

## 設計照査の民間委託に伴う入札タイミングに関する研究

吉田護\*・多々納裕一

\* 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

### 要 旨

民間の知識・技術を有効に活用するため、公共事業の設計照査の民間委託が実施されるようになってきた。しかし、公共主体は民間業者による検査の質を確認することは難しく、仮に民間業者が利益を求める場合には、公共建築物の安全性は確保されない。本稿は、設計照査の民間委託に伴い発生しうる、設計者と検査者の間の4種類の結託メカニズムをモデル化する。さらに、これらの結託を防ぐ枠組みとして、設計照査の検査結果に基づく設計契約、検査契約を設計する。このとき、設計者が設計図書を作成した後に設計照査業務の入札を実施することで、結託が発生しにくい環境が実現し、さらに公共主体から設計者、検査者に支払う報酬が小さくて済むことが示される。

**キーワード:** 設計照査, 民間委託, 結託, 入札タイミング

### 1. はじめに

近年、民間の知識・技術を活用するため、設計照査の民間委託がなされるようになってきている。技術系公務員の不足が問題視されている地方部においては特に、こうした設計照査の外部委託が増加していくことが予想される。しかし、公共機関の実施する検査と民間機関の実施する検査では、その実施主体のインセンティブにおいて根本的に異なる。そのため、どのように照査業務を委託した民間機関を規律付けるかは、社会基盤整備全体の信頼性にも通じる重要な課題である。

仮に、受託した民間機関が設計照査の際に利益を求めた場合、適切な照査業務を実施しない場合も起こるだろう。また、たとえ検査者が不備を見つけたとしても、設計者との結託によりそれを意図的に公共機関に報告しない場合も発生しうる。設計段階での不備は、施工段階、維持管理段階にまで影響を及ぼす。さらに、地震の発生等に伴う構造物の倒壊は、時として設計段階の不備を明らかにするが、それには莫大な人的・経済的被害を伴う可能性がある。そのため、耐震性等に関わる重大な不備を含まない設計図書が作成されるよ

う、設計者、検査者に適切なインセンティブを付与することは極めて重要な課題だろう。

こうした研究動機のもと、本研究では設計図書の照査業務を民間業者に委託する場合に発生しうる、設計者、検査者が引き起こすモラルハザード及び結託の問題に着目し、それを防ぐ枠組みの一つである検査結果に依拠した報酬スキームのあり方について数理モデルを構築し分析を行う。さらに、検査者の選択タイミングが、こうしたモラルハザード及び結託を防ぐために必要な費用に影響を与えることを示す。一部の近視眼的な設計者、検査者の存在は、社会基盤整備全体の信頼性を損ない兼ねない危惧すべき問題である。検査を市場に委ねる上で、良者が評価され、かつ悪者が市場から駆逐される社会制度を構築することは極めて重要な研究課題である。

以下、2章では本研究の基本的枠組みについて明らかにする。3章では、基本モデルとして、検査者が引き起こすモラルハザード問題のみに着目し、それを防ぐ検査結果に依拠した報酬スキームの枠組みについて分析する。4章では、基本モデルにさらに設計者、検査者間で発生しうる結託の問題を加えた上で、それを防ぐ報酬スキームの

枠組みについて分析する。なお、本研究では4種類の結託のタイプを取扱う。さらに、公共主体が検査者を選択するタイミングの影響について分析する。最後に、5章において、得られた知見をまとめる共に今後の課題を述べる。

## 2. 本研究の基本的考え方

### 2.1 既往研究

結託の問題に関して、契約理論の中で数多くの研究蓄積が存在する。中でも、Tirole (1986)は、依頼人、請負人、監督者 (principal/agent/supervisor) の関係性の中の、請負人、監督者間の結託の問題に関して先鞭をつけた。Tirole は、principal-agent-supervisor (auditor) の三層構造の中で、請負人にとって不利な生産性のタイプに関する情報を監督者が隠匿する代わりに、請負人からsupervisorに賄賂報酬が支払われる結託(事後の結託)をはじめて分析し、結託防止条件を考慮した最適報酬契約を導出した。なお、監督者に関して、非効率的なタイプの請負人を発見し、それを依頼人に報告した場合は、他の場合と比較してより大きな報酬が得られるよう報酬を設定することで、依頼人は結託を防ぐことが出来ることが導出されている。また、Kofman (1993) はTiroleの分析をもとに、監督者を検査する中立的な監督者を導入した上で、請負人への罰則の上限に応じた請負人、監督者の最適報酬契約について分析している。その中で請負人への罰則の上限と検査者への報酬が相殺されること、必ずしも非効率的な請負人への罰則が有効でないことが示されている。

また、これらのモデルは監督者の検査時の努力水準に関する意思決定問題を含んでいないのに対して、Mehmet (2006) はTiroleの枠組みを検査時の努力水準に関する意思決定問題を含んだ形へと拡張している。その中で、監督者が検査を実施する前の段階で請負人と賄賂契約を結び、意図的に検査を実施しないタイプの結託 (事前の結託) の問題を考慮した最適報酬契約について分析している。このとき、検査費用が小さい場合には事前の結託は無視可能であることが示されている。

本研究においても、設計照査の委託に伴う公共主体 (principal) - 設計者 (agent) - 検査者 (auditor) の三層構造を考えている点で、これらの研究の流れを汲むものである。しかし、これらの研究が請負人の生産性に関するタイプの情報の非対称性の問題を対象にしているのに対して、本研究では、

