プロジェクト・ファイナンスの展開と債務保証モデル

浦谷 規

1. はじめに

最近話題になっている公共事業に関連する2つの新しい方式であるBOTとPFIは、プロジェクト・ファイナンスの展開である。BOTは海外のビッグプロジェクトに日本企業の参加のときに、知られるようになった。一方、PFIは現在の景気停滞から脱出する政策として、議員立法が計画されているとマスコミで話題になって実体よりも名称が有名になった。この開発スキームは公共事業における投資リスクとその報酬をできる限り民間に委譲し、プロジェクトを建設管理する方式である。

本論では、プロジェクトファイナンスの債務保証を 資金面から考察し、プロジェクトのキャッシュ・フロー に債券デリバティブの新しい理論の考え方[1]を用い ることによって、プロジェクトの債務保証を単純なオ プション価格として評価している。

1.1 公共投資と PFI

公共投資の目的は景気浮揚だけではなく、むしろ社会基盤にたいする所謂インフラ投資にある。インフラ公共投資は、従来財政資金を投じ政府が行うものとされてきた。ところが、高齢化社会の到来をひかえて財政資金は逼迫してきている。財政資金に依存しないで公共投資を行う仕組みがイギリスで始められ、我が国でも実施が計画されているのが Private Finance Initiative (PFI)である。これは、政府が計画するインフラ投資に民間資金を導入する開発方式である。民間資金は、インフラプロジェクト毎に組織されるプロジェクト会社に出資、あるいは貸し出される。投資家が資金を提供する理由は、国債よりプロジェクトの収益率が魅力的であると判断するからである。プロジェクトの収益をが魅力的であると判断するからである。プロジェクトの収益は、インフラが生み出すキャッシュフローである。しかし、インフラ公共事業には、建設後にキャッ

シュフローを必ずしも受け取られない事業もある。たとえば、一般道路などであるが、英国では自動車に認識装置をつけて通行料を自動的に徴収しキャッシュフローをつくりだすことも検討している。さらに、すべての公共事業は必ず PFI の可能性を検討することを英国では義務づけている。PFI では、民間プロジェクト会社にインフラ建設とその後の一定期間その運営権を負託し、その期間のキャッシュフローからの収益をあげる開発方式で、この期間後インフラは国に移管される。

プロジェクトに提供される資金は、大半が貸し出しローンであるが、通常の担保は存在しない。貸し出し判断基準は将来生み出されるキャッシュフローにあり、プロジェクト運営の質まで厳密に検討される。担保に相当するものを強いてあげるなら、プロジェクトのキャッシュフローであるといえる。この貸し出し方式はプロジェクトファイナンスとよばれ、北海油田開発に採用されて以来、巨大プロジェクトに用いられてきた。

1.2 BOT とアジアの経済発展

PFI は政府公共投資に対して、民間資金投入のためにプロジェクトファイナンスの発展したものであるが、先進国政府よりインフラ投資需要が旺盛で資金不足であったのがアジアの新興工業国である。これらの政府は公的債務の積み増しをせずに、急速な経済成長がもたらすインフラ投資に対して、海外からの資金と技術を同時に導入できるプロジェクトファイナンスの新しい方式としてBOTを活用した。ところが、タイにおける通貨危機以来、「Asian Miracle」とまでいわれた東アジア地域の経済発展は見る影なくなってしまった。これらの国における為替管理政策と、民間資金の自由な流れを作るBOTの矛盾が経済渋滞を招いたと考えられる。

PFI と BOT はプロジェクトファイナンスの発展形であり、無担保融資が従来の融資との本質的な相違点

うらたに ただし 法政大学工学部

^{〒 184-8584} 東京都小金井市梶野町 3 - 7 - 2

である。一般的に、無担保のローンは、プロジェクトのリスクに対応して高率の金利が設定される。米国のジャンクボンド、わが国の銀行にたいするジャパンプレミアムなどがこの例である。リスクを補完する高金利は、債務保証をキャッシュフローにしたものとみなせる。

