


見積り精度の信頼度を考慮した プロジェクトコスト目標の設定手法

2021年11月12日

神奈川大学 石井 信明

背景

- 設備投資プロジェクトの成否は、QCD目標の達成度で判断
- プロジェクトを成功には、QCD目標の適切な設定が必要
 - ✓ 達成困難な目標の設定：少ないリソースによる無理なプロジェクト遂行により、プロジェクトを失敗に追い込む
 - ✓ 低い目標の設定：生産性の低下が生じる可能性があり、他に利用できるリソースの無駄が発生



QCDの中のC (コスト)について、見積り精度と信頼度を考慮したコスト目標の設定手法を提案

背景

設備投資プロジェクトにおけるコスト見積り手法

- ✓ パラメトリック見積り
- ✓ 類推見積り
- ✓ ボトムアップ見積り、など多数

- プロジェクトのフェーズ、見積り目的に応じて適切な見積り手法を採用
- 多くの場合、見積りは一つの値として算出
- 見積りからのコスト上昇はリスクとして捉えられ、**経験的に推定したリスクへの備え**を見積り額に加えて、**コスト目標（コストベースライン）とプロジェクト予算**を設定

見積りには誤差が伴い、かつ、経験による決定が多く、**定量的な根拠に欠ける**

背景

Tuner, J. R. の考え

- 見積り額に対し実績額は、下側より上側への変動幅が大きい
 - コストの期待値と見積り額は一致しない
 - 実際コストが見積りの最可能値（見積り額）以下となる確率は50%未満
- 見積り精度を考慮し、コストの確率分布から期待値をコスト目標とする
- 経営として受容するコスト超過分を加えてプロジェクト予算とする
 - 確率分布の求め方が課題

背景

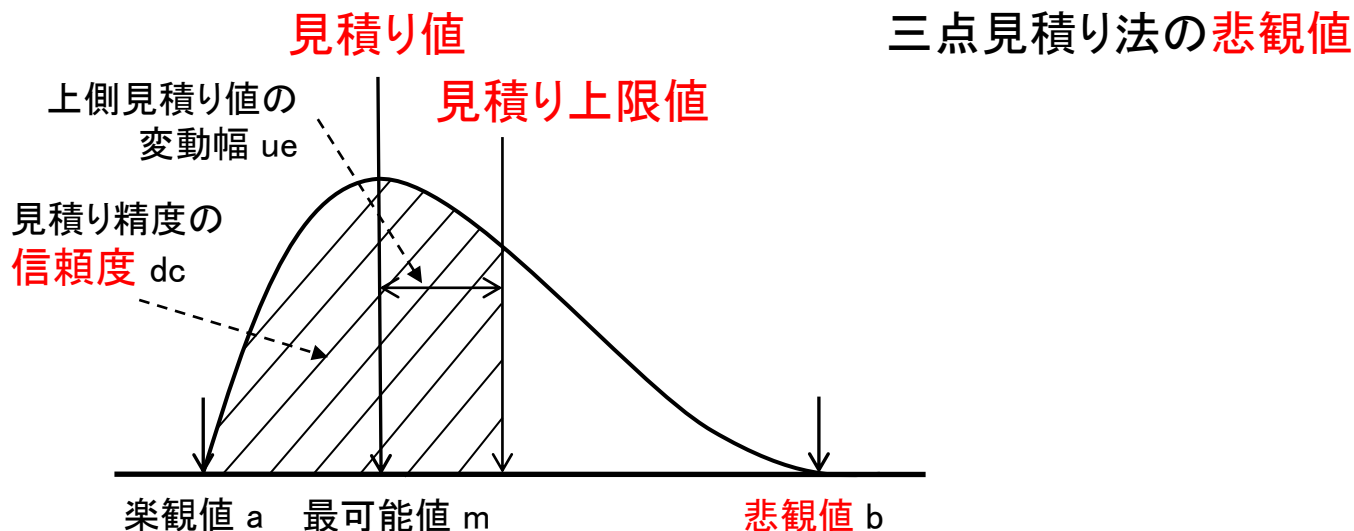
- 見積り値を点ではなく確率分布でとらえる方法
 - ➔ 多点見積り法の一つで、PERTが採用した三点見積り法
 - ➔ プロジェクトマネジメント資格PMP (Project Management Professional)の標準テキスト(PMBOK)では、コスト見積り手法の一つとして紹介
 - ➔ 実務において三点見積り法を見積りおよびコスト目標の設定に適用するケースは限定的
- 三点見積り法の課題
 - ✓ 楽観値、悲観値、最可能値を決めると確率分布の形状が決まり、見積りの確からしさに合わせた適切な分布とはならない
 - ✓ 分散の算出が厳密ではない

