

建設 CALS/EC の導入の落札価格への定量的影響

Quantitative Analysis of Influence of Construction CALS/EC Introduction to Bid Price

日本大学 島崎 敏一*

By Toshikazu SHIMAZAKI*

日本政府は、1999年12月にバーチャルエージェンシーに関する施策を決定した。それによれば、公共事業を除く政府調達については、2001年から統合政府調達情報の提供、資格審査を実施し、入札、開札、契約の電子化は2003年から試行し、2005年から導入することになっている。一方、建設産業における透明性の確保、コスト削減などが焦眉の急となっていることから、建設省は、2004年から直轄工事の施工を建設CALS/ECによって行うとしている。CALS/ECが導入されると、一般には、それが目的の1つともなっているように、入札者の数が増えることなどにより、落札価格が低下するといわれている。しかしどの程度低下するかについての定量的解析はなされていない。本論文では、入札価格の決定機構をモデル化し、建設CALS/ECの導入による落札価格への影響の解析をする。

【キーワード】建設CALS/EC、マネジメント論、入札

1. はじめに

日本政府は、1999年12月にバーチャルエージェンシーに関する検討を踏まえて、1. 自動車保有関係手続きのワンストップサービス化、2. 政府調達（公共事業を除く）手続きの電子化、3. 行政事務のペーパーレス化、4. 教育の情報化に関する施策を決定した。それによれば、公共事業を除く政府調達については、2001年から統合政府調達情報の提供、資格審査を実施する。入札、開札、契約の電子化は2003年から試行し、2005年から導入することになっている¹⁾。

一方、バブル崩壊にともない、建設産業における透明性の確保、コスト削減などが焦眉の急となっているが、これに 대응するために、建設省は、2004年から直轄工事の施工を建設CALS/ECによって行うとしている²⁾。そのため、建設省³⁾、土木学会⁴⁾、日本土木工業協会⁵⁾など土木関

係の各種団体でも、建設CALS/ECに関する多くの研究が行われ、建設CALS/ECシステムの導入の効果の定性的な有効性が強調されている。しかしながら、建設CALS/EC導入による定量的な効果については、ほとんど研究がなされていない。

建設CALS/ECシステムの導入は、建設業界にとっての急務であるが、その本格的な導入にあたっては、派生的な影響も含めて、その特徴を良く理解したうえで導入するのが重要である。ある意味では、落札価格の低減は、受注者側からみれば好ましくないことであるが、2004年に直轄工事に建設CALS/ECシステムが導入された場合には、それに対処する必要がある。その特性を理解して対策を用意しておくことが重要である。現実には、中小企業をはじめとして、建設業界における企業横断的な建設CALS/ECの導入があまり進んでいないというのも、建設CALS/ECシステムが、導入された場合の影響につ

* 理工学部土木工学科 03-3259-0989

shimazak@civil.cst.nihon-u.ac.jp

いての正確な情報がないというのも、その原因の1つと考えられる。

建設CALS/ECシステムの導入の効果については、上述のように、透明性の確保、コスト削減などがあげられるが、本論文では、コスト削減効果に注目する。コスト削減効果については、2つの面からの寄与があると考えられる。1つ目は、内部的な事務処理、設計などの合理化による効果であり、2つ目は、ある案件の入札にあたっての応札者数の増加による落札価格の低減である。前者については、連絡所要時間の短縮効果などについて検討を行ってきた^{6, 7)}。本論文では、応札者数の増加の落札価格の低下への影響についての検討を行う。

2. 入札価格決定機構のモデル化と仮定

2-1 過去の研究

建設CALS/ECシステムは、たかだか10年ほど前に始まった概念なので、当然のことながら、直接、これを想定した入札価格決定機構のモデルはない。しかし、最適入札価格決定戦略に関するモデルは、過去においていくつか提案されている⁸⁾。その主なものは、(1) Friedmanによるモデル、(2) Broemserによるモデルであり、その概要は次のとおりである。

(1) Friedmanによるモデル

このモデルは、まず、入札価格と費用の差で定義される利益をマークアップ率の関数で表す。ここで、マークアップ率とは、(入札価格－積算による建設費用)／積算による建設費用という比で定義される。あるマークアップ率で、他の入札者に勝てる確率とその時の利益の積で表される利益の期待値を最大にするような、マークアップ率を求めようとするものである。

