

住宅品質の事後確認の困難性と性能照査型契約の役割*

The role of performance-based contract against ex-post unobservability of housing quality*

吉田 護**, 多々納 裕一***

By Mamoru YOSHIDA**, Hirokazu TATANO***

1. はじめに

阪神淡路大震災を契機として、住宅の安全性、品質を確保するための法整備が進んでいる。今後来る大地震に備えて、新規及び既存住宅の耐震性を確保することは、地震による人的・経済的被害を軽減する上での重要な対策の一つである。一方で、平成17年11月に発覚した構造計算書偽装問題は、我が国の住宅及び土木構造物の安全性に対して不安を投げかけると同時に、安全性を確保するための社会制度、規制のあり方に対して重大な問題を提起する結果となった。建築物の安全性を確保するための制度設計は、災害に強い社会を形成する上で、最も基礎的でありかつ重要な研究課題である。

施主（依頼人）は、設計・施工業者（請負人）に住宅建設を依頼する際、希望する住宅の質を提示し、業者はそれに応じて住宅の設計・施工を実施する。しかし、完成した住宅が要求性能の全てを満たしているかを確認することは、施主にとって必ずしも容易なことではない。例えば、住宅の耐震性能に関わる瑕疵はその内部構造に関わる問題であり、専門知識や技術を有していない施主は、設計・施工直後に瑕疵の有無を判断することは難しい。また、地震の発生による当該住宅の倒壊により、耐震性能に関する瑕疵は暴露されうるが、地震の発生頻度は低いため、瑕疵が暴露されるまでの潜在期間は非常に長い。このとき、近視眼的な業者は瑕疵の発覚に伴う事後責任を考慮せず、意図的に怠慢な設計・施工を実施する誘引を持つ。このような施主と業者の間の住宅性能に関する情報の非対称性を利用した業者による利己的な行動（機会主義的行動）の可能性は、施主と業者の建設契約を阻害する要因となる。

本研究では、こうした業者の機会主義的な行動を抑止するための建設契約の枠組みとして、性能照査型契約について分析する。なお、ここで言う性能照査型契約とは、設計

段階で施主の要求性能を満たしうる設計図書であるか否か、施工段階で設計図書通り施工がなされたか否かの検査を行い、この二段階の検査を通過した場合に限り依頼人から請負人に対して報酬が支払われる契約を指す。この契約スキームを用いることで、社会的に望ましい契約が施主と業者の間で成立することを示す。さらに、この二段階の検査の検査精度の低下が、施主と業者の行動に及ぼす影響について明らかにする。以下、2.では本研究の基本的な考え方を説明する。3.では建設契約における社会的最適契約を定式化、分析する。4.では依頼人が住宅の性能を観察可能（かつ立証可能）である場合の建設契約について分析する。5.では事後確認の困難性下において性能照査型契約を導入し、その効率性、契約の成立可能性について分析し、6.でまとめとする。

2. 本研究の基本的な考え方

日本規格協会¹⁾は、建築物の品質特性として、1. 社会性、2. 経済性、3. 芸術性、4. 機能性という4つのグループに分類している。その対象の種類や目的、規模により、各内容の重要度は異なるものの、依頼人の立場に立った品質特性を把握する上で、非常に有益である。施主は業者に建築物の建設を依頼をする際にこうした建築物の品質を要求する。ここで要求された品質は、計画段階、設計段階、施工段階を経て、しだいに具体化され、最終的な建築物の品質に反映される²⁾が、その過程の中で瑕疵が発生することとなる³⁾⁴⁾。

情報の非対称性とモラルハザードに関しては、これまで経済学の分野で多くの膨大な研究の蓄積がなされてきた。契約理論の中で取り扱われるモラル・ハザードの基本モデルでは、請負人に適切な行動を選択するインセンティブを与える目的と、依頼人・請負人間で効率的にリスクを負担しあうという目的に主題がおかれている⁵⁾⁶⁾。本研究においても、請負人に適切な行動を促すための契約の枠組みについて検討することを目的としている。ただし、基本モデル^{7)~9)}において、達成された結果は観察可能かつ立証可能と通常仮定される。しかし、本論文で注目するのは、その達成された結果に相当する、設計・施工後の住宅の性能を観察することが困難な場合である。質に関する情報の非

*キーワード：住宅性能、モラルハザード、性能照査

**学生員，工修，京都大学大学院情報学研究所

〒611-0011 宇治市五ヶ庄，Tel 0774-38-4037

E-mail: yoshida@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

***正員，工博，京都大学防災研究所 社会防災研究部門

〒611-0011 宇治市五ヶ庄，Fax 0774-38-4044

E-mail: tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

対称性の度合いに応じて、財は探索財 (*search good*)、経験財 (*experience good*)、そして信用財 (*credence good*) に分けられる¹⁰⁾¹¹⁾。探索財は財の購入前にその質を観察可能な財を指し、経験財は財の購入後のその質を観察可能な財を指す。そして、信用財は財の購入後においても、その質を観察困難または不可能な財を指す。その点では、耐震性能の事後確認の困難性の問題に着目した場合、住宅は信用財として取り扱うことが可能である。二者間での信用財の取引の成立可能性を分析した論文としては、例えば、Pitchik(1987)やWinand(1997)が挙げられる¹²⁾¹³⁾が、どちらも取引が不安定になることを示している。

