

# PFI 型事業における政府サポートスキームへの リアルオプションの適用

マッキンゼー・アンド・カンパニー・イン 中浜俊介

東京大学大学院新領域創成科学研究科 湊 隆幸

近年、民間資金を活用したインフラ整備事業手法が世界中で活発に用いられてきている。例えば、英国で提案された PFI (Private Finance Initiative) は、日本でも多くの事業が計画・実行されるようになった。このような事業では、民間事業者に全てを任せるのではなく、いかに事業特性に応じた公的サポートを政府が提供するかが重要となる。実際に、公的サポートとして、補助金や助成金または最低収入保証など、様々なスキームが適用されている。

本研究では、民間事業者の事業採算性の立場から、収入スキームのサポート価値を「オプション」として捉え、その定量的評価法を議論する。本論文では、まず、それぞれの公的サポートが、原資産とオプションの組み合わせに分解できることを示す。次に、オプションに分解されたサポートを要素として、その組合せによって事業キャッシュフロー特性に応じたスキーム構築が可能であることを論じた。

【キーワード】: PFI、政府サポート、キャッシュフロー、リアルオプション、

## 1. 研究の背景と目的

### 1.1 研究の背景

PFI 型事業の成功は、どのリスクを民間に負わせ、どのリスクを公共が負うかに大きく依存する。この場合、政府は、民間に一方的にリスクを移転するだけではなく、いかに事業特性に応じた公的サポートを組み込み、有効な官民のパートナーシップを構築することを考慮すべきである。

過去の PFI 型事業では、様々な公的サポートが用いられているが、一般的に、政府から民間へのサポートは次の 2 種類に分けて考えることが可能である。

- 1) 事業の採算性に対するサポート
- 2) 将来の収入リスクに対するサポート

公的サポートを導入する場合、事業者の採算性や収入リスクに対して、適正に行われる必要がある。事業特性に合うサポート構築のためには、各タイプのサポート効果の評価が必要であるが、定量的評価については手法の観点からも検討の余地がある。そこで、本研究では、公的サポートを、政府あるいは民間の持つオプションとして捉え、その評価およびスキーム構築の議論を行う。

### 1.2 研究の目的

本研究では、まず、PFI 型事業における公的サポートを、オプションに分解して、定量的に評価する考え方を示す。次に、オプションに分解された公的サポートを用いて、事業特性に応じた収入スキーム構築が有効であることを議論する。

## 2. 公的サポートと収入スキーム

### 2.1 PFI 型事業における公的サポートの種類

Cho(1999)は、BOT 事業における公的サポートを、民間事業者のキャッシュフロー（以下、CF）との関連付けで、図 2-1 のように説明している。

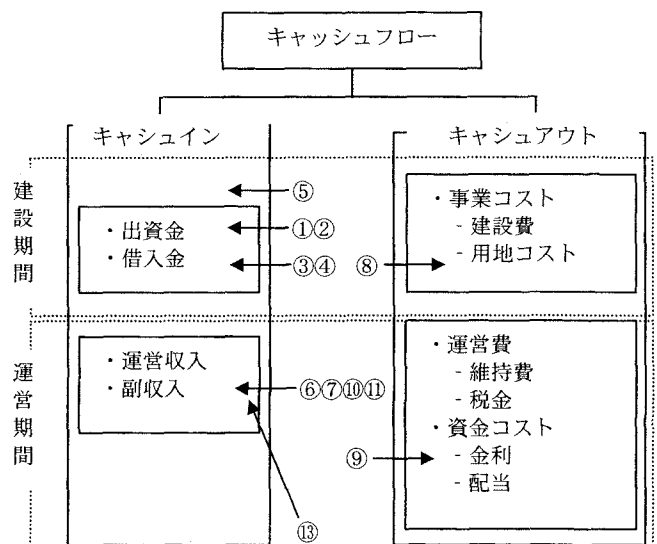


図 2-1: 事業 CF と公的サポートの位置付け  
(Cho, 1999)

それぞれのサポートの内容は以下のとおりである。

- ① 出資: 政府が事業に出資することで資金調達をサポートする。
- ② 出資(Equity)リターン保証: CF 不足で民間事業者が出資者に配当を支払えない場合、政府が

資金を提供し、それを保証する。

- ③ 債務 (Debt) 保証：CF 不足で民間事業者が債務不履行になる場合に、政府が資金を提供し、借入金返済を保証する。
- ④ 劣後ローン：優先ローンよりは支払い順位が遅いが、配当より先に支払われる借入を提供する。
- ⑤ Grant(助成金)：政府が、事業開始時に一括で民間事業者に援助金を支払う。
- ⑥ 固定補助金：毎年決まった量の補助金を、事業者に払う。
- ⑦ 収入保護措置：政府が、競合施設を作らない、隣接土地の開発権利を事業者に認める等、事業者の収入を高める措置を行う。
- ⑧ 土地貸与：土地を貸与することで、事業者の用地取得コストを削減する。
- ⑨ 優遇税制：CF が改善されるように、税率を下げる。
- ⑩ シャドートール制：実際の交通量に合わせて、事業者に料金を支払う。
- ⑪ 最低需要 (収入) 保証：各年の需要 (収入) が下限需要値 (収入値) を下回る場合、その分を保証する。
- ⑫ アベイラビリティ・フィー：サービス購入型 PFI において、政府が民間に支払うサービス購入費を、需要に関係なく、サービスが使える状態であれば一定の額を払う。
- ⑬ 運営期間延長：事業期間内に期待収益が得られなかった場合、運営期間の延長を認める。

