

設備投資プロジェクトにおける 入札要請コントラクターの選択問題

2020年11月19日

神奈川大学 石井 信明

本日の内容



1. 背景
2. コントラクター選定プロセス
3. 競争入札モデル
4. 数値計算例と考察
5. まとめと今後の課題

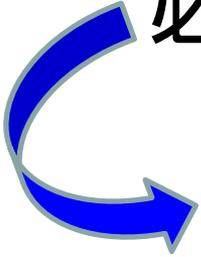
背景

- ① 設備投資プロジェクトの発注者にとり、コントラクター選択は、プロジェクトの成否を左右する重大事項の一つ
- ② 実務では実績・経験者の意見によりコントラクターを選択し、数理的な観点からの検討は少ない
- ③ 競争入札問題の研究では、受注者の観点からの研究がほとんど

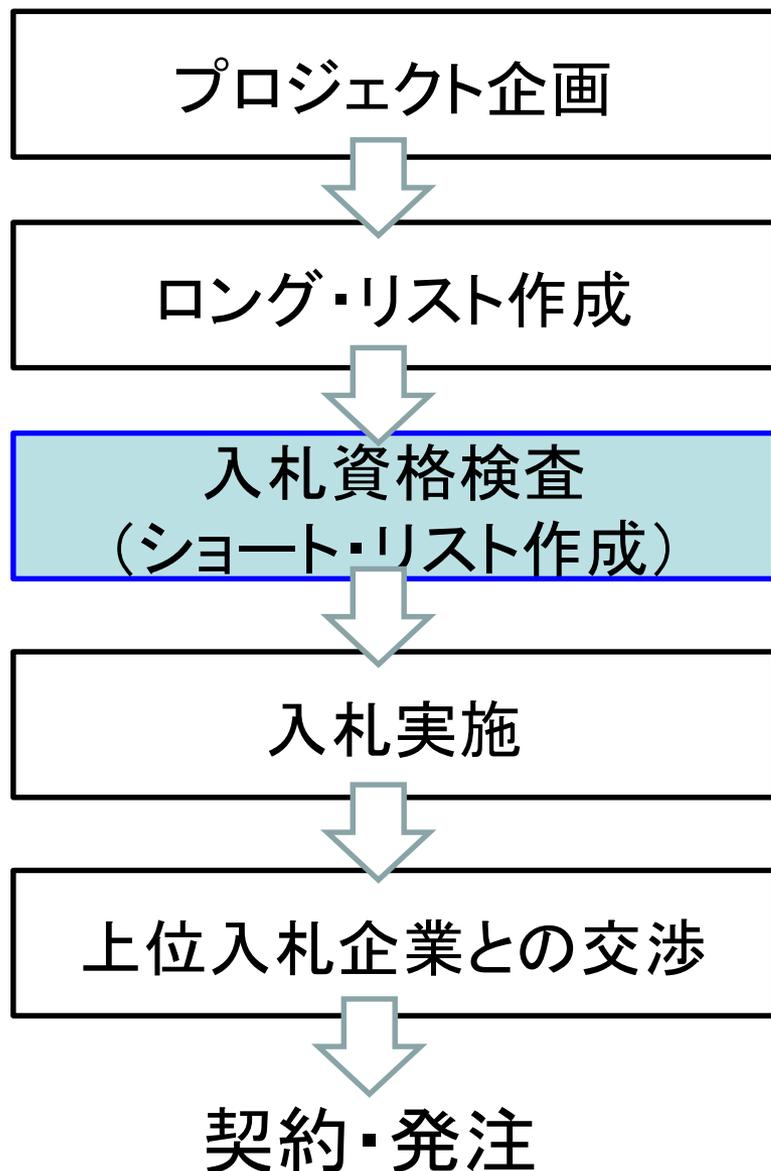
EX) 受注者視点での、入札価格決定問題、
見積り資源配分問題、見積り精度問題、など