情報の非対称性に起因した問題を解決するための方策について、膨大な研究蓄積がある。しかし、その中で、住宅性能の事後確認の困難性に焦点を当てた際に有効な対策は多くない。例えば、評判メカニズムが挙げられるが、評判メカニズムが有効に機能するためには、財購入後にその瑕疵を観察可能であり、かつその瑕疵が暴露されるまでの期間が短くなければならない¹⁴⁾¹⁵⁾。また、内部告発を含む、情報優位者からの情報開示は瑕疵を顕在化させる機会の一つではあるが、機会主義的な行動を取る業者、またはその関係者にそれを期待することは社会的には不安定と言わざるを得ない。免許制度¹⁶⁾¹⁷⁾は市場に参入する請負人の能力を制限するが、参入後の請負人の行動を規制するものではない。また、瑕疵担保責任制度¹⁸⁾に代表される事後保証 (*warranty*)¹⁹⁾²⁰⁾は、業者による意図的な瑕疵を抑止する上で非常に重要な制度ではあるが、必ずしもあらゆる瑕疵に対して有効とは言えない。雨漏りやコンクリートのひび割れ等は、比較的、潜在期間も短く、施主自身で明らかな瑕疵として観察可能であるため、業者を規律付ける上で瑕疵担保責任制度は有効に機能する。しかし、潜在期間が長い瑕疵に関しては、近視眼的な業者は、瑕疵担保責任により被る費用を考慮しない場合が考えられる。そのため、潜在期間の長い瑕疵に対しては、瑕疵が顕在化する時点での事後責任に依存するのではなく、設計・施工段階における厳格な検査の段階で、業者を規律付ける必要がある。

建設契約に関する研究として、小林ら²¹⁾は建設請負契約を不完備契約の枠組みで捉え、工期や請負金の変更といった再交渉の問題を明示的に取り扱い、初期契約において契約変更ルールを適切に設計することで社会的最適契約が結ばれることを示している。しかし、本研究で分析するような建築物の質に関する問題を直接的に取り扱っていない。また、既存の研究の中で、建設プロジェクトの組織構造に関する研究²²⁾²³⁾など、建築物の質を確保する上で重要な議論はなされているものの、設計、施工、検査が、最終的な建築物の質にどのような影響を及ぼすのかを明示的に示した数理モデルは、筆者らの知る限り見られない。住宅のみならず、社会基盤の質の確保という観点からも、こ

のような数理モデルの構築は必要不可欠であると考えられる。

以上のような問題意識の下、本研究では、設計・施工段階における二段階の検査と業者の利得を関連付けた契約枠組みである性能照査型契約が、住宅の質を確保し、業者に適切な設計、施工を実施させるインセンティブを与えるために十分な枠組みであるか否かを数理モデルを用いて検討する。なお、以下のモデルは、地震による被害とその責任ルールによる業者の規律付けではなく、設計・施工の二段階の検査とそれに伴う利得設計による規律付けという観点に分析の焦点を絞っている点は留意する必要がある。

3. 基本モデル

(1) モデル化の前提条件

住宅建設の依頼を行う依頼人 (*principal*) とその依頼を請け負う請負人 (*agent*) を想定する。住宅の建設プロセスを設計と施工に分別し、設計と施工を行う請負人が同一であることを仮定する。なお、設計者と施工者を分離したとしても以下で得られる結論に影響は無い。請負人の設計、施工に対する努力の水準をそれぞれ e_d , e_c で表す。なお、 $0 \leq e_d, e_c \leq 1$ とする。分析を簡易にするために、設計図書の質は $q \in \{\bar{q}, \underline{q}\}$ の二種類を仮定する。なお、 $\bar{q}$ は依頼人の要求性能を満たしうる設計図書とし、 $\underline{q}$ はその設計図書に従い施工を行う限り、依頼人の要求性能は満たさない設計図書とする。 $\rho(q|e_d)$ を請負人が設計段階にて努力水準 e_d を選択した際に設計図書の質 q が達成される確率とし、

$$\rho(\bar{q}|e_d) = e_d, \quad (1)$$

$$\rho(\underline{q}|e_d) = 1 - e_d \quad (2)$$

に従うことを仮定する。また、施工後に実現された住宅の性能も二種類 $Q \in \{Q_1, Q_0\}$ を仮定する ($0 < Q_0 < Q_1 < 1$)。なお、 Q_1 は依頼人の要求性能を満たす性能とし、一方で、 Q_0 は要求性能を満たさない性能とする。 $\phi(Q|q)$ を設計図書の質が q の際に性能 Q が実現される確率とする。このとき、 $\phi(Q|q)$ は施工時の努力水準 e_c の関数として、

$$\begin{pmatrix} \phi(Q_1|\bar{q}) & \phi(Q_0|\bar{q}) \\ \phi(Q_1|\underline{q}) & \phi(Q_0|\underline{q}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_c & 1 - e_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

に従うことを仮定する。すなわち、設計図書 $\bar{q}$ をもとに施工を行った場合、請負人の選択する努力水準 e_c に応じて依頼人の要求性能が満たされるが、一方で、設計図書 $\underline{q}$ に従い施工を行った場合は、請負人の選択する努力水準に関わらず、要求性能は満たされないことを意味する。次に、依頼人の設計、施工の費用関数を各努力水準の関数として $C_d(e_d)$, $C_c(e_c)$ で表す。なお、その費用関数は $C'_d(\cdot) > 0$, $C''_d(\cdot) < 0$, $C'_d(0) = \infty$, $C'_d(1) = 0$, $C'_c(\cdot) > 0$, $C''_c(\cdot) > 0$, $C'_c(0) = 0$, $C'_c(1) = \infty$ を仮定する。一般に、設計作業は市場参入以前に獲得した専門知識に基づき行われるものであり、設計

