

三点見積り再考

2024年12月15日

神奈川大学 工学部 経営工学科

石井 信明

n-ishii@jindai.jp




アジェンダ

1. 背景
2. 目的 研究の意義
3. 従来研究
4. 提案手法
5. 数値計算例
6. まとめ

背景

- プロジェクトの成否は、QCD目標の達成度で判断
- プロジェクトの成功には、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
 - ➔ 生産性の低下し、他に利用できるリソースの無駄が発生



QCDの中の D (納期, スケジュール)について、
アクティビティ時間の見積り手法を検討する

背景

<アクティビティ時間 見積りの現状>

- 経験による決定が多い
 - 定量的な根拠に欠ける
- 見積りは一つの値（点）で算出
 - 不確実性を評価出来ない

不確実性(時間の幅)を考慮する見積り手法に、PERTが採用した多点手法の三点見積りがある

- アクティビティ時間を、楽観値、最可能値、悲観値の三点からなる確率分布として見積る
- プロジェクトマネジメント資格PMP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

背景

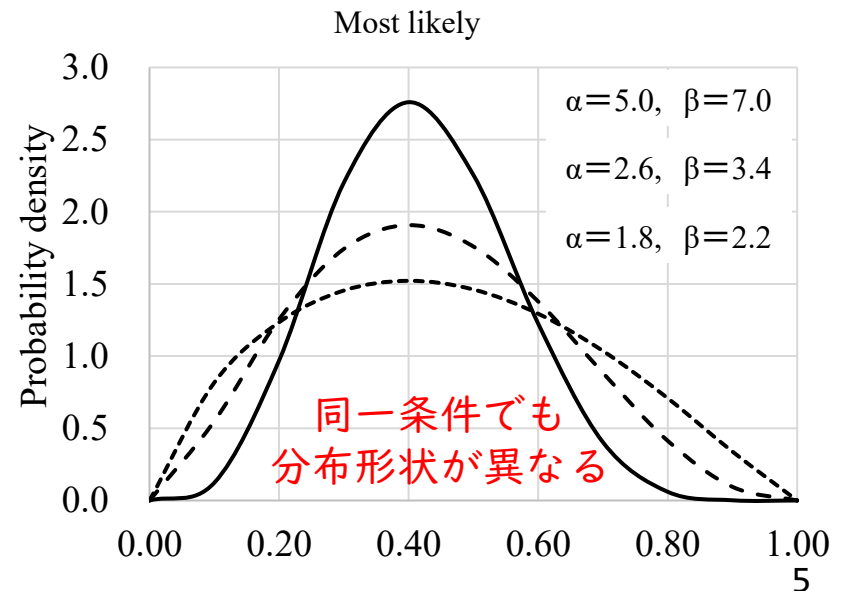
● 三点見積りの課題

- ✓ 楽観値・悲観値・最可能値を決めると確率分布の形状が一意に決まり，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