目的

- ① 設備投資プロジェクトは、大規模化、複雑化が進む
- ② プロジェクトを成功に導くには、経験に加え、数理モデルとデータに基づくコントラクター選択が必要

- 
- 発注者の立場からの入札問題の研究として、「入札要請コントラクターの選択問題」を取り上げ
 - 数理モデルとデータに基づき入札要請コントラクターを選択する方法を示す

発注者から見た入札プロセス



- ✓ 過去の実績などを基に数十社の入札要請コントラクター候補からなる「ロング・リスト」を作成
- ✓ 入札参加意志の有無, 実施体制, 類似プロジェクトの経験, 業務負荷の現状などを調査
- ✓ 合格したコントラクターで「ショート・リスト(入札要請コントラクター)」を作成
→ 数理モデルとデータに基づく方法を提案
- ✓ ショート・リストのコントラクターに対して入札を要請
- ✓ 低い価格で入札した数社との技術面, 価格面, 契約条件面での交渉を経て受注コントラクターを決定

問題の設定

入札資格審査を経てショート・リストに入れるコントラクターを検討する際の問題として設定

＜入札要請コントラクターの選択問題＞

- 目的: 期待落札価格の最小化
- 制約: 入札要請コントラクター集合の期待赤字確率
- 決定変数: 入札要請コントラクター集合(組合わせ)

＜コントラクターの赤字確率を考慮する理由＞

- 赤字プロジェクトになるとコントラクターは当該プロジェクトの遂行に必要な資源を十分には確保できない
- 納期遅延, 品質劣化, 追加費用要求, 発注者の業務負担増, などが生じる
 - 発注者にとっても好ましくない状況
 - 失敗プロジェクトの要因

競争入札モデル

コントラクター i の受注確率 PoA_i

$$\int_0^{+\infty} p_i(x_i \cdot TBP_i \cdot \sigma_i) \cdot \prod_{k \in con} \int_{x_i}^{+\infty} p_k(x_k \cdot TBP_k \cdot \sigma_k) dx_k \cdot dx_i \quad (1)$$

コントラクター i の期待赤字確率

$$\int_0^{STDR_i} p_i(x_i \cdot TBP_i \cdot \sigma_i) \cdot \prod_{k \in con} \int_{x_i}^{+\infty} p_k(x_k \cdot TBP_k \cdot \sigma_k) dx_k \cdot dx_i \quad (2)$$

コントラクター i の期待落札価格

$$\int_0^{+\infty} x_i \cdot p_i(x_i \cdot TBP_i \cdot \sigma_i) \cdot \prod_{k \in con} \int_{x_i}^{+\infty} p_k(x_k \cdot TBP_k \cdot \sigma_k) dx_k \cdot dx_i / PoA_i \quad (3)$$

コントラクター i の期待利益

$$\int_0^{+\infty} (x_i - STDR_i) \cdot p_i(x_i \cdot TBP_i \cdot \sigma_i) \cdot \prod_{k \in con} \int_{x_i}^{+\infty} p_k(x_k \cdot TBP_k \cdot \sigma_k) dx_k \cdot dx_i / PoA_i \quad (4)$$

- p_i は、入札価格 x_i の確率密度関数、その平均はコントラクターが設定する入札価格の平均値 TBP_i 、標準偏差は見積り精度 σ_i
- TBP_i は、コントラクターが想定するプロジェクト費用 $STDR_i$ に利幅 mp から、 $STDR_i \times (1 + mp)$
- con は、コントラクター i を除いた入札要請コントラクター集合



シミュレーション実験

シミュレーション実験

目的: 入札要請コントラクターの組合せが入札に与える影響を検討

しかし、発注者は、各コントラクターの見積り精度、利幅を正確に予測することは不可能



- ① 競争入札モデルの利幅を確率分布として想定
- ② モンテカルロシミュレーションを実施
- ③ 入札要請コントラクターを組み合わせた入札コントラクター集合としての入札評価指標を求める

