

PFI事業における確率的変動を考慮にいれたリスクの定量化

早稲田大学 折原 洋祐 ORIHARA Yosuke

01201890 早稲田大学 逆瀬川 浩孝 SAKASEGAWA Hirotaka

1. 研究背景及び目的

PFI(private finance initiative)とは、民間事業者による公共事業のライフサイクル全般の設計・建設・資金調達・運営を一括発注し、民間のノウハウを用いてより効率的に公共事業を実現するための手法である^[2]。

プロジェクト期間が数十年に及ぶPFI事業において、計画段階におけるリスク評価が重要になってくる。文献[1]に代表されるようにPFI事業のリスク評価は、確定的なものとして扱われている。本研究では、リスクを確定的とすると将来の変動に耐えられないのではとの疑問点から、リスクを定量化する際に確率的変動とリスクファクターの相関を仮定することによりリスク評価における新たな示唆を与えることを目的とする。

2. 従来研究及び研究目的

文献[2]はプロジェクトのキャッシュフローがブラウン運動を用いた以下の確率微分方程式で表せるとして

$$\frac{dx_i(t)}{x_i(t)} = \mu_i(t)dt + \sigma_i(t)dw(t) \quad (1)$$

$x_i(t)$: i 時点で予想される第 t 期のキャッシュフロー
 $\mu_i(t)$: キャッシュフローの時間変化率
 $\sigma_i(t)$: 時間変化率の標準偏差
 $w(t)$: 標準ブラウン運動
 そして、そのキャッシュフローがヨーロッパンブットオプションで債務保証されるモデルを提案している。

3. 研究概要

本研究が対象としたのは「神奈川県衛生研究所特定事業」である。PFI事業においてSPC(特別目的会社)の立場からリスク評価を行っていく。

表.1 当該事業の概要

公共施設の所有権	A棟及び外海:神奈川県(PFI事業者が改修) 新研究棟:PFI事業者(BOT方式)
事業期間	事業開始後30年間
事業期間終了後の措置	県に所有権を移転
SPCの業務範囲	①A棟及び外海の改修、新研究棟の建設と所有 ②A棟及び新研究棟の維持管理と研究支援業務
PFI事業者の収入	①県から支払われる貸借料 ②A棟改修費 ③サービス提供に対する対価

研究の構成は、リスクの抽出・定量化、モンテカルロ法によるリスク合計のシミュレーション、金利リスクヘッジ方法の提案とヘッジ効果の提示、さらにシナリオによるリスク合計の変化を分析して結論に結びつける。

4. リスクの定量化

当該事業において事業者が負担し、かつ定量化が可能と考えられるリスクを抽出した。そしてそれらを事業の各段階別に分類したのが表2である。

表.2 リスクファクターの表示

期間	記号	リスク名	タイプ
建設段階	R_1	タイムオーバー	I
	R_2	*維持管理	II
運営段階	R_3	*試験・研究	II
	R_4	修繕費増大	II
共通段階	R_5	法人税率UP	II
	R_6	金利リスク	I

*労働賃金指数(出所:厚労省)と正の相関を持つ。

これら6つのリスクは、I.ある確率分布に従うもの、II.発生シナリオを作成することにより定量化するものに分類することができる。

本研究では表2における、各リスクファクターをそれぞれ割引率4%で現在価値に割引き定量化し、リスク合計($R_1 \sim R_6$ の合計)を分析していく。

① R_1 :タイムオーバーランリスク

工事遅延に関して事業者は本件工事費相当額につき、遅延日数に応じ年8.25%の割合で計算した遅延損害金を県に支払う^[4]。

$$R_1 = Z \times 8.25\% \div 365 \times D \quad (2)$$

Z :本件工事費 $D \sim E(\lambda)$ (指数分布)

$1/\lambda$ はフロリダ州で91~94年に完工したプロジェクトの予定日数に対する平均遅延割合を参照する^[3]。

② R_2 :維持管理リスク R_3 :試験・研究費増大リスク

R_2 と R_3 はPFI事業の運営段階に発生するリスクで主に人件費の増大の影響を受けるので外部指標である「労働賃金指数」と正の相関を持つと仮定する。

$$R_2 : (\text{最頻値,最小値,最大値}) = (9.5, 0, 19.0) *$$

$$R_3 : (\text{最頻値,最小値,最大値}) = (5.0, 0, 10.0) *$$

の三角分布に従うとする。

*尤度は文献[1]のリスク評価の期待値を用いた。

③ R_4 :修繕費増大リスク

2年に1回2(百万円)の修繕費増大が発生する^[1]なので、年次の修繕費の増分を $X_{(t)}$ とすると、

$$\Pr[X_{(t)} = 0] = p, \quad \Pr[X_{(t)} = 2] = 1 - p \quad (3)$$

パラメータ2のベルヌイ試行で表現する。

④ R₅: 法的リスク

現在 30%と最低水準にある法人税率が将来上昇することにより新たに発生する税負担のリスクである。

1年毎の法人税率の推移幅を+1%,0%,-1%の3パターンとし、プロジェクト終了までの30年間の法人税率をモデル化した。

⑤ R₆: 金利リスク

プロジェクト開始後 10年間の県側から支払われる固定金利と SPC が市中銀行に支払う固定金利には差がある。その差の原因は金利を決定する際に使用する指標である ¥/¥ Libor swap rate 10年物の参考日時が 3ヶ月異なるからである。この 3ヶ月の金利の変動によるリスクを金利リスクとする。