## 2.2 公的サポートの特性の整理

### 2.2.1 公的サポートの評価軸

前節に示したようなサポートを導入する場合、事業に含まれる、リスク等の事業特性や政府の財政負担を考慮した上で、適切なスキームを決定することが重要である。そこで、まず、公的サポートの特性を、1) 事業の現在価値(NPV)レベルでの、事業採算性・財政負担度からの評価軸、2) CF レベルでの事業 CF への効果、3) サポート額の確定時期、という観点から分類して考えてみる。

#### 1) 財政負担度、事業採算性への効果

民間の事業採算性は、NPV により評価できる。Fisher と Babbar (1996) は、道路 BOT 事業における事業 NPV に対する政府のサポートの効果を、図 2-2 に示すように、定性的に整理している。

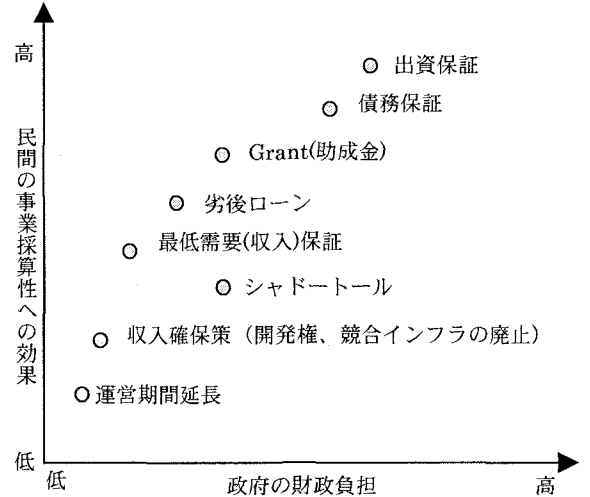


図 2-2：政府のサポートの種類とその特性  
(Fisher and Babbar, 1996)

図から、例えば、Grant(助成金)や劣後ローンは、政府の財政負担と民間の事業採算性への効果に偏りのない政府サポートであることがわかる。一方、出資保証は、民間の事業採算性への効果は大きい、逆に政府にとっての財政負担も高いことが示されている。

#### 2) 事業 CF への効果

ここで言う CF への効果とは、採算性のある期待 CF が得られるか、さらにリスク (CF の分散) が適切であるかを意味する。そこで、政府が民間事業者に提供するサポートの効果を、CF の期待値と分散の変化から捉え、次の 3 つに分けて考えることができる (図 2-3)。

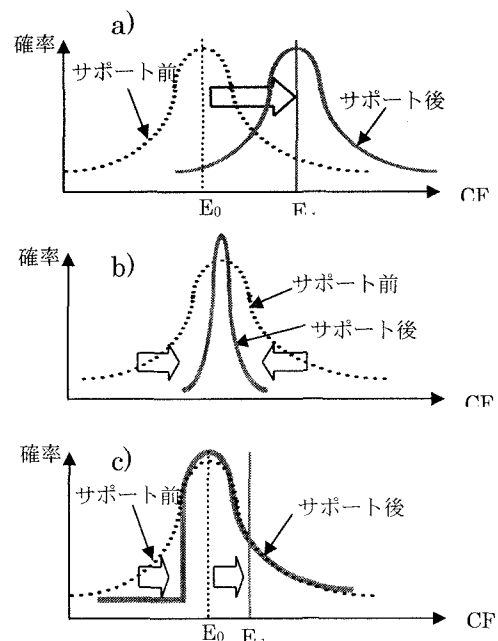


図 2-3 事業 CF への効果

図 2-3 には、以下のような改善効果が示されている。

- a): 収入を改善する又は民間による必要資本量を減らすことで CF の期待値を改善。
- b): CF の変動リスク (分散) を削減し、固定化。
- c): CF の下方リスクのみヘッジし、CF の期待値、分散ともに削減。

この 3 種類の効果を基に、「2.1」で示したサポートを分類すると、表 2-1 のようになる。

表 2-1: サポート効果とサポートの種類

| サポート効果      | サポートの種類                             |
|-------------|-------------------------------------|
| CF期待値の改善    | 出資、劣後ローン、Grant、固定補助金、収入改善、土地貸与、優遇税制 |
| CFの固定化      | アベイラビリティ・フィー<br>シャドートール             |
| CF下方リスクのヘッジ | 出資保証、債務保証、最低需要保証、運営期間延長、シャドートール     |

### 3) サポート量の確定時期について

公的サポートを確定時期から捉えたと、次の 2 つに分けて考えることができる。

- ・事前確定型サポート：事業開始時点で、事業全体でのサポート量および時期がきまっているもの。図 2-3 の a), b) のタイプ。
- ・状況対応型サポート：リスクが発生した場合にサポート量が決定されるもの。図 2-3 の c) のタイプ。

