に関わる地震被害の推定

—人的被害と短期的生活被害—

塩野 計司

正会員 工博 長岡工業高等専門学校助教授 環境都市工学科 (〒940-8532 長岡市西片貝町 888)

リアルタイム地震防災への適用を視野に入れ、人的被害と生活支障の推定方法について考察した。被害推定の結果を震災事後対応の支援情報として利用することを念頭に置いている。人的被害の推定に関しては、建物倒壊、閉じこめ、捜索・救出、医療へと波及する事象の連鎖とともに、被災者の生から死への推移を記載することが今後の研究課題となることを指摘した。生活支障の推定に関しては、その原因をライフラインの停止に求め、避難の発生へと波及する連鎖を記載することによって構成した災害連鎖モデルの概略を紹介した。

Key Words: Earthquake damage, human aspects, human casualty, daily living disruption

1. はじめに

地震によって様々なものが壊される。原形を留めない基盤施設や建物——地震災害の視覚的なイメージはここに尽きる。

しかし、あらゆる地震被害の行き着くところは人間そのものと人々の暮らしに他ならない。あらゆる物的な被害が人々の身体と生命への脅威になるやも知れない。住宅の被害とあらゆる基盤施設の機能損傷が人々の日常生活を脅かす。果ては、被災者の社会的・経済的な拠りどころを破壊する可能性をも秘めている。

建物が倒壊し、その中に取り残される人がいる。その中には生存状態で救出される人もいる。捜索や救出が間に合わず、命を落とす人もいる。そのような状況に対し、漠然としたイメージを描くことはさして難しいことではない。しかし、震災時の生と死の問題を科学的かつ克明に（少なくとも震災対応の指針を与えうる程度には具体的に）記載するという問題は、今も十分に解決されているわけではない。

人々の生活が標的になった地震災害には元より形がない。その意味では、生死の問題よりも把握が難しい。その実態を科学的に記述することさえ満足にはできていない。

現代の日常生活はライフラインの機能に依存する部分が多い。このことが認識され、地震防災におけるライフライン対策の重要性が指摘されるようになって久しい。とはいうものの、ライフラインが停止することによって、人々の暮らしがどのように変化するかさえ明らかになっているわけではない。確かに「まずい」ことにはなる（いわゆる生活支障が起こる）だろうが、その程度やそこからの波及事象に関する十分な解明は進んでいない。ライフラインの停止が直接、間接にもたらす災害事象について、もう少し詳しく知っておく必要がある。

生死の問題にしても、ライフラインの停止による生活支障の問題にしても、今よりはもう一段ほり下げた知識というものはあるはずである。そのような知識を整備し、それを応用する体系を作り出すことができれば、リアルタイム地震防災の効用にも一層の現実味が加わってくるだろう。

ここでは、地震防災における人の問題がおかれた状況を概観し、リアルタイム地震防災への寄与という観点を重視しつつ、今後の研究の方向性を考えてみたい。

2. 人的被害

地震による死傷者数の推定には、すでにいくつもの方法がある。しかも、どの方法を用いるにしても、使い方（適用範囲）さえ間違えなければ、それなりの精度をもった結果を得ることができる。

ただし、どの方法を用いたとしても、同じ問題に行き当たる。地震後のどの時点で死者と負傷者を数えたものなのかという点である。この問題に対する答えは、災害が「一段落」した時点ということになるだろう。地震後の捜索活動や救出活動が決着し、医療機関に収容された負傷者の容態も安定した時点での死者と負傷者を数えていることになる。

この問題は死傷者の推定式を導くときに使ったデータの性格に由来する。どの推定式の場合にも、相当に古いものの場合も含め、過去の地震で記録された死者数と負傷者数（何人という数字だけ）だけが用いられている。「確定」したデータを使っているかぎり、避けることのできない弱点である。

リアルタイム地震防災という試みは、発災後の事態の変動を動的に捉えることを基礎理念として構築されてきたものであろう（緊急停止・緊急遮断の問題は別として）。そのことを考えると、この弱点は相当に深刻なものと言わざるをえない。

それでは、「一段落」が来るまえに、我々の目に見えないところでは何が起きているのだろうか。図-1¹¹⁾には、この問いに対するヒントが示されている。図-1の折れ線は、地震で倒壊した建物から救出された人々の生存率を日を追って示している。壊れた建物に閉じこめられた人々（その多くは負傷者）が、生から死へと移行していく過程を反映した結果に他ならない。

