総合評価落札方式オークションの均衡入札*
―― 除算方式評価の場合 ――

花　薗　　誠

I study the equilibrium bidding behavior in procurement scoring auctions in which each bid is evaluated according to the value-for-money (quality-price ratio). In particular, I consider an auction with n bidders, each of whom receives a cost parameter for quality provision from a symmetric, independent uniform distribution, then decides whether to participate the auction by paying an entry fee, and bids a quality-price pair upon entering. The bidder with the highest value-for-money exerts the project with the promised quality, and receives the bidded price. I derive an equilibrium in which the probability of winning increases as the cost parameter becomes more efficient. However, this evaluation method implies a little odd bidding behavior: the equilibrium price and quality exhibit U-shape curves with respect to the cost parameter.

Ⅰ．はじめに

公共事業の品質の維持と競争性の確保の両立をめざした近年の入札制度改革により，いわゆる総合評価落札方式による入札が多くの公共事業の発注に取り入れられている。総合評価落札方式とは，入札者が価格と同時に，事業の質にかかわる要素（たとえば工期，環境に優しい工法，耐久性，地元の労働者の雇用など）について申告し，発注者がそれらを総合的に評価して落札者を決定する入札制度である。この制度の導入の主たる目的は，競争入札による低価格入札の弊害となる品質の低下を緩和することとされている。

我が国における総合評価落札方式では，大別して二つの評価方式が採択されている。一つは除算方式と呼ばれるもので，客観的な品質を価格で除した「1 円当たりの品質（Value-for-Money）」を評価とし，最高値の入札を行った事業者が落札する。もう一つは加算方式と呼ばれるもので，品質を価格で評価し，これを入札価格に加算したものを評価として落札者を決定する（高品質を申告した者には小さい値，低品質を申告した者には大きい値を価格に加算し，加算後の総合評価の最も低い入札者が落札する）。どちらの方式を用いるかについては発注者に任されているが，片方の方式に極端に偏ることなく，どちらの方式も採択されている。

では，異なる方式の総合評価入札が選択される理由は何だろうか？また，除算・加算の評価方式を所与としても，品質を左右するさまざまな要素をどのように評価することが望ましい結果をもたらすだろうか？これらの問いにこたえるためには，次のようないくつかの点を明らかにしなければならない。第一に，

*本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：20330056，21243023），および稲盛財団研究助成金からの助成を受けている。

所与の入札方式の下での事業者の入札行動がどのようなものかを把握する必要がある。事業者の戦略的・合理的な意思決定を理論的に分析するには，ゲーム理論を用いて戦略的な相互連関を調べればよい。また，事業者の結託や談合の可能性がある場合には，それらのインセンティブについても論ずることが望ましい。第二の点である評価方式の選択や設計については，発注者の政策目的がどのようなものかできるだけ正確に把握し，所与の評価方式におけるゲームの均衡が政策目的にかなっているかどうかを論じる必要がある。その上で，望ましい評価方式がどのように設計可能かを調べればよい[1)]。

しかしながら，総合評価入札におけるゲーム理論的入札行動についての先行研究は少なく，特に除算方式における入札行動を論じた研究は，筆者の知る限り存在しない。そこで本稿ではこの問題に焦点を当て，除算方式による総合評価オークションの均衡入札行動を導出する。モデルの要点は以下の通りである。入札の行われる公共事業について，事業者は客観的な品質を操作することが可能とする。簡単化のため，品質は 1 次元の実数値で測定されるとし，多様な品質改善手段は本稿では扱わない。各事業者は入札に参加する前に，品質を高めるためにどの程度の費用を支払うのかを表す 1 次元の私的情報を得る。私的情報は独立で同一の一様分布に従うと仮定する。入札する際には書類作成等による参加費用を支払い，価格と品質を入札する。入札条件として，現実の除算方式の入札で課されているように，対応する 1 円当たりの品質がある最低水準以上でなければならない。1 円当たりの品質の最も高い入札を行った事業者が落札し，入札された価格と品質で事業を遂行する。本稿では事業者の結託や談合がないケースに焦点を当て，次のようなベイズ・ナッシュ均衡に着目する。すなわち，私的情報（事業者のタイプ）を効率的なものから非効率的なものに並べると，対応する均衡落札確率が下落していくような均衡である。参加費用あるいは最低の 1 円当たりの品質水準がそれほど高くなければ均衡は存在し，以下のような性質を持つ。比較的効率的なタイプは，評価を上げるための方策として品質向上を主に用い，逆に比較的非効率的なタイプは，価格低下を主に用いる。すなわち，除算方式では入札者に与える価格競争・品質向上インセンティブがタイプに応じて異なり，結果として，品質，価格はタイプについてU字型の振る舞いをすることになる。