両者の違いを、リスクへの対応の仕方により考えてみる。すると、事前確定型が将来リスクに関わらず提供されるサポートであるのに対して、状況対応型はリスクが発生した場合のみ、ヘッジとして機能するものである。このように、サポートを導入する場合、事業に応じて、事前確定型と状況対応型を有効に使い分けることを考慮すべきである。

#### 2.2.2 収入スキームの有効性

「2.1」で示したサポートの中で、収入に対するスキームは、以下の 6 つである。

- Grant
- 固定補助金
- シャドートール
- 最低収入 (需要) 保証 (収入上制限)
- アベイラビリティ・フィー
- 運営期間延長

これらのサポートは、収入という形で直接的に CF にサポート効果を及ぼすことができる。また、Grant・固定補助金・アベイラビリティ・フィー等の事前確定型サポート、最低収入保証・シャドートール・運営期間延長等の状況対応型サポート

のように、サポートの確定時期も異なるために、CF 期待値あるいはリスク (分散) の改善という特性を考慮して用いることも可能になる。したがって、公的サポートの中でも、収入スキームは、事業特性に合わせて適切な方法を構築できる柔軟性が高い。

## 2.3 事業特性に応じた収入スキーム構築とその評価

### 2.3.1 事業特性に応じた収入スキームの構築

収入スキームの構築は、1) CF レベル、2) NPV レベルで考える必要がある。

#### 1) CF レベル

図 2-4 は、事業特性を CF 期待値、CF 変動の側面から捉え、各事業特性に必要なサポートの効果を示したものである。

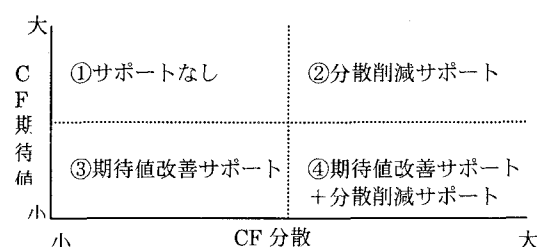


図 2-4 事業 CF 特性と適切なサポート

例えば、最低需要 (収入) 保証は、CF 変動リスクが小さい場合には有効でない。しかし、一方では、期待 CF がある程度大きく分散が大きい事業に対して適用することで下方リスクをヘッジすることができる。Grant や固定補助金は、将来状況に関係なく提供されるので、CF 分散が小さく低採算性の事業で、期待 CF を改善する効果がある。このように、収入スキームは、事業特性によってサポートを組み合わせ、事業に最適なものを選択できる。

#### 2) NPV レベル

CF レベルでのサポートを現在価値に割引いて合計し、事業期間中のサポート NPV に換算したのが NPV レベルである。NPV < 0 の事業では、サポートがもたらす価値が NPV を 0 以上にする可能性がある。逆に、サポート後の NPV が大きすぎると、過度なサポートを与えることになり、非効率な財政支出の増加につながる。したがって、収入スキームは、そのサポート NPV が適切になるように構築する必要がある。

### 2.3.2 状況対応型収入スキームの NPV 評価法の必要性

事前確定型サポートでは、民間事業者の期待 NPV の改善は以下の式で算定できる。

$$\sum_t \frac{\text{各年のサポート額}}{(1+r_f)^t} \quad r_f: \text{無リスク金利}$$

一方、状況対応型のサポートによる NPV の増加については評価が困難である。なぜならば、事前確定型サポートは将来の収入に関係ない一定額のサポートなので割引率には無リスク金利を用いることができるのに対し、状況依存型収入スキームの場合、サポート量が将来の収入に依存し、適切なリスクプレミアムの推定が難しいからである。このように状況依存型の収入スキームのもたらす NPV 評価については、実際に適用できるような研究は充分でなく、評価法の確立が必要である。

### 3. オプションと収入スキーム

#### 3.1「オプション」とは

金融オプションとは、将来のある時点で、株式等の原資産を、予め定められた価格(行使価格)で売買する権利のことを指す。オプションは権利であって義務ではない。つまり将来の時点で、行使した方が有利な状況ではオプションを行使し、行使すると不利な状況では行使しなくてよい。金融では、株式だけでなく、多様な金融資産が原資産となる。

#### 3.2 リアルオプション

リアルオプションとは、金融資産以外の実物資産への選択権利(オプション)を意味する。不確実性の高い事業が持つ将来の不確実性に対し、公的サポートをリアルオプションとして捉えることにより、投資プロジェクト評価へ応用できる。

従来の資本投資評価は、伝統的 NPV 法を用いてきた。事業が生み出す将来の CF を想定してそれを現在価値に割引く伝統的 NPV 法は、将来に不確実性が存在しない場合は有効な事業評価手法となる。しかし、現実には、将来の事業環境が不確実であることはあらゆる事業で想定すべきことであり、多くの事業では将来の事業環境に合わせて柔軟に意思決定を変更する権利(オプション)を有していることを考える必要がある。

将来の状況に対応して、行動を適応させていく柔軟性は、NPV の確率分布に、下方リスクをヘッジし上方ポテンシャルを伸ばすような効果をもたらす(図 3-1)。その結果、伝統的 NPV で事業を評価するのに比べ、期待 NPV が上昇することになる。つまり、オプションによって求まる事業価値を、

