

建築コストをめぐる話題（3）

詳細積算の意味を積算精度から考える

工学院大学工学部建築学科
教授 博士（工学）
遠藤和義

1 はじめに

私は勤務先の大学で過去16年間、「建築経済」の講義を担当してきた。講義内容は私自身も学んだ多くの先輩方の知見の蓄積によっている。

本連載の私の担当する回では、私が講義で扱っているコストに関連するトピックを紹介し、その今日的な解釈や新たな手法の適用可能性などについて述べたい。

2 積算の精度をいかに考えるか

今回扱うトピックは、「詳細積算の意味」という課題を「積算精度」という観点から考えるものである。このトピックは、私の講義でも参考書指定している岩下秀男先生の著書で、1983年発行のロングセラー『建築経済』¹⁾にオリジナルがある。

積算精度は、発注者からすればプロジェクトの実現可能性やその経営、受注者では入札や合い見積における競争力や結果の利益、さらには積算という業務の意味や価値に関わる重要な要素である。

まず、『建築経済』からそのあらましを以下に引く。

「積算を字義どおり読めば、積み上げ計算ということである。ここで積み上げとは、全体の量をこれを構成する部分量の累積であらわそうという

意図である。つまり総量を部分量の総和とみる。』¹⁾

そして、総量一本で算出するよりも部分に割って算出し、その算術和を求めた方が容易かつ精度が高いという判断がある、とある。

その判断の根拠は、問題をごく単純化し、総コストの誤差 α と、 n 個に等分した部分コストの誤差 β （全ての部分コストの誤差は同一）の関係を示す(1)式¹⁾で表される。

$$\alpha = \frac{\beta}{\sqrt{n}} \dots \dots (1)$$

ここで、誤差とは、事前の積算結果と精算後の実際コストの差と考えてよいだろう。これには、積算時点とコスト発生時期のタイムラグ、積算での仮定と現場の差異、設計図書確定度等、様々に考えられる。

(1)式に従えば、総コストの誤差は、分割数 n の平方根に反比例して小さくなる。「正確な積算を行うには、できるだけ細かく区分するのがよいという常識的理解を裏付けたことになる」¹⁾とある。

これを実務に引き寄せて考えると、誤差を抑制するために必要なことは、適切に工事を分割して、その各部分に関する詳細な情報にもとづいて積算することとなる。例えば、ある工種のコストは、ゼネコンの積算よりも、担当するサブコンの積算の方が一般的に詳細で精度も高いはずである。

(1)式で分割数が1 ($n = 1$)、すなわち総量一本の場合（これを α_1 と表す）では、 $\alpha_1 = \beta$ となる。 $n = 10$ とすれば、 $\alpha_{10} = 1/\sqrt{10} \times \beta$ 、平方根をひら

くと、 $\alpha_{10} \doteq 0.3162 \times \beta$ となる。同様に $n=20$ では、 $\alpha_{20} \doteq 0.2236 \times \beta$ と、分割数増は相対的に誤差を小さくすることがわかる。

ここで、 $n=1$ とは、総割りの坪単価を意味し、 $n=10$ は、部分別内訳書式の「大科目」程度、 $n=20$ は、工種別内訳書式の「科目」程度の分割数に相当する。

『建築経済』では、この単純化した(1)式の前に、より実際に近い一般解（部分コストの大きさとその誤差が個々に違う場合）も示されている。さらに、細分化による精度向上の限界となる要因や、最適な細分化程度の存在する可能性についても触れている。興味を持たれた方は、原典である『建築経済』にぜひあたっていただきたい。

3 シミュレーションで理解を助ける

確率・統計を学んだ読者であれば、上記のトピックの理解は容易なはずで、暗黙に仮定されている部分コスト間の誤差の独立性などにもお気づきであろう。

私の建築経済の講義は、4年次の前期に配当されている。そのため受講者の多くは、自分の専門分野をすでに決め、興味の温度差も大きい。さらに高校、大学での理数系科目の履修履歴も異なるなど、知識のバックグラウンドは千差万別である。そのため、このトピックの理解を助けるべく簡単なシミュレーションを講義中に実行し、そのなかで積算やコスト管理などの分野の奥行きも感じられるよう心がけている。

