

改修効果に関する知識の取得費用の存在が家計の耐震化行動に及ぼす影響に関する分析

京都大学工学研究科
京都大学防災研究所

学生員 ○ 神谷 宏
正員 岡田 憲夫

京都大学防災研究所 正員 多々納 裕一

1 研究の目的と概要 地震災害の事前対応策として減災方策の重要性が認識されている。耐震改修はその一例であり、一部自治体等は診断費用の補助等を実施している。完全な知識を有する合理的な家計を想定する。このとき、診断結果にしたがって改修行動を決定する家計のみが診断を受診する。しかしながら、診断受診が必ずしも改修の促進に結びついていない現実がある。改修により達成される耐震性能と改修費用との関係を耐震改修に関する知識と定義する。本研究では改修に関する知識は現実には不完全であることに着目する。この種の知識の取得には学習や探索等のコストが必要である。これを考慮し、本研究では、改修に関する知識の取得費用の存在に焦点を絞り、その大きさと診断の受診、改修の実施といった家計の耐震化行動との関係を理論的に考察することとした。

2 モデルの定式化 家計の想定する地震発生確率を π とする。地震が発生し、家屋が全壊すると被害額 l の被害が生じる。地震が発生した場合に家屋が全壊する確率を脆弱性とする。家計は耐震性能向上のため、耐震診断・改修の二段階の意思決定を行う。 i, j は診断・改修行動を表す決定変数 ($i = 0$: 改修しない, $i = 1$: 改修する, $j = 0$: 診断しない, $j = 1$: 診断する) である。脆弱性は診断・改修行動の決定変数 i, j により

$$q_{ij}(y) = \begin{cases} q_i & \cdots (j=0) \\ q_i(y) & \cdots (j=1) \end{cases} \quad (1)$$

と表される。ここで y は診断により与えられるシグナルである。 $p(y)$ はシグナル y の発生確率であり、家計は診断によってシグナル y を得た上で脆弱性に関する信念を q_i から $q_i(y)$ に改訂し、その上で改修行動を決定する。改修行動をとると脆弱性は小さくなるので $q_1 < q_0$ および $q_{1y} < q_{0y}$ が成り立つ。

家計は状態集合 $s \in \mathcal{S}$ およびそれに応じた家屋の脆弱性 $q(s)$ を知っているが、家屋状態 s を観測することはできないため信念 $g(s)$ を形成する。そのため、家計の想定する脆弱性 $q_{ij}(y)$ はこの信念に依存する。

診断前に知識を取得する家計は全ての家屋状態における改修効果を知る必要があり、その場合の知識取得費用を F とする。一方診断後には家屋の状態がどの状態にあるかを知った上でその状態に対応する改修効果のみを知ればよく、知識取得費用は f ($f < F$) と小さくなるものと考えられる。

知識の不完全性は、改修後の家屋の脆弱性 $q_1(s)$ を固定し対応する改修費用 M_s で表現しても一般性を失わない。そこで知識の不完全性を改修費用の曖昧さを示す確率密度関数 $\theta(M)$ で表現する。完全な知識を有する場合には $\theta(M)$ はその平均値 M_c に集中したディラックのデルタ関数となり、不完全な知識を有する場合には $\theta(M)$ は裾野の広い平均保存的な拡散となる。

$E_y\{\cdot\} = \sum_{y \in Y} [\cdot] p(y)$ は診断情報 y が得られる場合の条件付期待値を与えるオペレータである。

効用最大化の結果、事前に知識を取得する場合の効用 $W(x-F)$ 、診断後に知識を取得する場合の効用 $V(f)$ はそれぞれ以下ようになる。

$$W(x-F) = \max_j E_y \left\{ \max_i (1 - \pi q_{ij}(y)) u(x - \delta_i M_c - \delta_j c - F) + \pi q_{ij}(y) u(x - \delta_i M_c - \delta_j c - F) \right\} \quad (2)$$

$$V(f) = \max_j \int_0^\infty E_y \left\{ \max_i (1 - \pi q_{ij}(y)) u(x - \delta_i M - \delta_j (c+f)) + \pi q_{ij}(y) u(x - \delta_i M - \delta_j (c+f) - L) \right\} \quad (3)$$

ここで δ_i はダミー変数であり次式で与えられる。

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \cdots i=1 \\ 0 & \cdots i=0 \end{cases} \quad (4)$$

したがって事前に知識を取得するか否かについて

$$\max\{W(x-F), V(f)\} \quad (5)$$

により決定される。また、通常診断前に全ての知識を取得する費用 F は個別事象のみについての知識取得費用 f よりはるかに大きいと考えられるので、本研究では $f \ll F$ の場合を中心に考える。

キーワード 耐震診断, 耐震改修, 知識取得費用, 知識の不完全性

611-0011 宇治市五ヶ庄, TEL 0774-38-4038, FAX 0774-38-4044

3 モデルの分析 家計の行動を「診断結果によらず改修しない」「診断結果によって改修行動が左右される」「診断結果によらず改修する」と3つにわけ、順にタイプ1～3とする。事前に完全な知識を有する家計は知識取得費用 F がゼロであると考えられる。その場合の各タイプの効用を $W_1 \sim W_3$ とし、一方不完全な知識を有する家計の場合にはその効用をそれぞれ $V_1 \sim V_3$ とする。これらの効用 V, W には以下のような関係が成立する。 $u(\cdot)$ の性質から、

$$\frac{\partial W_1}{\partial c}, \frac{\partial W_3}{\partial c} = 0, \frac{\partial W_2}{\partial c} < 0, \frac{\partial W_1}{\partial M} = 0, \frac{\partial W_3}{\partial M} < \frac{\partial W_2}{\partial M} < 0 \quad (6)$$