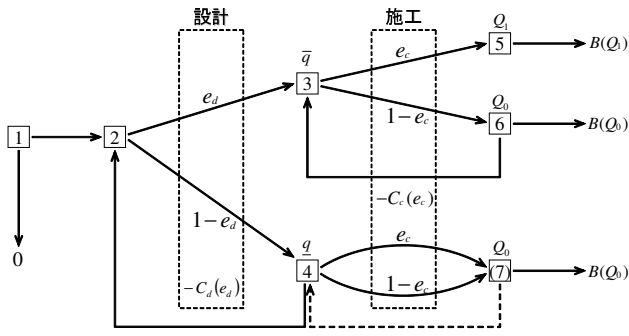


図 1: 社会的最適契約モデル

時の努力水準は当該設計図書の質に重大な影響を及ぼさない。その点を考慮し、設計費用関数の凹性を仮定している点は注意する必要がある。また、住宅を獲得した際の依頼人の効用の増分を住宅性能 Q に依存する関数として $B(Q)$ で表す。なお、 $\frac{\partial B}{\partial Q} > 0$ を満たす。さらに、ここでは分析を簡易化するために $B(Q_0) = 0$ を仮定する。すなわち、要求性能を満たさない場合、完成した住宅は依頼人にとって価値の無いものとする。また、リスク中立的な依頼人、請負人を仮定し、依頼人は請負人の行動に対して合理的期待予測を行うものとする。

(2) 社会的最適契約モデル

ベンチマークとして、社会的最適契約のモデル化を行う。なお、ここで導出される努力水準は、請負人が選択する努力水準ではなく、依頼人が自ら設計・施工を実施する際に選択する努力水準として解釈可能である。社会的最適契約モデルの時間的順序とその構造を図 1 に示す。なお、実現した住宅が依頼人の要求性能を満たさない場合は再設計、再施工が可能であることを仮定する。各ノードの価値関数を $U_i (i = 1, \dots, 6)$ で表すとき、各価値関数は以下のように定式化される。なお、ここではノード間での利得の割引率は 0 を仮定する。

ノード 1 において、依頼人は住宅建設を実施するか否かの意思決定を行う。住宅建設を行わない場合の留保効用を 0 と仮定する。このとき、 U_1 は

$$U_1 = \max[U_2, 0] \quad (4a)$$

により定まる。

ノード 2 において、 U_2 は設計時の努力水準決定問題により定まる。

$$U_2 = \max_{e_d} e_d U_3 + (1 - e_d) U_4 - C_d(e_d) \quad (4b)$$

なお、 U_2 は住宅購入時の依頼人の効用に相当する。

ノード 3 において、 U_3 は設計図書 $\bar{q}$ に沿った施工を実施する際の努力水準選択問題により定式化される。

$$U_3 = \max_{e_c} e_c U_5 + (1 - e_c) U_6 - C_c(e_c) \quad (4c)$$

ノード 4 において、 U_4 は再設計、または設計図書 $\underline{q}$ に沿った施工の実施を行う、に関する意思決定問題として定式化される。

$$U_4 = \max[U_2, U_7 - C_c(e_c)] \quad (4d)$$

ノード 5 において、依頼人の要求性能を満たす住宅が建設され、依頼人は $B(Q_1)$ の利得を得る。

$$U_5 = B(Q_1) \quad (4e)$$

ノード 6 において、 U_6 は設計図書 $\bar{q}$ に基づく再施工、または利得 $B(Q_0) = 0$ の獲得、に関する意思決定問題として定式化される。

$$U_6 = \max[U_3, 0] \quad (4f)$$

ノード 7 において、 U_7 は設計図書 $\underline{q}$ に基づく再施工、または利得 $B(Q_0) = 0$ の獲得、に関する意思決定問題により定式化される。

$$U_7 = \max[U_4, 0] \quad (4g)$$

(4a) から (4g) を連立させて解くことにより、以下のような社会的最適契約が得られる。なお、計算過程は付録 1 と類似するためここでは省略する。社会的最適な設計、施工努力水準を e_d^*, e_c^* とする。このとき、社会的に建設契約が成立することが望ましい条件は、

$$B(Q_1) - \frac{C_c(e_c^*)}{e_c^*} - C_d(1) \geq 0 \quad (5)$$

で表わされる。また、社会的最適な設計、施工努力水準 e_d^*, e_c^* は

$$e_d^* = 1, \quad (6)$$

$$C'_c(e_c^*) = \frac{C_c(e_c^*)}{e_c^*} \quad (7)$$

で表わされる。

以上より、設計時には最大努力水準 1 を選択することが望ましいことが分かる。すなわち、常に設計図書 $\bar{q}$ を獲得する。また、施工時の最適な努力水準は $C'_c(1) = \infty$ より最大努力水準 1 とは一致しない。そのため、実現した住宅の性能が要求性能を満たさない場合が確率的に生じる。このとき、要求性能を満たすまで施工努力水準 e_c^* のもとで再施工を繰り返すことが社会的に望ましいことが分かる。