4 Crystal Ball を用いたモンテカルロシミュレーション

Crystal Ball (CB) は、米国 ORACLE 社が開発元で、日本では㈱構造計画研究所が販売するモ

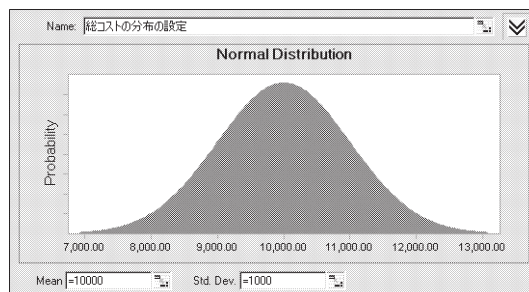


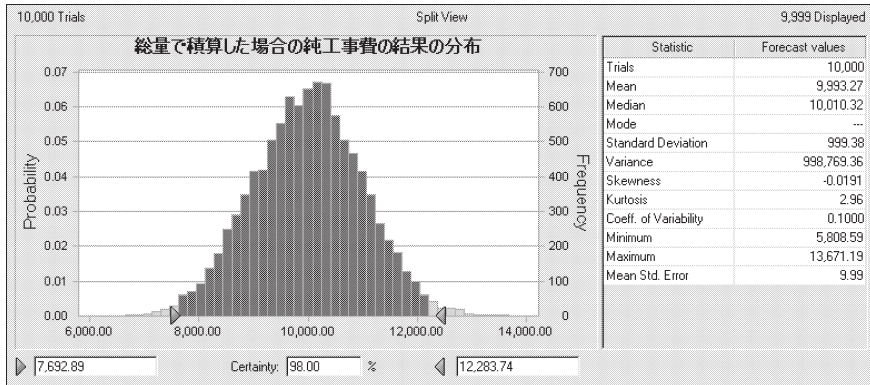
図1 総コストの分布の設定

ンテカルロ法を用いたシミュレーションソフトウェアである。マイクロソフト社の Excel に組み込んで使用し、難解な確率論の理解がなくとも、ユーザーフレンドリーに様々な確率事象やリスクをビジュアル化できる。

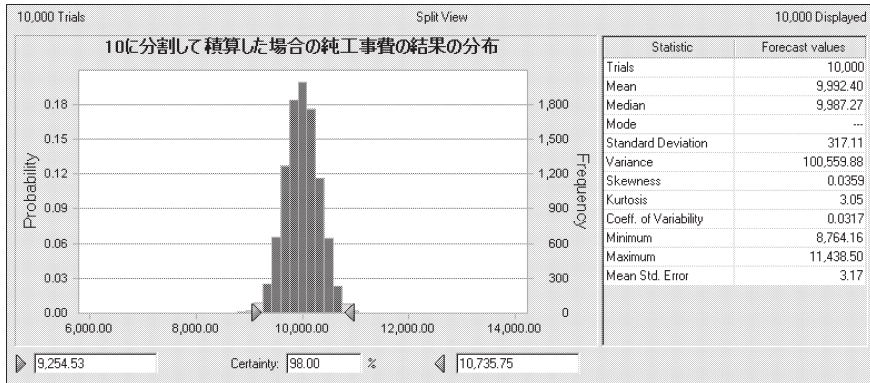
モンテカルロ法とは、カジノで有名なモナコ公国の一地区「モンテカルロ」にちなんで命名されたもので、モデル化した事象に対して、乱数を用いたランダム実験を多数繰り返し、解や法則を近似的に求める方法である。

