

第IV部門

性能規定型契約が家屋所有者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
京都大学工学研究科 学生員

多々納 裕一
土屋 哲

1 研究の目的と概要 既存家屋の耐震性向上の必要性が叫ばれて久しい。しかしながら、家屋の耐震化は十分進んでいるとは言えない状況にある。この理由の一つに、家屋所有者と改修企業間のモラルハザードの問題が挙げられる。耐震化契約においては、工事期間中の努力情報だけでなく、工事実施後の成果情報に関しても観察するのは難しい。これを”事後確認の困難性”と呼ぶ。本研究では、この事後確認の困難性が耐震化行動に及ぼす影響を分析し、これを軽減するための方策として性能規定型契約の導入を提案する。性能規定型契約とは事後の検査等による性能確認の実施を前提とした契約方式である。この契約方式の導入効果を検討するために、まず工事期間中の努力情報を観察できる理想的状況下と事後確認の困難性が存在する現状をモデル化し両者を比較することによって事後確認の困難性の影響を明らかにする。次いで、性能規定型契約を家計と改修企業との間のゲームとしてモデル化し、他の契約モデルとの比較を行うことで事後確認の困難性の問題を軽減することが可能となる条件を明らかにする。

2 努力が完全観察可能な状況下における契約モデル

まず家計は耐震化工事の期間中に改修企業が投入する努力 e (家屋の耐震化の成功する確率) を完全に観察可能である場合をとり上げる。これは、観測した努力水準に応じた価格づけが可能であれば、企業の努力水準を反映した効率的な契約が可能であるからである。いま、家計と企業は家屋の耐震化に関する契約を結ぶが、契約後に企業は自らの判断で努力水準 $(\underline{e}, \bar{e})$ を選択できる。ただし、 $\underline{e} < \bar{e}$ である。家計は企業の努力水準を観測して、その水準に応じた対価を支払う。すなわち、契約で求められている努力が履行されれば報酬 $w(e)$ が支払われるが、そうではない場合には報酬は全く支払われないものとする。このとき、いかなる報酬体系を設計するかが家計の直面する問題となる。

家計と契約を結ばない時、改修企業の利潤を $\Pi_0 = 0$

とする。家計と契約 $(\underline{e}, \underline{w})$ を結ぶ時、改修企業の利潤を

$$\Pi(\underline{e}, \underline{w}) = \max\{\underline{w} - \underline{c}, 0 - \bar{c}\} \quad (1)$$

とおく。 $\underline{c}, \bar{c}$ は改修企業が $\underline{e}, \bar{e}$ の努力を投入するのに必要な工事費用である。

家計は初期資産 x を有するリスク回避的な家計であり、地震時に家屋が全壊すると被害額 l の被害を被る。地震発生確率を p とし、初期時点での家屋の耐震性能(地震発生時に家屋が全壊する確率)を q_0 とすると、契約を結ばない時の期待効用は $EU_0 = pq_0 u(x-l) + (1-pq_0)u(x)$ と書ける。一方、改修企業に努力 $\underline{e}$ の耐震化工事を依頼する時、家計の期待効用は

$$EU(\underline{e}) = \max_{\underline{w}} pQ u(x-l-\underline{w}) + (1-pQ)u(x-\underline{w}) \\ \text{subject to } \underline{w} - \underline{c} \geq 0 \quad (2)$$

と書ける。 $Q = (1-\underline{e})q_0 + \underline{e}\bar{q}$ は工事後に期待される耐震性能である。家計が提示する対価 $\underline{w}$ は $u(\cdot)$ の単調性より $\underline{w} = \underline{c}$ となる。同様に考えて、努力 $\bar{e}$ に対しては対価 $\bar{c}$ を提示する。家計の期待効用を、 $EU = \max\{EU_0, \max_{\{\underline{e}, \bar{e}\}} EU(e)\}$ とする。

この契約を展開形ゲームとしてモデル化すると、その後向き均衡解は「A: 契約を作成しない」「B: 家計は契約 $(\underline{e}, \underline{c})$ を提示し、改修企業は契約どおりに改修を実施する。」「C: 家計は契約 $(\bar{e}, \bar{c})$ を提示し、改修企業は契約どおりに改修を実施する。」となる。どの均衡解が実現するかは、工事費用 $\underline{c}, \bar{c}$ と家計のリスク回避の度合 $r > 0$ により決まる。 $\bar{c}, \underline{c}$ の価格差があまりない時、均衡解 C が実現する。一方、 $\underline{c}, \bar{c}$ に格差がある場合、 r が小さい時均衡解 A あるいは B が、 r が大きい時均衡解 C が実現する。

3 事後確認が困難な状況における契約モデル

事後確認が困難な時、家計は改修企業の努力及び成果について何らの情報を得ることはできない。この時、家計は投入された努力に関わらず契約時に依頼した努力に応じた対価を支払わなければならない。この契約を展開形ゲームとして定式化した時の後向き均衡解は

「A': 契約を作成しない」「B': 家計は契約 $(\underline{e}, \underline{c})$ を提示し, 改修企業は契約どおりに改修を実施する。」となる。工事費用 $\underline{c}$ が小さい場合必ず均衡解 B' が実現する。工事費用 $\underline{c}$ が大きい場合, r が小さい時均衡解 A' が, r が大きい時均衡解 B' がそれぞれ実現する。事後確認が困難な状況においては, 家計は改修企業が契約外の行動をとらないように契約を作成するため, 努力 $\bar{e}$ を依頼する契約ははじめから作成しない。このため, 努力観察可能下における均衡解 C に対応する状況は, 事後確認が困難な状況下では実現しない。