診断費用 $c = 0$ の時 $W_2 \geq W_1, W_3$ が、改修費用 $\bar{M} = 0$ の時 $W_3 > W_1, W_3 > W_2, W_2 > W_1$ が成り立ち、 V においても同様の関係が成立している。効用水準 W, V 間には $V_1 = W_1, W_2 > V_2, W_3 > V_3$ の関係がある。また $V_1 (= W_1)$ と V_3, W_3 は初期信念 $g(s)$ に依存し効用水準が決定される。これらを踏まえ、診断費用および改修費用と耐震化行動の関係について分析した。

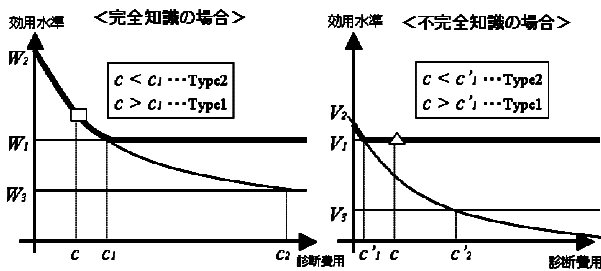


図1:効用水準と診断費用の関係 (i)

所有者のタイプ別効用水準と診断費用の関係を分析するため $f = 0, F = 0$ としたグラフをプロットした(図1はその一例。家計は家屋状態について楽観的な信念を形成しており、 $W_1 > W_3, V_1 > V_3$ である。)例えば診断費用が c の場合、完全な知識を有する家計ならば診断を受診する(点□)が、不完全な知識しか有しない家計は診断を受診せず改修も行わない(点△)。一方、知識取得費用 f が存在するときには図2のようになる。この時、診断費用 c とともに知識取得費用 f が存在するので家計は診断費用が $c + f$ の場合と同様の行動を選択する。つまり家計の行動を決定する点は点△から点○に移動する。ここでは家計は診断を受診せず改修も行わない。仮に診断費用のみへの補助策が実施され $c = 0$ になったとしても、家計の行動を決定する点は点○から点☆に移動するだけであり、家計は診断を受診しないままである。同様に悲観的な信念を形成する家計についても分析した。その結果、診断費用が十分小さければ

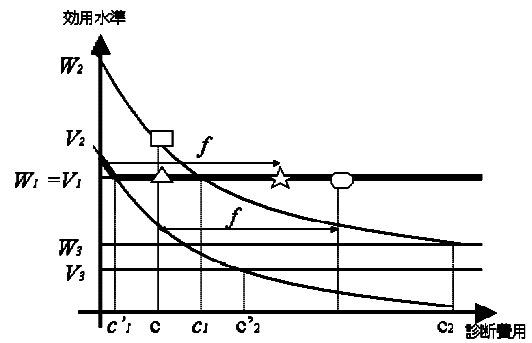


図2:効用水準と診断費用の関係 (ii)

ば家計は診断を受診するがただしその際に知識取得費用も十分小さいことが必要であることがわかる。

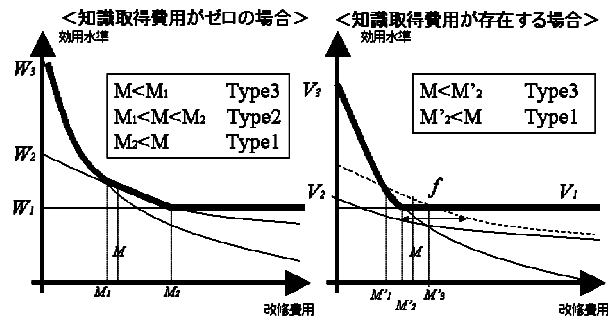


図3 改修費用と効用水準の関係

改修費用と耐震化行動の関係についても同様の手順でグラフをプロットした(図3は一例)。改修費用が図中の M であるとき、知識取得費用がゼロならば家計は診断を受診する。一方、同じ M であっても知識取得費用が存在すれば診断を受診しない。しかし、知識獲得費用 f を小さくすると、 V_2 は点線(V_2 but $f = 0$)に近づき $f = 0$ の時、家計は $M'_1 < M < M'_3$ の範囲では診断を受診するようになる。このように改修費用と耐震化行動の関係に着目した結果、知識取得費用が小さくなると効用水準 V_2 が大きくなり、家計が診断を受診する場合があることが分かる。

以上から、診断後に知識を取得する場合、診断前には耐震改修に関する知識が不完全であるため、知識が完全である場合にとる行動と異なる行動を選択する家計が存在することが分かった。このような非効率な選択がなされないためには、知識取得費用 F が十分小さくすることや診断費用 c と知識取得費用 f を共に小さくすることが必要である。

4 結果および考察 本研究により、耐震診断や耐震改修の補助だけではなく知識取得費用に補助の必要性が確認された。診断企業や改修企業の行動を考慮した展開を今後行う予定である。