拡張 NPV = 伝統的 NPV + オプション価値  
として考えることができる。

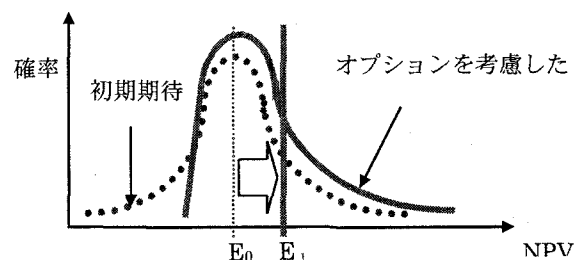


図 3-1：オプションの事業価値分布への効果

伝統的 NPV 分析では、現時点で考えられるシナリオは変更されないという静学的前提で事業価値を算定するので、将来の状況に対応して意思決定を変更するオプションの経済的価値を評価していないことになる。これは、事業の有する本源的価値を過小に評価していることにつながる。

一方、リアルオプションアプローチでは将来の事業環境に応じて意思決定を変更するオプションを評価することにより、行動の柔軟性の部分を評価できる。一般的には、不確実性の高い事業環境下であるほど、新たな状況に対応できる柔軟性を持つオプションを考慮することにより、オプションの経済的価値がもたらす影響は大きくなる。つまり、不確実性が高いプロジェクトであるほど、オプション価値を評価することが、潜在的な事業価値を算定することで重要となってくる。

オプションは、条件付きの権利であり、原資産とは異なり、非線形なペイオフを持つ。したがって、リスクのプロファイルも異なる。非線形のペイオフを持つオプションの価格付けは、ブラックショールズ式などの金融オプション価格理論により可能である。リアルオプションは、金融オプションの実物資産への応用であるから、リアルオプションの評価法は金融オプション価格理論を適用することが可能である。金融オプション価格理論ではオプション価格は5つのインプット(原資産価格、行使価格、満期、原資産収益の分散、無リスク金利)から決まる。そこで金融オプションにおける5つのインプットをリアルオプションにおけるインプットと比較すると表 3-1 のとおりである。

表 3-1：金融オプションとリアルオプションの

各インプット比較(コールオプション)

| 金融オプション | リアルオプション    |
|---------|-------------|
| ①原資産価格  | 期待CFの現在価値   |
| ②行使価格   | 投資額         |
| ③満期     | 意思決定変更までの時間 |
| ④原資産の分散 | 事業収益率の分散    |
| ⑤無リスク金利 | 無リスク金利      |

#### 4. 収入スキームの評価法の提案

従来型公共事業と比べて、PFI 型事業は運営も含まれるため、民間事業者の事業期間が長く、将来の不確実性は大きい。そこで、民間事業者としては、将来の状況が予想と乖離してしまうような状況への対処として、有効なオプションを保持しておくことは、事業価値を高める上から戦略的に重要である。また、PFI 型事業は民間と公共の事業契約を基に成り立つものであり、オプションは、事業者だけでなく政府が持つことも可能となる。

##### 4.1 収入スキーム評価プロセス

図 4-1 は、本論文における、公的サポートをオプションとして捉え、新しいサポートのスキームを構築する場合のプロセスを示したものである。

##### STEP1:オプション要素への分解

ここでは、個々の公的サポートを、サポートがない場合の収入とサポートによる収入に分解し、サポート部分をオプションとして捉える。この場合、サポートに含まれるオプションを持つ主体も同時に考慮に入れる必要がある。

PFI 型事業におけるリスク分担では、オプションは、民間事業者あるいは政府のいずれかが権利を有するかにより、以下の4つに分類して考えることができる。

##### ① 民間事業者が持つコール型オプション

例えば予想以上に需要が大きい時に、民間事業者が設備増強することでより高い利益を得ることができる、拡大オプション等がある。

##### ② 民間事業者が持つプット型オプション

政府による最低収入保証は、この部類に位置付けられる。民間事業者側は、実際の需要(収入)がある値より低い場合に、不足分のサポートを得るオプションを持つ。

##### ③ 公共が持つコール型オプション

例えば、事業者の収入が予想よりも大きい場合に、民間事業者の収入上限を設けて上限以上の収入は政府の財源に繰り入れる収入上限制は、公共側が持つコール型オプションと考えられる。

##### ④ 公共が持つプット型オプション

これは、例えば、将来需要が予想よりも小さい時に政府が持つオプションであるが、この種のオプションの構築は現実的には難しい。

##### STEP2:オプション価値の算定

STEP1 で抽出された各オプション要素を収入ベースからCFベースに換算し、各オプション要素の価値を、オプション価格理論を用いて評価する。各オプション要素の価値を合計したものが、各年のサポートの価値となる。