ゲーム理論的な総合評価入札の先行研究では，先ほども述べたように加算方式のみの扱いではあるが，均衡入札行動や最適な制度設計についての興味深い研究がなされている。Che（1993）は私的情報，品質ともに 1 次元に限定されたモデルを分析し，オークションの理論を応用して最適な総合評価について論じた。Asker and Cantillon（2008）は私的情報，品質ともに多次元のケースを論じ，私的情報が独立分布に従う時には多次元の品質評価を一次元に落とし込むことが可能となることを発見した。従ってこのようなケースでも，結果的にメカニズムデザインのアプローチ（Myerson, 1981）を応用できることを示し，いわゆる収入等価定理に該当する発注者の期待効用等価定理を導出した。また，期待効用が等価になるとは限らないいくつかの代表的なオークションの結果の比較も行っている。Mares and Swinkels（2008）はタイプの分布が非対称な入札者を想定し，競争の促

進・品質確保のためのハンディキャップ（＝非対称的な加算方式の総合評価）の望ましい与え方，また第一位価格，第二位価格オークションに対応する第一位評価，第二位評価オークションの結果の比較などを論じた。

本稿の構成は以下の通り。第Ⅱ節で対称的な入札者による除算方式の総合評価入札モデルを提示し，第Ⅲ節でそのベイズ・ナッシュ均衡を導出し，その性質について論じる。第Ⅳ節ではまとめと展望を論じ，今後の研究の方向について述べる。なお，第Ⅲ節の一部は付録にまとめられている。

Ⅱ．モデル

事前には同質的な n 事業者が参加可能な，以下のような総合評価入札を考える。各事業者は対象となっている公共事業に対して価格 $p \in R_+$ と客観的な品質 $q \in R_+$ を入札する。入札された品質 q は事前にコミットするものであり，落札時には各事業者は費用 tq^2 を負担して q を達成しなければならない。ここで t は各事業者ごとに独立に与えられる私的な費用パラメータで，$[\alpha, 1+\alpha]$ 区間に一様分布しているとする。ただし，費用 tq^2 は発注者から観察不可能と仮定し，客観性の欠如から費用の水準に応じて発注者からの支払いを変動させることはできないと想定する[2)]。各事業者は各自のタイプを知った後で入札に参加するかどうかを決定することができ，参加する際には $e > 0$ の費用（例えば書類の作成費用，事前の調査費用など）を支払う。なお，他の事業者が入札に参加しているかどうかについて，入札が終わるまで観察できないとする。入札に参加しないときの各事業者の留保効用水準は 0 である。各事業者が価格 p，品質 q でプロジェクトを落札した時の利得は

$$p - tq^2 - e$$

である。また各事業者はリスクに対して中立的とする。

発注者は除算方式と呼ばれる以下のような入札を用いる。価格と品質の組み合わせ (p, q) が入札された際に，1円当たりの品質 q/p を評価値として，外生的に与えられた下限 $\underline{k} > 0$ を超えるものの中で評価が最高の入札を行った事業者が落札する[3)]。落札した事業者は品質 q のプロジェクトを提供し，価格 p を発注者から受け取る。仮に評価が同じ場合には，等確率で落札者を割り当てることとする。

Ⅲ．均衡の導出

本節では，前節で提示されたモデルの対称なベイズ・ナッシュ均衡を導出する[4)]。その後，具体的なパラメータを代入した例を用いて，均衡における品質，価格がタイプに応じてどのように振る舞うかを見ることにする。