誤ったアクティビティ時間に基づく納期を設定する可能性がある

楽観値・悲観値・最可能値が同じ分布の例

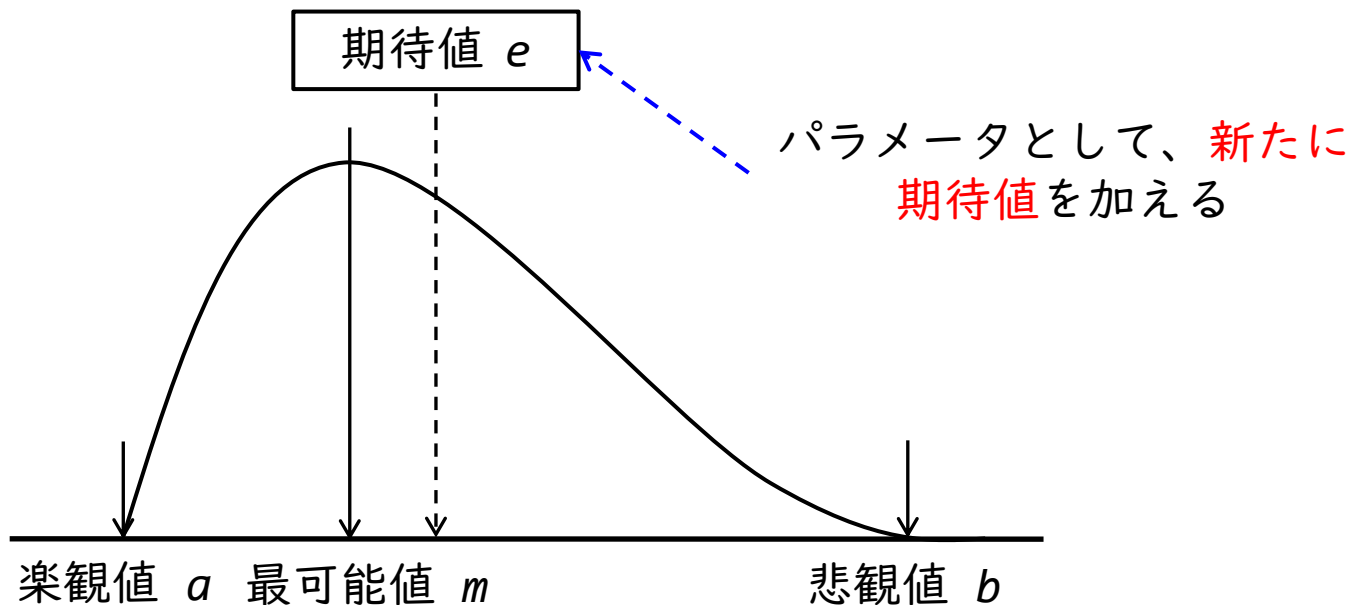


目的

QCDの中のD（納期，スケジュール）について，
分布形状の違いを考えた見積り手法を提案

<方法>

これまでのパラメータ楽観値，最可能値，悲観値に，**新たに期待値を加える**ことで， β 分布の形状を一意に求める。



研究の意義

見積りは、経営のあらゆる場面で必要

提案手法により、

- アクティビティ時間に限らず、コスト、工数など、さまざまな分野の見積りにおいて、見積もり値を確率分布として捉えることが出来る
- 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出来る

経営高度化には欠かせない方法

もう一つの背景

三点見積りにおいて、「 $\alpha + \beta = 6$ 」とし、期待値を下記の式で求めることについての素朴な疑問

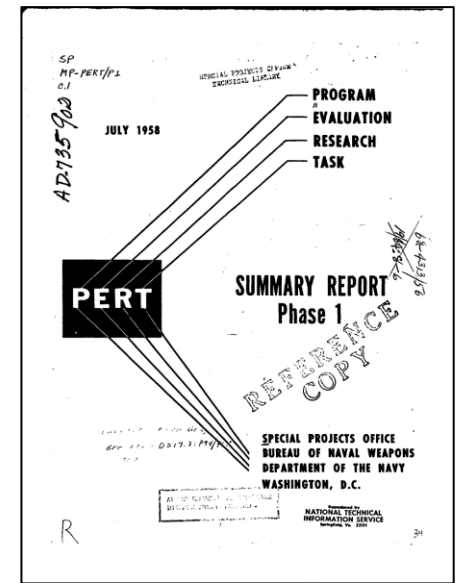
$$\text{期待値} = (\text{楽観値} + 4 \times \text{最可能値} + \text{悲観値}) / 6$$

三点見積りで「 $\alpha + \beta = 6$ 」が一般化した理由

- PERT Summary Report(1958)では、三点見積りにおいて、見積り値の期待値を、最可能値から、最可能値と中央値（楽観値と悲観値の中間）の値の3分の1の位置に近似（ $\alpha + \beta = 6$ ）することが好ましいとした。
- PERT Summary Reportでは、他の考えもあるとし、当時の研究プロジェクトで作成したプログラムでは、この点をパラメータとしている。



- 三点見積りでは、1958年当初、確率分布の形状を固定していなかった。
- この点はあまり重要視されず、「 $\alpha + \beta = 6$ 」に固定した分布が定着し、今日に至っている。