4. 住宅性能が事後に観察可能な状況下の契約モデル

(1) モデル化の前提条件

先のモデルは依頼人が自ら設計・施工を行う場合に相当したが、ここでは依頼人が請負人に対して設計・施工を依頼するモデルを分析する。そのため、請負人が選択する努力水準を依頼人は確認することが出来ないものとする。た

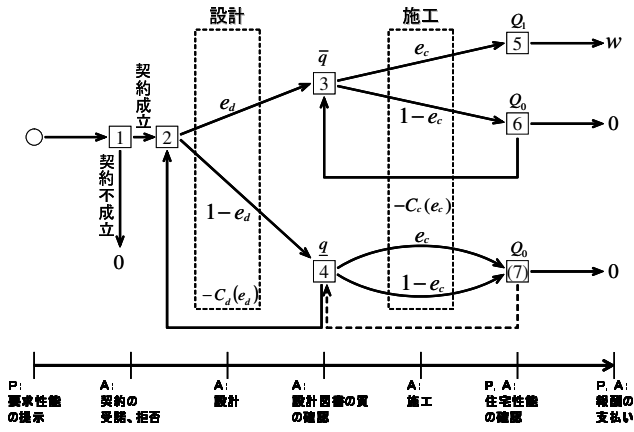


図 2: 住宅性能が観察可能な場合の契約モデル

だし、仮想的な状況として、施工後に達成された住宅性能を依頼人は観察可能かつ立証可能とし、依頼人から請負人に対して、達成された住宅性能が要求性能を満たしている場合にのみ報酬 w が支払われる契約が結ばれる場合を考える。なお、市場環境や交渉力に応じて変化する報酬 w に関して、ここでは外生的に与えられるものとする。

(2) 建設契約モデルの定式化

モデルの時間的順序とモデルの構造を図 2 に示す。各ノードにおいて意思決定を行う主体は請負人であり、獲得する利得に関しても同様に請負人の利得を記している。各ノードの価値関数を V_i ($i = 1, \dots, 6$) とおく。このとき、各価値関数は請負人の意思決定問題により以下のように定式化される。なお、ノード間での利得の割引率は 0 とする。

ノード 1 において、依頼人の提示する契約を受諾する、または拒否する、に関する意思決定問題により V_1 は決定される。また、拒否した場合の請負人の留保利潤は 0 を仮定する。このとき、 V_1 は下記の式により定まる。

$$V_1 = \max[V_2, 0] \quad (8a)$$

ノード 2 において、 V_2 は請負人の設計努力水準の選択問題により決定される。

$$V_2 = \max_{e_d} e_d V_3 + (1 - e_d) V_4 - C_d(e_d) \quad (8b)$$

なお、 V_2 は依頼人と請負人が契約を締結した場合の請負人の期待利得を表す。

ノード 3 において、 V_3 は請負人が設計図書 $\bar{q}$ を獲得した場合の施工努力水準の選択問題により決定される。

$$V_3 = \max_{e_c} e_c V_5 + (1 - e_c) V_6 - C_c(e_c) \quad (8c)$$

ノード 4 において、 V_4 は、再設計を行う、または設計図書 $\underline{q}$ に沿って施工を行う、に関する意思決定問題により決定される。

$$V_4 = \max[V_7, V_8 - C_c(e_c)] \quad (8d)$$

ノード 5 において、依頼人の要求性能は実現され、請負人は依頼人から報酬 w を受け取る。

$$V_5 = w \quad (8e)$$

ノード 6 において、 V_6 は $\bar{q}$ に沿った再施工を行う、契約を破棄する、の意思決定問題より定まる。なお、請負人が契約を破棄したとき、依頼人からの報酬は支払われないため、そのときに獲得する利潤は 0 で表される。

$$V_6 = \max[V_3, 0] \quad (8f)$$

ノード 7 において、 V_7 は $\underline{q}$ に沿って再施工を行う、または契約を破棄する、の意思決定問題により定まる。

$$V_7 = \max[V_4, 0] \quad (8g)$$

以上の (8a) から (8g) を連立させて解くことにより請負人の利潤最大化行動に基づく最適な努力水準が導出される。なお、この計算過程も付録 1 と同様の計算過程により求められるので省略する。 e_d^o, e_c^o をそれぞれ請負人の最適な設計、施工努力水準とする。このとき、

$$w - \frac{C_c(e_c^o)}{e_c^o} - C_d(1) \geq 0 \quad (9)$$

を満たすとき、請負人は依頼人と契約を結ぶ。満たさない場合は契約は成立しない。契約が成立するときの請負人の最適な設計、施工努力水準は

$$e_d^o = 1 \quad (10)$$

$$C'_c(e_c^o) = \frac{C_c(e_c^o)}{e_c^o} \quad (11)$$

で与えられる。さらに、請負人は依頼人の要求性能を満たし報酬を受け取るまで、施工を繰り返す。(6), (7) より、請負人が選択する設計、施工努力水準は社会的最適な努力水準と一致することが分かる。また、報酬 w は請負人が選択する努力水準 e_d^o, e_c^o に依存しないことが分かる。一般的な契約理論のモラルハザードモデルでは、報酬 w に依存して請負人が投入する努力水準は定まる。ここでの結果はモデルの構造に依存するが、 w を決定する市場環境や交渉力は請負人の選択する努力水準に影響を及ぼさない点は、モデルから導かれる結論として注目に値する。

