

IV-19

PFI 事業におけるリスク・アロケーションに関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○ 学 生 員 寺井 匡史
 北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 内田 賢悦
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 岸 邦宏
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一

1. はじめに

民間活力の導入という目的で始まった第三セクター制度は、現在様々な問題を抱えており、多額の赤字を生み出し、波錠するものも出現している。その原因の一つとして、第三セクターでは責任の所在が明らかではなかったことが指摘されている。

このため、わが国では近年、公共事業に PFI (Private Finance Initiative) 制度を導入することが近年検討されている。PFI 制度を導入するためには「官民間での適切な責任及びリスクの分担」が図られなければならない。このリスクの分担(アロケーション)を適切に行うためには、事業のリスクの大きさを指標化する必要がある。

本研究では証券投資のリスク評価に用いられるポートフォリオ理論によって、新交通システム整備計画を対象とした PFI 事業のリスクを算定した。さらに、官民の適切なリスク分担を提案したものである。

2. PFI(Private Finance Initiative)

PFI は、従来公共部門によって行われてきた公共サービスを、民間企業の資金やノウハウを導入することにより実施しようとする事業方式である。PFI の基本理念は、民間への適切なリスク分担とサービス購入の視点を重視することにある。PFI を導入することのメリットとしては、民間企業のノウハウによる事業のリスクコントロール能力の向上、事業の実施に関する責任所在の明確化、民間による事業推進による早期の供用開始が可能であることなどが挙げられる。PFI と第三セクターの主な違いは以下の 2 点である。

① 事業会社の運営

PFI では、事業会社は民間各社の出資によって

設立されるので、運営も民間出身の人材のみに任せられる。事業実施主体となった民間側は、事業から利益を上げながら事業リスクを公共側と適切に分担する。また公共側は、事業会社が契約に基づくサービスを提供しているかを監視する。これまで多く設立された第三セクターは、事業会社が民間と公共の共同出資のため、公共側の影響力が強く、民間側が大きな役割を担うことは少なかった。

② PFI 事業の資金調達とリスク

PFI 事業の資金調達はプロジェクト・ファイナンスによることが多い。プロジェクト・ファイナンスは、従来事業主が全面的に負っていた事業のリスクを、金融機関を含めた複数の関係者が分担する形態と言える。すなわち、リスクについても、スポンサーへ集中ではなく、関係者で分担されることになる。

事業に生じるリスクの絶対量は一定であり、減少させることはできない。リスクヘッジという方法もあるが、これは他者へのリスク転嫁であって、プロジェクト全体のリスク総量を減少させるものではない。さらに、転嫁の際にもコストが必要となる。よって、PFI 事業を行う際に最も重要なことは、計画の段階で事業に伴う様々なリスクの存在を認識し、そのリスクを誰が負担するか、事業を最も効率的に行う方法を検討することである。

本研究では公共側が負担するリスクと民間側が負担するリスクの数値化と、負担すべき大きさを示す。

3. ポートフォリオ選択理論によるリスク評価

投資家は、自己の富をどの金融資産に投資すると、最少のリスクで最大のリターンが得られるか

A Study on Risk Allocation of Private Finance Initiative

By Masashi TERAI, Ken-etsu UCHIDA, Kunihiro KISHI, Keiichi SATOH

を考えている。この時の投資家の行動基準を平均一分散分析を用いて示す理論がポートフォリオ選択理論である。

(1) リスク測定の指標

ポートフォリオ選択を行う際に必要となってくるのがリスクの測定である。リスクの測定にはリターンの達成と関連するリスクないし不安定性の評価も重要である。リターンの分散および標準偏差は、リターンの不安定性ないしリスクの指標としての統計尺度である。これらの統計値はある一定の期間にわたってリターンが平均値の周りで変動する程度を計測するために有効である。変動が大きな場合には期待されるリターンに相当な不安定性を持つことを意味する。

また、複数の投資資産からなるポートフォリオの内容から投資のリスク度を考えることも必要である。投資家が負うリスク度は既存保有資産といかに組み合わせられているかに依存し、ポートフォリオ全体のリスクにどのように寄与しているかにも依存する。他の資産と比較してリスクを計る統計値が共分散である。

(2) 効率の概念

投資家が多証券への分散投資を行った場合、実現できるポートフォリオは図1のようになる。

縦軸には期待リターン (E)、横軸にはリターン

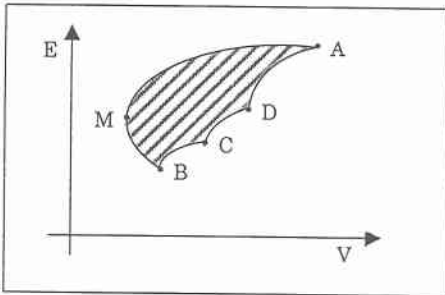


図1 ポートフォリオ可能性集合

の分散 (V) により計られるリスクを表している。

図1の斜線部分は現実可能なポートフォリオの集合をプロットしたものであり、曲線AMは其中でも最も効率的なポートフォリオの集合点(効率的フロンティア)である。この曲線上のポート