##### STEP 3 事業全体でのサポート価値

最後に、事業期間全体でのサポート価値を各年のサポート価値の総和として求める。

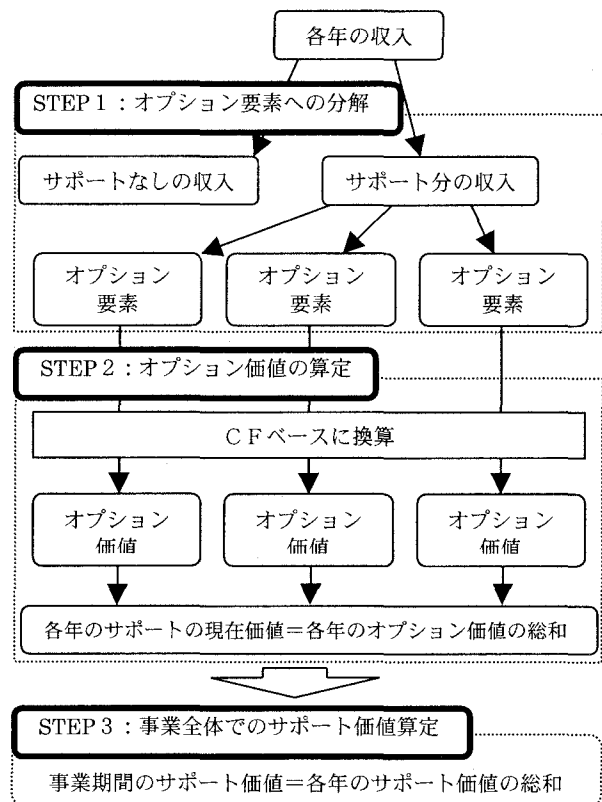


図 4-1: 収入スキームの評価プロセス

##### 4.2 スキーム評価例

##### STEP 1:オプション要素への分解例

ここでは、最低収入(需要)保証スキームの場合を例に説明する。民間業者にとっては、ある施設からの料金収入は、需要と料金により決まる。料金収入は、例えば、需要リスクが不確実であることにより変動する。

最低収入(需要)保証は、将来の年間収入がある収入Kを下回る場合に、公共(政府)が不足分をサポートするという収入スキームである。よって、事業収入Sのペイオフは図4-2のようになる。ここで、Kは、政府が事業者に対してサポートを行うオプションの閾値、つまり行使価格である。

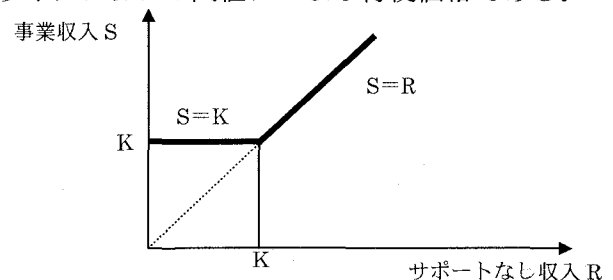


図 4-2: 最低需要保証の事業収入

図 4-2 の事業収入  $S$  を、サポートなしの場合の収入とサポート分の収入に分解すると図 4-3 のようになる。

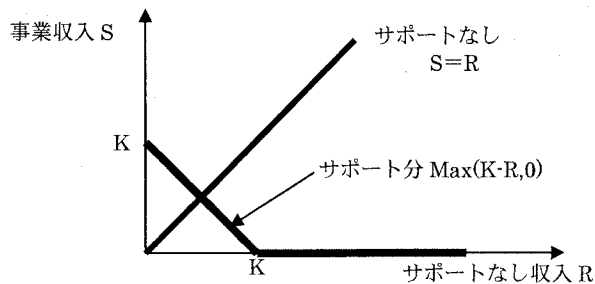


図 4-3：オプション要素への分解

サポート分のペイオフは、サポートなしの収入  $R$  を原資産とし、行使価格を  $K$  とするプットオプションとみなせる。つまり、事業者が政府による最低収入(需要)保証を得るということは、料金収入が  $R < K$  の場合に、収入不足分 ( $K-R$ ) を政府にサポートしてもらうオプションを持っているのと同様である。言い換えると、政府は、料金収入が  $K$  を下回ったときに、事業者に収入保証の権利を与えていることになる。

#### STEP 2：オプション要素の評価

次に、最低収入(需要)保証の例を用いて、オプションの評価法を示す。つまり、 $t$  年度の収入が  $K_t$  以下であるときに政府が不足分を補填する例を考える。

各年のサポート収入が、サポートなしの収入を原資産とするプットオプションとみなすことができることは STEP 1 で示した。図 4-3 のプットオプションは、収入を原資産とするリアルオプションであり、非線形のペイオフを有している。ここで、金融オプションで開発されたオプション価格理論を適用すると、オプション価格に影響を及ぼす要因の比較は、表 4-2 のようになる。

表 4-2：金融オプションとサポートオプションの各インプット比較

| 金融オプション      | 最低収入保証プットオプション       |
|--------------|----------------------|
| ①原資産価格       | サポートなしの CF の現在価値 $F$ |
| ②行使価格        | 最低収入時の CF： $D_t$     |
| ③満期 ( $t$ 年) | 満期 ( $t$ 年)          |
| ④原資産価格の分散    | CF の分散               |
| ⑤無リスク金利      | 無リスク金利               |

詳細は省略するが、本研究では、表 4-2 をもとに、離散時間モデルを用いて、オプション価格を求めた。他のスキームにおけるオプションも、サポートなしの収入を原資産とするので、オプション価格の求め方は同じである。