入札価格，品質と均衡評価値の関係　タイプ t の事業者が (p, q) を入札するにあたって，均衡での1円当たりの品質が $k(t)$ であるとすれば，次の条件を満たしていなければならない：

$$(p, q) \in \arg\max_{p', q'} p' - tq'^2$$
$$\text{subject to } q'/p' = k(t).$$

仮に (p, q) が上の条件を満たさないとしてみよう。評価値 $k(t)$ が同じであれば，落札確率は変わらないので，確率を変えずに落札時の利潤が大きくなるような他の入札が必ず存在し，最適な行動に矛盾するからである。

よって $k(t)$ を所与とすると，各タイプ t の入札は以下の問題の解でなければならない：

$$\max_{p,\,q} p-tq^2 = \max_{q} q/k(t)-tq^2.$$

これを解くと，一階の条件から

$$q(t) = \frac{1}{2tk(t)}$$

であり，対応する価格，および利潤（落札時）はそれぞれ

$$q(t) = \frac{1}{2tk(t)^2},$$

$$p(t)-tq(t)^2 = \frac{1}{4tk(t)^2},$$

となる。

以上の議論から，$k(t)$ が与えられると，入札に参加する事業者の行動が決定される。すなわち，このオークションのベイズ・ナッシュ均衡は，対応する $k(t)$ と，入札に参加しないタイプを決定することと同値である。

分離均衡の特定化　ベイズ・ナッシュ均衡における $k(t)$ を導出するにあたっては，$k(t)$ の満たすべき条件やもっともらしい性質を特定し，それらを満たす関数 $k(t)$ を方程式により解きだすというアプローチを採択する。さて，関数 $k(t)$ の性質としてもっともらしいものはどのようなものであろうか？ あくまでも一つの可能性ではあるが，タイプ t が小さい事業者，すなわちコスト面で効率的な事業者はより高い確率で落札する，とするのは自然であると思われる。そこで，次の様な戦略の組み合わせが均衡になるかを考える[5]：まず，効率的なタイプがより高い落札確率を持つために $k(t)$ は厳密な単調減少関数である。また，入札に参加しないタイプを決定するために $k(t) = \underline{k}$ となるタイプを $\bar{t}$ と定義すると，$t \leq \bar{t}$ であるタイプ t は入札に参加して $(p(t),\, q(t))$ を入札し，$t \leq \bar{t}$ であるタイプ t は入札に参加しない。以下では，最適性の必要条件から得られる微分方程式を解くことによって，このような $k(t)$, $\bar{t}$ を求める。

均衡における $k(t)$ が満たすべき条件については，他の事業者が $k(t)$ に従い入札を行うと想定し，任意のタイプ t の事業者の入札行動 $(p(t),\, q(t))$ が最適反応となる，という事実から絞り込んでいく。ここで $t(k)$ を $k(t)$ の逆関数とすると，$(p(t),\, q(t))$ が最適反応となるためには（タイプの分布が $[\alpha,\, 1+\alpha]$ 上の独立一様分布であることに注意）

$$(p(t),\, q(t))$$

$$\in \arg\max_{p',\,q'}\left(1+\alpha-t\left(\frac{q'}{p'}\right)\right)^{n-1}(p'-tq'^2),$$

が成立していればよい。そこで，内点最適の必要条件である一階の条件に着目する[6]。ただし，目的関数は未知の関数を含んでいるため，一階の条件が最適性の十分条件かについては，現段階では自明ではない。この点については通常のオークション理論に倣い，まず十分条件については無視をして関数 $t(\cdot)$ を導出し，$t(\cdot)$ を代入したときの目的関数が，$(p(t),\, q(t))$ で最適化されていることを後で確認する。

p についての一階の条件を $(p,\, q) = (p(t),\, q(t))$ で評価すると

$$(n-1)(1+\alpha-t(k))^{n-2}$$

$$\times(-t'(k))\frac{-q(t)}{p(t)^2}(p(t)-tq(t)^2)$$

$$+(1+\alpha-t(k))^{n-1} = 0$$

$$\Leftrightarrow (n-1)t'(k)\frac{2tk^3}{4tk^2}+(1+\alpha-t(k)) = 0$$

$$\Leftrightarrow t'(k)\frac{(n-1)k}{2}+(1+\alpha-t(k)) = 0$$

また q についての一階の条件についても

$$(n-1)(1+\alpha-t(k))^{n-2}$$
$$\times(-t'(k))\frac{1}{p(t)}(p(t)-tq(t)^2)$$
$$-2t(k)q(t)(1+\alpha-t(k))^{n-1}=0$$
$$\Leftrightarrow t'(k)\frac{2tk^2}{4tk^2}+2t(k)\frac{1}{2t(k)k}\times$$
$$(1+\alpha-t(k))=0$$
$$\Leftrightarrow t'(k)\frac{(n-1)k}{2}+(1+\alpha-t(k))=0$$

