一橋大学博士学位請求論文 要旨

論文題目 “Optimal Design of Procurement Mechanisms”

(和訳「調達メカニズムの最適設計」)

西村 健

2014年3月

1 論文の目的と背景

本論文の目的は、ゲーム理論とメカニズムデザイン理論のアプローチを用いて、公共調達における最適な制度設計を探求することである。

経済学では、これまでに多くの文献によって公共調達制度の研究がなされてきた。なかでも Laffont and Tirole (1993) は、公共調達の多岐にわたる問題について、メカニズムデザイン理論を適用した包括的分析をおこなっている。Laffont and Tirole に代表される研究が公共調達において重要な問題だと考えるのは、企業は調達主体が知ることのできない何らかの私的情報を有する、という点である。たとえば、国土交通省の地方整備局が道路建設を企業に発注する際、企業はその建設費用に関して整備局よりも正確な情報を持つだろう。公共調達を効率的に実施するためには、何らかの「メカニズム」を用いて企業の私的情報を集約する必要がある。このとき、たとえメカニズムが調達主体によって一方的に設計されたとしても、情報優位にある企業は正のレントを得ることが可能となる。したがって、調達主体が調達メカニズムを設計する際には、配分効率性とレント削減のトレードオフに直面する。調達主体の利得を最大化する「最適メカニズム」は、このトレードオフをバランスさせるように決まることになる。

Laffont and Tirole をはじめとする既存研究は、さまざまな経済環境における最適な調達メカニズムの特徴付けをおこなっている。多くの研究では、「直接メカニズム」と呼ばれるクラスに限定して、その中から最適メカニズムを探し出すというアプローチを取る。直接メカニズムとは、企業に私的情報であるタイプ変数を直接的に報告させ、それに応じて取引条項を決定するメカニズムである。このとき、任意の調達メカニズムで実現す

る任意のベイジアンナッシュ均衡に対して、企業が真のタイプを正直に報告する直接メカニズムで元の均衡と帰結同値になるものが存在することが知られており、このことが上記の制限の正当化に用いられている。実際、特定の経済環境を所与としたときに、調達主体が得られる利得の上限を求めることが分析上の目的であれば、その制限は一般性を失うものではない。

本論文では、既存研究の最適メカニズムの特徴付けを土台として、より実際的な問題に取り組む。本論文は、Chapter 1から5までの五つの章からなる。Chapter 2では、近年、公共工事の入札方式として世界的に導入が進んでいる、スコアリングオークションについて分析をする。既存研究によって特徴付けられた最適な直接メカニズムに対して、それを遂行するためのスコアリングオークションの設計方法を提示することが本章の目的である。Chapter 3では、複数工程からなる公共工事において、入札を一括して実施すべきか工程ごとに分けて実施すべきか、という問題について考察する。生産費用に影響をおよぼすリスクの度合いに応じて、どちらが調達主体にとって最適となるかを明らかにすることが本章の目的である。Chapter 4では、企業のみならず調達主体もまた私的情報を有する状況を考える。メカニズムの設計者の私的情報の有無が、財配分と利得配分にどのような影響を及ぼすかを調べるのが本章の目的である。以下では、Chapter 2から4までの内容について概説する。

- Chapter 1: Introduction
- Chapter 2: Optimal Design of Scoring Auctions with Multidimensional Quality
- Chapter 3: Sequential Procurement Auctions with Risk-averse Suppliers
- Chapter 4: Informed Principal Problems in Bilateral Trading
- Chapter 5: Concluding Remarks

2 Optimal Design of Scoring Auctions with Multidimensional Quality

本章では、スコアリングオークションと呼ばれる入札方式に焦点を当て、その最適設計について分析する。この入札方式は日本では総合評価落札方式と呼ばれ、公共工事の調達では原則的にその使用が義務付けられている。スコアリングオークションの特徴は、価格のみならず品質も考慮に入れ、総合的に最も高い「スコア」の入札をした企業が落札する点にある。それぞれの入札に対してどのようなスコアを与えるかは、入札前に調達主体が公表するスコアリングルールによって決められる。たとえば、アメリカのカリ

フォルニア州などで高速道路建設に用いられているルールは、A+B+C 入札方式と呼ばれる。このルールは、価格（A パート）と納期（B パート）と保証期間（C パート）のスコアを単純に足し合わせて、トータルのスコアとする。調達主体にとっては、より品質の高い公共工事をより安い価格で調達するために、適切なスコアリングルールを設計する必要がある。以下では、最適な直接メカニズムを遂行するスコアリングルールを、最適スコアリングルールと呼ぶことにする。本章の目的は、A+B+C 入札方式のような現実に用いられているルールを含む、いくつかのクラスの最適スコアリングルールを提示することである。