設計者の生産性タイプは同一と仮定した上で、設計者の作成物である設計図書の質に関する情報の非対称性の問題を取り扱っている点は注意が必要である。特に、不備を含む設計図書は、修正または再設計することで、要求性能を満たす設計図書に書きなおすことが可能である。このとき、設計者は、設計図書の不備が発覚したときに負担する修正費用、再設計費用を避けるために、検査者との間で結託行為に及ぶ誘引を持っている。このとき、後のモデル分析で示すように、公共主体にとっては、事前の結託が常に重要な問題であるという新たな結論を導く。

本研究では、設計者、検査者が引き起こすモラルハザード問題、さらに4種類の結託の可能性を考慮した検査結果に基づく報酬スキームの枠組みについて分析する。

- 結託a: 設計図書の作成以前の段階で、当該設計図書を合格させる代わりに設計者が検査者に賄賂を渡す賄賂契約を結んだ後に、設計者が設計時に努力水準に関する意思決定を下すタイプの結託
- 結託b: 設計者が設計図書の作成時に努力し、設計者が検査者に賄賂を渡す賄賂契約を結ぶタイプの結託
- 結託c: 設計者が設計時に努力をせず、その後に当該設計図書を合格させる代わりに設計者が検査者に賄賂を渡す賄賂契約を結ぶタイプの結託
- 結託d: 設計図書の不備を示す情報を獲得した検査者に対して、設計者は賄賂をわたす代わりに情報を隠蔽してもらいタイプの結託

事前、事後の結託はそれぞれ結託a、結託dに相当する。本論文ではさらに、設計者が設計時の意思決定を下した後に発生する結託b、cを考慮している点も既存の研究に無い新しい点である。これら4つの結託の問題を考慮することで、後述するように、どのタイミングで検査者を選択するか、検査者の入札のタイミングが極めて重要な問題となる。検査者の選択タイミングについて言及した論文は筆者が知る限り存在しておらず、理論的知見、政策的示唆の観点からも重要な分析であると考えられる。

設計者と検査者間の結託の可能性は、構造物の品質を確保し、地震被害を軽減させる上では極めて重要な問題である。市場に検査を委ねていく中

で、公共主体はこれらを防ぐ制度を構築する必要性があることは言うまでもない。本研究では、以上のような問題意識の下で、設計者と検査者の間で発生する4種類の結託メカニズムについてモデル化すると共に、結託を防ぐ検査結果に基づく報酬スキームの枠組みについて分析する。

## 2.2 本研究の基本的立場

土木設計業務共通仕様書には、公共工事の設計段階において、設計業務の受注者側は照査技術者をおくことが定められている。しかし、近年、設計図書の不備に気がつかず、設計図書どおりの施工をし、その後、耐震性の不足等に代表される重大な欠陥が発見されるケースは多い。一旦施工されてしまえば、それを補修する費用は大きいものとならざるを得ないため、設計業者が負うリスクも大きい。設計図書の段階でその不備を発見し、設計図書を修正する場合の方が費用は一般に小さいため、設計段階において不備を発見することが大変重要となる。設計者と検査者間の結託の可能性は、構造物の品質を確保し、地震被害を軽減させる上では極めて重要な問題である。市場に検査を委ねていく中で、公共主体はこれらを防ぐ制度を構築する必要性があることは言うまでもない。本研究では、以上のような問題意識の下で、設計者と検査者の間で発生する4種類の結託メカニズムについてモデル化すると共に、結託を防ぐための枠組みである検査結果に基づく報酬スキームについて分析する。なお、現実には建設業者が設計図書の瑕疵を見つける場合も多い。また、建設業者が機会主義的な行動をとるとき、設計者と建設業者の間で、建設費用を抑えるための結託も発生しうるだろう。これらの問題は本研究の枠組みを超えるためこれ以上は言及しないが、設計者、検査者、建設業者を含めた制度設計が必要であり、これらは今後の課題である。

## 3. 基本モデル

### 3.1 モデルの前提条件

公共工事 (e.g., 橋梁) において、公共主体が設計図書の作成業務及びその設計照査業務を民間企業に委託する場合を考えよう。なお、公共主体は設計者と検査者を公共入札を通じて選択するものとし、設計者と検査者は同一ではないことを仮定する。本研究では、入札制度については深くは触れないが、公共主体により選択された (または入札の勝者となった) 時点で、どの設計者、検査者が選択されたかは公開されるものとする。基

本モデルで想定している、モデルの論理的順序は下記の通りである。

- 1) 公共主体は設計者及び検査者を選択し、それぞれと契約を締結する。
- 2) 設計者は設計時の努力水準 ( $e \in \{0,1\}$ ) を選択し、設計図書を作成する。
- 3) 検査者は作成された設計図書を受け取り、検査時の努力水準 ( $i \in \{0,1\}$ ) を選択し、設計図書の質に関する情報 ( $n_s \in \{n_\phi, n_b\}$ ) を獲得する。検査者は公共主体に検査結果 ( $m_s \in \{m_\phi, m_b\}$ ) を報告する。
- 4) 公共主体は検査結果  $m_s$  に応じて、設計者、検査者それぞれに報酬を支払う。