目的

QCDの中のC (コスト)について、見積りの精度と信頼度を考慮したコスト目標の設定手法を提案

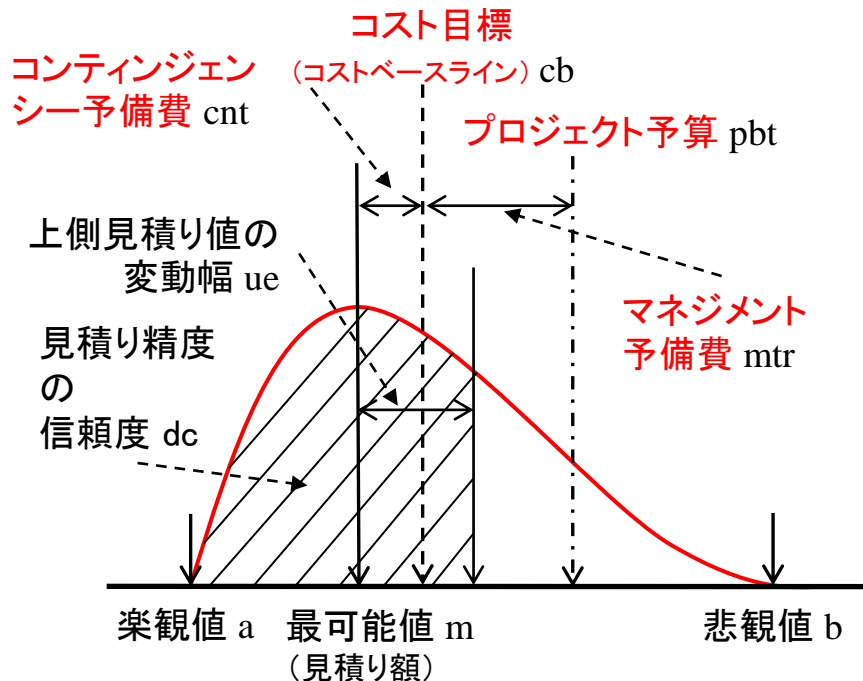
見積り値 + 見積り精度により求まる上側変動幅

$$\text{信頼度} = \frac{\text{見積り上限値}}{\text{見積りに含まない未知のコストを含めた全体コスト}}$$



方法

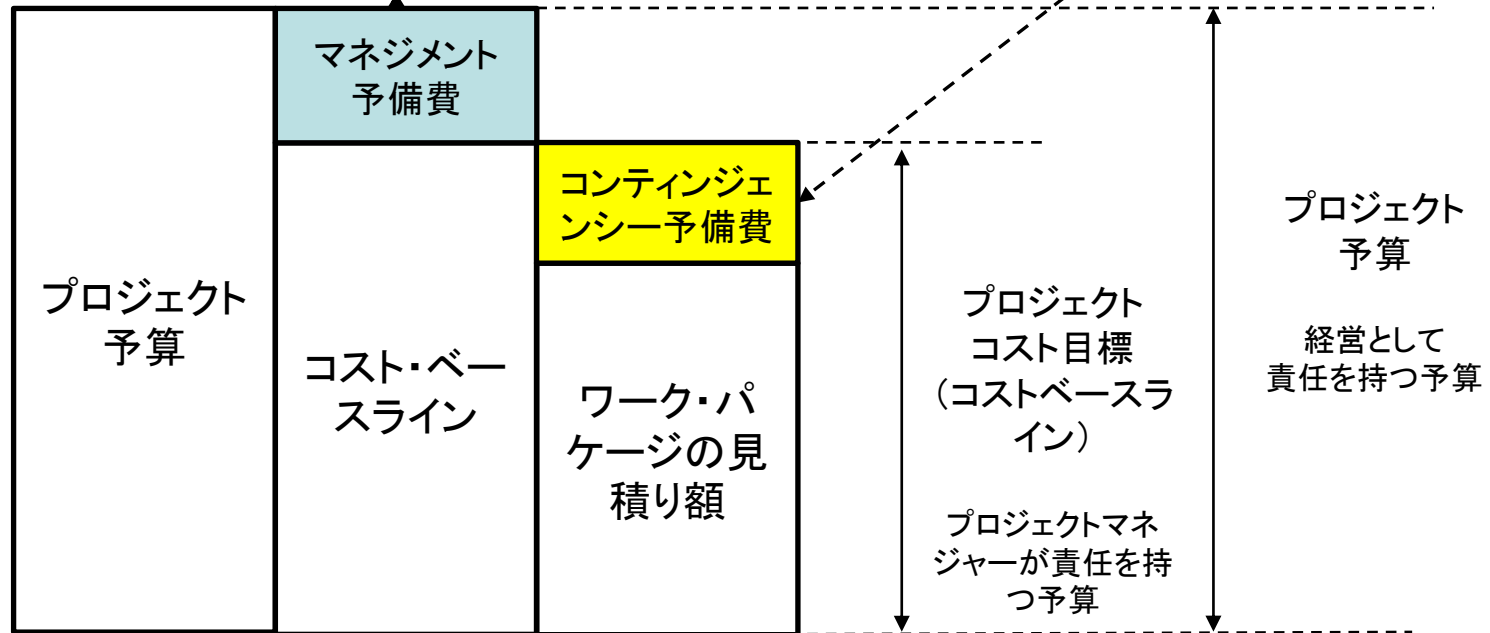
- 見積り値を確率分布として捉える三点見積り法を拡張
- 見積り精度の信頼度を基に、見積り値の確率分布を設定
- 設定した分布を基に、コンティンジェンシー予備費を含めたコスト目標、およびマネジメント予備費を加えたプロジェクト予算を設定



見積りと各種コスト・予算

経営の判断で使用

プロジェクトマネジャーの判断で使用



研究の意義

- 簡便な方法により、実務においても、投資プロジェクトのコストを1点ではなく確率分布として捉えることができる
- ステークホルダーとの合意を得ながら定量的にコスト目標を設定することができる



投資プロジェクトの成功に貢献できる

従来研究(1)

- コスト見積りの精度を考慮した管理手法の研究全般
→ これまでのところ、入札価格の決定問題が中心
- 見積り精度の分布について
 - Bertisen and Davis(2008)は、プロジェクト実績から、コスト分布が最可能値に対して左右対象ではなく、コスト上昇方向への変動幅が大きくなることを示す
