Journal of Korean Economic Studies
2020, Vol.38, No.3, 5~41
https://doi.org/10.46665/jkes.2020.09.38.3.5

적격심사제도에서 예정가격 공개 여부에 따른 입찰가격 균형에 대한 이론적 고찰*

김봉주** · 김민창***

본 연구는 우리나라 공공조달시장의 낙찰자 선정 기준으로 활용되는 적격심사제도에서 예정가격을 공개할 때와 복수의 예정가격 중 임의로 예정가격을 선정할 때의 입찰 균형을 이론적으로 살펴보고 구매자와 입찰자 측면에서의 성과를 비교한다. 분석 결과, 복수의 예정가격이 활용되는 경우 발생하는 예정가격과 낙찰하한율의 불확실성은 모두 발주자의 기대비용이 낮아지는 방향으로 작용하게 되며, 이에 따라 발주자의 기대비용 관점에서 복수의 예정가격 중 임의로 예정가격을 선정하는 것이 예정가격을 공개하는 경우에 비하여 우월한 성과를 갖는 것으로 분석되었다. 한편, 낙찰자가 받는 최저비용의 관점에서는 입찰자들이 높은 낙찰하한율 이상으로 입찰하므로 이때 받게 되는 비용의 최저가는 공개된 예정가격에서의 균형과 같게 된다. 따라서 발주자의 기대비용과 낙찰자가 받는 최저비용의 관점을 모두 고려할 때 적격심사제의 성과는 복수의 예정가격 중 임의로 선정되는 것이 예정가격이 공개되는 경우에서 보다 우월하게 된다. 본 연구의 이론적 분석 결과는 현행의 적격심사제도에서 예정가격을 선정하는 방식이 타당함을 이론적으로 뒷받침한다.

핵심주제어: 예정가격, 적격심사제, 낙찰하한율, 불확실성, 베이지안 균형
경제학문헌목록 주제분류: C7, D8, H4

---

* 본 논문에 게재된 내용은 저자들 개인의 견해이며 저자들 소속기관의 의견이 아님을 밝힙니다.

** 주저자, 국회입법조사처 산업자원팀 팀장, 전화: (02) 6788-4590, E-mail: kbongju@assembly.go.kr

*** 교신저자, 국회입법조사처 재정경제팀 입법조사관, 전화: (02) 6788-4571, E-mail: mckim0824@assembly.go.kr

논문투고일: 2020. 9. 1 수정일: 2020. 9. 22 게재확정일: 2020. 9. 29

I. 서론

우리나라의 공공조달시장 규모는 2019년 기준 약 160조 원으로 우리나라 전체 세출 예산의 1/3 수준에 이르는 등 국민 경제에서 차지하는 비중과 영향력이 매우 크다. 특히, 우리나라 공공조달시장은 대금 지급이 빠르고 현금으로 결제되는 특성이 있어 조달시장 참여 업체 입장에서는 안정적 판로 확보 측면에서 낙찰자로 선정되어 공공조달을 수주하는 것이 매우 중요하며, 정부 측 입장에서는 정해진 예산의 범위 내에서 필요한 물품이나 공사·용역 등을 조달해야 하므로 적정한 가격으로 입찰한 자를 낙찰자로 선정하는 것이 매우 중요한 문제가 된다.

일반적으로 정부나 공공기관이 물품을 조달하거나 공공사업을 시행할 때 경쟁입찰을 통해 가장 낮은 가격의 입찰자를 낙찰자로 선정하나, 가격 이외에 업체의 능력이나 재화 및 서비스의 품질 등을 고려하여 적격한 업체를 낙찰자로 정하는 등 다양한 형태의 조달 경매(procurement auction) 방식이 사용되고 있다.

우리나라의 경우 경쟁 입찰을 통한 낙찰자 선정 방식을 관련 법령[1]에 규정하고 있는데, 이에 따르면 공공조달 시 국고의 부담이 되는 경쟁 입찰의 경우 예정가격[2] 이하로서 최저가격으로 입찰한 순서대로 계약이행 능력 등을 심사하여 낙찰자를 결정하는 적격심사제도를 가장 우선적으로 적용하도록 하고 있다. 보다 구체적으로는 물품생산(공사) 능력 등의 비가격 요소를 평가한 점수와 입찰가격을 평가한 가격점수를 종합적으로 심사하여 낙찰자로 결정하는 방식이다. 다만, 적격심사제도는 지나친 가격경쟁으로 인해 발생할 수 있는 납품 물품이나 공사·용역의 품질 하락 등을 예방하기 위해 일정 점수 이상을 획득한 업체를 낙찰자로 선정하도록 하고 있다. 이에 따라 입찰 참여 업체 입장에서 자신의 비가격 요소 점수가 다른 업체와 동일하다고 판단될 경우 낙찰자가 되기 위해서는 일정 점수 이상을 얻을 수 있는 수준(낙찰하한율[3])으로 입찰가격을 제시하여야 한다. 따라서 우리나라 적격심사제도에서 물품생산(공사) 능력 등의 비가격 요소 점수가 일정 조건을 만족할 경우 입찰참여 업체가 제시한 입찰가격이 낙찰자 결정에 매우 중요한 역할을 하게 된다.

---

1) 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령」 제42조 제1항.
2) 예정가격이란 공공조달의 계약담당자가 입찰 또는 계약체결 전에 낙찰 및 계약금액의 결정 기준으로 삼기 위해 해당 규격이나 설계서 등에 따라 미리 책정한 가격을 말한다.
3) 낙찰하한율은 예정가격 대비 낙찰 받을 수 있는 최저가격의 비율을 말한다.

한편, 현재 우리나라 조달시장에서 예정가격은 개찰 전까지 비공개하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 누설 등에 따른 비리 문제를 예방하기 위해 기초금액[4]의 일정 범위 내에서 15개의 예비가격을 무작위로 선정하여 그중에 추첨된 4개의 예비가격을 산술평균하여 예정가격을 결정하고 있다.[5] 이 경우 어떤 예정가격이 선정될지는 입찰자뿐 아니라 발주자(기관)도 개찰 전까지 알 수 없다. 따라서 예정가격 이하로 최저가격으로 입찰한 순서에 따라 낙찰 여부를 심사하는 우리나라 적격심사제도의 특성상 예정가격의 공개 여부는 입찰참가자가 어떤 가격으로 입찰에 참여할지를 결정하는 데 있어 매우 중요하게 작용한다.

이와 관련하여 예정가격의 공개 여부가 입찰참가자가 제시하는 입찰가격 및 입찰 결과에 미치는 영향과 관련한 연구가 국내외적으로 진행된 바 있는데, 이러한 연구들은 연구가설 등에 따라 다소 상반된 분석 결과를 제시하고 있다. Elyakime, Laffont, Loisel, and Vuong(1994)의 경우, 프랑스 정부가 입목(standing timber) 경매에서 이용하는 최고가격 밀봉 입찰(first-price sealed bid auction)에 대해 분석한 바 있는데, 그들은 경쟁 입찰에서 판매자가 단일한 예정가격(reservation price)을 입찰자에게 비공개하는 경우에 대해 모형을 설정하고 베이지안 균형 전략을 구하였다. 그들은 여기서 예정가격을 공개하는 전략이 비공개하는 전략보다 판매자에게 좋다는 것을 이론적·실증적으로 보인 바 있다.

Tan(1996)은 독립적 확률분포와 사적 가치(private values)[6]를 갖는 모형에서 위험중립적인 구매자(정부)가 많은 공급업체들과 조달계약을 체결하는 것을 분석하였다. 그는 Elyakime, Laffont, Loisel, and Vuong(1994)와 같이 구매자가 계약을 제안할 때 미리 예정가격을 공급업체들에 공고하여 자신의 수요 정보를 나타내고 최고가격 밀봉 입찰을 사용하는 것이 최적 조달 메커니즘임을 보였다. 한편, 이 연구에서 공급자가 위험 기피적(risk averse)일 경우에는 공개된 예정가격을 갖는 최저가격 밀봉 입찰은 최적 메커니즘이 아닐 수 있다는 점도 보였는데, 이

4) 기초금액이란 예정가격을 결정하기 위해 가격조사 또는 원가 계산 방식으로 산정한 금액으로, 공사의 경우 발주처에서 조사한 당해 공사의 공사금액을 말한다.

5) 예정가격의 제도 변천에 대한 자세한 내용은 장태범·최상곤(2003)을 참조하기 바란다.

6) 사적 가치란 입찰참가자가 얻는 가치가 입찰에 참가하는 개인마다 다르며, 각 참가자는 자기 자신에 대한 가치는 알지만 다른 참가자에 대한 가치는 정확히 모르는 경우를 말한다. 따라서 사적 가치의 가정에서 입찰자의 수익은 자신이 알고 있는 정보, 낙찰 받을지 여부와 지불할 금액에만 의존하게 된다. 반면에 입찰참가자가 얻는 가치가 모두 동일하며 각 참가자는 자신에 대한 가치뿐만 아니라 다른 참가자에 대한 가치도 알고 있는 경우인 공동가치의 가정에서는 입찰자의 수익이 자신뿐만 아니라 다른 입찰자들의 정보와 취향과 경매에 참여하지 않은 사람들의 선호에도 의존한다. 이에 대한 자세한 내용은 Hurwicz, Schmeidler, and Sonnenschein(Eds.)(1985)를 참조하기 바란다.

는 예정가격을 감추게 되면 그렇지 않은 경우에 비해 위험 기피적인 공급자들이 더 공격적으로 입찰하도록 유도되기 때문인 것으로 분석하였다. 반면, Vicent(1995)의 경우에는 입찰자들이 공동 가치(common value)를 갖는 경매에서 확률적 유보 가치(reservation value)를 갖는 판매자가 예정가격을 비공개할 때 공개할 때보다 더 높은 사전적 기대효용을 얻을 수 있다는 것을 보였다. 이는 예정가격을 비공개함으로써 공개했을 때는 참여하지 않았을 예정가격 미만의 구매 희망자들이 입찰에 참여하기 때문인 것으로 분석된다.

Rosar(2014)의 경우 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격을 입찰에 사용하는 경우를 분석하였는데, 그는 경매자가 판매자로서 물건을 판매할 때 경매가 실제 발생하기 전에 경매 규칙을 정하고 공고하는 기간에 주목했다. 경매 규칙을 공고하는 기간 동안 잠재적 구매자는 입찰을 준비하고 판매자는 경매물에 대한 자신의 이용 가치 등에 대해 더 많은 정보를 얻을 수 있으므로, 사전적 관점에서 판매자는 자신의 경매물의 가치가 낮을 때보다 높을 때 판매하는 것이 더 높은 효용을 얻을 수 있다. 이에 따라 판매자는 자신의 경매물에 대한 정보를 얻기 전에 사전에 공개된 예정가격을 사용하는 것보다 이러한 정보를 얻은 후 예정가격을 설정할 수 있다면 그렇게 하려고 할 유인이 발생하게 된다. Rosar(2014)는 이러한 경매자의 유인에 주목하여 최고가격 밀봉입찰에서 경매 규칙을 사전에 공지하고 추후에 예정가격을 설정할 권리를 갖는 것이 위험 기피적 판매자에게 최적임을 보였다. 또한 구매자에게 중간 수준 가격대에 입찰을 금지시키고 극단적 입찰을 선택하도록 할 때도 최적이 됨을 보였다.

한편, 우리나라 적격심사제도의 낙찰자 결정과 관련한 이론적 연구로 김봉주(2018)의 연구가 있는데, 베이지안 균형(Bayesian equilibrium)의 개념을 이용하여 입찰자들의 가격 전략과 그 균형의 특성을 분석하였다. 그는 독립된 확률분포를 갖는 사적 가치 경매 모형에서 구매자의 기대비용 관점에서 Elyakime, Laffont, Loisel, and Vuong(1994)와 마찬가지로 예정가격을 공개하는 것이 예정가격을 비공개할 때보다 정책의 성과가 좋을 수 있음을 보였다. 다만, 김봉주(2018)의 연구는 입찰참가자의 기대이득을 계산함에 있어 매개변수의 특정 값에 의존하고 있어 일반적 결론을 도출하는 데 있어 한계가 있으며, 낙찰자 선정을 위해 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격을 활용하는 경우에 대한 분석도 엄밀하지 못한 한계가 있다.

이에 본 연구는 김봉주(2018)의 연구와 같이 우리나라에서 적용되고 있는 낙찰하한율이 있는 적격심사제도에 대해 베이지안 균형을 이용하여 다음과 같이

보다 세밀한 이론 분석을 시도한다. 먼저 기존 연구를 보완하기 위해 예정가격이 공개된 경우 조건부 확률 정의를 이용해 매개변수의 특정 값이 아닌 일반 값을 이용하여 정확한 기대효용을 계산하도록 한다. 또한 Rosar(2014)와 마찬가지로 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격 중에서 임의로 예정가격이 선정될 경우 입찰자들의 균형가격 전략에 대해 살펴본다. 이를 통해 정부 측 입장에서는 주어진 예산의 범위 내에서 최선의 성과를 얻고 입찰참가 기업 입장에서는 적정한 낙찰가격을 얻을 수 있는 최적의 전략을 도출하도록 한다. 이후 예정가격이 공개된 경우와 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격을 활용하는 경우의 결과를 비교하여 적격심사제도 낙찰자 선정의 정책적 시사점을 제시하도록 한다.