フォリオは下方にあるポートフォリオより優位であり、投資家は自己資産内でポートフォリオを行う場合、効率的フロンティア上のポートフォリオを有する事を好むと考えられる。

(3) ポートフォリオのリスク・リターン

図1で示されるポートフォリオは一連の個別資産並びに各資産のポートフォリオにおける組入比率により表される。ポートフォリオの推定ないし期待リターンは、ポートフォリオを構成している個別資産の期待リターンの単なる加重平均で表される。

一般的に N 個の資産によるポートフォリオを考える場合、その期待リターンは次のように表される。

$$R_p = x_1R_1 + x_2R_2 + \dots + x_NR_N \quad (1)$$

$$E(R_p) = x_1E(R_1) + x_2E(R_2) + \dots + x_NE(R_N) \\ = \sum_{i=1}^N x_iE(R_i) \quad (2)$$

- R_p : ポートフォリオのリターン
- $E(R_p)$: ポートフォリオの期待リターン
- $E(R_i)$: 各資産の期待リターン ($i=1,2,\dots,N$)
- x_i : ポートフォリオにおける組入比率 ($x_1 + x_2 + \dots + x_N = 1$)

しかしながら、ポートフォリオのリスク(分散)は単なる加重平均ではない。すなわち、リターンの共分散により計られるポートフォリオの各資産相互間の関係を考慮する必要がある。この関係の程度は共分散の概念、つまり相関係数によって計られる。

期待リターンと同様、N個のポートフォリオの分散(リスク)は以下の式で表される。

$$Var(R_p) = x_1^2Var(R_1) + x_2^2Var(R_2) + \dots + x_N^2Var(R_N) \\ + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j Cov(R_i, R_j) \quad (i \neq j) \quad (3)$$

また、共分散の概念は以下の式で表される。

$$Cov(R_i, R_j) = \rho_{ij} S_i S_j \quad (4)$$

- ρ_{ij} : i 資産と j 資産の相関係数
- S_i : R_i の標準偏差 ($S_i = \sqrt{Var(R_i)}$)
- S_j : R_j の標準偏差 ($S_j = \sqrt{Var(R_j)}$)

(4) リスク・アロケーションへの適用

リスク・アロケーションへの適用には、指標として式(3)を用いるが、まず、式(1)における R_i を説明変数として重回帰分析で推定を行なうこととする。そこで、各リスクケースのポートフォリオを行う場合、その組入比率の総和は1になるとは限らないため、本研究においては組入比率を偏回帰係数 β と置く (式(5),(6))。

各リスクケースへの投資による期待リターンとリスクはこれらの式を用いて求める。

その際、リスク間に相関関係はないものと仮定すると、式(4)で表される共分散の値はゼロとなる (式(7))。

$$R_p = \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots + \beta_N R_N \quad (5)$$

$$E(R_p) = \beta_1 E(R_1) + \beta_2 E(R_2) + \dots + \beta_N E(R_N) \quad (6)$$

$$Var(R_p) = \beta_1^2 Var(R_1) + \beta_2^2 Var(R_2) + \dots + \beta_N^2 Var(R_N) \quad (7)$$

ここで、個々のリスクケースのリスクの大きさは $\beta_i^2 Var(R_i)$ で示される。本研究では、この値を指標としたリスク・アロケーションを提案する。

4. 石狩市における新交通システム整備計画

石狩市は札幌市の北側に隣接し、江別市等とともに札幌都市圏を形成しており、札幌市のベッドタウンとしての役割を受け持っている。また、北海道内において過疎化が深刻化する中、人口増加を続け、平成 8 年 9 月には市制施行がなされた。加えて、海岸部には国家的プロジェクトである石狩湾新港地域を抱えており、当該地域の発展が道央圏及び北海道全体の社会や経済に与える波及効果は非常に大きい。今後、当該地域が飛躍的発展を遂げ、北海道の社会や経済を牽引する役割を担っていくためには、札幌市との間の結びつきを強化することは非常に重要な課題である。

石狩市と札幌市の連携を支える交通基盤として昭和 47 年「石狩湾新港開発基本計画」に「石狩～札幌間の高速度軌道」が位置づけられて以来、関係機関により様々な検討が進められてきた。しかし、20 年余り経過した現在に至っても実現されていない。

本研究では、石狩市の新交通システム（モノレール）整備に PFI が導入された場合を想定する。

そして、整備実現化を図る際に必要となってくるリスクの分担について検討を行う。



図 2 モノレール想定路線図

5. モノレール整備事業のリスク評価

実際にベータ値を求める際に使用したデータは、「石狩市軌道系交通等事業化調査」と「平成 7 年パーソントリップ調査」、「平成 7 年国勢調査」であり、予想収益はこれらをもとに算出した仮想データである。

