

P F I 事業におけるリスクの総合的定量化分析

熊本大学 工学部 学生員 ○吉田秀俊
同上 正会員 柿本竜治

1. はじめに

近年、財政負担の軽減を図るために、P F I 事業の導入が検討されている。P F I 事業は従来の公共事業と比べ、事業の採算性や効率性の向上が期待される。一方、P F I 事業は投資的事業であるためリスクを伴う。リスクを把握することは採算性、収益性を考える上で重要である。本研究で考えるリスクは、期待する収益率を下回る確率と捉える。また、収益率はキャッシュフローを用いて求めるので、リスクを求める際にはキャッシュフローが重要となる。したがって、キャッシュフローをベースにしたリスクの定量化について考えていく。リスクを定量化するにはいくつかの方法があるが、本研究ではモンテカルロシミュレーションを用いたリスクの定量化を行う。初年度のデータに乱数を発生させる方法と各年度のデータに乱数を発生させる方法で定量化を行い、二つの方法を比較する。

2. 研究の概要

2. 1 キャッシュフロー上で用いる指標

キャッシュフロー上で用いる事業に投資できるかどうかを判断する指標には、NPV（純現在価値）とIRR（内部収益率）がある。例えば、収入としてコンテナの輸送料金を徴収し、運営していく事業についてキャッシュフローを考える。割引率を d 、当該事業の t 年度における収入を R_t 、費用を C_t とする。また、利子率を f_i 、コンテナ 20foot あたりの料金を S 、借入金の返済額を CR_t 、計画投資総額を CO_0 、維持管理費を CP_t とする。ただし、投資は 3 年に分けて行う。各年度に与える輸送量の初期値 x_t と輸送成長率 α_t と計画投資総額 CO_0 、利子率 f_i に乱数を発生させる。第 1 のケースでは、初年度の輸送量 x_0 におのみ乱数を発生させ、各年度に与える輸送量の初期値を x_0 と一定にして、各年度の輸送成長率 α_t を乗じて、 t 年の輸送量を決定する。また、計画投資総額 CO_0 にも乱数を発生させる。第 2 のケースでは、各年度の輸送量の初期値 x_t と計画投資総額 CO_0 に乱

数を発生させ、さらに輸送成長率 α_t にも年度ごとに乱数を発生させ、輸送量の初期値 x_t に乗じて t 年の輸送量を決定する。これは t 年の輸送量に初期値として与えた分布形を保持させたまま、成長させるためである。

$$R_t = Sx_t \prod_{i=0}^{t-1} \alpha_i \prod_{i=1}^t (1 + f_i) \quad (1)$$

$$C_t = CR_t + CO_0 \prod_{i=1}^t (1 + f_i) + CP_t \prod_{i=1}^t (1 + f_i) \quad (2)$$

式 (1) と式 (2) から収入 R_t と費用 C_t を求め、二つのケースについての NPV と IRR を求める。

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+d)^t} \quad (3)$$

NPV = 0 のときの割引率 d が IRR である。

2. 2 定量化するデータ

今回は、ケーススタディとしてスリランカの港湾開発事業に適用する。この事業の建設形態には BOT 方式が用いられている。事業期間は 20 年間であり、割引率は 10% とする。また、乱数を発生させるデータの分布形には三角形分布を適用し、上限値、下限値、最頻値を表-1 のように設定した。投資額と輸送量、利子率、輸送成長率の四つの値に対して乱数を発生させるようにした。また、輸送量はある程度で成長が止まると考え、輸送成長率は 1~5 年と 6 年目以降で分けている。

表-1 与えた値の分布

	最小値	最頻値	最大値
輸送量 (T U E s)	184000	230000	276000
輸送成長率 (1~5 年)	0%	48%	60%
輸送成長率 (6~20 年)	-5%	0%	5%
初期投資額 (千ドル)	180	225	270
利子率	8%	10%	12%