#### STEP 3 事業全体のサポート価値算定

STEP 1、STEP 2 では各年のサポートの価値をオプション要素に分解して評価する方法を示した。最後に事業期間全体でのサポート価値の算定を行う。

最低需要保証等のスキームの場合、毎年のサポートはプットオプションとして提供される。事業全体でみると、図 4-4 のように毎年プットオプションがあるとみることができる。

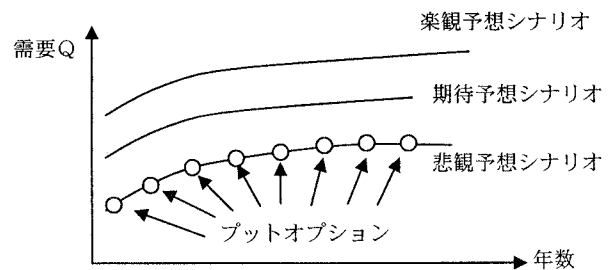


図 4-4：事業全体のサポート

ここで、事業全体のサポート価値が、単純に各年のオプション価値の総和になるかどうかについて議論しておく必要がある。なぜなら、オプションどうしが相互作用する可能性があるからである。複数のオプションが同じ資産から派生する場合は、オプション同士の相互作用により、全体の価値は個別のオプション価値の合計でなくなることがある。

ここで、例えば、最低収入(需要)保証の場合、原資産はサポートなしの年間収入である。ある年のオプションを行使し、サポートを得たところで次の年の収入が増減するわけではない。つまり、事業期間のサポートのオプション要素は相互作用をしないと考えることができる。そこで、事業全体のサポート NPV は、毎年のオプション価値の総和として求めることができる。

一方、運営期間延長のように、例えば、オプションが過去の内部収益率のような指標に基づいて行使できるようなのは、依存型のオプションであり、割引率などに関して、より精緻な考慮が必要となることを付記しておく。

## 5. 事業特性に応じた収入スキーム構築

### 5.1 ケーススタディーの目的

収入スキームの構築はCFレベルおよびNPVレベル考える必要がある。それぞれの目的は、以下のとおりである。

- ・事業CFの期待値・分散の改善
- ・適正なサポートNPVの提供

ここでは、ケーススタディーとして、サポートNPVの量が決まっており、そのNPVの増加を可能にする収入スキームを構築する問題を例として考える。そして、NPVの増加分を可能にする各スキームのCFレベルでの効果を比較分析することで、事業CF特性に応じた収入スキーム構築の重要性を議論する。ここで取り上げるスキームは、次のとおりである。

- 1) 事前確定型スキームとして
  - Grant
  - 固定補助金
- 2) 状況対応型スキームとして
  - 最低収入保証
  - 最低収入保証+収入上限制
  - 収入シェアリング
  - Band制
- 3) 事前確定型と状況対応型の組み合わせ
  - 固定補助金+最低需要保証

### 5.2 ケーススタディー

#### 5.2.1 想定する事業の概要

ここで想定する事業は、高速道路の建設・運営BOTプロジェクトである。表5-1が基本的な前提条件である。この事業では、将来の不確実性は需要リスクつまり収入リスクのみとし、他の不確実性については考えない。

表5-1：ケーススタディーの前提条件

| 項目        | 前提条件                      |
|-----------|---------------------------|
| ・対象施設     |                           |
| 土地        | 事業者は無償貸与                  |
| 高速道路      | 建設費 300 億円                |
| 運営・維持管理費用 | 初年度 3000 万円<br>毎年 0.5% 上昇 |
| 減価償却費     | ゼロとする                     |
| ・事業権契約    |                           |
| 事業権期間     | 30 年間                     |
| 収入        | 利用者から料金を徴収                |
| 施設の譲渡     | 30 年後に政府に無償譲渡             |
| ・税金       | 法人税：課税所得の 50%             |

|       |                                                                                  |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ・資金調達 | ・建設に必要な資金<br>① 80% 銀行借入<br>② 20% 出資金<br>・借入期間：21 年<br>1 年目以降元金均等返済<br>・借入金利：7.5% |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|

以上の条件を用いて、サポートがない状態の事業NPVを計算すると、事業NPVは-31.15億円となる。このままでは、 $NPV < 0$  となるので、民間事業者はプロジェクトを実施しない。そこで、NPVがプラスになるまで公共サポートを提供することを考えてみる。ここでは、NPVを10億円とするようなサポート、つまり、価値が41.15億円であるようなサポートを考える。

#### 5.2.2 各収入スキームの設計

##### 1) 事前確定型スキーム

- Grant  
事業開始時に、政府が一括で民間事業者に支払う援助金がGrantである。この場合、政府は41.15億円を一括して、事業開始時に援助金として民間事業者に与える。

- 30年間毎年支払う固定補助金  
将来の状況に依存しないサポートなので、割引率は無リスク金利 $r_f$ となる。よって毎年の固定補助金を $S$ とすると、毎年のCFの増加分は税引き後の $0.5S$ となるので

$$41.15 = \sum_t \frac{0.5S}{(1+r_f)^t}$$

となる。これを満たす $S$ は6.63億円となる。つまり、政府は、毎年6.63億円の補助を行う。

##### 2) 状況対応型スキーム

- 最低収入保証  
毎年の期待収入の $X\%$ 以下は、政府が不足分を補填するという、最低収入保証のスキームを考える。

最低収入保証の各年のサポート収入分は、サポートなしの収入を原資産とするプットオプションとみなせる。プットオプションをCF換算したサポート全体のNPVを41.15億円となるように、 $X$ を求めると、 $X=65.7\%$ となる。つまり、毎年の期待収入の65.7%を最低収入として保証するスキームが、NPV=41.15億円のサポート価値を生み出すことになる。