(1) ベータ値の推計

仮想データをもとに想定したリスクケースは次の通りである。

表 1 リスクケース

予想収益 (百万円)	実質交通量(人) 計画交通量(人)	運賃 上昇率(%)	建設経費 上昇率(%)
1,604	0.35	4.0	1.5
1,939	0.41	8.0	3.0
2,271	0.47	12.0	4.5
2,822	0.87	16.0	6.0
2,630	1.03	20.0	7.5

予想収益は人口増加による収益の変化のみを考慮したものである。概算の事業費は 659,900 百万円とし、実質交通量は、他の都市で行われた軌道系交通機関導入に際して測定された輸送実績のデータを使用した。また、実質交通量には運賃の上昇による影響はないものとする。運賃は上昇前の金額を 250 円とし、10 円単位で上昇させることとする。

予想収益率を目的変数 y として、計画交通量に対する実質交通量の割合 (R_1)、運賃上昇率 (R_2)、建設経費上昇率 (R_3) を用いた重回帰分析を行った結果、表 2 に示すベータ値を得た。

また、求められたベータ値を式(6)と式(7)に代入

し、以下の式(8),(9)を得る。

表2 ベータ値

β_1	β_2	β_3
0.832	0.493	-3.054

$$y = 0.832R_1 + 0.493R_2 - 3.054R_3 \quad (8)$$

$$Var(y) = 0.692Var(R_1) + 0.243Var(R_2) + 9.328Var(R_3) \quad (9)$$

(2) リスクの定量化

各リスクケースの分散は表3のように算出された。

表3 リスクケースの分散

ケース(R_i)	R_1	R_2	R_3
分散 ($Var(R_i)$)	679.04	32.00	4.50

式(9)と表3から、各リスクケースの大きさは表4のように表される。

表4 リスクの定量化

ケース(R_i)	R_1	R_2	R_3
リスク ($\beta_i^2 Var(R_i)$)	469.59	7.78	41.98

(3) 石狩市モノレール整備事業におけるリスク・アロケーション

求められた「リスクの大きさ」を公共側と民間側に適切に分担するために、リスクマトリックスを作成する(表5)。これによって、負担すべきリスクの所在と大きさを明らかにする。

表5 リスクマトリックス

要因	リスク	公共側負担	民間側負担
実質交通量 計画交通量	469.59	△(50%)	△(50%)
運賃上昇	7.78		○
建設経費上昇	41.98	○	
合計	519.35	276.78	245.58

実質利用者人数の変動によるリスクは、軌道系の整備計画と周辺の住宅環境整備の影響によるものは公共側が、サービス品質によって生じるリスクは民間側と、両者が負担すべきリスクである。また、運賃の値上げを行う際は、民間側の判断に委ねるため、生じるリスクは民間が負担する。建設費の上昇は、物価の影響に左右されるため、公共側が負うリスクである。

今回想定したリスクケースにおいては、公共側と民間側の負担すべきリスクの大きさにはさほど違いはないという結果になった。

他にも考えられるであろうリスクケースについては以下のものが挙げられる(表6)。

表6 PFI事業に生じるリスク

	公共側	民間側
事業の歴史が浅い 初期発展段階		○
過去及び将来の負債		○
事業主への依存度		○
四半期業績の変動		○
季節性	○	
運営情報システム		○
新規車両の購入・開発		○
技術変化への対応		○
拡大計画・駅の新設	△	△
国の規制・認可	○	
環境問題・規制		○
買収・合併		○
嗜好・トレンド	○	
サービス地域の限定	○	
地形的要因	△	△
訴訟問題		○
インフラ外のコスト変化	○	
金利・利率	○	

6. おわりに

今回、想定したリスクケースは3つだけであったので、今後表6のリスクマトリックスを完成させ、さらに、使用するデータの信頼性を高めた結果を発表時に示す。

また、金額に表すことが不可能もしくは困難なリスクについての評価はこれからの課題となってくる。

〔参考文献〕

- 1) 小池一弘(1999),「アメリカにおけるリスク情報の開示」,税務経理協会
- 2) 手塚広一郎(1999),「PFIによる道路プロジェクトとVFMの評価」,『高速道路と自動車』Vol42,pp20-29
- 3) ジェームズ.L.ファーレル,Jr.(1990),「ポートフォリオ・マネジメント入門」,日本経済新聞社
- 4) 石狩市軌道系交通等事業化調査報告書(1997), (財)北海道地域総合振興機構
- 5) 駒田義誌、土屋誠之、佐藤馨一(1999),「PFIに基づく軌道系交通システムの整備計画に関する研究」,第54回年次学術講演会講演概要集IV,pp276-277