 - 神崎(2005)らは、実績データの分布から、見積りの分布が正規分布ではなく、**ベータ分布**あるいは**対数正規分布**にあてはまることを報告

従来研究(2)

- ベータ分布による見積り
 - 倉重ら(2014)は、三点見積りをプロジェクト予算の設定に利用する方法を提案
 - ベータ分布を仮定してコスト分布を定め、設定コスト以下になる確率と見積り値の関係から適切な予備費を算出する方法を提案
 - 見積り値の平均値を、PERTと同様に
(悲観値+4×最可能値+楽観値)÷6 で求める
 - ✓ PERTが見積り値の分布として採用しているベータ分布のパラメータである α と β について、PERTの仮定である
 $\alpha + \beta = 6$ に固定
 - ✓ 三点の値を決めると最可能値の確からしさに関わらず、分布の形状は一つに決まり、最可能値の確からしさを反映したコスト分布を適切に表現出来ない。

従来研究(3)

- ベータ分布による見積り (つづき)
- 最可能値の確からしさからベータ分布を設定する方法として、木暮と秋庭 (1974)は、推定者が持つ確信の度合いからベータ分布の分散を設定する方法を提案
 - ➔ 一様分布を4等分したうえで確信の度合いに応じて分散を設定する方法
 - ➔ 分布の形状は4つの中から選ぶ
 - ✓ コスト分布を定量的に検討することには限界