(2) Broemserによるモデル

このモデルも、利益の最大化を目的としているが、その方法は、最低入札価格を入札者数、経済状況などの変数を用いて多重回帰分析し、求めようとするものである。

これらのモデルについては、いくつかの批判があるが、その主なものは、入札に勝つ確率の独立性である。Friedmanによるモデルでは、最低価

格の入札者以外の入札者については、その入札価格の大小には言及していない。したがって、厳密にこの確率を求めるためには、最低価格入札者以外のマークアップ率の確率密度関数についても考慮する必要がある。

最低価格入札者以外の者が、他の最低価格入札者以外の者に勝つ確率は、最低価格入札者に勝つ確率に比例すると仮定した議論もあり、近似的には成立するということがモンテカルロ法を用いて示されているが⁹⁾、この仮定も理論的には必ずしも正しくないということが指摘されている¹⁰⁾。

その他の批判は、目的関数の定義に関するものである。すなわち、人にはリスクアバージョン(危険を回避したいという気持ち)という性質があり、目的関数は利益最大ではなく、効用最大とすべきであるというものである。これに対しては、リスクアバージョンは、個人においては見られるが、経済的に合理的な行動をすると期待される大企業については考慮する必要はないという議論もある^{11, 12)}。

これらの問題の解決には、落札価格の実現値を多くのケースについて知る必要があり、現在、実証的な検討は困難である。そこで、本論文では、上述の問題をなるべく避けられるようないくつかの仮定において、新しい入札価格決定モデルを提案し、それにより入札者数の影響を見ることとする。

2-2 モデル化の仮定

入札価格決定モデルの構築にあたって、次の仮定を設ける。

(1) 入札者は独立変数をマークアップ率とし、期待利益の最大化を行うように入札価格を決定する。

上述のようにマークアップ率は、(入札価格－積算による建設費用)／積算による建設費用という比で定義する。これは、入札価格を正規化して、一般化するためである。リスクアバージョンを考えると、目的関数は期待利益ではなく、効用の最大化の方が望ましいが、考察対象が企業であるため、純粋に経済的に合理的な行動を行うと考えられること、効用は各入札者によって異なり一般的

な定義が困難なことから期待利益の最大化を目的関数とする。

なお、複数の入札者がいた場合、全員が期待利益最大のマークアップ率で入札すれば、同じ入札価格で入札が行われることになるが、各1回の試行においては、確率的に変動するため、必ずしも同じになるとは限らない。

(2) 入札者は、固有のマークアップ率の確率密度関数を持っている。

定式化にあたっては、各入札者のマークアップ率の確率密度関数は固有のものとするが、具体的な数値例の計算にあたっては、同一の確率密度関数を持つ場合と、1部の人だけが異なった確率密度関数を持つ場合を検討する。

(3) マークアップ率の確率密度関数は、具体的な数値例の計算にあたっては、正規分布とする。

マークアップ率の確率密度関数は、利益を出すという点から合理的には、負になることはあり得ない。しかし、短期的には負の値をとり仕事あるいは市場の確保を図るという行動が見られることも考慮して、正規分布とする。

2-3 入札価格決定機構モデル

上述の仮定から、問題は、入札参加者のマークアップ率の確率密度関数が与えられたときに、期待利益を最大化できるマークアップ率を求めることと定式化できる。

このため、まず、他の入札参加者のマークアップ率の最小値の確率密度関数を求める必要がある。これは、次のように表現できる¹³⁾。

$$p_{\min}(m) = \frac{d}{dm} \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i(m)) \right) \quad (1)$$

ここで、 $p_{\min}(m)$: n 人の入札者がいるときの、マークアップ率の最小値の確率密度関数

m : 入札価格/積算建設費用 - 1 で定義されるマークアップ率

n : 入札者の数

$F_i(m)$: 入札者 i のマークアップ率の累

積分分布関数であり、 $\int_{-\infty}^m f_i(m) \cdot dm$ で表される。なお、 $f_i(m)$ は入札

者 i のマークアップ率の確率密度関数である。

したがって、マークアップ率、 m 、で落札できる確率は、次のようになる。

$$\begin{aligned} \int_m^{\infty} P_{\min}(m) \cdot dm &= \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i(m)) \right) \Bigg|_m^{\infty} \\ &= 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i(m)) \right) \\ &= \prod_{i=1}^n (1 - F_i(m)) \end{aligned} \quad (2)$$

費用を c とすれば、利益は mc であるので、利益の期待値は、次式で表される。

$$Ep = m \cdot c \cdot \prod_{i=1}^n (1 - F_i(m)) \quad (3)$$

結局、問題は、マークアップ率 m を変数として、(3)式を最大化することに帰着される。

なお、入札参加者の数が無限大になったときには、いわゆる Gumbel の漸近極値統計が使える¹⁴⁾。これは、3つのタイプがあるが、今問題にしている最小値の確率分布という意味では、次の2つのタイプが適用できる。