이를 위해 본 연구는 먼저 공개된 예정가격에서의 베이지안 균형을 도출하고, 다음으로 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격이 존재할 때 그중 하나가 경매에서 낙찰자를 결정하기 위해 임의로 선택되는 경우를 가정하여 베이지안 균형을 도출한다. 다만, 본 연구가 분석하고자 하는 적격심사제도에 적용되는 낙찰하한율은 예정가격에 비례하여 결정되므로 복수의 예정가격에서 임의로 예정가격이 선정될 때 예정가격뿐 아니라 낙찰하한율에 대한 불확실성도 존재하므로, 이러한 불확실성을 고려하여 불확실성이 존재하는 예정가격에서의 베이지안 균형(Bayesian equilibrium)을 구하고 공개된 예정가격에서 구한 베이지안 균형과 그 결과를 비교한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ절에서는 이론적 분석 모형을 제시하고 예정가격이 공개되는 경우와 비공개되는 경우 각각의 베이지안 균형을 도출하도록 하며, 제Ⅲ절에서는 분석 결과를 요약하고 정책적 시사점을 제시한다.

Ⅱ. 이론적 분석

이론적 분석을 위해 먼저 현행 적격심사제도 낙찰자 선정 기준 중 입찰가격 평가 기준과 본 논문의 이론 분석 모형을 살펴본 후 공개된 예정가격과 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격의 경우에 대하여 각각 입찰참가자의 베이지안 균형을 도출하도록 한다.

1. 적격심사제도의 입찰가격 평가 기준 및 분석 모형

1) 적격심사제도의 입찰가격 평가 기준

본 절에서는 적격심사제도가 적용되는 사례로 추정가격이 100억 원 이상 300억 원 미만 공사의 낙찰자 선정 기준을 살펴보도록 한다. 적격심사 기준 제8조에 의하면, 가격 요소와 비가격 요소에 대한 종합평점이 92점 이상일 경우에만 낙찰자로 결정된다.[7] 이때 적용되는 가격 요소의 평점은 30점 만점이고 비가격 요소의 평점은 70점이다. 본 연구에서 활용하는 적격심사 기준에 따른 입찰가격의 평점 산식은 다음과 같다.[8]

$$30 - \left| \left(\frac{88}{100} - \frac{\text{입찰가격}}{\text{예정가격}} \right) \right| \times 100 \tag{1}$$

식 (1)에서의 입찰가격 점수는 예정가격 대비 88%일 때 만점이 되지만, 입찰자는 자신의 비가격 요소 평점에 따라 이보다 더 낮게 투찰할 유인을 갖는다.[9] 이는 최저가를 제시한 입찰자부터 당해 계약의 이행능력을 심사하여 그 종합평점이 92점 이상인 경우 낙찰자로 선정하는 방식이기 때문이다. 예를 들어, 자신의 비가격 요소 평점이 70점 만점이고 경쟁입찰자와 동일하다고 예상한다면 입찰자는 예정가격 88%의 입찰가격을 제시하는 경우보다 이보다 낮은 입찰가격을 제시하는 것이 최적 전략일 수 있다. 왜냐하면 다른 입찰자가 이보다 낮은 가격을 제시하면 먼저 계약이행 능력 심사를 받고 낙찰자로 선정될 수 있기 때문이다. 따라서 자신의 비가격 요소 평점이 70점 만점 혹은 자신의 비가격 요소가 다른 입찰자와 동일하다고 예상한다면 정확하게 적격심사의 합격점인 92점을 받을 수 있도록 하는 입찰가격을 제시함으로써 자신이 낙찰자가 될 확률을 최대화할 수

---

7) 제8조(낙찰자 결정) ① 계약담당공무원은 제7조 제1항에 의한 심사의 경우에는 종합평점이 92점 이상이면 이를 낙찰자로 결정하여야 한다. 다만, 추정가격이 100억 원 미만인 공사의 경우에는 종합평점이 95점 이상이어야 낙찰자로 결정한다.

8) 현재 적격심사 기준에서 적용되고 있는 평점 산식은 $30 - \left| \left(\frac{88}{100} - \frac{\text{입찰가격} - A}{\text{예정가격} - A} \right) \right| \times 100$ 이다. 여기서 A는 국민연금, 건강보험, 퇴직공제부금비, 노인장기요양보험, 산업안전보건관리비, 안전관리비의 합산 액이다. 다만, A값이 예정가격에 비하여 상당히 작을 경우 절댓값 안의 비율에 주는 영향이 작아지므로 논의의 편의를 위해 식 (1)을 사용한다.

9) 보다 세부적인 내용은 강희우・김빛마로(2017), 김정욱(2012)을 참조하라.

있다. 이때 가격 평점을 22점(92점-70점)으로 받기 위해 입찰자가 제시하는 예정가격 대비 입찰가격 비율(이 경우 80%)[10]이 낙찰하한율(minimum winning bid)이 된다.

본 연구는 가격 요소 점수의 평점 산식을 식 (1)을 변형하여 다음과 같이 가정한다.

$$B-|(1-\text{입찰가격}/\text{예정가격})|\times 100 \tag{2}$$

여기서, B는 가격평점의 만점[식 (1)에서 30점]이다.

식 (2)에서 예정가격은 입찰참가자가 자신이 제시할 입찰가격을 결정하기 위한 낙찰하한율 계산에 매우 중요한 역할을 한다.

2) 분석 모형

본 연구는 Elyakime, Laffont, Loisel, and Vuong(1994)과 같이 입찰참여자들이 사적 가치를 갖고 불완비 정보(incomplete information)를 갖는 경우를 가정하여 적격심사제도를 분석한다. 보다 구체적으로 1명의 발주자와 n명의 입찰참가자가 있는 경우 입찰참가자들이 위험중립적(risk-neutral)이고 폰 노이만 기대효용함수를 갖는다고 할 때, 입찰참가를 통해 입찰자 i가 얻게 되는 기대효용 $U_i(\cdot)$은 식 (3)에서와 같이 자신의 비용(c_i), 입찰가격(b_i), 낙찰될 확률 q_i에 따라 결정된다. 따라서 입찰자 i의 최적 전략은 자신의 기대효용을 최대화하는 수준의 입찰가격이 된다.

$$U_i(b_i, c_i) = [b_i - c_i]q_i \tag{3}$$

여기서, 입찰자 i의 비용, $c_i(i=1,\dots,n)$는 폐구간 $[0,1]$ 위에서 균등 분포(uniform distribution)하고 독립적으로 추출된다. 이때 입찰자 i가 b_i의 가격으로 입찰할 경우 낙찰자가 될 확률 q_i는 다른 입찰자들의 비용에 의존하므로 입찰자 i의 전략은 다른 입찰자 전략의 확률분포[11]에 따른 기대효용 계산을 통해 도출

10) $30-|88/100-(\text{입찰가격}/\text{예정가격})\times 100|=22$

11) 불완전 정보(incomplete information) 가정에 따라, 입찰자들은 자신의 실현된 비용은 알고 있지만 다른 입찰자의 비용에 대해서는 그 분포만을 알고 있다고 한다.

된다.

2. 적격심사제도의 베이지안 균형 분석

1) 예정가격이 공개되는 경우

논의를 단순화하기 위해서 2명의 입찰참가자($i=1,2$)가 있고, 두 사람의 비가격 요소가 모두 만점 혹은 동일하다고 가정한다. 또한 낙찰하한율은 L(단, $1/2 < L < 1$)[12]로, 입찰자 i의 전략은 $b_i(\cdot)$로 표시하도록 한다. 입찰에 참가하는 두 사람의 비가격 요소가 모두 동일하다고 가정하였으므로 입찰자가 제시하는 입찰가격에 따라 낙찰자가 선정된다. 따라서 입찰자 i의 전략 $b_i(\cdot)$는 각 비용(c_i)에 따라 결정된다. 즉, $b_i(c_i)$가 된다.

공개된 예정가격이 발주자가 자체적으로 공사한 경우의 비용(이론적 분석을 위해 '1'로 정규화 한다)과 같고 낙찰하한율[13]이 $L(<1)$인 경우, 입찰자들이 동일한 전략 $b_i = b(c_i)$[단 $b'(c_i) \geq 0$]를 사용한다고 가정하면, 입찰자들이 취할 수 있는 전략은 다음과 같다.

$$c_i \leq x^* \text{이면 } b(c_i) = L,\ 1 > c_i > x^* \text{이면 } b(c_i) = s(c_i) \quad (4)$$[14]

여기서, x^*는 입찰자 i가 낙찰하한율 L로 입찰할 때와 $s(c_i)$로 입찰할 때 동일한 효용을 주는 c_i의 값, 즉 $U_i(s(x^*), x^*) = U_i(L, x^*)$다.

이때 $c_i > (<) x^*$에 대하여 $U_i(s(c_i), c_i) > (<) U_i(L, c_i)$이고, $c_i > x^*$이면 $s(c_i) > L$, 즉 $b_i > L$임을 가정한다.[15]

---

12) 낙찰하한율 L은 발주자나 정부가 목표를 달성하기 위해 선택할 수 있는 변수이나, 분석을 단순화하기 위해 예정가격의 1/2보다는 낮아지지 않는 것으로 가정을 한다.

13) 이하에서는 낙찰하한율을 백분율이 아니라 비율로 정의한다. 공사의 예정가격을 '1'로 정규화할 경우에는 낙찰하한 가격으로 볼 수 있다.

14) 이 구간에 대응하는 b_i를 필요한 경우 s_i로 표기한다. 따라서 $1 > c_i > x^*$인 경우 $b_i = s_i$, 즉 $b(c_i) = s(c_i)$다.

15) 이를 가정하고 입찰자들의 최적 전략과 균형 전략을 구한 후 균형 전략에서 가정한 두 조건이 사후적으로 만족함을 보이는 방법으로 증명을 한다.

(1) 입찰자 i의 기대효용과 전략

① 입찰자 i가 L보다 높은 가격 b_i로 입찰하는 경우($b_i > L$)

입찰자 i가 L보다 높은 가격 b_i로 입찰하는 경우($b_i > L$), 다른 입찰자 j의 전략이 $b_j = L$인 경우와 $b_j \neq L$이고 $b_j > b_i$인 경우로 나누어 입찰자 i의 기대효용을 계산할 수 있다.16)

먼저 다른 입찰자 j가 $b_j = L$을 사용하는 경우, 식 (4)의 전략에서 $b_j = L$일 확률은 $\Pr[x^* \geq c_j]$가 되며, 이때 $b_i > L$이므로 입찰자 i는 '0'의 기대수익을 얻는다.

한편, 다른 입찰자 j가 입찰가격 전략으로 $s_j(> L)$를 사용할 경우, 식 (4)의 전략에서 이는 $\Pr[c_j > x^*]$의 확률로 발생한다. 그런데 $c_j > x^*$일 때 상대방이 입찰한 가격이 자신의 가격보다 높을 경우($b_i \leq b(c_j)$), 입찰자 i는 $(b_i - c_i)$의 효용을 얻게 된다. 따라서 c_i에서 입찰자 i의 기대효용은 다음과 같다.

$$U_i(b_i, c_i) = [b_i - c_i]\Pr[c_j > x^*]\Pr[b_i \leq b(c_j) | c_j > x^*] \tag{5}$$

여기서, $\Pr[b_i \leq b(c_j) | c_j > x^*]$는 입찰 상대방이 입찰가격 전략으로 b_j을 사용할 때 $b_i < b(c_j)$일 조건부 확률이다.

조건부 확률의 정의를 이용하면, 식 (5)를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$U_i(b_i, c_i) = [b_i - c_i]\Pr[b_i \leq b(c_j), c_j > x^*].$$

비용 c_i를 갖는 입찰자 i의 최적 전략은 위 식을 최대화하는 입찰가인 $b_i \in (L, 1]$을 찾는 것이 된다.

한편, 최대화의 문제에서 입찰자들이 모두 $s_i (i = 1, 2)$ 전략을 선택하는 경우 $b'(c_i) > 0$이므로 입찰가 $\tilde{b}_i$를 결정하는 것은 입찰자 i의 비용이 c_i로 실현되었을 때 그에 대응하는 비용 $\tilde{c}_i$를 간접적으로 선택하는 것과 같다. 따라서 자신의 비용이 c_i로 실현되었을 때 입찰자 i의 최적 전략을 다음과 같이 표현할 수 있다.