以下では、プロジェクトファイナンスの特徴である 無担保のリスクを債務保証でカバーするとき、キャッシュフローの不確実に比例して決まる保証費用をオプション理論によって説明し、リスクにみあった金利プレミアムの解析を試みている。

プロジェクト・ファイナンスのモデル 分析

インフラ投資は単純化していえば、資金を投じて設備を建設し完成以後の長期にわたって投資額以上の収益(キャッシュ・フロー)をあげ、さらに社会的便益を増すことが目的である。投資の成否を決定するのは、建設完成後のキャッシュ・フローの見込みの精度である。しかし、近年の経済の変化の速い不確実な経営環境では、将来の事業収益(キャッシュ・フロー)の正確な予測は極めて困難である。そこで、将来の時点tにおいて予想する第i-期間のキャッシュ・フローを確率過程 $x_i(t)$ とする、ただし $i=0,1,\cdots,T$ とし、プロジェクトを開始時点をi=0とし、終了時点をi=Tとする。開始時点において計画したi-期間のキャッシュ・フローは $x_i(0)$ であり、時間が進み時点t に予想する第i-期間のキャッシュ・フローは $x_i(t)$ であるとする。

 T_1 までをプロジェクトの建設期間とすると、運営期間は T_1 からTまであり、この期間にキャッシュ・フローがあり投資費用が回収される。

2.1 キャッシュ・フローのモデル

変動し予測の困難な第i-期間のキャッシュ・フローがブラウン運動w(t)を用いた次の確率微分方程式であらわせると仮定する。

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

ここで、i-期間のキャッシュ・フローは時刻 t が i まで存在する確率過程であり、時刻 i でその実現値が観測される。

確率微分方程式の初期値は、各i-期間のキャッシュ・フローにたいして、

$$x_i(0) = X_i$$

であるとする。ここで、 X_i はプロジェクト開始以前に 見込んだ各期の初期値(計画されたキャシュ・フロー) であり、時間が経過すると(1)式に従って変化すると 仮定する。キャッシュ・フローは事業収入であるから負 にならないプロセスとした。したがって、 $x_i(i)$ は第i-期間のキャシュ・フロー $x_i(t)$ の時点 t=i における実 現値である。さらに $x_T(t)$ はプロジェクトの契約期間 (concession period T)終了後のプロジェクトの評価価 値である。(1) 式の2つのパラメータにおいて、 $\mu_i(t)$ は予想できる時間的変化率であり、 $\sigma_i(t)$ は予測不可 能な確率変化率の幅を表している。したがって経済が 安定的であれば、 $\sigma_i(t)$ が小さい値で推移し、プロジェ クト開始以前の予想できる変化 $\mu_i(t)$ から乖離しない ことをモデル化することになる。この2つのパラメー タは時間に依存しない定数 (μ_i, σ_i) とすると、i-期間 のキャシュ・フロー $x_i(t)$ は対数正規分布に従う。

2.2 プロジェクト評価価値

将来のキャッシュ・フローが明らかな時に、そのプロジェクトの評価法は現在価値法である。いまS(t)を時点tにおけるプロジェクトの価値 $(t=0,\cdots,T)$ とし、金利を期間中一定rと仮定すると、プロジェクト実施以前の評価価値は