- 最低収入保証+収入上限制  
毎年の期待収入の $X\%$ 以下は、政府が不足分を補填し、逆に期待収入の $Y\%$ 以上の収入は政府の財源に繰り入れられるというサポートを考える。この場合、最低収入保証分はプットオプション、

収入上限分はコールオプションと見なすができる。サポート価値=41.15 億円を可能にする X%、Y%の組合せは複数存在するが、表 5-2 はそのいくつかを示している。

表 5-2：下限・上限収入の組み合わせと財政支出

| 下限(X%)   | 71    | 70   | 68   | 67   | 66   |
|----------|-------|------|------|------|------|
| 上限(Y%)   | 113   | 115  | 120  | 125  | 130  |
| 財政支出(億円) | -16.0 | -7.1 | 10.7 | 25.3 | 34.7 |

### ● 収入シェアリング

「最低収入保証+収入上限制」の変形型として、収入リスクシェアリングスキームを考える。ここでは期待収入の X%以下の収入不足、Y%以上の利益を政府と事業者が  $\beta : 1-\beta$  で分担する収入シェアリングスキームについて考える。

このスキームでは、X%、Y%、収入シェアリング係数  $\beta$  と、変数は3つある。そこで Y%を115%と固定し、X% (<115%) と収入シェアリング係数  $\beta$  を求めたものを表 5-3 に示す。

表 5-3：収入シェアリングスキームの種類と財政支出

| $\beta$  | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1.0  |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| X%       | 86.4 | 81.0 | 77.2 | 74.3 | 72.0 | 70.2 |
| Y%       | 115  | 115  | 115  | 115  | 115  | 115  |
| 財政支出(億円) | 17.9 | 12.9 | 7.9  | 2.9  | -2.1 | -7.1 |

### ● Band 制

Band 制は、年間交通量をいくつかの Band(幅)に分け、バンド毎に一台あたりの料金を設定する。事業者は利用者からではなく、政府から交通需要に合わせて収入を得る。今、交通量を4つの Band に分ける。Band1 の上限は期待交通量の 70%、Band2 の上限は期待交通量、Band3 の上限は期待交通量の 110%と設定した。

各 Band のサポート分の収入は、コールオプションに分解することができる。料金設定をすれば、各オプション価値を計算できる。通常 Band 4 では料金は 0 となるので、設定する料金は Band1 料金 A、Band2 料金 B、Band3 料金 C である。C=150 円の時、サポート価値を可能にする各 Band の料金は表 5-4 に示すようにさまざまである。

表 5-4：サポートを可能にする Band の料金

| A(円) | 233 | 239 | 250 | 260 | 314 | 368 | 422 | 476 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| B(円) | 205 | 204 | 202 | 200 | 190 | 180 | 170 | 160 |
| C(円) | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |

### 3) 事前確定型と状況対応型の組み合わせ

#### ● 固定補助金+最低収入保証スキーム

今、毎年の期待運営収入の X%以下は、政府が不足分を補填し、さらに毎年 30 年間の固定補助金額 S を政府が事業者に支払うという、「固定補助金+最低収入保証」のスキームを考える。

これを満たす毎年の固定補助金 S と最低収入レベル X%の組み合わせはさまざまであり、その組合せの例とその財政支出の関係を表 5-5 に示す。

表 5-5：最低収入レベルと固定補助金の組合せ例

| 最低収入 (X%)   | 50    | 55    | 60    | 65    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 固定補助金 S(億円) | 6.42  | 4.38  | 2.33  | 0.28  |
| 財政支出 (億円)   | 41.06 | 41.59 | 42.11 | 42.64 |

#### 5.2.4 各収入スキームの CF レベルの比較

「2.3」で示したように、収入スキームの効果には、CF の期待値および分散の改善度がある。そこで、ここでは、「5.2.3」で示したスキームの、年間キャッシュフローへの期待値・分散への改善度を比較してみる。

図 5-1 は、各タイプの代表値を用いて CF (5 年目) への影響度を比較したものである。図の縦軸はサポート前に対するサポート後の CF 期待値の改善効果(%) を、横軸は同様に CF 標準偏差の改善効果(%) を表す。図から分かるように、サポート NPV=41.15 億円を可能にする各タイプの収入スキームは、CF 期待値改善およびその分散への改善に対し、それぞれ異なった効果をもたらす。