ここで分析を簡易化するため、設計者により作成される設計図書の質に関して、 $S \in \{G, B\}$  の二種類を仮定する。なお、 $G$  は公共主体の要求性能を満たす設計図書、 $B$  は満たさない設計図書とする。設計者は、設計作業時の努力水準  $e \in \{0,1\}$  を決定する。なお、ここでいう努力水準とは、設計業務を受託した業者がその設計図書の作成に割り当てる労力や時間等を基準化したものと考えてよい。 $e=1$  は、設計図書が要求性能を満たすよう、設計業者が十分な労力や時間を割り当てる場合であり、 $e=0$  は割り当てない場合とする。 $e=0$  に関して、意図的に要求性能を満たさない設計図書を作成する場合もそれに含まれる。

公共主体や検査者は設計者が選択する努力水準  $e$  を観察することは出来ないものとする。設計者の選択する努力水準に応じて作成される設計図書の質は変わるものとし、努力水準  $e$  を選択した場合に質  $S$  の設計図書が作成される確率  $p(S|e)$  に関して、

$$\begin{pmatrix} p(G|1) & p(G|0) \\ p(B|1) & p(B|0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p & 0 \\ \bar{p} & 1 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

と定義しよう ( $\bar{p}=1-p$ )。設計時に努力する ( $e=1$ ) 場合においても、作成された設計図書が常に公共主体の要求性能を満たすわけではないことに注意しよう。 $p$  は設計者の能力と見なすことが可能である。一方、設計時に努力をしない場合 ( $e=0$ ) は常に公共主体の要求性能は満たさない。これは意図的に要求性能を満たさない設計図書を作成する場合に相当する。設計者が負担する設計費用に関して、努力水準  $e$  の関数として  $c(e)$  で表す。なお、分析を簡易化するため、 $c(1)=c$ 、 $c(0)=0$  とおく。次に、検査者が獲得する設計図

書の質に関する情報も二種類、 $n_s \in \{n_\phi, n_b\}$ を仮定する。なお、 $n_b$ は当該設計図書が要求性能を満たさないことを示す立証可能な情報であり、一方で、 $n_\phi$ はそのような証拠を含まない情報とする。ここで、設計図書の質が $S$ 、検査者が選択する努力水準が $i$ の際に検査者が情報 $n_s$ を獲得する確率を $q(n_s | i, S)$ とし、

$$\begin{pmatrix} q(n_\phi | 1, G) & q(n_b | 1, G) \\ q(n_\phi | 1, B) & q(n_b | 1, G) \\ q(n_\phi | 0, G) & q(n_b | 0, G) \\ q(n_\phi | 0, B) & q(n_b | 0, B) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \bar{q} & q \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

で定義する( $\bar{q} = 1 - q$ )。すなわち、設計図書が公共主体の要求性能を満たす場合( $S = G$ )、検査者の努力水準に関わらず、情報 $n_b$ は獲得できないことを仮定する。また、設計図書の要求性能を満たさない場合( $S = B$ )、検査者は努力したとしても常に情報 $n_b$ を獲得できないことは注意しよう。 $q$ は検査者の能力と見なすことが可能である。設計者が負担する検査費用 $d(i)$ に関して、分析を簡易化するため、 $d(1) = d$ 、 $d(0) = 0$ を仮定する。検査者が公共主体に対して報告する検査結果も同様に、 $m_s \in \{m_\phi, m_b\}$ の二種類を仮定する。なお、 $m_b$ は当該設計図書が要求性能を満たさないことを示す検査結果であり、検査者が情報 $n_b$ を獲得している場合に限り報告可能な検査結果とする。一方、 $m_\phi$ は、設計図書の不備を指摘する情報を含んでいない検査結果を表す。本章ではベンチマークとして、検査者が獲得する情報を公共主体も観察可能な場合を想定する。

公共主体は、設計者、検査者の選択する努力水準は観察不可能であることを仮定し、検査者により報告される検査結果に応じて報酬を設計するものとする。なお、公共主体は設計者、検査者に対する総支払い報酬を最小化するように報酬契約を設計するものとする。設計者、検査者の報酬をそれぞれ報酬 $k_e(m_s), k_i(m_s)$ とし、 $k_e(m_\phi) = v$ 、 $k_e(m_b) = w$ 、 $k_i(m_b) = 0$ とおく。ただし、検査者が情報 $m_b$ を報告した場合、設計者は設計図書の修正作業(または再設計)を実施可能なものとする。その際の費用を $c_r$ で表す。一般に、努力をした場合としない場合で修正費用 $c_r$ は異なるが、ここでは分析を簡易化するため、同一であることを仮定する。また、修正費用 $c_r$ は、質の低い設計図書を作成したことによる評判の低下に伴う費用や入札制度が指名競争入札制度の場合には、指名企業の中から外される可能性に伴う費用も含まれるものとし、外生変数であることを仮定する。設計