$$S(0) = \sum_{i=T_1+1}^{T} x_i(0) \frac{1}{(1+r)^i}$$

であり、S(0) は確率変数ではない。ただし、 T_1 はプロジェクトの建設期間であり、建設期間には事業収益はないから、

$$x_0(t) = x_1(t) = \cdots = x_{T_1}(t) = 0$$

をみたす。建設完成が遅れると、 T_1 がさらに先の期間になり、予定した正のキャッシュ・フローがゼロになる。したがって、建設期間中の評価価値は

$$S(t) = \sum_{i=T_1+1}^{T} x_i(t) \frac{1}{(1+r)^{i-t}}$$

である。この時は現在価値の和をとる項の数は建設期間中同じで、キャッシュ・フローの確率的変動が評価価値を変化させる。プロジェクト稼働中の評価価値は

$$S(t) = \sum_{i=n(t)}^{T} x_i(t) \frac{1}{(1+r)^{i-t}}$$

となる。ただし n(t) は t を切捨て整数化する関数である。現在価値の和をとる項の数は時間の経過ととも

に減少していく。さらに、プロジェクト終了後の評価 価値は、プロジェクトの残余価値だけとなり、

$$S(T) = x_T(T)$$

である。

3. プロジェクトの建設資金と返済

プロジェクトの建設総費用を A とし、簡単にするために建設開始時に全額必要とし、工事完成時期以降に年間返済額一定で返済するもとする。年間一定返済額を Cとすると、総返済額の現在価値が建設総費用と等しくなければならないから、

$$A = \sum_{i=T_1+1}^{T} \frac{C}{(1+r)^i}$$

をみたし、プロジェクトの年間一定返済額は

$$C = \frac{A}{\sum_{i=T_1+1}^{T} \frac{1}{(1+r)^i}}$$

となる。

プロジェクトの最大のリスクは建設期間の遅れである。たとえば1年間遅れると、

$$x_{T_1+1}(T_1+1)=0$$

となる。以下では、キャッシュ・フローが返済額より小である一般的なケースを考えよう。たとえば完成後1 年目のキャッシュ・フローが返済額より小のとき、

$$x_{T_1+1}(T_1+1) \leq C$$

プロジェクト企業は Cが返済不能になり、デフォルトの状態になる。このリスクは資本金などの余裕資金で回避されることが一時的には可能であるが、インフラ建設において通常行なわれている返済保証によってリスク回避するモデルを示してみよう。

3.1 資金返済金保証

返済額 Cを保証するための必要費用は

$$\max(C - x_i(i), 0), \quad i = T_1 + 1, \dots, T$$

であるから、建設期間後からプロジェクト終了までの間のすべての期間で返済保証をするとその総額の現在価値をプロジェクトの保証費用額 Hとすると、

$$H = E^* \left[\sum_{i=T_1+1}^T \max(C - x_i(i), 0) / (1+r)^i \right]$$
$$= \sum_{i=T_1+1}^T E^* \left[\max(C - x_i(i), 0) / (1+r)^i \right]$$

となる。ただし、 $E^*[\cdot]$ はリスク中立確率のもとでの期待値である。この費用 H はヨーロパ型 プットオプションの和で表せる。さらに、キャッシュ・フローのプロセスの 2 つのパラメータが時間に依存しない、 μ_i , σ_i が定数のときには、返済保証費用はの Black-Scholes モデルから、それぞれの返済時点における保証の評価価値は

$$E^*[\max(C - x_i(i), 0)/(1+r)^i] = \frac{C}{(1+r)^i}N(-h + \sigma_i\sqrt{i}) - X_iN(-h)$$

となる。ただし $h = \frac{\log(X_i/C) + (r + \sigma_i^2/2)i}{\sigma_i\sqrt{i}}$ $N(h) = \int_{-\infty}^{h} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2/2) dx$ とした。

3.2 保証されたプロジェクトの評価価値

金融機関がプロジェクト企業の返済Cをすべての期間で保証したなら、プロジェクト企業はHを支払えばデフォルトリスクを完全に回避できることになる。このとき、プロジェクトの債権保有者にはすべて返済されるからその債権の評価価値は貸し出し額Aにひとしい。一方、プロジェクト企業への出資者の資産価値Jはキャッシュ・フローから返済額を引いた後の残余価値の現在価値の和であるから、

$$J = E^* \left[\sum_{i=T_1+1}^T \max(x_i(i) - C, 0) / (1+r)^i \right]$$
$$= \sum_{i=T_1+1}^T E^* \left[\max(x_i(i) - C, 0) / (1+r)^i \right]$$