(1) タイプ I

これは、独立変数の負の方向には下限がないが、確率密度関数の値は、指数関数的に減少している場合であり、その漸近近似累積分布関数は次式で表される。

$$F_m(m) = \exp(-e^{-\alpha(m-u)}) \quad (4)$$

(2) タイプ I I I

これは、独立変数の負の方向に下限があり、累積分布関数の値は、べき関数的に減少している場合であり、その漸近近似累積分布関数は次式で表される。

$$F_m(m) = \exp \left[- \left(\frac{w-m}{w-u} \right)^k \right] \quad (5)$$

なお、これらの漸近近似累積分布関数のパラメータ α 、 u 、 w 、 k などは、元の確率変数の累積分布関数あるいは確率密度関数の正または負の

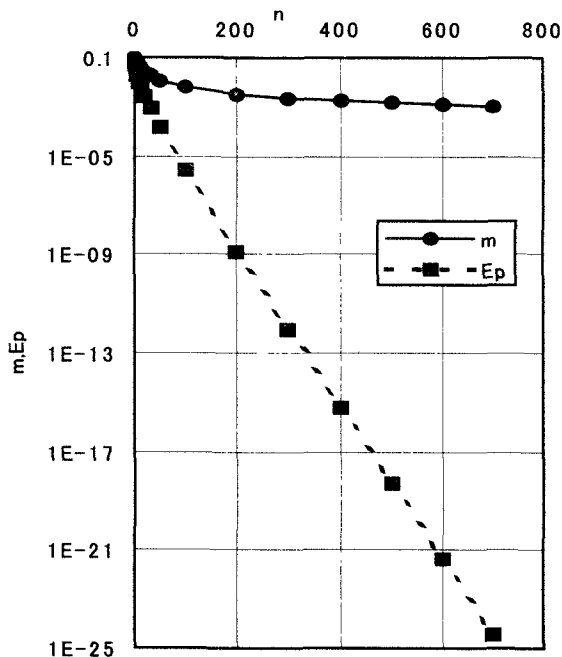


図-1 入札者数 n による落札価格の変化

方向における振舞いによってのみ決まる。したがって、元の確率密度関数などのパラメータとの直接的な関係は、解析的には得られない。このパラメータは、極値の観測値から求めることになり、落札価格の統計が十分に得られていない現在では、具体的に、これを適用するのは困難である。今後、落札価格などに関する統計が整備されて来た段階で、解析する必要がある。

3. 各対象の解析

3-1 同一の分布を持つ場合

入札参加者が、すべて同一のマークアップ率の確率密度関数を持ち、それが、平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布であるとする。すると、上述の(3)式は、次のように簡単化できる。

$$\max. Ep = m \cdot c \cdot (1 - F(m))^n \quad (6)$$

$$\text{ここで、} F(m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^m e^{-\frac{(m-\mu)^2}{2\sigma^2}} dm$$

この(6)式で表される利益の期待値を最大化する m の値を求めればよい。 $\mu = 0.15$ 、 $\sigma = 0.10$ 、 $n = 4$ を標準として、その内の1つの変数がある範囲動かしたときの m の値は、図-1、2、3のとおりである。