者が修正作業を実施するとき、設計図書の質は完全に $B$ から $G$ へと更新されるものとし、設計者は報酬 $t$ を獲得出来るものとする。

### 3.2 最適報酬契約設計問題

検査者により検査結果 $m_b$ が報告されたとき、設計者は常に修正作業を実施する場合を考えよう。この条件式は

$$t - c_r \geq 0 \quad (3.3)$$

で与えられる。この条件下において、設計者、検査者の努力水準 $i, j$ を選択する場合の期待効用はそれぞれ

$$\pi_e(e, i) = t - (1 - ep)iqc_r - c(e) \quad , \quad (3.4)$$

$$\pi_i(e, i) = \{1 - (1 - ep)iq\}v + (1 - ep)iqw - d(i) \quad (3.5)$$

で表される。ここで、設計者、検査者の最適な行動 $(e^*, i^*)$ をナッシュ均衡解として、

$$e^* = \arg \max_{e \in (0,1)} \pi_e(e, i^*) \quad (3.6)$$

$$i^* = \arg \max_{i \in (0,1)} \pi_i(e^*, i) \quad (3.7)$$

で表そう。このとき、 $(e^*, i^*) = (1, 1)$ がナッシュ均衡解となる条件式は、

$$pqc_r > c \quad (3.8)$$

$$\bar{p}q(w - v) > d \quad (3.9)$$

で与えられる。 $c_r$ は前節で述べたように、必ずしも小さいものではない。以下では(3.8)が常に満たすものとして分析を進める。(3.8)、(3.9)を満たす条件下において、 $(e^*, i^*) = (0, 0)$ はナッシュ均衡解ではなく、 $(e^*, i^*) = (1, 1)$ が唯一のナッシュ均衡解となることが示される。条件式(3.9)は、公共主体が報酬を設計する上で考慮すべき検査者の誘引両立制約である。次に、公共主体は設計者、検査者の参加制約として、

$$\pi_e(1, 1) \geq 0 \quad , \quad (3.10)$$

$$\pi_i(1, 1) \geq 0 \quad (3.11)$$

を考慮する必要がある。さらに、検査者に支払う報酬に関する検査費用補償制約として、

$$v - d \geq 0 \quad , \quad (3.12)$$

$$w - d \geq 0 \quad (3.13)$$

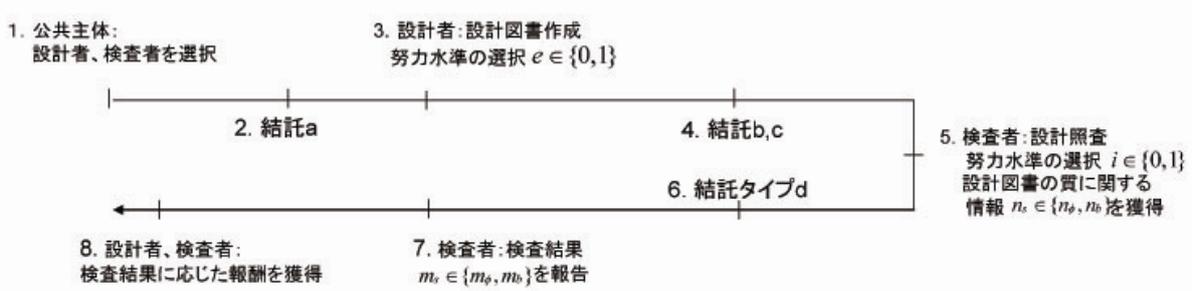


Fig.1 Timing of the model considering the possibility of coalitions

を考慮する。これらの条件を課さない状況下では、検査者が検査時に努力をして検査結果  $m_\phi$  を報告した場合に、検査者の利得が非正となる状況が発生するが、この状況は社会的に受け入れ難い。そのため、公共主体は検査費用補償制約を考慮するものと仮定しよう。また、これらの制約条件の形式は、有限責任制約として既存の文献では知られているが、本研究の文脈上、検査費用補償制約と呼ぶこととする。

設計者、検査者が努力水準  $(e, i) = (1, 1)$  を選択した場合の公共主体が支払う総報酬額  $B(1, 1)$  は、

$$B(1, 1) = t + (1 - \bar{p}q)v + \bar{p}qw \quad (3.14)$$

で表されるため、公共主体の最適報酬契約設計問題は下記のように表される。

$$[P1] \quad \min_{t, v, w} B(1, 1)$$

s.t. (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), and (3.13)

これを解くと、最適報酬契約として

$$(t_1^*, v_1^*, w_1^*) = \left( \bar{p}qc_r + c, d, d + \frac{d}{\bar{p}q} \right)$$

が導出される。なお、条件式(3.9), (3.10), (3.11)が拘束する。このとき、 $w_1^* > v_1^*$ が成立する。すなわち、不備を見つけた検査者の利得を大きくするような仕組み（例えば、直接的な金銭補償や不備を見つけた検査者が次回の設計照査の競争入札時に優遇されるような制度など）を構築する必要があることを示唆している。

## 4. 結託の発生メカニズムと最適報酬設計問題

### 4.1 モデルの前提条件

前章では、公共主体は検査者が獲得した設計図書の質に関する情報を公共主体も観察可能であることを仮定した。しかし、現実的には、公共主体は検査者が選択した努力水準や獲得した設計

図書の質に関する情報を観察可能ではない。本章では、公共主体は検査者が報告した検査結果のみ観察可能な状況を考える。その上で、上記の四つの結託を防止する条件を考慮した設計者、検査者の報酬契約を分析する。

設計者、検査者間の結託の発生タイミングを含んだモデルの論理的順序結託[T2]は下記の通りである。ただし、下記で導出する結託防止契約の下では、どのタイプの結託も均衡解において発生することはない。Fig.1は、本章のモデルの論理的順序の概略図を示したものである。