となり結局同じ微分方程式が得られる。

この微分方程式は変数分離形なので，解が $t(k)=Ck^{\frac{2}{n-1}}+1+\alpha$，($C<0$ は境界条件に依存) となることは容易に確かめられる。ここから $k(t)=((t-1-\alpha)/C)^{\frac{2}{n-1}}$ となり，$C<0$ に注意すれば，$k(t)$ が減少関数であることがわかる。

境界条件　定数 C および $\bar{t}$ については，二つの境界条件から求める。まず，任意のタイプ t が均衡で入札に参加するならば，期待利得は

$$(1+\alpha-t)^{n-1}\frac{1}{4t(1+\alpha-t)^{n-1}/(-C)^{n-1}}$$
$$=\frac{(-C)^{n-1}}{4t}$$

となる。これは t について減少である。境界のタイプ $\bar{t}$ においては，入札への参加，不参加が無差別にならなければいけないことから

$$\frac{(-C)^{n-1}}{4\bar{t}}=e$$

が成立する[7]。さらに，境界のタイプでは $k(\bar{t})=\underline{k}$，すなわち

$$((\bar{t}-1-\alpha)/C)^{\frac{n-1}{2}}=\underline{k}$$

であるから，二つの境界条件を整理すれば

$$(1+\alpha-\bar{t})^{n-1}=4\underline{k}^2e\bar{t}$$
$$C=-(4e\bar{t})^{\frac{1}{n-1}}$$

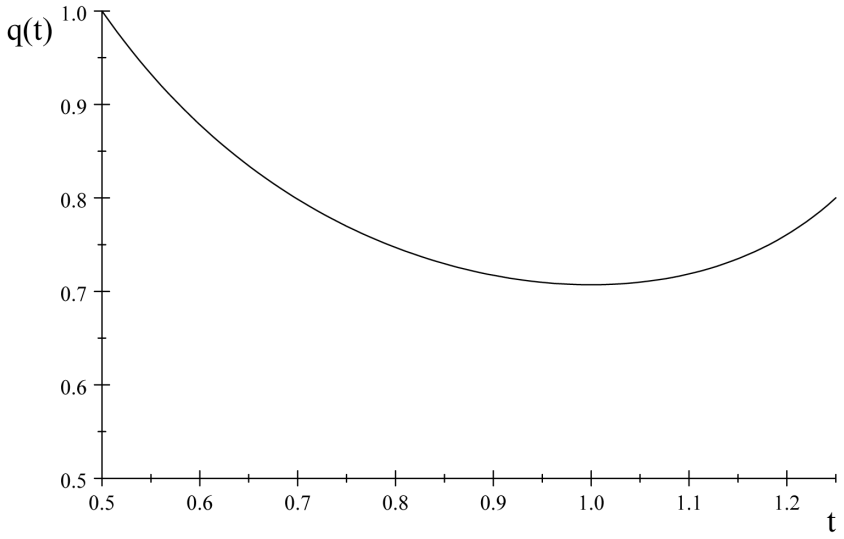
となる。これらを満たす解 $(\bar{t},\ C)$ と $k(t)$ によって均衡戦略の候補が求められる。

上記の $(\bar{t},\ C)$ についての連立方程式が $t\in[\alpha,\ 1+\alpha]$，$C<0$ で解を持つためには，パラメータが

$$4\underline{k}^2e<\frac{1}{\alpha}$$

という条件を満たせばよい。実際，方程式 $(1+\alpha-\bar{t})^{n-1}=4\underline{k}^2e\bar{t}$ の左辺は $\bar{t}(\in[\alpha,\ 1+\alpha])$ の減少関数で，値が 0 から 1 まで動く一方で，右辺は $\bar{t}(\in[\alpha,\ 1+\alpha])$ の増加関数で，値の下限が $4\underline{k}^2e\alpha>0$ であるから，条件を満たせば解 $\bar{t}$ が一意に決定されるからである。上の不等式の条件は，参加費用が高すぎない，また 1 円当たりの品質の最低要件が高すぎないということを表す。条件が満たされていないと，最もコストの効率的な事業者であるタイプ α さえ入札に参加しないことになり，分離均衡が成立しないからである。

