

# 入札結果データを用いた 総合評価方式入札の分析

---

中林 純 東北大学経済学部准教授

JACIC研究助成事業成果報告会

2015年11月12日

# 入札(オークション)モデルの構造推定

---

□ 目的: 建設業者(入札者)の積算工事原価(費用)を入札データより類推(推計)

□ 仮定: 建設業者は自らの積算原価を所与とし, 期待利潤を最大化するよう入札

原価 ← **利潤最大化** → 入札金額

□ 手法: 利潤最大化条件式を用いることで、各入札者の入札より積算原価をリバースエンジニアリング

原価 ← **利潤最大化** ← 入札金額

# 本研究の特色

---

- Nakabayashi and Hirose (2015)で提案された総合評価落札方式入札 (scoring auctions) の構造推定手法を用いて
- 建設業者の積算費用構造 (費用関数) を推定
  - $C(q, \theta)$ : 費用関数,  $q$ : 性能,  $\theta$ : 効率性をはかるパラメター
- 推計された入札者の費用関数を元に総合評価落札方式の政策効果を分析

# 研究結果

---

- 総合評価落札方式入札の構造推定手法の確立 (Nakabayashi and Hirose (2015))
- 国交省総合評価入札の結果データを用いた実証分析
  - 総合評価落札方式入札で納税者便益を最大で約8%程度増加。落札者利潤も最大30%増加。
  - 加算式評価式で納税者便益を1%弱増加、落札者利潤は4%程度減少の可能性。

# 関連文献

---

- 総合評価入札理論研究
  - Che(1993,RJE)
  - Asker and Cantillon(2008,RJE)
- オークションの計量分析
  - Guerre, Perrignue and Vuong (2000,EMA)
  - Athey and Haile (2002,EMA)
- 総合評価入札実証研究
  - Lewis and Bajari (2013, QJE)

# 総合評価落札入札モデル

---

## □ セットアップ

- 企業 $i$ は $(p_i, q_i)$ を入札; 評価式は $S(p, q)$
- 企業 $i$ の総合評価入札での最適入札値は

$$\max_{p_i, q_i} p_i - C(q_i, \theta_i) \text{Prob}\{\text{win} | S(p_i, q_i)\}$$

## □ 利潤最大化条件の導出

- 評価式の逆関数 $P(s, q) = \{p | S(p, q) = s\}$ を用いると、上記最大化問題は以下と同値

$$\max_{s_i} [\max_{q_i} P(s_i, q_i) - C(q_i, \theta_i) | s_i] \text{Prob}\{\text{win} | s_i\}$$

# 総合評価落札入札モデル2

---

- さらに[...]を $u(s_i, \theta_i)$ と置き換え、さらに競争相手の評価値の分布を $G(s)$ とすると、

$$\max_{s_i} u(s_i, \theta_i) (1 - G(s_i))^{n-1}$$

- 利潤最大化1階条件は

$$\frac{u(s_i, \theta_i)}{u_s(s_i, \theta_i)} = \frac{1 - G(s_i)}{(1 - n)g(s_i)}$$

## □ 注

- モデルでは企業は価格 $p_i$ の代わりに評価値 $s_i$ を選ぶ入札と考えている。

# 総合評価落札入札モデル3

---

- 技術提案:  $\mathbf{q}_i$ に関する利潤最大化一階条件

$$\begin{bmatrix} P_{q^1}(s_i, \mathbf{q}_i) \\ \vdots \\ P_{q^{L-1}}(s_i, \mathbf{q}_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{q^1}(\mathbf{q}_i, \theta_i) \\ \vdots \\ C_{q^{L-1}}(\mathbf{q}_i, \theta_i) \end{bmatrix}$$

## □ 注

- 技術提案 $\mathbf{q}_i$ は評価値 $s_i$ 次第で変化  
(一般的には高い $s_i$ を選ぶとき、費用節約のため $\mathbf{q}_i$ を減少させる)



