

地震による被災から回復までの個人世帯生活被災度時間関数の構築 Dynamic Model of the Quality of Family Life from Damage to Recovery Process in Earthquakes

○岡田成幸・中嶋唯貴・牧 紀男・瀨瀬一起

○Shigeyuki OKADA, Tadayoshi NAKASHIMA, Norio MAKI, Kazuki KOKETSU

We proposed the concept of the Family-life Continuity Plan (FCP), which is a time-variation plan for individual households to quickly recover their daily living standards when seismic events attack. The FCP is defined as the following three kinds of disaster aspect: First, in order to handle human casualties of the inhabitants quantitatively in modeling, we introduced the Injury Severity Score, which is devised to classify earthquake victims with multiple trauma. Second, we modeled the average asset for white-collar worker families in Japan. Third, we estimated their psychological harm due to the death of family member and a sense of loss in terms of K6 score which is widely used in the field of mental disease. Finally, earthquake risk evaluation of family-life was simulated considering the effect of personal seismic countermeasures as structural strengthening of their own house or carrying insurance.

1. はじめに

本研究は、地震による個人あるいは世帯の生活破壊の予防そして減災を目的とし、予防から復旧までの時系列的自助能力向上のための防災計画を「家族生活継続計画 (Family-life Continuity Plan : FCP)」という概念で提案し、定量化のための時間関数構築を目指すものである。

2. FCP にかかる評価要因

世界保健機関 (WHO) が唱える「健康」の定義 (健康とは身体的・精神的かつ社会的に全てが満たされた状態で、単に病気ではないことを意味するのではなく、人間としての尊厳及び生活の質が十分に確保された状態これを Well-being の状態という。) を参考にする。筆者らが求める FCP とは、地震災害からの復旧を当面对象とするものの、最終的には平常時を含めた世帯の Well-being を実現するための支援ツールと位置づけている。よって、ライフスパンで世帯の健康状態を定量評価することを試みる。FCP は生活の質 (Quality Of Life : QOL と記載) により数値評価され、地震により個人及びその世帯が影響を受ける QOL 損失を、「身体的損傷」「資産的損傷」「精神的損傷」の 3 事象で評価する。3 事象はお互いに関連しており、当面、図 1 の関連モデルを考える。外力は地震ハザードを単一指標の震度 I (または PGV) で与える。

(1) 身体的損傷及び回復の評価

個人または世帯に与える損傷の程度 (単一指標の多発外傷性重症度指標 ISS で評価) 及び回復は、

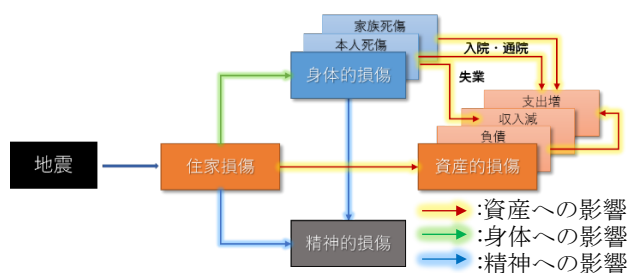


図 1 FCP 関連モデル

瞬間的には被災関数と復旧関数を以下の指数関数で表現する [太田・岡田(1989) 1]。

$$F(t) = C \cdot (t - D)e^{-\frac{t-D}{b}} \quad \dots (1)$$

$$F_r(t) = -C_r \cdot (t - D_r)e^{-\frac{t-D_r}{b_r}} \quad \dots (2)$$

ここに、 D は人的被害発生遅れ時間 (建物崩壊並びに室内散乱に伴う死傷を考慮するなら $D=0$)。 b は人的被害発生の最大値発現時間 ($b=20$ [秒]) に固定)。 C は瞬間最大値に関わる定数 ($=ISS/b^2$)。 D_r は人的被害回復開始時間 (死の場合は回復せず。重傷 ($ISS=9$ 以上) は 2 週間後から回復することを仮定し ($D_r=14$ [日]) に固定。軽傷は 1 週間後から回復するものとし、($D_r=7$ [日]) に固定。 b_r は回復の最大値発現時間で、重傷は ($b_r=30$ [日])、軽傷は ($b_r=3.5$ [日]) に固定。 C_r は定数 ($C_r=ISS/b_r^2$)。

さらに時間的影響度としての身体的損傷一回復プロセスは以下の累積値で与えられる。

$$G(t) = \int_0^t \{F(t') + F_r(t')\} dt' \quad \dots (3)$$

上記 3 式を概念的に示したのが図 2 である。

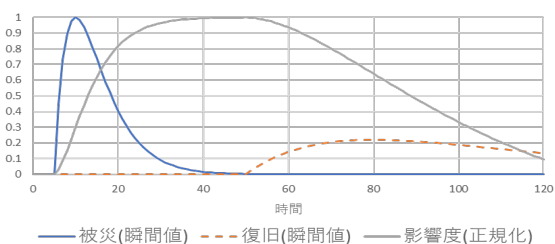


図2 被災—復旧時間関数概念図

影響の大きさ（図2縦軸）は建物倒壊に伴う死傷度ISS (θ)を確率として式(4)で定量化できる。

$$M_{ISS}(\theta) = \kappa_{\Delta x} \cdot f''_{\Delta x}(\theta) \quad \dots (4)$$