---

16) $b_j \neq L$일 때 $s_j < b_i$를 고려할 수 있으나, 이 경우 입찰자 i는 낙찰자가 될 수 없기 때문에 이에 대한 경우는 고려하지 않는다.

$$
\begin{aligned}
U_i(c_i) &= \max_{\tilde{c}_i}[b(\tilde{c}_i)-c_i]\Pr[b(\tilde{c}_i) \le b(c_j), c_j > x^*] \\
&= \max_{\tilde{c}_i}[b(\tilde{c}_i)-c_i]\Pr[\tilde{c}_i < c_j, c_j > x^* = [b(\tilde{c}_i)-c_i]\Pr[c_j > \max(\tilde{c}_i, x^*)] \\
&= \max_{\tilde{c}_i}[b(\tilde{c}_i)-c_i][1-F(\tilde{c}_i)] \qquad (6)
\end{aligned}
$$

여기서, 두 번째 줄의 첫 번째 등호는 $b'(c_i) > 0$이므로 성립된다. 또한 세 번째 줄의 등호는 다음과 같은 이유로 성립한다. 만약 $\tilde{c}_i < x^*$이면 $b'(c_i) > 0$이므로 $b(\tilde{c}_i) < b(x^*)$이어서 낙찰되었을 때 수익이 x^*로 입찰할 때보다 하락한다. 그런데 균형 후보 전략에서 입찰자 j는 x^* 이하의 비용에서 L로 입찰하므로, 이때 $b_i(> L)$을 사용한다면 입찰자 i는 입찰에서 승자가 되지 못한다. 이는 입찰가격을 낮추는 것이 자신이 승자가 될 확률에 영향을 주지 못한다는 것을 의미한다.[17] 이 경우 $\tilde{c}_i < x^*$의 전략은 $c_i = x^*$보다 우월할 수 없으므로 최적화의 문제는 $\tilde{c}_i \ge x^*$에서 살펴보는 것으로 충분하다. c_i의 최적해를 구하여 식 (6)에 대입하면 다음을 얻는다.

$$
U_i(c_i) = [b(c_i)-c_i][1-F(c_i)] \qquad (7)
$$

식 (7)에 대해 포락선 정리(envelope theorem)를 활용하면 다음을 얻을 수 있다.

$$
dU_i(c_i)/dc_i = -[1-F(c_i)] \qquad (8)
$$

식 (8)에 대해 $c_i(\ge x^*)$에서 1까지 적분하면 다음을 얻는다.

$$
U_i(1) - U_i(c_i) = -\int_{c_i}^{1}(1-F(\tau))d\tau \qquad (9)
$$

여기서 일반적인 경매 모형에서와 같이 예정가격인 '1'인 경우 $b(1)=1$이므로 $U_i(1)=0$이 되며, 식 (9)는 $U_i(c_i) = \int_{c_i}^{1}(1-F(\tau))d\tau$ 이 된다. 이를 식 (7)에 대

17) $\Pr[c_j > \tilde{c}_i] = \Pr[c_j \ge x^*]$이므로 두 경우 낙찰에서 승자가 될 확률은 동일하다.

입하여 $b(c_i)$를 구하면 다음과 같다.

$$b(c_i) = c_i + \int_{c_i}^{1} [1 - F(\tau)]/[1 - F(c_i)] d\tau$$

균등분포를 가정($F(z) = z(0 \le z \le 1)$)하면 위 식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$b(c_i) = (1 + c_i)/2 \tag{10}$$

따라서 식 (7)과 식 (10)에서 입찰자 i가 s_i를 전략으로 사용할 때 기대효용은 식 (11)과 같다.

$$U_i(b(c_i), c_i) = (b(c_i) - c_i)(1 - c_i) = (1 - c_i)^2/2 \tag{11}$$

$b_i > L$을 가정하였으므로 $b(c_i) > L$을 만족하는 입찰자의 유형, 즉 $c_i \in [2L - 1, 1]$인 경우 얻을 수 있는 기대효용은 식 (11)이 된다.

② 입찰자 i가 L의 가격으로 입찰하는 경우($b_i = L$)

입찰자 i가 L의 가격으로 입찰하는 경우, 상대방 j의 전략이 $b_j = L$ 또는 $b_j > L$인 두 경우로 나누어 입찰자 i의 기대효용을 계산할 수 있다.

먼저, $b_j = L$인 경우 b_i는 구매자가 공개한 예정가격에 대응하는 낙찰하한율이 되므로, 입찰가격이 낙찰하한율보다 낮아서 유찰되는 경우는 발생하지 않는다. 한편, 식 (4)의 전략에 따라 입찰자 j의 입찰가격이 $b_j = L$이 될 확률은 $\Pr[b_j = L] = \Pr[0 \le c_j \le x^*] = x^*$가 된다. $b_j = L$일 경우 입찰자 i와 입찰자 j의 입찰가격이 같게 되므로 임의로 한 명의 입찰자가 선정된다고 하면 입찰자 i가 낙찰자가 될 확률은 $1/2$이 된다. 이때 입찰자 i의 기대효용은 $x^*(L - c_i)/2$이다.

또한 상대방 j의 전략이 $b_j > L$일 때, 식 (4)에 따라 $b_j > L$일 확률은 $(1 - x^*)$가 되며, $b_i = L$이므로 상대방의 입찰가격보다 낮기 때문에 입찰자 i가 항상 낙찰자가 된다. 이때 입찰자 i의 기대효용은 $(1 - x^*)(L - c_i)$다.

이러한 두 경우는 배반사건이므로 이를 합하여 입찰자 i의 기대효용을 계산하면 식 (12)가 된다.

$$U_i(L, c_i) = x^*(L - c_i)/2 + (1 - x^*)(L - c_i) = (1 - x^*/2)(L - c_i) \quad (12)$$

균형이 되기 위해서는 $c_i = x^*$에서 $U_i(s_i, c_i) = U_i(L_2, c_i)$가 성립되어야 한다. 이를 식 (13)으로 나타낼 수 있다.

$$(1 - x^*/2)(L - x^*) = (1 - x^*)^2/2 \quad (13)$$

식 (13)을 만족하는 해를 구하면 $x^* = (2L - 1)/L$가 되므로, 입찰자 i가 선택할 수 있는 균형의 후보전략은 다음과 같다.[18)]

$0 \le c_i \le x^*$이면 $b(c_i) = L$이고, $x^* < c_i \le 1$이면 $b(c_i) = s(c_i) = (1 + c_i)/2$.

(2) 입찰자 i의 균형 분석

앞서 살펴본 입찰자 i의 전략이 균형이 되는지를 확인하기 위해 먼저 다른 입찰자가 위의 전략을 사용하는 경우 입찰자 i가 이러한 전략에서 이탈할 유인이 있는지를 살펴보도록 한다.

c_i의 비용을 가진 입찰자 i가 선택할 수 있는 전략으로 s_i와 L를 사용할 때 얻을 수 있는 기대효용은 다음과 같다.

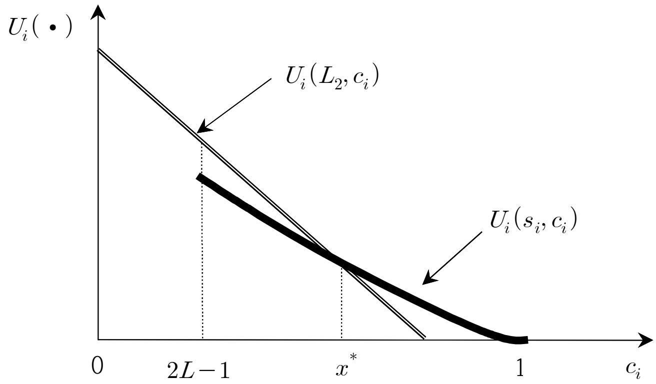
$$\begin{aligned} &U_i(s_i, c_i) = (1 - c_i)^2/2,\ \text{단},\ c_i > 2L - 1 \\ &U_i(L, c_i) = x^*(L - c_i)/2 + (1 - x^*)(L - c_i) = (1 - x^*/2)(L - c_i) \end{aligned} \quad (14)$$

<그림 1>에서 횡축(c_i축)의 절편을 보면 s_i를 사용할 때 $c_i = 1$이고, L을 사용할 때 $c_i = L$임을 알 수 있다. 한편, $sign[U_i(L,c_i) - U_i(s_i, c_i)] = sign[c_i(x^* - c_i)]$임을 쉽게 보일 수 있다.[19)] 여기서 $L > 1/2$이므로 $2L - 1 < c_i < x^*$이면 $U_i(L, c_i) > U_i(s_i, c_i)$이다. 한편, $x^* < c_i \le 1$이면 $U_i(s_i, c_i) > U_i(L, c_i)$가 된다.

18) 이 후보 전략은 $b_i > L$인 것을 가정하고 얻은 균형이므로 $b(c_i) > L$에서 $c_i > 2L-1$에 대하여 $b(c_i)$는 유효한 전략이다. 한편, $L > 1/2$이므로 $x^* - (2L-1) = (1-L)(2L-1)/L > 0$가 되어, $x^* < c_i \le 1$에 대하여 $b(c_i)$는 유효하다.

19) $sign[x]$는 x가 0보다 작으면 -1, 0이면 0, 0보다 크면 1을 주는 함수이다.

<그림 1> 예정가격이 공개된 경우 균형 분석



<그림 1>에서 보는 바와 같이 $2L-1 \leq c_i \leq x^*$의 범위에서 $U_i(L, c_i) \geq U_i(s_i, c_i)$이므로 입찰자 i의 최적 전략은 L이다.[20] 다음으로 $x^* < c_i \leq 1$의 범위에서 $U_i(s_i, c_i) > U_i(L, c_i)$이므로 입찰자 i의 최적 전략은 s_i가 된다.[21]

이때 $L > 1/2$이면, $s(x^*) > L$이다. 따라서 $b'(c_i) \geq 0$이므로 $c_j > x^*$에 대하여 $s(c_j) > L$이다. 이를 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

[정리 1]

두 명의 입찰자가 있고 각 입찰자의 비용이 $[0, 1]$ 위에서 각각 독립적으로 균등 분포(uniform distribution)를 한다고 하면, $L(> 1/2)$을 낙찰하한율이라 할 때 다음의 베이지안 균형(Bayesian equilibrium) 전략이 존재한다.

$0 \leq c_i \leq x^*$이면 $b(c_i) = L$이고, $x^* < c_i \leq 1$이면 $b(c_i) = s(c_i) = (1 + c_i)/2$

단, $x^* = (2L-1)/L$이고 $s(x^*) > L$임.

---

20) 등호는 x^*에서만 성립한다. 한편, x^*에서 s_i와 L 모두가 최적 전략이지만 더 낮은 입찰가격인 L을 선택하는 것으로 한다. 향후 논의에서도 입찰자들은 어떤 비용에서 기대효용이 같을 때 더 낮은 입찰가격을 선택하는 것으로 가정한다.

21) 이러한 조건은 s_i와 L의 전략만을 사용하는 것을 고려할 때, 다른 입찰자 $j(\neq i)$가 위의 전략을 사용했을 때 다른 입찰자 i가 그 전략에서 이탈할 유인이 없다는 것을 말한다. 이는 $U_i(s_i, c_i)$와 $U_i(L, c_i)$를 각각 c_i를 횡축으로 하여 그림으로 나타내었을 때 단일한 점에서 교차하는 조건(single crossing condition)을 만족하는 것을 함의하고 이를 쉽게 확인할 수 있다.

위의 균형에서 입찰자들이 양의 확률로 사용하는 입찰가격 혹은 그 집합을 입찰자의 최적 전략의 지지대(support)라 하면, $s(x^*) > L$이므로 $(L, s(x^*))$의 입찰가격은 균형 전략에서 사용되지 않는다. 이 경우에 균형 전략의 지지대는 $\{L\} \sqcup [s(x^*), 1]$로 연결되지 않은 2개의 집합이 된다. 지지대가 이같이 되는 이유는 입찰자들에게 실현된 비용이 임계치(x^*)를 넘어서 증가하면 균형 입찰가격은 L에서 $s(x^*)$로 도약하기 때문이다.[22] 입찰자의 비용 변화에 따른 균형 전략의 변화를 보면, 앞서 본 2개의 연결되지 않는 집합에 대응하여 입찰자의 유형을 분리하는 임계치(x^*)가 존재하여 입찰자 비용이 임계치(x^*) 이하인 경우 동일한 가격인 L에 입찰하고 그보다 비용이 높은 입찰자들은 자신의 실현된 비용에 따라 다른 가격에 입찰하게 된다.

2) 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격의 경우

앞서와 동일하게 두 명의 입찰자가 있고 1명의 구매자는 두 개의 예정가격, 즉 자체 공사비용인 1과 이보다 낮은 예정가격 z 중에 하나를 임의로 선정하여 입찰에 사용한다고 가정한다.[23] 또한 2개의 예정가격 중 하나가 선정되므로 낮은 예정가격(z)은 p_1의 확률로, 이보다 높은 예정가격인 자체 공사비용 1은 p_2의 확률로 낙찰자 결정($p_1 + p_2 = 1$)에 사용된다.