提案手法の概要

手法の概要

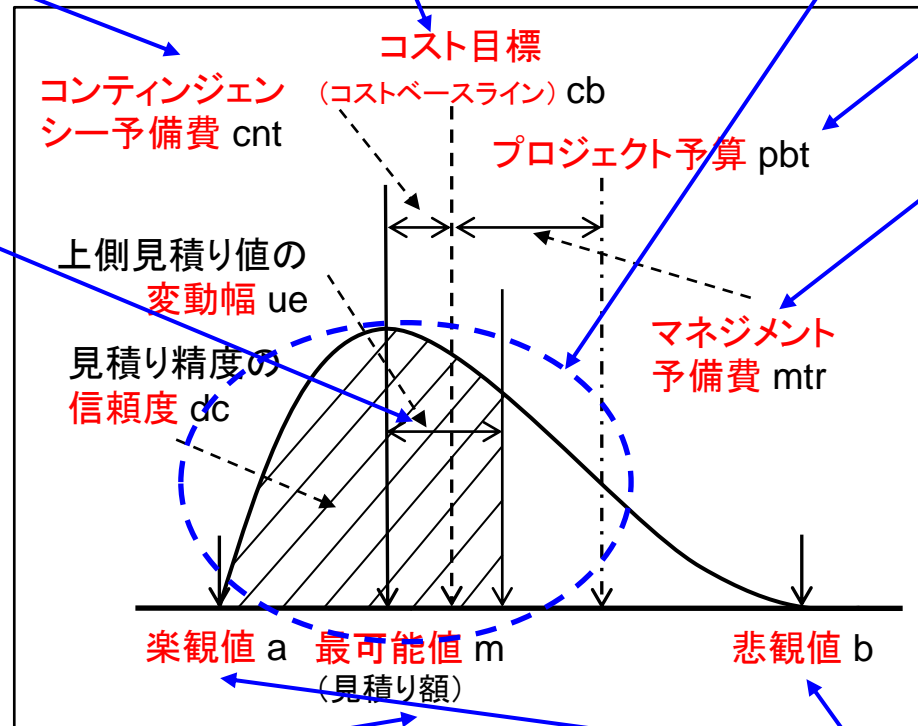
⑤ コスト目標と最可能値との差が、**コンティンジェンシー予備費 cnt**となる。

④ 見積り精度と信頼度を満たす**ベータ分布のパラメータ α, β** 、および、**最可能値係数 c** を算出し、確率分布の平均値をプロジェクトチームが管理する**コスト目標 cb**とする。

⑥ 予算でカバーするコストの累積確率である**コスト受容率 mac**から、経営が組織として受容するプロジェクトスコープ外のリスクに対応するコストを含む**プロジェクト予算 pbt**を求める。

③ 実際コストが $m + ue$ 以下となる確率を、**信頼度 dc** ($0 < dc < 1$)として設定

→見積りで得たコストはプロジェクトに必要な作業に基づく値。その変動は「既知の未知」にあたり、**受容するリスク**としてとらえるコスト。



⑦ プロジェクト予算とコスト目標との差が、**マネジメント予備費 mtr**となる。

② プロジェクトスコープを基に見積もったコストを**最可能値 m** とし、最可能値からの上側へのコスト変動幅を ue とする。

→見積り方法で決まる。

① プロジェクトスコープに基づく見積りでは予測が出来ない「未知の未知を含めたコスト」の幅を、**楽観値 a** と**悲観値 b** とする。

→これらの値は、経営上の判断により決まる。

プロジェクトコスト目標の設定手順

Step 0: コストの楽観値 a 、悲観値 b 、最可能値(見積り値) m 、信頼度 dc 、上側見積り値の変動幅 ue 、コスト受容率 mac ($dc \leq mac$)をそれぞれ設定する。

Step 1: a 、 m 、 b 、 ue を $f(x) = (x-a) / (b-a)$ により正規化し、それぞれ、 0 、 tm 、 1.0 、 tue とする。