Special Projects Office,
Bureau of Naval Weapons,
Department of the Navy,
Washington D.C., Program
Evaluation Research Task
(PERT), Summary Report;
Phase 1; Appendix B (1958)

従来研究 (1)

- 木暮と秋庭 (1974)


- 最可能値の確からしさから β 分布を設定する方法として、推定者が持つ確信の度合いから β 分布の分散を設定する方法を提案

→ 分布の形状は3種類の中から選ぶ

- 
- ✓ コスト分布を定量的に検討するには限界
 - ✓ 情報技術の進んだ現在、より精度の高い方法が適用出来ると考える

従来研究 (2)

- 石井(2022, 2023)
 - コスト見積りを対象に，見積り誤差と，誤差を含めた見積りの信頼度から確率分布の形状を定める方法を提案.
 - さらに，提案した方法を基にしたコンティンジェンシー予備費，およびプロジェクト予算の設定方法を示した.
 - また，見積り誤差に代わり，最可能値までの累積確率を見積りの信頼度として設定することで，確率分布の形状を定める方法を提案

- 
- ✓ 新たに見積り誤差と見積り信頼度，あるいは最可能値までの累積確率を推定する必要がある.
 - ✓ どちらの推定も容易とはいいがたく，実用面での難がある.



提案手法

提案手法の概要

楽観値，悲観値，最可能値に，あらたに期待値をパラメータ（設定値）として加えることで，確率分布の形状を考慮したアクティビティ時間の確率分布を求める

プロジェクトコスト見積りの手順

Step 0: アクティビティ時間の楽観値 a , 悲観値 b , 最可能値 (見積り値) m , 期待値 e をそれぞれ設定する.

Step 1: a, m, b, e を式 $f(x) = (x - a) / (b - a)$ により正規化し, それぞれ, $\theta, tm, 1.0, te$ とする. ($0.0 < tm, te < 1.0$)

Step 2: 正の実数である β 分布のパラメータ α および β を, 同じく正の実数である c を決定変数として (1), (2) 式により求める.

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

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

ここで c は, (3) 式の関係から, (4) 式により求める値とする.

$$te = (a + c \cdot tm + b) / (c + 2) \quad (3)$$

$$c = (a + b - 2 \cdot te) / (te - tm) \quad (4)$$

Step 1 で設定する期待値は, (5), (6) 式の条件を満たすものとする.

$te = tm$ の時, α および β は不定となり, $te = 0.5$ の時, α および β は一意に定まらない.


$$\text{if } te > tm \quad te < 0.5 \quad (5)$$

$$\text{if } te < tm \quad te > 0.5 \quad (6)$$

プロジェクトコスト見積りの手順

Step 3：求めた β 分布について、見積り値が、楽観値から最可能値、および楽観値から期待値となる確率を求める。求めた確率について関係者間で検討を行い、必要に応じて楽観値、悲観値、最可能値、期待値を変更して、再度Step 2の計算を行う。