となる。したがって、プロジェクトの初期における株式価値 J は返済保証がある時にはヨーロッパ型コールオプションの和である。

それぞれのコールオプションの価値をBlack-Scholes モデル評価式であらわすと

$$E^*[\max(x_i(i) - C, 0)/(1+r)^i] = X_i N(h) - \frac{C}{(1+r)^i} N(h - \sigma_i \sqrt{i})$$

である。

4. 債務保証によるリスクシェアリング

プロジェクトは債務保証を行なえば、インフラの建設維持管理は達成される。そこで、どの経済主体が保証するための費用を負担するかを考えてみよう。政府、建設企業、出資者であるプロジェクト企業(株主)、ローンの貸し手である債権者、さらに金融機関が主なプロジェクト参加者である。

4.1 プロジェクト企業による保証

プロジェクト企業 (株主)が金融機関に借入金返済 保証プレミアム H支払うと、

株主にとってのプロジェクト評価価値は、

$$J - H = E^* \left[\sum_{i=T_1+1}^T \frac{x_i(i) - C}{(1+r)^i} \right]$$

$$= \sum_{i=T_1+1}^T E^* \left[\frac{x_i(i)}{(1+r)^i} \right] - \sum_{i=T_1+1}^T \frac{C}{(1+r)^i}$$

$$= S(0) - A$$

となる。従って、株主自身が債務保証費用を負担する と、プロジェクトの初期評価価値から建設費用を引 いたものに等しい。保証費用はローンにできないか ら、Hはプロジェクト企業の最低必要資本金と考えら れる。

たとえ、すべての期間でキャシュ・フローが返済額 以下であろうとも、返済は保証されているので、プロ ジェクト企業はデフォルトによる倒産はおこらない。

したがって、ローン債権保有者の債権現在価値はローン総額 A である。これは、リスクのない投資の収益率は安全資産金利と等しくなることを意味している。もし、ローン債権保有者が債務保証費を行ない、保証費用を受けとるなら、年間返済額は r H 増加する。

4.2 債権者による保証

債権保有者が金融機関との契約によって保証をした とすると、債権の評価価値は

$$A - H = E^*[\min(\sum_{i=T_1+1}^T \frac{x_i(i)}{(1+r)^i}, \sum_{i=T_1+1}^T \frac{C}{(1+r)^i})]$$

= $\min(S(0), A)$

となる。貸し出し額以下になるので、債権者が保証費 用を負担することはあり得ない。

4.3 建設企業の完成保証

プロジェクトが工事完成時期に終了しない場合、終了するまでの期間キャシュ・フローがゼロになり、返済保証が必要になる。この場合には、以上のオプション分析は適用できない。工事完成時期を確率変数としたモデル分析[2]では、単純な仮定のもとで完成遅延補償金のおよそ半分の保険料が必要と計算される。

5. おわりに

ライバルなき資本主義の時代となり、政府の役割が 問い直されている。「効率性か公平性か」という従来 の問題設定自身が陳腐化してしまった。政府の行なう 事業では、最優先すべき効率性の追求は基本的に行な われていない。政府が公平性を維持しながら、効率性 を追求することは可能ではなく、事業の効率性追求は 民間に委任し、所得分配などの政策で公平性を維持す べきであると考えられるようになった。

従来政府が行なうものと考えられていたインフラ整備事業を民間が資金および運営に関して責任もつBOT方式の開発、あるいは英国の公共事業にみられる Private Finance Initiative の基本原理はリスクと報酬の配分にある。

巨大プロジェクトに存在するリスクを可能な限り分割し、それぞれのリスクに対して最も効率的に管理できる経済主体に運営を委任する。このことがプロジェクト全体のリスクを減少するばかりか、コストを最小化する。政府と民間の信用力格差は、債務保証によって解消し得ることを、オプション理論を用いた分析によって示した。

参考文献

[1] Jamshidian,F Libor and Swap market models and measure, Finance and Stochastics 1.pp 293-330 1997 [2] 浦谷 規,「BOT における建設完成保証」,広域インフラストラクチャー計画のための基礎研究 pp 60-66 1997