Step 2: (1)、(2)、(3)式を満たす正の実数 α 、 β 、 c を、 c を決定変数として求める。

$$\int_0^{tm+tue} \frac{t^{\alpha-1}(1-t)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} dt = dc \quad (1)$$

$$\alpha = c \cdot tm + 1 \quad (2)$$

$$\beta = c \cdot (1 - tm) + 1 \quad (3)$$

ただし、 $0 < tue < 1 - tm$ とする。また、 c は最可能値係数で、 $0 < c$ を満たす実数とする。

Step 3: 正規化したコスト見積り値の平均値 $tave$ を(4)式から求める。

$$tave = (0 + c \cdot tm + 1) / (\alpha + \beta) \quad (4)$$

Step 4: 正規化したプロジェクト予算 $tpbt$ を、(5)式を満たす値として求める。

$$\int_0^{tpbt} \frac{t^{\alpha-1}(1-t)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} dt = mac \quad (5)$$

Step 5: $tave$ 、 $tpbt$ を、 $f(t) = t(b-a) + a$ により、コスト見積り値の期待値 ave 、プロジェクト予算 pbt に変換する。

Step 6: コンティンジェンシー予備費 cnt 、コスト目標 cb 、マネジメント予備費 mtr を、(6)、(7)、(8)式から求める。

$$cnt = \begin{cases} ave - m & \text{if } ave > m \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$cb = m + cnt = ave \quad (7)$$

$$mtr = \begin{cases} pbt - cb & \text{if } pbt > cb \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (8)$$