次に、依頼人の行動を定式化する。依頼人は完成した住宅の性能は観察可能であり、その要求性能が満たされた場合に限り報酬を支払う。そのため、

$$B(Q_1) \geq w \quad (12)$$

を満たすとき、依頼人は請負人に契約を提示する。式 (9), (12) より常に

$$B(Q_1) - \frac{C_c(e_c^o)}{e_c^o} - C_d(1) \geq 0 \quad (13)$$

が成立する。この条件式は (5) と同一である。これはすなわち、依頼人と請負人の間で契約が成立する場合、その契約が社会的にも望ましいことを示している。以上をまとめると以下の命題 1 が成立する。

命題 1

依頼人が設計・施工後の住宅の性能を観察可能かつ立証可能であり、達成した性能に基づく契約が成立可能であれば、社会的最適な契約が成立する。

5. 性能照査型契約モデル

(1) モデルの前提条件:

依頼人は請負人の投入する努力水準だけでなく、その成果の質も確認できないことを仮定する。このとき、業者の利潤最大化行動は、設計・施工段階で、最低水準の努力水準を選択することである。そのため、請負人の利潤最大化行動を予測する依頼人は建設契約を結ばない。こうした機会損失を防ぐため、以下では、請負人の設計、施工作業を検査する、公正かつ能力のある検査機関を導入する。命題 1 で示したように、達成された性能のみ観察可能、立証可能であれば社会的最適な契約が成立しうる。そのため、検査機関が非破壊検査等により設計・施工後に実現した住宅性能を直接評価し、依頼人に対して保証することで社会的最適な契約が結ばれうる点は一考の余地がある。しかし、非破壊検査等による直接的な性能照査方法は一般に費用高である。そのため、以下では、設計段階で依頼人の要求性能を満たしうる設計図書であるか否か、施工段階で設計図書通りの施工がなされたか否か、の二段階の検査を導入する。

設計検査結果を m_j ($j = 0, 1$) で表す。なお、 m_1 は設計図書が要求性能を満たしうることを保証する検査結果とし、 m_0 はその設計図書に不備があることを示す検査結果とする。検査機関は設計検査において、要求性能を満たしうる設計図書に関しては完全に検査を通過させるが、要求性能を満たし得ない設計図書に関しては確率 α でその不備を判別するものとする。 $\tau_d(m_j|e_d)$ を請負人が努力水準 e_d を選択するとき検査結果 m_j が提示される条件付確率とする。このとき、 $\tau_d(m_j|e_d)$ は

$$\tau_d(m_1|e_d) = e_d + (1 - e_d)(1 - \alpha) \quad (14)$$

$$\tau_d(m_0|e_d) = (1 - e_d)\alpha \quad (15)$$

で表される。次に、施工検査結果も同様に M_j ($j = 0, 1$) の二種類で表す。なお、 M_1 は設計図書通りに施工がなされたことを示す検査結果であり、 M_0 は施工段階における不備を指摘する検査結果とする。ただし、同様に、検査機関は設計図書通りに施工がなされた場合は完全に検査を通

過させるが、設計図書通りに施工がなされていない場合は確率 β でその不備を判別するものとする。 $\tau_c(M_j|e_c)$ を施工に対する努力水準 e_c が選択されたときの、検査結果 M_j が提示される条件付確率とする。このとき、 $\tau_c(M_j|e_c)$ は

$$\tau_c(M_1|e_c) = e_c + (1 - e_c)(1 - \beta) \quad (16)$$

$$\tau_c(M_0|e_c) = (1 - e_c)\beta \quad (17)$$

で表される。なお、本稿では、検査機関の設計・施工段階の精度が最終的な住宅性能にどのような影響を及ぼすのか、設計・施工業者の選択する努力水準にどのような影響を及ぼすのかに分析の焦点を絞るため、検査機関に支払う検査費用、検査機関の選択する検査精度の意思決定問題等は本モデルでは考慮しない。

(3) 性能照査型契約の定式化

図 3 は契約照査型契約モデルの時間的順序及びそのモデルの構造を示したものである。各ノードに対応した価値関数をそれぞれ W_i ($i = 1, \dots, 6$) とおく。このとき各価値関数は以下のように定式化される。なお、ノード間での利得の割引率は 0 を仮定する。

ノード 1 において、 W_1 は依頼人の提示する契約に応じるか否かの意思決定に従う。なお、ここでも同様に請負人の留保利潤は 0 とする。

$$W_1 = \max[W_2, 0] \quad (18a)$$

ノード 2 において、 W_2 は請負人の設計時の努力水準の選択問題により決定される。

$$W_2 = \max_{e_d} \tau_d(m_1|e_d)W_3 + \tau_d(m_0|e_d)W_4 - C_d(e_d) \quad (18b)$$

なお、 W_2 は契約の成立に伴い請負人が獲得する期待利得を表す。次に、設計図書が検査を通過した状態に対応するノード 3 において、 W_3 は通過した設計図書に従い施工を行うときの努力水準の選択問題により定まる。

$$W_3 = \max_{e_c} \tau_c(M_1|e_c)W_5 + \tau_c(M_0|e_c)W_6 - C_c(e_c) \quad (18c)$$