入札評価指標: 期待赤字確率, 期待落札価格, 期待利益

- ④ 入札コントラクター別の入札評価指標を求める

シミュレーション条件とシナリオ

札要請コントラクター候補(ロング・リスト)9社の概要

コントラクターID	受注意欲	見積り資源余力	見積り精度σ (億円)	利幅下限 (%)	利幅上限 (%)
1	大	大	3	3	8
2	中	大	3	5	10
3	小	大	3	10	15
4	大	中	5	3	8
5	中	中	5	5	10
6	小	中	5	10	15
7	大	小	8	3	8
8	中	小	8	5	10
9	小	小	8	10	15 ₁₀

シミュレーション条件とシナリオ

利幅： 受注意欲が大きいコントラクターほど利幅を小さくすると想定

- 受注意欲大のコントラクター：3～8%の一様分布
- 受注意欲中のコントラクター：5～10%の一様分布
- 受注意欲小のコントラクター：10～15%の一様分布

見積り精度：

- 見積り価格の確率密度関数の標準偏差を見積り精度とする
- 見積り資源余力の大，中，小により，見積りコストの3，5，8%と設定

確率密度関数： 正規分布を仮定

標準プロジェクト費用： 全コントラクター同額の100億円₁₁

シミュレーション条件とシナリオ

シミュレーションシナリオ

シナリオID	シミュレーション内容	コントラクター
S0.1	全コントラクターによる入札	1～10
S0.2	2社以上の全組み合わせ	2社～9社
S1.1	受注意欲「大」の3社	1, 4, 7
S1.2	受注意欲「中」の3社	2, 5, 8
S1.3	受注意欲「小」の3社	3, 6, 9
S2.1	見積り資源余力「大」の3社	1～3
S2.2	見積り資源余力「中」の3社	4～6
S2.3	見積り資源余力「小」の3社	7～9

- S0.1 S1.1-2.3 : 利幅を乱数として100回試行
- S0.2 : 100回の試行を2社以上の入札コントラクター集合の全組み合わせについて実行
入札コントラクター2社から9社までの全ての組み合わせは、502通り

シミュレーション実験結果

シミュレーション結果 (S0.2を除く)

シナリオID	期待赤字確率	期待赤字額 (億円)	期待落札 価格(億円)	期待利益 (億円)
S0.1	0.585	-2.434	98.7	-1.339
S1.1	0.409	-1.584	100.6	0.581
S1.2	0.255	-0.896	102.7	2.683
S1.3	0.0745	-0.236	107.6	7.622
S2.1	0.0709	-0.083	104.3	4.348
S2.2	0.229	-0.556	103.2	3.171
S2.3	0.439	-2.064	100.9	0.916

シミュレーション実験結果

全コントラクターによる入札 コントラクター別内訳(S0.1)
(No.はコントラクターのIDを示す。)

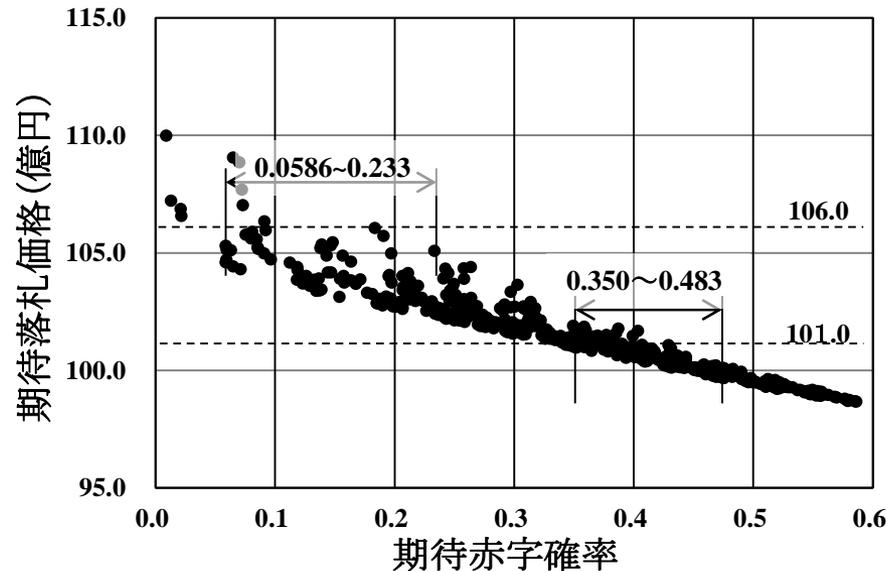
コントラクターID	期待受注確率	期待赤字確率	期待赤字額 (億円)	期待落札価格 (億円)	期待利益 (億円)
1	0.114	0.218	-0.290	102.1	2.085
2	0.042	0.117	-0.122	102.9	2.934
3	0.002	0.014	-0.009	104.7	4.727
4	0.196	0.559	-1.624	99.5	-0.546
5	0.100	0.478	-1.191	100.1	0.147
6	0.0162	0.295	-0.534	101.6	1.553
7	0.273	0.765	-3.997	96.5	-3.474
8	0.192	0.739	-3.580	97.0	-2.989
9	0.0666	0.658	-2.616	98.2	-1.804