# 計量モデル(費用関数の推定)

---

## □ 利潤最大化条件(再)

$$\frac{u(s_i, \theta_i)}{u_s(s_i, \theta_i)} = \frac{1-G(s_i)}{(1-n)g(s_i)}$$

$$\begin{bmatrix} P_{q^1}(s_i, \mathbf{q}_i) \\ \vdots \\ P_{q^{L-1}}(s_i, \mathbf{q}_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{q^1}(\mathbf{q}_i, \theta_i) \\ \vdots \\ C_{q^{L-1}}(\mathbf{q}_i, \theta_i) \end{bmatrix}$$

# 計量モデル(費用関数の推定)

---

□  $s$ の分布・密度関数をノンパラ推定

$$\hat{G}(s) = \frac{1}{nTh_G} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \mathbf{1}(S_{i,t}^* \leq s)$$

$$\hat{g}(s) = \frac{1}{nTh_g} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n K\left(\frac{S_{i,t} - s}{h_g}\right)$$

# 計量モデル(費用関数の推定)2

□ 利潤最大化条件式は

$$A(\boldsymbol{\theta}_{i,t}; \mathbf{q}) = \mathbf{b}$$

ただし、

$$A(\boldsymbol{\theta}_{i,t}; \mathbf{q}_{i,t}^*) = \begin{bmatrix} C(\mathbf{q}_{i,t}^*, \boldsymbol{\theta}_{i,t}) \\ C_{q^1}(\mathbf{q}_{i,t}^*, \boldsymbol{\theta}_{i,t}) \\ \vdots \\ C_{q^{L-1}}(\mathbf{q}_{i,t}^*, \boldsymbol{\theta}_{i,t}) \end{bmatrix}; \mathbf{b}^* = \begin{bmatrix} P_s(s_{i,t}^*, \mathbf{q}_{i,t}^*) - P_s(s_{i,t}^*, \mathbf{q}_{i,t}^*) \frac{1 - \hat{G}(s_{i,t}^*)}{(1-n)\hat{g}(s_{i,t}^*)} \\ P_{q^1}(s_{i,t}^*, \mathbf{q}_{i,t}^*) \\ \vdots \\ P_{q^{L-1}}(s_{i,t}^*, \mathbf{q}_{i,t}^*) \end{bmatrix}$$

□  $\boldsymbol{\theta}_{i,t}$  の推定値は

$$\boldsymbol{\theta}_{i,t} = A^{-1}(\mathbf{b}; \mathbf{q})$$

# データ

---

- 国土交通省入札結果データ(公共工事, 港湾・空港除く)。
- 年度: 2010年1月～2014年8月
- 範囲: 最大技術評価値150点以上、2億円以上工事
- 件数: 5,142の工事入札, 約36,688件の応札

# データ2

Variable	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値
入札者数	5,142	9.88	6.39	2	34
予定価格	5,142	477.0	1,100.0	200.0	37,600
契約価格	5,142	423.0	972.0	169.0	34,300
契約者技術評価値	5,142	158.17	11.34	132.60	200.00
入札価格	36,688	531.0	984.0	160.0	37,100
技術評価値	36,688	153.19	11.11	101.50	200.00

単位は「標本数」以外すべて百万円。上4行は工事案件毎の数値であり、下2行はすべての入札者の一回目の入札を対象とした数値である。

# 実証分析1

---

- 推定に使用した費用関数  $C(\mathbf{q}, \theta)$

$$C(\mathbf{q}, \theta) = \begin{cases} (q + \theta^1)^\beta + \theta^0 & \text{もし } q > -\theta^1 \\ \theta^0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