1. 公共主体は設計者及び検査者を選択し、それぞれ契約を締結する。
2. 結託  $a$  が発生する。
3. 設計者は設計時の努力水準  $(e \in \{0, 1\})$  を選択し、設計図書を作成する。
4. 結託  $b, c$  が発生する。
5. 検査者は作成された設計図書を受け取り、検査時の努力水準  $(i \in \{0, 1\})$  を選択し、設計図書の質に関する情報  $(n_s \in \{n_\phi, n_b\})$  を獲得する。
6. 検査者が情報  $n_b$  を獲得した場合、結託  $d$  が発生する。
7. 検査者は公共主体に検査結果  $(m_s \in \{m_\phi, m_b\})$  を報告する。
8. 公共主体は検査結果  $m_s$  に応じて、設計者、検査者に対して報酬を支払う。

### 4.2 結託防止条件の導出

公共主体は上記で定式化した結託防止条件を含めて、設計者、検査者の最適報酬を設計する。なお、結託  $a$ , 結託  $b$ , 結託  $c$ , 及び結託  $d$  が発生しない条件、結託防止条件  $a, bc, d$  はそれぞれ下記のように表される。

#### [1] 結託防止条件 $a$

はじめに、結託  $a$  が設計者、検査者の戦略の均

均衡解として達成されないための条件式，結託防止条件  $a$  を導出しよう。なお，基本モデルで仮定した誘引両立制約が成立しているものとする。すなわち，設計者と検査者の間で賄賂契約が成立しない場合，設計者，検査者の最適戦略は  $(e, i) = (1, 1)$  であることを仮定する。設計者から検査者に対して支払われる賄賂報酬を  $b$  で表す。このとき，設計者が賄賂報酬を支払った場合の方が効用が大きくなる条件式は，

$$t - b \geq t - \bar{p}qc_r - c \quad (4.1)$$

で与えられる。左辺は結託が成立する場合の設計者の効用であり，右辺は，結託が成立せず，最適戦略  $(e, i) = (1, 1)$  が選択される場合の設計者の期待効用である。賄賂契約が設計者と検査者の間で合意に達した場合，設計者が設計時に努力をする（努力に伴う費用を負担する）誘引は存在しない。一方，検査者が賄賂報酬を受け取る場合の方が期待効用が大きくなる条件式は

$$v + b \geq (1 - \bar{p}q)v + \bar{p}qw - d \quad (4.2)$$

で表される。左辺は結託が成立する場合の検査者の効用，右辺は，結託が成立せず，最適戦略  $(e, i) = (1, 1)$  が選択される場合の設計者の期待効用である。賄賂契約が設計者と検査者の間で合意に達した場合，検査者も同様，検査時に努力をする誘引は存在しない。以上より，

$$\bar{p}qc_r + c \geq b \geq \bar{p}q(w - v) - d \quad (4.3)$$

を満たすとき，結託  $a$  が発生しうる。そのため，結託防止条件  $a$  は

$$\bar{p}q(w - v) - d \geq \bar{p}qc_r + c \quad (4.4)$$

で表される。

## [2] 結託防止条件 $bc$

結託  $b$ ， $c$  を防ぐ条件，結託防止条件  $bc$  を導出しよう。検査者は設計者の努力水準を観察不可能であるため，設計者の努力水準に関して信念  $h \in [0, 1]$  を形成しているものとし，逐次均衡解 (sequential equilibrium) として結託  $b$ ， $c$  が成立しない条件を導出する。

はじめに，検査者がどのような信念を形成していても，設計者が努力をした場合 ( $e = 1$ ) に，結託が合意に達さない条件について導出しよう。ここで，設計者が賄賂契約を検査者と結ぶ方が利得が大きくなる条件式は

$$t - b - c \geq t - \bar{p}qc_r - c \quad (4.5)$$

で与えられる。次に設計者が選択する努力水準に関して信念  $h \in [0, 1]$  を形成している検査者が，賄賂報酬を受け取った方が利得が大きくなる条件式は

$$v + b \geq h\{(1 - \bar{p}q)v + \bar{p}qw - d\} + (1 - h)\{\bar{q}v + qw - d\} \quad (4.6)$$

で与えられるため，

$$\bar{p}qc_r \geq b \geq (1 - ph)q(w - v) - d \quad (4.7)$$

を満たすとき，設計時に努力した設計者と信念  $h$  を抱く検査者の間で結託が合意に達しうる。そのため，設計者が努力をした場合に検査者の信念形成に関わらず結託が合意に達さない条件式は

$$(1 - ph)q(w - v) - d \geq \bar{p}qc_r, \quad \forall h \in [0, 1] \quad (4.8)$$