4 性能規定型契約モデル この契約方式では, まず家計は複数企業に技術情報の開示を求める。その技術情報に基づき耐震化契約を作成するかどうかを決定する。契約を作成する時, 求める耐震性能と検査結果に応じた対価を改修企業に提示する。改修企業は契約の承諾・拒否を決める。契約を承諾した場合, 改修企業は工事を実施し, ある耐震性能が実現する。工事実施後, 家計は事後検査を中立的な第三者に依頼し検査結果が分かる。その結果に応じ改修企業に支払いを行う。耐震性能が $\bar{q}$ の時, 検査結果が σ となる確率を

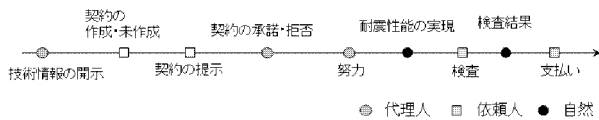


図1 論理的順序関係

$0.5 < \alpha \leq 1$, 耐震性能が q_0 の時, 検査結果が σ_0 となる確率を $0.5 < \beta \leq 1$ とする。また事後検査の実施には $\gamma \geq 0$ の検査費用が必要となる。以上の検査技術に関する情報より, 改修企業が努力 e を投入した場合に検査結果が σ となる確率 $p(\sigma|e)$ も決定される。家計が改修企業に耐震性能 $\bar{p}$ の家屋の耐震化を求めるとき, 検査結果が σ の時 $\bar{w}$ を支払い, σ_0 の時には $\underline{w}$ を支払うものとする。この性能規定型契約において, 実現しうる均衡解は「均衡解 a: 契約を作成しない」「均衡解 b: 契約 $(\underline{p}; \underline{w}, \bar{w})$ を提示し, 改修企業は努力 $\underline{e}$ を選択する。」「均衡解 c: 契約 $(\bar{p}; \underline{w}, \bar{w})$ を提示し, 改修企業は努力 $\bar{e}$ を選択する。」となる。家計の資産の期待値 $\bar{\mu}$, 分散 $\bar{\sigma}^2$ は

$$\begin{aligned}\bar{\mu} &= x - \gamma - p(\sigma_0|\bar{e})\underline{w} - p(\sigma|\bar{e})\bar{w} - p\bar{Q}l \\ \bar{\sigma}^2 &= pl^2\bar{Q}(1-p\bar{Q}) + p(\sigma_0|\bar{e})p(\sigma|\bar{e})(\bar{w}-\underline{w})^2 \\ &\quad - 2(\alpha + \beta - 1)(1-\bar{e})\bar{e}pl(q_0 - \bar{q})(\bar{w}-\underline{w})\end{aligned}$$

となる。家計の期待効用を $EU(\bar{p}; \underline{w}, \bar{w}) = \bar{\mu} - A\bar{\sigma}^2$ とおくと, 家計はその期待効用を最大化するように支払対価を決定する。

$$EU(\bar{p}) = \max_{\{\underline{w}, \bar{w}\}} EU(\bar{p}; \underline{w}, \bar{w})$$

subject to

$$p(\sigma_0|\bar{e})\underline{w} + p(\sigma|\bar{e})\bar{w} - \bar{c} \geq 0$$

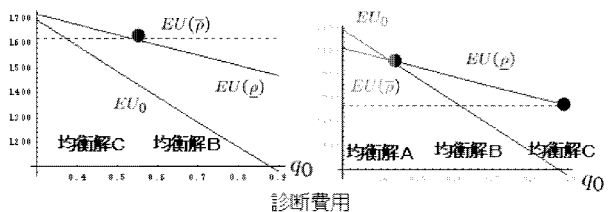
$$p(\sigma_0|\bar{e})\underline{w} + p(\sigma|\bar{e})\bar{w} - \bar{c} \geq p(\sigma_0|\underline{e})\underline{w} + p(\sigma|\underline{e})\bar{w} - \underline{c}$$

$$\bar{w} \geq \underline{w}$$

支払対価 $\underline{w}, \bar{w}$ は, 工事費用 $\underline{c}, \bar{c}$ に応じて決定される。工事費用 $\bar{c}$ が工事費用 $\underline{c}$ に対して大きい場合, 家計は家屋の耐震化が成功したときに支払う $\bar{w}$ を多く支払う必要がある。また求める耐震性能が高くなるにつれて $\bar{w}$ をより多く支払う必要がある。

また努力 $\underline{e}$ に対応する耐震化契約 $(\underline{p}; \underline{w}, \bar{w})$ についても同様に期待効用を最大化するように支払対価を求めることができる。これらの期待効用の数値解析により均衡解の分析を行った。図2は検査精度と検査費用に関する均衡解の変化を分析したものである。このよ

○診断精度 $\alpha = \beta = 1 \cdots$ 正確な検査



小 診断費用 大

○診断精度 $\alpha = \beta = 0.6 \cdots$ 精度の低い検査

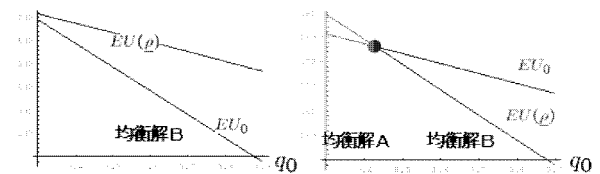


図2 均衡解：検査精度と検査費用

うに, 検査精度がよくかつ検査費用が小さい時, 均衡解 c が実現することが分かる。

5 結果および今後の課題 本研究では, 事後確認の困難性から生じる問題を明らかにし, これを回避するための方策として性能規定型契約を提案した。またこの契約方式が有効に機能するためには, 高精度かつ安価な事後検査が必要となることを示した。今後の課題として, 仕様規定型契約と性能規定型契約との比較検討や性能規定型契約を有効に機能させるための適切な検査システムに関する検討が挙げられる。