一方、設計図書が検査を通過しなかった場合はノード 4 に対応する。 W_4 は、再設計を実施する、または契約を破棄する、に関する請負人の意思決定問題により定まる。

$$W_4 = \max[W_2, 0] \quad (18d)$$

ノード 5 は二段階の検査を共に通過した状態であり、このとき請負人は依頼人から報酬 w を受け取る。

$$W_5 = w \quad (18e)$$

ノード 6 において請負人は、検査を通過した設計図書に従い再施工を行う、または契約を破棄する、に関する意思決定問題に直面する。このとき、 W_6 は

$$W_6 = \max[W_3, 0] \quad (18f)$$

により決定される。

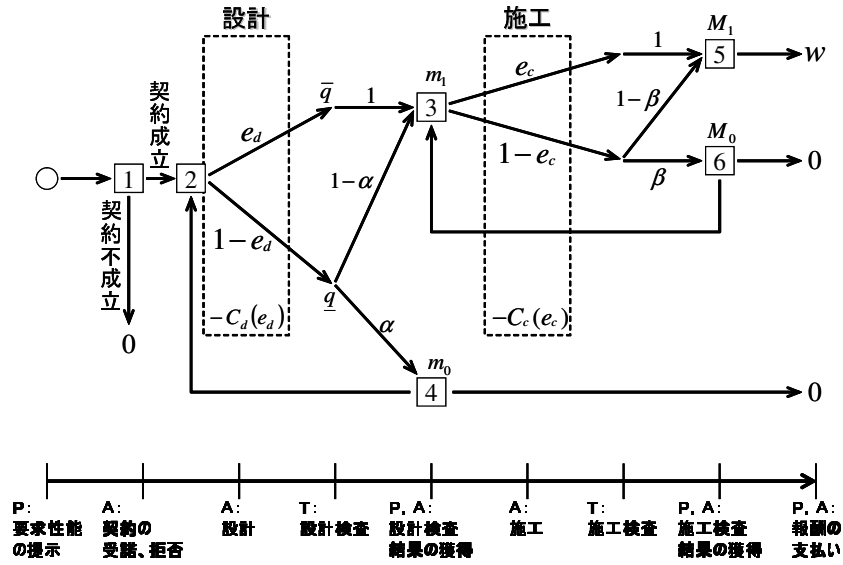


図 3: 性能照査型契約モデル

以上の (18a) から (18f) を連立させて解くことにより以下の最適解が得られる。なお、この最適解の導出過程は付録 1 にまとめる。 e_d^{**} , e_c^{**} を請負人が選択する最適な努力水準とする。このとき、

$$w - \frac{C_c(e_c^{**})}{\tau_c(M_1|e_c^{**})} - C_d(1) \geq 0 \quad (19)$$

を満たすとき、請負人は依頼人の提示する契約を結ぶ。なお、契約締結時に請負人が選択する努力水準を e_d^{**} , e_c^{**} は

$$e_d^{**} = 1 \quad (20)$$

$$C'_c(e_c^{**}) = \frac{\beta C_c(e_c^{**})}{\tau_c(M_1|e_c^{**})} \quad (21)$$

で与えられる。また、施工検査を通過するまで施工努力水準 e_c^{**} で再施工を繰り返すことが最適となる。

このとき、設計時の努力水準は最大努力水準 1 が、施工時の努力水準は費用関数形と施工検査精度に依存して形で選択され、最適な努力水準はどちらも報酬 w に依存しないことが分かる。すなわち、4 のモデルと同様に、性能照査型契約の枠組みにおいても、 w を決定する市場環境や交渉力は、請負人が選択する努力水準に影響を及ぼさないことが分かる。

次に、依頼人の意思決定問題を考える。このとき、依頼人と請負人の間で契約が成立する上での新たな必要条件として、

$$\alpha \geq \frac{C_d(1) - C_d(0)}{C_d(1)} = \hat{\alpha} \quad (22)$$

が必要となる。この条件を満たさない場合、請負人は設計時に最低努力水準 $e_d = 0$ を選択することが利潤を最大化する行動であり、これを予測する依頼人は契約を提示しない。また、検査精度が完全ではないため、達成される住宅性能が常に要求性能 Q_1 を満たすとは限らない。請負人が

利潤最大化行動を取るとき、達成される期待住宅性能 Q^{**} は

$$Q^{**} = \frac{Q_1 e_c^{**} + Q_0 (1 - e_c^{**}) (1 - \beta)}{e_c^{**} + (1 - e_c^{**}) (1 - \beta)} \leq Q_1 \quad (23)$$

で表される。そのため、依頼人が請負人に契約を依頼する条件、

$$B(Q^{**}) \geq w \quad (24)$$

は社会的最適契約が結ばれる条件 (5) と比較して厳しくなることが分かる。

主な結論は以下の命題 2, 3 にまとめられる。なお各命題の証明は付録 2 に記す。

命題 2

検査機関による適切な検査 ($\alpha = 1, \beta = 1$) が行われれば、性能照査型契約の枠組みで社会的最適契約が依頼人・請負人間で成立可能である。

命題 3

設計検査精度に関して、依頼人・請負人の間で契約が成立する上での下限が存在する。一方で、施工検査精度に関して、高ければ高いほど請負人が施工時に投入する努力水準は社会的最適な水準に近づく。