シミュレーション実験結果

- 入札コントラクターの数を増やすと落札価格は低く押さえられるが、赤字受注となる可能性が増大
- 見積りに十分な資源を使用する余力が少ないコントラクターが入札に参加する場合、受注意欲は小さくても赤字プロジェクトを落札する可能性がある
- コントラクター集合の見積り資源余力が小さいほど期待赤字確率が大きく、また、期待落札価格が低くなる

シミュレーション実験結果

入札コントラクター全組み合わせの期待落札価格と赤字確率(S0.2)



- ① 期待落札価格に対する期待赤字確率には幅があり，期待落札価格が高いほど大
- ② 期待赤字確率が小さいほど，期待落札価格の幅が大

➔入札コントラクターの組合せ数が少ないほど期待落札価格が高い傾向にあり，各コントラクターの特徴が入札評価指標に反映する割合が大きくなる

シミュレーション実験結果 まとめ

シミュレーション結果より、

- ① 発注者は、入札要請コントラクターの組合せにより、ある範囲内で、期待赤字確率制約下での期待落札価格のコントロールが可能
- ② 発注者が設備投資プロジェクトを成功に導く観点から留意すべき事柄
 - 見積り資源余力が小さいコントラクターについて、受注意欲の大小にかかわらず慎重な検討が必要
 - 入札要請コントラクター数をむやみに増やさない

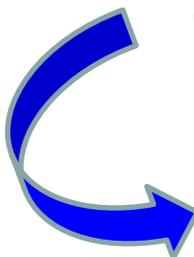


入札要請コントラクター選択手法

入札要請コントラクター選択手法

- トラクター9社の場合：コントラクターの組合せは502
→ 全探索を行える範囲
- コントラクター数増加により組合せ数は指数関数的に増加

コントラクター数15社 → 16,369通り 20社 → 524,268



効率的な選択手法の開発が必要と考えられる。

入札要請コントラクター選択手法

ステップ0: 発注者は「入札資格審査」を実施し, 入札を要請するコントラクター候補からなる「ロング・リスト」の作成, および, 受注意欲, 見積り資源余力から, 見積り精度, 利幅を想定