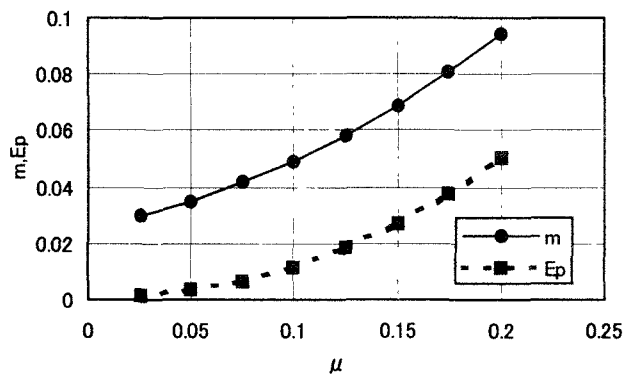


図-2 平均マークアップ率 μ による落札価格の変化

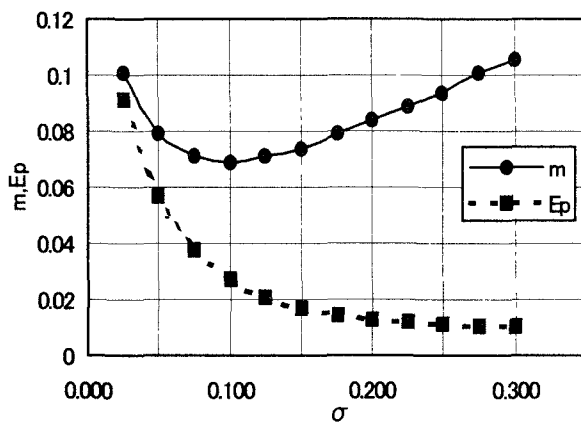


図-3 マークアップ率の標準偏差 σ による落札価格の変化

図-1によれば、入札者数が増加した場合には、落札価格は減少する。その減少の仕方は、べき乗であり近似式は次のようになる。

$$m = 0.2393 \cdot n^{-0.8135} \quad (7)$$

これは、0に漸近する。すなわち、入札者数が無限大になれば、落札者のマークアップ率は0になることが期待される。ここで、各入札者のマークアップ率の確率密度関数が正規分布で m については負の値をとることもあるにも拘らず、0に漸近して、負にはならないことに注意する必要がある。このとき、マークアップ率が0に漸近するとき、期待利益の値は、指数関数的に急激に減少することは、注目に値する。

なお、定義により落札価格は、積算建設費用 $*(1+m)$ で表され、マークアップ率が低下すれば、落札価格が低下することになり、発注者にとっては、社会基盤施設整備のためのコストの削減にあたると考えられる。このとき、期待利益 Ep も低

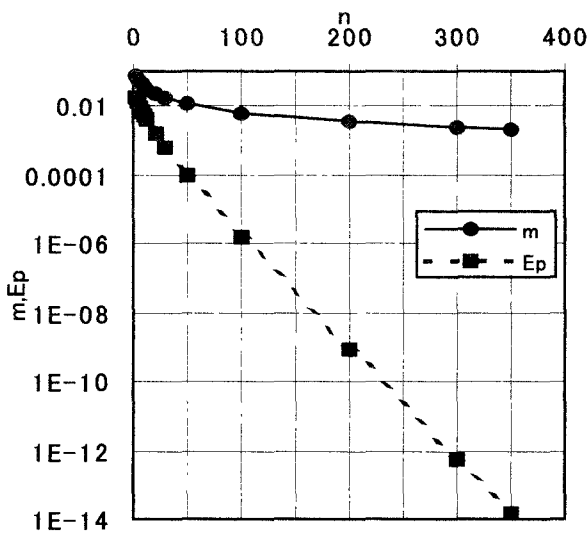


図-4 入札者数 n による落札価格の変化

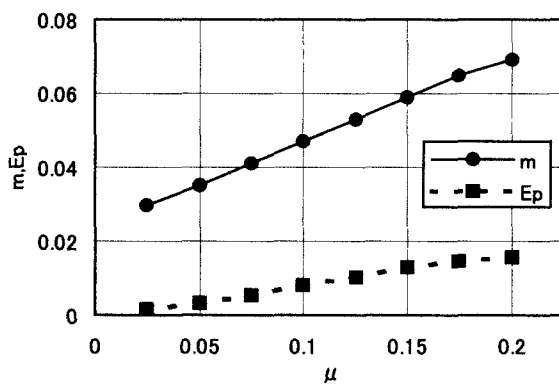


図-5 平均マークアップ率 μ による落札価格の変化

下するが、これは、受注者にとって利益率が減少することを意味している。

図-2によれば、各入札者のマークアップ率の確率密度関数の平均値が変化した場合については、元の平均値が大きくなるほど、当然のことながら入札価格も大きくなる。計算した範囲では、ほぼ2乗関数で近似できるが、これは、各入札者のマークアップ率の確率密度関数の平均値が大きくなると、比例的に大きくなるよりも早く大きくなることを示している。このことは、発注された工事が、技術的、経済的にリスクを大きく含んでおり、入札者がマークアップ率を大きめに取ろうとすれば、落札価格は線形よりも急に大きくなることを