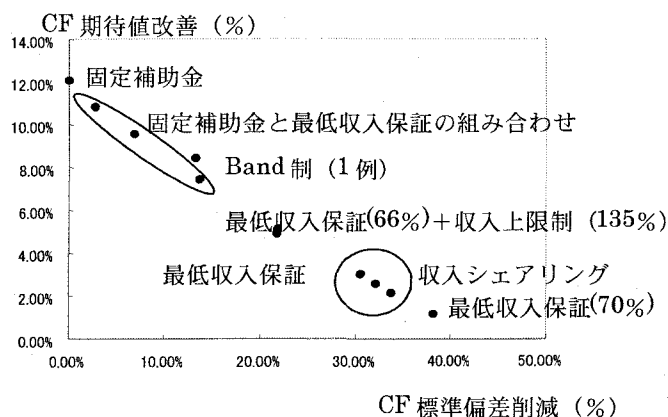


図 5-1：各スキームの CF(5 年目)への影響比較

固定補助金(事前確定型)は CF の期待値を最も改善するが、分散の低減効果はない。一方、収入に最低収入保証と収入上限制を組み込んだスキームは、同じサポート NPV を保ちつつ、下限・上限収入の幅を小さくすることで分散低減の効果を大きくすることができる。また、下限・上限収入の幅を比較的大きくすることで分散低減効果は少ないが、CF 期待値改善効果を大きくする



こともできる。このように、サポート NPV を保ったまま、CF の分散低減、期待値改善度の調整を行うことができる。収入シェアリングも、同様に、シェアリング割合等を変えることで分散低減度、期待値改善度を調整することができる。

Band 制は変数が多い（各 Band の料金設定、Band の交通量）ので一概に CF への効果を述べることは難しいが、各変数をさまざまに変化させることによって、CF の分散低減、期待値改善度を調整することが可能である。

固定補助金（事前確定型）と最低収入保証（状況対応型）を組み合わせたスキームは、組合せ比率によって CF 分散低減度、CF 期待値改善度を調整することができる。

以上のように、サポート価値 41.15 億円を満たす各スキームは、その変数の設定や各スキームの組合せによって CF 分散低減および期待値改善度を調整することが可能になることがわかった。

### 5.3 事業 CF 特性に応じた収入スキーム構築の可能性

「5.2」のケーススタディーでは、一定のサポート価値をもたらす収入スキームは複数あり、CF の期待値と分散の改善に対して、個々のスキームに特性があることを示した。これは、さまざまな収入スキームを組み合わせることで、事業 CF 特性に応じた収入スキームを構築できることを意味する。例えば CF 期待値が小さく、分散が大きいプロジェクトには、同じサポート価値を生み出すスキームの中でも、固定補助金よりも最低収入保証の方が CF への効果は大きく、最低収入保証を選択することが効果的である。また、CF 期待値は小さいが分散も小さい事業については、固定補助金のタイプで十分である。

「5.2.4」で述べたように、CF 期待値改善、分散低減を調整することができることは、柔軟な収入スキーム構築が可能であることを意味する。このようにして構築された収入スキームが、財政支出等の制約条件を満たせば、公共・民間双方の目的関数を満たす収入スキームを構築することも可能となるであろう。

## 6. 結論

### 6.1 本研究の成果

本研究の成果は、以下のとおりである。

成果 1：リアルオプションを用いた収入スキームの評価法を提案したこと。

成果 2：事業特性に応じた収入スキーム構築の柔軟性を示したこと。

### 6.2 今後の課題

今後の課題については、次のとおりである。

1) 適切なサポート量、リスク分担、財政支出量の決定

本研究では、必要なサポート量、リスク分担量は外性的に決まるとし、どのようにサポートに組み込むかという問題を扱っている。次のステップとして最適なサポート量、リスク分担、財政支出量の決定を組み込んだスキーム構築が必要となる。

2) 収入スキームの他の側面について

本研究では、サポートの効果を金銭的側面だけから捉えている。しかし、サポートの他の側面も考慮したスキームの構築を考える必要がある。

3) 出資者・債権者（金融機関）の目的関数を考慮したモデル

実際の事業会社は、母出資者と債権者（金融機関）から成る。そこで、より実用的には、サポート価値が出資者・債権者のどちらに帰属するかについても考慮したモデルが必要となる。

### 参考文献

- 1) 中浜俊介「リアルオプション理論を用いた BOT 事業の収入スキーム評価とその応用」東京大学修士論文、平成 14 年 3 月。
- 2) Cho, Hyun Chan(1999) “ Study on Concession Models for Private Sector Involvement in Asian Infrastructure Development,” Ph.D. Dissertation, Univ. Of Tokyo.
- 3) Fisher, Gregory and Babbar, Suman(1996) “Private Financing of Toll Roads,” The World Bank RMC Discussion Paper Series 117.

# **Evaluation of Revenue Support Schemes for PFI Projects Using Real Options**

By Shunsuke Nakahama and Takayuki Minato

Public procurement using PFI method has enjoyed growing demand in the current years. Although PFI basically can be basically characterized by private initiative, government support should be taken into consideration for uncertainty that private sector could not hold.

This paper did survey on several government supports, such as grant, shadow toll, etc., and developed discussion in evaluating them as “real options.” The arguments are that the support can be decomposed into call or put options held by both government and private sectors. Then, option pricing theory can be applied to evaluate the value of option. The paper also referred to the effect of support from improvement in cash-flow expectation and reduction in its variance. By considering this, it was discussed that government support should be implemented by considering the characteristics of cash-flow profile of individual PFI projects.

【key words】 PFI, government support, cashflow, real options