ステップ1: ロング・リストの全コントラクターが入札に参加すると設定

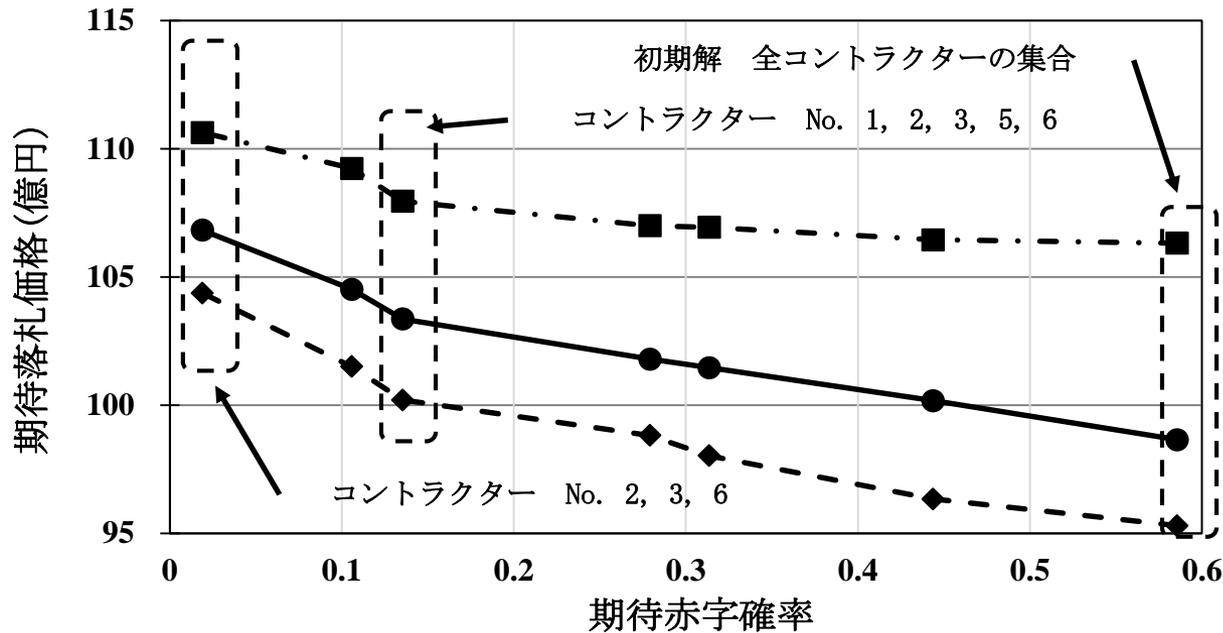
ステップ2: § 3に示した競争入札モデルを用いたシミュレーションにより, 各コントラクターの受注確率・期待赤字確率・期待落札価格・期待利益, および, 入札コントラクター集合としての期待赤字確率・期待落札価格を算出

ステップ3:

- 入札コントラクター集合の期待赤字確率が制約を超える場合, 赤字確率が最大のコントラクターを入札コントラクター集合から取り除く
- 制約を満たす場合, または, 入札コントラクター集合のコントラクター数が2以下の場合, 現在の入札参加コントラクター集合を解とし, 探索を終了
- 入札コントラクター集合のコントラクター数が3以上の場合, ステップ2に戻る

入札要請コントラクター選択手法の評価

期待赤字確率と期待落札価格の変化



期待赤字確率制約を0.15以下とした場合

→ No. 1, 2, 3, 5, 6が入札コントラクター

期待赤字確率制約を0.1以下とした場合

→ No. 2, 3, 6が入札コントラクター

入札要請コントラクター選択手法の評価

選択手法の評価

	選択手法	最適解
期待赤字確率制約	0.10以下	
選択コントラクター	2, 3, 6	1, 2, 3, 6
期待赤字確率	0.0188	0.0713
期待落札価格(億円) (上段:平均 中段:最大 下段:最大)	106.8 110.6 104.4	104.3 108.5 101.8
期待赤字確率制約	0.15以下	
選択コントラクター	1, 2, 3, 5, 6	1, 2, 5, 6
期待赤字確率	0.117	0.150
期待落札価格(億円) (上段:平均 中段:最大 下段:最小)	103.4 108.0 100.2	103.1 106.6 99.96

- 提案手法は、最適解に近い解を導いているが、改良が必要
- 本手法は直線的に解を探索しており、解は局所解
- 各種のメタヒューリスティックス手法を用いることで、解の改善を期待

まとめと今後の課題

- ① 発注者視点から、入札要請コントラクター選択を、プロジェクトの成功に必要な課題として解説
- ② 競争入札における入札要請コントラクター選択問題のモデル化とシミュレーションによる分析結果を報告
- ③ 簡易的な入札要請コントラクター選択手法を提案
- ④ 今後の計画
 - 発注者が、コントラクターの経営状況、受注残などから、見積り余力、見積り精度、受注意欲などを評価する方法を検討
 - 入札要請コントラクター選択手法の改善
 - 最低落札価格に制約を設けるケースなど、モデルの拡張を



ご静聴ありがとうございます