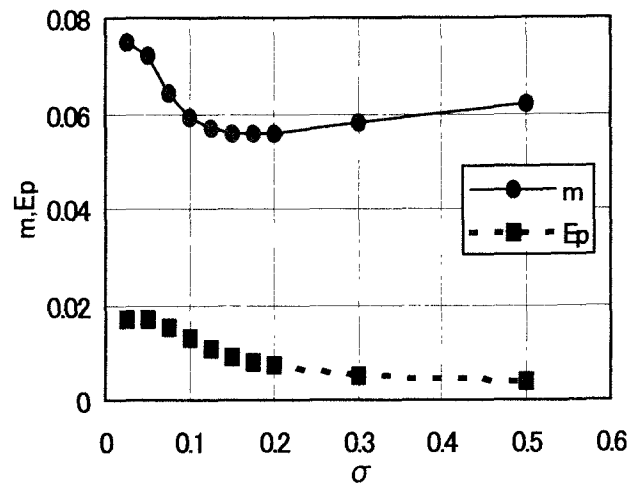


図-6 マークアップ率の標準偏差 σ による落札価格の変化

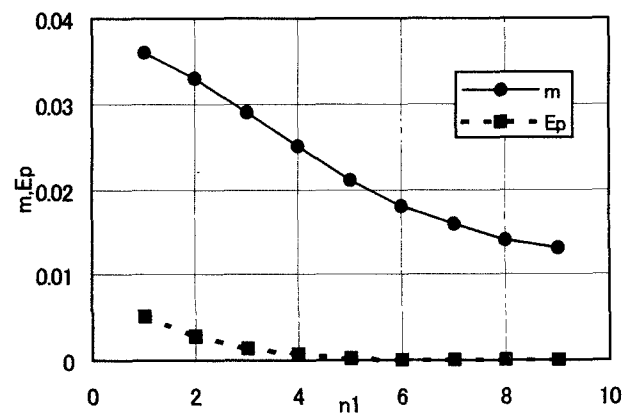


図-7 異グループ人数 $n1$ による落札価格の変化

暗示している。

図-3によれば、各入札者のマークアップ率の確率密度関数の標準偏差が変化した場合については、元の標準偏差が大きくなるほど、落札価格は一度減少してから、この場合には、 $\sigma=0.1$ 程度以降増加するようになる。このとき、期待利益 Ep は単調に減少しているようである。この理由は、標準偏差 σ が大きくなったときには、マークアップ率の平均値 m が小さくないところでの確率が小さくなるので、 m がある程度大きくなっても落札できるようになるからである。

3-2 異なった分布を持つグループが存在する場合

前節では、入札者全員が同一のマークアップ率の確率密度関数を持つ場合を扱ったが、本節では、その中に異なった確率密度関数を持つグループが存在する場合を扱う。本来であれば、各入札者に異なった確率密度関数を与えるのがよいが、複雑になるだけなので、ここでは、従来と同様に行動する標準グループと安値による落札を指向する従来とは異なった行動をする2つのグループが存在すると仮定する。以下、それぞれ標準グループ、異グループと呼ぶ。

入札者全体のマークアップ率の平均、標準偏差は前節と同様の記号を使用し、異グループについては、それぞれ1というサフィックスをつけて表す。また、その人数を n_1 とする。標準グループのマークアップ率の平均は異グループの平均から全体の値に一致するように計算する。標準偏差については両グループとも等しいとする。すると、入札価格の期待値は次式で表現することができる。

$$\max. \quad Ep = m \cdot c \cdot (1 - F_1(m))^{(n-n_1)} \cdot (1 - F_2(m))^{n_1} \quad (8)$$

ここで、 $F_i(m)$ は関数形は式(6)の注と同じで、平均と標準偏差がそれぞれ標準グループと異グループの値にしたものである。

$\mu = 0.15$, $\sigma = 0.10$, $n = 4$, $\mu_1 = 0.0$, $\sigma_1 = 0.10$, $n_1 = 1$ を標準として、その内の1つの変数がある範囲動かしたときの m の値は、**図-4, 5, 6, 7**のとおりである。

図-4, 5, 6によれば、その傾向は、概ね、前節の全員が同じ確率密度関数を持っている場合と同様である。入札参加者数が変化した場合の**図-4**を見ると、人数が少ないときには、異グループの影響が大きいために、落札マークアップ率はそうでない場合よりも小さくなるが、人数が増えれば、ほぼ同様の値になってくる。

図-5によれば、マークアップ率の平均、 μ 、が変化した場合には、異グループが入ったときのマークアップ率の値は、そうでない場合よりも小さくなっている。平均値については、異グループも

含めた全体の平均を表していることを考慮すると、異グループが混ざることは、落札マークアップ率を下げる効果があることが示唆される。

図-6によれば、マークアップ率の標準偏差、 σ 、が変化した場合も、マークアップ率の平均値、 μ 、が変化した場合と同様のことが認められる。ただし、この図の計算では、標準偏差 σ_1 は 0.1 に固定しており、全体の標準偏差に一致させてはいない。