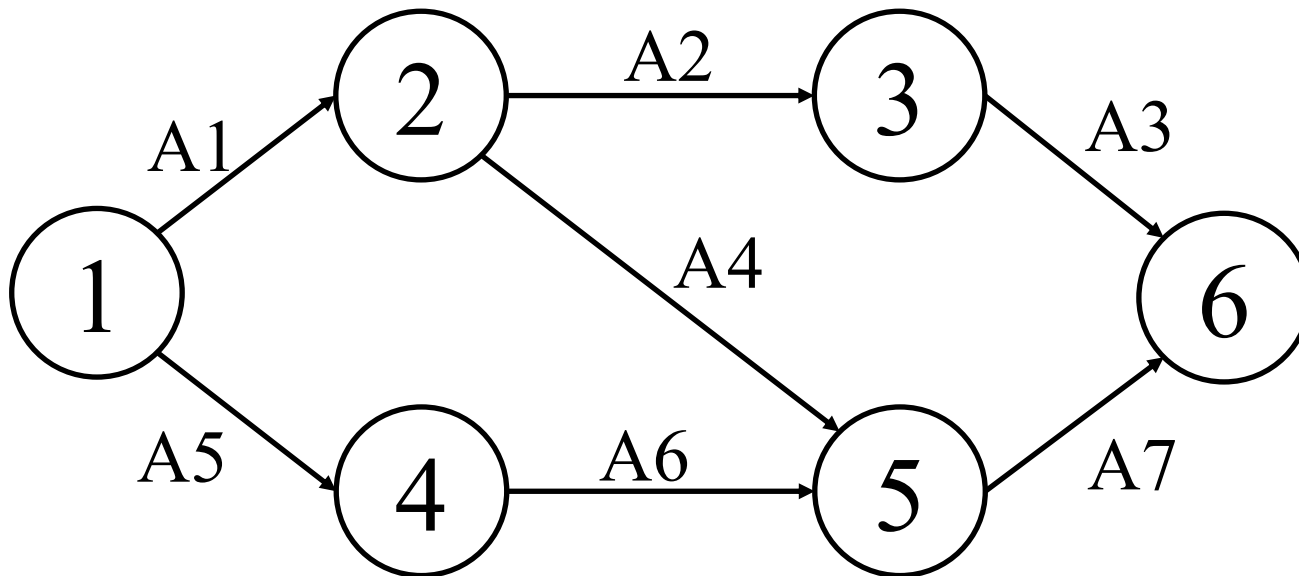
Step 1~Step 3 を繰り返すことで、楽観値、悲観値、最可能値、期待値を定め、見積り値の確率分布を求める。



シミュレーションによる 数値計算例

数値計算例

- 提案手法を，下記のプロジェクトスケジュールネットワークを対象に，シミュレーションを用いて評価する。
- ネットワークは，A1からA7までの7つのアクティビティからなる。



A project schedule network diagram.

数値計算例

各アクティビティの楽観値，悲観値，最可能値は，下記に示す値とする。

Setting of activities in Cases 1 and 2. [Day]

Activity	Optimistic	Most likely	Pessimistic
A1	10	13	20
A2	5	6	10
A3	10	13	20
A4	10	13	20
A5	10	13	20
A6	10	13	20
A7	1	2	6

数値計算例

<検討ケース>

●Case 1

通常の三点見積りが仮定しているパラメータの条件として、「 $\alpha+\beta=6$; $c=4$ 」を設定.

●Case 2

パラメータを「 $\alpha+\beta=22$; $c=20$ 」と設定する.

- ✓ 提案手法では、本来、期待値を設定することで c を決定し、パラメータ α および β が求まるが.
- ✓ 実験では、便宜上、 c の値がすべて同じ20となるように期待値を設定.

シミュレーションは、各ケース1000回.

数値計算例

<検討ケース>

アクティビティごとの β 分布パラメータ, α および β , 期待値

Beta distribution parameters in Cases 1 and 2.