Che (1993) は、スコアリングオークションをゲームのモデルとして定式化し、企業の均衡入札戦略を特徴付けた上で、最適スコアリングルールを明示的に提示した。一方、Che のモデルでは、品質は一次元の変数として表されている。この抽象化の仮定は、「納期は遅いが安全性は高い」、あるいは逆に、「納期は早いですが安全性は低い」、といった入札の可能性を排除するという点で問題を含んでいる。品質が多次元のときには、不適切な組合せの入札を防ぐために、生産費用や価値に対する品質属性間の補完性もしくは代替性を考慮してスコアリングルールを設計しなければならない。本章では、Che のモデルを多次元品質の環境に拡張したモデルを定式化する。

本章で得られる主要結果は以下の通りである。第一に、異なる品質属性を補完的に評価するようなスコアリングルールについて考える。補完性の条件として、スーパーモジュラーと呼ばれる概念を導入する。たとえば、品質が納期と安全性からなるとき、スコアリングルールが品質に関してスーパーモジュラーであるとは、納期が遅いときに安全性を上げるよりも、納期が早いときに安全性を上げたほうが、入札内容の変更にもなうスコアの増分が大きいことを意味する。主要命題として、総余剰から企業に支払う情報レントを差し引いた余剰が、品質に関して準スーパーモジュラーと呼ばれる弱い補完性を持つならば、品質に関してスーパーモジュラーとなる最適スコアリングルールが存在することを示す。証明では、レオンチェフ関数のようなルールを具体的に構成して、不適切な入札への逸脱が起こらないことを示す。第二に、異なる品質属性に対して独立にスコアを与える、加法分離的なスコアリングルールについて考える。この種のルールは、A+B+C 入札方式に見られるように、現実の公共調達で頻繁に用いられている。ここでは、加法分離的なルールが最適となるための必要条件と十分条件のそれぞれを提示する。

3 Sequential Procurement Auctions with Risk-averse Suppliers

本章では、投資と生産という逐次的な二種類の仕事をリスク回避的な企業に発注する状況において、一括方式および非一括方式と呼ばれる二種類の調達メカニズムの比較をおこなう。現実の公共調達の例では、道路建設における設計施工一括発注方式および設計施工分離発注方式がそれぞれの調達メカニズムに対応している。道路建設のように複数工程に分かれるような公共工事では、地質状態の不確実性や建材価格の変動など、必然的にさまざまなリスクが伴うだろう。調達主体にとっては、これらのリスク要因をなるべく効率的に調達主体と企業間とで分担するよう、調達メカニズムを選択すべきである。本章の目的は、リスクの度合いに応じて、調達主体にとってどちらのメカニズムが最適となるかを明らかにすることである。

Hart (2003) は、一括方式と非一括方式の各メカニズムのもとでの企業の均衡投資水準を特徴付け、投資の便益に関する条件に応じて、どちらのメカニズムが調達主体にとって最適となるかを明らかにした。しかしながら、Hart のモデルはきわめてシンプルであり、逐次的なタスクにともなうであろう、リスクの要素については一切触れていない。本章では、Hart のモデルを基にして、生産費用に影響を及ぼすリスクの要素を取り入れたオークションモデルを定式化する。その際、費用の変動要因を企業間で共通なものとして各企業に個別なものとして分類する。前者を共通リスクと呼び、不確実性が解消した時点で企業間の共有知識になると仮定する。後者を個別リスクと呼び、不確実性が解消した時点で各企業の私的情報になると仮定する。

本章で得られる主要結果は以下の通りである。リスクの度合いとしては、平均保存拡散による分布の変化を採用する。はじめに、共通リスクの度合いが増えるとき、調達主体にとって一括方式の相対的な望ましさが下がることを証明する。そのロジックは、一括方式では仕事を一括受注した企業が全てのリスクを負担するが、非一括方式では二段階目の入札行動を通じて共通リスクがリスク中立的な調達主体へと移転されるという点にある。しかし、一括方式では非一括方式よりも企業の投資インセンティブが高まるといった利点がある。したがって、投資の限界便益が十分高く、かつ共通リスクの度合いが十分小さいときには、調達主体の均衡利得は一括方式のほうが高くなる。一方、個別リスクの度合いが増えたとしても、調達主体にとって一括方式の相対的な望ましさは必ずしも下がらない。これは、個別リスクの度合いの増加が企業の入札行動を変化させ、二段階目の入札における調達主体の支払い負担を増やす場合があるからである。実際、個別リスクが指数分布に従うと仮定したとき、そのリスクの増加によって企業の得るレントは増加することが示される。