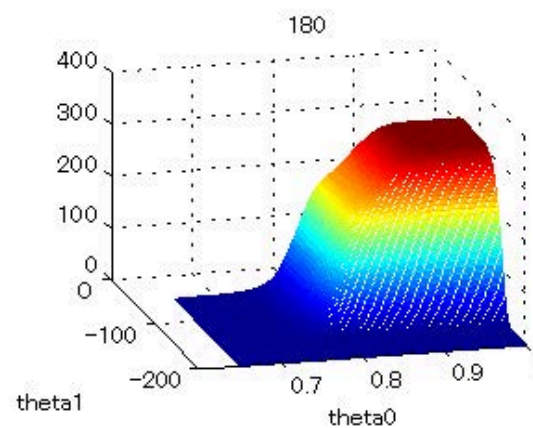
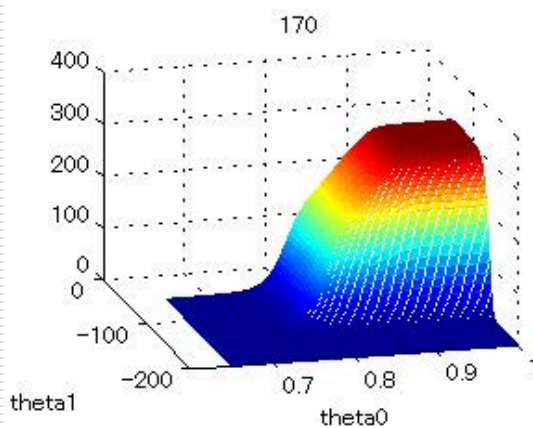
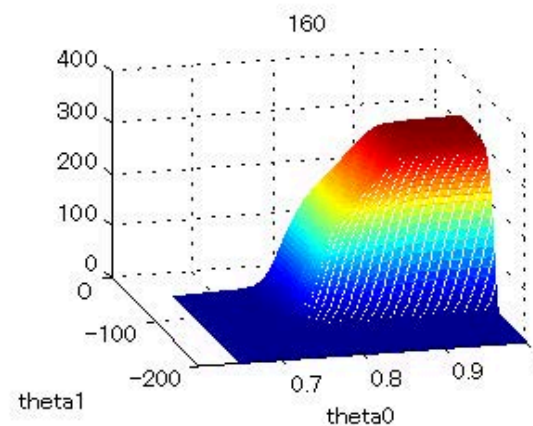
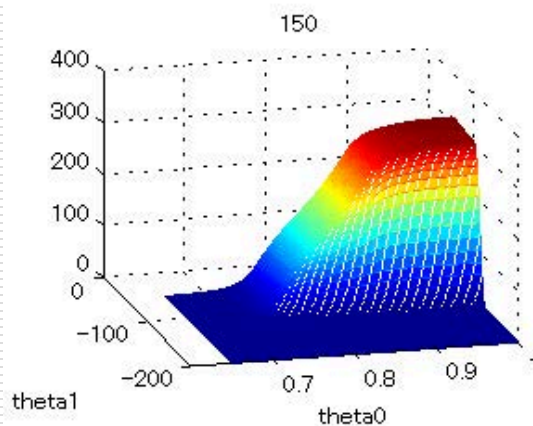
- パラメター推定値

$$\hat{\theta}^0 = p_{i,t} - q_{i,t} \frac{1}{n-1} \frac{1 - \hat{G}(s_{i,t})}{\hat{g}(s_{i,t})} - \left(\frac{s_{i,t}}{\beta}\right)^{\frac{\beta}{\beta-1}}$$

$$\hat{\theta}^1 = \left(\frac{s_{i,t}}{\beta}\right)^{\frac{1}{\beta-1}} - q_{i,t}$$

# 実証分析2

## □ 推定結果



# 実証分析3

## □ 納税者便益推計(価格のみ入札との比較)

	入札方式	$\beta$	性能値	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値	変化率	
	総合評価	-	-	5,142	177.2	15.09	109.4	310.1	-	
			130	5,142	163.7	14.94	98.21	580.4	-7.66%	(0.53%)
		2	150	5,142	175.3	18.58	91.86	631.1	-1.10%	(0.25%)
			170	5,142	172.5	22.22	83.83	576.5	-2.69%	(0.24%)
			130	5,142	163.2	15.15	96.21	572.7	-7.94%	(0.50%)
	価格入札	3	150	5,142	175.0	18.79	83.19	637.9	-1.24%	(0.24%)
			170	5,142	169.8	23.97	68.36	575.7	-4.20%	(0.53%)
			130	5,142	161.9	14.87	93.79	561.9	-8.68%	(0.51%)
		4	150	5,142	174.5	18.74	74.47	626.1	-1.51%	(0.26%)
			170	5,142	166.9	25.89	54.08	574.8	-5.82%	(0.51%)