ここでの重要な結論は、性能照査型契約の枠組みを用いて、依頼人と請負人が契約するとき、社会的最適な努力水準が達成されうること示した点にある。また、ここでは検査精度が及ぼす影響について分析した。検査機関の信頼性が問題となることも多い。このとき、命題 3 で示されたように必ずしも社会的に望ましい契約が成立するとは限らない。特に、設計段階での検査精度の低下は、大きな契約機会損

失を被りうる。いかに検査機関の信頼性を保つ社会制度を構築するかは大きな課題であり、今後の課題としたい。

6. おわりに

本研究では、契約事後において実現した住宅の質を確認出来ない、「事後確認の困難性」の問題に着目し、この問題を解決しうる性能照査型契約の枠組みの有効性に関して理論的検討を行った。このとき、性能照査型契約の枠組みを用いることで、設計、施工その双方において社会的最適な努力水準が選択されうることを示した。しかし、ここでの仮定は現実と異なる点も多い。特に、一括支払いを仮定している点は注意が必要である。実際には、工事請負契約時、上棟時、竣工時といった具合に段階的に支払いがなされるのが一般的である。段階的支払いは、請負人の資金の流動性やデフォルトの問題との関連性が強く、モデルを拡張してさらなる検討を行う必要がある。また、ここでは設計、施工が同一の請負業者によって行われることを仮定した。しかし、設計業者、施行業者それぞれと契約を結ぶ場合がある。土木構造物の建設においても設計、施工の一括発注か分離発注かに関して議論がある²⁴⁾。本論文では明示的に示していないが、本モデルを用いる限りにおいて、設計、施工の発注方式の違いは完成した住宅の品質に影響を及ぼさない。検査機関の検査精度さえ高ければ、最終的な住宅の品質に影響を及ぼすことはない。この発注方式の違いについてはさらなる検討が必要であろう。最後に、検査機関が引き起こすモラルハザードをいかに防ぐかは、非常に重要な問題である。瑕疵に対する請負人と検査機関の責任の配分に関しては、現実的にも不明確な点が多い。請負人のモラルハザードと検査機関のモラルハザードを同時に防ぎうる責任の配分問題については今後の研究課題である。

付録 1：

性能照査型契約モデルにおける最適努力水準の導出

$W_2 < 0$ を仮定すると、請負人の契約成立に伴う利得は負であるため、はじめに請負人は依頼人の契約の提示を受諾しない。請負人が依頼人のオファーを受諾する限り、 $W_2 \geq 0$ を満たす。(18d) より、

$$W_4 = W_2 \quad (25)$$

が成立する。条件式 (18b) より、目的関数は e_d に関して凸なので、最適な設計努力水準は端点解、0 か 1 のどちらかである。このとき、請負人の最適努力水準が $e_d = 1$ となる条件は

$$\begin{aligned} \tau_d(m_1|1)W_3 + \tau_d(m_0|1)W_4 - C_d(1) \\ \geq \tau_d(m_1|0)W_3 + \tau_d(m_0|0)W_4 - C_d(0) \end{aligned} \quad (26)$$

で与えられる。この条件を満たすとき、(18b) より

$$W_2 = W_3 - C_d(1) \quad (27)$$

が成立する。なお、 $W_2 \geq 0$ 、かつ $C_d(1) \geq 0$ より $W_3 \geq 0$ が成立する。(26) に対して、(25)、(27) を代入することで、条件式 (22) が得られる。次に、施工時の最適な努力水準の導出を行う。(18c) より、請負人の選択する最適努力水準 e_c^{**} は、一階条件より

$$\beta(W_5 - W_6) - C'_c(e_c^{**}) = 0 \quad (28)$$

を満たす。また、最適な施工努力水準 e_c^{**} を (18c) に代入することで、

$$W_3 = W_6 + \frac{\tau_c(M_1|e_c^{**})C'_c(e_c^{**})}{\beta} - C_c(e_c^{**}) \quad (29)$$

が得られる。さらに (18f) より $W_3 > 0$ が成立するため

$$W_3 = W_6 \quad (30)$$

が導かれる。(30) を (29) に代入すると、請負人の最適施工努力水準 e_c^{**} が満たすべき式 (21) が導かれる。さらに、(28) を整理すると

$$W_3 = w - \frac{C_c(e_c^{**})}{\tau_c(M_1|e_c^{**})} \quad (31)$$

が成立する。これを (27) に代入すると、請負人が契約を受諾する条件 (19) が得られる。

付録 2：命題 2,3 の証明

命題 2 の証明: $\alpha = 1$ 、 $\beta = 1$ を代入することで設計、施工時の努力水準 (6)、(7) と一致する。また、 $\alpha = 1$ を代入するとき、条件 (22) も明らかに満たす。また、依頼人と請負人の間で契約が成立する条件も (5) と一致することが分かる。

命題 3 の証明: 設計検査精度の下限に関して、(22) における $\hat{\alpha}$ が下限に相当する。一方、施工努力水準に関して、 $g(e_c, \beta) = C'_c(e_c) - \frac{\beta C_c(e_c)}{\tau_c(M_1|e_c)} (= 0)$ とおくと、陰関数定理より

$$\frac{de_c^{**}}{d\beta} = -\frac{\frac{\partial g}{\partial \beta}}{\frac{\partial g}{\partial e_c}} \Big|_{e_c=e_c^{**}} = -\frac{-\frac{C_c(e_c^{**})}{\{e_c^{**}+(1-e_c^{**})(1-\beta)\}^2}}{C''_c(e_c^{**})} > 0 \quad (32)$$

が一階条件及び $C''_c > 0$ より導かれる。

参考文献

- 1) 建築設計 QM 研究会編: 建築設計のクオリティマネジメント, 日本規格協会, 1997.
- 2) 池田将明: 建設事業とプロジェクトマネジメント, 森北出版株式会社, 2000.
- 3) Andi and Takayuki M.: Representing causal mechanism of defective designs: a system approach considering human errors, *Construction Management and Economics*, Vol. 21, pp.297-305, 2003.