最適性の確認　上で求めた $t(k)$ を代入した各事業者の利潤関数が，$(p(t),\ q(t))$ で最適化されていることを確かめたいのだが，実は目的関数は凹関数にならず，一階の条件は十分条件にならない。しかし，付録での議論が明らかにするように，タイプ t の目的関数の等高線はほぼ $(p,\ q)$ 平面上の放物線 $(p=\beta q^2)$ となることが分かる。また目的関数の最高点の軌跡も放物線 $(p=2tq^2)$ で，これは $t(k)$ を代入した利潤関数一階の条件と同一となることが確かめられる。タイプ t の戦略 $(p(t),\ q(t))$ は当然一階の条件を満



たすように構成されているため，その最適性が確かめられた。

以上の分析から，導出された戦略がベイズ・ナッシュ均衡となっていることが確かめられた。

命題　各事業者のタイプ t が $[\alpha,\ 1+\alpha]$ 上の独立一様分布に従い，参加費用 $e>0$，留保効用 0，1 円当たりの品質の最低水準が $\underline{k}>0$ であるような，n 事業者による除算方式の総合評価入札を考える。条件

$$4\underline{k}^2 e < \frac{1}{\alpha}$$

が成立しているとき，次の戦略はベイズ・ナッシュ均衡である：タイプ $t \leq \bar{t}$ は以下の $(p(t),\ q(t))$ を入札し，$t>\bar{t}$ は入札に参加しない。ここで $\bar{t}$ は

$$(1+\alpha-\bar{t})^{n-1} = 4\underline{k}^2 e\bar{t}$$

の解で

$$q(t) = \frac{1}{2tk(t)},$$

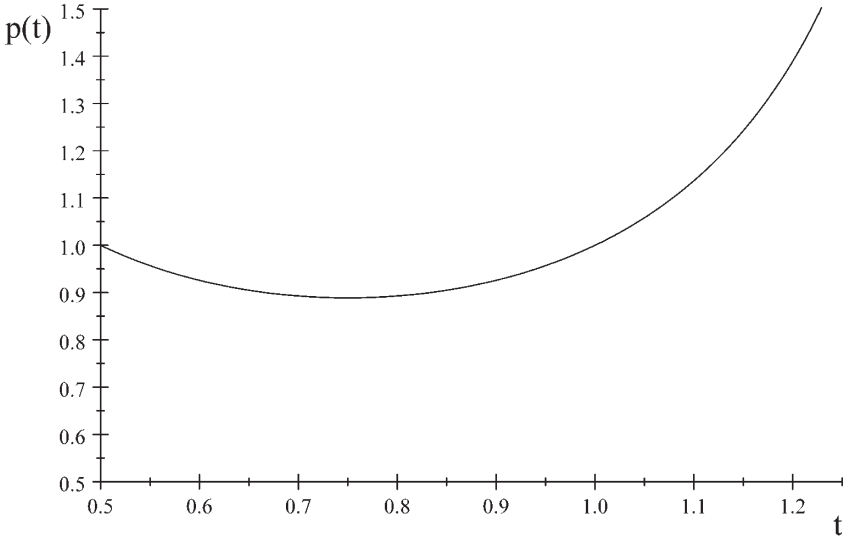
$$p(t) = \frac{1}{2tk(t)^2},$$

$$\text{where } k(t) = \left(\frac{(1+\alpha-t)^{n-1}}{4\bar{e}t}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

均衡入札行動については，次の具体例から考察する。

例：$n=2,\ \alpha=0.5,\ k=0.5,\ e=0.2$ のケース

簡単な計算により $\bar{t}=1.25,\ C=-1$ となる。均衡入札行動（$p(t),\ q(t)$）については興味深い振る舞いが観察される（図を参照のこと）。それは，価格も品質もタイプについてU字型を描く点である。タイプの範囲を大まかに 4 分割して考えると，$t>1.25$ では不参加，$1 \leq t \leq 1.25$ ではコスト条件が改善されるにつれ，品質を犠牲にして価格を大きく下げ，$0.75 \leq t \leq 1$ では品質を上げて価格を下げ，$0.5 \leq t \leq 0.75$ では品質を上げるが価格は上昇させる，という結果になる。いいかえるとコスト条件の悪い範囲では評価をよくするた