まず(1)式が示す、分割数を増やすと誤差が相対的に減る、という事象をこれにより確認する。

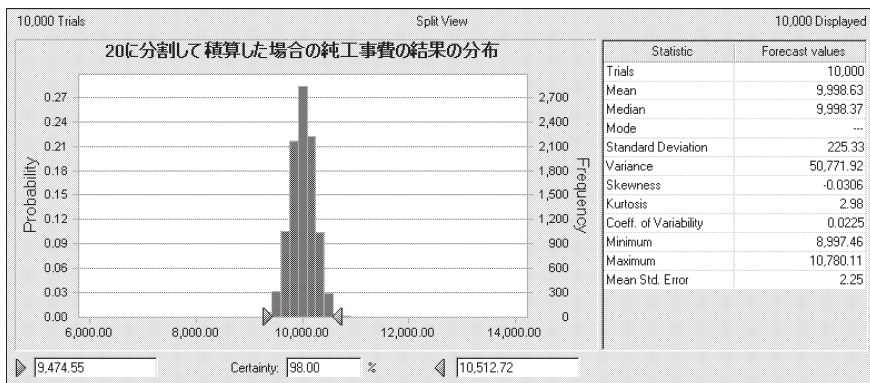
図1は、CBの仮定の定義ダイアログに、総量一本で積算した場合の総コストの分布を設定したものである。正規分布を選択し、パラメーターである平均値（図中 Mean）には総コストの10,000、標準偏差 (Std. Dev.) には総コストの10%、1,000を入力した。この10%の標準偏差は、(1)式にある誤差 β に相当するものである。正規分布の性質から、平均 \pm 10%（1標準偏差）の範囲に結果の68.26%が含まれる誤差ということになる。同様に分割した場合も、分割数に対応した数値、 $n=10$ ならば平均値1,000、標準偏差100の正規分布と設定した。もちろんCBでは、分布形状をメニューから選択可能で、カスタマイズもできる。



(a) 分割数1の場合



(b) 分割数10の場合



(c) 分割数20の場合

図2 分割数nを増やした場合の結果の分布

図2は、CBが出力する予測グラフで、(a)~(c)は、分割数nを1, 10, 20と変え、各々1万回試行して得られた総コストの分布を示している。グラフのスケールを揃えたので、相対的な誤差の変化がビジュアルに理解できる。図中右側の統計値にある平均標準誤差 (Mean Std. Error) が、(1)式に誤差10%を代入して得られる α_1 , α_{10} , α_{20} とほぼ一致しているのが確認できる。

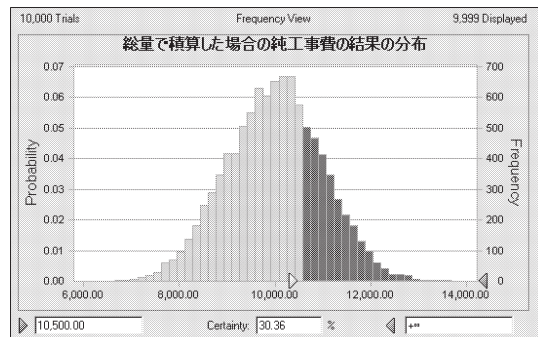
また数式からではわからない、結果の最大値 (Maximum), 最小値 (Minimum) も予測できる。これは、独立に挙動する分割されたコストの1万通りの組み合わせの中で、プラス側、マイナス側へ偏ったときに生じる。総量で積算した場合、最大値13,671がまさに「万が一」の確率で出現する。サブプライムローン問題、リーマンショック以降の厳しい経済状況は、「100年に1度」と言われているが、このトピックでそれに当たるのがグラフの分布両端にある「▶ ◀」マークで読み取れる数値である。この数値は、「▶ ◀」マークに挟まれた範囲に結果全体の98%を含む、すなわち信頼度98%の信頼区間の上限下限値を示す。平均より大きい片側についてみれば、12,283以上となるケースが確率1% (100回に1回) で発生することになる。