입찰참가자들은 예정가격에 대응하여 낮은 낙찰하한율(L_1)과 높은 낙찰하한율(L_2)을 예측할 수 있다.[24] 즉, 앞서와 마찬가지로 자신의 비가격 요소 평점이 만점 혹은 다른 입찰자와 동일하다고 예상하는 경우, 낮은 예정가격이 선정되면 입찰가격이 비례해서 낮아져야만 예정가격 대비 입찰가격 비율을 낙찰하한율 수준

---

22) 이러한 도약이 균형에서 발생하는 이유는 다음과 같다. 다른 입찰자가 균형전략을 사용하는 경우 어떤 입찰자가 $s(x^*)$보다 낮고 L보다 높은 입찰가격을 제시하게 되면, 이러한 입찰가격은 다른 입찰자가 균형전략을 사용하므로 $s(x^*)$를 입찰할 때보다 낙찰자가 될 확률을 높이지 못하면서 낙찰자가 되었을 때 받는 수익(공사비)을 낮추게 된다. 따라서 입찰자는 이러한 입찰가격을 균형에서 사용하지 않는다.

23) 이는 현재 15개의 예비가격을 무작위로 선정하여 그중에 추첨된 4개의 예비가격을 산술평균하여 예정가격을 결정하는 방식보다 단순하고, 1993년에 도입, 시행된 바 있는 2개의 복수 예비가격 중 1개를 입찰자가 추첨하여 최종 예정가격으로 선정하는 복수 예비가격제도와 유사한 방식이다.

24) 논의의 편의를 위해 입찰자들은 비가격 요소에 대해 모두 만점을 받았다고 가정한다. 물론 입찰자들이 상대방의 비가격 요소에 대한 점수를 알지 못하는 경우 예정가격뿐만 아니라 전자에 대한 불확실성을 고려하여 모형을 설정해야 한다.

으로 유지할 수 있다. 이 경우 $L_1 = zL_2$가 된다. 다만, 입찰자가 높은 낙찰하한율(L_2)에 입찰하는 경우 구매자의 예정가격 선정과 관계없이 입찰가격이 낙찰하한율보다 낮기 때문에 유찰이 발생하는 경우는 없으나, 반대로 입찰자가 낮은 낙찰하한율(L_1)에 입찰하는 경우에는 구매자가 높은 예정가격을 선정하게 되면 입찰가격이 낙찰하한율보다 낮아져 p_2의 확률로 유찰되게 된다.

(1) 높은 낙찰하한율을 초과하는 가격으로 입찰하는 경우[25]

입찰자 i가 높은 낙찰하한율을 초과하는 가격으로 입찰($b_i > L_2$)하는 경우의 최적 전략 후보는 다음과 같다.

$$\hat{x} < c_i \le 1 \text{이면, } b(c_i) = s(c_i), \text{ 단 } s(1) = 1\text{임.}$$

$$x_c < c_i \le \hat{x} \text{이면, } b(c_i) = s_{\hat{x}}(c_i), \text{ 단 } s(\hat{x}) > z = s_{\hat{x}}(\hat{x})$$ [26]

여기서, $\hat{x}$는 입찰자 i가 $s_{\hat{x}}(c_i)$로 입찰할 때와 $s(c_i)$로 입찰할 때 동일한 기대효용을 주는 c_i의 값이고, x_c는 L_2나 L_1으로 입찰할 때와 $s_{\hat{x}}(c_i)$로 입찰할 때 동일한 기대효용을 주는 c_i의 값이다.[27]

먼저, $\hat{x} < c_i \le 1$일 때, 입찰자 i의 입찰가격은 z보다 크기 때문에, 다른 입찰자보다 낮은 가격을 입찰한 경우라도 예정가격이 z보다 커야만 낙찰자가 된다. 따라서 그러한 경우 1의 확률이 아니라 p_2의 확률로 낙찰자가 된다. 따라서 입찰자 i의 기대효용의 최대화 문제는 다음과 같다.

---

25) 입찰자 i는 높은 $b_i(> L_2)$ 이외 L_1의 가격($b_i = L_1$), L_2의 가격($b_i = L_2$), L_1과 L_2 사이의 가격($L_1 < b_i < L_2$) 등으로 입찰할 수 있다. 다만, 이에 대한 최적 전략과 기대효용은 '(2) 높은 낙찰하한율에 입찰하는 경우의 균형 조건'에서 보다 자세히 후술되므로 여기서는 논의를 생략하도록 한다.

26) 전자의 구간에 대응하는 b_i를 필요한 경우 s로 표기한다. 따라서 $\hat{x} < c_i < 1$인 경우 $b_i = s$, 즉 $b(c_i) = s(c_i)$다. 또한 후자의 구간에 대응하는 b_i를 필요한 경우 $s_{\hat{x}}$로 표기한다. 따라서 $x_c < c_i \le \hat{x}$이면 $b_i(c_i) = s_{\hat{x}}(c_i)$다.

27) x_c는 앞서 공개된 예정가격에서 살펴본 임계치(x^*)와 같이 입찰자들의 비용(유형)이 그 값을 넘어 서면 비용에 따라 동일한 가격이 아니라 다른 가격에 입찰하게 되는 경계 값이다. 이는 다음에 살펴보는 바와 같이 p_1의 변화에 따라 달리 정의된다. 즉, p_1이 낮은 값이면 x_c는 다음에 정의되는 x_1^h이고, p_1이 0.5를 넘어서 어떤 임계치보다 높게 증가하면 x_c는 다음의 x_2^m이 된다. p_1이 더욱 증가하여 다른 임계치보다 높아지면 x_c는 x_1이 된다.

$$\hat{x} < c_i \le 1 \text{이면, } \max_{\tilde{c_i}} p_2 [b(\tilde{c_i}) - c_i][1 - F(\tilde{c_i})] \tag{14}$$

여기서 p_2가 외생변수이므로 $\hat{x} < c_i \le 1$의 범위에서 식 (14)의 최적해를 구하는 것은 $U_i(b(\tilde{c_i}), c_i) = [b(\tilde{c_i}) - c_i][1 - F(\tilde{c_i})]$를 최대화하는 $\tilde{c_i}$를 구하는 것과 같다. 이 문제를 풀어 $\tilde{c_i}$ 대신에 최적 전략 $s(c_i)$를 대입하면 다음을 얻는다.

$$U_i(c_i) = [s(c_i) - c_i][1 - F(c_i)] \tag{15}$$

식 (15)에 대해 포락선 정리(envelope theorem)를 활용하면 식 (16)을 얻을 수 있다.

$$dU_i(c_i)/dc_i = -[1 - F(c_i)] \tag{16}$$

다음으로 $x_c < c_i \le \hat{x}$일 때, 입찰자 i의 입찰가격은 z 이하이므로 다른 입찰자보다 낮은 가격으로 입찰한 경우 항상 낙찰자가 된다. 따라서 입찰자 i의 기대효용을 최대화하는 문제는 식 (17)이 된다.

$$x_c < c_i \le \hat{x} \text{이면, } U_i(c_i) = \max_{\tilde{c_i}} [b(\tilde{c_i}) - c_i][1 - F(\tilde{c_i})] \tag{17}$$

그런데 예정가격이 공개되는 경우에 대한 분석과 달리 입찰자 i는 예정가격의 불확실성에 직면한다. 이러한 경우 입찰자가 예측하는 예정가격 중 낮은 쪽(z)으로 입찰하게 되면 선정된 예정가격의 수준에 관계없이 z의 공사비를 받을 수 있다. 반면에 z보다 높은 가격으로 입찰하는 경우 입찰에서 선정된 예정가격이 z인 경우(p_1의 확률)에는 입찰가격이 예정가격보다 높아져 낙찰자가 되지 못하고 그렇지 않은 경우에는 낙찰자가 될 수 있다. 이러한 사실은 식 (16)과 관련된 경계조건(boundary condition)에 영향을 준다. 두 경우 모두 식 (16)의 미분방정식에 따르지만 다른 경계조건($\hat{x} < c_i \le 1$의 구간에 대해서는 $s(1) = 1$, $\hat{x} < c_i \le 1$의 구간에 대해서는 $s_{\hat{x}}(\hat{x}) = z$)을 갖고 있으므로, 이를 이용하여 $b'(c_i) \ge 0$를 만족하는 최적 전략 $b(c_i)$을 다음과 같이 도출할 수 있다.[28]

먼저 구간 $\hat{x} < c_i \le 1$에 대해서 최적 전략을 얻기 위해 식 (16)의 미분방정식

을 $c_i(>\hat{x})$에서 1까지 적분한다. 이때 $s(1)=1$, $U_i(1)=0$이므로 이를 이용하여 미분방정식 식 (16)의 해를 구하면 다음과 같다.

$$s(c_i)=c_i+\int_{c_i}^{1}[1-F(\tau)]/[1-F(c_i)]d\tau \tag{18}$$

식 (18)에서 $\hat{x}<c_i\leq 1$일 때 $s(c_i)>z$이고 $s(1)=1$임을 쉽게 확인할 수 있다.

다음으로 $x_c<c_i\leq\hat{x}$에 대해서 최적 전략을 얻기 위해 식 (16)의 미분방정식을 c_i에서 $\hat{x}$까지 적분하여 아래의 식을 얻는다.

$$U_i(\hat{x})-U_i(c_i)=-\int_{c_i}^{\hat{x}}[1-F(\tau)]d\tau \tag{19}$$

정의에 의하여 $U_i(\hat{x})=[s_{\hat{x}}(\hat{x})-\hat{x}][1-F(\hat{x})]$이고, $U_i(c_i)=[s_{\hat{x}}(c_i)-c_i]$ $[1-F(c_i)]$가 되므로 이를 식 (19)에 대입하고, $s_{\hat{x}}(\hat{x})=z$라는 사실을 이용하면 다음을 얻는다.

$$[z-\hat{x}][1-F(\hat{x})]-[s_{\hat{x}}(c_i)-c_i][1-F(c_i)]=-\int_{c_i}^{\hat{x}}[1-F(\tau)]d\tau \tag{20}$$

다만, $x_c<c_i\leq\hat{x}$의 범위에서 경계조건 $\hat{x}$에 대해 확인해 볼 필요가 있다. z의 가격으로 입찰하는 것이 균형이 되려면 그보다 높은 가격으로 입찰할 때의 최적 전략인 $s(\hat{x})(>z)$로 이탈하는 경우의 기대효용과 같아야 한다. 그런데 후자의 경우 입찰에서 선정된 예정가격이 ‘1’인 경우에 유효한 입찰이 되므로 p_2의 확률로 낙찰자가 된다. 한편, $b_i=z$의 가격으로 입찰하면 상대방의 입찰가격이 z보다 높을 경우 선정된 예정가격에 관계없이 낙찰자가 되므로 그때의 기대효용은 $(z-\hat{x})\Pr[b_j>z]$가 된다.[29] 한편, z보다 더 높은 가격(z')으로 입찰하는 전

28) 엄밀한 증명은 Rosar(2014)를 참조하기 바란다.

29) 물론 입찰자 i와 입찰자 j의 입찰가격이 같을 때 동점자 처리로 양의 효용을 얻을 수 있다고 생각할 수 있지만, $b_j=z$인 경우 입찰자 j가 $(\hat{x},z]$ 구간에서 연속적 가격을 전략으로 사용하므로 이러한 확률은 ‘0’이므로 이를 고려할 필요가 없다.

략을 사용한다면 선정된 예정가격이 ‘1’인 경우에 한해서만 입찰이 유효하게 된다. 따라서 z'으로 입찰할 때 기대효용은 다음과 같다.

$$U_i(\hat{x}|z') = p_2(z' - \hat{x})(\Pr[b_j > z] - \Pr[z < b_j < z'])$$

균형 후보 전략의 가정에 의해 $\hat{x} < c_j \le 1$일 때 $s(\hat{x}) > z = s_{\hat{x}}(\hat{x})$이므로 $z < z' < s(\hat{x})$를 만족하는 구간의 가격은 상대방이 입찰하지 않는다. 즉, $\Pr[z < b_j < z'] = 0$이므로 $U_i(\hat{x}|z') = p_2(z' - \hat{x})\Pr[b_j > z]$가 된다.

그런데 z'이 $s(\hat{x})$에 수렴할수록 균형 전략에서 이탈할 때 기대효용이 증가하므로 $s(\hat{x})$에서 이탈할 유인이 가장 크다. 따라서 $\hat{x}$에서 자신이 상대방보다 높은 가격으로 입찰할 확률에 영향을 주지 않고 z보다 큰 가격으로 입찰하여 얻을 수 있는 최대 기대효용은 $p_2(s(\hat{x}) - \hat{x})\Pr[b_j > z]$가 된다.