図-1は多くの示唆を含んだ貴重なデータである。しかし、これで死者が発生する経緯のすべてが明らかになるわけではない。

生死の問題の前に、壊れた建物の中に取り残される人（建物がつぶれる前に外へ逃げられなかった人）のことも問題になるだろう。対策の具体的な展開を考えるためには、閉じこめられる人の割合のみならず、数についても知っておく必要がある。

壊れた建物の中に閉じこめられた人の中には、自分の力で脱出できる人もいる。家族や近所の人の力だけでも救出できる人がいる。しかし、専門家でなければ助け出せない人もいる。捜索や救出の難しさという観点から、建物の中に取り残された人々を分類したらどうなるか——このことも、事後対策の組立という面から見て（したがって、リアルタイム地震防災の課題としても）大きな問題である。

これらの問題は建物の壊れ方とも密接な関係がある。人的被害を考えるとき、建物の被害分類は従来

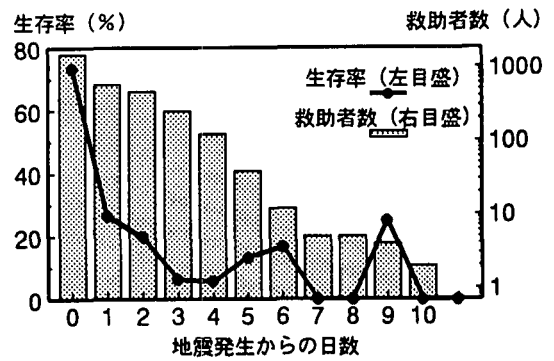


図-1 生存救出率の時間変化¹¹⁾

のような大まかなもの（全壊、半壊）ではすまなくなる。建物自体に関する問題ならば全壊として一括りにされるような被害に対し、さらに詳しく調べる必要がある²⁾。このような取り組みが実を結ばないかぎり、壊れた建物の中での生と死の問題が解き明かされることはないだろう。

つぎに、科学的なデータと対策活動の関係について考えてみたい。たとえば、図-1に示されたデータには、応急活動の種類によって、利用できる場合とできない場合とがあるように思われる。

倒壊した建物の中から運び出される人の数（生死に関わらず）が分かれば、図-1に示された関係を使って生存者の数を算定することができ、医療活動への負荷を推定することもできるようになる。図-1のデータは医療の問題を考えるときには役に立つ。

それでは、捜索や救出の問題に対してはどうだろうか。倒れた建物の下に人が埋まっていると分かたら、その生死（の推測）に関わらず、捜索や救出の活動を進めざるを得ないように思われる。地震後の一定の時間を経て、統計的に見たときの生存救出率が50%まで低下したとしても、捜索や救出（少なくとも捜索に関して）に当たる人や機材を半分にすることができるだろうか。さらに時間が進んで、科学的なデータとしては生存救出率がゼロに近づいたとしても、行方不明者が残っているかぎり、事故現場での捜索や救出の作業は続くことだろう。

どのような対策を、どのような被害情報にもとづいて実施するか——この問題に対する注意ぶかい分析に関しても、リアルタイム地震防災の課題の一つとして、本格的な取り組みが欠かせない。

兵庫県南部地震では、傷を負って死亡するというケース（外力による内臓の損傷や窒息による死亡を含む）の他に、地震のあとで病気を発症して死亡するというケースが知られるようになった。ノースリッジ地震（アメリカ合衆国・カリフォルニア州；1994）でも病気による死者が多発し、負傷による死者と病

気による死者がほぼ同数に達している³⁾。

兵庫県南部地震で多くの人々の関心を集めることになった災害関連死という現象も、地震による人的被害の一部として、応急対策の領域におく必要がある。

病気による死亡や災害関連死（両者には重複する部分もある）は、負傷による死亡に比べると、時間的な切迫性が低い。負傷による死者の多くが分秒から時間単位の経過の中で発生するのに対し、週から月単位の経過の中で発生する。この程度の時間的な「余裕」があるのならば、事後の対応を適切に行うことによって、防ぎきることも可能なはずである。事後対策の展開に主眼をおいたリアルタイム地震防災の効果が発揮されやすい部分でもあるだろう。