5 リスクプレミアムとしての 詳細積算

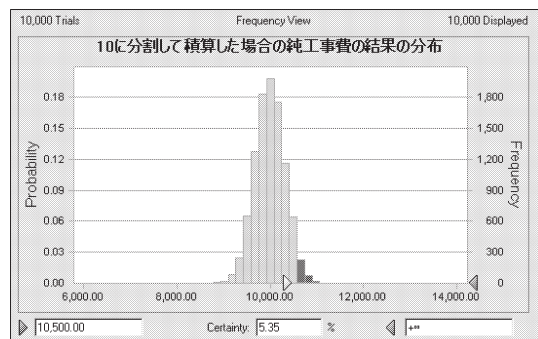
このシミュレーション結果を純工事費と考え、これに固定で5%, 500の現場経費と15%, 1,500の一般管理費等配賦額 (利益含む) を加えて12,000で請負契約を結んだとする。純工事費がシミュレーション結果のように分布し、純工事費、現場経費、一般管理費等配賦額の優先順序で支出する場合、n = 1では30.36%の確率で一般管理費等配賦額に欠損が及ぶことになる。これを n =

10で求めると5.35%, n = 20では1.15%へと低下する。これが示すように、積算という仕事は、工事経営のリスクを低下させる意味を持っているのである。

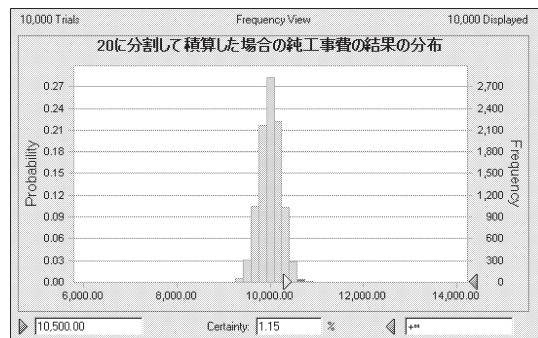
なお、これらの数値は、図3(a)~(c)で、信頼区



(a) 分割数1の場合



(b) 分割数10の場合



(c) 分割数20の場合

図3 信頼区間10,500以上となる信頼度

連載：建築コストをめぐる話題（3）

間10,500～+∞となる信頼度から簡単に求めることができる。

もちろん、分布は平均をはさんで左右対称なので、50%の確率で利益を含む一般管理等配賦額は増加することになる。この場合、より低い総コストは、分割しないで大きく括った（nの小さい）方で発生する。ただし、多くの経営者は、そのようなハイリスク・ハイリターンを選択しない。つまり、「平均すれば同じ結果が得られるにもかかわらず、確実に得られることを望む」のである。これは、多くの人が保険料（リスクプレミアム）を支払って、不慮の災厄による損害を回避していることから自明であろう。詳細積算の意味は、コストの誤差に対するリスクプレミアムと考えることもできる。

6 実際の誤差の発生メカニズムを考慮する

すでに触れたが、ここまで、分割された個々のコストが互いに独立した誤差を持っていることを前提として進めてきた。

独立に挙動する部分を組み合わせることによって、全体の標準偏差（金融工学ではボラティリティと呼ぶ）を抑制する考え方は、金融工学におけ

る無相関の資産を組み合わせると、全体のリスクを抑制する分散投資の理論（ポートフォリオ理論）の考え方に通じる。

実際の建築工事において、このような知見にもとづいてリスクを抑制するベヘイビアは可能であろうか。例えば、ゼネコンが各工種の取引先を分散させて価格のサーチに努める、主要資材の価格変動を先物やオプション（定めた期日に、定めた条件の売買を行う権利）の購入などによって抑えることなどが挙げられよう。

しかしながら、こうした挙動の独立性という前提は、現実の工種別工事費の時系列推移などと整合しない部分もある。例えば、2003～2004年の鋼材価格上昇は、原材料である鉄スクラップの価格上昇が原因にあり、鉄骨と鉄筋両方の工事費を同時期に上昇させた。また昨年は、鋼材類と燃料油を対象とした単品スライド条項が同時に発動されている。このように、分割した工種別工事間の挙動に相関が存在する場合、結果の分布にどのような影響が及ぶのであろうか。

図4は、この状況を単純化したシミュレーションの結果である。ここでは、総コストが、完全に相関する3つの部分コストと独立に挙動する7つの部分コストの組み合わせで構成されると設定し