より，

$$\bar{p}q(w - v) - d \geq \bar{p}qc_r \quad (4.9)$$

が導出される。この条件下では，検査者の信念形成に関わらず，結託  $b$  が成立することはない。そのため，それでもなお，設計者が結託を持ちかける場合，設計者は努力をしなかった場合 ( $e = 0$ ) に限る。このとき，検査者の設計者の努力水準に関する信念  $h$  に関して， $h = 0$  が成立する。設計者が賄賂契約を結んだ方が利得が大きくなる条件式は，

$$t - b \geq t - qc_r \quad (4.10)$$

で与えられる。一方，検査者が賄賂報酬を受け取る方が利得が大きくなる条件式は

$$v + b \geq qw + \bar{q}v - d \quad (4.11)$$

で与えられる。そのため，

$$q(w - v) - d \geq qc_r \quad (4.12)$$

を満たすとき，(4.9) を満たす条件下において，設計者が努力をせず結託が合意に達することはない。そのため，結託  $b$  及び  $c$  の双方が発生しない条件式は(4.9) 及び(4.12) を同時に満たす必要がある。この条件式は

$$w - v \geq c_r + \frac{d}{\bar{p}q} \quad (4.13)$$

で与えられる。この導出された結託防止条件は，検査者の信念形成に関わらず，設計者が努力をした場合に結託が成立しない条件から導出されている。

これと同様に、検査者の信念形成に関わらず、設計者が努力をしない場合に結託が成立しない条件から、結託防止条件を導出することも可能である。設計者が努力をせず ( $e=0$ )、賄賂報酬を検査者に対して渡す方が利得が大きくなる条件式は、

$$t-b \geq t-qc_r \quad (4.14)$$

で与えられる。一方、設計者の努力水準に関する信念  $h \in [0,1]$  を形成する検査者が結託を受け入れる方が利得が大きくなる条件式は、

$$b+v \geq h\{(1-\bar{p}q)v + \bar{p}qw - d\} + (1-h)\{\bar{q}v + qw - d\} \quad (4.15)$$

で与えられるため、設計時に努力しなかった設計者と信念  $h$  を抱く検査者の間で結託が合意に達しうる。そのため、設計者が設計時に努力しなかった場合に検査者の信念形成に関わらず結託が合意に達さない条件式は

$$(1-ph)q(w-v) - d \geq qc_r, \quad \forall h \in [0,1] \quad (4.16)$$

より

$$\bar{p}q(w-v) - d \geq qc_r \quad (4.17)$$

が導出される。この条件下では、検査者の信念形成に関わらず、結託  $c$  が成立することはない。そのため、それでもなお、設計者が結託を持ちかける場合は設計者が努力をした場合 ( $e=1$ ) に限る。設計者がなお結託をもちかけるのは設計者が努力をした場合に限る。そのため、検査者の信念  $h$  に関して  $h=1$  が成立する。設計者が努力をし、さらに賄賂報酬を受け取る方が大きくなる条件式は、

$$t-b \geq t-\bar{p}qc_r \quad (4.18)$$

で与えられる。一方、検査者が設計者からの結託を受け入れる条件式は

$$b+v \geq (1-\bar{p}q)v + \bar{p}qw - d \quad (4.19)$$

で与えられる。

$$\bar{p}q(w-v) - d \geq \bar{p}qc_r \quad (4.20)$$

を満たすとき、設計者、検査者の間で結託は同意に達さない。以上より、設計者、検査者の間で結託が同意に達さないためには、(4.17) 及び(4.20) を同時に満たす必要がある。この条件式は、

$$w-v \geq \frac{c_r}{\bar{p}} + \frac{d}{\bar{p}q} \quad (4.21)$$

で与えられる。以上より、(4.13) または(4.21) を満たせば、設計者と検査者の間の結託  $b$  及び  $c$  は同意に達さない。そのため、結託  $b$  及び  $c$  が同意に達さないためには、

$$w-v \geq c_r + \frac{d}{\bar{p}q} \quad (4.22)$$

を満たしさえすれば良い。この条件式を結託防止条件  $bc$  とする。

### [3] 結託防止条件 $d$

最後に、結託  $d$  に関する結託防止条件を導出しよう。設計者が賄賂報酬を支払った場合の方が効用が大きくなる条件式は

$$t-b \geq t-c_r \quad (4.23)$$

で表される。設計者が選択する努力水準に応じて設計者が得る最終的な利得は異なるが、この条件式に本質的影響は無い（設計時に努力をする場合を想定すれば、式(4.23) の両辺に  $-c$  の項が追加される）。一方、検査者が賄賂報酬を受け取った方が効用が大きくなる条件式は

$$v+b \geq w \quad (4.24)$$

で表される。左辺は、検査者から賄賂報酬を受け取り、情報  $n_b$  を隠匿する場合に得られる報酬であり、右辺は検査者が公共主体に検査結果として  $m_b$  を報告して得る報酬を表す。そのため、

$$c_r \geq b \geq w-v \quad (4.25)$$

を満たすとき、結託  $d$  が発生しうる。以上より、結託防止条件  $d$  は

$$w-v \geq c_r \quad (4.26)$$

## 4.3 結託防止条件下での最適報酬契約設計問題

結託防止条件  $a, bc, d$  を考慮した最適報酬設計問題は下記のように定式化される。

$$[P2] \quad \min_{t,v,w} B(1,1)$$

$$s.t. \quad (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), (3.13), (4.4), (4.22), \text{and } (4.26)$$

これを解くと、

$$(t_2^*, v_2^*, w_2^*) = \left( \bar{p}qc_r + c, d, d + c_r + \frac{c+d}{\bar{p}q} \right)$$