다만, $b_i = z$로 입찰할 때의 기대효용이 $(z - \hat{x})\Pr[b_j > z]$이므로 $\hat{x}$에서 다음이 성립하여야 $b_i = z$에서 이탈하지 않고 균형이 될 수 있다.

$$(z - \hat{x}) = p_2[s(\hat{x}) - \hat{x}] \tag{21}$$

식 (18)을 이용하면 $s(\hat{x})$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$s(\hat{x}) = \hat{x} + \int_{\hat{x}}^{1} [1 - F(\tau)]/[1 - F(\hat{x})]d\tau \tag{22}$$

식 (22)에서 $s(\hat{x}) - \hat{x} = \int_{\hat{x}}^{1} [1 - F(\tau)]/[1 - F(\hat{x})]d\tau$이므로 이를 식 (21)의 우변에 대입하여 $(z - \hat{x})$를 구하고 그 값을 식 (21)과 (18)을 이용하여 정리하면, 구간 $x_c < c_i \le \hat{x}$에서 미분방정식의 해 $s_{\hat{x}}(c_i)$를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$s_{\hat{x}}(c_i) = s(c_i) - p_1 \int_{\hat{x}}^{1} [1 - F(\tau)]/[1 - F(c_i)]d\tau \tag{23}$$

균등분포를 가정($F(z) = z(0 \le z \le 1)$)하였으므로 이를 이용하여 다음의 보조정리를 얻는다.

[보조정리 1]

(a) 구간 $\hat{x} < c_i \le 1$에 대해 $s(c_i) = (1 + c_i)/2$ (24)

(b) 구간 $x_c < c_i \le \hat{x}$에 대해

$$s_{\hat{x}}(c_i) = (1 + c_i)/2 - p_1 \int_{\hat{x}}^{1} [(1-\tau)/(1-c_i)] d\tau \quad (25)$$

단, $\hat{x} = [2z - (1 - p_1)]/(1 + p_1)$, $\partial \hat{x}/\partial p_1 = 2(1-z)/(1+p_1)^2$

여기서 $\partial \hat{x}/\partial p_1 = 2(1-z)/(1+p_1)^2 > 0$이므로 p_1이 증가하면 $\hat{x}$가 증가하게 되고, 이에 따라 s의 전략을 사용하는 구간이 감소하게 된다.

[보조정리 1]에서 $z = 1$이거나 p_1이 ‘0’이 아니면 $s_{\hat{x}}(c_i) < s(c_i)$임을 알 수 있다. 이는 앞서 본 것처럼 z보다 높은 가격에서 z로 입찰가격을 낮추면 선정된 예정가격이 높은 경우나 낮은 경우에 관계없이 z의 공사비를 받을 수 있음을 의미한다. 따라서 예정가격이 ‘1’로 확실한 일반적 경우에 비해 입찰자들의 비용이 임계치보다 낮을 경우에는 입찰가격을 낮추어 확실한 기대수익을 올리려는 유인을 갖게 된다.

$\hat{x} < c_i \le 1$일 때, 식 (14)에서 정의된 기대효용을 최대화하는 최적해로 식 (24)에서 구한 $s(c_i)$를 대입한 후 정리하면, 식 (26)의 기대효용을 얻게 된다. 또한 $x_c < c_i \le \hat{x}$에 대해 식 (17)에서 정의된 기대효용을 최대화하는 최적해로 식 (25)에서 구한 $s_{\hat{x}}(c_i)$를 대입한 후 정리하면, 식 (27)의 기대효용을 얻게 된다.

$$\hat{x} < c_i \le 1 \text{이면, } U_i(s, c_i) = p_2(1 - c_i)^2/2 \quad (26)$$

$$x_c < c_i \le \hat{x} \text{이면, } U_i(s_{\hat{x}}, c_i) = [s_{\hat{x}}(c_i) - c_i](1 - c_i) \quad (27)$$

(2) 높은 낙찰하한율에 입찰하는 경우의 균형 조건

앞서 살펴본 결과를 이용하여 높은 낙찰하한율에 입찰하는 경우 실현된 비용이 임계치 x_c보다 작을 때의 균형 전략과 조건을 확인하도록 한다. 이를 위해 높은 낙찰하한율에 입찰하는 경우의 균형을 $(L_2, s_{\hat{x}}, s)$라 표기하고, 다음과 같이 가

정한다. 입찰자 i에게 두 개의 임계비용 x_2, $\hat{x}$(단, $\hat{x} > x_2$)가 있어서, 비용이 x_2^h 이하로 실현되면 L_2의 가격에, x_2^h보다 높고 $\hat{x}$ 이하이면 $s_{\hat{x}}(c_i)$의 가격에, $\hat{x}$보다 높고 1 이하이면 $s(c_i)$의 가격에 입찰한다.

이를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} &0 \le c_i \le x_2^h \text{이면 } b(c_i) = L_2 \\ &x_2^h < c_i \le \hat{x} \text{이면 } b(c_i) = s_{\hat{x}}(c_i) \\ &\hat{x} < c_i \le 1 \text{이면 } b(c_i) = s(c_i) \\ &\text{단, } 0 < x_2^h < \hat{x} < 1 \text{임.} \end{aligned} \tag{28}$$

여기서 x_2^h는 L_2로 입찰할 때와 $s_{\hat{x}}(c_i)$로 입찰할 때 동일한 기대효용을 주는 c_i의 값이다.

이러한 전략이 균형이 되는지 여부를 확인하기 위해 먼저 위의 전략을 사용했을 때 입찰자의 기대효용을 구하고 이를 이용하여 임계치 x_2^h, $\hat{x}$의 균형이 되기 위한 조건에 대해 확인한다.

① 입찰자 i가 L_2의 가격으로 입찰 시 기대효용과 균형의 조건

$b_i = L_2$일 때의 기대효용은 상대방 j가 $b_j = L_2$ 또는 $b_j > L_2$의 전략을 활용하는 경우로 구분하여 얻을 수 있다. 다만, $b_i = L_2$는 임의 선정된 낙찰하한율 중 높은 것과 같기 때문에 입찰가격이 낙찰하한율보다 낮아서 낙찰자가 되지 못하는 경우는 발생하지 않는다. 따라서 두 경우의 기대효용은 앞서 예정가격을 공개하는 경우와 같게 된다. L_2 전략을 사용할 때 입찰자 i의 기대효용은 다음과 같다(식 (12) 참조).

$$U_i(L_2, c_i) = x_2^h(L_2 - c_i)/2 + (1 - x_2^h)(L_2 - c_i) = (1 - x_2^h/2)(L_2 - c_i) \tag{29}$$

비공개된 예정가격의 균형 전략 후보 중에서 비용이 x_2^h보다 높고 $\hat{x}$ 이하인 경우, 공개된 예정가격에서 사용한 s전략이 아니라 $s_{\hat{x}}$ 전략을 사용한다. 이러한 전략이 균형이 되기 위해서는 임계치인 $\hat{x}$와 x_2^h에서 다음의 식을 만족해야 한다.

이 경우 x_2^h는 식 (25)의 x_c로, 입찰가격으로 L_2를 사용할 때와 $s_{\hat{x}}$를 사용할 때의 기대효용이 같아지는 값으로 정의된다.

$$EQ_2 = U_i(s_{\hat{x}}, \hat{x}) - U_i(s, \hat{x}) = 0 \tag{30}$$

$$EQ_1 = U_i(L_2, x_2^h) - U_i(s_{\hat{x}}, x_2^h) = 0 \tag{31}$$

연립방정식의 구조를 보면 식 (30)에서 $\hat{x}$가 결정되고 식 (31)에서 x_2^h가 결정된다. 이를 풀면 다음의 해를 얻는다.

$$\begin{aligned}
\hat{x} &= [2z - (1 - p_1)]/(1 + p_1) \\
x_2^h &= [-1 + 2L_2 + 2p_1 + 4L_2 p_1 - p_1^2 + 2L_2 p_1^2 - 8p_1 z + 4p_1 z^2]/ \\
&\quad\ [L_2(1 + p_1)^2]
\end{aligned} \tag{32}$$

입찰자들이 s, $s_{\hat{x}}$와 L_2의 전략만을 고려할 때 균형에서 이탈하지 않는다는 것은 공개된 예정가격에서의 균형 분석과 같다. 다만, 입찰자 i는 위의 전략 이외에 다음의 2가지 전략(Ⓐ L_1보다 크거나 L_2보다 작은 입찰가격, Ⓑ L_1과 같은 입찰가격)도 사용할 수 있으므로 이러한 전략으로 이탈하지 않는지 여부를 확인하도록 한다.

Ⓐ 입찰자 i가 $L_1 < b_i < L_2$으로 이탈할 유인

균형 후보에서 입찰자 i의 입찰가격이 $L_1 < b_i < L_2$로 이탈한다고 하자. 균형 후보에서 $x_2^h > c_i \geq 0$의 비용을 갖는 입찰자 i는 L_2로 입찰하므로, 임의 선정된 낙찰하한율(L_1, L_2)에 따라 다음과 같은 2가지의 경우로 입찰자의 기대효용을 살펴볼 수 있다.

(경우 1) 구매자가 선택한 예정가격에 따른 낙찰하한율이 p_2의 확률로 L_2가 되는 경우, 입찰자 i가 균형 후보에서는 얻는 기대효용은 다음과 같다.

$$(L_2 - c_i)(\Pr[b_j > L_2] + (1/2)\Pr[b_j = L_2]).$$

입찰자 i가 균형 후보에서 $L_1 < b_i < L_2$로 이탈하게 되면 낙찰하한율보다 낮

은 가격에 입찰하였으므로 '0'의 효용을 얻게 된다. 즉, 균형전략 L_2로 입찰하는 것보다 낮은 가격으로 입찰하는 경우 얻을 수 있는 기대효용이 균형 후보에서보다 하락한다.

(경우 2) 임의 선정된 낙찰하한율이 p_1의 확률로 L_1이 되는 경우, 입찰자 i가 균형 후보에서 얻는 기대효용은 다음과 같다.

$$p_1((L_2 - c_i)(\Pr[b_j > L_2]) + 1/2\Pr[b_j = L_2]) \tag{33}$$

따라서 입찰자 i가 $L_1 < b_i < L_2$로 이탈하는 경우 식 (34)의 기대효용을 얻는다.

$$p_1[(b_i - c_i)(\Pr[b_j > L_2]) + \Pr[b_j = L_2] + \Pr[L_2 > b_j > b_i]] \tag{34}$$

한편, 다른 입찰자(j)는 균형 후보 전략에서 L_1보다 크거나 L_2보다 작은 입찰가격을 사용하지 않으므로 $\Pr[L_2 > b_j > b_i] = 0$가 된다. 가정에 의해 $L_2 > b_i$이므로 b_i로 입찰하면 L_2로 입찰하는 것보다 기대효용이 감소한다. 따라서 (경우 1)과 (경우 2)를 고려하면 균형 후보에서 이탈할 유인을 갖지 않는다.

Ⓑ 입찰자 i가 $b_i = L_1$으로 이탈할 유인

식 (30)과 (31)에서 결정된 균형 후보에서 입찰자들이 L_1으로 이탈할 유인이 존재하는지를 확인하도록 한다. 균형 후보에서 c_i의 비용을 갖는 입찰자 i가 얻는 기대효용[$U_i(L_2, c_i)$]은 식 (35)와 같다.

$$U_i(L_2, c_i) = (1 - x_2^h/2)(L_2 - c_i) \tag{35}$$

단, $0 \leq c_i \leq x_2^h$

c_i의 비용을 갖는 입찰자가 L_1으로 이탈하면 경매자가 선택한 예정가격에 따른 낙찰하한율이 L_2인 경우는 낙찰자가 되지 못하지만 L_1인 경우에는 낙찰자가 될 수 있다. 따라서 $p_1(L_1 - c_i)$의 기대효용을 얻는다. 입찰자 i가 균형 후보에서 이탈할 때의 기대효용에서 식 (35)의 균형 후보에서 얻는 기대효용을 빼면 다음

의 식을 얻는다.

$$IU_i = p_1(L_1 - c_i) - (1 - x_2^h/2)(L_2 - c_i) \tag{36}$$
$$\text{단, } 0 \le c_i \le x_2^h$$

위 식은 균형 후보인 L_2에서 L_1으로 입찰가격을 바꾸는 경우 기대효용의 증가분(IU_i)을 나타내며 IU_i값이 0 이하일 경우 입찰자 i는 균형 후보에서 이탈하지 않는다. 이는 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 경우의 균형이 되기 위한 필요조건이 된다.

p_1이 0인 경우 주어진 구간의 c_i에 대해 IU_i값이 음수가 되므로 입찰자 i는 균형에서 이탈하지 않는다. 한편, $p_1 = 1$인 경우 $c_i = 0$일 때 "$IU_i = L_1 - (1 - x_2^h/2)L_2$"이므로 L_1과 L_2의 차이가 작다면 IU_i값이 양수가 되므로 입찰자 i는 균형에서 이탈하지 않는다. 또한 p_1이 증가하면 $0 \le c_i \le x_2^h$의 범위에서 IU_i값이 증가하므로 균형에서 이탈할 유인이 증가한다. 따라서 p_1이 어떤 임계치보다 작으면 위의 균형이 유지되고 그렇지 않은 경우 균형이 유지되지 못한다. 이상의 논의를 요약하면 다음과 같다.