ここに、 $\kappa_{\Delta x}$ は木造損傷度 Δx の時の危険空間内にいる居住者人口[人]であり、以下で与える。

$$\kappa_{\Delta x} = Mf(I) \cdot P(I, \Delta x) \cdot W_{\Delta x} \quad \dots (5)$$

ここに、 I は対象地域を襲う震度、 $Mf(I)$ は木造住宅における震度曝露人口、 $P(I, \Delta x)$ は震度 I における木造建物損傷度 Δx の発生確率を意味する。また、 $f''_{\Delta x}(\theta)$ は建物損傷度が Δx である時の建物内居住者のISSが θ の値をとる確率である。人的重症度 θ の推定に際し、住宅の倒壊による負傷発生という限られた症例を詳細にデータベース化している観測例は極めて少ない。よって本研究では、観測値に加え有識者の先験的主観確率の採用も許容されているベイズの方法を採用し、将来更新を考慮する。ここで、建物損傷度 (Damage Index) が Δx のときの建物内滞在者の人的重症度が θ である基礎確率変数の分布 $f''_{\Delta x}(\theta)$ はベイズ推定の事後確率分布 $f''_{\Lambda}(\lambda)$ を用いて、以下で与えられる。

$$f''_{\Delta x}(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{f''_{\Lambda}(\lambda)}{\sqrt{2\pi\sigma^2\theta}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(\theta)-\lambda}{\sigma}\right)^2\right] d\lambda \quad \dots (6)$$

なお、室内散乱に伴う人的死傷度も同様に計算可能であり、今後取り入れていく予定である。死亡は身体的には回復不可能であるが、家族を失ったことへの精神的被災の形で定量化している。

(2) 資産的損傷の評価

資産的被害とは専ら金銭に換算可能な被害をいう。直接的な被害に加え、復旧復興過程において発生する費用負担であり、[円]で評価する。参考とするのは企業の経営状態を見るための貸借対照表 (バランスシート) である。貸借対照表は流動資産と固定資産からなる資産を、負債と自己資本である純資産で定義することで財務バランスを表現する。この考え方を一般世帯にも応用し、世帯の地震に伴う財務状況の変化を時系列で追跡する。貸借対照表における流動資産は個人世帯の貯蓄残

高に対応させる。世帯における流動資産のモデル化に当たり、収入と支出に関しては、総務省統計局の2011年の家計調査を用いることで、各種階級 (収入や年齢別) における収入と支出の関係を取得できる。貯蓄に関しては、取得した収入と支出の差を用い前年の貯蓄残高に加えることで算出し、この値を流動資産とする。固定資産は標準世帯モデルとして住宅・土地・自動車の資産価値を対応させている。世帯の負債に関しては住宅・土地の取得に伴うローンのみを対象とする。

(3) 精神的損傷の評価

心の状態は Kessler による精神的苦痛測定指標 (K6) で計測でき、日本人の平常時における K6 の分布が指数分布に従うこと、その極値として災害時の各種インシデントが Gumbel 分布 I 型で近似でき、その平均値 μ をもって K6 状態をモデル化できることを報告済みである [岡田・他(2018)²⁾]。

$$\mu = \frac{1}{\lambda} \ln(n) + \frac{\gamma}{\lambda} \quad \dots (7)$$

ここに、 n は Gumbel 分布位置母数で、遭遇するインシデントの種類 i により定数を一対比較調査より与えている。

$$n = 1 + \sum(n_i - 1) \quad \dots (8)$$

λ は形状母数、 γ はオイラ一定数である。さらに精神的回復モデルとして α (単位時間あたりの n 値減少量) を導入し、以下にモデル化した。

$$\mu(t) = \frac{\ln(n-\alpha t) + \gamma}{\lambda} \quad \dots (9)$$

3. FCP シミュレーション

高知県南国市を例に、夫婦30代・子6歳で築40年の戸建て木造住宅(持ち家)に住むサラリーマン世帯を想定する。地震動は内閣府が公表しているレベル2クラスの南海トラフ巨大地震のうち陸側に震源を想定した最大地震動の震度分布を与えると、全壊の確率は50%を超え、死亡発生確率14%を得る。この状態に避難生活と収入減少のインシデントが加わった場合の資産及び心の回復シミュレーションを行った。さらに事前対策として耐震改修と地震保険の加入及び事後の生活再建支援法による助成の減災効果をシミュレーションし、FCPの有用性を確認した。

文献: 1) 太田・岡田、震災のダイナミクス その1, 地震II, 42, 497-506, 1989. 2) 岡田・中嶋・有吉・牧・纈纈、被災者の心の復興～精神的苦痛の計量及びその時間推移モデルの構築～、H30年度京大防災研研究発表講演会要旨集, A30, 2018.