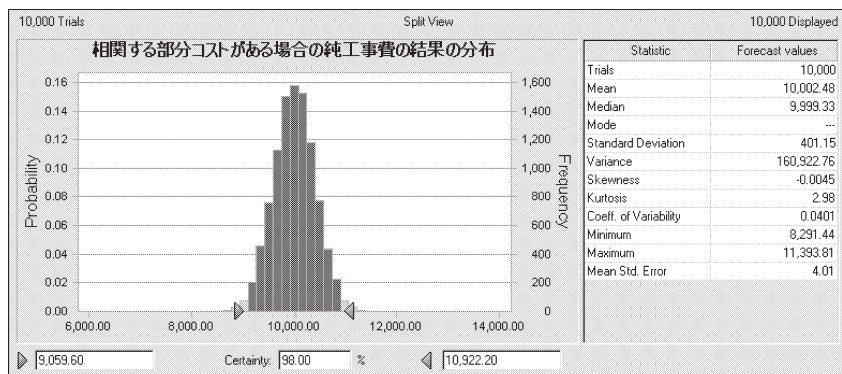


図4 相関する部分コストがある場合の純工事費の結果の分布

た。n=10の図2(b)と比較すれば、分布の裾野が広がっていることがわかる。現実の工事費は、こうしたメカニズムによって誤差が増幅される可能性のあることも理解しておくべきであろう。

7 総割り単価か詳細積算か

シミュレーション結果は、詳細積算が括りの大きい総割り単価に精度で勝ることを示している。詳細積算は、建設する建物の詳細な設計情報にもとづき積算するため、当然、時間、手間、費用を投入する必要がある、それが詳細化程度の制約条件となる。

その一方で、大工棟梁にインタビューすれば、「施主との取り決めは総割りの坪単価で十分。契約書に添付する内訳書は施主向けに形式をととのえたもので、実際のコスト構成とは別」という意見もよく聞く。

また、公共工事の予定価格算出に用いられる建築工事市場単価も取引事例にもとづいた工種別の総割り単価で、従来の積み上げ単価を代替するものとして位置づけられている。建築工事市場単価の導入は、詳細積算の手間を省くためのみならず、積算精度を高めるという目的も持っていた。

大工棟梁は実際コストの挙動を経験的に熟知し、その坪単価の範囲内でのコスト管理を可能にしている。また坪単価に発注者からみれば不透明な調整しろを含むことも、これを成立させるための必要条件であろう。

建築工事市場単価は、詳細積算の成り立ちとは異なり、実際の取引データを統計的に処理して定められ、市場の裏付けという強みを持つ。

上記2つの例は、「積み上げ」よりも「割り付け」、言い換えると「積算」よりも「コスト管理」オリエンテッドな考え方、実際にもとづいていると整理することもできる。

私は、この「詳細積算の意味」というトピックについて、シミュレーションで示した原理を前提とし、コストの透明性追求、コストダウン、生産システム維持のためのフルコスト主義（工事に必要な全ての資源への再配分を、全て費用化して価格を決定すること）³⁾など経済社会の状況や要請によって、今後も問い続ける必要を受講者に伝えたいと考えている。

¹⁾ 岩下秀男 建築設計講座「建築経済」理工図書 1983

²⁾ 野口悠紀雄 「金融工学、こんなに面白い」文春新書 2000

³⁾ 日経ビジネス 特集「人を切らない経営」2008年3月9日号

〔訂正〕

本誌第66号掲載の古阪准教授「建築コストをめぐる話題〔2〕建築コストと技能労働者の労働三保険」中、下記のとおり、訂正させていただきます。

- ・36P 表1中 雇用保険の労働者負担「7/1000」を「5/1000」に、雇用保険の事業主負担「11/1000」を「9/1000」に、労災保険の事業主負担「15/1000」を「13/1000」に訂正。
〔平成21年4月1日、雇用保険及び労災保険の保険料率改正による。〕
- ・37P 右段9行目 「技能労働者が労働三保険を掛けていない」を「技能労働者に労働三保険が掛けられていない」に、
- ・38P 右段18行目 「労働三保険を掛けていない技能労働者」を「労働三保険が掛けられていない技能労働者」に訂正。
〔事業主が適正な保険加入手続きをしていないという意味で。〕