地震による死傷者の発生に対し、適切な対応をとろうとすれば（言い換えれば、リアルタイム地震防災の場面で利用するための知識を獲得しようとするれば）、建物の倒壊による閉じこめの発生状況や、捜索・救出・医療活動のための要員や資機材に関する需給関係について、関連する知識の体系化を押し進める必要がある。また、負傷者が死者へと転じてゆく経過や対策活動が進展する過程についても、今後の研究で明らかにしなければならない部分が少なくない。建物を始めとする物的な被害に関しても、死傷者の問題への応用を見込んだ、従来にも増して丹念な取り組みが求められてくる。さらには、屋内器物などによる負傷（生命への危険は小さいとしても、その多発を等閑に付すことはできない）の問題、病気の問題、関連死の問題など、問題は山積している。

3. 短期的生活被害

地震時の人々の動きを見通すことは、さほど簡単なことではない。少なくとも、過去の被害想定調査や、既存の防災計画の立案のさいに使われてきた知識や技術に頼るばかりでは、リアルタイム地震防災に必要な情報を準備することは難しい。

図-2はそのような事態の一例を示している；兵庫県南部地震のさいに避難した世帯について、その住宅被害の分布を示した（宝塚市の場合）。

従来の被害想定調査や地域防災計画では、滅失（全壊、大破など）した建物の住民を要避難者と考えていた。半壊程度の被害までも避難の原因と考え、半壊世帯の中の一定部分に対しても要避難者として取り扱った例もあった。

しかし、図-2を見るかぎり、住宅が全壊したからといって避難した世帯はわずか 10%に過ぎない。

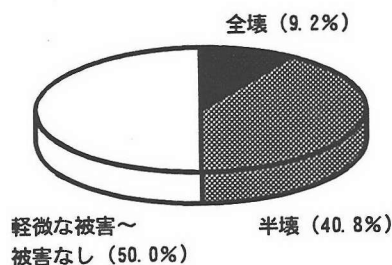


図-2 避難した世帯の住宅被害

半壊の場合を加えても 50%に止まっている。避難の原因として住宅の被害だけを考えているかぎり、避難者の予測値は現実を大きく下回る。「予想外の避難者」の発生が出来ることになる。リアルタイム地震防災への応用を視野において、現実的な避難者数を知りたいと思えば、従来とは異なる視点を追加して、より精緻に考えることが必要になる。

筆者らの研究⁴⁾によって、避難（とりわけ短期の待避避難）の問題には、住宅被害との関連のほかに、ライフラインの停止に起因する生活支障との関連があることが分かってきた。筆者らがこの問題に注目して行ってきた調査研究の結果を紹介し、生活支障に関する話題提供としたい。

(1) 生活支障の評価指標

生活支障という現象が形のない、捉えにくいものだとしても、それを評価するための何らかの方法を工夫しなければならない。それがなければ、話が先に進まない。筆者らは生活支障の強さを測るという問題から手を着けてみた。

生活支障の強さは、家庭での日常生活が制約された「程度」と「期間」を世帯ごとに調査し、次の式を用いて評価した：

$$[\text{影響度}] = \sum \{ [\text{低下度}]_i \times [\text{生活活動への制約が続いた日数}]_i \} \quad (i)$$

ここに、影響度：一つの世帯が受けた生活支障の強さを示す計量化指標、低下度：生活活動の制約の程度を示す点数、 i ：生活活動の種類を示す添え字。影響度を計算するさいに注目する生活活動は次の 5 種類とした：1) 調理、2) 用便、3) 洗面、4) 入浴、5) 洗濯。

低下度は生活活動への制約の程度に応じて 0 ～ 10 の範囲の点数で表した。一つの生活活動が普段どおりにできれば 0、まったくできなければ 10 を与えた。ゼロと 10 の間には、生活活動の種類ごとに 2 ～ 5 段階の点数を与えた。

影響度は世帯別のアンケートで調査した。どのような生活支障（低下度と低下の期間）があったのかを、生活活動の種類ごとに質問した。

多くの世帯について影響度（世帯指標）が求めれば、その総和や平均を計算することによって、影響度の「代表値」とすることができる。たとえば、一つの地域から回収された調査結果によって算定された代表値は影響度の「地域指標」として利用できる。

筆者らが以前に行った調査⁵⁾によって、影響度の評価に用いる2つの要素（低下度と制約日数）と、それとは異なる2つの要素（ライフラインの停止状況と世帯の生活形態（ライフラインへの依存性））の関係が明らかになっている。この成果をもとに、式 (i) は式 (ii) のように書き換えられた。

$$[\text{影響度}] = \sum \{ f_i (\text{〔生活形態〕}, \\ \text{〔停止するライフラインの組み合わせ〕}) \\ \times g_i (\text{ライフラインの停止日数}) \} \quad (\text{ii})$$