T U E s : twenty-foot equivalent units

2. 3 定量化の結果

今回はシミュレーションソフトウェアである@RISKを用いてシミュレーションを行った。IRRのアウトプットを累積分布関数として求め、初年度に乱数を発生させた場合の結果を図-1に示す。そして、各年度のデータに乱数を発生させた場合の結果を図-2に示す。シミュレーション回数とともに5,000回とした。図-1では最大値0.510、平均値0.211、最小値-0.285、最頻値0.234である。一方、図-2ではIRRの値は最大値0.585、平均値0.211、最小値-0.219、最頻値0.242となっている。分散は0.0116と0.0115である。分散の差は0.0001で、やや小さくはなっているがそれほど差は見られない。最大値と最小値の幅は0.009で大きな違いは見られないが、図-1と比べ図-2では分布全体が右にシフトしている。

2. 4 二つのリスクの比較

期待する収益率を0.2とすると、図-1では44.4%、図-2では44.3%となり、リスクを求めることができ

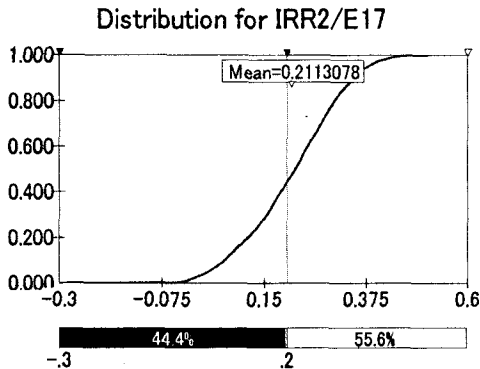


図-1. IRRのアウトプット ケース1

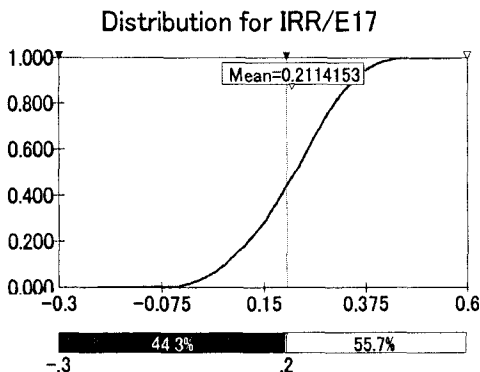


図-2. IRRのアウトプット ケース2

た。各年度のデータに乱数を発生させた方がリスクは0.1%小さくなった。期待する収益率を変えた場合には、確率は大きく変化し、リスクの差も0.1%~0.5%の間で変化した。平均値はほとんど変化していないが、最頻値、最小値、最大値は少しずつ図-2の方が大きくなった。これは全体が右にシフトしているためである。また、分散や分布の幅が微小にしか変化しなかったのは、ばらつきの状態が等しいことを意味し、ひずみも変化がなかったことから分布形は等しいといえる。ケース1では初期値に依存し過ぎてしまっていたので、実際に起こりうる様々な変化には対応することができないのに対し、ケース2では各年度の輸送量の初期値に乱数を発生させることで、ランダムな変化を可能にした。これによってより現実に近い近づけることができ、低く見積もっていた収益率を上方修正できたため、分布が右にシフトしたのだと考えられる。

3. おわりに

本稿では、モンテカルロシミュレーションを用いて乱数を発生させ、リスクの定量化を行った。今回、各年度の複数の変数に対して乱数を発生させ、アウトプットを得ることができた。リスクを確率として考えることでリスクがわかりやすいものとなった。また、設定する分布形や与える値の分布は自由に変えることができるので、他のケースにおいても容易に用いることができる。しかし、実際のPFI事業では、シミュレーション方法とともに定量化モデルの開発やリスクの分担などリスクの定量化と関連した多くのことが問題となってくる。新しい定量化モデルの開発やリスクの分担方法は今後の課題である。

参考文献

- 1) 西野文雄, 有岡正樹, 有村彰男, 大島邦彦, 野田由美子, 宮本和明:「日本版PFI 基礎からプロジェクト実現まで」, 山海堂
- 2) 柿本竜治: Financial Risk of Port Infrastructure Development, Journal of Waterway, port, coastal, and ocean engineering/November/December2000/
- 3) 第一勧業銀行 国際金融部:「PFIとプロジェクトファイナンス」, 東洋経済新聞社