Fig.2 Timing of the model considering the timing change of the inspector

が導出される。このとき、 $t_1^* = t_2^*$ ,  $v_1^* = v_2^*$ ,  $w_1^* < w_2^*$  が成立し、拘束する条件式は(3.9), (3.10), (3.12), (4.4)で与えられる。基本モデルで拘束した検査者の誘引両立制約は拘束せず、代わりに検査者の結託防犯条件  $a$  が拘束することが分かる。公共主体は、検査機関が不備を見つけた場合には、最低限の費用補償  $d$  にさらに追加的な報酬として、 $c_r + (c+d)/\bar{p}q$  を支払う必要があり、その額はモラルハザードのみを考慮した場合と比較してより大きくする必要があることが分かる。また、追加的な報酬の第一項である  $c_r$  に関して、これは修正費用だけでなく、不備のある設計図書を作成したことが社会的に暴露されることによる罰則や評判損失に伴う費用であることを既に記載した。ここでは外生変数として取り扱っているものの、この費用が大きいほど、検査者が不備を見つけた場合に支払うべき報酬額が増加することは、留意する必要がある。Kofman (1993) らがはじめて指摘したように、agent (本モデルにおける設計者) への厳し過ぎる罰則は結託を防ぐために検査者に支払う費用と相殺される。これは、不備を含む設計図書を作成した設計者に対する厳しい罰則 (入札時の指名停止等) は、設計者と検査者の間の結託が発生しやすい状況を作りだすため、必ずしも有効でないことを示唆している。

#### 4.4 検査機関の選択のタイミングとその効果

上記の分析により、設計図書の作成以前の段階で、当該設計図書を合格させるよう設計者と検査者が結託する可能性により、結託が存在しない状況下と比較して、公共主体はより多くの報酬を検査者に支払う必要があることが示された。本来、設計者と検査者の関係が顔の見えない関係であれば結託が発生することはない。そのため、結託を防ぐために競争入札の結果を公開しない等の規制を考えることも可能である。しかし、入

札に参加したが落札出来なかった業者にその落選を通知しないことは難しく、結果、業界内のネットワークにより誰が落札者かを非公開にすることは難しいと考えられる。以下では、公共主体が検査者に対して支払う報酬を抑えるための枠組みとして、情報公開のタイミングではなく、検査者の入札のタイミングの問題に着目し、設計者が設計図書を作成した後に設計者を選択する場合について分析する。具体的には、設計者が設計図書を作成した後に検査者を選択することで報酬設計にどのような影響があるかを明らかにする。本章で分析するモデルの論理的時間順序 [T3] は下記の通りである。Fig.2はモデルの論理的順序をまとめたものである。

1. 公共主体は設計者を選択し、契約を締結する。
2. 設計者は設計時の努力水準 ( $e \in \{0,1\}$ ) を選択し、設計図書を作成する。
3. 公共主体は検査者を選択し、契約を締結する。
4. 結託  $b$ ,  $c$  が発生する。
5. 検査者は作成された設計図書を受け取り、検査時の努力水準 ( $i \in \{0,1\}$ ) を選択し、設計図書の質に関する情報 ( $n_s \in \{n_p, n_b\}$ ) を獲得する。
6. 結託  $d$  が発生する。
7. 検査者は公共主体に検査結果 ( $m_s \in \{m_p, m_b\}$ ) を報告する。
8. 公共主体は検査結果  $m_s$  に応じて、設計者、検査者それぞれに報酬を支払う。

このとき、公共主体の最適報酬設計問題は、

$$\begin{aligned}
 [P3] \quad & \min_{t_1, v, w} B(1,1) \\
 \text{s.t.} \quad & (3.8), (3.9), (3.10), (3.11), \\
 & (3.12), (3.13), (4.22), \text{ and } (4.26)
 \end{aligned}$$

で与えられる。これを解くと、最適報酬契約に関して

$$(t_3^*, v_3^*, w_3^*) = \left( \bar{p}qc_r + c, d, d + c_r + \frac{d}{\bar{p}q} \right)$$

が導出される。なお、条件式(3.10), (3.12), (4.22)が拘束する。すなわち、結託防止条件  $bc$  は拘束されるが、結託防止条件  $d$  や誘引両立条件は拘束しない。これは設計者が設計図書を作成した後に発生する設計者、検査者間の結託が問題視されることとなる。さらに、上記で導出された最適報酬に関しては、下記の命題が成立する。

#### 命題

**タイミング [T3]の方が[T2]より、設計者、検査者に支払われる総報酬額(エージェント費用)は小さい。**

本命題の証明は  $t_2^* = t_3^*, v_2^* = v_3^*, w_2^* > w_3^* (> w_1^*)$  より明らかである。この結果は、設計者と検査者を同時に選択する場合と設計者が設計図書を作成した後に検査者を選択する場合は、後者の方が結託が発生しにくい状況であり、それを防ぐための費用も小さくて済むことを示唆している。

## 5. おわりに

安全・安心な都市社会を形成するためには、その都市形成に関わる数多くの利害関係者のインセンティブと適切な制度を設計することは必要不可欠である。本稿では、設計照査の委託を対象に、公共主体、設計者、検査者の三者間のインセンティブと階層性に着目した上で、契約理論を用いて、設計者と検査者が引き起こすモラルハザード、結託を防ぐ枠組みについて分析を行った。設計図書の作成以前の段階で当該設計図書を合格させるよう設計者と検査者が賄賂契約を結ぶ結託(結託  $a$ ) が最も危惧すべき結託である点、公共主体は設計者と検査者を同時に競争入札等により選択するのではなく、設計者が設計図書を作成した後に検査者を選択することで、結託  $a$  が発生しにくい状況を作り出すことが可能となる点を示した点は、本モデルから得られた帰結として現実社会に適応する上でも一考する余地があるだろう。