4 Informed Principal Problems in Bilateral Trading

本章では、二者間取引において財の売手と買手の双方が私的情報を持つときに、その一方のプレイヤーが取引メカニズムを選択する状況を考える。これまでの章では、メカニズムに参加する企業は私的情報を持つ一方で、その設計者である調達主体は何ら私的情報を持つことがないと仮定してきた。しかし、現実の公共調達において、この仮定が成り立たない状況は数多く存在するだろう。たとえば、国土交通省の地方整備局が道路建設および保守管理の業務を発注する際、周辺の都市計画がどのように進むか、それに伴ってどの程度の通行量が見込まれるか、これらの事項については整備局のほうが企業よりも多くの情報を有すると考えられる。本章の目的は、メカニズムの設計者が私的情報を持つゲームのもとで、均衡の財配分と利得分配を特徴付けることによって、設計者の私的情報の有無が効率性にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることである。

Myerson and Satterthwaite (1983) の研究以来、二者間取引における様々な取引メカニズムについて、その効率性に関する性質が明らかにされてきた。その既存研究の多くは、明示的もしくは暗黙的な仮定として、取引メカニズムは私的情報を持たない第三者によって設計されるとしている。対照的に本章では、私的情報を持つ取引当事者の一方が取引メカニズムを設計すると仮定する（ここでは売手を設計者とするが、買手を設計者とすることも可能である）。このときの要点は、取引メカニズムの選択を通じて、設計者の私的情報が相手に伝わる可能性が生まれる、ということである。このような「私的情報を持つプリンシパル」のモデルを非協力ゲームとして定式化したとき、多くの場合において、多数の均衡が存在することが知られている。とくに、Maskin and Tirole (1992) は、プリンシパルのタイプ変数がエージェントの利得に直接的に影響を及ぼすモデルを分析し、均衡で選ばれるメカニズム全体を集合として特徴付けた。一方、彼らの分析は、エージェントが私的情報を持たないケースに主な焦点を当てている。売手と買手の双方が私的情報を持つ場合に、均衡においてどのようなメカニズムがプリンシパルによって選ばれ得るか、また選ばれるメカニズムは効率性の観点からどのような性質を持つか、これらの点について十分な解答を与える研究はこれまでなかった。

本章の分析はこれらの問いに答えるものである。最初の主要結果として、すべてのタイプの売手が相異なる取引メカニズムを選択するような、分離均衡の存在を証明する。存在証明の際には、売手のタイプに関する買手の事後予想がある種の妥当性を満たすことも同時に示す。また、分離均衡における売手の利得ベクトルは一意に決まり、かつ、均衡利得集合の下限となる。この存在定理によって、Maskin and Tirole (1992) による均衡メカニズムの集合の特徴付けと同じ結果を得ることができる。

一般には、異なるタイプの売手が同じメカニズムを選ぶ一括均衡もあり得るが、以下では分離均衡に焦点を当てて効率性の性質を調べる。主眼は、売手のタイプが共有知識であるときの、売手の最適メカニズムとの比較である。自明に分かることは、Spence (1973) のシグナリングモデルと同様に、分離均衡における売手の利得ベクトルは最適メカニズムのそれよりも低いということである。売手はメカニズムの選択を通じて自身のタイプを伝えるために、最適メカニズムとは異なるメカニズムを提案せざるを得ない可能性があるからである。一方で、売手のタイプが私的情報になることによって、買手の利得がどのように変化するかは自明ではない。第二の主要結果として、財の実質価値と限界生産費用が負（正）の相関を持つならば、売手による財の過少供給は緩和（悪化）するとともに、買手の事後利得は増加（減少）することを証明する。したがって、売手の情報が私的になることは売手自身の交渉力を弱めることにつながり、場合によっては買手が得をすることが示された。

References

- Y.K. Che. Design competition through multidimensional auctions. *RAND Journal of Economics*, 24(4):668–680, 1993.
- O. Hart. Incomplete contracts and public ownership: Remarks, and an application to public-private partnerships. *Economic Journal*, 113:C69–C76, 2003.
- J.J. Laffont and J. Tirole. *A theory of incentives in procurement and regulation*. MIT press, 1993.
- E. Maskin and J. Tirole. The principal-agent relationship with an informed principal, II: Common values. *Econometrica*, 60(1):1–42, 1992.
- R.B. Myerson and M.A. Satterthwaite. Efficient mechanisms for bilateral trading. *Journal of Economic Theory*, 29(2):265–281, 1983.
- M. Spence. Job market signaling. *Quarterly Journal of Economics*, 87(3):355–374, 1973.