[정리 2]
2개의 예정가격 중 하나를 임의로 선정할 때 균형 $(L_2, s_{\hat{x}}, s)$가 존재하려면 다음의 조건을 만족해야 한다. 첫째, p_1이 $(0,1)$구간의 어떤 임계치보다 작고, 둘째 식 (21), (30), (31)을 만족하는 $\hat{x}$와 x_2^h(단, $\hat{x} > x_2^h$)가 존재하며, 셋째 $s(\hat{x}) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z)$이고 $s_{\hat{x}}(x_2^h) > L_2$을 만족해야 한다.

(3) 수치를 통한 복수의 예정가격에서 입찰자 i의 균형 전략 분석

[정리 2]의 식 (21), (30), (31) 등을 만족하는 매개변수(parameter)로 표현된 분석적 해(analytical solution, 임계치)의 도출이 어렵기 때문에, 매개변수의 특정값을 가정하고 입찰자 i의 균형(numerical solution)을 살펴보도록 한다. 즉, p_1이 0.5를 포함하여 상대적으로 크지 않을 때 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 균형이 존재하는지를 살펴보고 p_1이 변화하는 경우 수치의 예를 통해 매개변수 변화에 따른 다른 균형 전략을 분석한다.

이를 위해 $L_2 = 0.80$, $z = 0.95$라 가정하도록 한다.[30] 이 경우 $L_1 = zL_2 = 0.76$이 된다. 입찰자 i의 입찰가격이 L_2에서 L_1으로 이탈할 때의 IU_i를 c_i로 미분하면 다음을 얻을 수 있다.

$$\partial IU_i / \partial c_i = [(0.6253 - p_1)(1.002 + 1.999p_1 + p_1^2)] / (1 + p_1)^2$$

$0 \leq p_1 \leq 1$이므로 $p_1 > (<) 0.6253$이면 IU_i는 c_i의 감소(증가)함수가 된다. 이를 이용하여 다음의 두 경우로 나누어 균형 전략에서 이탈할 유인이 있는지를 확인할 수 있다.

(경우 1) 만약 $p_1 > 0.6253$이면 IU_i는 c_i의 감소함수이므로 $c_i = 0$에서 최댓값을 갖는다. 즉, $c_i = 0$를 가진 입찰자가 L_1으로 이탈할 유인이 가장 크다. IU_i를 $c_i = 0$에서 평가하면 다음과 같다.

$$IU_i = 0.760(p_1 - 0.6563)(1.002 + 1.998p_1 + p_1^2) / (1 + p_1)^2$$

$p_1 > 0.6563$이면, $c_i = 0$에서 L_1으로 이탈할 유인이 존재하나, $0.6235 \leq p_1 \leq 0.6563$이면 $c_i = 0$뿐 아니라 $0 \leq c_i \leq x_2^h$로 비용이 실현되더라도 이탈할 유인을 갖지 않는다.

(경우 2) 만약 $p_1 < 0.6563$이면 IU_i는 c_i의 증가함수이므로 $c_i = x_2^h$에서 최댓값을 갖는다. 즉, $c_i = x_2^h$를 가진 입찰자가 L_1으로 이탈할 유인이 가장 크다. IU_i를 $c_i = x_2^h$에서 평가하여 정리하면 다음의 결과를 얻는다.

---

30) L_2를 0.80으로 가정한 이유는 2019년 11월 기준 공공 소프트웨어(SW) 조달사업의 낙찰하한율이 80%(김지선, 2019), 건설 공사의 경우 공사 규모에 따라 80~87.745%의 낙찰하한율이 적용(유일한・홍성호, 2012)되고 있기 때문이다. 다만 낙찰하한율을 0.80 기준으로 상하로 변화시켜도 이 논문의 결과에는 영향을 주지 않는다. 독자가 요청할 경우 이에 대한 근거를 제공할 수 있다. 한편, 「기획재정부계약예규 제464호」(시행 2019. 12. 18)에 의하면, 예정가격의 결정에서 기초금액의 ±2% 금액 범위 내에서 서로 다른 15개의 예정가격을 작성하고 밀봉하여 보관하고 있으므로, 그 예정가격의 범위를 반영하여 z를 0.95로 가정하였다.

$$sign[IU_i] = sign[(p_1 - 3.772)]$$

$p_1 < 3.772$이면 $IU_i < 0$가 된다. 따라서 $p_1 < 0.6563$이면 $c_i = x_2^h$뿐 아니라 $0 \le c_i \le x_2^h$로 비용이 실현되더라도 이탈할 유인을 갖지 않는다.

(경우 1)과 (경우 2)를 종합하여 정리하면 다음과 같다

[보조정리 2]

(a) $p_1 \le 0.6563$이면, 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 균형 $(L_2, s_{\hat{x}}, s)$가 존재한다.

(b) $p_1 > 0.6563$이면 높은 낙찰하한율에 입찰하는 것은 균형이 되지 못한다.

[보조정리 2]에 의해서 2개의 예정가격 중 하나를 임의로 선정할 때 다음의 정리를 얻을 수 있다.

[정리 3]

2개의 예정가격 중 하나를 임의로 선정할 때, 즉 $p_1 = 0.5$이면, 낮은 낙찰하한율에는 입찰하지 않고 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 균형 $(L_2, s_{\hat{x}}, s)$이 존재한다. 또한 이 경우 입찰자들이 비용을 구분하는 2개의 임계치 $\hat{x}$와 x_2^h(단, $\hat{x} > x_2^h$)가 존재하여 $s(\hat{x}) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z)$이고 $s_{\hat{x}}(x_2^h) > L_2$를 만족한다.[31) 32)]

예정가격 중 하나가 임의로 선정될 때, 입찰자들은 어떤 비용이 실현되더라도 L_2 이상의 입찰가를 최적 전략으로 사용한다. 예정가격의 불확실성으로 인해 L_1도 낙찰하한율로 선정될 수 있고 그 이상의 가격이 입찰에서 유효한 가격이 될

31) $p_1 = 0.5$이고 $z = 0.95$일 때 식 (30)에서 $\hat{x}$와 x_2^h를 구하면, $\hat{x} = 0.9333$이고 $x_2^h = 0.7528$이다. 여기서 $\hat{x} > x_2^h$임을 알 수 있고, 이를 s와 $s_{\hat{x}}$에 대입하면 $s(\hat{x})(=0.967) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z=0.95)$이고 $s_{\hat{x}}(x_2^h)(=0.8719) > L_2(=0.80)$다.

32) 한편, 낙찰하한율이 L_2인 경우에 비하여 $(L_2 - \xi)$(단, $\xi > 0$로 매우 작은 값)도 입찰자 i가 입찰가격으로 사용할 수 있다. 이 경우 낙찰자가 될 확률은 1/2, 입찰자 i의 기대이익은 $1/2(L_2 - \xi - c_i)$가 된다. 다만 이때 얻게 되는 기대효용이 균형에서 얻는 기대효용인 $[x^*/2 + (1 - x^*)](L_2 - c_i)$]보다 작아 입찰자 i는 이러한 전략을 선택하지 않게 된다.

수 있지만, 이를 포함하여 L_2 미만의 입찰가는 최적 전략의 지지대(support)가 되지 못한다. 이러한 경우 최적 전략의 지지대를 자세히 살펴보면 다음과 같다. $s(\hat{x}) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z)$이므로 $(s_{\hat{x}}(\hat{x}), s(\hat{x}))$의 입찰가는 균형 전략에서 사용되지 않고 $s_{\hat{x}}(x_2^h) > L_2$이므로 $(L_2, s_{\hat{x}}(x_2^h))$의 입찰가와 L_2 미만의 입찰가도 사용되지 않는다. 따라서 이 경우에 균형 전략의 지지대는 $\{L_2\} \sqcup (s_{\hat{x}}(x_2^h), s_{\hat{x}}(\hat{x})) \cup (s(\hat{x}), 1]$로 연결되지 않은 3개의 집합이 된다. 지지대가 이같이 되는 이유는 입찰자들에게 실현된 비용이 임계치(x_2^h)를 넘어서 증가하면 균형 입찰가격은 L_2에서 $s_{\hat{x}}(x_2^h)$로 도약하고 그보다 큰 임계치($\hat{x}$)를 넘어서 증가하면 $s_{\hat{x}}(\hat{x})$에서 $s(\hat{x})$로 도약하기 때문이다.

입찰자들의 비용 변화에 따른 균형 전략의 변화는 다음과 같다. 앞서 본 3개의 연결되지 않는 집합에 대응하여 입찰자의 유형을 분리하는 두 개의 임계치가 존재하는데, 입찰자들의 실현된 비용이 그중 작은 임계치 이하이면 그 비용에 관계없이 동일한 가격인 높은 낙찰하한율에 입찰하지만 낮은 낙찰하한율을 포함하여 높은 낙찰하한율 미만의 가격에는 입찰하지 않는다. 그런데 p_1이 0.5를 넘어 상승함에 따라 균형에서 입찰자들이 비용 구간에 따라 높은 낙찰하한율이나 낮은 낙찰하한율 중 하나에 입찰하는 균형이 존재하며, p_1이 더욱 커져 1에 접근하면 실현된 비용이 임계치보다 작을 때 비용 수준과 관계없이 입찰자들은 모두 낮은 낙찰하한율에 입찰하는 균형이 존재하게 된다. $z = 0.95$를 가정하고 낮은 예정가격이 선정될 확률(p_1)의 변화에 따른 균형의 특성을 다음과 같이 정리할 수 있다.

[정리 4][33)]

(a) $0 \le p_1 \le 0.6563$이면 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 균형 $(L_2, s_{\hat{x}}, s)$이 존재한다. 이 경우 [정리 3]에서와 같이 2개의 임계치 $\hat{x}$와 x_2^h(단, $\hat{x} > x_2^h$)가 존재한다.

(b) $0.6563 \le p_1 \le 0.8840$이면 높은 낙찰하한율뿐 아니라 낮은 낙찰하한율에 입찰하는 균형 $(L_1, L_2, s_{\hat{x}}, s)$가 존재한다. 또한 이 경우 입찰자들이 비용을 구분하는 3개의 임계치 $\hat{x}$, x_2^m, x_1^m(단, $\hat{x} > x_2^m > x_1^m$)이 존재하여

33) 이에 대한 증명은 부록 참조.

$s(\hat{x}) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z)$, $s_{\hat{x}}(x_2^m) > L_2$를 만족한다.

(c) $0.8840 \le p_1 \le 1$이면 낮은 낙찰하한율에 입찰하는 균형 $(L_1, s_{\hat{x}}, s)$가 존재한다. 또한 이 경우 입찰자들이 비용을 구분하는 2개의 임계치 $\hat{x}$와 x_1 (단, $\hat{x} > x_1$)가 존재하여 $s(\hat{x}) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(=z)$이고 $s_{\hat{x}}(x_1) > L_1$을 만족한다.

3) 예정가격 공개 VS 복수의 예정가격 활용하는 경우의 성과 비교

두 예정가격 중 하나가 임의로 선정되는 경우 입찰자들의 최적 전략을 공개된 예정가격에서의 최적 전략과 비교하면 다음과 같다. 첫째, 불확실한 예정가격 제도에서 낮은 낙찰하한율(L_1)은 최적 전략으로 사용되지 않으며 두 제도 모두 높은 낙찰하한율(L_2) 이상의 가격에 입찰한다. 그 이유는 다음과 같다. 예정가격의 변화는 낙찰하한율을 비례적으로 변화시키기 때문에 예정가격의 불확실성은 입찰자들의 낙찰하한율에 대한 불확실성을 초래한다. 그런데 입찰자들이 낮은 낙찰하한율로 입찰하는 경우 높은 예정가격이 선정되면 상대방보다 입찰가격이 낮더라도 낙찰자가 될 수 없다. 따라서 이러한 위험을 피하기 위해 높은 낙찰하한율에 입찰하려는 유인이 커진다.

둘째, 불확실한 예정가격제도에서 입찰자들이 높은 낙찰하한율(L_2)에 입찰할 확률이 공개된 예정가격에서의 경우보다 크다. 이는 불확실한 예정가격에 직면한 입찰자가 임계치 이하에서 입찰가격을 낮추어 확실한 기대효용을 얻으려는 유인을 갖기 때문이다.