ただし、

$$\text{納税者便益}_t = \text{技術評価値}(q_{i,t}) \div \text{入札金額}(p_{i,t}) \times \text{予定価格}$$



# 実証分析3.1

## □ 落札者便益推計(価格のみ入札との比較)

	入札方式	$\beta$	性能値	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値	変化率	
	総合評価	-	-	5,142	0.059	0.075	0.000	0.762	-	
			130	5,142	0.040	0.067	0.000	0.674	-30.82%	(1.50%)
		2	150	5,142	0.053	0.076	0.000	0.745	-10.05%	(1.39%)
			170	5,142	0.068	0.090	0.000	0.852	15.83%	(1.48%)
			130	5,142	0.041	0.067	0.000	0.685	-29.09%	(1.37%)
	価格入札	3	150	5,142	0.053	0.079	0.000	0.816	-8.82%	(1.55%)
			170	5,142	0.074	0.103	0.000	1.275	26.57%	(2.01%)
			130	5,142	0.041	0.067	0.000	0.684	-29.25%	(1.37%)
		4	150	5,142	0.054	0.082	0.000	1.027	-8.13%	(1.81%)
			170	5,142	0.082	0.122	0.000	1.893	39.60%	(2.89%)

# 実証分析4

## □ 納税者便益推計(加算式評価式との比較)

入札方式	$\beta$	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値	変化率	
除算方式	-	5,142	177.23	15.088	109.39	310.12	-	
	2	5,142	178.46	20.041	103.25	547.73	0.69%	(0.11%)
加算方式	3	5,142	178.46	20.094	102.79	549.31	0.69%	(0.11%)
	4	5,142	178.47	20.132	102.67	550.68	0.70%	(0.11%)

ただし、加算式評価式は

$$S(p, q) = p - \phi q$$

# 実証分析4.1

## □ 落札者便益推計(加算式評価式との比較)

	入札方式	$\beta$	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値	変化率	
	除算方式	-	5,142	0.0585	0.0752	0.0000	0.7616	-	
		2	5,142	0.0562	0.0752	0.0000	0.8157	-4.03%	(1.05%)
	加算方式	3	5,142	0.0562	0.0753	0.0000	0.8160	-3.89%	(1.05%)
		4	5,142	0.0563	0.0754	0.0000	0.8161	-3.81%	(1.05%)

# 実証結果考察

---

- 総合評価落札方式は価格方式に比べて納税者便益を増加させるものの、価格入札でも要求水準次第では納税者便益は総合評価入札に肉薄
- 価格入札のほうが入札参加費用は低い？ならば、より多くの参加が見込まれる価格入札のほうが納税者便益は大きい可能性あり
- 落札者利潤も、入札参加費用を考慮すると、総合評価のほうが大きいとは言えないかも

# 実証結果考察2

---

- 加算式の納税者便益はデザイン次第
- デザイン次第では落札者利潤増加、納税者利潤現象（本研究結果と逆）も起こりえる
- 一般的に加算式のほうが除算式より全体（納税者便益＋落札者利潤）のパイは大きくなるので、win-winの可能性もありか？

# まとめ

---

- 構造推定により総合評価入札のデータから入札者の費用関数を定量的に推計する手法の確立
- 推定結果よりさまざまなシミュレーション分析が可能
  - 具体例：価格入札との比較／加算式評価式との比較
- 推計結果に加えて、入札への参加行動や技術開発投資・後継者問題等を考慮する必要あり