めに価格を重視し，コスト条件の良い範囲では品質を重視し，中間では両方のバランスを取ると解釈可能である。この性質は品質に関する費用関数が凸であるという事実と，評価が除算方式であることに起因していると考えられる。

Ⅳ．まとめと展望

本稿では除算方式による総合評価を用いたオークションの均衡入札戦略を導出し，興味深い入札行動が現れることを発見した。すなわち，品質向上にかかる費用が高い事業者は品質よりも価格で評価を高めようとし，反対に費用が低い事業者は価格よりも品質で評価を高める傾向があるという点である。均衡における評価はタイプの単調関数であっても，価格や品質はU字型のグラフを描くことが分かった。本研究は総合評価入札制度分析の出発点にすぎず，さらなる入札行動の分析，望ましい制度設計や政策についての提言は今後の課題として残されている。今後の研究のために，以下の論点を深めていくことを提案したい。

本稿では１円当たりの品質の最低水準のみ制約があると想定したが，現実の除算方式では，ほかに最低品質や予定価格が制約として課せられている。そのため，本稿で導出された均衡戦略がそれらの制約に抵触する可能性がある。追加的な制約のために本稿での均衡がなくなる時，どのように戦略を修正すればよいのかについてきちんと議論しておく必要がある。

また，本稿ではタイプ，品質ともに１次元であることを仮定したが，現実にはこれらは多次元であると考えるのが妥当かもしれない。そして多次元のケースでは本質的に異なる入札行動が現れる可能性がある。しかしAsker-Cantillon（2008）が議論したように，タイプや品質が多次元であっても，条件次第では１次元の変数に変換可能かもしれない。加算方式の総合評価についての彼らの分析が，除算方式の総合評価の場合にもあてはまるか，

当てはまるとすればどのような条件の下かについて整理しておくことは重要であろう。

より本質的な課題として，望ましい制度設計に関する政策的含意を導くことが求められる。本稿ではこの点について論じられなかった。というのも，発注者の目的関数の特定化をしなかったからである。先行研究では，発注者が価格について準線形の目的関数を持っていると想定し議論しているが，このケースでは加算方式の評価が最適となることはすでに分かっている（Che, 1993）。準線形の目的関数を離れた場合に，除算方式のほうが加算方式よりも望ましい場合はあるのだろうか？また除算方式を採用するに当たって，その細部をどのように設計することが社会的観点から望ましい結果を導くのだろうか？これらは非常に重要な課題と考えられる。

総合評価入札については，除算方式，加算方式にかかわらず，考慮するべき重要な別の論点もある。これまでの研究では，品質に関する情報は客観的であり，落札時に品質に関する完備な契約がかけることが前提とされてきた。しかし，不確実性や不完全なモニタリングなどの問題から，契約は不完全・不完備となる可能性が高い。このような問題に直面している場合には，どのような総合評価を設計することが望ましいのだろうか？ また通常の入札における談合の問題については，理論・実証研究の両方で広範に論じられているが，果たして総合評価入札では談合や結託は起こりにくくなるのであろうか？ 競争性の確保の点からは結託・談合のインセンティブは重要な論点である。以上，総合評価入札に関するいくつかの論点を挙げたが，今後の研究の深化によりこれらを含めた多くの点が論じられ，無駄のない公共調達・公共事業が遂行されるようになることを期待している。