셋째, 예정가격이 불확실한 경우 예정가격이 공개된 경우보다 입찰자들이 입찰하는 가격이 낮기 때문에 발주자가 지불하는 비용이 낮아질 수 있다. 하지만 불확실한 예정가격제도에서 낮은 예정가격이 선정되었을 때 모든 입찰자들의 비용은 낮은 예정가격(z)을 초과하지만 발주자 자체 공사비용, 즉 높은 예정가격보다 낮을 때 발주자가 지불하는 비용은 증가할 수 있다. 왜냐하면 이 경우 입찰자들의 입찰가격이 선정된 예정가격보다 낮아 유찰되므로 발주자가 더 높은 비용 '1'로 공사를 자체 수행하게 되기 때문이다. 이러한 두 가지 상반된 효과를 고려할 때 복수의 예정가격제도에서 발주자의 기대비용이 공개된 예정가격이 1인 경우에 비하여 하락하게 된다.[34)]

---

34) 앞서 언급한 수치 예에서 예정가격을 공개하는 경우 발주자의 기대비용은 0.8073이고 복수의 예정가격을 활용할 때 0.7671로 후자가 전자에 비하여 기대비용이 0.0402p가 낮음을 알

결론적으로 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격을 활용하는 것이 예정가격을 공개하는 경우보다 발주자 입장에서는 기대비용을 낮출 수 있고,[35] 입찰자 입장에서는 높은 낙찰하한율 이상으로 입찰하게 할 수 있다.

Ⅲ. 결론

이 연구는 예정가격이 공개되는 경우와 2개의 예정가격 중 하나가 낙찰자 결정을 위해 임의로 선택되는 경우에 대해 각각의 베이지안 균형(Bayesian equilibrium)을 구하고 그 성과를 비교하였다. 이 연구의 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격이 선정되는 경우, 예정가격의 불확실성에 따라 최고 수준의 비용을 갖는 입찰자들은 공개된 예정가격의 경우와 같은 가격에 입찰을 하고 그 다음으로 높은 수준의 비용을 갖는 입찰자들은 공개된 예정가격의 경우에 비해 입찰가격을 낮추려는 유인을 갖게 된다. 또한 낙찰하한율의 불확실성에 따라 낮은 수준의 비용을 가진 입찰자들은 자신이 낮은 낙찰하한율로 입찰하는 경우 높은 예정가격(낙찰하한율)이 선정되었을 때 낙찰자가 되지 못하는 위험을 회피하기 위해 높은 낙찰하한율에 입찰하게 된다. 즉, 복수의 예정가격이 활용되는 경우 발생하는 예정가격과 낙찰하한율의 불확실성은 모두 발주자의 기대비용이 낮아지는 방향으로 작용하게 된다. 이에 따라 발주자의 기대비용 관점에서 복수의 예정가격 중 임의로 예정가격을 선정하는 것이 예정가격을 공개하는 경우에 비하여 우월한 성과를 갖게 된다.

한편, 낙찰자가 받는 최저비용의 관점에서는 입찰자들이 높은 낙찰하한율 이상으로 입찰하므로 이때 받게 되는 비용의 최저가는 공개된 예정가격에서의 균형과 같게 된다. 따라서 낙찰자가 받는 최저 비용과 발주자의 기대비용을 모두 고려할 때 적격심사제의 낙찰자 선정 방식으로, 공개된 예정가격을 활용하는 경우에 비해 불확실성이 존재하는 복수의 예정가격을 활용할 때 더 높은 성과를

수 있다.

35) 발주자의 비용절감만을 목적으로 할 경우 낙찰하한율 조정을 통해 동일한 효과를 얻을 수 있으나, 복수의 예정가격을 활용하면 발주자의 비용절감 효과뿐만 아니라 부수적으로 단일한 예정가격을 사용할 때 발생할 수 있는 입찰참가자의 예정가격 탐지 및 동일한 입찰가격 제시로 인한 낙찰자 선정의 어려움(동점자 처리 등)을 경감시키는 장점도 있다. 이에 대해 유익한 논평을 해 주신 익명의 심사위원께 감사드린다.

얻을 수 있다. 이러한 본 연구의 분석 결과는 현행의 적격심사제도에서 예정가격을 선정하는 방식이 타당함을 이론적으로 뒷받침한다.

이 논문은 조건부 확률 정의를 이용해 매개변수의 특정 값이 아닌 일반 값을 이용하여 예정가격이 공개된 경우에 대한 정확한 기대효용을 계산하였으며, 복수의 예정가격 중에서 임의로 예정가격이 선정되는 경우와의 성과를 비교함으로써 우리나라 적격심사제도의 낙찰자 결정과 관련한 기존의 이론적 연구를 보완하였다. 다만, 다음과 같은 점에서 한계가 있다. 먼저 현재 우리나라 적격심사제도는 15개의 예비가격을 무작위로 선정하여 그중에 추첨된 4개의 예비가격을 산술평균하여 예정가격을 결정하므로 이 논문에서 고려한 바와 같이 2개의 예정가격 중에서 하나를 임의로 선택하는 것보다 복잡한 방식으로 이루어지고 있다. 또한 낙찰자 결정을 위한 중요 평가 요소로 우수한 시공능력과 기술력 등의 비가격 요소를 포함하고 있으나, 이 논문은 논의의 단순화를 위해 이러한 부분을 모형에 고려하지 못하였다. 향후 이에 대한 보완을 위해 현행의 예정가격 선정 방식과 비가격 평가 요소 등을 포함한 보다 현실에 부합하고 엄밀한 모형 설정과 이에 따른 이론적, 실증적 분석이 필요할 것으로 보인다.

부록

[정리 4]의 증명: p_1의 변화에 따른 균형 전략 유형

복수의 낙찰하한율 입찰 균형의 최적 전략에서 입찰자는 실현된 비용이 서로소(disjoint)인 2개의 비용 구간 중 어디 속하느냐에 따라 낮은 낙찰하한율이나 높은 낙찰하한율 중 하나에 입찰한다. 따라서 높은 낙찰하한율뿐 아니라 낮은 낙찰하한율도 최적 전략의 지지대(support)에 속하는데, 이러한 균형 전략 후보를 $(L_1, L_2, s_{\hat{x}}, s)$라 표기한다. 이는 입찰자 i에게 세 개의 임계비용 x_1^m, x_2^m, $\hat{x}$(단, $\hat{x} > x_2 > x_1$)가 있어서, 비용이 x_1^m 이하로 실현되면 L_1의 가격에, x_1^m 초과 x_2^m 이하로 실현되면 L_2의 가격에, x_2^m보다 높고 $\hat{x}$ 이하이면 $s_{\hat{x}}(c_i)$의 가격에, $\hat{x}$보다 높고 1 이하이면 $s(c_i)$의 가격에 입찰하는 전략을 말한다. 이를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$
\begin{aligned}
\text{만약 } & 0 \le c_i \le x_1^m \text{ 이면 } b(c_i) = L_1 \\
& x_1^m < c_i \le x_2^m \text{ 이면 } b(c_i) = L_2 \\
& x_2^m < c_i \le \hat{x} \text{ 이면 } b(c_i) = s_{\hat{x}}(c_i) \\
& \hat{x} < c_i \le 1 \text{ 이면 } b(c_i) = s(c_i) \\
& \text{단, } 0 < x_1^m < x_2^m < \hat{x} < 1 \text{ 임.}
\end{aligned}
\tag{A1}
$$

이러한 전략이 균형이 되기 위해 필요한 임계치인 x_1^m, x_2^m, $\hat{x}$의 조건에 대해서 살펴보기 위해 위의 전략들을 사용했을 때 입찰자의 기대효용을 구하고 균형이 되기 위한 조건에 대해서 논의하도록 한다. 다만, 입찰자 i가 b_i, 즉 $b_i > L_2$인 전략을 사용하는 경우의 기대효용은 식 (26)과 (27)에서 이미 보인 바 있으므로 여기서는 $b_i = L_2$일 때의 경우를 확인하도록 한다. 이 경우 입찰자 i의 기대효용은 상대방 j의 전략이 $b_j = L_1$, $b_j = L_2$ 또는 $b_j > L_2$인 세 경우로 나누어 계산할 수 있다.

① 경우 1: $b_j = L_1$

상대방(j)이 $b_j = L_1$을 사용할 확률은 식 (A1)에서 $0 \le c_j \le x_1^m$일 때 L_1을 사용하므로 x_1^m이다. 한편, 임의 선정된 낙찰하한율이 낮은 가격(p_1)으로 실현될 때 $b_j < b_i$이므로 상대방이 낙찰자가 된다. 이 경우 입찰자 i의 기대효용은 0이다. 반면에 낙찰하한율이 높은 가격으로 실현되면 입찰자 i가 유효한 최저가 입찰자가 되어 입찰자 i가 낙찰자가 된다. 이때 입찰자 i의 기대효용은 $(1-p_1)x_1^m(L_2-c_i)$가 된다.

② 경우 2: $b_j = L_2$

상대방(j)이 $b_j = L_2$를 사용할 확률은 식 (A1)에서 $x_1^m < c_j \le x_2^m$일 때 L_2을 사용하므로 $(x_2^m - x_1^m)$이다. 한편, 임의 선정된 낙찰하한율이 낮은 가격(p_1)으로 실현될 때 두 사람 모두 낙찰자가 될 수 없게 되므로 입찰자 i가 얻는 기대효용은 0이 된다. 반면에 낙찰하한율이 높은 가격으로 실현되면 $b_i = b_j = L_2$이므로 $1/2$의 확률로 입찰자 i가 낙찰자가 되며, 이때 입찰자 i의 기대효용은 $(1-p_1)(x_2^m - x_1^m)(L_2-c_i)/2$이 된다.

③ 경우 3: $b_j > L_2$

상대방이 $b_j > L_2$를 사용할 확률은 식 (A1)에서 $(1-x_2^m)$다. 이때 $b_i = L_2$이므로 임의 선정된 낙찰하한율 중 높은 것과 같으며 다른 입찰자의 입찰가격보다 낮기 때문에 항상 낙찰자가 된다. 따라서 입찰자 i의 기대효용은 $(1-x_2^m)(L_2-c_i)$이 된다.

이러한 세 경우는 배반사건이므로 이를 합하여 입찰자 i의 기대효용을 계산하면 다음과 같다.

$$U_i(L_2, c_i) = p_1(x_2^m - x_1^m)(L_2-c_i)/2$$
$$+(1-p_1)[x_1^m(L_2-c_i)+(x_2^m-x_1^m)(L_2-c_i)/2]+(1-x_2)(L_2-c_i) \quad \text{(A2)}$$

다음으로 $b_i = L_1$일 때를 보자. 이 경우 선정된 낙찰하한율이 낮은 가격으로 실현되는 경우만을 고려[36]하면 되며, 이는 p_1의 확률로 실현된다. 이때 상대방의

36) 임의 선정된 낙찰하한율이 높은 가격으로 실현되는 경우 입찰자 i는 실현된 낙찰하한율보다 낮은 가격에 입찰하였기 때문에 낙찰자가 되지 못하며, 이때 입찰자 i의 기대효용은

전략이 L_1이면, $b_i = b_j = L_1$이므로 $1/2$의 확률로 입찰자 i가 낙찰자로 된다. 따라서 입찰자 i의 기대효용은 '$p_1 x_1 (L_1 - c_i)/2$'가 된다. 한편, 상대방 j의 전략이 $b_j = L_2$ 또는 $b_j > L_2$일 경우에는 $b_i < b_j$이므로 입찰자 i가 낙찰자가 되고 기대효용은 '$p_1(1-x_1)(L_1-c_i)$'가 된다. 이를 합하여 입찰자 i의 기대효용을 계산하면 다음과 같다.

$$U_i(L_1, c_i) = p_1[x_1^m(L_1 - c_i)/2 + (1 - x_1^m)(L_1 - c_i)] \quad \text{(A3)}$$

앞서 본 바와 같이 식 (18)에서 $\hat{x}$는 결정되고, 균형이 되려면 이것과 함께 다음의 조건들이 추가로 충족되어야 한다. 즉, $c_i = \hat{x}$에서 $U_i(s_{\hat{x}}, c_i) = U_i(s, c_i)$이고, $c_i = x_2^m$에서 $U_i(L_2, c_i) = U_i(s_{\hat{x}}, c_i)$이며, $c_i = x_1^m$에서 $U_i(L_1, c_i) = U_i(L_2, c_i)$가 성립되어야 한다. 이를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$EQ_3 = U_i(s_{\hat{x}}, \hat{x}) - U_i(s, \hat{x}) = 0 \quad \text{(A4)}$$

$$EQ_2 = U_i(L_2, x_2^m) - U_i(s_{\hat{x}}, x_2^m) = 0 \quad \text{(A5)}$$

$$EQ_1 = U_i(L_1, x_1^m) - U_i(L_2, x_1^m) = 0 \quad \text{(A6)}$$

$$0 < x_1^m < x_2^m < \hat{x} < 1$$

위의 3개의 연립방정식을 풀면 임계치 $\hat{x}$, x_2^m, x_1^m을 구할 수 있으며, 식 (A1)에 따른 최적 전략을 도출할 수 있다. 이러한 경우 x_2^m는 본문의 식 (22)에서 구간의 시작점으로 표시한 x_c다. 다만 위 연립방정식의 매개변수에 의존하는 일반해를 분석적으로 구할 수 없기 때문에 매개변수의 특정 값에 대해서 해를 구하고 이에 따른 균형 전략을 살펴보도록 한다.