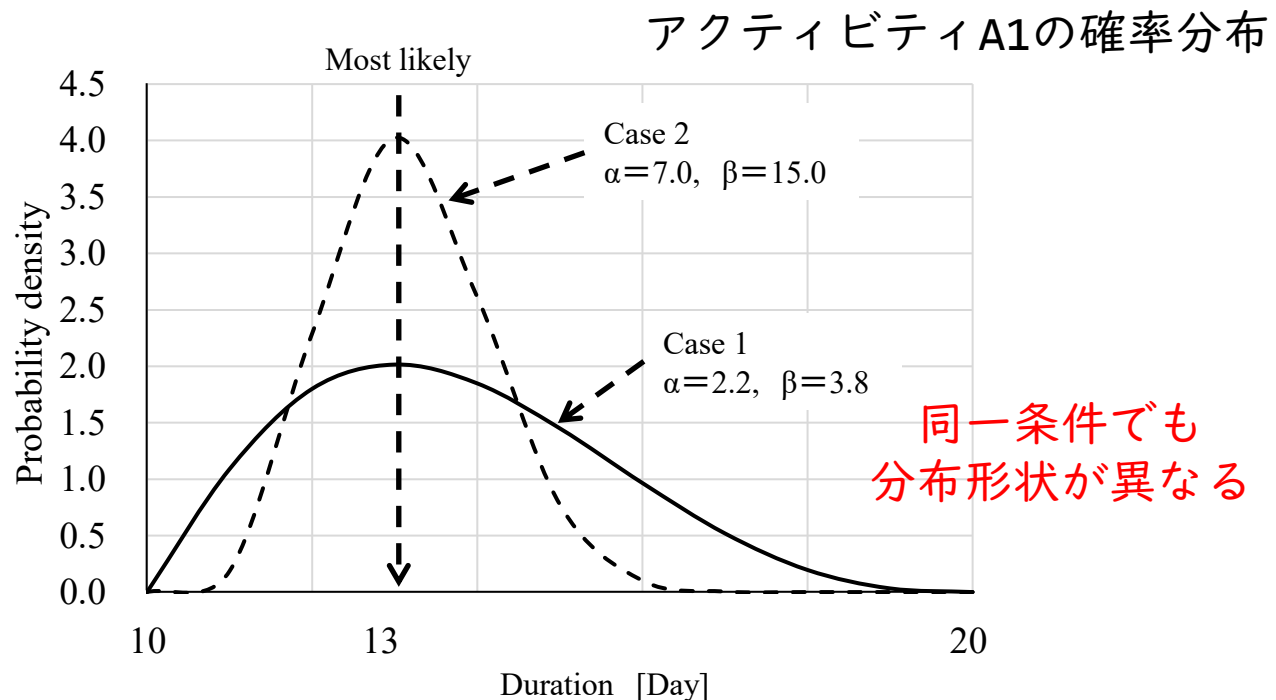
Case	Activity	α	β	Expected [Day]
Case 1 ($\alpha+\beta=6$; $c=4$)	A1	2.2	3.8	13.7
	A2	1.8	4.2	6.50
	A3	2.2	3.8	13.7
	A4	2.2	3.8	13.7
	A5	2.2	3.8	13.7
	A6	2.2	3.8	13.7
	A7	1.8	4.2	2.5
Case 2 ($\alpha+\beta=22$; $c=20$)	A1	7	15	13.2
	A2	5	17	6.14
	A3	7	15	13.2
	A4	7	15	13.2
	A5	7	15	13.2
	A6	7	15	13.2 ₂₀
	A7	5	17	2.14

数値計算例

<検討ケース>

Case 1と2のアクティビティA1の確率分布の形状

→ 楽観値，悲観値，最可能値が同じでも，設定する期待値により分布の形状が異なることがわかる。



数値計算結果と考察

Project duration by simulation [Day]

	Case 1	Case 2
Minimum	29.5	30.3
Expected	36.2	34.0
Maximum	44.37	38.7
Standard deviation	2.27	1.29

- プロジェクト期間の期待値で2.2日，約6%の差がある
- 標準偏差では，約1日の差
 - ➔ 多くのプロジェクトが厳しい納期・スケジュール要求の下で遂行していることを考えると，これらの差は小さくはない。
- 三点見積りにおける確率分布の形状を意識することの必要性，および，本提案手法の有効性を支持。

まとめ

- 1950年代にPERTが採用した三点見積りを取りあげ、現代の情報技術環境の下での再考を試みた。
- 従来の三点見積りでは、見積り値の確からしさを考慮できない。
- 楽観値、悲観値、最可能値に加え、期待値を見積りの情報として加えることで、課題の解決を試みた。

まとめ

- 情報技術が発達した現在，大規模・複雑なシステムの計画時に不確実性を考慮することが進んでいる。
- 計画に必要な見積り値算出の基本情報である各見積もり要素の値について、確率分布を適切に求める必要がある。
- 今後，本報の提案手法を実務で検証し，必要な改善を行っていく。

本手法で求めた見積り値の確率分布を表示するアプリを試せます。





ご清聴ありがとうございました。

Q&A

本研究はJSPS科研費24K07936の助成を受けたものです。