- 4) Andrew, A.: Human error in the management of building projects, *Construction Management and Economics*, Vol. 16, pp.339-349, 1998.
- 5) J.-J. Laffont and D.Martimort, *The Theory of Incentive* Princeton:Princeton Univ. Press, 2002.
- 6) 伊藤秀文: 契約の経済理論, 有斐閣, 2003.
- 7) B.Holmstrom: Moral hazard and observability, *The Bell Journal of Economics*, vol.10, pp.74-91, Spring, 1979.
- 8) J.A.Mirrlees: The theory of moral hazard and unobservable behavior:Part1, *Review of Economic Studies*, Vol.66, pp.3-21, Jan, 1999.
- 9) Grossman,S.J.,O.D.Hart: An Analysis of the Principal-Agent Problem, *Econometrica*, Vol.51, pp.7-45, 1983.
- 10) Phillip Nelson: Information and Consumer Behavior,*Journal of Political Economy*, pp.311-329, 1970.
- 11) Darby, M.R. and Karni, E.: Free Competition and the Optimal Amount of Fraud, *Journal of Law and Economics*, Vol.16, pp.67-88, 1973.
- 12) Pitchik, C., Schotter, A.: Honesty in a Model of Strategic Information Transmission, *The American Economic Review*, Vol.77, No.5., pp.1032-1036, 1987.
- 13) Emons, W.: Credence goods and fraudulent experts, *RAND Journal of Economics*, Vol.28, No.1, pp.107-119, 1997.
- 14) Shapiro,C.:Premiums for High Quality Products as Returns to Reputations, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.98, pp.659-679, 1983.
- 15) A Shaked and J. Sutton:Imperfect Information, perceived quality and the formation of professional groups, *Journal of Economic Theory*, vol.27, pp.170-181, 1982.
- 16) Leland,H.E.: Quacks, Lemmons, and Licensing ;A Theory of Minimum Quality Standards, *Journal of Political Economy*,Vol.87, pp.1328-1346, 1979.
- 17) Shapiro,C.: Investment, Moral Hazard, and Occupational Licensing, *The Review of Economic Studies*,Vol.53, No.5, pp.843-862, 1986.
- 18) 大西正光, 小林潔司, 大本俊彦: 建設契約における瑕疵責任ルール, 土木計画学論文集, Vol.20, no.1, 2003.
- 19) Grossman,S.J., The Informational Role of Warranties and Private Disclosure about Product Quality, *Journal of Law and Economics*,Vol.24, No.3, pp.461-483, 1981.
- 20) Emons, W.: Warranties, Moral Hazard, and Lemons Problem, *Journal of Economic Theory*, Vol.46,pp.16-33, 1988.
- 21) 小林潔司, 大本俊彦, 横松宗太, 若公崇敏: 建設契約の構造と社会的効率性, 土木学会論文集 No.688/ -53, pp.89-100, 2001.
- 22) 高橋栄人: 建築プロジェクトの組織構造を構築する方法, 日本建築学会計画系論文集, pp.107-114, 2003.
- 23) 峰政克義, 古阪秀三, 斉藤隆司: 「工事監理」業務の再構築, 日本建築学会計画系論文集, pp.301-307, 2003.
- 24) 大西正光, 石磊, 小林潔司:設計施工一括発注方式と分離発注方式の選択問題, 平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2006.
- 25) Dennis E. Smallwood, and John Conlisk: Product Quality in Markets Where Consumers are Imperfectly Informed, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.93, No.1. pp.1-23, 1979.
- 26) ALLEN, F.: Reputation and Product Quality, *Rand Journal of Economics*, Vol.15, pp.311-327, 1984.

住宅性能の事後確認の困難性と性能照査型契約の役割 *

吉田 護**・多々納裕一***

本研究では、施工後に達成された住宅の品質を依頼人が確認できないという「事後確認の困難性」に着目し、これを解決するための契約枠組みである性能照査型契約の有効性について理論的な観点から分析した。住宅品質の事後確認の困難性下では、住宅設計、施工業者は機会主義的な行動となる。こうした業者のモラルハザードの問題に対して、性能照査型契約の枠組みを用いることで社会的最適契約が結ばれることを示した。また、設計・施工検査精度が契約の効率性及び成立可能性に及ぼす影響について明らかにした。

The role of performance-based contract against the ex-post unobservability of housing quality *

By Mamoru Yoshida**・Hirokazu Tatano***

This paper focuses on the principal's ex-post unobservability of housing quality after the construction. If the principal expects that the agent takes an opportunistic action, she would not offer the contract in the first place. We analyzed the performance-based contract to solve this problem, and proved that with the framework of performance-based contract, the social optimal contract can be concluded between the principal and the agent. Furthermore, we clarified the effect of inspection accuracies on the efficiency and possibility of the contract agreement.