付録：$(p(t), q(t))$ の最適性

タイプ $t \leq \bar{t}$ の事業者の直面する期待利潤は，他の事業者が第 3 節で導出された戦略に従っているという予想の下で

$$\Pi = \min\{(-C)^{n-1}\left(\frac{q}{p}\right)^2, 1\}(p - tq^2)$$

となる。落札確率は 1 を超えないので，利得関数における確率を上記の様に修正する必要があることに注意する。利潤関数 Π の振る舞いを調べるために，便宜的に $\tilde{\Pi} = (-C)^{n-1}(q/p)^2(p - tq^2)$ を考える。いま関数 $\tilde{\Pi}$ に $p = t'q^2$, $q > 0$ を代入すると

$$(-C)^{n-1}\left(\frac{q}{t'q^2}\right)^2(t'q^2 - tq^2)$$

$$= (-C)^{n-1}\frac{t' - t}{t'^2}$$

となり，利潤は一定値を取る。また

$$\frac{d}{dt'}\left(\frac{t' - t}{t'^2}\right) = \frac{t'^2 - 2t'(t' - t)}{t'^4}$$

$$= \frac{-t'(t' - 2t)}{t'^4}$$

$$\gtreqless 0, (t' \lesseqgtr 2t(\text{複号同順}))$$

に注意すれば，$(-C)^{n-1}(t' - t)/t'^2$ は t' について単峰性を満たし $t' = 2t$ で最大化されることがわかる。しかも $p = 0$ または $q = 0$ では利潤は必ず非正なので，定義域の境界上で最適値をとることはなく，$\tilde{\Pi}$ は $p = 2tq^2$ を満たす (p, q) で最大化されることがわかった。元の利潤関数 Π は，$q/p > \sqrt{1/(-C)^{n-1}}$ において $\tilde{\Pi}$ より小さく，残りの範囲では同じ値になるので，Π は $p = 2tq^2$ かつ $q/p \leq \sqrt{1/(-C)^{n-1}}$ を満たす

(p, q) で最大化されることになる。本文中で導出された戦略 $(p(t), q(t))$ は，$p = 2tq^2$ かつ $q/p \leq \sqrt{1/(-C)^{n-1}}$ を満たしていることは簡単な計算で確かめられる。

なお，タイプ $t > \bar{t}$ については，入札に参加しても得られる利得は高々

$$\frac{(-C)^{n-1}}{4t} < \frac{(-C)^{n-1}}{4\bar{t}} = e$$

であるので，参加しないことが最適な反応になることは明らかである。

注

1）勿論，メカニズムデザインのアプローチを用いて，初めから落札方式を固定することなく，最適なオークションを設計するということも考えられる。

2）事後的な費用が観察可能であるが，費用に影響を与える努力や能力を観察できない場合には，費用に応じたインセンティブ契約を入札することが可能となる。このようなケースの分析については Laffont-Tirole（1993）がくわしい。Laffont-Tirole（1993）では品質（彼らの場合は努力水準）は観察可能ではない点で本研究と異なる。

3）実際はこのルールを基本として，上限価格（予定価格）と最低品質水準の制約を満たす入札の中から落札者が選ばれる。複数の制約を同時に課する場合には分析が複雑になるので，これらの制約が効いていない状況を想定して分析を進める。

4）本節の分析は，独立私的価値の場合の第一位価格オークションの均衡の導出法（Matthews, 1995）に基づいている。ただし，選択変数が多次元である点について工夫を施した。

5）このほかに均衡があるかどうかについては，本稿では論じない。

6）ここで単調関数はほとんどすべての点で微分可能で，一階の条件はそのような微分可能な点で議論することに注意する。

7）仮に参加した際の利得が参加費用よりも厳密に高い時には，$\bar{t}$ よりも少し高いタイプ t が参加するインセンティブが発生するため，均衡にならない。

参考文献

Asker, John, and Estelle Cantillon (2008), "Properties of Scoring Auctions." *RAND Journal of Economics,* vol.39, No.1, pp.69-85.

Che, Yeon-Koo (1993), "Design Competition through Multi-Dimensional Auctions." *RAND Journal of Economics,* Vol.24, No.4, pp.668-680,

Mares, Vlad, and Jeroen Swinkels (2008), "First and Second Price Mechanisms in Procurement and Other Asymmetric Auctions." mimeograph, Washington University in St. Louis.

Matthews, Steven A. (1995), "A Technical Primer on Auction Theory I: Independent Private Values." Discussion Paper No. 1096, CMSEMS, Northwestern University.

Myerson, Roger (1981), "Optimal Auction Design." *Mathematics of Operations Research,* Vol.6, No.1, 58-73.

Laffont, Jean-Jacques, and Jean Tirole (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation,* MIT Press.

（名古屋大学大学院経済学研究科）