ただし、本研究で得られた結論は筆者らが仮定した状況下で得られたものであることは注意が必要である。本研究では、不備を含む設計図書が

検査を通過する4つのタイプの結託を想定したが、設計者が不備を含んだ設計図書を意図的に作成し、検査者に伝えてその不備を報告させ、検査者が得た報酬を逆にキックバックさせるタイプの結託も発生しうる。この結託は、実際に不備のある設計図書が検査を通過するわけではないので、問題の重要性は上記の4種類の結託とは性質が異なるものの、検査費用の増加を招きかねない問題である。二社に設計図書の照査を委託するモデルも含めて、今後さらなる検討が必要だろう。また、実際の公共工事においては施工者からの指摘により設計図書の不備が見つかる例も少なくない。本研究においては、公共主体、設計者、検査者のインセンティブの観点から最適契約の導出を行ったが、構造物の品質を考える上で施工者のインセンティブの問題も欠かすことは出来ない。さらに、本研究では入札制度については深く触れていないが、設計者、施工者、さらに検査者をどのような入札制度のもとで選択すべきかに関しても報酬体系と共に議論される必要がある。また、検査者が引き起こしうるモラルハザードや結託等の違法行為に対して、罰則ではなく追加的な報酬で対応することに関しては、社会的に受け入れがたいかもしれない。直接的な金銭報酬だけでなく、検査者のランク制度や検査実績に伴う指名競争入札制度など、不備の発見が評価される社会制度は幾つか考えられる。本研究では一回限りの検査委託を対象に分析を行ったが、複数回の検査委託、検査の需給を考慮した制度設計を検討する必要がある。これらは今後の課題である。最後に、賞罰システムの導入に伴う否定的側面についてもさらなる見当が必要である。例えば、藤井(2007)は、法的な賞罰システムの導入の否定的効果として、過去の研究事例から、内発的動機の低減/駆逐効果、倫理的フレームから取引的フレームへの意思決定フレーム変遷効果、トリレンマ問題の誘発効果の三点を挙げており、法律の導入や運用にあたっては、既に存在している社会的規範と調和する必要があることを指摘している。公共機関と民間機関では、支配している行動規範が異なるため、検査の適切性を確保するための方策は異なる。民間に検査を委ねていく中で、実務者の心的影響を踏まえた上で制度を構築する必要がある。

これらは今後の課題であるが、安全・安心な都市社会の形成のための社会制度設計への理解を深めるといふ点において、本稿が一躍を担うのであればそれは筆者の本望とするところである。

## 謝 辞

本稿は、文部科学省グローバルCOEプログラム「アジアメカニシティの人間安全保障工学拠点」の支援を受けました。

## 参考文献

伊藤秀文(2003): 契約の経済理論, 有斐閣  
日経コンストラクション, 特集「検査の失敗」,  
2006年3月24日号, pp.38-59.  
山本顯治(編)(2007): 紛争と対話, 法動態学叢書・  
水平的秩序4, pp.23-53.  
Emilson C. D. Silva, Charles M. Kahn (2007): Crime  
and Punishment and Corruption: Who needs  
“Untouchables?”, *Journal of Public Economic  
Theory*, Vol.9(1), pp.69-87.  
J.-J. Laffont and D.Martimort (2002): *The Theory of  
Incentive*, Princeton:Princeton Univ. Press.

J.Tirole (1986): Hierarchies and Bureaucracies: On  
the Role of Collusion in Organizations, *Journal of  
Law, Economics and Organizations*, 2, pp.181-214.  
Kofman, F. and J.Lawarree,(1993): Collusion  
hierarchical agency, *Econometrica*, Vol.61,  
pp.629-656.  
Laffont,J.J. (1990): Analysis of Hidden Gaming in  
Three Level Hierarchy, *Journal of Law, Economics,  
and Organization*, 6, pp.301-324.  
Laffont,J.J. and D.Martimort (1997): Collusion under  
Asymmetric Information, *Econometrica*, 65,  
pp.875-911.  
Laffont and Tirole (1993): *A Theory of Incentives in  
Procurement and Regulation*, The MIT Press.  
Mehmet Bac and Serkan Kucuksenel(2006): Two  
Types of Collusion in a Model of Hierarchical  
Agency, *Journal of Institutional and Theoretical  
Economics*, Vol.127(2), pp.262-276.

## Bidding Timing of Private Sector in Delegation of Design Verification

Mamoru YOSHIDA\* and Hirokazu TATANO

\* Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University

### Synopsis

Recently, the government tends to delegate design verification works to private sectors to use of knowledge and technology of them. But, it is not easy to check for the government to check the quality of inspection done by private sectors. This paper analyzes a framework of payment scheme to prevent moral hazards and coalitions caused by a designer and an inspector in the delegation of design verification. The paper models a mechanism of four types of coalitions, and it is shown that the coalition which is formed before a designer make a design drawing is a critical problem for a public agency. In addition, it is shown that a public agency can create an environment where a designer and an inspector are difficult to form a coalition by selecting an inspector after a designer completed a design drawing .

**Keywords:** design verification, delegation, coalition, bidding timing