$$\Delta r \sim N(\mu, \sigma) \quad (4)$$

Δr : 3ヶ月間の金利の変化分

μ : Δr の期待値 σ : Δr の標準偏差

σ は 97.1.1~01.3.21 の過去データより推計した。

5. 結果及び金利リスクのヘッジ

4節において定義した方法で当該プロジェクトのリスク合計、投資の期待収益率の指標である IRR(内部収益率)、さらに年毎の債務支払い能力の指標である DSCR(デッドサービスカバー比率)を 10,000回シミュレーションした。以下にリスク合計に対する各リスクファクターの寄与率を表示する。

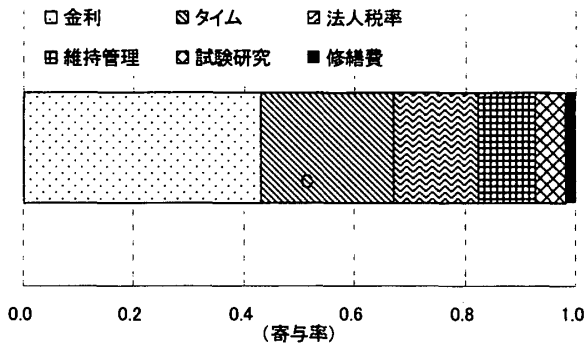


図.1 リスク合計への寄与度

プロジェクトに内在するリスクを転嫁すべく、本研究では図 1より金利リスクが約 43%の割合で寄与して行くので以下で金利リスクのヘッジ方法を提案する。

金利リスクのヘッジは満期までの期間 3ヶ月のヨーロッパコールオプションを用いて実行する。原資産価値、行使価格ともに初期時点での金利負担額とする。このオプション契約におけるオプション量を支払うことで、金利が上昇することによるリスクをヘッジすることができる。ブラック・ショールズ式^[2]で計算したこの契約のオプション量は 61.6(百万円)であった。ここで、金利リスクのヘッジ効果を比較すると図 2 になる。

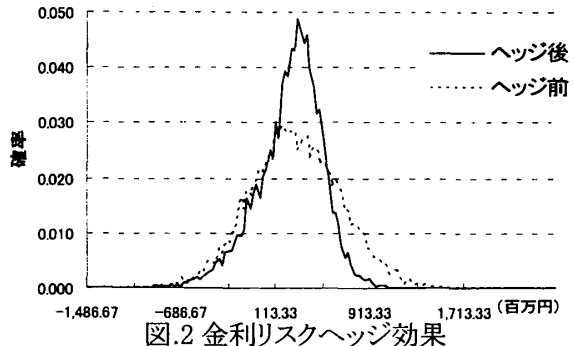


図.2 金利リスクヘッジ効果

図 2 においてヘッジ前と比較して標準偏差の値が 98.13(百万円)減少、さらに上位 5%点 (5%の確率で発生する将来の期待最大損失額)も 267.56(百万円)減少したことが確認された。

さらにこれら各リスクファクターで設定したパラメータの仮定を(base case)として、リスク合計が増えるよう 1 リスクのみのパラメータを変化させたシナリオ (upper case), 同様にリスク合計が減るようなシナリオ (lower case)の合計 12 通りのシナリオで分析した。以下に 3 ケースにおける上位 5%点の推移を示した。

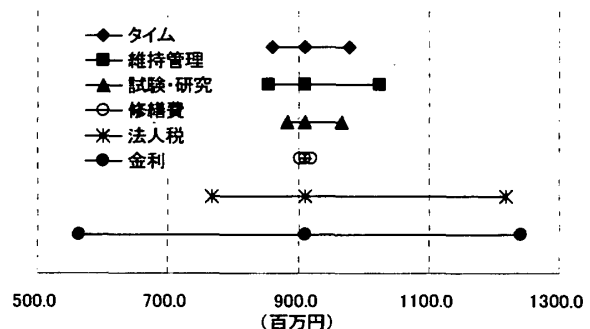


図.3 シナリオ分析の結果

シナリオを変えてシミュレーションしても上位 5%点に与える影響は base caseと同様の結果になった。

6. 結論

本研究では、従来の確定的なリスク評価に対して確率モデルを導入することでリスク評価のフレームワークに 1 つの示唆を与えた。

また、5 節で示したように、今後の PFI 事業では移転・転嫁可能なリスクを見出し積極的にヘッジすべきである。過去の民活方式の失敗を繰り返さないためにも、より厳格なリスクの見積もりが今後求められてくるだろう。

7. 参考文献

[1]神奈川県衛生研究所事業「VFM 評価の検討」
 [2]浦谷規, “プロジェクトファイナンスの展開と債務保証モデル”, OR 学会誌, 1998 年 9 月号
 [3]State of Florida “Review of Cost overruns and Delays when building roads and bridges”, 1996