被災者が体験した生活支障について質問し、その結果を入力情報とする式 (i) を「直接的」な評価式と位置づければ、ライフラインの停止状況と世帯の生活形態を調査し、その結果を入力情報とする式 (ii) は「間接的」な評価式として位置づけることができる。式 (ii) に含まれる関数 f と g は、以前に行った調査⁵⁾の結果を利用し、数表や簡単な式を用いて具体的に与えてある。

(2) 兵庫県南部地震での調査

宝塚市（人口 20.6 万、世帯数 7.39 万；1994 年末）を対象域として、生活支障（影響度）、住宅被害、避難に関する調査を行った。市内の 1,779 世帯にアンケート票を配布し、913 票を回収した（51.3 %）。

兵庫県南部地震による宝塚市の被害は死者 83 人、全壊 5,535 棟、半壊 14,737 棟、焼失 2 棟などと記録されている。宝塚市が開設した避難所は 65 箇所（1 月 20 日）、避難者は 15,945 人（1 月 18 日）を数えた。

(3) 生活支障と避難率の関係

避難を「した」世帯と「しなかった」世帯のそれぞれについて影響度（世帯指標）の分布を調べた。影響度の分布はともに対数正規分布と見なせるものであり、それぞれの代表値（幾何平均）は 330 ポイント（避難した）と 233 ポイント（しなかった）だった。影響度の分布を対数正規分布と見なして代表値の差を検定したところ、代表値の差は 5% の危険率で有意なものであることが確認できた。

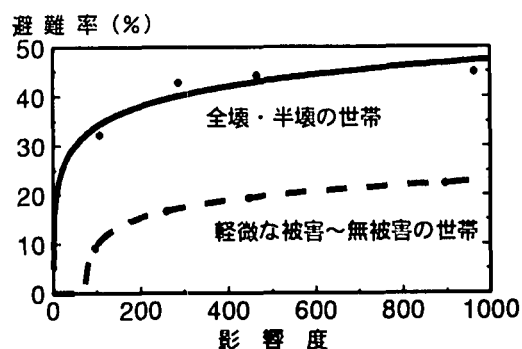


図-3 影響度と避難率の関係

つぎに、影響度の大きさによって世帯をグループ化し、グループごとに影響度の代表値と避難率の関係を求めた（図-3）。

図-3には、住宅への被害が大きいほど、また住宅被害が同程度（「全壊・半壊」または「軽微な被害～無被害」）であれば影響度の値が大きいほど避難率が高まるということが定量的に捉えられている。住宅の被害程度と生活支障の強さを知ることによって、現実的な避難率が求められることを示す結果であり、被災地の実状を知るための手段として利用できる。

前に述べたように、影響度の値は「直接的」な方法によらずとも、ライフラインの停止状況を知ることによって「間接的」な方法で算定することができる。ライフラインの停止状況を知ることによって、避難の発生状況が予測できることが示された。

このことは、リアルタイム地震防災の観点からも意味のある事である。ライフラインの停止状況は被害の即時推定やモニタリングによって知ることができる。そこからのアウトプットが避難者を推定するためのインプットになる。災害事象の連鎖性（波及性）を記載することが、被害情報の側面からリアルタイム地震防災を支えることになる。

参考文献

- 1) 消防庁（編）：阪神・淡路大震災の記録，第2巻，ぎょうせい，456pp.，1996.
- 2) 岡田成幸・高井伸雄：建物の崩壊パターンと死傷，地震時死傷問題に関する学際シンポジウム（報告書），人的被害研究会，pp. 36-42，1997.
- 3) Burdy, R. J., S. P. French, and A. C. Nelson: Plans, code enforcement, and damage reduction: Evidence from the Northridge earthquake, Earthquake Spectra, Vol. 14, No. 1, pp. 59-74, 1998.
- 4) 塩野計司・宮野道雄，小坂俊吉：地震時の短期的避難需要とその制御第3回都市直下地震災害総合シンポジウム（論文集），pp. 453-456，1998.
- 5) 塩野計司・朱牟田善治：ユーティリティの震害による住民の生活支障——調査・予測の方法と簡単な応用例——，自然災害科学，Vol. 13, No. 2, pp. 193-203，1994.