図-7は、異グループの人数 n_1 が変化した場合を示しているが、この計算では全体の入札参加者人数は、10 にしてある。この場合にも、平均値は全体での値を示しているにもかかわらず、異グループが混じった場合には、落札マークアップ率は低下することを示している。

4. 結論と今後の課題

建設CALS/ECが導入された場合を想定して、入札者数が増加した場合の、落札価格への影響をモデル化して、解析した。その結果、次のことが分かった。

(1) 入札参加者数の増加により、落札価格はべき関数で減少し、期待利益はそれ以上に急激に単調に減少する。

(2) 入札参加者に、異グループが混じった場合には、落札価格は低下する。

今後の課題としては、入札価格、落札価格に関する統計が明らかになった時点で、個別の入札者のマークアップ率の確率密度関数を適用し精度を高めること、入札者数が無限大の場合を解析することなどがあげられる。

5. おわりに

建設CALS/ECの導入は、間近であり、その影響を色々な面から解析し、発注者、受注者とも対策を立てておく必要がある。本研究がその一助になれば幸いである。

なお、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金基盤研究A（課題番号10305038）を受けて行ったものです

【参考文献】

- 1) 高度情報通信社会推進本部決定 "バーチャル
エージェンシーの検討結果を踏まえた今後の
取り組みについて" 1999年12月28日
- 2) 島崎敏一, "建設 CALS/EC のニューパラダイム
-97 年の軌跡と 98 年の展望", 橋梁, 1998 年 1
月, Vol.34, No.1, pp.43-45.
- 3) 建設省, 建設 CALS/EC 整備基本構想, 1996 年
4 月.
- 4) 建設マネジメント委員会マネジメント技術小
委員会, 建設 CALS 概念分科会研究報告書,
土木学会, 平成 9 年 5 月.
- 5) 日本土木工業協会公共工事委員会 CALS 検討
ワーキンググループ, 建設 CALS 入門, 日経
BP 社, 1998 年 6 月.
- 6) 島崎敏一, "CALS/EC による連絡所要時間短縮
効果", 建設マネジメント研究論文集, 土木学
会, Vol.6, pp.11-18, 1998.12.09-10
- 7) 島崎敏一, "マネジメントの見地からみたフラ
ットな組織とピラミッド型組織の情報伝達に
関する定量的比較", 建設マネジメント研究
論文集, 土木学会, Vol.7, pp.141-148,
1999.12.09-10
- 8) Richard Louis Wade and Robert B. Harris,
"LOMARK: A Bidding Strategy", Journal of
the Construction Division of ASCE, vol.102,
no.CO1, March 1976, pp.197-211.
- 9) Marvin Gate, "Gates' Bidding Model - A
Monte Carlo Experiment", Journal of the
Construction Division of ASCE, vol.102,
no.CO4, December 1976, pp.669-680.
- 10) Michael Fuerst, "Bidding Models: Truths
and Comments", Journal of the
Construction Division of ASCE, vol.102,
no.CO1, March 1976, pp.169-177.
- 11) Richard De Neufville, Elias Nicholas Hani,
and Yves Lesage, "Bidding Models: Effects
of Bidders' Risk Aversion", Journal of the
Construction Division of ASCE, vol.103,
no.CO1, March 1977, pp.57-70.
- 12) Jack R. Benjamin and Allin Cornell,
Probability, Statistics, and Decision for
Civil Engineers, McGraw-Hill Book
Company, New York, NY, 1970.
- 13) Michael Fuerst, "Theory for Competitive
Bidding", Journal of the Construction
Division of ASCE, vol.103, no.CO1, March
1977, pp.139-153.
- 14) E.J.Gumbel, "Statistics of Extremes,"
Columbia University Press, New York,
1958

Quantitative Analysis of Influence of Construction CALS/EC Introduction to Bid Price

By Toshikazu SHIMAZAKI

In Japan, it is the most urgent and important issues to keep the clarity of the construction works contract and the reduction of the construction cost. In order to achieve this aims, Ministry of Construction, Japanese Government decided and announced to execute the public works using Construction CALS/EC system by 2004. By introduction of CALS/EC system, it is expected that the bid price will be reduced to some extent. This may be a problem for the contractors in some sense. There are, however, no quantitative analysis on the influence of the introduction of the system to bid price. The paper intend to analyze the bid price reduction effect quantitatively.