앞서 [정리 2]의 수치를 통한 균형 전략 분석에서 p_1이 0.6563을 넘어서면 높은 낙찰하한율에만 입찰하는 균형에서 어떤 유형의 입찰자는 낮은 낙찰하한율로 이탈하려는 유인이 있다는 것을 보인 바 있다. 입찰자들은 p_1이 이러한 임계치를 넘어서게 되면 실현된 비용이 서로 소(disjoint)인 2개의 비용 구간 중 어디 속하느냐에 따라 낮은 낙찰하한율이나 높은 낙찰하한율 중 하나에 입찰하게 된다.

0이 된다.

이러한 균형이 존재하는지를 $p_1 = 0.8$이고 $z = 0.95$인 경우에 대해 살펴보도록 한다. 위의 3개의 연립방정식의 구조를 보면 식 (A4)에서 $\hat{x}$가 결정되고 식 (A5)와 (A6)에서 x_2^m과 x_1^m이 결정된다. [보조정리 1]에서 $\hat{x} = [2z - (1 - p_1)]/(1 + p_1)$이므로 $\hat{x} = 0.9444$이다. 한편, $p_1 = 0.8$에서 식 (A5)와 (A6)를 만족하는 해를 구하면 $x_2^m = 0.7425$이고 $x_1^m = 0.2451$이다.

이때 다른 입찰자들이 이에 따른 전략을 사용하는 경우 입찰자 i가 이러한 전략에서 이탈할 유인이 있는지를 살펴보도록 한다. 먼저 위에서 구한 균형 전략 후보는 다음과 같다.

만약 $0 \le c_i \le 0.2451$이면 $b(c_i) = 0.76$

$0.2451 < c_i \le 0.7425$이면 $b(c_i) = 0.80$

$0.7425 < c_i \le 0.9444$이면 $b(c_i) = s_{\hat{x}}(c_i)$

$0.9444 < c_i \le 1$이면 $b(c_i) = s(c_i)$

단, $0 < x_1^m < x_2^m < \hat{x} < 1$, $s(\hat{x})(= 0.9722) > s_{\hat{x}}(\hat{x})(= 0.95 = z)$,

$s_{\hat{x}}(x_2^m)(= 0.8665) > L_2(= 0.80)$임.

이러한 전략을 다른 입찰자가 사용한다고 가정하고 입찰자 i가 균형 후보전략 뿐 아니라 다른 전략들을 사용하는 경우 c_i의 변화에 따른 기대효용을 계산하면 다음과 같다.

L_1을 사용할 때, $U_i(L_1, c_i) = 0.7020(0.76 - c_i) = 0.5335 - 0.7020c_i$

L_2를 사용할 때, $U_i(L_2, c_i) = 0.5523(0.80 - c_i) = 0.4416 - 0.5523c_i$

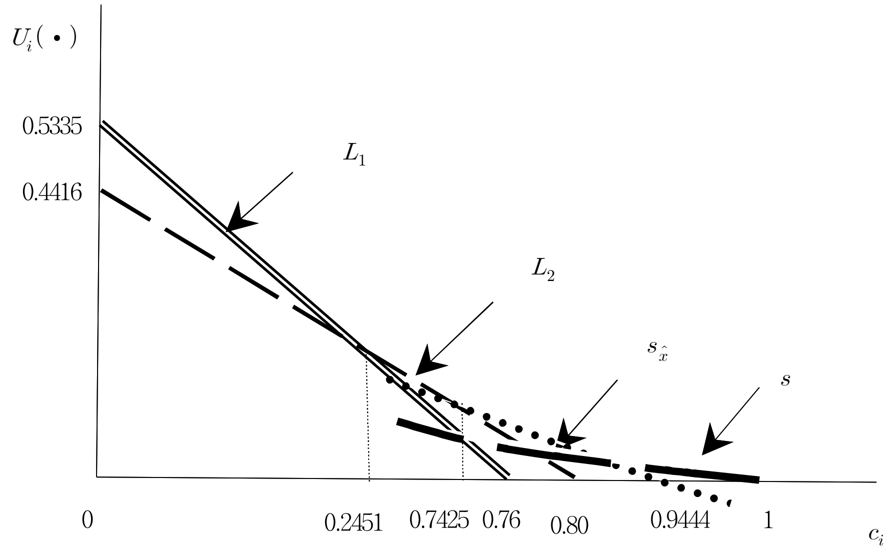
$s_{\hat{x}}$를 사용할 때, $U_i(s_{\hat{x}}, c_i) = 0.5(c_i - 0.9503)(c_i - 1.0500)$

단 $s_{\hat{x}} > L_2$에서 $c_i > 0.6063$임.

s를 사용할 때, $U_i(s_i, c_i) = 0.10(1 - c_i)^2$

c_i의 비용을 갖는 입찰자가 다른 입찰자들이 균형 후보 전략을 사용할 경우 얻게 되는 기대효용은 <그림 A1>과 같다. 다른 입찰자가 균형 후보 전략을 사용할 때 입찰자 i가 이러한 전략에서 이탈할 유인이 있는지를 <그림 A1>를 통해 살펴보면 다음을 알 수 있다.

<그림 A1> 복수의 낙찰하한율 입찰 균형



첫째, $0 \le c_i < 0.2451(= x_1^m)$일 때 L_1을 사용하는 경우 얻게 되는 기대효용이 다른 가용한 전략 L_2를 사용할 때 보다 작지 않다. 따라서 입찰자 i의 최적 전략은 L_1이다.

둘째, $0.2451(= x_1^m) \le c_i < 0.7425(= x_2^m)$일 때 L_2를 사용하는 경우 얻게 되는 기대효용이 다른 가용한 전략 L_1를 사용할 때 보다 작지 않다. 따라서 입찰자 i의 최적 전략을 통해 얻는 기대효용은 L_2나 s를 사용하는 것보다 작지 않다.

셋째, $0.7425(= x_2^m) \le c_i < 0.9444$일 때 $s_{\hat{x}}$를 사용할 경우 얻게 되는 기대효용은 다른 가용한 전략 L_1, L_2, s를 사용할 때 보다 작지 않다. 따라서 입찰자 i는 $s_{\hat{x}}$에서 이탈할 유인을 갖지 않는다.

넷째, $0.9444 \le c_i \le 1$일 때 s를 사용할 경우 얻게 되는 기대효용은 다른 가용한 전략 L_1, L_2, $s_{\hat{x}}$를 사용할 때 보다 작지 않다. 따라서 입찰자 i는 s에서 이탈할 유인을 갖지 않는다.

직관적으로는 낮은 낙찰하한율이 선정될 확률이 높아지면 입찰자들은 높은 낙찰하한율에 입찰할 유인이 감소한다. 이 경우 앞서 구한 균형이 유지될 수 있는지를 확인하도록 한다. 이를 보기 위해 균형에서 두 식을 전미분하면 다음과 같

은 관계를 얻을 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \partial EQ_2/\partial x_1 & \partial EQ_2/\partial x_2 \\ \partial EQ_1/\partial x_1 & \partial EQ_1/\partial x_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} dx_1 \\ dx_2 \end{pmatrix} = -\begin{pmatrix} \partial EQ_2/\partial p_1 \\ \partial EQ_1/\partial p_1 \end{pmatrix} dp_1$$

이를 이용하여 앞에서 구한 균형의 $x_1^m = 0.2451$, $x_2^m = 0.7425$ 근방에서 p_1이 변화하는 경우 비교정학 분석을 하면 다음의 관계를 얻을 수 있다.

$$\partial x_1/\partial p_1 = 2.870 > 0,\ \partial x_2/\partial p_1 = -0.1941 < 0$$

위의 균형은 $x_1^m \le x_2^m$을 가정하고 구한 것으로, 앞서 본 바와 같이 $p_1 = 0.8$의 근방에서 $\partial x_1/\partial p_1 > 0$, $\partial x_2/\partial p_1 < 0$이고 $\partial(x_2^m - x_1^m)/\partial p_1 < 0$이다. 따라서 이러한 근방의 특성이 p_1에 대해 전역적으로 성립한다면,[37] p_1이 증가하면 x_1^m이 x_2^m에 가까워지고 $x_1^m = x_2^m$이 된다. 따라서 높은 낙찰하한율에 입찰할 확률 $(x_2^m - x_1^m)$은 '0'이 되며, $x_1^m = x_2^m$의 조건에서 (A5)와 (A6)를 만족하는 p_1의 값을 구하면 $p_1 = 0.8840$이 된다.

이상의 논의를 종합하면 $0.6563 \le p_1 \le 0.8840$이면 높은 낙찰하한율뿐만 아니라 낮은 낙찰하한율에 입찰하는 균형 $(L_1, L_2, s_{\hat{x}}, s)$가 존재하고 p_1이 0.8840을 넘어서면 낮은 낙찰하한율에 입찰하는 전략만을 사용하는 균형이 존재하게 된다. [보조정리 2]의 (a)와 함께 이를 종합하면 [정리 4]를 얻을 수 있다.

37) 앞서와 같이 분석적으로 매개변수의 일반적 값에 의존하는 해를 얻고 p_1에 대해 전역적으로 비교정학 분석을 할 수 없기 때문에 매개변수의 특정 값에 대해 위와 같이 수치 해를 구하고 국지적 비교정학 분석을 한다.

참 고 문 헌

강희우・김빛마로,『공공조달시장 낙찰제도 물품계약 공사계약』, 한국조세재정연구원, 2017.

김봉주, “한국의 공공조달 경매제도에 대한 이론 분석,”『산업조직연구』 제26집 제4호, 2018, 53~114.

김정욱,『공공투자사업 입찰에서의 낙찰자 결정요인 분석』, 한국개발연구원, 2012.

김지선,「기재부 “공공SW사업 낙찰 하한율 현행 80% 유지”」,『전자신문』, 2019. 11. 10.

유일한・홍성호, “적격심사 낙찰하한율 상향조정 필요성 분석,”『건설정책리뷰』 2012-06, 한국건설정책연구원, 2012.

장태범・최상곤,『공사입찰・계약제도의 문제점과 개선방안에 관한 연구: 건설업체증가에 따른 부실업체의 문제를 중심으로』, 감사교육원, 2013.

Elyakime, B., J. J. Laffont, P. Loisel, and Q. Vuong, “First-Price Sealed-Bid Auctions with Secret Reservation Prices,” *Annales d'Économie et de Statistique*, 34, 1994, 115~141.

Hurwicz, L., D. Schmeidler, and H. Sonnenschein(Eds.), *Social Goals and Social Organization, Essays in Memory of Elisha A. Pazner*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

Rosar, F., “Secret Reserve Prices in First-price Auctions,” *International Journal of Industrial Organization*, 37, 2014, 65~74.

Tan, G., “Optimal Procurement Mechanisms for an Informed Buyer,” *The Canadian Journal of Economics*, 29, 1996, 699~716.

Vincent, D. R., “Bidding Off the Wall: Why Reserve Prices May Be Kept Secret,” *Journal of Economic Theory*, 65, 1995, 575~584.

[Abstract]

Analysis and Implication of Public versus Secret Reserve Prices in Qualification Examination System

Bong-Ju Kim* · Min-chang Kim**

This paper examines the effect of secrete reserve prices compared to public reserve price in the qualification examination system(QES). In the secret reserve price, there are two different reserve prices: high and low reserve, prices, one of which is randomly selected. Analyzing this case, we have the following results. First, bidders whose costs are not relatively high have incentive to lower the bid price compared to public reserve price so as to avoid the risk of not being a winner when the bid price is above low reserve price. Second, bidders with a relatively low costs bid only at high minimum winning bid(MWB). In order to avoid the risk of not being a winner when bidding at low MWB if high reserve price is selected, the bidder bids at high MWB. The above incentives lower the expected cost of the contracting authority and make the lowest construction price for the winner the same price(high MWB) in both schemes. Hence, secrete reserve price can improve the performance of QES compared to open reserve price in terms of the lowest construction price for the winner and the expected cost of the contracting authority.

Keywords: secret reserve prices, qualification examination system, minimum winning bid, uncertainty, Bayesian equilibrium

JEL Classification: C7, D8, H4

* First Author, Director, National Assembly Research Service, Industry and Resources Team, Tel: +82-2-6788-4590, E-mail: kbongju@assembly.go.kr

** Corresponding Author, Legislative Researcher, National Assembly Research Service, Public Finance and Economy Team, Tel: +82-2-6788-5471, E-mail: mckim0824@assembly.go.kr