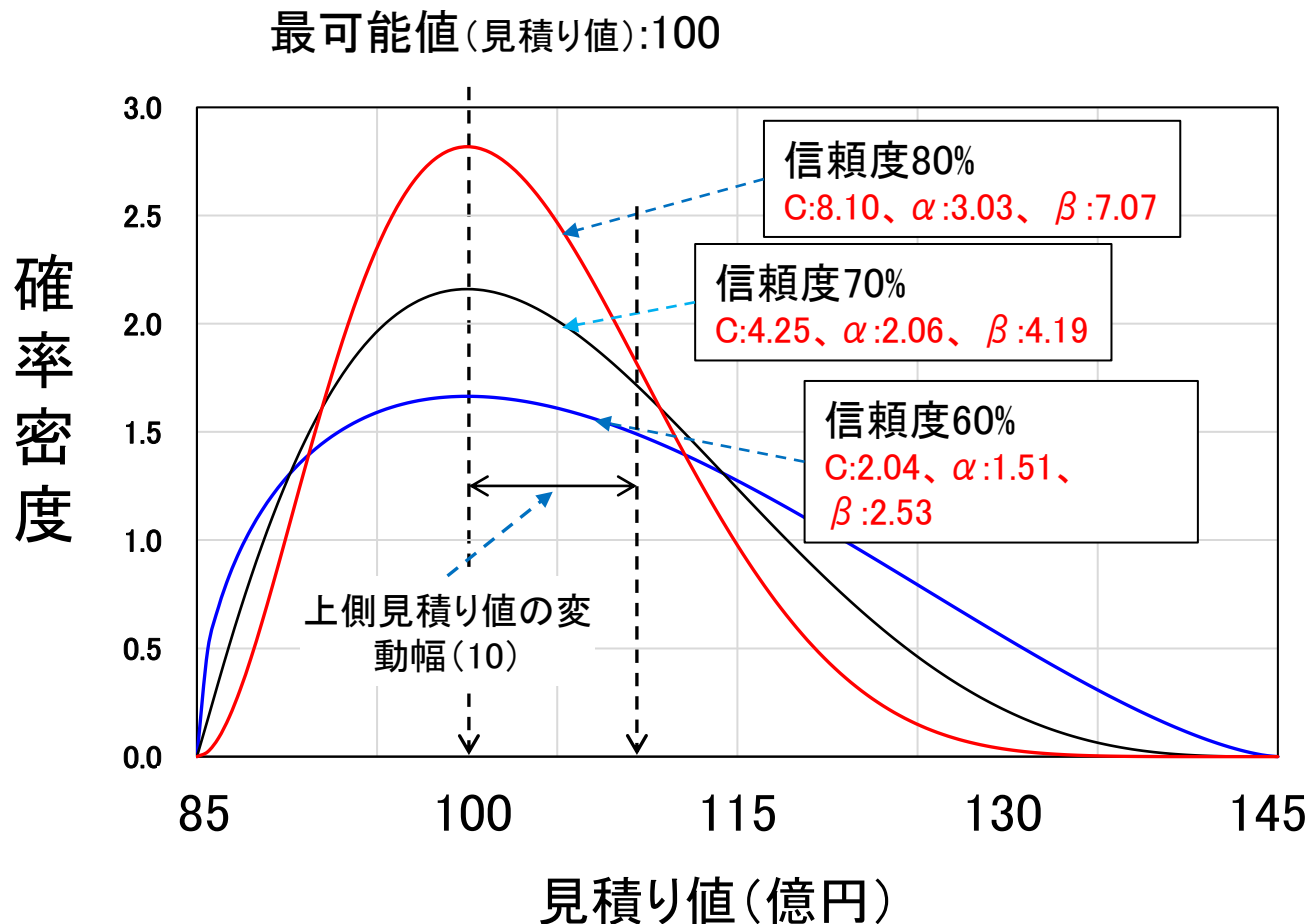
数值計算例

数値計算条件

- コストの幅(億円):
楽観値:85、最可能値(見積り値):100、悲観値:145
- 見積り精度(億円): 上側変動幅:10
- 信頼度(%): 60、70、80の3ケース
- コスト受容率(%): 80、90の2ケース

信頼度と確率密度分布

見積り精度の信頼度により求まる確率分布とパラメータ



計算結果

信頼度とプロジェクト予算(億円)

信頼度(%)		60	70	80
最可能値係数		2.04	4.25	8.10
β分布パラメータ	α	1.51	2.06	3.03
	β	2.53	4.19	7.07
コスト目標		107.4	104.8	103.0
コンティンジェンシー予備費		7.43	4.80	2.97
コスト受容率 80%時	プロジェクト予算	119.4	114.0	110.0
	マネジメント予備費	12.0	9.20	7.0
コスト受容率 90%時	プロジェクト予算	125.9	119.6	114.3
	マネジメント予備費	18.5	14.8	11.3

考察(1)

- 最可能値が同じであっても、見信頼度により、コストの確率密度分布が変化し、**コスト目標、プロジェクト予算が異なる**ことが分かる。
 - ✓ 信頼度80と60(%)では、コスト目標に4.4(億円)、コンティンジェンシー予備費に4.46(億円)の差がある。
 - ✓ 見積り精度の信頼度により、**最可能値が同じでもコスト分布が異なる**ことがわかる。

提案手法は、投資プロジェクトにおいて、PERTの三点見積り法より精度の高いコスト目標の設定が出来る

考察(2)

- 通常の三点見積りでは、見積り精度と信頼度を考えていないため、今回の条件からコスト目標は、
(悲観値+4×最可能値+楽観値)÷6 により、
見積り精度と信頼度によらず105(億円)となる。
→ 最可能値が100(億円)であることから、コンティンジェンシー
予備費は5(億円)となる。
- 提案手法により、信頼度を60、70、80(%)として算出した場合と比べると、通常の三点見積りによるコスト目標との差は、それぞれ、-2.4、0.2、2.0(億円)となる。

見積り精度の信頼度は、設備投資、あるいは入札価格の意思決定に影響を与える額

→ 見積りコストの確率分布を考慮したコスト目標の設定が必要

まとめ

- 見積り精度の信頼度を考慮した、投資プロジェクトにおけるコスト目標の設定手法を提案
- 計算例により、見積りコストの確率分布を考慮したプロジェクトコスト目標設定の必要性を示す
- ベータ分布の確率密度、累積確率は標準的な表計算ソフトの関数になっており、簡単に利用可能
 - ✓ コスト見積りの精度と信頼度によりコスト目標、投資プロジェクト予算を設定する方法
 - ✓ 専門家の判断の支援として、実務において比較的容易に利用可能
- 今後、アプリを開発する予定



ご清聴、ありがとうございました。

本研究はJSPS科研費20K04991の助成を受けたものです。